

ビジネス・シミュレーション 第4回

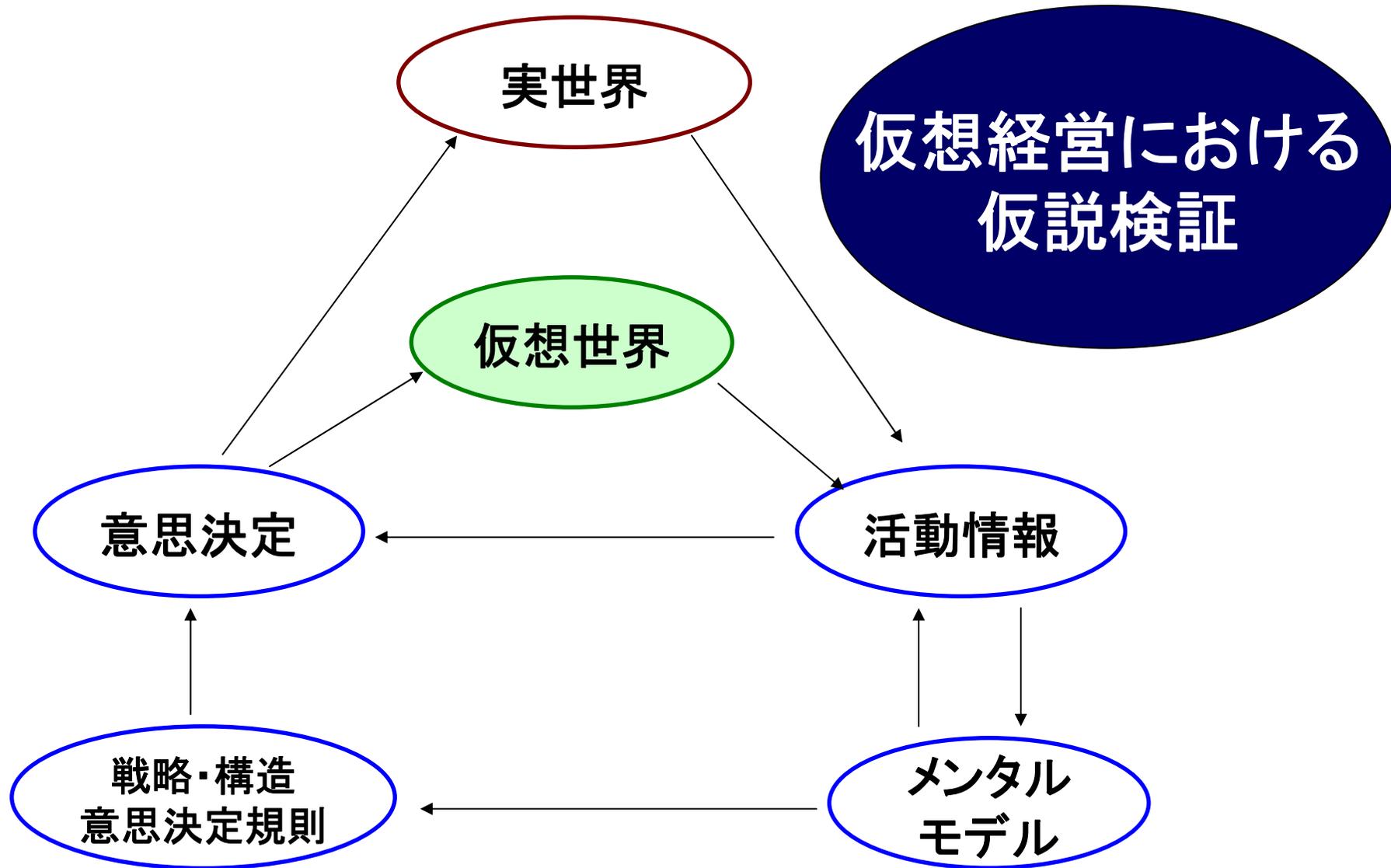
January 6, 2009

松本憲洋 (POSY Corp.)

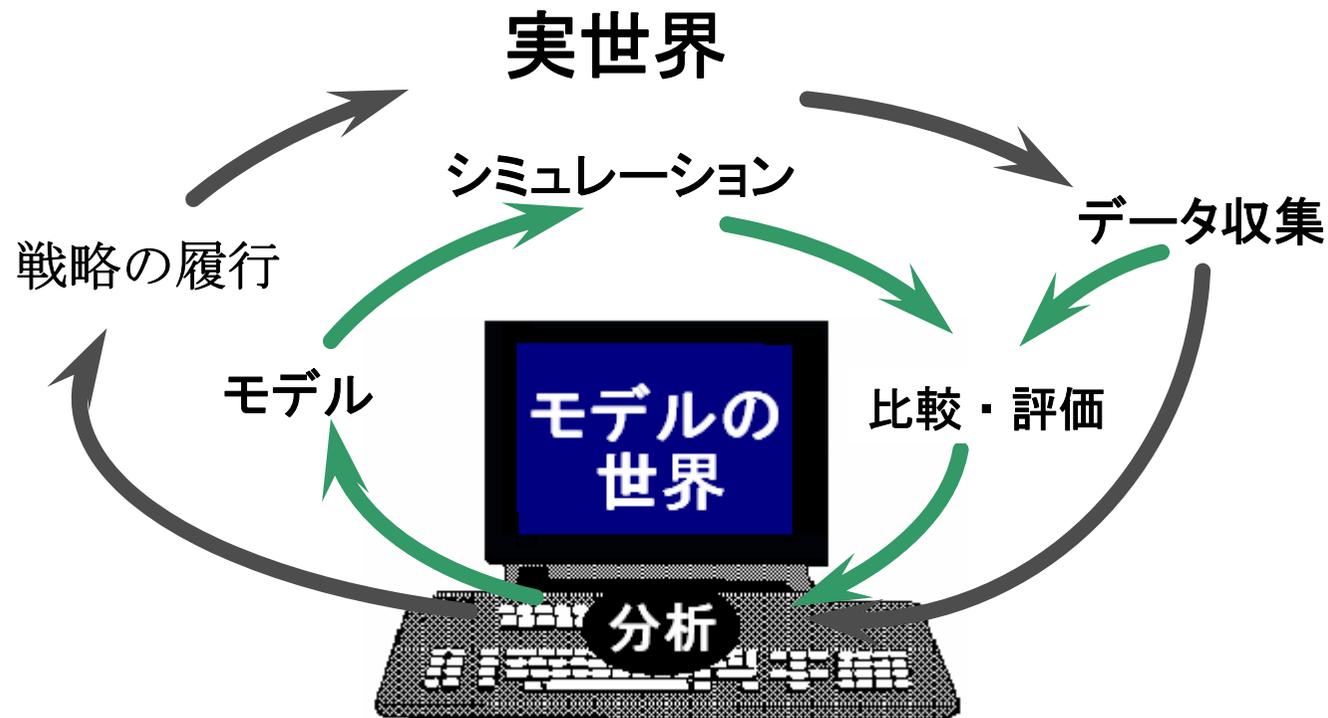
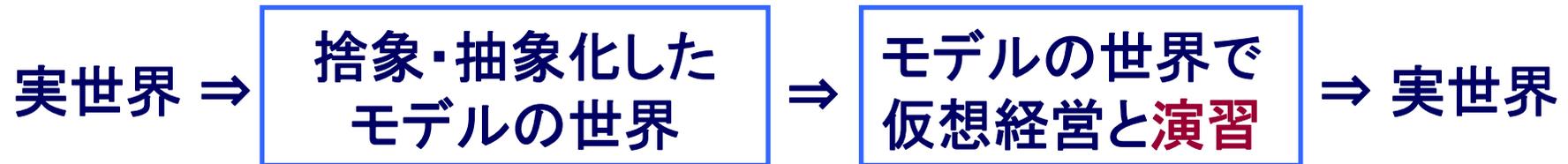
matsu@posy.co.jp

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

第1回～第3回の復習



モデリング & シミュレーションのプロセス



“モデル”とは？

- ① 対象としているシステムを、**注目している視点**から眺める。
- ② 捨象と抽象により、その視点における本質的な**“要素とその関係”**を抽出する。
- ③ その**“要素とその関係”**を再合成して得られるシステムがモデルである。

例 最適経営条件を
探索する視点

需要 ⇒ 販売
販売 ⇒ 評判
販売 ⇒ 需要予測
需要予測 ⇒ 仕入
仕入 ⇒ 在庫
在庫 ⇒ 仕入
販売 ⇒ 在庫

Causal Loop Diagram
時系列挙動図

Flow Diagram

モデル・ベース経営

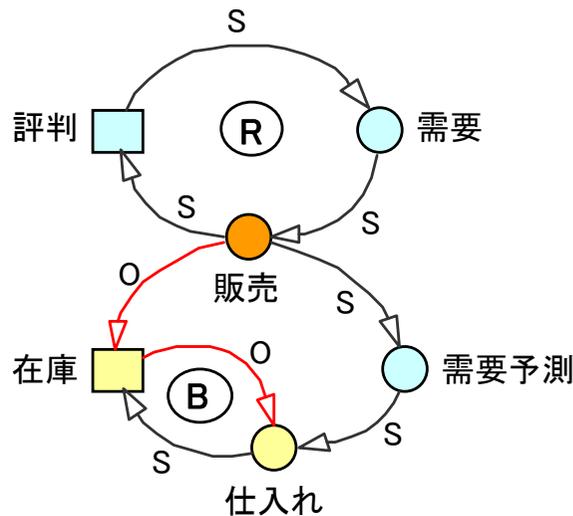


戦略立案・修正
 経営条件の探索
 最適な情報投資
 長・短期の人事戦略
 リスク低減と回避策
 外部変動の分析
 BSCの目標設定
 BSCの仮説検証

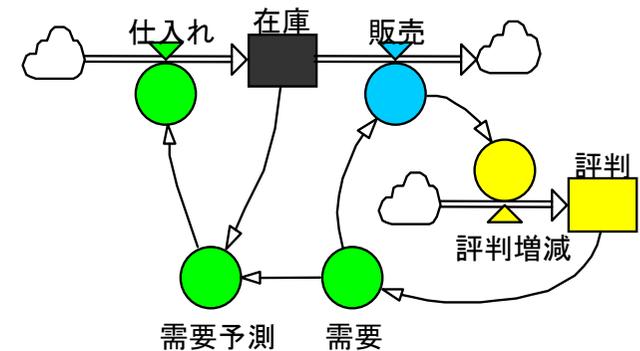
戦略シミュレーション
 感度分析 最適化
 リスク評価 リスク管理
 ...



