
在庫の生産平準化機能

不確実性に注目した検証

飯田 泰之*

東京大学

標準的な生産関数を想定すると、在庫投資は需要ショックに対して生産を平準化する機能を持つ。しかし、その機能がどの程度働いているかについては Blinder (1986) 以来それを疑問視するもの、支持するもの双方の実証結果が報告されている。ところが、従来行われてきた分散比較による検証では、需給両ショックが混在する状況下で有効な結論を得られない。本稿では2つのショックが混在する場合にも適用可能な簡便なテスト方法を示す。これを用い、在庫分析にとり理想的な環境を整える通産省（現経済産業省）データに関して検証を行ったところ、在庫の生産平準化機能は近年の日本の製造業に関し限定的にしか妥当しないことがわかった。景気循環における在庫の役割の説明として生産平準化を重視しすぎることに疑問がある。

1. はじめに

景気循環の諸局面で在庫投資の変動の役割が重要であることは従来多くの論者によって指摘されてきた。Blinder and Maccini (1991) では、第二次世界大戦後のアメリカで、景気後退期の GDP 変化の 87% が在庫投資変動によると推計されている。日本に関しても、在庫は景気動向を考える上で今だ重要な要素であると言えるだろう。現在に至るまで、在庫投資行動そのものに関する理論から、在庫投資行動をベースとしたマクロ経済モデルまで在庫に関する数多くの研究が行われてきた。これら一連の研究のなかで、最も多く用いられ、標準的なモデルとして受け入れられてきているのが生産平準化・変動緩衝動機に基づく在庫投資理論である。以降、これ

本論文の作成にあたり、吉川洋教授、福田慎一助教授（東京大学）、照山博司助教授（京都大学）、そして本誌レフェリーより貴重なコメントを頂いた。記して感謝したい。もちろん、残された誤りは筆者一人の責任に帰する。

* E-mail: iida.y@grad.e.u-tokyo.ac.jp

らをPSH (Production Smoothing Hypothesis)、PSHモデルと呼ぼう。

しかし、PSHを在庫行動における主要な動機として受け入れることは、在庫行動が景気変動の安定化要因であると主張することに他ならない。ところが、現実経済において在庫変動は時としてマクロの経済環境において不安定化要因として働くことがある。標準理論の導く性質と、経験的に語られてきた性質が大きく乖離している。その意味でも、PSHの現実的重要性・妥当性は慎重に検証されねばならない。Blinder(1986)がPSHに対して批判的な実証結果を示して以来、その可否を巡っては様々な研究が行われている。

その実証的批判は、生産が出荷以上に変動すること、出荷と在庫投資が正の相関を持つことに注目して行われてきた。しかし、サプライサイドのショックが支配的な状況では、この現象は必ずしもPSHへの反証にはなっていない。生産・出荷・在庫の分散、共分散を比較するだけでは、PSHに基づく在庫のモデル化が妥当なものか否かは判断できないのである。本稿ではPSHに基づく単純な基本モデルを整理することを通じて、在庫投資はそのショック（需要サイドであれ、供給サイドであれ）が予想されたものか否かにより、その変化が大きく異なることを示す。モデルの構造としては標準的なPSHモデルと恒常所得仮説は非常に多くの共通点があるが、不確実性への対応という面では両者は大きな相異点を持つ。これにより、従来と異なるPSHの検証方法が可能となった。

しかし、経済データの動きをあらかじめ予想された部分と、そうでない部分に分割する方法は様々である。本稿ではまず、出荷に関して時系列分析を行い、系列を予想可能部分と、不可能部分に分解する。しかし、この様な方法が正しく不確実性に応じた系列の分解を行っているか否かには疑問が付きまとう¹。そこで本稿ではひとつの試みとして、季節性の持つ特徴に注目した。季節性に関しては80年代末からMironを中心に行われてきたが(Miron 1996, Beaulieu and Miron 1996)、景気循環一般を研究・観察する場合に比べて、季節循環には前もって様々な条件を前提することができる点で本稿での分析に好都合である。

また、PSHを棄却する実証結果に対して寄せられた批判の多くが、Blinder(1986)、Miron and Zeldes(1988)に始まる一連の研究が用いたデータに関するものであったことにも注意しなければならない。この問題を極力回避するために本稿では集計

¹ メトリシャンにとって観察可能な条件と企業が生産の意志決定を行う際に観察している条件は異なる。時系列的な予想値と、現実の企業の予想が一致している保証はない。さらに生産期間等の問題から、ある期の生産にとりどの時点での予想が重要な意味を持つのかを特定するのはさらに困難である。

レベルの低い日本の品目レベルのデータ（『通産統計』で入手可能な数量データ）を用いた。これについて、本稿で考案されるテストを用いて Smoothing 仮説を検証したところ、非常に短期的な意味では PSH が妥当する一方で、やや長いスパンでの意志決定を考えると、ほとんどの産業で PSH は棄却されるという興味深い結果を得た。在庫と生産、景気循環における在庫行動の役割に関する研究は、従来とは異なったの視点が必要とされるであろう。

