

STIM (科学技術経営) 分科会

経営技術としての
システム・ダイナミックス

July 19, 2007

POSY Corp. 松本憲洋

matsu@posy.co.jp

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

- システム・ダイナミックスの概要
by 松本憲洋
- 経営技術教育における活用の事例
by 松本憲洋
- ITの投資対効果の評価プロセスにおける活用の事例
by 近藤史人
- 付録 1 SD と Ps Studio の概要

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。

S D S : System Dynamics Society

<http://www.systemdynamics.org>

J S D : システム・ダイナミクス学会日本支部

http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsd/index_j.html

SDとは？

システム・ダイナミクスは、政策の分析と設計のために、コンピュータを使うやり方である。

“**自動制御工学**”と“**経営学**”とを起源とし、物理学、生物学、あるいは社会システムの複雑な動特性を理解して管理するために用いる。

方法論としては**情報のフィードバック**と相互的あるいは循環的な**因果関係**に基づく考え方を用いている。

企画立案と方針設計

公共経営と公共政策

生物学的 / 医学的なモデリング

エネルギーと環境問題

自然科学と社会科学における理論開発

動的的意思決定

複雑で非線形なダイナミックス

SDは世界の経営で何に使われているか？



モデリングとシミュレーションの活用事例



企業経営への応用
工業への応用
環境問題への応用
意思決定への応用
経営教育への応用
政策問題への応用

シミュレーションによる価値の伝達と共有
システム内の未来情報を顕在化し現場で活用

概要

システム・ダイナミックス

1943年 **ENIACプロジェクト**開始: モーチリ、エッカート、ノイマン
砲弾の弾道シミュレーション

1946年 **Whirlwind(つむじ風)プロジェクト**開始: J.W.フォレスター
リアルタイム・フライト・シミュレーション

高度防空計画の策定
演算速度向上、休止時間短縮、磁気記憶装置の装着

1956年 J.W.フォレスター MITスローン経営大学院へ招請
コンピュータによるシミュレーション実験
「システム・ダイナミクス」
コンピュータで方程式のテスト → 結果の合理性をチェック
↑ 方程式を修正 ←

景気循環の研究

産業部門の潜在的不安定性をシミュレーションするモノポリーゲーム
ビールの流通過程を利用 ビールゲーム

因果関係の表現

生産すれば在庫は溜まる。

販売すれば在庫は減る。

フィードバックの表現

在庫が増えれば、生産を減らす。

在庫が減って品切れが発生すれば、生産を増やす。

遅れの表現

物に関する遅れ:

材料が入荷しても製造は一度にはできない。

製品は少しずつ出荷される。

情報に関する遅れ:

成功した。でも噂は少しずつしか伝わらないから

直ぐにはブランドが確立しない。

制御を社会系問題に適用 → SD



自動制御理論

工学系の分野

ブロック線図

R.F.Selfridge(1955年)

CSMP(1967年)

時間応答 周波数応答

多種類の積分法

SD(システム・ダイナミクス)

社会系の分野

フロー・ダイアグラム

J.W.Forrester(1956年)

DYNAMO(1959年)

時間応答

オイラー法 ルンゲ・クッタ法

**結局、連続系の非線型多元連立・常微分方程式の
初期値問題を解くこと**

システムのアプローチ



目的: 複雑な社会における
動的挙動を取り扱う

説明: 複数の要素が、秩序を
維持するための前提
条件を、互いに供給し
合う関係を把握する。

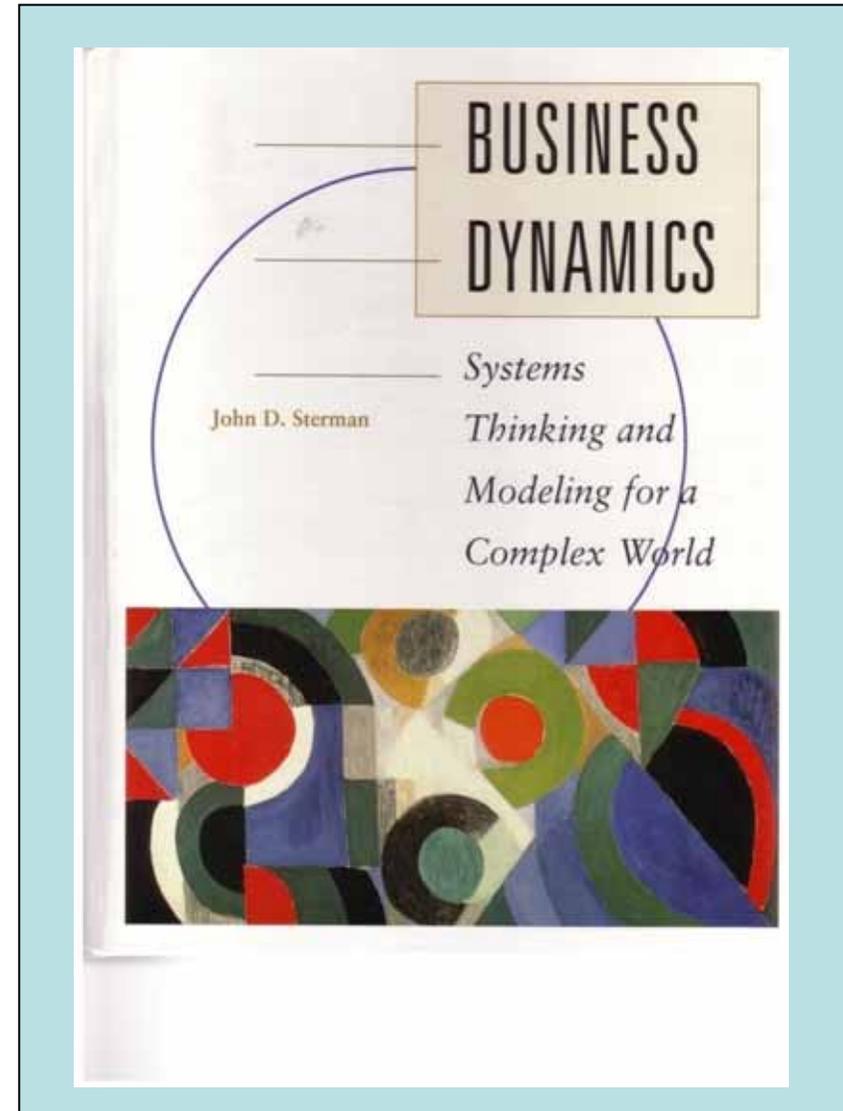
Prof. J.W. Forrester (MIT)

System Dynamics

Industrial Dynamics

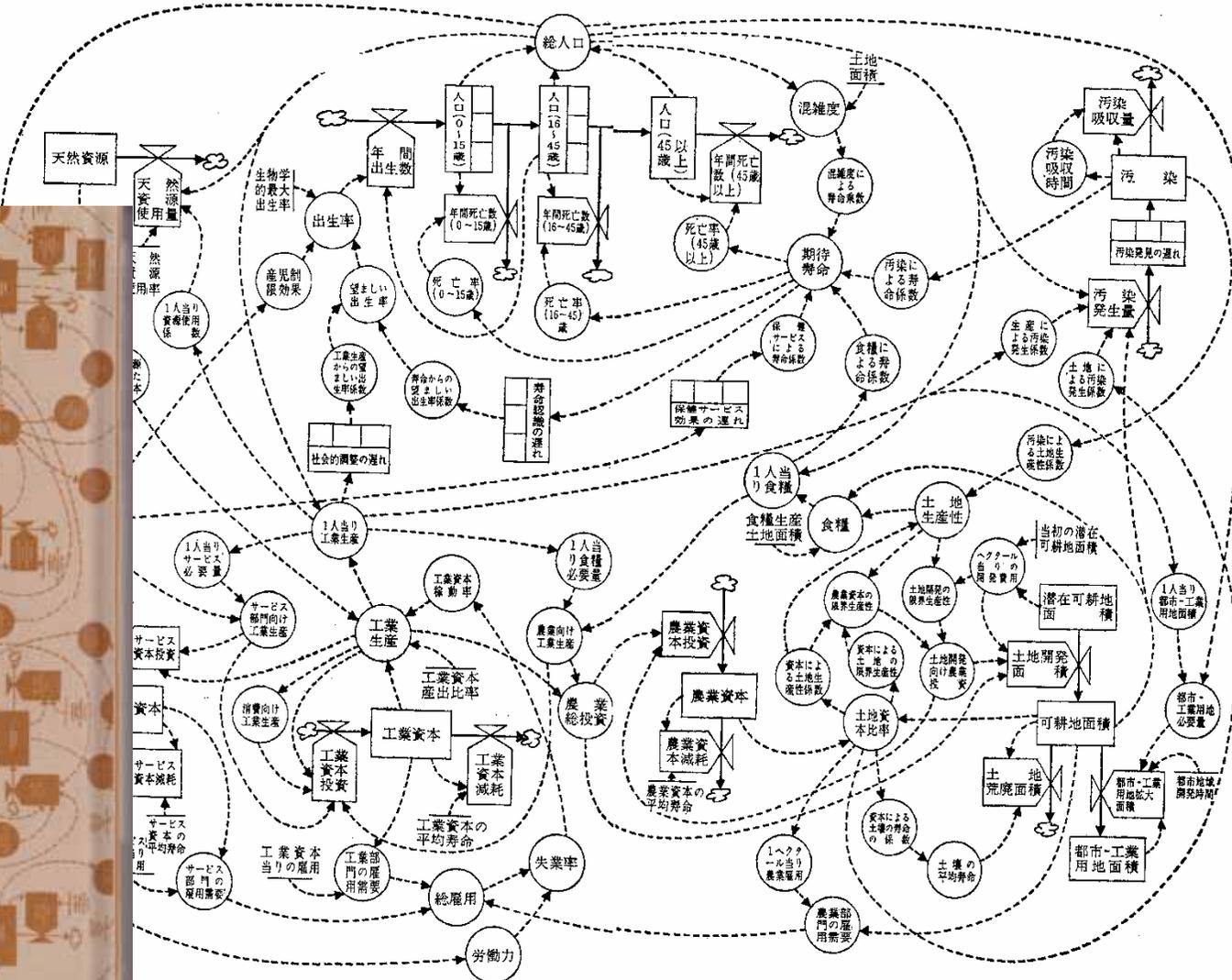
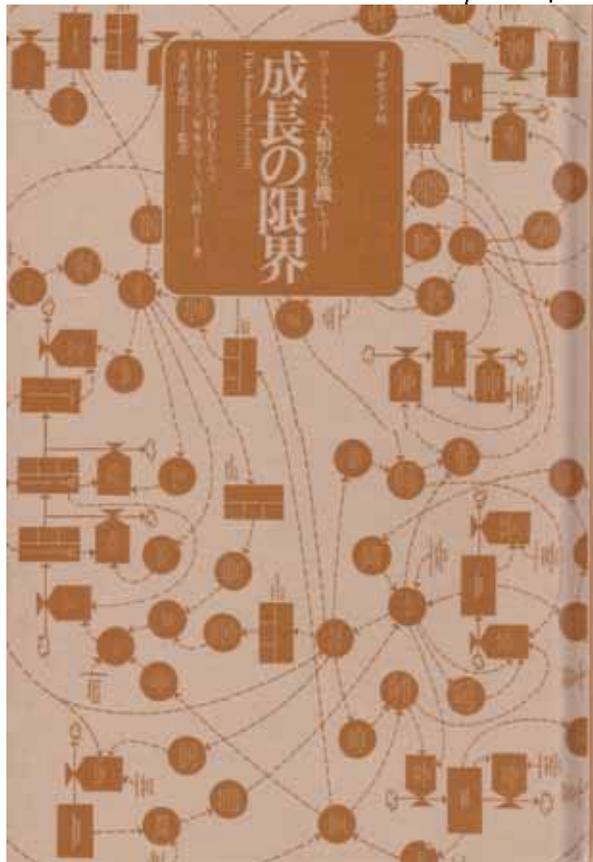
Urban Dynamics

World Dynamics



現在のシステムのアプローチの教科書

システム・ダイナミックスの活用例 : 世界モデル



世界モデルの全体が、システム・ダイナミックスの正式な用語を用いた流れ図によって示されている。レベル、あるいは直接はかれる物理量は長方形□で示され、このレベルに影響するレート(バルブ)▽によって示される。レートの方程式に作用する補助変数は円○で示され、時間遅れは長方形内の区画□によってあらわされる。人口、財貨、貨幣等の実際の流れは実線の矢印→で、因果関係は点線の矢印-->で示される。雲形☁はモデルの行動に対して重要でないような発生源や終端をあらわしている。

