

企業の事業所情報を加味した 民間データによる産業連関表の構築と実証分析

Input-Output Table constructed with private business establishment on company information data

○大里 隆也、赤木 茅、出口 弘（東京工業大学）

○T. Ohsato, K. Akagi, and H. Deguchi (Tokyo Institute of Technology)

概要 - 産業連関表は、一国内で生産される商品の投入構造及び算出構造と生産部門間の相互依存関係を体系的に記述する経済統計である。その中の内生部分は、産業ごとの投入・算出構造を表している。先行研究では、内生部分を、民間企業が保有している企業間取引情報を用いて代替し、日本の産業連関表との部分的な比較検証が行われている。本研究においては、先行研究で構築した産業連関表と日本の産業連関表の相違点である「本社ベース」による集計から「事業所ベース」での集計での表現を行った。また、事業所ベースの取引量を算出するために、企業が保有する事業所の規模である従業者数を推計した。最後に、検証として群馬県の都道府県産業連関表にて本社ベースと事業所ベースでの比較検証を行う。

Keywords : 産業連関表、企業データ、SNA、事業所取引、類似性評価

1 背景と目的

本研究は、企業データからの経済の実態把握や予測を目的とした株式会社帝国データバンク（以下、TDB）と東京工業大学が行っている先端データ解析共同研究講座(<http://www.tdb.dis.titech.ac.jp>)の一環である。使用したデータは、TDBが調査を行い蓄積した企業情報であり、具体的には企業間での取引情報や企業の財務情報、事業所情報である。

産業連関表とは、ワシリイ=レオンチェフ(1906-1999)によって体系化された、一国内で生産される商品の投入構造及び算出構造と生産部門間の相互依存関係を体系的に記述する経済統計であり、現在では一国の経済の循環を捉える会計システムである国民経済計算(SNA:System of National Accounts)の中核をなしている。また、産業連関表は「間接効果（波及計算）が算出でき、かつ我々が手元で利用できるツールとしては、産業連関表が唯一のもの」と千葉県¹が示されている通り、波及効果や経済を計る指標として広く知られているものである。

しかし、省庁が発表する全国の産業連関表は、5年に一度の更新であることと、調査実施から公開までに3年程度かかることから、日本経済の実態に沿った連続的な分析には向いていない。そこで、赤木(2015)、大里(2016)では、TDBが保有する企業情報を活用し、産業連関表の企業間取引を示している中間投入表の構築を行った。

赤木(2015)、大里(2016)では、TDBの調査が本社ベースであるため、データの基準が本社での集計となっている。そのため、地方の産業連関表を構築し、地域間の流出・流入を評価するためには、地元の大きな生産拠点を加味できていない。地方の産業連関表を構築し産業構造の評価や波及効果の測定するためには、地域における重要な事業所がもたらす影響は加味しなくてはならない。

そこで、本研究では、菊川(2015)で行われている最

適な事業所間の取引推計を、赤木・大里で構築した産業連関表構築アルゴリズムと組み合わせて、産業連関表の構築を行う。

菊川での最適な事業所間取引を組み込むためには、各事業所の規模を推計する必要がある。そこで、事業所に勤めている従業者数を推計することで事業所規模を表現する。

最後には、群馬県の産業構造の分析を行い、民間データによる産業連関表の代替可能性とその有用性を示す。

2 先行研究

本節では、赤木・大里による民間企業が歩数するデータを活用した産業連関表構築と菊川が行った最適な事業所間取引推定を紹介する。

2.1 産業連関表の代替指標構築

赤木(2015)では、TDBが訪問調査によって作成した信用調査報告書の取引情報（仕入先・得意先）や財務情報DB(COSMOS1)の売上原価額を活用して、交換代数という理論により数学的な意味合いを保持しながら、産業連関表内生部門の代替アルゴリズムを構築した。産業連関表が品目ごとに集計されていることから、企業に設定されている業種分類を用いるのではなく、企業間で取引している品目名から業種を割り振るアルゴリズム(2 Sides Classification Algorism)や、企業間での取引金額を、企業間取引ネットワークと仕入先企業の売上高、販売先企業の売上原価を利用し推計する取引金額按分アルゴリズムなどが提唱されている。ここでは、TDBが保有する企業情報で売上原価が判明していることが算出の条件であったため、約20万社を算出対象としている。

