T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	民間データを利用した産業連関表構築に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	大里隆也
Author(English)	Takaya Osato
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11237号, 授与年月日:2019年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:出口 弘,三宅 美博,山村 雅幸,高安 美佐子,小野 功
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11237号, Conferred date:2019/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

民間データを利用した
産業連関表構築に関する研究

大里　隆也

東京工業大学
大学院情報理工学院
情報工学系
知能情報コース

博士（工学）学位請求論文

目次

はじめに 1

第1章 研究の背景 3

1.1 近年のビッグデータの利活用 3

1.2 研究の目的 4

1.3 論文の構成 5

第2章 従来の産業連関表の課題と先行研究の状況 9

2.1 産業連関表の概念 9

2.2 小地域産業連関表の作成 12

2.3 産業連関分析における研究の状況 13

2.4 産業連関表の課題 16

2.5 個別企業データを利用した産業連関表作成に関する研究の状況 . 18

2.6 先行研究における課題 20

第3章 生産拠点を考慮した産業連関表 内生部門の構築 22

3.1 使用データ 22

3.2 生産拠点を考慮した企業間取引の構築 23

3.3 事業所従業者数の推定モデルの構築 24

3.3.1 ニューラルネットワークモデル 24

3.3.2 決定木モデル 25

3.3.3 モデル選択 26

3.4 生産拠点を考慮した内生部門構築アルゴリズムの定式化 26

3.5 群馬県での本社ベースと生産拠点ベースでの比較 28

第4章 輸出入を考慮した産業連関表の構築 32
4.1 使用データ 32
4.2 テキストマイニングによる輸出入比率の抽出..... 33
4.2.1 輸出・輸入比率のモデル化のための検証 36
4.2.2 輸出入比率を用いたシミュレーションによる輸出入額の算出 39
4.3 輸出入を考慮した産業連関表構築アルゴリズムの定式化..... 40
4.3.1 取引額の精度検証 41
4.3.2 企業ベース付加価値額の定義 42
4.4 企業ベース付加価値による東日本大震災での被災地域の産業の変化の考察 43
4.4.1 岩手県での変化の考察 45
4.4.2 宮城県での変化の考察 46
4.5 福島県での変化の考察 47
第5章 企業対消費者間取引を考慮した産業連関表の構築 48
5.1 公的統計における家計調査 48
5.2 使用データ 49
5.3 企業対消費者間取引比率の抽出ルールの構築..... 50
5.3.1 民間消費比率の一般化 53
5.4 シミュレーションによる民間消費支出の算出と比較検証 55
5.5 企業対消費者間取引を考慮した産業連関表構築アルゴリズムの定式化 57
5.6 企業ベースの地域民間消費支出の推定..... 58

第6章 民間データを用いた小地域及び地域間産業連関表の構築 61
6.1 地域産業連関表作成アルゴリズムの定式化 61
6.2 地域間産業連関表作成アルゴリズムの定式化 64
第7章 投入係数の変動を考慮した経済波及効果の測定 66
7.1 使用データ 66
7.2 投入係数のモデル化 68
7.3 石巻市での事例分析 69
第8章 結論及び今後の展望 73
8.1 研究成果と活用の可能性 73
8.2 今後の課題 77
謝辞 81
参考文献 83
付録 A 本論文で用いた分析手法 89
A.1 ニューラルネットワーク 89
A.2 決定木分析 90
A.3 クラスタ分析 92
付録 B 比較した公的統計指標の作成方法 96
B.1 製造品出荷額 96
B.2 輸出入額 97
B.3 民間消費支出 97
付録 C 構築したモデルのパラメータ 98
C.1 ニューラルネットワーク 98

表目次

2.1 平成 23 年産業連関表で実施した特別調査 11
3.1 事業所別従業者推計の説明変数一覧 24
3.2 事業所従業者数調査と推計値の残差 26
3.3 本社ベースでの群馬県 IOT 30
3.4 生産拠点ベースでの群馬県 IOT 30
3.5 製造品出荷額と域外販売額との比較 31
4.1 産業大分類別 輸出入比率判明件数 36
4.2 シミュレーションによる結果と公表数値との比較 40
4.3 岩手県における TDB 版付加価値額の推移 45
4.4 宮城県における TDB 付加価値額の推移 46
4.5 福島県における TDB 付加価値額の推移 47
5.1 一般消費者としてカウントする得意先名一覧 50
5.2 取引シェアが抽出された業種別企業数 51
5.3 各試行におけるクラスタの最小企業数 53
5.4 各試行におけるクラスタの最小企業数 55
5.5 クラスタ数 5 における変数に対する統計量 55
5.6 最大クラスタ数 5 における各クラスタでの変数の平均値 55
6.1 企業ベース産業連関表の構築のイメージ 63
6.2 企業ベース 2 地域間産業連関表の構築のイメージ 65
7.1 対象とした県内総生産額が 10 兆円都道府県一覧 67
7.2 業種対応表 67
7.3 第一次・第二次間接効果額の基本統計量 72

図目次

1.1 本論文の全体像 6
2.1 産業連関表のイメージ 10
2.2 観光損失の波及イメージ 15
3.1 TDB データによる内生部門表イメージ 28
4.1 信用調査報告書 事業内容のサンプル 33
4.2 比率の出現密度 36
4.3 産業大分類別 抽出比率 37
4.4 従業員規模別の確率密度 38
4.5 複数分布の当てはめ 38
4.6 シミュレーションによる輸出入額の算出結果 39
4.7 取引実績と取引推計値の比較 42
4.8 TDB 版付加価値額と名目 GDP の推移 43
4.9 被災三県における TDB 版付加価値額と県内総生産の時系列変化 44
5.1 主要な消費関連統計指標 48
5.2 信用調査報告書 得意先のサンプル 49
5.3 業種大分類別一般消費者への取引シェアの分布 51
5.4 業種細分類別一般消費者への取引シェアの分布 52
5.5 売上規模別一般消費者への取引シェアの分布 52
5.6 最大クラスタ数 3/4/5 での取引シェア分布 53
5.7 最大クラスタ数 3/4/5 での取引シェア分布 55
5.8 シミュレーションによる企業ベース民間消費支出 56
5.9 各都道府県の人口（横）と民間消費支出（縦） 59

5.10 民間消費支出の実測値（縦）と推計値（横） 60
7.1 各業種間における TDB 投入係数のヒストグラム.....68
7.2 投入業種：建設業，需要業種：飲食料品における TDB 投入係数の
ヒストグラム 68
7.3 第一次間接効果額シミュレーション結果のヒストグラム 71
7.4 第二次間接効果額シミュレーション結果のヒストグラム 71
8.1 本論文のエグゼクティブサマリー 73
A.1 ニューロンのモデル 89
A.2 3 層ニューラルネットワークのイメージ 90
B.1 決定木分析のイメージ（商品購入意識の判別） 91
C.1 デンドログラム（市区町村の類似度） 93
C.2 k-means 法の学習イメージ 95

はじめに

本論文は、企業の信用調査会社である株式会社帝国データバンク（以下、TDB）が保有する企業情報を活用して、公的統計の一つである産業連関表の構築を行う。ここでは、はじめとして、研究の前提となる TDB の企業データに関して言及する。

TDB は、企業の信用調査会社であり、調査の目的は、企業が倒産するかどうかを把握するための資金調達力の計測であり、いわゆる、企業の「カネ」の流れの把握を目的としている。TDB では、2019 年 1 月時点で、全都道府県に支店を持ち、計 83 箇所の事業所を持っている。調査員は約 1,700 名であり、どの地域でもバイアスがないような調査体制を構築している。

本論文では、主に 4 種類の異なる調査によって得られた TDB データを用いる。

一つ目は、信用調査報告書（以下、CCR）である。CCR は、TDB が顧客からの調査依頼をトリガーとして実施される調査によって得られるデータである。そのため、更新頻度は企業ごとによって異なるが、調査頻度の中央値は 3 年に 1 度であり、規模の大きな企業であれば毎年調査が行われているケースが多い。

CCR は、収録企業が累積で 180 万社であり、地域は日本全国、すべての業種が調査対象である。信用取引に関する企業調査を目的に依頼されるため、企業との取引をメインとしている製造業や卸売業、建設業などの収録が多い。個人商店や、一般消費者への販売をメインに行っている企業、公的機関など信用取引が発生しにくい企業の網羅率は比較的低い。

CCR は、調査員が直接企業に訪問し、ヒアリング調査を行う。報告書には、売上や利益、資本金、従業員数、株主などの定量的な情報だけでなく、その企業の事業内容や強み、業績の浮き沈みの要因、代表者の特性など定性的な情報が記載されており、調査項目は 53 項目にのぼる。

特に、「仕入先および外注先」欄には、仕入先と得意先の記載があり、企業との取引の場合はそれぞれ具体的な社名と企業を特定するユニークコード（以下、企業コード）が載っている。リスト形式での記載のため、調査先企業の CCR に記載される企業に限界はあるが、CCR は企業の逆引きが可能である。企業の逆引きとは、取引先の CCR に記載がされていることを示している。例えば、株式会社 SUBARU（以下、SUBARU）の CCR の仕入先には記載がないが、SUBARU を得意先として記載している企業が存在していれば、企業間取引としては SUBARU とその企業は繋がっていることとなる。つまり、SUBARU の CCR には 30 社程度しか記載がない場合でも、取引情報としては SUBARU の取引先が 100 社存在しているということになる。この企業の逆引きを鑑みると、一つのネットワークデータを構築することができる。そのデータベースを企業間取引ネットワークデータ（以下、TRD）

と呼ぶ。このTRDは、2019年1月時点では累積で約600万件もの企業間取引を収録しているが、取引高については6万件程度しか判明していない。

また、CCRは自由記述で記載されている項目が多く存在し、本研究において多く活用している。第4章では「現況と見通し」欄を、第5章では「仕入先および外注先」欄を用いる。具体的な中身のデータについては、各章で説明することとする。

二つ目は、企業概要データ COSMOS2（以下、C2）である。CCRは顧客からの依頼ベースによる調査であったのに対して、C2はTDBが自主的に毎年調査を行い更新するデータベースである。C2は、2019年1月時点で収録件数が147万件で、全国・全業種の企業を収録しており、網羅性が高く、CCRのように企業の業種によって収録されにくいといったことはない。「毎年更新」「高い網羅性」の一方で、調査の項目はCCRと比較すると少なく、売上高、利益、従業員数、資本金、取引先など企業の概要のみとなっている。本論文では、毎年の更新も目的とするため、C2から毎年更新される企業の売上高や従業員数などの情報を用いる。

C2には、取引先などの情報も記載されているが、CCRのように企業コードの表記がないため、C2を用いた企業間取引ネットワークデータは商号によるものであり、同一商号の判別は難しく、また、商号変更などの際に取引数が減少する可能性があるため、本論文では用いない。

三つ目は、事業所ファイルである。企業信用調査とは別に郵送調査によってデータを収集しており、従業員数が100名以上の企業が対象で、毎年実施している。調査項目は、事業所の所在地や、その事業所が何を行っているかの事業所の区分（営業拠点、生産拠点）、従業者数となる。第3章では、事業所ファイルを用いて、本社ベースの取引から生産拠点を考慮した取引の変換を行う。

最後に、企業の決算書情報 COSMOS1（以下、C1）である。C1は、上場企業などの有価証券報告書が公開されている企業だけではなく、中小企業も含まれており、年間の収録件数は約20万件にも上る。特に、建設業におけるC1の網羅性は高い。それは、建設業を営む者の資質の向上を目的とした建設業法による建設工事の許可制を取っているため、決算書を含んだ報告書類を法務局に提出しなくてはならず、その決算書をTDBが閲覧・収集することができるためである。

収録項目は、損益計算書（PL：Profit and Loss statement）や貸借対照表（BS：Balance Sheet）、製造業の場合は製造原価明細などとなり、別途でキャッシュフロー（CF：Cash Flow statement）、財務比率の計算も実施している。C1は、専用の調査などは行っておらず、C2の年間調査やCCRの調査などの訪問時に入手することが多い。

第1章 研究の背景

1.1 近年のビッグデータの利活用

日本の統計調査では近年、統計改革が進められている。

2007 年に、1947 年 5 月から施行された統計法が全面改訂され、経済センサスの早期具体化、GDP 関連統計の整備、サービス分野の統計の検討、ストック統計の改善等が提言され、2011 年には経済センサス調査が実施された。

2015 年の経済財政諮問会議において、GDP 統計の精度の改善を目指した統計調査の整備の必要性について議論がなされ、その後の協議で、欧米諸国で提唱されている「証拠に基づく政策立案（EBPM=Evidence Based Policy Making)」を展開するために、公的統計のデータだけでなく、民間企業のビックデータや行政記録データに対する利用の可能性が提唱された。これらを踏まえる形で、2017 年に統計改革推進会議が設置され、最終報告として「EBPM 推進体制の構築」「GDP 統計を軸にした経済統計の改善」「報告者負担の軽減と統計業務・統計行政体制の見直し・業務効率化、基盤強化」を推進していくことが公開された。

この実現のために、一部の省庁においてはビッグデータの活用が進んでいる。特に、EBPM 実現を目的としたビッグデータの活用が進められており、ここではその事例を紹介する。

EBPM を地方公共団体で行うための支援策として、内閣府と経済産業省は共同で地域経済分析システム（RESAS：Regional Economy and Society Analyzing System）を開発し、公的統計を用いた地域の産業構造の見える化や、民間企業からビッグデータを収集し、クレジットカードの購買記録や携帯電話の GPS 情報に基づく人流データ、企業間取引情報の可視化（自治体限定で閲覧可能）などを一つに集めたオンラインプラットフォームの構築を実現した。なお、RESAS を用いた政策コンテストは毎年行われており、自治体担当者は RESAS を通じて様々なビッグデータに触れ、EBPM の実現を試みている。

また、経済産業省は、企業ビッグデータを活用し、2017 年 12 月と 2018 年 12 月に合わせて約 3,500 社を地域未来牽引企業として選定したと公開した。地域未来牽引企業は、地域内外の取引実態や雇用・売上高を勘案し、地域経済への影響力が大きく、成長性が見込まれるとともに、地域経済のバリューチェーンの中心的な担い手、および担い手候補である企業として選定された企業であり、経済産業省として、具体的に支援する企業を公開した取組みは初めてである。

EBPMに関する実証実験を、ビッグデータを活用することによって実現してきている。

一方で、「GDP 統計を軸にした経済統計の改善」「報告者負担の軽減と統計行政体制の見直し」がうたわれており、変革期を迎えている統計調査においては、ビッグデータの活用による改変は進んでいない。

その要因として、統計調査におけるビッグデータの利活用は、調査件数の増大や個票の情報の取得によってメリットが多く存在しているが、ビッグデータが企業の利益を目的として収集していることから、デメリットも存在していることが障壁となっていることが考えられる。

［ビッグデータ利用のメリット］

① 統計の推計精度が向上

② 地域や時間において任意の単位での集計が可能

③ 変化の要因となる個別要因を特定

［ビッグデータ利用のデメリット］

① 省庁や自治体にとって民間企業が保有するビッグデータは入手が困難

② 統計調査とは調査目的が一致していない

③ 企業の個別要因によってバイアスを含んでいる

（ex.企業の顧客に限定した購買記録が収集されている）

特に、統計調査は様々な人が利活用するため、公表後にその結果を大きく修正することは困難である。そのため、ビッグデータの利活用には、データホルダーである民間企業のデータ収集の都合をどのように統計調査に近づけるか、それによりデメリットをどこまで克服することができるか、実際に統計を作成している実務者がどこまで利用の範囲を設定することができるか、これらを考慮して初めて、統計調査にビッグデータが利用されるようになるのである。

1.2 研究の目的

本研究の目的は、統計改革推進会議で報告された

「EBPM推進体制の構築」

「GDP 統計を軸にした経済統計の改善」

「報告者負担の軽減と統計業務・統計行政体制の見直し・業務効率化、基盤強化」

の実現のために、ビッグデータを用いた貢献を行うことである。この目的を達成するためのテーマとして、我々は産業連関表を取り上げることとした。

基幹統計である「産業連関表」は、GDP 統計の根幹をなしている重要な指標である。また、産業連関表を活用し、経済波及効果の算出を行うことができ、EBPM でも用いられる指標である。

産業連関表の作成は、商業統計や工業統計、家計調査など様々な統計を用いて構築することから、コストが大きい。また、全国での作成のほか、9 経済地域、各都道府県、一部の市において作成されているため、多くの人が産業連関表の作成に携わっており、多くの労力を費やしている。そのため、産業連関表の実務者においては、業務負担の軽減やその構築方法の見直しが急務とされている。

このように、産業連関表は統計改革推進会議で報告された全ての事項に関連しており、産業連関表を改良することで、目的への貢献を実現することができるのである。

また、産業連関表は、作成のために約 80 種類の統計調査を用いているため、5 年に 1 度の作成のたびに、統計調査において公開データの形式や仕様の変更が総じて行われており、毎回その対応を実施する必要がある。産業連関表は、常に改善が行われる「進化し続ける統計」と呼ばれている。

毎回作成方法が変化する産業連関表は、柔軟であることと引き替えに、次章で説明するように多くの課題を持っている。その課題を解決するために、我々は TDB が保有する企業の取引情報や財務情報を用いて産業連関表の構築を試みる。

しかしながら、TDB は信用調査会社であり、企業の信用度の把握を目的に調査を行っていることから、統計調査とは目的が異なるため、TDB の企業データにおいても、ビッグデータのデメリットは発生する。

本論文では、企業データと産業連関表での違いを具体化し、それに対する改善策を講じて、企業データから産業連関表に近づけていく。また、ビッグデータを利用することによって、従来の産業連関表では実現することができなかった実証分析の提唱も行っていく。

