

構造化手法による交通施設整備と産業構造変化との関連分析

徳永幸之*・稲村 肇**・須田 熙**・
安井誠一郎***

本研究では、産業取引構造の変化と交通施設整備との関連を分析する方法について議論している。産業構造の構造化手法としてFSM法を適用し、指標値には産業連関表の投入係数と産出係数の最大値を使用した。さらに、自給率を考慮することにより、地域外の産業との取引構造の変化を明示的に扱っている。交通施設整備前後の産業取引構造を比較することにより、産業構造変化と高速道路等の交通施設整備との関連について考察することが可能となる。適用例として東北4県の分析を行った。

Key Words : structural modeling, Input-Output structure, transportation facility

1. 本研究の背景と目的

国土の均衡ある発展を目指した交通施設整備が行われてきたにも拘らず地域間隔差は縮まっていない。これは、交通施設整備を核とした地域開発政策において地域の産業構造を十分考慮していなかったことにも一因であろう。高速道路のような交通施設整備は地域間の産業間取引の構造を変化させ、その結果として地域に経済的便益をもたらすと考えられる。従来の交通施設整備の評価手法においては最終的な経済的便益を計測することに主眼をおいているために、その過程にある産業間の取引変化については明確にされていなかった。しかし、今後の交通施設整備と地域開発政策を考える上では交通施設整備と産業間の取引変化の関係を明確にしておく必要がある。

産業連関表は産業の構成だけでなく産業間の取引関係までも網羅的に表すものである。産業間の取引関係を示す投入係数の変化に関しては2つの側面から研究がなされてきた。すなわち、産業連関モデルの安定性に関する側面と、経済発展に伴う構造の変化に関する側面である。

産業連関分析は投入係数の安定性を前提に均衡生産額の推計等を行うため、投入係数の変化は推計誤差の面から関心が持たれ、係数変化の要因に関しても実証的分析が数多く行われてきた^{1),2)}。また、Buckley (1989)³⁾は投入係数の不確かさに対してファジィ数を導入している。

経済発展に伴う産業構造の変化に関する研究には静学モデルに基づくものと動学モデルに基づくものがある。静学モデルに基づくものとして、Leontief (1953)⁴⁾は

個々の投入係数の変化により産業構造の変化を分析している。また、Hirschman (1958)⁵⁾やRasmussen (1956)⁶⁾はそれぞれ投入係数及び逆行列係数の行和・列和を用いて産業構造を分析する方法を提案し、Chenery & Watanabe (1958)⁷⁾や金子 (1983)⁸⁾らはこれらの実証的分析を行っている。しかし、これらの方法はある産業が経済全体に及ぼす影響あるいは受ける影響を定量化するものであり、産業間相互の関係については分析していない。一方、資本ストックを内生化して変動過程を分析するモデルの動学化がLeontief (1953)⁹⁾をはじめ多くの研究者により行われている。Morishima (1958)¹⁰⁾やSolow (1959)¹¹⁾らは投入係数の変化を相対価格の変化による技術代替として捉え、最適均衡成長経路を求めている。また、Leontief (1970)¹²⁾は投入及び資本係数の変化による生産構造の時間的連鎖を明らかにし、尾崎 (1979)¹³⁾は技術係数変化の要因分析を行っているが、やはり産業間相互の関係については分析されていない。

産業間相互の連関構造を容易に把握可能とするためにはグラフにより視覚情報に変換する方法が有効である。グラフ理論を産業構造分析に適用した研究にはCampbell (1975)¹⁴⁾やSlater (1977)¹⁵⁾をはじめ多々あるが、これらの研究は産業間の関係を有無の2値で表現しており、関係の強弱が考慮されていない。著者ら (1991)¹⁶⁾は、構造化手法にファジィ概念を用いたFSM法を適用することにより関係の強弱を考慮した産業立地分析を行っている。しかし、これらの研究は1時点の分析のみにとどまり、構造の変化については言及していない。

本研究は、地域の産業構造を交通施設整備の前後で比較することにより、交通施設整備と産業構造変化との関連を明確にすることを目的としている。従来の産業構造分析では地域間の産業間取引の変化を明示していなかったが、本研究では域内品と移入品を区別することにより、産業構造変化と交通施設の関係をより明確にすることを

* 正会員 東北大学助手 工学部土木工学科
(〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉)

** 正会員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科

*** 学生員 東北大学大学院 土木工学専攻

試みる。産業構造変化の把握には、筆者らが産業立地分析に適用したFSM法を用いるが、本研究はこれを2断面分析に拡張したものである。また、FSM法を産業構造分析に適用する場合の問題点及びその対処方法についても考察している。なお、ここで用いているファジィ理論の応用の方法¹⁷⁾は、ファジィ関係と合成演算を用いて産業間の関係を記述しようとするものであり、Buckleyのファジィ産業連関モデルとはその目的、応用の方法ともに異なったものである。最後に、適用例として東北地方の4県における産業構造の変化と交通施設整備の関係について考察する。

2. 本研究の考え方

(1) 構造化手法

構造化手法にはISM (Interpretive Structural Modeling) 法¹⁸⁾、FSM (Fuzzy Structural Modeling) 法¹⁹⁾、DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) 法²⁰⁾など多々ある。これらの手法の特徴は以下のとおりである。

- ① ISM法は要素間の関係を有無の2値で扱うのに対し、FSM法及びDEMATEL法は連続値として扱うため、関係の強弱を考慮できる。
- ② ISM法は間接的影響があれば直接的関係を無条件でカットするが、FSM法はしきい値とあいまい構造パラメータの関係によって間接的關係と直接的關係のバランスを変えた構造を同定することができる。
- ③ DEMATEL法は間接的影響を直接的影響に加えた総合影響指標に基づき構造化を行うため、直接取引のない産業間の関係まで構造化する恐れがある。産業構造化においては、関係の強弱を考慮でき、分析目的に応じて間接的關係と直接的關係のバランスを変えることのできるFSM法が適している。

