

Vensim PLE 演習問題集

(ビジネス・モデル編)

日本未来研究センター
研究員
末武 透

はじめに	1
A: モデル進化：販売計画編	
1. 演習-1：ストック 1 個のモデル（製品市場）	7
2. 演習-2：ストック 2 個のモデル（市場占有率）	16
3. 演習-3：単純なフィードバック・ループ（広告効果と営業活動効果）	20
4. 演習-4：ストックを挟むフィードバック・ループ（ロコミ効果）	28
5. 演習-5：テーブル関数（価格と広告の効果）	36
6. 演習-6：モジュール（市場競争）	46
7. 演習-7：モジュールを挟むフィードバック・ループ（相互依存）	60
B: モジュールを組むというやり方でのモデル構築：製造計画編	
8. 演習-8：平滑化（生産）	71
9. 演習-9：平滑化（在庫と社内発注）	77
10. 演習-10：パイプライン構造（製造仕掛）	82
11. 演習-11：周期変動（季節変動）	88
12. 演習-12：モジュール組み合わせ（設備投資）	93
13. 演習-13：経営フライト・シミュレーター	102
14. 練習問題の模範解答	110
15. 参考文献	192

August 2016

はじめに

システム・ダイナミックスとかシステム思考といった言葉は初めて聞く人が多いかも知れませんが、問題の構造を解明し、構造から問題を解決するポイントを発見したり、定量的に、あるソリューションが果たしてどこまで有効かをシミュレーションで確かめる方法です。よく、未来の状態を予測する手法としても使われています。

未来を予測するために、普通によく行われるのは、実際のデータを集めてきて、そこに回帰式を当てはめ、当てはめた回帰式を延長して、将来がこうなると予測するやり方です。この方法は当たるかも知れないし、当たらないかもしれません。現在は過去の傾向の延長上にあり、将来もその傾向の延長上にあるのかもしれませんが、何かの要因が動いていて、それがまだ表面化していないだけなのかも知れません。構造やメカニズムで考えて予想をしているわけではなく、私には、この方法は、当たったか当たらなかったかといったギャンブルのようなことをやっているだけのように思えます。

システム・ダイナミックスは、そういったやり方ではなく、構造を考え、構造を基に将来どう変わるかを見る手法です。最も、計量経済モデルも似たようなことをやっていて、経済の要素の伸びの組み合わせから将来を予想しているのですが、要素の伸びは線形で考えています。システム・ダイナミックスは非線形も扱えるという特徴があります。

従って、システム・ダイナミックスでは、構造とかしくみを考え、構造やしくみによって将来はこうなるであろうという予測を行うやり方と考えていいでしょう。この構造やしくみのことをモデルと呼んでいます。さらには、このモデルは、モデルを構築した人が対象を解釈して、こういった構造やしくみであろうという、いわば仮説に基づいて構築したものであるため、対象を簡略化していること、モデル構築者の物の見方という制約を受けています。従って、システム・ダイナミックスの予測もまた、当たるか、当たらないかわからないという宿命を背負っています。ただ、違いは、システム・ダイナミックスでは、構造としくみをベースに計算した結果を示している点です。

われわれ、システム・ダイナミックスに従事する専門家は、このことから、初来予測という言葉避け、シミュレーション結果と呼び、ある問題に対して、何も対処しなければ、将来はこうなるであろうし、この対策を採択すれば、将来はこれだけ改善できるであろう、といった言い方で、シミュレーションの結果を示しています。

2番目に、シミュレーションを行うモデルは、対象を簡略化し、かつモデル構築者の対象に関する解釈をモデルとして表現したに過ぎないので、違う人には、対象に対して違う風に見ている可能性もあります。単純化した際に、除外した項目でも、その人にとっては重要で無視してはいけない項目かも知れません。構造やしくみも違ったように理解しているかも知れません。このような場合、言葉で議論するのですが、言葉だけだと理解したような気分になって、それを構造やしくみに当てはめようとしても、モデル構築者の見解や理解ではないので、よく分かっていなかったということを経験させられます。モデルは、モデル構築者と、それに対してコメントを述べる人が、モデルを介して議論を行うので、双方が理解できるし、双方の納得の元に改善できるという利点があります。従って、そのモデルを使ったシミュレーション結果には双方が納得できるわけです。つまり、問題に対してあるソリューションを提示し、そのソリューションの効果も双方が納得できるわけです。もし、シミュレーションの結果が思っていたものと違っていたとしたら、モデル構築者か、あるいはそれに対してコメントをつけた人の、問題の構造やしくみに対する考え方が違っていたこととなります。こうして、システム・ダイナミックスでは、モデルとシミュレーションによって、合意形成を行っていきます。

3番目に、問題の対象が社会や経済といった分野であると、自然科学とは違い、実際に物理的な実験を行うことができません。例えば、新製品を出せば売上が上がるはずだと思っても、だからといってすぐに新製品を出して、売上が2倍になったといった実験をなかなかできません。もし、失敗したら、膨大な費用がかかっているだけに、会社の存亡にかかわってくるかも知れません。そのために、システム・ダイナミクスでは、企業モデルを構築し、新製品を出した場合、それに関して、どのくらい広告を打つとか、どの地域をターゲットにするとか、いろんな条件の組み合わせをシミュレーションで確かめ、これであれば実行可能でそこそこ成果も見込めるであろうという仮想実験を行うことができます。仮想実験なので、思い切った条件での実験もできるし、それで失敗したからといって、実際に会社が赤字になるわけでもありません。心置きなく実験できるという長所があります。

シミュレーションができるということ、合意形成ができるということ、失敗のリスクを恐れなくともいいという長所の他にも、いろいろ優れた点があり、こういった、特徴を持つ手法なので、どんどん活用して欲しいと願っているのですが、どうも日本では普及が停滞しています。

システム・ダイナミクスはそう難しいものではないと思っているのですが、システム・ダイナミクスやシステム思考を教えていて、どうもなかなかマスターしてくれないのは、練習問題を解いて、それで慣れるという教材が少ないのではないかと思うようになりました。そこで、一歩ずつモデルを構築するような、モデル進化を取り上げた演習問題集を執筆してみました。

ということで、本書は、簡単な Vensim PLE による演習問題です。対象としているのは、センサーや測定機器及び測定機器を使ったコントロール・モジュール製品を製造している中小企業です。従業員は44名、横浜と神戸に事務所があり、横浜の事務所は、工場に隣接しています。製品は、A製品群というセンサー及び測定機器と、B製品群という測定機器及びコントロール・モジュール製品の2つの製品群に分かれています。A製品群は、在庫を持っていて、受注し、在庫があればそこから納品します。この製品の販売は主に代理店を通じて行っています。B製品群は基本的に受注生産で、顧客の注文に応じて設計し、製造し、納品します。こちらの製品は基本的に直販方式です。この会社を対象に、Vensim PLE でモデルを作り、経営計画を策定していくというのが、この演習問題の狙いです。

演習問題は、ひとつずつこなして行って下さい。最初の問題を解いてみて、模範解答と照らし合わせみて、理解してみてください。

次の課題は、模範解答をベースに、再び挑戦してみてください。一通り最後まで演習問題をやり終えたら、今度は、再び、自分なりの解答を行い、この場合は、自分の解答をベースに演習問題を進めて行って下さい。

言い忘れましたが、構造としくみは同じではないかという突っ込みを入れたがる人に対して。構造は `structure` で構成とか体系、骨組、しくみは `mechanism` で、作動する作動のやり方というような意味合いで使っています。前者は家の柱とか壁がどのように配置されているか、動物の骨がどう組み立てられているか、後者は、時計の歯車がどう組み合わせたり、動力を針に伝え回転させているか、酸素がどう肺で吸収され、血管で運ばれるかといったことというような意味合いで区別しています。

最後に、長野大学の木村誠教授には、本書を授業に使っていただき、いろいろコメントをいただいたことに感謝します。

A: モデル進化：販売計画編

ここでは、営業計画について考えます。最初に市場の成長を予測するストック 1 個だけの簡単なモデルを作ります。そして、それを基に、ストックをもう 1 個追加し、2 個にする、フィードバック・ループを追加する、フィードバック・ループも間にストックを挟むものにする、テーブル関数を追加し、コンロトールする、最後は、モジュールを挟んでフィードバックにするというように、モデルをどんどん複雑に、かつ実務で使えるレベルにしていきます。

このように、最初のコアとなるモデルからどんどん複雑化させていくやり方をモデル進化と呼んでいます。何かを中心に発展させていくというアプローチです。キム・ウォーレンは、最も重要、あるいは最も注目しているストックを 1 個選ぶとして、それはどれなのかを考え、そのストックを記述し、それに関係するものを次に考えるというアジャイル SD(Agile SD, Kim Wallen, 2011)を推薦しています。同じようなアプローチで、積上げ式でモデルを構築する方法と言えます。

もちろん、このような方法ではなく、モジュールを組み合わせてモデルを作成しても構いません。こちらは、何となく全体像のようなものが分かっている場合のモデルの構築方法です。こちらは、設計図を描き、設計図通りに組み立てていく方法です。そのやり方については、製造計画編で検討します。

もちろん、実際のモデル構築は、両方が混合したような形で行われますし、試行錯誤もあり、機能を追加してみたがうまくいかなかったとか、どこかを変えたら、それに伴い新しいモジュールが必要になったとか、今までであった部分が不要になったといった、いわゆる切った、貼ったの部分がかなりあります。従って、ここで紹介するような、一直線にモデルが進化するというようには現実的にはいきませんが、考え方として、こういったやり方（発展的方法）でモデルを構築していくのだということを理解して下さい。

なお、本書は演習問題集なので、最初に問題を出し、それについて、とにかく考えてもらおうというやり方を採択しています。通常は、システム・ダイナミックスの考え方とか手法を先に説明し、それから、それを使った実例を示し、いくつか演習問題を用意し、その演習問題を解いて見なさいという形になるのですが、本書では、システム・ダイナミックスが十分分かっていようといまいと、まずは、問題として出されたことに対して、構造としくみがどうなっているのかを考えてもらいます。

その上で、演習問題の模範解答を見て、合っているか、違っているかを見てもらうと共に、システム・ダイナミックスの考え方について、解説を通じて理解してもらいます。

ただ、模範解答は私の考え方を示しただけなので、これと同じである必要は全くありません。また、どちらが正しいとか間違っているという問題でもありません。

それでは、対象企業と状況について説明します。仮にこの会社を S 社と呼ぶことにしましょう。S 社は、センサー機器などの部品を製造している中小企業で、従業員は 2014 年 12 月末の時点で 44 名です。大きく 2 つの製品群を取り扱っています。最初の製品群は、見込生産型の製品で、在庫を持ち、顧客からの受注を受け、在庫から納品します。この会社では A 製品群と呼んでいます。直販もありますが、主に流通業者を通して販売しています。2 番目の製品群は、顧客の要望に応じて設計し、製造する受注設計型の製品群で、B 製品群と呼んでいます。こちらは原則直販形式です。見込み生産型の製品である A 製品群に関しては、業界大手の A 社と B 社と競合関係にあり、S 社は業界 3 位で、現在の市場占有率は 10% です。ただ、A 社も B 社も受注設計型の製品は原則販売していませんので、B 製品群に関

してはこの2社とは競合関係にはありません。むしろ、業界第一位のA社とは、受注設計型の製品では協力関係にあり、A社が受注設計型の製品開発に関して相談を持ちかけられた場合、A社はS社を紹介してくれています。

一方、受注設計型のB製品群に関してはC社と競合しています。C社はこの企業の1/10程度の規模で、受注設計型の製品だけを製造しています。C社はむしろB社との協力関係が強く、B社が受注設計型の製品開発に関して相談を持ちかけられた場合、S社ではなくC社を推薦する方が多いようです。

さて、S社は、向こう10年間をカバーする中長期経営計画を策定することになりました。現在は2015年7月1日です。その一環として、営業担当が、2011年から2014年までの販売数実績、売上実績と2015年1月1日から6月30日までの実績を2倍にして2015年度の販売数実績及び売上実績予測としたものをベースに、2016年から10年間の営業計画を策定しました。

演習に入る前に、貴方がこの会社の社長であったとして、営業担当が策定した営業計画をどのように評価するのか、そして、それを踏まえ、どのような経営戦略を打ち出すのかを検討してみてください。以下は、そのための検討資料です。

図 A-1 : S社の市場競合関係

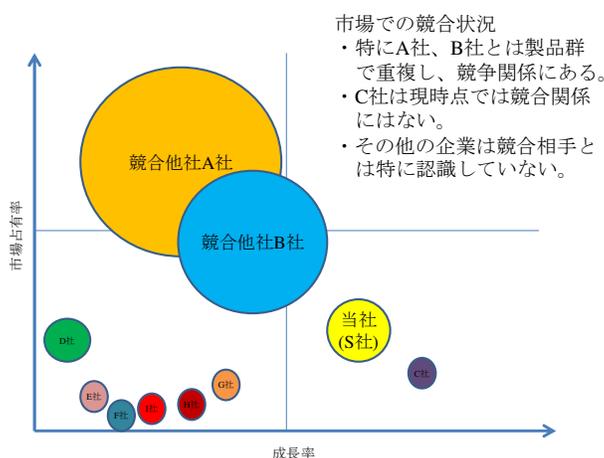
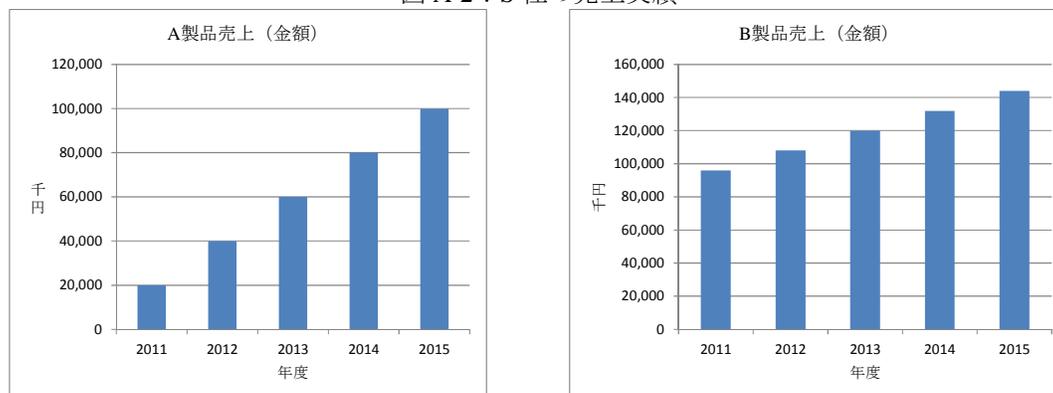


図 A-2 : S社の売上実績



(注 : 2015年に関しては、半年度分の実績を2倍にした予想値)

表 A-1 : S 社販売実績

2015年7月1日現在:製品A						2015年7月1日現在:製品B							
項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015	項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015
顧客数	社	19,000	19,190	19,574	19,965	20,000	顧客数	社	5,312	5,476	5,645	5,820	6,000
市場 (販売個数)	個	95,000	95,950	97,869	99,826	100,000	市場	個	26,559	27,380	28,227	29,100	30,000
市場増加率	%	2.11%	1.00%	2.00%	2.00%	2.00%	市場増加率	%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
当社の市場占有率	%	2.1%	4.2%	6.1%	8.0%	10.00%	当社の市場占有率	%	30.1%	32.9%	35.4%	37.8%	40.00%
製品の売上 (パルク)	個	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	製品の売上 (パルク)	個	8,000	9,000	10,000	11,000	12,000
製品の平均卸価格	千円	10	10	10	10	10	製品の平均卸価格	千円	12	12	12	12	12
売上 (金額)	千円	20,000	40,000	60,000	80,000	100,000	売上 (金額)	千円	96,000	108,000	120,000	132,000	144,000
営業経費	千円	9,200	11,200	9,720	16,680	27,000	営業経費	千円	65,280	77,760	81,000	95,040	95,040
営業人件費	千円	7,200	7,200	7,920	11,880	18,000	営業人件費	千円	57,600	64,800	72,000	79,200	79,200
宣伝・広告費	千円	800	800	0	1,600	2,000	宣伝・広告費	千円	960	1,080	1,200	1,320	1,440
会議費	千円	1,000	1,200	600	800	2,000	会議費	千円	4,800	3,240	5,400	7,920	7,200
その他営業雑費	千円	200	2,000	1,200	2,400	5,000	その他営業雑費	千円	1,920	8,640	2,400	6,600	7,200
営業収支	千円	10,800	28,800	50,280	63,320	73,000	営業収支	千円	30,720	30,240	39,000	36,960	48,960

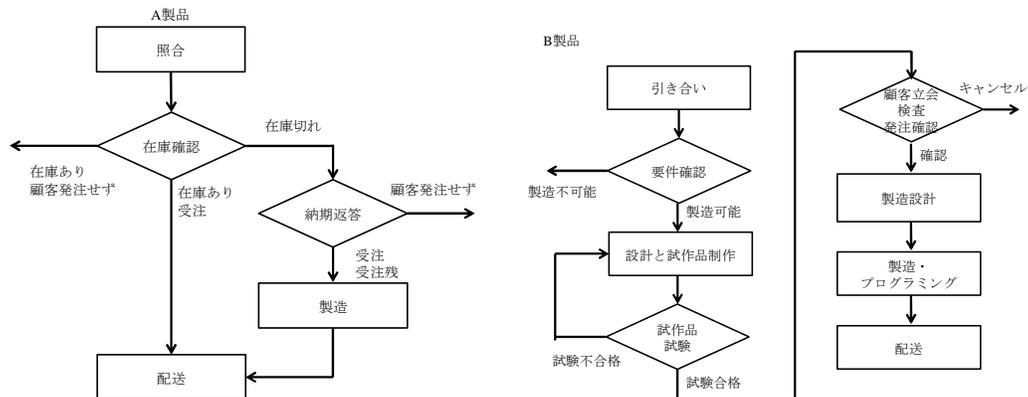
表 A-2 : S 社営業計画

2015年7月1日現在:製品A												
項目	単位	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
顧客数	社	20,000	20,400	20,808	21,224	21,649	22,082	22,523	22,974	23,433	23,902	24,380
市場	個	100,000	102,000	104,040	106,121	108,243	110,408	112,616	114,869	117,166	119,509	121,899
市場増加率	%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
当社の市場占有率	%	10.00%	12.00%	14.00%	16.00%	18.00%	20.00%	22.00%	24.00%	26.00%	28.00%	30.00%
製品の売上 (個数)	個	10,000	12,240	14,566	16,979	19,484	22,082	24,776	27,568	30,463	33,463	36,570
製品の平均卸価格	千円	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12
売上 (金額)	千円	100,000	122,400	145,656	169,793	194,838	220,816	297,307	330,821	365,558	401,551	438,838
営業経費	千円	27,000	33,516	35,609	37,781	40,035	42,373	71,758	74,774	77,900	81,140	84,495
営業人件費	千円	18,000	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
宣伝・広告費	千円	2,000	2,448	2,913	3,396	3,897	4,416	5,946	6,616	7,311	8,031	8,777
会議費	千円	2,000	2,448	2,913	3,396	3,897	4,416	5,946	6,616	7,311	8,031	8,777
その他営業雑費	千円	5,000	6,120	7,283	8,490	9,742	11,041	14,865	16,541	18,278	20,078	21,942
営業収支	千円	73,000	88,884	110,047	132,012	154,802	178,443	225,549	256,048	287,658	320,412	354,343

2015年7月1日現在:製品B												
項目	単位	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
顧客数	社	6,000	6,180	6,365	6,556	6,753	6,956	7,164	7,379	7,601	7,829	8,063
市場	個	30,000	30,900	31,827	32,782	33,765	34,778	35,822	36,896	38,003	39,143	40,317
市場増加率	%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
当社の市場占有率	%	40%	42%	44%	46%	48%	50%	52%	54%	56%	58%	60%
製品の売上 (個数)	個	12,000	12,978	14,004	15,080	16,207	17,389	18,627	19,924	21,282	22,703	24,190
製品の平均卸価格	千円	12	12	12	12	12	12	15	15	15	15	15
売上 (金額)	千円	144,000	155,736	168,047	180,956	194,488	208,669	279,408	298,859	319,226	340,546	362,857
営業経費	千円	95,040	114,331	122,885	131,505	143,794	152,554	171,135	184,075	193,515	206,660	219,914
営業人件費	千円	79,200	97,200	104,400	111,600	122,400	129,600	140,400	151,200	158,400	169,200	180,000
宣伝・広告費	千円	1,440	1,557	1,680	1,810	1,945	2,087	2,794	2,989	3,192	3,405	3,629
会議費	千円	7,200	7,787	8,402	9,048	9,724	10,433	13,970	14,943	15,961	17,027	18,143
その他営業雑費	千円	7,200	7,787	8,402	9,048	9,724	10,433	13,970	14,943	15,961	17,027	18,143
営業収支	千円	48,960	41,405	45,161	49,450	50,694	56,116	108,273	114,785	125,711	133,886	142,943

(注: 2015年度の数字は、1月から6月までの実績値を2倍にしたもの)

図 A-3 : A 製品群、B 製品群の受注から納品までの業務プロセス



これだけでは検討に必要な情報が十分ではないかもしれません。演習を通じて、補助的な経営情報を提供しますが、まずは、この情報を基に判断して見て下さい。

それでは、この営業計画編でのアプローチについて説明します。この問題で一番重要な要素は何でしょうか。それは A 製品群及び B 製品群の売上が果たして営業計画通りにいくのであろうか、その計画の根拠、見逃している要素があるかどうかでしょう。これらを検討して、初めて営業計画の妥当性を評価できます。

そして、売上予想の基になっているのは、需要予測、つまり、市場の変化です。そこで、まず市場の変化を表わすモデルを作成し、それを基に、A 製品群の営業計画を表現するモデルを作成し、それをたたき台に、その計画根拠としている要素を検討し、見逃している要素がないかどうかを検討することとします。そして、モデルでのシミュレーション結果と営業が作成した営業計画を比べ、営業計画の妥当性と分析結果からの方策を検討していきます。

1. 演習-1：ストック 1 個のモデル（製品市場）

(1) モデル

最初は簡単なモデル、ストック 1 個だけのものを考えます。では、問題。表 1-1 はこの会社の営業担当が作成した営業計画の、市場予測の部分です。このデータは、営業担当が、自社製品の販売数の推移や競合他社製品の販売予想から割り出したものです。このデータを基に、A 製品群の市場規模（販売数）を予想するモデルを作成しなさい。

表 1-1：営業担当が予測した A 製品群の市場（販売量の推移）

2015年7月1日現在：製品A						1	2	3	4	5	
項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
顧客数	社	19,000	19,190	19,574	19,965	20,000	20,400	20,808	21,224	21,649	22,082
市場（販売個数）	個	95,000	95,950	97,869	99,826	100,000	102,000	104,040	106,121	108,243	110,408
市場増加率	%	2.11%	1.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%

モデルの名称は、EXE01 として下さい。

(2) シミュレーション

モデルが完成したら、2015 年を開始年として、シミュレーションを行い、20 年間の市場の動向を計算してみてください。

(3) Vensim PLE の操作

ここでは、Vensim PLE がすでにコンピュータにインストールされていて、Vensim PLE 6.3 が利用可能という前提で解説しています。Vensim PLE は、Ventana System 社の HP にアクセスし、ダウンロードのページを開き、そこにあるソフトのダウンロード申請フォームに氏名、メールアドレス等の情報を記載すると、記載したメールアドレスにダウンロード先のリンクが送られてきますので、そこにアクセスしてダウンロードします。ダウンロードしたファイルを解凍、インストールすれば終了です。ソフトと共に英文のマニュアル等が、コンピュータの基底ディレクトリー（私の場合は C）に格納され、ショートカットがデスクトップに作成されます。デスクトップ上のショートカットをクリックすると、Vensim PLE の画面が立ち上がります。通常、図 1-1 左のような画面が立ち上がります。

図 1-1：立ち上がり画面（左）、モデル作成のための操作（右）



左上にある、New Model というアイコンを左クリックして下さい。すると、画面が図 1-2 左のような Model Settings のメニューが表示されます。

これは、シミュレーション条件を示すものです。演習では、シミュレーション開始年度を 2015 年と指定していますので、Initial Time=2015 年として下さい。また、20 年間のシミュレーションを実施するので、Final Time=2035 として下さい。Time Step はシミュレーションの計算時間刻みなので、ここでは 0.25 を選択します。Unit for Time は、時間の単位です。

ここでは年を意味する year にして下さい。図 1-2 右のように設定できたら、このメニュー下にある OK ボタンをクリックして下さい。画面は、図 1-3 左のようになります。

図 1-2：シミュレーション条件設定画面（左）、シミュレーション条件設定後（右）

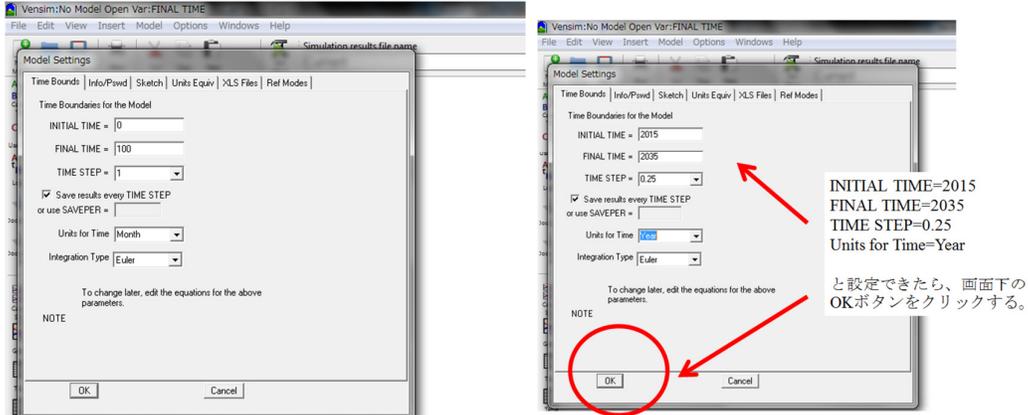
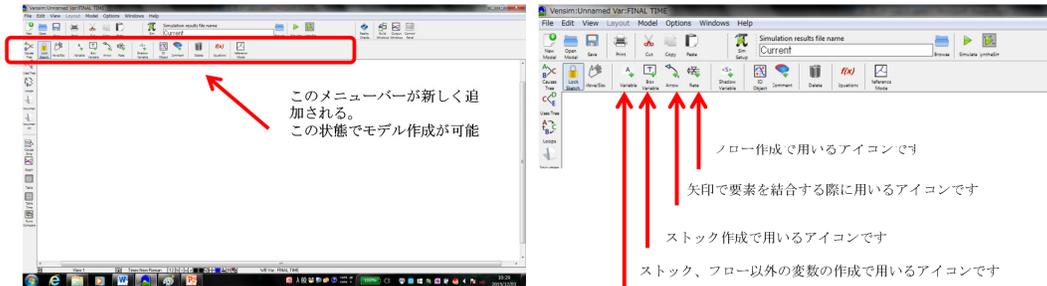


図 1-3：モデル作成可能画面（左）、使う機能ボタン（右）



 は、ストックを作成する際のアイコンです。このアイコンを選択した後、ワークベンチ上にポインターを移動し左クリックするとストックの名称を記載するボックスが表示されますので、そこに、例えば、「市場」といった名称を記入し、**Enter** キーを押して下さい。なお、日本語で変数名を記載する場合は、IME パッドを「日本語モード」にしておくことをお忘れなく。

 は、フローを作成するアイコンで、入力フローを作成したい場合は、このアイコンをクリックした後、ボックスから少し離れた位置にポインターを当て左クリックし、指を離し、ストックのボックスの中まで移動し、再度左クリックします。これで、最初の位置からストックまで矢印が引かれ、中央に変数名を記載するボックスが表示されますので、例えば、「市場の増加」といった入力フロー名を記載します。**Enter** キーを押せば完成します。出力フローを作成したい場合は、逆に、ストックのボックスの中にポインターを当て、そこで左クリックをした後、指を離し、ストックのボックスから離れた位置まで移動し、そこで再度左クリックをすれば、同じように出力フローを作成できます。

なお、一旦作成したフローの名称変更を行いたい場合は、次の変数のアイコンを使います。このアイコンを選び、先のストックやフローの名称の上をクリックすると、名称を変更するボックスが表示されますので、ボックス内で修正し、**Enter** キーを押して下さい。

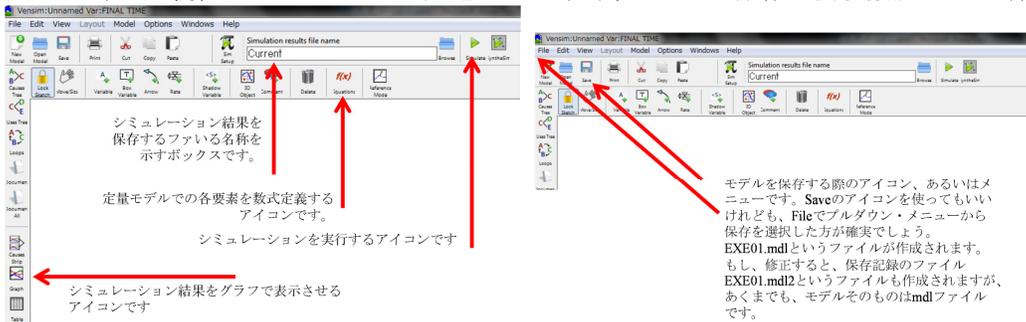


Variable は、ストックやフロー以外の変数を記載するアイコンです。このアイコンを選択した後、ポインタをワークベンチに移動し、そこで左クリックすると、変数名を記載するボックスが表示さえますので、そこに変数名を記載して下さい。



Arrow は、変数間を矢印で結合するアイコンです。このアイコンを選択後、ワークベンチの、開始側のストック、フロー、または変数にポインタを当て、左クリックします。その後、指を離し、今度は結合先のストック、フロー、または変数にポインタを当て、左クリックします。しっかり結合先の名称の中央までポインタを当てて下さい。

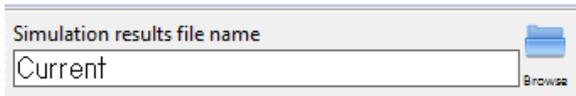
図 1-4: 等式定義、シミュレーション実施ボタン (左)、モデルの保存に使う機能ボタン (右)



Equations は、グラフィカルなモデルが完成した後、要素を数式定義するアイコンです。このアイコンを選択後は、未定義の要素は黒で反転されますので、各要素にポインタを当て、左クリックで定義画面を開き、定義して下さい。なお、ストックの定義画面とフロー及び変数の定義画面は多少様式が違ってきます。なお、数式に形式上の誤りがあると、定義画面でOKを押しても終了できませんので、どうしても定義画面を終了させたい場合はCloseボタンを押して下さい。



Simulate は、シミュレーションを実行するアイコンです。このアイコンを選ぶと、バッチ方式でシミュレーションが実行されます。実行結果はこのアイコンの左横にあるボックスに記載された名称のファイルに保存されます。なお、定義に矛盾があり、計算不能の場合、ワーニングあるいはエラー表示が出ます。



は、シミュレーション結果を保存するファイルの名称を指定するボックスです。この例では **Current** というファイル名を指定しているので、**Current.vdf** という名称のファイルが作成されます。すでにこのファイル名でシミュレーションを作成済みの場合、上書きするかどうかを尋ねてきます。



Graph は、シミュレーション結果をグラフ表示させるアイコンです。このアイコンを選択後、表示したいパラメーターの上にポインタを当て、クリックするとグラフ表示されます。

図 1-5：ストックの等式定義画面（左）、フロー及び変数の等式定義画面（右）

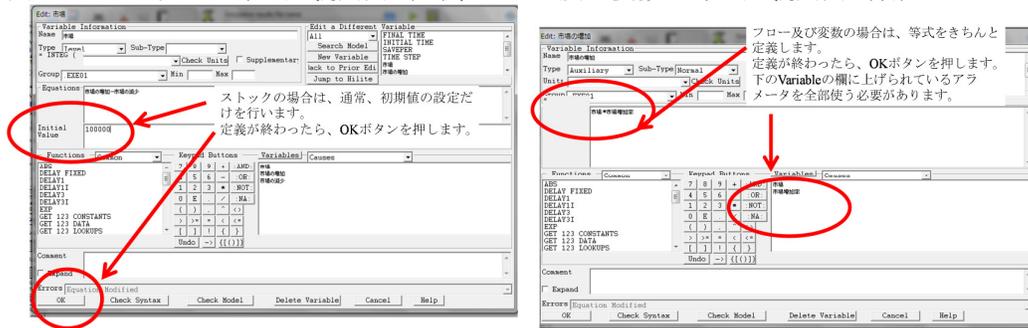
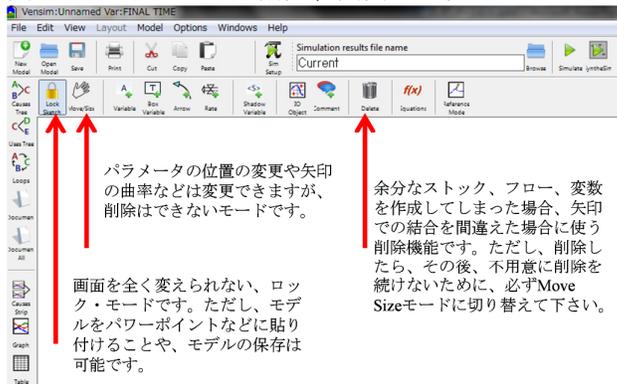


図 1-5 左にストックの定義画面を示しています。ストックの定義は、通常初期値だけを指定します。図 1-5 右はフロー及び変数の定義画面で、フロー及び変数は、きちんと等式定義します。その際、Variable の欄に挙げられている変数名を全て使用する必要があります。

図 1-6：パラメーター削除、画面のロック



パラメータの位置の変更や矢印の曲率などは変更できますが、削除はできないモードです。

余分なストック、フロー、変数を作成してしまった場合、矢印での結合を間違えた場合に使う削除機能です。ただし、削除したら、その後、不用意に削除を続けないために、必ず Move Size モードに切り替えて下さい。

画面を全く変えられない、ロックモードです。ただし、モデルをパワーポイントなどに貼り付けることや、モデルの保存は可能です。



ちなみに、間違った場合は、このアイコンを選択し、削除したいパラメーターや矢印の頭にポインターを当ててクリックすれば消去できます。しかし、解除しないと、そのまま削減モードになっていますので、削減対象を消去し終え、安心して、他のパラメーターに触ってしまうと、消したくない他のパラメーターも消去してしまうという事故が起きかねませんので、ご注意ください。



そういった間違いを避けるために、モデル作成画面で作成や消去といった作業のためのボタンを選び、作業を行った後は、必ず、このボタンを選び、変更可能モードに切り替える習慣を付けて下さい。このボタンを選択した後は、矢印の曲率やパラメーターの位置は自由に変えられますが、消去や矢印による連結変更などの危険な行為はできませんので、安心してモデルに触ることができます。

(4) 演習問題-1 の模範解答

1) モデル

模範解答なので、この通りになる必要はありません。ここでは、市場を顧客数で表すこ

ととし、顧客が平均5ロットの発注を行っていることから、

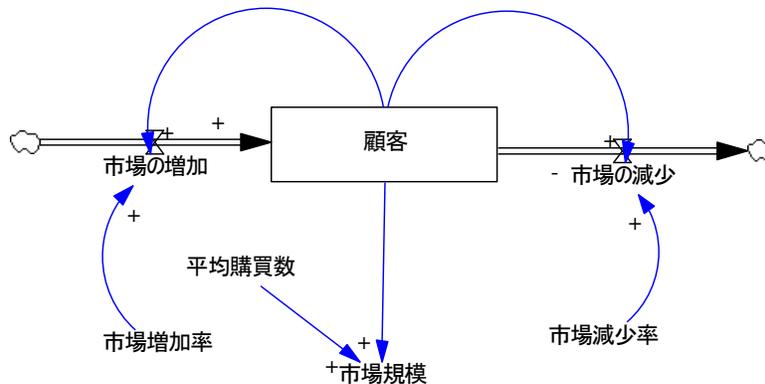
$$\text{市場規模} = \text{顧客} * \text{平均購買数} \quad (1-1)$$

$$\text{平均購買数} = 5 \quad (1-2)$$

としました。

顧客の初期値は2000として、顧客数をストックとする図1-7のようなモデルを作成しました。そして、市場の増加を12%、市場の減少を10%とし、従って、市場は2%で増加するとしました。

図 1-7：市場のモデル



こうすると、

$$\text{市場の増加} = \text{顧客} * \text{市場増加率} \quad (1-3)$$

$$\text{市場の減少} = \text{顧客} * \text{市場減少率} \quad (1-4)$$

$$\text{市場増加率} = 0.12 \quad (1-5)$$

$$\text{市場減少率} = 0.1 \quad (1-6)$$

となります。

もちろん、市場規模(市場での製品販売数)をストックとしても間違いではありません(注1-1)。また、市場増加率を2%としても間違いではありませんが、SDでは、ストックには増加させる要因と減少させる要因があると考えますので、増加させる部分と減少させる部分を分けて考えます。従って、毎年12%の新規顧客があるのだが、製品寿命である10年を目安に、10%づつ顧客がセンサー部品を使わなくなる、あるいは部品調達を日本国内で行わなくなるとしています。

図1-8にシミュレーション結果を示しています。このグラフだと少し分かりづらいかもしれませんが、これは指数曲線になっています。

それでは、ストックの性格を理解するために、少しパラメーター値を変えていろいろシミュレーション結果の違いを見て下さい。市場増加率、市場減少率を以下のように変化させます。

図 1-8：市場の増加（シミュレーション結果）

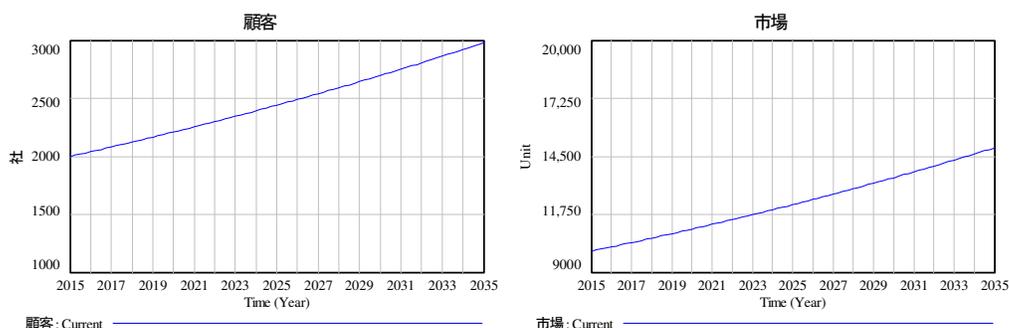
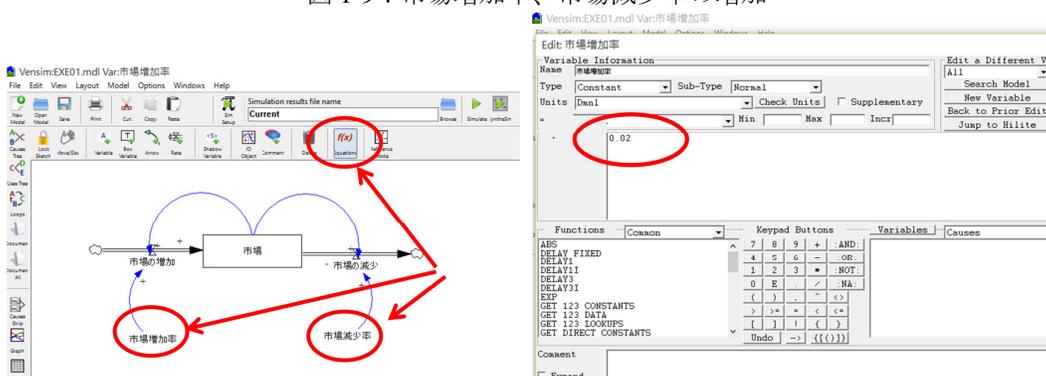


表 1-2：パラメーター値の変更

	市場増加率	市場減少率	シミュレーション終了年
A	0.08	0.1	変わらず
B	0.12	0	変わらず
C	0.12	0.1	2100
D	0.12	0	2100

ちなみに、市場増加率、市場減少率を変更する場合は、モデル構築バーから、等式定義のボタンを選び、次いで、ポインターをワークベンチのモデルの変更したいパラメーターの上に移動し、クリックします。すると、図 1-9 の右のような定義画面が表示されますので、数値を変更し、OK ボタンを押し、その後、シミュレーション・ボタンを押して、シミュレーションを実行します。既存ファイルが存在するので上書きを行ってもよいかというワーニング・メッセージが出ます。上書きを行い続行し、グラフで結果を確かめて下さい。

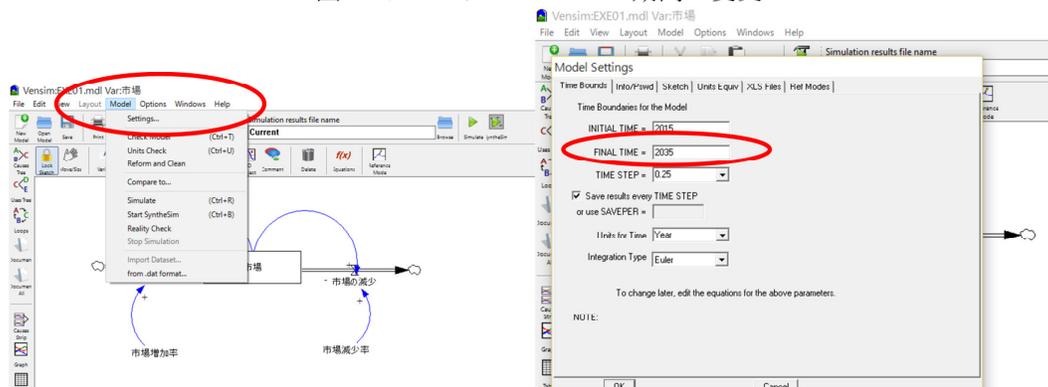
図 1-9：市場増加率、市場減少率の増加



シミュレーションの実行期間を変更する場合は、メニュー・バーの Model を選択し、ポップアップ・メニューから Setting を選択すると、シミュレーション実行条件設定画面が表示されます。そのから、Final Time でシミュレーション実行期間を変更し、OK ボタンを押し、その後、シミュレーション実行ボタンを押せばいいわけです。グラフ表示をすれば、シミュレーション実施期間が変わっていることを確かめられます。

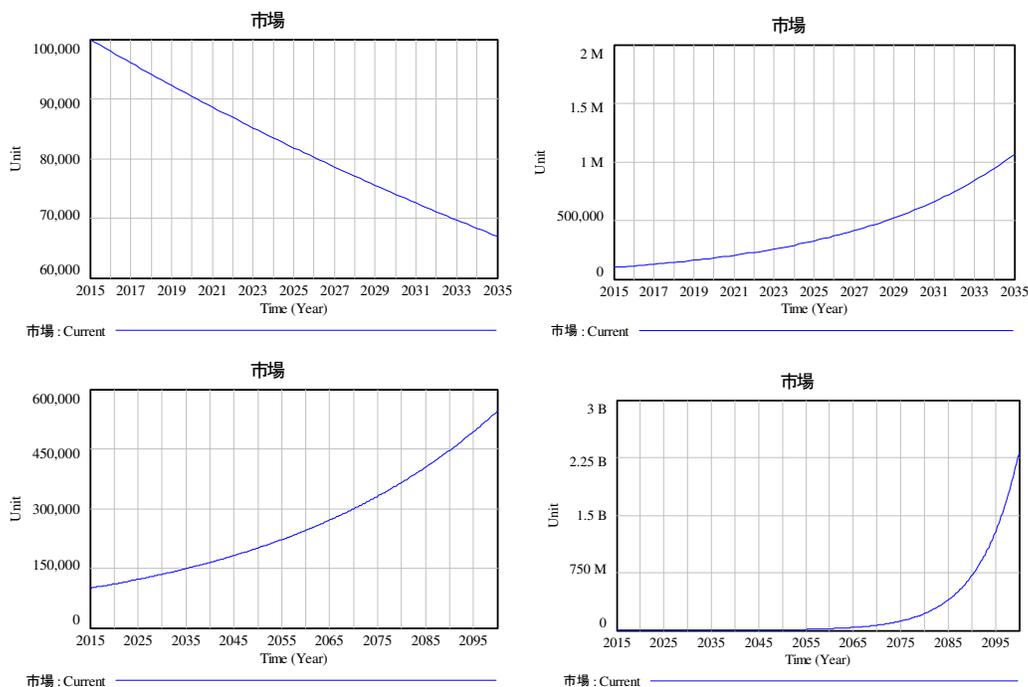
シミュレーション結果を図 1-11 に並べて表示しておきました。A が左上、B が右上、C が左下、D が右下です。いろんな指数曲線ができましたね。A は市場が落ち込む、B が市場がウナギ上がりといった所です。うなぎ上りが 85 年も続くと、D のように世界が市場といったトンデモない事態になります。といったことから、市場は市場増加率次第という感覚が掴めたでしょうか。

図 1-10：シミュレーション期間の変更



こんなことは EXCEL でもできるというような声が聞こえてきます。この章の内容であれば、その通りなのですが、章を追うごとに、EXCEL ではできっこないということがだんだん理解されるようになります。

図 1-11：市場の増加（シミュレーション結果）



3) 定義式

念のため、定義式を挙げておきます。

- (01) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 市場の増加=顧客*市場増加率
Units: 社
- (06) 市場の減少=顧客*市場減少率
Units: 社
- (07) 市場増加率=0.12
Units: Dmnl
- (08) 市場減少率=0.1
Units: Dmnl
- (09) 市場規模=顧客*平均購買数
Units: ロット
- (10) 平均購買数=5
Units: ロット/社
- (11) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少,2000)
Units: 社

この章では、市場をストックで考えるというやり方を行いました。もちろん、市場をストックとして考えるのではなく、関数で表現するという方法があり、マーケティングで、もし、エコノメトリックスなどの手法で市場を予測するというやり方に慣れている人には、

$$\text{市場} = a * \text{EXP}(b) + c$$

といった式の方が慣れていると思います。そのような方法で記載したいのであれば、市場をストックしなくとも、フローや変数に先の式を代入してもらっても構いません。

(5) Vensim PLE 及びモデリングになれるための練習

Vensim PLE 及びモデリングに慣れるために、次のようなモデルを開発してみてください。

1) 人口モデル

あるコミュニティを対象とします。人口は現在 1 万人、平均寿命は 60 歳です。このコミュニティの女性は生涯に平均 2.2 の子供を産みます。30 年後の人口は何人でしょうか？転入、転出が無視できるものと考え、モデルを作成し、計算してみなさい。

ヒント：人口増加率は、女性は人口の半分で、60 年の生涯の中で 2.2 人の子供を産みまますので、 $(1/2) * (1/60)$ となります。人口減少率は 60 年かけて死亡していくと考え、 $(1/60)$ となります。

2) 預金モデル

私は現在 200 万円を持っています。これを海外の利回りの良い銀行に預け、10 年で 2 倍

にしたいと考えています。今ある海外の銀行で、福利で年間の利息が7%という銀行を見つけたので、そこに預けました。10年後に私のお金は正確にいくらになっているかを、モデルを作成し、計算してみなさい。

3) 会員制通販会社

ある会員制通販会社は、クレジット会社などと提携し、主にダイレクト・メールとロコミで会員を募集し、会員に限って美術品などを販売しています。会員は現在5千人いて、年5%で順調に増えています。このままのペースで会員が増加するとして、会員が現在の3倍になるまでにどれだけの時間がかかるでしょうか？

4) 野鼠

10キロ四方の里山環境に野鼠が2千匹生息しています。野鼠の平均寿命は2年で、生涯に10匹の子供を産みますが、99%は捕食されてしまいます。野鼠の数が百万匹を超えると集団移動を開始します。集団移動が起きるのは何年後でしょうか？

ヒント：野ネズミの増加率は、野鼠の半分が雌であり、2年間に10匹子供を産みます。従って、年間の増加率は $(1/2) * (10/2)$ となります。一方死亡率の方は、99%の捕食で死亡し、残った数が2年で真でいきます。

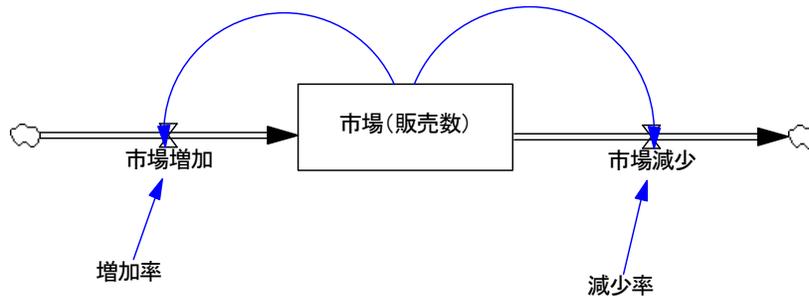
5) 環境モデル

今、ある地域に100ヘクタールの湖があります。それまでは、満々と水をたたえ、美しい湖だったのですが、上流に灌漑用のダムができ、この湖には水が流れ込まなくなりました。この湖の平均水深を1mとし、また年間蒸発量を7%として、この湖が現在の半分の水量になるのは何年後でしょうか？

注：

1-1) 演習問題を見て、多分、図1-12のように考えた読者もいるでしょう。これが間違っているわけではありません。市場を製品の販売数（この場合はロット）で把握するかそれとも顧客数で把握するかの違いだけです。この模範解答では、顧客で把握したので、図1-7のような表現になりました。後ほど、ロコミ効果を考えますが、その際には製品販売数よりも顧客数として把握した方が便利なので、この模範解答では図1-7のようにしています。

図 1-12：市場の別のモデル



2. 演習-2 : ストック 2 個のモデル (市場占有率)

(1) モデル

営業部門は、表 2-1 のような営業計画を策定しています。先章で作成した市場のモデルを基に、この営業計画での売り上げ推移を表すようにモデルを改善して下さい。その際には、この会社の市場占有率をストックとして表現して下さい。売上金額の計算は、

$$A \text{ 製品群売上個数} = \text{市場規模} * \text{当社の市場占有率} \quad (2-1)$$

$$A \text{ 製品群売上金額} = A \text{ 製品群売上個数} * \text{製品卸価格} \quad (2-2)$$

としてみてもう一度確かめてみましょう。

表 2-1 : A 製品群の営業計画

2015年7月1日現在:製品A											
項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015	1	2	3	4	5
顧客数	社	19,000	19,190	19,574	19,965	20,000	20,400	20,808	21,224	21,649	22,082
市場 (販売個数)	個	95,000	95,950	97,869	99,826	100,000	102,000	104,040	106,121	108,243	110,408
市場増加率	%	2.11%	1.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
当社の市場占有率	%	2.1%	4.2%	6.1%	8.0%	10.00%	12.00%	14.00%	16.00%	18.00%	20.00%
製品の売上 (個数)	個	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,240	14,566	16,979	19,484	22,082
製品の平均卸価格	千円	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
売上 (金額)	千円	20,000	40,000	60,000	80,000	100,000	122,400	145,656	169,793	194,838	220,816

(2) シミュレーション

モデルが完成したら、2015 年を開始年として、シミュレーションを行い、20 年間の売り上げの動向を計算してみてください。

モデルのファイル名は EXE02.mdl として下さい。

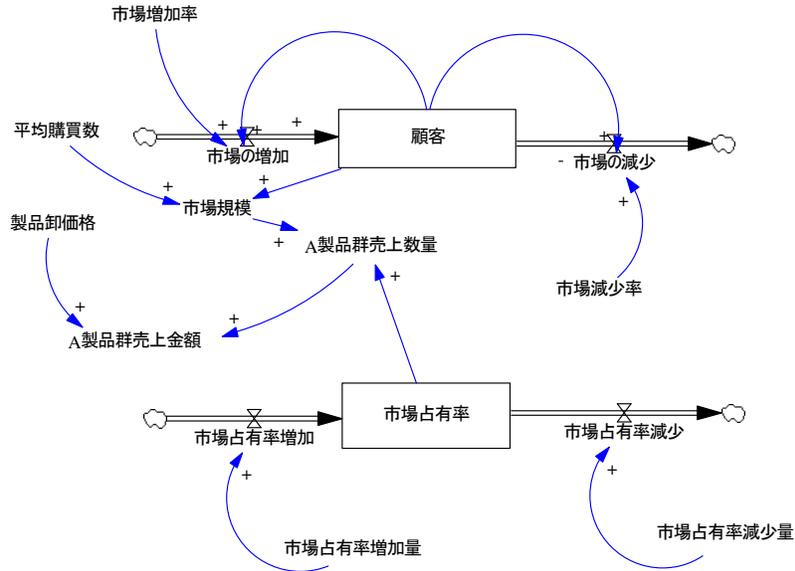
(3) 演習問題-2 の模範解答

1) モデル

模範解答なので、この通りになる必要はありません。ここでは、市場占有率増加量で市場占有率が増加するという要素と、市場占有率減少量で市場占有率が減少するという要素を加えています。SD でストックを指定する際には、必ず、増加する要素と減少する要素を対で考える習慣を付けるといいでしょう。

この演習問題に限って考えれば、必ずしも、市場占有率をストックにする必要はないのですが、後の演習で、営業、広告宣伝などの活動を市場占有率維持ではなく増大のための努力であると考えていますので、市場占有率をストックとして考える必要があります。とすれば、それは競合企業がせっかく獲得した市場占有率を侵食することになるので、競合企業も営業努力をするので、この会社が何もしないと、市場占有率は減少することになります。しかし、ここではとりあえずそういった競争要因を考えないこととして、市場占有率減少量を 0% とし、市場占有率減少を 0 にしています。後の演習で再度この市場占有率減少について考えてみましょう。

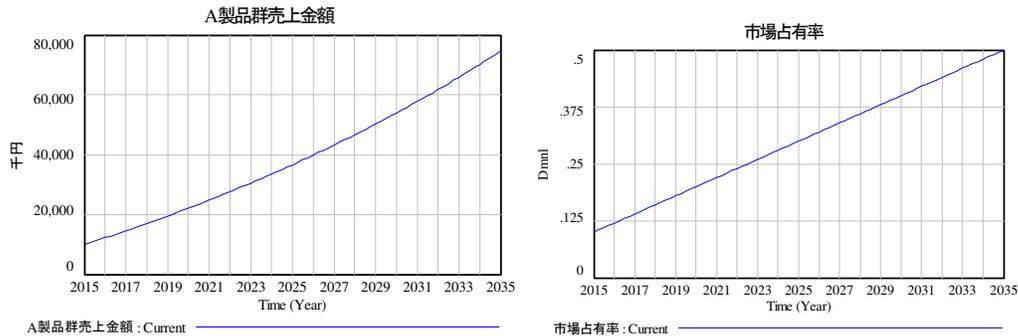
図 3-1：演習問題のモデル



2) シミュレーション結果

シミュレーション結果が図 2-2 の左のグラフのようになっていれば OK です。必ず、市場占有率のグラフも確認して下さい。こちらは、指数変化ではなく、直線変化です。理由は、市場の方にはフィードバックがありますが、市場占有率のストックにはフィードバックがないからです。

図 2-2：演習問題のモデルのシミュレーション結果



この章では、ストックが 1 個ではなく、2 個で、しかも相互に結びつくような関係を考えました。また、指数変化ではなく、直線変化を考えてみました。参考文献で取り上げている、ジョン・スターマンは、システム・ダイナミクスの定量モデルは、このストックとフローを単位とするブロックをくみ上げていくだけというように述べていて、単純化してしまえば、モデルは、最初の演習問題で取り上げたような、1 個のストックにフローが接続しているブロックをただ組み合わせていったもの、ロゴのようなものとも言えるかも知れません。そうすると、どう組み合わせるかを考える必要がありますね。組み合わせる場合、ストックに、別のストックの値を干渉させることもあります。ここでは、まずは、干渉までは考えない、単純なものを取り上げました。

3) 定義式

等式は以下の通りです。

- (01) $A \text{ 製品群売上数量} = \text{市場規模} * \text{市場占有率}$
Units: ロット
- (02) $A \text{ 製品群売上金額} = A \text{ 製品群売上数量} * \text{製品卸価格}$
Units: 千円
- (03) $\text{FINAL TIME} = 2035$
Units: Year
The final time for the simulation.
- (04) $\text{INITIAL TIME} = 2015$
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (05) $\text{SAVEPER} = \text{TIME STEP}$
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (06) $\text{TIME STEP} = 0.25$
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (07) $\text{市場の増加} = \text{顧客} * \text{市場増加率}$
Units: 社
- (08) $\text{市場の減少} = \text{顧客} * \text{市場減少率}$
Units: 社
- (09) $\text{市場占有率} = \text{INTEG}(\text{市場占有率増加} - \text{市場占有率減少}, 0.1)$
Units: Dmnl
- (10) $\text{市場占有率増加} = \text{市場占有率増加量}$
Units: Dmnl
- (11) $\text{市場占有率増加量} = 0.02$
Units: Dmnl
- (12) $\text{市場占有率減少} = \text{市場占有率減少量}$
Units: Dmnl
- (13) $\text{市場占有率減少量} = 0$
Units: Dmnl
- (14) $\text{市場増加率} = 0.12$
Units: Dmnl
- (15) $\text{市場減少率} = 0.1$
Units: Dmnl
- (16) $\text{市場規模} = \text{顧客} * \text{平均購買数}$
Units: ロット
- (17) $\text{平均購買数} = 5$
Units: ロット/社
- (18) $\text{製品卸価格} = 10$
Units: 千円
- (19) $\text{顧客} = \text{INTEG}(\text{市場の増加} - \text{市場の減少}, 2000)$
Units: 社

(4) Vensim PLE 及びモデリングに慣れるための練習

Vensim PLE 及びモデリングに慣れるために、前章の練習問題で作成したモデルを使い、次のようなことが可能なようにモデルを拡張してみてください。

1) 人口モデル

先の人口モデルに、コミュニティの全員に対し、一人当たり年間 1,000 円のコミュニティの税金を今年から新に徴収するとします。このお金は積みたて、コミュニティの行事などに使っています。今、この支出はほぼ一定で 400 万円です。さて、このお金の額（残高）はどのように変化するのでしょうか？

2) 預金モデル

先の預金モデルに、追加します。私は、さらに余分に 100 万円を遺産相続しまし。これを年 3.5%で、株で運用し、合わせて合計が元本の 2 倍になったら豪華な 4WD を買いたいと思っています。いつ私は車を変えるのでしょうか？

3) 会員制通信販売

会員の中で、100 万円以上、美術品を購入してくれた会員にはゴールド・メンバーに勧誘し、ゴールド・メンバーには芸術家との交流、美術館巡りのツアー、音楽と美術、美食を組み合わせたコンサートやパーティなどを企画し、招待しています。現在ゴールド・メンバーは会員の 10%で、この率は年 4%で増えています。会員が 3 倍になった時点では、ゴールド・メンバーは何倍に増えているのでしょうか？

ヒント：ゴールド・メンバーは会員数に対する割合で示されています。

4) 野鼠

野鼠の天敵は、キツネ、タカ、タヌキなどの動物です。キツネ、タヌキなどは、人間の飼う鶏などを襲うので、人間から嫌われています。この地域には人間が 2 千人住んでいて、年間 2%で人口増加しています。人間は千人当たり 2%の割合で野鼠の天敵を駆除してしまうので、野鼠は 2%、捕食されることが少なくなります。この条件を入れて、先の野鼠の大移動は何年早まるか計算してみなさい。

5) 環境モデル

この湖の水の蒸発によって塩化が進み、塩が結晶化しています。塩の飽和状態の溶解度を、100cc に対し 35g として、毎年何トンの塩が生成され、何トンずつ蓄積され、湖の面積が半分になった時に何トンの塩が結晶化しているのだろうか？現時点では塩の結晶はないとして考えて下さい。

3. 演習-3：単純なフィードバック・ループ（広告効果と営業活動効果）

通常、SDのモデルにはフィードバック・ループがあり、このフィードバック・ループがあることから、システムは、EXCELでは計算できないような振舞になります。ここでは、簡単なフィードバック・ループを、ストックとフローに干渉させるということを行ってみます。

(1) モデル

システム・ダイナミクスはフィードバックを持った構造でシステムを理解する方法です。この会社の販売計画を少しずつ見せていますが、営業経費も含めたA製品群の営業計画は表3-1のようなものです。

この営業計画では、市場占有率の増加が鍵となっています。市場占有率を増加させる要因として、以下の4つがあります。

- ・マスメディア、専門誌などへのA製品群の製品に関する広告
- ・A製品群担当営業の営業活動（顧客訪問等による売り込み）
- ・この会社の製品を使ってくれた顧客の口コミによる紹介
- ・B製品群担当営業の紹介

このうち、最初の2つの要素を、演習-2のモデルに追加し、どの要素がフィードバック・ループになるか考えなさい。ただし、後の2つの要素については、後の章で取り上げるので、ここ章では、この2つの要素は、モデルに記載する必要はありません。

表 4-1： A 製品群の営業計画

2015年7月1日現在:製品A							1	2	3	4	5
項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
顧客数	社	19,000	19,190	19,574	19,965	20,000	20,400	20,808	21,224	21,649	22,082
市場（販売個数）	個	95,000	95,950	97,869	99,826	100,000	102,000	104,040	106,121	108,243	110,408
市場増加率	%	2.11%	1.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
当社の市場占有率	%	2.1%	4.2%	6.1%	8.0%	10.00%	12.00%	14.00%	16.00%	18.00%	20.00%
製品の売上（個数）	個	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,240	14,566	16,979	19,484	22,082
製品の平均卸価格	千円	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
売上（金額）	千円	20,000	40,000	60,000	80,000	100,000	122,400	145,656	169,793	194,838	220,816
営業経費	千円	9,200	11,200	9,720	16,680	27,000	33,516	35,609	37,781	40,035	42,373
営業人件費	千円	7,200	7,200	7,920	11,880	18,000	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
宣伝・広告費	千円	800	800	0	1,600	2,000	2,448	2,913	3,396	3,897	4,416
会議費	千円	1,000	1,200	600	800	2,000	2,448	2,913	3,396	3,897	4,416
その他営業雑費	千円	200	2,000	1,200	2,400	5,000	6,120	7,283	8,490	9,742	11,041
営業収支	千円	10,800	28,800	50,280	63,320	73,000	88,884	110,047	132,012	154,802	178,443
営業収益率	%	54%	72%	84%	79%	73%	73%	76%	78%	79%	81%

ここでは、最初の2つの活動に関して考察してみます。

A) マスメディア、専門誌などへのA製品群の製品に関する広告

この費用は、宣伝・広告費として売上の2%が見積もられています。この費用と、市場の売上規模との比率が、市場占有率増加に貢献するとしなさい。なお、費用比なので、市場の売上規模を計算する必要があります。

$$\text{市場の売上規模} = \text{市場} * \text{製品平均卸価格} \quad (3-1)$$

として下さい。

B) A 製品群担当営業の営業活動（顧客訪問等による売り込み）

この費用は営業人件費として見積もられています。ただ、比率配分ではないので、ここでは、この費用を、売上の 14%とし、この費用と市場の売上規模との比率が 50%（つまり 1/2 という意味）の割合で市場占有率増加に貢献するとしなさい。（注 3-1）

