

【所員論考】

北九州市の産業連関分析と拡張可能性

アジア成長研究所准教授 坂本 博

要旨

本研究は、産業連関分析の拡張可能性について、2つの方向から考察した。1つは、様々な産業連関分析モデルを紹介し、経済効果の違いを逆行列から分析した。もう1つは、産業連関分析における経済効果の変動可能性を、モンテカルロシミュレーションを通じて分析した。北九州市の産業連関表を用いた分析の結果、いくつかのモデルにおいて、経済効果がマイナスになる可能性が生じることが判明した。これは、北九州市の経済が市内で完結しておらず、移輸入を必要としているからである。変動可能性については、投入係数のみの実験としたので、モデルが複雑になるほど、変動可能性が小さくなることが分かった。また、本研究では、北九州市の物流拠点の発展を勘案した個別分析を行っているが、適度な経済効果が見られることも分かった。

1. はじめに

1936年、アメリカの経済学者レオンチェフによって産業連関表は考案された。表の構造は後述するが、この表により、家計による財やサービスの需要と企業による財やサービスの供給とが市場でつながれ、経済の流れを知ることができる。日本において、産業連関表の作成は、全国はもとより、都道府県をはじめ、北九州市のような市レベルでも作成されており、非常に盛んであると思われる。

また、応用面でも幅が広い。表の拡張については、複数地域にわたる地域間表や複数国による国際表が考えられる。次に、財やサービスの需給関係だけでなく、各経済主体の受取・支払関係をそれぞれ行と列に勘定した、社会会計行列 (Social Accounting Matrix, SAM) も編集されている。分析においては、後述する様々な産業連関分析をはじめ、SAMの乗数分析、さらにより高度な分析として、(計算可能な) 応用一般均衡分析 (Computable General Equilibrium, CGE) などが開発されている。

このように、産業連関表は幅広く活用されている。そこで、本研究では、北九州市の産業連関表を用いて、産業連関分析の可能性を探りたいと思う。過去に著者は、北九州市の産業連関表を用いて、いくつかの研究を行ってきたが (Sakamoto, 2011, 2012; 坂本, 2015a, b), 本研究では、これらとは異なる2つの方向を取り上げたいと思う。1つは、様々な産業連関分析モデルを紹介し、経済効果の違いを逆行列から分析することである。もう1つは、産業連関分析における

図1 産業連関表の構成

| | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| XM_{ij} | C_i | F_i | E_i | M_i | X_i |
| V_j | | | | | |
| T_j | | | | | |
| X_j | | | | | |

(出所) 筆者作成

経済効果の変動可能性について分析をすることである。以下、この2つの方向性に従って分析を進めることにする。

2. モデルとデータ

2.1 モデル

まず、ここでは本研究で使用するモデルを紹介する。産業連関分析は、基本的に線形モデルなので、何等かの政策による経済効果は線形的である。これは、例えば、需要（供給）が10億円増加した場合と100億円増加した場合とでは、経済効果の比率は同じであることを意味する。しかしながら、モデル自体は比較的自由に構築することができる。本研究では、いくつかのモデルを紹介し、後の分析のところで、それぞれのモデルによる経済効果を比較する。そのために、産業連関表の構造を紹介しながら、モデルを説明したい。

図1は比較的単純な産業連関表を示したものである。ここで、 X_i (X_j) は産出量を示す。そして XM_{ij} が中間投入（産出）で、産業連関分析における重要項目となる。最終需要について、ここではいくつかの項目に分ける。まず、 C_i は民間消費である。次に、 M_i が移輸入で控除項目、 E_i が移輸出である。そして、 F_i が残りの最終需要となる。一方、付加価値について、 T_j を間接税－補助金とし、残りを V_j とする。

次に、産業連関分析について、中間財 XM_{ij} は産出量の関数であると仮定する。そして関数関係を示すために、以下のようなパラメータを定義する。

$$a_{ij} = XM_{ij} / X_j \quad (1)$$

この、 a_{ij} に基づき生産関係を整理したものが以下となる（添え字は省略）。

$$X = aX + (C + F + E - M) \quad (2)$$

両辺に X があるため、 X について解くと以下になる。

$$X = (I - a)^{-1} \cdot (C + F + E - M) \quad (3) \rightarrow \text{モデル①}$$

右辺の2番目のかっこ ($C + F + E - M$) は外生であり、これら最終需要の変化に対し、産出量 X がどのように変化するかを分析するのが産業連関分析である。そこで決め手となるのが1番目のかっこ $(I - a)^{-1}$ で、これが計算できれば、経済単位または金額を掛け合わせることで、経済効果を推計することができる。

このモデルは、研究者の名前を取ってレオンチェフモデルと呼ばれており (Leontief, 1941), $(I - a)^{-1}$ はレオンチェフ逆行列として広く使用されている。

一方、産業連関分析は、もう1つの考え方がある。例えば、以下のパラメータを設定する。

$$b_{ij} = XM_{ij}/X_i \quad (4)$$

一見同じように見えるが、 a_{ij} と b_{ij} とでは分母に使われる X の方向が異なる。 a_{ij} は X を縦方向から計算しているのに対し (X_j), b_{ij} は X を横方向から計算している (X_i)。そして b_{ij} に基づいて生産関係を示すと以下ようになる (添え字の t は転置行列を示す)。

$$X = b' X + (V + T) \quad (5)$$

同様に X について解くと以下となる。

$$X = (I - b')^{-1} \cdot (V + T) \quad (6) \rightarrow \text{モデル②}$$

外生変数が、 $V + T$ と付加価値となっている点がレオンチェフモデルとの違いである。この付加価値の変化 (供給の変化) による産出量の変化を分析するモデルは、研究者の名前を取ってゴッシュモデルと呼ばれているが (Ghosh, 1958), 専門家以外にはあまりなじみのないモデルである。

本研究では、これらの2つのモデルをはじめとし、これらを拡張したモデルをいくつか紹介し、それぞれのモデルに対する逆行列を比較検討する^{注1)}。

まず、実務家にもよく知られたモデルとして、競争輸入型のモデルが考えられる。これは、輸入量が産出額および中間財の関数であると仮定した場合の生産関係を示したものである。これにより $M = maX$ (m はパラメータ) と置き換わり、以下の式となる。

$$X = aX + (C + F + E) - maX \quad (7)$$

これを X について解くと以下となる。

$$X = (I - (I - m) \cdot a)^{-1} \cdot (C + F + E) \quad (8) \rightarrow \text{モデル③}$$

注1) 以下に紹介するモデルは、すべて産出量にかかわるモデルである。これとは別に価格モデルが存在するが、本研究では取り扱わない。

次に、特に日本の研究者が好むモデルとして、消費の内生化モデルがある（Miyazawa, 1976；Miller and Blair, 2009, pp. 271～277）。これは、最終需要のうちの民間消費を産出量の関数として内生化させる考え方である。これにより $C = cX$ （ c はパラメータ）と置き換わり、以下の式となる注2）。

$$X = aX + cX + (F + E) - maX \quad (9)$$

これを X について解くと以下となる。

$$X = (I - ((I - m) \cdot a + c))^{-1} \cdot (F + E) \quad (10) \rightarrow \text{モデル④}$$

この消費の内生化モデルは、競争輸入にも影響を与えることができる。この場合、 $M = m'aX + m'cX$ （パラメータ m と m' は異なる数字）となる。

$$X = aX + cX + (F + E) - m'aX - m'cX \quad (11)$$

これを X について解くと以下となる。

$$X = (I - (I - m') \cdot (a + c))^{-1} \cdot (F + E) \quad (12) \rightarrow \text{モデル⑤}$$

最後にゴッシュモデルの拡張型を考える。ここでは、政府収入となる間接税と政府からの補助金が産出量の関数になると仮定する。これにより $T = tX$ （ t はパラメータ）と置き換わり、以下の式となる。

$$X = b'X + tX + V \quad (13)$$

これを X について解くと以下となる。

$$X = (I - (b' + t))^{-1} \cdot V \quad (14) \rightarrow \text{モデル⑥}$$

本研究では、様々なモデルの逆行列を比較することで、経済効果の違いを分析する。ここまでの説明で、逆行列が含まれる式は、式 (3)、式 (6)、式 (8)、式 (10)、式 (12) および式 (14) の6つであり、それぞれをモデル①から順番に置き換え、逆行列部分を計算する。

注2) なお、この消費の内生化モデルにおいては、消費を産出量に対する付加価値（特に労働者報酬）係数と付加価値に対する消費係数に分けて掛け合わせることで表現しているが、数式としては、付加価値部分が相殺されるので、上記の形に簡略化させた。

