

制度変革の計量的分析

1つの方法論的提案

薬師寺泰蔵・山本吉宣・藤田修一

はじめに

国際関係の計量的な分析は、いわゆる1960年代の行動論革命を通して、大きく発展したものである。政治行動論の核心は、きわめて単純化して言えば、その主たる分析のレベルが個人（個人、利益集団、国家など）の行動にあったということである。そして、そこにおいては、社会、あるいは制度そのものの質的ならびに計量的な分析はおろそかにされてきた、と言って過言ではない[14]（もちろんそれは、従来の政治学があまりに制度の記述にかたよっていたことに対する反発でもあったのであるが）。したがって、「行動論以後」とよばれる今日、政治分析（国際関係論を含む）における重要な課題の1つは、制度の分析にある、と言えよう。そして、行動論革命を経た段階においては、制度を記述するというよりは、それをどう分析するかという視点が重要になることは言うまでもない。

本稿の目的は、このような問題意識にもとづいて、国際関係における制度を分析する1つの視点を提示することにある。まず、1.においては、国際関係における制度とは何かの説明され、制度の変革の計量的な分析の必要性が述べられる。2.においては、制度の変革の計量的分析についての1つの方法が提示される。そして、3.においては、それが、(i)戦争と力の分布との関係、(ii)ECを例にして、経済関係における制度の変革、の2つの

具体例に応用される。

1. 国際関係における制度とその計量的研究

まず制度を、一般的に社会の構成員の行動を律するルールセットであるとしよう。ここで、ルールとは、法律などの明示的なフォーマルなものから、行為体に内面化しているインフォーマルなものまでを含んだ幅広いものとしておく。たとえば、国際関係における勢力均衡は、競争状態にある2つあるいはそれ以上の国（あるいはブロック）の間に軍事的、政治的なバランスを作る、という行動ルールが中心となった制度である。そして、このようなルールは、暗々裡に各国が従うものでもあり、また、米ソの戦略兵器制限の協定（そこには米ソのバランスの維持という目的が色濃くあらわれている）のように、明示的な、フォーマルなルールとして示されることもある。また、国際経済において、戦後の（西側の）貿易関係を律してきたガット体制も、自由、無差別、多角的な貿易ルールを中心とした、明示的なルールセットとしての制度なのである。

このような制度について、単にその内容だけではなく、それがどのくらいフォーマルな機構となり構成員に受け入れられているか、というような質的な分析が必要となる。また、今日の国際関係をみると、SALT IIの米ソ間の合意、あるいは、国際経済体制の変革など、基本的なルールの変革が重要な問題となっており、制度の変革のダイナ

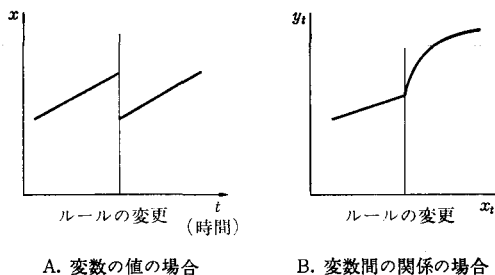


図 1 ルール変更の効果

ミズムの研究も必要となる。本稿では、以上のような質的な制度の分析の必要性を前提としたうえで、制度の量的な分析、それも制度の変革によってひき起こされる効果の測定、ということに研究の焦点を絞ってみたい。

さて、制度とはルール・のセットであり、したがって、制度の変革とは、ルールの変更である。ルールの変更(あるいは、新しいルールの設定)は、通常“非連続的”なものであり、一定の効果을 予測して(少なくともそれを望んで)行なわれるものである(もちろん予期しない効果が発生することもある)。そして、ルールの変更の効果とされるものは、ある変数の値であったり(図1-A)、また、変数間の関係であることもありえる(図1-B)。

