

国際石油市場のモデル分析

佐和 隆光・荒井 泰男・斉藤 観之助

1. はじめに

1970年代の2度にわたる石油ショックを経て、世界の石油市場は、恒常的な石油価格の上昇と供給量制約とが鮮明な基調となった。さらに、OPECの長期戦略委員会報告にみるように、産油国はより長期的な展望のもとに行動計画をたてつつある。一方石油輸入諸国は、IEAを中心とする国際協調体制のもとに、石油の戦略備蓄、輸入目標の設定、省エネルギー政策の強化、代替エネルギー開発の推進などで、石油市場の変動に対処してきたが、長期的展望にたつ戦略としては今ひとつ明確さに欠ける。その理由の1つは、具体的な政策策定の基礎となるべき国際石油市場の長期見通しに関する情報が不足していることである。たとえば、石油価格はどこまで上昇するのか？ 価格上昇はどのような経路をたどるのか？ OPECの生産制限はどこまで可能か？ といった肝心の情報が不明のまま残されているのである。病気にたとえれば、対症療法はある程度わかっているが、病気そのものの病理学的解明が遅れているため、完全治癒の処方箋が描けない状態に似ている。

第1次石油ショック以後、国際石油市場に関し

過剰ともいうべき情報が提供されながらも、中長期的な石油市場動向が理論的に解明されないことには多くの理由があるが、その最大の理由は市場における不確実性の存在であろう。たしかに、第1次石油ショックにおける第4次中東戦争、第2次石油ショックにおけるイラン政変とイラン・イラク戦争にみるように、不可測な政治的要因が市場構造の変動に深くかかわっており、特に石油供給国側について長期の行動パターンを導き出しにくい事情がある。今後の動向についても、OPEC内部での穏健派と強硬派の抗争、各国内部での政治的不安定性、あるいはそれらを包む東西、南北の国際政治動向といった不確実性の芽が数多く見出される。

しかし、こうした不可測な要因の市場への影響は短期的には排除し得ないとしても、中長期的には石油も一般の財と同様に経済合理性の枠内にあるものとして、石油価格決定にかかわる経済要因を理論的に追求し、その結果から不可測な政治的要因の影響力を確定し得るのではないだろうか。もし、それが可能ならば、国際石油市場の基本構造に関する情報を導き出すことにより、不確実性をはらむ石油供給国の動向に対応し、需要国側がより安定的なエネルギー供給確保のための政策策定に役立たせ得る。以下は、そうした着想によって行なった国際石油市場の経済モデルによる分析の概要である。分析作業は現在最終段階にあり、

さわ たかみつ 京都大学 経済研究所

あらい やすお、さいとう かのすけ

電力中央研究所 経済研究所

ここではその構想を中心に紹介するに留めざるを得ないことを、あらかじめ断わっておかねばならない。

2. 石油市場モデル開発の意味

第1次石油ショック以後、すでにアメリカにおいてはさまざまなタイプの石油市場の経済モデルが開発されている。それら既存のモデルについて多少大胆な要約をするならば、それらはシミュレーション・モデルと最適化モデルに大別される。シミュレーション・モデルは、競争的な市場均衡から原油価格が導き出されることを前提に、その解の経路としての価格を予測するか、あるいは外生的に与えた価格経路が石油輸入国と輸出国のマクロ経済に与える影響を検討するモデルである。最適化モデルは、合理的な行動主体としての石油輸出国カルテルが石油需要構造に関する情報を既知であることを前提に、みずからの目的関数（たとえば将来収益の現在価値）を最大化するよう計画期間内の価格経路を決定するものとして構成されたものである。

これらの既存モデルの詳細については別稿にゆずるとして^{注)}、その価格予測力のみから言えば、第2次石油ショック以後の石油価格の動向を説明し得たものは少ない。この予測能力に欠ける点について、各モデルに共通な理由を次のように要約できる。

まず、モデル分析本来の宿命ともいふべき「単純化」による現実とのズレである。すなわち対象とする事柄における諸要因を変数として、その因果関係を経済理論を用いて方程式の形で表わし、過去の情報・データから安定的な関係を導き出すというモデル化の過程で、多くの因果関係が捨象され単純化される。そのため、モデルを用いた予

測においては統計的誤差は吟味されるところでも、単純化による現実とのズレは当然回避できない。

次に、既存モデルが開発された時点では、第1次石油ショック以後日が浅く、市場の構造変動に関する情報やデータをモデルに十分に導入し得なかったという「情報不足」によるズレがある。

