1B-05

産業連関表・ネットワークダイナミックス・粗視化

田村肇[†]

筑波大学図書館情報学系[†]

１．高次元小標本データとしての産業連関表

産業連関表は、５年毎作成されるが、その間をつなぐものとして、延長表が作成されている。しかし、作成のたびに産業分類などに変更があるため、これまではあまり長期間接続された産業連関表は存在しなかった。そのため、産業連関表を用いて、経済の中長期的なダイナミックスを明らかにすることは難しかった。最近になって、２０年間に渡る（１９８０年～２０００年：５年間隔）長期接続産業連関表が作成され、公表されたため、利用が可能になった。

また、総務省では、高度情報通信ネットワーク社会の形成に伴う産業構造の変化を迅速かつ的確に把握するため、「情報通信産業連関表」を毎年作成している。この産業連関表は、部門数は少ないが、１０年以上の期間に綿って毎年の表がネットから入手して使用できる。

これまでは、せいぜい、３年分程度しか連続した産業連関表が入手できなかったため、単年度での分析が中心であった。その意味では、このようはデータが入手できるようになったことは画期的なことである。しかし、視点を変えると、新たな困難に直面する。

産業連関表は、通常、５００前後の部門から構成される。したがって、中間取引の部分のみに注目しても５００×５００のマトリクスになり、非常に高次元のデータとなる。単年度の産業連関表を、ある確率的データ生成過程から得られた一つの標本ともみなせば、データの次元が非常に高い割に標本数は過小となる。

このような高い次元のマトリックスで表現されるようなデータを用いて経済構造をモデル化するためには、多くの変数が必要になる。そのため、少ない標本数では、統計的に全ての変数の推定が行えない。

もう少し具体的に説明することにする。

５００×５００のマトリックスを一つのデータとみなせば、このデータは５００×５００次元空間上の点（X_{11}，X_{12}，…,$X_{500,500}$）で表せる。このような点データからなる標本空間をモデル式で表すことにする。いま、回帰モデルを採用するとすれば、例えば

$$X_{11}=\alpha_{00}+\alpha_{12}X_{12}+\alpha_{13}X_{13}+...+\alpha_{500,500}X_{500,500}+U$$

と表せる。ここでＵは、撹乱項。このモデル式のパラメータαを推定しようとすれば、５００×５００個より多くの標本データが必要になるのは自明である。

そこで、少ない標本でこの問題を解決しようとすれば、モデルの構造に予めかなり強い制約を課す必要がある。

２，ネットワークダイナミックス

産業連関表の中間取引の部分のみに注目する。そうするとこのマトリックスは正方行列になるが、産業間の取引ネットワークの関係を表していることになる。したがって、この行列を隣接行列とみなせば、そのままネットワーク分析の手法が適用できる。

隣接行列とは、グラフを表現するために用いる行列である。ある頂点 v と w の間の枝の本数を行列の（v，w）成分に割り当てる。単純グラフであれば、枝があるとき（v，w）を 1 に、枝がないとき（v，w）を 0 にする。有向グラフの場合、v から w に向かう枝があるときのみ（v，w）を 1 に、そうでないとき（v，w）を 0 にする。また、枝に重みがついているグラフの場合は、（v，w）に重みを代入する。

さて、同じネットワークの異時点間の比較を考える。ネットワークの構造に変化が起きていないかどうかを明らかにするためには、そのネットワークのダイアド、トライアド、クリークなどを順に比較して、それにどれだけの変化があるかを明らかにする必要がある。このとき、比較するネットワークが大きい場合（次元が高い場合）、現実的な時間で問題が解けない可能

† Hajime Tamura , University of Tsukuba,School of Library and Information Medias

性がある。そこで、データの次元を下げて、比較を行う必要がある。

３．粗視化の必要性

このように、複数年度の産業連関表が利用できる場合、産業連関表の次元を下げる必要性は先の２節のような２つのケースで発生する。

（１） 標本（複数の産業連関表）の存在する期間で構造変化が存在しない場合。この場合、通常の標本数では、多変量モデルの全てのパラメータを推定できず、標本の次元の縮小が必要になる。