視点：会社経営

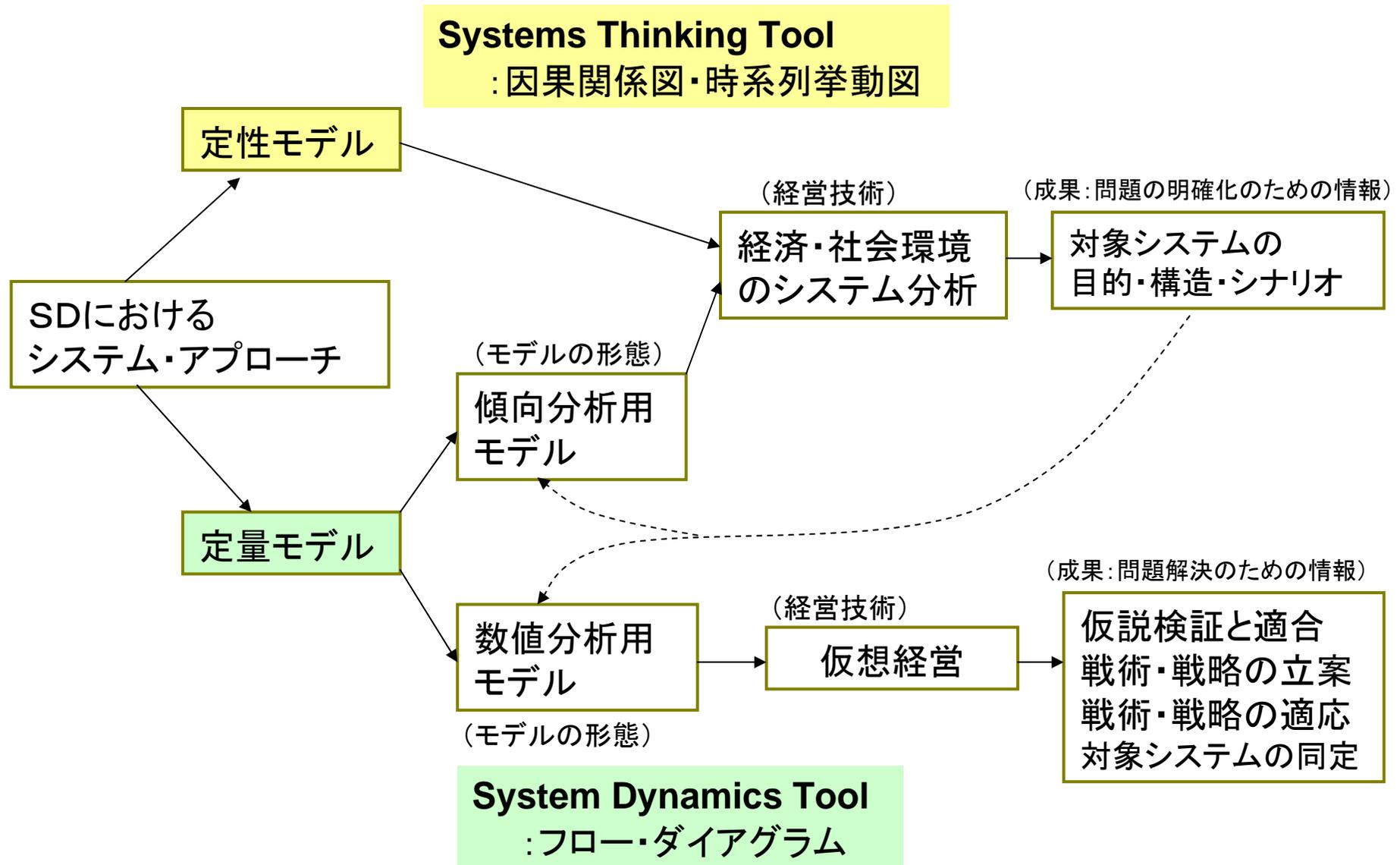


業務要素の関係



仮想経営のためのSDモデル

SDにおけるシステム・アプローチの活用法



社会・経済状況の分析
ビジネス環境の掌握

企業・事業戦略の立案
概略ビジネス・モデリング
仮想経営による仮説検証で戦略の選択

ビジネス・プロセスの設計
詳細ビジネス・モデリング
ビジネス・プロセスと構造の仮説検証による選択

ビジネス・オペレーションの支援
シミュレーションによる現状分析と戦術の選択

ビジネス経過の分析と変更・革新
戦略とビジネス・プロセスの前提とした仮説検証
変化したビジネス環境への適応

仮想経営における
仮説検証

仮想経営による
経営演習で
マネージャの育成
経営フライトシミュレーター

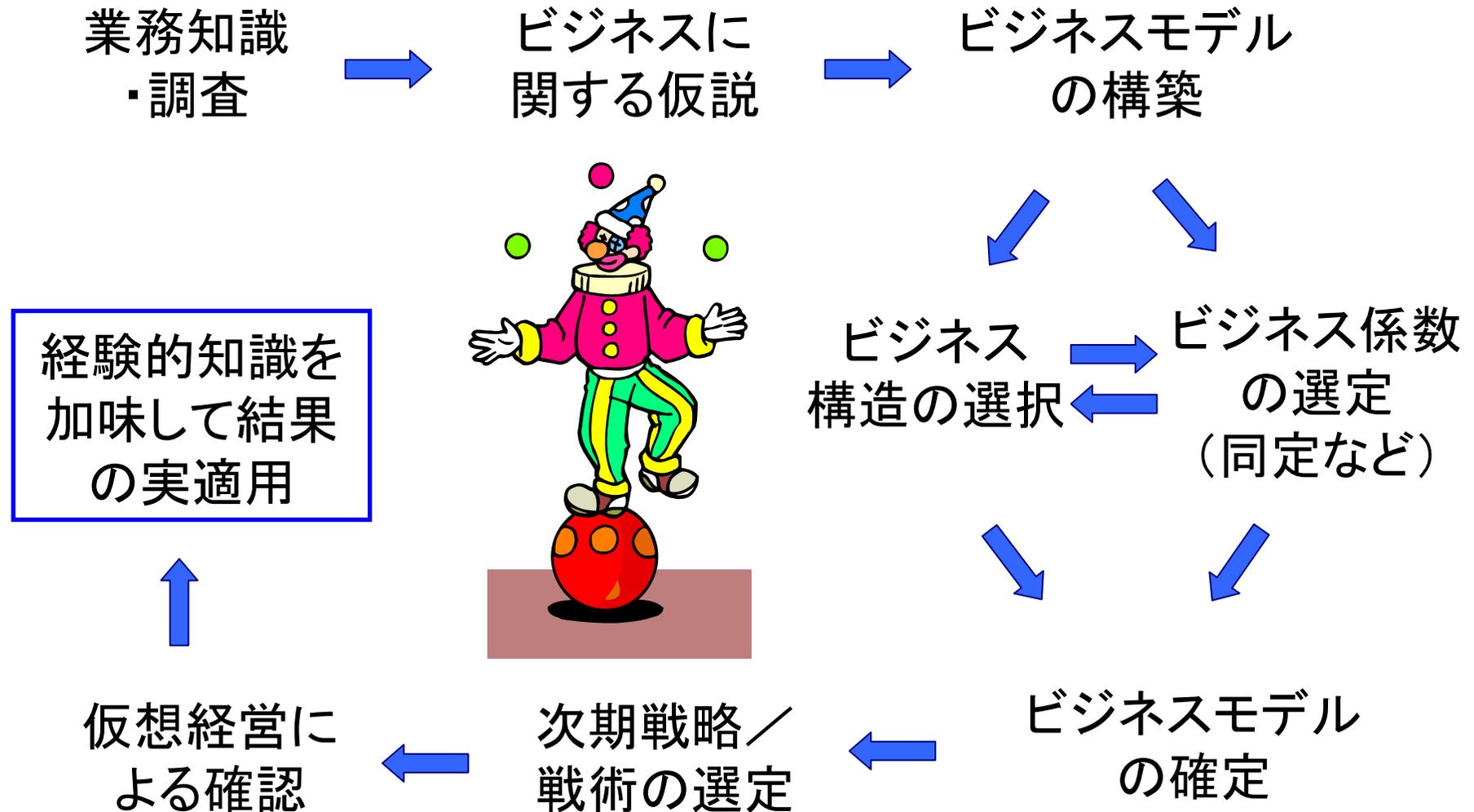
SDの定性/定量モデルの経営における活用

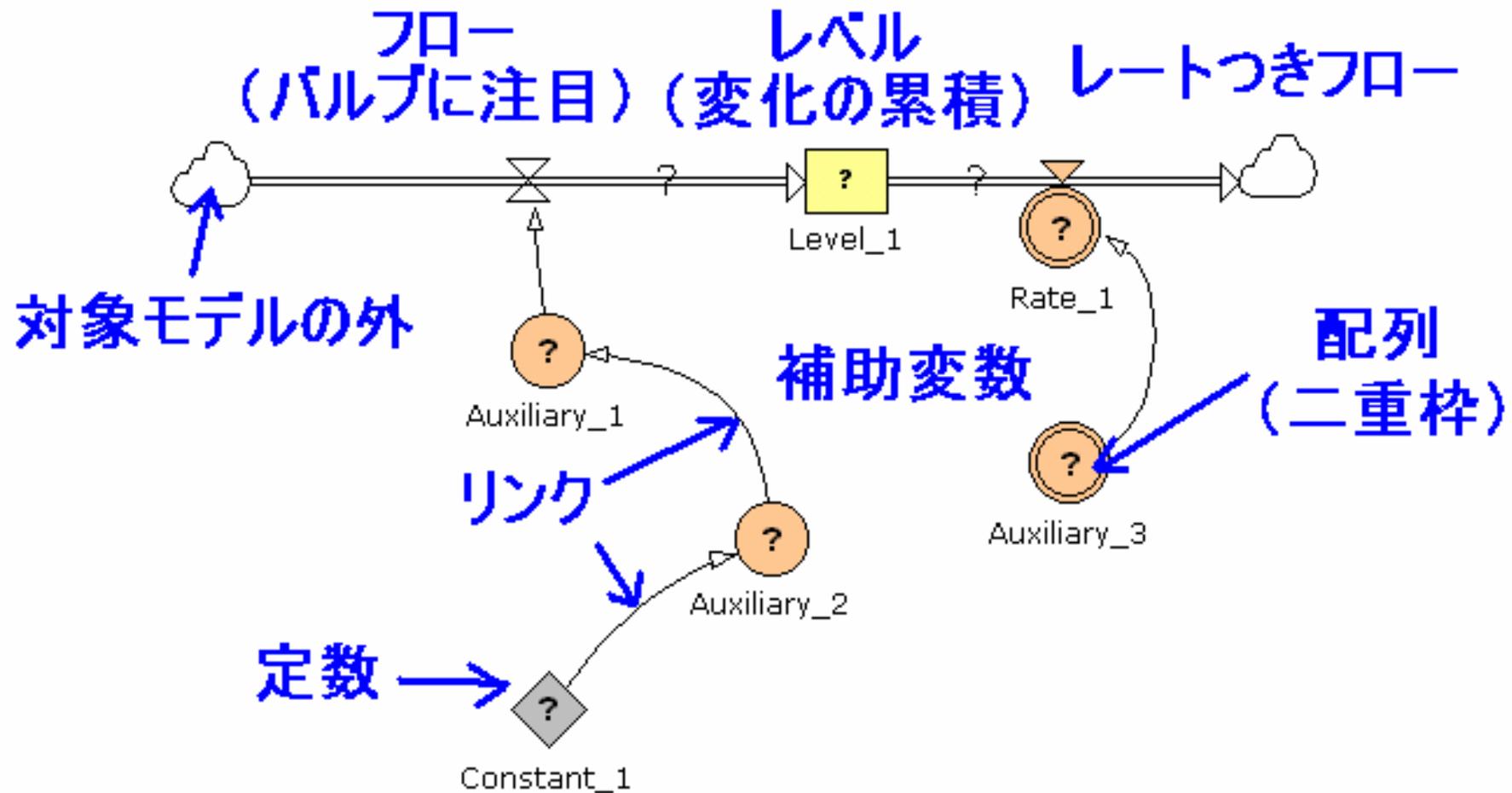


システム・アプローチ	Systems Thinkng	System Dynamics	
モデル	定性モデル	定量モデル	
SD活用の形態		傾向分析用	数値分析用
社会・経済状況の分析	◎	◎	
企業・事業戦略の立案	▲	◎	
ビジネス・プロセスの設計	▲	◎	▲
ビジネス・オペレーションの支援			◎
ビジネス経過の分析と変更・革新			◎
仮想経営における経営演習		▲	◎

凡例 ◎:主に活用 ▲:副次的に活用

東京ディズニーランドの入場客の分析

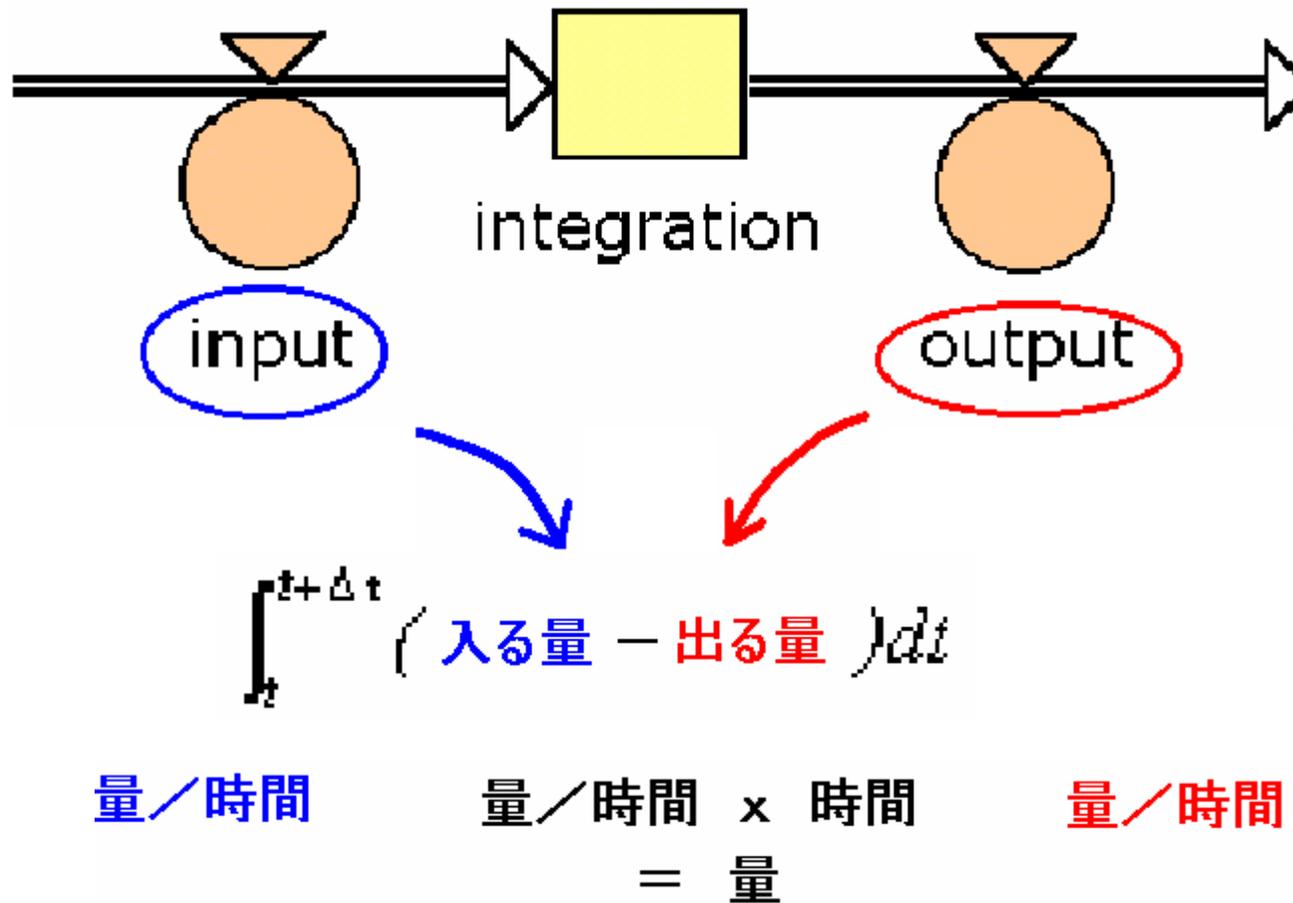




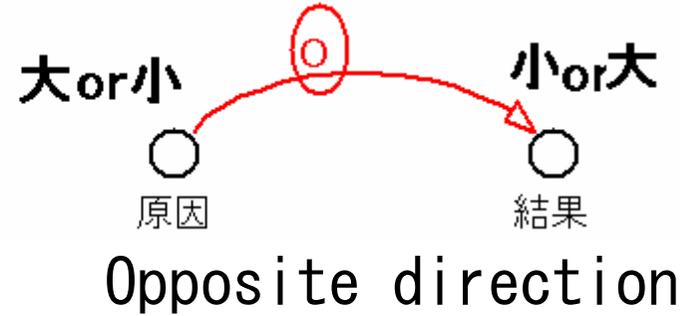
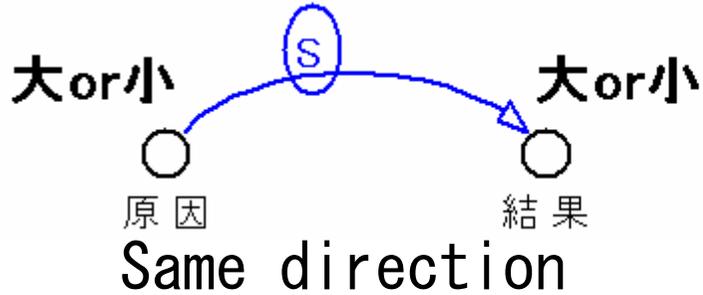
レベルとフローによる積分



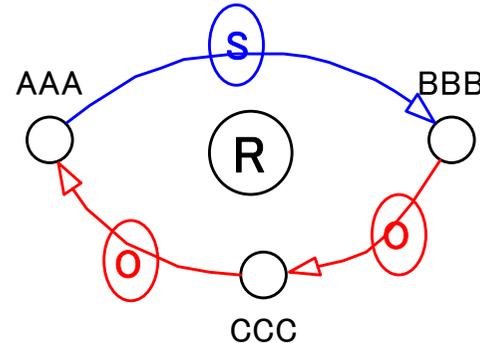
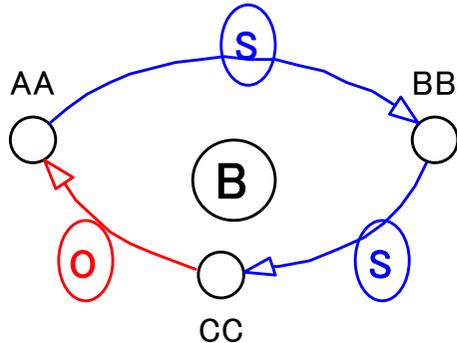
→ 積分の図式表現



因果関係図

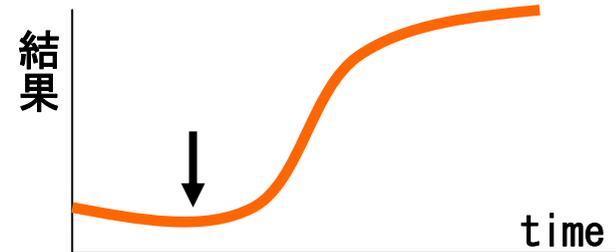
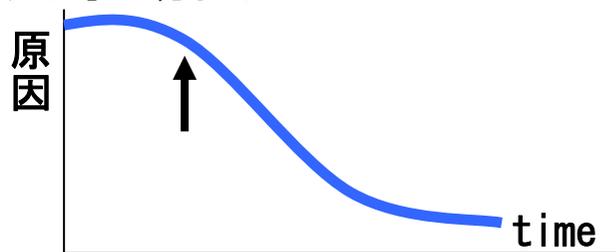


