在庫の保有動機と生産変動

小 塩 隆 士

1. は じ め に

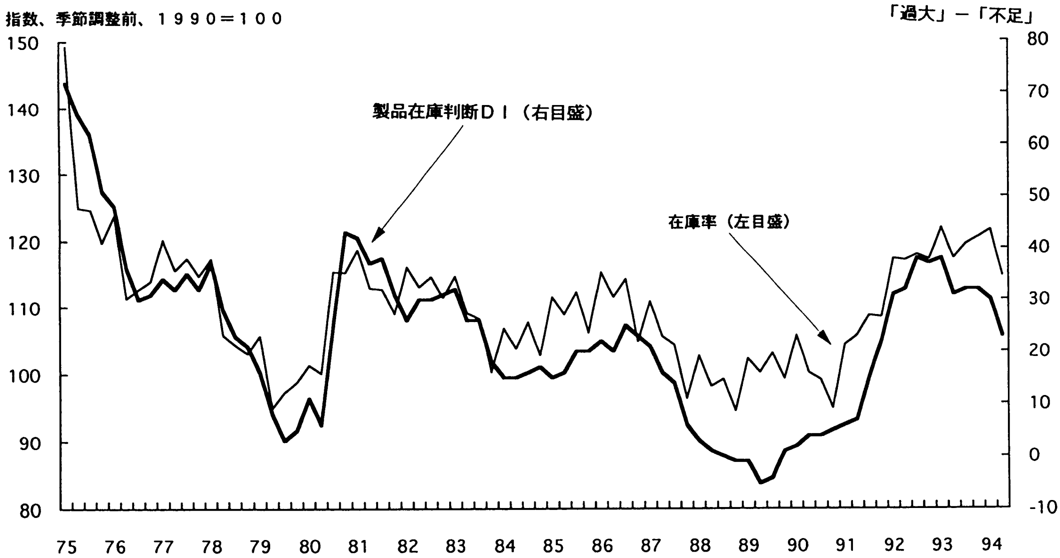
本稿の目的は，在庫の保有動機と生産変動との関連を簡単な数値計算によって調べることである。

在庫の保有動機として一般的に認識されているのは，生産水準の調整にはコストがかかるために，需要（出荷）の変動に対するバッファー（緩衝装置）として在庫を保有するという，「生産平準化」（production smoothing）という動機である。この動機が支配的であれば，在庫保有によって生産の変動は出荷の変動を下回るはずであるが，アメリカにおける実証分析の一般的な傾向はそれを否定するものとなっている（Blanchard [1983], Miron-Zeldes [1988], Eichenbaum [1989] 等参照[1]）。そうした理由もあって，アメリカでは，在庫保有と生産変動の関係について理論的・実証的な分析がかなり蓄積されてきた（その包括的なサーベイは Blinder-Maccini [1990] [1991] 参照）。日本においては，小塩 [1995] による自動車産業の製品在庫についての分析があるが，それによると，アメリカの場合とは対照的に生産の変動が出荷の変動よりも小さくなっており，生産平準化が支配的な動機であることが示されている。しかし，Wilkinson [1991] は，製品在庫ではなく流通在庫なども含めた在庫全体についてみると，在庫は付加価値の合計としての GDP の変動を最終売上（GDP から在庫品増加を除いたもの）の変動より大きなものにしていることを日本についても確認している。したがって，生産平準化は，在庫の保有動機と生産変動との関連を十分に説明する仮説とは言いがたい。

一方，企業が在庫を保有する場合，生産平準化のためだけではなく，特定の目標在庫水準が念頭におかれることも多いであろう。図1は，日本銀行が公表する企業短期経済観測調査（「短観」）における製品在庫判断 DI（「過大」―「不足」: ただし，主要企業・製造業の分）と，通商産業省の公表する在庫率（在庫／出荷，1990年を100とする指数）とを見比べたものである。ここから，企業が在庫を保有する場合，出荷（需要）動向を見据えてその目標水準を設定し，その達成を目指して生産行動を行っていることが推察される。一般的な景気論議においても，在庫率がノーマルな水準を超える・超えないがいわゆる「在庫調整」の完了を示すメルクマールとして用いられることがしばしばある。

目標在庫水準の追求については，Kahn [1987] が，売り切れ（stockout）とそれに伴う出荷の繰り越し（backlog）を明示的に組み込んだ在庫保有のモデルを設定し，生産の変動が出荷の変動

図１　在庫率と在庫水準の判断



（出所）通商産業省「生産統計」日本銀行『企業短期経済観測調査』

を上回ることを理論的に示していることが注目される。そこでは，目標在庫水準が期待出荷の動向に合わせて設定されると，出荷に系列相関がある場合，生産が出荷以上に変動する可能性が高くなることが理論的に示されている。

したがって，現実の生産と出荷の変動の大小関係は，生産平準化と目的在庫水準の追求という２つの動機のうち，どちらが支配的であるかに依存するものと推察される。これはあくまで実証的な問題であり，先験的に一定の結論を導き出すことはできない。しかし，本稿では簡単な数値計算によってこの問題に対する暫定的な答えを出すことにする。そのため，次のような段取りで議論を進める。第１に，目標在庫水準が，期待出荷によって決定される理論的根拠を示す。第２に，企業が目標在庫水準の追求と生産平準化を同時に目指す場合の生産行動を定式化する。第３に，出荷に系列相関が存在する場合，出荷面のショックが生産面にどのような形でインパクトを及ぼすかを，上の２つの動機を踏まえた数値計算によって簡単に調べる。

２．目標在庫水準の設定

まず，生産水準の変更に伴うコストを無視した場合の目標在庫水準がどのように与えられるかを考えよう。これまでの在庫投資に関する実証分析においては，Feldstein-Auerbach［1976］に代表されるように，目標在庫水準を期待出荷の線型の増加関数として設定し，その水準が部分的に追求されるとするアプローチが一般的であった。しかし，目標在庫水準が期待出荷とどのように関連しているかという点については，必ずしも厳密に議論されてきたわけではない。

そこで，ここでは，いくつかのもっともらしい前提を置けば，目標在庫水準が期待出荷の増加関数になることを示すことにしよう。以下の定式化は，基本的にKahn［1987］の考え方と同じ

