

資源と環境と経済成長

システム・ダイナミクス手法によるマクロ経済分析

堀 比 呂 志 著

至 誠 堂

＜著 者 略 歴＞

堀 比呂志（ほりひろし）

- 1928年 金沢に生れる
1953年 東京大学電気工学科卒
同年関西電力KKに入社
1960年 経済企画庁に出向
～63年 経済白書の作成に従事
1965年以降 関西電力企画部で経済調査・海外調査を担務
1974年 同上ニューヨーク事務所長

資源と環境と経済成長

定価は箱に表示
してあります。

昭和49年2月25日 第1刷発行

著 者 堀 比 呂 志

発行者 出 光 宏

発行所 東京都千代田区 株式 至誠堂
鍛冶町 1-3 会社
電話 東京 (256) 8121
振替 東京 97579 郵便番号101

検印廃止 © 1974

信陽堂印制／清進社製本
0033-740202-3012

は じ め に

それまで経済学の匂もかいだことのなかったわたくしが、たちまちその魅力にとりつかれたのは、そう昔のことではない。たしか昭和35年の春、関西電力の電気屋だったわたくしは、突然、経済企画庁へ出向を命ぜられ、その日から、口の悪い人なら「魅力どころか、泥沼に足をつっこんだ」といわれそうな毎日が始まった。

当時は岩戸景気の実最中で、貿易自由化を目前にして、日本中が、わき立つような活気にあふれていた。そして、右も左もわからぬわたくしに押しつけられたのは、奔馬のように荒れ狂っていた民間設備投資の分析であった。その当時、文法も辞書のひき方も知らないで洋書を読むような調子で経済書を読みあさりながら、頭の片すみではまったく別のことを考えていたようだった。そして、興味の中心が設備投資より景気循環そのものに移っていくにつれ、その考えも次第に形をあらわし始めた。それは、従来の分析手法とは違った、なにか新しい、強力な手法があるはずだという確信だった。「素人ほど怖いものはない」というが、まさにそのあてはまる状態だったと思う。下北沢から役所に通っていたわたくしは、あの代田2丁目へ下る坂を毎日登り下りしながら、「なにかあるはずだ。なにかあるはずだ」と独り言をいい続けていたことを、いまでもはっきり思い出す。そして、これにはまったく根拠がないわけでもなかった。それまで扱い慣れた電気現象と経済現象は、時間に対して複雑に循環変動するという点では、非常によく似ている。

一方は一瞬のうちに起こり、他方は、3～4年あるいは10～20年かかって変化するというように、変化の早さは異なるが、これは本質的な問題ではない。そして、もしこの両者の類似点をうまくつなぎ合わせることができれば、電気の分析に役立った手法を経済現象の分析にも適用できるのではないか。たぶん、無

意識のうちに、こんな胸算用をやっていたのだと思う。電気現象の分析を非常に発達させた思考方法の1つは、feed-back という概念である。1秒の何億分の1のあいだに起こる現象でも、それをよく観察すれば、まずある現象が起こり、それがある基準で評価され、その評価の結果が feed-back されて、次の現象の変化する方向を規制するというメカニズムに分解できる。

そして、ある基準からの偏差をますます拡大する方向に feed-back (電気ではこれを positive feed-back と呼ぶ) すれば、わずかな変化がたちまち無限大に拡大される。また、偏差を縮める方向に feed-back (negative feed-back) すれば、その基準値に収斂するか、あるいはその近辺を循環変動するというように、feed-back の正負や、その強さ(増幅率)が、電気現象の変動特性を決定する。おそらくカラーテレビでも、宇宙通信でも、分解していけば、このようなメカニズムの集合と考えられることが可能であるはずだ。

「需要が増えるから設備投資をやり、設備投資をするから需要が増える」これは疑いもなく positive feed-back 現象であり、価格変動や、在庫変動は、どうも negative feed-back 現象らしいということは、すぐ気がついた。

