

産業連関分析と差の差の分析にみる経済効果測定手法の進展

櫻井 宏明

要旨

野球チームの優勝や音楽グループのコンサート開催などに伴う「経済効果」が新聞記事やインターネットをにぎわすことも多い。本稿では、この「経済効果」について、産業連関分析及び差の分析という2つの分析手法に絞って発展と分析手法を確認していく。本稿での内容をまとめると以下のとおり。第1に、両手法とも半世紀以上前という比較的古くに開発された簡便かつ確立された分析手法である。第2に、基本的な手法は確立されているが、その分析手法などについてはさらなる研究の進展がみられる。第3に、確立され応用性の高い分析手法であるため、地域経済分析など身近な素材をもとに考える際にも有効である。総合的に、これらの分析手法の活用方法は着想とデータ勝負である。

1. はじめに

野球チームが優勝したときの経済効果、音楽グループのコンサート開催に関する経済効果など、日ごろの新聞記事やインターネットなどで経済効果に関する記事を目にすることは多い。ここに出てくる経済効果の算出手法は産業連関表を使用した誘発効果を計算することが多い。この手法自体はレオンチェフが開発したものであるが、簡便であり応用性も高いことから現在でも研究は伸展している。

また、より個人の効果に着目した簡便かつ説得力の高い計測法として差の差の分析がある。こちらは元来医薬品の効果測定等、医学療法が応用された手法であるが、ごみ処理場が建設されたときに地価に与える影響や最低賃金の効果など、こちらも地域経済に与える効果を計測する上で簡便かつ応用性の高い分析手法であることから研究は伸展している。

本稿では、これらの手法に関するこれまでの研究の進展を概観するとともにその考え方、簡単な算出方法を取りまとめることで、その応用性について検討を行う。

2. 産業連関表を使用した経済効果の計測法

(1) 産業連関表の作成とその広がり

各々の産業では、投入物を活用して産出物を生み出している。製造業であれば原材料と中間生産物（部品など）を投入して産出物を製造し、最終製品が消費者により消費される。英語では投入物と産出物の表から Input-Output Table、略して I-O などと呼ばれる。

産業連関表はアメリカの経済学者レオンチェフにより開発された（Leontief 1936）。その後改良が重ねられ、1951 年になり、アメリカでは 1919 年、1929 年は 10 産業、1939 年は 42 産業から構成される産業連関表を作成した。同時にレオンチェフは自らパンチカードを使用してレオンチェフ逆行列を計算したという。最終的には 1968 年 SNA（System of National Account、国民経済計算体系）に反映されている（Polenske 2004）。

日本の産業連関表は 1951 年に作成が始まり、1950 年代半ばから経済政策や開発計画の企画立案などに応用されてきた（Shishido 2004、高山 2021）。また、1960 年からは地域間産業連関表が作成され、各都道府県にも産業連関表を作るなどの動きが広がった。県レベルでは全県のみならず、県内地域毎の産業連関表を作成することもあった。また、市町村レベルでも政令指定都市を中心に作成されることがあった（石川 2016）。このように産業連関表は一国経済のみならず、一国内部の経済取引を切り出して作成することも可能である。

産業連関表は国内のみならず、国家間、世界規模で作成することが可能である。例えばアジア経済研究所では 1970 年からアジア産業連関表を作成している（猪俣 2013、桑森編 2020 等）。また、世界規模の産業連関表もいくつかの機関で作成され、産業構造の解明や環境問題への影響や対策を試算する際などにも応用されている（猪俣 2019 等）。

（2）産業連関表の構造と逆行列係数表、誘発効果

産業連関表を活用した分析手法には様々なものがあるが、本稿では日常生活には「経済効果」と呼ばれる「誘発効果」に限定して議論を進める。この「誘発効果」は、ある産業の最終需要が 1 単位増加した際に、経済全体では何単位増加するかを示すもので、この倍率を表した係数が「誘発係数」、同産業の最終需要額にショックがあった際に最終的に経済に与える影響が「誘発額」すなわち「経済効果」となる。

産業連関表の構造及びその波及効果についてはすでに様々な教科書で丁寧に解説されているため（手元にあるものをみても、石村他 2009、小長谷、前川編 2012、土居他 2020、藤川 2005 など）、ここでは総務省ホームページにある「産業連関表の仕組み」をもとに簡単に確認する程度にとどめる。

2 産業から構成される産業連関表を考える（例えば、農業と工業を考えるとよい）。産業 A を縦（列）にみると、原材料の中間投入として、産業 A から 30 億円、産業 B から 60 億円を購入し、210 億円の付加価値を加えて 300 億円の生産が行われている。一方、産業 A を横（行）にみると、300 億円の生産額のうち産業 A に 30 億円、産業 B に 150 億円が販売され、120 億円が最終需要として販売されたことが示されている。

表1 産業連関表の例

	中間需要		最終需要	総生産額
	産業 A	産業 B		
中間投入産業 A	30	150	120	300
中間投入産業 B	60	250	190	500
付加価値	210	100		
総生産額	300	500		

(備考) 総務省表1より

産業連関表のうち中間投入を総生産額で割ったものを投入係数と呼び、行列形式で表したものを投入係数行列と呼ぶ。投入係数行列を A とおくと

$$A = \begin{pmatrix} 30/300 & 150/500 \\ 60/300 & 250/500 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.3 \\ 0.2 & 0.5 \end{pmatrix}$$