2.2 使用データ

本研究では、平成23(2011)年の北九州市産業連関表を用いた。北九州市のホームページによると(https://www.city.kitakyushu.lg.jp/soumu/file_0313.html)、本稿執筆時点で平成12(2000)年、平成17(2005)年および平成23年の表が利用可能である。しかしながら、この3時点の表を比較分析することは容易ではない。というのも、産業部門数が、時点ごとに異なるからである^{注3)}。そのため、本研究では、比較的最新の平成23年表を採用した。平成23年表は産業部門として、13部門、37部門および108部門の3つが用意されている。分析の複雑化を避けるため、37部門が適切と考えられるが、37部門表だと、「運輸・郵便」が1つの部門となっている。そのため、「運輸・郵便」の部分のみ、108部門の分類に分解する。108部門表における「運輸・郵便」に該当する部門は、「鉄道輸送」、「道路輸送(自家輸送を除く)」、「自家輸送」、「水運」、「航空輸送」、「貨物利用運送」、「倉庫」、「運輸附帯サービス」および「郵便・信書便」の9部門である。本研究では、これらの部門を独立した部門として編集し、45部門表として分析を行った^{注4)}。

3. 逆行列に基づく経済波及効果

3.1 経済波及効果の合計

表1は、それぞれのモデルにおける経済波及効果45産業部門の合計で示したものである。先に述べたように、経済効果は線形なので、農林水産業における10億円の需要(モデル①、③、④、⑤)ないし供給(モデル②と⑥)の増加における経済効果の合計は、モデル①から、20.361億円、74.617億円、9.713億円、-9.514億円、18.688億円および85.251億円とかなり大きな違いがあることが分かる。モデル①の2倍強の経済効果が比較的妥当の様に見える。一方で、ゴッシュモデルのモデル②と⑥は、供給効果の大きさがうかがえるが、鉱業などで、極端に大きな効果が見られる。その中で、注目すべきは、輸入係数が絡んだモデル③と④で、モデル③は経済効果がやや減少しているものの、モデル④では、経済効果がマイナスになっている。このマイナスについていうと、農林水産業で10億円の需要があっても、それを補うために、より多くの移輸入が必要のため、経済効果としてはマイナスになってしまう可能性があるということである。もともと、逆行列に金額ベースの外生変数を掛け合わせることによって、金額ベースの産出量が計算され、モデル自体は成立しているので、個別部門における経済効果のマイナスは、モデル全体としては、産出量の減少にとどまるだけである。そして、マイナスの経済効果となる部門があることから、北九州市の経済が市単独では成立し得ない現状が見て取れる。

この経済効果がマイナスになるケースであるが、表を見る限り、モデル④のいくつかの部門のみとなっている。とはいえ、飲食料品の-3.1950、不動産の-15.5973およびその他の非営利団体

注3) 13部門表のみ比較可能。また、逆行列表も公開されている。

注4) なお、本文の説明では1部門を9部門に分解したと書いているが、実際の編集作業は、108部門表から「運輸・郵便」以外の部門を37部門表に合わせて合成させている。

サービスの -30.3091 は、とりわけ大きなマイナスとなっている。そこで、この要因を考えることにする。注目すべきは、輸入パラメータ m (m') と消費パラメータ c の数値である。中間財のパラメータ a (b) は通常の産業連関表では1を超えることがない。しかしながら、消費需要が非常に大きく、北九州市の生産では賄えず、移輸入に頼ることになれば、消費パラメータは1を超える可能性がある。さらにモデル④を見てみると、消費パラメータ c が1を超え、大きくなるほど、逆行列の計算する前のかっこ内がマイナスになる可能性が高くなる。こうなると、逆行列の結果もマイナスになりやすい。一方で、モデル⑤は、一見似ているが、輸入パラメータ m' の分母が中間財プラス消費となっており、 m' が1を超える可能性を軽減させている。したがって、経済効果が常識の範囲内となっている。

3.2 個別産業例

次に、いくつかの部門における逆行列の結果を紹介する。ここでは、航空輸送、貨物利用輸送および倉庫の3部門を取り上げ、それぞれの部門における結果を表に示した。

表2は航空輸送における逆行列の結果である。一番下の合計を見る限りでは、いずれのモデルもプラスであり、経済効果が認められる。しかしながら、モデル③、④および⑤については、経済効果がマイナスになる部門が出ており、必ずしもすべての部門に対して経済効果が見られるわけではないことが分かる。また、太字で示した自部門（航空輸送）への影響について、モデル④は2倍以上の追加の経済効果が見られたのに対し（3.0969）、モデル⑥では、1を切っていることから（0.9542）、産出量は減少することになる。ただし、モデル⑥はマイナスの経済効果になる部門がないので、自部門よりも他部門に対して経済効果が見られるような結果となっている。

表3は貨物利用輸送における逆行列の結果である。航空輸送と同様に合計ではすべてのモデルで経済効果が見られるものの、それほど多くはなさそうである。また、同様に、モデル③、④および⑤で、マイナスの経済効果となる部門が存在する。そして自部門（貨物利用輸送）への経済効果も1を若干超えているにすぎず、控えめな効果となっている。

表4は倉庫における逆行列の結果である。基本的に他の2部門と変わりはないものの、ゴッシュ型のモデル②と⑥で大きな経済効果が見られた（8.3314と10.7580）。特に、鉄鋼に対しては、産出量の2倍以上の経済効果が（2.1521と2.7552）、電力・ガス・熱供給に対しては、産出量と同量以上の経済効果が見られ（1.0352と1.3368）、この部門の特殊性が垣間見られた。

こうやって見ると、レオンチェフモデルの基本形であるモデル①は非常に素直な経済効果が計測されるが、モデル内に輸入が含まれると経済効果がマイナスになる可能性が出てくる。一方で、供給型ゴッシュモデルは、（極端な補助金がない限り）マイナスになる要素がないため、経済効果はプラスになるが、いくつかの部門で極端なプラスになっていることがある。北九州市だけの分析なので、他地域でも同様の結果となるかどうかは不明だが、市内で経済が完結していないことは確かだ、いくつかの部門において、移輸入が必要であるといえる。

