

## ■ 報 文 ■

## クロスインパクト法と計量経済モデルの結合型石油価格モデル

## A Hybrid Oil Price Model Associated with Cross Impact Method and Econometric Model

森 俊介\*・佐和 隆光\*\*・茅 陽一\*\*\*

Shunsuke Mori Takamitsu Sawa Yoichi Kaya

## 1. はじめに

エネルギー問題の将来シナリオ、ことに石油の需給や価格の予測には多くの困難がつきまとう。例えば過去の2度にわたる石油ショックのような政治的要因は従来のモデル分析では予測不可能であったし、また新エネルギー技術のように経済的要因というより政策的な影響を受けやすい問題もある。一方、近年のような需要低下時では、石油もまた市場機構に従わざるを得ない面もある。

以上の点から、本研究では、まず石油価格を中心とした世界エネルギー需給のメカニズムの表現に計量経済モデルを用いた。次に需給に多大な影響を及ぼすと考えられる政治的要因を技術予測の一手法であるクロスインパクト法（以下X-I法と略記）<sup>1)</sup>を用い予測シナリオを導き、両者を結合したシミュレーションを行なった。本稿では、各段階の内容と、このような結合型モデルに生じる問題点について論じる。

本報告では、第2章で世界石油市場の計量経済モデルの概要を述べ、第3章でX-I法による政治シナリオの予測を示す。第4章で結合シミュレーションのための諸問題を論じ、シミュレーションランの結果を示すこととする。

2. 世界石油市場の計量経済モデル<sup>2)</sup>

本研究で用いた石油市場モデルは、基本的には佐和<sup>3)</sup>によって開発された石油市場のシステムダイナミクスモデルを筆者らにより計量経済モデルに拡張したものであり<sup>2)</sup>、以下の特徴を有している。

(1) 消費国側は、日本、米国、その他OECD、LDCの4群からなる。

- (2) エネルギー供給は「石油」と「その他」の2種を考える。前者はOPEC、非OPECに分けて扱う。
- (3) OPECはさらにlow-absorbers（サウジ、クエート、カタル、UAE）high-absorbers（リビア、ガボン、ナイジェリア、アルジェリア、インドネシア、ベネズエラ、エクアドル）、イラン・イラクの3群に分けられ、前2者が個々の反応関数を持ち、価格と需給の均衡条件から、各々の生産シェアと次期の名目石油価格が同時決定される。

このモデルの全変数を表1に、全体の構成を図-1に示す。特に外生変数を持たない点に注意されたい。

紙面の都合上、このモデルの詳細な構造方程式の内容や数値データ等は文献(2)に譲り、ここでは結合シミュレーションに必要なOPECの価格決定メカニズムの定式化について述べることにする。

いま、low-absorbersとhigh-absorbersの石油生産能力を $C \cdot L$  ( $17,235 \times 10^3$ バレル/day)<sup>3)</sup>および $C \cdot H$  ( $10,200 \times 10^3$ バレル/day)<sup>3)</sup>とする。両者のt期における実際の石油生産量をこの石油生産能力で除した値を産油率と称し、それぞれ $x \cdot L_t$ ,  $x \cdot H_t$ と表わす。対OPEC石油需要のうち、戦争継続中であるイラン・イラクの生産量を除いた値をDOPEC<sub>t</sub>とする。ここで、OEC Dの物価水準を $PG \cdot T_t$ とし、OPECのlow-absorbers, high-absorbersはそれぞれ下のような反応関数に従って(t+1)期の名目石油価格 $P_{t+1}$ を定めようとする。

$$\ln P_{t+1} = \alpha_L + \beta_L \times x \cdot L_t + \gamma_L \ln PG \cdot T_t \quad \dots\dots(1)$$

$$\ln P_{t+1} = \alpha_H + \beta_H \times x \cdot H_t + \gamma_H \ln PG \cdot T_t \quad \dots\dots(2)$$

市場では(1)、(2)で決まる価格は一致せねばならない。需給の均衡条件は次のようになる。

$$DOPEC_t = C \cdot L \times x \cdot L_t + C \cdot H \times x \cdot H_t \quad \dots\dots(3)$$

