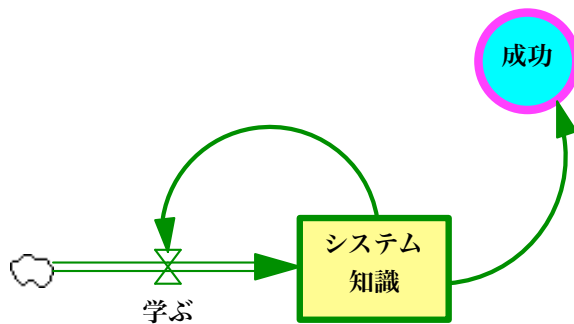


中高生から研究者・ビジネスマンまで 学際的に学べるシステムダイナミクス

- Vensim6 ユーザーズガイド -
(最新版 Vensim10 Old GUI に完全対応)



日本未来研究センター

システムダイナミクスグループ

山口 薫 監訳

樽本 祐助 訳

ドラフト版バージョン 1.0 (無断複製禁止)

ユーザーズガイド改訂版について

「Vensim 6 ユーザーズガイド」が2013年4月に出版されました。その後このガイドを日本未来研究センター主催のシステム思考・システムダイナミックスセミナーで使用してきましたが、受講生から誤字脱落、モデル変数やアイコン画像の不統一、意味不明な記述等についての指摘をいただきました。そこで Vensim 普及のためにはこうした箇所の改訂が不可欠であると判断し、2015年11月から全面改訂作業に着手しました。ユーザーズガイドで使用のモデルはファイル名を含めてすべて完全な日本語対応とし、ユーザーズガイドのグラフもそれらに対応させて全て描画しなおしました。同時に Vensim の日本語化も進め、ほぼ完全な日本語版 Vensim が Version 6.3E から利用可能となりました。

Vensim はシステムダイナミックスの主要なモデリングソフトとして世界中で幅広く利用されており、そのフリーダウンロード版である Vensim PLE（最新版は Version 6.3G, 2016年1月リリース）の使い方を学習することが、システムダイナミックスのモデリング手法を習得する最善の近道であると確信しております。そこで今回の全面改訂作業を機会に、本書のタイトルを「**中高生から研究者・ビジネスマンまで学際的に学べるシステムダイナミックス**」としてその装いを新たにしました。

中高生や教師の方には、無料版 PLE を片手にこの入門書を一緒に読み進んでいただければ、さらに大学生や院生の方には独自で読み進んで頂ければ、システム思考・システムダイナミックスのおもしろさ、生涯にわたる知的探究ツールとして継続活用できるというその汎用性に気づいていただけます。ビジネスマンの方には、この入門書のビジネス関連モデルを重点的に学んでいただければ、経営戦略モデリングの基礎知識が獲得できます。事実、私は2013年春まで京都のある大学院ビジネススクールで、無料版 PLE を用いてかなり高度なビジネス戦略モデル分析を講義してきました。現在、世界中の多くのビジネススクールでは、システムダイナミックスを用いたビジネス戦略モデル分析が広汎に講義されています。また EU には「SD 修士号」というエラスムス・ムンドゥスプログラムもあります。研究者の方には Professional や DSS 版をご装備いただいて、各研究分野に於ける最先端のシステム構造分析の解明に挑戦していただけます。「ロケット科学」のような高レベルのシステム研究にも応用できる機能を備えています。

このように広範囲にわたる科学的、知的探究のツールガイドとして、この改訂版ユーザーズガイドを広く、深く、生涯にわたって有効活用いただければ光栄です。

日本未来研究センター
システムダイナミックス グループ
改訂版担当 山口薫, Ph.D.
2016年1月

はしがき

日本未来研究センターは、2002年4月に設立されたNPO法人で、以下の3つのミッション（使命）を遂行し、日本および世界の未来の持続可能な発展 (Sustainable Development) に貢献すべく、微力ながら10年以上にわたり活動に取り組んできました。

- システムダイナミックスの普及
- 未来ビジョンが交換・学習できる交流の場（フォーラム）の提供
- 持続可能な地球モデル村および未来博物館の建設・運営

すなわち、未来をコンピュータ・シミュレーションの手法を用いてデザインし、コンピュータではデザインできない場合には私たちの頭脳を用いてデザインし、それらに立脚しつつ持続可能な地球村、社会を建設してゆきたいというのが私たちのミッションです。

その最初の普及ミッションであるシステムダイナミックス (System Dynamics) とは、ストック、フロー、変数、矢印の4つのアイコンを組み合わせることにより、企業の経営戦略、政府・自治体の公共政策、地球環境問題等々多岐にわたる複雑なシステムをお絵かき感覚でモデリングし、その構造をシミュレーション分析する手法で、1950年代にMIT（マサチューセッツ工科大学）のジェイ・フォレスター教授によって開発されたものです。4つのアイコンを組み合わせるといった簡単なモデリング手法のために、米国ではK-12（初等・中等）教育にもシステムダイナミックスが普及しています。

私たちは、システムダイナミックスの代表的ソフトである Vensim の国内販売をさせていただく機会をえ、これまでその日本語化にも取り組んできました。今回、同センターのシステムダイナミックス研究員である樽本祐助さんの尽力により、長年の念願であった Vensim 6 User's Guide の日本語訳が完成し、皆さんにお届けすることができるようになりました。これを機会にシステムダイナミックスによるシステム構造分析、未来システム思考が広く普及し、日本の社会がより持続可能な社会に進化してゆくことを念願しています。

NPO 法人日本未来研究センター
理事長 山口 薫, Ph.D.
2013年4月

訳者 序

システムダイナミクスについての関心から、Vensim を利用し始めて数年になります。その利用のなかで、試行錯誤でモデルを作成してきたが、まだ十分に活用できているとは思えません。

また、わが国でのシステムダイナミクスの活用も諸外国に比べて少なく、具体的なモデルの作成方法についての情報もすくないように思います。また Vensim に関する資料も日本語で参考になるものはあまりありません。

そこで自分自身の勉強もかねて、Vensim User's Guide を翻訳したのが本書です。最新の Vensim 環境で、検証しながら作業を行っています。こうした作業のなかで、記載内容も見直しています。

一方で、内容の理解が十分でないために、わかりにくい文章も残されていると思っています。

しかし、こうした資料として公表することで、より良い資料として改善していけたらと考えてます。また、この資料がシステムダイナミクスの利活用推進や、Vensim を用いたシミュレーションモデルの開発の一助になることも願っています。

樽本祐助, 農学博士

2013年4月

謝辞

今回のユーザーズガイド改訂作業に際して、以下の方々から様々なご提案をいただきました。こうした皆さん方の温かいご支援のおかげで、この度この改訂作業が無事に完了できました。この場を借りて、心より感謝申し上げます。

木村 誠 准教授（長野大学）

高橋 裕 教授（専修大学）

日本未来研究センター システムダイナミックスグループ：

福島 史郎（経営学博士 (SD 専攻)、システム思考・モデリング士資格認定委員）

末武 透（米国公認会計士、システム思考・モデリング士資格認定委員）

切東 美子（医師、システム思考・モデリング士、上級）

出口 恒（MBA、システム思考・モデリング士、初級）

嘉藤 靖男（システム思考・モデリング士、初級）

酒井 清美（システム思考・モデリング士、初級）

山口 陽恵（EU SD 修士課程大学院生）

このように改訂版は多くの皆様からのフィードバックで完了しましたが、なお残された誤字脱字、エラー等があれば、それらはすべて改訂版編集者によるものです。

日本未来研究センター
システムダイナミックス グループ

山口 薫

樽本 祐助

2016年1月

目次

ユーザーズガイド改訂版について	i
はしがき	iii
謝辞	v
第 1 章 イン트로ダクション	1
1.1 Vensim について	1
1.2 このユーザーズガイドについて	1
1.2.1 ユーザーズガイドの構成	2
1.2.2 表記法	3
1.3 基本的情報	4
1.3.1 ディレクトリ	4
1.3.2 表示画面の概観	4
1.3.3 マウス	4
1.3.4 タブ対話ボックス	5
1.4 Vensim のインストール	5
1.4.1 CD によるインストール	5
1.4.2 ダウンロードによるインストール	6
1.4.3 ライセンス契約	7
1.4.4 登録コード	8
1.4.5 インストール用ディレクトリ	8
1.4.6 その他設定	8
1.5 追加的情報	9
1.6 日本語環境	9
1.6.1 日本語メニュー	9
1.6.2 日本語単位の設定	12
第 2 章 Vensim のユーザインターフェース	15
2.1 主な特徴	15
2.2 タイトルバー	15
2.3 メニュー	16
2.4 ツールバー	16
2.5 ウィンドウの種類	18
2.5.1 ウィンドウ間の移動	18
2.5.2 同じ種類のウィンドウ間の移動	19
2.6 モデルウィンドウ	19
2.6.1 スケッチツール	19
2.6.2 ステータスバー	21
2.6.3 シミュレーション	21
2.7 出力ウィンドウ	21
2.7.1 分析ツール	21

2.7.2	分析ツールの出力	23
2.8	制御パネル	24
2.9	添字（配列）の制御	24
第 3 章	実際の操作	27
3.1	Vensim によるモデリング	27
3.2	労働者と在庫モデルの例（労働者と在庫.mdl）	27
3.2.1	Vensim の開始	27
3.2.2	モデルを開く	28
3.3	構造の確認	29
3.4	モデルのシミュレーション	30
3.5	振る舞いの検討	32
3.6	原因追跡	34
3.7	個別のシミュレーション実験	37
3.8	自作グラフの作成	38
3.9	自作表の作成	41
3.10	要約	43
第 4 章	因果ループ図	45
4.1	Vensim モデル	45
4.1.1	スケッチを描く	45
4.1.2	マウスのヒント	46
4.2	因果ループ図の作成	46
4.2.1	プロジェクトモデル（プロジェクト.mdl）	46
4.3	図形の修正	50
4.3.1	スケッチのレイアウト	51
4.3.2	スケッチオプション	52
4.3.3	コメントと画像の追加	55
4.3.4	モデルの改良	56
4.4	スケッチの印刷	57
4.5	分析ツール	58
4.5.1	ツリー図による構造分析	58
4.5.2	ループ図による構造分析	62
4.5.3	ドキュメントツール	62
第 5 章	ストックおよびフロー図	65
5.1	モデルの作図（顧客.mdl）	65
5.1.1	ストックの入力	65
5.1.2	フローの作図	66
5.1.3	曲がるフローパイプ	67
5.1.4	補助変数と矢印の追加	67
5.1.5	より詳しい構造	68
5.2	図のカスタマイズ	70
5.2.1	スケッチオプション	70
5.2.2	変数の形状	71
5.2.3	デフォルトのスケッチオプション	72
5.2.4	スケッチ上の要素を隠す	72
5.2.5	画面表示サイズの変更	74
5.3	スケッチツールの修正	74
5.3.1	スケッチツールセットの保存	75
第 6 章	シミュレーションモデルの作成	77

6.1	うさぎ頭数モデル	77
6.2	Vensim の表記法	77
6.3	うさぎ頭数.mdl の作成	78
6.4	方程式の入力	79
6.5	構文と単位のチェック	83
6.5.1	単位の同義性	83
6.5.2	モデルのシミュレーション	83
6.6	モデルの分析	84
6.7	シミュレーションの比較	85
6.7.1	指数的增长	85
6.7.2	シミュレーション実験	85
6.7.3	シミュレーションの準備方法	87
6.7.4	因果グラフ	88
6.7.5	シミュレーションの比較	89
6.7.6	指数的增长	90
6.7.7	入出力オブジェクト	91
第 7 章	関数とシミュレーションエラー	95
7.1	価格と需要 (価格1.mdl)	95
7.2	関数の入力	97
7.2.1	IF THEN ELSE 関数	99
7.2.2	SMOOTH 関数	100
7.2.3	STEP 関数	101
7.2.4	初期条件	102
7.3	モデル方程式	103
7.4	シミュレーションエラー	103
7.4.1	シミュレーション開始時点のエラー	104
7.4.2	シミュレーション実行中のエラー	105
7.4.3	不可解な循環	108
7.4.4	積分エラー	109
7.5	モデルの修正	110
7.5.1	XIDZ	110
第 8 章	表関数の作成	111
8.1	うさぎ増加の限界	111
8.2	表関数の標準化	112
8.2.1	モデルの作成 (うさぎ.mdl)	113
8.2.2	方程式の入力	114
8.3	表関数の作成と標準化	115
8.3.1	グラフ入力値の編集	116
8.4	構文と単位のチェック	117
8.5	モデルのシミュレーション	117
8.6	モデルの分析	117
8.7	標準化された変数の分離	118
8.7.1	シミュレーション	120
8.7.2	表関数の入力値変更	120
8.8	変数名を付けた表関数	121
第 9 章	複数の表示画面	123
9.1	表示画面の働き	123
9.1.1	作図モデルと変数	123
9.2	顧客モデル	124

9.2.1	顧客モデルの作成 (顧客 1.mdl)	124
9.2.2	方程式の入力	125
9.2.3	構文と単位のチェック	125
9.2.4	モデルのシミュレーション	126
9.2.5	モデルの分析	126
9.2.6	表示画面の名称とモデルの保存	126
9.3	表示画面「生産能力」の追加 (顧客 2.mdl)	127
9.3.1	代行変数ツール	128
9.3.2	方程式の追加	129
9.3.3	方程式の変更	129
9.4	表示画面「販売収入」の追加	130
9.5	モデル変数ツール	130
9.5.1	方程式の追加	131
9.5.2	モデルのシミュレーション	131
9.5.3	モデルの分析	132
9.5.4	モデルの保存	132
9.6	詳細な生産能力モデル (顧客 3.mdl)	133
9.6.1	コピーと貼り付け	133
9.6.2	表示画面「生産能力」の方程式	135
9.6.3	単位同義語	136
9.7	モデルのシミュレーションと分析	136
9.8	生産能力の投資戦略	137
第 10 章	出力のカスタマイズ	139
10.1	分析ツールからの出力	139
10.1.1	因果ツリー図	139
10.1.2	グラフと因果グラフ	140
10.1.3	細い線 (カラー)	140
10.1.4	太い線 (カラー)	141
10.1.5	線の種類 (カラー)	142
10.1.6	点線のみのグラフ	142
10.2	符号の付いた線	143
10.3	自作グラフ	145
10.4	自作表	148
第 11 章	ゲーム	151
11.1	ゲームとは?	151
11.1.1	住宅ゲーム (住宅.mdl)	151
11.1.2	ゲームの開始	155
11.1.3	ゲームの前進	156
11.1.4	ゲームの後退	158
第 12 章	入出力オブジェクト	159
12.1	口コミによる販売	159
12.1.1	口コミ 1.mdl の方程式	160
12.2	出力オブジェクト	161
12.3	入力オブジェクト	163
12.3.1	宣伝費のスライダ	163
12.3.2	製品寿命のスライダ	164
12.3.3	他の変更可能な定数	164
12.3.4	整列	164
12.3.5	モデルのシミュレーション	165

12.4	入出力オブジェクト：ゲーミング	165
12.4.1	新しい表示画面への貼り付け	165
12.4.2	ゲームの実行	166
12.4.3	ゲームの間隔	167
12.5	モデルの出版	167
12.5.1	コメントによるモデル説明	167
12.5.2	ナビゲーション	168
12.5.3	稼働テスト	169
12.5.4	パッケージの発行	169
第 13 章	統合シミュレーション	171
13.1	軍備競争モデル	171
13.1.1	モデル図の新しい装飾	171
13.1.2	長い接続	171
13.1.3	収納枠	173
13.1.4	最小値と最大値と増分	173
13.1.5	モデル方程式	174
13.2	構造と振る舞いとスピード	175
13.2.1	振る舞いの表示	175
13.2.2	シミュレーションの作成	176
13.2.3	スライダ値の設定	177
13.2.4	矢印キーの利用	178
13.2.5	表関数の変更	178
13.2.6	ツールバーでの変更	179
13.3	シミュレーション実験	180
13.3.1	実行結果ファイルの読み込みと取り除き	182
13.4	フィードバックループの遮断	182
13.4.1	軍事競争の中断	182
13.4.2	振る舞いの優先	184
13.5	制御パネルの作成	185
13.6	添字と統合シミュレーション	187
第 14 章	実現性の点検	189
14.1	モデルと実現性	189
14.1.1	専門家の役割	190
14.2	実現性の点検方程式の定義	190
14.2.1	テスト入力	191
14.2.2	制約式	192
14.2.3	結果式における動的なテスト	193
14.2.4	:CROSSING:	193
14.2.5	:AT LEAST ONCE:	194
14.2.6	空の条件式	194
14.2.7	結果式におけるワイルドカードテスト	194
14.3	シミュレーションと実現性の点検	195
14.3.1	能動的な制約式点検	195
14.3.2	受動的な制約式点検	195
14.3.3	エラーのリポート	196
14.4	実現性の点検方程式の入力	196
14.4.1	方程式エディタ	197
14.5	実現性の点検実行	197
14.5.1	実現性の点検ツール	199
14.5.2	実現性の点検の結果式	199

14.5.3	シミュレーション結果の検討	199
14.6	イースト菌の成長における実現性の点検	200
14.6.1	テスト入力と制約式	200
14.6.2	初期モデル (イースト菌 1.mdl)	202
14.6.3	温度と分裂そして終結 (イースト菌 2.mdl)	206
14.6.4	水と砂糖から影響を受ける分裂 (イースト菌 3.mdl)	207
14.6.5	イースト菌分裂により影響を受ける水と砂糖 (イースト菌 4.mdl)	208
14.6.6	結論	209
第 15 章	モンテカルロ (感度テスト)	211
15.1	モンテカルロシミュレーション	211
15.2	市場成長モデル (販売.mdl)	211
15.2.1	販売.mdl の方程式	212
15.2.2	初期設定のシミュレーション	213
15.3	複数パラメータの不確実性	213
15.3.1	感度制御パラメータ	214
15.3.2	無作為の一様分布	215
15.3.3	無作為の正規分布	216
15.4	保存リスト	216
15.5	感度テストシミュレーション	217
15.6	感度テストの結果出力	217
15.6.1	信頼区間	218
15.6.2	平均値	218
15.6.3	グラフ目盛りの拡大	219
15.6.4	個別シミュレーションの表示	220
15.7	感度テストのヒストグラム表示	221
15.7.1	デフォルトの分析ツールセットの変更	221
15.7.2	統計量ツール	223
第 16 章	モデルのデータ利用	225
16.1	データ利用のタイプ	225
16.2	データを使ったモデル操作 (フロン.mdl)	225
16.2.1	フロン.mdl 方程式	226
16.3	表計算ソフトからのデータ読み込み	226
16.3.1	シミュレーション	227
16.4	読み込まれたデータ変数 (フロン 2.mdl)	229
16.5	テキスト形成のデータ (.dat) 読み込み	230
16.5.1	シミュレーション	232
16.5.2	シミュレーションの準備	232
16.5.3	シミュレーションの制御	232
16.5.4	結果	233
16.6	表計算データの読み込み	234
16.6.1	シミュレーション	237
第 17 章	添字 (配列) の作成	239
17.1	添字とは	239
17.2	簡単なプロジェクトモデル (プロジェクト 1.mdl)	240
17.3	複数の仕事を持つプロジェクト (プロジェクト 2.mdl)	241
17.3.1	添字範囲	241
17.3.2	添字コントロール	242
17.3.3	添字範囲を変数に追加	243
17.3.4	定数式の扱い	244

17.3.5	ベクトル関数	244
17.3.6	方程式編集ボックスによる添字の作成	245
17.3.7	添字の要約	246
17.3.8	シミュレーションと分析	246
17.4	添字モデルの応用 (プロジェクト 3.mdl)	247
17.4.1	添字範囲	248
17.4.2	添字範囲の写像	249
17.4.3	添字を持つ変数の多元方程式	250
17.4.4	論理関数と演算子	252
17.4.5	VMIN 関数	253
17.4.6	シミュレーションと分析	254
第 18 章	最適化	255
18.1	最適化の概要	255
18.2	モデルのデータ適合 (電化モデル.mdl)	255
18.2.1	電化.mdl 方程式	256
18.2.2	データの比較	257
18.2.3	ペイオフの設定	258
18.2.4	最適化パラメーターの設定	259
18.2.5	ペイオフ報告	262
18.2.6	信頼区間の計算	264
18.2.7	モデルの修正	265
18.3	政策の最適化 (在庫モデル.mdl)	265
18.3.1	在庫モデル	265
18.3.2	手動による最適化	269
18.3.3	ペイオフの設定	270
18.3.4	最適化パラメータの設定	271
第 19 章	参照モード	275
19.1	参照モードによる概念化	275
19.1.1	因果ループを閉じる (修理 1.mdl)	278
19.1.2	シミュレーション (修理 2.mdl)	280
19.1.3	ストック-フロー図によるモデルの修正 (修理 3.mdl)	283
19.1.4	メンタル シミュレーション	284
19.1.5	参照モードの管理	286
第 20 章	モデルの配布	289
20.1	Vensim Model Reader	289
20.2	モデル配布の下準備	290
20.3	パッケージモデルの出版	291
20.3.1	パッケージの出版	291
20.3.2	バイナリ形式	294
20.4	パッケージモデルを開く	294
20.5	Vensim PLE によるモデルの利用	295
20.6	E メールとウェブ利用上の注意	295

第 1 章

イントロダクション

1.1 Vensim について

Vensim は、ダイナミックシステムのモデルを概念化し、文書化し、シミュレーションし、分析し、最適化できる視覚的なモデリングツールです。Vensim により、因果ループあるいはストックおよびフロー図からシミュレーションモデルを簡便に構築することができます。

言葉を矢印で結び付けることによって、システム変数の関係は因果関係として扱われます。この情報はシミュレーションモデルを完成させるための方程式で使用します。シミュレーションモデルの作成プロセスにおいて、変数の利用状況を分析することができます。シミュレーション可能なモデルに対して、その振る舞いを詳しく解析することができます。

1.2 このユーザーズガイドについて

このユーザーズガイドは、Vensim の主な特徴を説明します。Vensim に付属する既存のモデルを実際に操作することによって、Vensim の紹介、因果ループ図の作成、ストックおよびフロー図の作成、シミュレーションモデルの作成を行います。

Vensim の応用機能となるモンテカルロ (感度テスト) や添字 (配列)、最適化などは、既存のシミュレーションモデルを使用することで学習を進めます。このガイドにあるモデルはすべて 自習できるように操作可能な形式で付属しています。

このユーザーズガイドはすべての Vensim のラインアップに共通です。

特定のラインアップにはない機能は明記します。下記の表は、各章がどのラインアップに対応しているのかを示しています。

章	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PLE Plus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Professional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DSS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vensim の新規ユーザには、このガイドは始めから終わりまで通読できるように構成されています。経験があるユーザは、第 3 章、第 7 章および第 13 章をお薦めします。そ

PLE は Personal Learning Environment、DSS は Decision Support System をさします。

ここでは新たな機能が紹介されています。

1.2.1 ユーザーズガイドの構成

このユーザーズガイドは、3部構成です。最初の第1章から第3章は、このソフトウェアの紹介部分です。第4章から第10章は、Vensimによるモデル作成の方法を説明します。つまり、作図、方程式の追加、モデルのシミュレーションと分析、結果の表示方法が示されます。第11章から第19章は、Vensimの応用機能を既存のモデルを使って説明します。

第1章 このユーザーズガイドとVensimを紹介します。またVensimをインストールするための説明があります。

第2章 Vensimのユーザインターフェースを紹介します。本章は、スケッチツール、分析ツールおよび制御ウィンドウといったVensimの機能を紹介します。

第3章 既存のモデルを用いたシミュレーション分析を体験します。

第4章 因果ループ図の作成方法を紹介します。また、分析ツールを使用した因果ループ図の構造分析を示します。

第5章 ストックおよびフロー図を作成します。

第6章 人口増加のシミュレーションモデルを順序立てて作成します。ここでは、Vensimによるモデルの作成、シミュレーション、分析の方法を習得します。

第7章 モデルにおける関数の利用方法を示し、さらにシミュレーションにおいて生じるエラーを検知したり、修正する方法を紹介します。

第8章 表関数の作成と使用方法を記述します。表関数は、関係を示すグラフによって、入力と出力を関連づける機能です。これらはテーブル関数とも呼ばれます。

第9章 モデルを複数の表示画面に分割する方法を示します。複数の表示画面を持つモデルを開発します。

第10章 分析ツールにより出力されるグラフを自作(カスタマイズ)する方法を示します。さらに自作グラフおよびテーブルエディタによって、複数の変数を用いた出力方法を説明します。

第11章 モデルをゲームとして、あるいはフライトシミュレータとして使用する方法を紹介します。それは、時間を段階的に区切ってシミュレーションするとともに、ある時点での意思決定をシミュレーションに反映させます。Vensim PLEは本章に対応しません。

第12章 入出力コントロールやナビゲーションリンクの使用方を示します。これらはモデルのプレゼンテーションに利用する機能です。

第13章 統合シミュレーションがどのように用いられるのかを示します。統合シミュレーションは、Vensimのバージョン5からの新機能です。

第14章 実現性の点検の特徴を示し、モデルの妥当性を検討します。

第15章 モンテカルロによる感度テストの例を示します。値が確定していない変数に対して、何度かのシミュレーションによる感度テストによって、その変数の値を与えます。Vensim PLEは本章に対応しません。

第16章 モデルの中でデータを使用する方法について紹介します。データ変数は、外生

Vensimでは、ストックはLevel(レベル)、フローはRate(レート)という用語を用いています。創設者のフォレスト教授が最初に使用した用語法をそのまま伝統的に踏襲しているのです。最近ではストックとフローといった概念がより一般化しており、このユーザーズガイドではストックとフローという用語で統一します。

の時系列データであり、モデルの振る舞いをもたらします。本章は、テキストファイルや表計算ソフトからのデータ読み込みを紹介します。一部の機能で、Vensim PLE は対応しません。

第 17 章 添字 (配列) の単純な例と、より複雑な例を紹介します。本章は Vensim Professional と DSS にのみ対応しています。

第 18 章 2つのタイプのモデル最適化を扱います。最初のタイプは外部データにモデル出力を適合させるデータ適合 (キャリブレーション) です。もう一つは、政策の最適化であり、収益や支払いといった目的関数の最大化や最小化のためのモデルパラメータを見つけます。本章は Vensim Professional と DSS のみに対応しています。

第 19 章 参照モードを利用するための方法を紹介します。これはフィードバックモデルを概念化する方法であり、メンタルモデルを統合する手段でもあります。

第 20 章 モデルを他の人が利用するための方法やヒントを示します。Vensim Model Reader や開発されたラインナップとは異なる Vensim での利用方法を示します。

英語のマニュアルでは第 19 章と第 20 章が入れ替わって説明されています。これは「参照モード」の章があとからマニュアルに追加されたという歴史的経緯をそのままにしているからです。

1.2.2 表記法

Vensim で用いられる多くの要素を区別するため、このユーザーズガイドでは以下の表記法をとっています。


- 保存されたファイル名やその拡張子は、イタリック体 (例えば *project.mdl*) で示されます。データセットの名前は *.vdf* という拡張子のないイタリック体 (例えば *baserun*) で示されます。
- Vensim モデルで用いられる変数および方程式の名前はイタリック体等幅フォント (例えば *Population*) で示されます。
- Vensim のメニュー項目、コントロール、ボタン、ツール、ツールバーおよび対話ボックスの名前はすべて大文字から始まり (例えば Control Panel)、特に選択や実行をとともなう場合は、太字を使用する、(例えば、**Simulate** ボタンを押す)。
- 演習で行う操作は、三角形の弾丸マークを使用します。

データセットとは、シミュレーションの結果が保存されるボックスのことです。

例えば以下のように表記します。

- [ファイル] メニュー → [保存] を選択して、モデル 労働者と在庫.mdl を選んでください。

これらの表記法は英語のマニュアルやサンプルファイルを見る場合に、知っておくと便利な知識です。この日本語ユーザーズガイドでは、以下のような表記法を用います。

- メニュー操作では、**[]** と → を用います。例えば、[ファイル] メニュー → [保存] を選択します。
- ツールについては、ツール名とそのアイコンを用います。例えば、スケッチ移動 。
- 入力項目は、**[]** を用います。例えば、**[在庫]** と入力します。
- キーボード操作については、キーを囲みます。例えば、**Shift** キーを押します。

1.3 基本的情報

1.3.1 ディレクトリ

日本語訳の対応モデルはすべて、日本未来研究センターのWebサイト <http://www.muratopia.net> から無料ダウンロード出来ます。このユーザーズガイドではすべて日本語訳モデルを使用します。

このユーザーズガイドで扱われるすべての英語のオリジナルモデルは、インストール時に設定したサンプルモデルの保存場所である *UserGuide* のディレクトリにあります。このディレクトリは比較的新しいOSでは、*C:\Users\Public\Vensim\models* にあり、場合によっては *C:\Program Files\Vensim\models* にあることもあります。

通常のモデル作成では、上記の *Vensim* のサブディレクトリ以外の場所にモデルを保存することをお勧めします。つまりこのガイドにそった作業だけを、*UserGuide* のサブディレクトリに保存します。ダウンロードした日本語モデルを用いる場合には、そのユーザーズガイドモデルに収納の各章ごとのディレクトリで保存作業をして下さい。

1.3.2 表示画面の概観

このユーザーズガイドではWindowsによる表示画面を使用します。

Vensim PLE、*PLE Plus*、*Professional* および *DSS* の概観（メニューやボタン）には若干の違いがあります。またWindowsとマックでも多少異なります。さらにツールセットは *Professional* や *DSS* で変更が可能です。このユーザーズガイドでの概観は基本的に *Vensim PLE* のデフォルトのツールセットを使用し、*PLE* に対応しない場合には *DSS* のツールセットを使用します。もし利用されている *Vensim* と多少異なる概観であっても、それは問題ではありません。

1.3.3 マウス

Windows コンピューターは左右のマウスボタンを持っています。*Vensim* は、下記のように左右のボタンを利用します。

マックではボタンが1つしかありませんので、**Ctrl** や **⌘** をクリックの際に併用します。

左ボタン

左ボタンはメニューの選択やボタンのクリック、グラフやスケッチオブジェクトをドラッグする（引きずり回す）といった *Vensim* の大部分のオペレーションで使用します。このユーザーズガイドで、左ボタンや右ボタンなどの説明がなく、マウスをクリックすると記載されている場合は、左ボタンを使います。

マックでは、ボタンをクリックします。

右ボタン

右ボタンはスケッチツール、分析ツールおよびスケッチオブジェクトのオプションを設定するために使用します。またスケッチのポジションやズーム（拡大もしくは縮小）に利用します。

右ボタンをスケッチ上でドラッグするとスクロールします。これは **Ctrl** キーを押したままで左マウスをドラッグすることと同じです。ズームを行うには、**Shift** キーを押した

まま右ボタンをドラッグします。

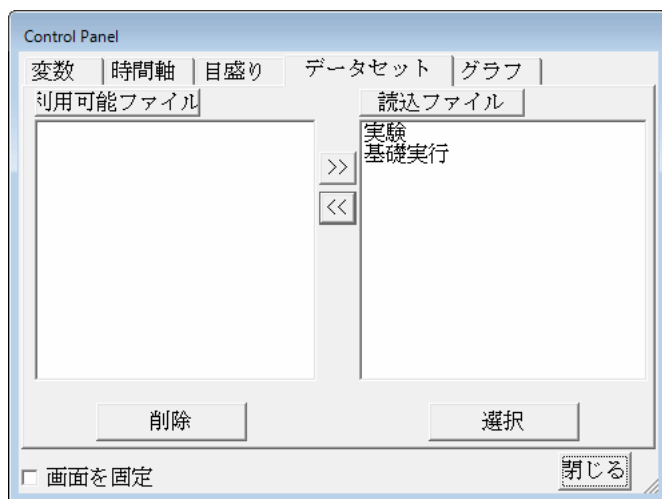
マックでのスクロールは、**Ctrl**もしくは **⌘** を押したままでドラッグします。ズームを行うには、**Ctrl**キーと**Shift**キーを同時に押したままでドラッグします。

ホイールマウス

ホイールマウスがある場合は、ウィンドウを上下にスクロールすることができます。水平スクロールには**Shift**キーを押したまま、ホイールを回転させます。**Ctrl**キーを押したまま、ホイールを回転させれば、スケッチがズームします。

1.3.4 タブ対話ボックス

タブ対話ボックスはタブ (つまみ) を持つ異なるフォルダに情報を分けることにより、管理を簡便にします。適切なタブをクリックすることによりフォルダを切り換えることができます。タブ対話ボックスは、シミュレーションの制御や方程式エディタ、制御パネル (下記の例) 等で用いられます。



この画面では、[データセット] タブが選択され、2つのシミュレーションがあることを示しています。[変数]、[時間軸]、[目盛り]などは、タブをクリックすることで選択できます。

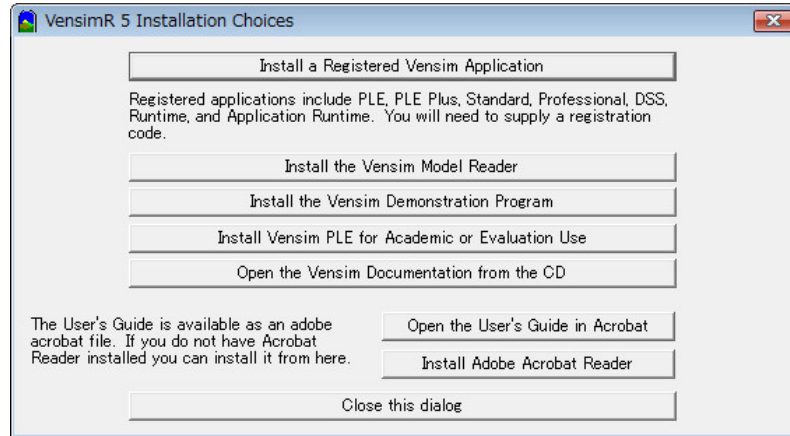
1.4 Vensim のインストール

Vensim をインストールするには、インストールプログラムの実行が必要です。これはCD もしくは、ウェブサイト <http://www.vensim.com> から入手します。

1.4.1 CD によるインストール

Vensim CD には、すべてのラインアップのインストールプログラムが含まれています。CD のラベルにはバージョン番号があり、登録コードを持つラインアップだけをインストールすることができます。

まず手持ちの CD を CD ドライブに挿入します。自動的にインストール選択の画面が表示されます。もしこの画面が表示されない場合は、CD にある *setup.exe* をダブルクリックします。



インストール選択の画面から、インストールしたいプログラムを選択します。登録コードを持っている場合、[Install a Registered Vensim Application] をクリックし、登録コードを入力します。

1.4.2 ダウンロードによるインストール

教育もしくは評価目的のための Vensim PLE、及び Model Reader のフリーダウンロードは <http://vensim.com/free-download/> にアクセスして行います。アクセスすると以下のような画面が出てきます。

Vensim Model Reader は Professional や DSS と同様のフル機能(ゲームや最適化、モンテカルロシミュレーション等)が利用できますが、モデルを修正、改良して保存することは出来ません。あくまでもフル機能版で作成したモデルを同様のフル機能でシミュレーションするための無料ソフトです(第20章参照)。

Choose a Product and Platform:

Anti-spam	<input type="checkbox"/> Please tick this box
Product	<input checked="" type="radio"/> Vensim PLE 6.3 <input type="radio"/> Vensim PLE 5.11A <input type="radio"/> Model Reader
Platform	<input checked="" type="radio"/> Windows (XP/Vista/7/8/8.1) <input type="radio"/> Macintosh OSX (10.4+)
Vensim newsletter	<input checked="" type="checkbox"/> Subscribe Name <input type="text"/> PLEASE NOTE: DOWNLOAD INSTRUCTIONS WILL BE EMAILED TO YOU, A FAKE EMAIL ADDRESS HERE WILL NOT WORK. Email address <input type="text"/> Retype email address <input type="text"/> The Vensim newsletter is used for announcements of software updates, courses, and related information. Frequency is low – typically quarterly – and addresses are never shared.

[Download software](#)

この画面でダウンロードしたいソフトやインストールするパソコンをラジオボタンで選択し、Eメールアドレスを入力します。そして [Download software](#) をクリックします。

すると数分後にダウンロードのリンク先を指示したメールが自動配信で届けられます。そのメールにある配信先をクリックし、あとは画面に従ってゆけば自動的にインストールできます。

Vensim 有料版をダウンロードするための直接リンクは <https://www.vensim.com/php-bin/download.html> です。そこにアクセスすると、登録コード等の入力が必要です。登録コードにより、所有する製品のラインアップに加えて、契約開始日、メンテナンス契約の有無を確認します。一旦登録コードを入力すれば、利用可能な Vensim のバージョンを選択することができます。もし必要とする特定のバージョンがなければ、最新のバージョンを選んでください。

Windows へのインストール

Windows へのインストールには、上記の直接リンクにアクセスし、登録コード等の入力をすれば以下の画面が現れます。そこで **Installer(x32)** をクリックして画面の指示に従ってゆけば自動的にインストールできます。

Version:	6.3E
Released:	11/2015
Microsoft Windows	<p>If you are experiencing memory problems with very large models in Vensim, please contact us as we have a x64 version available.</p> <p>Installer (x32)</p>
Mac OSX	<p>Single precision</p> <p>Double precision</p>

マックへのインストール

マックへのインストールも Windows の場合と同様にしてゆけば、上と同じ画面が現れます。ただし、マックの場合には Windows のような一括でのダウンロードは出来ず、**Single precision**、**Double precision** とそれぞれ別個にクリックしてインストールを行います。

1.4.3 ライセンス契約

Vensim をインストールする前に、ライセンス契約の条件に同意する必要があります。このライセンス契約は英文マニュアルの最後にも記載されています。ライセンス契約の条件に同意する場合は、インストールを継続します。ライセンス契約の条件に同意しなければ、支払った料金の払い戻しのためにソフトウェアを返却することもできます。

Vensim ライセンスは、1年間のバージョンアップのための保守と技術サポートを含みます。その後の保守とサポートを継続するには、メンテナンス料が必要になります。どのバージョンが利用可能であるかは、Vensim のウェブサイトを見ることでわかります。また、[ヘルプ] メニュー → [最新版] により、より新しいバージョンが利用可能かどうか確認できます。

1.4.4 登録コード

商業利用のための Vensim DSS、Professional、および PLE Plus には、登録コードが必要です。教育もしくは評価目的のための PLE には登録コードは必要ありません。もし登録コードを持っていないのであれば、教育もしくは評価目的として PLE をインストールしてください。

登録コード (Registration Code) は文字列、数字および線記号から構成されています。もしオンラインライセンスを購入するか、ライセンスを電子的に受けとった場合は、登録コードが電子メールによって送られてきます。そうでなければ、それはライセンス証明書、あるいは CD やそのケースにラベルがつけられています。登録コードは以下のようなものです。

```
Registration Code: ABCDE-FGHIJ-KLMNO-PRQS
Company: Ventana Systems, Inc.
Product: DSS
Serial#: 0
```

インストールの際、登録コードを正確に入力してください。線記号についてはスペースで代用することもできます。また会社名 (Company) は、登録コードの下に記載された会社名と一致させます。電子メールによって登録コードを受け取ったならば、電子メールからそれをコピーし、それを貼り付けるのが簡単です。もし入力したコードが違っていたら、再入力が求められます。コードが受け取ったものと同一であるか再点検してください。

あなたの会社名が正しくない場合は Vensim に連絡してください。

1.4.5 インストール用ディレクトリ

Vensim をインストールしたいディレクトリを選ぶことができます。Windows ではデフォルトでプログラムファイルのディレクトリ (通常 *C:\Program Files\Vensim*) になります。しかし Vensim は、どんな場所にもインストールすることができます。

マックでは、アプリケーションディレクトリの中にプログラムが置かれます。

1.4.6 その他設定

Vensim Professional および DSS は *vensim.exe* という名前のプログラムをインストールします。したがって、Professional から DSS にアップグレードすれば、Professional が DSS に取って代わります。

一方で、Vensim PLE および PLE Plus は、異なる名前です。PLE の実行ファイルは *venple.exe* であり、PLE Plus は *venplep.exe* となります。したがって、同じディレクトリに別のラインアップを矛盾なくインストールすることができます。

あるラインアップでは必要とされないサポートファイルもありますが、すべてのラインアップでインストールされるサポートファイルは同一です。さらに Vensim は、ファイルサイズの小さい設定ファイルを作成します。vensim.ini (Professional と DSS)、venple.ini

バージョンにより多少.exe ファイル名が異なる場合があります。

(PLE) および venplep.ini (PLE Plus) というファイルです。

このように設定ファイル名も違うため、同じディレクトリに複数の Vensim ラインアップをインストールすることができます。

1.5 追加的信息

Vensim による作業では、簡単に有益な情報を利用できます。Vensim ウィンドウのボタンの名前や操作については、参照カードでわかります。参照カードは、ボタン上にマウスを移動させてしばらくすると表示されます。



このユーザーズガイドで不十分な点は、*Modeling Guide* (モデリングガイド) や *Reference Manual* (レファレンスマニュアル) で補うことができます。モデリングガイドでは、いくつかのダイナミックなモデルの開発方法を記述しており、より応用的なモデリング技法が学べます。レファレンスマニュアルは、Vensim のすべての特徴と操作に関する詳しい情報を提供しています。その中には *DSS Supplement* というより詳細な Vensim DLL や Venapps 等の補足マニュアルもあります。すべてのマニュアルは、オンラインヘルプにあり、トピックを容易に検索することができます。

モデリングガイドはこのユーザーズガイドを終了した読者が次にチャレンジすべき中級レベルのガイドです。日本未来研究センターの Web サイト <http://www.muratopia.net/> から、福島史郎研究員訳及びモデルがダウンロードできます。

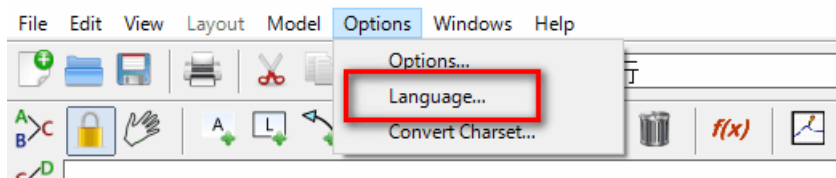
1.6 日本語環境

1.6.1 日本語メニュー

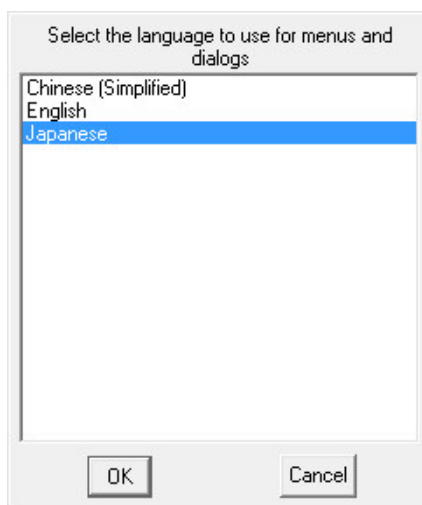
Vensim では、メニューの日本語化が進められています。初期設定では、英語メニューになっているので、日本語メニューにするには以下の方法をとります。


1. Vensim を起動します。
2. [Options] メニューにある [Language...] をクリックします。

Mac PLE でも同様に [Options] メニューにある [Language...] をクリックします。



3. ボックスに表示される [Japanese] をクリックし、[OK] をクリックします。

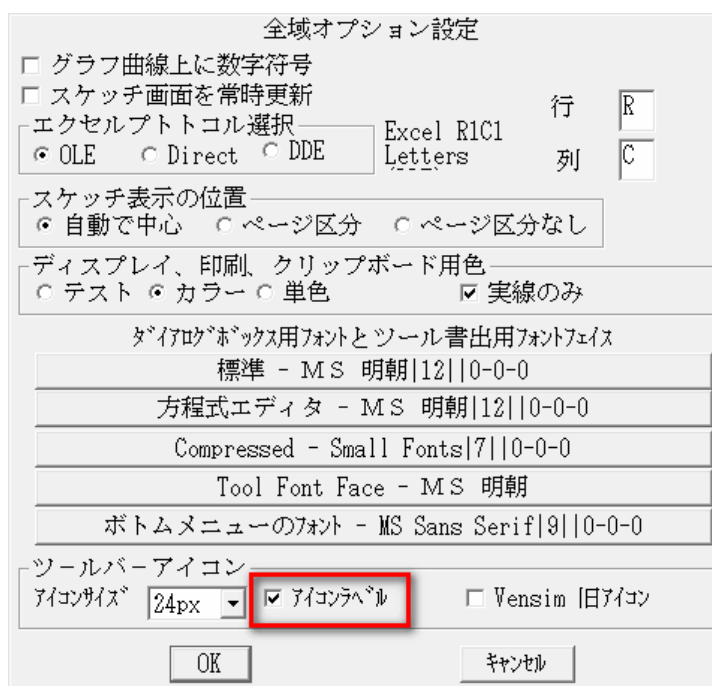


4. Vensim を閉じるために、Vensim 画面の右上にある  をクリックします。
5. Vensim を改めて起動すると、日本語メニューとなります。

さらに、アイコンの下にラベルが表示されます。この日本語への対応が完全ではないので、以下の方法で表示を消して、ラベルの上にマウスを動かすことで表示されるポップアップによりツールを確認する方が便利です。そのためには、つぎのように操作します。

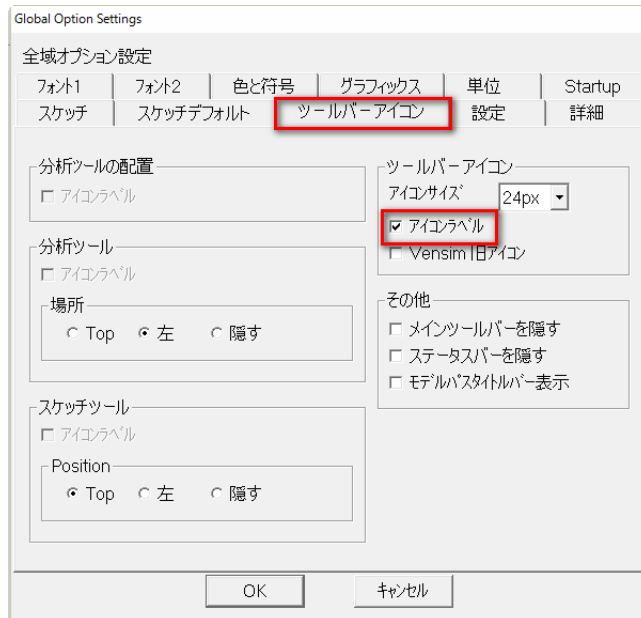
Windows 版 PLE

1. [オプション] メニューにある [オプション] をクリックします。
2. ツールバーアイコンにある [アイコンラベル] のチェックを外します。



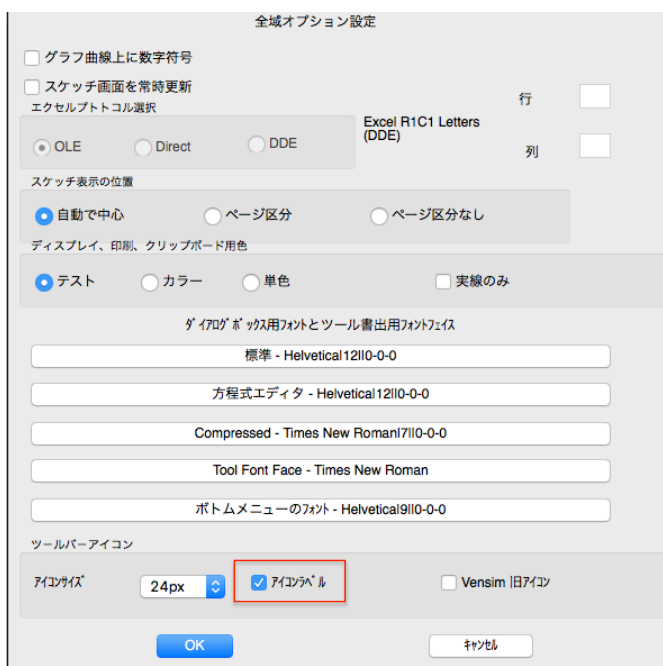
Windows 版 Professional 及び DSS

1. [ツール] メニューにある [オプション] をクリックします。
2. [ツールバーアイコン] タブを選択し、[アイコンラベル] のチェックを外します。



Mac 版 PLE

1. [VensimPLE] メニューにある [オプション] をクリックします。
2. ツールバーアイコンにある [アイコンラベル] のチェックを外します。



Mac 版 Professional 及び DSS

1. [VensimDSS] メニューにある [オプション] をクリックします。
2. 全域オプション設定から [ツールバーアイコン] タブを選択し、[アイコンラベル] のチェックを外します。



1.6.2 日本語単位の設定

日本語でモデルを作成する場合、日本語メニューへの変更は特に必要なく、英語メニューでも利用できますが、時間の単位を日本語にすることが必要となります。

- [モデル] メニュー→ [設定] を選択して、[単位同義語] のタブをクリックしてください。

下の図にある単位が Vensim に最初から組み込まれている単位です。これらの単位と同義となる日本語の単位を組み込んでゆきます。

- [Day,Days] を選んで、[選択して修正] をクリックしてください。
- 【Day,Days, 日】と入力して下さい。
- [編集して追加] をクリックして下さい。
- 同様にして次のように入力して下さい。

【Week,Weeks, 週】

【Month, Months, 月】

【Year,Years, 年】

(デフォルト単位)

Model Settings

時間の範囲 | 情報/パスワード | スケッチ | 単位同義語 | XLSファイル | 参照モード

\$, Dollar, Dollars, \$s
 Day, Days
 Hour, Hours
 Month, Months
 Person, People, Persons
 Unit, Units
 Week, Weeks
 Year, Years

Use strict test中

選択して削除

選択して修正

編集して追加

これらの同義語を新規モデルのデフォルト単位と置換する。

これらの同義語を新規モデルのデフォルト単位とする。

OK キャンセル

(日本語単位の組み込み)

Model Settings

時間の範囲 | 情報/パスワード | スケッチ | 単位同義語 | XLSファイル | 参照モード

\$, Dollar, Dollars, \$s
 Day, Days, 日
 Hour, Hours, 時間
 Month, Months, 月
 Person, People, Persons
 Unit, Units
 Week, Weeks, 週

Use strict test中

選択して削除

選択して修正

編集して追加

Year, Years, 年

これらの同義語を新規モデルのデフォルト単位と置換する。

これらの同義語を新規モデルのデフォルト単位とする。

OK キャンセル

- [これらの同義語を新規モデルのデフォルト単位とする] をクリックしてください。
- [デフォルト同義語と置き換えますか?] と尋ねられたら、[はい] をクリックして下さい。

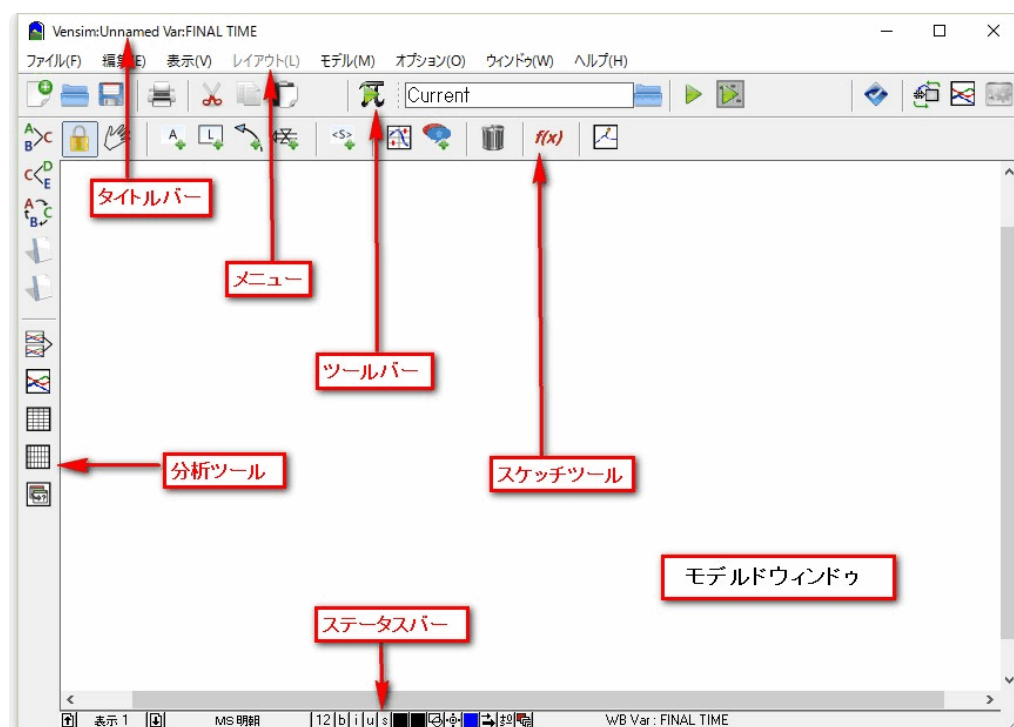
これで日本語環境の設定が無事に終了しました。さあ、次章からいよいよ Vensim を使ってゆきましょう。

第 2 章

Vensim のユーザーインターフェース

2.1 主な特徴

Vensim はモデルを構築し、実行し、分析するためのツール群を提供しています。主な Vensim ウィンドウは作業台で、タイトルバー、メニュー、ツールバーおよび分析ツールを含んでいます。Vensim PLE で新規モデルを開くと、下図のようにスケッチツールとステータスバーも表示されます。



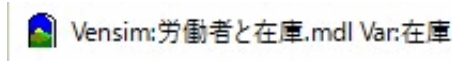
このユーザーズガイドでは以後すべて Windows から Vensim を起動して説明してゆきます。マックの場合にはインターフェイス画面がマック固有となり多少表示が異なるかもしれませんが、基本的な作動は同じです。

2.2 タイトルバー

タイトルバーは 2 つの情報を示します。Vensim: モデル名と Var: 作業変数名です。新規モデルを開くとモデル名がないので、モデルの名前は (Vensim:Unnamed) で、作業台でデフォルト選択された作業変数名は (Var:FINAL TIME) です。次章で用いる「労働者

と在庫.mdl」を開くとモデル名は「Vensim: 労働者と在庫.mdl」、作業変数名は「Var: 在庫」となります。

作業変数として在庫が選択されています。



作業変数はモデルにおいて現在選択されている任意の変数です。作業変数は、その変数の振る舞いを調べたり、より詳しい情報を知るために使われます。作業変数は、変数をクリックして選択したり、あるいは制御パネル（本章の後半で紹介する）の変数タブから選択できます。

2.3 メニュー

Vensim の多くの操作は、メニューから行なうことができます。

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) レイアウト(L) モデル(M) ツール(T) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

- [ファイル] メニューには、[開く]、[保存]、[印刷] などの一般的な機能があります。
- [編集] メニューには、選択部分の [コピー]、[貼り付け] 機能があります。また変数名の [検索] ができます。
- [表示] メニューには、モデルのスケッチを操作するオプションがあります。またモデルのテキスト表示が可能です。テキスト表示は、Vensim Professional と DSS にのみ対応しています。
- [レイアウト] メニューには、スケッチされた図の位置やサイズを操作する機能があります。
- [モデル] メニューには、シミュレーション制御やモデル設定を行う機能があります。またモデルのチェックや、データセットの入出力を行います。
- [ツール] メニューには、全体のオプションや、分析ツールやスケッチツールを操作する機能があります。Vensim PLE および PLE Plus では、[ツール] メニューはなく、[オプション] メニューがあります。
- [ウィンドウ] メニューには、別のウィンドウへの切り換え機能があります。
- [ヘルプ] メニューには、オンラインのヘルプがあります。

メニューは状況によって変化します。また選択されているウィンドウに対してプログラムが実行されます。よく使われるメニューコマンドはショートカットキーを持っており、さらにツールバーからも実行することが可能です。

2.4 ツールバー

ツールバーには、よく使われるメニュー操作やシミュレーション作業のボタンがあります。最初のセットには以下の7つのメニューボタンがあります。



[新規モデル]

[開く]

[保存]

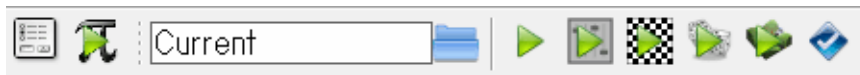
[印刷]

[切り取り]

[コピー]

[貼り付け]

次のセットには、シミュレーションに用いられる10つのメニューボタンがあります。図の左から以下のようなメニューボタンとなっています。



[シミュレーションの制御]

[シミュレーションの準備]

[シミュレーションの保存ファイル名 (Current となっている)]

[保存ファイル名の選択]

[シミュレーションの実行]

[統合シミュレーションの実行]

[ゲームの開始]

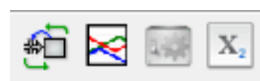
[モンテカルロ (感度テスト) の開始]

[最適化の開始]

[実現性の点検]

最後のセットには、Vensim で表示されるウィンドウを操作する4つのメニューボタンがあります。

「感度分析シミュレーションの開始」ボタンは「モンテカルロ (感度テスト) の開始」と変更になりました。



[モデルウィンドウの表示]

[出力ウィンドウの表示]

[制御パネルの表示]

[添字 (配列) の作成]

ツールバーで表示されるボタンは、Vensim のラインアップにより異なります。Vensim PLE Plus では、[最適化の開始] と [添字 (配列) の作成] の2つのツールがありません。



Vensim PLE ではさらに簡略化され、[ゲームの開始] [モンテカルロ (感度テスト) の開始] の2つのツールがなくなります。しかしながら一般的なモデル作成にはこれらのツール機能で十分です。



2.5 ウィンドウの種類

Vensim のウィンドウには、いくつかの種類があります。

1. モデルウィンドウは、モデルを作成したり、修正や操作したりするのに用いられます。Professional や DSS では、複数のモデルを同時に開くことができます。
2. 出力ウィンドウは、Vensim の分析ツールによって作成され、グラフや表およびリストからなります。
3. 制御ウィンドウには制御パネルと添字 (配列) があります。制御パネルは、Vensim の設定を管理するタブ対話ボックスを持ちます。また Professional や DSS で用いられる添字 (配列) は、ベクトルや配列を扱います。

2.5.1 ウィンドウ間の移動


ウィンドウを選択するか、新たに作成した場合、そのウィンドウはトップへ移動し、操作可能になります。その間、他のすべてのウィンドウは操作できません。ウィンドウを選択し、操作可能にする方法は次のものがあります。

1. ツールバー上の適切なウィンドウボタンをクリックします。
2. ウィンドウ間を循環する **Ctrl+Shift+Tab** キーを押します。
3. [ウィンドウ] メニューの次の項目を実行します。[モデルウィンドウを前面に]、[モデルウィンドウを背後に]、[制御パネル]、[添字 (配列)] があります。
4. マウスによって適切なウィンドウをクリックします。ただし、これはそのウィンドウが見えている場合にのみ有効です。

最後の方法が、実際よく使われます。

2.5.2 同じ種類のウィンドウ間の移動

出力ウィンドウが複数あったり、モデルウィンドウが複数ある場合には、以下の方法でウィンドウを切り換えることができます。

1. 出力ウィンドウボタン  を繰り返しクリックします。
2. **Ctrl**+**Tab**を押します。
3. [ウィンドウ] メニュー→ [出力ウィンドウリスト] に示されるウィンドウを選択します。また [ウィンドウ] メニューの下段にあるモデルウィンドウを選択します。
4. マウスによって適切なウィンドウをクリックします。ただし、これはそのウィンドウが見えている場合にのみ有効です。

2.6 モデルウィンドウ

モデルウィンドウは、モデルを作成するために使用されます。モデルウィンドウには、モデルの構造や方程式を書くスケッチツールがあります。ステータスバーは、スケッチを修飾するためのボタンがあります。また、複数の表示画面を持つことができます。1つの表示画面は、書籍の各ページが物語の一部を構成するのと同じように、モデルの一部を示します。Professional と DSS では、モデルウィンドウをテキスト表示し、モデルを作成したり、編集することができます。その際、ステータスバーはテキスト編集バージョンに変わります。



2.6.1 スケッチツール

スケッチツールはグループ化されています。Professional や DSS では、スケッチツールを追加したり、ツールの操作を変更したりすることができます。このようにしてカスタマイズされたツールセットは、ファイルに保存され、次回に Vensim を起動した際にも利用できます。組み込まれているデフォルトのスケッチツールセット (*default.sts*) には、モデルを作成するために必要なスケッチツールをほぼ備えています。




















Professional や DSS では、スケッチツールを右ボタンでクリックすることによって、オプションの変更ができます。ツールの設定を変更した場合、Vensim の終了時に、設定を保存するかどうかの確認が表示されます。新しい設定を保存するには、上書きします。保存できるツールセット数には制限はありませんが、利用しやすいツールセットを1つ作るのがよいでしょう。

組み込まれているスケッチツールは次のとおりです。



- スケッチ固定  - スケッチを固定します。マウスで変数を選択し、作業変数とすることができます。しかしスケッチの配置は変更できません。
- スケッチ移動  - スケッチされた変数や矢印を移動させたり、サイズを変更し

ます。

- 変数  - 変数（定数や補助変数およびデータなど）を作成します。
- スtock変数  - 箱で囲まれた変数（Stockに用いられる）を作成します。
- 矢印  - 直線、または曲線の矢印を作成します。
- フロー  - フローを作成します。フローや矢印に直交するバルブと変数名からなり、発生と消滅（雲  ）を持つこともあります。
- モデル変数  - すでに存在する変数を追加します。またその変数に影響する変数を追加します。
- 代行変数  - すでに存在する変数を追加します。しかしその変数に影響する変数は追加しません。
- 変数合体  - 2つの変数を合わせて1つの変数にします。Stockと雲、矢印の合体にも使われます。
- 入出力オブジェクト  - スライダーや出力グラフおよび表をスケッチに追加します。
- スケッチコメント  - スケッチにコメントや図を追加します。
- 上層に戻す  - 下層で非表示となっている変数をスケッチに表示させます。
- 下層に隠す  - 変数をスケッチから非表示にします。
- 消去  - 構造や変数やコメントをスケッチから消去します。
- 方程式 $f(x)$  - 方程式エディタをつかって、モデルの方程式を作成します。
- 参照モード  - 第19章で説明する参照モードに使用します。

Vensim PLE Plus には、モデル変数  と変数合体  の2つのスケッチツールがありません。



Vensim PLE では、さらに2つのスケッチツール、上層に戻す  と下層に隠す  がなくなります。しかしながら一般のモデル作成にはこれらのスケッチツールの機能で十分です。



モデルを作るためには、スケッチツールをマウスでクリックします。また、キーボード上の文字を押すことにより、ツールを選択することができます。①はスケッチツールの一番左にあるツール、②は2番目のツール、0は10番目、Qは11番目、Wは12番目となります。テンキーではこの操作はできません。また、モデルウィンドウがアクティブな場合のみ、こうしたキーボード操作が可能です。スケッチ画面にマウスを移動させて、一度クリックすれば、選択されたツールが描かれます。ただし、矢印やフロー変数は、一度クリックしたあと、マウスを移動させ、もう一度クリックします。

注意 スケッチツールの選択は持続性があります。つまり別のスケッチツールを選ぶまで、選択されたスケッチツールは適用可能な状況にあります。

2.6.2 ステータスバー

ステータスバーは、スケッチとオブジェクトの状態を示します。ステータスバーには、選択されたオブジェクトの状態を変更し、別の表示形式に変更するボタンがあります。



スケッチの属性のうち、以下のものはステータスバーにより変更することができます。

- 選択された文字列の変更；フォントや文字サイズ、太字、斜体、下線文字、取り消し線。
- 表示と下層レベル。
- 変数の色、箱の色、取り囲む図形、文字列の配置、矢印の色、矢印の幅など。

Professional および DSS を用いて、モデルウィンドウをテキスト表示する場合は、ステータスバーがテキスト編集用に変更されます。

2.6.3 シミュレーション

モデルウィンドウは、シミュレーション分析にも使用されます。最も重要なことは、モデルウィンドウにおいてシミュレーションの準備や統合シミュレーションが実行できることです。シミュレーションの準備において、すべての定数や表関数は強調表示されます。それらをクリックすることによって、シミュレーションに使用される値を一時的に変更することができます。統合シミュレーションでは、すべての定数にスライダーが表示されます。こうしたシミュレーション分析の詳細は第 13 章にあります。シミュレーションの準備や統合シミュレーションを実行するには、ツールバーにあるアイコンをクリックします。

2.7 出力ウィンドウ

出力ウィンドウは分析ツールをクリックすることにより作成されます。分析ツールはモデルから情報を集めて、情報を出力ウィンドウに、図やグラフおよび文字列として表示します。出力ウィンドウは、いくつも作成されている場合があります。これの一つずつ閉じるには、出力ウィンドウの左右にある消去ボタンをクリックします。一度にすべての出力ウィンドウを閉じる場合には、[ウィンドウ] メニュー → [全出力ウィンドウを全て閉じる] を選択します。

2.7.1 分析ツール

分析ツールは、作業変数の情報を分析ために用いられます。分析ツールはツールセットとしてグループ化されています。PLE と PLE Plus では、備え付けのツールセットだけが利用できます。それ以外のラインアップでは、ツールセットは編集可能です。またデフォルトのツールセット (*default1.vts*) と完全なツールセット *default2.vts* があります。





PLE と PLE Plus 以外では、同じ分析ツールに異なる情報を表示させることができ

ます。その設定には、ツールを右ボタンでクリックし、オプションを変更します。またツールセットにツールを追加することもできます。ツールセットに変更を加えた場合、Vensim の終了時に、それを保存するかどうか選択します。またツールセットを読み込むには、[ツール] メニュー→[分析ツール] → [開く] とします。









以下のツールの説明は、デフォルトよりもツールが多いツールセット *default2.vts* を用います。これに対して、PLE や PLE Plus は利用できるツールが少なくなっています。

参考までに、**Ctrl**+**1** は一番上にあるツールを操作可能にし、**Ctrl**+**2** は 2 番目を操作可能にします。この操作は最初の 10 個まで有効で、10 番目は **Ctrl**+**0** となります。





構造分析ツール

- 因果ツリー  - 作業変数に影響する変数をツリー図として描きます。
- 波及ツリー  - 作業変数がどの変数に影響するのかをツリー図として描きます。
- 因果ループ  - 作業変数がかつフィードバックループを表示します。
- ドキュメント  - 作業変数の方程式、定義、単位を表示します。

データセット分析ツール

- 因果グラフ  - 作業変数及びそれらに影響する直近の変数の振る舞いをグラフとして示します。
- グラフ  - 作業変数を 1 つのグラフとして示します。因果グラフとは異なるオプションがあります。
- 感度グラフ  - 1 つの変数の感度グラフを作成します。また感度テストによる不確実性の範囲を作成します。
- 棒グラフ  - ある時点での棒グラフを作成します。または全期間のヒストグラムを作成します。
- 表 (横)  - 作業変数の表を時間軸が横方向で作成します。
- 表 (縦)  - 作業変数の表を時間軸が縦方向で作成します。
- データセット比較  - 最初に読み込まれたデータセットファイルの定数と 2 番目に読み込まれたデータセットファイルの定数を比較します。
- 統計量  - 作業変数の統計量 (最小値、最大値、平均値、中央値、標準偏差) を表示します。

その他のツール








- 単位チェック  - [モデル] メニュー→[モデルチェック] をこの分析ツールからも行えます。
- 方程式 $f(x)$  - 方程式の編集をこの分析ツールからも利用できます。
- Venapps 編集  - Venapp の編集をサポートします。
- テキスト編集  - テキストエディタを起動して、.vgd ファイルを編集します。

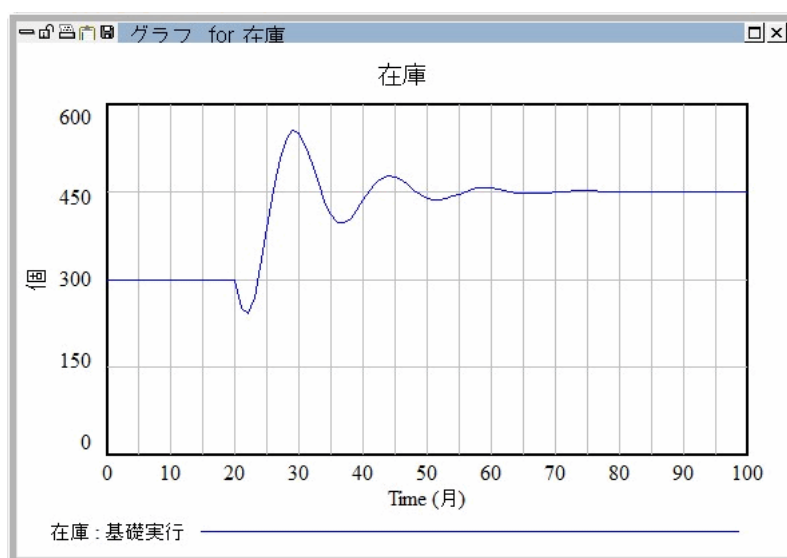
ツリー図や因果グラフ、感度グラフ、表および統計量といったツールは、作業変数の原因を示すだけでなく、その影響を示すようにすることもできます。

旧訳では、直接原因グラフ

2.7.2 分析ツールの出力

分析ツールをクリックすると新しいウィンドウが表示されます。ただし、表とドキュメントは、それまでの出力に追加されてゆきます。出力されたウィンドウは、削除しない限り残ります。またモデルが変更されたとしても、その結果は既出の出力には反映されません。但し、第 12 章で紹介する「入出力オブジェクト」を使用して、スケッチへ埋め込まれた出力については、モデルの変更が出力に反映されます。


分析ツールによる出力の一例は、次のようなグラフです。ボタンの仕様は、すべての出力で共通です。このウィンドウの左上にはボタン      があり、左から [終了] [固定] [印刷] [コピー] [保存] となっています。右上のボタン   では、左側が [最大化]、右側が [削除] です。

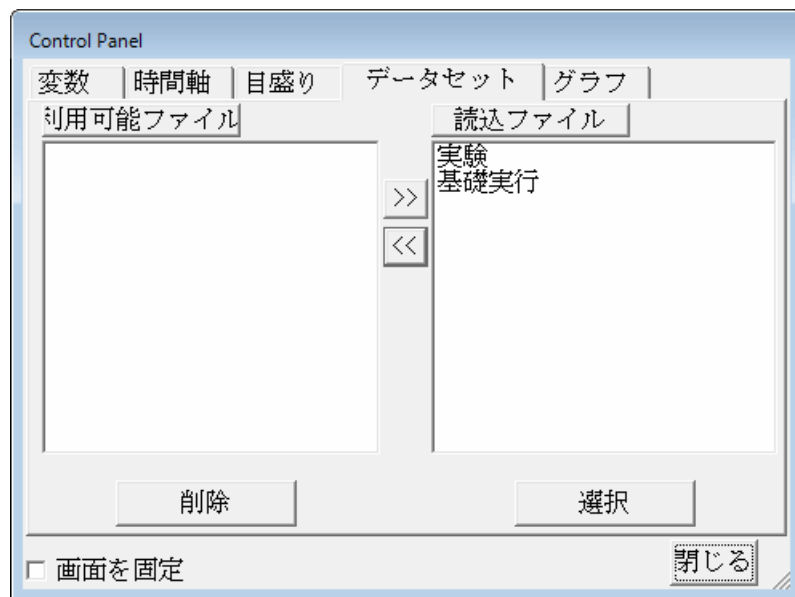


- モデルの変更に伴い、古い出力を削除するには終了ボタン（上段の左右にある）をクリックします。または、**[Del]** キーを押します。
- すべての出力ウィンドウを削除するには、[ウィンドウ] メニュー → [全出力ウィンドウを閉じる] を選択します。
- [固定] ボタンをクリックすれば「固定解除」ボタンと変更になり、出力ウィンドウが削除されないようになります。[固定解除] ボタンを改めてクリックすることで、固定は解除されます。
- 「コピー」や [保存] ボタンによって、出力ウィンドウを保存することができます。クリップボードに保存された出力は、別のアプリケーションに貼り付けることができます。
- 出力ウィンドウを誤って削除してしまった場合でも、分析ツールボタンを改めてクリックすることで、出力ウィンドウを再生成することができます。

分析ツールによる出力は簡単に作成できるだけでなく、削除も容易です。分析ツールは新たに情報を作成しませんが、より有益で、わかりやすい形式で既存情報を表示します。

2.8 制御パネル

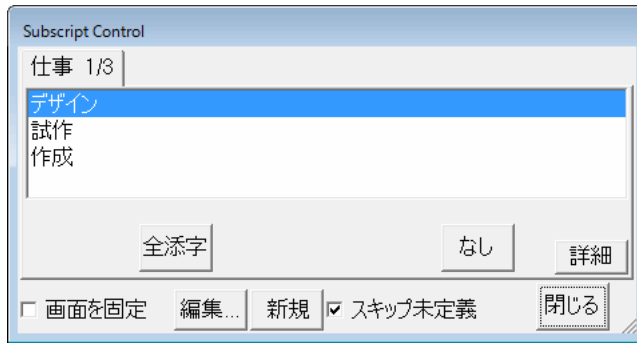
制御パネルは、Vensim 内部の設定を変更します。例えば、どの作業変数が選択されているか、あるいは、どのデータセットが読み込まれているかといった情報を管理します。制御パネルを開くには、ツールバーの制御パネルの表示  をクリックするか、あるいは [ウィンドウ] メニュー → [制御パネル] をクリックします。制御パネルは、6つのタブを持つフォルダ (Vensim PLE および PLE Plus は [位置確保] タブがなく5つ) に整理されています。ウィンドウの一番上に配置されているタブをクリックすることにより、フォルダが変わります。




- [変数] 変数を選び、作業変数とすることができます。
- [時間軸] 分析ツールが対象とする期間を限定することができます。
- [目盛り] 出力グラフの目盛りを変更することができます。
- [データセット] 保存されているデータセットを管理することができます。
- [グラフ] 自作グラフを作成します。
- [位置確保] 未定義変数の不完全なモデルを部分シミュレーションする際に、該当変数の位置を確保するための値をセットする制御です。

2.9 添字（配列）の制御

添字（配列）の制御は Vensim Professional と DSS にのみ対応しています。分析ツールが対象とする添字範囲を作成したり、編集したり、選択したりするために用いられます。以下の例では、「仕事」という1次元配列（数学ではベクトル）の添字範囲が「デザイン」、「試作」、「作成」の3つの添字要素からなる場合です。ここでは「デザイン」が選択されており、分析ツールでは [デザイン] だけの情報を表示します。添字の選択は、個別にクリックするか、それとも [全添字] もしくは [なし] 【すべて選択しない】を利用します。



添字（配列）を表示するには、ツールバーの [添字（配列）の作成]  をクリックします。新しい添字を作成するには、[新規] ボタンを、現在ある添字を編集するには、[編集] ボタンをクリックします。

第3章

実際の操作

3.1 Vensim によるモデリング

Vensim によりモデルを作る場合、以下のような方法がとられます。

- モデルを構築するか、既存のモデルを開きます。
- 構造分析ツール（ツリー図）を使用して、構造を検討します。
- モデルのパラメータを操作して、それがどのように影響するのかをシミュレーションで確認します。
- データセット分析ツール（グラフと表）を使用して、より詳しいデータの振る舞いを検討します。
- シミュレーション実験をおこなって、モデルを改良します。
- モデルとその振る舞いをプレゼンテーションします。その際、統合シミュレーションや自作したグラフや表が有効です。

モデルを構築し、それを検討し、修正するという繰り返しの作業が実際には必要です。はじめは、単純なモデルから作成し、実際に稼働するシミュレーションモデルを作成するようにします。実際に稼働するモデルに対して、必要に応じて修正し、改良します。

Vensim にはシミュレーション結果を表示する独自機能があります。シミュレーションの結果は、すべての変数でダイナミックな値として保存されます。また関心のある変数については、分析ツールを用いてその詳細を見ることができます。

3.2 労働者と在庫モデルの例（労働者と在庫.mdl）


この章では、労働者と在庫モデルを用いて Vensim の操作を行います。このモデルは単純ですが、習得に値するモデルです。このモデルは、在庫管理の方針と雇用方法の相互作用により、生産の不安定が発生することを示します。また採用と解雇に対して積極的であることが、より労働力の安定をもたらすという直感に反した結果も示します。

3.2.1 Vensim の開始

- Windows の [スタート] メニューの [スタートプログラム] → [Vensim] から Vensim のプログラムを起動します。

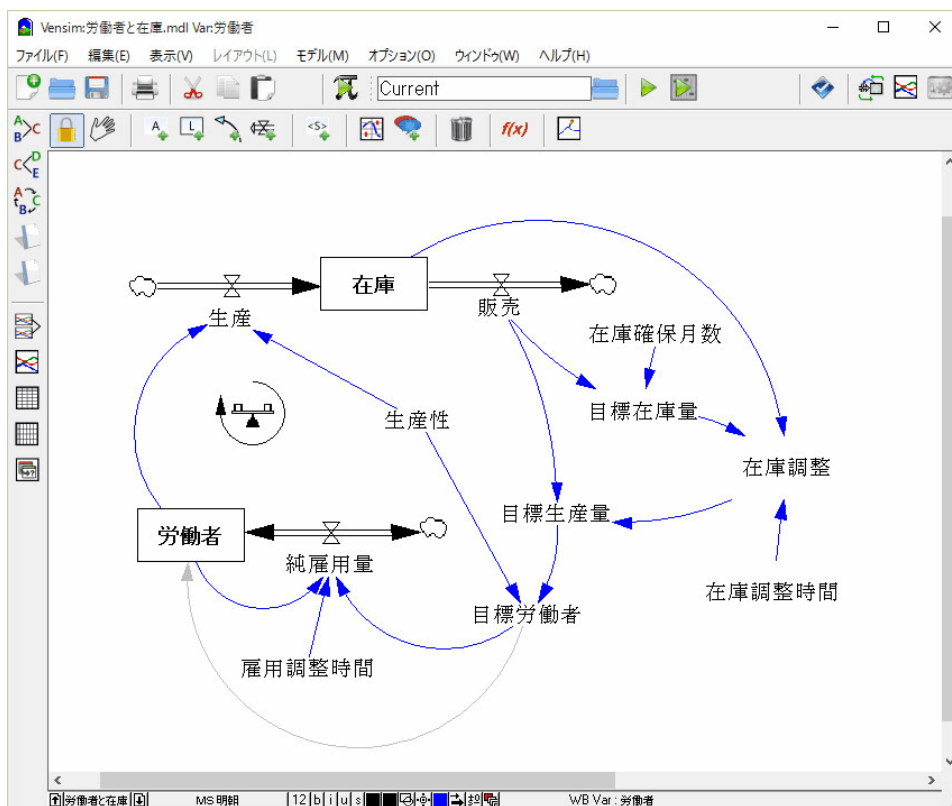
またはデスクトップから Vensim のアイコンを (ダブル) クリックして起動します。

3.2.2 モデルを開く


- [ファイル] メニュー→ [開く] を選択します。または、ツールバーの開く  を使います。
- Vensim6 ユーザーズガイドモデル第3章にある「労働者と在庫.mdl」を開きます。英語のモデル wfinv.mdl は C:\Users\Public\Vensim\models\UserGuide にあります。

Vensim6 ユーザーズガイドモデルは日本未来研究センターの Web からフリーダウンロードできます。
<http://www.muratopia.net>

次のような労働者と在庫モデルが開きます。



このモデルは、在庫を持つ製造工場のダイナミックな振る舞いを示します。タイトルバーは、開いたモデル（労働者と在庫.mdl）の名前と、作業変数（労働者）を表示します。労働者というストック変数は、スケッチ画面にあります。作業変数は、注目したいと考えるモデル中の任意の変数です。別の変数をクリックすることにより、いつでも注目する変数を変更することができます。


- スケッチ固定  はデフォルトで選択されています。スケッチの【在庫】にマウスを動かして、クリックしてください。

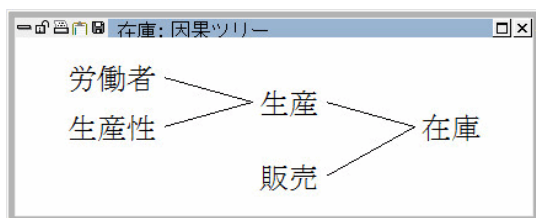
タイトルバーにある作業変数が労働者から在庫に変わります。

3.3 構造の確認




労働力と在庫モデルは比較的単純です。ただし、ストックおよびフロー図の経験がないユーザーには、難しく見えるかもしれません。この視覚的な表現では、矢印は原因と結果を意味します。矢印の後ろに位置する変数は矢印の先にある変数に影響を及ぼします。例えば、生産は、労働者だけでなく、生産性からも影響を受けます。

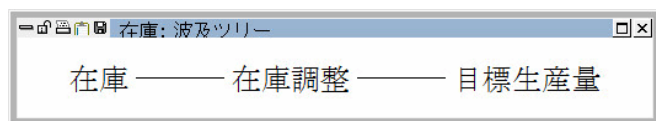
こうしたモデルの構造は、構造分析ツールにより確認することができます。このツールは、モデルのダイナミックな値の振る舞いではなく、構造だけを把握します。より詳しい振る舞いについては、あとで紹介します。

- 分析ツールの一番上にある因果ツリー  をクリックします。出力ウィンドウが表示されます。




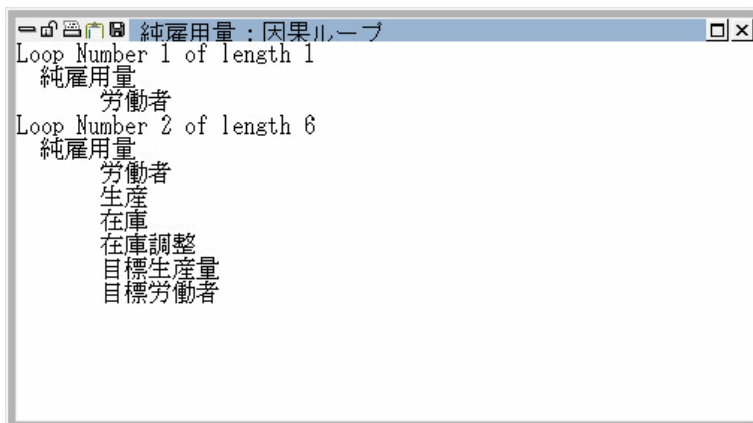
作業変数の在庫が右側にあり、それに変化をもたらす変数（2段階先まで）が左側にあります。

- この因果ツリーを削除するには、ウィンドウの左上  の左端にある [終了] ボタン、または、右上の  の右側にある [終了] ボタンをクリックします。または [Del] をクリックします。
- 波及ツリー  をクリックします。出力ウィンドウが表示されます。




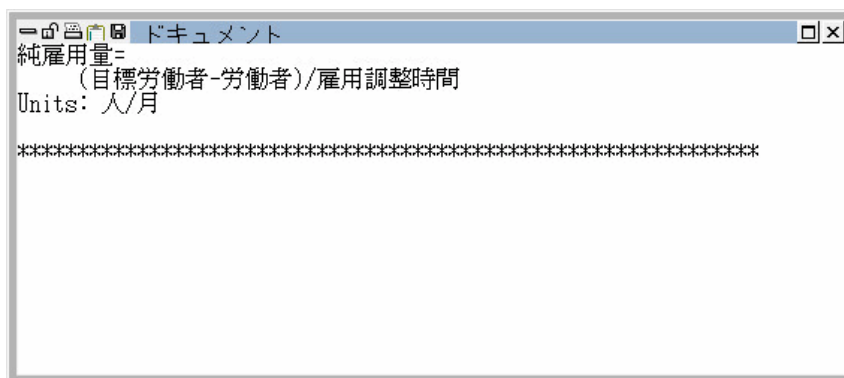
作業変数が左側にあり、それが影響を及ぼす変数が右側に（2段階先まで）あります。これらのツリー図は、モデルの情報を2つの方法で示していることとなります。スケッチを詳しくみれば、因果関係の全体を見ることができます。ツリー図は、モデルの一部を取り出して表示していることとなります。

- ツリー図を [終了] ボタン、または [Del] で終了します。
- マウスでスケッチ上の【純雇用量】をクリックし、作業変数とします。
- 分析ツールの因果ループ  をクリックします。



出力ウィンドウが表示されます。そこには、作業変数（純雇用量）から始まるフィードバックループが2つあります。

- ドキュメント  ツールをクリックします。



作業変数（純雇用量）の方程式とその単位を出力ウィンドウに表示します。

- [ウィンドウ] メニュー → [全出力ウィンドウを閉じる] を選択します。


これによって、これまで作成された出力ウィンドウがすべて閉じられます。

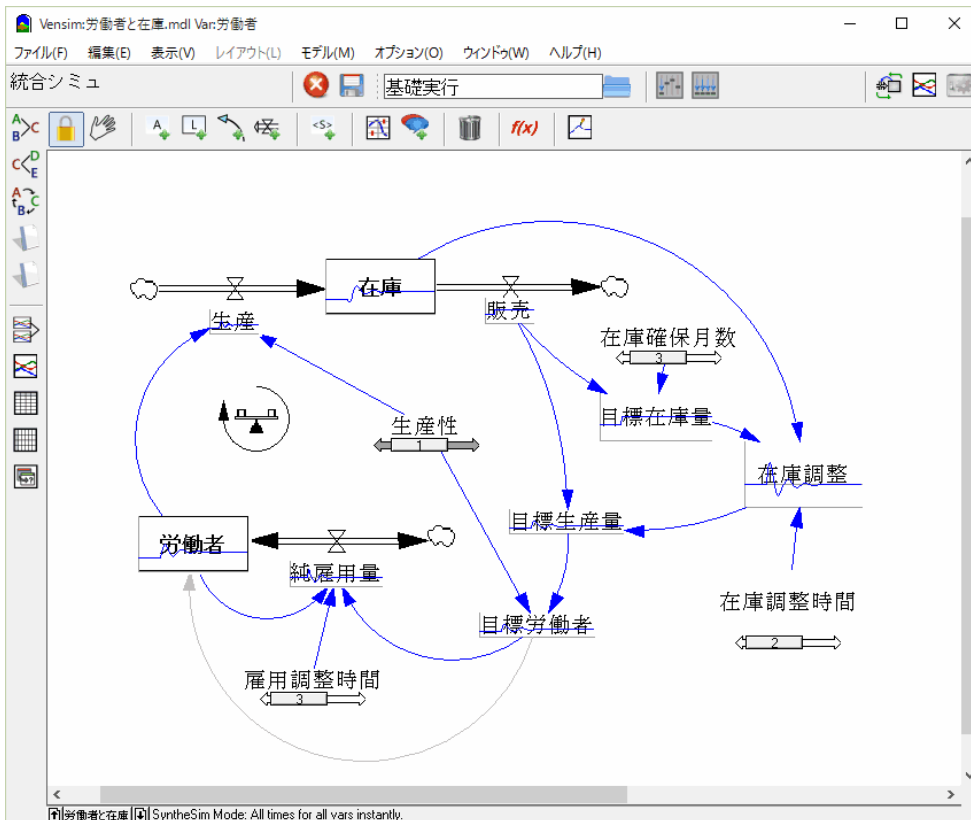
3.4 モデルのシミュレーション

次に、モデルのダイナミックな振る舞いを見てゆきます。まず、シミュレーション期間を通じた在庫の推移に注目します。そのためには最初に、モデルをシミュレーションする必要があります。モデルをシミュレーションする最も容易な方法は、ツールバーを使うことです。シミュレーションのセットアップに関する高度なオプションについては、リファレンスマニュアルのシミュレーションモデルで述べられているシミュレーションの制御を使います。

- ツールバーのシミュレーションの保存ファイル名編集 にある初期設定の *Current* というファイル名をダブルクリックして強調表示し、【基礎実行】

という新しい名前を入力します。この名前は、シミュレーションを実行させた際に、変数の値を保存するデータセットファイルの名前です。

- ツールバーの統合シミュレーション  をクリックします。以下のような統合シミュレーションモードに移行します。



変数名の上に縮小表示されたグラフ、そして変数名の下にスライダーが現れます。スライダーは定数（常と同じ値を持つ変数）に付けられています。変数名のうえにマウスを移動して、しばらくすると、より大きなポップアップグラフが表示されます。