（２） 観測期間で構造変化が存在する場合、構造変化の前後の点で変化を比較する場合、現実的な時間で問題が解けない可能性がある。そこで、データの次元を下げて、比較を行う必要がある。

いずれのケースでも、想定するモデル式にかなりの制約を課してモデルの実質的な次元を下げるか、あるいはデータ自身の次元を下げるしか解決の方法はない。前者は、制約（仮定）にかなり無理が生ずる必要があるので、通常は後者の方法が妥当であろう。

このような問題を解決する一つの方法は、次元を圧縮することである。そのための一番単純な方法は、部門の統合である。つまり、似たような産業部門は集計して一まとめにする。このように集計することで部門数を圧縮した産業連関表はこれまでも普通に公表されてきた。

ただし、圧縮された産業連関表は、元の産業連関表が表していた経済構造を正確には保存しないことが以前から指摘されている。このように、産業連関表の次元圧縮の問題は、まだまだ研究の余地があると考える。

別の方法としては、情報の粗視化が存在する。産業連関表は、そのまま用いれば、情報量が多すぎる（次元が高すぎる）と考え、産業連関表を０－１のマトリックスに変えて分析を行う方法も過去から行われてきた。このような分析は、旧来の産業連関分析の枠組みでは、質的産業連関表の分析と呼ばれ、グラフ理論を用いた研究が有名である。

０－１マトリックスに変換する方法は、基本的にはある特定の域値を超えたセルは１とし、それ以下のセルは０とすることで行われる。この域値の設定の仕方には、幾つかの方法が考案されているが、方法によって得られる０－１マトリクスも異なってくるので、まだまだ検討の余地があると思われる。

また、０－１化によって次元の縮小が行えるのは、先の例の多変量回帰モデルにおいて０のセルに対応する変数が落ちることより明らかであろう。０のセルが増えるほど、データの持つ次元は低くなる。

４．粗視化の問題点

粗視化を行う場合、粗視化を行う前後で、データの保有する基本的な構造の情報に変化があってはならないことは自明である。

そこで本研究では、粗視化の方法は Aroche-Reyes（1996）などによる投入係数行列を用いる方法を採用し、基本的な構造の情報として各種のネットワーク中心性を採用し、粗視化の程度によって順位で測ったネットワーク中心性の表す構造情報に変化がないか（頑健かどうか）を調べた。

具体的には、平成 20 年度実質情報通信産業連関表を用いて、Aroche-Reyes と同じ方法で、いくつかの粗視化の度合いの異なる質的情報通信産業連関表を作成する。

今例えば、粗視化の度合いの異なる質的産業連関表を表 A、表 B、表 C とする。産業連関表はこの順に稠密なるものとする。このとき、それぞれの表の中心性尺度を求めこれをそれぞれ A 尺度、B 尺度、C 尺度とする。二つの尺度ベクトルの順位相関係数を、相関（B 尺度、C 尺度）のように表すならば、相関（A 尺度、B 尺度）の値が十分大きく、かつ、相関（A 尺度、B 尺度）と相関（A 尺度、C 尺度）の値にあまり差が無いならば、この中心性尺度は頑健ということになる。なぜならば、このことが意味するのは、閾値 rij の変化に対して中心性尺度の順位はあまり変わっていないことを意味しているからである。このような方法で、複数のネットワーク中心性尺度から頑健なものを選び出す。相関（A 尺度、B 尺度）の値が十分大きい必要があるのは、この相関が低い場合、相関（A 尺度、B 尺度）と相関（A 尺度、C 尺度）の値にあまり差が無くても、B 尺度と C 尺度の並びは相当異なっている場合があるからである。

調査の結果、次数中心性以外は、頑健性に問題があることが明らかになった。

＜参考文献＞

Acoche-Reyes,F., “Important Cofficients and Structual change: A Multi-layer Approach,” Economic Systems Research, 8(3),235-246,1996.