\* 東京理科大学理工学部経営工学科講師  
〒278 野田市山崎東亀山2641

\*\* 京都大学経済研究所教授

\*\*\* 東京大学工学部電気工学科教授

(註) 本研究会第2回研究発表会(58/3/31)で講演  
原稿受付日(59/3/31)

表1 世界石油市場モデルの変数名とその内容

変動番号	変数記号	変動の内容	変動番号	変数記号	変動の内容
(1)	P	名目石油価格	(24)	DOPEC	OPEC石油供給
日本セクタ	(2) PG・J	日本卸売物価指数	(25) SNO	非OPEC石油供給	
	(3) PR・J	日本実質石油価格	(26) T-RV	OPEC実質石油収入額	
	(4) GDP・J	日本実質GDP	(27) X・L	low-absorbers産油率	
	(5) DE・J	日本一次エネルギー需要	(28) X・H	high-absorbers産油率	
	(6) OS・J	日本石油シェア	(29) C・I	イラン・イラク石油生産量	
	(7) DOL・J	日本石油消費量	(30) PG・T	OECD卸売物価指数	
	他セクタ	(8) PG・O	他OECD卸売物価指数	(31) RV-L	low-absorbers実質石油収入額
(9) PR・O		他OECD実質石油価格	(32) RV-H	high-absorbers実質石油収入額	
(10) GDP・O		他OECD実質GDP	(33) RV-I	イラン・イラク実質石油収入額	
(11) DR・O		他OECD一次エネルギー需要	(34) RV-O	非OPEC実質石油収入額	
(12) OS・O		他OECD石油シェア	(35) TOPEC	OPEC石油供給(含イラン・イラク)	
(13) DOL・O		他OECD石油消費量			
米国セクタ		(14) PG・U	米国卸売物価指数	(36) DE・T	OECD一次エネルギー需要
	(15) PR・U	米国実質石油価格	(37) OS・T	OECD石油シェア	
	(16) GDP・U	米国実質GDP	(38) OIL・T	OECD石油需要	
	(17) BR・U	米国短期市場金利	(39) NOL・T	OECD非石油需要	
	(18) MS・U	米国マネーサプライ(M <sub>2</sub> )			
貿易関連	(19) DE・U	米国一次エネルギー需要	(40) DC-L	OECDからlow-absorbersへの輸出額	
	(20) OS・U	米国石油シェア	(41) DC-H	OECDからhigh-absorbersへの輸出額	
	(21) DOL・U	米国石油消費量	(42) DC-I	OECDからイラン・イラクへの輸出額	
			(43) US-T	米国からOPECへの輸出額	
			(44) JP-T	日本からOPECへの輸出額	
(22) DLD-C	LDC石油消費量	(45) OE-T	他OECDからOPECへの輸出額		
メバタラ	(23) DOL・T	全自由世界石油消費量	(47) C・L	low-absorbers石油生産可能量上限(17,235KB/D)	
			(48) C・H	high-absorbers石油生産可能量上限(10,200KB/D)	

注: 実質化は、いずれも1980年価格により行われ、U・S\$で表示されている。

PG・T<sub>t</sub>, DOPEC<sub>t</sub>が与えられると、(1)~(3)からx・L<sub>t</sub>, x・H<sub>t</sub>, P<sub>t+1</sub>が同時決定される。

このように、価格決定が同時方程式体系であるため、パラメータの推定には注意が必要である<sup>4)</sup>。ここでは、

(1)~(3)がちょうど識別可能な体系であることから、誘導形による間接最小二乗法を用い推定を行った<sup>4)</sup>。

推定に用いた名目石油価格データは1977年上期から1982年上期までの米国平均石油輸入価格<sup>5)</sup>の6か月毎の平均値である。結果は下のようになった。

$$\ln P_{t+1} = 1.576 + 2.4x \cdot L_t + 3.59 \ln PG \cdot T_t \dots (4)$$

$$\ln P_{t+1} = 1.636 + 2.13x \cdot H_t + 4.86 \ln PG \cdot T_t \dots (5)$$

このように(4), (5)を比較するといずれかと言えば人口が少なく資源温存志向であるlow-absorbersは産油率の係数が逆に人口が多く工業化志向のあるhigh-absorbersは先進国の物価水準の係数が高くなっている。

