

産業連関表の三角化手法による情報産業の相互連関分析について

鷲崎早雄

東京大学大学院工学系研究科博士課程

本稿は産業連関表を用いて情報産業の相互依存関係を分析することを目的としている。従来の産業分析では、情報産業は製造業とサービス業に分類され、情報産業自身が産業構造の中でどのような位置にあるかが必ずしも明確ではなかった。産業連関表の三角化は産業の1方向依存性を検証する方法である。三角化の結果、産業のハイアラキ上における情報産業の位置付けを明確にすることができた。また日米の比較を行った結果、日米の産業構造における産業ハイアラキには相関があることも明らかにすることができた。

An Analysis of Hierarchy and Interrelatedness of Information Industry Using The Triangularization Method on Input-Output Table

Hayao Washizakai

University of Tokyo, Graduate School of Engineering

This paper is an analysis for the interrelatedness of industries using Input-output framework. Because past many analyses classified the information industry into the manufacturing industry or the service industry, the position of information industry on the hierarchy of industrial structure was not clear. The triangularization for Input-Output matrix is a method to test the hierarchical structure. Computing triangularization, we could clarify the position of the information industry on the hierarchy. We also compute U.S. data and compare the hierarchy between U.S. and Japan.

はじめに

情報通信産業が我が国経済の構造改革を進める原動力であり、経済活動に大きなインパクトを与えるリーディング産業に成長してきたという認識が一般的になっている(平成9年版通信白書[15])。1997年における情報通信産業の実質国内生産額シェアは全産業の11.8%を占め、産業部門別ではトップに立っている(平成11年版通信白書[16])。また情報通信活動の特性として非情報通信産業内における情報通信活動(注1)による粗付加価値の大きさも見逃すことができない(注2)。直近のデータによれば鉄鋼、電気機械、輸送機械、建設、卸売、小売、運輸の各産業において、鉄鋼と卸売を除き各産業の組織内情報通信活動の成長率が名目粗付加価値額の成長率を上回っている(注3)。これらの産業では名目粗付加価値に占める情報化の構成割合が大きくなってきていることがデータからも実証されている。

本稿ではこれらの現象について産業構造の側面(注4)から3つの問いを発してみる。第一は、多様な属性を持った情報産業が、従来の製造業(物財)中心に考えられてきた産業連関の基本構造の上で、いかなるポジションをとろうとしているのか、その意味は何か。第二は、我が国における情報産業のポジ

ショニングが米国におけるそれとどの程度類似しているのか、または異なるのかということ。第三は、情報産業を個別に見た場合に他産業との相互連関がどうなっているのか、それが需要の波及構造にどのような影響を及ぼすと考えられるのかということ、これらを産業連関表から得られる投入係数表の質的(注5)分析によって吟味することである。

まず第1節で産業連関の基本構造を分析するための判別基準と三角化手法、グラフ構造分析手法の関係について述べる。第2節でそのアルゴリズムを定義した後に、第3節、第4節で使用データおよび計測結果を示す。第5節で情報産業の相互連関についてまとめと今後の課題に触れる。

1 判別基準と手法

宮沢[5]によれば、産業連関の基本構造を判別する基準として2つのことが考えられる:①産業間の取引による財の流れが「序列性が支配的」か「循環性が支配的」か、②産業間の活動に「相互依存性が強い」か「独立性もかなり認められる」か。

判別基準①はChenery and Watanabe[1], Simpson and Tsukui[12]等が開発した方法である。これらの研究は1950年代から1960年代にかけての、主として産業構造の重化学工業化の分析を目的としたものである。結論としては先進国(日本を含む)において産業間の取引は序列性が支配的であり、また産業をグループとして見た場合に相互依存性とともなグループの独立性もかなり認められる。日本について同様な結論は福井[2], 経済企画庁経済研究所[4]の研究でもトレースされている。これらの方法では投入係数行列を行と列の同時置換により三角化し、その程度によって序列性の有無を論じる。