産業連関表を行列表記すると

$$\begin{pmatrix} 0.1 & 0.3 \\ 0.2 & 0.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 300 \\ 500 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 120 \\ 190 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 300 \\ 500 \end{pmatrix}$$

総生産額を y、最終需要を c とおくと

$$\begin{pmatrix} 0.1 & 0.3 \\ 0.2 & 0.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_A \\ y_B \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_A \\ c_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_A \\ y_B \end{pmatrix}$$

辺々移行して

$$\begin{pmatrix} 0.9 & -0.3 \\ -0.2 & 0.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_A \\ y_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_A \\ c_B \end{pmatrix}$$

逆行列

$$A^{-1} = \frac{1}{0.9 \times 0.5 - 0.3 \times 0.2} \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 \\ 0.2 & 0.9 \end{pmatrix} = \frac{1}{0.39} \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 \\ 0.2 & 0.9 \end{pmatrix}$$

を左からかけると

$$\begin{pmatrix} y_A \\ y_B \end{pmatrix} = \frac{1}{0.39} \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 \\ 0.2 & 0.9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_A \\ c_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.282 & 0.769 \\ 0.513 & 2.307 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_A \\ c_B \end{pmatrix}$$

つまり、産業 A の最終需要が 1 億円増加すると、生産量が産業 1 で 1 億 2820 億円、産業 2 で 5130 億円増加、計約 1 億 7950 億円増加する。

より一般論としては、 $AY + C = Y$ であり、 $C = (I - A)Y$ 、 $Y = (I - A)^{-1}C$

と書ける。この $(I - A)^{-1}$ は最終需要増加の生産に対する波及効果を意味し、経済効果としてよく語られる。また、この行列をレオンチェフの逆行列と呼ぶ。

直観的には、数列の公式から

$$(I - A)^{-1} = (I + A + A^2 + \dots + A^{t-1} + \dots)$$

と書ける。これは、産業 A の新規需要 1 億円増加に対して、産業 A の生産を 1 単位増加する必要があるが、そのためには、産業 A の生産活動に用いられる原材料の投入を増加させる必要があり、産業 A では 1000 万円、産業 B では 2000 万円の生産増が発生する（間接効果第 1 次）。さらにそのための原材料のためにさらに生産増が必要となり（間接効果第 2 次）、こうした投入係数を介した波及が続いていくことで経済効果が発生することがわかる。

これら経済効果を波及効果と呼ぶ。いずれにせよ、実務的には最終需要に何がいくら増加するか、を計測し、逆行列と掛け合わせることで最終的な経済効果を算出することができる。ただし、4 産業以上の逆行列の算出は困難である。このため、産業連関表の逆行列は公表していることが多い。全国の産業連関表は総務省で、各地域の産業連関表は各地域経済産業局が各々計算し公表している。

（3）波及効果を計測する上での留意点

このように産業連関表による波及効果は簡便に算出することができる。他方、これも教科書レベルでよくいわれるとおり、産業連関分析を行う際には以下のような点に注意が必要である。

第 1 に、レオンチェフ型の生産関数を前提としているため、代替性が効かないことである。例えば、2021 年 5 月から 9 月までは感染症蔓延防止に伴い飲食店内での酒類が提供禁止となった。この時期、飲食サービスにおける酒類の投入は一時的に大きく変更しているが、こうした変化は産業連関表にはすぐには反映されない。

第 2 に、生産の投入産出行列は長期的にみた生産の関係を示しており、景気変動などの短期的要因を含まないことである。例えば、不景気の際には在庫が多く抱える産業が増加するが、需要が在庫放出にとどまる場合、生産の増加は当該産業でとまってしまう。

第 3 に、時期と産業区分があいまいになってしまうことである。まず、時期については波及が達成する時期が数か月の場合もあれば数年かかることもある。また、産業区分についてはどうしても実際よりもおおくりになってしまう。小さな地域における産業連関表になるほどデータ制約から産業区分を細かく設定することは困難となる。また、携帯電話のように新産業が出現し、数年で急成長したような場合でも産業連関表がその効果を計測するのは得意ではない。

これだけみても産業連関分析による経済効果については注意が必要であることがわかる。このため、1970 年代には産業連関分析の有益性に関する議論もあった。本稿では有益性に関する議論は割愛するが、より一般論として、こうした効果測定については手法の内容と限界を理解しながらその結果を捉えることにより、今後の政策企画立案に役立てることがあるべき姿であろう。