また、モデル分析に関しては、理論とは別にモデルの構築に関する技術的能力が結果を左右するところが大きく、石油市場を対象とするモデル分析に着手されて数年を経たに過ぎないことを考えると「技術の未熟」による説明力の低さも否定できないと思われる。

しかしながら、これらの事由からただちに石油市場のモデル分析が無能であると断ずるに当たらない。むしろ、モデルによる予測が、単に予測力としてのみ評価されるのではなく、モデルに組み込まれた諸要因の因果関係の安定性の発見もまた重要な評価事項であることから、予測の失敗例もまた有効な現実理解の情報源として理解すべきである。すべてのモデル分析の歴史が示すように、多くの失敗と同時に多くの創意工夫が蓄積され、精緻化と高度化が実現されることを考慮すれば、石油市場に関しては今なおモデル開発の余地が大きいと思われる。

そうした意味から言えば、われわれのモデルもひとつの試みの域を出ないかも知れない。しかし、モデル分析の限界、情報不足を承知の上であえて試みるのは、いくつかの積極的動機がある。

そのひとつは、既存モデルでは考慮しなかった石油輸入国と輸出国のそれぞれについて、国民経済成長、輸出入、物価、為替レート等を明示的に考慮し、石油価格を軸として輸入国と輸出国の相互依存関係をモデルに導入すべきであると考えたことである。

また、第2次石油ショック以後の石油市場の構造変化の情報をモデルに反映させたいことである。たとえば、かつて穏健派の主流であったイランが、資源温存政策を前面に押し出し、長期生産

注) 電力中央研究所経済研究所研究報告「国際石油市場のモデル分析—第1編 石油市場モデルの理論とモデルの構成」1981年3月参照。

抑制方針を明確にし、強硬派の主派となったこと、イラン政変とそれに続くイラン・イラク戦争の結果OPECの石油生産能力が低下し、サウジ・アラビアをはじめ穏健派の生産調整能力に限界が生じつつあること、需要国側の省エネルギー政策が需要抑制効果を顕しつつあること、などである。

さらに、わが国では国際石油市場モデルの開発例が少なく、みずからの手で操作可能なモデルを開発することにより、そこから種々の情報を得ることが必要であると考えたことである。

3. モデルの構造

(i) モデルのフローチャート

まず、われわれが国際石油市場に関して構成したモデルのフローチャートを示す(図1)。

需要ブロックと供給ブロックの定式化については後に述べるとして、モデル全体の特徴を要約しておこう。

ここでは、国際石油市場は中央計画経済圏を除いた市場経済圏のみで形成されるものと

して、需要ブロックは9地域(日本、アメリカ、カナダ、フランス、西ドイツ、イタリア、イギリス、その他OECD諸国、非OPEC発展途上国)、供給ブロックはOPEC13カ国(アルジェリア、エクアドル、ガボン、インドネシア、イラン、イラク、クウェート、リビア、ナイジェリア、カタール、サウジアラビア、アラブ首長国連邦、ベネズエラ)で構成され、需給両ブロックによる需給均衡型のモデルである。

需要ブロックでは、各地域別の7本の連立方程式からなるエネルギー需要モデルの解として原油需要が導き出され、供給ブロックでは、国別の9本の連立方程式からなる単純なマクロモデルの解として供給量が決まり、その均衡解として原油価格が決まる。したがって、OPEC原油価格の上昇は需要国のGNP、エネルギー需要を通じて対