また、OPEC全体の価格決定式は(1)~(3)の誘導形の一つとして与えられ、

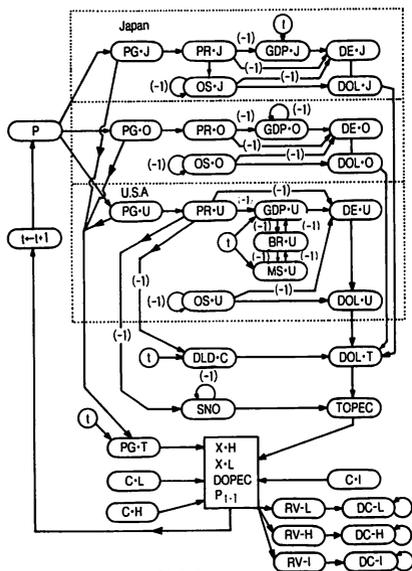
$$\ln P_{t+1} = 1.6 + 8.36 \times 10^{-5} DOPEC_t + 4.04 \ln PG \cdot T_t \dots (6)$$

(4.2) (4.86) (15.55)

$$\bar{R}^2 = 0.965 \dots (6)$$

と推定されている。すなわち、1977年から1982年までの期間では、OPECは先進国の物価水準に対し4.04という高い弾性値で石油価格決定を行っていたことになる。

これらの推定式に基づく推定値と実績値の対応を図-2に示す。よく実績値に一致していると言える。



注: (-1)は1期のラグを示す。

図-1 世界石油市場モデルの全体的構成

注 (-1)は1期のラグを示す。

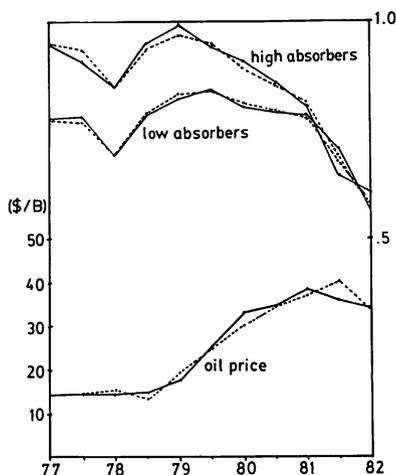


図-2 石油価格low-absorbersとhigh-absorbers産油率の実績値(実線)と推定値(破線)

このような反応関数による価格決定モデルは、OPECを単一のカルテルと見た場合の分析にGately<sup>6)</sup>がはじめて導入したものである。しかし、これは何らかの経済学的最適性(例えば将来の石油収入の現在価値の最大化)を決定したものではない。このため、ここで用いた反応関数モデルはあくまで過去の事実の反映であって、それ以上の何らかの経済学的理論の裏付けあるいは検証を目的とするものではない点に注意が必要である。

この他の構造方程式群は、1970年～1981年(一部は1982年)のデータによりいずれも良好に推定された。これらの詳細は文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

### 3. X-I法による政治的要因のシナリオ予測

X-I法は技術予測手法の一つであり、必ずしも過去のトレンドでは把握できないような新技術の開発や政治事象の予測を、専門家の主観的判断の中から確率論を用い合理的に抽出しようというものである。この詳細は文献<sup>1)</sup>に譲り、ここでは基本的な手順のみを述べる。すなわち、ある事象*i*が将来時点において生じる確率を $P(i)$ 、別の事象*j*生起を条件とする場合の事象*i*の条件付確率 $P(i|j)$ を専門家が推定する。これらは一般的に確率として合理的な体系にはならないため、全事象の生起非生起のすべての組み合わせ(事象数を*n*個とすると $2^n$ 個ある)について、非負かつ総和が1であるような数値が対応するように合理化修正する。この際、3次以上の高次結合確率の情報も得られるため、これから事象群が将来どのような形で生じるか、その可能性の高いシナリオを決定できる。

