

経営サイクルを考慮した 保有在庫計算ロジックの提案

山崎 友彰

1. 概要

確定した日々の注文量をもとに目標在庫からの不足分を補う量を生産する定期発注方式における在庫補充方式を採用し、目標在庫と生産量を決定する問題を解いた。在庫を保有する目的は、需要と供給のさまざまな要因により生じるギャップを緩衝することにある。従来の定期発注方式における在庫補充方式は、単位的側面における需要と供給のギャップを緩衝する在庫の算定方法を明らかにしており、それ以外のギャップについては安全在庫の対応範囲と考えている。しかし、安全在庫の算定方法は決定が困難な係数を用いるなど明らかにされていない部分もある。本論文では、従来方式が安全在庫の一部として考えていた変動在庫を取り上げた。

変動在庫の保有目的を明らかにして、その目標在庫の算定方法と、目標在庫からの不足分を補う生産量の算定方法を提案する。本論分の方式においても、安全在庫の保有は必要であり、その算定方法を明らかにできていないが、変動在庫を取り出したことによって、従来方式に比べて安全在庫の対応範囲を小さくすることができたため、安全在庫の算定方法の明確化に近づけることができたと考えている。

2. はじめに

定期発注方式では日々の需要予測から生産量を決定する需要予測方式(倉林ほか 1977, 坂本 1989, 桑田 1990, 国狭 1994, 児玉 1996, 石田 1996)と、在庫を補充するように生産量を決定する在庫補充方式(工藤ほか 1994, 太田 1994, 藤本 2001, 門田 2006, 大場と藤川 2009)に大きく分けることができる。本論文で対象としている定期発注方式における在庫補充方式に関する研究で

は、Vassian (1955)が在庫量を制御するための生産量を決定する問題を解き、十代田(1971)や俵(1989)は生産量のばらつきが前工程に大きく影響するという考えから、生産システム全体の効率を向上させるために在庫量と生産量を同時に制御していく問題を解いている。同様に生産量や発注量の算定方法に関する研究は数多くあるが、補充目標となる在庫の算定方法に関する研究が見当たらない。上の研究においても目標となる在庫は規定の値、もしくはは在庫不足が生じないように十分大きな値に設定している。

本論文では、従来の定期発注方式における在庫補充方式の対象外であった需要の変動に対応する在庫を含んだ目標在庫の算定方法と、日々の生産量の算定方法を提案する。これ以降、定期発注方式における在庫補充方式を定期発注方式と呼ぶ。定期発注方式を日々の生産量の決定に用いるモデルとして利用した。

3. 研究対象

3.1. サイクル在庫と安全在庫

従来の定期発注方式における目標在庫は、役割が異なる二つの在庫の合計で表されている。ひとつ目の在庫は受注間隔と生産間隔のギャップを緩衝する役割を持ち、サイクル在庫と呼ばれている(藤本 2001)。そして二つ目の在庫は安全在庫である。藤本(2001)より抜粋した図1が示すように、従来の定期発注方式において、目標在庫はサイクル在庫と安全在庫の合計であると定義され、それぞれの算定方法が示されている。

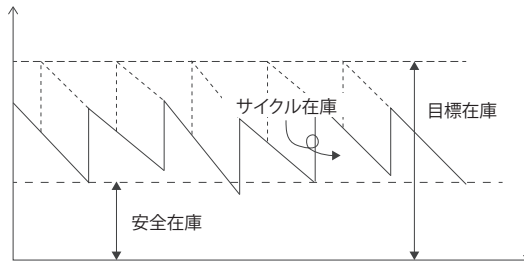


図1 従来方式の在庫の分類

在庫には需要と供給のギャップを緩衝する役割があり、受注間隔と生産間隔のギャップにはサイクル在庫で対応することになるが、その他の需要と供給のギャップには全て安全在庫で対応することを従来方式は表している。サイクル在庫の算定方法は明確にされている。安全在庫についても算定方法は明確にされているが、標準偏差に発注から入荷までのリードタイムの平方根と許容される品切れ率から求める安全係数を乗じて求めているに留まっており、需要分布を標準偏差のみで表していることや、実際に許容される品切れ率はゼロであることが多いことなどを考えれば、現実的ではない点もある。安全在庫に関する研究も数多くあるが、明確な算定方法の提案には至っていない。

3.2. 単位的側面

サイクル在庫の要因である受注間隔と生産間隔は、需要と供給における単位的時間的要素と考えられる。それに対応して、単位的量的と考えられる需要と供給の要素は受注ロットと生産ロットになる。単位的要素を表1に示した。

表1 単位的側面

	需要	供給	在庫
時間的	受注間隔	生産間隔	サイクル在庫
量的	受注ロット	生産ロット	ロット在庫

受注ロットは、受注における最小単位を表し、受注量はその最小単位の倍数になる。生産ロットも同様に、生産における最小単位を表し、生産量はその最小単位の倍数になる。定期発注方式における目標在庫の算定方法にロット在庫を含めている文献や研究は見当たらなかったが、発注点発注方式における生産ロットと受注ロットのギャップについては、Chen (2000) が研究している。また、生産ロットの大きさが生産システムに与える影響については数多く研究されており、生産ロットに相当するかんぱん方式におけるかんぱん収容数が、ブルウィップ効果に影響することなど議論されている (Kimura and Terada 1981)。生産ロットと受注ロットは理解しやすい概念でもある