である。Kahn と同様，実際の出荷 S_t は，需要 D_t に等しいか（売れ残りが発生する場合），あるいは（出荷の上限である）生産と前期末の在庫の和に等しい（品切れが発生する場合）点にまず注目する。すなわち，

$$S_t = \mathrm{Min}(D_t,\ Y_t + I_{t-1}) \qquad ①$$

である。さらに，製品1単位当たりの生産者価格は p で一定，生産コストも（生産水準の変動に伴うコストを無視しているので）c で一定であるとしよう。

ここで，売れ残りが発生すれば（$Y_t + I_{t-1} > D_t$），その分が在庫として次期に持ち越され，品質の悪化などにより1単位当たり $\mu_1 c$ コストを次期に払わなければならないとする。一方，品切れが発生すれば（$Y_t + I_{t-1} < D_t$），出荷は次期に繰り越され，1単位当たり $(1-\mu_2)p$ で出荷されるとする。すなわち，$\mu_2 p$ は出荷が遅れたために発生する1単位当たりコストである。[2]

このとき，メーカーは，θ を割引率として次のような動学的最適化問題を解いて目標生産水準 Y_t^*，目標在庫水準 I_t^* を決定することになる。

$$\mathrm{Max}: E[\sum_{i=0}^{\infty}(1+\theta)^{-i}\{pS_{t+i} - \mu_2 p(D_{t+i-1} - S_{t+i-1})$$
$$- cY_{t+i} - \mu_1 c(Y_{t+i-1} + I_{t+i-2} - S_{t+i-1})\} \mid t]$$

$$\text{subject to}: I_t = I_{t-1} + Y_t - S_t \text{（及び②式）}$$

ただし，ここで，出荷 S_t には前期から繰り越された出荷分（$D_{t-1} - S_{t-1}$）が含まれていることに注意されたい。この問題の1階の条件は，簡単な計算により，

$$\mathrm{Prob}(E(D_t \mid t) < Y_t^* + I_{t-1})$$
$$= \{(\mu_2 + \theta)p - \theta c\} / \{((\mu_2 + \theta)p + \mu_1 c\}$$

で与えられる。この式の右辺は，(1)マークアップ率（$(p-c)/c$），(2)売れ残りに伴うコスト μ_1，(3)品切れに伴うコスト μ_2，(4)割引率 θ に依存する定数（κ とする）である。[3]

さらに，やや恣意的な仮定であるが，メーカーが自らが予想する需要について，(1)その分布が平均 $E(D_t \mid t)$ とする正規分布であり，かつ，(2)その標準偏差 σ が $E(D_t \mid t)$ の増加関数であると想定しているとすれば，

$$I_t^* = Y_t^* + I_{t-1} - E(D_t \mid t)$$
$$= \Phi^{-1}(\kappa)\sigma\{E(D_t \mid t)\},\ \sigma' > 0 \qquad ②$$

となる（ただし，Φ は標準正規分布の累積密度関数）。

厳密には，メーカーが予想する需要の中には（メーカーにとって既知の）前回からの繰り越し分も含まれているはずなので，(2)の仮定はもっともらしくない。しかし，実際には製造業では正の在庫が保有されているのが普通なので，出荷には前期から繰り越された分はほとんど含まれていないとみなし，さらに，メーカーにとっての期待需要 $E(D_t \mid t)$ も事実上，期待出荷 $E(S_t \mid t)$ にかなり近いと考え，②式の値はつねに正であると仮定しよう。[4] このとき，メーカーが生産変更に伴うコストを無視するとすれば，③式で $E(D_t \mid t)$ を $E(S_t \mid t)$ に置き換えた関係から得られる目

標在庫水準及び目標生産水準がつねに追求される，ということになる。すなわち，

$$I_t^* = Y_t^* + I_{t-1} - E(S_t \mid t)$$
$$= \Phi^{-1}(\kappa)\sigma[E(S_t \mid t)],\ \Phi^{-1}(\kappa),\ \sigma' > 0 \qquad ②'$$

となる。

期待出荷の大きさに依存して決定される目標生産水準が完全に実現されるとすれば，生産の変動は出荷の変動を上回る可能性が高い。いま，

$$A_t^* = Y_t^* + I_{t-1}$$

とすれば（A_t^* は出荷の上限値を意味する），生産・出荷・在庫の間の恒等的な関係より，

$$Y_t(=Y_t^*) = S_{t-1} + A_t^* - A_{t-1}^*$$

が成り立つから，生産と出荷の分散の関係は，

$$\mathrm{var}(Y) = \mathrm{var}(S) + \mathrm{var}(\Delta A^*) + 2\mathrm{cov}(S_{-1},\ \Delta A^*) \qquad ③$$

となる。したがって，右辺第3項，すなわち，足元の出荷水準と出荷の上限値の変化の相関が負でなければ，生産の変動は出荷の変動を必ず上回ることになる。

この点は，次のような単純なケースを考えればわかりやすい。すなわち，期待出荷の標準偏差 σ が期待出荷の線型の増加関数であり，したがって，

$$A_t^* = a_0 + (1+a)E(S_t \mid t),\ a > 0$$

と表現され（a_0, a は定数），また，(2)出荷については1階の系列相関が存在し，

$$S_t = k + \rho S_{t-1} + e_t,\ 0 < \rho < 1,\ \mathrm{cov}(S_{-1},\ e) = 0$$

となるケースを考えよう（k は正の定数）。このとき，

$$\begin{aligned}\mathrm{cov}(S_{-1},\ \Delta A^*) &= \mathrm{cov}(S_{-1},\ (1+a)\rho(S_{-1} - S_{-2}))\\ &= (1+a)\rho[\mathrm{var}(S_{-1}) - \mathrm{cov}(S_{-1},\ S_{-2})]\\ &\fallingdotseq (1+a)\rho(1-\rho)\mathrm{var}(S_{-1}) > 0\end{aligned}$$

となるから，生産の変動は出荷の変動を上回ることになる。

しかし，メーカーが，生産水準の変更に伴うコストを抑えるために，これまで述べてきたような目標生産水準を部分的にしか追求しないと，生産の変動が出荷の変動を下回る可能性が出てくることになる。

