

地域間交易量の計量分析¹⁾

——四国とその周辺地域との連関構造——

井 原 健 雄

- I. はじめに II. 理論モデル III. 実証分析 IV. むすび
V. (補論1) 輸送量分布係数モデルの評価基準とそのプログラム
VI. (補論2) 因子分析モデルの主因子解法とそのプログラム

I

一般に地域の経済政策を論ずるにあたっては、当該地域とその周辺地域との経済的な相互依存の関係を十分に把握しておく必要がある。かかる経済組織の連関構造を無視した政策提言は、畢竟、失敗に終わらざるを得ない。戦後のわが国における地域経済政策の底流であった工業立地の地方分散政策²⁾が結局失敗に終わったのも、基本的には、労働力を含めた経済資源の地域間移動に対する過小評価に起因するものと思われる³⁾。

- 1) 本稿は、昭和52年度文部省特定研究、「地域経済と地場産業」にもとづく研究成果の1部である。なお、実証分析については、筆者のゼミナリスト、とくに越智孝、蔦泰彰、徳永渡の助力を得た。記して、謝意を表明したい。
- 2) 事実、昭和37年策定の全国総合開発計画が打ち出した「拠点開発方式」の構想は、地域経済の当面の課題を「過密」問題と「格差」問題の2つに集約してとらえ、工業立地の地方分散化によって、過密是正と格差是正との一石二鳥の効果を期待したものであった。また、昭和44年に策定された新全国総合開発計画（新全総）では、旧全総を反省して、開発方式に大規模プロジェクト方式を採用したが、これもスタートして8年で第三次全国総合開発計画（三全総）として改定されざるを得なくなった。「開発優先から生活環境重視へ」というのが三全総のキャッチフレーズであり「流域別の定住圏構想」を打ち出しているものの、その基本的な考え方が地方分散政策にあることはいうまでもない。
- 3) 坂下昇、「工業立地政策：歴史、現状、評価」、小宮隆太郎・佐伯尚美・岡野行秀編、『日本の土地問題』、東京大学出版会、1972年、pp. 57-86、参照。

われわれは本稿において、地域間の相互連関をとらえる推定モデルの検討を試みることにする。そのとき、いかなる地域を選定するかということが、とりわけ重要な問題として浮かびあがってくる。なぜなら、対象地域を広げれば広げるほど、その地域の経済的な自律度は一層増大するものと考えられ、また、他地域との経済的な連関度は逆に一層減少するものと考えられるからである。その意味で地域間の連関構造は、対象地域との相対的関連のなかで把握する必要がある。

いうまでもなく地域区分の方法は、その分析目的に応じて異なるものとなるであろう。しかし、それを一般的に述べれば、つぎの3つに分類して考えることができる⁴⁾。まず、第1の地域区分は、資本や労働さらに生産物市場の自律性に着目した、いわばそれぞれが経済圏として地域を構成するものであり、これをわれわれは《理論的な地域区分》とよぶことにする。つぎに、第2の地域区分は、各種の経済統計が整備されている現行の行政区分であり、これをわれわれは《統計的な地域区分》とよぶことにする。さらにまた、新しい政策課題に対応して、叙上の理論的な地域区分や統計的な地域区分にとらわれない、まったく新しい対象地域が要請されることもあり、その意味でこれをわれわれは《政策的な地域区分》とよぶことにする。

本稿においてわれわれの採用した地域区分は、全国を9地域に分割した地域間産業連関表の地域区分をその基礎として、四国をその分析対象の中心地域にすえ、それと関連の強いと思われる3地域（すなわち、近畿、中国、九州）と、あまり関連の強くないと思われる5地域（すなわち、北海道、東北、関東、東海、北陸）を1つに統合したその他地域、からなる合計5地域である。したがって、この地域区分を上記3つの分類基準に照らして位置づけるならば、主として第2の統計的な地域区分と第3の政策的な地域区分に適用べく決定されたものだと判断される。なぜなら、われわれの主たる分析目的は、今後予想される四国経済の変貌⁵⁾を予見するための素材として四国とその周辺地域との連関構造を計量的に分析することであり、信頼できる統計数値の利用可能性

4) 福地崇生編、『地域経済学』、有斐閣双書、1974年、pp.2-10、参照。

5) たとえば、本四架橋に対する期待は、四国にとって殊のほか大きいものであり、その実現によって四国経済の産業構造がどのように変貌するか、注目される。

(Availability) は、その必要条件となるからである。したがって、われわれの分析目的に適うべく決定された5地域が、すべて必然的に第1の自律的な経済圏を構成する地域であるとは、決していい難い⁶⁾。つぎの表1は、われわれ

表1 地域別の面積・人口・生産額・移出額でみる経済特性

地域	面積 (km ²)	人口 (千人)	生産額 (億円)	移出額 (億円)	移出率 (%)
北海道	78,486(21.2)	5,338(4.8)	65,345(4.0)	12,080	18.5
東北	66,836(18.1)	9,233(8.3)	88,629(5.4)	19,581	22.1
関東	70,530(19.0)	41,335(36.9)	647,296(39.2)	98,296	15.2
東海	21,302(5.8)	9,417(8.4)	174,215(10.5)	52,297	30.0
北陸	8,452(2.3)	2,141(1.9)	31,052(1.9)	10,736	34.6
近畿	31,475(8.5)	19,605(17.5)	344,488(20.8)	78,604	22.8
中国	31,693(8.6)	7,365(6.6)	123,033(7.4)	36,664	29.8
四国	18,770(5.1)	4,039(3.6)	49,580(3.0)	13,905	28.0
九州	42,041(11.4)	13,460(12.0)	129,427(7.8)	22,923	17.7
合計	369,585(100.)	111,933(100.)	1,653,065(100.)	345,089	20.9*

(備考) 1. 括弧内の数値は、合計に対する相対比率(%)である。

2. 人口は、1975年10月1日現在の数値である。

3. "*"印を付した数値は、G.N.P.に対する地域別総移出額の比率(%)である。

が採用した地域区分の基礎となる当該9地域の面積・人口・生産額・移出額でみる経済特性を示している。これによってわれわれは、当該地域の全国に占める相対的比重を概括的にとらえることができるであろう。

本稿では、理論的な地域区分の分析は、ひとまずおいて、叙上の5地域に関する地域間取引量の計量分析を試みることにする。その検討手順は、つぎのとおりである。まず最初に、II章では、地域連関をとらえる「理論モデル」として、個別的な《輸送量分布係数モデル》と総体的な《因子分析モデル》の構造

6) いかなる地域区分が自律的な経済圏を構成することになるかということ自体、きわめて興味深い研究課題である。われわれは、この点についての立ち入った研究を別の機会に譲りたい。

が明らかにされ、その各々について、方法的な検討が加えられる。つぎのIII章は、「実証分析」として、上記2つの理論モデルにもとづく計算結果とその評価にあてがわれる。そしてIV章では、「むすび」として、以上の分析結果にもとづく全体の総括と今後の展望が述べられる。なおV章では、(補論1)として、輸送量分布係数モデルの評価基準として用いられる諸概念の説明とそのプログラムが与えられ、VI章では、(補論2)として、因子分析モデルの解法手順とそのプログラムが与えられる。

II

空間的相互作用のモデル (Spatial Interaction Model) とは、ある空間システム内における諸活動の様相を記述する方式に対して与えられる総称である⁷⁾。いま、この空間的相互作用の1つとして、各部門別の地域間交易量に注目し、これをとらえるための推定モデルをとりあげることにしよう。その場合、地域間の連関構造の把握の仕方として、概念上、つぎの2つの方法を区別して考えることができる。その1つは、地域連関の構造を、各部門ごとにそれぞれ切り離して、いわば個別的にとらえる方法であり、その代表として、われわれは、《輸送量分布係数モデル》をとりあげることにする⁸⁾。他の1つは、各部門ごとに異なっていると思われる地域連関の構造のなかにも、ある共通の潜在的な因子が存在するものと仮定して、その共通因子を、総体的にとらえようとする方法であり、その具体的内容として、われわれは、《因子分析モデル》をとりあげることにする。以下において、その理論モデルの内容を、順次明らかにすることにしよう。

7) この点の詳細については、郡島孝・井原健雄、「地域間交易量の推定モデルについて」、名神地区の工業配置と道路交通研究プロジェクト、『名神地域における工業配置および道路交通の構造分析——中間報告——』、日交研シリーズ A-37、日本交通政策研究会、1977年、pp. 59-109、を参照されたい。

8) いうまでもなく、地域連関の構造を各部門ごとに個別的にとらえる方法は、輸送量分布係数モデルにのみ限られるものではない。たとえば、もっと一般的なグラビティ・モデルも、この範疇に含まれる。しかし、ここでは、政策的に有意な経済距離の概念を導出するためのいわば前段階として、もっとも簡明直截な輸送量分布係数モデルを、その代表としてとりあげたわけである。

§1. 輸送量分布係数モデル⁹⁾

地域間交易量とは、ある測定期間内に、ある地域から他の地域へ輸送された物資の量を意味するが、これは、当該輸送物資の発送地域 (Origin Zone) 別、および到着地域 (Destination Zone) 別に分類された OD 表 (Origin-Destination Table) によって一括表示される。そして、この実測された OD 表よりもとめられる「輸送量分布係数」の不変性を仮定して、将来の地域間交易量を推定するモデルが、輸送量分布係数モデルとよばれるものである。

まず最初に、輸送量分布係数は、つぎのように定義される。

$$\mu_{ij} = \frac{X_{ij}}{\left(\frac{X_{i.} \cdot X_{.j}}{X_{..}}\right)} \quad (1)$$

ただし、

- μ_{ij} : 輸送量分布係数、
- X_{ij} : i 地域から j 地域への物資輸送量、
- $X_{i.}$: i 地域からの総発送量、
- $X_{.j}$: j 地域への総到着量、
- $X_{..}$: 全地域の総交易量。

いま簡単化のために、

$$\tilde{X}_{ij} = \left(\frac{X_{i.} \cdot X_{.j}}{X_{..}}\right) \quad (2)$$

とおけば、(1) 式右辺の分母、すなわち \tilde{X}_{ij} を、比例配分された分布輸送量とよぶことができる。なぜなら、(2) 式によってもとめられる \tilde{X}_{ij} は、 $i \rightarrow j$ 両地域間の交易量が、 i 地域の総発送量 ($X_{i.}$) および j 地域の総到着量 ($X_{.j}$) の大きさに比例して生起するとみなしたときに得られる値となるからである¹⁰⁾。したがって、さきの輸送量分布係数 (μ_{ij}) は、 i 地域から j 地域への物資輸送量 (X_{ij}) の、比例配分された分布輸送量 (\tilde{X}_{ij}) に対する相対的な大きさを表わすものと解釈される。

つぎに、輸送量分布係数モデルとは、この係数 (μ_{ij}) の時間的な不変性を仮

9) 本節の叙述は、郡島孝・井原健雄、前掲論文、1977年、pp. 60-61. に拠っている。

10) したがって、(2) 式による地域間交易量の推定モデルは、周辺分布(すなわち、 $X_{i.}$ と $X_{.j}$) が互いに独立であるという仮定を前提としていることに留意すべきである。

定して、さらに別途推定された将来期間の周辺予測値 ($\bar{X}_{i..}$, $\bar{X}_{.j}$, および $\bar{X}_{..}$) を合わせ用いて、 $i \rightarrow j$ 地域間の将来交易量 (\bar{X}_{ij}) を推定するモデルにほかならない。すなわち、これを、つぎのように書くことができる。

$$\bar{X}_{ij} = \mu_{ij} \frac{\bar{X}_{i..} \bar{X}_{.j}}{\bar{X}_{..}} \quad (3)$$

ただし、

\bar{X}_{ij} : i 地域から j 地域への物資輸送量の将来推定値、

$\bar{X}_{i..}$: i 地域からの総発送量の子測値、

$\bar{X}_{.j}$: j 地域への総到着量の子測値、

$\bar{X}_{..}$: 全地域の総交易量の子測値。

このようにして導出された輸送量分布係数モデルのメリットは、(3)式からも明らかなように、なによりも簡明直截な点にもとめられる。もとより、現実の地域間交易量 (X_{ij}) が、(3)式によって与えられる推定値 (\bar{X}_{ij}) に一致するとは必ずしもかぎらない。たとえば、もしも $i \rightarrow j$ 両地域間においてある特定の抵抗要因が著しく作用するような場合¹¹⁾ を想定すれば、 i 地域からの総発送量 ($X_{i..}$) と j 地域への総到着量 ($X_{.j}$) がともに大きな値であったとしても、 $i \rightarrow j$ 地域間の交易量 (X_{ij}) は、さほど大きな値とはならないであろう¹²⁾。しかしながら、実測 OD 表にみられる現実の地域間交易量 (X_{ij}) と比例配分された分布輸送量 (\bar{X}_{ij}) との関係——これが、(1)式によって、輸送量分布係数 (μ_{ij}) として計測される——が、将来においても成立するものとみなして、(3)式よりもとめられる \bar{X}_{ij} を地域間交易量の推定値とする考え方は、他の有意な説明要因をモデルのなかへ明示的に導入する以前に検討すべき、1つの理論的な指標を与えるものと理解されよう¹³⁾。

このモデルを実際に適用しようとするれば、(1)式で定義される輸送量分布係数 (μ_{ij}) の安定性を、是非とも吟味しておく必要がある。なぜなら、いま実測

11) その1例として、 $i \rightarrow j$ 両地域が地理的に著しく隔たっている結果、輸送コストおよび輸送時間が他に比して大きくかかるような場合を想定せよ。

12) なぜなら、 j 地域を除く他の地域に、より多く発送され、また i 地域を除く他の地域から、より多く到着されることになるからである。

13) なお、拡張された輸送量分布係数モデルについては、鈴木啓祐、『物資輸送量の計測と予測』、交通日本社、1969年、pp.121-131、参照。

された OD 表の輸送量分布係数を $\mu_{ij}^{(0)}$ とし、将来の OD 表におけるそれを $\mu_{ij}^{(t)}$ とするとき、輸送量分布係数モデルによる地域間交易の推定法は、輸送量分布係数でとらえた地域間交易の構造が、時間的に安定しており、しかも実測されたものと係数に等しい、すなわち、

$$\mu_{ij}^{(t)} = \mu_{ij}^{(0)} \quad (4)$$

の関係が成立するときに、はじめて許容されるものだからである。一般に、予測期間が長くなれば、輸送量分布係数の時間的変化も大きくなるものと考えられる¹⁴⁾。したがって、この係数の時間的不変性を仮定して推定される、輸送量分布係数モデルの予測値は、精度の低下を惹起する。そこで、予測精度を高めようとすれば、輸送量分布係数 ($\mu_{ij}^{(t)}$) に対して、何らかの修正を施す必要が生ずることになる。たとえば、ある先見的な情報にもとづいて $\mu_{ij}^{(t)}$ の値を修正するとか、あるいはまた、 $\mu_{ij}^{(t)}$ が時刻 t の関数として表わされると仮定して、

$$\mu_{ij}^{(t)} = f(t) \quad (5)$$

とおき、これよりもとめられる輸送量分布係数の値を将来予測に用いる¹⁵⁾とといった方法などが考えられる。

つぎに、この輸送量分布係数モデルによる推定結果の精度を判定する基準について、言及しておこう。すでにわれわれは、推定結果の良否を判定する評価基準として、実績値と推定値との相関係数 (Correlation Coefficient)、あるいはそれを 2 乗して得られる決定係数 (Determinant Coefficient) を用いたことがある¹⁶⁾。しかし、この係数は、推定結果の良否を判定するうえで、けっして十全な尺度であるとはいえない。たとえば、H. Theil の不一致係数 (Inequality Coefficient) は、この点を補なう指標として考案されたものである¹⁷⁾。また、地域間交易量の将来予測に情報理論を適用することにより、情

14) $\mu_{ij}^{(t)} = \alpha \mu_{ij}^{(0)} + \beta$ とおき、 $\alpha \cong 1$ によって、輸送量分布係数 (μ_{ij}) の安定性がテストされうる。

15) 鈴木啓祐, 前掲書, 1969年, p. 229, 参照。

16) 井原健雄, 「地域間財貨フローのモデルについて」, 都市経済構造研究プロジェクト, 『都市経済構造の理論的実証的研究』, 日交研シリーズ A-25, 日本交通政策研究会, 1975年, pp. 23-46, 参照。

17) H. Theil, "Economic Forecasts and Policy," North-Holland Publishing Co., 1961, アンリ・タイル著, 岡本哲治訳, 『経済の予測と政策』, 創文社, 1964年, pp. 40-52, 参照。

報不確実度 (Information Inaccuracy) の概念を定義し、この概念を用いて推定結果の精度を計量的に評価することも可能である¹⁸⁾。すなわち、実績値 (X_{ij}) に関する推定値 (\hat{X}_{ij}) の情報不確実度の値が小さいほど、推定値と実績値と乖離が小さいことを意味するから、当該モデルによる推定結果の精度は、逆に高いと判定されるわけである¹⁹⁾。さらにまた、2元分類における適合度検定の考え方を OD 表に援用することにより、地域間交易量の実績値 (これを観測度数と考える) と推定値 (これを期待度数と考える) とがどの程度一致しているかを測る測度として、カイ 2 乗統計量 (Chi-square Statistic) を用いて判定することもできる²⁰⁾。

これらの諸概念は、代替的なものであるというよりは、むしろ相互に補完的なものであると考えられる。その意味でわれわれは、これらすべての諸概念を評価基準として用いることにより、当該モデルによる推定結果の吟味を試みることにする。なお、その具体的内容については、補論 1 として、後の V 章で与えられる。

§2. 因子分析モデル

地域経済の分析を行なう場合に、多くの変数を少数個の尺度で評価したり、あるいはまた、多くの変量のある共通の因子で説明したりすることが必要になることがある。このような状況を想定したとき、統計的手法としての因子分析法 (Method of Factor Analysis) は、きわめて有効なものと考えられる²¹⁾。因子分析法とは、「回帰分析のように計測にさきだって独立変数と従属変数をあらかじめ指定する必要はなく、分析対象となる全変数が共通因子とよばれる少数個の共通の変量と独自因子とよばれる各変数に固有の変量で説明できると

18) H. Theil, "Economics and Information Theory," North-Holland Publishing Co., 1967, pp. 37-46, 参照。

19) 郡島孝・井原健雄, 前掲論文, 1977年, pp. 80-88, 参照。

20) たとえば, P. G. Hoel, "Elementary Statistics," John Wiley & Sons, 1960, P. G. ホーエル著, 浅井晃・村上正康共訳, 『初等統計学』, 培風館, 1963年, pp. 161-168, 参照。

21) 因子分析法の地域問題への応用については、たとえば、河崎俊二, 「因子分析」, 江沢譲爾・金子敬生編, 『地域経済の計量分析』, 勁草書房, 1973年, pp. 174-240, 参照。

いう仮定のもとに、共通因子の係数と因子の量を計測する手法²²⁾である。したがって、その基本的な考え方は、「ある領域での一見複雑にみえる種々の現象も、きわめて少数の潜在的因子 (Latent Factors) によって説明しようという、科学の根底に横たわる Parsimony (簡潔) の原則にもとづいている」²³⁾ものである。

いま、 n 個の観測対象に対する p 変量のデータを

$$X_{\alpha\beta} \quad (\alpha=1, 2, \dots, n; \beta=1, 2, \dots, p) \quad (6)$$

と書くことにすれば、その n 行 p 列からなるデータ行列は²⁴⁾、

$$\underset{n \times p}{X} = \{X_{\alpha\beta}\} \quad (7)$$

として表わされる。

これを、 $i \rightarrow j$ 両地域間の交易量でとらえる連関構造について述べれば、つぎのようになる。まず最初に、 α は、産業部門の分類を表わす添字であると考えよう。したがって、 $\alpha=1$ は、たとえば農林・水産部門を、 $\alpha=2$ は、石炭・亜炭部門をそれぞれ表わすことになり、以下同様にして、合計 n 個の産業部門が考慮されることになる²⁵⁾。つぎに、 β は、地域連関を反映する変量に対して与えられる添字であると考え、ここでは簡単化のため、 $p=3$ の場合に限定して分析を進めることにしよう。すなわち、 $\beta=1$ は、 i 地域から j 地域への物資輸送量 (X_{ij}) を表わす変量を意味するものとし、また $\beta=2$ は、 i 地域からの総発送量 ($X_{i.}$) を表わす変量を、 $\beta=3$ は、 j 地域への総到着量 ($X_{.j}$) を表わす変量を、それぞれ意味するものと仮定しよう。そのとき、(7) 式によって与えられるデータ行列 $\{X_{\alpha\beta}\}$ は、つぎの表 2 のようにまとめられる。

つぎに、この各変量ごとに、標本平均 (\bar{X}_{β}) と標本標準偏差 (s_{β}) を次式によってもとめることにする。

$$\bar{X}_{\beta} = \sum_{\alpha=1}^n X_{\alpha\beta} / n \quad (8)$$

22) 河崎俊二, 前掲書, 1973年, pp. 174-175.