ここでわれわれがルールの変更の効果として提示したものを方法論の観点からみれば、今までにも擬似実験[5, 7]、非加法性(nonadditivity)[1]というようなかたちで、国際関係の研究にもとり入れられてきた。また、具体的な実証分析の例としても、たとえば、Caporaso と Pelowski [6]は、EEC(ヨーロッパ経済共同体)に着目して、1958年のEECの形成など3つのルール変更が、EECの貿易、政治的な決定の“中央集権化”などの変数にどのような効果を与えているかを、Moodのテストを用いて分析している。

また、Hoole [10]は世界保健機構が、1967年に始めた天然痘撲滅のためのプログラムが、天然痘の発生にどのような効果を与えたかを、ダミー変数を使い、またChowのF-検定を用いて分析

している。

2. 制度変革の計測方法

われわれが本研究で提案する方法は、擬似実験法、Moodのテスト、Chowの検定などと基本的な考えは同じであり、発想法においてもGlass[9]やBox-Tiao[4]のいわゆる介入分析法と軌を一にするものである。ただこの手法の特徴は誰でも知っているOLS(Ordinary Least Square Method)を基本に、それに少しばかり近代制御理論の考え方を加味しただけというわかりやすさにあり、これを簡単にROLS(Recursive Least Square Method)と名づけよう。ROLSは具体的には、 $Y = X\beta + \varepsilon$ という回帰方程式モデルにおいてパラメータ推定値 $\hat{\beta}$ をいわゆる正規方程式 $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$ で直接に求めるのではなく、2つの定差方程式

$$\hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{t-1} + \frac{\hat{R}_t}{\sigma^2} \cdot x_t \cdot y_t \quad (1)$$

$$\left(\text{あるいは、} \hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{t-1} + \frac{\hat{R}_t}{\sigma^2} g_t \right)$$

$$\hat{R}_t = \hat{R}_{t-1} + \frac{\hat{R}_{t-1} x_t x_t' \hat{R}_{t-1}}{\sigma^2 + x_t' \hat{R}_{t-1} x_t} \quad (2)$$

で逐次的に求めようとするものである。ここで \hat{R}_t は推定パラメータの誤差分散共分散行列、 y_t は以下で説明される予測誤差(イノベーションとよばれている)、 σ^2 は ε の分散、 g_t は t 時点のLeast Square Cost Function(2次関数) $f(\hat{\beta})$ の $\hat{\beta}_{t-1}$ における傾き(gradient vector)をあらわすものである。また x_t は X の t 番目の行ベクトル、つまり t 時点の説明変数ベクトルである。(1)(2)式は、近代制御理論から見るとAthans[2]やYoung[15]の言うように、回帰パラメータを状態とおいた状態空間モデル(i) $\beta_t = \beta_{t-1}$ (ii) $y_t = x_t \beta_t$ における状態推定式(カルマンフィルター)であり、またエコノメトリックスから見ると単に正規方程式の中の逆行列部分 $(X'X)^{-1} = \hat{R}_{-1}^{-1}$ を逐次的に計算するエレガントなやり方、さらには非線形計画法から見ればいわゆる最急降下法による極値

問題の解ということができる。
 このように ROLS はさまざまな観点から見る事ができるが、本稿の目的にそって政治学を学ぶ者に理解しやすいエコノメトリックスの観点からわれわれの主題、制度の変革を例に以下簡単に説明してみよう。

図2(A)に示されるように、時系列データポイントが P_1, P_2 と2つしかない場合回帰直線はその2点を結ぶ直線 l_1 となる。この直線が最適な回帰直線だと思って、モデルより3番目のデータポイントを予想すると P_3' になった。ところが実際の3番目のデータポイントは P_3 であり、その差が予測誤差 \tilde{y}_3 である。この情報を得て今まで最適だと信じられていた回帰直線 l_1 に変更しなければならない。