ただ、これをどうやって、経済全体のメカニズムに積み上げていけばよいのか見当がつかない。そして、なにより困ったのは、たとえモデルができて計算不可能だろうということであった。このような feed-back system を含んだモデルでは、必然的に高次の微分方程式になる。ところが、これを解く場合1階の微分方程式なら、普通の算術と大差ないし、2階になっても10分くらいで解けるが、3階になると相当大へんになり、4階以上になると、もうほとんど計算不可能に近くなる。これは実は大学の卒論で4階の微分方程式を解くため、毎日10時間計算して3カ月以上かかり、結局、時間がなくなって、満足なレポートができなかった、いわば体で学びとった結論でもあった。ところが、なんとか苦勞して景気循環モデルを作るとどうしても5階以上の微分方程式になってしまう。

たしかあとで「転型期白書」とあだ名をつけられた37年度の経済白書のスケルトンを討議している時だった。少し経済がわかりかけてきて、生意気盛りだ

ったわたくしが、「ヒックスやサミュエルソンのモデルでは、幼稚過ぎて使いものにならないので、自分で1つ作ってみようかと思います」と発言したら、当時、課長だった穴戸寿雄さんが、例によってにやにやしながら、「まあやってもいいが、計算の方は大丈夫だろうね」と一番痛いところを突いてこられて、返答に窮したことがあった。

この時はたまたま東大の航空研究所にいた友人を訪問したことが契機となって、そこのアナログコンピューターを使わせてもらえることになり、もうきちがいのように計算に計算を重ねた。

いまからみれば、ずい分乱暴な分析だが、「成熟期に達した民間設備投資」という表題で企画庁の経済月報に発表した論文は、こうして出来上がったものだった。

このアナログコンピューターは、非常に面白い、すぐれた計算機だったが、精度があまり高くないので、定性的な分析にはよいが、定量的な計算には不向きなことで、10階くらいの微分方程式を解くのがせいっぱいという計算能力の限界があった。そして、それが、わたくしの試みたマクロモデル分析の限界でもあった。

それから何年かたち、日本経済が再び40年の不況に落ちこもうとしている頃、関西電力の調査課に帰ったわたくしは、企業経営というミクロの面から日本経済の将来を考えてみようと、自分なりにいろいろ苦心していた。そのころ新しい特殊なコンピューター言語として紹介されていた“DYNAMO”をふと使ってみようかと思いたち、この“DYNAMO”からさらにその生みの親である“Industrial Dynamics”を知って、非常に強い衝撃を受けた。それまで何年かの間、わたくしのなかに巢食い、次第に大きく育ち始めたなものかの正体が、こんなに鮮明に、かつ徹底的に他人の手で画きだされていたことに対する驚きと、口惜しさと賞賛の入り混った感情だった。これはマサチューセッツ工科大学の Forrester 教授を中心として、経済現象を、Information feed-back system として理解し、分析しようとして築き上げられた1つの学問体系である。もちろん、まだ生れて日が浅く、学問としての理論体系はまだ充分整備さ

れていないし、それにたずさわる学者の数も、そう多くない。しかし、わたくしは、いま全盛をきわめているエコノメトリックスに匹敵するものであることを信じて疑わなかった。

“DYNAMO”によって、これまで重くのしかかっていた計算能力の制約は、ほとんど完全に解消した。50階、100階の微分方程式が楽々と解けるということが、どんなに革命的な事であるかは、わたくしのように、その計算に苦勞したものでないと理解できないかもしれない。“DYNAMO”を使った簡単な試算に成功した時、“さあこれからなんでも計算できるぞ”と、丁度、子供の頃、思いがけない多額のおこずかいをもらった時のような、奇妙な期待感をこめて、体のなかから突き上げてくる喜びをいまでもありありと思い出す。

それからあのことは、本文を読めばわかっていたいただけると思う。

この本は、日本経済を論じているようにみえる。しかし、素人のわたくしが、ちょっと分析したからといって、それで日本経済を論ずる資格ができたなどと、思い上っているわけではない。ただ、なんとかして日本経済のマクロモデル分析を通じて、経済現象に対する1つの思考方法あるいは分析方法を説明したかった。人間は大学を出る頃までの頭の柔い時に覚えた思考方法が体の一部となって固定化し、対象がどんなに変化しても、ほとんど本能的にその思考方法で考えようとするのではないだろうか。

数学・物理・工学が、お互いに影響をおよぼし合いながら、新境地を開いていった例は数限りなくある。経済学においても、近代経済学やエコノメトリックスは、経済学と数学の結びつきによって生まれたという見方ができよう。