これを最尤シナリオと呼んでいる。

ここでは、前章で述べたモデルとの結合上、最尤シナリオの時間的推移を一連の手順で得られる動的X-I法<sup>7)</sup>を採用している。

本研究では、次のような手順により政治的要因の予測シナリオを求めた。予測年次は1990年とした<sup>10)</sup>。

1. 討論により、経済的変量、OECD、中東・OPEC、中東・非OPEC、LDC、エネルギー技術の各分類ごとに重要と思われるキーワード(計44個)を抽出。
2. キーワードの意味の明確化を行うと同時にこれらの間の因果関連図を作成し、さらに整理、統合を行う。

こうして、最終的に以下の事象群がエネルギー需給、石油価格に重要な影響を与える要因として抽出された。

- ① イスラム原理主義が中東で支配的勢力を得る。
- ② サウジの親米色が低下する。
- ③ low-absorbersの工業化指向が低下する。
- ④ high-absorbersの工業化指向が低下する。
- ⑤ low-absorbersの生活水準が低下する。
- ⑥ high-absorbersの生活水準が低下する。
- ⑦ イラン・イラク戦争が終結、または両国がhigh-absorbersの一員として行動できる程度まで生産水準が戻る。
- ⑧ low-absorbersの価格政策がhigh-absorbers化し、資源温存より石油収入の増大を志向する。
- ⑨-1 low-absorbersに一時的な供給途絶が生じる。
- ⑨-2 low-absorbersに恒久的な供給途絶が生じる。
- ⑨-3 high-absorbersに一時的な供給途絶が生じる。
- ⑨-4 high-absorbersに恒久的な供給途絶が生じる。

いずれもOPECに関するものである。他の政治的要因は、これらに比べ影響が低いか、または経済メカニズムの中に含まれていると判断された。この点については当然異なる見方も有得るが、本稿の主旨から外れるのでここでは論じないこととする。

次いで、各事象の生起確率を推定する。動的X-I法を採用したので、(a)1990年までに事象*i*が生起する確率 $P(i)$ 、(b) $P(i)$ の1990年までの時間変化のパラメータ、(c)当初事象*i*が生じた場合の事象*j*の1990年での生起確率 $P(i \rightarrow j)$ とその時間変化のパラメータ、を与える。結果を表2に示す。表2では事象*i*が*j*に影響する、と判断された個所のみ〔表中の(*i*, *j*)要素〕数値を示した。影響がない場合は、言うまでもなく常に $P(i \rightarrow j)$ は $P(j)$ に等しくな

表2 政治事象の1990年までの生起確率と時間変化のパラメータ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9-1	9-2	9-3	9-4
1. イスラム原理主義 が中東で強化	0.89	0.65	0.57	0.82	0.57	0.75		0.53	0.85		0.6	
	Tm '85 β 3.0	Tm β '84 3.0	Tm β '83 2.5	Tm β '83 3.0	Tm β '83 5.0	Tm β '84 3.5		Tm β '88 4.0	To α '83 0.5		To α '83 1.0	
2. Saudi の親米色 低下		0.57	0.48					0.53				
		Tm β '85 4.0	Tm β '85 3.0					Tm β '86 2.0				
3. low-absorbers 工業指向低下			0.45		0.6		0.8	0.60				
			Tm β '83 3.0		Tm β '83 4.0		Tm β '84 1.5	Tm β '87 1.5				
4. low-absorbers 工業指向低下				0.82								
				Tm β '83 4.0								
5. low-absorbers 生活水準低下	0.90				0.57			0.57	0.80			
	Tm β '85 3.0				Tm β '85 4.0			Tm β '88 4.0	To α '83 0.5			
6. high-absorbers 生活水準低下	0.89					0.82			0.77	0.12	0.75	
	Tm β '85 2.0					Tm β '84 3.0			To α '83 0.5	To α '83 1.0	To α '83 1.0	
7. Iran-Iraq 戦争終結	0.89						0.75					
	Tm β '85 2.0						Tm β '85 2.0					
8. low-absorbers の high-absorbers化								0.45				
								Tm β '90 5.0				
9.-1. low-absorbers 一時供給途絶									0.75	0.15	0.6	
									To α '83 0.5	To α '83 1.0	To α '83 1.0	
9.-2. low-absorbers 恒久供給途絶										0.10		
										To α '83 1.0		
9.-3. high-absorbers 一時供給途絶									0.85	0.15	0.5	
									To α '83 0.5	To α '83 1.0	To α '83 1.0	
9.-4. high-absorbers 恒久供給途絶												0.5
												To α '83 1.0