フィードバック・ループ



- ⊙ B Balancing
- ⊙ R Reinforcing

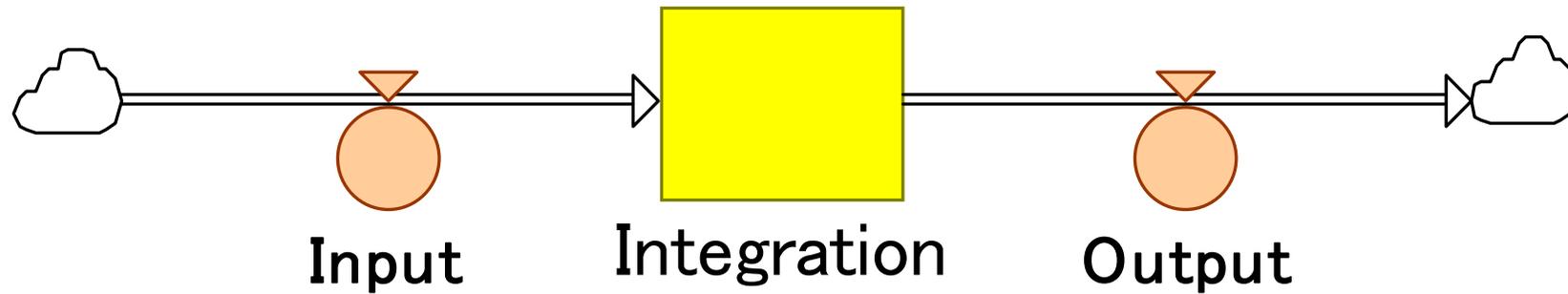
時系列挙動図



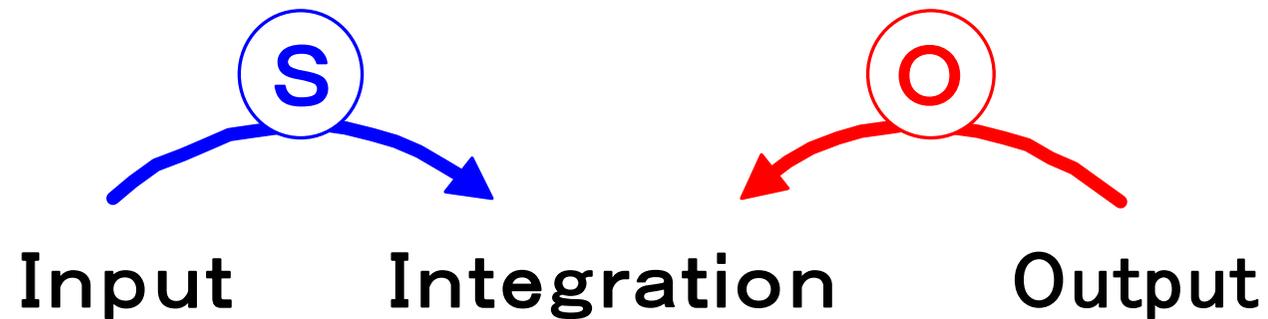
レベル・フローとCLDの関係



レベル & フロー



CLD



日本経済新聞 2008年11月22日

東京のタクシー 14年ぶり減少へ

規制緩和で増え続けてきた東京都内のタクシー台数が十四年ぶりに減ることが現実になった。関東運輸局の調べでは九月

08年度

末は五万五千四百四十一台と、半年前より七百四十三台減少。客足の不振でタクシー会社が減車に乗り出したうえ、政府が七

利用不振や規制強化響く

月から増車審査を厳しく円↓七百十円)の後、景したためで、二〇〇八年 気後退もあって前年割れ度末に前年水準を上回る が続く。このためANZのは厳しい状況だ。

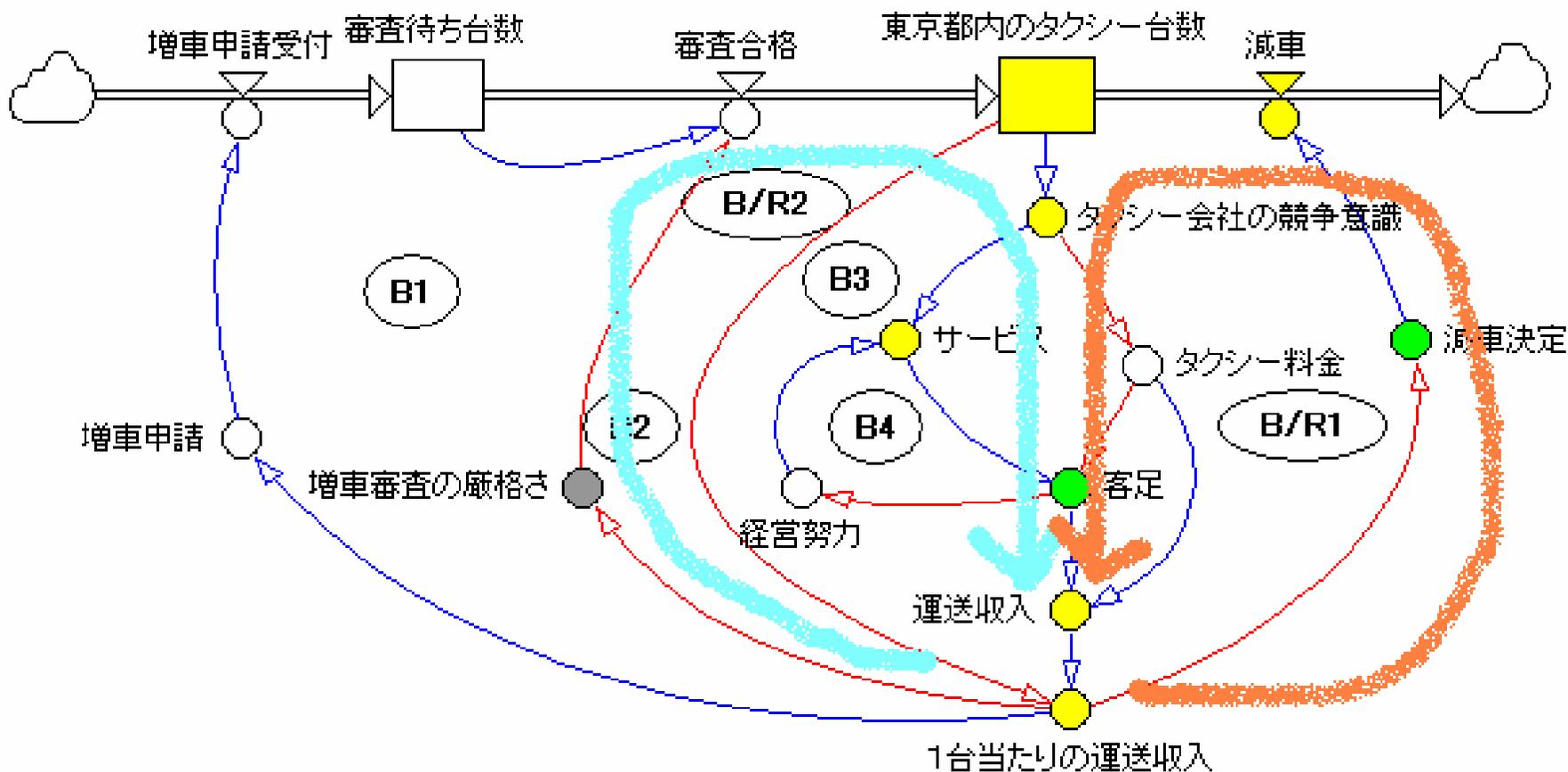
政府は〇九年度に新規 板橋)が今年度内に四% 参入などの規制をさらに 減車し、飛鳥交通(同・強化する方針で、タクシ 新宿)も年内に九%を削一会社の競争意識が薄 減。日の丸交通(同・文 れ、サービスが低下する 京)は約三%の減車を実 恐れがある。 施した。タクシー需要の

都内のタクシーの運送 多い都内が減少に転じた 収入は昨年末の値上げ ことで、全国の台数も減 (中型初乗りで六百六十 少に向かう見通しだ。

CLDの適用演習 : 東京のタクシー減少



タクシー業界の安定性の鍵を握る B/R-1とB/R-2

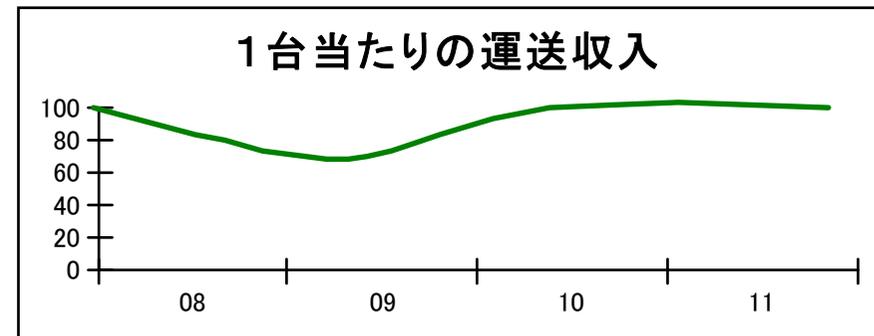
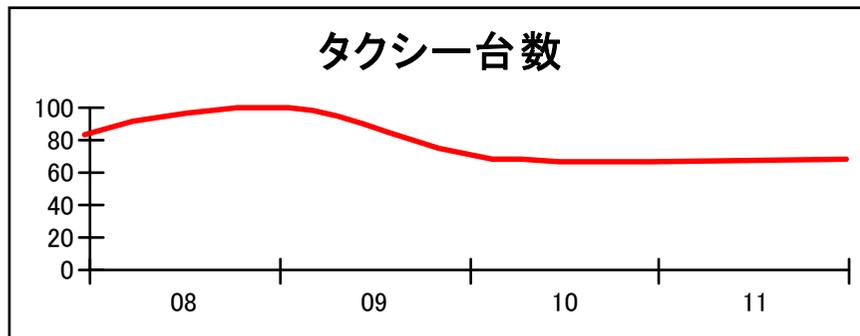
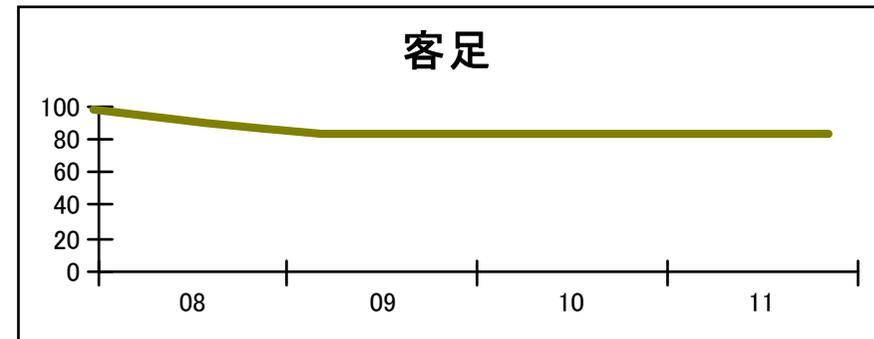
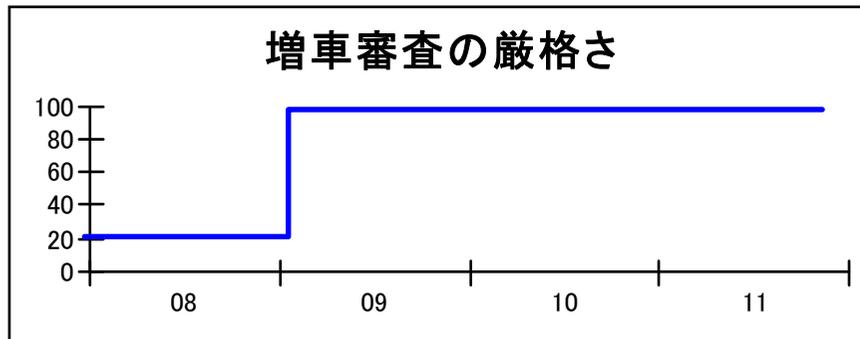


CLDの適用演習 : 東京のタクシー減少



②ステップ 2

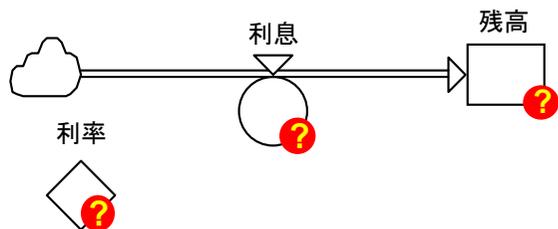
国交省は、「増車審査の厳格さ」を増すことによって、「タクシー台数」と、「1台当たりの運送収入」が、どのような振る舞いをすると予測しているかを、時系列挙動図で説明する。



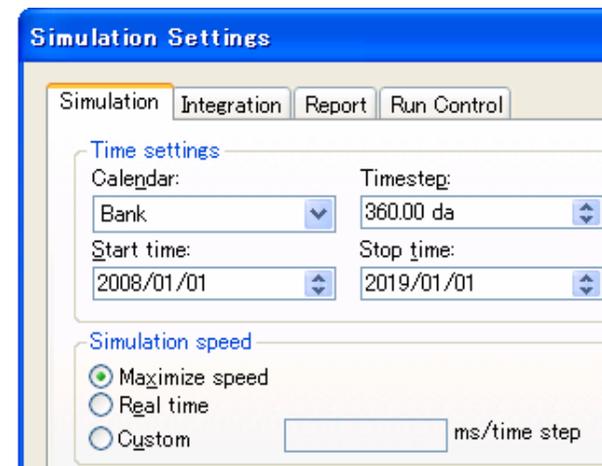
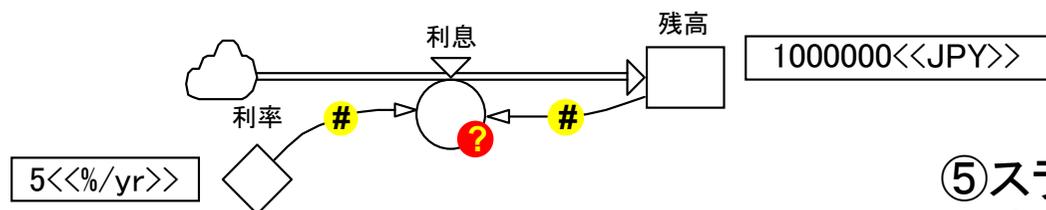
複利計算のモデルを作ってみよう



- ①レベルを配置⇒フローを配置⇒定数を配置 ④メニューバーのSimulationから Simulation Setting を開く

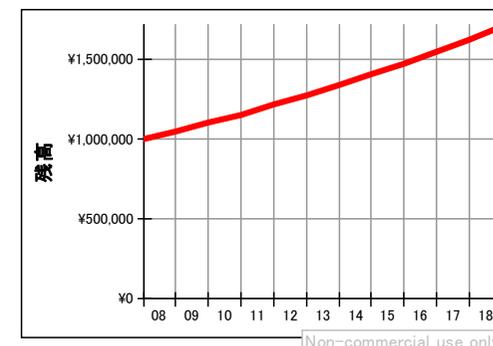
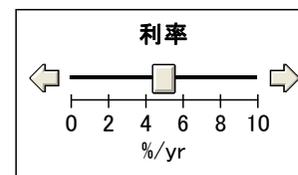
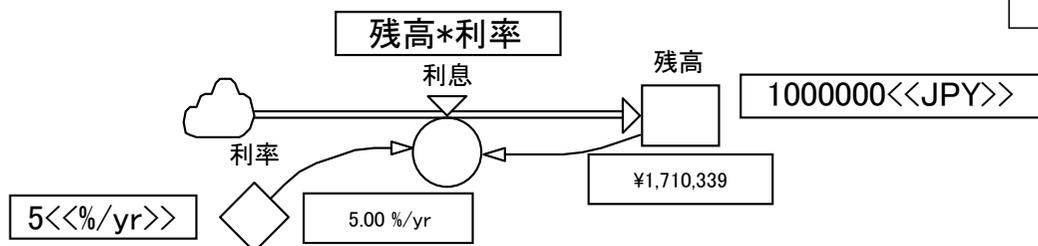


- ②リンク線を配置⇒利率を設定 ⇒残高の初期値を設定



- ⑤スライダーを設定して利率を引き込む 時系列グラフを設定して残高を引き込む

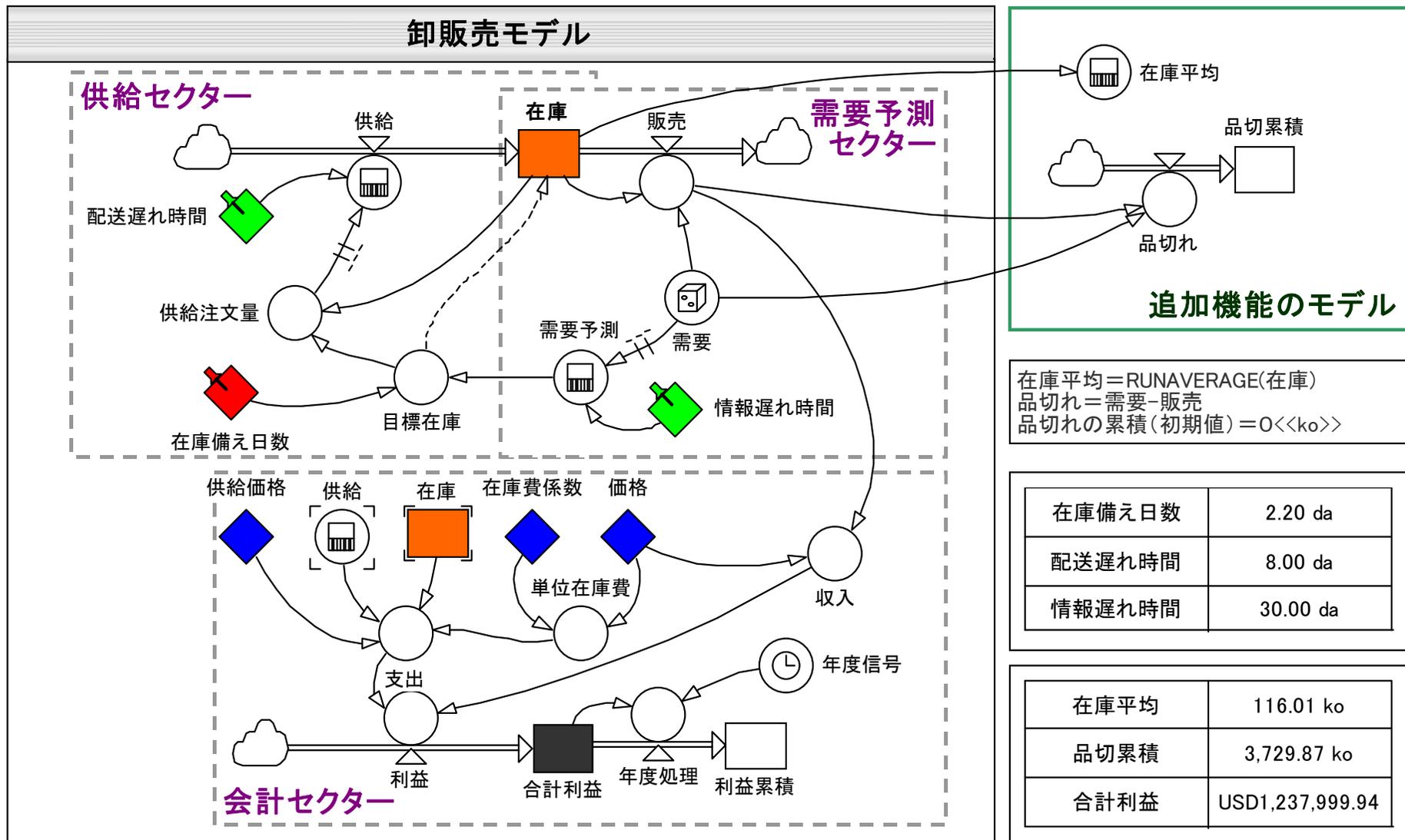
- ③利息の定義式を設定 ⇒利率と残高にShow Auto Reportを設定



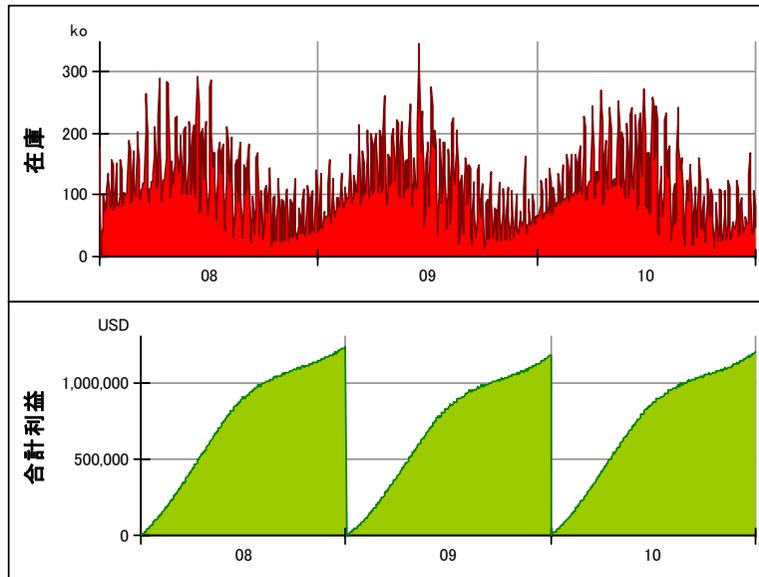
第3回の続き

卸販売モデルの演習 (後半)