ことから従来方式においては、主に単位的側面から見た需要と供給のギャップを緩衝する在庫を算定していると考えても差し支えない。単位的側面における需要と供給のギャップを緩衝する在庫については算定方法が明確になっていると考えられる。

3.3. 能力的時間的要素

本論文では需要と供給の能力的側面の差を緩衝する在庫の算定方法を明らかにする。単位的側面と同様に、能力的側面についても表2で示すように時間的要素と量的要素がある。能力的側面における需要の時間的要素は受注リードタイム(受注LT)で、本論文では、注文から納入までの需要側から要求されるリードタイムとした。供給の時間的要素は生産リードタイム(生産LT)で、本論文では、生産開始から納入までの生産側で必要とするリードタイムとした。

表2 能力的側面

	需要	供給	在庫
時間的	受注LT	生産LT	変動在庫
量的	受注パターン	生産キャパシティ	

受注LTよりも生産LTの値が小さければ、受注が到着してから生産を開始して需要を満たすことができると考えられるが、受注量が生産量の上限を超える場合には、需要を満たすために在庫が必要になる。反対に、受注量が生産量の上限を必ず下回る場合でも、受注LTよりも生産LTの値が大きければ、需要を満たすために在庫が必要になる。よって、能力的側面においては時間的側面と量的側面が相互に関係しており、表2に示すように、在庫は時間的側面・量的側面ともに変動在庫と分類した。従来の定期発注方式においては、需要一定の仮定がサイクル在庫の議論を簡単にすることから、サイクル在庫の算定では需要を平均値として用いており、需要の変動は在庫の計算に用いられておらず、変動在庫は安全在庫に含めて考えられていた。安全在庫の算定方法が明確になっていない原因のひとつに、様々な在庫が区別なく安全在庫として扱われていることがあり、在庫を分類し、それぞれの算定

方法を明確にすることが、安全在庫の算定方法の明確化につながると考えている。安全在庫については7で詳しく述べる。

3.4. 能力的量的要素

能力的側面の各要素は変動することが考えられる。注文ごとに要求される受注LTが変動することは受注生産などで頻繁に起きる。生産LTも製造する日付によって各工程の稼働状況が異なることで変動することは考えられる。生産キャパシティについても同様であろう。しかし、本論文では議論を簡単にするため、この三つの要素は値を固定して、受注量のみ変動させて考える。能力的側面においては変動在庫が対象であるため、受注量を一定値と仮定すると、需要と供給のギャップが生じず在庫が必要なくなることから、受注量は変動させた。変動する受注量の系列を受注パターンと呼び、固定した生産量の上限を生産キャパシティとした。表2に示す。割愛するが、本論文の算定方法では、他の三つの要素の変動にも対応できる。

4. 変動在庫と生産量の算定方法

4.1. 算定の前提

本論文では、能力的側面によって生じるギャップを緩衝する在庫を変動在庫と定義し、それを定期発注方式に用いる。従来の定期発注方式では目標在庫はサイクル在庫と安全在庫の合計であったが、本論文では従来方式の安全在庫の中に含まれていた変動在庫を分類し、その算定方法を明らかにする。図1に対応して、本論文の在庫の分類を図2に示した。定期発注方式で補充する目標となる在庫は、各要素の需要と供給のギャップから算定した在庫の合計値になり、その目標在庫を補充する量が生産量になると考えている。

本論文では議論を簡単にするために、生産間隔と受注間隔を1日に固定することでサイクル在庫については扱わず、生産ロットと受注ロットを1に固定することでロット在庫についても扱わない。単位的側面におけるギャップは存在しないと仮定した。本節では変動在庫の算定方法を主に示しており、目標在庫が変動在庫のみから構成される前提で生産量の算定方法を示す。能

力的側面の各要素を用いた変動在庫の算定方法と、在庫を補充するように決定する生産量の算定方法を提案する。

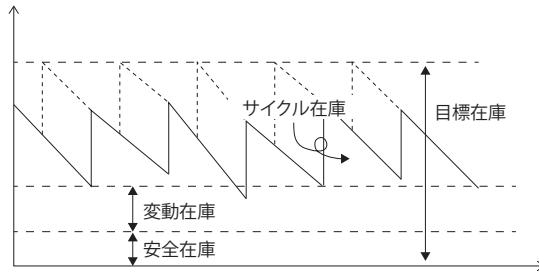


図2 本方式の在庫の分類

変動在庫は月単位で算定する。受注パターンを月単位の変動在庫の算定に用いることは“前月の受注どおり今月も受注すると想定するならば”もしくは“仮にこのようなパターンで受注をすると想定するならば”と考えることになる。2で述べたように、従来の定期発注方式にも予測需要を用いた算定方法があり、日々の生産量(生産間隔が1日の場合)を算定するために予測需要が用いられている。本論文では、予測する受注パターンを月単位の変動在庫の算定に用いて、日単位の実生産量は変動在庫との差から算定する。過去の受注パターンからの変化が小さいほど、または想定した受注パターンが正確であるほど、変動在庫を正確に算定できるが、変動在庫と補充方式である定期発注方式を用いることで、多少の受注パターンのずれは安全在庫を用いずとも対応できる。詳細は後述する。変動在庫を算定するための適正間隔の議論は今後の課題と考えている。