表1 逆行列の比較（部門合計）

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 農林水産業 | 2.0361 | 7.4617 | 0.9713 | -0.9514 | 1.8688 | 8.5251 |
| 鉱業 | 2.6371 | 85.8369 | 1.4878 | 1.7017 | 1.8207 | 97.5954 |
| 飲食料品 | 2.4338 | 1.8930 | 0.6836 | -3.1950 | 2.3206 | 2.1576 |
| 繊維製品 | 2.3665 | 12.4518 | 0.7309 | -0.1917 | 1.3633 | 14.1887 |
| パルプ・紙・木製品 | 2.5329 | 7.8376 | 1.1663 | 1.6331 | 1.5192 | 8.8525 |
| 化学製品 | 2.9531 | 3.7609 | 1.0735 | 1.3921 | 1.3455 | 3.9986 |
| 石油・石炭製品 | 3.3294 | 8.8365 | 1.0428 | 2.5734 | 1.1551 | 9.5716 |
| プラスチック・ゴム | 2.6560 | 3.4876 | 1.0622 | 1.3983 | 1.4090 | 3.8153 |
| 窯業・土石製品 | 2.3191 | 1.8152 | 1.2084 | 1.3719 | 1.4530 | 1.9329 |
| 鉄鋼 | 4.4739 | 3.7503 | 1.3908 | 1.4591 | 1.5140 | 3.8852 |
| 非鉄金属 | 3.1483 | 6.0293 | 1.1972 | 1.3099 | 1.3799 | 6.4260 |
| 金属製品 | 2.9374 | 2.1050 | 1.2416 | 1.4111 | 1.4540 | 2.2690 |
| はん用機械 | 2.6714 | 1.5484 | 1.0054 | 1.1074 | 1.1718 | 1.6000 |
| 生産用機械 | 2.6349 | 1.2604 | 0.8281 | 0.8772 | 1.0145 | 1.2908 |
| 業務用機械 | 2.5729 | 2.8107 | 1.0569 | 1.8694 | 0.7629 | 2.9657 |
| 電子部品 | 2.7499 | 3.0009 | 0.9889 | 1.0376 | 1.2428 | 3.1612 |
| 電気機械 | 2.7658 | 1.9139 | 1.0077 | 1.7245 | 1.0857 | 1.9903 |
| 情報・通信機器 | 2.5145 | 8.4845 | 0.6488 | -0.0455 | 0.0207 | 9.1247 |
| 輸送機械 | 3.2297 | 3.4823 | 0.6890 | 1.1070 | 0.8934 | 3.7911 |
| その他の製造工業製品 | 2.2318 | 3.2137 | 1.1593 | 1.8422 | 1.7539 | 3.5095 |
| 建設 | 2.2826 | 1.2460 | 1.1832 | 1.3562 | 1.4445 | 1.3224 |
| 電力・ガス・熱供給 | 2.9576 | 2.4331 | 1.2021 | 2.2302 | 2.2731 | 2.6566 |
| 水道 | 2.1591 | 2.2842 | 1.2724 | 2.2545 | 1.8609 | 2.3779 |
| 廃棄物処理 | 1.5543 | 1.7329 | 1.1218 | 1.2888 | 1.2462 | 1.9154 |
| 商業 | 1.6798 | 1.8986 | 1.1375 | 3.1546 | 2.0395 | 2.0534 |
| 金融・保険 | 1.6604 | 2.1367 | 1.1631 | 2.7056 | 2.1709 | 2.2171 |
| 不動産 | 1.3898 | 1.4453 | 1.1272 | -15.5973 | 5.5787 | 1.5896 |
| 鉄道輸送 | 1.6392 | 1.6017 | 1.0831 | 2.3556 | 1.8014 | 1.7277 |
| 道路輸送（自家輸送を除く） | 1.5441 | 2.3442 | 1.0562 | 2.4305 | 1.6955 | 2.6443 |
| 自家輸送 | 3.2967 | 4.7643 | 1.3079 | 1.5136 | 1.7570 | 5.1849 |
| 水運 | 2.5619 | 1.9627 | 0.9757 | 1.9716 | 1.4642 | 2.0787 |
| 航空輸送 | 2.8821 | 4.2940 | 1.2144 | 4.2674 | 2.2300 | 4.3237 |
| 貨物利用運送 | 1.6172 | 1.9447 | 1.0277 | 2.6012 | 1.6504 | 2.2310 |
| 倉庫 | 1.6864 | 8.3314 | 1.0589 | 4.2834 | 1.7637 | 10.7580 |
| 運輸附帯サービス | 1.6951 | 2.4177 | 1.1557 | 2.1223 | 1.7352 | 2.7487 |
| 郵便・信書便 | 1.3328 | 2.5874 | 1.0305 | 1.4532 | 1.3887 | 2.7740 |
| 情報通信 | 1.9394 | 2.5773 | 1.1677 | 1.9742 | 1.6185 | 2.7660 |
| 公務 | 1.2784 | 1.1752 | 1.0130 | 1.1093 | 1.1628 | 1.1901 |
| 教育・研究 | 1.3651 | 1.5903 | 1.0733 | 1.4200 | 1.3200 | 1.6507 |
| 医療・福祉 | 1.9133 | 1.0378 | 0.8451 | 1.1310 | 1.2648 | 1.0437 |
| その他の非営利団体サービス | 1.7419 | 1.6724 | 1.1198 | -30.3091 | 6.6398 | 1.7573 |
| 対事業所サービス | 1.7557 | 2.8216 | 1.0651 | 1.2632 | 1.3227 | 3.1012 |
| 対個人サービス | 1.9142 | 1.0734 | 0.8938 | 4.6743 | 2.5714 | 1.1717 |
| 事務用品 | 3.2603 | 2.9860 | 1.1114 | 1.2221 | 1.6259 | 3.1302 |
| 分類不明 | 2.1543 | 2.7932 | 1.2953 | 1.9223 | 1.7315 | 2.9687 |

（出所）筆者計算整理

表2 逆行列の比較（航空輸送）

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 農林水産業 | 0.0016 | 0.0043 | 0.0000 | -0.0003 | 0.0000 | 0.0045 |
| 鉱業 | 0.1883 | 0.0070 | -0.0006 | -0.0042 | 0.0001 | 0.0072 |
| 飲食料品 | 0.0008 | 0.0383 | 0.0000 | -0.0038 | 0.0002 | 0.0431 |
| 繊維製品 | 0.0073 | 0.0027 | -0.0035 | 0.0028 | 0.0000 | 0.0028 |
| パルプ・紙・木製品 | 0.0244 | 0.0124 | 0.0014 | 0.0067 | 0.0039 | 0.0131 |
| 化学製品 | 0.0265 | 0.0788 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0817 |
| 石油・石炭製品 | 0.2759 | 0.0436 | -0.0538 | -0.3940 | -0.0026 | 0.0449 |
| プラスチック・ゴム | 0.0186 | 0.0246 | 0.0000 | -0.0009 | 0.0017 | 0.0255 |
| 窯業・土石製品 | 0.0040 | 0.0446 | 0.0001 | 0.0007 | 0.0005 | 0.0466 |
| 鉄鋼 | 0.0584 | 0.4685 | -0.0022 | -0.0104 | -0.0007 | 0.4857 |
| 非鉄金属 | 0.0225 | 0.0221 | -0.0008 | -0.0037 | -0.0003 | 0.0231 |
| 金属製品 | 0.0113 | 0.0457 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0472 |
| はん用機械 | 0.0047 | 0.0372 | 0.0000 | 0.0007 | -0.0009 | 0.0373 |
| 生産用機械 | 0.0031 | 0.0620 | -0.0016 | -0.0054 | -0.0027 | 0.0618 |
| 業務用機械 | 0.0017 | 0.0052 | -0.0018 | -0.0104 | -0.0012 | 0.0052 |
| 電子部品 | 0.0085 | 0.0152 | 0.0000 | -0.0004 | -0.0001 | 0.0155 |
| 電気機械 | 0.0115 | 0.0223 | 0.0057 | 0.0461 | 0.0002 | 0.0224 |
| 情報・通信機器 | 0.0005 | 0.0004 | -0.0021 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0004 |
| 輸送機械 | 0.1801 | 0.0210 | -0.0983 | -0.4880 | -0.0463 | 0.0218 |
| その他の製造工業製品 | 0.0196 | 0.0278 | 0.0010 | 0.0039 | 0.0057 | 0.0291 |
| 建設 | 0.0143 | 0.1483 | 0.0044 | 0.0373 | 0.0131 | 0.1572 |
| 電力・ガス・熱供給 | 0.0323 | 0.1595 | 0.0044 | 0.0229 | 0.0200 | 0.1712 |
| 水道 | 0.0058 | 0.0154 | 0.0002 | 0.0011 | 0.0018 | 0.0154 |
| 廃棄物処理 | 0.0036 | 0.0271 | -0.0014 | -0.0053 | -0.0021 | 0.0279 |
| 商業 | 0.0652 | 0.5384 | 0.0005 | 0.0019 | 0.0178 | 0.5429 |
| 金融・保険 | 0.0383 | 0.0831 | 0.0080 | 0.1051 | 0.0383 | 0.0808 |
| 不動産 | 0.0279 | 0.0390 | -0.0111 | 0.5080 | 0.0753 | 0.0418 |
| 鉄道輸送 | 0.0041 | 0.0083 | -0.0002 | -0.0019 | 0.0021 | 0.0089 |
| 道路輸送（自家輸送を除く） | 0.0218 | 0.0273 | 0.0008 | 0.0042 | 0.0085 | 0.0295 |
| 自家輸送 | 0.0664 | 0.0495 | 0.0032 | 0.0122 | 0.0071 | 0.0507 |
| 水運 | 0.0189 | 0.0508 | 0.0000 | -0.0002 | 0.0002 | 0.0529 |
| 航空輸送 | 1.0073 | 1.0073 | 1.0008 | 3.0969 | 1.4135 | 0.9542 |
| 貨物利用運送 | 0.0014 | 0.0050 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0053 |
| 倉庫 | 0.0031 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0009 |
| 運輸附帯サービス | 0.2703 | 0.0162 | 0.1839 | 0.7151 | 0.3503 | 0.0176 |
| 郵便・信書便 | 0.0023 | 0.0306 | 0.0010 | 0.0048 | 0.0023 | 0.0299 |
| 情報通信 | 0.0607 | 0.2287 | 0.0022 | 0.0112 | 0.0188 | 0.2268 |
| 公務 | 0.0069 | 0.0260 | 0.0050 | 0.0174 | 0.0081 | 0.0256 |
| 教育・研究 | 0.0179 | 0.1017 | -0.0007 | -0.0053 | 0.0015 | 0.0995 |
| 医療・福祉 | 0.0004 | 0.1917 | -0.0008 | -0.0034 | -0.0001 | 0.1924 |
| その他の非営利団体サービス | 0.0029 | 0.0267 | -0.0002 | 0.0141 | 0.0068 | 0.0262 |
| 対事業所サービス | 0.3066 | 0.2881 | 0.1489 | 0.5240 | 0.2493 | 0.2930 |
| 対個人サービス | 0.0016 | 0.1738 | -0.0012 | -0.0113 | 0.0018 | 0.1887 |
| 事務用品 | 0.0044 | 0.0061 | 0.0025 | 0.0087 | 0.0042 | 0.0063 |
| 分類不明 | 0.0284 | 0.0609 | 0.0206 | 0.0688 | 0.0321 | 0.0590 |
| 合計 | 2.8821 | 4.2940 | 1.2144 | 4.2674 | 2.2300 | 4.3237 |