本稿は以下のように構成される。第 2 節で PSH を巡る論争を簡単に振り返る。第 3 節では PSH モデルを整理し、新たなテスト方法が示される。第 4 節では第 3 節の方法に従った検証を行う。第 5 節は結論とする。

2. 在庫の生産平準化機能に関する論争

在庫を取り扱った論文の大半で、在庫行動は PSH により特徴づけられている。費用最小化主体たる企業は限界費用と限界生産が等しくなる点でその生産量を決定する。ここで技術・要素価格の変化を一定とすると、その企業の生産物に対する需要が変化する場合、低い需要水準に対して生産水準を下げずに在庫を積み増し、高い需要水準に対しては在庫の取り崩しをもって対応する。この議論は Hall (1978) での恒常所得仮説に基づく消費の平準化と共通の構造を持っている²。PSH から出発すると、生産は需要の変化に比べて平準化され、在庫投資と需要変化は負の相関関係を持つこととなる。

しかし、Blinder (1986) は素朴なデータ観察を通じて、PSH に極めて否定的な結論を導いた。アメリカの 2 桁産業レベルのデータに関して、20 産業中、19 産業で生産の分散が出荷の分散よりも大きく、13 産業で在庫投資と出荷の正の相関関係にあることが観察されている³。また、Smoothing 仮説が恒常所得仮説と共通の性質を持つことに注目して、オイラー方程式を検証するという実証方法もとられている (Miron and Zeldes 1988) が、ここでもやはり PSH に否定的な結論が得られている。

² PSH モデルでの生産と恒常所得仮説での消費、需要と収入、在庫と貯蓄、資本費用と時間選好率、在庫の保蔵費用と貯蓄の収益、がそれぞれ対応していると考えてよい。ただし、貯蓄は利子を生むのに対して在庫には費用がかかる。この点を見落としたことによる誤解が生じていることを 3.3 で簡単に整理している。この性質が本稿で行われる PSH の検証方法を可能とした。

³ Blinder and Maccini (1991) でも製造業・卸売業・小売業に関し、やはり同様の結論を導いている。また、Carpenter and Levy (1998) ではスペクトル分解によって、周期の異なる各変動についても在庫投資と生産が強く相関していることを示している。

そこで、これらの否定的な実証結果を受けて従来のモデルに何らかの修正を加えていこうという考え方も登場する。しかし、多くの反応は Blinder らの行った実証研究は、データ・推計方法の問題により、現実の在庫動向についてその正しい姿を捉えていないとするものであった。Blinder らの実証分析は米国商務省によるマクロデータを用いて行われている。しかし、商務省データは生産・出荷・在庫に関して独立の調査を行っていない⁴。したがって集計・季節調整・デフレーター等にデータが大きく左右され、その正確な動向が把握されていないかもしれない。

Ghari(1987)はセメントの産業のマイクロデータを用いて、生産は出荷に比べてスミージングされており在庫投資と出荷は正の相関にあるとの結果を導いている⁵。Fair(1989)は米国に関して入手可能な産業レベルの月次数量データ（7産業）を労働日・労働時間などで加工することで平準化が行われているとの実証結果を示した。これらの研究は米国のデータについてのみ行われているが、Fukuda and Teruyama(1988)では42ヶ国についてIFS(International Financial Statistics)データを用いて、米国を除く多くの国でPSHをサポートする結果を得ている。

日本のデータを用いた検証に際しては、4節で再論する『通産統計』の数量データが非常によい条件を備えている。しかし、それを用いた研究としては、Beason(1993)、小塩(1995)と意外に少ない。Beason(1993)では29品目に関して分散比較を行い、全ての品目に関してPSHを支持する実証結果を得ている。小塩(1995)では自動車産業に関して、89年度以降生産平準化への志向が強まっていることを示している。また小巻(2000)は月次GDPを作成した上で在庫と生産間の関係を考察し、90年代に入り予期せざる需要ショックへの在庫による反応が弱まっていることを示している。

80年代末から行われてきたBlinderへの反批判は、データの問題に集中している。それらをまとめるとアグリゲーションの低い、数量データを用いれば生産の分散は出荷のそれに比べて小さく、したがってPSHは支持されるというものである。表1は『通産統計』から得られる、代表的な品目に関して従来の方法により分散比を比較したものである。生産の分散が出荷のそれを超える場合に値が1より大きくなる。全期間に関しては23品目中17産業で出荷の分散に比べて、生産の分散は抑えられている。従来の考え方ではこれをもって「PSHは支持される」と結論づけられるところであろう。また、先行研究が示す通り89年以降生産の変動は抑えられる傾向に

⁴ 生産・出荷・在庫に関する恒等式から在庫データを作成している。

あることも確認できる。

しかし、従来の研究では生産と出荷の分散比較等に注目して実証を行っている。ところが、標準的な PSH モデルの導く結論としては、生産－出荷変動の大小は経済に生じたショックが需要サイドのものであるか、供給サイドによるものかによって異なる。素朴な分散比較等によって PSH の妥当性を判断できるのは、経済に生じているショックが需要サイドのもののみで、供給サイドのショックは不在（または極めて軽微である）という特殊ケースでしか用いることはできない。次節では単純なモデルに依拠して、従来の方法の欠点を明らかにした上で、代替的な検証法について考えていきたい。