実は先の(1)式はこの修正の最も妥当なやり方を示している。このような修正を逐次繰り返していくと普通は予測誤差が少なくなり安定した回帰直線が得られていくはずである。この様子は誤差分散が(C)の前半のように次第に安定していくことから推察することができる。ところが、(B)に示されているように、安定した後、急に第2の構造があらわれると、予測誤差は大幅に悪くなり、よって誤差分散が(C)のように悪化する。後半部分で構造が安定してくれば、再び分散は安定するようになる。このように ROLS は構造変革をトラックすることが可能であるが、(B)に示したように OLS は前半後半を1つの区間と見なしてしまうため間違った構造を示してしまう。また、ROLS は区間を区切った OLS, Chow の F 検定のための構造変革の時期設定にも役立つという点にも留意されたい。このように、前半後半の境目に何らかの

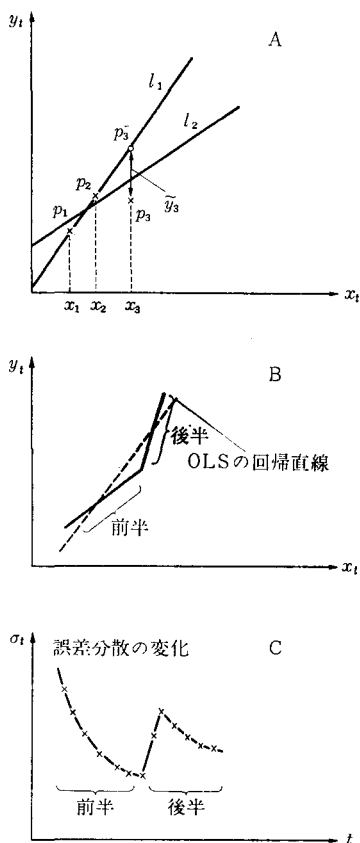


図2 ROLS の図による説明

ルールの変更、制度の変革があったのではないかと推測することが ROLS を適用することによって可能となる。さてルールの変更の効果分析という時、われわれは2つの問題に直面する。1つは(i)ルールの変更がはっきりしておりその効果を検定する問題、いま1つは(ii)データにおける構造変化からルールの変更を類推する問題である。前者は Mood のテスト, Chow の F 検定のようにすでにある程度使われているが、(ii)のほうは統一的方法が確立されていなかったすでに明らかなように、ROLS は (i)(ii)にもデュアルに適用できる方法ということができよう。

3. 応用例

A. Singer たち[13]の戦争と力の分布についてのモデル

Singer たちは、まず既存の国際政治理論にもとづいて、とくに大国のシステムについて、戦争と力の分布について2つの相反する仮説があることを示す。1つは、(i)「力の分布が平等であればあるほど戦争はおきにくい」というものであり、いま1つは、(ii)「力の分布が不平等で、力の格差が明確なほど戦争はおきにくい」というものである。そして、彼らは、大国が戦争に参加している長さ (W_t)、大国間の力の分布が集中している程度 (P_t : P が大きければ大きいほど力がある国に集中している)、の2つの変数を考え、基本的には、 $W_t = \alpha P_{t-1} + \beta$ というモデルを用いて、19世紀初頭から1960年まで、5年単位のデータを用いて実証分析を行なっている。