（4）今後の課題

次に、産業連関表を使用した波及効果測定法のうち、応用性を広め有効性を高める議論に絞って進展していく。ここでは、①データベースや産業連関表作成方法、②供給制約の分析、③生産ネットワークに関する分析について概観していく。

a. データベースおよび産業連関表の作成

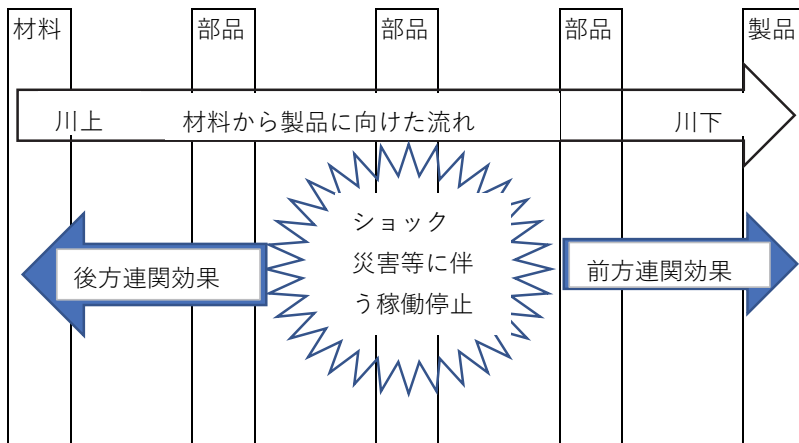
実際に産業連関表を作成しようとする、行と列をあわせるのに苦労する。また、地域データになると元データの収集に苦労することも多い。世界データでも開発途上国を中心にデータが存在しないことも多い。そのため、産業連関表の作成手法やデータベース作成方法自体が大きな作業になる。日本では 10 省庁が作成には関与しており、作成するのに 4 年を要している。統計作成当初の苦労については高山（2021）などに詳しく、国際産業連関表作成の苦労などは桑森編（2020）などに詳しい。

b. 前方連関効果

これまでみてきた「経済効果」はレオンチェフが提唱した逆行列であり、レオンチェフ逆行列と呼ばれる。レオンチェフ逆行列は「最終需要が増加したときに」どの程度の供給量が増加するか、という考え方であり、「コンサートが行われる」や「野球チームが優勝する」ことに伴う最終需要の増加をショックとして捉えるものである。こうした最終需要の増加は、特に製造業においてはわかりやすく、最終生産物である川下での需要増加が投入量である中間製品の需要増加を通じて原材料である川上に向かって生産増加が波及し、様子を捉えることから「後方連関効果」と呼ばれる。後方連関効果は需要増加が供給増加を招くというケインズ経済学の考え方にも適合しており、マクロ経済政策にも活用しやすいという利点がある。

これに対し、前方連関効果は原材料や中間投入の部品がショック等で供給が停止した際に下流に及ぼす影響を試算するものである。以下では前方連関効果の分析手法について黒岩（2006）をもとに確認を行う。

図2 後方連関効果と前方連関効果に関する模式図



(備考) 筆者作成。

産業連関表の産出係数行列を縦にみると、中間投入の行列の下に付加価値、その合計として生産量が示される。これまで、レオンチェフの行列式は横にみていたが、今回は縦に足し上げることとする。生産額を x 、中間投入を Z 、付加価値額を v とし、転置している印として'をつける以下の関係式を得られる。

$$x' = i'Z + v'$$

産出係数行列 $B = x^{-1}Z$ を代入すると、 $x' = x'B + v'$ となる。

これを x について解くと

$$x' = v'(I - B)^{-1}$$

となる。 $(I - B)^{-1}$ はゴーシュ行列（オリジナルは Ghosh1958）と呼ばれる。

ここで、 x' にショックがあると、産出係数に変化しない場合、 $v'(I - B)^{-1}$ が変化し、さらに x' が変化するという繰り返しが発生する。無限級数の総和の公式から、

$$\Delta x' = \Delta v'(I + B + B^2 + B^3 + \dots)$$

付加価値額が変化した場合に生産が変化し、中間財として各部門に配分、さらに生産が変化していくというプロセスが展開されている。

ただし、ゴーシュモデル（Ghosh Model）の前提として、すべての投入財の間に完全な代替性が必要であることがあげられるが（Gruver1989）、これは産業連関表における完全補完性と矛盾する。また、需要が完全に供給サイドから決定されることが非現実的である（Oosterhaven 1988）という指摘もある。

c. 供給制約などを含む生産ネットワークに関する分析

前方連関効果は地震や洪水などに伴う工場の被災・供給の停止が製品供給に対して影響を与えるものであるが、ある工場が停止しても他の工場が稼働率を高める等によりカバーされるといったことも考えられるため、その効果については議論が続いている。

先ほどみてきた前方連関効果に加えて、地域的な中間財の受け渡しについて分類することでこの効果を考えることができる。本稿では東日本大震災に伴う供給制約に関する分析を行った下田、藤川（2012）をもとに数式を使用して整理しておく。

G_{ij} を地域 i から地域 j に向けた配分係数とし、 x'_1 を地域 i の生産量、 v'_i を地域 i の付加価値とする。3地域に分割されており、地域3が被災したため外生変数になっているものとする。配分係数を固定と仮定すると、地域1と地域2の生産は次式のとおりとなる。

$$\begin{bmatrix} x'_1 & x'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_1 & x'_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x'_3 G_{31} + v'_1 & x'_3 G_{32} + v'_2 \end{bmatrix}$$

これを $\begin{bmatrix} x'_1 & x'_2 \end{bmatrix}$ について解く。まず上式を展開すると

$$\begin{bmatrix} x'_1 & x'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_1 G_{11} + x'_2 G_{21} + x'_3 G_{31} + v'_1 & x'_1 G_{12} + x'_2 G_{22} + x'_3 G_{32} + v'_2 \end{bmatrix}$$