表1 生産・出荷の分散比 $\{\text{Var}(\text{生産})/\text{Var}(\text{出荷})\}$

	全期間 ~89/3 89/4~				全期間 ~89/3 89/4~		
普通圧延鋼	0.46	0.45	0.49	普通乗用車	0.75	0.76	0.74
亜鉛メッキ鋼板	1.35	1.68	0.63	普通トラック	0.40	0.33	0.66
伸銅製品	0.97	1.01	0.91	腕時計	0.96	1.04	0.89
アルミサッシ	0.99	1.01	0.95	セメント	1.05	1.01	1.14
石油ストーブ	0.16	0.21	0.12	板ガラス	0.81	0.78	0.97
内燃機関	0.58	0.52	0.64	複合肥料	0.38	0.25	0.56
装輪式トラクタ	0.28	0.32	0.23	揮発油	1.20	1.36	0.92
ポンプ	0.39	0.28	0.63	製紙パルプ	0.32	0.29	0.36
エアコン（分離）	0.39	0.35	0.47	綿織物	1.75	2.09	1.28
軸受	4.62	7.22	1.46	机	0.38	0.38	0.39
電子レンジ	0.47	0.55	0.39	日用品・雑貨	0.69	0.74	0.64
電気冷蔵庫	0.29	0.27	0.32	平均	0.85	0.99	0.69

注：全期間＝1975年1月～1998年12月

生産・出荷の各系列の対数値について、誤差項に1階の自己相関を想定した上で、ML法によりトレンドを求め、それを除去した系列に関して、分散を求めた。トレンドが有意でない、アルミサッシ・石油ストーブ・板ガラスに関してはトレンドを含めずに季節ダミーのみを求めている。なお、「平均」は23品目の単純平均であり、理論的な意味は持たない。あくまで目安として掲載した。

3. 理論的考察とその性質

従来の研究は、在庫の生産平準化をその現象面から以下のように定義している。

※ 季節調整済みのデータに関しては必ずしもPSHを支持する結果が得られるとは限らない。

定義 1 $Var(Y) < Var(X)$

定義 2 $Cov(X, \Delta N) < 0$

ここで、 Y は生産、 X は出荷、 ΔN は在庫の変化である。Blinder (1986) をはじめとする多くの先行研究では、このいずれかを直接テストすることで PSH を検証している。定義 1 が直観的にも明らかな定義であるが、実証を行う際には PSH を棄却しやすい定義 2 によるものも多い⁶。「定義 1・2 をもって在庫の生産平準化であると呼ぶ」としてしまえば話はそれまでであるが、PSH の妥当性の検証を行うのは景気変動の需要要因に対して在庫がどの程度の緩衝剤として機能しているのかに興味があるためである。しかし、これらの定義は現実の在庫行動が PSH に基づいて行われていると考えた場合に本当に成立していると言える条件なのだろうか。以下では標準的な PSH モデルを再考することで単純な分散比較によるテストの持つ問題点を指摘したい。

3.1 モデル

モデルの基礎構造は Blinder and Fischer (1981)、West (1995) など在庫に関する多くの研究で用いられているものである。PSH モデルで中心的な役割を担うのが費用関数の形状である。生産平準化動機は、費用関数が凹であること、生産水準の変更に費用がかかることなどから発生する。逆に、平準化を行わず、生産を需要レベルにあわせ集中させる動機は在庫の保蔵費用関数が凹であること、望ましい在庫水準からの乖離によって発生する損失が逓増的であることなどから発生する。ここでは、生産費用関数と在庫保蔵費用関数の逓増性に絞って費用関数を定義しよう。生産費用関数は、

$$C(Y_t) = c_0 + (c_1 + \Gamma_t)Y_t + \frac{1}{2c}Y_t^2 \quad (1)$$

の Linear-Quadra 型とする。ここで Γ_t は供給サイドのショック（コストショック）を表している。 c が平準化にとり最も重要になるパラメータであり、 c が小さいほどより強い平準化動機が発生する。

在庫保蔵費用関数も同様に、

$$B(N_t) = b_0 + b_1N_t + \frac{b}{2}N_t^2 \quad (2)$$

⁶ 生産と出荷の計測単位が異なる場合、指数化されたデータに関しては定義 1 による比較は意味を持た

としよう。\$b\$ が大きいならば平準化動機はより抑えられる。さらに、企業が直面している \$t\$ 期の需要関数が \$t\$ 期価格 \$P_t\$ と、\$t\$ 期の需要ショック \$\varepsilon_t\$ の線形関数とおき、企業の収入を価格の関数として \$R(P)\$ と表すと、企業の解くべき最大化問題は以下のよう定義される。

$$\text{Max}_{P,Y,N} E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r} \right)^{t-1} \{R(P_t) - C(Y_t) - B(N_t)\} \right] \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } X_t &= 2d_0 - 2dP_t + 2d\varepsilon_t \\ Y_t &= X_t + (N_t - N_{t-1}) \end{aligned} \quad (4)$$

0 期（今期）の企業は需要レベル \$\varepsilon_0, \Gamma_0\$ の実現値を知るまえに、生産・価格（と意図する在庫投資）に関する意志決定を行う。