1.3 論文の構成

図 1.1 に本論文の構成を示す。

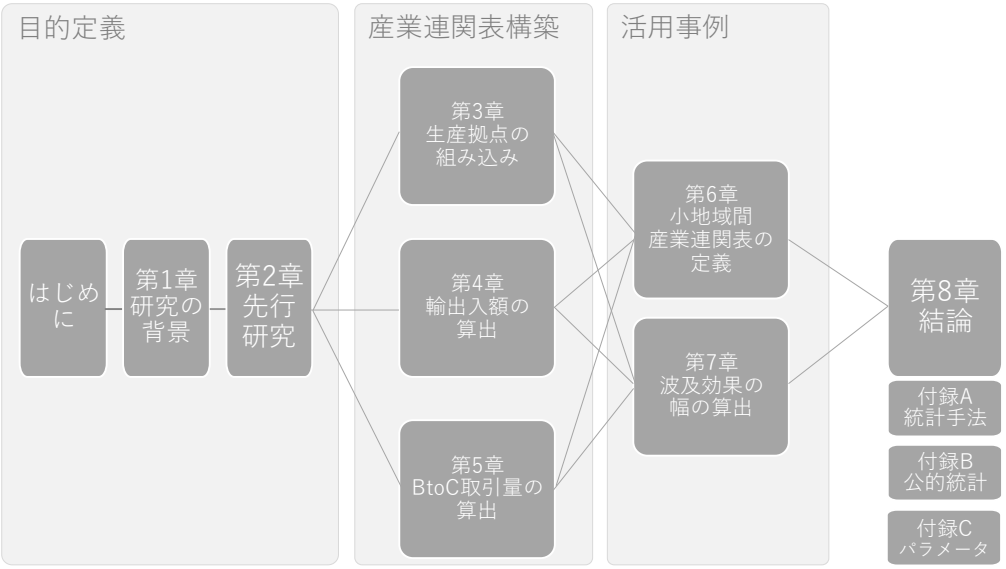

図 1.1 本論文の全体像（フローチャート）

本章では、我が国における統計調査の状況と EBPM に対するビッグデータの利活用を示し、本研究の目的について言及した。

第 2 章では、従来の産業連関表が作成されている概念と種類について言及し、産業連関表が活用されている研究や民間データを活用した産業連関表の構築に関連する先行研究の紹介を行う。特に、本論文の解決する問題である、従来の産業連関表と先行研究での課題について強く言及している。

第 3 章から第 5 章までは、TDB データから産業連関表を構築するために必要となったビッグデータの課題に対する解決方法について、具体的に示していく。

第 3 章では、本社での取引から生産拠点を考慮した取引への変換を行い、生産拠点を考慮した産業連関表を構築する。TDB が保有している事業所情報を活用し、生産拠点間の最適な取引に関する研究と事業所従業者数を推定するモデルを組み合わせて実現する。事業所従業者数の推定は、ニューラルネットワークと決定木分析によるモデルを構築し、予測精度の結果から推定モデルの選択を行った。採用したモデルの精度の検証として、モデル構築に用いた事業所従業者数とは異なる事業所の従業者数を用いて行った。

また、本社と生産拠点を加味した産業連関表の違いを考察するために、SUBARU の生産拠点が所在する群馬県における本社間での企業間取引と生産拠点を加味した企業間取引による産業連関表を作成した。それぞれの産業連関表と群馬県の製造品出荷額との比較を行い、生産拠点を考慮した産業連関表が製造品出荷額との相関が高いことが分かった。

第 4 章では、信用調査報告書の「現況と見通し」欄に自由記述で記載されている項目から、企業の輸出比率、輸入比率をテキストマイニングによりデータ構造化を行い、企業の売上高と売上原価から海外輸出入の分離を行った。個別企業の海外輸出入比率をデータ化したことにより、輸出と輸入の傾向の把握が可能となり、産業や企業規模での層別分析を行った。構造化によって得られた輸出入比率の出現分布を密度分布として用いたモンテカルロシミュレーションにより、企業の売上高ベースの輸出入額を算出した。財務省発表の日本全体での輸出入額との比較をし、10%程度の誤差で算出された。

また、輸出入額を定式化したことにより、企業の付加価値額を定義することが可能となった。その企業ベースの付加価値額を用いて、東日本大震災における産業の変化を算出し、変化があった産業の要因特定を個別企業まで遡り、考察した。

第 5 章では、企業の取引情報から民間消費者への販売比率をデータ化し、企業の売上高から民間消費支出の推定を行った。信用調査報告書の「仕入先および外注先」欄には、企業への販売・仕入のほかに、民間消費者への販売と、販売シェアが記載されていることがあり、このデータを構造化した。業種細分類による一般消費者への販売比率のクラスタを構築し、民間消費比率のモデル化を行った。クラスタごとに確率密度を定義し、モンテカルロシミュレーションにより、企業の売上高から日本全体の民間消費支出を算出し、総務省発表の民間消費支出との比較により検証を行った。

また、民間消費支出と海外輸出入を考慮した産業連関表構築のための企業間取引高の定式化を行った。

第 6 章では、これまでのアルゴリズムを統合することによって得られる新しい産業連関表として、小地域での産業連関表と任意の 2 地域間での産業連関表の定式化を行った。

第 7 章では、民間データによる産業連関表の活用事例として、産業の投入構造の確率的な変動を考慮した波及効果の算出を行った。従来の方法では、波及効果が一定額での算出しか行われていない。民間データを用いたことで、投入係数の変動を確率的に表現することが可能となり、その変動を考慮し範囲を持った波及効果の算出を行う。取り上げる事例は、東日本大震災によって石巻市が被った観光被害額とした。

最後に、第 8 章では、エグゼクティブサマリーとして本論文のまとめを行い、従来の研究からの改善点、今後の展望を示す。

付録Aでは、統計手法に触れたことのない実作業者向けに、本論文で用いた統計解析手法の紹介を行う。本論文のテーマが産業連関表というマクロ経済における指標の一つであり、今後は本研究成果の実際の活用を目指すことから、主に経済学を学ばれてきた自治体や内閣府、経済産業省での職員に対する、本論文への関心・理解を得るための配慮である。

付録Bには、比較検証を行った公的統計の推定方法を記載する。

付録Cには、構築したモデルの再現性を保つために、第3章にて採択した事業所従業者推定モデルの詳細なモデル式を記載する。

第2章 従来の産業連関表の課題と先行研究の状況

本章では、産業連関表の作成概念や公開されている産業連関表の種類について言及し、小地域の産業連関表の必要性と作成の困難性の高さを示し、従来の産業連関表における課題を示す。

また、その課題を解決しようと民間データを活用した産業連関表の構築に関連する先行研究の紹介を行い、これまでの研究で解決しなくてはならない課題を示す。

2.1 産業連関表の概念

産業連関表とは、ワシリー=レオンチェフ [1]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産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。経済分析の手法は、アメリカ政府の労働統計局によって認められ、1941 年以降は同局の援助によって発展した。1944 年、アメリカの戦時生産局計画部において、第二次世界大戦後の経済予測に際して、産業連関分析は非常に高い精度を示した。これをきっかけに世界での国民経済計算の基礎として広く使用されるようになり、1973 年には、産業連関表を提唱したレオンチェフがノーベル経済学賞を受賞している。

日本では､内閣府や経済産業省等が 1951 年を対象年次とする試算表を初めて作成した。その後、1955 年を対象年次とするもの以降は、関係府省庁の共同事業として作成されている。

図 2.1 は、産業連関表の構成イメージである。列では財・サービスの生産にあたって用いられた原材料、燃料、労働力などへの支払いの内訳（費用構成）が示されており、この支払いを「投入」(input)という。行では、生産された財・サービスの販売先の内訳（販路構成）が示されており、この販売を「産出」(output)という。また、金額を共通指標としており、実際価格による生産者価格評価として作成されている。

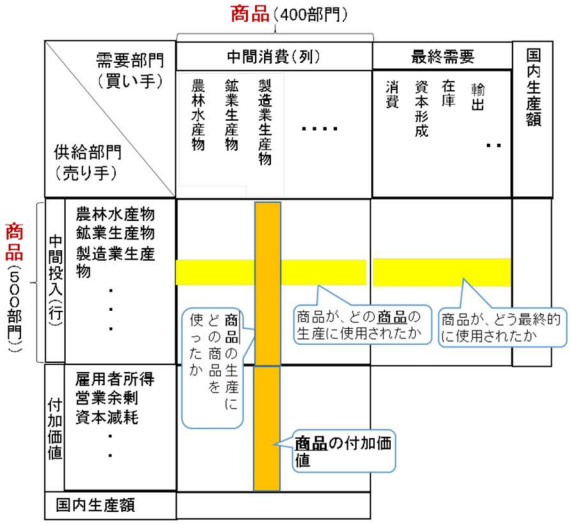

図 2.1 産業連関表のイメージ

（出典：総務省 HP「平成 23 年産業連関表－総合解説編－」）

産業連関表は、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）の中核をなしており、2010 年には、統計法（平成 19 年法律第 53 号）に基づく「基幹統計」として指定された。

産業連関表では、行方向の地域内生産額（中間需要計＋最終需要計―輸入計―移入計）と列方向の地域内生産額（中間投入＋粗付加価値）が一致するように作成されている。また、「総供給＝地域内生産額＋輸移入＝中間需要計＋最終需要計＝総需要」は各行列に成立する、「中間投入計＝中間需要計」と「粗付加価値＝最終需要―輸入―移入　（二面等価）」は部門全体の合計について成立することが定義されている。

産業連関表は、総務省を中心とした 10 組織が共同で作成する全国産業連関表（以下、全国表）と、各都道府県が公表している地域産業連関表（以下、地域表）、経済産業省が作成する 9 経済主体ごとの地域間産業連関表（以下、地域間表）が存在している。作成は、日本国内で行われた生産活動や取引を記録の対象とする「国内概念」としている。地域表の場合は、行政区域を地域内とする「地域内概念」としている。全国表と地域表での大きな相違点は、日本国内間での流出入を表した移出入の存在である。ただし、事業所の所在地に関わらず、地理的な境界線を越えて、国内の他地域で生産活動や取引が行われることが少なくなく、資料上の制約から、これらの生産活動や取引に関する地域的属性について取り扱いが混在することがある。地域表の移出入の表記は、どこの都道府県に移出するか、移入されるかは記載されておらず、「域外への移出」「域外からの移入」として記載されて

いる。

作成には多くの統計を必要とするため、既存の公的統計では情報が足りず、産業連関表作成のために特別調査を実施している。表 2.1 は、平成 23 年全国版産業連関表を作成する際に行われた特別調査の一覧である。

この他にも、地域表・地域間表を作成するための特別調査が存在しており、地域間の地域間流通量を推定するための特別調査として、経済産業省では「商品流通調査」を実施している。しかし、都道府県を対象範囲として作成される地域表の情報としては、都道府県ごとの移出入が調査されていないため、都道府県での特性の表現は不足している。そこで、各都道府県では、経済産業省が実施する商品流通調査の追加調査として、製造業部門を対象に、都道府県間における商品流通状況を明らかにする独自調査が行われている。

全国表では、国全体が対象地域になるため、具体的な生産活動を行っていない本社は、生産活動が行われている事業所と異なる地域にあったとしても、活動経費を生産コストの一部として計上することに、問題は生じない。しかし、地域表であると、生産活動が行われている生産拠点と本社が異なる地域にある場合が多く、東京都の産業連関表では、本社部門として管理費を計上している地域産業連関表も存在している。しかし、他の都道府県産業連関表では、その考慮がなされているものはない。

集計の対象とする期間は、1 月から 12 月までの 1 年間（暦年）である。各府省庁の共同事業として作成を開始した昭和 30 年（1955 年）表以降、西暦年の末尾が 0 または 5 の年

表 2.1 平成 23 年産業連関表で実施した特別調査

（参考：総務省 HP「平成 23 年産業連関表－総合解説編－」）

調査実施省庁	調査名	調査実施省庁	調査名
内閣府	地方公共団体投入調査	経済産業省	鉱工業投入調査
総務省	サービス産業非営利団体等投入調査		資本財販売先調査
	企業の管理活動等に関する実態調査		商業マージン調査
	通信業放送業インターネット附随サービス業投入調査		輸入品需要先調査
財務省	酒類製造業投入調査	国土交通省	内航船舶品目別運賃収入調査
厚生労働省	医療業社会福祉事業等投入調査		有料駐車場に関する投入調査
農林水産省	農業サービス業投入調査		こん包業に関する投入調査
	種苗業（農業）投入調査		地方公共団体運輸関連施設投入調査
	花き花木生産業投入調査		運輸関連事業投入調査
	民有林事業投入調査		公共事業工事費投入調査における予備調査
	海面内水面養殖業投入調査		公共事業工事費投入調査
	食品工業投入調査		土木工事間接工事費投入調査
	飼料有機質肥料製造業投入調査		土木工事費投入調査
	木材加工業投入調査		独立行政法人等土木工事費投入調査
	農業土木事業投入調査		建築工事費投入調査
	林野公共事業投入調査		不動産業投入調査

を対象年次にすることを原則として行われてきたが、重要な基礎資料である経済センサスが、23年に対象年時を繰り下げて実施されたことに伴い、例外として、23年を対象年次として作成された。

地域表では、「各列部門の費用構成が地域によってそれほど大きく変化しない」という前提を持ち、投入係数は全国表を参考としている。

全国表と地域表ともに、金額を共通指標としており、実際価格による生産者価格評価として作成されている。

全国表は、原則として国産品と輸入品との区別を行わず一括して扱う「競争輸入型」を採用しているが、重要な輸入品については国産品と輸入品を区別して扱う「非競争輸入型」としている。地域表は、区別が困難であるため、「競争輸移入型」としている。

また、輸出を計上する地域は、輸出品が生産された地域であって、通関した地域ではない。そのため、モノがどこで生産されたかが計上の対象となる。輸入の場合も同様で、消費された地域に計上する。

2.2 小地域産業連関表の作成

近年の地方創生の中で、自治体においても EBPM を実施する試みは行われており、実際に地域の経済を活性化するために開発された RESAS では、市区町村ごとや地図上でのプロットにより地元の情報を多く公開している。

従来の地域表は、地域区分が都道府県単位であり、都道府県における自地域からの仕入れ構造を投入比率として表現している。しかし、都道府県内部でも地域によって産業の強みが異なることから、自治体で波及効果など EBPM に活用できる指標を構築する際には、小地域での投入構造が必要となる。

例えば、群馬県の製造品出荷額を見ると、前橋市はプラスチック製品など化学・石油製品製造業が最も大きな出荷を行っているが、SUBARU の工場が所在する太田市は輸送用機械器具製造業が最も大きな出荷をしている。そのため、日本の自動車が大幅に成長した場合には、前橋市と太田市では自動車産業の成長によって享受する恩恵が異なり、自動車部品製造業が強い太田市が強くその恩恵を受ける。

このように地域によって正確な波及を計測するために、実際に産業連関表を分析している自治体担当者やコンサルタント、研究者は自治体の産業連関表を作成しようと試みている。しかしながら、現状で公開されている小地域での産業連関表は、統計調査が充実して

いる横浜市や大阪府と連携して作成する大阪市のように、一部の政令市だけしか作成されていないため、独自に作成する必要がある。

小地域での産業連関表を作成するには、次に紹介する2つの方法がある。

一つはサーベイ法と呼ばれるもので、膨大な統計資料に加えて、域内の事業所を対象に投入・産出構造についてアンケート調査を実施して、調査の積み上げにより対象地域の取引額を直接的に把握する方法である。実際にアンケート調査を行うため、小地域であっても、地域の特性を表現した活用の可能性の高い産業連関表を作成することが可能である。

しかしながら、独自調査による作成には膨大なカネと時間労力が必要となる。事例として、今井 [2]にて岡山県美作市の産業連関表をサーベイ法によって作成しているが、700万円の予算を計上し、産業連関表に精通した先生を招集し、アンケートを実施した。このアンケート作成から、アンケートの発送・回収、産業連関表の作成と分析に至るまでに1年半を要したと報告している。

もう一つはノンサーベイ法と呼ばれるもので、既存の公表済みの限られた統計資料から数値計算により対象地域の取引額を推計する方法である。メリットとしては、既に得られている統計調査の結果を利用するため、費用は最小限で済むことである。そのため、予算や人員の制約により、独自の調査を実施することが困難となる学術機関が作成している小地域の産業連関表はノンサーベイ法によって推計されたものが多い。

しかし、デメリットとしては、統計調査が充実していない場合には、地域の実態に即していない産業連関表が作成されてしまう危険性がある。

ノンサーベイ法による事例として、本田 [3]は、京都府産業連関表を基に、従業者数、市内総生産額などの按分計算を行うことにより、舞鶴市の産業連関表を推計している。最終需要の推計は、京都府産業連関表の最終需要に人口や市内総生産などの按分指標を乗じている。

入谷 [4]では、都道府県の産業連関表から市町村の産業連関表を推計する方法として、事業所の人口比等から按分、分割することにより市町村の産業連関表を算出する方法について解説している。

2.3 産業連関分析における研究の状況

産業連関表は、表自体を読み取るだけでも、地域の産業構造や産業部門間の相互依存関係を把握・分析が可能となる。イベントや政策の変更などによる産業の変化が発生した場

合の経済効果のシミュレーションや、将来の経済構造の全体像を推定するといった予測分析などにも広く応用することができる。主な利用方法を挙げると、次のとおりである。

- 経済構造の分析

  産業連関表には、各財・サービスの国内生産額、需要先別販売額、費用構成などが、各産業部門に詳細に記載されている。これらの計数により、産業別投入構造や雇用者所得比率、販売商品構成や商品別の輸出入比率など、経済構造の特徴を読み取ることができる。

- 経済の予測

  産業連関表から投入係数や逆行列係数などを得ることができる。これらの係数により、投資や輸出の増加などの最終需要の変化が地域の産業にもたらす波及を定量的に算出することができる。経済に関する計画や見通し、政策立案の際に広く用いられる方法である。

- 経済政策の効果測定

  経済の予測と同様に、最終需要と各財・サービスなどとの関係を利用し、特定の経済政策が各産業に与える影響を定量的に評価することができる。財政支出や減税実施の波及効果の測定、公共投資の経済効果の測定などが挙げられ、多くの研究者が分析している。

- 他の経済統計の基準値

  産業連関表は、GDP 統計をはじめとした経済統計において基準値として利用されている。例えば、内閣府の SNA においては、5 年ごとの基準改定に当たり、産業連関表が重要な基礎統計として活用されている。

  また、産業連関表の部門別付加価値額や中間需要額を利用して、経済産業省の産業活動指数や日本銀行の企業向けサービス価格指数などの作成のための基礎資料として利用されている。

このように産業連関表は様々な場面で活用されているが、統計の基礎資料になる以外の活用事例は、イベントに対する経済波及効果の算出に関するものが多い。ここでは、第 6 章で算出を行う観光損失額の推計における波及効果に関連した先行研究と東日本大震災の損失額推計の事例を取り上げる。

稲田・入江他［5]では、東北地域での消費・投資・輸出、および東北地域以外の消費・投資における東北からの移入分について、各 20%が喪失されると仮定し、全国で 11 兆 7,200 億円（全国生産額の 1.2%）の損失が生じる結果を導き出した。また、観光消費の低下を分析した事例に細江［6]があり、同研究は、東日本大震災後のレジャー消費に対する自粛の影響を推計したものである。娯楽サービス・飲食店・宿泊業の 3 つの被害産業に対する需要が外生的に 10%低下すると仮定し、農水産業とそれに関連する産業が 2%程度、電気・ガス・水道・廃棄物や不動産、放送、広告業といったサービス業が 1%弱生産を減少させることを明らかにした。

