OptSCMによる在庫管理入門

# OptSCM

導入ガイド

LOG OPT Co., Ltd.

## ご注意

# 目 次

# 1　はじめに

ここでは，サプライ・チェイン全体で協調して在庫管理を行うためのソフトウェア OptSCM で用いられているモデルをご紹介します．OptSCM の使用法については，OptSCM ユーザーズ・マニュアルをご参照下さい．

OptSCM の目標は，旧来の在庫管理方式のように 1 つの在庫地点における在庫量，発注量を決めることではありません．OptSCM では，サプライ・チェイン全体を通して，どこに安全在庫を配置するかを，戦略的に最適化することを目標とします．ある統計によると，日々の運用によって決まる在庫費用は，全体の 20 % 程度で，その他の 80 % は，戦略的な（中・長期的な）在庫の配置によって定まってしまうと言われています．

OptSCM では，日々の運用の補助となるシミュレーション機能も備えています．OptSCM を有効に活用することによって，サプライ・チェイン全体，ならびに戦略レベルから運用レベルにまたがる，安全在庫の大幅な削減が可能になります．

OptSCM は，Java 言語で記述されています．そのため，サプライ・チェイン全体にちらばる個々の在庫地点の責任者の方々が，インターネット経由で互いに協調して意思決定を行うことができます．

地点数 10 までの問題を解くことができる OptSCM のトライアル・バージョンは，LOGOPT 社のホームページ

`http://www.logopt.com/`

で試用することができます．また，このドキュメントで使用する Excel ファイルなども同じ場所からダウンロードできます．

以下の構成は次のようになっています．

§ 2 では，古典的な在庫理論について基礎的な解説をします．特に，1 つの地点における安全在庫の計算法について述べます．

§ 3 では，在庫地点が直列につながっている単純な場合を例として，OptSCM に内在する安全在庫配置モデルの概念を説明します．

§ 4 では，OptSCM で取り扱う安全在庫配置モデルを一般形で説明します．

§ 5 では，日々の運用レベルにおける在庫管理のシミュレーション機能について解説します．

§ 6 では，サプライ・チェインの設計において重要な役割を果たす押し出し・引っ張りの境界が，OptSCM を用いて簡単に求まることを示します．

# 2　需要と安全在庫

最初に，1 つの在庫地点における安全在庫の考え方の基礎を解説します．ここで，在庫地点（もしくは単に，地点，点とよぶこともあります）とは，小売店や倉庫，もしくは工程間のバッファなど，在庫を置く可

能性があるサプライ・チェイン内のすべての地点を表します．他の地点と協調せずに，単一の地点のみの判断で在庫量を決める場合には，ここで解説する基本的な理論だけで安全在庫量を決定することができます．

安全在庫とは，需要の不確実性に対処するためにもつ在庫のことです．ここでは，小売店に顧客がやってくることによって需要が発生する場合を想定しましょう．顧客は毎日小売店にやってきて商品を購入しますが，その量は気分によって変わるものとします．この気紛れな顧客の存在が需要の不確実性のもとになります．いま，毎日の需要量は平均 100，標準偏差 100 の定常な正規分布にしたがっているものとしましょう．ここで「定常」とは，日によって需要の分布が変化しないことを指します．また，正規分布では，負の需要量になる可能性がありますが，その場合には需要は 0 とすることにします．以下では，需要が正規分布と言ったときには，負の部分を除いた正規分布（切断正規分布）を指すものとします．

正規分布を仮定すると，需要は極端に大きくなる可能性があります．そのため， 100% の確率で品切れを起こさないように在庫をもつことは非現実的です．通常は，ある一定の確率で品切れをしてもお客さんは許してくれるだろうと仮定し，小売店のポリシーとして品切れを起こさない確率を（たとえば） 95% と設定して安全在庫量を決定することにします．品切れを起こさない確率は，専門的には「サービスレベル」とよばれます．

需要が正規分布にしたがうと仮定したときには，サービスレベルを満たすような安全在庫量は，簡単に計算することができます．表 1 に，サービスレベルと安全在庫を計算するための定数（安全在庫係数）の関係を示します．表内の 「安全在庫係数」の値は，品切れを起こす確率（平均 0，標準偏差 1 の正規分布の密度関数が，安全在庫係数を超える部分の面積）がサービスレベル /100 以下になるような値を小数点以下 2 桁になるように，近似したものです．

表 1: 品切れを起こさない確率（サービスレベル）と安全在庫率の関係式

| サービスレベル (%) | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 99.9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 安全在庫係数 | 1.29 | 1.34 | 1.41 | 1.48 | 1.56 | 1.65 | 1.75 | 1.88 | 2.05 | 2.33 | 3.08 |

小売店が商品を注文したとき，商品が卸売業者（もしくはメーカー）から到着するまでにかかる日数をリード時間とよびます．需要が正規分布にしたがうと仮定していたので，小売店がもつべき在庫量は，以下のように簡単に決めることができます．

$$\text{在庫量} = \text{需要の平均} \times \text{リード時間} + \text{安全在庫係数} \times \text{需要の標準偏差} \times \sqrt{\text{リード時間}}$$