(出所) 筆者計算整理

表3 逆行列の比較（貨物利用輸送）

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 農林水産業 | 0.0007 | 0.0017 | 0.0000 | -0.0002 | 0.0000 | 0.0020 |
| 鉱業 | 0.0339 | 0.0009 | -0.0001 | -0.0001 | 0.0001 | 0.0010 |
| 飲食料品 | 0.0003 | 0.0300 | 0.0001 | -0.0031 | 0.0001 | 0.0377 |
| 繊維製品 | 0.0032 | 0.0004 | -0.0020 | 0.0007 | 0.0000 | 0.0005 |
| パルプ・紙・木製品 | 0.0189 | 0.0089 | 0.0017 | 0.0034 | 0.0032 | 0.0107 |
| 化学製品 | 0.0086 | 0.0428 | -0.0001 | -0.0002 | 0.0000 | 0.0501 |
| 石油・石炭製品 | 0.0453 | 0.0106 | -0.0081 | -0.0244 | -0.0003 | 0.0124 |
| プラスチック・ゴム | 0.0077 | 0.0079 | 0.0009 | 0.0020 | 0.0019 | 0.0095 |
| 窯業・土石製品 | 0.0016 | 0.0233 | 0.0001 | 0.0012 | 0.0006 | 0.0275 |
| 鉄鋼 | 0.0082 | 0.2814 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0004 | 0.3282 |
| 非鉄金属 | 0.0028 | 0.0088 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0104 |
| 金属製品 | 0.0036 | 0.0164 | 0.0004 | 0.0023 | 0.0012 | 0.0195 |
| はん用機械 | 0.0011 | 0.0111 | -0.0002 | -0.0007 | -0.0005 | 0.0129 |
| 生産用機械 | 0.0014 | 0.0148 | -0.0012 | -0.0019 | -0.0015 | 0.0172 |
| 業務用機械 | 0.0009 | 0.0014 | -0.0014 | -0.0037 | -0.0007 | 0.0017 |
| 電子部品 | 0.0026 | 0.0048 | 0.0002 | -0.0001 | -0.0001 | 0.0056 |
| 電気機械 | 0.0014 | 0.0065 | 0.0000 | -0.0018 | -0.0002 | 0.0076 |
| 情報・通信機器 | 0.0007 | 0.0000 | -0.0072 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0001 |
| 輸送機械 | 0.0064 | 0.0083 | -0.0015 | -0.0048 | -0.0009 | 0.0098 |
| その他の製造工業製品 | 0.0108 | 0.0146 | 0.0026 | 0.0065 | 0.0063 | 0.0174 |
| 建設 | 0.0130 | 0.0770 | 0.0041 | 0.0498 | 0.0197 | 0.0921 |
| 電力・ガス・熱供給 | 0.0122 | 0.0566 | 0.0042 | 0.0205 | 0.0141 | 0.0683 |
| 水道 | 0.0026 | 0.0032 | 0.0002 | 0.0005 | 0.0011 | 0.0037 |
| 廃棄物処理 | 0.0035 | 0.0017 | -0.0023 | -0.0031 | -0.0021 | 0.0021 |
| 商業 | 0.0265 | 0.0330 | 0.0011 | 0.0039 | 0.0158 | 0.0403 |
| 金融・保険 | 0.0356 | 0.0100 | 0.0071 | 0.1437 | 0.0635 | 0.0116 |
| 不動産 | 0.1023 | 0.0081 | -0.0754 | 1.0982 | 0.3035 | 0.0102 |
| 鉄道輸送 | 0.0073 | 0.0097 | -0.0012 | -0.0033 | 0.0061 | 0.0114 |
| 道路輸送（自家輸送を除く） | 0.0084 | 0.0127 | 0.0006 | 0.0025 | 0.0049 | 0.0155 |
| 自家輸送 | 0.0163 | 0.0137 | 0.0031 | 0.0083 | 0.0058 | 0.0160 |
| 水運 | 0.0037 | 0.0152 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0182 |
| 航空輸送 | 0.0031 | 0.0009 | 0.0004 | 0.0014 | 0.0018 | 0.0010 |
| 貨物利用運送 | 1.0029 | 1.0029 | 1.0006 | 1.1045 | 1.0378 | 1.1123 |
| 倉庫 | 0.0009 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 |
| 運輸附帯サービス | 0.0369 | 0.0036 | 0.0240 | 0.0341 | 0.0345 | 0.0045 |
| 郵便・信書便 | 0.0021 | 0.0072 | 0.0014 | 0.0035 | 0.0025 | 0.0083 |
| 情報通信 | 0.0331 | 0.0174 | 0.0014 | 0.0044 | 0.0109 | 0.0207 |
| 公務 | 0.0025 | 0.0034 | 0.0017 | 0.0040 | 0.0027 | 0.0039 |
| 教育・研究 | 0.0060 | 0.0088 | 0.0009 | 0.0016 | 0.0026 | 0.0103 |
| 医療・福祉 | 0.0001 | 0.0625 | -0.0002 | -0.0005 | 0.0000 | 0.0724 |
| その他の非営利団体サービス | 0.0023 | 0.0023 | -0.0003 | 0.0102 | 0.0074 | 0.0027 |
| 対事業所サービス | 0.1171 | 0.0320 | 0.0587 | 0.1217 | 0.0885 | 0.0388 |
| 対個人サービス | 0.0009 | 0.0487 | -0.0007 | -0.0063 | 0.0012 | 0.0621 |
| 事務用品 | 0.0077 | 0.0053 | 0.0069 | 0.0090 | 0.0078 | 0.0061 |
| 分類不明 | 0.0102 | 0.0143 | 0.0069 | 0.0159 | 0.0106 | 0.0162 |
| 合計 | 1.6172 | 1.9447 | 1.0277 | 2.6012 | 1.6504 | 2.2310 |