3.2 最適な在庫行動

(3) (4) で定義した最適化問題の 1 階条件は、

$$y_t - \bar{y} = c(\lambda_t - \gamma_t) \quad (5)$$

$$x_t - \bar{x} = -d(e_t - \lambda_t) \quad (6)$$

$$n_{t+1} - n_t = c(\lambda_t - \gamma_t) + d(\lambda_t - e_t) \quad (7)$$

$$\lambda_t = (1+r)\lambda_{t-1} + b(n_t - \bar{n}) \quad (8)$$

となる。ここで、小文字はそれぞれの変数のゼロ時点での期待値である。ただし、\$e_t \equiv E_0 \varepsilon_t\$ である。また、各変数の steady state での値をバーで表し、特に \$q_t\$ を \$t\$ 期在庫の shadow value の 0 時点での期待値として、\$\lambda_t \equiv q_t - \bar{q}\$ としよう。

(7) に (8) を代入することで在庫の shadow value の動きを決める差分方程式が求められる。

$$\lambda_t - [2+r+b(c+d)]\lambda_{t-1} + (1+r)\lambda_{t-2} = -bde_{t-1} - bc\gamma_{t-1} \quad (9)$$

この差分式の固有根を \$z_i\$ としよう。\$z_1\$ (\$0 < z_1 < 1\$) を定常根、\$z_2\$ を非定常な支配根とする。一般解は、

$$\lambda_t = K_1 z_1^t + K_2 z_2^t + \phi_t \quad (10)$$

と書くことができるが、\$\lambda_0\$ は定常経路上にあるので第 2 項は 0 になる。\$\phi_t\$ は (9) 式の特解である。以上より、在庫の shadow value の初期値が求められる。

$$\lambda_0 = \left(\frac{1-z_1}{c+d} \right) \left[\bar{n} - n_0 + de_0 + c\gamma_0 + \frac{\phi_1 - z_1 \phi_0}{b} \right] \quad (11)$$

ない。

ここから(5)-(7)について出荷・生産・在庫に関して順次考えていくことが可能となる。

3.3 ショックへの対応

ショックへの生産・出荷・在庫の反応を決定するのは(11)の右辺第2括弧である。その3・4項は需要の確率過程には依存しないが、第4項は確率過程の性質で決定される。

$$\frac{\phi_1 - z_1 \phi_0}{b} = d\theta \sum_{t=0}^{\infty} \theta^{t-1} (de_t + c\gamma_t) \quad (12)$$

ただし、 $\theta = 1/z_1$ である。ここでショックの確率過程について特定しておこう。ショックがホワイトノイズの場合、 $e_t = 0, \gamma_t = 0$ であるから第5項は消えてしまう。ここで、需要・供給両ショックがAR1に従う場合には、需要ショックの自己相関係数を ρ_d 、供給ショックのそれを ρ_s とすると、(11)は

$$\lambda_0 = \left(\frac{1 - z_1}{c + d} \right) \left[\bar{n} - n_0 + \frac{d}{1 - \theta\rho_d} e_0 + \frac{c}{1 - \theta\rho_s} \gamma_0 \right] \quad (13)$$

と書き換えられる⁷。0期の在庫のshadow valueが求められたことから、ショック期待値の変化に対する企業の反応は以下のように表現される。

$$\frac{\partial \lambda_0}{\partial e_0} = \left(\frac{d}{c + d} \right) \left(\frac{z_1 - (1+r)}{z_1 - \rho_d} \right) \quad (14)$$

$$\frac{\partial \lambda_0}{\partial \gamma_0} = \left(\frac{c}{c + d} \right) \left(\frac{z_1 - (1+r)}{z_1 - \rho_s} \right) \quad (15)$$

これは特性方程式より、 $z_1 z_2 = 1 + r$ であることから容易に導かれる。これを用いると生産・出荷・在庫投資は需要ショックの期待値に関して、

$$\frac{\partial y_0}{\partial e_0} = c \frac{\partial \lambda_0}{\partial e_0} > 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial x_0}{\partial e_0} = d \left(1 - \frac{\partial \lambda_0}{\partial e_0} \right) > 0 \quad (17)$$

$$\frac{\partial (n_1 - n_0)}{\partial e_0} = (c + d) \frac{\partial \lambda_0}{\partial e_0} - d < 0 \quad (18)$$

となる。期待需要水準の上昇が、生産を増加させ、期待出荷量を上昇させ、意図し

⁷ white noise のケースは以下の分析では簡単化される。また ARMA(1, 1)過程にしたがう場合はやや

ての在庫投資を減少させる。同様に供給サイドからのショックの期待値に対して生産・出荷・在庫投資の反応は、

$$\frac{\partial y_0}{\partial \gamma_0} = c \frac{\partial \lambda_0}{\partial \gamma_0} - c < 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial x_0}{\partial \gamma_0} = -d \frac{\partial \lambda_0}{\partial \gamma_0} < 0 \quad (20)$$

$$\frac{\partial (n_1 - n_0)}{\partial \gamma_0} = (c + d) \frac{\partial \lambda_0}{\partial \gamma_0} - c < 0 \quad (21)$$