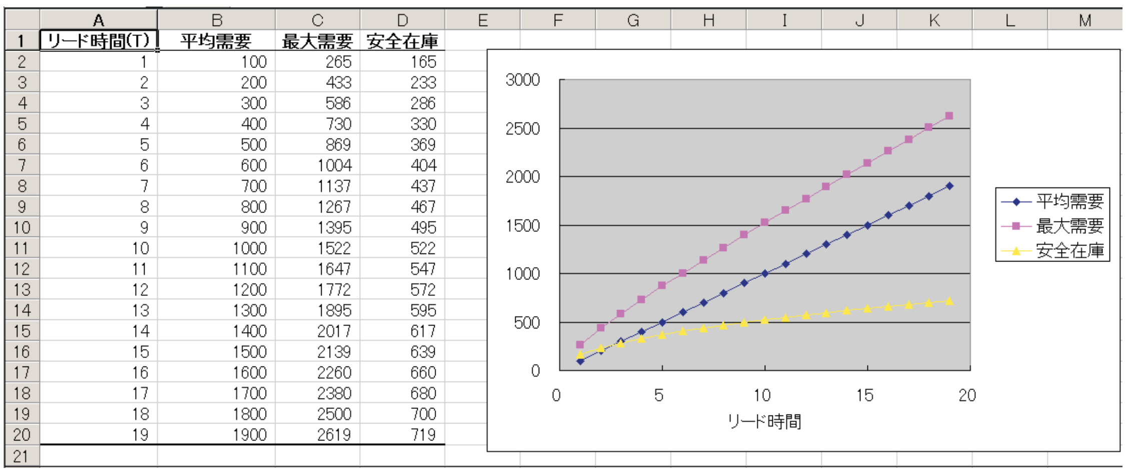
ここで言う在庫量とは，小売店が卸売業者（もしくはメーカー）にすでに発注済みで，かつまだ到着していない商品の量を合わせたものであることに注意してください．専門的には，このように発注済みの量を含めた在庫量を「在庫ポジション」とよびます．在庫ポジションについての詳細は，§ 5 をご参照下さい．

OptSCM では，リード時間内の需要の最大値を「最大需要量」とよび，これを入力パラメータとします．これによって，需要が正規分布でない場合でも，容易にモデル化することができます．小売店がもつべき在

庫量（正確には在庫ポジション）は，リード時間内の最大需要量に一致します．安全在庫量とは，最大需要量から平均需要量を減じた値と定義します．

$$\text{安全在庫量} = \text{最大需要量} - \text{平均需要量}$$

品切れを起こさない確率（サービスレベル）を 95% としたときの平均需要量，最大需要量，安全在庫量は，Excel などの表計算ソフトウェアを用いて簡単に計算することができます．図 1 に Excel による需要量の計算とグラフを示します．平均需要量は直線的に増加していますが，最大需要量と安全在庫量はリード時間が大きくなるにつれて上昇の幅が小さくなる，いわゆる凹関数であることが，図から分かります．



| リード時間(T) | 平均需要 | 最大需要 | 安全在庫 |
|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 265 | 165 |
| 2 | 200 | 433 | 233 |
| 3 | 300 | 586 | 286 |
| 4 | 400 | 730 | 330 |
| 5 | 500 | 869 | 369 |
| 6 | 600 | 1004 | 404 |
| 7 | 700 | 1137 | 437 |
| 8 | 800 | 1267 | 467 |
| 9 | 900 | 1395 | 495 |
| 10 | 1000 | 1522 | 522 |
| 11 | 1100 | 1647 | 547 |
| 12 | 1200 | 1772 | 572 |
| 13 | 1300 | 1895 | 595 |
| 14 | 1400 | 2017 | 617 |
| 15 | 1500 | 2139 | 639 |
| 16 | 1600 | 2260 | 660 |
| 17 | 1700 | 2380 | 680 |
| 18 | 1800 | 2500 | 700 |
| 19 | 1900 | 2619 | 719 |



図 1: 平均需要量，最大需要量，安全在庫量の Excel 表示

# 3　直列在庫モデル

例として，部品工場 ⇒ 生産工場 ⇒ 卸売り業者 ⇒ 小売店の 4 段階から成る直列のサプライ・チェインを考えてみます（図 2）．

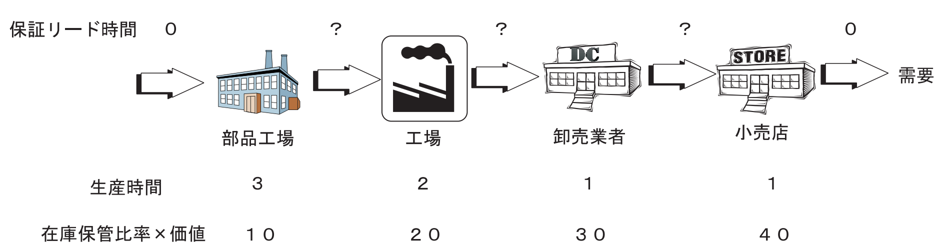



図 2: 直列在庫モデルと入力データ

サプライ・チェインの最も下流にあたる小売店では，顧客の需要が発生します．ここでは，1 日あたり

平均 100 個，標準偏差 100 の（切断）正規分布に基づいた需要があるものとしましょう．また，各在庫地点では，各日ごとに小売店における需要量だけ補充を行うものとします．各在庫地点では，品目（部品，半製品，商品などの総称です）を加工したり，運搬したり，作業待ちをしたりする時間がかかります．ここでは，各地点での経過時間を「生産時間」とよぶことにします．

各在庫地点は，その地点の下流の在庫点が発注後，決められた時間内に品目の補充を行うことを保証しているものとします．OptSCM では，これを「保証リード時間」とよびます．小売店の保証リード時間は，顧客の要望によって決められた定数とします．通常の小売店では，商品がないと困るので，小売店の顧客に対する保証リード時間は 0 日です．

