

Title	紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル：産業モデル序説
Sub Title	The theory and estimation of inventory stock models
Author	鳥居, 泰彦
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	1973
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.66, No.2/3 (1973. 3) ,p.139(53)- 168(82)
JaLC DOI	10.14991/001.19730301-0053
Abstract	
Notes	論説
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19730301-0053

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル

—産業モデル序説—

鳥 居 泰 彦

1. 産業モデル分析について
2. 紙パルプ産業モデルの概略
 - 2.1 紙パルプ産業の位置
 - 2.2 紙パルプ産業の特質と問題点
 - 2.3 紙パルプ・モデル作成上の問題点
 - 2.4 ブロック・モデルの構成
3. 在庫分析の系譜
 - 3.1 マクロの在庫分析
 - 3.2 マクロ在庫分析の欠陥
 - 3.3 企業の在庫保有動機とミクロの在庫決定理論
 - 3.4 マクロ在庫分析からミクロ在庫分析へ
4. 紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル
 - 4.1 データーと記号
 - 4.2 Metzler-Darling 型在庫投資モデルの追試
 - 4.3 基本モデル
 - 4.4 売上予想関数の測定
 - 4.5 Metzler タイプ・モデルの測定
 - 4.6 Whitin タイプ・モデルの測定
 - 4.7 Modigliani タイプ・モデルの測定
5. 文献リスト

* この研究は、はじめ、辻村江太郎教授が主宰する KEO (Keio Economic Observatory) と需要予測研究会 (通商産業省) の共同研究として 1967 年に発足した。その後、私がカリフォルニア大学国際研究所に居た間の 1 年半、研究が中断したが、多くの人々の寛大な援助に支えられて、細々と作業を続けていくことができた。記して感謝の意を表したい。需要予測研究会が解散した後もこの研究を続けることができたのは、KEO の寛大な配慮によるものである。産業の生産・出荷・在庫等のデーターを正確に積み上げていかなければ研究の基礎が成立しないというのが、この種の産業モデル分析の宿命である。随分長い時間を費やしてしまったが、このデーター整備の期間を与えてくれた KEO に感謝する。

この間、紙パルプ産業のデーターの収集については、日本製紙連合会の大川健治企画部長に協力と指導をいただいた。この分析にとって不可欠の前提であった、紙パルプ産業分析用データー・パッケージの設計と作製は、大川氏の助言と指導がなければ一寸も進まなかったに違いない。改めて、大川氏の寛大な協力に感謝する次第である。

私の紙パルプ・モデル分析については、多くの人々から貴重なコメントをいただいた。とりわけ、名古屋大学の木下宗七氏、京都大学の森田親司氏、慶應大学の浜田文雅氏は懇切なコメントをして下さった。

日本経済研究奨励財団は、私の紙パルプ産業分析に対して、昭和 47 年度の研究助成を与えてくれている。この分析の費用も、上記助成金でまかなわれている。

この稿で報告する在庫分析の作業には、私の研究室のメンバーの献身的な協力を得ることができた。とりわけ、川野忠明、小田一穂、高田修、梅村三千夫の諸君に負うところは大きい。もとよりこの稿の誤りや不備は全て筆者が責めを負うべききものである。

紙パルプ産業のエコノメトリック・モデル全体は随分大きな作業であって、まだしばらくの努力を要する。この稿は、その最初の報告である。大方の御教示をいただければ幸甚である。

1. 産業モデル分析について

経済成長理論にしても、景気変動理論にしても、マクロ理論の方法というのは粗いフィクションである。いつまでも、「一国全体の集計量」というマクロ概念だけにコミットしつづけるならば、経済分析は結局は実用という当り前の存在意義を離れてしまって、頭の中の思索のゲームを続けることになってしまうのではないか。私はそのような疑問を感じている。経済成長の問題については多部門経済発展理論の角度から、また景気変動の問題については産業モデルの新しい角度から、改めて分析の焦点を定めることによって、マクロの経済変動の背後にある構造にまで分析の手を伸ばすべき時点にきていると思う。

ところで、産業モデルという新しい経済分析の分野はマクロ経済量の上に構築したポスト・ケインジアン・モデルや新古典派の成長モデルを彫琢することに専念していた欧米の経済学の中では少数の人々が研究していたにすぎなかった。しかし、いわゆるブルッキングス・モデルの作成過程等を通じて、景気変動を精密に追跡するためには個別の産業分析のノウハウを蓄積する必要があるということに少しずつ気付くようになった。

日本では、1960年代に幾つかのマクロ・モデルが実用の段階に入ったが、ちょうどその頃から、産業モデルの分析が少しずつ開拓された。この間の事情については、木下宗七〔18〕が詳しいサーベイを行なっている。〔表-1.1〕は木下論文から転載したものであるが、産業モデルの実証分析に既にこれだけの蓄積を持っているのは日本の学界の功績である。

この稿は、産業モデルについて解説することが目的ではないから、簡単にふれるだけに止めるが、産業モデル分析の目的と意義は次のように言っておくのがよいであろう。

第一に、一国経済の成長と変動の過程で、個別の産業は固有の変化を現出する。マクロ集計量の上にあられる変化はこれらの産業集計量の集計結果であって、マクロ経済理論が行なう解釈には限界がある。たとえば特定の産業の特

〔表-1.1〕 主要な産業モデル

	産業集計モデル	企業間競争モデル
1 織 維	浜田=杏掛〔1968〕 Wallace 他〔1968〕	
2 紙パルプ	鳥居〔1971〕	
3 石油精製	今井〔1969〕 Adams=Griffen〔1969〕	宮川〔1966〕
4 板ガラス	池田=清水〔1969〕	岩田〔1969〕
5 鉄 鋼	木下=川口〔1969〕 渡部=木下〔1970〕 Koizumi=Higgins〔1969〕	宮川=今井〔1965〕
6 アルミ精錬		今井〔1971〕
7 ベアリング	産業予測研究会〔1967〕	馬場=森〔1971〕
8 自動車	原田〔1969〕 上野=武藤〔1970〕 Ueno=Tsurumi〔1969〕	宮川=石黒〔1967〕 Tsurumi〔1969〕
9 一般機械	福地〔1966〕	
10 電気機械	福地〔1965〕	

別の事情で発生した変化が、マクロ集計量に影響を与えた場合を考えてみればよい。このような場合でもマクロ理論はもっともらしいマクロ的解釈を与えるであろう。しかし、それは不毛なフィクションを構築する結果に陥る危険が大きい。

第二に、経済政策というのは、今日では、マクロ的な政策だけに終始しているわけにはいかないで、個別の産業ごとに解決すべき問題が山積していると考えざるを得ない。個別産業について政策効果を判定することが、現代的な意味の経済政策のニーズである。

第三に、現代の経済では産業構造の変化が激しい上に、産業相互の依存関係は緊密で広範囲にわたっている。一つの産業に発生した変化は、多くの産業に広範囲で大きな影響を波及させる。私たちがマクロ理論の現実的対応物として考えているマクロ経済量の上にあられる変化は、実はこれらの相互依存的な変化の結果である。これまでの経済成長は、産業の相互依存関係の上に成立してきたと考えるのが正しい認識のしかたである。

今日のように産業活動の環境破壊問題や、海外資源への依存度の拡大、特定産業に対する国際市場の制約等の問題が顕在化してきた状況の下では、上記の3点は特に重要である。産業活動が受けたこれらの制約が、一国全体の成長と変動にどのようなインパクトを与えるかについての分析は、マクロ経済理論の機能の限界を超えているからである。

マクロ理論との対比においてみる限り、産業モデル分析の意味は上の3点に要約できる。しかし、分析理論の角度からみると、さらに二、三の点をつけ加えておく必要がある。経済学の分析用具は、マクロ理論に典型的にみられるように、ミクロの主体である企業や個人について想定した極大化原理が一国経済の集計量の世界でもアナログ的に成立しているという仮定を用いる。個別企業の行動原理であったはずの利潤極大化原理が、マクロのGNPの生産とその投入要素の決定の場面をもよく説明するとして採用されているのがよい例である。産業モデル分析の第四の意味は、こうしたミクロ、またはマクロの次元で用意されてきた経済行動の説明の原理が、産業という中間的な集計の次元で、どれくらいの説明能力を発揮するかを確かめていくことである。第五に、近年の集計理論(Aggregation theory)の進歩の成果を実用に供することがどれ程可能であるか、この点も、産業モデル分析の重要な意義の一つである。

2. 紙パルプ産業モデルの概略

本稿の報告の主題である紙パルプ産業の在庫変動分析は、現在作製中の紙パルプ産業のトータル・モデルの一つの部分品の役割を果たしている。そこで在庫分析からは若干離れるが、紙パルプ産業モデルの全体の構成について概略を示しておきたい。

2.1 紙パルプ産業の位置

はじめに、紙パルプ産業が日本経済に占める位置について略記しておこう。紙パルプ産業は、原料である原木の投入から最終製品である紙の生産と流通に至るまでの間に多くの経済的決定主体があつて何段階もの経済的調整の機構が存在する。それだけに、この産業が直面している経済問題は多岐にわたっており複雑である。

紙パルプ産業の日本経済全体に占める位置は、昭和45年工業統計表の生産額（パルプ・紙・紙工品）で見ると2,206,119.1（百万円）で、製造業全体の生産額65,212,539.3（百万円）の約3.4%を占めている。製造業全体の3.4%というウェイトは、鉄鋼業や輸送機械製造業等の主導的な産業と比較すると大きなものではない。

しかし、これだけで紙パルプ産業が日本経済に占める位置は、小さいと評価するわけにはいかない。第一に、紙パルプ産業は、国民所得レベルでみた成長と景気変動の主役の一つである。〔表—2.1〕から読みとれるように、紙パルプ産業は昭和40年までの高度成長期にマクロの成長率よりも高い成長率を示してきた。戦後の経済成長の主役の一つであったことは明らかである。昭和40年以後成長が多少鈍化したが、最近再び増加の傾向を示している。また、同じ〔表—2.1〕から読みとれるように、名目GNP成長率よりもはるかに激しい振幅運動をみせて、景気変動の主役をも演じている。一国の景気変動について、集計量たる国民総生産の需給変動についてマクロ理論による解釈

〔表—2.1〕 紙生産量と国民総生産の成長

年	紙生産量(1000トン)	紙生産増加率(%)	名目GNP成長率(%)
26	1 167		
27	1 343	15.01	16.3
28	1 761	31.20	18.1
29	1 922	9.11	4.0
30	2 204	14.64	13.3
31	2 568	16.54	12.3
32	2 962	15.31	13.0
33	2 990	0.94	4.8
34	3 828	28.02	15.5
35	4 513	17.90	19.1
36	5 393	19.49	22.5
37	5 672	5.18	9.1
38	6 380	12.47	18.2
39	7 367	15.47	15.8
40	7 299	- 0.93	10.8
41	8 195	12.27	16.9
42	9 044	10.36	18.0
43	9 957	10.09	17.9
44	11 309	13.57	17.9
45	12 973	14.71	16.4

を与えることは可能であるが、紙パルプ産業や鉄鋼産業のように、マクロの景気変動の主役を演じている産業について、それぞれの産業に固有の変動理由を解き明かすことができればそれにこしたことはない。

第二に、紙パルプ産業は、波及効果の観点からみるとかなり大きな影響力を持った産業である。昭和40年産業連関表(56部門)によって算出した影響力係数でみると、〔表-2.2〕に示したように、紙パルプ産業の影響力係数は平均の1.44倍で、56産業中第5位である。銑鉄、粗鋼、化繊、織物、輸送用機械、建設等のように通常波及効果が大きいと

