

供給制約問題への 産業連関表・数理計画によるアプローチ

長岡 貞男

1. 供給制約問題

48年秋の石油危機以来の経済動向は、多くの新しい問いを計量分析家たちに投げかけている。多くの計量経済モデルは、石油危機以来の超インフレーション、個人消費・民間設備投資の極端な不振を説明しきれず、“石油危機ダミー”を導入せざるを得ない状態になっている。従来の計量モデルがケインズ流の需要決定型であり、供給面での制約が経済系のダイナミズムに一定の役割をはたすような仕掛けになってはいないことを考えれば、これはむしろ当然の結果と言えよう。

現在日本経済は、大幅な需給ギャップ（超過供給）に悩んでいることから有効需要原理の復活が見受けられる。しかし、海外資源の突発的な供給制約の可能性は、今後も少なからず残るし、また、“安定成長路線”への軟着陸は有効需要原理によるとしても、“安定成長路線”そのものは供給力原理でその性格がきまるものと考えられる。したがって、供給面での制約に重みを置いたモデルが、緊急時対策の一環としても安定成長路線を模索する道具としても必要とされているわけである。

われわれもこうした問題意識にたって供給条件先行型モデル、あるいは供給志向モデルなるものが考えられないかと構想を立案中である。この論文で紹介するのは、産業連関表と数理計画法（線形計画法と2次計画法）なる従来からしばしば使

用されてきた、いわば旧い方法で供給制約の問題にどんなアプローチが可能であるかを検討した結果である。ただしここで披露する見解は公式のものではなく、筆者個人のものであることを付記しておきたい。

2. 産業連関表・数理計画によるアプローチの位置

供給制約が短期・急激なものであれば、対応策は危機管理的な性格をおびるだろうし、長期・緩慢なものであれば、対応策は通常の経済あるいは産業政策の枠に入るだろう。すなわち、供給制約への対応策は制約の動的性格により異なるが、動的な問題はひとまず措き、比較静学的な立場から対応策のあり方を検討する。こうして得られた最適解は、動的対応策の目標を設定するという意味で重要である。これが、連関表・数理計画による供給制約問題への接近法の大まかな位置づけだろう。

静学的なアプローチであるため、たとえば、緊急事態に陥ったとき、石油消費の慣性がどの程度あり、消費規制や備蓄掃き出しのタイミングはどうあるべきかなどの問題には役に立たない。こうした対応策の動態的なあり方を検討するには、当然供給志向の動的なモデルの開発が必要であるが、緊急事態下での石油消費の慣性の大きさなどについて事前的な見積りを行なうことはきわめて困難であるため、このモデルはこうした事態下での情報収集システムと結びついた適応型のものに

ならざるを得ないだろう。

3. 概念的枠組み

■供給制約に対処するには、技術構造が一定であるとするれば、需要調節によるほかはないが、需要調節の仕方が一義的であるというわけではない。ある経済社会が選ぶことのできる需要構造、あるいは、メニューの総体を需要可能領域 (Demand

