

在庫管理論の再構築

かんばん方式の原理を 一般の在庫管理に拡張する

サプライ・チェーン・マネジメントの展開を見据えて

2017年9月1日

DPM 研究舎

佐々木俊雄

Revision History

- * 「第4章 定量不定期発注」修正 2018年1月31日

もくじ	第1章 「かんばん方式」のタブーに挑む
	第2章 一般の在庫管理へ展開する
	2.1 消費量が変動し、かんばん枚数と収容数もランダムに変動する
	2.2 件量識別して捉えた受注量の数式モデルと「かんばん方程式」との一致
	2.3 一般の在庫管理方程式
	第3章 補充発注の“まとめ方”による発注方式
	第4章 定量不定期発注
	第5章 定期不定量発注
	第6章 定件発注(不定期不定量発注)
	第7章 定量、定期、定件発注を比較する

第1章 「かんばん方式」のタブーに挑む

欠品率を下げようとすれば在庫が増え、在庫を減らそうとすれば欠品率は上がる。在庫管理のねらいは、欠品率最小化と在庫量最少化の両立である。この二律背反を最も高いレベルで実現しているのが「かんばん方式」だ、と言っても異論は出まい。一方、一般企業への「かんばん方式」の導入は、成功事例より失敗事例の方がはるかに多い。失敗の原因は、平準化ができていないからだ、変動(バラツキ)が大きすぎるからだ、と専門家は指摘する。

「平準化なくして、かんばん方式は成立しない」。この格言は、いまや、自然法則にも匹敵する程度にゆるぎないものとなっている。「かんばん方式」は、平準化ができ、バラツキを極小に管理できるレベルの高い企業でしかうまくいかない、特別な在庫管理方法だ。バラツキだらけの一般企業の在庫管理とは別もの。「かんばん方式」を導入したいなら、「管理レベルを上げなさい」、と。コンサルタントの助言もゆるぎがない。

しかし、。しかし、だ。愚考のそしりを顧みずに、あえて、問う。
「かんばん方式成立の条件は、本当に、バラツキがない(小さい)ことか？」

バラツキがあっても、平準化ができていなくても、「かんばん方式」の原理は成り立つのではない。無謀であることは承知の上で、「かんばん方式」のタブーに挑むことにする。「かんばん方式」のあら探しを狙いではない。その利点を生かす方策を探すのが本望である。そのためには「かんばん方式」の利点を支える原理を学ばなければならない。

「かんばん方式」の基本的仕組みを図 1 に例示する。在庫されている部品が消費され、①かんばんが外れると、②かんばんと空収容箱が供給元へ送られる。③供給元で所定部品数が収容箱に

收容され、④かんばんと共に戻ってくる。核心は「消費した分だけ補充する」。これが「かんばん方式」の原理のひとつだ。

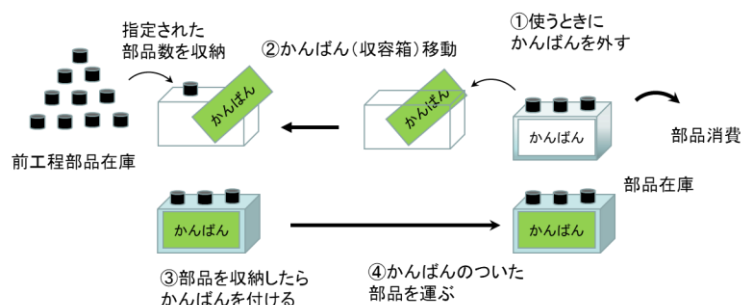


図1 かんばん方式の仕組み

一般の在庫管理でも「消費した分だけ補充する」ことを基本としているのではないかとお叱りを受けるかもしれない。在庫が消費されていくと発注点に到達する。その時、ある一定量を発注するのが定量発注点発注方式。定期的に補充時間分先の需要を予測し、発注するのが定期不定量発注。かんばんの外れが補充発注の指示になる「かんばん方式」と類似しているようだが、根本的なところでの違いは大きい。

もう少し詳しくみてみる。「かんばん方式」の原理はかんばん枚数の計算式をみると分かりやすい。

かんばん枚数＝補充時間での消費量/收容数

注記) 補充時間; かんばんが外れてから、物品とともに戻ってくるまでの時間。

「かんばん方式」といっても若干(3%程度)のバラツキは考慮している。それを含めて、次のように式を変形してみる。

$$(\text{收容数} \times \text{かんばん枚数}) + \text{余裕かんばん枚数} = \text{補充時間での消費量} + \text{消費量バラツキ}$$

---式(1-1)

式(1-1)は、「かんばん方式」の原理を記述していると考えられるので、「かんばん方程式」と呼んでおく。また、「消費した分だけ補充する」補充方法も「かんばん方式」の原理的特徴であることを再度確認しておく。

第2章 一般の在庫管理へ展開する

2.1 消費量が変動し、かんばん枚数と收容数もランダムに変動する

「かんばん方式」では消費量の変動はごくわずかしかな許容されていないし、かんばん枚数と收容数は固定である。「かんばん方式」を一般の在庫管理に拡張するためには、消費量の変動を許容

し、かんばん枚数も収容数も独立に、且つランダムに変動する条件を取り込む必要がある。

補充時間を一定として、かんばん枚数を K 、収容数を P 、消費量を D とする。 K 、 P 、 D はすべて確率変数である。かんばん枚数の平均を $\bar{K}$ 、分散を V_K 、収容数の平均を $\bar{P}$ 、分散を V_P として消費量の平均 $\bar{D}$ と分散 V_D の関係を記述する数式モデルの導出を試みる。