考えられている産業よりも波及効果は大きいのである。

第三に、紙パルプ産業は、鉄鋼産業と並んで代表的な資源消費型の産業である。その原材料資源である原木の需給動向は、単に紙パルプ産業のみならず、建設業と並んで日本の資源問題の大きな部分を占めている。

第四に、最近になって顕在化してきた産業活動の環境破壊問題の角度からみても、紙パルプ産業の資源問題と、水質汚濁公害問題は、日本の環境保全問題の重要な一部を構成している。

〔表-2.2〕 産業の影響力係数

順位	産 業	係 数
1	鉄 鋼 一 次 製 品	1.7169
2	皮 革・皮 革 製 品	1.5204
3	屠 殺・肉・酪 農 品	1.5161
4	身 回 品	1.5156
5	パ ル プ ・ 紙	1.4407
6	銑 鉄 ・ 粗 鋼	1.4207
7	化 学 繊 維・紡 績	1.4185
8	織 物 其 他 繊 維	1.3980
9	輸 送 用 機 械	1.3728
10	建 設	1.3141

(40年産業連関表、56部門表より算出)

2.2 紙パルプ産業の特質と問題点

他の産業の場合と同様に紙パルプ産業にはこの産業に固有の特性と問題点がある。それらを略記すれば、以下の5点に要約できる。

(1) 需給問題

紙パルプ産業は、昭和20年代後半から慢性的な供給能力過剰状態にあった。そのため、紙の価格は、昭和29年以来下降の一途をたどってきた。特に、上質紙、両更クラフト紙の価格下落は著しかった。昭和40年頃から、少なくとも見掛け上は、価格下落はくい止まったように見えるが、これは需給バランスの改善によるよりもむしろ、運賃・労賃・原材料等のコストの上昇によって押し上げられたためだと考えられる。ごく最近になって、各種の生産調整の効果があらわれて、価格の反騰に結びついたものが散見されるようになった。

一部には、紙の供給は潜在的な需要にくらべて大幅な不足であるという説もある(昭和38年の産業構造審議会が昭和42年の需要を941万トン、供給を801万トン、差引き140万トンの供給不足と見込んだのはその一例である)。しかし、現実の、紙パルプ産業は生産調整を繰り返して息をついてきたのが実態である。

ケインズ理論の洗礼を受けた私たちの近代経済学の分析理論の立場からいえば、供給超過の状態は有効需要の理論で説明することができるし、有効需要の理論によって需給バランス解消の途を探

することもできる。セイの法則に頼って説明せざるを得ない需要超過の経済よりは扱い易そうに見える。けれども、それは、マクロの次元ではいえても産業の次元ではもはや役に立たない論理である。そこに、この問題の難しさがある。

たとえば鉄鋼や建設土木のように財政支出と直結している産業では、ある程度、有効需要理論のメカニズムを援用して説明を加えることが可能であろう。けれども、紙パルプ産業の需要にはそのような性質はない。むしろ、歴史的にみて、紙の需要の拡大の仕方はきわめてステディであって財政支出とは連動していない。

一方、紙パルプ産業の供給構造は歴史的に設備過剰の状態にあった。昭和27年に大手企業が新工場建設を行なったのを契機に、大小とりまぜて約450社にのぼるメーカー各社が一斉に新增設投資を行なった。その内容は、生産工程の連続化、大型化、高速化、自動化をはかるものであったが、製造工程の原理は、他の産業技術にみられるような革新的な技術変化ではない。むしろ、新技術の開発による技術革新のメリットよりも生産規模の拡大ばかりが顕在化してしまって問題を残してしまった。

(2) 流通問題

紙の流通機構ほど複雑なものはない。本稿の主題ではないから詳述はしないが、この複雑な紙の流通機構は、紙の需要と供給の調節の役割を果たしていることは確かなのであろうが、そのあまりの複雑さのために、功罪いずれも測定が難しい。この問題の分析は、私にとっても今後の課題として残されている。

紙は、従来、銘柄による品質差が少なく、同じ用途に異種の紙の代替がきくために他の品種の市況を受け易いとされてきた。そのこと自体、未だ実証的に確かめられていないことである。その上、所得上昇に伴ってこの数年の間に顕在化してきた需要構造の高度化とそれを当てにした供給側の商品差別化の実態は、ほとんど把握されていない。

紙の流通機構があまりに複雑であるために、はたして競争条件は維持されているのかどうかの判定が難しい。元来、経済理論は生産者に関する寡占理論を道具として競争条件の問題を考えるくせがあるが、肝心なのは流通機構において競争条件がそこなわれるという問題である。

(3) 産業組織の問題

紙パルプ産業は、上記の流通機構の問題と同時に、メーカー側の産業組織に整理を必要とする面をかかえている。〔表—2.3〕で判るように、事業所数は600の多数にのぼる。しかし、その大部分は効率の悪い小事業所である。この産業が競争的であるか否かは、企業または事業所の数だけで判断することはできない。弱小企業がいつまでも非効率のまま存在し得ることが、産業全体としては資源の配分を非効率的なものにし、競争を異常なものにする可能性がある。紙パルプ産業では、一般に企業の含み資産が大きい。そのために含み資産(土地)を担保にした外部資金の導入が容易である。企業数が多く、過当競争的であるために、ますます競争が激化し、外部資金比率を高める。そ

紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル

〔表-2.3〕 紙パルプ産業の産業組織

調査区分	調査事業所				生産				
	総数	パルプ	紙	構成比	数量		構成比		
					パルプ	紙	パルプ	紙	
合計	632	91	607	100.0	787 478	1 113 918	100.0	100.0	
中	1~19人	90	2	88	14.5	317	7 085	0.1	0.6
	20~49人	224	8	217	35.7	2 038	40 783	0.2	3.7
	50~99人	122	7	118	19.4	4 515	64 011	0.6	5.7
小	100~199人	70	12	66	10.0	23 637	104 051	3.0	9.4
	200~299人	41	11	37	6.1	58 462	121 330	7.4	10.9
大	300~499人	27	9	25	4.1	61 488	120 749	7.8	10.8
	500~999人	42	30	40	6.6	292 029	326 184	37.1	29.3
	1000人以上	16	12	16	2.6	344 992	329 725	43.8	29.6

して投下資本の回収を急ぐ傾向が価格を低下させる圧力となって働く。それにも拘わらず、含み資産が大きいため企業は存続し得る。この状態は、望ましい競争状態であるとは言い難い。

(4) 原料問題

紙パルプ産業の原材料である原木は、昭和20・30年代を通じて不足していた。当時のこの産業の最大の悩みは原木不足問題であった。全国土の68%にのぼる森林面積を有しながら原木が不足するというのは、おおむね次の理由によるものであった。

第一に、林業は本来、供給弾力性が小さいという特性を持っている。植林と伐採の間に20~40年という長い年月を要するために、林業生産の弾力性は鈍感になる。第二に、日本の民有林は資産保持的性格が強く積極的な林業投資を基礎にした、企業化による生産効率の向上という意識がない。第三には、国有林は一般に民有林に比べて企業化が進んでいるとはいえないものの、国有林本来の性質として、私企業のような経営形態と効率化を期待することはできない。第四に、林道投資等の不足のために奥山の森林資源で死蔵状態になっているものがあまりに多い。第五に、建築需要の増加がますます紙パルプ原木の供給を圧迫する傾向がある。第六に、紙パルプメーカーの山林投資や原木購入に買い漁り的な無計画さが残っている。第七に、林業労務費、輸送費等の原木供給コストの高騰に加えて、国家的規模でのコントロールの欠如から、1972年後半にみられたような投機的色彩の強い高騰が起こる。

これらの理由から国内原木供給に困難を感じた紙パルプ産業は、早くから原木の輸入や現地開発に積極的に乗り出したのであるが、輸入原木も値上りを示し、東南アジア諸国も日本の経済進出に警戒を強めつつある今日では、原木供給は再び紙パルプ産業の重大な問題となりつつある。

(5) 環境破壊問題

紙パルプの製造工程で発生するリグニンを主成分とするヘドロによる公害問題は、従来の産業分

析には無かった問題点である。今日ではこの問題を迂回することはできない。

2.3 紙パルプ・モデル作成上の問題点

実証的な経済モデルを作成するには色々なデータの壁につき当たる。紙パルプ産業モデルの場合にも、特殊な障害がある。この点に簡単に触れておきたい。

第一の問題点は、一次原材料(原木)、中間製品(パルプ)、最終製品(紙)の各段階で需要と供給の決定主体がデシジョンを行なうのに要する単位時間がまちまちだということである。また、原木、パルプ、最終製品それぞれの需給調整の単位時間も一様ではない。

このことは他の産業でもしばしば起こることであるが、紙パルプ産業において特に著しい。たとえば、最終製品である紙は、実際には1カ月以内の短い時間単位で需給調整が行なわれているように見える。我々が観察するデータは、せいぜい1カ月単位のものであるから、モデルでは月別、四半期別、年別等の時間単位のうち比較的短い時間単位のモデルがより高い説明能力を持つであろう。

一方、中間製品であるパルプは、月別よりはもう少し長い時間を単位として需給調整が行なわれていると仮定する方が分析効率が高い。さらに原木になると、その需要(購入計画)は1年乃至10年の長期購入計画がたてられるのが実際である。ところが原木の供給(植林又は伐採)となると、山元の植林のデシジョンは25~40年の時間を単位として行なわれる。紙パルプ産業モデルでは、このように単位時間が極端に異なる段階を包括したものでなければならないという宿命を負っている。

第二の問題点もまた、産業分析のデータが宿命的に持っている問題点であるが、原木、パルプ、紙の各段階ごとにデータの分類の次元が異質であることが分析を著しく困難にする。たとえば、紙の生産量は新聞用紙、印刷用紙、クラフト紙のように用途に対応した製法の違い(又は品質の違い)で分類されているのに対して、その原料であるパルプはグラウンドパルプ、ケミカル・パルプ、セミケミカル・パルプ等のように物理化学的な性質に対応した製法の違いで分類されている。更に、パルプの原料である原木については、パルプの製法別分類ではなく、針葉樹、広葉樹といった樹種別の分類が行なわれている。これは、それぞれの統計データの作成の立場から言えば至極く当り前のことであるが、原材料と製品の間投入産出関数を重要な分析用具と考えている経済分析にとっては、大きな障害となる。この障害を乗り越えて分析を強行するためには何等かの適当な変換を施さなければならない。

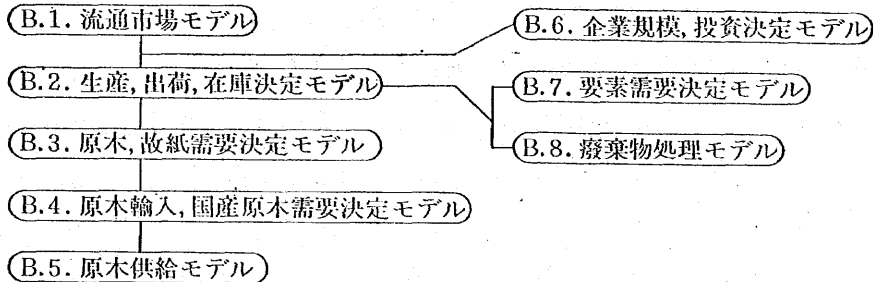
この研究では、上の二つの意味のデータの壁を通り抜けるために、ブロック・モデルを作成して、(1)単位時間の異なる部分の接合と、(2)測定の次元又はデータの分類の次元の異なる部分の接合をブロック・モデルの接合点で行なおうとしている。