感度分析のためにモデルに機能の追加

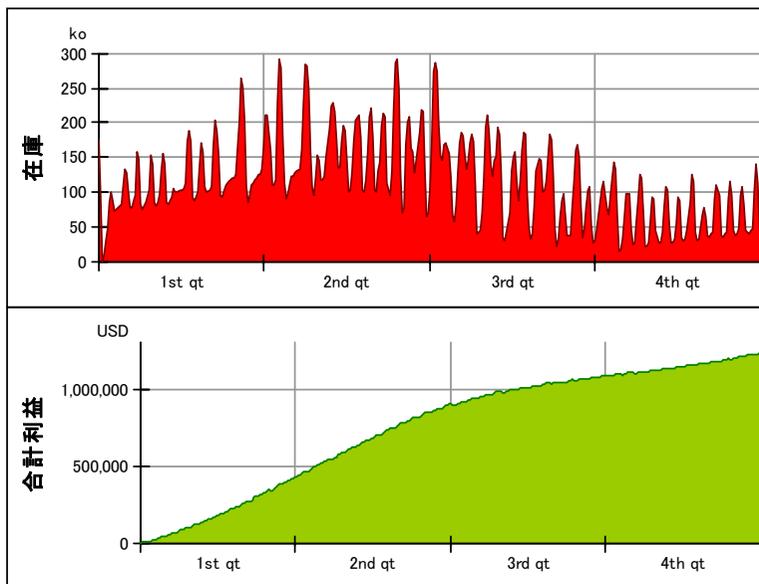


モデルを作ってみよう : 卸販売モデルの説明



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

3年間のシミュレーション



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

1年間のシミュレーション

合計利益に及ぼす影響の感度分析



1. 設計変数

在庫備え日数 : 2.2 1.0 1.5 3.0

配送遅れ時間 : 8 1 3 16

情報遅れ時間 : 30 1 15 60

各変数の左端の数値が基準値である。

2. 感度分析

二つの変数は基準値にして、残りの変数を変化させて以下の評価変数を計測し、集計テーブルを作った後に、グラフ表示する。

評価変数 : 在庫平均 品切れ 1年後の合計利益

3. 考察

三つの評価変数それぞれに対して顕著な効果を及ぼす設計変数は何か？

合計利益に及ぼす影響の感度分析結果



卸販売モデルの戦略シミュレーション

在庫備え日数	配送遅れ時間	情報遅れ時間	在庫平均	品切れ累積	合計利益
1.0	8	30	45	15,445	722,000
1.5	8	30	72	9,492	1,009,000
2.2	8	30	116	3,729	1,238,000
2.6	8	30	146	1,971	1,263,000
3.0	8	30	177	1,064	1,234,000
2.2	1	30	140	6,622	997,000
2.2	3	30	123	4,483	1,172,000
2.2	8	30	116	3,729	1,238,000
2.2	12	30	115	3,731	1,240,000
2.2	16	30	115	3,935	1,227,000
2.2	8	1	142	2,776	1,221,000
2.2	8	15	113	3,621	1,250,000
2.2	8	30	116	3,729	1,238,000
2.2	8	60	121	3,835	1,217,000

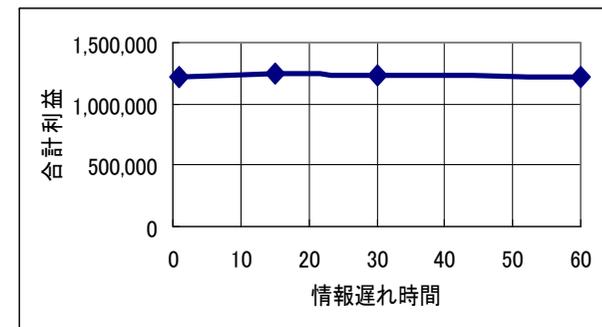
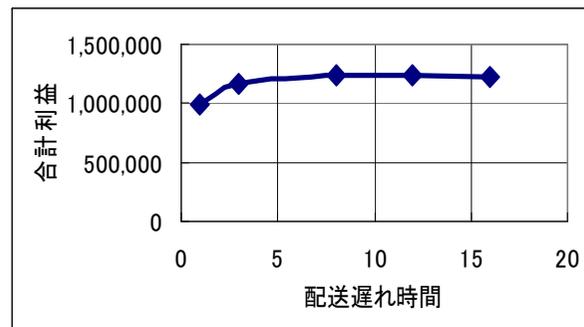
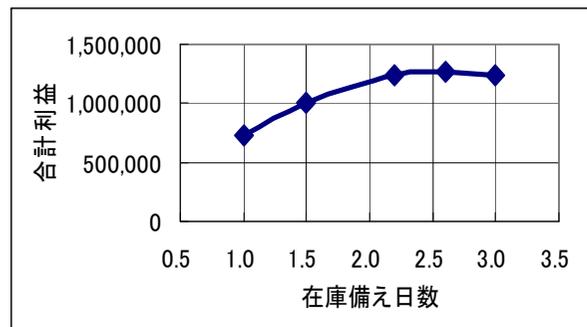
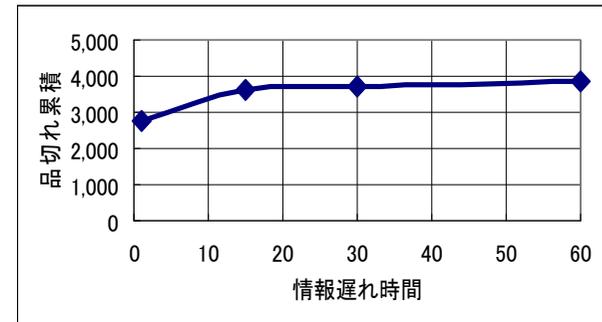
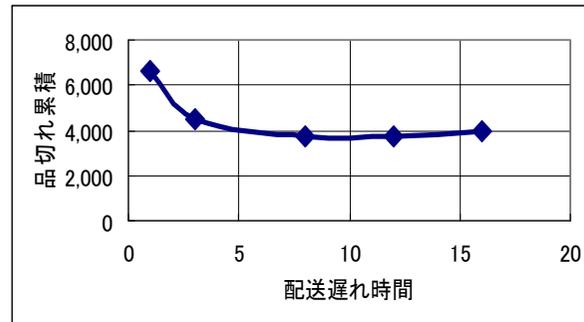
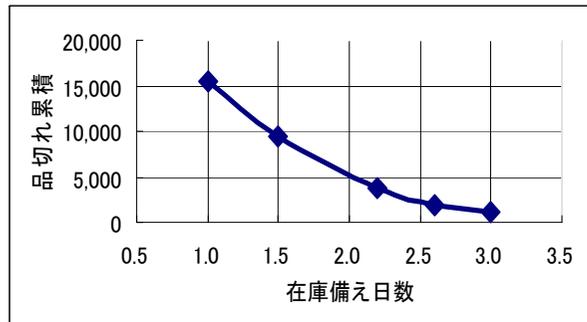
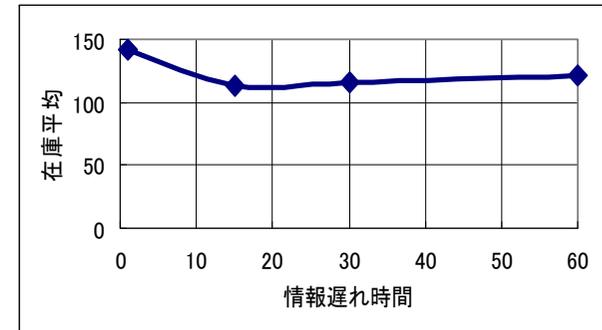
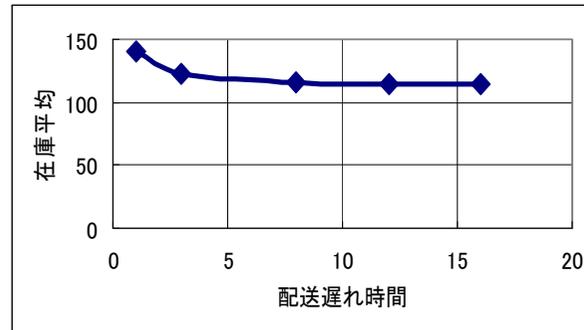
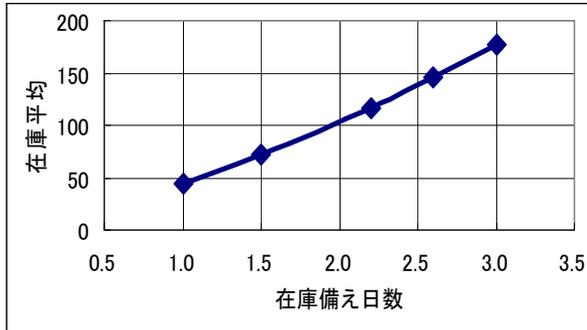
合計利益に及ぼす影響の感度分析結果



配送遅れ時間=8日
情報遅れ時間=30日

在庫備え日数=2.2日
情報遅れ時間=30日

配送遅れ時間=8日
在庫備え日数=2.2日



1年後の合計利益を最大化する“在庫備え日数”は？



1. 1年後の合計利益が最大になる在庫備え日数を1日から5日の間で求める。
2. その結果をRun Tableに登録して、referenceデータと設定する。
3. その結果をprivate diagram上の時系列グラフに表示する。
4. 最適として求めた在庫備え日数の値と異なる値を設定した場合に、合計利益がreferenceデータより小さいことを確認する。

Name	Value	Type	Apply Time	Deviation
Assumptions				
Decisions				
在庫備え日数	2.20 da		Start	
Minimum Value	1.00 da			
Maximum Value	5.00 da			
Objectives				
合計利益		Max	Stop	<input type="checkbox"/>

1年後の合計利益を最大化する“在庫備え日数”は？



最適化

	在庫備え日数	合計利益	
①			最適化
②			
③			

供給価格変動と在庫費係数変動の合計利益への影響は？



- 1年間の内に、供給価格と在庫費係数は以下の変動が予想される。
供給価格 : 三角分布乱数(最低=36USD、最大=48USD、ピーク値=40USD)
在庫費係数 : 正規分布(期待値=7.5%、標準偏差=1.5%)
- このとき、1年後に、10%、25%、平均、75%、90%の確率で得ることが期待できる合計利益を、Latin Hypercubeを100回実行して求める。

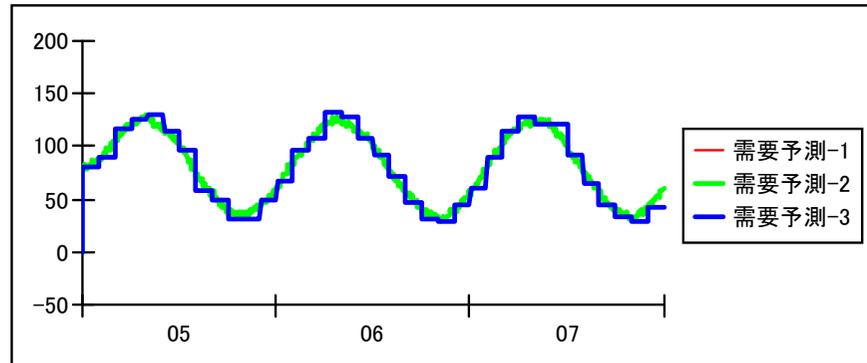
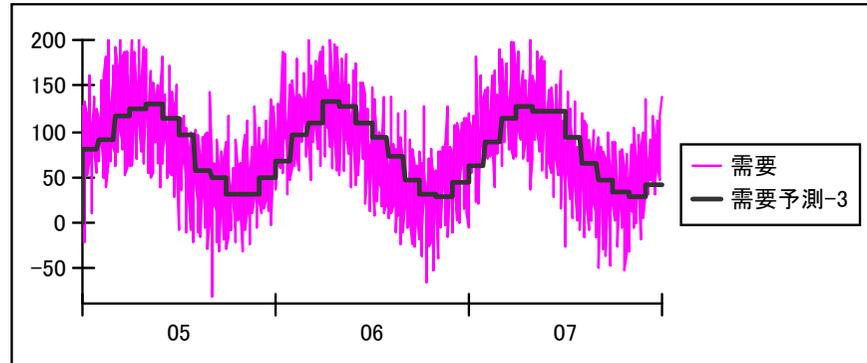
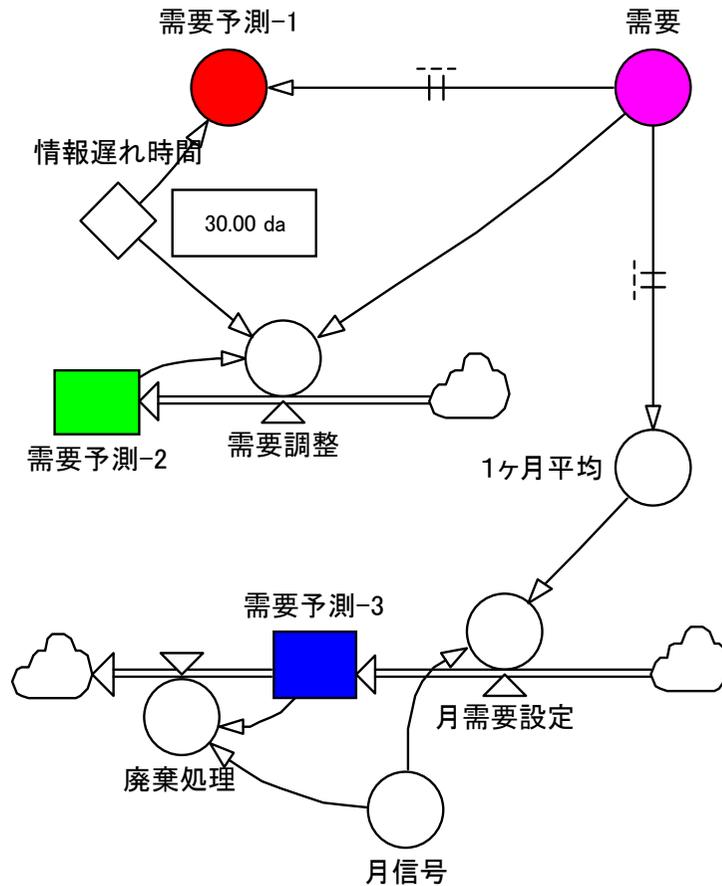
Name	Value	Type	Apply Time	Deviation
Assumptions				
供給価格		Triangular	Start	<input type="checkbox"/>
Minimum	USD36.00 per ...			
Maximum	USD48.00 per ...			
Peak	USD40.00 per ...			
在庫備え日数		Fixed Value	Start	<input type="checkbox"/>
Fixed Value	2.20 da			
在庫費係数		Normal	Start	<input type="checkbox"/>
Expected Value	7.50 %/da			
Standard Deviat...	1.50 %/da			
Decisions				
Objectives				
Effects				
合計利益		First		
Average				
Standard Deviat...				
10 Percentile				
25 Percentile				
75 Percentile				
90 Percentile				

最適化で求めた値を入力する。

リスク分析

達成確率	合計利益
10%	
25%	
平均	
75%	
90%	

需要予測の説明(1/2)



需要予測モデルの説明

需要予測-

3 : 月末に先月の需要(販売注文)の平均を求め、翌月の毎日の注文数とする場合の需要予測。

需要予測-1と-

2 : 毎日の需要が需要予測と違っていった場合に、そのギャップを情報遅れ時間(1ヶ月)で除して、その量だけの需要予測調整を行う場合の需要予測。

-1は情報遅れ関数(delayinf)を使う場合、-2は原始的モデル表現で表した場合である。

卸販売モデル(完成).sip需要の説明

需要予測の説明 (2/2)



Name	Dimensions	Unit	Definition
廃棄処理		da ⁻¹	IF(月信号,'需要予測-3',0)/TIMESTEP
情報遅れ時間		da	30<<da>>
月信号			TIMECYCLE(STARTTIME,30<<da>>,1<<da>>)
月需要設定		da ⁻¹	IF(月信号,'1ヶ月平均',0)/TIMESTEP
需要			80+SINWAVE(50,360<<da>>)+SINWAVE(10,7<<da>>)*POISSON(5/1<<da>>)
需要予測-1			DELAYINF(需要,情報遅れ時間)
需要予測-2			80
需要調整.in			需要調整
需要予測-3			0
廃棄処理.out			廃棄処理
月需要設定.in			月需要設定
需要調整		da ⁻¹	(需要-'需要予測-2')/情報遅れ時間
1ヶ月平均			SLIDINGAVERAGE(需要,30<<da>>)