大里(2016)では、小地域での産業連関表を構築するためには、20万社での代替が難しいため、算出対象企業の網羅性向上を行った。TDBにおいて売上原価が判明していない企業に対しても算出対象として組み込むた

¹ Chiba HP <http://www.pref.chiba.lg.jp/toukei/toukei>

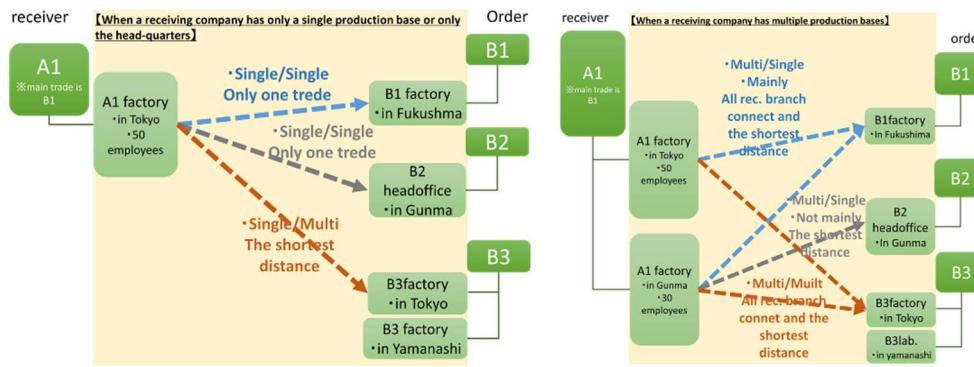


図1 パターン分けした最適事業所取引推計イメージ

めに、業種・規模別の売上原価率を算出し網羅性を高めたアルゴリズムを構築した。

しかしながら、それらのアルゴリズムによって構築された産業連関表内生部門には、いくつかの課題があり、その一つが本社ベースでの集計であることが挙げられていた。

民間データを利用した産業連関表代替構築のメリットは、自由な粒度での地域・時点での集計が可能になることと、産業を支える企業の特定である。しかし、小地域にとって、製造業の生産拠点は多くの雇用を産み出し地域を支える基盤となっている場合が多い。例えば、太田市にとって、富士重工業株式会社（通称名：SUBARU）がもたらす利益は重大である。それは、SUBARUは、本社が東京にあるが、群馬県太田市に生産拠点を持ち、かつ、SUBARUを頂点とした自動車部品のサプライチェーンが構築されており、太田市周辺には自動車部品製造企業が多く存在しているためである。

そこで、事業所ベースでの集計を行うために、菊川（2015）で提唱されている事業所情報を取り入れた企業間取引を適用させる。

2.2 最適な事業所間取引の推定

菊川では、カネの流れは本社間取引で説明できているが、モノの流れを表現することがこれまでできていないことをモチベーションとし、TDBの企業間取引情報と企業の工場や研究機関などの生産拠点の情報から、最適な生産拠点間での取引状況を推計している。

菊川の方法は、仕入企業が保有する生産拠点の数によって、パターン分けを行っている。仕入企業が本社のみ、あるいは、単一生産拠点しか持たない場合には、販売企業の生産拠点の中で距離が最短となる生産拠点との取引を最適な取引としている。

一方、仕入企業が複数の生産拠点を保有している場合には、販売企業の生産拠点数でもパターン分けを行う。販売企業が本社あるいは単一の生産拠点のみの場合、複数ある仕入企業の生産拠点の中で距離が最短となる生産拠点との取引を最適としている。

販売企業も仕入企業と同様に複数生産拠点を持つ場合は、仕入企業と販売企業がともに流通経路効率性の観点から生産拠点を保有することが最適であると判断した企業であること、また、一定以上の規模の企業であると考え、仕入企業と販売企業の取引関係は強いとしている。そのため、仕入れ企業の各生産拠点から取引が発生しているとしており、各生産拠点から最短距離となる販売企業の生産拠点を最適取引としている。