判別基準②を実施する方法には宮沢[7]による方法がある。この方法は投入係数行列を2分化し相互波及の程度を実際に計測することができる。大平[10]はこの方法により非情報産業と情報産業の相互関係を計測し、産業グループとして見た場合に情報産業は非情報産業に依存する産業であることを結論づけている。Yan and Ames[14]はグラフ構造分析を応用して投入係数行列の行列を構成する産業間の距離を計測する方法を提案した。この方法では産業と産業が投入係数行列で直接投入関係にある場合の距離を1とし、2次波及で始めて関係がある場合の距離を2、以下n次波及で始めて関係がある場合の距離をnとする。したがって宮沢[7]の方法に比べて各個別産業ごとの任意な詳細分析ができること、距離を共通尺度に使用することによって産業の相互依存度を指標化できるなどのメリットがある。福井[2]はYan and Ames[14]の方法を用いて日本の場合の産業間の相互依存度を詳しく計測している。

先行研究の多くが過去の工業中心の経済分析に適用されたものである。ここでの問題は、情報産業やサービス産業が発達した場合にどのような影響があるのかということにある(注6)。

2 分析のアルゴリズム

2-1 三角化のアルゴリズム

(1)投入係数行列の要素が全て正である場合、この行列で表される投入構造は分解不可能である。一般には産業分類を細かくすればゼロとなる要素が出現してくる。ゼロとなる要素が特定の仕方では混じっている場合には投入係数行列が分解可能となる。分解可能な行列は産業の順序を適当に変えた場合に三角行列とすることができる。

(2)ゼロ要素には、元々の産業連関表の要素がゼロである場合と、構造の輪郭を明瞭にするため(注7)にノイズになる微小な要素をゼロとみなす場合の2つのケースがある。Simpson and Tsukui[12](以下S & T)はノイズを落とすフィルターとして、産業数をnとしたときに1/nを閾値として採用した。本稿の計算でもこの基準を採用する。

(3)投入係数行列の対角線をはさんで下側の部分をR1、上側の部分をR2、 $T=R1+R2$ とする。線形度 λ を $\lambda=R1/T$ とすると、三角化のアルゴリズムとは、ある任意の産業配列から出発して、線形度Rが最大になる産業配列を見出す方法である(福井[2]pp91)。しかしながら線形度 λ を最大にする一般的なアルゴリズムは存在しない(S & T Appendix)。あらゆる順列組合わせをとれば解を得ることはできるが、組

合わせ数は産業数 $=n$ の場合 $n!$ 個存在するため、現実には実行することができない。S & Tは近似解法として対角線をはさんで、上側に属する要素の和が下側に属する要素の和よりも大きいとき、産業 i を産業 j の直下へ入れ替える方法を使用している。 i と j を入れ替えることにより上側と下側の領域が入れ替わることから、入れ替え後の線形度は上昇する。

Fukui[3]および福井[2]は順列組合わせの数学的定式化をより厳密に行い、S & Tの方法よりも探索範囲の広いアルゴリズムを発見した(注8)。両者の方法を直感的に比較すると、S & Tの方法は探索範囲が対角線をはさんで隣接した領域に限られているのに対して、Fukuiの方法は対角線をはさんで対象な領域(隣接しない領域も含む)全てにわたって探索範囲を広げる点が異なる。Fukuiの方法がS & Tの方法よりも近似解として精度が高いことがFukuiによって証明されている。本稿ではFukuiの方法を用い、福井[2]付録に示されているFortranプログラムを参考にしてVisualBasicによって作成したプログラムを用いて計算した(注9)。本稿の場合、与えた初期値から収束解を得るまでに10の7乗回のオーダの組合わせを計算していることになった。

2-2 波及度計算のアルゴリズム

(1)投入係数行列のゼロでない要素を1とした行列は、有向グラフの隣接行列を表すと解釈することができる(注10)。すなわち第 ij 要素がゼロでないとしたときに、産業 i と産業 j はグラフで隣接していると考えられる。