ビジネス連鎖

バリューチェーン

サプライチェーン

デマンドチェーン

日本の代表的製造業のビジネス・モデル

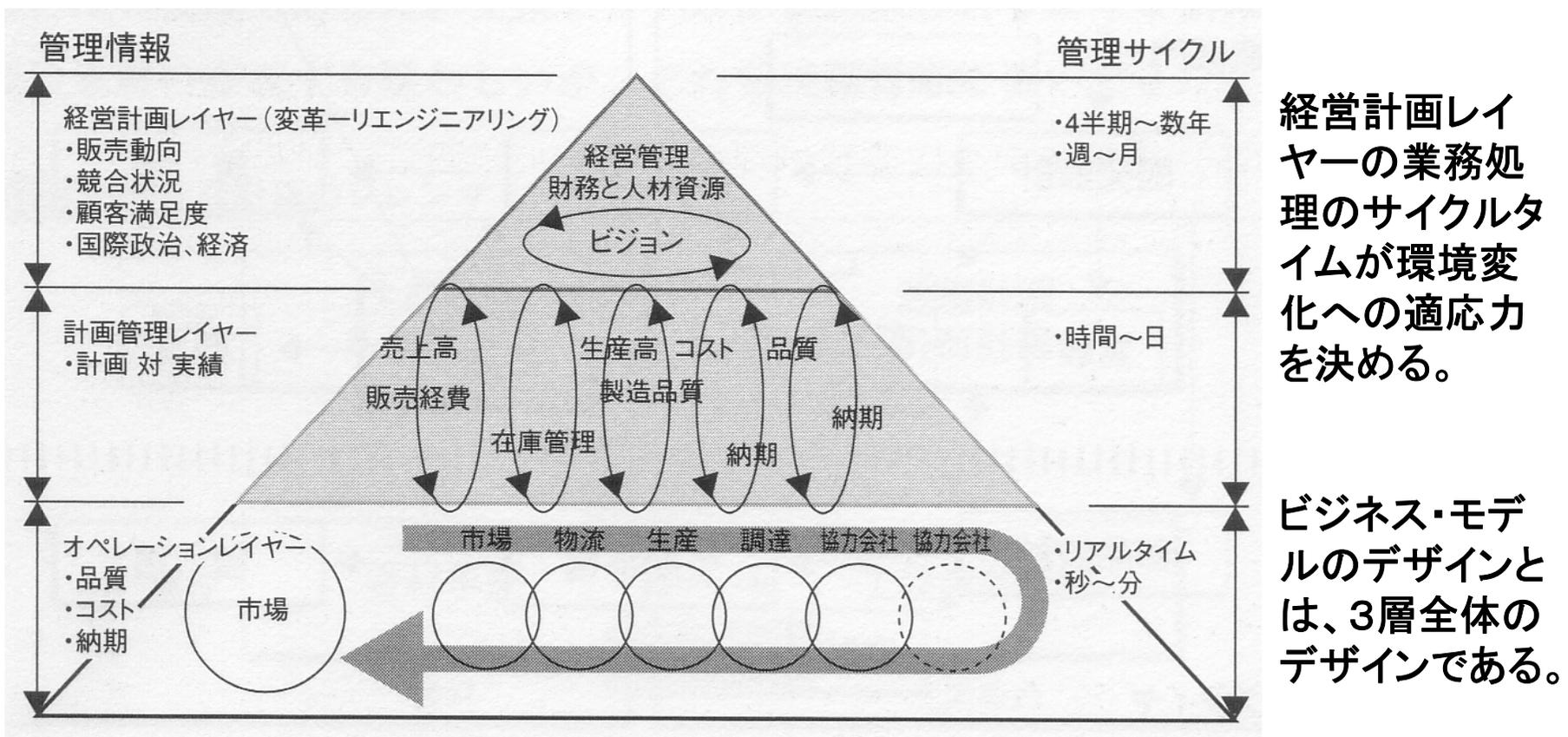


業態 : 組み立て産業、マス・マーケット向け商品、見込み生産方式

割合 : 50%以上

例 : 自動車産業、電子産業、家電産業など

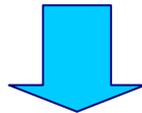
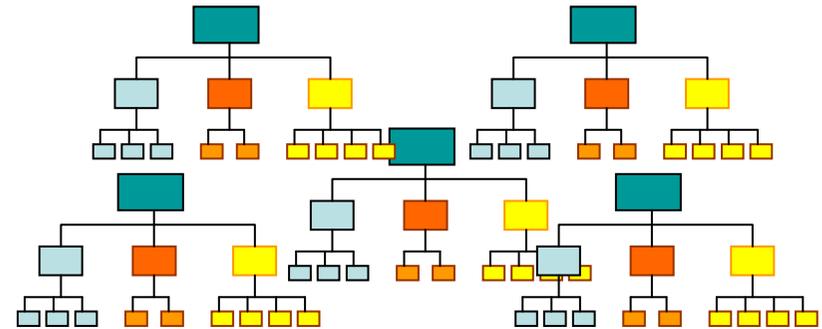
業務処理のサイクル時間で層別した3階層モデル



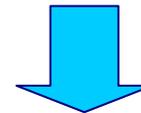
企業間連携の移り変わり



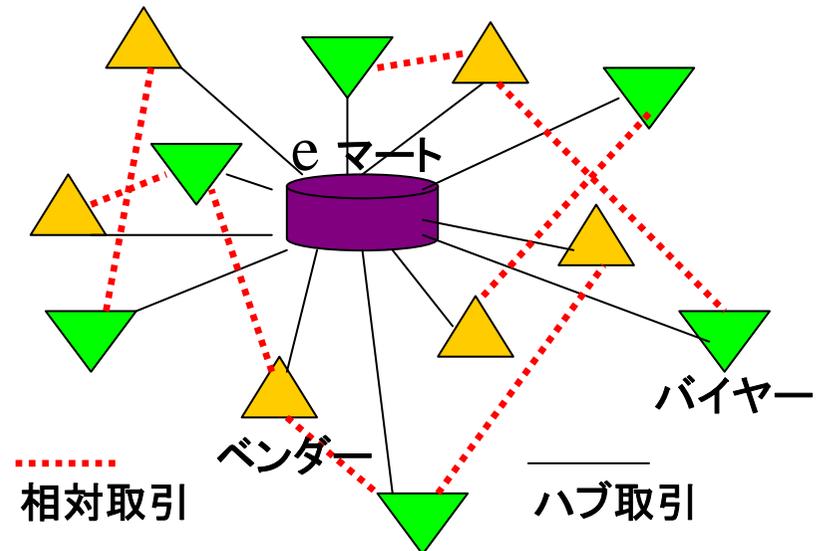
系列企業グループとして、
階層構造のデマンドチェーンと
サプライチェーン



平面的でオープンなITネットワー
ク市場を介した新しい企業間の
リンケージ



新しいリンケージや統合の例：
銀行、保険、鉄鋼、航空、商船、
自動車、半導体、PC...



バリューチェーン:

一般にはある特定の企業の商品やサービスに価値を付加する活動の連鎖に注目した表現。

サプライチェーン:

原料の段階から商品やサービスや情報が、顧客に届くまでの一連の供給の流れを示す表現。一連の供給の流れは、単一企業に限らず、複数社間での活動も含む。

デマンドチェーン:

商品やサービスの流れを、供給側の立場でなく、需要側の立場から表現する。すなわち、企業が顧客からの決め細かな要望に応えると同時に、更なる満足感を提供する一連の需要の流れを示す表現。

「バリューチェーンは、サプライチェーンやディマンドチェーンの本質であり、サプライチェーンやディマンドチェーンは、バリューチェーンの実現形である。」

バリューチェーン



戦略の基本 :

このプロセスのどこにどれだけの経営資源を投入するか？



80年代 : “製造”への多大な投資

FA化による製造プロセスのQCD(品質管理機能、コスト、短納期)
を顧客はプレミアム価値として認めた。

90年代 : 膨らんだ需要は収縮し、膨らんだ供給体制が残った。

⇒QCDだけでは売れない

⇒潜在需要を掘り起こす商品開発や、きめ細かなサービスを顧客は要望

⇒それにもかかわらず、企業は、製造プロセスに経営資源をかけ続ける

⇒顧客が感じる価値のパターンと企業の投下資源のパターンとのずれ

⇒そんな企業は、負け組

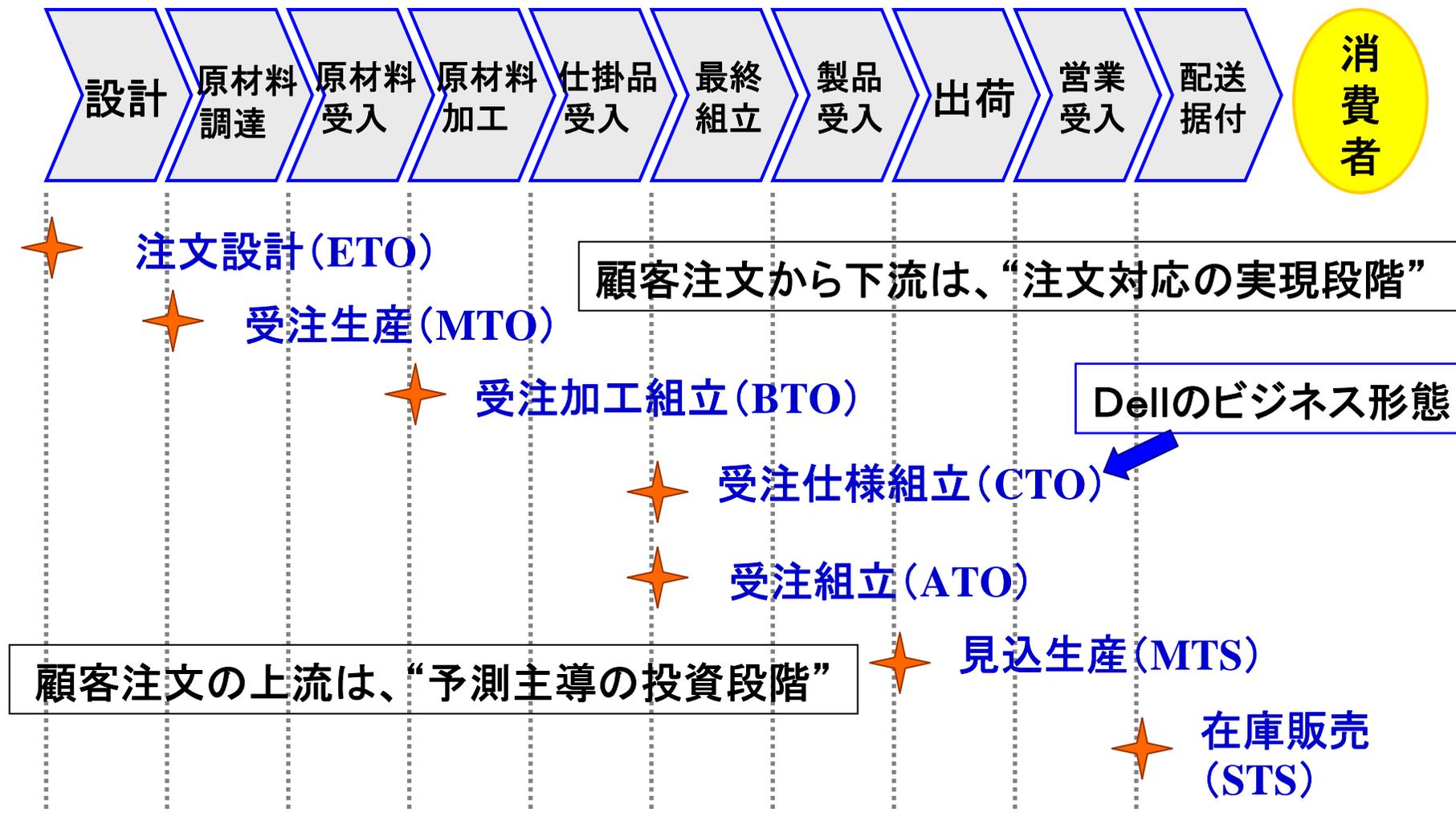
⇒事業の再設計、即ち、ビジネス・モデルの変革が必要

製造業のバリューチェーンにおける注文対応形態



どの段階で顧客をとることにするか？

★ 顧客注文の受入段階



【補足】

受注設計 **ETO** = Engineer to Order

受注生産 **MTO** = Make to Order

受注加工組立 **BTO** = Build to Order

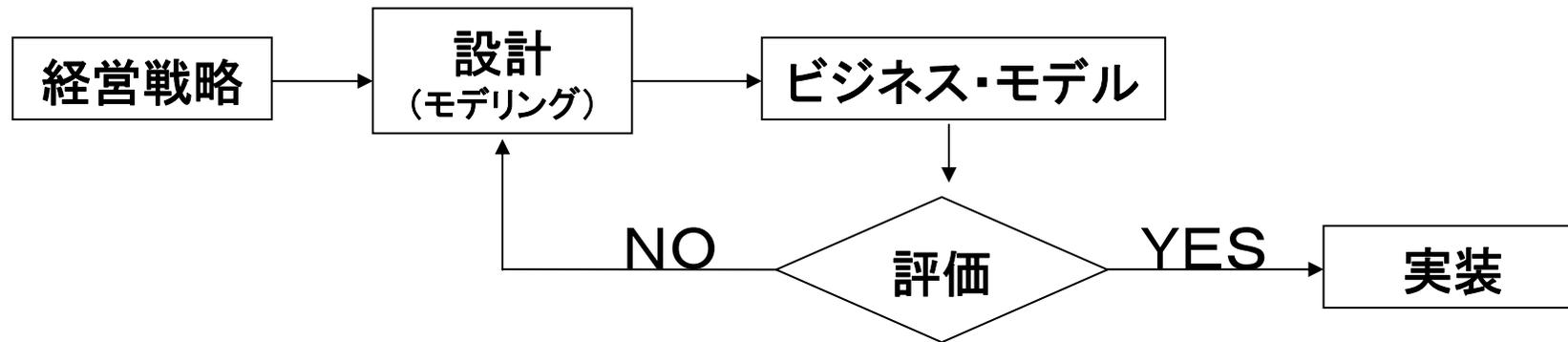
受注仕様組立 **CTO** = Configure to Order

受注組立 **ATO** = Assemble to Order

見込生産 **MTS** = Make to Stock

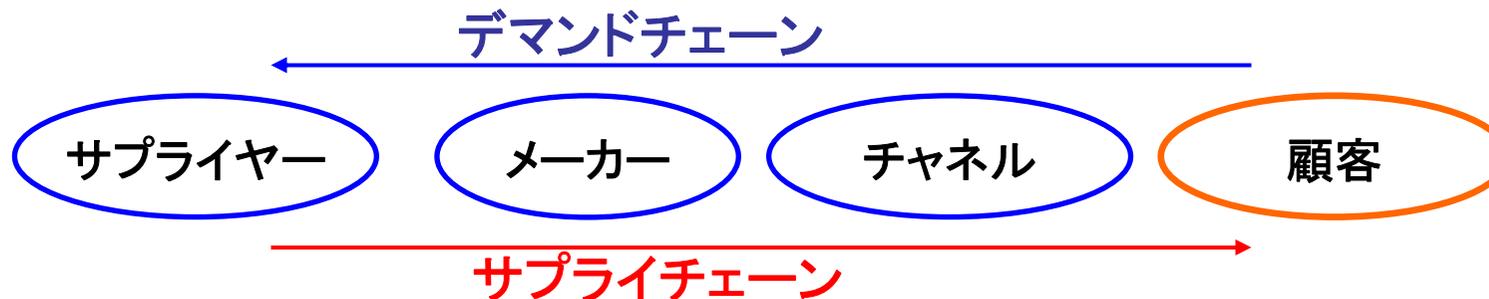
在庫販売 **STS** = Ship to Stock

ビジネス・モデルの評価(1/2)



ビジネス・モデルの評価のポイント(製造業の場合)

- ① スピードを上げるための全ビジネス・プロセスの処理時間の削減
- ② 市場の歪を形成し競争優位を確立するための独自性
- ③ デマンドチェーンを重視した、サプライチェーンとのバランス

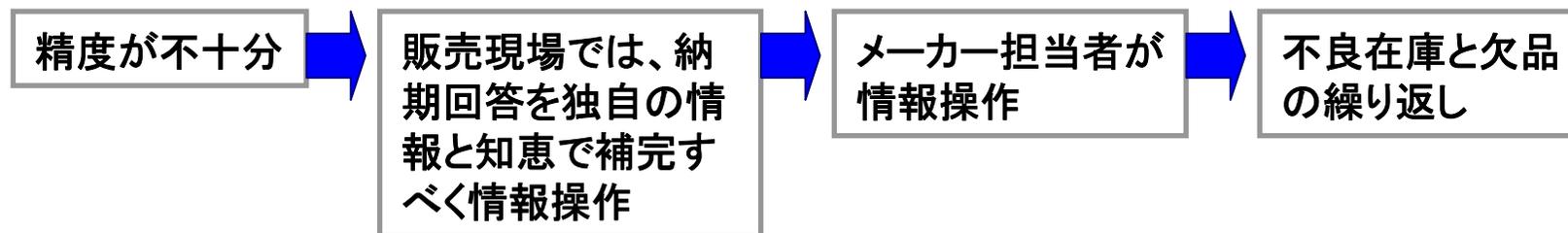


ビジネス・モデルの評価(2/2)



④ 販売計画と販売予測の精度

⑤ 納期回答の精度(納期遵守率)



⑥ 原価計画の精度

企業系列で固めていたサプライヤからの調達が多かった時代は精度が高かった。
グローバル経済の下、企業系列が使えなくなった今は...