4.2. 変動在庫の算定方法

想定する受注パターンをもとに能力的時間的要素によって生じるギャップと、能力的量的要素によって生じるギャップを日ごとに算定する。日ごとの各要素のギャップを合計し、その合計の最大値を変動在庫とする。各要素によって生じるギャップの算定方法を以下に示す。

・能力的時間的要素によるギャップの算定方法

想定した受注パターンを受注LTだけずらした値が各日付の納入量となり、その納入量を日ごとに累積した値を納入累積と呼ぶ。生産LTから受注LTを差し引いた値をLT差とすると、納入累積から納入累積をLT差ずらした値(以降はずらし累積と呼ぶ)を差し引いた値が能力的時間的要素によって生じるギャップになる。LT差が負であれば、生産LTが受注LTよりも短いことを表し、各日付におけるギャップはゼロとする。以下のように定式化できる。

$$AO(t) = \sum_{t=0}^t O(t)$$

$$LT(t) = \sum_{t=0}^{t-LT} O(t)$$

$$LTIS(t) = \max\{AO(t) - LT(t), 0\}$$

$O(t)$; 想定した受注パターンにおけるt日の納入, LT ; LT差, $AO(t)$; t日における納入累積, $LT(t)$; t日におけるずらし累積, $LTIS(t)$; 能力的時間的要素によって生じるt日のギャップ, とした。グラフを用いて図3に示す。

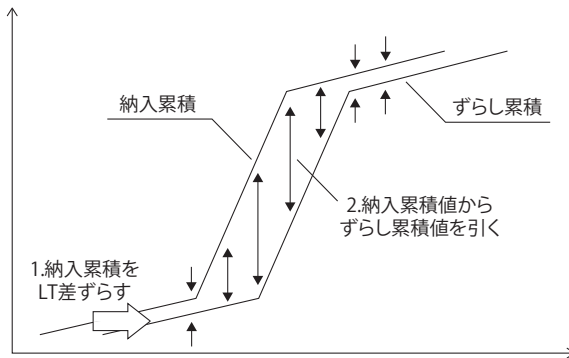


図3 能力的時間的要素による差の算定方法

・能力的量的要素によるギャップの算定方法

生産量の上限である生産キャパシティを日々の生産量とした場合の累積値を能力累積と呼ぶ。能力累積は、前日のずらし累積と前日の能力累積のどちらか小さい値に、生産キャパシティを加えた値になる。ずらし累積から能力累積を差し引いた値が能力的量的要素によって生じるギャップになる。以下のように定式化できる。

$$FC(t) = \min\{LT(t - 1), FC(t - 1)\} + C$$

$$FCIS(t) = \max\{LT(t) - FC(t), 0\}$$

C；生産キャパシティ，FC(t)；t日における能力累積，FCIS(t)；能力的量的要素によって生じるt日のギャップ，とした。グラフを用いて図4に示す。従来の定期発注方式においては、標準偏差を用いて安全在庫を計算しており、大きい受注が連続するなどの時系列的な受注パターンは考えていない。図4に示すとおり、大きい受注が連続して続くことで、能力的量的要素によって生じる差の値は大きくなることから、時系列的な受注量である受注パターンを考慮する必要があると判断できる。

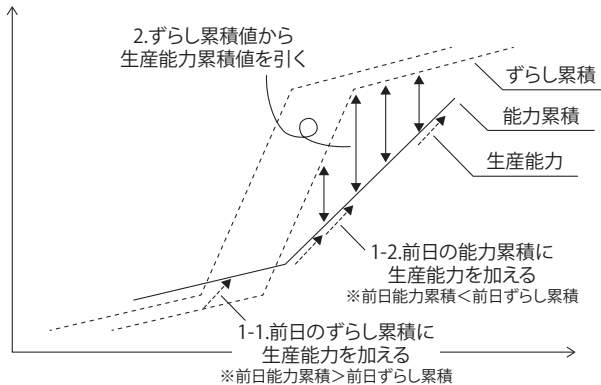


図4 能力的量的要素による差の算定方法

・変動在庫の算定方法

変動在庫の算定期間とした1ヶ月における各日の能力的時間的要素によるギャップと能力的量的要素によるギャップを合計する（以降は合計ギャップ

と呼ぶ)。合計ギャップの最大値を変動在庫とした。TI；変動在庫，として以下で求める。

$$TI = \max\{LTIS(t) + FCIS(t), t = 1, 2, \dots, LD\}$$

4.3. 生産量の算定方法

生産量は予測する受注ではなく，日々確定していく受注を用いる補充生産方式で算定する。本論文で提案する算定方法では，生産着手や受注といった情報の流れではなく，生産完了や納入という物の流れを表すグラフを分析に用いるため，LT差を利用して，生産累積からずらし累積を差し引いた値と変動在庫の差を補充すべき生産量としている。生産の担当者の視点では，生産の着手累積から受注の到着累積を差し引いた値を用いることになる。従来の定期発注方式では発注残を生産量(発注量)の算定に用いるため，生産LT(調達期間)のみを扱っていたが，本論文では受注LTを加えた考え方で生産量を算定している。

$$AP(t) = \sum_{t=0}^t P(t)$$

$$P(t) = \max\{AP(t-1) - LT(t) - TI, 0\}$$

$P(t)$ ； t 日における生産量， $AP(t)$ ； t 日における生産累積，とした。

5. 提案方式の有効性

提案方式による算定結果と従来方式による算定結果を比較する。例として，想定する受注パターンは，月前半10日間に20，後半10日間に100の受注がある場合を仮定した。通常，受注が5倍に増加すると，在庫不足が生じる可能性が高くなるため，このような受注パターンを用いて有効性の検証を行う。また，LT差は3日，生産能力は80/日とした。

