

ビジネス・シミュレーション 第5回

January 13, 2009

松本憲洋 (POSY Corp.)

matsu@posy.co.jp

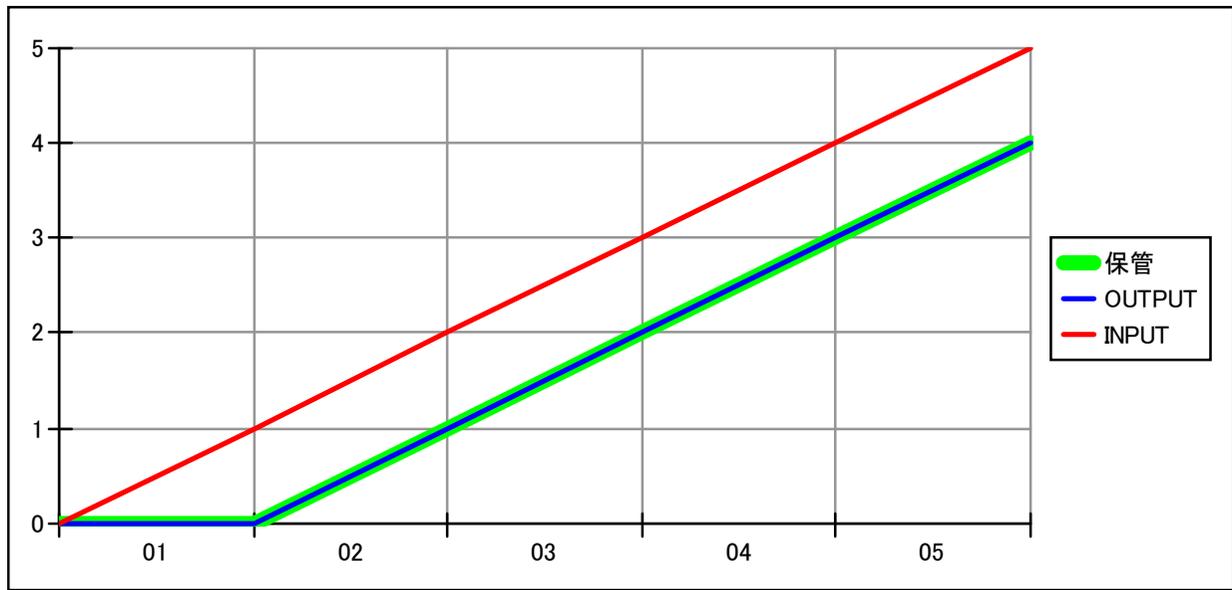
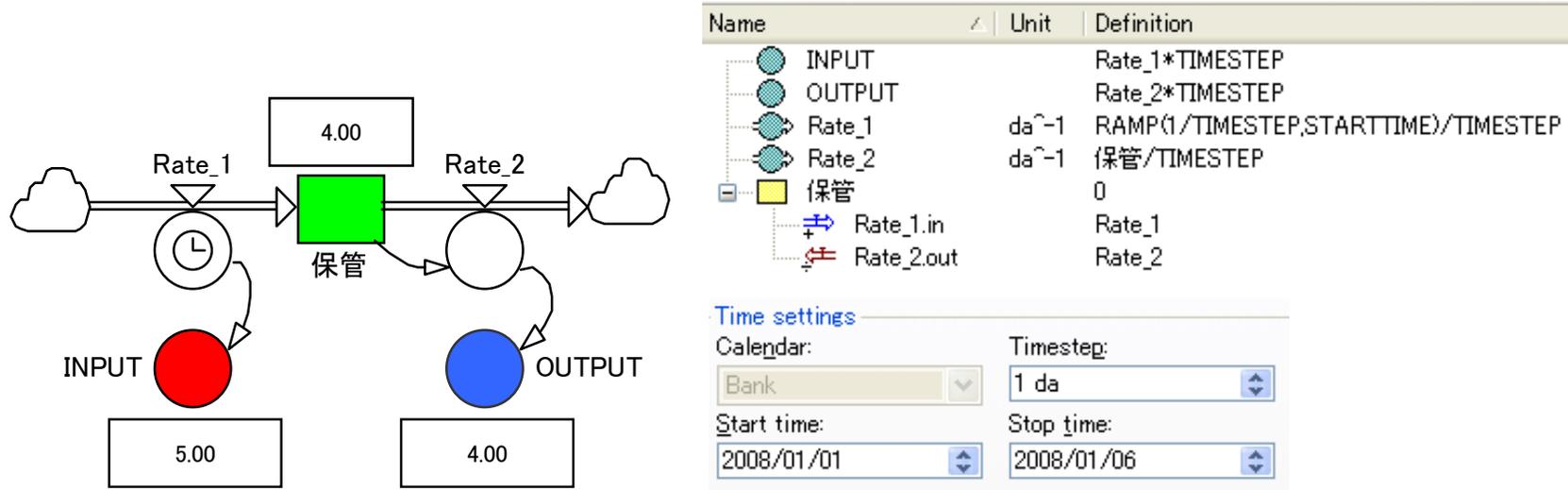
<http://www.posy.co.jp>

第4回“遅れ”の復習

遅れの説明の概要

1. SDでは、フローの結果がレベルに到達するまでに、ほぼ刻み時間 (timestep) に等しい時間が必要である。
2. 遅れには、単体の遅れや、統制の取れた軍隊のような集団の遅れである「パイプライン遅れ」と、ばらばらに行動する個体が形成する集団の遅れである「物の遅れ」と「情報の遅れ」とがある。
3. 集団の遅れでは、遅れ時間を「平均遅れ」の概念で表現する。
4. 高次の遅れとは、1次の遅れが連続して発生する場合であり、情報の遅れではカスケードに連続し、物の遅れではタンデムに連続する。
5. パイプライン遅れは、高次の物の遅れにおけるタンデムの各段の遅れが刻み時間 (timestep) に等しい場合と同等である。
したがって、パイプライン遅れは物の遅れの特殊な場合として分類される。
6. 平滑化は集団の遅れと同じ方法で実施される。
したがって、平滑化することにより、原信号に比べて遅れが発生する。

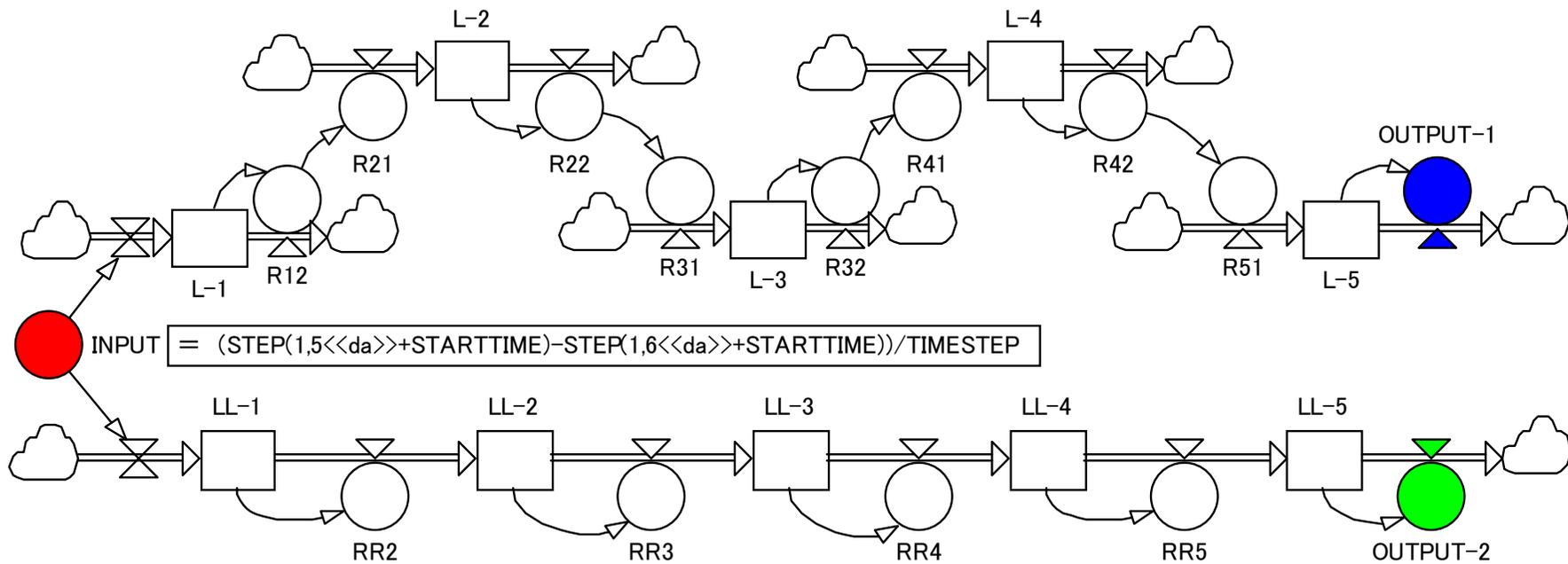
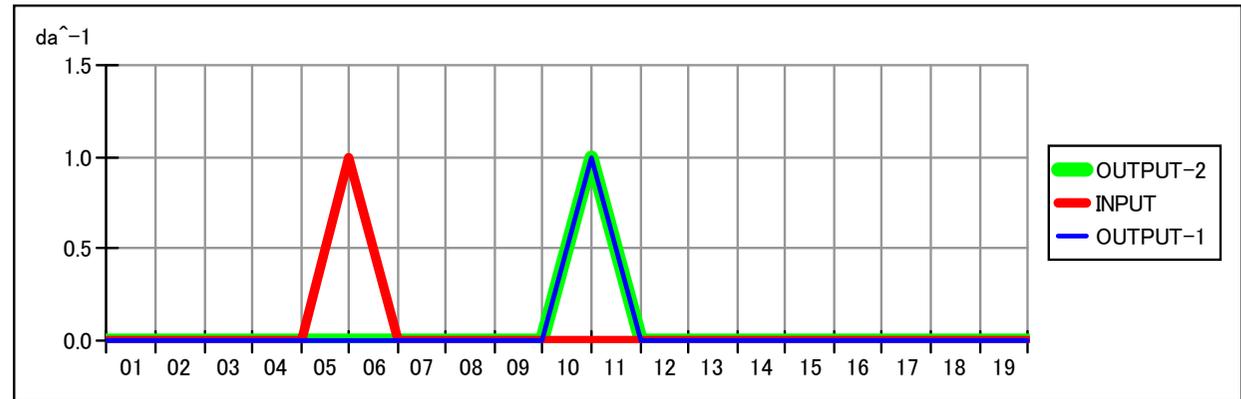
レベルで発生する遅れ



レベルで発生する遅れ. sip

パイプライン遅れ

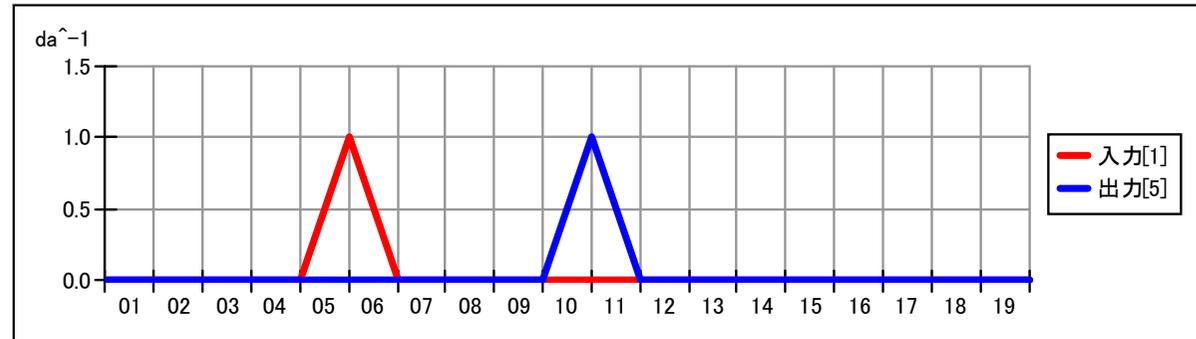
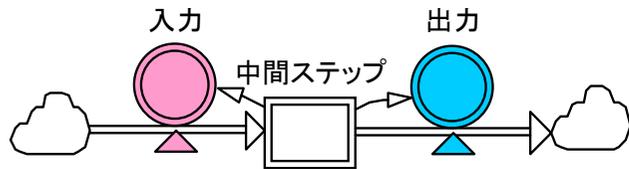
原理的な表現



パイプライン遅れ (2/2)

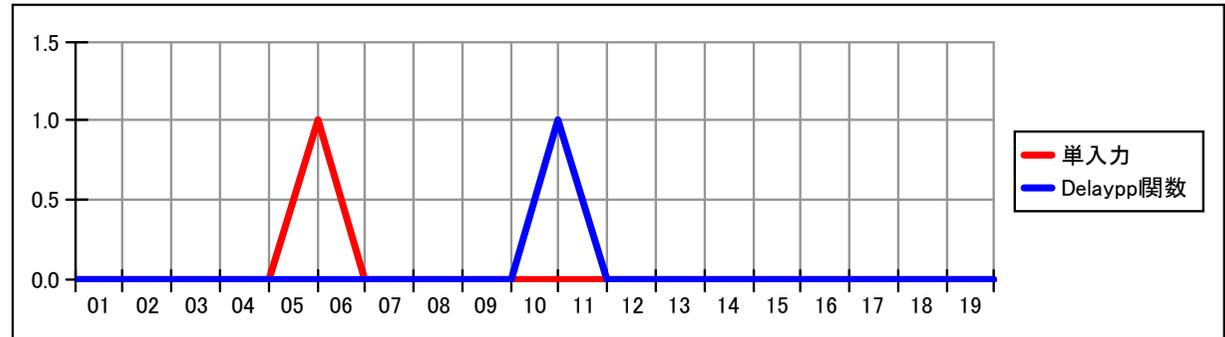
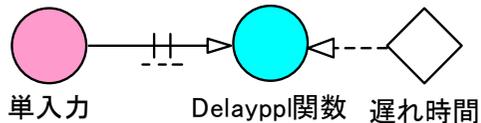


配列による表現



入力 = CONCAT(FOR(i=1..1|STEP(1,5<<da>>+STARTTIME)-STEP(1,6<<da>>+STARTTIME)),FOR(i=2..5|中間ステップ[i-1])/TIMESTEP)
 出力 = FOR(i=1..5|中間ステップ[i])/TIMESTEP

関数による表現



単入力 = STEP(1,5<<da>>+STARTTIME)-STEP(1,6<<da>>+STARTTIME)
 Delaypp関数 = DELAYPPL(単入力,遅れ時間)

集団の“平均遅れ時間”とは？



アリさんは砂糖が大好きなんだね！



お兄ちゃんが砂糖をまいたらアリさんが穴から出てきて、100匹集まったよ。でも、2時間もかかっちゃった。

お兄ちゃん、何分できたアリさんが普通のアリさんなの？

~10分	34匹	
~20分	23匹	
~30分	15匹	
~40分	10匹	
~50分	7匹	
~60分	4匹	
~70分	3匹	
~80分	2匹	
~90分	1匹	
90分~	1匹	

アリの集合の平均遅れ時間は？

アリが集まるのにかかった合計時間

$$= \sum (\text{グループのアリの数} \times \text{グループの平均時間}) = 2300 \text{匹} \cdot \text{分}$$

アリが集まるのにかかった平均時間

$$= \text{アリが集まるのにかかった合計時間} \div \text{アリの総数}$$

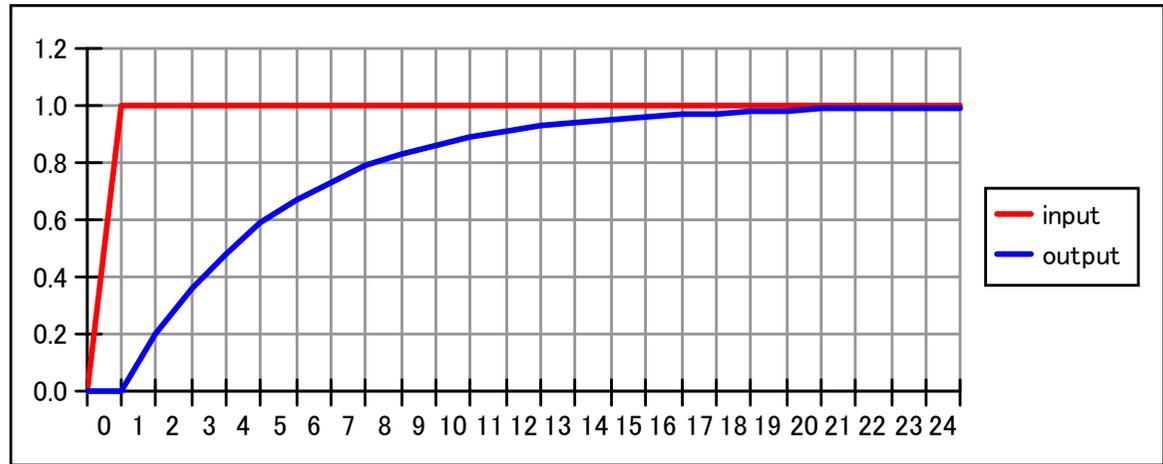
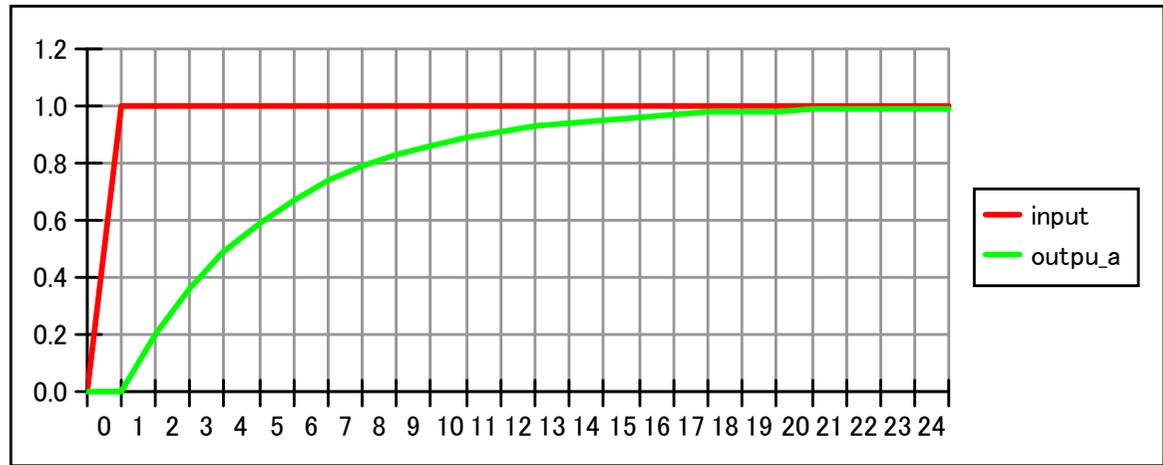
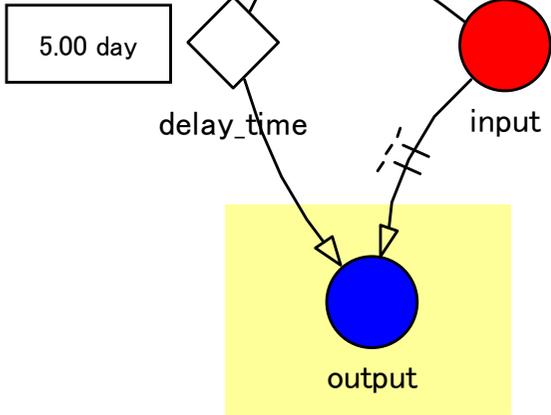
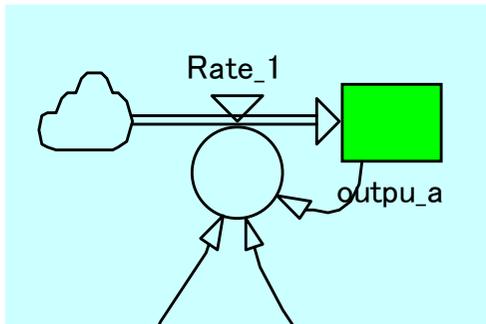
$$= 2300 \text{匹} \cdot \text{分} \div 100 \text{匹} = 23 \text{分}$$