23) 奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉澤正, 『多変量解析法』, 日科技連, 1971年, p. 323.

24) ただし、 $n > p$ が成り立つものとする。

25) 昭和45年地域間産業連関表の25部門分類に従えば、 $n=25$ として与えられる。

表2 因子分析のためのデータ表示

変 量(β)		β = 1	β = 2	β = 3 (=p)
		X _{ij}	X _{i.}	X _{.j}
1	農 林・水 産	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃
2	石 炭・垂 炭	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃
⋮		⋮	⋮	⋮
α	-----	X _{α1}	X _{α2}	X _{α3}
⋮		⋮	⋮	⋮
n	そ の 他 の 製 造 業	X _{n1}	X _{n2}	X _{n3}

$$s_\beta = \sum_{\alpha=1}^n (X_{\alpha\beta} - \bar{X}_\beta)^2 / (n-1) \tag{9}$$

さらに、この両者を用いて、もとのデータ ($X_{\alpha\beta}$) を、平均がゼロ、平方和が1となるように基準化すれば²⁶⁾、次式を得る。

$$Z_{\alpha\beta} = \frac{X_{\alpha\beta} - \bar{X}_\beta}{\sqrt{n-1}s_\beta} \quad (\alpha=1, 2, \dots, n; \beta=1, 2, \dots, p) \tag{10}$$

したがって、 n 行 p 列からなる基準化されたデータ行列は、

$$\mathbf{Z} = \{Z_{\alpha\beta}\}_{n \times p} \tag{11}$$

として表わされる。

因子分析モデルとは、このようにして構成されたデータ行列 $\{Z_{\alpha\beta}\}$ のもつ構造を、できるかぎり簡潔に記述することを意図したものである。そのために、い

26) こうすることにより、積和 (すなわち、 $\sum_{\alpha=1}^n Z_{\alpha\beta}^2$ および $\sum_{\alpha=1}^n Z_{\alpha\beta} Z_{\alpha\beta'}$) が、もとのデータ ($X_{\alpha\beta}$) に関する各変量間の相関係数と一致することになるからである。

ま、(11)式で与えられるデータ行列を、つぎのように分解してみよう。

$$\mathbf{Z} = \mathbf{F} \mathbf{A}' + \mathbf{E} \tag{12}$$

$n \times p \quad n \times m \quad m \times p \quad n \times p$

すなわち、それぞれの階数 (Rank) が、ともに m である2つの行列²⁷⁾を

$$\mathbf{F} = \{f_{\alpha\gamma}\} \quad (\alpha=1, 2, \dots, n; \gamma=1, 2, \dots, m) \tag{13}$$

$n \times m$

$$\mathbf{A} = \{a_{\beta\gamma}\} \quad (\beta=1, 2, \dots, p; \gamma=1, 2, \dots, m) \tag{14}$$

$p \times m$

とするとき、 \mathbf{F} と \mathbf{A} の転置行列 \mathbf{A}' の積 $\mathbf{F}\mathbf{A}'$ を構成し、それによって基準化されたデータ行列 \mathbf{Z} が十分に近似されるような \mathbf{F} と \mathbf{A} をもとめることを考えるのである。このとき、 \mathbf{F} は《因子得点行列》、 \mathbf{A} は《因子負荷量行列》、 \mathbf{E} は《残差行列》とよばれるものである。したがって、われわれの目的は、この残差行列 \mathbf{E} をなんらかの基準で十分小さくするように、基準化されたデータ行列 \mathbf{Z} を分解することにある。このとき、データの簡潔な記述という立場から判断すれば、 m をできるかぎり小さくとることが望ましい。

さて、その基準をきめる場合、残差行列 \mathbf{E} の各要素を直接取り扱おうよりは、それによって構成されるつぎの分散・共分散行列

$$\mathbf{U} = \mathbf{E}'\mathbf{E} \tag{15}$$

を対象とするほうが便利である。ところで、この行列 \mathbf{U} は、(10)式および(12)式を考慮すれば、つぎのように変形される²⁸⁾。

$$\begin{aligned} \mathbf{U} &= \mathbf{E}'\mathbf{E} = (\mathbf{Z} - \mathbf{F}\mathbf{A}')'(\mathbf{Z} - \mathbf{F}\mathbf{A}') \\ &= \mathbf{Z}'\mathbf{Z} - \mathbf{Z}'\mathbf{F}\mathbf{A}' - \mathbf{A}\mathbf{F}'\mathbf{Z} + \mathbf{A}\mathbf{F}'\mathbf{F}\mathbf{A}' \\ &= \mathbf{R} - (\mathbf{Z}'\mathbf{F}\mathbf{A}' + \mathbf{A}\mathbf{F}'\mathbf{Z} - \mathbf{A}\mathbf{F}'\mathbf{F}\mathbf{A}') \end{aligned} \tag{16}$$

ここで注意を要することは、われわれの基本モデルである(12)式において、 \mathbf{F} と \mathbf{A} を同時にもとめることができないという点である。したがって、まず

27) すなわち、 $\text{rank}[\mathbf{F}] = \text{rank}[\mathbf{A}] = m$ 。ただし、 $m < p$ が成り立つものとする。

28) いま、もとのデータ $(X_{\alpha\beta})$ に関する各変量間の相関係数を $\mathbf{R} = \{R_{\beta\beta'}\}$ で表わすこ

とにすれば、(10)式より、 $\sum_{\alpha=1}^n Z_{\alpha\beta}^2 = \sum_{\alpha=1}^n (X_{\alpha\beta} - \bar{X}_\beta)^2 / \{(n-1)s_\beta^2\} = 1 = R_{\beta\beta}$ および

$\sum_{\alpha=1}^n Z_{\alpha\beta} Z_{\alpha\beta'} = \sum_{\alpha=1}^n Z_{\alpha\beta} Z_{\alpha\beta'} / \sqrt{\sum_{\alpha=1}^n Z_{\alpha\beta}^2 \sum_{\alpha=1}^n Z_{\alpha\beta'}^2} = R_{\beta\beta'}$ となり、結局 $\mathbf{R} = \mathbf{Z}'\mathbf{Z}$ の関係が得

られる。なお、脚注26)、参照。

因子負荷量行列 A をある方法でもとめ²⁹⁾、その A を用いて

$$AA' = ZFA' + AF'Z - AF'FA' \tag{17}$$

をみたすように 因子得点行列 F をきめることにすれば、 E の分散・共分散行列 U は、つぎのように書くことができる。

$$U = R - AA' \tag{18}$$

つぎに、この残差の分散・共分散行列 U に注目して、因子負荷量行列 A をもとめる基準を考察することにしよう。まず、そのために、つぎの記号を導入しておこう。

$$D_U = \text{diag } U = \begin{pmatrix} u_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & u_{22} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & u_{pp} \end{pmatrix} \tag{19}$$

すなわち、 D_U (または $\text{diag } U$) は、行列 U の対角要素³⁰⁾ を対角要素とし、非対角要素はすべてゼロとする対角行列を表わしている。また、相関係数行列 R についても、これと同じ操作を施せば、

$$D_R = \text{diag } R \tag{20}$$

を得る。

つぎに、残差の分散・共分散行列 U を、さらにつぎのように一般化してみよう。すなわち、行列 U の対角要素の一定比率を控除する場合を考慮して、パラメータ θ (ただし、 $0 \leq \theta \leq 1$ をみたすものとする) を (15) 式に導入し、しかもまた、行列 U の各要素を必ずしも同等に評価しない場合をも考慮して、その各変量ごとにウェイト w_β (ただし、 $\beta = 1, 2, \dots, p$) を (15) 式に導入すれば、一般化された残差の分散・共分散行列 U を、つぎのように書くことができる。

$$\tilde{U} = W(U - \theta D_U)W \tag{21}$$

$p \times p$

29) この因子負荷量行列 A をもとめるための手法が、これまでのところ数多く考案されている。この点の詳細は、奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉澤正、前掲書、1971年、pp. 332-336、参照。

30) これは、もとの変量 X_β の残差分散を意味する。

ただし、

W は、各変量ごとのウェイト w_β ($\beta=1, 2, \dots, p$) を要素とする対角行列を表わすものとする。

このとき、行列 W の各要素とパラメター θ の値を変えることにより、種々の推定基準を一般的に表現することができる³¹⁾。その1例として、一般化された残差の分散・共分散行列 \tilde{U} について、その各要素の2乗和³²⁾を最小にするように、因子負荷量行列 A をもとめる場合がある。ここで注意を要することは、ウェイト行列 W をも推定する必要がある場合には、 t, \tilde{U}^2 を見かけ上いくらでも小さくできることから、それを回避するためある条件³³⁾を与えておかねばならないという点である。その条件として、いま(21)式右辺の U の代わりに相関係数行列 R を用いた、つぎの行列

$$G = W(R - \theta D_U)W \quad (22)$$

を構成する各要素の2乗和を一定にするという条件を設ければ、

$$\Phi = t, \tilde{U}^2 / t, G^2 \quad (23)$$

を最小にするべく、因子負荷量行列 A を推定することが可能となる。いうまでもなく、(23)式によって与えられる Φ の理論上の最小値は、 \tilde{U} がゼロ行列であるときの値ゼロである。

なお、記号 H によって、つぎの行列

$$H = \text{diag}(AA') \quad (24)$$

を表わすものとすれば、この行列 H は、(18)式を用いて、さらに

$$H = D_R - D_U \quad (25)$$

と書くことができる。そこで、この行列 H の第 β 番目の対角要素を h_β で表わすことにすれば、

$$h_\beta = \sum_{r=1}^m \alpha_{\beta r}^2 \quad (\beta=1, 2, \dots, p) \quad (26)$$

となり、これは、変量 Z_β の共通度 (Communality) とよばれるものである。

31) 奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉澤正、前掲書、1971年、p.334の表2.1を、参照せよ。

32) これは、 \tilde{U}^2 の対角要素の和、すなわち、 t, \tilde{U}^2 として表わされる。

33) たとえば、 $\sum_{\beta=1}^p w_\beta^2 = 1$ をみたすという条件が考えられる。

すわわち、 Z_{β} の共通度とは、 Z_{β} の分散のうち m 個の共通因子によって説明される部分を意味するものである。

われわれは、以下の実証分析を試みる場合、計算がやや複雑ではあるが、数学的には厳密な主因子解法 (Method of Principal Factors) を用いて因子負荷量を推定することにする。また、その具体的な解法手順とそのプログラムは、(補論2)として、後のVI章に譲ることにする。

III

前章では、地域間の連関構造を計量的にとらえる基本モデルとして、《輸送量分布係数モデル》と《因子分析モデル》をとりあげ、その内容を理論的に明らかにした。本章では、その両モデルを現実の地域間交易量の具体的な数値に適用することによって実証分析を試み、それによって導出される計算結果とその評価を通して、当該両モデルの精度と有効範囲を、逐次吟味することにしよう。

§1. 輸送量分布係数モデルの適用

まず最初に、輸送量分布係数モデルに注目し、その実証分析の内容を、説明の便宜上、i) 利用したデータ、ii) それにもとづく計算結果、iii) その結果に対する評価、にそれぞれ分けて、説明を行なうことにする。

[データ]

われわれの利用した地域間財貨フローのデータは、通商産業大臣官房調査統計部によって作成された、昭和45年地域間産業連関表からもとめたものである。この表は、昭和45年の暦年をその対象年次とし、また全国を通商産業局管内地域別(ただし、名古屋通商産業局管内は、東海と北陸に二分)に分割した9地域をその対象地域とする、経済活動の相互関係を一覧表の形に記録したものである。さらにまた、その部門分類は、昭和45年全国産業連関表の基本部門分類³⁴⁾に準じ、中間製品および公務などの取り扱いかいに関連して、若干部門を細分化した行部門553、列部門419から出発して、表の作成作業の段階に応じて逐次、89、43、25および10部門分類に統合³⁵⁾され、公表された部門分類は、

34) 行部門は、541、列部門は、407となっている。

35) この点の詳細については、通商産業大臣官房調査統計部、『昭和45年地域間産業連関表——作成結果報告書——』、1975年、pp.111-139、参照。

結局、25部門分類と10部門分類の2つとなっている。

われわれは、そのうちの9地域・25部門分類による地域間産業連関表を用いるが、しかし、とくに「四国とその周辺地域との連関構造を明らかにする」という分析目的に照らして、つぎのような地域区分の統合と部門分類の捨象を行なうことにした。すなわち、われわれの実証分析における対象地域の区分は、つぎの表3が示すとおり、叙上の地域間産業連関表において独立した対象地域

表3 対象地域区分とその範囲

対象地域区分	対象地域の範囲（都道府県）
四 国	徳島，香川，愛媛，高知
近 畿	福井，滋賀，京都，大阪，兵庫，奈良，和歌山
中 国	鳥取，島根，岡山，広島，山口
九 州	福岡，佐賀，長崎，熊本，大分，宮崎，鹿児島
そ の 他	北海道，青森，岩手，宮城，秋田，山形，福島，茨城，栃木，群馬，埼玉，千葉，東京，神奈川，新潟，山梨，長野，静岡，愛知，岐阜，三重，富山，石川

となっている、北海道、東北、関東、東海、北陸を1つの地域に統合して、全国を5地域に分割したものとなっている³⁶⁾。

36) ここでは、昭和45年を対象年次とする地域間産業連関表に準拠している結果、沖縄県は除かれている。また、四国地域との経済的な関連で他地域をみると、いかなる地域区分が適正妥当なものであるかということ自体、計量的に検証されるべき重要な課題である。当初、われわれは、近畿地域よりとくに大阪、兵庫の両県を抽出し、中国地域については山陽と山陰とに二分し、また九州地域についても四国地域と直接的な影響をもつと思われる福岡・大分とその他の県とに二分して計量分析を試みることを意図したが、データ制約のため、本稿では、見送らざるを得なかった。この点については、運輸省の全国貨物純流動調査報告書などを利用して、後日試みる予定である。

表4 部門分類表

番号	部門名	番号	部門名	番号	部門名
1	農林・水産	8	皮革・ゴム製品	15	一般機械
2	石炭・亜炭	9	化学	16	電気機械
3	鉱業(除石炭・亜炭)	10	石油・石炭製品	17	輸送機械
4	食料品	11	窯業・土石製品	18	精密機械
5	繊維	12	鉄鋼	19	その他の製造業
6	製材・木製品	13	非鉄		
7	パルプ・紙	14	金属製品		

また、その部門分類については、最終的に公表された25部門分類のうち、物的生産部門を中心に、表4に示す、19部門をとりあげることにした³⁷⁾。

その各部門別の地域間交易量（すなわち、昭和45年を対象年次とする実績値）は、つぎの表5-1～表5-19に示されている³⁸⁾。

37) ここでの部門分類は、昭和35年地域間産業連関表にもとづくグラビティ・モデルの検証の際、われわれの行なった部門分類と基本的には同じである。井原健雄、前掲論文、1975年、p. 26、参照。なお、昭和35年を対象年次とする部門分類と昭和45年を対象年次とする部門分類との比較については、通商産業大臣官房調査統計部、前掲書、1975年、pp. 140-171、参照。

38) 表中、「産出計」とは、地域別の中間需要と最終需要との合計である「需要計」にあたり、これより「輸入」を控除すれば、「総生産額」となる。なぜなら、昭和45年地域間産業連関表における輸入の取り扱い方は、地域間競争輸入型となっているからである。

表5-1 農林・水産部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	5,041,756	376,047	50,324	36,116	39,791	5,544,034
近畿	40,815	877,291	5,551	3,485	1,772	928,914
中国	38,635	72,836	499,957	8,971	26,517	646,916
四国	71,160	48,513	16,848	336,322	6,040	478,883
九州	155,373	86,909	40,708	11,329	905,496	1,199,815
投入計	5,347,739	1,461,596	613,388	396,223	979,616	8,798,562

表5-2 石炭・亜炭部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	222,635	9,431	3,684	1,580	456	237,786
近畿	0	99,444	0	0	0	99,444
中国	2,656	759	48,286	66	117	51,884
四国	0	0	0	9,607	0	9,607
九州	5,399	12,804	9,251	1,640	87,756	116,850
投入計	230,690	122,438	61,221	12,893	88,329	515,571

表5-3 鉱業(除石炭・亜炭)部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	1,425,325	7,292	5,659	2,859	10,342	1,451,477
近畿	12,952	429,900	691	1,990	2,382	447,915
中国	20,222	6,256	376,346	463	3,425	406,712
四国	7,992	1,585	1,232	151,617	595	163,021
九州	22,253	4,668	3,515	1,440	208,400	240,276
投入計	1,488,744	449,701	387,443	158,369	225,144	2,709,401

表5-4 食料品部門の地域間交易量

(単位: 100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	5,647,095	230,185	108,009	57,448	94,841	6,137,578
近畿	329,629	1,539,074	63,511	44,861	41,489	2,018,564
中国	76,917	48,102	450,688	23,391	41,620	640,718
四国	44,449	32,871	21,650	230,420	9,108	338,498
九州	65,968	51,654	34,106	6,949	862,890	1,021,567
投入計	6,164,058	1,901,886	677,964	363,069	1,049,948	10,156,925

表5-5 繊維部門の地域間交易量

(単位: 100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	8,526,986	645,735	221,457	47,019	164,659	9,605,856
近畿	1,085,290	4,145,934	180,906	91,847	203,288	5,707,265
中国	464,167	214,211	1,556,104	23,965	70,481	2,328,928
四国	64,866	97,914	19,742	166,839	7,248	356,609
九州	376,535	133,531	74,735	18,254	1,195,341	1,798,396
投入計	10,517,844	5,237,325	2,052,944	347,924	1,641,017	19,797,054

表5-6 製材・木製品部門の地域間交易量

(単位: 100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	1,987,057	61,194	24,244	12,768	17,601	2,102,864
近畿	105,446	496,715	11,181	8,850	23,015	645,207
中国	61,058	45,567	168,153	10,043	13,309	298,130
四国	54,797	23,525	7,543	81,840	9,352	177,057
九州	43,240	16,537	14,095	9,257	206,930	290,059
投入計	2,251,598	643,538	225,216	122,758	270,207	3,513,317

地域間交易量の計量分析

—277—

表5-7 パルプ・紙部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	1,533,623	162,714	27,627	13,512	20,612	1,758,088
近畿	97,019	306,061	12,278	5,185	14,063	434,606
中国	40,243	26,558	69,936	6,971	10,573	154,281
四国	48,085	39,250	12,631	87,354	12,490	199,810
九州	32,066	9,421	8,009	4,487	98,833	152,816
投入計	1,751,036	544,004	130,481	117,509	156,571	2,699,601

表5-8 皮革・ゴム製品部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	466,276	41,010	16,421	6,265	18,709	548,681
近畿	100,096	139,870	15,582	7,464	14,416	277,428
中国	11,025	6,720	14,350	1,783	2,123	36,001
四国	2,476	3,444	429	6,164	788	13,301
九州	17,931	6,360	9,879	1,825	36,674	72,669
投入計	597,804	197,404	56,661	23,501	72,710	948,080