(2) シミュレーション

これらの要素を演習 2 のモデルに追加し、適切に値を入れ、シミュレーションしてみなさい。

なお、図が見にくい場合、スパゲティ状態になるのを避けるために、シャドー変数を使うと便利です。

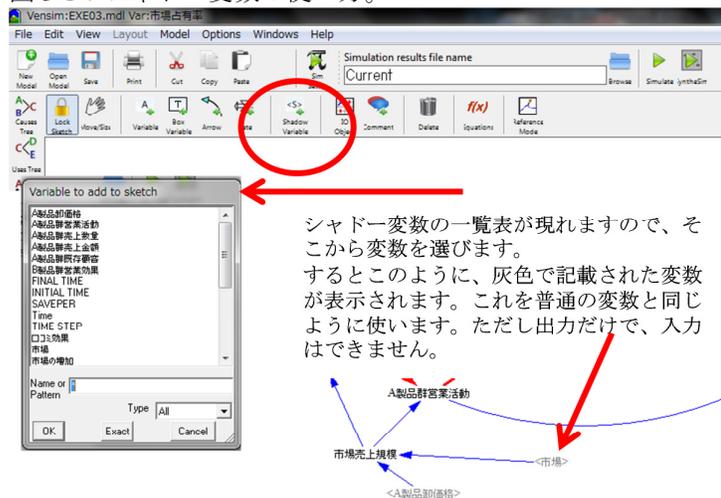
(3) 前の演習との比較と議論。

シミュレーションができれば、演習-2 でのシミュレーション結果と売上及び市場占有率を比べ、何が違うのか、なぜその違いが生まれたのかを説明しなさい。もし、違いがないとしたら、なぜ違いが生まれないのかを説明しなさい。

モデルの名称は、EXE03.mdl としなさい。

(4) Vensim PLE の操作

図 3-1：シャドー変数の使い方。



ここでは、シャドー変数の使い方を説明します。

モデル構築ツール・バーからシャドー変数<shadow variable>を選択し、ワークベンチで左クリックすると、シャドー変数の一覧表が現れますので、そこから変数を選びます。するとこのように、灰色で記載された変数が表示されます。これを普通の変数と同じように使います。ただし矢印で結合する場合、出力だけで、シャドー変数への入力できません。さらに、シャドー変数を削除すると、元の変数も削除されるので、シャドー変数は絶対に削除しないで下さい。

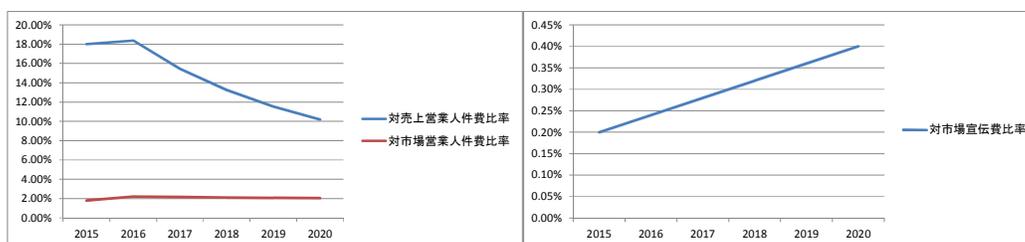
シャドー変数は、そこからの出力しかリンクを張れない、シャドー変数への入力ができないという点以外には普通の変数と変わりはありませんから、シャドー変数を等式定義す

ることも可能です。また、シャドー変数はストック、フロー、変数の区別がなく、どれもシャドー変数として扱うことができます。

表 3-2：営業費用補足資料

2015年7月1日現在：製品A						1	2	3	4	5	
項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
顧客数	社	19,000	19,190	19,574	19,965	20,000	20,400	20,808	21,224	21,649	22,082
市場	個	95,000	95,950	97,869	99,826	100,000	102,000	104,040	106,121	108,243	110,408
市場増加率	%	2.11%	1.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
当社の市場占有率	%	2.1%	4.2%	6.1%	8.0%	10.00%	12.00%	14.00%	16.00%	18.00%	20.00%
製品の売上（個数）	個	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,240	14,566	16,979	19,484	22,082
製品の平均卸価格	千円	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
売上（金額）	千円	20,000	40,000	60,000	80,000	100,000	122,400	145,656	169,793	194,838	220,816
営業経費	千円	9,200	11,200	9,720	16,680	27,000	33,516	35,609	37,781	40,035	42,373
営業人件費	千円	7,200	7,200	7,920	11,880	18,000	22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
宣伝・広告費	千円	800	800	0	1,600	2,000	2,448	2,913	3,396	3,897	4,416
会議費	千円	1,000	1,200	600	800	2,000	2,448	2,913	3,396	3,897	4,416
その他営業雑費	千円	200	2,000	1,200	2,400	5,000	6,120	7,283	8,490	9,742	11,041
営業収支	千円	10,800	28,800	50,280	63,320	73,000	88,884	110,047	132,012	154,802	178,443
営業収益率	%	54%	72%	84%	79%	73%	73%	76%	78%	79%	81%

市場売上額	千円	950,000	959,500	978,690	998,264	1,000,000	1,020,000	1,040,400	1,061,208	1,082,432	1,104,081	average
対売上営業人件費比率	%	36.00%	18.00%	13.20%	14.85%	18.00%	18.38%	15.45%	13.25%	11.55%	10.19%	14.47%
対市場営業人件費比率	%	0.76%	0.75%	0.81%	1.19%	1.80%	2.21%	2.16%	2.12%	2.08%	2.04%	2.07%
対市場宣伝費比率	%	0.08%	0.08%	0.00%	0.16%	0.20%	0.24%	0.28%	0.32%	0.36%	0.40%	0.30%



ここで、対市場営業人件費率は、市場売上規模に対してどの程度営業人件費を投入しているかを示す比です。同じく、対市場宣伝費比率も、広告・宣伝費を市場売上規模に対してどれだけ投入したかを示しています。対市場営業人件費は概ね2%、対市場宣伝費は概ね0.2-0.3%になっていることが、図 3-2 で分かります。

(5) 演習問題-3 の模範解答

模範解答なので、この通りになる必要はありません。

1) モデル

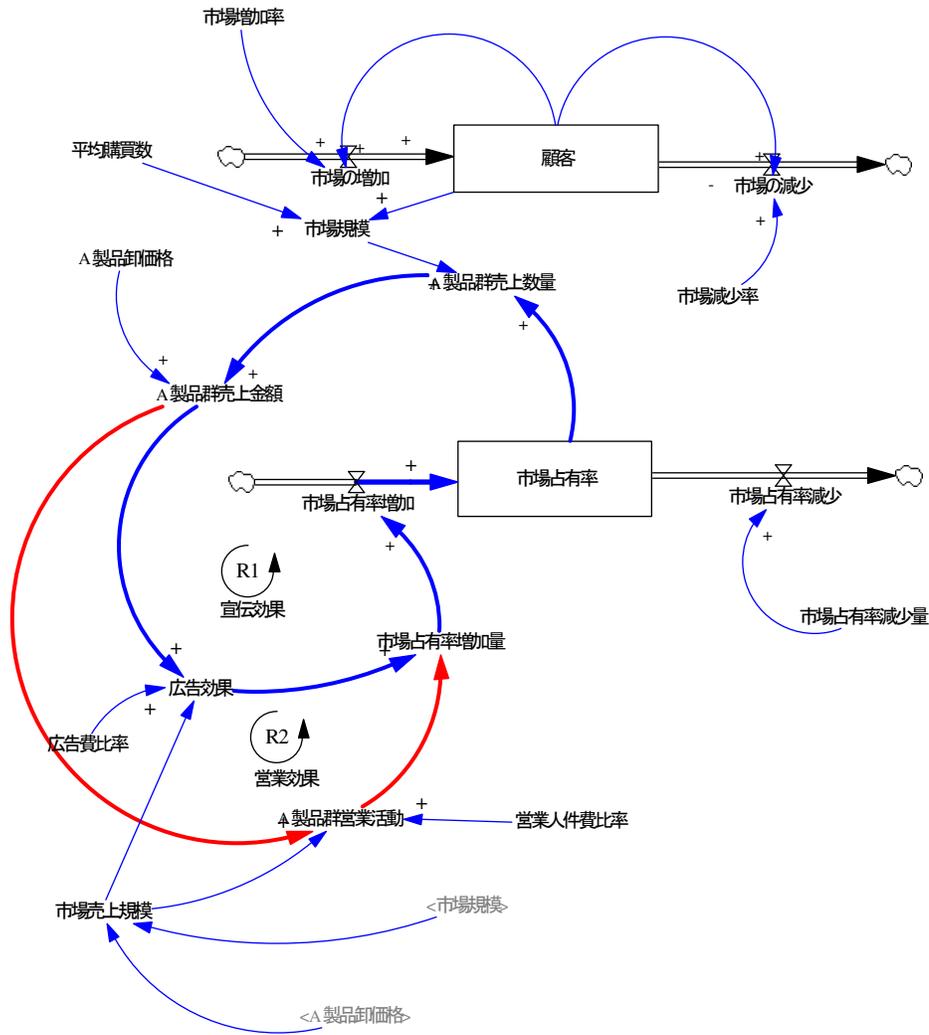
まず、「A 製品群売上金額」から「広告効果」を経て「市場占有率増加」に向かう「R1：宣伝効果」と記載した増強ループ、同じく、「A 製品群営業活動」を減る「R2：営業効果」の増強ループがループとして認識されていけばいいでしょう。

- ・この会社の製品を使ってくれた顧客のロコミによる紹介
- ・B 製品群担当営業の紹介

については、どのようなフィードバック・ループになるかは、次の章で解説していますが、ここでは、フィードバックになっているはずということが理解されればいいでしょう。多分ロコミが A 製品群使用者の増加で増えることは想像でき、A 製品群の製品の販売を増やす計画なので、使用者も増えていくことから、フィードバックになっているというメカニズムを考えるでしょう。B 製品群担当営業の紹介は、A 製品群と直接関係がなければ、フィ

ードバックではなく、一定と考えてもとりあえずは間違いではありません。後で述べますが、A 製品群と B 製品群は営業に相乗効果があり、フィードバックになっています。

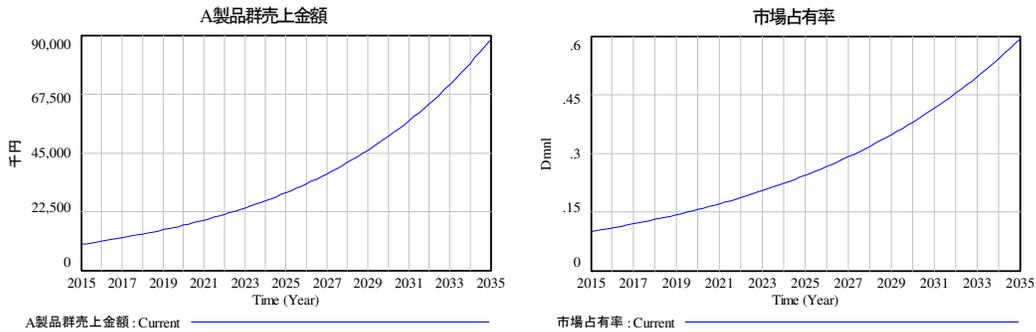
図 3-1：演習問題のモデル



2) シミュレーション

ここでは、広告比や営業人件費を、対市場売上との比で見ると、**「市場売上規模」**という変数を使っていますが、この変数の位置がモデルの下にあるので、モデルの上の方にある**「市場」**や**「A 製品卸価格」**から矢印を引くと、スパゲティ状になり見にくくなりますので、シャドウ変数を使ってすっきりさせています。下がシミュレーション結果です。

図 3-2：演習問題のシミュレーション結果



3) 比較

売上を比較してみましょう。最初の 10 年間、つまり 2025 年までは両者に大きな違いはありませんが、その後の 10 年間、つまり 2035 年では、演習-2 のモデルでのシミュレーションでは売上が約 8 億円ですが、演習-3 のモデルのシミュレーションでは、9 億円と、1 割以上も多くなっています。

図 3-3：売上の比較。左は演習-2、右は演習-3 のシミュレーション結果

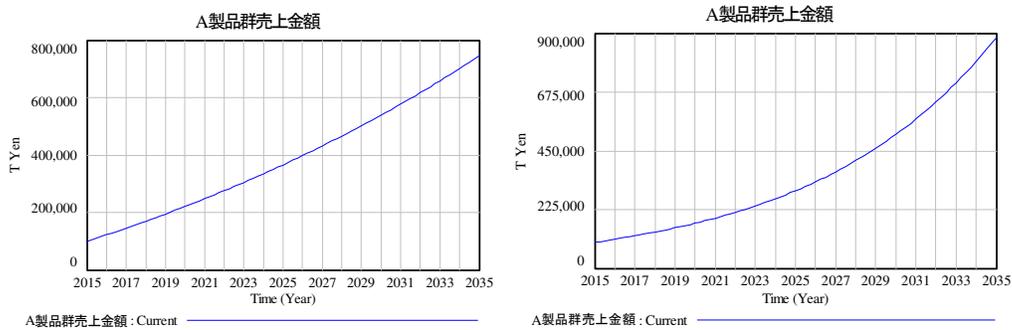
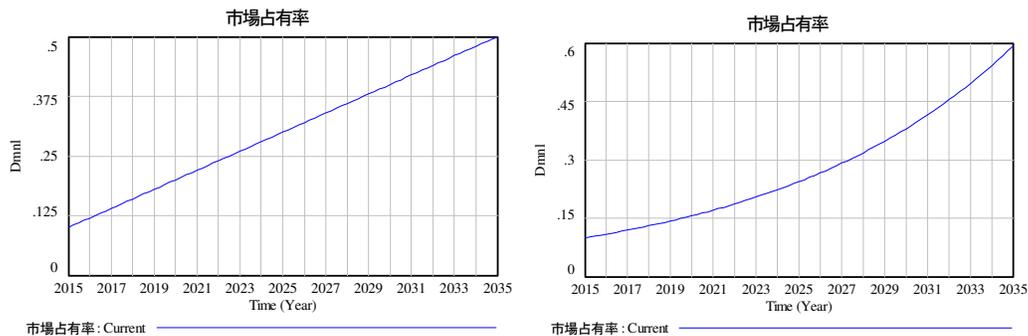


図 3-4：市場占有率の比較。左は演習-2、右は演習-3 のシミュレーション結果



この理由は、図 3-4 を見ると分かります。つまり、演習-2 では、市場占有率増加を直線変化としてしか見ていないのですが、演習-3 では指数増加と見ています。

なぜ、こうなるのでしょうか？理由は、フィードバックにあります。演習-2 のモデルでの「市場占有率」のストックには基本的にフィードバック・ループがありません。しかし、演習-3 のモデルでの「市場占有率」には 2 つのフィードバック・ループが干渉しています。この図 3-1：演習問題のモデルで、R1：宣伝効果、R2：営業効果として示したフィードバツ

ク・ループは、増強ループと呼ばれ、このループ全体の振る舞いは、増加する一方、あるいは減少する一方という振る舞いになります。通常は、図 3-3 の右の市場占有率で示したような指数増加になります。

ここではまだ出ていませんが、増加すると減少し、減少すると増加し、どこかに収束するようなフィードバック・ループもあり、これを均衡ループと呼んでいます。

また、通常、訓練を受けていない人間では、直線変化というように認識し、考えてしまいます。従って、市場占有率には指数的な変化があるのにも係らず、直線変化、すなわち、図 3-4 の左のように認識し、考えてしまいます。これが 5 年程度の短期ではそれほど大きな違いにはならないのですが、10 年といった長期になると顕著に差が表れてしまいます。

4) 定義式

- (01) A 製品卸価格=10
Units: 千円
- (02) A 製品群営業活動=((A 製品群売上金額*営業人件費比率)/市場売上規模)*0.5
Units: Dmnl
- (03) A 製品群売上数量=市場規模*市場占有率
Units: Unit
- (04) A 製品群売上金額=A 製品群売上数量*A 製品卸価格
Units: 千円
- (05) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (06) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (07) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (08) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (09) 営業人件費比率=0.14
Units: Dmnl
- (10) 市場の増加=顧客*市場増加率
Units: 社
- (11) 市場の減少=顧客*市場減少率
Units: 社
- (12) 市場占有率= INTEG (市場占有率増加+市場占有率減少, 0.1)
Units: Dmnl
- (13) 市場占有率増加=市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (14) 市場占有率増加量=広告効果+A 製品群営業活動
Units: Dmnl
- (15) 市場占有率減少=市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (16) 市場占有率減少量=0
Units: Year
- (17) 市場増加率=0.12
Units: Dmnl

- (18) 市場売上規模=市場規模*A 製品卸価格
Units: 千円
- (19) 市場減少率=0.1
Units: Dmnl
- (20) 市場規模=顧客*平均購買数
Units: ロット
- (21) 平均購買数=5
Units: ロット/社
- (22) 広告効果=((A 製品群売上金額*広告費比率)/市場売上規模)
Units: Dmnl
- (23) 広告費比率=0.02
Units: Dmnl
- (24) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少,2000)
Units: 社

(6) Vensim PLE 及びモデリングに慣れるための練習

Vensim PLE 及びモデリングに慣れるために、前章で作成したモデルを使い、次のようなことが分析可能なモデルとして改良しなさい。

1) 人口モデル

一人当たり年間 1,000 円のコミュニティの税金を徴収するモデルで、溜まったお金をそのまましておくのはもったいないので、村おこし事業に投資することとした。村おこし事業では、コミュニティ側の出資として、一プロジェクト当り 500 万円かかり、それに対して同額の補助金が支給される。経費は、人件費が 500 万円、その他の費用が 500 万円である。その利潤は 10%なので、プロジェクトを 1 つ行くと 100 万円利益が上がる。これはコミュニティでやっている事業なので、利益はすべてコミュニティの積み立てにプールされる。さらに、雇用では、コミュニティに住んでいない人を一人当たり年間 100 万円ですべて農業も営みながらの雇用ができるので、家族も含め 5 人がコミュニティに転入してくるとする。コミュニティの人口はどのように変わるか？そして、コミュニティの税金の溜まり方はどのようになるか？また、プロジェクトでの事業規模はどれだけになるか？

なお、ここでは、プロジェクトでの雇用で転入してきた人達はそのままこのコミュニティに住みつくとしています。また、プロジェクトは 1 年としています。また、人口や事業数は小数点以下にならないので、INTEGER という整数出力を行う関数を使用するといいでしょう。

2) 預金モデル

実は、投資先の会社は、ファンドを使って開発プロジェクトを実施している企業です。この会社から、投資資金運用の担当者になることを打診されました。この投資ファンドで私が担当する運用資金は、私が株式で支出した額の 10 倍です。私であれば平均 7%で資金回転できる自信があります。この仕事を引き受けた場合、利益の 30%が手数料として私に支払われるので、そう悪くない仕事だと思っています。この仕事で得られた収入をこの会社の株式取得に充当することを考えています。先の豪華な 4WD 購入が可能になるまで何年間このファンドの仕事を私はやればいいのか？

3) 会員制通信販売

コンサートやパーティなどのゴールド・メンバー用の特別企画を行うと、ゴールド・メンバーが 1%増加します。現在、このような特別企画を年に 4 回実施し、年間 4%、ゴールド・メンバーを増やし続けています。これに加え、メンバー全員を対象にしたチャリティや親睦会を各年 1 回実施し、そこでもゴールド・メンバーへの勧誘を行い、これによって

も1%、ゴールド・メンバーになってくれる会員がいます。また、友人を誘い、会員になってくれる効果もあり、こちらの効果は5%です。この効果を考慮し、モデルを改善しなさい。なお、現実的には、ゴールド・メンバー会員の増加は対会員比で100%に近づくと遞減し、100%を越えないが、ここではその制約を無視することとします。代わりにシミュレーション期間をゴールド・メンバー会員の対会員比が100%になった時点までとします。

4) 野鼠

野ネズミが増えると、耕地に育てた作物を食い荒らす。この地域では一家は平均5人家族で、一家は平均5ヘクタールの農地を持ち、作物を育てている。1ヘクタール当たり10トンの農産物を生産できる。しかし、野ネズミは1ヶ月に自分の体重と同じだけの食料を食べる。野ネズミ一匹の平均体重を100グラムとして、どれだけの耕地が野ネズミの被害に合うか。また、農民は生きていくために年間5トンの食糧を必要とする。野ネズミに農作物を奪われ、食べていけなくなった農民は、2年間で1人転出するとする。野ネズミの被害を受け、人口はどのように変化するか？

5) 環境モデル

塩が結晶化すると、風に運ばれ、農地に振りまかれるので、農地は塩化によって植物が育たなく砂漠化する。湖の水から結晶化した塩の5%が風で運ばれまき散らされるとする。土地の塩化濃度は風邪の影響で、湖に近い土地から徐々に毎年1メートル四方に100グラムの割合で降り注ぐとする。すると、塩が降り注いだ土地は塩によって植物が育たない砂漠となる。砂漠になると湖の蒸発率がさらに多くなる。蒸発率は、最初に砂漠ではなかった1万ヘクタールと砂漠化した面積との比が、基本的な年7%の蒸発率に加わるとする。

湖の面積の変化、砂漠化されていく土地の様子と、湖に存在する結晶化した塩の量の変化を示して下さい。

注：

3-1：この営業計画での営業担当の person 費は、営業部の業務改善や営業担当者の経験学習効果を考慮して、以下のように費用配賦率を下げていますが、ここでは簡便化のために平均値である14%を使用します。

なお、市場占有率増加に対する経営資源を、ここでは、営業活動、広告、口コミ、他の営業部門の営業担当の営業活動の4種類にしていますが、これ以外にも、製品の魅力などいろいろな要素があります。しかし、ここでは簡便化のために無視しています。

また、これらは経営資源であるわけですが、それぞれ効率性が違います。営業費用を売上の14%投入しても、市場占有率がどれだけ増えるかは正確には、経験で決めるか、コップダグラスの生産関数などの数式を使って分析する必要がありますが、ここでは難しさを避けるために、とりあえず、営業費用に関しては50%の効果があるとみなしています。

4. 演習-4 : ストックを挟んだフィードバック・ループ (ロコミ効果)

(1) モデル

ここでは、前の演習問題で取り上げなかった、後の2つの効果を検討します。

1) フィードバック・ループ

- ・この会社の製品を使ってくれた顧客のロコミによる紹介
- ・B 製品群担当営業の紹介

の効果を示すように、演習-3 で作成したモデルにこの2つの要素を追加しなさい。

A) この会社の製品を使ってくれた顧客のロコミによる紹介

ロコミ効果を考えたモデルにするのであれば、既存潜在顧客のストックを考える必要があります。ここでは、顧客はA 製品群を一人1個しか購入しないとして、製品数=顧客数とみなし、2015年の顧客数を初期値とし、平均製品寿命を10年としなさい。(注4-1)

顧客減少=A 製品群既存顧客/平均製品寿命

となります。

ロコミ効果は、顧客の0.5%が製品を紹介し、A 製品群の販売に貢献したとしなさい。ただし、これは、製品の販売個数で、市場占有率への貢献は市場との比を使う必要がありません。

ストックに累積された顧客が、このように平均製品寿命でどんどん抜けていく減少のしかたは、指数減少です。これは、顧客によっては、製品を長く使ってくれる人もあれば、あまり長く使ってくれない顧客もいて、平均寿命である10年は製品を気に入ってくれているとしています。(注4-2)

B) B 製品群担当営業の紹介

A 製品群の営業担当の市場占有率増強効果を費用と市場の売上規模との比率の50%を市場占有率増加に貢献するとしていましたが、これを40%に、そして、B 製品群の営業担当からの紹介の効果をA 製品担当営業の営業効果の10%として計算しなさい。

なお、市場占有率減少量を0としなさい。通常は、確保した市場占有率は、何もしないとある期間で消滅してしまいます。しかし、ここでは、減少を考えないこととします。市場占有率減少は後の競争の演習で検討します。

モデル名はEXE04.mdl としなさい。

(2) シミュレーション

シミュレーションを実施しなさい。また、ロコミ効果の影響について、0.25%、0.5%、0.75%の3つのケースについて比較しなさい。これには、シミュレーション結果を保存する名称を変えることで条件の違うケースでのシミュレーション結果を同時表示できます。

(3) 比較

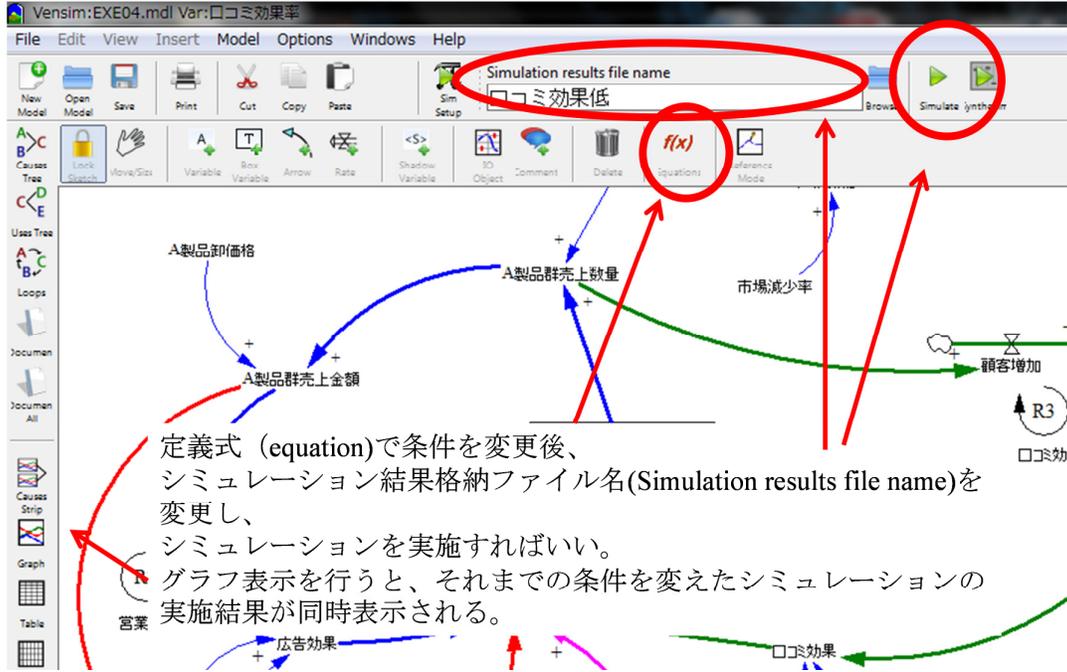
演習問題-2、-3、-4で行ったものの会社の売上及び市場占有率を比べ、もし違っているとしたら何が違っているのか、その大きな理由はなぜかを議論しなさい。

(4) 条件の違うシミュレーション結果を同時表示させる方法

定義式(equation)で条件を変更後、シミュレーション結果格納ファイル名(Simulation results file name)を変更し、シミュレーションを実施すればいいでしょう。

グラフ表示を行うと、それまでの条件を変えたシミュレーションの実施結果が同時表示されます。

図 4-1：複数のシミュレーション結果の同時表示



(6) 模範解答

1) モデル

模範解答なので、この通りになる必要はありません。

R3の「ロコミ効果」のループでは、「A製品群既存顧客」というストックを減ることに注意して下さい。また、この効果は、「市場」との比で市場占有率増加に効いてくることにも気を付けて下さい。

ここには、「A製品群既存顧客」というストックから「顧客減少」という出力フローが流れています。少し例外的なのですが、この流れは、「A製品群既存顧客」→「顧客減少」→「A製品群既存顧客」といようにループします。ここで、「A製品群既存顧客」→「顧客減少」という流れは矢印で示され、「+」の関係になっています。次いで、「顧客減少」→「A製品群既存顧客」の流れは、出力フローの左半分の平行線が担っていて、ここには、少し見にくいのですが、「-」記号が付いています。そして、このループには「B1」という、均衡ループを示す記号が付けられています。従って、このループの部分だけに関しては、指数減少します。しかし、ストックである「A製品群既存顧客」には「顧客増加」という入力フローも関係していますので、「A製品群既存顧客」が指数減少するわけではありません。もし、この振る舞いをチェックしたいのであれば、一時的に「顧客増加」の入力フローの定義式を0を乗算するような加工を行い、シミュレーションで「A製品群既存顧客」の減少の様子を調べてみれば、この解説の意味が理解できるでしょう。

図 4-4 : ロコミ効果が 0.25% の場合の結果

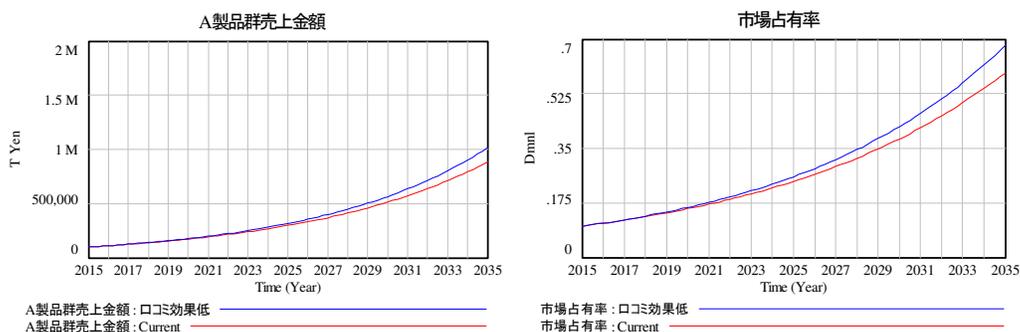
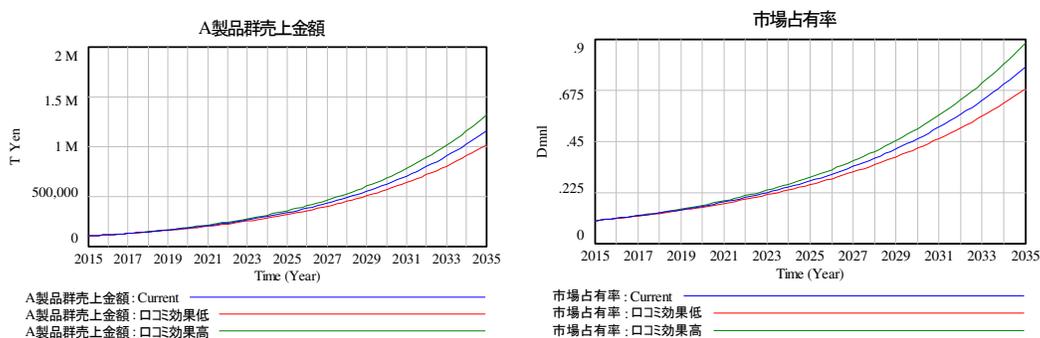


図 4-4 : ロコミ効果が 0.75% の場合の結果



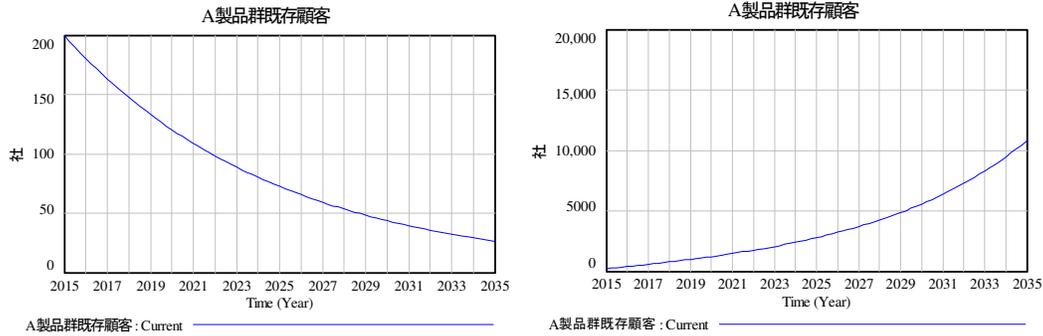
このような、パラメータの値を変化させ、パラメータの妥当な値を決めたり、効果の程度を評価するやり方のことを感度分析と呼んでいいます。ここでは、ロコミ効果を 0.75% にすると、市場占有率が 90% 近くになり、これは実現するとは考えにくい数字です。やはり、ロコミ効果は 0.5% 以下の数字と考えられます。

図 4-4 : ロコミ効果の比較



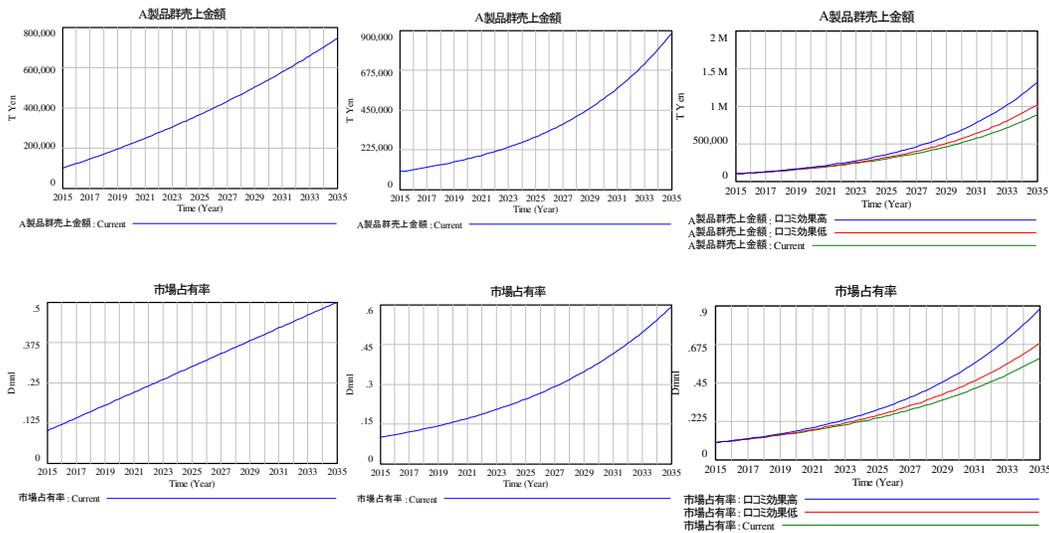
ちなみに、既存顧客の減少ですが、仮に新規の顧客が無いとすれば、初期値 10,000 人から図 4-5 左に示したように数が減少していきます。しかし、実際には、顧客数が増えていますので、図 4-5 右に示したような増加になっています。

図 4-5 : ロコミ効果の減少 (左) と、実際 (0.5%の場合) (右)



3) 比較

図 4-6 : 演習-2 から-4 までの結果の比較。演習-2 (左)、演習-3 (中央)、演習-4 (右)



スケール (尺度) が違うので少し分かりにくいかも知れませんが、市場占有率で見ると、フィードバック・ループの数が多くなればなるほど、曲線率が高く、長期的な増加が激しいことが分かります。

実はこのことは、大きな意味を持っています。つまり、関係するフィードバック・ループが多くなればなるほど、人間の直感では予測できなくなります。このモデルではわずか4個のフィードバック・ループしか市場占有率に関係していませんが、大きなシステムではもっと多くのフィードバック・ループが、直接的、間接的に関係してきますので、コンピュータ・シミュレーションの力を借りないと分析できなくなります。

さらに、 $y=ax+b$ といった関係であれば、感覚的に理解できます。 $y=ax^2+b$ という指数関係も、訓練によってある程度変化を想像することができます。しかし、ストックは通常指数変化、つまり $y=ax^n+b$ といった変化になることに加え、ストックを挟むということは、この変化が多段になるということを意味しているので、変化の想像はかなり難しくなります。

3) 定義式

- (01) A 製品卸価格=10
Units: 千円
- (02) A 製品群営業活動= ((A 製品群売上金額*営業人件費比率)/市場売上規模)*0.4
Units: Dmnl
- (03) A 製品群売上数量=市場規模*市場占有率
Units: ロット
- (04) A 製品群売上金額=A 製品群売上数量*A 製品卸価格
Units: 千円
- (05) A 製品群既存顧客= INTEG (顧客増加-顧客減少,200)
Units: Unit
- (06) B 製品群営業活動=((A 製品群売上金額*営業人件費比率)/市場売上規模)*0.1
Units: Dmnl
- (07) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (08) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (09) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (10) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (11) 口コミ効果= (A 製品群既存顧客* 口コミ効果率)/顧客
Units: Dmnl
- (12) 口コミ効果率=0.005
Units: Dmnl
change to 0.0025, 0.005, and 0.0075
- (13) 営業人件費比率=0.14
Units: Dmnl
- (14) 市場の増加=顧客*市場増加率
Units: 社
- (15) 市場の減少=顧客*市場減少率
Units: 社
- (16) 市場占有率= INTEG (市場占有率増加+市場占有率減少, 0.1)
Units: Dmnl
- (17) 市場占有率増加=市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (18) 市場占有率増加量=広告効果+A 製品群営業活動+ 口コミ効果+B 製品群営業活動
Units: Dmnl
- (19) 市場占有率減少=市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (20) 市場占有率減少量=0
Units: Year
- (21) 市場増加率=0.02
Units: Dmnl
- (22) 市場売上規模=場規模*A 製品卸価格
Units: 千円
- (23) 市場減少率=0

- Units: Dmnl
- (24) 市場規模=顧客*平均購買数
Units: Unit
- (25) 平均購買数=5
Units: ロット/社
- (26) 広告効果= ((A 製品群売上金額*広告費比率)/市場売上規模)
Units: Dmnl
- (27) 広告費比率=0.02
Units: Dmnl
- (28) 製品寿命=10
Units: Year
- (29) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少,2000)
Units: 社
- (30) 顧客増加=A 製品群売上数量/平均購買数
Units: 社
- (31) 顧客減少=A 製品群既存顧客/製品寿命
Units: 社

(7) 練習問題

ストックを挟んだフィードバック・ループの練習です。前の章で作成したモデルに、次のような事項を検討できる要素を追加し、シミュレーションしなさい。

1) 人口モデル

プロジェクトではこの地域特産品の加工事業を行っています。この関係で、バナナやシサルと呼ばれる植物栽培を栽培することを行っています。バナナは、実を食料品として販売しますが、むしろ、繊維や葉を利用して、紙や団扇などの民芸品の原料に使えます。また、シサルは良質なロープや面白い繊維織物などの原料になります。バナナやシサルの栽培者は、原材料として、バナナやシサルをプロジェクトに販売し、利益を得ています。この原材料販売で得られた収益は、プロジェクトとは別に、栽培関係者用の基金にプールしています。この基金の金は、安全性も考え、預金しています。さらに、この利息についても自動的に基金の口座に振り込まれます。今、この預金の利息が 3.5%とします。

この栽培事業では、原材料販売の収益率は 20%です。つまり、原材料生産者の原価として、苗代、肥料代、労務費その他経費で 400 万円かかり、栽培されたバナナやシサルの繊維をプロジェクトに 500 万円で販売し、収益 100 万円を得ています。今、コミュニティとの取り決めで、栽培関係者用の資金のプール額に付く利息の半分をコミュニティに支払うことになりました。コミュニティでは、このような地元特産の農作物の栽培の奨励と原材料としての買い取りを行うものと考え、預金利子の半分がコミュニティに入ってくる効果を組み入れ、モデルを改善して下さい。

2) 預金モデル

投資ファンドの運用に関し、確実に利益が上がるようにするために、投資先に経営アドバイスを行っています。投資は 1 件につき 500 万円で、投資先はそれに同額の自己資金を追加し、事業を実施しています。収益率は平均 20%です。この収益を彼らは自己資金として、事業を続けています。成功報酬として、彼らの収益の中から 10%分が私へのコンサルティング料として支払われます。この収益を私は投資会社の株に組み入れています。このことを追加したモデルを作成し、私の資産の変化を示しなさい。

3) 会員制通信販売

会員にお願いし、チャリティのための基金を創設しました。会員には一人年間 60 万円づつ委託をお願いし、それを 3.5%で運用し、利子を全て、奨学金や芸術家支援に当てています。会員は、退会する際にはこの委託金を返します。

このチャリティ活動での援助額は一人年間 500 万円です。余った端数は、チャリティ基金に繰り込みます。この活動を通じ、支援した芸術家などから噂が広まり、援助した芸術家一人につき年間 60 人の会員が増えています。この効果を組み入れ、モデルを改善して下さい。

4) 野鼠

対象地域では地域病が蔓延していて、その原因に野ネズミが疑われている。野ネズミの排泄物が分解されるまでの間に地域病となる病原菌が繁殖し、その量で住民に地域病をもたらすと疑われている。今、ネズミの排泄物 1,000 トン分が住民一人を殺す量の病原菌を含むとして、住民の感染者数による住民の減少効果をモデルに追加しなさい。なお、ネズミの排泄物の分解率を 95%とする。なお、ネズミは一日に食べた量の 1/10 を排泄物として排泄するとする。

なお、人口が 0 人になると、人口で除算するような場合、無限大になってエラーとなるので、最低人口を 10 人とする。

5) 環境モデル

砂漠化した土地にどんどん塩が蓄積されていく。これも、塩が降り注いだ土地から、風の影響で毎年 1 メータ四方に 100 グラムの割合で周囲に広がるとする。この砂漠化していく土地の広がりの様子を示せ。また、湖の蒸発率は、最初に砂漠ではなかった 1 万ヘクタールと砂漠化した面積との比が、基本的な年 7%の蒸発率に加わるとする。湖の面積の変化、湖に存在する結晶化した塩の量の変化も併せて示せ。

注：

4-1：一般に電気機器、機械などの耐用年数は 10 年とされていますので、ここでもこの耐用年数の 10 年という値を採択しています。ただし、電子機器などの耐用年数はもっと短く、ここでのモデル対象としている製品を電子機器と見なすのであれば、5 年程度を耐用年数とするのが適切かも知れません。

4-2：通常、口コミ効果と宣伝効果を合わせた製品普及の様子は、普及モデルと呼ばれるもので表現するのが普通ですが、ここではそれを採択していません。

口コミ効果は、紹介や宣伝を行ってくれる熱心なユーザーの数と、そのような熱心なユーザーと、まだこの会社の製品を採用していないユーザーとの接触率や、熱心なユーザーを支援し、熱心なユーザーの紹介の効果度、つまり感染率のようなもの、そして、熱心なユーザーが熱心に紹介してくれる期間で決まります。そのためには、熱心なユーザーと潜在顧客との接触回数を増やすために、セミナーなどのイベントの回数を多くする、熱心なユーザーに口コミがやりやすいように情報を与えるための、ユーザー向けの雑誌やニューズレターなどの発送などを行います。

5. 演習-5 : テーブル関数 (価格と広告の効果)

(1) モデル

営業部門は表 3-1 のような営業計画を策定しています。この計画は妥当でしょうか？市場占有率は、

- ・製品の平均卸価格
- ・マスメディア、専門誌などへの A 製品群の製品に関する広告
- ・A 製品群担当営業の営業活動 (顧客訪問等による売り込み)
- ・この会社の製品を使ってくれた顧客の口コミによる紹介
- ・B 製品群担当営業の紹介

の 5 つの要素に関係します。製品の平均卸価格以外はすでにモデルに取り込んでいますが、販売価格に関してはあまり考慮していませんでしたね。また、広告宣伝費についても再度検討することとし、最初の 2 つの要素について考えてみます。

1) 宣伝広告費

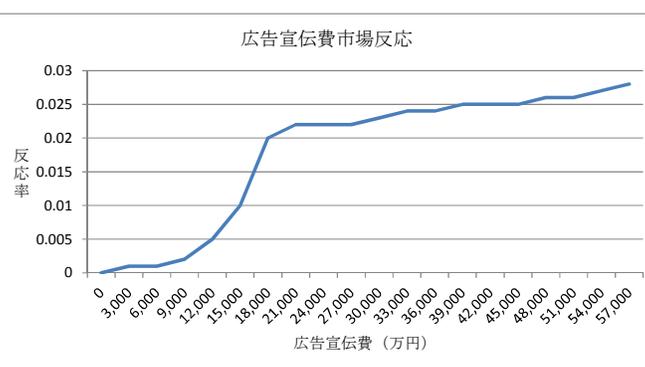
営業計画での、宣伝広告費の配賦に関し、売上の 2% を予算に振り分けていますが、奇妙な感じがしませんでしたか？この金額は何を根拠に決めたのでしょうか？また、市場は単純に、売上の 2% 分を宣伝広告費に費やして、そのように、例えば、0.5% 分の市場占有率増加効果があるのでしょうか？

まず、この会社のような企業の場合で製品のプロモーションのための広告宣伝費は、基本的に、電子関係、制御関係などの専門誌に掲載します。なぜならば、一般誌に広告を出しても、一般の人はあまり関心を示さないからです。しかし、専門誌の読者は、センサーや制御機器に関心があり、常にアンテナを張っています。さらに、この会社の製品などを紹介した記事が掲載された場合、同じ雑誌に広告を掲載することは極めて有効です。

図 5-1 : 広告費と広告回数、掲載雑誌数、市場反応

宣伝広告費	市場反応	広告回数	雑誌数
0	0	0	
3,000	0.001	2	1
6,000	0.001	4	1
9,000	0.002	6	1
12,000	0.005	8	1
15,000	0.01	10	1
18,000	0.02	12	1
21,000	0.022	14	2
24,000	0.022	16	2
27,000	0.022	18	3
30,000	0.023	20	2
33,000	0.024	22	2
36,000	0.024	24	2
39,000	0.025	26	3
42,000	0.025	28	3
45,000	0.025	30	3
48,000	0.026	32	3
51,000	0.026	34	3
54,000	0.027	36	3
57,000	0.028	38	4

(千円)



この会社がターゲットにしている専門誌では、一回の広告掲載料が約 150 万円です。こ

の会社の製品の記事との抱き合わせ効果で市場占有率を 0.1%増加させる効果があると考えられています。ただし、何度も広告を出すと、頻度が多くなるほど、新鮮味などがなくなり、広告効果の効率という面では落ちてきます。これは、経済学では逡減則と言われています。つまり、市場占有率が高くなればなるほど、市場占有率を上げるために必要な投入費用が多くなります。

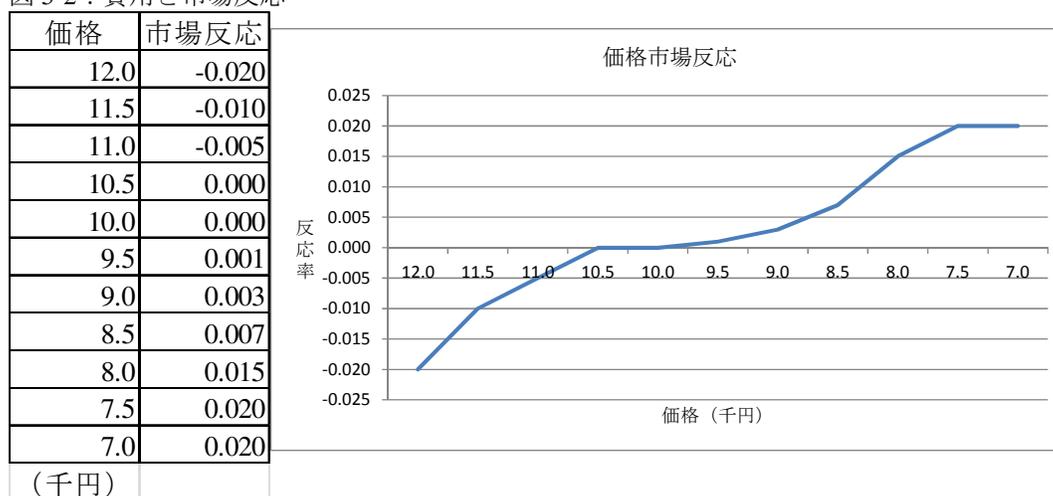
図 5-1 に、この会社の広報担当が考えている宣伝費と、マスメディアを使った広告効果について示しています。一般的には、こういった S 字型の変化で効果が表れると考えます。

ただ、マスメディアへの広告掲載だけではなく、パンフレットや説明資料作成などの雑費もかかるので、予算ではそのことも考慮します。

2) 販売価格

この会社の平均卸価格は 1 万円ですが、価格を上げると市場占有率が下がり、価格を下げると市場占有率が上がります。その効果を、営業担当は図 5-2 のように考えています。ただ、価格を安くすれば販売個数は増えますが、下げれば下げるほど、販売個数の増加はそれほどでもなくなります。商品によりけりですが、この会社の製品のように、顧客は、安くても、ある程度までの個数を購入すればそれ以上は不要なので、買わなくなります。また、製品価格は下がれば顧客は喜んで買ってくれますが、利益がその分減少してしまいます。会社としても、価格を下げるにしても限界があります。逆に、価格を上げた場合、販売量は減りますが、全く売れなくなるわけではありません。ただし、品質や性能などが顧客にとって十分魅力的な場合という条件付きです。

図 5-2：費用と市場反応



これらの効果をモデルに取り込みなさい。広告宣伝効果、価格効果はテーブル関数を使って定義しなさい。

(2) シミュレーション

1) 広告費

広告費の配賦を 3.5%に増やした場合、3%に増やした場合について比較しなさい。

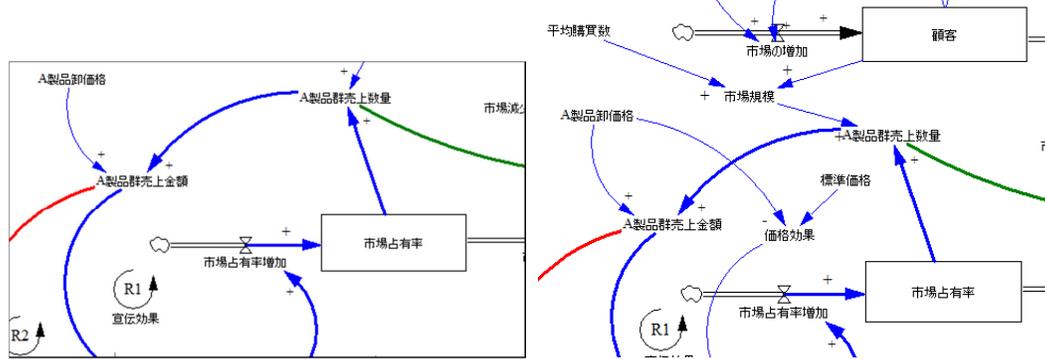
2) 販売価格

価格を 1.1 万円に上げた場合、逆に価格を 9 千円に下げた場合について比較しなさい。

(3) テーブル関数の指定の仕方

テーブル関数の指定の仕方には2種類あります。一つは関数として取り扱うもの、2番目は参照テーブルとして取り扱うものです。ここでは参照テーブルとして取り扱う方法について説明します。(注5-1)

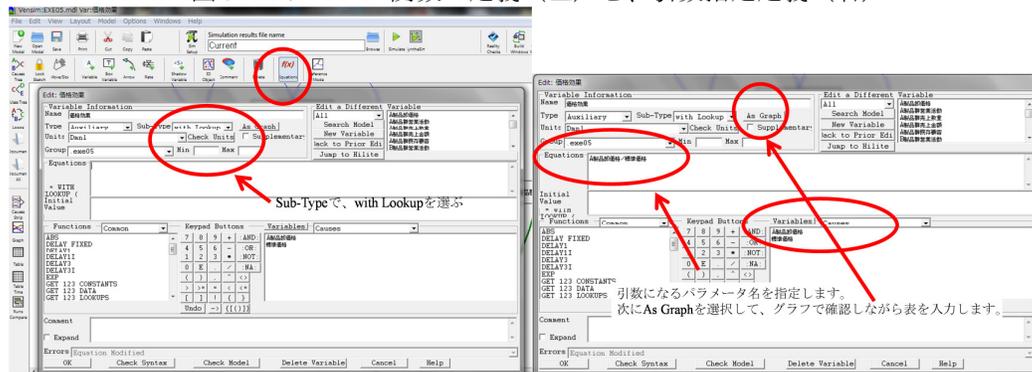
図 5-3 : テーブル関数とその参照の指定



参照テーブルにする場合、 $y=f(x)$ というテーブル参照関数形式でモデルを表現する必要があります。ここで、 y は出力、 x が引数、 $f()$ がテーブル関数になります。つまり、入力値 x をテーブル参照関数が見て、テーブル参照関数で y に相当する値を y として出力します。テーブル参照関数のテーブルの表はポイントだけを指定していますので、その間の値を x が取った場合、一番近いポイントの間の値を返します。(注5-2)

具体例を見ましょう。今、「価格効果」というテーブル関数を考えます。この関数は、「A製品卸価格/標準価格」という入力値を得て、「市場占有率増加量」というパラメーターに値を出力します。従って、モデルで、「価格効果」という変数を作成し、「A製品卸価格」からこの「価格効果」までを矢印で結びます。さらに、「標準価格」というパラメーターを作成し、ここら、「価格効果」までを矢印で結びます。これで入力側が完成です。出力側は、「価格効果」から「市場占有率増加量」に結びます。

図 5-4 : テーブル関数の定義 (左) と、引数指定定義 (右)



まず普通に変数名を作成します。ここでは、「価格効果」という変数を作成しています。この変数の入力パラメーターと出力パラメーターの結合は図 6-3、右のようになります。

次に、この変数定義画面を開きます。図 5-4 左に示したような定義画面が表示されます。ここで、ポップアップ・メニュー Sub-Type で、with Lookup を選びます。すると定義画面の

様式が変わり、図 5-4 右のようになります。

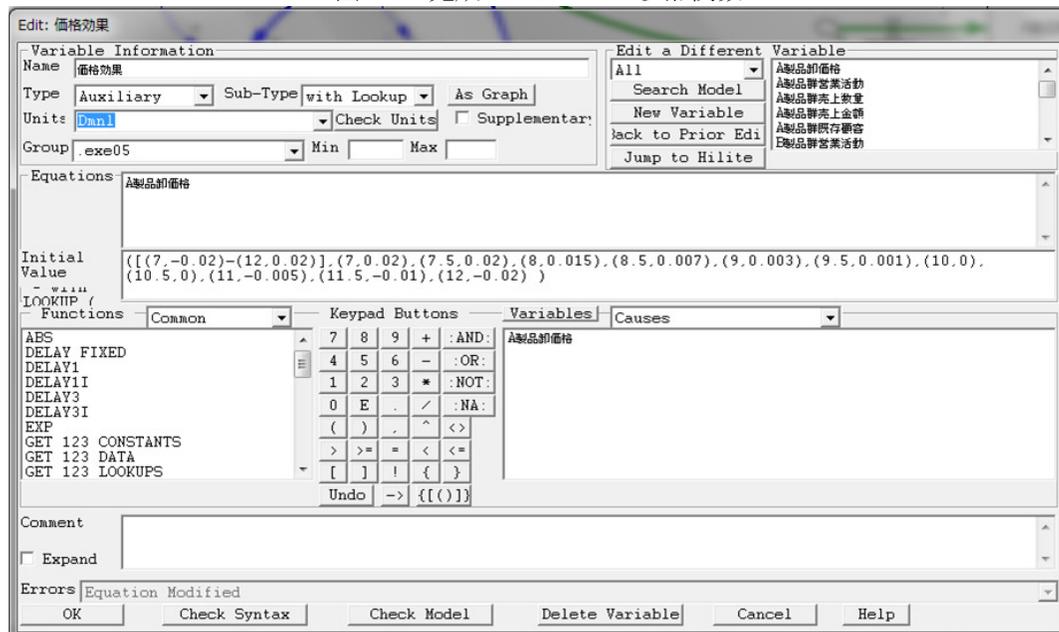
ここで、Equation という定義式入力欄に、引数である「A 製品卸価格」を、Variables の選択パラメーター一覧から選択し、指定します。そして、As Graph というボタンを押します。

図 5-5 : ポイント指定 (左) と、グラフ表示調整 (右)



図 5-5 左のような、ポイント指定画面が表示されますので、(x, y)形式でポイントを指定します。どのような指定でも構いませんが、最低 2 点は指定する必要があります。グラフ表示が見にくい場合は、スケール調整で x 軸や y 軸のグラフ表示での開始、終了値を変化させることで、グラフに表示し、関数の形の確認ができます。表には 11 項目しか表示されていませんが、New という欄に追加することでいくらかでもポイントを指定できます。また、ポインターを使って、グラフ表示の画面状で直接ポイントの位置を変更することも可能です。完成したら OK ボタンを押します。

図 5-6 : 完成したテーブル参照関数



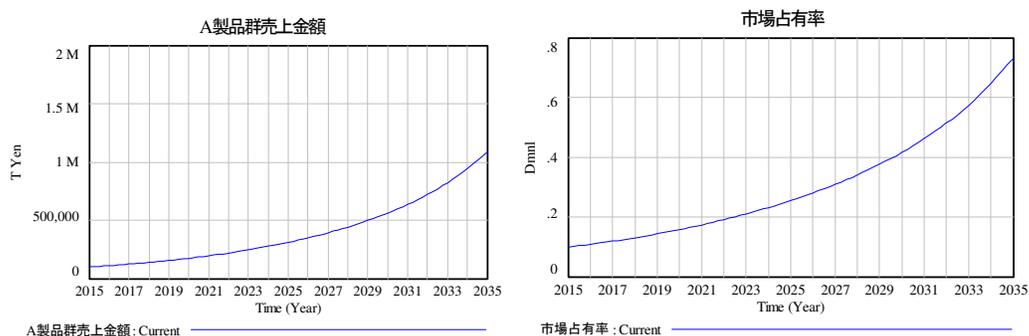
びついています。従って、「市場売上規模」から「広告効果」に結ばれていた矢印が無くなっています。また、「広告効果」の定義も、テーブル参照関数に変わっています。

2) シミュレーション

図 5-8 にベース・ランの結果を示しています。

ベース・ランというのは、パラメーターの値をいろいろ変化させる前の状態でシミュレーションを行った結果で、これを基に、いろんなパラメーターをいろいろ変化させ、このベース・ランの結果と比較するので、このように呼ばれています。ここでは、価格と広告宣伝費を変化させるので、このベース・ランでのこの2つのパラメーター値は、それぞれ、1万円と売上の2%になっています。

図 5-8 : シミュレーション (ベース)



まず、価格をそのままとし、広告宣伝費を売上の2.5%及び3%に増やした場合についてシミュレーションを実施してみます。

図 5-8 : シミュレーション (価格は1万円、広告宣伝費は売上の2.5%)

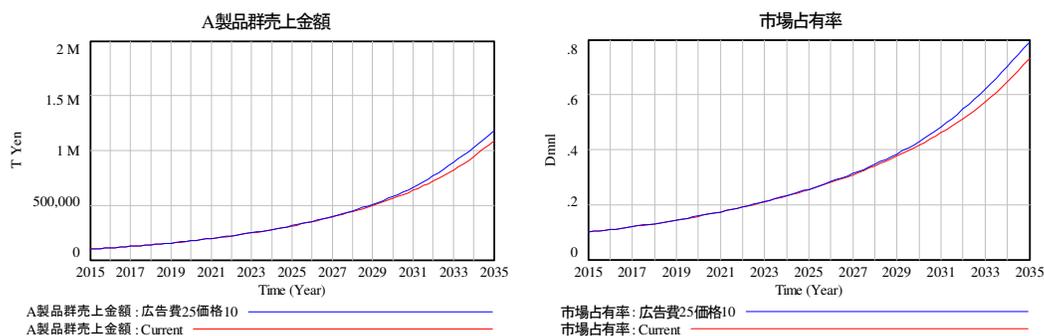
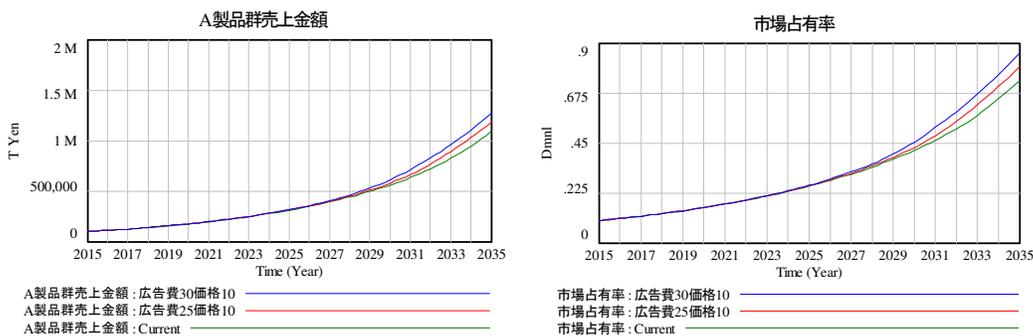


図 5-9：シミュレーション（価格は1万円、広告宣伝費は売上の3%）



次に、広告宣伝費を2%に戻し、価格を変更してみます。

図 5-10：シミュレーション（価格は1.1万円、広告宣伝費は売上の2%）

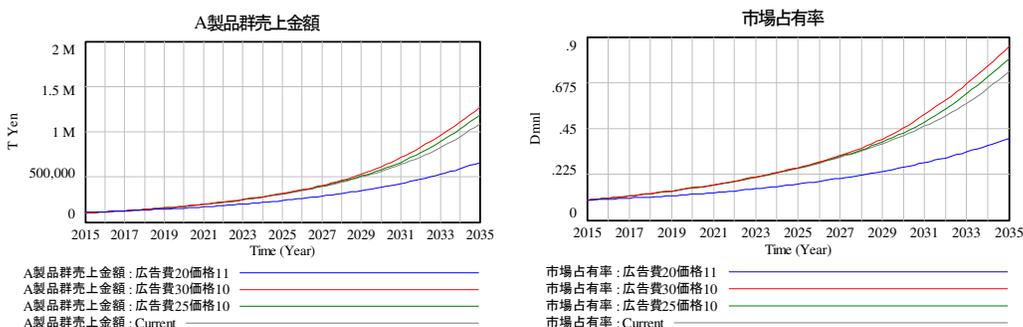
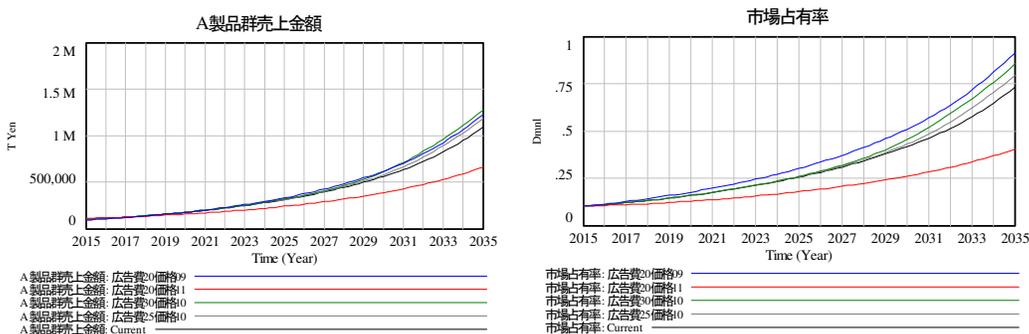


図 5-11：シミュレーション（価格は0.9万円、広告宣伝費は売上の2%）



価格と広告宣伝費の組み合わせに関しては、もっといろんな組み合わせが可能ですが、広告宣伝費の変化があまり効かないことと対比的に、価格の変化が効いていることが理解されれば幸いです。

3) 定義式

(01) A製品卸価格=10

Units: 千円

change to 11 and 9 from 10

(02) A製品群営業活動= ((A製品群売上金額*営業人件費比率)/市場売上規模)*0.4

Units: Dmnl

- (03) A 製品群売上数量=市場規模*市場占有率
Units: Unit
- (04) A 製品群売上金額=A 製品群売上数量*A 製品卸価格
Units: 千円
- (05) A 製品群既存顧客= INTEG (顧客増加-顧客減少,200)
Units: Unit
- (06) B 製品群営業活動= ((A 製品群売上金額*営業人件費比率)/市場売上規模)*0.1
Units: Dmnl
- (07) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (08) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (09) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (10) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (11) 価格効果 = WITH LOOKUP (A 製品卸価格/標準価格,
([(0.7,-0.02)-(1.2,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.007),(0.9,0.003),(0.95,0.001),(1,0),(1.05,0),(1.1,-0.005),(1.15,-0.01),(1.2,-0.02)))
Units: Dmnl
- (12) 口コミ効果=(A 製品群既存顧客*口コミ効果率)/顧客
Units: Dmnl
- (13) 口コミ効果率=0.0075
Units: Dmnl
change to 0.0025, 0.005, and 0.0075
- (14) 営業人件費比率=0.14
Units: Dmnl
- (15) 市場の増加=顧客*市場増加率
Units: 社
- (16) 市場の減少=顧客*市場減少率
Units: 社
- (17) 市場占有率= INTEG (市場占有率増加+市場占有率減少,0.1)
Units: Dmnl
- (18) 市場占有率増加=市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (19) 市場占有率増加量=広告効果+A 製品群営業活動+口コミ効果+B 製品群営業活動+価格効果
Units: Dmnl
- (20) 市場占有率減少= 市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (21) 市場占有率減少量=0
Units: Year
- (22) 市場増加率=0.12
Units: Dmnl
- (23) 市場売上規模=市場規模*A 製品卸価格
Units: 千円
- (24) 市場減少率=0.1

