

## 産業部門間の連関性指標の概説と地域経済への応用例

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学人文社会科学部 公開日: 2022-12-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高瀬, 浩二 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00029199">https://doi.org/10.14945/00029199</a>

## 論 説

産業部門間の連関性指標の概説と  
地域経済への応用例

高 瀬 浩 二

## I はじめに

地域経済内のある産業部門の重要性や役割を類型化する試みは、総務省（2020）や日本政策投資銀行・価値総合研究所（2019）をはじめ、多くの研究、国や地域産業連関表の報告書等で広く行われている。その際に用いられる影響力係数や感応度係数は、ある産業部門と地域内の他部門との結びつきの強さを計測する連関性指標（linkage measure）の一種である。

近年の連関性指標に関する研究の広がりには目覚ましい。特に、仮想的抽出法（hypothetical extraction method; 以下、HEM）の適用に関して、Temurshoev (2010) により、地域経済分析の実務上の障壁を大幅に軽減する可能性が示された。現在でも多くの研究者が参照する産業連関分析の標準的なテキストである Miller and Blair (2009) での解説が13ページ（p.555-567）であったのに対し、最新版の Miller and Blair (2022) での扱いが21ページ（p.301-321）と大幅に増えていることから、この分野の学術的な意義の大きさが示唆される。また、連関性指標の理論と数多くの応用例をまとめた専門書 Lach (2020) が公刊されるなど、今後の当該分野の広がりが期待される。

本研究は、地域産業連関表と地域産業連関モデルを用いた連関性指標に関して、その概念と計算方法の整理を行うことを主な目的としている。Miller and Blair (2022) の解説をもとに、地域経済分析の目的に合わせて表記法等を統一する。その過程で、高瀬（2016, 2017）で行った連関性指標の解説を更新し、地域経済分析の実用上の課題とその対応法等を追加し、再構成する。

本研究の概要は、以下のとおりである。II節では、まず、地域産業連関分析の基本モデル（Leontiefモデル、Ghoshモデル）を解説する。次に、基本モデルから導出される様々な連関性指標を整理し、2015年静岡県産業連関表（以下、静岡県表）を用いた分析例を示す。また、Temurshoev (2010) 等の研究成果をもとに、HEM連関性指標の簡便な計算法を示す。III節では、1975年から2015年の静岡県表および全国表を用いて諸指標を計測し、産業部門の重要性や役割の経年変化と生産乗数の推移に関する試行的な分析例を示す。最後に、本研究のまとめと今後の課題を述べる。

## II 産業部門間の連関性指標

### II. 1 LeontiefモデルとGhoshモデル

標準的な地域産業連関モデルにおいて、部門  $i$  の域内生産額 ( $x_i$ ) は、

$$x_i = \sum_j z_{ij} + c_i + e_i - m_i \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (1)$$

とあらわされる。これは、産業連関表の各計数の行和（横方向の和）に相当する。ここで、 $z_{ij}$  は部門  $i$  から部門  $j$  への中間財投入額である。また、 $c_i$ 、 $e_i$ 、 $m_i$  は、それぞれ、部門  $i$  の財・サービスに対する最終需要額、移輸出額、移輸入額である。さらに、 $n$  は部門数をあらわす。

中間財取引額を行列  $Z = \{z_{ij}\}$  ( $n \times n$ )、 $\mathbf{1}$  を要素がすべて1の合計ベクトル ( $n \times 1$ ) とすると、(1)式は、

$$\mathbf{x} = Z\mathbf{1} + \mathbf{c} + \mathbf{e} - \mathbf{m} \quad (2)$$

と行列表記できる。ここで、 $\mathbf{x}$ 、 $\mathbf{c}$ 、 $\mathbf{e}$ 、 $\mathbf{m}$  は、それぞれ、域内生産、最終需要、移輸出、移輸入ベクトル ( $n \times 1$ ) である。次に、 $\mathbf{M}$  を部門別の移輸入係数  $m_i / (\sum_j z_{ij} + c_i)$  を第  $i$  対角要素とする対角行列 ( $n \times n$ )、 $\mathbf{I}$  を単位行列 ( $n \times n$ ) とすると、(2)式より、

$$\mathbf{x} = Z\mathbf{1} + \mathbf{c} + \mathbf{e} - \mathbf{M}(Z\mathbf{1} + \mathbf{c}) = (\mathbf{I} - \mathbf{M})Z\mathbf{1} + (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{c} + \mathbf{e} \quad (3)$$

が導かれる。また、域内生産額ベクトル  $\mathbf{x} = \{x_i\}$  の各要素（第  $i$  要素）を対角要素（ $ii$  要素）とする対角行列を  $\hat{\mathbf{x}}$  ( $n \times n$ ) であらわすと、投入係数行列が  $\mathbf{A}_T = Z\hat{\mathbf{x}}^{-1}$  で求められる。さらに、 $Z\mathbf{1} = \mathbf{A}_T\hat{\mathbf{x}}\mathbf{1} = \mathbf{A}_T\mathbf{x}$  より、(3)式は、

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{A}_T\mathbf{x} + (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{c} + \mathbf{e} = \mathbf{A}_D\mathbf{x} + (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{c} + \mathbf{e} \quad (4)$$

と書き換えられる。ここで  $\mathbf{A}_D = (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{A}_T$  は、域内生産財をもとにした投入係数行列である。

(4)式より、Leontiefモデルの均衡生産額

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_D)^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{c} + \mathbf{e} = \mathbf{L}\mathbf{h} \quad (5)$$

が得られる。(5)式中の  $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_D)^{-1} = \{l_{ij}\}$  が移輸入内生型モデルのLeontief逆行列（Leontief inverseまたはinput inverse）である。また、(5)式中の  $\mathbf{h} = (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{c} + \mathbf{e} = \{h_i\}$  は域内財に対する最終需要ベクトルである。ところで、(3)式、(4)式より、

$$\mathbf{h} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_D)\mathbf{x} = \mathbf{x} - (\mathbf{I} - \mathbf{M})Z\mathbf{1} \quad (6)$$

であるが、(6)式から、 $h_i$  が部門  $i$  の域内生産額と域内財に対する中間需要額計との差に相当することがわかる。

次に、産業連関表の各計数を縦方向に読むと、部門  $j$  の域内生産 ( $x_j$ ) に関わる費用構成は、

$$x_j = \sum_i z_{ij} + v_j \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (7)$$

とあらわされる。ここで、 $v_j$  は部門  $j$  の粗付加価値額（賃金や営業余剰等の合計）である。(7)式を行列表記して整理すると、

$$\mathbf{x}' = \mathbf{t}'\mathbf{Z} + \mathbf{v}' = \mathbf{t}'(\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{Z} + \mathbf{t}'\mathbf{M}\mathbf{Z} + \mathbf{v}' \quad (8)$$

が得られる。ここで、 $\mathbf{v}$  は粗付加価値ベクトル ( $n \times 1$ ) である。産出係数行列は  $\mathbf{B}_T = \hat{\mathbf{x}}^{-1}\mathbf{Z}$  で求められ、 $\mathbf{t}'\mathbf{Z} = \mathbf{t}'\hat{\mathbf{x}}\mathbf{B}_T = \mathbf{x}'\mathbf{B}_T$  より、(8)式は、

$$\mathbf{x}' = \mathbf{x}'(\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{B}_T + \mathbf{t}'\mathbf{M}\mathbf{Z} + \mathbf{v}' = \mathbf{x}'\mathbf{B}_D + \mathbf{t}'\mathbf{M}\mathbf{Z} + \mathbf{v}' \quad (9)$$