提案方式を用いた算定結果を図5に示す。生産完了累積が納入累積を上回っており，在庫不足が生じないことがわかる。また，在庫量がゼロになる日付があることから在庫過剰も生じないことがわかる。つまり，算出した変

動在庫量に過不足は存在せず、適正な変動在庫量とそれに応じた生産量が算出できたと考えられる。

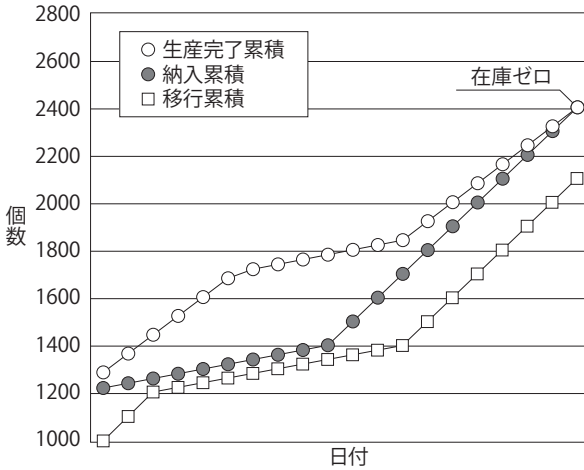


図5 提案方式を用いた結果

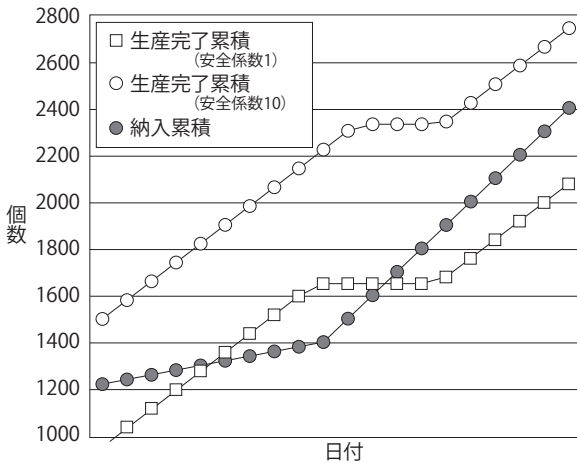


図6 従来方式を用いた結果

従来方式においては受注量の変動に安全在庫で対応すると考えられている。安全在庫は受注パターンの標準偏差にLT差の平方根と安全係数を乗じ

て算定される。安全係数を1とした場合と10とした場合の算定結果を図6に示す。安全係数1では在庫不足が生じており、安全係数10では在庫不足は生じていないが、明らかな在庫過剰が生じている。一般的に許容される品切れ率はゼロであることを考えれば、在庫不足も在庫過剰も生じない安全係数の算定方法は存在しない。そのため実際の運用では在庫不足が生じないように十分大きい値を設定して運用することが多く、その結果、在庫過剰を引き起こす傾向にある。

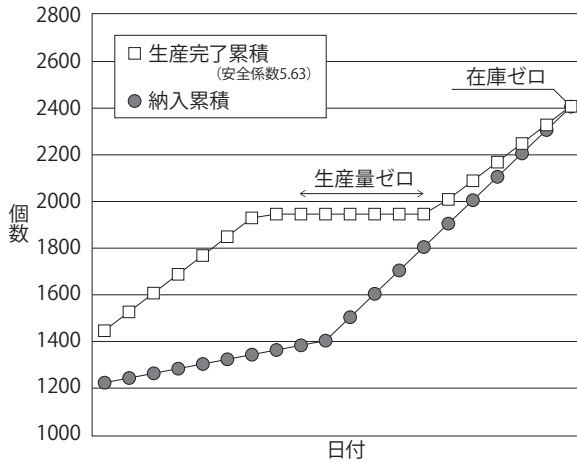


図7 安全係数が既知の場合の従来方式を用いた結果

最小在庫がゼロとなるように逆算して安全係数を決定し、生産量を算定した結果を図7に示す。従来方式では生産量がゼロになる日付があり、提案方式と比較して生産量のばらつきが大きい。また、従来方式の平均在庫量は245で、提案方式の193よりも大きな値になる。提案方式は従来方式と比較して生産量のばらつきが小さく平均在庫量も小さいことから、提案方式が従来方式と比較して有効であることがわかる。同様に、受注が大きく減少する受注パターンにおいて在庫過剰は生じなかった。

また異なる例として、想定する受注パターンは平均60、標準偏差20でランダムに発生させた正規分布に従う受注がある場合を仮定した。5つの受注パターンを用いて提案方式による算定結果と従来方式による算定結果を比較

する。上述したように、従来方式では最小在庫がゼロとなるように逆算して決定した安全係数を用い、各受注パターンにおいて算定された在庫量の平均と生産量の標準偏差を表に示す。提案方式の平均在庫量は従来方式の平均36%、提案方式の生産量の標準偏差は従来方式の平均53%となることから、提案方式が従来方式に比較して有効であることがわかる。