彼らの実証分析の結果は、時系列全体を通してはモデルのフィットはよくなく、19世紀と20世紀にわけると、19世紀では仮説(i)が、20世紀では、

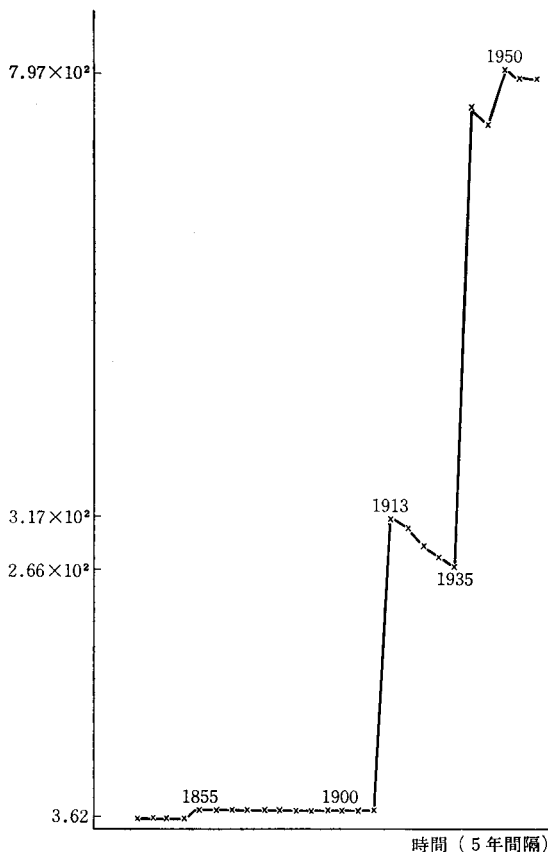


図3 残差分散の変化

(注) Singer らの原データは1913年だけ5年間隔でない。

(ロ)がよくあてはまる、というものであった。言いかえれば、19世紀においては古典的な勢力均衡のゲームのルールが、20世紀には、他の国を圧するような巨大な国の存在が平和を保障する、というヘゲモニー・モデルが制度となっている、ということである。なぜこのように制度が変化したかについて、彼らによればつぎのようになる。19世紀においては、各国の外交が政府によってしっかりとコントロールされており、各国は勢力均衡的なゲームのルールに従いやすかったのに対して、20世紀においては、政府の外交（とくに戦争に関する）に対するコントロールがきかなくなった。したがって、各国は、勢力均衡のルールに従うのが困難になり、力の格差がはっきりしている時のほうが戦争がおきにくくなったというものである。

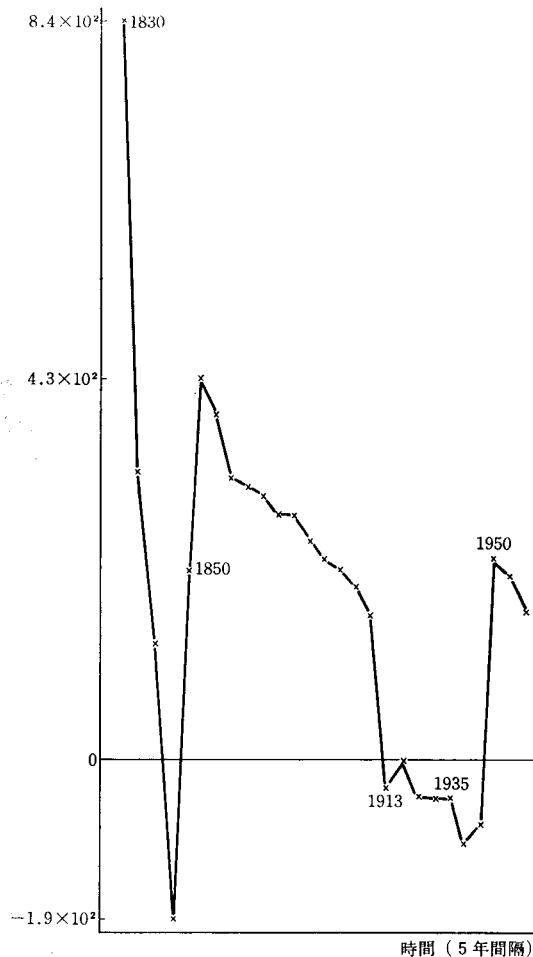


図4 α_i の変化

Singer たちは、以上の結論を、データシリーズを19世紀と20世紀とにわけて OLS を応用することによって得ている。しかし、この区分けはかなり恣意的であるように思える。

ここでわれわれは全データシリーズに ROLS を応用してみた。その結果が図3と図4に示してある。図3は残差(誤差)の分散であり、図4は α_i の値である。図3から明らかのように、4つの非連続な点が存在する。それらは、(1)19世紀の初頭から第一次世界大戦まで、(2)第一次大戦から第二次世界大戦まで、(3)第二次大戦から朝鮮戦争まで、(4)朝鮮戦争以降、の4つである。(1)の時期においては、残差の分散は小さくかつ安定しており、モデルがよくフィットしていることがわか