市レベルの観光損失額研究に長谷川［7]がある。同研究は、石巻市の観光客減少による損失額の推計を試みたものである。石巻市公表資料や平成 23 年宮城県観光統計概要などの公表されている統計データの他に、株式会社七十七銀行が 2011 年に作成した石巻市産業連関表（平成 17 年表）推計調査結果を利用した。イベント開催に伴う波及効果分析は、観光客増による飲食料費や宿泊費などの需要増による直接効果の算出、また、直接効果から新たに発生した生産活動を第一次間接効果、その生産活動から発生する雇用者所得、消費に起因する第二次間接効果から推計されるが、長谷川［7]では観光客数の減少による消費減を基にその被害額を推計した。波及効果としては、観光客数の減少が 935,161 人、最終需要の減少額が 11,095,983 千円、直接効果額が約 60 億円、第一次間接効果額が約 9 億円、第二次間接効果額が約 6 億円で、合計が約 76 億円と求められた。対個人サービス部門の粗付加価値額が 156 億円程度であることから、同市に与えるダメージが大きいものであったことを示す結果となった。図 2.2 は、観光損失の波及イメージであり、観光客の減少がどのように波及していくかを、上から下に示しているものである。

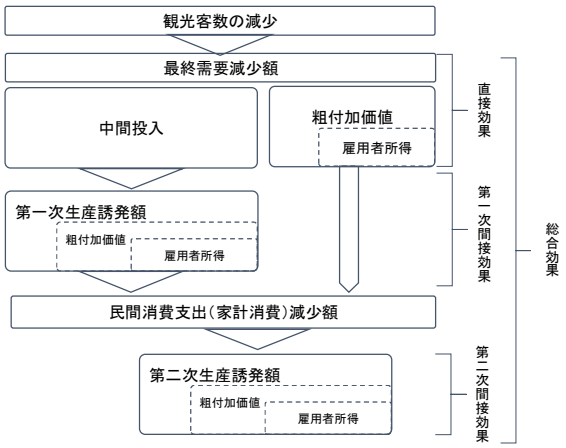

図 2.2 観光損失の波及イメージ

2.4 産業連関表の課題

産業連関表には多くの人が作成・分析に携わっていることが分かる。しかしながら、産業連関表は多くの統計を必要としており、作成方法も数多く存在し、種類も様々であることから、色々な課題を抱えた統計である。その課題は次の通りである。

- **作成に時間とコストがかかる**

  産業連関表は、全国表と地域表、地域間表のどれも参考とする統計が多いため、作成には非常に大きなコストを要する。2011 年の全国表では、総務省が主体となり 10 組織が共同で作成しており、81 種類の公的統計の調査結果を利用している。特に、2011 年表固有の問題として、2008SNA の採択、日本標準産業分類の改定による推計方法の大幅な見直し、また、「経済センサス-活動調査」が初めて導入され、連続的な比較の実施が困難になったことなど、大きな変更がなされており、その対応に大きな費用と時間が費やされている。

- **作成のための予備知識・ＰＣスキルが必要**

  産業連関表を作成するために、統計や社会経済情勢の知識、行列計算などの数学の知識が必要となるため、自治体職員のスキルに大きく依存している。担当者は専任となり産業連関表を構築するケースが多いが、森 [8]が指摘しているとおり、自治体の体制として作成する担当者が 3 年程度で異動をしてしまうことが多いため、知識や作業ノウハウの継承、作業の改善が非常に困難である。

- **2015 年調査を最後に経済産業省での商品流通調査が廃止**

  地域表ならびに地域間表の作成のための特別調査で地域間の流通量を推定するための商品流通調査は、2015 年調査を最後に経済産業省の撤退が地方公共団体に通達された。経済産業省は商品流通調査の主体であり、商品流通調査の結果を利用し作成される地域間表を活用し、地方公共団体の地域表の移出入が作成されていた。そのため、経済産業省が撤退し地域間表の作成が未定となった現在、地方公共団体のみでの流通量の推計が必要となった。しかし、地方公共団体では、従来の商品流通調査における調査対象企業や個別の回答は得られていないため、調査先企業の選定・決定、調査の設計などが必要となり、大きなコストが発生することが見込まれる。また、地域間表を用いることで、各都道府県での移出入の合計が等しくなるよ

うにバランスされていたが、地域間表が消滅することで、他地域との流通量のバランスが崩れてしまう。そのため、地方公共団体間での連携が必要となる。

産業連関表を取り扱う国内最大の学会である環太平洋産業連関分析学会は、2018 年に開催された年次大会において、職務個人会員向け特別緊急集会「商品流通調査の今後について」を実施し、本問題に対して有識者間で議論を行い、問題解決を試みている。

- **地域表は地域により作成方法が異なる**

地域表は各地方公共団体で作成されており、地域表の作成には、所在する都道府県で実施している統計調査を参考としている。しかし、所在する地域で実施している統計調査はその地域により異なるため、各地方公共団体にて作成方法が異なっている。また、東京都では本社における経費を生産量として計上している一方で、東京都以外の地域では、本社での経費は全く勘定していないため、東京都と他の地域の生産量を合計しても、日本全国の生産量と一致していない。

- **地域表の投入構造が全国表と同一**

作成には、様々な統計・作業を必要とするが、地域表の列部分である投入構造は、全国表の投入構造を参考に作成されており、人員及び予算の制約上、投入調査は行われていないため、いずれの都道府県において必要となる商品の仕入比率は同一なのである。例えば、SUBARU が製造工場を置く群馬県においては、SUBARU を販売先としている部品製造企業が多く所在していることから、その仕入構造である投入比率は他の県と比べて群馬県内からの比率が大きい。しかし、地域表では、投入構造は全国表と同一であるため、自動車完成工場がない都道府県や、トヨタや日産などの工場が所在する地域であっても、群馬県と同じ投入構造となってしまう。このことから、石川 [9]は、地域表を用いた経済分析が地域特性を表現できていないことを指摘している。

また、地域表の作成は全国表が公開された後に、全国表を参考にして作成を行っているため、全国表での作成の変更概念が、地域表においても同様な変更を余儀なくされる。

- **小地域の産業連関表は作成が困難**

実務において必要とされる小地域の産業連関表は、作成に 2 通りの方法があるが、サーベイ法は独自調査を行うため、膨大な費用と時間、労力がかかり、ノンサーベ

イ法は、充実した参考統計がない場合は、正確な産業連関表を作成することは不可能である。

また、現状で政令市が作成している産業連関表も、全国表やその自治体が属する都道府県の地域表を参考として作成していることから、地域表と同様に全国表に依存している。

- **波及効果の算出方法が実態の経済を考慮できていない**

5 年置きに作成される産業連関表を用いた経済波及効果の測定は、作成年次の取引構造を前提とした分析となる。例えば、ある企業が宮城県から他県に工場を移設した場合の宮城県の経済損失の測定を行う事例を考える。2018 年 12 月現在、宮城県が公表する最新の産業連関表は平成 25 年表（延長表）であり、同表を用いて経済損失額を測定するのが一般的である。この場合、平成 25 年表（延長表）から投入係数を算出し計算することになり、測定時点において既に数年前の取引構造を前提にしているという課題を持つ。現在公開されている情報からは、投入係数の変動を測定するのは難しく、従来の産業連関分析における研究では、投入係数の変動を考慮した研究は行われていない。

- **波及効果算出以外の活用がされていない**

現状の産業連関表の分析事例は、ほとんどが経済波及効果の算出である。また、消費量が 2 倍になれば、原材料の投入量も 2 倍になるという線型的な比例構造を示す確定的な投入係数を前提とする分析で測定される。しかしながら、本来の波及効果を推定するためには、ある 1 点のみを推定するのではなく、想定される効果の最大、最小を考えることが、EBPM のために必須となる。

別の活用事例として、産業連関表は、地域の産業構造を時系列で追うことができるため、地域に大きな影響を与えるような施策や災害、イベントが発生した場合に、地域の産業の変化を追うことが可能であるが、個別の企業情報の利用を行うことが可能となれば、その産業の中で変化が起きた企業の特定を行うことが可能となり、より EBPM に役立つ情報を提供できるようになる。

2.5 個別企業データを利用した産業連関表作成に関する研究の状況

これらの課題を解決するために、TDB の企業データを活用し産業連関表の構築を試みた。

個別企業を活用し産業連関表を構築する先行研究は行われていない。それは、日本の 99%以上を占める中小企業において、取引先や売上原価など必要となる情報が公開されていない場合がほとんどであり、研究者がそのデータを入手することが困難であるためである。また、世界的に見ても、国全体の企業の取引先を把握しているデータホルダーは存在していないため、2014 年以前にはこのような研究は行われていなかった。

我々は、TDB と東京工業大学が連携し、2014 年に帝国データバンク先端データ解析共同研究講座を開設したことによって、個別企業の取引・財務情報を用いた産業連関表の構築を初めて試みることができた。

赤木 [7]では、CCR の取引情報や財務情報 C1 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。

[アルゴリズム概要]

1. 品目振り分け:自由記述による企業間の取引品目を、TDB 産業分類中分類(91 分類)程度に分類する。取引品目に対して、受注企業の業種が多い業種が尤もらしい業種として分類した。
2. 取引額推計：企業間取引ネットワークデータは取引を構成する企業及び、その取引品目に関するデータが含まれるが、取引額は部分的にしか存在しない。TRD における各取引の取引額を、発注企業の売上原価と受注企業の売上高を用いて推計する。
3. 連関構造推計:『取引額推計』で推計された、各取引を『品目振り分け』で分類された品目毎に、どの品目に投入されたのかを推計する。
4. 連関表の作成:上記の 3 つの方法から作成されたデータをマトリックス上に配置し、産業連関表を作成する。

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 [8]では、小地域での産業連関表の構築を目的として、対象企業数が 20 万社では地域の特徴の表現が難しいため、算出対象企業の増加を行った。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。

2.6 先行研究における課題

第 1 章の通りビッグデータにはデメリットが存在している。本研究においても、その課題が生じており、特に TDB の企業データと公的統計は異なる目的で調査・収集されている。TDB は企業の信用調査会社であり、企業の「カネ」の循環の把握を目的にデータ収集を行っている。一方で、産業連関表は「モノ」の循環を表現している。

このビッグデータのデメリットを解決するため、TDB データを産業連関表の概念に近似させていく必要があるが、先行研究において次の 3 つの大きな概念の違いが存在している。

- **調査対象企業の拠点の違い**

  本社間での「カネ」の取引と「モノ」の取引の違いは、特に製造業の大企業において大きな問題となる。例えば、SUBARU は、本社を東京に置きながら、実際の生産拠点は群馬県に有している。この場合、産業連関表では、SUBARU の群馬工場が群馬県内に所在する企業からの仕入を群馬県にて計上するが、TDB の本社間での TRD では、同じ仕入れを東京として計上してしまう。このように、本社と生産拠点を別に持っている製造業は多く存在していることから、地方の場合は生産量の過小推定、東京都では過大推定が同時に発生してしまうのである。

- **売上高と生産量の違い**

  TDB では、企業として「カネ」がいくら流入しているか、つまり企業全体の売上高を収集している。一方で、産業連関表は、各事業所の生産量を推計している。先行研究での構築アルゴリズムでは、企業の売上高と売上原価を用いて、企業間の流通量を推計している。しかし、TDB が収集している企業の売上高には海外に輸出して得た売上高、売上原価には海外から輸入して得た原価も含まれている。また、TDB が保有している信用調査報告書は国内企業のみであり、企業間取引ネットワークには国内企業しか存在していない。そのため、事業所の生産量に合わせるために、企業

の売上高から輸出分、売上原価から輸入分を分離して、国内流通量を推計する必要がある。

- **民間消費支出の推定方法**

産業連関表の民間消費はその地域に住まう消費者の消費を調査した統計（家計統計）を用いているが、TDB は企業の調査会社であり、一般消費者などへの消費調査などは行っていない。また、先行研究の民間消費支出の算出は、レストランや小売店などの民間消費を行っていると考えられる業種を指定し、業種が該当する場合、その企業の売上高をすべて民間消費支出に計上していた。また、先行研究では、指定業種に該当する企業の売上高を本社所在地にてすべて計上しているため、全国展開しているコンビニチェーンなど営業店を多く持つ企業でも、本社での計上を行っている。一方、全国表では、コモディティ・フロー法を用いて、暦年計数の推計によって行っている。また、地域表は、家計統計によって得られた 1 世帯当たりの品目別年間消費支出額から世帯数をかけ、算出している。以上のことから、企業データによる民間消費額は、全国表・地域表と比較すると、東京が大きく計上されており、また、全国での値も大きな誤差があった。

第3章 生産拠点を考慮した産業連関表 内生部門の構築

本章では、先行研究における TDB データと公的統計の課題である調査対象企業の拠点の違いについて、本社のみの取引から生産拠点を考慮した取引の変換を構築アルゴリズムに組み込み、解決していく。

先行研究の赤木 [10]、大里 [11]では、TRD データに収録されている本社での企業間取引を用いている。地域の特性を表現した地域表の構築や、地域間の移出・移入を算出するためには、地元に所在する生産拠点を算出に取り入れて表現する必要がある。そこで、本研究では、菊川 [12]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。本研究では、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。

最終的に、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の可能性とその有用性を示す。

なお、本章は、Ohsato [13]によって公開された研究を基にしており、追加の検証として決定木分析による推定モデルとの比較を行っている。

3.1 使用データ

本研究で使用するデータは、株式会社帝国データバンク（以下 TDB）が保有するものであり、いずれも 2014 年 1 月時点のデータを用いている。事業所間取引関係の推定には、企業間の取引の有無を表す TRD と、各企業の事業所情報を収録した「事業所ファイル」を用いた。

事業所ファイルは、2017 年 1 月時点で 36,591 社の 557,931 拠点の情報が収録されているが、本研究では、モノの流れを推定することが目的であるため、モノの移動が発生していると想定される、生産拠点、開発研究拠点、保管物流拠点の情報（46,666 拠点）のみを使用している。

平成 24 年の経済センサスによると、我が国には法人 170 万社・個人事業主 240 万社の、計 410 万社の企業が存在する。TDB は信用取引を行う BtoB の企業への調査が中心であり、

個人事業主や、現金取引が主流である小売業や飲食店業などの企業への調査は少なく、企業数で比較すると、企業間取引データに含まれる 71 万社の企業は経済センサスの 17.1%に留まる。しかし、それらの企業の売上高合計で比較してみると、経済センサスによる全企業の売上高合計が約 1,340 兆円であるのに対し、企業間取引データに含まれる 71 万社の売上高合計は約 1,150 兆円と、その網羅率は 85.8%に相当し、売上高の観点から見ると、我が国の経済活動の大部分を網羅しているデータと言える。なお、経済センサスと TDB のデータの両者で売上高の定義が異なる業種（金融・保険・公務）については除外した上で比較を行った。

また、事業所別の従業者数を推定するために、「平成 24 年経済センサス - 活動調査に関する地域メッシュ統計」よりメッシュごとの事業所数と従業者数を用いた。

3.2 生産拠点を考慮した企業間取引の構築

モノの流れを把握するための、生産拠点を考慮した企業間取引の構築は、TDB が保有する事業所ファイルを活用していた菊川 [12]にて行われている。菊川の方法は、仕入企業が保有する生産拠点の数により、企業間の取引が変化するとして、パターン分けを行い、企業間の取引を表現している。

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においてもパターン分けを行う。そして、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の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一般的な企業間での取引としている。

菊川の方法を用いることで、生産拠点を考慮することが可能となる。しかし、赤木・大里では、企業間 1 組に対しては最大 1 取引であったのに対して、菊川の方法では、仕入企業と販売企業がともに複数生産拠点を保有する場合には、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、2 企業間で複数取引が発生す

るような場合には、仕入企業の生産拠点ごとに取引金額を按分する必要がある。

3.3 事業所従業者数の推定モデルの構築

取引金額の按分には、生産拠点の生産能力を事業所別の従業者数によって表現できると考えた。それは、TDB が保有する C2 において売上高と従業員数の相関係数は約 0.65 となることから、企業の従業者数がその企業の売上高と関連が高く、従業者数が多い企業は売上げ規模も大きくなるためである。

しかしながら、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ため、予測精度を最大限重視し、ニューラルネットワークでの構築を行う。比較モデルとして、決定木を用いたモデルも構築する。

3.3.1 ニューラルネットワークモデル

データ数は、従業員数が判明している 43,458 事業所を対象としている。

説明変数には、そもそもの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。

表 3.1 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・規模別本社人数割合	本社人数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。

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上するためである。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。

［モデル設定］

- 隠れ層：３層
- 活性化関数：TanH 関数
- 学習方法：誤差逆伝播法
- 学習データと検証データの比：7 対 3

［分析結果］

- 平均二乗誤差：（学習データ）30454.42、（検証データ）34814.79
- 決定係数：0.49

3.3.2 決定木モデル

使用するデータと説明変数はニューラルネットワークと等しいものを用いる。

モデルの設定として、予測精度を重視していることから、以下の設定としている。

［モデル設定］

- 最大の枝の数：100
- 最大の木の深さ：30
- 分割後の最小データ数：50
- 分割基準：ジニ分割指標
- 学習データと検証データの比：7 対 3

［分割結果］

- 1,982 分割
- 平均二乗誤差：（学習データ）59147.63、（検証データ）60698.55

表 3.2 事業所従業者数調査と推計値の残差

(unit: The number of business establishments)

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

3.3.3 モデル選択

ニューラルネットワークモデルと決定木モデルを比較すると、予測精度を示す平均二乗誤差がニューラルネットワークモデルの方が小さいため、事業所規模を推計するモデルとしては、ニューラルネットワーク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。

また、ニューラルネットワーク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 で得た従業者数と、本モデルでの従業者推計値との比較を行った。表 3.2 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/1,835 件）となった。

3.4 生産拠点を考慮した内生部門構築アルゴリズムの定式化

本節では、生産拠点ベースでの取引高を、数式で定式化する。

まず、菊川のアルゴリズムを定式化する。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。

全受注企業：n_1 、 全発注企業：n_2 、

受注企業：$I = \{i \mid i = 1, 2, \cdots, n_1\}$、

発注企業：$J = \{j \mid j = 1, 2, \cdots, n_2\}$、

取引集合：$TR = \{ tr_{ij} \mid i \in I,\ j \in J \}$、

受注企業iの拠点：$L_i = \{ l_i \mid l_i = 1, 2, \cdots, nl_i \}$、

販売企業jの拠点：$K_j = \{ k_j \mid k_j = 1, 2, \cdots, nk_j \}$、

受注企業の拠点 l_i と発注企業の拠点 k_j での拠点間の距離：$Dis_{l_i k_j} = \{ d_{l_i k_j} \}$、

受注企業 i と発注企業 j での最短距離：$SD = \{ Min(d_{l_i k_j}) \mid l_i \in L_i,\ k_j \in K_j \}$