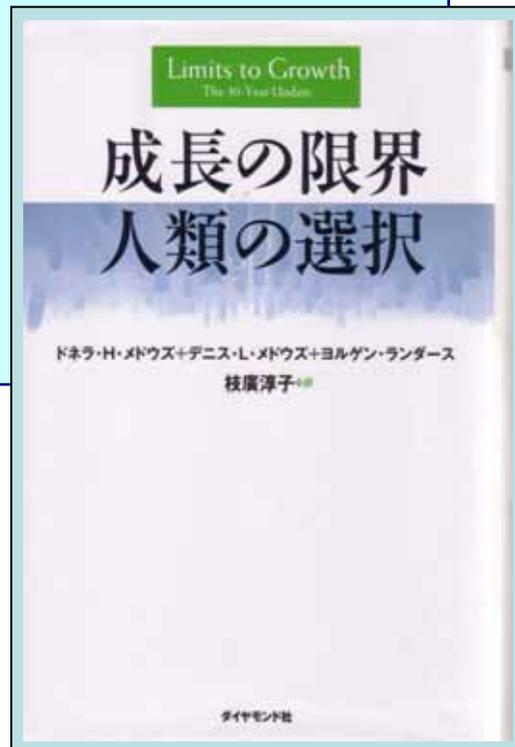
1972年出版

matsu@posy.co.jp

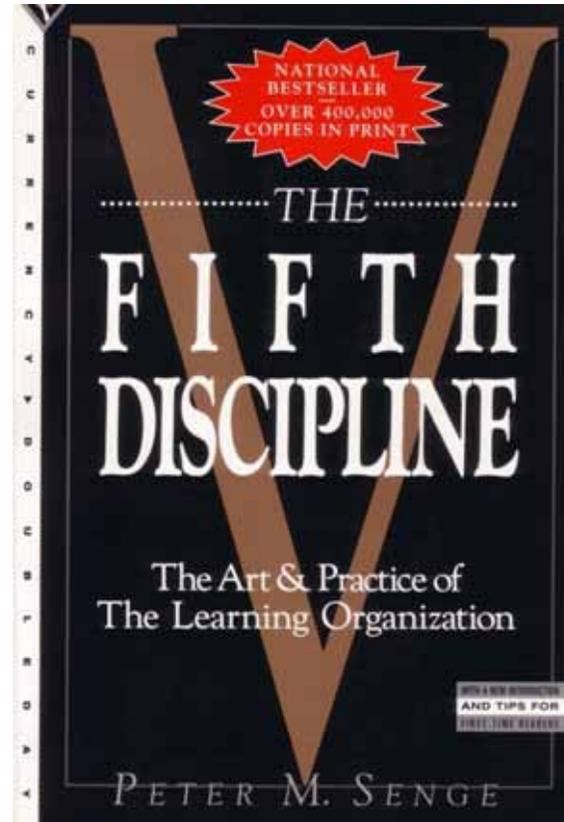
図 26 世界モデル
研究・技術計画学会 STIM分科会

生きるための選択

限界を超えて



セングの学習する組織



邦訳：最強組織の法則

Systems Thinking
(システム思考)

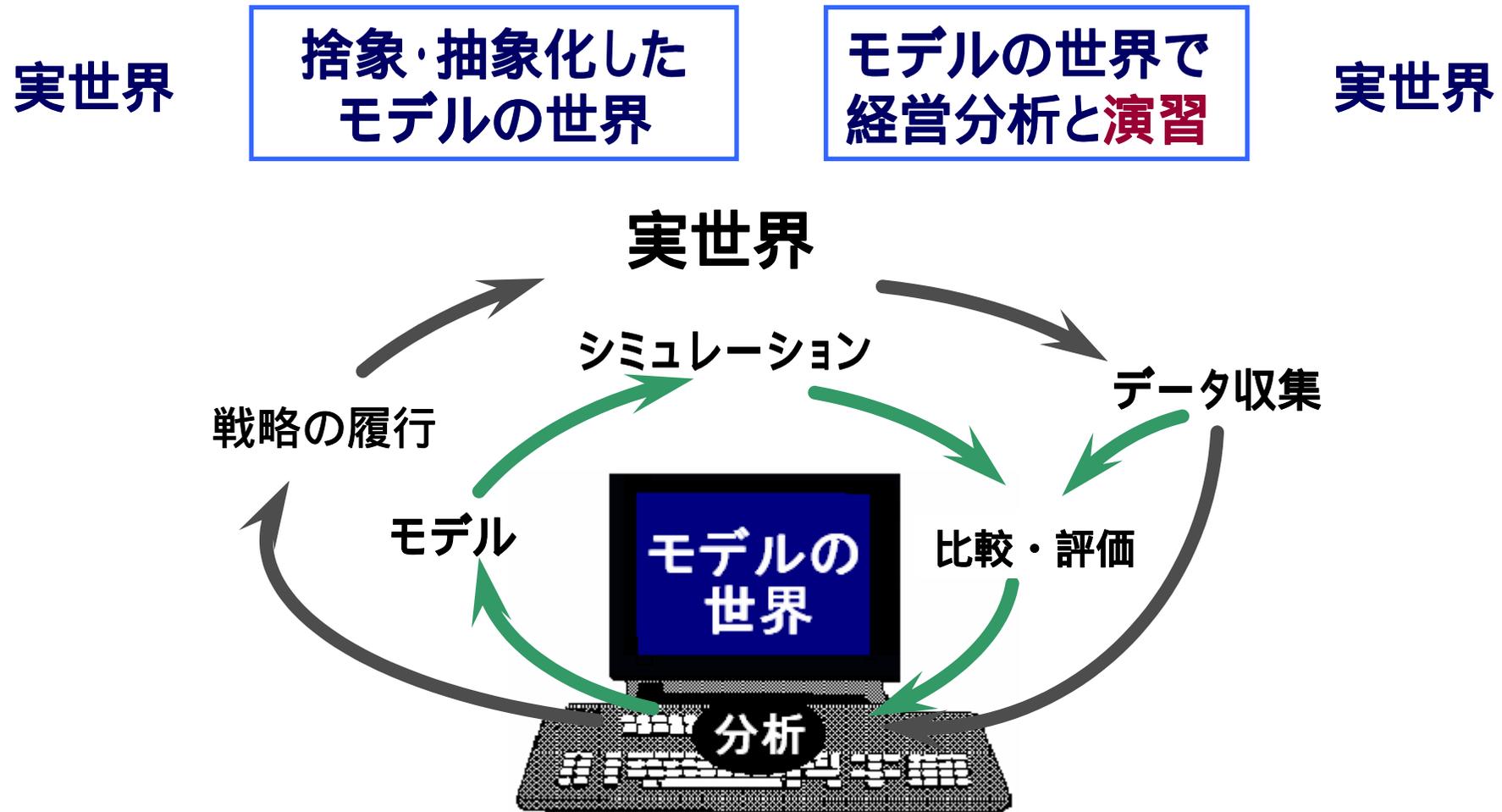
Personal Mastery
(自己マスタリー)

Mental Models
(メンタルモデルの克服)

Building Shared Vision
(共有ビジョンの構築)

Team Learning
(チーム学習)

モデリング&シミュレーションのプロセス



“モデル”とは？



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。

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。

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

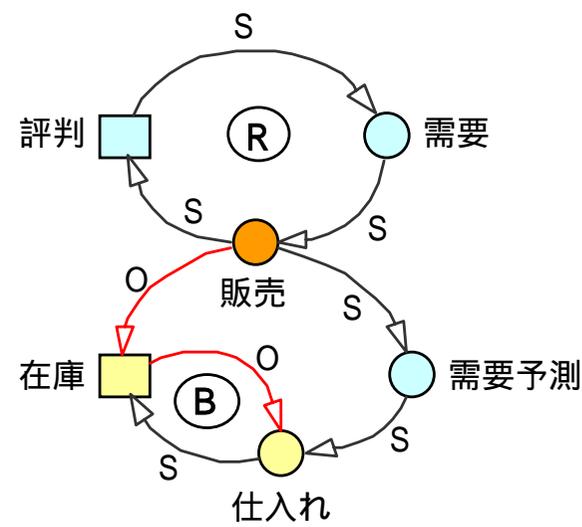


戦略立案・修正
経営条件の探索
最適な情報投資
 長・短期の人事戦略
 リスク低減と回避策
 外部変動の分析
 BSCの目標設定
 BSCの仮説検証

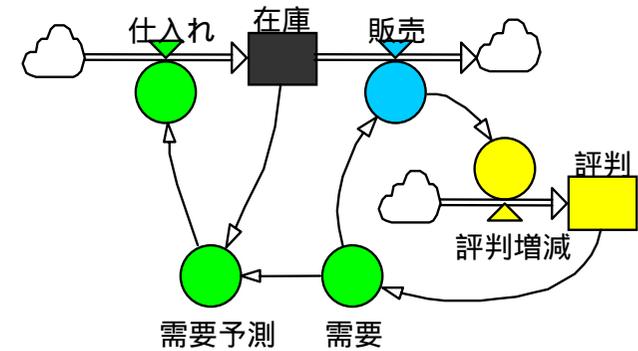
戦略シミュレーション
 感度分析 最適化
 リスク評価 リスク管理
 . . .



視点：会社経営

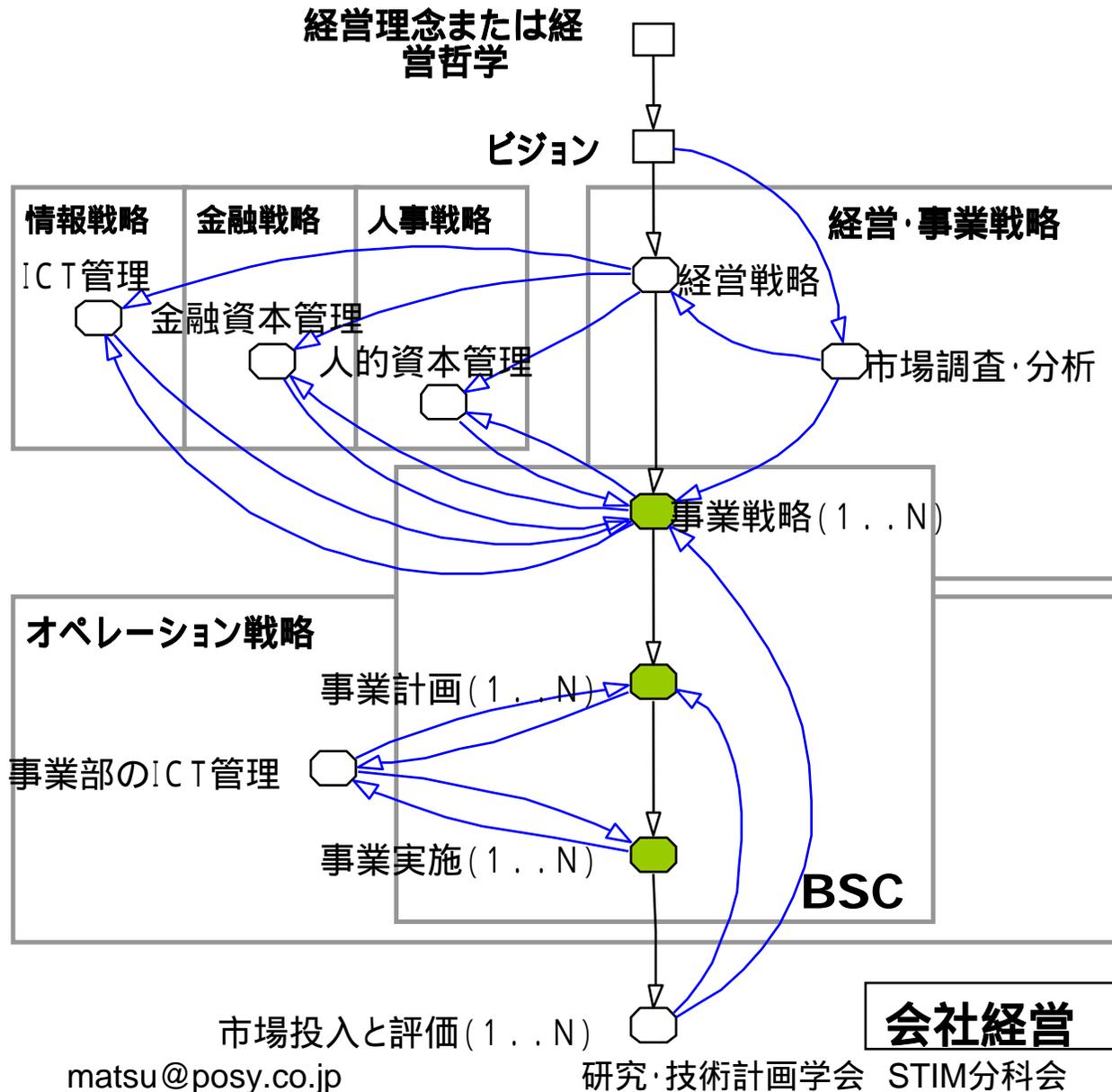


業務要素の関係



仮想経営のための
 SDモデル

経営プロセスにおけるSDの活用



期待できる効果

- 戦略立案における仮説検証と結果の推定
- 業務プロセスモデルの最適設計
- ポートフォリオの策定
- 長期・短期の人事戦略の策定
- 経営リスクの低減と回避
- 最適オペレーション条件の探索
- 社会・経済変動の影響の把握
- 効果的な情報投資の策定
- BSCの目標値の設定と仮説の検証・適合など

制御向け

MATLAB/SIMULINK

(サイバネットシステム株式会社)