そして、わたくしの分析が、たとえ視野が狭く、独断的で、かつ幼稚なものであっても、そこには、異質な思考過程があり、それが、経済学に新しい血をそそぎ込むのに少しでも役立てば、わたくしにとってこのうえない喜びなのである。

この本は、日興リサーチセンター理事長穴戸寿雄氏の励ましがなかったら、とても日の目をみるができなかったに違いない。氏はわたくしに経済学のイロハから教えて下さった恩師であり、本書の内容についても貴重な数多くの

コメントをいただき、さらに第7・8章のシミュレーション分析に際しては、非常に多くの便宜を与えて下さった。

また、乱暴で難解な原稿を判読し本にまとめ上げて下さった至誠堂社長出光宏氏および菅原幸一氏には、どれだけ感謝してよいかわからない。

原稿の執筆がしばしば深更におよび、あるいは翌日の会社の業務に支障をきたした恐れも少なくないが、それを暖く容認し、さらに分析結果について討論し、指示を与えて下さった関西電力社長吉村清三氏、副社長上野幸七氏はじめ、上司、同僚諸兄およびモデルの作成とシミュレーション結果の整理に力をかしてくれた高塚昭壽、武田壽夫の両君にこの場所をかりて深く感謝の意を表したい。

この本を1970年の真夏のある日急逝した亡き母に捧ぐ

1973年12月31日

堀 比呂志

目 次

はじめに

第1章 経済分析の基本的な考え方 3

第1節 時間の認識 5

第2節 連続性 9

第3節 経済変数の慣性 (Time delay) 12

第4節 インフォメーション・フィードバック・
システム 25

第2章 S・D 手法の概要 33

第1節 インフォメーション・フィードバック・
システムの基礎理論 35

第2節 簡単な試算例 44

第3節 エコノメトリック手法との比較 53

第3章 日本モデルの個別構造方程式 69

第1節 在庫投資関数 74

第2節 民間設備投資関数 87

第3節 輸入関数 122

第4節 個人消費関数 132

第4章 クローズドモデルの特性 139

第1節 基本循環変動特性 140

第2節 クローズドモデルを実績の成長経路に
近づけるための条件 160

第5章	戦後日本経済の評価	175
第1節	神武・岩戸景気における輸出の役割	176
第2節	転型期論の評価	178
第3節	40年不況の特殊性	182
第4節	41～45年高成長期の評価	185
第5節	フィスカルポリシーの効果とその限界	189
第6章	中期経済予測の実績	193
第1節	これまでの予測実績	194
第2節	「円切り上げ」のメカニズムについて	201
第7章	環境と経済成長	209
第1節	環境モデル	210
第2節	環境モデルと経済モデルの結合	225
第3節	環境問題と経済成長	235
第8章	資源と経済成長	249
第1節	検討すべき問題点	250
第2節	エネルギーモデル	253
第3節	石油供給削減に対する緊急対策とその効果	259
第4節	石油資源と長期経済戦略	268
付録	日本経済のマクロモデルに組込まれたマクロ関数	279
	参考文献	
	むすび	

資源と環境と経済成長

システム・ダイナミクス手法
によるマクロ経済分析

第1章 経済分析の基本的な考え方

経済現象をいかに観察し、またそれをどのように評価するかは、人によって千差万別であろう。身近な現象を精密に観察する方法、全体を大局的にとらえる方法、あるいは経済現象を確率変数として眺める方法、またそれを評価する立場も、社会正義、効率性、あるいはその法則性や論理性等、実にさまざまな組合せがある。

そして多くの経済理論や分析手法も、そのもとをたどっていくと、結局、観察方法とその評価基準の差異に帰せられる場合が多い。

したがって、新しい分析手法をこれから展開しようと試みる以上、まず、経済現象をどのように観察しようとするのか、いかなる点に重点をおき、そこをどんな風に拡大して眺めようとしているかを、明らかにしておかねばならない。

考え方の特徴を浮きぼりにするため、エコノメトリック手法との対比をしばしばもちいることにしたい。

エコノメトリックスはすでに30年以上の歴史をもち、学問的にも非常に整備されているばかりでなく、実際に経済政策を決定する道具として、アメリカをはじめとして、特に日本においてはなばなく活用されている。