ここで考える直列モデルにおいては，小売店は商品の注文を卸売り業者にします．小売店が注文をしてから商品を受け取るまでの時間を「入庫リード時間」とよびます．これは，卸売業者の保証リード時間に一致します．

$$\text{入庫リード時間（小売店）} = \text{保証リード時間（卸）}$$

小売店では，商品を受け取ってから陳列するまで 1 日の時間を要するものとします．これは，小売店の「生産時間」と解釈できます．この生産時間を入庫リード時間に加えたものを「補充リード時間」とよびます．言い換えれば，補充リード時間は，小売店が注文をしてから陳列までに要する（つまり，顧客への販売が可能になる）までの時間です．

$$\text{補充リード時間} = \text{入庫リード時間} + \text{生産時間}$$

ここで考えるモデルの目標は，サプライ・チェイン全体での在庫費用を最小にするように，小売店以外の在庫地点における保証リード時間を決定することです．ここで，在庫費用は保管されている在庫量に比例してかかるものとします．OptSCM では,「在庫保管比率」とよばれる定数に，品目の価値を乗じたものを品目にかかる在庫費用と考えます．

$$\text{在庫費用} = \text{在庫保管比率} \times \text{品目の価値} \times \text{在庫量}$$

在庫保管比率とは，対象とする企業体が品目の価値を現金として保有して，他の活動に利用したときの利率，在庫をもつことによる品目の価値の目減り，保管に要する光熱費や倉庫費などの合計によって決められる定数です．また，品目の価値は，各在庫地点へ供給される品目の価値の合計に，その地点で付加される価値（製造費用や調達費用の和）を加えたものです．一般に，サプライ・チェインの下流（需要側）に行くにしたがって，品目の価値は増大していきます．

また，サプライ・チェインの最上流の在庫地点は，決められれた保証リード時間で品目を補充するものとします．ここで扱う例では，部品工場への原料を供給は，保証リード時間 0 で供給されるものとします．

補充リード時間（注文をしてから生産が完了するまでの時間）から保証リード時間（注文を受けてから

供給するまでの時間）を差し引いた日数を「正味補充時間」とよびます．

$$\text{正味補充時間} = \text{補充リード時間} - \text{保証リード時間}$$

各在庫地点では，正味補充時間内に発生する最大需要量分の在庫をもっていれば，在庫切れが起きないことが保証されます．

需要が正規分布にしたがうと仮定したときには，表 1 を用いて，在庫量は以下のように簡単に決めることができます．

$$\text{在庫量} = \text{需要の平均} \times \text{正味補充時間} + \text{安全在庫係数} \times \text{需要の標準偏差} \times \sqrt{\text{正味補充時間}}$$

小売店の在庫量の場合（§ 2）と同様に，上式の在庫量は，発注済みで，かつまだ到着していない品目の量も含めた在庫量（在庫ポジション）を指すことに注意してください．

ここで解説した直列在庫モデルは，Excel などの表計算ソフトウェアを用いて簡単にシミュレーションすることができます．図 3 に Excel によるモデル化を示しておきます．この Excel は，部品工場，工場，卸の保証リード時間（Cell の色が付けてある部分）を変えると，入庫リード時間，正味補充時間，在庫量が自動的に変化し，総在庫費用が計算されるように設計されています．

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **段階** | **外部** | **部品工場** | **工場** | **卸** | **小売り** | |
| 2 | 生産時間 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | |
| 3 | 在庫保管比率×価値 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | |
| 4 | 保証リード時間 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | |
| 5 | 入庫リード時間 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | |
| 6 | 補充リード時間 | 0 | 3 | 2 | 3 | 4 | |
| 7 | 正味補充時間 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | |
| 8 | **総在庫費用** | 0 | 1732.050808 | 0 | 0 | 8000 | 9732.050808 |

図 3: 直列在庫モデルの Excel 表示

保証リード時間をすべて 0 とし，すべての地点に在庫を置くことにした場合には，総在庫費用は 11560 円となります．OptSCM を用いると，最適な保証リード時間は，工場 = 2 日，卸 = 3 日，他の在庫地点 = 0 日で，総在庫費用は 9732 円となることが簡単に分かります．このように，在庫はバラバラに置くのではなく，まとめて置くことによって大幅な費用の削減が可能になります．結果を図 4 に図示します．このような答えを試行錯誤で算出することは大変難しいことを，Excel を用いたシミュレーションで実際に体験してみてください．

## 4　一般型ネットワーク在庫モデル

実際のサプライ・チェインは，上で示したような直列型とは限りません．たとえば，複数の部品をもとにして品目を製造する場合や，ある品目から複数の品目が生成される場合などがあるからです．OptSCM