⑦ サプライヤとの共存共栄戦略と共有する市場戦略

⑧ 製品開発プロセスを共有するサプライヤの開発リードタイムと供給リードタイム

⑨ 最終組み立てプロセスの評価基準は、部品在庫、工程内在庫、生産のリードタイム

⑩ チャンネル(特約店や小売店:バイヤ)との協調度の評価

顧客企業の組織化と積極的な顧客開発
事業・製品の選択と集中
国際サービスの標準化と強化
積極的なブランド管理
成長を促進する能力の開発
将来の金利上昇による設備や運転資本の財務コスト増への備え

リアルタイムでの情報共有
経営管理サイクルの高速化
デマンドチェーンの開発
サプライチェーン全体から費用を削減する力
消費者との直接的会話や直接販売
ITによる営業費用の削減

MOTの経営学より引用

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

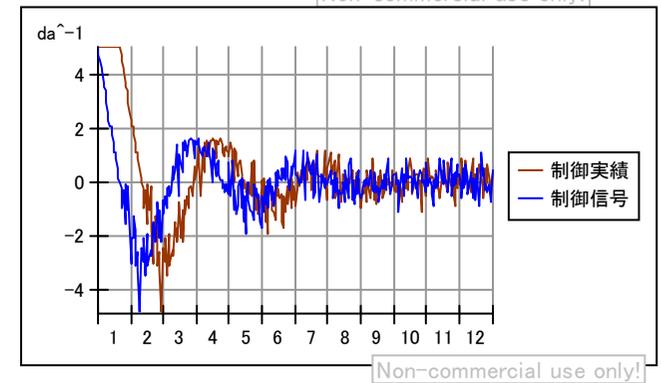
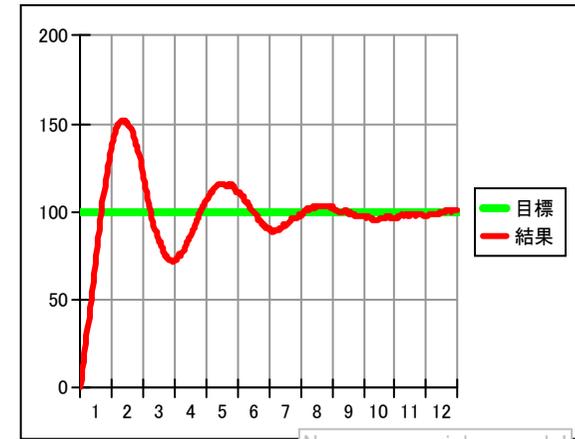
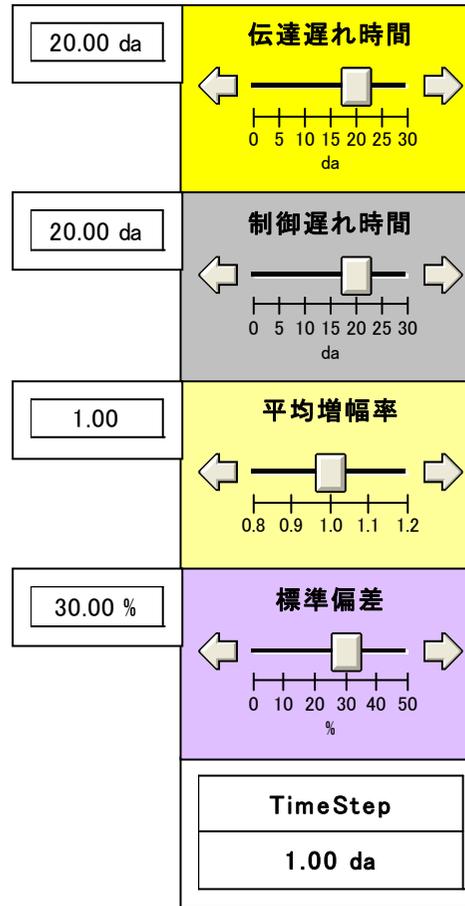
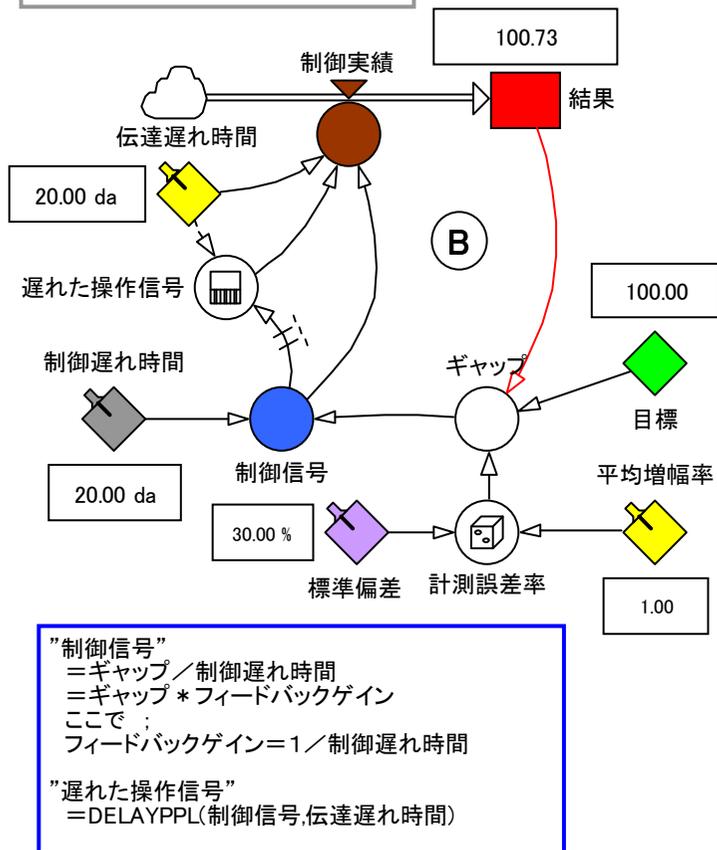
- (1) 経営結果を正確に計測する。
- (2) 目標と実績のギャップに対して対策を講ずる。
一回の修正操作で行なう制御量のそのギャップに対する割合を、適切に設定する。
- (3) 操作する制御量が確定したら、その情報を修正操作を実行する担当部署に早く伝える。

原子経営モデルの振動

ビジネス評価のプリンシパル



経営問題の要点



計測誤差率 : フィードバックに使う経営結果の計測値を読み違える割合
 平均情報遅れ時間 : 予実のギャップに対して一回の操作で修正する割合
 伝達遅れ時間 : 修正の制御信号を伝える遅れ時間

確認事項

- (1) 結果の計測値を、20%楽観視、20%悲観視すると結果はどうか？
- (2) ギャップに対する修正操作を1日で全て実行するとどうか？
- (3) その時、伝達遅れ時間がなかったら、結果はどうか？
- (4) 伝達遅れ時間を20日として、制御遅れ時間を変化させたとき、結果はどうか？
- (5) このシステムにバランス・ループは存在するか？
- (6) 制御遅れ時間と伝達遅れ時間によって、このシステムの安定性はどのようになったか？

重要事項

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・ループに2つ以上のレベルが存在する。

ただし、遅れは関数として表現するのではなく、レベルを使った原型表現とする。

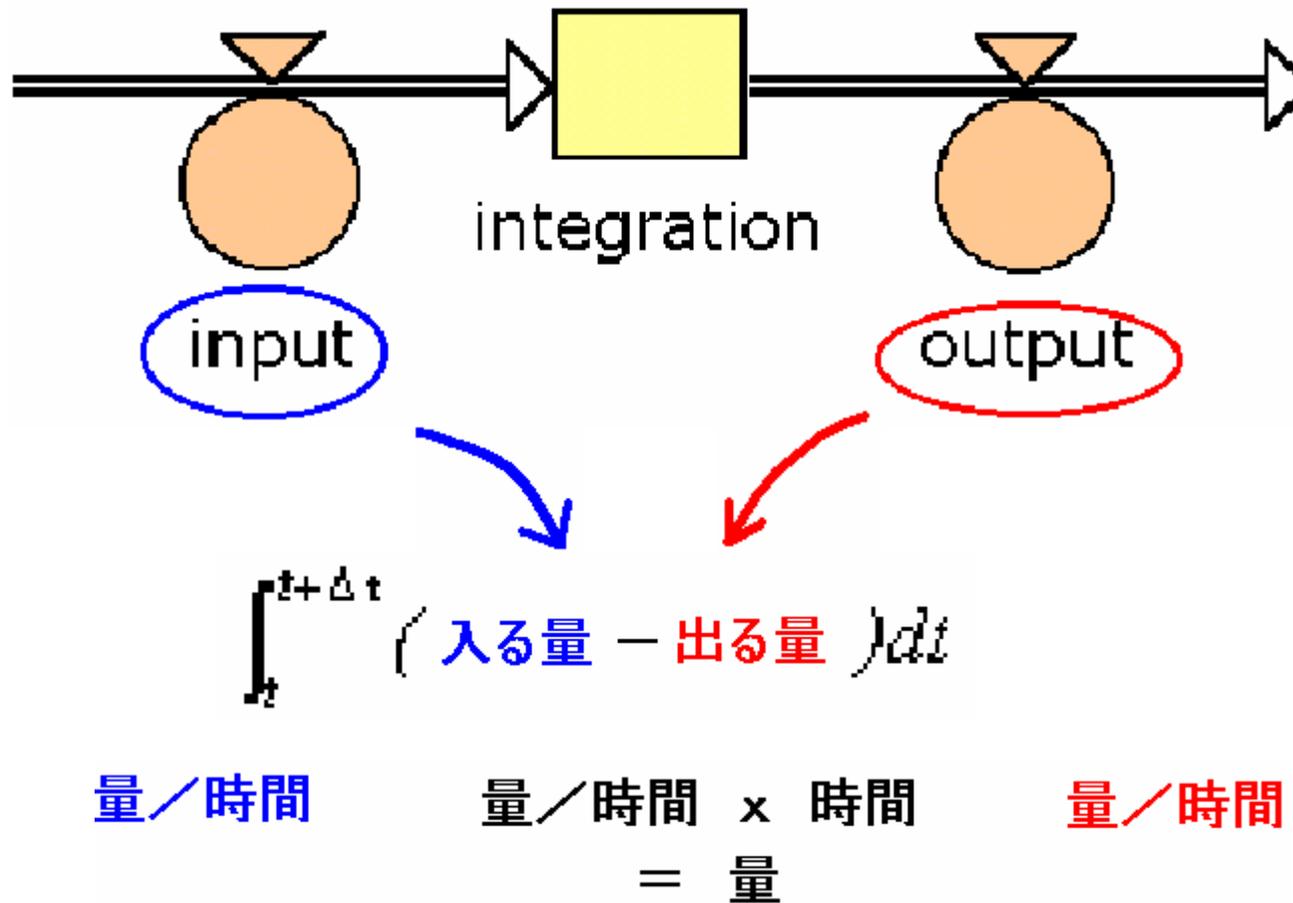
遅れ

遅れの説明の概要

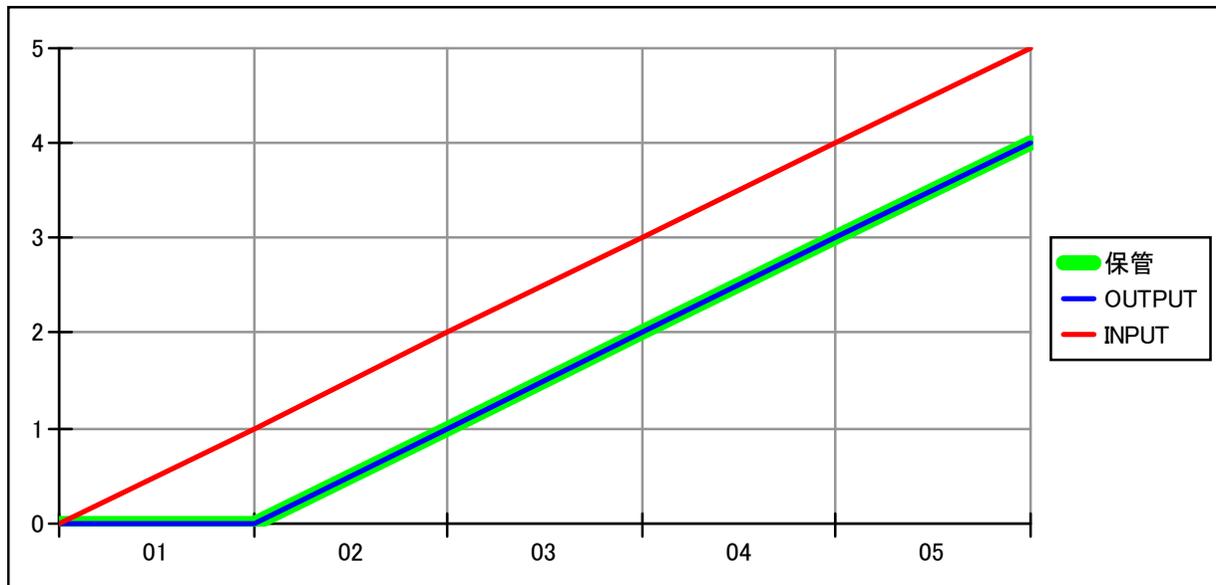
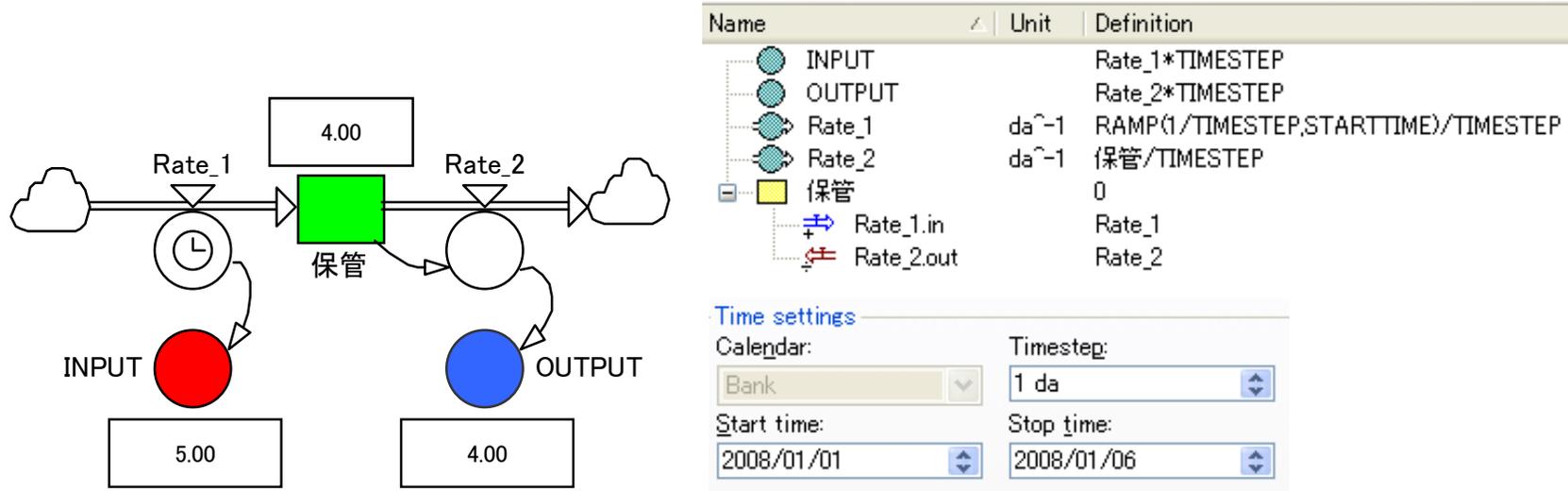
1. SDでは、フローの結果がレベルに到達するまでに、ほぼ刻み時間 (timestep) に等しい時間が必要である。
2. 遅れには、単体の遅れや、統制の取れた軍隊のような集団の遅れである「パイプライン遅れ」と、ばらばらに行動する個体が形成する集団の遅れである「物の遅れ」と「情報の遅れ」とがある。
3. 集団の遅れでは、遅れ時間を「平均遅れ」の概念で表現する。
4. 高次の遅れとは、1次の遅れが連続して発生する場合であり、情報の遅れではカスケードに連続し、物の遅れではタンデムに連続する。
5. パイプライン遅れは、高次の物の遅れにおけるタンデムの各段の遅れが刻み時間 (timestep) に等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。

レベルとフローによる積分

→ 積分の図式表現



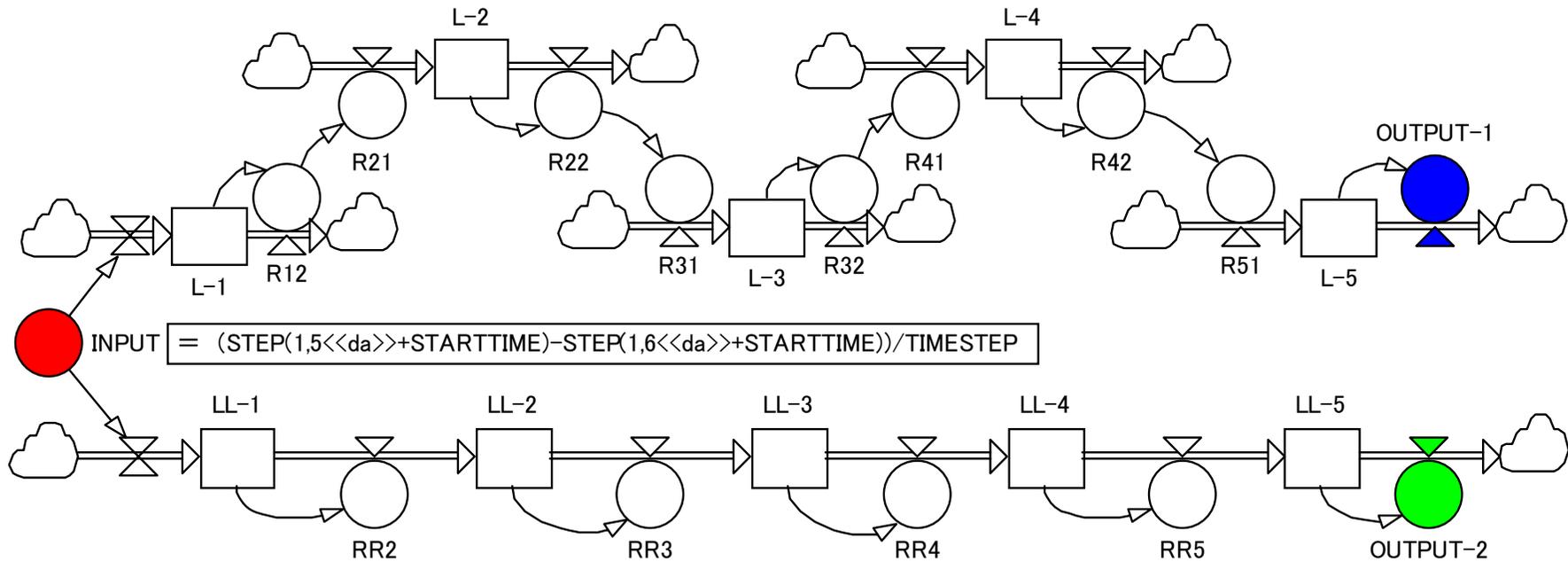
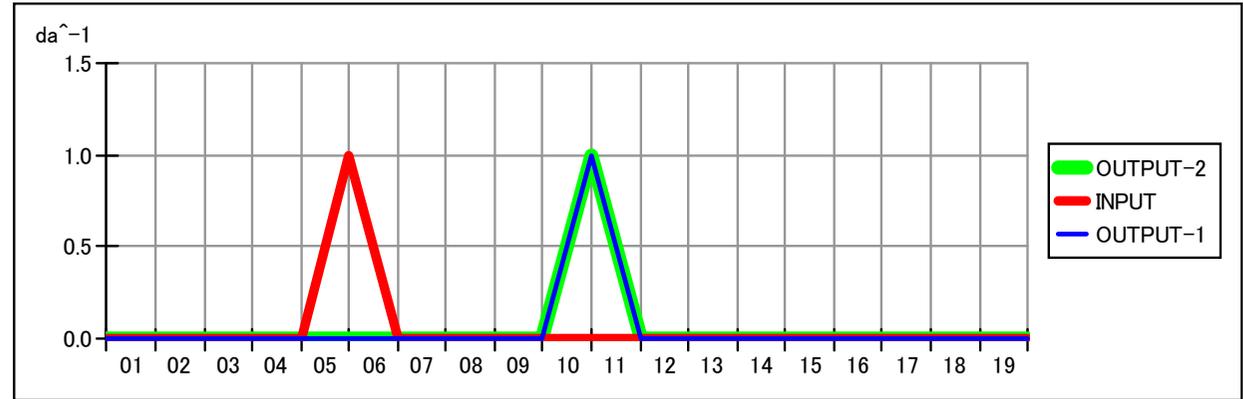
レベルで発生する遅れ