②で述べたFSM法の特性はFSM法の構造同定において直接的關係を式(1)により計算される間接的關係のあいまい補集合との最小値で置き換えることに起因している。

$$\frac{1-a_{ij}}{1+\lambda a_{ij}} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 a_{ij} ：従属関係行列の要素

λ ：あいまい構造パラメータ
($-1 < \lambda < \infty$)

間接的關係がしきい値 p の k 倍のとき直接的關係を残すためには式(2)の条件を満たせばよい。したがって、このときの限界となる λ は式(3)によって求められる。

$$\frac{1-kp}{1+\lambda kp} = p \dots \dots \dots (2)$$

$$\lambda = \frac{1-(1+k)p}{kp^2} \dots \dots \dots (3)$$

$k \geq 1/p$ のときは間接的關係の有無にかかわらずしきい値以上の直接的關係は全てグラフ化される。 $k=1$ のときはしきい値以上の間接的關係があれば直接的關係をカットするISM法と同様の結果が得られる。 $k < 1$ とするとしきい値以下の間接的關係、即ちグラフ化されない間接的關係により直接的關係がカットされ、本来關係のある産業が連結されなくなる問題が生じる。よって、産業構造分析においては $1 \leq k \leq 1/p$ の範囲で λ を設定すればよい。この範囲で λ をいくりに設定するかは産業構造化の目的によって異なる。産業群の構成を目的とする場合には直接的關係がカットされても間接的關係によって産業群が構成されれば十分であるため、 $k=1$ とした λ の値とすればよい。一方、産業間の取引を忠実に構造化したい場合には間接取引があっても直接取引も構造化するため、 $k=1/p$ とした λ の値とすればよい。これらは両極端な例であるが、投入・産出係数は直接取引の係数が大きくなれば間接取引の係数は小さくなる關係にあるため、これらの中間的な λ の値のときに直接取引が多ければその關係を残した構造図、即ち關係の強弱を考慮した構造図を作成することができる。

しきい値 p と構造化されるグラフ数の關係について、部門数 n を変えた投入・産出係数によって検討した。各部門数とも $p=2.5/n$ 程度でグラフ数が部門数と等しくなり、しきい値をこれより小さくすると急激にグラフ数が増加する。グラフ数が部門数より多い構造図はグラフが複雑に交錯し合い、視覚的に構造を把握することが困難となる。したがって、視覚的に構造を把握するためには $p=2.5/n$ 以上とすればよい。

(2) 構造化の指標

産業連関表に基づく産業構造化の指標としては投入係数、産出係数及び投入産出額などが考えられる。ただし、FSMにおける指標値は $[0, 1]$ でなければならないため、産出係数は式(5)に示すように域内生産額に移入額を加えた総需要に対する産出の割合と定義し、投入産出額は式(6)に示すようにその最大値で除した相対投入産出額を用いる必要がある。

投入係数： $a_{ij} = x_{ij}/X_j \dots \dots \dots (4)$

産出係数： $b_{ij} = x_{ij}/(X_i + m_i) \dots \dots \dots (5)$

相対投入産出額： $c_{ij} = x_{ij}/\max\{x_{ij}\} \dots \dots \dots (6)$

ここで、 x_{ij} は産出産業 i と投入産業 j 間の取引額
 X_j 、 X_i は域内生産額
 m_i は移入額

投入係数が大きいと言うことは投入産業にとって産出産業からの原材料の投入への依存が大きく、投入側産業にとってこの取引が重要であることを示している。反対

に、産出係数が大きいと言うことは産出産業にとって産出先産業への依存が大きく、産出産業にとってこの取引が重要であることを示している。したがって、交通施設整備の影響を受けた産業を明確にするためにはこの依存関係の方向を明らかにしておく必要がある。

投入係数及び産出係数は各産業毎に総投入額または総産出額で標準化を行っているため、産業の依存関係は的確に反映するものの産業の規模は無視される。一方、相対投入産出額は全産業を共通の尺度で標準化しているため、産業規模を反映した構造化が可能である。しかし、この指標では依存関係の方向不明となるため、本研究の目的には適さない。そこで本研究では分析に用いる指標として投入係数及び産出係数を採用し、規模を考慮した構造化を行うために取引規模の小さいものを分析対象から除外することにする。

産業間の依存関係は多くの場合一方方向であるため、投入係数と産出係数のどちらか一方を用いることの欠点は明らかである。両者を同時に考慮する代表的な方法には相加平均、相乗平均及び最大値の3種類ある。本研究では前述したように産業間の依存方向を明らかにするため、両指標をミックスすることはできない。したがって、ここでは両者の最大値を用いることにする。

(3) 自給率

高速道路のような地域間の交通施設の影響を考える場合、移入品と地域内品とを区別して扱う必要がある。しかし、各県で作成されている産業連関表は競争型であるため、産出産業別の総移入額は分かるが投入産業別の移入額は不明である。ここで、式(7)で定義される自給率が投入産業に拘らず一定であると仮定すると、 ij 産業間の取引のうち域内 i 産業との取引額は式(8)で示される。したがって、式(9)、(10)により求められる投入係数は j 産業における域内 i 産業からの投入割合を示し、産出係数は域内 i 産業の j 産業への産出割合を示すことから、以下では域内投入・産出係数と呼ぶ。

自給率： $g_i = X_i / (X_i + m_i)$ (7)

域内品取引額： $x'_{ij} = g_i \cdot x_{ij}$ (8)

域内投入係数： $a'_{ij} = x'_{ij} / X_j$ (9)

域内産出係数： $b'_{ij} = x'_{ij} / (X_i + m_i)$ (10)

域内投入・産出係数による構造図(以下、域内構造図と呼ぶ)は域内の産業間の取引関係を表す。したがって、自給率で補正していない投入・産出係数による構造図(これは産業間の技術的關係を示すため、以下、技術構造図と呼ぶ)で構造化され、域内構造図で構造化されない場合、その産業間の取引は域外との取引が大きいことを示している。