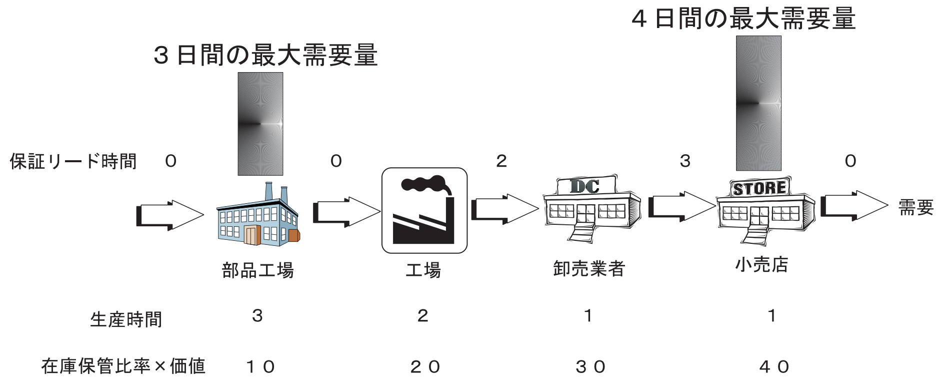



図 4: 直列在庫モデルの最適解

では，途中で枝分かれをした品目が，再び同じ地点に来ることを禁止したネットワークを仮定します．専門的にはこのようなネットワークを「木」ネットワークとよびます．これは，需要が発生する地点からサプライ・チェインを上流に辿ることによって，各地点の需要量が計算できるために必要な条件です．たとえば，図 5 の左図のネットワークはこの条件を満たしますが，右図のネットワークは条件を満たしません．

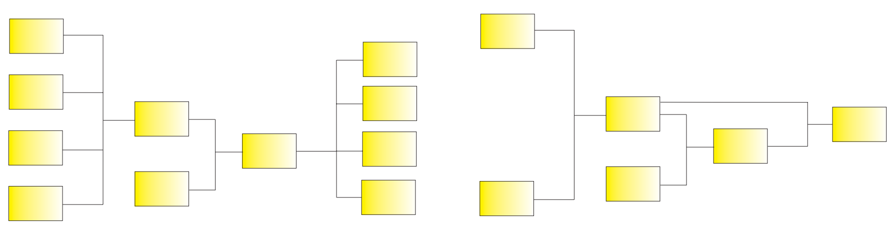


図 5: OptSCM で取り扱う木ネットワーク（左図）と条件を満たさないネットワーク（右図）

通常,「木」でないネットワークを使用するケースは稀であると考えられます．たとえば，緊急の（小さな保証リード時間を要求する）納入と通常の（ある程度大きい保証リード時間を要求する）納入の 2 通りの注文があり，緊急の場合には工場からの直送，そうでない場合には配送センターからのルート便による配送という場合が考えられます．この場合，単純に顧客を 1 つの地点としたネットワークを考えると，木ネットワークの条件は満たしませんが，顧客を「緊急注文」と「通常注文」の 2 つの地点と考えると，木ネットワークに帰着されます（図 6）．このように，ほとんどの場合は，簡単な問題の変形によって，木ネットワークの条件を満たすようにできます．

ネットワーク内の点は，在庫を配置する可能性がある地点を表します．各地点には，ある品目が対応します．OptSCM では，物理的に同一の品目でも，サプライ・チェイン上の異なる地点で在庫されている場合には異なる品目とみなします．たとえば，工場にある完成品は，卸売業者の倉庫にある完成品とは異なるものと考えます．倉庫にある完成品は，工場から最終需要地点の近くまで輸送されることによって付加価値

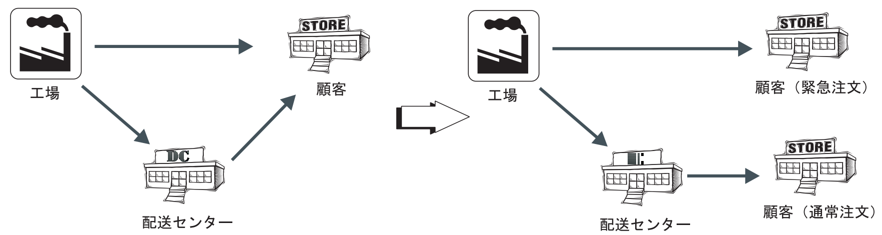



図 6: 木ネットワークへの帰着

が高められた別の品目とみなす必要があるからです．

ネットワーク上の矢印は，ある在庫地点から別の在庫地点への品目の移動（輸送）や，生産を表す点に入っている矢印の先の品目を部品として，製造や分解を行うことを表現しています．ある品目を製造する際に，部品としてある品目を複数個必要とする場合には，この矢印に「生産必要量」の情報を付加します．

需要は，後続する在庫地点をもたない地点（矢印の出ていない点）上で発生するものとします．このような地点を需要地点とよびます．OptSCM では，需要地点以外の地点に対しても，正味補充時間内に発生する最大需要量と平均需要量を入力することができます．これによって，異なる需要地点における需要の相関などを自由に表現できます．

入力が面倒な場合には，需要地点以外の需要量は，その地点が供給する需要地点の需要量から計算することもできます．例として，在庫地点 1 が，2 つの在庫地点 2, 3 に品目を供給して場合を考えます．地点 2, 3 で生産している品目は，地点 1 から供給される品目を，それぞれ 1 単位ずつ消費するものとします．これは上述の生産必要量が両者とも 1 単位であることを表します．このときの地点 1 の平均在庫量は，

$$\text{平均需要量}_1 = \text{平均需要量}_2 + \text{平均需要量}_3$$

と計算されます．

地点 2, 3 における需要が独立であると仮定すると，地点 1 の最大需要量は，

$$\text{最大需要量}_1 = \text{平均需要量}_1 + \sqrt{(\text{最大需要量}_2 - \text{平均需要量}_2)^2 + (\text{最大需要量}_3 - \text{平均需要量}_3)^2}$$

と計算されます．

地点 2, 3 の需要が同一かつ独立な正規分布にしたがう場合には，地点 1 における平均需要量は 2 倍，安全在庫量は $\sqrt{2}$ 倍になります．安全在庫が 2 倍でなく，$\sqrt{2}$ 倍になるのは，地点 2, 3 の需要がお互いにうち消し合うことによるもので，いわゆるリスク共同管理もしくは統計的規模の経済とよばれる効果によるものです．