確率変数の期待値と分散の公式を利用することにする。確率変数 X の期待値を $E[X]$ 、分散を $V[X]$ 、 a を定数とすると、期待値と分散の公式は次の通り。

期待値の公式

$$\textcircled{1} \quad E[aX] = aE[X]$$

$$\textcircled{2} \quad E[X+Y] = E[X] + E[Y]$$

分散の公式

$$\textcircled{3} \quad V[aX] = a^2 V[X]$$

$$\textcircled{4} \quad V[X+Y] = V[X] + V[Y] \quad \text{但し } X, Y \text{ は独立}$$

かんばん枚数 K と収容数 P は互いに独立であるとする。補充時間の間に来る、初めのかんばんの収容数を P_1 、次のかんばんの収容数を P_2 、...、補充時間での最後のかんばんが K 枚目となり、その収容数を P_K とする。その間の消費量 D は次の式で表される。

$$D = P_1 + P_2 + \cdots + P_K$$

P_1 、 P_2 、...、 P_K はそれぞれ確率変数で独立と考え、 D の期待値 $E[D]$ は公式②から次のようになる。

$$E[D] = E[P_1 + P_2 + \cdots + P_K] = E[P_1] + E[P_2] + \cdots + E[P_K]$$

収容数 P は同一母集団なので、 $E[P_1] = E[P_2] = \cdots = E[P_K] = E[P]$ となり、次のようになる。

$$E[D] = K \cdot E[P]$$

K は確率変数、 $E[P]$ が定数なので公式①から、 D の期待値 $E[D]$ は次のようになる。

$$E[D] = E[K] \cdot E[P]$$

次に、分散の式を検討する。 P の分散 $V[P]$ をゼロに近づけると、

$$\lim_{V[P] \rightarrow 0} P = \bar{P}$$

P は P の平均値 $\bar{P}$ となり、 K のときの受注量 $D_{\bar{P}}$ は、次のようになる。

$$D_{\bar{P}} = \bar{P} + \bar{P} + \cdots + \bar{P} = \bar{P} \cdot K$$

$\bar{P}$ は定数、 $D_{\bar{P}}$ および K は確率変数なので $D_{\bar{P}}$ の分散 $V[D_{\bar{P}}]$ は、公式③から次のようになる。

$$V[D_{\bar{P}}] = \bar{P}^2 \cdot V[K]$$

次に、 K の分散 $V[K]$ をゼロに近づけると、

$$\lim_{V[K] \rightarrow 0} K = \bar{K}$$

K は K の平均値 $\bar{K}$ となり、このときの受注量 $D_{\bar{K}}$ は、次のようになる。

$$D_{\bar{K}} = P_1 + P_2 + \dots + P_{\bar{K}}$$

$D_{\bar{K}}$ の分散 $V[D_{\bar{K}}]$ は公式④から、次のようになる。

$$V[D_{\bar{K}}] = V[P_1 + P_2 + \dots + P_{\bar{K}}] = V[P_1] + V[P_2] + \dots + V[P_{\bar{K}}]$$

収容数 P は同一母集団なので、 $V[P_1] = V[P_2] = \dots = V[P_{\bar{K}}] = V[P]$ であるから、次のようになる。

$$V[D_{\bar{K}}] = \bar{K} \cdot V[P]$$

$V[D_P]$ と $V[D_{\bar{K}}]$ とは分散の加法性が成立するので、D の分散 $V[D]$ は、次のようになる。

$$V[D] = V[D_P] + V[D_{\bar{K}}] = \bar{P}^2 \cdot V[K] + \bar{K} \cdot V[P]$$

$E[D]$ を $\bar{D}$ 、 $E[K]$ を $\bar{K}$ 、 $E[P]$ を $\bar{P}$ に、また、 $V[D]$ を V_d 、 $V[K]$ を V_k 、 $V[P]$ を V_p に置き換えてまとめると、

$$\bar{D} = \bar{P} \cdot \bar{K} \quad \text{式(2-1)}$$

$$V_d = \bar{P}^2 \cdot V_k + \bar{K} \cdot V_p \quad \text{式(2-2)}$$

前述の「かんばん方程式」式(1-1)では、消費量のバラツキとその分をカバーするかんばん枚数の項を加算、追加したが、バラツキを統計的に処理する場合は、平均と分散(あるいは標準偏差)で表現するので、式(1-1)を少し修正し、新たに式(1-1)とする。

(収容数 × かんばん枚数)	→ (収容数 × かんばん枚数) 平均
余裕かんばん枚数	→ 安全係数 × かんばん枚数の標準偏差
補充時間での消費量	→ 補充時間での平均消費量
消費量バラツキ	→ 安全係数 × 消費量の標準偏差

(収容数 × かんばん枚数) 平均 + αK かんばん枚数の標準偏差
 = 補充時間での平均消費量 + αK 消費量の標準偏差 --- 式(1-1)
 (α は許容できる欠品率を考慮して決める安全係数)

式(2-1)、式(2-2)との関係を整理すると、次のようになる。

かんばん方程式左辺	(収容数 × かんばん枚数) の平均	→ $\bar{P} \cdot \bar{K}$
	αK かんばん枚数の標準偏差	→ $\alpha \cdot \sqrt{\bar{P}^2 \cdot V_k + \bar{K} \cdot V_p}$
かんばん方程式右辺	補充時間での平均消費数量	→ $\bar{D}$
	αK 消費量の標準偏差	→ $\alpha \cdot \sqrt{V_d}$