情報に関する遅れ(1/2)



DELAYINF
order=1
delay_time=5day

delayinf-1.sip

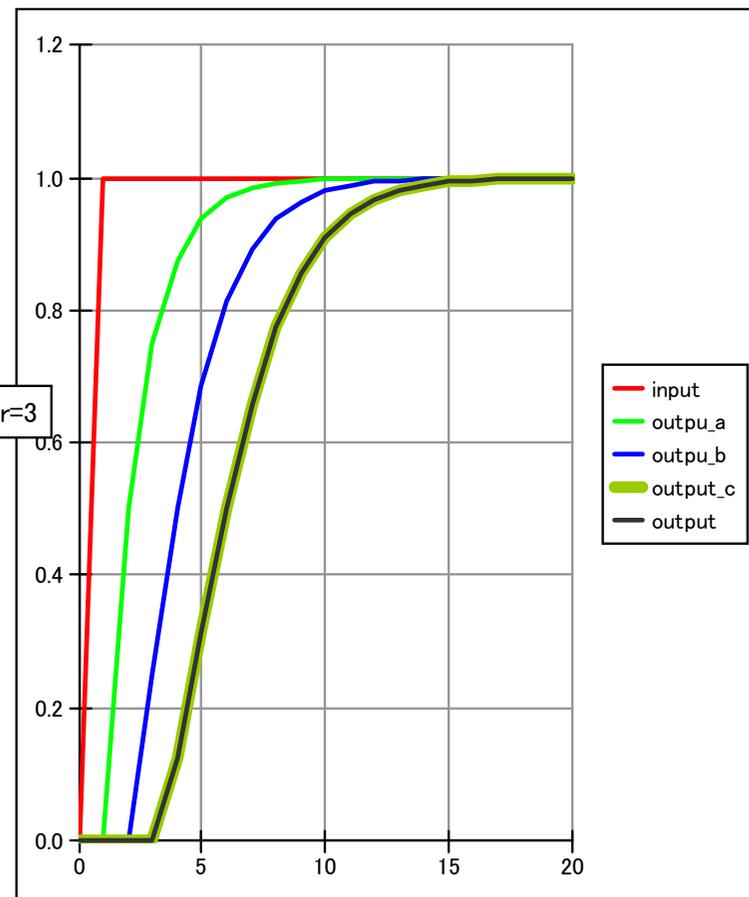
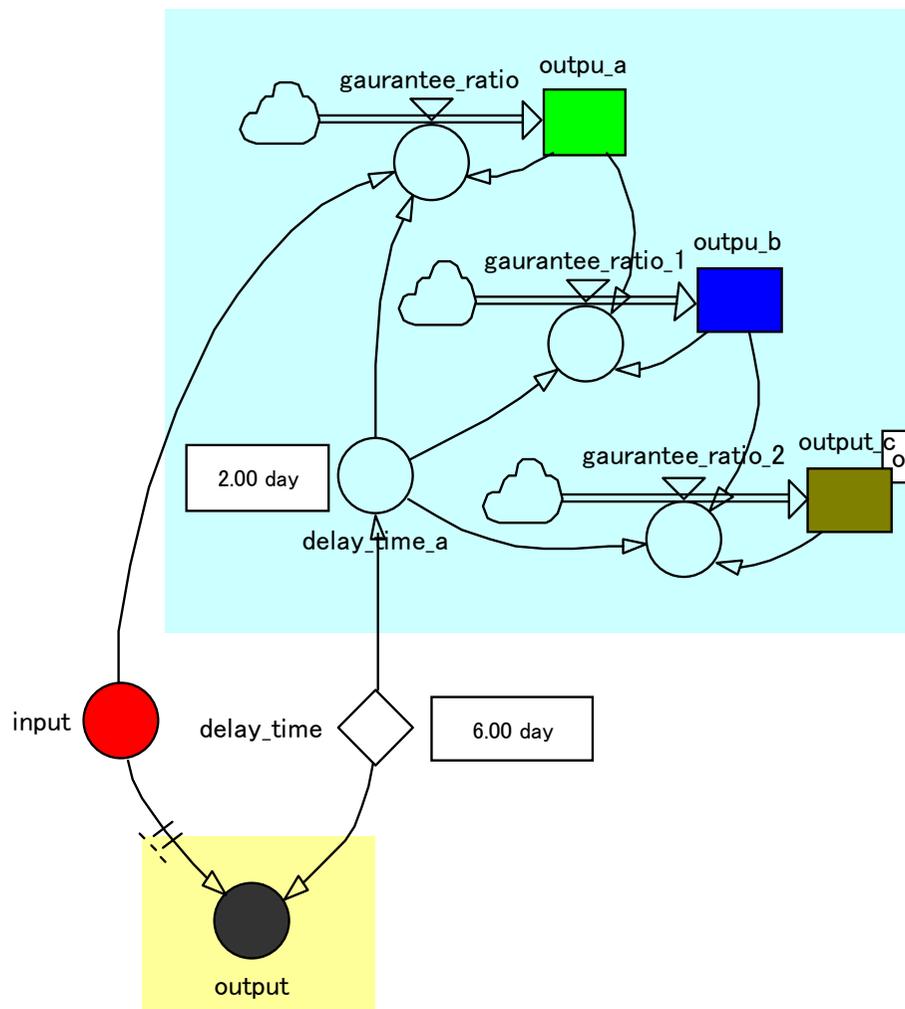


情報に関する遅れ(2/2)



DELAYINF
order=3
delay_time=6day (2day x 3)

delayinf-3. sip

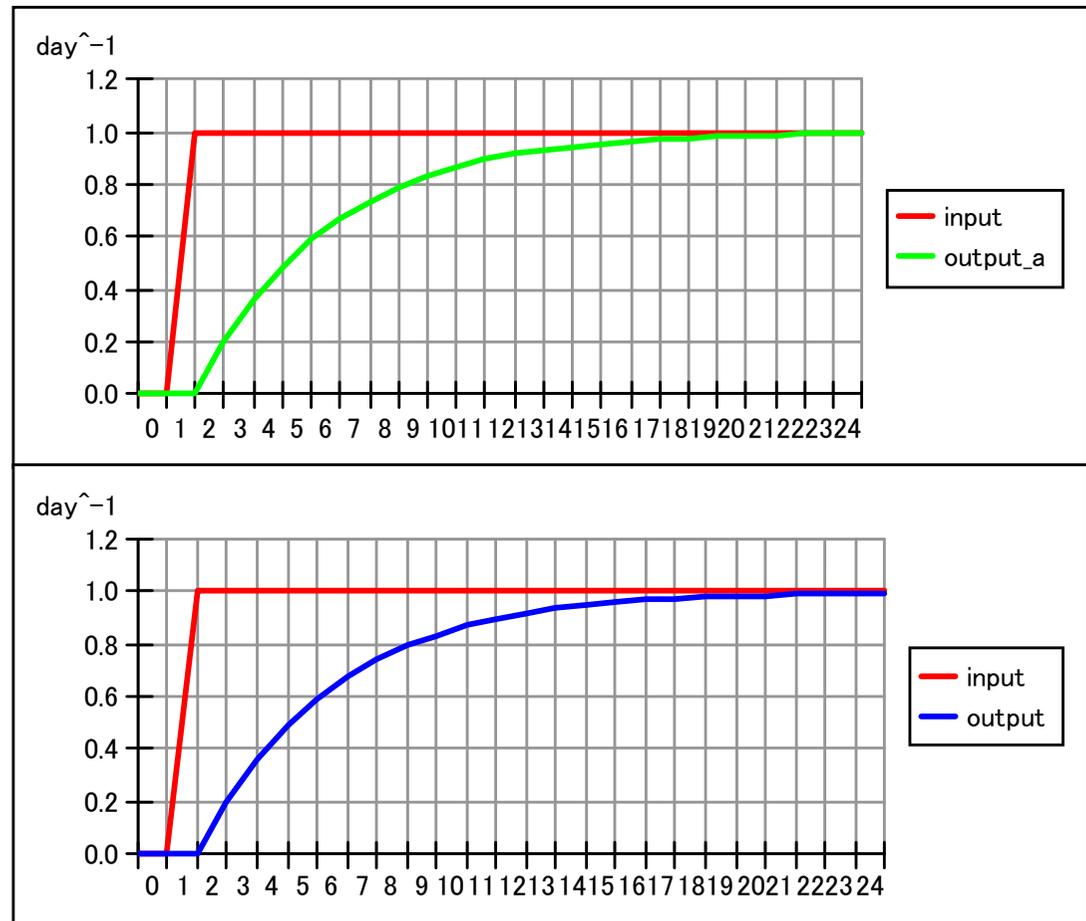
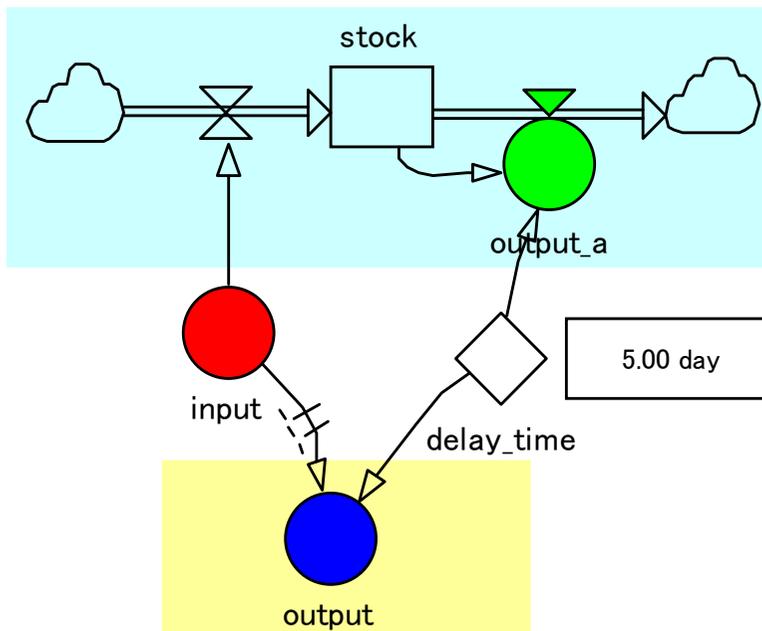


物に関する遅れ(1/2)



delaymtr-1.sip

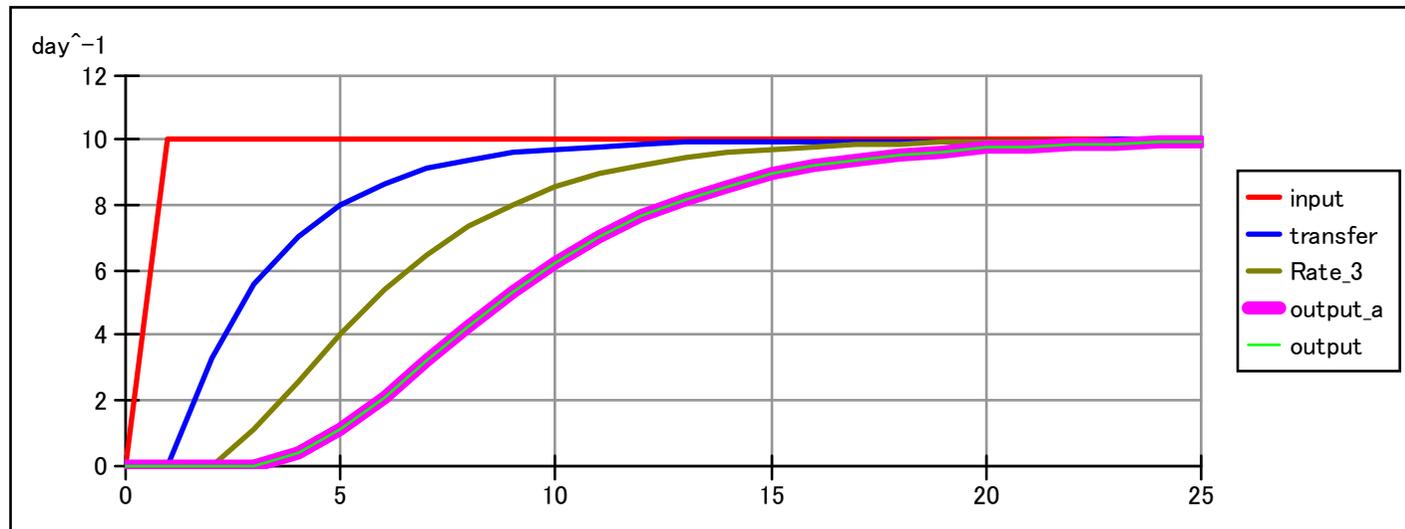
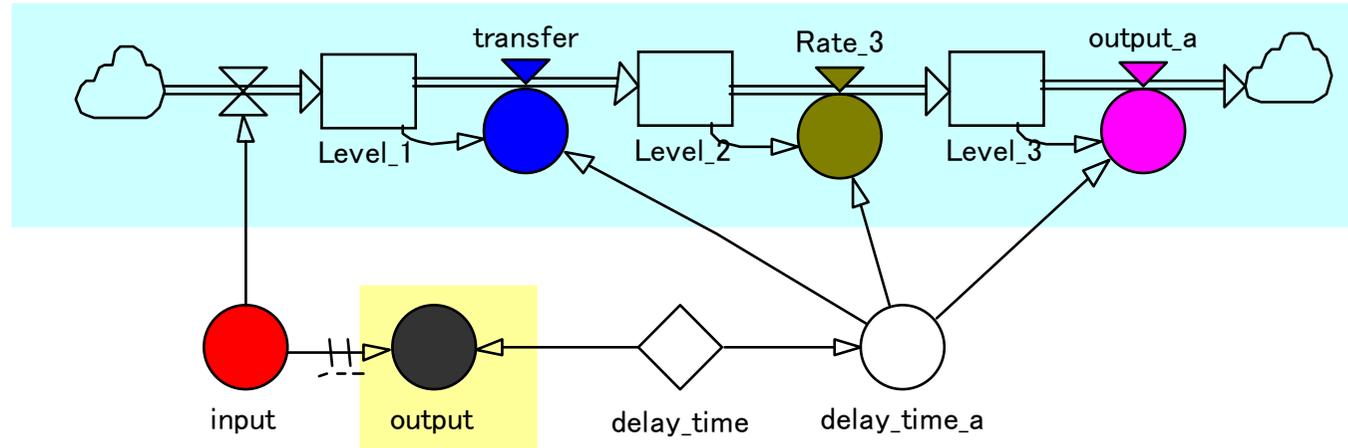
DELAYMTR
order=1
delay time=5day



物に関する遅れ(2/2)



DELAYMTR
Order=3
Delay Time = 9day
(3day X 3)



delaymtr-3.sip

遅れのまとめ



①単体の遅れ:パイプライン遅れ・・・>delaypp1

②集団の遅れ

■蓄積:情報の遅れ・・・>delayinf

集団がある平均遅れのもとに、ランダムなタイミングで集積する。
レベルからの出力がない場合、集積のフローレートは、平均遅れ時間を時定数とする指数減衰曲線になる。

■放出:物の遅れ・・・>delaymtr

集団がある平均遅れのもとに、ランダムなタイミングで放出する。
レベルへの入力がない場合、放出のフローレートは、平均遅れ時間を時定数とする指数減衰曲線になる。

③高次の遅れ

情報遅れ、物の遅れとも、一次の遅れの連鎖になる。
情報遅れはカスケードで、物の遅れはタンデムで表現する。

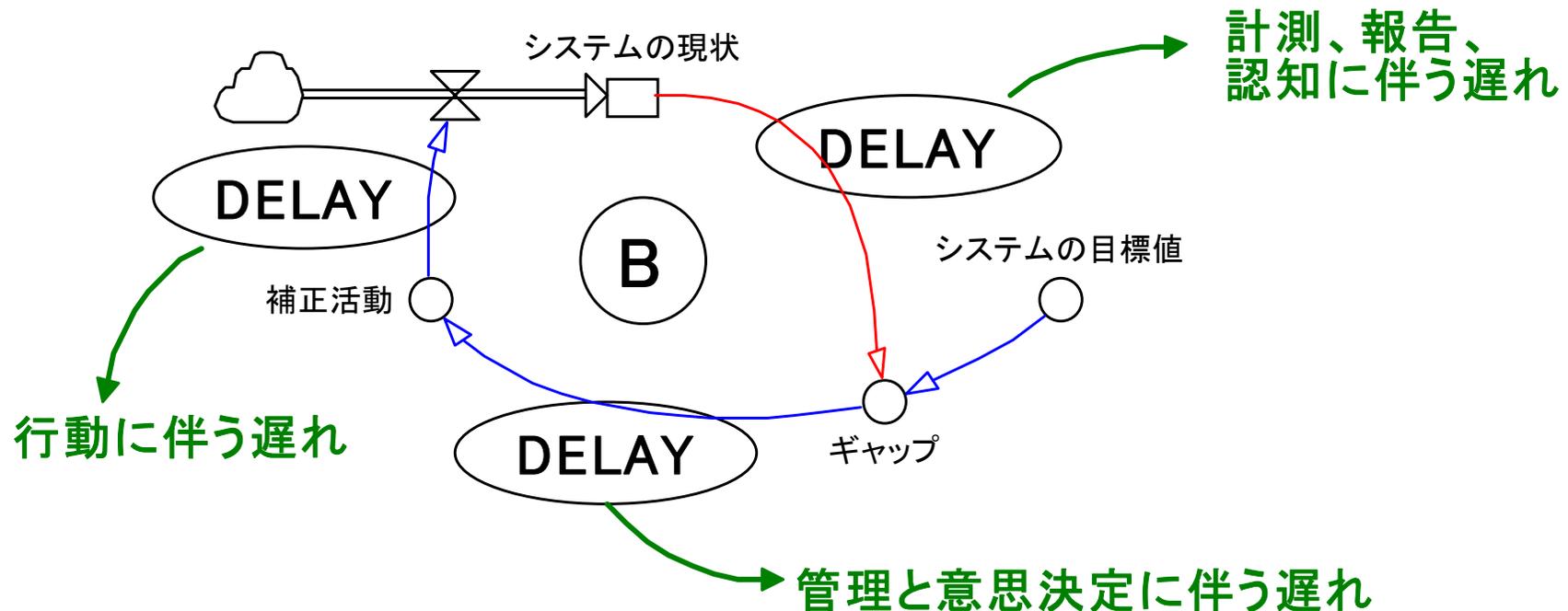
ビジネスにおける “遅れ”の影響

ビジネスにおける振動



振動が発生するための必要条件

- (1) バランシング・フィードバックにおいて、時間遅れが存在する。
現在の状態を目標値と比べ、その差をなくすように補正が行われる。
このフィードバックにおけるいずれかのステップで、時間遅れが存在すると、システムの状態がその目標値に達した後になっても、補正を続けてしまい、システムを過剰に補正し、それが反対側への補正の引き金になる。
- (2) 意思決定者がこれらの遅れを無視したり、的確に対応しない。