- Units: Dmnl
- (25) 市場規模=顧客*平均購買数
Units: ロット
- (26) 平均購買数=5
Units: ロット/社
- (27) 広告効果 = WITH LOOKUP (広告費,
([(0,0)-(57000,0.028)],(0,0),(3000,0.001),(6000,0.001),(9000,0.002),(12000,0.005),(15000,0.01),(18000,0.02),(21000,0.022),(27000,0.022),(30000,0.023),(39000,0.025),(48000,0.026),(54000,0.027),(57000,0.028)))
Units: Dmnl
- (28) 広告費=A 製品群売上金額*広告費比率
Units: 千円
- (29) 広告費比率=0.02
Units: Dmnl
chnge to 0.025 and 0.03 from 0.02
- (30) 標準価格=10
Units: 千円
- (31) 製品寿命=10
Units: Year
- (32) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少, 2000)
Units: 社
- (33) 顧客増加=A 製品群売上数量/平均購買数
Units: 社
- (34) 顧客減少=A 製品群既存顧客/製品寿命
Units: 社

テーブル関数は、ここでは制御関数（弾力性関数）のような使い方をしてしていますが、外部からモデルにデータを引き渡すような使い方も可能です。例えば、時間変数 **Time** を使い、ある時間にある値を与えるような使い方もよく行われます。一般的に、関数がない、あるいは関数指定が難しい場合、テーブル関数を使って定義を行います。例えば、

$$\text{市場} = a * \text{EXP}(b) + c$$

といった式で「市場」を求められることは分かっていますが、データが十分に揃わなく、係数 **a**、**b**、**c** を回帰式で決定することが難しい場合、テーブル関数で指数増加を指定し、シミュレーション結果を見ながら、曲線の形を調整するという方法がよく行われます。

(5) テーブル関数の練習問題

1) 4章の会員制通信販売の練習問題で、会員の中で、100万円以上、美術品を購入してくれた会員にはゴールド・メンバーに勧誘し、ゴールド・メンバーには芸術家との交流、美術館巡りのツアー、音楽と美術、美食を組み合わせたコンサートやパーティなどを企画し、招待しています。現在ゴールド・メンバーは会員の10%で、この率は年4%で増えています。会員が3倍になった時点では、ゴールド・メンバーは何倍に増えているのでしょうか？という問題を出しています。

このままだと、ゴールド・メンバーは会員数を超えてしまいますが、そのようなことは物理的に起きないはずで、4章で作成したモデルを改善し、テーブル関数を使って、ゴールド・メンバーが会員数を超えないようにモデルを修正して下さい。

2) 同じく、2章の、野鼠の問題で、10キロ四方の里山環境に野鼠が2千匹生息しています。

野鼠の平均寿命は2年で、生涯に10匹の子供を産みますが、99%は捕食されてしまいます。野鼠の数が百万匹を超えると集団移動を開始します。集団移動が起きるのは何年後でしょうか？という問題を出しています。

これも、10年後には計算できないほどの膨大な数になってしまいます。テーブル関数で環境係数を入れ、野鼠の数が10万匹に近づくと、食料が不足し、餓死するネズミが多くなり、10万匹を超えないようにするようなモデルに修正して下さい。

注：

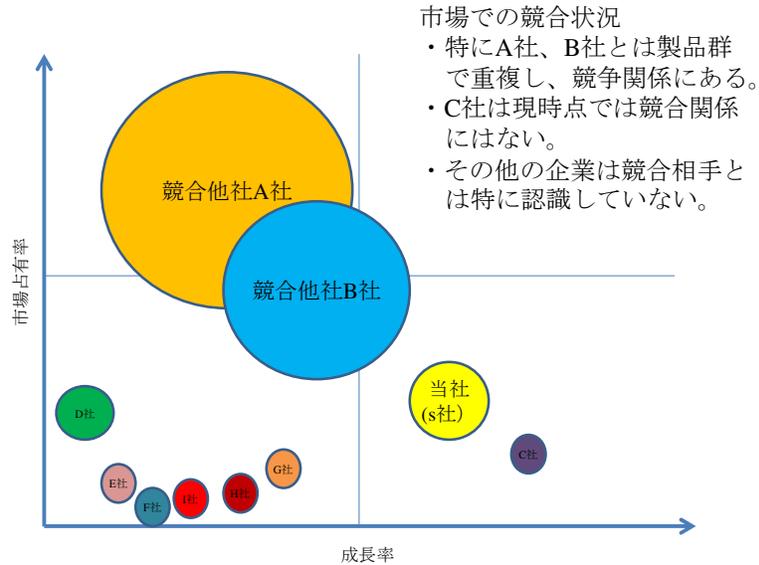
5-1：もう一つのやり方、LOOKUP 関数を作成する方法については、ここでは省略します。

5-2：他のSDソフト、例えば、ithink/Stella や Powersim などとは少し違います。また、これらのソフトでは、時間関数が自動的に用意されていますが、Vensim PLE では Time という変数として提供されています。従って、時間関数を選ぶ際には、シャドー変数の機能を使い、シャドー変数の候補画面から Time 変数を選びます。

6. 演習-6：モジュール（市場競争）

営業計画そのものもそうですが、今まで、この会社の競合相手のことを全く考えていませんでした。しかし、この会社は、A社、B社という大手企業と競合関係にあります。図6-1にPPM図で示した、この会社の市場での競合関係を示しています。

図 6-1：競合関係を示す PPM



これは、A製品群での競合関係で、この業界で最大手のA社は全てのレンジの製品を製造販売していますが、主に、ローエンドと呼ばれる廉価品を中心に製造販売を行っています。このA社と市場でのしごを削っているのがB社です。B社も全てのレンジの製品を製造販売していますが、B社はローエンドだけではなく、ミッド・レンジと呼ばれる中級品と廉価品の2つの分野の商品を主軸にしています。それぞれ、市場占有率は40%と30%です。しかし、B社の方がA社よりも高い成長率を誇っています。

対象としているS社は、この図では、「当社」という風に示しています。市場占有率は約10%で、B社と競合しているミッド・レンジの製品だけを取り扱っています。このS社のすぐ近くにC社と示している企業は、市場占有率は低いのですが、S社よりも高い成長率を示しています。この会社は、ハイエンドの製品だけを取り扱っています。その他の企業は、市場占有率も成長率も低く、中には長い歴史を誇る企業もありますが、この対象としている企業にあまり脅威を与えるものではありません。

S社が恐れているのは、A社とB社、特にB社との価格競争になってしまうことです。製品の品質や性能はA社及びB社のものよりも格段に優れていること、この会社ではB製品群という個別設計受注製品があり、その受注に成功すれば、A製品群の受注にもつながる可能性が高いのですが、この関係は、逆に、A製品群の製品を購入した顧客が、この会社に個別設計受注を依頼してくる可能性が高いことも意味しています。A社及びB社は、あまり高度な技術を必要とする個別設計受注を行っていないく、彼らは、製造が難しいと判断すると、この会社を紹介することも多いのですが、個別設計受注は競合会社のC社も行って、C社に発注が流れる可能性もあります。また、価格を下げると利幅が下がり、この会社のような中小企業にとっては致命的です。従って、S社は、価格競争に引き込まれること

表 6-2：競合相手の対抗手段に対する市場反応

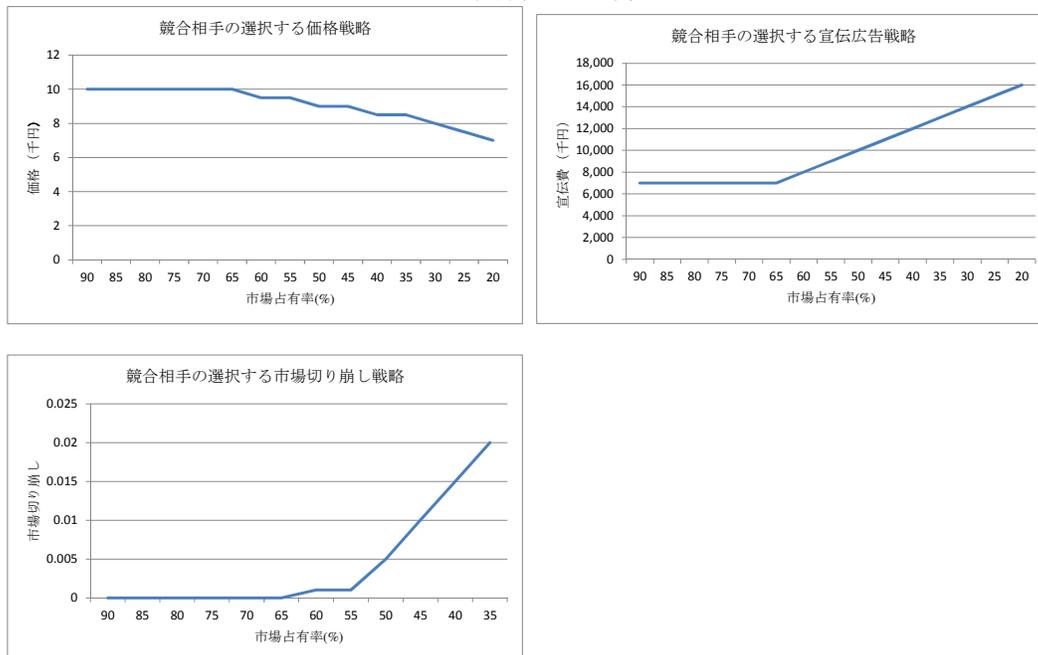
価格	市場反応	宣伝広告費	市場反応
10	0.000	2,000	0.000
9.5	0.000	4,000	0.000
9	0.001	6,000	0.001
8.5	0.003	8,000	0.001
8	0.015	10,000	0.001
7.5	0.020	12,000	0.003
7	0.020	14,000	0.008
		16,000	0.015
		18,000	0.018
		20,000	0.020
		22,000	0.020
		24,000	0.020
		26,000	0.020

表 6-1 に、市場占有率との関係で競合相手が採択する対抗手段を示しています。競争相手は：

- ・市場占有率が下がった場合、市場占有率に応じて販売価格を下げる
- ・市場占有率が下がった場合、市場占有率に応じて宣伝広告費を、売上比で上げる。
- ・営業担当が相手顧客を訪問し、切り崩し営業を行う。

という 3 つの戦略ミックスを行います。ここでは、簡略化のために、競合相手 A 社も B 社も、同じ戦略を採択するとします。

図 6-2：競合相手の対抗手段



競合相手を A 社及び B 社だけとして、この A 社及び B 社との競合状況を考慮したモデルを作成しなさい。なお、複雑さを避けるために、A 社、B 社を別のモジュールにすることを薦めます。

また、市場占有率は、市場占有率を増やす営業活動をしなれば、平均 10 年で減少すると
して下さい。このしくみは、前に述べた、A 製品群の既存顧客の減少と同じです。つまり、

$$\text{市場占有率減少} = \text{市場占有率} / \text{平均市場減少期間} + \text{競合効果} \quad (7-1)$$

$$\text{平均市場減少期間} = 10 \quad (7-2)$$

$$\text{競合効果} = (\text{A 社競合効果} + \text{B 社競合効果}) * (\text{市場占有率} / (\text{市場占有率} + \text{A 社市場占有率} + \text{B 社市場占有率})) \quad (7-3)$$

となります。他社の市場占有率増強活動は、この会社の市場占有率を減少させる効果をも
たらすこと、その効果は、この会社の市場占有率で効いています。こうして、競合他社が
市場占有率を巡って足の引っ張り合いを行うというように考えます。

念のため、以下の条件を考慮することをお忘れなく。

- ・ A 社、B 社は競合度によって販売価格を変えるはずである。これがどのように変わるかが
知りたい。
- ・ A 社、B 社は競争度によって宣伝費を変えるはずである。どのように変わるかを知りたい。
- ・ しかし、S 社はどう変えるかはまだ決めていない。これは、シミュレーションによって決
めたい。

表 7-3 : 2015 年における状態

2015 年	対象企業 (S 社)	A 社	B 社
市場占有率	10%	40%	30%
既存顧客 (社)	2,000	8,000	6,000
宣伝費比率	2%	不明	不明
営業人件費比率	14%	不明	不明
対市場営業効果	不明	不明	不明
ロコミ効果	0.25%	0.25%	0.25%
平均販売価格 (千円)	10	10	10
製品寿命 (年)	10	10	10

それでは、この市場条件を考慮してモデルを作成しなさい。

(2) シミュレーション

シミュレーションを実施しなさい。そして、競合相手がどのように価格を変えるか、ど
のように広告宣伝費を費やすかを示しなさい。

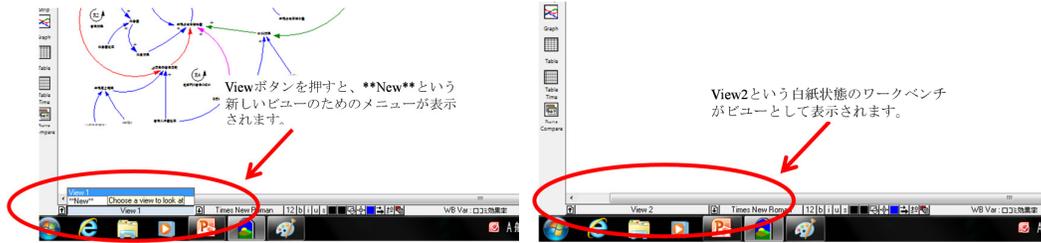
A 社、B 社共に、あまりこの会社の製品と競合するミッド・レンジの領域の製品の性能が
良くないので、ロコミ効果が低く 0.2%しかないとします。競争状態はどのように変化す
るのでしょうか？

このモデル及びシミュレーション結果を踏まえ、この会社の営業計画についてコメント
をして下さい。

(3) モジュールで表現する方法

ここでは、Vnsim PLE の View という機能を使います。

図 6-3 : View を使った、モジュールの作成

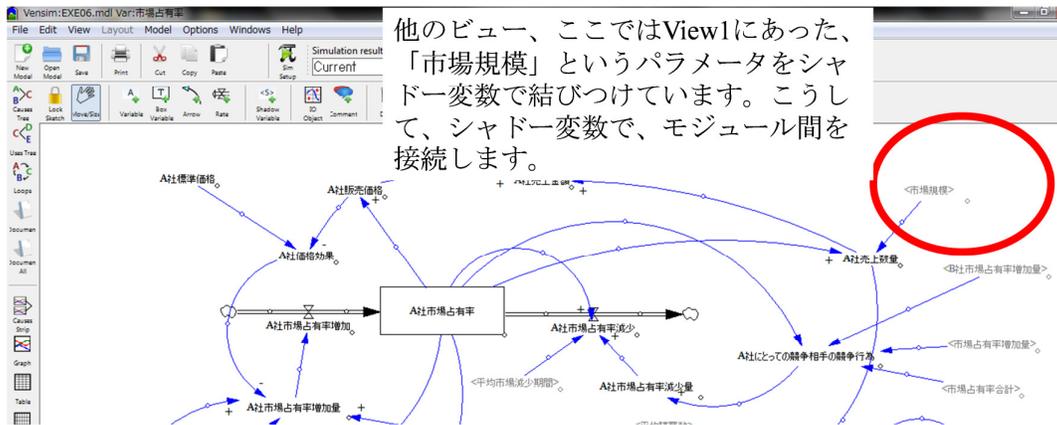


まず、画面下にある View というボタンをクリックすると、**New** という新しいビューのためのメニューが表示されます。ここで、この**New** を選択すると、新しい View が作成されます。図 6-3 右の例では View2 という新しいビューが作成されていますが、同じように、View3、View4 といくらでも新しいビューが作成できます。この白紙状態の画面でモデルを記載していきます。

なお、構造が同じである場合、コピーと貼り付けの機能を使うと、同じものを複製できます。ただし、変数名の後に 0、00 といった連番が自動的に付きます。

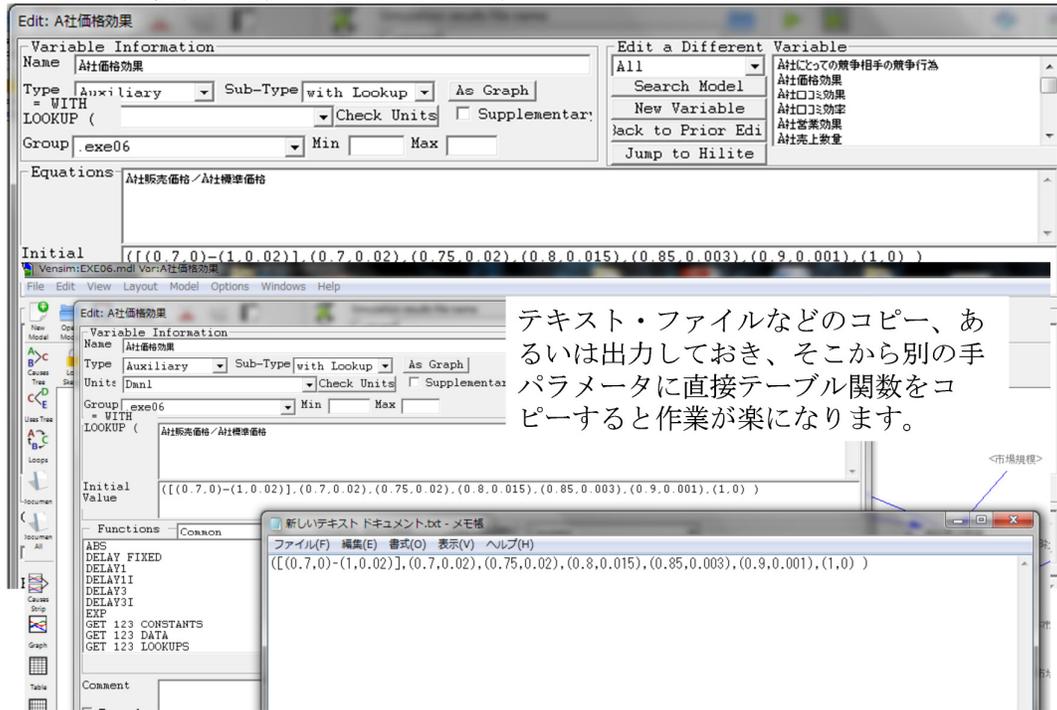
新しいビューに存在するモジュールと、前のビューにあるモジュールとの連結は、シャドー変数と呼び出し、それを使って連結します。図 6-4 の例では、View1 に存在する「市場」をシャドー変数として使い、このシャドー変数の「市場」というパラメータを使って、View1 の市場モジュールと View2 にある A 社のモジュールを結合しています。

図 6-4 : シャドー変数によるモジュール間の結合



他のビュー、ここではView1にあった、「市場規模」というパラメータをシャドー変数で結びつけています。こうして、シャドー変数で、モジュール間を接続します。

図 6-5：既存の変数のテーブル参照関数への変更とテキストファイルからのコピー

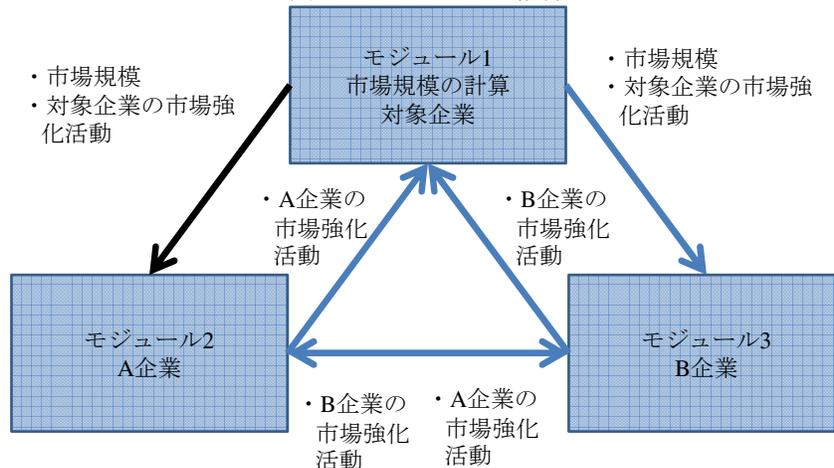


テキスト・ファイルなどのコピー、あるいは出力しておき、そこから別の手パラメータに直接テーブル関数をコピーすると作業が楽になります。

既存の変数からテーブル参照関数に変えるには、パラメータの種類は必ず **Auxiliary** にすることが必要です。また、テーブルが同じようなパターンの場合、.txt ファイルなどにコピーしておき、そこからコピーすると便利です。

このようにして、何かまとまりのある部分をモジュールにしていくと、モデルそのものも単純化して表示できること、モジュールそのものが一種の独立したモデルになっているので、他のモデルを作成する際に、このモジュールを部品のように使うことで、モデル開発の時間短縮を図ることができます。

図 6-6：モジュール結合

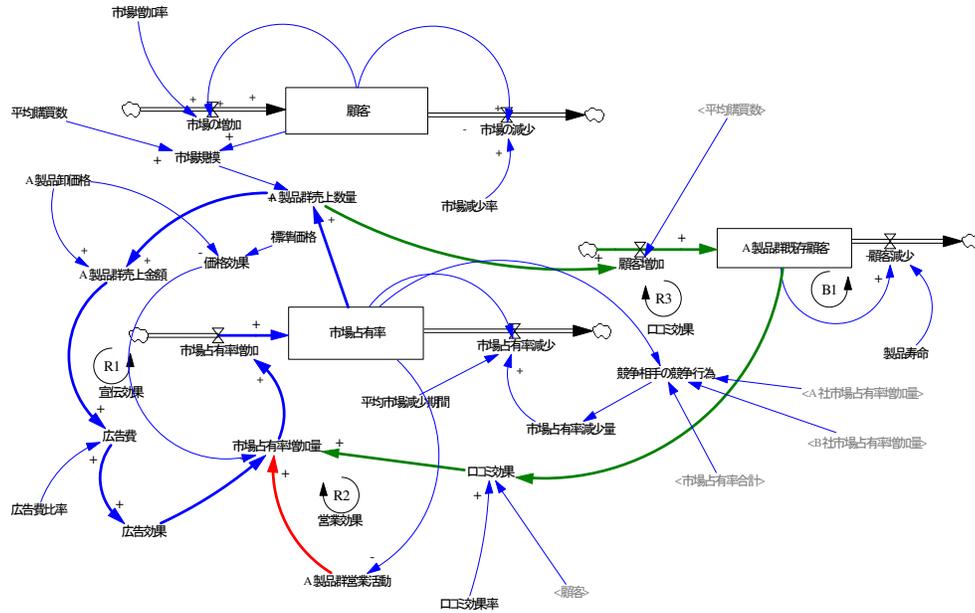


(4) 模範解答

1) モデル

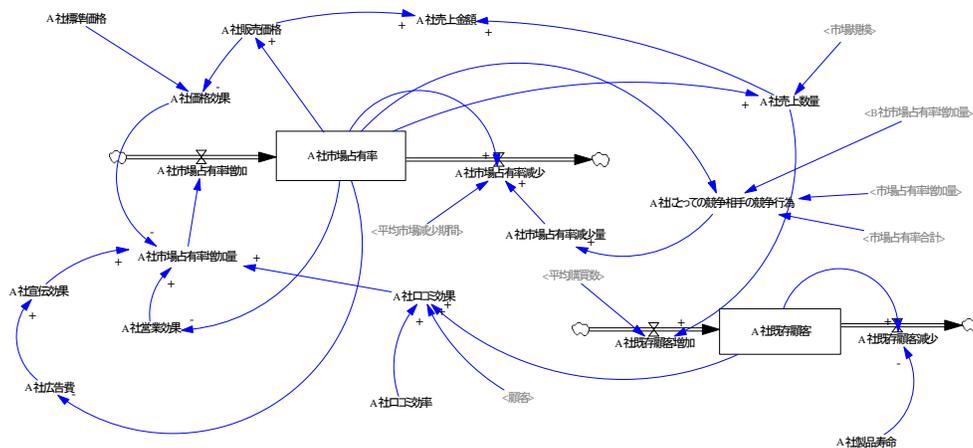
図 6-6 に対象企業と市場のモジュールが示されています。この部分は、今までの延長です。違いは、営業効果を、他のモジュールと同じにした点と、市場占有率減少効果を取り入れたことです。

図 6-7：ビュー1 の市場と対象企業のモジュール



営業効果は、市場占有率が下がってくれば、この企業も競合他社と同じような行為、つまり、顧客を一件づつ訪問し、市場占有率回復を行うような営業を行わなければならないからです。

図 6-8：A 社のモジュール



2) シミュレーション

図 6-11：競合状態のシミュレーション結果

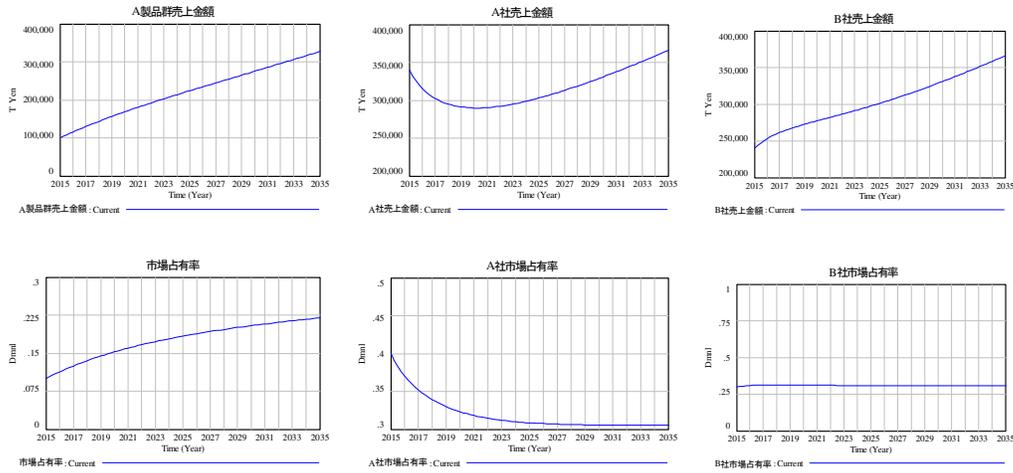


図 6-12：競争相手の販売価格

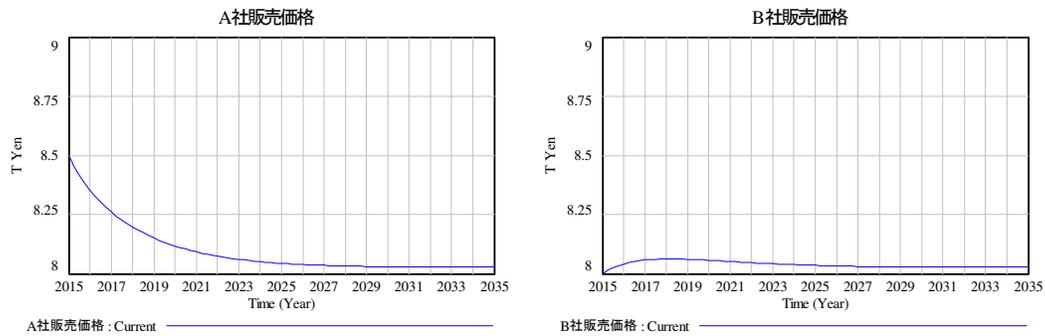
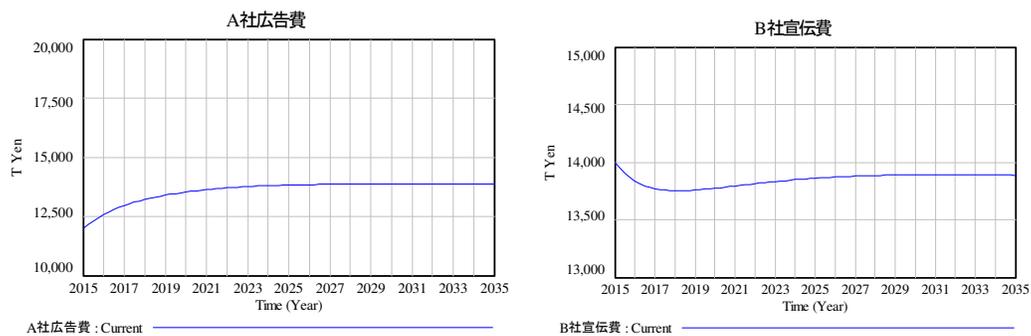
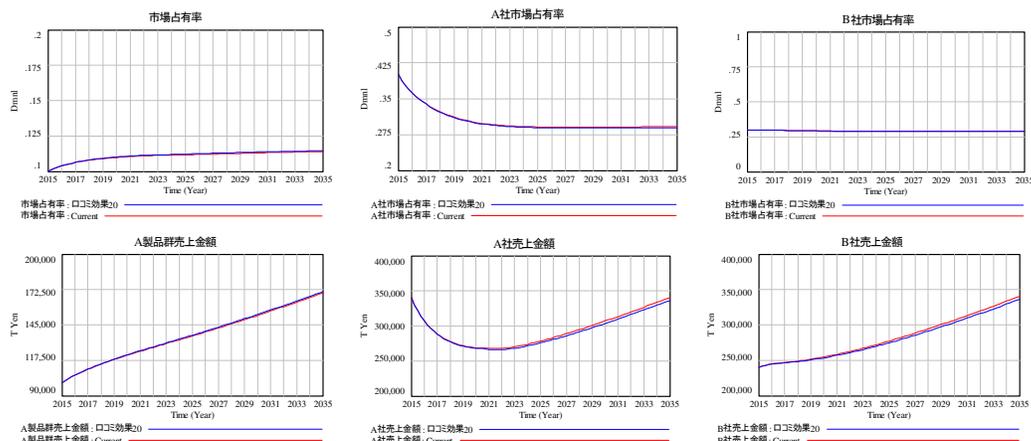


図 6-13：競争相手の広告費



競合は長期的には均衡点で落ち着き安置します。競合相手の A 社、B 社共に約 8 千円までの価格にすると思われます。同じく、宣伝広告費も 1.4 億円程度をかけると思われます。

図 6-14：ロコミ効果の変化



ロコミ効果も、この程度では大きな差にはなれません。対象企業はもっとロコミ効果を高めるような戦略、例えば、既存顧客を対象としたユーザーズ・クラブなどの設置、セミナーなどでの最新情報の提供などの活動を通じて、ロコミで販売が広がるような工夫を採択すべきでしょう。

また、営業計画は競争関係をあまり意識していない、楽観的すぎる計画であると言えます。このような競争条件では、この企業の市場占有率は約 11%でサチュレートしてしまいます。B社は現行の戦略をあまり変えないでしょうが、A社は何らかの手を売ってくるはずですが。この会社も、新製品投入、ハイエンド、ローエンドなどへの製品投入、そしてニッチ・マーケットをもっと開拓すべきであると考えられます。

3) 定義式

- (01) A社にとっての競争相手の競争行為=(B社市場占有率増加量+市場占有率増加量)*(A社市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (02) A社価格効果 = WITH LOOKUP (A社販売価格/A社標準価格, [(0.7,0)-(1,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.003),(0.9,0.001),(1,0))
Units: Dmnl
- (03) A社ロコミ効果=(A社既存顧客/顧客)*A社ロコミ効率
Units: Dmnl
- (04) A社ロコミ効率=0.002
Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (05) A社営業効果 = WITH LOOKUP (A社市場占有率, [(0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0.01))
Units: Dmnl
- (06) A社売上数量=市場規模*A社市場占有率
Units: Unit
- (07) A社売上金額=A社売上数量*A社販売価格
Units: 千円
- (08) A社宣伝効果 = WITH LOOKUP (A社広告費, [(2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02))
Units: Dmnl

- (09) A社市場占有率= INTEG (A社市場占有率増加-A社市場占有率減少,0.4)
Units: Dmnl
- (10) A社市場占有率増加=A社市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (11) A社市場占有率増加量=A社価格効果+A社口コミ効果+A社営業効果+A社宣伝効果
Units: Dmnl
- (12) A社市場占有率減少=(A社市場占有率/平均市場減少期間)+A社市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (13) A社市場占有率減少量=A社にとっての競争相手の競争行為
Units: Dmnl
- (14) A社広告費 = WITH LOOKUP (A社市場占有率,
([(0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0.25,15000),(0.3,14000),(0.35,13000),(0.4,12000),(0.45,11000),(0.5,10000),(0.55,9000),(0.6,8000),(0.65,7000),(1,7000)))
Units: 千円
- (15) A社既存顧客= INTEG (A社既存顧客増加-A社既存顧客減少,4000/5)
Units: 社
- (16) A社既存顧客増加=A社売上数量/平均購買数
Units: 社
- (17) A社既存顧客減少=A社既存顧客/A社製品寿命
Units: 社
- (18) A社標準価格=10
Units: 千円
- (19) A社製品寿命=10
Units: Year
- (20) A社販売価格 = WITH LOOKUP (A社市場占有率,
([(0,7)-(1,10)],(0,7),(0.25,7),(0.3,8),(0.4,8.5),(0.45,9),(0.5,9),(0.55,9.5),(0.6,9.5),(0.65,10),(0.9,10),(1,10)))
Units: 千円
- (21) A製品卸価格=10
Units: 千円
change to 11 and 9 from 10
- (22) A製品群営業活動 = WITH LOOKUP (市場占有率,
([(0,0)-(20,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0),(20,0)))
Units: Dmnl
- (23) A製品群売上数量=市場規模*市場占有率
Units: Unit
- (24) A製品群売上金額=A製品群売上数量*A製品卸価格
Units: 千円
- (25) A製品群既存顧客= INTEG (顧客増加-顧客減少,10000)
Units: 社
- (26) B社にとっての競争相手の競争行為=(A社市場占有率増加+市場占有率増加量)*(B社市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (27) B社価格効果 = WITH LOOKUP (B社販売価格/B社標準価格,
([(0.7,0)-(1,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.003),(0.9,0.001),(1,0)))
Units: Dmnl
- (28) B社口コミ効果=(B社既存顧客*B社口コミ効果率)/顧客
Units: Dmnl

- (29) B 社口コミ効果率=0.002
Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (30) B 社営業効果 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0.001)))
Units: Dmnl
- (31) B 社売上数量=市場規模*B 社市場占有率
Units: Unit
- (32) B 社売上金額=B 社売上数量*B 社販売価格
Units: 千円
- (33) B 社宣伝効果 = WITH LOOKUP (B 社宣伝費,
((2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02)))
Units: Dmnl
- (34) B 社宣伝費 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0.25,15000),(0.3,14000),(0.35,13000),(0.4,12000),(0.45,11000),(0.5,10000),(0.55,9000),(0.6,8000),(0.65,7000),(1,7000)))
Units: 千円
- (35) B 社市場占有率= INTEG (B 社市場占有率増加-B 社市場占有率減少,0.3)
Units: Dmnl
- (36) B 社市場占有率増加=B 社市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (37) B 社市場占有率増加量=B 社価格効果+B 社口コミ効果+B 社営業効果+B 社宣伝効果
Units: Dmnl
- (38) B 社市場占有率減少=(B 社市場占有率/平均市場減少期間)+B 社市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (39) B 社市場占有率減少量=B 社にとっての競争相手の競争行為
Units: Dmnl
- (40) B 社既存顧客= INTEG (B 社既存顧客増加-B 社既存顧客減少,30000/5)
Units: 千円
- (41) B 社既存顧客増加=B 社売上数量/平均購買数
Units: 社
- (42) B 社既存顧客減少=B 社既存顧客/B 社製品寿命
Units: 社
- (43) B 社標準価格=10
Units: 千円
- (44) B 社製品寿命=10
Units: Year
- (45) B 社販売価格 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,7)-(1,10)],(0,7),(0.25,7),(0.3,8),(0.4,8.5),(0.45,9),(0.5,9),(0.55,9.5),(0.6,9.5),(0.65,10),(0.9,10),(1,10)))
Units: 千円
- (46) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (47) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (48) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]

- The frequency with which output is stored.
- (49) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
- The time step for the simulation.
- (50) 価格効果 = WITH LOOKUP (A 製品卸価格/標準価格,
([(0.7,-0.02)-(1.2,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.007),(0.9,0.003),(0.95,0.001),(1,0),(1.05,0),(1.1,-0.005),(1.15,-0.01),(1.2,-0.02)))
Units: Dmnl
- (51) 口コミ効果=(A 製品群既存顧客* 口コミ効果率)/顧客
Units: Dmnl
- (52) 口コミ効果率=0.0025
Units: Dmnl
change to 0.0025, 0.005, and 0.0075
- (53) 市場の増加=顧客*市場増加率
Units: Unit
- (54) 市場の減少=顧客*市場減少率
Units: Unit
- (55) 市場占有率= INTEG (市場占有率増加-市場占有率減少,0.1)
Units: Dmnl
- (56) 市場占有率合計=A 社市場占有率+B 社市場占有率+市場占有率
Units: Dmnl
- (57) 市場占有率増加=市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (58) 市場占有率増加量=広告効果+A 製品群営業活動+ 口コミ効果+価格効果
Units: Dmnl
- (59) 市場占有率減少=(市場占有率/平均市場減少期間)+市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (60) 市場占有率減少量=競争相手の競争行為
Units: Dmnl
- (61) 市場増加率=0.12
Units: Dmnl
- (62) 市場減少率=0.1
Units: Dmnl
- (63) 市場規模=顧客*平均購買数
Units: ロット
- (64) 平均市場減少期間=10
Units: Year
- (65) 平均購買数=5
Units: ロット/社
- (66) 広告効果 = WITH LOOKUP (広告費,
([(0,0)-(1e+007,0.028)],(0,0),(3000,0.001),(6000,0.001),(9000,0.002),(12000,0.005),(15000,0.01),(18000,0.02),(21000,0.02),(27000,0.02),(30000,0.02),(39000,0.02),(48000,0.02),(54000,0.02),(57000,0.02)))
Units: Dmnl
- (67) 広告費=A 製品群売上金額*広告費比率
Units: 千円
- (68) 広告費比率=0.02
Units: Dmnl
change to 0.025 and 0.03 from 0.02
- (69) 標準価格=10
Units: 千円

- (70) 競争相手の競争行為=(A 社市場占有率増加量+B 社市場占有率増加量)*(市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (71) 製品寿命=10
Units: Year
- (72) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少,2000)
Units: 社
- (73) 顧客増加=A 製品群売上数量/平均購買数
Units: 社
- (74) 顧客減少=A 製品群既存顧客/製品寿命
Units: 社

この演習は、少し複雑に感じたかも知れませんが、A 社のモジュールの B 社のモジュールもただ S 社のものをコピーしただけですので、SD でモデルを使い慣れてくると、このようなモデルはあまり複雑とは感じなくなると思います。通常、複雑なように見えるシステムも、よく見ると似たような部分や繰り返しが多くあります。そのような繰り返しの部分、特に等式定義やテーブル参照関数の定義では、紹介したようなテクニックを使って、コピー&ペーストで複写することで、それほど苦労しなくともモデルを構築できるようになるでしょう。複雑というのは、構造にパターンや繰り返しが無いか、構造は複雑ではないが、要素の振る舞いが複雑なために、全体の振る舞いが複雑になるかどうかであり、複雑そうに見えても、何かをパターンのように繰り返しているだけのようなのは、複雑そうに見えるだけのことで、本質的には複雑なわけではありません。見かけに騙されないことが重要です。

(5) 練習問題

この演習で取り上げたモデルに、市場占有率 5%の D 社を追加し、市場競争状況をシミュレーションしてみなさい。広告宣伝費に関しては、D 社はほとんどかけていません。また、価格は 9 千円で、D 社には価格を下げられない事情があります。営業担当も少ないので、営業効果を半分にして計算しなさい。

注：

6-1：厳密には、この業界に所属する企業の市場占有率を合計したものは常に 100%であるべきなので、この会社の市場占有率増加は他の会社の占有率減少と均衡する必要がありますが、ここでは簡便化のためにその制約を取り外しています。これを実現するためには、弾力係数を入れて均衡するように調整することが望ましいでしょう。いずれにしろ、市場増加のための活動の効果や変動幅を相対的に少なく設定し、平均市場占有率減少期間で調整していますので、多少の条件設定の変更では、3 社の合計市場占有率は初期値の合計値から大きく変動しないはずで

なお、市場占有率の初期値の違い以外の余分な制約やコントロール条件、市場占有率に対する感度や対応の違いをはずし、3 社共に同じ条件にしまえば、基本的には価格、宣伝費、市場占有率は均衡し、3 社同じくなっていきます。

競合相手の宣伝広告費の効果、口コミ効果、価格に関する市場感度、営業担当の活動の効果などはなかなか測定できないものなので、自社の各担当が日常の活動の中で感じている値を自社との相対値で決めて、シミュレーションで感度を確かめて決めていくというのも一つのやり方になると思います。

7. 演習-7：モジュールを挟むフィードバック・ループ（相互依存）

(1) モデル

対象企業は、A 製品群以外に B 製品群という個別設計受注生産型の製品群も取り扱っています。A 製品群と B 製品群は市場が少し異なりますが、A 製品群で受注を受けても、顧客の要件が仕様の合わない場合、顧客に説明し、顧客の同意が得られれば、B 製品群として、個別設計を行い、顧客の要件に合うような製品を製造しています。逆に、B 製品群で受注を受けても、A 製品群で対応が可能である場合は、顧客に推薦し、A 製品群として受注しています。A 製品群であれば、在庫があればすぐに納品できますので、顧客も長い納期を待たなくとも済みます。つまり、A 製品群と B 製品群はお互いに持ちつ持たれつの関係にあります。この持ちつ持たれつという効果を組み入れ、対象企業の営業計画を完全なものとしましょう。

表 7-1：B 製品群の営業計画

2015年7月1日現在：製品B

項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
顧客数	社	5,312	5,476	5,645	5,820	6,000	6,180	6,365	6,556	6,753	6,956
市場	個	26,559	27,380	28,227	29,100	30,000	30,900	31,827	32,782	33,765	34,778
市場増加率	%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
当社の市場占有率	%	30.1%	32.9%	35.4%	37.8%	40.00%	42.00%	44.00%	46.00%	48.00%	50.00%
製品の売上（個数）	個	8,000	9,000	10,000	11,000	12,000	12,978	14,004	15,080	16,207	17,389
製品の平均卸価格	千円	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
売上（金額）	千円	96,000	108,000	120,000	132,000	144,000	155,736	168,047	180,956	194,488	208,669
営業経費	千円	65,280	77,760	81,000	95,040	95,040	114,331	122,885	131,505	143,794	152,554
営業人件費	千円	57,600	64,800	72,000	79,200	79,200	97,200	104,400	111,600	122,400	129,600
宣伝・広告費	千円	960	1,080	1,200	1,320	1,440	1,557	1,680	1,810	1,945	2,087
会議費	千円	4,800	3,240	5,400	7,920	7,200	7,787	8,402	9,048	9,724	10,433
その他営業雑費	千円	1,920	8,640	2,400	6,600	7,200	7,787	8,402	9,048	9,724	10,433
営業収支	千円	30,720	30,240	39,000	36,960	48,960	41,405	45,161	49,450	50,694	56,116
営業収益率	%	32%	28%	33%	28%	34%	27%	27%	27%	26%	27%

表 7-1 が B 製品群の営業計画です。B 製品群は、個別設計であり、顧客との緊密な交渉が必要であるため、営業担当人員も多く配置されていて、その分人件費も高くなっています。ただ、現時点では C 社以外には個別設計受注を業務として行っている会社はなく、市場はブルー・オーシャンです。従って、モデルでは B 製品群に関し、競合状況を考慮する必要はありません。むしろ、A 製品では競合関係になった A 社、B 社からは一種の下請け的な企業というように見られています。

なお、A 製品群から約 5%の売上数量分が B 製品群に紹介され、B 製品群の売上に寄与しています。また、競合会社である A 社からは A 社の販売量の 5%、B 社からは B 社の販売量の 4%の量が、やはりこの対象企業に紹介され、B 製品の売上に寄与しています。これらの中には、A 社、B 社の OEM 的な製品として製造する分も含まれています。また、B 製品で受注した量の 5%が A 製品群の製品売上に寄与しています。

表 7-2：対市場営業人件費及び対市場宣伝費

市場売上額	千円	2015	2016	2017	2018	2019	2020	average
対売上営業人件費比率	%	55.0%	62.4%	62.1%	61.7%	62.9%	62.1%	61.0%
対市場営業人件費比率	%	22.0%	26.2%	27.3%	28.4%	30.2%	31.1%	27.5%
対売上宣伝費比率	%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
対市場宣伝費比率	%	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%

表 7-2 に営業人件費率及び宣伝費率を示しています。この平均値を使い、それぞれ、市場対比の 10%で売上増加に寄与するとしなさい。

分かります。営業成績を上げるためには、B 製品との連携が重要な要素となっていることが伺われます。

利益の話は、製造にも係ることなので、ここでは触れませんが、この対象企業にとって個別設計受注が大きな意味を持っていることが伺われます。

ここまでで、A 社、B 社との競合、B 製品との持ちつ持たれつの相互支援関係を述べてきました。ここには、人間の意思による頑張りといった、予め計算できない効果を含めていませんし、かなり前提条件を簡略していますが、それでも、B 製品はともかくも、A 製品に関しては、最初に紹介した営業計画のようにはいかなく、A 製品群は競争があるため、市場占有率を 20% までは伸ばせるでしょうが、当初の計画のように 30% といった市場占有率を確保することが難しいことが理解できると思います。従って、このままであれば、当初の営業計画はかなり検討が必要のように思われます。

ただ、ここには、比較的關係が良好な A 社と提携し、A 社の OEM 製造受託、新製品開発等の事項が含まれていませんので、こういった条件を組み込むことで、当初の営業計画を達成することができるかも知れません。

図 7-3 : A 製品売上金額と市場占有率

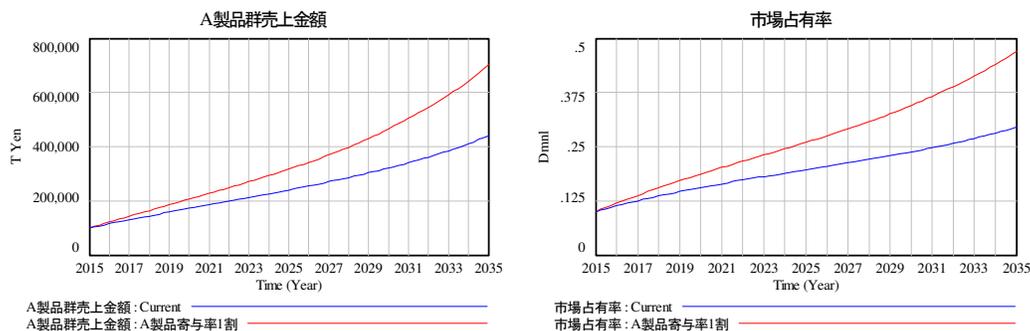


図 7-4 : B 製品の売上金額と販売量 (顧客数)

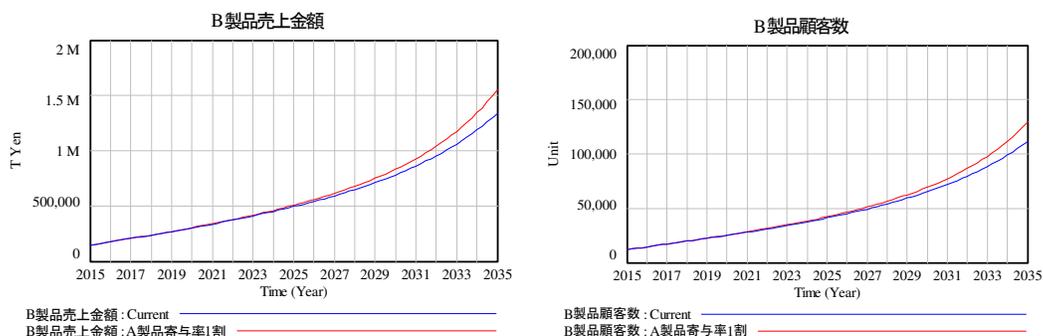
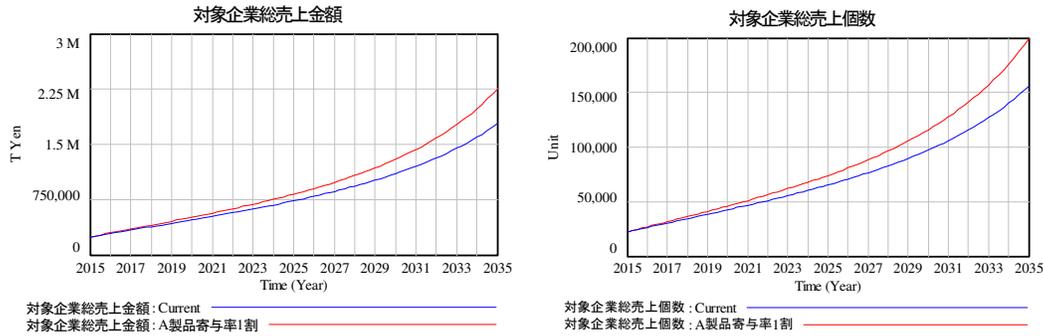


図 7-5 : 対象企業の売上金額と販売量



3) 定義式

- (001) A社からの紹介 = A社売上数量 * A社からの融通比率
Units: Unit
- (002) A社からの融通比率 = 0.05
Units: Dmnl
- (003) A社にとっての競争相手の競争行為 = (B社市場占有率増加量 + 市場占有率増加量) * (A社市場占有率 / 市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (004) A社価格効果 = WITH LOOKUP (A社販売価格 / A社標準価格, [(0.7,0)-(1,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.003),(0.9,0.001),(1,0))
Units: Dmnl
- (005) A社口コミ効果 = (A社既存顧客 / 顧客) * A社口コミ効率
Units: Dmnl
- (006) A社口コミ効率 = 0.002
Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (007) A社営業効果 = WITH LOOKUP (A社市場占有率, [(0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0.01))
Units: Dmnl
- (008) A社売上数量 = 市場規模 * A社市場占有率
Units: Unit
- (009) A社売上金額 = A社売上数量 * A社販売価格
Units: T Yen
- (010) A社宣伝効果 = WITH LOOKUP (A社広告費, [(2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02))
Units: Dmnl
- (011) A社市場占有率 = INTEG (A社市場占有率増加 - A社市場占有率減少, 0.4)
Units: Dmnl
- (012) A社市場占有率増加 = A社市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (013) A社市場占有率増加量 = A社価格効果 + A社口コミ効果 + A社営業効果 + A社宣伝効果
Units: Dmnl
- (014) A社市場占有率減少 = (A社市場占有率 / 平均市場減少期間) + A社市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (015) A社市場占有率減少量 = A社にとっての競争相手の競争行為

- Units: Dmnl
- (016) A 社広告費 = WITH LOOKUP (A 社市場占有率,
 [(0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0,25,15000),(0,3,14000),(0,35,13000),(0,4,12000),(0,45,
 11000),(0,5,10000),(0,55,9000),(0,6,8000),(0,65,7000),(1,7000))
 Units: 千円
- (017) A 社既存顧客= INTEG (A 社既存顧客増加-A 社既存顧客減少,4000/5)
 Units: 社
- (018) A 社既存顧客増加=A 社売上数量/平均購買数
 Units: 社
- (019) A 社既存顧客減少=A 社既存顧客/A 社製品寿命
 Units: 社
- (020) A 社標準価格=10
 Units: 千円
- (021) A 社製品寿命=10
 Units: Year
- (022) A 社販売価格 = WITH LOOKUP (A 社市場占有率,
 [(0,7)-(1,10)],(0,7),(0,25,7),(0,3,8),(0,4,8.5),(0,45,9),(0,5,9),(0,55,9.5),(0,6,9.5),(0,65,10),
 (0,9,10),(1,10))
 Units: 千円
- (023) A 製品からの紹介=A 製品群売上数量*A 製品からの融通比率
 Units: Unit
- (024) A 製品からの融通比率=0.05
 Units: Dmnl
- (025) A 製品卸価格=10
 Units: 千円
 change to 11 and 9 from 10
- (026) A 製品群営業活動 = WITH LOOKUP (市場占有率,
 [(0,0)-(20,0.02)],(0,0.02),(0,35,0.02),(0,4,0.015),(0,45,0.01),(0,5,0.005),(0,55,0.001),(1,0),
 (20,0))
 Units: Dmnl
- (027) A 製品群売上数量=市場規模*市場占有率
 Units: Unit
- (028) A 製品群売上金額=A 製品群売上数量*A 製品卸価格
 Units: T Yen
- (029) A 製品群既存顧客= INTEG (顧客増加-顧客減少,10000/5)
 Units: 社
- (030) A 製品販売寄与率=0.05
 Units: Dmnl
 change from 0.05 to 0.1
- (031) B 社からの紹介=B 社売上数量*B 社からの融通比率
 Units: Unit
- (032) B 社からの融通比率=0.03
 Units: Dmnl
- (033) B 社にとっての競争相手の競争行為=(A 社市場占有率増加+市場占有率増加量)*(B
 社市場占有率/市場占有率合計)
 Units: Dmnl
- (034) B 社価格効果 = WITH LOOKUP (B 社販売価格/B 社標準価格,
 [(0,7,0)-(1,0.02)],(0,7,0.02),(0,75,0.02),(0,8,0.015),(0,85,0.003),(0,9,0.001),(1,0))
 Units: Dmnl
- (035) B 社ロコミ効果=(B 社既存顧客*B 社ロコミ効果率)/顧客

- Units: Dmnl
- (036) B 社口コミ効果率=0.002
Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (037) B 社営業効果 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0.001)))
Units: Dmnl
- (038) B 社売上数量=市場規模*B 社市場占有率
Units: Unit
- (039) B 社売上金額=B 社売上数量*B 社販売価格
Units: T Yen
- (040) B 社宣伝効果 = WITH LOOKUP (B 社宣伝費,
((2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02)))
Units: Dmnl
- (041) B 社宣伝費 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0.25,15000),(0.3,14000),(0.35,13000),(0.4,12000),(0.45,11000),(0.5,10000),(0.55,9000),(0.6,8000),(0.65,7000),(1,7000)))
Units: 千円
- (042) B 社市場占有率= INTEG (B 社市場占有率増加-B 社市場占有率減少,0.3)
Units: Dmnl
- (043) B 社市場占有率増加=B 社市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (044) B 社市場占有率増加量=B 社価格効果+B 社口コミ効果+B 社営業効果+B 社宣伝効果
Units: Dmnl
- (045) B 社市場占有率減少=(B 社市場占有率/平均市場減少期間)+B 社市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (046) B 社市場占有率減少量=B 社にとっての競争相手の競争行為
Units: Dmnl
- (047) B 社既存顧客= INTEG (B 社既存顧客増加-B 社既存顧客減少,30000/5)
Units: 社
- (048) B 社既存顧客増加=B 社売上数量/平均購買数
Units: 社
- (049) B 社既存顧客減少=B 社既存顧客/B 社製品寿命
Units: 社
- (050) B 社標準価格=10
Units: 千円
- (051) B 社製品寿命=10
Units: Year
- (052) B 社販売価格 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,7)-(1,10)],(0,7),(0.25,7),(0.3,8),(0.4,8.5),(0.45,9),(0.5,9),(0.55,9.5),(0.6,9.5),(0.65,10),(0.9,10),(1,10)))
Units: 千円
- (053) B 製品人件費比率=0.6
Units: Dmnl
- (054) B 製品口コミ効果=B 製品販売量*B 製品口コミ効果率
Units: Unit
- (055) B 製品口コミ効果率=0.0025
Units: Dmnl
- (056) B 製品営業人権費対市場比率=B 製品担当営業人件費/B 製品市場売上

- Units: Dmnl
- (057) B 製品増加= A 社からの紹介+ B 社からの紹介+ A 製品からの紹介+ B 製品担当営業の営業効果+ B 製品宣伝効果+ B 製品口コミ効果
Units: Unit
- (058) B 製品売上金額= B 製品販売量* B 製品販売価格
Units: 千円
- (059) B 製品宣伝効果= B 製品販売量*(B 製品宣伝費対市場比率/10)
Units: Dmnl
- (060) B 製品宣伝費= B 製品売上金額* B 製品宣伝費比率
Units: T Yen
- (061) B 製品宣伝費対市場比率= B 製品宣伝費/ B 製品市場売上
Units: Dmnl
- (062) B 製品宣伝費比率=0.27
Units: Dmnl
- (063) B 製品市場= INTEG (B 製品市場増加,30000)
Units: Unit
- (064) B 製品市場増加= B 製品市場* B 製品市場増加率
Units: Unit
- (065) B 製品市場増加率=0.03
Units: Dmnl
- (066) B 製品市場売上= B 製品市場* B 製品販売価格
Units: 千円
- (067) B 製品担当営業の営業効果= B 製品販売量*(B 製品営業人権費対市場比率/10)
Units: Dmnl
- (068) B 製品担当営業の紹介=(B 製品販売量* A 製品販売寄与率)/市場規模
Units: Dmnl
- (069) B 製品担当営業人件費= B 製品売上金額* B 製品人件費比率
Units: 千円
- (070) B 製品減少= B 製品販売量/ B 製品製品寿命
Units: Unit
- (071) B 製品製品寿命=10
Units: Year
- (072) B 製品販売価格=12
Units: 千円
- (073) B 製品販売量= INTEG (B 製品増加- B 製品減少,12000)
Units: Unit
- (074) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (075) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- 076) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (077) S 社売上金額= A 製品群売上金額+ B 製品売上金額
Units: 千円
- (078) S 社総売上個数= A 製品群売上数量+ B 製品販売量
Units: Unit
- (079) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]

- The time step for the simulation.
- (080) 価格効果 = WITH LOOKUP (A 製品卸価格/標準価格,
 ((0.7,-0.02)-(1.2,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.007),(0.9,0.003),(0.95,0.001),(1,0),(1.05,0),(1.1,-0.005),(1.15,-0.01),(1.2,-0.02))
 Units: Dmnl
- (081) 口コミ効果=(A 製品群既存顧客* 口コミ効果率)/顧客
 Units: Dmnl
- (082) 口コミ効果率=0.0025
 Units: Dmnl
 change to 0.0025, 0.005, and 0.0075
- (083) 市場の増加=顧客*市場増加率
 Units: 社
- (084) 市場の減少=顧客*市場減少率
 Units: 社
- (085) 市場占有率= INTEG (市場占有率増加-市場占有率減少,0.1)
 Units: Dmnl
- (086) 市場占有率合計=A 社市場占有率+B 社市場占有率+市場占有率
 Units: Dmnl
- (087) 市場占有率増加=市場占有率増加量
 Units: Dmnl
- (088) 市場占有率増加量=広告効果+A 製品群営業活動+ 口コミ効果+価格効果+B 製品担当営業の紹介
 Units: Dmnl
- (089) 市場占有率減少=(市場占有率/平均市場減少期間)+市場占有率減少量
 Units: Dmnl
- (090) 市場占有率減少量=競争相手の競争行為
 Units: Dmnl
- (091) 市場増加率=0.12
 Units: Dmnl
- (092) 市場減少率=0.1
 Units: Dmnl
- (093) 市場規模=顧客*平均購買数
 Units: ロット/社
- (094) 平均市場減少期間=10
 Units: Year
- (095) 平均購買数=5
 Units: Unit
- (096) 広告効果 = WITH LOOKUP (広告費,
 ((0,0)-(1e+007,0.028)],(0,0),(3000,0.001),(6000,0.001),(9000,0.002),(12000,0.005),(15000,0.01),(18000,0.02),(21000,0.02),(27000,0.02),(30000,0.02),(39000,0.02),(48000,0.02),(54000,0.02),(57000,0.02)))
 Units: Dmnl
- (097) 広告費=A 製品群売上金額*広告費比率
 Units: 千円
- (098) 広告費比率=0.02
 Units: Dmnl
 change to 0.025 and 0.03 from 0.02
- (099) 標準価格=10
 Units: 千円
- (100) 競争相手の競争行為=(A 社市場占有率増加量+B 社市場占有率増加量)*(市場占有率

/市場占有率合計)

Units: Dmnl

(101) 製品寿命=10

Units: Year

(102) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少,2000)

Units: 社

(103) 顧客増加=A 製品群売上数量/平均購買数

Units: 社

(104) 顧客減少=A 製品群既存顧客/製品寿命

Units: 社

(4) 練習問題

1) 持ちつ持たれつという関係が B 社、C 社にも存在します。B 社は売上の 5%を C 社に流し、C 社から C 社の売り上げの 5%の斡旋を受けているとします。C 社は個別設計受注専用の会社で、その売り上げ規模（数量）は対象企業の 10 分の 1 であると推定されます。また平均製品卸価格は 1 万円と推定されています。B 社からの斡旋を得て、年平均 4%の売り上げ増加を続けています。宣伝広告はあまり行っていませんが、営業担当の営業活動は活発です。B 社からの斡旋と営業活動で売上増加になると考え、この要素を組み込んだモデルを構築しなさい。

2) このシミュレーション結果を踏まえ、当初の営業計画を変更する必要があると思いますか？もし必要がないと答えた人はその理由を述べて下さい。あるいは、この段階では他にも考慮する点があるので、計画を変更しないと考えた人は、それでは他に何を考慮したら判断を下せるのか、検討項目およびその検討方法を述べて下さい。また、変更の必要があると答えた人は、変更した営業計画を示して下さい。これまでのモデルで、変更したい部分があれば、その理由を述べ、変更してもらっても構いません。（例えば、競合相手の D 社のことは、練習問題では取り上げましたが、このモデルでは取り上げていません。）

B: モジュールを組むというやり方でのモデル構築：製造計画編

パート A では、モデル進化という方法を学習しました。そういった、何かコアを中心にモデルを構築していてもいいのですが、モデル構築に習熟してくると、何度も似たようなモデルを開発することになります。そうなる、そういった、よく分かっているモデルを一種のモジュールのように使ってモデルを開発するようになります。つまり、十分分かっているモデルをモジュールにし、それを組み合わせてモデルを構築するというやり方、あるいは、さらに、それに、対象に合わせて変更や追加を行うというやり方を実務的に身に付けてくるでしょう。

このやり方を採択するためには、予め対象とするモデルの全体像が分かっている必要があります。もちろん、細部まで分かっている必要はないのですが、全体がこんな構造であり、こういったモジュールに分けられる、あるいはこういったモジュールの組み合わせで全体のモデルを構築できることが分かって、そのような全体像からモジュールに落とし、モジュールを詳細化していくというモデルの開発手法です。

ここでは、これまでさんざん説明してきた製造業の製造プロセスを考えてみます。この会社の製造モデルでは、これまでの説明で、すでに十分推察できると思います。つまり、モデルの構造がすでに分かっていると思います。3つのプロセス、A 製品の在庫管理、つまり、A 製品を受注し、在庫があれば出荷する。在庫の状態を見て、社内発注するという在庫管理プロセス、A 製品を社内受注し、製造計画に廻し、製造するという A 製品製造プロセス、B 製品を受注し、設計、プロトタイプ試験、製造設計を経て製造計画に廻し製造するという B 製品製造プロセスの3つのプロセスを表現するモジュールを作成し、この3つのモジュールを、接続すればいいわけです。

ということで、単純な生産のモデル、工場倉庫の在庫管理、長いプロセスがあるパイプライン型の別の種類の生産プロセスという3つのパーツを考え、それを組み合わせ、生産計画のモデルを構築します。さらには、この演習を通し、こういった、モジュールを組んでいくというモデル開発のやり方をここでは説明します。

なお、先の営業計画編で、EXCEL で作成した単純な販売計画は、競合ということ考えると実用的ではなく、多分、この計画通りにはいかないであろうということを説明しました。しかし、ここでの製造計画は、営業担当が作成した営業計画を基に、製造担当が製造計画を策定したという前提で進めます。

もし、チャレンジしたい読者がいれば、是非、営業計画を修正し、その修正した計画を基に、製造モデル作成や製造計画修正を試みてみて下さい。

8. 演習-8：平滑化（生産）

ここからは製造計画について説明していきます。この企業はシリコン、金属、プラスチック、塗装剤を原材料を使って製品を製造しています。また、製品製造では多量の電気を消費します。