エコノメトリックスをめざして天下の俊英が集まり、いまその全盛期を迎えつつあるといっても過言ではない。胸をかしていただくには、これほどたのもしい相手はないわけである。

エコノメトリックスの考え方については、読者はすでによく御存知と思うが、わたくしなりに、要約してみると次のようになる。

経済現象を計量的にとらえる手続きを大別すれば、

- ① 多くの経済変数が、相互にどのようなメカニズムで影響し合うかを数式群つまりモデルで表現する。

② 次にこのモデルに使われているパラメーターにいかなる値を与えるのがもっとも合理的であるかを決定する。

③ このモデルを使い、適当な予測条件のもとで、経済変数の将来値を計算(予測)する。

に大別できる。

エコノメトリックスは、このうち②にあたるパラメーターの決定を非常に能率的に行なえるように工夫された手法といえよう。このため、統計学や推計学の理論が大幅に導入され、単にパラメーターの推定 (estimation) が能率的、かつ組織的に行なえるばかりでなく、それがどの程度、信頼できるかの検証 (Verification) も同時に達成できるように、きわめて精巧かつ強力な理論体系が形成されている。

しかし、この理論体系を高く築き上げていくためには、次のようないくつかの礎石が必要であった。これらの礎石は普通誤差項に関する仮定という形で表現される場合が多いが、これを経済変数そのものの性質に対する仮定というように拡張解釈してもよいであろう。

いま C (消費) と Z (所得) という 2 つの経済変数が次の 1 次式であらわせる と仮定した場合、 α および γ がパラメーターで、 μ_t が誤差項である。

$$C = \alpha + \gamma Z + \mu_t$$

この時の誤差項 μ_t に関する仮定は次の通りである。

- ① μ_t は確率変数である。
- ② すべての t において μ_t の期待値は 0 である (t は必ずしも時間を意味しない)。
- ③ μ_t の分散は時間を通じて一定である。
- ④ μ_t は正規分布をしている。
- ⑤ 異なる時期の μ_t は相互に独立である。
- ⑥ μ_t は経済変数 (Z) と独立である。

以上 6 つの仮定は、必ずしも常に同時に成立しなくてもよいが、成立しない仮定があれば、それに応じて家の建て方を変える必要が生じてくる。そしてこ

の中で一番基本的なものは、④の μ_t は確率変数であるという仮定で、いいかえれば、われわれをとりまく、すべての経済現象は、たまたまそんな姿をしているがそうでない場合もあり得る、一種の確率変数であり、したがって、そのような確率変数相互の関係も、つねに確率的にしかとらえることができないという仮定である。

なぜ最初に礎石という普通ならば土にかくれて眼にみえない部分を問題にするのかといえば、実は、これから展開する分析手法は、エコノメトリックスとほとんど同じ目標を狙っているのにかかわらず、その基礎の構造が根本的に異っているからである。そして理論体系や、実際の分析手続きの差異もこの礎石の違いに由来するところが少なくない。したがって、なぜ、エコノメトリックスで使ったものとは異った礎石を必要としたのか、それはどのような構成物からできているかという点について、まず述べてみようと思う。

第1節 時間の認識

物理学では、まず時間と空間の定義から始めるのが普通である。たとえば時間を例にとれば、それは必ずしも過去から未来永劫にわたって一定の時を刻んで進行するものでなく、相対性原理によれば、そのテンポはかなり伸縮自由なものらしいし、過去・現在・未来という時間のもつ不可逆性すら、素粒子論によれば、あやしくなる。

しかし、いまここで時間を経済現象の基本的な考え方の第1にとりあげたのは、そんなややこしい意味があるからではない。あらゆる経済現象は、時間に伴って発生するという当然すぎるものが、当然すぎるがゆえに、とかく従来の経済学では、軽視されがちであることを指摘したいからである。経済量は、石や水のように時間と独立した量ではなく、必ずある単位時間に行なわれた事、あるいはある時間までに行なわれた事を意味する。いいかえれば、あらゆる経済変数は、時間の関数であり、これほど時間と不可分な現象をとり扱う学問は、物理・工学の分野においても、そう多くはない。