表5-9 化学部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	2,879,706	327,932	115,828	56,354	98,627	3,478,447
近畿	407,278	762,809	77,018	47,768	115,748	1,410,621
中国	233,825	184,810	391,969	35,313	40,679	886,596
四国	91,309	82,415	32,388	126,236	8,720	341,068
九州	100,860	80,081	35,621	8,888	211,125	436,575
投入計	3,712,978	1,438,047	652,824	274,559	474,899	6,553,307

表5-10 石油・石炭製品部門の地域間交易量 (単位: 100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	1,683,020	112,256	22,120	9,159	18,676	1,845,231
近畿	73,888	381,898	23,019	36,531	24,783	540,119
中国	103,881	142,171	267,905	30,020	93,017	636,994
四国	5,314	15,847	20,784	25,943	14,737	82,625
九州	13,413	10,925	8,836	1,932	167,679	202,785
投入計	1,879,516	663,097	342,664	103,585	318,892	3,307,754

表5-11 窯業・土石製品部門の地域間交易量 (単位: 100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	1,531,603	100,219	26,877	11,301	18,224	1,688,224
近畿	136,867	351,895	19,239	10,664	20,351	539,016
中国	61,736	38,229	140,928	5,881	9,273	256,047
四国	7,671	11,628	2,451	49,968	616	72,334
九州	59,030	43,268	9,129	7,325	240,129	358,881
投入計	1,796,907	545,239	198,624	85,139	288,593	2,914,502

表5-12 鉄鋼部門の地域間交易量 (単位: 100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	5,371,622	371,256	121,103	16,243	61,650	5,941,874
近畿	569,813	3,205,391	116,357	46,646	119,886	4,058,093
中国	362,695	170,511	1,393,979	17,521	51,617	1,996,323
四国	8,726	6,459	4,220	20,859	2,979	43,243
九州	299,268	99,252	56,283	12,726	1,022,035	1,489,564
投入計	6,612,124	3,852,869	1,691,942	113,995	1,258,167	13,529,097

地域間交易量の計量分析

—279—

表5-13 非鉄部門の地域間交易量

(単位:100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	1,277,176	117,312	36,217	7,744	14,685	1,453,134
近畿	109,213	261,872	15,471	6,332	9,142	402,030
中国	67,149	32,864	69,167	1,873	8,754	179,807
四国	54,647	88,819	7,372	113,673	3,112	267,623
九州	44,500	23,751	8,103	2,545	80,961	159,860
投入計	1,552,685	524,618	136,330	132,167	116,654	2,462,454

表5-14 金属製品部門の地域間交易量

(単位:100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	1,878,188	157,167	64,137	23,032	88,324	2,210,848
近畿	406,264	678,671	49,078	38,869	74,260	1,247,142
中国	34,323	10,836	92,958	4,571	10,110	152,798
四国	1,493	2,636	8,150	32,307	1,157	45,743
九州	32,767	10,528	10,349	2,983	92,345	148,972
投入計	2,353,035	859,838	224,672	101,762	266,196	3,805,503

表5-15 一般機械部門の地域間交易量

(単位:100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	4,260,170	545,817	227,039	60,791	166,369	5,260,186
近畿	694,629	1,259,058	187,701	82,921	121,023	2,345,332
中国	154,418	64,763	276,427	24,382	36,479	556,469
四国	68,644	26,640	15,927	85,900	11,209	208,320
九州	69,307	43,298	33,374	9,009	174,967	329,955
投入計	5,247,168	1,939,576	740,468	263,003	510,047	8,700,262

表5-16 電気機械部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	4,736,715	537,962	175,332	91,673	198,572	5,740,254
近畿	543,939	951,062	104,414	43,897	99,087	1,742,399
中国	24,125	16,355	94,395	1,297	4,978	141,150
四国	7,585	17,940	1,064	44,256	1,415	72,260
九州	65,857	42,572	11,384	4,787	86,818	211,418
投入計	5,378,221	1,565,891	386,589	185,910	390,870	7,907,481

表5-17 輸送機械部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	4,791,843	404,865	244,308	82,317	250,728	5,774,061
近畿	126,771	697,374	20,897	4,595	16,589	866,226
中国	220,026	129,383	337,734	15,453	40,036	742,632
四国	43,535	12,029	1,655	91,394	1,259	149,872
九州	38,564	7,663	4,296	1,576	222,623	274,722
投入計	5,220,739	1,251,314	608,890	195,335	531,235	7,807,513

表5-18 精密機械部門の地域間交易量

(単位：100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	848,137	71,926	34,729	12,979	39,858	1,007,629
近畿	35,100	115,537	9,790	3,917	7,680	172,024
中国	3,639	1,472	13,271	501	864	19,747
四国	1,476	820	287	5,652	234	8,469
九州	479	564	736	117	15,075	16,971
投入計	888,831	190,319	58,813	23,166	63,711	1,224,840

表5-19 その他の製造業部門の地域間交易量 (単位: 100万円)

移入地域 移出地域	その他	近畿	中国	四国	九州	産出計
その他	2,524,203	182,184	95,188	46,489	119,719	2,967,783
近畿	188,602	653,264	30,404	20,789	31,887	924,946
中国	17,572	11,140	87,692	701	1,522	118,627
四国	4,414	11,463	1,052	37,056	1,602	55,587
九州	9,338	5,239	3,706	1,451	115,229	134,963
投入計	2,744,129	863,290	218,042	106,486	269,959	4,201,906

〔計算結果〕

この19部門からなる物的生産部門の地域間交易量にもとづいて、四国とその周辺地域との連関構造を明らかにしよう。まず最初に、表5-1～表5-19の読みとりを中心とした分析により、各地域の相対的位置づけを与えれば、つぎのようになる。表6は、各部門別地域内消費量が全国総産出に対して占める比率を百分比で示したものである。

表6 各部門別地域内消費量の全国総産出に対する比率(その1) (単位: %)

部門 地域	農林・水産	石炭・亜炭	鉱業 (除石炭・亜炭)	食料品	繊維
四国	3.8	1.9	5.6	2.3	0.8
近畿	10.0	19.3	15.9	15.2	20.9
中国	5.7	9.4	13.9	4.4	7.9
九州	10.3	17.0	7.7	8.5	6.0
その他	57.3	43.2	52.6	55.6	43.1

表6 各部門別地域内消費量の全国総産出に対する比率（その2）

(単位：%)

地域	部門	製木	製品	パルプ・紙	皮 ゴム	革 製品	化 学	石 炭	油 品
四	国	2.3		3.2		0.7	1.9		0.8
近	畿	14.1		11.3		14.8	11.6		11.5
中	国	4.8		2.6		1.5	6.0		8.1
九	州	5.9		3.7		3.9	3.2		5.1
そ の 他		56.6		56.8		49.2	43.9		50.9

表6 各部門別地域内消費量の全国総産出に対する比率（その3）

(単位：%)

地域	部門	窯 土	業 石 製 品	鉄	鋼	非 鉄	金 属 製 品	一 般 機 械
四	国	1.7		0.2		4.6	0.8	1.0
近	畿	12.1		23.7		10.6	17.8	14.5
中	国	4.8		10.3		2.8	2.4	3.2
九	州	8.2		7.6		3.3	2.4	2.0
そ の 他		52.6		39.7		51.9	49.4	49.0

表6 各部門別地域内消費量の全国総産出に対する比率（その4）

(単位：%)

地域	部門	電 気 機 械	輸 送 機 械	精 密 機 械	そ の 他 の 製 造 業	物 的 生 産 計
四	国	0.6	1.2	0.5	0.9	1.5
近	畿	12.0	8.9	9.4	15.5	15.6
中	国	1.2	4.3	1.1	2.1	5.7
九	州	1.1	2.9	1.2	2.7	5.4
そ の 他		59.9	61.4	69.2	60.1	50.8

つぎに、表7は、各部門別の地域の総産出が全国の総産出に対して占める比率（すなわち、地域別総産出の構成比）を、前表と同じように百分比で示したものである。

表7 各部門別地域総産出の対全国比率（その1）

(単位：%)

地域	部門	農林・水産	石炭・亜炭	鉱業 (除石炭・亜炭)	食料品	繊維
四国		5.4	1.9	6.0	3.3	1.8
近畿		10.6	19.3	16.5	19.9	28.8
中国		7.4	10.1	15.0	6.3	11.8
九州		13.6	22.7	8.9	10.1	9.1
その他		63.0	46.1	53.6	60.4	48.5

表7 各部門別地域総産出の対全国比率（その2）

(単位：%)

地域	部門	製木製品	パルプ・紙	皮革製品	化学	石油製品
四国		5.0	7.4	1.4	5.2	2.5
近畿		18.4	16.1	29.3	21.5	16.3
中国		8.5	5.7	3.8	13.5	19.3
九州		8.3	5.7	7.7	6.7	6.1
その他		59.9	65.1	57.9	53.1	55.8

表7 各部門別地域総産出の対全国比率（その3）

(単位：%)

地域	部門	窯土石製品	鉄鋼	非鉄	金属製品	一般機械
四国		2.5	0.3	10.9	1.2	2.4
近畿		18.5	30.0	16.3	32.8	27.0
中国		8.8	14.8	7.3	4.0	6.4
九州		12.3	11.0	6.5	3.9	3.8
その他		57.9	43.9	59.0	58.1	60.5

表7 各部門別地域総産出の対全国比率（その4）

(単位：%)

地域	部門	電気機械	輸送機械	精密機械	その他の製造業	物的生産計
四国		0.9	1.9	0.7	1.3	2.8
近畿		22.0	11.1	14.0	22.0	22.2
中国		1.8	9.5	1.6	2.8	9.2
九州		2.7	3.5	1.4	3.2	7.8
その他		72.6	74.0	82.3	70.6	58.0

最後に、各地域の総産出に対する移出の割合（すなわち、移出率）を各部門別にもとめれば、つぎの表8のようになる。

表8 各部門別・各地域別の移出率（その1）

(単位：%)

地域	部門	農林・水産	石炭・亜炭	鉱業 (除石炭・亜炭)	食料品	繊維
四国		29.8	0.0	7.0	31.9	53.2
近畿		5.6	0.0	4.0	23.8	27.4
中国		22.7	6.9	7.5	29.7	33.2
九州		24.5	24.9	13.3	15.5	33.5
その他		9.1	6.4	1.8	8.0	11.2

表8 各部門別・各地域別の移出率（その2）

(単位：%)

地域	部門	製木材品	パルプ・紙	皮革製品	化学	石油製品
四国		53.8	56.3	53.7	63.0	68.6
近畿		23.0	29.6	49.6	45.9	29.3
中国		43.6	54.7	60.1	55.8	57.9
九州		28.7	35.3	49.5	51.6	17.3
その他		5.5	12.8	15.0	17.2	8.8

表8 各部門別・各地域別の移出率（その3）

（単位：％）

地域	部門	窯 土 石 製 品	鉄 鋼	非 鉄	金 属 製 品	一 般 機 械
四 国		30.9	51.8	57.5	29.4	58.8
近 畿		34.7	21.0	34.9	45.6	46.3
中 国		45.0	30.2	61.5	39.2	50.3
九 州		33.1	31.4	49.4	38.0	47.0
そ の 他		9.3	9.6	12.1	15.0	19.0

表8 各部門別・各地域別の移出率（その4）

（単位：％）

地域	部門	電 気 機 械	輸 送 機 械	精 密 機 械	そ の 他 の 製 造 業	物 的 生 産 計
四 国		38.8	39.0	33.3	33.3	44.8
近 畿		45.4	19.5	32.8	29.4	30.0
中 国		33.1	54.5	32.8	26.1	38.1
九 州		58.9	19.0	11.2	14.6	30.3
そ の 他		17.5	17.0	15.8	14.9	12.5

ここで、さらにII章の第1節で与えた輸送量分布係数モデルを、表5-1～表5-19の具体的数値に適用することにしよう。いま、(2)式によって与えられる比例配分された分布輸送量(\tilde{X}_{ij})を各部門別に計測すれば、表9-1～表9-19のように示される。

表9-1 農林・水産部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	3,369,647	920,962	386,500	249,663	617,263
近畿	564,591	154,309	64,759	41,832	103,424
中国	393,194	107,464	45,099	29,132	72,026
四国	291,064	79,551	33,385	21,565	53,318
九州	729,244	199,310	83,645	54,031	133,585

表9-2 石炭・亜炭部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	106,396	56,470	28,236	5,946	40,738
近畿	44,496	23,616	11,808	2,487	17,037
中国	23,215	12,321	6,161	1,297	8,889
四国	4,299	2,281	1,141	240	1,646
九州	52,284	27,750	13,875	2,922	20,019

表9-3 鉱業(除石炭・亜炭)部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	797,548	240,913	207,560	84,841	120,614
近畿	246,117	74,344	64,052	26,181	37,221
中国	223,477	67,505	58,160	23,773	33,797
四国	89,576	27,058	23,312	9,529	13,547
九州	132,025	39,881	34,359	14,045	19,966

地域間交易量の計量分析

—287—

表9-4 食料品部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	3,724,787	1,149,263	409,677	219,394	634,458
近畿	1,225,031	377,976	134,737	72,156	208,664
中国	388,840	119,975	42,767	22,903	66,233
四国	205,428	63,384	22,594	12,100	34,991
九州	619,971	191,289	68,189	36,517	105,602

表9-5 繊維部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	5,103,431	2,541,236	996,122	168,818	796,248
近畿	3,032,175	1,509,861	591,840	100,303	473,086
中国	1,237,321	616,120	241,509	40,930	193,049
四国	189,460	94,341	36,980	6,267	29,560
九州	955,458	475,767	186,493	31,606	149,073

表9-6 製材・木製品部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1,347,674	385,184	134,801	73,476	161,730
近畿	413,497	118,183	41,360	22,544	49,622
中国	191,064	54,609	19,111	10,417	22,929
四国	113,471	32,432	11,350	6,187	13,617
九州	185,892	53,130	18,594	10,135	22,308

表9-7 パルプ・紙部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1,140,345	354,277	84,974	76,527	101,965
近畿	281,897	87,579	21,006	18,918	25,206
中国	100,071	31,090	7,457	6,716	8,948
四国	129,602	40,264	9,658	8,697	11,589
九州	99,121	30,794	7,386	6,652	8,863

表9-8 皮革・ゴム製品部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	345,966	114,243	32,791	13,601	42,079
近畿	174,930	57,765	16,580	6,877	21,276
中国	22,700	7,496	2,152	892	2,761
四国	8,387	2,769	795	330	1,020
九州	45,821	15,131	4,343	1,801	5,573

表9-9 化学部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1,970,821	763,305	346,514	145,734	252,073
近畿	799,231	309,544	140,523	59,100	102,224
中国	502,328	194,553	88,320	37,145	64,249
四国	193,243	74,843	33,976	14,289	24,716
九州	247,355	95,801	43,491	18,291	31,637

地域間交易量の計量分析

—289—

表9-10 石油・石炭製品部門の比例配分分布輸送量
(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1,048,488	369,909	191,155	57,785	177,894
近畿	306,904	108,276	55,953	16,914	52,071
中国	361,950	127,697	65,989	19,948	61,411
四国	46,949	16,564	8,559	2,587	7,966
九州	115,226	40,652	21,007	6,350	19,550

表9-11 窯業・土石製品部門の比例配分分布輸送量
(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1,040,858	315,829	115,053	49,317	167,167
近畿	332,325	100,838	36,734	15,746	53,373
中国	157,863	47,901	17,450	7,480	25,354
四国	44,597	13,532	4,930	2,113	7,162
九州	221,264	67,139	24,458	10,484	35,536

表9-12 鉄鋼部門の比例配分分布輸送量
(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	2,903,993	1,692,150	743,088	50,066	552,577
近畿	1,983,326	1,155,680	507,503	34,193	377,391
中国	975,670	568,521	249,659	16,821	185,652
四国	21,134	12,315	5,408	364	4,021
九州	728,000	424,204	186,284	12,551	138,525

表9-13 非鉄部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	916,265	309,586	80,451	77,994	68,839
近畿	253,498	85,651	22,258	21,578	19,045
中国	113,376	38,307	9,955	9,651	8,518
四国	168,748	57,016	14,817	14,364	12,678
九州	100,799	34,058	8,850	8,580	7,573

表9-14 金属製品部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1,367,021	499,532	130,526	59,120	154,649
近畿	771,138	281,787	73,630	33,350	87,238
中国	94,479	34,524	9,021	4,086	10,688
四国	28,284	10,335	2,701	1,223	3,200
九州	92,113	33,660	8,795	3,984	10,421

表9-15 一般機械部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	3,172,442	1,172,669	447,688	159,012	308,375
近畿	1,414,481	522,852	199,608	70,898	137,494
中国	335,609	124,055	47,360	16,822	32,623
四国	125,639	46,441	17,730	6,297	12,213
九州	198,997	73,558	28,082	9,974	19,343

地域間交易量の計量分析

— 291 —

表9-16 電気機械部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	3,904,196	1,136,723	280,635	134,957	283,743
近畿	1,185,081	345,041	85,184	40,965	86,127
中国	96,002	27,951	6,901	3,319	6,977
四国	49,147	14,309	3,533	1,699	3,572
九州	143,795	41,866	10,336	4,971	10,450

表9-17 輸送機械部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	3,861,007	925,412	450,306	144,460	392,876
近畿	579,229	138,830	67,555	21,672	58,939
中国	496,584	119,022	57,916	18,580	50,530
四国	100,217	24,020	11,688	3,750	10,198
九州	183,702	44,030	21,425	6,873	18,693

表9-18 精密機械部門の比例配分分布輸送量

(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	731,207	156,568	48,383	19,058	52,413
近畿	124,833	26,730	8,260	3,254	8,948
中国	14,330	3,068	948	373	1,027
四国	6,146	1,316	407	160	441
九州	12,315	2,637	815	321	883

表9-19 その他の製造業部門の比例配分分布輸送量
(単位：100万円)

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1,938,163	609,737	154,002	75,210	190,671
近 畿	604,052	190,032	47,997	23,440	59,425
中 国	77,471	24,372	6,156	3,006	7,621
四 国	36,302	11,420	2,884	1,409	3,571
九 州	88,140	27,728	7,003	3,420	8,671

つぎに、この比例配分された分布輸送量 (\bar{X}_{ij}) を昭和45年を対象年次とする地域間交易量の実績値 (X_{ij})³⁹⁾ と比較して、それがどの程度まで適合しているかを判定するため、各部門ごとに、決定係数、不一致係数、情報不確実度、およびカイ2乗統計量をもとめれば、表10のように要約表示される。

表10 輸送量分布係数モデルの評価基準 (その1)

部 門 \ 評価基準	農林・水産	石炭・亜炭	鉱 業 (除 石炭・亜炭)	食 料 品	織 維
決 定 係 数	0.762	0.399	0.568	0.733	0.609
不 一 致 係 数	0.268	0.447	0.381	0.283	0.333
情 報 不 確 実 度	0.983	1.421	1.542	0.878	0.729
χ^2 - 統 計 量	2.392	2.973	3.454	2.096	1.587

39) これは、表5-1～表5-19によって示されている。

表10 輸送量分布係数モデルの評価基準 (その2)

部門 評価基準	製木製品	パルプ・紙	皮革製品	化学	石油製品
決定係数	0.765	0.856	0.837	0.782	0.704
不一致係数	0.264	0.199	0.205	0.237	0.295
情報不確実度	0.779	0.515	0.330	0.391	0.705
χ^2 -統計量	1.768	1.251	0.687	0.780	1.258

表10 輸送量分布係数モデルの評価基準 (その3)

部門 評価基準	窯業 土石製品	鉄鋼	非鉄	金属製品	一般機械
決定係数	0.770	0.499	0.825	0.807	0.839
不一致係数	0.257	0.383	0.218	0.224	0.202
情報不確実度	0.678	0.857	0.503	0.394	0.318
χ^2 -統計量	1.634	1.673	1.127	0.951	0.687

表10 輸送量分布係数モデルの評価基準 (その4)