サプライチェーンも含めて、全てのビジネスで重要な課題

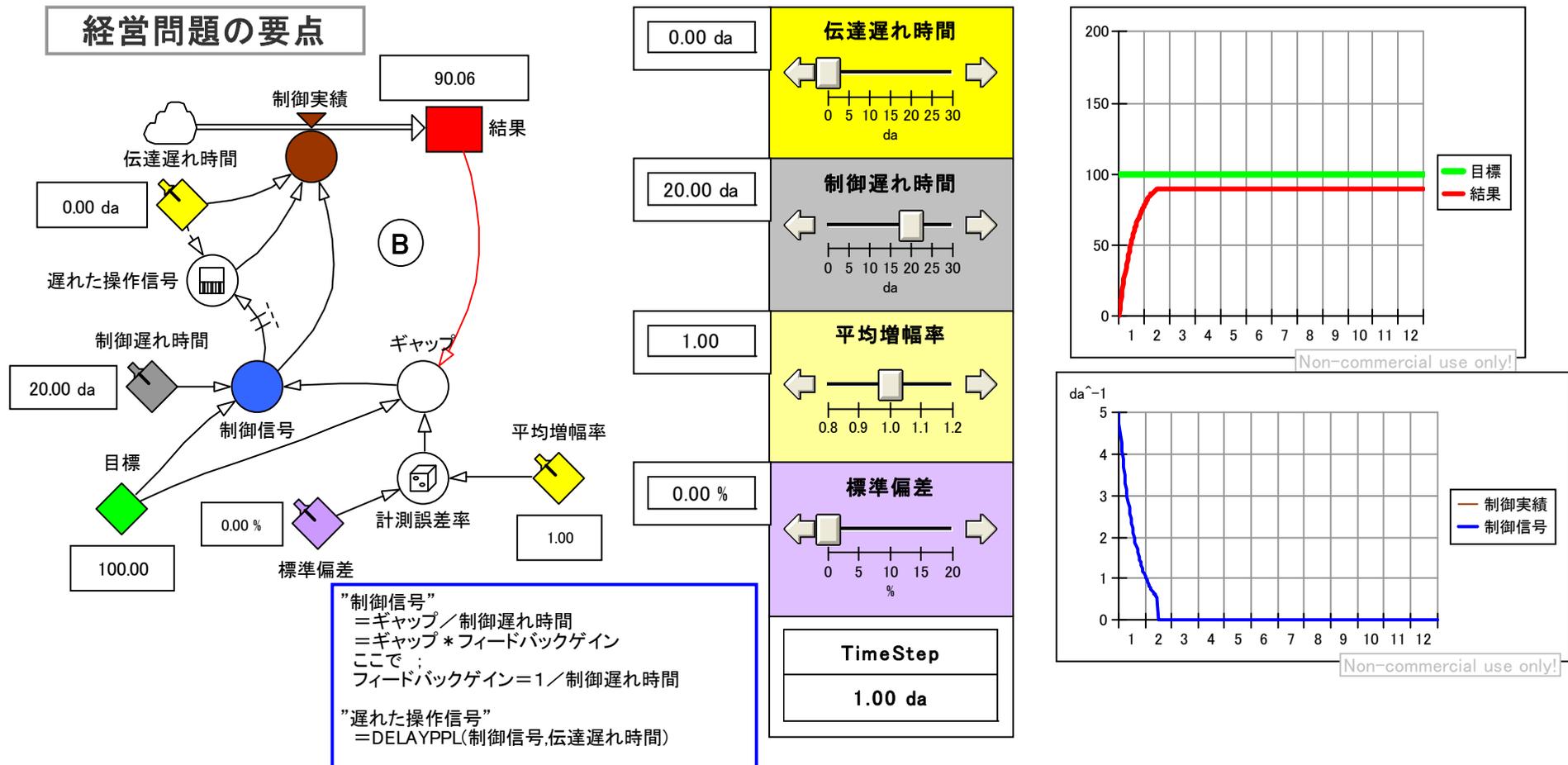
- (1) 経営結果を正確に計測する。
- (2) 目標と実績のギャップに対して対策を講ずる。
一回の修正操作で行なう制御量のそのギャップに対する割合を、適切に設定する。
- (3) 操作する制御量が確定したら、その情報を修正操作を実行する担当部署に早く伝える。

原子経営モデルの振動

非線形1次のシステムは振動しない



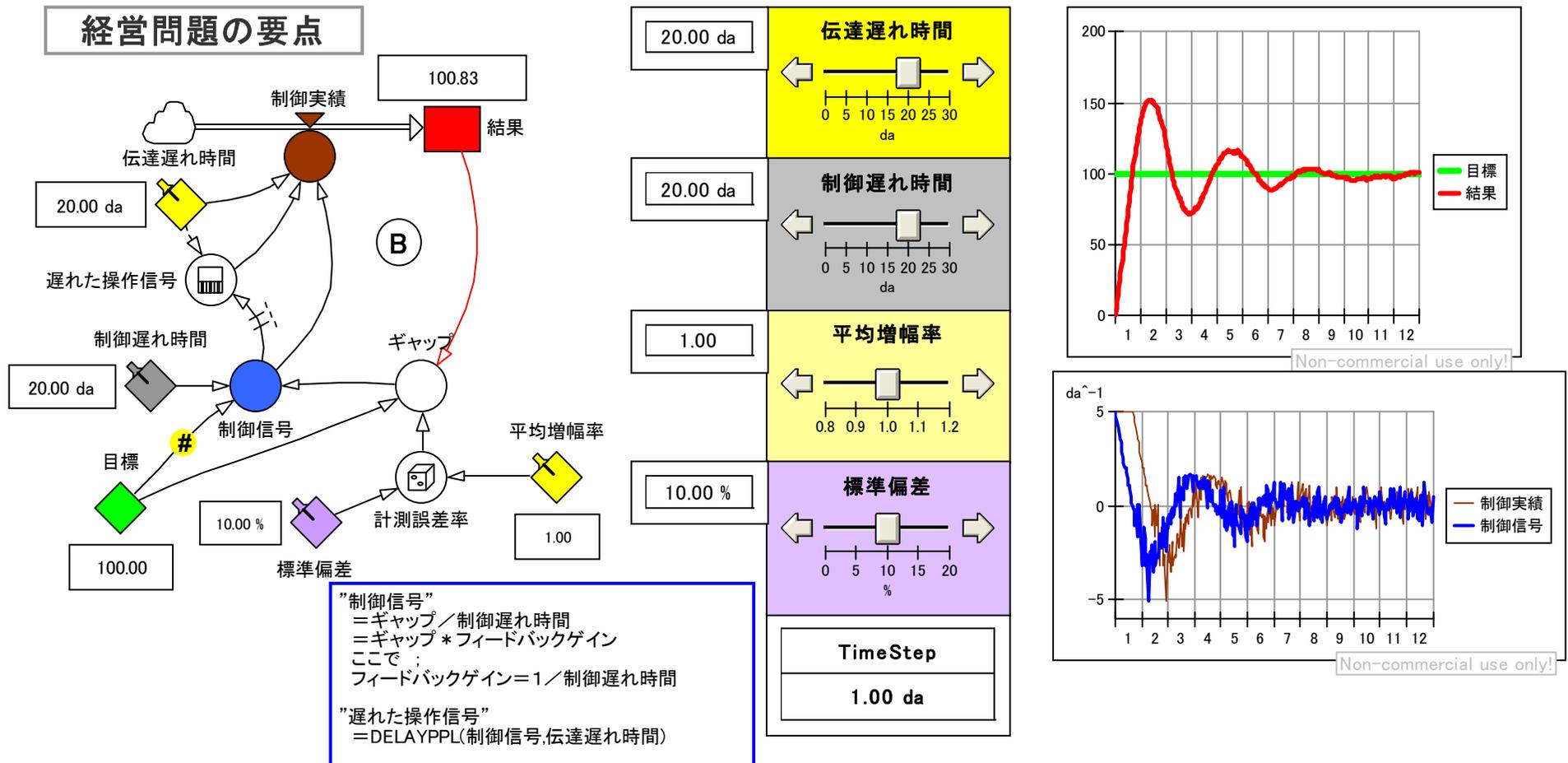
これは、伝達遅れ時間がゼロで、制御遅れ時間は20日、制御信号は目標値の10%のデッドバンド持つ非線形1次のシステムである。線形1次の結果に比べて少し複雑な挙動を示すが、線形・非線形の1次のシステムは振動を発生しない。



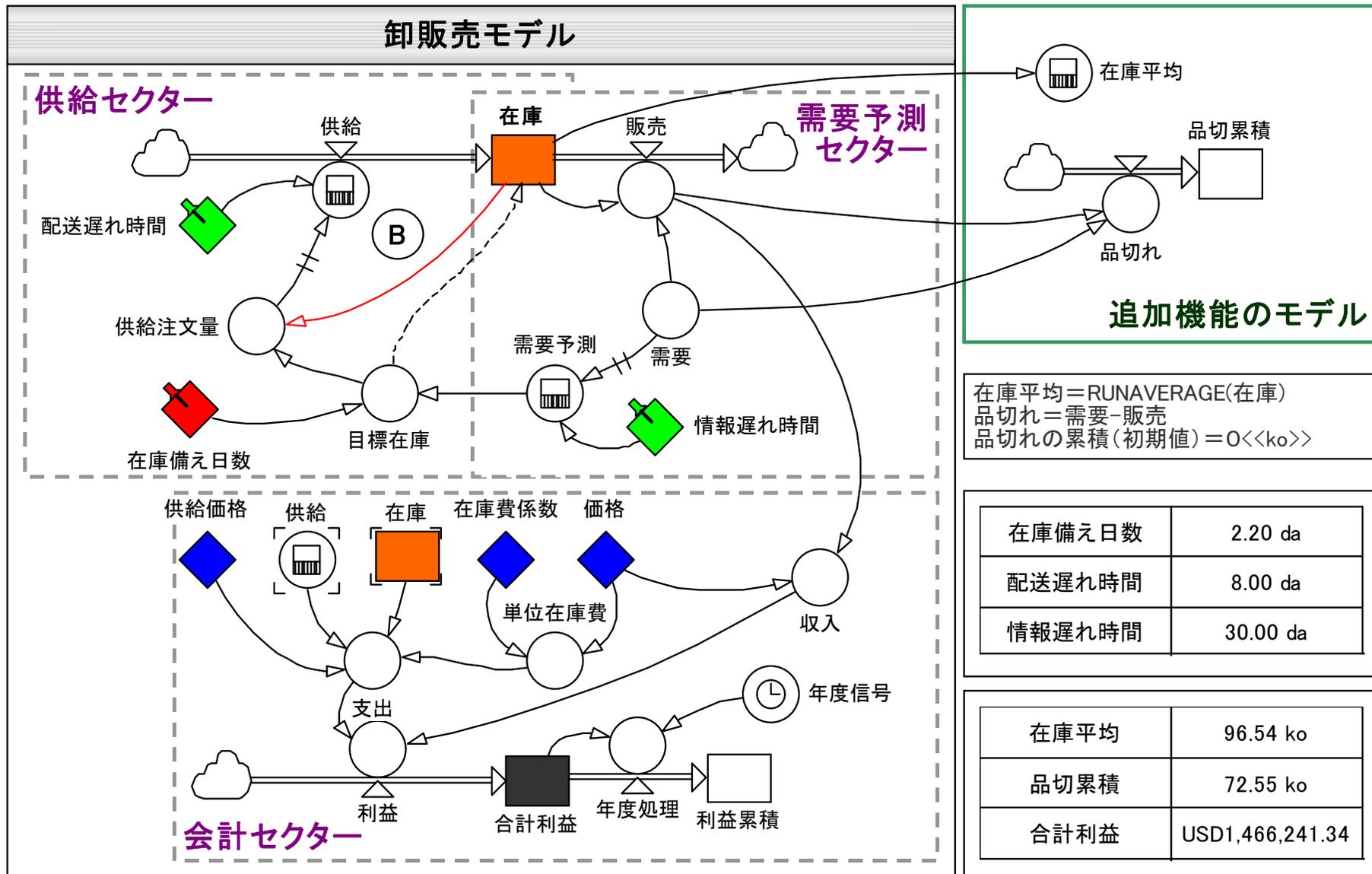
ビジネス評価のプリンシパル



これは、制御遅れ時間は20日、制御信号は“ギャップ／制御遅れ時間”の線形システムで、制御信号は20日間遅れて操作信号として届く。
バランスループに遅れが加わったことで、振動(この場合は減衰振動)が発生する。



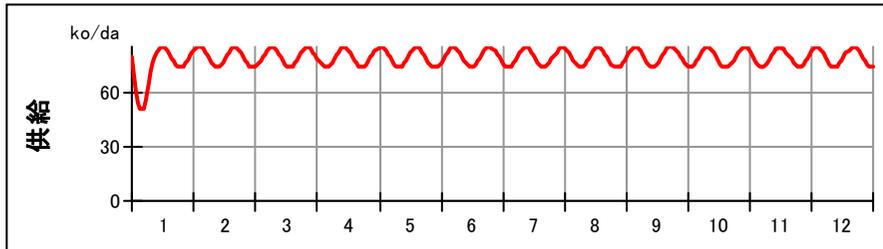
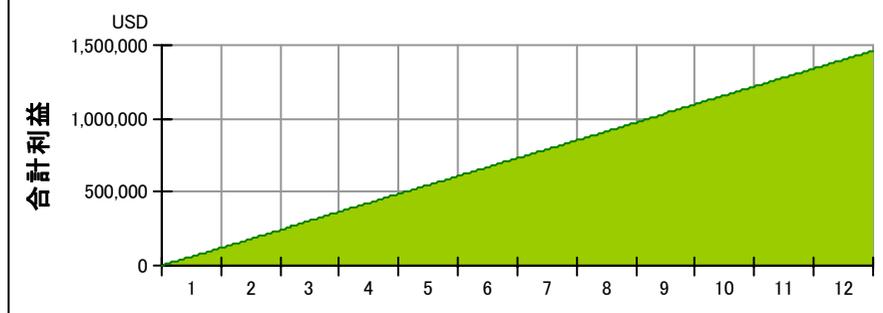
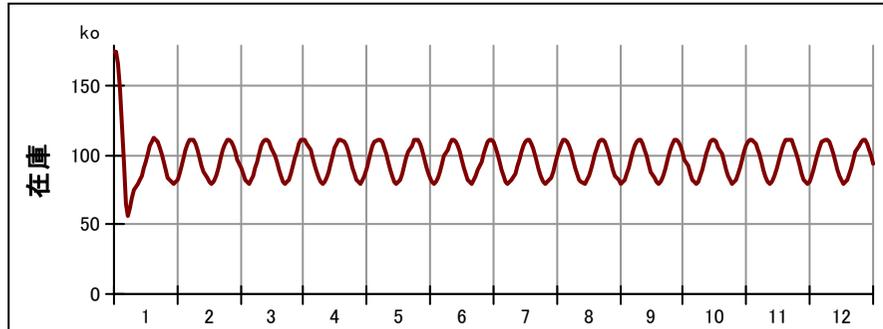
卸販売モデルで振動は発生するか？



卸販売モデルで振動は発生するか？



在庫管理シミュレーション



パラメーター	数値
価格	USD100.00 per ko
供給価格	USD40.00 per ko
在庫備え日数	2.20 da
在庫費係数	7.50 %/da
情報遅れ時間	30.00 da
配送遅れ時間	8.00 da