しかし、従来の経済学では、時間以外の要素については、実に精緻で周到な分析と、理論構成をもっているにもかかわらず、時間との関係については、いかにもあいまいなものが少なくない。

おそらく経済学では、時間に関して、議論するまでもないある常識的な見方が確立しており、特にそれをことわらなくても、暗黙のうちに、理論の仮定に含まれているのではないかとすら思われる。たしかに、経済現象の定性的な分析では、それで充分であり、むしろ混乱を避け、すっきりとした理論となる場合も少なくない。しかし、経済現象を定量的に、現実の問題として正確にとらえようとする、その時間に対する関係をどうしても無視できなくなり、むしろ時間を超越した抽象論が、いかにも難解で、奇異なものに感じられてくる。

たとえば、近代経済学の始祖ともいうべきケインズの有名な乗数理論を取りあげてみよう。

いま、投資 I と消費 C から成立つモデルで、下式のように限界消費性向 α が一定という特性をもつものと仮定し、

$$\begin{cases} Y = C + I & (1-1) \\ \Delta C / \Delta Y = \alpha \text{ (一定)} & (1-2) \end{cases}$$

もし投資が ΔI だけ増加すれば、その影響が年々波及拡大して Y は結局その乗数倍 $k \times \Delta I$ だけ増大する。ただし、乗数 k は、限界貯蓄性向 $(1-\alpha)$ の逆数に等しい、というのが乗数理論の大意である。

もし限界貯蓄性向が 0.2 の経済では、投資を 1 増やせば、その 5 倍の需要増が生ずるというわけである。そして、このようなことが起こるメカニズムとしては、次のように最初の時点の投資増分 ΔI が次の時点ではその α 倍、次の時点にはそのまた α 倍といふように、次つぎと波及していくからであると説明されている^{*}。

期間	0	1	2	3
	ΔI	$\alpha \Delta I$	$\alpha^2 \Delta I$	$\alpha^3 \Delta I \dots\dots\dots$

いまこれを合計すると、

* 熊谷尚夫著『現代経済学入門』

$$\text{増分} = \Delta I + \alpha \Delta I + \alpha^2 \Delta I + \dots$$

$$= \Delta I (1 + \alpha + \alpha^2 + \dots)$$

$$= \Delta I \frac{1}{1 - \alpha}$$

$$= \Delta I \times k$$

$$\text{したがって, } k = \frac{1}{1 - \alpha} \quad (\text{ただし, } \alpha < 1)$$

この理論は算術としては決してむづかしくないし、また経済変化の波及のメカニズムとしても理解しやすいような気がする。しかし、現実問題として、一体、1回波及するのにどれくらい時間がかかるのかと考え出すとさっぱりわけがわからなくなる。単位時間、たとえば1年間に無限回の波及過程がくり返されるのならば問題ないが、もし、1年にせいぜい2回くらいしかくり返さないのなら、1年間で観察するかぎり、 $k = (1 + \alpha)$ 、また1年で1回なら、 $k = 1$ となり、乗数の現実値は騒ぎだてるほど大きくはならない。逆に乗数が小さくても、波及速度が非常に早い経済では、1年間で観察すれば、ほとんど乗数の理論値に近いところまで乗数効果が現われるかも知れない*。

いずれにしても、無限の時間をかけた場合の理論値として、乗数はたしかに存在するが、現実の経済では、その波及速度いかにによって乗数効果は大幅に変化し、したがって、乗数を限界消費性向 α からむづかしい理屈をつけて説明する意味がほとんど失われてしまう。

もう1つの例は価格理論である。これは普通、需要Dと供給Sが、いずれも価格Pの関数であり、これが市場を通じて、

$$D(p) = S(p) \quad (1-3)$$

という価格に決定されるという理論体系を持つ。これが1財より多財の関係に拡張され、さらに最適資源配分のメカニズムがつながる非常に興味深く、かつ華麗な理論に発展していくのであるが、その出発点となる1財の価格メカニズムについて考えてみよう。

わたくしの素朴な疑問は、はたして(1-3)の式であらわせるような均衡

* エコノメトリックモデルで、この乗数の計測が行なわれているが、その計測は、何回の波及過程を総合したものかわからない。