

IV-44

産業構造化におけるFSM法の適用に関する一考察

東北大学 正員 ○ 徳 永 幸 之

東北大学 正員 稲 村 肇

1. 本研究の背景と目的

誘致産業の選定や社会資本整備の地域への影響分析においては、地域の産業構造を明らかにすることが必要である。地域内の産業構造を表すものに産業連関表があるが、情報量が多くその特性を的確に把握することは困難である。有向グラフによる構造化は視覚情報に変換しうするため、この目的に対しては有効である。

構造化手法には多々あるが、産業構造化には産業間の従属関係の強弱を考慮できるFSM法が有効と考えられる。しかし、産業連関表に基づく従属関係行列は必ずしもFSM法を適用するための前提条件を満たしていないため、若干の改良が必要となる。本研究では産業構造化におけるFSM法の適用方法について説明し、さらに、ISM法との比較等により、FSM構造化の特性を明確にする。

2. FSM法

ISM法 (Interpretive Structural Modeling) は項目間の関係を0, 1で表し、構造化を行うのに対し、FSM法 (Fuzzy Structural Modeling) では項目間の関係にあいまい2項関係とあいまい代数を導入することにより、関係の強弱を考慮した構造化を可能とするものである。FSM法については参考文献1)に詳しいが、ここではその概略を説明する。

FSM法では、要因間の従属関係を示す行列 $A = [a_{ij}]$ は次の3条件を満たしていることが前提となっている。ここで p はあらかじめ設定したしきい値であり、 $a_{ij} \geq p$ であれば要素 i は要素 j に従属していることを示す。

- ① あいまい非反射率: $a_{ii} < p$
- ② あいまい非対象率: $a_{ij} < p, a_{ji} < p$ の少なくとも一方が成り立つ
- ③ あいまい半推移率: $M = \max\{\min\{a_{ij}, a_{jk}\}\}$, $M \geq p$ のとき $a_{ik} \geq M$

このとき、以下の手順により構造化を行う。

step 1 各要素を最上層、中間、最下層及び独立の各レベル集合にわけ、最上層と最下層の従属関係によりブロックに分割する。

step 2 各ブロックの従属行列においてレギュラー行（その要素が従属している要素が1つしかない）を捜す。（ない場合は列を捜し、列もない場合はレギュラー行に分割する。）

step 3 要素 i に対するレギュラー行を $j = 1, 2, \dots, n'$ とすると、以下の演算を行い、 $[a_{ij}]$ を $[\bar{a}_{ij}]$ で置き換える。列の場合も同様。

$$[\bar{a}_{ij}] = \min \{[a_{ij}], [\bar{a}_{ij}]\} \dots (1)$$

$$\bar{a}_{ij} = \frac{1 - a_{kj}}{1 + \lambda a_{kj}} \dots (2)$$

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

step 4 レギュラー行（列）を従属行列から取り除き、その従属関係を示す指標をグラフに加える。全ての要素がなくなるまでstep 2以降を繰り返す。

3. あいまいパラメーター

step 3の「あいまい構造パラメーターによる置き換え」の構造化における意味について、簡単な例題により説明する。いま、図-1(a)に示すような従属関係があり、 $p = 0.5, \lambda = 0$ として構造化するものとする。要素1に対するレギュラー行は要素2, 3であり、 a_{41} については、

$$\begin{aligned} a_{41}' &= \min \{a_{41}, \bar{a}_{42}, \bar{a}_{43}\} \\ &= \min \{0.6, 0.4, 0.7\} = 0.4 \end{aligned}$$