(4) 産業構造の変化

交通施設整備の効果は輸送時間短縮あるいは輸送費削

減による投入・産出先の変化あるいは新規立地を含む生産規模の拡大として産業連関構造に影響を与えられられる。計量経済モデル等^{21), 22)}は国民経済的便益の計測を目的としたモデルであり、操作性の問題から産業部門数を多くすることが困難である。また、これらのモデルで使用しているグラビティモデルでは交通施設の効果を経済距離の短縮効果のみで捉えている。これに対し、構造化手法を用いた産業構造分析では細分類による産業構造の変化が分析可能であり、経済距離短縮以外の効果も含めた交通施設整備の影響を検討することができる。

投入係数の変化要因には生産技術の変化、相対価格の変化、プロダクト・ミックスの変化及び産出量の変化等があるため^{1), 2)}投入・産出係数による構造図の変化はこれら様々な要因による変化と考えられる。一方、交通施設整備の影響は域外取引の増加や関連産業の立地等により自給率の変化として現れる。したがって、技術構造図と域内構造図の違いの変化を分析することによって交通施設整備との関連を考察することができる。

ただし、各構造図はその時点における産業間の取引の相対的な重要度を表すものである。したがって、構造図の比較のみで自給率の変化を的確に捉えることはできない。交通施設整備の影響を考察するためにはグラフの有無だけでなく産業間の取引額、各産業の生産額及び自給率の変化を交えて考察する必要がある。また、これらの変化が全て交通施設整備の影響と言うことはできないため、交通施設整備の影響を定量的に計測するためには産業構造分析によって抽出された産業に対して実態調査を行う必要がある。

なお、このような分析は取引額、生産額及び自給率の変化を直接分析することでも可能であるが、構造図の変化は重要な取引に変化が生じたか否かを視覚的に把握することができ、重要な取引変化の抽出には有効である。また、域内構造図は域内で充足している産業群や立地を促すべき産業を視覚的に捉えることができ、産業政策を考える際の情報提供に役立つと考えている。

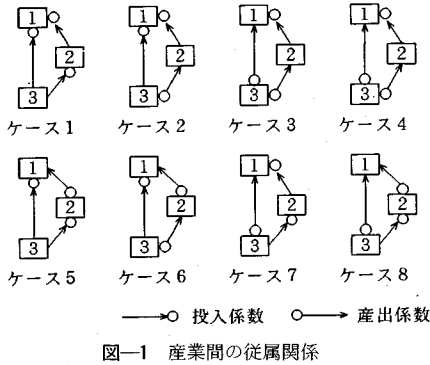
3. 産業構造化に関する考察

(1) 従属行列に関する考察

産業連関表に基づいて産業構造化を行う場合、指標に投入・産出係数、相対投入産出額のいずれを用いるかによらず、FSM法が前提としている従属行列が満たすべき以下の条件を満足していない。

- ① あいまい非反射律： $a_{ij} < p$
- ② あいまい非対称律： $a_{ii} < p, a_{ji} < p$ の少なくとも一方が成り立つ
- ③ あいまい半推移律： $M = \max_j \{ \min_i (a_{ij}, a_{jk}) \}$,
 $M \geq p$ のとき $a_{ik} \geq M$

ここで、 p はあらかじめ設定したしきい値



図一 産業間の従属関係

すなわち、産業連関表はプロダクト・ミックスにより自部門内取引が大きいため、あいまい非反射律を満たしていない。また、あいまい非対称律、あいまい半推移律についても産業間の取引の性質上満たしていない。

あいまい非反射律を満たすように行列を修正するため、本研究では自部門内取引を0として修正を行う。しかし、この操作により自部門内取引が大きく他産業との取引が少ない場合、その産業は独立レベルとして構造図から脱落する。自部門内取引において移出入が多い場合には交通施設整備の影響を考える上で重要であるが、構造図に現れず問題である。なお、自部門内取引の問題については、産業部門分類を細かくすることによりその影響を小さくすることができると考えている。

あいまい非対称律を満たすように a_{ij} , a_{ji} の小さい方を0とする方法、あいまい半推移律を満たすように a_{ik} を $\max\{\min(a_{ij}, a_{jk})\}$ で置き換える方法などが考えられる。しかし、これらの置き換えにより実際の産業間の従属関係とは異なった構造化となってしまう。このため、本研究ではあいまい非対称律及びあいまい半推移律に関しては修正を行わないでFSM法を適用する。

あいまい半推移律を満たさない行列にFSM法を適用した場合、最上層と最下層の要素間に間接的従属関係があっても直接的従属関係がある保証がなくなるため、最上層と最下層の直接的従属関係によってブロック分割する方法では最上層と間接的従属関係しかない最下層がブロックから脱落してしまう問題が生じる。そこで本研究ではブロック分割の際にISM法と同様の可達行列を用い、本来は間接的従属関係しかない場合にも直接的従属関係があると考えることによりブロックからの脱落という問題を解決した。しかし、あいまい半推移律を満たさない従属行列にFSM法を適用した場合、直接的従属関係のカットにおいて次のような問題が残されている。

- ① 3段階以上の間接的従属関係を考慮できない。
- ② 置き換えにより従属関係がカットされるとそのカットされる前の間接的従属関係を考慮できなくなる。

表一 産業構造の変化パターン

パターン	技術構造図	域内構造図	備考
1 a	○→○	○→×	域外シフト型 関連産業充足型
1 b	○→○	×→○	
2 a	○→×	○→×	
2 b	○→×	×→×	
3 a	×→○	×→○	新規立地型 域外取引増加型
3 b	×→○	×→×	

○：関係が構造化 ×：関係が構造化されない

ただし、これらの問題は構造を単純化できないということであり、本研究のように重要な関係の抽出が目的の場合には、重要度の低い関係も抽出される可能性があるが、重要な関係を漏らすことはなく、問題はない。ISM法等の構造化手法の多くは推移律を前提とした手法であるが、FSM法はこのような改良を行うことで投入係数行列のような推移律を満たさないものにも適用可能となる。

(2) 単純化に関する考察

FSM法により間接的従属関係がある場合に直接的従属関係をカットしてしまうことの是非について考察する。図一は3産業間の従属関係の組み合わせを示したものである。ここで、矢印は財及びサービスの流れを示し、その指標が投入係数によるものか産出係数によるものかにより、その関係が○印の付いた産業にとってより重要であることを示している。