る。しかし、その他の時期に関しては、残差の分散が大きく、また、後の時期になるほど大きくなっていく。ただし、(2)から(4)のそれぞれの時期において、パラメータが修正されることによって、残差の分散が減少する傾向を示しているのは注目すべきである。

図4をみると、 $\hat{\alpha}$ は、最初の頃は不安定であるが、第一次大戦前まで、収斂する傾向が明確に読み取れる。そして、 $\hat{\alpha}$ の値はプラスであり、(1)の時期において、力の分布が平等なほど、戦争がおきにくいことを示している。つぎに、 $\hat{\alpha}$ の値は、(2)と(3)の時期を通して（すなわち、第一次大戦から朝鮮戦争まで）、それほどブレはなく、またその値はマイナスである。すなわち、これらの時期においては、力の分布が不平等なほど戦争がおきにくいことを示している。ところが朝鮮戦争を境にして、 $\hat{\alpha}$ の値は再びプラスになり、力の分布が平等なほど戦争がおきにくい、という世界になってきていることが示唆されている。

以上のように ROLS は、残差の分散、パラメータの値の変化を通して、制度の変更の機微をわれわれに伝えてくれるのである。ただし、われわれが分析に用いた Singer たちのモデルにはないいくつかの問題がある。たとえば、 W_t と P_t の間には、 $P_{t-1} \rightarrow W_t$ (力の分布が戦争に影響を与える) という関係があると同時に、 $W_{t-1} \rightarrow P_t$ (戦争がおきれば力の分布が変わる) という関係も存するのである。

また、Singer たちのモデルは、マクロのモデルであるが、それは必ずしも各国の政策決定についての明示的なモデルにもとづいて作られたものではなかった。

したがって、以上のような問題点に留意しつつ、われわれはより妥当な「戦争と力の分布」についてのモデルを構築してゆく必要がある。そして、その場合でも、本稿で提示した ROLS は、制度の変更を分析していくうえで重要な手法となろう。

B. 経済関係における制度変革の効果の測定 —— EC を例にして

EC (欧州共同体) は、1958年に、西ドイツ、フランス、イタリア、ベルギー、オランダ、ルクセンブルグの6カ国によって、1968年までに関税同盟を設立することを目的として EEC として発足した。1962年には域内貿易についてのクォータ制限が撤廃され、共通農業政策 (CAP) が形成された。そして、1965年から1966年までのいわゆる“農業危機”などを経験しながらも、1968年には域内の関税は廃止され、当初の目的を達成するのである。また、1973年には、イギリス、デンマーク、アイルランドの3カ国が加盟した。

このような EC の形成が対内、対外的にどのような影響を与えてきたかについては、いくつかの研究が行われてきている[6, 7, 8]。本稿においては、EC の展開の1つの中心が域内貿易における制限撤廃であることから域内の貿易を、域外貿易と比較することによって、1958, 1962, 1968, 1973年の4つの時点におけるルールの変更の効果を明らかにすることにした。

ところで、輸入関数を用いて域内の貿易と域外の貿易を比較しようとするとき、個々の商品ベースおよび各国レベルの厳密な経済学モデルにもとづく分析が必要であろう。しかし本稿においては制度変革の測定方法の例示が目的であるため、以下のような単純化されたモデルを用いることにする。まず、 i 国の j 国からの輸入関数をつぎのようにならわす：

ただし、 $m_{ij} = f(y_i, p_i, p_j, s)$

y_i : i 国の GDP

p_i : i 国の国内価格の平均指標

p_j : j 国からの輸入価格の平均指標

s : 輸入行為を律する行動ルールの指標

いま、EC 域内・域外諸国を区別するため、 R_1 , R_2 をそれぞれ域内、域外諸国の集合とし、 $R_1 = \{1, 2, \dots, m\}$, $R_2 = \{1, 2, \dots, n\}$ とする。ここで、関数 f を線形とみなし、 i 国の域内輸入量 m_{ij} ,