レベルで発生する遅れ. sip

パイプライン遅れ

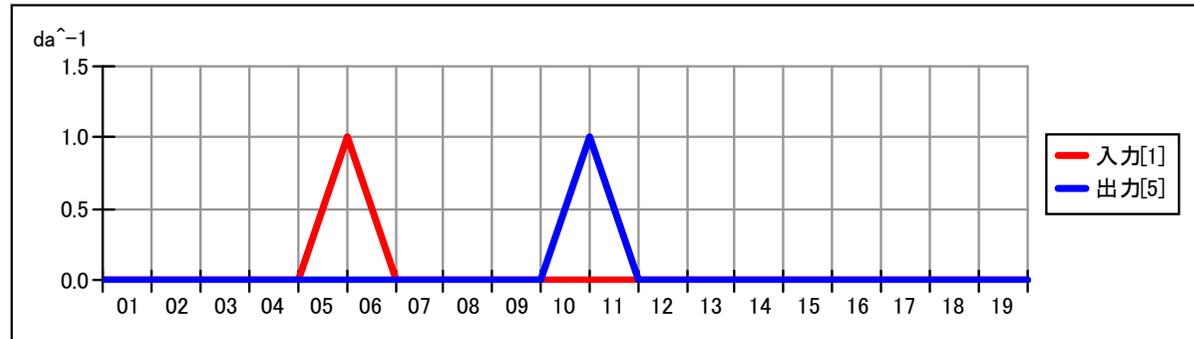
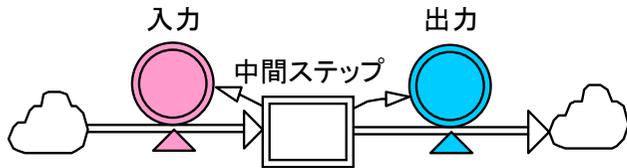
原理的な表現



パイプライン遅れ (2/2)

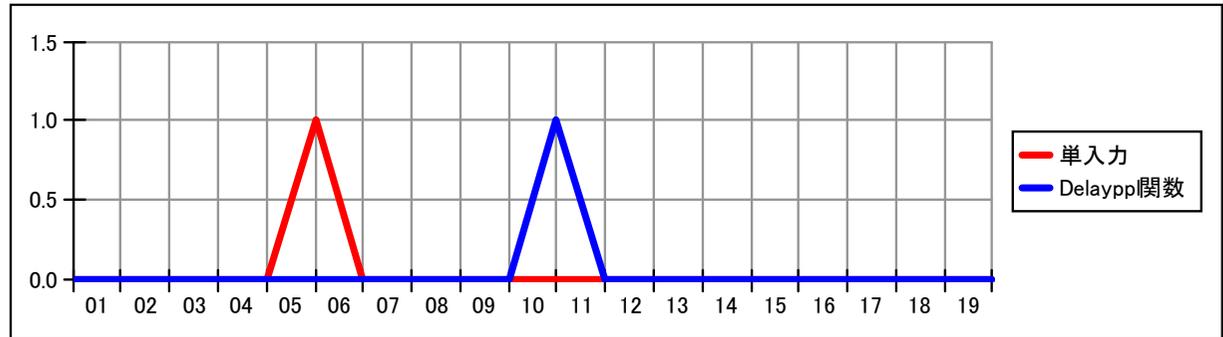
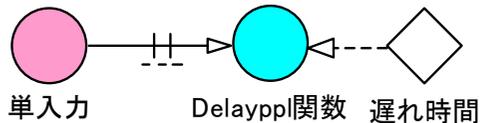


配列による表現



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)

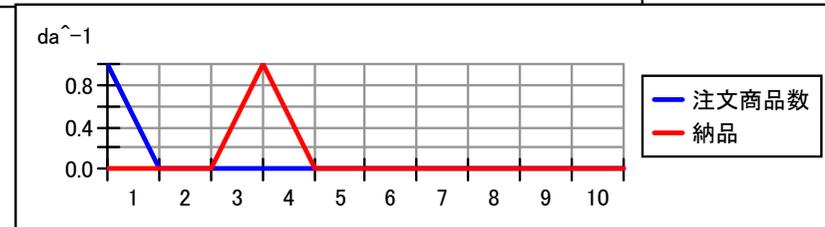
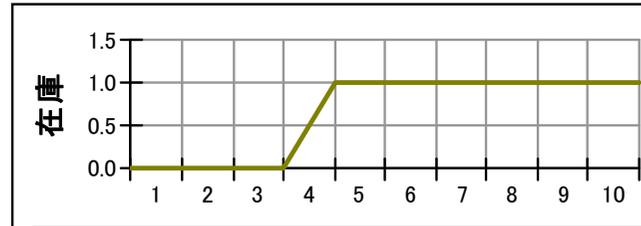
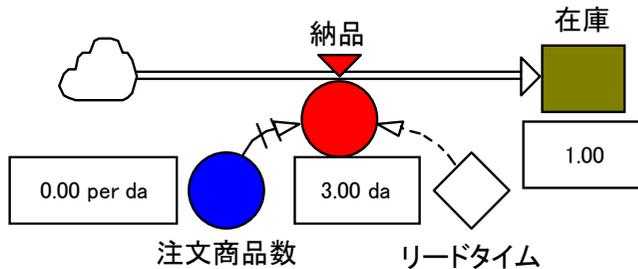
単純な遅れ



単体の遅れ. sip

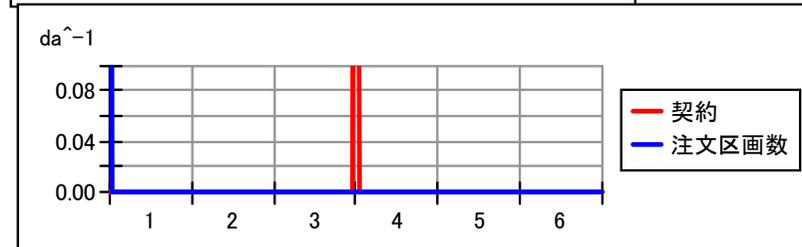
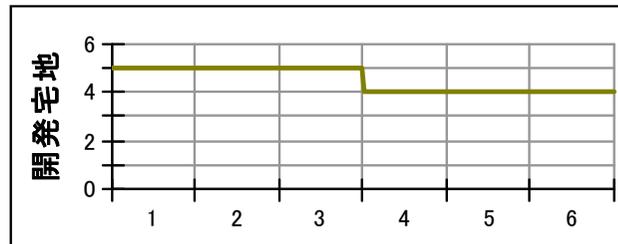
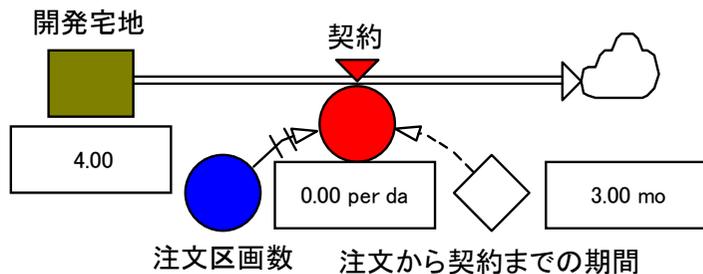
⇒パイプライン遅れ、ベルトコンベア遅れ

シミュレーション条件
 timestep = 1 day
 starttime = 2006/1/1
 stoptime = 2006/1/10



納品 = DELAYPPL(注文商品数, 'リードタイム', 0/TIMESTEP)

シミュレーション条件
 timestep = 1 days
 starttime = 2006/1/1
 stoptime = 2006/7/1



契約 = DELAYPPL(注文区画数, '注文から契約までの期間', 0/TIMESTEP)

集団の“平均遅れ時間”とは？(1/2)



平均遅れ時間の定義

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	

集団の“平均遅れ時間”とは？(2/2)



1. 一番沢山のアリが集まったのが最初の10分間だからそのとき来たアリが普通のアリだよ。
2. 全部集まるまでにおよそ90分かかったんだから、その半分の40分から50分の間に来たアリが普通のアリだよ。
3. アリが集まるのにかかった時間を皆足してね、それをアリの数で割って計算するんだよ。

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

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

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

$$= 23 \text{分}$$

または、

アリが集まるのにかかった平均時間

$$= \sum \{ (\text{グループのアリの数} \div \text{アリの総数}) \times \text{グループの平均時間} \}$$

$$= 23 \text{分}$$

Studioでは「遅れ」の発生する構造で区別して、2種類の「遅れ」を定義している。

①物に関する遅れ時間

フローで持ち込まれた変数が加工などを加えて、フローから放出されるまでの平均リードタイムを言う。

②情報に関する遅れ時間

フローに持ち込まれた目標値などの変数の内容が、レベルに完全に伝えられるまでの平均リードタイムを言う。

それぞれの遅れのプロセスが1度だけ実行される場合が1次の遅れであり、それが重ねて繰り返される場合が高次の遅れである。

入力変数が、timestep(刻み時間)の整数倍($n = \text{遅れ時間} / \text{timestep}$)だけ単純に遅れる「パイプライン遅れ」場合は、その倍数 n 個だけレベルをタンデムに並べればモデルはできあがる。

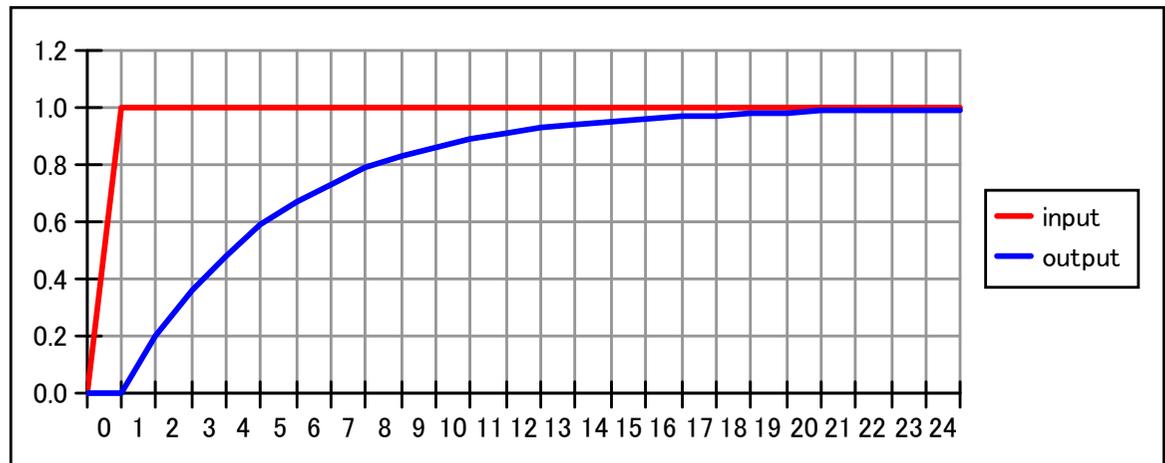
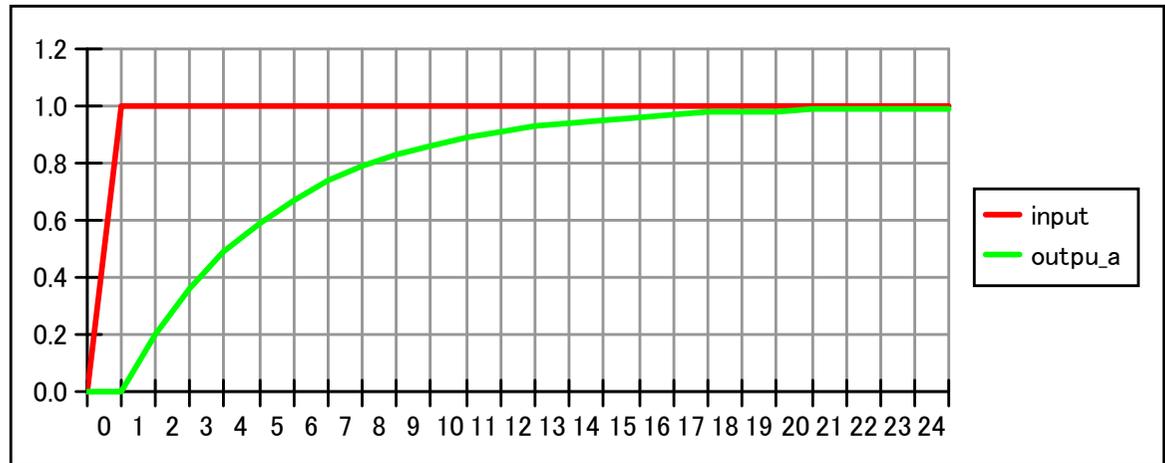
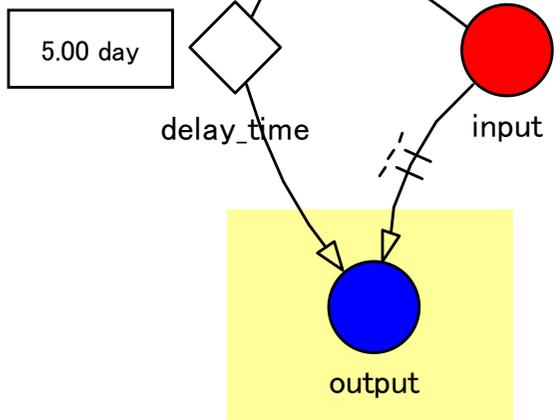
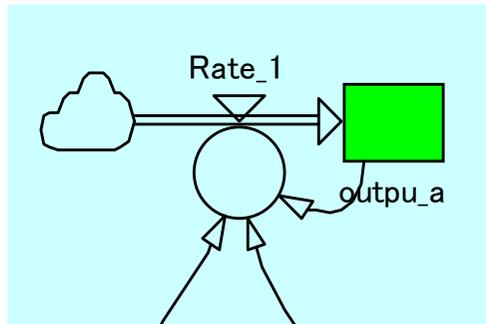
これは n 次の「物に関する遅れ」の構造であるから、パイプライン遅れは、物に関する遅れの特殊なケースとして分類できる。

情報に関する遅れ(1/2)