(2)隣接行列 A の (i, j) 要素がゼロであるとする(すなわち i と j は隣接していない)。 A を2乗して得られる行列 A^2 の (i, j) 要素 a_{ij} がゼロでない場合、産業 i と産業 j の関係は別の産業 k をはさんで間接的に隣接している。同様に A^{m-1} の (i, j) 要素がゼロで、 A^m の要素がゼロでない場合、第 i 産業と第 j 産業とは m 個の別の産業をはさんで隣接している(注11)。

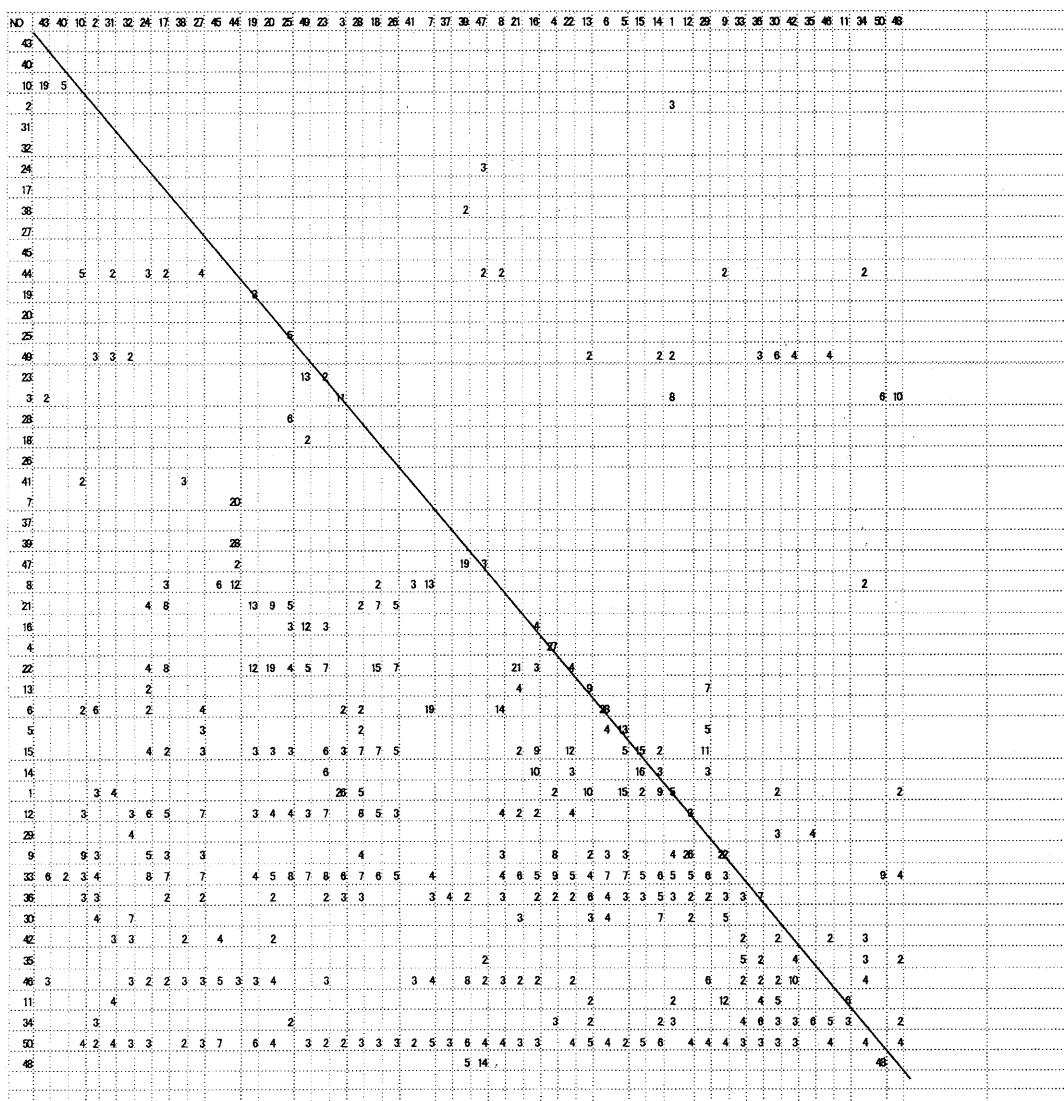
(3)Yan and Ames[14](以下Y & A)は、この隣接行列の性質を使用して波及度行列 M を定義した(注12)。波及度行列を求めることにより産業 i と産業 j の隣接関係を波及度によって計測することができる(注13)。