図1は、パターン分けした最適事業所間取引のイメージ図である。

3 最適事業所取引を取り入れた産業連関表の構築

本節では、赤木・大里でのアルゴリズムに、菊川での事業所最適取引を組み合わせることで、事業所規模の推計モデルを構築することで、実現する。

事業所間取引アルゴリズムを産業連関アルゴリズムに取り込むために、菊川を、交換代数形式で表現する。

まず、企業や取引関係、事業所などの企業に関する情報を交換代数として取り扱うために、次のように定義する。

仕入企業 : $R = \{r_i \mid i = 1, 2, \dots, n_1\}$

販売企業 : $O = \{o_l \mid l = 1, 2, \dots, n_2\}$

仕入企業の生産拠点 :

$RB = \{rb_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, n_1, j = 1, 2, \dots, r_i\}$

販売企業の生産拠点 :

$OB = \{ob_{lk} \mid l = 1, 2, \dots, n_2, k = 1, 2, \dots, o_l\}$

取引集合 :

$Ex = \{(r_i, o_l) \mid r_i \in R, o_l \in O\}$

企業間距離 : $Dis[(r_i, o_l)] = \{d_{ijkl}\}$

最短距離 : $SD[(r_i, o_l)] = \{\min(d_{ijkl})\}$
 $= md_{ijkl}$

菊川によって、構築されたアルゴリズムは次のように表現できる。

最適取引 : $BT[(s_i, o_l)] =$

$$\left\{ \begin{array}{l} md_{ijkl} \mid s_i = 1 \\ md_{ijkl} \mid s_i \geq 2, o_l = 1 \\ md_{ijkl}, md_{i2lk}, \dots, md_{islk} \mid \\ (s_i \geq 2, m_{il} = 1) \cup (s_i \geq 2, o_l \geq 2) \end{array} \right.$$

赤木・大里では、企業間1組に対しては1取引であったのが、仕入企業と販売企業がともに複数生産拠点を保有する($s_i \geq 2$, $m_{i1} = 1$) \cup ($s_i \geq 2$, $o_k \geq 2$)場合には、企業間1組であっても仕入企業の各生産拠点から取引が発生し、複数取引となる。そのため、仕入れ企業の生産拠点ごとに取引金額を按分する必要がある。

取引金額の按分には、各生産拠点の生産能力、つまり、事業所別従業者数によって行うと考える。

従業者数を生産能力としたのは、企業の従業者数がその企業の売上高と関連が高く、従業員が多い企業は売り上げ規模も大きくなるためである。TDBが保有する企業概要データ(COSMOS2)では、140万社を対象に売上高と従業員数の相関係数は約0.65となっていることからもうかがえる。人が多い生産拠点が稼いでいると考え、従業者数で按分が妥当とした。

取引金額の各生産拠点での従業者数按分を交換代数で表現すると、以下のようなになる。

$$\text{取引量: } TA[\langle r_i, o_1 \rangle] = \{ta_{i1} \mid i = 1, 2, \dots, n_1, 1 = 1, 2, \dots, n_2\}$$

事業所従業者数:

$$RE[\langle o_{lk} \rangle] = \{re_{lk} \mid l = 1, 2, \dots, n_2, k = 1, 2, \dots, o_k\}$$

事業所間取引高:

$$\begin{aligned} TAM[\langle r_{ij}, o_{lk} \rangle] &= \{tam_{ijkl}\} \\ &= \{ta_{i1} \times re_{lk} / \sum_k^{1,2,\dots,o_k} re_{lk}\} \end{aligned}$$

3.1 事業所別の従業者推計

TDBが持つ事業所情報(COSMOS2事業所データ)は、20%程度しか従業者数は判明していない。そのため、複数取引を持つ場合は、各生産拠点に対する従業者数の推計が必要となる。

TDBにおいて事業所別の従業者数が一部判明しているため、判明している数値を教師データとして推計モデルを構築することが可能である。

本研究で使用するモデルは、説明変数と目的変数の関係・相互作用を知ることではなく、事業所別従業者数の推計が目的である。そのため、予測精度を最大限

表1. 事業所別従業者推計の説明変数一覧

説明変数	データ説明
従業員数	企業全体の従業員数。
TDB業種中分類	企業の業種分類(91分類)。
事業所数	企業が保有している事業所数。
業種・規模別本社人數割合	本社人數が判明している企業から算出した全従業員数に対する本社従業者数の割合。 業種中分類・売上規模3分類により区分し、平均割合を使用。
メッシュ内従業者数	経済センサスより取得したメッシュ内の従業者数。
メッシュ内事業者数	経済センサスより取得したメッシュ内の事業者数。