域外輸入量 m_{ij}^* をそれぞれ、

$$m_{ij} = \alpha_{ij} y_i + \beta_{ij} p_i + \gamma_{ij} p_j + \delta_{ij} s_{ij} \quad (3)$$

$$m_{ij}^* = \alpha_{ij}^* y_i + \beta_{ij}^* p_i + \gamma_{ij}^* p_j + \delta_{ij}^* s_{ij}^* \quad (4)$$

なる形で定式化しよう。ここで B. Balassa[3]らの議論で、 y_i と p_i, p_j の間には何らかの関数関係があるとされているが、先述の理由より、上式を採用することにする。さて(3)、(4)式より、域内の総輸入量 M (すなわち域内貿易)、域外先進国からの総輸入量 M^* は、

$$M = \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n m_{ij}, \quad M^* = \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ j \in R_2}}^n m_{ij}^*$$

となる。ここで、 i 国のそれぞれの国からの GDP に対する限界輸入性向の和

$$\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \alpha_{ij}, \quad \sum_{\substack{j=1 \\ j \in R_2}}^n \alpha_{ij}^*$$

が EC 各国ではほぼ一定で、各国とも域内輸入、域外輸入に関する行動のルールはそれぞれ一定 ($\sum_{\substack{j \\ i \neq j}} \delta_{ij} s_{ij} = s$, $\sum_j \delta_{ij}^* s_{ij}^* = s^*$) とみなせば、上式はもっと簡素化され、

$$M = a \sum_{i=1}^m y_i + A$$

$$M^* = a^* \sum_{i=1}^m y_i + B$$

となる。ただし、

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} = a, \quad \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}^* = a^*$$

$$A = \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n (\beta_{ij} p_i + \gamma_{ij} p_j) + ms$$

$$B = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\beta_{ij}^* p_i + \gamma_{ij}^* p_j) + ms^*$$

である。したがって、域内間の総輸入量と域外先進国からの総輸入量の差 R はつぎのようにあらわせる。

$$R = \lambda Y + \mu \quad (5)$$

ただし、 $\lambda \equiv a - a^*$

$$Y \equiv \sum_{i=1}^m y_i$$

$$\mu \equiv (A - B) + m(s - s^*)$$

ここで、 δ は輸入国、輸出国の価格体系、関税・

非関税障壁や行動のルールなどを含んだ、域内・域外の制度の違いをあらわす変数である。

さて、われわれは、1958、1962、1968、1973年の4つの時点で行なわれたルール変更のそれぞれの効果をみるために、

$$R_t = \lambda_t Y_t + \gamma_t$$

というモデルを用いて ROLS を1953年から1976年のデータに応用した。その結果が図5と図6に示されている。図5は残差の分散であり、それから、1958年、1968年、1973年の3つの時点において制度の変革があったことが読み取れる。ただ、1962年については、とくに変化があったとは認められない。図6は $\hat{\lambda}$ の値の変化であり、1958年、1968年、1973年のいずれにおいても“介入”が存在し、それぞれが $\hat{\lambda}$ の値を“おしあげる”(すなわち、域外貿易に比べ域内貿易を促進させる)作用をしていることがわかる。