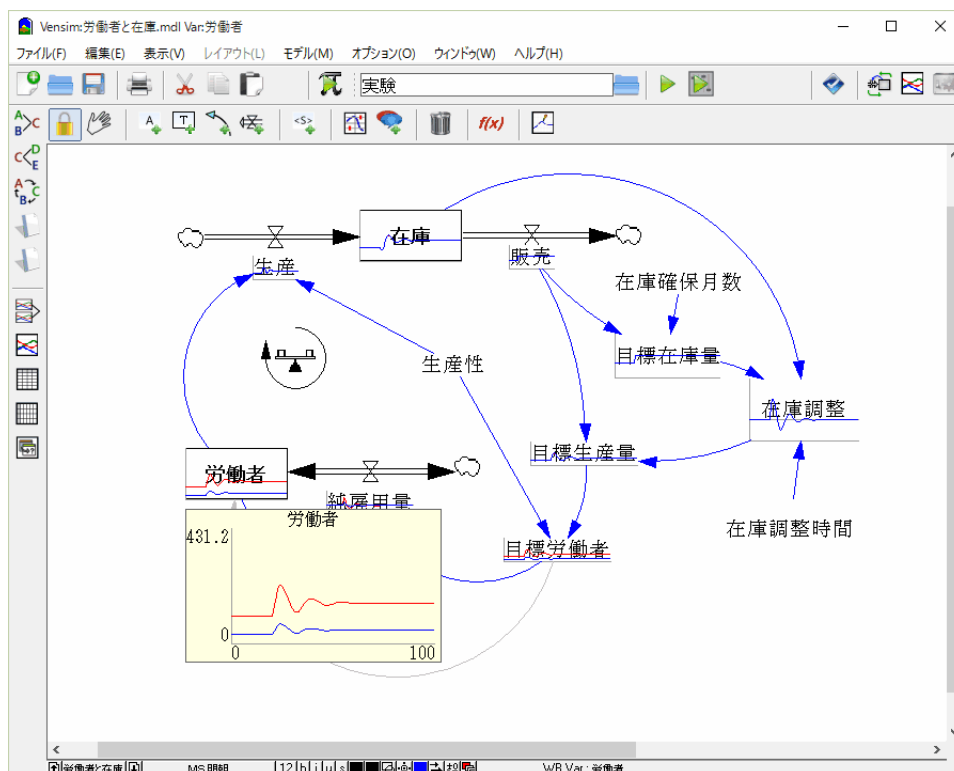
- ツールバーのシミュレーションの保存ファイル名編集 にあるファイル名を基礎実行から【実験】へと変更します。こうすることで、新たなシミュレーション結果がデータセットファイル【実験】に記録されますが、【基礎実行】に保存されたデータは変化しません。
- 【生産性】の下にあるスライダーを前後させます。ここではスライダーを動かし、生産性を1から3へと変更します。すると同時にシミュレーションが実行され、それらの変化が青線が表示されます。一方で前に保存した基礎実行は赤線が表示されています。シミュレーションはリアルタイムで実行され、同時にグラフが更新されます。

3.5 振る舞いの検討


グラフを、より大きく、詳細に表示することもできます。

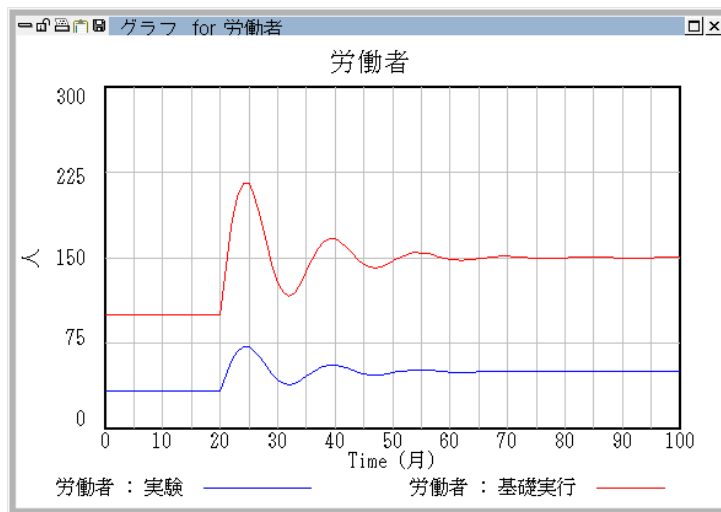
- マウスを【労働者】の上に動かしてしばらくそのまましていると、グラフが飛び出してくれます。

飛び出してくれない場合には、
[表示]メニュー→[グラフ簡素表示] (または[B]) を選択します。




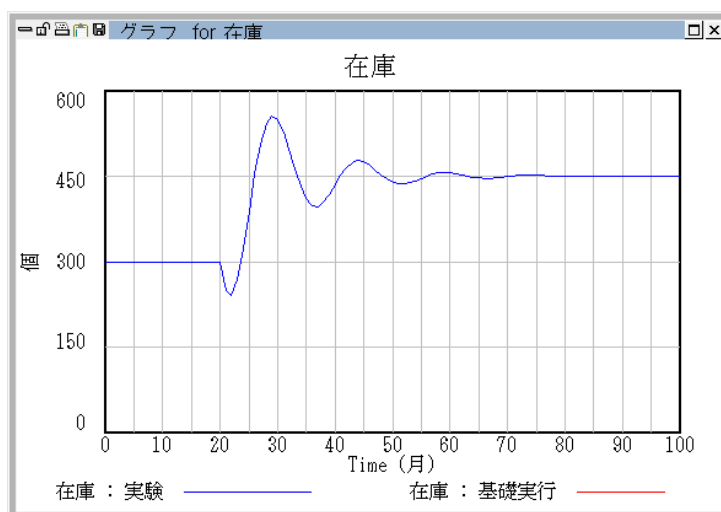
このグラフは少し大きいだけで、変数名の上に表示される縮小表示グラフと違いはありません。しかし、軸に時間ラベルがあります。

- 【労働者】をクリックし、作業変数にします。
- 分析ツールのグラフ  をクリックします。




こうして作成された2つのグラフは、両者ともに、減衰振動といわれる同じパターンを示しています。両者は目盛り以外は同じです。

- グラフを [終了] ボタン、または [Del] により終了します。
- 【在庫】 をクリックし、グラフ  をクリックします。




在庫のグラフは、労働者と同じように振動しています。しかし、在庫は増加の前に、まず減少から始まります。在庫の実際の値を表で確認します。

- 表 (横)  ツールをクリックします。

Time (月)	47	48	49	50
Runs:				
在庫	実験	基礎実行		
	461.582	452.939	445.246	439.628
: 基礎実行	461.582	452.939	445.246	439.628

- 出力ウィンドウの下にあるスクロールバー、または \leftarrow や \rightarrow により【在庫】の値を見ます。


在庫のグラフは1つだけ描かれます。これは2つのシミュレーション結果が同一であったためです。生産性の変化は、労働者、目標労働者そして純雇用量に影響します。このことは、スライダーを動かして図を見れば明確です。なぜなら生産性は製品を一単位生産するために必要な労働力であるからです。

- 最新の変更のリセット  をクリックするか、【生産性】を元の値に戻すために Home を押してください。
- 生産性以外の3つの定数についても、スライダーを操作してください。振る舞いを観察して、興味ある結果には詳細グラフを表示してください。


振る舞いを評価する場合、振動の期間、変数の振幅および減衰の程度に注目します。振動の期間は、時間グラフにおける1つのピークから次のピークまでの時間です。減衰の度合いは、ピークからピークまでの振幅の減少を意味し、この振幅はy軸の距離になります。

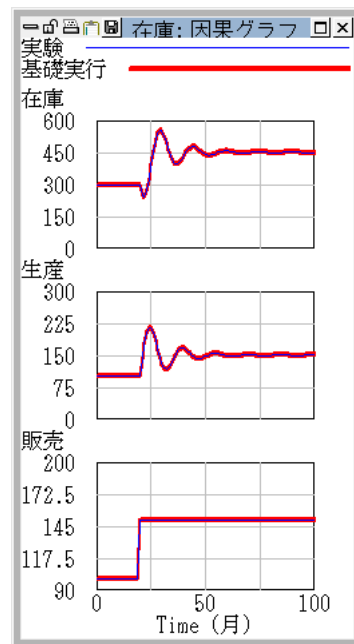
3.6 原因追跡

因果ツリーツールをつかって在庫を分析したツリー図と同様に、在庫に変化をもたらす変数の値をグラフとして見ることができます。

- 定数/表関数の変更を全てリセット  をクリックするか、 $\text{Ctrl} + \text{Home}$ を押してください。





すべての定数を、元の値に戻します。どの変数でも1本のグラフだけが表示されます。

- 在庫をクリックして、作業変数にします。
- 因果グラフ  をクリックします。






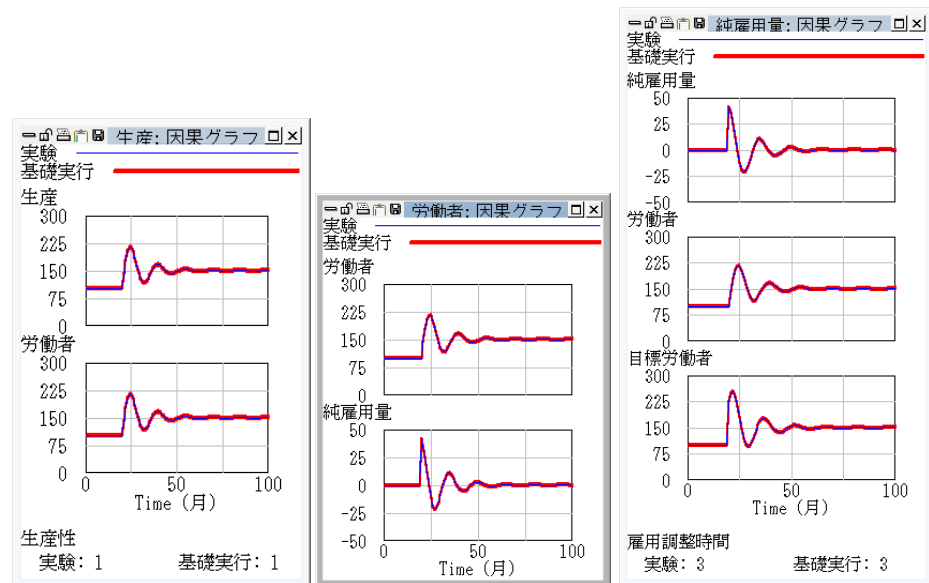
在庫が一番上にある一連のグラフが表示されます。2 段目と 3 段目は、在庫に変化をもたらす生産と販売です。2 つのシミュレーション実行結果、基礎実行と実験、は同じであるため、グラフが重なります。因果グラフは、グラフを色分けすることや線の太さで区別することができます。

このグラフでは興味深い結果が示されています。在庫は、一度減少してから、振動し、安定化します。在庫は、生産と販売から影響をうけていますが、生産だけが振動しています。販売は振動していません。従って、在庫が振動する理由は、生産にあると考えられます。




モデルのどの部分が、何を引き起こしているのかを確定するうえで、原因追跡は強力なツールです。原因追跡では、因果ツリー  や波及ツリー  および表  も利用されますが、最も一般的なツールは因果グラフ  です。それによって、このモデルが振動する原因を探ることができます。

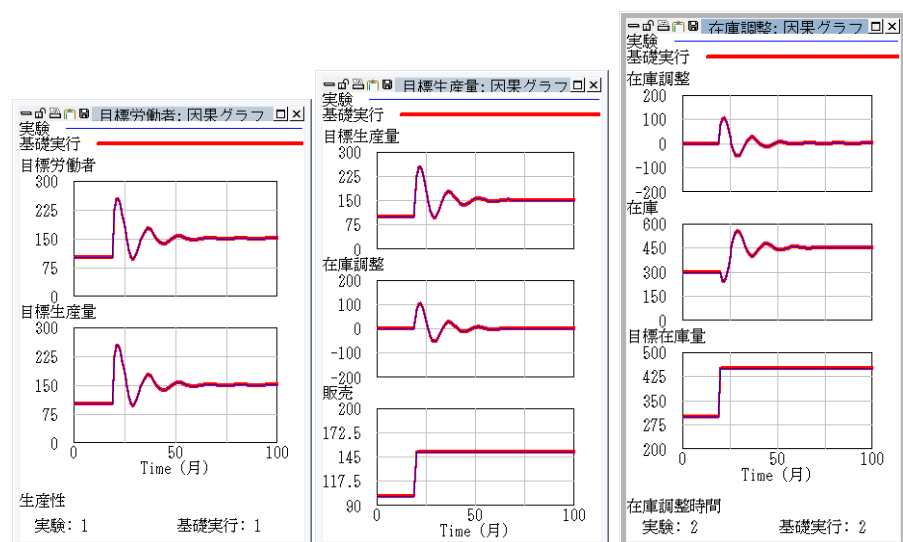
それでは、どのフィードバックループが振動を引き起こしているのかを探します。

- 因果グラフにある生産（文字列の部分）をクリックし、作業変数とし、因果グラフ  をクリックします。
- 表示された因果グラフにある労働者をクリックし、因果グラフ  をクリックします。
- 純雇用量をクリックし、因果グラフ  をクリックします。




3つの因果グラフが表示されます。振動がこれらの変数によってどのように伝わっているのかを見てください。

- 目標労働者をクリックし、因果グラフ  をクリックします。
- 目標生産量をクリックし、因果グラフ  をクリックします。
- 在庫調整をクリックし、因果グラフ  をクリックします。



最後の2枚のグラフはよく似た振る舞いを示しています。目標生産量の因果グラフは、振動が販売ではなく、在庫調整に由来していることを示します。在庫調整のグラフは、目標在庫量ではなく、在庫が振動を起こしていることを示しています。

このような振動の元は、在庫にあり、販売には関係がないことがわかりました。ここで起こっていることを確認するためスケッチを改めて見ます。

- ツールバーのモデルウィンドウ表示  をクリックします。

モデルウィンドウを前面に配置し、出力ウィンドウを背面にします。

振動を発生させるフィードバックループを確認します。在庫から生産、労働者、純雇用
量、目標労働者、目標生産量、在庫調整とたどり、最後に在庫へと戻ります。

目標生産量に注目してください。特に、振動が販売ではなく、在庫を通したフィード
バックループによって伝わっていることに注意してください。販売は、STEP 関数を持つ
定数です。販売は、他の変数に影響しますが、変化を受けることはありません。販売はい
かなるフィードバックループの一部でもありません。販売は、ストック変数在庫に、突然
の変化（売上の段階的な増加）を伝えます。システム構造（負のフィードバックループ）
は、在庫を補正しようとして、振動を発生させます。これは、ロッキングチェアが、一方
に傾くと前後に揺れるのと似ています。


- [ウィンドウ] メニュー → [全出力ウィンドウを閉じる] を選択します。

3.7 個別のシミュレーション実験

これまで、モデルの振る舞いを調べるために統合シミュレーションを利用しました。こ
の機能はモデルを詳しく調べるうえで効率的な方法です。一方で、振る舞いを調べる従来
型の方法があります。これはシミュレーションごとに、セットアップとシミュレーション
を行う方法です。このアプローチは、非常に順序だてられた方法です。そのため、結果を
容易に反復できるという長所があります。非常に大きなモデルを取り扱う場合では、利用
できる唯一の方法でもあります。

- ツールバーの停止  をクリックします。

グラフとスライダーは消えて、モデルを最初に開いた状態に戻ります。

- ツールバーのシミュレーションの準備  をクリックします。


スケッチにあるいくつかの変数名が、青い背景に黄色の文字となります。これらはシ
ミュレーションを通じて一定の値を持つ定数です。これらに別の値を設定し、モデルへの
影響を見ることができます。

- スケッチ上で黄色/青で表示された【雇用調整時間】をクリックします。

編集ボックスが開きます。


新しい労働者を雇用（または労働者の解雇）する比率を遅らせることで、振動を除去す
ることができるかを実験します。

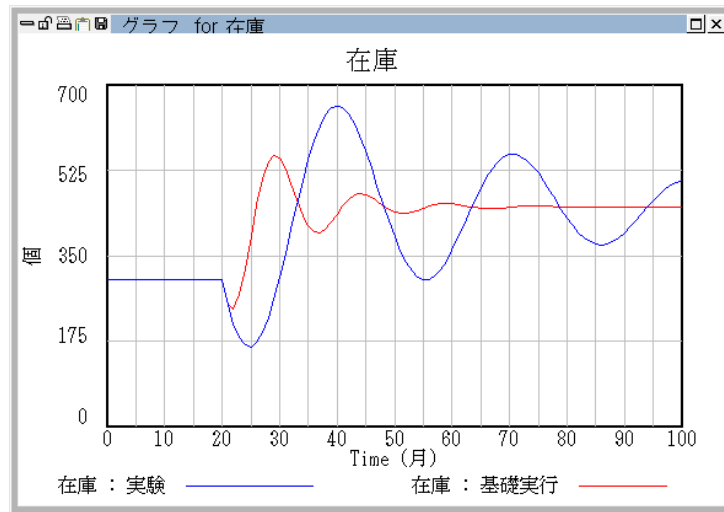
理想的には、在庫の値をスムーズに増加させたいわけです。

- 編集ボックスにある初期値の「3」を「12」に変更して、 を押します。

これにより、雇用調整時間は、3 か月から 12 か月へと変更されます。


- ツールバーのシミュレーションの実行  をクリックします。シミュレーション
が実行され、その値はデータセット実験に保存されます。

- 【在庫】をクリックし、グラフ  をクリックします。



2つの実験結果が表示されます。1つは基礎実行で雇用調整時間の初期値が3である場合です。2つは実験が持つ雇用調整時間を12にした場合です。

この結果は、雇用や解雇を遅らせることが、振動を大きくし、さらに振動を長引かせることを示しています。


➤ 分析ツールのデータセット比較  をクリックします。

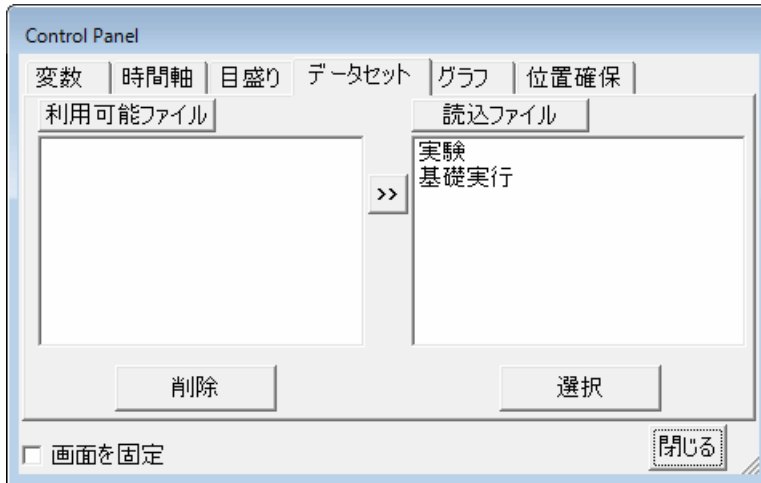
Variable	実験	基礎実行
雇用調整時間	12	3

データセット比較ツールは、読み込まれたデータセットの上位2つで用いられる定数や表関数の違いをリストとして表示します。ここでは、基礎実行と実験という2つのデータセットが読み込まれており、その違いは雇用調整時間の値が3と12であることを示しています。

3.8 自作グラフの作成

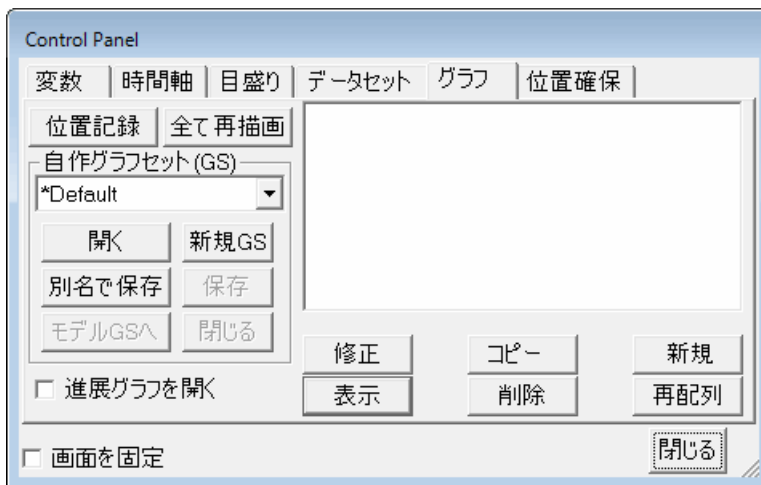
1枚のグラフで、重要な変数をすべて見たい場合があります。分析ツールで作られるグラフは、作業変数を対象にしました。自作グラフを用いることで、変数、データセット、形式を選択した1枚のグラフを表示することができます。自作グラフは制御パネルの[グラフ]タブから作成します。

- ツールバーの制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブをクリックします。



- 読込ファイルにある基礎実行をダブルクリックして、基礎実行を取り除きます。
- 制御パネルの [グラフ] タブをクリックします。

基礎実行は、利用可能ファイルに移動します。



但し、このデータセットパネルは Professional/DSS 版用で、PLE 版ではパネル左の自作グラフセット等のボックスがありません。

- [新規] をクリックし、自作グラフ編集ダイアログを開きます。

名称 Hide: タイトル X Label Legend

タイトル

X-軸 X Label

X-min X-max X-division Lbl-Interva Y-div

Stamp コメント

タイプ Norm Cum Stack 点 塗り幅 高さ

目盛	変数	データセット	ラベル	線幅	単位	Y-min	Y-max
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="選択"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="選択"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="選択"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="選択"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="選択"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="button" value="選択"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

As WIP Graph (maxpoints) Soft Bounds

- [タイトル] に「労働者と在庫」と入力します。
- 画面左下の変数ボックスにマウスを動かし、最上段の [選択] をクリックします。変数選択のダイアログが表示されます。

グラフに含める変数

FINAL TIME
INITIAL TIME
SAVEPER
Time
TIME STEP
労働者
在庫
在庫確保月数
在庫調整
在庫調整時間
生産
生産性
目標労働者
目標在庫量
目標生産量
純雇用量
販売
雇用調整時間

パターン

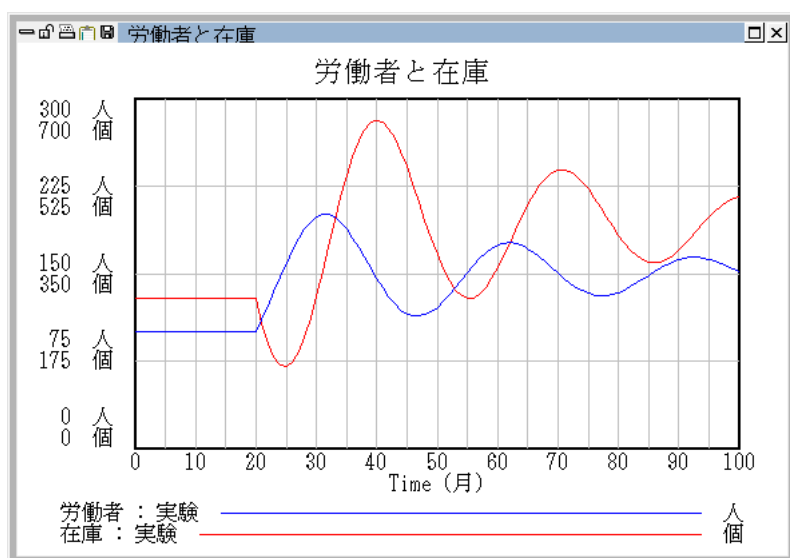
名

タイプ

- スクロールバーを下に動かして、労働者をダブルクリックします。
- マウスで2段目の [選択] をクリックします。在庫をダブルクリックします。在庫をシングルクリックして、[OK] ボタンを押すことで同様の選択が行えます。

名称	労働者と在庫		Hide:	<input type="checkbox"/> タイトル	<input type="checkbox"/> X Label	<input type="checkbox"/> Legend
タイトル	労働者と在庫					
X-軸		選択	X Label			
X-min		X-max		X-division	<input type="checkbox"/> Lbl-Interva	Y-div
Stamp	コメント					
タイプ	<input checked="" type="radio"/> Norm	<input type="radio"/> Cum	<input type="radio"/> Stack	<input type="checkbox"/> 点	<input type="checkbox"/> 塗り	幅
						高さ
目盛	変数	データセット	ラベル	線幅	単位	Y-min
	労働者	選択				
	在庫	選択				
		選択				
		選択				
		選択				
		選択				
<input type="checkbox"/> As WIP Graph (maxpoints)			コピー	表示テスト	<input type="checkbox"/> Soft Bounds	
OK		表の作成		キャンセル		

- 自作グラフダイアログの [OK] をクリックし、画面を閉じます。
- 自作グラフを表示するには、制御パネルの [グラフ] タブにある [表示] をクリックします。



3.9 自作表の作成

自作表は、変数や表示させる時間を選択できる表です。

- ツールバーの制御パネルの表示 をクリックし、[グラフ] タブをクリックします。
- [新規] をクリックします。
- 自作グラフ編集ボックスの【表の作成】をクリックし、自作表の編集ダイアログを

開きます。

- [タイトル] に「労働者と在庫 (表)」と入力します。
- [変数] ボタンをクリックし、労働者をクリックします。右側にある [追加] ボタンをクリックします。
- 同様に、[変数] ボタンをクリックし、在庫をクリックし、[追加] ボタンをクリックします。

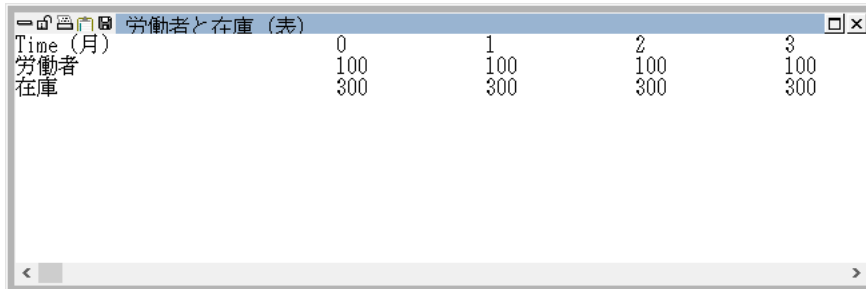
次のようなダイアログとなります。

- [OK] をクリックします。

自作グラフや表として利用可能なリストが更新されます。作成した自作表は、「労働者と在庫 (表)」と表示されます。リストに表示する名前は、自作表の編集ボックスの [表

の名称] で再入力することもできます。

- リストにある「労働者と在庫 (表)」をダブルクリックします。



Time (月)	0	1	2	3
労働者	100	100	100	100
在庫	300	300	300	300

3.10 要約

単純なモデルを実際に操作しました。これらの操作は、Vensim によるモデル分析の基礎です。たとえ、非常に複雑なモデルであっても、これらの分析ツールは、モデルを理解し、修正するうえで有効です。これから続く 6 つの章は、モデルを作成するための基礎技術を扱います。そのあとで本章で紹介した分析やレポートについてのトピックを改めて紹介します。

第 4 章

因果ループ図

4.1 Vensim モデル





本章は因果ループ図を説明します。因果ループ図は、変数のつながりが因果関係を示すためにそのように呼ばれます。A から B を結ぶ矢印は、A が B に影響することを意味します。因果ループ図は、構造の概念化や理解にとって役立ちます。実際、シミュレーションモデルが作成されていなくても、因果ループ図が有効な場合があります。本章の大部分は操作方法の説明です。たとえ因果ループ図を利用しないのであっても、モデル作成において必要なものです。



因果ループ図はシステムにおける蓄積（ストックやフロー）を扱いません。ストックやフローの作成は第 5 章で行います。もしストックやフローに関心がある場合であっても、この章から取り組むことをお勧めします。なぜなら、図を描く基本的な方法は同じであり、本章はそれを詳しく記載しているからです。





重要な注意点として、因果ループ図やストックおよびフロー図は、シミュレーションモデルでないことがあります。第 3 章で使用したモデルがシミュレーションモデルであり、すべての変数間に代数的な関係があります。第 6 章の「シミュレーションモデルの作成」において、具体的なシミュレーションモデルの作成方法を説明します。Vensim Professional あるいは DSS では、図を用いたモデル作成ではなく、方程式の直接入力も可能です。しかしながら通常は、図を用いてモデルを作成します。


4.1.1 スケッチを描く


一度スケッチツールを選択すると、別のツールを選択するまでは、そのツールが選択状態にあります。マウスのクリック（押して離す）によりスケッチにツールが描かれます。

スケッチ固定  をクリックすると、標準的なマウскарソルになります。スケッチ固定  は、スケッチされた対象を選択（白黒反転表示される）したり、オプションの変更用に用いられます。スケッチされた対象は、スケッチ固定  が選択されていると、動かすことはできません。また、スケッチ固定  は、`[Esc]` キーやキーボードの `[1]` でも選択できます。

スケッチ移動  は、スケッチされた対象（変数や矢印）を移動したり、大きさや形状を変えたりします。また、スケッチ移動  以外のツールでも、スケッチされた対象を移動することができます。

変数を描くツール（変数  やストック変数  など）とフロー  を描くツールがあります。これらのツールには、その変数名を入力するための編集ボックスが表示されます。スケッチコメント  は、対話ボックスを表示します。

矢印  は、矢印の始点となる単語をクリックし、矢印の終点となる単語をクリックします。始点と終点の間で、マウスクリックを追加すると、曲線となる矢印の中間点を追加します。

注意 矢印を引く際に、単語をクリックし、ドラッグ（マウスボタンを押したまま引っぱる）しないでください。これはクリックした単語を移動させることになります。これはフロー  でも同じです。

4.1.2 マウスのヒント

- マウスボタンのクリックとあれば、左ボタンを意味します。

4.2 因果ループ図の作成


ここでは、建設計画における因果ループ図を作成します。重要な概念はプロジェクトにおいて残されている仕事量です。図では、この概念が中心になります。最初に、プロジェクトを完了させるために必要な要素をまとめた表示画面を作ります。この表示画面は本の1ページのように、モデルの一部となります。モデルは複数の表示画面を持つことができます。システムについての知識を組み入れるために、別の表示画面を付け加えることもできます。

4.2.1 プロジェクトモデル（プロジェクト.mdl）

このモデルは、両立しないフィードバックループを持つプロジェクトです。因果ループ図は、「達成すべき仕事」と「超過勤務要求時間」の関係に加えて、超過勤務が「達成した仕事」や「疲労」に与える影響を考えます。当初は、労働力が一定であると仮定します。

- Vensim を起動します。

Vensim は、前回作業を終了したモデルを開きます。

- [ファイル] メニュー → [新規モデル] を選択するか、新規モデル  をクリックします。

次のようなモデル設定の対話ボックスが表示されます。

Model Settings

時間の範囲 | 情報/パスワード | スケッチ | 単位同義語 | XLSファイル | 参照モード

モデルの時間範囲

開始時間 =

終了時間 =

時間ステップ =

各時間ステップの結果を保存

SAVEPER 毎 =

時間単位

積分法

日付表示

ラベル

フォーマット

基準日付 (開始時間=0)

年

月

日

時単位


後で変更するには、モデル>設定を使うか、上の式を編集します。

注意:



PLE 版では日付表示等の右側のボックスがなく、より簡素化された表示となります。

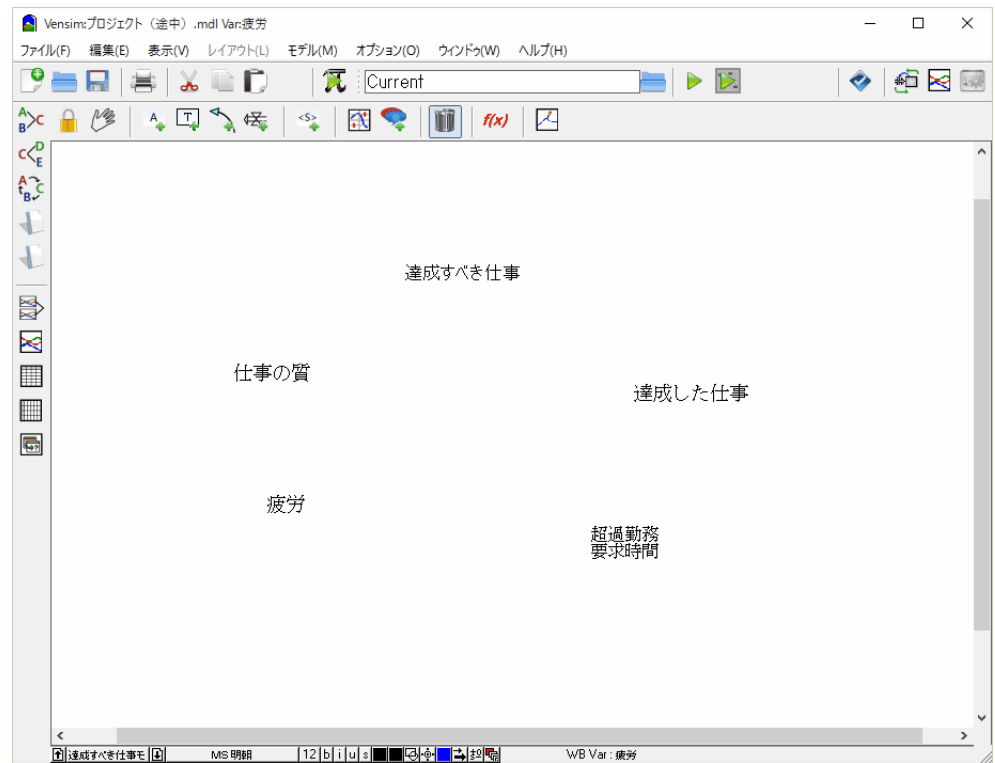
- デフォルトでよいので、[OK] をクリックします。

因果ループ図は [時間の範囲] タブを使用しません。しかし、シミュレーションモデルは [時間の範囲] タブの設定を必要とします。すべての Vensim モデルは、例えそれが使用されなくても、[時間の範囲] タブの設定値を持ちます。


- ツールバーの保存  をクリックし、モデルを保存するディレクトリとファイル名 (プロジェクト) を指定し、[保存] をクリックします。


変数の追加


- 変数  をクリックします。またはキーボードの **[3]** を押します。
- スケッチの中央上をクリックし、編集ボックスに、「達成すべき仕事」と入力し、 キーを押します。
- スケッチを再びクリックして、以下のような図を描きます。



スケッチされた対象の移動


- スケッチ移動  をクリックします。またはキーボードの **[2]** を押します。マウスを移動させたい変数上にもっていき、ドラッグすることで新しい場所に移動します。

ただし、スケッチ移動  以外のスケッチツールであっても、対象を移動することができます。




- 今度は、変数 **A**  をクリックします。またはキーボードの **[3]** を押します。マウスを移動させたい変数上にもっていき、ドラッグすることで新しい場所に移動します。


このようにして、因果関係において重要だと思われる変数を配置しました。

矢印の追加




- 矢印  をクリックします。またはキーボードの **[5]** を押します。【達成すべき仕事】を一度クリックします。ここで、マウスを動かさずに、ボタンをあげてください。マウスを【超過勤務要求時間】まで動かして、クリックします。直線の矢印がこの2つの変数間で描かれます。
- 【超過勤務要求時間】をもう一度クリックし、【達成した仕事】をクリックします。直線の矢印がこの2つの変数間で描かれます。

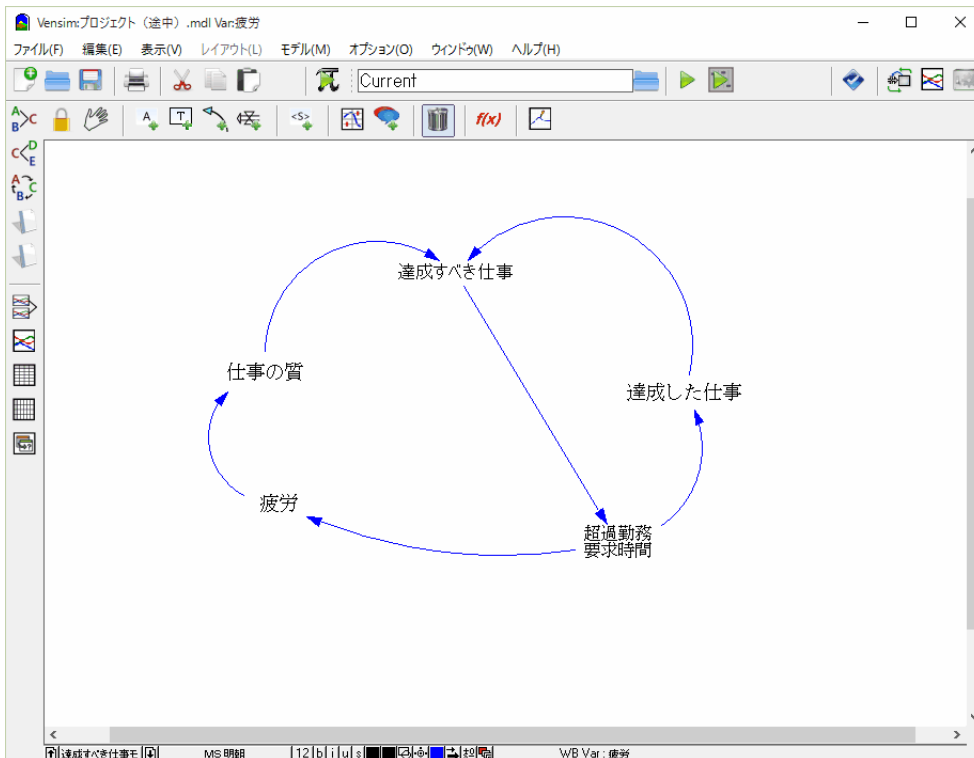
ハンドル

ハンドルは、矢印の中間にある小さな円です。また箱の角にもあります。さらにフローのなかにもあり、スケッチのいたるところにあります。ハンドルは、サイズの変更や移動に利用します。ハンドルが表示されるのは、変数を作成したとき、矢印を作成したとき、またはスケッチ移動  を選択したときです。ハンドルはスケッチ移動  だけでなく、スケッチ固定  を除くすべてのツールで操作することができます。


- ハンドルを表示するため、スケッチ移動  をクリックします。

曲がった矢印




- 【超過勤務要求時間】から【達成した仕事】への直線矢印の中間にあるハンドル上にマウスを動かします。マウスを押して、ドラッグすることで、曲線になります。
- 矢印  をクリックします。【達成した仕事】を一度クリックし、【達成すべき仕事】の右上付近の空白のスケッチを一度クリックします。そして【達成すべき仕事】を再度クリックします。曲がった矢印により、変数が結びれます。ハンドルを矢印  か  でドラッグすることで、曲線の形状が変化します。
- 次の図のように変数を曲がった矢印で結びます。直線で結んだものを曲線にしたり、中間点を置いて作成します。






変数の編集



- 変数名を編集するには、変数  を用いてクリックし、編集ボックスに新しい名前を入力します。

変数の削除



変数を削除する場合は、[編集]メニュー→[切り取り]を選択します。または  を用います。この2つの方法は、削除するかどうかを確認する対話ボックスが表示されます。削除  を利用することもできます。この場合、確認されることなく削除されます。[編集]メニュー→[切り取り]や  を用いた場合、削除の方法として「この表示から除去する。モデル構造は変更しない。」を選ぶことができます。それを選択した場合、スケッチの表示からは除去されますが、モデルの変数としては削除されません。このオプションには注意してください。

- 変数  を選択し、スケッチに【一時的な変数】を作成し、 を押してください。
- 削除  により、【一時的な変数】をクリックします。

元に戻すとやり直し

モデル作成における失敗は、[編集]メニュー→[元に戻す]や[編集]メニュー→[やり直し]で修復できます。前者は 、後者は  でも操作可能です。元に戻すとやり直しは、遡ることができます。

モデルの保存

- モデルを保存するには、保存  や [ファイル]メニュー→[保存]、または  を用います。

モデルはデフォルトで、拡張子が.mdlというファイルで保存されます。これはテキスト形式です。またバイナリ形式の拡張子が.vmfで保存することもできます。バイナリ形式で保存されたモデルはVensim Model Readerで利用することができます。バイナリ形式のモデルは、テキスト形式モデルより速く開くことができます。しかしこのガイドで紹介する小さいモデルでは、それを実感することはありません。






4.3 図形の修正

図形には変更可能なオプションがあり、2つの方法で変更することができます。

1. スケッチされた対象を右クリックする。
2. スケッチされた対象を選択し、ステータスバーでオプションや属性を選択する。

スケッチされた対象の選択


- 1つ、または複数の選択には、いくつかの方法があります。

- スケッチ移動  で対象をクリックします。
- 複数の対象を選択するには、スケッチ移動  またはスケッチ固定  を用いて、スケッチ上で、それらを囲むように左ボタンを押したままマウスをドラッグします。
- 複数の対象を選択するには、スケッチ移動  を用いて、**[Shift]**を押したまま、対象をクリックします。
- スケッチ上のすべての対象を選択するには、[編集] メニュー→ [全て選択] を選びます。これは **[Ctrl]+[A]**でも可能です。
- 選択された対象を、選択から外す場合は、スケッチ移動  を選択し、**[Shift]**を押したまま、外す対象をクリックします。
- すべての対象を選択から外すには、スケッチの空白領域をクリックします。

4.3.1 スケッチのレイアウト

スケッチのレイアウトを整える方法があります。例えば、対象をデフォルト値の大きさに揃える、最後に選択された対象の位置やサイズに揃えるなどのものです。

「達成すべき仕事」が中心となるように、変数の配置を整えます。

- スケッチ移動  を選択します。または **[2]** をクリックします。
- **【超過勤務要求時間】** をクリックし、**[Shift]** を押しながら「達成すべき仕事」をクリックします。[レイアウト] メニュー→ [中央に揃える] を選択します。

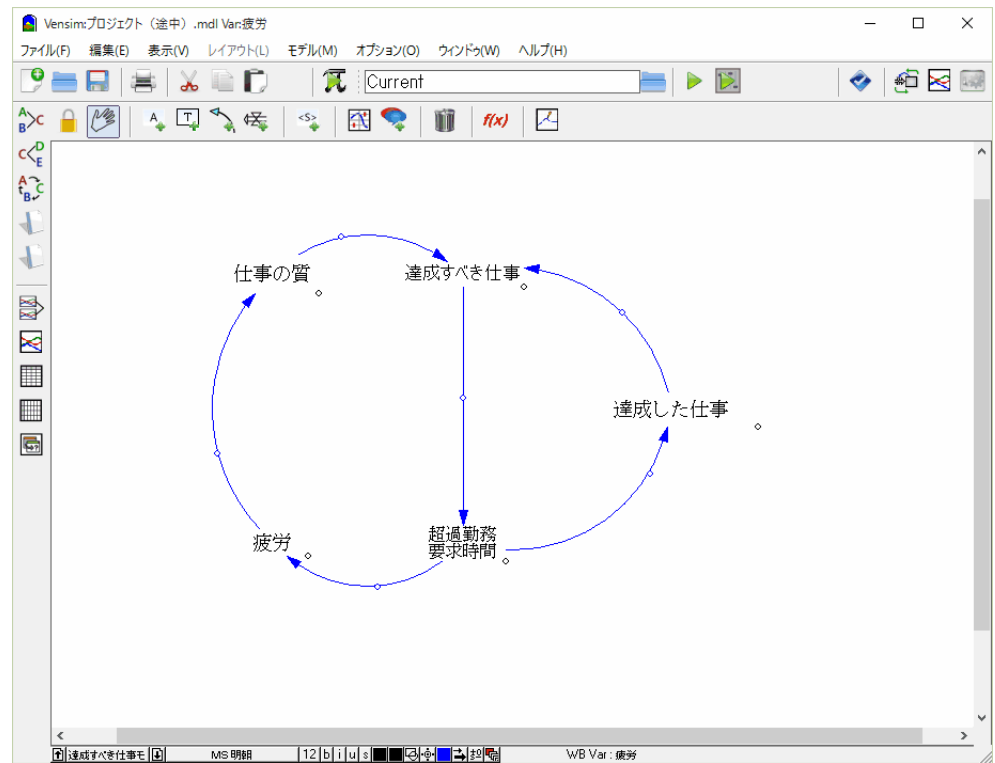
「超過勤務要求時間」は、「達成すべき仕事」の真下に移動します。

- **【仕事の質】** をクリックし、**[Shift]** を押しながら「達成すべき仕事」をクリックします。[レイアウト] メニュー→ [水平に揃える] を選択します。
- 「疲労」をクリックし、**[Shift]** を押しながら「仕事の質」をクリックします。[レイアウト] メニュー→ [中央に揃える] を選択します。
- 「疲労」をクリックし、**[Shift]** を押しながら「超過勤務要求時間」をクリックします。[レイアウト] メニュー→ [水平に揃える] を選択します。
- 「達成した仕事」を、「達成すべき仕事」と「超過勤務要求時間」の中間から少し離れた場所に移動させます。
- 矢印を円に近い形へと整形します。

次のようなスケッチが描かれます。


レイアウト操作はすべて最後に選択された対象に揃えます。

旧訳：垂直位置を揃える

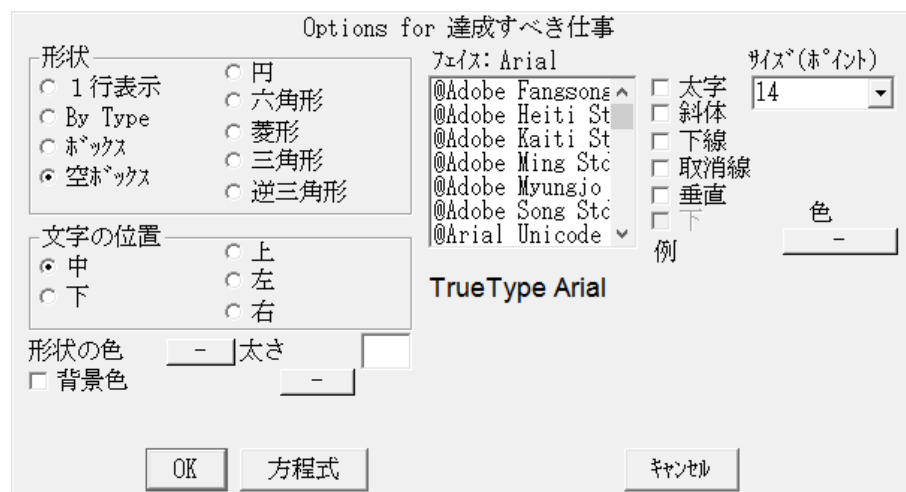


4.3.2 スケッチオプション

変数

- スケッチ固定  を選択します。右ボタンで【達成すべき仕事】をクリックします。

オプションの対話ボックスが表示されます。



フォントを赤に変更しました。

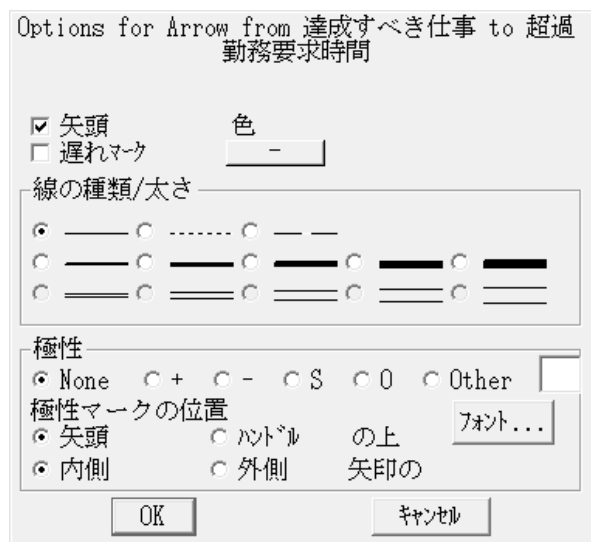
- フォントやフォントサイズ、色などを変更して、[OK] をクリックします。

[文字の位置] は、[形状] において、[1 行表示] 以外が選択されている場合のみ有効です。

- [編集] メニュー → [全て選択] を選びます。または **Ctrl** + **A** を押します。ウィンドウの下にあるステータスバーのフォントサイズボタン（おそらくフォントは 12 となっています）をクリックし、14 をクリックします。強調表示されている箱の外側をクリックします。

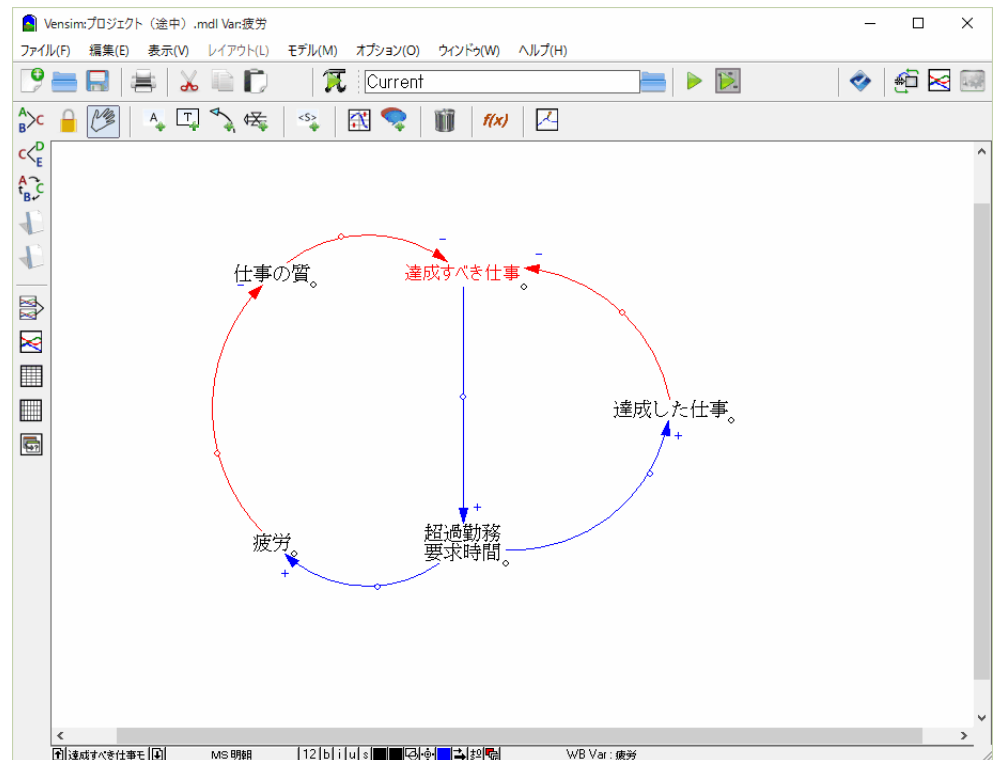
矢印

- 「達成すべき仕事」から「超過勤務要求時間」への矢印の先を右クリックします。次の対話ボックスが開きます。




「達成すべき仕事」が増加すれば、「超過勤務要求時間」も増えるので正の作用があります。

- 「極性」の [+] をクリックし、「極性マークの位置」の「外側」をクリックします。[OK] をクリックします。
極性 (+) は、デフォルトで、矢印の内側に描かれます。
- 以下の図のように極性を変更してください。





極性が(-)の矢印は赤色に変更しています。こうすることによって後述する正や負のフィードバックループの判定が容易となります。

次に、正のフィードバックループを太くします。



- スケッチ移動  を選択します。
- 「達成すべき仕事」から「超過勤務要求時間」への矢印の先頭またはハンドルを左クリックします。**[Shift]**を押しながら、他の矢印の先頭またはハンドルをクリックします。
 - 「超過勤務要求時間」から「疲労」
 - 「疲労」から「仕事の質」
 - 「仕事の質」から「達成すべき仕事」

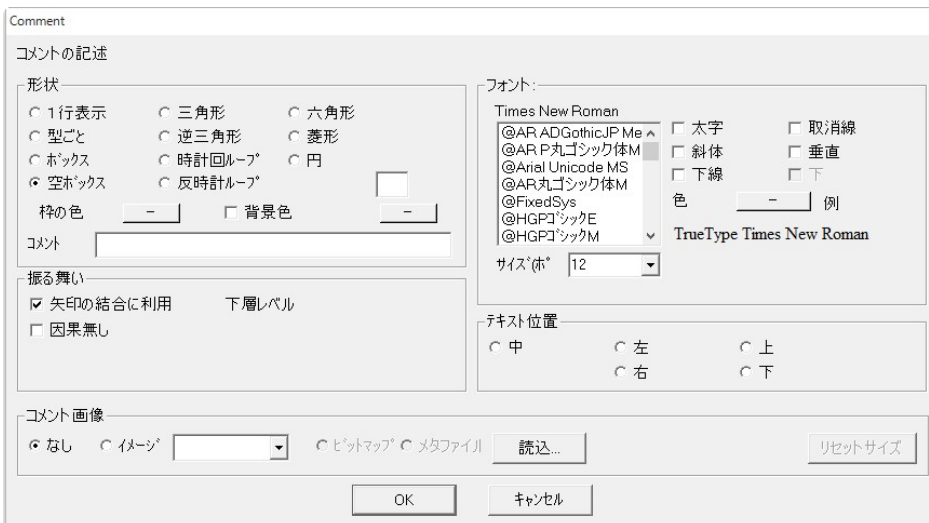
すべての矢印が強調表示され、選択された矢印を取り囲む点線で囲まれた箱が表示されます。




- **[Shift]**を離します。
- ステータスバーの「選択した矢印(情報の流れ)の幅をセットする」ボタン  を探します。それをクリックし、上から5番目の線を選択します。強調表示された矢印の幅が太くなります。
- この矢印幅セットボタンの左にある色のボタン  (おそらく青色で表示されています) をクリックし、赤に変えます。点線で囲まれた箱の外側をクリックし、矢印の選択を解除します。

ここでは色の変更はしません。

4.3.3 コメントと画像の追加

- 図形の上の方にスペースを空ける必要があるなら、スケッチ移動  を選択し、[編集]メニュー→[全て選択]を選びます。これは[Ctrl]+[A]でも可能です。次に、カーソルを使用して、タイトルを記載する場所を空けるために図形を下げます。
- スケッチコメント  を選択します。タイトルを加えるにはスケッチの一番上をクリックします。次のようなコメント対話ボックスが開きます。

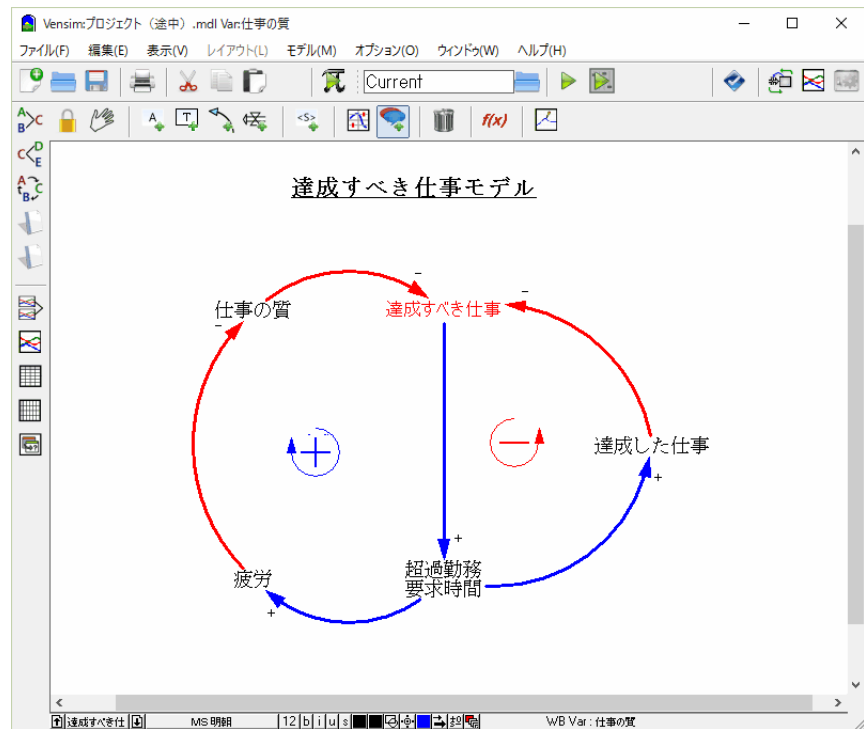


- スケッチのタイトル「達成すべき仕事モデル」を入力してください。またタイトル用のフォント、サイズ、色、形状およびテキスト位置を選んで、[OK]をクリックします。
- スケッチコメント  を選択したままで、左側のループの中心をクリックします。[コメント画像]の[イメージ]にあるドロップダウンボックス [▼] をクリックし、正を示す(+), または雪のボール  を選択します。次に、[形状]を[時計回ループ]とします。
- 中央右にある[色]の下にある黒いボタンをクリックし、青色を選択します。同じように[枠の色]も変更し、[OK]をクリックします。必要があればハンドルを動かして、ループ画像の移動や、サイズを変更します。イメージ画像には、クリップボードを使ったビットマップやメタファイルの画像を利用することもできます。
- 右側のループの中心をクリックします。同じように、[コメント画像]の[イメージ]にあるドロップダウンボックス [▼] をクリックし、負を示す(-), またはバランス  を選択します。次に、[形状]を[反時計回ループ]とします。また[色]と[枠の色]を赤色に変更し、[OK]をクリックします。

ここでは16ポイント、太字と下線、1行表示の形状等を選択します。

極性(-)の赤矢印が偶数個(2個)あり、正のフィードバックループとなります。

極性(-)の赤矢印が奇数個(1個)あり、負のフィードバックループとなります。



4.3.4 モデルの改良

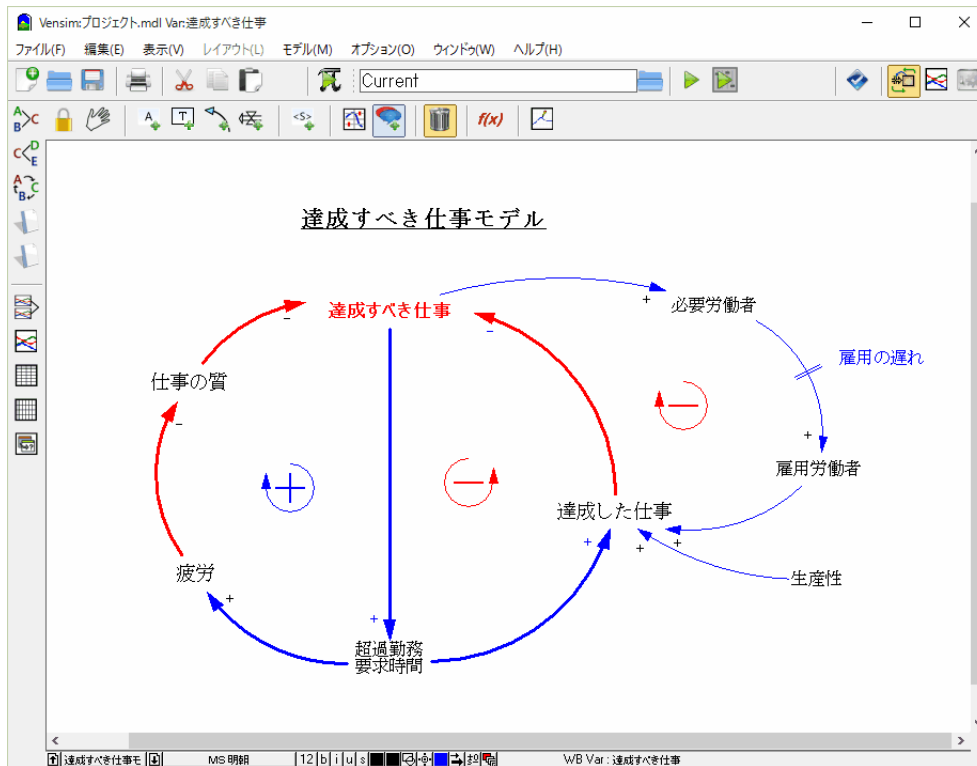
「超過勤務要求時間」が「達成した仕事」を増やし、それが「達成すべき仕事」を減らすという負のフィードバックループがあります。しかし一方で、「超過勤務要求時間」は、「達成すべき仕事」を増やす正のフィードバックループも持ちます。

このモデルをより現実的にするために、雇用と解雇によって労働力の調整が可能であると仮定します。雇用は超過勤務の必要性を軽減し、「疲労」の増加を抑えることができます。

フィードバックループの追加

- スケッチ移動 を選択して、「達成した仕事」をスケッチの下へ移動します。下図のように、「達成した仕事」にある矢印を整え、負のループ画像を移動させます。
- 変数 を選択します。【必要労働者】、【雇用労働者】そして【生産性】を追加します。このとき変数名を入力後、 で追加できます。
- 矢印 を用いて、変数を矢印で結びます。
- 矢印の極性を追加します。また、「必要労働者」から「雇用労働者」への矢印には、矢頭を右クリックして【遅れマーク】にチェックを入れます。
- スケッチコメント を選択します。遅れの印の上に、「雇用の遅れ」を追加し、青色にします。
- スケッチ移動 を選択し、負のループ画像をクリックし、強調表示します。次に [編集] メニュー → [コピー] (または **Ctrl** + **C**) を選択します。さらに [編集] メニュー → [貼り付け] (または **Ctrl** + **V**) を選択します。この時点でコピーされた画像が複製元の画像の上に貼り付けられます。コピーされた画像を新しいフィー

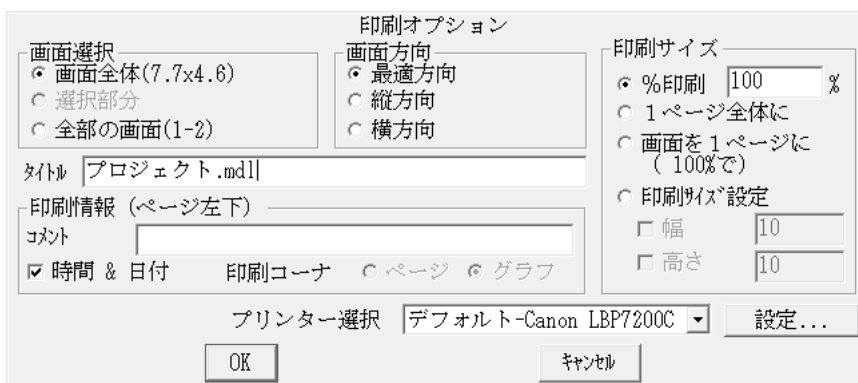
ドバックループの中心に移動します。この画像を右クリックし、[形状] を [時計回ループ] に変更し、[OK] をクリックします。



第4章のプロジェクト.mdl
の最終スケッチ画面

4.4 スケッチの印刷


スケッチは、印刷ボタンをクリックするか、[ファイル] メニュー→ [印刷] を選ぶことで印刷が可能です。



印刷オプション対話ボックスのオプションの中で重要なものをいくつか挙げます。

- [画面選択] 画面全体、指定した選択部分、全部の画面を選んで印刷します。
- [画面方向] コンピュータ選択の最適方向、用紙の縦、横方向を選択します。


- **【印刷サイズ】** 印刷サイズを選択します。画面を1ページに縮小印刷することもできます。
- **【タイトル】** 用紙の上部に印刷されるタイトルです。
- **【印刷情報】** ページ左下にコメントを記述したり、ボックスをチェックすれば印刷時間や日付が印刷されます。

スケッチは、[編集] メニュー→ [すべて選択] や、スケッチ固定  で変数を選択したのち、[編集] メニュー→ [コピー] でコンピュータのクリップボードに出力することも出来ます。このようにメタファイルとしてコピーされたスケッチの情報は、他のアプリケーションに貼り付けて利用することができます。


印刷については、ヘルプのリファレンスマニュアルで、より詳しく説明しています。

4.5 分析ツール

Vensim の分析ツールは、構造分析ツールとデータセット分析ツールの2つがあります。構造分析ツールは、モデルの構造を調べることができます。データセット分析ツールは、変数の振る舞いを決定するデータセットを調べます。この節では、モデルの構造を分析します。利用する構造分析ツールは、ツリー図（因果ツリーと波及ツリー）、因果ループ、ドキュメントです。

分析ツールは作業変数の情報を表示します。作業変数を選択するには、変数をクリックします。これが一般的な方法です。通常、変数は、モデルがテキスト表示でなければ、スケッチのどこかにあります。また、ツリー図や因果グラフにより出力される出力ウィンドウにある変数名を使うこともできます。もう1つの方法は、制御パネルの表示  をクリックし、[変数] タブのリストから変数を選択することです。作業変数は常にモデルのタイトルバーに表示されます。


注意 データセットが必要なツールを利用する場合、まだデータセットが作成または読み込まれていないと、「データセットファイルが読み込まれていません。読み込んでください」というメッセージが表示されます。これは、シミュレーションを実行する必要があることを示しています。シミュレーションモデルの作成については、第5章で説明します。

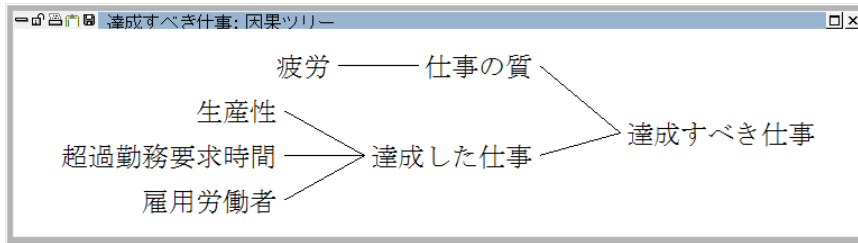
- もし、プロジェクト.mdl を作成していないのであれば、ユーザーズガイドモデルの第4章から、プロジェクト.mdl を開きます。
- スケッチ固定  を選択します。マウスを【達成すべき仕事】に移動し、クリックします。タイトルバーに選択した作業変数の「達成すべき仕事」が表示されます。


4.5.1 ツリー図による構造分析

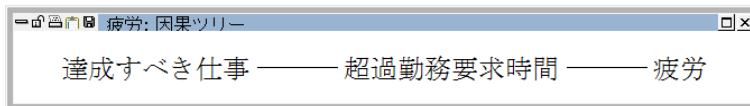
因果分析は、何が変化をもたらしたのかをモデルにおいて突きとめるうえで有効なツールです。因果分析ツールは、変数の因果関係（何が原因となっているのか、またはどのような影響を及ぼすのかの両方）を示すことができます。

因果ツリー図


- 因果ツリー  を選択します。「達成すべき仕事」の原因が表示されます。

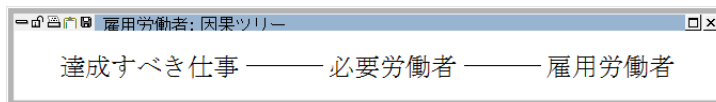


- ツリー図にある「疲労」（文字列）をクリックし、因果ツリー  をクリックします。




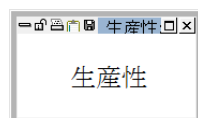
「疲労」が「超過勤務要求時間」と「達成すべき仕事」の影響を受けていることがわかります。「達成すべき仕事」から始まり、「達成すべき仕事」までさかのぼるフィードバックループをたどったこととなります。次に、「雇用労働者」に影響を及ぼす変数を見ます。

- ツリー図か、もしくはスケッチの【雇用労働者】をクリックし、因果ツリー  をクリックします。





「達成すべき仕事」から「雇用労働者」を経て、「達成すべき仕事」にもどる別の因果ループがあります。

- すでに表示されたツリー図の中か、スケッチから【生産性】をクリックし、因果ツリー  をクリックします。



「生産性」には因果関係がなく、このモデルにおいて定数であるか外生変数であることがわかります。


- 注意** スケッチ画面に戻るには、(1) スケッチ画面をクリックする、(2) ツリー図を削除する、(3) モデルウィンドウ  をクリックする、(4) **[Shift]+[Ctrl]+[Tab]** を使

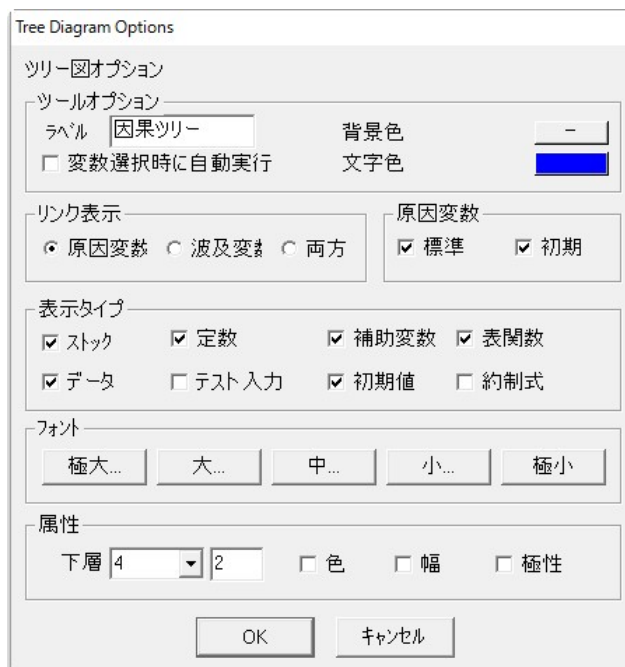
う、という方法があります。ツリー図を削除していなければ、出力ウィンドウ  を繰り返しクリックすることで表示されます。この操作は、**[Ctrl]+[Tab]**でも行うことができます。


Vensim PLE と PLE Plus に
は対応しません。

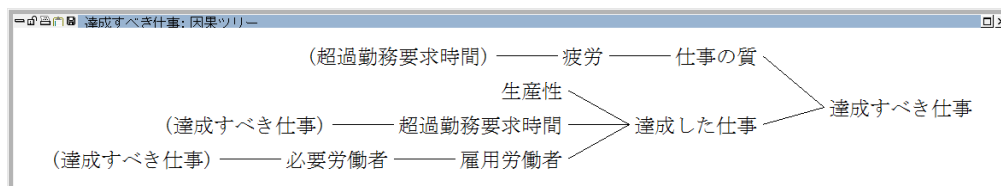
分析ツールオプション

Vensim PLE と PLE Plus のツールセットは変更できません。しかしそれ以外のラインアップでは、分析ツールにさまざまな結果を表示するオプションがあります。そこで、ツリー図をより深く表示するように設定します。

- 因果ツリー  を右クリック（または**[Ctrl]**を押しながらクリック）します。ツリー図の対話ボックスオプションが開きます。



- [ツリー図オプション] 属性の [下層] にあるドロップダウンボックス [▼] をクリックし、[6] を選択し、[OK] をクリックします。
- **【達成すべき仕事】** をクリックし、因果ツリー  をクリックすることで、「達成すべき仕事」に影響する変数が6段階前まで表示されます。




「達成すべき仕事」と「超過勤務要求時間」は括弧 () で閉じられており、6段階に到達する前に止まっています。括弧は、この変数が他にも表示されていることを示しています。つまり、このツリー図にフィードバックループが存在することを示し

ています。

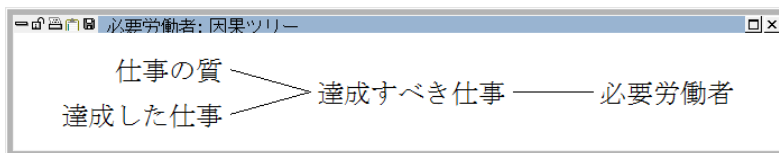
自動的なツールの実行


大きなモデルを精査する場合、ある変数を選択（作業変数に）した際に、常に分析ツールが自動実行されると効率的です。

- 因果ツリー  を右クリック（または **Ctrl** を押しながらクリック）します。ツリー図の対話ボックスオプションが開きます。
- [ツリー図オプション] 属性の [下層] にあるドロップダウンボックス [▼] をクリックし、2を選択します。
- [変数選択時に自動実行] のチェックボックスにチェックを入れ、[OK] をクリックします。
- **【必要労働者】** をクリックすると、ツリー図が現れます。

初期設定に戻しています。

因果ツリーが自動的に作成されます。




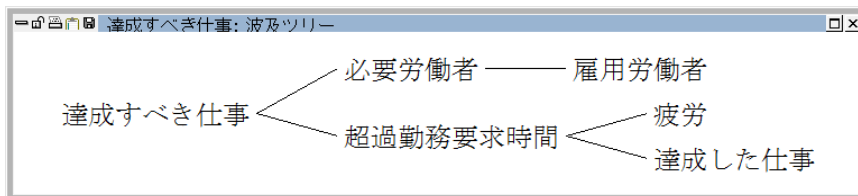
- 因果ツリー  を右クリック（または **Ctrl** を押しながらクリック）します。
- [変数選択時に自動実行] のチェックボックスを外し、[OK] をクリックします。

初期設定に戻しています。

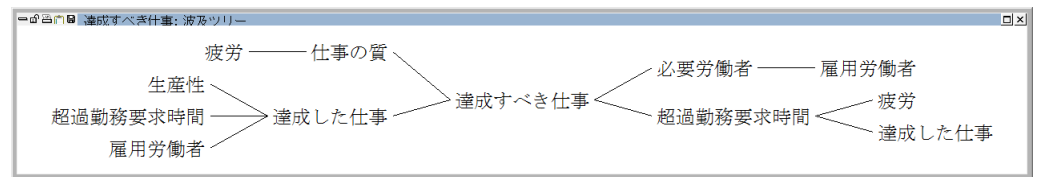
波及ツリー図

次に、波及ツリーを説明します。

- **【達成すべき仕事】** をクリックし、作業変数にします。それはタイトルバーで確認できます。
- 波及ツリー  をクリックします。




ツリー図オプションの [表示リンク] にある [両方] を利用すれば、「達成すべき仕事」がどのような変数から影響を受けており、またどのような変数に影響を与えているのかも同時に見ることができます。

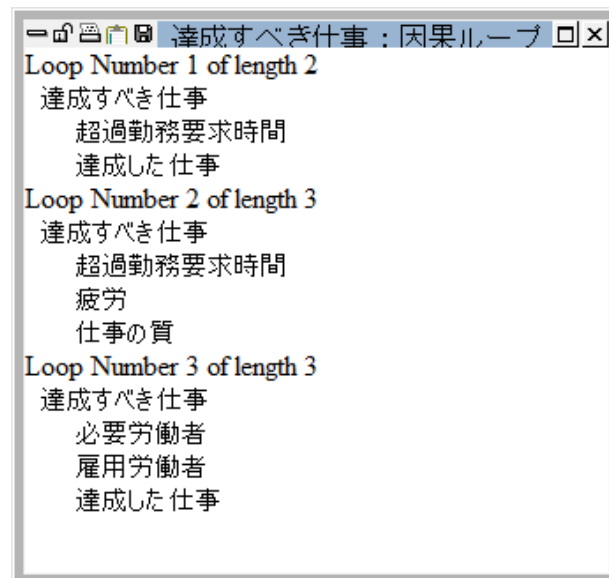


4.5.2 ループ図による構造分析

次に、フィードバックループを探すループツールを紹介します。

作業変数でなければ、「達成すべき仕事」をクリックします。

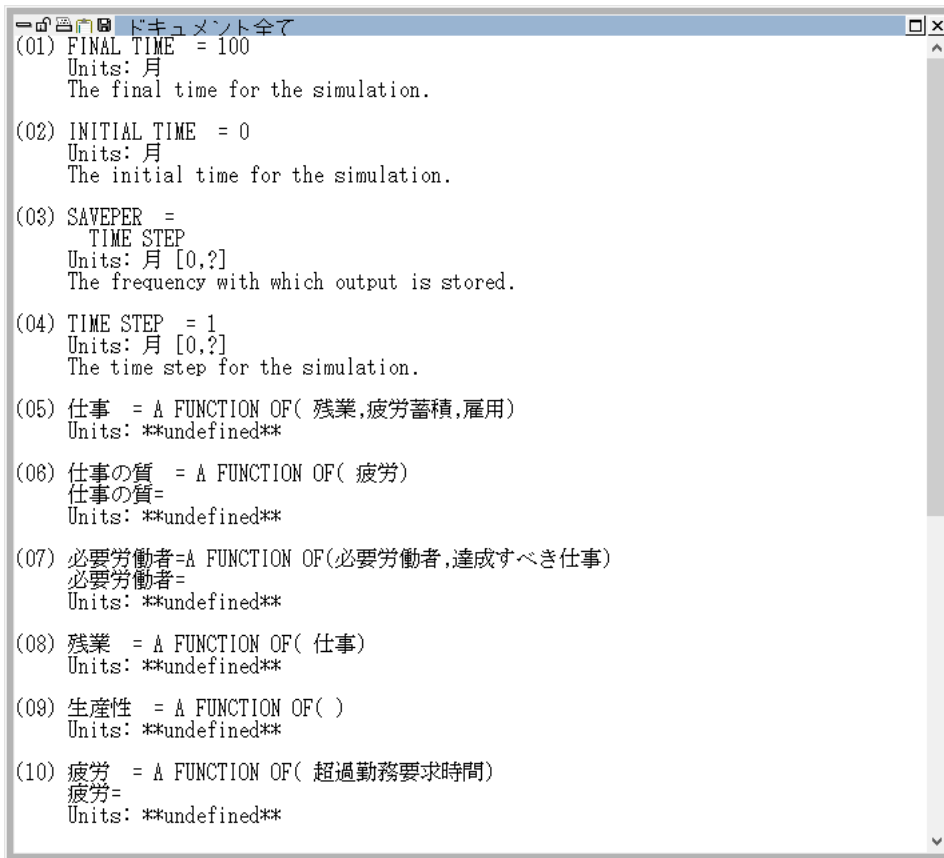
- 【達成すべき仕事】が作業変数であることをタイトルバーで確認します。
- 因果ループ  をクリックします。「達成すべき仕事」が3つのフィードバックループに関係していることがわかります。



4.5.3 ドキュメントツール

ドキュメントツールは、モデルをテキスト形式で表示します。作業変数だけを表示する「ドキュメント」と、すべての変数を表示する「全ドキュメント」の2つのツールがあります。

- 「全ドキュメント」  をクリックします。



```

(01) FINAL TIME = 100
    Units: 月
    The final time for the simulation.

(02) INITIAL TIME = 0
    Units: 月
    The initial time for the simulation.

(03) SAVEPER =
    TIME STEP
    Units: 月 [0,?]
    The frequency with which output is stored.

(04) TIME STEP = 1
    Units: 月 [0,?]
    The time step for the simulation.

(05) 仕事 = A FUNCTION OF( 残業,疲労蓄積,雇用)
    Units: **undefined**

(06) 仕事の質 = A FUNCTION OF( 疲労)
    仕事の質=
    Units: **undefined**


(07) 必要労働者=A FUNCTION OF(必要労働者,達成すべき仕事)
    必要労働者=
    Units: **undefined**

(08) 残業 = A FUNCTION OF( 仕事)
    Units: **undefined**

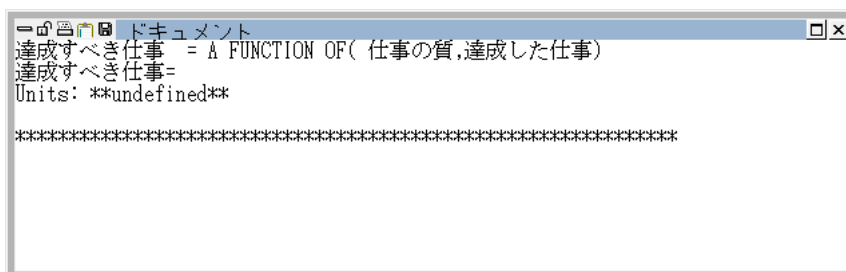
(09) 生産性 = A FUNCTION OF( )
    Units: **undefined**

(10) 疲労 = A FUNCTION OF( 超過勤務要求時間)
    疲労=
    Units: **undefined**
  
```

さまざまなモデルの変数が、アルファベット順に番号を付けられて表示されます。モデルに加えていない *FINAL TIME*、*INITIAL TIME*、*SAVEPER*、*TIMESTEP* という変数が表示されています。これらの4つの変数は、シミュレーションを管理するために利用され、すべてのモデルで存在します。次に、作業変数だけを見ます。

- 【達成すべき仕事】をクリックします。
- 「ドキュメント」ツール  をクリックします。

単位の表示がされていません。



```

ドキュメント
達成すべき仕事 = A FUNCTION OF( 仕事の質,達成した仕事)
達成すべき仕事=
Units: **undefined**

*****
  
```

ドキュメントの出力では、もしドキュメントウィンドウがすでに存在すれば、それに追加されていきます。もし存在しなければ、新規に作成されます。

Vensim PLE と PLE Plus に
は対応しません。

分析ツールセットの保存

注意 Vensim を閉じる時、「分析ツールセットを保存しますか」というメッセージが表示
されます。

- ツールセットを初期設定 (*default.vts*) のままにしたい場合は、[いいえ] をクリッ
クします。
- 変更したツールセットを保存したい場合は、[キャンセル] をクリックし、[ツール]
メニュー → [分析ツール] → [別名で保存] を選び、新しいツールセット名を入力
し、[保存] をクリックします。



第5章

ストックおよびフロー図

ストックおよびフロー図は、因果ループ図で示される情報よりも詳しくシステムの構造を表します。ストックはシステムの振る舞いにとって必須です。またフローはストックに変化をもたらします。

ストックおよびフロー図は、シミュレーションモデルを作成する際に必要となる最初の一步です。なぜならそれらは、因果関係の中心となる変数となるからです。ここでは、製品の認識、さらに顧客と潜在的な顧客の関係についてのモデルを作成します。

5.1 モデルの作図（顧客.mdl）





- Vensim を起動します。
- [ファイル] メニュー→ [新規モデル] を選択するか、新規モデル  をクリックします。モデル設定の対話ボックスに対して、[OK] をクリックします。
- 保存  をクリックし、ユーザーズガイド第5章のディレクトリーに顧客という名前で保存します。

5.1.1 ストックの入力



ストックは蓄積性を持つ変数です。ストックの値は、蓄積および積分の割合によって変化します。これは、たとえフローが非連続的に変化していたとしても、ストックの値が時間とともに連続的に変わることを意味しています。フローは、ストックの値を変化させます。フローの値は、その以前のフロー値に依存しません。その代わりに、ストックは、外生の影響も受けつつ、フローの値を決定します。ストックとフローの中間にあたる概念や数式は、補助変数といわれます。この補助変数は、フローのように、ストックあるいは外生の影響により、その値が非連続的に変化することがあります。

ストックおよびフロー図を作成する場合、時間とともにどの変数が蓄積していくのかを考えます。別の方法としては、システムにおいて時間を止めた場合、どの変数に値がまだ存在するかを見ます。例えば、グラスへ水を注ぐシステムでは、グラスに注がれた水がストックです。時間を止めた場合、注ぐこと（フロー）は止まるでしょう。しかし、まだグラスには水（ストック）があります。まずどのようなストックが必要であるかを明らかにし、次にフローや補助変数を作成します。モデルの作成は、繰り返しのプロセスです。最初から完璧なものを作成しようとはしないでください。あとで修正することは簡単です。

本章であつかうストックは潜在顧客と顧客です。

- ストック変数  によりスケッチをクリックします。【潜在顧客】と入力し、を押します。
- ストック変数  を選択したまま、潜在顧客の右のところをクリックし、【顧客】と入力し、を押します。

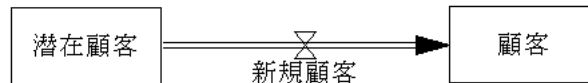
5.1.2 フローの作図


- フロー  を選択します。【潜在顧客】を一度クリックします。このとき、マウスボタンをクリックし、放してください。次に、【顧客】にカーソルを移動させて、もう一度クリックしてください。【新規顧客】と入力し、を押します。

フローには矢印があり、ストックが流れる方向を示します。フローはストックを増やすことができる唯一のものです。しかしこの矢印の方向は作図上のことであり、実際には方程式によってストックの流れの方向が決まります。さらに、フローが一方方向なのか双方向なのかといったことを作図でも表現することができます。

- スケッチ移動  を選択してください。

パイプの中央には、小さな円があります。




- バルブ  の左側にあるフロー上の小さな円を右クリックしてください。あるいは **Ctrl**+クリックします。[矢頭] のチェックボックスをチェックし、[OK] をクリックします。





この図は、「新規顧客」が正にも、負にもなることを意味します。このモデルでは、双方向の設定にはしません。そこで次のように元へ戻します。

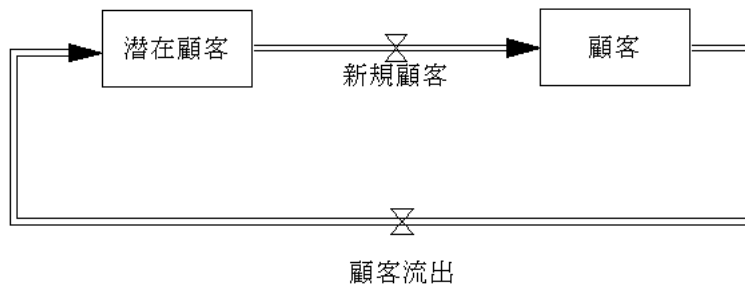
- [編集] メニュー → [元に戻す] を選択します。または **Ctrl**+**Z** を押します。これによって、最後の変更を取り消します。その結果、一方方向のフローに戻ります。

フローツールを設定 (PLE と PLE Plus には対応しません) することもできます。例えば、フローを常に双方向として描くには、フロー  を右クリックし、[一方方向] の






チェックを外します。しかし通常、双方向のフローは少ないので、そうした必要が生じた場合に、双方向にするのがよいでしょう。

5.1.3 曲がるフローパイプ


- フロー  を用いて、【顧客】を一度クリックして、次に、**[Shift]**を押したまま、【顧客】の右にカーソルを移動させてクリックします。これからの作業は**[Shift]**を押し続けてください。カーソルを下（【顧客】の右下にあたる）に移動し、クリックします。カーソルを【潜在顧客】の左下に移動し、クリックします。カーソルを【潜在顧客】の左に移動し、クリックします。最後に、【潜在顧客】をクリックします。**[Shift]**を放してください。フローの名前を【顧客流出】として、を押します。

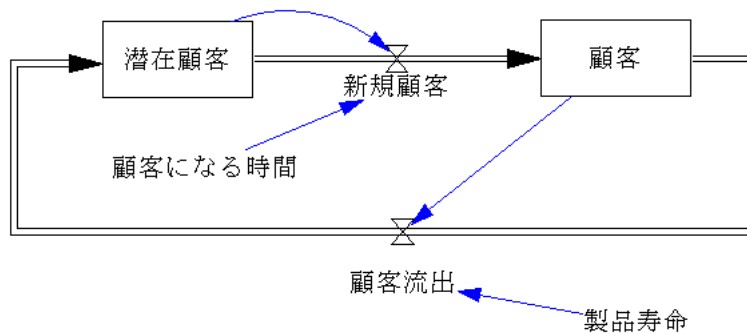


5.1.4 補助変数と矢印の追加

- 変数  を選択します。【新規顧客】の左下をクリックし、【顧客になる時間】と入力し、を押します。
- 【顧客流出】の右下に、【製品寿命】と入力し、を押します。
- 矢印  を選択します。【潜在顧客】をクリックし、【潜在顧客】と【顧客】の間の余白を一度クリックし、【新規顧客】のバルブ  をクリックします。

曲がった矢印によって、ストックとフローのバルブが連結します。フローのバルブだけでなく、フローの名前を矢印の連結に使うこともできます。フローの名前とバルブは同じ働きをします。

- 【顧客になる時間】をクリックし、フローの【新規顧客】の名前部分をクリックします。
- 【顧客】をクリックし、【顧客流出】のバルブ  をクリックします。
- 【製品寿命】をクリックし、【顧客流出】の名前部分をクリックします。