今度は，需要地点 2, 3 に相関がある場合について考えてみましょう．仮に相関係数が 1 の場合を考えてみます．このとき，2 つの需要地点の需要は同じように動き，1 つの需要地点の需要が大きい場合には，もう 1 つの需要地点の需要も大きくなり，小さい場合には，他方も小さくなります．このとき，地点 1 の最

大需要量は，

$$\begin{aligned}\text{最大需要量}_1 &= \text{平均需要量}_1 + (\text{最大需要量}_2 - \text{平均需要量}_2) + (\text{最大需要量}_3 - \text{平均需要量}_3)\\ &= \text{最大需要量}_2 + \text{最大需要量}_3\end{aligned}$$

と計算する方法が妥当であると考えられます．この場合には，地点 2, 3 の需要が同一な分布のとき，安全在庫は 2 倍必要になります．

OptSCM では,「共同管理（pooling）係数」とよばれるパラメータ $\alpha$ を用いて最大需要量を以下のように計算します．

$$\text{最大需要量}_1 = \text{平均需要量}_1 + \left((\text{最大需要量}_2 - \text{平均需要量}_2)^\alpha + (\text{最大需要量}_3 - \text{平均需要量}_3)^\alpha\right)^{1/\alpha}$$

ある在庫地点が供給する需要地点における需要が独立（無相関）な場合には，共同管理係数は 2 と設定します．相関が大きい場合には 1 に近い値を入力します．また，負の相関（逆相関）の場合には 2 より大きな値を入力します．図 7 に，地点 2, 3 の共同管理係数が 1, 2, 3 のときの，安全在庫量（最大需要量から平均需要量を減じたもの）の変化を示します．

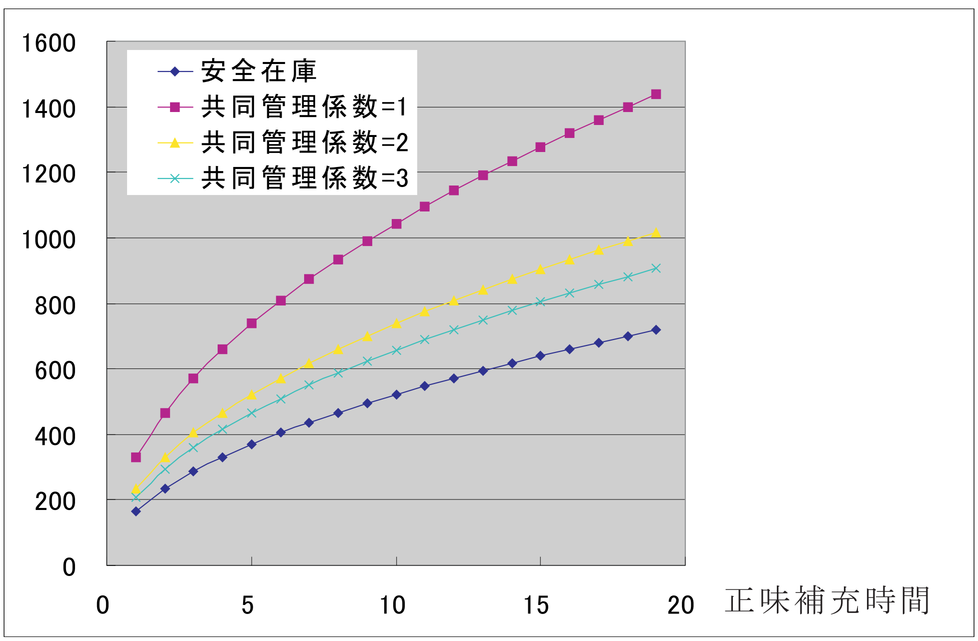



図 7: 共同管理係数を変えたときの安全在庫量の変化

各在庫地点において，その地点の下流の在庫点が発注後，決められた時間内に品目の補充を行うことを保証している時間を「保証リード時間」とよんでいました．一般型のネットワークの場合には，後続する在庫地点（矢印の出先の点）が複数ある可能性がありますが，これらの点に対してすべて同じ保証リード時間で品目を補充することを保証します．実際には，供給先によって保証リード時間が異なる場合もある思います．たとえば，遠方のお客さんに対しては，3 日以内に商品をお届けする保証をし，都内のお客さんに対し

ては，翌日に商品をお届けする保証をしているケースがそれにあたります．OptSCM では，これはお客さんを表す点の生産時間を変えるか（図 8 (b)），矢印の間にダミー（意図的に加えたものの意）の在庫地点を追加し，その点の生産時間によって実際の保証リード時間の差を調整します（図 8 (c)）．

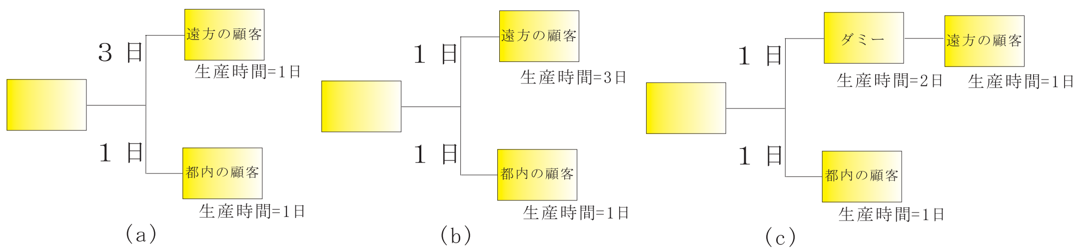



図 8: 後続する在庫地点の保証リード時間が異なる場合の対処法．(a) 元々の保証リード時間．(b) 後続する点の生産時間を変える方法．(c) 間にダミーの点を加える方法．