部門 評価基準	電気機械	輸送機械	精密機械	その他の 製造業	物的生産計
決定係数	0.913	0.909	0.945	0.846	0.747
不一致係数	0.149	0.155	0.120	0.204	0.267
情報不確実度	0.250	0.443	0.300	0.495	0.642
χ^2 -統計量	0.615	1.200	0.846	1.296	1.519

また、比例配分された分布輸送量 (\tilde{X}_{ij}) に対する実績値 (X_{ij}) の比率——すなわち、輸送量分布係数 (μ_{ij})——を、(1)式によって各部門ごとにもどめれば、つぎの表 11-1~表 11-19 のように示される。

表11-1 農林・水産部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.496	0.408	0.130	0.145	0.064
近畿	0.072	5.685	0.086	0.083	0.017
中国	0.098	0.678	11.086	0.308	0.368
四国	0.244	0.610	0.505	15.595	0.113
九州	0.213	0.436	0.487	0.210	6.778

表11-2 石炭・亜炭部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	2.093	0.167	0.130	0.266	0.011
近畿	0.000	4.211	0.000	0.000	0.000
中国	0.114	0.062	7.837	0.051	0.013
四国	0.000	0.000	0.001	39.988	0.001
九州	0.103	0.461	0.667	0.561	4.384

表11-3 鉱業(除石炭・亜炭)部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.787	0.030	0.027	0.034	0.086
近畿	0.053	5.783	0.011	0.076	0.064
中国	0.090	0.093	6.471	0.019	0.101
四国	0.089	0.059	0.053	15.911	0.044
九州	0.169	0.117	0.102	0.103	10.438

表11-4 食料品部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.516	0.200	0.264	0.262	0.149
近畿	0.269	4.072	0.471	0.622	0.199
中国	0.198	0.401	10.538	1.021	0.628
四国	0.216	0.519	0.958	19.043	0.260
九州	0.106	0.270	0.500	0.190	8.171

表11-5 繊維部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.671	0.254	0.222	0.279	0.207
近畿	0.358	2.746	0.306	0.916	0.430
中国	0.375	0.348	6.443	0.586	0.365
四国	0.342	1.038	0.534	26.621	0.245
九州	0.394	0.281	0.401	0.578	8.019

表11-6 製材・木製品部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.474	0.159	0.180	0.174	0.109
近畿	0.255	4.203	0.270	0.393	0.464
中国	0.320	0.834	8.799	0.964	0.580
四国	0.483	0.725	0.665	13.229	0.687
九州	0.233	0.311	0.758	0.913	9.276

表11-7 パルプ・紙部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.345	0.459	0.325	0.177	0.202
近畿	0.344	3.495	0.584	0.274	0.558
中国	0.402	0.854	9.379	1.038	1.182
四国	0.371	0.975	1.308	10.044	1.078
九州	0.324	0.306	1.084	0.675	11.151

表11-8 皮革・ゴム製品部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.348	0.359	0.501	0.461	0.445
近畿	0.572	2.421	0.940	1.085	0.678
中国	0.486	0.896	6.670	1.998	0.769
四国	0.295	1.244	0.540	18.695	0.772
九州	0.391	0.420	2.275	1.013	6.581

表11-9 化学部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.461	0.430	0.334	0.387	0.391
近畿	0.510	2.464	0.548	0.808	1.132
中国	0.465	0.950	4.438	0.951	0.633
四国	0.473	1.101	0.953	8.834	0.353
九州	0.408	0.836	0.819	0.486	6.673

表11-10 石油・石炭製品部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.605	0.303	0.116	0.159	0.105
近畿	0.241	3.527	0.411	2.160	0.476
中国	0.287	1.113	4.060	1.505	1.515
四国	0.113	0.957	2.428	10.026	1.850
九州	0.116	0.269	0.421	0.304	8.577

表11-11 窯業・土石製品部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.471	0.317	0.234	0.229	0.109
近畿	0.412	3.490	0.524	0.677	0.381
中国	0.391	0.798	8.076	0.786	0.366
四国	0.172	0.859	0.497	23.648	0.086
九州	0.267	0.644	0.373	0.699	6.757

表11-12 鉄鋼部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.850	0.219	0.163	0.324	0.112
近畿	0.287	2.774	0.229	1.364	0.318
中国	0.372	0.300	5.584	1.042	0.278
四国	0.413	0.524	0.780	57.248	0.741
九州	0.411	0.234	0.302	1.014	7.378

表11-13 非鉄部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.394	0.379	0.450	0.099	0.213
近畿	0.431	3.057	0.695	0.293	0.480
中国	0.592	0.858	6.948	0.194	1.028
四国	0.324	1.558	0.498	7.914	0.245
九州	0.441	0.697	0.916	0.297	10.691

表11-14 金属製品部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.374	0.315	0.491	0.390	0.571
近畿	0.527	2.408	0.667	1.166	0.851
中国	0.363	0.314	10.305	1.119	0.946
四国	0.053	0.255	3.018	26.412	0.362
九州	0.356	0.313	1.177	0.749	8.862

表11-15 一般機械部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.343	0.465	0.507	0.382	0.540
近畿	0.491	2.408	0.940	1.170	0.880
中国	0.460	0.522	5.837	1.449	1.118
四国	0.546	0.574	0.898	13.641	0.918
九州	0.348	0.589	1.188	0.903	9.045

表11-16 電気機械部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.213	0.473	0.625	0.679	0.700
近畿	0.459	2.756	1.226	1.072	1.150
中国	0.251	0.585	13.679	0.391	0.713
四国	0.154	1.254	0.301	26.050	0.396
九州	0.458	1.017	1.101	0.963	8.308

表11-17 輸送機械部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.241	0.437	0.543	0.570	0.638
近畿	0.219	5.023	0.309	0.212	0.281
中国	0.443	1.087	5.831	0.832	0.792
四国	0.434	0.501	0.142	24.374	0.123
九州	0.210	0.174	0.201	0.229	11.910

表11-18 精密機械部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.160	0.459	0.718	0.681	0.760
近畿	0.281	4.322	1.185	1.204	0.858
中国	0.254	0.480	13.996	1.341	0.841
四国	0.240	0.623	0.706	35.286	0.531
九州	0.039	0.214	0.903	0.365	17.077

表11-19 その他の製造業部門の輸送量分布係数

移出地域 \ 移入地域	その他	近畿	中国	四国	九州
その他	1.302	0.299	0.618	0.618	0.628
近畿	0.312	3.438	0.633	0.887	0.537
中国	0.227	0.457	14.246	0.233	0.200
四国	0.122	1.004	0.365	26.305	0.449
九州	0.106	0.189	0.529	0.424	13.289

〔評価〕

輸送量分布係数モデルの適用にあたり、まず、原表（すなわち、表5-1～表5-19を意味する）の読みとりを中心とした分析結果の吟味から始めることにしよう。すでに説明したように、表6は、地域内消費量(X_{ii})が全国総産出($X_{..}$)に対して占める比率を百分比で表示したものである⁴⁰⁾。この表より明らかなのは、全般的にみて、四国の地域内消費量の対全国比率が著しく低い——たとえば、物的生産部門の総計について、その比率は1.5%である——という事実に加えて、部門ごとにその値も大きく異なっている、という事実である。このうち、前者については、四国の周辺地域である近畿の比率が15.6%であり、中国および九州についてもそれぞれ5.7%および5.4%となっており、そのいずれの地域と比べても、四国の地域内消費量の対全国比率が際立って低いことが判明する。また、後者については、鉱業（除石炭・亜炭）部門の5.6%を除けば、残りのすべての物的生産部門でその比率が5%を下廻っており、そのなかでも、とくに低い部門は、鉄鋼(0.2%)、精密機械(0.5%)、電気機械(0.6%)、皮革・ゴム製品(0.7%)、繊維(0.8%)、石油・石炭製品(0.8%)、金属製品(0.8%)およびその他の製造業(0.9%)の8部門で、そのいずれもが1%にも満たないのである。

40) ここで「地域内消費量」とは、当該地域内での最終消費と中間消費をともに含むその総量であり、したがって、これを「地域内交易量」(Intraregional Commodity Flows)とよぶこともできる。

このことは、需要サイドからみた四国地域の経済構造を端的に表わしており、とくに波及効果の高いといわれる基幹産業部門 (Basic Industry Sector) の地域内投入比率が低いということは、四国地域の有する経済的特性を反映しているものと考えられる。

つぎに、表7は、対象地域別の総産出が全国の総産出に対して占める比率を、各部門ごとに要約表示したものである。この表より明らかなことは、四国地域における総産出の対全国比率も、その周辺地域と比較して著しく低い——物の生産部門の総計に関するその比率は、四国が2.8%であるのに対して、近畿、中国および九州の比率は、それぞれ22.2%、9.2%および7.8%となっている——が、しかしその比率を各部門ごとにみれば、一層大きな変動が検証される、ということである。この点については、まず、四国地域の総産出の対全国比率の最大値が、表7では、非鉄部門の10.9%であるのに対して、さきの表6では、鉱業 (除石炭・亜炭) 部門の5.6%であることから、容易に首肯されよう。また、この非鉄の10.9%に加えて、パルプ・紙の7.4%、鉱業 (除石炭・亜炭) の6.0%、農林・水産の5.4%、化学の5.2%および製材・木製品の5.0%の6部門が、いずれも5%を上廻っており、それゆえ、表6での計測結果と対比して、全般的な上昇傾向がうかがわれる。しかもその比率の上昇傾向を各部門ごとに吟味すれば、表6と表7ではほぼパラレルな動きをしていることが判明する。すなわち、地域内消費の対全国比率が低い部門は、その地域の産出比率も総じて低く、逆に消費比率の高い部門は、その産出比率も総じて高い、という傾向がみられるわけである。たとえば、その前者に属する部門としては、鉄鋼 (0.2%→0.3%)、精密機械 (0.5%→0.7%)、電気機械 (0.6%→0.9%)、皮革・ゴム製品 (0.7%→1.4%) といった部門が指摘され、またその後者に属する部門としては、鉱業 (除石炭・亜炭) (5.6%→6.0%)、非鉄 (4.6%→10.9%)、農林・水産 (3.8%→5.4%) といった部門が指摘される。

最後に、各地域の総産出に対する移出の割合を移出率とよび、これを各部門別に計測した結果が、表8にまとめられている⁴¹⁾。これによって明らかにされることは、まず、四国地域の移出率がきわめて高いという点である。いま、こ

41) これと同様に、各地域の総投入に対する移入の割合を移入率とよび、これを各部門別に計測することも可能ではあるが、ここでは、それをとりあげなかった。

れを物的生産部門の総計でみれば、四国の移出率は44.8%でもっとも高く、ついで中国(38.1%)、九州(30.3%)、近畿(30.0%)の順序で続いている。このことは、四国地域の経済構造が他地域——したがって、その周辺地域——と密接な関連をもっており、換言すれば、四国地域は他地域と比べて著しくその経済的な自律度(Autonomy)が低い、という事実を反映している。

つぎに、表8によって、四国地域の移出率を各部門ごとに検討すれば、移出率50%⁴²⁾を境にして、物的生産部門が2つのグループに大別され、しかもそのグループに属する部門の数がほぼ同数であることが明らかにされる。たとえば、移出率のもっとも高い部門は、石油・石炭製品の68.6%を筆頭にして、化学の63.0%、一般機械の58.8%、非鉄の57.5%、パルプ・紙の56.3%といった順序で続き、移出率が50%を上廻る部門の数は、物的生産部門の総数19部門のうち、9部門となっている。さらに、この計測結果を、さきの表6および表7と比較吟味すれば、物的生産部門に属する各部門を、つぎの4つのタイプに類型化することができるであろう。まず、その第1のタイプは、四国地域の産出比率およびその地域内消費比率が低くて、移出率も低い部門であり、これは、当該地域内で細々と経済活動を営んでいる、いわば「遣り繰り型の劣位産業」である、とよぶことができよう。たとえば、四国地域の物的生産部門のうち、石炭・亜炭(1.9%→1.9%→0.0%)、金属製品(0.8%→1.2%→29.4%)、窯業・土石製品(1.7%→2.5%→30.9%)といった部門が、これにほかならない。つぎに、第2のタイプは、産出比率および地域内消費比率は低いが、移出率は逆に高い部門であり、これは、地域内の生産基盤が脆弱であるにもかかわらず、地域内消費を切り詰めて他地域へ移出する、いわば「痩せ我慢型の劣位産業」である、と称することにしよう。このタイプに属する四国地域の物的生産部門としては、石油・石炭製品(0.8%→2.5%→68.6%)、一般機械(1.0%→2.4%→58.8%)、皮革・ゴム製品(0.7%→1.4%→53.7%)といった部門がその典型として指摘され、さらに繊維(0.8%→1.8%→53.2%)と鉄鋼(0.2%→0.3%→51.8%)の2部門がこれに加えられる。また、第3のタイプは、産業比率および地域内消費比率が高くて、移出率も高い部門であり、

42) これは、地域の総産出のうち、ちょうどその半分を当該地域内で消費し、残りの半分を他地域へ移出することを意味する。

これは地域内での比較優位な生産部門であり、しかもその市場を他地域にまでもとめているもので、いわば「他地域志向型の優位産業」である、とよぶことができる。このタイプに属する四国地域の物的生産部門としては、化学（1.9%→5.2%→63.0%）、非鉄（4.6%→10.9%→57.5%）、パルプ・紙（3.2%→7.4%→56.3%）、製材・木製品（2.3%→5.0%→53.8%）といった部門が指摘される。最後に、第4のタイプは、産出比率および地域内消費比率は高いが、移出率は逆に低い部門であり、これは、地域内での比較優位な生産部門であっても、その市場をもっぱら自地域内にもとめているもので、いわば「自地域志向型の優位産業」である。四国地域の物的生産部門のうち、その典型と考えられるのが、鉱業（除石炭・亜炭）（5.6%→6.0%→7.0%）および農林・水産（3.8%→5.4→29.8%）の2部門である。

つぎに、輸送量分布係数モデルの適用結果を吟味することにしよう。まず最初に、表9-1～表9-19は、(2)式によって定義される比例配分された分布輸送量(\tilde{X}_{ij})を各部門ごとに計測した結果である。すでに述べたように、この(2)式によってもとめられる分布輸送量(\tilde{X}_{ij})は、 $i \rightarrow j$ 両地域間の交易量が、 i 地域の総発送量($X_{i\cdot}$)および j 地域の総到着量($X_{\cdot j}$)の大きさに比例して生起するものとみなしたときに得られる推定値にはかならない⁴³⁾。

そこで、この推定値(\tilde{X}_{ij})を、表9-1～表9-19によって直接吟味するよりは、それに対応する実績値(X_{ij})——これは、表5-1～表5-19によって示されている——と比べることにしよう。

推定結果の精度を測定する基準として、われわれが用いたものは、決定係数、不一致係数、情報不確実度、および χ^2 -統計量の4指標である。これらの4指標を各部門別に計測した結果が、表10に要約されている。

この表10より明らかなことは、これら4つの評価基準の値が部門間で大きく変動している、という事実である。たとえば、決定係数——実績値(X_{ij})の総変動のうち、推定値(\tilde{X}_{ij})によって説明される比率——について、これを述べれば、その値がもっとも高い部門は、精密機械の94.5%で、逆にもっとも低い部門は、石炭・亜炭の39.9%となっている。また、上記4つの指標の間では、決定係数と情報不確実度および χ^2 -統計量との間では幾分異なった態

43) II章、第1節、参照。

様がみられる⁴⁴⁾ものの、全般的にみて、ほぼパラレルな動き——すなわち、決定係数の高い部門は、不一致係数、情報不確実度および χ^2 -統計量の値が低いという傾向——があることが、表10の計測結果より明らかとなる。

そこで、上記4つの指標を総合的に勘案して、推定結果の良否を判定すれば、つぎのようになる。まず、(2)式の与える分布輸送量(\bar{X}_{ij})がその実績値(X_{ij})に比較的良く適合している部門は、電気機械および精密機械の2部門⁴⁵⁾で、これに続いて、一般機械、皮革・ゴム製品、輸送機械、パルプ・紙、化学、その他の製造業、金属製品、非鉄といった部門であることがわかる。またこれとは逆に、(2)式による推定結果の現実適合度が悪い部門は、石炭・亜炭、鉱業(除石炭・亜炭)および鉄鋼の3部門で、これに続いて、食料品、農林・水産、繊維、製材・木製品といった部門であることが判明する⁴⁶⁾。

最後に、表11-1~表11-19が示す各部門別輸送量分布係数(μ_{ij})の推定結果を評価し、その特徴を明らかにしておこう。この輸送量分布係数(μ_{ij})は、(1)式によって明らかのように、現実の地域間交易量(X_{ij})が(2)式によってもとめられる比例配分された分布輸送量(\bar{X}_{ij})に対して占める相対比率を与えるものである。したがって、その比率が1よりも大であるということは、(2)式による地域間交易量の推定がその実績値に対して過小推定となっていることを

44) たとえば、パルプ・紙部門の決定係数は85.6%であり、精密機械(94.5%)、電気機械(91.3%)、輸送機械(90.9%)について物的生産部門中、第4位を占めているが、その情報不確実度は0.513 bitsで、物的生産部門中、第10位、また χ^2 -統計量は1.251で、第9位となっている。また、これとは逆に、化学部門の決定係数は78.2%となっており、物的生産部門中、第10位を占めているが、その情報不確実度および χ^2 -統計量は0.391 bitsおよび0.780で、物的生産部門中、それぞれ第5位および第4位となっている。

45) この両部門の決定係数は、いずれも90%を上廻っており、さらに不一致係数および情報不確実度も物的生産部門中、もっとも小さい値となっている。

46) このうち、石炭・亜炭および鉱業(除石炭・亜炭)の両部門は、上記4つのいずれの指標についても推定結果の現実適合度が悪いことを示しているが、農林・水産、食料品、製材・木製品の各部門は、決定係数および不一致係数は比較的良くても、情報不確実度および χ^2 -統計量が悪く、またこれとは逆に、鉄鋼および繊維の両部門は、後者の指標が比較的良くても前者の指標が悪くなっていることに、十分留意すべきである。

意味しており、また、これとは逆に、その比率が1よりも小であるということは、それが過大推定となっていることを意味している⁴⁷⁾。

この点に留意して、表 11-1～表 11-19 の計測結果を吟味すれば、つぎの諸点が明らかにされる。まず、その第1の点は、すべての部門について、地域内交易量⁴⁸⁾の輸送量分布係数(μ_{ii})は、すべての対象地域について1を大きく上廻っているという事実である。つぎに、その第2の点は、パルプ・紙と非鉄の2部門を除けば、他のすべての物的生産部門について、四国の地域内交易量に対応する輸送量分布係数(μ_{ii})が、対象5地域のなかで、つねに最大値を与えているという事実である。最後に、第3の点として、四国を中心とする地域間交易量⁴⁹⁾の推定について、(2)式による推定結果の現実適合度が比較的高い部門とそうでない部門とを区別することができる、という事実が明らかにされることである。

以下、この3点について、さらに説明を加えることにしよう。まず、第1の点は、地域内交易量の推定を(2)式によってもとめるとき、その推定値がその実績値に比べて著しく過小に推定される傾向があるということの意味している。いま、これを四国の地域内交易量に対応する輸送量分布係数について述べれば、とくにその推定値が過小となっている部門は、鉄鋼($\mu_{ii}=57.2$)を筆頭にして、石炭・亜炭(40.0)、精密機械(35.3)、繊維(26.6)、金属製品(26.4)、その他の製造業(26.3)、電気機械(26.1)といった部門がこれに続いている⁵⁰⁾。

47) なお、この輸送量分布係数(μ_{ij})の底を2とする対数をとったものは、情報理論において、 $i \sim j$ 間の相互情報量(Mutual Information)とよばれるものにあたる。

この相互情報量($\log_2 \mu_{ij}$)を用いて判定すれば、 $i \rightarrow j$ 間の物資輸送量が、 i 地域の総移出量と j 地域の総移入量の独立性を仮定してもとめられる水準——すなわち、(2)式の与える推定値——よりも大きければ、正となり、小さければ、負となり、さらにそれに等しければ、ゼロとなることが判明する。郡鳥孝・井原健雄、前掲論文、1977年、p. 81、参照。