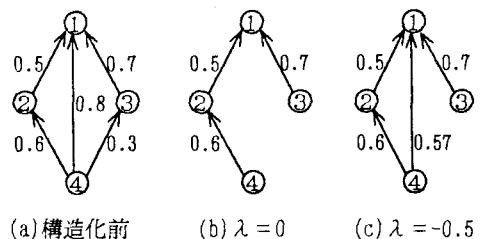


図-1 FSM構造化

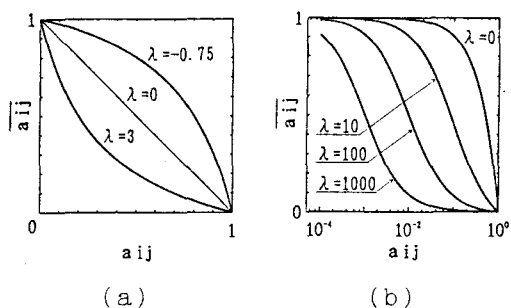


図-2 あいまい補集合

で置き換えられ、図-1(b)のように構造化される。この置き換えは間接的従属関係が強い場合には直接の従属関係をカットすることを意味している。図-1(c)は $\lambda = -0.5$ としたときの構造化図であり、 λ を変化させることにより構造化図は変化する。

λ の値とあいまい補集合の関係を表したのが図-2である。 λ を-1に近づけると補集合 $\equiv 1$ となり、置き換えによってしきい値より大きな従属関係はすべて構造化される。逆に λ を ∞ に近づけると補集合 $\equiv 0$ となり、置き換えにより従属関係はカットされる。これは間接的従属関係がある場合に直接の従属関係をカットするISM法と同様であるが、ISM法がしきい値より大きな従属関係しか考慮できないのに対し、FSM法ではしきい値以下の従属関係についても考慮可能である。なお、産業構造化で使用する投入・産出係数の値は一般に $1/n$ 程度(n :部門数)であるため、部門数に応じた λ の値の検討が必要である。(図-2(b)参照)

4. 産業構造化におけるFSM法

産業連関表に基づいて産業構造化を行う場合、投入・産出係数や相対投入産出額を用いる方法²⁾などが考えられる。しかし、産業連関表は産業の部門統合により自部門内取引が大きいため、あいまい非反射律は満たしていない。また、あいまい非対称率、あいまい半推移率についても産業間の取引の性質上満たしていない。FSM法はこれら3条件を前提とした手法であるため、これら3条件を満たすように行列を修正する必要がある。

あいまい非反射率を満たすように行列を修正する方法として、自部門内取引を0とする方法がある。しかし、自部門内取引が大きい場合、その産業は独

立レベルとして構造グラフから脱落する問題が生じる。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。

あいまい非対称率を満たすように a_{ij} 、 a_{ji} の小さい方を0とする方法、あいまい半推移率を満たすように 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が、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率及びあいまい半推移率に関しては修正を行わないでFSM法を適用する。この場合、最上層・最下層間の従属関係が途切れ、ブロック分割がうまく行かなくなる場合が生じる。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使用する。

前提条件を満たさない従属行列にFSM法を適用した場合には、3段階以上の間接的従属関係が強い場合でも直接的従属関係がカットされない、あるいは、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といった問題が生じる。

5. 結論と今後の課題

本研究では、FSM法はあいまい構造パラメータ λ により間接的従属関係の強弱を考慮した構造化が可能手法であり、ISM法をも包括した手法であることを明らかにした。ただし、ISM法ではしきい値以上の間接的関係のみしか考慮しないのに対し、FSM法ではしきい値未満の関係も考慮できる特性を持っている。

産業連関表に基づく従属関係行列はFSM法を適用するための前提条件を満たしていないため、本研究では産業構造化におけるFSM法の適用方法について示した。しかし、本研究の方法では間接的影響を完全に考慮できないなどの問題が残されている。今後の課題として、これらの問題を解決できる構造化手法を開発する必要がある。

参考文献

- 1) 田崎; あいまい理論による社会システムの構造化, 数理科学, No.191, 1979
- 2) 稲村・馬場・徳永; 産業連関表に基づく産業立地分析, 土木計画学研究論文集, No.9, 1991