$= md_{l_i k_j}$

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。

受注企業 i と発注企業 j での企業最適取引：

$$BT = \begin{cases} md_{1k_j} & \text{, if } nl_i = 1 \text{ and } nk_j \geq 0 \\ md_{l_i 1} & \text{, if } nl_i \geq 2 \text{ and } nk_j = 1 \\ \{ md_{1k_j},\ md_{2k_j}, \cdots,\ md_{nl_i k_j} \} & \text{, if } nl_i \geq 2 \text{ and } nk_j \geq 2 \end{cases}$$

受注企業が複数の場合は、複数取引が発生する。これを踏まえて、取引金額の各生産拠点での従業者数按分を表現すると、以下のように定式化できる。

受注企業iと発注企業jでの取引高：$WS_{ij} = \{ ws_{ij} \mid i \in I,\ j \in J \}$、

任意の企業gの拠点：$M_g = \{ m_g \mid m_g = 1, 2, \cdots, N_g \}$、

任意の企業gの拠点mにおける従業者数：$RE_{m_g} = \{ re_{m_g} \mid m_g \in N_g \}$、

受注企業 i の拠点 l_i と発注企業 j の拠点 k における按分係数：

$WP_{nl_i k_j} = \{ wp_{l_i k_j} \mid l_i \in L_i,\ k_j \in K_j \}$

$$= \begin{cases} 1 & \text{, if } (nl_i = 1 \text{ and } nk_j \geq 0) \text{ or } (nl_i \geq 2 \text{ and } nk_j = 1) \\ re_{l_i} \ / \sum_m^{1,2,\ldots,nl_i} re_m & \text{, if } nl_i \geq 2 \text{ and } nk_j \geq 2 \end{cases}$$、

受注企業 i の拠点 l と発注企業 j の拠点 k における事業所間取引高：

$WSWP_{l_i k_j} = \{ wswp_{l_i k_j} \mid i \in I,\ j \in J,\ l_i \in L_i,\ k_j \in K_j \}$

$= ws_{ij} \times wp_{l_i k_j}$

3.5 群馬県での本社ベースと生産拠点ベースでの比較

本節では、先行研究による本社での企業間取引での産業連関表と、本研究によって得た生産拠点を考慮した企業間取引での産業連関表において、内生部門での変化の違いについて具体的な地域での事例を用いて考察していく。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を算出例とする。

群馬県は、SUBARU の自動車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 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。そのため、SUBARU の本社と工場の計上方法によって、作成される群馬県の産業連関表の内生部門表は大きく変わると推測される。

ここでは、TDB データによる製造業に特化した内生部門表を図 3.1 にて示す。内生部門表は、縦横に産業分類で分かれており、縦方向はその産業の仕入構成（投入）、横方向はその産業の販路構成（需要）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している。

図 3.1 の①は域内の取引構造であり、ここでは群馬県内での取引構造を示している。②は、域外からの仕入れであり、ここでは群馬県内で作成されるモノの群馬県外からの仕入を示している。③は域外への販売であり、群馬県内で作成されたモノの群馬県外への販売を示している。本研究での内生部門表は、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・域外での分割が容易である。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た。

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

図 3.1 TDB データによる内生部門表イメージ

いる。TDB データによる産業連関表 内生部門表を表 3.3 と表 3.4 に示す。表 3.3 は本社ベースでの作成であり、表 3.4 は生産拠点を加味したものである。割合が大きな箇所を赤く表示している。

表 3.3 にある、従来通りの本社ベースでの産業連関表では、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」「36_一般電気機械器具製造業」「37_輸送機械器具製造業」の域外取引が大きくなっており、群馬県ではこれらの産業が盛んに行われていることが分かる。

群馬県内の取引を表現している内生部門表に着目すると、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、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内生部門表の表 3.4 を見ていく。

域内において「37_輸送機械器具製造業」が赤く示されており、割合が表 3.3 と比べて 0.01 から 8.94 と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 など群馬県に工場を持つ自動車関連製造業を群馬県として計上したことにより自動車関連製造業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 年の群馬県が公表している群馬県産業連関表の内生部門表と比較すると、全体の割合としては生産拠点を加味した方が近い値となっている。

また、域外販売の割合と製造品出荷額の割合との比較を行った。その結果が表 3.5 がであり、左列が製造品出荷額、中列が本社ベースでの域外販売額、右列が生産拠点を加味した域外販売額となっており、行は業種を示している。製造品出荷額と本社ベースとの相関係数は 0.76、一方の生産拠点を考慮した場合の相関係数は 0.87 となり、後者が製造品出荷額との関係が強いことが示された。このことから、生産拠点の取引情報を取り入れたことによって、地域の特性が正確に表現されたことが考察された。

本分析を他の都道府県で行ったところ、85%の割合で生産拠点を加味したものの方が高い相関係数となった。生産拠点を考慮したことにより、群馬県だけでなく日本のいずれの地域においても、地域特性が強く表現されることが可能となった。

表 3.3 本社ベースでの群馬県 IOT

Gunma/headquarter 2011		Intermediate demand																				Export	
		Total	Manufacturing total	20.FOOD PROCESSING	22.TEXTILE MANUFACTURING EXCEPT CLOTHING	23.CLOTHING AND MISCELLANEOUS TEXTILE PRODUCTS MANUFACTURING	24.LUMBER AND WOOD PRODUCT, MANUFACTURING EXCEPT FURNITURE	25.FURNITURE AND EQUIPMENT MANUFACTURING	26.PULP PAPER AND PAPER PRODUCT MANUFACTURING	27.PUBUSHING,PRINTING AND RELATED INDUSTRES	28.CHEMICAL INDUSTRY	29.PETROLEUM AND COAL PRODUCT MANUFACTURING	30.RUBBER PRODUCT MANUFACTURING	32.CERAMIC STONE AND CLAY PRODUCT MANUFACTURING	33.STEEL INDUSTRY AND NONFERROUS METAL MANUFACTURING	34.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	35.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	36.ELECTRICAL MACHINERY AND EQUIPMENT MANUFACTURING	37.TRANSPORTATION EQUIPMENT MANUFACTURING	38.PRECISION INSTRUMENT AND MEDICAL INSTRUMENT MANUFACTURING	39.MISCELLANEOUS MANUFACTURING INDUSTRES	Total	Manufacturing total
Intermediate input	Total	912%	231%	40%	2%	1%	14%	1%	2%	10%	6%	1%	0%	30%	8%	30%	30%	20%	20%	2%	16%	1809%	430%
	Manufacturing total	226%	100%	13%	1%	0%	10%	1%	1%	3%	2%	0%	0%	16%	4%	11%	12%	9%	9%	1%	7%	575%	224%
	20.FOOD PROCESSING	43%	12%	10.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.53%	0.17%	0.00%	0.01%	0.08%	0.07%	0.14%	0.02%	0.00%	0.04%	0.29%	0.10%	118.8%	35%
	22.TEXTILE MANUFACTURING EXCEPT CLOTHING	1%	0%	0.01%	0.03%	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.01%	3.4%	1%
	23.CLOTHING AND MISCELLANEOUS TEXTILE PRODUCTS MANUFACTURING	2%	1%	0.01%	0.18%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.47%	4.7%	1%
	24.LUMBER AND WOOD PRODUCT, MANUFACTURING EXCEPT FURNITURE	4%	1%	0.02%	0.00%	0.00%	0.21%	0.14%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.05%	0.05%	0.08%	0.19%	0.06%	0.16%	0.00%	0.09%	14.6%	5%
	25.FURNITURE AND EQUIPMENT MANUFACTURING	1%	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.01%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%	0.13%	3.5%	1%
	26.PULP PAPER AND PAPER PRODUCT MANUFACTURING	4%	2%	0.43%	0.00%	0.01%	0.15%	0.01%	0.39%	0.06%	0.09%	0.00%	0.00%	0.03%	0.09%	0.21%	0.03%	0.08%	0.23%	0.01%	0.30%	8.2%	4%
	27.PUBUSHING,PRINTING AND RELATED INDUSTRES	17%	5%	0.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.17%	2.19%	0.15%	0.00%	0.00%	0.11%	0.02%	1.17%	0.03%	0.18%	0.02%	0.00%	1.10%	16.4%	3%
	28.CHEMICAL INDUSTRY	23%	3%	1.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.01%	0.01%	0.04%	0.24%	0.00%	0.00%	0.02%	0.01%	0.28%	0.63%	0.31%	0.05%	0.00%	0.41%	14.9%	5%
	29.PETROLEUM AND COAL PRODUCT MANUFACTURING	1%	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.5%	0%
	30.RUBBER PRODUCT MANUFACTURING	1%	1%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%	0.04%	0.00%	0.03%	0.55%	0.02%	0.06%	0.00%	0.01%	2.3%	1%
	32.CERAMIC STONE AND CLAY PRODUCT MANUFACTURING	17%	5%	0.17%	0.00%	0.00%	0.17%	0.00%	0.14%	0.07%	0.07%	0.00%	0.00%	1.80%	0.06%	0.13%	1.46%	0.34%	0.13%	0.00%	0.28%	32.7%	12%
	33.STEEL INDUSTRY AND NONFERROUS METAL MANUFACTURING	6%	3%	0.04%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.03%	0.02%	0.00%	0.00%	0.09%	0.29%	0.33%	1.17%	0.23%	0.74%	0.07%	0.01%	16.3%	7%
	34.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	27%	14%	0.16%	0.00%	0.00%	0.31%	0.01%	0.10%	0.00%	0.10%	0.00%	0.01%	3.55%	0.20%	4.93%	1.15%	0.93%	2.01%	0.00%	0.30%	52.6%	22%
	35.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	35%	27%	0.33%	0.00%	0.00%	8.91%	0.01%	0.00%	0.03%	0.31%	0.05%	0.01%	10.15%	0.37%	0.69%	1.63%	2.14%	2.08%	0.00%	0.69%	38.7%	20%
	36.ELECTRICAL MACHINERY AND EQUIPMENT MANUFACTURING	12%	6%	0.08%	0.00%	0.00%	0.04%	0.02%	0.00%	0.00%	0.08%	0.01%	0.01%	0.15%	0.06%	0.37%	1.45%	2.41%	0.60%	0.17%	0.11%	106.6%	46%
	37.TRANSPORTATION EQUIPMENT MANUFACTURING	19%	12%	0.00%	0.43%	0.32%	0.17%	0.00%	0.01%	0.00%	0.28%	0.00%	0.00%	0.05%	2.28%	2.34%	1.29%	1.39%	1.85%	0.00%	1.16%	102.3%	44%
	38.PRECISION INSTRUMENT AND MEDICAL INSTRUMENT MANUFACTURING	0%	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.06%	0.04%	3.9%	2%
	39.MISCELLANEOUS MANUFACTURING INDUSTRES	14%	8%	0.24%	0.01%	0.01%	0.39%	0.12%	0.08%	0.30%	0.27%	0.00%	0.01%	0.26%	0.07%	0.53%	2.03%	0.70%	0.51%	0.14%	2.04%	35.1%	14%
Import coefficient	Total	5062%	1276%	160.1%	3.3%	8.4%	30.2%	11.1%	21.7%	77.6%	86.5%	3.0%	5.5%	70.2%	58.2%	141.0%	145.5%	145.7%	235.3%	9.3%	62.6%		
	Manufacturing total	1853%	471%	57%	2%	5%	7%	6%	8%	29%	38%	1%	3%	22%	15%	40%	57%	50%	104%	4%	24%		

表 3.4 生産拠点ベースでの群馬県 IOT

Gunma/Business establishment 2011		Intermediate demand																				Export	
		Total	Manufacturing total	20.FOOD PROCESSING	22.TEXTILE MANUFACTURING EXCEPT CLOTHING	23.CLOTHING AND MISCELLANEOUS TEXTILE PRODUCTS MANUFACTURING	24.LUMBER AND WOOD PRODUCT, MANUFACTURING EXCEPT FURNITURE	25.FURNITURE AND EQUIPMENT MANUFACTURING	26.PULP PAPER AND PAPER PRODUCT MANUFACTURING	27.PUBUSHING,PRINTING AND RELATED INDUSTRES	28.CHEMICAL INDUSTRY	29.PETROLEUM AND COAL PRODUCT MANUFACTURING	30.RUBBER PRODUCT MANUFACTURING	32.CERAMIC STONE AND CLAY PRODUCT MANUFACTURING	33.STEEL INDUSTRY AND NONFERROUS METAL MANUFACTURING	34.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	35.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	36.ELECTRICAL MACHINERY AND EQUIPMENT MANUFACTURING	37.TRANSPORTATION EQUIPMENT MANUFACTURING	38.PRECISION INSTRUMENT AND MEDICAL INSTRUMENT MANUFACTURING	39.MISCELLANEOUS MANUFACTURING INDUSTRES	Total	Manufacturing total
Intermediate input	Total	838%	216%	36%	2%	1%	12%	1%	2%	9%	5%	1%	0%	27%	13%	28%	27%	18%	18%	2%	14%	2355%	675%
	Manufacturing total	228%	100%	13%	1%	0%	9%	0%	1%	4%	2%	0%	0%	15%	9%	12%	11%	8%	8%	1%	6%	784%	303%
	20.FOOD PROCESSING	53%	13%	10.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	1.22%	0.20%	0.00%	0.01%	0.07%	0.06%	0.12%	0.02%	0.00%	0.03%	0.25%	0.08%	179.9%	48%
	22.TEXTILE MANUFACTURING EXCEPT CLOTHING	1%	0%	0.01%	0.03%	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%	0.01%	2.9%	1%
	23.CLOTHING AND MISCELLANEOUS TEXTILE PRODUCTS MANUFACTURING	2%	1%	0.01%	0.16%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.41%	4.1%	1%
	24.LUMBER AND WOOD PRODUCT, MANUFACTURING EXCEPT FURNITURE	4%	1%	0.02%	0.00%	0.00%	0.18%	0.12%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.04%	0.05%	0.07%	0.17%	0.05%	0.28%	0.00%	0.07%	24.7%	11%
	25.FURNITURE AND EQUIPMENT MANUFACTURING	1%	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.19%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.01%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%	0.12%	3.0%	0%
	26.PULP PAPER AND PAPER PRODUCT MANUFACTURING	4%	2%	0.38%	0.00%	0.01%	0.13%	0.01%	0.34%	0.05%	0.08%	0.00%	0.00%	0.03%	0.08%	0.18%	0.02%	0.07%	0.20%	0.01%	0.26%	7.2%	3%
	27.PUBUSHING,PRINTING AND RELATED INDUSTRES	15%	5%	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	1.91%	0.13%	0.00%	0.00%	0.09%	0.02%	1.02%	0.03%	0.15%	0.02%	0.00%	0.96%	15.2%	3%
	28.CHEMICAL INDUSTRY	20%	3%	0.87%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.01%	0.03%	0.21%	0.00%	0.00%	0.02%	0.01%	0.24%	0.55%	0.27%	0.04%	0.00%	0.36%	14.3%	5%
	29.PETROLEUM AND COAL PRODUCT MANUFACTURING	0%	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.4%	0%
	30.RUBBER PRODUCT MANUFACTURING	1%	1%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%	0.03%	0.00%	0.03%	0.48%	0.02%	0.05%	0.00%	0.01%	2.0%	1%
	32.CERAMIC STONE AND CLAY PRODUCT MANUFACTURING	17%	4%	0.15%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.12%	0.07%	0.08%	0.00%	0.00%	1.76%	0.05%	0.12%	1.27%	0.36%	0.11%	0.00%	0.25%	48.9%	19%
	33.STEEL INDUSTRY AND NONFERROUS METAL MANUFACTURING	6%	3%	0.04%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.03%	0.02%	0.00%	0.00%	0.08%	0.26%	0.29%	1.23%	0.20%	0.64%	0.06%	0.01%	15.4%	7%
	34.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	25%	12%	0.15%	0.00%	0.00%	0.27%	0.01%	0.09%	0.00%	0.09%	0.00%	0.01%	3.11%	0.18%	4.55%	1.02%	0.83%	1.77%	0.00%	0.27%	73.0%	30%
	35.METALLIC PRODUCT MANUFACTURING	30%	24%	0.29%	0.00%	0.00%	7.77%	0.01%	0.00%	0.02%	0.27%	0.05%	0.00%	8.87%	0.33%	0.60%	1.42%	1.87%	1.81%	0.00%	0.60%	41.8%	22%
	36.ELECTRICAL MACHINERY AND EQUIPMENT MANUFACTURING	12%	5%	0.07%	0.00%	0.00%	0.04%	0.01%	0.00%	0.00%	0.10%	0.01%	0.01%	0.21%	0.07%	0.35%	1.31%	2.44%	0.60%	0.16%	0.11%	115.4%	56%
	37.TRANSPORTATION EQUIPMENT MANUFACTURING	27%	19%	0.00%	0.38%	0.28%	0.44%	0.00%	0.01%	0.00%	0.24%	0.00%	0.00%	0.04%	7.95%	4.29%	1.13%	1.22%	2.08%	0.00%	1.01%	201.9%	82%
	38.PRECISION INSTRUMENT AND MEDICAL INSTRUMENT MANUFACTURING	0%	0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	0.00%	0.05%	0.03%	3.4%	1%
	39.MISCELLANEOUS MANUFACTURING INDUSTRES	13%	7%	0.21%	0.01%	0.00%	0.34%	0.10%	0.07%	0.26%	0.24%	0.00%	0.01%	0.23%	0.06%	0.47%	1.77%	0.61%	0.44%	0.12%	1.78%	30.7%	12%
Import coefficient	Total	11906%	2966%	268.5%	3.6%	7.5%	39.0%	16.7%	63.7%	190.1%	194.8%	4.0%	5.1%	124.7%	61.2%	357.9%	222.1%	286.4%	1031.9%	10.7%	78.0%		
	Manufacturing total	5839%	1159%	100%	2%	4%	10%	12%	14%	74%	119%	3%	3%	39%	21%	69%	99%	147%	403%	5%	36%		

表 3.5 製造品出荷額と域外販売額との比較

Industry	Shipments of manufactured goods	Trading Amount /Headquaters	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%
PUBUSHING,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

第4章 輸出入を考慮した産業連関表の構築

本章では、先行研究での課題である売上高と生産量の違いについて、海外輸出入額を推計することで、TDBデータと産業連関表の概念を近似させていく。

先行研究の赤木［10]、大里［11]では、売上高と売上原価をそのまま用いて企業間の取引高を推計しているが、企業の売上高には海外に輸出して得た売上高、売上原価には海外から輸入して得た原価が含まれている。また、TDB の CCR より得られた企業ネットワークデータには国内企業しか存在していない。そのため、事業所の生産量に合わせるために、企業の売上高から輸出分、売上原価から輸入分を分離して、国内流通量を推計していく。