48) これは、地域間取引行列の対角要素を意味する。

49) これは、地域間取引行列のうち、四国をその行または列としてもつ非対角要素を意味する。

50) ここで注意を要することは、精密機械および電気機械の両部門について、四国の地域内交易量に対応する輸送量分布係数(μ_{ii})の値が著しく高い——すなわち、過小推定になっている——にもかかわらず、(2)式の与える分布輸送量(\bar{X}_{ij})がその実績値

また、第2の点は、この分布輸送量を対象地域別に吟味すれば、パルプ・紙および非鉄の2部門で四国の地域内分布輸送量(10.0および7.9)が九州のそれ(11.2および10.7)を下廻っていることを除けば、四国の地域内交易量の過小推定の程度が、対象5地域のなかでもっとも強く現われていることを意味している。したがって、この両者を勘案して導出できる結論は、地域内交易量を推定する場合——とくに経済的自律度の低い四国地域のそれを推定する場合——(2)式によってもとめられる計測結果をその推定値とすることは、実績値に対比して著しく過小推定を行なうことになる、という点である⁵¹⁾。最後に、第3の点は、四国とその周辺地域との連関構造を、(2)式によって各部門ごとに計測した結果にもとづいて評価するものである。そこで、いま、地域間交易量の(2)式による推定値(\bar{X}_{ij})の誤差率を、その実績値(X_{ij})に対する推定値の比率——すなわち、 \bar{X}_{ij}/X_{ij} ——として定義し、その誤差率が、ある一定の範囲内に入るか否かで、推定結果の良否を判定する——たとえば、 $\bar{X}_{ij}/X_{ij} < 9/10$ または $\bar{X}_{ij}/X_{ij} > 11/10$ を非許容領域として、予めきめておき、もとめられた推定値(\bar{X}_{ij})が $(9/10)X_{ij} \leq \bar{X}_{ij} \leq (11/10)X_{ij}$ で示される領域に入る場合には、その推定値を許容された推定値とみなす——基準を用いることにしよう⁵²⁾。この判定基準に準拠して、各地域間交易量の推定結果を、各部門別および各地域別に評価すれば、つぎの諸点が明らかになる。まず、四国と近畿との連関構造について、上記の基準をみたく部門は、繊維部門のみである。つぎに、四国と中国との連関構造について、上記の基準をみたくものは、食料品お

(X_{ij})にもっとも良く適合している部門として、その両部門をいずれも指摘したことである。このことは、対象5地域のなかで四国地域の占める相対的比重が著しく低いことを端的に反映しているものと思われる。

- 51) なお、輸送量分布係数モデルでは、(2)式によってもとめられる計測結果(\bar{X}_{ii})を直接それに対応する実績値の推定値としているのではなく、(3)式によって明らかのように、それを輸送量分布係数(μ_{ii})のなかに組み込んで、間接的にその推定値をもとめているのである。したがって、ここでの結論は、現実の地域内交易量(X_{ii})と比例配分された分布輸送量(\bar{X}_{ii})との適合度についてのみ、言及しているものである。
- 52) この基準によれば、表11-1~表11-19の示す輸送量分布係数(μ_{ij})が $10/11 \leq \mu_{ij} \leq 10/9$ の条件をみたすとき、許容されるものとなる。

よび化学の2部門であり、最後に、四国と九州との連関構造については、一般機械部門のみであることが判明する⁵⁸⁾。このことは、四国とその周辺地域との連関構造を、(2)式の与える推定結果によって短絡的に現実近似することは、総じて大きな誤差率を招きやすく、敢えてそれを行なえば、実績値との大幅な乖離を惹起することになる、という事実をわれわれに教えているものである。

§2. 因子分析モデルの適用

つぎに、因子分析モデルに注目し、その実証分析の内容を、前節と同様に、i) 利用したデータ、ii) それにもとづく計算結果、iii) その結果に対する評価、にそれぞれ分けて、順次、説明を行なうことにする。

[データ]

因子分析モデルでは、さきの輸送量分布係数モデルとは異なり、地域間の連関構造を反映するものと思われる共通因子を、すべての物的生産部門について総体的にとらえようとするものである。したがって、この分析のために必要となるデータは、特定の2地域——すなわち、その1つは移出地域であり、他の1つは移入地域である——について、表2のように与えられねばならない。

そこで、まず、地域の指定をつぎの3つのグループに分けて行なうことにした。その第1のグループとは、四国を移出地域として取り扱かうもので、さらに、移入地域としては近畿、中国、九州およびその他地域をそれぞれ指定することによって、合計4通りの場合が考えられる。つぎに、第2のグループとは、四国を移入地域として取り扱かうもので、これもまた、移出地域として近畿、中国、九州およびその他地域をそれぞれ指定することによって、合計4通りの場合がある。そして、最後に、第3のグループとは、四国の地域内交易量を他地域との関連でとらえるものであり、したがって、この場合、四国が移出地域および移入地域として取り扱かわれることになる。

この9通りの場合について、まえと同じ昭和45年を対象年次とする地域間交

58) ただし、ここでは、四国を移出地域としてみても、また移入地域としてみても、上記の判定基準をとともにみだす地域のみ言及している。したがって、たとえば、パルプ・紙部門について、四国→近畿、および四国→九州の地域間交易量の推定は、上記の判定基準をとともにみだしてはいるが、当該地域から四国への移入については、上記の判定基準をいずれもみだしていないがゆえに、ここでは捨象されている。

易量の実績値——これは、表5-1～表5-19に示されている——をもとにして、それを表2の形式に組み替えた結果が、表12-1～表12-9にほかならない。したがって、その第1列は、当該2地域間の交易量(X_{ij})を表わしており、また第2列は、移出地域の総産出($X_{i.}$)を、さらに第3列は、移入地域の総投入($X_{.j}$)を、それぞれ表わしている。

表12-1 四国→近畿の地域間交易に関するデータ

(単位：100万円)

部門(α)	変量(β)	四国→近畿の交易量 (X_{ij})	四国の総産出 ($X_{i.}$)	近畿の総投入 ($X_{.j}$)
1		48,513	478,883	1,461,596
2		0	9,607	122,438
3		1,585	163,021	449,701
4		32,871	338,498	1,901,886
5		97,914	356,609	5,237,325
6		23,525	177,057	643,538
7		39,250	199,810	544,004
8		3,444	13,301	197,404
9		82,415	341,068	1,438,047
10		15,847	82,625	663,097
11		11,628	72,334	545,239
12		6,459	43,243	3,852,869
13		88,819	267,623	524,618
14		2,636	45,743	859,838
15		26,640	208,320	1,939,576
16		17,940	72,260	1,565,891
17		12,029	149,872	1,251,314
18		820	8,469	190,319
19		11,463	55,587	863,290

地域間交易量の計量分析

表12-2 四国 → 中国の地域間交易に関するデータ

(単位: 100万円)

部門(α)	変量(β)	四国→中国の交易量 (X_{ij})	四国の総産出 (X_i)	中国の総投入 (X_j)
1		16,848	478,883	613,388
2		0	9,607	61,221
3		1,232	163,021	387,443
4		21,650	338,498	677,964
5		19,742	356,609	2,052,944
6		7,543	177,057	225,216
7		12,631	199,810	130,481
8		429	13,301	56,661
9		32,388	341,068	652,824
10		20,784	82,625	342,664
11		2,451	72,334	198,624
12		4,220	43,243	1,691,942
13		7,372	267,623	136,330
14		8,150	45,743	224,672
15		15,927	208,320	740,468
16		1,064	72,260	386,589
17		1,655	149,872	608,890
18		287	8,469	58,813
19		1,052	55,587	218,042

表12-3 四国 → 九州の地域間交易に関するデータ

(単位: 100万円)

部門(α)	変量(β)	四国→九州の交易量 (X_{ij})	四国の総産出 (X_i)	九州の総投入 (X_j)
1		6,040	478,883	979,616
2		0	9,607	88,329
3		595	163,021	225,144
4		9,108	338,498	1,049,948
5		7,248	356,609	1,641,017
6		9,352	177,057	270,207
7		12,490	199,810	156,571
8		788	13,301	72,710
9		8,720	341,068	474,899
10		14,737	82,625	318,892
11		616	72,334	288,593
12		2,979	43,243	1,258,167
13		3,112	267,623	116,654
14		1,157	45,743	266,196
15		11,209	208,320	510,047
16		1,415	72,260	390,870
17		1,259	149,872	531,235
18		234	8,469	63,711
19		1,602	55,587	269,959

表12-4 四国 → その他の地域間交易に関するデータ

(単位: 100万円)

変数(β) 部門(α)	四国 → その他の交易量 (X_{ij})	四国の総産出 (X_i)	その他の総投入 (X_j)
1	71,160	478,883	5,347,739
2	0	9,607	230,690
3	7,992	163,021	1,488,744
4	44,449	338,498	6,164,058
5	64,866	356,609	10,517,844
6	54,797	177,057	2,251,598
7	48,085	199,810	1,751,036
8	2,476	13,301	597,804
9	91,309	341,068	3,712,978
10	5,314	82,625	1,879,516
11	7,671	72,334	1,796,907
12	8,726	43,243	6,612,124
13	54,647	267,623	1,552,685
14	1,493	45,743	2,353,035
15	68,644	208,320	5,247,168
16	7,585	72,260	5,378,221
17	43,535	149,872	5,220,739
18	1,476	8,469	888,831
19	4,414	55,587	2,744,129

表12-5 近畿 → 四国の地域間交易に関するデータ

(単位: 100万円)

変数(β) 部門(α)	近畿 → 四国の交易量 (X_{ij})	近畿の総産出 (X_i)	四国の総投入 (X_j)
1	3,485	928,914	396,223
2	0	99,444	12,893
3	1,990	447,915	158,369
4	44,861	2,018,564	363,069
5	91,847	5,707,265	347,924
6	8,850	645,207	122,758
7	5,185	434,606	117,509
8	7,464	277,428	23,501
9	47,768	1,410,621	274,559
10	36,531	540,119	103,585
11	10,664	539,016	85,139
12	46,646	4,058,093	113,995
13	6,332	402,030	132,167
14	38,869	1,247,142	101,762
15	82,921	2,345,332	263,003
16	43,897	1,742,399	185,910
17	4,595	866,226	195,335
18	3,917	172,024	23,166
19	20,789	924,946	106,486

地域間交易量の計量分析

—311—

表12-6 中国→四国の地域間交易に関するデータ

(単位: 100万円)

部門(α)	変量(β)	中国→四国の交易量 (X_{ij})	中国の総産出 ($X_{i.}$)	四国の総投入 ($X_{.j}$)
1		8,971	646,916	396,223
2		66	51,884	12,893
3		463	406,712	158,369
4		23,391	640,718	363,069
5		23,965	2,328,928	347,924
6		10,043	298,130	122,758
7		6,971	154,281	117,509
8		1,783	36,001	23,501
9		35,313	886,596	274,559
10		30,020	636,994	103,585
11		5,881	256,047	85,139
12		17,521	1,996,323	113,995
13		1,873	179,807	132,167
14		4,571	152,798	101,762
15		24,382	556,469	263,003
16		1,297	141,150	185,910
17		15,453	742,632	195,335
18		501	19,747	23,166
19		701	118,627	106,486

表12-7 九州→四国の地域間交易に関するデータ

(単位: 100万円)

部門(α)	変量(β)	九州→四国の交易量 (X_{ij})	九州の総産出 ($X_{i.}$)	四国の総投入 ($X_{.j}$)
1		11,329	1,199,815	396,223
2		1,640	116,850	12,893
3		1,440	240,276	158,369
4		6,949	1,021,567	363,069
5		18,254	1,798,396	347,924
6		9,257	290,059	122,758
7		4,487	152,816	117,509
8		1,825	72,669	23,501
9		8,888	436,575	274,559
10		1,932	202,785	103,585
11		7,325	358,881	85,139
12		12,726	1,489,564	113,995
13		2,545	159,860	132,167
14		2,983	148,972	101,762
15		9,009	329,955	263,003
16		4,787	211,418	185,910
17		1,576	274,722	195,335
18		117	16,971	23,166
19		1,451	134,963	106,486

表12-8 その他 → 四国の地域間取引に関するデータ

(単位: 100万円)

部門(α)	変量(β)	その他 → 四国の交易量 (X_{ij})	その他の総産出 (X_i)	四国の総投入 (X_j)
1		36,116	5,544,034	396,223
2		1,580	237,786	12,893
3		2,859	1,451,477	158,369
4		57,448	6,137,578	363,069
5		47,019	9,605,856	347,924
6		12,768	2,102,864	122,758
7		13,512	1,758,088	117,509
8		6,265	548,681	23,501
9		56,354	3,478,447	274,559
10		9,159	1,845,231	103,585
11		11,301	1,688,224	85,139
12		16,243	5,941,874	113,995
13		7,744	1,453,134	132,167
14		23,032	2,210,848	101,762
15		60,791	5,260,186	263,003
16		91,673	5,740,254	185,910
17		82,317	5,774,061	195,335
18		12,979	1,007,629	23,166
19		46,489	2,967,783	106,486

表12-9 四国 → 四国の地域内取引に関するデータ

(単位: 100万円)

部門(α)	変量(β)	四国の地域内交易量 (X_{ii})	四国の総産出 (X_i)	四国の総投入 (X_i)
1		336,322	478,883	396,223
2		9,607	9,607	12,893
3		151,617	163,021	158,369
4		230,420	338,498	363,069
5		166,839	356,609	347,924
6		81,840	177,057	122,758
7		87,354	199,810	117,509
8		6,164	13,301	23,501
9		126,236	341,068	274,559
10		25,943	82,625	103,585
11		49,968	72,334	85,139
12		20,859	43,243	113,995
13		113,673	267,623	132,167
14		32,307	45,743	101,762
15		85,900	208,320	263,003
16		44,256	72,260	185,910
17		91,394	149,872	195,335
18		5,652	8,469	23,166
19		37,056	55,587	106,486

〔計算結果〕

この因子分析モデルを、さきの表 12-1～表 12-9 に適用した結果が、つぎの表 13-1～表 13-9, 表 14-1～表 14-9, および表 15-1～表 15-9 にそれぞれまとめられている。まず最初に、表 13-1～表 13-9 は、上述した 9 通りの場合について、各変量間の相関係数を、それぞれもとめた計算結果である。

表 13-1 四国 → 近畿の地域間交易に関する相関係数

変量(β) 変量(β)	四国→近畿の 交易量 (X_{ij})	四国の総産出 (X_i)	近畿の総投入 (X_j)
四国→近畿の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.783	0.457
四国の総産出 (X_i)	0.783	1.0	0.388
近畿の総投入 (X_j)	0.457	0.388	1.0

表 13-2 四国 → 中国の地域間交易に関する相関係数

変量(β) 変量(β)	四国→中国の 交易量 (X_{ij})	四国の総産出 (X_i)	中国の総投入 (X_j)
四国→中国の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.725	0.372
四国の総産出 (X_i)	0.725	1.0	0.388
中国の総投入 (X_j)	0.372	0.388	1.0

表13-3 四国→九州の地域間交易に関する相関係数

変量(β)	四国→九州の 交易量 (X_{ij})	四国の総産出 ($X_{i.}$)	九州の総投入 ($X_{.j}$)
四国→九州の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.482	0.240
四国の総産出 ($X_{i.}$)	0.482	1.0	0.549
九州の総投入 ($X_{.j}$)	0.240	0.549	1.0

表13-4 四国→その他の地域間交易に関する相関係数

変量(β)	四国→その他の 交易量 (X_{ij})	四国の総産出 ($X_{i.}$)	その他の総投入 ($X_{.j}$)
四国→その他の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.873	0.467
四国の総産出 ($X_{i.}$)	0.873	1.0	0.534
その他の総投入 ($X_{.j}$)	0.467	0.534	1.0

表13-5 近畿→四国の地域間交易に関する相関係数

変量(β)	近畿→四国の 交易量 (X_{ij})	近畿の総産出 ($X_{i.}$)	四国の総投入 ($X_{.j}$)
近畿→四国の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.833	0.514
近畿の総産出 ($X_{i.}$)	0.833	1.0	0.525
四国の総投入 ($X_{.j}$)	0.514	0.525	1.0

表13-6 中国→四国の地域間交易に関する相関係数

変量(β)	中国→四国の 交易量 (X_{ij})	中国の総産出 ($X_{i.}$)	四国の総投入 ($X_{.j}$)
中国→四国の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.614	0.565
中国の総産出 ($X_{i.}$)	0.614	1.0	0.506
四国の総投入 ($X_{.j}$)	0.565	0.506	1.0

表13-7 九州→四国の地域間交易に関する相関係数

変量(β)	九州→四国の 交易量 (X_{ij})	九州の総産出 ($X_{i.}$)	四国の総投入 ($X_{.j}$)
九州→四国の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.869	0.649
九州の総産出 ($X_{i.}$)	0.869	1.0	0.666
四国の総投入 ($X_{.j}$)	0.649	0.666	1.0

表13-8 その他→四国の地域間交易に関する相関係数

変量(β)	その他→四国の 交易量 (X_{ij})	その他の総産出 ($X_{i.}$)	四国の総投入 ($X_{.j}$)
その他→四国の 交易量 (X_{ij})	1.0	0.708	0.594
その他の総産出 ($X_{i.}$)	0.708	1.0	0.790
四国の総投入 ($X_{.j}$)	0.594	0.790	1.0

表13-9 四国 → 四国の地域内交易に関する相関係数

変量(β)	四国の地域内 交易量 (X_{ii})	四国の総産出 ($X_{i.}$)	四国の総投入 ($X_{.i}$)
四国の地域内 交易量 (X_{ii})	1.0	0.925	0.873
四国の総産出 ($X_{i.}$)	0.925	1.0	0.897
四国の総投入 ($X_{.i}$)	0.873	0.897	1.0

つぎに、表14-1~表14-9は、この9通りの場合の相関係数行列を出発点として、主因子解法にもとづき、因子負荷量 (Factor Loadings) およびその共通度 (Communalities) をもとめた計算結果を表わしている。

表14-1 四国 → 近畿の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

変量(β)	因子負荷量 と共通度	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共通度 (h_{β})
四国 → 近畿の 交易量 (X_{ij})		0.922	0.030	0.852
四国の総産出 ($X_{i.}$)		0.853	-0.144	0.748
近畿の総投入 ($X_{.j}$)		0.489	0.196	0.277

表14-2 四国→中国の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

変数 (β)	因子負荷量 と共通度	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共通度 (h_{β})
四国→中国の 交易量 (X_{ij})		0.842	-0.061	0.712
四国の総産出 (X_i)		0.860	-0.001	0.740
中国の総投入 (X_j)		0.451	0.115	0.217

表14-3 四国→九州の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

変数 (β)	因子負荷量 と共通度	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共通度 (h_{β})
四国→九州の 交易量 (X_{ij})		0.539	0.325	0.396
四国の総産出 (X_i)		0.883	0.017	0.780
九州の総投入 (X_j)		0.627	-0.303	0.485

表14-4 四国→その他の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

変数 (β)	因子負荷量 と共通度	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共通度 (h_{β})
四国→その他の 交易量 (X_{ij})		0.906	-0.145	0.842
四国の総産出 (X_i)		0.968	0.031	0.938
その他の総投入 (X_j)		0.546	0.186	0.332

表14-5 近畿→四国の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

変量 (β)	因子負荷量 と共通度	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共通度 (h_{β})
近畿→四国の 交易量 (X_{ij})		0.906	-0.049	0.823
近畿の総産出 (X_i)		0.918	-0.010	0.843
四国の総投入 (X_j)		0.573	0.094	0.337

表14-6 中国→四国の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

変量 (β)	因子負荷量 と共通度	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共通度 (h_{β})
中国→四国の 交易量 (X_{ij})		0.821	-0.004	0.673
中国の総産出 (X_i)		0.747	-0.084	0.565
四国の総投入 (X_j)		0.688	0.097	0.483