製造側から見た話ですが、実は A 製品群も B 製品群もほとんど同じです。違いは、B 製品群には、設計、プロトタイプ制作とテストという工程が入り、製造開始までの期間が長いこと、製造の流れや仕様する加工機械が製品によって少し異なること、製品完成後は、製品によってプログラミングという製造工程が余分に加わることです。また、B 製品の製造個数は、キャンセルがあるかも知れないという可能性は別として、半年以上前に決まっています。顧客との立会で試作品の最終テストが行われ、顧客の最終発注確認が得られると、すぐに 1 週間後の製造計画に組み入れられます。

図 8-1：製品受注・製造プロセス

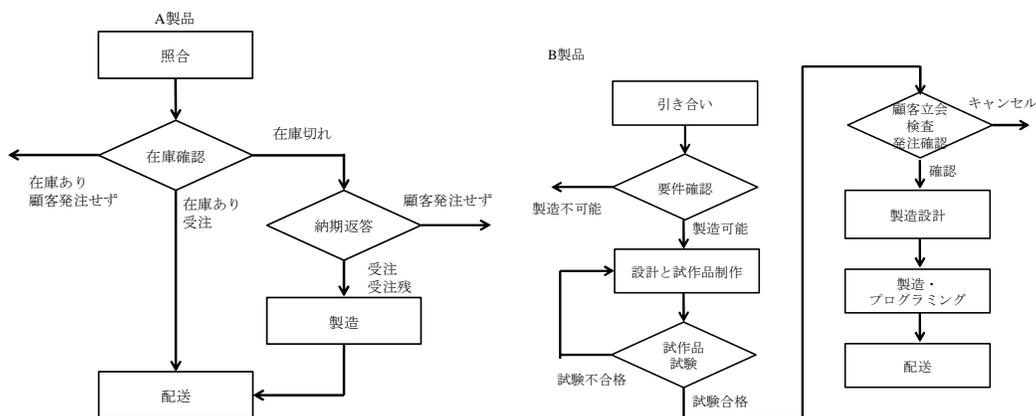


図 8-1 に製造プロセスを記載しています。製造からの製造優先順位は、

- ・ B 製品の製造
- ・ 特に A 製品担当営業から緊急品として受けた A 製品の製造（在庫が無い場合）
- ・ 在庫管理担当から発注を受けた A 製品の製造。

となりますが、在庫が無い場合、顧客は、別の会社に発注するので、2 番目のような事態はあまり多く発生しません。

表 8-1：製造計画

2015年7月1日現在：製造計画											
項目・年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
A製品販売計画数量	10,000	12,240	14,566	16,979	19,484	22,082	24,776	27,568	30,463	33,463	36,570
B製品販売計画数量	12,000	12,978	14,004	15,080	16,207	17,389	18,627	19,924	21,282	22,703	24,190
合計	22,000	25,218	28,569	32,059	35,691	39,471	43,403	47,492	51,745	56,166	60,760
週の平均受注量											
A製品販売計画数量(変動なし)	200	245	291	340	390	442	496	551	609	669	731
A製品販売計画数量(90%)	180	220	262	306	351	397	446	496	548	602	658
B製品からの稯旋(5%)	12	13	14	15	16	17	19	20	21	23	24
A製品受注振れ幅(20%)	40	49	58	68	78	88	99	110	122	134	146
A製品受注振れ幅合計	52	62	72	83	94	106	118	130	143	157	170
B製品販売計画数量(変動なし)	240	260	280	302	324	348	373	398	426	454	484
A製品による変動(5%)	10	12	15	17	19	22	25	28	30	33	37
合計	482	554	629	707	788	873	961	1,052	1,148	1,246	1,349
製造能力	450	550	600	650	750	800	900	950	1,050	1,150	1,250
変動が無い場合の平均製造量	440	504	571	641	714	789	868	950	1,035	1,123	1,215

単位：ロット

前の章で、営業計画について批判的なコメントを行いました。それはともかくも、表 8-1 が、最初の営業計画に基づいて、この会社の製造担当が作成した製造計画です。工場は 50 週で稼働していますので、50 週で割った平均必要製造量が示されています。(年末年始及び 8 月中の各 1 週間、機械整備、調整などのために工場は稼働を停止します。)

このうち、A 製品は常備在庫を行っておくのが望ましいので、在庫を持ちますが、B 製品は在庫を持つ必要がないので、在庫数から除外しています。

さらに、A 製品では受注変動が 20%あるので、その分を加味した製造量を製造することが計画されます。もちろん、これは、在庫で調整されますので、実際にこのようになる必要はないのですが、製造能力を見る上では、最大稼働能力という点で考慮しておく必要があることとして同意できます。

A 製品、B 製品で少し差はありますが、その工程の差を無視すると、製造は、原材料加工、アセンブリ、品質検査を含め 4 週間で完成します。

なお、これまで個数と言っているのは、ロットの個数です。A 製品に関しては、受注、在庫及び製造はロット単位で行っています。しかし、B 製品に関しては受注生産なので、1.5 ロットといった端数も受け付けています。

(1) モデル

製造担当(製造部製造計画担当)は以下のようにして毎週の製造計画を策定しています。

- ・在庫管理担当者からの社内発注を受け、4 週間で平滑化し、A 製品の製造量を定める。こうすると 4 週間の製造遅れになるが、在庫で調整される話なので、製造では、製造量の平滑化を優先する。
- ・B 製品との合計数量を計算する。
- ・合計数量と製造能力を比べ、製造能力を超えていたら、超えた分をカットする。カットされるのは A 製品なので、在庫で調整してもらう。
- ・こうして求めた製造数量を 1 週間の製造計画として、製造工程に回す。

製造では、受注に大きな変動があると対応できません。従って、製造個数の上限は製造能力で決まります。また、製造はできるだけ同じように行いたいので、あまり製造個数の変化があるのは困ります。理想的には毎週同じ個数を製造するのが望ましいわけですが。そのため、平滑化という手法で、変動を取り除き、なるべく同じようなペースで製造ができるような努力を行います。

ただし、B 製品は半年以上前から生産量も生産時期も決まっている話であるので、生産では B 製品の生産を優先します。また、変動幅もあまり大きなものではないのでそのまま受け入れます。

工場の生産のモデルを構築し、A 製品の社内発注と生産の差を示して下さい。

工場では、A 製品社内発注を製造期間である 4 週間で平滑化したものを A 製品製造計画量とします。A 製品社内発注量は、暫定的ですが、

$$A \text{ 製品社内発注量} = A \text{ 製品販売計画数量} + A \text{ 製品受注振れ幅合計} \quad (8-1)$$

$$A \text{ 製品販売計画数量} = 180 \quad (8-2)$$

$$A \text{ 製品受注振れ幅合計} = \text{RANDOM UNIFORM}(0, 52, 0) \quad (8-3)$$

として下さい。

この数量に B 製品製造計画量を加えたものを製造します。B 製品製造計画量は、

$$B \text{ 製品社内発注量} = B \text{ 製品販売計画数量} + B \text{ 製品受注振れ幅合計} \quad (8-4)$$

$$B \text{ 製品販売計画数量} = 240 \quad (8-5)$$

$$B \text{ 製品受注振れ幅合計} = \text{RANDOM UNIFORM}(0, 10, 0) \quad (8-6)$$

として下さい。

この A 製品と B 製品の合計量を 4 週間かけて製造します。製造は完成したものから、4 週間を待たずに工場倉庫に運ばれます。

仕掛品の初期値は 440 個として下さい。

(2) シミュレーション

100 週でシミュレーションを行い、A 製品の受注と製造との差をチェックしてみてください。

なお、先の初期値では均衡状態からのスタートではないので、最初の 4+4=8 週間の変動は無視して下さい。

(3) 平滑化

平滑化は、移動平均で指数平滑するもので、ここでは 1 次の指数平滑化を想定します。

定義式は：

SMOOTH(入力, 平滑期間)

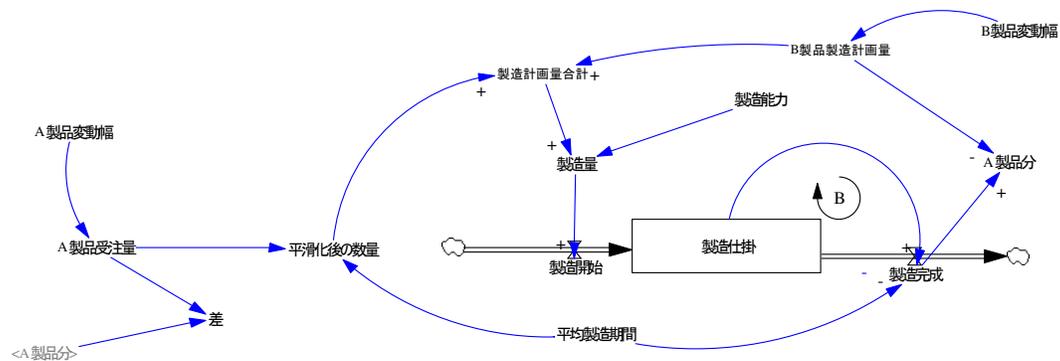
となります。入力値が平滑期間で平滑化されます。

(4) 模範解答

1) モデル

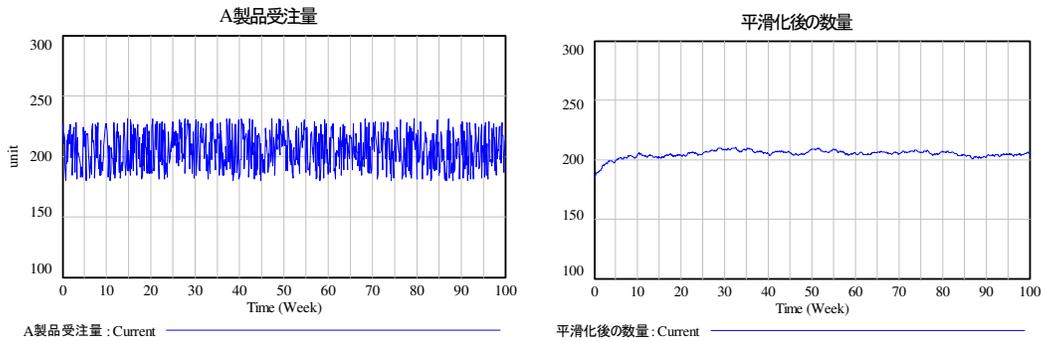
ここでの趣旨は、モデル構うんぬんではなく、平滑化関数を適切に使えるかどうかです。モデルそのものは単純で、図 8-2 のように A 製品の受注を平滑化し、それを製造プロセスに入力するだけのものです。

図 8-2：製造プロセスのモデル



2)シミュレーション

図 8-3：平滑化とその効果



平滑化は、変動を取り除く手段で、最も良く用いられる予測手段でもあります。図 8-3 に、平滑化前のデータと平滑化後のデータが示されていますが、このように変動をフィルターにかけて取り除きます。ここでは一次の平滑化を使っていますが、3 次の平滑化も Vensim PLE では用意されていて、1 次ではまだ多少の凸凹がありますが、3 次ではもっとスムーズになり、より凸凹が少なくなります。

図 8-4：製造

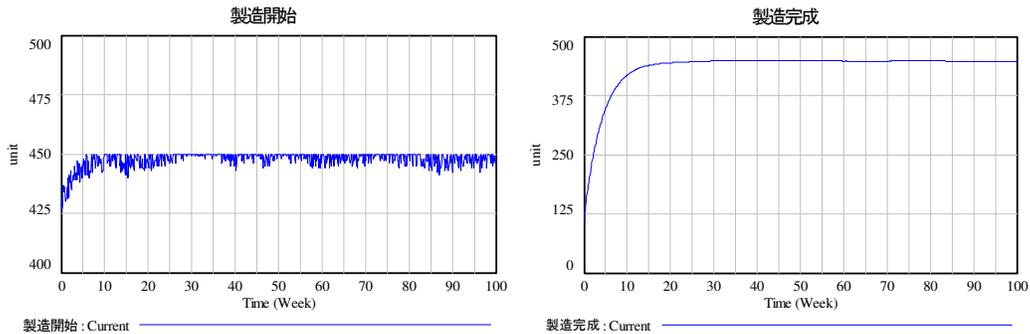
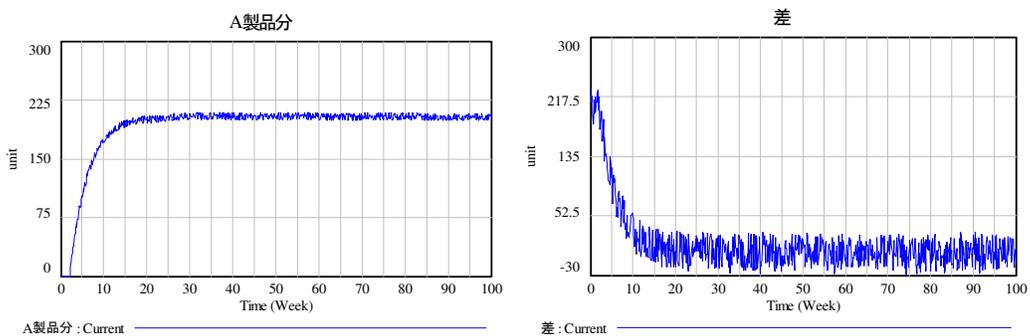


図 8-5：入庫と社内発注分との差



実は、平滑化はストックを介して指数的に遅延させていることと同じなので、ストックを介し、それを移動平均させても同じ効果があり、変動が平滑化されます。B 製品の変動は、こうして、製造工程の中で吸収され、平滑化され、製造量として出力されます。これが可

能なのは、A 製品が在庫で調整されるので、A 製品の変動を無視して製造でき、また平気で B 製品の受注変動を A 製品側で吸収させることができるからです。

トヨタなどの看板方式で、厳密な生産計画を立て、厳密に生産個数を製造するような方式では受け入れられない考えでしょうが、生産能力にゆとりがある間に、受注ピークに備え、多量に消費することが分かっている仕掛部品を生産していくといったことは、この演習問題集で対照にしているような中小製造業ではよくある話です。

また、大企業と違い、もっと厳密な需要予測ができるソフトの購入なども難しいので、EXCEL などを使い、製造期間で平滑化し、需要予測を行うといったことが精一杯です。

それはともかくも、図 8-5 に示したようになります。変動はあるものの、概ね一定の幅に収まっている事が分かりますし、この変動は主に、A 製品の変動に依存するもので、製造に依存するものではないことが理解できると思います。

なお、乱数関数と平滑化関数を使っているので、調整期間中にワーニング・エラーが出てしまいますが、無視して下さい。

3) 定義式

- (01) A 製品分=IF THEN ELSE(製造完成-B 製品製造計画量>0,製造完成-B 製品製造計画量,0)
Units: unit
- (02) A 製品受注量=INTEGER(180+A 製品変動幅)
Units: unit
- (03) A 製品変動幅=RANDOM UNIFORM(0,52,10)
Units: unit
- (04) B 製品変動幅=RANDOM UNIFORM(0,10,0)
Units: unit
- (05) B 製品製造計画量=INTEGER(240+B 製品変動幅)
Units: unit
- (06) FINAL TIME = 100
Units: Week
The final time for the simulation.
- (07) INITIAL TIME = 0
Units: Week
The initial time for the simulation.
- (08) SAVEPER = TIME STEP
Units: Week [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (09) TIME STEP = 0.125
Units: Week [0,?]
The time step for the simulation.
- (10) 差=A 製品受注量-A 製品分
Units: unit
- (11) 平均製造期間=4
Units: Week
- (12) 平滑化後の数量=SMOOTH(A 製品受注量,平均製造期間)
Units: unit
- (13) 製造仕掛= INTEG (製造開始-製造完成,440)
Units: unit
- (14) 製造完成=製造仕掛/平均製造期間
Units: unit
- (15) 製造能力=450
Units: unit
- (16) 製造計画量合計=INTEGER(平滑化後の数量)+B 製品製造計画量

- Units: unit
(17) 製造量=IF THEN ELSE(製造計画量合計>製造能力,製造能力,製造計画量合計)
Units: unit
(18) 製造開始=製造量
Units: unit

(12)式が、平滑関数を使って平滑していることを示しています。興味がある人は、SMOOTH3 という 3 次の平滑化関数が Vensim PLE に用意されていますので、この関数と置き換えて、どのくらいさらに平滑化が進むのかを比べてみて下さい。

9. 演習-9：平滑化（在庫と社内発注）

この会社の受注と在庫について説明しておきます。

1) A 製品の受注（A 製品担当営業）

- ・ A 製品担当営業が顧客から照合を受ける。
- ・ 在庫があれば受注を受け、出庫手続きを取る
- ・ 在庫が無い場合は、受注ロスとする。

2) 工場倉庫担当（製造部在庫管理担当）

- ・ 工場から完成品を受け取る
- ・ B 製品分は入庫せずに顧客に配送する。
- ・ A 製品分は入庫手続きを行う
- ・ 営業から在庫の照合を受け、在庫がある場合は出庫手続きを取る。
- ・ 出庫記録から 4 週間分を平滑化し、その数量を社内発注の 1 番目の要素とする。
- ・ 在庫数を確認し、在庫数と標準在庫の差を社内発注の 2 番目の要素とする。この在庫調整は 4 週間かけて行う。
- ・ 2 つの要素を勘案して社内発注量を決める。
- ・ 社内発注を行う。

3) 製造計画担当

- ・ 工場倉庫担当者からの社内発注分を受け取る
- ・ B 製品の製造計画を受け取る
- ・ 両者を合わせた数と仕掛品の在庫調整を合わせ、次週の製造計画にする。
- ・ 製造能力を超えていれば、超えた数量をカットする。

(1) モデル

前章で作成した製造モデルをベースに、工場在庫の部分を追加しなさい。

在庫では、せっかく A 製品分として発注しても、製造能力を超えるとカットされ、それは在庫の中で対応させられるので、それを考慮して在庫調整を行う必要があります。

製造能力=450

(9-1)

(2) シミュレーション

製造量と在庫がどのように変化するか、どれだけ社内発注量と入庫数に差があるかを示しなさい。

なお、シミュレーションの時間単位が週になっていることに注意して下さい。また、前の章までで作成した営業計画のモデルとはとりあえず連結する必要はありません。

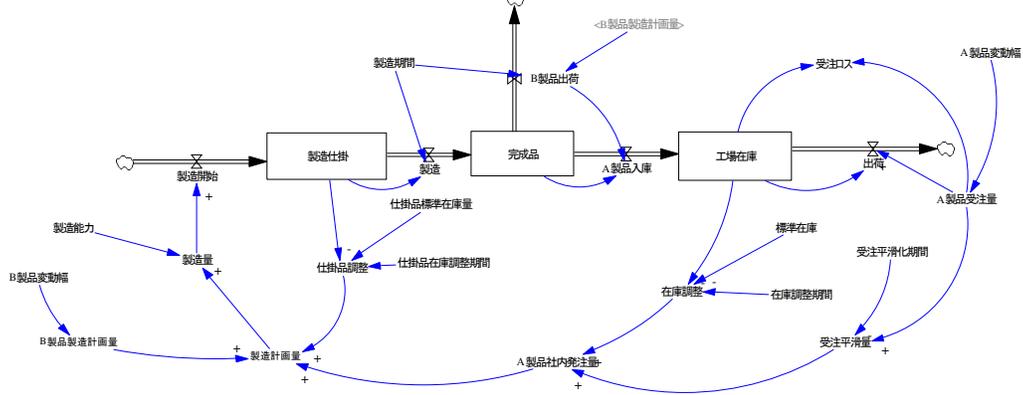
シミュレーション結果を踏まえ、適切な標準在庫数を決めて下さい。また、シミュレーション結果から、何か問題があると思われる点があれば、それについて指摘して下さい。

(3) 模範解答

1) モデル

前の章のモデルで、A 製品受注量が、このモデルでは在庫照合のための出庫に結びついている点が、前の章のモデルとの違いです。また、前の章のモデルでは、それを平滑化していましたが、このモデルでは、出庫平滑量として平滑化されます。

図 9-1：工場在庫を組み入れたモデル



2) シミュレーション

シミュレーション結果を図 10-2、10-3 に示しています。

図 9-2：工場在庫側の出荷（受注）、在庫と社内発注

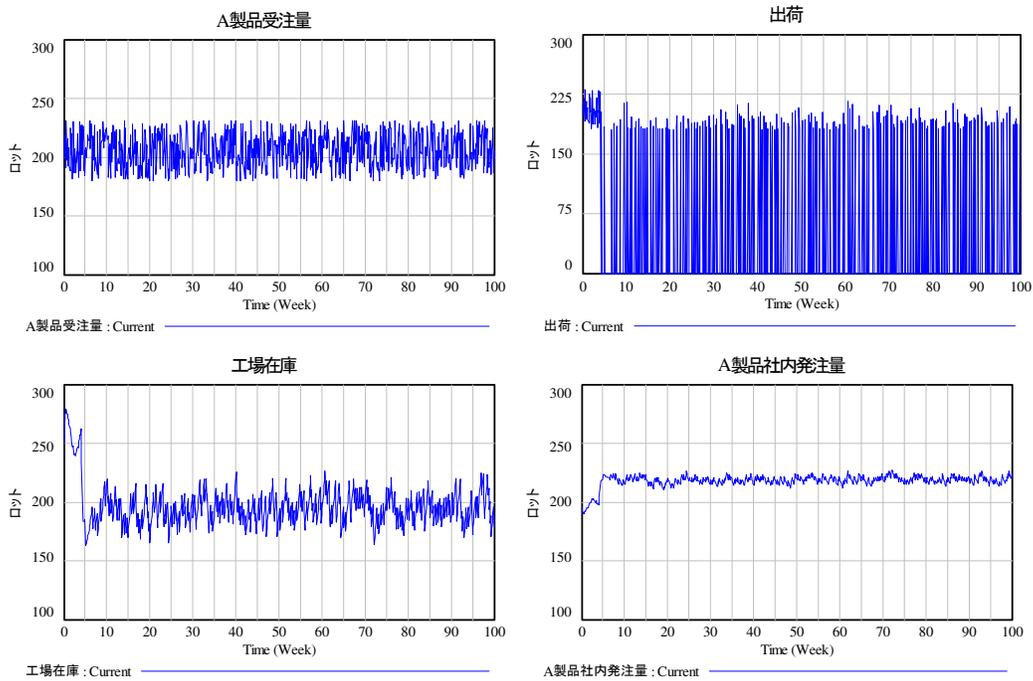
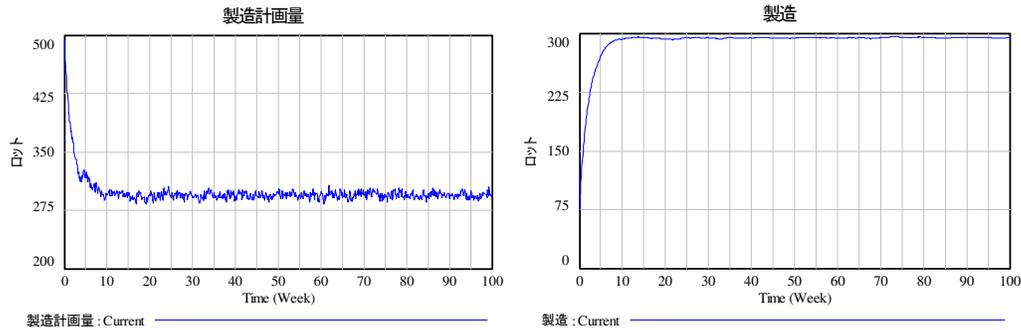


図 9-3 : 工場側の製造計画と製造数 (A 製品のみ)



3) 定義式

- (01) A 製品入庫=IF THEN ELSE((完成品-B 製品出荷)>0, (完成品-B 製品出荷), 0)
Units: ロット
- (02) A 製品受注量=INTEGER(180+A 製品変動幅)
Units: ロット
- (03) A 製品変動幅=RANDOM UNIFORM(0,52,1)
Units: ロット
- (04) A 製品社内発注量=INTEGER(受注平滑量+在庫調整)
Units: ロット
- (05) B 製品出荷= DELAY FIXED (B 製品製造計画量,製造期間,0)
Units: ロット
- (06) B 製品変動幅=RANDOM UNIFORM(0,10,0)
Units: ロット
- (07) B 製品製造計画量=INTEGER(240+B 製品変動幅)
Units: ロット
- (08) FINAL TIME = 100
Units: Week
The final time for the simulation.
- (09) INITIAL TIME = 0
Units: Week
The initial time for the simulation.
- (10) SAVEPER = TIME STEP
Units: Week [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (11) TIME STEP = 0.125
Units: Week [0,?]
The time step for the simulation.
- (12) 仕掛品在庫調整期間=4
Units: Week
- (13) 仕掛品標準在庫量=500
Units: ロット
- (14) 仕掛品調整=(仕掛品標準在庫量-製造仕掛)/仕掛品在庫調整期間
Units: ロット
- (15) 受注平滑化期間=4
Units: Week
- (16) 受注平滑量=SMOOTH(A 製品受注量,受注平滑化期間)
Units: ロット

- (17) 出荷=IF THEN ELSE(工場在庫>=A 製品受注量,A 製品受注量,0)
Units: ロット
- (18) 受注ロス=IF THEN ELSE(工場在庫<A 製品受注量,A 製品受注量,0)
Units: ロット
- (19) 在庫調整=(標準在庫-工場在庫)/在庫調整期間
Units: ロット
- (20) 在庫調整期間=4
Units: Week
- (21) 完成品=INTEG(製造-A 製品入庫-B 製品出荷,300)
Units: ロット
- (22) 工場在庫=INTEG(A 製品入庫-出荷,250)
Units: ロット
- (23) 標準在庫=250
Units: ロット
change 232 to 500
- (24) 製造=製造仕掛/製造期間
Units: ロット
- (25) 製造仕掛=INTEG(製造開始-製造,300)
Units: ロット
- (26) 製造期間=4
Units: Week
- (27) 製造能力=450
Units: ロット
change 450 to 550
- (28) 製造計画量=A 製品社内発注量+B 製品製造計画量+仕掛品調整
Units: ロット
- (29) 製造量=IF THEN ELSE(製造計画量>製造能力,製造能力,製造計画量)
Units: unit
- (30) 製造開始=製造量
Units: ロット

S 社の製造プロセスの問題について少し検討してみましよう。モデルには「受注ロス」という変数があり、どれだけ逸注しているかを示しています。原因は在庫不足です。これを防ぐために標準在庫量を増やすことで解決します。

図 9-4 : 受注ロス : 左は標準在庫が 250 ロット、右はこれを 1250 ロットに増やした場合

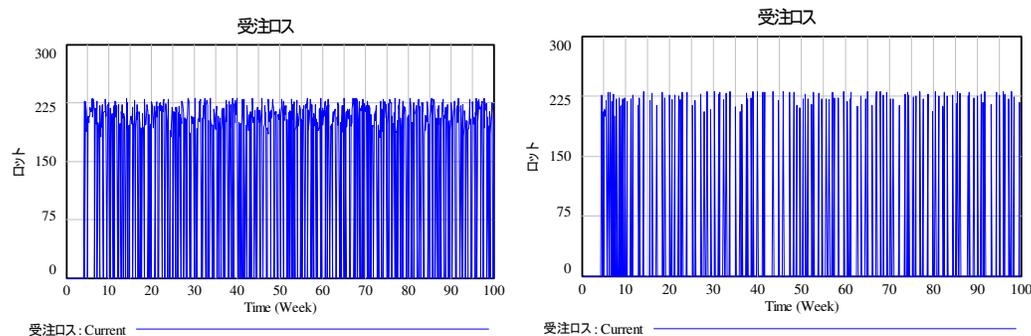
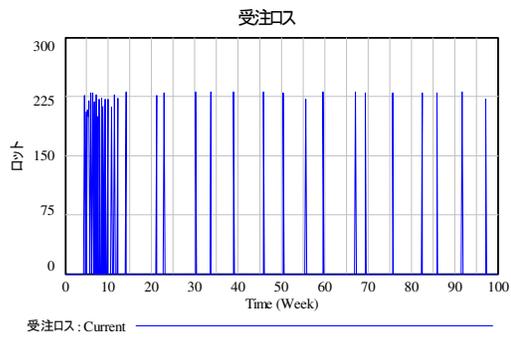


図 9-5 : 受注ロス : 1500 ロットに増やした場合



10. 演習-10：パイプライン構造（製造仕掛）

B 製品の受注から生産までの工程について見てみましょう。製造期間そのものは4週間でありますが、全体の工程には6ヶ月近くかかっています。受注プロセスは図8-1を参照してください。

営業が照合を受けて、顧客と面談し、顧客の要件を聞きます。顧客の要望する性能や仕様から製造可能である場合はその場で受注しますが、中には会社に持ち帰り、もっと細かい検討を行わないと判断ができないものがあります。このような場合、エンジニアを同行して、2回目の打ち合わせを行います。場合によっては、提案を行い、顧客側の仕様を変更してもらったこともあります。ここで、双方の同意が得られれば受注します。そのため、顧客から照合を受けても、受注までに平均2週間かかっています。この期間を短縮するために、この会社では、営業担当と製造担当で、約3年程度のジョブ・ローテーションを行っています。また、伝統的に社長は技術職上がりです。

受注後、設計に入ります。設計そのものは平均1ヶ月で終わりますが、チェック、顧客との確認、再設計などで、平均2ヶ月かかっています。再設計をいかに減らすかがここでのポイントになり、ここでは、3段階の設計審査を行い、その後、仕様の最終確認の意味で、顧客に説明を行っています。この段階では、顧客側によほどの事情がない場合以外は、キャンセルはありません。

顧客の確認を得て、次にプロトタイプを製造し、プロトタイプ試験を行います。この試験は平均3.5ヶ月かかっています。試験そのものは長くとも5ヶ月で終わるのが普通です。その後、顧客との立会試験を行い、そこで顧客に、受注を受けた仕様や性能がこの試作品で満たされていることの確認を求め、発注最終確認を行います。この段階で、顧客の中には、どうも最初のイメージと違うとして発注をキャンセルするものがあり、キャンセルされるとその後の工程は無しになります。顧客との立会検査があるので、この工程を平均4ヶ月にしています。

顧客からの最終発注確認が得られれば、製造設計に入ります。製造手順、製造機械などを決め、製造スケジュールを決めます。この期間は、長くて1ヶ月、通常は数週間ですが、製造の込み具合などから調整が必要な場合もあるので、1ヶ月の期間を見込んでいます。製造ライン担当から製造可能という確認を得られれば、1週間後の製造計画に投入しますので、次週から製造が開始されます。

通常は1回切りの製造で、発注量も多量ではないので、製造は4週間で終わり、そこで製造が打ち切られますが、顧客によっては、約1年以内に追加発注を要請してくる顧客もいます。1年以上経過しての再発注は今まではありませんでした。一応、再発注の受付は1年で打ち切っています。

(1) モデル

受注が確定してから、製造が完成するまでのプロセスに沿ったモデルをパイプライン構造で作成して下さい。

なお、顧客の発注は1回の発注で1ロットと考えて下さい。

(2) シミュレーション

時間単位を週にし、300週分のシミュレーションを行って下さい。そして、シミュレーション結果から、もし、プロセスにネックがあると思うのであれば、どの段階がネックになっているか指摘し、もし有効な改善策があるようでしたら指摘して下さい。

なお、1ヶ月は4週で換算して下さい。

再発注で遅延関数を使う場合、平均遅れ期間を半年（24 週）とし、

DELAY FIXED(初期値, 遅延期間)

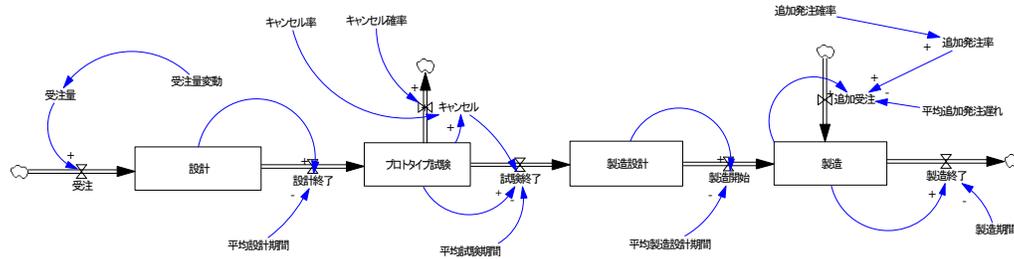
を使って下さい。

(3) 模範解答

1) モデル

ここでは、パイプライン構造が理解できていて、図 9-1 のように、設計→プロトタイプ試験→製造設計→製造というようなストックによる製品個数の遷移が表現されればいいでしょう。模範解答のモデルには、キャンセルや追加発注、受注変動が記載されていますが、無くとも大きな差はありません。

図 10-1：モデル



2) シミュレーション

図 10-2：受注と設計作業中の数量

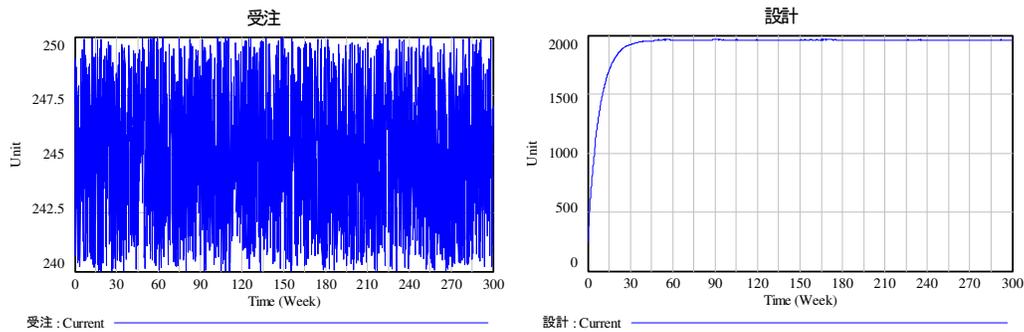


図 10-3：プロトタイプ試験中の数量とキャンセルを受けた数量

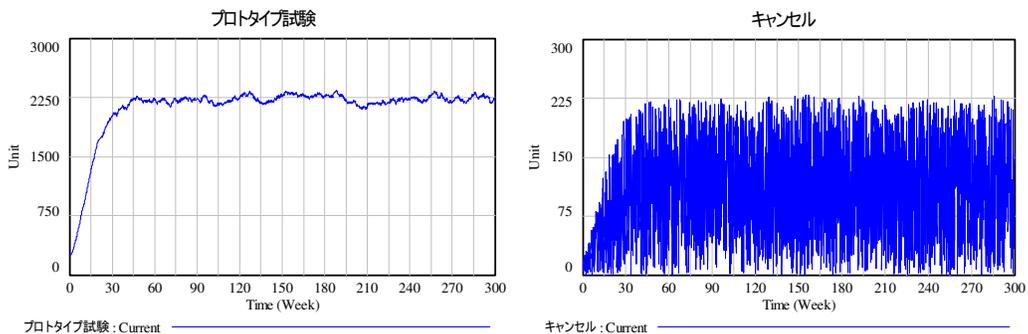


図 10-4：製造設計中の数量と製造を開始した数量

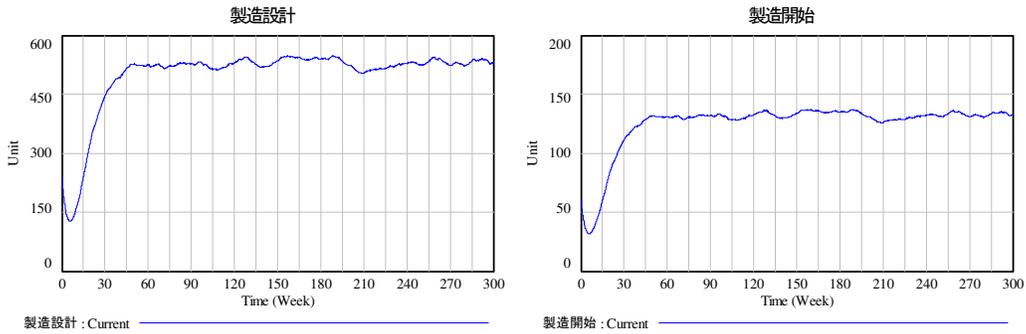


図 10-4：追加受注量と製造仕掛数量、及び製造完成量

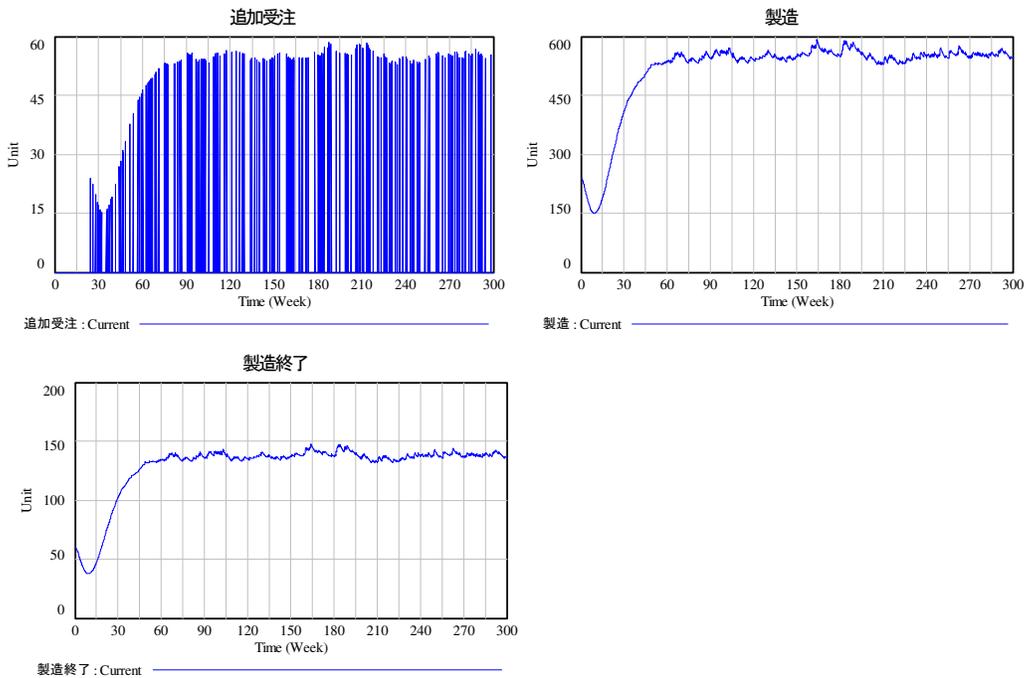


図 10-2 の左のグラフを見てぎょっとしたかもしれませんが、受注振れ幅は最大 10 ロットで、しかも 6 ヶ月先の話であり、製造能力に関しては十分調整できる範囲です。それぞれ相対尺度で表示されているので、分かりにくいでしょうから、図 10-4 の最後に絶対尺度で、設計、プロトタイプ試験、製造設計、製造のそれぞれの仕掛量を表示させてみました。これで見ると、プロトタイプ試験の仕掛中の数が一番多く、この期間の短縮化が課題のようです。また、この期間が長いことが顧客のキャンセルに繋がっている可能性も示唆されます。

このようなパイプライン変化でのそれぞれのストックのことをコホートと呼んでいて、このような構造で状態遷移を表現することはよく行われます。また、パイプライン構造は、SD の定性モデルの一つの原型となっています。

3) 定義式

- (01) FINAL TIME = 300
Units: Week
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Week
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Week [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Week [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) キャンセル=プロトタイプ試験*キャンセル確率*キャンセル率
Units: ロット
- (06) キャンセル率=0.1
Units: Dmnl
- (07) キャンセル確率=RANDOM UNIFORM(0,1,1)
Units: Dmnl
- (08) プロトタイプ試験= INTEG (設計終了-キャンセル-試験終了, 240)
Units: ロット
- (09) 受注=受注量
Units: ロット
- (10) 受注量=240+受注量変動
Units: ロット
- (11) 受注量変動=RANDOM UNIFORM(0,10,5)
Units: ロット
- (12) 平均製造設計期間=4
Units: Week
- (13) 平均設計期間=8
Units: Week
- (14) 平均試験期間=16
Units: Week
- (15) 平均追加発注遅れ=24
Units: Month
- (16) 製造= INTEG (製造開始+追加受注-製造終了, 240)
Units: ロット
- (17) 製造期間=4
Units: Week
- (18) 製造終了=製造/製造期間
Units: ロット
- (19) 製造設計= INTEG (試験終了-製造開始,240)
Units: ロット
- (20) 製造開始=製造設計/平均製造設計期間
Units: ロット
- (21) 設計= INTEG (受注-設計終了,240)
Units: ロット
- (22) 設計終了=設計/平均設計期間
Units: ロット
- (23) 試験終了=(プロトタイプ試験-キャンセル)/平均試験期間

- Units: ロット
- (24) 追加受注=DELAY FIXED(製造*追加発注率,平均追加発注遅れ,0)
- Units: ロット
- (25) 追加発注率=IF THEN ELSE(追加発注確率>0.9, 0.1, 0)
- Units: Dmnl
- (26) 追加発注確率=RANDOM UNIFORM(0,1 ,0)
- Units: Dmnl

(4) Vensim PLE 及びモデリングになれるための練習

Vensim PLE 及びモデリングに慣れるために、次のようなモデルを開発してみてください。

1) 人口モデル

3 章での練習問題で、あるコミュニティを対象としました。人口は現在 1 万人、平均寿命は 60 歳です。このコミュニティの女性は生涯に平均 2.2 の子供を産みます。30 年後の人口は何人でしょうか？転入、転出が無視できるものと考え、モデルを作成し、計算してみなさいという問題を出しました。このモデルをパイプライン型に設計し直してみてください。コミュニティの人口は、0 歳から 18 歳、19 歳から 40 歳、41 歳から 50 歳、51 歳以上の 4 つのコホートに分けて下さい。そして、お金を徴収するのは 19 歳以上とし、19 歳から 50 歳までは一人当たり 1,000 円を、51 歳以上は半額の 500 円を徴収するとして下さい。また、女性の出産年齢は 19-40 歳の間だけとして下さい。

人口の初期値は、0-18 歳が 2,500 人、19-40 歳が 5,000 人、41-50 歳が 1,500 人、51-60 歳が 1,000 人としてみて下さい。さて、このコミュニティの 30 年間の人口動態はどうなるでしょうか？前のモデルでの人口動態とどのように違いますか？また、コミュニティの基金はどう変化するのでしょうか？

2) 野ネズミ

2 章で野ネズミの練習問題を取り上げました。10 キロ四方の里山環境に野鼠が 2 千匹生息しています。野鼠の平均寿命は 2 年で、雌は生涯に 10 匹の子供を産みますが、99%は捕食されてしまいます。野鼠の数が百万匹を超えると集団移動を開始します。集団移動が起きるのは何年後でしょうか？という問題です。ここでは条件を変え、野ネズミが生まれて、子供を産む成体に育つまでに 3 ケ月かかるとします。0-3 ケ月の幼体、4-18 ケ月の成体、19 ケ月以上の老体の 3 つのコホートに分け、初期値を、それぞれ、500 匹、1,400 匹、100 匹とし、それぞれの捕食率を、33%、25%、99%として下さい。また、子供は 4-18 ケ月の成体の雌が 22.5 匹生むものとして下さい。

併せて、シミュレーションで、雌の生む子供の数が 18、19 及び 20 匹の場合と比べて下さい。また、シミュレーションの単位を月にし、120 ケ月分のシミュレーションを行って見て下さい。

3) 企業組織

ある企業の採用を考えます。この会社は、採用後平均 5 年間はヒラ、その後、係長に昇格します。係長を平均 5 年勤務すると主任に昇格します。主任を平均 5 年経験し、課長に昇格します。課長の中から部長が 5 名選ばれます。また、部長の中から社長、副社長を各 1 人選びます。従って、ほとんどの人は、課長まで出世し、そこで 60 歳の定年退職を迎えます。

現在の人員配置は、ヒラが 1,500 名、係長 150 名、主任 50 名、課長 10 名、部長 5 名、社長、副社長各 1 名です。係長に昇格する前に 80%の社員が退職します。主任に昇格する前に 60%の社員が退職します。課長に昇格する前に 40%の社員が退職します。ただ、その後は中途での退職はありません。

現在は毎年、1年前に採用者数を決め、1年の採用活動を経て、採用しています。内定者の80%はこの会社に就職しますが、他にもっと良い会社が見つかったなどの原因で20%は内定を辞退してきます。それを見込んで毎年2,000名の候補者に内定を出しています。さて、中途採用が無いとして、この会社の社員数はそれぞれどのように変化するのでしょうか。30年間の変化を示して下さい。また、社員数を現行のまま、あまり増減したくないとすれば、内定者数をどのように調整していけばいいのでしょうか？なお、勤務開始年齢を22歳とします。

4) 椰子酒

椰子酒、といってもここでは、アラックという蒸留酒を考えます。椰子の芽に傷をつけると、糖分を多量に含んだ樹液が出ます。傷を付けた椰子の木に、この樹液を受ける壺を取り付けると、樹液が壺に溜まり、暖かい気温のせいもあり、約2-3%のアルコール分を含む甘い液となります。これを殺菌し、ジュースとして商品にしたり、樹液を煮詰め、砂糖を製造しますが、蒸留し、36-45%のアルコール度のアラックと呼ばれる蒸留酒も製造します。アラックはそのままでも販売しますが、5年もの、10年ものとして寝かせて、熟成させた製品も製造しています。今、毎年6,000本のアラックを製造し、5年経過する前に80%が売れてしまいます。残りの5年ものもさらに5年経過する前に80%が販売されてしまいます。10年以上経過したものは、まろやかな味で、貴重品として取引され、在庫があれば5年以内に完売してしまいます。今、5年未満のものストックが1,200本、10年未満のものストックが240本、10年以上のものストックが50本あります。また、5年未満のもの販売変動が30%、10年までの販売の変動が10%あります。これからの20年間を考え、ストックの状態はどうなるのでしょうか？また、5年未満のアラックの販売価格は1本500円です。これが5年もの（10年未満の商品）となると1,500円で、10年もの（10年以上経過した商品）は3,000円で販売されます。現在、キャッシュフロー残が1万円として、この会社のキャッシュフロー残を計算してみてください。製造原価は、1本当たり300円です。保管料はかかっていませんが、アルコールは年1%蒸発していきます。

5) 自動車

自動車は新車として発売され、初回の車検が切れる3年直前に中古車として売られ、顧客は、それまで使っていた車を下取りにして、新車を購入します。この下取りにされた車は、下取り会社の方で車検費用が払われ、中古車として販売されます。中古車はその後2年毎に車検を受け、その度に下取りに出されるとします。車の使用期間を11年として、新車、中古車の動態をモデルで表して下さい。5つのコホートになります。11年で車は廃車されるとします。初期値は、新車台数が5,000台、それぞれのコホートが、4,000台、3,000台、2,000台、1,000台、500台として下さい。また、それぞれのコホートで、事故などによる廃車を5%想定して下さい。

6) 環境モデル

5章の環境モデルの演習で、砂漠化した土地にどんどん塩が蓄積されていく。これも、塩が降り注いだ土地から、風の影響で毎年1メートル四方に100グラムの割合で周囲に広がるとする。この砂漠化していく土地の広がりの様子を示せ。また、湖の蒸発率は、最初に砂漠ではなかった1万ヘクタールと砂漠化した面積との比が、基本的な年7%の蒸発率に加わるとする。湖の面積の変化、湖に存在する結晶化した塩の量の変化も併せて示せ。という問題でモデルを作成してもらいました。このモデルを、塩の遷移という観点で、パイプライン型のモデルに変更して下さい。

11. 演習-11：周期変動（季節変動）

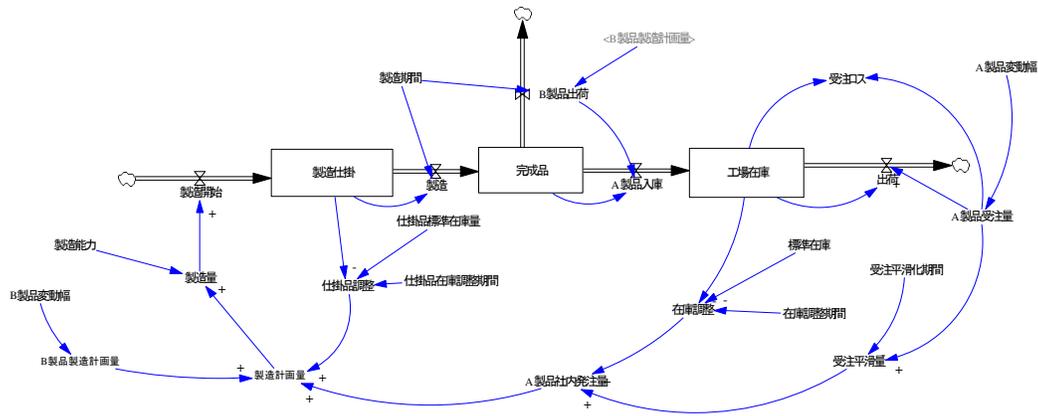
ここでは、季節変動について考えます。この会社の製品は、春にピークを迎え、秋に受注が一番落ち込むという変動が見られます。これは、顧客の多くが、4月から始まり3月に終わる決算期を採択し、顧客の事業計画や経営計画が4月から始まることに影響を受けているものと思います。ちなみに、対象企業の決算期は1月から12月までです。この季節変動による振動幅は約10%です。

さらに、営業計画では、製品の販売が2%で増加することを見込んでいます。そのことについても、考えます。

(1) モデル

春にピークを迎え、秋に受注が一番落ち込むという変動が、年2%で増加するような要素を、9章で作成したモデルに追加せよ。

図 11-1：9章での製造モデル



SIN 関数を使います。ただし、 $SIN(x)$ という関数は、 2π で 1 回の周期変動をする関数です。時間経過を表すには **Time** という変数を使いますが、こちらは 1,2,3 というように変化しますので、 π とは周期が合わなくなります。その調整は、以下のようにすればいいでしょう。ただし、あまり長い期間だとずれます。

$$SIN((2*3.14159*Time)/変動期間) \quad (11-1)$$

(2) シミュレーション

100 週分をシミュレーションしなさい。

(3) 模範解答

1) モデル

図 11-2 にモデルを示しました。A 製品受注量に A 製品変動幅だけでなく、季節変動という要素を加えました。そして、この季節変動を変動期間、そして **Time** という変数で表すようにしました。

$$A \text{ 製品受注量} = \text{INTEGER}(180 + A \text{ 製品変動幅} * \text{季節変動}) \quad (11-2)$$

と、季節変動を A 製品変動幅に加味します。季節変動そのものは、

$$\text{季節変動} = \text{SIN}((2 * 3.14159 * \text{Time}) / \text{変動期間}) \quad (11-3)$$

となり、ここで、50週を1年としていて、50週で1サイクルの周期にしていますので、
 変動期間=50
 とします。

図 11-2 : 季節変動を考えたモデル

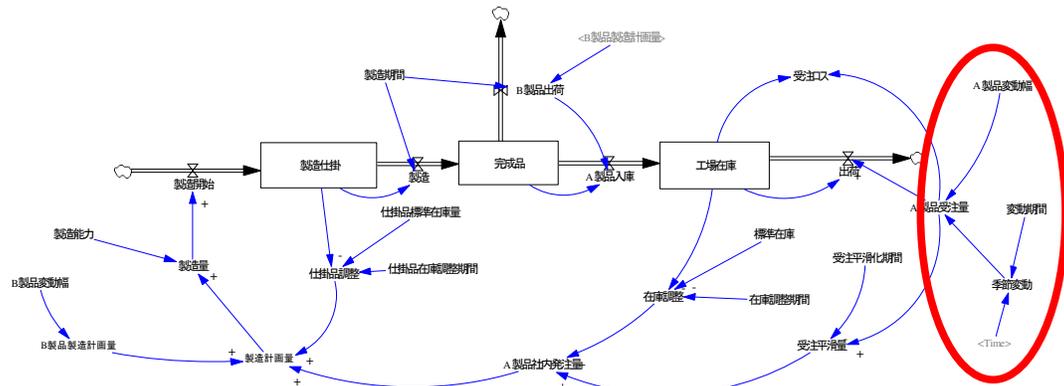
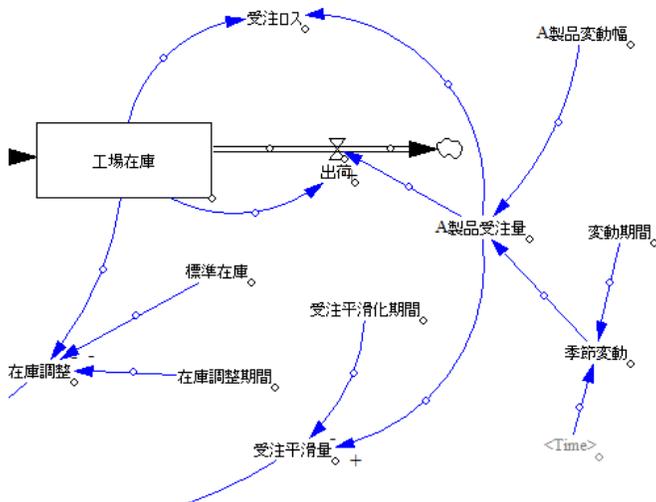


図 11-2 : 季節変動を考えたモデル (部分拡大図)



2) シミュレーション

シミュレーション結果を図 11-2、3 に示しています。

図 11-2 : シミュレーション結果

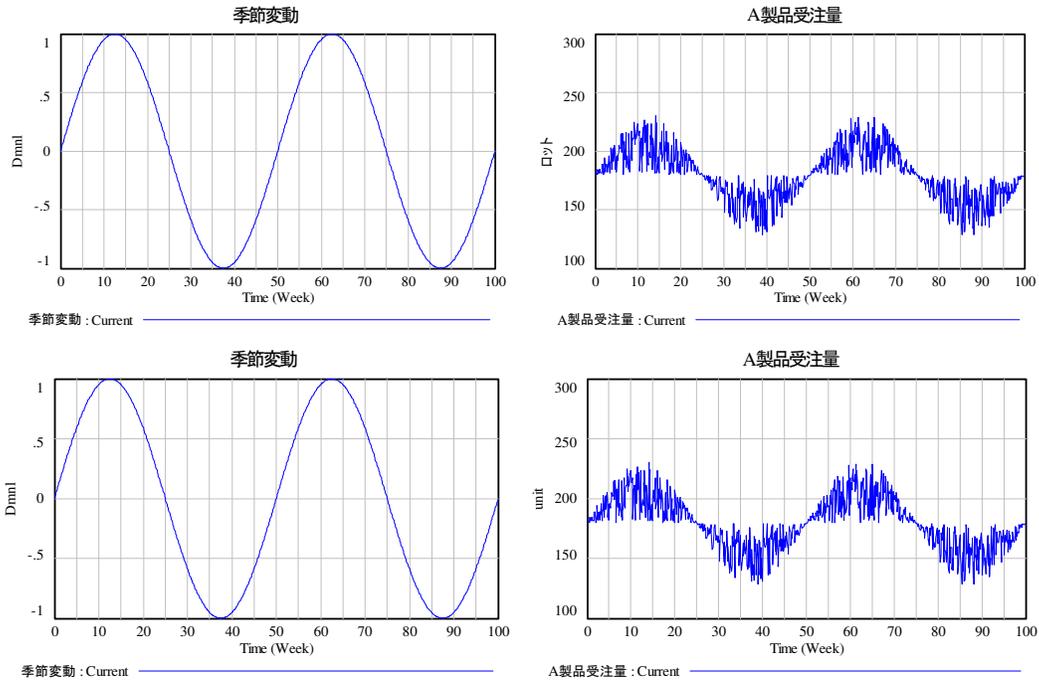
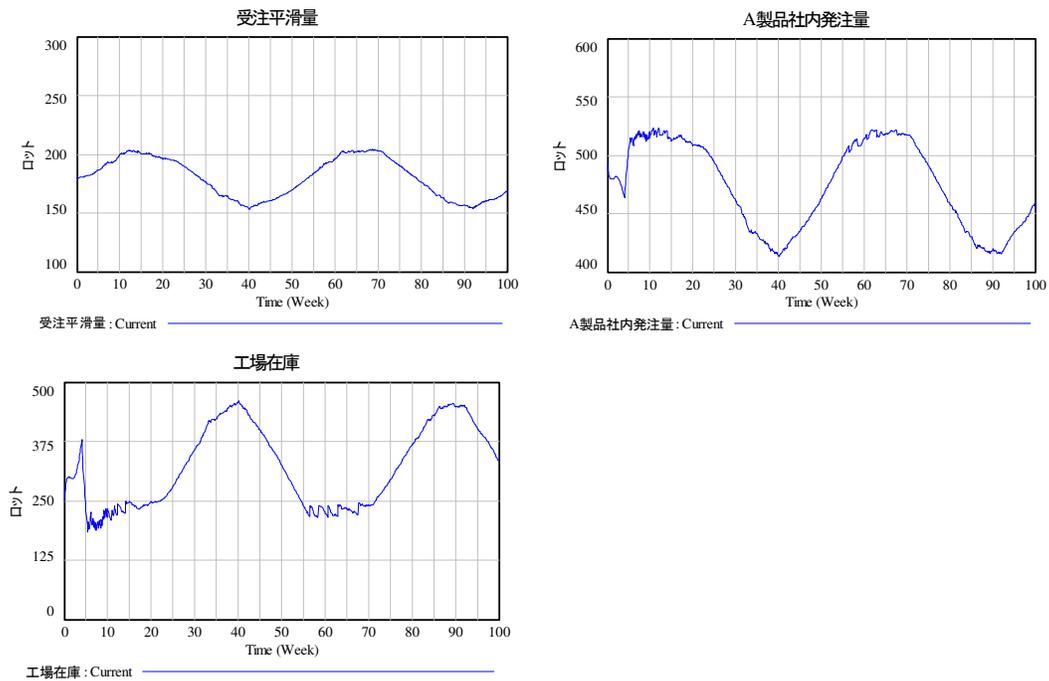


図 11-3 : シミュレーション結果



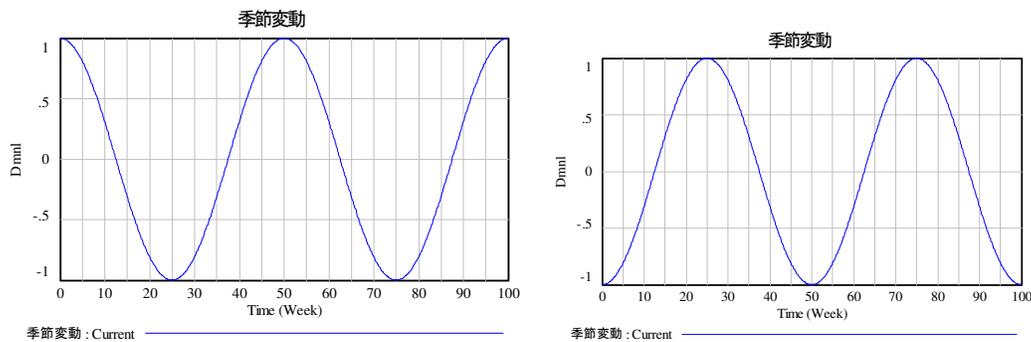
前のものと異なり、季節変動の影響を受注と社内発注が受け、正弦変化をしています。ここでは、春にピークになり、秋に最低になるような変動にしていますが、チャレンジしたい方は、セーターなどの冬物製品のように、冬にピークになり夏に最低になるような変動パターンに変更して見て下さい。ヒントは周期の開始を遅らせればいいので、例えば、50週の1/4だけ後にずらします。

$$\text{季節変動} = \text{SIN}((2 * 3.14159 * (\text{Time} + (1/4) * 50)) / \text{変動期間}) \quad (11-4)$$

とします。すると、図 11-4 の左のようになります。また、ビールなどの夏物製品であれば、3/4 だけ後にずらすと、右のようになります。

$$\text{季節変動} = \text{SIN}((2 * 3.14159 * (\text{Time} + (3/4) * 50)) / \text{変動期間}) \quad (11-5)$$

図 11-4 : ピークを冬にする (左)、夏にする (右)



3) 等式

- (01) A 製品入庫=IF THEN ELSE((完成品-B 製品出荷)>0, (完成品-B 製品出荷), 0)
Units: ロット
- (02) A 製品受注量=INTEGER(180+A 製品変動幅*季節変動)
Units: ロット
- (03) A 製品変動幅=RANDOM UNIFORM(0,52,1)
Units: ロット
- (04) A 製品社内発注量=INTEGER(受注平滑量+在庫調整)
Units: ロット
- (05) B 製品出荷= DELAY FIXED (B 製品製造計画量,製造期間,0)
Units: ロット
- (06) B 製品変動幅=RANDOM UNIFORM(0,10,0)
Units: ロット
- (07) B 製品製造計画量=INTEGER(240+B 製品変動幅)
Units: ロット
- (08) FINAL TIME = 100
Units: Week
The final time for the simulation.
- (09) INITIAL TIME = 0
Units: Week
The initial time for the simulation.
- (10) SAVEPER = TIME STEP

- Units: Week [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (11) TIME STEP = 0.125
Units: Week [0,?]
The time step for the simulation.
- (12) 仕掛品在庫調整期間=4
Units: Week
- (13) 仕掛品標準在庫量=500
Units: ロット
- (14) 仕掛品調整=(仕掛品標準在庫量-製造仕掛)/仕掛品在庫調整期間
Units: ロット
- (15) 出荷=IF THEN ELSE(工場在庫>=A 製品受注量,A 製品受注量,0)
Units: ロット
- (16) 受注ロス=IF THEN ELSE(工場在庫<A 製品受注量,A 製品受注量,0)
Units: ロット
- (17) 受注平滑化期間=4
Units: Week
- (18) 受注平滑量=SMOOTH(A 製品受注量,受注平滑化期間)
Units: ロット
- (19) 在庫調整=(標準在庫-工場在庫)/在庫調整期間
Units: ロット
- (20) 在庫調整期間=4
Units: Week
- (21) 変動期間=50
Units: Week
- (22) 季節変動=SIN((2*3.14159*Time)/変動期間)
Units: Dmnl
- (23) 完成品= INTEG (製造-A 製品入庫-B 製品出荷,300)
Units: ロット
- (24) 工場在庫= INTEG (A 製品入庫-出荷,250)
Units: ロット
- (25) 標準在庫=1500
Units: ロット
change 250 to 1500
- (26) 製造=製造仕掛/製造期間
Units: ロット
- (27) 製造仕掛= INTEG (製造開始-製造, 300)
Units: ロット
- (28) 製造期間=4
Units: Week
- (29) 製造能力=450
Units: ロット
change 450 to 550
- (30) 製造計画量=A 製品社内発注量+B 製品製造計画量+仕掛品調整
Units: ロット
- (31) 製造量=IF THEN ELSE(製造計画量>製造能力,製造能力,製造計画量)
Units: ロット
- (32) 製造開始=製造量
Units: ロット

12. 演習-12：並行フロー（設備投資）

ここでは、演習問題 10 と 11 を合体したモデルを完成させ、その上で、5 年以上のシミュレーションを行い、設備投資について考えてみます。

次に、営業担当が作成した営業計画をベースに、製造計画でも、受注数が A 製品で年率約 2% 増加することが予定され、それを織り込んで、いつのタイミングで製造能力を増強するか、どれだけ増強するかを決めなければなりません。ここでは、費用や製造原価削減といった条件はとりあえず考えないで、どのタイミングでどのように設備投資を行うかを提案して下さい。なお、設備能力増強の単位は 100 ロットずつとして下さい。

(1) モデル

演習 10 及び 11 で作成したモデルをベースにして下さい。B 製品の季節変動は考える必要はありません。

(2) シミュレーション

単位は週で、6 年分、つまり 300 週分実施してみてください。

(3) 模範解答

1) モデル

いきなりだと難しいので、まず、A 製品在庫管理+A 製品生産プロセスのモデルと B 製品の受注・製造プロセスを合体させたものを考え、その上で、季節変動や受注増、製造能力増を考えていきます。