（出所）筆者計算整理

表4 逆行列の比較（倉庫）

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 農林水産業 | 0.0010 | 0.0111 | 0.0000 | -0.0001 | 0.0000 | 0.0145 |
| 鉱業 | 0.0357 | 0.0055 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0006 | 0.0073 |
| 飲食料品 | 0.0006 | 0.3086 | 0.0003 | -0.0021 | 0.0001 | 0.4206 |
| 繊維製品 | 0.0029 | 0.0042 | -0.0013 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0055 |
| パルプ・紙・木製品 | 0.0249 | 0.0514 | 0.0024 | 0.0076 | 0.0045 | 0.0677 |
| 化学製品 | 0.0157 | 0.2895 | 0.0009 | 0.0021 | 0.0000 | 0.3733 |
| 石油・石炭製品 | 0.0197 | 0.0722 | -0.0019 | -0.0171 | -0.0001 | 0.0929 |
| プラスチック・ゴム | 0.0100 | 0.0627 | 0.0014 | 0.0045 | 0.0027 | 0.0822 |
| 窯業・土石製品 | 0.0024 | 0.1614 | 0.0004 | 0.0024 | 0.0009 | 0.2095 |
| 鉄鋼 | 0.0124 | 2.1521 | 0.0003 | 0.0015 | 0.0006 | 2.7552 |
| 非鉄金属 | 0.0040 | 0.1281 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.1627 |
| 金属製品 | 0.0064 | 0.1295 | 0.0016 | 0.0060 | 0.0025 | 0.1691 |
| はん用機械 | 0.0015 | 0.0854 | -0.0005 | -0.0016 | -0.0007 | 0.1091 |
| 生産用機械 | 0.0014 | 0.1106 | -0.0010 | -0.0030 | -0.0014 | 0.1415 |
| 業務用機械 | 0.0011 | 0.0148 | 0.0007 | 0.0012 | -0.0006 | 0.0188 |
| 電子部品 | 0.0029 | 0.0408 | 0.0000 | -0.0002 | -0.0001 | 0.0524 |
| 電気機械 | 0.0018 | 0.0586 | -0.0006 | -0.0039 | -0.0003 | 0.0745 |
| 情報・通信機器 | 0.0003 | 0.0004 | -0.0018 | 0.0007 | 0.0000 | 0.0005 |
| 輸送機械 | 0.0077 | 0.0611 | -0.0022 | -0.0108 | -0.0011 | 0.0798 |
| その他の製造工業製品 | 0.0075 | 0.2126 | 0.0011 | 0.0080 | 0.0045 | 0.2729 |
| 建設 | 0.0233 | 0.3942 | 0.0159 | 0.0964 | 0.0309 | 0.5225 |
| 電力・ガス・熱供給 | 0.0581 | 1.0352 | 0.0468 | 0.1800 | 0.0938 | 1.3368 |
| 水道 | 0.0033 | 0.0234 | 0.0002 | 0.0010 | 0.0015 | 0.0301 |
| 廃棄物処理 | 0.0023 | 0.0127 | -0.0012 | -0.0037 | -0.0015 | 0.0175 |
| 商業 | 0.0298 | 0.2497 | 0.0010 | 0.0062 | 0.0180 | 0.3353 |
| 金融・保険 | 0.0215 | 0.0629 | 0.0010 | 0.1853 | 0.0437 | 0.0802 |
| 不動産 | 0.0778 | 0.0520 | -0.0553 | 1.5076 | 0.2430 | 0.0721 |
| 鉄道輸送 | 0.0027 | 0.0191 | -0.0003 | -0.0022 | 0.0022 | 0.0259 |
| 道路輸送（自家輸送を除く） | 0.0088 | 0.0314 | 0.0006 | 0.0046 | 0.0058 | 0.0436 |
| 自家輸送 | 0.0171 | 0.0773 | 0.0030 | 0.0137 | 0.0063 | 0.0992 |
| 水運 | 0.0031 | 0.0654 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0873 |
| 航空輸送 | 0.0013 | 0.0050 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0006 | 0.0061 |
| 貨物利用運送 | 0.0003 | 0.0023 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0032 |
| 倉庫 | 1.0015 | 1.0015 | 1.0000 | 2.0559 | 1.1018 | 1.2127 |
| 運輸附帯サービス | 0.0113 | 0.0241 | 0.0063 | 0.0172 | 0.0100 | 0.0335 |
| 郵便・信書便 | 0.0017 | 0.0016 | 0.0009 | 0.0049 | 0.0021 | 0.0021 |
| 情報通信 | 0.0399 | 0.1227 | 0.0018 | 0.0083 | 0.0136 | 0.1606 |
| 公務 | 0.0039 | 0.1407 | 0.0031 | 0.0097 | 0.0044 | 0.1726 |
| 教育・研究 | 0.0081 | 0.0661 | 0.0015 | 0.0043 | 0.0039 | 0.0852 |
| 医療・福祉 | 0.0196 | 0.3508 | -0.0732 | -0.1699 | -0.0028 | 0.4519 |
| その他の非営利団体サービス | 0.0058 | 0.0159 | -0.0009 | 0.0434 | 0.0211 | 0.0206 |
| 対事業所サービス | 0.1646 | 0.1924 | 0.0908 | 0.2740 | 0.1314 | 0.2581 |
| 対個人サービス | 0.0014 | 0.3694 | 0.0019 | 0.0039 | 0.0012 | 0.5206 |
| 事務用品 | 0.0030 | 0.0288 | 0.0020 | 0.0063 | 0.0031 | 0.0365 |
| 分類不明 | 0.0162 | 0.0263 | 0.0129 | 0.0381 | 0.0173 | 0.0335 |
| 合計 | 1.6864 | 8.3314 | 1.0589 | 4.2834 | 1.7637 | 10.7580 |

(出所) 筆者計算整理

4. モンテカルロシミュレーション

産業連関分析において、中間財取引が重要視されていることはすでに説明したとおりであり、これの産出量に対する比率 a (b) が経済波及効果に影響を与えていると考えられている。ところで、産業連関表は、中間財取引が複雑なため、更新頻度が少ない点がネックとなっている。本研究で使用した北九州市の産業連関表も、5, 6年に1度の更新頻度である。日本のように低成長が続くのであれば、それほど産業構造も変化しないことが予想されるが、それでも若干の変動が考えられる^{注5)}。このような場合、数年に1度の更新ではその間の中間財取引が変更しないため、経済波及効果の変化を細かく見ることができない。そこで、本研究で提案するアイデアとして、 a の中身を確率的に変化させることで疑似的に更新させ、これによる経済波及効果の変化を調べることとする。なお、この章で取り上げるモデルは、レオンチェフ型のモデル①、③、④および⑤とする^{注6)}。

ここでは、 a の中身を変化させるシミュレーションとして、以下の4つを考えた。

- (1) 全ての a に対し、5%の標準偏差の正規乱数を掛ける。→シミュレーション1
- (2) シミュレーション1のうち、特定部門の行方向に対し、半正規分布を適用する。
→シミュレーション2
- (3) シミュレーション1のうち、特定部門の列方向に対し、半正規分布を適用する。
→シミュレーション3
- (4) シミュレーション1のうち、特定部門の行と列方向に対し、半正規分布を適用する。
→シミュレーション4

ここで特定部門は、「鉄道輸送」、「道路輸送（自家輸送を除く）」、「自家輸送」、「水運」、「航空輸送」、「貨物利用運送」、「倉庫」および「運輸附帯サービス」で物流関係の部門とする。また、半正規分布とは、通常の正規分布に対し、ゼロを挟んで右側か左側に分布する分布である。左側に分布すれば、必ずマイナスの値を示し、右側に分布すれば、必ずプラスの値を示す。ここでは、特定部門に対し、より有利な経済効果が得られるよう、必ずプラスとなる半正規分布を適用させた^{注7)}。これにより、これらの部門の経済効果は、他部門のマイナスの影響を受けない限りは、プラスの経済効果があると予想される。さらに、「航空輸送」については、標準偏差を10%とし、より確実に経済効果が生まれる状況に設定した。例えば、北九州空港の滑走路の延伸による経済効果は、北九州市にとって非常に関心の高い分野となっている（田村、2022）。

図2から図9はそれぞれのシミュレーション結果を図示したものである。シミュレーションは、先述の逆行列を計算する方法とは異なり、産出量についてモデルを解く前の段階、すなわち、式

注5) 坂本（2022）において、経済センサスの情報から特化係数を導いたが、短期間で変化が見られていることから、産業構造の変動が若干見られると考えられる。

注6) もちろん、 b の中身を確率的に変化させることも可能だが、紙面の関係上省略する。

注7) 逆に、必ずマイナスとなる半正規分布および三角分布のモンテカルロ実験は、Sakamoto（2020）および坂本（2020）にて実例がある。

(2)、式(7)、式(9)および式(11)から産出量 X を解いている。それぞれの実験において、発生させた乱数は200回であるが、変動の大きさから、フィジブル(実現可能)な解が出てこない事態が発生している。そこで、この要因と思われる鉱業と情報・通信機器の2部門をデータから外し、43部門で実験を行っている。そして、図の右端には、「総生産」として、モデル(北九州市経済)全体の変動を示している。なお、ここでは、シミュレーション1と4のみを掲載している。

図2は、モデル①のシミュレーション1の結果を示したものである。線は上から最大値、1標準偏差値、平均値、マイナス1標準偏差値および最小値を示している。すべての部門に対し、必ずプラスの値をとる乱数を発生させていないため、平均値は1.00前後、すなわち、シミュレーション前の産出量と同じとなっている。最大値と最小値は1.00に対して必ずしも対称的ではないが、最大値(標準偏差値)の大きさの違いが、変動可能性の違いを示している。図によれば、農林水産業、繊維製品、鉄鋼、倉庫の変動可能性が大きいことが分かる。変動可能性が大きいことは、産出量が、大きく増加したり、大きく減少したりする可能性が高いことを意味する。北九州市は鉄鋼が盛んなことから、鉄鋼において、変動可能性が大きいことは、市経済への影響も大きくなることが予想され、総生産への影響はプラスマイナス10%弱となっている。