整理すると

$$\begin{bmatrix} x'_1 & x'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_3 G_{31} + v'_1 & x'_3 G_{32} + v'_2 \end{bmatrix} \left[I - \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \right]^{-1}$$

災害により地域 3 の生産が Δx_3 だけ変化すると、地域 1 及び地域 2 の生産量は下式の $\Delta x'_1$ 及び $\Delta x'_2$ だけ変化する。

$$[\Delta x'_1 \quad \Delta x'_2] = [\Delta x'_3 G_{31} \quad \Delta x'_3 G_{32}] \left[I - \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \right]^{-1}$$

このモデルも完全な代替性を仮定しており、災害発生時にも配分係数が安定的であるなどの問題は残っている。下田、藤川（2012）では途中からレオンチェフモデルが働くものとしたハイブリッドモデルを使用して東日本大震災で工場が被災した際には生産が停止し、必要とされる供給が行われれないという供給制約の分析を行っている。また、複雑化するアジア生産ネットワークがショックを通じてどのような効果が発生するのか、ということに関する計測も盛んである。直近の例として猪俣（2019）では、アジア地域産業連関表を用いて付加価値貿易の構造を解析している。

（4）まとめ

産業連関分析は日本では 1950 年代に始まり 1960 年代に分析手法も発展し、1970 年代にかけ普及してきた手法である。産業連関表による経済効果の分析については以下の 3 つの特徴をあげることができる。

第 1 に、産業連関分析は大変簡便に行うことができることである。産業連関表は国のみならず、地域や都道府県、主要な市町村などでも作成され、多くの場合、逆行列も公表されるなど、分析するための手法もそろっている。計算方法も最終需要の増加額に逆行列としてあらわされている誘発係数をかけるだけであるため、多くの場合、インターネットと EXCEL を活用することで誘発額などを計算することができる。

第 2 に、簡便であるだけでなく、その分析手法も発展していることである。この内容は多岐にわたるが、誘発効果に関しては、産業の発展や供給網（サプライチェーン）の複雑化などを背景に、データベースや作成方法、計測手法などまだまだ研究の進展を続けている分野である。

第 3 に、活用方法は実体経済をよくみたとの着想と使用するデータに依存するアイデア勝負である。簡便に計測が行える分野であるため経済効果などの計測結果も多くみられる。これらについては、誘発額は最終需要の増加額に誘発係数をかけあわせるため、最終需要の増加額を大きく見積もると誘発額は大変大きくなるという計測上の問題があるが、その他にも投入係数が安定していることや波及の中断がないこと（在庫がないこと）などが想定されていることに注意が必要である。

3. 差の差の分析

（1）差の差の分析とは

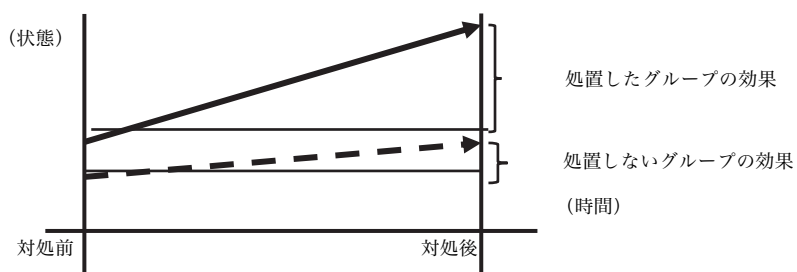
あるグループと他のグループにおいて、何かの対策がその後の解決の糸口となることがある。昔から医薬品（試薬）の効果については、医薬品を服用するグループ（Treatment Group）と服

用しないグループ（Control Group）に分類してその効果を検証することはよく行われてきた。サンプルをなるべく同一条件とし、薬を飲むと効くと思う精神的な効果に対しては偽薬を処方することで確認をとることが可能である。

あるグループのうち、服用したグループの服用前後の平均値と服用しないグループの前後の平均値を比較した際の差をみるのが差の差の分析（Difference-in Difference, DID）である（図3参照）。

この分析が簡便であることは、①対処前のグループをなるべく同一サンプルに近い条件にすることにより、その他の要因を同一条件にそろえることができ、他の要因に起因する効果を除去できること、②引き算をするという簡単な処理で効果を測定できることである。

図3 差の差の分析の概念図



$$\begin{aligned}
 & (\text{処置したグループの効果}) - (\text{処置しないグループの効果}) \\
 & = \{ (\text{処置したグループの対処後}) - (\text{処置したグループの対処前}) \} \\
 & \quad - \{ (\text{処置しないグループの対処後}) - (\text{処置しないグループの対処前}) \}
 \end{aligned}$$

(2) 歴史的展開と経済学における分析例

産業連関分析による経済効果とは異なり、明確な考案者はいないようである。DID の歴史を Angrist et al (2009) をもとにまとめると、この分析を初めて行ったのは Snow (1855) といわれている。コレラは汚濁水により伝播するが、当時は空気感染により伝播すると考えられていた。Snow は、汚濁水を排出する工場の移転前後の感染者を比較し、工場移転後の感染者数が減少したことから工場が排出する汚濁水がコレラの原因であると主張した。Snow はこの影響の大きさを計算しなかったが、試算も可能であるともいわれる (Coleman 2019)。また、社会科学では 1915 年のアメリカの最低賃金政策に活用されたのが最初のようなのである (Obenauer and Nienburg 1915)。