図 12-1：A 製品の受注・製造・在庫管理モジュール

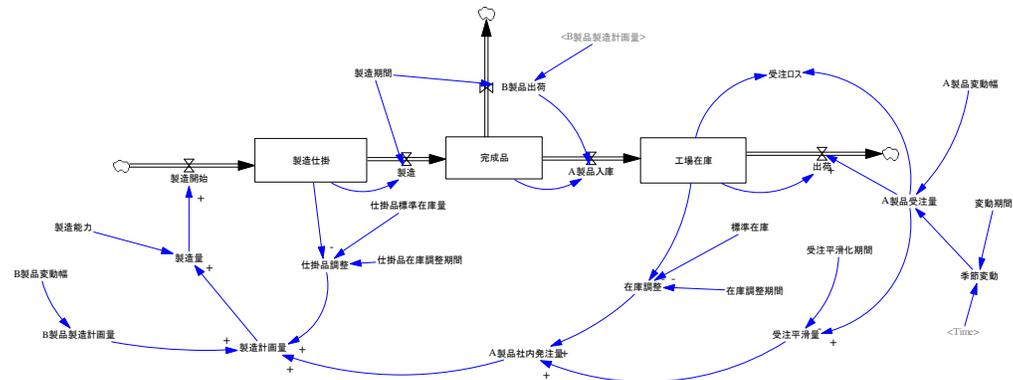


図 12-2：B 製品の受注・製造モジュール

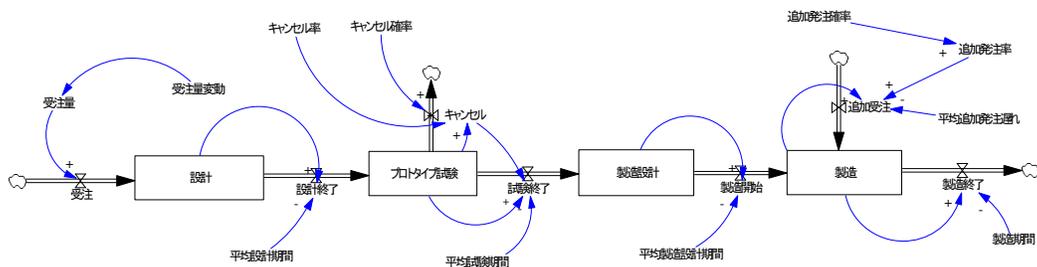


図 12-3:単純に2つのモジュールを結合したモジュール

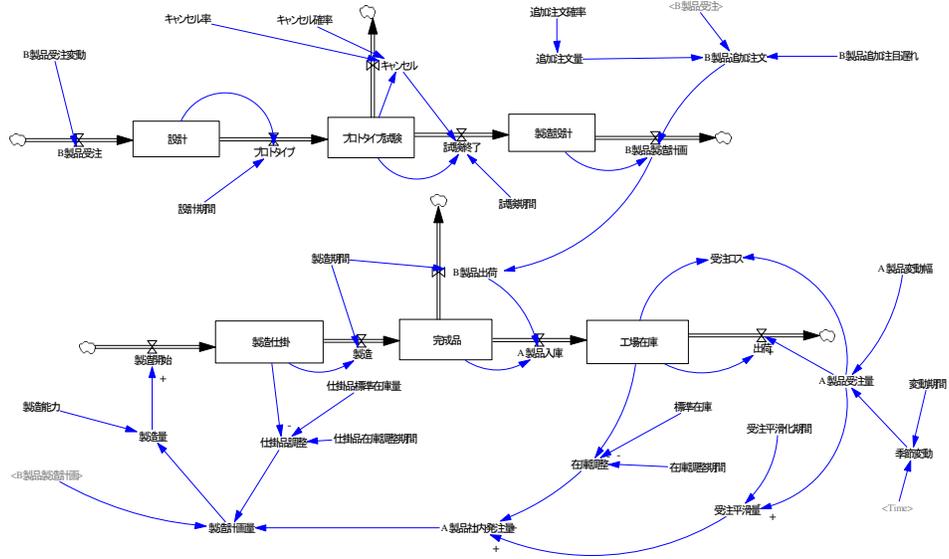
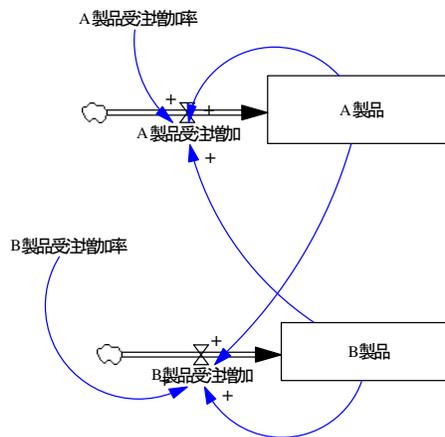


図 12-1 は A 製品の受注、製造、在庫、出荷の流れを示したモデルです。そして、図 12-2 は B 製品の受注、設計、プロトタイプ試験、製造設計、製造の流れを示しています。ここで、図 12-1 と図 12-2 では製造の部分が重複しています。そこで、その重複を考えながら単純に結合させただけだと、図 12-3 のようになります。ここでは、B 製品の製造での追加注文を受け入れるポイントを少し前倒しにし、受注設計の後、製造計画の前に移動しました。

これでもいいのですが、A 製品は B 製品の受注で 5% 変動します。また、A 製品も、B 製品の受注の際に 5% の斡旋を受け変動します。その効果を組み込む必要があります。

そこで、図 13-4 のような、A 製品と B 製品の相乗受注増効果を表現するようなモジュールを作成し、このモジュールで計算した数量を、図 12-3 のモデルに戻す工夫を行います。

図 12-4:A 製品と B 製品の相乗受注増効果



$$A \text{ 製品受注増加} = A \text{ 製品} * A \text{ 製品受注増加率} + B \text{ 製品} * (0.05/50) \quad (12-1)$$

として、B 製品の A 製品への年間製品受注寄与率 5%を加えます。また、営業計画では、A 製品は年間 2%で受注が増えるとしていますので、

$$A \text{ 製品受注増加率} = 0.02/50 \quad (12-2)$$

として、受注増加率を加えます。A 製品の基本的な受注量をストックにして表現していますので、

$$A \text{ 製品} = \text{INTEG}(A \text{ 製品受注増加}, 200) \quad (12-3)$$

となります。B 製品も同じで、

$$B \text{ 製品受注増加} = B \text{ 製品} * B \text{ 製品受注増加率} + A \text{ 製品} * (0.05/50) \quad (12-4)$$

となります。B 製品の受注増加は、営業計画では年 3%を見込んでいるので、

$$B \text{ 製品受注増加率} = 0.03/50 \quad (12-5)$$

となります。同じく、B 製品の基本的な受注量をストックにして表現していますので、

$$B \text{ 製品} = \text{INTEG}(B \text{ 製品受注増加}, 240) \quad (12-6)$$

とします。

図 12-5:変更後のモデル

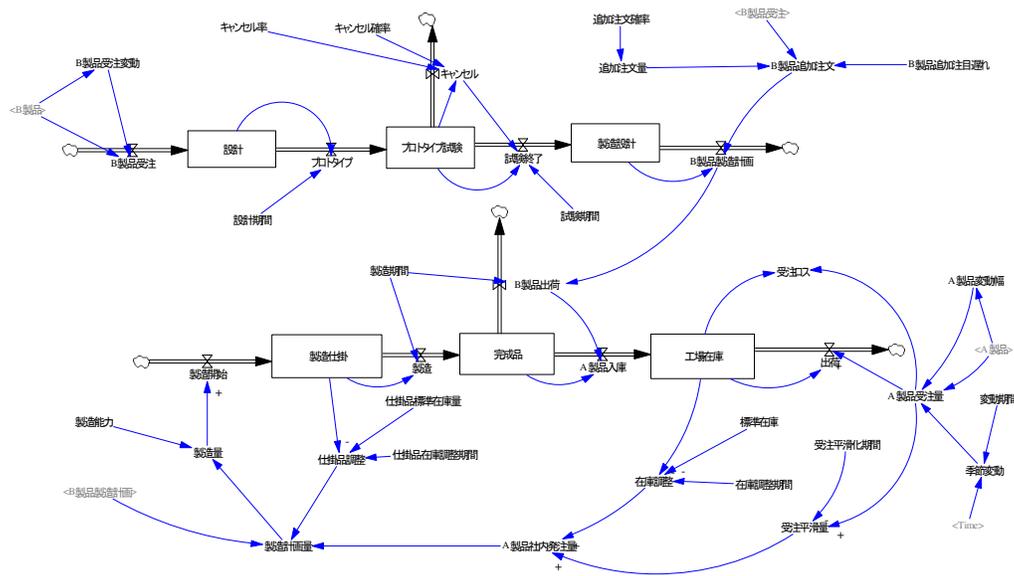
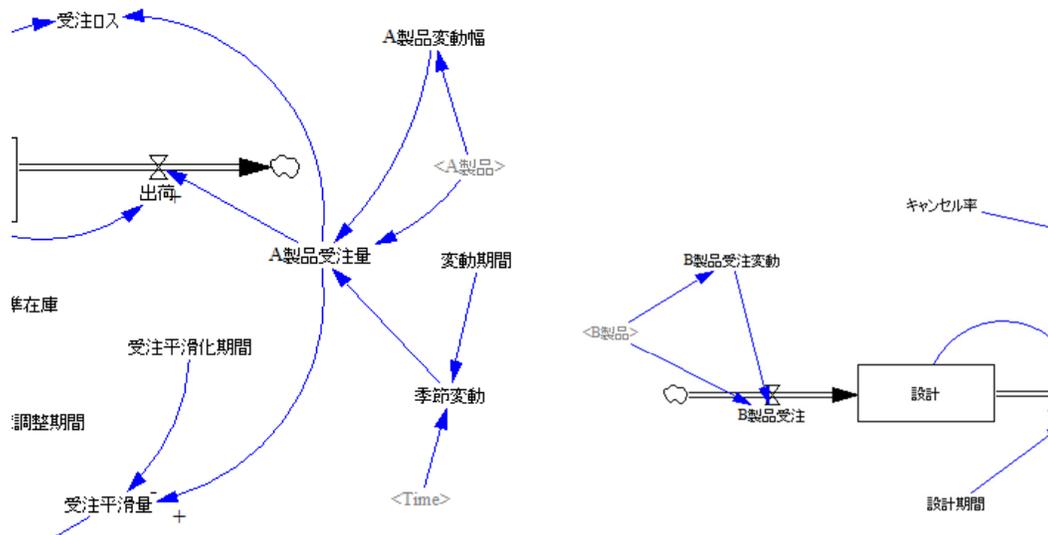


図 12-5:変更後のモデル詳細 (左 : A 製品受注、右 : B 製品受注)



ちょっと分かりにくいかも知れませんが、この A 製品と B 製品の相互支援関係をベースに、2つのモジュールを結合させたのが図 12-5 です。図 12-4 で計算した、A 製品、B 製品の数量を、それぞれの受注量で受け、そこに受注変動を加えます。

$$A \text{ 製品受注量} = \text{INTEGER}(A \text{ 製品} + A \text{ 製品変動幅} * \text{季節変動}) \quad (12-7)$$

$$B \text{ 製品受注} = B \text{ 製品} + B \text{ 製品受注変動} \quad (12-8)$$

前の単純に結合した部分と構造的に違っているのは、季節変動と設備投資計画というパラメーターを追加した点です。

季節変動は：

$$\text{季節変動} = \text{SIN}((2 * 3.14159 * \text{Time} - 10) / \text{変動期間})$$

として、正弦変動を行わせています。もし、1月から正弦で季節変動を行わせたくない場合は、Time 変数に数値を加算、あるいは減算することで季節変動の開始を調整できます。また、決算期が4月で、春が受注ピークといった場合、1から正弦を引いて、余弦として計算するといった手法もあります。

このモデルでは、製造能力をストックとして、その入力に設備投資計画での能力増加を、さらに減耗を10年として考慮しました。製造能力をストックとしたので、

$$\text{製造能力} = \text{INTEG}(\text{設備投資計画} - \text{設備減耗}, 450) \quad (12-9)$$

とし、入力フローである設備投資計画は、2年毎に100ロットの製造能力強化を行うとして、

$$\text{設備投資計画} = 200 * \text{PULSE}(25, 1) + 200 * \text{PULSE}(125, 1) + 200 * \text{PULSE}(225, 1) \quad (12-10)$$

としました。これはテーブル関数で表してもいいでしょう。

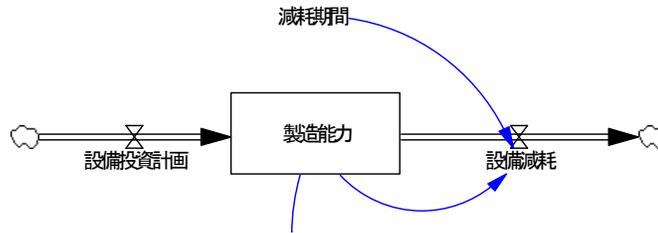
設備減耗の方は、機械が10年で減耗していくとして、

$$\text{設備減耗} = \text{製造能力} / \text{減耗期間} \quad (12-11)$$

$$\text{減耗期間} = 50 * 10 \quad (12-11)$$

としています。

図 12-6 : 設備投資



最後に、標準在庫の方も、その製造能力に合わせて、増加させています。

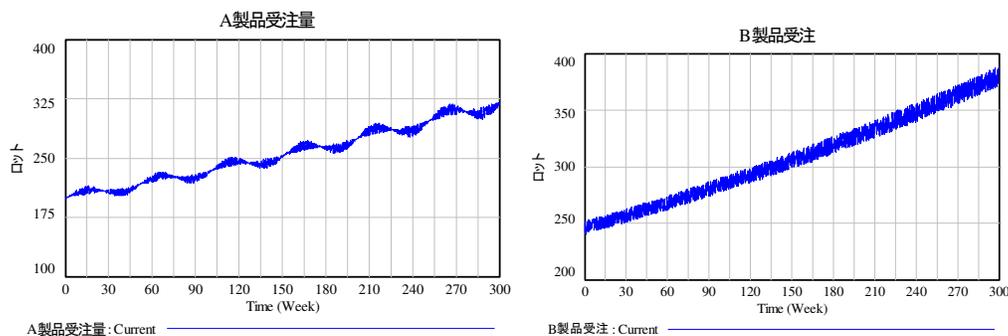
$$\text{標準在庫} = 1500 + \text{STEP}(500, 200) \quad (12-12)$$

これは、もっと早く増加させれば、200週直前の受注ロス無くすることができます。ただ、在庫費用を問題視するようであれば、標準在庫も1500ロットではなくもっと少なくし、もっと頻繁に変更することが望まれます。

2) シミュレーション

まず、A製品、B製品の相乗効果や季節変動、年次での増加がない、最初の、ただモジュールを結合させただけのモデルでシミュレーションを行い、モジュール結合が妥当かどうかをチェックします。

図 12-5 : 受注



(注：B製品受注には追加注文分を含めていない。)

図 12-6 : 在庫、受注ロス、社内発注、製造計画、納品

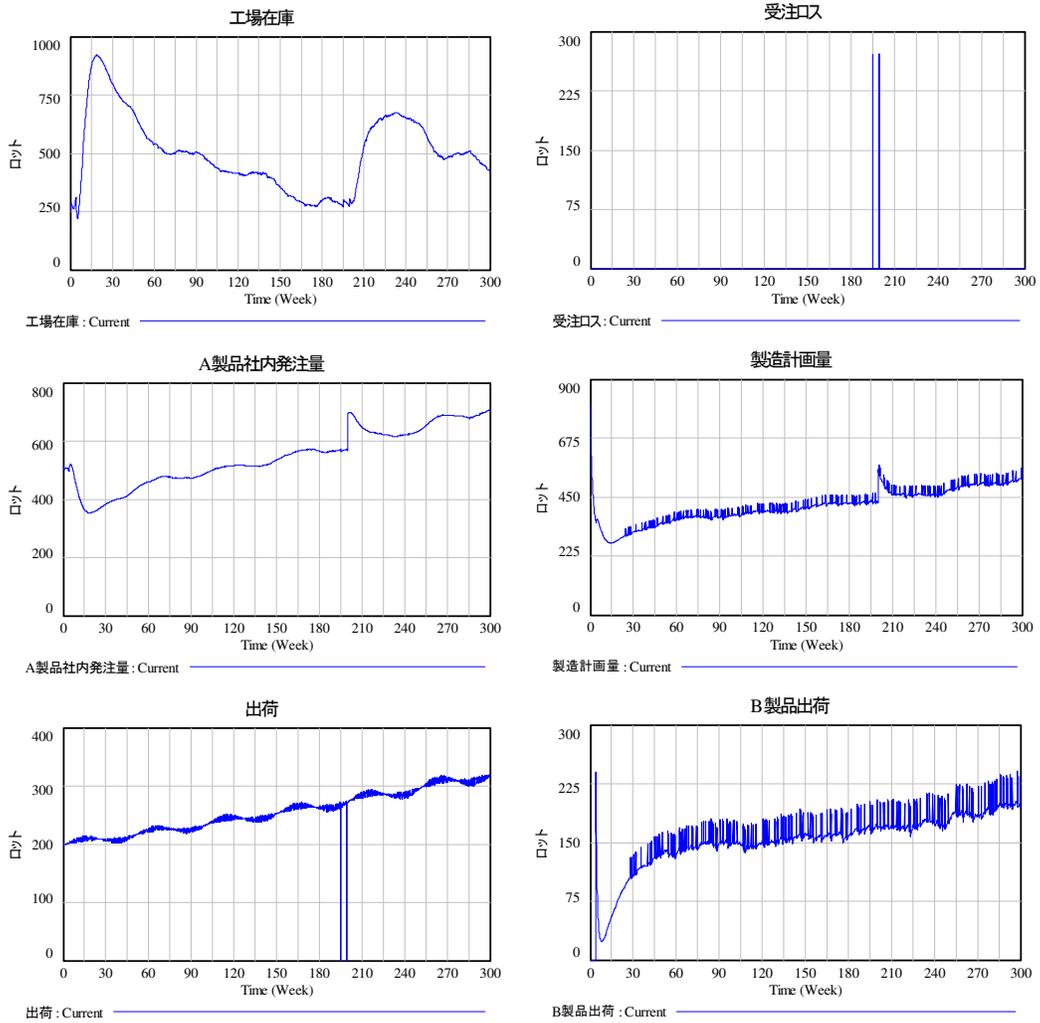
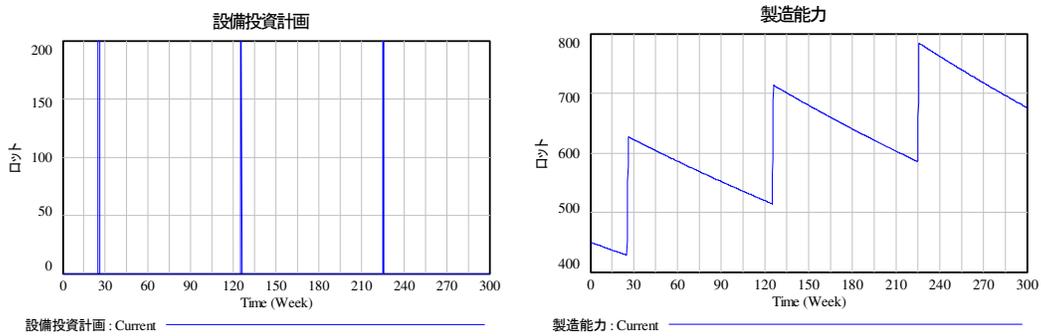


図 13-7 : 設備投資計画と製造能力



前の章で個別に検討した結果とあまり変化がなく、向上在庫の在庫数が増えていること以外は問題がないことが確認できました。

それでは、変更したモデルを使ってシミュレーションしてみましょう。図 12-7 の左に季節変動の様子を示しています。同じく右には A 製品の季節変動と受注変動、そして、年次での増加を示したグラフを掲載しています。A 製品が季節変動を伴いながら受注量が増えている様子が分かります。

B 製品は受注生産なので、特に季節変動要因を加えていません。併せて、製造能力の増強の様子を示しています。

製造でも、概ね受注傾向にそって順調な製造がなされ、特にスタックし、製造で打ち止めになることはなさそうです。

ここでは、さっと済ませてしまいましたが、シミュレーションではいろいろな条件を変えて結果を見ることが出来ますので、この設備投資計画を変えてみたい方は、自由に変えて、結果を確かめて下さい。

営業が策定した営業計画を基に作成した製造計画の妥当性と設備投資について検討したのですが、もともとの営業計画が必ずしも妥当ではないので、営業計画の修正にチャレンジした読者は、是非、製造計画の方の修正も試みてください。そうなると、多分、この設備投資計画も妥当ではなくなります。

3) 等式

- (01) A 製品= INTEG (A 製品受注増加,200)
Units: ロット
- (02) A 製品在庫=IF THEN ELSE((完成品-B 製品出荷)>0, (完成品-B 製品出荷), 0)
Units: ロット
- (03) A 製品受注増加=A 製品*A 製品受注増加率+B 製品*(0.05/50)
Units: ロット
- (04) A 製品受注増加率=0.02/50
Units: Dmnl
- (05) A 製品受注量=INTEGER(A 製品+A 製品変動幅*季節変動)
Units: ロット
- (06) A 製品変動幅=RANDOM UNIFORM(0,A 製品*0.05,1)
Units: ロット
- (07) A 製品社内発注量=INTEGER(受注平滑量+在庫調整)
Units: ロット
- (08) B 製品= INTEG (B 製品受注増加,240)
Units: ロット
- (09) B 製品出荷= DELAY FIXED (B 製品製造計画,製造期間,0)
Units: ロット
- (10) B 製品受注=B 製品+B 製品受注変動
Units: ロット
- (11) B 製品受注増加=B 製品*B 製品受注増加率+A 製品*(0.05/50)
Units: ロット
- (12) B 製品受注増加率=0.03/50
Units: Dmnl
- (13) B 製品受注変動=RANDOM UNIFORM(0,B 製品*0.05,0)
Units: ロット

- (14) B 製品製造計画=製造設計+B 製品追加注文
Units: ロット
- (15) B 製品追加注文=DELAY FIXED(B 製品受注*追加注分量,B 製品追加注目遅れ,0)
Units: ロット
- (16) B 製品追加注目遅れ=24
Units: Week
- (17) FINAL TIME = 300
Units: Week
The final time for the simulation.
- (18) INITIAL TIME = 0
Units: Week
The initial time for the simulation.
- (19) SAVEPER = TIME STEP
Units: Week [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (20) TIME STEP = 0.125
Units: Week [0,?]
The time step for the simulation.
- (21) キャンセル=プロトタイプ試験*キャンセル率*キャンセル確率
Units: ロット
- (22) キャンセル率=0.1
Units: Dmnl
- (23) キャンセル確率=RANDOM UNIFORM(0,1,1)
Units: Dmnl
- (24) プロトタイプ=設計/設計期間
Units: ロット
- (25) プロトタイプ試験= INTEG (プロトタイプ-キャンセル-試験終了,240)
Units: ロット
- (26) 仕掛品在庫調整期間=4
Units: Week
- (27) 仕掛品標準在庫量=500
Units: ロット
- (28) 仕掛品調整=(仕掛品標準在庫量-製造仕掛)/仕掛品在庫調整期間
Units: ロット
- (29) 出荷=IF THEN ELSE(工場在庫>=A 製品受注量,A 製品受注量,0)
Units: ロット
- (30) 受注ロス=IF THEN ELSE(工場在庫<A 製品受注量,A 製品受注量,0)
Units: ロット
- (31) 受注平滑化期間=4
Units: Week
- (32) 受注平滑量=SMOOTH(A 製品受注量,受注平滑化期間)
Units: ロット
- (33) 在庫調整=(標準在庫-工場在庫)/在庫調整期間
Units: ロット
- (34) 在庫調整期間=4
Units: Week
- (35) 変動期間=50
Units: Week
- (36) 季節変動=SIN((2*3.14159*Time-10)/変動期間)
Units: Dmnl

- (37) 完成品= INTEG (製造-A 製品入庫-B 製品出荷,300)
Units: ロット
- (38) 工場在庫= INTEG (A 製品入庫-出荷,250)
Units: ロット
- (39) 標準在庫=1500+STEP(500,200)
Units: ロット
change 250 to 1500
- (40) 減耗期間=50*10
Units: Week
- (41) 製造=製造仕掛/製造期間
Units: ロット
- (42) 製造仕掛= INTEG (製造開始-製造,300)
Units: ロット
- (43) 製造期間=4
Units: Week
- (44) 製造能力= INTEG (設備投資計画-設備減耗,450)
Units: ロット
- (45) 製造計画量=A 製品社内発注量+B 製品製造計画+仕掛品調整
Units: ロット
- (46) 製造設計= INTEG (試験終了-B 製品製造計画,240)
Units: ロット
- (47) 製造量=IF THEN ELSE(製造計画量>製造能力,製造能力,製造計画量)
Units: ロット
- (48) 製造開始=製造量
Units: ロット
- (49) 設備投資計画=200*PULSE(25,1)+200*PULSE(125,1)+200*PULSE(225,1)
Units: ロット
- (50) 設備減耗=製造能力/減耗期間
Units: ロット
- (51) 設計= INTEG (B 製品受注-プロトタイプ,240)
Units: ロット
- (52) 設計期間=8
Units: Week
- (53) 試験期間=16
Units: Week
- (54) 試験終了=(プロトタイプ試験-キャンセル)/試験期間
Units: ロット
- (55) 追加注文確率=RANDOM UNIFORM(0,1,0)
Units: Dmnl
- (56) 追加注文量=IF THEN ELSE(追加注文確率>0.9,0.1,0)
Units: Dmnl

13. 演習-13：経営フライト・シミュレーター

モデルを作り、シミュレーションによって仮想実験を実施し、その結果に基づいて意思決定を行っていくというのがシステム・ダイナミクスの考え方ですが、自分でモデルを構築し、そのモデルを基に自分だけでシミュレーションを行い、知見を得るだけではなく、他人にもシミュレーションを行わせ、いろいろ考えさせる、あるいは他人にもいろいろ、シミュレーションを通じて試させ、理解の共有化を図ることも重要です。

ただ、この場合、モデルの構造はいじってもらっては困るわけです。そこで、モデルの構造は触らせないが、政策パラメータは自由に触らせ、そのパラメータ値の変化で、システムの振る舞いの結果の違いを体験させるのが、経営フライト・シミュレーターです。

ここでは、医療機器メーカーの新製品開発について取り上げます。この会社は、5億円の開発費用をかけて新製品を開発しました。販売価格によりけりですが、この治療機器を使うであろう病院数から考え、保守的な見積もりでも市場規模を12,000台と見込んでいます。現行の営業人員や製造能力から、直販の場合は年間240台を見込み、予約注文をすでに240台受けています。価格が安ければ、例えば治療室の室長の権限で購買を決定できますが、価格が高くと、医院長の承認が必要になり、購入されにくくなります。マーケティング担当は、治療室の室長の権限で購買を決定できるのはせいぜい200万円と考えています。また、公立病院では、予算制度に縛られ、受注しても支払は最悪1.5年後になります。従って、逆に納品も受注後すぐでなくても構いません。

営業費用と営業収益に関しては、営業費用として製造原価の5%を見込んでいます。これは固定費として考えて下さい。また、通常のマージンは40%です。しかし、もし価格を下げれば販売数が増えるという関係で、規模の経済から、この製品が多量に販売でき、収益が十分確保できるようであれば、最大限、30%まではマージンを引き下げても良いと考えています。

次は製造関係の情報です。この製品の製造原価は50万円です。この価格で工場から営業に製品を引き渡します。もしこの製品が年間240台以上売れるのであれば、規模の経済から、生産コストを45万円まで引き下げることが可能です。

ところで、販売価格は、初期投資の開発費を何台の製品で回収するかも決まります。これは工場の見方ですが、100台で開発費を回収するとすると、101台目からは製造すれば製造するほど儲かることとなります。ただし、400台だと、401台目まで待たなければなりません。

ただし、これはキャッシュフローとは違います。キャッシュフローでは、例えば40%のマージンが効いてきて、もっと早く、例えば、400台での原価回収を設定しても、240台程度の販売時点でキャッシュフローでは黒になります。

さて、ここに2つの経営戦略があります。

- A) 早期に開発費用を回収し、次の製品開発に資金（同額程度）を投じる
- B) 特許に守られているので、競合他社からの追従は20年から30年は受けないであろうから、その間、キャッシュフロー（収益）を最大化する。

Aは、製品開発に注力するというものです。Bは利益最大化を目指しています。さて、この経営戦略を踏まえつつ、適切な販売価格を設定して下さい。

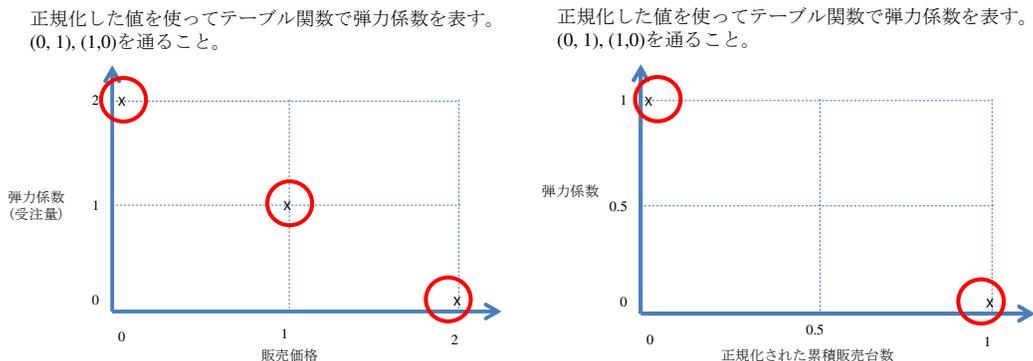
(1) モデル

販売対象には、公立病院もあり、このような公立機関では、年次予算に縛られるので、販売しても、実際の納品、及び入金は1~1.5年先になることがあります。また、約1年分の受注残があることから、受注残消化を2.5年として下さい。

また、受注生産とし、受注してもすぐには納品しないこととします。製品自体にも、他の医療機器との情報受け渡しなどの調整や、遠隔操作での、病院の建物の形状に合わせた調整が必要ですし、病院側にも、この装置を導入するに際し、電源や情報受け渡し、隔離などの施設の工事がが必要です。

また、価格弾性だけでなく、市場弾性もお忘れなく。価格弾性は、例えばマーケティング担当者が想定している標準価格のようなものを基準に正規化します。するとポイント(1,1)を通過するような曲線になります。従って、図13-1左のように考えて下さい。また、市場弾性は、図13-1右のように考えて下さい。市場規模12,000台をベースに受注数の正規化を行うことで、受注に対する市場弾性を0から1の間の変化と考えられます。従って、(0,1)、(1,0)の2点間の関数となります。

図13-1：テーブル関数による価格弾性、市場弾性の設計



(2) シミュレーション

30年の期間でシミュレーションを行ってみて下さい。

(3) 経営フライト・シミュレーター

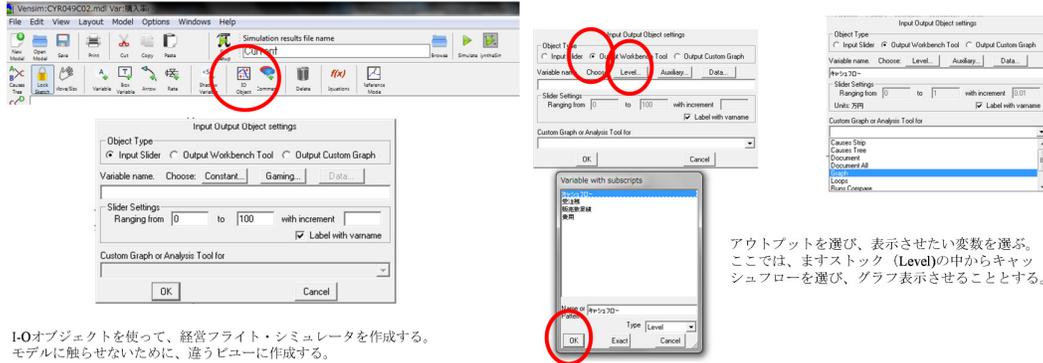
先にも述べたように、開発コスト回収台数、開発費を含まない製造コスト、そしてマージンを自由に変えられる経営フライト・シミュレーターを作成して下さい。

どのようなものにするかは自由ですが、必ず、販売価格とキャッシュフローだけは表示して下さい。

経営フライト・シミュレーターの作成にはI-Oオブジェクトを使います。モデルに触らせないために、例えば、シミュレーターをView1に、モデルをView2などに作るとういでしょう。I-Oオブジェクトを選び、ワークベンチで、出力なのか、入力なのかを選びます。

出力では、さらに、ストックなのか、フロー及び変数なのかを選びます。そして、その出力方法、グラフなのか表なのか、それとも定義式や因果関係なのかを選びます。

図 13-2 : I-O オブジェで、表示させたいパラメータを選択する。



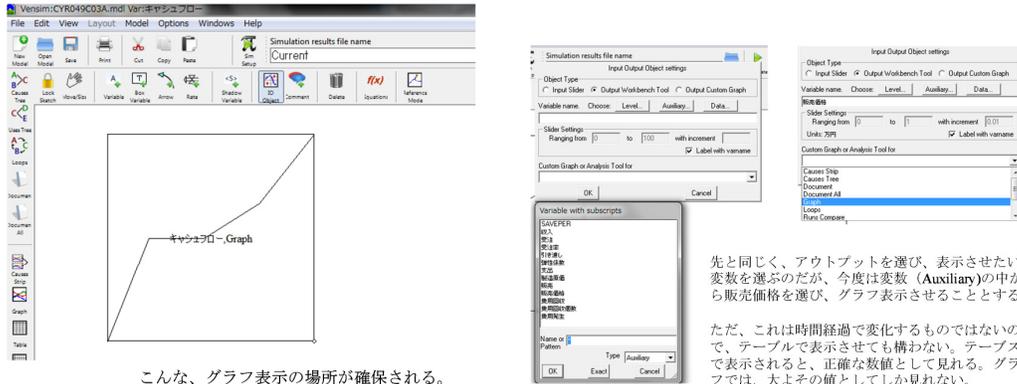
I-Oオブジェクトを使って、経営フライト・シミュレータを作成する。モデルに触らせないために、違うビューに作成する。

アウトプットを選び、表示させたい変数を選ぶ。ここでは、maxstock (Level)の中からキャッシュフローを選び、グラフ表示させることとする。

図 13-2 右は、出力させるパラメータとして、ストックであるキャッシュフローをグラフ表示させる指定を行っています。出力パラメータから、キャッシュフローを選択し、グラフ表示させる指定を選ぶと、図 13-3 左のような、グラフ表示スペースがワークベンチ上に確保されます。

同じく、今度は変数である販売価格を選び、ここでは、グラフ表示させていますが、時間変化をしない場合は、グラフ表示では細かい値が分からないので、表形式で表示させることも可能です。

図 13-3 : 出力の指定。

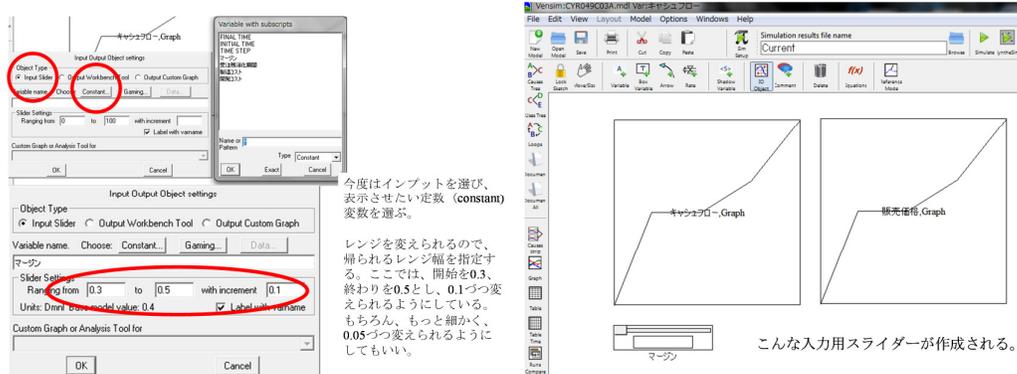


こんな、グラフ表示の場所が確保される。

先と同じく、アウトプットを選び、表示させたい変数を選ぶのだが、今度は変数 (Auxiliary)の中から販売価格を選び、グラフ表示させることとする。

ただ、これは時間経過で変化するものではないので、テーブルで表示させても構わない。テーブルで表示されると、正確な数値として見れる。グラフでは、大よその値としてしか見れない。

図 13-4 : 入力の指定。

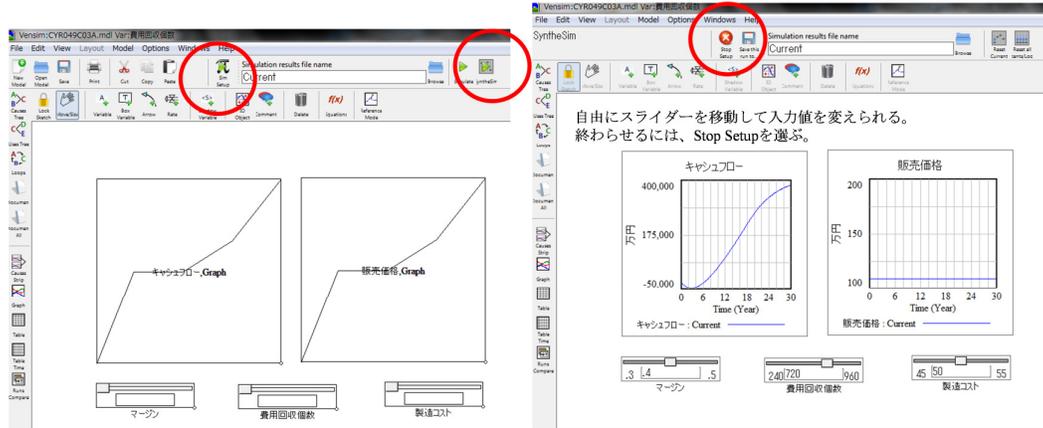


今度はインプットを選び、表示させたい定数 (constant) 変数を選ぶ。

レンジを変えられるので、帰られるレンジ幅を指定する。ここでは、開始を0.3、終わりを0.5とし、0.1づつ変えられるようにしている。もちろん、もっと細かく、0.05づつ変えられるようにしてもいい。

こんな入力用スライダーが作成される。

図 13-5：経営フライト・シミュレーター開始（左）と停止（右）。



次に入力です。I-O オブジェで、入力で、変化させたい定数を選びます。すると、図 13-4 左のようなスライダー指定画面が表示されます。ここで重要な点は、スライダーで変える入力値の幅と、刻みです。ここを、ソフトの自動指定にすると、シナリオ上あり得ないような指定も可能にしてしまいます。例えば、製造コストを 45 万円以下にするとか、マージンを 0 にするといった指定です。

入力スライダーが定義されれば、画面上に図 13-5 左のようなスライダーが作成されます。経営フライト・シミュレーターの画面が作成されたならば、その起動です。Sim Setup というボタンを押し、SynthSim という、通常のシミュレーション実行ボタンの隣のボタンを押します。すると、図 13-5 右のような画面になり、スライダーにポインターを当て、自由に値を変えることでグラフ表示での出力の変化をリアルタイムで見ることができます。

経営フライト・シミュレーターの停止は、前に Sim Setup のボタンがあった場所が Stop という名称のボタンに代わっていますので、この Stop ボタンを押します。

(4) 模範解答

1) モデル

基本的には並行フローという概念を使います。一つ目のプロセスは、受注を受け、ストックである受注残に投入し、受注残を基に製造し、出荷します。模範解答のものはこれまで述べてきたものよりもこの製造仮定を簡略し、製造と受注残をまとめて一つのストックとして表現しています。

2 番目の流れはキャッシュフローで、出荷を受け、代金を顧客に請求し、入金されます。請求金額は販売価格になります。ここでは収入としています。

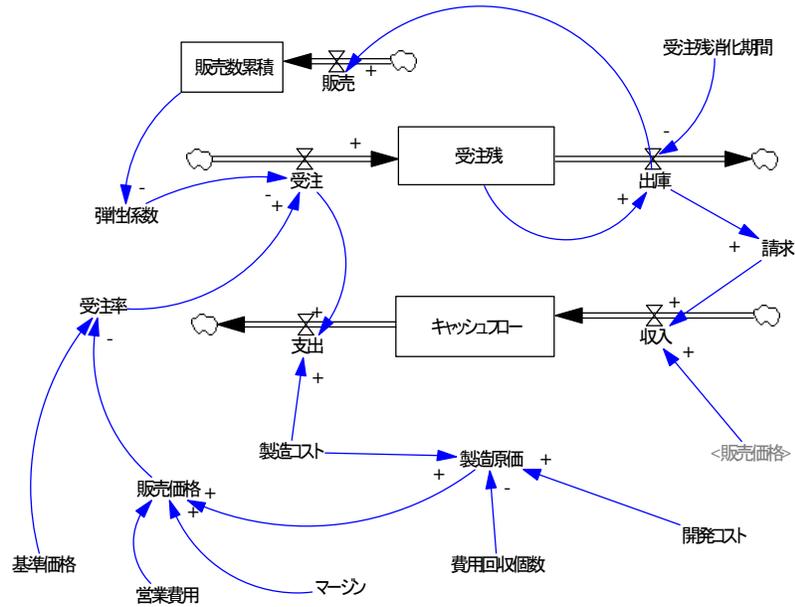
また、受注を受け、製造コストが支出されます。キャッシュフローには、初期値として、開発コストが設定されています。

販売価格は、

$$\text{販売価格} = \text{製造原価} * (1 + 0.05 + \text{マージン}) \quad (13-1)$$

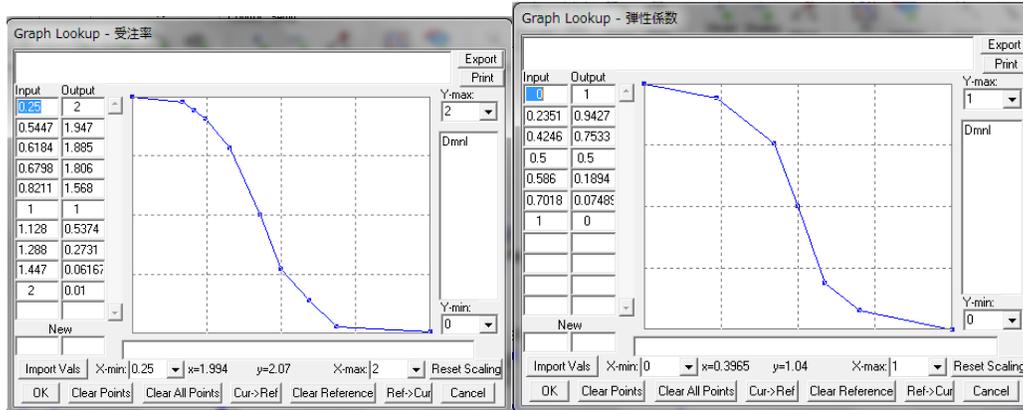
$$\text{製造原価} = (\text{開発コスト} / \text{費用回収回数}) + \text{製造コスト} \quad (13-2)$$

図 13-6 : モデル



受注率（価格弾性）と弾性係数（市場弾性）はテーブル関数を使っています。ここでは図 13-7 のようなロジスティック曲線を想定しました。価格弾性の定義では、ポイント(0.25,2)、(1,1)、(2,001)以外はグラフ画面にポインターを当て、適当に調整していますので、この値になる必要はありません。同じく、市場弾性でも、ポイント(0,1)、(0.5, 0.5)、(1,0)以外の点はグラフ画面にポインターを当て、適当に調整しています。

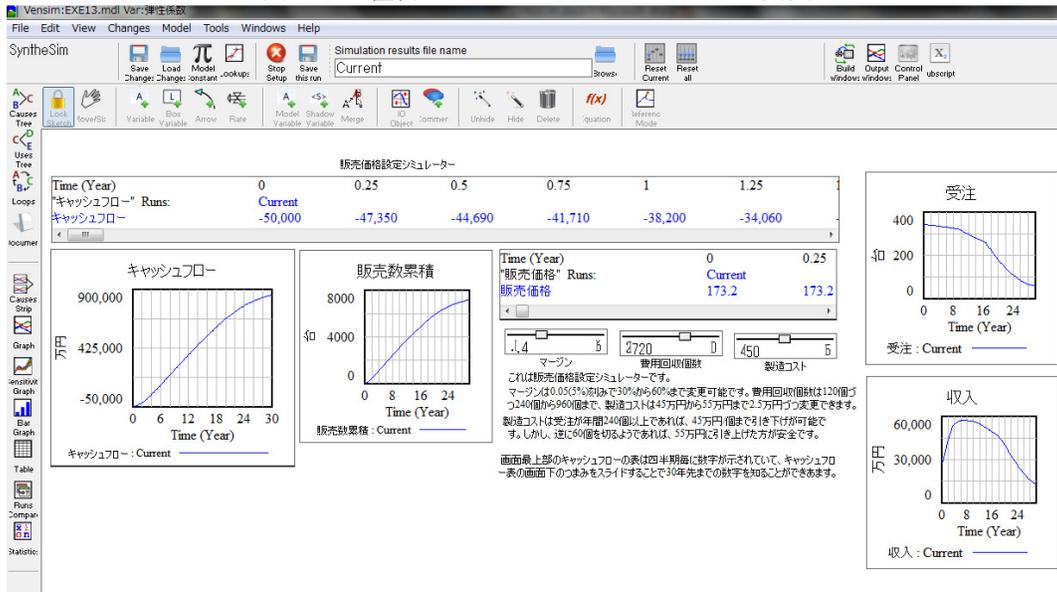
図 13-7 : 価格弾性（左）及び市場弾性（右）



作成した経営フライト・シミュレーションの画面は、図 13-7 のようなものです。ここでは、解説などを追加し、細かく作成していますが、もちろん、ここまで細かく作成する必要はなく、キャッシュフローが表示され、費用回収回数、製造原価、マージンを自由に設定できれば構いません。ただ、グラフだと、いつの時点でキャッシュフローで費用が回収できるのか分かりづらいので、ここでは合わせて表形式でも表示させています。

こうすることで、ユーザーが自由に政策パラメーターの値を変更して、戦略に沿った適切な販売価格を見ることができます。

図 13-7 : 経営フライト・シミュレーターの画面

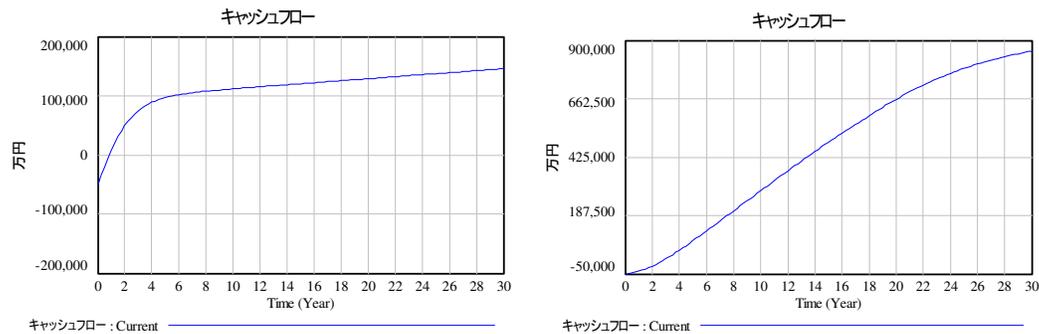


2) シミュレーション

シミュレーション結果は、図 14-5 左のようなものです。なお、通常のシミュレーションのように、シミュレーション結果を記録するファイル名を指定し、それを表示させつつ経営フライト・シミュレーターを実施することもできます。

通常でのシナリオ分析のように、決めた制作パラメータのセットで、通常にシミュレーションを実施し、その後、この経営フライト・シミュレーターのモードに移行すると、前のシナリオ分析での値も併せて表示されます。他人に、経営フライト・シミュレーターを使ってシミュレーションを経験させる際の参照値として、上限下限、中央値を示すのとても有効な手段です。

図 13-8 : キャッシュフロー (左 : 費用回収個数 240 個、右 : 720 個)



3) 定義式

- (01) FINAL TIME = 30
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year

- The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
- The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
- The time step for the simulation.
- (05) キャッシュフロー= INTEG (収入-支出,-開発コスト)
Units: 万円
- (06) マージン=0.4
Units: Dmnl
- (07) 在庫=受注残/受注残消化期間
Units: 台
- (08) 収入=請求*販売価格
Units: 万円
- (09) 受注=240*受注率*弾性係数
Units: 台
- (10) 受注残= INTEG (受注-在庫,240)
Units: 台
- (11) 受注残消化期間=1.5
Units: Year
- (12) 受注率= WITH LOOKUP (販売価格/基準価格,
[(0.25,0)-(2,2)],(0.25,2),(0.544737,1.94714),(0.618421,1.88546),(0.679825,1.80617),(0.8
21053,1.56828),(1,1),(1.12807,0.537445),(1.28772,0.273128),(1.44737,0.061674),(2,0.01
))
Units: Dmnl
- (13) 営業費用=0.05
Units: Dmnl
- (14) 基準価格=200
Units: 万円
- (15) 弾性係数= WITH LOOKUP (販売数累積/(240*50),
[(0,0)-(1,1)],(0,1),(0.235088,0.942731),(0.424561,0.753304),(0.5,0.5),(0.585965,0.18942
7),(0.701754,0.0748899),(1,0))
Units: Dmnl
- (16) 支出=受注*製造コスト
Units: 万円
- (17) 製造コスト=50
Units: 万円/台
- (18) 製造原価=(開発コスト/費用回収個数)+製造コスト
Units: 万円
- (19) 請求=DELAY1(在庫,1)
Units: 台
- (20) 販売=在庫
Units: 台
- (21) 販売価格=製造原価*(1+営業費用+マージン)
Units: 万円/台
- (22) 販売数累積= INTEG (販売, 0)
Units: 台
- (23) 費用回収個数=720
Units: 台

- change 240 to 240*3
(24) 開発コスト=50000
Units: 万円

このモデルでは、製品寿命や製品の買い替え、競合相手などの以下の要素を考慮していませんが、これらを考慮して、モデル改善を各自試みてみて下さい。

- ・製品寿命と買い替え
- ・競合
- ・宣伝と口コミによる普及
- ・営業活動による普及
- ・海外市場への販売の可能性
- ・中古機市場の生成
- ・メンテナンスの収益
- ・消耗品の収益
- ・他の医療機器との互換性、連携機能
- ・製造能力
- ・設備投資
- ・OEM 製造

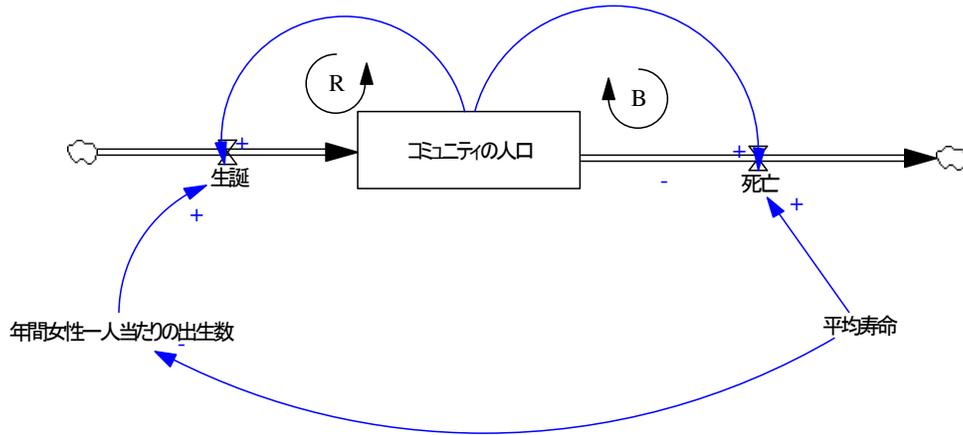
14. 練習問題の模範解答

1. 演習-1：ストック1個のモデル

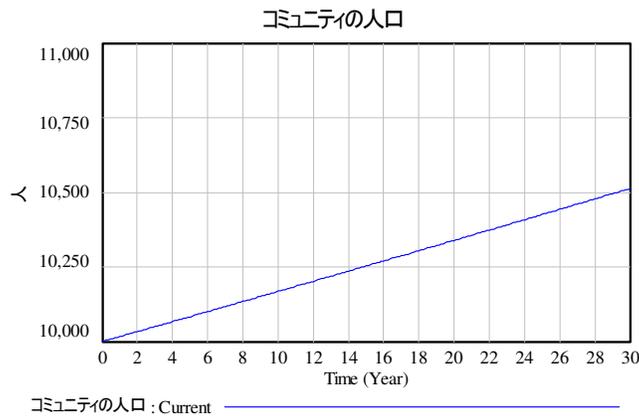
1) 人口モデル

あるコミュニティを対象とします。人口は現在1万人、平均寿命は60歳です。このコミュニティの女性は生涯に平均2.2の子供を産みます。30年後の人口は何人でしょうか？転入、転出が無視できるものと考え、モデルを作成し、計算してみなさい。

A) モデル



B) シミュレーション



コミュニティの人口の半分が女性と考えます。また、出生率は、女性が生涯に2.2人の子供を出産するとしていて、女性も含め平均年齢が60歳ですので、2.2人を60年で割ったものが年間出生率になります。

- 人口の半分が女性で女性のみが子供を産める。従って、出生率は $(1/2) \times$ 人口に関係する。
- 女性は60歳まで生き、その間、2.2人の子供を産む。従って、出生率は、 $2.2 \text{ 人} \div 60 \text{ 年}$ に関係する。
- 以上から、

$$\text{出生数} = (1/2) * \text{人口} * 2.2/60$$

コミュニティの人口減少は、平均年齢が 60 歳ですので、毎年 1/60 の人口が死亡すると考えます。

$$\text{死亡数} = \text{人口} * (1/60)$$

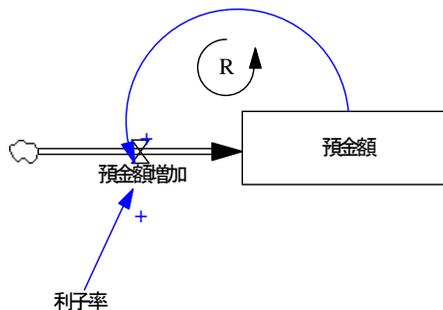
C) 等式

- (01) FINAL TIME = 30
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) コミュニティの人口 = INTEG (生誕-死亡,10000)
Units: 人
- (06) 平均寿命 = 60
Units: Year
- (07) 年間女性一人当たりの出生数 = 2.2/平均寿命
Units: 人
- (08) 死亡 = コミュニティの人口/平均寿命
Units: 人
- (09) 生誕 = (コミュニティの人口/2)*年間女性一人当たりの出生数
Units: 人

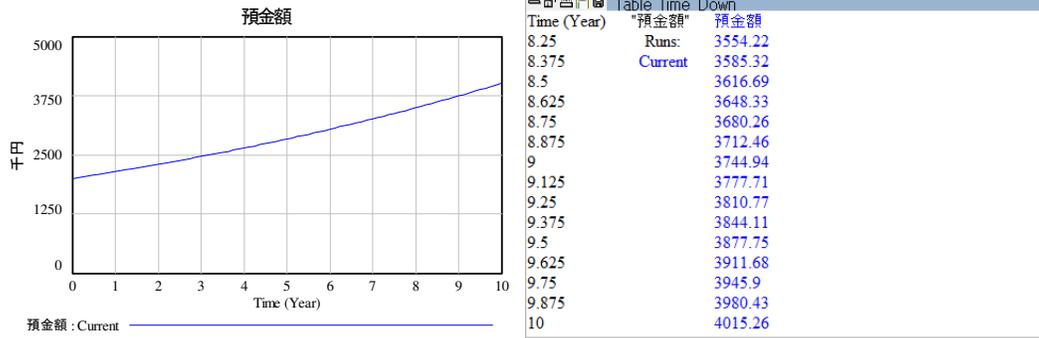
2) 預金モデル

私は現在 200 万円を持っています。これを海外の利回りの良い銀行に預け、10 年で 2 倍にしたいと考えています。今ある海外の銀行で、福利で年間の利息が 7% という銀行を見つけたので、そこに預けました。10 年後に私のお金は正確にいくらになっているかを、モデルを作成し、計算してみなさい。

A) モデル



B) シミュレーション



7%の利子であれば、10年後に2倍になります。これは70の法則と言われているもので、この利率の場合、元本の額によらず、10年で2倍になります。後の練習で出てきますが、3.5%だと20年で2倍になります。ただ、正確に2倍ではないので、10年後の金額は、4,015,260円となります。なお、こういった数値を表示したい場合は、画面左にある分析ツールの中からグラフ表示（縦）のボタンを使うと便利です。

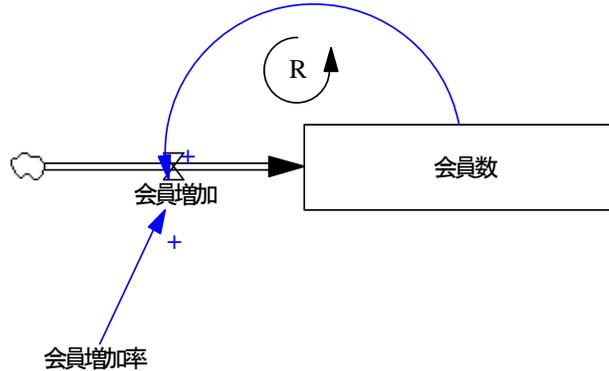
C) 等式

- (1) FINAL TIME = 10
Units: Year
The final time for the simulation.
- (2) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (3) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (4) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (5) 利率=0.07
Units: Dmnl
- (6) 預金額= INTEG (預金額増加,2000)
Units: 千円
- (7) 預金額増加=預金額*利率
Units: Dml

3) 会員制通販会社

ある会員制通販会社は、クレジット会社などと提携し、主にダイレクト・メールとロコミで会員を募集し、会員に限って美術品などを販売しています。会員は現在 5 千人いて、年 5%で順調に増えています。このままのペースで会員が増加するとして、会員が現在の 3 倍になるまでにどれだけの時間がかかるでしょうか？

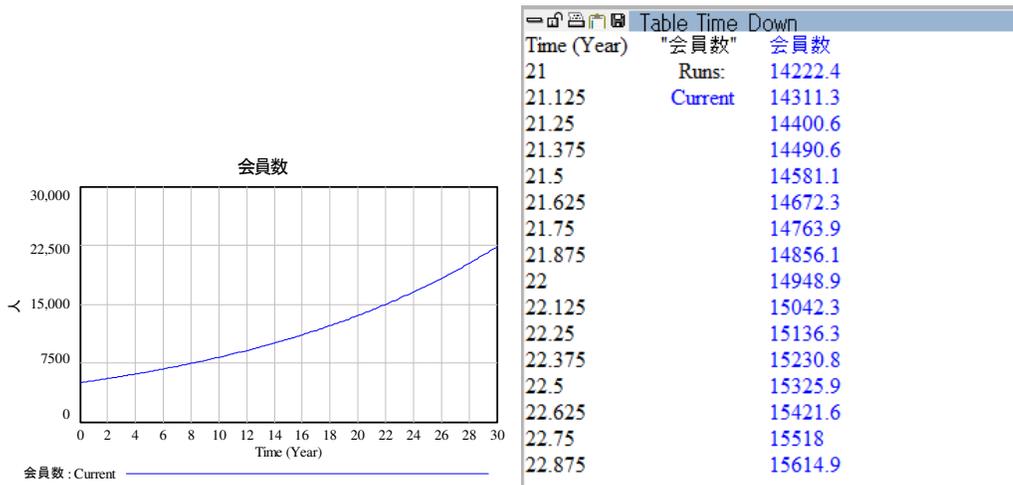
A) モデル



B) シミュレーション

最初にグラフであたりを付けます。グラフでは22年で15,000人の線とクロスしています。もっと詳細に見るために、分析ツール・バーの表表示画面を使い、当りをつけた22年の前後にスライドさせ、会員数が、3倍の15,000人になる時点を探します。21年で14,222人、22年で14,948人、23年で15,712人ですので、22年目で会員数が3倍になります。

このように、ある値になる期間が不明の場合、最初にあたりを付け、例えば10年の期間でシミュレーションを行い、それでも値がその10年間で到達できない場合は、20年、40年というように、シミュレーション期間を長くしてチェックします。



C) 等式

- (1) FINAL TIME = 30
Units: Year
The final time for the simulation.
- (2) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (3) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (4) TIME STEP = 0.125

Units: Year [0,?]

The time step for the simulation.