FSM法により産業3から産業1への直接的従属関係がカットされた場合、ケース1~4では影響が大きい産業は同じであり問題ない。一方、ケース5, 6では産業1、ケース7, 8では産業3への影響が大きいため読み取れなくなってしまう。したがって、構造図の比較のみで交通施設整備の影響を論ずる場合にはグラフを単純化することは好ましくない。しかし、本分析によって抽出された取引の両側の産業に対して抽出された取引先以外の産業との取引まで含めた実態調査を行うこととすれば、影響の大きな取引の抽出漏れは防ぐことができる。

4. 産業構造変化と交通施設整備の関係

(1) 変化のパターン分類

FSM法による構造図を交通施設整備の前後2断面で比較することにより、交通施設整備と産業間の取引関係、すなわち産業構造の変化との関係を考察することができる。構造図には技術構造図と域内構造図の2種類があるため、産業間の取引関係の有無の組み合わせは全部で $2^4=16$ 通りある。しかし、域内構造図で関係がある場合には技術構造図でも関係があること、2断面の各構造図に変化が見られない場合には産業構造の変化はなかったと考えられることから、本研究では表一に示す6つの変化パターンについてのみ考察を加える。

変化のパターンは、まず、技術構造図の変化により産業の技術的構造の変化として分類することができる。次に、域内構造図の変化により地域外との取引関係の変化、すなわち交通施設整備との関係を検討することができる。

(2) パターン 1

パターン 1 では技術構造図において 2 つの時間断面共に取引関係が構造化されており、この産業間の取引関係が強かつ継続していることが分かる。

パターン 1a では技術構造図で継続している取引関係が域内構造図ではなくなっており、地域内との取引から地域外との取引にシフトしたことが分かる。この変化には交通施設整備による距離抵抗の減少という直接的な影響が考えられる。ただし、地域内の産出産業にとっては取引の減少というマイナスの影響となることもある。

パターン 1b では域内構造図において今までなかった取引関係が新たに生じており、地域内の取引関係が増加したことが分かる。この地域内取引増加の原因には関連産業の充足が進んだことが考えられる。関連産業の充足には交通施設整備による立地条件の向上という間接的な影響が考えられる。

(3) パターン 2

パターン 2 では技術構造図において取引関係が構造化されなくなっており、過去に強かった取引関係がその後弱くなったことが分かる。パターン 2a では地域内の取引が減少している。パターン 2b では元から地域内でのこの産業間の関係は弱く、地域外との取引が減少している。これらは、産業の技術的構造の変化、あるいは産業自体が衰退してしまったためと考えられ、いずれの場合も交通施設整備の影響とは考えられない。

(4) パターン 3

パターン 3 では技術構造図において新たに取引関係が構造化されており、この産業間の取引関係が増大していることが分かる。

パターン 3a では域内構造図においても新たに取引関係が構造化されており、産業の技術的構造の変化または新たな企業立地による変化と考えられる。後者の場合には交通施設整備による立地条件の向上という間接的な影響が考えられる。

パターン 3b では域内構造図において取引関係が認められないままであり、新たな取引関係の増加が専ら地域外との取引増加によるものであることが分かる。この変化には交通施設整備による距離抵抗の減少という直接的な影響が考えられる。しかも新たな取引関係であるため、パターン 1a とは異なり産出産業・投入産業ともにプラスの影響と言える。

5. 適用例

(1) 分析の概要

適用例として、昭和 50 年代に東北自動車道及び東北新幹線が整備された宮城県と岩手県、及びこれらの交通施設から離れた山形県と秋田県の 4 県を対象に産業構造の前後比較を行った。使用したデータは昭和 50 年及び昭和 60 年の各県産業連関表である。部門数はそれぞれ異なっており、前後比較並びに地域間比較を行うため各表とも 52 部門に統合した。

投入係数及び産出係数の最大値を用いて FSM 法による構造化を行った。規模の小さな取引を除外するため、取引額が県内総生産額の 0.1% より少ないものはカットした。この結果、分析に用いた取引関係は各表とも 100 程度となった。しきい値はグラフが交錯しない程度として $p=0.096 (=5/n)$ 、あいまい構造パラメータは産業の抽出にもれがなければよいと考え $\lambda=87.4 (k=1)$ とした。各県の構造図の変化は付録に示している。

以下では、構造図の変化 6 パターンのうち、交通施設整備の影響が考えられるパターン 1a, 1b, 3a 及び 3b についてパターン別に考察を行う。考察では交通施設整備の影響をより明確にするため、県内総生産額の伸び率に対する取引額及び生産額の伸び率（以下、相対伸び率という）及び自給率を交えて考察を行う。

(2) 域外シフト型変化 (パターン 1a)

表一 2 はパターン 1a の変化の現れた産業間の関係を示している。この中には、交通施設整備による距離抵抗の減少という直接的な影響により、取引が域内から域外との取引にシフトしたケースが考えられる。

宮城県の「石油・石炭製品→運輸」では取引の相対伸び率が横ばいであり、石油・石炭製品の自給率が減少していることから、取引規模はほとんど変化せずに取引先が域内から域外へシフトしていることが分かる。

山形県の「非鉄金属製品→電気機械」では非鉄金属製品の自給率が減少しており、取引の域外へのシフトが見られる。さらに、この取引の相対伸び率が高く、両産業の県内生産額の相対伸び率も高いことから、これらの産業の充足も進んだと言える。

一方、パターン 1a の変化の中には産業間の取引が相対的に減少し、技術構造図では残っている関係が域内構造図では消滅したケースもある。宮城県、山形県の上述以外の変化及び岩手県、秋田県での変化はいずれもこのようなケースであり、これらの変化は交通施設整備の影響ではなく産業の技術的構造の変化によるものである。

(3) 関連産業充足型変化 (パターン 1b)