差の差の分析は、2つのグループ（スポーツチームや歌手グループなど）の比較でもよいが、より大きな集団を回帰式を使用して確認することもできる。

ここでは、大学院の講義や教科書でも取り上げられる代表的な分析例を2つとりあげる。

a. ごみ処理場と住宅価格の分析

Kiel and McClain (1995) では、ごみ焼却場が建設されたことにより地価の下落が発生したのかどうかを、ごみ焼却場の話が出る前の当該地域の売買価格とゴミ焼却場の話が出た後の売買価格を比較することにより、ごみ焼却場付近の地価の下落がごみ焼却場建設に起因していることを示している。

より具体的には、ボストンの約 20 マイル北部に位置するマサチューセッツ州 North Andover 地区 (27.85 平方マイル) における 1974 年から 1992 年まで 2593 件の住宅取引価格をもとに、同地区の北西部にごみ焼却施設建設が初めて公表された 1978 年以前と以後での比較を行う。同地区での行政サービスは均質であり、地区内での地価は、中心都市ボストンから離れた北部ほど低下する傾向はある。この点、ごみ焼却場はもともと地価の低い地点に建設された点に注意が必要である。

図 4 ゴミ焼却場の距離と住宅価格に関する推計式

TABLE III
Regression Estimates by Individual Phase Regressions

	Prerumor _a 1974-1977	Rumor _a 1978-1980	Prerumor _b 1974-1978	Rumor _b 1979-1980	Construction 1981-1984	Online 1986-1988	Ongoing 1989-1992
CONST	3.59** (5.29)	3.47** (7.46)	3.54** (6.86)	3.79** (5.84)	3.29** (9.73)	2.72** (8.18)	3.06** (9.26)
AGE	-0.79E-02** (-5.59)	-0.76E-02** (-7.41)	-0.79E-02** (-7.06)	-0.71E-02** (-5.50)	-0.58E-02** (-5.35)	-0.29E-02** (-3.11)	-0.65E-02** (-6.90)
AGESQ	0.33E-04** (4.71)	0.29E-04** (5.21)	0.33E-04** (5.74)	0.27E-04** (4.01)	0.27E-04** (3.74)	0.89E-05** (1.78)	0.31E-04** (6.08)
AREA	0.10E-03** (3.05)	0.22E-03** (8.33)	0.14E-03** (5.11)	0.21E-03** (5.56)	0.18E-03** (8.95)	0.18E-03** (10.27)	0.17E-03** (10.63)
BATH	0.14** (3.37)	0.08** (2.91)	0.14** (4.27)	0.08** (1.97)	0.22** (8.38)	0.16** (5.99)	0.15** (5.72)
ROOM	0.07** (4.23)	0.05** (2.79)	0.07** (4.88)	0.04** (1.87)	0.01 (1.01)	0.05** (3.81)	0.02 (1.24)
LAND	0.17E-05** (2.67)	0.44E-06 (1.25)	0.13E-05** (3.23)	0.32E-06 (0.43)	0.55E-07 (0.19)	0.35E-06 (0.92)	0.15E-06 (0.74)
LN DIST	0.014 (0.19)	0.042 (0.82)	0.020 (0.36)	0.743E-02 (0.10)	0.071* (1.95)	0.122** (3.30)	0.107** (3.03)
INTST	0.43E-05 (0.41)	0.16E-04** (2.39)	0.57E-05 (0.73)	0.28E-04** (2.85)	0.22E-04** (3.83)	0.12E-04** (1.99)	0.17E-04** (3.31)
INTSTSQ	0.16E-09 (-0.58)	-0.49E-09** (-3.07)	-0.19E-09 (-0.95)	-0.74E-09** (-3.33)	-0.73E-09** (-5.03)	-0.47E-09** (-3.33)	-0.64E-09** (-5.18)
LAKE	-0.17** (-2.11)	0.07 (1.53)	-0.12** (-2.09)	0.09 (1.48)	0.17E-02 (0.04)	0.10** (2.54)	0.04 (1.03)
Sample Size	416	481	595	302	662	711	323
AdjR ²	0.392	0.611	0.459	0.585	0.675	0.680	0.794
LLF	-162.50	-5.72	-174.60	-21.97	36.73	34.304	131.27

Note. Numbers in parentheses are *t* statistics. Dependent variable: LN (Sale Price/Boston Index).

* Significant at 10%.