しかしながら、輸出入比率が公開されているのは限られた一部の企業のみであり、公開されている情報では分割が困難であるため、TDB の企業情報の活用を検討し、TDB データから輸出入比率のデータ構造化を行った。また、海外輸出入比率を考慮した産業連関表の構築アルゴリズムの定式化を行い、企業ベースの付加価値額を定義する。最後に、本研究の活用事例として、東日本大震災の被災地域である岩手県、宮城県、福島県において付加価値額の時系列変化を観測し、産業の変化を調査する。なお、この活用事例は、従来の産業連関表では実現不可能であり、企業ビッグデータを活用したことによって得られる分析である。

なお、本章は、大里［14]によって公開された研究を基にしている。

4.1 使用データ

CCR には、「仕入先および外注先」欄に海外企業と直接貿易しているかどうかを示す項目があり、各企業が海外貿易を行っているかの判別は容易に行うことができる。

一方で、海外輸出入比率については、項目化されておらず、データ化が困難であった。そこで、CCR を考察したところ、企業の特色や強みを自由記述で記載している「現況と見通し」欄に、輸出入比率が記載されている場合があることが分かった。そのため、2011 年から 2017 年 6 月までに作成された各企業の最新の CCR を用いて、海外輸出入比率の抽出を試みた。

ここで、貿易を行っている企業としては、「輸出あり（直接)」あるいは「輸入あり（直接)」の記載がある企業 13,236 社を対象とする。

次に、比率を抽出するための情報については、「現況と見通し」欄の事業内容と会社の特色に輸出・輸入比率が記載されている場合がある。図 4.1 は CCR の「現況と見通し」欄の事業内容のサンプルである。この文章内において、「中国を中心としたアジア諸国のほか北米への輸出が 30%程度となっている。」と販路について言及しており、ここにある「30%」を抽出していくことを試みた。

4.2 テキストマイニングによる輸出入比率の抽出

海外比率を抽出するためのアルゴリズムを構築するために、目視による特徴の抽出と MeCab による頻出単語の傾向分析を行った。

まず、1,000 社の目視を行った。目視によって文書の特徴を把握し、以下のようなルールによって実施することとした。

[目視によって得た傾向]

- 比率がある場合は「海外」「輸」「国」「直貿」のいずれかが必ず記載。
- 「%」での表記が大半を占めるため、「割」での表記を「%」表記への変換が必要。
- 「大半」「ほぼ」は事業内容から 90%程度となる場合が多いため「90%」で置換。
- 「まれ」「僅少」は事業内容において「2%」となる場合が多いため、「2%」で置換。

次に、MeCab を用いて形態素解析を行い、頻出単語調査によって下記のルールを得た。

▌事業内容

自社ブランド「テック」製品として、主に自動車部品メーカー向けの超硬工具や特殊鋼工具を製造している。

超硬工具はタングステンやコバルト混合を焼結加工した小径品が中心となっており、金型成形や機械部品加工用のエンドミルを主力に、多様な刃数のスクエアエンド・ボールエンドなどを製造している。特殊鋼工具はタップ・ダイスが中心で、ユーザーのニーズに合わせたカスタマイズにも対応しており、特注品が６０％を占める。いずれも焼き入れ前の工程のみを外注するが、外注比率は１０％未満である。

販路は、ともに高い精度が求められるエンジン・トランスミッションなどを製造する自動車部品メーカーが９０％以上を占める。また取引先各社の海外進出先への販売も行っており、中国を中心としたアジア諸国のほか北米への輸出が３０％程度となっている。ほかにも家電メーカーなどに納入しているが、直販はほとんどなく機械工具の専門商社を経由し販売している。

このほか、５階建のオフィスビル１棟（１０室）の賃貸も手掛けており、立地条件の良さから安定した入居率を維持しているが、売上に占める割合は僅少である。

図 4.1 信用調査報告書 事業内容のサンプル

[形態素解析によって得た傾向]

- 海外輸出･輸入を行っている企業において頻度の高い単語から､海外キーワード(海外、外国、直貿）と輸出キーワード（輸出、売上、販売)、輸入キーワード（輸入、仕入、調達、原料）が多く使用されている。
- 海外キーワードの後に、輸出・輸入割合が記載されている場合が多い。
- 海外キーワードと比率の間に助詞を 4 つ以上含んでいる場合は、輸出・輸入比率ではない比率を記載している場合が多い。
- 海外キーワードが複数ある場合には、比率との文字数が少ない方が輸出・輸入比率となっている場合が多い。

以上の調査から、海外比率を抽出するアルゴリズムを下記の通りとする。

[抽出アルゴリズム]

① 「海外」「輸」「国」のいずれかを含むセンテンスを抽出

② 「割」記述は「0%」で置換

③ 「大半」「ほぼ」は「90%」で置換

④ 「まれ」「僅少」は「2%」で置換

⑤ 輸出キーワードを含むセンテンスの場合には「輸出グループ」に判別。輸入キーワードを含むセンテンスの場合には「輸入グループ」に判別

⑥ 海外キーワード＋輸出・輸入の後にある比率までを抽出

⑦ 海外キーワードから比率の間に助詞が 4 つ以上ある場合は除外

⑧ 同じ文章に海外キーワードが複数含まれている場合は、比率とのの文字数が少ないキーワードを利用。

なお、⑥以降の条件で抽出の対象外となった場合は、以下の⑨～⑪を実施。

⑨ 海外キーワード＋輸出・輸入の前にある比率までを抽出

⑩ 比率から海外キーワードまでの間に助詞が 4 つ以上ある場合は除外

⑪　同じ文章に海外キーワードが複数含まれている場合は、比率とのの文字数が少ないキーワードを利用。

この抽出ルールに従い、比率を抽出したのが下記の件数である。

［抽出結果］

- 直接輸出企業 7,880 社中、5,841 社抽出（抽出比率：73.8%）
- 直接輸入企業 9,883 社中、6,139 社抽出（抽出比率：62.1%）

結果として、半数以上の企業で輸出入比率が抽出された。

最初のルールを調査した際に目視 1,000 件を行ったため、それによって得られた輸出・輸入の正解比率を用いて、アルゴリズムで抽出した比率との比較を行った。

輸出では、目視によって得られた正解データ 198 件に対して、±5%の範囲を的中とすると 154 件が的中しており、的中率は 77.8%となった。また、輸入では、目視によって得られた正解データ 84 件に対して、±5%の範囲で 63 件が的中しており、的中率は 75.0%となった。

これにより、抽出してきた比率の 8 割弱が正解に近いということが分かったため、得られた比率を用いて企業の輸出、輸入の傾向を把握する。

アルゴリズムによって 7 割程度の企業は輸出・輸入比率を求めることができたが、産業連関表を構築するためには、残りの求められていない 3 割の企業に対しても輸出・輸入比率を求めなければならない。

そのため、輸出・輸入比率を一般化し、輸出入の比率のモデル化を行う。輸出・輸入比率が産業や規模などによって傾向が異なるか、パラメトリックなモデルで輸出・輸入比率が推計できるかなどの仮説の検証を行っていく。

まず、輸出と輸入で比率が抽出された企業全件の傾向を調査する。

表 4.1 は、アルゴリズムによって輸出・輸入比率が判明した業種別の企業の件数分布である。直接輸出を行う企業は製造業・卸売業において多く存在しており、その傾向が抽出結果でも表れている。直接輸入では、卸売業がほとんどを占めている。

表 4.1 産業大分類別 輸出入比率判明件数

産業大分類	輸出		輸入	
	件数	割合	件数	割合
F_製造業	2,350	40%	710	12%
G_卸・小売業，飲食店	3,311	57%	5,143	84%
その他	180	3%	286	5%

図 4.2 では、個別企業の輸出・輸入比率とその出現頻度を示しており、横軸に輸出・輸入比率、縦軸に企業の出現密度となっている。5%刻みでヒストグラムの幅が設定されており、山・谷が発生している。これは比率の多くが「×0%」という数値で記載されているケースが多いためである。この特徴を示すために、図 4.2 はあえて 5%刻みにしているが、以降の図では 10%刻みとしている。

また、輸出と輸入で企業の比較をすると、輸入において比率が高い企業が多い。

4.2.1 輸出・輸入比率のモデル化のための検証

次に、輸出・輸入比率で業種や売上規模との傾向を考察し、モデル化が可能かを検証していく。まず、以下のように仮説を立て、検証を行う。

[仮説と検証方法]

① 産業によって分布は異なるか

「製造業」「卸売業」「その他」で分けて確認を実施。図 4.3 にて、TDB 産業大分類ごとの輸出入比率を示している。

② 規模によって分布は異なるか。

従業員規模別に確認を実施。規模の区分は「5 人以下」「6 人から 10 人」「11 名から

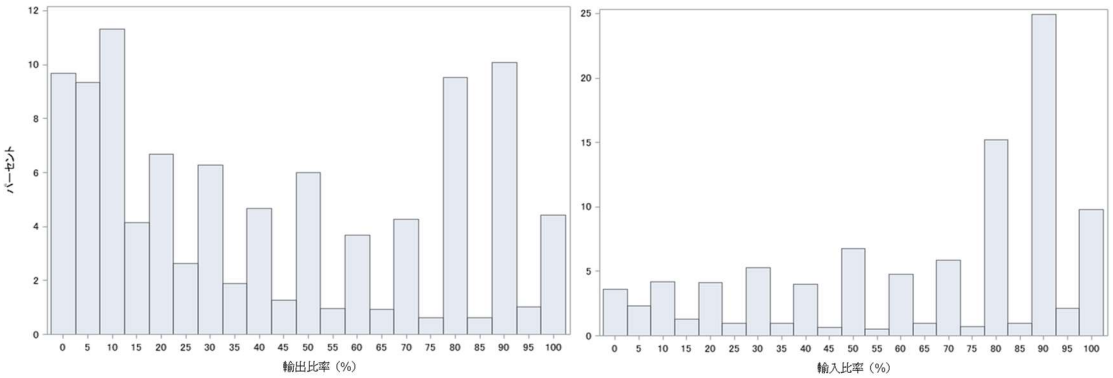

図 4.2 比率の出現密度（左：輸出，右：輸入）

30 人」「31 人から 100 人」「101 人から 500 人」「501 人以上」で実施し、図 4.4 にて従業員区分ごとの比率を示している。

③ 推計モデル化のためのパラメトリックな分布で置き換えは可能か。

連続分布（ワイブル分布、混合正規分布）と離散分布（ポアソン分布、負の二項分布）で確認し、その結果を図 4.5 に示す。

［検証結果］

- 産業によって分布は異なるか：大きな差はない
- 規模によって分布は異なるか：大きな差はない
- 推計モデル化のためのパラメトリックな分布で置き換えは可能か：
  セミノンパラメトリックである混合分布であっても適合しない

以上の検証結果から、輸出・輸入比率には業種や売上高によって違いはなく、セミノンパラメトリックなモデルにおいてもモデル化が困難であることが分かった。

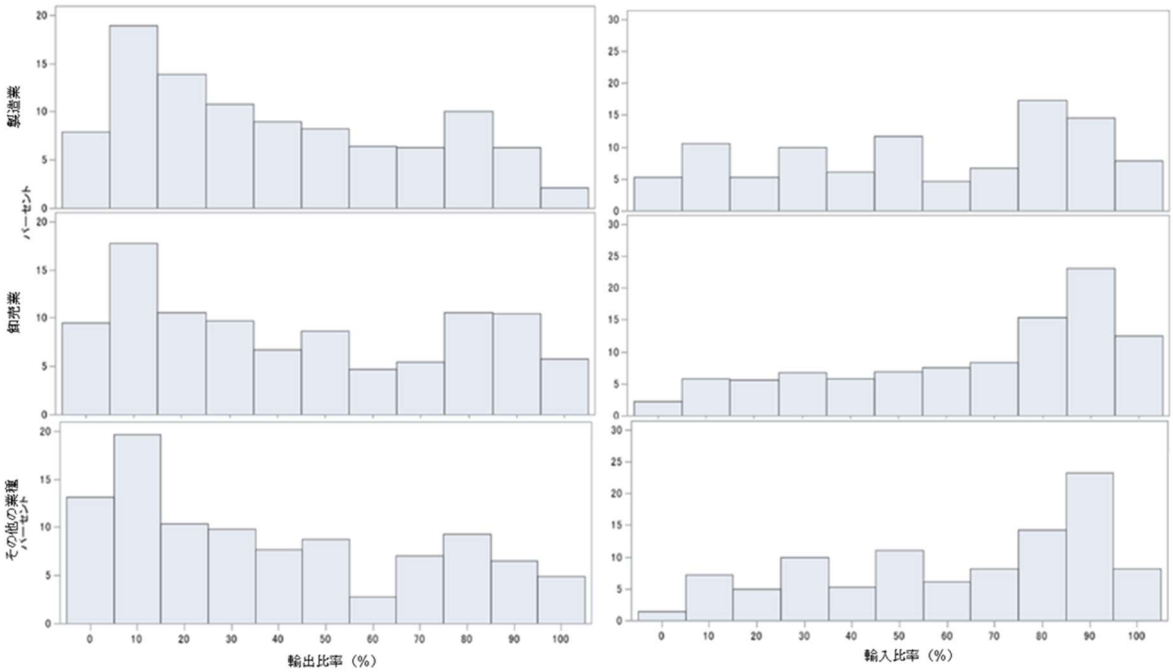

図 4.3 産業大分類別 抽出比率（左：輸出，右：輸入）

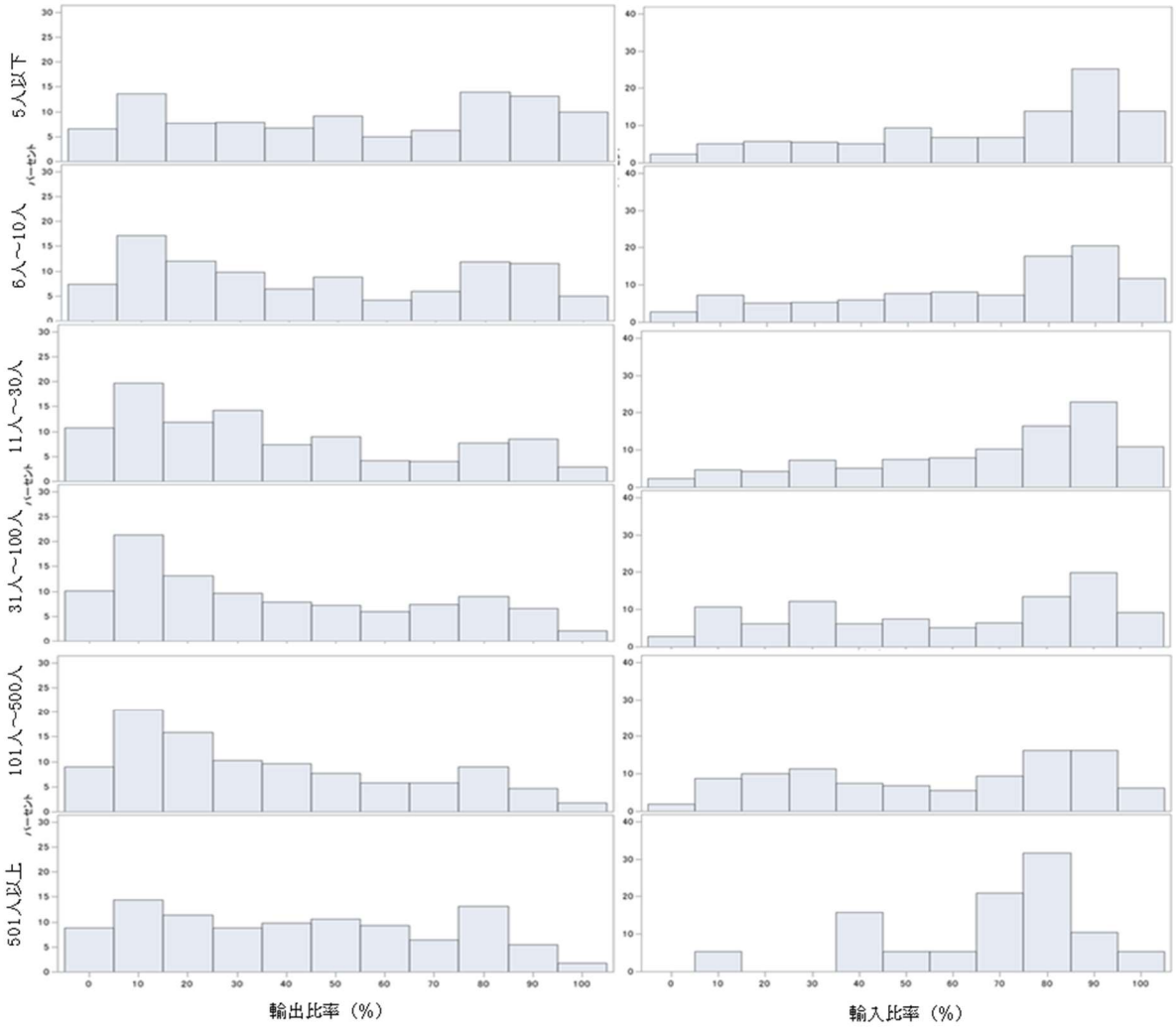

図 4.4 従業員規模別の確率密度（左：輸出，右：輸入）

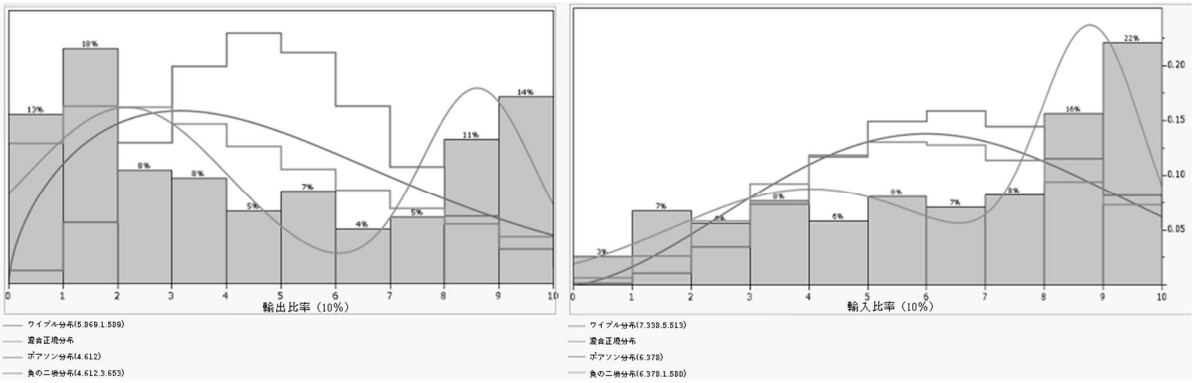

図 4.5 複数分布の当てはめ（左：輸出、右：輸入）

4.2.2 輸出入比率を用いたシミュレーションによる輸出入額の算出

2011 年に直接輸出・直接輸入が行われている企業に対して、4.2 で求めた輸出・輸入別の出現密度を用いて確率密度を定義し、輸出・輸入比率のシミュレーションを実施した。その時、得られた輸出・輸入比率と売上高をかけることで、輸出・輸入額を求めることができる。公的統計として日本全体の輸出額・輸入額が公開されているのは、財務省の 2011 年の貿易統計があるため、これとの比較を行う。