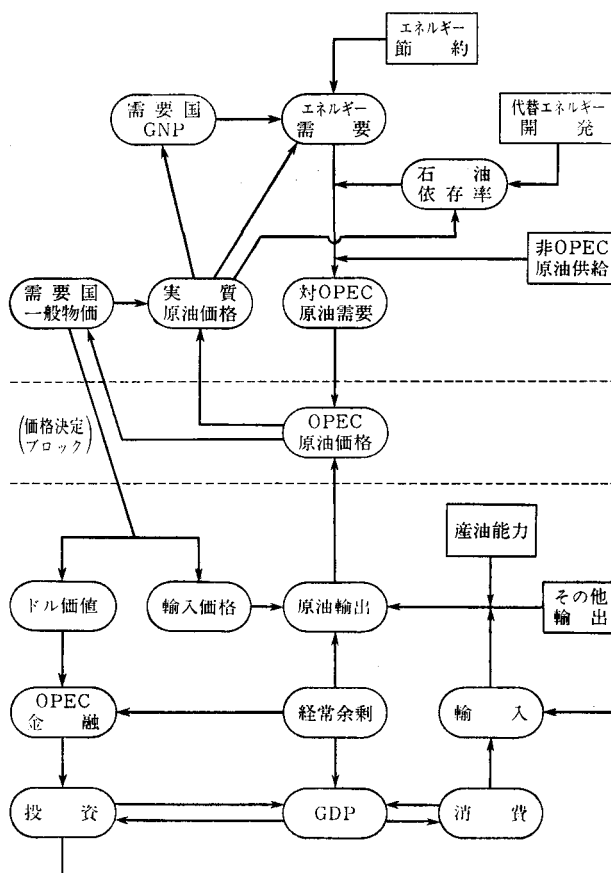


図1 国際石油市場モデル・フローチャート(原油需要ブロック)

OPEC原油需要にはねかえるが、同時に需要国の一般物価に反映され、先進国の輸出価格=OPECの輸入価格を経てOPECの原油供給に影響する。このように、石油価格の変動が、需要供給両ブロックの経済成長、物価、輸出入に反映される相互依存関係を明示的にモデルに組み込んだことに1つの特徴がある。

なおモデルの推定に関しては、石油輸入国側を扱う需要ブロックと石油輸出国側を扱う供給ブロックに分けて、モデルの推定を行なった。

(ii) 需要ブロック・モデル

はじめに、需要ブロックの地域別需要モデルを示すと、表1の通りである。主要な式について若干のコメントをつけ加えておこう。

(1) 式は1次エネルギーの派生需要関数で、エ

表 1

モデル	
(1次エネルギー需要)	
$\ln DE = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GDP + \alpha_2 \ln POPR + \alpha_3 \ln DE_{-1}$ (1)	
(国内総生産)	
$\ln GDP = \beta_0 + \beta_1 \ln POPR + \beta_2 \ln GDP_{-1} + \beta_3 T$ (2)	
(国内一般物価)	
$\ln PG = \gamma_0 + \gamma_1 \ln POP + \gamma_2 \ln PG_{-1} + \gamma_3 T$ (3)	
(原油シェア)	
$\ln OS = \delta_0 + \delta_1 \ln POPR + \delta_2 \ln OS_{-1}$ (4)	
(原油需要)	
$DO = OS \cdot DE \cdot (1 - \bar{C})$ (5)	
(為替レート調整済み原油価格)	
$POP = \overline{POP} \cdot \overline{EXR}$ (6)	
(実質原油価格)	
$POPR = POP / PG$ (7)	
変数	
(内生変数)	
DO: 原油需要	
DE: 1次エネルギー需要	
GDP: 実質国内総生産	
PG: GDPデフレーター	
OS: 原油シェア	
POPR: 実質原油価格	
(外生変数)	
POP: 名目原油価格	
\overline{POP} : 基準原油取引価格	
T: 時間	
\overline{EXR} : 国別為替レート	
\bar{C} : エネルギー節約率	

エネルギーを1つの投入財として明示的に含んだ生産関数から誘導されたものと解釈する。産出水準をGDPで測っていること、他の生産要素の価格を無視していること、1次エネルギーの平均価格を原油価格で代表させていること、などは、単純化のための便法である。各係数の推定値については、 $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 < 0$, $0 < \alpha_3 < 1$ を期待する。

(2)式は、石油需要国の有効需要水準に対する原油価格上昇の“デフレ効果”を求めることを目的としており、価格の係数の推定値はマイナスが予想されている。

(3)式は、一般物価水準の原油価格上昇効果、すなわち原油値上げによる“輸入インフレ”の強さが求められ、価格の係数はプラスが期待される。(2)および(3)式とも、原油価格の急激な変動による攪乱を除いた基礎的な関係をすべて時間Tでカバーするという、極端な単純化を行なっている。

(4)式は、1次エネルギー消費に占める原油のシェアを原油価格の関数として、原油価格の変動による他の1次エネルギー源との代替関係を価格の係数であらわす。(5)、(6)、(7)式は、それぞれ原油需要、為替レート調整済み原油価格、実質原油価格に関する定義式である。

これらのモデルを用いて、OECD主要7カ国について1960~77年のデータに適用した推定結果は、きわめて良好な結果を示した。また、推定の対象期間についてのファイナル・テストの結果も満足すべきものであった。その例として、日本およびアメリカの原油需要の実績値とモデルの推定値のグラフを示しておこう(図2)。