システム・ダイナミックス向け

Ps Studio <http://www.powersim.com>
<http://www.posy.co.jp>

Vensim

ithink/Stella

mystrategy

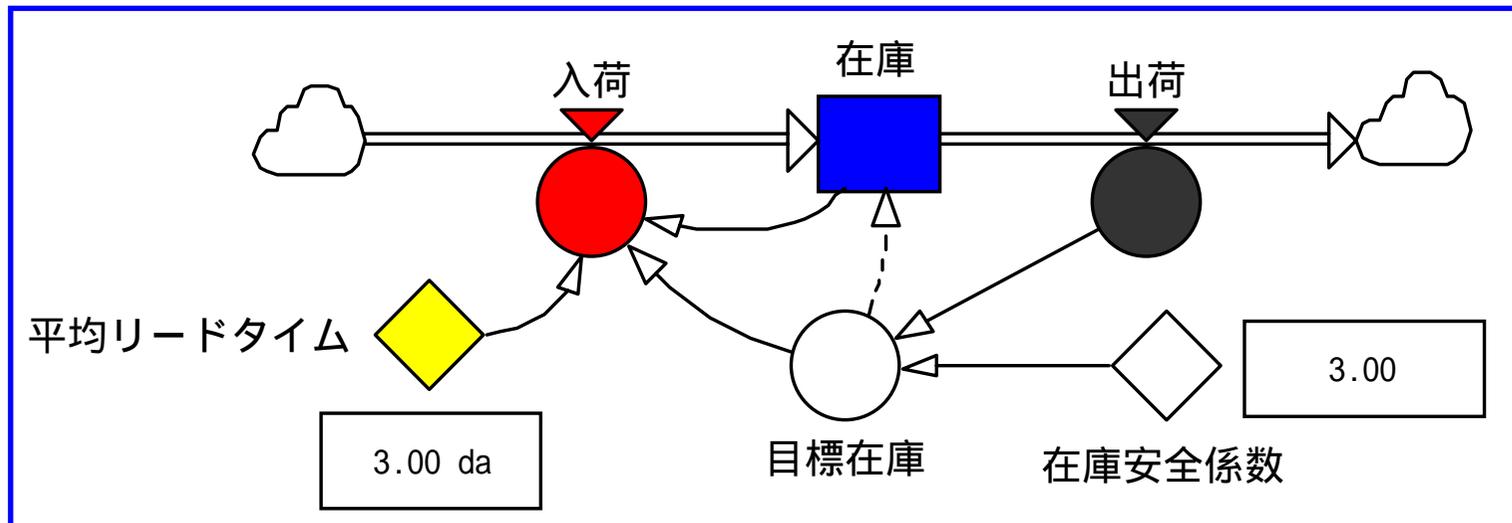
IT革命前後のSDツール 1995年



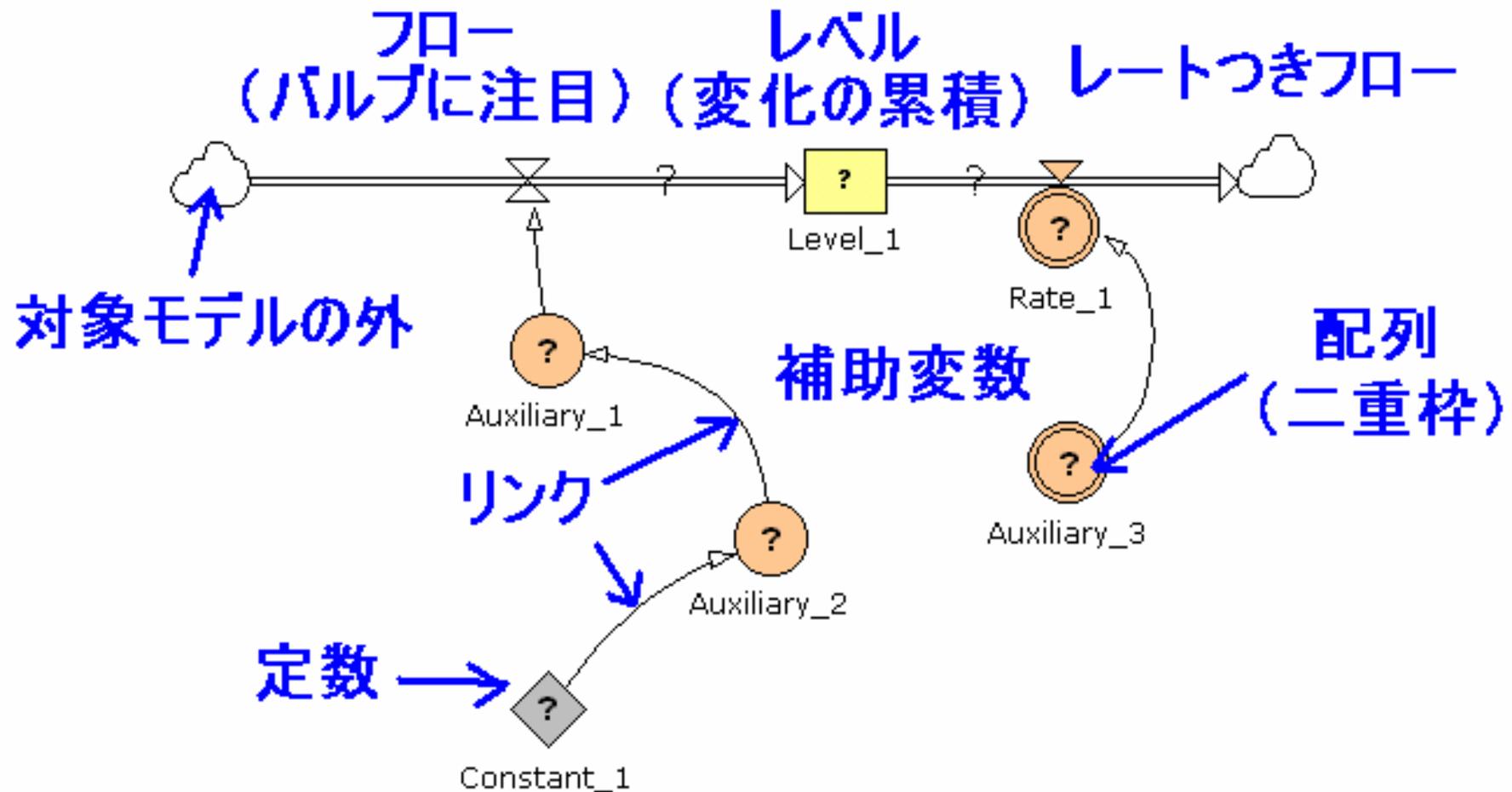
ダイナモ方程式

- L 在庫 . $K = \text{在庫} . J + DT(\text{入荷} . JK - \text{出荷} . JK)$
- R 入荷 . $KL = (\text{目標在庫} . K - \text{在庫} . K) / \text{平均リードタイム}$
- A 目標在庫 . $K = \text{在庫安全係数} * \text{出荷} . JK * DT$
- R 出荷 . $KL = (10 + \text{STEP}(5, 10)) / DT$
- N 在庫 = 30
- C 在庫安全係数 = 3
- C 平均リードタイム = 2

フローダイアグラム



システム・ダイナミクスによるモデルの構造



適用例1：事業戦略の選択のための評価

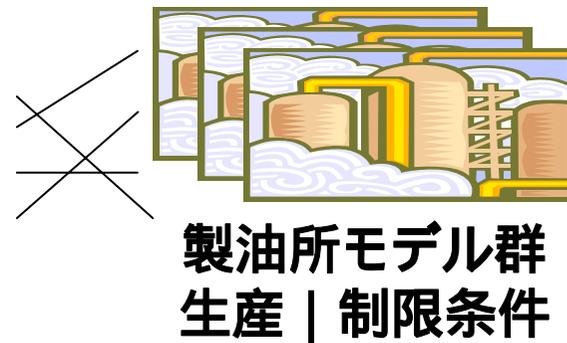


スタットオイル社：売上約4兆円(2003年)，ノルウェー政府が約70%の株式保有
海洋石油開発を中心とした事業

プロジェクト：LNGの生産からマーケットまでのSCシナリオの絞込みが目的
投資、財務、市場要件、組成、安定供給のバランスで評価

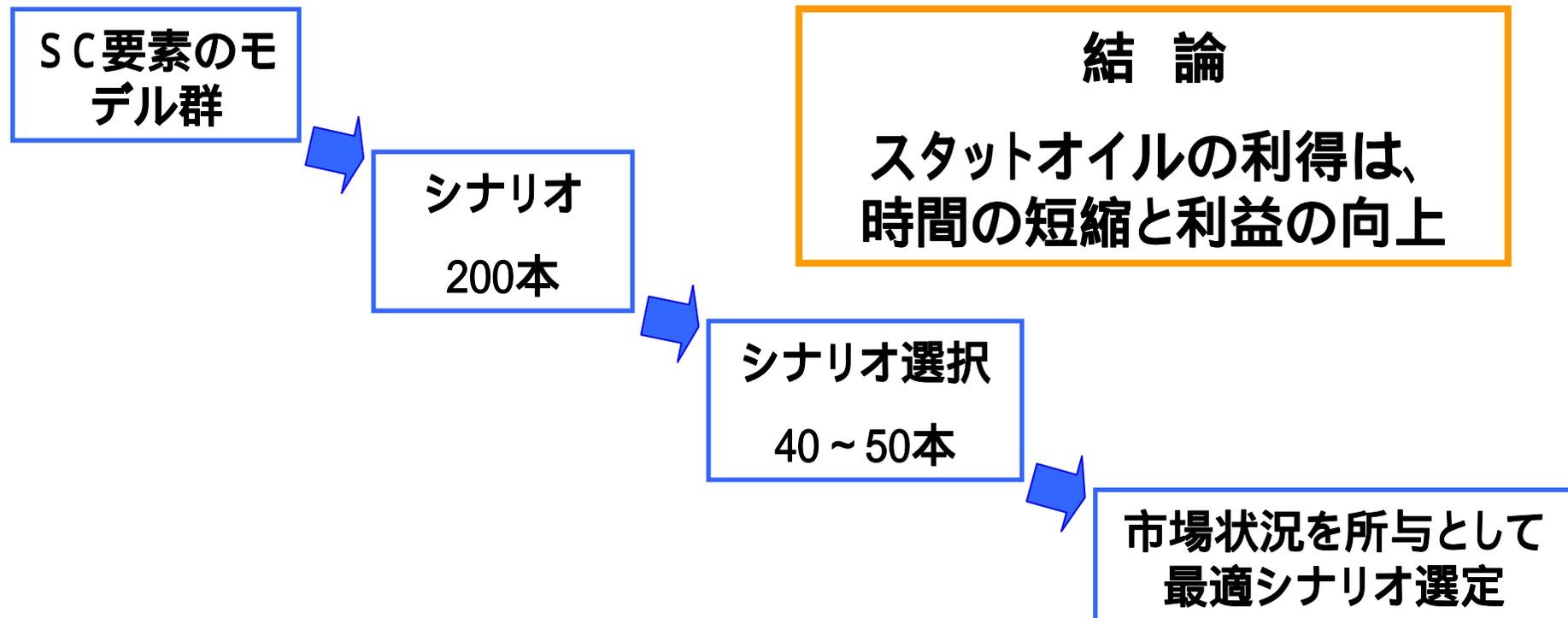


ノルウェー沖を中心
に約20ヶ所のオイ
ル・ガス田



北欧からロシアにか
けて2000ヶ所以上の
サービスステーション
の経営

適用例1：事業戦略の選択のための評価



モデリング&シミュレーションの効果

構造が明確になり、生産と財務のバランス点を探索できた。
流入するガス容量や組成の変化に対して、システム全体の最適化を柔軟に迅速に対応できた。
選択肢を互いに対比し評価することを効果的に実行できた。

適用例2：行政経営における経済波及効果の推計



横田基地の軍民共用化による経済波及効果の推計

旅客・貨物の需要予測
需要に伴う産業連関的な波及効果

所得増に伴う波及効果

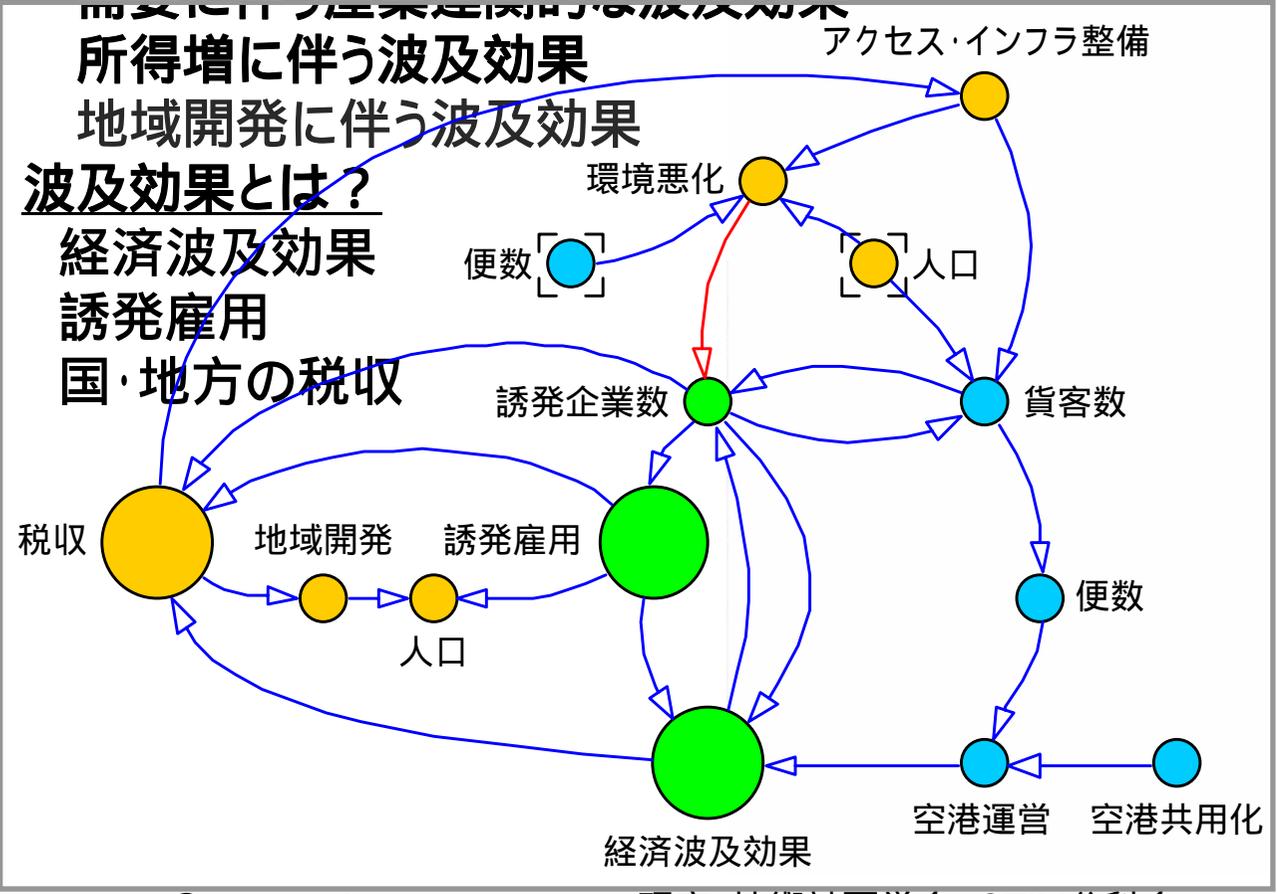
地域開発に伴う波及効果

波及効果とは？

経済波及効果

誘発雇用

国・地方の税收



matsu@posy.co.jp

研究・技術計画学会 STIM分科会

同研究会の宮川公男理事長らが1月に立ち上げた「首都圏空港の整備利用に関する検討調査委員会」（委員長・杉山武彦一橋大学長）が中間報告として発表した。
まず、需要予測分科会が、羽田空港の利用人数などをもとに、同空港のベスト10路線について構