上記の関係を式(1-1)に代入すると、「かんばん方程式」は次のようになる。

$$\bar{P} \cdot \bar{K} + \alpha \cdot \sqrt{\bar{P}^2 \cdot V_k + \bar{K} \cdot V_p} = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d} \quad \text{式(2-3)}$$

式(2-3)の左辺は、かんばん枚数 K とその分散 V_k 、收容数 P とその分散 V_p で与えられ、右辺は消費量 D とその分散 V_d で与えられる。式(2-1)、式(2-2)、式(2-3)は、消費量、かんばん枚数、收容数がランダムに変動する条件で成立する「かんばん方程式」となる。

2.2 件量識別して捉えた受注量の数式モデルと「かんばん方程式」との一致

参考文献1で、受注件数と1件当りの受注量を識別(以下、件量識別)して受注量を捉える数式モデルを導出した。具体的には、データ集計時間での受注件数の平均 $\bar{N}$ 、その分散 V_n 、1件当りの受注量(以下、量/件)の平均 $\bar{Q}$ 、その分散 V_q と受注量の平均 $\bar{D}$ 、その分散 V_d の関係は次のようになる。

$$\bar{D} = \bar{Q} \cdot \bar{N} \quad \text{----式①}$$

$$V_d = \bar{Q}^2 \cdot V_n + \bar{N} \cdot V_q \quad \text{----式②}$$

$$D_{\max} = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d} \quad \text{----式③}$$

式①、式②、式③と式(2-1)、式(2-2)、式(2-3)を比べると、よく似ていることが分かる。かんばん枚数 K が受注件数 N へ、 K の分散 V_k が N の分散 V_n へ、收容数 P が量/件 Q へ、 P の分散 V_p が V_q に置き換わっているだけで、数式モデルは同じである。

件量識別して捉える需要(受注量)の数式モデルと「かんばん方程式」で捉える受注量の数式モデルは一致する。このことは何を意味するのか。変動(バラツキ)不可避の一般の在庫管理でも「かんばん方程式」が成立することはもちろん、「かんばん方式」も一般の在庫管理も隔たりなく、そしてまた、在庫を介してつながるサプライ・チェーン全般にも共通に適用できる、ひろい汎用性を有していることを示しているのではないか。

2.3 一般の在庫管理方程式

「かんばん方式」と一般の在庫管理との関係を整理すると、

- 收容数 $P \rightarrow$ 量/件 Q
- かんばん枚数 $K \rightarrow$ 受注件数 N

また收容箱(かんばん)は、收容箱が満杯のときと空のときがある。これを一般の在庫管理に置き換えると、

- ◆ 收容箱が満杯 $\rightarrow$ 実在庫
- ◆ 收容箱が空 $\rightarrow$ 発注残

となり、(收容数 $\times$ かんばん枚数)は、

収容数 × かんばん枚数 = 満杯の収容箱の収容数 + 空の収容箱の収容数 = 実在庫 + 発注残

であり、(実在庫 + 発注残)に相当する。これを流動インベントリ—(STI; Streaming Inventory)と呼ぶことにする。流動インベントリーの大きさ(SSTI; Size of STI)は、補充時間での最大受注量となるので、方程式は次のようになる。

$$SSTI = \bar{Q} \cdot \bar{N} + \alpha \cdot \sqrt{\bar{Q}^2 \cdot V_n + \bar{N} \cdot V_q} \quad \text{式(2-4)} \quad (\alpha \text{ 安全係数})$$

次のようにまとめることもできる。

$$SSTI = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d} \quad \text{式(2-5)}$$

「かんばん方式」を一般の在庫管理に拡張した時の方程式、式(2-4)や式(2-5)を「在庫管理方程式」と呼ぶことにする。尚、参考文献 1 で示した正規分布近似に関する記述は「在庫管理方程式」にも適用できる。

「かんばん方式」を一般の在庫管理に拡張した在庫管理の骨子は次のようになる。

- 発注方法は、受注し、出荷した時に、出荷した量を補充発注する即時発注を基本とする。
- 在庫、発注待ち、発注残の状態のインベントリを包括して流動インベントリ(STI)とする。
- 在庫管理の理論構造を示す在庫管理方程式はつぎのようになる。

補充時間での受注件数平均を $\bar{N}$ 、その分散を V_n 、量/件の平均を $\bar{Q}$ 、その分散を V_q 、安全係数を α として、流動インベントリーの大きさ(SSTI)は次のようになる。

$$SSTI = \bar{Q} \cdot \bar{N} + \alpha \cdot \sqrt{\bar{Q}^2 \cdot V_n + \bar{N} \cdot V_q}$$

また、補充時間での受注量平均を $\bar{D}$ 、その分散を V_d とすれば、

$$\bar{D} = \bar{Q} \cdot \bar{N} \quad , \quad V_d = \bar{Q}^2 \cdot V_n + \bar{N} \cdot V_q \quad \text{であるから、次のようになる。}$$

$$SSTI = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d}$$

これは、一般のあらゆる在庫管理に適用できる。

第3章 補充発注の“まとめ方”による発注方式

「かんばん方式」の拡張を検討したとき、はずれた“かんばん”をすぐに送り返す即時発注を条件とした。しかし、一般の在庫管理環境では、1日に多数の注文が来ることも多く、1件ごとに即時発注することは煩雑で現実的ではない。ある程度“まとめて”補充発注することになる。まとめ方は次の3通りの方法が考えられる。