3．生産行動の定式化

前節では，目標在庫水準が期待出荷の増加関数であることが示されたが，冒頭に述べたように，企業は目標在庫水準の追求だけでなく，生産水準の変更に伴うコストをなるべく少なくするために生産平準化という動機も合わせ持っているはずである。ここでは，これらの２つの動機が同時に追求された場合の，企業の生産行動を定式化してみよう。ここでの定式化は，Blanchard [1983] のそれを簡略化したものである。

まず，目標在庫水準については，簡単化のために，②′式において，出荷の標準偏差が出荷の線型の増加関数であるとして，

$$I_t^* = aE(S_t \mid t)$$

と表現されるとする（定数部分を無視しても以下の分析には影響を与えない）。そして，現実の在庫水準がこの目標在庫水準から乖離するに伴い，企業は，

$$C_{1t} = (c_1/2)(I_t - I_t^*)^2,\quad c_1 > 0$$

だけコストがかかると評価するとしよう。

次に，生産平準化という観点から注目されるコストについては，Blanchard [1983] にしたがって，次の２つのタイプを考える。第１のタイプは，生産コストの凸性（convexity）そのものに係わるコストであり，

$$C_{2t} = (c_2/2)Y_t^2,\quad c_2 > 0$$

と示す。ここでは，１次の項は省略してあるが，これは，後述するコスト最小化の条件を求める際にそれが影響を及ぼさないからである。

第２のタイプは，生産水準を１期前から変更することによって生じるコストであり，

$$C_{3t} = (c_3/2)(Y_t - Y_{t-1})^2,\quad c_3 > 0$$

と示すことにする。

企業は，これら３つのコストの合計（$c_{1t}+c_{2t}+c_{3t}$）の現在から将来にわたる割引現在価値を，生産マイナス出荷が在庫の増減に等しいという制約条件の下で最小化することになる。すなわち，企業の解くべき動学的最適化問題は，

$$\text{Min}: E\left[\sum_{i=0}^{\infty}(1+\theta)^{-i}(C_{1t+i}+C_{2t+i}+C_{3t+i}) \mid t\right],$$

$$\text{subject to}: I_t = I_{t-1} + Y_t - S_t$$

である。この問題を解くと，オイラー方程式は，

$$E(I_t \mid t) = \{2 + [\theta c_2 + (1+\theta)(c_1+c_3)]/(c_2+2c_3)\} I_{t-1}$$

$$-[1+\theta+2c_3/(c_2+2c_3)]I_{t-2}+c_3/(c_2+2c_3)I_{t-3}-E(S_t\,|\,t)$$
$$+\{1+[\theta c_2+(1+\theta)(c_3-c_1a)]/(c_2+2c_3)\}S_{t-1}-[c_3/(c_2+2c_3)]S_{t-2} \qquad ④$$

となる。以下では，出荷については企業の合理的期待形成を前提とし，$E(S_t|t)=S_t$ とするとともに，議論の見通しを良くするため割引率 θ が0に等しいと仮定する。このとき，オイラー方程式は，

$$I_t=[2+(c_1+c_3)/(c_2+2c_3)]I_{t-1}-[1+2c_3/(c_2+2c_3)]I_{t-2}+c_3/(c_2+2c_3)I_{t-3}$$
$$-S_t+[1+(c_3-c_1a)/(c_2+2c_3)]S_{t-1}-[c_3/(c_2+2c_3)]S_{t-2} \qquad ④'$$

と表現される。さらに，生産と出荷の差が在庫の増減に等しいという関係を考慮すると，この式は，

$$Y_t-Y_{t-1}=[c_1/(c_2+2c_3)](I_{t-1}-aS_{t-1})+[c_3/(c_2+2c_3)](Y_{t-1}-Y_{t-2}) \qquad ⑤$$

と整理することができる。

⑤式は，次のような理由で生産の収束に向かう経路が saddle point path であることを意味している。すなわち，右辺第2項は，係数の値が0と1の間にあるため明らかに生産を次第に収束に向かわせる役割を持っている。しかし，その一方で，右辺第1項は在庫率が目標水準（a）を上（下）回れば生産がさらに上昇（低下）するという効果を示しており，それ自体としては生産の経路を発散させる。

生産の収束経路がこのような saddle point path である場合，それに現実の生産の調整過程が乗るためには，初期時点（t=1）において生産が特定の値だけジャンプする必要がある（t=0 では生産は不変)。そのジャンプの幅に基づいて，生産は t=1 以降⑤式のように次第に調整され，最終的に収束していくことになる。そして，そのジャンプの幅は，(1)出荷のショックの大きさやその持続性，(2)⑤式に含まれる各パラメータの値によって一意的に決定される。

4．数値計算の方法

実際に出荷面のショックが発生した場合，生産がどのように変動するかを知るための最もオーソドックスな方法は，④′式から出荷の変動経路に対応した在庫の変動経路を導き，そうして得られた両者の関係から生産の変動経路を得るというものである。具体的には，特性方程式

$$\lambda^3-[2+(c_1+c_3)/(c_2+2c_3)]\lambda^2+[1+2c_3/(c_2+2c_3)]\lambda-c_3/(c_2+2c_3)=0 \qquad ⑥$$

の解を λ_1，λ_2，λ_3 とし，そのうち1より大きい解を λ_3 とすれば，[5)]

$$I_t=(\lambda_1+\lambda_2)I_{t-1}-\lambda_1\lambda_2I_{t-2}+\sum_{j=1}^{\infty}(\Gamma_{t+j}\lambda_3^{-j})$$
$$t=1,\ 2,\ 3,\ \cdots\cdots$$

と表すことができる。ただし，ここで，

$$\Gamma_t = S_t - [1 + (c_3 - c_1 a)/(c_2 + 2c_3)]S_{t-1} + [c_3/(c_2 + 2c_3)]S_{t-2}$$

である。

しかし，この方法で生産の調整経路を導くことは，⑤式で与えられる生産の調整経路が収束するような生産の初期値――したがって，t=1 におけるジャンプの幅――を求め，t=2 以降は⑤式によって生産の調整経路を自動的に解く，という方法と内容的にはまったく同じとなる。したがって，ここでは，以下のような設定で，収束計算を行うことにする。