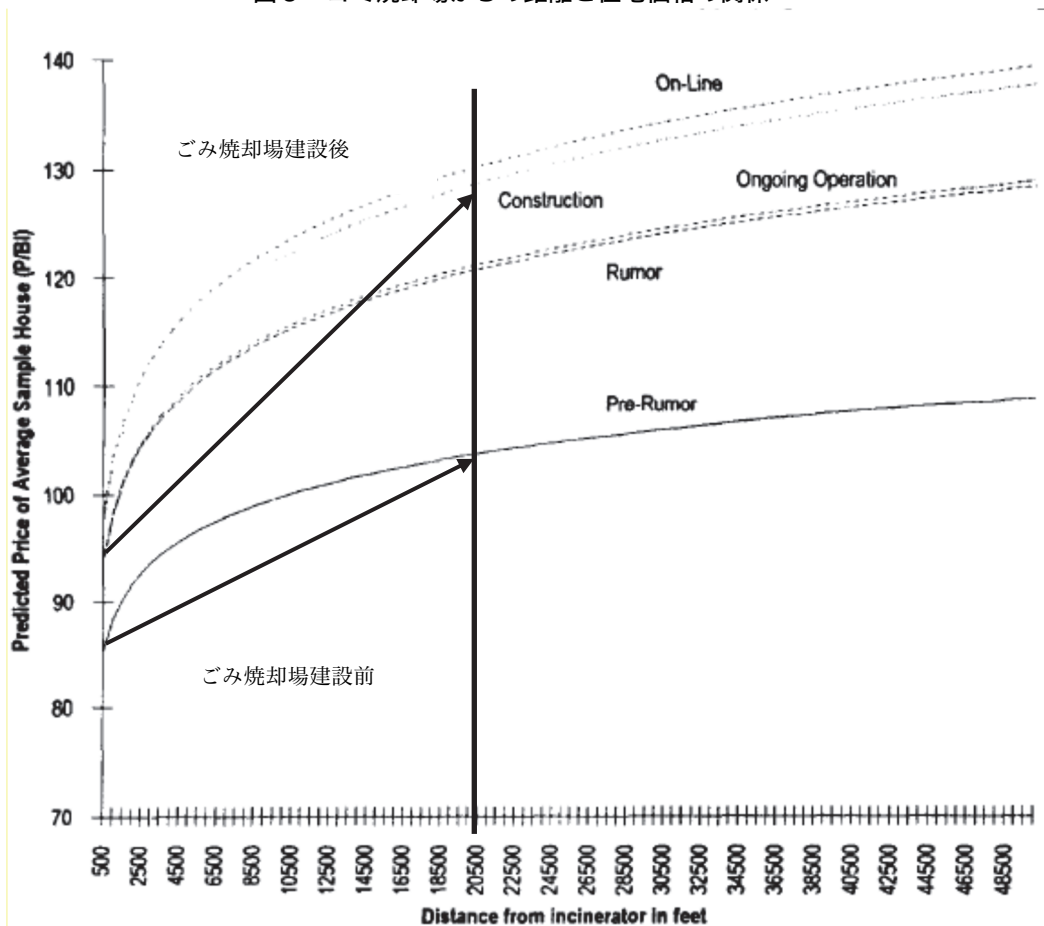
** Significant at 5%.

- (備考) 1. Kiel and McClain (1995) Table 3 より抜粋。太枠は筆者追記。
 2. 被説明変数は住宅価格 (対数)。
 3. 説明変数のうち、LN DIST がごみ焼却場からの距離 (対数)。

ごみ焼却場は1978年に初めて公表されたものの、実際の建設は1980～1984年まで、その後1985～1988年までは試行期間(online)、1989～1992年は本格稼働期間(Ongoing Operation)と複雑に動いており、地価の決定要因も住宅・土地の広さやボストンまでの距離、湖との距離など様々な要因がある。Kiekand McClain (1995) では租税事務所が有する情報をもとにデータを整理している。

単純に期間ごとに推計を行ったものが図4として表されている。ごみ焼却場建設前には建設期間である1981～1984年にはごみ処理との距離が近いと住宅価格が安価になる(ごみ処理施設から遠いほうが住宅価格が高価になる)傾向が10%有意にみられ、稼働を始めた1985年以降は5%有意として、ごみ焼却場から1%遠距離になると住宅価格は0.1%程度上昇することがいえる。推計結果を対数グラフにすると、特に最初の2マイルで影響が大きく、3.5マイル程度(約2万フィート)に影響が出ているとしている。

図5 ゴミ焼却場からの距離と住宅価格の関係



(備考) Kiel and McClain (1995) Figure 2 より抜粋。矢印は筆者追記。

本論はこのように精緻に分析を行っているが、より簡便には、たとえばごみ焼却場の話が持ち上がる以前である 1977 年の住宅取引価格と稼働後である 1987 年の価格を比較する、といった手法も可能である。

$$\widehat{P}_{1987} = \alpha - \beta_{1977} \ln DIST_{1977}$$

$$\widehat{P}_{1987} = \alpha - \beta_{1987} \ln DIST_{1987}$$

住宅取引は毎年そして案件ごとに異なるが、このように差の差の分析として示すことができる。

b. 移民の効果

Card (1990)では、移民比率の高いフロリダ州・マイアミにおいて移民が地元の労働機会を奪っていないかを確認するため、同じフロリダ州・タンパ、アトランタ、ロサンゼルス、ヒューストンで移民の賃金及び地元労働者の賃金を比較し、こうした労働機会を奪っているわけではないことを示している。

より具体的には、1980年5～9月に約12万5千人のキューバ人難民が主にボートによりマイアミに漂着したマリエル事件によりマイアミの移民は7%増加、マイアミの労働力人口は20%増加したといわれる。この移民に伴う労働力人口増加により、マイアミの白人の雇用が奪われたかを検証するため、1979～1985年の人口推計を活用した。比較対象としては、人種構成が似ているものの移民の流入がみられなかったアトランタ、ロサンゼルス、ヒューストン、タンパを選択している。