使用したデータは、2009 年から 2011 年までの CCR に「仕入先および外注先」欄に輸出（直接）・輸入（直接）と記載のあった企業 10,285 社を対象とする。売上高のデータは 2012 年 1 月時点に C2 に収録されたものを使用する。

シミュレーションは、モンテカルロシミュレーションを実施し、比率の確率密度に対して乱数を発生させ、各企業の輸出・輸入比率を得た。売上高は実数値を用いた。得られた各比率に売上高・売上原価をかけ、各企業の輸出・輸入額を求めた後、その 2011 年の輸出・輸入額として合計を求めた。その結果を図 4.6 に示す。横軸が合計額、縦軸が出現密度である。シミュレーションの試行回数は 10 万回である。

シミュレーション結果から、中央値を輸出額・輸入額とした。なお、シミュレーションによって得られた輸出・輸入額は約 11%増加の補正を行っている、これは、元としている企業の売上高合計が約 1,199 兆円であるのに対して、経済センサスは約 1,336 兆円であることから、集計のバイアスと考えて補正を行った。

財務省が公表した貿易統計 と比較を行い、その結果を表 4.2 に示す。表 4.2 より、シミュレーションによる計算値は、ほぼ一致していることが分かった。

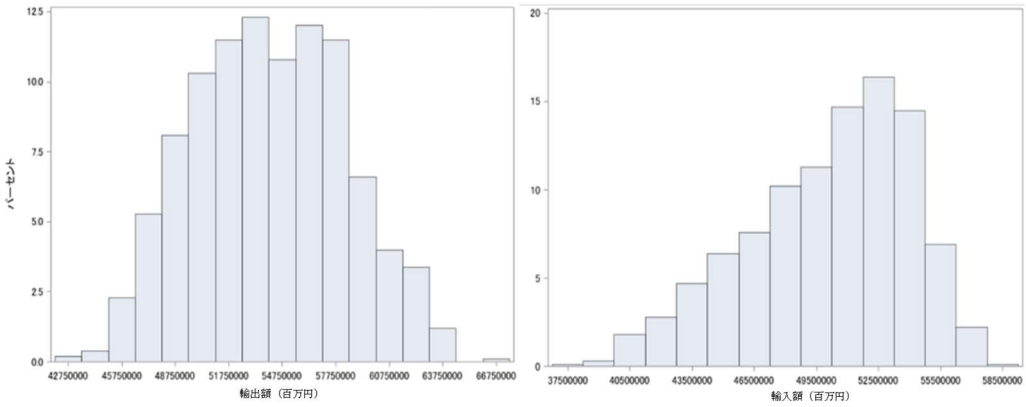

図 4.6 シミュレーションによる輸出入額の算出結果（左：輸出，右：輸入）

表 4.2 シミュレーションによる結果と公表数値との比較

(兆円)

2011年	財務省公表	企業売上高ベース推定値 ※売上高補正済み	差分
輸出	65.5	65.1	0.4
輸入	68.1	61.2	6.9

4.3 輸出入を考慮した産業連関表構築アルゴリズムの定式化

取引額の推計には、TDB が保有する企業単独財務データ、いわゆる決算書の情報を元に推計しているが、本研究においても踏襲する。受注企業の売上高を発注企業側の被按分原価を元に按分する。被按分原価とは発注側製造原価を、その会社毎の受注企業の売上によって按分した値を意味するとしている。取引按分において、作成された受注企業の取引額が発注企業の製造原価を超過することは、会計的に成り立ち得ないので、取引額の上限を発注側の被按分製造原価としている。

海外輸出・輸入比率が判明しているため、海外分を分離した取引額を求めることが可能となり、そのアルゴリズムの定式化を行う。第 3 章で定義していない変数を以下のようにする。

受注企業iの海外輸出比率：$SFR_i = \{sfr_i \mid i \in I\}$、

受注企業iの売上高：$S_i = \{s_i \mid i \in I\}$、

受注企業iの国内販売額：$SD_i = \{sd_i \mid i \in I\}$

$=\{ s_i \times (1 - sfr_i) \mid i \in I\}$、

受注企業iの輸出額：$SF_i = \{sf_i \mid i \in I\}$

$=\{ s_i \times sfr_i \mid i \in I\}$、

発注企業jの売上高原価：$C_j = \{c_j / j \in J\}$、

発注企業jの海外輸入比率：$CFR_j = \{cfr_j / j \in J\}$、

発注企業jの国内原価額：$CD_j = \{cd_j / j \in J\}$

$=\{ c_j \times (1 - cfr_i) \mid j \in J\}$、

発注企業jの輸出額：$CF_j = \{cf_j \mid j \in J\}$

$= \{c_j \times cfr_j \mid j \in J\}$

産業連関表の輸出輸入部門には、国産品と輸入品との区別を行わず一括して扱う「競争輸入型」と、国産品と輸入品を区別して扱う「非競争輸入型」の 2 種類が存在している。第 2 章での通り、全国表と地域表は原則として競争輸入型としている。しかし、これは分割を行うための公的統計の情報量が不足し、区別のためには追加調査によるコストが発生するため作成不能であることに起因している。また、全国表でも重要な製造品は国内波及を考察しやすい、非競争輸入型としている。このため、輸入と移入を別にした非競争輸入型の構築が可能であれば、非競争輸入型が良い。

そのため、本研究では日本と海外からの仕入を区別した非競争輸入型を構築できるように設計する。国内企業間での取引である企業間取引高は日本国内だけでの取引高を推計するように、国内取引である SD と CD を用いて、以下のように算出する。

被按分原価　：$wc_{ij} = cd_j \frac{sd_i}{\sum_{i \in e_{\cdot j}} sd_i}$、

売上高按分取引推計額　：$ws_{ij} = sd_i \frac{wc_{ij}}{\sum_{j \in e_{i\cdot}} wc_j}$

ただし、取引高の合計が発注企業の売上原価を超えてしまうことは会計上成り立たないため、取引高が売上原価を超えている発注企業に対しては、売上原価を超えないように、以下の調整計算を加える。

$$\text{原価調整済み取引高推計}: ws2_{ij} = \begin{cases} ws_{ij} \times \frac{cd_j}{\sum_i ws_{ij}}, & \sum_i ws_{ij} > cd_j \\ ws_{ij}, & \sum_i ws_{ij} \leq cd_j \end{cases} \quad (1)$$

4.3.1 取引額の精度検証

(1)によって求められた取引額の精度を検証する。

TDB では、取引全件の 1%である約 6.5 万件の取引額が判明しているため、本アルゴリズムで算出した取引推計額との比較を行った。図 4.7 は取引額を対数変換し、それを上下 1%表示の箱ひげ図によって示したものである。線は、推計値と実績値が同一である値を示し

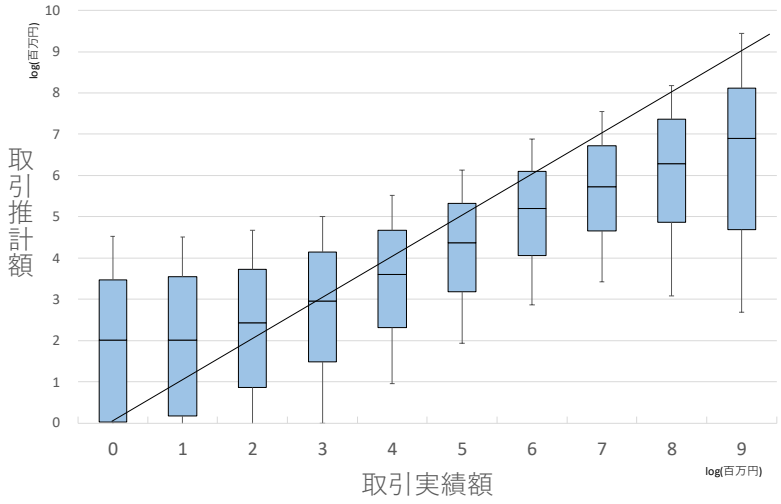

図 4.7 取引実績と取引推計値の比較

ている。

図 4.7 から、対数変換後取引実績額が 7 以上と取引額の大きい部分は箱ひげ図のひげである 75%から 99%に相当してしまっているが、実績額が対数変換後 7 以上は取引件数が約 6,000 件と全体の 8%程度である。

一方、取引額の 92%を占めている対数変換後取引実績額が 6 以下では、箱ひげ図の箱に相当しており、取引額が妥当であると考えられる。

4.3.2 企業ベース付加価値額の定義

先行研究の成果では、国内企業間での取引情報のみを用いて、国内企業間の取引高の推計を行ってきたことから、内生部門構築の定義まで行っており、輸入分を考慮する付加価値額の算出は行っていなかった。しかし、本研究で企業の輸入額を推計したことによって、従来の国内企業の取引高に加え、輸入額が判明したため、付加価値額を計算することが可能となった。ここでは付加価値額の算出を定義し、GDP と比較を行う。

産業連関表の生産合計を企業の国内における売上高合計に等しくなると考え、企業全体の売上高から国内取引額と輸入額を引いた値で付加価値額を算出することが可能となり、以下のように定義する。

企業ベース付加価値額(TDB 付加価値額)：$EAV = \sum_i s_i - \sum_j \sum_i ws2_{ij} - \sum_j cf_j$

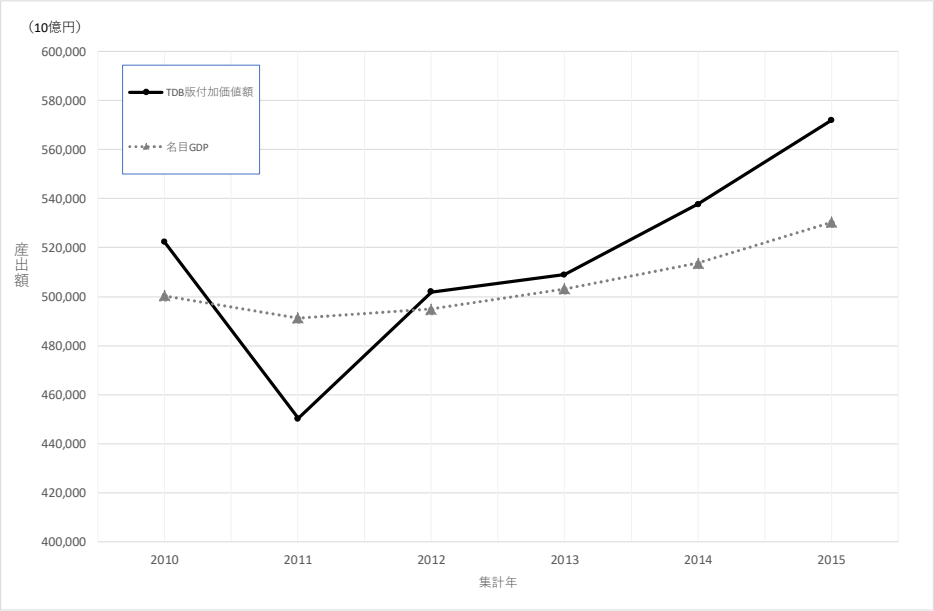

図 4.8 TDB 版付加価値額と名目 GDP の推移

これによって、得られた付加価値額の合計と名目 GDP の時系列推移を図 4.8 に示す。図 4.8 より企業から算出した付加価値額の変動は、GDP と比較すると大きいことがわかる。もちろん、生産額や資本減耗などの算出定義が異なるために、国や自治体が作成している付加価値額とは性質が異なる部分も存在するが、昨今話題に上がっている民間ビッグデータを活用した新たな情報ツールの 1 つとしての可能性を秘めていると考えている。

4.4 企業ベース付加価値による東日本大震災での被災地域の産業の変化の考察

2011 年 3 月に東日本大震災が発生し､2019 年 1 月現在でも未だ復興作業は続いており、建設業への特需が発生したことで、建設業がほとんど倒産になることはなかった。被害が大きかった岩手県、宮城県、福島県において、被災前と被災後を比較し、産業構造の変化を、企業ベースの付加価値額を用いて考察し、変化の具体的な要因の特定を個別の企業データにより行った。

本節の方法は、従来の産業連関表では、個票の利用が困難であることから、実現が不可能であった分析である。企業ビッグデータから個別企業の足し上げによって作成する産業連関表は、個別の変化をダイレクトに表現し、その個別の変化要因まで遡ることが可能である。これこそが、新しい産業連関表の活用事例の一つであり、EBPM 実現のための産業連関表の活用方法である。

算出年は 2010 年から 2015 年とし、使用した企業データは各算出対象年から 3 年分さかのぼり最新調査分の CCR を用いて、企業間取引情報と輸出輸入情報を取得した。輸出・輸入比率の算出は、本研究によって得られたアルゴリズムを適用させた。なお、CCR に被災 3 県に所在している輸出あるいは輸入を行っている企業を対象に推計している。アルゴリズムによって得ることが出来なかった企業の輸出・輸入比率は、第 3 節で得た輸出・輸入比率の確率密度を用いたシミュレーションでの中央値を当てはめることとした。

TDB 版付加価値額の合計を各県ごとに算出し、それを各県が発表している県内総生産と比較したのが、図 4.9 である。図 4.9 は、縦軸に各年の GDP の額、横軸に集計年、点線が各県公表の県内総生産額、実線が企業ベース付加価値額（TDB 付加価値額）を示している。

県内総生産と企業活動のみで算出した企業ベース付加価値額は、時系列のトレンドとほぼ同質であり、2011 年を底として年々増加傾向にあることが伺える。震災前である 2010 年の TDB 版付加価値額までに震災後回復するのは、岩手県が 2013 年、宮城県が 2012 年、福島県が 2014 年となる。

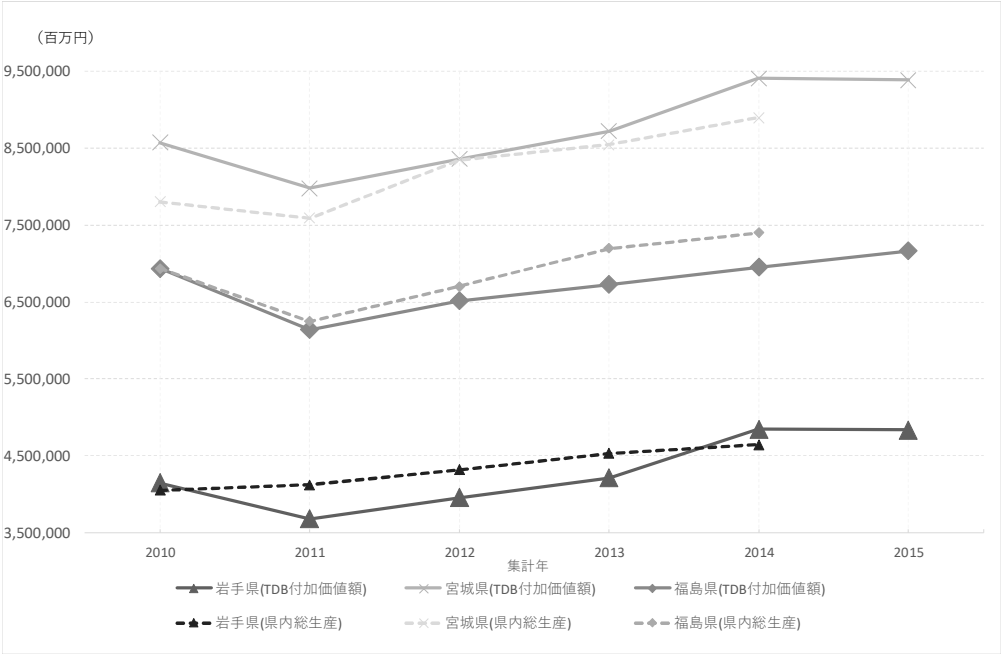

図 4.9 被災三県における企業ベース付加価値額と県内総生産の時系列変化

4.4.1 岩手県での変化の考察

表 4.3 は岩手県における業種別 TDB 版付加価値額の時系列推移である。

プラス成長の多くは、建設特需による影響を受けた業種であることがわかる。「卸売業（２）」が成長しているのも、「建材資材・セメント卸業」を主業とする企業が大きく売上を増加させていることが要因である。

また「その他の製造業」では、岩手県に存在する樹脂製品工場の多くが、震災前以上に業績を上げているため、高い伸び率となっている。「食料品・飼料・飲食製造業」においては、「肉製品製造業」に属する企業の伸びが大きく、複数の企業が岩手県の肉製品製造業界を牽引する地域中核的な働きをみせている。ただし「水産食料品製造」に属する企業は、震災前の売上高水準に届いていないものが多く、復興の度合いに差がある。

なお「電気機械器具製造業」については、半導体市場相場の低下による影響が大きい。「娯楽業」の低迷も震災の影響とは言い難い。特にパチンコホールなど、震災直後は現地にて“特需”が発生したことは複数のメディアで報じられたが、業界全体として衰退傾向にあることが大きく影響し、岩手県に立地するパチンコ関連企業や製造工場の稼働率が下がった結果となっている。

表 4.3 岩手県における TDB 版付加価値額の推移（●は建設関係）

岩手県		TDB版付加価値額		伸び率
		2010年	2015年	2010→2015
●	総合工事業	266,403	412,318	55%
●	卸売業（２）	137,583	208,086	51%
	その他の小売業	133,241	168,937	27%
	卸売業（１）	908,911	1,125,393	24%
	食料品・飼料・飲料製造業	333,401	385,874	16%
●	鉄鋼業，非鉄金属製造業	92,035	104,999	14%
	その他の製造業	44,539	49,141	10%
	：			
	娯楽業	73,373	63,320	-14%
	電気機械器具製造業	370,931	270,662	-27%

4.4.2 宮城県での変化の考察

表 4.4 は宮城県における業種別 TDB 版付加価値額の時系列推移である。

宮城県においても、建設特需による影響を受けており、セメントを製造している「窯業・土石製品製造業」の売上高増加率が高い企業が多い。「自動車・自動車小売業」においては、震災の塩害による車の買い替え需要が高まったことなどが一因となり、好調な企業が目立つ。

一方、マイナス成長となっている「パルプ・紙・紙加工品製造業」や「出版・印刷・同関連産業」では、若者の活字離れによる低迷が影響し、工場稼働率の低下や業界再編の為の被合併等が発生し、市場規模が縮小している。