(1) c_1，c_2，c_3，a に適当な値を与えるとともに，定常状態における生産と出荷の水準（ともに等しい）を与える。在庫の定常値は，出荷の定常値の a 倍に等しくなる。なお，c_1，c_2，c_3 については，その相対的な大小関係のみが問題となる。

(2) 出荷については，適当な系列相関を想定するとともに，t=0 でショックが発生し，それが減衰しつつ持続するものとする。

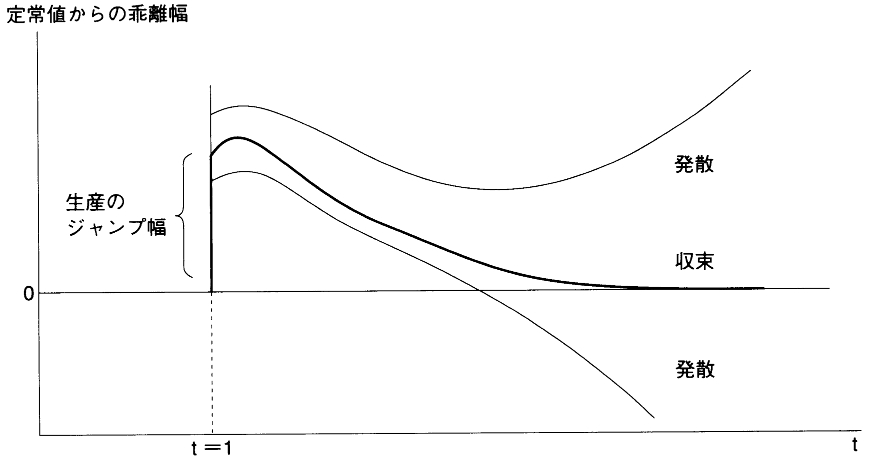
(3) 生産については，出荷のショックが発生した t=0 では不変，t=1 では適当な値だけジャンプし，t=2 以降は⑤式によって変化していくものとする。

(4) 在庫については，全ての期間において，その増減が生産マイナス出荷という形で得られるものとする。

(5) 以上のような設定で生産の調整経路を計算し，十分長い時間が経った時点（たとえば t=100）で，生産の収束状況を調べる。生産が累積的に拡大（縮小）していれば，ジャンプの幅を低下（上昇）させていくという修正プロセスを数値計算に組み込んで，生産が収束していくジャンプの幅を繰り返し計算で求める。

このような作業を行うのは，⑤式で示される Y の調整経路は t=1 でのジャンプの幅がある特定の水準になってはじめて収束経路となるという性質をもっているからである（図 2 参照）。すなわち，t=1 において生産のジャンプの幅が必要以上に大きいと，t=1 における在庫は収束経路

図 2　生産の収束経路（概念図）



に乗る水準を超えてしまう。その水準を出発点として生産が⑤式で想定されているペースで変化すると，在庫が必要以上に増加し，ある時点で在庫率が目標水準を突破するに至る。ところが，⑤式より，この状態はさらに生産を増やす方向に働くから，生産は累積的に増加してしまう。一方，生産のジャンプの幅が小さすぎると，$t=1$ における在庫は生産が収束経路に乗る水準以下にとどまる。それ以降，生産が収束経路上において想定されているペースで変化すると，在庫率はいつまでたっても最適水準に到達せず，⑤式より生産は累積的な減少を始めることになる。こうした状況を回避し，生産の調整経にその収束経路に乗るように，$t=1$ におけるジャンプの幅を調整するのが(5)における作業である。

以下では，次のような想定を具体的において数値計算を行う。

• 目標在庫率：$a=0.2$
• 生産，出荷の定常値：ともに100
• 出荷の変動経路：$S_t=10+0.9S_{t-1}+\varepsilon_t$,
　　$\varepsilon_0=1$，$\varepsilon_t=0$ for $t=1$，2，……

すなわち，出荷については，1階の系列相関を想定するとともに，$t=1$ においてのみ意図せざる増加が発生したとする。ただし，企業は，将来の出荷の変動については，それを予測する際の誤差が期待出荷の大きさに比例すると想定しているとする。

• コストの相対的大きさ：

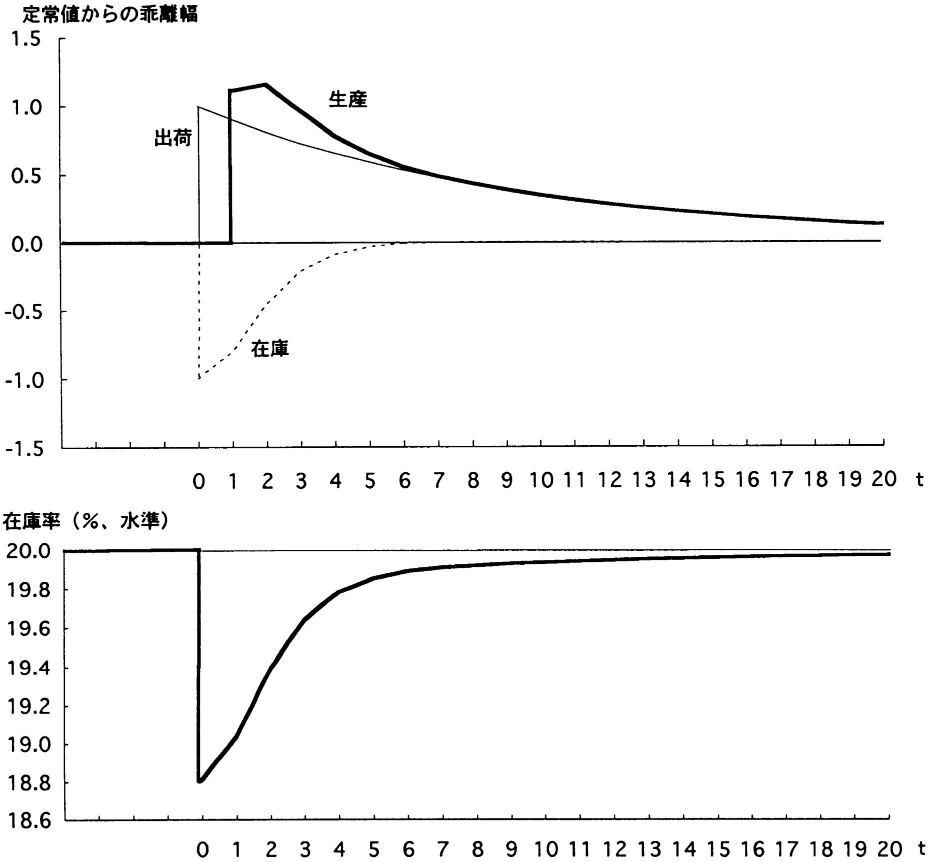
ケース A　：$c_1=0$
ケース B_1：$c_1=0.1(c_2+c_3)$，$c_2=0.5c_3$
ケース B_2：$c_1=0.1(c_2+c_3)$，$c_2=c_3$
ケース B_3：$c_1=0.1(c_2+c_3)$，$c_2=2c_3$
ケース C_1：$c_1=0.5(c_2+c_3)$，$c_2=0.5c_3$
ケース C_2：$c_1=0.5(c_2+c_3)$，$c_2=c_3$
ケース C_3：$c_1=0.5(c_2+c_3)$，$c_2=2c_3$
ケース D_1：$c_1=(c_2+c_3)$，$c_2=0.5c_3$
ケース D_2：$c_1=(c_2+c_3)$，$c_2=c_3$
ケース D_3：$c_1=(c_2+c_3)$，$c_2=2c_3$
ケース E　：$c_1\to\infty$