- ① 一定量 ; 定量不定期発注
- ② 一定期間 ; 定期不定量発注

③ 一定件数 ; 定件発注(不定期不定量発注)

受注量がある一定量に達したとき、その量を発注する方法が定量不定期発注。ある一定の発注サイクルで、その間に受注した量を定期的に発注する方法が定期不定量発注。一定の受注件数に達したとき、その間の受注量を発注する方法が定件発注である。

定件発注とは耳慣れないかもしれないが、受注量を受注件数と量/件に分けて捉えることで表面化した方法である。この場合、発注間隔も発注量も定まらず、従来の言い方をすれば、不定期不定量発注となる。また、需要が一定であれば、いずれの発注方法も定期定量発注¹となる。

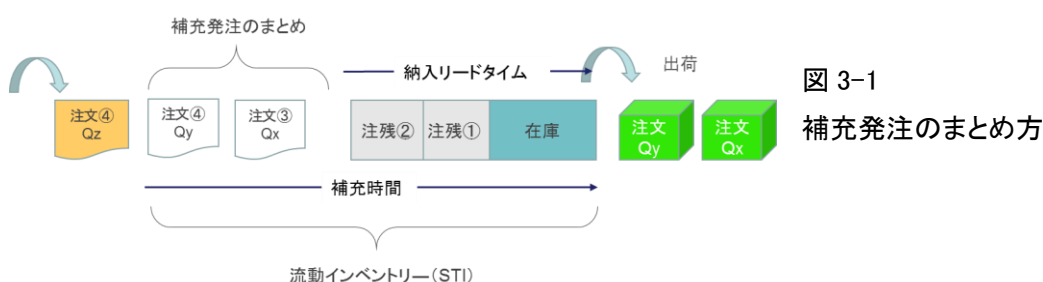


図 3-1 は基本形に“補充発注のまとめ”を追加した一例を示したものである。納入リードタイムと“補充発注のまとめ”に要する時間が補充時間となる。

$$\text{補充時間} = \text{補充発注のまとめ時間} + \text{納入リードタイム}$$

“補充発注のまとめ”分が流動インベントリーに入ってくるので、それぞれの発注方式も異なる特性を持つことになる。それぞれの発注方式の特徴について、以下、4章、5章、6章に分けて述べる。尚、分析・検討に用いたシミュレーションソフトは、SIMUL8 (Design Technologies Inc.)である。

第4章 定量不定期発注

受注量が一定量に達しとき、それをまとめて発注する定量不定期発注方式(以下、定量発注)について検討する。定量で“補充発注のまとめ”をすると、流動インベントリーに加わるのは定量発注量 O_c である。一定量なので、変動はなく、受注量の分散の増加はない。但し、留意しなければならないことがある。

図 4-1 は横軸に時間を取り、ひとつの棒が注文 1 件を表し、棒の高さが量/件を表す。定量発注量を 40 とした場合、どうなるかを示した一例である。

¹ タイミングのズレで多少の限定的ゆらぎはある

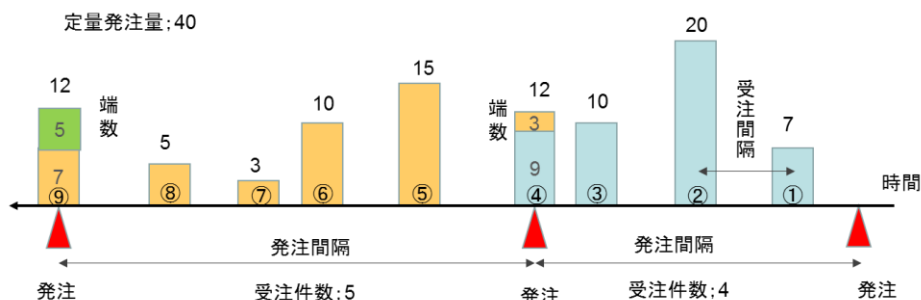


図 4-1
定量発注の例

右端の発注時刻(赤色三角)から数えて1件目①で7個、2件目②で20個、3件目③で10個、4件目④で12個出荷して、出荷累計は43個となり、定量発注量40個を上回る。このとき、40個を補充発注すると、3個分の補充発注は次回に回される。次回の補充発注は9件目⑨の注文が来た時となる。このときも5個が端数となり、その後の補充発注に回される。

このように、定量でまとめた場合、ランダムに舞い込む受注量が定量発注量と一致せず、端数が生じる。端数分は次回の発注に回され、補充が遅れることになる。また図でもわかるように、補充発注毎の受注件数と発注間隔は一定とはならない。このことがどのような影響を及ぼすか、検討してみる。尚、時間、個数の単位は省略するが、本ペーパを通して同一桁の単位とする。

補充発注が次回に回される端数はどうなるか、以下の条件でシミュレーションを行ってみる。

受注間隔平均;10の指数分布

量/件平均;5、変動係数;Cqは0、0.25、0.5、0.71、1(正規分布)

定量発注量(Oc)は20、21、22、23、24

Ocを20~24と振ったのは、量/件で割り切れるか、割り切れないかの影響をみるためである。Ocによって、データのバラツキは多少あるが、端数の分布は変わらない。図4-2は20~24のOcをまとめ(平均をとる)たときの、Cqに対する端数の分布の一例を示している。