² TDBでは従業者数が判明していない約2,600事業所に調査を実施し、回答数1,835件となった。調査期間は2015年1月～3月。

表2 事業所従業者数調査と推計値の残差

Investigation revealing (people)	Estimated value (people)							Total
	01_1~30	02_31~50	03_51~100	04_101~300	05_301~500	06_501~1000	07_1,001~	
01_1~30	1,080	88	59	60	14	2	1	1,304
02_31~50	157	26	18	10			1	212
03_51~100	92	22	18	13	1	3	1	150
04_101~300	45	22	14	24	2	5	4	116
05_301~500	7	3	4	3	1			18
06_501~1000	4	2	1	6	4	3		20
07_1,001~	2			1	3	5	4	15
Total	1,387	163	115	116	24	19	11	1,835

重視し、ニューラルネットワークでの推計モデルの構築を行う。

データ数は、206,944事業所を対象としている。モデル設定は、隠れ層を3層、活性化関数にTanh関数を各ノードにした。

説明変数には、そもそも企業規模を示す従業員数の他に、経済センサスの日本500M×500Mメッシュ区分別の従業者数・事業者数などを用いる。表1に変数一覧と詳細を示す。

ここで、メッシュデータを用いているのは、TDBの持つ企業情報と組み合わせると精度が大幅に向かうためである。TDBが保有する情報は、あくまで「与信管理」の目的で収集されており、収集は企業単位であるため、個別の事業所に関する情報は乏しい。しかし、その企業がどこにいくつ事業所を保有しているかは判明しているため、メッシュデータから「メッシュ(地域)にどれくらい働いている人がいるのか」という従業者数ポテンシャルと事業所情報を組み合わせたことで、非常に強力な変数を構築することができた。

構築されたモデルの推定精度として、決定係数0.49と全体の約半分の説明力となった。

本モデルの検証として、TDBが行った事業所の従業者数に関する調査²で得た従業者数と、本モデルでの従業者推計値の比較を行った。表2で示すように、判明した従業者数と推定値との的中率は63%(正当数/全数:1,155件/1,825件)となり、高い的中率となった。

モデル構築時の説明力と別途事業所従業者数調査との比較検証から、事業所規模を推計するモデルとしては十分であるとし、本モデルによって推計した事業所別従業者数を用いて、取引額の按分を行う。

4 群馬県での比較検証

本節では、従来の本社ベースでの産業連関表と本研究によって得た事業所ベースでの産業連関表がどのような違いが表れるかを考察していく。

今回取り上げるのは、前述での地方における生産拠点の重要性で取り上げたSUBARUの生産拠点がある群馬県の製造業とする。

群馬県は、前述の通り、SUBARUの工場が所在しているため、県内においても自動車部品業が盛んであり、経済産業省のレポート³では、群馬県は業務用機械器具、飲料・たばこ・飼料、輸送用機械器具製造業の特化係数が高いと示されている。

³ <http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20160527145659.html>

4.1 TDB 産業連関表内生部門

APPENDIX にて、群馬県内における本社ベースと事業所ベースでの産業連関表内生部門表を記載している。

ここでは、製造業に特化した TDB 産業連関表内生部門表の見方を紹介する。産業連関表は、縦横に産業分類で分かれており、横方向はその産業の販路構成（需要）、縦方向はその産業の仕入構成（投入）を示している。ここでは、自動車部品製造業に焦点を当てるために、産業を製造業のみとする。

また、TDB 産業連関表は、対象地域内での販売・仕入構造（取引構造）、域外からの仕入構造、域外への販売構造を表形式で表している。本来、産業連関表は、内生部門表の下に「付加価値」部門、横に「最終消費」を記載しているが、ここではそうしていない。本研究での産業連関表は、企業ミクロデータから作成しており、企業が所在する地域が明確なため、域内・域外での棲み分けが容易である。そのため、域外からの依存度を表現するために、このような表現を行っている。付加価値部分や最終消費部分についての構築は、今後の課題とさせていただく。