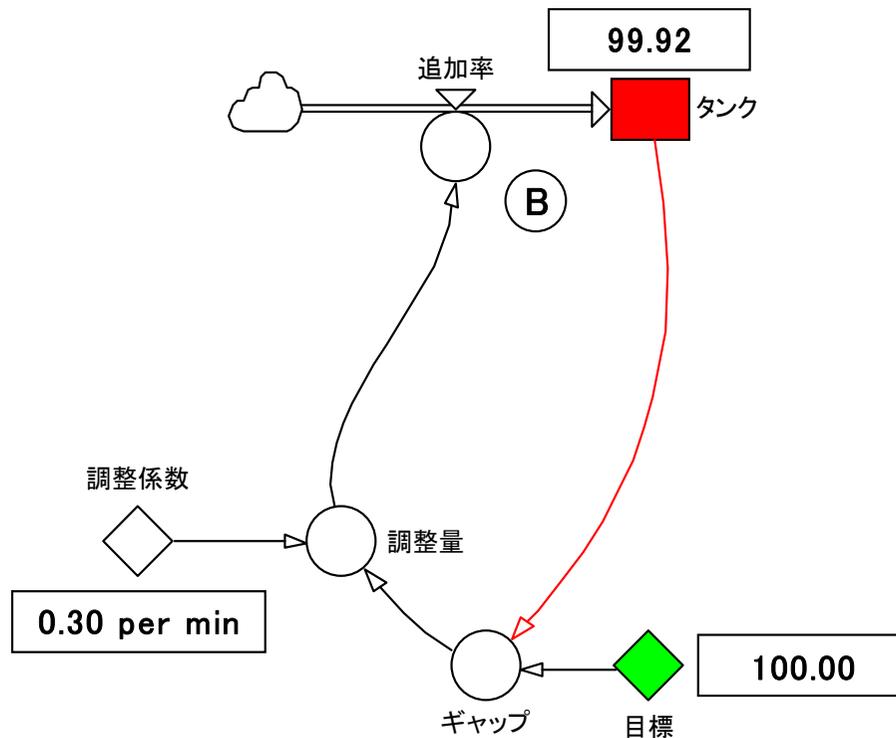
需要 =
 //MAX(0<<ko/da>>,
 //80<<ko/da>>
 //+SINWAVE(50<<ko/da>>,360<<da>>)
 //+ SINWAVE(10<<ko/da>>, 7<<da>>)
 //* POISSON(5<<1/da>>, 0.89))
80<<ko/da>>

balancing・ループと各種の遅れの組合せ

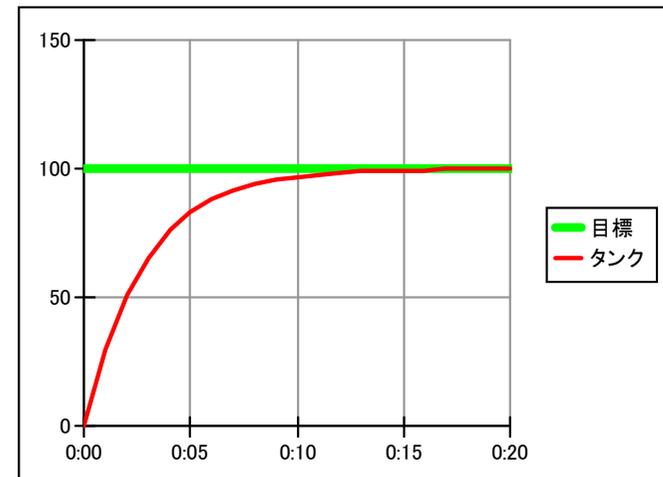


情報遅れのモデルに各種の遅れのモデルを加えて、結果の挙動を観察する。

(1) 純粋な情報遅れのモデル



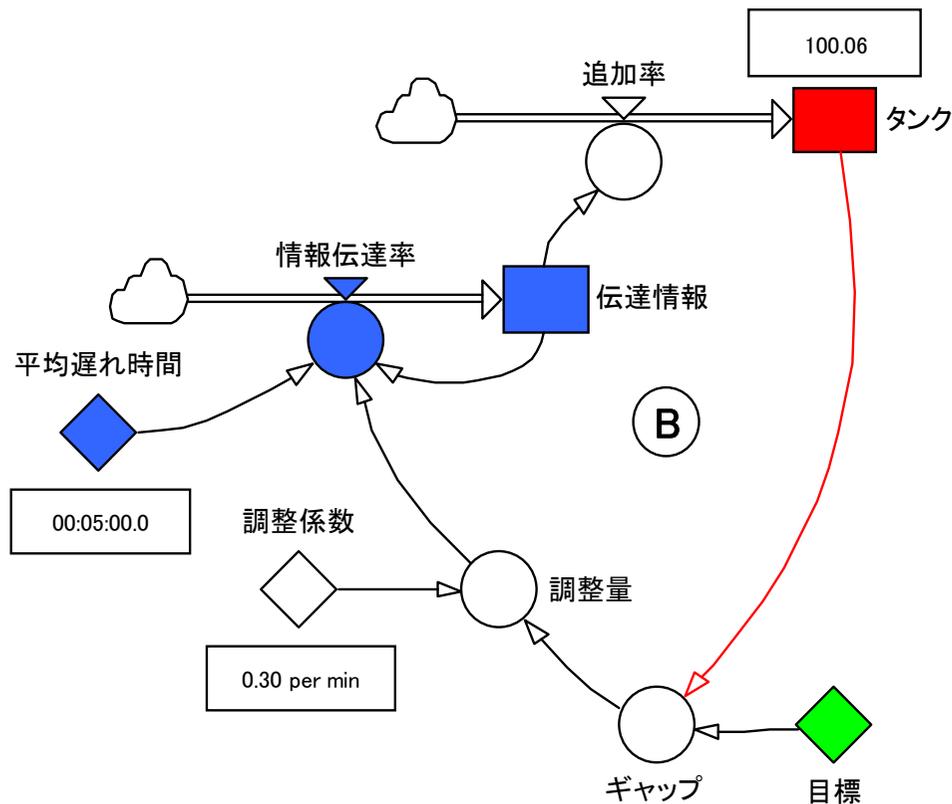
TimeStep
00:01



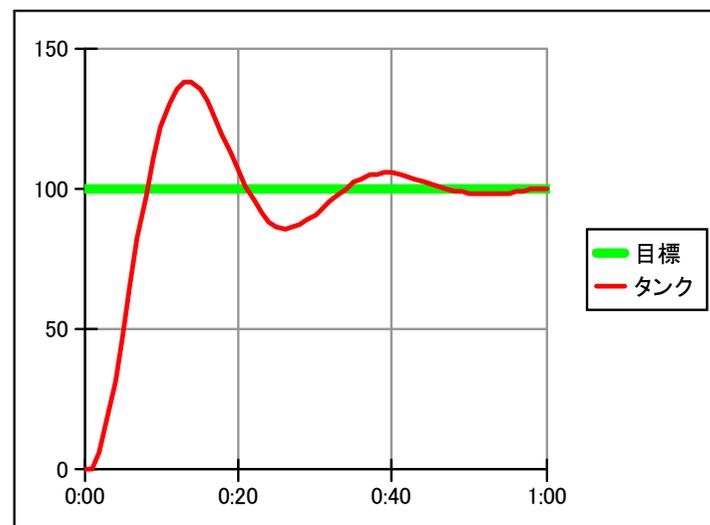
(注) 平均遅れ時間での表現
 $= 1 / \text{調整係数} = 3.33 \text{分}$

情報遅れ + 遅れ

balancing loop and various delays combination



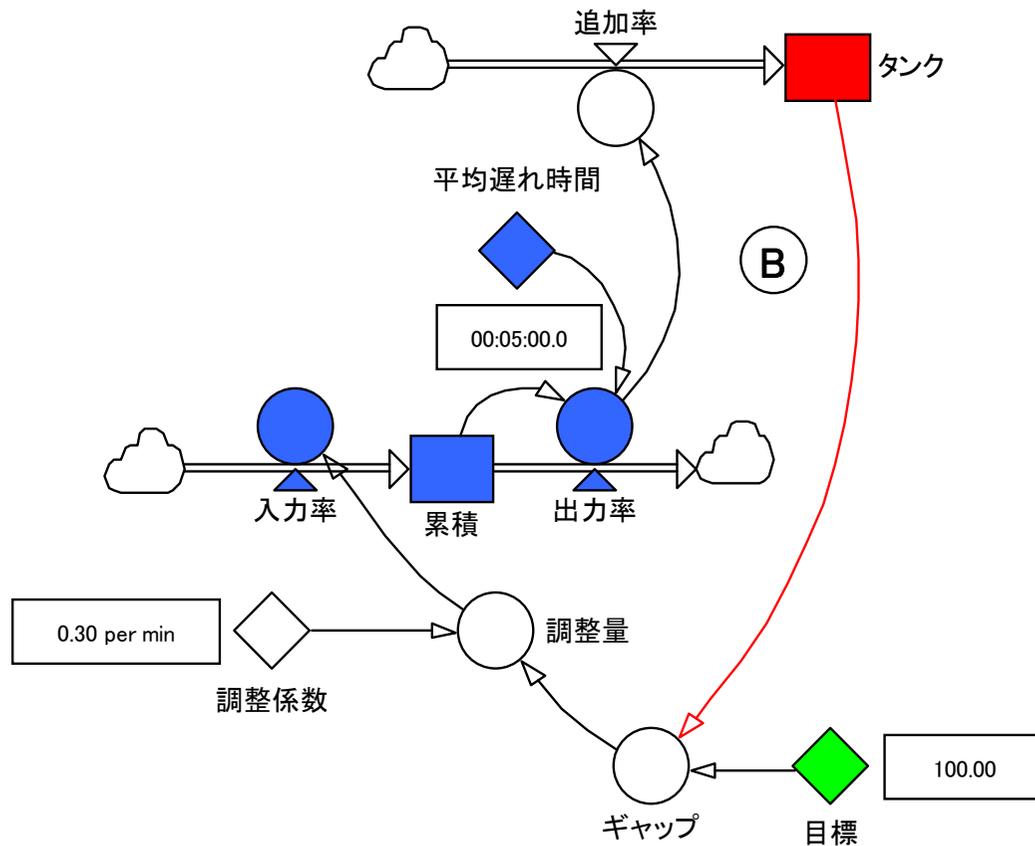
TimeStep
00:01



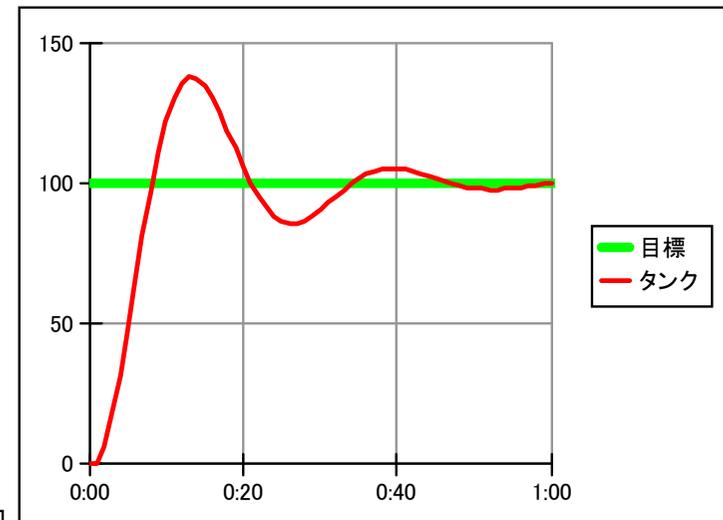
(注) 平均遅れ時間での表現
= 1 / 調整係数 = 3.33分

情報遅れ + 遅れ

balancing loop and various combinations of delays



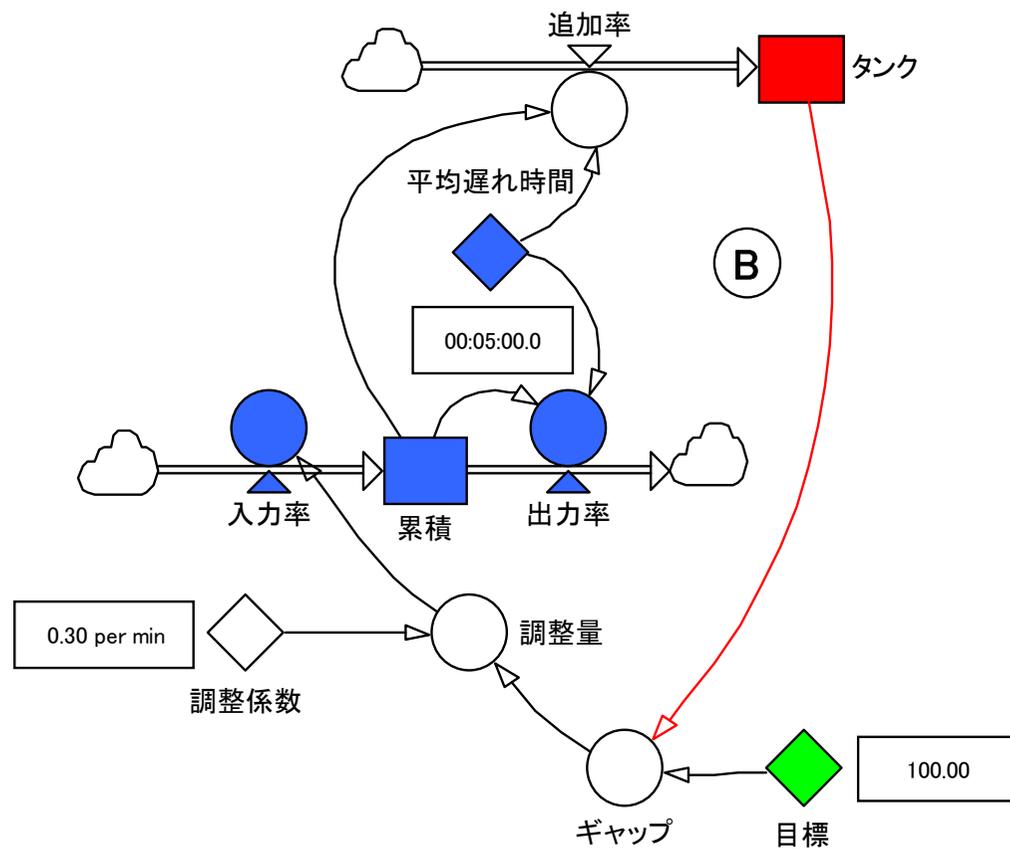
TimeStep
00:01



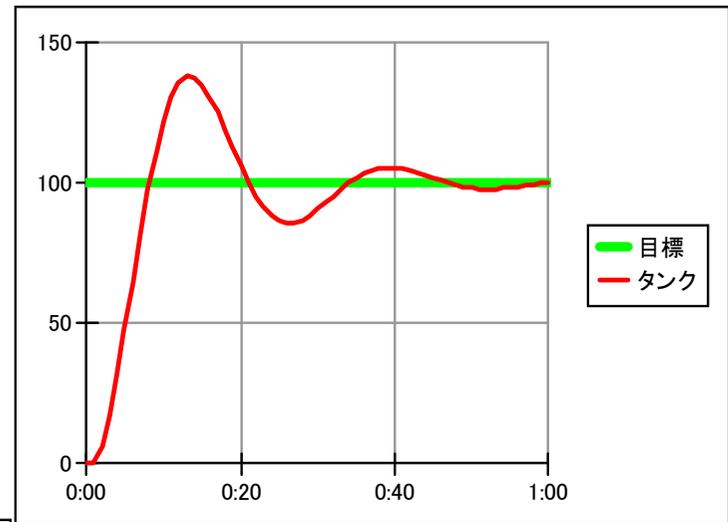
(注) 平均遅れ時間での表現
= 1 / 調整係数 = 3.33分

情報遅れ + 遅れ

balancing loop and various delays combination



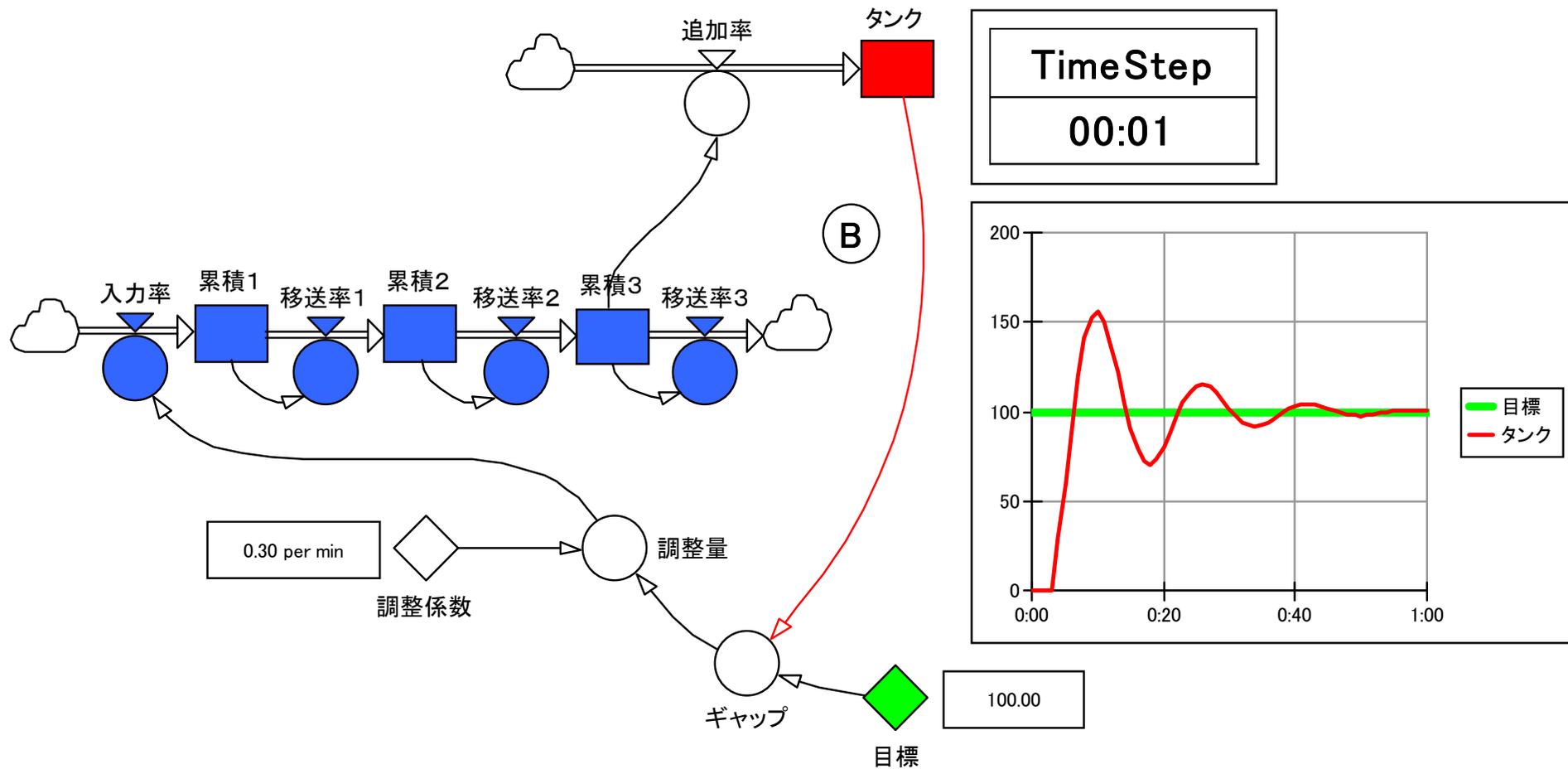
TimeStep
00:01



(注) 平均遅れ時間での表現
= 1 / 調整係数 = 3.33分

情報遅れ + 遅れ

balancing loop and various combinations of delays



(注) 平均遅れ時間での表現
 $= 1 / \text{調整係数} = 3.33 \text{分}$

情報遅れ + 遅れ

ビジネス・プロセス・モデルが振動する条件

- (1) バランス・フィードバック・ループが存在する。
- (2) フィードバック・ループに遅れが存在する。
- (3) フィードバック・ループのモデルに、2つ以上のレベルが存在する。
モデルの中で、“遅れ”を関数として表現するのではなく、その構造を原型表現すると、遅れとは入力と出力の差異であるから、その差異を一時的に保管するためのレベルが、そのモデルの中に一つ以上必ず存在する。
1つのレベルが1次の積分を意味するので、それが重畳することにより、高次の積分を意味する。
高次の積分であることから、振動の可能性が出てくる。

弱気な商人の 縮小均衡からの脱却

1. 縮小均衡から脱却したい弱気な店の分析－1



おしゃれなケーキ屋さんです。
この店では、小さなラムケーキが大人気です。
でも、仕入れて2日以内に販売しないと残りは廃棄処分になります。
ですから、「仕入数」にはずいぶん気を使います。
店主は少し気の弱い人なので、廃棄処分することを極端に恐れています。

需要は毎日100個程度ですが、日々変動しますから、店主はその日に売れた数だけその晩に発注し、毎朝陳列ケースに品揃えします。
やり方は簡単で、売上個数から、陳列ケースの売れ残りの個数を差し引いて、不足分を発注し、毎朝届けてもらいます。
「説明図」にある店の仕事の流れを参照してください。

モデルのダイアグラムを見てみましょう。シミュレーションの設定条件を Simulation → Simulation Setting で確認してください。
シミュレーション期間は1ヶ月間、刻み時間(計算間隔; timestep)は1日です。
左側のモデルの下の時系列グラフは、「毎日の仕入量」、「陳列棚の在庫量」、「毎日の販売量」の時系列変化を示しています。