すなわち，ケースAは生産平準化のみが追求されるケース，ケースEは目標在庫水準のみが追求されるケースである。ケースBからケースDはその中間的なケースであり，それぞれについて2つのタイプの生産平準化動機の相対的大きさを調整してある。

5．数値計算の結果

図3は，以上の各ケースのうち代表的な例としてケースC_2を取り上げ，生産，出荷，在庫，在庫率の変動の様子を図示したものである。この数値計算では，出荷は t=0 において1だけ増加し，それ以降は元の定常値（100）に向かって単調に減少していくことになる。ケースC_2では，目標在庫水準の追求の重要度は生産平準化のそれの2分の1となっているが，目標在庫水準の追求により，生産は t=1 においてジャンプした後，出荷面の変動を数期間にわたって上回ることがわかる。その結果，在庫率も比較的急ピッチで目標水準に向かって回復していく。ケースC_2以外の各ケースにおいても，生産の変動は程度の差こそあれ，これとほぼ同様のパターンが得られる。

図3　生産，出荷，在庫，在庫等の変動経路



（注）ケースC_2の場合（$C_1=0.5(C_2+C_3)$，$C_2=C_3$），具体的な数値計算の方法は本文4を参照。

表は，すべてのケースについて，生産の t=0 におけるジャンプ幅，生産の最大変動幅（定常値からの乖離），またそれが実現される時点，をまとめたものである。ここから以下のような点が指摘できる。

表　各ケースにおける生産の変動

ケース	生産のジャンプ幅 (t=1)	生産の最大変動幅	生産の変動幅が最大になる時点
A	0.0	0.0	—
B_1	0.797	0.880	t=2
B_2	0.745	0.904	2
B_3	0.677	0.930	3
C_1	1.156	1.156	1
C_2	1.108	1.153	2
C_3	1.050	1.189	2
D_1	1.336	1.336	1
D_2	1.295	1.295	1
D_3	1.248	1.248	2
E	2.080	2.080	1

(1)　両極端のケースA，Eについては，はなはだ常識的な結果が得られる。生産平準化のみが追求される場合（ケースA）は，出荷面のショックに対して生産はまったく変動せず，もっぱら在庫のとり崩しで対処される。一方，目標在庫水準のみが追求される場合（ケースE）は，生産は t=1 において一挙に出荷のショックの2倍以上の大きさのジャンプを見せる。その時点で目標在庫率は完全に回復され，t=2 以降は，生産は元の定常値に向けて単調に減少することになる。

(2)　ケースBからDまでは，これら極端なケースの中間的特徴を見せることになるが，目標在庫水準の追求が重視されるほど，t=1 におけるジャンプの幅が大きく，したがって，生産の変動が出荷の変動を上回る可能性が高くなる。ケースB，Cは，生産平準化に対する目標在庫水準の追求の重要性がそれぞれ1割，5割，ケースDは同等となっているが，ケースC，Dでは生産の最大変動幅が1を上回っている。

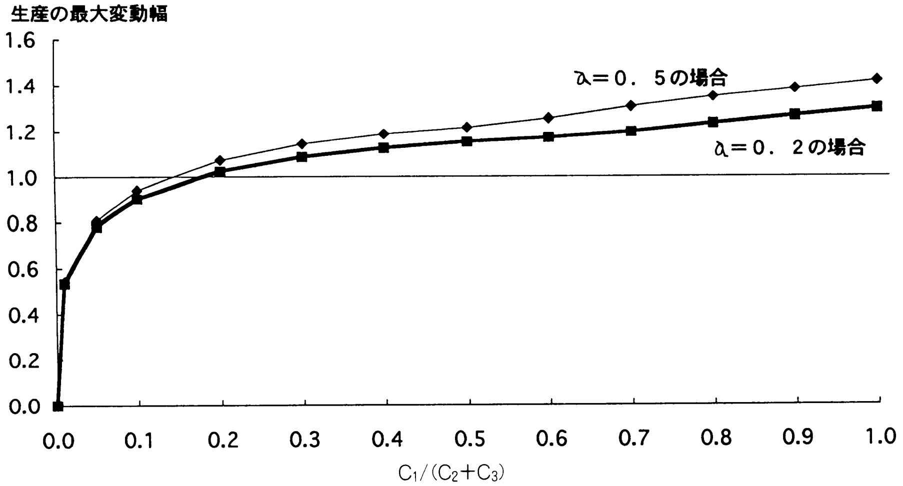
(3)　生産平準化における2つのタイプの動機の相対的大きさと生産変動との関係について見ると，いずれのケースにおいても，生産の1期前の水準からの変動を抑えることが重視されるほど，t=1 におけるジャンプの幅は大きくなる。