となる。供給ショックの期待値が上昇したときには生産・出荷（の期待値）・意図しての在庫投資ともに減少する。これらは、直観的に明らかな性質であるし、本節と多少の設定を異にする様々なモデルでも共通して得られる結論である⁸。以上の結論から、ショックに対する生産・出荷・在庫投資について、その相対的大きさを考えることができる。

あらかじめ予想された需要ショックの実現時には、 $\varepsilon_0 = E_0 \varepsilon_0$ であるから、出荷の変動は生産の反応よりも小さいことがわかる。 $\partial \lambda_0 / \partial \varepsilon_0 < d / (c + d)$ であることから、(15) (16)に関して、

$$\frac{\partial y_0}{\partial \varepsilon_0} - \frac{\partial x_0}{\partial \varepsilon_0} = (c + d) \frac{\partial \lambda_0}{\partial \varepsilon_0} - d < 0 \quad (22)$$

である。(22)の持つ意味は、非常に明確である。予想される正の需要ショックは出荷（売上数量）を増加させるが、その出荷増は生産の上昇と在庫の取り崩しという2つの方法でまかなわれる。したがって、出荷の分散に比べ生産の分散は小さい。つまり、生産は需要に反応して変化するが、ある程度の平準化は行われる。

季節性のような予想される変動に対して生産と出荷が高い相関を示すことをもってPSHへの反証としている研究もあるがこれは単純な誤解である。予想される需要変化に関しては、むしろ生産はある程度bunchingされ、両者は正の相関を持つ。たしかに、恒常所得仮説での所得変動は消費に（ほとんど）影響を与えないが、これは選好が時間を通じて一定であるとの仮定と、貯蓄は利子を生むことから導かれる。一方、PSHモデルでの予想された需要ショックはその期に得られる利潤とリン

複雑になるが、結果に定性的な違いは生じない。

⁸ ただし、これらがあくまで期待値に関する性質であることに注意しなければならない。期待値は観察できない。この性質がPSHをモデルに基づいた形で検証することを困難にしてきた。

クしている⁹。そして、在庫保蔵には費用がかかる。この性質によってPSHから導かれる生産の動きは恒常所得仮説での消費の動きとは定性的に異なる。どんなに以前から知られていた需要ショックであってもその期の生産に影響を与えるのである。後に示す通り、モデルの上ではむしろ予想されない需要変動に関してこそPSHが完全な形で発揮される。

次に、予想された供給サイドからのショックに対して、生産・出荷の相対的变化を考えよう。予想されたショックに関する関係であるため、ここでも、 $\Gamma_0 = E_0 \Gamma_0$ である。さらに、 $\partial \lambda_0 / \partial \Gamma_0 < c/c+d$ であることを用いると、

$$\left| \frac{\partial y_0}{\partial \Gamma_0} \right| - \left| \frac{\partial x_0}{\partial \Gamma_0} \right| = -(c+d) \frac{\partial \lambda_0}{\partial \Gamma_0} + c > 0 \quad (23)$$

予期された供給ショックに関しては、生産が出荷以上に反応する。つまりは、 $Var(Y) > Var(X)$ である。予想された需要ショック・供給ショックに対する生産と出荷の反応の相対的關係が正反対の結論を導く。分散比較により導かれた「否定的」実証結果は供給サイドのショックが経済にとり大きい場合にはPSHと両立しうる。平準化機能に基づく在庫のモデリングは全く正しいが、供給サイドのショックの方が量的に大きいのが故に生産が出荷に比べてvolatileになっているという解釈が可能なのである。従来の分散比較に基づくPSHの検証には理論的な難点がある。

次に、事前の期待値は0で、生産・価格に関する意思決定の後に知られるショックに対して生産・出荷はどのように反応するだろうか。モデルの設定より自明であるが、需要ショックに対して生産は反応することができず、出荷の増大は在庫の取り崩しのみによってまかなわれる。完全な意味で生産は平準化されるのである。一方、供給ショックに対して反応するのは企業利潤のみであり、生産・出荷は全く反応しない。

この結論は予想できなかった需要・供給ショックに対して企業が反応することができない、または、禁止的なコストを伴うという設定に依存している。これは、企業の生産計画の変更がその実現の直前に行われるほど、より多くの調整費用を必要とするという点をモデル化したものである。充分前から予想されていたショックへの対応に比べ、直前になって知られるショックに対してはより受動的な対応、つまりは意図せざる在庫の出し入れによる反応を行うのである。

以上から、予測できないショックに対する生産・出荷の反応を観察すれば、需給

⁹ 消費の意志決定におけるターゲットセービングを想起せよ。

両面のショックが混在する状況でも PSH が妥当か否かをに検証できる。

3.4 テスト方法

原系列を不確実性の度合いに応じて分割し、その各々について比較対照することで PSH を検証する。ショックが事前に予想されるものである場合の、生産・出荷については添字 d 、事前に予想できない系列は添字 u で表す。PSH が妥当ならば、

$$\frac{VarY_d}{VarX_d} \geq \frac{VarY_u}{VarX_u} \quad (24)$$

が成立している。不確実性なしのショックに対して生産と出荷は同方向に変化する。一方、事前に予測できないショックに対して反応するのは出荷のみである。したがって(24)式右辺の理論値は 0 である。その意味で Miron and Zeldes(1988)、Beason(1993)のテストは、(24)式右辺が 0 であることを直接的にテストするものとなっている。したがって、Miron らの手法で、PSH を妥当と判断できるならば、本手テストにおいても PSH は妥当であると判断される¹⁰。