図3は、モデル①のシミュレーション4の結果を示したものである。航空輸送や倉庫は、必ずプラスの値をとる乱数を使用しているため、平均値が1.10(10%の増加)を超えているが、他の特定部門はそれ程平均値が上がっていない。ただし、倉庫部門を除いて、最小値が1.00を概ね超えているので、経済効果があると見ることができる。他部門への波及について、平均値が大きく上昇したのが、石油・石炭製品で、鉄鋼は最大値の可能性がより高くなっている。全体的にプラスの経済効果となる可能性が高いが、実験結果によっては、総生産が減少する可能性が残っている。

図4は、モデル③のシミュレーション1の結果を示したものである。なお、ここからは最大値と最小値が大きく図からはみ出している部門がある。鉄鋼の変動可能性が小さくなった代わりに、業務用機械の変動可能性が大きくなっていることが分かる。ただし、全体的には小さな変動にとどまっている。

図5は、モデル③のシミュレーション4の結果を示したものである。自家輸送は平均値が明らかに上昇しているが、他の特定部門については、最小値が1.00を超えていることを除けば、目を見張る経済効果が見られたとはいえない。ただし、平均値に関していえば、繊維製品と石油・石炭の平均値が1.00を下回っているため、波及効果も限定的である。したがって、総生産もあまり大きな変化が見られていない。

図6は、モデル④のシミュレーション1の結果を示したものである。図からはみ出している農林水産はもとより、輸送機械や、不動産も変動可能性が高いことが分かる。

図7は、モデル④のシミュレーション4の結果を示したものである。特定部門はいずれも最小値が1.00を超えているが、このうち、自家輸送、航空輸送、運輸付帯サービスは平均値で明らかな増加が見られる。また、不動産も平均値が1.00を超えているが、石油・石炭、業務用機械、輸送機械で平均値が1.00を下回っており、全体としては、経済効果が若干ある程度にとどまってい

る。

図8は、モデル⑤のシミュレーション1の結果を示したものである。極端に大きな変動可能性を示した部門はなく、プラスマイナス10%以内の変動にとどまっている。

図9は、モデル⑤のシミュレーション4の結果を示したものである。特定部門、特に航空輸送の上昇が明らかで、シミュレーションの設定に対し、比較的素直な結果となっている。また、平均値で1.00を下回る部門もない。消費が内生化されているため、 a の変動が大きく影響を与えていない可能性が考えられる。

これらより、モデル①の変動可能性が高く、モデル⑤はあまり変動しないことが分かった。これは結局のところ、モデル内で、 a がどれだけ産出量に影響を与えているのかを示すことになるだろう。モデル①の内生変数が a だけなのに対し、モデル⑤では、 $(I - m') \times (a + c)$ と、 a 以外の変数が多く含まれている。 a が変動しても、それ以外の変数からは影響を受けないので、産出量もそれほど影響を受けないものだといえる。

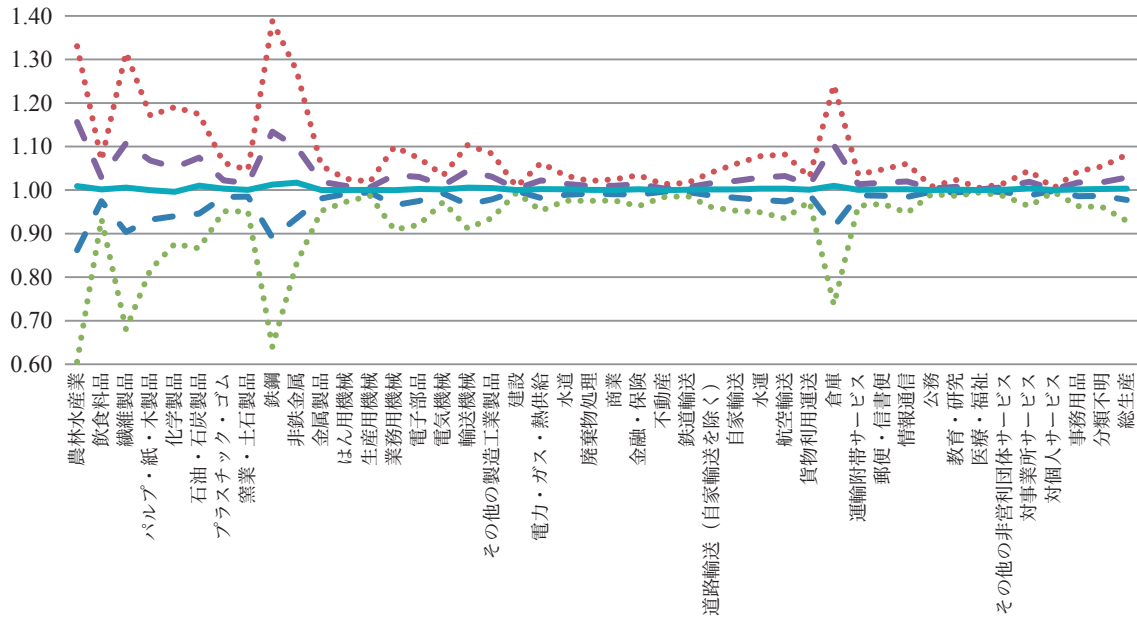
5. まとめ

本研究は、北九州市における産業連関分析の拡張可能性について、2つの方向から考察したものである。1つは、様々な産業連関分析モデルを紹介し、経済効果の違いを逆行列から分析した。分析の結果、いくつかのモデルにおいて経済効果がマイナスになる可能性が生じている。これは、北九州市の経済が市内で完結しておらず、移輸入を必要としているからである。もう1つは、産業連関分析における経済効果の変動可能性について、モンテカルロシミュレーションを通じて分析した。変動可能性については、投入係数のみの実験としたので、モデルが複雑になるほど、変動可能性が小さくなることが分かった。よって、他の変数についても確率的に変動させることが重要となるだろう。また、これとは逆に、モンテカルロシミュレーションではなく、もっと単純な方法で経済効果の変動を検討してもいいだろう。

本研究で、様々な産業連関分析モデルを紹介したが、対象（地域）の経済環境に合わせたモデルを選択することが重要だと思われる。よって、状況によっては、本研究で紹介していないモデルが選択されることもある。一方で、経済環境について、多くの知見を持ち合わせていないのなら、レオンチェフの基本モデルであるモデル①および競争輸入型のモデル③でも十分だと思われる。

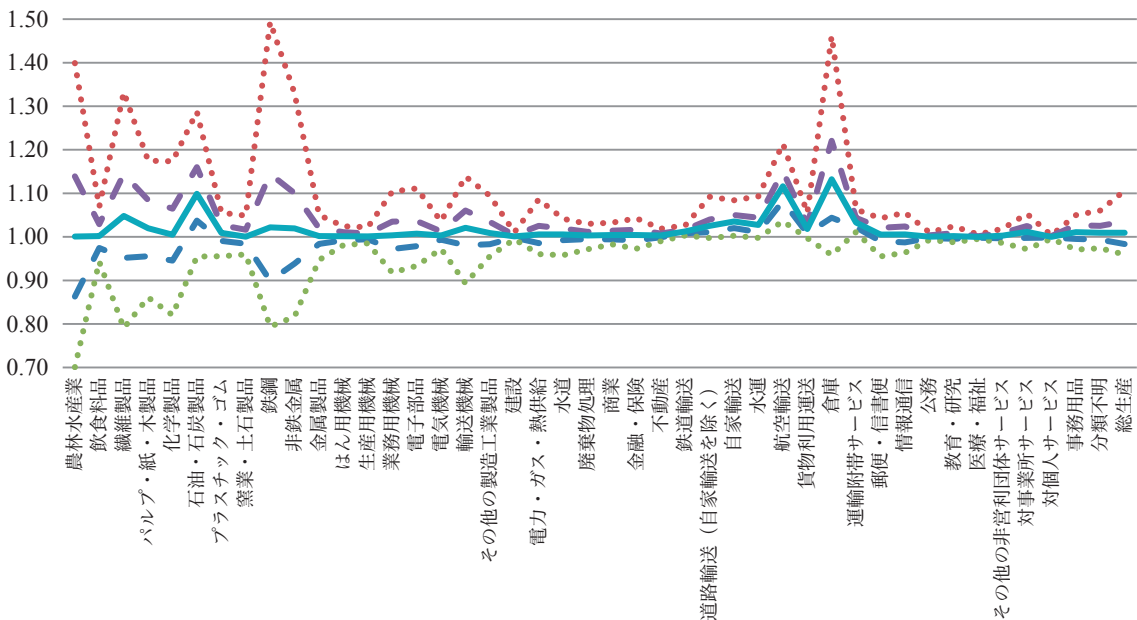
最後に、個別部門については、航空輸送をはじめとする物流関連の部門を中心に分析したが、逆行列、シミュレーションともに、一定の経済効果が見られることも分かった。しかしながら、これらの部門の経済効果が、北九州市経済の起爆剤になるかといえば、そうとはいえない。よって、物流だけでなく、他の産業も外部からの需給を同時に増加させ、全面的に波及させる必要があるだろう。