しかし，生産の最大変動幅について見ると，目標在庫水準の追求があまり重視されない場合（ケースB，C）では，1期前の水準からの変動を抑えることが重視されるほど最大変動幅が小さくなるとともに，それが実現される時期が前に来る傾向がある。逆に，目標在庫水準の追求が重視される場合（ケースD）では，t=1 におけるジャンプが生産の最大変動幅になるとともに，その大きさは1期前の水準からの変動を抑えることが重視されるほど大きくなる。しかし，いずれの場合でも，生産と出荷の変動の相対的大きさが大きく影響されているわけではない。

このように，目標在庫水準の追求は，生産の変動を大きなものにする傾向が認められる。この傾向は，生産平準化の2つの動機の大小関係によってはそれほど大きく影響されない。また，上の結果を見ると，目標在庫水準の追求の重要度が生産平準化のそれの2分の1となっていれば（ケースC），生産の変動が出荷の変動を上回っている。そこで，目標在庫水準の追求がどの程度それが重視されていれば，生産の変動が出荷の変動を上回るといった状況が発生するか，という点をチェックしておこう。この問いに答えるために，生産平準化の2つの動機がともに等しい程

度で追求される（$c_2=c_3$）と一応想定した上で，目標在庫水準の追求が相対的に重視される程度，すなわち，$c_1/(c_2+c_3)$ の値を 0 から徐々に引き上げて上述の数値計算を行い，そこで得られる生産の変動の最大幅がどのように変化するかを調べることにする。図 4 は，その結果をまとめたものであるが，ここでは，目標在庫率を上述のように0.2とした場合と0.5にした場合について，その結果を比較してある。

図 4　生産の最大変動幅



この図からも明らかなように，目標在庫水準の追求の重要性が生産平準化の 2 割程度あれば，生産の変動は出荷の変動を上回ることになる。このように，目標在庫水準の追求がそれほど重視されなくても，生産の変動は出荷の変動を容易に上回ってしまう可能性が高い。これは，生産平準化が在庫保有の動機として一般的に認識されているにもかかわらず，実際には生産の変動が出荷の変動を上回っているという，これまでの実証分析の一般的な結果とも整合的である。また，この図からは，企業にとっての目標在庫率が高いほど，生産の変動はより大きなものとなることも確認される。日本の場合，マクロ全体における在庫率は長期的に低下傾向を示しているが，これは生産の変動の出荷に対する変動の大きさを相対的に小さなものにする効果を持っていると推察される。

6．若干の応用例

ここでの枠組みは，独立的支出が増加した場合のいわゆる乗数効果に関する分析についても応用できる。結論を先取りすれば，独立的支出が増加した場合，企業が目標在庫水準の実現を少しでも追求すると，生産・出荷は長期的な乗数効果を短期的にオーバーシュートするとともに，これまでの試算結果と同様に，生産の変動が出荷の変動を上回ることが確認される。このように，マクロ・モデルにおいて在庫投資の存在が経済変動を増幅する効果を持っているという点については，すでに Metzler［1941］が指摘しているところであり，さらに Blinder［1981］［1986］に

よっても議論されている。

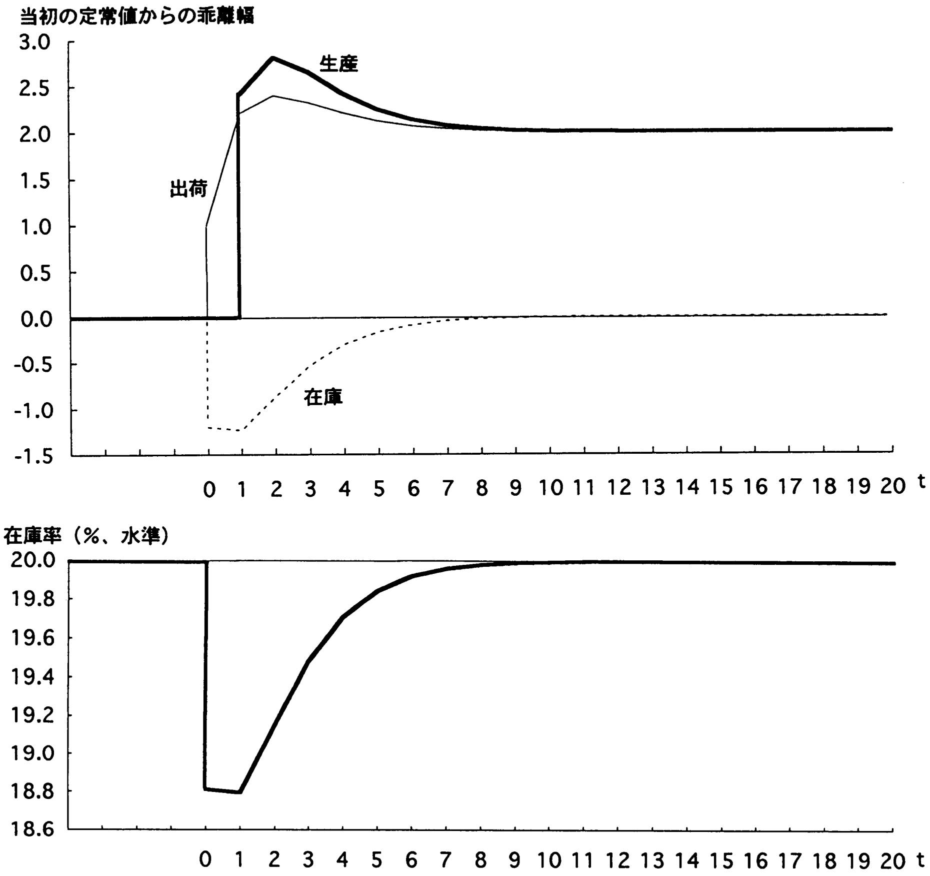
ここでの数値計算においては，上で $S_t=10+0.9S_{t-1}+\varepsilon_t$ としていた出荷の変動を，生産から出荷への単純なフィードバックの関係を想定して，

$$S_t=50+0.5Y_t+\varepsilon_t$$

という形に置き換えてみる（定常状態では，生産＝出荷＝100 のまま）。このような関係が成立するのは特に生産・出荷を特にマクロ・ベースでとらえた場合であり，(1)生産によって得られた所得（付加価値）が需要＝出荷に結びつくというケインジアン的関係，(2)当該産業の生産の増加が他の産業の生産の増加につながり，それが当該産業の出荷にフィードバックされるという産業連関，などがその関係の背後に考えられる。もちろん，消費サイドにおける異時点間の効用最適化行動を盛り込むなどモデルを精緻にすることも考えられるが，ここではそこまで立ち入らない。