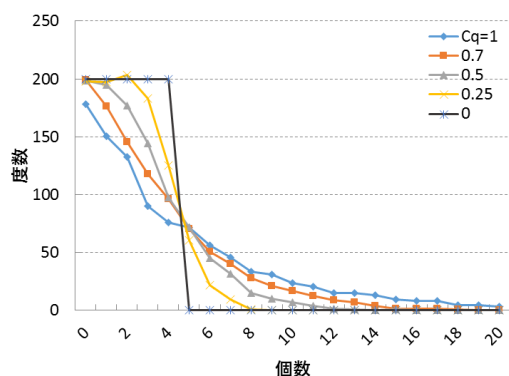


図 4-2 端数の分布

端数の平均を $\bar{Fr}$ 、その分散を Vfr とすると、それぞれ次の式で求めることができる。

$$\bar{Fr} = \frac{1}{2} \cdot (\bar{Q} - 1) \cdot (Cq^2 + 1)$$

$$Vfr = (Q - 1)^2 \cdot \left(Cq^2 + \frac{1-Cq}{12} \right)$$

これらの式の導出過程は省略するが、式の近似性をシミュレーションで確認してみる。条件は $\bar{Q}$ を 40、変動係数を 0~1 の範囲で振って、シミュレーション結果と計算式で求めた結果を比較する。図 4-3 は端数の平均の比較結果を示す。シミュレーションと計算結果はよく一致していることがわかる。図 4-4 は分散の比較結果であるが、こちらもよく一致している。

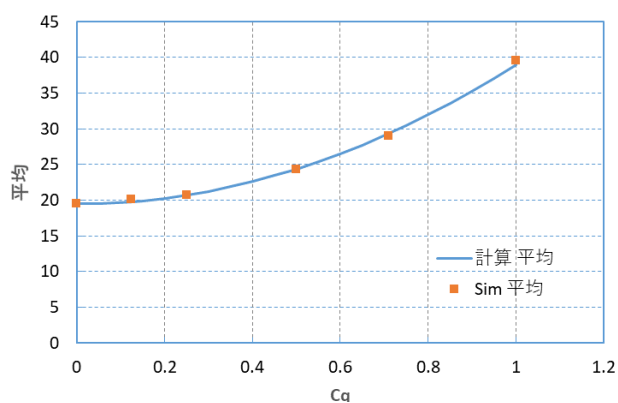


図 4-3
端数の平均の比較

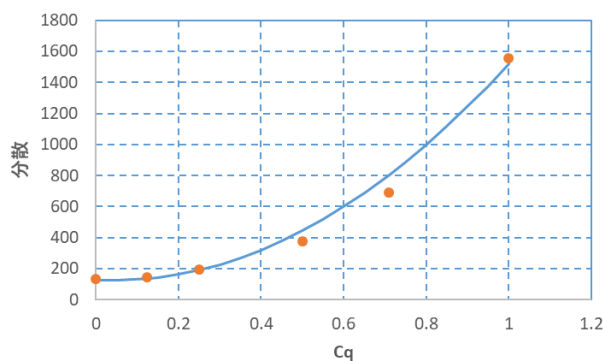


図 4-4
端数の分散の比較

ところが、 Q が小さくなると上記の分散式で算出した分散値とシミュレーション結果に乖離が生じる。平均値はそうならない。 $Q=5$ での比較結果を図 4-5 に示す。

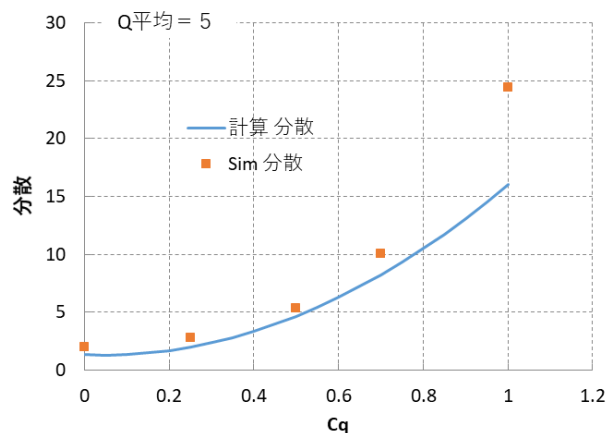


図 4-5

Q=5 での分散の比較

この乖離は Q が小さくなるに従い急激に大きくなり、無視することはできない。補正するための係数が必要になる。補正係数を γ として、 γ を求める近似式の一例を以下に示す。

$$\gamma = 7 \cdot (Q^2 - Q \cdot \sqrt{Q^2 + 3.7} + 2)$$

補正項 γ を含んだ分散の式は次のようになる。

$$V_{fr} = (Q - 1)^2 \cdot \left(Cq^2 \cdot \gamma + \frac{1 - Cq}{12} \right)$$

図 4-6 に補正係数 γ で補正した結果を示す。

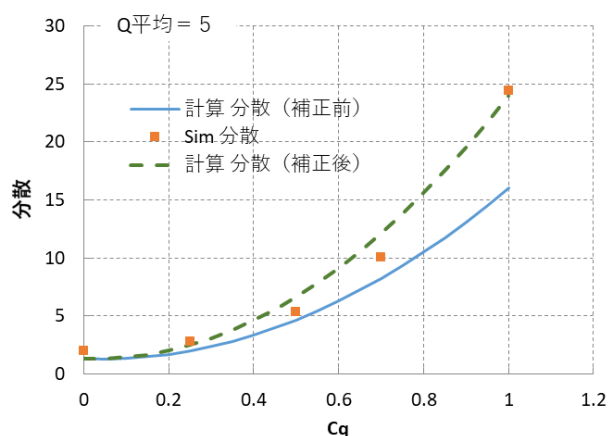


図 4-6

補正後の分散

定量でまとめることで受注件数と発注間隔はばらつき、同時に発注遅れの端数が生じる。これらは、SSTI にどのような影響を及ぼすのかを検討してみる。先ず、定量でまとめることで SSTI にどのような影響があるか。SSTI の単位は個数である。定量でまとめるので、受注件数と発注間隔は変動しても、一定数が加わることになり、いずれの変動も SSTI にゆらぎを与えることにはならない。発注遅れの端数はどうか。端数の平均 $\bar{F}_r$ は SSTI の平均に加算され、端数の分散 V_{fr} も分散の