と書き換えられる。ここで  $\mathbf{B}_D = (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{B}_T$  は、域内生産財をもとにした産出係数行列である。(9)式より、Ghosh モデルの均衡生産額

$$\mathbf{x}' = (\mathbf{t}'\mathbf{M}\mathbf{Z} + \mathbf{v}')(\mathbf{I} - \mathbf{B}_D)^{-1} = \mathbf{w}'\mathbf{G} \quad (10)$$

が得られる。(10)式中の  $\mathbf{G} = (\mathbf{I} - \mathbf{B}_D)^{-1} = \{g_{ij}\}$  が域内生産財に関する Ghosh 逆行列 (Ghosh inverse または output inverse) である。また、(10)式中の  $\mathbf{w}' = \mathbf{t}'\mathbf{M}\mathbf{Z} + \mathbf{v}' = \{w_j\}$  は、(8)式、(9)式より、

$$\mathbf{w}' = \mathbf{x}'(\mathbf{I} - \mathbf{B}_D) = \mathbf{x}' - \mathbf{t}'(\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{Z} \quad (11)$$

であるが、(11)式より、 $w_j$  が部門  $j$  の域内生産額と域内財の中間投入額計との差で求められることがわかる。

## II. 2 Leontief 逆行列と Ghosh 逆行列を用いた連関性指標

部門  $k$  がその生産量を増やすことは、部門  $k$  の活動に必要な中間財需要の増加を意味する。これは、ある産業部門と当該部門に原材料等を提供する「川上」部門との関係性であるといえる。ある財の生産に関わる投入構造を考えると、その財の「後方」に連なる部門との財の流れを捕捉するイメージから、この種の波及効果は後方連関性 (backward linkage) と呼ばれる。

同時に、部門  $k$  がその生産量を増やすことは、それを原材料等として用いる他の部門にとって、財  $k$  の中間財供給の増加をも意味する。これは、生産活動に当該産業からの原材料等を必要とする「川下」部門との関係性であるといえる。ある財の産出構造あるいは経済全体への配分を捕捉

するイメージから、この種の波及効果は前方連関性（forward linkage）と呼ばれる。

(5)式で求めたLeontief逆行列  $L$  の  $ik$  要素  $l_{ik}$  は、部門  $k$  の財・サービスに対する最終需要 ( $h_k$ ) が1単位増加した際に、その増加した生産量を過不足なく満たすために部門  $i$  が直接・間接に生産しなければならない域内生産額をあらわしている。一方、(10)式で求めたGhosh逆行列  $G$  の  $kj$  要素  $g_{kj}$  は、部門  $k$  の本源的生産要素 ( $w_k$ ) が1単位増加した際に生ずる部門  $j$  の域内生産財の価値の増加分をあらわしている。すなわち、Leontief逆行列  $L$ 、Ghosh逆行列  $G$  は、それぞれ、後方連関性、前方連関性に対応する。そのため、それらをもとにして部門間の連関性を計測・比較するための様々な連関性指標が考案されてきた。

ある経済における各産業部門の重要性や役割を把握するため、横軸に後方連関性指標、縦軸に前方連関性指標をとった2次元の散布図を用いた可視化が広く用いられている。総務省 (2020) では、このような部門類型を機能分析 (functional analysis) と呼んでいる。後方連関性指標としてRasmussen (1956) の影響力係数、前方連関性指標としてやはりRasmussen (1956) の感応度係数

$$b_{R(k)} = \frac{\sum_i l_{ik}}{\sum_i \sum_j l_{ij}/n}, \quad f_{R(k)} = \frac{\sum_j l_{kj}}{\sum_i \sum_j l_{ij}/n} \quad (12)$$

を用いた部門類型が国内で伝統的に最も広く行われている（総務省 (2020) をはじめとして、日本政策投資銀行・価値総合研究所 (2019)、土居・浅利・中野 (2019) 等)。(12)式中、 $b$ 、 $f$  は、それぞれ、後方連関性指標、前方連関性指標をさす。また、添え字の  $R$  はRasmussen指標であることを示す。以下、類似の表記法を用いる。

(12)式から明らかなように、Rasmussenの影響力係数、感応度係数は、それぞれ、Leontief逆行列の全要素平均に対する列和、行和の相対的な大きさを計測する。すなわち、影響力係数/感応度係数が1より大きい部門は、当該地域内での後方連関性/前方連関性が強いと解釈される。また、(12)式をベクトル表記すると、

$$b_R = (t'Lt/n)^{-1} t'L, \quad f_R = (t'Lt/n)^{-1} Lt \quad (13)$$

となる。

図1は、2015年静岡県表の公表値を23部門<sup>1</sup>に統合して求めたRasmussen指標の関係を描画したものである。図の煩雑さを避けるため、特化係数が1.3以上または生産額シェアが5%以上の部

<sup>1</sup> 1975年から2015年の9時点の静岡県表に共通する部門分類をもとに、23部門（〔農林漁業〕、〔鉱業〕、〔飲食品〕、〔繊維製品〕、〔製材・木製品〕、〔パルプ・紙〕、〔化学製品〕、〔石油・石炭製品〕、〔窯業・土石製品〕、〔金属・金属製品〕、〔自動車・同部品〕、〔その他の機械〕、〔その他の製造工業製品〕、〔建築・建設〕、〔電力・ガス・熱供給・水道・廃棄物処理〕、〔商業〕、〔金融・保険・不動産〕、〔運輸・運輸付帯サービス〕、〔通信・放送〕、〔公務・公共サービス〕、〔宿泊業〕、〔その他のサービス業〕、〔分類不明〕）に統合した。

門（〔分類不明〕を除いた13部門）についてのみ描画した。また、産業規模を同時に可視化するため、○の面積で生産額シェアをあらわす。

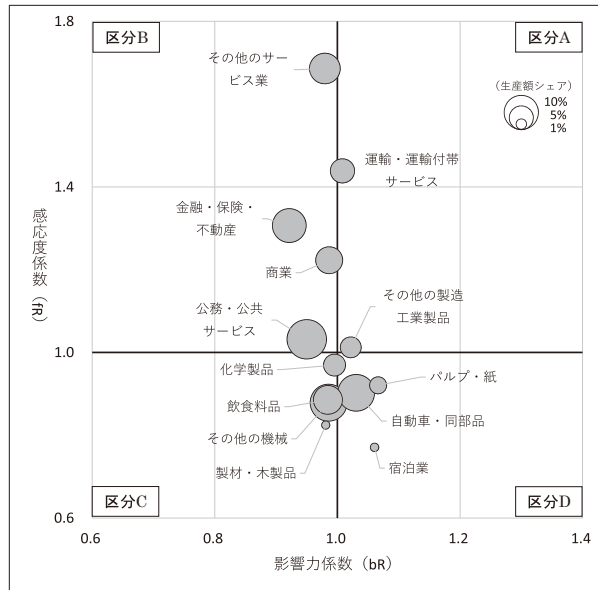


図1：Rasmussen指標による部門類型

図1のような連関性指標を用いた部門類型は、図中の横軸／縦軸の1を中心として、4区分で行われることが一般的である。すなわち、区分Aに属する部門は $b_R > 1$ 、 $f_R > 1$ の「原材料製造型」、区分Bは $b_R < 1$ 、 $f_R > 1$ の「サービス部門型」、区分Cは $b_R < 1$ 、 $f_R < 1$ の「独立型」、区分Dは $b_R > 1$ 、 $f_R < 1$ の「最終消費財型」と判別するわけである。なお、「」内の類型名称は、総務省（2020）の解説（p.118）を参考にしたものである。