図2 モデル①シミュレーション1



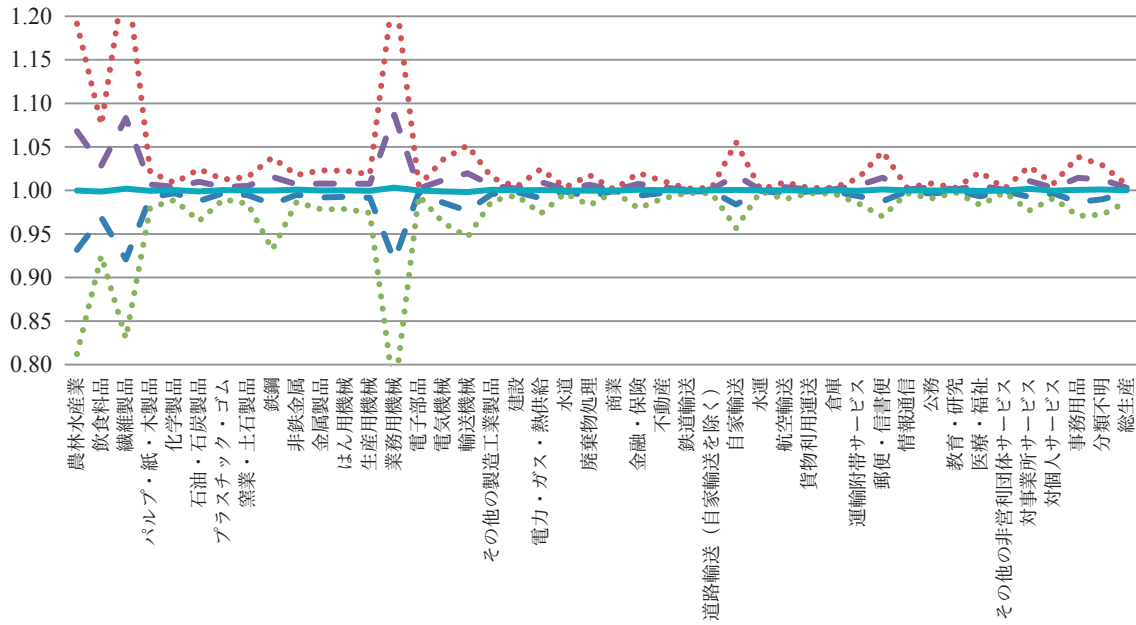
(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

図3 モデル①シミュレーション4



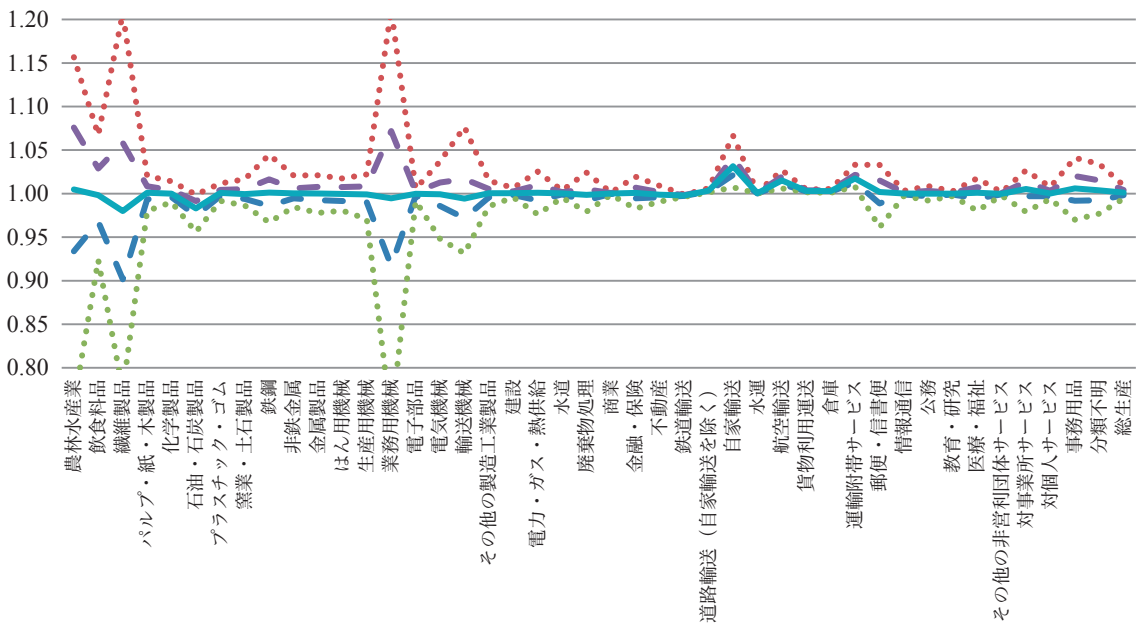
(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

図4 モデル③シミュレーション1



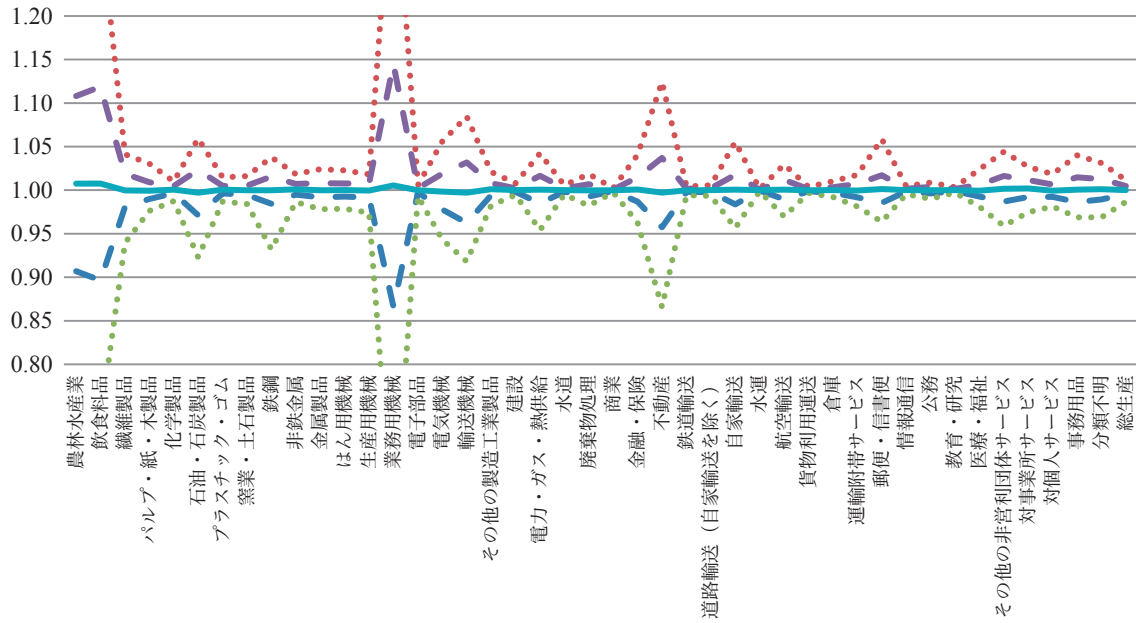
(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