DELAYINF
order=1
delay_time=5day

delayinf-1.sip

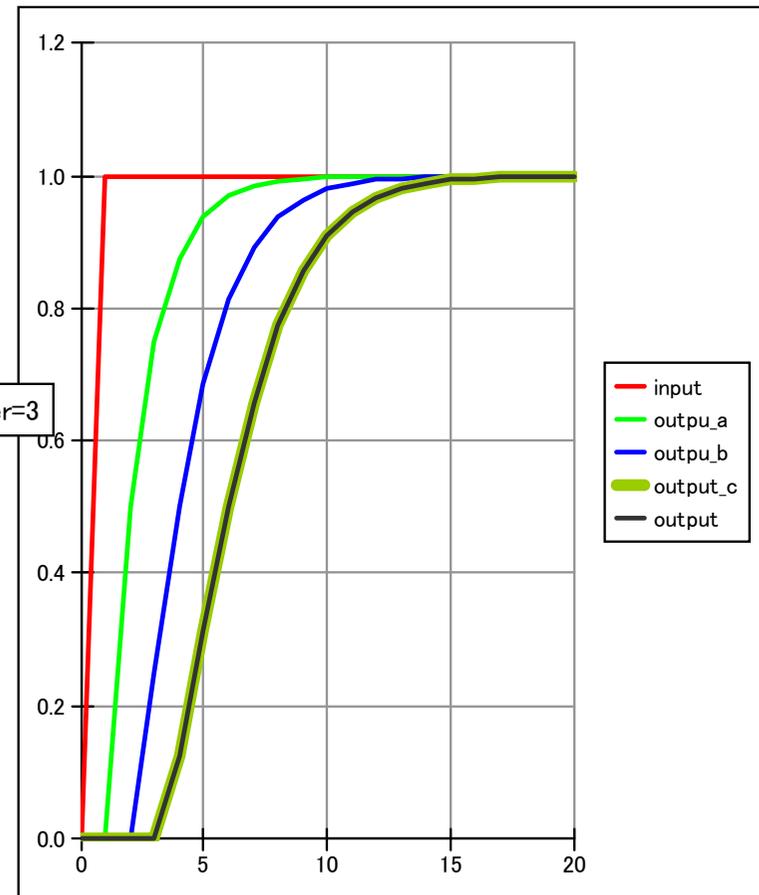
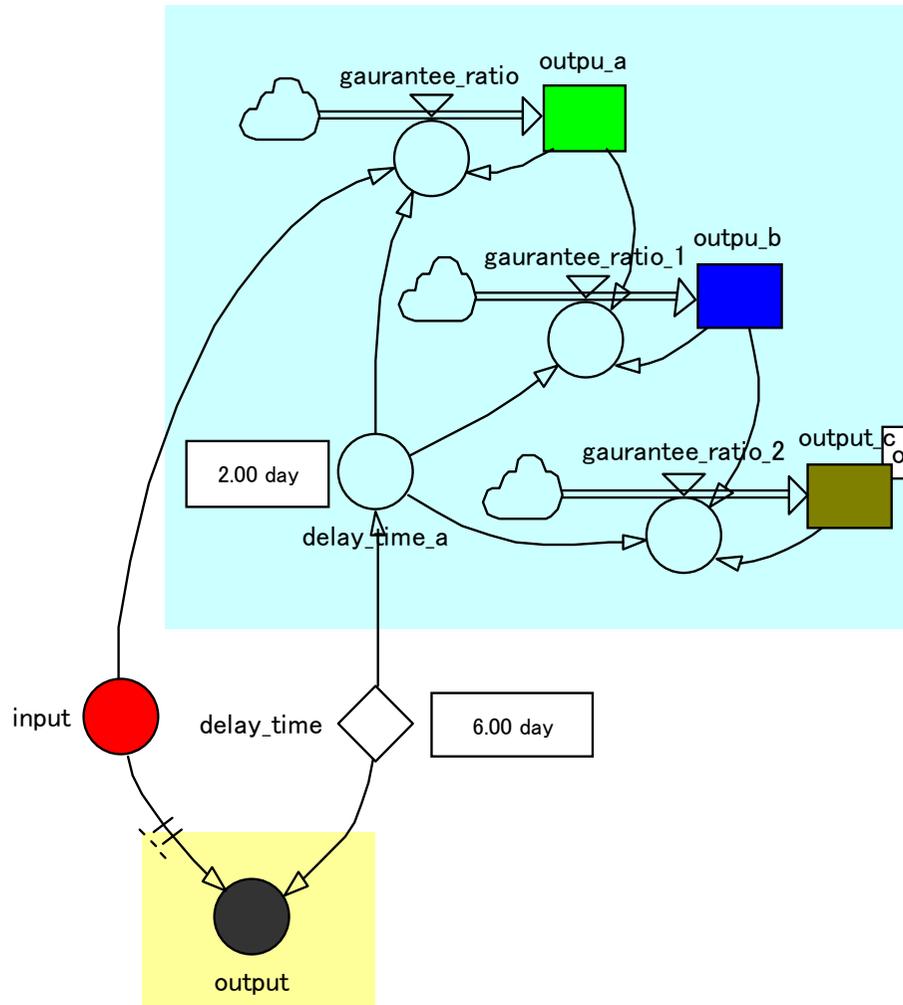


情報に関する遅れ(2/2)



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

delayinf-3. sip

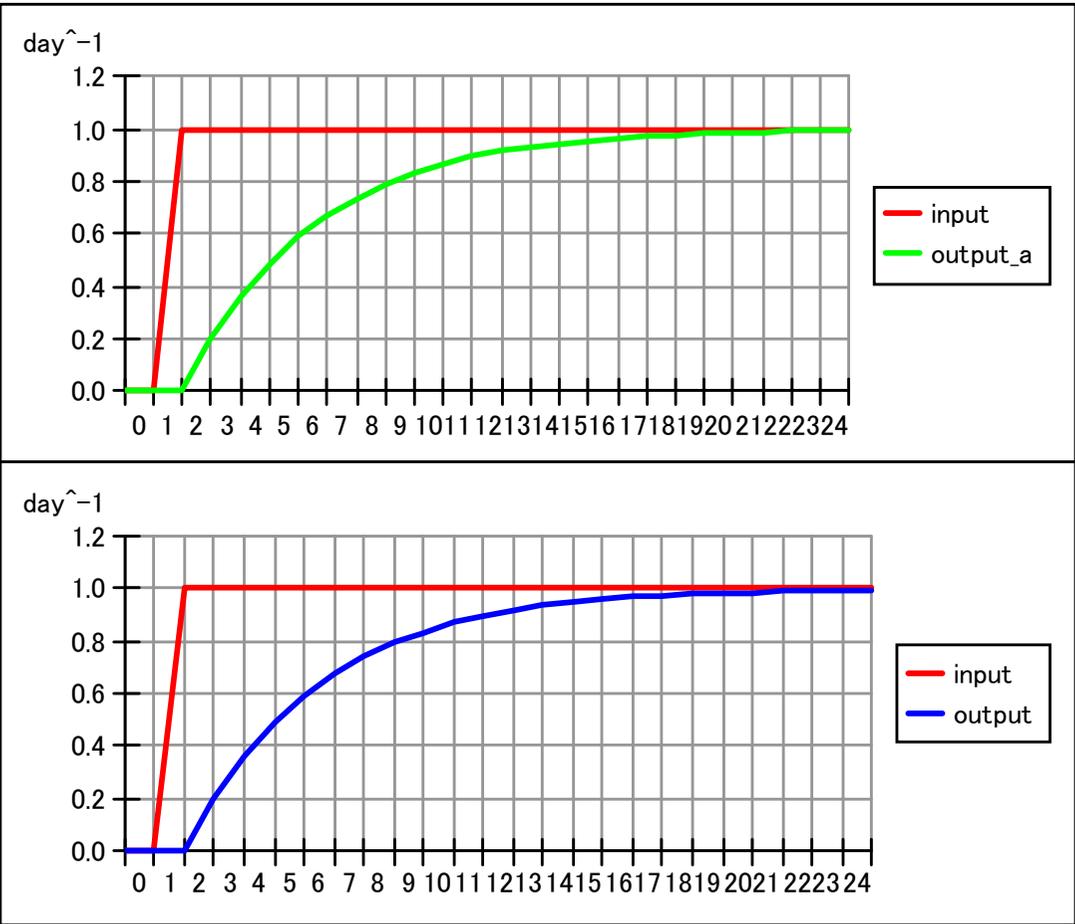
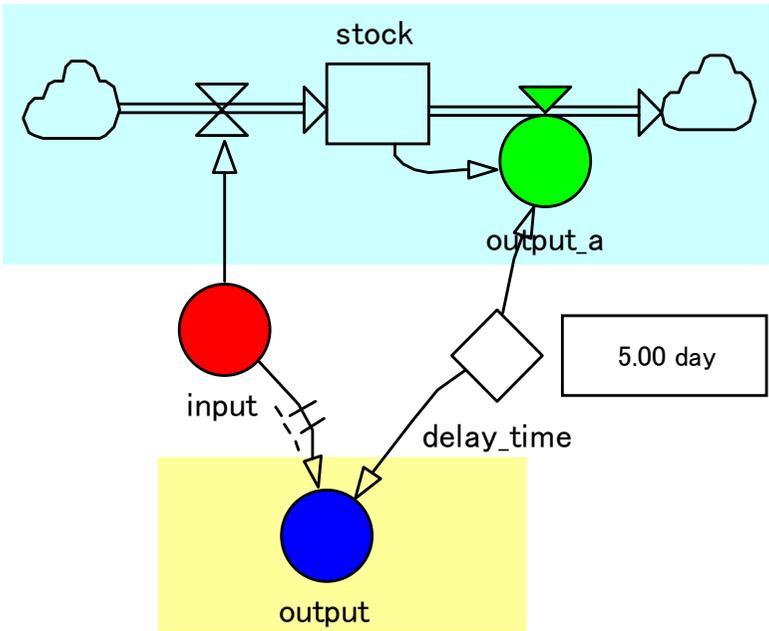


物に関する遅れ(1/2)



delaymtr-1.sip

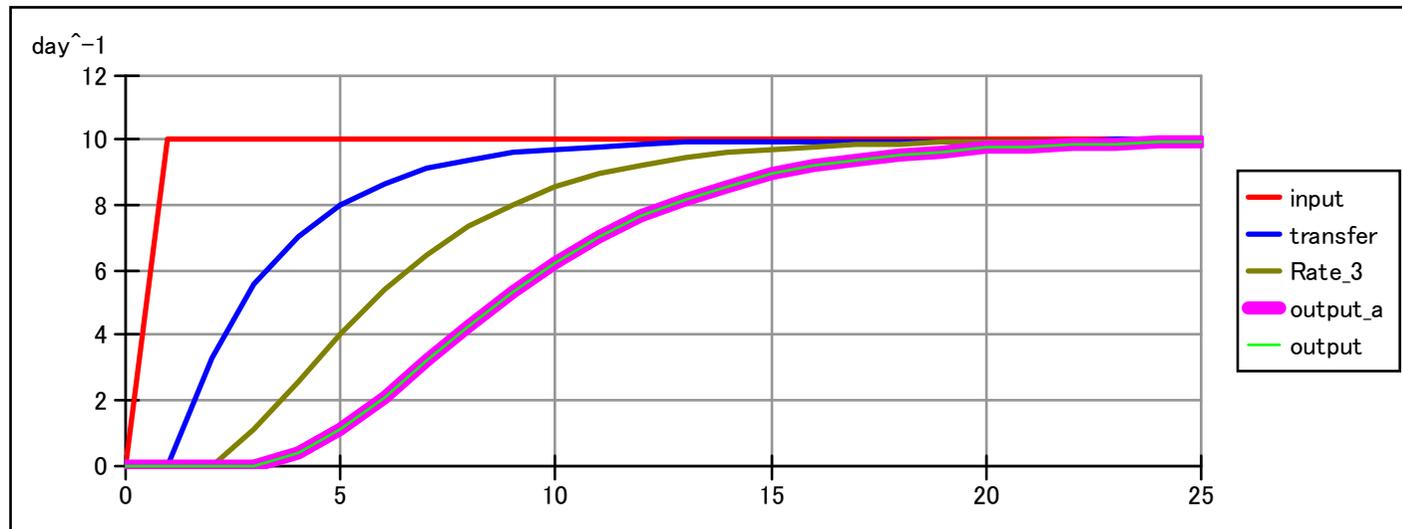
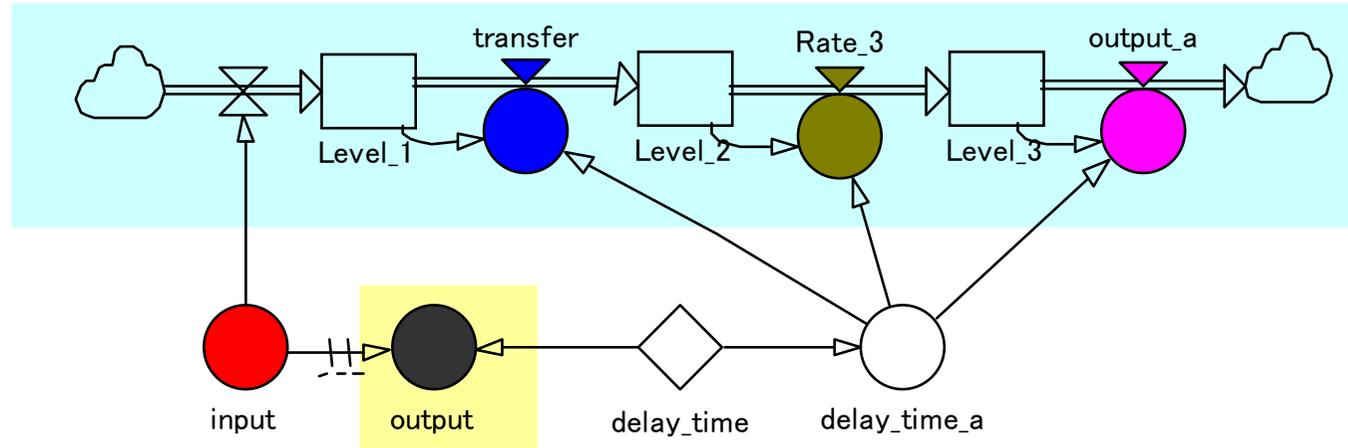
DELAYMTR
order=1
delay time=5day



物に関する遅れ(2/2)



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

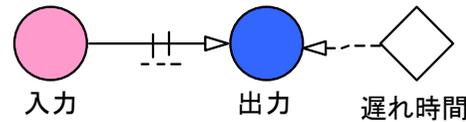


delaymtr-3.sip

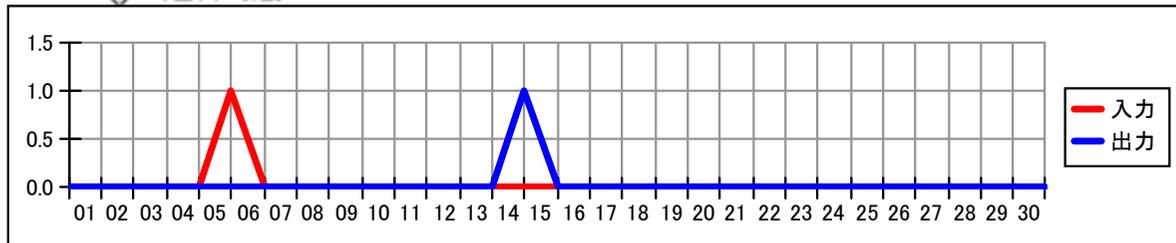
物の遅れとパイプライン遅れの関係

DELAPPLによる遅れ

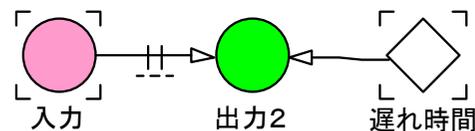
遅れ時間	9.00 da
------	---------



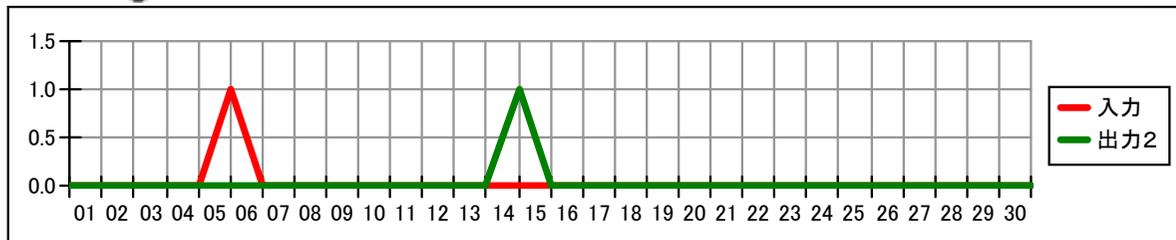
● 入力 STEP(1,5<<da>>)+STARTTIME)
 ● 出力 DELAYPPL(入力,遅れ時間)
 ◇ 遅れ時間 9<<da>>



DELAMTRによるパイプライン遅れ



● 出力2 DELAYMTR(入力,遅れ時間,INTEGER(遅れ時間/TIMESTEP))



(1) 遅れ時間の条件
 一次の「物の遅れ」で、遅れ時間が timestep より短くなると、発散する。
 遅れ時間 \geq timestep の必要あり。

(2) 高次の「物の遅れ」において各段の遅れ時間
 $= (\text{全体の遅れ時間} / \text{次数})$
 したがって、各段の「遅れ時間」
 \geq timestep

(3) 「物の遅れ」の各段の遅れ時間 $=$ timestep の場合
 次数は、
 全体の遅れ時間 / timestep となる。

この場合、「Delaymtr関数」と「Delayppl関数」の「遅れ時間」は、上記の「全体の遅れ時間」のことである。
 両者の関数の挙動は、全く同じである。

パイプライン遅れと物の遅れの関係. sip

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。

次回への続き“遅れ”

1. “遅れ”の及ぼすビジネスの挙動への影響
2. ビジネスにおける縮小均衡を体験（演習）

第4回 宿題



課題1

第4回のテキストを読み直して、以下について理解していることを確認する。

- SDにおけるシステム・アプローチの3種類の活用法とは？
- 感度分析とは？ 最適化とは？ リスク分析とは？
- システムズ・シンキングのモデル表記：因果関係図（CLD）と時系列挙動図
- ビジネスにおける遅れの表現とその及ぼす影響

課題2

付録3に沿ってPs Studio 7 Demo Free をダウンロードして、自分のPCにインストールする。

課題3

ダウンロードしたStudioで卸販売モデルが実行できることを確認した後、そのモデルをメールに添付して、担当教員まで送付する。松本 matsu@posy.co.jp

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・ダイナミックスとは？



システム・ダイナミックス(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