5.1.5 より詳しい構造

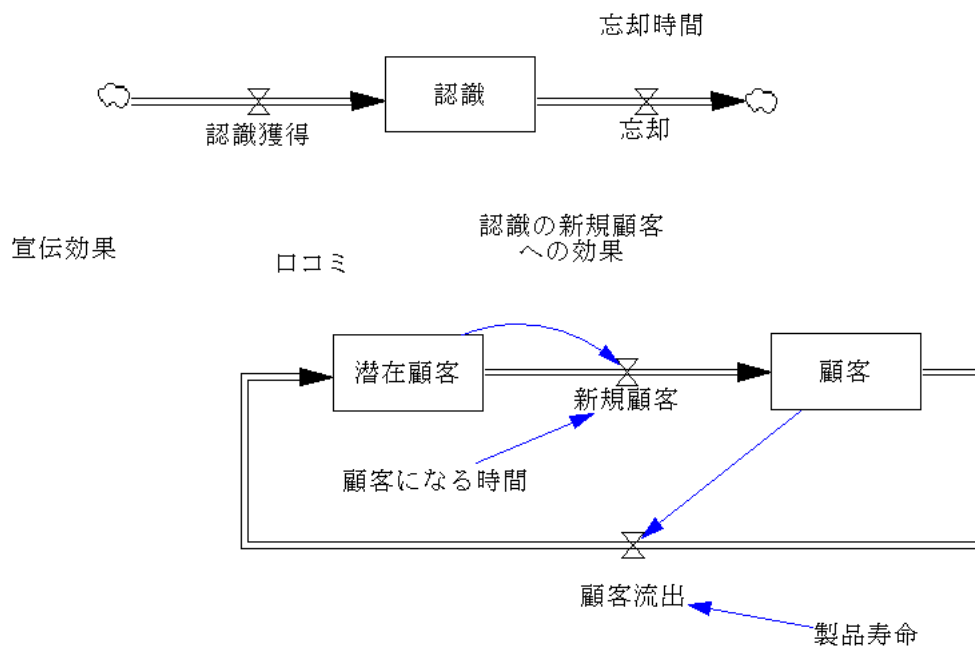
- ストック変数 を選択します。【潜在顧客】の上をクリックし、【認識】を作成し、 をクリックします。
- フロー を選択します。【認識】の左余白をクリックします。カーソルを【認識】に移動し、このストックをクリックします。名前を【認識獲得】とし、 を押します。







「認識獲得」というフローは、ストックと雲の間に作成されます。雲は、モデルの境界を意味します。この雲からの物質の流入は、具体的にどこから来たのかは対象としません。また雲に流入した物質がどうなかったのかも対象としません。

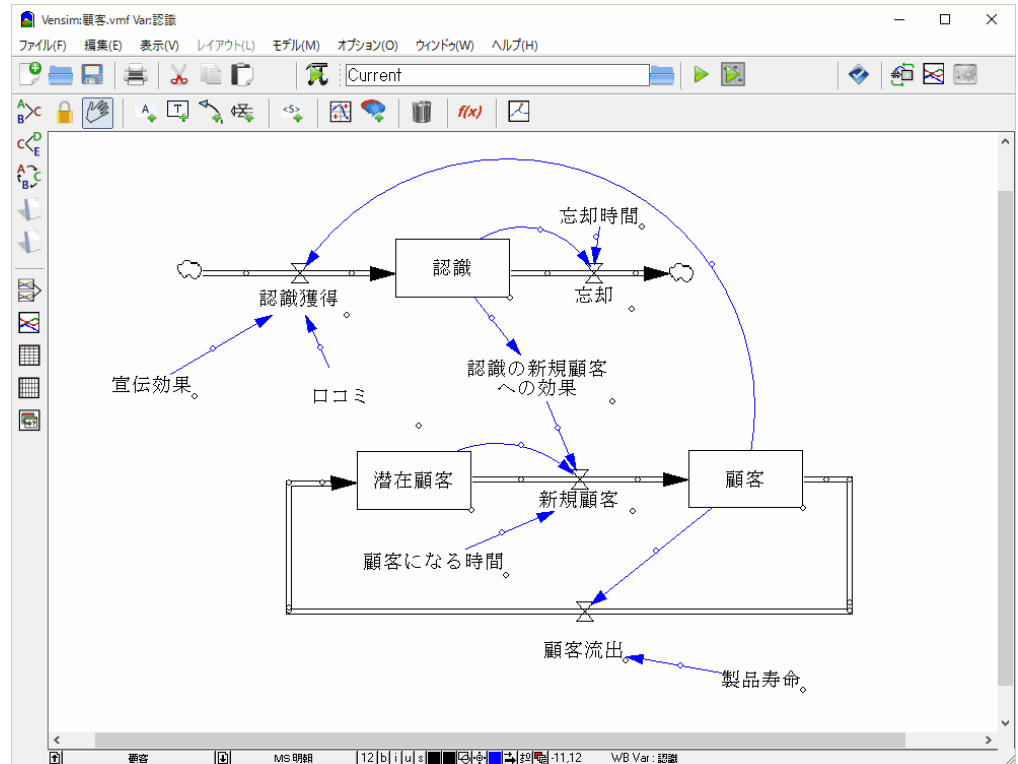
- ストック【認識】をクリックします。カーソルを【認識】の右に移動させて、クリックします。フローの名前【忘却】を入力し、 を押します。
- 変数 を選択します。【認識獲得】の下をクリックし、【宣伝効果】という名前を入力します。ここで はしません。編集ボックスを開いたままにします。
- 再度、【認識獲得】の下をクリックし、【口コミ】という名前を入力します。
- 【忘却】の上をクリックし、【忘却時間】という名前を入力します。


を押さないで、続けてスケッチをクリックすることで、多数の変数を入力することができます。

- 【認識】と【新規顧客】の間をクリックし、【認識の新規顧客への効果】という名前を入力し、 を押します。
- もし作図スペースを使い果たしていれば、図を移動させることができます。[編集]メニュー→[全て選択]を選びます。または **Ctrl**+**A** を選択します。すべての図が選択され、それらを移動することができます。このとき、スケッチ固定 が選択されていると、動かせません。スケッチ移動 を選択します。選択されている図の外側をクリックすると、選択が解除されます。



- 矢印  を選択します。【宣伝効果】をクリックし、【認識獲得】をクリックします。
- 【口コミ】をクリックし、【認識獲得】をクリックします。
- 【認識】をクリックし、その右上の余白をクリックし、【忘却】のバルブ  をクリックします。
- 【忘却時間】をクリックし、【忘却】のバルブ  をクリックします。
- 【認識】をクリックし、【認識の新規顧客効果】をクリックします。
- 【認識の新規顧客効果】をクリックし、【新規顧客】のバルブ  をクリックします。
- 【顧客】をクリックし、フロー【忘却】の雲周辺の余白をクリックし、【認識獲得】のバルブ  をクリックします。
- 変数の場所を動かしたり、矢印の形状を変えるためのハンドル操作を行うためには、スケッチ移動  を選択します。これによってスケッチの見栄えを良くします。




- 保存  をクリックし、モデルを保存します。

5.2 図のカスタマイズ

図形は様々な方法でカスタマイズすることができます。Vensim における標準的な技法では、箱の内部に名前のある変数はストックです。フローは、名前を持つバルブ \otimes です。フローはバルブ \otimes だけのこともあります。補助変数や定数、表関数、データ（外生）変数などは、名前だけを表示します。本節では、図のカスタマイズを行うためのオプションを紹介します。


5.2.1 スケッチオプション

- スケッチ移動  を選択します。ストック【認識】にあるハンドル（箱右下の小さい円）をクリックし、箱が少し大きくなるようにドラッグします。
- ストック【潜在顧客】をクリックし、**[Shift]**を押したまま、【顧客】、【認識】をクリックします。[レイアウト]メニュー→[大きさを揃える]を選択します。
- [編集]メニュー→[全て選択]を選びます。これは**[Ctrl]+[A]**でも可能です。ステータスバーにある矢印の配色ボタンをクリックします。このボタンを見つけるには、カーソルをボタン上に動かし、しばらく放置すると「選択した矢印の色をセットする」と表示されるものを選びます。色（例えば赤）を選択し、選択された箱の外側をクリックします。

レイアウトメニューでは、最後に選択された対象を基準に実行されます。したがってこの場合、「認識」のサイズに合わせるようになります。

矢印とフローの両方が赤に変更されることに注意してください。矢印とフローを別々に

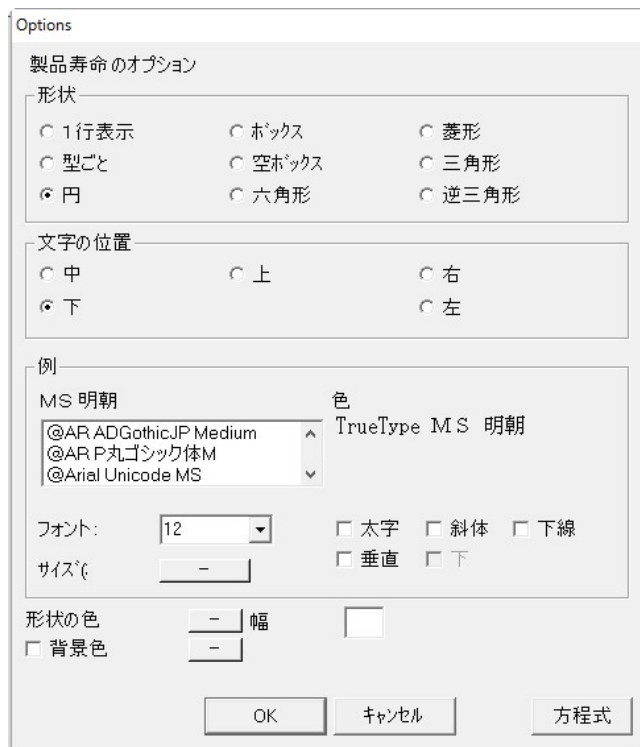
変更したければ、それぞれを別々に選択する必要があります。それをメニューで行うには、[編集]メニュー→[一部選択]→[情報の矢印]や、[編集]メニュー→[一部選択]→[フロー]を用います。また、**[Shift]**を押したまま、矢印（もしくはフロー）を個別にクリックする方法もあります。




- **【認識】**をクリックし、**[Shift]**を押したまま、**【潜在顧客】**と**【顧客】**をクリックします。ステータスバーの**b**をクリックし、太字とします。このボタンは、**B**と切り替わります。ステータスバーには、太字以外にも、変数の色や箱の色も変更するボタンがあります。
- **[Esc]**もしくは、**[1]**またはスケッチ固定  をクリックし、スケッチを固定します。


5.2.2 変数の形状

マウスの右ボタンで変数をクリックし、オプション対話ボックスで新しい形状を選択することができます。

- **【製品寿命】**を右クリックします。
- **【形状】**において**[円]**のオプションボタンをクリックし、**【文字の位置】**を**[下]**とします。**[OK]**をクリックします。



これと同じことは、次の操作でも可能です。スケッチ固定  かスケッチ移動  を選択し、この変数を強調表示します。そのうえで、ステータスバーの「選択した変数のボックス（枠）の形をセットする」  や「選択した変数のテキストの位置をセットす

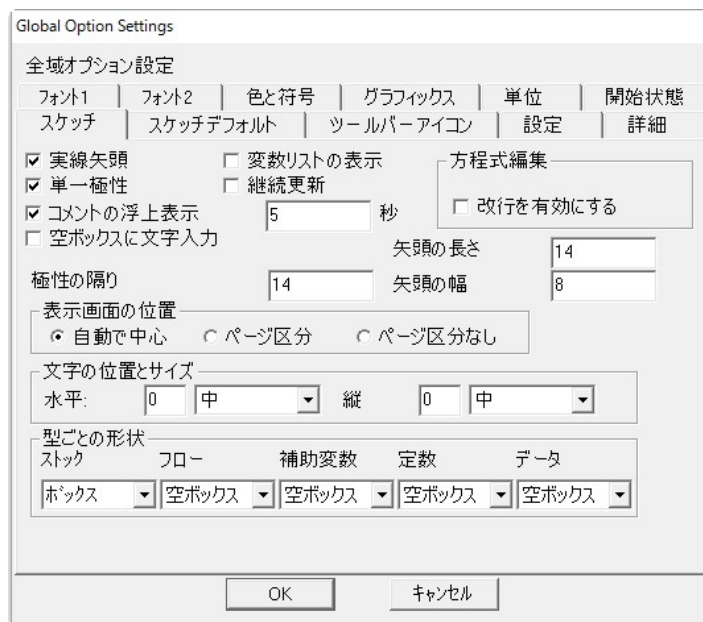
る」  といったボタンを利用します。

Vensim PLE と PLE Plus には対応しません。

5.2.3 デフォルトのスケッチオプション



[ツール] メニュー→ [オプション] で表示される対話ボックスには、変数の型ごとの形状が選択できます。

➤ [ツール] メニュー→ [オプション] を選択し、[スケッチ] タブをクリックします。



最も下にある [型ごとの形状] には、変数の型ごとにドロップダウンボックス [▼] があることに注意してください。


➤ [キャンセル] をクリックします。

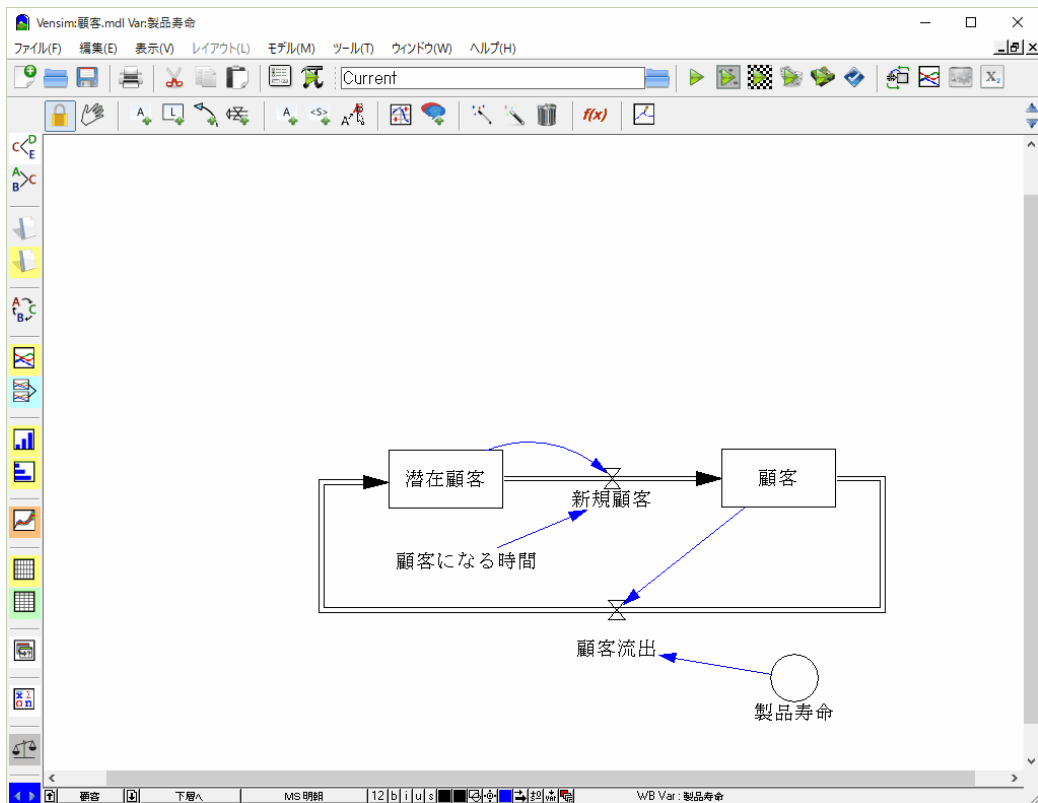
変数の型ごとの形状を設定する別の方法には、スケッチ固定  により変数を選択し、ステータスバーにある「選択した変数のボックス (枠) の形をセットする」  をクリックして表示される形状を選択します。


Vensim PLE には対応しません。

5.2.4 スケッチ上の要素を隠す

図をカスタマイズし、さらに [表示] メニューの機能を見ます。


➤ 下層に隠す  を選択します。【認識】、【忘却】、【認識獲得】、【忘却時間】、【認識の新規顧客への効果】、【宣伝効果】、【口コミ】をクリックします。また2つの雲もクリックします。





- [表示] メニュー → [下層表示] → [下層 1] を選択します。または  をクリックします。



ステータスバーの [下層へ] というボタン表示が、[下層 1] へと変わります。



[表示] メニュー → [下層表示] で、何番目の層が表示されているのかを確認できます。下層を選択することに、下層に隠す  により表示されなかった要素が表示されます。

- 上層に戻す  を用いて、隠されていた要素を1つずつクリックします。
- [表示] メニュー → [下層表示] → [なし] を選択します。または  をクリックします。

スケッチされた要素はすべて表示されているはずですが、もし何かを見逃していただければ、それは隠されたままになります。それを表示するには、上記のプロセスを繰り返します。

注意 下層表示は16段階でセットすることができます。層は  や  をつかって、連続的に表示する層を設定することができます。

5.2.5 画面表示サイズの変更

- [表示] メニュー → [拡大] → [200%] を選択します。

スケッチの表示は 200% になります。

- [表示] メニュー → [拡大] → [100%] を選択します。

スケッチは元のサイズに戻ります。[拡大] は単に、スケッチを拡大したり縮小するものです。これと同じ機能をマウスを使って行うこともできます。そのためには、**[Shift]+[Ctrl]**の両方をクリックし、マウスをスケッチ上で上下にドラッグします。

画面表示の縮尺変更


- [表示] メニュー → [再スケール] を選択します。[水平] の編集ボックスには「120」を、[垂直] には「140」を入力し、[OK] をクリックします。


縮尺変更は、スケッチされているオブジェクト間の大きさや距離を変更します。縮尺変更はそれ以外の条件は変更しません。注意すべきことは、100% と入力しても、元のサイズには戻せないということです。つまり、縮尺を与える必要があり、上記の例では、X 軸に 83%、Y 軸に 71% とする必要があります。




なぜならば $100/120=83\%$ 、 $100/140=71\%$ となるからです。

5.3 スケッチツールの修正


これまでの作図では、デフォルトのスケッチツールを使用してきました。これらのツールを個別に修正することができます。また、使用しているツールをセットとしても変更することができます（詳細は、リファレンスマニュアルを参照）。スケッチツールの中で最も多い修正は変数の形状です。

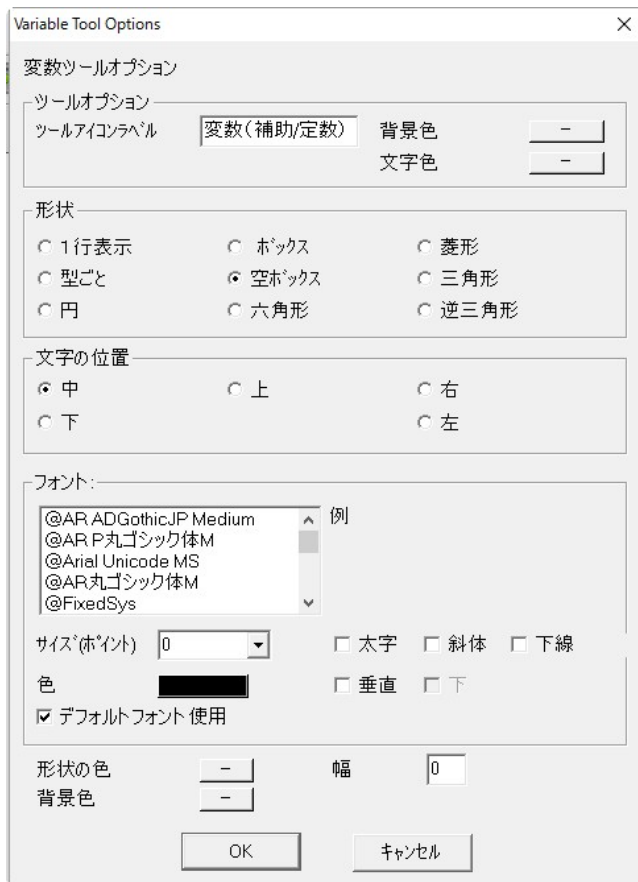
- 変数  を右ボタンでクリックします。次ページのような対話ボックスが表示されます。

この対話ボックスは、変数オプションとほとんど同じですが、若干の追加があります。この変数  は、ハンドルを持つ空ボックスを作成します。

変数  とストック変数  における唯一の違いは、形状の選択です。変数  では、[形状] が [空ボックス] です。ハンドルを操作することで、長い名前の変数を複数行で表示することができます。

Vensim PLE と PLE Plus には対応しません。

ストック変数  では [形状] が [ボックス] になっています。



もし変数を1行で表示する必要がある場合は、[形状] を [1行表示] とします。

➤ 対話ボックスを閉じるために、[OK] をクリックします。

5.3.1 スケッチツールセットの保存

注意 Vensim を終了する際に、「スケッチツールセットを保存しますか」というメッセージが表示されます。この場合、[はい]、[いいえ]、[キャンセル] が選択できます。

➤ [いいえ] を選択すると、デフォルトのスケッチツールセット (*default.sts*) の設定が残されます。

新しいセットを保存する場合には、[キャンセル] をクリックし、[ツール] メニュー → [分析ツール] → [別名で保存] を選択し、新しいツールセット名を入力後、[保存] をクリックします。

第 6 章

シミュレーションモデルの作成

6.1 うさぎ頭数モデル

この章では、うさぎ頭数のシミュレーションモデルを紹介します。まずモデルを作図することから始めます。次に、方程式を書き入れ、数量化します。モデルを実行すると、自動的にデータセットという出力が保存されます。最後に、モデルにおける変数のダイナミックな振る舞いを、分析ツールでチェックします。

通常、モデル作成は次のような方法をとります。モデルの作図、式の定義、検討、修正です。これを繰り返して、モデルを改良します。デバッグ（モデルのエラーを修正）とモデル分析（出力された振る舞いを調べる）によって、モデルは改良されます。実現性の点検はモデルの作成と改良を助けるもう 1 つの方法です。これについては、第 14 章で紹介します。

シミュレーションモデルにおける振る舞いは、さまざまな変数間の関係を決定する方程式によって決まります。このガイドでは、シミュレーションモデルの方程式をすべて明示します。モデル図（因果ループ図やストックおよびフロー図）は、変数の関係を図で示します。Vensim は、図と方程式の整合性を持ちますが、図の中で情報が省略されたり、非表示になることもあります。この章でのシミュレーションモデルの作成では、方程式がこのマニュアルに書かれているものと一致することを確認してください。もし、図が違う場合は、変数を隠しているか、もしくはモデル図の表示に影響を及ぼすオプションが選択されている可能性があります。

6.2 Vensim の表記法

名前の付け方









モデルの作成、分析、プレゼンテーションをわかりやすくするために、モデルで使用される名前は工夫が必要です。このマニュアルにあるモデルは、推奨される表記法に沿っています。

ストックは、初めの文字が大文字で表示されます。（例えば *Population* 【人口】）


フロー、補助変数、定数、表関数、データ変数などは、すべて小文字で表示されます。例えば、(*average lifetime* 【平均寿命】) です。


日本語ではこうした表記区別はできません。しかし Vensim における豊富な英語のサンプルモデルをみる場合、こうした表記法を知っておくと理解が容易になります。

スケッチ







ストックは、ストック変数  で入力します。ストック変数  を使って作成された変数は、ストックとみなされます。方程式  で方程式編集ボックスを開いた時、その変数がストック変数として作成されていることが [タイプ] が [ストック] であることからわかります。ここで、変数の [タイプ] を変えることもできます。また、変数  で作成された（ボックスを持たない）変数をストック変数にすることもできます。しかしこれは混乱しやすいため、特別な目的以外は、お薦めしません。フローは、フロー  で入力します。デフォルトの設定では、フローを作成した方向に名前を持つ矢印が描かれます。フローの名前を削除するには、フローの編集ボックスが表示された際に、 を押します。フローのもう1つの端に矢頭を付けることもできます。スケッチ移動  を選択し、矢印を付ける側のハンドルを右クリックし、[矢頭] をチェックします。PLEとPLE Plus 以外では、フロー  を右クリックし、「一方向」のチェックを外すことによって双方向のフローが作成されます。また「バルブの名前」のチェックを外すことによって、名前を持たないフローが作成されます。

重要な注意 フローにおける矢印があってもなくても、シミュレーションモデルにおけるフローの方程式には影響しません。例えば、フローの矢印があるストックを増加させることを示していても、方程式でストックを減らすことが可能です。フローを正確に示すのは、その方程式であって、図ではありません。









定数、補助変数（表関数、データ、さらに他の変数）などは、変数  で作成します。それらは通常、ボックスのない文字列で入力します。つまり、その変数のオプションは、[形状] が [空ボックス] または [1行表示] となっています。補助変数や定数を円形（その下に名前を付ける）で表現することもあります。この場合、図が乱雑になることもあります。変数のタイプごとに異なる形状を設定すれば、図から伝えられる情報は増えます。しかし標準的な図の表記法は決まっています。また多くの図の形状を設定すると、視覚的に混乱します。したがってシミュレーションモデルの作成では、ストックをボックスで、フローはバルブで、それ以外の変数は文字列だけで表現することをお勧めします。

PLE や PLE Plus 以外では、スケッチツールのオプションを設定することができます。例えば、変数  で、[形状] が [円] や [六角形] などを作成するようにすることができます。

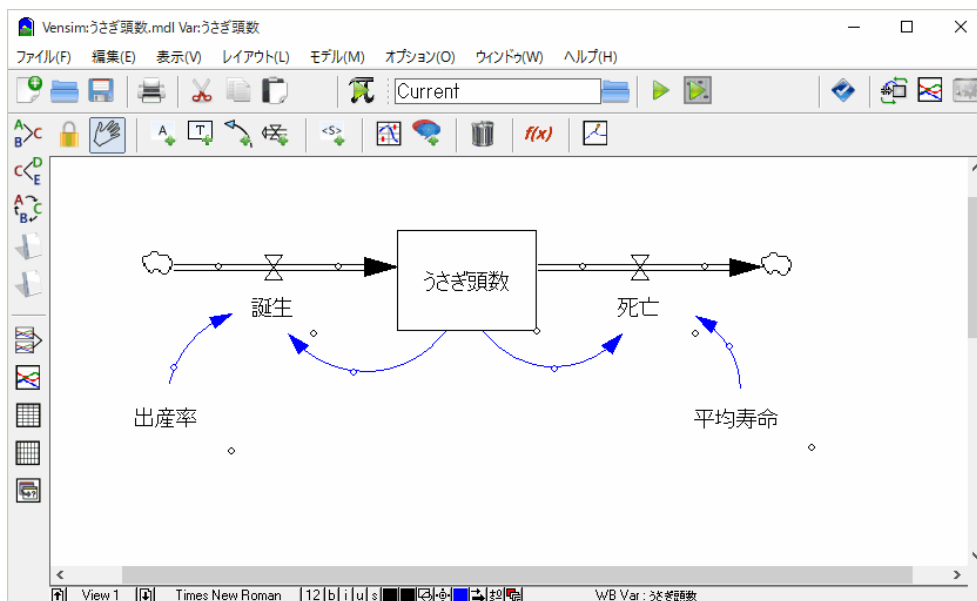
6.3 うさぎ頭数.mdl の作成

- 新規モデル  をクリックするか、[ファイル] メニュー → [新規モデル] を選びます。
- モデル設定対話ボックスの [モデルの時間範囲] タブから、[終了時間] を【30】と入力します。[時間ステップ] を【0.125】と入力するか、ドロップダウンボックス  をクリックし、0.125 を選びます。続いて [時間単位] のドロップダウンボックス  をクリックし、[年] を選び [OK] をクリックします。 を押します。
- スtock変数  をクリックします。スケッチの中央あたりをクリックし、名前を【うさぎ頭数】とし、 を押します。

年がなければ、直接入力します。

- フロー  をクリックします。【うさぎ頭数】の左で一度クリックし、カーソルを動かして、【うさぎ頭数】をクリックします。名前を【誕生】とし、を押します。
- 【うさぎ頭数】をクリックし、カーソルを右方向に動かして、もう一度クリックします。名前を【死亡】とし、を押します。
- 変数  をクリックします。【誕生】の左下をクリックし、名前を【出産率】とし、を押します。【死亡】の右下をクリックし、名前を【平均寿命】とし、を押します。
- 矢印  をクリックします。出生率をクリックし、次に【誕生】をクリックします。【平均寿命】をクリックし、次に【死亡】をクリックします。
- 【うさぎ頭数】をクリックし、次に【うさぎ頭数】のほんの少し左下をクリックし、【誕生】をクリックします。
- 【うさぎ頭数】をクリックし、次に【うさぎ頭数】の右下をクリックし、【死亡】をクリックします。
- 保存  をクリックします。このモデルをユーザーズガイド第6章のフォルダに保存します。名前をうさぎ頭数.mdl とします。

うさぎ頭数モデルの構造が下の図のように作図されました。「うさぎ頭数」から「誕生」への正のフィードバックループが「うさぎ頭数」を増加させ、「死亡」からの負のフィードバックループが「うさぎ頭数」を減少させています。



同じ名前のモデルが既にある場合には、例えばうさぎ.mdl と別名で保存します。これ以後の説明では「うさぎ頭数モデル」という同じ名前を用います。

6.4 方程式の入力

うさぎ頭数モデルの構造は完成しました。しかし、このままではシミュレーションは実行できません。シミュレーションを実行するには、それぞれの関係を示す方程式を設定しなければなりません。これらの方程式は、簡単な代数表現です。つまりある変数を、それに影響する別の変数で示します。例えば、

誕生 = うさぎ頭数 * 出産率

スケッチを見ると、「出産率」には因果関係がなく、値が定数であることがわかります。定数は数値を持ちます。

入力した方程式は、単位を持ちます。方程式における単位の整合性をチェックするために、単位は用いられます。単位の整合性は、モデル構造を修正するうえで重要です。そのためには、[モデル]メニュー→[単位チェック]を選ぶか、**Ctrl+U**を用います。

➤ 方程式 **f(x)** をクリックします。

すべての変数が反転表示されます。黒色で強調表示することで、完成度が目に見える形でチェックされます。強調表示されているところは、変数に方程式が入力されていないか、方程式に不備があることを示しています。方程式がすべて入力されれば、強調表示はなくなります。[モデル]メニュー→[モデルチェック]を選ぶか、または、方程式 **f(x)** の方程式編集ボックスから、[モデルチェック]を選ぶと、不備のあるところが表示されます。

➤ **【誕生】** をクリックします。

方程式編集ボックスが開きます。

変数の種類：補助変数

方程式編集ボックスの上の欄には、クリックした変数の名前「誕生」が表示されています。左の[タイプ]は、[補助変数]となっています。Vensimは、フローと補助変数は同じ変数の種類とみなします。ドロップダウンボックス **▼** をクリックして、他のタイプを見てみます。リストを確認し、まだ[補助変数]が選択されていることを確認します。次に、方程式編集ボックスの=記号の右隣にあるボックスをクリックします。



- 誕生の方程式を次のように完成させます。
- 【うさぎ頭数 * 出産率】と入力します。もしくは、
- 方程式編集ボックスの右下にある変数リストのなかから、【うさぎ頭数】をクリックし、次にキーパッドボタンの【*】をクリックします。さらに変数リストのなかから、【出産率】をクリックします。

方程式をわかりやすくするために、スペースや改行を加えることもできます。改行は、**[Ctrl]+[Enter]**を押します。変数の名前の途中で改行することはできません。次に、「誕生」の単位を入力します。

- [単位] に【頭/年】と入力します。1年間に産まれるうさぎの数を単位とすることを表しています。[OK] をクリックするか、**[Enter]**を押します。

モデル構造や方程式に問題がなければ、編集ボックスが閉じられます。もし問題があった場合は、間違いを指摘するエラーメッセージが表示されます。

変数の種類：ストック

- 【うさぎ頭数】をクリックします。

方程式編集ボックスが開きます。先ほどの「誕生」とは多少異なります。

変数の [タイプ] が、[ストック] になっています。方程式編集ボックスは、INTEG 関数がストックを定義しています。INTEG は時間とともに変数を積分 (integrate) するという意味です。「誕生」と「死亡」が、すでにストックに関連づけられている (フローが入力されている) ため、方程式編集ボックスには方程式が表示されています。Vensim は自動的にストックの方程式に、フローの変数を入力します。ストックに流入するフローは正 (プラス) で、流出するフローは負 (マイナス) として扱われます。もしフローの向き

タイプエラーを回避するために、方程式の入力は変数リストとキーパッドボタンの該当対象をマウスで選択してクリック入力するように習慣づけます。

が違ふ場合には、方程式編集ボックスで符号を変えることができます。このモデルでは、「誕生」は「うさぎ頭数」を増やし、「死亡」は「うさぎ頭数」を減らすので符号の修正は入りません。

この方程式編集ボックスには、[初期値]を設定するための編集ボックスがあります。カーソルをそちらに移動します。

- 初期値には【1000】を入力します。

この値は、シミュレーション開始時のうさぎの頭数です。

- [単位] に【頭】と入力し、[OK] をクリックするか、を押します。
- 【出生率】 をクリックし、編集ボックスに【0.125】と入力します。

重要な注意 タイプが定数の値を入力する際は、その値の取り得る最小値と最大値、およびその増分を以下のように同時に入力しておくこと、シミュレーション分析中の定数変更が容易となります。これらの入力ボックスは編集ボックスの右上にあります。勿論これらの値はシミュレーション実行時にも変更できます。

小 大 増

- [単位] に【1/年】と入力します。これは出生率が1年間における出生頭数とするためです。これをわかりやすく説明します。出生率は、「(うさぎの誕生数/総うさぎ頭数) /年」を意味しています。この単位は「(頭数/頭数) /年」であり、頭数が約分されて「1/年」となります。

[OK] をクリックするか、を押します。

- 残る2つの方程式についても、下記のリストを参照し、完成させます。

モデルの変数は、すべての方程式が入力されると、黒色の反転表示で強調された変数がなくなります。また一度入力された単位は、単位のドロップダウンボックス [▼] から選択することができます。

方程式の番号は、分析ツールの【全ドキュメント】で表示される番号に対応しています。(01) から (04) までの番号は Vensim に元から組み込まれている時間変数に割り振られています。

うさぎ頭数の INTEG 関数の第2引数 (1000) は初期値を示しています。

うさぎ頭数.mdl の方程式


- (05) うさぎ頭数= INTEG (誕生-死亡,1000)
Units: 頭
- (06) 出生率=0.125
Units: 1/年
- (07) 平均寿命= 8
Units: 年
- (08) 死亡=うさぎ頭数 / 平均寿命
Units: 頭/年
- (09) 誕生=うさぎ頭数 * 出生率
Units: 頭/年

6.5 構文と単位のチェック

モデルをシミュレーションする前に、方程式と単位をチェックします。

- [モデル] メニュー→ [モデルチェック] を選びます。または **Ctrl**+**T** を押します。[モデル O.K. です] と表示されます。間違いが見つかった場合、その変数の編集ボックスが現れます。入力した方程式がリストと同じかどうか確認してください。モデルの構造も、上記の図と同じかどうか確認してください。
- [モデル] メニュー→ [単位チェック] を選びます。または **Ctrl**+**U** を押します。[単位 O.K. です] と表示されます。

エラーが表示された場合、どの変数に間違いがあるのかを確認します。問題のある変数の方程式編集ボックスを開いて、先ほどのリストと違う部分や単位をチェックします。単位に問題がある場合は、構文に間違いがあることが考えられます。

注意 単位チェック  は、分析ツールにもあります (Vensim PLE と PLE Plus には対応しません)。



6.5.1 単位の同義性

単位を入力する際、英語の場合、単数形と複数形のどちらも使用することがあります。また日本語の単位でも、【頭】と【頭数】が混在する場合も考えられます。本来なら同じ単位であっても、Vensim はその違いを区別することができません。これを解消するには、単位を同一のものに統一します。または次のように、同義性を定義することもできます。

- [モデル] メニュー→ [設定] を選び、[単位同義語] タブをクリックします。編集ボックスに、【頭, 頭数】と入力し、[これらの同義語を新規モデルのデフォルト単位とする。] をクリックします。[OK] して、編集ボックスを閉じます。

同義語を入力する際、コンマ (,) で区切り、余分なスペースを入れないようにします。例えば、[Year, Years, 年] や [Yen, 円] と入力します。

6.5.2 モデルのシミュレーション

- ツールバーにあるシミュレーションの保存ファイル名 をダブルクリックし、【均衡】と入力します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。または、カーソルが「シミュレーションの保存ファイル名」にある時に、 を押します。



モデルがシミュレーションされます。このモデルは小規模なため、何も変化がないようにみえます。実行されているかを確認するには、再度シミュレーションを実行し、[データセット均衡はすでに存在します。上書きしますか?] という表示が現れたら、モデルはシミュレーションされていることを示しています。

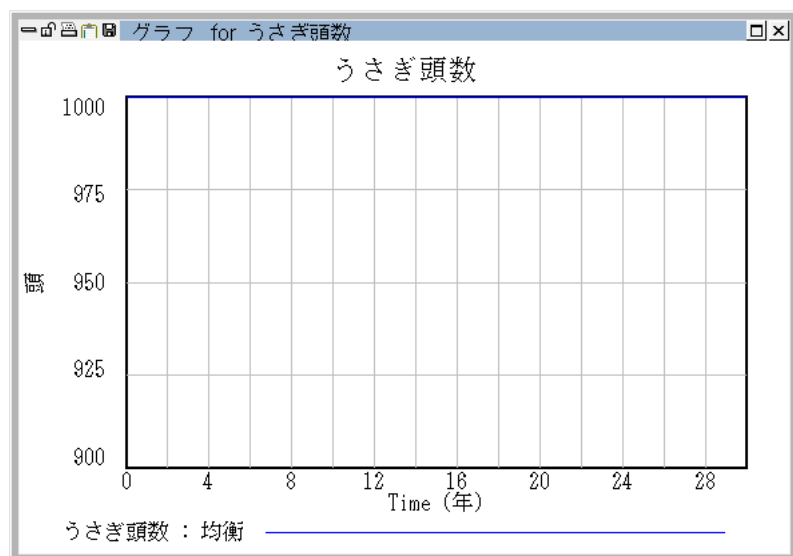
6.6 モデルの分析

このモデルは、うさぎの頭数が、均衡を保つように作成されています。定数の「出生率」と「平均寿命」が、【うさぎ頭数】の12.5%のフローを生み出すように設定されています。したがって、それぞれのフィードバックループは量的な均衡が保たれています。その結果、「うさぎ頭数」には変化が現れません。


出生率 = $1 / \text{平均寿命}$ で $0.125 = 1/8$ となります。

グラフと表ツール

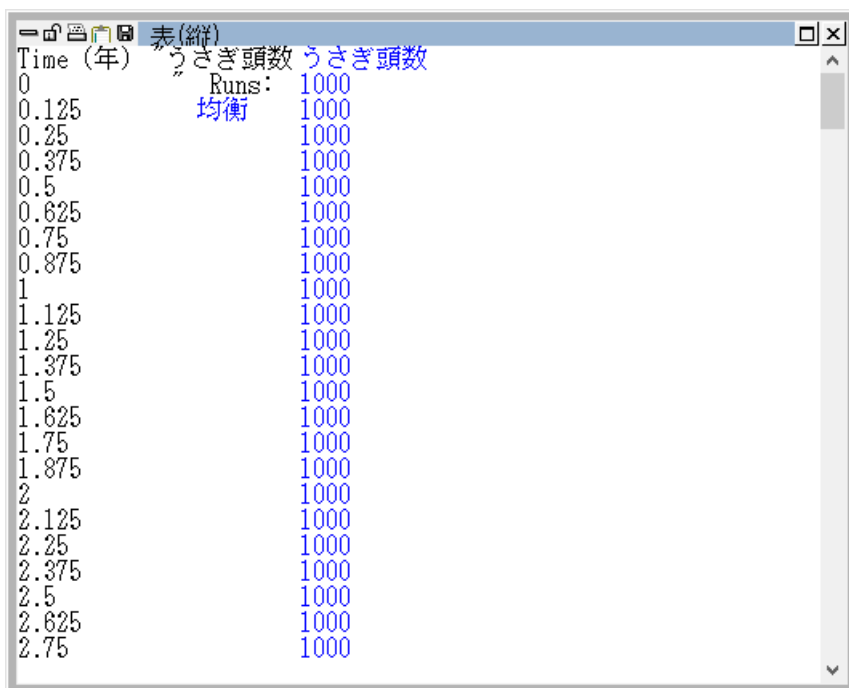
- スケッチの【うさぎ頭数】をクリックします。
このクリックで、【うさぎ頭数】が作業変数となります。この他に、制御パネルの表示  の「変数」タブから、【うさぎ頭数】を選ぶ方法もあります。タイトルバーに【うさぎ頭数】が表示されていることを確認してください。
- グラフ  をクリックします。【うさぎ頭数】のグラフが表示されます。



【うさぎ頭数】がグラフの一番上の、1000 頭のところに直線で示されており、変化がないことがわかります。

- 表 (縦)  をクリックします。

出力ウィンドウは、【うさぎ頭数】に変化がないことを示しています。スクロールバーを動かして、値が常に 1000 であることを確認します。



Time (年)	うさぎ頭数	うさぎ頭数
0	1000	1000
0.125	1000	1000
0.25	1000	1000
0.375	1000	1000
0.5	1000	1000
0.625	1000	1000
0.75	1000	1000
0.875	1000	1000
1	1000	1000
1.125	1000	1000
1.25	1000	1000
1.375	1000	1000
1.5	1000	1000
1.625	1000	1000
1.75	1000	1000
1.875	1000	1000
2	1000	1000
2.125	1000	1000
2.25	1000	1000
2.375	1000	1000
2.5	1000	1000
2.625	1000	1000
2.75	1000	1000


6.7 シミュレーションの比較

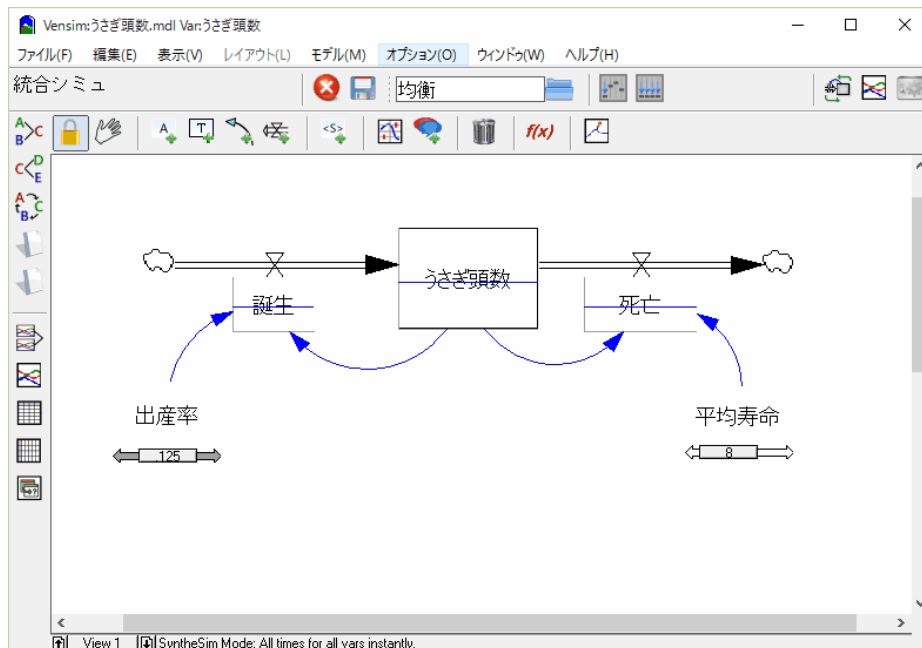
Vensim の際だった特徴は、条件を変えて実行したシミュレーションを比較できることにあります。また実行したシミュレーションごとに、すべての変数のデータを蓄積しています。そのため、どの条件で、どの変数が、どのような振る舞いをしたのかを容易に知ることができます。シミュレーション実験は、定数や表関数の値を、一時的に変えることで行われます。したがって基本的なモデル構造は同じのままです。

6.7.1 指数的成長

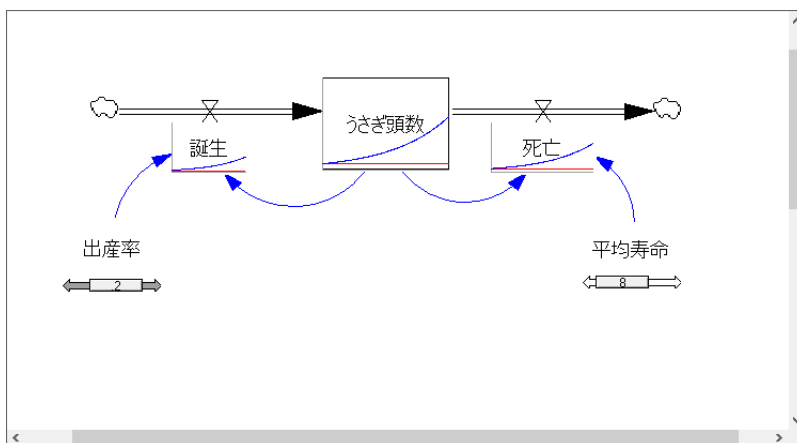
これまでは、均衡状態のシミュレーションでした。次にモデルの定数を変化させて、一定ではない成長を発生させます。これは指数的成長と言われるダイナミックなものです。

6.7.2 シミュレーション実験


- 統合シミュレーションの実行  をクリックし、データセットを上書きします。メインツールバーと画面が以下のように変化し、定数変数の下にスライダが現れます。



- シミュレーション名を【均衡】から【成長】に変えます。
- 変数【出生率】の下のスライダを動かし、値を【0.2】にします。マウスを使ってうまくいかない場合は、キーボードの矢印キーを使って、値を変更します。作図は以下ようになります。




青いラインは実行中の結果を、赤いラインは【均衡】の結果を表しています。

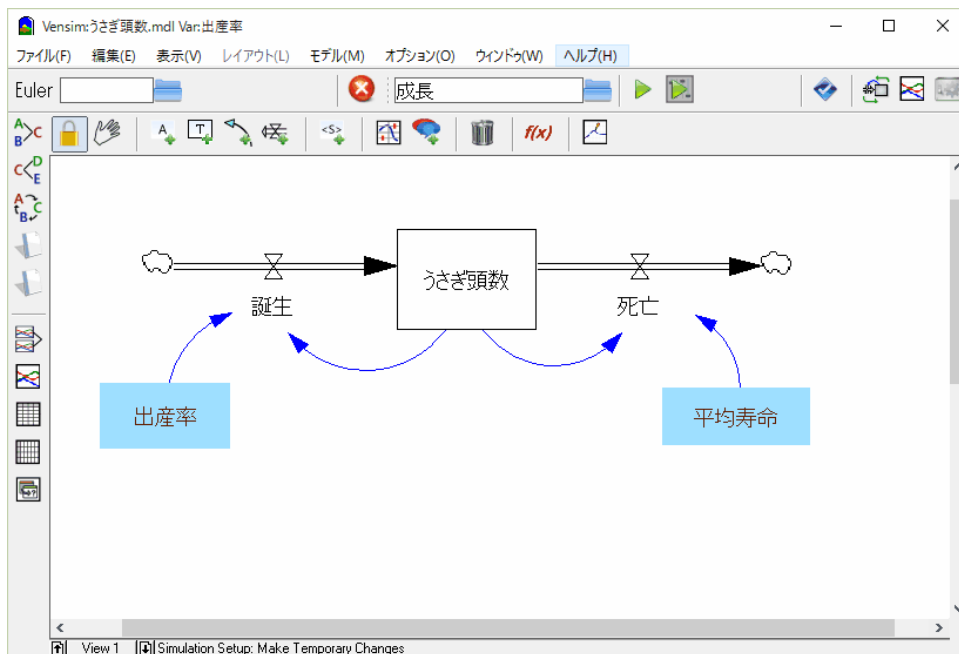
- 停止  をクリックし、統合シミュレーションをストップします。スケッチからグラフとスライダが消えます。
- **[B]**を押すか、[表示]メニュー→[グラフ簡素表示]を選び、再度グラフを表示させます。**[B]**を押すことで、グラフの表示、非表示を切り替えることができます。



6.7.3 シミュレーションの準備方法

統合シミュレーション以外の選択肢として、シミュレーションの準備と実行を同時に行うこともできます。シミュレーションに数秒以上かかるような、大きいモデルの場合、統合シミュレーションよりも実用的です。



➤ シミュレーションの準備  をクリックします。

ツールバーがシミュレーションツールバーに変わります。このツールバーは、シミュレーションの準備用のものです。さらに画面の定数が、青い背景に黄色の文字に変わっています。また、スケッチツールが薄く表示され、利用できなくなります。

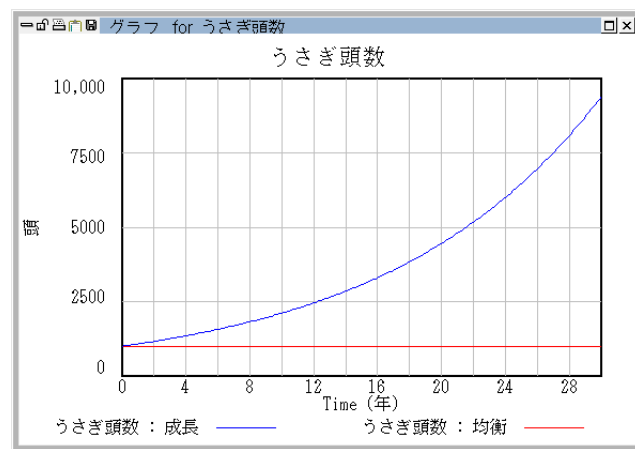


- シミュレーション名を【均衡】から【成長】に変更します。既に変更になっている場合にはその必要はありません。
- スケッチ上で黄色/青で表示された変数【出生率】をクリックし、編集ボックスに【0.2】と入力し、を押します。これは、一時的な値であって、実行後は元に戻ります。
- シミュレーションの実行  をクリックし、シミュレーションを実行します。統合シミュレーションモードで、すでに【成長】というシミュレーションを作成している場合は、[データセット成長はすでに存在します。上書きしますか?]と表示されるので、[はい] をクリックします。
- **B**を押すか、[表示]メニュー→ [グラフ簡素表示] を選び、グラフの動きを表示させます。


6.7.4 因果グラフ

- 【うさぎ頭数】をクリックします。
- 制御パネルの表示  をクリックし、コントロールパネルを前面に表示させます。
[データセット] タブをクリックし、2つの実行名が右の欄に書き込まれていることを確認します。
最後に作成したシミュレーション名（成長）が、上位に表示されています。ほとんどの分析ツールは、両方のデータセットに対して働き、実行結果を比較します。
- グラフ  をクリックします。

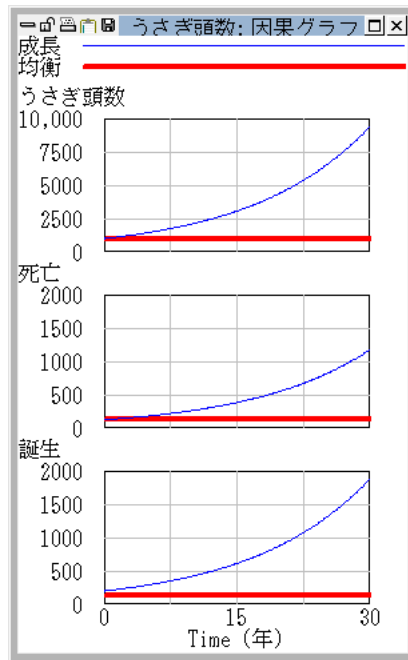
データセットファイル名をクリックすれば、そのファイルがリストの上位に移動します。



2つの実行結果が表示されています。


- **[Del]** をクリックするか、閉じるボタンでグラフを閉じます。
- 因果グラフ  をクリックします。

「うさぎ頭数」と、その原因となる「誕生」と「死亡」のグラフが作成されます。



6.7.5 シミュレーションの比較

初めのシミュレーションと2つ目のシミュレーションとの違いを調べるために、すべての定数（及び表関数）の違いを比較するツールがあります。このツールは最後に作成されたものと、その前に作成されたものを比較します（制御パネルの「データセット」にある上位2つのシミュレーション結果に対応します）。

- データセット比較  をクリックします。【均衡】と【成長】における定数【出生率】の違いが、以下のように表示されます。

The screenshot shows a window titled 'データセットの比較: 成長 と 均衡 ↑↑↑'. It displays execution information for two scenarios: '成長' and '均衡'. Below this is a table comparing the birth rate for both scenarios.

Variable	成長	均衡
出生率	0.2	0.125



「うさぎ頭数」は、シミュレーション「成長」では増加します。なぜなら、「出生率」が高く設定されたからです。これによって、「死亡」に関連する負のフィードバックループより、「誕生」に関連する正のフィードバックループが強力になり、その結果、「うさぎ頭数」が時間とともに増大します。

- [ウィンドウ] メニュー→ [出力ウィンドウを全て閉じる] を選びます。
分析ツールを使って作成したすべてのウィンドウが閉じられます。



6.7.6 指数的減少

次に、「うさぎ頭数」が指数的に減少するモデルを作成します。そのために、定数を変化させます。





第1の方法

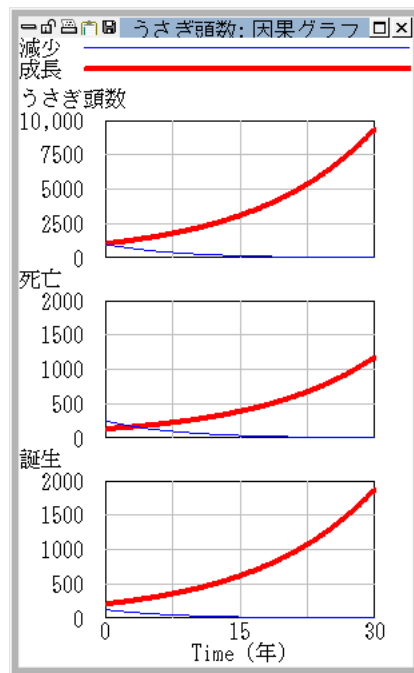
- [シミュレーションの保存ファイル名] をダブルクリックし、名前を「成長」から「減少」に変えます。
- 統合シミュレーションの実行  をクリックします。
- 【平均寿命】 の下のスライダを動かして、値を【4】にします。
- 停止  をクリックします。

第2の方法

- シミュレーションの準備  をクリックします。
- スケッチ上で黄色/青で表示された平均寿命をクリックし、編集ボックスの値を【4】と入力します。⏎を押します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。

いずれも、新しいシミュレーション【減少】を作成する方法です。


- グラフ  をクリックし、3つのシミュレーションを比較してみます。
- ツールバーの制御パネルの表示  をクリックします。[データセット] タブの右の欄にある、【均衡】 をダブルクリックします。これによって、【均衡】 は取り除かれます。したがって分析ツールの対象から外れます。再読み込みするには、左側にあるデータセット名をクリックし、移動ボタン  で右側に移動させます。
- 因果グラフ  をクリックします。【うさぎ頭数】 と、それに影響を与える【誕生】 と【死亡】 の一連のグラフが作成されます。ただし表示されるグラフは【成長】 と【減少】 だけであることに注意してください。





「うさぎ頭数」は、シミュレーション「減少」で減少します。なぜなら、「平均寿命」が短く設定されているからです。これによって、「誕生」に関連する正のフィードバックループより「死亡」に関連する負のフィードバックループが強力になり、その結果、「うさぎ頭数」が時間とともに減少します。

6.7.7 入出力オブジェクト

入出力オブジェクトは、画面にスライダやグラフ、表などをはめ込む時に使います。実際に、作成したグラフをはめ込んでみます。


- 制御パネルの表示  をクリックし、[グラフ] タブを選びます。
 - [新規] を選ぶと、グラフ編集ボックスが開きます。
 - タイトルを「うさぎ頭数、誕生と死亡」と入力します。
 - 最初の [選択ボタン] から、【うさぎ頭数】を選択します。
 - 次の [選択ボタン] から、【誕生】を選択します。
 - 3番目の [選択ボタン] から、【死亡】を選択します。
 - 【誕生】と【死亡】の間にある [目盛り] のチェックボックスにチェックを入れます。
- 編集対話ボックスは、以下のようになります。

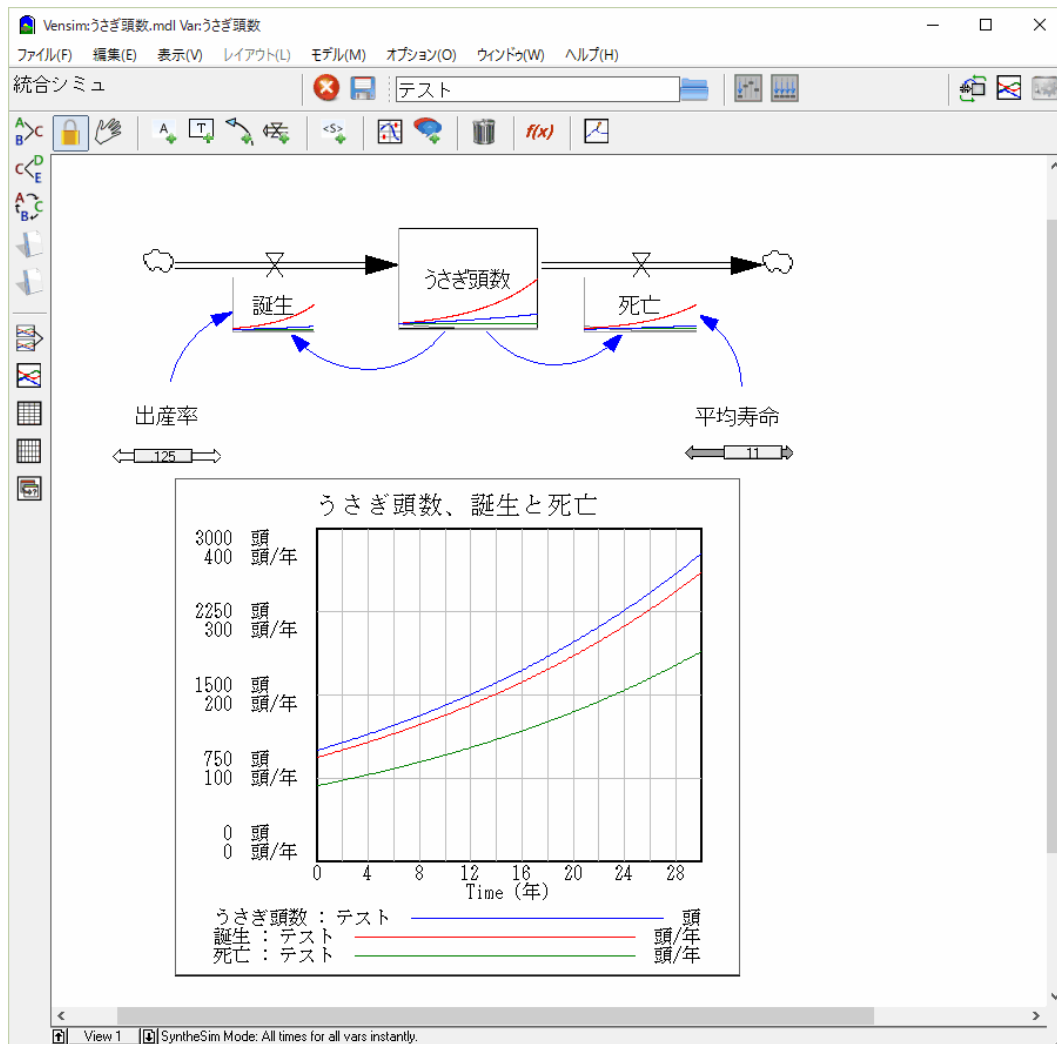
- [OK] をクリックします。
- 入出力オブジェクト  をクリックします。

注意 もし統合シミュレーションを実行したままだと、スケッチツールバーが薄く表示されています。その場合は、停止  をクリックしてから、もう一度やり直してください。

- 画面において、図の空白部分をクリックします。
入出力オブジェクトの対話ボックスが開きます。

グラフのタイトルに基づき、グラフの名前が作成されています。グラフの名前に文字数の制限があるので始めの部分「うさぎ頭数、誕生」が使われています。

- [自作グラフ出力] のラジオボタンをクリックします。
- [自作グラフ出力/分析ツール出力選択] のドロップダウンボックス [▼] をクリックし、「うさぎ頭数、誕生」を選択します。
- [OK] をクリックします。
- グラフの位置とサイズを調節します。
- シミュレーションの保存ファイル名をダブルクリックし、「テスト」と入力します。
- 統合シミュレーションの実行  をクリックします。
- スライダーを動かすことで、グラフも変化します。



第12章では、入力と出力について、さらに詳しく説明します。

第7章

関数とシミュレーションエラー

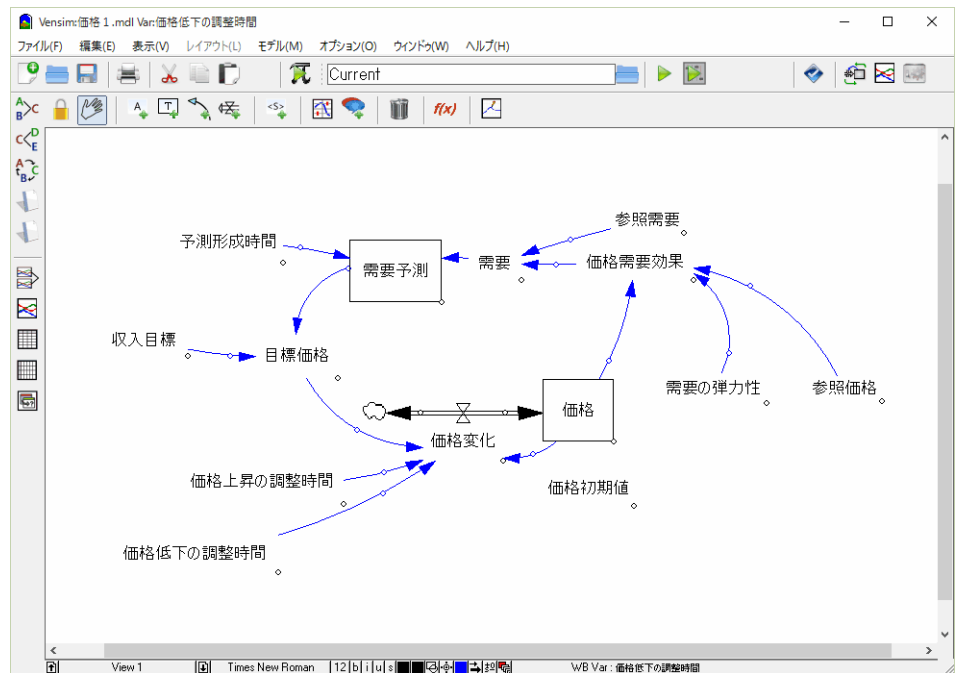
前章で扱ったうさぎ頭数モデルは、掛け算、割り算だけを使った簡単なモデルです。方程式では、加減乗除が一般的に用いられます。しかしそれ以外の関係が必要になることもあります。Vensim は、方程式で利用するさまざまな関数を持っています。本章では、これらの関数を方程式に用いる方法を紹介します。さらに、曲線グラフを用いた関数的な関係を取り扱う表関数を紹介します。

さらに“浮動小数点エラー”という問題への対応について見ていきます。この問題は、数値が大きすぎた時やゼロで割られた時、または関数において想定範囲を超えた値を受け取った時などに発生します。



7.1 価格と需要 (価格1.mdl)

例として、価格と需要に関する簡単なモデルの一部を使います。このモデルは、完成したものではありません。価格は、一定の収益を得ることを条件とした設定が行われています。本来、需要は価格に左右されるものですが、このモデルでは、需要は価格から影響されないという前提で作成されています。このモデルはダイナミックな仮説を示したものです。その結果が現実的でなくても、個々の実験をする上では興味深いものです。

- 以下の図を作成するか、ユーザーズガイドモデル第7章の「価格1.mdl」を開きます。



このモデルを作成するには、第6章で学んだ作図法を使います。しかし、2カ所違う図があります。1つは、双方向のフロー「価格変化」です。他の1つは、ストック「需要予測」へのフローがないことです。双方向のフローを描くには次のようになります。

- フロー  を使って、【価格】の左から【価格】に向かうフローを作成し、【価格変化」と名付けます。
- スケッチ移動  をクリックします。
- 雲と【価格変化】を結ぶパイプの中央にあるハンドルを右クリックするか、**[Ctrl]**を押しながら左クリックします。
- **[矢頭]** にチェックを入れます。

-junction- から -junction- への矢印のオプション

矢頭 遅れマーク

色

線の種類/幅

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

極性

なし + - S O その他

フォント...

極性マークの位置


<input type="radio"/> 矢頭	<input checked="" type="radio"/> ハンドル	の上
<input checked="" type="radio"/> 内側	<input type="radio"/> 外側	矢印の

他の矢印の作成方法と同じように、「需要予測」に向かう矢印を作成します。

7.2 関数の入力

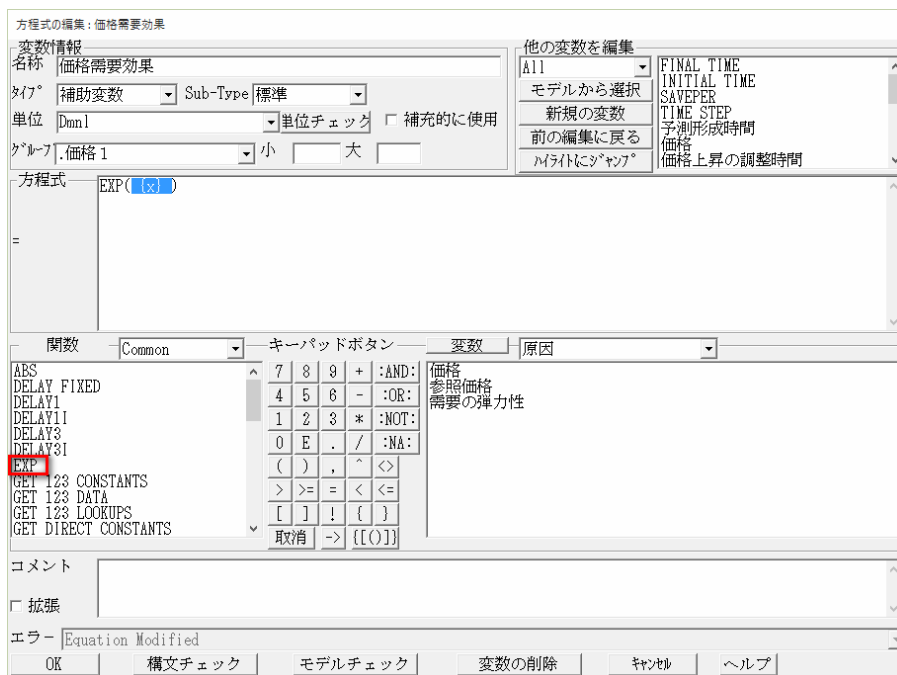
- 方程式 **f(x)** を選びます。
- 【価格需要効果】をクリックします。





利用可能な関数のリストが表示されます。リストの中のいずれかをクリックします。また関数名の最初の文字を入力すると、その文字で始まる最初の関数に移動することができます。上下の矢印キーを使って、関数のリスト間を移動することもできます。関数が選択されると、方程式編集対話ボックスの一番下にある [エラー] 欄に「方程式が修正されました。」と表示されます。

- 左下の関数のリストの中から、[EXP] をクリックします。
- を押します。

編集ボックスの中には、{x}が強調表示された、「EXP({})」という文字が入力されます。

関数については、[ヘルプ]メニュー→ [Vensim マニュアル] で、ヘルプを起動し、[キーワード] タブで「EXP」とすると、その構文が表示されます。ただし英語です。



- 編集ボックスの中央にあるキーパッドボタンの [-] (マイナス記号) をクリックするか、を押します。
- [変数] タブをクリックし、【需要の弾力性】をクリックします。
- 編集ボックスのキーパッドから [*] をクリックするか、を押します。
- [関数] タブをクリックします。
- 関数のリストから、[LN] をクリックします。を押すと、その関数を素早く探せます。を押します。
- [変数] タブをクリックします。

- > 【価格】をクリックします。
- > 編集ボックスのキーパッドから [/] をクリックするか、 $\boxed{/}$ を押します。
- > 【参照価格】をクリックします。

結果は、以下のような方程式となります。

$$\text{価格需要効果} = \text{EXP}(-\text{需要の弾力性} * \text{LN}(\text{価格}/\text{参照価格}))$$

関数のリストを使う代わりに、編集ボックスに直接キーボード入力することもできます。この方法が容易な場合もあります。

この方程式の中には、EXP と LN の2つの関数があります。「LN」は、数値の自然対数を返します。自然対数とは、定数 e (2.72) を底とする対数のことです。「EXP(x)」は e の x 乗を返します。

この方程式は、以下のようにも表せます。

$$\text{価格需要効果} = \text{POWER}(\text{価格}/\text{参照価格}, -\text{需要の弾力性})$$

$$\text{価格需要効果} = (\text{価格}/\text{参照価格})^{(-\text{需要の弾力性})}$$

この方程式は、一般的な一定の弾力性を持つ需要曲線です。「価格/参照価格」は価格の標準化を行っており、単位エラーの発生を防ぐ役割もあります。標準化については、次の章でさらに詳しく述べます。

どの関数を使うにあたって、その入力方法は同じです。関数をリストの中から選ぶか、もしくは直接タイプします。

Excel による数式の確認

Vensim の関数は、Excel の関数と共通点があります。Excel には、LN、EXP、POWER という関数があり、Vensim と同じ構文です。

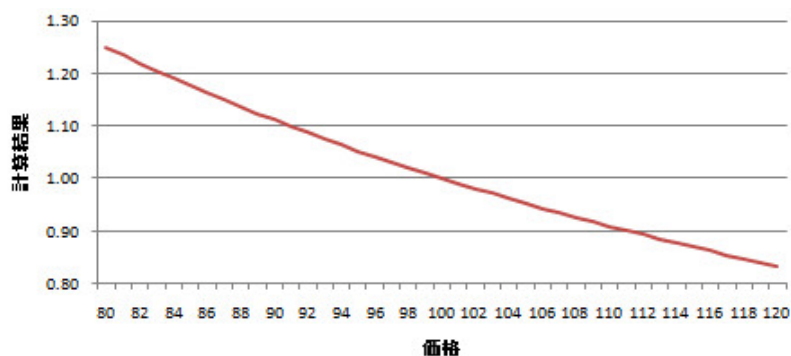
「参照価格」を 100、「需要の弾力性」を 1 とし、「価格」が 80 から 120 まで変化するとします。Excel 関数を使って、先に示した Vensim の方程式を表現することができます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	価格	参照価格	需要の弾力性	LN(価格/参照価格)	-需要の弾力性*D	数式1	数式2	数式3	
2	A	B	C	D	E	Exp(E)	Power(A/B,-C)	(A/B)^-C	
3	80	100	1	-0.22	0.22	1.25	1.25	1.25	
4	81	100	1	-0.21	0.21	1.23	1.23	1.23	
5	82	100	1	-0.20	0.20	1.22	1.22	1.22	
6	83	100	1	-0.19	0.19	1.20	1.20	1.20	
7	84	100	1	-0.17	0.17	1.19	1.19	1.19	
8	85	100	1	-0.16	0.16	1.18	1.18	1.18	
9	86	100	1	-0.15	0.15	1.16	1.16	1.16	
10	87	100	1	-0.14	0.14	1.15	1.15	1.15	
11	88	100	1	-0.13	0.13	1.14	1.14	1.14	
12	89	100	1	-0.12	0.12	1.12	1.12	1.12	
13	90	100	1	-0.11	0.11	1.11	1.11	1.11	
14	91	100	1	-0.09	0.09	1.10	1.10	1.10	
15	92	100	1	-0.08	0.08	1.09	1.09	1.09	

Excel を数式表示したものが次の図であり、関数の利用方法がわかります。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	価格	参照価格	需要の弾力性	LN(価格/参照価格)	-需要の弾力性*D	数式1	数式2	数式3
2	A	B	C	D	E	Exp(E)	Power(A/B,-C)	(A/B)^-C
3	80	100	1	=LN(A3/B3)	=-C3*D3	=EXP(E3)	=POWER(A3/B3,-C3)	=(A3/B3)^-C3
4	81	100	1	=LN(A4/B4)	=-C4*D4	=EXP(E4)	=POWER(A4/B4,-C4)	=(A4/B4)^-C4
5	82	100	1	=LN(A5/B5)	=-C5*D5	=EXP(E5)	=POWER(A5/B5,-C5)	=(A5/B5)^-C5
6	83	100	1	=LN(A6/B6)	=-C6*D6	=EXP(E6)	=POWER(A6/B6,-C6)	=(A6/B6)^-C6
7	84	100	1	=LN(A7/B7)	=-C7*D7	=EXP(E7)	=POWER(A7/B7,-C7)	=(A7/B7)^-C7
8	85	100	1	=LN(A8/B8)	=-C8*D8	=EXP(E8)	=POWER(A8/B8,-C8)	=(A8/B8)^-C8
9	86	100	1	=LN(A9/B9)	=-C9*D9	=EXP(E9)	=POWER(A9/B9,-C9)	=(A9/B9)^-C9
10	87	100	1	=LN(A10/B10)	=-C10*D10	=EXP(E10)	=POWER(A10/B10,-C10)	=(A10/B10)^-C10

また「価格」に対応した計算結果をグラフにすると次の図のようになります。このグラフは、「価格」が「参照価格 (=100)」よりも安価であれば需要が高まり、反対に「参照価格」より高価で、割高感があれば需要が減少するという関係を示しています。



7.2.1 IF THEN ELSE 関数

状況によって、適用する条件を変更したいということはよくあります。IF THEN ELSE 関数は、これを可能にします。

a の条件が満たされれば b が返り、a の条件が満たされない場合は c が返るという式は、通常次のようになります。

$$d = \text{IF } a \text{ THEN } b \text{ ELSE } c$$

Vensim では、これが以下のような構文になります。

$$d = \text{IF THEN ELSE } (a, b, c)$$

- 方程式 **f(x)** を選び、【価格変化】をクリックします。
- [関数] タブをクリックし、リストから [IF THEN ELSE] を選び、**[↓]**を押します。
- [変数] タブをクリックします。
- 【目標価格】をクリックし、**[>]**を押します。次に、【価格】をクリックします。
- 方程式の中の {ontrue} をダブルクリックし、青い強調表示にします。
- **[Ctrl]+[↓]**を押します。
- **[]**をおして、【目標価格】をクリックし、**[-]**を押します。【価格】をクリックし、**[)]**を押します。**[/]**を押し、【価格上昇の調整時間】をクリックします。
- 方程式の中の {onfalse} をダブルクリックし、青い強調表示にします。
- **[Ctrl]+[↓]**を押します。

- \square をおして、【目標価格】をクリックし、 \square を押します。【価格】をクリックし、 \square を押します。 \square を押し、【価格低下の調整時間】をクリックします。

このようにして IF THEN ELSE 関数の構文を入力します。関数の引数を、ダブルクリック後に入力することで、引数として入力されます。引数は中括弧{ }で囲まれています。それはコメントとして扱われますが、引数を入力した後、削除した方がよいです。 \square + \square を使うと、方程式に改行を挿入でき、式が見やすくなります。

入力後の方程式は、以下のようになります。

$$\text{価格変化} = \text{IF THEN ELSE}(\text{目標価格} > \text{価格}, \\ (\text{目標価格} - \text{価格}) / \text{価格上昇の調整時間}, \\ (\text{目標価格} - \text{価格}) / \text{価格低下の調整時間})$$

7.2.2 SMOOTH 関数

SMOOTH 関数は、平均時間や予測を取り込むために広く使われる関数です。LN や EXP および IF THEN ELSE と異なり、この関数は時間の変化を組み込んでいます。つまり、もしある x の値があれば、EXP(x) を計算することができます。しかし、x の値だけでは SMOOTH(x,4) の値はわかりません。つまり SMOOTH が事前にどのような値を持っていたのかを知る必要があります。なぜなら SMOOTH 関数は、ストックを暗黙のうちに組み込んでいるからです。

このことを理解するために次のような方程式を作成するとします。

$$\text{需要予測} = \text{SMOOTH}(\text{需要}, \text{予測形成時間})$$

この方程式は以下のストック式とまったく同じものとなります。

$$\text{需要予測} = \text{INTEG}((\text{需要} - \text{需要予測}) / \text{予測形成時間}, \text{需要})$$

SMOOTH を使用すると、Vensim は 2 つの変数を作成します。ひとつ（需要予測）は、Vensim によって作成される #SMOOTH(需要, 予測形成時間)# とよばれるストックと同等の変数で、補助変数として扱われます。通常はこのような変数は内部に隠しますが、[ツール] メニュー → [オプション] を選び、[全域オプション設定] の対話ボックスの [設定] タブをクリックし、[マクロ変数] を [表示] にすることで、因果ツリーや波及ツリー等で表示させることができます。

SMOOTH 方程式を入力します。

- 【需要予測】の方程式編集対話ボックスを開きます。
「需要予測」は、ストックとして作成されているため、編集対話ボックスを開いた時、[タイプ] が [ストック] として表示されます。SMOOTH の方程式を入力するために、[補助変数] に変えます。しかしながら、ストックとしての意味も持つため、箱で囲まれた変数のままにします。
- [タイプ] を、左側のドロップダウンボックス \blacktriangledown で、[ストック] から [補助変数] に変えます。
- [関数] タブをクリックし、[SMOOTH] を選んで \square を押します。
- [変数] タブをクリックし、【需要】をクリックします。

この表示は Vensim PLE と Vensim PLE Plus には対応しません。


- 方程式の中の{stime}をダブルクリックし、変数のリストから【予測形成時間】をクリックします。
- [単位] に「箱/月」を加えます。【需要】と同じ単位です。
- [OK] をクリックし、編集対話ボックスを閉じます。

SMOOTH 関数と同様に、隠れた変数やダイナミックスをもたらす関数があります。例えば、DELAY1、DELAY1I、DELAY3、DELAY3I、FORECAST、SMOOTH3、SMOOTH3I、SMOOTHI および TREND などです。隠れたストックを強調するために、ボックスに囲まれた変数として表示すると助けになります。SMOOTH 関数は単純なものです、この SMOOTH の代わりに積分形式による表現 (INTEG) が理解しやすい場合もありますが、これは好みの問題です。

SMOOTH 関数 (x, t) の形式であっても、積分形式の (INTEG(x-sx)/t, x) として書かれていても、作図上では、フローではなく情報の矢印を伴ったストックとなります。ストックがフローなしで用いられることを認めるか、認めないかは賛否があります。Vensim では、「需要予測」のような情報の概念を表現するためにこうした慣習をしばしば用います。この場合、情報を増加させたり減少させたりする物理的なプロセスはなく、圧力やアンバランスに対して単に調整をしているだけです。Vensim ではフローと情報の矢印がいずれもストックに入るように描くことができます。したがって、モデルを提示したい人が明確に理解できるように作図する慣習を選ぶ必要があります。

遅れは物的な遅れ (Material Delays) と情報の遅れ (Information Delays) とにそれぞれ分類されます。DELAY 関数は物的な遅れを、SMOOTH 関数は情報の遅れを取り扱う時に利用します。

7.2.3 STEP 関数

- 【収入目標】の編集対話ボックスを開きます。
- 「10000+」と入力します。
- [関数] タブをクリックします。
- 関数のリストから、[STEP] を選んで  を押します。
- 「5000」と入力します。
- 方程式の中の{stime}をダブルクリックします。
- 「10」と入力します。
- [単位] に「円/月」と入力し、[OK] を押します。

方程式は、以下のようになります。

$$\text{収入目標} = 10000 + \text{STEP}(5000, 10)$$

STEP は、入力関数として使われます。この関数は、時間が{stime}に達するまでゼロを返し、それから後は{height}を返します。この例では、時間が 10 になるまでは、ゼロを返し、それからは 5000 を返します。そのため、「収入目標」は 10,000 円から始まります。時間が 10 まではその値は一定です。その後は 15,000 円にはね上がります。STEP 関数は、モデルが作り出す振る舞いを見る上で、とても良い方法です。例えばサプライチェーンのモデルにおいて、需要の急激な変化が供給に及ぼす影響を調べるなどに使われます。

STEP 関数に似た関数があります。PULSE、PULSE TRAIN、RAMP および RANDOM です。これらの関数はすべて、異なる時間に、異なる値を返します。RANDOM 関数は、時間ごとにランダムな値を返します。しかしそれらの値は実行毎に同じであるた

STEP 関数を選ぶと次のような関数式が出てきます。STEP({height} , {stime})

め、同じ結果を再現させることができます。

もう一つ時間の変化にともなう振る舞いをもたらすものに Data があります。これは第16章の「モデルのデータ利用」で紹介します。異なるタイプの振る舞いを得るために、[Time] 変数を SIN 関数の引数とすることもできます。

7.2.4 初期条件

「価格」の初期値は、「価格初期値」によって与えられます。しかし、「価格初期値」から「価格」への矢印はありません。「価格」の編集対話ボックスを開いた時、「価格初期値」は変数のリストに表示されていません。

- [変数] のプルダウンから [すべて] をクリックします。
- リストから【価格初期値】を選び、[OK] をクリックします。
- 単位に「円/箱」と入力します。
- [OK] をクリックして、編集対話ボックスを閉じます。



注意 「価格初期値」から「価格」への矢印を引いた場合に、「価格初期値」が変数リストに表示されています。しかし、編集対話ボックスを閉じた時に、矢印が消えます。なぜならデフォルトでは、初期値（原因）は、モデル図に表示されないからです。この矢印を残したい場合、[モデル] メニュー→[設定] を選び、[スケッチ] タブの中の [モデル図で初期値（原因）を表示する。] にチェックを入れてください。

7.3 モデル方程式

以下は、このモデルで定義した方程式です。ほとんどが簡単なものです。

- (05) 予測形成時間= 6
Units: 月
- (06) 価格= INTEG (価格変化, 価格初期値)
Units: 円/箱
- (07) 価格上昇の調整時間=4
Units: 月
- (08) 価格低下の調整時間=6
Units: 月
- (09) 価格初期値=100
Units: 円/箱
- (10) 価格変化= IF THEN ELSE(目標価格>価格,
(目標価格-価格)/価格上昇の調整時間,
(目標価格-価格)/価格低下の調整時間)
Units: 円/箱/月
- (11) 価格需要効果=EXP(-需要の弾力性 * LN(価格/参照価格))
Units: Dmnl
- (12) 参照価格= 100
Units: 円/箱
- (13) 参照需要= 100
Units: 箱/月
- (14) 収入目標= 10000+STEP(5000, 10)
Units: 円/月
- (15) 目標価格= 収入目標/需要予測
Units: 円/箱
- (16) 需要=参照需要 * 価格需要効果
Units: 箱/月
- (17) 需要の弾力性= 1
Units: Dmnl
- (18) 需要予測= SMOOTH(需要, 予測形成時間)
Units: 箱/月

7.4 シミュレーションエラー



作成したモデルをシミュレーションする準備ができました。

- [モデル] メニュー→ [モデルチェック] を選びます。または、**Ctrl**+**T**を押します。[モデル OK です] というメッセージが表示されます。もしこのメッセージが表示されない場合、問題のある方程式の編集対話ボックスが開きます。シミュレーションを実行する前に、間違いを修正します。
- [モデル] メニュー→ [単位チェック] を選びます。または、**Ctrl**+**U**を押します。

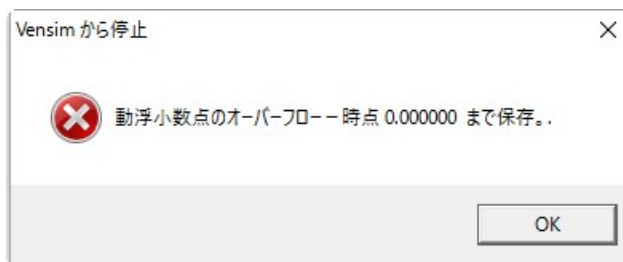
[単位 OK です] というメッセージが表示されます。もしこのメッセージが表示されない場合、間違いを修正します。

次は、このモデルで故意にシミュレーションエラーを発生させます。そして、その解決方法を見ていきます。

7.4.1 シミュレーション開始時点のエラー

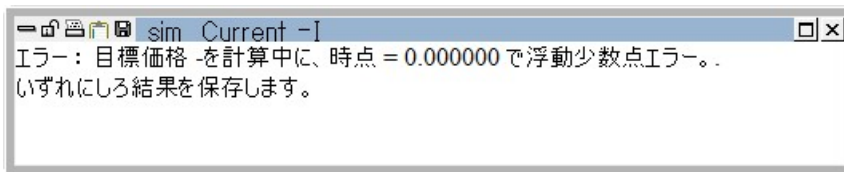
- シミュレーションの準備  をクリックします。
- 【参照需要】をクリックし、値を「0」と入力します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。
- [データセット Current は既に存在します。上書きしますか?] と表示されるので、[はい] をクリックして、上書きします。

以下のような浮動小数点オーバーフローのメッセージが表示されます。



- [OK] をクリックします。





次のようなエラーウィンドウが現れます。





このウィンドウは、問題が見つかった時、どの変数が計算されていたかを示しています。エラーは時間がゼロで発生しています。そこで表ツールを使って、問題を確認します。

- 【目標価格】をクリックし、作業変数にして下さい。

Vensim PLE もしくは PLE Plus の場合は、以下の方法をとります。

- 表 (横)  をクリックします。
- 因果ツリー  をクリックします。
- 因果ツリーの出力結果にある【需要予測】をクリックします。
- 表 (横)  をクリックします。
- 因果ツリーの出力結果にある【収入目標】をクリックします。
- 表 (横)  をクリックします。

Vensim Professional または DSS を使っている場合は、

- 表 (横)  を右クリックします。
- [リンク/画面変数の表示] のドロップダウンボックス [▼] から [原因変数] を選びます。
- 表 (横)  をクリックします。

以下のような表示が現れます。

Time (月)	0
"目標価格" 実行:	Current
目標価格	--
"需要予測" 実行:	Current
需要予測	0
"収入目標" 実行:	Current
収入目標	10000

Vensim PLE による表示です。





「目標価格」のとなりに「--」という値があります。これは「目標価格」が計算されていないことを示しています。「需要予測」と「収入目標」は計算されており、それらの値が表示されています。「目標価格」の方程式は以下のようになっています。

$$\text{目標価格} = \text{収入目標} / \text{需要予測}$$

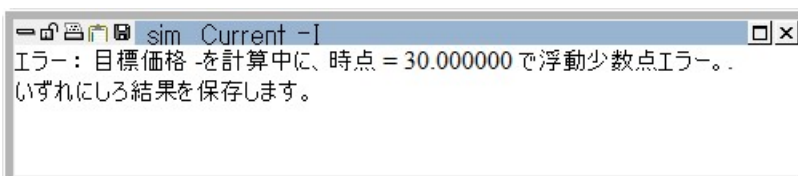
ゼロの「需要予測」で割ったためにエラーが発生したことがわかります。「需要予測」がゼロになる理由を探ると、「参照需要」がゼロのために、「需要」がゼロになったことがわかります。

たとえ「需要予測」がゼロであっても「目標価格」にエラーを生じさせない方法があります。それは本章最後の「モデルの修正」で紹介します。

7.4.2 シミュレーション実行中のエラー

- シミュレーションの準備  をクリックします。
- 【需要の弾力性】をクリックし、値を「2」と入力し、 を押します。
- 【予測形成時間】をクリックし、値を「1」と入力し、 を押します。
- シミュレーションの実行  をクリックし、[はい] をクリックして、上書きします。