図6にはマイアミと比較対象4都市の人種別失業率が掲載されている。ここから簡単にみてみよう。

マイアミの1979年の白人失業率は5.1%、マリエル事件後となる1981年の白人失業率は3.9%、差分は1.2%減である。これに対して比較4都市の1979年白人失業率は4.4%、1981年は4.3%、差分は0.1%減である。マイアミの差分から比較4都市の差分を差し引くと1.1%減となる。

これに対して黒人の失業率は、マイアミでは1979年が8.3%、1981年には9.6%、差分は1.3%増である。また、比較4都市の1979年が10.3%、1981年が12.6%、差分は2.3%増である。マイアミの差分から比較4都市の差分を差し引くと1.0%減になる。

ここからわかることは、移民によって白人の失業率が上昇している事実は確認されていないということである。

図6 マイアミと4都市における1979～1985年の失業率

Group	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
<i>Miami:</i>							
Whites	5.1 (1.1)	2.5 (0.8)	3.9 (0.9)	5.2 (1.1)	6.7 (1.1)	3.6 (0.9)	4.9 (1.4)
Blacks	8.3 (1.7)	5.6 (1.3)	9.6 (1.8)	16.0 (2.3)	18.4 (2.5)	14.2 (2.3)	7.8 (2.3)
Cubans	5.3 (1.2)	7.2 (1.3)	10.1 (1.5)	10.8 (1.5)	13.1 (1.6)	7.7 (1.4)	5.5 (1.7)
Hispanics	6.5 (2.3)	7.7 (2.2)	11.8 (3.0)	9.1 (2.5)	7.5 (2.1)	12.1 (2.4)	3.7 (1.9)
<i>Comparison Cities:</i>							
Whites	4.4 (0.3)	4.4 (0.3)	4.3 (0.3)	6.8 (0.3)	6.9 (0.3)	5.4 (0.3)	4.9 (0.4)
Blacks	10.3 (0.8)	12.6 (0.9)	12.6 (0.9)	12.7 (0.9)	18.4 (1.1)	12.1 (0.9)	13.3 (1.3)
Hispanics	6.3 (0.6)	8.7 (0.6)	8.3 (0.6)	12.1 (0.7)	11.8 (0.7)	9.8 (0.6)	9.3 (0.8)

(備考) Card (1990)表4を抜粋。

Card (1990)ではさらに賃金に与える影響なども分析を行っているが、移民がマイアミの既存雇用市場に与えた影響はなかったとの結論を出している。

(3) 差の差の分析による課題

簡単な分析手法であるが、こちらにも分析に問題が含まれる。その内容は多岐にわたるが、いくつかまとめて紹介する。

第1に、2つのグループに分類するときのサンプル数やサンプル範囲などに偏りがないかという問題がある。先のごみ処理場であれば、どの程度の距離までが対象となるか、ごみ処理場のない地域の選定（なるべくごみ処理場以外は同条件であることが望ましい）の方法など。また、授業の効果測定では、親から「別のクラスに子どもを入れろ」というクレームに対応するため、2つのサンプルの間で学力に偏りが出る、などの問題も発生する。

第2に、別の要因が混入する場合である。学力の話では、たとえば片方のグループに通塾率が高いために学力の進展がみられるなど、2つのサンプル数の間に偏りがある場合には別の要因が算入されてしまう。ごみ処理場の場合、片方の地域に高速道路が建設され利便性が増す、テレビで高級住宅街と宣伝され好感度が上昇する、といった要因は排除されないと正確な分析を行うことはできない。

第3に、因果関係が逆になる場合である。例えば、警察官を増やすほど犯罪は減少するが、犯罪が増えるほど警察の必要性が増し、警察官も増加する。このため、犯罪数と警察官数の関係のように、両側から原因と結果の関係がありうる場合には注意が必要である。

(4) まとめ

これまで、差の差の分析に関する基本的な考え方を歴史をひもとき確認するとともに、代表的な先行研究を確認してきた。より専門的な問題や具体例、先行研究など戒能(2017)に詳しいが、簡単であるが様々な応用が可能であるこの分析は今後も応用的な分析手法や分析事例が出てくるであろう。

4. おわりに

本稿では、産業連関表、差の差の分析を対象に、その歴史的背景や活用方法などを簡便にまとめた。以上から共通して言えることは以下のとおりである。

第1に、両手法とも地域経済の分析において簡便に活用することが可能なツールであるということである。産業連関表や逆行列の作成は簡単ではないが、は県レベルないし政令指定都市でもすでに作成されていることが多い。このため、着目する現象が正しいか、データがより正確か、というアイデアが勝負になってくることである。

第2に、より正確な手法やより応用的な計測手法を求めてその研究進展が続いているということである。産業連関表については後方連関効果のみならず、前方連関効果の分析などに伸展している。また、差の差の分析については「差の差の差の分析」などより複雑な事象に対して課題を抽出するなどその分析手法は拡大している。

第3に、データが勝負である。産業連関分析については、産業の数が少ないとその係数も大きくかかってしまう。他方、産業の数が多くなると産業連関表の作成も困難になり、最終需要の計測も難しくなる。差の差の分析もここに持ってくるデータが個別取引になることが多く、データ取得が難しくなる。