図1から、特化係数の大きい部門、すなわち、静岡県の特徴的な部門である〔自動車・同部品〕、〔宿泊業〕が区分Dであると判別される。また、静岡県西部で盛んな楽器製造が含まれる〔その他の製造工業製品〕が区分A、生産額シェアの大きい〔金融・保険・不動産〕、〔商業〕、〔公務・公共サービス〕が区分Bに描画される。

実用上、Leontief逆行列を一度作ってしまえば、後方連関性指標である影響力係数を計算する工程と同じ手間で、前方連関性指標である感応度係数も計算できるという手軽さがある。ただし、すべての財の最終需要が一律に1単位増加する変化  $\Delta h = [1 \cdots 1 \quad 1 \quad 1 \cdots 1]'$  に対応するため、感応度係数の経済学的な解釈には、非現実的な消費行動の仮定が必要となる。また、Miller

and Blair (2022)によると、後方連関性にはLeontief逆行列をもととした指標、前方連関性にはGhosh逆行列をもととした指標が用いられることが一般的に合意されている (p.319)。感応度係数は、前方連関性の尺度として伝統的に利用されてきた一方で、Leontief逆行列から作られることに留意する必要がある。

影響力係数の基本的な考え方は、Leontief逆行列の列和  $\sum_i l_{ik}$  を当該経済内での後方連関性を測る尺度として利用することである。同様に、Ghosh逆行列の行和  $\sum_j g_{kj}$  によって、財  $k$  の供給量の変化に対する域内経済全体への影響の大きさが把握できる。以下、Leontief逆行列の列和ベクトル ( $1 \times n$ ) とGhosh逆行列の行和ベクトル ( $n \times 1$ ) を

$$\mathbf{b}_{\text{Total}} = \mathbf{t}'\mathbf{L}, \quad \mathbf{f}_{\text{Total}} = \mathbf{G}\mathbf{t} \quad (14)$$

とあらわすこととする。なお、Miller and Blair (2022) は、(14)式を、それぞれ、総合・後方連関性指標 (total backward linkage measure)、総合・前方連関性指標 (total forward linkage measure) と呼んでいる。

(14)式を用いると、(13)式で示された影響力係数は  $\mathbf{b}_R = (\mathbf{t}'\mathbf{L}\mathbf{t}/n)^{-1} \mathbf{b}_{\text{Total}}$  と書き換えられる。すなわち、影響力係数は、総合・後方連関性指標  $\mathbf{b}_{\text{Total}}$  を「平均を1とする」ように標準化した指標であることがわかる。ところが、Miller and Blair (2022) が指摘するように (p.305, 脚注16)、(13)式で「平均を1とする」ことは、実は本質的でない。当該経済においてある部門の連関性が平均以上か以下かに興味があれば、「平均0、標準偏差1とする」標準化でも同様の情報が得られるからである。

総合・後方連関性指標は、Leontief逆行列の列和であることから、必ず1以上となる。その値がいくつ以上になれば後方連関性が強いと判断するかの絶対的な基準はない。したがって、地域経済分析においては、当該経済の全部門平均に対する相対的な大きさを読み取ることになる。そのため、部門類型化を行う目的であれば、総合・連関性指標をはじめとする諸指標を標準化して用いればよい。さらにいえば、標準化された諸指標を用いることにより、平均以上/以下の情報だけでなく、平均からの離れ具合の情報も得られる。そのため、製品の品質管理等で用いられるような、1シグマ、2シグマ等の平均からの乖離の大きさを測る判断基準を連関性指標の解釈に応用することが可能となる。

図2は、2015年静岡県表をもとに計測された総合・連関性指標の関係を描画したものである。縦軸、横軸とも、各指標を標準化している。以下、 $\text{std}(\cdot)$  で指標の標準化 (standardization) をあらわすこととする。



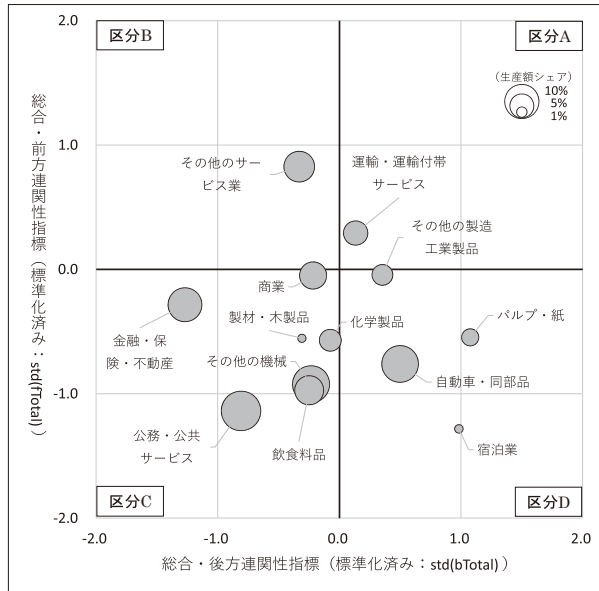


図2：総合・連関性指標による部門類型

図2で、横軸、縦軸が平均±標準偏差1個分の外側、すなわち $[-1, 1]$ の外側に位置する部門は、全部門平均に比べて、相対的に強い／弱い連関性を持つ部門であることを示している。既述の通り、影響力係数は、総合・後方連関性指標に「平均を1とする」変換を施したものであるため、図1と図2を横軸方向にみると、スケールの違いを無視すれば、同じ情報を描画したものであることがわかる。ただし、図2では、総合・後方連関性指標を標準化しているため、横軸方向の広がり強調されて描画される。

図1で区分Aであった[その他の製造工業製品]は、図2で区分Dと判別される。また、図1で区分Bであった[金融・保険・不動産]、[商業]、[公務・公共サービス]が図2で区分Cに移動している。これらの差異は、Leontief逆行列をもとにした感応度係数と、Ghosh逆行列をもとにした総合・連関性指標との違いによるものである。

Leontief逆行列をもとにした他の後方連関性指標のうち、主なものにDietzenbacher (2005) の純・後方連関性指標 (net backward linkage measure)

$$b_{\text{Net}(k)} = \frac{h_k}{x_k} \sum_i l_{ik} \quad (15)$$

$$\mathbf{b}_{\text{Net}} = \mathbf{t}' \mathbf{L} \hat{\mathbf{h}} \hat{\mathbf{x}}^{-1} = \mathbf{b}_{\text{Total}} \hat{\mathbf{h}} \hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (16)$$

がある。(16)式が示す通り、純・後方連関性指標は、最終需要と生産額の比と総合・後方連関性



指標  $b_{\text{Total}}$  との積で表現できる。

Leontiefモデルの均衡生産額 (5) 式の第  $k$  要素は,  $x_k = \sum_j l_{kj} h_j$  となるが<sup>3</sup>, この関係を用いると, (15) 式は,

$$b_{\text{Net}(k)} = \frac{h_k \sum_i l_{ik}}{\sum_j l_{kj} h_j} \quad (17)$$

と書き換えられる。(17)式の分子は, 財  $k$  の域内財最終需要  $h_k$  が財の投入関係 (後方連関性) を通じて経済全体へ与える生産波及効果である。それに対し, (17)式の分母は, すべての域内財最終需要 ( $h_j, j = 1, 2, \dots, n$ ) が部門  $k$  に与える影響 (すなわち, 部門  $k$  の生産額  $x_k$ ) である。したがって,  $b_{\text{Net}(k)} > 1 (< 1)$  のとき, すべての財の最終需要が部門  $k$  に与える生産波及効果以上 (以下) の影響を財  $k$  の最終需要が経済全体にもたらすことになる。その相対的な大きさが「正味の」後方連関性の強さをあらわすと考えるわけである。そのため,  $b_{\text{Net}(k)} > 1 (< 1)$  のとき, 部門  $k$  の後方連関性が強い (弱い) と判別される。平均以上/以下という他部門との相対的な大きさが意味を持つ影響力係数や総合・後方連関性指標とは異なり, その数値自体が経済学的な意味を持つことが, 純・後方連関性指標の特徴である。