4. データと推計

本節では、『通産統計』から得られる通商産業省生産動態統計¹¹(指定統計 11 号)を中心とした品目レベルのデータについて、1975 年 1 月から 1998 年 12 月まで(観察数 276)で、分類法・調査区分が変化していないもの・鉱工業生産指数作成の際に大きなウェイトを占めること等を基準に選択した 23 品目について調べていく。

PSH の検証はデータの性質に大きく左右される。2 節に示した通り、Blinder(1986)に始まる一連の懐疑的実証結果は、データ面の不備に対して多くの批判が投げかけられている。生産動態統計を中心とする品目レベルの生産・出荷・在庫に関するデータはこの 3 系列に関し独立した調査を行っており、在庫も製品在庫に限られている。また、実数データのためデフレーターによるバイアスに考慮する必要がなく、アグリゲーションのレベルも低い。その意味で、まさに本研究にとり理想的な性質を持つデータを供給してくれる。これらの各系列をその不確実性の度

¹⁰ しかし、ショックが生じていることを期間中に全く気づかず、何の対応もとらず、期間終了後にショックの全容がわかるというのはあまりにも不自然であるし、不確実性に応じた分割を完全な形で行うことも不可能である。その意味で、本テストは Miron らによるテストよりもより制約の緩いテストであると言える。

¹¹ 現経済産業省、経済産業省生産動態統計。

合いによって分解し、3節で考案したテストによってPSHの可否を検証していこう。

4.1 時系列的手法による系列の分解

3節のテストを行うにあたって最も重要な問題となるのが、生産・出荷の各系列をいかにして「予想されていた部分（以下D系列）」と「予想されていなかった部分（以下U系列）」に分解するのかわかるという問題である。ここでは第1の試みとして、時系列的な手法に基づいて行う予想値をD系列、その際の残差をU系列と考えてテストを行う。また、多くの経済変数は原型列のままでは定常ではない。それに対して、3節でテスト方法を導く際に考えたモデルでは生産量の動きが定常的であることが暗黙のうちに仮定されている¹²。そこで、ここでは生産・出荷の季節階差をとることで、データを定常的なものに変換しよう¹³。

Box-Jenkins流の同定を行うと、対数化した上で季節階差をとった生産・出荷の各系列はその全てが、有意な1次の偏自己相関を持つ。それに対して、2次以上の有意な偏自己相関を持つものは、生産・出荷ともに半数以下である。そこで、季節階差系列がARMA(1, 1)であることを仮定してその時系列的な構造を推計した。そして、前月までの実績値から次月の予想値が導かれているとする。この手法によって生産・出荷各々のD系列・U系列を求め、それぞれの分散を求める。表1がその結果である。

23品目中、18品目でPSHは支持される。さらにPSHを支持しない5品目のうち軸受は、D・U系列への分解自体に失敗しているものと思われる。ここから、前月までの実績から予想されなかったショックに対して企業は主に在庫の増減によって対応しており、生産による対応はそれほど行われていないということがわかる。1ヶ月という短い期間では生産の変更を行うのに大きなコストがかかる。モデルの仮定が完全な形で生かされていると言えるだろう。

しかし、この結果を持って、PSHが在庫説明のための仮説として妥当であると結論することはできない。在庫行動の理解が重要であるのは、その景気循環における役割を解明するためである。その意味で、表2にまとめられた結果は、あまりにも短期の限定された環境に関するものである。むしろ、表2の結果から得られるのは、

¹² (1)式で、生産が非定常であると限界費用がいつか無限になってしまう場合がある。

¹³ 需要が単位根過程に従う場合、ひとたび増加した需要は次期以降にも維持されるため、その部分に対応する生産には十分な調整が行われると考えられる。この部分に対しては(1)式のタイプの費用関数による理論化は適切ではないだろう。したがって、ここでの階差変換は理論的にもPSHのテストのために必要である。

前提さえ満たされていれば3節のテストをパスする（つまり、PSHは妥当であると判断される）という点である¹⁴。

表2 時系列による推計値とその残差を用いた分析

	D系列	U系列	PSHを		D系列	U系列	PSHを
普通圧延鋼	1.14	0.58	Accept	普通乗用車	0.94	0.71	Accept
亜鉛メッキ鋼板	1.17	3.11	Reject	普通トラック	1.40	0.18	Accept
伸銅製品	0.95	0.83	Accept	腕時計	1.06	0.99	Accept
アルミサッシ	1.34	0.85	Accept	セメント	1.00	0.94	Accept
石油ストーブ	1.33	0.19	Accept	板ガラス	1.28	1.45	Reject
はん用内燃機関	0.91	0.76	Accept	複合肥料	1.15	0.81	Accept
装輪式トラクタ	2.36	0.40	Accept	揮発油	2.34	2.66	Reject
ポンプ	3.97	0.18	Accept	製紙パルプ	0.24	0.13	Accept
エアコン（分離）	3.67	0.72	Accept	綿織物	1.41	4.01	Reject
軸受	0.52	19.71	Reject	机	1.13	0.56	Accept
電子レンジ	1.21	0.77	Accept	日用品・雑貨	1.05	0.86	Accept
電気冷蔵庫	1.97	0.84	Accept	平均	1.46	1.02	Accept