米軍横田基地の軍民共用化で、総生産額は年間1400億円増、雇用は同8千人増、市町村税収は同34億円増。財団法人統計研究会と首都大学東京が30日、新宿区内で開いたシンポジウムで、こんな経済波及効果の分析が発表された。

軍民共用化効果1400億円 横田基地 統計研究会など分析

田で07年から1日各4便を飛ばしたと仮定して、同年の需要を365万人と予測。12年に420万人、22年に500万人と見込んだ。

科会が、直接、間接の効果を算出した。総生産額は、22年に航空会社と関連サービスで年間820億円と予測。アクセス交通や宿泊、飲食、物販などを含めると

1400億円になるとした。経済効果については、都も09年に試算を発表している。それでは、国内線と国際線あわせて1日54便で、年間490万人の利用を見込み、8400人の雇用、年1380億円の波及効果があるとした。

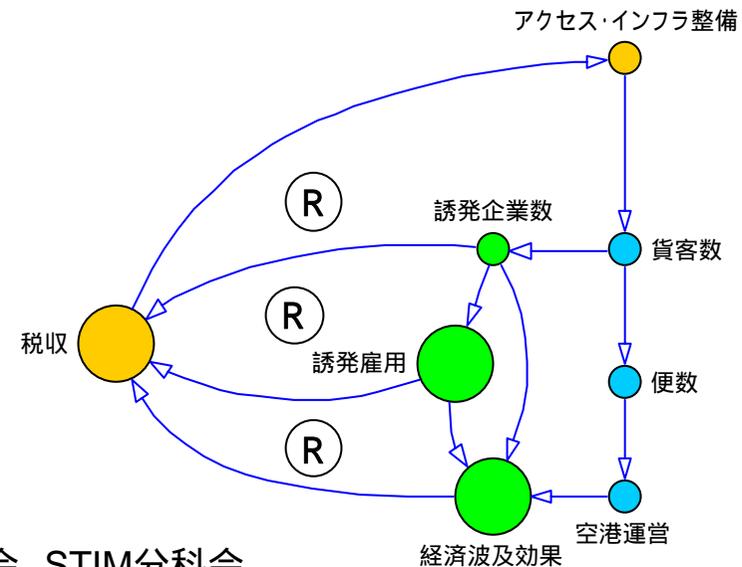
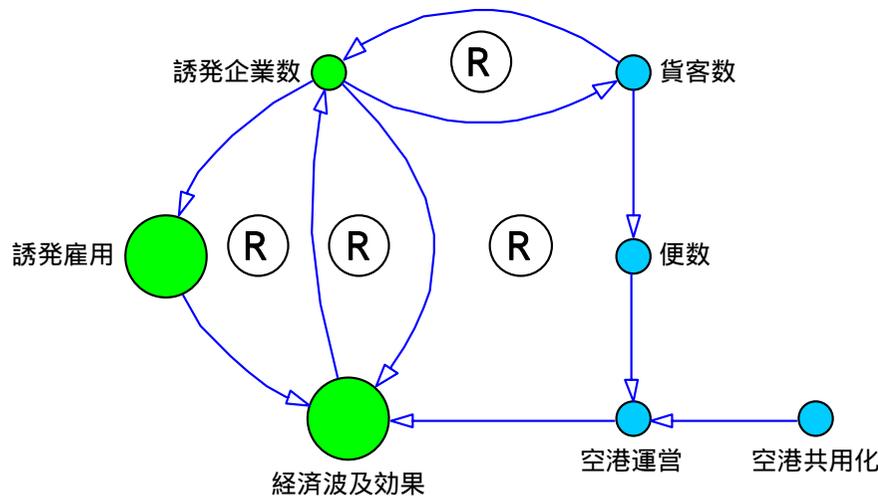
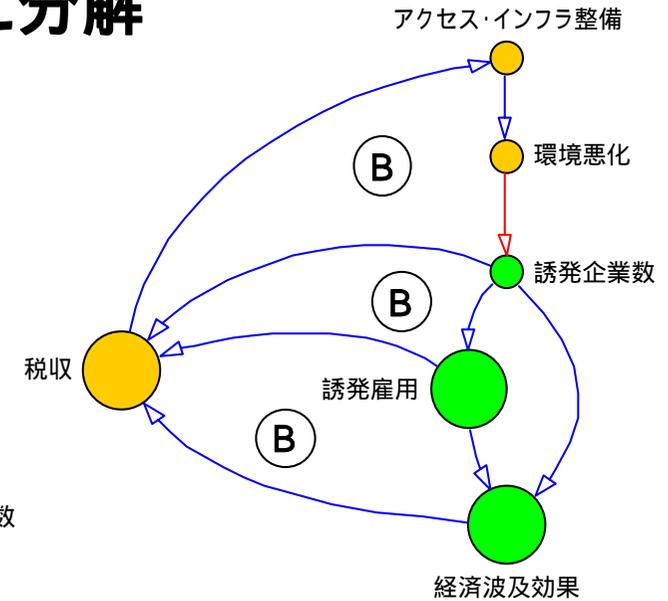
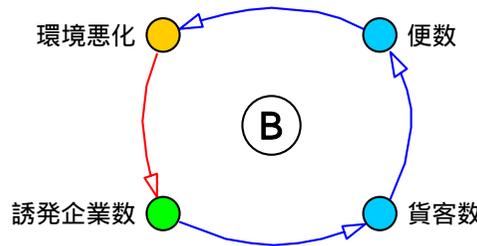
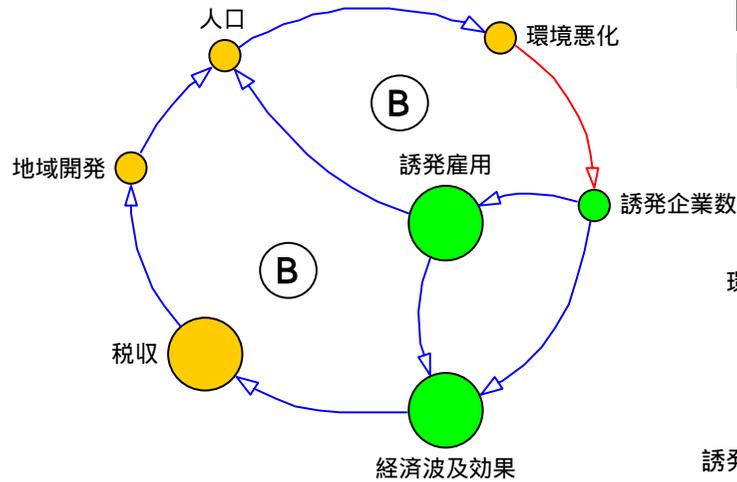
2005年10月1日
朝日新聞(都内版)

適用例2：行政経営における経済波及効果の推計



フィードバックループに分解

R : Reinforcing
B : Balancing



経営技術教育における SD活用の事例

講義の概要

企業経営および行政経営において、対象とするシステムをモデル化する。そのモデルにより仮想経営を実施して、戦略立案や最適経営条件の探索あるいは経営成果に対するリスク評価などを行う。その分析結果を参照データとして、実経営に反映させる。このような経営手法を「モデルベースト経営」と称する。

この講義では、サプライチェーンを中心にした企業経営を取り上げる。受講生はシステム・ダイナミクス(SD)によるモデリングとシミュレーションを、経営問題向きのSDツールであるPs Studioを使って体験的に学習し、「モデルベースト経営」を理解する。

到達目標

モデルベースト経営手法の習得

具体的には、

- (1) システム的アプローチとして、システムズ・シンキングとシステム・ダイナミクスの基礎の理解
- (2) 対象とする簡単な企業経営をシステム・ダイナミクスでモデリングする能力の習得
- (3) 仮想経営(シミュレーション)により、動的に経営分析する能力の習得
- (4) サプライチェーンを含めて動的なビジネス・プロセスの理解

シラバス(修士課程):経営シミュレーション(1/2)



	狙い	前半(90分)	後半(90分)	宿題例
1	モデル・ベース経営とは? コースの狙いを仮想経営で体験的に把握	システムのアプローチ概論 4層ビルSCの解説(ブルウィップ効果も含む)	3層ビルSCの設計演習 最適化法の適用 リスク評価法の適用	環境対応機器事業を立ち上げたオリオン社の事業分析
2	システムズ・シンキングの基礎の学習	コーザル・ループ・ダイアグラム(CLD)と時系列挙動図 システム原型	ビジネス分析、CLD、時系列挙動図の作成演習	時事ニュースについてCLDと時系列挙動図を作成
3	システム・ダイナミックスの基礎の学習	制御理論とシステム・ダイナミックス(SD) SDツールの基礎	基本閉ループ・モデル 簡単なSDモデルの構築演習(ex.製造・販売モデル、縮小均衡からの脱却など)	簡単な製造・販売モデルの構築

シラバス(修士課程): 経営シミュレーション(2/2)



	狙い	前半(90分)	後半(90分)	宿題例
4	サプライチェーン(SC)のモデリング SCの動的な学習	バリューチェーン サプライチェーン(プッシュ/プル/独立方式)	在庫理論の基礎 (在庫機能? / 発注点発注 / 定期発注 / 経済発注) 最適化手法(遺伝的アルゴリズム)	簡単な製造・販売モデルに発注点発注と定期発注とを組み込み
5	人事、設備投資、ITプロジェクトのモデリング ビジネスプロセスの動的な学習	人事基本計画のモデリング演習 設備投資判断のモデリング演習	ITプロジェクト管理のモデリング演習 リスク評価と分析	ITプロジェクトにおけるリスク評価
6	モデリングをBSCに適用 戦略経営の動的な学習	BSC概論 BSCの構築プロセス	パン屋さんのBSCの構築演習	BSCの実施において想定される問題点

第1回 後半

(1) 現状の4階層SCの問題点の認識・・・演習

工場、一次卸、二次卸、小売の4階層のSCでは、小売の需要にステップ上の増加を与えると、ブルウィップ効果が発生する。
これは、各階層の発注量に上限を設けることなどによって、抑えることはできるが、品切れの多発は抑えることができない。
モデルを動かしてこの現象を体験する。

(2) 3階層のSCの設計・・・演習

一次卸と二次卸を統合して、配送センターを設け、工場、配送センター、小売の3階層のSCに変更する。
このSCの品切れと在庫が共に少なくなるよう、SCに含まれている「伝票遅」、「工場目標在庫係数」、「小売目標在庫係数」、「生産と配送の上限」、「生産の下限」を調整する。