(5) 会員増加=INTEGER(会員数*会員増加率)

Units: **undefined**

(6) 会員増加率=0.05

Units: Dmnl

(7) 会員数= INTEG (会員増加, 5000)

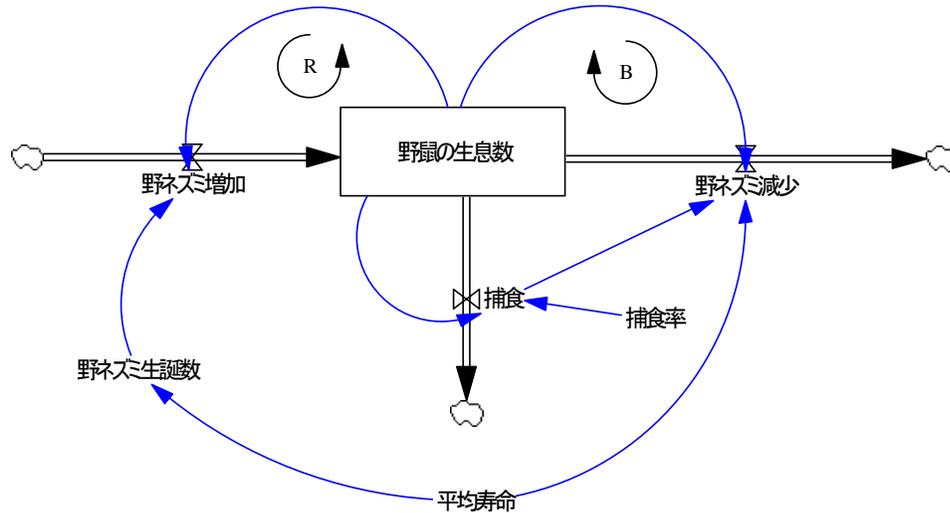
Units: 人

INTEGER は整数出力をさせる関数です。

4) 野鼠

10 キロ四方の里山環境に野鼠が 2 千匹生息しています。野鼠の平均寿命は 2 年で、生涯に 10 匹の子供を産みますが、99%は捕食されてしまいます。野鼠の数が百万匹を超えると集団移動を開始します。集団移動が起きるのは何年後でしょうか？

A) モデル



これも先の人口の練習問題と同じ考え方をします。

$$\text{野ネズミ増加} = (1/2) * \text{野ネズミの生息数} * (10 / \text{平均寿命})$$

$$\text{野ネズミ減少} = \text{野ネズミの生息数} * (1/2)$$

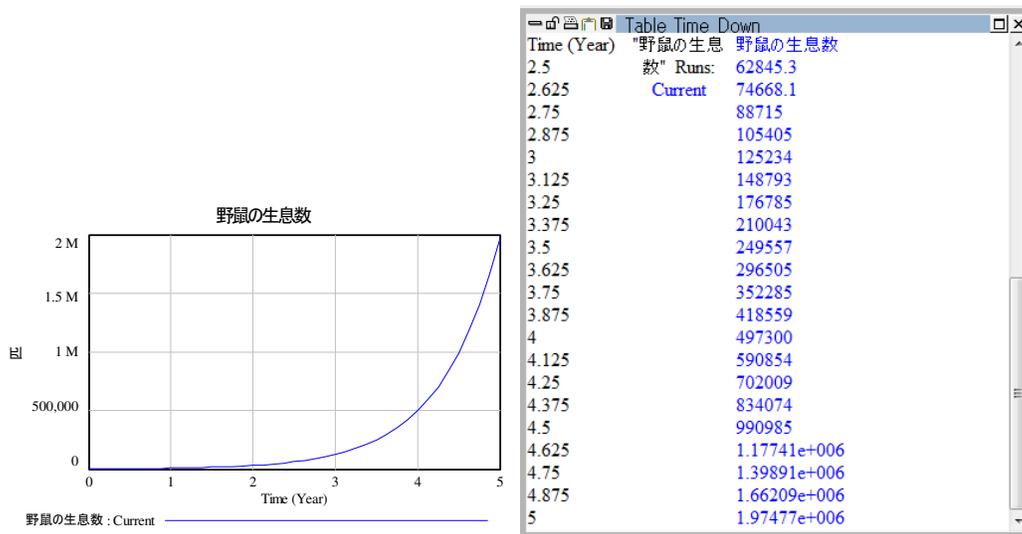
$$\text{捕食} = \text{野ネズミの生息数} * \text{捕食率}$$

となります。

B) シミュレーション

最初にグラフで当たりを付けます。グラフで見ると 1M 匹とクロスするのは 4.5 年目前後と思われる。表形式で出力させ、4.5 年目の前後をチェックしてみます。4 年半目ではほぼ百万匹ということで、この少し後に野ネズミの大移動が起きます。この年にはハメルーン

の笛吹男が現れ、笛を吹き、野ネズミをどこかに連れ去っていくことでしょう。



C) 等式

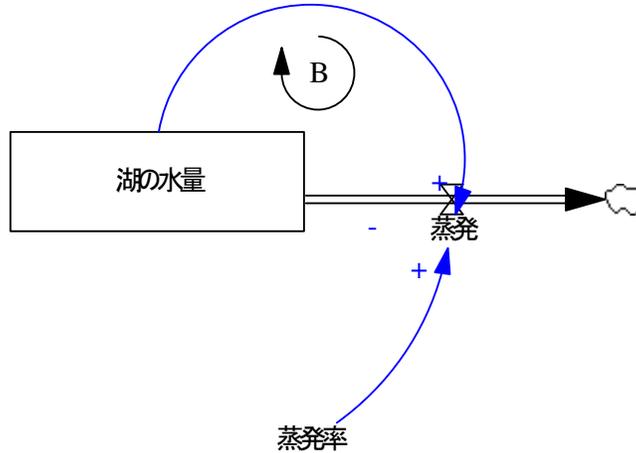
- (01) FINAL TIME = 5
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 平均寿命=2
Units: Year
- (06) 捕食=野鼠の生息数*捕食率
Units: 匹
- (07) 捕食率=0.99
Units: Dmnl
- (08) 野ネズミ増加=野鼠の生息数*野ネズミ生誕数
Units: 匹
- (09) 野ネズミ減少=(野鼠の生息数-捕食)/平均寿命
Units: 匹
- (10) 野ネズミ生誕数=(1/2)*(10/平均寿命)
Units: Dmnl
- (11) 野鼠の生息数= INTEG (野ネズミ増加-捕食-野ネズミ減少,2000)
Units: 匹

5) 環境モデル

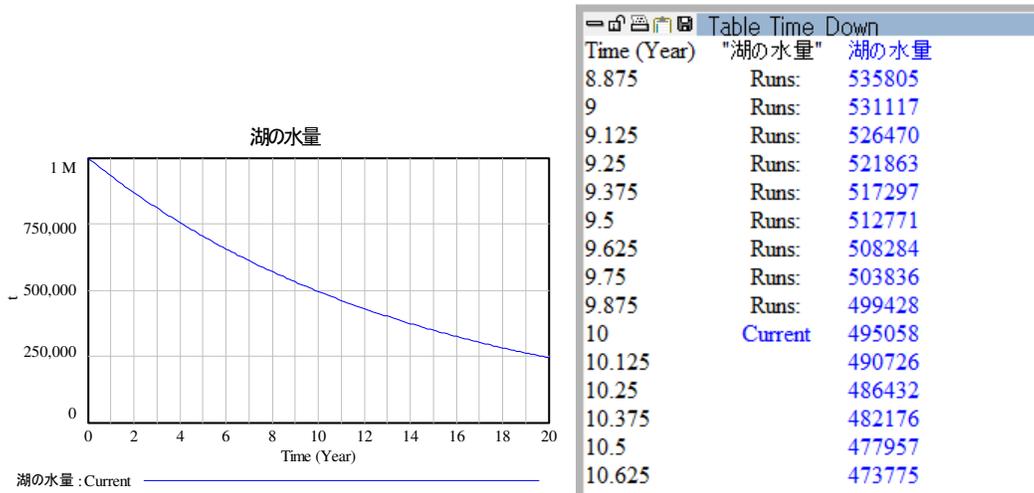
今、ある地域に 100 ヘクタールの湖があります。それまでは、満々と水をたたえ、美しい湖だったのですが、上流に灌漑用のダムができ、この湖には水が流れ込まなくなりまし

た。この湖の平均水深を 1m とし、また年間蒸発量を 7%として、この湖が現在の半分の水量になるのは何年後でしょうか？

A) モデル



B) シミュレーション



前の預金の練習問題と同じですが、違っているのは、前の連取問題では 2 倍になるとい
うことが、今度は半分になるとのことだけです。もちろん、7%なので 10 年です。もっと
正確には 9 年目の 7 月頃となるでしょうか。

C) 等式

- (1) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (2) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (3) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (4) TIME STEP = 0.125

Units: Year [0,?]

The time step for the simulation.

(5) 湖の水量= INTEG (-蒸発,100*100*100*1)

Units: t

(6) 蒸発=湖の水量*蒸発率

Units: t

(7) 蒸発率=0.07

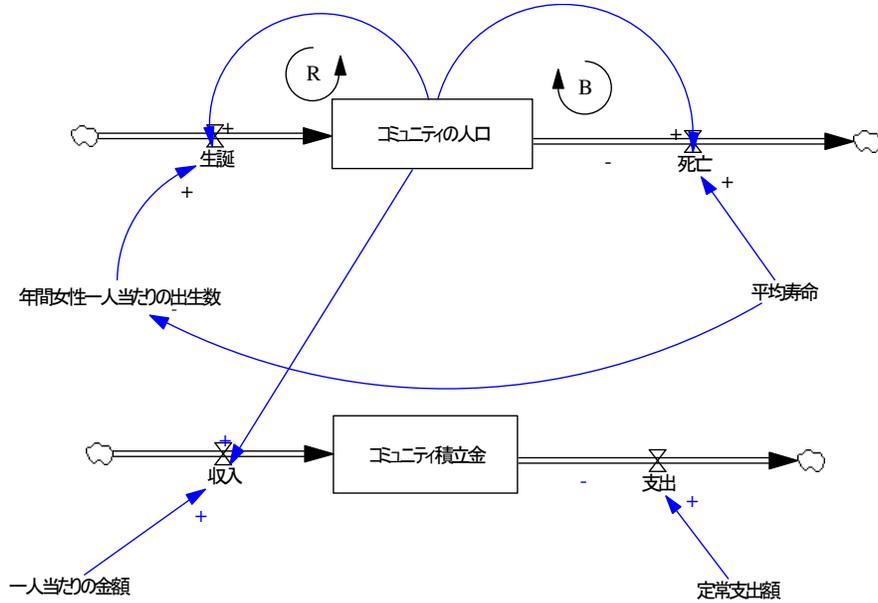
Units: Dmnl

2. 演習-2 : ストック 2 個のモデル

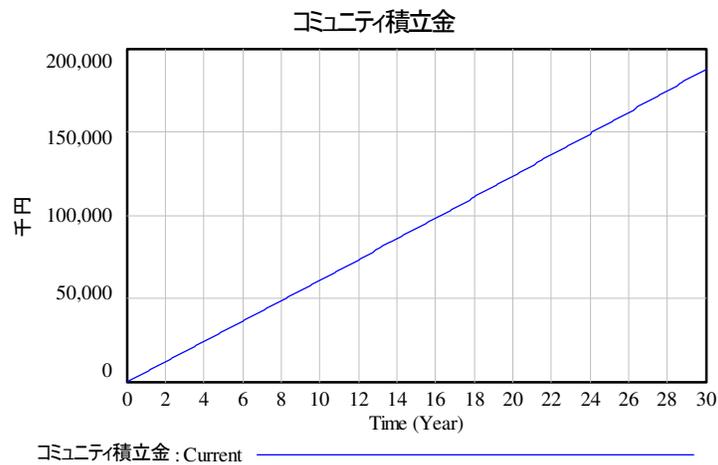
1) 人口モデル

先の人口モデルに、コミュニティの全員に対し、一人当たり年間 1,000 円のコミュニティの税金を今年から新に徴収するとします。このお金は積みたて、コミュニティの行事などに使っています。今、この支出はほぼ一定で 400 万円です。さて、このお金の額 (残高) はどのように変化するでしょうか？

A) モデル



B) シミュレーション



C) 等式

- (01) FINAL TIME = 30
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0

- Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) コミュニティの人口= INTEG (生誕-死亡,10000)
Units: 人
- (06) コミュニティ積立金= INTEG (収入-支出,0)
Units: 千円
- (07) 一人当たりの金額=1
Units: 千円
- (08) 収入=コミュニティの人口*一人当たりの金額
Units: 千円
- (09) 定常支出額=4000
Units: 千円
- (10) 平均寿命=60
Units: Year
- (11) 年間女性一人当たりの出生数=2.2/平均寿命
Units: 人
- (12) 支出=定常支出額
Units: 千円
- (13) 死亡=コミュニティの人口/平均寿命
Units: 人
- (14) 生誕=(コミュニティの人口/2)*年間女性一人当たりの出生数
Units: 人

なお、このような、一方のストックに対応して他方のストックが変化するようなモデル形式のことを、並行フロー・モデルと呼んでいます。

2) 預金モデル

先の預金モデルに、追加します。私は、さらに余分に 100 万円を遺産相続しまし。これを年 3.5%で、株で運用し、合わせて合計が元本の 2 倍になったら豪華な 4WD を買いたいと思っています。いつ私は車を変えるでしょうか？

A) モデル

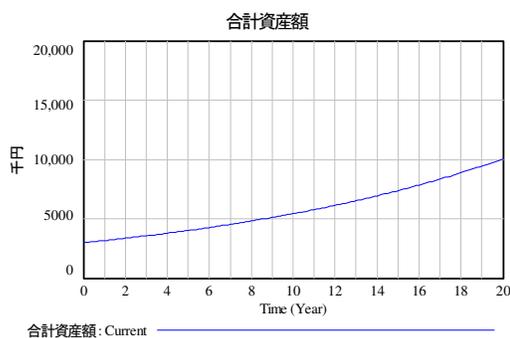
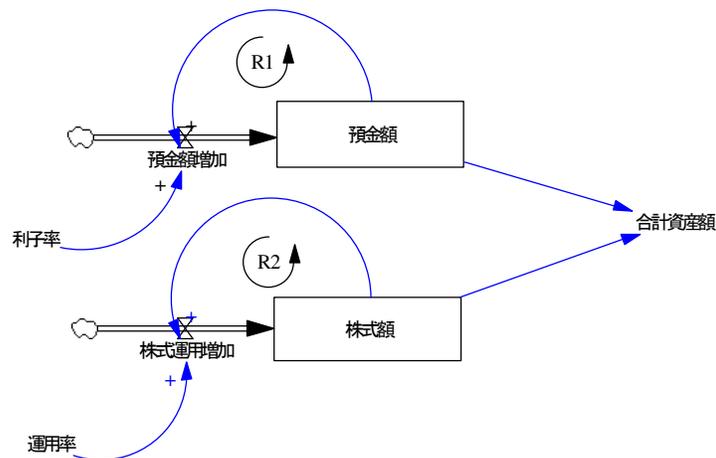
モデルは、ストックに入力があるだけの単純な構造のモジュールが 2 個、合計資産額というパラメータで連結された形になります。

年間の利率が 7%だと 10 年で 2 倍になります。従って、株式運用の方の 3.5%では 2 倍になるのは 20 年かかります。合計資産額である 300 万円が 2 倍になるのは従って、10 年と 20 年のどこか中間地点ということになります。

B) シミュレーション

グラフで当たりを付けます。グラフだと 500 万円の線が 9 年目でクロスしていますので、12 年目当たりという検討が付きま。表で見ると、11 年目の 9 月には元手の 2 倍の 600 万円になりそうです。もっとも、利子は年次でしか付かないので、12 年目まで待つ必要があります。

前の練習問題を複製してモデルを作成し、そのままシミュレーション条件を変えないでシミュレーションを実施すると10年までしかシミュレーションしてくれないでしょう。この練習問題のためには、シミュレーション期間は最低でも12年は必要です。そのような場合、メニュー・バーの Model に、Setting というシミュレーション条件を変更するメニューがあります。



Time (Year)	"合計資産額"	合計資産額
10.75		5686.34
10.875		5729.73
11		5773.47
11.125		5817.56
11.25		5862.01
11.375		5906.83
11.5		5952
11.625		5997.55
11.75		6043.46
11.875		6089.74
12		6136.41
12.125		6183.45
12.25		6230.87
12.375		6278.68
12.5		6326.88

C) 等式

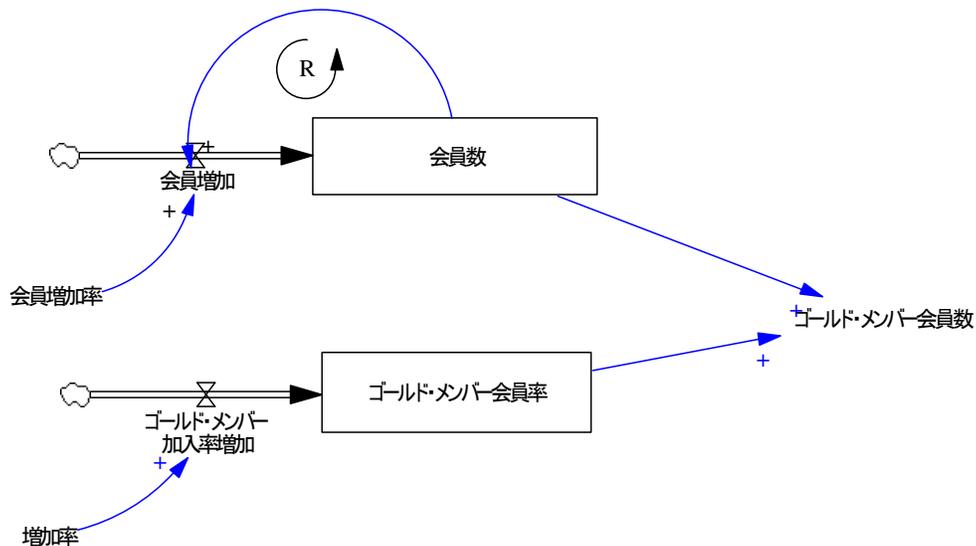
- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.

- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 利率=0.07
Units: Dmnl
- (06) 合計資産額=預金額+株式額
Units: 千円
- (07) 株式運用増加=株式額*運用率
Units: 千円
- (08) 株式額= INTEG (株式運用増加,1000)
Units: 千円
- (09) 運用率=0.035
Units: Dmnl
- (10) 預金額= INTEG (預金額増加,2000)
Units: 千円
- (11) 預金額増加=預金額*利率
Units: 千円

3) 会員制通信販売

会員の中で、100万円以上、美術品を購入してくれた会員にはゴールド・メンバーに勧誘し、ゴールド・メンバーには芸術家との交流、美術館巡りのツアー、音楽と美術、美食を組み合わせたコンサートやパーティなどを企画し、招待しています。現在ゴールド・メンバーは会員の10%で、この率は年4%で増えています。会員が3倍になった時点では、ゴールド・メンバーは何倍に増えているのでしょうか？

A) モデル



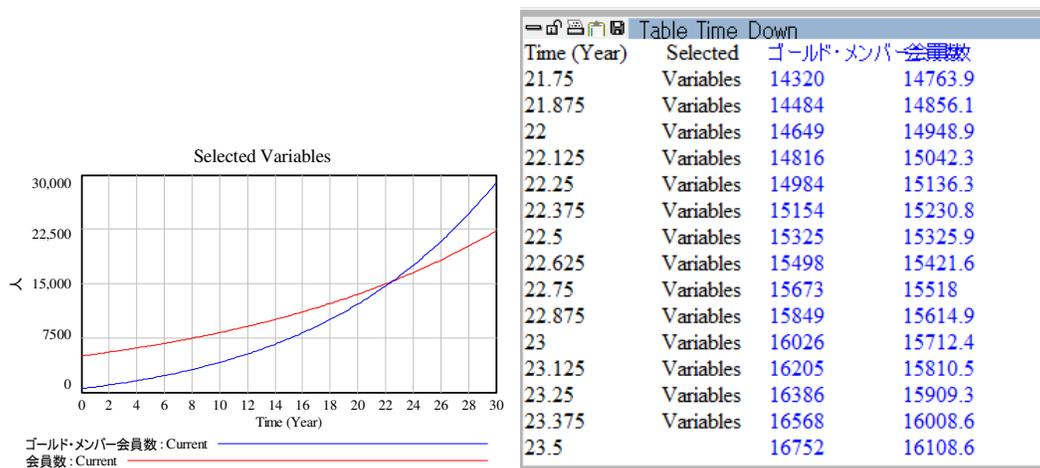
B) シミュレーション

この問題には少し注意が必要です。つまり、シミュレーションを単純に実施すると、22年目でゴールド・メンバーと会員数がクロスしてしまいます。ゴールド・メンバーが会員数を超えることはありませんから、22年半までがこのモデルの範囲になります。

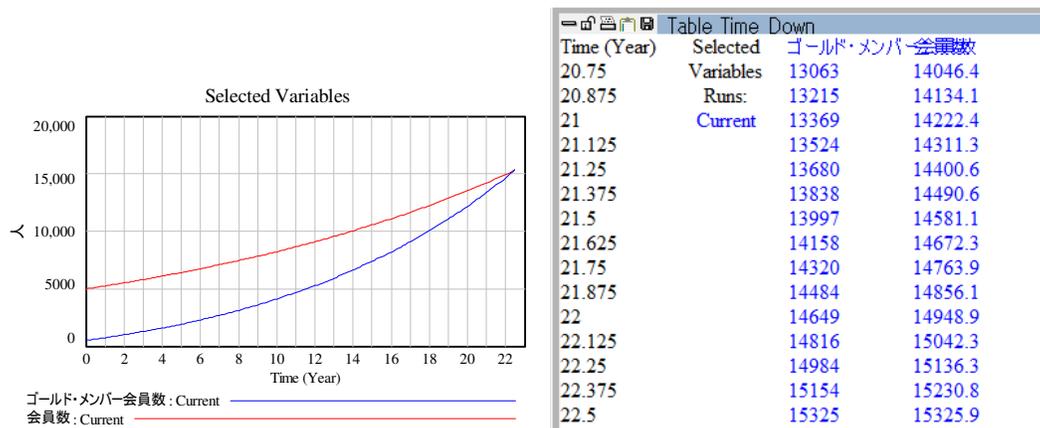
通常、ゴールド・メンバーが会員の100%に近づくと、成長曲線に沿って増加率が下がり、

最終的には増加率0%になりますので、ゴールド・メンバーが会員数を超えることはありません。しかし、このモデルではそのことを無視しているのです、こうなってしまう。

そのことを発見したら、シミュレーション条件を修正し、表示方法を変えて下さい。いずれにしろ、問題に対する回答は変わらず、会員が3倍になるのは22年の6月として、15,325人で、この時のゴールド・メンバーの会員数も15,325人ですから、30.65倍になっています。ただし、実際には、ゴールド・メンバーになるためには、最初に会員にならないといけないのですから、その増加率は会員数に近づくにつれて減少していきます。



これを、シミュレーション期間を調整し、22.5年として、



C) モデル

- (01) FINAL TIME = 22.5
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125

Units: Year [0,?]

The time step for the simulation.

(05) ゴールド・メンバー会員数=INTEGER(会員数*ゴールド・メンバー会員率)

Units: 人

(06) ゴールド・メンバー会員率= INTEG (ゴールド・メンバー加入率増加,0.1)

Units: Dmnl

(07) ゴールド・メンバー加入率増加=増加率

Units: Dmnl

(08) 会員増加=INTEGER(会員数*会員増加率)

Units: **undefined**

(09) 会員増加率=0.05

Units: Dmnl

(10) 会員数= INTEG (会員増加, 5000)

Units: 人

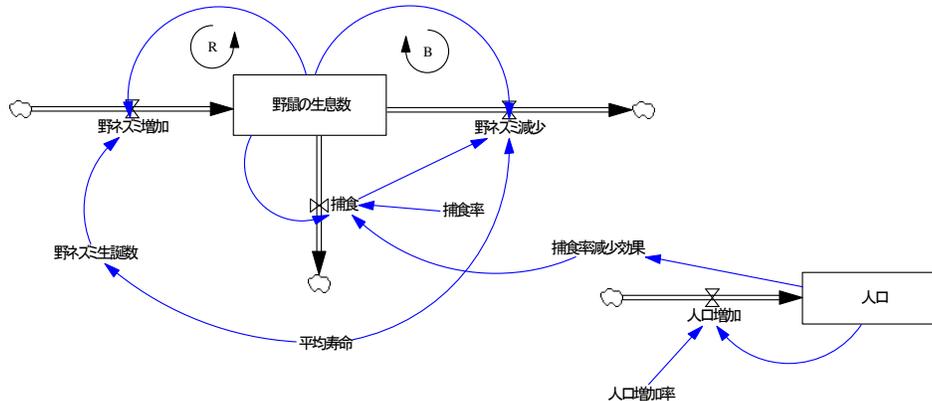
(11) 増加率=0.04

Units: Dmnl

4) 野鼠

野鼠の天敵は、キツネ、タカ、タヌキなどの動物です。キツネ、タヌキなどは、人間の飼う鶏などを襲うので、人間から嫌われています。この地域には人間が 2 千人住んでいて、年間 2%で人口増加しています。人間は千人当たり 2%の割合で野鼠の天敵を駆除してしまうので、野鼠は2%、捕食されることが少なくなります。この条件を入れて、先の野鼠の大移動は何年早まるか計算してみなさい。

A) モデル

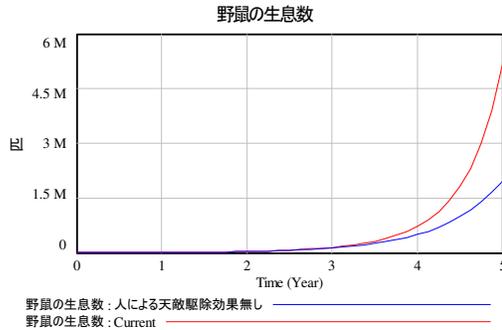


B) シミュレーション

ここでは、まず、人間の活動による、野ネズミの天敵駆除効果の定義がポイントの 1 つになります。2,000 人の人間に対して天敵の野ネズミ捕食効果が 2%減少するので、人口を 2,000 人で割って、2%を乗じたもので減少効果を計算します。

ポイントの 2 番目は、比較のために、シミュレーション結果を保存するファイル名を変えてシミュレーションすることです。ここでは、人間の天敵駆除効果を考えないシミュレーションの結果を「人間による減少効果無」として表示しています。この、人間の天敵駆除効果が無ければ、前の練習問題での結果から、4.5 年目で大移動しますから、それよりも早いことが分かります。テーブルで見ると、4.25 年には大移動が起きそうです。ハメ

ルーンの笛吹の到着は1年ほど早まることが分かります。



Time (Year)	野鼠の生息数	野鼠の生息数
2.25	数" Runs: 47421.5	44519.3
2.375	Current	56856.7
2.5	人による天敵	68247.7
2.625	駆除効果無し	82027.2
2.75		98733
2.875		119037
3		143782
3.125		174032
3.25		211142
3.375		256841
3.5		313357
3.625		383585
3.75		471312
3.875		581540
4		720941
4.125		898500
4.25		1.12645e+006
4.375		1.42165e+006
4.5		1.80762e+006
4.625		2.31759e+006
4.75		2.9992e+006
4.875		3.9218e+006
5		5.18797e+006

C) 等式

- (01) FINAL TIME = 5
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 人口= INTEG (人口増加, 2000)
Units: 人
- (06) 人口増加=人口*人口増加率
Units: 人
- (07) 人口増加率=1.02
Units: Dmnl
- (08) 平均寿命=2
Units: Year
- (09) 捕食=野鼠の生息数*(捕食率-捕食率減少効果)
Units: 匹
- (10) 捕食率=0.99
Units: Dmnl
- (11) 捕食率減少効果=(人口/2000)*0.02
Units: Dmnl
- (12) 野ネズミ増加=野鼠の生息数*野ネズミ生誕数
Units: 匹
- (13) 野ネズミ減少=(野鼠の生息数-捕食)/平均寿命

- Units: 匹
- (14) 野ネズミ生誕数 = $(1/2) * (10 / \text{平均寿命})$
Units: Dmnl
- (15) 野鼠の生息数 = INTEG (野ネズミ増加 - 捕食 - 野ネズミ減少, 2000)
Units: 匹

「人間による減少効果無」として、効果を打ち消す場合は、(11)式を、

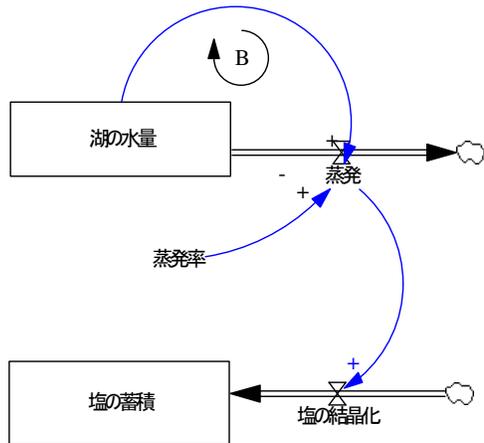
(11) 捕食率減少効果 = $(\text{人口} / 2000) * 0.02 * 0$

と変更し、シミュレーション結果出力ファイル名を、「人間による減少効果無」とします。すると、Current の人間による減少効果がある場合と比較した形でシミュレーション結果が表示されます。この例では、グラフでは効果がない場合が赤で、表では青と、色の違いで表されています。

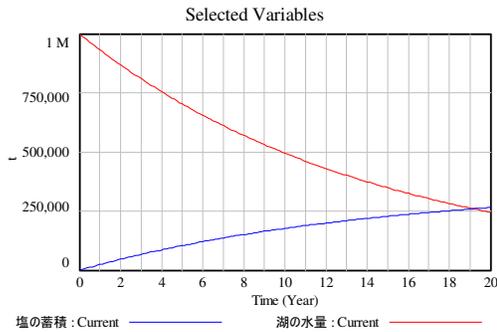
5) 環境モデル

この湖の水の蒸発によって塩化が進み、塩が結晶化しています。塩の飽和状態の溶解度を、100cc に対し 35g として、毎年何トンの塩が生成され、何トンづつ蓄積され、湖の面積が半分になった時に何トンの塩が結晶化しているのだろうか？現時点では塩の結晶はないとして考えて下さい。

A) モデル

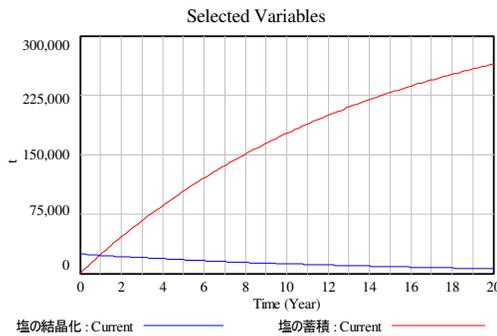


B) シミュレーション



Time (Year)	Selected	塩の蓄積	湖の水量
8.875		162468	535805
9		164109	531117
9.125		165736	526470
9.25		167348	521863
9.375		168946	517297
9.5		170530	512771
9.625		172101	508284
9.75		173657	503836
9.875		175200	499428
10		176730	495058
10.125		178246	490726
10.25		179749	486432
10.375		181238	482176
10.5		182715	477957
10.625		184179	473775

モデルそのものは極めて単純です。蒸発した水の中の塩分の量がストックに蓄積されていきます。湖の水が半分になるのが約 10 年目、9 年目の 9 月として、この時の塩は 173,657 トンになります。



Time (Year)	Selected	塩の結晶化	塩の蓄積
0	Variables	24500	0
0.125	Runs:	24285.6	3062.5
0.25	Current	24073.1	6098.2
0.375		23862.5	9107.34
0.5		23653.7	12090.2
0.625		23446.7	15046.9
0.75		23241.6	17977.7
0.875		23038.2	20882.9
1		22836.6	23762.7
1.125		22636.8	26617.3
1.25		22438.7	29446.9
1.375		22242.4	32251.7
1.5		22047.8	35032
1.625		21854.8	37788
1.75		21663.6	40519.8
1.875		21474.1	43227.8
2		21286.2	45912
2.125		21099.9	48572.8
2.25		20915.3	51210.3
2.375		20732.3	53824.7
2.5		20550.9	56416.2
2.625		20371	58985.1
2.75		20192.8	61531.5
2.875		20016.1	64055.6
3		19841	66557.6

毎年の塩の生成量と蓄積量は、ストックとフローを示せばいいので、上のようになります。

C) 等式

- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.

- (05) 塩の結晶化=蒸発*(35/100)
Units: t
- (06) 塩の蓄積= INTEG (塩の結晶化,0)
Units: t
- (07) 湖の水量= INTEG (-蒸発,100*100*100*1)
Units: t
- (08) 蒸発=湖の水量*蒸発率
Units: **undefined**
- (09) 蒸発率=0.07
Units: Dmnl

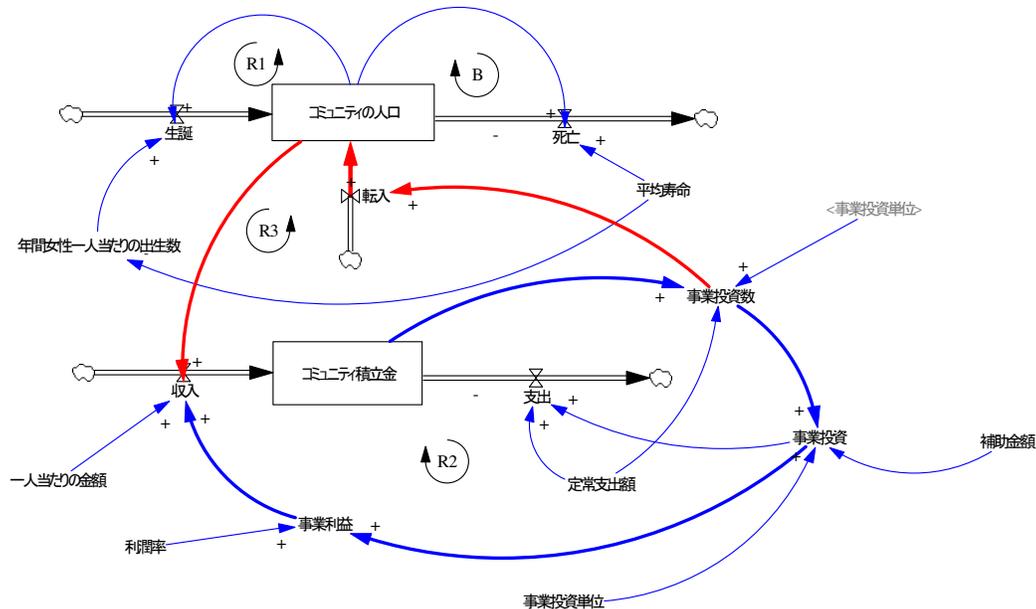
3. 演習-3 : 単純なフィードバック・ループ

1) 人口モデル

一人当たり年間 1,000 円のコミュニティの税金を徴収するモデルで、溜まったお金をそのまましておくのはもったいないので、村おこし事業に投資することとした。村おこし事業では、コミュニティ側の出資として、一プロジェクト当たり 500 万円かかり、それに対して同額の補助金が支給される。経費は、人件費が 500 万円、その他の費用が 500 万円である。その利潤は 10%なので、プロジェクトを 1 つ行くと 100 万円利益が上がる。これはコミュニティでやっている事業なので、利益はすべてコミュニティの積み立てにプールされる。さらに、雇用では、コミュニティに住んでいない人を一人当たり年間 100 万円で農業も営みながらの雇用ができるので、家族も含め 5 人がコミュニティに転入してくるとする。コミュニティの人口はどのように変わるか？そして、コミュニティの税金の溜まり方はどのようになるか？また、プロジェクトでの事業規模はどれだけになるか？

なお、ここでは、プロジェクトでの雇用で転入してきた人達はそのままこのコミュニティに住みつくとしています。また、プロジェクトは 1 年としています。また、人口や事業数は小数点以下にならないので、INTEGER という整数出力を行う関数を使用するといいでしょう。

A) モデル



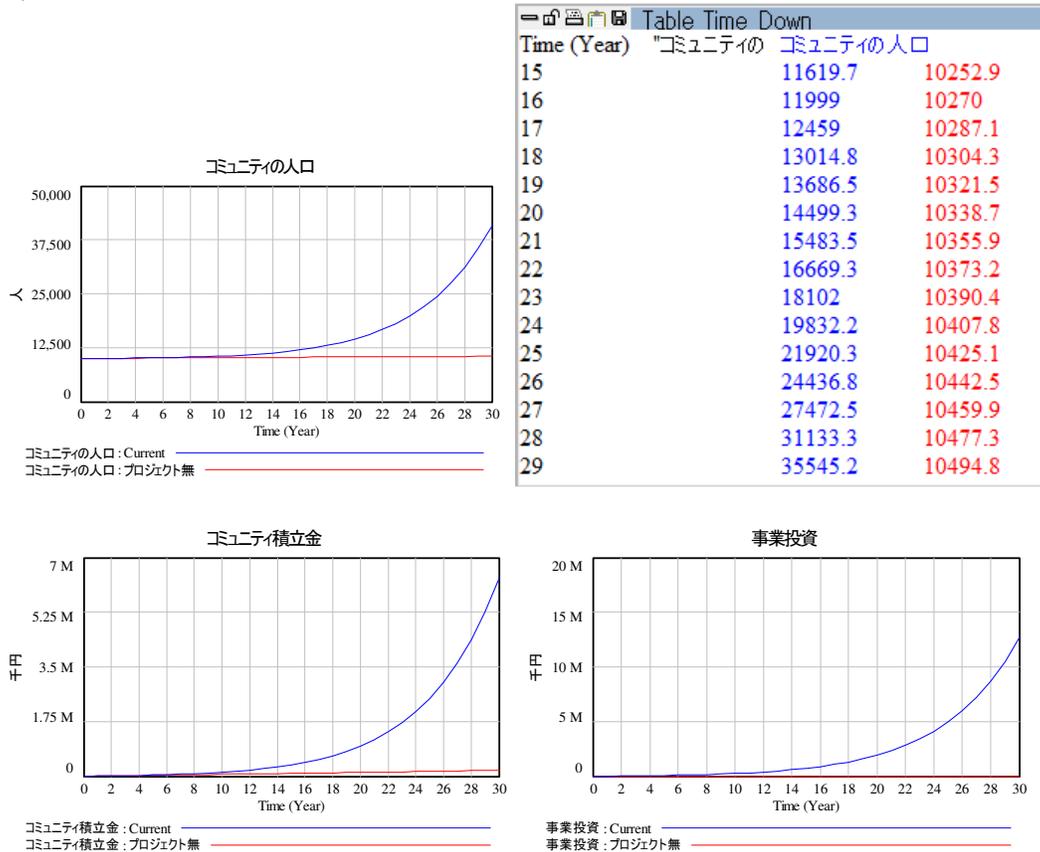
ここでは、事業投資数を決め、コミュニティ基金から定常支出額である 500 万円を差し引いた金額を、プロジェクト 1 単位実施するために必要な資金 500 万円で割り、実施可能なプロジェクト数を計算します。

プロジェクトは 1 つ当たり 1,100 万円の事業収入を産み出しますので、それをコミュニティ基金の収入とします。従って R2 というフィードバック・ループが形成されます。

このモデルでは、事業投資で雇用が促進され、転入者が増えるという R3 で記載した増強ループも生まれます。しかし、これは人数が少ないのであまり大きな差にはならないでしょう。グラフで見ると、プロジェクトが実施されない場合の変化はゼロのように見えます。これは、プロジェクトを実施した場合、年 10%で指数増加するので、変化が大きいからで

す。プロジェクトが無い場合でも直線的に増加しています。

B) シミュレーション



C) 等式

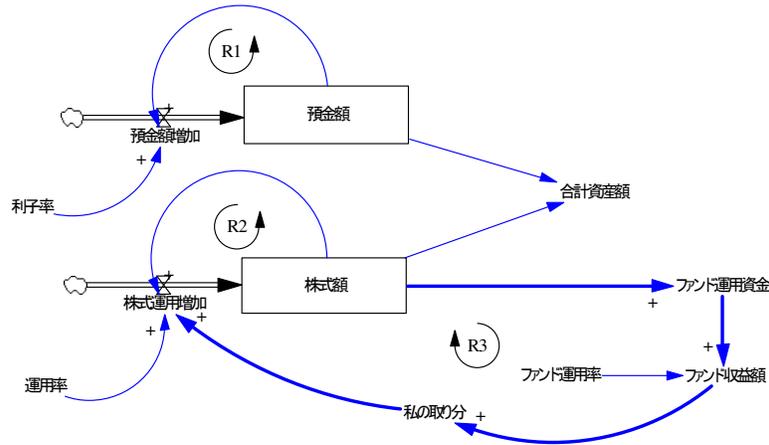
- (01) FINAL TIME = 30
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 1
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) コミュニティの人口 = INTEG (生誕+転入-死亡,10000)
Units: 人
- (06) コミュニティ積立金 = INTEG (収入-支出,0)
Units: 千円
- (07) 一人当たりの金額 = 1
Units: 千円
- (08) 事業利益 = 事業投資 * 利潤率

- Units: 千円
- (09) 事業投資=事業投資数*(事業投資単位+補助金額)
Units: 千円
- (10) 事業投資単位=5000
Units: 千円
- (11) 事業投資数=IF THEN ELSE((コミュニティ積立金-定常支出額)>0,
(INTEGER((コミュニティ積立金-定常支出額)/事業投資単位)), 0)
Units: Dmnl
- (12) 利潤率=1.1
Units: Dmnl
- (13) 収入=コミュニティの人口*一人当たりの金額+事業利益
Units: 千円
- (14) 定常支出額=4000
Units: 千円
- (15) 平均寿命=60
Units: Year
- (16) 年間女性一人当たりの出生数=2.2/平均寿命
Units: 人
- (17) 支出=定常支出額+事業投資
Units: 千円
- (18) 死亡=コミュニティの人口/平均寿命
Units: 人
- (19) 生誕=(コミュニティの人口/2)*年間女性一人当たりの出生数
Units: 人
- (20) 補助金額=5000
Units: 千円
- (21) 転入=事業投資数*5
Units: 人

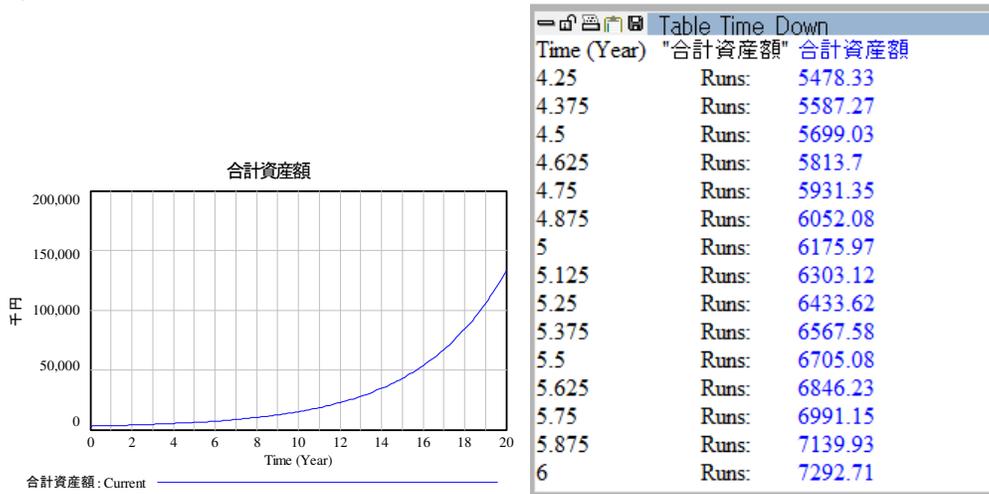
2) 預金モデル

実は、投資先の会社は、ファンドを使って開発プロジェクトを実施している企業です。この会社から、投資資金運用の担当者になることを打診されました。この投資ファンドで私が担当する運用資金は、私が株式で支出した額の 10 倍です。私であれば平均 7%で資金回転できる自信があります。この仕事を引き受けた場合、利益の 30%が手数料として私に支払われるので、そう悪くない仕事だと思っています。この仕事で得られた収入をこの会社の株式取得に充当することを考えています。先の豪華な 4WD 購入が可能になるまで何年間このファンドの仕事を私はやればいいのか？

A) モデル



B) シミュレーション



株式として提供した資金の 10 倍の額がファンド運用資金として提供され、そのプロフィットのうちの 30%を株式に組み込み、その 10 倍の資金がファンド運用で提供されるという R3 のフィードバックができます。私の希望は、私の手持ち資金である合計 300 万円を 600 万円にしたいだけですので、4 年目の末（実際には 5 年目）には晴れて念願の高級 4WD を入手し、ドライブを楽しめることと思います。前のように 10 年以上も待たされないでもいいことが分かり喜んでいきます。

C) 等式

- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.

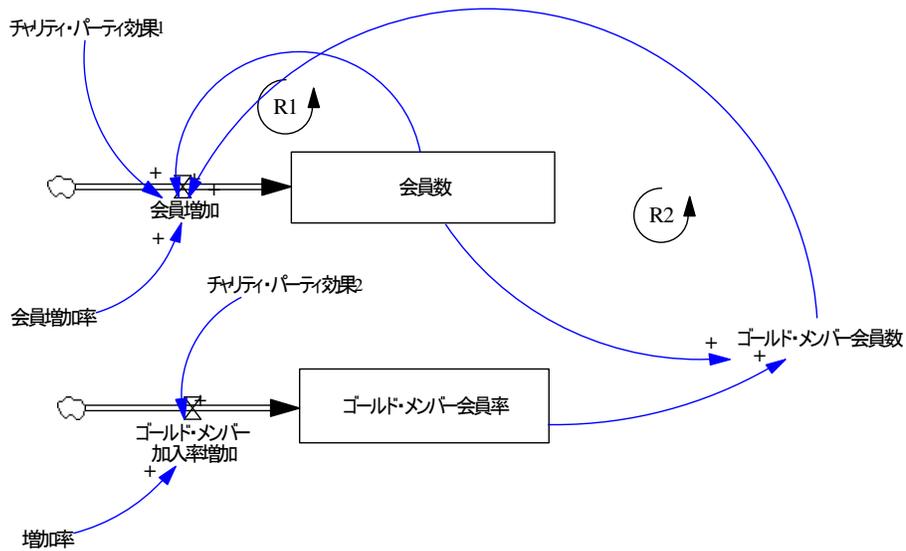
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) ファンド収益額=ファンド運用資金*ファンド運用率
Units: 千円
- (06) ファンド運用率= 0.07
Units: Dmnl
- (07) ファンド運用資金=株式額*10
Units: 千円
- (08) 利率=0.07
Units: Dmnl
- (09) 合計資産額=預金額+株式額
Units: 千円
- (10) 株式運用増加=株式額*運用率+私の取り分
Units: 千円
- (11) 株式額= INTEG (株式運用増加,1000)
Units: 千円
- (12) 私の取り分=ファンド収益額*0.3
Units: 千円
- (13) 運用率=0.035
Units: Dmnl
- (14) 預金額= INTEG (預金額増加,2000)
Units: 千円
- (15) 預金額増加=預金額*利率
Units: 千円

3) 会員制通信販売

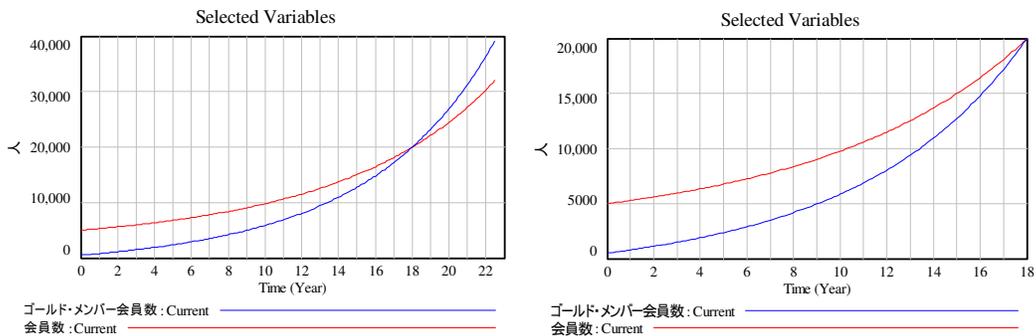
コンサートやパーティなどのゴールド・メンバー用の特別企画を行うと、ゴールド・メンバーが 1%増加します。現在、このような特別企画を年に 4 回実施し、年間 4%、ゴールド・メンバーを増やし続けています。これに加え、メンバー全員を対象にしたチャリティや親睦会を各年 1 回実施し、そこでもゴールド・メンバーへの勧誘を行い、これによっても 1%、ゴールド・メンバーになってくれる会員がいます。また、友人を誘い、会員になってくれる効果もあり、こちらの効果は 5%です。この効果を考慮し、モデルを改善しなさい。なお、現実的には、ゴールド・メンバー会員の増加は対会員比で 100%に近づくと逡減し、100%を越えないが、ここではその制約を無視することとする。代わりにシミュレーション期間をゴールド・メンバー会員の対会員比が 100%になった時点までとする。

A) モデル

モデルでは、ゴールド・メンバー会員による会員増加効果を示す R2 という増強ループが認識されていればいいでしょう。



B) シミュレーション



モデルそのものは難しくないのですが、弾性係数を入れていないので、シミュレーション期間を再設定する必要があります。最初のランで、会員数とゴールド・メンバーがクロスする時点を探します。18年でクロスしていますので、モデルのシミュレーション期間を18年に再設定し、再度シミュレーションします。

C) 等式

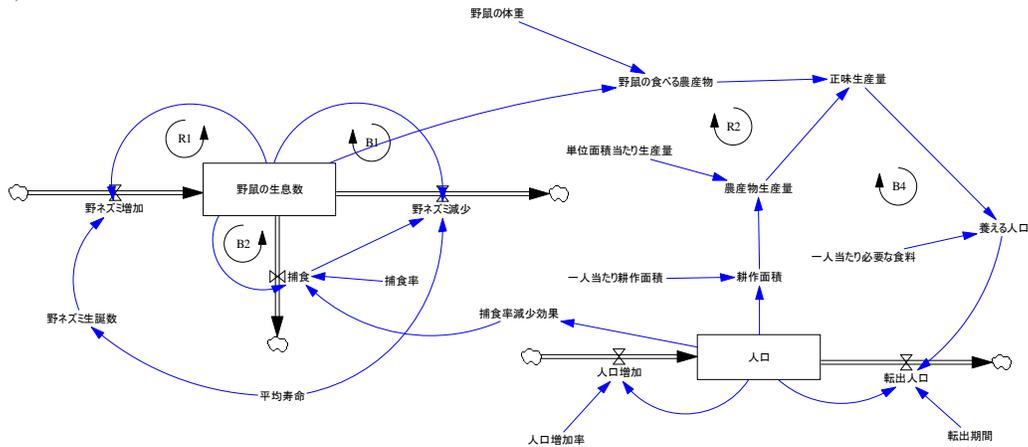
- (01) FINAL TIME = 18
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) ゴールド・メンバー会員数=INTEGER(会員数*ゴールド・メンバー会員率)
Units: 人

- (06) ゴールド・メンバー会員率= INTEG (ゴールド・メンバー加入率増加,0.1)
Units: Dmnl
- (07) ゴールド・メンバー加入率増加=増加率+チャリティ・パーティ効果 2
Units: Dmnl
- (08) チャリティ・パーティ効果 1=0.05
Units: Dmnl
- (09) チャリティ・パーティ効果 2=0.01
Units: Dmnl
- (10) 会員増加=INTEG(会員数*会員増加率+ゴールド・メンバー会員数*チャリティ・パーティ効果 1)
Units: 人
- (11) 会員増加率=0.05
Units: Dmnl
- (12) 会員数= INTEG (会員増加, 5000)
Units: 人
- (13) 増加率=0.04
Units: Dmnl

4) 野鼠

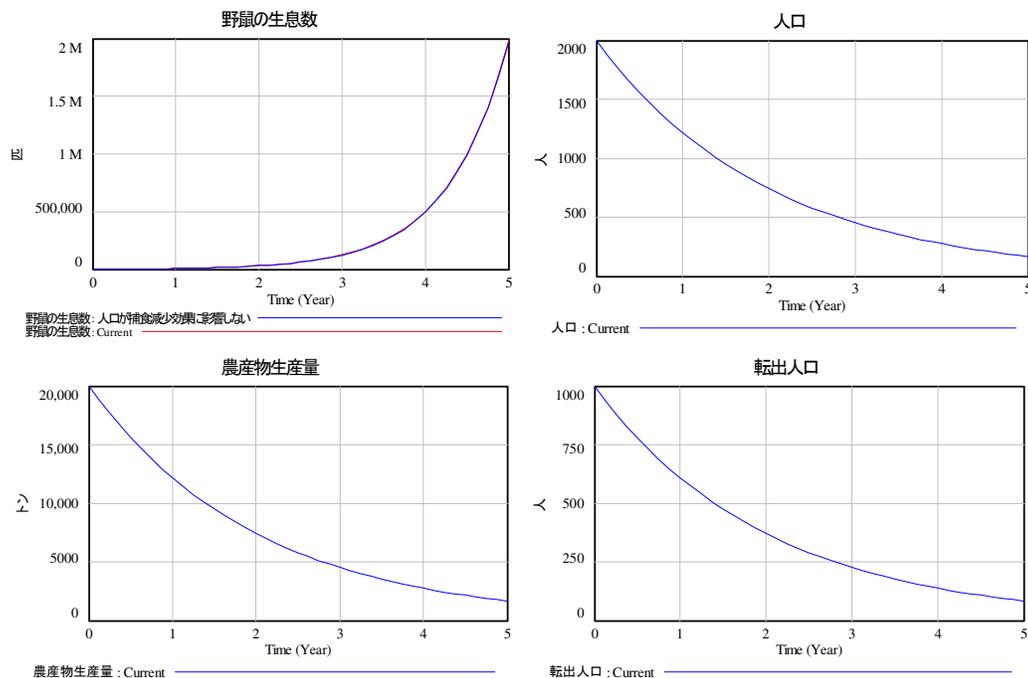
野ネズミが増えると、耕地に育てた作物を食い荒らす。この地域では一家は平均 5 人家族で、一家は平均 5 ヘクタールの農地を持ち、作物を育てている。1 ヘクタール当たり 10 トンの農産物を生産できる。しかし、野ネズミは 1 ケ月に自分の体重と同じだけの食料を食べる。野ネズミ一匹の平均体重を 100 グラムとして、どれだけの耕地が野ネズミの被害に合うか。また、農民は生きていくために年間 5 トンの食糧を必要とする。野ネズミに農作物を奪われ、食べていけなくなった農民は、2 年間で 1 人転出するとする。野ネズミの被害を受け、人口はどのように変化するか？

A) モデル



このモデルでは、B4 という野ネズミの増加により農作物が食い荒らされ、人間が生きていけなくなり、転出していくというループで、人口がどんどん減っていく均衡ループがあります。このループの効果に加え、人間の数が少なくなるので、野ネズミの天敵を駆除する割合が少なくなる R2 で示した増強ループが効いてきますが、もともとそう大きな影響がないので、人間が減っても野ネズミが大きく増加しません。

B) シミュレーション



C) 等式

- (01) FINAL TIME = 5
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 一人当たり必要な食料=5
Units: トン/人
- (06) 一人当たり耕作面積=1
Units: ヘクタール/人
- (07) 人口= INTEG (人口増加-転出入口, 2000)
Units: 人
- (08) 人口増加=INTEGER(人口*人口増加率)
Units: 人
- (09) 人口増加率=0.02
Units: Dmnl
- (10) 単位面積当たり生産量=10
Units: トン

- (11) 平均寿命=2
Units: Year
- (12) 捕食=野鼠の生息数*(捕食率-捕食率減少効果)
Units: 匹
- (13) 捕食率=0.99
Units: Dmnl
- (14) 捕食率減少効果=(人口/2000)*0.02
Units: Dmnl
- (15) 正味生産量=IF THEN ELSE(農産物生産量>=野鼠の食べる農産物,農産物生産量-野鼠の食べる農産物,0)
Units: トン
野ネズミは、農産物生産量が十分ではない場合、農産物を全部食い尽くすとする。
- (16) 耕作面積=INTEGER(人口)*一人当たり耕作面積
Units: ヘクタール
- (17) 転出人口=IF THEN ELSE(養える人口>=人口,(人口-養える人口)/転出期間,人口/転出期間)
Units: 人
- (18) 転出期間=2
Units: Year
- (19) 農産物生産量=耕作面積*単位面積当たり生産量
Units: トン
- (20) 野ネズミ増加=野鼠の生息数*野ネズミ生誕数
Units: 匹
- (21) 野ネズミ減少=(野鼠の生息数-捕食)/平均寿命
Units: 匹
- (22) 野ネズミ生誕数=(1/2)*(10/平均寿命)
Units: Dmnl
- (23) 野鼠の体重=100/1000*1000
Units: トン
100g の体重だと 100/1000*1000 トン。
- (24) 野鼠の生息数= INTEG (野ネズミ増加-捕食-野ネズミ減少, 2000)
Units: 匹
- (25) 野鼠の食べる農産物=野鼠の体重*野鼠の生息数*12
Units: トン
一週間で自分の体重と同じ量の作物を食べるので、一年間は 12 倍になる。
- (26) 養える人口=INTEGER(正味生産量/一人当たり必要な食料)
Units: 人

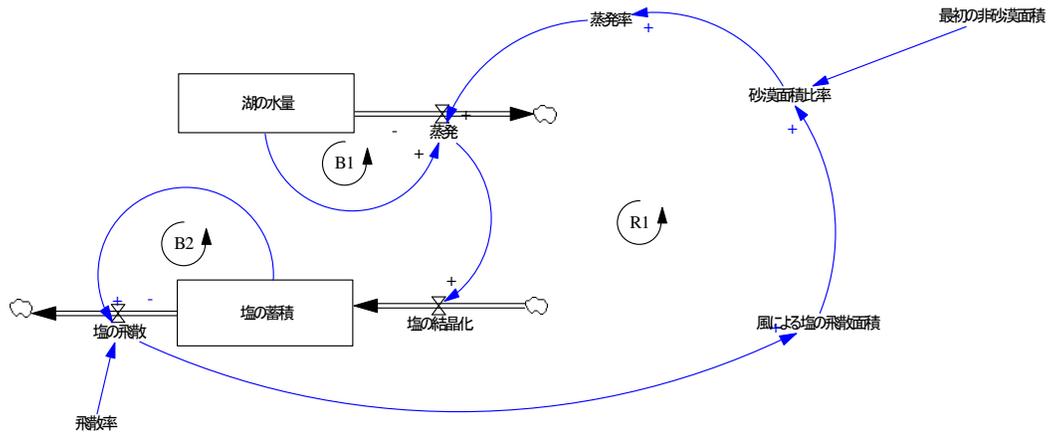
5) 環境モデル

塩が結晶化すると、風に運ばれ、農地に振りまかれるので、農地は塩化によって植物が育たなく砂漠化する。湖の水から結晶化した塩の 5%が風で運ばれまき散らされるとする。土地の塩化濃度は風邪の影響で、湖に近い土地から徐々に毎年 1 メータ四方に 100 グラムの割合で降り注ぐとする。すると、塩が降り注いだ土地は塩によって植物が育たない砂漠となる。砂漠になると湖の蒸発率がさらに多くなる。蒸発率は、最初に砂漠ではなかった 1 万ヘクタールと砂漠化した面積との比が、基本的な年 7%の蒸発率に加わるとする。

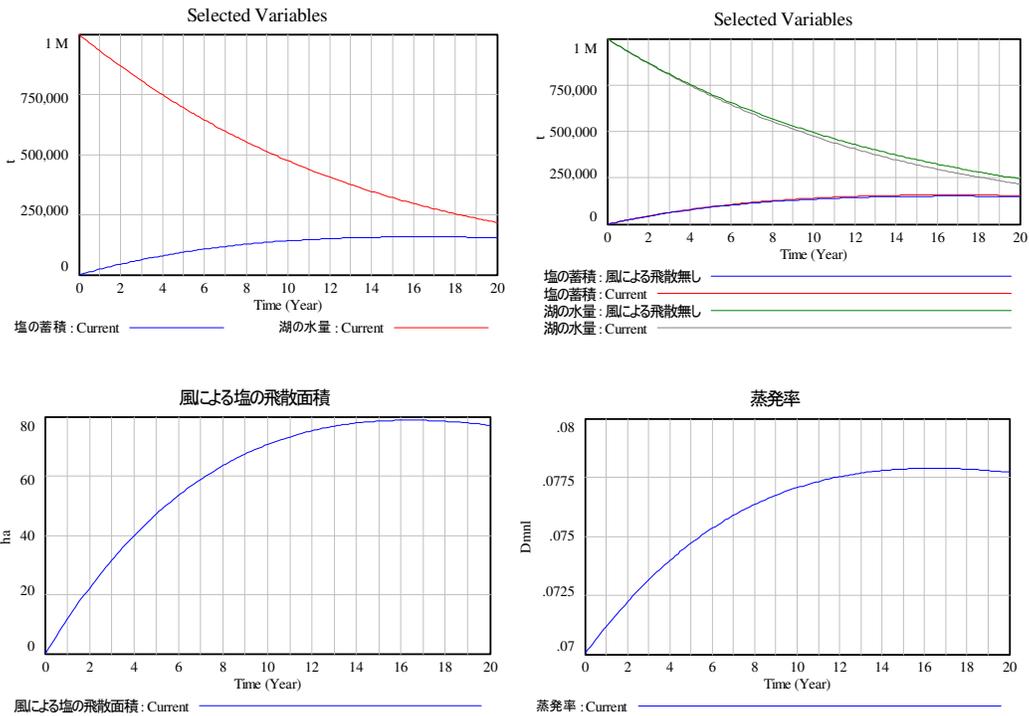
湖の面積の変化、砂漠化されていく土地の様子と、湖に存在する結晶化した塩の量の変化を示せ。

A) モデル

ここでは、砂漠化が進むにつれて、蒸発率が加算され、湖の蒸発が早まる様子を示しています。この練習は、厳密には、次のストックを挟んだループの種類に属する練習です。思いつきのような感じで執筆してしまいすみません。



B) シミュレーション



C) 等式

- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0

- Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
- The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
- The time step for the simulation.
- (05) 塩の結晶化=蒸発*(35/100)
Units: t
- (06) 塩の蓄積= INTEG (塩の結晶化-塩の飛散,0)
Units: t
- (07) 塩の飛散=塩の蓄積*飛散率
Units: t
- (08) 最初の非砂漠面積=10000
Units: ha
- (09) 湖の水量= INTEG (-蒸発,100*100*100*1)
Units: t
- (10) 砂漠面積比率=風による塩の飛散面積/最初の非砂漠面積
Units: Dmnl
- (11) 蒸発=湖の水量*蒸発率
Units: t
- (12) 蒸発率=0.07+砂漠面積比率
Units: Dmnl
- (13) 風による塩の飛散面積=(塩の飛散)/(100/100*100)
Units: ha
- (14) 飛散率=0.05
Units: Dmnl

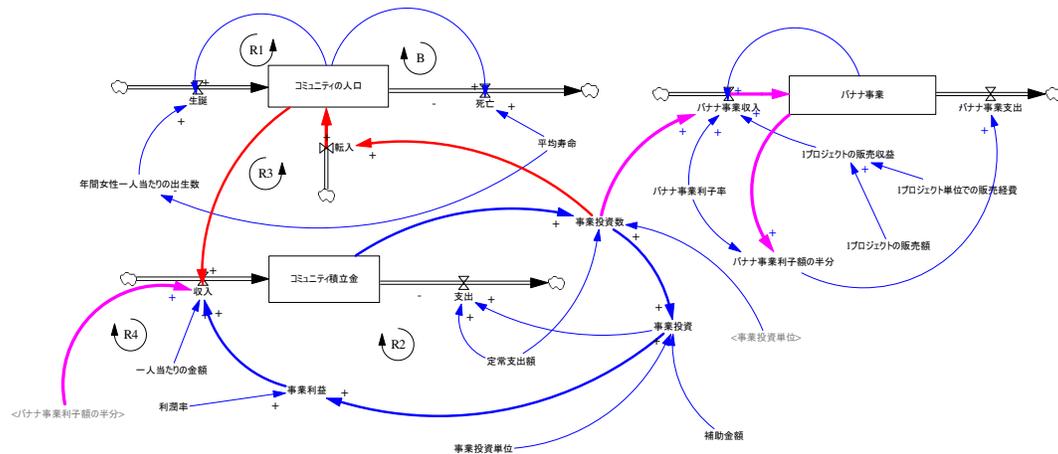
4. 演習-4：ストックを挟んだフィードバック・ループ

1) 人口モデル

プロジェクトではこの地域特産品の加工事業を行っています。この関係で、バナナやシサールと呼ばれる植物栽培を栽培することを行っています。バナナは、実を食料品として販売しますが、むしろ、繊維や葉を利用して、紙や団扇などの民芸品の原料に使えます。また、シサールは良質なロープや面白い繊維織物などの原料になります。バナナやシサールの栽培者は、原材料として、バナナやシサールをプロジェクトに販売し、利益を得ています。この原材料販売で得られた収益は、プロジェクトとは別に、栽培関係者用の基金にプールしています。この基金の金は、安全性も考え、預金しています。さらに、この利息についても自動的に基金の口座に振り込まれます。今、この預金の利息が3.5%とします。

この栽培事業では、原材料販売の収益率は20%です。つまり、原材料生産者の原価として、苗代、肥料代、労務費その他経費で400万円かかり、栽培されたバナナやシサールの繊維をプロジェクトに500万円で販売し、収益100万円を得ています。今、コミュニティとの取り決めで、栽培関係者用の資金のプール額に付く利息の半分をコミュニティに支払うことになりました。コミュニティでは、このような地元特産の農作物の栽培の奨励と原材料としての買い取りを行うものと考え、預金利子の半分がコミュニティに入ってくる効果を組み入れ、モデルを改善して下さい。

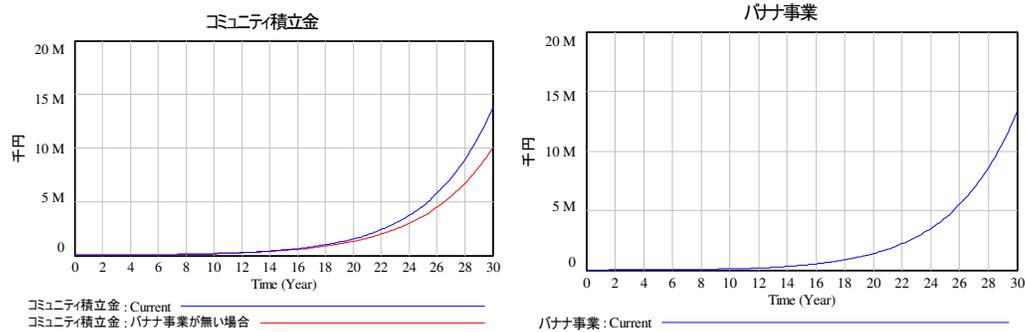
A) モデル



シャドー変数を使っているのでフィードバック・ループになっていることが分かりにくいかもしれませんが、コミュニティの基金でプロジェクトを起こし、それがバナナ栽培に繋がり、その基金の利子の半分がコミュニティの基金にフィードバックされ、プロジェクト数増加に繋がっていく増強ループ R4 が認識されていけばいいでしょう。