注：全期間（1975年1月～1998年12月）の生産出荷の季節階差データに関して、ARMA(1,1)による推計値と、その際の予測誤差の分散比（ VarY/VarX ）を導いた。表1同様平均に理論的な意味はない。なお、軸受は平均の算出時には除いてある。

表3 季節ダミーを用いた分析

	D系列	U系列	PSHを		D系列	U系列	PSHを
普通圧延鋼	0.45	0.48	Reject	普通乗用車	1.19	0.56	Accept
亜鉛メッキ鋼板	0.51	1.59	Reject	普通トラック	0.95	0.28	Accept
伸銅製品	1.03	0.56	Accept	腕時計	0.77	0.96	Reject
アルミサッシ	0.62	0.77	Reject	セメント	1.03	1.08	Reject
石油ストーブ	0.13	0.18	Reject	板ガラス	0.20	0.69	Reject
はん用内燃機関	0.47	0.57	Reject	複合肥料	0.42	0.43	Reject
装輪式トラクタ	0.30	0.26	Accept	揮発油	0.77	2.23	Reject
ポンプ	0.48	0.63	Reject	製紙パルプ	0.46	0.20	Accept
エアコン（分離）	0.24	0.44	Reject	綿織物	1.31	3.26	Reject
軸受	0.98	6.02	Reject	机	0.40	0.59	Reject
電子レンジ	0.40	0.55	Reject	日用品・雑貨	0.67	0.80	Reject
電気冷蔵庫	0.20	0.36	Reject	平均	0.61	1.02	Reject

注：全期間（1975年1月～1998年12月）に対して、誤差項に1階の自己相関を仮定した上で、タイムトレンド・季節ダミーを求めた（トレンドが有意でないものについては改めてトレンドを除いて季節ダミーの値を求めた）。D系列は季節ダミーの生産・出荷の分散比、U系列はトレンド・ダミーで説明されない部分の出荷・生産分散比である。平均に関しては表1同様、理論的な意味はない。

¹⁴ 表2の結果により、需要へ生産を変更して対応することに要される費用が大きいのPSHのための前提が満たされているならば、たしかに3節のテストをパスすることが確認できた、という意味でテストの信頼性を確認したとも考えられるだろう。

表4 季節ダミーを用いた分析（89年4月以降）

	D系列	U系列	PSHを		D系列	U系列	PSHを
普通圧延鋼	0.43	0.54	Reject	普通乗用車	0.75	0.63	Accept
亜鉛メッキ鋼板	0.38	0.65	Reject	普通トラック	0.57	0.48	Accept
伸銅製品	0.98	0.84	Accept	腕時計	0.72	0.89	Reject
アルミサッシ	0.78	0.87	Reject	セメント	1.12	1.24	Reject
石油ストーブ	0.10	0.21	Reject	板ガラス	0.29	2.09	Reject
はん用内燃機関	0.53	0.81	Reject	複合肥料	0.37	1.83	Reject
装輪式トラクタ	0.22	0.34	Reject	揮発油	0.67	1.67	Reject
ポンプ	0.56	1.01	Reject	製紙パルプ	0.67	0.18	Accept
エアコン（分離）	0.40	0.50	Reject	綿織物	1.30	0.89	Accept
軸受	0.95	1.26	Reject	机	0.43	1.08	Reject
電子レンジ	0.31	0.74	Reject	日用品・雑貨	0.54	0.88	Reject
電気冷蔵庫	0.19	0.70	Reject	平均	0.58	0.88	Reject

注：1989年4月～1998年12月に対して、表3と同様の分析を行った。

4.2 季節性を用いた系列の分解

景気循環のなかで、PSHが妥当であるか否かを判断するためには、もう少し長いスパンで、3節でのモデリングが妥当か否かをテストする必要があるだろう。そこで利用するのが、季節性の持つ、安定的な変動である。上で用いたデータにおいても、全ての品目の生産・出荷に関して有意な季節ダミーの存在を確認できる。需要が安定的な季節変動を持つならば、それに対する生産の反応もまた、安定的な季節性で表現可能であると考えられる。そこで、データからトレンドを除き、季節ダミーを求め、それを安定的で予想可能な季節性（D系列）と考える。一方、季節性によって説明されない残差部分をU系列と考え、前節同様、各々の生産・出荷の分散比（ $VarY/VarX$ ）を算出した¹⁵。

この方針によって分割を行う場合、U系列には前節に比べて前もって予想されている変化を多く含むであろうが、安定的な季節性（D系列）に比べればその予想可能性は充分低いと考えられる。したがって、景気循環の各局面で需要の変化に対して生産の反応を持って答えることに大きな追加的費用を要するならば、ここにおいても、(24)式の関係が満たされているはずである。