「食料品・飼料・飲料製造業」においては、「海藻加工業」「水産練製品製造業」「冷凍水産食品製造業」「その他の水産食料品製造業」の回復が遅れていることが原因で、大きく減少している。生産体制を回復させても、得意先が休業したり業績縮小したりすることで、売上高が回復できていない企業が複数存在している。漁港が壊滅的な被害を受けたことで、静岡県などのほかの漁港への取引分散が発生したことも要因と考えられる。

表 4.4 宮城県における TDB 付加価値額の推移（●は建設関係）

宮城県		TDB版付加価値額		伸び率
		2010年	2015年	2010→2015
●	窯業・土石製品製造業	58,128	124,273	114%
協同組合（他に分類されないもの）		66,036	129,612	96%
●	総合工事業	324,071	611,542	89%
●	職別工事業	189,122	345,747	83%
自動車・自転車小売業		77,738	134,095	72%
金属製品製造業		73,286	108,418	48%
：				
パルプ・紙・紙加工品製造業		118,749	80,834	-32%
出版・印刷・同関連産業		117,706	88,016	-25%
食料品・飼料・飲料製造業		565,249	352,851	-38%

4.4.3 福島県での変化の考察

表 4.5 は福島県における業種別 TDB 版付加価値額の時系列推移である。

建設特需の継続的な影響が目立つ。また、「その他の事業サービス業」が好調であることも、他の県には見られない特徴で、「労働者派遣」において売上高が伸びている企業が多い。全国的な労働者不足に加え、福島原発の除染作業員の派遣需要が続いていることが成長の要因となっている。

また、「食料品・飼料・飲料製造業」においては、売上高規模が大きい企業は震災前の水準を上回る復興を果たしている企業が複数見受けられる。これらは親企業や海外拠点等を通じた受注拡大によって業績を回復させたという要因が大きい。ただし、その恩恵は周辺にある売上高 1～10 億円規模の中小企業にまでは届いておらず、苦しい状況が続いている企業が多い。

なお「電気機械器具製造業」については、岩手県と同様、ソニー㈱や富士通㈱の苦戦による影響を大きく受けた結果のマイナス成長であり、被災だけが原因とは言い難い。

表 4.5 福島県における TDB 付加価値額の推移（●は建設関係）

福島県		TDB版付加価値額		伸び率
		2010年	2015年	2010→2015
	その他の事業サービス業	71,999	161,448	124%
●	職別工事業	109,901	237,909	116%
●	総合工事業	257,455	445,452	73%
	精密機械・医療機械器具製造業	260,314	310,381	19%
	食料品・飼料・飲料製造業	375,309	384,779	3%
	：			
	金属製品製造業	185,184	143,739	-22%
	電気機械器具製造業	885,472	589,753	-33%

第5章 企業対消費者間取引を考慮した産業連関表の構築

第 2 章の先行研究の課題の通り、民間消費支出の算出は、消費者に販売している企業を業種で指定し、その企業の売上高の合計によって求められる。しかし、業種指定の方法では、その企業がすべて民間消費者に対して販売していることになるため、産業連関表の民間消費支出とは、その作成方法が大きく異なってしまっている。また、企業の地域の計上の方法は、店舗などの情報を考慮していないため、すべて本社での計上となっている。産業連関表は、消費された場所での計上となるため、これも大きく異なる。

そこで、本章では、民間消費者に販売している企業における民間消費者への販売比率をモデル化し、企業の売上高に占める消費者への販売額合計を算出する。得られた民間消費支出合計を各地域に按分するために、地域表における民間消費支出と人口規模の関係をモデル化し、各地域における民間消費支出を按分し推定する。

なお、本章は、Ohsato [15]によって公開された研究を基にしている。

5.1 公的統計における家計調査

そもそも家計調査は、昭和 21 年の消費者価格調査が始まりである。経済的見地から見た世帯の暮らしの実相と社会全体の経済活動の中での世帯内・世帯間の消費状況・移転状況の把握を目的として行っている調査で、調査の翌月末に公表されるため、公的統計の中では一早く家計部門の最終需要支出を捉えるものとなる。これまで公開された日本の消費関連指標となる公的統計は図 5.1 の 7 つの統計が挙げられる。

	家計調査 （消費水準指数）	家計消費指数	消費総合指数	GDP速報（QE） （国内家計最終消費支出・家計最終消費支出）	GDP年次推計 （国内家計最終消費支出・家計最終消費支出）	消費活動指数	商業動態統計調査
所轄府省等	総務省	総務省	内閣府	内閣府	内閣府	日本銀行	経済産業省
統計の区分	一次統計	加工統計	加工統計	加工統計	加工統計	加工統計	一次統計
公表周期	月次	月次	月次	四半期	年次	月次	月次
公表日	翌月末ごろ	翌々月中旬ごろ	翌々月上中旬ごと	一次速報：翌々月中旬ごろ 二次速報：翌々々月上旬ごろ	翌年末ごろ	翌々月上旬	速報：翌月末ごろ 確報：翌々月中旬
対象カバレッジ等	1 世帯あたりの消費支出 （全国、地方、大都市、中都市、小都市A、小都市B・町村）	国全体の家計消費総額	国全体の家計消費総額	国全体の家計消費総額	国全体の家計消費総額	国全体の家計消費総額	国全体の商業販売総額

ミクロ統計（世帯単位）　マクロ統計（国全体）

需要側データ　需要側データ+供給側データ　供給側データ

図 5.1 主要な消費関連統計指標

一次統計であることや速報性が異なることから、利用者はそれぞれの特性にあった統計を利用している。しかし、今回の研究目的である地域別の消費指標として公開されている統計は、家計調査だけであり、これも各都道府県などでは集計されておらず、地方や都市規模別に集計されているのみとなっている。

また、これらの統計が抱える問題として、統計の集計観点がそれぞれ異なり、統計の作成方法の違いから、その時系列的な変動に違いが生じており 、いずれの指標もマクロ・ミクロの両面を捉えるものとはなっていない。

5.2 使用データ

CCR には、どのような企業と取引しているかを記載する「仕入先および外注先」欄という取引先に関する項目が存在している。図 5.2 に「仕入先および外注先」欄の主要得意先のサンプルを示す。具体的な取引先が記載されているが、民間消費者に販売している企業の場合には民間消費と記載されていることがある。取引先が企業の場合には企業コードが付与されているが、取引先が一般消費者である場合は、自由記述により「一般消費者」や「一般個人」と記載されている。

また、「仕入先および外注先」欄には、その取引先とどの程度取引しているか取引シェアが記載されていることがある。本研究では、企業対消費者間の取引量をデータ化することが目的であるため、本項目のデータを利用する。本項目は,2008 年から収集されているが、モデル化に使用する取引先データは、2015 年～2017 年に収集された CCR で、各企業の最新調査分を用いる。

▌主要得意先

品　目	得意先名（ＴＤＢ企業コード）			所在地	取引シェア（%）
切削工具	◎	ダイヤモンド工業株式会社	(751019425)	愛知県名古屋市中区	20
	◎	株式会社青山自動車	(123020375)	愛知県名古屋市中区	15
		株式会社大水エンジニアリング	(305020935)	東京都大田区	
		小野川モーターテクノ株式会社	(257021089)	東京都大田区	
		千葉精密工具株式会社	(527019838)	東京都品川区	
		埼南工具販売株式会社	(343020242)	埼玉県川口市	

図 5.2 信用調査報告書 得意先のサンプル

5.3 企業対消費者間取引比率の抽出ルールの構築

一般消費者への取引シェアを分布化するために、データの抽出方法を定義する。まずは得意先に記載されている取引先名から一般消費者に該当するテキストの定義を行う。企業コードに記載がある場合は企業であるため、対象リストから除外する。次に、各企業の得意先名を集計し、出現頻度の高い得意先名を抽出した。

［得意先定義方法］

① 得意先から企業コードが記載されていないレコードを抽出

② 得意先名から「消費」「一般」「需要」「客」「個人」「学生」「生徒」「会員」「教習生」「園児」「入居」「患者」「者」を含むレコードを抽出

③ 得意先名で集計し、出現頻度が 1 件～3 件となる極端に少ない得意先名は除外

④ 「一般個人・法人」と記載されている場合があり、「法人」「企業」が含まれているレコードは除外

※目的は一般消費者への取引シェアの分布化による考察であるため、法人と混在している場合は除外とした

以上の抽出方法により一般消費者の得意先名を表 5.1 にある 78 テキストと定義することができた。これらのテキストを持つ企業を一般消費者へ販売している企業として、抽出した。一般消費者販売企業において、取引シェアが記載されている企業 65,085 社を抽出することができた。

表 5.1 一般消費者としてカウントする得意先名一覧

一般個人	一般需要家	来店顧客	一般家庭	一般会員	一般宿泊客
一般顧客	施設利用者	一般個人会員	個人顧客	一般外来患者	観光客
一般患者	園児	一般受講生	一般店頭客	一般個人需要者	利用客
一般個人客	店頭一般顧客	地元一般顧客	個人客	一般需用者	一般個人（各種保険）
一般客	入居者	一般乗客	店頭客	一般観光客	一般個人（利用者）
店頭顧客	来店客	一般地主	利用者	一般高齢者	一般児童
個人	一般学生	一般来院患者	一般来店客	一般受講者	一般
一般施主	一般個人筋	一般顧客（個人）	一般ユーザー	一般教習生	地元一般客
一般需要者	店頭一般客	一般需要筋	一般入居者	一般需要家筋	一般個客
一般個人顧客	一般個人施主	一般入所者	学生	一般需要	地元一般個人
一般店頭顧客	一般患者・利用者	一般個人（高齢者）	生徒	一般投資家	一般園児
一般利用者	一般需要客	一般老人	会員	インターネット顧客	一般生徒
一般消費者	一般個人ユーザー	一般個人（会員）	一般利用客	一般個人患者	外来患者

表 5.2 取引シェアが抽出された業種別企業数

業種（大分類）	件数	業種（大分類）	件数
ABCD:農業・林業，狩猟業・漁業・鉱業	292	I:不動産業	4,172
E:建設業	9,526	J:運輸・通信業	1,371
F:製造業	1,481	K:電気・ガス・水道・熱供給業	65
G:卸売・小売業，飲食店	31,837	L:サービス業	15,906
H:金融・保険業	435		

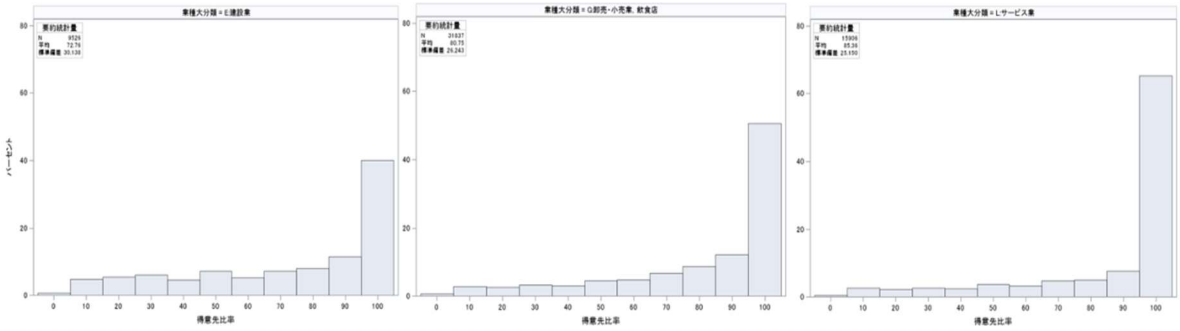

図 5.3 業種大分類別一般消費者への取引シェアの分布

取引シェアを抽出することができた企業は日本標準産業分類を元に作成された TDB 産業分類大分類別に集計すると表 5.2 のようになった。一般消費者と取引が多いと考えられる小売業が最も多く、次にサービス業、建設業となっている。

これらの業種において、一般消費者への取引シェアをヒストグラム化すると、図 5.3 のようになる。図 5.3 は、縦軸に企業数の割合、横軸に一般消費者への取引シェアを表している。図 5.3 から、サービス業が最も多く一般消費者への取引シェアが大きいことが示されている。一方、建設業では 100%付近が大きいものの、サービス業・小売業に比較すると、その割合は小さいことが分かる。

大分類で確認すると、業種によっては集中度合いが異なるが、これを TDB 産業分類の細分類で見ると集中度合いに傾向が出てくる。図 5.4 は小売業の中でも、分布が分散している業種（左図：45201 酒小売業）と集中している業種（右図：46203 酒場、ビヤホール）を示してものである。また、酒小売業で見られた傾向として、従業種が酒卸となっている企業が存在しており、それらの企業は取引シェアの分散が見られた。このように、一般消費者向けの業種と一般消費者向けではない業種の複数に携さわっている企業は分散する傾向がある。

規模についても考察を行うために、図 5.5 は売上高規模「1 億円未満」「1 億円～3 億円」「3 億円～10 億円」「10 億円～50 億円「50 億円～100 億円」「100 億円以上」別のヒストグ

ラムを示す。図 5.5 のそれぞれの図の得意先比率には大きな変化がないことから、民間消費比率が売上高規模によって変化はないことが分かる。

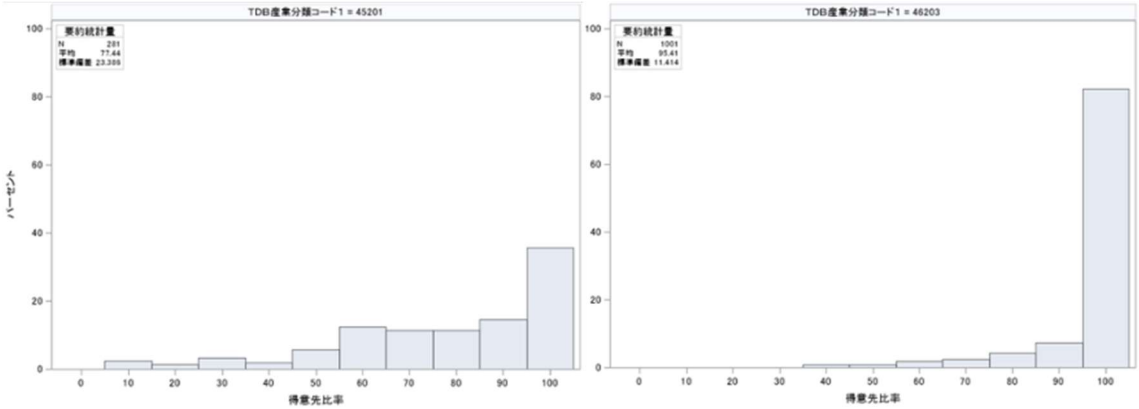

図 5.4 業種細分類別一般消費者への取引シェアの分布

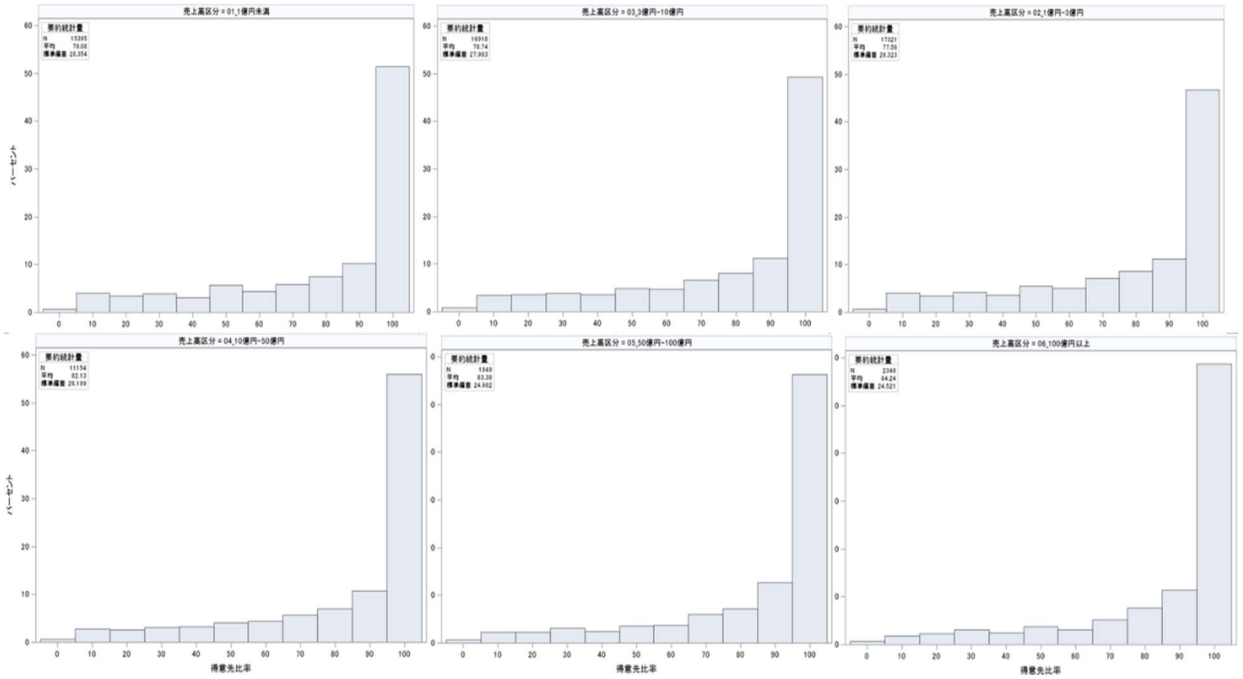

図 5.5 売上規模別一般消費者への取引シェアの分布

5.3.1 民間消費比率の一般化

民間消費者への取引シェアの記載がある企業のデータの構造化は完了し、業種には大きな違いがあること、規模には傾向がみられないことなどが考察された。しかしながら、産業連関表に組み込むためには、取引シェアが未詳の企業に対しても取引シェアを推定しなくてはならない。ここでは、構造化したデータから、取引シェアを一般化し、その推定結果を用いて実際の産業連関表の民間消費支出と比較し検証を行う。

特に、業種については、細分類で分ける必要があることと、主業種に加えて従業種においても民間消費者に対して販売しているかを考慮する必要があることがシェアを推定するのに重要な要因であることが考察された。

そのため、本研究のモデル化は、TDB 業種細分類と主業種・従業種を用いたクラスタリングを行い、各クラスタに対する平均値を推定値として算出することとする。

まずは、主業種と取引シェアを用いて、その業種が一般消費者と大きな取引シェアとなる業種、いわゆる BtoC 業種であるかを選定する。

ここでクラスタリングの方法は非階層クラスタ分析の一つである K-means 法を用いる。K-means 法は、クラスタ数を自らで設定する必要があるが、クラスタ数 2/3/4/5/7/10 で試行し、標本数とシェアの分布によって決定することとする。また、クラスタリング変数として、各業種細分類別に取引シェアの代表値（算術平均値、標準偏差、最小値、最大値、中央値、1/5/25/75/95/99 パーセンタイル点、最頻値）を算出する。