加法性が成り立ち、SSTI の分散に加算されることになる。

まとめると、定量発注の場合の SSTI は次のようになる。

- ①平均は定量発注量 O_c と端数の平均 $\bar{F}_r$ が加算される
- ②分散は V_{fr} が加算される

定量発注での SSTI は次の式で求められる。**濃茶色**で示した部分が定量発注で付加される。

$$\bar{D} = \bar{Q} \cdot \bar{N}_p + O_c + \bar{F}_r \quad \text{式(4-1)}$$

$$V_d = \bar{Q}^2 \cdot V_{np} + \bar{N}_p \cdot V_q + V_{fr} \quad \text{式(4-2)}$$

$$SSTI = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d} \quad \text{式(4-3)}$$

データ集計時間 T での平均受注件数が $\bar{N}$ 、分散が V_n であれば、納入リードタイム T_p での平均受注件数 $\bar{N}_p$ は、 $\bar{N}_p = \frac{T_p}{T} \cdot \bar{N}$ 、その分散 V_{np} は、 $V_{np} = \frac{T_p}{T} \cdot V_n$ となり、式(5-1)、式(5-2)は次のようになる。

$$\bar{D} = \bar{Q} \cdot \frac{T_p}{T} \cdot \bar{N} + O_c + \bar{F}_r$$

$$V_d = \frac{T_p}{T} \cdot (\bar{Q}^2 \cdot V_n + \bar{N} \cdot V_q) + V_{fr}$$

第5章 定期不定量発注

定期発注は、予め決めた時間間隔(発注サイクル)ごとに、その間に受注した量を補充発注する。発注サイクルごとに受注する件数も受注量も一定とはならず、従って補充発注量は変動する。

納入リードタイム T_p 間の平均受注件数 $\bar{N}_p$ は平均受注間隔を $\bar{T}_i$ として、 $\bar{N}_p = T_p / \bar{T}_i$ となる。また、発注サイクル T_y 間の平均受注件数 $\bar{N}_y$ は、 $\bar{N}_y = T_y / \bar{T}_i$ となる。補充時間は $(T_p + T_y)$ となり、従って、受注量の平均 $\bar{D}$ は次のようになる。図 5-1 参照。

$$\bar{D} = \bar{Q} \cdot \frac{T_p + T_y}{\bar{T}_i} = \bar{Q} \cdot (\bar{N}_p + \bar{N}_y) \quad \text{式(5-1)}$$

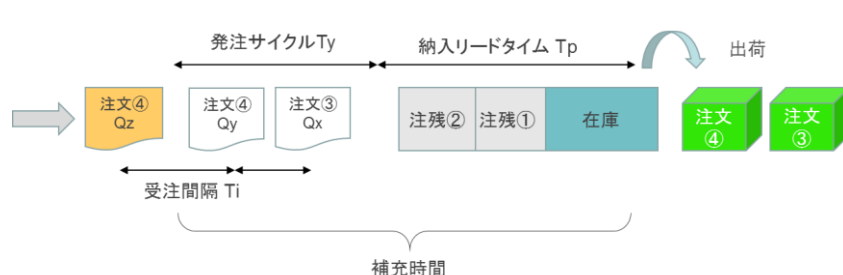


図 5-1
定期でのまとめ発注

次に補充時間での受注量の分散について考えてみる。 T_y が加えられることで、 N_y の分散 V_{ny} が V_{np} に加算され、同時に $\bar{N}_p$ に $\bar{N}_y$ が加算され、受注量の分散 V_d は次のようになる。

$$V_d = \bar{Q}^2 \cdot (V_{np} + V_{ny}) + (\bar{N}_p + \bar{N}_y) \cdot V_q \quad \text{式(5-2)}$$

流動インベントリーの大きさ(SSTI)は次のようなる。

$$SSTI = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d} \quad \text{式(5-3)}$$

データ集計時間 T での平均受注件数が $\bar{N}$ 、分散が V_n であれば、納入リードタイム T_p での平均受注件数 $\bar{N}_p$ は、 $\bar{N}_p = \frac{T_p + T_y}{T} \cdot \bar{N}$ 、その分散 V_{np} は、 $V_{np} = \frac{T_p + T_y}{T} \cdot V_n$ となり、式(5-1)、式(5-2)は次のようになる。

$$\bar{D} = \frac{T_p + T_y}{T} \cdot \bar{Q} \cdot \bar{N} \quad V_d = \frac{T_p + T_y}{T} \cdot (\bar{Q}^2 \cdot V_n + \bar{N} \cdot V_q)$$

第6章 定件発注(不定期不定量発注)

在庫補充の原理を模索するなかで、受注量を捉えるとき、受注件数と量/件を別々に捉えることで、定量でもなく、定期でもなく、受注件数を一定とする定件発注という新しい発注方法が出てくる。

予め決めておいた受注件数に達した時に、受注量を集計しその量を補充発注する。発注間隔は定まらず、発注量も変動する。だから、従来流の呼び方をすれば不定期不定量発注となる。