ある在庫地点において，品目を上流の在庫地点（複数ある可能性もあります）に注文をしてから，注文したすべての品目を受け取るまでの時間を「入庫リード時間」とよびます．これは，その地点に品目を供給する地点の保証リード時間の最大値となります．

$$\text{入庫リード時間} = \max_{\text{すべての供給地点}} \text{保証リード時間}$$

つまり，入庫リード時間は，注文時から生産を開始するまでにかかる時間を表します．

生産時間を入庫リード時間に加えたものを「補充リード時間」とよびます．

$$\text{補充リード時間} = \text{入庫リード時間} + \text{生産時間}$$

この計算法は，直列在庫モデルの場合と同じです．

また，補充リード時間（注文をしてから生産が完了するまでの時間）から保証リード時間（注文を受けてから供給するまでの時間）を差し引いた日数を「正味補充時間」とよびます．

$$\text{正味補充時間} = \text{補充リード時間} - \text{保証リード時間}$$

正味補充時間内に発生する最大需要量分の在庫をもっていれば，在庫切れが起きないことが保証されます．

ここで解説した一般型ネットワーク在庫モデルも，直列在庫モデルと同様に，Excel などの表計算ソフトウェアを用いてシミュレーションを行うことができます．図 9 のようなネットワーク型の在庫モデルを例としたときの Excel によるモデル化を図 10 に示します．この Excel シートは，在庫地点 $1, 2, 3, 4, 5$ の保証リード時間（Cell の色が付けてある部分）を変えると，入庫リード時間，正味補充時間，在庫量が自動的に変化し，総在庫費用が計算されるように設計されています．

すべての地点に在庫を置くことにした場合には，総在庫費用は 4698 円となります．OptSCM を用いると，図 9，図 10 に示すような最適な保証リード時間が求まり，総在庫費用は 3046 円となることが簡単に分

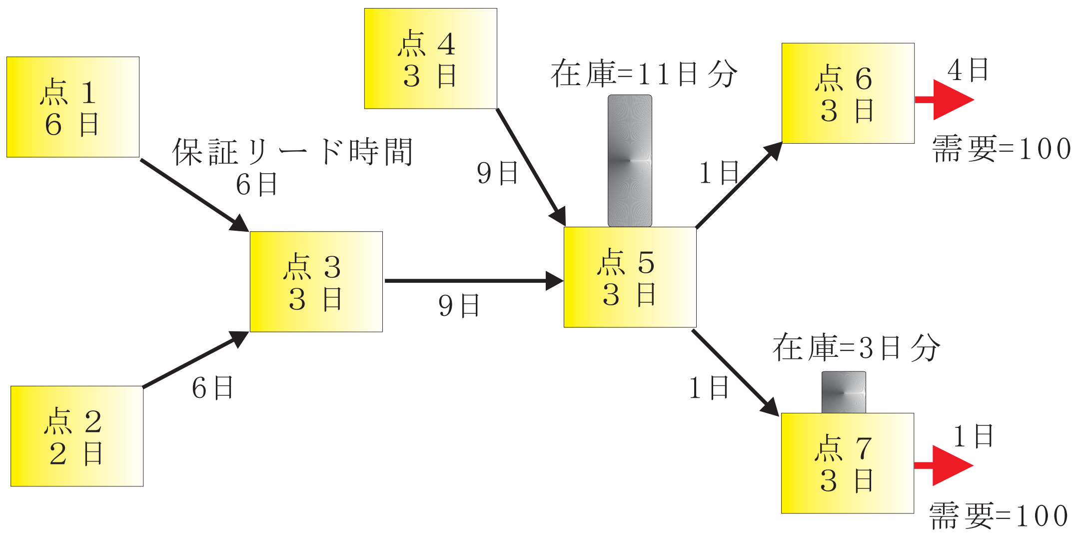



図 9: 一般型ネットワーク在庫モデルの例題

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 地点番号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 2 | 生産時間 | 6 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| 3 | 在庫保管比率×価値 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | |
| 4 | 外部需要量 | | | | | | 100 | 100 | |
| 5 | 保証リード時間 | | | | | | 4 | 1 | |
| 6 | 保証リード時間 | 6 | 6 | 9 | 9 | 1 | 4 | 1 | |
| 7 | 入庫リード時間 | 0 | 4 | 6 | 6 | 9 | 1 | 1 | |
| 8 | 補充リード時間 | 6 | 6 | 9 | 9 | 12 | 4 | 4 | |
| 9 | 正味リード時間 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 3 | 計 |
| 10 | 総在庫費用 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2188.972362 | 0 | 857.3651497 | 3046.337511 |
| 11 | 需要量 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 100 | 100 | |

図 10: 一般型ネットワーク在庫モデルの Excel 表示

かります．このような答えを試行錯誤で算出することは大変難しいことを，Excel を用いたシミュレーションで実際に体験してみてください．

## 5 日々の在庫運用との連携について

OptSCM は，中・長期の視点にたって，各在庫地点の保証リード時間を決定するために用いられます．

OptSCM の基本モデルでは，需要が定常である（分布が時間とともに変化しない）と仮定していました．このとき，各在庫地点では,「発生した需要の分だけ注文する」ことによって，常に最適な安全在庫量を維持することができます．ここで注意していただきたいことは，運用レベルにおける安全在庫量は，戦略的に決められた安全在庫量と異なり，日々変動することです．