注1) 及中の第 i 対角要素は P(i) およびその時間変化を、非対角の(i, j)要素は P(i→j) およびその時間変化を表す。

注2) 第(i, j)要素が空欄である場合は、第(j, j)要素の数値と同一であることを示す。

る。

なお表2では確率の時間変化の与え方が2種類ある。Toを予測の初期時点(1983年)とすると、パラメータが(To, α)と記したものは生起確率が(t-To)<sup>α</sup>に比例して増加し、(Tm, β)と記したものは平均値Tm, 分散δ<sup>2</sup>の正規分布関数N(t; Tm, δ<sup>2</sup>)により

$$\int_{To}^{Tm+\beta} k \cdot N(t; Tm, \delta^2) dt = P(i) \text{ or } P(i \rightarrow j) \dots\dots(7)$$

$$\int_{To}^{\infty} k \cdot N(t; Tm, \delta^2) dt = 1 \dots\dots(8)$$

を満たすよう生起確率が変化するのである。(7),(8)にTm, βおよび(7)式の右辺の値を代入するとk, δ<sup>2</sup>が確定する。)

ここで再び政治的事象群を見ると⑧~⑨-4は石油価格変化を直ちに引き起こす政治的事象, ①~⑦はその背景となるような中東の社会情勢を表す要因と考えられる。すなわち、前者は後者の結果として現われる

ものと言えよう。実際、表2を見ると⑧~⑨-4は①~⑦から影響を受けるが、逆方向の影響はない。また、⑧-4は他事象から独立しており、予測事象としても重要度が低いと判断されたため、除くこととした。そこで事象①~⑦をA群、事象⑧-⑨-3をB群として動学的X-I法を適用した。B群からA群へはインパクトがないので、まずA群について動学的最尤シナリオを抽出し、次いでこの条件の下でB群の動学的最尤シナリオを決定すれば良い。この結果を図-3に示す。

図-3には確率の高いシナリオを2種示したが、いずれも本質的差異はなく、中東では1986年ごろから次第にイスラム原理主義が支配的になり保守化していく中で、1987年ごろにlow-absorbersに一時的な供給途絶の可能性の高まることを示している。

以上はあくまで予測に携った特定小グループの主観の域を出るものではないが、モデルに影響する政治的事象がどのように将来現出するかをシナリオとして合理的な方法で明示する点で有効と考えられる<sup>8)</sup>。

	1234567	999
		8111
		123
1984	(0000000 : 0000)	
	(0.268 × 0.667)	
1985	(0000000 : 0000)	(0000010 : 0000)
	(0.087 × 0.596)	(0.062 × 0.518)
1986	(1011011 : 0000)	(1011011 : 0100)
	(0.064 × 0.333)	(0.064 × 0.303)
1987	(1011111 : 0100)	
	(0.127 × 0.362)	
1988	(1111111 : 1100)	(1111111 : 1101)
	(0.198 × 0.300)	(0.198 × 0.175)
1989	(1111111 : 1100)	(1111111 : 1101)
	(0.334 × 0.298)	(0.334 × 0.186)
1990	(1111111 : 1101)	(1111111 : 1100)
	(0.466 × 0.269)	(0.466 × 0.265)