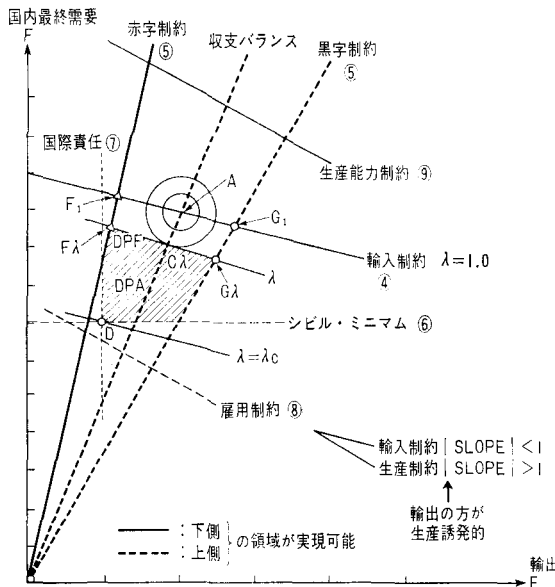


図 1

図 1 は需要可能領域 DPA, 需要可能辺境 DPF を概念的に例示している。ここでの供給制約の要因は輸入である。図中の英字で

A は、現状のメニュー

D は、最低メニューで

輸入量→最小なる線形計画問題 (LP) の解

G_λ は、生産あるいは所得を重んずるメニューで
所得→最大なる LP の解

F_λ は、最終需要 (輸出を除く) を重んずるメニューで
最終需要→最大なる LP の解

C_λ は、現状との隔りの少なさを重んずるメニューで
現状の需要構造との隔り → 最小なる 2 次計画法の解

にそれぞれ対応する。

D に対応する、輸入確保率 λ_0 は最小限要求を満たすのに最低限必要な輸入量を示す。 G_λ , F_λ , C_λ は同じ DPF 上に位置する、特徴的なメニュー群である。

Possibility Area: DPA) とよぶことにすれば、供給制約の強化はこうした需要可能領域の縮小を意味する。

図 1 に、後に述べる連関表—数理計画モデルに即して、マクロ的な需要可能領域が例示してある。希少になった輸入資源を無駄にすることがないとしたら、われわれの選択するメニューは需要可能領域の中でも、 F_λ と G_λ を結んだ線上 (仮に、需要可能辺境—Demand Possibility Frontier: DPF) に位置するはずである。したがって供給制約への対応策を求めることは、需要可能辺境上のどのメニューを選ぶかの選択の問題である。広い需要可能領域あるいは需要可能辺境は、経済社会の“遊び”あるいは“余裕”が大きいことを意味し、また政策展開の可能性が大きいことも意味する。

資源輸入制約の厳化にともなって需要可能領域は次第に縮小し、供給制約への対応策は次第に選択の幅を失う。資源輸入供給率 λ が危機的な値 λ_0 になるほど低下すると、需要可能辺境は 1 点 D に退化してしまう。D は最終需要・輸出・雇用等の最小限要求でまいる最低メニューであり、対応する λ_0 は最低限確保しなければならない資源輸入の量を示す。

以下では、供給制約への対応策の分析を、以下の 3 つの部分にわけて述べよう。

(I) 最小限要求を設定して、最低限確保しなければならない輸入資源はどれだけか、対応する産業構造はどんな姿かを解明する。→退化点 D の設定

(II) さまざまな目的関数を試して、選択可能なメニューにどんなものがあるかを明らかにする。→需要可能辺境 DPF の構造の解明

(III) 制約の漸近的な強化にともなって、選択したメニューの内容がどのように最低メニューに接近するかを調べる。→パラメトリックな考察
第 2 節でモデルの構造を述べたあと、(I)、(II)、(III) についてそれぞれ第 3 節から第 5 節で述べることにする。

4. 連関表—数理計画モデルの構造

モデルの構造は産業連関表の表式によって以下
 のようである。

$$\text{需給均衡式} \quad X + M = AX + F + E \quad (1)$$

$$\text{輸入制約} \quad l_i^M \cdot m_i \leq M_i / (AX)_i + M_i \leq u_i^M \cdot m_i \quad (2)$$

$$\text{輸出制約} \quad l_i^E \cdot e_i \leq E_i / X_i \leq u_i^E \cdot e_i \quad (3)$$

$$\text{国際収支制約} \quad \sum M_i - \sum E_i \leq u^{\text{赤字}} \quad (4)$$

$$\text{資源輸入制約} \quad M_{\text{原油}} \leq \lambda M_{\text{原油}}^{45} \quad (5)$$

$$M_{\text{石油製品}} \leq \lambda M_{\text{石油製品}}^{45} \quad (6)$$

$$\text{生産能力制約} \quad X_i \leq u_i^X X_i^{45} \quad (7)$$

最小限要求

$$\text{最終需要制約} \quad F_i \geq l_i^F F_i^{45}, \sum F_i \geq l^F \sum F_i^{45} \quad (8)$$