表一 3 はパターン 1b の変化の現れた産業間の関係を示している。この変化の中には、交通施設整備による立地条件の向上という間接的な影響により、地域内におい

表-2 域外シフト型変化

県	変化した産業間の関係	取引 伸び	自給率変化 (産出) %		県内生産伸び	
			産出	投入	産出	投入
宮城	非金属鉱物→土木	0.48	50 → 48	0.64	0.81	
	家具・装備品→建築	0.37	35 → 32	0.56	0.71	
	石油・石炭製品→電力	0.43	54 → 46	0.70	1.22	
	石油・石炭製品→運輸	0.95	54 → 46	0.70	0.89	
山形	飲料→他サービス	0.48	57 → 44	0.49	0.82	
	基礎化学製品→耕種農業	0.26	39 → 34	0.65	0.58	
	非鉄金属製品→電気機械	2.02	63 → 50	2.67	2.96	
	耕種農業→他食料品	0.42	89 → 88	0.69	0.45	
岩手	基礎化学製品→耕種農業	0.48	51 → 46	0.67	0.69	
	金属鉱物→鉄鉄・粗鋼	0.52	33 → 16	0.29	0.41	
	石油・石炭製品→運輸	0.57	26 → 19	0.58	0.90	
	輸送機械→運輸	0.63	40 → 42	0.79	0.90	
秋田	耕種農業→畜産・養蚕	0.68	85 → 90	0.66	0.97	
	石油・石炭製品→運輸	0.59	34 → 19	0.87	0.90	

表-3 関連産業充足型変化

県	変化した産業間の関係	取引 伸び	自給率変化 (産出) %		県内生産伸び	
			産出	投入	産出	投入
山形	他化学製品→医療・保障	1.47	34 → 49	2.40	1.03	
	繊維製品→衣服・他繊維	2.37	39 → 32	0.71	2.22	
岩手	出版・印刷→他サービス	2.21	46 → 52	1.25	1.28	
	繊維製品→衣服・他繊維	2.56	24 → 25	0.81	3.01	
秋田	運輸→非金属鉱物	2.02	81 → 90	0.90	1.69	
	運輸→商業	0.99	81 → 90	0.90	1.17	

表-4 新規立地型変化

県	変化した産業間の関係	取引 伸び	自給率変化 (産出) %		県内生産伸び	
			産出	投入	産出	投入
宮城	出版・印刷→他サービス	3.32	65 → 65	1.23	1.31	
	不動産→商業	1.43	100 → 100	1.15	1.10	
	運輸→商業	1.32	89 → 86	0.89	1.10	
山形	精穀・製粉→他食料品	1.03	92 → 100	0.77	0.77	
	輸送機械→運輸	8.04	15 → 49	3.54	3.49	
	運輸→畜産・養蚕	3.40	70 → 95	3.49	0.48	
	運輸→非金属鉱物	9.93	70 → 95	3.49	0.51	
	金融・保険→商業	1.20	98 → 94	0.79	0.83	
	商業→衣服・他繊維	2.63	73 → 66	0.83	2.02	
	不動産→他サービス	1.92	100 → 100	0.79	0.82	
	公サービス→他サービス	14.2	100 → 100	1.03	0.83	
岩手	農業サービス→畜産・養蚕	2.62	99 → 100	1.39	0.95	
秋田	非鉄金属製品→電気機械	3.33	84 → 76	0.59	4.06	
	商業→衣服・他繊維	16.6	86 → 91	1.17	3.01	

て関連産業の充足が進んだケースが考えられる。

山形県の「その他化学製品→医療・保障」、岩手県の「出版・印刷→その他サービス」では産出産業の県内生産額の相対伸び率が大きく、自給率も増加していることから、これら産出産業の充足が進み域内取引が増加したと言える。

秋田県の「運輸→非金属鉱物」、「運輸→商業」の場合も運輸の自給率が増加しており、域内からの投入が増加している。しかし、運輸の県内生産額は相対的に減少しており、運輸が充足したものではない。

岩手県及び秋田県の「繊維工業製品→衣服・その他繊維製品」では取引の相対伸び率が大きく、産業間の関係が強まっている。しかし、繊維工業製品の県内生産額は両県とも相対的に減少しており、この変化は繊維工業製品の充足が進んだものではなく、技術的構造の変化によるものである。

表-5 域外取引増加型変化

県	変化した産業間の関係	取引 伸び	自給率変化 (産出) %		県内生産伸び	
			産出	投入	産出	投入
宮城	パルプ・紙→他製造業	2.00	83 → 67	0.78	1.57	
	基礎化学製品→他製造業	1.41	30 → 23	0.65	1.57	
	他製造業→電気機械	5.08	42 → 41	1.57	2.65	
山形	非鉄金属製品→金属製品	3.23	52 → 34	1.00	1.23	
	原油・石炭→電力	337	7 → 5	0.51	1.88	
	石油・石炭製品→電力	12.7	6 → 14	4.61	1.88	
	石油・石炭製品→運輸	5.50	6 → 14	4.61	3.49	
	パルプ・紙→他製造業	3.72	36 → 36	0.97	1.61	
	パルプ・紙→商業	1.44	36 → 36	0.97	0.83	
	商業→家具・装備品	0.31	73 → 66	0.83	0.61	
	家具・装備品→建築	0.34	59 → 67	0.61	0.77	
	基礎化学→他化学製品	3.12	39 → 34	0.65	2.40	
	化学繊維原料→電気機械	12.5	9 → 8	0.65	2.96	
	金属製品→電気機械	7.16	42 → 43	1.28	2.96	
	金属製品→水産食料品	1.47	42 → 43	1.28	0.77	
	出版・印刷→教育・研究	1.89	43 → 48	1.20	1.03	
	出版・印刷→他サービス	1.68	43 → 48	1.20	0.82	
	出版・印刷→金融・保険	5.37	43 → 48	1.20	0.79	
金融・保険→運輸	3.28	98 → 94	0.79	3.39		
岩手	精穀・製粉→他食料品	1.24	96 → 70	1.88	0.45	
	パルプ・紙→他製造業	21.7	58 → 43	0.70	3.12	
	パルプ・紙→出版・印刷	1.23	58 → 43	0.70	1.25	
	出版・印刷→教育・研究	2.20	46 → 52	1.25	1.01	
	金属製品→土木	0.95	40 → 47	0.99	1.06	
	商業→精穀・製粉	2.95	80 → 70	1.06	1.88	
	商業→衣服・他繊維	4.17	80 → 70	1.06	2.22	
秋田	畜産食料品→他サービス	1.15	54 → 58	0.76	1.10	
	パルプ・紙→他製造業	1.60	63 → 48	0.70	1.44	
	出版・印刷→教育・研究	2.14	49 → 48	1.19	1.21	
	他化学製品→耕種農業	1150	10 → 7	0.83	0.66	
	電力→金属鉱物	3.16	98 → 50	1.68	0.74	
他サービス→金融・保険	1.48	86 → 83	1.10	0.79		