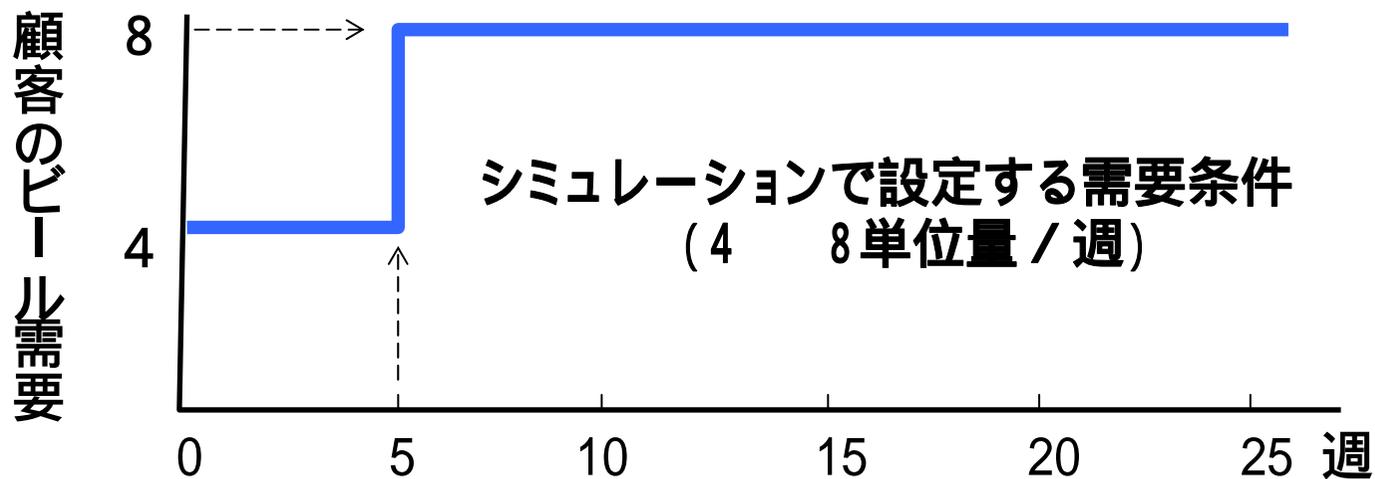
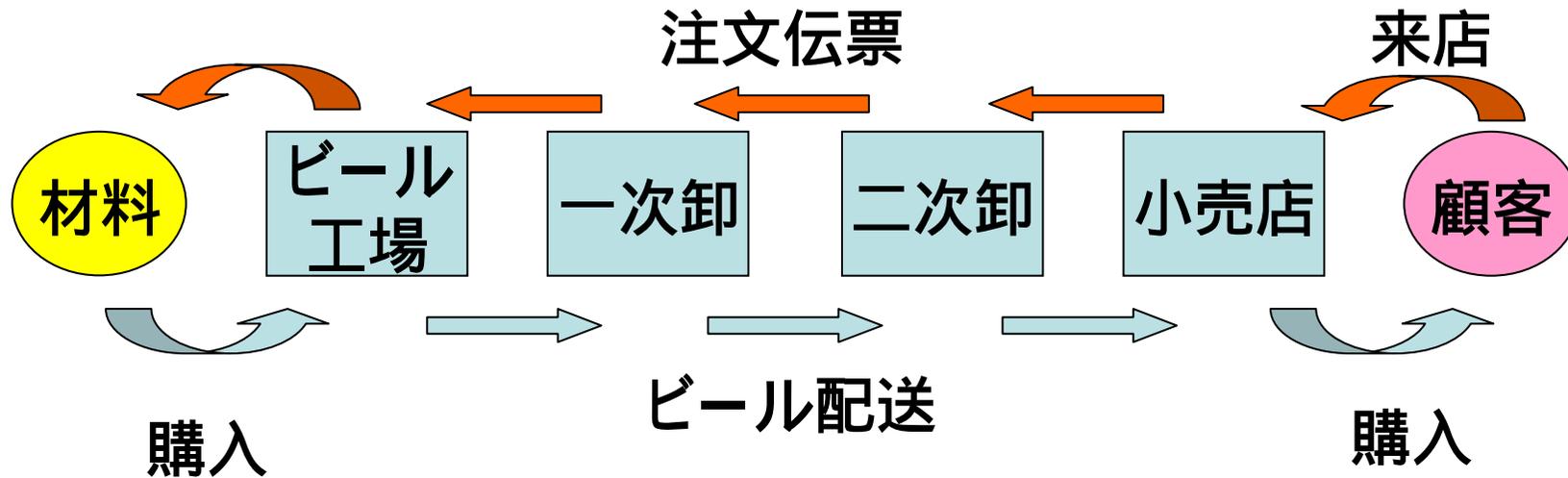
(3) 3階層SCへ最適化法の適用・・・演習

3階層SCの品切れと在庫が共に少なくなる条件をツールに組み込まれている最適化法で求め、品切れと在庫(商品回転日数)が最少になっていることを確認する。

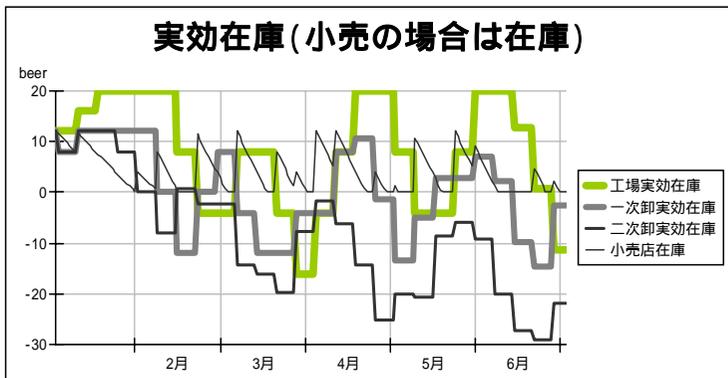
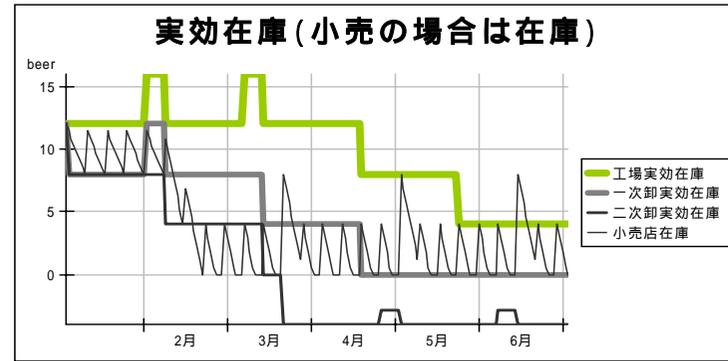
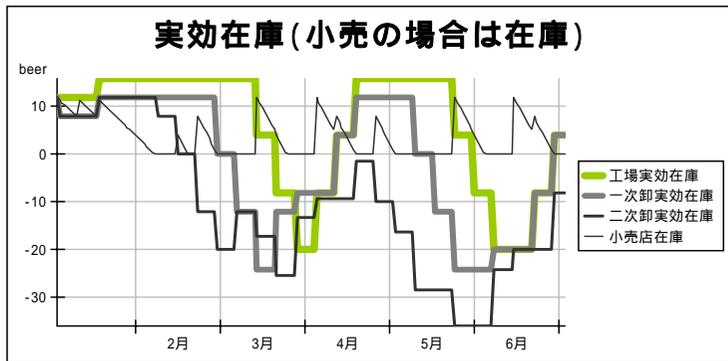
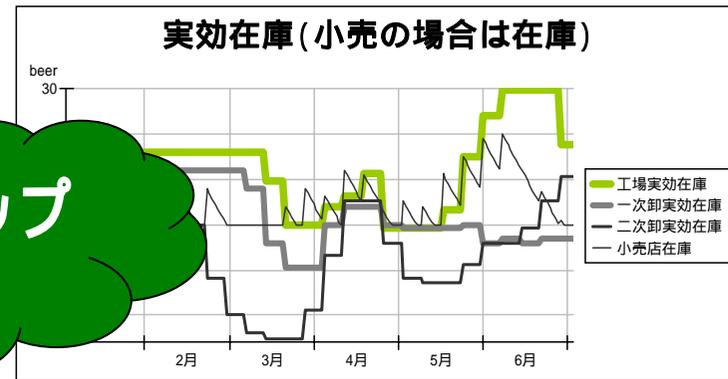
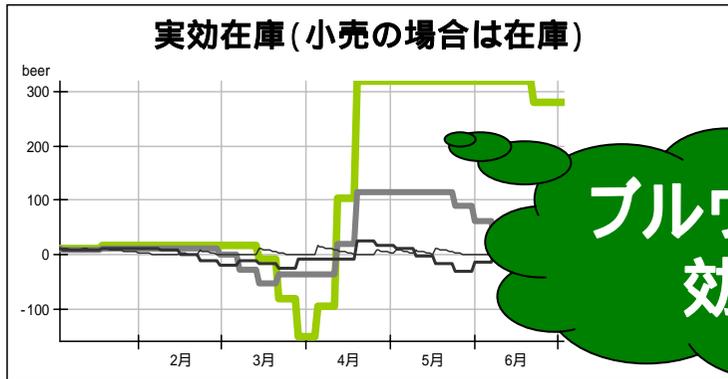
(4) + ...演習

3階層のSCでリスク評価を行う。
4階層のSCに最適化手法を適用し、3階層SCの最適値と同程度の品切れと在庫(商品回転日数)の最少値が得られることを示す。

シリウス・ビールSCの現状と性能実験



4階層SC:各階層の実効在庫



原型

(320 ~ -150)

原型

(上限 < = 12ケース)

(15 ~ -35)

原型(リードタイム半減 & 上限 < = 12ケース)

(20 ~ -30)

需要共有

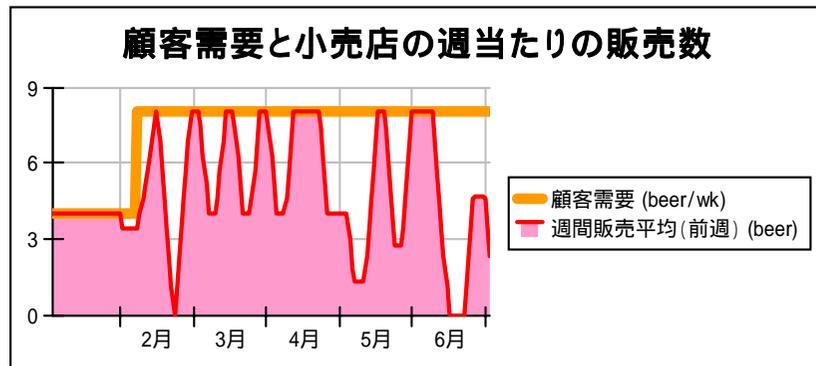
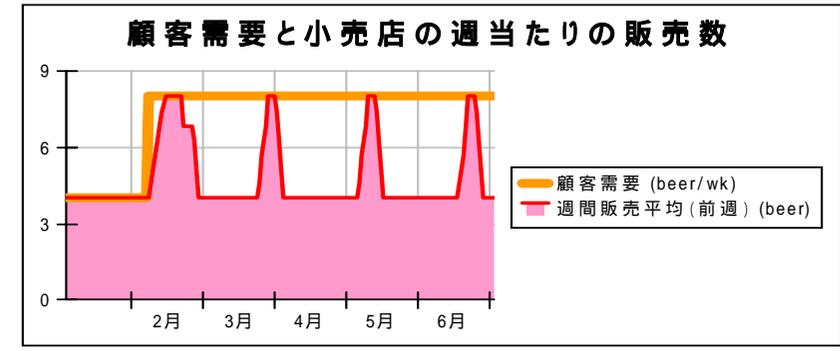
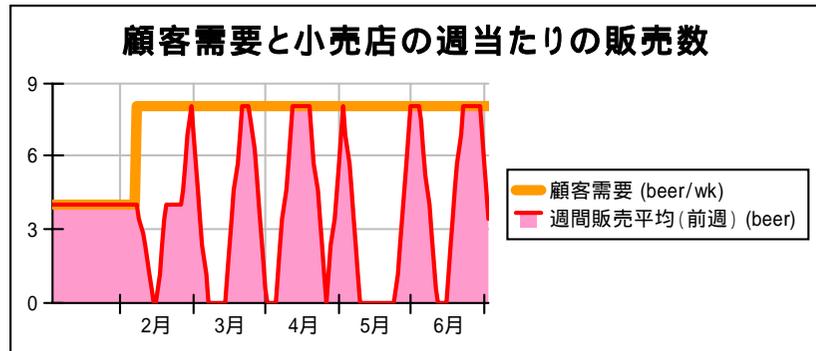
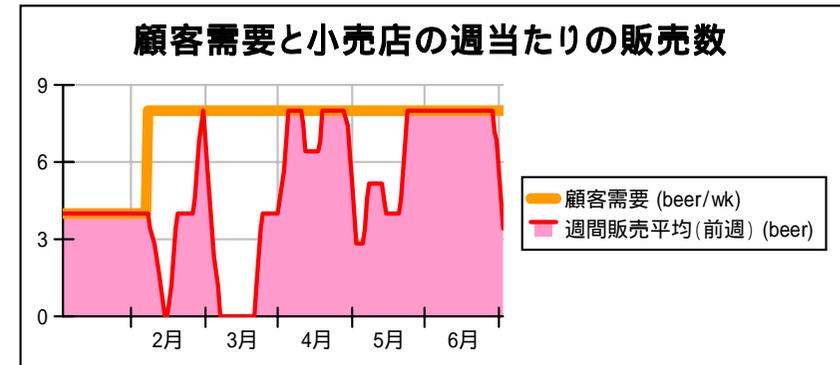
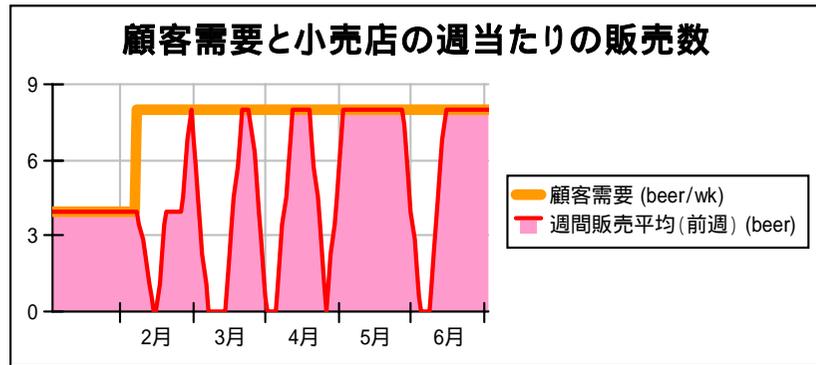
(上限 < = 12ケース)

(30 ~ -30)

販売実績即発注

(16 ~ -5)

4階層SC：小売店の需要と販売の比較



原型

需要共有

(上限 < = 12ケース)