なお、どうでもいい話ですが、バナナ栽培事業では、販売収益というパラメータを使わないで、直接、販売額と販売経費をそれぞれ入力フロー、出力フローに結び付けても構いません。会計処理ということを念頭に置くのであれば、その方がいいでしょう。

B) シミュレーション



C) 等式

- (01) "1 プロジェクトの販売収益"="1 プロジェクトの販売額"-1 プロジェクト単位での
販売経費"
Units: 千円
- (02) "1 プロジェクトの販売額"=5000
Units: 千円
- (03) "1 プロジェクト単位での販売経費"=4000
Units: 千円
- (04) FINAL TIME = 30
Units: Year
The final time for the simulation.
- (05) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (06) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (07) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (08) コミュニティの人口= INTEG (生誕+転入-死亡,10000)
Units: 人
- (09) コミュニティ積立金= INTEG (収入-支出,0)
Units: 千円
- (10) バナナ事業= INTEG (バナナ事業収入-バナナ事業支出,0)
Units: 千円
- (11) バナナ事業利率=0.035
Units: Dmnl
- (12) バナナ事業利子額の半分= (バナナ事業*バナナ事業利率)/2
Units: 千円
- (13) バナナ事業収入= バナナ事業*バナナ事業利率+"1 プロジェクトの販売収益"
*事業投資数
Units: 千円
- (14) バナナ事業支出= バナナ事業利子額の半分
Units: 千円
- (15) 一人当たりの金額=1
Units: 千円

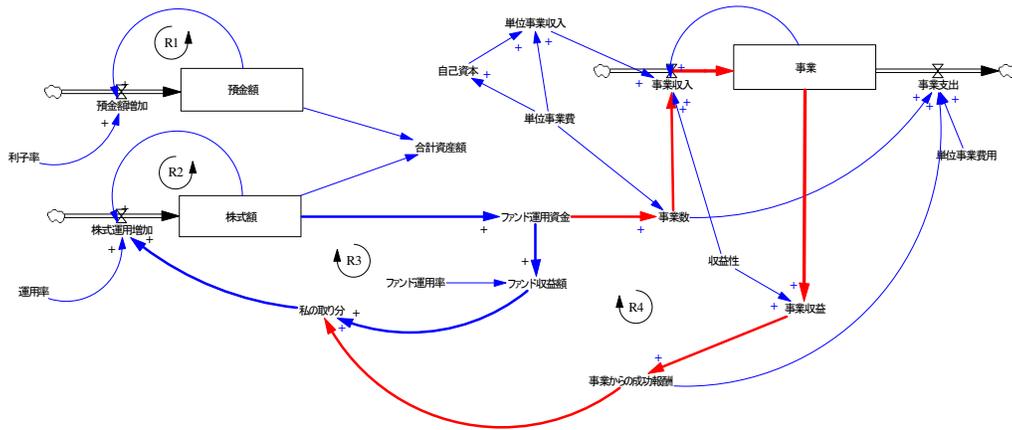
- (16) 事業利益=事業投資*利潤率
Units: 千円
- (17) 事業投資=事業投資数*(事業投資単位+補助金額)
Units: 千円
- (18) 事業投資単位=5000
Units: 千円
- (19) 事業投資数=IF THEN ELSE((コミュニティ積立金-定常支出額)>0,(INTEGER((コミュニティ積立金-定常支出額)/事業投資単位)), 0)
Units: Dmnl
- (20) 利潤率=1.1
Units: Dmnl
- (21) 収入=コミュニティの人口*一人当たりの金額+事業利益+バナナ事業利子額の半分
Units: 千円
- (22) 定常支出額=4000
Units: 千円
- (23) 平均寿命=60
Units: Year
- (24) 年間女性一人当たりの出生数=2.2/平均寿命
Units: 人
- (25) 支出=定常支出額+事業投資
Units: 千円
- (26) 死亡=コミュニティの人口/平均寿命
Units: 人
- (27) 生誕=(コミュニティの人口/2)*年間女性一人当たりの出生数
Units: 人
- (28) 補助金額=5000
Units: 千円
- (29) 転入=事業投資数*5
Units: 人

2) 預金モデル

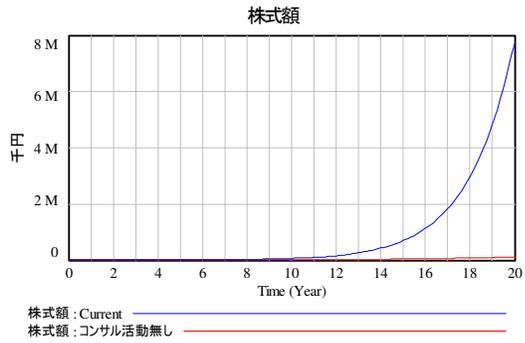
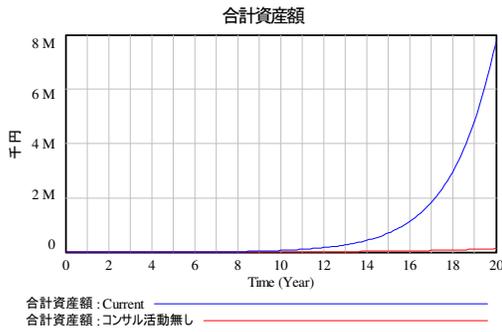
投資ファンドの運用に関し、確実に利益が上がるようにするために、投資先に経営アドバイスを行っています。投資は1件につき500万円で、投資先はそれに同額の自己資金を追加し、事業を実施しています。収益率は平均20%です。この収益を彼らは自己資金として、事業を続けています。成功報酬として、彼らの収益の中から10%分が私へのコンサルティング料として支払われます。この収益を私は投資会社の株に組み入れています。このことを追加したモデルを作成し、私の資産の変化を示しなさい。

A) モデル

モデルでは、ファンド運用資金が事業に投資され、それが20%の収益率を生み、その収益の中から成功報酬で私のもとに戻ってくると言うR4の増加ループがしめさなければいけません。



B) シミュレーション



Time (Year)	"合計資産額"	合計資産額
3	Runs:	5095.85 4527.71
3.125	Current	5249.59 4612.45
3.25	コンサル活動	5411.85 4699.31
3.375	無し	5582.99 4788.35
3.5		5763.37 4879.64
3.625		5954 4973.24
3.75		6155.3 5069.22
3.875		6367.72 5167.65
4		6592.33 5268.6
4.125		6829.66 5372.13
4.25		7080.22 5478.33
4.375		7345.19 5587.27
4.5		7625.16 5699.03
4.625		7921.39 5813.7
4.75		8234.55 5931.35
4.875		8565.96 6052.08
5		8916.4 6175.97
5.125		9287.27 6303.12
5.25		9680.06 6433.62
5.375		10095.7 6567.58
5.5		10535.7 6705.08
5.625		11001.7 6846.23
5.75		11495.5 6991.15
5.875		12018.9 7139.93
6		12573.7 7292.71

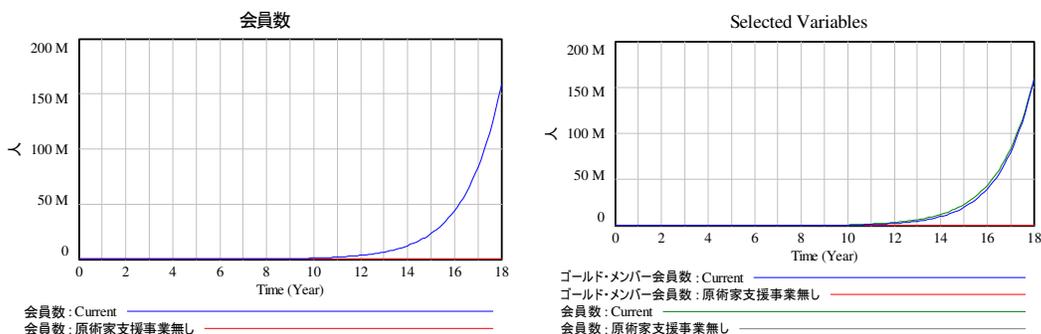
Time (Year)	"事業数"	事業数
3.5		6
3.625		6
3.75		7
3.875		7
4		7
4.125		8
4.25		8
4.375		9
4.5		9
4.625		10
4.75		10
4.875		11
5		12
5.125		12
5.25		13
5.375		14
5.5		15
5.625		16
5.75		17
5.875		18
6		19
6.125		20
6.25		21
6.375		22

私の4WD購入は、前は5年目まで待たされましたが、4年待てば購入できることが分かります。実は、5年目だと、私は12件の事業のコンサルタントを行わなければならなくなり、一人でこなすとするとこれはかなり大変で、不可能に近い案件数です。6年目だと19件で、これは一人でこなすには完全に不可能な数字です。

C) 等式

- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) ファンド収益額=ファンド運用資金*ファンド運用率
Units: 千円
- (06) ファンド運用率= 0.07
Units: Dmnl
- (07) ファンド運用資金=株式額*10
Units: 千円
- (08) 事業= INTEG (事業収入-事業支出,0)
Units: 千円
- (09) 事業からの成功報酬=事業収益*0.1
Units: 千円
- (10) 事業収入=事業数*単位事業収入+事業*収益性
Units: 千円
- (11) 事業収益=事業*収益性
Units: 千円
- (12) 事業支出=事業からの成功報酬+事業数*単位事業費用
Units: 千円
- (13) 事業数= INTEGER(ファンド運用資金/単位事業費)
Units: Dmnl
- (14) 利子率= 0.07
Units: Dmnl
- (15) 単位事業収入=単位事業費+自己資本
Units: 千円
- (16) 単位事業費=5000
Units: 千円
- (17) 単位事業費用=8000
Units: 千円
- (18) 収益性= 0.2
Units: Dmnl
- (19) 合計資産額=預金額+株式額
Units: 千円
- (20) 株式運用増加=株式額*運用率+私の取り分
Units: 千円

クを重ねることで、全体としてはものすごく大きな指数増加効果を得られることを理解してもらえればと思います。



C) 等式

- (01) FINAL TIME = 18
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) ゴールド・メンバー会員数=INTEGER(会員数*ゴールド・メンバー会員率)
Units: 人
- (06) ゴールド・メンバー会員率= INTEG (ゴールド・メンバー加入率増加,0.1)
Units: Dmnl
- (07) ゴールド・メンバー加入率増加=増加率+チャリティ・パーティ効果 2
Units: Dmnl
- (08) チャリティ・パーティ効果 1=0.05
Units: Dmnl
- (09) チャリティ・パーティ効果 2=0.01
Units: Dmnl
- (10) チャリティ基金= INTEG (基金増加, 0)
Units: 千円
- (11) 一人当たり預り金=600
Units: 千円
- (12) 会員増加=INTEGER(会員数*会員増加率+ゴールド・メンバー会員数*チャリティ・パーティ効果 1)+芸術家支援チャリティ活動効果
Units: 人
- (13) 会員増加率=0.05
Units: Dmnl
- (14) 会員数= INTEG (会員増加, 5000)
Units: 人
- (15) 利子率=0.035
Units: Dmnl

- (16) 利子額=チャリティ基金*利率
Units: 千円
- (17) 基金増加=一人当たり預り金*会員数+援助を行った後の端数
Units: 千円
- (18) 増加率= 0.04
Units: Dmnl
- (19) 実際の援助額=援助数*援助額の単位
Units: 千円
- (20) 援助した芸術家数= INTEG (援助対象の増加, 0)
Units: 人
- (21) 援助を行った後の端数=利子額-実際の援助額
Units: 千円
- (22) 援助対象の増加= 援助数
Units: 人
- (23) 援助数= INTEGER(利子額/援助額の単位)
Units: 人
- (24) 援助額の単位=5000
Units: 千円
- (25) 芸術家支援チャリティ活動効果=援助した芸術家数*60
Units: 人

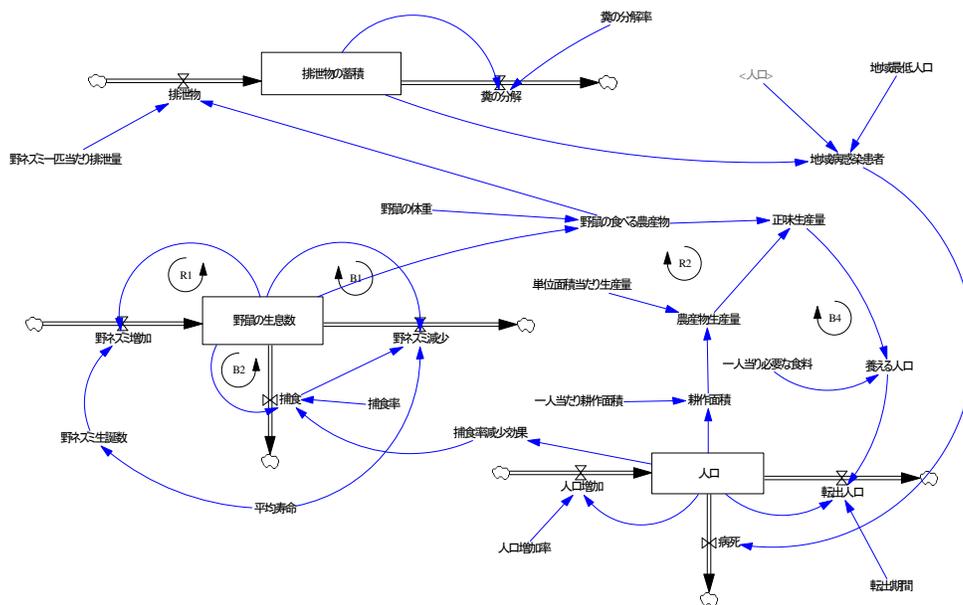
4) 野鼠

対象地域では地域病が蔓延していて、その原因に野ネズミが疑われている。野ネズミの排泄物が分解されるまでの間に地域病となる病原菌が繁殖し、その量で住民に地域病をもたらすと疑われている。今、ネズミの排泄物 1,000 トン分が住民一人を殺す量の病原菌を含むとして、住民の感染者数による住民の減少効果をモデルに追加しなさい。なお、ネズミの排泄物の分解率を 95%とする。なお、ネズミは一日に食べた量の 1/10 を排泄物として排泄するとする。

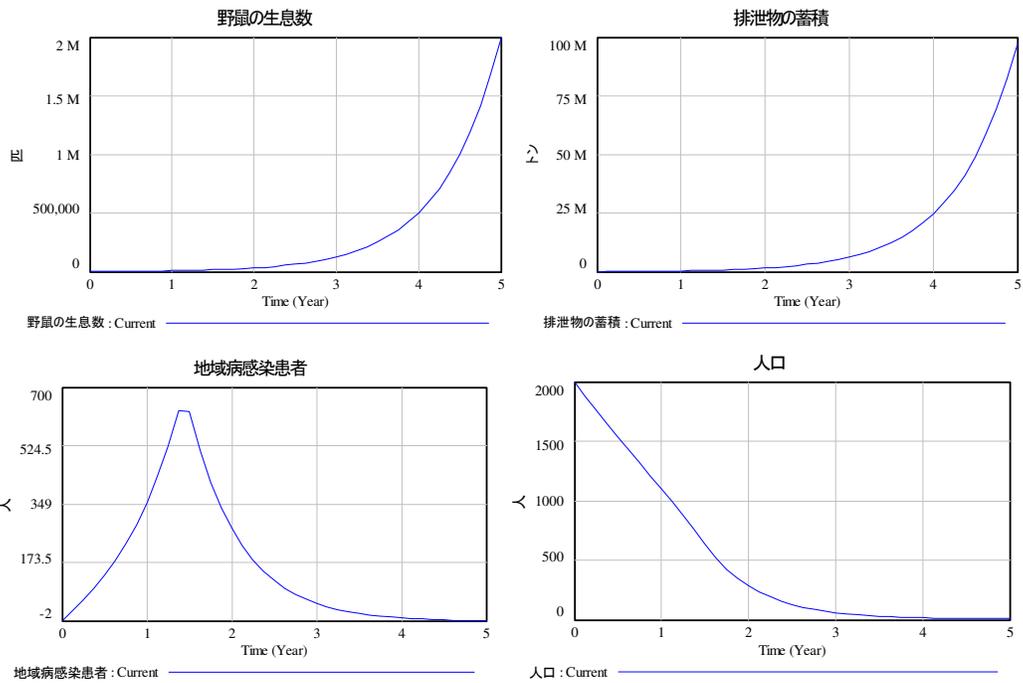
なお、人口が 0 人になると、人口で除算するような場合、無限大になってエラーとなるので、最低人口を 10 人とする。

A) モデル

かなりいい加減な設定の演習問題ですみません。最初は天敵にしようかと思ったのですが、そうなるとストックを挟んだモデルにならなく、ストック同士の干渉モデルになるので、急遽思いつきでこちらにしました。ネズミの排泄物と病気の関係は不明です。むしろ、ネズミに寄生する蚤やダニなどによる、人間の血を吸った伝染病の介入、ネズミの排泄物による食物や水などの汚染によって病気が伝染します。



B) シミュレーション



また、こういった野ネズミの被害を重ねていくと、人口減少が早まるのが分かります。

C) 等式

- (01) FINAL TIME = 5
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0

- Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 一人当たり耕作面積=1
Units: ヘクタール/人
- (06) 一人当たり必要な食料=5
Units: トン/人
- (07) 人口= INTEG (人口増加-転出人口-病死, 2000)
Units: 人
- (08) 人口増加=INTEGER(人口*人口増加率)
Units: 人
- (09) 人口増加率=0.02
Units: Dmnl
- (10) 単位面積当たり生産量=10
Units: トン
- (11) 地域最低人口=10
Units: 人
- (12) 地域病感染患者=IF THEN ELSE(人口-INTEG(排泄物の蓄積/1000)>=0,INTEGER(排泄物の蓄積/1000), 人口-地域最低人口)
Units: 人
- (13) 平均寿命=2
Units: Year
- (14) 捕食=野鼠の生息数*(捕食率-捕食率減少効果)
Units: 匹
- (15) 捕食率=0.99
Units: Dmnl
- (16) 捕食率減少効果=(人口/2000)*0.02
Units: Dmnl
- (17) 排泄物=野鼠の食べる農産物*野ネズミ一匹当たり排泄量
Units: トン
- (18) 排泄物の蓄積= INTEG (排泄物-糞の分解, 0)
Units: トン
- (19) 正味生産量=IF THEN ELSE(農産物生産量>=野鼠の食べる農産物,農産物生産量-野鼠の食べる農産物,0)
Units: トン
野ネズミは、農産物生産量が十分ではない場合、農産物を全部食い尽くすとする。
- (20) 病死=地域病感染患者
Units: 人
- (21) 糞の分解=排泄物の蓄積*糞の分解率
Units: トン
- (22) 糞の分解率=0.95
Units: Dmnl
- (23) 耕作面積=INTEGER(人口)*一人当たり耕作面積
Units: ヘクタール

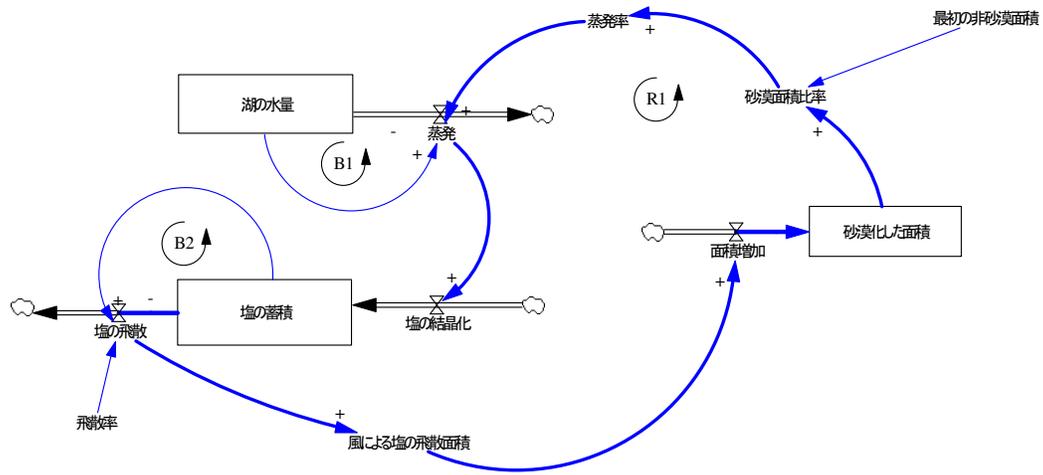
- (24) 転出人口=IF THEN ELSE(人口-養える人口>=0,(人口-養える人口)/転出期間,人口/転出期間)
Units: 人
- (25) 転出期間=2
Units: Year
- (26) 農産物生産量=耕作面積*単位面積当たり生産量
Units: トン
- (27) 野ネズミ一匹当たり排泄量=0.1
Units: Dmnl
- (28) 野ネズミ増加=野鼠の生息数*野ネズミ生誕数
Units: 匹
- (29) 野ネズミ減少=(野鼠の生息数-捕食)/平均寿命
Units: 匹
- (30) 野ネズミ生誕数=(1/2)*(10/平均寿命)
Units: Dmnl
- (31) 野鼠の体重=100/1000*1000
Units: トン
100g の体重だと 100/1000*1000 トン。
- (32) 野鼠の生息数=INTEG(野ネズミ増加-捕食-野ネズミ減少, 2000)
Units: 匹
- (33) 野鼠の食べる農産物=野鼠の体重*野鼠の生息数*12
Units: トン
一週間で自分の体重と同じ量の作物を食べるので、一年間は 12 倍になる。
- (34) 養える人口=INTEGER(正味生産量/一人当たり必要な食料)
Units: 人

もしゆとりがあるのであれば、天敵をこのモデルに組み込み修正してみてください。例えば、天敵が 200 匹いて、年間 4 匹子供を産み、平均体重 10kg として、2 週間で自分の対十分の野ネズミを捕食する。平均寿命は 6 年といった設定でモデルにしてみてください。ただし、このモデルは、天敵というストックと野ネズミというストックが捕食という関係で干渉し、捕食は栄養状態という関係で、天敵の生殖率や死亡率に関係してきます。従って、この 2 つのストックでは、どちらかが他方を含むという関係にはなりません。

5) 環境モデル

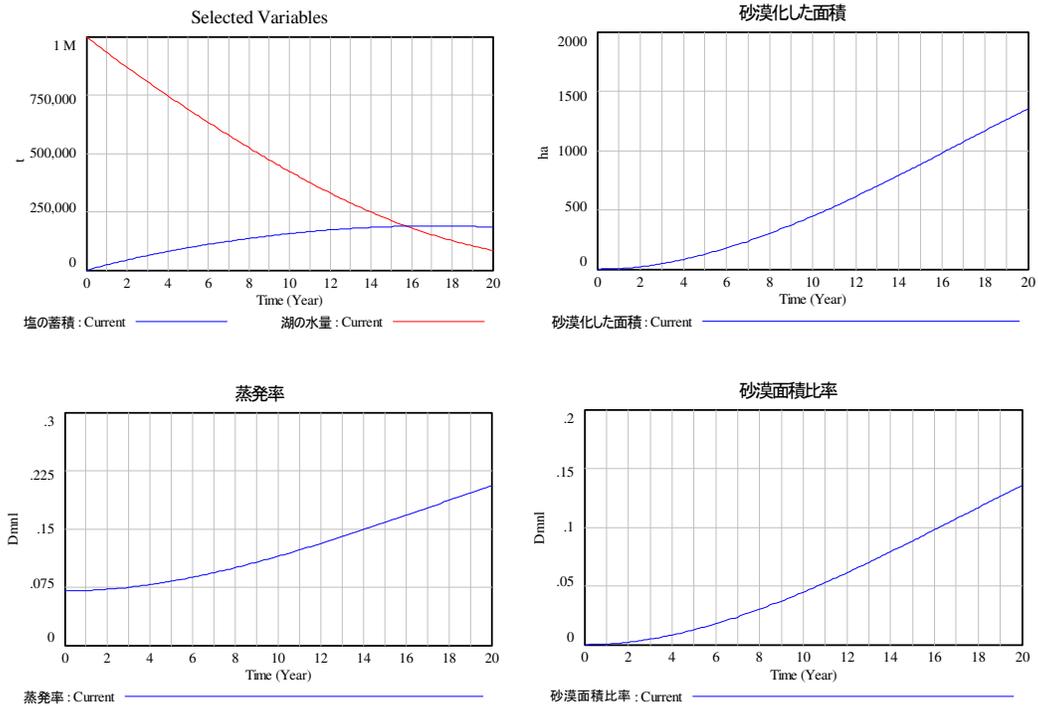
砂漠化した土地にどんどん塩が蓄積されていく。これも、塩が降り注いだ土地から、風の影響で毎年 1 メータ四方に 100 グラムの割合で周囲に広がるとする。この砂漠化していく土地の広がりの様子を示せ。また、湖の蒸発率は、最初に砂漠ではなかった 1 万ヘクタールと砂漠化した面積との比が、基本的な年 7% の蒸発率に加わるとする。湖の面積の変化、湖に存在する結晶化した塩の量の変化も併せて示せ。

A) モデル



このモデルは、前のモデルの書き換えになっています。前のモデルでは、砂漠化を湖からの塩が待ち散らされたフローとしてしか見ていませんでしたが、実際には、一旦砂漠化してしまうと、その塩混じりの砂が周辺の土地をどんどん浸食し、砂漠化してしまいます。従って、塩はストックであり、雨などで表土が洗われる以外には塩は減りません。ここでは、砂漠化された土地、正確にはそこに溜まった塩をストックとし、それが拡散するというようにモデルを書き換えています。従って、R1 という増加ループはそのままです。

B) シミュレーション



C) 等式

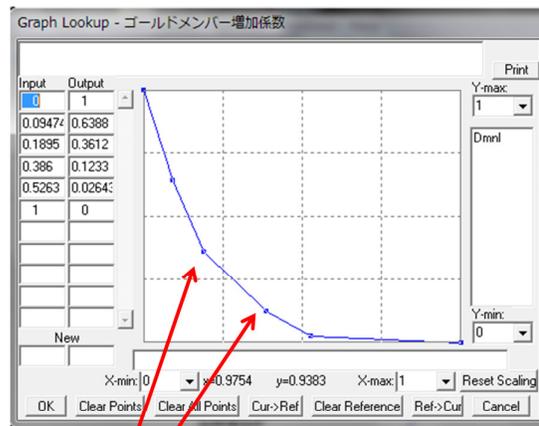
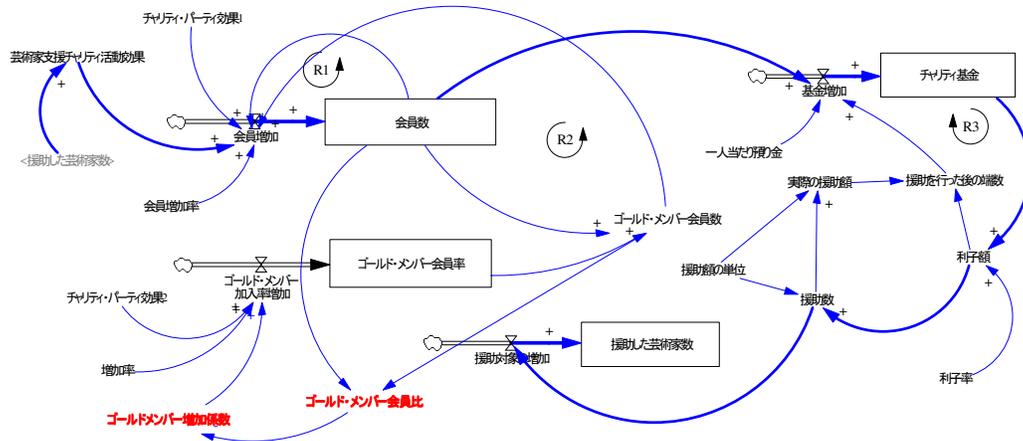
- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 塩の結晶化=蒸発*(35/100)
Units: t
- (06) 塩の蓄積= INTEG (塩の結晶化-塩の飛散,0)
Units: t
- (07) 塩の飛散=塩の蓄積*飛散率
Units: t
- (08) 最初の非砂漠面積=10000
Units: ha
- (09) 湖の水量= INTEG (-蒸発,100*100*100*1)
Units: t
- (10) 砂漠化した面積= INTEG (面積増加, 0)
Units: ha
- (11) 砂漠面積比率=砂漠化した面積/最初の非砂漠面積
Units: Dmnl
- (12) 蒸発=湖の水量*蒸発率
Units: t
- (13) 蒸発率=0.07+砂漠面積比率
Units: Dmnl
- (14) 面積増加=風による塩の飛散面積
Units: ha
- (15) 風による塩の飛散面積=(塩の飛散)/(100/100*100)
Units: ha
- (16) 飛散率=0.05
Units: Dmnl

5. 演習-5 : テーブル関数

1) 4章の会員制通信販売の練習問題で、会員の中で、100万円以上、美術品を購入してくれた会員にはゴールド・メンバーに勧誘し、ゴールド・メンバーには芸術家との交流、美術館巡りのツアー、音楽と美術、美食を組み合わせたコンサートやパーティなどを企画し、招待しています。現在ゴールド・メンバーは会員の10%で、この率は年4%で増えています。会員が3倍になった時点では、ゴールド・メンバーは何倍に増えているでしょうか？という問題を出しています。

このままだと、ゴールド・メンバーは会員数を超えてしまいますが、そのようなことは物理的に起きないはずで、4章で作成したモデルを改善し、テーブル関数を使って、ゴールド・メンバーが会員数を超えないようにモデルを修正して下さい。

A) モデル



ポインターで自由にドラッグして位置を決める。
 こうして、曲率を決める。

変更は、赤で示した、ゴールド・メンバー会員比とゴールド・メンバー増加係数のみです。ここでは、

$$\text{ゴールド・メンバー会員比} = \text{ゴールド・メンバー会員数} / \text{会員数}$$

として、この比で、1に近いほど0に、0に近いほど1になるような指数減少曲線を適当に決めました。ゴールド・メンバー係数は、テーブル関数定義の画面で、開始点の(0, 1)と、終点の(1, 0)を指定した後は、グラフ画面で勝手にポインターを使って曲線を描いていますので、中間点の数値はいいかげんです。

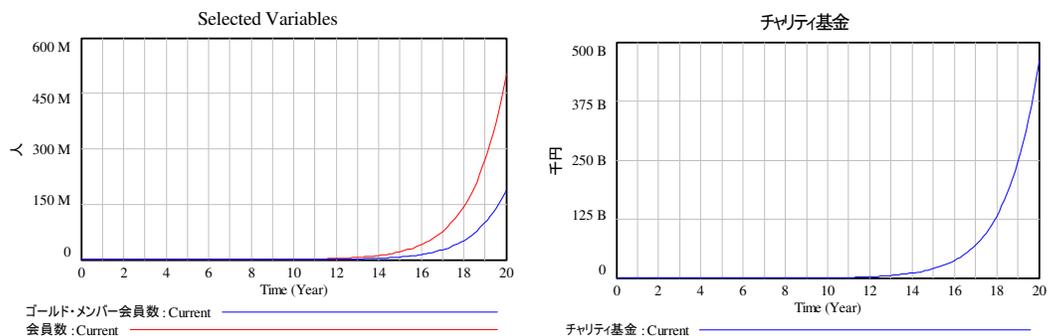
ゴールドメンバー増加係数 = WITH LOOKUP (ゴールド・メンバー会員比, ((0,0)-(1,1)),(0,1),(0.0947368,0.638767),(0.189474,0.361233),(0.385965,0.123348),(0.526316,0.0264317),(1,0))

というテーブル参照関数が自動生成されます。

ゴールド・メンバー加入率増加=
(増加率+チャリティ・パーティ効果 2)*ゴールドメンバー増加係数

と、ゴールド・メンバーの増加率に、先の係数を掛けて、制御しています。
変更はこれだけです。

B) シミュレーション



チャリティ基金は前のものと比べ減ってしまいましたが、今度は、ゴールド・メンバーは絶対に会員数を越えないので、シミュレーション期間を20年に伸ばしても平気です。

C) 等式

- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) ゴールドメンバー増加係数 = WITH LOOKUP (ゴールド・メンバー会員比, ((0,0)-(1,1)),(0,1),(0.0947368,0.638767),(0.189474,0.361233),(0.385965,0.123348),(0.526316,0.0264317),(1,0))
Units: Dmnl

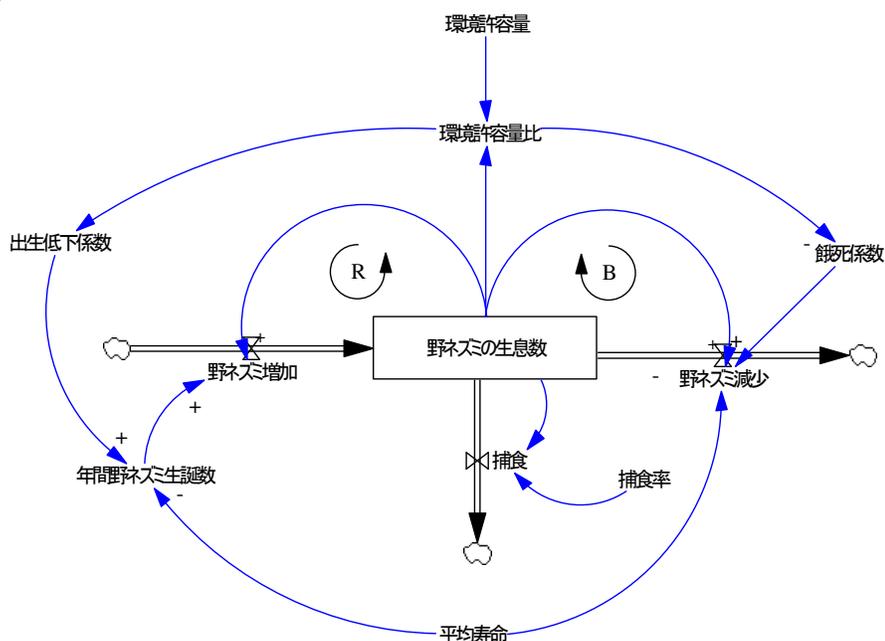
- (06) ゴールド・メンバー会員数=INTEGER(会員数*ゴールド・メンバー会員率)
Units: 人
- (07) ゴールド・メンバー会員比=ゴールド・メンバー会員数/会員数
Units: Dmnl
- (08) ゴールド・メンバー会員率= INTEG (ゴールド・メンバー加入率増加,0.1)
Units: Dmnl
- (09) ゴールド・メンバー加入率増加=(増加率+チャリティ・パーティ効果 2)*ゴールド
メンバー増加係数
Units: Dmnl
- (10) チャリティ・パーティ効果 1=0.05
Units: Dmnl
- (11) チャリティ・パーティ効果 2=0.01
Units: Dmnl
- (12) チャリティ基金= INTEG (基金増加, 0)
Units: 千円
- (13) 一人当たり預り金=600
Units: 千円
- (14) 会員増加=INTEGER(会員数*会員増加率+ゴールド・メンバー会員数*チャリティ・
パーティ効果 1)+芸術家支援チャリティ活動効果
Units: 人
- (15) 会員増加率=0.05
Units: Dmnl
- (16) 会員数= INTEG (会員増加, 5000)
Units: 人
- (17) 利子率=0.035
Units: Dmnl
- (18) 利子額=チャリティ基金*利子率
Units: 千円
- (19) 基金増加=一人当たり預り金*会員数+援助を行った後の端数
Units: 千円
- (20) 増加率=0.04
Units: Dmnl
- (21) 実際の援助額=援助数*援助額の単位
Units: 千円
- (22) 援助した芸術家数= INTEG (援助対象の増加, 0)
Units: 人
- (23) 援助を行った後の端数=利子額-実際の援助額
Units: 千円
- (24) 援助対象の増加=援助数
Units: 人
- (25) 援助数=INTEGER(利子額/援助額の単位)
Units: 人
- (26) 援助額の単位=5000
Units: 千円
- (27) 芸術家支援チャリティ活動効果=援助した芸術家数*60
Units: 人

2) 同じく、2章の、野鼠の問題で、10キロ四方の里山環境に野鼠が2千匹生息しています。野鼠の平均寿命は2年で、生涯に10匹の子供を産みますが、99%は捕食されてしまいます。

野鼠の数が百万匹を超えると集団移動を開始します。集団移動が起きるのは何年後でしょうか？という問題を出しています。

これも、10年後には計算できないほどの膨大な数になってしまいます。テーブル関数で環境係数を入れ、野鼠の数が10万匹に近づくと、食料が不足し、餓死するネズミが多くなり、10万匹を超えないようにするようなモデルに修正して下さい。

A) モデル



この模範解答のモデルでは、環境許容量として、野ネズミの上限数10万匹にして、これと野ネズミの生息数の比を求めています。この環境許容量比を見て、出生低下係数と餓死係数を分けていますが、同じテーブル関数でも構わないかも知れません。通常、生殖は餓死よりも環境許容量に敏感で、食料不足だけではなく、生息密度が高くと生殖に影響があるとされています。野ネズミは分かりませんが、昆虫ではかなり餓死に対しては抵抗力があるという話も聞いています。

新しく追加した変数は、

環境許容量比=野ネズミの生息数/環境許容量

環境許容量=10000

出生低下係数 = WITH LOOKUP (環境許容量比,([(0,0)-(1,1)],(0,1),(0.112281,0.577093),
(0.361403,0.237885),(0.638596,0.0440529),(1,0)))

餓死係数 = WITH LOOKUP (環境許容量比,([(0,0)-(1,1)],(0,1),(0.185965,0.511013),
(0.375439,0.198238),(0.610526,0.030837),(1,0)))

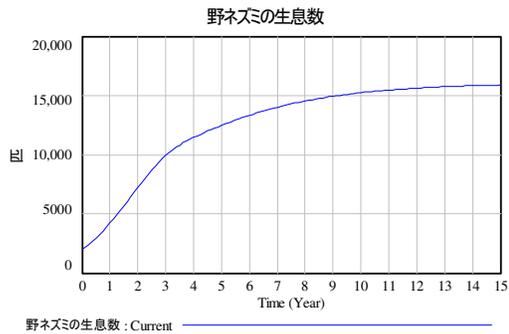
修正した部分は、

年間野ネズミ生誕数= $((10)/\text{平均寿命}) * \text{出生低下係数}$

野ネズミ減少= $(\text{野ネズミの生息数} * \text{餓死係数}) * \text{捕食率}$

です。

B) シミュレーション



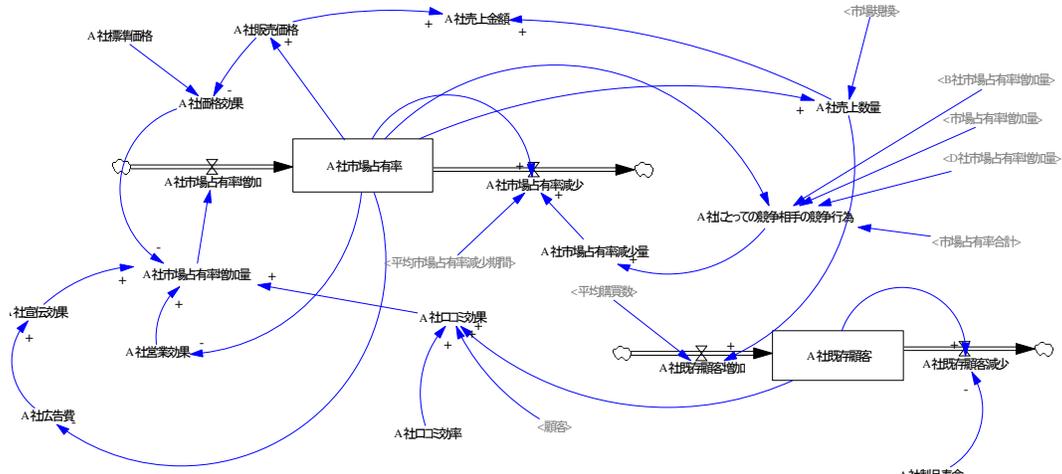
今度は、前のモデルのシミュレーションと比べ、S字型変化になっています。

C) 等式

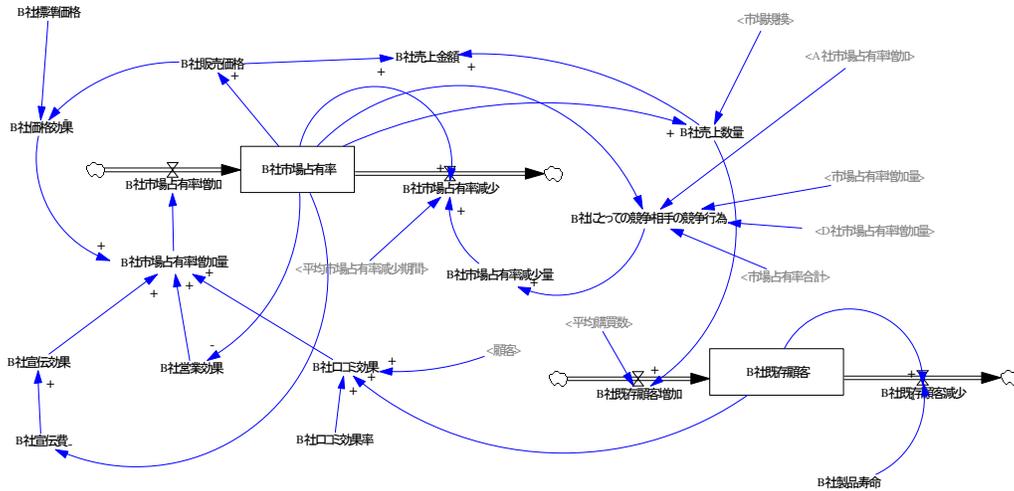
- (01) FINAL TIME = 15
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 出生低下係数 = WITH LOOKUP (環境許容量比,
((0,0)-(1,1)),(0,1),(0.112281,0.577093),(0.361403,0.237885),(0.638596,0.0440529),(1,0)
))
Units: Dmnl
- (06) 平均寿命=2
Units: Year
- (07) 年間野ネズミ生誕数= $((10)/\text{平均寿命}) * \text{出生低下係数}$
Units: 匹
- (08) 捕食= $\text{野ネズミの生息数} * \text{捕食率}$
Units: 匹
- (09) 捕食率= 0.99
Units: Dmnl
- (10) 環境許容量=100000
Units: 匹
- (11) 環境許容量比= $\text{野ネズミの生息数} / \text{環境許容量}$
Units: Dmnl
- (12) 野ネズミの生息数= INTEG (野ネズミ増加-捕食-野ネズミ減少,2000)

- Units: 匹
- (13) 野ネズミ増加=(野ネズミの生息数/2)*年間野ネズミ生誕数
Units: 匹
- (14) 野ネズミ減少=(野ネズミの生息数*餓死係数)/平均寿命
Units: 匹
- (15) 餓死係数 = WITH LOOKUP (環境許容量比,
[(0,0)-(1,1)],(0,1),(0.185965,0.511013),(0.375439,0.198238),(0.610526,0.030837),(1,0))
Units: Dmnl

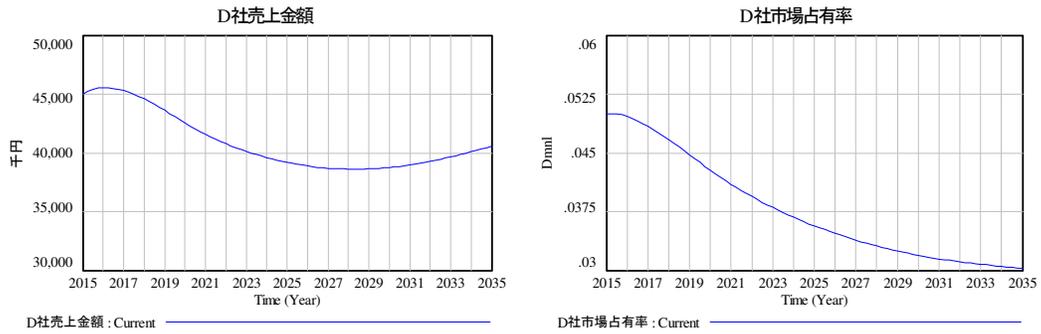
A 社モジュール：同じく A 社にとっての競争相手の競争行為に D 社の市場占有率増加量が追加されます。



B 社モジュール：同じく B 社にとっての競争相手の競争行為に D 社の市場占有率増加量が追加されます。

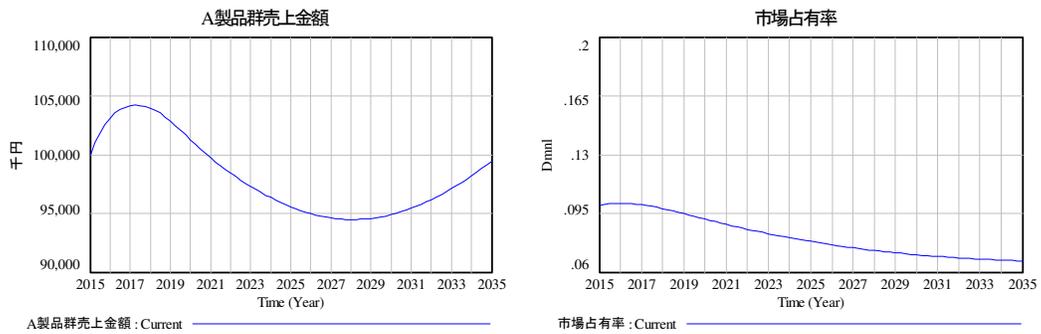


B) シミュレーション

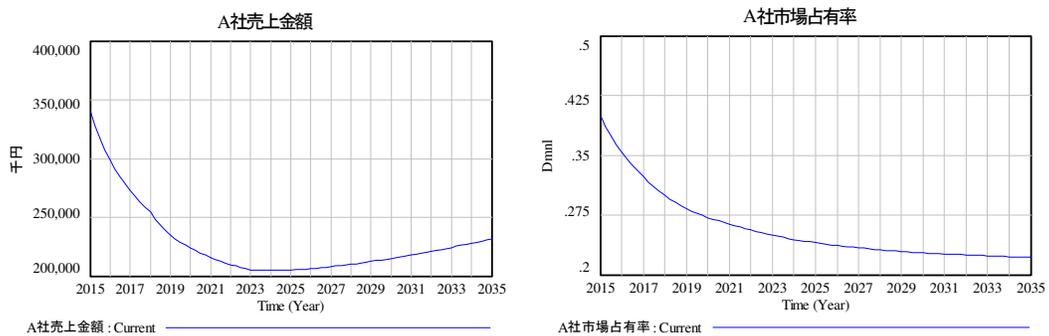


市場競争が激しくなるので、D社も市場占有率を増やすことができません。

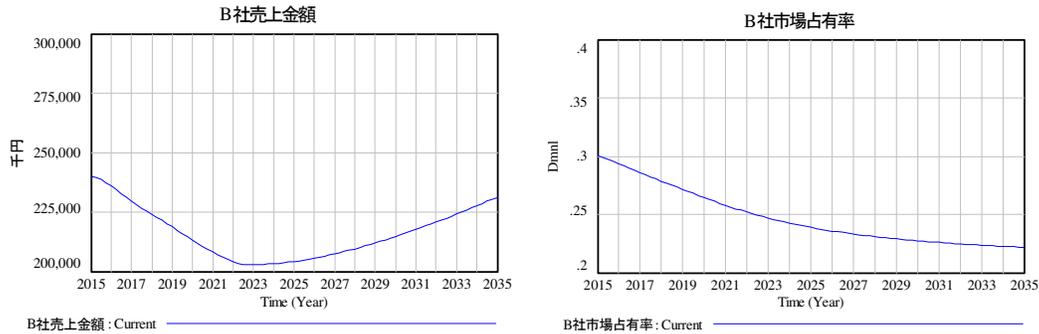
S社の売上と市場占有率



A社の売上と市場占有率



B 社の売上と市場占有率



C) 等式

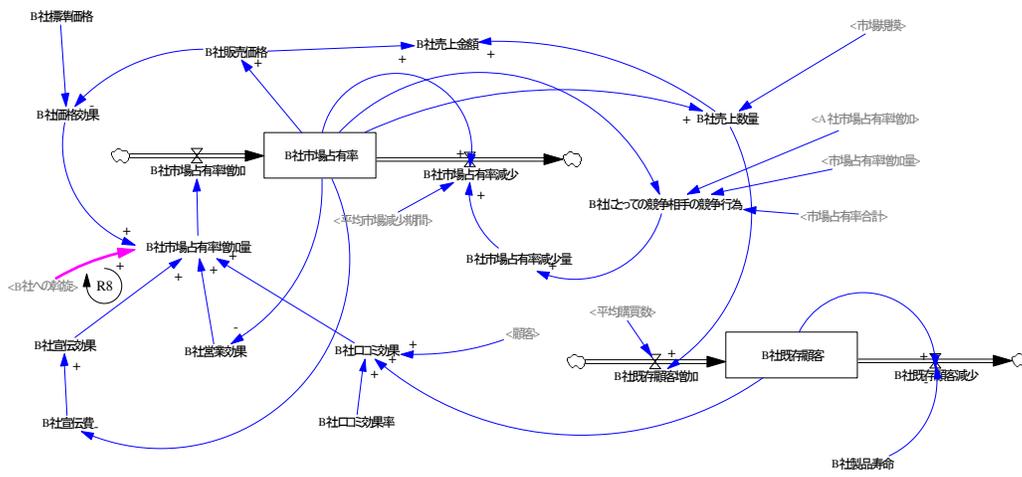
- (01) A社にとっての競争相手の競争行為=(B社市場占有率増加量+市場占有率増加量+D社市場占有率増加量)*(A社市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (02) A社価格効果= WITH LOOKUP (A社販売価格/A社標準価格,
((0.7,0)-(1,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.003),(0.9,0.001),(1,0)))
Units: Dmnl
- (03) A社口コミ効果=(A社既存顧客/顧客)*A社口コミ効率
Units: Dmnl
- (04) A社口コミ効率=0.002
Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (05) A社営業効果 = WITH LOOKUP (A社市場占有率,
((0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0.01)))
Units: Dmnl
- (06) A社売上数量=市場規模*A社市場占有率
Units: Unit
- (07) A社売上金額=A社売上数量*A社販売価格
Units: 千円
- (08) A社宣伝効果 = WITH LOOKUP (A社広告費,
((2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02)))
Units: Dmnl
- (09) A社市場占有率= INTEG (A社市場占有率増加-A社市場占有率減少,0.4)
Units: Dmnl
- (10) A社市場占有率増加=A社市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (11) A社市場占有率増加量=A社価格効果+A社口コミ効果+A社営業効果+A社宣伝効果
Units: Dmnl
- (12) A社市場占有率減少=(A社市場占有率/平均市場占有率減少期間)+A社市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (13) A社市場占有率減少量=A社にとっての競争相手の競争行為
Units: Dmnl
- (14) A社広告費 = WITH LOOKUP (A社市場占有率,

- ((((0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0,25,15000),(0,3,14000),(0,35,13000),(0,4,12000),(0,45,11000),(0,5,10000),(0,55,9000),(0,6,8000),(0,65,7000),(1,7000)))
- Units: T Yen
- (15) A 社既存顧客= INTEG (A 社既存顧客増加-A 社既存顧客減少,4000)
Units: 千円
- (16) A 社既存顧客増加=A 社売上数量/平均購買数
Units: 社
- (17) A 社既存顧客減少=A 社既存顧客/A 社製品寿命
Units: 社
- (18) A 社標準価格=10
Units: 千円
- (19) A 社製品寿命=10
Units: Year
- (20) A 社販売価格 = WITH LOOKUP (A 社市場占有率,
((0,7)-(1,10)],(0,7),(0,25,7),(0,3,8),(0,4,8.5),(0,45,9),(0,5,9),(0,55,9.5),(0,6,9.5),(0,65,10),(0,9,10),(1,10)))
Units: 千円
- (21) A 製品卸価格=10
Units: 千円
change to 11 and 9 from 10
- (22) A 製品群営業活動 = WITH LOOKUP (市場占有率,
((0,0)-(20,0.02)],(0,0.02),(0,35,0.02),(0,4,0.015),(0,45,0.01),(0,5,0.005),(0,55,0.001),(1,0),(20,0)))
Units: Dmnl
- (23) A 製品群売上数量=市場規模*市場占有率
Units: Unit
- (24) A 製品群売上金額=A 製品群売上数量*A 製品卸価格
Units: 千円
- (25) A 製品群既存顧客= INTEG (顧客増加-顧客減少,10000/5)
Units: 社
- (26) B 社にとっての競争相手の競争行為=(A 社市場占有率増加+市場占有率増加量+D 社市場占有率増加量)*(B 社市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (27) B 社価格効果= WITH LOOKUP (B 社販売価格/B 社標準価格,
((0,7,0)-(1,0.02)],(0,7,0.02),(0,75,0.02),(0,8,0.015),(0,85,0.003),(0,9,0.001),(1,0)))
Units: Dmnl
- (28) B 社口コミ効果=(B 社既存顧客*B 社口コミ効果率)/顧客
Units: Dmnl
- (29) B 社口コミ効果率=0.002
Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (30) B 社営業効果 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0,35,0.02),(0,4,0.015),(0,45,0.01),(0,5,0.005),(0,55,0.001),(1,0,0,01)))
Units: Dmnl
- (31) B 社売上数量=市場規模*B 社市場占有率
Units: ロット
- (32) B 社売上金額=B 社売上数量*B 社販売価格
Units: 千円

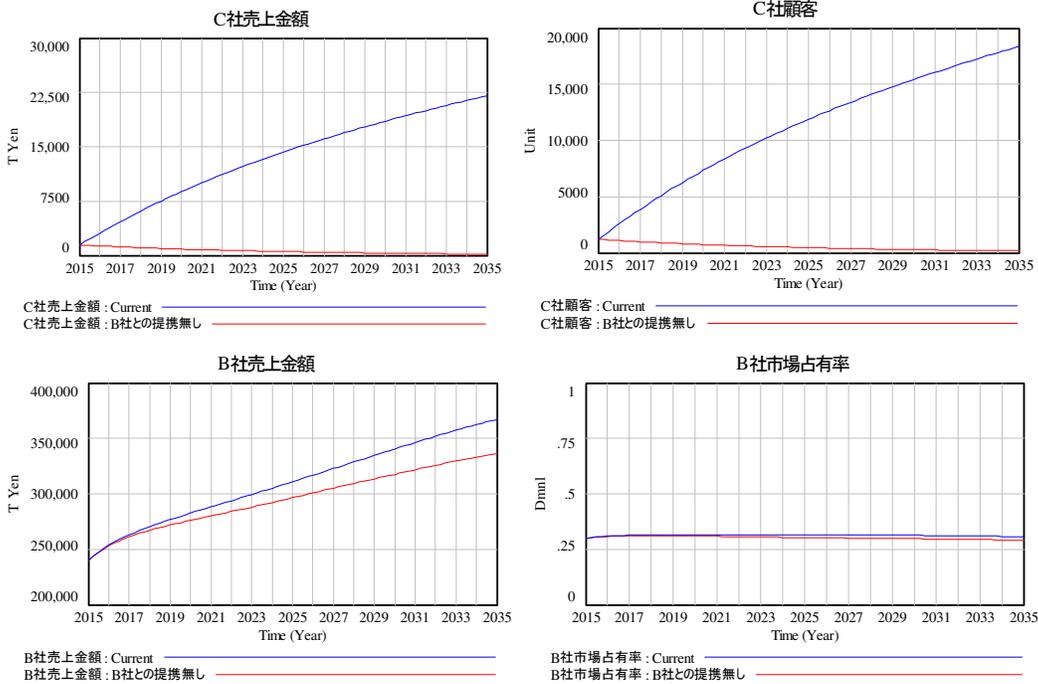
- (33) B社宣伝効果 = WITH LOOKUP (B社宣伝費,
 ((2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02)))
 Units: Dmnl
- (34) B社宣伝費 = WITH LOOKUP (B社市場占有率,
 ((0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0.25,15000),(0.3,14000),(0.35,13000),(0.4,12000),(0.45,11000),(0.5,10000),(0.55,9000),(0.6,8000),(0.65,7000),(1,7000)))
 Units: 千円
- (35) B社市場占有率= INTEG (B社市場占有率増加-B社市場占有率減少,0.3)
 Units: Dmnl
- (36) B社市場占有率増加=B社市場占有率増加量
 Units: Dmnl
- (37) B社市場占有率増加量=B社価格効果+B社口コミ効果+B社営業効果+B社宣伝効果
 Units: Dmnl
- (38) B社市場占有率減少=(B社市場占有率/平均市場占有率減少期間)+B社市場占有率減少量
 Units: Dmnl
- (39) B社市場占有率減少量=B社にとっての競争相手の競争行為
 Units: Dmnl
- (40) B社既存顧客= INTEG (B社既存顧客増加-B社既存顧客減少,30000/5)
 Units: 社
- (41) B社既存顧客増加=B社売上数量/平均購買数
 Units: 社
- (42) B社既存顧客減少=B社既存顧客/B社製品寿命
 Units: 社
- (43) B社標準価格=10
 Units: 千円
- (44) B社製品寿命=10
 Units: Year
- (45) B社販売価格 = WITH LOOKUP (B社市場占有率,
 ((0,7)-(1,10)],(0,7),(0.25,7),(0.3,8),(0.4,8.5),(0.45,9),(0.5,9),(0.55,9.5),(0.6,9.5),(0.65,10),(0.9,10),(1,10)))
 Units: 千円
- (46) D社口コミ効果= (D社既存顧客*D社口コミ効果率)/顧客
 Units: Dmnl
- (47) D社口コミ効果率=0.0025
 Units: Dmnl
- (48) D社営業効果 = WITH LOOKUP (D社市場占有率,
 ((0,0)-(1,0.02)],(0,0.01),(0.35,0.01),(0.4,0.005),(0.45,0.001),(0.5,0.001),(0.55,0.001),(1,0.001)))
 Units: Dmnl
- (49) D社売上金額=D社販売価格*D社販売数量
 Units: 千円
- (50) D社市場占有率= INTEG (D社市場占有率増加-D社市場占有率減少,0.05)
 Units: Dmnl
- (51) D社市場占有率増加=D社市場占有率増加量
 Units: Dmnl
- (52) D社市場占有率増加量=D社営業効果+D社口コミ効果

- Units: Dmnl
- (53) D 社市場占有率減少=(D 社市場占有率/平均市場占有率減少期間)+D 社市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (54) D 社市場占有率減少量=(A 社市場占有率增加量+B 社市場占有率增加量+市場占有率增加量)*(D 社市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (55) D 社既存顧客= INTEG (D 社既存顧客增加-D 社既存顧客減少,5000/5)
Units: 社
- (56) D 社既存顧客增加=D 社販売数量/平均購買数
Units: 社
- (57) D 社既存顧客減少=D 社既存顧客/D 社製品寿命
Units: 社
- (58) D 社製品寿命=10
Units: Year
- (59) D 社販売価格=9
Units: 千円
- (60) D 社販売数量=市場規模*D 社市場占有率
Units: Unit
- (61) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (62) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (63) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (64) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (65) 価格効果= WITH LOOKUP (A 製品卸価格/標準価格,
((0.7,-0.02)-(1.2,0.02)),(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.007),(0.9,0.003),(0.95,0.001),(1.0),(1.05,0),(1.1,-0.005),(1.15,-0.01),(1.2,-0.02))
Units: Dmnl
- (66) 口コミ効果=(A 製品群既存顧客*口コミ効果率)/顧客
Units: Dmnl
- (67) 口コミ効果率=0.0025
Units: Dmnl
change to 0.0025, 0.005, and 0.0075
- (68) 市場の増加=顧客*市場増加率
Units: 社
- (69) 市場の減少=顧客*市場減少率
Units: ロット
- (70) 市場占有率= INTEG (市場占有率増加-市場占有率減少,0.1)
Units: Dmnl
- (71) 市場占有率合計=A 社市場占有率+B 社市場占有率+市場占有率+D 社市場占有率
Units: Dmnl
- (72) 市場占有率増加=市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (73) 市場占有率増加量=広告効果+A 製品群営業活動+口コミ効果+価格効果

- Units: Dmnl
- (74) 市場占有率減少=(市場占有率/平均市場占有率減少期間)+市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (75) 市場占有率減少量=競争相手の競争行為
Units: Dmnl
- (76) 市場増加率=0.12
Units: Dmnl
- (77) 市場減少率=0.1
Units: Dmnl
- (78) 市場規模=顧客*平均購買数
Units: ロット
- (79) 平均市場占有率減少期間=10
Units: Year
- (80) 平均購買数=5
Units: ロット/社
- (81) 広告効果 = WITH LOOKUP (広告費,
([(0,0)-(1e+007,0.028)],(0,0),(3000,0.001),(6000,0.001),(9000,0.002),(12000,0.005),(15000,0.01),(18000,0.02),(21000,0.02),(27000,0.02),(30000,0.02),(39000,0.02),(48000,0.02),(54000,0.02),(57000,0.02)))
Units: Dmnl
- (82) 広告費=A 製品群売上金額*広告費比率
Units: 千円
- (83) 広告費比率=0.02
Units: Dmnl
change to 0.025 and 0.03 from 0.02
- (84) 標準価格=10
Units: 千円
- (85) 競争相手の競争行為=(A 社市場占有率増加量+B 社市場占有率増加量+D 社市場占有率増加量)*(市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (86) 製品寿命=10
Units: Year
- (87) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少,100000/5)
Units: 社
- (88) 顧客増加=A 製品群売上数量/平均購買数
Units: 社
- (89) 顧客減少=A 製品群既存顧客/製品寿命
Units: 社



B) シミュレーション



シミュレーション結果を見ると、B社にとってC社との提携は、市場占有率増加という意味ではそう大きな効果はありませんが、売上増には寄与しています。一方C社にとっては死活問題で、B社との提携が無かったら、この会社は衰退してしまう一方です。つまり、C社はB社との提携によって成長をなしとげていることが分かります。対象企業でのA製品とB製品の関係に似ています。

C) 等式

- (001) A社からの紹介=A社売上数量*A社からの融通比率
Units: Unit
- (002) A社からの融通比率=0.05
Units: ロット
- (003) A社にとっての競争相手の競争行為=(B社市場占有率増加量+市場占有率増加量)*(A社市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (004) A社価格効果= WITH LOOKUP (A社販売価格/A社標準価格,
[(0.7,0)-(1,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.003),(0.9,0.001),(1,0))
Units: Dmnl
- (005) A社口コミ効果=(A社既存顧客/顧客)*A社口コミ効率
Units: Dmnl
- (006) A社口コミ効率=0.002
Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (007) A社営業効果 = WITH LOOKUP (A社市場占有率,
[(0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0.01))
Units: Dmnl
- (008) A社売上数量=市場規模*A社市場占有率
Units: ロット
- (009) A社売上金額=A社売上数量*A社販売価格
Units: 千円
- (010) A社宣伝効果 = WITH LOOKUP (A社広告費,
[(2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02))
Units: Dmnl
- (011) A社市場占有率= INTEG (A社市場占有率増加-A社市場占有率減少,0.4)
Units: Dmnl
- (012) A社市場占有率増加=A社市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (013) A社市場占有率増加量=A社価格効果+A社口コミ効果+A社営業効果+A社宣伝効果
Units: Dmnl
- (014) A社市場占有率減少=(A社市場占有率/平均市場減少期間)+A社市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (015) A社市場占有率減少量=A社にとっての競争相手の競争行為
Units: Dmnl
- (016) A社広告費 = WITH LOOKUP (A社市場占有率,
[(0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0.25,15000),(0.3,14000),(0.35,13000),(0.4,12000),(0.45,11000),(0.5,10000),(0.55,9000),(0.6,8000),(0.65,7000),(1,7000))
Units: 千円
- (017) A社既存顧客= INTEG (A社既存顧客増加-A社既存顧客減少,4000/5)
Units: 社
- (018) A社既存顧客増加=A社売上数量/平均購買数
Units: 社
- (019) A社既存顧客減少=A社既存顧客/A社製品寿命
Units: 社
- (020) A社標準価格=10