(4) 新規立地型変化 (パターン 3a)

表-4はパターン3aの変化の現れた産業間の関係を示している。この変化の中には、交通施設整備による立地条件の向上という間接的な影響により、新たな企業立地が進んだケースが考えられる。

山形県の「輸送機械→運輸」、「運輸→畜産・養蚕」、「運輸→非金属鉱物」、秋田県の「商業→衣服・その他繊維製品」では取引の相対伸び率が非常に高く、産出産業の自給率も増加しており、域内の取引増加が著しい。また、輸送機械、運輸及び衣服・その他繊維製品の県内生産額の相対伸び率も非常に高く、これらの産業の立地が進んだと考えられる。

秋田県の「非鉄金属製品→電気機械」も取引の相対伸び率が非常に高く、産業間の関係が強まっている。非鉄金属製品の県内生産額は相対的に減少しており、自給率も減少していることから、域外との取引増加が著しいことが分かる。一方、電気機械の県内生産額の相対伸び率は非常に高く、電気機械の立地が進んだと考えられる。

宮城県の「出版・印刷→その他サービス」、山形県の「商業→衣服・その他繊維製品」、「不動産→その他サービス」、「その他公共サービス→その他サービス」、岩手県の「農業サービス→畜産・養蚕」では取引の相対伸び率は非常に高いが、各産業の県内生産額の相対伸び率はそれほど高くなく、これらの変化は技術的構造の変化によるものである。また、上述以外の変化については指標の

表—6 交通施設整備の影響による構造変化

パターン	宮 城	山 形	岩 手	秋 田
域外シフト型	石油・石炭製品→運輸	非鉄金属製品→電気機械		
関連産業充足型		他化学製品→医療・保障	出版・印刷→他サービス	
新規立地型		輸送機械→運輸 運輸→畜産・養蚕 運輸→非金属鉱物		非鉄金属製品→電気機械 商業→衣服・他繊維
域外取引増加型	パルプ・紙→他製造業 基礎化学製品→他製造業 他製造業→電気機械 非鉄金属製品→金属製品	原油・石炭→電力 石油・石炭製品→電力 石油・石炭製品→運輸 パルプ・紙→他製造業 パルプ・紙→商業 基礎化学→他化学製品 化学繊維原料→電気機械 金属製品→電気機械 金融・保険→運輸	精穀・製粉→他食料品 パルプ・紙→他製造業 パルプ・紙→出版・印刷 商業→精穀・製粉 商業→衣服・他繊維	パルプ・紙→他製造業 電力→金属鉱物

注) 太字は立地が進んだことが考えられる産業を示す。

変化は比較的小さく、大きな変化ではなかった。

(5) 域外取引増加型変化 (パターン 3b)

表—5はパターン 3b の変化の現れた産業間の関係を示している。この変化の中には、交通施設整備による距離抵抗の減少という直接的な影響により、地域外との取引が新たに増加したケースが考えられる。

宮城県での変化、山形県の「パルプ・紙→その他製造業」、「基礎化学製品→その他化学製品」、「化学繊維原料→電気機械」、「金属製品→電気機械」、「金融・保険→運輸」、岩手県の「パルプ・紙→その他製造業」、「商業→精穀・製粉」、「商業→衣服・その他繊維製品」では取引が増大しているのに対し、産出産業の自給率は横ばいか減少しており、域外との取引が急激に増大していることが分かる。また、投入産業の県内生産額も増大しており、交通施設整備による輸送抵抗の減少により投入産業の立地が進んだことが考えられる。

岩手県の「精穀・製粉→その他食料品」、「パルプ・紙→出版・印刷」、秋田県の「パルプ・紙→その他製造業」、「電力→金属鉱物」では取引の相対伸び率が高く、産出産業の自給率が大幅に減少しており、域外との取引が増加している。ただし、各産業の県内生産額の相対伸び率はそれほど高くなく、これらの変化は産業の立地によるものではない。また、山形県の「原油・石炭→電力」、「石油・石炭製品→電力」、「石油・石炭製品→運輸」も取引の相対伸び率が高く、産出産業の自給率が低いことから、域外との取引増加が著しい。

山形県の「パルプ・紙→商業」、「出版・印刷→金融・保険」、「出版・印刷→教育・研究」、「出版印刷→その他サービス」、「金属製品→水産食料品」、岩手県の「出版・印刷→教育・研究」、秋田県の「畜産食料品→その他サービス」、「その他化学製品→耕種農業」、「出版・印刷→教育・研究」、「その他サービス→金融・保険」では取引の相対伸び率は高いが、各産業の県内生産額及び産出産業の自給率の変化は小さく、技術的構造の変化によるものである。また、上述以外の変化については取引の相対伸び率が低く、大きな変化ではなかった。

(6) 交通施設整備の影響

以上の分析によって、交通施設整備の影響による産業構造の変化をまとめたのが表—6である。

山形県に交通施設整備の影響と思われる構造変化が多くみられる。特に、電気機械に関連した取引に変化が多く、また、電気機械及び運輸の生産額も急増しており、交通施設整備によって電気機械の立地が進んだとともに域外との取引が増加したと考えられる。

宮城県及び岩手県では電気機械やその他製造業などに関連して域外との取引が増加しており、これらの産業に交通施設整備の影響が考えられる。実際、宮城県においては電気機械がこの期間に高速道路沿線へ立地しており、このことが構造図の変化となって現れている。