結果は表3にまとめられるが、表2で得た結果とは好対照である。23品目中、(24)

¹⁵ 非定常な季節性（季節単位根問題）の存在について考慮した形で、D系列・U系列の分解を行っても表3同様にPSHに対して否定的な結論が得られる（飯田2000）。

式の関係を満たすものはわずか5品目に過ぎず、18品目に関してはそれを満たさない。また、期間の後半である89年4月以降に関しても表4まとめたように、この傾向は変わらない。PSHの成立を支持するものはやはり23品目中5品目であり、5品目の内訳もほとんど変わらない¹⁶。

安定的な季節性であるD系列に比べ、短期的な生産調整を要されるはずのU系列において、大幅な生産水準の改変を行っていることがわかる。したがって、景気循環の諸局面で頻繁な生産水準の改変を行うことにはそれほどの大きな費用は要されないことがわかる。

5. 結論

景気循環の研究にとり在庫変動の解明は非常に重要な要素である。その在庫変動に関する標準的モデルであるPSHの検証について、慎重に過ぎるということはない。本稿では従来の現象面のみから考える実証方法には理論的な難点があることを示した上で、モデルから導かれる性質を用いてその検証を行った。

その結果、明らかにPSHの前提が満たされると考えられるtrivialなケース(4.1節)では、ショックに対し在庫による反応を中心に行動していることが言える一方で、景気循環の諸局面における変動に対して、在庫による平準化は限定的にしか行われておらず、需要・供給環境に対して生産が大きく反応する構造にあるとの結論を得た。その解釈として、ごく短期の場合を除くと費用関数の逓増性はそれほど大きなものではないと考えられよう。ここから、景気循環の諸局面における在庫行動の定式化としてPSHを重視しすぎることは、実証的な観点から、妥当性が薄いのではないかと考えられる。

以上から、今後の課題としては、期間ごとに生産関数の逓増性の程度を数量的にもとめることで、期間に応じた費用関数の形状に注目したい。また、本稿での結論は、製品在庫のみに関するものであるが、在庫と生産変動を考えるにあたり、原材料在庫・流通在庫・仕掛在庫の存在が重要であるのは言うを待たない。今後、製品在庫に止まらず、景気循環における在庫一般の役割を検証できる形に拡張して行きたいと考えている。

¹⁶ ただし、D系列・U系列の分散比の差は、表3に比べやや小さくなっている。先行研究が示す生産平準化の重視傾向が弱い形では観察されていると言えるが、PSHの妥当性が疑われるとの結論に変化はない。

参考文献

- 飯田泰之 (2000) 「在庫投資とProduction Smoothing—季節性を用いた検証」、2000年度日本経済学会秋期大会報告論文
- 小塩隆士 (1995) 「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、76-90
- 小巻泰之 (2000) 「景気調整機能の変化とその検証—在庫の保有動機」、2000年度日本経済学会秋期大会報告論文
- 通商産業省 各月『通産統計』、通商産業調査会(現経済産業調査会)
- 吉川洋 (1992) 『日本経済とマクロ経済学』、東洋経済新報社
- Beason, Richard. (1993) "Tests of Production Smoothing in Selected Japanese Industries," *Journal of Monetary Economics*, 31, 381-394.
- Blinder, Alan S. (1986) "Can the Production Smoothing Model of Inventory Behavior Be Saved?" *Quarterly Journals of Economics*, 101, 431-453.
- Blinder, Alan S. and Stanley Fischer. (1981) "Inventories, Rational Expectations, and the Business Cycle," *Journal of Monetary Economics*, 8, 277-304.
- Blinder, Alan S. and Louis J. Maccini. (1991) "Taking Stock: A Critical Assessment of Recent Research on Inventories," *Journal of Economic Perspectives*, 5, 73-96.
- Carpenter, Robert E. and Daniel Levy. (1998) "Seasonal Cycles, Business Cycles, and the Comovement of Inventory Investment and Output," *Journal of Money, Credit, and Banking*, 30, 331-346.
- Fair, Ray C. (1989) "The Production-Smoothing Model is Alive and Well," *Journal of Monetary Economics*, 24, 353-370.
- Fukuda, Shin-ichi and Hiroshi Teruyama (1988) "Some International Evidence on Inventory Fluctuations," *Economic Letters*, 28, 225-230.
- Ghali, Moheb A. (1987) "Seasonality, aggregation and the Testing of the Production Smoothing Hypothesis," *American Economic Review*, 77, 464-470.
- Hall, Robert E. (1978) "Stochastic Implications of the Life Cycle-Permanent Income Hypothesis: Theory and Evidence," *Journal of Political Economy*, 86, 971-987.
- Miron, Jeffrey A. (1996) *The Economics of Seasonal Cycles*. MIT Press.
- Miron, Jeffrey A. and J. Joseph Beaulieu (1996) "What Have Macroeconomists Learned about Business Cycles from the Study of Seasonal Cycles," *The Review of Eco-*

nomics and Statistics, 54-66.

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

West, Kenneth D. (1995) "Inventory Models: The Estimation of Euler Equations," in M. Pesaran and M. Wickens ed. *Handbook of Applied Econometrics*, Blackwell.