先程表示されたのと同じような、以下のメッセージが表示されます。




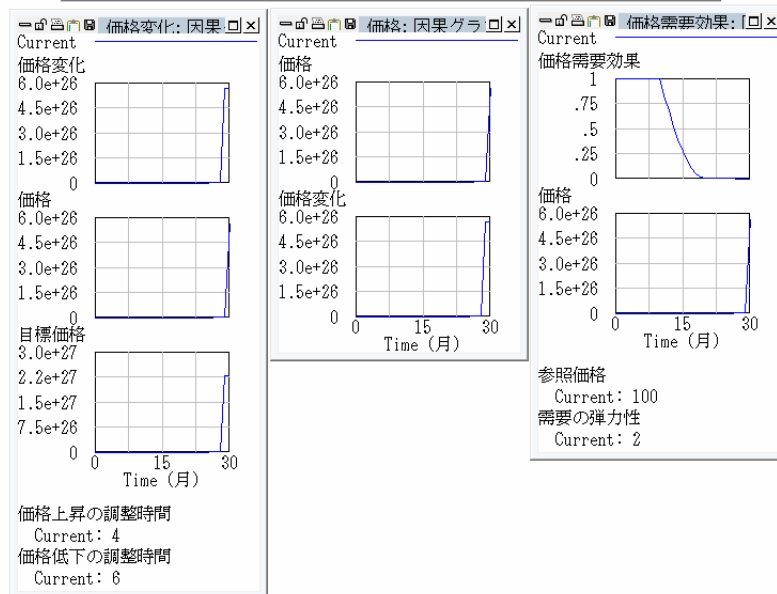
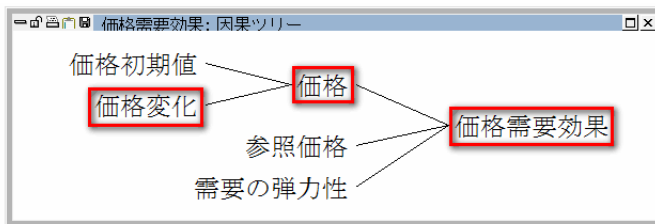
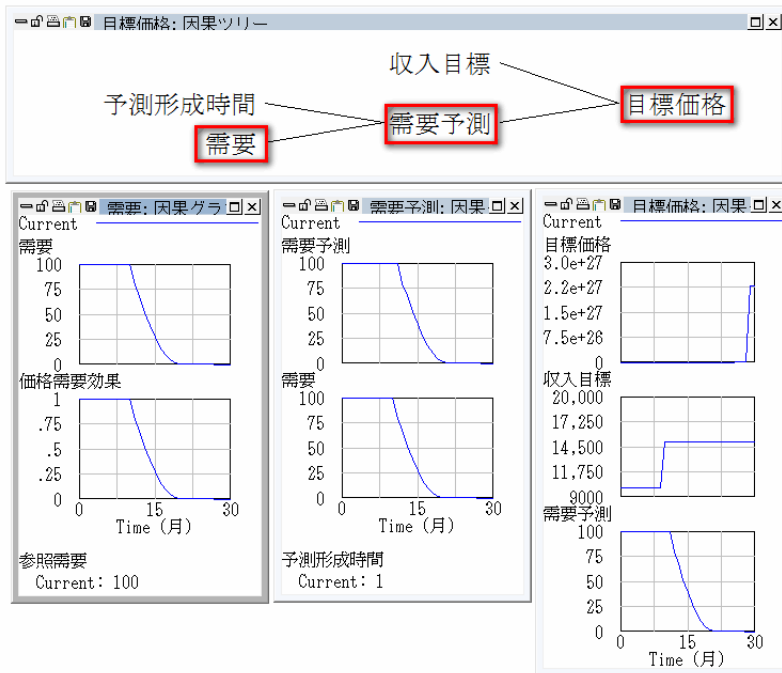
シミュレーションの実行が30ヶ月目で中断したことを示しています。先程と同じ分析方法にあてはめて、この問題を解決できます。以下は、「目標価格」とその原因の表です。

Time (月)	目標価格	収入目標 Runs: Current	収入目標	需要予測 Runs: Current	需要予測
0	100		10000		100
1	100		10000		100
2	100		10000		100
3	100		10000		100
4	100		10000		100
5	100		10000		100
6	100		10000		100
7	100		10000		100
8	100		10000		100
9	100		10000		100
10	150		15000		100
11	150		15000		100
12	189.844		15000		79.0123
13	222.803		15000		67.3241
14	289.261		15000		51.8562
15	383.285		15000		39.1353
16	554.134		15000		27.0893
17	863.814		15000		17.3649
18	1521.77		15000		9.85896
19	3103.18		15000		4.83376
20	7809.97		15000		1.92062
21	26016.3		15000		0.576563
22	129674		15000		0.115675
23	1.13776e+006		15000		0.0131838
24	2.27569e+007		15000		0.00065914
25	1.47567e+009		15000		1.01649e-005
26	5.26485e+011		15000		2.84908e-008
27	2.0912e+015		15000		7.17293e-012
28	2.60057e+020		15000		5.76796e-017
29	2.26674e+027		15000		6.61744e-024
30	2.26674e+027		15000		0

この表から2つのことがわかります。1つは、インプットされた数値が異なっても、29月と30月で「目標価格」が、同じ値を示しているということです。シミュレーションの実行中にエラーが発生した場合、完全には計算されていない変数の値は、その時点より前のものになります。2つは、エラーの原因は先程のケースと同じということです。

シミュレーションの実行中にエラーが発生した後、何が問題を引き起こしたか、因果グラフ  を使って知ることができます。

- 【目標価格】をクリックし、作業変数とします。
- 因果グラフ  をクリックします。
- 【需要予測】をクリックし、その原因をさぐります。次に、【需要】、【価格需要効果】、【価格】、【価格変化】の原因をグラフ表示します。最後に【価格変化】は【目標価格】に戻ってきます。






因果ツリーと因果グラフを併せて表示します。このように両者を同時に開いて分析してゆくと途中で迷わずにエラー追跡ができます。

これらの図から「価格」の上昇による「価格需要効果」の減少、「需要」の減少、「需要予測」の減少、収入目標を確保するために「目標価格」を上昇、その結果「価格変化」→「価格」も上昇という正のフィードバックループが確認されます。これは指数関数的な増

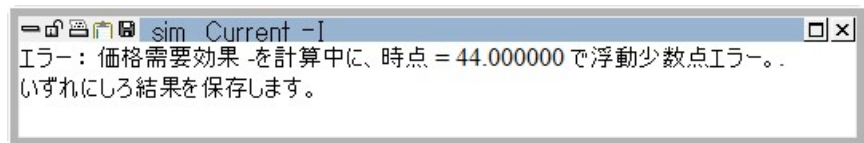
分析ツールの [因果ループ] を選択して、これらの図の因果ループを確認しましょう。


加であり、急速に発生するために、エラーが生じます。

7.4.3 不可解な循環

- シミュレーションの準備  をクリックします。
- 【予測形成時間】をクリックし、値を「0.5」と入力し、を押します。
- シミュレーションの実行  をクリックし、[はい] をクリックして、上書きします。

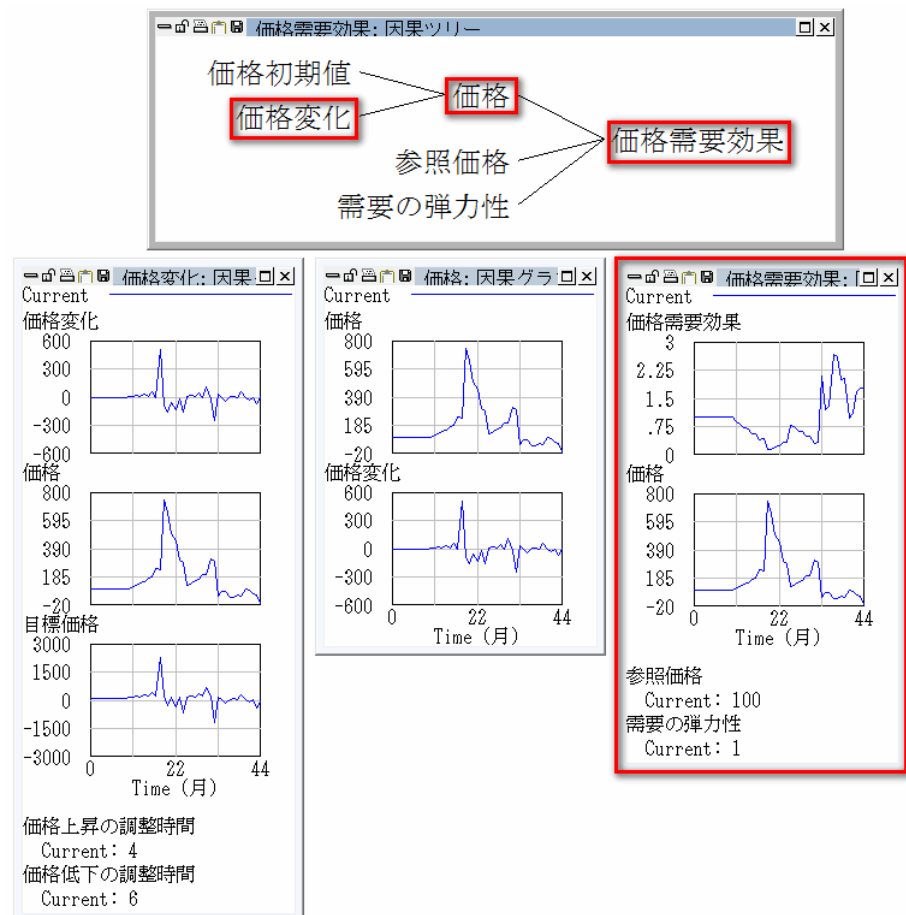
「価格需要効果」の時間が44のところで、エラーが発生していることがわかります。




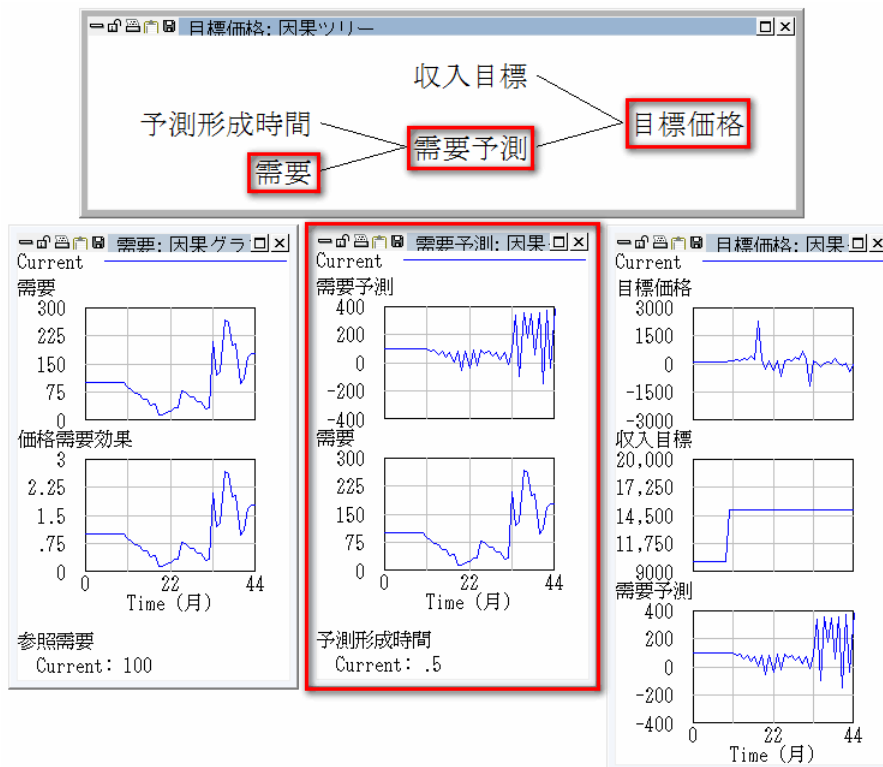
- 【価格需要効果】をクリックし、因果グラフ  をクリックします。

因果ツリーと因果グラフを併せて表示します。

下図の右端の図が表示されます。値は大きく上下に変化していますが、エラーの原因は、最後に「価格」がたどり着く負の値です。



- 因果グラフ  を使って振る舞いの原因を調べます。【価格需要効果】、【価格】、【価格変化】と見てゆきます (上図)。
- さらに【価格変化】から【目標価格】を経て【需要予測】にたどり着き、【需要】から【価格需要効果】に戻ってきます。



「需要」が常に正の値を示していても「需要予測」は負の値を示します (上の中図)。「需要予測」はSMOOTH関数で計算され、需要」との差額を予測形成時間で割って滑らかに調整されます。したがって、「需要予測」は「需要」と似たグラフとなりますが、よりなめらかに表現されます。しかしながら「需要予測」を求める時間定数、すなわち「予測形成時間 (ここでは0.5に設定)」が、[時間ステップ (ここでは1)] よりも短かいと、その調整幅が大幅に振幅され、図のようなマイナス値を取るようになるのです。

このような奇妙な振る舞いは、こうしたことに起因する場合があります。その場合は、[時間ステップ] をより小さい値とします。その結果がもし変更前と大きく違うようであれば、時間定数が小さすぎるのが原因です。

7.4.4 積分エラー

以下のような、もう1つのエラーの例を見てください。

**エラー：大きなストック-を計算中に、時点=340.0で浮動小数点エラー。
いずれにしる結果を保存します。**

このエラーは、すべての方程式が計算されていたとしても、「大きなストック」というストック変数にフローが積分 (追加) される際にその値が大きすぎることを示して

[モデル]メニュー→[設定]で、「時間ステップ=1」が確認できます。




「価格2.mdl」では、時間ステップ=0.25へと変更しています。

います。このようなエラーは、正のフィードバックループがあるときに、シミュレーション実行中のエラーとして生じます。

7.5 モデルの修正

このモデルをより頑健なものにするための修正方法があります。「需要予測」がゼロでも、正確な振る舞いを示す「目標価格」の方程式を設定します。この修正されたモデルは、ユーザズガイド第7章の「価格3.mdl」にあります。

7.5.1 XIDZ

- 変数  をクリックし、【目標価格】の左の空白に、【最大価格】を作成します。
- 矢印  をクリックし、【最大価格】から【目標価格】への矢印を描きます。
- 方程式  を選択し、【目標価格】をクリックします。以下のような、方程式を入力します。

目標価格 = MIN(XIDZ(収入目標, 需要予測, 最大価格), 最大価格)
Units : 円/箱

- 【最大価格】に方程式を入力します。

最大価格 = 25000
Units : 円/箱

XIDZ 関数は、ゼロ以外の値で割られた商を返し、ゼロで割る場合は第3引数を返します。つまり、以下の2つは、「需要予測」がゼロである場合を除いて、同じものになります。

XIDZ(収入目標, 需要予測, 最大価格)

収入目標/需要予測

「需要予測」がゼロの場合、XIDZ を用いた場合は「最大価格」が戻され、単なる割り算による式ではエラーが生じます。

XIDZ 関数は、分母の変数がゼロという値をとる可能性があり、それでもシミュレーションを続けたい場合には有効なものです。

また関連した機能を持つ関数に、「ゼロで割られた場合はゼロを返す (Zero If Divided by Zero)」という ZIDZ 関数があります。

XIDZ(A,B,X) は "X If Divided by Zero (ゼロで割られた場合は X)" を返すという意味で、"otherwise A/B (それ以外は A ÷ B)" を返します。

第 8 章

表関数の作成

第 7 章では、いくつかの関数を使ったモデルを作成しました。さまざまな関係を表すためには、組み込み関数だけではなく、必要に応じて、関数を作成した方がよい場合があります。

表関数は、2 つの変数間の関係を定義します。方程式としては、以下のように定義されます。

$$y = \text{私の表関数}(x)$$

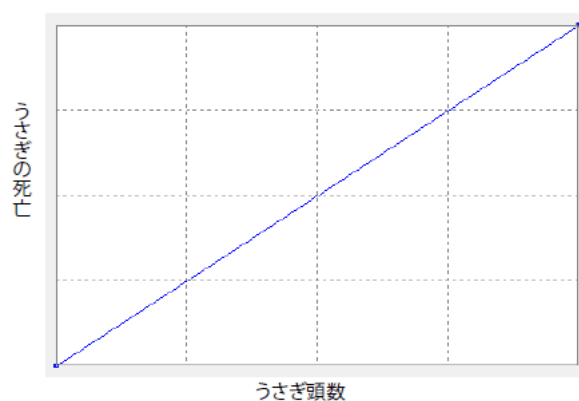
出力される変数 y は、入力する変数 x が、あなたが指定した形（非線形の場合が多い）を持つ表関数「私の表関数」を通じて変化したものです。

表関数は、グラフ関数と言われることもあります。これらは、方程式編集対話ボックスの [方程式] での数字入力、もしくは [グラフ入力] で作成されます。

8.1 うさぎ増加の限界

ここでは、第 6 章のうさぎ頭数モデルを、うさぎ許容頭数に限界がある環境を想定したものへと拡張します。第 6 章で示した制限のない頭数増加モデル（うさぎ頭数.mdl）は、環境に応じた頭数限界を持つモデル（うさぎ.mdl）になります。

うさぎ頭数.mdl の「死亡」の値は、うさぎの頭数に正比例します。実際に、「うさぎ頭数」と「死亡」の関係は、線形の関係です。

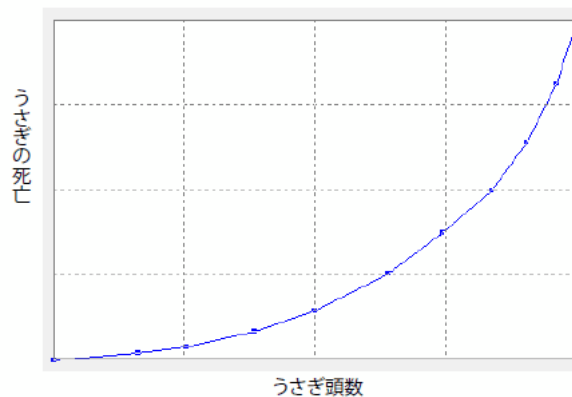


これは、「死亡」が時間と共に線形的に増加することを意味していません。線形とは、「死亡」が「うさぎ頭数」と同じように増加するということです（もし「うさぎ頭数」が指数的に増加した場合、「死亡」も指数的に増加します）。

うさぎの死亡 = うさぎ頭数
*(1/平均寿命)

この線形の関係を持つ、上記のような表関数を作成します。しかし、「うさぎ頭数」を掛け合わせる定数（表関数の傾きと同じ値を持つ定数）を使用するほうが簡単です。実際、第6章のモデルは、「うさぎ頭数」/「平均寿命」を使用しており、その結果、直線の傾きは、「1/平均寿命」となります。この方法は、「平均寿命」を理解する方が、曲線の形状を理解するよりも易しいためです。

このモデルで示したいことは、「うさぎ頭数」が多くなるにつれて、「死亡」が「うさぎ頭数」よりも早く増えるということです。これは、「うさぎ頭数」が増加すれば、資源（食物など）の限界に近づくため、平均すれば早く死亡するためです。つまり、以下のような関数が必要になります。



表関数を使ってこのような関数を作成します。その前に、表関数の入出力を標準化する必要があります。

8.2 表関数の標準化

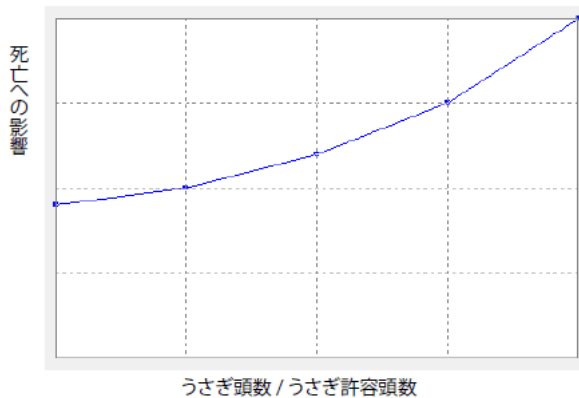
上記の表関数は、入力値としての「うさぎ頭数」を、出力値としての「うさぎの死亡」を表しています。このグラフは、作成が難しいだけでなく、修正も難しいものです。例えば、長生きする新種が導入された時の変化を見るには、すべての関数をやり直す必要があります。もしくは、うさぎ許容頭数が増加した場合の効果を見るにも、すべての関数をやり直す必要があります。

標準化された入出力の値は、ゼロから1の間を取ります。入力値は、次元がないだけでなく、変数のサイズや単位からも独立します。出力値も、多くの場合次元がないだけでなく、変数のサイズや単位からも独立となります。例えば、千頭単位の「うさぎ頭数」と1ヶ月あたり千頭単位のうさぎの「死亡」を計測するとします。「うさぎ頭数」を入力値とし、「死亡」を出力値とした表関数は、妥当なものではありません。

一方で、入力値の「うさぎ頭数」を「うさぎ許容頭数」で標準化（うさぎ頭数/うさぎ許容頭数）し、「うさぎ急増による死亡への効果」という出力値を、基本数値または標準的死亡数（=うさぎ頭数/平均寿命）に対応する値にしておけば、うさぎ計測単位やサイズが

変更になっても修正する必要がありません。

こうした標準化手法によって、一般化された数値セットと望ましい振る舞いの関係を表関数で作成することができるようになります。もし「うさぎ頭数」のサイズや性質が変化した場合でも、表関数そのものを修正するのではなく、「うさぎ許容頭数」か「平均寿命」の値を変更することで対応できます。




標準化するためには、入力した変数を標準値または平均値で割ります（例えば「うさぎ頭数」 / 「うさぎ許容頭数」）。実際の「うさぎ頭数」がうさぎ許容頭数という標準値と等しい時、表関数への入力値は1です。「うさぎ頭数」の値によっては、入力値が1より高かったり、低くなったりします。表関数からの出力値は、他の変数に影響します。別の表現をすると、入力値が標準値か平均値と等しければ、表関数からの出力値は1となり、入力値が出力値に影響しないことになります。

注意

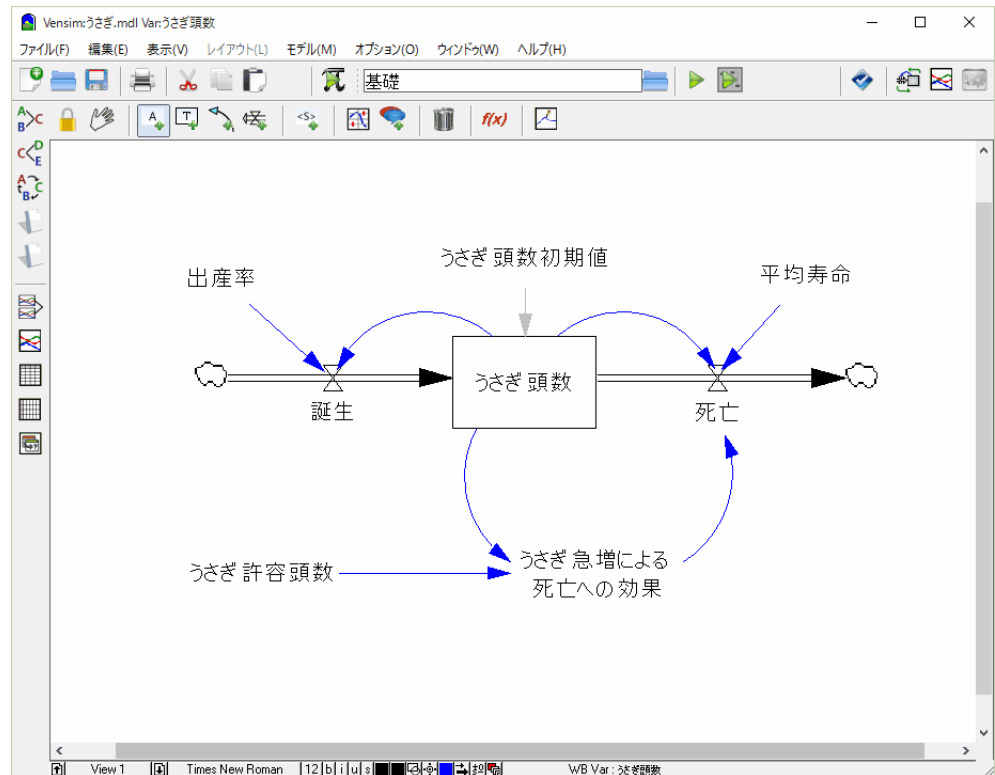
この標準化の公式は、この章の初めに示した表関数の例 $y = \text{私の表関数}(x)$ と似ていますが、（標準化された）入力値として2つの変数を持ち、標準値 y と比例する出力を次のように計算します： $y = \text{標準値}y * \text{私の表関数}(x / \text{標準値}x)$ 。

8.2.1 モデルの作成 (うさぎ.mdl)

このモデル (うさぎ.mdl) では、表関数を持つモデルを作成するための、簡単で、直接的な方法を紹介します。標準化は、表関数の出力変数「うさぎ急増による死亡への効果」で行われます。そして、この変数の出力値は、「死亡」に直接影響します。入力値と出力値を分離する例は、この章の後方部分にある「標準化された変数の分離」の節に詳しくあります。もしくは、ユーザーズガイドモデル第8章の「うさぎ2.mdl」を開いてください。

- 新規モデル  をクリックします。
- モデル設定対話ボックスの、[時間の範囲] タグの中にある [終了時間] に「30」と入力し、[時間ステップ] に「0.125」と入力するか、ドロップダウンボックス [▼] から [0.125] を選びます。次に [時間単位] のドロップダウンボックス [▼] から、[年] を選びます。

- 以下のようなモデルを作成します。
- モデル（例えばうさぎ.mdl）を、ユーザーズガイドモデルの第 8 章に保存します。



8.2.2 方程式の入力

- 方程式 $f(x)$ をクリックし、次に、以下の変数をそれぞれクリックし、方程式と単位を入力します。

うさぎ頭数 = INTEG(誕生 - 死亡, うさぎ頭数初期値)
Units : 頭

うさぎ頭数初期値 = 1000
Units : 頭

出産率 = 0.23
Units : 1/年

平均寿命 = 8
Units : 年

誕生 = うさぎ頭数 * 出産率
Units : 頭/年

死亡 = (うさぎ頭数 / 平均寿命) * うさぎ急増による死亡への効果
Units : 頭/年

うさぎ許容頭数 = 1000
Units : 頭

変数「うさぎ許容頭数」は、この環境下で維持できるうさぎの最大値ではありません。

むしろ、「うさぎ許容頭数」は、その環境下でのうさぎの標準的な頭数を表しています。「うさぎ許容頭数」の最大値を求めるには、別の公式が必要になります。

注意すべきことは、ストックの初期設定を数字を入力するのではなく、定数「うさぎ頭数初期値」を使って設定していることです。この方法だと、シミュレーションの実行中に値を変更することができます。また、「死亡」の方程式は「うさぎ急増による死亡への効果」と掛け合わされています。

初期値として変数を追加するためには、方程式編集対話ボックスの「変数」タブの「すべて」から選択します。

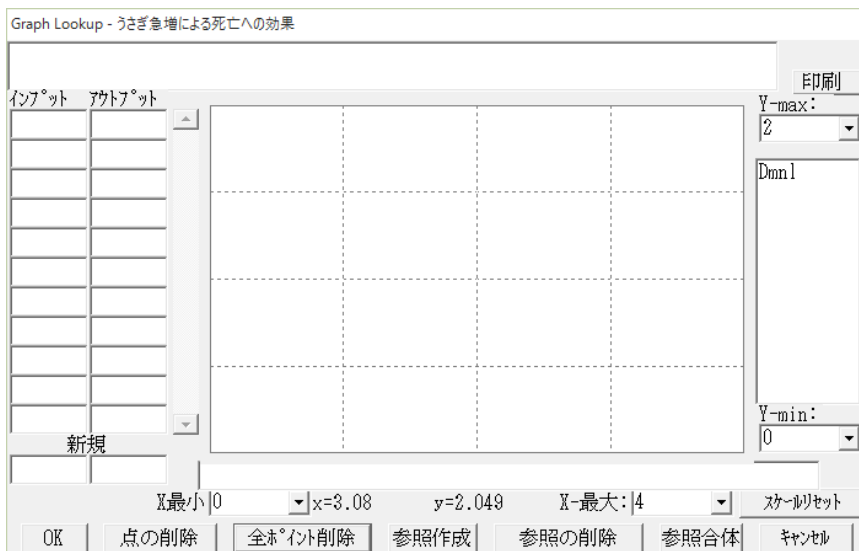
8.3 表関数の作成と標準化

- 方程式 $f(x)$ をクリックし、【うさぎ急増による死亡への効果】をクリックします。「タイプ」というドロップダウン [▼] があり、「補助変数」となっています。その右に「副タイプ」というドロップダウン [▼] があり、「標準」となっています。
- 「標準」のドロップダウンをクリックし、「表関数」に変えます。これで、この補助変数に、表関数が追加されます。
- 「変数」タブをクリックし、変数リストから【うさぎ頭数】をクリックします。
- $f(x)$ をクリックし、【うさぎ許容頭数】をクリックします。

うさぎ急増による死亡への効果 = WITH LOOKUP(うさぎ頭数/うさぎ許容頭数)


「うさぎ頭数」が変化することで、「うさぎ急増による死亡への効果」の値も表関数の形に従って変化します。表関数を表す、実際の表やグラフを作成します。

- 方程式編集対話ボックスの「副タイプ」の右にある「グラフ入力」をクリックします。表関数グラフ編集ボックスが開きます。



- 画面左下にある「新規」の、左の欄に「0」を入力し、 \leftarrow を押します。カーソルが右の欄に移動します。「0.9」と入力し、 \leftarrow を押します。カーソルが左の欄に戻り、

先ほど入力した「0, 0.9」が、上の [インプット] [アウトプット] の列に新しい数値として入ります。

- 以下の値を続けて入力します。値を入力するごとに、を押します。グラフが自動的に描かれます。

「0, 0.9」、「1, 1」、「2, 1.2」、「3, 1.5」、「4, 2」

- もう1つの方法として、グラフ上でマウスをクリックして点を加え、グラフを描くこともできます。また、グラフ上で点をドラッグすることもできます。初めに、[X-最大] と [Y-最大] を、それぞれ「4」と「2」に設定しておきます。

- [スケールリセット] をクリックすることで、X と Y の目盛りを再設定します。

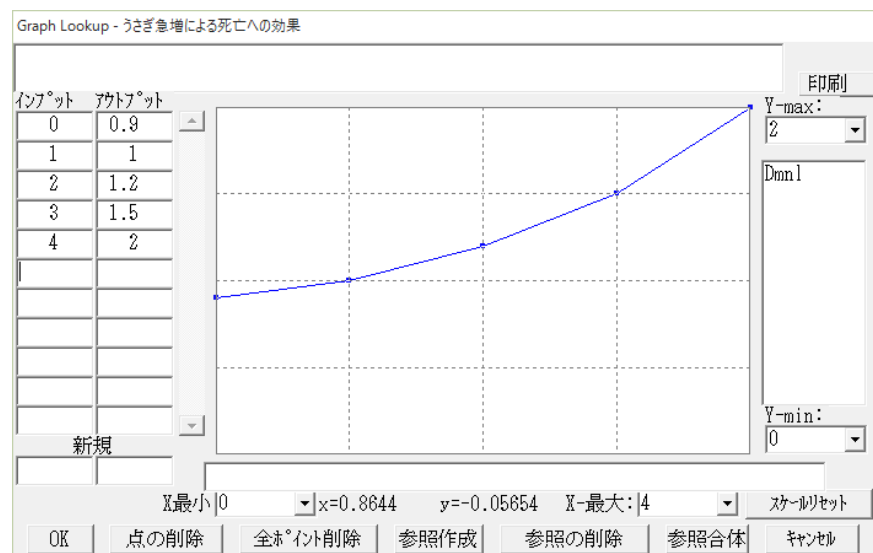
もしマウスで点を追加した場合、グラフに現れた点が、切りが良い数値になっていなくても心配いりません。曲線の形の方が、切りの良い値よりも重要です。しかし、「1, 1」は正確に入力してください。なぜなら、「うさぎ頭数」と「うさぎ許容頭数」とが等しい時に、参照される場所がこの点であるためです。そのとき、「死亡」への影響は生じません。

8.3.1 グラフ入力値の編集

- [インプット] [アウトプット] の値を、修正することができます。また、グラフ上で点をドラッグして修正することもできます。

グラフ上では、カーソルが削除モードに変化します。

- 点を消す場合、[点の削除] をクリックし、グラフ上で消去したい点をクリックします。最終的には、以下のようなグラフになります。




- [OK] をクリックし、表関数グラフ編集ボックスを閉じます。

[Look up] は「表」と日本語訳しています。ストック変数の入力の場合には、ここが [初期値] の編集ボックスに変わります。

[方程式 = WITH LOOKUP] の編集ボックスに表関数の定義式が、その下の [Look up] の編集ボックスに入力した値が括弧つきで表示されます。これらの値は、表関数グラフ編集ボックスで作成したのですが、直接入力することもできます。

- [単位] に「Dmnl」を追加し（直接入力することも可能）、[OK] をクリックし、方程式編集対話ボックスを閉じます。

Dmnl は、大変重要な単位です。表関数における入力値の標準化では「うさぎ頭数」を「うさぎ許容頭数」で割りました。この 2 つの変数は両方とも単位が「頭」であり、従って入力値は単位を持たないことになります。

- 保存  をクリックして、モデルを保存します。

Dmnl とは **Dimensionless** を省略したもので、次元の無い無単位という「単位」のことを意味します。

8.4 構文と単位のチェック

シミュレーションを実行する前に、方程式と単位のチェックをします。



- [モデル] メニュー → [モデルチェック] を選びます。または **Ctrl**+**T** を押しします。[モデル O.K. です] と表示されます。

間違いが見つかった場合、モデルの構造が、先に示した図と同じかどうか確認してください。構造が同じなら、変数に対して、方程式編集対話ボックスを開いて、入力した方程式がリストと同じかどうか確認してください。

- [モデル] メニュー → [単位チェック] を選びます。または **Ctrl**+**U** を押しします。[単位 O.K. です] と表示されます。


エラーが表示された場合、どの変数に間違いがあるのかを確認します。問題のある変数の方程式編集対話ボックスを開いて、先ほどの方程式のリストから単位をチェックします。それでも単位に問題がある場合は、構文に間違いがあることも考えられます。

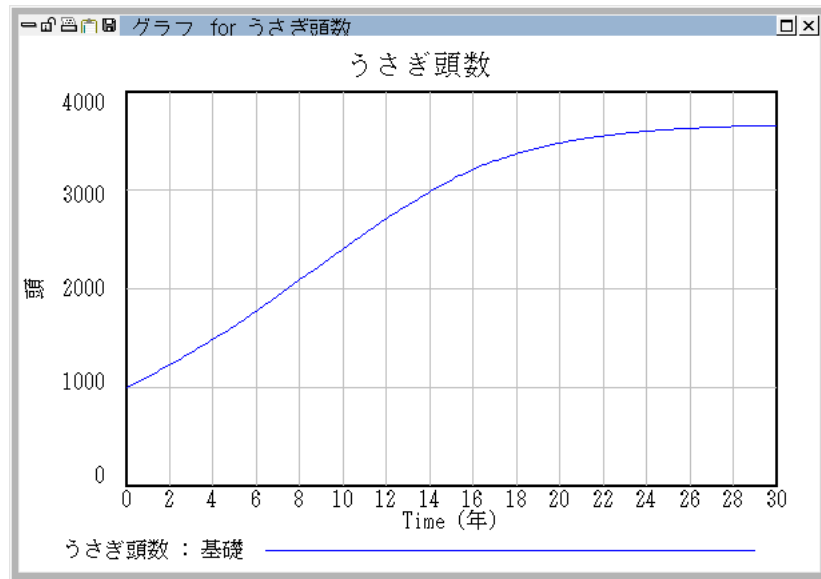
8.5 モデルのシミュレーション

- ツールバーにあるシミュレーションの保存ファイル名  をクリックし、最初のシミュレーション実行名を「基礎」と入力します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。

シミュレーションの実行中は、進捗状況を示すウィンドウが表示されます。ただし、速度の速いコンピュータでは、このウィンドウは見えないかもしれません。

8.6 モデルの分析

- スケッチの【うさぎ頭数】をクリックし、【うさぎ頭数】を作業変数とします。タイトルバーに「Var: うさぎ頭数」が表示されていることを確認してください。
- グラフ  をクリックします。【うさぎ頭数】のグラフが表示されます。






「うさぎ頭数」が、初めは指数的に増加し、その後緩やかな増加を伴って、約 3,660 頭に達していることがわかります。これは表関数による影響です。

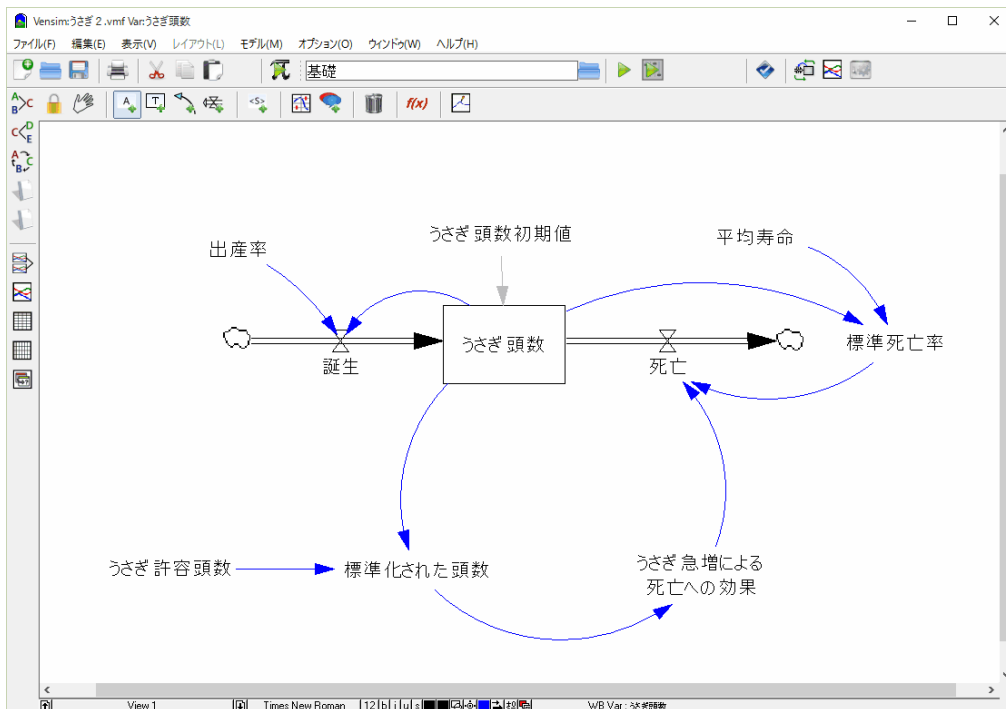
8.7 標準化された変数の分離

この節はオプションです。すでに作成したモデル「うさぎ.mdl」と同じシミュレーションを別の方法で作成します。

表関数は、変数が“標準値”より変化した場合に、モデルの変数を変化させる際に役立ちます。先ほどのモデル「うさぎ.mdl」では、「うさぎ頭数/平均寿命」という標準値は「死亡」のフロー方程式の中に含まれ、隠れていました。場合によっては、標準値を明示する必要があるかもしれません。標準値は定数のこともあります。以下の「うさぎ2.mdl」モデルにおける「標準死亡率」のように補助変数のこともあります。

このモデルでは、「うさぎ急増による死亡への効果」の中で入力された変数を標準化するのではなく、明示的に分離した「標準化された頭数」という入力変数が与えられています。

- 先ほどのモデルを、別の名前「うさぎ2.mdl」で保存し、以下のような図を作成します。
- 【平均寿命】から【死亡】に向かっている矢印を、【標準死亡率】へと移動するために、スケッチ移動  を使って、【死亡】に向かう矢印の矢頭を【標準死亡率】へドラッグします。もしくは、消去  で矢頭をクリックして削除し、矢印  で新しい矢印を作成します。



- 方程式 **f(x)** をクリックし、【標準死亡率】をクリックします。以下の方程式（表関数からの結果を掛ける前の「死亡」の方程式と同じ）のように単位を入力し、**[↵]**を押します。

$$\text{標準死亡率} = \text{うさぎ頭数} / \text{平均寿命}$$

Units : 頭/年

- 【死亡】をクリックし、以下の方程式を入力し、**[↵]**を押します。

$$\text{死亡} = \text{標準死亡率} * \text{うさぎ急増による死亡への効果}$$

Units : 頭/年

- 【標準化された頭数】をクリックし、以下の方程式を入力します。

$$\text{標準化された頭数} = \text{うさぎ頭数} / \text{うさぎ許容頭数}$$


Units : dmn1

- 【うさぎ急増による死亡への効果】をクリックし、[WITH LOOKUP] の編集ボックスに、以下の方程式を入力します。単位はそのままです。

$$\text{うさぎ急増による死亡への効果} = \text{WITH LOOKUP (標準化された頭数)}$$

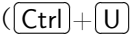



Units : dmn1

方程式編集対話ボックスを閉じると、変数の黒色強調表示はなくなっています。

- ツールバーの保存  をクリックし、モデルを保存します。

注意すべきことは、標準化された「標準死亡率」は、この例のように補助変数だけでなく、時には定数にもなるという点です。


8.7.1 シミュレーション

- シミュレーションを実行する前に、単位チェック () と、モデルチェック () をします。
- シミュレーションの実行名「基礎」を入力し、シミュレーションの実行  をクリックします。グラフ  で出力値を確認します。先ほどのモデルとまったく同じ振る舞いが得られます。


注目すべきことは、追加された変数の「標準死亡率」です。これは、頭数の密度が低く、「うさぎ急増による死亡への効果」が影響しない場合の死亡数を計算します。先ほどのモデルでは、フローの「死亡」変数に、この計算を組み込みました。以上この「うさぎ2.mdl」では“標準化された”変数を新たに追加してわかりやすくし、表関数の引数として用いる方法を紹介しました。

8.7.2 表関数の入力値変更


一時的に表関数を変更し、モデルのシミュレーションを行います。

- シミュレーションの準備  をクリックします。
- シミュレーションの保存ファイル名 をクリックし、「実行2」と入力します。
- スケッチ上で黄色/青で表示された【うさぎ急増による死亡への効果】をクリックします。

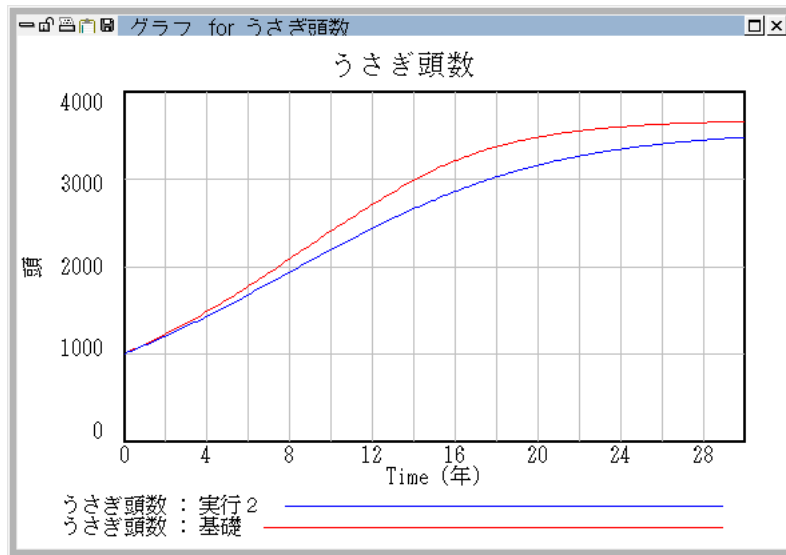
表関数グラフ編集ボックスが表示されます。

- マウスでグラフ上の点を移動し、曲線の勾配を変更します。例えば、点を少し上に動かしてみます。目盛りの変更が必要な場合は、[Y-最大:] [Y-最小:] [X-最大:] [X-最小:] のドロップダウンボックス  をクリックして数字を選ぶか、直接入力します。点を増やしたり、削除したりすることもできます。(左側の [インプット] [アウトプット] の欄に、直接入力することで、値を変更することもできます。) [OK] をクリックします。

これは、一時的な値であって、実行後は元に戻ります。


- シミュレーションの実行  をクリックします。
- 【うさぎ頭数】をクリックし、グラフ  をクリックします。

以下のように最後の「うさぎ頭数」が減少しているか、あるいはもっと異なるグラフが表示されます。以下のグラフは、表関数の値を大きくした結果です。



8.8 変数名を付けた表関数

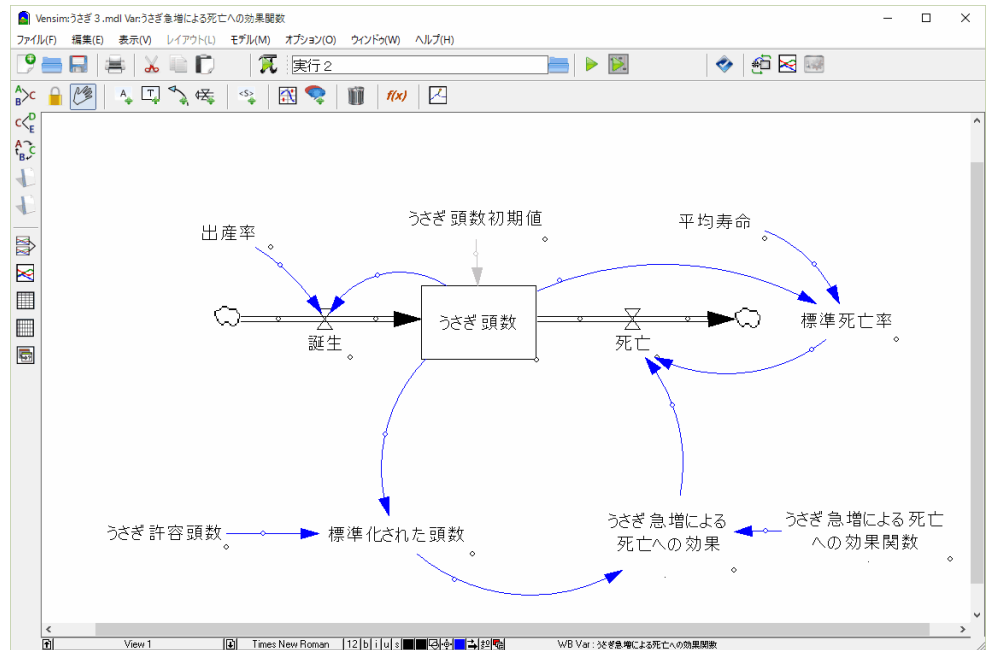
先ほどのモデルでは、うさぎ頭数の密度とその死亡の非線形な関係を示す補助変数を作成しました。しかし表関数だけの変数を作成した方がよいこともあります。特に、同じ表関数を2つ以上で使用する場合に有効です。


- [ファイル] メニュー→ [別名で保存] を選び、「うさぎ2.mdl」を、新しい名前「うさぎ3.mdl」で保存します。
- 変数  をクリックし、新しい変数【うさぎ急増による死亡への効果関数】を作成します。
- 【うさぎ急増による死亡への効果関数】から【うさぎ急増による死亡への効果】への矢印を描きます。
- 方程式 $f(x)$ で【うさぎ急増による死亡への効果関数】をクリックします。
- [タイプ] のドロップダウンボックス [▼] から、[表関数] を選びます。[グラフ入力] をクリックし、グラフ編集ボックスを開き、先ほどと同じように、表関数の値を入力します。
- グラフ編集ボックスを閉じ、[単位] に「Dmnl」と入力し、[OK] をクリックして方程式編集対話ボックスを閉じます。方程式は以下のようになります。
 うさぎ急増による死亡への効果関数 = $((0,0)-(4,2)), (0,0.9), (1,1), (2,1.2), (3,1.5), (4,2))$
 Units : Dmnl
- 【うさぎ急増による死亡への効果】の方程式編集対話ボックスを開きます。
- [副タイプ] に表示されている [表関数] にあるドロップダウンボックス [▼] をクリックし、[標準] を選びます。方程式編集ボックスの下段 [Look up] がなくなりました。方程式の先頭をクリックし、[変数] リストから【うさぎ急増による死亡への効果関数】を選びます。そして以下のように【標準化された頭数】に括弧 () を付け、表関数の引数とします。

うさぎ急増による死亡への効果

= うさぎ急増による死亡への効果関数 (標準化された頭数)

➤ [OK] をクリックし、対話ボックスを閉じます。



このモデルは、表関数を明示的に持つ変数が加わったことを除けば「うさぎ2.mdl」とまったく同じです。この方法で表関数の変数を作成することは、ここで記述したような簡単なモデルではあまり意味がありませんが、複雑な条件のもとでは大変役に立ちます。特に、同じ非線形の関係は何度も利用する場合で有効です。シミュレーションの準備  をクリックした時、表関数の変数が強調表示され、それを変更することもできます。

第 9 章





複数の表示画面

モデルサイズが大きくなると、それを理解することが難しくなります。こうしたモデルを 1 カ所に作図すると、圧倒されてしまいます。これを解決するには、表示画面（ビュー）と呼ばれるパーツに分けます。表示画面は、すべての Vensim のラインアップで利用できます。

9.1 表示画面の働き

規模の大きいモデルは、1 つの表示画面よりも、複数の表示画面の方が、よりわかりやすくなります。表示画面は、本のページと同じようなもので、ページは物語の一部を構成しています。表示画面はスケッチを表示し、さらに変数や代行変数を通じて、他の表示画面と関連しています。複数の表示画面は、モデルを部門で分けることを可能にし、例えば生産、会計、顧客などに整理できます。

9.1.1 作図モデルと変数

Vensim のモデルは、方程式やテキスト形式で定義されます。図で示されたモデルは、すべての変数とすべての変数間の関係を表しているわけではありません。新しいスケッチを作成した時、表示画面に変数を加えます。これらの変数は表示画面から削除されても、モデルには残っています。変数とその構造は、上層に戻す  や下層に隠す  を使って表示・非表示にすることができます。変数は方程式 $f(x)$ を使って、直接モデルに追加することができます（Vensim Professional と DSS では、分析ツールのテキストエディタ  を使うこともできます）。これらの変数は、変数  を使用して追加するか、（ある変数の原因として）Vensim が自動的に追加しない限り、表示されることはありません。

図で示されたモデルでは、同じ変数を別の表示画面に表示できます。反対に、どの表示画面にも表示されない変数もあります。変数は原因変数を持つ通常の変数か、（原因変数を持たない）代行変数として表示されます。


注意 表示画面ごとに、関連しないモデルを作成することが可能です。しかし将来、それらを因果関係で結び付けたいと思わないのであれば、お勧めできません。新しいモデルを作成するほうが良いでしょう。

9.2 顧客モデル


このモデルは、ある製品の潜在的顧客が、すでにその製品を購入した顧客からの口コミによって、その製品の購入に至る課程を示しています。最初の表示画面は、普及の過程を示しています。第2の表示画面は、販売された製品の量を潜在的に制限する生産能力の変数を追加しています。第3の表示画面は、製品の販売によってもたらされる販売収入を示します。

この種類のモデルにおける理論的な背景は、モデリングガイドの第4章にあります。

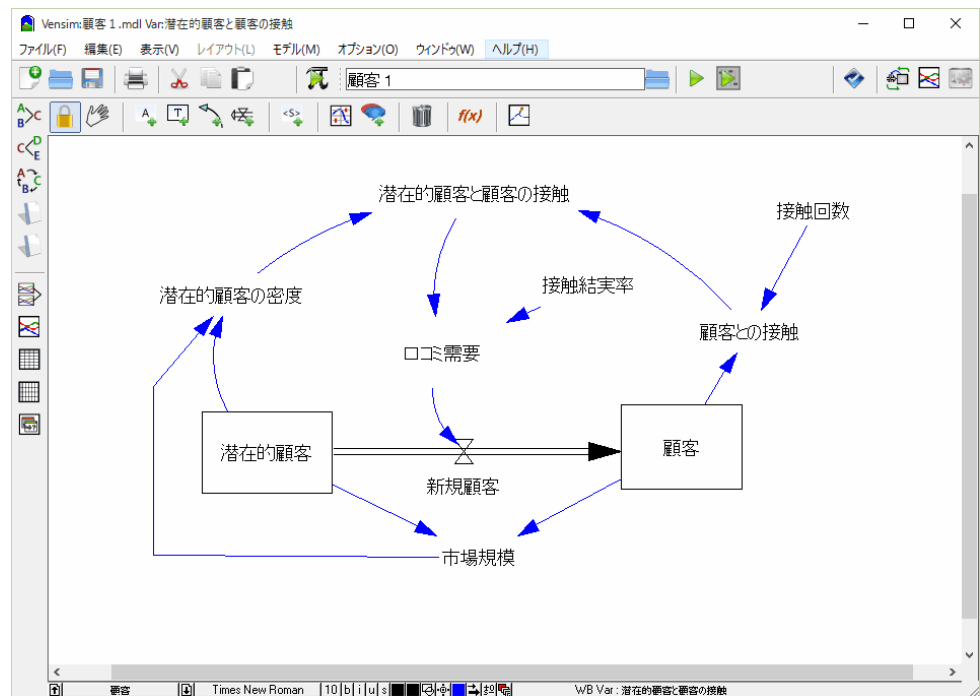
9.2.1 顧客モデルの作成（顧客1.mdl）

- 既存のモデルを開きます。開く  をクリックし、ユーザーズガイドモデル第9章の「顧客1.mdl」を選択します。

または、




- 新しいモデルを作成します。新規モデル  をクリックするか、[ファイル]メニュー→[新規モデル]を選択します。
- デフォルトの[時間の範囲]で[OK]をクリックします。
- 下の図と同じモデルを作成します。
- 「顧客1.mdl」として保存します。

Vensim DSS で多線分を作図し、PLE で開いています。




この作図には、多線分（ポリライン、Polyline）と呼ばれる矢印が含まれています。多線分は、矢印が弧ではなく、線分の連続として表示されます。それ以外は、通常の矢印と同じです。Vensim PLE 及び PLE Plus では、多線分を描く機能はありません。したがっ

て通常の矢印を利用します。多線分の機能を利用するには、Vensim Professional または DSS が必要です。

- 矢印  を、右クリックするか、**[Ctrl]**を押しながらクリックします。
- [タイプ] の [多線分] にチェックを入れ、[OK] をクリックします。アイコンが、 に変わり、マウスポインタも変わります。
- 【市場規模】をクリックし、左に移動し、再度クリックします。次にまっすぐ上に移動し、もう一度クリックし、最後に【潜在的顧客の密度】をクリックします。
- 矢印  を右クリックし、[タイプ] を [標準] に戻します。

9.2.2 方程式の入力

- 方程式  をクリックし、それぞれの変数に、以下の方程式と単位を入力します。

新規顧客 = 口コミ需要
Units : 人/月

潜在的顧客と顧客の接触 = 顧客との接触 * 潜在的顧客の密度
Units : 接触/月

顧客との接触 = 顧客 * 接触回数
Units : 接触/月

顧客 = INTEG(新規顧客,1000)
Units : 人

接触結実率 = 0.01
Units : 人/接触

潜在的顧客の密度 = 潜在的顧客 / 市場規模
Units : dmnl

潜在的顧客 = INTEG(- 新規顧客,1e+006)
Units : 人

接触回数 = 20
Units : 接触/人/月

市場規模 = 顧客 + 潜在的顧客
Units : 人

口コミ需要 = 潜在的顧客と顧客の接触 * 接触結実率
Units : 人/月

1e+006 とは、1*10 の 6 乗のことで、1*10⁶ と同じで 1 0 0 万人となります。

9.2.3 構文と単位のチェック

モデルをシミュレーションする前に、方程式と単位をチェックします。


- [モデル] メニュー → [モデルチェック] を選択します。または **[Ctrl]+[T]** を押します。[モデル O.K. です] と表示されます。

間違いが見つかった場合、モデルの構造が、上記の図と同じかどうか確認してください。構造が同じなら、それぞれの変数に対して、方程式編集対話ボックスを開いて、入力


した方程式がリストと同じかどうか確認してください。

- [モデル] メニュー→ [単位チェック] を選択します。または **Ctrl**+**U** を押しします。[単位 O.K. です] と表示されます。



エラーが表示された場合、どの変数に間違いがあるのかを確認します。問題のある変数の方程式編集対話ボックスを開いて、先ほどのリストの単位と見比べます。

- 保存  をクリックするか、[ファイル] メニュー→ [保存] を選択します。もしくは **Ctrl**+**S** を押して、モデルを保存します。

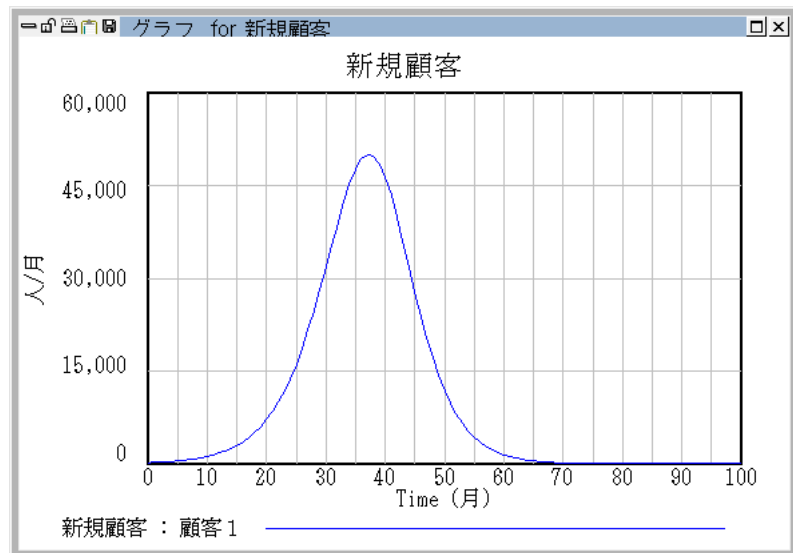
9.2.4 モデルのシミュレーション

- ツールバーにあるシミュレーションの保存ファイル名 をクリックし、最初のシミュレーション実行名を「顧客1」と入力します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。

9.2.5 モデルの分析

- グラフ  または、因果グラフ  を使って、【潜在的顧客】や【顧客】、【新規顧客】などの主要な変数の振る舞いを見ます。

「新規顧客」は、次のようなグラフになります。



9.2.6 表示画面の名称とモデルの保存

次の節を始める前に、表示画面に名前を付け、新しい名前モデルを保存します。

- [表示] メニュー→ [名前変更] を選択し、名前を【顧客】と入力し、[OK] をク

リックします。





- [ファイル] メニュー→ [別名で保存] を選択し、名前を「顧客2.mdl」と入力し、[保存] をクリックします。

9.3 表示画面「生産能力」の追加（顧客2.mdl）

ここでは、生産能力に関する検討が行えるようにモデルを拡張します。顧客からの需要は、製品を供給する能力を上回るかもしれません。そこで、表示画面「顧客」と関連を持ち、生産能力が限界に達した場合、顧客需要を制限する表示画面「能力」を作成します。

- [表示] メニュー→ [新規ファイル] を選択します。

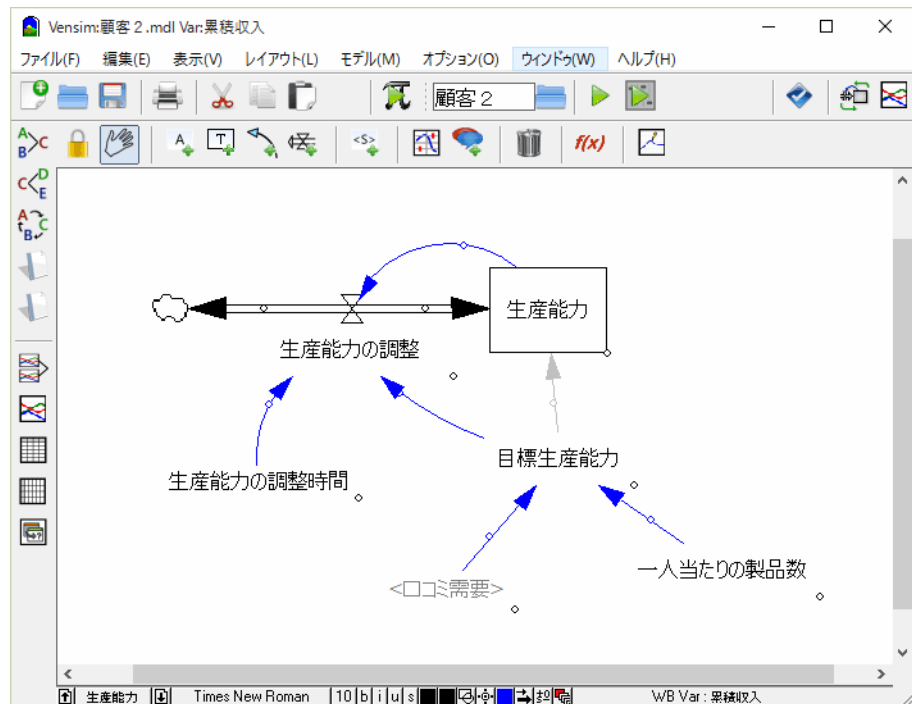
この表示画面に名前を付けます。これによって、表示画面を簡単に移動できます。

- [表示] メニュー→ [名前変更] を選択します。名前を「生産能力」と入力し、[OK] をクリックします。
- ストック変数  を選択し、スケッチ上でクリックします。名前を【生産能力】と入力し、 を押します。
- フロー変数  を選択し、【生産能力】の左でクリックし、次に【生産能力】の上をクリックします。名前を【生産能力の調整】とします。
- スケッチ移動  をクリックし、次に【生産能力の調整】の左側にあるパイプ上のハンドル（小さな円）を右クリックします。矢印のオプション対話ボックスが開きます。[矢頭] にチェックを入れ、[OK] をクリックします。


この追加の矢頭は、このフローが双方向に作用することを示しています。つまり、フロー「生産能力の調整」は、「生産能力」を増加させることも減少させることもできます。しかし、フローの実際の振る舞いは、追加した矢頭によってではなく、方程式によって決まることに注意してください。

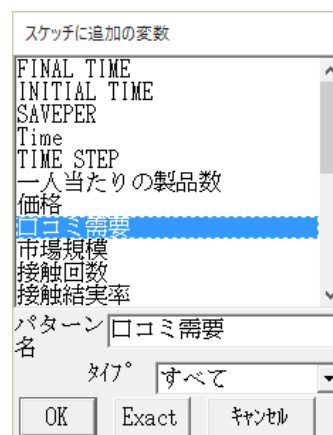
- 他の変数と、それらと関連する矢印を、以下のように作成します。


下に説明の代行変数「ロコミ需要」も表示されています。




9.3.1 代行変数ツール



代行変数  を選択し、「目標生産能力」の左下をクリックします。対話ボックスが開きます。



- 変数のリストから【ロコミ需要】を選択するか、【ロコミ需要】が、リストの中で強調表示されるまで、始めの文字列を入力します。[Enter]を押すか、[OK] をクリックします。
- 矢印  を選択し、【ロコミ需要】をクリックし、【目標生産能力】をクリックします。

表示画面「生産能力」が完成しました。「ロコミ需要」という変数により最初の表示画面「顧客」と関連を持ちます。


注意 代行変数は、他の変数に変化をもたらすためだけに用いられます。もし、別の変数から代行変数に矢印を結ぼうとしても、矢印はつながりません。別の表示画面にある変数を、ある表示画面の変数により影響を受けるようにするためには、モデル変数  を使います。

モデル変数  は、変数  とは異なります。Vensim PLE と PLE Plus には対応していません。

9.3.2 方程式の追加

- 方程式  を選択します。

すでに方程式の定義を持つ「ロコミ需要」以外の、すべての変数が反転表示されます。

- 方程式  をクリックし、この表示画面のそれぞれの変数に、以下の方程式と単位を入力します。

生産能力 = INTEG (-生産能力の調整, 目標生産能力)
Units : 個/月



生産能力の調整 = (目標生産能力-生産能力)/生産能力の調整時間
Units : 個/月/月

目標生産能力 = ロコミ需要*一人当たりの製品数
Units : 個/月




生産能力の調整時間 = 12
Units : 月

一人当たりの製品数 = 1
Units : 個/人

次に、表示画面「顧客」に戻り、その構造に、表示画面「生産能力」にある変数を関連づけ、フィードバックループを完成させます。

- ステータスバーの、モデルウィンドウを選択する  View 1  の [生産能力] と表示されている欄をクリックし、[顧客] を選択します。

注意 キーボードの **[PgUp]** や **[PgDn]** を使って、表示画面を切り換えることもできます。

- 代行変数  を選択し、【新規顧客】の右下をクリックします。変数のリストから【生産能力】を選択するか、【生産能力】が、リストの中で強調表示されるまで、始めの文字列を入力します。 を押すか、[OK] をクリックします。
- 【一人当たりの製品数】に対しても、これと同じことを繰り返します。
- 必要に応じて、【市場規模】と矢印を動かし、スペースを空けます。
- 矢印  を選択し、【生産能力】と【新規顧客】を結びます。次に、【一人当たりの製品数】と【新規顧客】を結びます。

9.3.3 方程式の変更

- 方程式  を選択します。

「新規顧客」だけが反転表示されています。これは、この表示画面の中で、原因となる変数を追加したのがこの変数だけだからです。製品の販売は、工場の生産能力に制限されま

す。したがって、「口コミ需要」もしくは、工場の生産能力を一人の顧客当たりの製品数で割った値（「生産能力/一人当たりの製品数」）よりも小さい値を返す方程式を入力します。

- 【新規顧客】をクリックし、方程式を以下のように変更します。

$$\text{新規顧客} = \text{MIN}(\text{口コミ需要}, \text{生産能力}/\text{一人当たりの製品数})$$

Units : 人/月

[関数] タブのリストから、[MIN] を選択するか、直接入力します。


9.4 表示画面「販売収入」の追加

製品の売り上げによる販売収入とその累積収入の表示画面を追加します。




- [表示] メニュー→ [新規ファイル] を選択します。
- [表示] メニュー→ [名前変更] を選択し、【販売収入】と入力し、[↵]を押します。

9.5 モデル変数ツール

Vensim PLE 及び PLE Plus を使っている場合、モデル変数ツールはありません。したがって、「一人当たりの製品数」と「新規顧客」を代行変数として作成し、それ以外の変数を追加します。

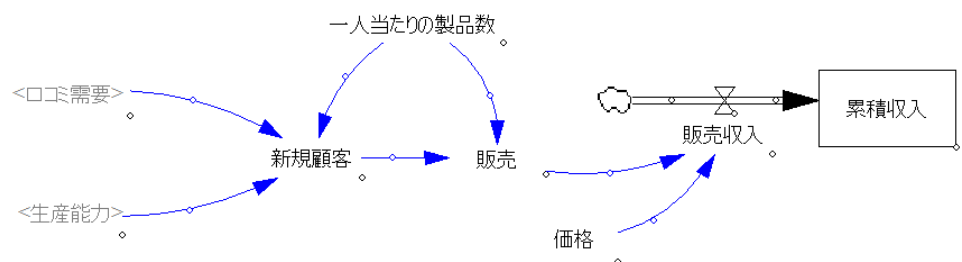
- モデル変数  を選択します。表示画面をクリックし、変数リストから [新規顧客] を選択します。

これで、表示画面に「新規顧客」とそれに影響する変数が追加されます。影響する変数は重なって表示されるので、それらを再配置します。

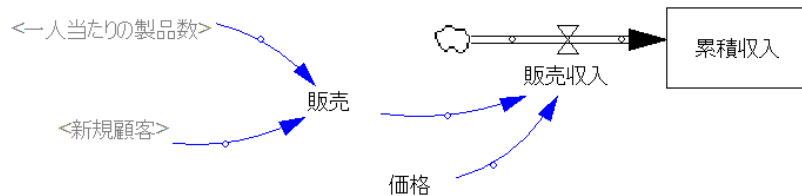
- スケッチ移動 （もしくは今選択されているモデル変数 ）を使って、【口コミ需要】や【生産能力】を【新規顧客】の左に配置します。
- モデル変数  を選択します。【一人当たりの製品数】をクリックします。

これで、代行変数を通常の変数に変更しました。「一人当たりの製品数」は定数であるため、それに影響を及ぼす変数は追加されません。

- 以下のように、変数と矢印を追加します。



Vensim PLE 及び PLE Plus の場合には、以下のような図になります。



9.5.1 方程式の追加

- 方程式 **f(x)** をクリックし、この表示画面に反転表示された変数に、以下の方程式と単位を入力します（他の変数は、すでに方程式が入力されています）。

販売 = 新規顧客 * 一人当たりの製品数
Units : 個/月

価格 = 50
Units : 円/個

販売収入 = 販売 * 価格
Units : 円/月

- 【累積収入】の方程式を入力する際、[補充的に使用] にチェックを入れます。これは、この変数が、他では使用されないことを示します。





累積収入 = INTEG (販売収入, 0)
Units : 円

- [ファイル] メニュー → [保存] を選択するか、**Ctrl+S** を押して、モデルを保存します。

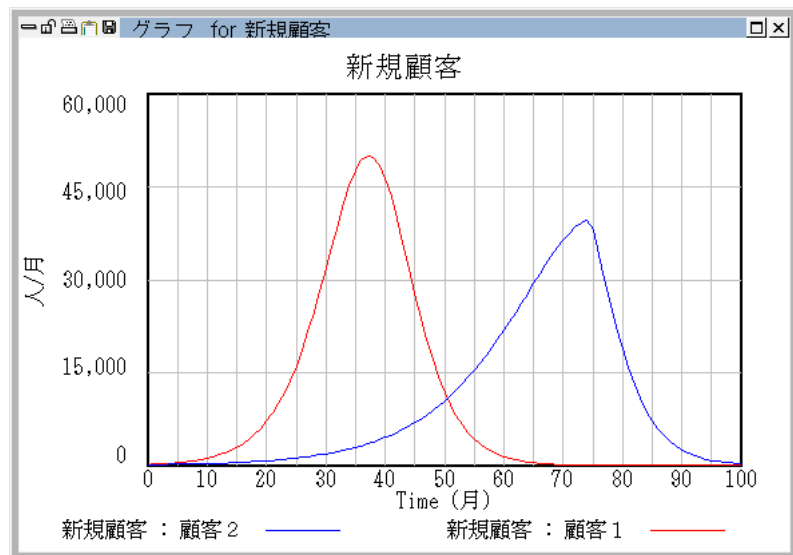
9.5.2 モデルのシミュレーション

- [モデル] メニュー → [モデルチェック] を選択するか、**Ctrl+T** を押して、モデルに間違いがないかチェックします。
- [モデル] メニュー → [単位チェック] を選択するか、**Ctrl+U** を押して、単位に矛盾がないかチェックします。
- データセット名「顧客2」でシミュレーションを実行します。

9.5.3 モデルの分析

- グラフ  または、因果グラフ  を使って、【潜在的顧客】や【顧客】、【新規顧客】などの主要な変数の振る舞いを見ます。もし、自身で作成したものではなく、既存の「顧客2.mdl」を用いた場合、表示される結果は、現在のデータセット「顧客2」だけです。以前の結果も表示する場合には、制御パネル  の[データセット]タブから「顧客1」を読み込みます。
- 【新規顧客】を作業変数とし、グラフ  をクリックします。

注意 データセット「顧客1」は、「顧客1.mdl」のすべての変数の結果を持っています。しかし新たに作成されたモデルに固有の変数結果はありません。元のモデルにはなかった変数をグラフ表示しようとする、「顧客2」の結果しか見ることができません。



2つのシミュレーションの実行結果の違いがわかります。生産能力の制約によって、2つ目のシミュレーションは、販売の増加が緩やかになり、そのピークも遅れます。また販売期間は長くなっています。

9.5.4 モデルの保存

次の節を始める前に、モデルを新しい名前で作成します。

- [ファイル]メニュー→[別名で保存]を選択し、名前を「顧客3」とし、[OK]をクリックします。
- [ファイル]メニュー→[閉じる]を選択し、モデルを閉じます。








9.6 詳細な生産能力モデル (顧客3.mdl)

より正確に、企業の実産能力部門を設計してみます。今のモデルより詳しく生産能力部門をあらわす既存のモデルがあれば、今のモデルを改良するために、このモデルを用いることができます。投資に対する建築物の遅れを考慮した建設能力と老朽化による能力低下を考慮するモデルとして「生産能力.mdl」があります。


本節では、2つの異なるモデル（構造と方程式が異なる）を1つのモデルに合体させる方法を紹介します。

9.6.1 コピーと貼り付け


別にある既存のモデル「生産能力.mdl」の構造を利用します。このモデルには、生産能力を決定づける改良された方程式などがあります。しかしながら、顧客需要に関する方程式はなく、その代わりに「最適生産量」を決定するSTEP関数を利用しています。STEP関数については、第7章の解説を参照してください。このモデル構造をこれまでのモデルに貼り付け、さらにすでにある変数と「生産能力.mdl」からもたらされた変数を関連づけます。

- 開く  をクリックし、ユーザーズガイド第9章の「生産能力.mdl」を開きます。
- [編集] メニュー→ [全て選択] を選びます。もしくは、**Ctrl**+**A**を押すか、スケッチ移動  をクリックし、マウスのドラッグですべての構造を囲みます。
- コピー  をクリックします。もしくは、[編集] メニュー→ [コピー] を選択するか、**Ctrl**+**C**を押します。
- 開く  をクリックするか、[ファイル] メニュー→ [開く] を選択し、「顧客3.mdl」を開きます。もしくは、[ファイル] メニューの最近使用したファイルのリストから、「顧客3.mdl」を選択します。
- 表示画面が、【生産能力】でない場合は、ステータスバーのモデルウィンドウを選択する  **View 1**  をクリックし、【生産能力】を選択します。
- 貼り付け  をクリックします。もしくは、[編集] メニュー→ [貼り付け] を選択するか、**Ctrl**+**V**を押します。

新しい構造が、表示画面上に、コピー元と同じ位置で貼り付けられます。

- スケッチ移動  をクリックします。点線で強調表示されたボックスの中央で、マウスを押して、マウスを押したまま、既存の構造の下に移動させます。
- ボックスの外側をクリックし、スケッチ上に変数を固定します。

注意 移動する前に、ボックスの外側をクリックした場合、新しい構造は、今ある構造の一番上に貼り付けられます。これを元に戻すには、[編集] メニュー→ [元に戻す] を選び、張り付けた構造を消去します。その後、改めて「貼り付け」ます。

- 変数合体  を選択し、新しい変数【生産能力0】の上でマウスを押し、ドラッグしながら【生産能力】の上に移動させ、マウスボタンを離します。

ここまでの「貼り付け」作業は Vensim PLE や PLE Plus でできますが、これ以降の「変数合体」作業は Professional や DSS のみの対応となります。


[この操作は変数“生産能力”を“生産能力0”と入れ替えます。続行しますか?] という対話ボックスが表示されます。

- [はい] をクリックします。
- 【生産能力0】の上でマウスを押し、ドラッグしながら【生産能力0】を元の位置（【投資】と【減少】の間）に移動させ、マウスを離します。









変数合体では、「生産能力.mdl」にあった「生産能力0」の全ての因果関係と方程式を「生産能力」に置き換えます。そのため、「生産能力」の方程式と因果関係はなくなります。しかし、「生産能力」を入力値として使用していた変数（「生産能力の調整」と「新規顧客」）は、「生産能力0」を入力値として使用しています。

「生産能力の調整」と「新規顧客」の因果ツリーからこのことが容易に確認できます。

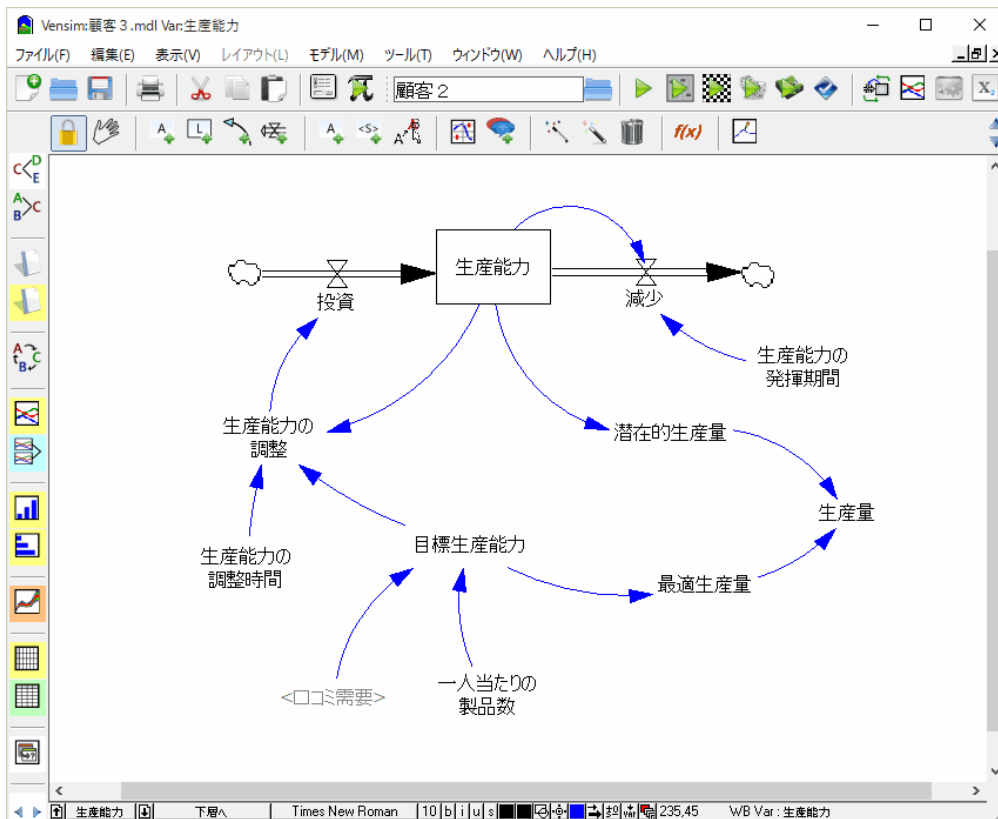
新しい表示画面「生産能力」の構造では、「最適生産量」を決める変数が必要であり、それらは「口コミ需要」と「一人当たり製品数」から得られます。これまでの「生産能力」の構造では、この計算は変数「目標生産能力」で計算されていました。そこで、この方程式をそのまま維持し、古い変数「目標生産能力」を新しい変数「目標生産能力0」に合体させます。

- 変数合体  を使って、【目標生産能力】を【目標生産能力0】の上にドラッグします。警告メッセージが出たら、[はい] をクリックします。

「生産能力の調整時間」も同じように元の値を維持します。

- 変数合体  を使って、【生産能力の調整時間】を【生産能力の調整時間0】の上にドラッグします。警告メッセージが出たら、[はい] をクリックします。
- 【口コミ需要】と【一人当たりの製品数】を、【目標生産能力】の下にドラッグします。
- 消去  を選択します。【生産能力の調整】をクリックし、モデルから消去します。フローがあったところの左にあった雲をクリックします。
- スケッチ移動  を使って、変数と矢印を移動し、スケッチを整えます。
- もし、矢印のハンドルが見つからず、移動できない時は、矢印  を選択し、変数の間に新しい矢印を作成します。「すでに接続されています。古い矢印を取り除きますか?」という警告メッセージが出たら、[はい] をクリックします。
- 変数  を選択します。【生産能力0】をクリックし、名前を示す編集ボックスを開きます。名前の末尾の「0」とスペースを削除し、 を押します。
- 【生産能力の調整0】をクリックし、名前の末尾の「0」とスペースを削除し、 を押します。
- 矢印  を選択します。【目標生産能力】と【最適生産量】を結合します。（下図のようになります）

こうしたスケッチ操作により、必要となる方程式と変数名を継続しました。表示画面は、以下のようになります。



- 方程式 **f(x)** を選択してください。【最適生産量】をクリックし、【目標生産能力】となるようにします。

最適生産量 = 目標生産能力
Units : 個/月

黒色に反転表示された方程式はなくなりました。もしまだ残っている場合、その変数をクリックし、以下の方程式のリストと照合し、必要ならば変更してください。

- 【生産量】をクリックし、[補充的に使用] にチェックを入れます。

9.6.2 表示画面「生産能力」の方程式

生産能力 = INTEG (投資 - 減少, 目標生産能力)
Units : 個/月

生産能力の調整 = (目標生産能力 - 生産能力) / 生産能力の調整時間
Units : 個/月/月

生産能力の発揮期間 = 20
Units : 月

最適生産量 = 目標生産能力
Units : 個/月

投資 = 生産能力の調整
Units : 個/月/月

潜在的生産量 = 生産能力
Units : 個/月

単位 Units を「個/月/月」と入力すると Vensim が自動的に「個/(月*月)」と変換する場合がありますが、どちらでも同じです。

生産量 = MIN(最適生産量, 潜在的な生産量)
Units : 個/月

減少 = 生産能力/生産能力の発揮期間
Units : 個/(月*月)

目標生産能力 = 口コミ需要 * 一人当たりの製品数
Units : 個/月

生産能力の調整時間 = 12
Units : 月

9.6.3 単位同義語

単位同義語は、異なる名前を同じ単位とみなすものです。単位を入力する際、英語の場合、単数形と複数形のどちらも使用することがあります。また日本語の単位でも、「個」と「個数」が混在する場合も考えられます。単位チェックでは、それらが同義であることを定義しておかなければ、異なる単位とみなされます。

いくつかの同義語がすでに定義されています。例えば、Month と Months や Year と Years などがあります。

➤ [モデル] メニュー → [単位チェック] を選びます。もしくは **Ctrl**+**U** を押します。

もし英語のモデル *cap1.mdl* を「生産能力.mdl」と日本語化した場合に、単位の Gadget **【個】** が一部そのままの時には、単位エラーが表示されます。日本語化した「個」の単位と異なるためです。すべての方程式から、「Gadget」を見つけ出し、それを「個」に書き換えることもできます。しかし、「Gadget」と「個」は同じ単位であるので、同義語として定義することもできます。さらに、複数形で入力した場合に備えて、複数形の (Gadgets) も追加します。

➤ [モデル] メニュー → [設定] を選択し、[単位同義語] タブをクリックします。

➤ 編集ボックスの中に、「Gadget,Gadgets, 個」と入力し、[編集して追加] をクリックします。


➤ [モデル] メニュー → [単位チェック] を選択します。もしくは **Ctrl**+**U** を押します。


単位のチェックができました。エラーが表示された場合、エラーの内容を見て、解決します。それぞれの変数の単位は、先ほどのリストを参照してください。

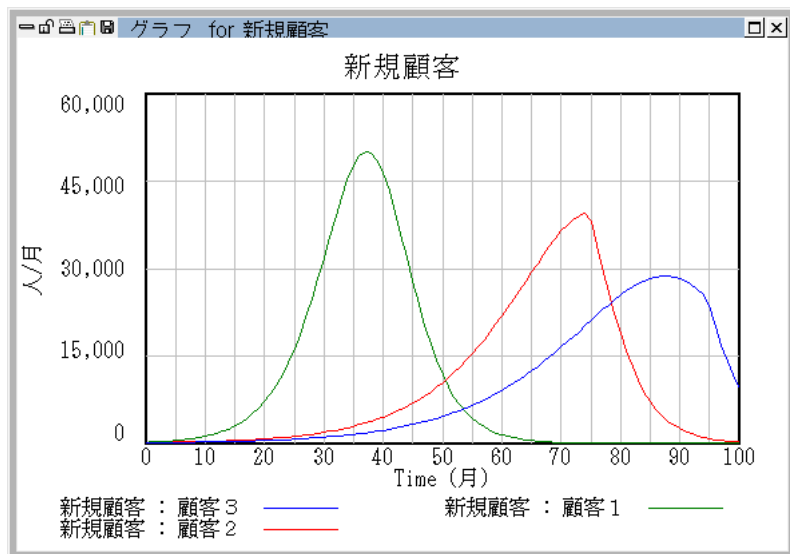
9.7 モデルのシミュレーションと分析

➤ [モデル] メニュー → [モデルチェック] を選びます。もしくは **Ctrl**+**T** を押します。

➤ 顧客3をシミュレーションします。

➤ 制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブをクリックします。顧客1と顧客2が読み込まれていなければ、読み込みます。

➤ **【新規顧客】** を選択し、作業変数とします。グラフ  をクリックします。







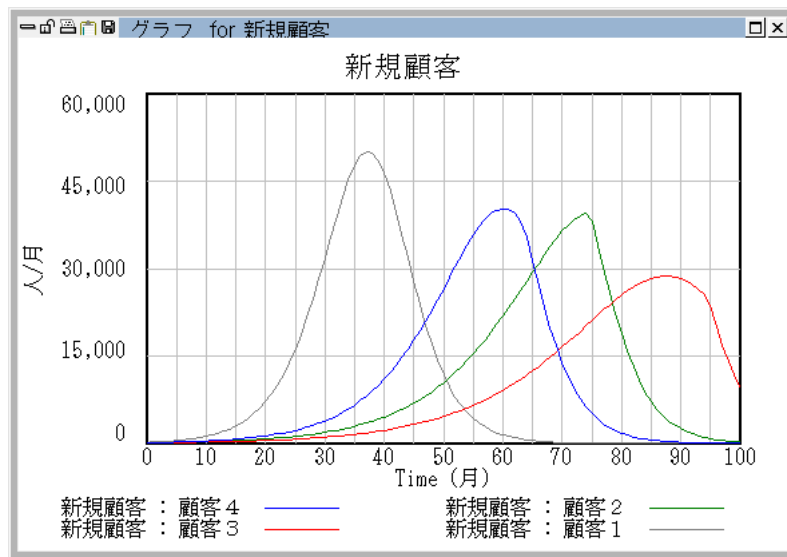
顧客3の「新規顧客」の曲線が、他のシミュレーション結果に比べ、緩やかで、ピークが遅く、終りが延びていることがわかります。この振る舞いは、定年退職などによる生産能力の減少により、「顧客3.mdl」において生産能力の制約があるためです。

「顧客2.mdl」では生産能力の減少フローがなく、生産能力がその分大きくなっています

9.8 生産能力の投資戦略

新しい市場の供給では、競争相手よりも製品の供給が遅れるために、市場占有率（「新規顧客」と「顧客」）を失うことがあります。より早く製品を供給するには、どのような方策があるのでしょうか。「生産能力の調整時間」を減らすことで、生産能力を高めます。

- シミュレーションの保存ファイル名 をクリックし、シミュレーション実行名を「顧客4」と入力します。
- シミュレーションの準備  をクリックします。
- 表示画面 [生産能力] で、強調表示された【生産能力の調整時間】をクリックし、「12」となっている値に「4」と入力し、 を押します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。
- 【新規顧客】を選択し、作業変数とします。グラフ  をクリックします。



「新規顧客」が理想とする最初のモデル「顧客1.mdl」に近づきました。しかし生産能力の制約は解消されたわけではなく、押し戻されているに過ぎません。

第 10 章

出力のカスタマイズ


10.1 分析ツールからの出力

分析ツールの設定及び自作グラフと自作表の作成によって、出力をカスタマイズ（好みに合わせて変更）できます。すべての分析ツールにおいて、出力の形式と内容をカスタマイズできます。


分析ツールの設定は Vensim PLE と PLE Plus には対応しません。

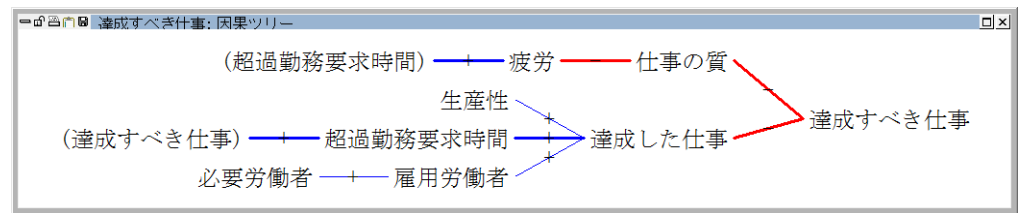
10.1.1 因果ツリー図

矢印の幅、色、極性などといった図の表示をカスタマイズすることができます。



- 第 4 章の「プロジェクト.mdl」を開きます。「達成すべき仕事」をクリックし、作業変数とします。
- 因果ツリー  を右クリックし、「ツリー図オプション」を開きます。




- [属性] にある [下層] を「3」にし、[色] [幅] [極性] のチェックボックスにチェックを入れ、[OK] をクリックします。
- 因果ツリー  をクリックします。





10.1.2 グラフと因果グラフ

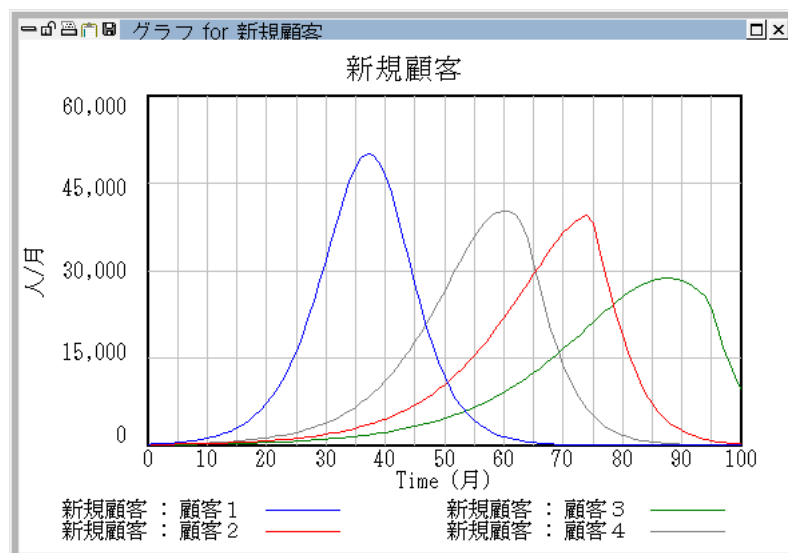
グラフは、異なる色や太さの線を用いて表示できます。グラフ  のオプションを操作します。同じ方法が因果グラフ  にも応用できます。