原型

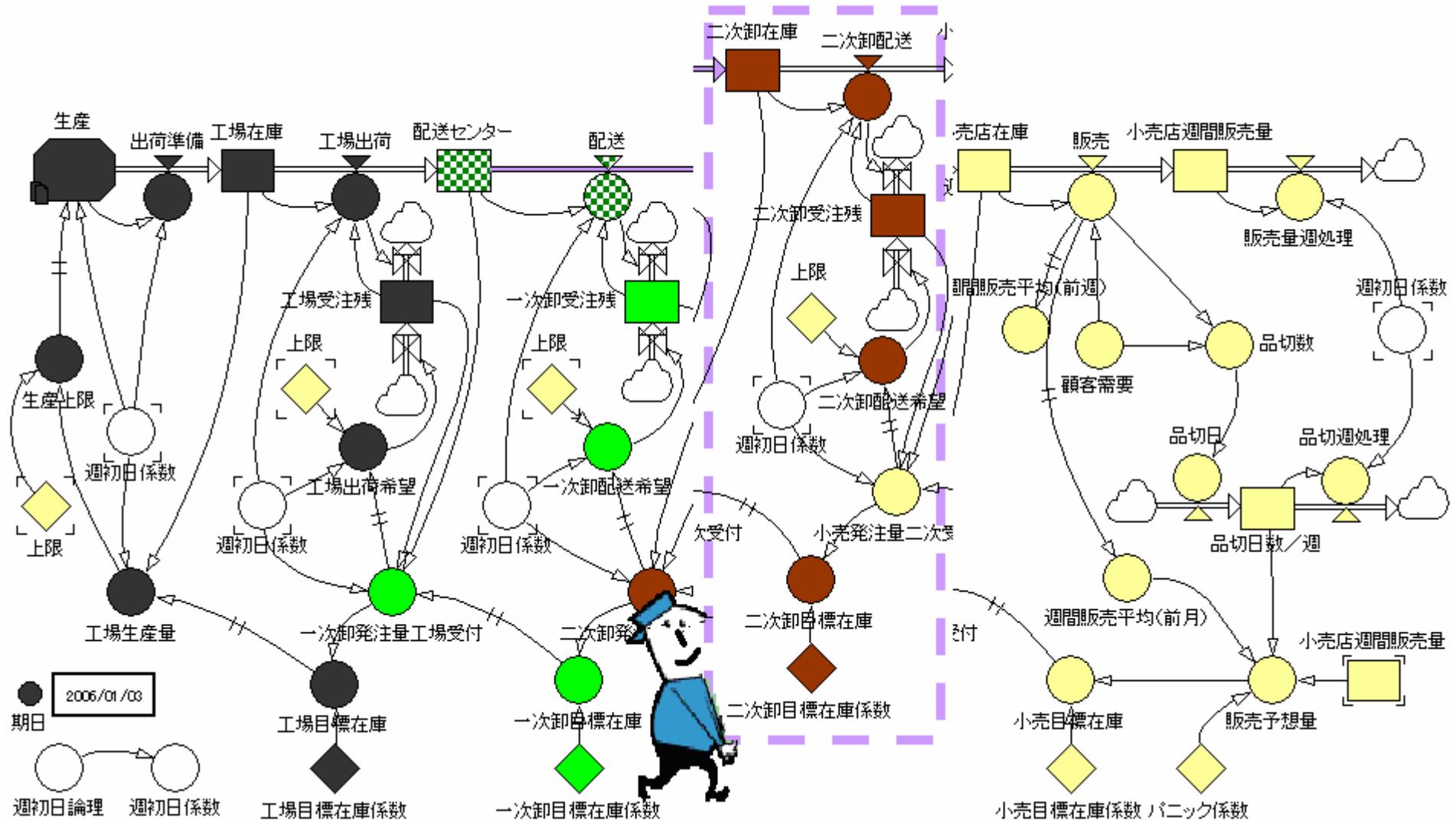
(上限 < = 12ケース)

販売実績即発注

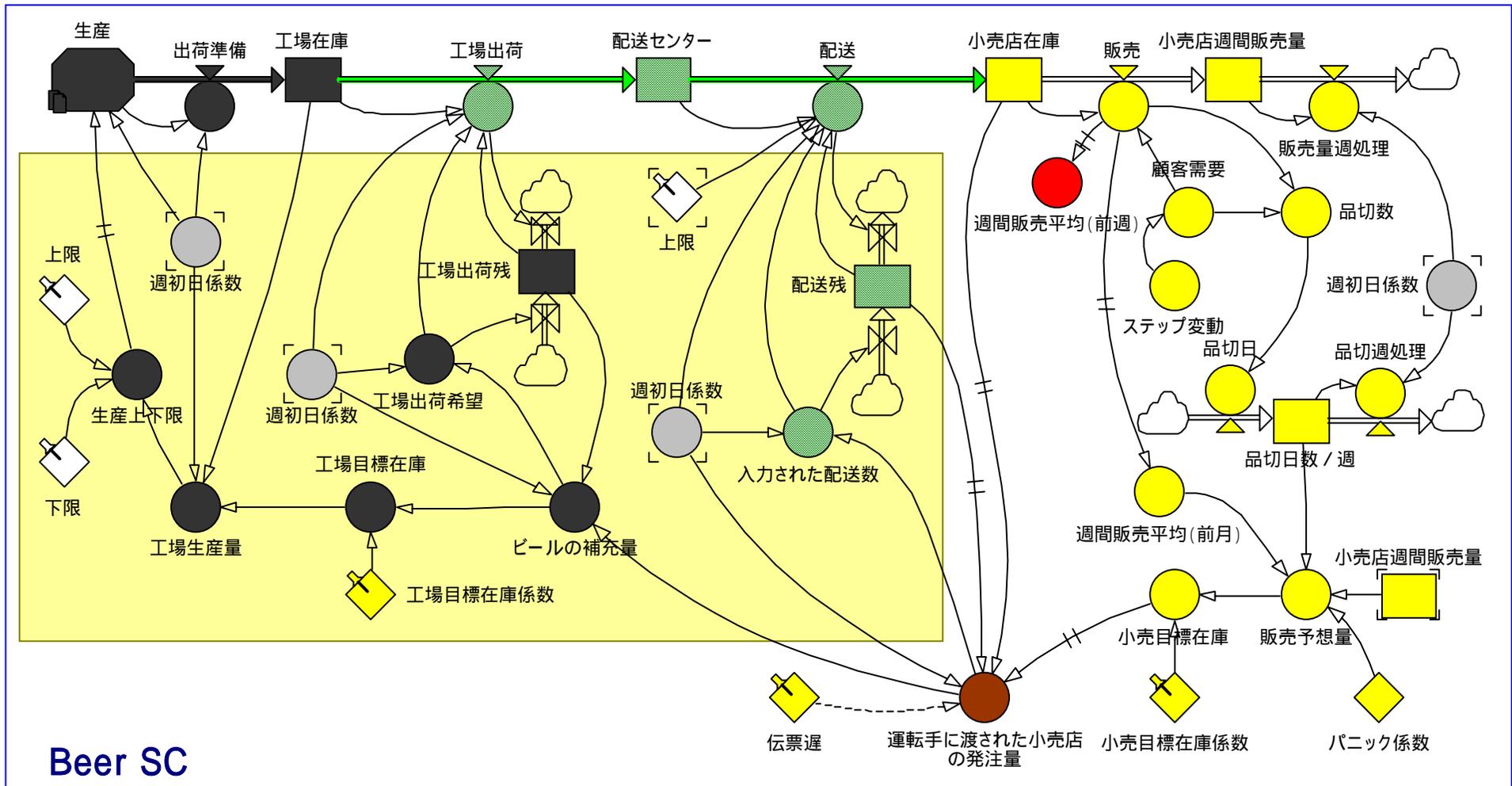
原型

(リードタイム半減 & 上限 < = 12ケース)

3階層のSCの準備



3階層のSCのモデル



Beer-SC-3-演習.sip

3階層SCの設計



課題

(品切 / 販売)比(%)と(在庫 / 販売)比(日)とを、最少とする設計条件を求める。

品切 / 販売比 (%)	在庫 / 販売比 (日)
?	? da

需要切替
 ステップ需要
 実績需要

StopTime	2008/01/01
----------	------------

伝票遅	2.00 wk
-----	---------

3.0
工場目標在庫係数

3.0
小売目標在庫係数

1,000.0 beer
生産と配送の上限

0.0 beer
生産の下限

Beer-SC-3-演習.sip

目的変数と条件

品切 / 販売比 (%) と在庫 / 販売比 (日) とがシミュレーション終了時点で最少。
ただし、伝票遅れは1日とする。

設計変数

カッコ内は探索範囲

上限 (4 - 20)

下限 (0 - 12)

工場目標在庫係数 (1 - 10)

小売目標在庫係数 (1 - 10)

Beer-SC-3-分析.sip

3階層SCの“伝票遅”の影響

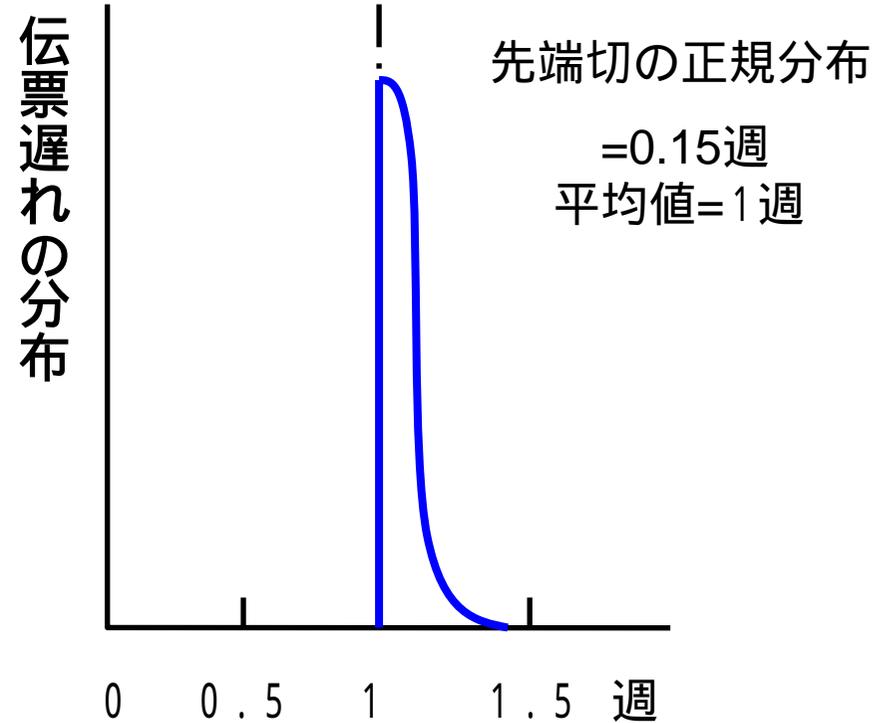


不確定要素

配達した運転手が、注文票を受け取れない小売店もある。小売店主は、「直ぐにFaxで送るから」と言う。その遅れ日数の分布を、右図に示す。

リスク評価

(品切 / 販売)比(%)と(在庫 / 販売)比(日)とは、どのような影響を受けるだろうか？



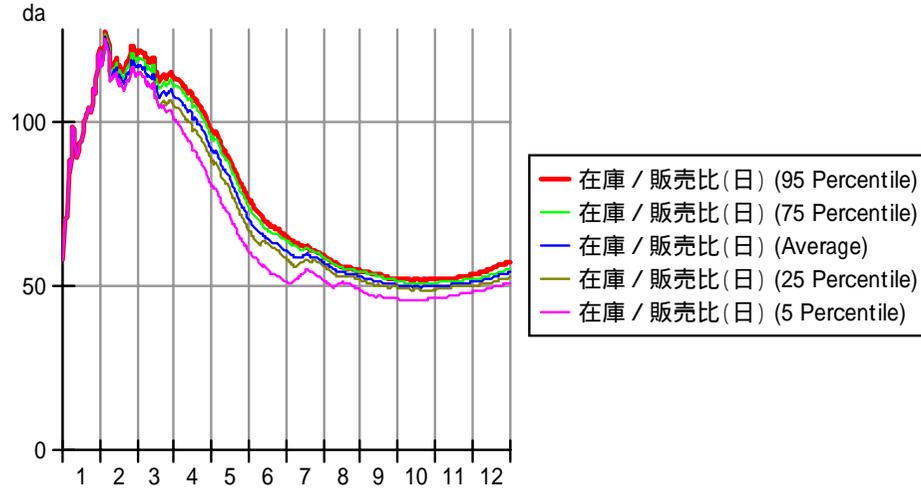
NOTE	:68.26%
2	:94.44%
3	:99.73%

Beer-SC-3-分析.sip

3階層SCの“伝票遅”の影響



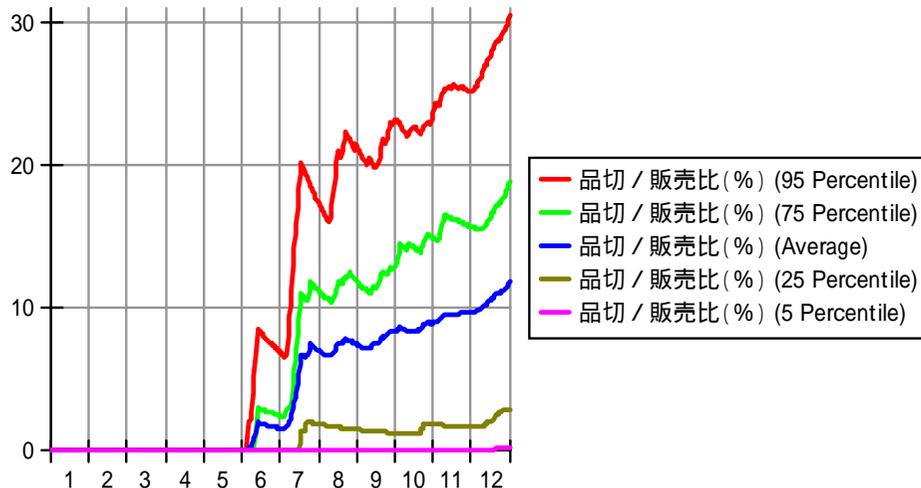
(在庫 / 販売) 比 : 日



(da)