秋田県においては電気機械の立地が見られるものの、そのほかの構造変化が少なく、交通施設整備の影響は限定されたものと考えられる。

宮城県や岩手県は高速道路や新幹線の沿線であるため交通施設整備の影響が大きく、秋田県はそれら交通施設から離れているために影響が小さいのは当然と言えよう。一方、高速道路や新幹線から離れている山形県の方が岩手県より多くの構造変化がみられるのは、首都圏との時間距離では山形県の方が岩手県より近い地域も多く、首都圏の企業にとって山形県の方がより魅力的にみえることが一因と考えられる。

東北4県のこの期間の産業構造変化には新規立地に伴う域外取引の増加と考えられるパターンが多く、域内での関連産業が充足と考えられるパターンは少ない。このような変化は地域への波及効果を考えた場合、域外への効果の流出が大きいことになる。したがって、地域開発を考える場合には、域内産業構造図で欠落した産業の充足を図るような政策を進めてゆく必要がある。

6. 結 論

本研究は構造化分析を用いることにより交通施設整備と地域の産業構造の変化との関係を明確にすることを目的としていた。本研究で得られた主たる結論は以下のよ

うにまとめられる。

- ① 産業連関表に基づいて地域の産業構造を分析する際に、FSM法はしきい値とあいまい構造パラメータの値を変えることによりその分析目的に応じた構造化が行えることを示した。
- ② 産業連関表にFSM法を適用する場合、従属行列の性質及び構造単純化に若干の問題が生じるが、交通施設整備との関係を検討する際のこれらの問題への対処方法を示した。
- ③ 投入・産出係数の最大値から得られた技術構造図及び自給率を考慮した域内構造図の変化をパターン分類することにより、交通施設整備の影響を受けたと思われる産業間の関係を抽出できることを示した。また、交通施設整備に関連した変化のパターンとしては「域外シフト型」、「関連産業充足型」、「新規立地型」、「域外取引増加型」の4つがあることを示した。
- ④ 抽出された産業間の関係に対して、生産額、自給率及び取引額の情報を加えて分析することにより、交通施設整備と産業構造変化との関係を明らかにすることができることを示した。

適用例として、東北4県に本研究の分析法を適用した。分析の結果、電気機械等を中心に交通施設整備の影響による新規立地と考えられる構造変化パターンがみられた一方で域内での関連産業の充足が進んでいないことが明らかになった。

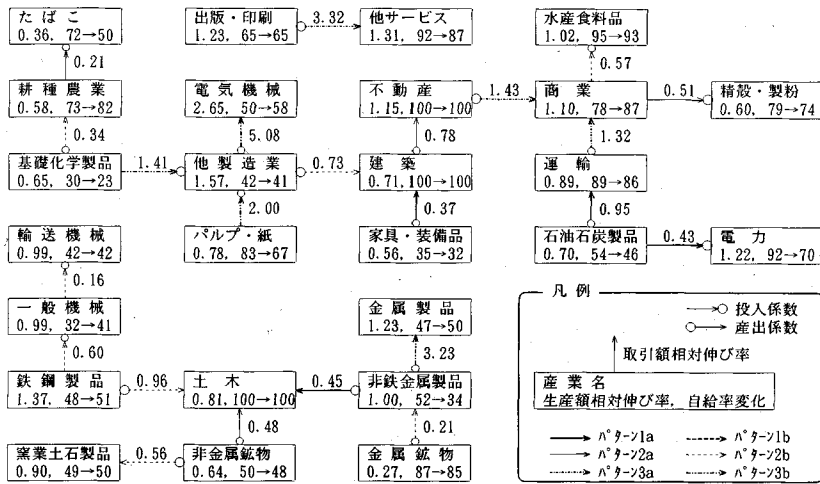
しかし、今回の分析は交通施設整備の影響が考えられる産業を抽出するにとどまるものであり、交通施設整備の影響をより明確にするためには、抽出された産業間の関係について実態調査を行う必要がある。また、構造化手法自体にもあいまい半推移律を満たさない行列に対する対処法やパラメータの設定方法、さらには構造変化における交通施設整備以外の要因の排除といった課題が残されている。