(iii) 供給ブロック・モデル

需要ブロックのモデルは以下の通りである。

(1) 消費

$$C = f(GDP, C_{-1})$$

(2) 投資

$$I = f(GDP_{-1}, K)$$

(3) 輸出・輸入

$$M = f(C, I, PM, M_{-1})$$

(4) 原油輸出

$$a) M * PM + \bar{z} - \bar{X}_0 < \bar{X}_p^* * POP \text{ のとき}$$

$$X_p = (M * PM + \bar{z} - \bar{X}_0) / POP$$

$$b) M * PM + \bar{z} - \bar{X}_0 > \bar{X}_p^* * POP \text{ のとき}$$

$$X_p = \bar{X}_p^*$$

$$\text{輸入: } M = (\bar{X}_p^* * POP + \bar{X}_0 - \bar{z}) / PM$$

(5) 輸入物価指数

$$PM = f(\overline{PGAV})$$

(6) GDP デフレーター

$$PG = f(PM)$$

(7) 実質輸出

$$X = (POP * X_p + \bar{X}_0) / PG + \varepsilon$$

(8) 実質GDP

$$GDP = C + I + X - M$$

(9) 資本ストック

$$K = K_{-1} + I$$

内生変数

C 消費 (民間および政府, 実質)

GDP 国内総生産

I 投資 (民間および政府, 実質)

K 資本ストック

M 輸入 (実質)

PM 輸入物価指数

PG GDPデフレーター

X 輸出 (実質)

X_p 原油輸出 (bbl/年)

外生変数

POP 原油価格

PGAV OPEC 7カ国の平均物価水準

X₀ 原油以外の輸出

X_p* 原油輸出能力 (bbl/年)

ε 経常余剰

ε 統計上の不突合

(1), (2)の消費関数と投資関数とは, 通常用いられる定式化であって, 特に説明を要しない. このモデルの特徴をなしている(3), (4), (5)式の輸出入に関し若干の説明を加えておこう.

まず, 輸出入の決定の基本的構造を示すと, 外生的に与えられるεに等しい経常余剰を産み出すことを必要条件として, 実質輸入M(輸入関数から決まる)と輸入物価指数PM(先進国の平均物価指数PGAVの関数として決まる)の積として求められる名目輸入をまかなうに足るだけの原油の輸出を行なうものとする.

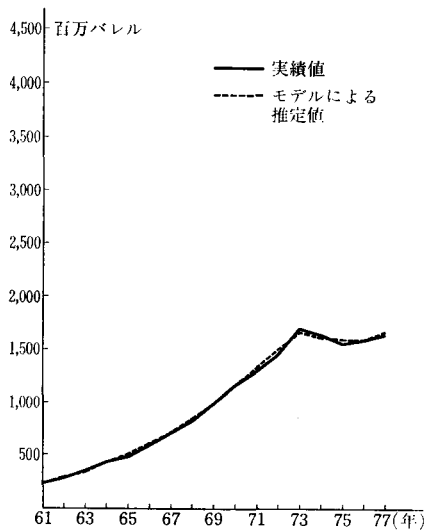


図 2-1 原油需要 (日本)

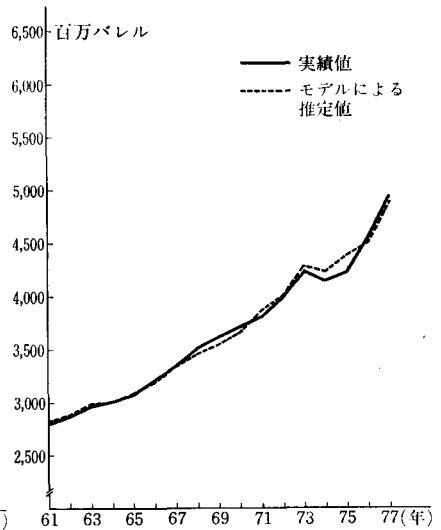


図 2-2 原油需要 (アメリカ)

ただし, 原油輸出量 X_p が原油輸出能力 \bar{X}_p^* の限度内にある場合には, この輸出入決定は有効に機能するが, 輸入をまかなうに必要な原油輸出量が原油輸出能力を超える場合には, 輸出能力限界いっぱいまで原油輸出量は頭うちとし, 輸入のほうを調整する. 輸入は投資と消費の関数であるが, モデルでは投資を押さえることによって輸入需要を調整するよう構成されている. すなわち, (4)式の国際収支バランスから決まる輸入と, (1)式の消費関数から決まる消費と, (5)式の輸入物価指数を与えて, (3)式の輸入関数が満たされるように投資が決まる. したがって, このとき(2)の投資関数は機能しない.