$$\text{輸出制約} \quad \text{式(3)}, \sum E_i \geq l^E \sum E_i^{45} \quad (9)$$

$$\text{雇用制約} \quad \sum r_i X_i \geq l^R \sum r_i X_i^{45} \quad (10)$$

ただし、式(1)で、 X 、 M 、 F 、 E はそれぞれ国内生産、輸入、国内最終需要、輸出をあらわす活動度ベクトル(56セクター)であり、 A は投入係数行列である。投入係数は45年のものを使用している。また式(2)で m_i 、 e_i は第 i セクターの産業の45年の輸入係数、輸出係数であり、 l_i^M 、 u_i^M は輸入係数の下限、上限を与えている。ほかも同様である。また式(10)で r_i は雇用誘発係数である。

式(5)の資源輸入制約で原油をとりあげたのは、石炭・亜炭、鉄鉱石、非鉄金属鉱石、原油・天然ガス、その他鉱業の5資源部門について同時に45年に対して90%の輸入制約を課した場合、原油・天然ガス制約のシャドウ・プライスが非常に高いという結果を得たからにほかならない。

モデルのパラメータは表1のとおりである。

表1 モデルのパラメータ

α	M	E	F	X	R
l_i^a	0.9	0.5	* 0.7または0.9	** 1.1または1.5	—
u_i^a	1.1	1.5	1.5	—	—
l^a	—	0.6	0.9	—	0.7
u^a	—	—	—	—	—

* 最終需要構成比を参考にして消費型か投資型かで決定

** 全投入の中に占める経済的投入の多少で決定

表2 主要な経済指標 45年(兆円)

総粗付加価値	76.0	0.886
総最終需要	75.7	0.900
輸入	8.2	0.859
原油輸入	0.9	<0.686>
輸出	8.5	0.683
国際収支	+ 0.3	-0.8
総粗生産	161.5	0.817
総雇用	31.7	0.878
総粗付加価値/輸入原油	81.7	1.29

<>印は目的関数を、—印は制約条件が等式で成立していることを示す。右の数値は国際収支を除いて45年の値との比である。

5. 最小限度要求に対応する産業構造

最小限度要求を満たすには、最低限どれだけの原油輸入が必要だろうか？ そして、そのときの産業構造はどんな姿だろうか？

こうした問に答えるには、前節で述べた資源輸入制約（この場合は、石油製品輸入が原油輸入と同調的に困難化するという制約）、国際収支制約、生産能力制約、および最小限要求とを制約条件として、[原油輸入→最小]なる線形計画問題を解けばよい。得られた解の主要な経済指標を表2に示す。

予想されるように、一般に第3次産業は比較優位に、第2次産業は比較劣位になるが、第2次産業の中でも精密機械・輸送機械・印刷出版等は比較優位になるから、選択的な生産調整が必要であることがわかる。シャドウ・プライスが示唆している戦略は、原油含有の多い商品の消費・投資の節約、輸出の抑制、輸入代替、原油含有の少ない商品の輸出振興、国内生産代替である。(表3)

選択的な構造調整の効果は、輸入原油の付加価値生産性の向上で集約的に表現されている：

$$\left(\frac{\text{総粗付加価値}}{\text{輸入原油}} \right)_{\text{最適化}} = 1.3 \left(\frac{\text{総粗付加価値}}{\text{輸入原油}} \right)_{45}$$

6. 供給制約下での選択

6.1 需要可能辺境の構造

資源輸入制約が最小限要求できまる資源輸入の

表 3 シャドウ・プライスの例
輸入代替と国内生産代替努力の価値

部 門 名	シャドウ・プライス	
石 油 製 品	.37	輸 入 代 替
都 市 ガ ス	.07	
電 力	.06	
その他の鉱業	.04	
基礎化学製品	.04	
化学繊維原料	.03	
窯 業 土 石	.02	
化学繊維紡績	.02	