参 考 文 献

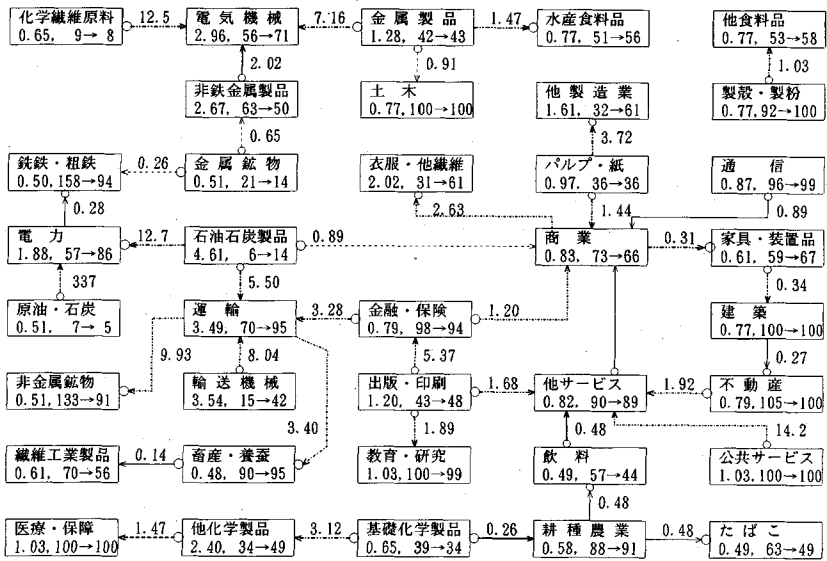
- 1) A.P. Carter and A. Brody (eds.) : Applications of Input-Output Analysis, North-Holland Publishing Company, Vol.2, pp.207~302, 1970.
- 2) A. Brody and A.P. Carter (eds.) : Input-Output Techniques, North-Holland Publishing Company, pp.343~417, 1972.
- 3) J.J. Buckley : Fuzzy input-output analysis, European Journal of Operational Research, Vol.39, pp.54~60, 1989.
- 4) W. Leontief : Structure Change, Studies in the Structure of the American Economy, Oxford University Press, pp.17~52, 1953.
- 5) A.O. Hirschman : The Strategy of Economic Development, Yale University Press, 1958.
- 6) P.N. Rasmussen : Studies in Inter-sectoral Relations, North-Holland Publishing Company, 1956.
- 7) H.B. Chenery and T. Watanabe : International Comparison of the Structure of Production, Econometrica, 1958.
- 8) 金子敬生 : 産業構造論, 世界思想社, pp.1~86, 1983.
- 9) W. Leontief : Dynamic Analysis, Studies in the Structure of the American Economy, Oxford University Press, pp.53~90, 1953.
- 10) M. Morishima : Prices, Interest and Profits in a Dynamic Leontief System, Econometrica, Vol.26, pp.358~380, 1958.
- 11) R.M. Solow : Competitive Valuation in a Dynamic Input-Output System, Econometrica, Vol.27, pp.30~53, 1959.
- 12) W. Leontief : The dynamic inverse, Contributions to Input-Output Analysis, North-Holland Publishing, pp.17~46, 1970.
- 13) 尾崎巖 : 経済発展の構造分析 (一), 三田学会雑誌, Vol.72, No.6, pp.84~112, 1979.
- 14) J. Campbell : Application of Graph Theoretic Analysis to Interindustry Relationships, Journal of Regional Science and Urban Economics, No.5, pp.91~106, 1975.
- 15) P.B. Slater : The Determination of Groups of Functionally Integrated Industries in the United States Using a 1967 Interindustry Flow Table, Empirical Economics, Vol.2, Issue 1, pp.1~9, 1977.
- 16) 稲村 肇・馬場 聡・徳永幸之 : 産業連関表に基づく産業立地分析, 土木計画学論文集, No. 9, pp. 229~236, 1991.
- 17) 本多中二・大里有生 : ファジィ工学入門, 海文堂出版, 1989.
- 18) 榎木・河村 : 参加型システムズ・アプローチ, 日刊工業新聞社, pp. 36~42, 1981.
- 19) 田崎栄一朗 : あいまい理論による社会システムの構造化, 別冊「数理科学」ファジィ理論への道, pp.140~153, 1988.
- 20) E. Fontela and A. Gabus : "DEMATEL Report, Analytical Methods", Battelle Geneva Research Centre, 1973.
- 21) 坂下・佐々木・松尾・山根・国久 : グローバル・メッツ・モデルによる交通投資効果の分析, 地域学研究, Vol.4, pp.51~71, 1974.
- 22) 目良浩一 : 交通投資の地域開発効果予測のためのモデル作成の試み, 地域学研究, Vol.11, pp.1~15, 1981.

(1992.9.7 受付)

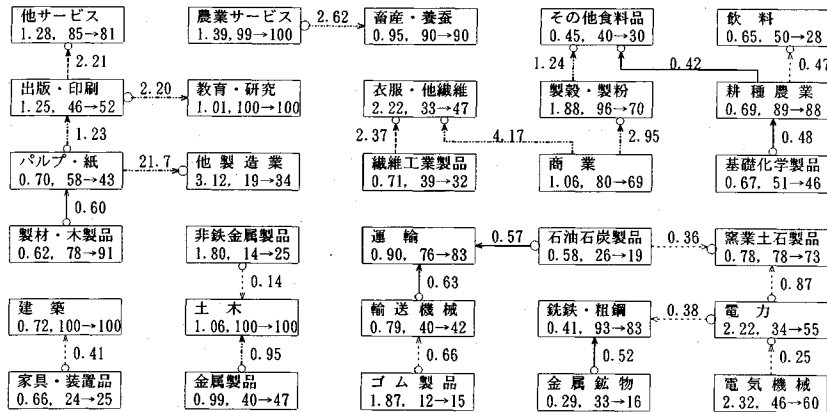
付録 東北4県における産業構造の変化



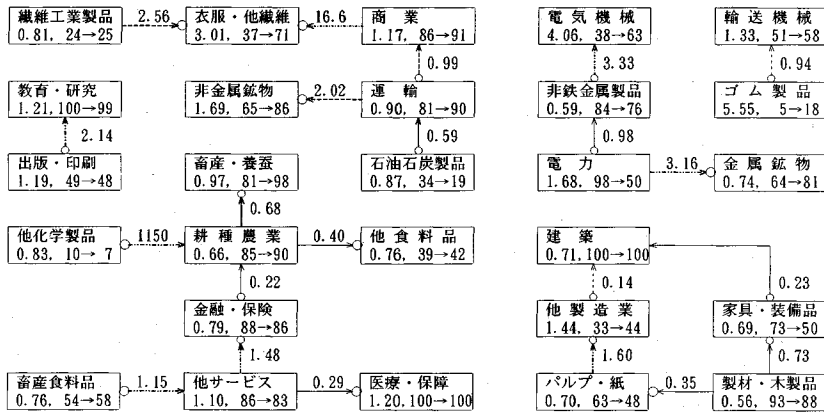
付図-1 宮城県の産業構造変化 (1975→1985)



付図-2 山形県の産業構造変化 (1975→1985)



付図-3 岩手県の産業構造変化 (1975→1985)



付図-4 秋田県の産業構造変化 (1975→1985)

THE RELATION BETWEEN THE CHANGES OF INPUT-OUTPUT STRUCTURE AND THE NEW TRANSPORTATION FACILITIES

Yoshiyuki TOKUNAGA, Hajime INAMURA, Hiroshi SUDA and Sei-ichiroh YASUI

This paper discusses the relation between the changes of Input-Output structure and the improvement of transportation facilities. The fuzzy structural modeling method is applied for structuring of interindustry transaction. The maximum value of the input coefficient and output coefficient of Input-Output Tables are used for this purpose. The rate of intraregion trade plays a great role to identify the changes of interregional interdependence of industries. The relation between the changes of Input-Output structure and the improvements of transportation facilities, such as expressway, are discussed by comparing the Input-Output structure before and after these projects.