今回の圏域設定は群馬県としている。域内は群馬県内の産業同士の取引であり、域外は群馬県内企業と群馬県外企業が取引しているものとなる。

なお、本研究では、数値そのものを検証の対象としておらず、あくまで自動車産業の貢献度合いを調査するため、対象の域内製造業の取引額を 100%として、百分率にて表示している。

4.2 群馬県産業連関表の比較

はじめに、APPENDIX の表 3 にある、従来通りの本社ベースでの産業連関表を見ていく。

経済産業省が出していたレポートにあるとおり、「20_食料品製造業」「37_輸送機械器具製造業」「36_一般電気機械器具製造業」の域外取引が大きくなっていることから、群馬県がこれらの産業が盛んに行われているのが、本産業連関表からも分かる。

しかしながら、域内（群馬県内）に着目すると、SUBARU の工場を持っているにも関わらず、「37_輸送機械器具製造業」の割合が低い。群馬県は、SUBARU を頂点とした自動車部品製造のサプライチェーンが構築されているため、域内においても自動車部品製造業同士の取引は大きいはずである。

次に、APPENDIX 表 4 で本研究での事業所を考慮した産業連関表アルゴリズムによって構築された群馬県の産業連関表を考察していく。

従来の本社ベースのものと比較すると、域内において明らかに「37_輸送機械器具製造業」が大きくなっていることがわかる。これは、地域にとって重要な生産拠点を考慮に入れたことにより、富士重工業や日本精工⁴など群馬県に工場を持つ自動車関連製造を群馬県として計上したことにより自動車関連がより強く表れているということである。

この割合の変化は、2011 年の群馬県産業連関表と比較すると、全体の割合としては事業所ベースの方が近い値となっている。

表 3 製造品出荷額との比較

Industry	Shipments of manufactured goods	Trading Amount /Headquarters	Trading Amount /Business establishment
FOOD PROCESSING	15.4%	20.8%	23.1%
TEXTILE MANUFACTURING EXCEPT CLOTHING	0.8%	0.6%	0.4%
LUMBER AND WOOD PRODUCT, MANUFACTURING EXCEPT FURNITURE	0.9%	2.6%	3.2%
FURNITURE AND EQUIPMENT MANUFACTURING	0.6%	0.6%	0.4%
PULP PAPER AND PAPER PRODUCT MANUFACTURING	1.2%	1.4%	0.9%
PUBLISHING, PRINTING AND RELATED INDUSTRIES	1.4%	2.9%	2.0%
CHEMICAL INDUSTRY	7.3%	2.6%	1.8%
PETROLEUM AND COAL PRODUCT MANUFACTURING	6.4%	0.1%	0.1%
RUBBER PRODUCT MANUFACTURING	0.6%	0.4%	0.3%
CERAMIC STONE AND CLAY PRODUCT MANUFACTURING	1.3%	5.7%	6.3%
STEEL INDUSTRY AND NONFERROUS METAL MANUFACTURING	5.1%	2.9%	2.0%
METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	4.6%	9.2%	9.4%
METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	7.1%	6.8%	5.4%
ELECTRICAL MACHINERY AND EQUIPMENT MANUFACTURING	11.8%	18.7%	14.8%
TRANSPORTATION EQUIPMENT MANUFACTURING	34.3%	17.9%	25.9%
MISCELLANEOUS MANUFACTURING INDUSTRIES	1.3%	6.2%	3.9%
The coefficient of correlation with the shipments of manufactured goods	-	0.76	0.87

また、検証の一つとして、域外販売高の割合を製造品出荷額の割合と比較を行った。表 4 のように業種ごとに比較し、製造品出荷額と本社ベースとの相関係数は 0.76 であり、事業所ベースでの相関係数は 0.87 となつたことから、事業所ベースがより省庁統計に近くなっていることが分かる。

本分析を他の都道府県で行ったところ、85%の割合で事業所ベースの方が高い相関係数となったため、事業所を加味したことにより、より省庁の統計調査と近くなることが判明した。経済産業省などが作成しているレポートの結果と同様の結果を得ることができた。