また, 純・後方連関性指標のGhoshモデル版というべき純・前方連関性指標 (net forward linkage measure)

$$f_{\text{Net}(k)} = \frac{w_k}{x_k} \sum_j g_{kj} \quad (18)$$

$$\mathbf{f}_{\text{Net}} = \hat{\mathbf{x}}^{-1} \hat{\mathbf{w}} \mathbf{G} \mathbf{t} = \hat{\mathbf{x}}^{-1} \hat{\mathbf{w}} \mathbf{f}_{\text{Total}} \quad (19)$$

がTemurshoev and Oosterhaven (2014) により考案された。(19)式が<sup>3</sup>付加価値と生産額の比と総合・前方連関性指標  $f_{\text{Total}}$  との積で表現されている点は注目すべきである。なお, 純・後方連関性指標と同様に, 純・前方連関性指標もその数値自体が意味を持ち,  $f_{\text{Net}(k)} > 1 (< 1)$  のとき, 部門  $k$  の前方連関性が強い (弱い) と判別される。

図3は2015年静岡県表をもとに計測された純・連関性指標の関係を描画したものである。既述の通り, 純・連関性指標は数値の大きさ自体に意味があるため, 標準化を施していないが, 図中に平均と標準偏差を追加することにより, 当該経済内での純・連関性指標の相対的な大きさを把握することが出来る。

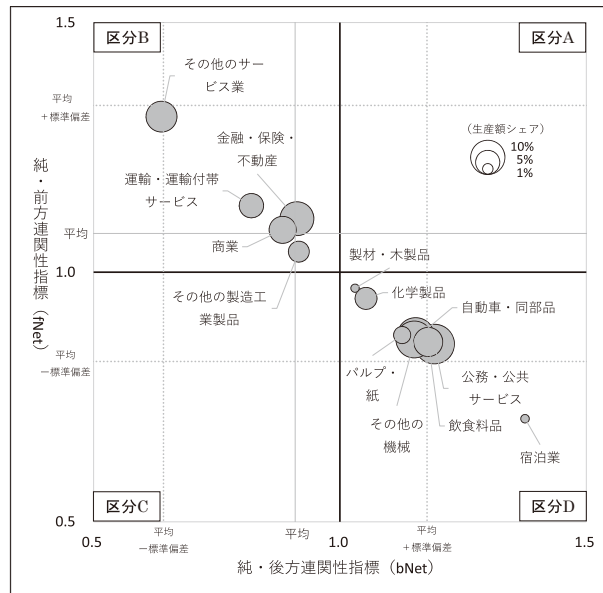


図3：純・連関性指標による部門類型

ただし、図3の解釈には、若干の注意を要する。たとえば、[その他の製造工業製品]の純・後方連関性指標は1未満であるため、当該部門の後方連関性は弱いと解釈しなければならない。また、同部門の純・前方連関性指標は1以上で、強い前方連関性を示している。その一方で、全部門の平均よりも右側かつ下方に位置していることから、地域経済の中では、相対的に強い後方連関性、相対的に弱い前方連関性を持つ部門となる。このことから、純・連関性指標の用いた部門類型には、総合・連関性指標や後述の他の指標とは異なる判別方法が必要であることがわかる。

さらに、図3を一見するだけで、純・連関性指標の解釈に関わる深刻な観察的事実が明らかとなる。それは、図3で左上から右下に各部門の○が分布していることである。実際、図3で用いた純・連関性指標どうしの相関係数は $-0.96$ である。すなわち、純・後方連関性が強い部門は弱い純・前方連関性をもつ傾向にあるようである。なお、1975年から2011年の静岡県表を用いた分析では、純・連関性指標どうしの相関係数は $-0.44$ （2005年表）から $-0.97$ （2005年表）であり、全時点で負の相関が確認できた。また、同時期の全国表を用いた分析でも、全時点で純・連関性指標に負の相関がみられた。さらに、Temurshoev and Oosterhaven (2014) は世界産業連関データベース（World Input-Output Database; WIOD）をもとに、33か国の様々な連関性指標の実証的比較を行っているが、所得を加重とした純・連関性指標で、負の相関関係が報告されている。以上のことから、純・連関性指標どうしの負の相関関係は、少なくとも実証的には頑健なものであると考えられる。この観察結果の意義について、本研究で立ち入ることは避け、指標の解説と分析

例の提示にとどめる。

### II. 3 HEMによる連関性指標

ある部門の生産活動が他の部門へ与える影響を削除（抽出）した仮想的経済と現実の経済の生産額の差を比較することで、当該部門の当該経済における影響の大きさを計測しようとするのがHEMの基本的な考え方である。

部門  $k$  が他の部門から中間財を一切購入しない仮想的な経済は、投入係数行列  $A_D$  のうち、第  $k$  列の全ての要素をゼロで置き換えた仮想的な投入係数行列  $\tilde{A}_D^{(-k)}$  で表現される。上添え字の  $(-k)$  で部門  $k$  を削除（抽出）したことをあらわす。仮に部門  $k$  で生産活動が行われても、その生産を行うために本来必要な中間財需要が増加しないような仮想的な投入関係が  $\tilde{A}_D^{(-k)}$  であらわされる。(5)式において、現実の投入係数行列  $A_D$  の代わりに  $\tilde{A}_D^{(-k)}$  を用いると、Leontiefモデルから仮想的な域内生産額  $\tilde{x}_L^{(-k)} = (I - \tilde{A}_D^{(-k)})^{-1} h$  が求められる。ここで、下添え字の  $L$  は、Leontiefモデルで求めた生産額であることを指す。投入係数の列のみの部分的な抽出であることを強調する意味で、このような方法は仮想的部分抽出（partial hypothetical extraction; 以下、PHE）と呼ばれる。

実際の域内生産額と上記で得られた仮想的な域内生産額との差

$$B_{PHE(k)} = \mathbf{t}'\mathbf{x} - \mathbf{t}'\tilde{\mathbf{x}}_L^{(-k)} \quad (18)$$

は、部門  $k$  の後方連関性を削除（抽出）したことによる域内生産額の減少分であり、PHE後方連関効果の大きさをあらわす。なお、(18)式は金額単位であり、その点で、無名数である既出の諸指標とは性質が異なる。Lach (2020) は(18)式であらわされる金額を「絶対的HEM効果指標」(absolute measure of HE impact) と呼んでいるが、混乱を避けるために、本研究では、無名数の連関性指標を小文字の  $b, f$  で、金額単位の連関効果を大文字の  $B, F$  で表記することにする。