勿論、ブロック・モデルには、必要なブロックだけを改良したり、つけ加えたりすることが容易であるという利点がある。

2.4 ブロック・モデルの構成

紙パルプ産業のブロック・モデルの構成は〔図-2.1〕に示してある。鳥居〔36〕参照。

〔図-2.1〕 モデルの構成



第1ブロックは、流通市場における需要、流通在庫、生産者からの受け入れ、最終価格を決定するためのモデルである。

第2ブロックは、紙の生産者段階の生産、出荷（需要）、生産者製品在庫を決定するためのモデルである。このブロックにとって必要な外生変数である所の流通段階の需要と価格は前述の第1ブロックで決定して、この第2ブロックにとってはブロック外生変数となるように考慮する。この第2ブロックで決定した生産量を与件（ブロック外生変数）として、第7ブロックでは労働、資本の用役、電力等の要素投入を決定する。同様にして第8ブロックでは必要な水の量とそのコストを決定する。

第3ブロックでは、第2ブロックで決定した紙の生産量を与件として、中間製品たるパルプの生産量、および第1次原料たる原木と故紙の需要量を決定する。

第4ブロックでは、第3ブロックで決定した原木需要と第5ブロックで決定した原木供給を用いて、国産原木と輸入原木の需給調整を行なう。

本稿で報告しようとしているのは、上記の8つのブロックのうち、第2ブロックについての分析結果である。

3. 在庫分析の系譜

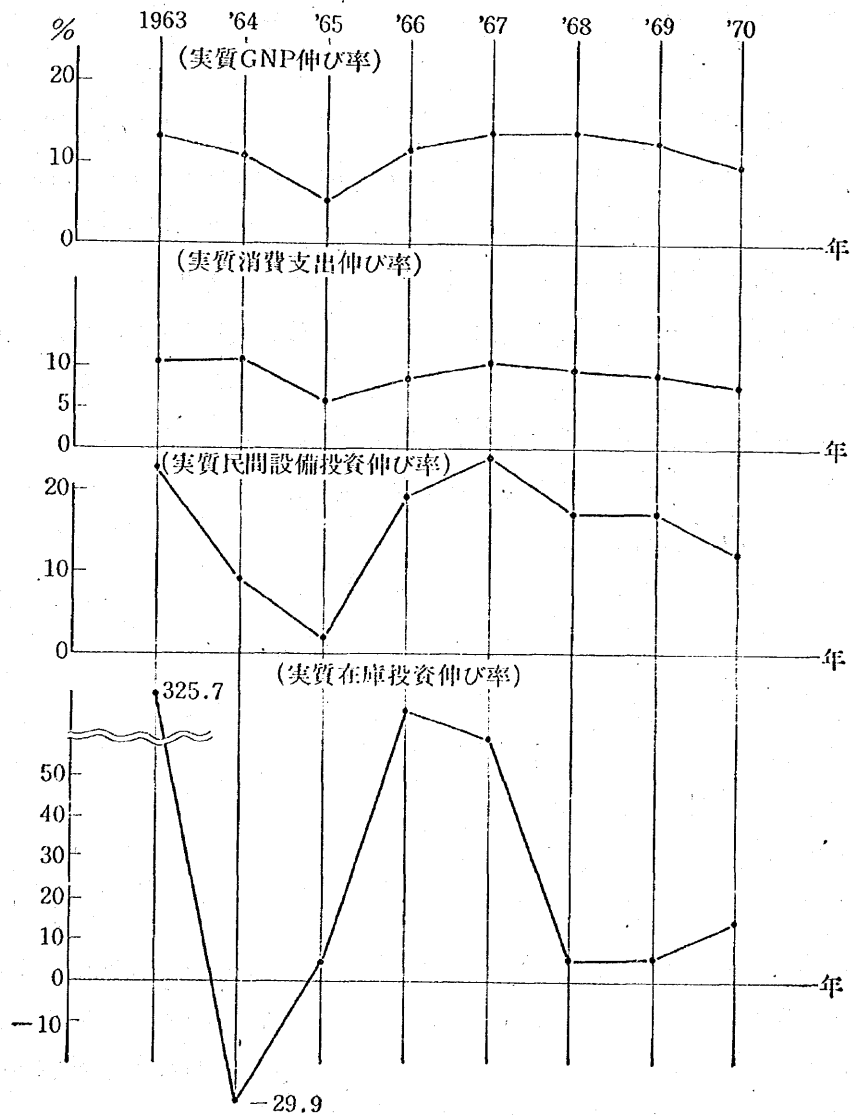
3.1 マクロの在庫分析

在庫変動分析はマクロ経済理論の一部として育ってきた。ケインズ理論の洗礼を受けたマクロの景気変動理論からみれば、景気の変動あるいは国民総生産の変動は、総需要構成項目（消費支出、政府支出、設備投資、住宅建設投資、在庫投資、輸出）の変動によって引起される。GNPの上にもみられる景気変動をそのコンポーネント別に見た場合、特に大きな影響力を持つのは設備投資、住宅投資、在庫投資等である。中でも在庫投資は、設備投資とは較べものにならない激しい振幅を示す。いわば景気変動の主役である。日本の在庫変動については、〔図-3.1〕を参照されたい。マクロ在庫投

資分析が重要とされる第一の理由はここにある。

第二に、在庫投資の変化は、景気の転換点で微妙な働きをする点を重視する必要がある。アメリカについての観察では景気上昇期にはGNP増加分の13%が在庫増であるのに対して、景気下降期にはGNP減少分の67%が在庫減であるという統計が示されている。また、景気が上昇転換した最初の1年間だけについてみると、建設・サービス業を除く産業の在庫増加はGNP増加分の58%にあっている。同様に景気下降局面に転換してから1年間についてみるとGNP減少分の58%が在庫減であることがわかる。このように、在庫変動は、GNP変動の主役である。そのためにマクロの在庫分析が重要視されてきた。

〔図-3.1〕 実質国民総生産とコンポーネントの変動



最近の在庫理論の進歩のもう一つの特徴は、在庫関数をマクロ・エコノメトリック・モデルの総合的一般均衡体系の中に組み込もうという試みのあらわれとして、各種の経済変数との相互依存関係を説明できるように工夫してきたことである。在庫投資の大きさ自体の予測を可能にするばかりでなく、貨幣保有量、必要資本量、必要生産能力、稼働率、労働力、原材料等の決定理論に同時に言及することを可能にする方向で、研究が進められてきた。

在庫の保有と貨幣の需要の二つの経済現象の間には類似性がある。このことに着目して、貨幣需要の研究を通じて在庫保有理論を進歩させたのは Bowmol [4] である。

マクロ・レベルの在庫変動分析は、Metzler [24] [25] の先駆的なモデルの提案をきっかけに長足の進歩を遂げた。その後、Lovell [19], Darling [8], Moriguchi [30] 等の改良をへて、マクロ・レベルでは高い予測精度を得ることができるようになった。これらの一連の研究を Metzler-Darling タイプのマクロ在庫理論と呼ぶことにしよう。

Metzler, Darling 等のマクロ在庫理論を要約しておこう。Metzler-Darling タイプのマクロ在庫決定理論は二つの基本的仮定の上に成立している。第一は適正在庫率に関する仮定、第二はストック調整原理に関する仮定である。

(1) 最適在庫率の仮定

$$\gamma^* = \frac{H^*}{S^*} \quad (3.1)$$

但し γ^* : 最適在庫率

H^* : 最適在庫量

S^* : 予想売上量

(マクロの意味の) 企業は何等かの方法で売上予想 (S^*) を持っていて、その一定倍だけは常に在庫をストックするのが適正であると考えている、という仮定である。もっとも適正在庫率 (γ^*) は恒数ではなく、受注残、稼働率等の要因の安定した関数であると考えられる。適正在庫量の決定を法則としてとらえたものに、古典的な「平方根法則」や「Wilson-Lot-Size-Formula」があるが、これらについては [39], [38] を参照されたい。

一般的には、適正在庫率が成立する理由として次のような解釈がつけられる。すなわち、売上高と受注残高が増加している時期を考えると、極端に低い在庫水準で生産平滑化を行なった企業は損失をこうむり易く、一方、極端に高い操業水準で生産している企業は大きなコスト負担を背負い込む危険がある。企業がある在庫率を適正なものと感じるのはこのためだと解釈される。

(2) ストック調整原理の仮定

(3.1) 式の仮定によって最適在庫量 (H^*) が決まったら、それ (H^*) を当該期間中に実現するためにはいくらの在庫投資 (ΔH) が要するかというと、

$$\Delta H = H^* - H_{-1} \quad (3.2)$$

だけの在庫投資が必要である。しかし、(マクロの意味の)企業は、この差額全部を当該期間中に調整するのではなく、(3.2)式の右辺の一部を調整すると仮定する。

$$\Delta H = \delta(H^* - H_{-1}) \quad 0 < \delta < 1 \quad (3.3)$$

δ は調整係数である。事後的に解釈をつけてやるとすれば、調整係数の内容は以下のようなものであろう。(i)原材料入手や生産にタイム・ラグがあるために一気に調整はできない。(ii)一気に調整をすると、急激な生産変動を伴い、それが生産費の増大を招くので、生産を平滑化しようとする。(iii)一時的な需要変動から生ずる危険を分散するために部分的な調整を行なう。(iv)種々の調整速度を持つ個別品目の在庫の集計量であるマクロの在庫は、見掛け上部分調整をしているようにみえる。

(3) Metzler の基本的仮定

Metzler [24] [25] の基本的な仮定は、適正在庫率 (γ^*) をとりあえず一定 (α) とすることであった。

$$\gamma^* = \alpha \quad (3.4)$$

から導かれる Metzler の基本モデルは次のようになる。

$$H^* = \alpha S^* \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= \delta(H^* - H_{-1}) \\ &= \delta(\alpha S^* - H_{-1}) \\ &= \delta\alpha S^* - \delta H_{-1} \end{aligned} \quad (3.6)$$

(4) Darling のモデル (I)

Darling [8] は、ストック調整による在庫投資決定式に切片をつけ、調整は一期のラグをもって行なわれると仮定した。

$$\Delta H = \delta(H^* - H_{-1})_{-1} + \theta \quad (3.7)$$

また、適正在庫 (H^*) の決定は、Metzler の基本仮定を採用した。

$$H^* = \alpha S^* \quad (3.8)$$

売上予想 (S^*) の決定については、rational expectation の原理を仮定した。つまり、企業が正確な情報の下で予想を行なえば、予想売上高と実績売上高の間の誤差は期待値ゼロの確率分布に従うと考える方式をとった。

$$S^* = E(S) \quad (3.9)$$

上の三つの仮定から、Darling の在庫投資決定モデルは次のようになる。

$$\begin{aligned} \Delta H &= \delta(\alpha S - H_{-1})_{-1} + \theta \\ &= \delta\alpha S_{-1} - \delta H_{-2} + \theta \end{aligned} \quad (3.10)$$

Darling の推計結果は次のようになったと報告されている [8]。

$$\Delta H = 0.581S_{-1} - 0.299H_{-2} - 0.625 \quad (\bar{R} = 0.896, d = 1.49) \quad (3.11)$$

この推計結果から逆算した適正在庫率 (α) の大きさは、1.94 であった。

$$\alpha = \frac{H^*}{S^*} = \frac{\delta\alpha}{\delta} = 1.94 \quad (3.12)$$

(5) Darling のモデル (II)

Darling [8] は、上のモデルの (3.8) 式の仮定、つまり適正在庫率は一定であるという仮定をゆるめて、可変的な適正在庫率を次のように仮定して、第2のモデルを試みた。

$$\gamma^* = \frac{H^*}{S^*} = \alpha + \beta \left(\frac{O^N - S}{S_{-1}} \right) \quad (3.13)$$

$$\text{但し} \begin{cases} O^N : \text{新規受注高} \\ S : \text{売上} \\ O^N - S : \text{受注残高増減} \end{cases}$$