図-3 政治事象群の動学的シナリオ

1は事象生起, 0は事象非生起を表す。( )内はA群およびB群のシナリオ確率数値である。

4. モデルとシナリオの結合の方法論<sup>9)</sup>

ここでは、政治的要因の将来シナリオを前提にモデ

ルのシミュレーションを行う際の問題点と方法を論じる。ある政治的要因が時点Tで発生したとすると、そのモデルへの影響には図-4の3通りの型があると考えられる。

また、事象群が変数群へ与える影響の関係も図-5の3通りがある。図-5のAのように事象群と変数の間の関係が1対1であれば、各事象ごとにこの生起時の影響を定量的に定めておけば良いが、Bのように複数の事象の影響を同時に考慮の場合は、連続変数を含む拡張X-I法<sup>9)</sup>を適用する必要がある。Cのように影響を受ける変数も複数になると、変数間の相関も考慮した拡張X-I法が必要となる<sup>9)</sup>。

ただし、今回はAの場合で十分と判断された。そこで、各政治的事象生起の影響を次のように定めた<sup>10)</sup>。事象⑦(イラン・イラク戦争の終結または石油生産への影響低下)……イラン・イラク両国がhigh-absorbersに復帰。すなわち両国の石油生産可能量 $7,000 \times 10^3$ バレル/dayをhigh-absorbersの生産可能量C・Hに加える。この事象非生起の間は、両国の生産量を外生的に(1983年上期の実績値が継続されるものとする)与える。(1985年下期に生起)

事象⑧(low-absorbersの価格政策がhigh-absor-

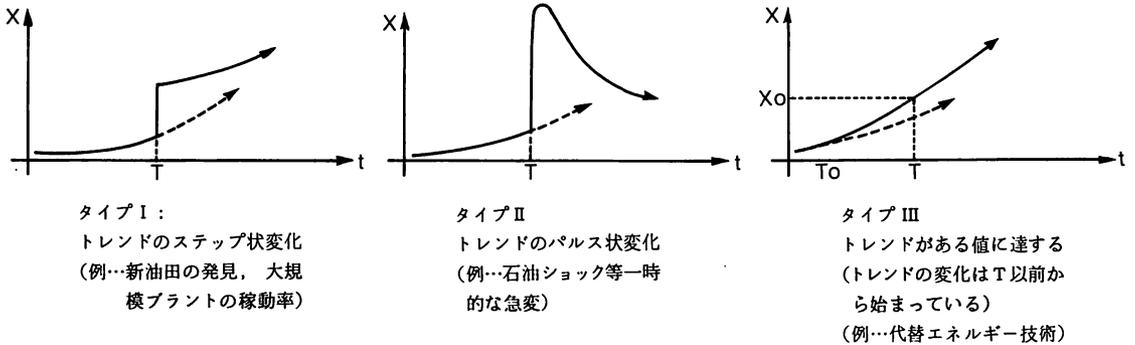


図-4 政治的要因の生起がトレンドに与える変化の型

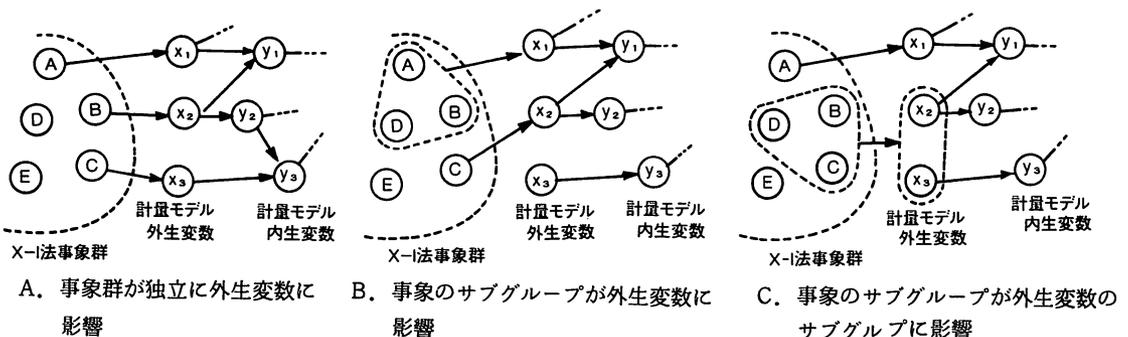


図-5 X-I法の事象群のモデル内生変数への影響

bers化する)……low-absorbersの反応関数(4)式を(5)式に一致させ、OPECへの石油需要をC・L、C・Hで比例配分する。(1987年下期に生起)