Time	2008年1月1日
在庫 / 販売比 (日) (95 Percentile)	57.11
在庫 / 販売比 (日) (75 Percentile)	55.08
在庫 / 販売比 (日) (Average)	53.95
在庫 / 販売比 (日) (25 Percentile)	52.41
在庫 / 販売比 (日) (5 Percentile)	50.67

(品切 / 販売) 比 : %



Time

2008年1月1日

品切 / 販売比 (%) (95 Percentile)	30.53
品切 / 販売比 (%) (75 Percentile)	18.89
品切 / 販売比 (%) (Average)	11.78
品切 / 販売比 (%) (25 Percentile)	2.81
品切 / 販売比 (%) (5 Percentile)	0.18

第4回 後半

講義の狙いと構成：在庫理論の基礎



講義の狙い: サプライチェーンの概要を把握する。次に、その主要な要素である在庫と発注のプロセスを動的に理解する。

講義の進め方: 受講生はそれぞれの段階で、教材のモデルを動かして、その動的な挙動を理解しながら学習を進める。

講義の構成:

1. バリューチェーン、サプライチェーン、デマンドチェーン
2. サプライチェーンの方式(プッシュ方式、プル方式、独立方式)
3. 在庫理論の基礎
 - 3.1 在庫の機能
 - 想定する対象の事業
 - 在庫理論の概要
 - 在庫の種類

講義の構成(続き)

3.2 発注点発注方式

固定需要に対する発注プロセス

変動需要に対する発注プロセス

変動需要に対して手動で発注する演習

3.3 定期発注方式

変動需要に対する発注プロセス

利益最大化の条件で安全在庫係数を推計

参考として3.2の太字の部分の説明用の教材を以下に添付する。

なお、3.2と3.3の教材モデルは、後述のURLからダウンロードできる。

発注点発注方式(変動需要)



需要速度がランダムな場合

- (1) 毎回一定である発注量(発注ロットサイズ)と安全在庫量を設定する。
発注量は最短発注期間内の需要量以上であること。
発注量が少なくなると、発注回数(補充回数)が多くなり、そのための事務費用や輸送費などの発注費用が増加するとともに、在庫切れ率が高くなる。
逆に、発注量が多くなると、在庫切れ率は低くなり、発注費用も少なくなるが、在庫費用が増加する。
- (2) 入荷時に在庫が安全在庫量以下にならない時点で発注する。
この発注時点の在庫水準を「発注点」と呼ぶ。
- (3) 発注して供給リードタイム経過後に入荷する。
- (4) 発注点における必要在庫量(I)は下式となる。

$$I = F + S$$

F = サプライチェーン系で発生する在庫量

$$= \text{需要速度(平均需要)} \times (\text{供給リードタイム}) = 50 * 7 = 350$$

S = 安全在庫量

$$= \text{安全在庫係数} \times \text{需要標準偏差} \times (\text{供給リードタイム})^{0.5}$$

$$= 2.05 * 10 * 7^{0.5} = \text{abt.} 62 \quad \text{条件: サービス率} = 98\%$$

標準偏差は平均需要の20%

定量発注方式(2).sip

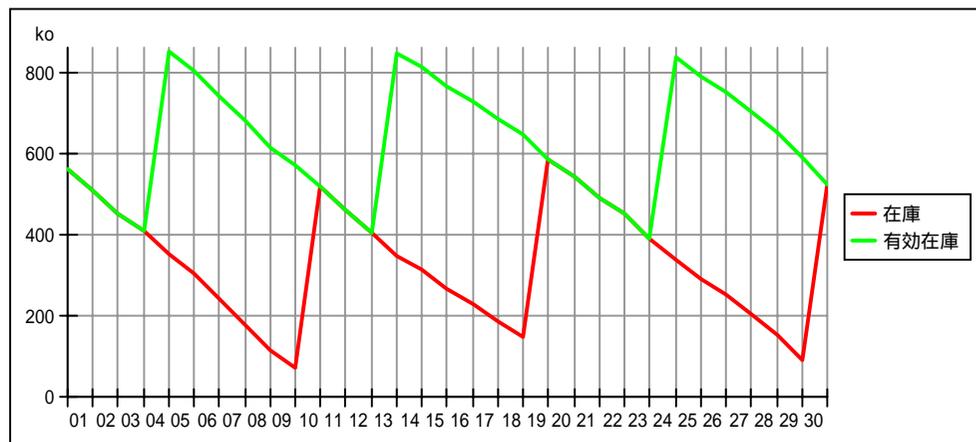
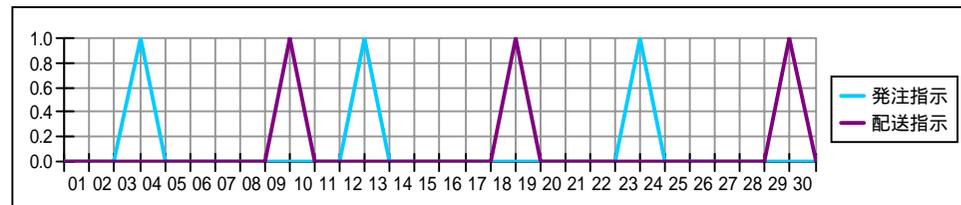
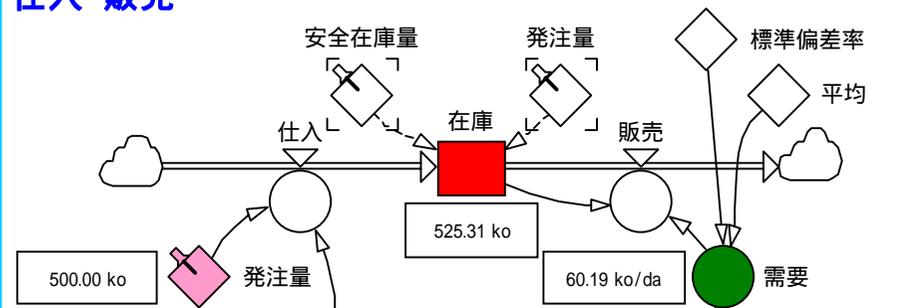
発注点発注方式(変動需要)



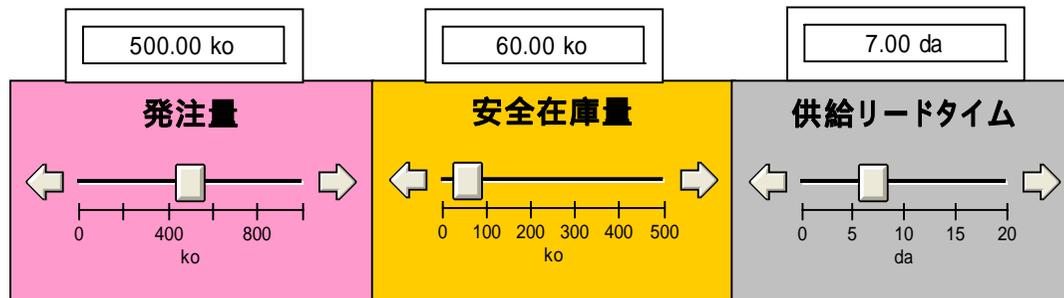
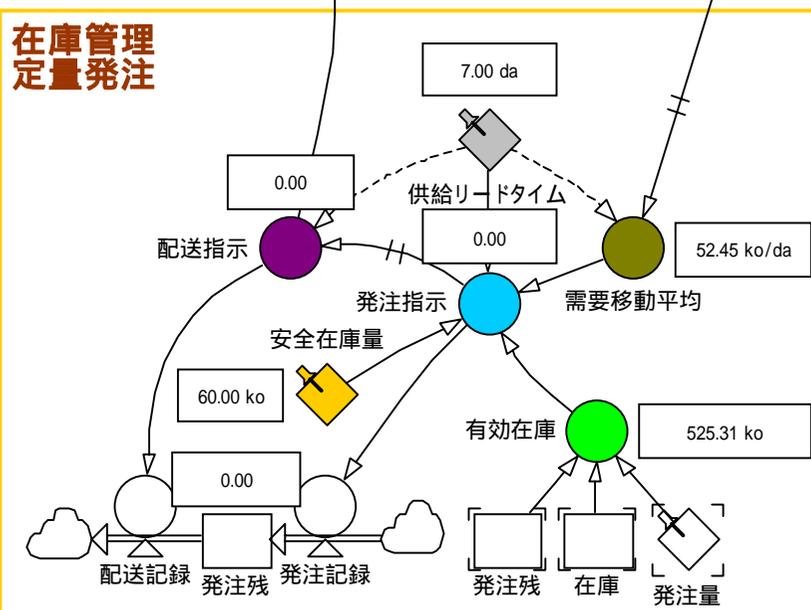
需要速度がランダムな場合;
発注量と供給リードタイムを変化させて挙動を観察する。

定量発注方式(2).sip

仕入・販売



在庫管理 定量発注

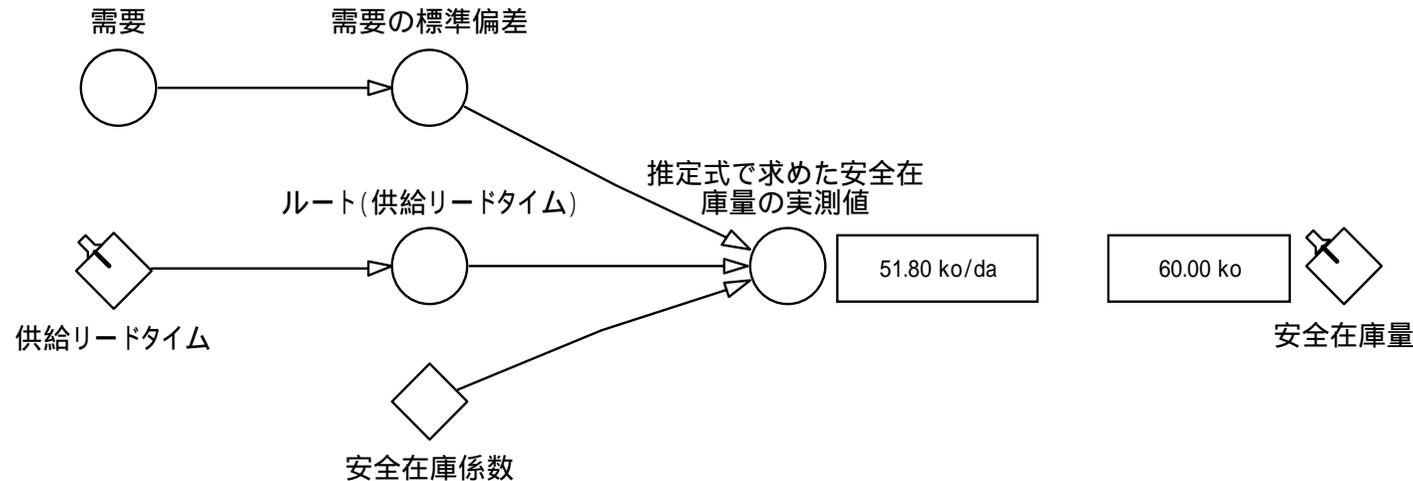


発注点発注方式(変動需要)



需要速度がランダムな場合;
安全在庫量の推定は?