適正在庫率は受注残高増減率の関数であるという仮定である。この仮定の下では、在庫投資決定モデルは次のようになる。

$$\begin{aligned} \Delta H &= \delta \left[\left(\alpha + \beta \frac{O^N - S}{S_{-1}} \right) S - H_{-1} \right]_{-1} + \theta \\ &= \delta \left(\alpha + \beta \frac{O^N - S}{S_{-1}} \right) S_{-1} - \delta H_{-2} + \theta \\ &= \delta \alpha S_{-1} + \delta \beta (O^N - S)_{-1} - \delta H_{-2} + \theta \end{aligned} \quad (3.14)$$

このモデルの推計結果は次のようであったと報告されている [8]。

$$\Delta H = 0.415S_{-1} + 0.324(O^N - S) - 0.212H_{-2} - 0.387 \quad (3.15)$$

$$(\bar{R} = 0.945, d = 1.85)$$

第1モデル(3.11)に較べて大きな改善がみられる。第2モデルでは、適正在庫率は次のように考えることになる。

$$\begin{aligned} \gamma^* = \frac{H^*}{S^*} &= \left[\delta \alpha + \delta \beta \left(\frac{O^N - S}{S} \right) \right] / S \\ &= 1.95 + 1.53 \left(\frac{O^N - S}{S} \right) \end{aligned} \quad (3.16)$$

Metzler と Darling の仮定を基本型にして幾つかの改良が加えられた。たとえば Lovell [19] は、(3.14)式で示される Metzler-Darling の仮定を採用して、これに売上増分 (ΔS)、価格変化率 $\left(\frac{\Delta P}{P} \right)$ 、稼働率等を説明変数として追加した。また Moriguchi [30] は、かなり敏感な反応を示す筈の売上予想関数を提案し、適正在庫率が生産能力、市場の季節性等によっても影響を受けるという想定でモデルを作成した。

マクロ・エコノメトリック・モデルの中で有効需要の不規則変動部分たる在庫投資を説明する機能を果たさせたいというのが、マクロの在庫投資関数分析の目的であるから、価格変動、利子率、

企業の流動性等の価格変数や金融変数が在庫比率とストック調整に影響を与えるという説明の仕方ができれば都合がよい。アメリカの計測結果では、これらの変数はほとんど有意には効かないことが判っている。一方、日本の計測結果では、これらの価格変数や金融変数が有意に効いているという結果が得られている。

3.2 マクロ在庫分析の欠陥

マクロの在庫関数(又は在庫投資関数)による分析には基本的に欠陥がある。マクロの在庫投資関数は、早晚、もっと詳しい在庫分析によって置き換えなければ、マクロの需要変動の主役である在庫変動の説明の精度は上らない。

まず第一に、在庫投資の変動は、集計量たるマクロの在庫量について議論してもあまり正確な結論を期待することはできない。その点同じGNPコンポーネントでも、総消費支出等に較べるとマクロ量を説明することに伴う危険は大きい。実際には、産業または商品ごとに在庫変動を引き起こす要因と、その作用のタイミングは異なっている。マクロの在庫変動というのは、これらの異なる理由とパターンで変動している産業別・商品別の在庫変動を集計したものに過ぎない。個別産業や個別商品グループについて在庫投資の決定要因を解明する必要がある。

第二に、今までに作成された実用的なマクロ・モデルの大部分は、製品在庫、半製品・仕掛品在庫、原材料在庫を合計した総在庫の概念を扱ってきた。前節でみた Metzler-Darling 型のマクロ在庫投資関数は、その典型的なものである。だが、総在庫概念の分析は実際には余り意味がない。製品在庫、半製品・仕掛品在庫、原材料在庫の三者は、それぞれ決定原理を異にしていると考えべきである。

具体的な景気変動の過程に即して考えてみても、たとえば景気の回復局面では、まず最初に原材料在庫が増加し始める。ある部門にとっての原材料は、それを生産する部門にとっては製品であるから、場合によっては一方で製品在庫の減少を伴うこともある。原材料の在庫が更に進むと、やがて原材料供給部門の製品在庫が増加するといった具合である。この一例でもよく解るように、製品在庫と原材料在庫との間には、相互依存関係と変動のラグが存在するのが実態である。在庫変動の分析は、製品在庫、半製品・仕掛品在庫、原材料在庫のそれぞれについて、固有の決定原理を探す方向で分析を進める必要がある。

今後、景気変動の過程を個別の産業または個別の商品の次元で分析する、いわゆる産業モデル分析の必要度が高まるにつれて在庫分析はマクロ・レベルから産業レベルへ、そして総在庫概念から製品、半製品・仕掛品、原材料の区別へとブレイク・ダウンしなければならない。特に、産業相互間の生産、出荷、在庫の一連の経済循環の問題を考える場合には、ある産業の原材料在庫は他の産業にとっては製品在庫であるのが通常のケースである(このことは経済の循環図式を産業連関表の形式で表記することによって明瞭に理解できる筈である)。それ故、上記の二つの意味のブレイク・ダウンはな

おのこと不可欠になるであろう。

このような新しい意味の在庫変動分析には、従来の Metzler-Darling タイプの在庫分析の方法はもはや有効ではないといわざるを得ない。Metzler の適正在庫率の仮定と Darling の調整ラグ分布の仮定だけに頼っていたのでは、上に述べた意味の在庫分析の精密化は不可能である。改めて産業または企業の主体均衡の理論の中で在庫投資行動を説明する必要があるのはこのためである。

3.3 企業の在庫保有動機とミクロの在庫決定理論

マクロの在庫理論が前記のような理由で粗すぎるフィクションであるとすれば、ミクロの経済行動主体である企業の次元まで戻って、そもそも在庫とは何かを考えておく必要がある。

企業が在庫を保有する動機は大別して、取引動機、予備的動機、投機的動機の三つに分けて考えることができる。第一の取引動機とは、企業が円滑な取引を維持するためにある程度の在庫の保有を必要とするという解釈から引き出された在庫概念である。これはちょうど、企業が取引を円滑に維持するためにある水準の現金支払い準備を必要としているという金融理論の古典的な解釈に類似している。企業は、この取引に必要な量以下の在庫では円滑な取引を維持できない。また、必要量をはるかに越える在庫を保有することは大きな無駄をかかえることを意味し、企業の経営を危険に陥れる。そこで取引動機による在庫には上限と下限がありそうだと考えることができる。Metzler 等が適正在庫量が販売量に比例するとみなしたのはこのためである。取引動機に重点を置く在庫分析は、主として決定論的モデル (deterministic model) の系譜を生み出してきた。

第二の予備的動機というのは、企業にとって不測の需要変動が発生する可能性があることを考慮に入れることによって導かれた解釈である。実際、この種の不測の需要の発生は企業にとって現実には避けられない。不測の需要の発生を予測することはかなり難しい。この目的のために開発されたのが確率論的モデル (stochastic model) である。

第三の投機的動機は、将来の価格変化が予想される時、あるいは企業行動が現在の収益よりも将来の収益を選好すると予想される時にこれに対応して用いられる在庫の解釈である。もし、製品価格を所与のものとするれば、この種の在庫、すなわち投機的動機による在庫はモデルから捨象されることになる。また、実際問題として、投機的在庫は、流通在庫については考えられても、生産者在庫についてはあまり重要ではないように思われる。この意味でも、本稿の紙パルプ・モデルの生産者在庫分析の中ではこの概念は捨象する。

企業の在庫保有動機として取引動機、予備的動機、投機的動機の3種類を想定した上で企業の合理的行動 (rational behavior) の中で在庫決定の理論を展開しようとする試みは、かなり古い歴史を持っている。古典的な在庫理論の多くは、企業の実際の在庫決定行動を観察して構成したものが多く、マクロ理論のフィクションに比べるとかなり現実的な仮定から成立っていて情報量も豊富で

ある。

企業の合理的行動図式を念頭に置いて在庫の決定を説明する際に、移転費用に関する cost and benefit analysis の手法を用いたのは、Davis (1925), Vareu (1925), Worlen (1925) 等であった。彼等の分析は、企業が将来の支出の予定がないにも拘わらず適正量以上の貨幣を保有するのは、余分の貨幣を、収益を目的として金融資産に投資するためであるという解釈から出発した。この種の金融資産に対する投資には手数料等の移転費用がかかる。そこで、手数料等の移転費用が投資の見込み収益よりも小さいという予想が成立つ場合には、貨幣を投資せずに手許に保有するであろうというのが彼等の考え方の基本である。そして貨幣保有と投資との間の選択の理論とアナログスに、財の在庫の発生に伴って発生する費用は、注文量に比例する購入費用の他に発注の度毎に一定の設定費がかかると仮定した。そして設定費は注文量に比例しないと想定した。そこで、企業が設定費を見込むのは、大規模注文の規模の経済性の法則が働くためであると考えた。

移転費用に関する cost-benefit analysis の古典的な結論は、著名な Wilson Lot-Size Formula である。Wilson Lot-Size Formula については、Arrow [2] を参照すればよい。また、Wilson Lot-Size Formula の一般化については Churchman, Ackoff and Arnoff [6] を参照するのがよい。Wilson Lot-Size Formula が単純な比例式で表わされる調達費用関数から出発したのに対して、Churchman, Ackoff and Arnoff は調達費用関数として一般的な一次式を用いている。このため、規模の経済性を表わす一般的な費用関数が設定されることになった。

3.4 マクロ在庫分析からマイクロ在庫分析へ

マクロの在庫分析とマイクロの在庫分析の関係を明らかにする必要を強調したのは Ruth Mack [20], [21], [22] である。Mack の主張を受けてマクロの在庫とマイクロの在庫のリンクの問題を分析する作業は、Whitin [39], Mills [26], [27], Modigliani [28] 等によって行なわれた。

Wagner and Whitin [38] のモデルは、財の購入と保有の一般的な費用関数を設定し、時間に伴う関数の変位とパラメーターの変化を認め、等間隔の各期間の始めに在庫決定が行なわれると仮定して、 n 期間全体にわたる費用最小化問題において最適購入計画と最適生産計画を決定するモデルを構成した。モデルは Dynamic Programming 型の単純なリカーシヴ関係を満足するように作っている。彼等のモデルの結論は、購入と保有の費用関数が concave であるならば、在庫量がゼロになった時に新規の発注をするのが最適の企業行動であるという帰結であった。

Holt and Modigliani [15] は、費用関数と販売量のタイム・パスで企業の環境条件を説明し、企業はこの環境条件の下で雇用量、就業時間、時間外労働等の操作変数を操作しながら費用極小化をはかると仮定してモデルを構成した。

Holt を中心とする人々の分析は、最適化の目的関数を二次形式で近似した実証分析が多い。

Anshen, Holt, Modigliani, Muth and Simon [1], Holt, Modigliani, Muth and Simon [13], Holt, Modigliani and Simon [14] 等がそれである。彼等が二次形式の目的関数を採用する理由は、二次形式は大抵の rational な費用関数を、必要な部分に関してよく近似するからであるとされている。また、Wilson-Lot-Size Formula の費用調達構造とも矛盾しない。実際問題として、二次形式は最適化の解を引き出し易く、解が線型であるために、将来にわたる最適化問題を展開するのにも適しているためだと考えられる。

企業行動についてさらに考えてみると、当期の企業行動の決定（最適化）が将来にわたって企業行動の決定に影響を及ぼすと考えなければならない。従って企業の最適化行動理論の中で在庫理論を展開するためには、現在と将来の間の相互関係の問題に手をつけなければならない。Arrow, Karlin, Dellman (1957), Holt and Simon (1954), Theim (1958), Vandeperme, Averink (1961) 等の研究が、この分野の先駆的な研究である。