同様に、部門  $k$  の前方連関を削除（抽出）した仮想的経済は、産出係数行列  $B_D$  のうち、第  $k$  行の全ての要素をゼロで置き換えた仮想的な産出係数行列  $\tilde{B}_D^{(-k)}$  で表現される。 $\tilde{B}_D^{(-k)}$  によって、部門  $k$  の生産活動の増加が他産業への供給に及ばないような仮想的な経済があらわされる。(10)式の  $B_D$  の代わりに  $\tilde{B}_D^{(-k)}$  を用いると、Ghoshモデルから仮想的な域内生産額  $\tilde{\mathbf{x}}_G^{(-k)} = \mathbf{w}(I - \tilde{B}_D^{(-k)})^{-1}$  が求められる。ここで、下添え字の  $G$  は、Ghoshモデルで求めた生産額であることを指す。この仮想的な域内生産額の実際の域内生産額からの減少分

$$F_{PHE(k)} = \mathbf{t}'\mathbf{x} - \mathbf{t}'\tilde{\mathbf{x}}_G^{(-k)} \quad (19)$$

が、PHE前方連関効果の大きさである。

PHEの考え方をさらに進め、ある産業が全く存在しない仮想的経済を想定し、現実の経済との

比較を行う方法が仮想的全面抽出 (complete hypothetical extraction; 以下, CHE) である<sup>2</sup>。まず, 部門  $k$  が存在しない仮想的経済の投入係数行列を  $\tilde{\mathbf{A}}_D^{(-k)}$  であらわすことにする。  $\tilde{\mathbf{A}}_D^{(-k)}$  は, 投入係数行列  $\mathbf{A}_D$  の第  $k$  列と第  $k$  行の全ての要素をゼロと置き換えた行列である。次に, 仮想的経済での最終需要を,  $\tilde{\mathbf{h}}^{(-k)}$  とあらわす。ここで,  $\tilde{\mathbf{h}}^{(-k)}$  は, 最終需要  $\mathbf{h}$  の第  $k$  要素をゼロと置き換えたベクトルである。  $\tilde{\mathbf{A}}_D^{(-k)}$  と  $\tilde{\mathbf{h}}^{(-k)}$  で表現される仮想的経済は, 部門  $k$  の中間財投入, 中間財産出だけでなく, 最終需要もゼロとしており, 文字通り, 部門  $k$  を全面的に削除 (全面抽出) した経済をあらわすことになる。(5)式において,  $\mathbf{A}_D, \mathbf{h}$  を  $\tilde{\mathbf{A}}_D^{(-k)}, \tilde{\mathbf{h}}^{(-k)}$  に置き換えると, 仮想的な域内生産額  $\tilde{\mathbf{x}}_L^{(-k)} = (\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_D^{(-k)})^{-1} \tilde{\mathbf{h}}^{(-k)}$  が求められ,

$$B_{\text{CHE}(k)} = \mathbf{t}'\mathbf{x} - \mathbf{t}'\tilde{\mathbf{x}}_L^{(-k)} \quad (20)$$

は, CHE後方連関効果の大きさをあらわす。

同様に, Ghoshモデルをもとに,  $\tilde{\mathbf{B}}_D^{(-k)}, \tilde{\mathbf{w}}^{(-k)}$  を作れば, (10)式より仮想的な域内生産額  $\tilde{\mathbf{x}}_G^{(-k)} = \tilde{\mathbf{w}}^{(-k)}(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{B}}_D^{(-k)})^{-1}$  が求められるので, CHE前方連関効果の大きさ

$$F_{\text{CHE}(k)} = \mathbf{t}'\mathbf{x} - \mathbf{t}'\tilde{\mathbf{x}}_G^{(-k)} \quad (21)$$

が求められる。

なお, Miller and Blair (2009) では, (20)式のCHE後方連関効果を, HEMによる「総合連関」(total linkage) と呼称している (p.565) が, 既出の総合・連関性指標 ( $\mathbf{b}_{\text{Total}}$ ) と混同しやすい名称であるため, 注意が必要である。その一方で, (21)式のCHE前方連関効果については, Miller and Blair (2019) で言及がなく, Miller and Blair (2022) で解説が追加された。

HEMの有用性は広く知られるが, 繰り返し計算 ( $k = 1, \dots, n$  の  $n$  回の逆行列計算) が伴うためにソフト面・ハード面での高い計算処理能力が必要であった。ところが, Temurshoev (2010), Temurshoev and Oosterhaven (2014) により, 仮想的抽出を施す前の通常のLeontief逆行列, Ghosh逆行列の要素を用いて, (20)式, (21)式が, それぞれ,

$$B_{\text{CHE}(k)} = \frac{x_k}{l_{kk}} \sum_i l_{ik}, \quad F_{\text{CHE}(k)} = \frac{x_k}{g_{kk}} \sum_j g_{kj} \quad (22)$$

と簡略化できることが示された。

(22)式を行列表記すると, それぞれ,

<sup>2</sup> Miller and Blair (2022) によれば, HEMの萌芽は, 1960年代のフランス語文献, ドイツ語文献に見られるCHEであり, 英語で公刊された最初の文献がSchultz (1977) であるとされる。その後, Dietzenbacher and van der Linden (1997) 等の研究により, PHEの考え方が広まったようである。

$$\mathbf{B}_{\text{CHE}} = \mathbf{t}'\mathbf{L}\hat{\mathbf{x}}(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} = \mathbf{b}_{\text{Total}}\hat{\mathbf{x}}(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} \quad (23)$$

$$\mathbf{F}_{\text{CHE}} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}\hat{\mathbf{x}}\mathbf{G}\mathbf{t} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}\hat{\mathbf{x}}\mathbf{f}_{\text{Total}} \quad (24)$$

となる。ここで、 $\text{diag}(\cdot)$  は、カッコ内の行列の対角要素だけを取り出した対角行列をあらわす。(23)式、(24)式から、既出の影響力係数、純・連関性指標と同様に、CHE連関効果も総合・連関性指標( $\mathbf{b}_{\text{Total}}$ ,  $\mathbf{f}_{\text{Total}}$ )を含む形に整理できることがわかる。

さらに、Temurshoev and Oosterhaven (2014) により、PHE連関効果についても、

$$\mathbf{B}_{\text{PHE}} = \mathbf{t}'(\mathbf{L} - \mathbf{I})\hat{\mathbf{x}}(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} = (\mathbf{b}_{\text{Total}} - \mathbf{t}')\hat{\mathbf{x}}(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} \quad (25)$$

$$\mathbf{F}_{\text{PHE}} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}\hat{\mathbf{x}}(\mathbf{G} - \mathbf{I})\mathbf{t} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}\hat{\mathbf{x}}(\mathbf{f}_{\text{Total}} - \mathbf{t}) \quad (26)$$

であることが示され、やはり、総合・連関性指標( $\mathbf{b}_{\text{Total}}$ ,  $\mathbf{f}_{\text{Total}}$ )を含む形に整理できる。

これらの関係式により、HEMの普及の障壁となっていた繰り返し演算を行う必要がないことが示された。すなわち、一旦、Leontief逆行列とGhosh逆行列を計算しておけば、HEMによる連関効果と同等のものが、表計算ソフトウェア等を用いた四則演算で計算可能である。国内で伝統的に広く用いられている影響力係数および感応度係数の計算過程でLeontief逆行列が得られているはずなので、追加の工程は、Ghosh逆行列の計算のみである。今後、都道府県や小地域産業連関表を用いた自治体による実務的な分析でも、HEMが普及していくものと予想される。

全面的であれ部分的であれ、HEMの考え方はシンプルなものである。また、仮想的に抽出する部門は単一である必要はなく、複数の部門を抽出して、部門グループの後方連関効果や前方連関効果を計測することが可能である。その意味で、柔軟な(flexible)手法であるといえる(Temurshoev and Oosterhaven (2014))。しかしながら、実証的分析に際して、HEMの利用には若干の注意を要する。たとえば、CHE連関効果( $\mathbf{B}_{\text{CHE}(k)}$ ,  $\mathbf{F}_{\text{CHE}(k)}$ , (22)式)には、各部門の生産額  $x_k$  が含まれており、連関効果の大きさが、生産額の大小関係にも依存することがわかる。したがって、大きな／小さな部門ほど、連関効果が大きく／小さく計測される傾向にある。このことが、実用上の問題を引き起こすことがある。