図 11 に Excel による日々の在庫運用シミュレーション結果の一例を示します．この例では，需要は平均 10，標準偏差 3 の正規乱数によって発生させています．また，上流の地点の保証リード時間は 4 （日）とし

ます．日々の運用を考える場合には，発生するイベント（需要の発生や注文の到着などを指します）のタイミングが問題になります．これは，実際問題によって色々なケースが考えられますが，ここでは，注文は期末（その日の終わり），需要は期中（その日の間），発注した品目の到着は期首（その日の最初）と仮定します．サービスレベル（在庫切れを起こす確率）を 95% と設定したとすると，安全在庫量は $1.65 \times 3 \times \sqrt{4} = 9.9$ と計算されます．例では，初期の安全在庫量を 10 に設定しています．

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 期(日) | 需要量(平均10,標準偏差3の正規乱数) | 発注量 | 注文到着量(リード時間4) | 安全在庫量(1.65×標準偏差×sqrt(リード時間)) | 注文未到着量(期末) | 期末在庫ポジション(=安全在庫量+注文未到着量) |
| 2 | 1 | 10 | 10 | | | | |
| 3 | 2 | 10 | 10 | | | | |
| 4 | 3 | 10 | 10 | | | | |
| 5 | 4 | 10 | 10 | | 10 | | |
| 6 | 5 | 12 | 12 | 10 | 8 | 42 | 50 |
| 7 | 6 | 4 | 4 | 10 | 14 | 36 | 50 |
| 8 | 7 | 16 | 16 | 10 | 8 | 42 | 50 |
| 9 | 8 | 11 | 11 | 10 | 7 | 43 | 50 |
| 10 | 9 | 14 | 14 | 12 | 5 | 45 | 50 |
| 11 | 10 | 13 | 13 | 4 | −4 | 54 | 50 |
| 12 | 11 | 16 | 16 | 16 | −4 | 54 | 50 |
| 13 | 12 | 6 | 6 | 11 | 1 | 49 | 50 |
| 14 | 13 | 11 | 11 | 14 | 4 | 46 | 50 |
| 15 | 14 | 13 | 13 | 13 | 4 | 46 | 50 |
| 16 | 15 | 12 | 12 | 16 | 8 | 42 | 50 |
| 17 | 16 | 12 | 12 | 6 | 2 | 48 | 50 |
| 18 | 17 | 10 | 10 | 11 | 3 | 47 | 50 |
| 19 | 18 | 13 | 13 | 13 | 3 | 47 | 50 |
| 20 | 19 | 9 | 9 | 12 | 6 | 44 | 50 |
| 21 | 20 | 14 | 14 | 12 | 4 | 46 | 50 |
| 22 | 21 | 7 | 7 | 10 | 7 | 43 | 50 |
| 23 | 22 | 15 | 15 | 13 | 5 | 45 | 50 |
| 24 | 23 | 14 | 14 | 9 | 0 | 50 | 50 |
| 25 | 24 | 7 | 7 | 14 | 7 | 43 | 50 |
| 26 | 25 | 7 | 7 | 7 | 7 | 43 | 50 |
| 27 | 26 | 4 | 4 | 15 | 18 | 32 | 50 |
| 28 | 27 | 6 | 6 | 14 | 26 | 24 | 50 |
| 29 | 28 | 11 | 11 | 7 | 22 | 28 | 50 |
| 30 | 29 | 10 | 10 | 7 | 19 | 31 | 50 |

図 11: 日々の運用の Excel シミュレーション

シミュレーション結果から分かるように，日々の運用における安全在庫量は変動します．一方，安全在庫量に，過去に発注してまだ到着していない量（注文未到着量）を加えたもの（在庫ポジション）は，一定となります．在庫ポジション（50）は，リード時間（4 日）に平均需要量（10）を乗じたものに，初期安全在庫量（10）を加えたものになります．

この例では，サプライ・チェインの最下流（小売店）における在庫の変化を示していますが，サプライ・チェインの上流（卸売業者やメーカー）における発注量は，在庫ポジションのかわりに，エシェロン在庫ポジション（下流の在庫を含めた在庫ポジション）を用い，リード時間のかわりにエシェロンリード時間を用いることによって，同様に計算することができます（図 12）．

日々の需要量が定常でない場合には，OptSCM で求めた保証リード時間を固定し，目標とする在庫ポジションを変化させることによって対処することができます．この場合には，発注量は「発生した需要の分だけ注文する」ことによって決めるのではなく，目標とする在庫ポジション（リード時間内の最大需要量）から期末の在庫ポジションを減じた量を発注します．