出荷の変動メカニズムを以上のようにとらえると，独立的支出が1単位増加した場合，生産，出荷に対する長期的な乗数効果はともに $1/(1-0.5)=2$ となる。しかし，目標在庫水準が追求される場合，これまでの試算結果より，短期的にはこの乗数効果がオーバーシュートされることも予想される。独立的支出の増加に対して生産がそれ以上に増加すれば，出荷の増加も誘発され

図5　独立的支出増加の乗数効果



（注）ケース C_2 の場合（$C_1=0.5(C_2+C_3)$，$C_2=C_3$），具体的な数値計算の方法は本文6を参照。

さらに生産の増加がもたらされる，という効果があるからである。そこで，t=0 以降独立的支出が1単位増加した場合について（sustained change），生産・出荷・在庫の変動経路がどのようになるかを計算してみよう。そのためには，上述のように出荷の式を置き換えるほかは，これまでとまったく同様に，パラメータに特定の値を代入して生産の t=1 におけるジャンプの値を繰り返し計算によって求め，それ以降の各変数の変動経路を導けばよい。

図5は，一例として，目標在庫率を0.2とするとともにその他のパラメータを上のケース C_2 と同様にして，各変数の変動経路を計算したものである。この図からも明らかなように，独立的支出の増加に対して，生産は短期的に出荷以上に増加するとともに，その増加幅は長期的な乗数効果（2）を上回ることになる。また，出荷も生産の変動に対応して，長期的な乗数効果をオーバーシュートしている。

さらに，図4と同様に，$c_2=c_3$ と想定した上で $c_1/(c_2+c_3)$ の値を0から徐々に引き上げて上

図6　生産の最大変動幅

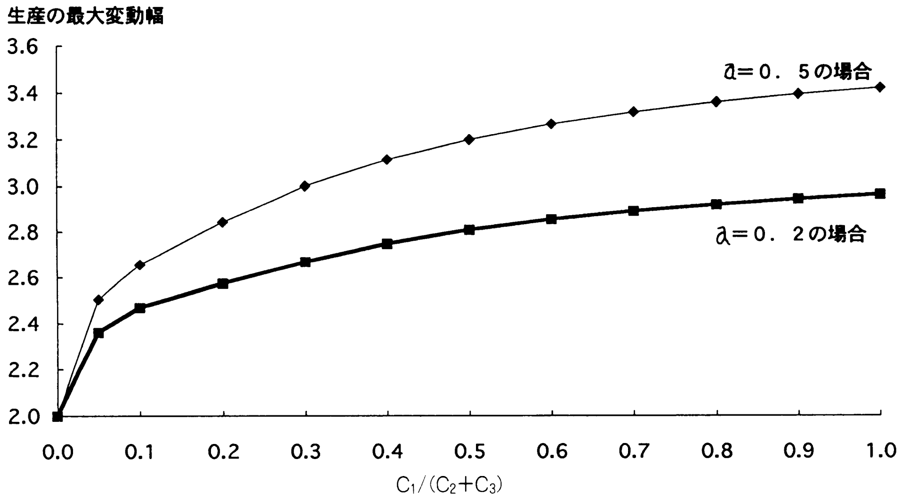
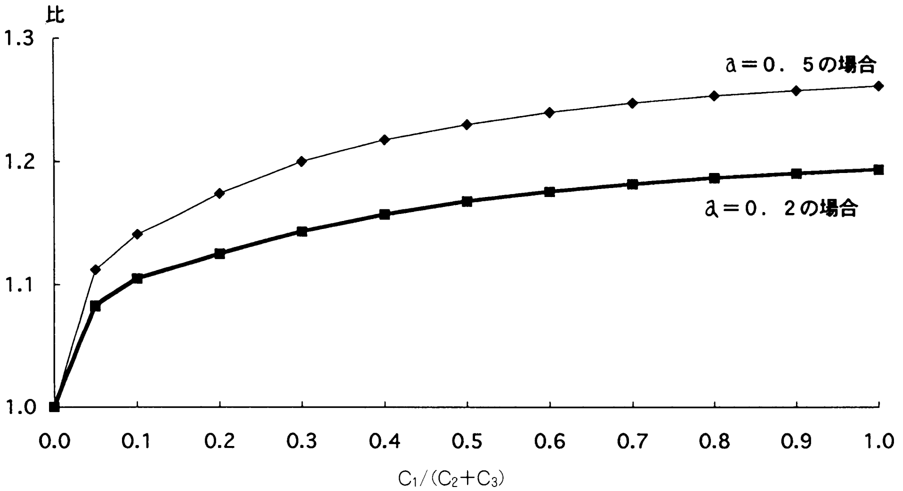


図7　生産の最大変動幅と出荷の最大変動幅の比



述の数値計算を行い，そこで得られる生産の最大変動幅と，その出荷の最大変動幅に対する比をそれぞれまとめたのが図6と図7である。目標在庫水準の追求が重視されるほど，乗数効果の短期的なオーバーシュートの程度は大きくなり，また，生産の変動が出荷の変動を上回る程度も大きくなることが具体的に示される。生産から出荷へのフィードバックを考慮していない場合と異なり，目標在庫水準が少しでも追求されていれば生産の変動は出荷の変動を上回ることも注目される。さらに，乗数効果のオーバーシュートの程度や生産の変動の相対的大きさは，目標在庫率が高いほど大きくなることも確認される。