この問題点を端的かつ明確に示すために、2015年静岡県表をもとに計測されたCHE連関効果の関係を描画したものが図4である。なお、各数値は標準化済みである。

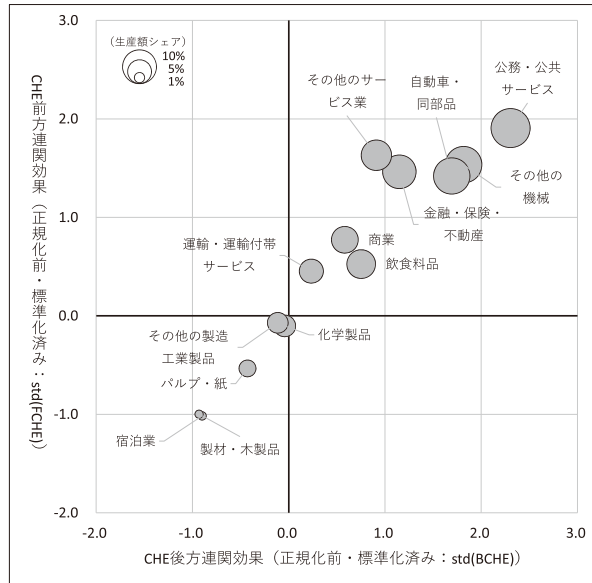


図4：CHE連関効果（正規化前）の関係

図4では、左下から右上にかけて○が分布しており、さらに、右上にいくほど大きな○（生産額シェアが大きい部門）が描かれていることがわかる。すなわち、図4は、Temurshoev and Oosterhaven (2014) やLach (2020) らが指摘する「大きな／小さな部門を抽出すると、経済全体に大きな／小さなインパクトを与える」という当然の結果をあらわしているのみである。このことから、部門間の連関性の把握や部門類型の目的で、CHE連関効果やPHE連関効果をそのままの形で利用する分析には、支障があることが明らかである。

このようなCHE、PHEの欠点を補うため、Temurshoev and Oosterhaven (2014) やLach (2020) では、たとえば、CHE後方連関効果  $B_{CHE(k)}$  を仮想的に削除（抽出）された部門  $k$  の生産額 ( $x_k$ ) で除すことにより正規化（normalize）している<sup>3</sup>。すなわち、部門  $k$  のCHE後方連関性指標は、

$$b_{CHE(k)} = B_{CHE(k)} / x_k = \left( \frac{x_k}{l_{kk}} \sum_i l_{ik} \right) / x_k = \frac{1}{l_{kk}} \sum_i l_{ik} \quad (27)$$

であらわされる。⑳式から㉑式を同様に正規化した連関性指標を行列表記すると、

<sup>3</sup> 高瀬（2016, 2017, 2021）は、PHE連関効果が無名数化するために、金額表示の減少額を全部門の生産額合計（ $\mathbf{1}'\mathbf{x}$ ）で除した減少率に変換し、他の連関性指標との比較を行った。本研究の議論から明らかのように、部門類型に利用する目的で連関性指標を用い、その比較を行うためには、正規化したHEM連関性指標の方がより望ましい。部門類型化の再評価、諸指標の実証的比較と再検討については、（ごく近い）今後の課題とする。

$$\mathbf{b}_{\text{CHE}} = \mathbf{t}'\mathbf{L}(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} = \mathbf{b}_{\text{Total}}(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} \quad (28)$$

$$\mathbf{f}_{\text{CHE}} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}\mathbf{G}\mathbf{t} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}\mathbf{f}_{\text{Total}} \quad (29)$$

$$\mathbf{b}_{\text{PHE}} = \mathbf{t}'(\mathbf{L} - \mathbf{I})(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} = (\mathbf{b}_{\text{Total}} - \mathbf{t}')(\text{diag}(\mathbf{L}))^{-1} \quad (30)$$

$$\mathbf{f}_{\text{CHE}} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}(\mathbf{G} - \mathbf{I})\mathbf{t} = (\text{diag}(\mathbf{G}))^{-1}(\mathbf{f}_{\text{Total}} - \mathbf{t}) \quad (31)$$

となり、やはり、総合・連関性指標 ( $\mathbf{b}_{\text{Total}}, \mathbf{f}_{\text{Total}}$ ) を含む形に整理できる。

図 5 は、2015 年静岡県表をもとに計測された正規化後の CHE 連関性指標の関係を描画したものである。なお、各数値は標準化済みである。

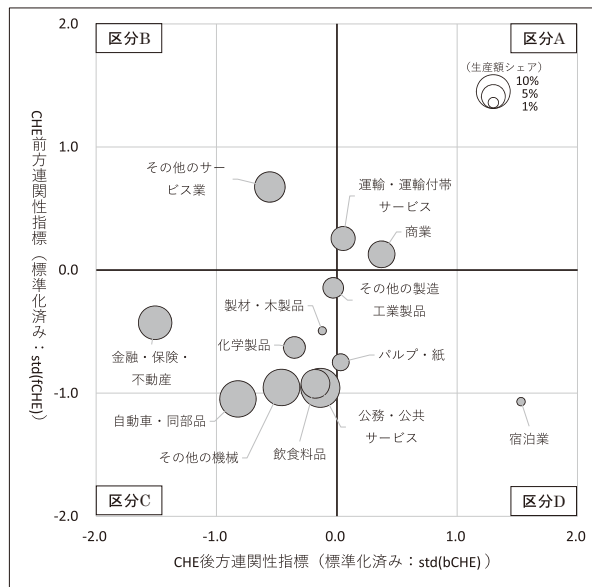


図 5 : CHE 連関性指標による部門類型

金額評価された連関効果の大きさを示す図 4 とは異なり、図 5 はある部門の他部門との後方連関性、前方連関性の強さをあらわしている。図 1、図 2 で区分 D であった [自動車・同部品] が区分 C となり、「独立型」と判別されることが特徴的である。また、[その他の製造工業製品] は、図 1 で区分 A、図 2 で区分 D、図 5 で区分 C、[商業] は、図 1 で区分 B、図 2 で区分 C、図 5 で区分



Aとなり、用いる連関性指標によって部門類型が異なる結果となった。その一方で、[宿泊業]は、どの指標を用いても、区分D「最終消費財型」と判別された。

### Ⅲ 分析例：1975-2015年静岡県経済の経年変化

前節で行った部門類型は、当該経済での当該時点での各部門の重要性や役割について、各連関性指標の全部門平均との相対的な大きさを評価したものであった。同じ方法を複数年の産業連関表に適用することで、部門類型の経年変化をとらえることが出来る。

図6は、1975年から2015年の9時点の静岡県表をもとに計測した[自動車・同部品]の総合・連関性指標の関係を図示したものである。比較のため、同期間の全国表を用いた計測結果も記した。なお、各指標は年ごとの全部門平均と標準偏差を用いて標準化している。