1. 縮小均衡から脱却したい弱気な店の分析－2



右側に需要が4種類選択できるようになっていて、それぞれの需要の挙動が時系列グラフに表示されるようになっています。

モード1では需要は100個／日、モード2では最初の週は100個／日で、その後、120個／日に変化、モード3では振幅が20個／日で周期が1週間のサイン波動が、基本需要の100個／日に加算、モード4では、期待値100個／日で標準偏差20個／日の正規分布の不規則波動です。

需要の時系列挙動図の上には、毎日の品切れの挙動図が表示されています。

前述のモデルの構造と各要素の定義については、モデルが描かれているダイアグラム上で、対象となる要素をダブルクリックしてプロパティ画面を表示し、定義(Definition)枠の中で確認してください。

次に、需要モードを順次切り替えて店の販売の様子を眺めてみましょう。

需要モードの選択はラジオボタンになっています。

まず、画面の上から3段目のツールバーにあるリセットボタンを押した後で、指定したいモード番号をクリックしてください。

1. 縮小均衡から脱却したい弱気な店の分析－3



(1) モード1

需要はコンスタントに100個／日です。予想したように、仕入、陳列棚、販売が需要と同じ100個／日になりました。もちろん品切れもずっとゼロです。

(2) モード2

1週間経った時に需要が20個／日増えるのですが、仕入、陳列棚、販売は最初の100個／日のままです。その分、品切れは1週間経ったときから20個／日が続きます。

(3) モード3

1週間周期で振幅が20個／日の需要の変化が、モード1に加わっています。仕入、陳列棚、販売とも最初の内は100個／日ですが、いずれ需要振動の下限値の80個／日近くに落ち着いています。品切れは、平均も振幅も20個／日で、周期は1週間の定常的な周期変動に落ち着くようです。

(4) モード4

このモードは、モード3の変形ですが、需要変動は±20個／日より大きく変動しています。この需要の変化が最も現実に近いのかもしれませんが、仕入、陳列棚、販売はいずれも、80個／日の周りで振動しています。品切れも不規則に現れています。

1. 縮小均衡から脱却したい弱気な店の分析－4



以上の4つの需要モードに対する店の仕入、陳列棚、販売の挙動から何が分かりましたか？

需要変動に対する主な結論を以下に記します。

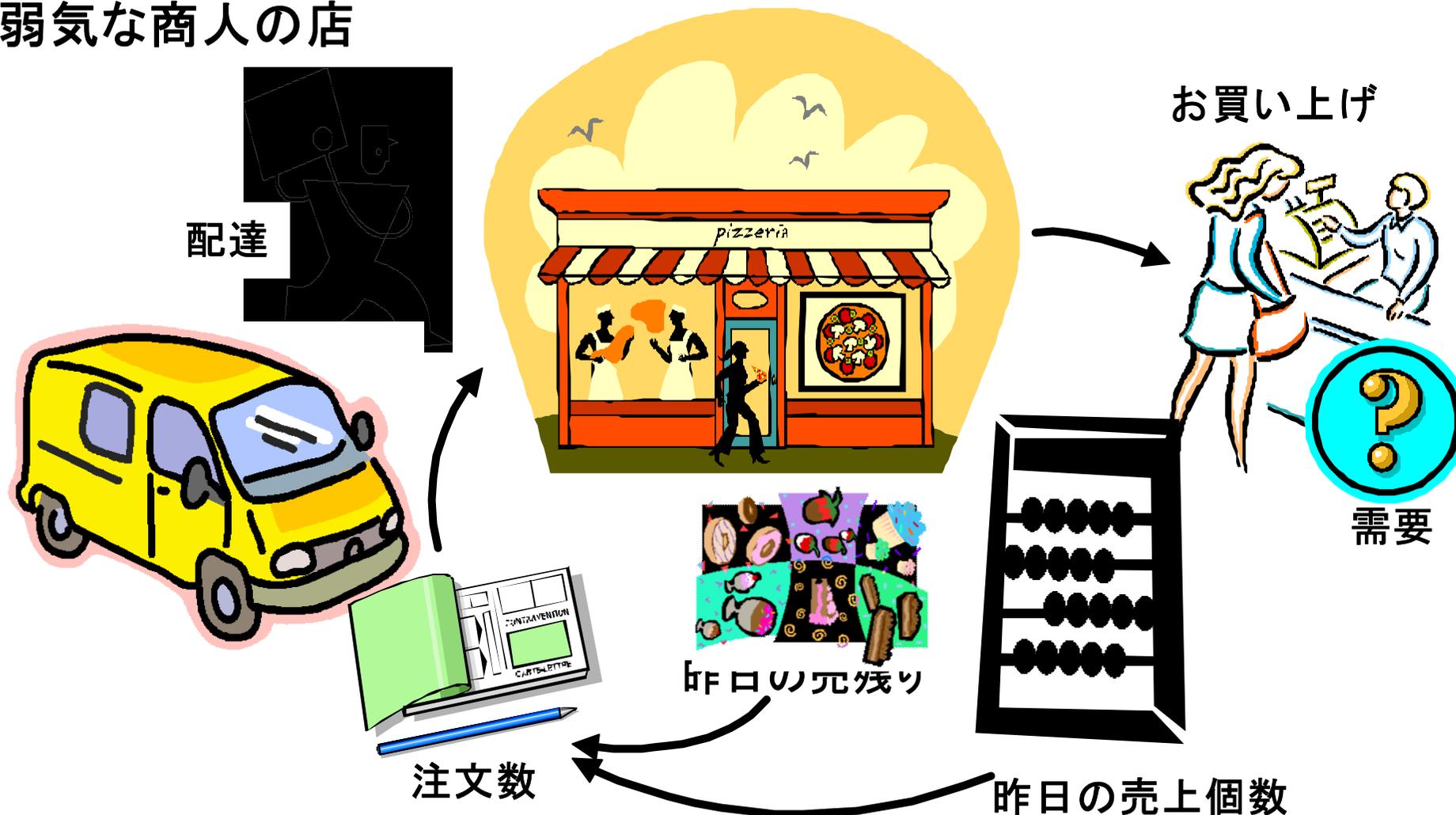
- (1) 需要に変動がある場合に、前日の販売数を翌日の陳列数として設定すると、大幅な品切れが発生し、需要数に見合う分まで販売できない。
- (2) 販売数は、需要平均から需要変動の標準偏差程度小さい値に落ち着く。
- (3) 在庫過剰については全く問題が生じない。

では、「2. 縮小均衡からの脱却」モデルに移って、対策を立てましょう。

1. 縮小均衡から脱却したい弱気な店の分析－5

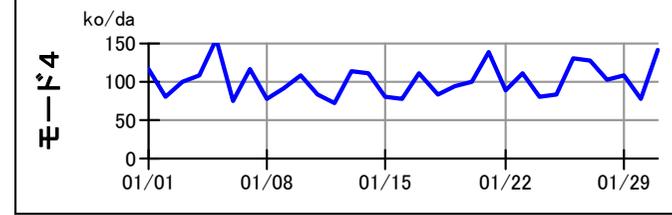
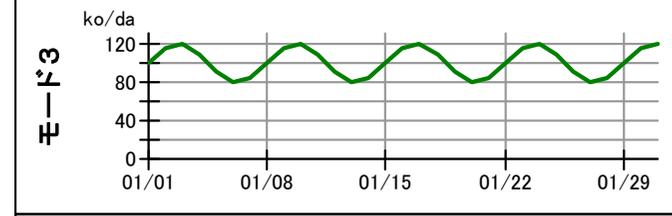
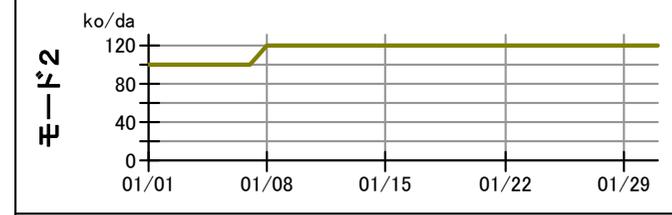
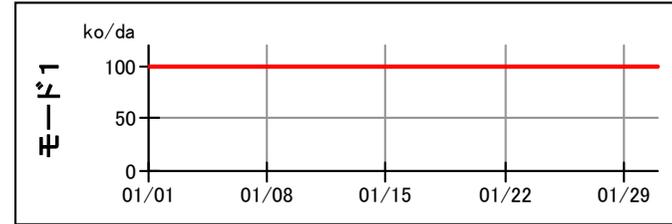
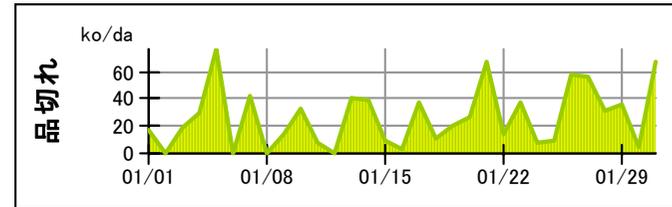
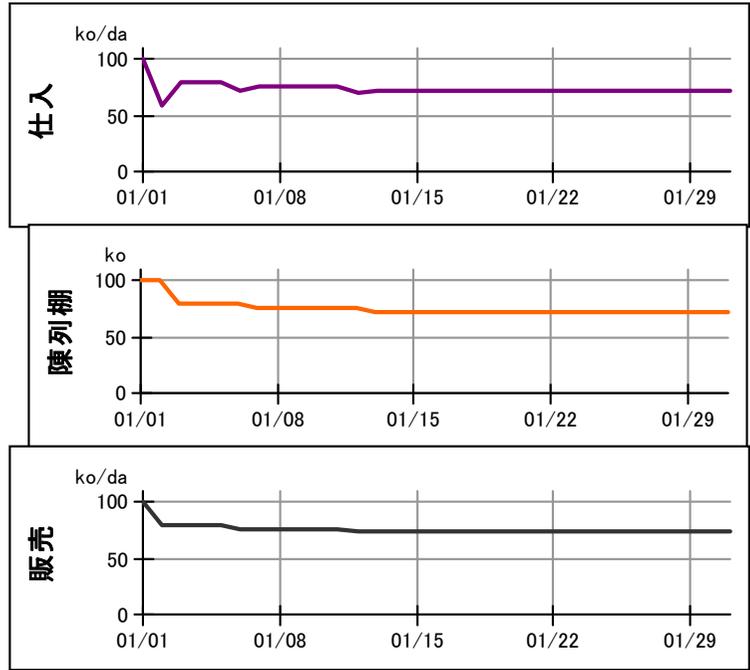
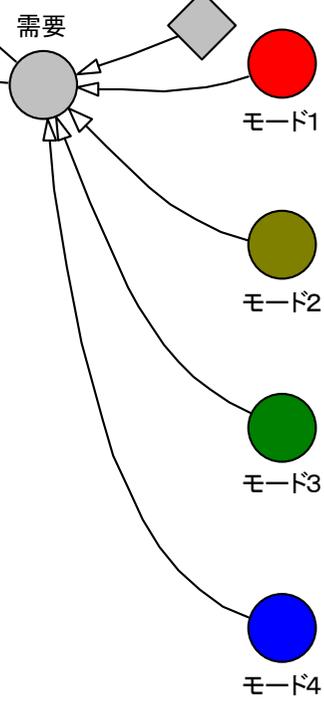
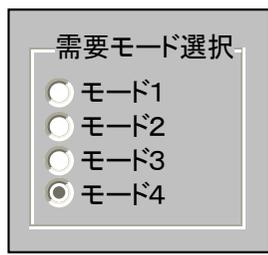
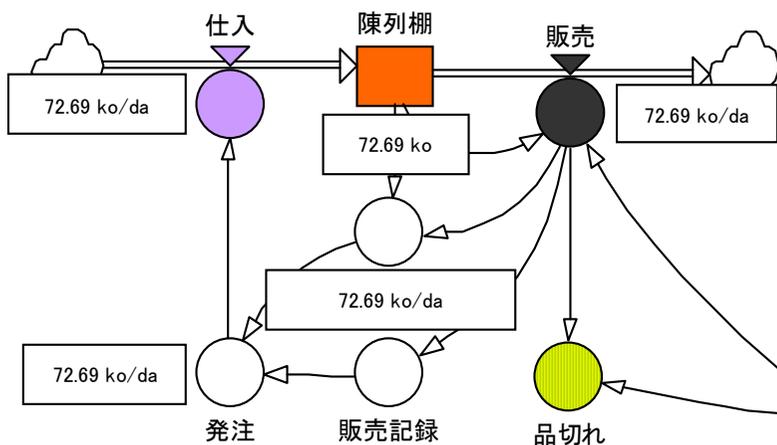


弱気な商人の店



縮小均衡からの脱却-1&2. sipの(1)

1. 縮小均衡から脱却したい弱気な店の分析－6



2. 縮小均衡から脱却のシナリオー1



2日間売れ残ったラムケーキは、廃棄処分にまわしますので、店主は過剰在庫にこだわっています。

その結果、売れた数だけ、翌朝陳列ケースに品揃えすることにしましたが、毎日の需要が変動する場合には、大幅な品切れが発生し、需要数に見合う分まで販売できないという機会損失を招いています。

店主が機会損失量を把握することは、実は結構難しいことです。

ケーキさんには需要数も品切れ数も正確には把握できないからです。たとえば、お客さんが店へ立ち寄ってラムケーキが無い場合にも、そのまま帰ってしまいます。需要数がいくらだったのかわかりません。

ただ、「弱気な店の分析」モデルによるシミュレーションを行った結果、需要が変動すると、販売数は需要平均から需要変動の標準偏差程度小さい値に落ち着くことがわかりました。

2. 縮小均衡から脱却のシナリオー2



では、その対策を考えましょう。

説明図をご覧ください。(販売数－売れ残り)＝注文数 としていましたが、翌日の販売数が昨日以上に変動する場合に対して、在庫調整として考慮します。

注文数＝(在庫係数 * 前日の販売数)－前日の売れ残り

在庫係数＝(1 + k * σ%)

k＝安全在庫係数(変動の95%を含むとした場合、k＝1.64)

σ%＝前日の販売数の標準偏差／前日の販売数

このケーキ屋さんの需要(ただし、モード4)の標準偏差率は20%ですから、

σ%＝0.2(20%)とします。

上記の結果、在庫係数(1 + k * σ%)は1.32となり、この値を初期値とします。

早速、需要モードを切り替えて店の販売の様子を眺めてみましょう。

(1)モード1

需要はコンスタントに100個／日ですが、在庫係数が1.32のために、最初の仕入が多くなり、在庫は必要在庫の100個以上の一定値を維持しています。

品切れはずっとゼロです。

2. 縮小均衡から脱却のシナリオー3



(2) モード2

最初と需要が増加する1週間目に過渡的な挙動が発生しますが、販売は需要を追従しています。

2週目以降の在庫は、必要在庫の120個ではなく、約150個の一定値を維持しています。品切れはずっとゼロです。

(3) モード3

仕入の最初は在庫係数の影響で挙動が少しだけ安定しませんが、それ以外は需要のサイン波動に追従して安定して周期的に変動しています。

販売も需要をほぼ追従しています。

在庫の平均は、必要平均在庫量100個より大きな一定値になります。

品切れは発生しません。

(4) モード4

仕入れ、陳列棚、販売の各現象としては、モード3に良く似ています。

しかし、品切れが発生します。

この値は、在庫係数を3.0まで大きくしても、ゼロにはなりません。

2. 縮小均衡から脱却のシナリオー4



以上の4つの需要モードに対する店の仕入、陳列棚、販売の挙動から何が分かりましたか？

主な結論を以下に記します。

- (1) 需要に変動がある場合に、在庫係数(初期値として1.32)を導入すると、販売が需要変動を追従する。
- (2) しかし、需要が不規則に変動する場合には、品切れが完全にはゼロにはならない。
- (3) また、在庫平均が、需要平均を上回り在庫過剰になる。