定量発注方式(2).sip



安全在庫量の推定式

安全在庫量 = 安全在庫係数 × 需要の標準偏差 × (供給リードタイム)^{0.5}

安全在庫係数 = 2.05

需要がランダムで正規分布とすると、母数の98%を含む範囲は、
需要の標準偏差の2.05倍である。

需要の標準偏差 = { (各需要量 - 平均需要量)² / 需要件数 }^{0.5}

手動による定点発注演習(変動需要)



需要速度がランダムな場合;

定量発注方式(演習).sip

課題;

シミュレーションは、刻み時間1日で、1ヶ月間分の計算する。
”操作画面”を使って、手動で1日ごとにシミュレーションを進め、定量発注方式に基づいて、品切れを起こさないように、商品を発注する。
操作を闇雲に試みるのではなく、まず以下の3項目について検討して、操作方針を設定した上で取り掛かる。

1. 何を監視するか？
2. どんな条件式で発注指示を出すか？
その判定数値は？
3. 在庫の挙動を想定して図化する。
手動操作の結果と想定した結果との比較・評価

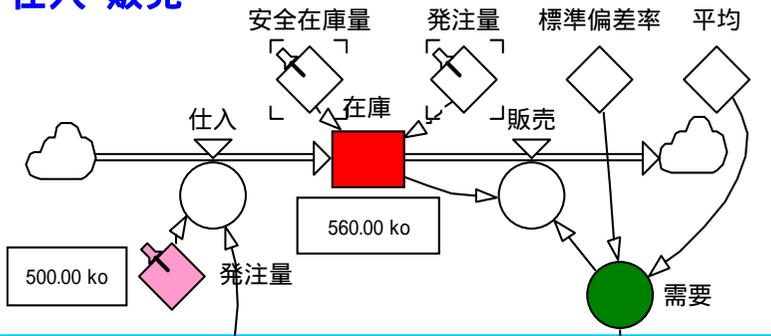
手動による定点発注演習 (変動需要)



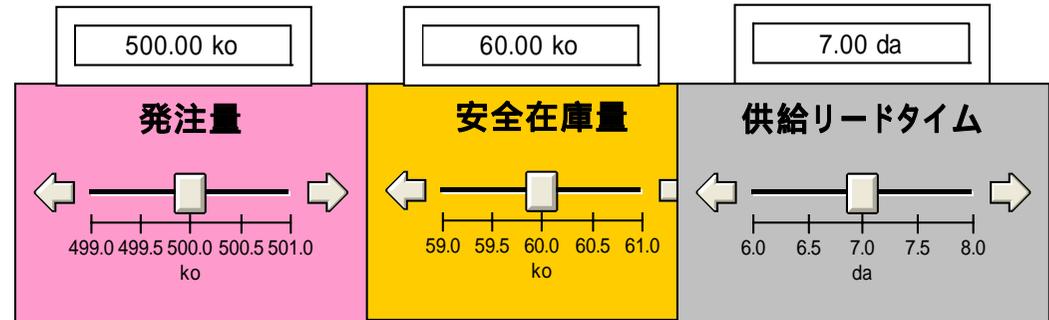
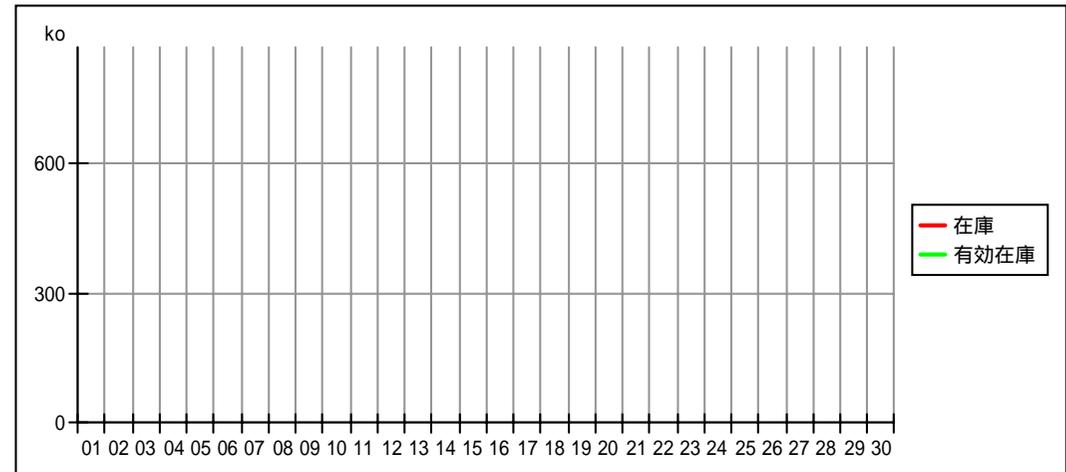
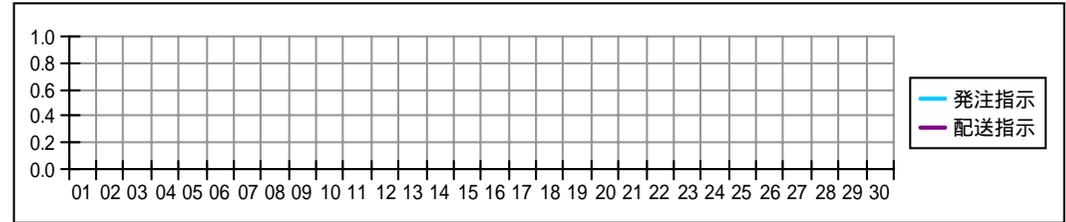
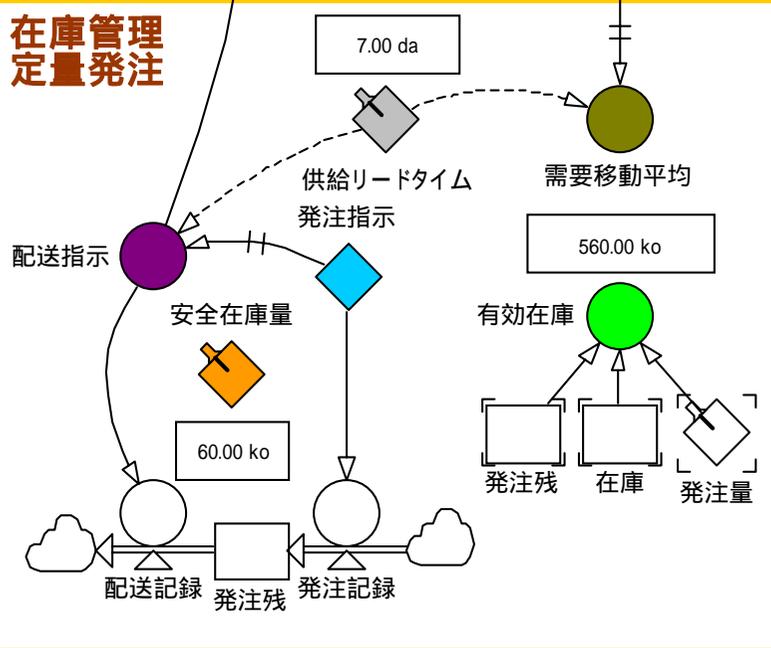
需要速度が一定な場合;
手動で在庫管理を実行する

定量発注方式(演習).sip

仕入・販売



在庫管理 定量発注



手動による定点発注演習 (変動需要)



需要速度がランダムな場合;
在庫管理を実行するための操作画面

定量発注方式(演習).sip

発注指示

供給リードタイム

7.00 da

発注量

500.00 ko

Time	在庫	有効在庫	発注指示	発注指示
2005/01/01	560.00 ko	560.00 ko	0.00	0.00

安全在庫量

60.00 ko

課題;

サービス率を99%として、手動で定量発注のプロセスを実行する。

Time	在庫 (ko)	有効在庫 (ko)	発注指示	配送指示
01/01	560.00	560.00	0.00	0.00
01/02				
01/03				
01/04				
01/05				
01/06				
01/07				
01/08				
01/09				
01/10				
01/11				
01/12				
01/13				
01/14				
01/15				
01/16				
01/17				

手動定量発注の記録

- 何を監視するか?
- どんな条件式で発注指示を出すか?
その判定数値は?
- 想定した結果との比較

定量発注方式(変動需要)



課題のポイント

1. 何を監視するか？

有効在庫

2. どんな条件式で発注指示を出すか？

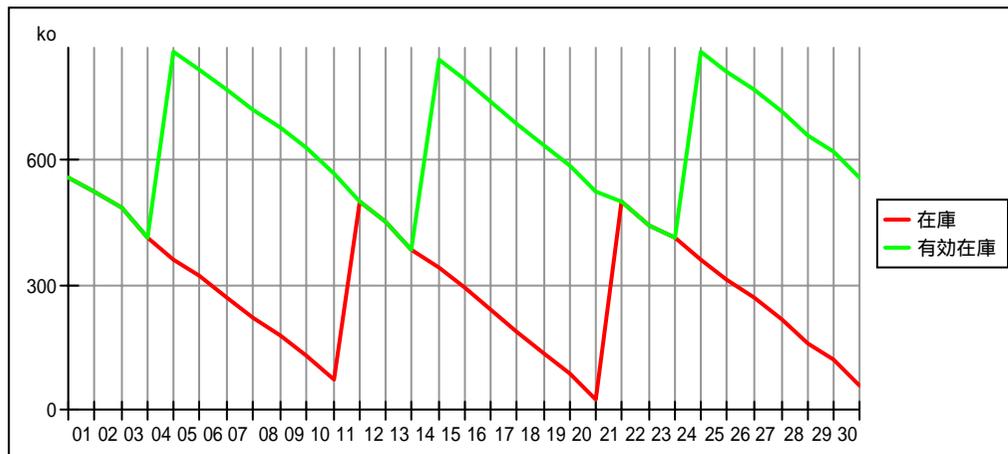
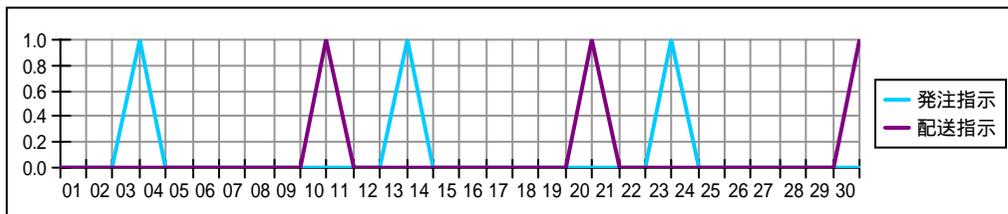
$$I = F + S$$

F = サプライチェーン系で発生する在庫量
= 需要速度(平均需要) × (供給リードタイム)
= 50 * 7 = 350

S = 安全在庫量
= 安全在庫係数 × 需要標準偏差 × (供給リードタイム)^{0.5}
= 2.33 * 10 * 7^{0.5} = 62

I = 発注点における必要な有効在庫量 = abt. 410

需要速度がランダムな場合
回答の一例



システム・ダイナミクス・ツール(Ps Studio 7 Express)

今回使用したモデルはフリーのソフトであるPs Studio 7 Express上で動きます。
このプログラムは、本資料の付録を参照してダウンロードしてください。

システムダイナミクスの概要

適用例1: 事業戦略の選択のための評価

「内部統制を超えて」 <http://www.posy.co.jp/home.htm#jsd-conference-2007>

「スタットオイル社の戦略策定の実例」 <http://www.posy.co.jp/statoil-f.htm>

適用例2: 行政経営における経済波及効果の推計

書庫(トップページの履歴) <http://www.posy.co.jp/news-f.htm>

2006年3月「首都圏空港の整備利用に関する検討調査報告書の紹介」

「経済波及効果を求める産業連関表のSDモデル」

<http://www.posy.co.jp/sangyorenkan-f.htm>

経営技術教育における活用の事例

第1回後半: シリウス・ビールの3階層のサプライチェーン

第4回後半: 在庫理論の基礎

今回使用した受講生向けのモデルは、以下のURLから圧縮ファイルをダウンロードして入手してください。なお、このPower Point の資料もダウンロードできます。

<http://www.posy.co.jp/STIM3-f.htm>

参 考 文 献



- J.D.Sterman; Business Dynamics, Irwin MacGraw-Hill, 2000
P.M.Senge : The Fifth Discipline, Currency Doubleday, 1990
D.H.メドウズほか : 成長の限界, ダイヤモンド社, 1972.5
木村英紀; 制御工学の考え方, 講談社, 2002.12
財団法人統計研究会: 首都圏空港の整備利用に関する検討調査報告書,
財団法人統計研究会, 2006.3
小林秀徳; 政策研究の動学的展開, 白桃書房, 2002.7
森田道也; サプライチェーンの原理と経営, 新世社, 2004.6
Michael J. Radzicki; Introduction to System Dynamics,
<http://www.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/index.html>
松本憲洋; モデル・ベースト経営, JSD学会誌No3, 2003.5
松本憲洋; BSC戦略経営にモデル・ベースト経営手法を組み込む, JSD学会誌No5, 2003.5
松本憲洋; 内部統制を超えて, JSD学会誌No6, 2007.5

システムダイナミクス学会(SDS)のURL <http://www.systemdynamics.org>

POSY社(松本憲洋)のURL <http://www.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

Tel.& Fax. 03-3512-5358

mobile 080-5047-3849

matsu@posy.co.jp

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

不明な点など、遠慮なく、メールでお問い合わせ下さい。

自己紹介 : 松本憲洋



- 1943年 広島県に生まれる
- 1969年 大阪大学大学院工学研究科修了 (修士)
NKK入社 造船・重工研究・開発 およびエレクトロニクス開発に従事
工学博士
- 1999年 有限会社ポウジ 設立
Powersim Software AS (ノルウェー) と代理店契約を締結
- 所属学会 System Dynamics Society
システムダイナミクス学会日本支部 (総務理事)
経営情報学会、日本船舶海洋工学会
- 専門 システム・ダイナミクス
ビジネス・プロセス・モデリング
シミュレーション
- コンタクト e-mail matsu@posy.co.jp
URL <http://www.posy.co.jp>
Tel&Fax 03-3512-5358
Mobile 080-5047-3849

付録 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 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 フリーのSDツールのダウンロード(1/3)



Ps Studio 7 Express 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、その上でそのままお使いになれます。

Ps Studio 7 Expressを評価していただくために、Powersim社では、ソフトウェアをダウンロードする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の簡単な日本語表現のモデルをダウンロードするWebサイトをPOSY社で準備しています。
次ページ以降で、ソフトウェア、試用モデルおよび簡易マニュアル(日本語)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 Express 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。機能は分析用の商品版:Expert版と同じです。ただし、モデルの構成要素数の上限が、50個であることと、ライセンスを2ヶ月ごとに更新する必要が制限です。

ダウンロードとインストール

<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
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

Powersim社のサイトの中の“Studio 7 Express Free-Demo”をクリック
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

THANK YOU!のページの“Download Powersim Studio 7 Express”をクリックしてソフトウェアのダウンロードが開始

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

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、モデルの著作権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

<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

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
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

<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