- 第 9 章で作成した「顧客 3.mdl」を開きます。
- 制御パネルの表示  を開き、[データセット] タブをクリックします。顧客 4 から顧客 1 までが全て読み込まれているか確認します。もしまだなら、左側の変数リストからダブルクリックで読み込みます。顧客 4 から顧客 1 まで昇順にクリックし、リストの順序を入れ替えます。
- 表示画面「顧客」にある変数「新規顧客」をクリックし、作業変数とします。

10.1.3 細い線 (カラー)

- グラフ  をクリックします。

Vensim のグラフ  のデフォルトでは、異なる色の細い線が描かれます。

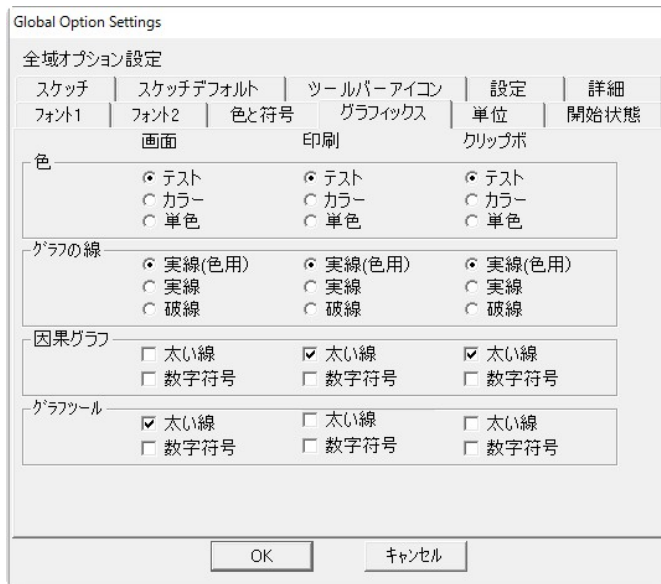



第 9 章の最後のグラフと同じですが、シミュレーション結果の表示順序が逆で昇順になっています。

10.1.4 太い線 (カラー)

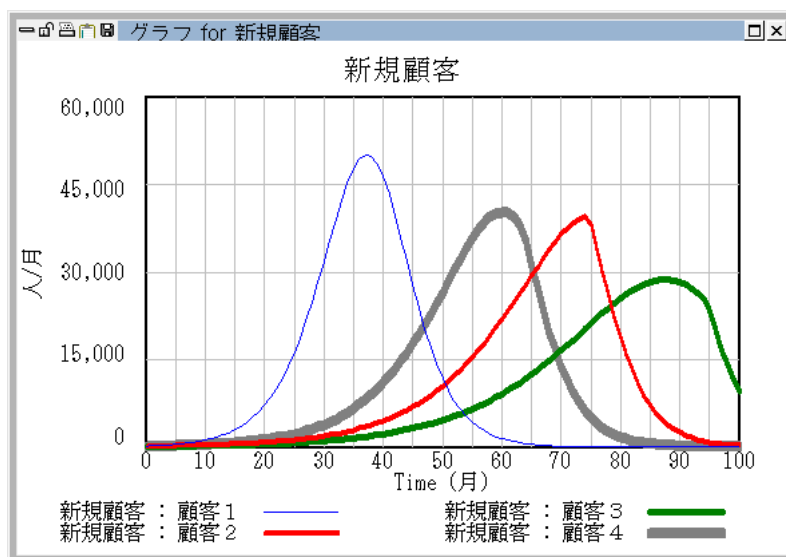
- [ツール] メニュー→ [オプション] を選び、[グラフィックス] タブをクリックします。[グラフツール] の一番左にある [太い線] にチェックを入れます。[OK] をクリックします。

Vensim PLE と PLE Plus には対応していません。



先に、グラフ  で出力されたグラフが、太い線に更新されました。グラフのオプションは、開いているすべてのグラフと、新しく作成したグラフに影響することに注意してください。

[グラフィックス] タブの対話ボックスは3列で構成されており、グラフ線の表示は [画面] (左)、[印刷] (中央)、[クリップボード] (右) に対応しています。ここでは、[画面] だけを変更します。

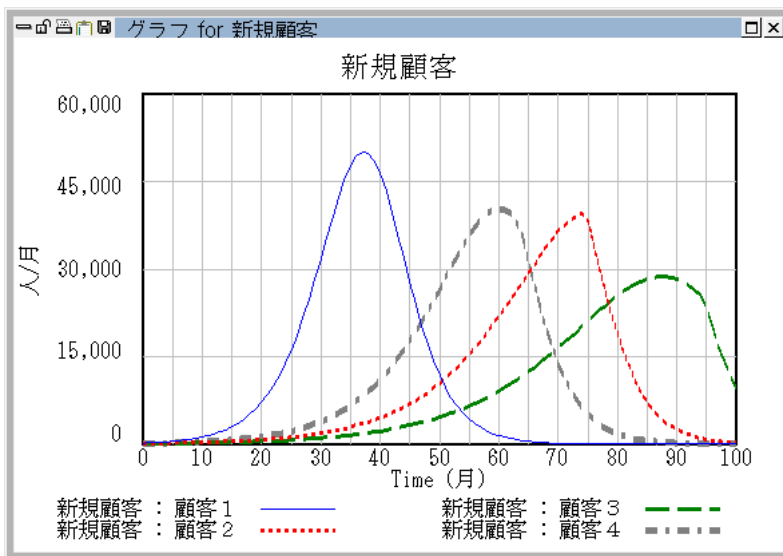


データセットファイルが降順ごとに太くなっているのに注意。古いバージョンのように同じ太線で表示したい場合には、以下の自作グラフでグラフを新規に作成し、線幅を全て「2」、「3」・・・と大きく設定してゆきます。

10.1.5 線の種類 (カラー)

- [ツール] メニュー→ [オプション] を選び、[グラフィックス] タブをクリックします。[グラフの線] の [画面] 列にある [破線] を選びます。[OK] をクリックします。



データセットファイルが降順ごとに破線の線分がゼロから長くなっています。





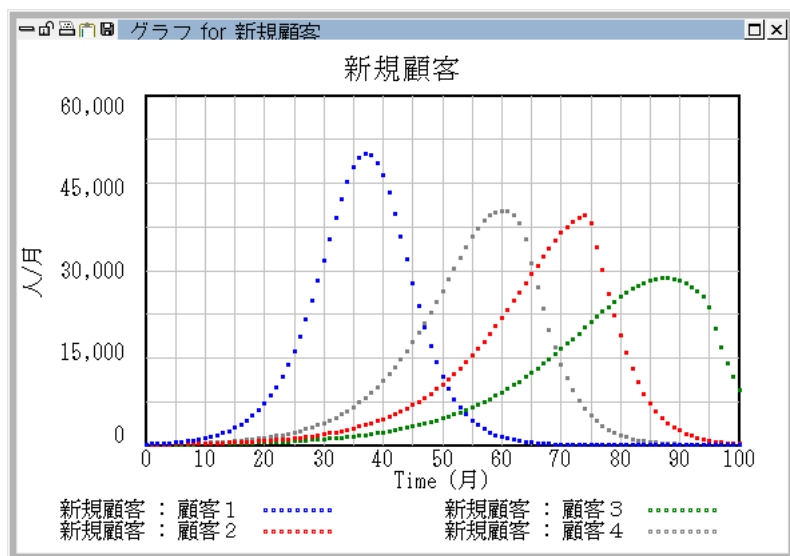
設定されたグラフィックオプションをデフォルトに戻します。

- [ツール] メニュー→ [オプション] を選び、[グラフィックス] タブをクリックします。[グラフの線] の [実線 (色用)] を選びます。[グラフツール] の [太い線] のチェックを外します。[OK] をクリックします。
- グラフを閉じるため、アウトプットウィンドウを閉じるボタンをクリックするか、**[Del]** を押します。


10.1.6 点線のみのグラフ

グラフのツールは、 から  に変更されます。

- グラフ  を右クリックします。[線の種類] の [点線のみ] を選択し、[OK] をクリックします。
- グラフ  をクリックします。



グラフツールのオプションを元に戻します。

- グラフ  を右クリックします。[線の種類] の [直線で補間] を選択し、[OK] をクリックします。

10.2 符号の付いた線

曲線に符号（マーク）を付けることもできます。Vensim PLE と PLE Plus では、簡単なオンとオフのスイッチがあり、その他のラインアップでは、カスタマイズすることができます。

符号は、グラフの線に沿って表示される文字です。デフォルトでは、数字に設定されていますが、文字や記号も使用できます。

Vensim PLE と PLE Plus では、

- [オプション] メニュー → [オプション] を選びます。



➤ [グラフ曲線上に数字符号] にチェックを入れます。

Vensim professional と DSS では、


➤ [ツール] メニュー → [オプション] を選び、[色と符号] タブをクリックします。

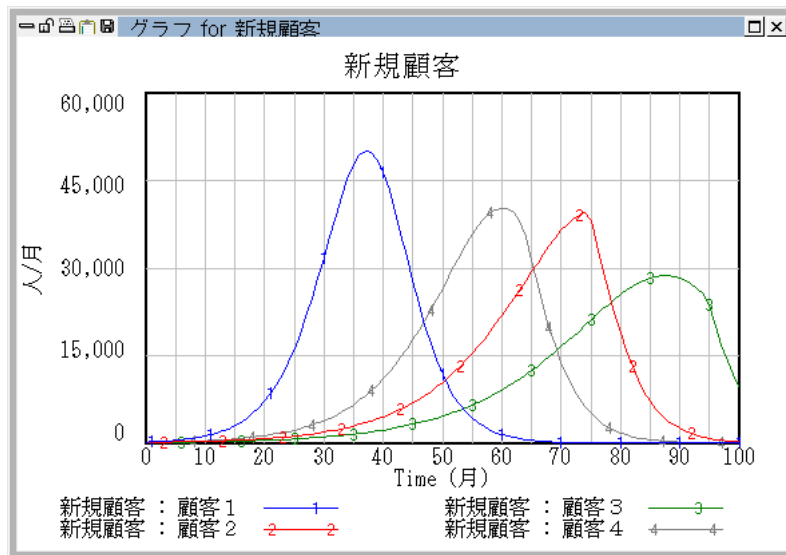


色と符号の対応関係が示されています。色を変更することが可能です。また、符号は別の1文字に変更することができます。文字変更は半角でします。

- [グラフィックス] タブをクリックします。[グラフツール] の左下にある [数字符号] にチェックを入れ、[OK] をクリックします。

すべてのラインナップで、


- グラフ  をクリックします。



[数字符号] のチェックをはずして、[全域オプション設定] の対話ボックスをデフォルトに戻します。

注意 [全域オプション設定] の対話ボックスで [色と符号] や [グラフィックス] タブの設定を変更すると、グラフ表示と印刷結果が変わります。


10.3 自作グラフ

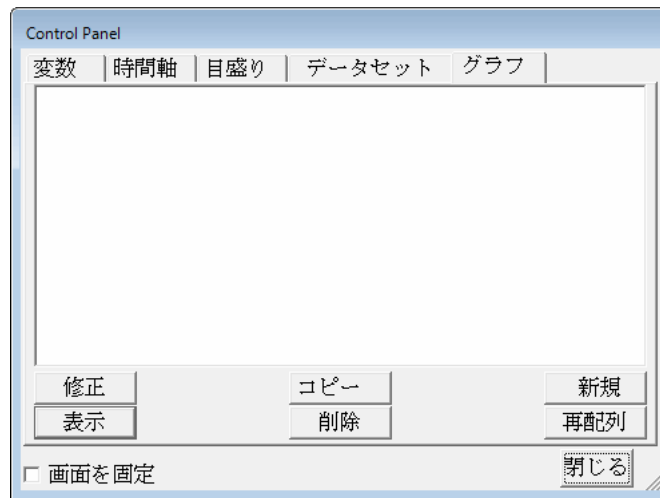
自作グラフは、グラフの内容をカスタマイズします。例えば、表示する変数を選択したり、シミュレーション結果を選択したり、その表示形式を変えることができます。自作グラフは、制御パネルの表示  の [グラフ] タブから作成します。

「顧客3.mdl」が開いていなければ、

- ユーザーズガイドモデル第9章の顧客3.mdlを開きます。

自作グラフを作るために、

- ツールバーにある制御パネルの表示  をクリックします。[グラフ] タブをクリックします。



「タイトル」の上にある【名称】は新規作成の自作グラフの名前で、なにも入力しなければ自動的にタイトル名となります。

線幅のデフォルト値は1のため、その値が空白であれば幅「1」の線が表示されます。

- [新規] をクリックします。自作グラフ対話ボックスが開くと、[タイトル] の編集ボックスにカーソルがあります。
- タイトル名を「顧客の拡大」と入力します。
- マウスを、左下にある [変数] 近くに移動させ、一番上の [選択] をクリックします。変数のリストが表示されます。スクロールバーを移動させ、[顧客] をダブルクリックします。(または、「顧客」がリストの中で強調表示されるまで、最初の文字列を入力し、を押します。)
- 第2の [選択] をクリックし、「顧客」をダブルクリックします。
- 第3の [選択] をクリックし、「生産能力」をダブルクリックします。
- 第4の [選択] をクリックし、「生産能力」をダブルクリックします。
- 第1と第2の変数間の左側にある [目盛り] にチェックを入れます。
- 第3と第4の変数間の左側にある [目盛り] にチェックを入れます。
- 第1の変数の右側にある [データセット] をクリックし、「顧客2」と入力します。
- 第2の変数の右側にある [データセット] をクリックし、「顧客4」と入力します。
- 第3の変数の右側にある [データセット] をクリックし、「顧客2」と入力します。
- 第4の変数の右側にある [データセット] をクリックし、「顧客4」と入力します。
- 第1の変数の右側にある [線幅] をクリックし、「2」と入力します。
- 第2の変数の右側にある [線幅] をクリックし、「2」と入力します。

自作グラフ対話ボックスは、以下のようになります。

名称

表の作成

タイトル 顧客の拡大

隠す
 タイトル
 凡例
 X軸名

X軸 選択 X軸名

最小 最大 X軸分割 Lbl-Interval

Y分

スタンプ

コメント

Stack

タイプ
 Norm Cum Stack

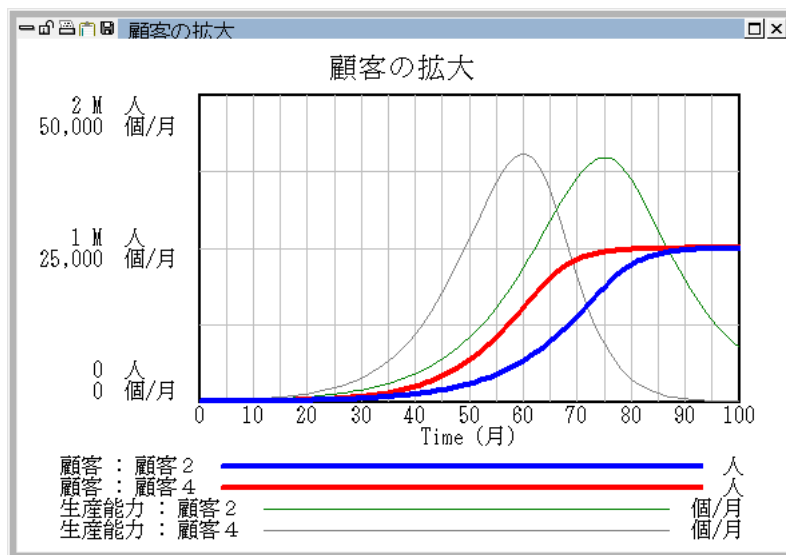
体裁
 点 塗り幅 高さ


目盛り	変数	データセット	ラベル	線幅	単位	Y最小	Y最大
<input checked="" type="checkbox"/>	顧客	顧客2		2			
<input type="checkbox"/>	顧客	顧客4		2			
<input checked="" type="checkbox"/>	生産能力	顧客2					
<input type="checkbox"/>	生産能力	顧客4					
<input type="checkbox"/>							
<input type="checkbox"/>							

進展グラフ(最大点) コピー 表示テスト Y軸自動調整

OK キャンセル


- [OK] をクリックします。自作グラフ対話ボックスが閉じ、制御パネルの [グラフ] に名称が「顧客の拡大」となったリストが表示されます。
- 「グラフ」タブの「顧客の拡大」をクリックし、[表示] をクリックします。



グラフが表示されます。制御パネルの表示  の [グラフ] タブの中の [修正] をクリックし、項目を修正することで、異なるオプションを試すことができます。もし自作グラフ対話ボックスの変数名の横に、データセットが入力されていなくてもグラフは表示さ

れます。表示されるグラフは、[データセット] タブにおいて、一番上に読み込まれているデータセットから作成されます。


10.4 自作表

自作表は、表の内容をカスタマイズするために使用されます。つまり、選択された変数やシミュレーションの結果を表示します。自作表は、自作グラフのように、制御パネルの表示  の [グラフ] タブで作成します。


「顧客3.mdl」が開いていなければ、

- ユーザーズガイドモデル第9章の「顧客3.mdl」を開きます。

自作表を作るために、

- ツールバーにある制御パネルの表示  をクリックします。[グラフ] タブをクリックします。
- [新規] をクリックします。自作グラフ対話ボックスが開くと、[タイトル] の編集ボックスにカーソルがあります。
- 対話ボックスの右上にある [表の作成] をクリックすると、自作表対話ボックスが開き、[タイトル] の編集ボックスにカーソルがあります。




- [タイトル] に、「顧客の拡大表」と入力します。
- 対話ボックスの左下にある [変数] をクリックします。変数のリストが表示されます。スクロールバーを移動させ、「顧客」をダブルクリックします。（または、「顧客」がリストの中で強調表示されるまで、最初の文字列を入力し、を押します。）
- 変数名が入力された編集ボックスの右側にある [追加] をクリックします。
- 再度 [変数] をクリックし、変数リストから「生産能力」をダブルクリックします。
- 再度 [追加] をクリックします。
- [時間] のボックスにある [縦表示] をチェックします。

- 自作表対話ボックスは、以下のようになります。

- [OK] をクリックします。自作表対話ボックスが閉じ、制御パネルの [グラフ] に名称が「顧客の拡大表」となったリストが表示されます。
- 「顧客の拡大表」をクリックし、[表示] をクリックします。

Time (月)	顧客	生産能力
0	1000	199.8
1	1200	199.8
2	1400	203.1
3	1603	209.5
4	1812	218.7
5	2031	230.6
6	2262	245.2
7	2507	262.4
8	2769	282.2
9	3051	304.7
10	3356	330
11	3686	358.2
12	4044	389.6
13	4434	424.3
14	4858	462.5
15	5320	504.5
16	5825	550.7
17	6376	601.3
18	6977	656.8
19	7634	717.5
20	8351	784
21	9135	856.7
22	9992	936.1
23	10,930	1023
24	11,950	1118
25	13,070	1222
26	14,290	1335
27	15,630	1458
28	17,080	1593
29	18,680	1740
30	20,420	1901

「生産能力」が表示されない場合には、[データセット] タブをクリックして、[読込ファイル] リストから「顧客2」をクリックしてリストの最上位に移動してください。

選択した変数を含む表が表示されます。表示する変数を追加することは容易です。また、表の左端にある変数のラベル付けを行うこともできます。そのためには制御パネルの表示  の [グラフ] タブの中の [修正] をクリックし、項目を修正することで、設定

を変更します。もし表示されている変数の順番を変更したい場合は、[表コンテンツードラッグで再配列] のリストの中で、その変数をドラッグします。

また、コメント行を追加することもできます。さらに [ラベル] で変数名を変更できます。

[フォーマット] を利用すれば、数値の表示形式として、C 言語のフォーマットを利用することができます。例えば、「%.0f」は整数化して表示し、「%.6g」は有効桁数を 6 桁として表示します。さらに「¥」や「\$」といった記号も数字の頭に挿入できます。「%.0f%%」とすれば、パーセント記号が数字の最後に追加されます。これらのフォーマットの修正は、この表でのみ有効となります。

第 11 章

ゲーム


本章のゲームは Vensim PLE には対応しません。

11.1 ゲームとは？

ゲームは、シミュレーションが進む過程に積極的に関与する手法です。ゲームは、フライトシミュレータのようなもので、利用者がその都度、シミュレーション結果に影響する意思決定を行います。Vensim のシミュレーションモデルは、ゲームとして実行することができます。その際、時間ステップごとにゲーム変数を変更することができます。これに対して、通常の Vensim のシミュレーションモデルは、初期設定で与えられたシミュレーション時間の範囲にわたって実行されます。

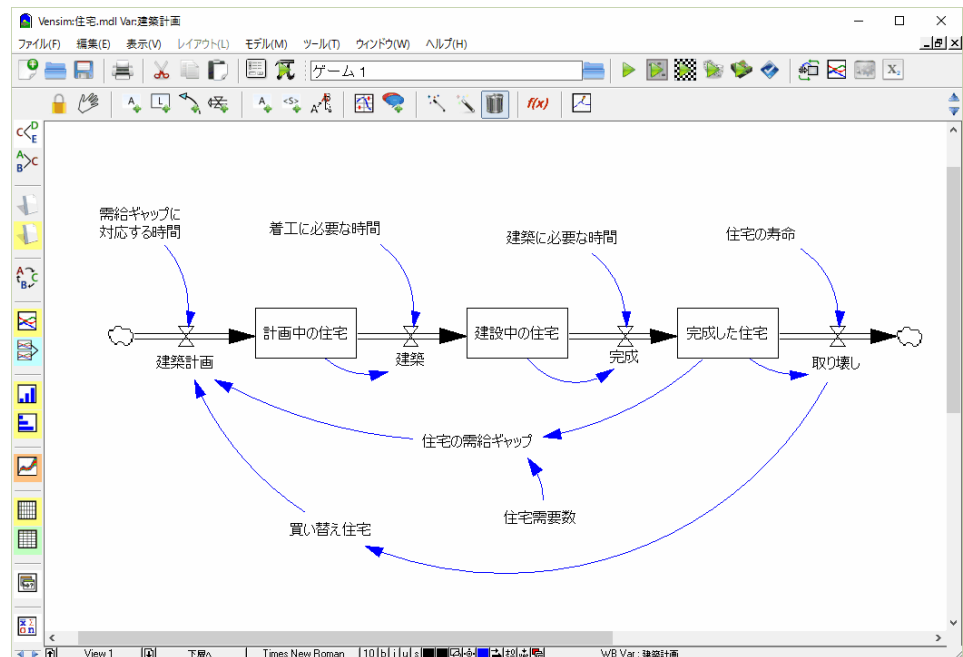
フライトシミュレータは、航空機などの飛行の操縦を模擬するもので、操縦装置の操作に対する機体の反応をコンピュータで計算し、結果を操作パネルで表示するようになっています。

11.1.1 住宅ゲーム (住宅.mdl)

- 開く  をクリックし、ユーザーズガイドモデル第 11 章の「住宅.mdl」を開きます。
もしくは、
- 以下の図や方程式を参考にモデルを作成し、第 11 章に異なる名前（例えば私の住宅.mdl）を付けて保存します。[時間の範囲] は、[開始時間] を「0」、[終了時間] を「100」、[時間ステップ] を「0.5」とし、[時間単位] を「月」と設定します。

モデルの構造

これは不動産産業における住宅建設のモデルです。住宅の需要ギャップの解消と住宅の完成には長い遅れがあります。このモデルの特徴はいくつかの遅れを持つ負のフィードバックループにあります。



住宅.mdl の方程式

- (05) 住宅の寿命=1200
Units: 月
- (06) 住宅の需給ギャップ=住宅需要数 - 完成した住宅
Units: 住宅
- (07) 住宅需要数=5000 + STEP (50, 10)
Units: 住宅
- (08) 取り壊し=完成した住宅 / 住宅の寿命
Units: 住宅/月
- (09) 完成=建設中の住宅 / 建築に必要な時間
Units: 住宅/月
- (10) 完成した住宅= INTEG (完成 - 取り壊し, 5000)
Units: 住宅
- (11) 建築=計画中の住宅 / 着工に必要な時間
Units: 住宅/月
- (12) 建築に必要な時間=6
Units: 月
- (13) 建築計画= MAX(0, 買い替え住宅 +
(住宅の需給ギャップ / 需給ギャップに対応する時間))
Units: 住宅/月
- (14) 建設中の住宅= INTEG (建築 - 完成, 建築 * 建築に必要な時間)
Units: 住宅
- (15) 着工に必要な時間=3
Units: 月
- (16) 計画中の住宅= INTEG (建築計画 - 建築, 建築計画 * 着工に必要な時間)
Units: 住宅

(17) 買い替え住宅=取り壊し
Units: 住宅/月

(18) 需給ギャップに対応する時間=8
Units: 月

組み込み関数

このモデルを、均衡状態を持つモデルとしてまず作成します。「住宅需要数」を5,000に設定します。これは「完成した住宅」の初期値です。したがって「住宅の需要ギャップ」が0となります。つまり「建築計画」は「買い替え住宅」や「取り壊し」と等しくなります。またこれら以外のストック変数についても、均衡が成立するように設定します。例えば「計画中の住宅」の初期値は、「建築計画 * 着工に必要な時間」となっています。このように、シミュレーションを実行しても、値が一定となるシミュレーションモデルになっています。

モデルが正しく作成されていること、また実行結果が均衡を保つことを確認することは重要です。ここではさらに、モデルの振る舞いを詳しく見ます。「住宅需要数」を5,000の定数とするのではなく、10カ月の間だけ5,000とし、その後5,050に増大させます。そのために、次のような方程式とします。

$$\text{住宅需要数} = 5000 + \text{STEP} (50, 10)$$

Units : 住宅

STEP 関数には、[height]【高さ】と[start time]【開始時間】という2つの引数があります。それらは、括弧{}で閉じられています。[start time]に到達するまでは、0の値を返し、それ以降は[height]を返します。この関数はモデルの入力に大変適しています。なぜなら、簡単な入力変更で広範な振る舞いを引き起こすためです。このようなモデルに“刺激”や“攪乱”を与える関数には、STEP 以外に PULSE や RAMP があります。

上記の方程式を追加するために、方程式  をクリックし、「住宅需要数」の方程式編集対話ボックスを開きます。

- 編集ボックスに「5000」と入力し、「+」を入力します。
- [関数] タブをクリックし、関数リストから [STEP] を選択し、クリックします。
- 引数{height}が強調表示されているので、「50」を入力します。
- 引数{stime}をダブルクリックし、「10」を入力します。
- [単位] を「住宅」とし、[OK] をクリックします。

ゲームの進展グラフ

- 以下のようにして自作グラフを定義します。特に、[進展グラフ] を作成するボックスにチェックが入っていることを確認してください。自作グラフの作成方法は第10章で説明しています。

方程式 (07) は既に変更後の式となっています。

「進展グラフ (WIP)」はゲームの進行が展開する (Work-In-Progress) グラフです。

名称: 住宅建築ゲーム

タイトル: 住宅建築ゲーム

X軸: [] 選択 X軸名: []

最小: 0 最大: 100 X軸分割: [] Lbl-Interval

Y分: []

スタンプ: []

コメント: []

表の作成

隠す

タイトル

凡例

X軸名

タイプ: Norm Cum Stack

体裁: 点 塗り幅 [] 高さ []

目盛り	変数	データセット	ラベル	線幅	単位	Y最小	Y最大
<input type="checkbox"/>	完成した住宅	選択	[]	2	[]	5000	5150
<input type="checkbox"/>	建築計画	選択	[]	2	[]	0	20
<input type="checkbox"/>	住宅の需給ギャップ	選択	[]	3	[]	-100	100
<input type="checkbox"/>	[]	選択	[]	[]	[]	[]	[]
<input type="checkbox"/>	[]	選択	[]	[]	[]	[]	[]
<input type="checkbox"/>	[]	選択	[]	[]	[]	[]	[]

進展グラフ(最大点) 200 コピー 表示テスト Y軸自動調整

OK キャンセル

ゲーム変数の追加

このゲームの目標は、住宅の需要を満たすこと（「住宅の需要ギャップ」をゼロにすること）です。そのために変数「建築計画」の値を設定し、「計画中の住宅」や「建設中の住宅」を制御します。今のところ「建築計画」には式が与えられています。この式によってシミュレーションを実行することができますが、シミュレーションの途中に「建築計画」の値を変更する手段が備わっていません。そのためには、変数「建築計画」をゲーム変数に変更します。

- 方程式 $f(x)$ を選択します。
- 「建築計画」をクリックします。

以下の方程式が書かれています。

$$\text{建築計画} = \text{MAX}(0, \text{買い替え住宅} + (\text{住宅の需要ギャップ} / \text{需要ギャップに対応する時間}))$$

Units : 住宅/月

この方程式によって、「建築計画」はマイナスにはなりません。数件の住宅を建築計画すること（正）、もしくは、建築計画を持たないこと（ゼロ）場合があります。この「建築計画」をゲーム変数にするために、変数のタイプを変更します。



- 方程式編集対話ボックスの [タイプ] 右側の [副タイプ] のドロップダウンボックス [▼]（[標準] になっています）をクリックし、リストから [ゲーミング] を選びます。[OK] をクリックします。

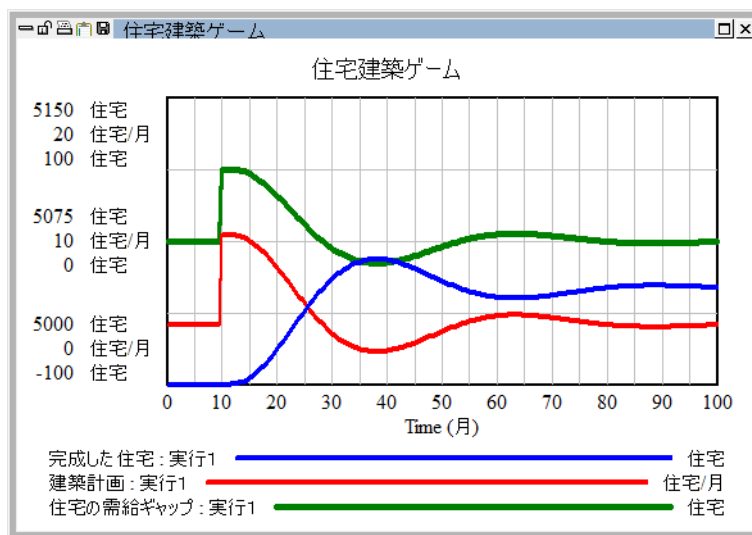
- モデルを保存します。

このようにして、補助変数やフロー及び定数をゲーム変数に変更できます。シミュレーションの実行中では、ゲーム変数は元の補助変数やフロー及び定数のように働きます。しかしながら、ゲームの実行中では、その進行に合わせて、ゲーム変数の値を設定することができます。

モデルのシミュレーション

ゲームを始める前に、シミュレーションを実行した時のモデルの振る舞いを見てみます。

- シミュレーションの保存ファイル名 をダブルクリックし、「実行1」と入力します。シミュレーションの実行  をクリックします。
- スケッチツールから、制御パネルの表示  を選択し、[グラフ] をクリックします。
- 「住宅建築ゲーム」という自作グラフを選択し、[表示] をクリックします。



「住宅建築ゲーム」という自作グラフが作成され、「完成した住宅」、「建築計画」、「住宅の需要ギャップ」の3つの変数の振る舞いが表示されます。その振幅、つまり目標を上回ったり、下回ったりする動きに注目します。このモデルは「住宅の需要ギャップ」をゼロにしようとしています。モデルの変化は「住宅需要数」の急増から生じています。「住宅の需要ギャップ」をよりゼロに近づけるための、より良い住宅の建築計画をゲームを用いて考えます。

11.1.2 ゲームの開始

- シミュレーションの保存ファイル名 をダブルクリックし、「ゲーム1」と入力します。ゲームの開始  をクリックします。

ゲーム進展自作グラフ「住宅建築ゲーム」が作成され、ツールバーがゲームツールバーに変わります。



ゲームの時間が左側に表示されます。ゲームの実行中にゲーム変数の値を変更する方法として、ゲーム変数の変更 π があります。停止 \times はゲームを停止します。前進 \rightarrow と後退 \leftarrow は、ゲームの進行時間編集ボックス (0.5 と表示されています) に示した値だけゲームを進めます。

11.1.3 ゲームの前進

➤ スケッチ画面が隠れないように、ゲーム進展グラフを右に移動します。

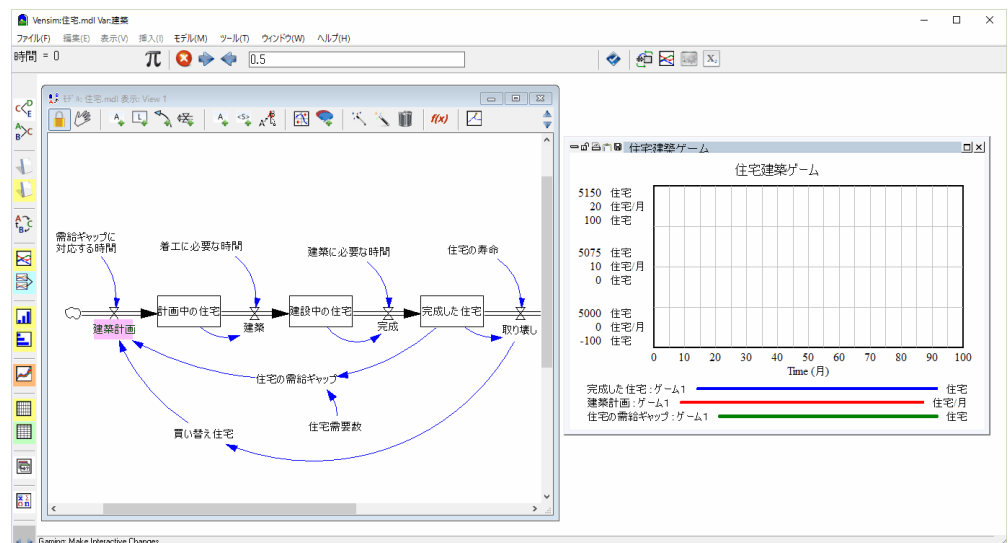
変数「建築計画」がピンク色の背景により強調表示されます。これは、ゲームの実行中にゲーム変数を変更する 2 つ目の方法です。

➤ 「建築計画」をクリックします。初期値が (4.16667) となっています。値を変更せずにそのまま \downarrow を押します。


進展グラフがモデルウィンドウの背後に隠れます。ツールバーにあるゲーム変数の変更 π をクリックしてゲーム変数を変更する場合、ゲーム進展グラフはそのままの状態、「ゲーム変数の変更」ボックスが一番手前に表示されます。2 つのウィンドウをどちらも表示させるには、両方のサイズを小さくし、画面に収まるようにします。

➤ モデルウィンドウの縮小 \square をクリックします。これは右上にあります、Vensim の元に戻す (縮小) ボタンの下に配置されています。スケッチを含むモデルウィンドウが小さくなります。




➤ モデルウィンドウとグラフ出力ウィンドウのサイズと位置を調整することで、モデル (少なくとも変数「建築計画」) と進展グラフを同時に見ることができます。





➤ ゲーム進行時間編集ボックスをダブルクリックし、「5」を入力します。

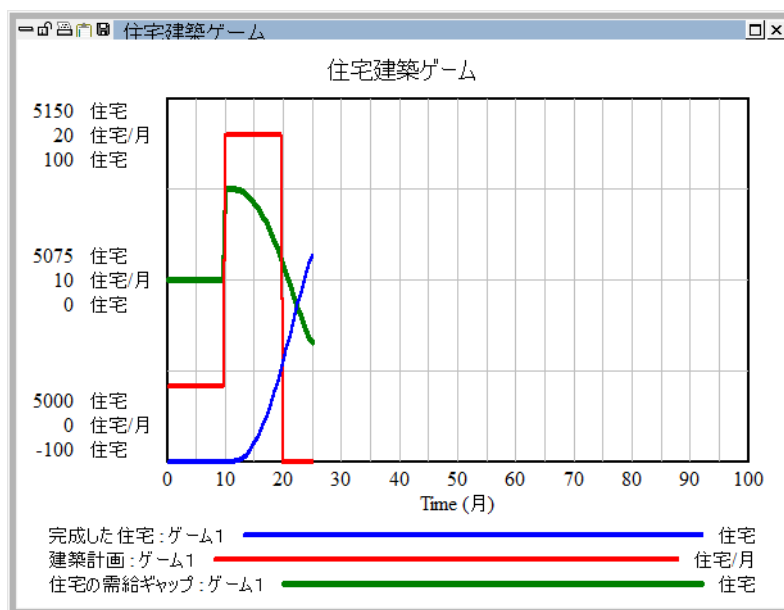
- 前進  をクリックします。

ゲーム進展グラフが表示されます。均衡が保たれています。「住宅の需要ギャップ」がゼロなので、どの値も変更する必要はありません。


- 前進  をもう一度クリックすると、「住宅の需要ギャップ」がステップアップします。
- 「建築計画」をクリックし、「18」を入力します。 を押します。
- 前進  を2回クリックします。

「完成した住宅」が上昇するなかで、「住宅の需要ギャップ」が縮小しています。住宅の需給ギャップはゼロに近づきました。そこで住宅を大量に建設することは止めた方がよいことになります。

- 「建築計画」をクリックし、「0」を入力します。 を押します。
- 前進  をクリックします。




なんということでしょうか。基準を超えてしまいました。「住宅の需要ギャップ」はマイナス（中央の線より下）になります。住宅をマイナス建設することはできないので、しばらくゼロを続けます。


- 「住宅の需要ギャップ」が正の値を示すまで（Time=50 でちょうどゼロになります）、前進  をクリックします。


「住宅の需要ギャップ」が正の値を示さないように（住宅の需要が増加するので）、再度住宅の建設を始めます。こうした事態の発生を予測することができるので、「住宅の需要ギャップ」が正の値を示す前に住宅を建設することもできます。


11.1.4 ゲームの後退

➤ 後退  を2度クリックします。「住宅の需要ギャップ」が負の値を示します。


もちろん、現実ではさかのぼりはありません。しかし、ゲームが思わぬ結果をもたらした場合、別の選択肢を試すためにゲームのさかのぼりが可能です。



➤ 「建築計画」をクリックし、大きめの値として、「10」を入力します。を押します。

➤ 前進  を2回クリックします。

➤ 「住宅の需要ギャップ」を、ゼロか、ゼロに近い状態で維持するようにゲームを続けます。「5」を入力します。を押します。

➤ 前進  をクリックします。「0」を入力します。を押します。

➤ 前進  を3回クリックします。

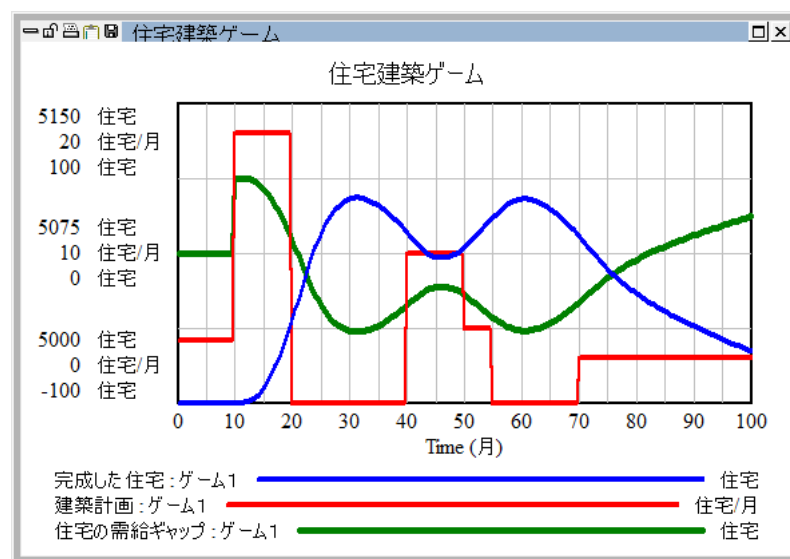
➤ 「3」を入力します。を押します。ゲームは終了時間の「100」まで前進  をクリックします。

➤ 停止  をクリックします。

Time Step = 0.5 で進行するこのゲームの建築計画をまとめると次のようになります。

0 から 9.5 までは初期値、
10 から 19.5 までは 18、
20 から 39.5 までは 0、
40 から 49.5 までは 10、
50 から 54.5 までは 5、
55 から 69.5 までは 0、
70 からは 3、にそれぞれ変更。

ゲーム進展グラフは、以下のようなものになります。



ゲームの結果は、おそらく元のシミュレーション結果に比べてあまり良いものではありません。場合によっては、悪いことも考えられます。このグラフでは、ゼロを維持しようと努めた「住宅の需要ギャップ」は、住宅建設の「建築計画」によって大きく変動します。

第 12 章

入出力オブジェクト

モデル表示画面に入力と出力のオブジェクトを追加し、シミュレーションモデルでのスケッチをカスタマイズすることができます。入出力オブジェクトは、モデル構造と一緒に、または別の表示画面に追加することができます。入出力オブジェクトの使用によって、モデルの入力を管理したり、シミュレーション結果を見るための、独自の“制御ルーム”を作成できます。

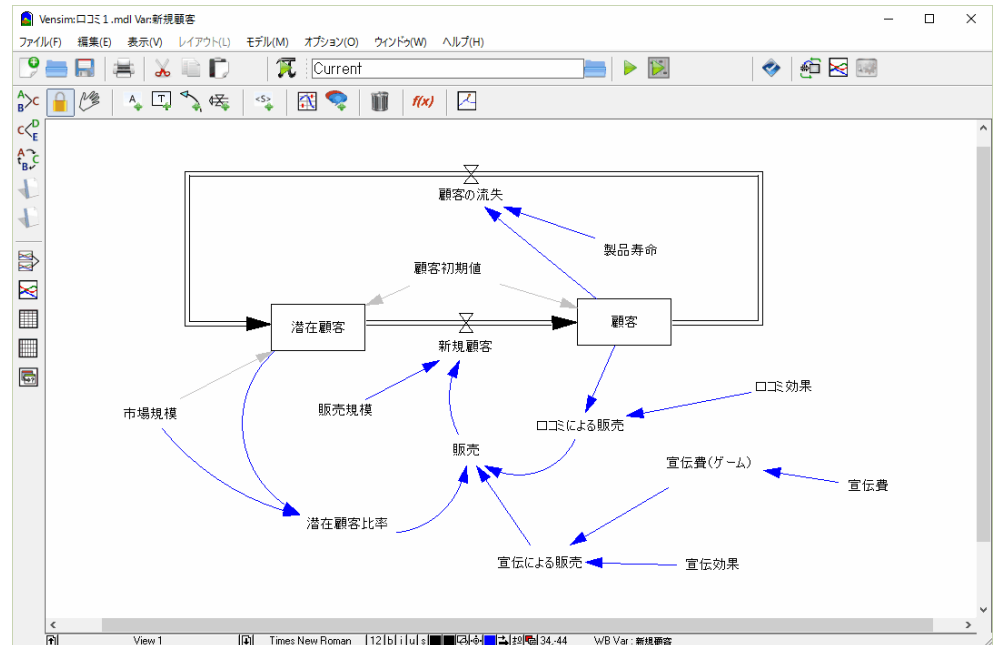
本章では、既存のモデルのオブジェクト制御ルームを作成します。入出力オブジェクトは、モデル構造の一部ではありません。そのため、モデルのシミュレーションには影響を与えません。それらは、他の人がモデルを容易に使用するために、完成したモデルに追加されるものです。入出力オブジェクトは、Vensim Model Reader でサポートされており、モデルを広く利用するための機能を提供します。入出力オブジェクトは、モデル構造にも対応しています。ある変数の名前を変更した場合、対応するオブジェクトが自動的にその名前を更新します。もし変数を削除したり、種類を変更したりすると、入出力オブジェクトは対応しません。これはモデルの操作を止めるものではなく、オブジェクトによる出力が表示されないだけです。

12.1 口コミによる販売

ここでは、「口コミによる販売」のモデルを使います。このモデルの作成方法については、モデリングガイドの第 4 章で扱っています。

- ユーザーズガイドモデル第 12 章の「口コミ 1.mdl」を開きます。
または、
- 以下のような図と方程式のモデルを作成し、第 12 章に、口コミ 2.mdl として保存します。[時間の範囲] は、[開始時間] = 「0」、[終了時間] = 「5」、[時間ステップ] = 「0.0625」とし、[時間単位] は「年」とします。

12.1.1 ロコミ 1.mdl の方程式



(05) $\text{ロコミによる販売} = \text{顧客} * \text{ロコミ効果}$
Units: 個/年

(06) $\text{ロコミ効果} = 3$
Units: 個/人/年

(07) $\text{宣伝による販売} = \text{宣伝費 (ゲーム)} * \text{宣伝効果}$
Units: 個/年

(08) $\text{宣伝効果} = 0.1$
Units: 個/円

(09) $\text{宣伝費} = 2e+07$
Units: 円/年

(10) $\text{宣伝費 (ゲーム)} = \text{GAME (宣伝費)}$
Units: 円/年

(11) $\text{市場規模} = 1e+08$
Units: 人

(12) $\text{新規顧客} = \text{販売} / \text{販売規模}$
Units: 人/年

(13) $\text{潜在顧客} = \text{INTEG} (\text{顧客の流失} - \text{新規顧客}, \text{市場規模} - \text{顧客初期値})$
Units: 人

(14) $\text{潜在顧客比率} = \text{潜在顧客} / \text{市場規模}$
Units: Dmnl

(15) $\text{製品寿命} = 2$
Units: 年

(16) $\text{販売} = (\text{ロコミによる販売} + \text{宣伝による販売}) * \text{潜在顧客比率}$


- Units: 個/年
- (17) 販売規模= 1
Units: 個/人
- (18) 顧客= INTEG (新規顧客 - 顧客の流失, 顧客初期値)
Units: 人
- (19) 顧客の流失=顧客 / 製品寿命
Units: 人/年
- (20) 顧客初期値=10000
Units: 人

12.2 出力オブジェクト


出力オブジェクトを表示する新しい表示画面を作成します。

- ステータスバーにある表示画面  View 1  をクリックし、**[**New**]** をクリックします。

新しい空白の表示画面が開きます。

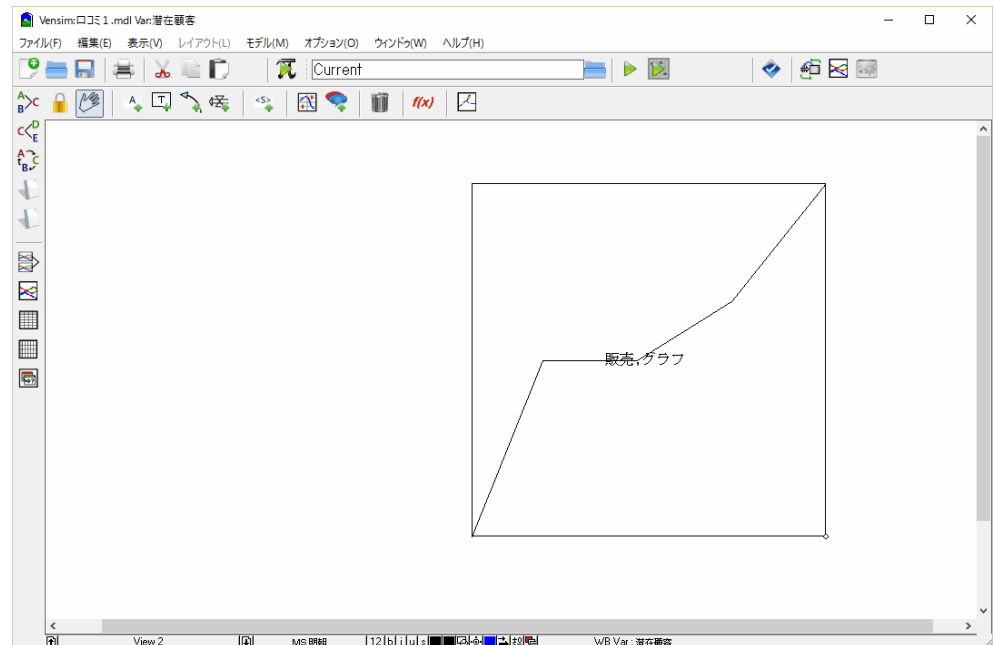
- 入出力オブジェクト  をクリックするか、**[8]**を押します。
- カーソルをスケッチの右方向に移動させ、クリックします。入出力オブジェクトの設定対話ボックスが開きます。
- [オブジェクトタイプ] の [作業変数出力] を選択します。[補助変数] をクリックし、変数のリストの中から [販売] を選びます。[OK] をクリックし、変数選択の対話ボックスを閉じます。
- [自作グラフ/分析ツール出力選択] のドロップダウンボックス **[▼]** をクリックし、[グラフ] を選択します。


対話ボックスは以下のようになります。



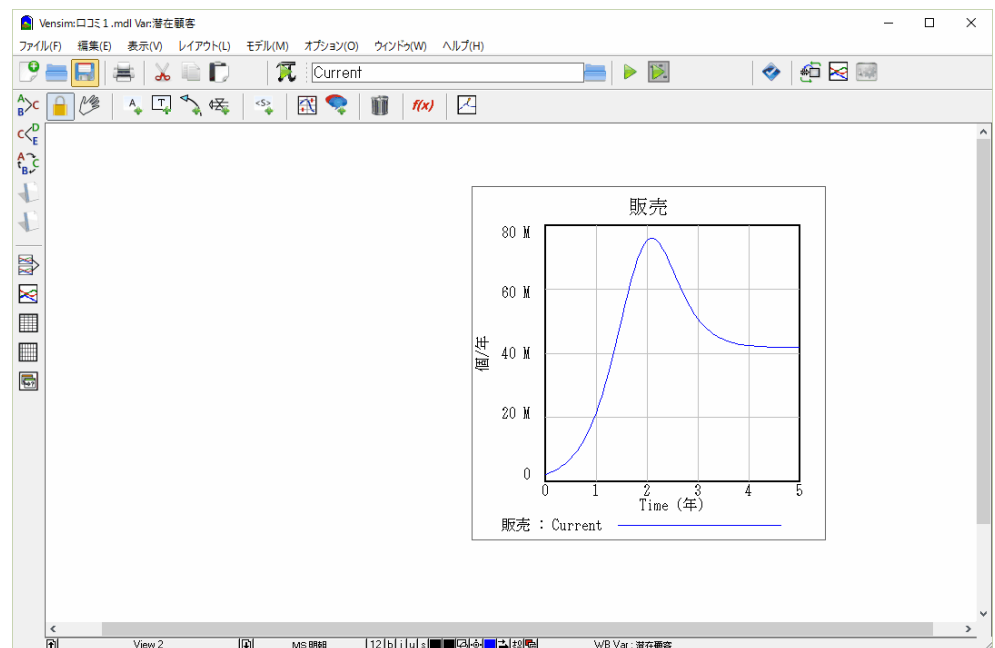
➤ [OK] をクリックします。

サイズ調整のハンドルを持つ、かなり大きな長方形が現れます。スケッチの右側に収まるようにサイズを変更します。以下ようになります。



➤ シミュレーションの実行  をクリックします。(または、**Ctrl**+**R**を押します。)


モデルがシミュレーションされ、グラフが以下のように表示されます。



12.3 入力オブジェクト

同じ表示画面で操作を続けます。

12.3.1 宣伝費のスライダ


- 入出力オブジェクト  を選択し、スケッチの左上をクリックします。入出力オブジェクトの設定対話ボックスが開きます。
- [オブジェクトタイプ] の [スライダ入力] を選択します（おそらくデフォルトで選択されています）。
- [定数] をクリックし、リストから、[宣伝費] を選択します。
- [スライダ設定] の [範囲] の [(最)小] に「0」、[(最)大] に「200E6」、そして [増分] に「0.5E6」と入力します。
- [変数名ラベル] のチェックをはずします。

入出力オブジェクトの設定対話ボックスは、以下のようになります。

$E6=1,000,000=1e+006=(\text{百万})$ のことで 200E6 と入力すれば、Vensim は自動的に $2e+008$ (2 億) と変換します。スライダー表示は 200 M となります。0.5E6=500,000(5 千万) となります。設定対話ボックスを再度開いてこのことを確認してください。

- [OK] をクリックします。


スライダが表示されます。

- グラフに合わせて、サイズを調節します。
- スケッチコメント  を選択し、スライダの上部をクリックします。
- コメント欄に、「宣伝費 (円/年)」と入力します。[形状] の [1 行表示] を選択し、[OK] をクリックします。これは、作成したスライダのラベルです。


12.3.2 製品寿命のスライダ

「製品寿命」についても、同じようにスライダを作成します。[範囲] を「0.5」から「10」、[増分] を「0.1」とします。スライダの上には、「製品寿命 (年間)」というラベルを付けます。

12.3.3 他の変更可能な定数

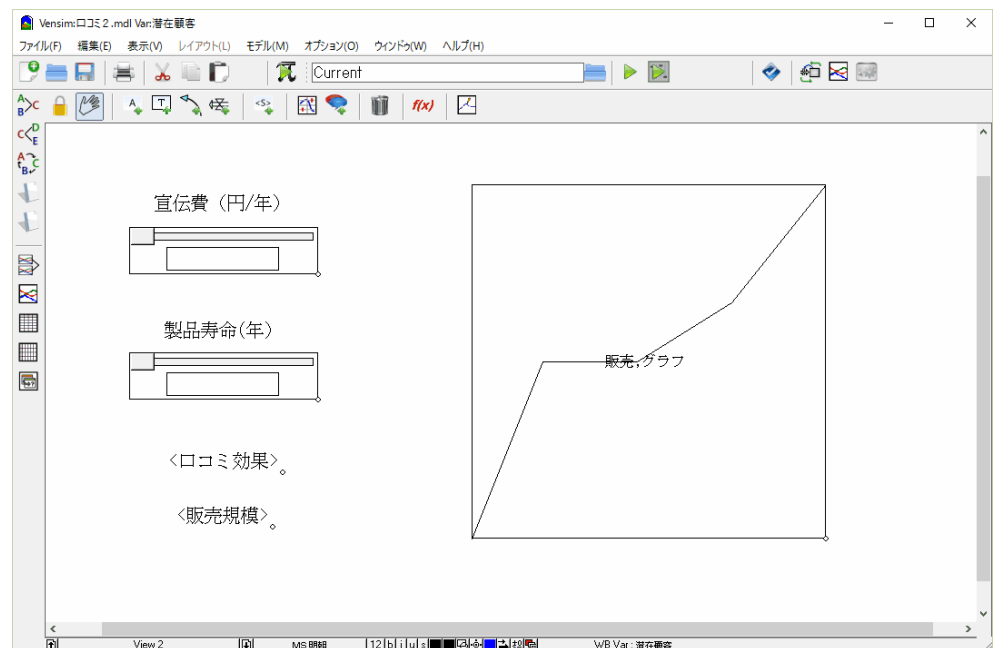
- 代行変数  を選択し、定数【ロコミ効果】と【販売規模】を追加します。
- 新しい代行変数を選択（強調表示）し、ステータスバーのボタンを使って、文字の色を黒にします。または、この代行変数を右クリックし、対話ボックスの中で、文字の色を黒にします。

12.3.4 整列

- 追加したものをきれいに並べるために、スケッチ移動  を選択し、左側のすべての要素が含まれるようにドラッグし、強調表示します。
- **Shift** を押しながら、一番上の「宣伝費 (円/年間)」をクリックし、強調表示を解除します。そして、もう一度クリックして、再度強調表示します。
- [レイアウト] メニュー → [中央に揃える] を選びます。
- 選択された全ての要素を、適当な位置にドラッグします。


これで完成です。

要素の整列は、一番最後に選択された変数を基準にします。ここでは、「宣伝費 (円/年)」が基準になります。




新しい名前で、モデルを保存します。ロコミ 1.mdl に追加された変更は、ロコミ 2.mdl に保存されています。ここで作成したものと比較することができます。


12.3.5 モデルのシミュレーション

- シミュレーションの準備  をクリックします。(または、**Ctrl**+**E**を押します。) 新しいシミュレーション名を入力します。

スライダが稼働し、2つの代行変数が強調表示されます。


- スライダをドラッグし、シミュレーションの実行  をクリックします。(または、**Ctrl**+**R**を押します。)

モデルがシミュレーションされ、新しい結果がグラフに表示されます。これを繰り返し、異なる変化も見ます。シミュレーション名を変えることもできます。シミュレーションによる結果は、その都度右側のグラフに表示されます。

また、統合シミュレーションの実行  をクリックし、スライダを動かしながら、自動的にグラフが更新されるのを見ることもできます。この場合、「ロコミ効果」と「販売規模」にもスライダが表示されます。



12.4 入出力オブジェクト：ゲーミング

ロコミモデルは、「宣伝費（ゲーム）」というゲーム変数を持っています。シミュレーション制御の設定と同じように、ゲームの制御でも同様のレイアウトを使用します。




- スケッチ移動  を選択します。
- 右側の出力オブジェクト及び、コメント「宣伝費（円/年間）」と、その下のスライダを強調表示させます。

同じことは、どれか1つをクリックしたあと、**Shift**を押しながら、他のものをクリックしても行えます。

- [編集]メニュー→[コピー]を選びます(または、**Ctrl**+**C**を押します)。

注意 スケッチ移動  を使って入出力オブジェクトをコピーするのが、もっとも容易な方法です。スケッチ固定  が選択されている時、これらのオブジェクトは、クリックや**Shift**を押しながらのクリックでは選択できません。しかし、マウスをドラッグして選択することはできます。

12.4.1 新しい表示画面への貼り付け

- 新しい表示画面を作成するため、ステータスバーにある表示画面  View 1  をクリックし、****New**** をクリックします。
- [編集]メニュー→[貼り付け]を選びます(または、**Ctrl**+**V**を押します)。
- 貼り付けの対話ボックスの[OK]をクリックします。貼り付けられる変数は構造を持たないため、「複製」と「画像」は同じ結果になります。
- 入出力オブジェクト  を選択し、スライダをクリックします。



この節は Vensim PLE には対応しません。

入出力オブジェクトの対話ボックスが開きます。

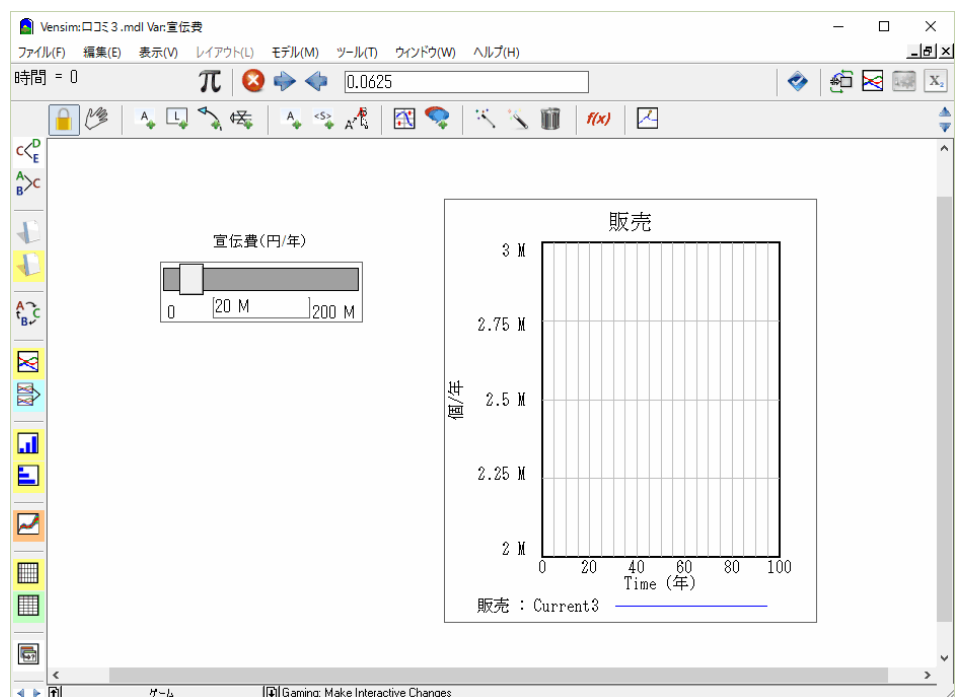
- [ゲーミング] をクリックします。[宣伝効果 (ゲーム)] を選択し、[OK] をクリックします (リストにあるのは [宣伝効果 (ゲーム)] のみです)。[OK] をクリックし、入出力オブジェクト設定を終了します。

スライダにより制御される変数は「宣伝費 (円/年)」のままなので、ラベルを変更する必要はありません。


12.4.2 ゲームの実行


- 制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブで、すべてのデータセットを読み込まないようにします。
- ゲームの開始  をクリックし、ゲームを始めます。

グラフが表示されます。おそらく時間の目盛り軸が 0 から 100 のグラフが表示されます。この時間の目盛りは、スライダの動きに合わせて調整されます。スライダが稼働し、ツールバーがゲーム仕様が変わります。



ゲームの間隔がツールバーの編集ボックスに強調表示されます。ゲームの間隔の初期設定は [時間ステップ] と同じに設定されており、この場合「0.0625」です。

- 「0.25」と入力します。
- スライダを使って「宣伝費」を変化させ、前進  をクリックして、時間を進めます。

グラフが更新されます。後退  を使って、時間をさかのぼることもできます。

モデルを保存します。追加された変更は、第12章にあるにある口コミ3.mdlに保存されています。ここで作成したものと比較することもできます。

12.4.3 ゲームの間隔

デフォルトのゲーム間隔をより妥当な値にするには、「Game Interval」というゲーム間隔の定数をモデルに追加します。これは「補充的に使用」とし、その値は「0.5」年とします。ゲームを実行すると、定数0.5が新規のゲーム間隔として読み込まれます。このようにして設定された「時間ステップ」よりも適切なゲームの間隔を組み込むことができます。この定数は、以下に説明の「口コミ4.mdl」に追加されています。

このゲーム間隔の定数を変更してゲームを開始するには、定義式からその都度変更する必要があります。

12.5 モデルの出版

作成したモデルは、定数を変更したりシミュレーションを実行したりするための簡単なインターフェイスを持っています。また、ゲームを実行するための簡単なインターフェイスを持ちます。ここで紹介するナビゲーションボタンは、表示画面の操作について知らない人にとって役に立ちます。

12.5.1 コメントによるモデル説明

モデルの初心者のために、モデルを知るための説明やガイドを準備する必要があります。

- ステータスバーにある表示画面  View 1  をクリックし、**[**New**]** をクリックします。

表示画面の改名

- [表示]メニュー→[名前変更]を選択します。対話ボックスが開いたら、「概観」と入力し、[OK]をクリックします。

これで、表示画面の名前が「概観」になりました。同じように、他の表示画面も「モデル構造」、「シミュレーション」、「ゲーム」に変更します。

表示画面の再配列

- [表示]メニュー→[再配列]を選択します。
- 表示画面のリストの中から、「概観」をクリックします。
- マウスを押したまま、上の方へドラッグします。


「概観」が隠れ、ポインタの形が、十字に変わります。


- 十字を、一番始めの名前「構造」の上に移動します。マウスボタンを離します。

「概観」が一番上に移動します。もしうまくいかない場合は、マウスを離す位置を少し下げて、繰り返します。もし、十字の中央がリストの外側に移動してしまった場合、「概観」は元の場所に戻ります。


- [OK] をクリックします。


コメントの入力

もし表示画面が [概観] になっていなければ、表示画面  をクリックするか、**[PgUp]**と**[PgDn]**を使って、[概観] を選択してください。

- スケッチコメント  を選択し、画面の上の方をクリックします。
- 役立つと思うコメントを、いくつか入力します。以下の画面のように追加した「メニュー」コメントを見てください。

12.5.2 ナビゲーション

ナビゲーションは、行き先を持つコメントです。スケッチ固定  を選択してナビゲーションをクリックすると、自動的に行き先に指定された表示画面に変わります。

- スケッチコメント  が選択されたままで、先ほどのコメントの下をクリックします。
- 「モデル構造」と入力し、[形状] で [ボックス] を選択します。
- [表示ナビゲート] の右側にある [...] をクリックします。

新しい対話ボックスが開き、表示画面のリストが現れます。

- リストから [モデル構造] をえらび、[OK] をクリックします。
- [枠の色] の右側のボタンをクリックし、濃いグリーンをクリックします。
- [背景色] の右側のボタンをクリックし、淡いグレーをクリックします。
- [幅] に3を入力します。

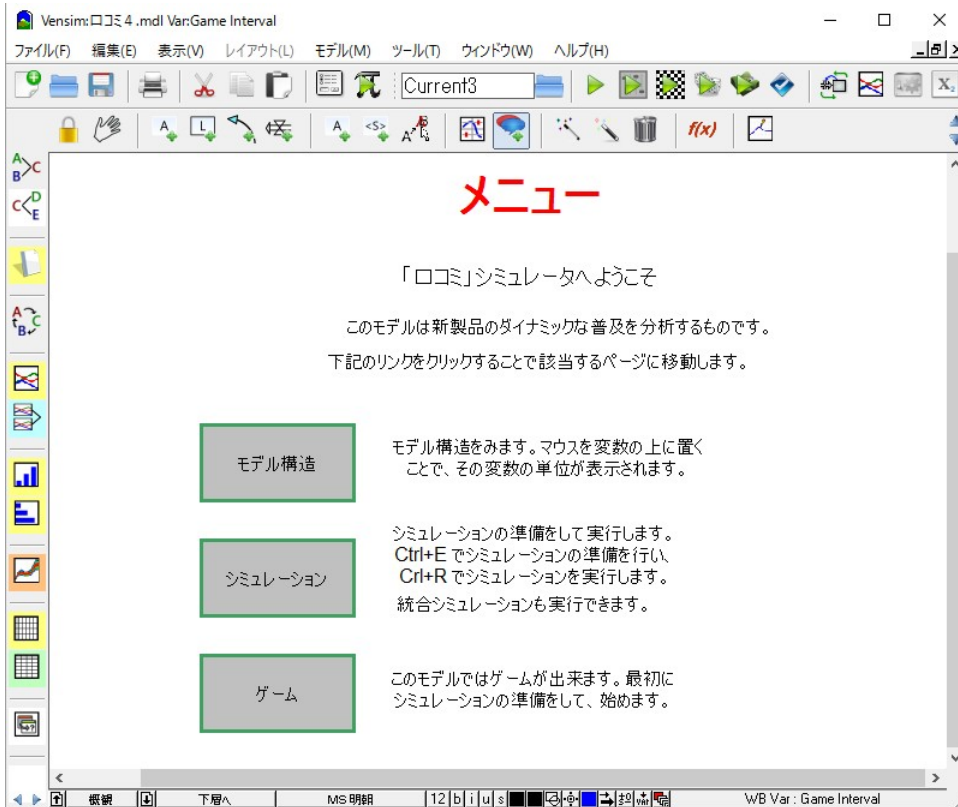
背景が淡いグレーで、枠が濃いグリーンでできた、ボタンのようなコメントができます。コメント対話ボックスは以下のようになります。



Vensim PLE と PLE Plus には対応していません。

- 他の表示画面にも、それぞれ「シミュレーション」と「ゲーム」というラベルで、ナビゲーションを設定します。



表示画面「概観」は以下のようになります。



- 他の表示画面から「概観」に戻るためのナビゲーションを追加します。また、「シミュレーション」に、「ゲーム」へのナビゲーションを追加します。

モデルを保存します。追加された変更は、ユーザーズガイドモデル第12章にあるロコミ4.vmfに保存されています。ここで作成したものと比較することもできます。通常の拡張子である.mdlではなく、.vmfが使われます。その理由は次節で示します。

12.5.3 稼働テスト

スケッチ固定  を選択し、ナビゲーションを試してみます。また、シミュレーションの準備と実行を繰り返します。シミュレーションの準備において、表示画面「ゲーム」を再検討してください。ゲームにおいて、表示画面「シミュレーション」を再検討してください。スケッチ固定  を選択した状態での操作は、基本的に、Vensim Model Readerでの操作と同じです。

12.5.4 パッケージの発行

Vensim Model Reader は、テキスト形式 (.mdl) のモデルを読むことのできない、読み込み専用プログラムです。そのため、Vensim Model Reader を使用する前に、特別の

バイナリ形式で作成したモデルを保存する必要があります。その方法は、[ファイル] メニュー→ [出版] を選びます。



もしシミュレーションを実行したことがあれば、対話ボックスに実行ファイルのリストが表示されます。このモデルではシミュレーションの実行結果は必要ないので、それぞれのリストの名前をクリックし、[除去] をクリックします。

また、[ファイル] メニュー→ [別名で保存] を選び、モデルをバイナリ形式 (.vmf) で保存することもできます。対話ボックスの [ファイルの種類] で、[バイナリ形式モデル] を選択し、名前を入力して保存します。名前に拡張子.vmf を付けることもできます (例えば口コミ4.vmf)。Vensim は入力した拡張子から、保存するファイルの種類を決定します。

出版によるパッケージ化は、モデルを開いたり、その利用方法を管理することができます。これは、第 20 章でより詳しく説明しています。バイナリ形式での保存は、テキスト形式と同様に開いたり、修正したりすることができます。バイナリ形式のファイルは、ファイルサイズが大きく、また Vensim からしか利用できないため、記録するには適していません。しかし、バイナリファイルは、[シミュレーションの制御] の [変更] タブの対話ボックスにある「Based on ... 」との作業を容易にするという利点があります。また、バイナリ形式のモデルは、Vensim DSS リファレンスで紹介される、コンパイルされたシミュレーションで利用されます。

フリーの Vensim Model Reader をダウンロードすることで、誰にでも利用できるモデルを作成できます。

第 13 章

統合シミュレーション

従来、シミュレーションモデルはバッチ処理で行われてきました。つまり、いくつかの仮定を設定し、シミュレーションし、その結果を見るという手続きです。25 年前には、これが必要不可欠なものでした。コンピュータは、大型で高価なものであり、一方で処理速度は遅いものでした。

技術は大きく進歩しましたが、シミュレーションのバッチ処理は、これまでと同様のままでした。ソフトウェアの進歩の過程で、シミュレーションの結果を表示することが可能になりましたが、実際には、シミュレーションにおける計算や再検討には変化をもたらしていません。Vensim のバージョン 5 から、モデルにおける計算や再検討の関係が同時に分析可能となり、驚くほど大きなモデルでも利用できるようになりました。このアプローチを統合シミュレーションといいます。

13.1 軍備競争モデル

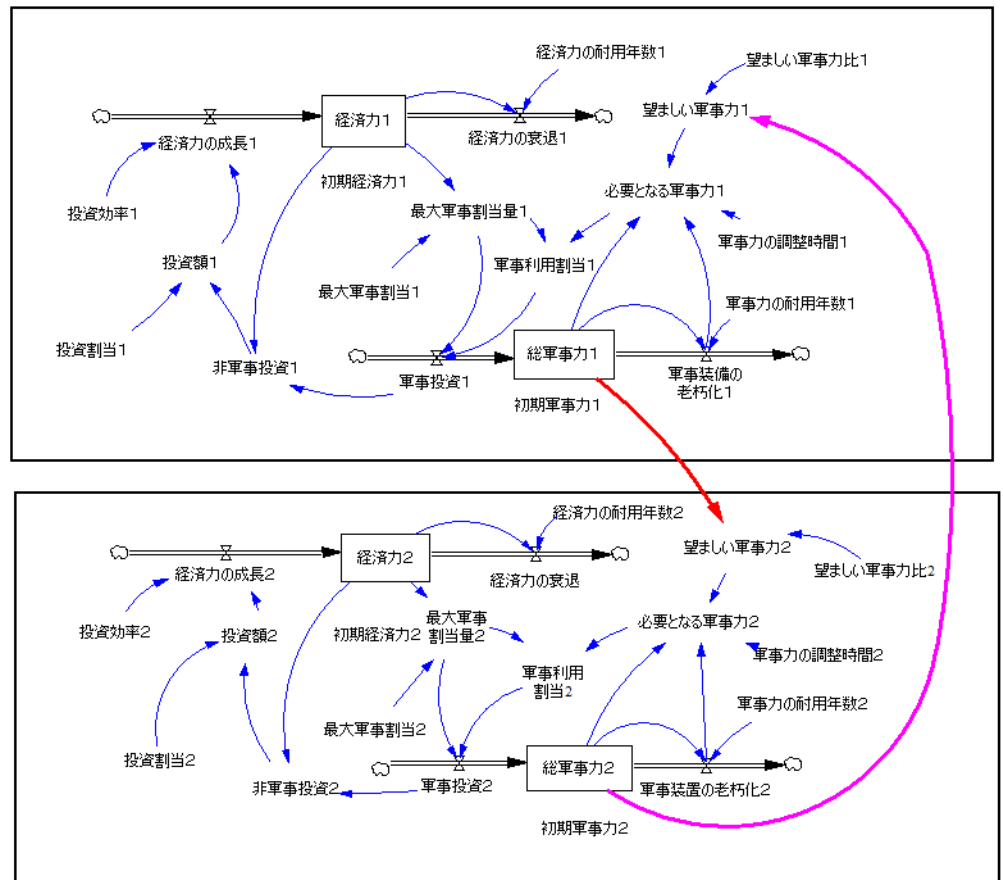
以下のモデルを作成するか、ユーザズガイドモデル第 13 章の「軍備競争.mdl」を開きます。これは経済成長を含んだ軍備競争モデルです。



13.1.1 モデル図の新しい装飾

下図のモデルは、2 つの点を除いて、簡単なモデルです。第 1 は、2 国の軍備競争を囲む大きな長方形です。第 2 は、2 国をつないでいる、長く、循環していない矢印による接続です。これから紹介するのは、これらの作成の方法です。第 13 章の「軍備競争 1.mdl」から始めることもできます。


13.1.2 長い接続

「総軍事力 2」から「望ましい軍事力 1」に延びる矢印は通常の矢印ではありません。これは、矢印と結ぶことができるコメント（これを結合 (junction)）といいます）への、小さな矢印で作成されています。これを作成するには、まず結合を作成し、その後矢印を追加します。そして、不要な矢頭を削除し、結合のサイズを 0 とします。




- スケッチコメント  を選択します。
- 「軍事装備の老朽化1」の右側の空白をクリックします。
- 「背景色」を青にします。
- [印の結合に利用] にチェックを入れます。
- [OK] をクリックします。これを結合ボックスと呼びます。
- 結合ボックスを小さくします。
- 「軍事装備の老朽化2」の右側にも、同じように結合ボックスを作成するか、またはコピーして貼り付けます。
- 矢印  を選択します。
- 「総軍事力2」から、下の結合ボックスに矢印を描きます。
- 下の結合ボックスから、上の結合ボックスに矢印を描きます。
- 上の結合ボックスから、「望ましい軍事力1」に矢印を描きます。
- 下の2つの矢印を、それぞれ右クリックし、[矢頭] のチェックをはずします。[線の種類と幅] において3番目に太い幅を選択し、[色] をピンクとします。
- 上の矢印の幅と色も、同じように設定します。
- 結合ボックスと矢印の位置を調整します。
- 結合ボックスのサイズを0とします。右下のハンドルを押して、見えなくなるまで左上に動かします。


ヒント



サイズを0にした後、結合ボックスを移動させたい場合は、スケッチ移動  を選択し、結合ボックスのまわりを取り囲むようにドラッグし、選択された長方形を移動させます。

13.1.3 収納枠

- スケッチコメント  を選択し、スケッチの左上の空白部分をクリックします。
- 対話ボックスの [形状] の [ボックス] を選択し、[幅] を「2」と入力します。[OK] をクリックします。
- 上半分のモデルを取り囲むように、サイズを調整します。

注意

枠を作成した後、サイズを調整するハンドルが数秒間表示されます。その後ハンドルが消えても、スケッチ移動  をクリックすれば、再度表示されます。

- スケッチ固定  をクリックします。
- 新しく作成した枠をクリックし、強調表示します。
- ステータスバーの、ハイライトされた変数の順位を最背面に移動する  をクリックします。強調表示が消えます。
- 下半分のモデルにも、同じ操作をします。

収納枠にも、背景色を付けることができます（明るい色が適しています）。因果関係には何の影響も与えませんが、視覚的にモデル構造を区別することができます。

13.1.4 最小値と最大値と増分

方程式編集対話ボックスでは、各方程式に、最小値、最大値、増分を入力できます。例えば「初期経済力1」では以下のように入力します。

グループ	.軍備競争 2	小	10	大	500	増	5
------	---------	---	----	---	-----	---	---

ダイナミックなモデルでは、変数が大きすぎたり小さすぎたりした時、注意を告げるメッセージを表示するために、範囲は使用されます。例えば、範囲が [10, 500] の時に、変数が 10 以下か 500 以上になると、警告が通知されます。

定数が変化できる幅も範囲で設定します。この場合、増分は、スライダの動く幅になります。例えば、範囲が [10, 500, 5] の場合、定数が 10 から 500 の範囲で、5 ずつ変化することを示しています。[0, 1, 1] の範囲は、スイッチのオン・オフに使用できます。

もし、定数にどんな範囲も指定しない場合、Vensim は、モデルの値を参考に自動作成します。また、増分を指定しない場合は、範囲の幅を約 80 までの等間隔となるように増分を設定します。

13.1.5 モデル方程式

モデル方程式は、分かりやすく表示されています。範囲は、Units:(単位) のあとに角括弧 [] で表示されます。「望ましい軍事力1および2」を例外として、「~2」の方程式(偶数番号)は、「~1」の方程式(奇数番号)とまったく同じものであり、よってこれらの偶数番号の方程式は、ここでは表記しません。

- (05) 初期経済力1=100
Units: 円/年 [10,500,5]
- (07) 初期軍事力1=50
Units: 円 [0,200,5]
- (09) 必要となる軍事力1=MAX(0, 軍事装備の老朽化1
+ (望ましい軍事力1 - 総軍事力1)/軍事力の調整時間1)
Units: 円/年
- (11) 投資割当1=0.3
Units: Dmnl [0,0.6,0.05]
- (13) 投資効率1=0.15
Units: 1/年 [0.01,0.4,0.01]
- (15) 投資額1= 非軍事投資1 * 投資割当1
Units: 円/年
- (17) 最大軍事割当量1=経済力1 * 最大軍事割当1
Units: 円/年
- (19) 最大軍事割当1=0.4
Units: Dmnl [0,1,0.05]
- (21) 望ましい軍事力比2=1
Units: Dmnl [0,5,0.1]
- (23) 望ましい軍事力1=総軍事力2 * 望ましい軍事力比1
Units: 円
- (25) 経済力の成長1=投資額1 * 投資効率1
Units: 円/年/年
- (27) 経済力の耐用年数1=30
Units: 年 [3,80,1]
- (29) 経済力の衰退=経済力2/経済力の耐用年数2
Units: 円/(年*年)
- (31) 経済力1= INTEG (経済力の成長1 - 経済力の衰退1, 初期経済力1)
Units: 円/年
- (33) 総軍事力1= INTEG (軍事投資1-軍事装備の老朽化1, 初期軍事力1)
Units: 円
- (35) 軍事利用割当2= WITH LOOKUP (ZIDZ(必要となる軍事力2,
最大軍事割当量2),
[[(0,0)-(10,1), (0,0), (1,1), (10,1)],
(0,0), (0.4,0.4), (2,0.8), (3,0.9), (5,1), (10,1)])
Units: Dmnl
- (37) 軍事力の耐用年数1=20


- Units: 年 [2,60,1]
- (39) 軍事力の調整時間1=5
Units: 年 [1,20,1]
- (41) 軍事投資1=最大軍事割当量1 * 軍事利用割当1
Units: 円/年
- (43) 軍事装備の老朽化1=総軍事力1/軍事力の耐用年数1
Units: 円/年
- (45) 非軍事投資1=経済力1 - 軍事投資1
Units: 円/年

13.2 構造と振る舞いとスピード

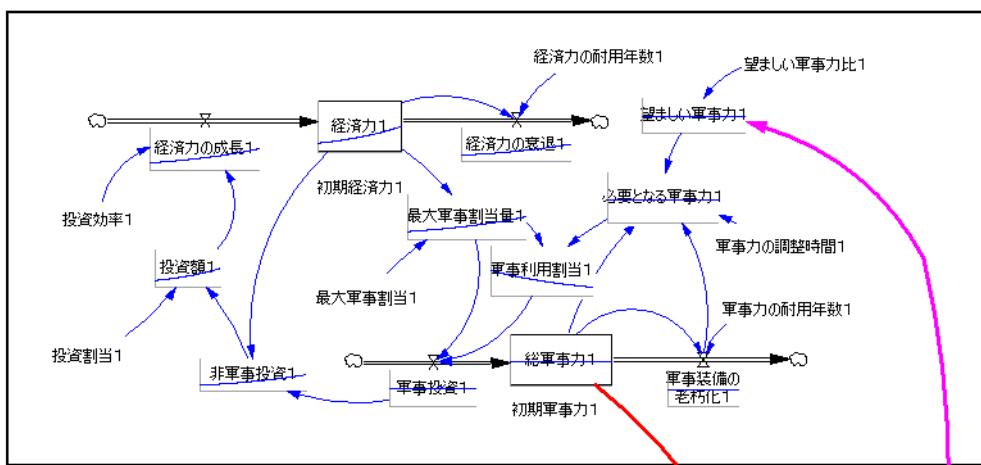
統合シミュレーションは、モデルの構造と振る舞いを、統合してシミュレーションできます。出来事や振る舞いと構造は階層として考えられます。つまり構造が振る舞いを生み、振る舞いのパターンによって出来事が生じるという見方です。

シミュレーションモデルは構造を表し、シミュレーションを通じた振る舞いを生みます。モデルの構造と振る舞いは、強い関連性を持ちます。しかし、モデルの構造が、どのようにして振る舞いを引き起こすか、理解するのは難しいかもしれません。構造に、振る舞いを重ね合わせて、直ちにその振る舞いを更新するのが統合シミュレーションです。

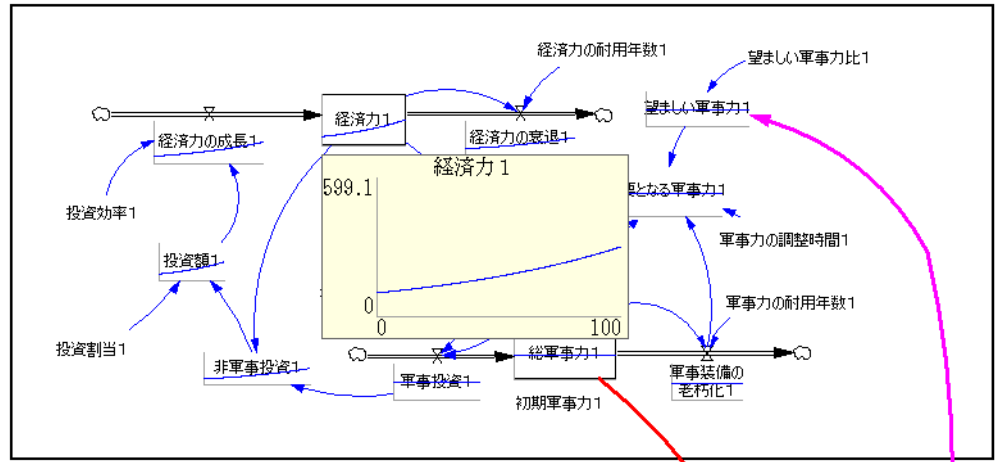
13.2.1 振る舞いの表示

- シミュレーションの実行  をクリックします。
- [表示] メニュー → [グラフ簡素表示] を選びます。または、**[B]**を押します。

以下のようになります。




ダイナミックな変数の時間による振る舞いが、スケッチに直接表示されています。スケッチ上で、振る舞いを表示しながら、変数や矢印を移動したり、方程式を変更することができます。カーソルを「経済力1」の上に移動してしばらくすると、簡素グラフが拡大されて表示されます。



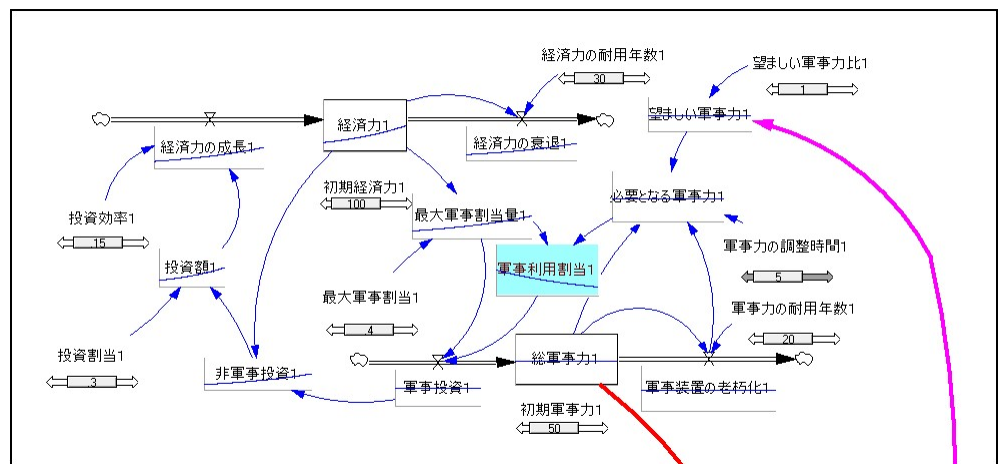
簡素グラフには「経済力1」というラベルが追加されています。また、X-軸やY-軸の値も簡素表示されています。変数をクリックし、作業変数とすることもできます。

多くのシミュレーションを作成した場合、それらは簡素グラフ上で、それぞれ異なる線の色で表示されます。制御パネルからデータセットを管理することによって、グラフに表示されるシミュレーション結果を操作できます。この例は、後で紹介します。

13.2.2 シミュレーションの作成

- 統合シミュレーションの実行  をクリックします。
- [データセット Current はすでに存在します。上書きしますか?] と表示されるので、[はい] をクリックします。

変数上のグラフに加えて、定数にスライダが表示され、表関数がハイライト表示されます。



すべての定数の名前のすぐ下に、自動的にスライダが作成されます。ボックス等の形状を持つ定数で、その名前が下に配置されている場合は、名前の上にスライダが作成されます。統合シミュレーションの実行中は、定数や表関数に変更を加えるたびに、シミュレー

ションされ、結果が反映されます。こうした変更には、いくつかの方法があります。

スライダの移動

スライダのボタンを動かすことで、定数を変更することができます。

- 「望ましい軍事力比 1」の下にあるスライダへカーソルを移動します。
- スライダを、マウスで押します。

ボタンが沈みます。スライダの今の位置を分かり易くするために、ポインタが少し動きます。


- スライダの値が「2」になるまで、ゆっくり右にドラッグします。

スライダを移動しながら、モデルのストックがどう変化しているか確認します。水平を示している総軍事力（総軍事力 1 と 2）のグラフが、だんだん S 字状に振る舞います。

もし何か手順が抜けていたら、バックアップして、再度試してください。


- マウスを放します。

移動させていたスライダは、グレーの元のスライダに戻ります。

- **Home** を押すか、最新の変更をリセット  をクリックします。

このスライダの値は、モデル値に戻り、元の初期条件でもう一度シミュレーションされます。軍事力のグラフが水平になるのを確認してください。

13.2.3 スライダ値の設定

スライダは、定数の方程式で設定された範囲の中で動きます。もし、範囲が設定されていなければ、定数の値に応じて自動計算された範囲で動きます。また、スライダのルール  をクリックすることで、定数の値とその範囲の両方を設定することもできます。

- 「望ましい軍事力比 1」の下にある、スライダのルール（スライダそのものではありません）をクリックします。

対話ボックスが開きます。間違っスライダのボタンをクリックした場合は、マウスを放して、もう一度やり直してください。

Slider control options for: 望ましい軍事力比 1

シミュレーションの使用値

スライダー設定

小	0	大	5	増分	0.1
---	---	---	---	----	-----

スライダーの変更を保存する (モデルを修正)