表3 提案方式と従来方式の比較

受注パターン	在庫量の平均			生産量の標準偏差		
	従来	提案	提案/従来	従来	提案	提案/従来
1	126	46	36%	24.8	14.0	56%
2	117	40	34%	32.8	20.1	61%
3	169	61	36%	36.6	15.6	43%
4	148	42	28%	32.0	14.4	45%
5	145	67	46%	33.7	19.4	57%
平均	141	51	36%	32.0	16.7	53%

6. 能力的側面における各要素の特徴

月の稼働日を20日として、本方式をもとに日々の生産量を算定した。生産累積・納入累積・ずらし累積をグラフに表す。能力的側面における各要素の値の変化が算定結果に与える影響を示す。能力的時間的側面における受注LTと生産LTについては、その差であるLT差の変化で影響を示した。

6.1. 受注パターンが算定結果に与える影響

受注パターンによって変動在庫は変化することを示す。LT差を3日で生産キャパシティを80/日として、前半10日間の受注が20、後半10日間の受注が100の受注パターンと、20と100の受注が日々繰り返す受注パターンによる算定結果を図8で示した。左グラフでは、受注100の納入が始まってもLT差があるため、生産完了を示す生産累積は3日後に急増する。受注100の納入開始から3日間は生産累積が20ずつ増加するため、実際の在庫は日ごとに80減少する。ずらし累積に対して在庫を補充するために始まる増産後も生産

キャパシティは受注の100より小さいため在庫は日ごとに20減少する。生産キャパシティ一杯で生産するが、ずらし累積の傾きは100であるため、変動在庫を保有できず、その差は大きくなっていく。そして、受注100終了時点で在庫ゼロとなる。在庫不足は生じておらず、受注パターンに対して能力的側面によって生じる必要な変動在庫を算定できたと考えられる。在庫ゼロとなった後、受注20が始まってからも、変動在庫を達成していない間は生産キャパシティ一杯の生産が続き、達成した時点で生産は減少する。

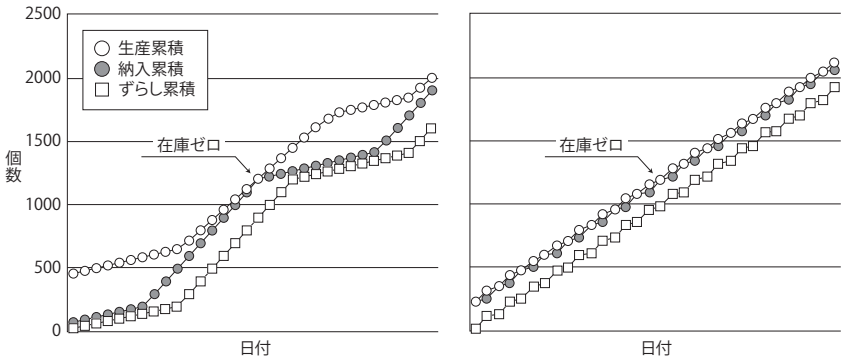


図8 受注パターンの違いによる算定結果

右グラフで20と100を繰り返す受注パターンを想定した算定結果を示す。LT差と生産キャパシティは左グラフと同値であるが、受注パターンによって異なる結果となっている。また、1ヶ月の両者の受注パターンにおける平均と標準偏差も同値であり、従来方式では同じ評価になるが、本論文で提案する算定方法では変動在庫も保有在庫も大きく異なった。算定結果としては、生産累積が各日付において納入累積を上回っており、受注パターンに関わらず在庫不足が生じていないことが分かる。また、右グラフにおいても生産累積が納入累積と一致している日付があることから、これ以上小さい在庫での運用は在庫不足を生じさせることになり、適正な変動在庫を算定できたと考えられる。

6.2. LT差が算定結果に与える影響

以降では前半10日間の受注が20, 後半10日間の受注が100の受注パターンを用いる。図9の左グラフに示すLT差3では, 納入累積の傾きが100になる3日後に生産累積の傾きが大きくなる。3日間の遅れが生じるために, 生産キャパシティを加味すると在庫は380必要であり, 保有在庫は大きくならざるを得ない。図9の右に示すLT差-3では, 納入累積の傾きが大きくなる3日前に生産累積を急増させることができるため, 20の在庫保有で受注100に対応できる。LT差による保有すべき在庫量を算定できることから, 本方式では生産LTを短縮することによる変動在庫の削減効果を明らかにする特徴も持つ。

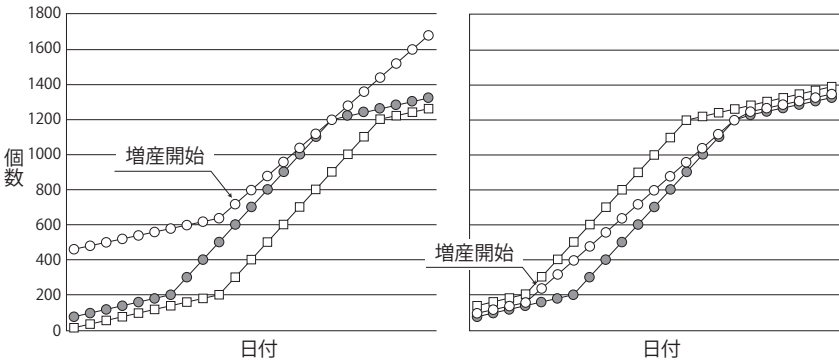


図9 LT差の違いによる算定結果(左:3日, 右:-3日)