- Units: 千円
- (021) A 社製品寿命=10
Units: Year
- (022) A 社販売価格 = WITH LOOKUP (A 社市場占有率,
((0,7)-(1,10)],(0,7),(0.25,7),(0.3,8),(0.4,8.5),(0.45,9),(0.5,9),(0.55,9.5),(0.6,9.5),(0.65,10),
(0.9,10),(1,10)))
Units: 千円
- (023) A 製品からの紹介=A 製品群売上数量*A 製品からの融通比率
Units: Unit
- (024) A 製品からの融通比率=0.05
Units: Dmnl
- (025) A 製品卸価格=10
Units: 千円
change to 11 and 9 from 10
- (026) A 製品群営業活動 = WITH LOOKUP (市場占有率,
((0,0)-(20,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0),
(20,0)))
Units: Dmnl
- (027) A 製品群売上数量=市場規模*市場占有率
Units: ロット
- (028) A 製品群売上金額=A 製品群売上数量*A 製品卸価格
Units: 千円
- (029) A 製品群既存顧客= INTEG (顧客増加-顧客減少,10000/5)
Units: 社
- (030) A 製品販売寄与率=0.05
Units: Dmnl
change from 0.05 to 0.1
- (031) B 社からの斡旋=B 社売上数量*B 社からの斡旋率
Units: ロット
- (032) B 社からの斡旋率=0.05
Units: Dmnl
- (033) B 社からの紹介=B 社売上数量*B 社からの融通比率
Units: ロット
- (034) B 社からの融通比率=0.03
Units: Dmnl
- (035) B 社にとっての競争相手の競争行為=(A 社市場占有率増加+市場占有率増加量)*(B 社市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (036) B 社への斡旋=B 社への斡旋量/市場規模
Units: Dmnl
- (037) B 社への斡旋率=0.05
Units: Dmnl
- (038) B 社への斡旋量=C 社販売量*B 社への斡旋率
Units: ロット
- (039) B 社価格効果= WITH LOOKUP (B 社販売価格/B 社標準価格,
((0.7,0)-(1,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.003),(0.9,0.001),(1,0)))
Units: Dmnl
- (040) B 社ロコミ効果=(B 社既存顧客*B 社ロコミ効果率)/顧客
Units: Dmnl
- (041) B 社ロコミ効果率=0.002

- Units: Dmnl
change to 0.002 from 0.0025
- (042) B 社営業効果 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,0)-(1,0.02)],(0,0.02),(0.35,0.02),(0.4,0.015),(0.45,0.01),(0.5,0.005),(0.55,0.001),(1,0.01)))
- Units: Dmnl
- (043) B 社売上数量=市場規模*B 社市場占有率
- Units: ロット
- (044) B 社売上金額=B 社売上数量*B 社販売価格
- Units: 千円
- (045) B 社宣伝効果 = WITH LOOKUP (B 社宣伝費,
((2000,0)-(26000,0.02)],(2000,0),(4000,0),(6000,0.001),(10000,0.001),(12000,0.003),(14000,0.008),(16000,0.015),(18000,0.018),(20000,0.02),(26000,0.02)))
- Units: Dmnl
- (046) B 社宣伝費 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,7000)-(1,30000)],(0,26000),(0.25,15000),(0.3,14000),(0.35,13000),(0.4,12000),(0.45,11000),(0.5,10000),(0.55,9000),(0.6,8000),(0.65,7000),(1,7000)))
- Units: 千円
- (047) B 社市場占有率= INTEG (B 社市場占有率増加-B 社市場占有率減少,0.3)
- Units: Dmnl
- (048) B 社市場占有率増加=B 社市場占有率増加量
- Units: Dmnl
- (049) B 社市場占有率増加量=B 社価格効果+B 社口コミ効果+B 社営業効果+B 社宣伝効果
+B 社への斡旋
- Units: Dmnl
- (050) B 社市場占有率減少=(B 社市場占有率/平均市場減少期間)+B 社市場占有率減少量
- Units: Dmnl
- (051) B 社市場占有率減少量=B 社にとっての競争相手の競争行為
- Units: Dmnl
- (052) B 社既存顧客= INTEG (B 社既存顧客増加-B 社既存顧客減少,30000/5)
- Units: 社
- (053) B 社既存顧客増加=B 社売上数量/平均購買数
- Units: 社
- (054) B 社既存顧客減少=B 社既存顧客/B 社製品寿命
- Units: 社
- (055) B 社標準価格=10
- Units: 千円
- (056) B 社製品寿命=10
- Units: Year
- (057) B 社販売価格 = WITH LOOKUP (B 社市場占有率,
((0,7)-(1,10)],(0,7),(0.25,7),(0.3,8),(0.4,8.5),(0.45,9),(0.5,9),(0.55,9.5),(0.6,9.5),(0.65,10),(0.9,10),(1,10)))
- Units: 千円
- (058) B 製品人件費比率=0.6
- Units: Dmnl
- (059) B 製品口コミ効果=B 製品販売量*B 製品口コミ効果率
- Units: ロット
- (060) B 製品口コミ効果率=0.0025
- Units: Dmnl
- (061) B 製品営業人件費対市場比率=B 製品担当営業人件費/B 製品市場売上

- Units: Dmnl
- (062) B 製品増加= A 社からの紹介+ B 社からの紹介+ A 製品からの紹介+ B 製品担当営業の営業効果+ B 製品宣伝効果+ B 製品口コミ効果
Units: ロット
- (063) B 製品売上金額= B 製品販売量* B 製品販売価格
Units: 千円
- (064) B 製品宣伝効果= B 製品販売量*(B 製品宣伝費対市場比率/10)
Units: ロット
- (065) B 製品宣伝費= B 製品売上金額* B 製品宣伝費比率
Units: 千円
- (066) B 製品宣伝費対市場比率= B 製品宣伝費/ B 製品市場売上
Units: Dmnl
- (067) B 製品宣伝費比率=0.27
Units: Dmnl
- (068) B 製品市場= INTEG (B 製品市場増加,30000)
Units: ロット
- (069) B 製品市場増加= B 製品市場* B 製品市場増加率
Units: ロット
- (070) B 製品市場増加率=0.03
Units: Dmnl
- (071) B 製品市場売上= B 製品市場* B 製品販売価格
Units: ロット
- (072) B 製品担当営業の営業効果= B 製品販売量*(B 製品営業人件費対市場比率/10)
Units: Dmnl
- (073) B 製品担当営業の紹介=(B 製品販売量* A 製品販売寄与率)/顧客
Units: Dmnl
- (074) B 製品担当営業人件費= B 製品売上金額* B 製品人件費比率
Units: T Yen
- (075) B 製品減少= B 製品販売量/ B 製品製品寿命
Units: ロット
- (076) B 製品製品寿命=10
Units: Year
- (077) B 製品販売価格=12
Units: 千円
- (078) B 製品販売量= INTEG (B 製品増加- B 製品減少,12000)
Units: Unit
- (079) C 社口コミ効果= C 社販売量* C 社口コミ効果率
Units: ロット
- (080) C 社口コミ効果率=0.0025
Units: Dmnl
- (081) C 社営業人件費= C 社売上金額* C 社営業人件費比率
Units: 千円
- (082) C 社営業人件費比率=0.6
Units: Dmnl
- (083) C 社営業効果= C 社販売量*((C 社営業人件費/ B 製品市場売上)/10)
Units: ロット
- (084) C 社売上金額= C 社販売価格* C 社販売量
Units: 千円
- (085) C 社販売価格=1.2

- Units: 千円
- (086) C 社販売増加=B 社からの斡旋+C 社口コミ効果+C 社営業効果
Units: ロット
- (087) C 社販売減少=C 社販売量/C 製品平均寿命
Units: ロット
- (088) C 社販売量= INTEG (C 社販売増加-C 社販売減少,1200)
Units: ロット
- (089) C 製品平均寿命=10
Units: Year
- (090) FINAL TIME = 2035
Units: Year
The final time for the simulation.
- (091) INITIAL TIME = 2015
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (092) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (093) TIME STEP = 0.25
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (094) 価格効果= WITH LOOKUP (A 製品卸価格/標準価格,
[(0.7,-0.02)-(1.2,0.02)],(0.7,0.02),(0.75,0.02),(0.8,0.015),(0.85,0.007
) ,(0.9,0.003),(0.95,0.001),(1,0),(1.05,0),(1.1,-0.005),(1.15,-0.01),(1.2,-0.02))
Units: Dmnl
- (095) 口コミ効果=(A 製品群既存顧客* 口コミ効果率)/顧客
Units: Dmnl
- (096) 口コミ効果率=0.0025
Units: Dmnl
change to 0.0025, 0.005, and 0.0075
- (097) 対象企業総売上個数=A 製品群売上数量+B 製品販売量
Units: ロット
- (098) 対象企業総売上金額=A 製品群売上金額+B 製品売上金額
Units: 千円
- (099) 市場の増加=顧客*市場増加率
Units: 社
- (100) 市場の減少=顧客*市場減少率
Units: 社
- (101) 市場占有率= INTEG (市場占有率増加-市場占有率減少,0.1)
Units: Dmnl
- (102) 市場占有率合計=A 社市場占有率+B 社市場占有率+市場占有率
Units: Dmnl
- (103) 市場占有率増加=市場占有率増加量
Units: Dmnl
- (104) 市場占有率増加量=広告効果+A 製品群営業活動+ 口コミ効果+価格効果+B 製品担当営業の紹介
Units: Dmnl
- (105) 市場占有率減少=(市場占有率/平均市場減少期間)+市場占有率減少量
Units: Dmnl
- (106) 市場占有率減少量=競争相手の競争行為
Units: Dmnl

- (107) 市場増加率=0.12
Units: Dmnl
- (108) 市場減少率=0.1
Units: Dmnl
- (109) 市場規模=顧客*平均購買数
Units: ロット
- (110) 平均市場減少期間=10
Units: Year
- (111) 平均購買数=5
Units: ロット/社
- (112) 広告効果 = WITH LOOKUP (広告費,
[(0,0)-(1e+007,0.028)],(0,0),(3000,0.001),(6000,0.001),(9000,0.002),(12000,0.005),(15000,0.01),(18000,0.02),(21000,0.02),(27000,0.02),(30000,0.02),(39000,0.02),(48000,0.02),(54000,0.02),(57000,0.02)))
Units: Dmnl
- (113) 広告費=A 製品群売上金額*広告費比率
Units: 千円
- (114) 広告費比率=0.02
Units: Dmnl
change to 0.025 and 0.03 from 0.02
- (115) 標準価格=10
Units: 千円
- (116) 競争相手の競争行為=(A 社市場占有率増加量+B 社市場占有率増加量)*(市場占有率/市場占有率合計)
Units: Dmnl
- (117) 製品寿命=10
Units: Year
- (118) 顧客= INTEG (市場の増加-市場の減少,100000/5)
Units: 社
- (119) 顧客増加=A 製品群売上数量/平均購買数
Units: 社
- (120) 顧客減少=A 製品群既存顧客/製品寿命
Units: 社

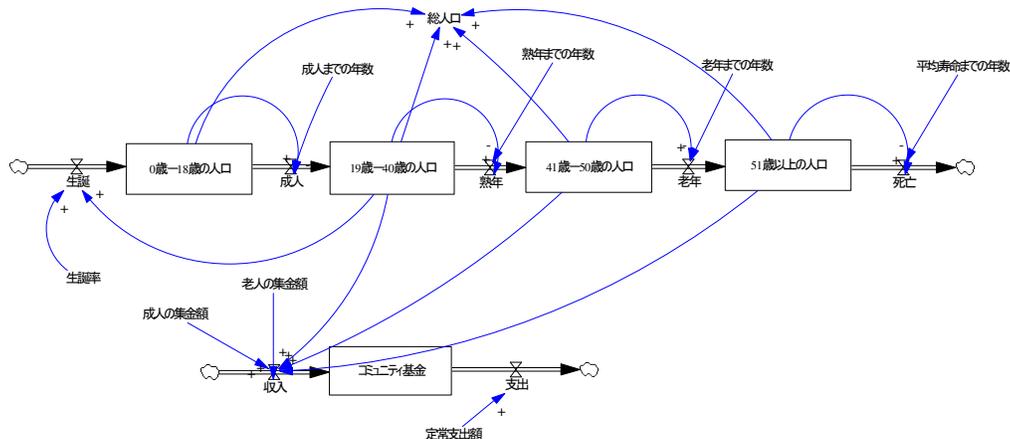
10. 演習-10 : パイプライン構造

1) 人口モデル

3章での練習問題で、あるコミュニティを対象としました。人口は現在1万人、平均寿命は60歳です。このコミュニティの女性は生涯に平均2.2の子供を産みます。30年後の人口は何人でしょうか？転入、転出が無視できるものと考え、モデルを作成し、計算してみてくださいという問題を出しました。このモデルをパイプライン型に設計し直して下さい。コミュニティの人口は、0歳から18歳、19歳から40歳、41歳から50歳、51歳以上の4つのコホートに分けて下さい。そして、お金を徴収するのは19歳以上とし、19歳から50歳までは一人当たり1,000円を、51歳以上は半額の500円を徴収するとして下さい。また、女性の出産年齢は19-40歳の間だけとして下さい。

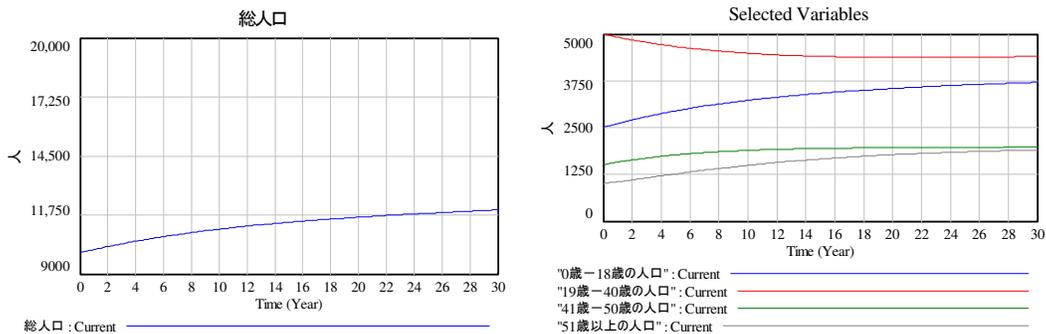
人口の初期値は、0-18歳が2,500人、19-40歳が5,000人、41-50歳が1,500人、51-60歳が1,000人として下さい。さて、このコミュニティの30年間の人口動態はどうなるでしょうか？前のモデルでの人口動態とどのように違いますか？また、コミュニティの基金はどう変化するのでしょうか？

A) モデル

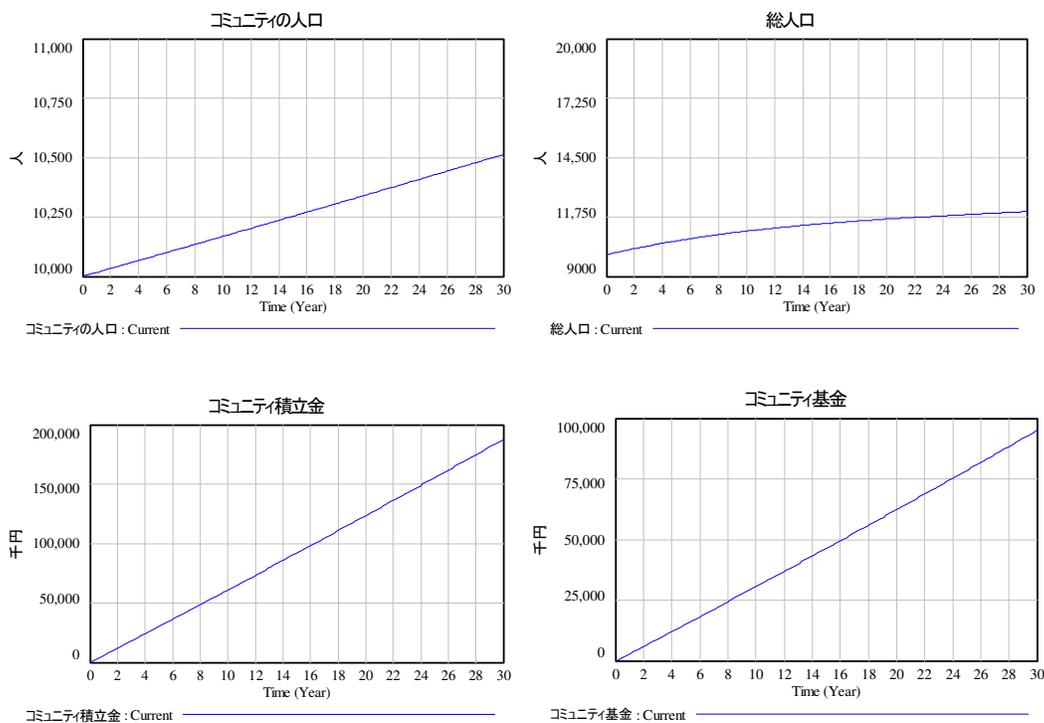


パイプライン構造の練習問題ですので、模範解答のようにストックが認識され、状態遷移が行われていけばいいでしょう。ストックからストックに変わるフローの部分は、経過年齢、つまり0歳から18歳までであれば、ストックを18で割ります。

B) シミュレーション



シミュレーション結果は上のようなものですが、第2章、第3章のモデルでのシミュレーション結果と比べてみると、多分面白いことに気が付いたと思います。



それぞれ、左が3章での練習問題でのモデルのシミュレーション結果、右が今回のものの結果です。人口は実は指数的に増えるのではなく、サチュレートしています。ここでは30年ですが、100年といった長い期間にするとこの傾向はもっと明確になります。また、それぞれのコホートで見ると、19-40歳の成年層の人口が減少していることが分かります。もっとも100年にすると、0-18歳の人口が18年後には成人層に入りますので成年層の人口は回復します。しかし、30年で見た場合、このコミュニティは高齢化社会になっていくことが理解できるでしょう。

コミュニティの基金の方も、子供から徴収しないことと、老人からの徴収を半額にしたという金額のディスカウントもありますが、最も大きな要因は、3章で想定したようには人口が増えないことから、集まる金額は半分になってしまいます。

C) 等式

- (01) "0歳-18歳の人口" = INTEG (生誕-成人,2500)
Units: 人
- (02) "19歳-40歳の人口" = INTEG (成人-熟年,5000)
Units: 人
- (03) "41歳-50歳の人口" = INTEG (熟年-老年,1500)
Units: 人
- (04) "51歳以上の人口" = INTEG (老年-死亡,1000)
Units: 人
- (05) FINAL TIME = 30
Units: Year
The final time for the simulation.

- (06) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (07) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (08) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (09) コミュニティ基金= INTEG (収入-支出,0)
Units: 千円
- (10) 収入=成人の集金額+("19 歳-40 歳の人口"+"41 歳-50 歳の人口")+老人の集金額
*"51 歳以上の人口"
Units: 千円
- (11) 定常支出額=4000
Units: 千円
- (12) 平均寿命までの年数=10
Units: Year
- (13) 成人="0 歳-18 歳の人口"/成人までの年数
Units: 人
- (14) 成人の集金額=1
Units: 千円
- (15) 成人までの年数=18
Units: Year
- (16) 支出=定常支出額
Units: 千円
- (17) 死亡="51 歳以上の人口"/平均寿命までの年数
Units: 人
- (18) 熟年="19 歳-40 歳の人口"/熟年までの年数
Units: 人
- (19) 熟年までの年数=22
Units: Year
- (20) 生誕=("19 歳-40 歳の人口"/2)*生誕率
Units: 人
- (21) 生誕率=(2.2/22)
Units: 人
- (22) 総人口="0 歳-18 歳の人口"+"19 歳-40 歳の人口"+"41 歳-50 歳の人口"
+"51 歳以上の人口"
Units: 人
- (23) 老人の集金額=0.5
Units: 千円
- (24) 老年="41 歳-50 歳の人口"/老年までの年数
Units: 人
- (25) 老年までの年数=10
Units: Year

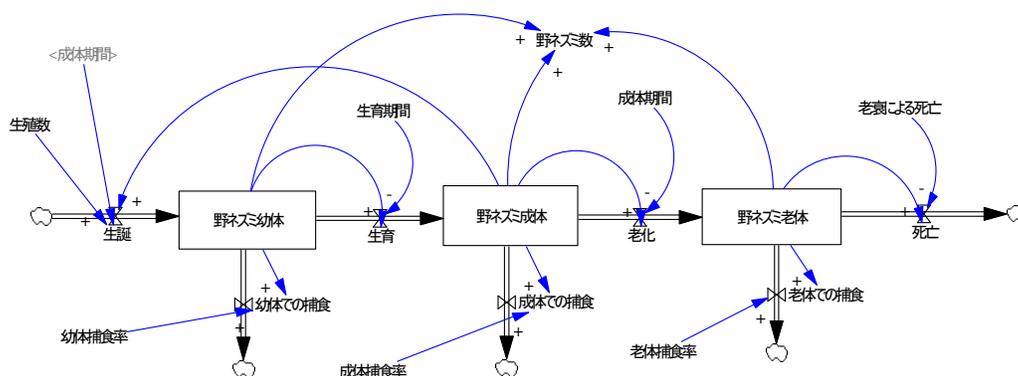
2) 野ネズミ

2 章で野ネズミの練習問題を取り上げました。10 キロ四方の里山環境に野鼠が 2 千匹生

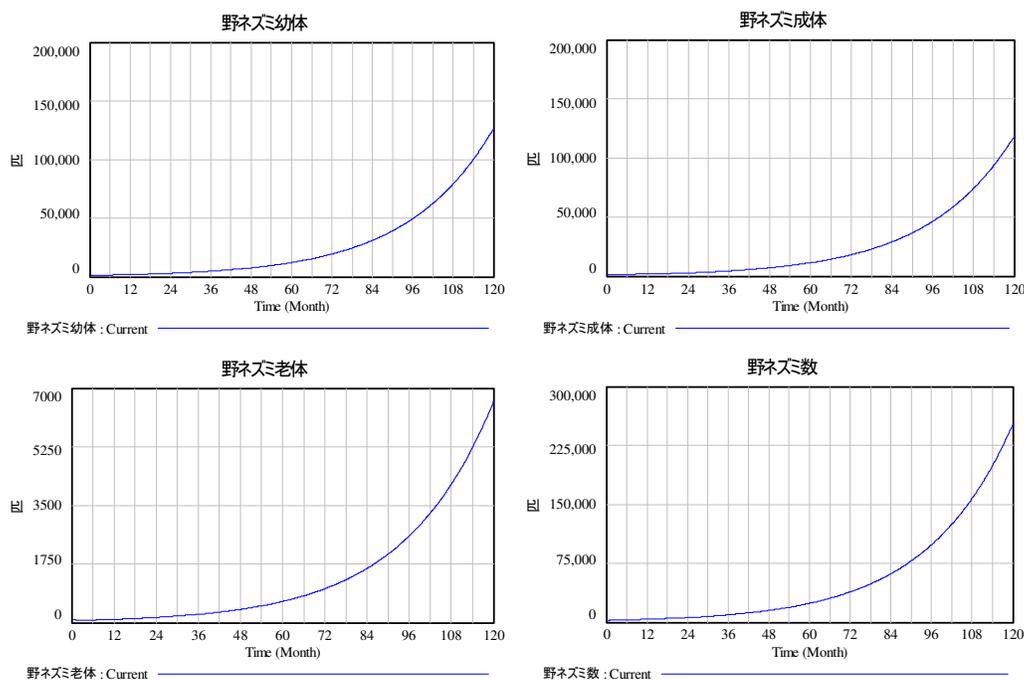
息しています。野鼠の平均寿命は2年で、雌は生涯に10匹の子供を産みますが、99%は捕食されてしまいます。野鼠の数が百万匹を超えると集団移動を開始します。集団移動が起きるのは何年後でしょうか？という問題です。ここでは条件を変え、野ネズミが生まれて、子供を産む成体に育つまでに3ヶ月かかるとします。0-3ヶ月の幼体、4-18ヶ月の成体、19ヶ月以上の老体の3つのコホートに分け、初期値を、それぞれ、500匹、1,400匹、100匹とし、それぞれの捕食率を、33%、25%、99%として下さい。また、子供は4-18ヶ月の成体の雌が22.5匹生むものとします。

併せて、シミュレーションで、雌の生む子供の数が18、19及び20匹の場合と比べて下さい。また、シミュレーションの単位を月にし、120ヶ月分のシミュレーションを行ってみて下さい。

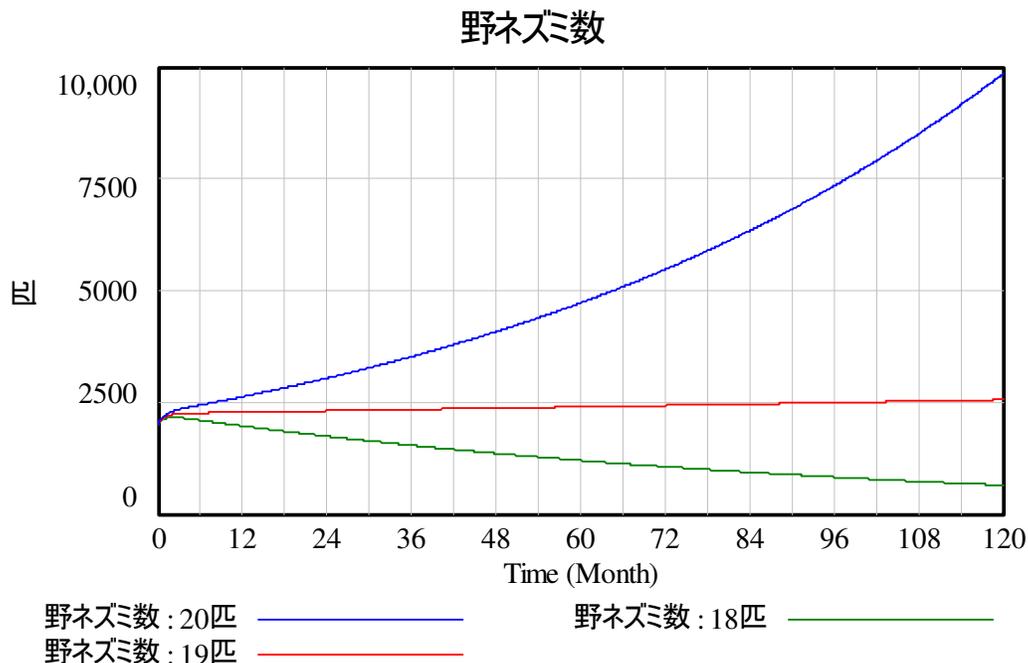
A) モデル



B) シミュレーション



18、19 及び 20 匹の比較



シミュレーションで、19 匹が限界数で、これ以下であると野ネズミは消滅することが分かります。もっとも、同じような限界値は捕食率にも存在します。

C) 等式

- (01) FINAL TIME = 120
Units: Month
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Month
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Month [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Month [0,?]
The time step for the simulation.
- (05) 幼体での捕食=野ネズミ幼体*幼体捕食率
Units: 匹
- (06) 幼体捕食率=0.33
Units: Dmnl
- (07) 成体での捕食=野ネズミ成体*成体捕食率
Units: 匹
- (08) 成体捕食率=0.25
Units: Dmnl
- (09) 成体期間=15
Units: Month
- (10) 死亡=野ネズミ老体/老衰による死亡

- Units: 匹
- (11) 生殖数=22.5
Units: 匹
change from 22.5 to 18,19 and 20
- (12) 生育=野ネズミ幼体/生育期間
Units: 匹
- (13) 生育期間=3
Units: Month
- (14) 生誕=(野ネズミ成体/2)*(生殖数/成体期間)
Units: 匹
- (15) 老体での捕食=野ネズミ老体*老体捕食率
Units: 匹
- (16) 老体捕食率=0.99
Units: Dmnl
- (17) 老化=野ネズミ成体/成体期間
Units: 匹
- (18) 老衰による死亡=6
Units: Month
- (19) 野ネズミ幼体= INTEG (生誕-幼体での捕食-生育,500)
Units: 匹
- (20) 野ネズミ成体= INTEG (生育-成体での捕食-老化,1400)
Units: 匹
- (21) 野ネズミ数=野ネズミ幼体+野ネズミ成体+野ネズミ老体
Units: 匹
- (22) 野ネズミ老体= INTEG (老化-死亡-老体での捕食,100)
Units: 匹

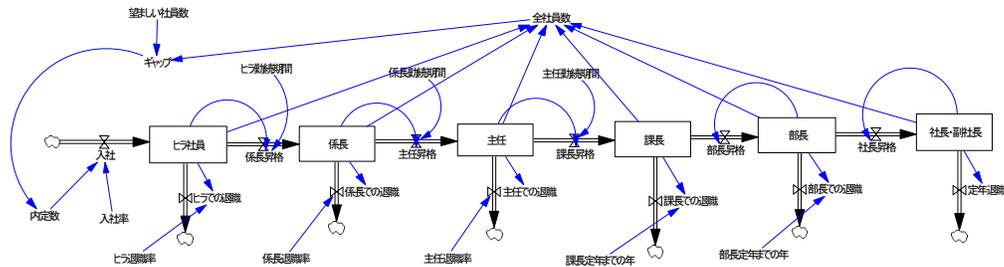
3) 企業組織

ある企業の採用を考えます。この会社は、採用後平均 5 年間はヒラ、その後、係長に昇格します。係長を平均 5 年勤務すると主任に昇格します。主任を平均 5 年経験し、課長に昇格します。課長の中から部長が 5 名選ばれます。また、部長の中から社長、副社長を各 1 人選びます。従って、ほとんどの人は、課長まで出世し、そこで 60 歳の定年退職を迎えます。

現在の人員配置は、ヒラが 1,500 名、係長 150 名、主任 50 名、課長 10 名、部長 5 名、社長、副社長各 1 名です。係長に昇格する前に 80%の社員が退職します。主任に昇格する前に 60%の社員が退職します。課長に昇格する前に 40%の社員が退職します。ただ、その後は中途での退職はありません。

現在は毎年、1 年前に採用者数を決め、1 年の採用活動を経て、採用しています。内定者の 80%はこの会社に就職しますが、他にもっと良い会社が見つかったなどの原因で 20%は内定を辞退してきます。それを見込んで毎年 2,000 名の候補者に内定を出しています。さて、中途採用が無いとして、この会社の社員数はそれぞれどのように変化するのでしょうか。30 年間の変化を示して下さい。また、社員数を現行のまま、あまり増減したくないとすれば、内定者数をどのように調整していけばいいのでしょうか？なお、勤務開始年齢を 22 歳とします。

A) モデル



かなり長いパイプラインになります。少し難しい点は、課長から部長に昇格する部分、部長から社長に昇格する部分でしょう。

後は、基本的には、ストックを次のストックに移動するまでの期間で割ればいいので、お馴染みの話だと思います。

まず、社長を見てみましょう。部長から社長に選ばれ、最長 13 年間勤務しますので、社長のストックを 13 年で割ります。

(24) 定年退職=INTEGER(社長・副社長/13)

すると、どこかの時点で、社長、もしくは副社長が定年で辞める時期が来ます。1 名は欠員が出ますので、そこで、部長のストックから 1 名を移動します。

(27) 社長昇格=IF THEN ELSE(社長・副社長<2, 1, 0)

もともと、普通の会社は、社長が辞めると副社長も辞め、次世代の社長、副社長を選ぶか、あるいは副社長が社長に昇格し、新しく副社長を選ぶでしょう。同じことを、部長についても行えばいいわけです。

(33) 部長での退職=INTEGER(部長/部長定年までの年)

(34) 部長定年までの年=18

としておいて、

(35) 部長昇格=IF THEN ELSE(部長<4,1,0)

と、部長 5 名のうち、欠員が出たら、課長のストックから 1 名を移動させればいいわけです。内定者調整は、望ましい社員数とのギャップを使うこととします。

(05) ギャップ=望ましい社員数-全社員数

(25) 望ましい社員数=1500+150+50+10+5+2

(23) 内定数=2000+ギャップ

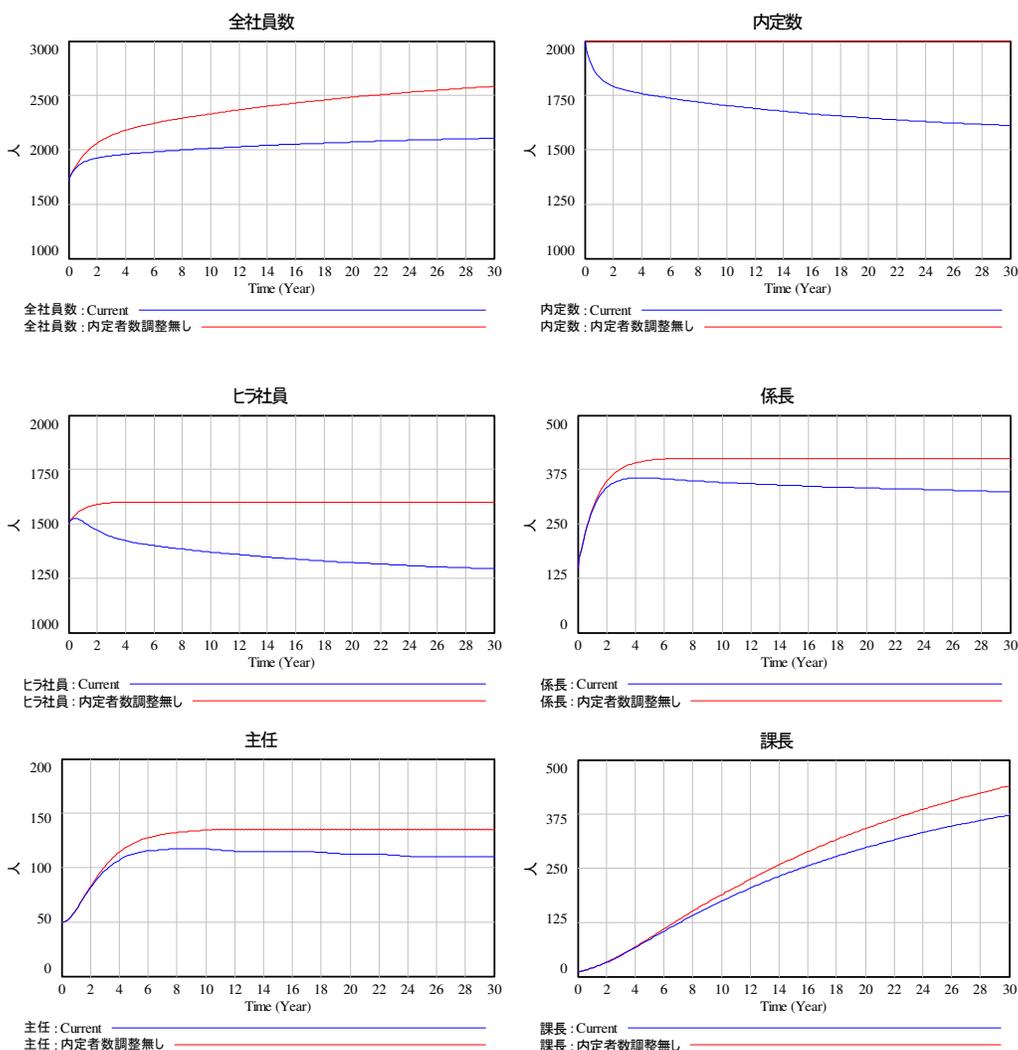
とします。

B) シミュレーション

ここでは、内定者調整が無い場合と内定者調整を行った場合を比較してみます。内定者

調整を行わない方法は、モデルのギャップから内定者に向かうフィードバック・ループを止めればいいので、ギャップ調整に0を乗じます。

(23) 内定数=2000+ギャップ*0



ただ、問題はこの方法だと、課長の数がどうしても多くなりすぎる点です。現代は分かりませんが、私がサラリーマンだった 2000 年までは、課長になる年代だと、40 歳前後で、中学生か高校生の子供を抱え、家もローンで買ってしまい、会社を辞めて冒険することができない時期なので、退職はかなり難しいという事情があります。労働市場も、中途採用も 35 歳までで、それ以上になると再就職も難しい状態でした。

ただ、この年齢は、経験もあり、それを生かし、社内ベンチャーなどに取り組み、成功すればその部署のトップとして礼遇するなどの、会社もチャレンジし、社員にもチャレンジさせる工夫が必要だと思います。

C) 等式

(01) FINAL TIME = 30

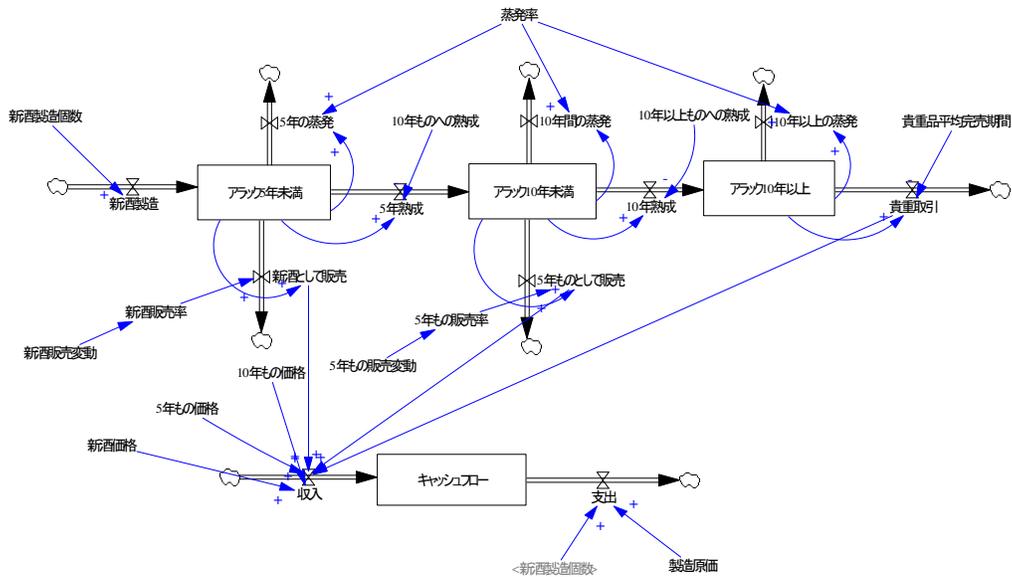
- Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
- The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
- The frequency with which output is stored.
- (04) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
- The time step for the simulation.
- (05) ギャップ=望ましい社員数-全社員数
Units: 人
- (06) ヒラでの退職=INTEGER(ヒラ社員*ヒラ退職率)
Units: 人
- (07) ヒラ勤続期間=5
Units: Year
- (08) ヒラ社員= INTEG (入社-ヒラでの退職-係長昇格,1500)
Units: 人
- (09) ヒラ退職率=0.8
Units: Dmnl
- (10) 主任= INTEG (主任昇格-主任での退職-課長昇格,50)
Units: 人
- (11) 主任での退職=INTEGER(主任*主任退職率)
Units: 人
- (12) 主任勤続期間=5
Units: Year
- (13) 主任昇格=INTEGER(係長/係長勤続期間)
Units: 人
- (14) 主任退職率=0.4
Units: Dmnl
- (15) 係長= INTEG (係長昇格-主任昇格-係長での退職,150)
Units: 人
- (16) 係長での退職=INTEGER(係長*係長退職率)
Units: 人
- (17) 係長勤続期間=5
Units: Year
- (18) 係長昇格=INTEGER(ヒラ社員/ヒラ勤続期間)
Units: 人
- (19) 係長退職率=0.6
Units: Dmnl
- (20) 入社=内定数*入社率
Units: 人
- (21) 入社率=0.8
Units: Dmnl
- (22) 全社員数=ヒラ社員+主任+係長+課長+部長+社長・副社長
Units: 人
- (23) 内定数=2000+ギャップ
Units: 人
- (24) 定年退職=INTEGER(社長・副社長/13)

- Units: Year
- (25) 望ましい社員数=1500+150+50+10+5+2
Units: 人
- (26) 社長・副社長= INTEG (社長昇格-定年退職,2)
Units: 人
- (27) 社長昇格=IF THEN ELSE(社長・副社長<2, 1, 0)
Units: 人
- (28) 課長= INTEG (課長昇格-課長での退職-部長昇格,10)
Units: 人
- (29) 課長での退職=INTEGER(課長/課長定年までの年)
Units: 人
- (30) 課長定年までの年=23
Units: Year
- (31) 課長昇格=INTEGER(主任/主任勤続期間)
Units: 人
- (32) 部長= INTEG (部長昇格-社長昇格-部長での退職,5)
Units: 人
- (33) 部長での退職=INTEGER(部長/部長定年までの年)
Units: 人
- (34) 部長定年までの年=18
Units: Year
- (35) 部長昇格=IF THEN ELSE(部長<4,1,0)
Units: 人

4) 椰子酒

椰子酒、といってもここでは、アラックという蒸留酒を考えます。椰子の芽に傷をつけると、糖分を多量に含んだ樹液が出ます。傷を付けた椰子の木に、この樹液を受ける壺を取り付けると、樹液が壺に溜まり、暖かい気温のせいもあり、約 2-3%のアルコール分を含む甘い液となります。これを殺菌し、ジュースとして商品にしたり、樹液を煮詰め、砂糖を製造しますが、蒸留し、36-45%のアルコール度のアラックと呼ばれる蒸留酒も製造します。アラックはそのままでも販売しますが、5年もの、10年ものとして寝かせて、熟成させた製品も製造しています。今、毎年 6,000 本のアラックを製造し、5年経過する前に 80%が売れてしまいます。残りの 5年ものもさらに 5年経過する前に 80%が販売されてしまいます。10年以上経過したものは、まろやかな味で、貴重品として取引され、在庫があれば 5年以内に完売してしまいます。今、5年未満のものストックが 1,200 本、10年未満のものストックが 240 本、10年以上のものストックが 50 本あります。また、5年未満のもの販売変動が 30%、10年までの販売の変動が 10%あります。これからの 20年間を考え、ストックの状態はどうなるのでしょうか？また、5年未満のアラックの販売価格は 1本 500円です。これが 5年もの（10年未満の商品）となると 1,500円、10年もの（10年以上経過した商品）は 3,000円で販売されます。現在、キャッシュフロー残が 1万円として、この会社のキャッシュフロー残を計算してみてください。製造原価は、1本当たり 300円です。保管料はかかっていませんが、アルコールは年 1%蒸発していきます。

A) モデル



販売変動の部分は少し悩むかもしれませんが。まず、新酒ですが、5年以内に売れる割合80%に対し、変動幅を掛けます。

(28) $\text{新酒販売率} = 0.8 * \text{新酒販売変動}$

次に、変動幅は30%なので、0.7から1.3までの乱数を計算します。

(27) $\text{新酒販売変動} = \text{RANDOM UNIFORM}(0.7, 1.3, 1)$

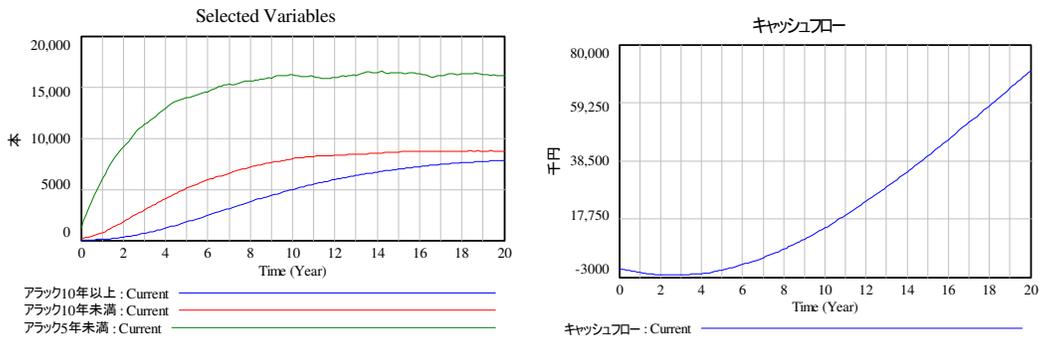
同じことを、5年もののアラクについても行います。

(11) $"5年ものの販売率" = 0.8 * "5年ものの販売変動"$

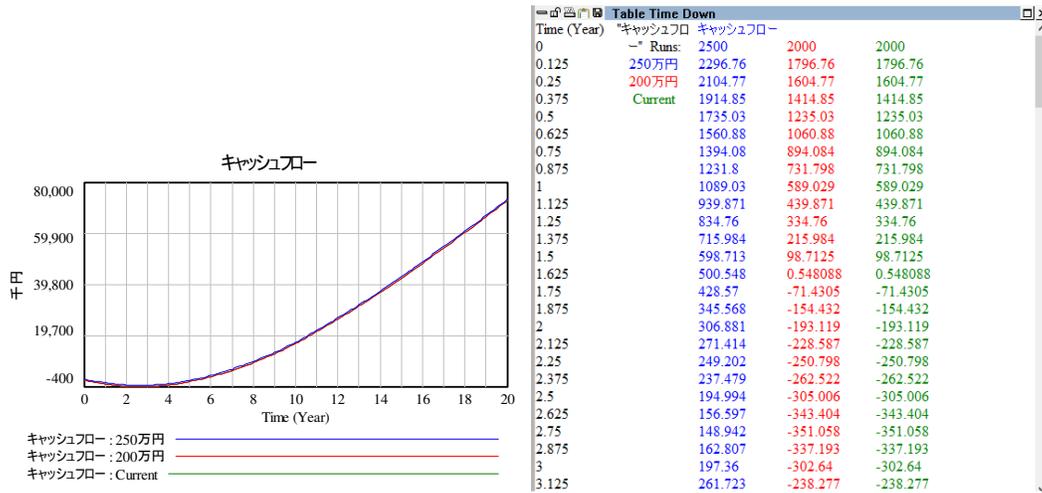
としておいて、0.9から1.1までの乱数で10%の変動幅を表現します。

(10) $"5年ものの販売変動" = \text{RANDOM UNIFORM}(0.9, 1.1, 1)$

B) シミュレーション



これでは、最初の 5 年間は赤字です。もっと資金が必要です。それでは、どれだけ資金を用意すればいいのでしょうか。200 万円、250 万円のケースでシミュレーションしてみましょう。



グラフだと分かりづらいのですが、表にしてみると、250 万円あれば黒字のまま経営できそうです。でも 200 万円だと赤字です。ビジネスというのは、思ったよりも資金が必要なものですね。

C) 等式

- (01) "10 年ものへの熟成"=5
Units: Year
- (02) "10 年もの価格"=3
Units: 千円
- (03) "10 年以上の蒸発"=アラック 10 年以上*蒸発率
Units: 本
- (04) "10 年以上ものへの熟成"=5
Units: Year
- (05) "10 年熟成"=アラック 10 年未満/"10 年以上ものへの熟成"
Units: 本

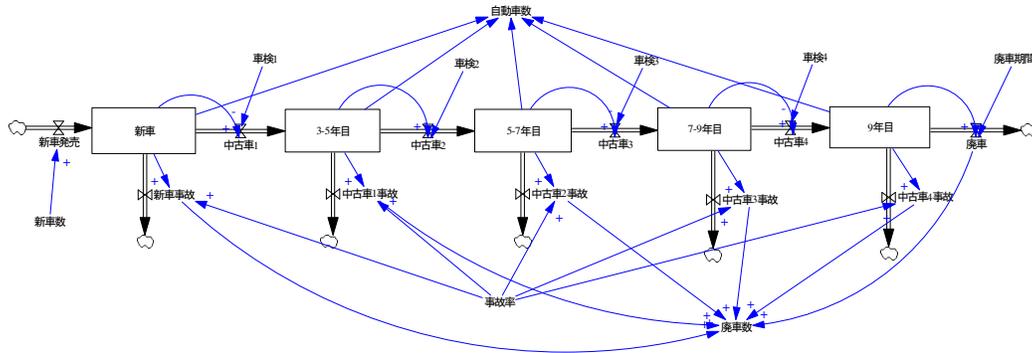
- (06) "10年間の蒸発"=アラック 10年未満*蒸発率
Units: 本
- (07) "5年の蒸発"=アラック 5年未満*蒸発率
Units: 本
- (08) "5年ものとして販売"=アラック 10年未満*(5年もの販売率/5)
Units: 本
- (09) "5年ものの価格"=1.5
Units: 千円
- (10) "5年もの販売変動"=RANDOM UNIFORM(0.9,1.1,1)
Units: Dmnl
- (11) "5年もの販売率"=0.8*"5年もの販売変動"
Units: Dmnl
- (12) "5年熟成"=アラック 5年未満/10年ものへの熟成"
Units: 本
- (13) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (14) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (15) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (16) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
- (17) アラック 10年以上= INTEG ("10年熟成"-10年以上の蒸発"-貴重取引,50)
Units: 本
- (18) アラック 10年未満= INTEG ("5年熟成"-10年熟成"-10年間の蒸発"-5年ものとして販売",240)
Units: 本
- (19) アラック 5年未満= INTEG (新酒製造-5年の蒸発"-5年熟成"-新酒として販売,1200)
Units: 本
- (20) キャッシュフロー= INTEG (収入-支出,10)
Units: 千円
- (21) 収入=新酒として販売*新酒価格+"5年ものとして販売"*5年ものの価格"+貴重取引*"10年ものの価格"
Units: 千円
- (22) 支出=新酒製造個数*製造原価
Units: 千円
- (23) 新酒として販売=アラック 5年未満*(新酒販売率/5)
Units: 本
- (24) 新酒価格=0.5
Units: 千円
- (25) 新酒製造=新酒製造個数
Units: 本
- (26) 新酒製造個数=6000
Units: 本

- (27) 新酒販売変動=RANDOM UNIFORM(0.7, 1.3 , 1)
Units: Dmnl
- (28) 新酒販売率=0.8*新酒販売変動
Units: Dmnl
- (29) 蒸発率=0.01
Units: Dmnl
- (30) 製造原価=0.3
Units: 千円
- (31) 貴重取引=アラック 10 年以上/貴重品平均完売期間
Units: 本
- (32) 貴重品平均完売期間=5
Units: Year

5) 自動車

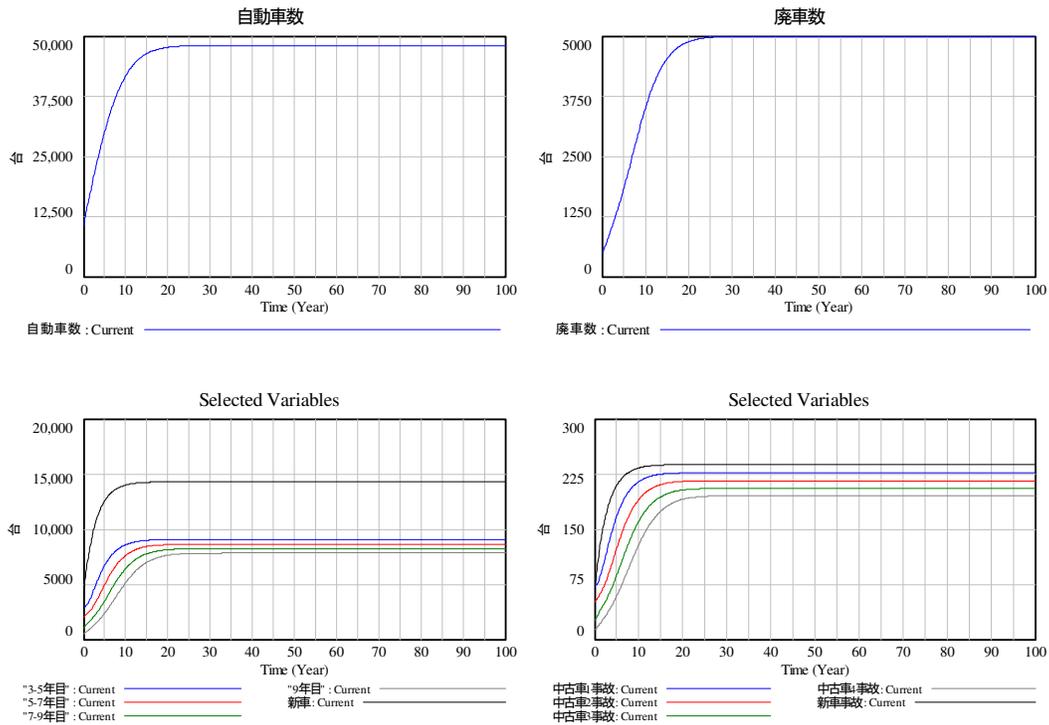
自動車は新車として発売され、初回の車検が切れる 3 年直前に中古車として売られ、顧客は、それまで使っていた車を下取りにして、新車を購入します。この下取りにされた車は、下取り会社の方で車検費用が払われ、中古車として販売されます。中古車はその後 2 年毎に車検を受け、その度に下取りに出されるとします。車の使用期間を 11 年として、新車、中古車の動態をモデルで表して下さい。5 つのコホートになります。11 年で車は廃車されるとします。初期値は、新車台数が 5,000 台、それぞれのコホートが、4,000 台、3,000 台、2,000 台、1,000 台、500 台として下さい。また、それぞれのコホートで、事故などによる廃車を 5%想定して下さい。

A) モデル



これもただ長いだけのモデルです。事故率 5%は、初回の車検が 3 年なので、ここだけ 3 で割りますが、他は 2 年なので 2 で割ります。

B) シミュレーション



C) 等式

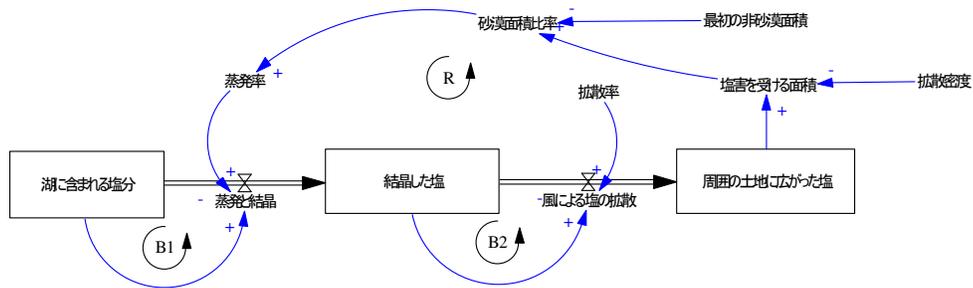
- (01) "3-5 年目" = INTEG (中古車 1 - 中古車 1 事故 - 中古車 2, 3000)
Units: 台
- (02) "5-7 年目" = INTEG (中古車 2 - 中古車 2 事故 - 中古車 3, 2000)
Units: 台
- (03) "7-9 年目" = INTEG (中古車 3 - 中古車 3 事故 - 中古車 4, 1000)
Units: 台
- (04) "9 年目" = INTEG (中古車 4 - 中古車 4 事故 - 廃車, 500)
Units: 台
- (05) FINAL TIME = 100
Units: Year
The final time for the simulation.
- (06) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (07) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0, ?]
The frequency with which output is stored.
- (08) TIME STEP = 0.125
Units: Year [0, ?]
The time step for the simulation.
- (09) 中古車 1 = 新車 / 車検 1
Units: 台
- (10) 中古車 1 事故 = "3-5 年目" * (事故率 / 2)
Units: 台
- (11) 中古車 2 = "3-5 年目" / 車検 2

- Units: 台
- (12) 中古車 2 事故="5-7 年目"*(事故率/2)
Units: 台
- (13) 中古車 3="5-7 年目"/車検 3
Units: 台
- (14) 中古車 3 事故="7-9 年目"*(事故率/2)
Units: 台
- (15) 中古車 4="7-9 年目"/車検 4
Units: **undefined**
- (16) 中古車 4 事故="9 年目"*(事故率/2)
Units: 台
- (17) 事故率=0.05
Units: Dmnl
- (18) 廃車="9 年目"/廃車期間
Units: 台
- (19) 廃車数=新車事故+中古車 1 事故+中古車 2 事故+中古車 3 事故+中古車 4 事故
+廃車
Units: 台
- (20) 廃車期間=2
Units: Year
- (21) 新車= INTEG (新車発売-中古車 1-新車事故,4000)
Units: 台
- (22) 新車事故=新車*(事故率/3)
Units: 台
- (23) 新車数=5000
Units: 台
- (24) 新車発売=新車数
Units: 台
- (25) 自動車数=新車+"3-5 年目"+"5-7 年目"+"7-9 年目"+"9 年目"
Units: 台
- (26) 車検 1=3
Units: Year
- (27) 車検 2=2
Units: Year
- (28) 車検 3=2
Units: Year
- (29) 車検 4=2
Units: Year

6) 環境モデル

5 章の環境モデルの演習で、砂漠化した土地にどんどん塩が蓄積されていく。これも、塩が降り注いだ土地から、風の影響で毎年 1 メータ四方に 100 グラムの割合で周囲に広がるとする。この砂漠化していく土地の広がりの様子を示せ。また、湖の蒸発率は、最初に砂漠ではなかった 1 万ヘクタールと砂漠化した面積との比が、基本的な年 7%の蒸発率に加わるとする。湖の面積の変化、湖に存在する結晶化した塩の量の変化も併せて示せ。という問題でモデルを作成してもらいました。このモデルを、塩の遷移という観点で、パイプライン型のモデルに変更して下さい。

A) モデル

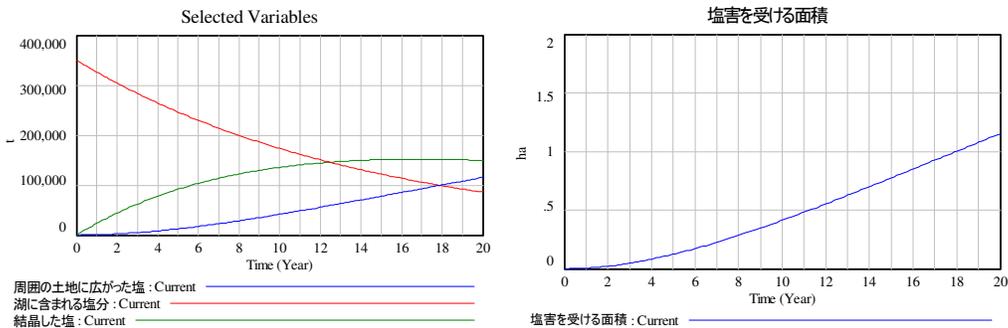


前のモデルと違い、周囲の土地に広がった塩がストックになります。そして、被害を受ける面積はストックから変数に変わります。前のモデルでは、湖の水量がストックでしたが、今度は湖に含まれている塩の量がストックになります。ただ、こういったことはあまり重要ではなく、重要な点は、均衡ループが 2 つ、増強ループが 1 個、前のモデルで認識されていたが、そのことがこのモデルでもしっかり認識されているかどうかです。特に、蒸発した塩が砂漠化を推し進め、砂漠の面積を増やし、そのことが蒸発率を増加させているという増強ループが、このモデルでもきちんと表現されているかどうかです。

また、ストックを挟んだフィードバック・ループは、場合によれば、このようにパイプライン構造に変換しうるということも理解してもらえれば幸いです。もちろん、逆も真で、パイプライン構造のモデルは、ストックに分解し、ストックを挟んだフィードバック構造に変換できます。

なお、塩を含んだ砂漠は、降雨によって塩が洗い流されると再び植物が育つ土地に戻ります。ただ、雨によって地中に塩が染み込むという効果もあり、塩が荒い流がされるのは表面だけです。

B) シミュレーション



C) 等式

- (01) FINAL TIME = 20
Units: Year
The final time for the simulation.
- (02) INITIAL TIME = 0
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (03) SAVEPER = TIME STEP
Units: Year [0,?]

- The frequency with which output is stored.
 (04) TIME STEP = 0.125
 Units: Year [0,?]
- The time step for the simulation.
 (05) 周囲の土地に広がった塩= INTEG (風による塩の拡散, 0)
 Units: t
- (06) 塩害を受ける面積=周囲の土地に広がった塩/拡散密度
 Units: ha
- (07) 拡散密度=10*100*100
 Units: Dmnl
- (08) 拡散率=0.05
 Units: Dmnl
- (09) 最初の非砂漠面積=10000
 Units: ha
- (10) 湖に含まれる塩分= INTEG (-蒸発と結晶,100*100*100*1*(35/100))
 Units: t
- (11) 砂漠面積比率=塩害を受ける面積/最初の非砂漠面積
 Units: Dmnl
- (12) 結晶した塩= INTEG (蒸発と結晶-風による塩の拡散,0)
 Units: t
- (13) 蒸発と結晶=湖に含まれる塩分*蒸発率
 Units: t
- (14) 蒸発率=0.07+砂漠面積比率
 Units: Dmnl
- (15) 風による塩の拡散=結晶した塩*拡散率
 Units: t

もっといろいろな練習問題を取り上げるべきだったかも知れません。解説ももっと詳しくすべきだったかも知れません。取り上げたモデルも、状況設定をかなりいい加減にしたので、あまり現実的なものとなっていない部分もあると思います。そういった欠点はあるにしろ、問題を考え、モデルにしてみる、シミュレーションしてみるという訓練の一環になってSD学習の一助になっていれば幸いです。

15. 参考文献

(A) 日本語で出版されたもの、公開されているもの

「Vensim PLE 入門」2015 改定版、日本未来研究センター

Vensim PLE のチュートリアルで、野ネズミとその天敵を練習問題として取り上げ、Vensim PLE を学習するように工夫しています。

「Vensim PLE によるシステム思考及びシステム・ダイナミクス入門」2009、日本未来研究センター

先のチュートリアルを終えた人向けに、SD のモデル構築の手順や基本的なシステムの振る舞い、システム原型について解説しています。

(B) セミナー資料

「ST/SD 入門セミナー・ワークショップ (シリーズ 1)」2014 年 3 月~8 月実施、日本未来研究センター

「Vensim PLE によるシステム思考及びシステム・ダイナミクス入門」をテキストに使ったセミナー資料です。

「ST 入門セミナー・ワークショップ (シリーズ 1)」2014 年 3 月~8 月実施、日本未来研究センター

特にテキストを定めなくて、システム思考について行ったセミナー資料です。

「ST/SD 入門セミナー・ワークショップ (シリーズ 2)」2014 年 10 月~2015 年 3 月実施、日本未来研究センター

Mchael J. Radzicki による、Introduction to System Dynamics、1997 をテキストにした使ったセミナー資料で、原著は、System Dynamics Society の HP からレビューすることができます。SD の歴史、エネルギー・モデルを中心とした解説が行われています。

「ST/SD 入門セミナー・ワークショップ (シリーズ 3)」2015 年 4 月~6 月実施、日本未来研究センター

Craig W. Kirkwood による System Dynamics Methods: A Quick Introduction 及び System Dynamics Analysis をテキストに使ったセミナー資料です。

「ST/SD 入門セミナー・ワークショップ (シリーズ 4)」2015 年 8 月~2016 年 6 月実施、日本未来研究センター

Sterman, John., “Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World”, Irwin/McGraw-Hill, 2000. をテキストに使ったセミナー資料です。日本語訳では抜けている部分も原書に則して補っています。

(C) 英語によるもの

Sterman, John., “Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World”, Irwin/McGraw-Hill, 2000. ISBN 0-07-231135-5

日本語の翻訳がありますが、訳が不完全です。おまけに、原著とは順番を変えた構成にしている部分もあり、日本語版は全く推奨できません。

原著は、SD の教科書の中で一番まとまった内容とされていて、理論的な説明も含めとても詳しく SD を解説しています。

Morecroft, John. D.W., “Strategic Modeling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach 2/E, Wiley, 2015, ISBN 978-1-118-84468-7

SD の教科書の中ではいちばん内容的にまとまっていて、一番新しいものです。

Kim Wallen, “Agile SD: fast, effective, reliable”

SDモデルの構築方法として、一番重要な部分のストックから作っていく、重要なもの集中してモデルを構築していくという手法のことを記載した論文です。

□