- [シミュレーションの使用値] を「2」とし、[小]「1」、[大]を「2」、[増分]を


「小」は最小値、【大】は最大値を意味します。

「0.01」とし、[OK] をクリックします。

「望ましい軍事力比 1」を「2」として、モデルがシミュレーションされ、結果が表示されます。スライダは、画面右端にあります。


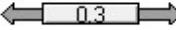
- スライダを動かして、結果を検討してみます。

スライダの値は、より細かく操作できるようになっています。

- [Home] を押すか、最新の変更をリセット  をクリックします。

「望ましい軍事力比 1」の値が「1」にリセットされます。しかし、スライダの幅は、変更したときのままです。スライダの幅は、表示画面を切り替えるか、統合シミュレーションを停止するまで変更されません。範囲を設定する時に、対話ボックスにある [スライダの変更を保存する (モデルを修正)] にチェックを入れた場合、モデルそのものが変更保存されます。

13.2.4 矢印キーの利用

マウスを利用してスライダの値を変更するだけでなく、矢印キーも使用できます。統合シミュレーションの実行中に、他とは異なって見えるスライダが 1 つあります。ほとんどのスライダはこのように  見えますが、その中の 1 つは、スライダのレールが  濃く表示されています。このように、レールが濃く表示されているものを、アクティブスライダといいます。スライダをクリックすることで、アクティブスライダになります。[Tab] (もしくは[Shift]+[Tab]) を押して、スライダ間を移動することもできます。しかし、定数を作成した順に移動するため、分かりにくいこともあります。

- 「望ましい軍事力比 1」の下のスライダをアクティブにします。もし選択されていなければ[Tab]でアクティブにします。
- 右矢印[→]を押します。
スライダの値が「1」から「1.01」になり、グラフに少し変化があります。もう一度[→]を押すと、値は「1.02」になります。
- 左矢印[←]を押します。

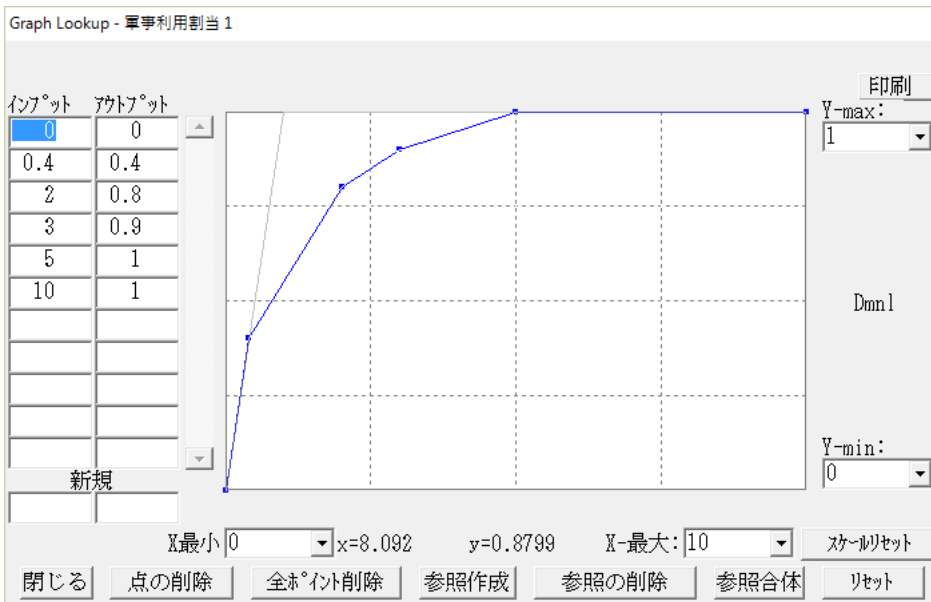
スライダの値が「.01」ずつ減少します。矢印キーは、定数の値を少しずつ動かしたい場合に、とても便利です。また、規模の大きいモデルにおいて、定数の値を変更するごとに、1 つだけシミュレーションを実行したい場合にも有効です。

13.2.5 表関数の変更

表関数の変更は、表関数編集ボックスを開いて、修正します。モデルに修正を加えると、シミュレーションが実行され、その結果が表示されます。

- 「望ましい軍事力比 1」の下のスライダをドラッグし、値を「2」にします。
- 「軍事利用割当 1」をクリックします。

表関数編集ボックスが開きます。



統合シミュレーションを実行中の表関数編集ボックスでは、[閉じる] ボタンだけではなく、[リセット] ボタンがあります。表関数編集ボックスで値を変更するごとに、モデルはシミュレーションされるため、変更を取り消すことはできません。[リセット] は、モデルの値を元に戻します。



この表関数は、最小値と最大値から得られた参照線（グレーで表示されています）を持ち、グラフはこの参照線上か、もしくはその下側に位置されます。





- マウスを、グラフの3つめの点の上に移動させ、この点を参照線までドラッグします。

点を動かすことによる変数の振る舞いを見ます。他の変数が隠れてしまう場合は、表関数編集ボックスのタイトルバーをドラッグすることもできます。

- [閉じる] をクリックし、対話ボックスを閉じます。

13.2.6 ツールバーでの変更

定数と表関数の変更は、モデル定数の変更  や、表関数の変更  でも可能です。これらは、定数や表関数のリストを持つ対話ボックスを表示します。


- モデル定数の変更  をクリックします。
- リストから、「望ましい軍事力比1」をクリックし、[変更] をクリックするか、 を押します。編集ボックスに、現在の値が強調表示で示されます。
- 「1.8」と入力し、 を押します。モデルがシミュレーションされます。「望ましい軍事力比1」の下のスライダの値が変更されています。
- [閉じる] をクリックします。
- 表関数の変更  をクリックします。

PLE と PLE Plus には対応しません。


- 「#軍事利用割当1#」（#は、Vensimによって追加されています）をクリックし、[変更]をクリックします。
- 先程のように表関数を変更し、[閉じる]をクリックします。

13.3 シミュレーション実験

ここまで、変数が1つのグラフだけを見てきました。特に重要なシミュレーションは保存することができます。また、簡素グラフにいくつかのシミュレーション結果を表示することもできます。

- 定数/表関数の変更を全てリセット  をクリックするか、**[Ctrl]+[Home]**を押します。

このリセットで、定数だけでなく、表関数の変更もリセットされ、シミュレーション結果は現在の「Current」ファイルに上書きされます。

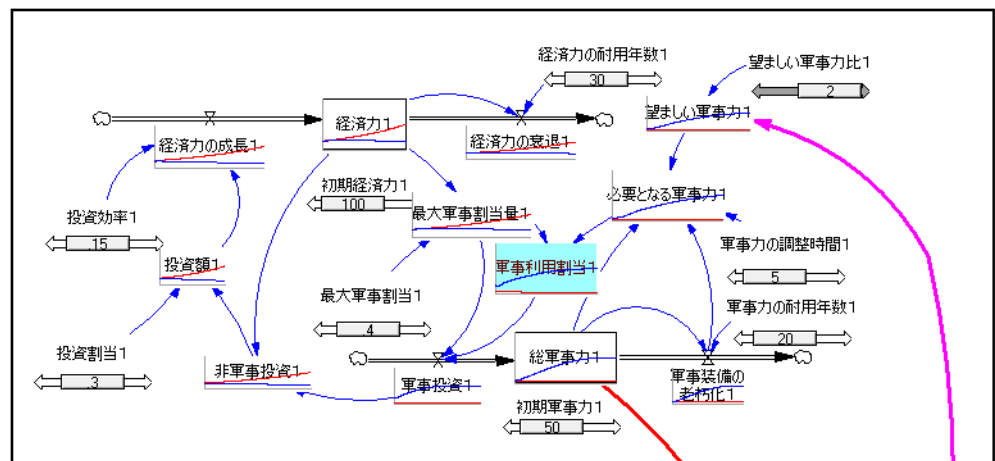
- この実行結果の保存  （シミュレーションの保存ファイル名ボックスの左にある）をクリックします。
- 「平時戦略」と入力します。
- [保存]をクリックします。


画面が点滅しますが、変化がないように見えます。これは、「平時戦略」が現在の「Current」の実行結果と同じだからです。引き続きシミュレーションを続行してゆきます。

- 「望ましい軍事力比1」のスライダを移動させ、「2」とします。



各変数に、2つのグラフが表示されます。

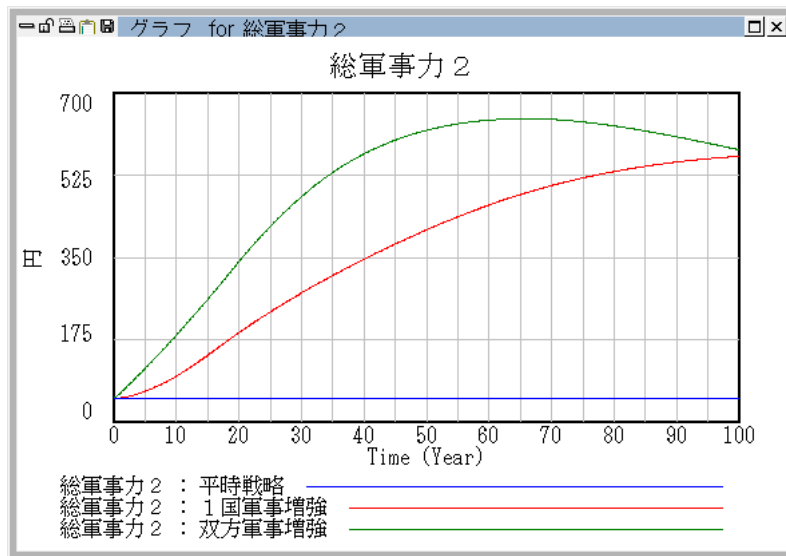
シミュレーション結果は現在の「Current」ファイルに上書きされます。




- この実行結果の保存  をクリックします。「1国軍事増強」と入力し、[保存]をクリックします。
- 「望ましい軍事力比2」のスライダを移動させ、「2」とします（この変数は、モデ

ルの下段にあります)。

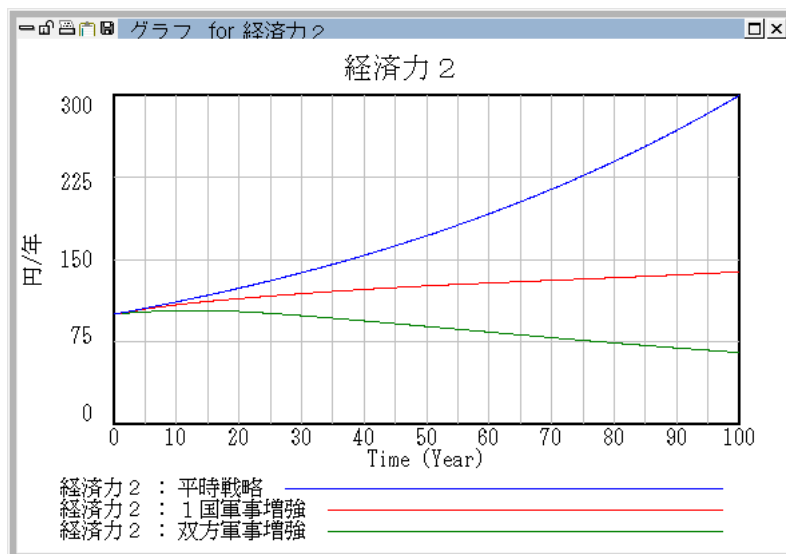
- この実行結果の保存  をクリックします。「双方軍事増強」と入力し、[保存] をクリックします。
- 「総軍事力2」をクリックし、グラフ  をクリックします。以下ようになります。



ファイル名 Current も表示されているので、「制御パネル」から[データセット]タブをクリックして、読込ファイルにある Current ファイルを選択し、移動  ボタンをクリックして、利用可能ファイルに移動します。

1国軍事増強と双方軍事増強が、どのようにほぼ同じ値に達するのかがわかります。

- 「経済力2」をクリックし、グラフ  をクリックします。






第2国が軍事力強化に積極的になるほど、経済活動が停滞し、軍事力もそう増強されません。望ましい軍事力比2の値を操作してシミュレーションを行うと、その値がある点を超えると総軍事力は低下を始め、値が2で100年後には総軍事力が「1国軍事増強」レベ

約 1.4 あたり

ルまで落ちてしまうことになります。

13.3.1 実行結果ファイルの読み込みと取り除き

制御パネルから、データセットの読み込みと取り除きや他の設定の変更ができます。時間軸の設定を変更した場合、簡素グラフには反映されませんが、グラフの表示が変わります。


- 制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブをクリックします。
- 「1国軍事増強」をクリックし、移動  ボタンをクリックします。
- 「平時戦略」をクリックし、移動  ボタンをクリックします。

これらの変更によって、簡素グラフは読み込まれたデータセットを反映して再表示されます。16個までのデータセットを読み込むことができますが、多くのデータセットを読み込んで役に立つことはめったにありません。

13.4 フィードバックループの遮断

モデルのシミュレーションによる振る舞いを理解する効果的な方法は、フィードバックループを遮断し、その変化を見ることです。統合シミュレーションでは、こうしたことが簡単にできます。

13.4.1 軍事競争の中断

- 定数/表関数の変更を全てリセット  をクリックするか、**Ctrl**+**Home**を押します。

これで、すべてのスライダを元の位置にリセットします（表関数もリセットされます）。もしスライダが1つしかなく、そのスライダがアクティブである場合、現在のスライダをリセットするのと同じです。

- 「望ましい軍事力比1」を「2」とします。

2本のグラフが重なり合って表示されます。表示されない場合は、「1国軍事増強」と「Current」が読み込まれているか確認してください。

- 「総軍事力2」を右クリックします（または、**Ctrl**を押しながらクリックします）。

定数値入力の優先対話ボックスが表示されます。

定数値入力: 総軍事力2

振る舞いを無効にする チェック記号を外してOKをクリックすれば、振る舞いが再度有効となります。

入力時間の型

定数(スライダ付き) 指数的增长 パルス

ステップ変化 指数の衰退 パルス列車

ランプ サイン(正弦波) 四角波


最小値 最大値

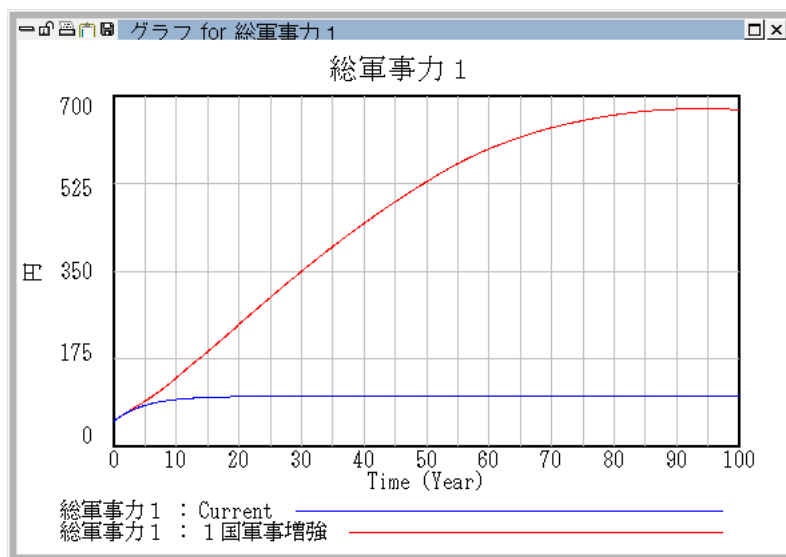
ストックを初期値で固定 定数の局所的变化を観察する場合に選択します。

変数に優先が設定されると、シミュレーションで計算された値ではなく、外部から入力された値が利用されます。この値は、定数または代替入力パターンを持つ値です。


- [最大値] に「1000」と入力します。
- [OK] をクリックします。

モデルが「総軍事力2」の定数 500 でシミュレーションされます。通常の方法で計算されていないことを示すために、「総軍事力2」は異なる色で表示されます。また、その下にスライダが表示されます。

- 「総軍事力2」の下のスライダをドラッグし、値を 50 に下げます。これは、この変数の初期値です。
- 「総軍事力1」をクリックし、グラフ  をクリックします。



「総軍事力1」が 50 で開始され、すぐに 100 に達し、そのままの値を保ちます。進行中の増加は見られません。

- ツールバーにある、優先の中止  をクリックします。

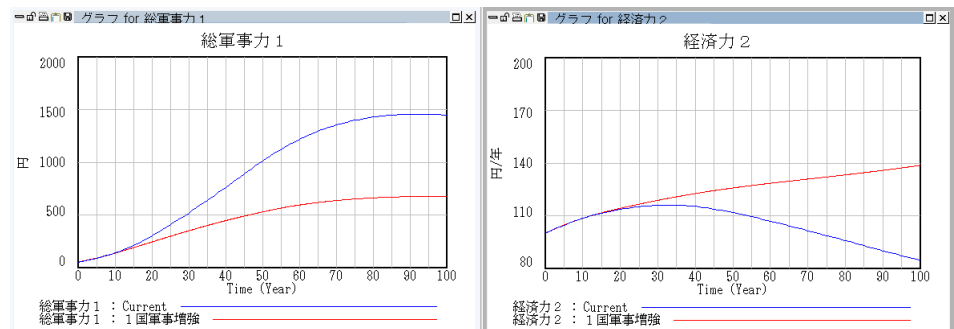
1 本の線のグラフが表示されます。

13.4.2 振る舞いの優先

このモデルでは経済力は、軍事力を生み出す能力に大きな影響を及ぼします。軍事投資がその能力に応じて決まるのであれば、その値を用いることができます。しかしながら、実際の軍事投資が、経済力を超えることはないので、このような定式化は困難です。このモデルにおいて、経済活動による制限をなくす適切な方法は、定数を作成するのではなく、軍事投資に影響を受けない経済活動をモデルに組み込むことです。

- 「経済力 1」を右クリックします（もしくは **[Ctrl]** を押しながらクリックします）。
- [指數的成長] のラジオボタンをクリックします。
- [初期値] を「100」とします。
- [成長率 (%/unit time)] を「10」とします。

他の変数の振る舞いを見てください。「総軍事力 1」がさらに増加しますが、まだ S 字を描いています。実際、「経済力 2」は 1 国軍事増強の実行結果よりも大きく低下し、その軍事力を制約しています。同じように、「経済力 2」も変更し、「経済力 1」への影響を見ます。



- 「経済力 2」を右クリックします（もしくは **[Ctrl]** を押しながらクリックします）。
- [指數的成長] のラジオボタンをクリックします。
- [初期値] を「100」とします。
- [成長率 (%/unit time)] を「10」とします。

シミュレーションによる振る舞いを見ます。両国ともに、軍事力が急速に増加しています。しかも経済力が抑制要因ではないことが分かります。なぜなら、どちらの国でも、軍事力生産の比率が小さく、しかも減少しているからです。



「軍事利用割当 1 および 2」の簡素グラフからこのことが確認できます。

- 「望ましい軍事力比 2」の値を「2」にします。

経済成長は、年 10 % の成長率であっても再び抑制されます。

13.5 制御パネルの作成

総合シミュレーションでは、簡素グラフに加えて、グラフと表を入出力オブジェクトとして操作することができます。

- シミュレーションの停止  をクリックします。
- 制御パネルの表示  をクリックし、[グラフ] タブをクリックします。
- [新規] をクリックします。
- 自作グラフ対話ボックスの [タイトル] を「軍事力の比較」とし、変数に、「総軍事力1」と「総軍事力2」を追加します。[名称] を「比較」と入力します。
- 変数名の左側の [目盛り] のチェックボックスにチェックを入れます。一番右の列の [Y 最小] に「0」、[Y 最大] に「800」と入力します。
- [Y 軸自動調整] にチェックを入れます。対話ボックスは以下のようになります。

[Y 軸自動調整] は、グラフの Y 軸範囲が [Y 最小, Y 最大] で設定された時に、変数値がこれらの範囲を超えた場合に Y 軸を自動調整する機能です。



名称: 比較

表の作成

タイトル: 軍事力の比較

隠す

タイトル

凡例

X軸名

X軸: [] 選択 X軸名: []

最小: [] 最大: [] X軸分割: [] Lb-Interval

Y分: []

スタンプ: []

コメント: []

タイプ: Norm Cum Stack


体裁: 点 塗り幅 [] 高さ []

目盛り	変数	データセット	ラベル	線幅	単位	Y最小	Y最大
<input checked="" type="checkbox"/>	総軍事力1	選択	[]	[]	[]	0	800
<input type="checkbox"/>	総軍事力2	選択	[]	[]	[]	[]	[]
<input type="checkbox"/>	[]	選択	[]	[]	[]	[]	[]
<input type="checkbox"/>	[]	選択	[]	[]	[]	[]	[]
<input type="checkbox"/>	[]	選択	[]	[]	[]	[]	[]
<input type="checkbox"/>	[]	選択	[]	[]	[]	[]	[]



進展グラフ(最大点) []

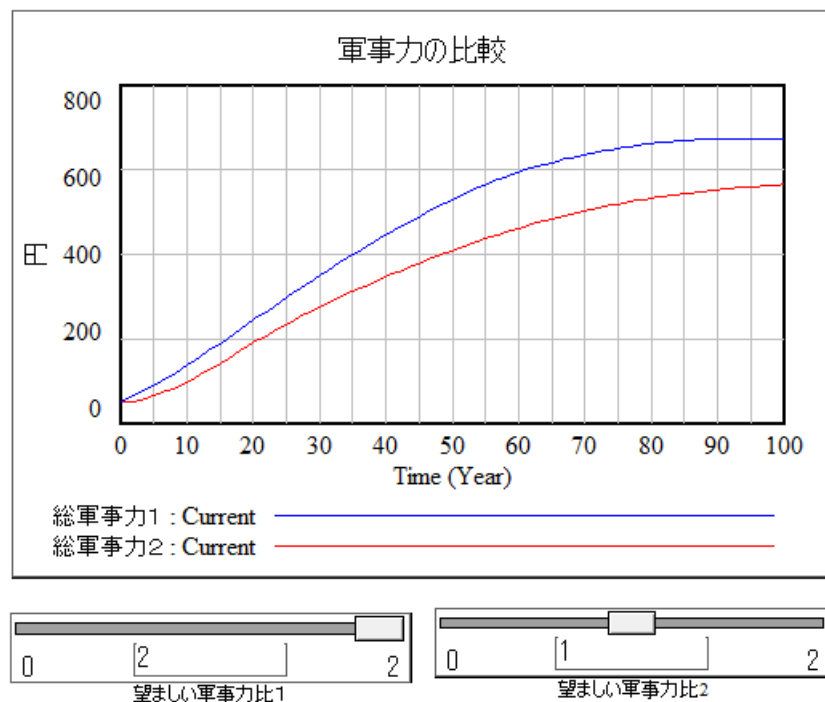
コピー 表示テスト Y軸自動調整

OK キャンセル

- [OK] をクリックします。
- [表示] メニュー → [新規ファイル] を選択します。
- 入出力オブジェクト  をクリックし、スケッチ上でクリックします。
- 対話ボックスの中の、[自作グラフ出力] のラジオボタンをクリックします。[自作グラフ/分析ツール出力選択] のドロップダウンボックス [▼] から、「比較」を選択し、[OK] をクリックします。

- グラフを大きくします。
- グラフの左下をクリックします。
- 入出力オブジェクトの対話ボックスで、[定数...] をクリックし、[望ましい軍事力比1] を選択します。
- [スライダ設定] の [範囲] で、[(最)小] を「0」、[(最)大] を「2」、[増分] を「.01」とし、[OK] をクリックします。
- グラフの右下をクリックします。
- 入出力オブジェクトの対話ボックスで、[定数...] をクリックし、[望ましい軍事力比2] を選択します。
- [スライダ設定] の [範囲] で、[(最)小] を「0」、[(最)大] を「2」、[増分] を「.01」とし、[OK] をクリックします。

スライダを少し大きくし、位置を調節します。制御パネルの表示  で「Current」を除くすべてのデータセットを [利用可能ファイル] に移動します。次に、統合シミュレーション  を実行し、スライダを移動させます。以下ようになります。



先程の表示画面に戻って、モデルに変更を加えることもできます。再度この表示画面に戻った時に、その結果をグラフに見ることができます。

13.6 添字と統合シミュレーション

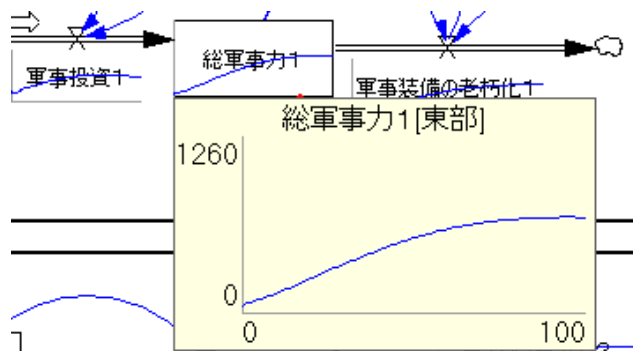
添字と統合シミュレーションについて簡単に紹介します。まず地域という添字範囲と、東部と西部からなる添字を作成します。添字範囲は数学で用いるベクトルや配列、そして添字はその要素に相当します。

地域：東部，西部

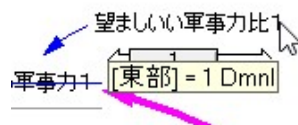
ユーザーズガイド第13章の「軍備競争4.mdl」はこうして作成された添字付きモデルです。

このモデルを開いて統合シミュレーションを実行すると、変数に対して1つのグラフが表示され、定数にはスライダが表示されます。[添字 (配列) の作成] をクリックして開く添字制御ボックスで、表示する添字が管理されています。選択されている組合せの最初の添字が表示されます（もし添字が選択されていない場合には、最初の添字が表示されます）。

グラフにおいて、どの値（添字）が表示されているのかを確認するには、グラフの上でマウスを動かして表示されるポップアップグラフで確認できます。例えば以下のグラフは、「総軍事力1」に添字が設定され、その「東部」の値が表示されています。



また定数についても、その変数名上でマウスを動かして表示されるポップアップで確認できます



注意

この場合スライダではなく、変数名上でマウスを動かします。

スライダのハンドルをクリックすることで、別の添字を参照させることもできます。以下のように表示される対話ボックスで、添字を変更します。

添字は DSS と Professional 版のみに対応し、第17章で説明します。

スライダー制御オプション: 望ましい軍事力比1 [東部]

シミュレーション の使用値	2	添字設定	[東部]	編集
スライダー設 定	小 0	大 5	増分 0.1	
<input type="checkbox"/> スライダーの変更を保存する(モデルを修正)				
OK		キャンセル		

別の添字を設定します。新しい添字がスライダーに反映されます。また [編集] ボタンで、添字の全ての定数を変更することができます。但し、表示しているスライダーの添字は変更しません。

第 14 章

実現性の点検

問題を検討するために、モデルは作成され、利用されます。モデルを作成したのち、その実現性を確認するために必要な点検があります。これらの点検は、明示的で、その振る舞いなどを見るものがある一方で、メンタルモデルとの比較やモデル作成過程における検討があります。いずれの場合であっても、これらの点検は大変重要で、作成したモデルが実際に応用される課題に適用可能であることを保証するうえで重要です。

実現性の点検は、モデルにおいて成立するはずの条件文を作成し、その条件文を自動的に検証します。実現性の点検は、作成したモデルを検証するための新しい技術です。この点検によって、現実についてのかたくなな信念にもとづいてなされた特殊なモデル仮定から離れて議論をすることもできます。

本章の内容は以下の通りです。

- 実現性の点検の概念を紹介します。
- 制約式とテスト入力を定義する方法を示します。
- 実現性の点検方程式への適合性をテストする方法を示します。
- 実現性の点検を使用した例を示します。

14.1 モデルと実現性

モデルは現実を表現するものであり、現実の認識でもあります。モデルの有効性を検証するには、現実が、モデルの中でも再現されているかどうか重要です。この検証は、測定値とモデルの振る舞いを比較することで行われます。この比較は時系列データの振る舞いを対象に、その変化だけでなく、モデル条件式を変化させた感度テストなどで検討します。

モデルの妥当性を検証する方法には、そのモデル構造についての検討もあります。モデルのユーザーは、意思決定を行う上で、わからない情報は必要としません。因果関係をはっきりさせておく必要があります。

モデルの構造とその振る舞いには、滅多に生じないケースを考えることができます。つまり“もし・・・となれば・・・となる”という文ができれば、モデルの問題を見つけて、モデルの信頼性を高めることができます。

ほとんどの場合、モデルが妥当であることを検証する条件文は非常に重要です。その検証の多くは、完全なモデルを使うのではなく、モデルの一部や場合によっては、関係式

にもとづき行われます。このとき、モデル作成者の経験が必要になります。

しかしながら、これまで行われてきたモデルの検証は、十分であったとはいえません。なぜなら、従来のモデル検証は、モデルの一部を切り取ったテストであったり、異なる入力値による振る舞いを見たり、基本のモデル構造を変更したり、多くのシミュレーションを行っているに過ぎません。こうした検証を行ったとしても、モデルの修正が必要となったり、その修正効果はテストされないためです。

実現性の点検方程式はモデルが妥当であるために必要な条件文を作成します。また自動的に、こうした条件文の適合性を検証します。作成した条件文は、モデルのバージョンには縛られません。なぜならこうした条件文は、通常モデル方程式とは区分されていて、モデルの通常関数には影響しないためです。またモデルに与えた条件式に反しているかどうかを簡単に確認することができます。

14.1.1 専門家の役割

実現性の点検方程式は Vensim モデリング言語を拡張したものです。実現性の点検方程式を書くために要求されるスキルと経験は、モデルを描くために要求されるものとは異なります。実現性の点検方程式は、現実の振る舞いを対象にします。それらは、振る舞いを発生させる構造を必要とはしません。実現性の点検方程式は、振る舞いの条件を作成し、モデルが条件に従った反応を行っているかどうかを点検します。

実現性の点検は、振る舞いだけを対象にしています。したがって条件式の作成は、こうした振る舞いに対して専門的な知識を持つ人が適しています。専門家の知識を入れることで、モデルのバグを直すよりも、有効な検証ができます。そのことでモデルの信頼性が高まります。

14.2 実現性の点検方程式の定義

Vensim に方程式を入力するのと同じ方法で、実現性の点検方程式は入力します。実現性の点検方程式の入力には、スケッチツールを使用します。また方程式エディタやテキストエディタを使うこともできます。構造的には実現性の点検方程式はモデル方程式ではありません。しかし、その定義には、モデル変数を使用します。実現性の点検方程式が実行される場合、それらは、モデル変数の値を変更すると同時に、これらの変数の計算にもちいた方程式を変更します。繰り返しますが、実現性の点検方程式は因果の構造を示すものではなく、振る舞いを示すものであることに注意してください。つまり“もしこのことが生じれば、あのことも生じるはずである”という振る舞いの関係です。

実現性の点検方程式の命名規則は、モデル変数と異なります。モデル変数は、わかりやすい名詞が適しています。例えば、「労働力」、「生産性」、「能力」、「決定」「貯蓄性向」などです。これに対して、実現性の点検方程式は、点検の本質を示す簡潔な文章が適しています。例えば「労働者いなければ生産なし」、「雨は洪水をもたらす」のようにします。実現性の点検方程式に名前を付けるための良い方法は、それらが正しいか誤りかを考え、その条件文が成立する場合の文章にします。

実現性の点検を行ううえで、2種類の方程式があります。それらは制約式とテスト入力です。制約式は、与えられた条件から得られる結果についての条件文を作ります。制約式

と言われるのは、テスト入力がある振る舞いを制約する条件を特定するためです。制約式の違反は、モデルに問題があることを意味します。テスト入力は、制約式をもたらす条件や状況を特定する方法です。テスト入力が制約式で利用されるので、最初に説明します。

14.2.1 テスト入力

テスト入力はモデル変数の方程式を変更することによって、代わりに条件文を定義することができます。テスト入力の基本的な形式は以下のとおりです。

名前 : TEST INPUT: 変数 = 式表現

「名前」はテスト入力の名前です。「TEST INPUT」の右側には、変数の条件式を入力します。この変数はモデル変数です。

条件式では、動的な関数 (SMOOTH など) や定義された関数やマクロなどは利用できません。こうした機能が必要な場合は、テスト入力に用いることができるモデル変数を作成します。

テスト入力を定義する理由は、検討する条件に名前をつけることです。これによって制約式がよりわかりやすくなります。

動的なテスト入力

テスト入力には、一定時間後に値を変化させることが有効な場合もあります。例えば、時間が 10 から 12 の間に、生産を 0 に減少させることを考えます。この種の変化は、実現性の点検を完成したり、テスト入力に対するモデルの振る舞いを検討したりする上で役立ちます。

時間的な変化を持つテスト入力には、RC で始まる関数を使います。例えば、RC COMPARE、RC DECAY、RC GROW、RC RAMP、RC STEP があり、その詳細はリファレンスマニュアル "Reality Check Functions" にあります。これらはすべて以下のように定義します。

生産をゼロに : TEST INPUT: 生産 = RC RAMP(生産, 0, 10, 2)

このテスト入力は、時間が 10 から 12 までの間 (継続時間が 2)、生産を連続的に 0 まで減らします。

RC で始まる関数は全て、開始時間と継続時間という 2 つのオプションを持ちます。もし継続時間が省略された場合、テスト入力の変更された値はシミュレーションの最後まで利用されます。また継続時間が入力されていれば、その後は元の値に戻ります。もし継続時間を指定すれば、テスト入力はその間値を変更し、その後は変数値は正常に計算された値に戻ります。但し、多くの場合復帰後は、正常なシミュレーションで得られる値とは異なる値となります。

もし開始時間 (上記の例では 10) が省略され、モデルが定数 RC START TIME を含む場合、指定された変更はこの時間に開始します。もし、RC START TIME がモデルにない場合、変化は INITIAL TIME + TIME STEP に開始します。

RC START TIME は便利に利用できます。なぜなら、変化をもたらす時間がシミュレーションの範囲時間内で自由に設定できる一方で、RC 関数の他の引数はそのままにしておけるからです。シミュレーションの途中でテスト入力をスタートさせることはとても

RC は Reality Check(実現性の点検) を意味し、すべて実現性の点検関連の関数式に用いられます。

役立ちます。なぜならそれはスタート時の振る舞いがモデル検証を干渉することを回避したり、また異なった変数の値でモデル検証をすることが出来るようにしてくれるからです。

14.2.2 制約式

制約式は以下のようになります。

名前 :THE CONDITION: **条件式** :IMPLIES: **結果式**

:THE CONDITION :と: IMPLIES :は、Vensim の特別なキーワードです。条件式と結果式は、以下に示すような論理式です。制約式の名前は、Vensim のその他の変数名と同じように、文字と数字を使用します。制約式は、変数のような計測単位を必要としません。しかしテキストエディタを使用する場合、その式では単位の場合にチルダ (~) を入力する必要があります。他のモデル変数と同様に制約式にコメントを付けることもできます。

論理式

制約式は、条件式と結果式を使用します。それらは論理表現であり、以下のようなものです。

資本がなければ生産もなし :THE CONDITION: 資本 = 0
:IMPLIES: 生産 = 0

実現性の点検方程式をテストした場合、条件式が成立する場合に、結果式も成立するかどうかを点検します。条件式が成立していても、結果式が成立しない場合は、実現性の点検が失敗したことになります。

論理式では、=、>、<、<>、:OR:、:AND:、:NOT: などを用いてより複雑なものも作成できます。

人口 > 8E9 :AND: (食料割合 < .75 :OR: 人口 > 限界人口)

この式では多くの事が比較されています。つまり、「人口 > 8E9」であり、なおかつ、「食料割合 < .75」であるか、または「人口 > 限界人口」が成り立つ場合、この条件式が成立することになります。論理式は、一見して理解することは難しいので、あまり多くの条件を与えないようにします。結果式についても、多くの項目を:AND: で結び付けることができますが、あまり複雑にすると役に立ちません。

制約式における条件式は、変数間の比較もしくは変数と数値の比較に限定されています。唯一の例外は、変数=式表現もしくは、テスト入力の利用です。

したがって、以下は、変数 < 式表現 となっているために間違いです。

扶養量よりも多い人口 :THE CONDITION: 人口 < 扶養量 * 1.1
:IMPLIES: 過密による死亡 < 1000

変数=式表現 を用いた正しい条件式は以下の通りです。

扶養量よりも多い人口 :THE CONDITION: 人口 = 扶養量 * 1.1
:IMPLIES: 過密による死亡 < 1000

この方法で、制約式の条件式に条件を含むには、TIME TRANSITION を使用し、テスト入力の規則に従わねばなりません。

テスト入力は、以下のように、制約式の条件式に使用されます。

扶養量よりも多い人口 :THE CONDITION: **扶養量よりも多い人口の加算**
:IMPLIES: **過密による死亡 < 1000**

「扶養量よりも多い人口の加算」はテスト入力です。テスト入力は、それが成立するならば有効ならば真を、そうでないならば偽の値をとる論理変数とみなされることに注目してください。

制約式の条件文では、関数 (MIN、MAX、SUM など) の使用が制限されています。しかし結果式の条件文では制限がありません。

結果式の同一性をテストすることはあまり有効ではありません。なぜなら計算方法によって、値の微妙な違いが生じることがあり、そのために同一と見なされないことがあるためです。

14.2.3 結果式における動的なテスト

RC 関数をテスト入力に持つ実現性の点検方程式は、通常、結果式では RC...CHECK 関数を用います。RC...CHECK 関数はテスト入力における RC... 関数とよく似ています。テスト入力が変数の値を変更させた際に、それがもたらす結果を比較します。 RC...CHECK 関数は、RC... 関数よりも引数が増えます。それは猶予期間であり、結果が反映されるまでの遅れを考慮するものです。例えば以下ようになります。

生産をゼロ :TEST INPUT: **生産 = RC STEP(生産,0)**

生産なければ出荷なし:THE CONDITION: **生産をゼロ**
:IMPLIES: **販売 <= RC RAMP CHECK(.5, 販売,.0001)**

テスト入力は生産を「実現性の点検開始時点」でゼロにします。その猶予時間 0.5 時間後に「販売」が「実現性の点検開始時点」の販売を 0.0001 倍したものよりも少ないかどうかを点検します。ゼロではなく、0.0001 を用いるのは、連続性のもとで発生しやすいやっかいなエラーを回避するためで、有効なやり方です。

猶予期間は全ての RC...CHECK 関数の第 1 引数になります。例外は RC COMPARE CHECK 関数で、実行変数名と比較変数名が、それぞれ第 1、第 2 引数となります。

14.2.4 :CROSSING:

実現性の点検における結果式において、:CROSSING: や:AT LEAST ONCE: が > や < の大小比較関係を用いて、以下のように使用されます。

... :IMPLIES:
在庫 > :CROSSING: RC STEP CHECK(0, 在庫,1)

この結果式は、「実現性の点検開始時点」の在庫が最初は基準値より大きく、その後少なくなり、少ないまま推移することが確認できるかどうかを点検します。:CROSSING: が 2 つある場合は以下ようになります。

在庫 > :CROSSING: :CROSSING: RC STEP CHECK(0, 在庫,1)

TIME TRANSITION 関数は陳腐化しており、RC 関数を使用するようにして下さい。

大小関係を横断するという意味。

この場合、在庫はスタートから増大し、その後減少し、そして再び大きくなり、そのまま推移するかを点検します。

:CROSSING: を 1 回以上用いる場合、その最後に:IGNORE: を使うことによって、その回数の横断後は、それ以上の横断を無視することになります。

したがって以下の場合、在庫は当初増加し、その後減少しますが、その後の在庫量は考慮しません。

```
在庫 > :CROSSING: :IGNORE: RC STEP CHECK(0, 在庫, 1)
```

14.2.5 :AT LEAST ONCE:

:AT LEAST ONCE: は、:CROSSING: と似ています。これは、「実現性の点検開始時点」後に、条件式が 1 度だけ真になることを意味します。

つまり以下の条件文は、「在庫」が「実現性の点検開始時点」の値よりもシミュレーション実行中に常に大きいか、または少なくとも 1 度はそれよりも大きくなければならないことを示しています。もし在庫値が元々大きい場合は、一度それ以下に横断しても、条件式は真となります。

```
在庫 > :AT LEAST ONCE: RC STEP CHECK(0, 在庫, 1)
```

14.2.6 空の条件式

制約式における条件式の箇所を以下のように空にすることもできます。

```
負債上限:THE CONDITION: :IMPLIES: 負債 < 4E6
```

これはどんなことが起きようとも、負債が 4 百万を越えないことを意味しています。空の条件式は、実現性の点検が実行された場合に、受動的に実施され、上限を超える負債をチェックします。この簡単な例では、負債の最大値を 4 百万に設定し、それを越えた場合は、警告の解除がなされていないければメッセージを表示します。さらに空の条件式は、より一般的な表現式を評価する場合に使用できます。

14.2.7 結果式におけるワイルドカードテスト

すべての変数が制約式を満たすかどうかをテストするには、変数名ではなく、ワイルドカード * を用います。

```
全世界の平和 :THE CONDITION: FINAL TIME=101
:IMPLIES: * < 1E9 :AND: * >= -1E3
```

これはすべての変数が、-1,000 から 10 億の間にあるかどうかを点検しています。条件式に「FINAL TIME=101」としたのは、シミュレーション時間が 100 に設定されている場合にもう 1 年余分に実行するという条件式を空の条件式に代わって用いることにより、点検に必要な時間を確保するためであり、もし空の条件式であれば、点検が 100 までの時間で受動的に行われることになるからです。

ワイルドカードとは、コンピュータ検索時に任意の文字列に代用される記号のことです。通常は * が用いられます。

14.3 シミュレーションと実現性の点検

実現性の点検方程式を実際に操作する前に、モデルの中で何が起きているのかを簡潔に説明するのが役立つでしょう。実現性の点検方程式はモデルの基本構造にシステム的な介入をします。それらは、うまく定義された影響の経路が無いという感度分析とは質的に異なります。テスト入力と制約式は、モデルのどの時点でも変化をもたらすことができます。

実現性の点検方程式の実行中に変化をもたらすために、Vensim はモデルを再構築し、計算式を追加したり、それらの式が成立するように順序を修正します。実現性の点検方程式の計算後は、元のモデル構造に戻します。このことは、テスト入力を有効にして波及効果を分析すれば、驚くようなそして正しくない結果がもたらされるということを意味します。

時には、モデルを再構築したり整理しなおしたりすることでモデルが不適切になるかもしれません。最も多い問題は、モデルが同時方程式を持つため、値が計算できないことです。このような場合、Vensim は問題を報告し、シミュレーションは行われません。実現性の点検方程式は振る舞いの関係だけを考慮するという性格上、同時方程式の存在は必ずしも概念的な問題を引き起こすということにはなりません。シミュレーションの妨げとなります。可能であるならば、同時方程式を回避するために、それらの問題を引き起こしているテスト入力を再定式化して下さい。

注意 実現性の点検方程式は、インタープリタ（1行処理）として実行され、コンパイルされません。なぜならば、方程式の連続的な再構築が必要だからです。

14.3.1 能動的な制約式点検

能動的な制約式テストの実行中は Vensim は制約式の条件式が真であるとみなして、必要ならば変数の値やモデル構造を変更します。

- 条件式が等式条件であるか、またはテスト入力であれば、モデル方程式に方程式を追加します（この方程式は変数のオリジナルな計算式を参照するというを想起して下さい）。そしてこの変数の新しい値は、その変数が使用される場所でも使用されます。
- 条件式が不等号であれば、その不等号が真であるかどうかをテストします。
 - － もし真ならば、変数の値はそのままです。
 - － もし偽ならば、それが等式条件であるかのように値を割り当てて真とします。

条件式をこのように強制的に真として、Vensim はその結果式も真になるかどうかをテストします。

14.3.2 受動的な制約式点検

受動的な制約式点検では、Vensim は制約式（条件式と結果式）双方の半分を論理式として評価します。もし条件式が真で、結果式が偽となれば、エラーを報告します。

実現性の点検では、明示的に能動的とされなかった制約式はすべて受動的な制約式としてテストされます。この点検は通常のシミュレーション中には実行されません。

14.3.3 エラーのレポート

制約式の違反は、表関数のオーバーフローと同様に報告されます。制約式が最初に違反となった時点で、エラーが報告されます。そして制約式がもはや違反となくなった時点でメッセージが送られます。同様にして、次々に違反が報告されます。

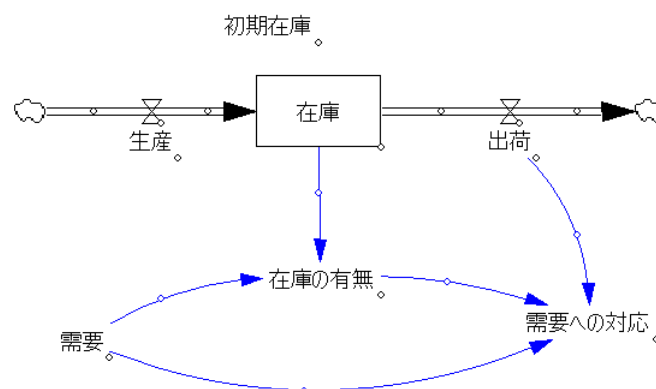
14.4 実現性の点検方程式の入力

実現性の点検方程式は通常の数式と同じように入力します。テキストエディタでは、それらを入力するだけです。スケッチエディタでは、テスト入力や制約式の原因として全ての要素が点検できるように、それらを描く必要があります。テスト入力や制約式はモデルの因果構造の部分構成するものではありません。さらに、テスト入力の右項は、テスト入力に与えられる変数の原因としては表示されません。したがって、以下の方程式は、その下の図のようになります。

在庫 = INTEG (生産 - 出荷, 初期在庫) ~|

在庫の有無 : TEST INPUT: 在庫 = 3 * 需要 ~|

需要への対応 : THE CONDITION: 在庫の有無
: IMPLIES: 出荷 >= 需要 ~|




実現性の点検で用いられる因果関係や方程式は、通常モデルとは分けた方がわかりやすいです。そのための便宜的な方法として、グループを用いたり、別の表示画面を作成したりします。

この図では、こうした変数が混在しています。「需要への対応」への矢印は、因果を示すものではなく、その真偽を知るためのものです。したがって因果関係の図と混在するため理解が難しくなります。したがって実現性の点検では、モデル構造との混乱を避けるために専用の表示画面を作成します。

また実現性の点検の名前を工夫することで、よりわかりやすいものになります。例えばテスト入力には、変数名に“TI”を、制約式には“RC”を付けることがあります。

TIは Test Input、RCは Reality Check の頭文字です。

14.4.1 方程式エディタ

実現性の点検は、通常の方程式と同じように入力します。まず変数を作成し、つぎに方程式  で方程式編集対話ボックスを開きます。[タイプ]に [Reality Check] を、その[副タイプ]に [Constraint] か [Test Input] を選択します。そのうえで方程式を入力します。


本文では Reality Check は実現性の点検、Constraint は制約式、Test Input はテスト入力と訳していますが、現バージョンではこの部分の Vensim 翻訳ができない状態です。



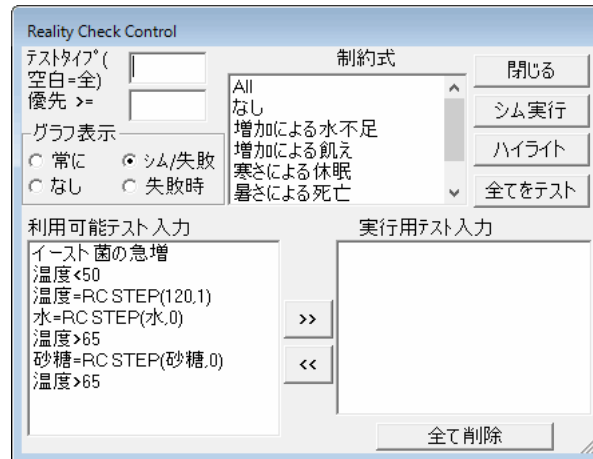
[タイプ]に [Reality Check] を選択すると、通常 [小] [大] ([増分]) となっているボックスの下の部分が、[制約式タイプ] [優先順位] に変わります。ここでは、制約式タイプと優先順位の数字を入力します。制約式タイプには 0 から 64 までの整数を、優先順位はどんな値でもいいですが、1-10 が一般的な優先順位です。詳細は以下で説明します。

14.5 実現性の点検実行

実現性の点検は、最初のシミュレーションの設定で実行され、次に、入力した実現性の点検方程式をテストします。

実現性の点検方程式は、ツールバーもしくは、シミュレーションの制御ボックス（詳細は、リファレンスマニュアルの"Simulating Models"にあります）から開始できます。他の通常のシミュレーションと同じように、変更や調整ができます。このあと、シミュレーション制御ボックスの実現性の点検をクリックするか、もしくは、ツールバーの実現性の点検  をクリックします。

実現性の点検方程式を開始した場合、実現性の点検制御ボックスが現れます。



テストタイプ は、実現性の点検を行う数字を特定します。ここが空白ならば、すべての数字がテストされます。実現性の点検の数字は、方程式編集における [制約式タイプ] において設定します。テキストエディタを使う場合は、単位を設定する場所に [] で閉じて設定されます。例えば (~[制約式タイプ, 優先順位]) となります。この設定は、[全てをテスト] を用いる場合のみ有効です。

優先 >= は、設定された優先順位かそれ以上の番号を持つ制約式だけをテスト対象にします。この設定は、[全てをテスト] が選択された場合のみ有効です。

注意 制約式が特定の優先順位を持たない場合は、最大の優先順位を持つものとして扱われます。また制約式が特定の制約式タイプ数を持たない場合は、すべてのタイプ数に対応するものとして扱われます。

グラフ表示 制約式の結果式にある変数が、本来適合すべき振る舞いに対してどのようになっているのかを表示します。これは以下のグラフツールを選んで利用でき、どの点で間違いが生じているのかを理解するうえで有効です。

- [常に] それぞれの制約式点検について、グラフを描きます。
- [なし] グラフ出力をしません。
- [シム/失敗] 実現性の点検が失敗した際にグラフを表示します。また、[シム実行] や [ハイライト] ボタンを選択してシミュレーションを実行したときにも表示します。
- [失敗時] 実現性の点検が失敗した時だけグラフを表示します。[全てをテスト] を選択した場合は [シム/失敗] と同じこととなります。また、[シム実行] や [ハイライト] を使う場合は、点検が失敗するまではグラフ表示されません。

制約式 入力された制約式のリストです。リストのなかの1つをクリックすることで、それに対応するテスト入力が増強表示されます。こうしたテスト入力を複数選択することもできます。

利用可能テスト入力 モデルにおけるテスト入力のリストです。このリストは、定義されたテスト入力のすべてで、制約式の条件式で論理表現によって比較される式をすべて含んでいます。比較は直接行われ、その名前はありませす。

>> 強調表示されたテスト入力リストを実行可能にします。

<< 強調表示された実行テスト入力を取り除きます。

リストにある要素をクリックすることで強調表示されます。**[Ctrl]+**クリックは、強調表示のトグル（追加・削除）となります。さらにダブルクリックは、リスト間の移動となります。

実行用テスト入力 実行可能なテスト入力を示します。これらはシミュレーションボタンがクリックされた際に利用されます。クリックすることで要素が強調表示されます。**[Ctrl]+**クリックは、強調表示トグルします。ダブルクリックは、リストから除外します。

全て削除 [実行用テスト入力] の要素をすべて取り除きます。

シミュ実行 [実行用テスト入力] の要素を用いてシミュレーションを行います。それ以外の制約式は無視されます。シミュレーションが問題なく実行されると、結果式は通常のものと同様に保存されます。その結果式は、ツールを使って分析することができます。しかし、因果の探索が、期待通りのものになるとは限りません。なぜなら、シミュレーションの間にモデルの構造が変化している可能性があるためです。

ハイライト実行 制約式リストにおいてハイライト（強調表示）されている要素を用いてシミュレーションを行います。制約式の論理構造の状況によっては、複数のシミュレーションが必要になることもあります。最後に実施されたシミュレーションは、通常のものと同様に保存されます。

全てをテスト 全ての制約式をそれぞれテストします。制約式の論理構造の状況によっては、複数のシミュレーションが必要になることもあります。このテストは時間を要します。そのエラーなどはウィンドウに表示されます。[全てをテスト] はシミュレーションの結果式を保存しませんが、実現性の点検の結果式を表示します。

閉じる 実現性の点検制御ボックスを閉じます。

14.5.1 実現性の点検ツール

分析ツールセットに、実現性の点検ツールを追加することができます（PLE と PLE PLUS には対応しません）。このツールは実現性の点検を行うショートカットであり、制約式を強調表示し、[ハイライト実行] をクリックします。現在選択されている制約式を使います。もし作業変数が制約式でなければエラーメッセージを表示します。

14.5.2 実現性の点検の結果式


実現性の点検の結果は、テキストウィンドウに表示されます。そこには、どの制約式が点検され、どの制約式が破られたのかを示します。

このウィンドウは、[シミュ実行] や [ハイライト実行] もしくは [全てをテスト] が実行されるたびに表示されます。

14.5.3 シミュレーション結果の検討

[シミュ実行] もしくは [ハイライト実行] をクリックするごとに新しいシミュレーションが作成されます。このシミュレーションは、[シミュレーションの保存ファイル名] の名前で作成されます。実現性の点検制御ボックスが開いている間は、シミュレーションの結

果は通常のものと同様に扱えます。したがって別のシミュレーションを作成したり、別の結果と比較検討することができます。しかしシミュレーションの結果は、上書きされます。もし 2 種類の実現性の点検を比較したい場合は、1 度実現性の点検制御ボックスを閉じて、別のシミュレーション名で実現性の点検を実行します。

注意 シミュレーションの準備  を用いて、定数の値を変化させた場合は、実現性の点検を実行中はその値が用いられます。

14.6 イースト菌の成長における実現性の点検

実現性の点検方程式の書き方と使い方の手順を示すには、単純な例を使って操作することが有効です。水の入った皿の中のイースト菌の成長をモデル化するとします。水は、一定の温度で、一定量の砂糖が入った状態です。

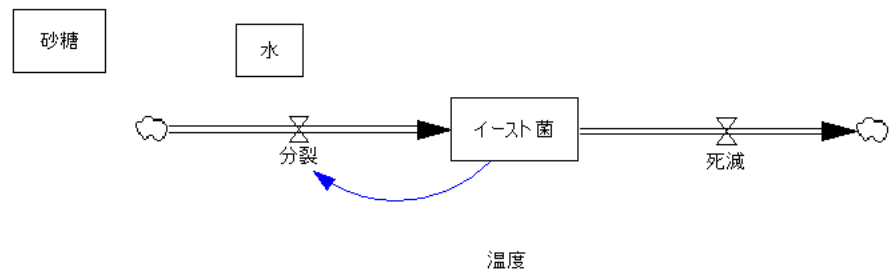
まず始めに、満たされるべき実現性の点検方程式を、いくつか挙げます。

- 温度が 50 度以下になると、イースト菌の成長は停止し、休眠します。
- 温度が 100 度以上になると、イースト菌は死滅します。
- 砂糖がなく、休眠状態でなければ、イースト菌は死滅します。
- 水がなく、休眠状態でなければ、イースト菌は死滅します。
- イースト菌が成長し続ければ、全ての砂糖を消費します。
- イースト菌が成長し続ければ、全ての水を消費します。

またイースト菌は、分裂により再生し、適切な条件式であれば、10 分で倍増します。

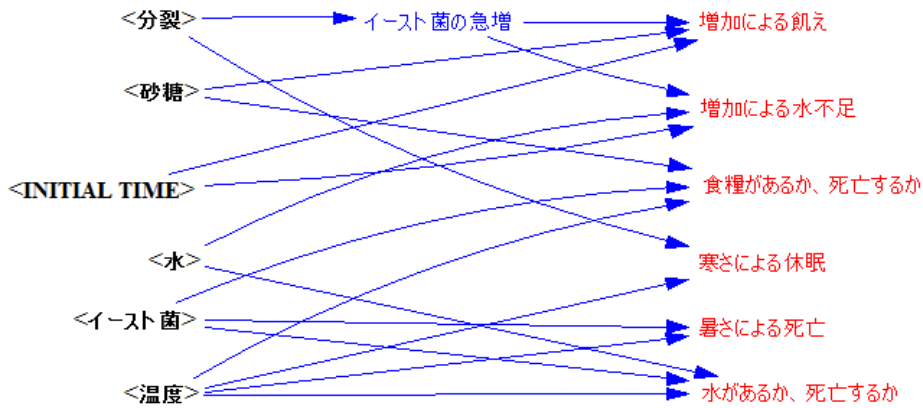
14.6.1 テスト入力と制約式

実現性の点検方程式をテストするのに必要な変数を定義することからモデルの作成を開始します。次に、実現性の点検方程式を入力します。実現性の点検方程式は、イースト菌の数、水の量、砂糖の量、イースト菌の分裂数、温度についての概略を表します。ストックを確認しながら、以下のような骨格のモデルを作成します。



わかりやすくするために、2 つめの表示画面に、実現性の点検方程式を作成します。ま

ず始めに、モデルのすべての要素を代行変数として作成することです。代行変数の使用により、実現性の点検図への修正をすることなく、モデル構造を変更することができます。



実現性の点検図を作成する上で、決められたルールはありません。経験上、通常のモデル変数、テスト入力、制約式ごとに縦に並べるのが最も理解しやすい形です。また、色で識別することも有効です（例えばテスト入力は青とし、制約式を赤にする）。矢印が非常に乱雑になりますが、実現性の点検の情報によって影響を被る変数を整理するためにできるこうした乱雑さは、大きな問題ではありません。

方程式編集対話ボックスに、制約式とテスト入力を入力します。



タイプは「実現性の点検」、副タイプは「制約式」と訳すべきところですが、ここではソフトウェアの都合で英語のままです。

方程式の「タイプ」を「Reality Check」とし、副タイプを「Constraint」とします。条件式と結果式は2つのウィンドウに分けられます。

実現性の点検方程式は、以下ようになります。

寒さによる休眠 :THE CONDITION: 温度 < 50
:IMPLIES: 分裂 = 0

暑さによる死亡 :THE CONDITION: 温度 = RC STEP(120,1)
:IMPLIES : イースト菌数 <= RC DECAY CHECK(1, イースト菌数,2)

「暑さによる死亡」では、条件式の「温度」に STEP 関数を使用し、結果式の「イースト菌数」を点検するために、RC DECAY CHECK 関数を使用します。このモデルでは、死滅する条件式に注目していることから、DECAY【衰退】は [イースト菌数] の振る舞いを見るのに適しています。

食料があるか、死亡するか
:THE CONDITION: 砂糖 = RC STEP(砂糖,0) :AND: 温度 > 65
:IMPLIES: イースト菌数 <= RC DECAY CHECK(1, イースト菌数,15)

この制約式は、平均死亡時間 15 で「イースト菌数」がゼロに減少することです。

水があるか、死亡するか
:THE CONDITION: 水 = RC STEP(水,0) :AND: 温度 > 65
:IMPLIES: イースト菌数 <= RC DECAY CHECK(1, イースト菌数,1)

イースト菌の急増 : TEST INPUT : 分裂 = 1e+022

増加による飢え :THE CONDITION: イースト菌の急増
:IMPLIES: 砂糖 <= RC DECAY CHECK(1, 砂糖,0.5,INITIAL TIME)

増加による水不足 :THE CONDITION: イースト菌の急増
:IMPLIES: 水 <= RC DECAY CHECK(1, 水,0.5,INITIAL TIME)

最後の 2 つの制約式について、テスト入力、シミュレーションの始めから開始するため、RC DECAY CHECK 関数は、INITIAL TIME で点検し始めることに注目してください。もしテスト入力、シミュレーション中に開始するために RC STEP 関数を使用している場合には、RC DECAY CHECK 関数を使った最後の 2 つで INITIAL TIME の引数は無視されます。

最後に開始時間を設定します。

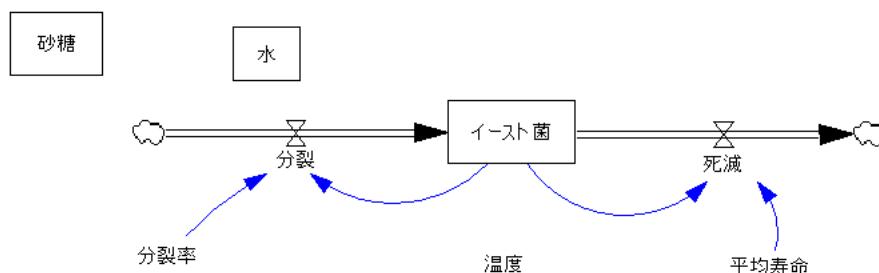
RC START TIME = 10

開始時間を設定しなければ、自動的に INITIAL TIME + TIME STEP となります。

時間は任意です。開始が早ければ、イースト菌はわずかで、砂糖が多くなります。一方、開始が遅ければ、イースト菌が多くなり、砂糖が少なくなります。実現性の点検を無事クリアしたのち、改めて RC START TIME を変更し、再度テストすることは有効な方法です。

14.6.2 初期モデル (イースト菌 1.mdl)

実現性の点検方程式の使用を可能にする簡単なモデルがあります。指数的な増加についての基本的な知識があれば、モデルを作成するために骨格を作成することができます。以下のようなできるだけ簡単なモデルで始めます。この「イースト菌 1.mdl」モデルはユーザーガイド第 1 4 章にあります。



FINAL TIME = 300

Units : 分

INITIAL TIME = 0

Units : 分

イースト菌数 = INTEG(分裂 - 死滅, 100)

Units : 細胞

分裂 = イースト菌数 * 分裂率

Units : 細胞/分

分裂率 = 0.08

Units : 1/分

平均寿命 = 250

Units : 分

死滅 = イースト菌数 / 平均寿命

Units : 細胞/分

水 = 100

Units : ml


温度 = 85

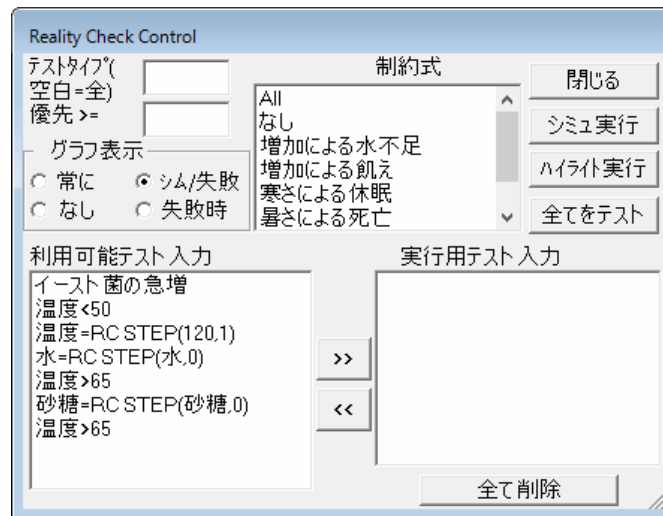
Units : 華氏度

砂糖 = 100

Units : g

このモデルでは、「砂糖」、「水」、「温度」を使用しません。そして、方程式編集対話ボックスの [タイプ] で [定数] に設定されています。

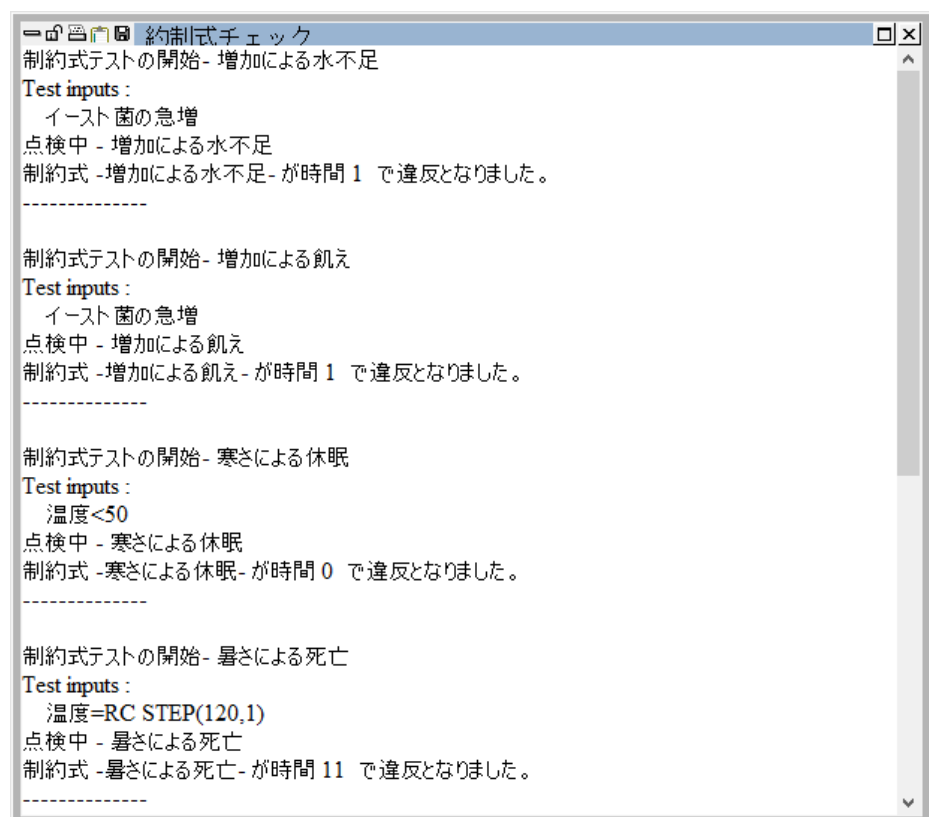
次に、このモデルで実現性の点検方程式を実行します。実現性の点検 をクリックするか、もしくはシミュレーションの制御  の対話ボックスで、[実現性点検] をクリックします。



実現性の点検の対話ボックスで、モデルのすべての制約式リストが表示されます。その下は、テスト入力のリストです。他のものが、制約式の条件式にもとづき作成されているのに対して、「イースト菌の急増」だけは名前前で指定されています。

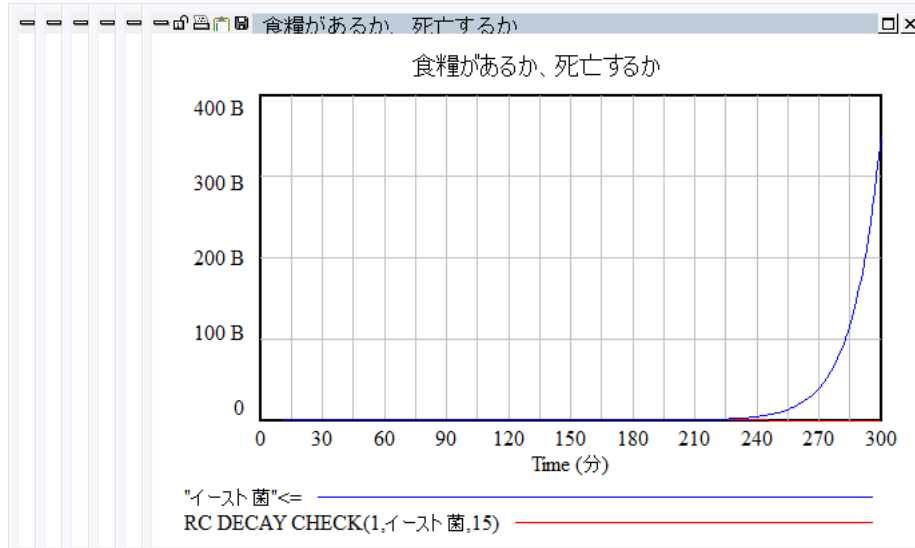
「全てをテスト」をクリックすることで、一連のシミュレーションを開始します。以下の制約式違反が表示されます。

この図では、6個の制約式のうち4個の違反が表示されています。

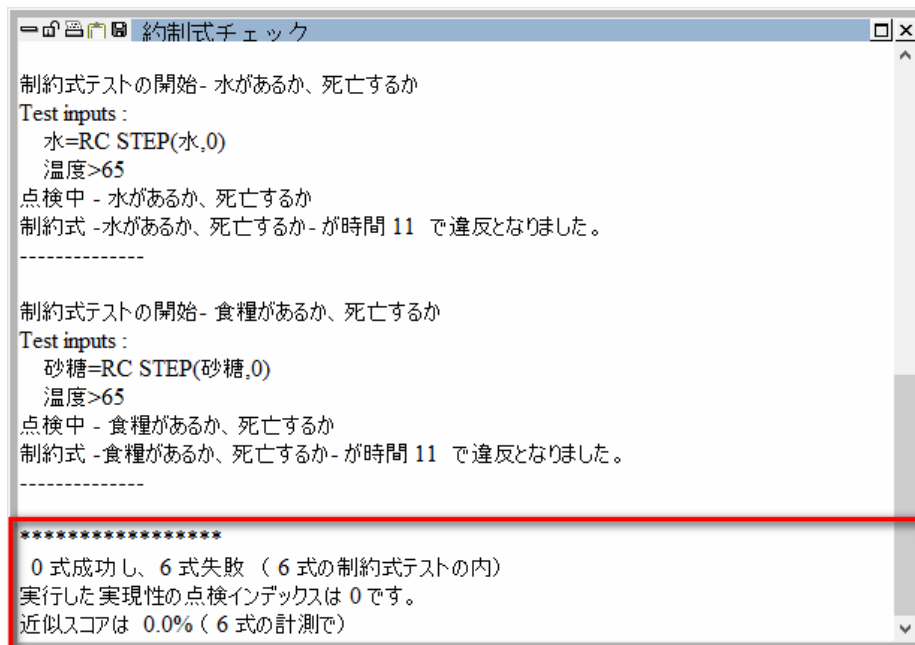


それぞれの制約式に違反があります。制約式に含まれた要素がモデルに関連していないので、驚くべきことではありません。示されたモデルは、基本的な成長の仕組みを示して

います。すべての制約式が関連する制御や抑制には、注意が払われていません。エラーウィンドウに加えて、以下のような6つのグラフが制約式リスト順に表示されます。この図ではリストの最後の制約式「食糧があるか、死亡するか」が表示されています。



上の線はイースト菌の分裂による増大を示し、下の線は本来あるべき線を示しています。「制約式チェック」のウィンドウは、点検結果を最後の3行で要約し終了します。

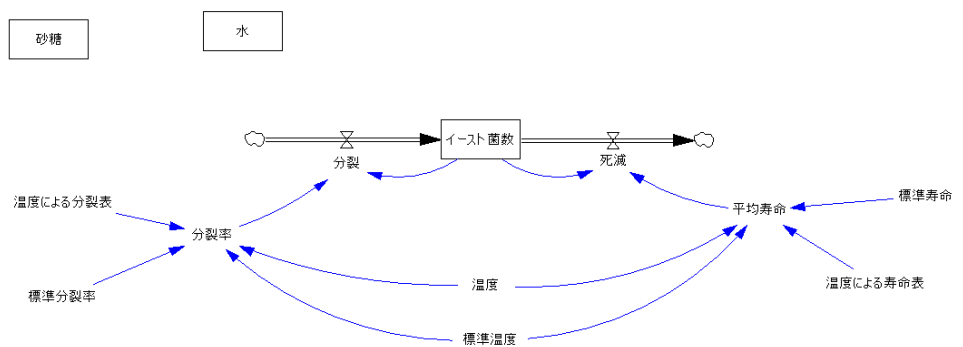


最初の行は、テスト制約式の数とその成敗の要約です。二番目の行は、実現性の点検のインデックスを示しています。これは、成功した式数を、モデルにおけるダイナミックな変数と総変数の積で割って求めます。すべての変数の対について、1つかそれ以上の実現性の点検方程式の可能性があるので、このインデックスは、完全な実現性の点検セットを持っているモデルに対してはほぼ1に近いものとなります。

最後に、近似スコアが示されます。近似スコアは、実現性の点検の平均近似値です。もし、実現性の点検がすべて成功すれば、その近似スコアは1です。もし失敗式があれば、1から失敗した制約式を全制約式で割ったものを差し引きます。従って、実現性の点検がすべて失敗すれば近似スコアは0となり、制約式が違反する程度を連続的に計測する数値となります。

14.6.3 温度と分裂そして終結（イースト菌 2.mdl）

成長温度に関する2つの状況があります。温度が低ければ、すべて休眠します。温度が高ければ、イースト菌は死亡します。これを念頭において、「分裂」と「死滅」に、簡単な方程式を設定します。以下のように「イースト菌 2.mdl」を作成します。



イースト菌数= INTEG (分裂 - 死滅,100)
Units: 細胞

分裂=イースト菌数*分裂率
Units: 細胞/分

分裂率=標準分裂率 *温度による分裂表 (温度/標準温度)
Units: 1/分

平均寿命= 標準寿命*温度による寿命表 (温度/標準温度)
Units: 分

標準分裂率=0.08
Units: 1/分

標準寿命= 250
Units: 分

標準温度= 80
Units: 華氏度

死滅=イースト菌数 / 平均寿命
Units: 細胞/分

水=100
Units: ml

温度=85
Units: 華氏度

温度による分裂表 $[(0,0)-(2,1)]$, (0,0), (0.8,0), (1,1), (2,1)
 Units: Dmnl

温度による寿命表 $[(0,0)-(2,1)]$, (0,1), (1,1), (1.25,0.02), (2,0.001)
 Units: Dmnl

砂糖=100
 Units: g

制約式をテストすると、「寒さによる休眠」という制約式のみ遵守され成功ですが、残りの5式は失敗しています。

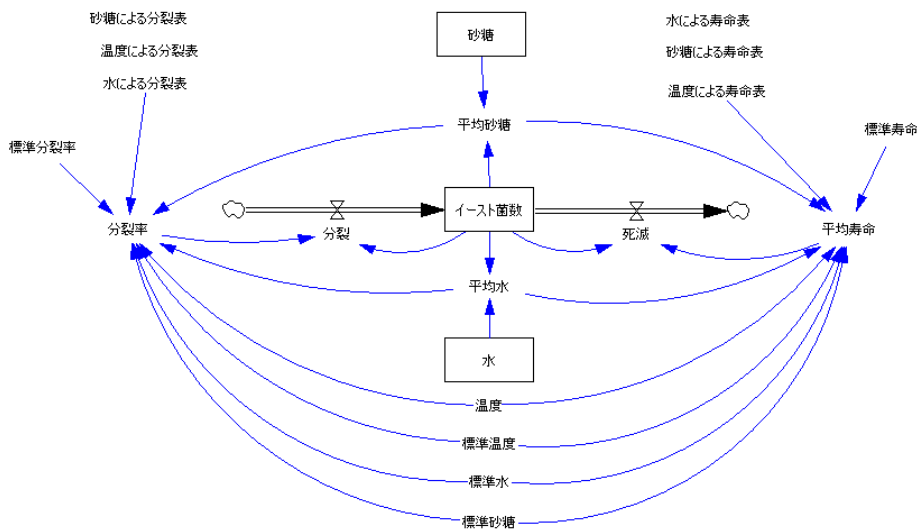
「暑さによる死亡」を観察してみると、イースト菌は、温度が高くなってもすぐには死滅しないため、制約式は破られます。この場合、どちらがより現実的かを考えて、制約式を満たすモデルを再度作成するか、もしくは制約式を少し緩めます。制約式を緩める1つの方法は、イースト菌が死滅するまでの時間をより長くするために、時間の経過を変更することです (RC DECAY CHECK の引数を2から5に変更します)。

「暑さによる死亡」 :THE CONDITION: 温度 = RC STEP(120,1)
 :IMPLIES: イースト菌数 <= RC DECAY CHECK(1, イースト菌数,5)

こうして制約式を再度テストすると、今度は「寒さによる休眠」と「暑さによる死亡」のどちらも成功することがわかります。制約式の厳密さと、方程式の修正をやり取りするこの種の方法は有効なものです。それは、些細なことで破られる制約式に、より注意を払うことができるためです。

14.6.4 水と砂糖から影響を受ける分裂 (イースト菌3.mdl)

次の2つの制約式は、生存するには水と砂糖が必要であることを示しています。イースト菌の分割率と、イースト菌の平均寿命に対して、水と砂糖の不足が及ぼす影響をモデルにします。新しいモデル、「イースト菌3.mdl」は以下のようになります。



このモデルは以下に説明の変更をすでに施しています。

方程式はこのサンプルモデルにあるものを利用できます。用いられているテスト入力「水」と「砂糖」にとっては極端な状況をもたらし、「死滅」が急増するように作成されているということに着目ください。オイラー積分を使用しているので、システムは1期間の循環となり、「イースト菌数」がマイナスになります。これを防ぐには、別の積分法を利用するか、もしくは「死滅」の方程式を以下のように変更します。

$$\text{死滅} = \text{MIN}(\text{イースト菌数}/\text{TIME STEP}, \text{イースト菌数}/\text{平均寿命})$$

この式は興味のないダイナミックな振る舞いの発生を防ぐだけでなく、「イースト菌数」を正確にゼロに設定することができます。そのためには、「イースト菌数」がゼロの時に「平均砂糖」と「平均水」を計算する際に発生するエラー（オーバーフロー）を防ぐために、以下のような方程式が必要になります。

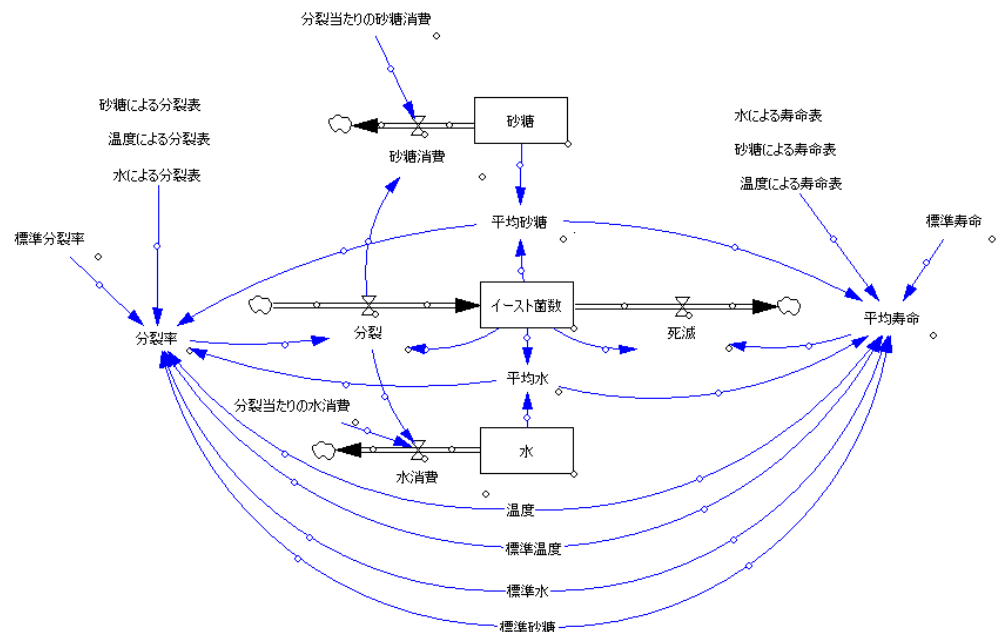
$$\begin{aligned} \text{平均砂糖} &= \text{ZIDZ}(\text{砂糖}, \text{イースト菌数}) \\ \text{平均水} &= \text{ZIDZ}(\text{水}, \text{イースト菌数}) \end{aligned}$$

以上のモデル構造の変更により、6つの制約式のうち、4つが成功しました（近似スコアは66.7%）。

14.6.5 イースト菌分裂により影響を受ける水と砂糖（イースト菌4.mdl）

モデルは完成に近づいていますが、最後の2つの制約式が残っています。すなわち、「増加による水不足」と「増加による飢え」です。イースト菌の増加が水と砂糖の変化に関連付けられていないからです。この関連付けをモデル化する簡単な方法は、イースト菌分裂の過程で砂糖と水が消費されるとすることです。

「イースト菌4.mdl」は以下のようになります。



このモデルで、6つの制約式のすべてが成功しました。しかし、これは良いモデルでしょうか。その答えはおそらく“いいえ”です。イースト菌の成長の正確な表現には、実証データが必要です。また、温度や砂糖の不足に対するモデルの調整も必要です。このモデルは、作成した実現性の点検方程式に反していないだけです。

いくつかのモデルを見てきました。実現性の点検方程式はどのように変更されたのでしょうか。「暑さによる死亡」の小さな変更点を除いては変更はなく、全く同じ図のままです。

14.6.6 結論

実現性の点検を使用することの目的は2つあります。第1に、モデルが理にかなうために必要な事項を作成します。これらは、モデル作成において最も重要な事項ですが、あまり文章化されることがありませんでした。イースト菌が成長を続けることで、結局水を使い果たすというような非常に単純な認識は、システムを理解するうえで重要なことです。

第2に、モデル作成の方法を図示することは、効果的で比較的効率をよくするということです。モデル作成を基本的な中心部分から始め、制約式に対応した補完的な構造を追加します。これは、モデル作成の厳正さと方向を決め、結果的にモデル作成の速度と質を改善します。

第 15 章

モンテカルロ (感度テスト)

本章のモンテカルロ感度テストは、Vensim PLE には対応しません。

15.1 モンテカルロシミュレーション

感度テストは、定数の値についての仮定を変更し、その出力結果を検討します。手動による感度テストは、定数（場合によっては複数の定数）の値を変更し、シミュレーションを何度も繰り返し、出力される値の広がりを見ます。

モンテカルロシミュレーションは、多変量感度テストシミュレーション (multivariate sensitivity simulation, MVSS) としても知られており、この処理を自動的に行います。定数の設定幅の中から抽出された値で、数百あるいは数千のシミュレーションを実行し、出力結果が保存されます。ラテンハイパーキューブサンプリング (ラテン方格法、LHS) は、大きなモデルで感度テストを早く行うための特別なものです。

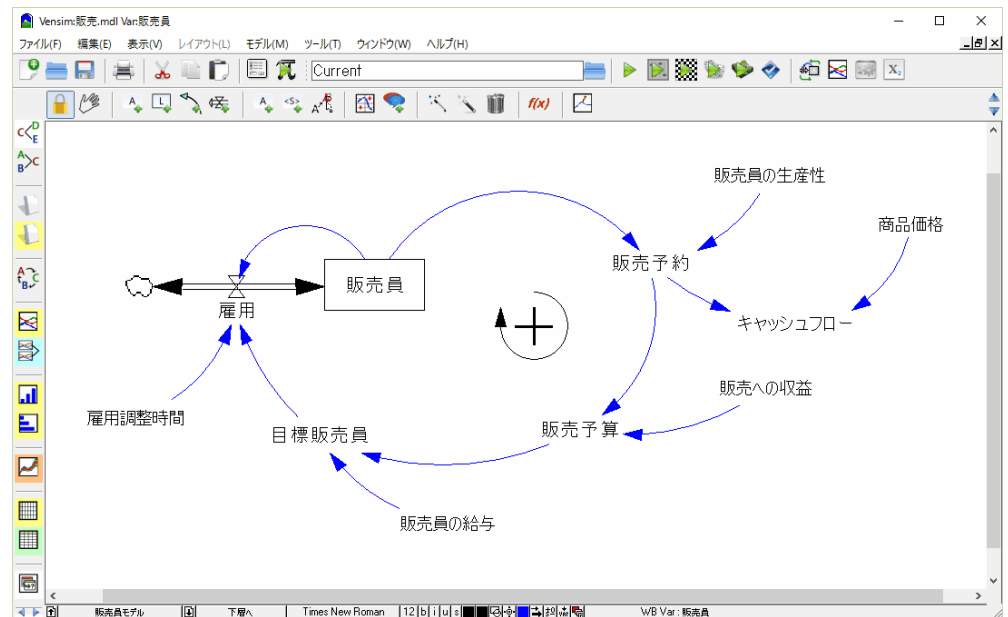
15.2 市場成長モデル (販売.mdl)

正のフィードバックループを持つ販売モデルを以下に示します。より多くの販売員がより多くの売り上げをもたらし、それによって収入は増加し、さらにより多くの販売員が雇用されます。負のフィードバックループは、雇用と解雇を通じた販売員の時間的調整を行います。

➤ ユーザーズガイドモデル第 15 章の「販売.mdl」を開きます。

もしくは、次のようにします。

➤ 以下のような図と方程式のモデルを作成し、ユーザーズガイドモデル第 15 章に異なる名前で作成し保存します (例えば販売1.mdl)。[時間の範囲] は、[開始時間] = 「0」、[終了時間] = 「60」、[時間ステップ] = 「0.25」とし、[時間単位] は「月」とします。






15.2.1 販売.mdl の方程式

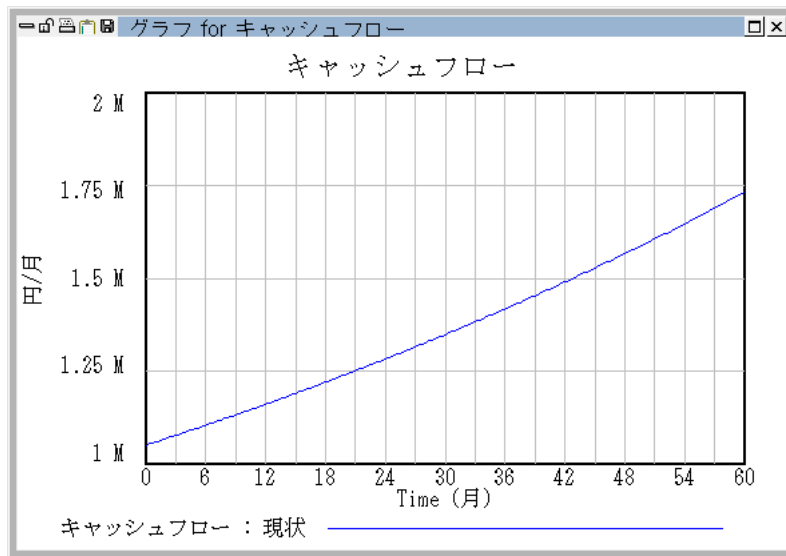
- (05) $\text{キャッシュフロー} = \text{販売予約} * \text{商品価格}$
Units: 円/月
- (06) $\text{商品価格} = 100$
Units: 円/ユニット
- (07) $\text{目標販売員} = \text{販売予算} / \text{販売員の給与}$
Units: 人
- (08) $\text{販売への収益} = 10$
Units: 円/ユニット
- (09) $\text{販売予算} = \text{販売予約} * \text{販売への収益}$
Units: 円/月
- (10) $\text{販売予約} = \text{販売員} * \text{販売員の生産性}$
Units: ユニット/月
- (11) $\text{販売員} = \text{INTEG}(\text{雇用}, 50)$
Units: 人
- (12) $\text{販売員の生産性} = 210$
Units: ユニット/(人*月)
- (13) $\text{販売員の給与} = 2000$
Units: 円/人/月
- (14) $\text{雇用} = (\text{目標販売員} - \text{販売員}) / \text{雇用調整時間}$
Units: 人/月
- (15) $\text{雇用調整時間} = 6$
Units: 月


15.2.2 初期設定のシミュレーション

モデルの初期設定での定数を用いて、シミュレーションの振る舞いを見ます。

- [シミュレーションの保存ファイル名] ボックス をダブルクリックし、「現状」と入力します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。
- 「販売員」をクリックし、グラフ  をクリックします。「キャッシュフロー」をクリックし、グラフ  をクリックします。

「販売員」と「キャッシュフロー」の両方が、ゆっくり増大しています。





- 制御パネルの表示  の [データセット] タブを選択し、「現状」をダブルクリックし、取り除きます。



15.3 複数パラメータの不確実性

このモデルには、シミュレーション出力の効果を検証できる5つの定数があります。ここでは、「商品価格」と「販売への収益」という定数の値は正確だとみなします（これらは、経営者が設定できる事項だからです）。不確定なパラメータは、「販売員の生産性」、「雇用調整時間」、「販売員の給与」です。これらの定数の変化が、モデルの振る舞いに与える影響を見るために、定数の値を無作為に割り当てます。1つのパラメータに対する感度テストを行うには、1つのパラメータを選択します。

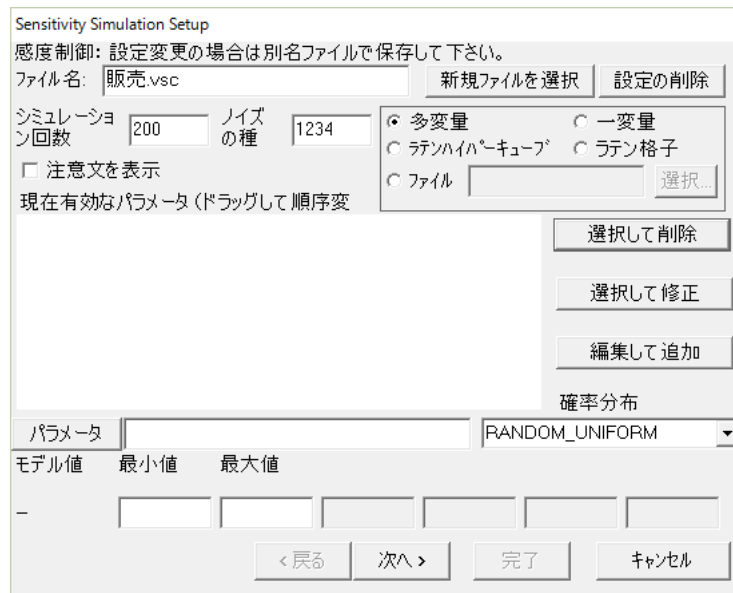
注意 パラメータは、定数と同義語です。パラメータは、感度テストと最適化において、変化させる定数を示すものとしてよく用いられます。

15.3.1 感度制御パラメータ

Vensim には、感度シミュレーションの設定方法が 2 つあります。1 つは、「シミュレーションの制御」 をクリックし、[感度テスト] タブを使用することです。もう 1 つは、ツールバーにある「モンテカルロ (感度テスト) の実行」 をクリックし、感度テストの設定を使用することです。

- シミュレーションの保存ファイル名のボックス  をダブルクリックし、「感度テスト」と入力します (現状となっています)。
- ツールバーの「モンテカルロ (感度テスト) の実行」 をクリックします。

感度テストシミュレーションの対話ボックスが開きます。



- [多変量] のラジオボタンが選択されていることと、[シミュレーション回数] が「200」に設定されていることを確認してください。

モンテカルロ多変量感度テストは、与えられた範囲内の値を抽出して実行します。1 つのテストを実行するために、その分布が設定されたパラメータから抽出され、その値がシミュレーションで利用されます。[シミュレーション回数] が [200] に設定されている場合、この過程は 200 回繰り返されます。

- [パラメータ] ボタンをクリックすると、パラメータ対話ボックスが開き、感度テストで選択できるすべてのパラメータ (定数) が、表示されます。「販売員の生産性」をクリックし、[OK] をクリックします。

15.3.2 無作為の一様分布

感度シミュレーションを実行するには、各パラメータに、確率分布を設定する必要があります。最も簡単な分布は、無作為の一様分布 [RANDOM UNIFORM] です。これは、最大値と最小値の間にある値が、均等に生じます。無作為の一様分布は、ほとんどの感度テストに適しており、デフォルトで選択されています。その他の一般的に使用される分布は正規分布で、平均に近い値ほど生じやすい特徴があります。

Vensim は、いくつかの分布を選択することができます。最も一般的に利用される分布は、一様分布 (Uniform Distribution)、正規分布 (Normal Distribution)、三角分布 (Triangular Distribution) です。もし、特別な分布を選択する理由がなければ、一様分布を用います。

最小値と最大値が各パラメータの値がとる範囲になります。[パラメータ] ボタンの下に、[モデル値] が [210] と表示されています。

The screenshot shows the 'Sensitivity Simulation Setup' dialog box. Key elements include:

- File name: 販売.vsc
- Simulation runs: 200, Noise type: 1234
- Simulation type: 多変量 (Multivariate)
- Probability distribution: RANDOM_UNIFORM
- Parameter: 販売員の生産性
- Model value: 210
- Minimum and Maximum value fields are empty.