以上の結果を念頭におきつつ、1958、1968年、1973年のルール変更の効果をより明確にするためわれわれは、

$$R_t = \lambda Y_t + \gamma_1 + \gamma_2 D_1 + \gamma_3 D_2 + \gamma_4 D_3$$

ここで、 D_1 : 1957年まで0、1958年から1

D_2 : 1967年まで0、1968年から1

D_3 : 1972年まで0、1973年から1

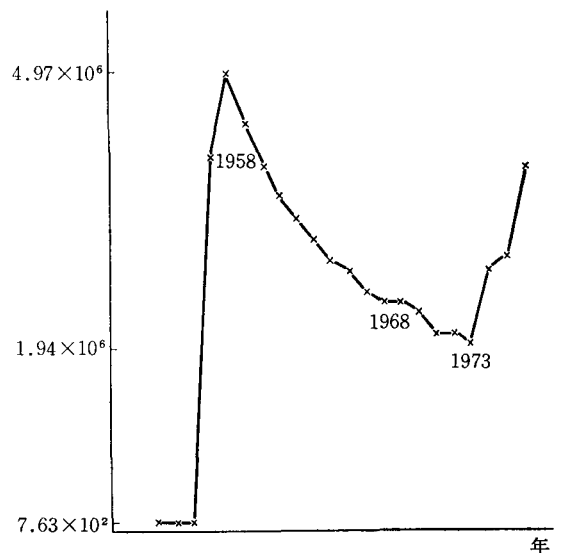


図5 残差分散の変化

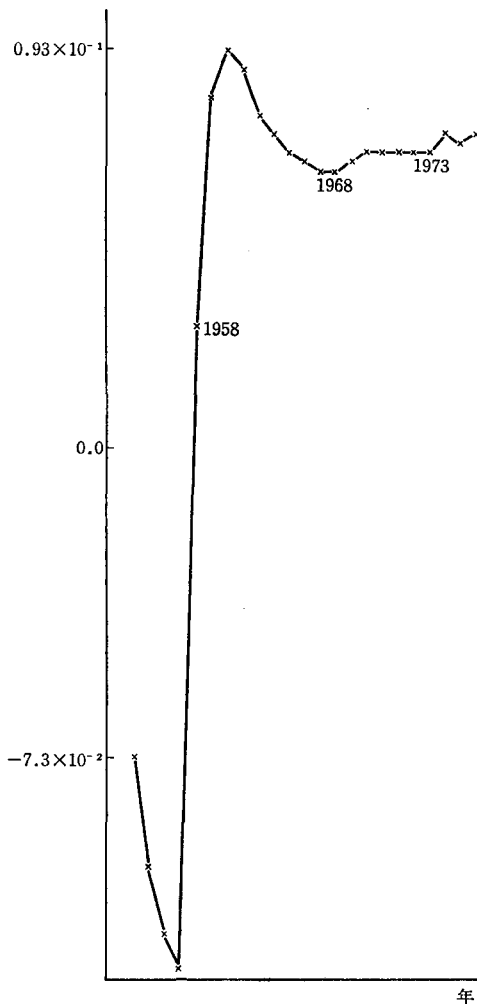


図 6 λ_t の変化

というモデルで OLS の分析を行なった。(ここでわれわれは λ は、全期間を通して一定であり、ルールの変更は、「切片」にのみ影響を与えると仮定している)

その結果は以下ようになった。

$$R_t = 0.067 Y_t - 16440 + 2255 D_1 + 288 D_2 + 6778 D_3$$

(46.42) (1.65) (0.25) (4.54)

$$R^2 = 0.9929 \quad D. W. = 2,074$$

() 内は t-value

この結果から、3つの時点のルールの変更が、域内貿易を促進していることが再び明らかになる。しかしながら1973年を除いて、他の時点にお

けるルールの変更の効果は、統計的に有意ではない。しかしながら、この結果からそれらの時点におけるルールの変更の効果はなかった、と結論づけるのは早計であろう。なぜなら、第1に、ROLSの結果も OLS の結果も統計的な有意性という観点を除けば、ルール変更の効果を示唆している。第2にわれわれの用いたモデルはきわめて単純な、仮りのものであり、今後、より妥当なモデルを作成して EC における制度の変更の効果を吟味していく必要があるからである。