6.3. 生産キャパシティが算定結果に与える影響

LT差3における生産キャパシティ60/日と80/日の算定結果を図10に示す。前半10日間の受注が20, 後半10日間の受注が100の受注パターンでは平均が60であるため, 左グラフの生産キャパシティ60/日の算定結果では常に生産キャパシティー一杯の一定生産になっている。右の生産キャパシティー80/日では, 受注の増加を把握した時点(LT差3であるため納入の増加開始の3日後れ)から, 生産キャパシティー一杯で生産を完了している。生産キャパシティーを60/日から10/日増加するにしたがって, 変動在庫は580, 510, 440

と減少していく。ずらし累積の傾きが100になる増産開始の直前に各能力で変動在庫を達成しており、グラフからも目標在庫が小さくなっていることが確認できる。しかし、能力的時間的要素とは異なり、能力的量的要素については目標在庫や保有在庫だけでは比較できない。次節で説明する。

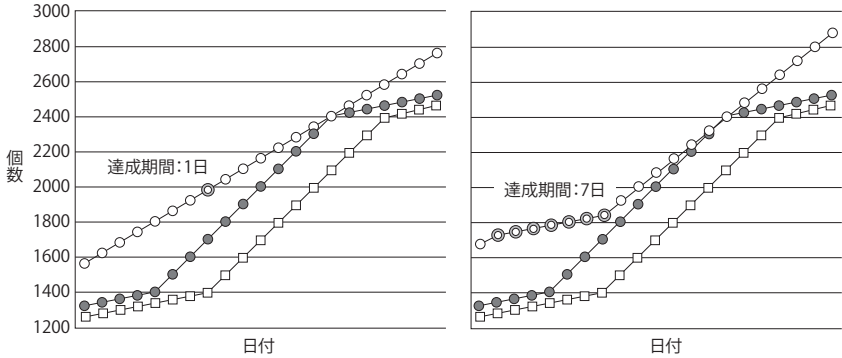


図10 生産キャパシティの違いによる算定結果(左: 60, 右: 80)

7. 変動在庫と安全在庫

6.3で述べたように生産キャパシティが増加するにしたがって目標在庫は減少しているが、平均保有在庫は生産キャパシティ60で200, 70で210, 80で193, と単調な減少傾向にならない。生産キャパシティを増加させても目標在庫は減少するが、実際の保有在庫の減少にはなっていない。従来の定期発注方式のサイクル在庫と安全在庫の組み合わせのように、本論文でも変動在庫と安全在庫を組み合わせることで、生産キャパシティと在庫の関係を明らかにできる。本論文での安全在庫の役割は、想定する受注パターンからの変化する受注に対応することである。従来方式では、平均からの変化量が在庫不足の生じる量と等しいため、保有すべき安全在庫を平均からの変化量で設定できたが、変動在庫を用いた本方式では、受注パターンからの変化量と在庫不足量が同値にならない。ある程度の変化に変動在庫で対応できるため、変動在庫で対応できる受注パターンからの変化量(これ以降、許容量

と呼ぶ)を算定する必要がある。LT差と生産キャパシティと受注パターンによって許容量は異なるが、生産キャパシティの違いによる変化への対応について7.1と7.2で、許容量の算定方法について7.3で述べる。

7.1. 受注パターンの時間の変化

生産キャパシティによって変動在庫の値が異なるが、生産キャパシティごとに異なる点は変動在庫を達成している期間にもある。図10に示した各グラフの生産累積に二重丸で表している日付が、目標在庫を達成している期間である。生産キャパシティが受注パターンにおける平均と等しく、継続して運用するために最低限必要な値である生産キャパシティ60では変動在庫達成期間は1日、生産キャパシティ70では5日、生産キャパシティ80では7日であり、生産キャパシティの増加にしたがって達成期間は長くなる。本論文で提案する算定方法では各要素をもとに最も在庫不足が生じやすい日付を求め、その日付に備えて在庫を保有しているとも考えられる。図10で示す受注パターンでは連続10日間の受注100に備えて在庫を保有しているため、変動在庫を達成した時点で、10日間の受注100に対応できることになる。すなわち10日間の連続する受注100が想定していたより早まったとしても在庫達成期間内であれば、在庫不足は生じない。生産キャパシティが最小の60では在庫達成期間が1日であるため、この日より前に受注100が始まると不足が生じることになり、受注パターンの時間変化には全く対応できず安全在庫が必要になるが、生産キャパシティが増加するにしたがって在庫達成期間が長くなり、10日間連続受注100の開始時期の変化に対応できるようになる。生産キャパシティと目標在庫達成期間に比例関係はなく、受注パターンによって能力増加の効果は異なるため、今後詳細な分析が必要であると考えている。

7.2. 受注パターンの量の変化

受注パターンから変化する受注量への対応について考える。例としてグラフで表す範囲の2日目に、受注パターンを20から70に変化させた場合の算定結果を図11に示す。左グラフで示すように生産キャパシティが最小の60では受注の変化に対応できないが、生産キャパシティ80の右グラフでは在庫不足