流動インベントリーの大きさ(SSTI)は、比較的簡単に導き出せる。定件数を N_c として、平均値は $\bar{Q} \cdot N_c$ だけ増える。分散は N_c が一定であるため増加はない。但し Q に関連するバラツキは、 $N_c \cdot V_q$ だけ大きくなる。定件発注の在庫管理方程式は次のようになる。

$$\bar{D} = \bar{Q} \cdot (\bar{N}_p + N_c) \quad \text{式(6-1)}$$

$$V_d = \bar{Q}^2 \cdot V_{np} + (\bar{N}_p + N_c) \cdot V_q \quad \text{式(6-2)}$$

$$SSTI = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d} \quad \text{式(6-3)}$$

データ集計時間 T での平均受注件数が $\bar{N}$ 、分散が V_n であれば、納入リードタイム T_p での平均受注件数 $\bar{N}_p$ は、 $\bar{N}_p = \frac{T_p}{T} \cdot \bar{N}$ 、その分散 V_{np} は、 $V_{np} = \frac{T_p}{T} \cdot V_n$ となり、式(6-1)、式(6-2)は次のようになる。 N_c は T や T_p の影響を受けないことに留意したい。

$$\bar{D} = \bar{Q} \cdot \left(\frac{T_p}{T} \cdot \bar{N} + N_c \right) \quad V_d = \frac{T_p}{T} \cdot \bar{Q}^2 \cdot V_n + \left(\frac{T_p}{T} \cdot \bar{N} + N_c \right) \cdot V_q$$

第7章 定量、定期、定件発注を比較する

定量、定期、定件発注それぞれの在庫管理方程式を表 7-1 にまとめた。納入リードタイム T_p が

一定で、その間の受注件数 N_p 、量/件 Q が変動するときを基本として、濃茶色で示した部分がそれぞれの発注方法で加算される部分である。定量発注では流動インベントリーの大きさ SSTI の平均が定量発注量 O_c と発注後回し端数 $\bar{Q} \cdot (1 + 2 \cdot \alpha \cdot C_q^2)$ を加算した分だけ大きくなる。定量であるため分散は大きくならない。定期発注は発注サイクル間の受注件数 N_y が増え、SSTI の平均および分散を大きくする。定件発注では定件数 N_c 分、SSTI の平均が大きくなり、量/件 Q のバラツキ C_q の影響を受け、分散はその分大きくなる。

表 7-1 では省略しているが、間欠需要のときは補正值 δ を受注件数の分散 V_n に加えることで、近似性を高めることができる。 δ は次の式で求める。

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot \left(2 + \bar{N}_p^2 - \bar{N}_p \cdot \sqrt{\bar{N}_p^2 + 4} \right)$$

表中の基本の V_d は次のようになる。

$$V_d = \bar{Q}^2 \cdot V_{np} \cdot \delta + \bar{N}_p \cdot V_q$$

	$\bar{D}$	V_d
基本	$\bar{Q} \cdot \bar{N}_p$	$\bar{Q}^2 \cdot V_{np} \cdot \delta + \bar{N}_p \cdot V_q$
定量発注	$\bar{Q} \cdot \bar{N}_p + O_c + \bar{F}_r$	$\bar{Q}^2 \cdot V_{np} + \bar{N}_p \cdot V_q + V_{fr}$
定期発注	$\bar{Q} \cdot (\bar{N}_p + \bar{N}_y)$	$\bar{Q}^2 \cdot (V_{np} + V_{ny}) + (\bar{N}_p + \bar{N}_y) \cdot V_q$
定件発注	$\bar{Q} \cdot (\bar{N}_p + N_c)$	$\bar{Q}^2 \cdot V_{np} + (\bar{N}_p + N_c) \cdot V_q$
SSTI	$SSTI = \bar{D} + \alpha \cdot \sqrt{V_d}$	

表 7-1 定量、定期、定件発注の在庫管理方程式

変数は Q 、 V_q 、 C_q 、 N_p 、 V_{np} 、 T_y 、 N_y 、 V_y 、 N_c と多数あるので、全領域を詳細に表現することは簡単ではないので、主な特徴を概観してみる。始めに、

納入リードタイム; $T_p=100$ 一定

受注件数平均; $\bar{N}_p = 10$

量/件平均; $\bar{Q} = 10$

の条件で、 O_c を 40~240 の範囲(同等の N_y 、 N_c は 4~24)で、 $V_{np}=10$ 、 $V_q=0$ の場合と $V_{np}=0$ 、 $V_q=100$ の場合の SSTI を比較した結果を図 7-1 と図 7-2 に示す。