企業の最適化行動にとっては将来需要の予測は与件である。しかし、将来需要の予測を非確率的な所与の変数として扱うことはある意味では非現実的である。企業にとって将来需要は確率的な変数であるとして扱う方が現実的であるかも知れない。将来需要を確率変数とする確率在庫モデルの基礎となったのは Edgworth [10] の預金準備モデルであるとされるが、近年では, Dvoretzky [9], Kilfer and Wolfwitz (1952), Scarf (1960, 1963) 等の研究をあげることができる。

4. 紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル

4.1 データーと記号

第2章で述べたように日本の紙パルプ産業の紙の生産、在庫、出荷を説明するモデルを作成するのがここでの目的である。生産動態統計(紙パルプ統計年報)で観察される四半期別の紙の生産量、在庫量、販売量および自家消費量の変動を説明する。分析は、紙の分類別と紙合計の両方について行

〔表-4.1〕 記号一覧表

S:	売上量 (含・自家消費)	(トン)
S ^e :	売上予想量	(")
H:	在庫量	(")
H ^p :	計画在庫量	(")
H ^d :	適正在庫量	(")
V:	生産量	(")
V ^p :	計画生産量	(")
J:	在庫増減	(")
P:	紙価格指数	
GNP:	実質国民総生産 (40年基準)	
Q:	四半期ダミー	

なっている。ここでは、合計についての測定結果を報告する。

ここで紙(合計)と呼んでいるのは、昭和45年の生産動態統計以後採用された分類概念でいうところの「紙」である。従って、それ以前の分類でいうところの「洋紙」と「機械すき和紙」と「板紙」のごく一部からなる集計量である。それ以前のデータについては、この新しい分類概念に合わせて再集計を行なった。

4.2 Metzler-Darling 型在庫投資モデルの追試

2.5 で説明したように、このモデルの目的は、単に紙の在庫変動だけを説明することではない。従って Metzler-Darling タイプの在庫投資モデルの測定は直接には意味がない。けれども、一つには適正在庫率と調整係数についてのアプリオリな情報を得る目的で、また一つには Metzler-Darling タイプの在庫投資関数の直接推計の精度を確かめる目的で以下の測定を行なった。

[基本モデル]

$$\begin{cases} H_t^d = \gamma^* S_t^e & (4.2.1) \\ S_t^e = S_{t-\eta} & (4.2.2) \\ J_t = \delta(H_t^d - H_{t-1}) & (4.2.3) \end{cases}$$

(4.2.1) は適正在庫率の定義式である。(4.2.2) は売上予想 (S_t^e) は $t-\eta$ 期の売上実績であるという仮定を表わしている。(4.2.3) は調整関数である。調整のラグは τ 期間であり、調整の大きさは調整係数 (δ) で表わされる。上の基本モデルから、測定すべき在庫投資関数は次のようになる。

$$J_t = \delta\gamma^* S_{t-\eta-\tau} - \delta H_{t-1-\tau} \quad (4.2.4)$$

二つのラグ (η と τ) を何期とするかによって沢山の組み合わせが考えられる。多数の組み合わせについて(4.2.4)式の測定を行なったが、そのうちでフィットの高いのは、(1) $\eta=1, \tau=2$ の場合、(2) $\eta=2, \tau=2$ の場合の2ケースであった。

(1) $\eta=1, \tau=2$ のケース

前期(1四半期前)の売上げを今期の予想売上げとみなし、調整のラグを2期(6カ月)と仮定したケースである。

$$\begin{aligned} J_t = & -10170.99 + 0.0679S_{-3} - 0.3165H_{-3} \\ & (2.2713) \quad (6.0341) \quad (5.4054) \\ & + 4257.44Q_1 + 1364.56Q_2 + 3716.46Q_3 \\ & (0.9975) \quad (3.1897) \quad (0.8) \\ \bar{R} = & 0.6098, \quad d = 1.6440 \end{aligned}$$

この測定結果から逆算した適正在庫率と調整係数は次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{適正在庫率 } \gamma^* &= 0.2145 \\ \text{調整係数 } \delta &= 0.3165 \end{aligned}$$

(2) $\eta=2, \tau=2$ のケース

調整のラグは上のケースと同じで2期(6ヵ月)とし、予想売上げは前々期の売上げに等しいと仮定したケースである。

$$J_t = -13063.97 + 0.0710S_{t-1} + 0.3227H_{t-3} \\ (2.6830) \quad (5.8433) \quad (5.2222) \\ + 7710.51Q_{t-1} + 16393.27Q_{t-2} + 7520.27Q_{t-3} \\ (1.7269) \quad (3.6868) \quad (1.7109) \\ \bar{R} = 0.6015, \quad d = 1.5853$$

この測定結果から逆算すると、適正在庫率と調整係数は次のようになる。

$$\text{適正在庫率 } \gamma^* = 0.2200$$

$$\text{調整係数 } \delta = 0.3227$$

上の結果からみて、紙の在庫については、適正在庫率は約 0.22 (四半期間の売上げの 22%) とみることができる。また、調整係数は約 0.32 であるから、前々期の意図した在庫変動の約 32% を今期の在庫投資で調整しているとみることができる。これらの情報は、後で、我々のモデルを測定する際に、アプリオリなインフォメーションとして使うことにしよう。

4.3 基本モデル

紙の生産と在庫ストックを決定する基本モデルを改めて特定化しよう。モデルは、売上予想関数、費用方程式、および費用極小化によって導出された生産量決定関数と在庫決定関数、それに在庫および在庫投資に関する定義式からなる。

(1) 売上予想関数

売上予想 (S^e) は、価格 (P)、国民総生産 (GNP)、前期の売上 (S_{t-1}) の関数として次のように特定化する。

$$S^e = a_0 + a_1 P + a_2 GNP + a_3 S_{t-1} \quad (4.3.1)$$

紙の価格 (P) のデータの作成については、高田、鳥居 [40] を参照されたい。

(2) 一般的な費用方程式

費用は第 0 期から第 N 期までの総費用 (C) を考える。総費用は、上記の $N+1$ 期間の在庫コスト (C_H) と生産コスト (C_V) の和であると考えられる。

$$C = C_H + C_V \quad (4.3.2)$$

在庫コスト (C_H) は Wilson Lot-Size Formula 以来の伝統に従って、次の二次形式で近似する。

$$C_H = \sum_{i=0}^N b_1 (H^i - H^0)^2 \quad (4.3.3)$$

一方、生産コスト (C_V) は固定投入係数型の投入産出関数をインプリットに仮定することによって次のように書ける。

$$C_V = \sum_{i=0}^N (b_0 + b_2 V_i) \quad (4.3.4)$$

(4.3.3) と (4.3.4) を (4.3.2) に代入して、

$$C_i = \sum_{i=0}^N [b_1 (H_i^P - H_i^d)^2 + b_0 + b_2 V_i] \quad (4.3.5)$$

(4.3.5) の第1項の H^d について色々な仮定を置くことによって (4.3.5) の最終的なスペシフィックーションが決まる。今回の分析では、(A) Metzler タイプ、(B) Whitin タイプ、(C) Modigliani-Sauerlender タイプの三つの適正在庫仮定を試みることにした。

(3) Metzler タイプの仮定とモデル

Metzler タイプの適正在庫決定式は次のような仮定である。

$$H^d = c_0 + c_1 S^e \quad (4.3.6)$$

(4.3.6) を (4.3.5) に代入すれば、費用方程式は次のようになる。

$$C = \sum_{i=0}^N [b_1 (H_i^P - c_0 - c_1 S^e)^2 + b_0 + b_2 V_i] \quad (4.3.7)$$

(4.3.7) は Metzler タイプの仮定による費用方程式である。

Metzler タイプの仮定の下で費用極小化を行なって、生産量決定関数と在庫決定関数を導出しよう。各期について (4.3.5) を偏微分して0とおく。

$$\frac{\partial C}{\partial V} = 2b_1 (H^P - H^d) + b_2 = 0 \quad (4.3.8)$$

(4.3.8) より

$$H^P = H^d - b_2 / 2b_1 \quad (4.3.9)$$

この時 $b_2 \geq 0$, $b_1 > 0$ を当然のこととして受け容れるならば、 $H^P \leq H^d$ であることは容易に理解できるであろう。

計画生産量 (V^P)、計画在庫量 (H^P)、実績生産量 (V)、実績在庫量 (H) 等の間には、次の三式の恒等関係を想定しておく。

$$H^P = H_{-1} + V^P - S^e \quad (4.3.10)$$

$$H = H_{-1} + V - S \quad (4.3.11)$$

$$V = V^P \quad (4.3.12)$$

(4.3.12), (4.3.10) から

$$V^P = V = H^P - H_{-1} + S^e \quad (4.3.13)$$

(4.3.13) に (4.3.9) を代入して

$$V = V^P = H^d - b_2 / 2b_1 - H_{-1} + S^e \quad (4.3.14)$$

さらに (4.3.6) を代入して

$$\begin{aligned}
 V &= V^P = c_0 + c_1 S^e - b_2/2b_1 - H_{-1} + S^e \\
 &= (c_0 - b_2/2b_1) + (1 + c_1)S^e - H_{-1} \\
 &= S^e - (H_{-1} - c_0 + b_2/2b_1 - c_1 S^e)
 \end{aligned}
 \tag{4.3.15}$$

(4.3.15) は Metzler タイプの仮定の下で導出した生産量決定関数である。(4.3.15)式の第1項 (S^e) は、予想売上量はそのまま計画生産量の一部になることをあらわしている。第2項 ($H_{-1} - c_0 + b_2/2b_1 - c_1 S^e$) は売上予想量に対応して発生する計画在庫増加分である。

(4.3.6) を (4.3.9) に代入して在庫決定関数を導くことができる。

$$H^P = c_0 - b_2/2b_1 + c_1 S^e \tag{4.3.16}$$

(4.3.16) で決定された計画在庫ストック (H^P) と実際の在庫ストック (H) とは同じではない。実際の在庫ストックは次のように表わされる。

$$\begin{aligned}
 H &= H^P + (S^e - S) \\
 &= (c_0 - b_2/2b_1 + c_1 S^e) - (S^e - S) \\
 &= (c_0 - b_2/2b_1) + (1 + c_1)S^e - S
 \end{aligned}
 \tag{4.3.17}$$

(4.3.17) を一見して明らかのように、予想売上 (S^e) が過小ならば計画在庫 (H^P) は過大になる。逆は逆である。

$$\begin{cases}
 H^P > H & \text{when } S^e < S \\
 H^P < H & \text{when } S^e > S
 \end{cases}
 \tag{4.3.18}$$

以上の手続きで特定化した Metzler タイプのモデルを要約して書けば次のようになる。

Metzler タイプのモデル

- | | |
|------------------------|--|
| (1) demand expectation | $S^e = a_0 + a_1 P + a_2 GNP + a_3 S_{-1}$ |
| (2) cost structure | $C = \sum_{t=0}^N [b_1 (H - c_0 - c_1 S^e)^2 + b_0 + b_2 V]$ |
| (3) production | $V = S^e - (H - c_0 + b_2/2b_1 - c_1 S^e)$ |
| (4) inventory stock | $H = H_{-1} + V - S$ |
| (5) inventory flow | $J = H - H_{-1}$ |