が生じていない。LT差3であるため、ずらし累積は5日目から変化する。生産量はずらし累積と生産累積の差が変動在庫と等しくなるように算定するため、受注の変化に対する生産の変化も5日目から始まる。変化前では変動在庫を達成しており5日目の生産は20であったが、ずらし累積の変化に伴い、目標在庫を達成するため生産は70と算定される。これ以降、増産が始まる前日の8日目まで生産は20と算定され、全日付で在庫不足は生じない結果となった。受注パターンが“過去と変わらない”もしくは“推測できる”という前提下で、受注パターンを目標在庫と生産量の算定に用いているが、許容量を超えない受注パターンからの変化には変動在庫で対応できることが分かる。そして、許容量を超えた変化には安全在庫で対応する。許容量の算定方法を次に示す。

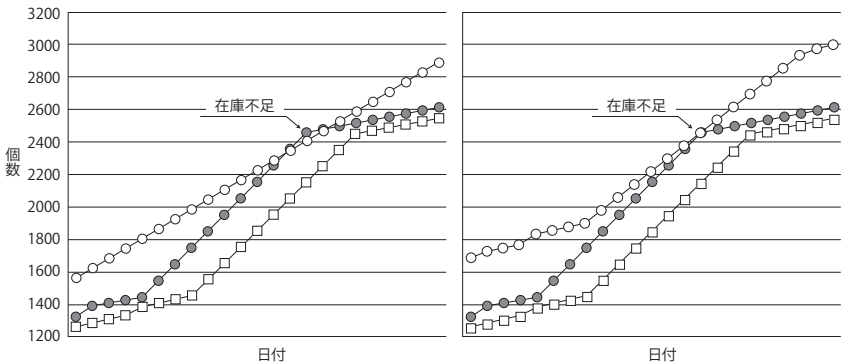


図11 生産キャパシティの違いによる受注の変化への対応
(左：60/日，右：80/日)

7.3. 許容量の算定

生産LTが要求LTよりも長く、LT差が正の場合 ($LT > 0$) は、 t 日から $(t+LT-1)$ 日まで生産が確定しており、生産が確定している日付において在庫不足を生じさせないための許容量は以下で数式化できる。 $FX(t)$; t 日の受注変化に対する生産確定日付を対象とする許容量、とした。

$$FX(t) = \min\{AP(t+k) - \{AO(t+k) + O(t)\}, k = 0, 1, \dots, LT - 1\}$$

$(t+LT)$ 日から対象月の末日までは、生産が確定していないため生産キャパシティ一杯での生産も可能である。許容量は以下で数式化できる。 $NF(t)$ ； t 日の受注変化に対する生産未確定日付を対象とする許容量， LD ；変動在庫算定対象期間の末日，とした。

$$NF(t) = \min \left\{ \begin{array}{l} AP(t + LT - 1) + C * (k - LT + 1) - \{AO(t + k) + O(t)\}, \\ k = LT, LT + 1, \dots, LD - 1 \end{array} \right\}$$

$FX(t)$ と $NF(t)$ の最小値 $G(t)$ が， t 日における許容量になる。

$$G(t) = \min\{FX(t), NF(t)\}$$

LT 差が負の場合は，生産 LT が要求 LT よりも短いため受注に対して確定している生産はない。その結果，以下の数式で許容量を求める。

$$G(t) = NF(t) = \min \left\{ \begin{array}{l} AP(t + LT - 1) + C * (k - LT + 1) - \{AO(t + k) + O(t)\}, \\ k = 0, 1, \dots, LD - 1 \end{array} \right\}$$

受注パターンから変化したとしても， $G(t)$ 以下の受注であれば，設定した LT 差と生産キャパシティの条件において安全在庫を持たずに運用できる。許容量の算定結果を例として図12に示す。受注100の日付で許容量は100を示しており，この日付においては受注パターンからの変化に対応できないことが分かる。受注20の日付では，80から320までの受注に対応できる。例えば，受注20が50程度の受注に変化することは考えられても，受注100がそれ以上に大きく変化する可能性が低ければ，安全在庫を持つ必要はないという意味決定ができる。受注パターンにおける値の大きい期間でそれ以上に受注する可能性と，値の小さい期間でそれ以上に受注する可能性が，一般的に異なることを考えれば，各日付の受注パターンからの変化に対する許容量を示すことは，安全在庫の決定に役立つであろう。また，予測する受注パターンにおいても各日付の許容量が異なることから，全日付の受注量の精度を一律に高

める必要はなく、許容量の算定結果から高い精度が求められる受注と低い精度で良い受注を把握することが可能になる。許容量を基にした具体的な安全在庫の算定方法については今後の課題である。

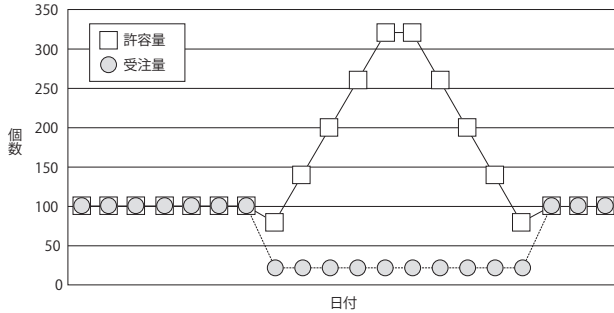


図12 受注パターンと許容量の比較

7.4. 本方式の適用例

本論文の運用在庫を用いる算定方法では許容量が存在するため、目標在庫の算定に用いる需要予測が実際の需要と乖離した量だけ安全在庫が必要になる訳ではない。ある程度の予測精度を有しておけば良い。