危険値よりも比較的に穏健なものであれば、需要可能辺境はある幅を有し、対応策の選択肢も幅広い。

供給制約に直面して、既存の需要、供給構造を見直して積極的な産業構造の変革で対応していこうとする革新的な態度が一方にあり、産業構造の急激な変化には就業構造の急激な調整など大きな社会的費用を支払わねばならないから、供給制約があってもできるだけ需要・供給構造を変えないで応じようとする保守的な態度が他方にある。前者の態度を代表させるものとして、付加価値合計最大化という目的関数を、後者の態度を代表させるものとして、需要面あるいは供給面で45年値との乖離最小化という目的関数を対応させることができる：

$$\begin{aligned} \text{供給面での現状志向} & \sum (X_i - X_i^{45})^2 \rightarrow \text{最小} \\ \text{変革志向} & \sum v_i X_i \rightarrow \text{最大} \end{aligned}$$

ここで v_i はセクター i の付加価値誘発率である。

8.2 現状志向と変革志向

表 4 に現状志向の最適化ケース G と変革志向の最適化ケース C の主要マクロ経済指標が示してある。

この計算は大分類の連関表(13部門)で行なっているため、原油の輸入制約を鉱産品の輸入制約で置きかえている。

輸入鉱産品の GNP 生産性についてみると

ケース G では

$$\left(\frac{\text{GNP}}{\text{輸入鉱産品}} \right)_{\text{最適化}} = 1.6 \left(\frac{\text{GNP}}{\text{輸入鉱産品}} \right)_{45}$$

表 4 主要マクロ経済指標
(45年実勢値との比較)

	45年(兆円)	ケース G	ケース C
G N P	72.8	<1.15>	0.89
輸 入	8.2	0.82	0.79
輸 出	8.5	0.73	0.70
国 際 収 支	+ 0.3	-5.0	-5.0
総 粗 生 産	161.5	1.02	0.85
総雇用者所得	31.7	1.16	0.89

注) 鉱産品の輸入制約 $\lambda=70(\%)$ (λ 危険値 $=54(\%)$)

ケース C では

$$\left(\frac{\text{GNP}}{\text{輸入鉱産品}} \right)_{\text{最適化}} = 1.3 \left(\frac{\text{GNP}}{\text{輸入鉱産品}} \right)_{45}$$

ケース C においても相当の GNP 生産性の向上があるものの、ケース G に比べるとかなりの改善の余地を残す。

しかしながら稼働率の変化をみると平均で

ケース G では 39%, ケース C では 18% であり、ケース G では生産部門間の優位・劣位の振幅が大きく、就業構造もこれに応じて大きく変えてゆかねばならない。

既存の産業構造の高付加価値化が十分でないため、上に示すように高付加価値化の目標と既存の産業構造からの乖離最小化という目標は両立しない。

7. パラメトリックな考察

7.1 パラメトリックな考察の意義

最適化計算の前提には不確定な仮定(たとえば国際収支制約)が含まれている。少々[・]の[・]仮[・]定[・]の[・]変[・]動[・]によってあまり性格を変えないたくま[・]し[・]さ[・]を[・]解[・]が[・]有[・]し[・]て[・]い[・]る[・]こ[・]と[・]が[・]、[・]解[・]の[・]現[・]実[・]性[・]の[・]必[・]要[・]条[・]件[・]で[・]あ[・]る[・]。