- [最小値] をクリックし、「200」とします。[最大値] を「220」とします。

最小値の 200 は、販売員が達成する最低の生産性を表し、最大値の 220 は、最高の生産性を表しています。

- [編集して追加] をクリックします。
- [パラメータ] をクリックし、「雇用調整時間」をクリックし、[OK] をクリックします。
- [最小値] を「3」とし、[最大値] を「12」とします。これらの値はモデルが持つ初期値「6」に対して非対称です。なぜならこの値はモデル値より少し小さいか、またはかなり大きくなると考えたからです。[編集して追加] をクリックします。
- [パラメータ] をクリックし、「販売員の給与」をクリックし、[OK] をクリックします。

15.3.3 無作為の正規分布

「販売員の給与」で、デフォルトとは異なる分布を選択します。[RANDOM NORMAL]【確率正規分布】は正規分布に従った値を抽出します。その設定には、平均と標準偏差に加えて、最大値と最小値の範囲を指定します（技術的には、これは切断正規分布と呼ばれます。これに対して通常の正規分布は範囲に限界がなく、非常に大きな正や負の値が生じます）。

- [分布関数] のドロップダウンボックス [▼] から、[RANDOM NORMAL] を選択します（スクロールバーで上に移動します）。

感度テストシミュレーションの対話ボックスの下方に、編集ボックスが追加されます。

- [最小値] を [1800] とし、[最大値] を [2200] とします。[平均値] を [2000] とし、[標準偏差] を [100] とします。[編集して追加] をクリックします。

感度テストシミュレーションの対話ボックスは以下のようになります。

Sensitivity Simulation Setup

感度制御: 設定変更の場合は別名ファイルで保存して下さい。

ファイル名: 販売.vsc 新規ファイルを選択 設定の削除

シミュレーション回数: 200 ノイズの種: 1234 多変量 一変量
 ラテンハイパーキューブ ラテン格子
 ファイル 選択...

注意文を表示

現在有効なパラメータ (ドラッグして順序変)

販売員の生産性=RANDOM_UNIFORM(200,220)
 雇用調整時間=RANDOM_UNIFORM(3,12)

選択して削除
選択して修正
編集して追加

確率分布

パラメータ	販売員の給与	RANDOM_NORMAL		
モデル値	最小値	最大値	平均値	標準偏差
2000	1800	2200	2000	100

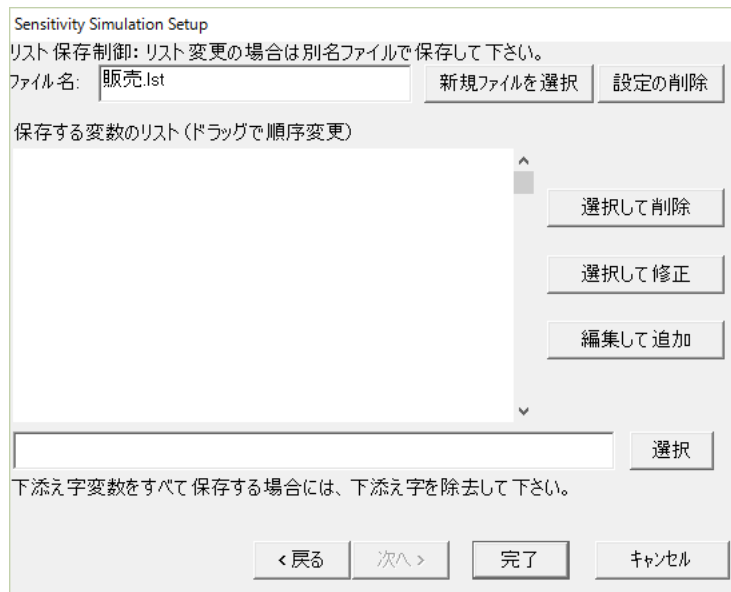
<戻る 次へ> 完了 キャンセル

この図は「編集して追加」をクリックする前の画面を表示しています。

- [次へ] をクリックし、保存リストボックスを開きます。

15.4 保存リスト

保存リストは、保存すべき変数を設定するファイルです。感度シミュレーションは、莫大な量のデータを生成します。したがって、本当に重要な変数データだけを保存するようにします。モデルの全ての変数を感度テストで保存すると、長い時間と、大きなディスク容量を必要とします。




- [選択] をクリックし、保存する変数のリストが開きます。[キャッシュフロー] を選択し、[OK] をクリックします。[編集して追加] をクリックします。
- [選択] をクリックし、[販売員] を選択し、[OK] をクリックします。[編集して追加] をクリックします。

注意 これらの名前を、編集ボックスの中に個別に入力し、[編集して追加] をクリックすることもできます。

15.5 感度テストシミュレーション

- [完了] をクリックします。

そうするとモデルの感度テストが一度シミュレーションされ、引き続き「販売員の生産性」、「雇用調整時間」、「販売員の給与」の値を自動的に変更しながら、200回の追加シミュレーションが実行されます。データセットは、全ての変数のデフォルトでの振る舞いに加えて、200回の感度テストシミュレーションによって生成される「キャッシュフロー」と「販売員」の振る舞いの範囲の値を保存します。


- 制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブをクリックします。[現状] をダブルクリックし、読み込みファイルから取り除きます。
- スケッチ上で、「キャッシュフロー」をクリックし、作業変数とします。

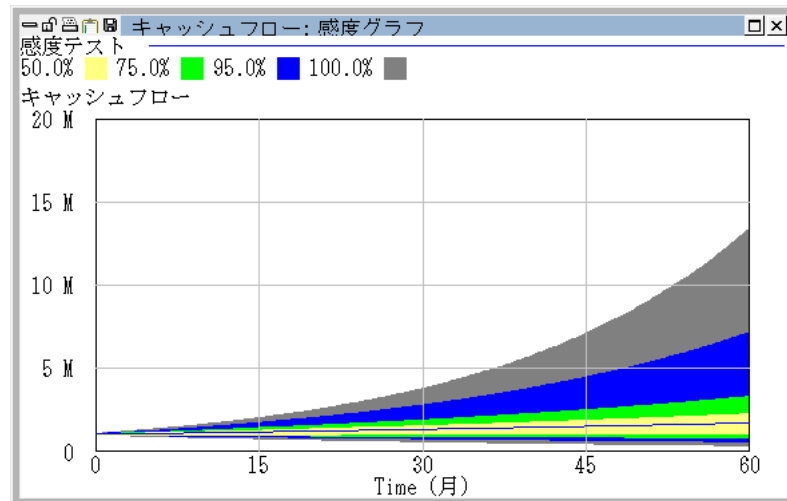
15.6 感度テストの結果出力

感度テストの結果は、いくつかの異なる形式で表示されます。時間グラフは、変数の全時間区間にわたる振る舞いを表示します。変数値の広がり幅は、どの時点に於けるものでも、信頼区間として表示されます。あるいはシミュレーションの個別トレースを含めた別

個の値としても示されます。

15.6.1 信頼区間

- 感度グラフ  をクリックします。このデフォルトの形式は、信頼区間を描きます。




グラフは、3つのパラメータがその分布からランダムな値を取った際に、「キャッシュフロー」がとる値の信頼区間を示します。右上の閉じるボタンの左にある最大化ボタンをクリックすることで、グラフを全画面表示することができます。

不確実性 100% の一番外側の区間は、約 1 千 3 百万円の最大値と、約 50 万円の最小値の区間を持っています。「キャッシュフロー」が減少する可能性がある場合に注意してください。最初の (モデル初期値での) シミュレーションは、実行ファイル名「感度テスト」で示されている青線として描かれています。

15.6.2 平均値

Vensim PLE Plus には対応しません。

平均値は、信頼区間の間にあり、次のように描かれます。

- 分析ツールの感度グラフ  を右クリックします。下の方にある [平均値描画] のチェックボックスをクリックします。[色] で赤を選びます。
- [初回実行描画取消] のチェックボックスをクリックします (これで、平均値と信頼区間だけが表示されます)。[OK] をクリックします。

Sensitivity Graph Options

モンテカルロ(感度テスト)オプション

ツールオプション

ラベル 背景色

変数選択時に自動実行 文字色

表示タイプ

スtock 補助変数 データ

初期値 定数 表関数

感度表示設定

個別線トレス 色:

信頼区間(色別)

<input type="text" value="50.0"/>	<input type="color" value="#FFFF00"/>	<input type="text" value="75.0"/>	<input type="color" value="#00FF00"/>	<input type="text" value="95.0"/>	<input type="color" value="#0000FF"/>
<input type="text" value="100.0"/>	<input type="color" value="#808080"/>	<input type="text"/>	<input type="color"/>	<input type="text"/>	<input type="color"/>
<input type="text"/>	<input type="color"/>	<input type="text"/>	<input type="color"/>	<input type="text"/>	<input type="color"/>

原因変数

初期値

標準


フォント

リンク/変数表示 ウィンドウ当り最大グラフ数

初回実行描画取消 最大ウィンドウ数

平均値描画 色: 定義


出力グラフ横幅 グラフ高さ

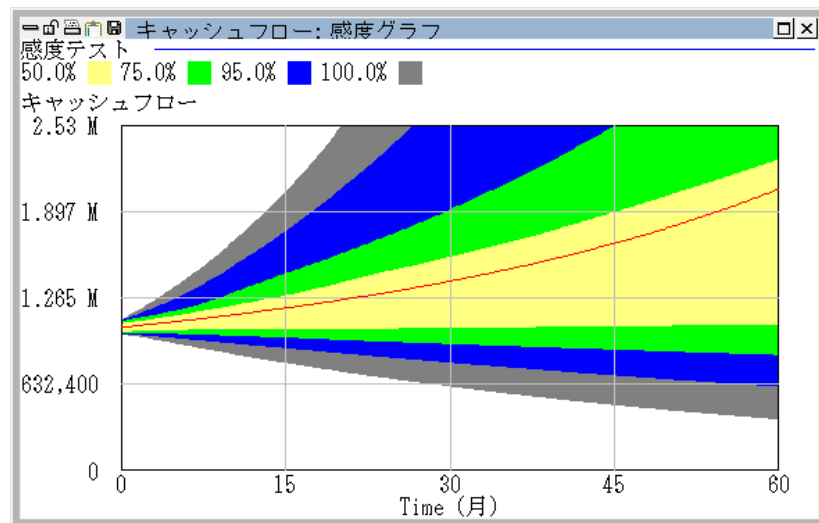
➤ 感度グラフ  をクリックします。

信頼区間の平均値が赤い線で表示されたグラフが、作成されます。


15.6.3 グラフ目盛りの拡大



縦軸の値を詳しく見ます。そのために、信頼区間の下限を表示します。

- 「キャッシュフロー」のラインが 2.5M を示すところに、ポインタを置きます。
 を押しながらマウスを押し、そのままグラフの下までドラッグします(「キャッシュフロー」のラインが 0 を示す部分です)。マウスを放します。
- 感度グラフ  をクリックします。

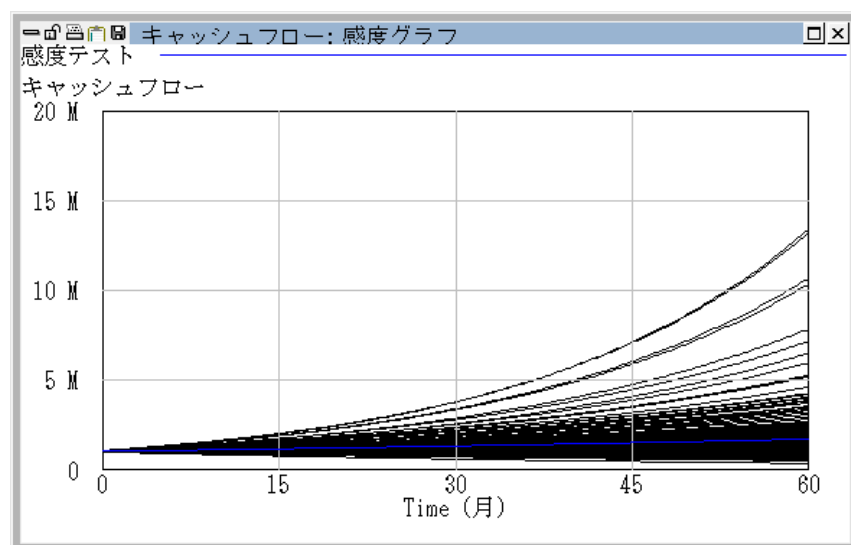



15.6.4 個別シミュレーションの表示

感度テストを表示する方法には、シミュレーションの結果を個々に表示することもできます。Vensim PLE Plus では、下の感度グラフ  をクリックします。その他のラインアップでは、以下の方法をとります。

- 感度グラフ  を右クリックします。[感度表示設定] の [個別線トレース] のラジオボタンをクリックし、[OK] をクリックします。
- 感度グラフ  をクリックします。


各シミュレーションの個々の結果が描かれます。いくつかの個別の結果を理解するために、このグラフを全画面表示にすることもできます。



- 「販売員」をクリックし、感度グラフ  をクリックします。

非常によく似た振る舞いが見られます。なぜなら、「販売員」のフィードバックループが、「キャッシュフロー」に影響するためです。


15.7 感度テストのヒストグラム表示

感度テストの結果は、ヒストグラムとして表示することができます。これはある時点での横断的な値を示します。ヒストグラムは、ある時点でのある範囲にあるシミュレーションの数を表示します。ヒストグラムは、値の分布をみる手段を提供します。Vensim PLE Plus では、棒グラフ  はある時点での感度テスト結果を表示するために用いられます。他のラインアップでは、設定を調整します。



15.7.1 デフォルトの分析ツールセットの変更

Vensim には、2つのデフォルトの分析ツールセットがあります。*default.vts* は、これまで使用してきたものです。*default2.vts* は、*default.vts* より多くのツールを持っています。自分自身でツールを作成し、保存することも可能です。

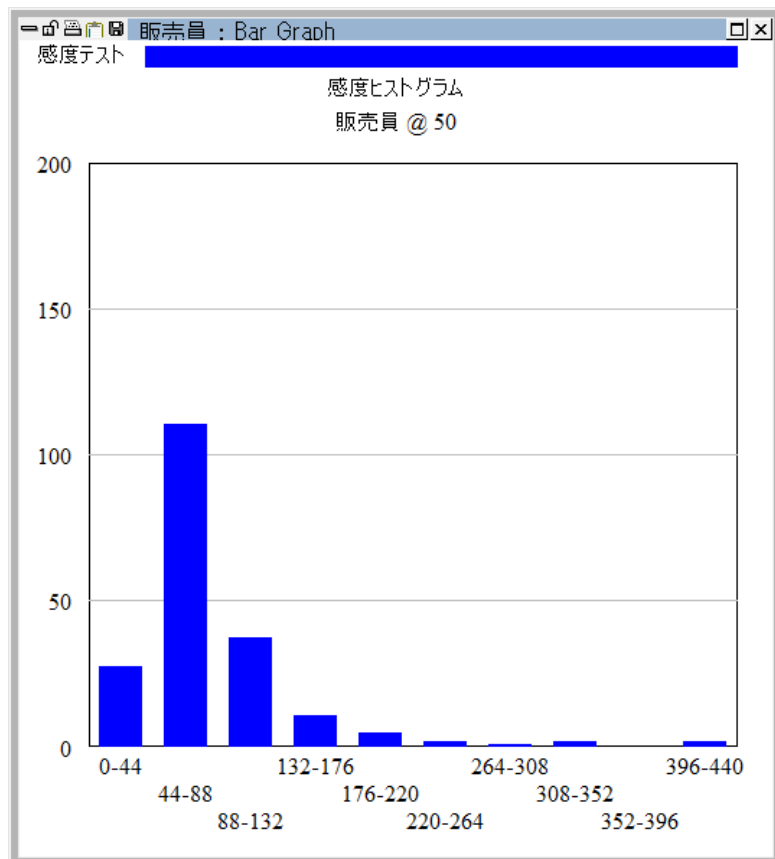
Vensim PLE Plus では、棒グラフ  をクリックするだけです。他のラインアップでは、以下のようになります。

- [ツール] メニュー → [分析ツール] → [開く] を選択します。
- [分析ツールセットを保存しますか?] という表示が出たら、[いいえ] をクリックします。
- *default2.vts* を選択し、[開く] をクリックします。
- 棒グラフ  を右クリックします。
- [ヒストグラム表示] の [感度] を選択します。[表示時間] の [選択] のラジオボタンをクリックし、[時間] に「50」と入力します。[OK] をクリックします。

棒グラフオプションの対話ボックスは、次ページのようになります。

- 制御パネルの表示  の [データセット] タブを選択し、「感度テスト」が読み込まれていることを確認します。「販売員」が作業変数になっているか確認します。
- 棒グラフ  をクリックします。


感度テストのヒストグラムが、シミュレーションの途中である 50 ヶ月の時点で表示されます。



「販売員」の数は、X 軸に沿って表示されます。Y 軸はシミュレーションの数を表します。つまり、50 ヶ月の時点で、44 から 88 人の「販売員」となるシミュレーションは 110 回あり、88 から 132 人となるのは 38 回です。

これらの値は表示グラフから読み取った概算です。

15.7.2 統計量ツール

Vensim Professional もしくは DSS を使用している場合、統計量  を使用して感度シミュレーションの情報を得ることもできます。

The screenshot shows the 'Stats Options' dialog box with the following settings:

- 統計量オプション:** 統計量: 統計量, 背景色: (white), 変数選択時に自動実行: , 文字色: (orange)
- ツールオプション:** (empty)
- 表示タイプ:** ストック, 補助変数, データ, 初期値, 定数, 表関数
- 百分位数 (%):** (empty fields)
- 原因変数:** 初期値, 標準
- Over:** 時間, 添字, 感度
- 時点:** 特定, 選択, 始点, 終点, 0
- 数字形式:** Pretty (10M), 科学的 (1.0E6)
- 統計量縦表示:** 統計量縦表示, 列幅 - 1列 30 残り 10, リンク/画面変数の表示: 選択変数, R-2乗(決定係数)
- 出力フォント:** (button)
- Buttons:** OK, キャンセル

このツールについての詳細は、リファレンスマニュアルの"Toolsets, Tools, and Causal Tracing"にあります。

第 16 章

モデルのデータ利用

Vensim PLE は表計算ソフトへの直接の接続をサポートしていませんが、データの読み込みを通じた利用は可能です。この方法は、第 19 章で示している参照モードで利用されます。

16.1 データ利用のタイプ

Vensim はデータを 2 通りの方法で使用します。第 1 に、モデルを操作する外部入力として、第 2 に、モデルの振る舞いを実際のデータと比較するために利用します。

外部入力はデータ変数であり、モデルの一部を操作する時系列データです。データ変数はシミュレーション中に計算されません。その代わりに、シミュレーション中に既存の時系列データとして利用されます。この時系列データは、データ変数によりデータセットとして読み込まれるか、または、Microsoft Excel や Lotus 123 といった表計算ソフトの値を読み込むデータ関数を持つデータ変数から作成されます。データを利用する第 2 の方法は、Vensim データセットとして実際のデータを読み込み、分析ツールを使用して、モデルの振る舞いを比較することです。本章において表計算ソフトを利用する部分には、コンピュータに Microsoft Excel もしくは Lotus 123 がインストールされている必要があります。

16.2 データを使ったモデル操作（フロン.mdl）

- ユーザーズガイドモデル第 16 章の「フロン.mdl」を開きます。
- もしくは、以下のような図と方程式のモデルを作成します。[時間の範囲] は、[開始時間] = 「1930」、[終了時間] = 「2130」、[時間ステップ] = 「0.5」とし、[時間単位] は「年」とします。

まず (Lotus 123 を使用している場合は、[GET 123 DATA] を選択します)。

以下の 4 つの引数を持つ関数が入力されます。

'filename' 【ファイル名】

'tabname' 【シート名】

'time_row_or_col' 【時間軸の行か列】

'first_data_cell' 【最初のデータセル】

注意 これらの項目は、シングルクォート (') で囲んで入力します。これらの入力に、文字列 (String) 変数を使用することも可能ですが、直接文字通り入力の方が容易です。


大気中へのフロン放出はユーザーズガイド第 1 6 章に、実測値と予測値が次ような表計算の時系列データとしてあります。

- フロン.xls (Microsoft Excel)


- Microsoft Excel を使用する場合は、最初の項に、ファイル名 「' フロン.xls'」 を入力します。シングルクォート (') を忘れないでください。Lotus 123 の場合は、「' フロン.wk4'」 と入力します。
- 2 つめの 「tabname」 をダブルクリックし、「' フロンデータ'」 とします。これはシート名です。
- 3 つめの 「time_row_or_col」 をダブルクリックし、「'2'」 とします。2 は時系列時間が第 2 行目であることを意味します。
- 4 つめの 「first_data_cell」 をダブルクリックし、「'C4'」 とします。時間が始まる最初のセル位置です。
- [単位] に 「Mkg/年」 を選択し、[OK] をクリックし、方程式編集ボックスを閉じます。

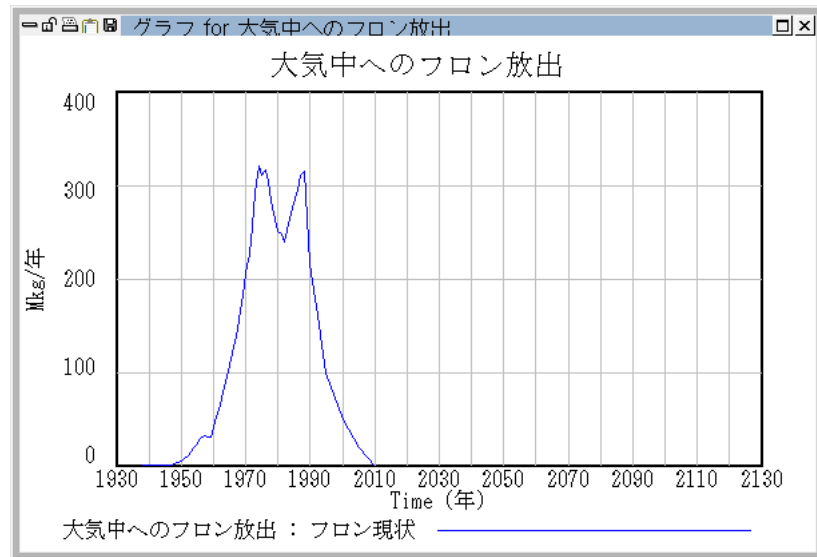
16.3.1 シミュレーション

Microsoft Excel 及び Lotus 123 の新しいバージョンでは、Vensim の GET DATA 関数から表計算ソフトが呼び出され、自動的にスタートしますが、古いバージョンでは、シミュレーションする前にスタートしておく必要があるかもしれません。

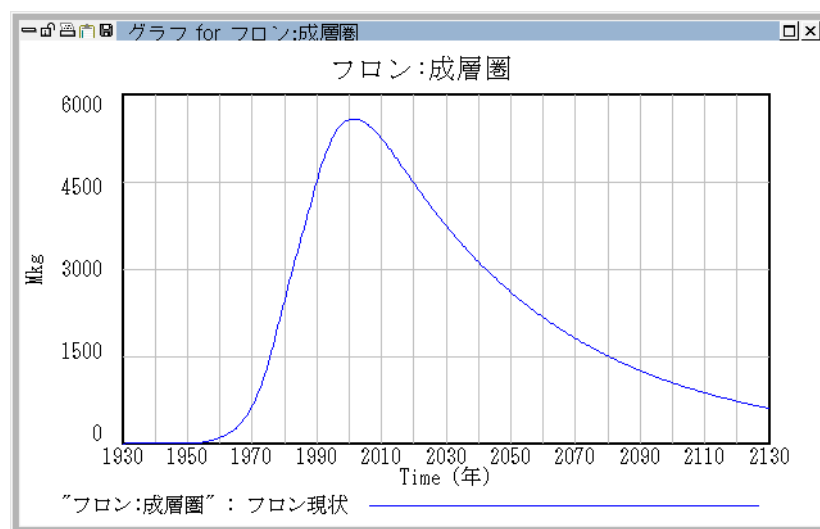
- シミュレーションの保存ファイル名のボックス に実行ファイル名を入力し (例えばフロン現状)、シミュレーションの実行  をクリックします。

Vensim は自動的に表計算ソフトを開き、フロンデータシートから時系列データ値を読み取るとともに、シミュレーションします。モデルは、フロン放出が発生する 8 年前の 1930 年にシミュレーションを開始します。1938 年以前の時系列データにゼロを入力することもできますが、元となったデータを直接利用しました。

- 「大気中へのフロン放出」 をクリックし、作業変数とします。グラフ  をクリックします。



- 同じように、「フロン：成層圏」のグラフを作成します。これらのグラフを比較すると、100年後にも成層圏中に著しいフロンが残存する結果となる長期の遅れに気づきます。



このシュミレーションは、「大気中へのフロン放出」に関して、楽観的な予測をしています。さらにこれがもたらす結果について検討します。

16.4 読み込まれたデータ変数 (フロン2.mdl)

表計算からデータを読み込むかわりに、データセットから値を得ることもできます。この場合にはデータ変数の副タイプを「標準」にします。データセットは、シミュレーションの実行結果もしくは、他のソースからの読み込みによって作成されます。このデータセットは、モデルがシミュレーションされる前に、作成されるか読み込まれている必要があります。

- フロン.mdl を、他の名前 (例えばフロン2.mdl) で保存します。
- 方程式 $f(x)$ を選択し、「大気中へのフロン放出」をクリックします。[タイプ] の右の [副タイプ] のドロップダウンボックス [▼] が [方程式] になっていますから [標準] を選択します。[OK] をクリックします。

シミュレーションを実行した時、Vensim はデータ変数を持つ読み込まれたデータセットを捜します。もしデータセットが見つからなかった場合、シミュレーションは中断します。

大気中へのフロン放出の実測値と予測値がユーザーズガイドモデル第 16 章に時系列データとしてあります。実測値としては、次の 2 つのファイルがあります。

- フロン.dat 形式 (テキスト形式で保存された Vensim データ)
- cfc11.tab 形式 (タブ区切りのテキストファイル)

表計算のデータとは異なり、これらのファイルは予測値を含みません。Vensim にデータセットを作成するために、フロン.dat のデータファイルを使用します。

- Vensim Professional または DSS の場合、[ファイル] メニュー → [ファイル編集] を選択し、フロン.dat を選んで [開く] をクリックします。もしくは以下のようにします。
- テキストエディタまたはワードプロセッサを用いて、アスキーのテキストファイル「フロン.dat」を開きます。

ファイルを開くのは特に必要な作業ではなく、データを表示することが目的です。具体的には、変数の名前につき、時間の列、時系列データの列が続きます。下記の形式でデータが表示されます。

フロン.dat の英語版元ファイルは、CFC11.dat です。cfc11.tab に日本語版は含まれていません。

「フロン.dat」ファイルには日本語の変数名が含まれており文字化けとなりますので、テキストエディターで開いて下さい。

ここでは Windows アクセサリに付属のメモ帳を用いて英語の CFC11.dat ファイルを開き、変数名 [atmospherc CFC11 releases] を [大気中へのフロン放出] へと日本語に変更し、フロン.dat ファイル名で保存しています。

```

フロン.dat - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
大気中へのフロン放出
1938 0.1 (Mkg)
1939 0.1
1940 0.1
1941 0.1
1942 0.1
1943 0.2
1944 0.2
1945 0.3
1946 0.6
1947 1.3
1948 2.3
1949 3.8
1950 5.5
1951 7.6
1952 11.0
1953 15.0
1954 18.6
1955 23.0
1956 28.7
1957 32.2
1958 30.2
1959 30.9
1960 40.5
1961 52.1
1962 65.4
1963 80.0
1964 95.0

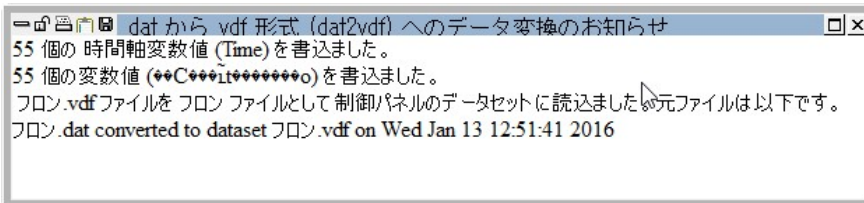
```

➤ フロン.dat を閉じます。



16.5 テキスト形成のデータ (.dat) 読み込み

テキストファイルのフロン.dat をバイナリ形式の Vensim データファイルフロン.vdf に変換し、時系列データとして読み込みます。

- [モデル] メニュー → [.dat フォーマット読込] を選択し、[フロン.dat] を選択し、[開く] をクリックします。
- 日本語を含むデータを読み込む場合は、「ソースファイルの文字コード変換」リストが出てきます (次ページ) ので、[Japanese(ShiftJIS)] のコード情報を選択し、[OK] をクリックします。
- [エラーなくデータが変換されました] というメッセージが表示され、読み込まれた変数情報が表示されます (次ページ)。[OK] をクリックし、ウィンドウを閉じます。



データセットフロン.vdf が最初のデータセットとして読み込まれ、分析ツールがこのデータセットに対して稼働します。

- 制御パネルの表示  を開いて、[データセット] タブをクリックし、すでにあるデータセット「フロン現状」をダブルクリックして読込ファイルから移動し、フロンだけを残します。
- 「大気中へのフロン放出」をクリックし、作業変数とします。グラフ  をクリックします。


データセットにもとづき、「大気中へのフロン放出」のグラフが表示されます。






- **[Del]**を押すか、もしくは閉じるボタンをクリックして、グラフを閉じます。

このシミュレーションは、1992 年までしか実行されません。なぜなら入力したデータセットに予測値が含まれていないためです。

16.5.1 シミュレーション


データ変数には、データソースが必要です。これらのデータソースは、読み込んだデータセットファイルで、シミュレーションが実行される前に指定する必要があります。データソースを設定するには、シミュレーション制御対話ボックスを用いるか、シミュレーションの準備  によって表示されるツールバーを用います。

16.5.2 シミュレーションの準備

- シミュレーションの準備  をクリックします。
- シミュレーションの保存ファイル名のボックス  に実行ファイル名（例えばフロン現状2）を入力します。
- 左の編集ボックス（積分法 [Euler] 【オイラー】の右側）に、変換したデータセットの名前「フロン」を入力します。もしくは、編集ボックスの右にある [データセット名の選択] ボタン  を押して、データセット [フロン.vdf] を選びます。

このツールバーは、Vensim PLE で .dat データファイルを読み込んで、そのファイル名を入力した状態を表示しています。




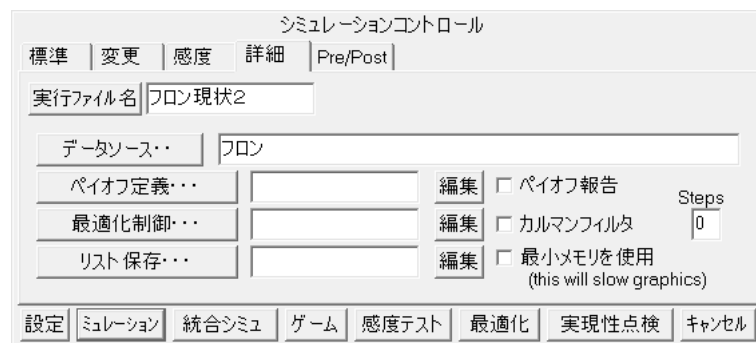
- シミュレーションの実行  をクリックします。

PLE と PLE Plus には対応していません。

16.5.3 シミュレーションの制御

シミュレーションデータで使用するデータセットを指定するもう 1 つの方法は、「シミュレーションの制御」を使うことです。

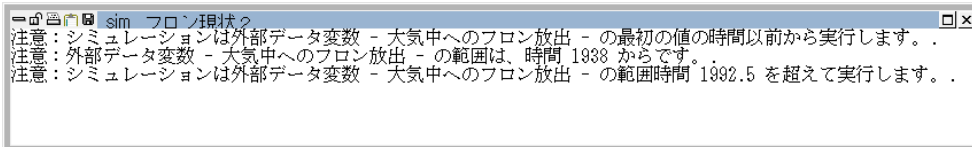
- シミュレーションの制御  をクリックし、「詳細」タブをクリックします。



「詳細」タブは、データファイルとモデルの最適化の設定を含んでいます。


- シミュレーションの実行ファイル名を入力します（例えば、フロン現状2）。
- [データソース...] をクリックして、データセット「フロン.vdf」をクリックし、[開く] をクリックします（もしくは、[データソース...] の右側の編集ボックスにフロン.vdf と入力します）。
- [シミュレーション] をクリックします。

3つのエラーが表示されます。



シミュレーションがデータの範囲を超えた場合、そのデータの最も近い値が使用されます。すなわち、1938年以前では「大気中へのフロン放出」の最初の値が使用され、1994年以降はその最後の値が使用されます。

16.5.4 結果

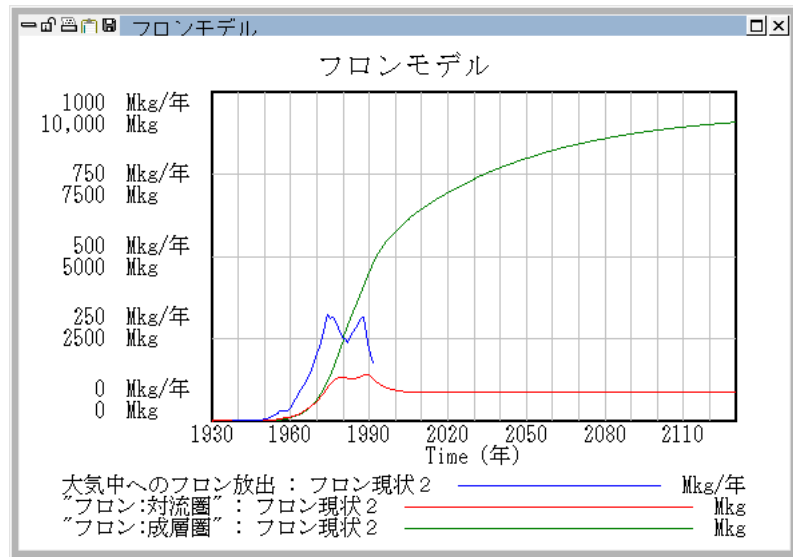
- 制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブの中の読込ファイルの「フロン」をダブルクリックし、取り除きます。

モデルはデータセット「フロン」をシミュレーションで変数にデータを提供するために用いましたが、シミュレーションにより作成された「フロン現状2」というデータセットは、このデータ変数をも含む値を持っています。



もしご自身でモデルを作成した場合には、以下のように自作グラフを定義します。

名称	フロンモデル		表の作成				
タイトル	フロンモデル		隠す				
X-軸	<input type="text"/>	選択	X軸名	<input type="text"/>			
最小	<input type="text"/>	最大	<input type="text"/>	X軸分割 <input type="checkbox"/> Lbl-Interva <input type="checkbox"/>			
Y分	<input type="text"/>						
スケール	<input type="text"/>						
コメント	<input type="text"/>						
タイプ	<input checked="" type="radio"/> Norm <input type="radio"/> Cum <input type="radio"/> Stack		体裁 <input type="checkbox"/> 点 <input type="checkbox"/> 塗り幅 <input type="text"/> 高さ <input type="text"/>				
目盛	変数	データセット	ラベル	線幅	単位	Y最小	Y最大
<input type="checkbox"/>	大気中へのフロン放出	選択	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0	1000
<input checked="" type="checkbox"/>	"フロン:対流圏"	選択	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	"フロン:成層圏"	選択	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	選択	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	選択	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	選択	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> 進展グラフ (最大点)		<input type="text"/>	コピー	表示テスト	<input type="checkbox"/> Y軸自動調整		
		OK	キャンセル				

➤ [グラフ] タブをクリックし、[表示] をクリックして自作グラフを表示します。



もしくは以下のようにします。

➤ グラフ  と因果グラフ  を使って、このモデルのフローとストックの振る舞いを見ます。

読み込まれた時系列データの「大気中へのフロン放出」は 1992 年で終わっています。しかし、その最終値の 171.1 がそれ以降も用いられることを意味しています。このため、「フロン：成層圏」が上昇を続けている一方で、2000 年以降「フロン：対流圏」は安定します。

フロンの消費と放出は、引き続き何年かにわたって減少し続けるかもしれません。フロンの放出が、171.1 Mkg/年と同じ水準で続くことはないでしょう。フロン放出に対する楽観的な予測を持った時系列データを開いてみます。

16.6 表計算データの読み込み

Vensim PLE には対応しません。

➤ 表計算アプリケーション (Microsoft Excel など) があれば、フロン.xls を開いて、データの内容を見ます。

表計算ファイルの一部は以下のようになります。

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	モデル変数	時系列データ (出所(は下を参照))									
2		1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	
3											
4	大気中へのフロン放出	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.6	
5		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	
6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7		0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	
8											
9											
10											

➤ [モデル] メニュー → [データセット読込] を選択し、フロン.xls を選んで [開く]

をクリックします。複数のシートがある場合には、使用するデータシート（ここでは [フロンデータ]）を選択して [OK] をクリックします。

VDF 変換の編集ボックスが開きます。

時間データや変数データ及び変数名を正確に読み込むために、オプションを設定する必要があります。まず全てのデータを含むセルの範囲を設定します。

- 左側の [行#] の編集ボックスに「2」を入力します。
- その隣の [列#] の編集ボックスに「3」を入力します。
- 次の [行#] の編集ボックスに「4」を入力します。
- 右端の [列#] が「61」になっていることを確認します。

変数名「Time」がないので、時間の値を読み込む行を指定します。

- [変数が時間軸] と同じ行にある [行#] の編集ボックスに「2」を入力します。

[変数が時間軸] のオプションボタンはオフとなり、[行#] のボタンはオンになります。変数名のデフォルト位置は 1 列目です。モデル変数名「大気中へのフロン放出」は 2 列目にあるので、これを指定します。表計算の 3 行目は、データを含んでいないため、除外します。

- [変:] の右にある [列#] を「2」とします。
- [除外する行のリスト] 編集ボックスをクリックし、「3」を入力します。
- [フォーマット情報の保存] をクリックし、名前を「フロン」と入力し、[保存] をクリックします。

最初の 2 行 3 列はシートの“C2”セルに、4 行 61 列は“BI4”セルに相当します。

[変:] は [変数:] を意味します。

同じデータファイルを再度変換したい場合、このフォーマット情報を読み込むことができます。VDF 変換の編集ボックスは以下のようになります。

表から vdf ファイルへ変換 フロンXLS

範囲 全て 行# 2 列# 3 から行# 4 列# 61

時間軸名 Time 横 縦 時間の値は以下から認識:

変数が時間軸 又 行# 2 又 式 0 + 1 列当り

変: 列# 2 又 ファイル Subs[]

Strip "" "" 空セルの値

除外する行のリスト: 例 6.9.33

3

除外する列のリスト

移し換えの制御

Mov Sel

Ed Sel

Add Ed

フォーマット情報の読み込み

フォーマット情報の保存

OK 移し換え キャンセル

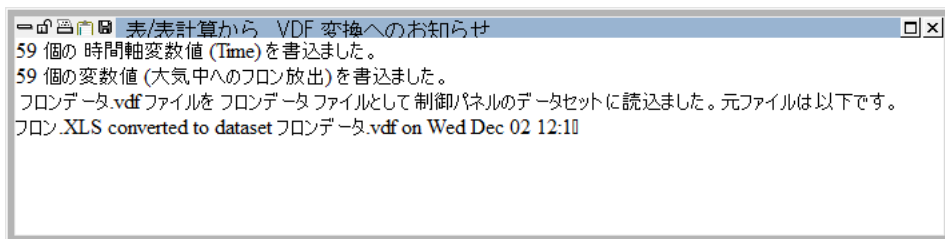
行 1	列 1
0011 大気中へのフロン放出	0011 大気中へのフロン放出
0021 モデル変数	0021 Year
0031 時系列データ (t)	0031 -
0041 -	0041 大気中へのフロン放出
0051 -	0051 Refrigeration
0061 -	0061 Blowing agent
0071 -	0071 Open-cell foam
0081 -	0081 -
0091 -	0091 -
0101 -	0101 Source: Alter
0111 -	0111 *** Wash
0121 -	0121 *** From: Tre

➤ VDF 変換の編集ボックスの [OK] をクリックします。


[ファイル フロン.frm は存在します。上書きしますか?] という表示が現れます。

➤ [はい] をクリックします。

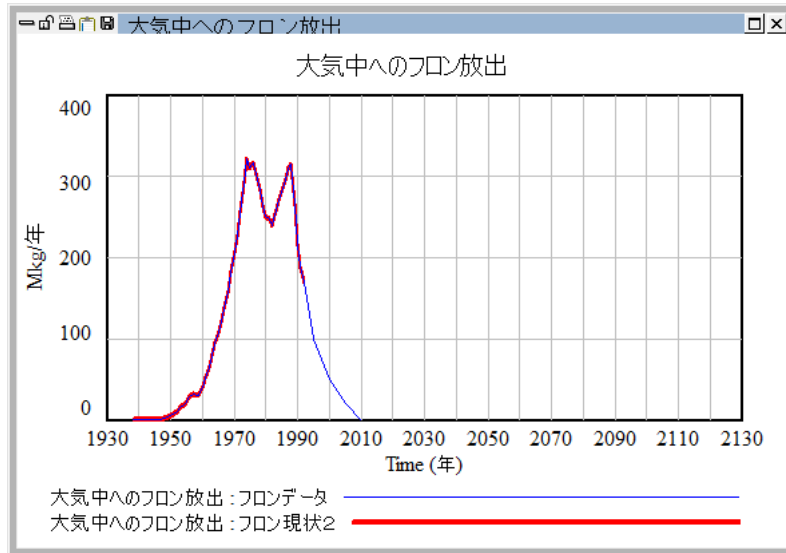
[エラーなく vdf ファイルにデータが変換されました。] というメッセージが表示され、操作した内容を表示する出力画面が開きます。



➤ メッセージボックスの [OK] をクリックし、ウィンドウを閉じます。



➤ 「大気中へのフロン放出」をクリックし、グラフ  をクリックします。

「大気中へのフロン放出」のグラフは、データセット「フロンデータ」では、ゼロまで減少しています（データセット「フロン現状2」のグラフは、1992年までは、これと重なっています）。





「フロン現状2」の赤線は、太く表示しています。

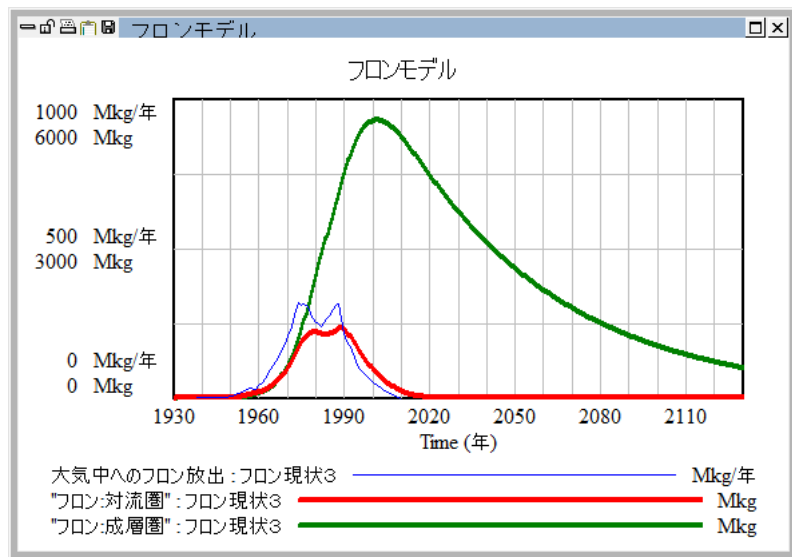
16.6.1 シミュレーション

- シミュレーションの準備  をクリックします。実行名を入力します（例えばフロン現状3）。
- 左の編集ボックス（積分法 [Euler] 【オイラー】の右側）に、変換したデータセットの名前「フロンデータ」を入力します。もしくは、編集ボックスの右にある [データセット名の選択] ボタン  をクリックして、データセット [フロンデータ.vdf] を選びます。

データセットフロン現状2は、まだデータ編集ボックスに表示されています。

- シミュレーションの実行  をクリックします。
- 制御パネルの表示  をクリックします。[データセット] タブをクリックし、データセット「フロンデータ」と「フロン現状2」をダブルクリックし、取り除きます。[グラフ] タブをクリックし、[表示] をクリックします。

フロンの対流圏と成層圏のグラフは太線で表示しています。



フロンの放出が停止することで、「フロン：成層圏」の量が大幅に減少していることがわかります。しかし、それはかなりの遅れをもって成層圏に影響しています。「大気中へのフロン放出」が、1988年に減少し始めても、「フロン：成層圏」の値は、2002年に頂点に達します。さらに、2060年までは、「フロン：成層圏」の値は1988年の値を上回ります。このモデルは非常に単純で、フロン放出とオゾン層破壊の完全な関係を示すものではありません。しかし、現在の活動がもたらす結果を実感するためには時間が必要であることを示しています。

第 17 章

添字 (配列) の作成

17.1 添字とは

添字 (そえじ) は、1 つの変数や方程式でいくつかの異なる概念を表します。例えば、以下のような方程式を考えます。

$$\text{利益} = \text{収入} - \text{経費}$$

もしチェーン店のモデルを作成した場合、それぞれの店の活動に興味が生じます。この時、以下のように東京や大阪等のチェーン店を添字、「店」を添字範囲と定義することができます。

店：東京，大阪，名古屋，福岡，札幌，那覇

それぞれの名前は、異なる店 (この場合は所在地) を示しています。方程式は次のように書けます。

$$\text{利益 [店]} = \text{収入 [店]} - \text{経費 [店]}$$

この方程式は、それぞれの店について示しており、その店の利益は、その店の収入から、その店の経費を差し引くことにより計算されます。したがって、添字ごとの 6 つの方程式ではなく、1 つの方程式だけで記述できます。さらに、もし店を追加したい場合でも、方程式を書きなおす必要はありません。

モデルのある変数は異なる添字範囲を持っていたり、また添字を持っていなかったりします。例えば、以下のような方程式があります。

$$\text{企業利益} = \text{SUM}(\text{利益 [店!]}) - \text{企業経費}$$

この方程式はすべての店の「利益」を合計し、「企業経費」を差し引きます。このように、添字と通常の変数を混在させて計算することもでき、また、それを必要とする場合があることもわかります。

添字は、Vensim Professional と DSS にのみ対応します。添字を用いたモデルは、Vensim Model Reader でも利用できます。

添字には上付き Superscript と下付き Subscript がありますが、Vensim では Subscript のみを使用されます。よって誤解のおそれがないので添字と簡素に訳します。

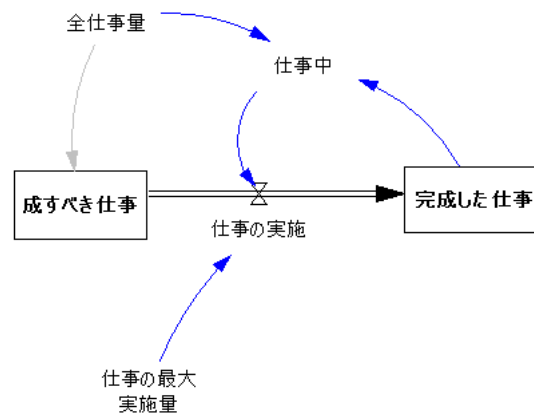
これは 1 次元配列の例で、数学のベクトル表現をもちいると、 $x = (x_1, x_2, x_3)$ のようになります。ここではベクトル x を添字範囲、その要素 $x_i, i = 1, 2, 3$ を添字と定義しています。参考までに数学では、2 次元配列は行列、 n 次元配列は n 階テンソルと呼ばれます。

SUM は添字範囲の全店 (! を付けて表す) の利益を合計する関数です。

17.2 簡単なプロジェクトモデル (プロジェクト 1.mdl)

このプロジェクトモデルは、3つの仕事から構成されています。各仕事は同じ構造を持ちます。「プロジェクト 1.mdl」は1つの仕事をモデル化しています。このモデルを、「プロジェクト 2.mdl」として保存し、3つの仕事を示す添字を持たせます。

- ユーザーズガイドモデル第 17 章にある「プロジェクト 1.mdl」を開きます。
- もしくは、以下のような図と方程式のモデルを作成します。[時間の範囲] は、[開始時間] = 「0」、[終了時間] = 「100」、[時間ステップ] = 「0.125」とし、[時間単位] は「月」とします。



プロジェクト 1.mdl の方程式

仕事の実施 = 仕事の最大実施量 * 作中
Units: 作業/月

仕事の最大実施量 = 8
Units: 作業/月

作中 = IF THEN ELSE(完了した仕事 < 全仕事量, 1, 0)
Units: Dmnl

全仕事量 = 180
Units: 作業

完了した仕事 = INTEG (仕事の実施, 0)
Units: 作業

成すべき仕事 = INTEG (- 仕事の実施, 全仕事量)
Units: 作業

- 「成すべき仕事」の方程式編集ボックスで、[補充的に使用] にチェックを入れます。
- モデルの振る舞いを検討するために、シミュレーションを実行します。「完了した仕事」が、ゼロから最終の値まで、一直線に増加し、その後一定になることがわかります。


- [ファイル] メニュー→ [別名で保存] を選択し、「プロジェクト 2」として保存します。

17.3 複数の仕事を持つプロジェクト (プロジェクト 2.mdl)

17.3.1 添字範囲

まず、複数の仕事を持つことのできる変数を作成します。これは [添字範囲] と呼ばれ、このプロジェクトに適切な名前は「仕事」です。

添字範囲は数学のベクトル名と同じです。

- ツールバーの [添字 (配列) の作成]  をクリックし、添字コントロールを開きます。



- [新規] をクリックし、名前を「仕事」と入力し、[OK] をクリックします。

「仕事」の方程式編集ボックスが開きます。これは [添字範囲] を示し、ここにデザイン、試作、作成の3つの仕事内容を加えます。「仕事」という添字範囲は、これらの具体的な仕事内容と同じではなく、それらの集合としての仕事を表すものです。方程式編集ボックスの、[方程式ボックス] の左に、「添字」と記号「:」が表示されることに注意してください。

- 3つの仕事を以下のように入力し、([仕事:] と入力する必要はありません。すでに表示されています) [OK] をクリックします。

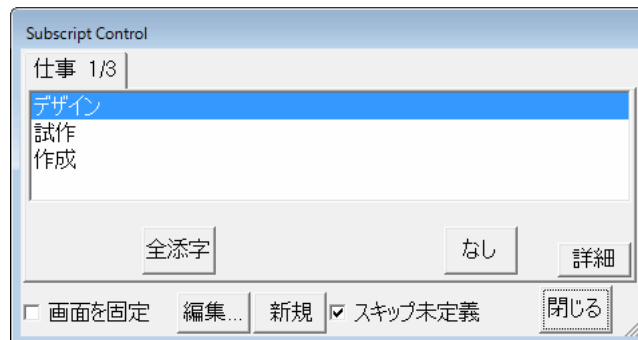
仕事 : デザイン, 試作, 作成



3つの仕事が添字コントロールに表示されます。添字範囲「仕事」と3つの添字はスケッチ画面には表示されないことに注意してください。添字範囲と添字は、モデル定義の一部であり、図における構造の一部ではありません。

17.3.2 添字コントロール

3つの添字のうち「デザイン」が選択されているので、添字範囲「仕事」が1/3となっています。




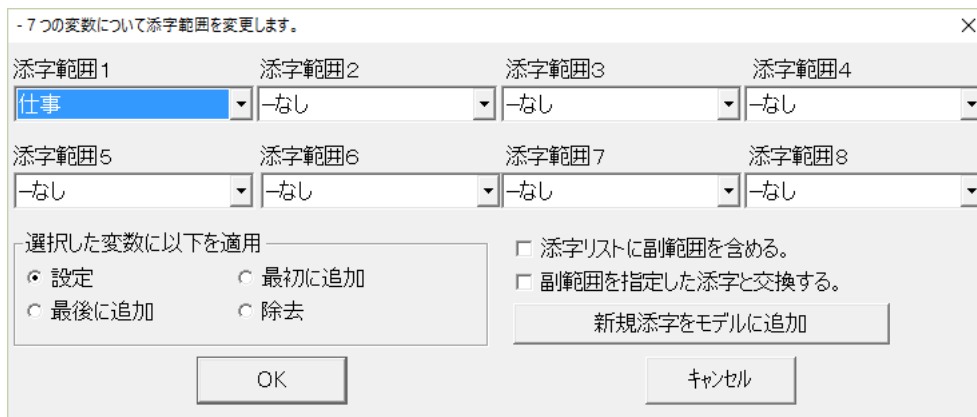
添字範囲の名前「仕事」のタブが付いたリストボックスに、3つの添字の要素が表示されます。最初の要素「デザイン」が強調表示されています。分析ツールは、添字範囲の中で選択された（強調表示された）添字の要素だけに機能します。添字の要素を強調表示させるには、それをクリックします。「全添字」をクリックすると、すべての要素が強調表示され、「なし」をクリックすると、すべての強調表示を解除することができます。「編集」をクリックすることで、方程式編集ボックスの中で、いつでも添字範囲を編集できます。

「詳細」ボタンでは、多数の（12を超える）要素を持つ添字範囲を作成するための、より詳細な設定ができます。添字コントロールの詳細は、リファレンスマニュアルの"Subscript Control"で紹介しています。

17.3.3 添字範囲を変数に追加

変数に添字範囲を追加する場合、まず、どの変数がどの添字範囲を利用するかを決める必要があります。このモデルに関しては、これまで定義されたすべての変数に添字範囲を追加することが賢明です。

- スケッチ上をクリックするか、またはツールバーのモデルウィンドウ表示  をクリックします。[編集] メニュー→ [全てを選択] を選択するか、もしくは **(Ctrl)+[A]** によりすべての変数を強調表示させます。
- [編集] メニュー→ [添字の設定] を選択し、添字編集ボックスを開きます。



- 最初のドロップダウンボックス（[添字範囲1]）をクリックし、[仕事] を選択します（[-なし] と [仕事] の2つの選択肢があります）。
- [OK] をクリックします。

モデルの全ての変数が添字範囲「仕事」を持つようになります。スケッチ上では、これらの添字範囲は表示されないことに注意してください。添字範囲は、変数を選択し、作業変数とした時、タイトルバーに表示されます。また、方程式でも見ることができます。

- 方程式 $f(x)$ を選択し、「仕事の実施」をクリックします。方程式は次のようになります。

$$\text{仕事の実施}[\text{仕事}] = \text{仕事の最大実施量}[\text{仕事}] * \text{工作中}[\text{仕事}]$$

添字範囲が、Vensim 方程式の角括弧 [] の中に表示されます。もし、変数に2つ以上の添字範囲がある場合、異なる添字はコンマによって区別されます。例えば、在庫 [備蓄, 品目] のようにします。

最も重要な添字範囲の規則は、方程式の右項に表示されている添字範囲は左項にも表示されるということです。このモデルについては、これは問題ではありません。

- [キャンセル] をクリックし、方程式編集ボックスを閉じます。

左項の「仕事の実施」については、[方程式] ボックスの最初の行が「添字 [仕事]」となって表示されています。

17.3.4 定数式の扱い

ここまでの修正で、モデルの全ての方程式は同じように変更されます。特に、「全仕事量」の方程式は以下のようになっています。

$$\text{全仕事量 [仕事]} = 180$$

この方程式は、各「仕事」（つまり、デザイン、試作、作成）が 180 という値であることを示しています。

添字の目的の 1 つは、異なる要素が、異なる値を持つことを可能にすることです。その結果、後の節において紹介する多元方程式を利用することができるようになります。特に定数については、コンマで区切って入力するだけで作成できます。

- 「全仕事量」の方程式編集ボックスを開きます。方程式を以下のように書き換え、[OK] をクリックします。



$$\text{全仕事量 [仕事]} = 180, 250, 500$$

- 「仕事の最大実施量」についても、以下のように入力します。

$$\text{仕事の最大実施量 [仕事]} = 8,10,15$$

17.3.5 ベクトル関数

全ての仕事における「完成した仕事」の合計を示す変数を追加します。

- 変数  を選択します。「完成した仕事」の下をクリックし、名前を「完成した仕事の合計」と入力します。
- 矢印  を選択し、「完成した仕事」をクリックし、次に「完成した仕事の合計」をクリックします。
- 方程式 $f(x)$ により、「完成した仕事の合計」の方程式編集ボックスを開きます。
- 変数のリストの中の、「完成した仕事」をクリックします。

添字も一緒に追加されるので、方程式は以下ようになります。

$$\text{完成した仕事量の合計} = \text{完成した仕事 [仕事]}$$

この方程式は完成ではありません。この時点でモデルをチェックすると、「[添字範囲 - 仕事 - は右項にはありますが、左項にはありません。] というエラーメッセージが表示されます。「完成した仕事」は添字範囲 [仕事] を必要としますが、「完成した仕事の合計」には添字範囲が必要ありません。なぜなら、それは全ての仕事の合計値だからです。こうしたエラーを修正するために、SUM 関数を使用します。

$$\text{完成した仕事の合計} = \text{SUM(完成した仕事 [仕事!])}$$

感嘆符 (!) は、どの添字範囲を合計したいかを示します。この場合、添字範囲は 1 つだけですが、1 つの変数につき、8 つまでの添字範囲が可能です。したがって、どの添字範

囲に対して SUM 関数が作用しているのかを示すことが重要です。

- 上記の方程式に SUM 関数と添字範囲を入力します。[単位] は「作業」とします。編集ボックスの左にある [補充的に使用] にチェックを入れます。感嘆符 (!) を忘れないようにします。[OK] をクリックします。

17.3.6 方程式編集ボックスによる添字の作成

[編集] メニュー→ [添字の設定] を使用する以外に、方程式編集ボックスを使用して、変数に添字を追加することもできます。添字範囲を追加する変数の名の最後にカーソルを置き、[添字] タブを選択して添字範囲の名前をクリックします。Vensim は自動的に角括弧 [] もしくはコンマを追加します。[添字] タブは、モデルが添字範囲を持つ場合のみ表示されます。添字範囲の名前を直接入力することもできます。



このモデルの方程式は、以下のようになります。

仕事: デザイン, 試作, 作成

仕事の実施 [仕事]=仕事の最大実施量 [仕事] * 仕事 [仕事]
Units: 作業/月

仕事の最大実施量 [仕事]=8,10,15
Units: 作業/月

仕事 [仕事]=IF THEN ELSE(完成した仕事 [仕事] < 全仕事量 [仕事], 1, 0)
Units: Dmnl

全仕事量 [仕事]=180,250,500
Units: 作業

完成した仕事 [仕事]= INTEG (仕事の実施 [仕事], 0)

Units: 作業

成すべき仕事 [仕事]= INTEG (- 仕事の実施 [仕事], 全仕事量 [仕事])

Units: 作業

完成した仕事の合計=SUM(完成した仕事 [仕事!])

Units: 作業

17.3.7 添字の要約



最後の 1 つを除いて、方程式の左項には、添字範囲が表示されます。定数では、添字範囲「仕事」が左項に表示され、右項に 3 つの値（それぞれの仕事内容ごとに 1 つずつ）が表示されます。補助変数では、添字範囲「仕事」が、左右どちらにも表示されます。その値は、仕事ごとに計算されます。


例外は最後の方程式です。「仕事」が右項にのみ表示されます。変数「完成した仕事の合計」は、3 つの仕事からなる「完成した仕事」の合計値で、値は 1 つです。添字の関数 SUM は、感嘆符 (!) が付いた添字範囲を持つ変数の値を合計します。方程式に 2 つ以上の添字範囲を用いることがあり、それを区別するために、感嘆符 (!) を付けた添字範囲が使用されます。


➤ [モデル] メニュー → [モデルチェック] を選択します（もしくは **Ctrl**+**T**）。



[モデル O.K です] というメッセージが表示されます。そうでなければ、エラーメッセージが現れます。方程式編集ボックスが開き、間違っただ方程式を示します。方程式が上記の方程式と一致しているかチェックします。その方程式が一致していれば、他の方程式もチェックします。修正し、[OK] をクリックし、[モデル] メニュー → [モデルチェック] を再度選択します。

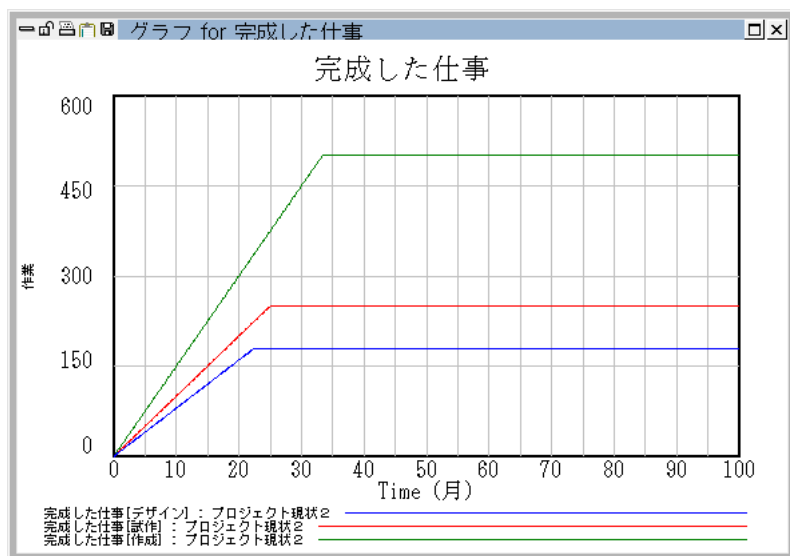
17.3.8 シミュレーションと分析

➤ シミュレーションの保存ファイル名の編集ボックス  をダブルクリックし、データセット名を「プロジェクト現状 2」とします。シミュレーションの実行  をクリックします。


モデルをシミュレーションしたあと、制御パネルの表示  の [データセット] タブで、「プロジェクト現状 2」以外のデータセットを除外します。

➤ 「完成した仕事」をクリックし、グラフ  をクリックします。添字「デザイン」の「完成した仕事」の振る舞いを表すグラフが表示されます。

➤ ツールバーの添字 (配列) の作成  をクリックします。添字コントロールが開きます。[全添字] をクリックし、再度グラフ  をクリックします。



すべての添字が選択されたため、それぞれの仕事ごとの「完成した仕事」がグラフに示されます。どの分析ツールも、添字コントロールで選択された添字を反映した出力を生成します。

➤ 「すべての完成した仕事」をクリックし、因果グラフ  をクリックします。


3つの仕事ごとの「完成した仕事」の振る舞いと、その原因となる「仕事の実施」のグラフが表示されます。この場合、選択された添字の数は問題ではなく、すべての添字が「完成した仕事」の原因となるため表示されます。

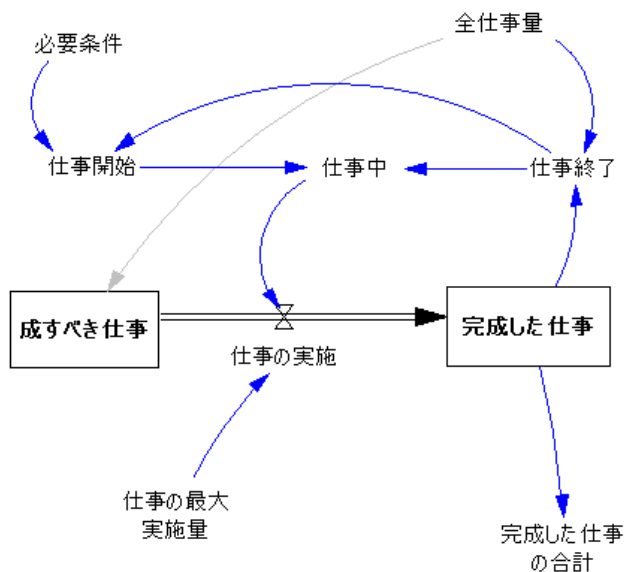
17.4 添字モデルの応用 (プロジェクト3.mdl)

このプロジェクトモデルは、3つの部門からなる仕事を持つプロジェクトを完成させます。特にある仕事を次の仕事が始まる前に完了しておく必要があるという条件を与えます。つまり、それぞれの仕事の完成は、後に続く仕事を開始するための必要条件となります。それぞれの仕事の構造はすべて同じです。

➤ ユーザーズガイドモデル第17章から、「プロジェクト3.mdl」を開きます。

もしくは、以下のように新規モデルを作成します。

➤ 新規モデル  をクリックします。[時間ステップ] を [0.125] とし、[OK] をクリックします。以下のモデルを作成し「プロジェクト3.mdl」として保存します。



これはモデルを見やすくするための作業であり、必須のものではありません。

- 下層に隠す を選択し、「全仕事量」から「成すべき仕事」への矢印の矢頭をクリックし、矢印を隠します（なぜなら「全仕事量」はストックの初期値として利用されているだけだからです）。

17.4.1 添字範囲

まず仕事を表す添字の範囲を作成します。

- 添字 (配列) の作成 をクリックします。
- [新規] をクリックし、添字範囲の名前を [仕事] と入力し、[OK] をクリックします。
- 「仕事」の方程式編集ボックスが開きます。
- 3つの仕事を以下のように入力し、[OK] をクリックします。

仕事 : デザイン, 試作, 作成

- 方程式 $f(x)$ を選択し、「全仕事量」の方程式編集ボックスを開きます。
- 「180,250,500」と入力します。
- 方程式ボックスの左にある [添字] タブをクリックし、[添字] ボックスにある「仕事」をクリックします (リストの中は1つだけです)。[] で囲まれたボックスに「仕事」が追加されます。方程式は、以下のようになります。

全仕事量 [仕事] = 180,250,500
Units : 作業

- 他の方程式の入力を続けます。[他の変数を編集] ボックスの右端のドロップダウンボックスから【成すべき仕事】をクリックします。[変数情報] ボックスの「成すべき仕事」の最後にカーソルを持ってきます。[添字] ボックスから【仕事】を

編集ボックスに入力するのは「デザイン, 試作, 作成」です。

クリックします。[方程式] ボックスの最初の行の で囲まれたボックスに「仕事」が追加されます。

方程式は以下のようになります。

```
成すべき仕事 [仕事] = INTEG ( - 仕事の実施 [仕事], 全仕事量 [仕事])
Units: 作業
```

➤ 「成すべき仕事」の [補充的に使用] にチェックを入れます。

以下同様に他の方程式の入力を続けます。

```
完成した仕事 [仕事] = INTEG(仕事の実施 [仕事], 0)
Units : 作業
```

```
仕事の実施 [仕事] = IF THEN ELSE(仕事 [仕事], 仕事の最大実施量 [仕事], 0)
Units : 作業/月
```

「仕事の実施」の方程式は、論理関数である IF THEN ELSE が使われています。「仕事」である限り、「仕事の最大実施量」の作業が行われます。

```
仕事の最大実施量 [仕事] = 8,10,15
Units : 作業/月
```

残りの4つの変数 (必要条件、仕事開始、工作中、仕事終了) は、仕事の関係を表します。仕事が、必要条件を持たない場合、すぐに作業が始まります。仕事が必要条件を持つ場合、その条件が作業開始までに終了している必要があります。

17.4.2 添字範囲の写像

仕事は、(1) 独立した仕事、もしくは (2) 他の仕事が終了するという必要条件を持つ仕事のいずれかです。両方のコンセプトを1つの方程式に表示するために、新たに添字範囲「仕事の段取り」を定義します。この定義はこれまでの添字範囲「仕事」と全く同じです。よってこの作業過程を写像と言います。このプロジェクトモデルでは、それぞれの仕事は、基本的に他の仕事が終了することを必要条件としています。したがって、最初に作成した添字範囲を写像記号 $\langle - \rangle$ を使用して、新たな添字範囲として定義します。

写像はマッピングともいいます。

- 添字 (配列) の作成 をクリックします。[新規] をクリックし、名前を「仕事の段取り」と入力し、[OK] をクリックします。
- [タイプ] の右の [副タイプ] ドロップダウンボックス (▼) で、[同等] を選択します。

方程式編集ボックスの [方程式] ボックスの下に、同等を表す記号 $\langle - \rangle$ が表示されます。

- [添字] ボックスから [仕事] をクリックして、方程式ボックスに入力します。括弧 は表示されません。
- [OK] をクリックし、方程式編集ボックスを閉じます。

添字制御対話ボックスに、新たなタブが追加されていないことがわかります。[詳細] をクリックすると、[副範囲 (変種)] ボックスに「仕事の段取り」が表示されています。

[同等] の選択により「副範囲」とみなされます。つまり、「仕事の段取り」は「仕事」の副範囲であり、個別のタブを持ちません。もし、「仕事の段取り」を編集したい場合は、方程式編集ボックスの「他の変数を編集」から「モデルから選択」ボタンを利用します。

17.4.3 添字を持つ変数の多元方程式

仕事は、必要条件を持ちます。しかし、それ自身の必要条件ではありません。3つの仕事（デザイン、試作、作成）について、どの仕事が他の仕事の必要条件であるのかを示す方程式（3つの仕事それぞれの仕事に対するので合計9つ）の設定をする必要があります。例えば、添字「試作」では、次のような方程式を設定します。

$$\begin{aligned} \text{必要条件 [試作, デザイン]} &= 1 \\ \text{必要条件 [試作, 試作]} &= 0 \\ \text{必要条件 [試作, 作成]} &= 0 \end{aligned}$$

「試作」に関する3つの方程式は、デザインは必要条件（値=1）です。しかし、試作と作成は必要条件ではない（値=0）ことを示しています。「試作」のこれら3つの方程式は、より簡潔な形にすることができます。

$$\text{必要条件 [試作, 仕事の段取り]} = 1, 0, 0$$

必要条件の仕事の順序が、副範囲として作成された仕事の段取りと同じことに注意してください。そのため、値1はデザインを、値0は試作と作成をそれぞれ意味しています。しかし、全体では3つの方程式が必要です（必要条件を表すために、2次元配列を持つ、1つの方程式で表すこともできます。これはリファレンスマニュアルを参照してください）。

- 方程式 $f(x)$ を選択し、「必要条件」をクリックします。変数名のすぐ後ろをクリックし、カーソルを置きます。
- [添字] タブのドロップダウンボックス (▼) ([範囲] となっています) のドロップダウンリストから、添字範囲 [仕事-要素] を選択します。下のリストボックスに3つの仕事の要素が表示されます。
- リストから、添字「デザイン」をクリックします。これで、[方程式] の添字ボックスに「デザイン」が入力されます。[デザイン] の後ろをクリックし、カーソルを置きます。
- ドロップダウンボックス (▼) ([仕事-要素] となっています) のドロップダウンリストから [範囲] をクリックします。リストボックスには、2つの添字範囲が表示されます。
- 「仕事の段取り」をクリックします。
- 方程式編集ボックス（等号=の後）をクリックし、カーソルを移動させ、数字とコンマを以下のように入力します。

$$\begin{aligned} \text{必要条件 [デザイン, 仕事の段取り]} &= 0, 0, 0 \\ \text{Units : Dmnl} \end{aligned}$$



これは、どの仕事か他の仕事の必要条件かを示す3つの方程式の1番目です。次の2つの方程式を作成します。

- 方程式編集ボックスの右にある [式追加] ボタンをクリックします。

「必要条件」に2つ目の方程式が追加されます。自動的に添字範囲 [仕事, 仕事] が追加されています。「デザイン」は仕事で、「仕事の段取り」も仕事への写像なので、先程の方程式と同じ形です。

- 「必要条件」にある添字範囲 [仕事, 仕事] を削除します。
- 新しい添字を入力するか、もしくは添字のリストから選択して、以下の方程式を完成させます。

必要条件 [試作, 仕事の段取り] = 1,0,0

[単位] はすでに入っていることに注意してください。変数に定義された単位は1つです。

- 右上のドロップダウンボックス (▼) ([2] となっています) をクリックし、[*New*] をクリックします。または [式追加] をクリックします。添字範囲「仕事, 仕事」と出てくるのでそれらを削除して、新しい添字を入力するか、もしくは添字のリストから選択して、以下の方程式を完成させます。

必要条件 [作成, 仕事の段取り] = 1,1,0
Units : Dmnl

[*New*] を選択したドロップダウンボックス (▼) をクリックすることで、3つの方程式を切り替えることができます。または [← →][← →] 矢印をクリックして移動できます。方程式を追加することで、このリストに方程式の番号が追加され、タイトルバーにも表示されます。[除去] をクリックすると、表示されている方程式が削除されます。

➤ [OK] をクリックし、方程式編集ボックスを閉じます。

注意 2次元配列を用いた、簡潔な方程式もあります。以下の方程式は、「必要条件」に入力した3つの方程式と同じ内容です。

必要条件 [仕事, 仕事の段取り] = 0,0,0;1,0,0;1,1,0;

1つの変数に多元方程式を書く方法を説明するため、この方程式は使用しませんでした。この例では、こうした2次元配列を使用することもできます。しかし、多くのモデルにおいては、使えないこともあります。一方で、多元方程式を用いた方法は、定数だけでなく、すべての種類のモデル変数に応用できます。

17.4.4 論理関数と演算子

ここでは全仕事量の 0.98 倍を演算子チェック値としています。

仕事は、その全仕事量が終わると完了します。より完全なモデルでは、必要条件の決定を容易にするために、「全仕事量」のある部分を用います。論理関数の IF THEN ELSE は、関係演算子 \geq をチェックします。演算子が「真」ならば YES を返し、方程式の THEN の部分を実行し、演算子が「偽」ならば NO を返し、方程式の ELSE の部分を実行します。

➤ 「仕事終了」をクリックし、以下の方程式を入力します。

**仕事終了 [仕事] = IF THEN ELSE(
完成した仕事 [仕事] \geq 0.98 * 全仕事量 [仕事], 1, 0)
Units : Dmnl**

作事中と仕事開始の2つです。

最後の2つの方程式は、より複雑な論理関数を使用します。「必要条件 [仕事]」、「仕事開始 [仕事]」、「仕事終了 [仕事]」の値は、2進数 (0 または 1) です。関数 IF THEN ELSE は、式の値がゼロでない時は「YES」を返して THEN へ移動し、ゼロの時は「NO」を返して ELSE へ移動します。変数が 0 もしくは 1 の値を取るようになっている場合には、IF THEN ELSE 関数でここで用いたように変数を用いることは、理にかなっていません。方程式を IF THEN ELSE 関数から始まるのは、賢明ではありません。

最初の方程式 (作事中) は、仕事の実施可能かそうでないかを示しています。そして、論理演算子 AND と NOT を使用します。つまり仕事が始まっており、かつ (:AND:) まだ仕事が完了していない (:NOT:) 場合は、仕事の実施可能 (値が 1) となります。それ以外の場合は、実施不可能 (値が 0) となります。

➤ 「作事中」をクリックし、以下の方程式を入力し、[OK] をクリックします。

**作事中 [仕事] = IF THEN ELSE(
仕事開始 [仕事] :AND: :NOT: 仕事終了 [仕事], 1, 0)
Units : Dmnl**

17.4.5 VMIN 関数

最後の方程式は説明を要します。仕事を始めるためには、必要条件となる仕事がすべて終了していなければなりません。必要条件をチェックするには、9つの方程式が必要です。このように1つ1つの関係を定式化するのは大変です。これを簡潔に1つの方程式で表せることができます。

➤ 「仕事開始」をクリックし、以下の方程式を入力し、[OK] をクリックします。

仕事開始 [仕事] = VMIN(IF THEN ELSE(必要条件 [仕事, 仕事の段取り!],
仕事終了 [仕事の段取り!], 1))
Units : Dmnl

この方程式は VMIN 関数を使用しています。これは、感嘆符 (!) を持つ添字範囲で作動します。3つの仕事と3つの仕事の段取りについての必要条件があるため、この方程式は9つの値を持ちます。

例えば、「デザイン」を見てみます。「デザイン」は、必要条件を持たず、すべての必要条件の値はゼロになります。

必要条件 [デザイン, 仕事の段取り] = 0,0,0

IF THEN ELSE 関数は、「必要条件 [デザイン]」の3つの値を評価し、ゼロを返します。したがって、論理テストは NO となり、1の値を返す ELSE 文を実行します。これは、シミュレーションが実行されるとすぐに、必要条件を持たない「デザイン」の仕事が開始することを意味します。

次に、「作成」を見てみます。「作成」は、以下のように、必要条件として「デザイン」と「試作」の両方を持ちます。

必要条件 [作成, 仕事の段取り] = 1,1,0

IF THEN ELSE 関数は、「必要条件 [作成, 仕事の段取り]」の値を評価し、3つの必要条件のうち2つで1を返したものは THEN 文を実行し、「仕事終了 [仕事の段取り]」を評価します。ここで「仕事の段取り」が「試作」であったとします。「試作」の仕事が終了した場合、「仕事終了」は1を返し、そうでなければ0を返します。どの必要条件となる仕事も0ならば、VMIN 関数も0を返し、仕事の開始をさせません。すべての必要条件となる仕事が1を返すと、VMIN は1を返し、最後に仕事が始まります。





➤ [モデル] メニュー → [モデルチェック] (または **Ctrl**+**T**) を選択します。

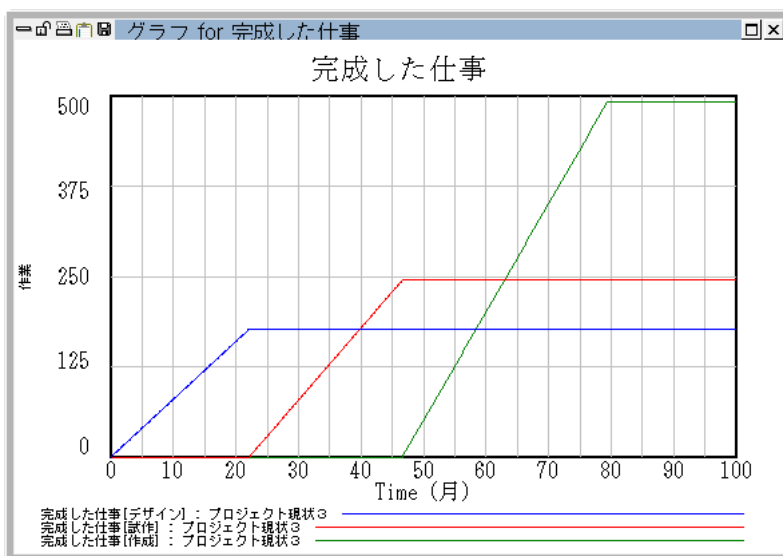
➤ [モデル] メニュー → [単位チェック] (または **Ctrl**+**U**) を選択します。

[OK] が表示されます。もしそうでなければ、方程式と構造を、上記のものと比較してください。

VMIN($f(x!)$) 関数は、全添字 $x!$ にわたる関数ベクトル $(f(x_1), f(x_2), f(x_3))$ の中で、最小値を返す関数です。
VMIN = Vector MINimum.