表14-7 九州→四国の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

変量 (β)	因子負荷量 と共通度	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共通度 (h_{β})
九州→四国の 交易量 (X_{ij})		0.922	-0.053	0.854
九州の総産出 (X_i)		0.941	-0.010	0.885
四国の総投入 (X_j)		0.709	0.083	0.509

表14-8 その他→四国の地域間交易に関する因子負荷量および共通度

因子負荷量 と共通度 変数 (β)	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共 通 度 (h_{β})
その他→四国の 交易量 (X_{ij})	0.744	0.162	0.579
その他の総産出 ($X_{i.}$)	0.951	0.005	0.905
四国の総投入 ($X_{.j}$)	0.831	-0.151	0.714

表14-9 四国→四国の地域内交易に関する因子負荷量および共通度

因子負荷量 と共通度 変数 (β)	第1因子負荷量 ($a_{\beta 1}$)	第2因子負荷量 ($a_{\beta 2}$)	共 通 度 (h_{β})
四国の地域内 交易量 (X_{ii})	0.949	-0.038	0.903
四国の総産出 ($X_{i.}$)	0.974	-0.003	0.948
四国の総投入 ($X_{.i}$)	0.921	0.042	0.850

最後に、表15-1～表15-9は、主因子解法によって抽出された共通因子のそれぞれについて、物的生産部門に属する各部門別の因子得点(Factor Scores)を、上述した9通りの場合について、それぞれもとめた計算結果を表わしている。

表15-1 四国 → 近畿の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})	部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})
1	0.282	-0.137	11	-0.137	0.003
2	-0.234	-0.135	12	-0.135	0.164
3	-0.136	0.344	13	0.344	0.012
4	0.133	-0.191	14	-0.191	0.019
5	0.500	0.030	15	0.030	-0.007
6	-0.019	-0.093	16	-0.093	0.062
7	0.068	-0.082	17	-0.082	-0.024
8	-0.214	-0.230	18	-0.230	0.014
9	0.367	-0.143	19	-0.143	0.030
10	-0.109	0.009			

表15-2 四国 → 中国の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})	部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})
1	0.360	-0.163	11	-0.163	-0.002
2	-0.250	-0.110	12	-0.110	0.089
3	-0.091	0.056	13	0.056	-0.008
4	0.294	-0.123	14	-0.123	-0.025
5	0.344	0.122	15	0.122	-0.006
6	-0.017	-0.171	16	-0.171	0.016
7	0.055	-0.089	17	-0.089	0.036
8	-0.242	-0.247	18	-0.247	-0.009
9	0.413	-0.192	19	-0.192	0.003
10	0.052	-0.062			

表15-3 四国→九州の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子得点 ($f_{\alpha 1}$)	第2因子の因子得点 ($f_{\alpha 2}$)	部 門 (α)	第1因子の因子得点 ($f_{\alpha 1}$)	第2因子の因子得点 ($f_{\alpha 2}$)
1	0.438	-0.159	11	-0.159	-0.051
2	-0.260	-0.067	12	-0.067	-0.231
3	-0.059	0.071	13	0.071	0.058
4	0.304	-0.189	14	-0.189	-0.038
5	0.377	0.107	15	0.107	0.121
6	0.029	-0.142	16	-0.142	-0.059
7	0.067	-0.036	17	-0.036	-0.086
8	-0.251	-0.262	18	-0.262	-0.014
9	0.240	-0.173	19	-0.173	-0.029
10	-0.035	0.221			

表15-4 四国→その他の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子得点 ($f_{\alpha 1}$)	第2因子の因子得点 ($f_{\alpha 2}$)	部 門 (α)	第1因子の因子得点 ($f_{\alpha 1}$)	第2因子の因子得点 ($f_{\alpha 2}$)
1	0.475	-0.163	11	-0.163	0.014
2	-0.261	-0.179	12	-0.179	0.084
3	-0.052	0.170	13	0.170	-0.078
4	0.253	-0.206	14	-0.206	0.036
5	0.331	0.138	15	0.138	-0.132
6	0.061	-0.150	16	-0.150	0.091
7	0.074	0.016	17	0.016	-0.044
8	-0.250	-0.257	18	-0.257	-0.029
9	0.340	-0.186	19	-0.186	0.037
10	-0.154	0.038			

表15-5 近畿→四国の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})	部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})
1	-0.081	-0.137	11	-0.137	-0.008
2	-0.225	0.298	12	0.298	-0.023
3	-0.165	-0.157	13	-0.157	0.012
4	0.160	0.031	14	0.031	-0.038
5	0.643	0.314	15	0.314	-0.041
6	-0.129	0.105	16	0.105	-0.015
7	-0.161	-0.115	17	-0.115	0.038
8	-0.181	-0.203	18	-0.203	-0.021
9	0.106	-0.063	19	-0.063	-0.013
10	-0.037	-0.040			

表15-6 中国→四国の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})	部 門 (α)	第1因子の因子 得点 (f_{a1})	第2因子の因子 得点 (f_{a2})
1	0.111	-0.129	11	-0.129	-0.012
2	-0.249	0.213	12	0.213	-0.117
3	-0.126	-0.153	13	-0.153	0.012
4	0.237	-0.146	14	-0.146	0.002
5	0.439	0.184	15	0.184	0.037
6	-0.063	-0.136	16	-0.136	0.035
7	-0.113	0.083	17	0.083	-0.002
8	-0.228	-0.243	18	-0.243	-0.020
9	0.339	-0.186	19	-0.186	0.006
10	0.167	-0.030			

表15-7 九州→四国の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子得点 (f_{a1})	第2因子の因子得点 (f_{a2})	部 門 (α)	第1因子の因子得点 (f_{a1})	第2因子の因子得点 (f_{a2})
1	0.334	-0.008	11	-0.008	-0.053
2	-0.190	0.375	12	0.375	-0.069
3	-0.136	-0.139	13	-0.139	0.014
4	0.199	-0.139	14	-0.139	-0.003
5	0.602	0.053	15	0.053	-0.003
6	0.020	-0.072	16	-0.072	0.012
7	-0.106	-0.118	17	-0.118	0.054
8	-0.195	-0.242	18	-0.242	-0.005
9	0.079	-0.171	19	-0.171	0.016
10	-0.146	0.011			

表15-8 その他→四国の地域間交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子得点 (f_{a1})	第2因子の因子得点 (f_{a2})	部 門 (α)	第1因子の因子得点 (f_{a1})	第2因子の因子得点 (f_{a2})
1	0.241	-0.167	11	-0.167	-0.004
2	-0.303	0.130	12	0.130	0.027
3	-0.162	-0.167	13	-0.167	-0.060
4	0.289	-0.113	14	-0.113	0.020
5	0.500	0.194	15	0.194	0.016
6	-0.123	0.227	16	0.227	0.182
7	-0.147	0.223	17	0.223	0.146
8	-0.273	-0.236	18	-0.236	0.050
9	0.077	-0.037	19	-0.037	0.093
10	-0.152	-0.026			

表15-9 四国→四国の地域内交易に関する因子得点

部 門 (α)	第1因子の因子 得点 ($f_{\alpha 1}$)	第2因子の因子 得点 ($f_{\alpha 2}$)	部 門 (α)	第1因子の因子 得点 ($f_{\alpha 1}$)	第2因子の因子 得点 ($f_{\alpha 2}$)
1	0.574	-0.144	11	-0.144	-0.018
2	-0.261	-0.184	12	-0.184	0.025
3	0.047	0.105	13	0.105	-0.036
4	0.348	-0.177	14	-0.177	0.007
5	0.310	0.076	15	0.076	0.067
6	-0.008	-0.112	16	-0.112	0.050
7	0.016	0.001	17	0.001	0.017
8	-0.257	-0.262	18	-0.262	-0.019
9	0.236	-0.162	19	-0.162	0.006
10	-0.147	0.016			

〔評価〕

さて、つぎに、われわれの試みた因子分析モデルの適用結果を吟味することにしよう。このモデルは、四国とその周辺地域との連関構造を、物的生産部門の地域間交易に関する3変量——すなわち、i) 特定2地域間の交易量(X_{ij})、ii) 移出地域の総産出量($X_{i.}$)、および iii) 移入地域の総投入量($X_{.j}$)——の根底に潜む共通因子を探索することによって、総体的に解明することを意図したモデルである。

まず、その出発点となる当該3変量間の相関係数を、叙上の9通りの場合にそれぞれ分けてもとめた結果が、表13-1～表13-9に示されている。このうち、表13-1～表13-4は、いずれも四国を移出地域としてみた場合の地域間交易に関する相関係数を表わしているのに対し、表13-5～表13-8は、いずれも四国を移入地域としてみた場合の地域間交易に関する相関係数を表わしている。そして、最後の表13-9は、四国の地域内交易に関する相関係数を表わし

ている⁵⁴⁾。

そこで、まず、この表 13-1～表 13-9 を吟味することにより、つぎの諸点が明らかになる。まず、その第 1 点は、四国を移出地域としてその周辺地域との連関構造を分析すれば、四国の相手地域⁵⁵⁾として九州を選ぶ場合を除いて、四国から相手地域へ移出される交易量 (X_{ij}) は、相手地域の総投入量 ($X_{.j}$) よりも、四国での総産出量 ($X_{i.}$) と比較的高い相関関係を有する、という事実である。この点については、たとえば、四国から近畿への物的生産の移出量 (X_{ij}) と四国におけるその総産出量 ($X_{i.}$) との相関係数が 0.783 で当該 3 変量の間でもっと高い、ということからも容易に首肯されよう。このことは、四国の相手地域として、中国およびその他地域を選んでも妥当するが、しかし、九州を選ぶ場合には妥当しない、という点に十分留意すべきである。なぜなら、表 13-3 から明らかのように、四国から九州への物的生産の移出量 (X_{ij}) と、四国におけるその総産出量 ($X_{i.}$) との相関係数 ($r_{X_{ij}, X_{i.}} = 0.482$) は、そのほかの場合と比較して著しく低いばかりでなく、しかも四国の総産出量 ($X_{i.}$) と九州の総投入量 ($X_{.j}$) との相関係数 ($r_{X_{i.}, X_{.j}} = 0.549$) よりも低く現われているからである。このことは、四国を移出地域としてその周辺地域との連関構造をとらえるとき、その相手地域として九州を選ぶ場合と、近畿、中国およびその他地域を選ぶ場合とを区別する必要があることを示唆している。そして、この後者の場合には、四国からの移出量 (X_{ij}) が、相手地域による需要側の要因 ($X_{.j}$) よりも、むしろ移出地域としての四国という供給側の要因 ($X_{i.}$) と一層密接な関係を有している、という事実が判明する。

つぎに、その第 2 点は、四国を移入地域としてその周辺地域との連関構造を分析すれば、四国の相手地域⁵⁶⁾としてその他地域を選ぶ場合を除いて、相手地域から四国へ移入される物的生産の移入量 (X_{ij}) は、四国の総投入量 ($X_{.j}$) よりも、相手地域の総産出量 ($X_{i.}$) と比較的高い相関関係を有する、という

54) この場合を形式的に述べれば、四国を移出および移入の両地域としてみている結果、表 13-9 は、四国の地域内自給量に関する相関係数である、と解釈することもできる。

55) したがって、移入地域を意味する。

56) したがって、移出地域を意味する。

事実である。この点は、たとえば、近畿から四国が移入する物的生産の移入量 (X_{ij}) と、近畿におけるその総産出量 ($X_{i.}$) との相関係数が 0.833 となっており、しかもこれが当該 3 変量の間でもっとも高いということからも明らかであろう。また、これと同じ関係が、移出地域として中国および九州を選ぶ場合についても保持される⁵⁷⁾。しかし、その他地域を四国の相手地域として選ぶ場合には、叙上の関係は成立しない。なぜなら、表 13-8 から明らかなように、その他地域から四国が移入する物的生産の移入量 (X_{ij}) と、その他地域におけるその総産出量 ($X_{i.}$) との相関係数 ($r_{X_{ij}, X_{i.}} = 0.708$) は、その他地域の総産出量 ($X_{i.}$) と四国の総投入量 ($X_{.j}$) との相関係数 ($r_{X_{i.}, X_{.j}} = 0.790$) よりも幾分低くなっているからである。このことは、四国を移入地域としてその周辺地域との連関構造をとらえるとき、その相手地域としてその他地域を選ぶ場合と、近畿、中国および九州を選ぶ場合とを区別する必要があることを示唆している。そして、この後者の場合には、四国への移入量 (X_{ij}) が、四国における需要側の要因 ($X_{.j}$) よりも、むしろ相手地域による供給側の要因 ($X_{i.}$) と一層密接な関係があることを、われわれに教えている。

最後に、第 3 点として指摘されることは、四国の地域内交易に関する相関係数がきわめて高い、という事実である。このことは、表 13-9 によって容易に確かめられるように、四国の地域内交易に関する 3 変量——すなわち i) 四国の地域内交易量 (X_{ii})、ii) 四国の総産出量 ($X_{i.}$)、および iii) 四国の総投入量 ($X_{.j}$)——によってもとめられたいずれの相関係数も、さきの地域間交易に関する 3 変量のそれを大きく上廻っている、という事実によって、計量的に確かめられる。そして、このことは、また、地域内交易量 (X_{ii}) と地域間交易量 (X_{ij}) との処理の仕方を明確に区別する必要があることを、強く示唆しているものと思われる。

つぎに、この相関係数表 (表 13-1~表 13-9) から推定される因子負荷量およびその共通度の推定結果を吟味することにしよう。ここで、因子負荷量の推

57) ただし、四国の相手地域として中国を選んだ場合には、九州および近畿を選んだ場合と比較して、この関係——すなわち、移出地域の総産出と地域間交易量との相関係数——が、かなり拡散され、稀薄化されている点に留意すべきである。表 13-6、参照。

定とは、各変量間の相関係数を因子負荷量行列⁵⁸⁾の各要素に分解することを意味するものである。その方法として、われわれは、計算がやや複雑ではあるが数学的には厳密な主因子解法を用いることにした⁵⁹⁾。この主因子解法は、また主成分法ともよばれるものであり、因子負荷量行列の各要素の2乗和を順次最大にするように共通因子を抽出する方法である。したがって、この解法により因子負荷量を推定することは、各変量間の相関係数行列(\mathbf{R})のうち、その主対角要素を共通度⁶⁰⁾(h_p)でおきかえた行列($\mathbf{R}-\mathbf{I}+\mathbf{H}$)の固有値と、この固有値に属する固有ベクトルをもとめる問題に帰着する⁶¹⁾。

なお、ここで注意を要することは、因子負荷量の推定にさきだつて、なんらかの共通度を推定しておかなければならないという点である。なぜなら、因子負荷量の推定にとって必要となる共通度は、(26)式によって明らかのように、推定された因子負荷量をもとにして、事後的に計算されるものだからである。このことは、理論的に未解決の問題であるが、経験的には、すでに幾つかの方法が考えられている⁶²⁾。したがって、われわれの計算プログラムでは、反復計算による因子負荷量の収束性に注目し、行列($\mathbf{R}-\mathbf{I}+\mathbf{H}$)の固有値およびそれに属する固有ベクトルが十分必要な精度以内⁶³⁾に収束したとき、計算を打ち切るように作成した。

表14-1～表14-9は、このようにしてもとめられた因子負荷量とその共通度を示している。このうち、表14-1～表14-4は、いずれも四国を移出地域としてみた場合の地域間交易に関する因子負荷量とその共通度であるのに対し、表

58) これは、(12)式右辺の \mathbf{A} 、したがって(14)式、によって示される。

59) 計算が複雑であるという難点は、コンピュータの発達によって緩和されており、現在では因子負荷量の推定法として主因子解法がもっともよく用いられているように思われる。なお、その内容と計算手順については、VI章を、参照せよ。

60) II章、第2節の(26)式、参照。

61) この点の詳細は、VI章の〔実際の計算手順〕、参照。なお、因子分析を行なう場合、分析目的によっては因子相互間に相関関係があることを仮定することもあるが、われわれの場合には、因子は相互に無相関であるものと仮定していることに留意すべきである。

62) この点については、たとえば、河崎俊二、前掲書、1973年、pp.207-208、参照。

63) これを具体的に述べれば、われわれの場合、固有値が正値をとり、しかもその差の絶対値が 10^{-3} 以内に収まることを意味している。

14-5～表 14-8 は、いずれも四国を移入地域としてみた場合の地域間交易に関する因子負荷量とその共通度を表わしている。そして、最後の表 14-9 は、四国の地域内交易に関する因子負荷量とその共通度を与えるものである。

これらの計測結果を比較吟味することにより、つぎの諸点が指摘される。まず、その第 1 点は、四国を移出地域としてその周辺地域との連関構造を分析すれば、四国の相手地域として近畿、中国およびその他地域を選ぶかぎり、第 1 因子のみでもその連関構造を十分にとらえられるが、九州を四国の相手地域として選ぶ場合には、第 2 因子まで考慮する必要がある、という事実である。この点を、いま四国から近畿への物的生産の移出に関して補足すれば、第 1 変量——すなわち、四国から近畿への移出量 (X_{ij})——の共通度が、表 14-1 によれば、0.852 となっているが、このうち第 1 因子の寄与率は $(0.922)^2 \doteq 0.850$ であることから判断して、四国と近畿との連関構造を第 1 因子のみでとらえても十分であるといえよう。同様のことが、四国と中国、および四国とその他地域との連関構造についても妥当する。ところが、四国と九州との連関構造は、上記の場合とその様相を異にしている。すなわち、表 14-3 より明らかなように、第 1 変量——すなわち、四国から九州への移出量 (X_{ij})——の共通度は、第 1 因子と第 2 因子をともに考慮したとしても 0.396 にしかならないからである。したがって、この場合、第 1 因子に加えて、第 2 因子も抽出しておくことが必要であろう⁶⁴⁾。

つぎに、その第 2 点は、四国を移入地域としてその周辺地域との連関構造を分析すれば、四国の相手地域として近畿、中国および九州を選ぶかぎり、第 1 因子のみでもその連関構造を十分にとらえられるが、その他地域を四国の相手地域として選ぶ場合には、第 2 因子まで考慮する必要がある、ということである。この点を、近畿から四国への物的生産の移入に関して補足すれば、第 1 変量——すなわち、近畿から四国が移入する物的生産の移入量 (X_{ij})——の共通度は、0.823 であるが、このうち第 1 因子のみの寄与率が、 $(0.906)^2 \doteq 0.821$ を占

64) 四国と近畿との連関構造に対応する固有値は、1.816、0.060 および -0.001 であるのに対して、四国と九州との連関構造に対応する固有値は、1.464、0.198 および -0.001 となっており、とくに後者の場合、第 2 位の固有値が相対的に大きくなっている。

めていることから判断して、近畿と四国との連関構造を第1因子のみでとらえても十分であるということができよう。これと同じことが、中国と四国、および九州と四国の連関構造についても、それぞれ妥当する。しかし、その他地域と四国との連関構造については、第1因子のみでなく、さらに第2因子をも加えて考慮しなければ、その正確な連関構造の把握を期しがたい。なぜなら、この場合、第1因子のみの寄与率は、 $(0.744)^2 \cong 0.553$ で相対的に低く、これに第2因子の寄与率 $(0.162)^2 \cong 0.026$ を加えたとしても、全体で0.579にしかならないからである⁶⁵⁾。

最後に、第3点として指摘されることは、四国の地域内交易に関する第1因子の因子負荷量はきわめて大きく、その結果、第1因子の寄与率もきわめて大きい、という事実である。したがって、この場合には、第1因子のみによっても、四国の地域内交易に関する連関構造をとらえることが十分に可能であるといえる⁶⁶⁾。

以上において、われわれは、表13-1～表13-9の示す相関係数を基礎として、主因子解法により共通因子の抽出と、表14-1～表14-9の示す因子負荷量およびその共通度を推定した。いうまでもなく、相関係数は座標軸のとり方とは無関係であることから、因子軸の絶対的位置についての情報は、一切含まれていない。したがって、表14-1～表14-9のように推定された因子負荷量といえども、それは、任意に設定された基準軸への投影にすぎないのである。言い換えるならば、分析の結果として抽出された因子がもつ意味を理解するためには、その基準軸を回転させて、各因子の負荷量に有意な差が生ずるように試みる必要がある、ということである。たとえば、バリマックス基準 (Varimax Criterion) は、無相関の因子軸を回転させる場合のもっとも代表的な方法として知られているものである⁶⁷⁾。しかし、本稿では、因子軸の回転を行なって