3 データ

大平[9]は情報の創造・生産を行った結果の生産物を情報財と定義し、情報の収集・(蓄積)・提供、処理・加工、教育・訓練、伝達に関わるサービスを情報支援サービスと定義した。またコンピュータや通信機器など情報財の生産や情報支援サービスに密接に関わって使用される情報機器を情報支援財と定義し、この3種類の財・サービスを合わせて情報関連財・サービスと考えた。本稿では大平の概念を用いて対象とする産業連関表の産業分類を構成した。全体の構成は、情報財産業(8部門)[(7)新聞、(8)出版印刷、(39)放送、(41)教育・研究、(42)情報サービス、(44)広告、(45)法務・財務・会計サービス、(47)映画]、情報支援財産業(8部門)[(17)事務機、(18)テレビ・ラジオ・民生機器、(19)電子計算機、(20)通信機器・電子応用装置、(24)光学機器、(25)時計、(26)分析機器・電気計測器・医療機器、(27)筆記具]、情報支援サービス産業(3部門)[(35)不動産、(37)郵便、(38)通信]、非情報財産業(17部門)[(1)農林水産鉱業、(3)食料品、(4)繊維、(5)木材、(6)パルプ・紙製品、(9)化学製品、(10)医薬、(11)石油・石炭製品、(12)ゴム・プラスチック・皮製品、(13)窯業、(14)鉄鋼、(15)非鉄・金属製品、(16)一般機械、(21)半導体、(22)その他電気機械、(23)輸送機械、(28)その他製造]、一般サービス産業(14部門)[(2)農村サービス、(29)建設、(31)ガス、(32)水道、(33)商業、(34)金融、(36)運輸、(40)政府・公共サービス、(43)医療、(46)事業所サービス、(48)個人サービス、(49)修理、(50)分類不明]の計5中分類、50部門である。

日米比較では産業連関表の推計方法が異なるため双方の表の推計方法までさかのぼってデータの対応関係を吟味しなければならない。幸い通産省が公表している1990年日米連関表[13]は、表作成過程において吟味を尽くしたものであるため、本稿のような比較研究には適切である。ただし日米連関表は日本、米国、ROW(Rest Of World)の3地域連関表として構成されている。投入係数を求めるにあたり地域連関表のままとする方法と、原表を加工して日本、米国それぞれの競争輸入型の表に組替える方法の2案がある。本稿では日米国内産業の投入構造に焦点を置く意味から後者の方法を採用した。

図1 日本1990年データの三角化



4 計測結果

4-1 三角化の結果

(1) 初期値として、日本、米国ともに3-1項に示した中分類ごとに最終需要比率の降順を用いた産業序列を用いた。収束時の線形度は日米とも0.9以上である。

(2) 得られた産業の序列について、日本と米国の相関度を求めるためにスピアマンの順位相関係数を計算すると0.5619である。この場合、日米の序列が無相関であるという帰無仮説は有意水準1%で棄却された。したがって日本、米国の得られた序列には相関がある。

(3) 日本の場合、大きく公共サービスグループ、情報支援財グループ、情報財グループ、製造グループ、一般サービスグループというハイアラーキが存在している。情報支援サービスは上位[通信(8位)]

と下位[郵便(37位), 不動産(45位)]の2つの位置にばらける。すなわち通信は情報支援財グループと同じ位置に属し、郵便、不動産は一般サービスと同じ位置に属する(注14)。情報財のうち、情報サービスだけは一般サービスの位置に来る。

(4) 米国の場合にも、情報支援財グループ、情報財グループ、製造グループ、一般サービスグループというハイアラキは存在しているが、日本に比べるとグループ間での入り組みが大きい。公共サービスは上位に固まらずにばらける。情報財グループでは、新聞・出版は製造業の位置になった。また情報サービスは日本と同様に一般サービスの位置に来る。