17.4.6 シミュレーションと分析

- シミュレーションの保存ファイル名の編集ボックスをダブルクリックし、データセット名を、「プロジェクト現状3」とします。
- シミュレーションの実行  をクリックします。
モデルがシミュレーションされます。
- 「完成した仕事」をクリックし、グラフ  をクリックします。添字「デザイン」だけの「完成した仕事」の振る舞いを示すグラフが表示されます。
- 添字 (配列) の作成  をクリックします。添字コントロールが開きます。[全添字] をクリックします。
- グラフ  をクリックします。



それぞれの仕事が表示され、「デザイン」を除いて、その必要条件が満たされた後、作業が開始されることがわかります。

第 18 章

最適化

最適化は Vensim Professional と DSS にのみ対応します。

18.1 最適化の概要

最適化とは、最良の結果を得ることです。最適化には、(1) パラメータを補正し、データ適合する“キャリブレーション (データ適合)”と (2) 最良の代替案を選択する“政策の最適化”があります。

最適化には、何が良くて、何が悪いのかという定義が必要です。これを、ペイオフ (利得) と呼びます。ペイオフは、シミュレーションの最後に、そのシミュレーションが数値的にどのように良かったのかを示す計測値です。ペイオフは、シミュレーションの全期間にわたって、モデルを 1 つの数値に集約したものです。ペイオフを定義するファイルは、拡張子.vpd を持ちます。ペイオフ関数の詳細な説明は、リファレンスマニュアルの"Paytoff Definitions"にあります。

ペイオフを定義したあと、ペイオフを最大にするために、どの定数を変化させるか選択します。その設定は、拡張子.voc を持つ最適化コントロールファイルに保存されます。このファイルは、最適化の方法や、シミュレーション中断の条件も含みます。

最適化の結果は、拡張子.out を持つファイルに書き込まれます。選択されるオプションによって、他のファイルも作成されるかもしれません。この.out ファイルは、ペイオフを最適化する定数の値を含みます。

注意 最適化は、停止ボタンをクリックするか、もしくは **[Esc]** を押すことで中断します。

18.2 モデルのデータ適合 (電化モデル.mdl)

ここでは、アメリカ商務省のデータを用いて、アメリカにおける世帯の電化普及モデルを最適化します。「世帯数」は、時間と共に指数的に増加し、これは、「非電化世帯」と「電化世帯」の両方を増加させます。「非電化世帯」は、「電化世帯」との接触によって、電化に関心を持ち、「電化世帯」へ転換します。いずれの「世帯増加」も「電化割合」の率によって追加されます。「非電化世帯」がゼロへと減少し、「電化割合」が 1 になると、追加されるすべての新しい世帯が「電化世帯」になります。

モデルの有効性は、実際の時系列データと比較して検証します。モデルが完成し、シミュレーションできる場合、モデルのデータ適合は可能です。データ適合は、現実のデータにモデルの振る舞いが適合するためのモデル定数の値を見いだします。

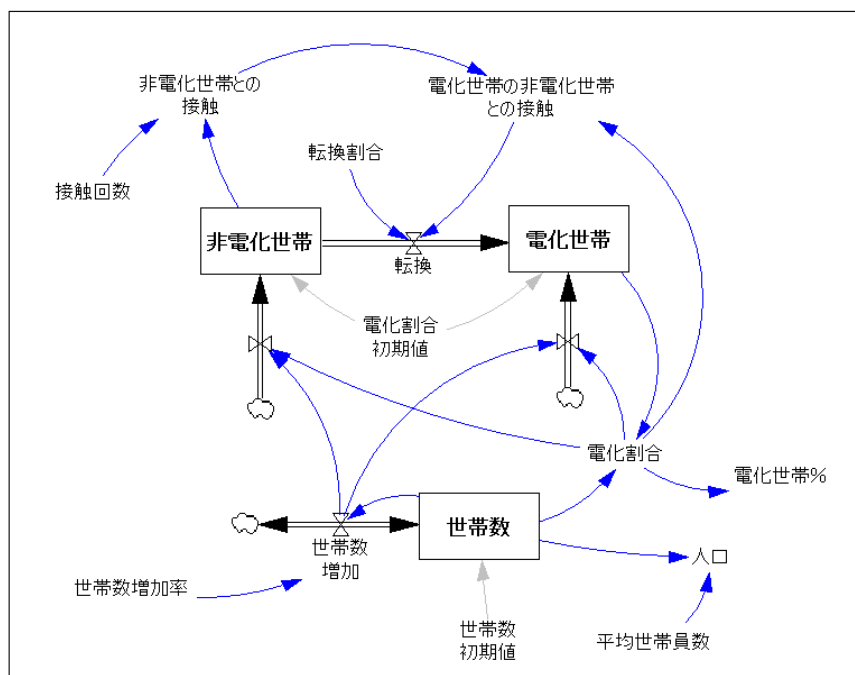
現実のデータとシミュレーション出力が適合するように、モデル定数を手動で変更することは可能です。しかし、最適化させる定数が多く、多くの変数への適合を検討するには、非常に時間を費やします。最適化を使うことで、自動的に選択した定数を変化させて、シミュレーション出力とデータを近づけます。

例えば、「世帯増加率」の値がわからないとします。そこで、このモデル定数を補正するように設定します。最適化の実行により、モデルと実データが近づくようなパラメータを自動的に探します。

- ユーザーズガイドモデル第 18 章のデータ適合フォルダにある「電化.mdl」を開きます。

もしくは、以下のようにします。

- 以下のような図と方程式のモデルを作成します。[時間の範囲] は、[開始時間] = 「1900」、[終了時間] = 「1970」、[時間ステップ] = 「0.125」とし、[時間単位] は「年」です。



18.2.1 電化.mdl 方程式

- (05) 世帯数 = INTEG (世帯数増加, 世帯数初期値)
Units: 世帯
- (06) 世帯数初期値 = 2e+07
Units: 世帯
- (07) 世帯数増加 = 世帯数 * 世帯数増加率
Units: 世帯/年
- (08) 世帯数増加率 = 0.02

Units: 1/年

(09) 人口=世帯数 * 平均世帯員数

Units: 人

(10) 平均世帯員数=4

Units: 人/世帯

(11) 接触回数= 20

Units: 接触/世帯/年

(12) 転換=電化世帯の非電化世帯との接触 * 転換割合

Units: 世帯/年

(13) 転換割合= 0.01

Units: 世帯/接触

(14) 電化世帯= INTEG (転換 + 電化割合 * 世帯数増加,
電化割合初期値 * 世帯数)

Units: 世帯

(15) 電化世帯の非電化世帯との接触=非電化世帯との接触 * 電化割合

Units: 接触/年

(16) 電化世帯%=電化割合 * 100

Units: Dmnl

(17) 電化割合= 電化世帯/世帯数

Units: Dmnl

(18) 電化割合初期値=0.05

Units: Dmnl

(19) 非電化世帯= INTEG (- 転換 + (1 - 電化割合) * 世帯数増加,
(1 - 電化割合初期値) * 世帯数)


Units: 世帯

(20) 非電化世帯との接触=非電化世帯 * 接触回数

Units: 接触/年

➤ モデルを保存します。

➤ シミュレーションの保存ファイル名の編集ボックス をダブルクリックし、「電化現状」と入力します。

➤ シミュレーションの実行  をクリックします。


18.2.2 データの比較

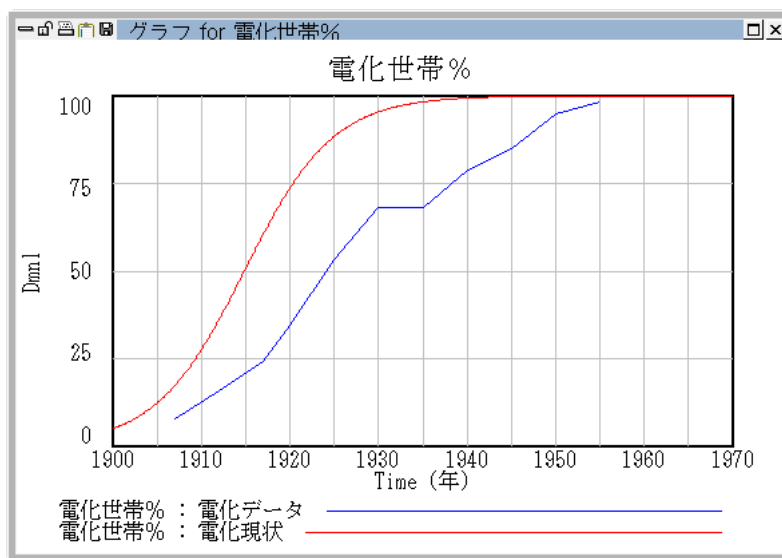
データセット電化現状は、初期値のシミュレーション結果を示します。「データ適合」フォルダに、人口と、電化世帯割合を測定したデータがあります。このファイルは「電化データ.dat」です。2つの変数「電化世帯%」と「人口」を持ちます。これらのデータをモデルの変数と比較するため、データファイル (.dat) を Vensim データセット (.vdf) に変換します。

➤ [モデル] メニュー→ [データセット読込] を選択し、「電化データ.dat」をクリックして開きます。

[エラーなくデータが変換されました] というメッセージが現れ、出力ウィンドウにデー



データセットから読み込んだ変数の数を示します。「電化データ」が制御パネルのデータセットのリストに最初のデータセットとして読み込まれます。したがって、分析ツールはこのデータセットを対象にします。

- メッセージボックスの [OK] をクリックし、出力ウィンドウを閉じます。
- 「電化世帯%」をクリックします。
- グラフ  をクリックします。「電化世帯%」の電化データと電化現状のデータセットが表示されます。




シミュレーションデータ「電化現状」は早く増加し、すぐに頭打ちになります。

18.2.3 ペイオフの設定

Vensim には、最適化を設定する 2 つの方法があります。ツールバーの最適化の開始  と、シミュレーションの制御  です。

データ適合の最適化では、どの変数に適合させるのかをペイオフで定義します。ペイオフファイルは、拡張子.vpd (Vensim Payoff Definition) を持ち、デフォルトでモデルと同じ名前を持ちます (このモデルでは電化.vpd)。

- シミュレーションの保存ファイル名の編集ボックス をダブルクリックし、「電化データ適合」と入力します。
- ツールバーの最適化の開始  をクリックします。ペイオフを定義する最適化設定の対話ボックスが開きます。
- [データ適合] のラジオボタンが選択されていることを確認します。
- [変数] の編集ボックスに、「電化世帯%」と入力します (もしくは、[選択] ボタンをクリックし、リストから選択してください)。[比重] の編集ボックスに、「0.25」と入力します。[編集して追加] をクリックします。
- 変数の編集ボックスに「人口」と入力します (もしくは [選択] ボタンをクリックし、リストから選択してください)。[比重] の編集ボックスに、「3e-7」 (もしくは

0.0000003) と入力します。

$3 * 10^{-7}$ のことです。

比重は、異なる変数の値にバランスを与えます。最適化のプロセスは数字だけを考慮するので、より大きな値の変数は、小さな値のものより重要とみなされます。比重に定められた数は、データと測定単位に基づいています。「電化世帯%」はおよそ 50 の値を持ち、比重を 0.25 に設定しています。およそ 2 億の「人口」は、さらに小さい比重 (30 / 1 億) を持ちます。これらの比重は、これらの変数における予測誤差の標準偏差の逆数とほぼ等しくなるように選択されました。こうした比重の意味は、リファレンスマニュアルの "Payoff Definitions" で議論しています。

- [追加して編集] をクリックします。ペイオフ設定の対話ボックスは以下のようになります。

- [次へ] をクリックし、最適化制御の画面に移ります。

18.2.4 最適化パラメーターの設定

ペイオフが定義されたら、最適化制御の設定が必要です。最適化ファイルは、拡張子 .voc (Vensim Optimization Control) を持ち、デフォルトでモデルと同じ名前を持ちます (このモデルでは電化.voc)。この例では、パラメーターを求め変数を設定し、その変数の、最大値および最小値の範囲を入力します。

- [定数選択] をクリックし、[転換割合] を選択します。最小値 (<= の左側のボックス) に「0」と入力し、最大値 (<= の右側のボックス) に「0.5」と入力します。

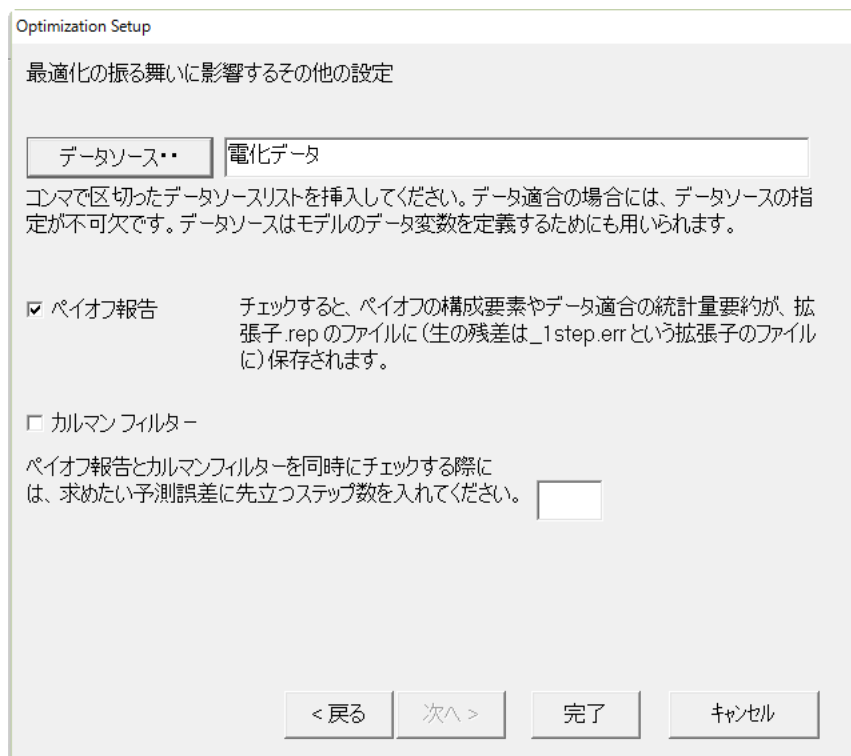
[編集して追加] をクリックします。

- [定数選択] をクリックし、[世帯増加率] を選択します。最小値 (\leq の左側のボックス) に「0」と入力し、最大値 (\leq の右側のボックス) に「0.1」と入力します。[編集して追加] をクリックします。
- [定数選択] をクリックし、[電化割合初期値] を選択します。最小値 (\leq の左側のボックス) に「0」と入力し、最大値 (\leq の右側のボックス) に「1」と入力します。[編集して追加] をクリックします。
- [定数選択] をクリックし、[世帯数初期値] を選択します。最小値 (\leq の左側のボックス) に「0e+7」と入力し、[編集して追加] をクリックします。

最適化制御の設定は以下のようになります。

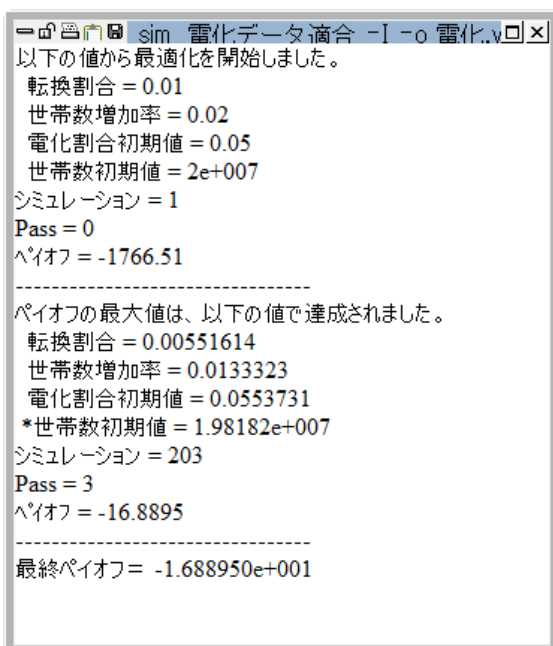
- [次へ] をクリックします。
- [データソース...] をクリックし、データセット「電化データ.vdf」を選択します。編集ボックスに直接入力することもできます。
- [ペイオフ報告] をチェックします。

このチェックは特に必要はありませんが、最適化計算の統計量や誤差についての詳細な情報が得られます。



➤ [完了] をクリックします。

Vensim は、データとモデルを適合させるために、何度もシミュレーションを行います。最適化の結果は、以下のように出力ウィンドウに表示されます。




パイオフの最大値、あるいは実データとの最適適合は数値として表示され、そのパイオフを達成する定数の値がリスト表示されます。これらの最適適合の結果は、現在のシミュ

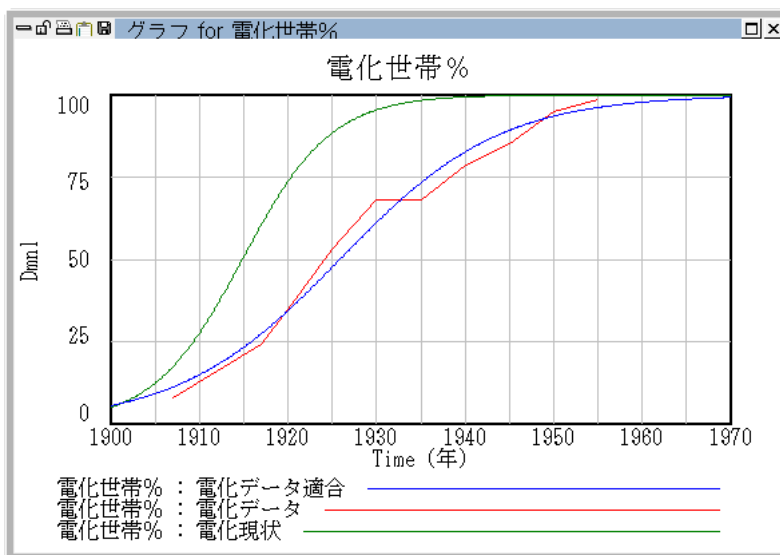
レーション保存ファイル名「電化データ適合」のデータセットとして保存されます（電化データ適合.vdf）。データ適合の最適化に関する情報は、定数の最適化適合値を含めて、現在のシミュレーション保存ファイル名と同じ名前で拡張子.out のファイルとして保存されます（電化データ適合.out）。

メモ帳等のテキストエディタでも開けます。

- [ファイル] メニュー→ [ファイル編集] を選択し、[電化データ適合.out] を開きます。
- 保存内容を確認したら [ファイル] メニュー→ [閉じる] でファイルを閉じます。

次にデータ適合の最適化をグラフで表示します。

- 「電化世帯%」をクリックし、作業変数とします。
- グラフ  をクリックします。「電化世帯%」の3つのデータセット（電化データ適合、電化データ、電化現状）が表示されます。



データ適合された電化データ適合は、最初のシミュレーション電化現状よりも、電化データに近づいています。

18.2.5 ペイオフ報告

最適化の実行の最終段階で、ペイオフ報告にチェックを入れて完了すると、「電化データ適合.rep」という報告ファイルが作成されます。

- [ファイル] メニュー→ [ファイル編集] を選択し、[電化データ適合.rep] を開きます。
- 保存内容を確認したら [ファイル] メニュー→ [閉じる] でファイルを閉じます。

この「電化データ適合.rep」のファイル内容は多少判読しにくいので、コピーして、以下のように表計算ソフト等で整理しなおすとよいでしょう。

この小節はユーザーズガイド改訂版で新たに追加しました。

ペイオフは -16.8895		
以下はペイオフの構成要素です。		
Type	*C	*C
Component	電化世帯%	人口
Contribution	-10.7627	-6.12681
Percent	63.7241	36.2759
Used	11	7
Skipped	0	0
Source	電化データ.vdf	電化データ.vdf
RSquare	0.98333	0.990791
DW	1.16879	1.8381
Auto cor1	0	-0.0201086
Auto cor2	0.313581	-0.634758
Auto cor3	-1	-0.438627
Auto cor4	-0.306393	0.588855
(TimeGap)	3	10
MSE	15.6548	9.73E+12
Um	0.0150038	2.11E-06
Us	0.0217675	0.0018112
Uc	0.963229	0.998187
MAE	3.48305	2.96E+06
MAPE	9.87009	2.56069
MAEoM	6.08731	2.41458

[Type *C] は Calibration (データ適合) による最適化を意味しています。この他に*CK や*CL 等の方法もあります。詳細な説明は、レファランスマニュアルの"Advanced Simulation Methods"を参照下さい。

上記「ペイオフ報告」で用いられる英語簡略標記を示します。

RSquare - 決定係数 = (重) 相関関係 R の 2 乗

DW - ダービン-ワトソンの統計量

Auto cor - Autocorrelation 自己相関

タイル統計量 (Theil Statistics)

MSE - モデルとデータの全平均平方誤差 (Mean Squared Error)

Um - 平均差による MSE の部分。

Us - 分散による MSE の部分

Uc - 共分散による MSE の部分。

(よって $Um + Us + Uc = 1$ となります。)

絶対誤差 (Absolute Errors)

MAE - 平均絶対誤差 Mean Absolute Error

MAPE - 平均絶対百分率誤差 Mean Absolute Percentage Error

MAEoM - 平均絶対誤差/平均 Mean Absolute Error over Mean


Um, Us, Uc の値の解釈についてですが「誤差の大部分が Uc の場合、モデルが示す振る舞いはデータ曲線の平均と傾向をよく再現しており、誤差はシステム的ではない」というのがあります。MAPE 値の解釈ですが、10% 以下なら高精度、20% 以下ならば十分に実用的となります。

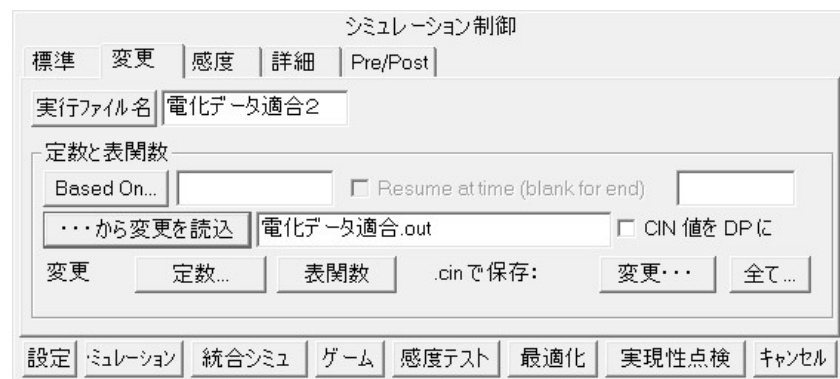
(重) 回帰分析で用いられる概念です。

詳細は、Business Dynamics, Chapter21: Validation and Model testing, Sterman, 2000, を参照して下さい。

18.2.6 信頼区間の計算

最適化で求められた定数の値には、不確実性があります。最適値の周辺におけるペイオフの感度テストによってこの不確実性をよりうまく操作できます。このために、デフォルトのペイオフ値の感度が 95 % の信頼区間を持つように比重を選択します。そして最適化を行うために、[シミュレーションの制御] を用います。

- ツールバーのシミュレーションの制御  をクリックします。
- 実行ファイル名を「電化データ適合 2」と入力します。
- [詳細] タブをクリックします。
- [最適化制御] の右側にある [編集] をクリックします。
- [感度] は [Off] に設定されています。右側のドロップダウン (▼) をクリックし、[Payoff Value] を選択します。= の右側に「4」と入力します (ペイオフ=4)。[OK] をクリックします。
- [変更] タブをクリックします。[・・・から変更を読み] の「ファイル名」ボックス右のドロップダウン (▼) (定数変化となっている) をクリックし [最適化出力ファイル] を選びます。
- 拡張子.out のファイルリストが現れるので、[電化データ適合.out] を選択します。



最適化の出力は、定数の入力ファイルとして読めるように作成されています。この操作によって、前回の最適化で見いだされた値が利用できます。

- [最適化] のタブをクリックします。
- 最適化が終了したら、[ファイル] メニュー → [ファイル編集] を選択し、電化データ適合 2 _sensitiv.tab を開きます。

このファイルには、パラメータの推定値の 95 % の信頼区間を以下のように示します。


```

Editing: 電化データ適合 2_sensitive.tab
:COM 基部のペイオフは -16.8895
:COM A * Means 区間に達しました。よってペイオフは評価基準でのものではありません。
:SENSITIVITY = PAYOFF_VALUE = 4
0.00525974 <= 転換割合 = 0.00551614 <= 0.00579366
0.0128694 <= 世帯数増加率 = 0.0133323 <= 0.0137736
0.0484208 <= 電化割合初期値 = 0.0553731 <= 0.0633235
1.9424e+007 <= 世帯数初期値 = 1.98182e+007 <= 2.02124e+007

```

- [ファイル] メニュー→ [閉じる] を選択し、電化データ適合 2_sensitive.tab を閉じます。

18.2.7 モデルの修正

- 方程式 $f(x)$ を選択します。最適化によって与えられた値を反映させるために、モデルの定数を修正します。通常 2~3 ケタの有効数字を用います。

最適値は、以下に示す値か、それに近いものです。

```

転換割合 = 0.0055
世帯増加率 = 0.013
電化割合初期値 = 0.055
世帯数初期値 = 2.0e+007

```

モデルがデータに適合することが、モデルの妥当性を証明するものではないことに注意してください。モデルがデータに適合する場合、データからはモデルを不適とすることはできないという意味です。モデルの欠陥を見つけるには、他の方法を探すことが重要です。そのためには、本書の第 14 章で紹介した「実現性の点検」は大変強力なツールとなります。

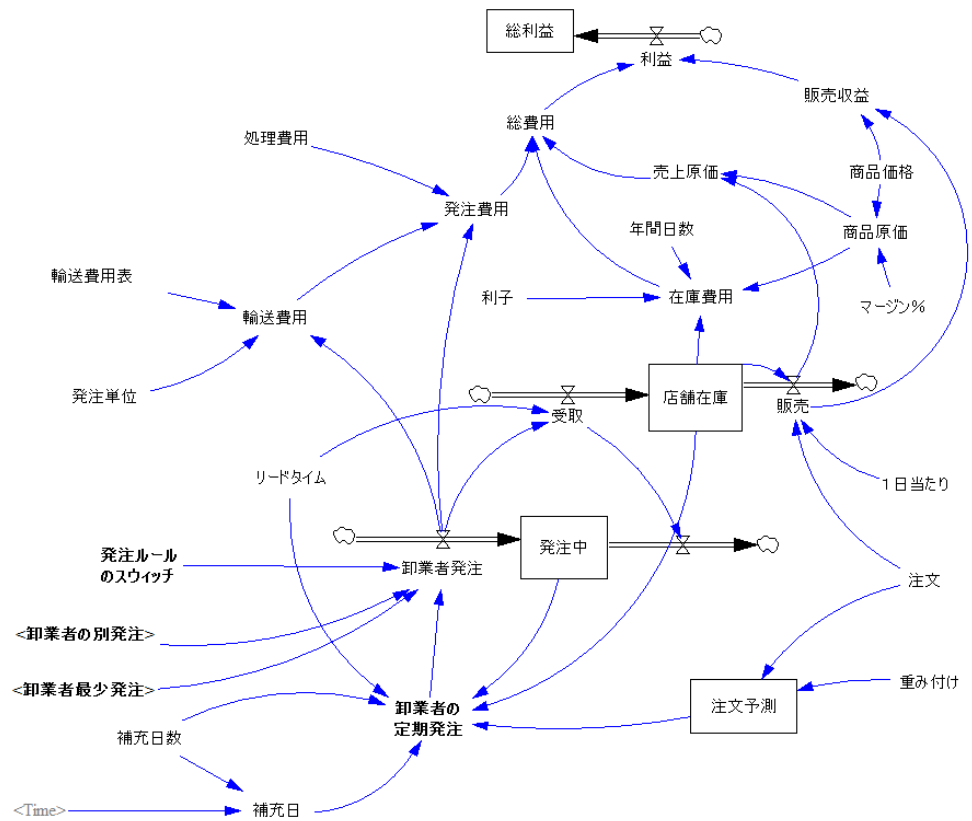
18.3 政策の最適化 (在庫モデル.mdl)

ここでは、最大利益が得られるように在庫とサプライチェーンを最適化します。「在庫モデル.mdl」は、販売によって減少する在庫を持ちます。在庫が少なすぎると、販売の損失（および利益の損失）を招きますが、在庫を多く抱えることは、保管のための経費がかかります、利益の損失を招きます。最大利益を得るためには、在庫の量を調整する必要があります。在庫が少ない場合は、在庫を補充するための生産が必要です。

18.3.1 在庫モデル

- ユーザーズガイドモデル第 18 章の「政策最適化」フォルダにある「在庫モデル.mdl」を開きます。

このモデルは 8 ページの表示画面からなっていますので、「総合モデル」の表示画面のみ以下に図示します。



- (01) FINAL TIME = 60
Units: 日
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: 日
- (03) item : I1111,I2222,I3333
- (04) SAVEPER = TIME STEP
Units: 日
- (05) TIME STEP = 1
Units: 日
- (06) マージン%=10
Units: Dmnl
- (07) リードタイム=5
Units: 日
- (08) 処理費用= 2
Units: 円/日
- (09) 利子=0.25
Units: 1/年
- (10) 利益=販売収益 - 総費用
Units: 円/日
- (11) 卸業者の別発注=0
Units: 個/日
- (12) 卸業者の定期発注=IF THEN ELSE(補充日<>0,

- (注文予測*(リードタイム + 補充日数) - 店舗在庫-発注中)/補充日, 0)
Units: 個/日
- (13) 卸業者最少発注=IF THEN ELSE(店舗在庫 + 発注中<最少在庫,
(最大在庫-発注中-店舗在庫)/TIME STEP,0)
Units: 個/日
- (14) 卸業者発注=IF THEN ELSE(発注ルールスイッチ=1,
卸業者の定期発注,
IF THEN ELSE(発注ルールスイッチ=2,
卸業者最少発注, 卸業者の別発注))
Units: 個/日
- (15) 受取= DELAY MATERIAL (卸業者発注, リードタイム,0,0)
Units: 個/日
- (16) 商品価格= 200
Units: 円/個
- (17) 商品原価= (1-マージン%/100)*商品価格
Units: 円/個
- (18) 在庫費用= 店舗在庫*商品原価*利子/年間日数
Units: 円/日
- (19) 売上原価= 商品原価*販売
Units: 円/日
- (20) 年間日数= 365
Units: 日/年
- (21) 店舗在庫= INTEG (受取-販売, 注文*(リードタイム))
Units: 個
- (22) 最大在庫= 100
Units: 個
- (23) 最少在庫= 20
Units: 個
- (24) 注文:INTERPOLATE:
Units: 個/日
- (25) 注文予測= INTEG ((注文-注文予測)*重み付け, 注文)
Units: 個/日
- (26) 発注ルールスイッチ= 2
Units: Dmnl [0,2,1]
1: 卸業者の定期発注, 2: 卸業者の最小発注, 3: 卸業者の別発注
- (27) 発注中= INTEG (卸業者発注-受取, 0)
Units: 個
- (28) 発注単位= 1
Units: 個/日
- (29) 発注費用= IF THEN ELSE(卸業者発注>0, 処理費用 + 輸送費用, 0)
Units: 円/日
- (30) 総利益= INTEG (利益, 0)
Units: 円
- (31) 総費用=売上原価 + 在庫費用 + 発注費用
Units: 円/日
- (32) 補充日=IF THEN ELSE(MODULO(Time, 補充日数)=0, 1, 0)

Units: 日

(33) 補充日数= 10
Units: 日

(34) 販売=IF THEN ELSE(店舗在庫*1日当たり-注文>0, 注文, 店舗在庫*1日当たり)
Units: 個/日

(35) 販売収益= 販売*商品価格
Units: 円/日








(36) 輸送費用= 輸送費用表 (卸業者発注/発注単位)
Units: 円/日

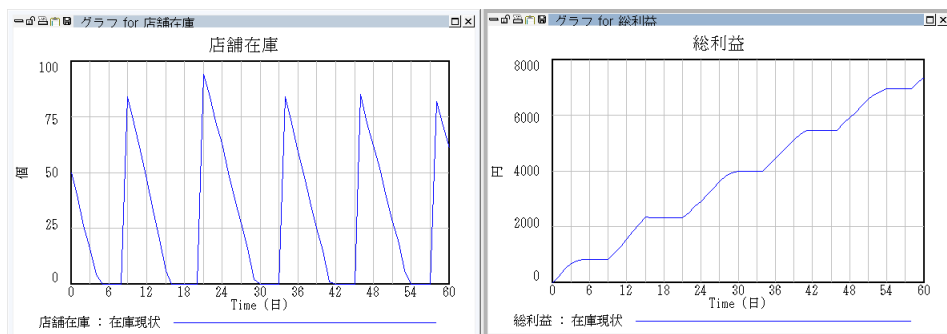
(37) 輸送費用表 ([(0,0)-(800,250)], (0,10), (5,30), (15,75), (30,100), (50,125), (100,165), (150,180), (200,185), (700,235))
Units: 円/日

(38) 重み付け= 0.2
Units: 1/日

(39) 1日当たり= 1
Units: 1/日

日本語のデータファイルなので、[ソースファイルの文字コード変換]が出てきたら、Japanese (Shift JIS) を選びます。




- [モデル] メニュー→ [データセット読込] を選択し、「注文.dat」を選択し、[開く] をクリックします。
- [エラーなくデータが変換されました] のメッセージが表示されたら [OK] をクリックし、出力ウィンドウを閉じます。
- シミュレーションの保存ファイル名の編集ボックス をダブルクリックし、「在庫現状」と入力します。
- シミュレーションの準備  をクリックします。
- [Euler] の右側の [データセット名の入力] ボックスの隣の [データセット名の選択]  をクリックし、「注文.vdf」を選択します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。
- 制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブをクリックします。データセット「注文」をダブルクリックし、除外します。
- 「店舗在庫」をクリックし、グラフ  をクリックします。
- 「総利益」をクリックし、グラフ  をクリックします。
- 出力ウィンドウ表示  をクリックし、背面のグラフを前面に表示させます。



このモデルでは、在庫が 20 個（在庫最小値）まで下がると、100 個（在庫の最大値）まで増やします。しかし、補充される前に、「在庫」が何度かゼロになることに注目してください。

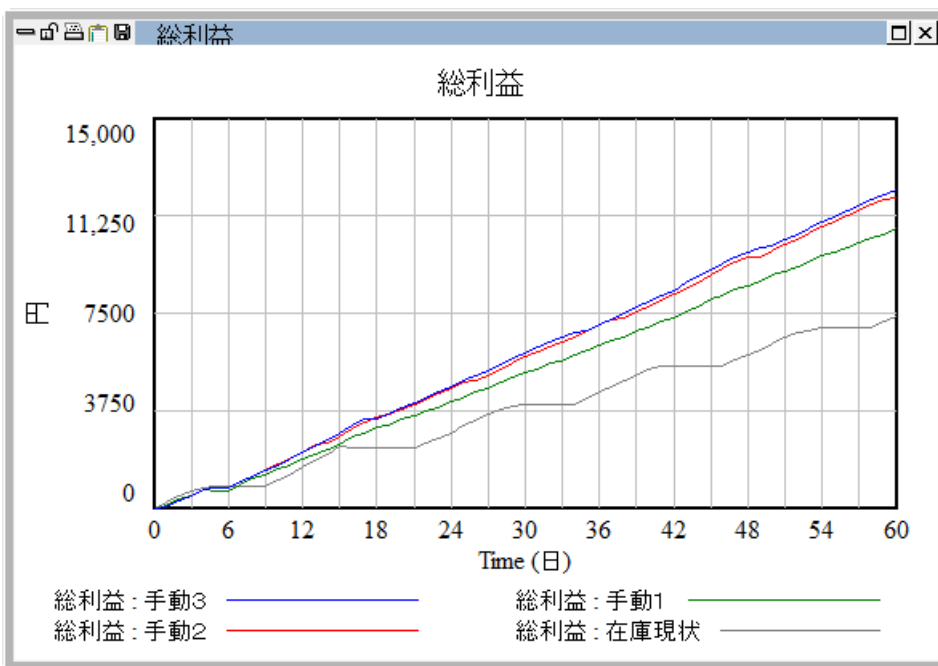
18.3.2 手動による最適化

練習のために、手動でモデルを最適化してみます。


- シミュレーションの準備  をクリックします。シミュレーション名の編集ボックス をクリックし「手動1」と入力します。
- 「最小在庫値」と「最大在庫値」をクリックし、値を変更します。
- シミュレーションの実行  をクリックします。
- 「総利益」を選択し、作業変数とし、グラフ  をクリックします。

このシミュレーションでの「総利益」の最後の値を、base と比較します。以下のような結果を得ることができます。最大の「総利益」になるように、試行錯誤を続けます。総利益のグラフが増加するように、まず在庫現状から最小在庫を 80 に引き上げます（手動1）。次に最大在庫を 205 に引き上げます（手動2）。最後に最小在庫および最大在庫を同時に動かし、総利益のさらなる増加を探ります。

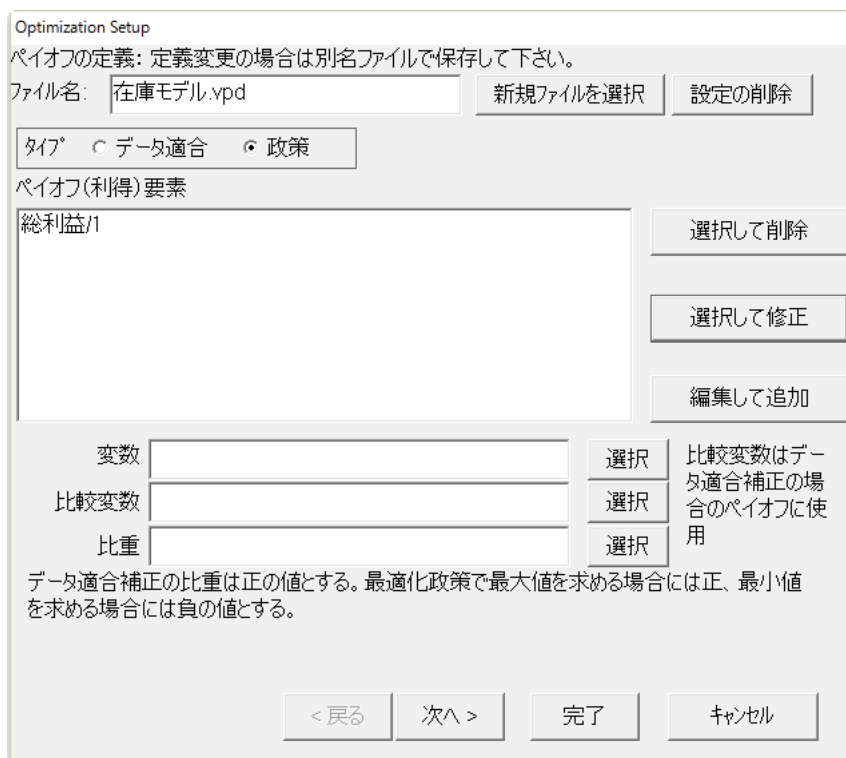
在庫現状	20	100
手動1	80	100
手動2	80	205
手動3	78	256



18.3.3 ペイオフの設定

- シミュレーションの保存ファイル名の編集ボックス をダブルクリックし、「最適在庫」と入力します。
- 最適化の開始  をクリックします。ペイオフの対話ボックスが開きます。
- [タイプ] の [政策] のラジオボタンをクリックします。[変数] の右側の [選択] をクリックし、リストから「総利益」を選択し、[OK] をクリックします。
- [比重] 編集ボックスをクリックし、「1」と入力します。[編集して追加] をクリックします。

正の比重はそのパラメータが増えるほど良い（利益が上がる）ことを意味します。反対に負の比重は、パラメータがマイナスで増えるほど良い、すなわち、減少してゼロになるほど良くなることを意味します。ペイオフに2つ以上のパラメータを設定する場合は、パラメータのバランスを保つことが必要です。ペイオフの設定については、この章の初めのデータ適合の例もしくは、リファレンスマニュアルの"Payoff Definitions"を参照してください。ペイオフ対話ボックスは以下のようになります。



Optimization Setup
 ペイオフの定義: 定義変更の場合は別名ファイルで保存して下さい。
 ファイル名:

タイプ データ適合 政策

ペイオフ(利得)要素

総利益/1	<input type="button" value="選択して削除"/>
	<input type="button" value="選択して修正"/>
	<input type="button" value="編集して追加"/>

変数	<input type="text"/>	<input type="button" value="選択"/>	比較変数はデータ適合補正の場合のペイオフに使用
比較変数	<input type="text"/>	<input type="button" value="選択"/>	
比重	<input type="text"/>	<input type="button" value="選択"/>	

データ適合補正の比重は正の値とする。最適化政策で最大値を求める場合には正、最小値を求める場合には負の値とする。

- [次へ] をクリックします。

政策の最適化は、ペイオフの積分を最大にします。したがって、ペイオフで「利益」を使用することは、結果的にシミュレーションの最後に「総利益ペイオフ」を最大にするのと同じことです。

18.3.4 最適化パラメータの設定

- [定数選択] をクリックし、リストから [最小在庫] を選択します。最小値 (=の左側のボックス) に「0」と入力し、最大値 (=の右側のボックス) に「1000」と入力します。[編集して追加] をクリックします。
- [定数選択] をクリックし、リストから [最大在庫] を選択します。最小値 (=の左側のボックス) に「10」と入力し、最大値 (=の右側のボックス) に「1000」と入力します。[編集して追加] をクリックします。

最適化の設定は以下のようになります。

Optimization Setup
最適化制御: 設定変更の場合は別名ファイルで保存して下さい。

ファイル名: 在庫モデル.voc 新規ファイルを選択 設定の削除

出力レベル On トレース Off 感度 Off =

複数スタート Off Random type Default 種

#Restart 0 最適化設 Powell 最大繰り返し 1000 Max Sims

Pass Limit 2 Fractional Tolerance 0.0003 Tolerance Multiplier 21

Absolute Tolerance 1 Scale Absolute 1 Vector Points 25

現在有効なパラメータ (ドラッグして順序変更)
0<=最小在庫<=1000
10<=最大在庫<=1000

選択して削除
選択して修正
編集して追加

<= <= = <= <=

定数のモデル値 - 定数選択... =

<戻る 次へ> 完了 キャンセル

- [完了] をクリックします。

最適化が実行され、出力ファイルを生成し、最適値の実行結果を読み込みます。




```

sim 最適在庫 - [ -o 在庫干デル.voc - [閉] ×]
以下の値から最適化を開始しました。
  最少在庫 = 20
  最大在庫 = 100
シミュレーション = 1
Pass = 0
ペイオフ = 231044

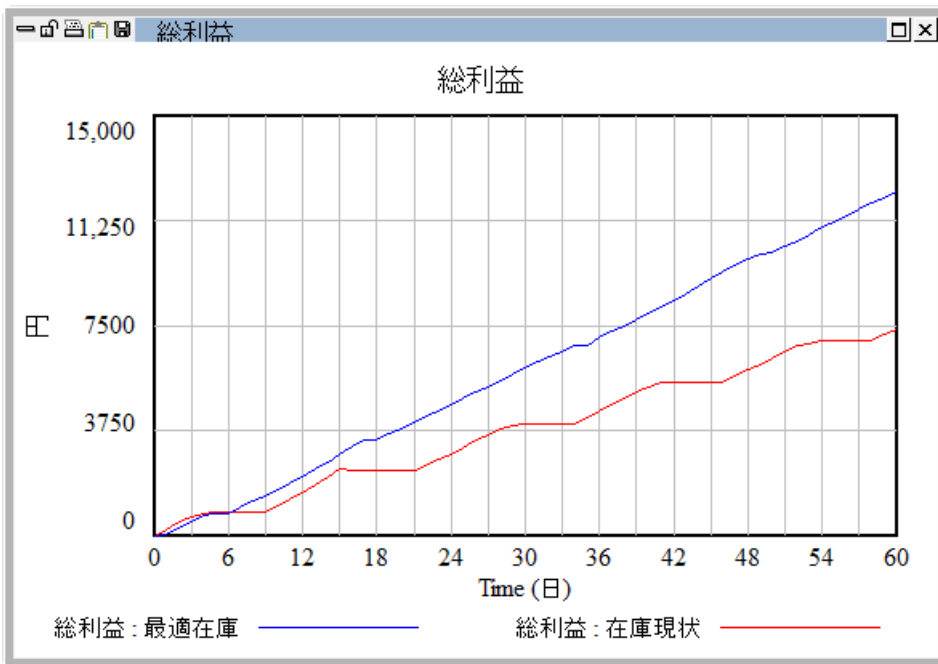
-----
記録:ペイオフ (363098) は以下の複数値で達成されました。
(達成) 最少在庫 = 77.368と 76.2152
記録:ペイオフ (363098) は以下の複数値で達成されました。
(達成) 最少在庫 = 76.2152と 75.9452
記録:ペイオフ (363098) は以下の複数値で達成されました。
(達成) 最少在庫 = 75.9452と 74.2164
記録:ペイオフ (363098) は以下の複数値で達成されました。
(達成) 最少在庫 = 74.2164と 74.8767
ペイオフの最大値は、以下の値で達成されました。
  最少在庫 = 74.8767
  *最大在庫 = 256.111
シミュレーション = 98
Pass = 3
ペイオフ = 363098

-----
最終ペイオフ = 3.630982e+005

```

- 制御パネルの表示  をクリックし、[データセット] タブをクリックします。「在庫現状」と「最適在庫」以外のすべてのデータセットを、取り除きます。
- 「総利益」を選択し、作業変数とします。グラフ  をクリックし、表(縦表示)  をクリックします。

「総利益」の最終の値を、「在庫現状」と「最適在庫」で比較します。



Time (日)	総利益	総利益
34	6760	3978
35	6806	4207
36	7059	4459
37	7274	4671
38	7490	4885
39	7727	5121
40	7926	5318
41	8182	5441
42	8381	5461
43	8641	5461
44	8903	5461
45	9166	5461
46	9412	5461
47	9658	5710
48	9847	5901
49	10,040	6094
50	10,100	6347
51	10,310	6563
52	10,510	6759
53	10,740	6844
54	11,000	6964
55	11,220	6964
56	11,440	6964
57	11,650	6964
58	11,870	6964
59	12,080	7173
60	12,280	7365

グラフは、最適値での振る舞いを示しています。表 (縦表示) は、最適化によって得られた「総利益」の最大値を示します。

第 19 章


参照モード

旧版では第 20 章として追加的に扱われていましたが、このユーザーズガイド改訂版で本章に移動しました。

参照モードは、課題設定に対して、変数の重要な特徴を時間による変化で表すグラフです。例えば、課題設定が商品の価格が周期的に上下するのを考察する場合には、参照モードは価格のグラフになります。このグラフは、ある歴史的な期間にわたる実際の価格のグラフであったり、記憶にもとづく近似グラフであったり、もしくは正弦波を用いた理想的な振る舞いのグラフであったりします。さらに参照モードは、起こった出来事を表すことに加えて、近未来に起こりうる出来事に対しても利用できます。例えば、新製品を市場に供給する場合には、そうあってほしいと望む継続した成長パターンと、成長後に崩壊するかもしれないと恐れるパターンの参照モードが利用できます。

参照モードは、このように課題設定を明確にするために役立ちます。参照モードを描くためには、調べるべき変数の変化をみる期間を特定する必要があります。このことは、モデルにどの変数を含み、どれを除くかを決定するにあたって大変有効です。参照モードは、モデルにおいて、どの変数が最も重要かを見分けるためにも役立ちます。もし変数に明瞭な参照モードがなければ、その変数はモデルには不要かもしれません。


参照モードはまた、ある問題にとって中心的ではない振る舞いの要素を除くことにも役立ちます。例えば、景気変動の振る舞いを考察している場合には、成長のダイナミクスを含めたくないことがあるかもしれません。こうした抽象化は、モデルを簡素化し、その本質を見抜く上で、大変役立ちます。しかしながら、傾向からずれたデータとモデルの振る舞いを比較したり、理論的根拠が限られているという理由で修正されたデータとモデルの振る舞いを較ずる場合には注意が必要です。

この章では、参照モード  ツールを利用して参照モードをモデルに加えて、シミュレーションの振る舞いと参照モードを比較する方法を説明します。また参照モードを利用して外生データを迅速に取り込む方法も紹介します。なぜなら参照モードは、外生データを入力してその想定される振る舞いを示すことができるというメンタルシミュレーションにとってのすぐれた演習場所を提供できるからです。


19.1 参照モードによる概念化

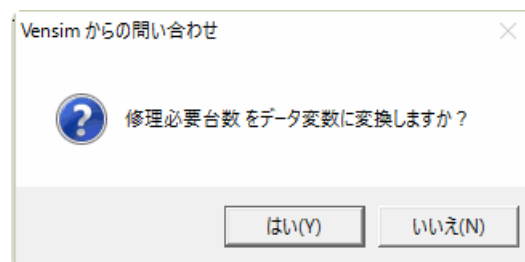
参照モードは、モデルを概念化し、他からの情報を得る上で役立ちます。ここでは、簡単な例を用いて紹介します。工場の整備を担当する作業員が減少する中で、工場稼働を維持する問題を考えます。ここでの想定は、機械の修理のために点検作業が低下するので、作業員の減少は思った以上の影響をもたらすということです。この問題を理解するために

重要な変数を作成します。

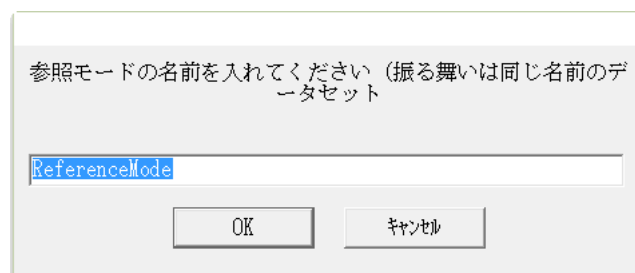
- [ファイル] → [新規モデル] を選択し、新しいモデルを作成します（デフォルトの時間の範囲を使用します）。
- 変数  をクリックし、【修理必要台数】と【整備担当者総数】を加えます。以下のようになります。



- 参照モード  を選択し、「修理必要台数」をクリックします。
- 「修理必要台数 をデータ変数に変換しますか？」と表示されるので、[いいえ] をクリックします（これは、後で説明します）。



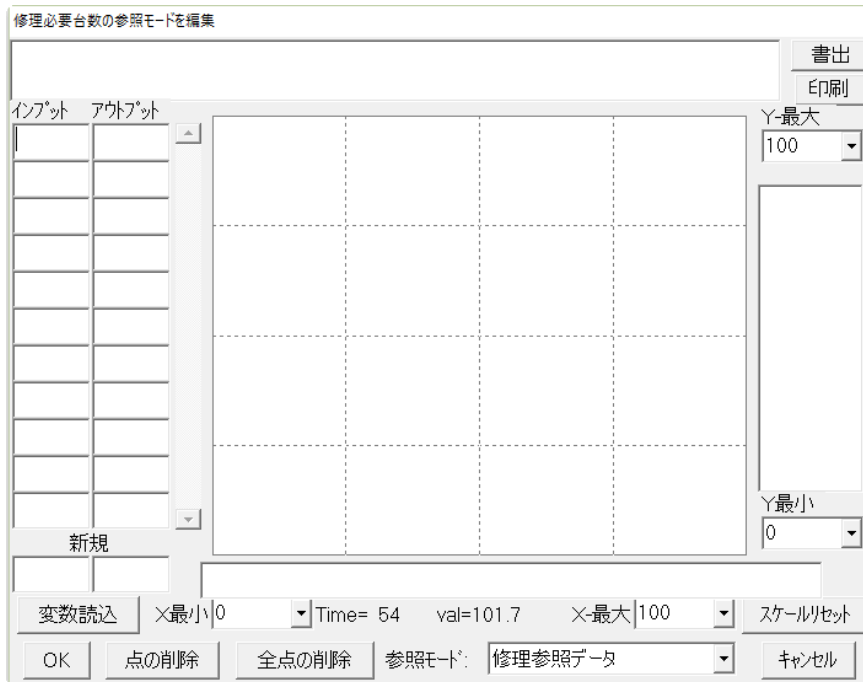
「参照モードの名前を入れて下さい（振る舞いは同じ名前のデータセットで表示されます）。」と指示されるので、参照モードの名前を入れます。



デフォルトの名前は“ReferenceMode”となっていますが、ここでは「修理参照データ」と入れます。参照モードは8個まで作成することもできます。

➤ 参照モード対話ボックスで [OK] をクリックします。

表関数編集とほとんど同じ対話ボックスボックスが開きます。

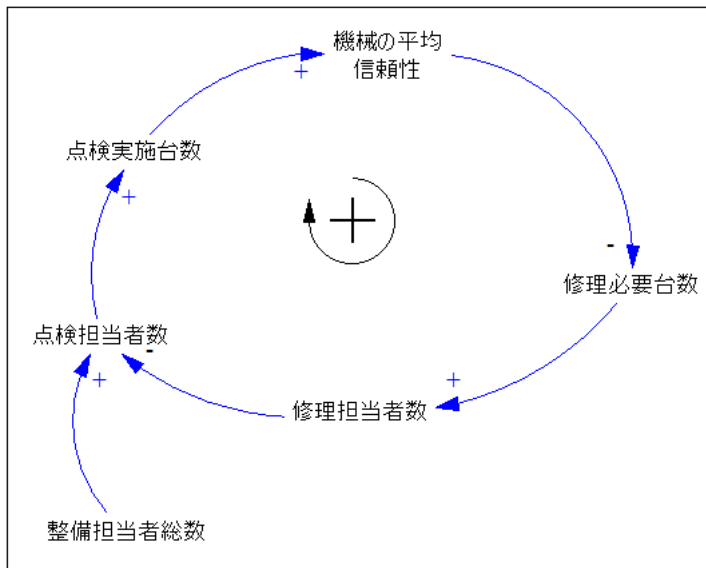


表関数編集対話ボックスとは異なり、x 軸は時間軸とみなされ、下にはドロップダウンボックス (▼) があります ([参照モード:] と表示されています)。ここでは、異なる参照モード (8 つまで定義可能) を選択することや、新しい参照モードを作ることが可能です。この例では、1 つの参照モードだけを使用します。

時間軸は 0 から 100 になっています。これは、ここでの問題に適切ではないため、24 カ月に変更します。

- [キャンセル] をクリックします。
- [モデル] → [設定] を選択し、モデル設定対話ボックスで、[終了時間] を「24」に変更します。[OK] をクリックします。
- 「修理必要台数」を再度クリックし、参照モード編集対話ボックスを開きます (データ変数への変換には、再度 [いいえ] をクリックします)。
- [インプット] と [アウトプット] の欄にそれぞれ「0,100」「6,100」「12,300」「18,500」「24,500」と入力します。対話ボックスは以下になります。

データ入力はこの欄の下の [新規] ボックスで、「数字、改行キー」と連続して打ち込んでゆけば手早くできます。

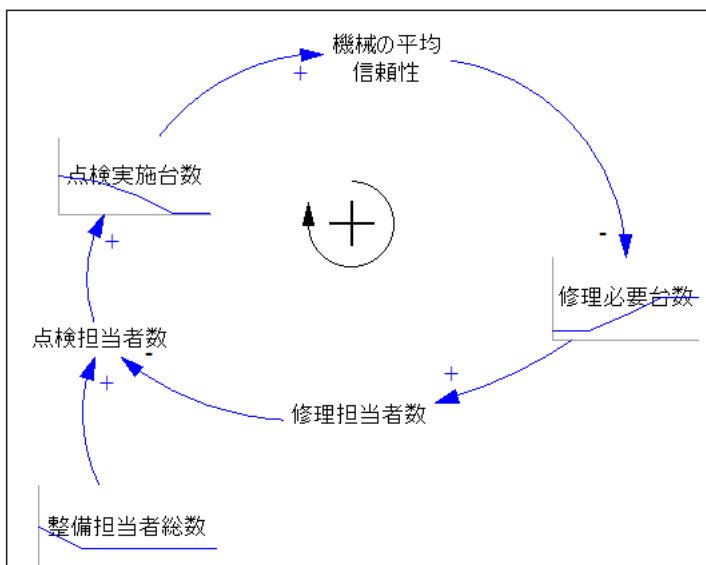


➤ 参照モード  を選択し、【点検実施台数】をクリックします。

今回は、「点検実施台数」をデータ変数にするかどうか質問されません。なぜなら、それが内生的に計算されることが明らかなためです。同じことは「修理必要台数」についても言えます。しかし、初めに参照モードを加えた時はそうではありませんでした。

➤ [インプット] と [アウトプット] の欄にそれぞれ「0,200」「6,175」「12,100」「18,0」「24,0」と入力し、[OK] をクリックします。

以下のような図になります。



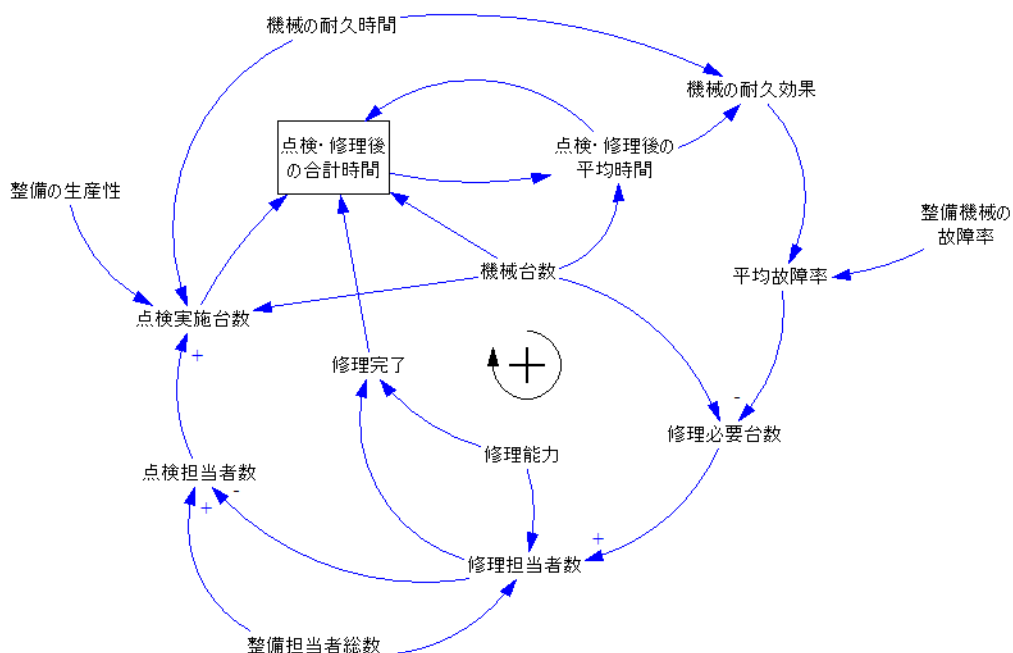
この因果ループ図は、モデルとしては未完ですが、参照モードでデータ入力した変数の上にマウスのカーソルを置くと、参照モードのデータ図がポップアップしてきます。これはダイナミックな仮説を表現し、参照モードはその内容を分かりやすくします。さらに、

他の変数にも、参照モードを作成することもできます。これは、どんな振る舞いになるかを理解する上で、よい練習になります。参照モードはモデルによって生成されているのではなく、モデルの作成者によって作られているということを忘れないでください。

19.1.2 シミュレーション（修理 2.mdl）

シミュレーションモデルを作成するために、もう少し構造を追加します。好みに応じて、ストックとフローという表記方法にしてもかまいません。ストックとフローという表記方法は、必須なものではないので、ここでは使用しません。しかし、ストック変数を箱で囲んで区別しています（ここでは 1 つだけあります）。

以下のような図を作成するか、ユーザーズガイドモデル第 19 章の「修理 2.mdl」を開きます。



このモデルは、これまでのモデルを少し複雑にした構造を持ちます。「点検・修理後の合計時間」によって機械が整備されてからの平均時間を測定します。これは、すべての機械ごとの点検後に経過した機械・時間の合計で、台数・月の単位で計測します。この値は、「機械台数」によって増加します。しかし、機械が修理されたり、点検を受けた時に減少します。その減少程度は、修理や点検台数とそれらの点検・修理の平均時間の長さによります。このための簡略化した仮定は、機械の平均経過年です。より完全な方法では、修理と点検の年数分布を考慮する必要がありますが、モデルをさらに複雑にします。

「点検・修理後の合計時間」の方程式は、次のようになります（以下の (16) 式）。

$$\begin{aligned} \text{点検・修理後の合計時間} = & \text{INTEG} (\\ & \text{機械台数} - (\text{修理完了} + \text{点検実施台数}) * \text{点検・修理後の平均時間}, \\ & \text{機械台数} * \text{機械の耐久時間} \end{aligned}$$

初期値は、シミュレーション始めの均衡状態に近い値（＝機械台数 * 機械の耐久時間）を用いています。機械の点検・修理後の平均時間を得るために、「点検・修理後の合計時間」を「機械台数」で割ります（以下の(17)式）。この平均時間は機械の耐久効果に影響します。

このモデルの中で、「修理1.mdl」の「機械の平均信頼性」を「平均故障率」に変更しています。そのほうが方程式にしやすいからです。信頼性は、「1 - 非信頼性」として因果ループ図のようにも求められますが、こうするほうがより理解しやすいためです。

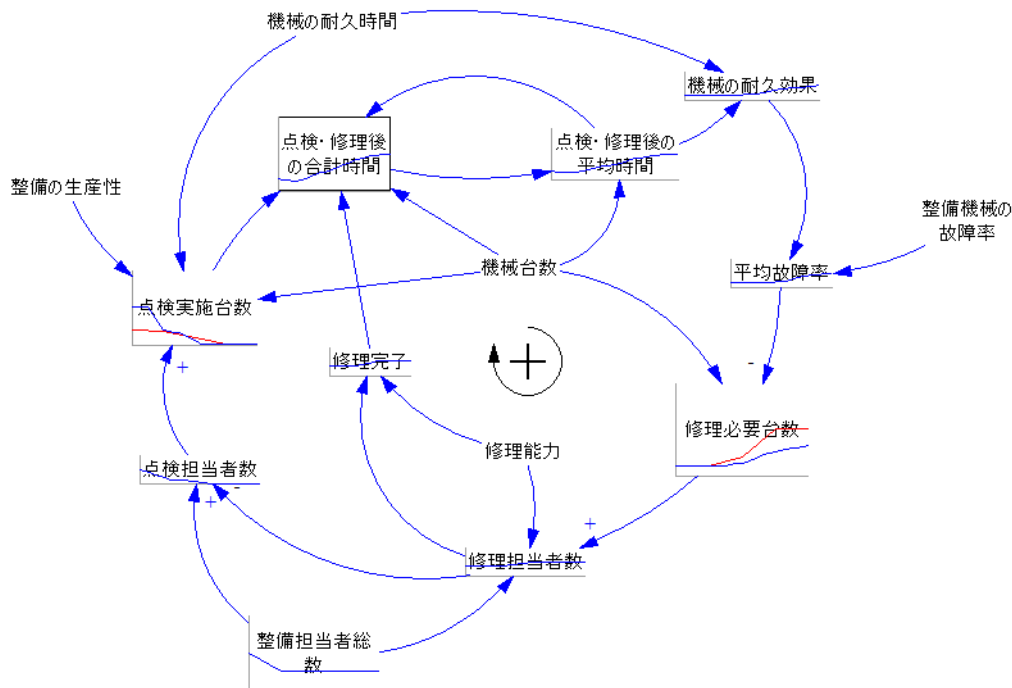
このモデルのすべての方程式は、以下のようになります。

- (05) 修理完了= 修理担当者数 * 修理能力
Units: 台数/月
- (06) 修理必要台数=平均故障率 * 機械台数
Units: 台数/月
- (07) 修理担当者数=MIN(修理必要台数/修理能力, 整備担当者総数)
Units: 人
- (08) 修理能力= 30
Units: 台数/人/月
- (09) 平均故障率=整備機械の故障率 * 機械の耐久効果
Units: 1/月
- (10) 整備の生産性=120
Units: 台数/(月*人)
- (11) 整備担当者総数
Units: 人
- (12) 整備機械の故障率=0.1
Units: 1/月
- (13) 機械の耐久効果= WITH LOOKUP (点検・修理後の平均時間/機械の耐久時間,
([(0,0)-(4,6)], (0,0.9), (1,1), (1.5,1.1), (2,1.5), (3,3), (4,6)))
Units: Dmnl
- (14) 機械の耐久時間=2
Units: 月
- (15) 機械台数= 1000
Units: 台数
- (16) 点検・修理後の合計時間= INTEG (機械台数
- (修理完了 + 点検実施台数) * 点検・修理後の平均時間,
機械台数 * 機械の耐久時間)
Units: 台数*月
- (17) 点検・修理後の平均時間=点検・修理後の合計時間/機械台数
Units: 月
- (18) 点検実施台数=MIN(機械台数/機械の耐久時間,
点検担当者数 * 整備の生産性)
Units: 台数/月
- (19) 点検担当者数=整備担当者総数 - 修理担当者数
Units: 人

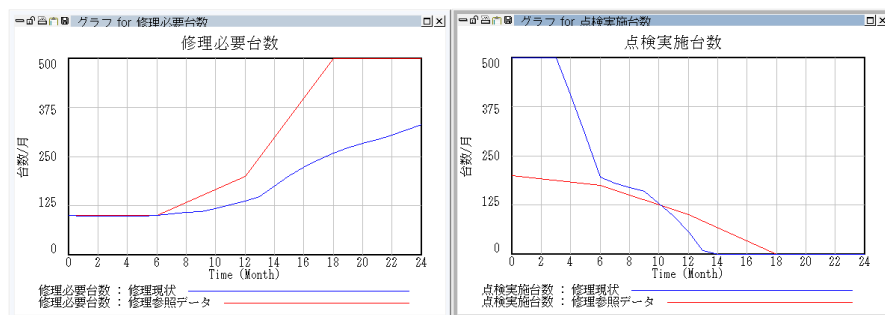
「整備担当者総数」の方程式 ((11) 式) が空白になっています。これは、データ変数を表しています。もしこの章の初めのデータ変数入力の作業を行っていただければ、方程式を追加

する必要はないでしょう。なぜなら入力されたデータ変数が読み込まれるからです。しかし、単位は追加する必要があります。

このモデルをシミュレーションし、その振る舞いを表示した場合、(大文字の[B]は振る舞いの表示をオン・オフに切り替えます) 以下のようになります。



部分的に複製した2つの参照モードを用いました。その振る舞いはシミュレーションと同じというよりも、似ている程度です。参照モードとシミュレーションによる振る舞いにくらかの違いがあることは、一般的なことです。



参照モードを用いて、概念化からモデルを開発し、シミュレーションを通じてモデルを完成させました。参照モードは初期のモデル開発の過程で振る舞いの具体的な表現を追加します。また、外生データを分かり易く示します。


```

Model changes relative to 修理2.mdl
*****
次の変数が 修理2.mdl にありません。
*****
> 点検・修理機械台数

*****
比較対象の (<) 修理2.mdl から (>) 現行のモデルへ方程式が変更になっています。
*****
< 点検・修理後の合計時間=INTEG(機械台数-(修理完了+点検実施台数
< ) * 点検・修理後の平均時間, 機械台数
< * 機械の耐久時間)
> 点検・修理後の合計時間=INTEG(機械台数-点検・修理機械台数
> , 機械台数 * 機械の耐久時間)
-----

```

「修理 2.mdl」から現行モデルへの方程式の変更を見ると、「点検・修理機械台数」が新たに追加されたことが見てとれます。追加された項目（流出フロー）は「修理 3.mdl」から次のように確認されます。

点検・修理機械台数 = (修理完了 + 点検実施台数) * 点検・修理後の平均時間

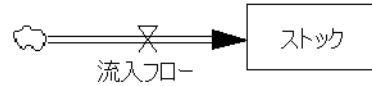
このようにフローを新たに追加することで、機械台数が点検・修理で減少してゆく流れが直観的に捉えられます。ここで単位に注目しておきましょう。流入フロー、流出フロー共に「台数」となっており、時間が明示的に現れていません。一般にストックの単位が機械の「台数」であれば、そのフローの単位は「台数/月」となります。しかるにここでのストックの単位は「台数・月」で定義されています。従ってフローの単位は「(台数・月) / 月 = 台数」となります。



19.1.4 メンタル シミュレーション

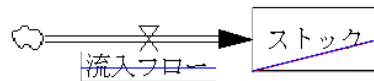
参照モード編集ツールは、メンタル シミュレーションを行ったり積分の技能を高めるのに有効な手段となります。積分や蓄積はダイナミックな振る舞いを生み出す基礎です。異なった状況のもとでどのように蓄積がおこなわれるのかについての直感を養うことは、ダイナミックな問題の理解を改善する上で有効です。


(メンタルシミュレーション1.mdl)

- デフォルトの時間範囲を使用して、以下のようなモデルを作成するか、もしくはユーザズガイドモデル第 19 章の「メンタルシミュレーション 1.mdl」を開きます。



- 参照モード  をクリックし、「流入フロー」をクリックします。「流入フローをデータ変数に変換しますか？」との質問に、「はい」と答えます。
- 参照モードの名前を「メンタルシミュレーション」とし、「0,10」「100,10」と入力します。
- [OK] をクリックし、対話ボックスを閉じます。
この「流入フロー」で、ストックの値がどうなるかを予想できます。
- 方程式 $f(x)$ を選択し、ストックの初期値として「0」を入力し [OK] をクリックします。
- 参照モード  を選択して「ストック」をクリックし、予想値を入力します。
- シミュレーションを実行します。以下ようになります。

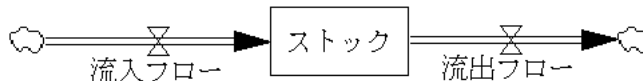



- 参照モード  を選択し、「流入フロー」をもう一度クリックします。「0,0」「50,100」「100,0」と入力します。
- 「ストック」をクリックし、予想する値を入力します。シミュレーションを実行し、予想と比較してください。
- 次のような異なる「流入フロー」のパターンで、この種の実験を繰り返します。例えば、「0,0」「100,100」や「0,100」「100,0」や「0,100」「50,0」「100,100」とします。

(メンタルシミュレーション2.mdl)

「流入フロー」が1つだけでも、メンタルなシミュレーションは驚くほど巧妙です。ここに2つ目のフローが追加されると、問題はさらに難しくなります。

- 以下のように流出フローをモデルに追加するか、もしくはユーザズガイドモデル第19章の「メンタルシミュレーション2.mdl」を開きます。



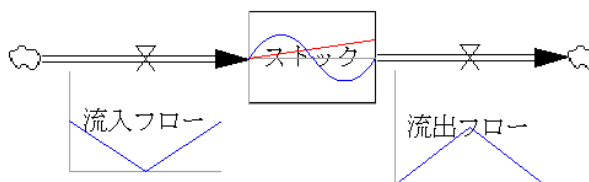
- 参照モード  を選択し、「流出フロー」をクリックします。「流出フローをデータ変数に変換しますか？」との質問に、「はい」と答えます。「流出フロー」のパターンを「0,0」「50,100」「100,0」と設定します。
- 「流入フロー」のパターンを「0,100」「50,0」「100,100」と設定します。
- 方程式 $f(x)$ を選択し、「ストック」の方程式を次のように変更します

$$\text{ストック} = \text{INTEG}(\text{流入フロー} - \text{流出フロー}, 0)$$

- 「ストック」に対して予想する値を入力します。

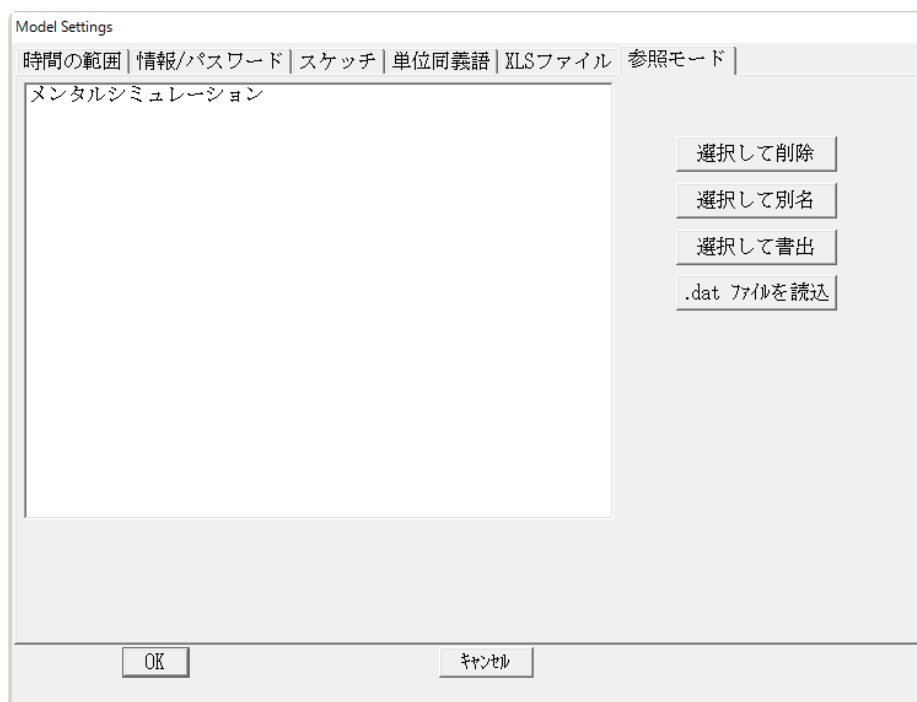
簡単な入力パターンでも、「流入フロー」と「流出フロー」から影響を受けるストックの振る舞いは、予想できないものになります。「流入フロー」と「流出フロー」に、より複雑なパターンを入力し、予想通りの結果が得られるか試します。

ストックの予想（赤線）は、上図のストック予想そのままにしています。



19.1.5 参照モードの管理

モデルに、8つまでの参照モードを設定することができます。[モデル] → [設定] を選択し、モデル設定の対話ボックスの [参照モード] タブから、これらが管理できます。



変更したい参照モードをクリックします。

選択して削除 選択された参照モードをモデルから削除します。その参照モードで用いられたデータセットはそのままですが、制御パネルのデータセットタブから削除できます。

選択して別名 参照モードの名前を変更します。古い名前はデータセットとして残りますが、制御パネルのデータセットタブから削除することができます。

選択して書出 参照モードのインフォメーションを持つ.dat形式のファイルを作成します。.dat形式のファイルの詳細は、リファレンスマニュアルの"Preparing, Using and Exporting Data"を参照してください。

.dat ファイルを読み込 .dat形式のファイルを読み込み、それを参照モードとすることができます。.dat形式のファイルの詳細は、リファレンスマニュアルの"Preparing, Using and Exporting Data"を参照してください。

第 20 章

モデルの配布

旧版では第 19 章でしたが、このユーザーズガイド改訂版で最終章に移動しました。

作成したモデルを、他の人へ簡単に送ることができます。Vensim を持っていない人でも、Vensim Model Reader を使って、モデルを表示したり、シミュレーションすることができます。Vensim の下位のラインナップでも、多くのモデルを読み込めます。したがって、Vensim DSS で開発したものであっても、Vensim PLE で操作できます。

Vensim DSS を使用している場合、モデルのパッケージ化や出版のための追加オプションがあります。これらは、DSS リファレンスマニュアルの"DSS Supplement - Distributing Your Work"に詳しく紹介されています。

20.1 Vensim Model Reader

Model Reader は、Vensim で作成されたモデルの読み込み専用のアプリケーションです。他の人が、Vensim を使用していなくてもシミュレーションや分析ができるように、モデルと一緒に、無料の Model Reader のインストールプログラムを配布できます。Vensim の CD を持っている場合には、Model Reader のインストーラーは、windows ディレクトリの中、venred32.exe という名前のファイルです。ウェブサイトからダウンロードすることもできます。

Model Reader は、Vensim PLE から DSS までのラインナップで作成されたモデルを操作できます。Vensim DSS で作成したモデルは、外部関数を利用して作成されたものを除いて、Model Reader で操作できます。Model Reader を使用して、DDE 接続を行うことはできません。DDE 接続は、Vensim DSS のみ対応します。

Model Reader には、Venapp を用いる場合を除いて、感度シミュレーションもしくは最適化の機能はありません。また、Vensim Professional と DSS が、シミュレーション制御対話ボックスを通して利用できる他のシミュレーションの結果を再利用する機能はありません。しかし、ツールバーでデータソースを明示し、Vensim Model Reader の [変更] メニューからファイルを変更できます。

統合シミュレーションは Vensim Model Reader で操作できますが、変数の振る舞いに優先機能を持たせることはできません。

ダウンロードの方法は第 1 章で説明されています。

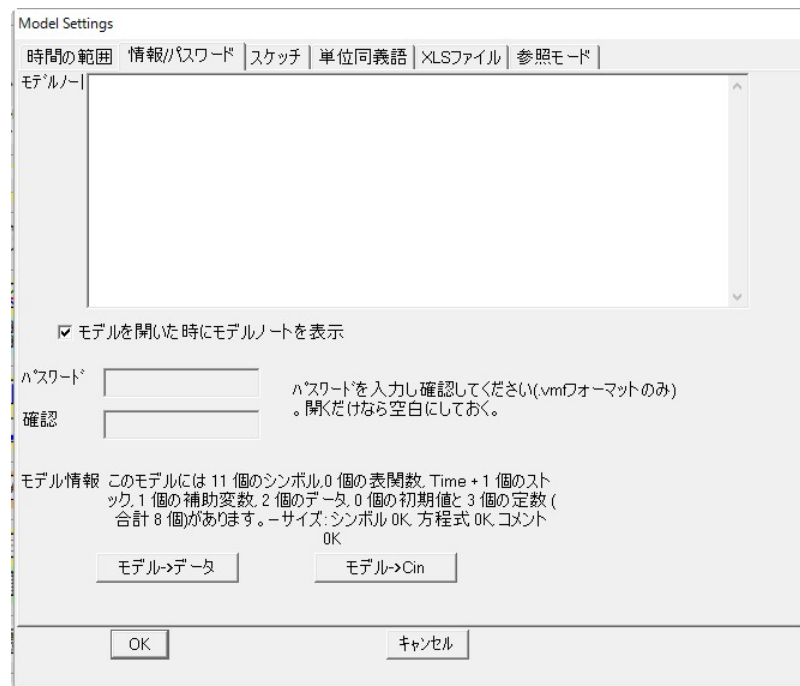
DDE とはダイナミックデータエクスチェンジのことで、ソフト同士がデータをやりとりする手順の 1 つです。

Venapp は、DSS で開発できるユーザ対話型アプリケーションのことです。

20.2 モデル配布の下準備

Vensim Model Reader だけを持つ人に対して、モデルが利用できるようにするには、2つの方法があります。1つは、[ファイル] → [出版] を使用して、モデルのパッケージとサポートファイルを作成することです。もう1つは、バイナリ形式でモデルを保存することです。これらの準備とは別に、配布先でのモデル操作をより簡単にするために有効なことがいくつかあります。

まず、モデル作者の名前と連絡先を含めることがあります。最初の表示画面に、この情報をコメントとして挿入できます。またこうした表示画面を使う方法以外に、モデルノートが使用できます。[モデル] → [設定] から [情報/パスワード] タブをクリックし、作成します。この対話ボックスに情報を書き込み、[モデルを開いた時にモデルノートを表示] のチェックボックスにチェックを入れます。この情報は、モデルを開いた時に対話ボックスで表示されます。



各変数に、測定の単位とコメントを入力することも有効です。これらは、モデル操作中にマウスを変数上で動かすことによって表示され、よりモデルを理解しやすくします。

ナビゲーションの方法は第 12 章で説明しています。

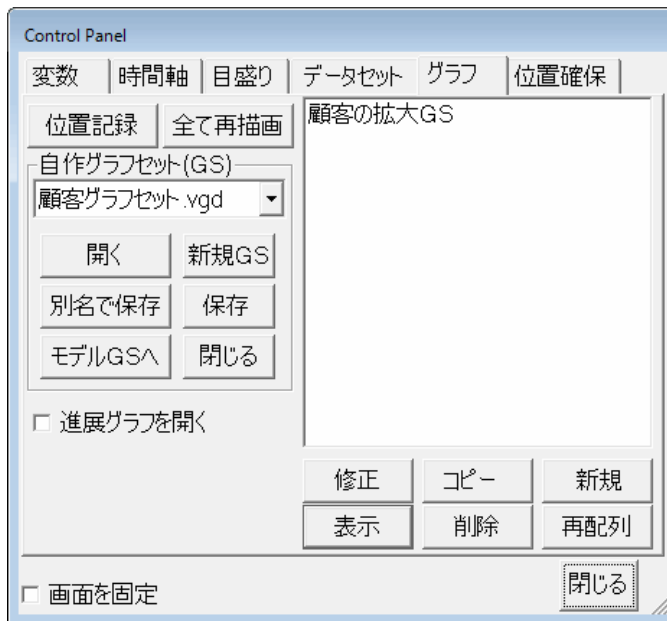
モデルが 2 つ以上の表示画面を持つ場合、最初のページに、ナビゲーションページを加えることが有効です。ナビゲーションページには、作者の連絡先や、モデルの各表示画面へ移動するための、ナビゲーションボタンを置くことができます。Vensim Model Reader では、ページアップ [PgUp] やページダウン [PgDn] の操作ができますが、ナビゲーションボタンは、これをさらに容易にします。この場合、それぞれの表示画面上には、最初の表示画面に戻るナビゲーションボタンを置いた方が良いでしょう。

ユーザーに変更してほしいと思う重要な定数や、重要な結果などは、制御パネルを用いて自作グラフを作成すると便利です。この例が第 12 章にあります。

自作グラフと表

別のファイルに自作グラフもしくはテーブルを作成した場合、配布先にもその情報を渡す方法があります。これを行うために、制御パネルの表示から [グラフ] タブをクリックします。

これは、Vensim PLE と PLE Plus には対応しません。



このグラフ対話ボックスは、第9章の「顧客3.mdl」において「顧客グラフセット.vgd」という名前でグラフセットを新規作成した場合の表示です。

[自作グラフセット (GS)] の下に表示されている名前が、[*Default] でない場合、[モデル GS へ] ボタンが選択可能ならば、自作グラフとテーブルを取り込むことができます。それによって、現在のモデルに自作グラフや表の設定を読み込むことができます。

20.3 パッケージモデルの出版

Vensim Model Reader は、パッケージモデル (.vpm) のファイルと、バイナリ形式のモデル (.vmf) のみを読み込みます。これらはどちらも、Vensim だけで読み込めるバイナリファイル形式です。

20.3.1 パッケージの出版

モデルを出版するために、モデルが操作できる状態で [ファイル] → [出版] を使用します。モデルパッケージ対話ボックスが表示されます (次ページ)。

名称 作成されるパッケージの名前と同じです。デフォルトで、読み込んでいるモデルのファイル名に、拡張子.vpm を加えたパッケージモデルが作成されます。Venapp (DSS のみで作成できます) をパッケージしている場合は、Vensim パッケージアプリケーションとなる、拡張子.vpa のファイルになります。

第三者使用のためのモデルパッケージ発行

名称

モデル

さらなる 設定 ツールセット .vgd ファイル 外部 dll

追加ファイル

顧客1.vdf
 顧客2.vdf
 顧客3.vdf
 顧客4.vdf

Extract

パッケージタイプ モデル Venapp その他 (Vensim DLLの時)

出版先 PLE/Plus/Std Professional DSS Runtime
 Vensim Model Reader 特殊 (Sable等)

別名保存不可 コピー不可 再取用暗号化バイナリー

パスワード保護

問題解決に役立つ詳細情報

さらなる パッケージに含めたい他の要素を示します。使用している Vensim のラインアップなどによって、選択できない（グレー表示になる）ものがあります。

- [設定]：チェックされている場合、ウィンドウズディレクトリもしくは、ユーザーのディレクトリにある、拡張子が.ini のファイルを含みます。これは、問題を解決するためにパッケージを送る場合は有効ですが、そうでなければ使用しません。
- [ツールセット]：チェックされている場合、現在読み込まれている分析ツールセットを含みます（保有されている分析ツールセットが読み込まれている場合のみ利用できます。Vensim PLE および PLE Plus では、常にグレー表示されています）。
- [.vgd ファイル]：チェックされている場合、保存されている Vensim グラフセットのグラフ定義ファイル（デフォルトを除く）を含みます。Vensim PLE および PLE Plus では、常にグレー表示されています。
- [外部 dll]：チェックされている場合、利用されている外部関数のライブラリーを含みます。外部関数のライブラリーを読み込んで Vensim DSS を使用している場合を除いて、これはグレー表示されています。特にライブラリーを再配布できるかどうかを確認してください。

上記のファイルは、コンピューター上の異なる場所にあったとしても、同じディレクトリの中にあるパッケージとしてモデルが保存されます。外部 DLL だけが、パッケージで用いられる際に引き出され、適切なディレクトリに配置されます。

追加ファイル 含むべき追加のファイルをリストにします。この対話ボックスが開いた時、モデルに関連したすべてのファイル（読み込まれたデータセット、更新履歴

ファイル、データファイル、最適化制御ファイルなど) をリストに加えることができます。リストに何か追加する場合は、[追加] をクリックします (Windows では **[Shift]** + クリックもしくは、**[Ctrl]** + クリックで、複数のファイルを選択することもできます)。リストから何か削除したい場合は、それを強調表示し、[除去] をクリックします。Excel ファイルをデータソースとして使用している場合、自動的にリストに追加されないことに注意してください。

もし、データセット (.vdf) を含めてパッケージを作成した場合、これらのファイルは読み込み専用ファイルとなります。したがって、データセットと同じ名前でシミュレーションしようとした場合、エラーメッセージが表示され、異なるファイル名を作成するように求められます。

パッケージ タイプ アーカイブ (記録) 形式を指定します。これは、Vensim DSS にのみ対応します。[モデル] は、モデルおよびサポートファイルを含みます。[Venapp] は、Venapp ファイル (.vcd) およびサポートファイル (モデルを含みます) を含みます。アーカイブを開くと、Venapp が実行されます。

出版先 Vensim どのアプリケーションでパッケージモデルを開くか管理します。例えば、モデルへのアクセスを制限したい場合、Model Reader のみ読み込み可能とします。[Model Reader] は、Vensim Model Reader を指します。[PLE/Plus/Std/Pro] は、Vensim PLE、Vensim PLE Plus、Vensim Standard、Vensim Professional を指します。[DSS] は、Vensim DSS を指します。[Runtime] は、Vensim Runtime を指します。[特殊 (Sable 等)] は、Vensim エンジンを使用する Sable のようなアプリケーションを指します。

Vensim Standard(Std) は販売中止となりました。

別名保存不可 チェックされている場合、モデルを異なる名前で保存したり、変更を加えられないようにします。これはすべての Vensim アプリケーションが Vensim Model Reader と同じように振る舞うことを強制します。

コピー不可 チェックされている場合、モデルの構造をコピーすることを防ぎます。これは [別名保存不可] より強力です。つまり、表示画面でモデル構造を見たり、ドキュメントツールを使用したりできますが、[編集] → [コピー] はできません。

再販用暗号化バイナリー チェックされている場合、許可された再販可能な Vensim 構成要素を用いてアーカイブを作成します。アプリケーション再販ライセンスを持っている場合のみ、このオプションは利用できます。

パスワード保護 チェックされている場合、モデルを開くためにパスワードが必要になります。使用したい [パスワード] を入力し、[認証] してください。パスワードをなくした場合、モデルは開けません。

注意 パスワードによる保護は、モデルの興味本意なアクセスを防ぎます。しかし、それを見たいという欲望を止めることは難しいので、知的財産の安全性と保護は重要な問題となり、自己責任となります。

問題解決に役立つ詳細情報 使用した Vensim バージョンとコンピューターについての情報を表示します。これは、モデル上の問題解決のためのサポートを受ける場合に有効です。追加したいコメントをここに書き込むこともできます。

旧読込 以前に保存されたこの対話ボックスの設定を読み込みます。これは、一度作成した出版の設定を保存し、それを再利用することを可能にします。設定を読み込む時、同じモデルのパッケージである必要はありません。しかし、それらは同じディ

レクトリの中にある必要があります。

保存 現在の対話ボックスの設定を保存します。これは、この設定を再利用するために用います。パスワードを設定している場合、そのパスワードを保存するかどうか質問されます。保存する場合、そのパスワードは書式 (form) ファイル (.frm) にテキストで保存されます。書式ファイルは、パッケージモデルに含まれないので、パスワードが知られることはありません。

モデルが出版される設定によって、それを開く Vensim のラインアップが決まります。場合によっては、使用している Vensim のラインアップで利用できない機能を持つかもしれません。Vensim DSS および Vensim Model Reader のみがパッケージアプリケーションを開くことができます。

20.3.2 バイナリ形式

モデルをバイナリ形式で保存するために、[ファイル] → [別名で保存] を使用し、[バイナリ形式モデル (*.vmf)] を選択し、新しいファイルの名前を入力します。この名前に追加される拡張子は .vmf です。[ファイル] → [別名で保存] の対話ボックスで、拡張子を .mdl から .vmf に変更するだけで、モデルをバイナリ形式のモデルとして保存することもできます。

Vensim のどのラインアップでも、.vmf ファイルを開くことができます。これらは、純粋なテキスト形式のファイル .mdl よりも大きく、Vensim のみで開くことができます。テキスト形式の .mdl ファイルはテキストエディタで開くことができるので、バックアップやアーカイブ保存に有効です。

20.4 パッケージモデルを開く

パッケージモデルは、Vensim のモデルを開くのと同じように開けます。パッケージモデルは [ファイル] → [開く] を使用した時にリストで表示され、ダブルクリックすれば開きます。ただし、パッケージモデルの外観は多少異なるかも知れません。

モデルが別名で保存できないように設定されている場合には、ツールバーにはスケッチツールは表示されません。[ファイル] → [保存] と、[表示] → [テキスト表示] は操作できません。

別名で保存できる設定ならば、スケッチツールが正常に表示され、ファイルを別名で保存する対話ボックスが開きます。モデルに変更を加えることができますが、変更後のファイルはパッケージとは別に保存しなければなりません。パッケージそのものは、読み込み専用です。

パッケージがデータセットを含んでいる場合、そのデータセット名は使用できません。制御パネルのデータセットからそれらを読み込んだり、取り除くことはできますが、オペレーティングシステム上ではファイルとして表示されません。

パッケージがツールセットを含んでいる場合、Professional や DSS ではそのツールセットを読み込むかどうか質問してきます。Vensim Model Reader ではツールセットが自動的に読み込まれるので、埋め込まれたグラフは予想通りに表示されることが保証されます。Vensim PLE と PLE Plus では、ツールセットの修正がサポートされていないの

で、ツールセットは無視されます。

パッケージがウィザードを使用した感度テストや最適化制御ファイルを含む場合には、パッケージファイルが読み込まれ、変更点がオペレーティングシステムファイルに保存されます。パッケージを再び開くと、パッケージ制御ファイルから開始します。パッケージは読み込み専用であり、開いた時に常に同じ結果が得られるようにデザインされています。

パッケージモデルを開き、他の名前で作成した場合、パッケージの中に含まれるデータセットはそのまま利用できます。しかし、新たに保存したモデルを閉じて改めて開くと、前のデータセットは利用できなくなります。

一度に1つのパッケージモデルしか開くことはできません。2つ目のモデルを開くと、最初のパッケージに関連したモデルが閉じます。また、パッケージモデルもしくは、パッケージに含まれたファイルを出版することはできません。

パッケージモデルにあるファイルと同じ名前を持つファイルがある場合、パッケージモデルにあるファイルが使用されます。こうした混乱を避けるために、他の多くのファイルがあるディレクトリでパッケージモデルを開かないようにすることです。

20.5 Vensim PLE によるモデルの利用

修正できるモデルを提供したいこともあります。Vensim PLE は他の Vensim のラインアップで開発されたモデルを開くことができます。しかしながら、すべての Vensim の機能が Vensim PLE に対応するわけではないため、すべてのモデルが操作できるわけではありません。

添字 添字を使用したモデルを Vensim PLE で開くと、エラーメッセージが表示されます。モデルの構造は見ることはできますが、シミュレーションできません。

サポートされない関数 サポートされない関数を使用したモデルは、Vensim PLE で開くことができますが、シミュレーションはできません。[モデル] → [モデルチェック] を使用することで、どの関数がサポートされていないか表示できます。

ナビゲーションコメント ナビゲーションコメントは Vensim PLE で表示できますが、ナビゲートはできません。

20.6 E メールとウェブ利用上の注意

.mdl 形式のモデルは、テキストファイルです。これは、モデルを保存しやすくする一方、配布時に、予期しない問題をもたらします。これらのモデルを E メールで送るか、もしくはウェブサイトで公開する際に、知っておくべきことがあります。

いくつかの E メールプログラムは自動的にテキスト文の行を結合します。こうした行の結合が変数名やスケッチの定義をまたぐと、モデルが壊れます。その典型的な兆候は、シンタックスエラーメッセージか、もしくは不完全なスケッチ表示として現れます。テキストエディタ（例えばノートパッド）でファイルを開いた場合、どこで改行がされているかを見ることができます。この種の問題を防ぐには、これらを送る前に、zip ファイルにしておくことです。

ウェブサイトに置かれたテキストファイルには、行間にしばしば空白の行が入り込みます。これは、Unix と Windows 及び Macintosh のファイルシステム間で、テキストファイル形式に互換性がないためです。これが問題を引き起こすことになるのかどうか、ウェブサイトに置いたファイルをチェックするのが賢明です。Eメールに添付されたテキストをウェブブラウザで開く場合にも、よく似た問題が起こります。この方法がうまく作動するのかどうか確認するために、添付テキストを保存しなさい。

こうした問題はいずれも、モデルをパッケージにして出版することで防ぐことができます。

中高生から研究者・ビジネスマンまで学際的に学べるシステムダイナミックス
- Vensim 6 ユーザーズガイド - (Vensim 7にもほぼ対応)

2018年9月 (ドラフト PDF 版発行)

監訳者 山口 薫
訳者 樽本 祐助
発行者 出口 恒
日本未来研究センター
システムダイナミックス グループ

発行所
〒547-0046
大阪市平野区平野宮町1-1-19
日本未来研究センター 大阪オフィス

ISBN 978-4-907291-02-0
192C00040***