また、本データは、個別企業の情報から構築しているため、例えば、時系列で比較し産業の変化をマクロ的に産業連関表で確認し、その変化の原因を、企業レベルでの特定が可能となっている。

5 今後の展望

これまで、事業所の情報を考慮した産業連関表アルゴリズムを構築し、具体的に群馬県の産業連関表を算出し、本社ベースの産業連関表と比較し、その有効性を見た。省庁などの実務者から従来のアルゴリズムは「事業所と本社の違いで地方の分析には向かない」と指摘があったが、本論文でのアルゴリズムによりその問題を解消することができた。

ここでは、群馬県での産業連関表との自動車部品製造業のみの比較を行っており、昨年から公表されている各都道府県が計算した産業連関表との比較検証は行っていない。しかし、全数調査が難しい昨今、このよ

⁴ <http://www.jp.nsk.com/company/plants/>

うな省庁での統計調査以外での情報の活用が課題とされている。そのため、産業連関表を実際に作成している実務者とともに、本データが参考統計として活用できるかどうかの検証を行っていく予定である。

最終消費・付加価値額など省庁の産業連関とは異なる点や、産業連関表と比較すると本研究の産業連関表では卸売業が大きくなってしまうことなど、課題は多いにある。

しかし、TDB が保有する企業データから産業連関表を算出することで、企業単位まで変化の原因を探すことができるるのは、経済の実態に沿ったミクロの状況を把握できるという点で非常に大きなメリットである。この分析手法や TDB の企業データが、マクロ経済とミクロ経済をつなぐ足がかりとなるはずである。

参考文献

- 1) H. Deguchi (2004),Economics as an Agent-Based Complex System, Springer.
- 2) M. Augustinovics(1970) Methods of International and Inter temporal Comparison of Structure, in A. P. Carter and A. Brody, Contribution to Input-Output Analysis, Amsterdam, North-Holland, 249/269
- 3) S. shishido (2010),Handbook of the Input-Output Analysis (In Japanese),Toyo Keizai inc.,2010
- 4) Economic and Social Research Institute(2017), Estimation Method of SNA(In Japanese),Economic and Social Research Institute, 2017
- 5) Wolff, E. N. (2002) “ Computerization and Structural Change, ” Review of Income and Wealth, Series 48, No. 1, 59/75
- 6) Z. Nakazawa(2002), The Construction and Its Problems of Regional Input-output Table at a Local Level(In Japanese), Policy science 9(2), 2002-01
- 7) T. Sato(2010),Estimation and use of prefectural economic accounts(In Japanese),Bulletin of Japan Statistics Research Institute. (40), 2010-09
- 8) Economic and Social Research Institute (2015), Standard method of prefectural economic accounts (In Japanese), Economic and Social Research Institute, 2015
- 9) Minister of Economy, Trade and Industry(2010), Inter-Regional Input –Output Table, Minister of Economy, Trade and Industry,2010
- 10) Statistics Bureau, Director-General for Policy Planning (Statistical Standards) and Statistical Research and Training Institute, Input-Output Table, <http://www.stat.go.jp/english/data/io/outline.htm>
- 11) <http://www.pref.chiba.lg.jp/toukei/toukei>
- 12) K.Akagi (2015) Input-Output Table constructed with private business data and its algebraic description, IEEE/SICE International Symposium on System
- 13) T.Ohsato (2016) To improve comprehensiveness of Input-Output Table with private business data and Considerations of Changes in industrial linkage structure, SICE society system sectional meeting
- 14) <http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20160527145659.html>
- 15) R. Lippmann (1987) An introduction to computing with neural nets, IEEE ASSP
- 16) Nitish Srivastava,et,(2014) Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting, Journal of Machine Learning Research 15
- 17) Kikukawa,et(2015)企業間取引データを用いた事業所間における取引関係の推定とその活用方策),jsce conference 2015 spring
- 18) K.Nakajima(2012) Transactions as a Source of AgglomerationEconomies:Buyer-seller matching in the Japanese manufacturing industry, RIETI Discussion Paper Series 12-E-021

APPENDIX [群馬県の産業連関表]

表3 本社ベースでの群馬県IOT

表 4 事業所ベースでの群馬県 IOT