月前半と後半で受注平均が変化することは予測できるが、日々の受注までは予測できない状況であっても、安全在庫を必要としない例を以下で示す。予測した受注パターンを月前半では60として月後半では100とした。生産キャパシティは90/日でL T差は3日であると、目標在庫は370と算定される。実際の受注パターンは月前半を平均60で標準偏差10の正規乱数、月後半を平均100で標準偏差10の正規乱数で発生させた。図12の左グラフに予測と実際の受注パターンを示した。実際の受注をもとに目標在庫370を補充する生産量を算定した結果の在庫を図12の右グラフに示す。在庫不足は生じていないことから、日々の受注パターンを正確に予測せずとも、安全在庫を用いずに補充生産方式で対応できることが分かる。

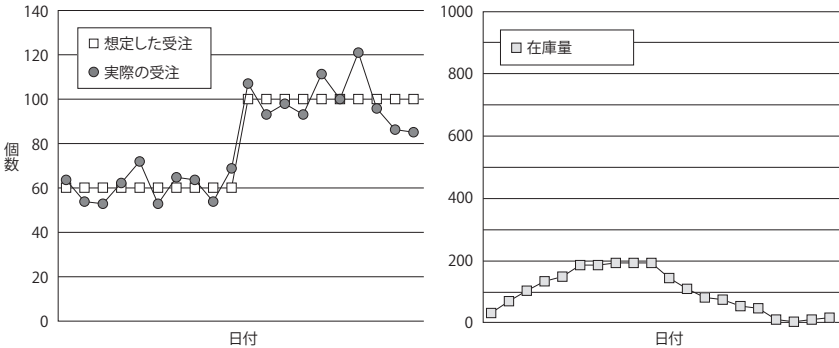


図13 左：予測と実際の受注パターン，
右：実際の受注によって生じた在庫の推移

8. まとめと今後の課題

- ・能力的側面において必要な在庫を変動在庫と定義した
- ・定期発注方式をもとにした変動在庫と生産量の算定方法を示した
- ・想定する受注パターンからの変化に対応する許容量の算定方法を示した

従来の定期発注方式では単位的側面による在庫のみの算定方法を明らかにしていたが、それ以外の側面で生じるギャップには安全在庫で対応していたため、安全在庫で対応する範囲が大きく、安全在庫は統計的側面から議論するに留まっていた。本論文では定期発注方式をもとに、従来方式の安全在庫を変動在庫と安全在庫に分類し、変動在庫を用いた生産量の算定方法を明確にした。変動在庫を用いることで、安全在庫で対応する範囲を小さくした。また、想定する受注パターンからの変化に対する許容量を算定することで安全在庫を用いて対応する範囲を明確にすることができたが、具体的な安全在庫の算定方法は示せておらず今後の課題と考えている。

日々の生産量の算定には目標在庫との差を埋める補充生産方式を採用しているが、目標在庫自体の算定には想定した受注パターンを用いており、需要

予測方式を採用しているとも考えられる。想定した受注パターンからの変化量が安全在庫とは同値にはならず、各要因によって許容量が存在することから、今後、算定結果を詳細に分析していくことで、予測すべき需要とは何かを議論することができると考えている。

従来の定期発注方式においては、受注系列を標準偏差でのみ表し、変動在庫を含むサイクル在庫以外のギャップを緩衝する安全在庫の算定に用いていた。需要の分布のみが扱われており、需要予測と在庫補充方式の関係はなかったと言える。しかし、本論文で定義した変動対応在庫の算定方法に需要予測が含まれていることから、在庫補充方式と需要予測の関係を表すことができたと考えている。許容量は予測した受注パターンとキャパとLT次第では持つべき安全在庫が変わるなど、多くの基礎的知見を得ることができたと考えている。

参考文献

- 倉林良雄, 本間郁男, 南川利雄:「資材管理」, 森北出版 (1977)
- 坂本碩成:「生産管理入門」, 理工学社 (1989)
- 桑田秀夫:「生産管理概論」, 日刊工業新聞社 (1990)
- 国狭武己:「資材・購買管理」, 日刊工業新聞社 (1994)
- 児玉正憲:「生産・在庫管理システムの基礎」, 九州大学出版会 (1996)
- 石田俊広:「生産情報システム」, 同友館 (1996)
- 工藤市兵衛, 鈴木達夫, 福田康明, 野村重信, 中村雅章, 近藤高司:「現代
生産管理」, 同友館 (1994)
- 太田雅春:「生産情報システム」, 日科技連出版社 (1994)
- 藤本隆宏:「生産マネジメント入門 I 生産システム編」, 日本経済新聞社
(2001)
- 門田安弘:「トヨタプロダクションシステム」, ダイアモンド社 (2006)
- 大場允晶, 藤川裕晃:「生産マネジメント概論」, 文眞堂 (2009)
- Vassian, H.J.: “Application of Discrete Variable Servo Theory to
Inventory Control,” *Oper. Res.*, Vol.3, No.3, pp.272-282 (1955)
- 十代田三知男: “定期発注システムにおける発注量および在庫量の変動に関
する研究”, 学位論文, 早稲田大学 (1971)
- 俵信彦: “発注量変動の制御に関する研究 定期発注方式の研究”, 日本経営
工学会誌, Vol.40, No.3, pp.155-161 (1989)