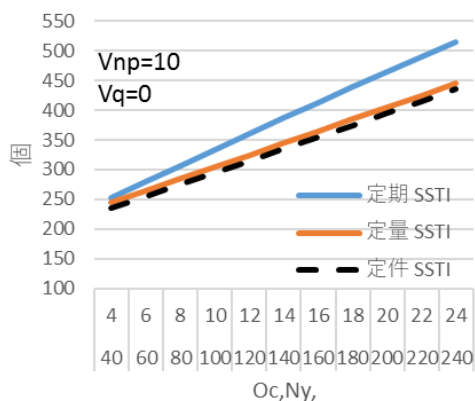


図 7-1 $V_{np}=10$ 、 $V_q=0$ での SSTI

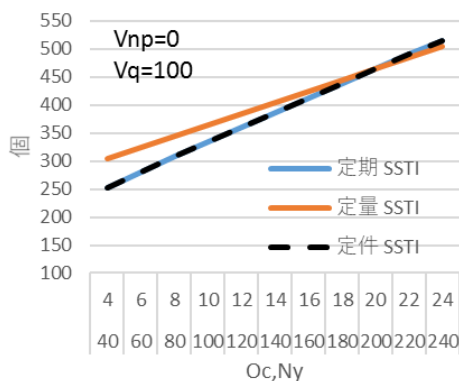


図 7-2 $V_{np}=0$ 、 $V_q=100$ での SSTI

次に、 $O_c=120$ (N_y 、 N_c は 12) に固定して C_q を 0～1 の範囲で振った場合、 $\bar{Q}$ が 10 のときの SSTI を図 7-3、20 のときのそれを図 7-4、30 のときのそれを図 7-5 に示す。図 7-6 には、発注サイクル T_y を 120 一定とし、受注間隔 T_i を 2～22 の範囲で振ったときの SSTI の変化を示してある。

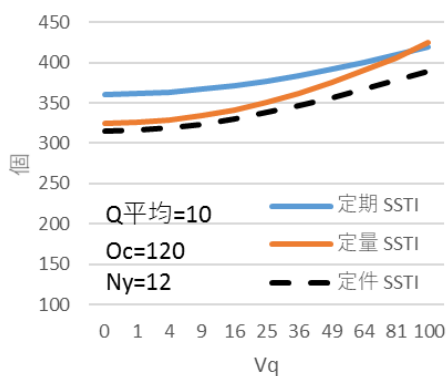


図 7-3 $\bar{Q} = 10$ での SSTI

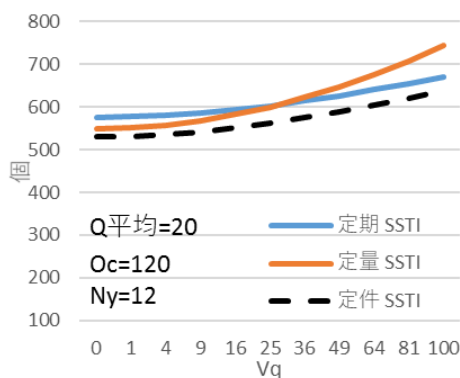


図 7-4 $\bar{Q} = 20$ での SSTI

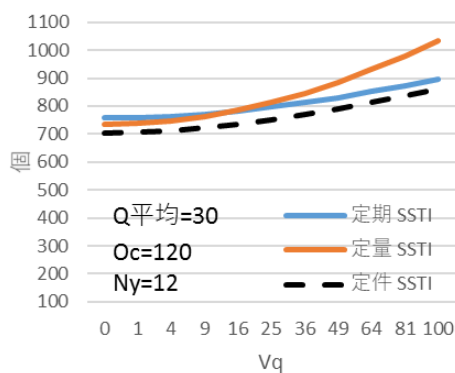


図 7-5 $\bar{Q} = 30$ での SSTI

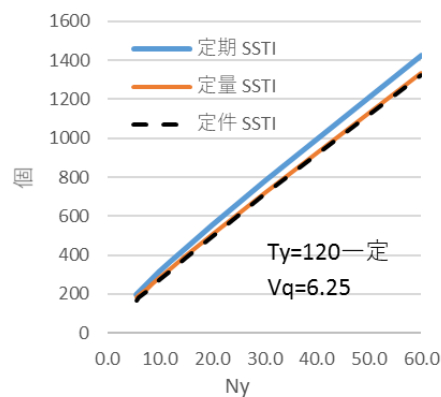


図 7-6 $T_y=120$ 一定での SSTI

定量、定期、定件の3方式の大まかな特徴をまとめると、次のようになる。

- ✓ 定件発注は大部分の条件で流動インベントリーの大きさ SSTI が小さい
- ✓ 定量発注と定期発注は条件によって、SSTI の大小が異なる
- ✓ 実用的な範囲で考えれば、定期発注と比べ、定量発注の方が SSTI は小さくなる場合が多い
- ✓ 量/件 Q およびその変動係数 C_q が大きくなると定量発注の SSTI が大きくなる

定件発注がほとんどの条件で SSTI が小さいということは、従来で言う不定期不定量発注が最良だとする主張を支持することになる。また、定量発注が定期発注より SSTI が小さくなる場合が多いということは、定量発注は大雑把で、低価格品の在庫管理にしか使えないという従來說とは異なる。

定量、定期、定件それぞれを比較して特徴をみてみたが、共通性にも注目しておく必要がある。それは、在庫管理がどのような環境であっても、3つの発注方法は互換的に使えるということである。発注方式間の SSTI の差等を補完する策を取っておけば、中断することなく、3方式間の切り替えは可能である。

「かんばん方式」の原理を一般の在庫管理に拡張することで導き出された新しい在庫管理を「かんばん方式拡張在庫管理」と呼んでおこう。在庫管理の理論体系が在庫管理方程式で整理されていること、発注方式間の互換性があること、従ってあらゆる在庫管理環境に適用できること等を勘案すれば、「かんばん方式拡張在庫管理」が今後の在庫管理の中心的存在になるのではないかと期待される。

尚、参考文献2:『従来在庫管理との比較を通してみた「かんばん方式拡張在庫管理」の特質』を参照されることをお勧めする。

参考文献

- 1、“件数”と“量/件”を識別して受注量を捉える数式モデルの導出 佐々木俊雄 2017/9/1
- 2、従来在庫管理との比較を通してみる「かんばん方式拡張在庫管理」の特質
佐々木俊雄 2017/9/1