結論として、縮小均衡からの脱却する鍵を得ることができました。
次に、「3. 経営条件の決定」ダイアグラムに移って、経営条件について検討を進めましょう。

2. 縮小均衡から脱却のシナリオ-5



積極的な店

配達

お買い上げ

需要

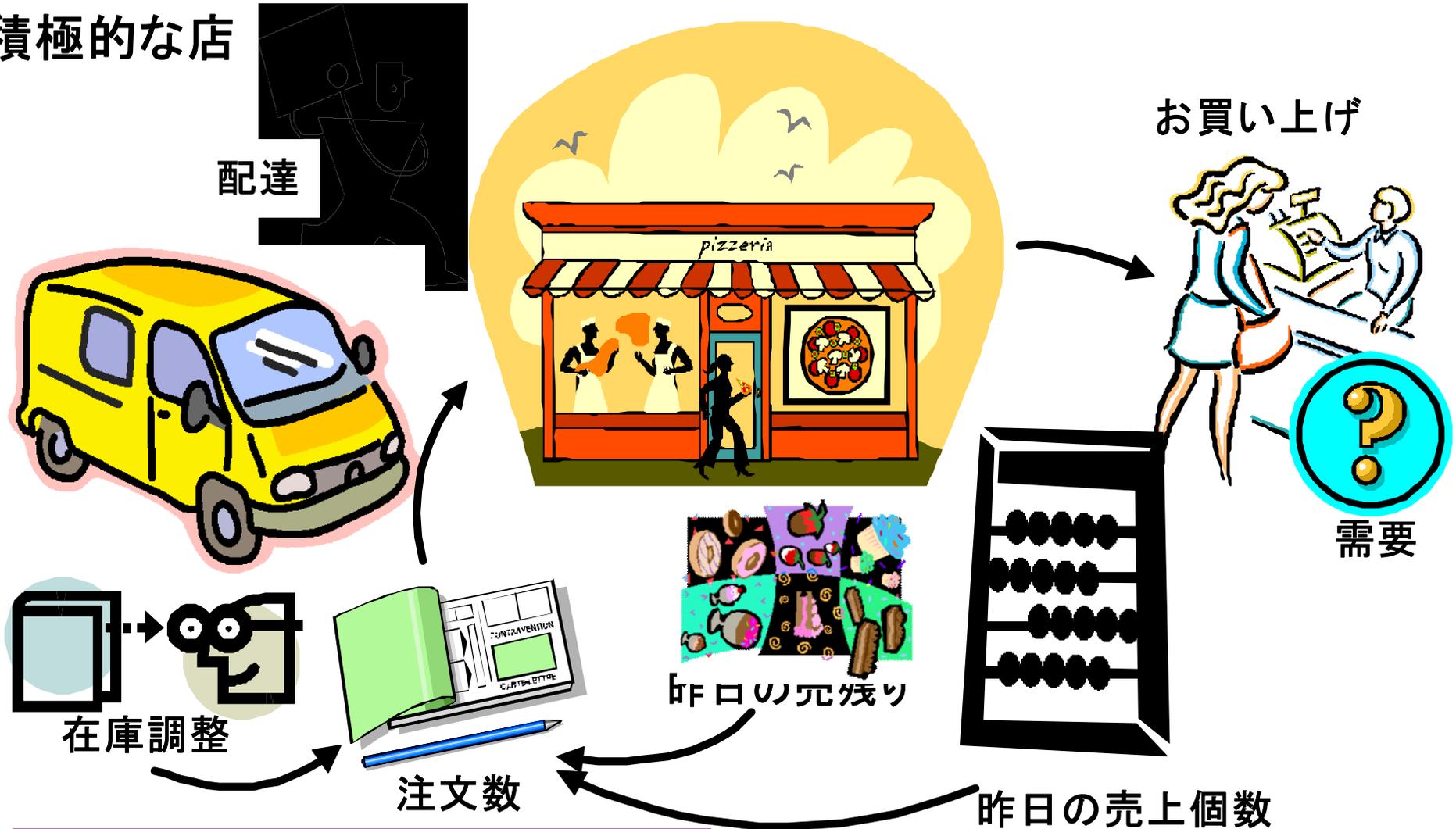
昨日の元残り

在庫調整

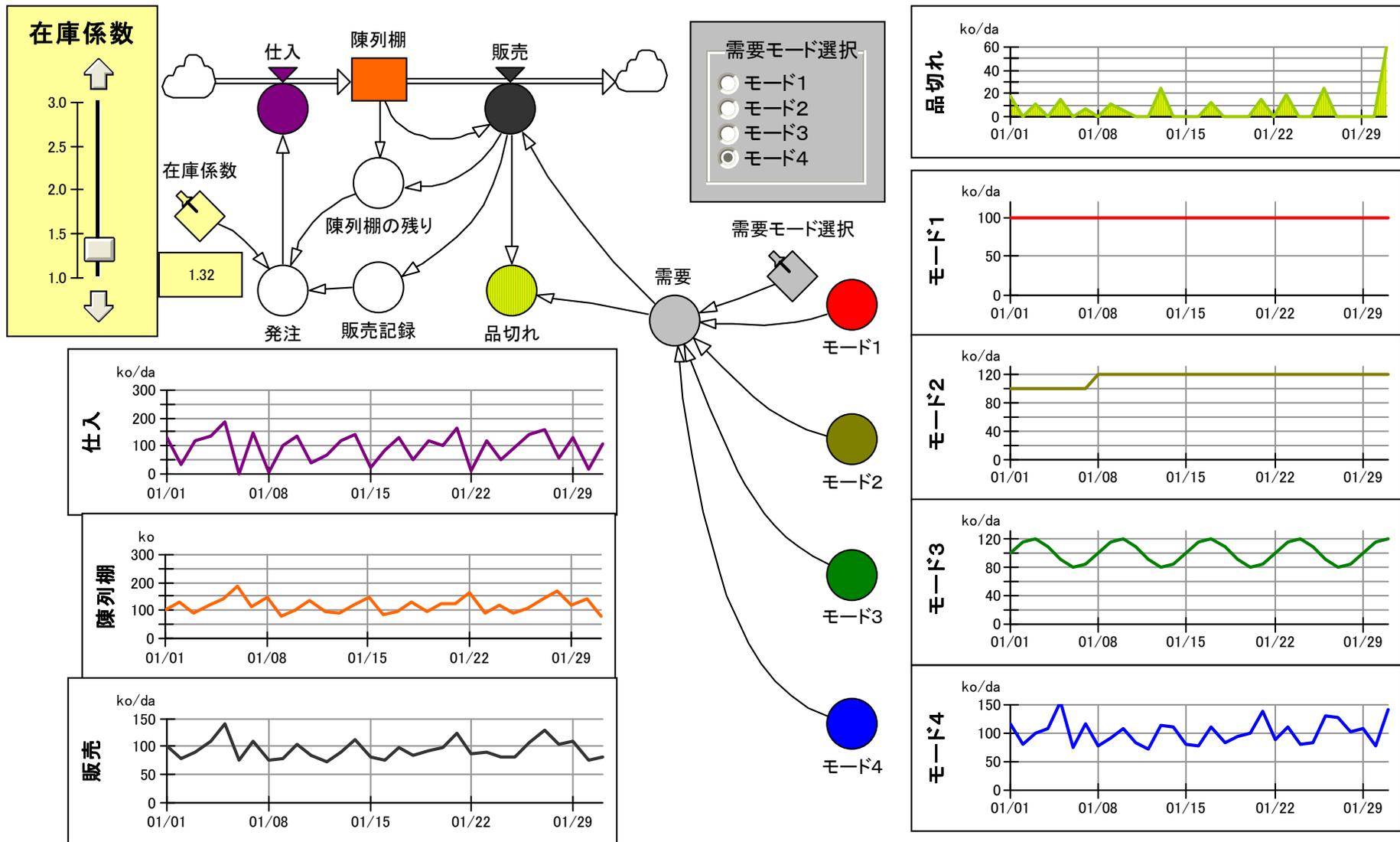
注文数

昨日の売上個数

縮小均衡からの脱却-1&2. sipの(2)



2. 縮小均衡から脱却のシナリオー6



3. 経営条件の決定－1



縮小均衡から脱却できることはわかりましたが、陳列棚の在庫が需要平均以上に多くなっています。

在庫削減を狙って在庫係数を小さくし、例えば1.0近くに設定すると、在庫平均は小さくなりますが、品切れが頻繁に発生して、お客さんが不満を持ち、収益の機会損失も大きくなります。

さて、どのように在庫係数を決めれば良いのでしょうか。また、仕入れて最初の日に残った商品は、2日目に価格を下げて売りきってしまいたいわけですが、値引き価格をいくらに設定すれば良いのでしょうか？

その準備として、経営条件を再度整理しておきましょう。

ラムケーキの销售价格 = 1000円 / 個

ラムケーキの仕入価格 = 500円 / 個

売れ残りの翌日の销售价格(初期設定値) = 700円 / 個

翌々日の在庫の廃棄処分費用 = 50円 / 個

需要統計の予想 = 正規分布(期待値: 100個 / 日, 標準偏差: 20個 / 日)

--->「モード4」

経営判断に使う経営指標 = {(即日の販売収入 + 翌日の販売収入)
- (仕入原価 + 廃棄費用)} / 月

3. 経営条件の決定－2



需要は、前に使った「モード4」をそのまま使いますが、定価商品と値引き商品の需要数は、それぞれの陳列数で内分して求めることにします。

さらに、2日目の商品を値引きすることによって、お客様は購入意欲を増しますが、その影響は過去の実績から「値引販促効果」の式で表現します。

値引販促効果は、先に述べた内分で求めた値引商品の需要数に乗じる係数ですから、結局、需要の合計の平均は、モード4の平均値(期待値)より大きくなる可能性があります。

$$\text{値引販促効果} = (\text{定価} / \text{値引価格})^3$$

以上の経営条件の下で、「在庫係数」と「値引価格」を、「月間の粗利」が最大になる条件で、「最適化」の機能を使って求めます。

左のプロジェクトウィンドウの「3. 経営条件の決定」の下にある「Analysis Variables」をダブルクリックして開いてください。

(1) Assumptionでは常数などの値をここで変更して設定することができます。

ここでは「廃棄費用」が、固定値の50円／個として設定してあります。

(2) Decisionは、Objectivesを最適化するために決定すべき変数のことで、ここでは「値引価格」と「在庫係数」が設定されています。

それぞれの値の探索範囲も、500～1000円／個と1.00～3.00と制限しています。

(3) Objectivesは最適化する変数のことで、「粗利累積」をシミュレーションが終わる時点(1ヶ月後)で最大にする設定です。

3. 経営条件の決定－3



Name	Value	Type	Apply Time	Deviation	Weight	Divisor
Assumptions						
廃棄費用		Fixed Value	Start	<input checked="" type="checkbox"/>		
Fixed Value	¥50 per ko					
Decisions						
値引価格	¥700 per ko		Start	<input type="checkbox"/>		
Minimum Va...	¥500 per ko					
Maximum V...	¥1,000 per ko					
在庫係数	1.32		Start	<input type="checkbox"/>		
Minimum Va...	1.00					
Maximum V...	3.00					
Objectives						
粗利累積	¥1,275,162	Max	Stop	<input type="checkbox"/>	1.00	¥1



上端のツールバーの3段目にある左のアイコンをクリックして開いて、「Finish」ボタンを押してください。
最適化のシミュレーションが実行されます。

3. 経営条件の決定－4

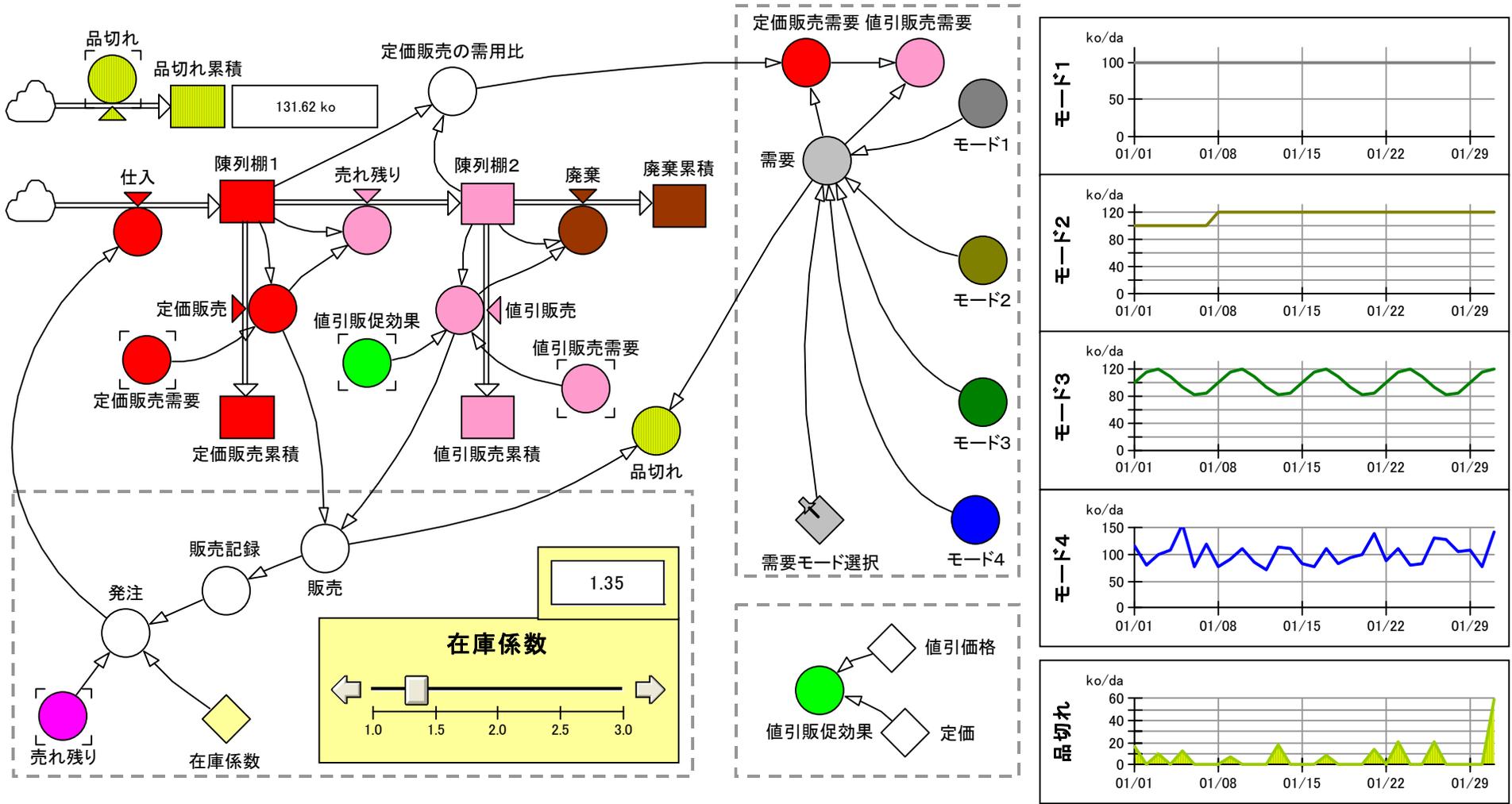


最適化が終了して「OK」ボタンを押すと、求めた最適条件の下でのシミュレーションが実行され、「Analysis Variables」のDecisionの値引き価格と在庫係数の数値が、粗利累積を最大にする条件で求めた数値に変わっています。
いくらですか？

「粗利の計算モデル」のダイアグラムの右に粗利累積の時系列比較図があります。
値引価格と在庫係数を求めた値から変更して、シミュレーションしてみてください。

最適値を与える値引価格と在庫係数の値を与えた場合の粗利累積カーブが、それ以外の条件の結果に比べて常に大きいことを確認できましたか？

3. 経営条件の決定-5

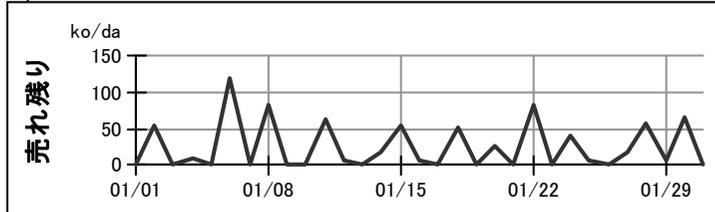
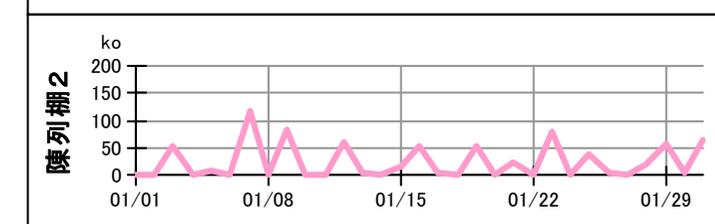
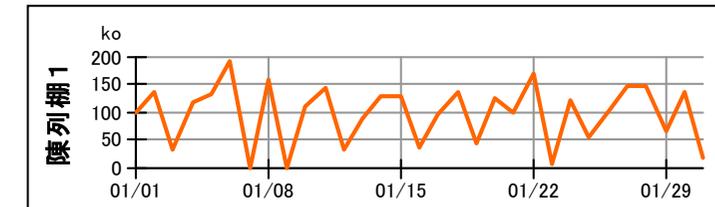
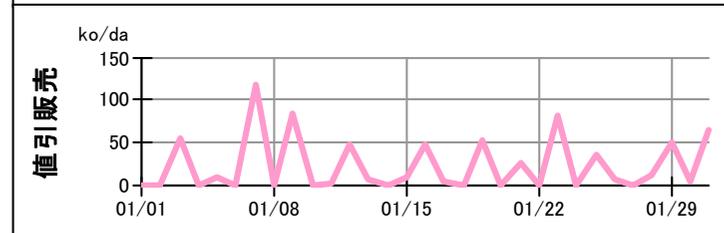
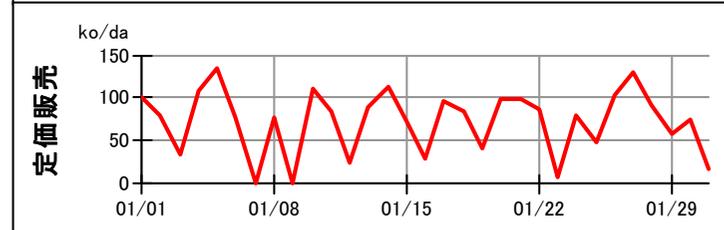
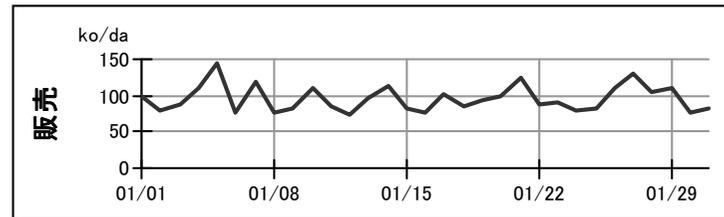
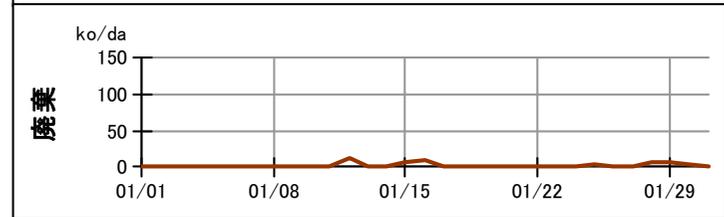
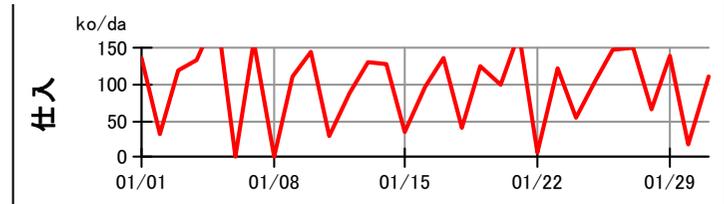
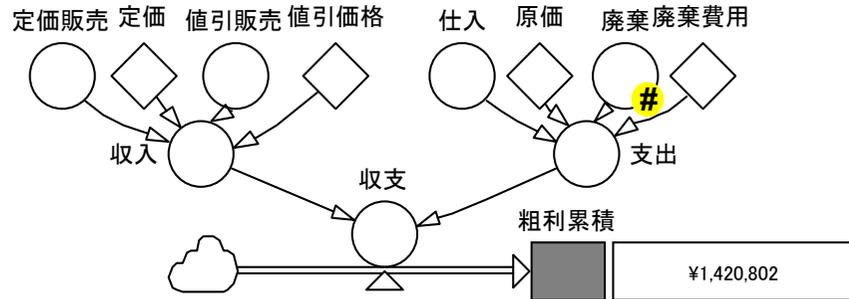


縮小均衡からの脱却-3. sip

3. 経営条件の決定-6



定価	値引価格	原価	廃棄費用
¥1,000 per ko	¥1,000 per ko	¥500 per ko	¥50 per ko



需要モード選択

- モード1
- モード2
- モード3
- モード4

粗利累積

¥1,420,802

品切れ累積

131.62 ko

第5回 宿題



1. 第5回テキストの前半部分の“遅れ”に関して、ビジネスにおける障害の一つである振動の原因は何か？

2. “弱気な商人の縮小均衡からの脱却”に沿って、モデルを実行して以下の内容を確認する。
 - (1) “弱気の商人”とタイトルに記載されているが、どんな行動が“弱気”だと言うのか？
 - (2) “縮小均衡”とはどんな現象を指すか？
 - (3) 弱気の商人が縮小均衡から脱却するための方策は何だったか？

第6回目の内容



- サプライチェーン
- 在庫理論の基礎
 - 在庫の機能
 - 定量発注方式
 - 定期発注方式

著作権 : 本資料の無断転用・複写・転送は、日本国法令にもとづき禁じられています。

The END

松本 憲洋

POSY Corp.