(4) Whitin タイプの仮定とモデル

Whitin タイプの仮定は、適正在庫の決定について ordering cycle system の仮定を置く点に特徴がある。⁽¹⁾ ordering cycle system の仮定によって、適正在庫関数は次のような形式になる。

$$H^d = c_2 \sqrt{S^e} \tag{4.3.19}$$

(4.3.19) を (4.3.5) に代入すれば、Whitin タイプの仮定の下での費用方程式は次のようになる。

$$C = \sum_{t=0}^N [b_1 (H_t^P - c_2 \sqrt{S^e})^2 + b_0 + b_2 V] \tag{4.3.20}$$

注(1) ordering cycle の仮定による在庫行動のシステムについては、Whitin [39] 参照。

Metzler タイプ・モデルと同様の手続きで費用極小化を行なうと、モデルは次のようになる。

Whitin タイプのモデル

(1) demand expectation	$S^e = a_0 + a_1 P + a_2 GNP + a_3 S_{-1}$
(2) cost structure	$C = \sum_{t=0}^N [b_1 (H^p - c_2 \sqrt{S^e})^2 + b_0 + b_2 V]$
(3) production	$V = S^e - (H - b_2/2b_1 - c_2 \sqrt{S^e})$
(4) inventory stock	$H = H_{-1} + V - S$
(5) inventory flow	$J = H - H_{-1}$

(5) Modigliani タイプの仮定とモデル

Modigliani タイプのモデルでは、適正在庫 (H^d) は、向う N 期間の売上予想の分布関数として定義する。

$$H^d = c_0 + c_1 \sum_{t=0}^N w_t S_{t+t}^e \quad (4.3.21)$$

また、生産コスト (C_v) は次のように 2 次形式で近似する。

$$C_v = b_0 + b_2 V_{-1} + b_3 V_{-1}^2 \quad (4.3.22)$$

上の二つの仮定から費用方程式は

$$C = \sum_{t=0}^N b_1 (H^p - c_0 - c_1 w_t S_{t+t}^e)^2 + b_0 + b_2 V_{-1} + b_3 V_{-1}^2 \quad (4.3.23)$$

(4.3.23) の費用方程式について費用極小化を行なって導かれる生産量決定関数は次のようになる。

$$\begin{aligned} V^p &= H^p - H_{-1} + S^e \\ &= H^d - b_2/2b_1 - b_3/b_1 V - H_{-1} - S^e \\ &= c_0 + c_1 \sum_{t=0}^N w_t S_{t+t}^e - b_2/2b_1 - b_3/b_1 \cdot V - H_{-1} + \sum_{t=0}^N y_t S_{t+t}^e \\ &= \sum_{t=0}^N w_t S_{t+t}^e - (H_{-1} - c_0 + b_2/2b_1 - c_1 \sum_{t=0}^N y_t S_{t+t}^e) - b_3/b_1 \cdot V_{-1} \end{aligned} \quad (4.3.24)$$

w_t, y_t は共に分布ラグのウェイトであるが、第 1 項と第 2 項のウェイトは必ずしも等しいとは限らないので、一般的には別の記号で表わしたのである。

Modigliani タイプのモデル

(1) demand expectation	$S^e = a_0 + a_1 P + a_2 GNP + a_3 S_{-1}$
(2) cost structure	$C = \sum_{t=0}^N b_1 (H^p - c_0 - c_1 w_t S_{t+t}^e)^2 + b_0 + b_1 V_{-1} + b_3 V_{-1}^2$
(3) production	$V = \sum_{t=0}^N w_t S_{t+t}^e - (H_{-1} - c_0 + b_2/2b_1 - c_1 \sum_{t=0}^N y_t S_{t+t}^e) - b_3/b_1 \cdot V_{-1}$
(4) inventory stock	$H = H_{-1} + V - S$
(5) inventory flow	$J = H - H_{-1}$

4.4 売上予想関数の測定

$$S_t^* = 168358.81 - 1.8676P_t + 7.0221GNP + 0.7726S_{t-1}$$

(2.2909) (2.1230) (3.6340) (11.3027)

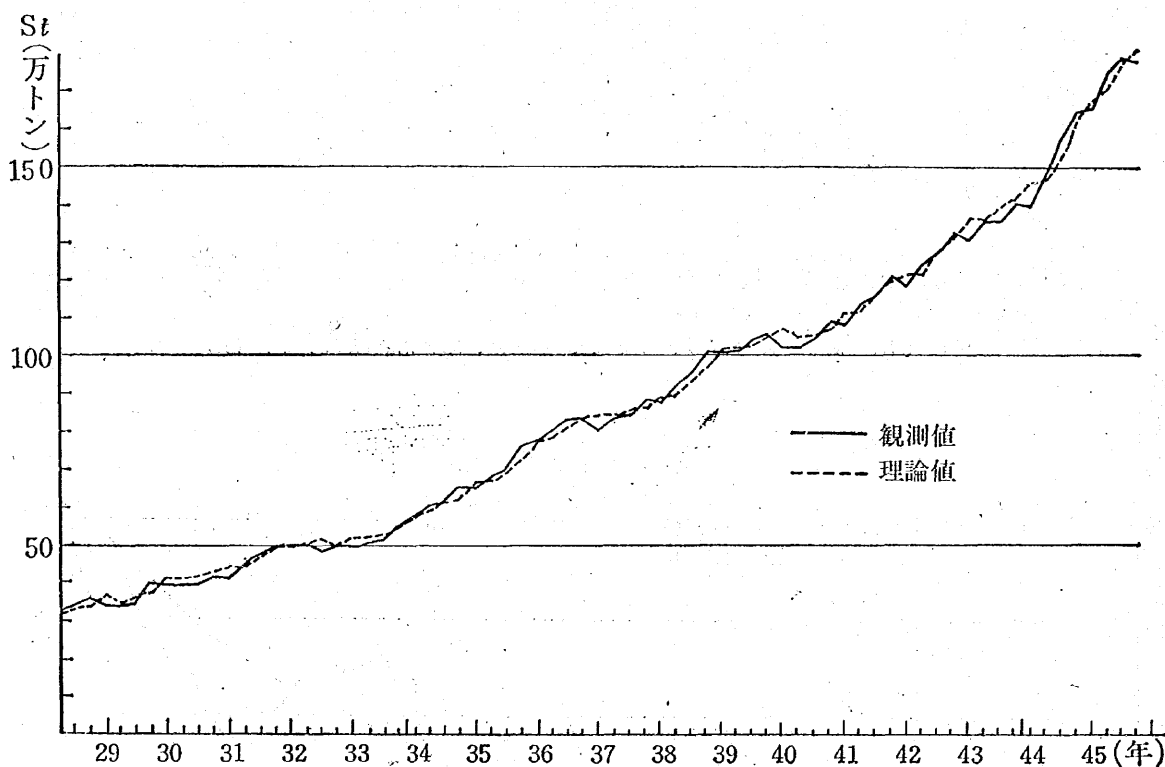
$$\bar{R} = 0.9980, \quad d = 2.2034$$

(28年II期~45年IV期)

売上予想関数のフィットは見掛け上かなり良い。しかし、実際にこれを用いてみると、予測値に一期のラグが残っていて、十分な機能を果たさないことがわかる。けれども、今のところ、この測定結果が一番良いので、以下の三つのタイプのモデルの測定にはこれを用いる。

〔図-4.1〕 紙の売上予想関数

$$S_t^* = 168358.81 - 1.8676 P_t + 7.0221 GNP + 0.7726 S_{t-1}$$



4.5 Metzler タイプ・モデルの測定

$$V_t = -9687.60 + 1.1956S_t^* - H_{t-1}$$

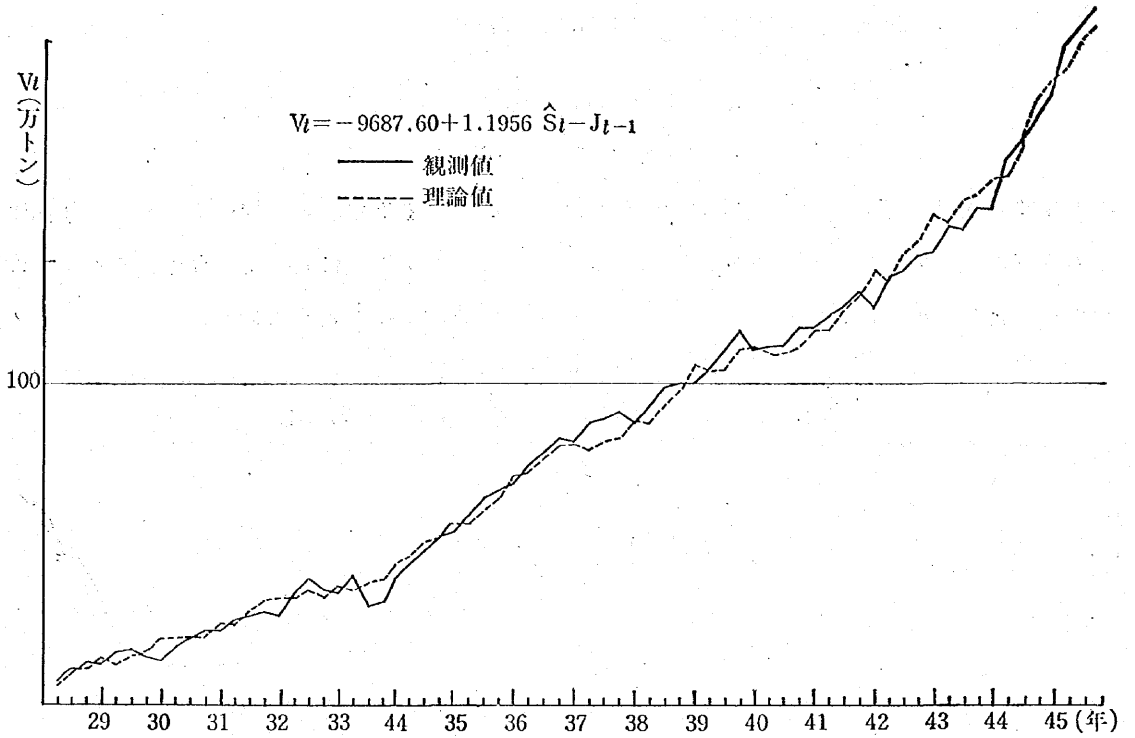
(0.8655) (103.7337)

$$\bar{R} = 0.9968, \quad d = 1.4081$$

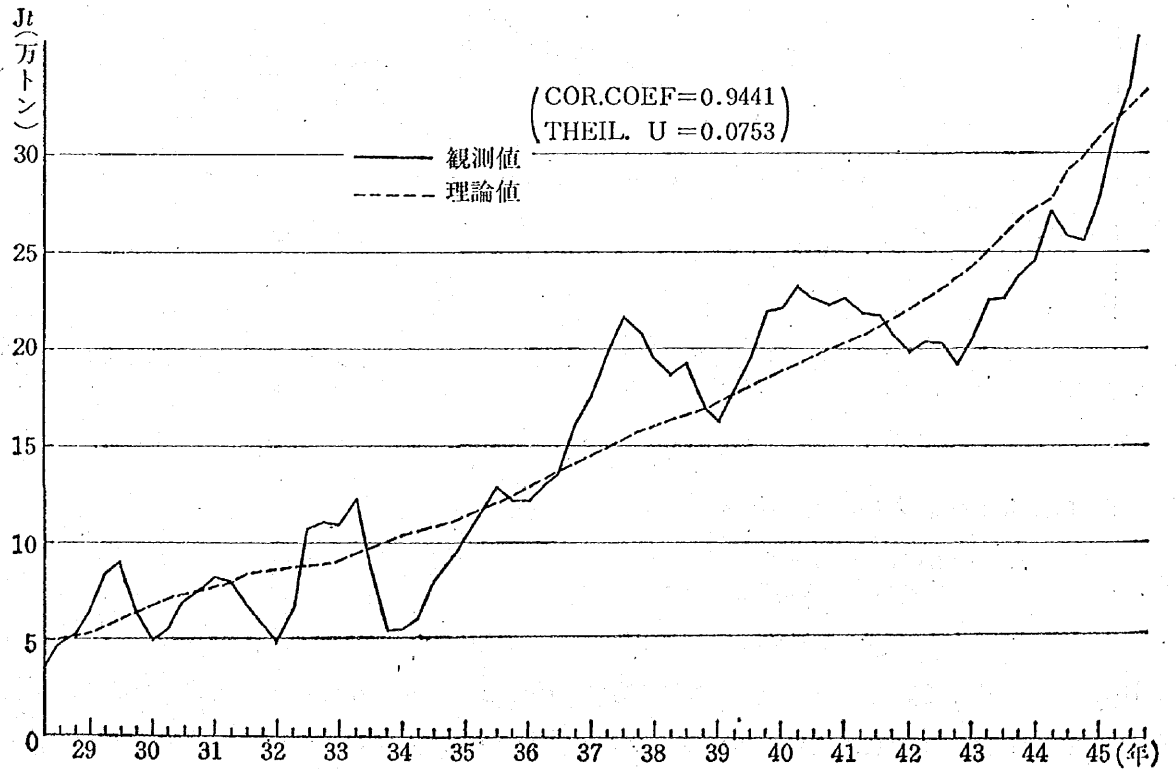
H_{t-1} の係数は理論通り -1 となるよう制約付きの回帰分析を行なった。測定結果の精度は〔図-4.2〕に示した。この測定結果を用いてモデルを運転して在庫ストックのシミュレーションを行なった結果は〔図-4.3〕に示した。

紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル

〔図-4.2〕 METZLER タイプ・モデルの生産量決定関数

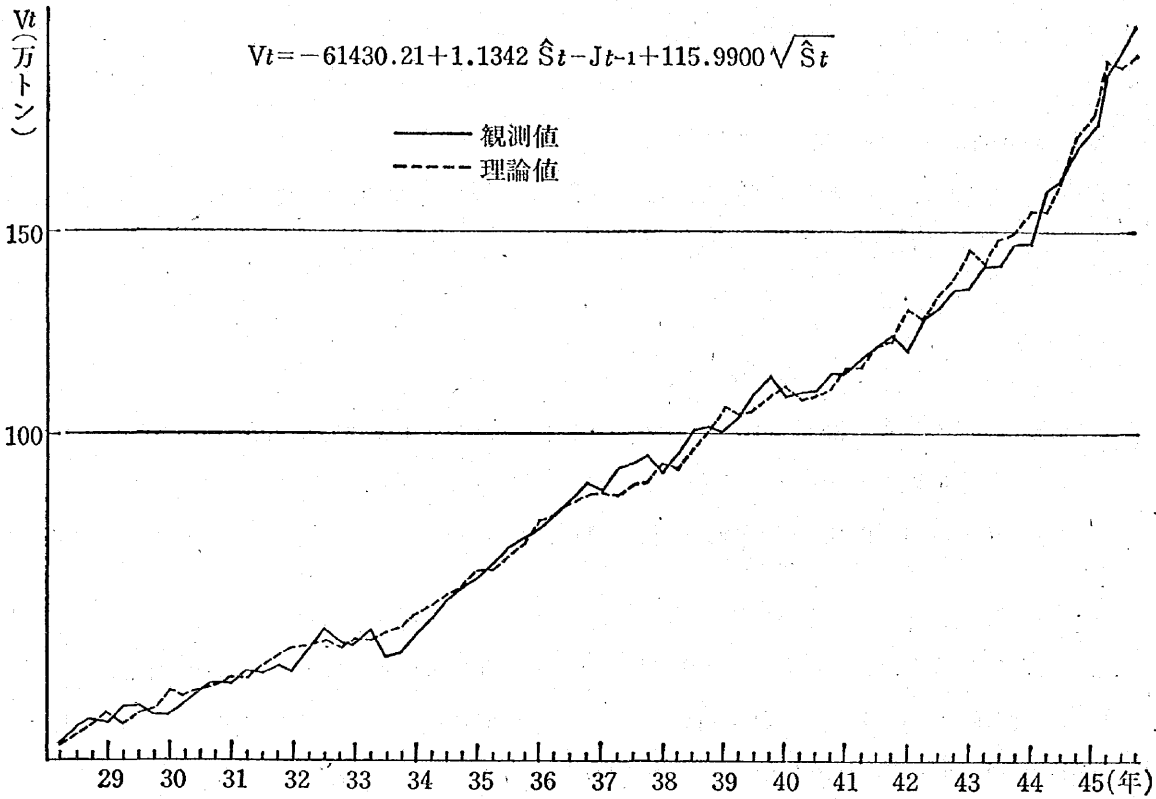


〔図-4.3〕 METZLER タイプのシミュレーションによる在庫ストック (Jt)

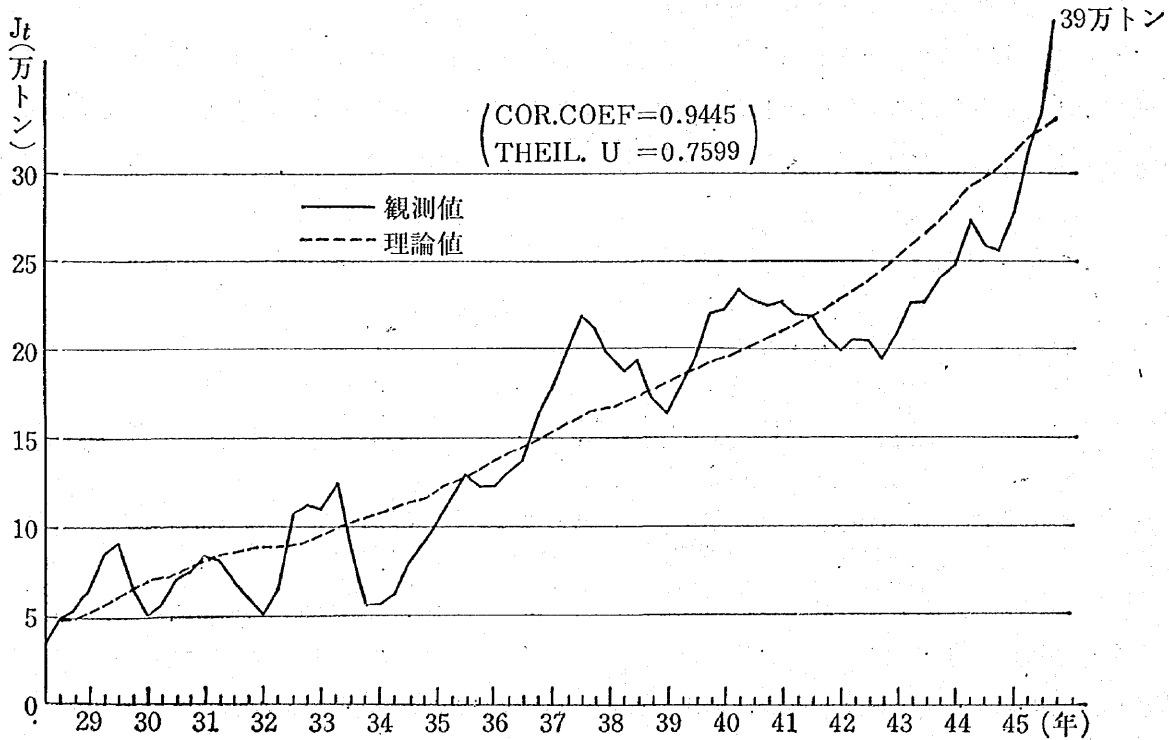


紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル

〔図-4.4〕 WHITIN タイプ・モデルの生産量決定関数



〔図-4.5〕 WHITIN タイプ・モデルのシミュレーションによる在庫ストック (Jt)



なお、参考までに、上記測定式の第3項の係数に関する制約を解除して計測した結果は、期待されたのとは反対の符号条件を示している。

4.6 Whitin タイプ・モデルの測定

Whitin タイプの生産量決定関数を、前述の基本モデルの特定化のままで測定した結果は、下記のように、理論通りの符号条件を満たしているが、フィットが悪い。

$$V_t = S_t^* - H_{t-1} + 188.2897\sqrt{S_t^*}$$

(26.1270)

$$\bar{R} = 0.8962, \quad d = 0.6459$$

これは、回帰を行なう際に、あまりに多くの制約を課さざるを得なかったことによる当然の結果である。これらの制約を解除した下記の計測結果の方が精度は、はるかに高い。

$$V_t = -61430.21 + 1.1342S_t^* - H_{t-1} + 115.9900\sqrt{S_t^*}$$

(0.6900) (10.8413) (0.5910)

$$\bar{R} = 0.9967, \quad d = 1.4134$$

この計測は第3項 H_{t-1} の係数についてだけ、 -1 の制約を課している。この計測結果は、〔図-4.4〕に図示した。また、これを用いてモデル・シミュレーションで在庫ストックの予測を行なった結果は〔図-4.5〕に示した。

4.7 Modigliani タイプ・モデルの測定

Modigliani タイプ・モデルの測定には、分布ラグ・ウェイト (w_i, y_i) を仮定しなければならない。適当なウェイトの構造を見つけ出すことは長い試行錯誤の探索を要する。現在までのところ、私の分析の限りでは、下記のパスカル分布が比較的有効のようにみえる。

$$w_i, y_i = \frac{r+i-1}{i} (1-\lambda)^r \lambda^i$$

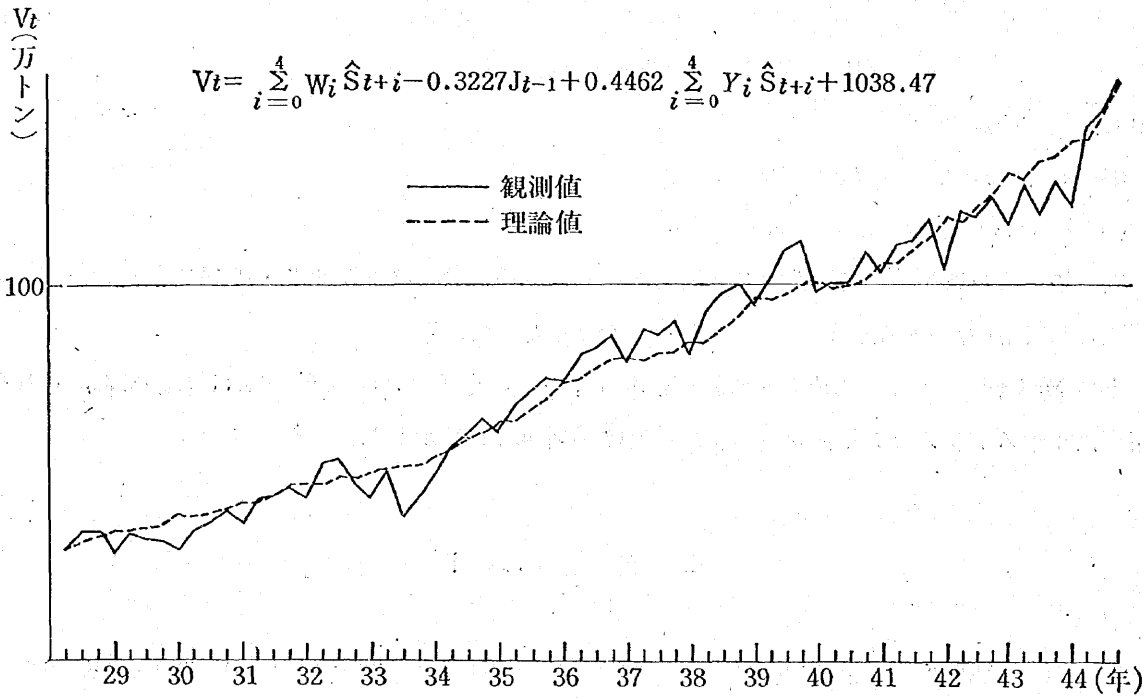
〔表-4.1〕 2次 ($r=2$) のパスカル分布 $y_i = \frac{r+i-1}{i} (1-\lambda)^r \lambda^i$