以上から、両分野とも基礎的手法は確立しているため、初学者でも比較的気軽に活用できる分析ツールである一方、分析手法、データとも奥深く、「出がらし」の研究分野にはなっていないことが示唆される。すなわち、新しいデータを用いた研究成果を出しやすいともいえよう。

2021年のノーベル経済学賞は、本稿の参考文献にも含まれている、Card氏(カリフォルニア大学バークレー校)、Angrist氏(マサチューセッツ工科大学)、Guido氏(スタンフォード大学)が受賞することになった。この要因として、「自然実験」による因果関係の推定があげられる(The Royal Swedish Academy of Sciences 2021)。進化する分析手法も活用しつつ、今後のさらなる分析に伴う政策立案への貢献が期待される。

参考文献

- Angrist J. and Pischke J. (2008) “Mostly Harmless Econometrics: An empiricist's companion” Princeton Univ. Press. (大森義明、小原美紀、田中隆一、野口晴子訳(2013)『『ほとんど無害』な計量経済学：応用経済学のための実証分析ガイド』NTT出版。)
- Card D. (1990) “The Impact of the Mariel Boatlift on the Miami Labor Market” Industrial and

- Labor Relations Review 43 (2), 245-257.
- Coleman, T. S. (2019) “Causality in the Time of Cholera: John Snow as a Prototype for Causal Inference” SSRN Working Paper.
- 土居英二、浅利一郎、中野親徳（編著）（2020）「はじめよう地域産業連関分析 [改訂版] 事例分析編」日本評論社。
- 藤川清史（2005）「産業連関分析入門 Excel と VBA でらくらく IO 分析」日本評論社。
- Ghosh, A. (1958) “Input-Output Approach in an Allocation System”, *Economica* 25 (97), 58-64.
- Gruver, G. W. (1989) “On the Plausibility of the Supply-Driven Input-Output Model: A Theoretical Basis for Input-Output Coefficients Change”, *Journal of Regional Science* 29 (3), 441-450.
- 猪俣哲史（2013）「アジア国際産業連関表：その歴史的展開」*Journal of Life Assessment, Japan* 9 (2), 67-71.
- 猪俣哲史（2019）「グローバルバリューチェーン 新・南北問題へのまなざし」日本経済新聞出版。
- 石川良文（2016）「日本の地域産業連関表作成の現状と課題」*産業連関* 23 (1,2), 3-17.
- 石村貞夫、劉晨、玉村千治（2009）「Excel でやさしく学ぶ産業連関分析」日本評論社。
- 戒能一成（2017）「政策評価のための横断面前後差分析（DID）の前提条件と処置効果の安定性条件（SUTVA）に問題を生じる場合の対策手法の考察」RIETI Discussion Paper Series 17-J-075。
- Kiel, K.A. and McClain, K.T. (1995) “House Prices during Siting Decision Stages: The Case of an Incinerator from Rumor through Operation”, *Journal of Environmental Economics and Management* 28(2), 241-255.
- 小長谷一之、前川知史（編）（2012）「経済効果入門 地域活性化・企画立案・政策評価のツール」日本評論社。
- 黒岩郁雄（2006）「第5章 東アジアの国際産業連関と生産ネットワーク」『東アジアの挑戦：経済統合・構造改革・制度構築』アジア経済研究所研究双書 551、109-136。
- 桑森啓（編）（2020）「アジア国際産業連関表の評価と応用可能性」アジア経済研究所研究双書 642。
- Leontief, W. W. (1936) “Quantitative input and output relations in the economic system of the United States”, *Review of Economics and Statistics*, 18, 105-125.
- Obenauer, M., and Nienburg, B. (1915): “Effect of Minimum Wage Determinations in Oregon.” *Bulletin of the U.S. Bureau of Labor Statistics*, No. 176. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office.
- Oosterhaven, J. (1988) “On the Plausibility of the Supply-Driven Input Output Model”, *Journal of Regional Science*, 28 (2), 203-217.
- Polenske, K.R.(2004) “Leontief’s ‘magnificent machine’ and other contributions to applied economics” in *Wassily Leontief and Input-Output Economics*, Edited by Dietzenbacher, E. and Lahr, M. L., Cambridge University Press, 2004.
- Royal Swedish Academy of Sciences (2021) “The Prize in Economic Sciences 2021”, Press Release of the Royal Swedish Academy of Sciences.
- 下田充、藤川清史（2012）「産業連関分析モデルと東日本大震災による供給制約」*産業連関* 20(2),133-146。
- Shishido, S. (2004) “Japan’s Economic Growth and Policy Making in the Context of Input Output Models” in *Wassily Leontief and Input-Output Economics*, Edited by Dietzenbacher, E. and Lahr, M. L., Cambridge University Press, 2004.
- Snow, J. (1855) *On the Mode of Communication of Cholera*. 2nd ed. John Churchill.

総務省「産業連関表の仕組み」https://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/system.htm

総務省（2020）「平成 27 年（2015 年）産業連関表－総合解説編－」。

高山和夫（2021）「わが国産業連関表に関する歴史的考察－『昭和 26 年表』の作成経緯を中心に－」
経済科学論究 18、41-51。