(5) 情報通信産業のうち、通信[日本8位, 米国49位], 法務・財務・会計サービス[日本10位, 米国47位]のハイアラキ上の位置は日米で大きく異なる。これらは日本では情報支援財の位置に属するが、米国では一般サービスの位置に属する。

4-2 波及度の結果

(1) このケースでは波及度6で解が収束した。公共サービス、情報支援財の多くは孤立した産業である(注15)。情報支援サービスでは郵便は孤立している。通信の平均波及度は4.1, 不動産の平均波及度は2.0である。情報財では情報サービス1.9, 広告2.1, 出版2.3, 映画3.1, 放送3.1, 新聞3.1, 教育・研究4.78である。

(2) 特に情報財産業と他産業の波及度をみると(注16), 波及度の平均は情報支援財2.6, 情報支援サービス2.75, 情報財2.06, 一般物財2.71, 一般サービス2.58となり, 情報財産業は情報財産業自身との距離がもっとも近く, ついで一般サービス, 情報支援財に近い。一般物財, 情報支援サービスとはやや遠い関係になっている。

5 まとめと今後の課題

本稿のもっとも重要な結論は以下のとおりである。まず, 日本の産業構造において情報通信産業には, 従来の製造業のハイアラキの上に存在する産業と, 製造業の下に存在する産業があるということが計測された。従来の産業構造論では, 情報通信産業を本稿のような形で特出せず, 製造業に属する産業とサービス業に属する産業に合計してしまうために, このようなハイアラキは見えなかった。2つめに, 情報サービス産業は商業, 運輸, 電力, 金融などと同じ位置に存在し, 産業のゼネラルインプットとして成長していることが計測された。3つめに, 情報財一般の波及度から見ると, 情報財の特徴として情報財産業間, 次いで一般サービスとの相互依存関係が強く, 一般物財とはそれより弱い関係にあることが計測された。

今後の課題としては(1)データの年次を新しいもので計測し, 近年における情報技術の変化発展の影響を時系列比較する必要があること, (2)ハイアラキの内部を詳細検討し, 何故ハイアラキがそうなるのかの分析を深めること, (3)波及度行列を用いて情報産業間の相互依存度を指標化する方法を検討することが残されている。

(注1) 大平[9]は情報通信活動を「情報の生産・収集・加工・蓄積・提供・伝達」に関わる職業だと定義し, 通信白書の分析もそれを踏襲している。

(注2) 非情報通信産業における情報活動の大きさの計測は米国のボラト[11]が始めて研究して以来多くの国の事例がある。日本では大平[10]らの研究によりその実態が明らかになってきた。

(注3) 直近のデータは平成11年版通信白書[16]pp96-97にある。

(注4) 宮沢[6]によれば, 産業概念を分析する視点として「集団単位としての産業概念(産業組織)」, 「組成単位としての産業概念(国民経済の分割と構成)」の2つの方法がある。この分類によれば本稿の視点は経済システムにおける組成単位としての情報産業の分析である。

(注5) 産業連関表から得られる投入係数表あるいは逆行列表は(1)中間財市場を通ずる産業間投入の連結関係そのも

の、(2)最終生産物市場と結びつけた相互関係、(3)生産要素市場との関連の解明に利用される(宮沢[6]pp104)。本稿の基本的な立場は(1)の中間財市場の相互連結関係を分析することによって情報産業のポジションを計測することである。産業連関分析においてこのように投入構造そのものを分析する方法を質的分析と呼称する。

(注6)宮沢[5]は情報は特定の技術構造に依存して必要となるような固有の技術ではなく、どの産業部門の生産活動にとっても必要となる、ゼネラル・インプット属性を持つと述べている。しかし情報産業というそれぞれ固有の生産物を産出する産業として見た場合、必ずしもそうとは言えない。本稿ではどのような産業がゼネラル・インプットの位置付けにあり、どのような産業がそうではないのかを、三角化の結果により分類する。

(注7)The skeleton of the productive system(Chenery and Watanabe[1]pp436)