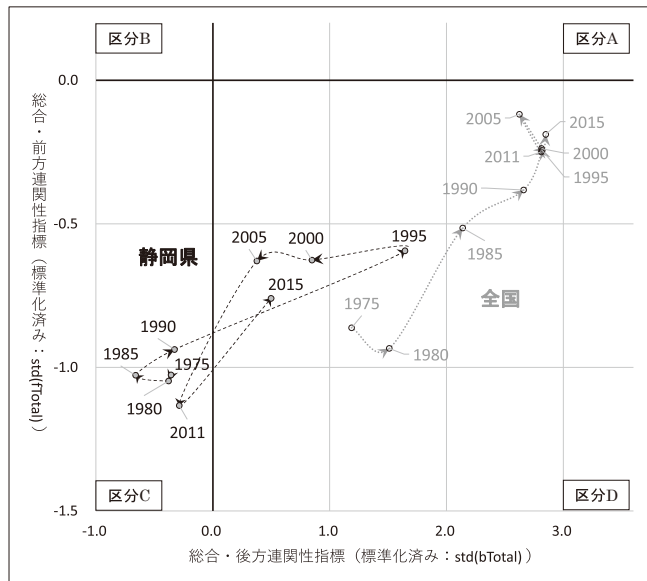


図6：総合・連関性指標による[自動車・同部品]の部門類型の推移

図6で、静岡県の[自動車・同部品]は、1975年から1990年まで、「独立型」とされる区分Cに描画されている。その後、1995年から2005年は「最終消費財型」とされる区分D、一旦、2011年に区分Cに戻り、2015年表で再び区分Dとなっている。一方、全国表を用いた分析では、同部門が常に区分Dとなった。静岡県表等の地域産業連関表では、輸出入に加えて移出入が含まれるた

め、域外取引の比重が大きい傾向にある。そのことが、部門類型の推移にも影響を与えているものと考えられる。特に、静岡県の[自動車・同部品]は隣県の愛知県の同部門に比べ、移入の割合が大きいことが知られており（たとえば、高瀬（2021）、紀村（2022）等）、そのことが、図6の分析結果にも影響しているものと考えられる。

図6と同様の分析を、CHE関連性指標を用いて行ったものが図7である。

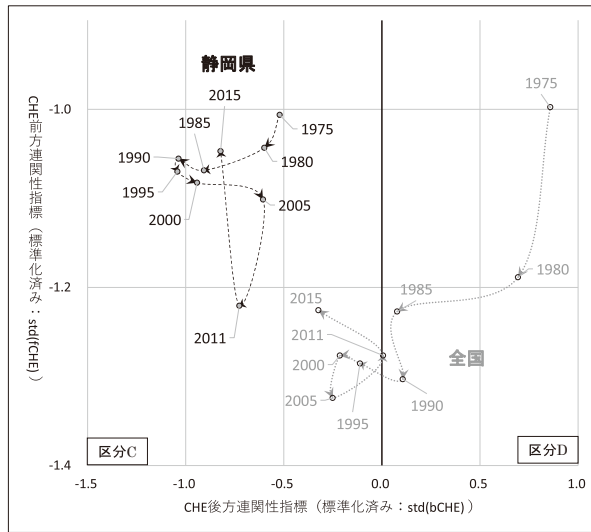


図7：CHE関連性指標による[自動車・同部品]の部門類型の推移

図6とは対照的に、図7では、静岡県の[自動車・同部品]が1975年から2005年の全時点で区分Cである一方で、同時期の全国表では区分Dから区分Cへと部門類型の変化があったことがわかる。

図8左側の図は、図6と同様の分析方法を[商業]に適用したものである。また、図8右側は図7に対応する。[自動車・同部品]とは異なり、静岡県の[商業]について、関連性指標の変動が全国表のそれよりも大きいことが特徴的である。また、全国の[商業]が全時点で区分Cであることと対照的に、静岡県の[商業]は、経路の違いはあるものの両指標で区分A、区分B、区分Cに属する期間がある。この間の静岡県経済に特有の域内関連性の変化を反映しているものと考えられる。

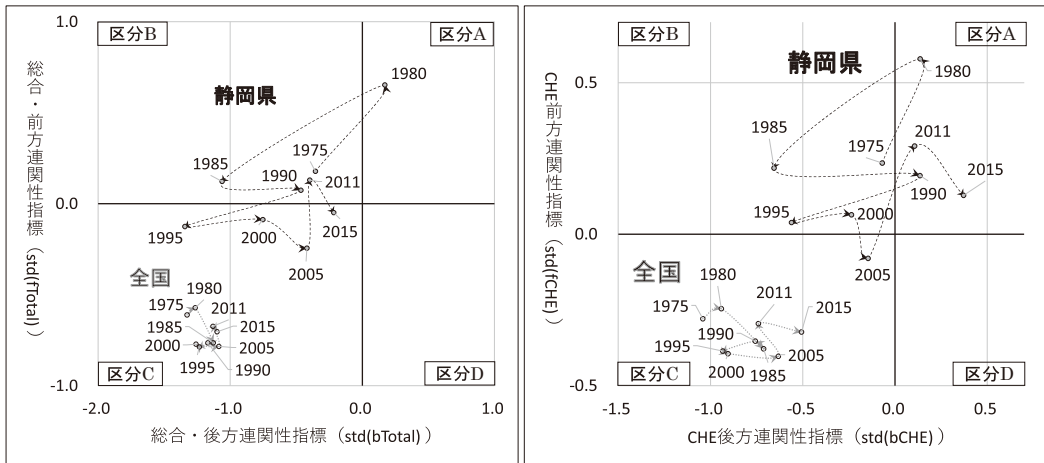


図8：連関性指標による[商業]の部門類型の推移

以上の分析では、当該地域経済の部門類型を探るため、全部門平均を基準にした各指標の大小関係を検討してきた。換言すれば、これまでの分析は、ある産業が当該地域経済内で「どのくらい重要か」を探る分析であり、いわゆる主要部門（key sector または leading sector）を明らかにする目的で、連関性指標を用いたものである。

それに対し、複数年の連関性指標を比較する際、ある部門の生産活動が地域経済に与える生産波及効果が「どのくらい大きいか」を絶対評価することがより重要な場合がある。(14)式の総合・後方連関性指標  $b_{Total}$  は、Leontief逆行列の列和なので、ある財の最終需要の増加がその何倍の生産波及効果を経済全体に与えるかをあらわしている。これは、Miller and Blair (2022) が生産乗数（output multiplier）と呼ぶ効果に相当する。総合・後方連関性指標が、後方連関性の強さの指標であることを強調する意味で、後方生産乗数と呼ぶこともできる。同様に、ある部門の本源的生産価値がその何倍の生産額増加を経済全体に与えるかをあらわす意味で、総合・前方連関性指標は、前方生産乗数とも呼び換えられる。

図9左側の図は、静岡県と全国表から計測した後方／前方生産乗数（標準化を施さない総合・連関性指標）の関係を描写したものである。静岡県経済での各生産乗数の変化の推移を強調するため、図9右側の図は、縦軸、横軸の表示範囲を変更したものである。