4. 結論と今後の課題

われわれは、国際関係の研究において制度の研究が重要であることを指摘し、その中の1つの重要な分野である制度の変革の効果の測定に関して、ROLS という手法を提示した。そして、ROLS を用いて実際に、(i)戦争と力の分布の関係という国際関係に特有な制度、(ii) EC を例にして、経済関係についてのルールの変更とその効果、を分析した。もちろん、われわれの分析は「最初の一步」であり、問題提起にすぎないものである。しかし、その中で、ROLS が制度の変革の効果、をきわめて手際よく「さぐりあてる」ものであることが示された。そして、逆に、制度の変更が、現実に大きな効果をもっていることも明らかになった。このような分析は、さらに、他の事象(たとえば、ASEAN などの他の地域、あるいは、よりグローバルな制度)に応用されるべきであろうし、そのような作業の積み重ねの上に、より一般的な国際関係における制度の研究が成り立つものと考えられる。

また、より方法論的な見方をすれば、擬似実験法的な考え方、統計学、工学の分野で発展のいちじるしい時系列分析、最適制御理論、状態・空間モデルなどの手法の国際関係研究への応用 [11, 12] が今後ますます期待されるのである。(なお本稿作成に関して埼玉大学助教授榎原英資氏より有益なコメントをいただいた。)

参 考 文 献

- [1] Hayward R. Alker, Jr., "The Long Road to International Relations Theory: Problems of Statistical Nonadditivity," in Morton A. Kaplan, ed., *New Approaches to International Relations*. New York: St. Martin's Press, 1968, 137-169.
- [2] M. Athan, "The Importance of Kalman Filtering Methods for Economic Systems," *Annals of Economic and Social Management*. 3:1, 1974, 49-64.
- [3] Bela Balassa, *The Theory of Economic Integration*, Irwin, 1961. (中島正信訳「経済統合の理論」ダイヤモンド社, 1963)
- [4] G. E. Box and G. C. Tiao, "Intervention Analysis with Application to Economic and Environmental Problems," *Journal of the American Statistical Association*. March 1975, 70-79.
- [5] Donald T. Campbell and Julian C. Stanley, *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Chicago: Rand McNally, 1963.
- [6] James A. Caporaso and Alan L. Pelowski, "Economic and Political Integration in Europe: A Time-Series Quasi-Experimental Analysis," *American Political Science Review*. 65, 1971, 418-433.
- [7] — and Leslie L. Roos, eds., *Quasi-Experimental Approaches: Testing Theory and Evaluating Policy*. Evanston: Northwestern U. Press, 1973.
- [8] —, "The External Consequences of Regional Integration for Pan-European Relations: Inequality, Dependence, Polarization, and Symmetry," *International Studies Quarterly*. 20:3, 1976. 341-392.
- [9] Gene V. Glass, "Estimating the Effects of Intervention into a Non-Stationary Time-Series," *American Educational Research Journal*. 9:3, 1972, 463-477.
- [10] Francis W. Hoole, "Evaluating the Impact of International Organizations," *International Organization*. 31:3, 1977, 541-563.
- [11] Takashi Inoguchi and Nobuharu Miyatake, "The Politics of Decrementalism: The Case of Soviet-Japanese Salmon Catch Negotiations, 1957-1977," *Behavioral Science*. 23:6, 1978, 457-469.
- [12] Charles E. Lucier, "Changes in the Values of Arms Race Parameters," *Journal of Conflict Resolution*. 23:1, 1979, 17-39.
- [13] J. David Singer, et al. "Capability Distribution, Uncertainty, and Major Power War, 1820-1965," in Bruce M. Russett, ed., *Peace, War, and Numbers*. Beverly Hills: Sage, 1972, 19-48.
- [14] John C. Wahlke, "Pre-Behavioralism in Political Science," *American Political Science Review*. 73:1, 1979, 9-31.
- [15] P. C. Young, "Discussion on Dr. Bray's Paper," *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A (General) 134:2, 1971, 220-223.
(やくしじ・たいぞう 埼玉大学助教授 数理政治学
やまもと・よしのぶ 埼玉大学助教授 国際関係論
ふじた・しゅういち 埼玉大学政策科学研究科大学院)