$\lambda \backslash i$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
0	0.64	0.49	0.36	0.25	0.16	0.09
1	0.256	0.294	0.288	0.25	0.192	0.126
2	0.0768	0.1323	0.1728	0.1875	0.1782	0.1323
3	0.02048	0.05292	0.09216	0.125	0.13824	0.12348
4	0.00512	0.01587	0.04608	0.07813	0.10368	0.1080

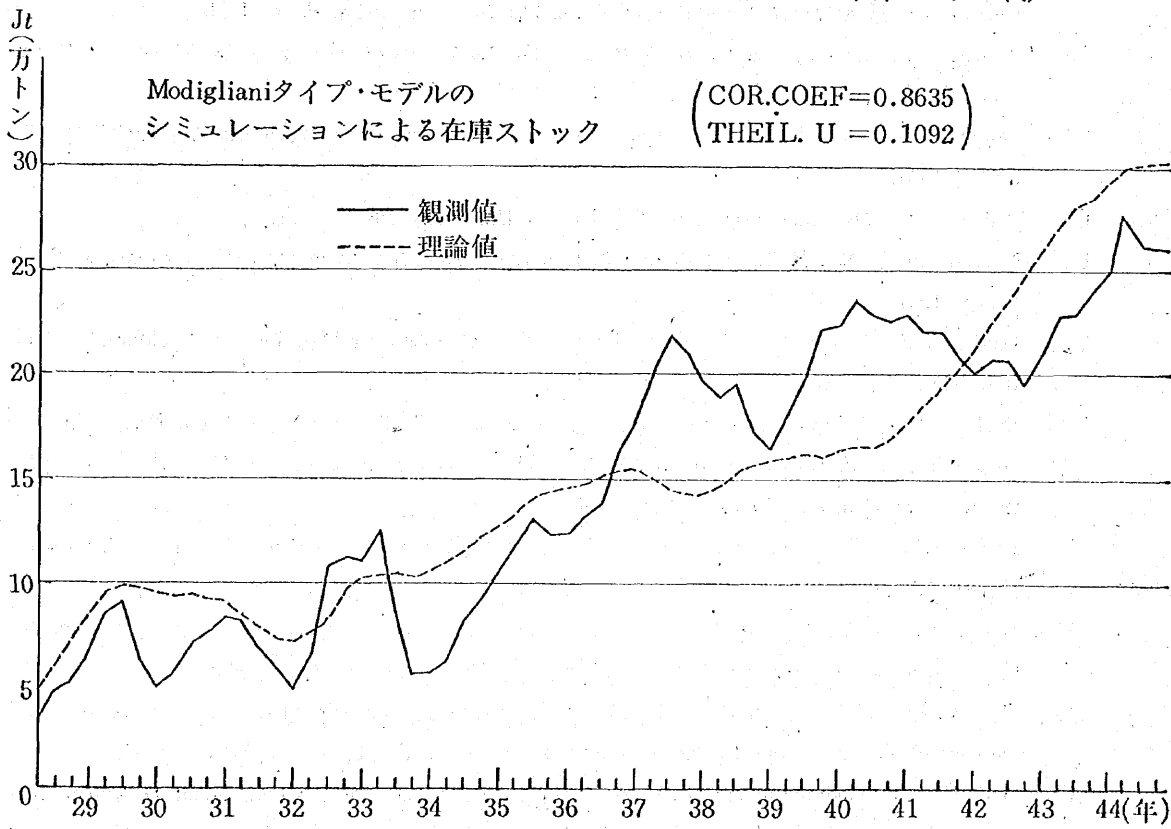
Modigliani タイプ・モデルの測定は、 w_i, y_i 2つのパスカル・ウェイトの組合わせと各係数の制約の課し方によって 50 ケース以上の組み合わせの測定を試みたが、下記のケースが採用された。

紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル

〔図-4.6〕 MODIGLIANI タイプ・モデルの生産量決定関数



〔図-4.7〕 MODIGLIANI タイプ・モデルのシミュレーションによる在庫ストック (J_t)



$$V_t = \sum_{i=0}^4 w_i S_{t+i} - 0.3227 H_{t-1} + 0.4462 \sum y_i S_{t+i} + 1038.47$$

(43.8761) (0.1190)

$$\bar{R} = 0.9833, \quad d = 1.3893$$

但し、上の測定では

- (1) w_i は $r=2, \lambda=0.7$ のパスカル分布
- (2) y_i は $r=2, \lambda=0.2$ のパスカル分布
- (3) 第2項の係数 -0.3227 は4.2節で計測した調整係数をアプリアリ・インフォメーションとして用いた(そのため、パラメーターの t 値は記入してない)。

上の Modigliani タイプの生産量決定関数のフィットの様子は〔図4.6〕に示した。また、これを用いた在庫ストックのシミュレーション結果は〔図4.7〕に示した。

5. 文献リスト

- 〔1〕 Anshen, Melvin, Charles Co Holt and F. Modigliani, John Muth and Herbert Simon, "Mathematics for Production Scheduling," *Harvard Business Review*, March 1958.
- 〔2〕 Arrow, K.J., "Historical Background," Chapt. 1. in Arrow and Others ed., *Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production*, Stanford University Press, 1958.
- 〔3〕 Arrow, K.J., Karlin, S., Scarf, S., *Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production*, op. cit.
- 〔4〕 Baumol, J.W., "The Transaction Demand for Cash: An Inventory Theoretic Approach," *Q. J. E.* LXVI, 1952.
- 〔5〕 Bellman, R., "Dynamic Programing," Princeton University Press, 1957.
- 〔6〕 Churchman, C. W., R. L. Ackoff and E. L. Arnoff, *Introduction to Operations Research*, N. Y. Wiley, 1957.
- 〔7〕 Davis, C. R., "Methods of Finding Minimum Cost Quantity in Manufacturing," *Manufacturing Industries*, IX, 1925.
- 〔8〕 Darling, P.G., "Manufactures Inventory Investment, 1947-58," *A.E.R.*, Vol. 49, Dec. 1959.
- 〔9〕 Dvoretzky, A., J. Kiefer and J. Wolfowitz, "The Inventory Problems: I, Case of Known Distributions of Demand," *Econometrica*, Vol. 20, 1952.
- 〔10〕 Edgeworth, F. Y., "The Mathematical Theory of Banking," *Journal of The Royal Statistical Society*, LI, 1888.
- 〔11〕 Eisner, R. and Strotz, R.H., "The Determinants of Business Investments," Study paper for the Commission on Money and Credit (mimeographed, North Western University)
- 〔12〕 Holt, C. C. and H. A. Simon, "The Control of Inventory and Production Rates: A Survey," *Journal of the Operations Research Society of America*, Vol. 2, No. 3, August 1954.
- 〔13〕 Holt, C.C., F. Modigliani and H.A. Simon, "Some Techniques for the Solution of Dynamic Programing Problems in Production Scheduling," *American Society of Quality Control 10th Annual*

Meeting Transactions, Montreal, June 1956.

- [14] Holt, C. C., F. Modigliani, J.F. Muth, and H. A. Simon, *Planning Production Inventories and Work Force*, Prentice Hall, 1960.
- [15] Holt, C.C., and F. Modigliani, "Firm Cost Structures and the Dynamic Responses of Inventories, Production, Work Force, and Orders to Sales Fluctuations," in U.S. Congress Joint Economic Committee, *Inventory Fluctuations and Economic Stabilization*, Greenwood Press, Connecticut, 1961, reprinted in 1971.
- [16] 桐谷維「最適在庫水準と調整プロセス」計測センター Technical Paper, No. 21, Dec. 1971.
- [17] 桐谷維「最適生産・在庫水準・資本設備および労働力決定の企業モデル」計測センター Technical Paper, No. 23, March, 1972.
- [18] 木下宗七「日本の産業モデル」『日本経済研究センター会報』第174号, 1972年4月15日号
- [19] Lovell, M., "Manufacture's Inventories, Sales Expectations, and the Acceleration Principles" *Econometrica*, July 1961.
- [20] Mack, Ruth P., "The Process of Capital Formation in Inventories and the Vertical Propagation of Business Cycles," *R.E. Stat.* Aug. 1953.
- [21] Mack, Ruth P., "Characteristics of Inventory Investment: the Aggregate and 1st Parts," NBER, *Studies in Income and Wealth*, Vol. XIX, 1957.
- [22] Mack, Ruth P., *Consumption and Business Fluctuations, a Case Study: The Shoe-Leather-Hide Sequences*, National Bureau of Economic Research, 1958, pp. 242-248.
- [23] Mellen, G.F., "Practical Lot Quantity Formula," *Management and Administration*, X, 1925.
- [24] Metzler, L.A., "The Nature and Stability of Inventory Cycles," *R.E. Stat.*, Vol. 23, Aug. 1941.
- [25] Metzler, L. A., "Factors Governing the Length of Inventory Cycles," *R.E. Stat.*, Vol. 29, Feb. 1947.
- [26] Mills, Edwin S., "Fluctuations, Uncertainty and Inventory Fluctuations," *R.E. Stud.*, Vol. XXII (1) No. 57, 1954-55, pp. 15-22.
- [27] Mills, Edwin S., "The Theory of Inventory Decisions," *Econometrica*, Vol. 25, No. 2, April, 1957, pp. 222-238.
- [28] Modigliani, F., "Business Reasons for Holding Inventories and Their Macroeconomic Implications," *Studies in Income and Wealth*, Vol. XIX, 1957, pp. 495-511.
- [29] Modigliani, F., and Cohen, K.J., "The Role of Anticipations and Plans in Economic Behavior and Their Use in Economic Analysis and Forecasting," *Bureau of Economic and Business Research*, Univ. of Illinois, 1961.
- [30] Moriguchi, Chikashi, *Business Cycles and Manufactures Short-Term Production Decision*, North Holland, 1967.
- [31] Owen, H.S., "How to Maintain Proper Inventory Control," *Industrial Management*, LXIX, 1925.
- [32] Scarf, H., "The Optimality of (S, s) policies in the Dynamic Inventory Problems," chap. 13, in Arrow, K.J., and others ed., *Mathematical Methods in the Social Sciences*, 1959.
- [33] Scarf, H., D. Gilford and M. Shelly ed., *Multistage Inventory Models and Techniques*, Stanford Univ. Press, 1963.
- [34] 新開陽一「わが国製造業の製品在庫投資」季刊理論経済学, Aug. 1972.
- [35] Theil, H., *Economic Forecasts and Policy*, North-Holland, 1958.

紙パルプ産業の在庫・生産決定モデル

- [36] 鳥居泰彦, 「紙パルプ産業」, 日本経済研究センター会報, 136号, 1970年9月15日
- [37] Van de Panne, C., and Averink, G.J. Aeyelts, "Imperfect Management Decisions and Predictions and Their Financial Implications in Dynamic Quadratic Cost Minimization," *Statistica Neerlandica*, Vol. 15, 1961, pp. 293-317.
- [38] Wagner, H.M., and T.M. Whitin, "Dynamic Version of the Economic Lot Size Model," *Management Science*, Vol. 5, 1958.
- [39] Whitin, T.M., *The Theory of Inventory Management*, Princeton Univ. Press. 1953.
- [40] 高田修・鳥居泰彦「紙の価格算出について」 Mimeographed, 1972年10月。

(経済学部助教授)