事象⑨-1 (low-absorbersの一時供給途絶) … low-absorbersの生産可能量C・Lを1期だけ $5,000 \times 10^3$ バレル/day減少させる。これは、1983年7月のサウジの生産量とほぼ等しい<sup>5)</sup>。(1986年下期生起)

事象⑨-2 (low-absorbersの恒久供給途絶) ……C・Lを $5,000 \times 10^3$ バレル/day恒久的に減少させる。

事象⑨-3 (high-absorbersの一時供給途絶) …high-absorbersの生産可能量C・Hを $2,000 \times 10^3$ バレル/day 1期減少させる。これははぼリビアの生産可能量に等しい<sup>11)</sup>。(1989年下期生起)

以上の他、モデルを1990年まで外挿してシミュレーションを行うには、モデルの構造方程式の見直しが必要である。しばしば指摘されるように<sup>12)</sup>、計量経済モデルは標本期間内の事後予測の適合度の高さに比較し外挿による予測精度はかなり低下する。本研究で用いたモデルも、推定されたパラメータをそのまま用い、1977年上期からシミュレーションを行うと、図-6、図-7のAのように推定期間内の適合度はきわめて良い一方、1984年以降名目石油価格は急激に反騰しOPECの石油生産量は急激に減少する。ここでは政治的事象の影響は与えていない。これはやや考え難いケースと思われる。これを現状延長ケースと呼ぶ。

そこで、OPECが1983年下期以降価格政策を変更するものとした。これは、(6)式の $\ln PG \cdot T_t$ の係数4.04を1.0、すなわち実質価格維持とすることで表わせる。これに伴い、当然(4)、(5)式の構造方程式のパラメータもすべて変化することとなる。次に、経済成長については2通りの設定を行い、比較することとした。まず、日、米の実質GDPの平均成長率を1983年下期以降それぞれ3.5%/年、2.5%/年とした。この下で政治的事象の影響を考えないケースを低成長基準ケースと呼び、図-6、図-7のBで示した。

次に、日、米のGDP平均成長率に、1970年から1982年までの実績値からの推定値5.01%/年、4.21%/年を延長した場合を高成長基準ケースとした。図-6、図-7ではDで示されている。

これらの基準ケースに対し、先の政治事象群の予測シナリオを導入しシミュレーションを行った結果を、それぞれ低成長最尤ケースおよび高成長最尤ケースと呼び、図-6、図-7ではそれぞれがC、Eで示される。

結果は図-7から明らかのように、高成長基準ケース、

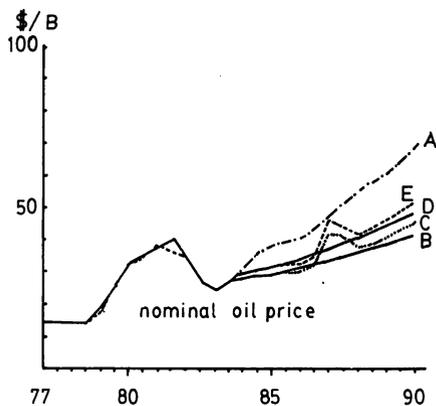


図-6 名目石油価格シミュレーション

- A (— · — · —): 現状延長ケース
- B (—): 低成長基準ケース
- C (·····): 低成長最尤ケース
- D (— — — —): 高成長基準ケース
- E (- - - - -): 高成長最尤ケース

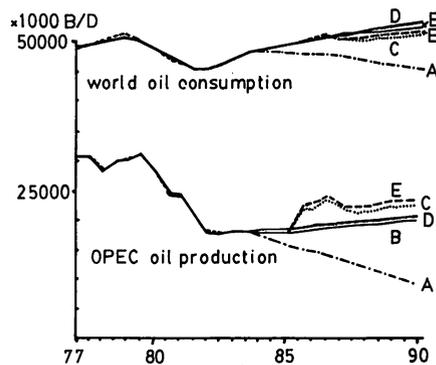


図-7 全自由世界石油消費量およびOPEC石油生産量シミュレーション結果

- A (— · — · —): 現状延長ケース
- B (—): 低成長基準ケース
- C (·····): 低成長最尤ケース
- D (— — — —): 高成長基準ケース
- E (- - - - -): 高成長最尤ケース