(注8)数学的説明は複雑であるため本稿では省略する。

(注9)VisualBasic プログラムは<http://www.aee.u-tokyo.ac.jp/economic/economic.html> を参照

(注10)グラフGのn個の頂点を適当に並べて、 $v_1, v_2, \dots, v_n$ とする。この頂点の番号付けをして、 $v_i v_j$ が隣接しているとき $a_{ij}=1$, $v_i v_j$ が隣接していないとき $a_{ij}=0$ により行列成分を定める。この行列を隣接行列と定義する(根上[8])。

(注11) A_m の(i, j)要素はAの要素を使って書くと $\sum a_{ik} l_{k1} l_{k2} \dots l_{km-1j}$ である。Aの要素は1かゼロであるから、これがゼロでない場合には $a_{k1}=a_{k2}=\dots=a_{km-1j}=1$ が成り立つときだけである(根上[8])。

(注12) M の(i, j)要素 m_{ij} は以下のように定義される。

$$\begin{aligned} m_{ij} &= 1 & (a_{ij} > 0) \\ m_{ij} &= 2 & (a_{ij} = 0, a_{ij(2)} > 0) \\ m_{ij} &= 3 & (a_{ij} = 0, a_{ij(2)} = 0, a_{ij(3)} > 0) \end{aligned}$$

(注13)投入係数行列をAとしたときに、Leontief 逆行列 $(I-A)^{-1}$ は、 $(I-A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots$ と展開できる。したがって、 $A + A^2 + A^3 + \dots$ 部分が示す波及とAを隣接行列として波及度行列を求めた波及とは構造上同値である。

(注14)不動産が下位に来るのは運輸、商業に対する投入が大きいためである。また郵便と通信の差は教育・研究の投入の有無に関係がある。

(注15)これらの産業は自身の生産のために中間生産物の購入は行うが、他産業の中間生産物として購入されることが少なく、生産物の多くが最終需要向けである。

(注16)法務・財務・会計サービスは孤立しているために除外する。その他の情報財産業と他産業の間の波及度の平均をとる。

参考文献

- [1]Chenery, H. B. and Watanabe, T.: "International Comparison of the Structure of Production", *Econometrica*, Vol. 26 No. 4, pp487-521, (1958)
- [2]福井幸男: 産業連関構造の研究—生産技術とハイパーキー, 啓文社, pp127-141, (1987)
- [3]Fukui, Y.: "A More Powerful Method for Triangulating Input-Output Matrices and Similarity of Production Structures", *Econometrica*, Vol. 54 No. 6, (1986)
- [4]経済企画庁経済研究所編集: "わが国経済成長と技術特性", 経済分析, No. 149, (1997)
- [5]宮沢健一: "サービス化, 情報化, ネットワーク化と産業社会", 一橋論叢, Vol. 97 No. 5, (1987)
- [6]宮沢健一: 産業の経済学第2版, 東洋経済新報社, 1987
- [7]宮沢健一: 経済構造の連関分析, 東洋経済新報社, 1963
- [8]根上生也: 離散構造, 共立出版, 1993
- [9]大平号声: "情報産業の現状と展望", 計画行政 Vol. 14, pp13-21 (1985)
- [10]大平号声: "情報産業進展の構造分析", 季刊現代経済 WINTER, pp139-151, (1982)
- [11]Porat, M.: The Information Economy, U.S. Department of Commerce, (1977)
- [12]Simpson, D. and Tsukui, J.: "The Fundamental Structure of Input-Output Tables, An International Comparison", *The Review of Economics and Statistics*, pp434-446, (1965)
- [13]通商産業大臣官房調査統計部編: 1990年日米国際産業連関表, 通産統計協会, (1997)
- [14]Yan, C. and Ames, E.: "Economic Interrelatedness", *Review of Economic studies*, Vol. 32 No. 4, pp299-310, (1965)
- [15]郵政省編: 平成9年版通信白書, 大蔵省印刷局, (1997)
- [16]郵政省編: 平成11年版通信白書, ぎょうせい, (1999)