また制約式の変動に最適性を保ちながら適応してゆくためのガイディング・ポストがほしいという要求にこたえるためにも、パラメトリックな考察が必要である。

7.2 原油・石油製品輸入制約厳化にともなう最適産業構造の遷移

採用した目的関数のおのおのについて、パラメ

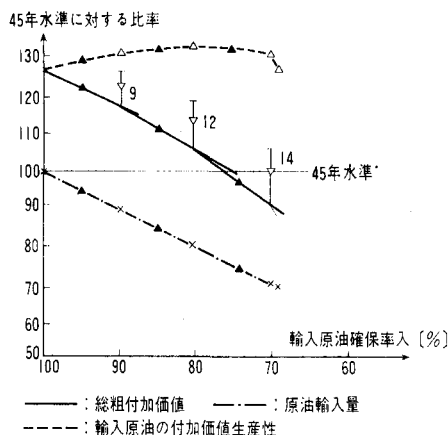


図 2

トリックな検討をしたが、ここでは目的関数が総粗付加価値の場合について簡単に述べる。

原油輸入と総付加価値との関係に注目してみると(図2)。

(1) 高付加価値化の最大限の努力をほらえば、45年水準に比較して約30%だけ輸入原油の付加価値生産性を高めることができる。

$$\left(\frac{\text{GNP}}{\text{OIL}}\right)_{\text{最適}} \doteq 1.3 \left(\frac{\text{GNP}}{\text{OIL}}\right)_{45} \quad (11)$$

この値はパラメトリックな変化の過程でありあまり変わらない。

5.1 式で定義されるのは平均的な付加価値生産性であり、つぎに限界的生産性について述べる。

総粗付加価値の推移をあらわす折線が上に凸であることからわかるように、原油輸入削減の影響は加速度的に大きくなる。これは、最初は付加価値生産性が低く原油使用率の多い生産アクティビティの縮小によって効率的対応ができるのが、次第に付加価値生産性が高く原油使用率の少ない生産アクティビティの縮小をも余儀なくさせられるからである。

この間の事情は資源の限界的な価値あるいはシャドウ・プライスの高騰化で集約的に表現される(表5)。

7.3 最適産業構造のたくましさ

不確定な前提である国際収支制約をパラメトリックに変えながら原油輸入最小化の計算を行なっ

表5 シャドウ・プライスの例

シャドウ・プライス	原油	57	75	88	322	458
	石油製品	21	28	32	119	170
輸入確保率	(%)	100	90	80	70	69

原油輸入節約率	0.686	0.688	0.690	0.692	0.693
赤字制約の シャドウ・プライス	0.00878	0.00878	0.00896	0.00896	0.00934
λ	0.8	0.6	0.4	0.2	0

て、最適産業構造が国際収支制約の変動に関してたくましさを持っているかどうかを調べてみた：

原油輸入 → 最小化

$$[\text{国際収支制約}] \leq \delta [\text{兆円}]$$

$$\delta = 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0$$

目的関数の値と国際収支制約の推移を見ると表5のようになる。

国際収支制約がきびしくなると、同じ最小限要求を満たすのに必要な原油輸入量は大きくなる：国際収支の赤字制約を R とすると

$$V = F - R$$

$$\Delta M_{\text{oil}} = g \Delta V$$

$$\therefore \Delta M_{\text{oil}} = -g \Delta R$$

ここで、 F は最終需要の最小限要求、 V は総粗付加価値、 g は総粗付加価値の原油輸入誘発率であり、赤字制約のシャドウ・プライスに等しい。

赤字制約のシャドウ・プライスが漸増しているのは、次第に原油成分の多い製品の輸出をしなくてはならなくなるからである。いずれにしても、赤字制約のシャドウ・プライスは他の制約のシャドウ・プライスと比べてあまり高くない(表2のシャドウ・プライスと対照)

ミクロ的にみても、国際収支の制約の厳化にとまってめだった変化は起きていない。したがって、仮定した経済構造のもとでは国際収支制約はあまり大きな障害にはならないと言えよう。

ながおか・さだお 1952年生

東京大学 工学部 計数工学科卒

1975年4月 通産省入省

現在 通産省大臣官房 政策情報システム開発室