〒102-0092 東京都千代田区隼町2-12-104

藤和半蔵門コープ 1F

Tel.& Fax. 03-3512-5358

Mobile 080-5047-3849

matsu@posy.co.jp

<http://www.posy.co.jp>

付録1 システム・ダイナミクスとは？



システム・ダイナミクス(以後SD)は、複雑なシステムを分析して理解し、何らかの方法でそれを修正、変更するための手法です。SDは次の二つのコンセプトからなる制御理論と同根の技術です。

フィードバック理論 :システム構造を組織化するための一般的なガイドライン

コンピュータ・シミュレーション :システム構造から生じる挙動を推定するための方法

1990年代半ば以降のSDツールを使うと、図式手法で補うことで、数学的なモデルをコンピュータ上で分かり易く構築できます。出来上がったモデルを使った時間軸ベースのシミュレーションにより、モデルを構成する各要素とその要素間の挙動を観察することができます。その結果、ある時点のモデルの状況が、どのようにして後の時点のモデルの状況に影響を及ぼしているかを理解できます。

利用者には見えませんが、このコンピュータ・シミュレーションは、数学的には非線形連立常微分方程式に初期値を与えて解いて求められています。このユーザ・フレンドリな利用環境が、1990年代後半以降に開発されたSDツールの大きな特長です。

結論として、SDとは？ ;

- ▼ 時間経過と共に変化する複雑でダイナミックなシステムを学習することができる技術
- ▼ システムの変化が、「なぜ(原因)」、「いかにして(パターン)」起きるかを発見することができる技術

付録2 Ps Studio 7 の概要と特長



Ps Studioはシステム・ダイナミクスに基づくモデリングとシミュレーションを実行するためのツールです。Ps Studioを使う場合には、まず、お絵かきソフトのような図式手法でモデルの構造を定義します。次に、モデルの個々の構成要素の挙動を定義します。それには、構成要素をダブルクリックしてその要素の定義画面を開き、その中にマイクロソフト・エクセルで採用されている数式に良く似た表現形式で定義式を書き込みます。Ps Studioはこの数式を含む全体の操作性が、マイクロソフト社のWindowsに似せて作られていますから、Windows Officeなどを操作する感覚で対応すると、直感的に操作できます。また、モデル名の定義や定義式の中で、日本文字が自由に使えます。

Studioには次のような傑出した特長があります。

- ▼ 外部のデータベースとの接続機能 : マイクロソフト・エクセル、Studio内部の独自のデータベースおよびSAP社のSEM NetWeaver BIとの間で直接的に情報交換できます。
- ▼ リスク評価の機能と最適化の機能 : リスク評価機能では最終的に導かれたモデルに対する感度分析を実施して、対象システムの不確実性をモデリングとの一貫性を保ちながら容易に評価できます。最適化の機能では、ビジネス・モデルの整合性を保持したまま、最大・最少あるいは到達確度などの目安を迅速に導くことができます。
- ▼ 階層構造と配列によりもたらされる高度なモデリング機能
- ▼ ユーザーに対して、操作性と説得力に優れたI/Oインターフェース
- ▼ 計測値の単位により内部で自動的に論理チェックをサポートする機能
- ▼ グラフやテーブルのような強力なデータ表現手段 などなど

付録3 フリーのSDツールのダウンロード(1/3)



Ps Studio 7 DEMO FREE は評価版で無償です。

ご自由にダウンロードして、使い勝手や機能をお試し下さい。

作成されたモデルは保管でき、後に商品版を購入された場合には、DEMO FREEをインストールされたPC上にインストールしていただくと、その上でそのままお使いになれます。

Ps Studio 7 DEMO FREEを評価していただくために、Powersim社では、そのソフトウェアをダウンロードできるWebサイトを準備しています。

また、そのソフトウェアの上で機能や使い方を試していただくために、POSY社では簡単な日本語表現のモデルをダウンロードできるWebサイトを準備しています。次ページ以降では、「ソフトウェア」、「試用モデル」、および「日本語の簡易マニュアル」をダウンロードする方法を説明します。

Powersim Software ASのURL :<http://www.powersim.com>

POSY社のURL :<http://www.posy.co.jp>

Ps Studioの簡易マニュアル:<http://www.posy.co.jp/manual-f.htm>

1. Ps Studio 7 DEMO FREE のダウンロード

このソフトウェアで、システム・ダイナミクス・モデルの構築と、それを使ったシミュレーションを実行します。シミュレーション機能には、リスク評価や最適値の探索も含まれています。機能はフル機能の商品版:Enterprise版と同じです。ただし、ライセンスは30日間だけ有効です。

ダウンロードとインストール

- ① <http://www.posy.co.jp> の左側フレームの“Powersimのダウンロード”をクリック
- ② Powersim Studio Expressのダウンロードのページの中ごろにある、“2. プログラムのダウンロード”のPowersim社のロゴをクリック
- ③ Powersim社のサイトの中の“Studio 7 Express Free-Demo”をクリック
- ④ ダウンロードを申込むページに入り、貴方の情報を入力してSubmit(送信)ボタンを押すと、Powersim社からプロダクトキーをあなたのメールアドレスに送信
- ⑤ THANK YOU! のページの“Download Powersim Studio 7 Free-Demo”をクリックしてソフトウェアのダウンロードが開始
- ⑥ ダウンロードしたPsStudio.exeファイルをダブル・クリックすると、自己解凍してプログラムのインストールが開始
- ⑦ インストールの途中でプロダクトキーの枠にメールで届いたプロダクトキーを入力

2. SDモデルのダウンロード

Ps Studioの基礎を学習するためのモデルと、ソフトウェアの概略機能を学習するためのモデルをダウンロードできます。システム・ダイナミックスの学習向けモデル「SDとStudio操作法の基礎」はSD初心者の学習用です。

既にSDを修得している方あるいはSD学習モデルを修了した方は、ビジネス問題関連モデル、環境問題関連モデル、初等中等教育向けモデルの中から興味をお持ちのモデルをダウンロードして試した上で、ご自分で構築されるモデルの参考にご利用ください。

なお、モデルの著作に関する全ての権利は、各モデルに明記しています作成者に属します。ただし、教育、ツール評価、自己学習など、商用以外なら自由にお使いいただけます。

ダウンロードとオープン

- ① <http://www.posy.co.jp> の左側フレームの“モデル例のダウンロード”をクリックして、説明に沿って進み、必要とされるモデルをダウンロード
- ② ダウンロードしたモデルはWinZipで圧縮されているので、適切な解凍ソフトで解凍
- ③ Ps StudioがインストールされているPC上で開く(Open)

3. 「簡易マニュアル Ps Studio 7」のダウンロード

- ① <http://www.posy.co.jp> の左側フレームの“Studioマニュアル”をクリックして、説明に沿って進み、必要とされるPDF形式の簡易マニュアルをダウンロード

付録 4

“集団の遅れ”の 計算機実験による検証

“平均の遅れ時間”で表す集団の挙動(1/2)



軍隊のように統制された集団の挙動は、パイプライン遅れで表現できる。

統制されていないばらばらに行動する集団について考える。

ばらばらに行動するとは言え、集団を構成する個体はばらばら具合が良く似ていると仮定する。

ばらばら具合が良く似ているとは、個体が次の特性を有しているとする。*)

- ①その集団に属する個体が長時間行動したとき、その平均遅れ時間は全ての時間帯で同一である。
- ②またその値は、任意の時間における全個体の平均遅れ時間と一致する。

このような特性の個体が集団を構成した場合の集団の挙動を調べるために、計算機実験を行なう。

*) 厳密には以下の条件を満足する定常確率過程(定常ランダム変動)を取り扱う。

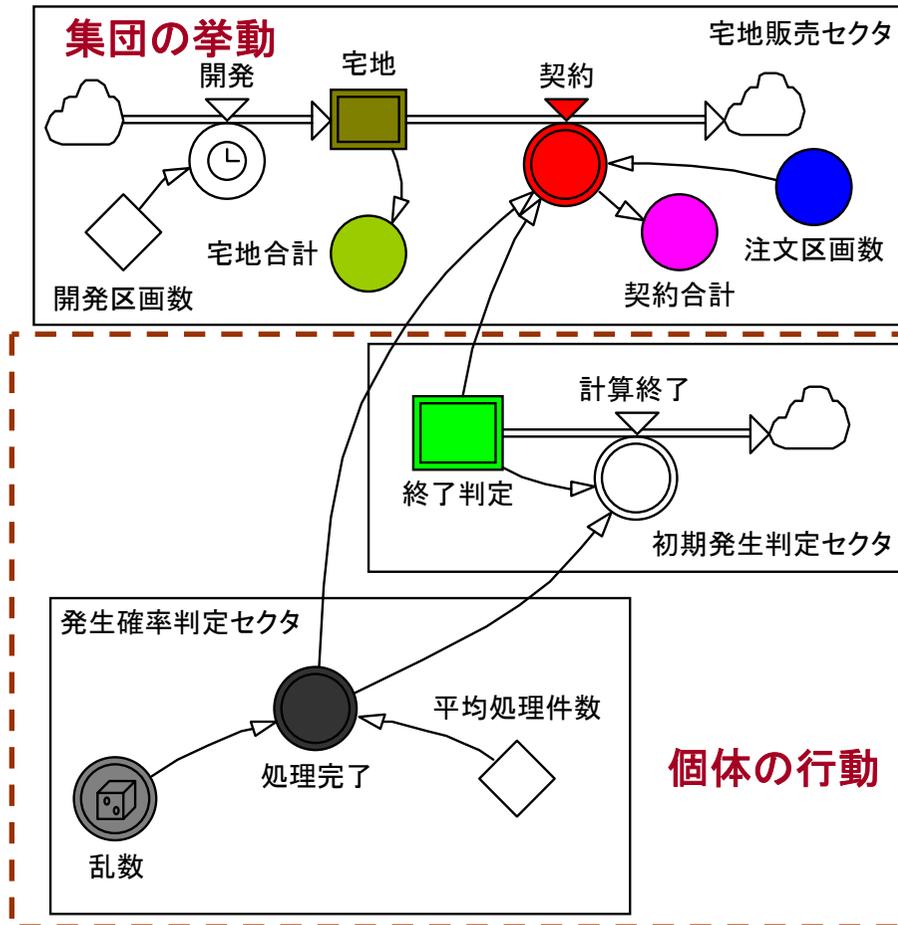
個体群の不規則変動のアンサンブル平均と自己相関関数が時刻に無関係に一定であり(定常過程に属し)、かつ各個体の時間平均と自己相関関数が上記の二つの値にそれぞれ等しい(エルゴード性を持つ)とする。

定常性とエルゴード性を前提とすることで、統計的議論が容易になる。

“平均の遅れ時間”で表す集団の挙動(2/2)



集団の挙動を調べるための 計算機実験モデル



■販売契約セクタ

集団の行動の種類によってモデルの構造は異なる。

下記の二つのセクタの信号を乗することで、行動の有無を表現する。

■初期発生判定セクタ

単体は発生確率に則って、時間経過と共に複数回行動する。その内で、初回の行動のみを取り上げるための判定情報を発生する。

■発生確率判定セクタ

集団を構成する単体が行動を起こすまでの平均遅れ時間から発生確率を求め、次に、一様ランダム関数を使って、単体が行動した瞬間を捉える。

集団の遅れ 放出 (1/10)



集団の挙動を調べるために、2種類のモデルについて計算機実験を行なう。

蓄積のモデルに続き、物に関する遅れと呼ばれる形態の“放出のモデル”の例を取り上げる。

放出のモデル・・・物に関する遅れ

200ヶ所の宅地が造成されて、販売されることになった。

販売業者によると、それぞれの宅地は平均すると3ヶ月で販売契約が締結されるはずだと言う。

宅地200箇所全体は、どのような経緯を辿って販売されるであろうか？



集団の遅れ 放出 (2/10)

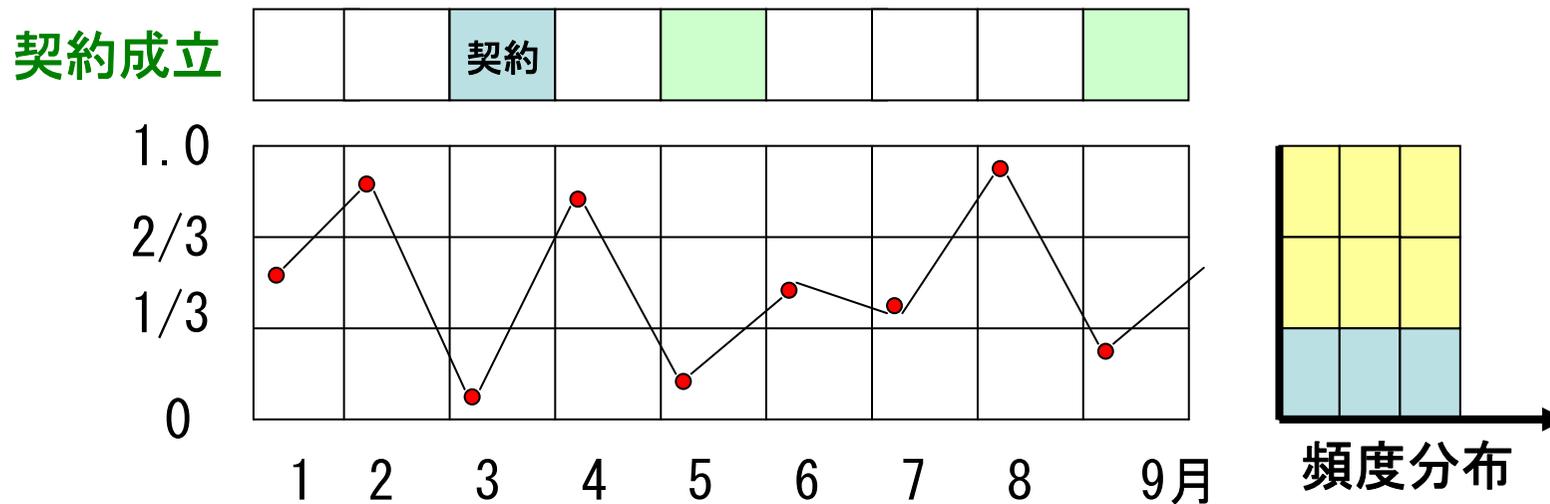


1. 発生確率判定セクタ

多数区画の宅地がランダムなタイミングで販売契約される例を取り上げる。各区画はランダムなタイミングで契約されるが、それぞれの成立までの交渉期間は平均で3ヶ月である。したがって、1月あたりに契約に至る件数 $\lambda = m$ 件/月 = 1件/3月 = 0.33件/月となる。

$\therefore m=0.33$

シミュレーション計算を1月毎に行う。各区画の交渉成立のタイミングがランダムで、かつ平均3ヶ月で1成約するモデルの仕組みを考える。1月間隔で、1~0間の一様乱数を発生させる。この乱数が、0~1の間の各1/3毎の値を示す確率は、長期的には等しく1/3である。0~1/3で契約成立、1/3~1で非成立とすると、乱数と契約成立との関係は下図となる。乱数値が0~1/3の値を示した初回のみを契約成立とする。



集団の遅れ 放出 (3/10)



1月あたり平均成約件数が0.33件/月の宅地が、仮に100区画ある場合には、1月あたりの成約件数は平均で33件で、成立しない件数は平均で67件である。1月あたりの発生確率は0.33(=m)である。

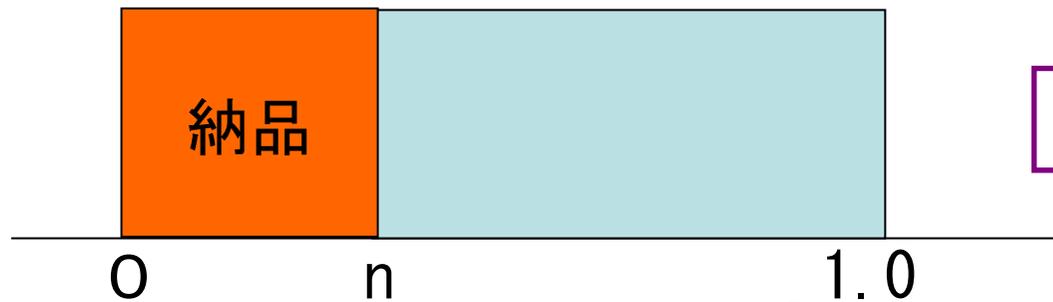
次に、成約を確認する時間を1月より短くして、時間 $DT=(\text{月}/k)$ の間に1区画の契約が成立する件数 P を求める。

前述の λ の式に、 $\text{月}=k*DT$ の関係を代入して次式が求まる。

$$P=n \text{ 件}/DT = (m/k) \text{ 件}/DT$$

1月あたりの発生確率と同じように、 DT あたりの発生確率 n は、 $0.33/k (=m/k)$ となる。 DT 間に成約する確率は $n (=m/k)$ であり、逆に、成立しない確率は $(1-n)$ である。

一様乱数 $[0, 1]$ を、 n と $(1-n)$ で内分して、乱数値が $0\sim n$ である場合の初回において成約とする。



集団の放出. sip

2. 初期発生判定セクタ

各々の区画は、一回だけ成約する。前述のように各区画の乱数値が、 n 以下になった初回の時点で、成約したとする。

その後に乱数値が n 以下になったとしても無視する。

具体的には、乱数が n 以下になったら、「処理完了」に1を立てる。

「終了判定」の初期値は 1 としておき、乱数が n 以下になった時点で、「終了判定」を 0 に変化させる。

「処理完了」に「終了判定」を乗ずる処理により、最初に乱数が n 以下になった場合には、1が「契約」に入力されるが、それ以後に乱数が n 以下になった場合には、「処理完了」の信号は無視されることになる。

3. 納品セクタ

n 以下の乱数が発生したことを示す「処理完了=1」の信号が届き、そのとき「終了判定=1」であるなら、「契約」がカウントされる。

契約合計のグラフは、1日ごとの累積値を表示している。

2/5ページ : 単独区画の成約

左のモデル部分は、下から「発生確率判定」、「初期発生判定」、「宅地販売」のセクタ。右のグラフ部は、下から2番目の処理完了で多数立っているパルスが、上から2番目の契約では初回だけが残し、その後は無視されていることが分かる。

3/5ページ : 多数区画の成約

右のグラフ部で、下2つは第1番目の区画の挙動。上1番目は未契約区画の合計、2番目は成約件数の月毎の累積値。

4/5ページ : 物の遅れの原型モデルと関数モデル“delaymtr”