発注量の運用レベルでの決定は，実際問題に応じた様々な要因を考慮する必要があります．詳細につい

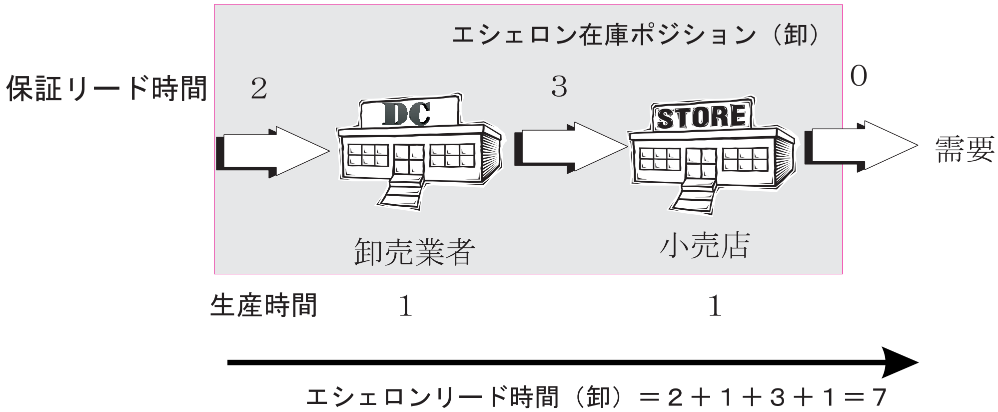



図 12: エシェロン在庫の例

ては，個別にご相談を承ります．

## 6　押し出し・引っ張りの境界

一般に，サプライ・チェインにおける生産活動は，需要予測に基づき見込みで生産をする場合と実際の注文に基づいて確定された需要を満たすために生産をする場合の，大きく 2 つに分類されます．前者は，生産側の思惑で押し出して生産するので「押し出し型（プッシュ）システム」とよばれ，後者は，顧客の需要によって引っ張られることによって生産するので「引っ張り型（プル）システム」とよばれます．

引っ張り型システムは，生産された品目がすべて実際の需要と結びつけられているので，在庫の観点だけからみると最適な生産方式です．押し出し型システムは，需要の予測に基づいて生産するので，品切れや余剰在庫を抱えてしまう危険性があります．しかし，顧客（最終需要地点）に対して，注文からどれだけの時間で品目を届けられるか（OptSCM における顧客の保証リード時間）は，競争下におけるサプライ・チェインの重要な尺度となっています．あらかじめ政策的に定められた顧客の保証リード時間を守るためには，サプライ・チェインの最上流から生産をしていたのでは間に合わない場合がほとんどです．そのため，ある程度の在庫をもってしまうことは覚悟で，サプライ・チェインの途中までは押し出し型システムで生産し，それ以降は引っ張り型システムで生産する訳です．

この，押し出し型システムと引っ張り型システム境目になる地点を「押し出し・引っ張りの境界」とよびます．押し出し・引っ張りの境界の地点では，安全在庫をもつことによってシステム間の繋ぎの役割を果たします．一般には，押し出し・引っ張りの境界は明確には定められていない場合がほとんどですが，OptSCM を用いることによって,「押し出し・引っ張りの境界」を簡単に決めることができます．

直列在庫モデルの例題では，小売店における保証リード時間は 0 日で，将来の需要はわからないものと仮定していました．この場合には，小売店も予測値に基づいて卸売業者に発注をするので，サプライ・チェイン全体が押し出し型システムで運用されていると考えられます．上で求めたように，最適な安全在庫は，

小売店に 4 日分もつことによって顧客の要求に答えていました．

いま，数日後までの需要は確定しているものと仮定し，小売店の保証リード時間を 0 日から4 日まで増やしてみましょう．このとき，安全在庫を保持する地点は，卸売業者，工場，部品工場へと移動していきます．すなわち，押し出し・引っ張りの境界がサプライ・チェインの上流へと移動したのです（図 13）．このとき，安全在庫費用も減少していきます．安全在庫費用と顧客へのサービスレベル（小売店の保証リード時間）は，トレードオフ関係にあるからです．

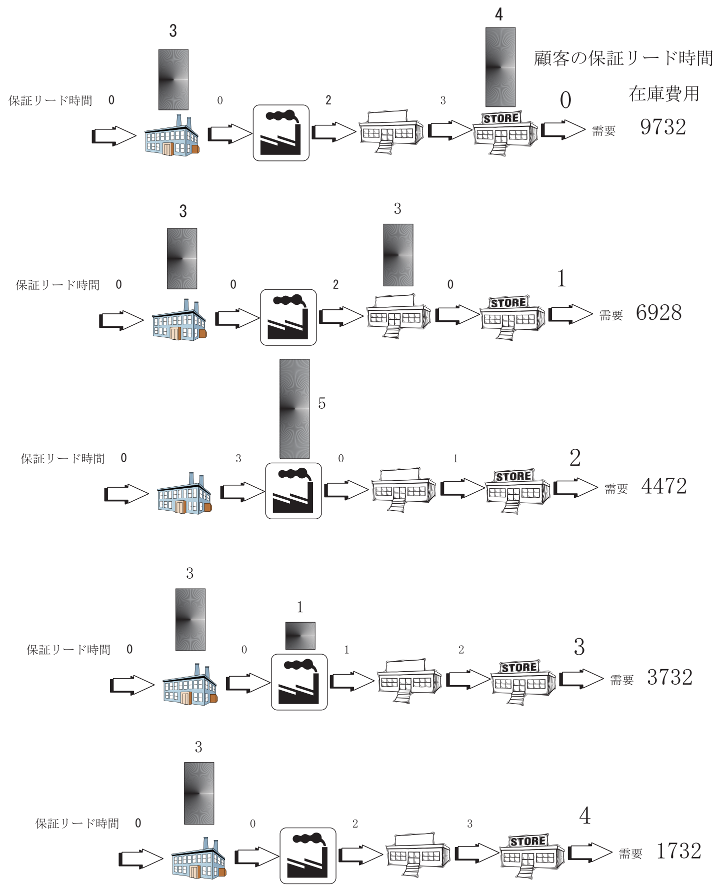



図 13: 小売店の保証リード時間の変化による押し出し・引っ張りの境界の移動

# 索 引