以上が, モデルにおける原油輸出国の輸出決定のメカニズムである.

(iv) 需給モデルの結合

最後に, 需要ブロックから求められたOPEC原油に対する需要量と, 供給ブロックから導かれたOPEC原油輸出量を均等させて原油価格を求める.

原油需要量は, 需要ブロック9地域の総計の原油需要から, 非OPECの原油供給SNOを差し引いた残りとして得られる. 地域別の原油需要DO_i

($i=1\cdots 9$)は、原油価格POPの関数であるから、OPEC原油に対する需要の総計DOTは、

$$DOT(POP) = \sum_{i=1}^9 DO_i(POP) - SNO$$

である。

他方、供給ブロックのOPEC13カ国の輸出量総計 XT_p は、原油価格の関数である X_{pi} ($i=1\cdots 13$) の総計であるから、

$$XT_p(POP) = \sum_{i=1}^{13} X_{pi}(POP)$$

である。したがって原油価格(POP)は、

$$DOT(POP) = XT_p(POP)$$

の解として決めることができる。

以上が、現在われわれが開発中の国際石油モデルの概要である。

4. モデルによる実験

上に概観したようなモデルが完成するまでには、なお若干の作業を必要とするが、ブロック別のモデルの作成過程では、モデルのワーカビリティの検討の意味もあって、いくつかのシミュレーション実験を行なった。本稿の最後に、そうした実験例のひとつとして、需要ブロック・モデルによるオイルショック・シミュレーションをあげておこう。

OECD主要7カ国について国別需要モデルを用いて、1973年の石油ショック以後の基準原油取引価格を外生的に与え、原油価格の変動の国民経済や石油・エネルギー需要への影響を検討してみた。設定した価格変動ケースは次の3ケースである。

ケース1：1974年以後の原油価格の上昇が、石油ショック以前の5年間(68~73年)の年平均上昇率で推移した場合(C-1)

ケース2：1974年から78年までの原油価格の上昇が、年平均一定率でなだらかに上昇した場合(C-2)

ケース3：1974年時点で、78年の原油価格水準に急騰し、75年以後はその価格で横ばいに推移した場合(C-3)

ケース1は、70年代初期の価格はゆるやかな上昇トレンドで、そのまま推移したとする、いわば「オイルショックなかりせば」というケースである。

これに対し、ケース2は、価格は高騰するが、なだらかな一定率で上昇し、ケース3は最もショッキングな急騰を迎えるケースで、74年以後の価格上昇の実績に近い。

国別モデルによるシミュレーション結果のうち、日本とアメリカについて、GDP、1次エネルギー需要DE、原油需要DOの推定値の動きを示すと、図3-1、図3-2のようになる。この図の解釈は、C-1とC-2との間の差は、原油の“価格上昇効果”であり、C-2とC-3の差は“急騰ショック効果”であり、それらの合計、すなわちC-1とC-3の差が“トータルなオイルショック効果”であると解する。

図から明らかのように、日本とアメリカでは、オイルショックの影響も、ショックからの回復の過程も異なる。

日本の場合、GDP、DE、DOともにオイルショックの影響が大きく、推定結果から計算すると、78年における“トータルなオイルショック効果”は、GDPは15%、DEは23%、DOは30%の落ち込みであった。これに対してアメリカは、GDP、DE、DOとも5%程度の落ち込みに過ぎず、オイルショックの影響がきわめて軽微である。

また、ショックからの回復の過程についてみると、日本はアメリカに比べて、GDP、DEともに、ショックの一時的影響は大きい、回復の速度も大きい。

原油需要DOは、日本では価格上昇による需要の停滞からの回復が遅く、低水準にとどまっているが、アメリカの原油需要は、価格急騰による一時的な需要減はみられても、その後の原油需要の