65) ここでもまた、近畿と四国との連関構造に対応する固有値は、1.992, 0.011 および -0.001 であるのに対して、その他地域と四国との連関構造に対応する固有値は、2.149, 0.049 および -0.001 となっており、第2位の固有値が、後者の場合、相対的に大きくなっている。

66) ちなみに、この場合の固有値は、2.698, 0.003 および -0.001 となっている。

67) この点については、奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉澤正、前掲書、1971年、pp. 357-364、参照。

はいない。なぜなら、回転の問題とは、共通因子の解釈なりその意味づけが容易になるように基底を定めることであり、極論すれば、因子軸の回転を敢えて行なわなかったとしても、分析の結果、抽出された因子の解釈を与えることができる考えたからである。したがって、われわれは、上記の点に十分な考慮を払いながら、以上の分析を通して抽出した因子の解釈をつぎのように与えておくことにする。まず、対象とした9通りのすべての場合に抽出された第1因子は、特定2地域間の経済的な結びつきの程度を表わす共通因子であると考えられる。したがって、この第1因子を、われわれは、「地域連関度」とよぶことにする。つぎに、四国を移出地域として九州との連関構造をとらえる場合と、四国を移入地域としてその他地域との連関構造をとらえる場合の双方に抽出された第2因子は、主として供給側の要因によって当該2地域間の経済的な結びつきが歪められる程度を表わすものと解釈される。したがって、この第2因子を、われわれは、「連関歪曲度」とよぶことにする。このとき、われわれは、つぎのように述べることができる。すなわち、四国とその周辺地域との連関構造は、「地域連関度」という共通因子によって基本的にはとらえられるが、ある特定の2地域間——すなわち、四国から九州をみた場合と、その他地域から四国をみた場合——の連関構造については、さらに供給側の要因によって攪乱される結果、第2因子としての「連関歪曲度」をも明示的に考慮する必要がある、と。

なお、われわれは、因子負荷量の推定に加えて、因子得点⁶⁸⁾の推定も行なった。表15-1～表15-9は、その結果をまとめたものである。この因子得点を利用することによって、物的生産部門に属する各部門の類型化や、地域連関に関する総合指標の作成などが可能となるが、この点についての立ち入った分析は、因子軸の回転とともに、別の機会に譲りたいと思う。したがって、本稿では、地域間交易に関する因子得点の詳細な検討は、差し控えることにし、表15-1～表15-9は、あくまでも参考資料にとどめておく。

IV

以上、本稿において、地域間交易量の計量分析を、四国とその周辺地域との

68) これは、(12)式右辺の F 、したがって(13)式、の各要素の値を意味する。

連関構造に限定して、行なった。その場合、とくに輸送量分布係数モデルと因子分析モデルを取り上げ、その各々について方法論的な検討を加えたいうえで、その両モデルを上記の連関構造に適用し、その両モデルの精度と有効範囲を明らかにするべく努めてきた。その結果、われわれが、推定結果の分析を通じて明らかにしえたことは、つぎの3点に要約することができる。

- 1) 四国の物的生産部門は、その地域内消費比率、産出比率および移出率を比較・吟味することによって、4つのタイプ——すなわち、i) 「遣り繰り型の劣位産業」、ii) 「瘦せ我慢型の劣位産業」、iii) 「他地域志向型の優位産業」、および iv) 「自地域志向型の優位産業」——に類型化できるということ。
- 2) 輸送量分布係数の推定結果について、地域内交易量と地域間交易量との間に有意な差が検証され、とくに四国の地域内交易量に対応する輸送量分布係数は、他地域と比べてきわめて高いということ。
- 3) 四国とその周辺地域との物的生産に関する連関構造は、「地域連関度」という共通因子によって基本的にはとらえられるが、しかしある特定の2地域間——すなわち、四国から九州をみた場合と、その他地域から四国をみた場合——の連関構造については、さらに供給側の要因によって攪乱される結果、第2因子としての「連関歪曲度」をも明示的に考慮する必要があるということ。

このようにして、輸送量分布係数モデルと因子分析モデルの精度と有効範囲について、若干の指摘をなしたのであるが、本稿では十分に取りあげられず、なおわれわれに残されたいいくつかの課題がある。最後に、それを他日に期すべく、以下の3項目に分けて整理し、ひとまず稿を閉じることにする。

- 1) 地域区分の再検討。
- 2) 輸送量分布係数モデルの時系列分析。
- 3) 因子分析モデルの精緻化と政策提言への活用。

第1の点については、とくに「統計的な地域区分」や「政策的な地域区分」とは異なる「理論的な地域区分」を計量的に把握することが、是非とも必要であろう。

第2の点としては、輸送量分布係数の時間的安定度を知るうえで、比較静学

的な分析を試みる必要がある。また、この輸送量分布係数を経済距離の明示的な関数として分解・規定することも、政策効果を判定するうえで、必要な研究課題であるものと思われる。

最後に、第3点として残されている課題は、われわれの因子分析モデルをさらに精緻化し、その分析結果を現実の政策に反映させていくことである。たとえば、因子軸の回転によって、抽出された因子を理論的に解釈し、その結果導出される因子負荷量および因子得点を用いて地域区分や産業分類を行なったり、あるいはまた、 R 技法と平行して Q 技法を駆使することにより総合指標の作成を試みることを、指摘することができる。

V

本章では、輸送量分布係数モデルの各種評価基準を、順次、説明し、またそのプログラムを示すことにする⁶⁹⁾。評価基準としてわれわれが用いたものは、決定係数、不一致係数、情報不確実度、およびカイ2乗統計量の4指標であり、以下、その各々について説明を加えることにする。

〔決定係数〕

決定係数 (Coefficient of Determination) とは、つぎの式で示される値のことである。

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\hat{X}_{ij} - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \hat{X}_{ij})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2} \quad (27)$$

ただし、

X_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) は実績値を、 \hat{X}_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) はその理論値を、それぞれ表わすものとし、また \bar{X} は実績値 X_{ij} の平均値 ($\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} / n^2$) を、 n^2 はそのサンプル数を、表わすものとする。

いま、なんらかの方法によって、実績値 X_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) に対する理論値 \hat{X}_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) を推定したものと想定しよう。このとき、その推定された理論値と実績値との乖離を $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \hat{X}_{ij})^2$ とい

69) 本章は、越智孝の草稿をもとに、筆者が加筆・訂正を行なったものである。

う測度でとらえることにすれば、この値は、

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \hat{X}_{ij})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\hat{X}_{ij} - \bar{X})^2 \quad (28)$$

と分解することができる。このように書き換えれば、上式右辺の第1項、すなわち、 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2$ は、実績値 X_{ij} の分散の程度（つまり、全変動を示す値）であり、またその第2項、すなわち $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\hat{X}_{ij} - \bar{X})^2$ は、理論値の分散の程度（変動）を示す値であることが判明する。したがって、推定された理論値 (\hat{X}_{ij}) が実績値 (X_{ij}) を十分に説明しているほど、(28)式の値はゼロに近づくものと考えられる。すなわち、(28)式左辺の理論値と実績値との近似度を示す値は、上記の2種の変動の差であるとみなすことができる。しかも、この値は、全変動のうち理論値 (\hat{X}_{ij}) によって説明され得なかった部分に等しいものと考えられる。したがって、この部分を全変動、すなわち $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2$ で除した値

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \hat{X}_{ij})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\hat{X}_{ij} - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2} \quad (29)$$

は、全変動のうち、理論値によって説明され得なかった部分の相対的大きさ（構成比率）である、と述べることができる。これに対して、(29)式をつぎのように変形して得られる値

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\hat{X}_{ij} - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \hat{X}_{ij})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2} \quad (30)$$

は、全変動のうち、理論値の変動によって説明され得る部分の相対的大きさ（構成比率）であると述べることができる。したがって、この(30)式で示される値が、決定係数とよばれるものである。ところで、この決定係数は、理論値 (\hat{X}_{ij}) とその実績値 (X_{ij}) との相関係数を2乗したものに等しいことが、容易に確かめられる。したがって、決定係数は、また相関係数を2乗することによってもとめることも可能である。

【不一致係数】

つぎに、不一致係数 (Inequality Coefficient) は、次式によって定義され

る値のことである。

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \hat{X}_{ij})^2}}{\sqrt{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \hat{X}_{ij}^2} + \sqrt{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij}^2}} \quad (31)$$

ただし、

X_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) は、実績値を表わすものとし、また、 \hat{X}_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) は、それに対応する推定値を表わすものとする。

この推定値の精度を分析するために用いられる測度の1つに、上記の相関係数がある。すなわち、予想の系列と現実の結果の系列との間の相関係数が、これである。しかし、この測度には、つぎのような欠点がある。すなわち、完全な(正の)相関が完全な予測を意味するわけではなく、ただ単に個々の予想とその実現値との間に正の勾配を持つ1次の関係式が厳密に成立することを意味しているのにすぎないのである。極論すれば、たとえ相関係数の値が1だとしても、予測値とその実現値とは必ずしも一致しないのである。したがって、完全な予測であるためには、相関が1であるという条件に加えて、上述した1次式が原点を通り、しかもその勾配が1であることが必要である。この点を考慮すれば、相関係数に代わり得る新たな測度として、(31)式の与える不一致係数が、より好ましいといえるのである。

なお、不一致係数 U の値は、つねにゼロと1との間に限られ、その値がゼロに近いほど予測精度は高いものと判定されるのである。

[情報不確実度]

情報不確実度 (Information Inaccuracy) とは、次式によって定義される値をいう。

$$I((X_{ij}/X_{..}) | (\hat{X}_{ij}/\hat{X}_{..})) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\frac{X_{ij}}{X_{..}} \right) \log_2 \frac{(X_{ij}/X_{..})}{(\hat{X}_{ij}/\hat{X}_{..})} \quad (32)$$

ただし、

X_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) は実現値を、 \hat{X}_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) はその予測値を表わすものとし、また $X_{..}$ と $\hat{X}_{..}$ は、実現値と予

測値の総和を、それぞれ表わすものとする。

いま、その各々の相対比率をとることにし、 $x_{ij} = X_{ij}/X..$ および $\hat{x}_{ij} = \hat{X}_{ij}/\hat{X}..$ の記号を用いることにすれば、(32)式は、つぎのように書き改められる。

$$I(x_{ij}|\hat{x}_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \log_2 \frac{x_{ij}}{\hat{x}_{ij}} \quad (33)$$

そこで、つぎに、この相対比率 (x_{ij}) の予測値に対する評価基準を、情報理論にもとづいて検討してみよう。そのために、まず、予測値 (\hat{x}_{ij}) を「事前確率」とみなし、また、その実現値 (x_{ij}) を「事後確率」とみなすことにしよう。なぜなら、実現値 (x_{ij}) の情報は、予測値 (\hat{x}_{ij}) の情報よりも遅れてもたらされるものだからである。そこで、われわれは、予測値の評価基準として、ある予測値 (\hat{x}_{ij}) が与えられた場合に、その実現値 (x_{ij}) がもたらす情報量が少ないほど、その予測値 (\hat{x}_{ij}) は正確であると判断することにしよう。換言すれば、実現値 (x_{ij}) が多くの情報をもたらせばもたらすほど、その予測値 (\hat{x}_{ij}) は不確実な要素をもっていたと考えられる。そして、この事前確率 (\hat{x}_{ij}) を所与として、事後確率 (x_{ij}) がもたらす情報量は、情報理論により (33) 式として明確にもとめられるのである。すなわち、この定義式の与える情報量は、実現値 (x_{ij}) に関する予測値 (\hat{x}_{ij}) の「情報不確実度」とよばれる測度を与えるものである⁷⁰⁾。

この測度を用いれば、実現値 (x_{ij}) に関する各予測値の精度を、計量的に評価することが可能となる。たとえば、実現値 (x_{ij}) が明らかにされた段階で、この x_{ij} についての予測値 (\hat{x}_{ij}) を (33) 式に代入すれば、その予測値の情報不確実度がもとめられる。そして、その値が小さいほど、予測値と実現値との乖離が小さいことを意味するから、予測値の精度は、逆に高くなるものと判定される。

[カイ 2 乗統計量]

最後に、カイ 2 乗統計量 (Chi-Square Statistic) とは、次式によってもとめられるものである。

70) なお、その測定単位は、(33) 式右辺の対数の底を 2 としている結果、ビット (bits) で測られるものとなっている。

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\left(\frac{X_{ij}}{\bar{X}_{..}} - \frac{\bar{X}_{ij}}{\bar{X}_{..}} \right)^2}{\left(\frac{\bar{X}_{ij}}{\bar{X}_{..}} \right)} \quad (84)$$

ただし、

X_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) は実現値を、 \bar{X}_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n$) はその期待値を、それぞれ表わすものとし、また $\bar{X}_{..}$ および $\bar{X}_{.j}$ は、 X_{ij} および \bar{X}_{ij} の総和を、それぞれ表わすものとする。

いま、母集団が k 種類の単位の集合より構成されているものとし、しかもそのそれぞれの単位が p_i ($i=1, 2, \dots, k$) (ただし、 $\sum_{i=1}^k p_i=1$) で測られているものと想定しよう。このとき、 n 回の観察 (または、大きさ n の確率標本) によってその各々の単位の観測度数が n_i ($i=1, 2, \dots, k$)⁷¹⁾ であったとすれば、 n が大きい値であるとき、次式によってもとめられる値

$$\sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \quad (85)$$

の標本分布は、自由度 $(k-1)$ のカイ 2 乗分布で近似されることが、すでに証明されている。なお、 np_i は、 n_i の期待値を意味するものである。一般に、観測度数 f_i の期待値を e_i で表わすとき、次式によってもとめられる値

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i} \quad (86)$$

を、カイ 2 乗統計量という。したがって、この式からも明らかなように、 χ^2 の値が大きいほど、実現値と期待値との乖離の程度が大きくなる、という性質がある。

[輸送量分布係数モデルのプログラム]

われわれの作成した輸送量分布係数モデルの計算プログラムを示せば、つぎのようになる。

71) ただし、 $\sum_{i=1}^k n_i = n$ をみたすものとする。

地域間交易量の計量分析

—337—

```

    DIMENSION X(10,10),RS(10,2),CS(2,10),Y(9),YY(9),XX(10,10),YYY(9),
    1XT(10,10)
    READ(5,170)M
170  FORMAT(I1)
    DO 6 N=1,20
    IF(N.EQ.20) GO TO 7
    RFAD(5,400)((X(I,J),J=1,10),I=1,10)
400  FORMAT(4F20.0)
    DO 1 I=1,10
    S=0.0
    DO 2 J=1,5
    2  S=S+X(I,J)
    X(I,5)=S
    1  CONTINUE
    DO 3 I=5,10
    S=0.0
    DO 4 J=1,5
    4  S=S+X(J,I)
    X(5,I)=S
    3  CONTINUE
    7  WW=0.0
    DO 20 I=M,9
    W=0.0
    DO 30 J=M,9
    30 W=W+X(I,J)
    RS(I,1)=W
    20 WW=WW+RS(I,1)
    RS(10,1)=WW
    WW=0.0

    DO 40 J=M,9
    W=0.0
    DO 50 I=M,9
    50 W=W+X(I,J)
    CS(1,J)=W
    40 WW=WW+CS(1,J)
    CS(1,10)=WW
    DO 60 I=M,10
    60 RS(1,2)=X(I,10)-RS(1,1)
    DO 70 J=M,10
    70 CS(2,J)=X(10,J)-CS(1,J)
    WRITE(6,201)
    201 FORMAT(1H1,'COMMODITY GROUP',/)
    WRITE(6,202) N
    202 FORMAT(I10)
    WRITE(6,101)
    101 FORMAT(1H0 10X,'*** ORIGINAL MATRIX ***',/)
    DO 80 I=M,10
    80 WRITE(6,102)(X(I,J),J=M,10)
    102 FORMAT(1H ,10F10.0)
    WRITE(6,103)
    103 FORMAT(1H0,5X,15HROW SUM (GIVEN),3X,17HROW SUM (DERIVED),10X,10HDI
    1FFERENCE,/)
    DO 90 I=M,10
    90 WRITE(6,104) X(I,10)*RS(I,1)+RS(I,2)
    104 FORMAT(3F20.0)
    WRITE(6,105)
    105 FORMAT(1H0,2X,18HCOLUMN SUM (GIVEN),20HCOLUMN SUM (DIRIVED),10X,10
    1HDIFFERENCE,/)
    DO 200 J=M,10
    200 WRITE(6,104) X(10,J)*CS(1,J)+CS(2,J)

```

```

C      *** RIRON-CHI ***
      RFC=1.0/X(10,10)
      DO 210 I=M,9
      DO 220 J=M,9

220  XX(I,J)=REC*X(I,10)*X(10,J)
210  CONTINUE
      WW=0.0
      DO 42 I=M,9
      W=0.0
      DO 43 J=M,9
43   W=W+XX(I,J)
      XX(I,10)=W
42   WW=WW+W
      XX(10,10)=WW
      DO 45 I=M,9
      W=0.0
      DO 46 J=M,9
46   W=W+XX(J,I)
      XX(10,I)=W
45  CONTINUE
      C=X(10,10)
      D=XX(10,10)
      E=D/C
      WRITE(6,106)
106  FORMAT(1H1,10X,'*** RIRON-CHI ***',/)
      DO 230 I=M,9
230  WRITE(6,107) (XX(I,J),J=M,9)
      DO 15 I=M,9
      Y(I)=X(I,1)/X(10,10)
      YY(I)=X(I,10)/X(10,10)
15   YYY(I)=1.0-X(I,1)/X(I,10)
      WRITE(6,180)
180  FORMAT(1H0,10X,'*** RELATIVE SHARE OF          : (X(I,I)/X..) ***'
1     1/,15X,'INTRA-REGIONAL CONSUMPTION')
      WRITE(6,181)
181  FORMAT(1H0,9X,'SONOTA',5X,'KINKI',3X,'CHUGOKU',3X,'SHIKOKU',4X,
1     1,'KYUSYU')
      WRITE(6,550) (Y(I),I=M,9)
      WRITE(6,185)

185  FORMAT(1H0,10X,'*** RELATIVE SHARF OF REGIONAL PRODUCTS ***')
      WRITE(6,181)
      WRITE(6,550) (YY(I),I=M,9)
      WRITE(6,186)

186  FORMAT(1H0,10X,'*** RATIO OF REGIONAL SHIPMENTS ***')
      WRITE(6,181)
      WRITE(6,550) (YYY(I),I=M,9)
550  FORMAT(1H ,5X,9F10.3)
      A=X(10,10)/25.
      S=0.0
      ZZ=0.0
      MN=0
      SS=0.0
      SSS=0.0
      B=0.0
      Z=0.0
      DO 16 I=M,9
      DO 17 J=M,9
      B=B+(X(I,J)-A)*(X(I,J)-A)
      S=S+X(I,J)*X(I,J)
      SS=SS+XX(I,J)*XX(I,J)