図5 モデル③シミュレーション4



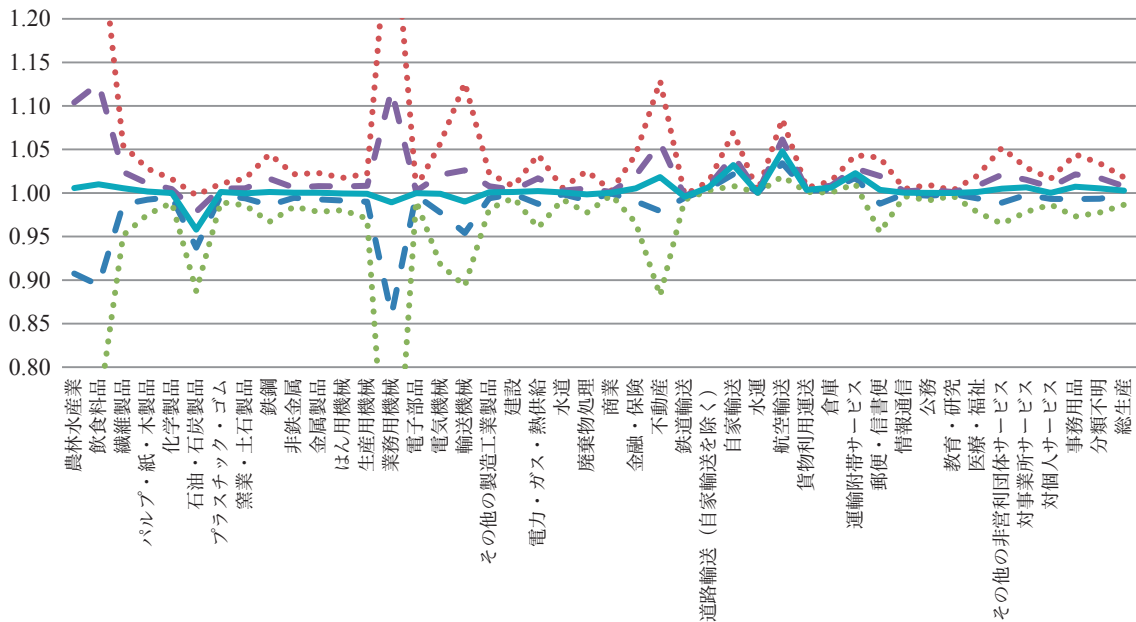
(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

図6 モデル④シミュレーション1



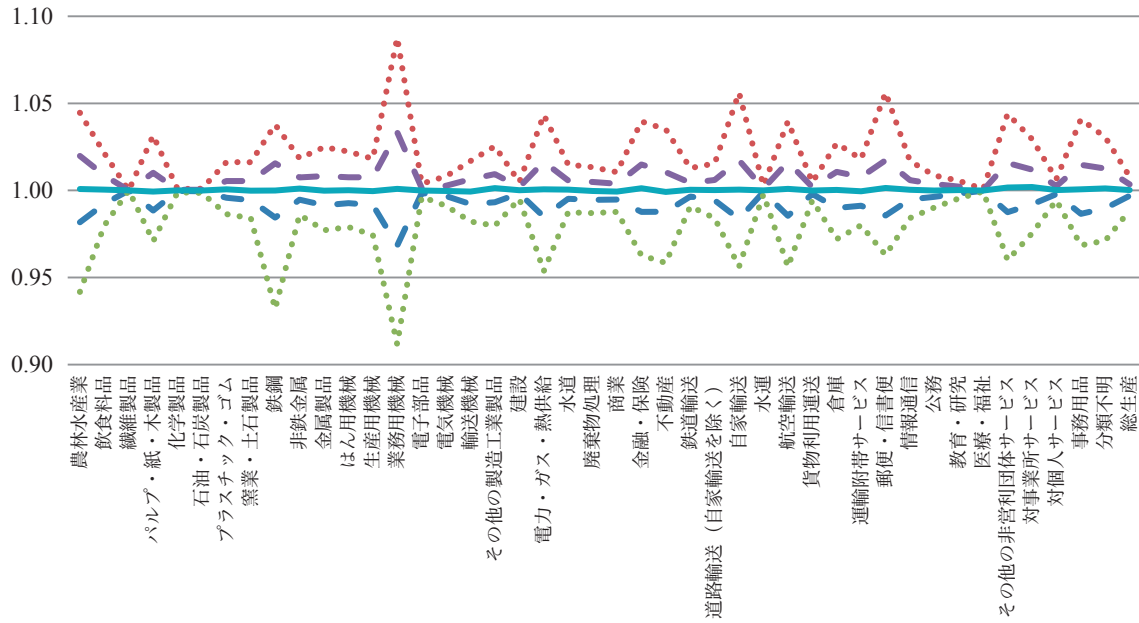
(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

図7 モデル④シミュレーション4



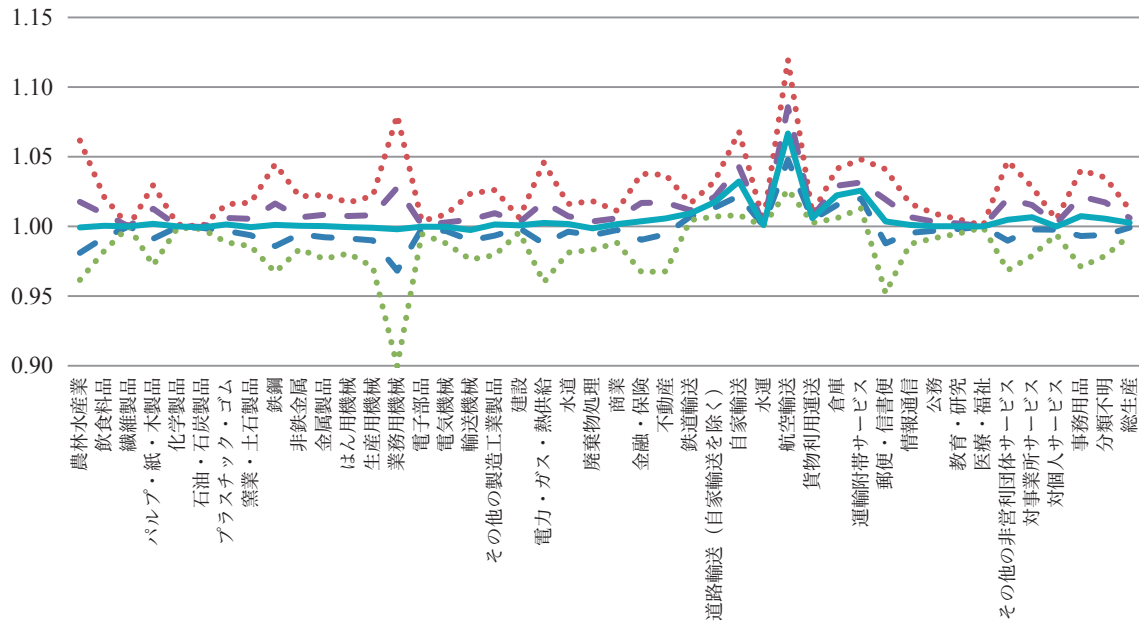
(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

図8 モデル⑤シミュレーション 1



(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

図9 モデル⑤シミュレーション 4



(注) 縦軸はシミュレーション前の生産量を1.00としたときの乖離を示す。
 (出所) 筆者計算整理

参考文献

- 坂本博 (2015a) 「北九州市の産業連関分析」, 『東アジアへの視点』, 2015年3月号 (第26巻1号), pp. 75~86
- 坂本博 (2015b) 「北九州市と他地域との地域間産業連関分析」, 『東アジアへの視点』, 2015年6月号 (第26巻2号), pp. 65~76
- 坂本博 (2020) 「コロナ禍の日本経済を予測・推計する」, 『東アジアへの視点』, 2020年12月号 (第31巻2号), pp. 36~49
- 坂本博 (2022) 「北九州市における産業構造の変化と将来性」 AGI 調査報告書 21-05
- 田村一軌 (2022) 「空港整備が地域経済に及ぼす効果に関する調査研究」 AGI 調査報告書 21-07
- Ghosh, Ambica (1958), "Input-Output Approach to an Allocation System," *Economica*, 25, pp. 58-64.
- Leontief, Wassily (1941), *The Structure of American Economy 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis*, International Arts and Science Press, New York.
- Miller, Ronald E., and Blair, Peter D. (2009), *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (Second edition), Cambridge University Press, New York.
- Miyazawa, Ken'ichi (1976), *Input-Output Analysis and the Structure of Income Distribution*, Springer, Heidelberg.
- Sakamoto, Hiroshi (2011), "CGE Analysis of Regional Policy in the Northern Kyushu Area," *Jurnal Ekonomi Malaysia (Malaysian Journal of Economics)*, Vol. 45, pp. 109-121.
- Sakamoto, Hiroshi (2012), "CGE Analysis of Transportation Cost and Regional Economy: East Asia and Northern Kyushu," *Regional Science Inquiry*, Vol. 4, No. 1, pp. 121-140.
- Sakamoto, Hiroshi (2020), "Unexpected Natural Disasters and Regional Economies: CGE Analysis Based on Interregional Input-Output Tables in Japan," in Madden, J. R., Shibusawa, H., and Higano, Y. eds., *Environmental Economics and Computable General Equilibrium Analysis (Essays in Memory of Yuzuru Miyata)*, New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives 41, Springer Nature, Singapore, pp. 349-366 (https://doi.org/10.1007/978-981-15-3970-1_17).