低成長基準ケースともOPEC石油生産量はほぼ1982年の水準を維持し、全自由世界石油消費量も年率約2%で増加する。経済成長の高低による差は少ないと言える。これは、図-6に見られるよう、高成長ケースでは石油価格も上昇するため、石油需要の伸びが抑えられるためである。

次に、最尤ケースと基準ケースを比較すると、高成長、低成長いずれもイラン・イラク戦争の縮小がOPECの石油生産量を約500万バレル/day増加させるものの、全自由世界石油消費量や名目石油価格に与える影響は大きいとは言えない。

次に石油供給途絶の影響は1987年の名目石油価格約10\$/バレルの上昇となって現われるが、約1年でほぼもとのトレンドに復帰しており、全自由世界石油消費量に与える影響も比較的小さい。

これは、イラン・イラクの供給可能量の増加と、石油価格の上昇が非OPEC石油供給量を増加させるためである。これらは、1979年のイラン・イラク戦争による影響とは著しく対照的であり、世界的な石油需要の低下とOPECが石油供給に占めるシェアの低下の反映と言える。

この他、石油供給途絶や先進国の消費構造の変化等につき様々なシミュレーションを試み、多くの興味深い知見が得られているが、ここでは省略する。

## 5. 結 言

多くの不確実さを含む要因に影響されやすい世界石油市場の予測を、経済的構造を定量的に明示した計量経済モデルと専門家の主観的判断から合理的な予測シナリオを抽出するX-I法の結合により試みた。

本報告で述べたシミュレーション結果は、既述の通り特定の専門家の主観の域を出るものでないとは言え、エネルギーシステムのように構造が比較的明確で定量的記述が可能な側面と、定量性に乏しくかつ多くの不確実さを含む要因に影響されやすい側面とを合わせ持つ問題に対する方法論としての有効さは示せたものと言えよう。

また、ここでは政治的事象から経済モデルへの一方向の影響のみを考慮しているが、当然逆方向の影響も

存在しよう。このようなフィードバックの扱いは必ずしも容易でなく、今後の一つの課題となっている。

なお、本研究はエネルギー総合工学研究所で行われたプロジェクトの一環であることを付記する。

## 参 考 文 献

- 1) Y. Kaya et. al.; A Revised Cross Impact Method and Its Applications to the Forecast of Urban Transportation Technologies: Technological Forecasting and Social Change, 14, 1979, 243/257
- 2) 森俊介他; 世界石油市場の計量分析: 経済企画庁研究シリーズ第40号「エネルギー需給の計量分析 51/116, 1983年12月, 経済企画庁経済研究所
- 3) 佐和隆光他; 国際石油市場の経済分析, 産業研究所, 1982年3月
- 4) J. Johnston (竹内啓他訳); 計量経済学の方法 (1976) 391/482, 東洋経済新報社
- 5) エネルギー経済研究所; 統計資料: エネルギー経済, 1978~1983年
- 6) D. Gately, OPEC: Retrospective and Prospects 1973-1990: European Economic Review, 12, 313/331, 1983年
- 7) 森俊介, 茅陽一; 動学的予測のためのクロスインパクト法の拡張, 計測自動制御学会論文集 (to appear)
- 8) 茅陽一, 手塚哲央; 流体燃料の将来シナリオ分析: エネルギー・資源, Vol. 5, No 1, 29/35, 1984年
- 9) エネルギー総合工学研究所; エネルギーシステム評価手法の開発研究報告書 (第二年度版), 1982年
- 10) エネルギー総合工学研究所; エネルギーシステム評価手法の開発研究報告書 (第三年度版), 1983年
- 11) Petroleum Intelligence Weekly, 1982-7-19
- 12) 幸村千佳良; マクロ計量モデル VS. 時系列モデル: 経済セミナー, No 349, 1984年2月