7．結　　論

本稿では，①期待出荷の大きさに対応した目標在庫水準の追求，②生産の変動によるコストをなるべく小さくしようとする生産平準化，という2つの相異なる在庫保有の動機を，異時点間におけるコストの最小化という企業の意思決定に反映させて，生産と出荷の変動を比較した。ここで試みた簡単な数値計算によれば，目標在庫水準の追求が生産平準化に比べてそれほど重視されていなくても，生産の変動が出荷の変動を上回る可能性が十分にあることが示された。これは，生産の変動が出荷の変動を上回るという，これまでの実証分析における一般的な結果と整合的な結果である。さらに，独立的支出が変化したときの乗数効果についても，目標在庫水準の追求という動機の存在により，短期的な生産や出荷の変動が長期的な乗数効果をオーバーシュートする可能性があるということも明らかにされた。これらの結果は，在庫投資の存在が景気変動に重要な影響を及ぼしていることを意味するものであり，在庫の動向に注目した景気判断にも一定の理論的根拠を与えるものと言える。

しかし，本稿での分析は，基本的に製造業における製品在庫を念頭において生産と出荷の関係を検討したものに過ぎない。マクロ経済における在庫は，製品在庫・仕掛品在庫・原材料在庫・流通在庫の4種類に分けられるが，比重から言うと流通在庫が最も重要である。実際，アメリカにおいては，流通在庫に注目してその決定メカニズムや経済変動に及ぼす影響を理論的・実証的に分析する動きも見られる（いわゆる「S—s モデル」)。マクロ経済全体における在庫投資の重要性を分析するためには，製品在庫のみならずその他の形態の在庫についてもその経済的特質を明示的にとらえる必要があるだろう。

注

1）ただし，Fair［1989］は，金額ベースではなく数量ベースのデータを用いると，生産の変動が出荷の変動を下回り，生産平準化が妥当する例を幾つか挙げている。

2）Kahn［1987］の定式化では，売れ残りに伴うコストは考慮されておらず，品切れに伴う越すとは，超過需要のうち一部分だけが次期に出荷されるという形でとらえられている。

3）この式の右辺の値は0と1の間に収まっていなければならないが，そのためには，

$$\mu_2 p > \theta(c-p)$$

である必要がある。この条件は明らかに成り立つ。

また，$\mu_1=\mu_2=0$ という極端なケースにおいては，

$$\mathrm{Prob}(E(D_t \mid t) < Y_t + I_{t-1}) = (p-c)/p$$

という関係が成り立つ。この式の値は必ず正である。

4）そのための条件は，$\kappa<1/2$，つまり，$(\mu_2+\theta)p>(\mu_1+2\theta)c$ である。売り切れに伴うコストが大きく，売れ残りに伴うコストが小さければ，この条件が成り立つ可能性が高くなる。

5）特性方程式を

$$f(\lambda)=\lambda^3-[2+(c_1+c_3)/(c_2+2c_3)]\lambda^2+[1+2c_3/(c_2+2c_3)]\lambda-c_3/(c_2+2c_3)=0$$

とすると，

$$f(1)=-c_1/(c_2+2c_3)<0,\quad f(\infty)>0$$

ゆえ，この特性方程式は１より大きい実数解 λ_3 を持つ。

その他の２つの解を λ_1，λ_2 とすれば，

$$I_t-(\lambda_1+\lambda_2)I_{t-1}+\lambda_1\lambda_2 I_{t-2}=\lambda_3[I_{t-1}-(\lambda_1+\lambda_2)I_{t-2}+\lambda_1\lambda_2 I_{t-3}]-\Gamma_t$$

という定差方程式が得られる。出荷が収束すれば Γ も収束するが，さらに，

$$\lambda_1\lambda_2=c_3/[(c_2+2c_3)\lambda_3]>0$$

$$\lambda_1\lambda_2=c_3/[(c_2+2c_3)\lambda_3]<c_3/(c_2+2c_3)<1$$

$$\lambda_1+\lambda_2=\{[1+2c_3/(c_2+2c_3)]-\lambda_1\lambda_2\}/\lambda_3>2c_3/[(c_2+2c_3)\lambda_3]>0$$

$$(1-\lambda_1)(1-\lambda_2)=f(1)/(1-\lambda_3)>0$$

ゆえに $0<\lambda_1,\ \lambda_2<1$

となるから，$\lambda_3>1$ であることも考え合わせて，在庫も必ず単調収束することになる。$S_t\to S_*$ と収束するとき，簡単な計算により，

$$\Gamma_t\to-[ac_1/(c_2+2c_3)]S_*$$

$$I_t\to aS_*$$

$$Y_t\to S_*$$

となることが確かめられる。

参考文献

Blanchard, Olivier, J., "The Production and Inventory Behavior of the American Automobile Industry," *Journal of Political Economy*, 1983, 91, 365-400.

Blinder, Alan, S., "Can the Production Smoothing Model of Inventory Behavior Be Saved ?" *Quarterly Journal of Economics*, August 1986, 101, 431-453.

Blinder, Alan, S. and Louis J. Maccini, "The Resurgence of Inventory Research : What Have We Learned ?" *NBER Working Paper* No. 3408, August 1990.

Blinder, Alan, S. and Louis J. Maccini, "Taking Stock : A Critical Assessment of Recent Research on Inventories," *Journal of Economic Perspectives* 5, 1991, 73-94.

Eichenbaum, Martin S., "Some Empirical Evidence on the Production Level and Production Cost Smoothing Models of Inventory Investment," *American Economic Review*, September 1989, 79, 853-864.

Fair, Ray C., "The Production Smoothing Model is Alive and Well," *Journal of Monetary Economics*, November 1989, 24, 353-370.

Feldstein, Martin, and Alan Auerbach, "Inventory Behavior in Durable Goods Manufacturing : The Target-Adjustment Model, " *Brookings Papers on Economic Activity*, 1976, 2, 351-396.

Kahn, James, A., "Inventories and the Volatility of Production," *American Economic Review*, September 1987, 77, 667-679.

Metzler, Lawrence, A., "The Nature and Stability of Inventory Cylces," *The Review of Economics and Statistics*, 23, August 1941, pp. 113-129.

Miron, Jeffrey A. and Stephen P. Zeldes, "Seasonality, Cost Shocks, and the Production Smoothing Model of Inventories," *Econometrica*, July 1988, 56, 877-908.

Wilkinson, Maurice, "Inventory Behavior and Economic Instability in Japan," *Journal of the Japanese

and International Economics, June 1991, 5, 189-198.
小塩隆士「製品在庫と生産行動―日本の自動車産業の場合」『日本経済研究』，28号，1995.