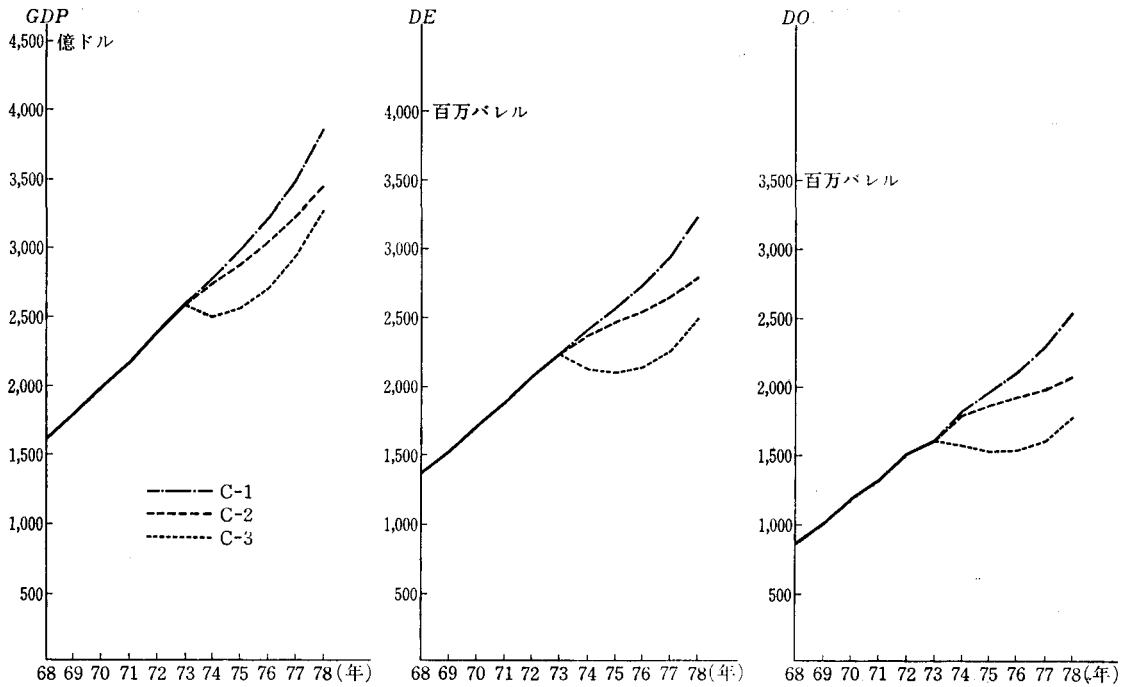


図 3-1 日本

伸びはいちじるしい。このように、両国の国民経済や石油・エネルギー需要へのオイルショックの影響の相違を実験結果から明らかにすることができる。

このほか、石油市場モデルを完成することによりさまざまなシミュレーション実験が可能である。

る。

たとえば、イラン・イラク戦争による生産削減の産油国や需要国への影響であるとか、OPEC長期戦略委員会の価格決定方式の実現可能性の検討であるとか、国際石油市場をめぐる多様な情報をそこから導き出すことが期待されている。

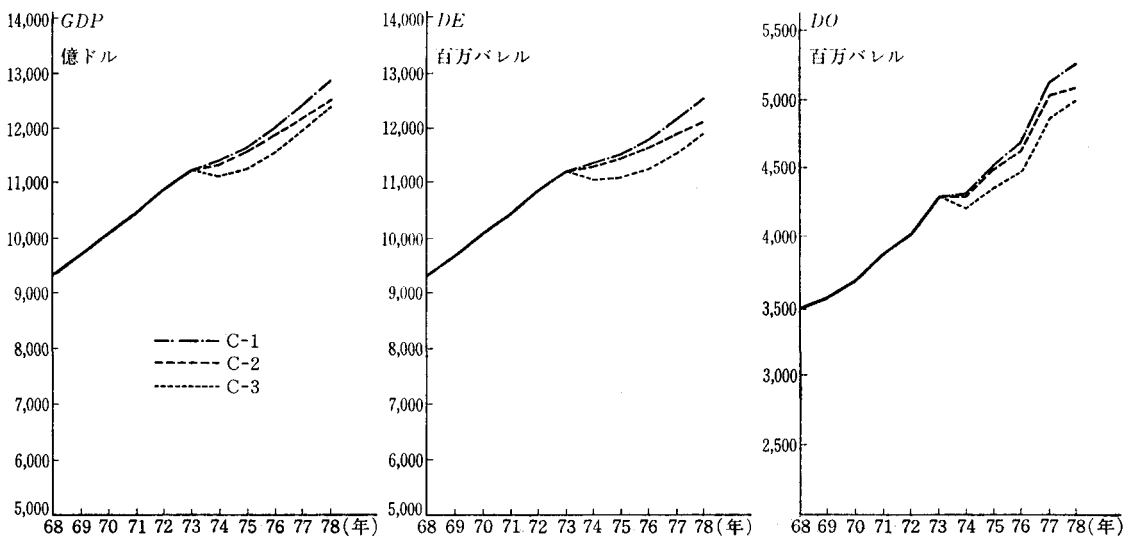


図 3-2 アメリカ