原型モデルと関数モデル(平均遅れ時間は共に3月)の挙動が、同一であることを示している。

5/5ページ : シミュレーション実験

3ページの多数区画の「未契約宅地の合計」と「成約区画数」と、4ページの「全宅地(未契約)」と「全契約」とを、それぞれに比較している。

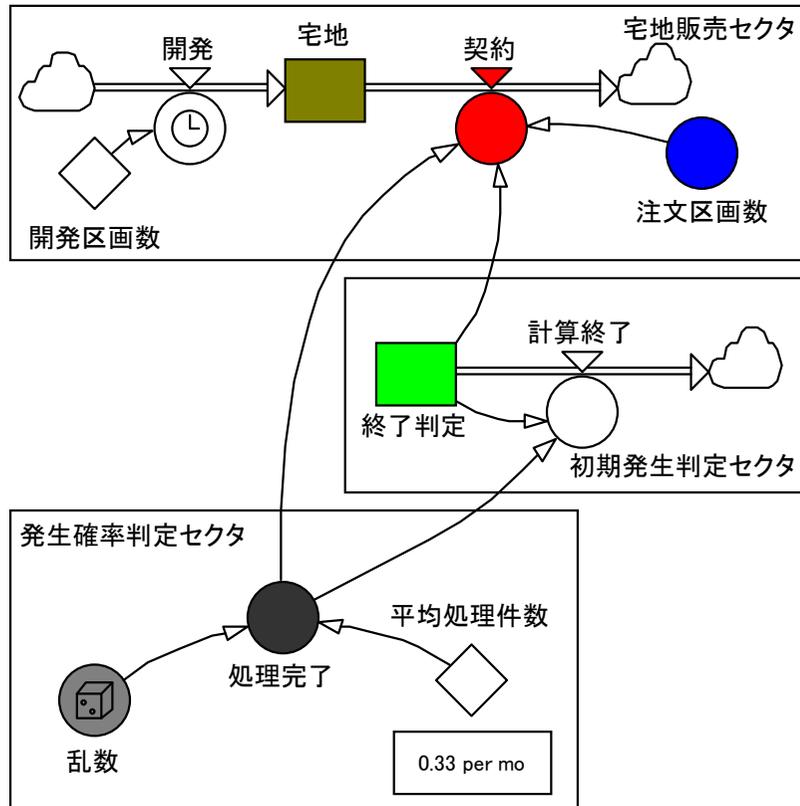
「未契約区画数」も「契約区画数」も両モデルの結果が良好に一致している。

すなわち、物の遅れモデル(指数一次遅れ)は、同一の平均契約リードタイムの区画が、ランダムなタイミングで販売契約される場合の挙動を表すことを、計算機実験の結果として示している。

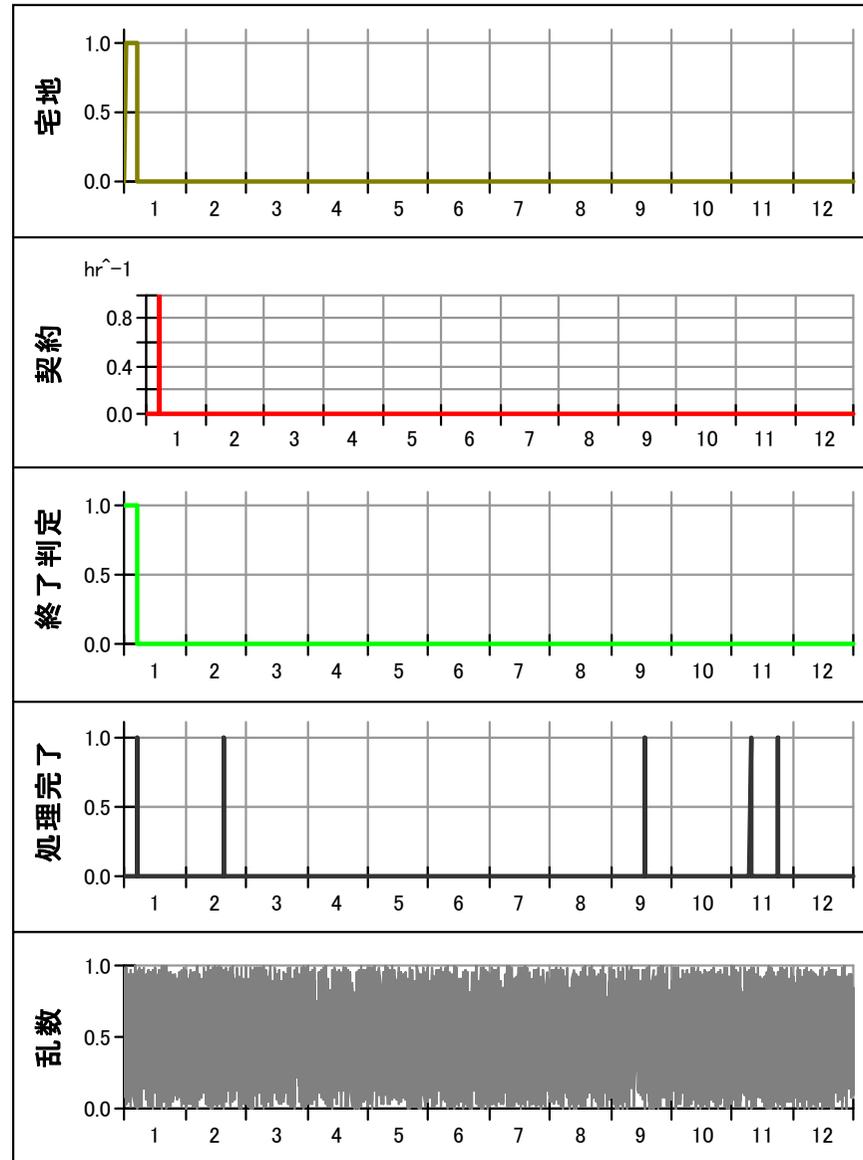
集団の遅れ 放出 (6/10)



単独の放出モデル



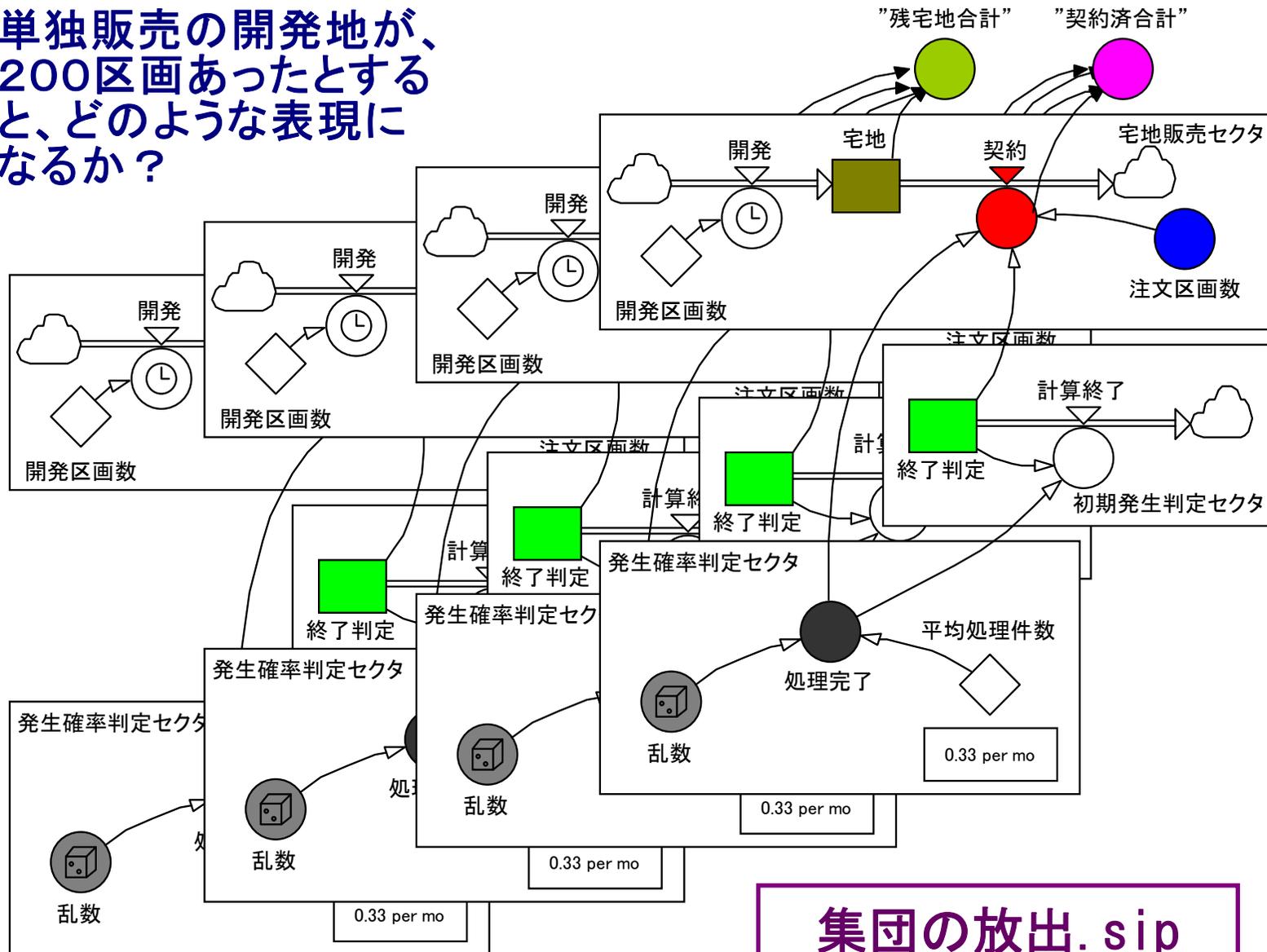
集団の放出.sip



集団の遅れ 放出 (7/10)



単独販売の開発地が、
200区画あったとすると、
どのような表現に
なるか？

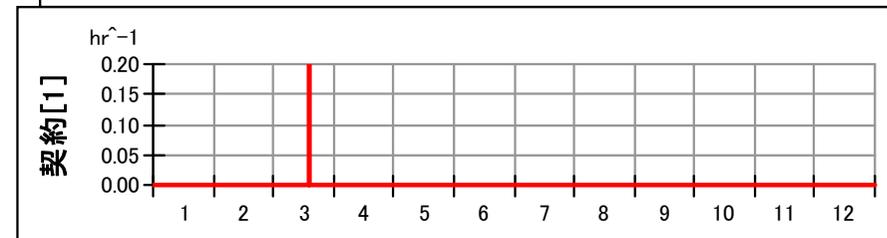
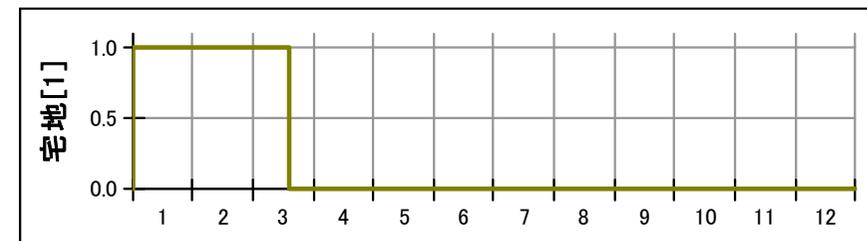
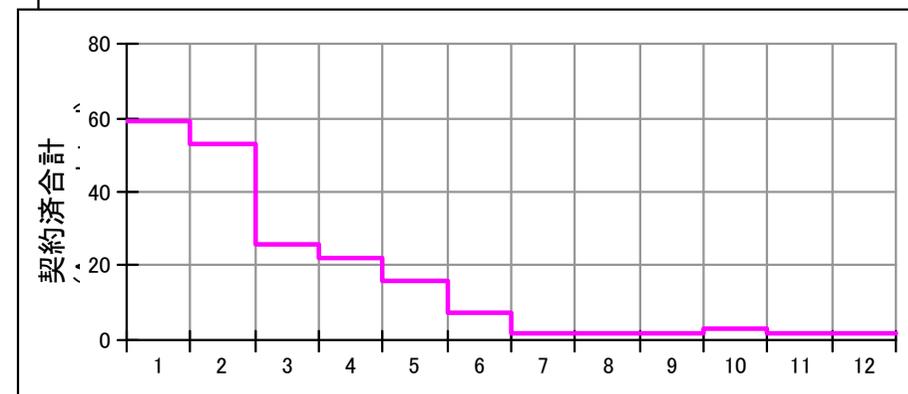
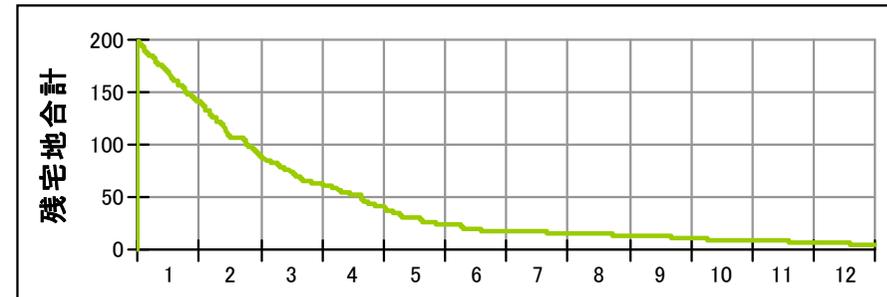
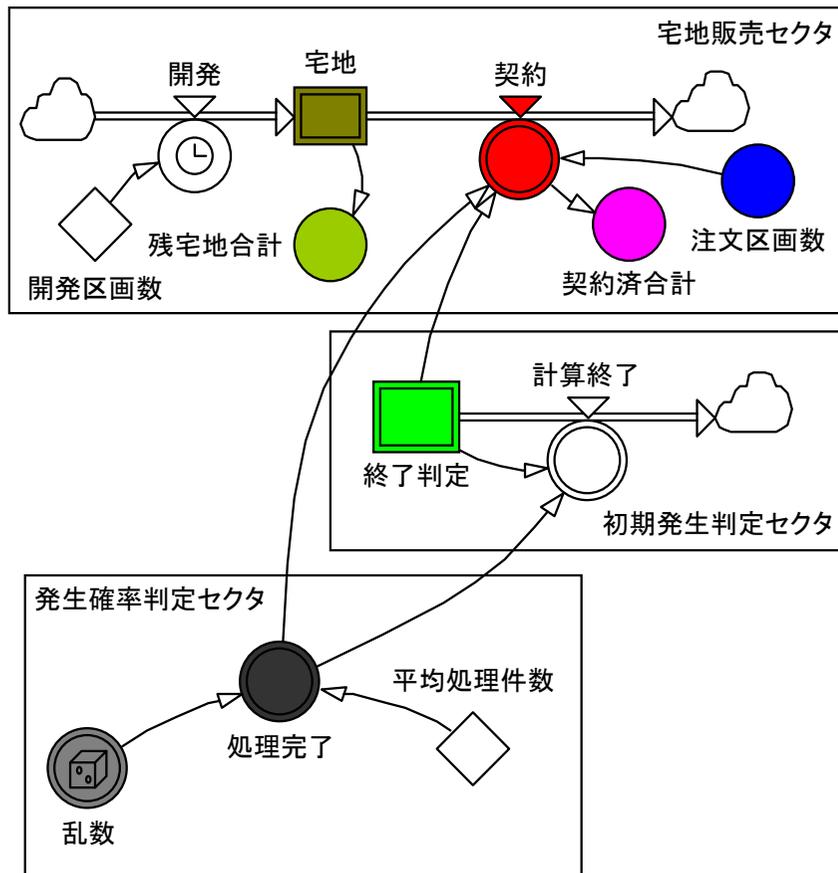


集団の遅れ 放出 (8/10)



単独の放出モデルの集合化

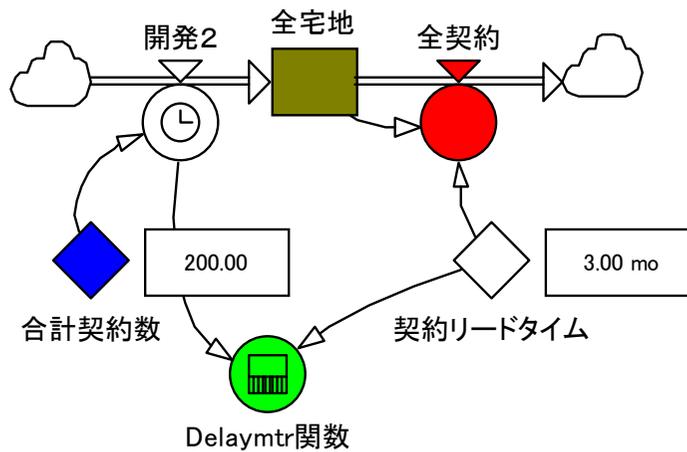
顧客集団が、ランダムなタイミングで契約
ただし、契約にいたる平均的な期間は
全ての区画について3ヶ月



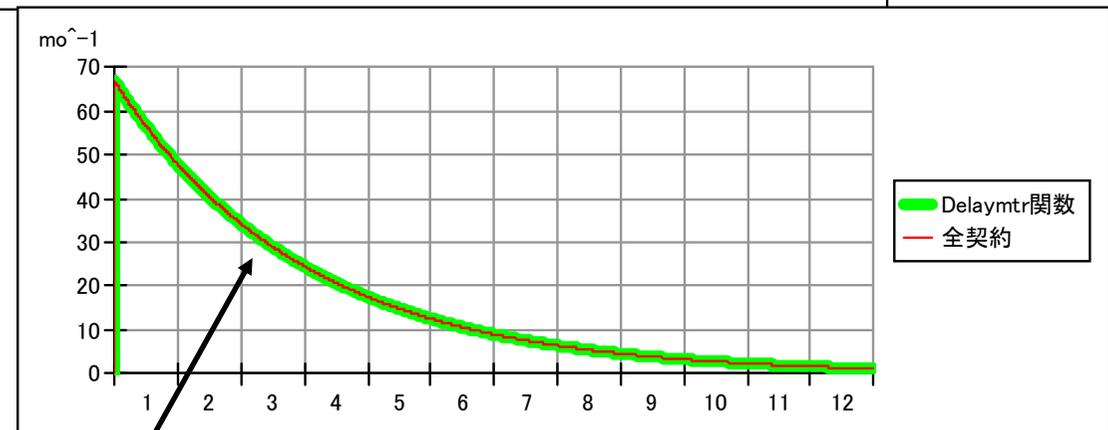
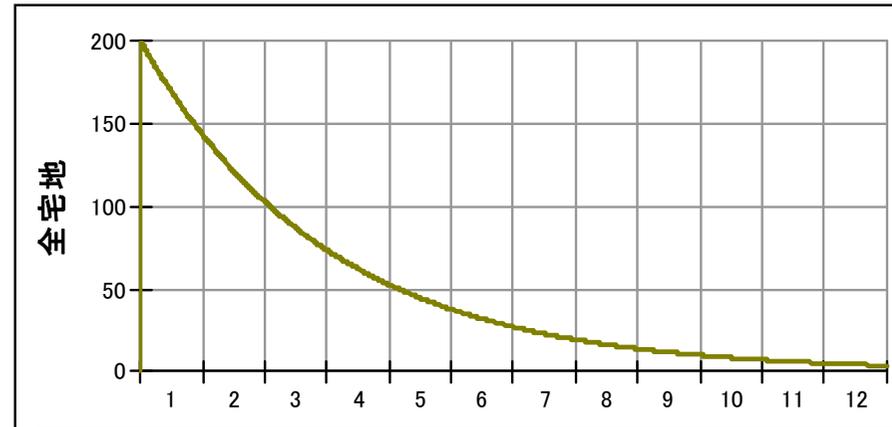
集団の遅れ 放出 (9/10)



平均遅れ時間を使った
全契約・全宅地の計算



DELAYMTR(0/TIMESTEP,
'契約リードタイム',
1,
合計契約数/'契約リードタイム')



全契約とDelaymtr関数は完全に重なっている。

集団の遅れ 放出 (10/10)



直接ランダム計算と 平均遅れ時間による計算との比較