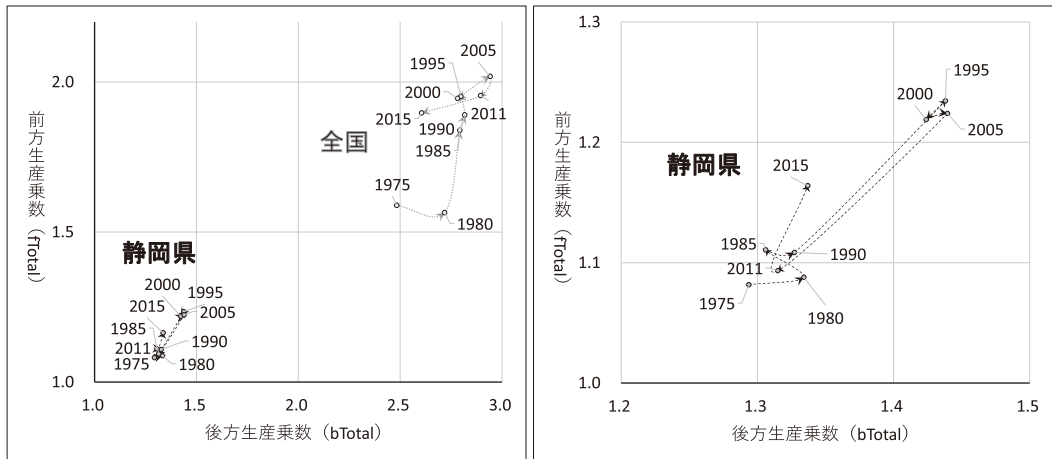


図9：[自動車・同部品]の生産乗数の推移

図9左側から、全国表と比較して、静岡県表の後方／前方生産乗数が概ね小さいことがわかる。このことは、図7、図8の観察事実と同様に、移入を含む地域表と輸出入のみを考慮した全国表との差異をあらわしている。全国表に比べ、地域表では移輸入の割合が大きいため、最終需要の増加による域内での生産波及が小さくなり、域外に及ぶ生産波及が大きくなる傾向にあるからである。

また、図9右側から、静岡県の[自動車・同部品]の後方連関性、前方連関性が1975年当時よりも強くなっていることがわかる。特に、1995年から2005年にかけて、右上方向に大きく推移していることが顕著である。その後、一旦、2011年で県内の他産業との後方／前方連関性が弱まるものの、2015年には域内連関性の回復が見られる。

1975年から2015年の40年間に、自動車輸送の役割をはじめ、省エネ意識や生活様式の大きな変化があったことがよく知られている。また、車体軽量化や金属節約のためのプラスチック部品の増加やハイブリット車や電気自動車等の低環境負荷型自動車の普及等により、[自動車・自動車部品]の投入構造が大きく変化していることが考えられる。これらの社会・経済状況の変容が、図9で示したような生産乗数の推移に影響しているものと思われる。さらに、サプライチェーンの変革による移輸入構造の変容も、生産乗数の変動要因になりうる。その一方で、図9から、静岡県表の生産乗数が全国表のそれとは異なる経路をたどって変化していることがわかる。特に、2011年から2015年の変化は、静岡県表で域内連関性の回復傾向を示すが、全国表ではその逆の推移が見られる。このことから、静岡県経済に特有の現象も、地域内の生産乗数効果に影響していることが示唆される。地域経済分析の課題として、より詳細な検討が必要であるが、ここでは観察結果を提示するにとどめる。

#### IV まとめと考察

本研究では、地域産業連関表と地域産業連関モデルを用いて計測した様々な連関性指標を用い、地域経済の産業部門の類型化の方法を示した。その過程で、近年の連関性指標の議論を整理し、地域経済分析に用いる際の課題点と解決法の一例を示した。さらに、1975年から2015年の9時点の静岡県表と全国表を用いて、部門類型の経年変化と生産乗数の推移を例示した。

本研究の観察結果を通して、連関性指標を用いた地域経済分析に複数の課題が見つかった。まず、純・連関性指標に関して、その経済学的意義と性質を明らかにする必要がある。図3や他の研究結果から純・連関性指標どうしに負の相関関係が観察されているが、その要因の検討・解明には至っていない。

また、HEM連関性指標に関して、投入係数行列 ( $A_p$ ) と産出係数行列 ( $B_p$ ) の安定性 (stability) に関する議論は未解決なままである。一般に、両者の安定性は両立しない (Miller and Blair (2022), p.295) ため、HEM連関性指標の利用の妥当性に関する議論が十分ではない。既述の通り、HEM連関性指標の計算負荷による利用の障害はなくなったが、Rasmussen指標を伝統的に用いてきた実務者や研究者にとって、これらの係数の安定性が重視される傾向があることが、HEMの普及を妨げる可能性があるように思われる。その観点から、HEMの実用上の問題点について、さらに注意深い検討が必要である。

上記の重要課題の解決を目指し、諸指標の特徴について、解析的な分析を進めると同時に、複数の都道府県表を用い、多くの測定結果を蓄積することが必要である。それらをもとに、様々な連関性指標の実証的な比較・検討を行うことは、残された大きな課題である。

#### 謝辞

本研究は、日本学術振興会 科研費 基盤研究(C)「地域経済の産業構造を把握するための産業部門間の連関性指標の検討」(研究課題番号:22K01458, 2022~2024年度, 研究代表者:高瀬浩二)の一部として行われた。また、本研究で用いた1975年から2015年の静岡県表および全国表の電子データ整備とその部門概念の整理は、静岡大学人文社会科学部の令和3年度学部長裁量経費・重点個別研究支援経費「地域産業連関分析の普及および利活用の促進」の成果の一部である。さらに、静岡地域分析研究会の参加者各位には、本研究で行った諸指標の解釈やそれらの政策策定に関する含意について、地域経済のステークホルダーの立場から多くの有益なコメントとアドバイスをいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 紀村真一郎 (2022)「愛知県と静岡県の自動車産業による地域間取引の経年変化—中部圏地域間産業連関表を用いた仮説的抽出法による分析—」『産業連関』, 29(1), pp.65-79.
- 総務省 (2020)『平成27年 (2015年) 産業連関表—総合解説編—』経済産業調査会.
- 高瀬浩二 (2016)「産業部門間の連関性指標と地域経済における主要産業の特定」『静岡大学 経済研究』, 20(4), pp.87-107.
- 高瀬浩二 (2017)「連関性指標の再検討：都道府県産業連関表を用いた実証分析」『静岡大学 経済研究』, 21(4), pp.1-30.
- 高瀬浩二 (2021)「産業構造の可視化の試行：地域産業連関モデルと連関性指標」『静岡大学 経済研究』, 25(3), pp.1-25.
- 土居英二・浅利一郎・中野親徳編著 (2019)『はじめよう地域産業連関分析 [改訂版] 基礎編』日本評論社.
- 日本政策投資銀行・価値総合研究所 (2019)『地域経済循環分析の手法と実践』ダイヤモンド社.
- Dietzenbacher, E. (2005), "More on multipliers," *Journal of Regional Science*, 45(2), pp.421-426.
- Dietzenbacher, E. and J. A. van der Linden (1997), "Sectoral and spatial linkages in the EC production structure," *Journal of Regional Science*, 37(2), pp.235-257.
- Lach, L. (2020), *Tracing Key Sectors and Important Input-Output Coefficients: Methods and Applications*, Wydawnictwo C. H. Beck.
- Miller, R. E. and P. D. Blair (2009), *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, 2nd. ed., Cambridge University Press.
- Miller, R. E. and P. D. Blair (2022), *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, 3rd. ed., Cambridge University Press.
- Rasmussen, P. N. (1956), *Studies in Intersectoral Relations*, North-Holland.
- Schultz, S. (1977), "Approaches to identifying key sectors empirically by means of input-output analysis," *The Journal of Development Studies*, 14(1), pp.77-96.
- Temurshoev, U. (2010), "Identifying optimal sector groupings with the hypothetical extraction method," *Journal of Regional Science*, 50(4), pp.872-890.
- Temurshoev, U. and J. Oosterhaven (2014), "Analytical and empirical comparison of policy-relevant key sector measures," *Spatial Economic Analysis*, 9 (3), pp.284-308.