```

```

SSS=SSS+(XX(I,J)-X(I,J))*(XX(I,J)-X(I,J))
F=XX(I,J)/D-X(I,J)/C
Z7=Z2+F*F/(XX(I,J)/D)
IF(X(I,J).LE.0.0) GO TO 18
GO TO 19
18 X(I,J)=0.00001
MN=MN+1
19 CONTINUE
ABC=ALOG((X(I,J)*D)/(C*XX(I,J)))/ALOG(2.0)
Z=Z+(X(I,J)/C)*ABC
17 CONTINUE
16 CONTINUE
R=(B-SSS)/R
U=SQR(SSS)/(SQRT(S)+SQRT(SS))

WRITE(6,300) R
300 FORMAT(1H0,10X,'*** DETERMINANT COFF:R**2 ***',//,10X,'R**2=',F10.
14)
WRITE(6,310) U
310 FORMAT(1H0,10X,'*** INEQUALITY COFF: U ***',//,13X,'U=',F10.4)
WRITE(6,320) Z,MN
320 FORMAT(1H0,10X,'*** INFORMATION INACCURACY:I ***',//,13X,'I=',F10.
14,10X,12)
WRITE(6,330) Z2
330 FORMAT(1H0,10X,'*** CHI-SQUARE: C ***',//,13X,'C=',F10.4)
DO 240 I=M,9
DO 250 J=M,9
250 XX(I,J)=X(I,J)/XX(I,J)
240 CONTINUE
WRITE(6,107)
107 FORMAT(1H0,10X,'*** RATIO-TEST ***',/)
DO 260 I=M,9
260 WRITE(6,108) (XX(I,J),J=M,9)
108 FORMAT(1H ,9F10.3)
DO 257 I=M,9
DO 258 J=M,9
IF(XX(I,J).EQ.0.0) XX(I,J)=0.00001
258 XX(I,J)=ALOG(XX(I,J))/ALOG(2.0)
257 CONTINUE
WRITE(6,267)
267 FORMAT(1H0,10X,'*** MUTUAL INFORMATION ***',/)
DO 280 I=M,9
280 WRITE(6,108) (XX(I,J),J=M,9)
DO 21 I=M,10
DO 21 J=M,10
21 XT(I,J)=XT(I,J)+X(I,J)
IF(N.NE.19)GO TO 6
DO 22 I=M,10
DO 22 J=M,10

22 X(I,J)=XT(I,J)
6 CONTINUE
STOP
END

```

VI

本章では、因子分析モデルの各種推定法のうち、主因子解法による因子負荷量の推定の理論とその計算手順および因子得点の推定とその計算プログラムについて述べることにする⁷²⁾。

〔主因子解法による推定〕

いま、行列 C をつぎのように定めれば、

$$C = AF' \quad (37)$$

主因子解法とは、この行列 C の要素の任意の線形式 $w'C$ と観測変量 Z との相関ベクトルの内積を最大にするように意図したものである。ここで、 w は、行列 C にかかる係数ベクトルを表わすものとする。したがって、主因子解法によって因子負荷量を推定する方法は、この $w'C$ によってもっとも多く説明できるように、因子負荷量行列 A を推定することである、ということが出来る。

いま、観測変量 Z と上記の行列 $w'C$ との共分散ベクトルおよび $w'C$ の分散ベクトルをもとめれば、それぞれつぎのように表わされる⁷³⁾。

$$\text{Cov}(Z, w'C) = (R - D^2)w \quad (38)$$

$$V(w'C) = w'(R - D^2)w \quad (39)$$

したがって、観測変量の行列 Z の各要素と $w'C$ との相関係数ベクトルは、

$$\frac{\text{Cov}(Z, w'C)}{\sqrt{V(w'C)}} = \frac{(R - D^2)w}{\sqrt{w'(R - D^2)w}} \quad (40)$$

として、表わされる。このとき、行列 Z のすべての要素に関する全変動のうち、 $w'C$ によって説明される比率（すなわち、 $w'C$ の寄与率）は、つぎのようになる。

$$\phi = \frac{w'(R - D^2)(R - D^2)w}{w'(R - D^2)w} \quad (41)$$

なお、ここでいう寄与とは、第 γ 因子の変量 β の分散のうち占める比率——すなわち、第 γ 因子の変量 β における寄与 $\alpha_{\beta\gamma}^2$ ——をすべての変量 $\beta = 1, 2, \dots$,

72) 本章は、葛泰彰の草稿をもとに、筆者が加筆・訂正を行なったものである。

73) いま、残差分散を対角要素とする対角行列を D^2 、共通度を対角要素とする対角行列を H^2 で表わすことにすれば、 $D^2 + H^2 = I$ の関係式がつねに成立する。

p について加えた、第 γ 因子の寄与とよばれるものである。したがって、主因子解法では、因子 γ の寄与を最大にする係数ベクトル w をもとめることが、そのおこな仕事となる。

また、この解法は、通常のラグランジュ形式を構成して、これを推定すべきパラメーターで偏微分することになる。いま、ラグランジュ乗数を λ とし、この形式を

$$\phi = w'(R - D^2)(R - D^2)w - \lambda w'(R - D^2)w \quad (42)$$

として表わせれば、 $\partial\phi/\partial w = 0$ とおくことによって

$$[(R - D^2) - \lambda I](R - D^2)w = 0 \quad (43)$$

となる。

ここで、さらに $w \neq 0$ を仮定すれば、これは結局、行列 $(R - D^2)$ の固有値問題を解くことになり、その固有方程式は、つぎのように書き表わされる。

$$\left. \begin{aligned} |(R - D^2) - \lambda I| &= 0 \\ (R - D^2)w &= \lambda w \end{aligned} \right\} \quad (44)$$

このとき、さきの行列 Z と $w'C$ との共分散ベクトル、すなわち(38)式は、この(44)式により

$$\begin{aligned} \text{Cov}(Z, w'C) &= \lambda_1 w \\ &= (R - D^2)w \end{aligned} \quad (45)$$

と書くことができる。また、行列 Z と $w'C$ との相関係数ベクトルは、(40)式により

$$\frac{\lambda_1 w}{\sqrt{w'(R - D^2)w}} = \frac{\sqrt{\lambda_1} w}{\sqrt{w'w}} \quad (46)$$

と書き表わされる。ただし、ここでの λ_1 は、第1共通因子の固有値を与えるものである。また、第2共通因子以降については、第1共通因子の場合と同様に、互いに独立になるように構成し、しかも逐次的に前段階までの残差変動をもっとも大きく減少させるように定めていくことにする。したがって、固有値の数は、行列 $(R - D^2)$ のランクの数(これを q とする)だけ得られることになり、その結果、全体で q 個の共通因子が抽出可能となる。なお、このときの計算手順は、 q 個の固有値とそれに属する固有ベクトルを逐次もとめていくことになる。

いま、 q 個の固有値を対角要素とする対角行列を Λ とし、また、それに属する q 個の固有ベクトルを列とする p 行 q 列の行列を Γ とするとき、つぎの関係式

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{A}\mathbf{A}'\mathbf{\Gamma} &= \mathbf{\Gamma}\mathbf{A} \\ \mathbf{A} &= \mathbf{\Gamma}\mathbf{A}^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

が成立することになり、その結果、因子負荷量行列 \mathbf{A} を定めることができるわけである。

[実際の計算手順]

つぎに、主因子解法にもとづく実際の計算手順を述べれば、つぎのようになる。

- 1) まず最初に、以下に示す r_{ij} を要素とする相関係数行列 \mathbf{R} をもとめる。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{\alpha=1}^n (X_{\alpha i} - \bar{X}_i)(X_{\alpha j} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_{\alpha=1}^n (X_{\alpha i} - \bar{X}_i)^2 \sum_{\alpha=1}^n (X_{\alpha j} - \bar{X}_j)^2}} \quad (48)$$

ただし、

$\{X_{\alpha\beta}\}$ は、実績値を表わすものとする。

- 2) つぎに、

$$\hat{\mathbf{H}}_1^2 = \mathbf{I} - (\text{diag}\mathbf{R}^{-1})^{-1} \quad (49)$$

により、共通度の初期値の推定を行なう。

- 3) さらに

$$(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)_1 = \mathbf{R} - \mathbf{I} + \hat{\mathbf{H}}_1^2 \quad (50)$$

により、対角要素を共通度とし、非対角要素を相関係数とする行列 $(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)_1$ をもとめる。

- 4) これより、固有値問題を解く。すなわち、行列 $(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)$ の固有値を対角要素とする対角行列 $\hat{\mathbf{A}}$ と、その固有ベクトルを各列とする行列 $\hat{\mathbf{\Gamma}}$ を、ヤコビ法でもとめる。ただし、行列 $\hat{\mathbf{A}}$ の固有値は、大きさの順に並び換えることとし、また負の固有値は、その対象からはずすものとする。

- 5) つぎに、

$$(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2) = \hat{\mathbf{A}}_1 \hat{\mathbf{A}}_1' = \hat{\mathbf{\Gamma}} \hat{\mathbf{A}} \hat{\mathbf{\Gamma}}' \quad (51)$$

により、新しい行列 $(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)$ を構成する。

6) さらに,

$$\hat{H}_2^2 = \text{diag}(\hat{I} \hat{A} \hat{I}') \quad (52)$$

により, 新しい共通度を推定する。

7) これらを用いて,

$$\begin{aligned} \hat{A}_2 \hat{A}_2' &= (\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)_2 \\ &= \mathbf{R} - \mathbf{I} + \hat{H}_2^2 \end{aligned} \quad (53)$$

により, 新しい行列 $(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)_2$ をもとめる。

8) さきの4)と同じようにして, \hat{A}, \hat{I} を新しい行列 $(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)_2$ より計算し, ある基準をみたさなければ, さきの5)に戻って, 以上の手順を繰り返す。

このようにして, 毎回 \hat{H}^2 の推定量を変えることにより, 新しい行列 $(\mathbf{R} - \mathbf{D}^2)$ を構成し, その行列に関する固有値とそれに属する固有ベクトルをもとめるわけである。そして, この計算手順を打ち切るのは, \hat{A}, \hat{I} が反復計算によって大きな変化を示さず, 十分な必要精度以内に収束したときに行なうのである。したがって, もとめるべき因子負荷量行列 A は, そのときの固有値およびそれに属する固有ベクトルを用いて, 次式によって推定される。

$$A = \hat{I} \hat{A}^{\frac{1}{2}} \quad (54)$$

なお, 因子得点の推定法にも, 種々な計算方法が考案されているが, われわれは, 基準化したデータ行列 Z を用いて, 次式によってこれを推定した。

$$F = ZR^{-1}A \quad (55)$$

[因子分析モデルのプログラム]

最後に, われわれの作成した因子分析モデルの計算プログラムを示せば, つぎのようになる⁷⁴⁾。

74) なお, この計算プログラムを作成する際, 浅野長一郎, 『因子分析法通論』, 共立出版, 1971年, が大いに役立ったことを付記しておく。

```

    DIMENSION DAYA(50,10),R(10,10),RIV(10,10),VIR(10,10),@ (10,10),V(1
    10,10),RIVD(10,10),H(10,10),V@V(10,10),HO(10),B(10),C(10),E(10),FR(
    110,10),X(50,10),Y(24,75)
    READ(5,100) N,NM,M,MAX,IC
100  FORMAT(5I3)
    READ(5,102) CV
102  FORMAT(3F10.5)
    DO 10 I=1,22
    READ(5,110)((X(K,J),J=1,10),K=1,10)
110  FORMAT(4F20.0)
    DO 1 J=1,10
    S=0.0
    DO 2 K=1,N
    2  S=S+X(J,K)
    X(J,N)=S
    1  CONTINUE
    DO 3 J=N,10
    S=0.0
    DO 4 K=1,N
    4  S=S+X(K,J)
    X(N,J)=S
    3  CONTINUE
    DO 20 J=N,9
    DO 30 K=N,9
    I1=(J-N)*(10-N)*3+(K-N)*3+1
    I2=I1+1
    I3=I1+2
    Y(I,I1)=X(J,K)
    Y(I,I2)=X(J,10)
30  Y(I,I3)=X(10,K)
20  CONTINUE

10  CONTINUE
    NN=(10-N)*(10-N)
    DO 25 I=4,NN,5
    WRITE(6,222) I
222  FORMAT(1H1,////,6X,'*** DATA ***',5X,I2,/)
    I1=(I-1)*3+1
    I2=I1+1
    I3=I1+2
    DO 26 J=1,19
    DAYA(J,1)=Y(J,I1)
    DAYA(J,2)=Y(J,I2)
    DAYA(J,3)=Y(J,I3)
26  CONTINUE
    CALL PFA(DAYA,NM,M,MAX,IC,CV)
25  CONTINUE
    DO 35 I=16,20
    WRITE(6,222) I
    I1=(I-1)*3+1
    I2=I1+1
    I3=I1+2
    DO 36 J=1,19
    DAYA(J,1)=Y(J,I1)
    DAYA(J,2)=Y(J,I2)
    DAYA(J,3)=Y(J,I3)
36  CONTINUE
    CALL PFA(DAYA,NM,M,MAX,IC,CV)
35  CONTINUE
    STOP
    END

```



```

12 DO 13 I=1,M
AA=ABS(HO(I)-Q(I,I))
IF(AA-CV) 13,13,14
13 CONTINUE
GO TO 17
14 DO 15 I=1,M
HO(I)=Q(I,I)
15 R(I,I)=VQV(I,I)
GO TO 16
17 CONTINUE

WRITE(6,302) KK
WRITE(6,303)
WRITE(6,230) (VQV(I,I),I=1,M)
WRITE(6,304)
DO 26 I=1,M
WRITE(6,210) I,Q(I,I),(V(J,I),J=1,M)
26 CONTINUE
WRITE(6,305)
DO 18 I=1,M
DO 19 J=1,KC
FR(I,J)=0.0
DO 19 K=1,KC
19 FR(I,J)=FR(I,J)+V(I,K)*SQRT(Q(K,J))
18 WRITE(6,240) I,(FR(I,J),J=1,KC)
101 FORMAT(10F8.0)
200 FORMAT(1H ,10X,10F10.5)
210 FORMAT(1H ,10X,15.5X,1F10.5,5X,10F10.5)
220 FORMAT(1H ,10F10.5)
230 FORMAT(1H ,20X,10F10.5)
240 FORMAT(11X,15.5X,5F10.5)
250 FORMAT(1H ,10X,113.3X,5F15.0)
260 FORMAT(11X,15.3X,5F15.5)
300 FORMAT(1H1,///,17X,'**P.F.A.**',///,17X,'INPUT DATA'//)
301 FORMAT(1H1,///,10X,24HCORRELATION MATRIX ** (R)//)
302 FORMAT(///,7X,'*** CYCLE NO =',I3)
303 FORMAT(/,19X,' COMMUNARITIES(H)',//)
304 FORMAT(/,19X,' EIGEN VALUE AND THE EIGEN VECTOR',//)
305 FORMAT(///,8X,'*****FACTOR LOADINGS*****',//)
306 FORMAT(1H0,///,11X,'***FACTOR SCORE***',//)
DO 21 J=1,M
DO 22 I=1,N
S=0.0
SS=0.0

DO 23 K=1,N
S=S+DATA(K,J)
23 SS=SS+DATA(K,J)*DATA(K,J)
AVE=S/FLOAT(N)
22 X(I,J)=(DATA(I,J)-AVE)/SQRT(SS-N*AVE*AVE)
21 CONTINUE
UF2=1.0
CALL MATMAL(UF2,N,M,M,X,RIV,DATA,50,10,50)
CALL MATMAL(UF2,N,M,KC,DATA,FR,H,50,10,10)
WRITE(6,306)
DO 25 I=1,N
25 WRITE(6,260) I,(H(I,J),J=1,KC)
RETURN
END

```

地域間交易量の計量分析

—347—

```

C      *** MULTIPLICATION OF MATRICES ***
C
SUBROUTINE MATMAL (UFO,L,M,N,A,B,C,LL,MM,NN)
DIMENSION A(LL,10),B(MM,10),C(NN,10)
IF(UFO) 33,22,11
11 DO 1 I=1,L
DO 1 J=1+N
C(I,J)=0.
DO 1 K=1,M
1 C(I,J)=C(I,J)+A(I,K)*B(K,J)
GO TO 4
22 DO 2 I=1,L
DO 2 J=1,L
C(I,J)=0.
DO 2 K=1,M
2 C(I,J)=C(I,J)+A(I,K)*B(J,K)
GO TO 4
33 DO 3 I=1,M
DO 3 J=1+M
C(I,J)=0.
DO 3 K=1,L
3 C(I,J)=C(I,J)+A(K,I)*B(K,J)
4 RETURN
END

C      *** CORRELATION MATRIX ***
C
SUBROUTINE RELAT (N,M,X,R)
DIMENSION X(50,10),E(10),R(10,10)
DO 1 J=1,M
SS=0.
DO 2 I=1,N
2 SS=SS+X(I,J)
E(J)=SS/float(N)
1 CONTINUE
DO 3 I=1,M
DO 3 J=1+M
SGR=0.
SG=0.
SR=0.
DO 4 K=1+N
SGR=SGR+(X(K,I)-E(I))*(X(K,J)-E(J))
SG=SG+(X(K,I)-E(I))**2
SR=SR+(X(K,J)-E(J))**2
4 CONTINUE
R(I,J)=SGR/SQRT(SG*SR)
3 CONTINUE
RETURN
END

C      *** INVERSE OF MATRIX ***
C
SUBROUTINE INV(A,N)
DIMENSION A(10,10),B(10),C(10)
DO 4 I=1+N
DO 1 J=1+N
B(J)=A(J,I)
1 A(J,I)=0.
A(I,I)=1.
DO 2 J=1+N
2 C(J)=A(I,J)/B(I)
DO 3 J=1+N

```

```

DO 3 K=1,N
3 A(J,K)=A(J,K)-C(K)*B(J)
DO 4 J=1,N
4 A(I,J)=C(J)
RETURN
END

```

```

C *** DIAGONAL MATRIX ***
C

```

```

SUBROUTINE DIAG (N,M,A,AD)
DIMENSION A(10,10),AD(10,10)
DO 1 I=1,N
DO 2 J=1,M
2 AD(I,J)=0.
AD(I,I)=A(I,I)
1 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C *** EIGENVALUE AND EIGENVECTOR --- (BY JACOBI METHOD) ***
C

```

```

SUBROUTINE EVVJAC(A,V,N,MAX)
DIMENSION A(10,10),V(10,10)
INTEGER P,Q
DO 10 I=1,N
DO 20 J=1,N
20 V(I,J)=0.0
V(I,I)=1.0
10 CONTINUE
NN=N-1
DO 15 I=1,NN
II=I+1
DO 16 J=II,N
IF(A(I,J).NE.A(J,I)) GO TO 80
16 CONTINUE
15 CONTINUE
DO 99 KAIJUU=1,MAX
N1=N-1
P=1
Q=2
DO 30 I=1,N1
IPQ=I+1
DO 40 J=IPQ,N
IF(ABS(A(I,J)).LE.ABS(A(P,Q))) GO TO 40
P=I
Q=J
40 CONTINUE
30 CONTINUE
IF(ABS(A(P,Q)).LT.1.0E-5) GO TO 90
B=A(P,P)-A(Q,Q)
D=2*A(P,Q)
Z=SQRT(B*B+D*D)
IF(B.LT.0.0) GC TO 50
T=D/(B+Z)
GO TO 51
50 T=D/(B-Z)
51 C=1./SQRT(1.+T*T)
S=C*T
DO 60 J=1,N
APJ=A(P,J)
AQJ=A(Q,J)

```

地域間交易量の計量分析

--349--

```

A(P,J)=APJ*C+AQJ*S
A(Q,J)=-APJ*S+AQJ*C
60 CONTINUE
DO 70 I=1,N
AIP=A(I,P)
AIQ=A(I,Q)
A(I,P)=AIP*C+AIQ*S
A(I,Q)=-AIP*S+AIQ*C
VIP=V(I,P)
VIQ=V(I,Q)
V(I,P)=VIP*C+VIQ*S
V(I,Q)=-VIP*S+VIQ*C
70 CONTINUE
99 CONTINUE
GO TO 90
80 WRITE(6,100)
100 FORMAT(1H,5X,33HTHE GIVEN MATRIX IS NOT SYMMETRIC)
90 RETURN
END

C *** REARRANGEMENT ***
C
SUBROUTINE NARABI(R,A,M)
DIMENSION R(10,10),A(10,10)
MM=M-1
DO 11 I=1,MM
K=I+1
DO 12 J=K,M
IF(R(I,I).GT.R(J,J)) GO TO 12
WORK=R(J,J)
R(J,J)=R(I,I)
R(I,I)=WORK
DO 13 II=1,M
WORK1=A(II,J)
A(II,J)=A(II,I)
A(II,I)=WORK1
13 CONTINUE
12 CONTINUE
11 CONTINUE
RETURN
END

```