クラスタ分析の結果が表 5.3 と図 5.6 となる。表 5.3 は、最大クラスタ 2/3/4/5/7/10 として分析を行った場合の、各分析結果におけるクラスタに含まれる最小の企業数を示して

表 5.3 各試行におけるクラスタの最小企業数

最大クラスタ数	2	3	4	5	7	10
クラスタ最小企業数	6003	395	349	345	65	57

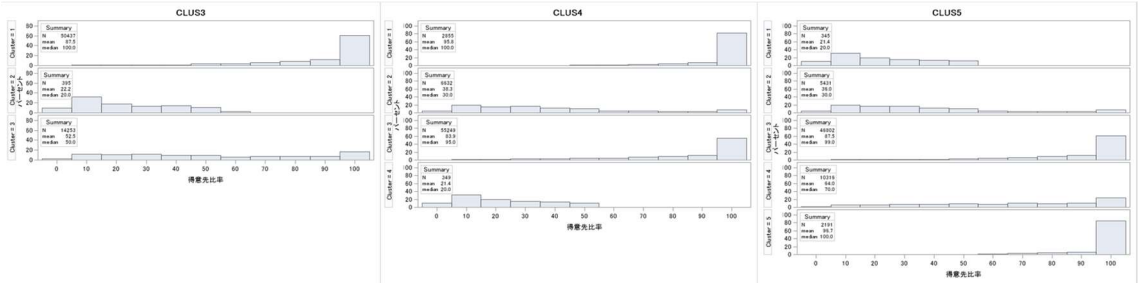

図 5.6 最大クラスタ数 3/4/5 での取引シェア分布

いる。例えば、最大クラスタ数 3 の場合は、3 つのクラスタに分けられ、その中で最も企業数の少ないクラスタでは、395 社となっていることを示している。

図 5.6 は、最大クラスタ数による分布の変化を示しており、最大クラスタ数が 3（左）/4（中）/5（右）となっている。

分析の目的は、対象の業種が BtoC 業種かどうかを判別するものであるため、細かいクラスタにしてしまうと企業数が少なくなり、判別が難しくなる。そのため、最小企業数は 100 社以上となるクラスタ数とし、表 5.3 の結果より最大クラスタ数 7 と最大クラスタ数 10 は除外する。また、図 5.6 から、最大クラスタ数が 4 と 5 において、最も一般消費者への販売比率が高いクラスタ（最大クラスタ 4 におけるクラスタ 1 と、最大クラスタ 5 におけるクラスタ 5）を比較すると、2,855 社と 2191 社と企業数が最大クラスタ 4 の方が大きい一方で、平均販売比率が 95.8%と 96.7%と大きな差はない。そのため、ここでは最大クラスタ数 4 を採択することとして、最大クラスタ数 4 の中で販売比率が最も高いクラスタ 1 で割り振られる業種を、一般消費者への取引が大きい業種クラス、BtoC 業種として定義する。

次に、主業種と従業種を鑑みたクラスタを構築していく。従業種が BtoC 業種かという情報を追加し、方法は上記と同じ方法を採用する。

クラスタ分析の結果、図 5.7 と表 5.4 のようになった。図 5.7 から最大クラスタ数 5（図 5.6 の CLUS5）は、各クラスタにおいて、平均値が 98.5、88.3、67.3、36.2、22.1 と段階的になっており、各ヒストグラムも比率の特徴が異なっている。「Cluster=1」は最も低い比率の企業群であり、「Cluster=5」は最も大きい比率を持つ企業群となっている。また、表 5.4 から、最大クラスタ数 5 の場合の各クラスタの最小企業数は 394 と、企業数も十分に存在している。

十分な企業数が存在しているのであれば過学習が発生していないと考え、また、クラスタ数が多い方が比率の特徴を表現している分布を得ることができるため、ここではクラスタ数 5 を採用することとする。

なお、最大クラスタ数 5 におけるクラスタ分析結果として、表 5.5 に各変数の寄与率と、表 5.6 に各クラスタにおける変数の平均値を記載した。表 5.5 における決定係数(R2 乗)から、今回のクラスタ分析で、最も寄与している変数は、最頻値と平均であることが分かる。

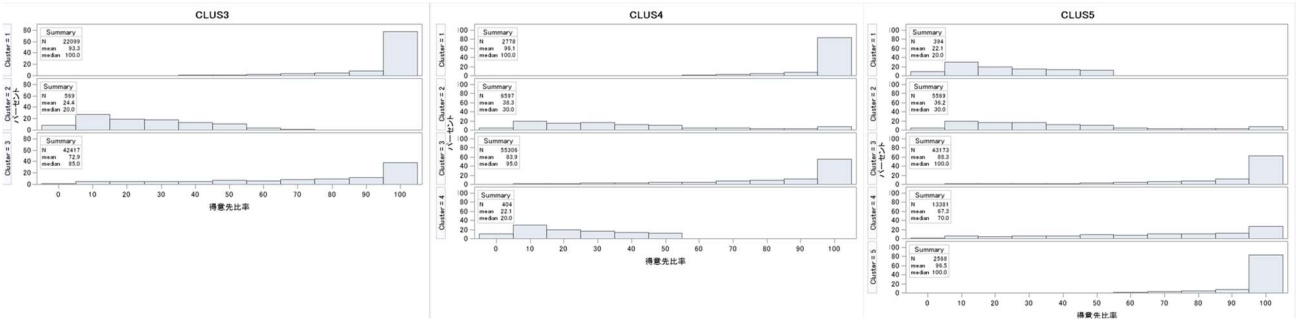

図 5.7 最大クラスタ数 3/4/5 での取引シェア分布

表 5.4 各試行におけるクラスタの最小企業数

最大クラスタ数	2	3	4	5	7	10
クラスタ最小企業数	6,921	569	404	394	117	81

表 5.5 クラスタ数 5 における変数に対する統計量

変数	総 STD	群内 STD	R2 乗	R2 乗/(1-R2 乗)
MEAN	29.02	10.39	0.87	6.84
STD	11.44	6.89	0.64	1.77
MIN	32.71	14.17	0.81	4.35
P1	32.26	13.42	0.83	4.80
P5	32.21	12.95	0.84	5.21
Q1	33.56	13.49	0.84	5.21
MEDIAN	32.90	12.72	0.85	5.72
Q3	31.25	12.90	0.83	4.89
P95	30.35	11.81	0.85	5.63
P99	30.44	11.50	0.86	6.04
MAX	30.45	11.50	0.86	6.03
MODE	37.61	12.86	0.88	7.59
OVER-ALL	31.12	12.27	0.85	5.46

表 5.6 最大クラスタ数 5 における各クラスタでの変数の平均値

クラスター	MEAN	STD	MIN	P1	P5	Q1	MEDIAN	Q3	P95	P99	MAX	MODE
1	22.29	12.82	18.17	18.17	18.19	18.68	21.99	25.99	27.05	27.07	27.07	21.97
2	37.59	28.88	6.47	6.49	7.44	16.22	30.95	55.19	88.21	91.51	91.53	20.98
3	84.83	20.58	21.86	27.96	45.03	77.55	93.12	98.46	98.89	98.89	98.89	98.45
4	62.12	33.94	10.62	11.12	13.72	35.92	65.72	91.64	98.36	98.49	98.49	89.78
5	90.30	7.17	84.19	84.55	85.29	88.21	91.28	92.60	92.73	92.73	92.73	91.73

5.4 シミュレーションによる民間消費支出の算出と比較検証

従業種を考慮した業種を、企業対消費者間取引比率によって、5 つのクラスタに分類した。ここでは、その分類機によって分割された業種に対して民間消費者への取引比率の出現分布を確率密度として用いて、民間消費支出のシミュレーションを行い、企業ベースの民間消費支出を算出する。企業ベースの民間消費支出の検証として、総務省発表の 2011 年

集計の産業連関表の民間消費支出と比較を行う。

企業ベースの民間消費支出の算出のために、2012 年 1 月時点の C2 を用いる。C2 は基本的に年間で更新を行っているデータベースであり、企業の最新期の売上高や主業種・従業種、取引先情報などが記載されている。特に取引先の情報には、取引シェアの記載はないものの、CCR と同様にフリーテキストにて記載されており、民間消費者に販売しているかも把握することできる。第 2 節で定義した民間消費者のテキスト群をここでも利用して、C2 において民間消費者に販売しているかを判別する。2012 年 1 月時点の C2 は 1,409,579 社であるが、民間消費者に販売していると判別できたのが 564,068 社となった。それらの企業の主業種と従業種の組み合わせで 5 クラスタに分類し、各クラスタの取引シェアの密度分布を用いて、モンテカルロシミュレーションを行い、各企業の民間消費比率を求めた。その比率と各企業の売上高を掛け合わせ合計し、企業ベースの民間消費支出を求めた。シミュレーションの結果を図 5.8 に示す。シミュレーションの試行回数は 10 万回である。

シミュレーション結果から中央値を輸出額・輸入額とした。なお、シミュレーションによって得られた民間消費支出は、第 4 章の企業ベースでの輸出入額算出と同じように、売上高を比較し約 11%増加の補正を行っている。

企業ベースの民間消費支出は 281 兆 6,665 億円となった。これは、総務省が公表している産業連関表の民間消費支出 282 兆 8,214 億円と比較すると、約 0.1%程度の差であり、非常に誤差の小さい推定値となった。

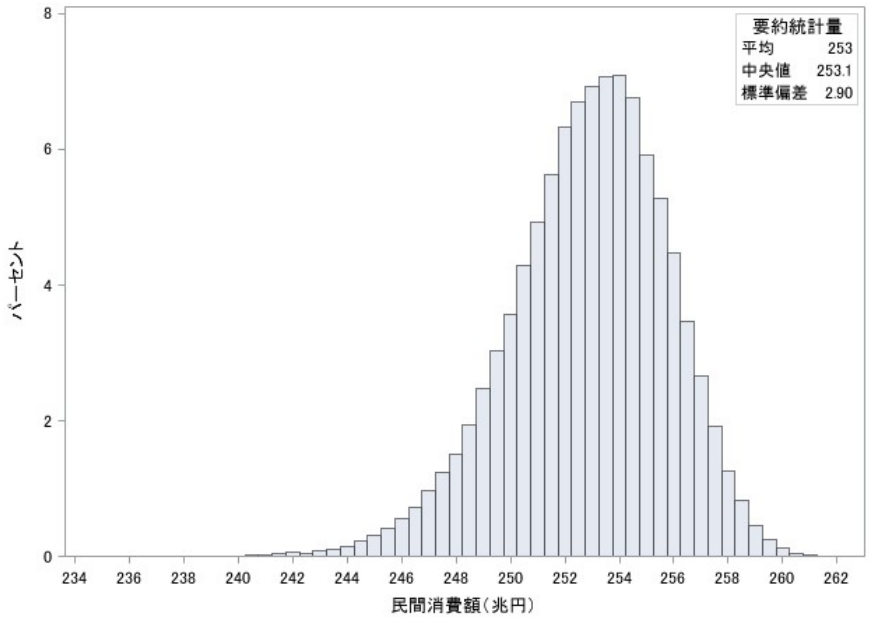

図 5.8 シミュレーションによる企業ベース民間消費支出

しかしながら、本結果には注意が必要である。総務省公表の産業連関表の民間消費支出には、帰属計算が含まれている。帰属計算とは、実際の生産活動や取引は発生していないが、保険や住居のように実質的な効用が発生し、それを享受している者が存在する場合、その効用を市場価格で評価し、部門に計上するという考えである。特に、民間消費では、住宅が帰属家賃として計上されるのであるが、企業ベースでは不動産業の民間消費者への販売価格を一括で計上している。この二つの計上の違いが偶然に等しくなっている可能性がある。

また、注意点として、本検証は単年度での検証であり、本モデルが異なる時系列でも同じように再現できるかは検証されていない。総務省が次期産業連関表を公開する際には、本モデルの検証を行う必要があり、平均値などのパラメータは年度によって更新する必要がある可能性がある。

5.5 企業対消費者間取引を考慮した産業連関表構築アルゴリズムの定式化

本研究では一般消費者への販売比率が判明していることから、消費者を分離した算出アルゴリズムの定式化を行う。変数の定義を以下とする。

受注企業i民間消費売上比率：$SCR_i = \{scr_i \mid i \in I\}$、

発注企業j海外輸入比率：$OFR_j = \{ofr_j \mid j \in J\}$

受注企業は売上高に対して比率をかけることで、各企業の一般消費者売上高を算出することができ、対企業国内販売額を次のように算出することができる。

受注企業i民間消費売上高：$SC_i = \{sc_i \mid i \in I\}$

$= \{s_i \times scr_i \mid i \in I\}$、

受注企業i対企業輸出額：$SF_i = \{sf_i \mid i \in I\}$

$= \{(s_i - sc_i) \times sfr_i \mid i \in I\}$、

受注企業i対企業国内販売額：$SD_i = \{sd_i \mid i \in I\}$

$= \{(s_i - sc_i) \times (1 - sfr_i) \mid i \in I\}$

発注企業は、海外輸入額が判明しており、一般消費者からの移入は存在しないため、対国内企業売上原価は次の通り算出できる。

発注企業輸入額：$CF = \{cf_j \mid j \in J\}$

$= \{c_j \times ofr_j \mid j \in J\}$、

発注企業国内原価額：$CD = \{cd_j \mid j \in J\}$

$= \{c_j \times (1 - ofr_j) \mid j \in J\}$

ただし、取引高の合計が発注企業の売上原価を超えてしまうことは会計上成り立たないため、取引高が売上原価を超えている発注企業に対しては、売上原価を超えないように、以下の調整計算を加える。

原価調整済み国内取引高推計：$ws2_{ij} = ws_{ij} \times \frac{cd_j}{\sum_i ws_{ij}}$,　$\sum_i ws_{ij} > cd_j$

ws_{ij} ,　$\sum_i ws_{ij} \leq cd_j$

5.6 企業ベースの地域民間消費支出の推定

一般消費者への取引シェアのモデル化によって、総務省発表の産業連関表における民間消費支出の再現は可能となった。しかし、企業情報によって構築する産業連関表のメリットの一つとして、自由な地域や時点での構築が挙げられている。地域産業連関表を構築するために、本節では第 3 節で求めた企業ベースの民間消費支出を地域に按分する方法を構築していく。第 1 節での通り、消費に関する公的統計では地域按分に限界があるため、人口データを活用していく。

現在公開されている 2011 年の産業連関表で、民間消費支出が判明できる都道府県版産業連関表は 41 都道府県となっている。41 都道府県で公開されている地域産業連関表から民間消費支出をデータ化した。また、各都道府県の人口は、総務省公開の人口推計をデータ構造化した。

各都道府県の人口と民間消費支出の関係を示し、また、人口から民間消費支出を推計する回帰モデルを記載したのが図 5.9 である。図 5.9 は、横軸に地域に住居している人口、縦軸に各都道府県の産業連関表の民間消費額、点線が最小二乗法によって求めた 2 次曲線を示している。曲線の決定係数はほぼ 1 であることから、人口と民間消費支出は 2 次関数

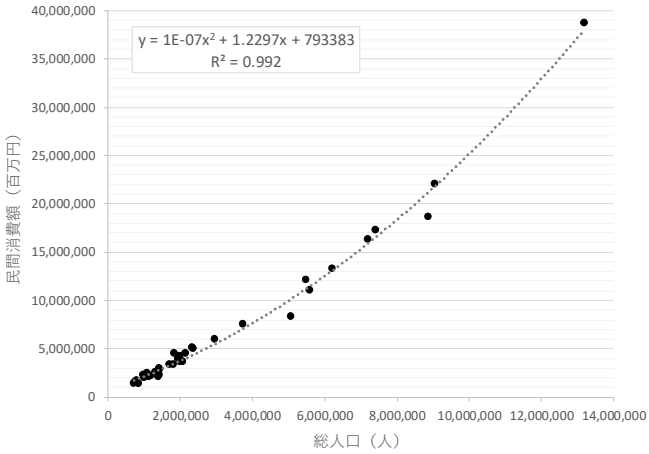

図 5.9 各都道府県の人口（横）と民間消費支出（縦）

でほとんど説明可能であることが分かる。

各都道府県の人口から、回帰モデルによって、民間消費支出に変換することができ、人口からの推定民間消費支出を按分係数として、前節で得た企業ベースの民間消費支出を按分することが可能となる。数式で定義すると次の通りである。

都道府県：$T = \{t \mid t = 1, 2, \cdots, 47\}$、

都道府県tの人口：$PO = \{po_t \mid t \in T\}$、

地域推定民間消費支出：$PC = \{pc_t \mid t \in T\}$

$= \{1E\text{-}07po_t^2 + 1.229po_t + 793383 \mid t \in T\}$、

企業ベース民間消費支出：$EP = \{ep\}$、

企業ベース推定地域民間消費支出：$RP = \{rp_t \mid t \in T\}$

$= \{\frac{pc_t}{\sum_{t \in T} pc_t} ep \mid t \in T\}$

本計算式によって得られた企業ベース推定地域民間消費支出と実際の民間消費支出の関係を示したのが図 5.10 である。図 5.10 は、縦軸に各都道府県公表の民間消費額、横軸に各都道府県の企業ベース民間消費額、それぞれの指標が等しくなる値を直線で示している。ほとんどの都道府県で実践上に乗っていることから、企業ベース民間消費額が各都道府県に正確に按分されていることが分かる。

ただし、前節と同様に本モデルも時系列の変化に頑健的であるかどうかは検証する必要

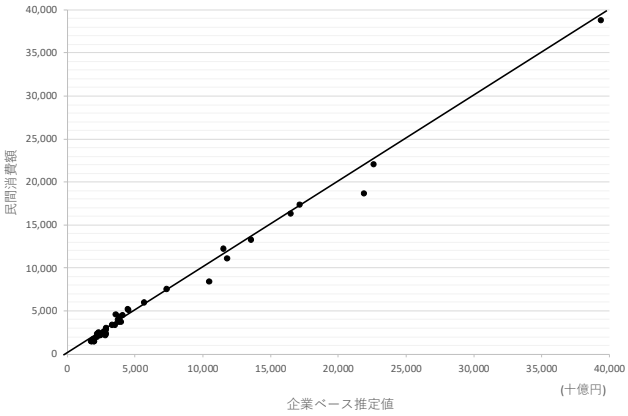

図 5.10 民間消費支出の実測値（縦）と推計値（横）

がある。

また、地域ごとに民間消費支出を按分した後、産業ごとに割り振る必要があるが、現在の企業データでは小売業やサービス業の地域ごとの消費量を推定するのは困難である。例えば、コンビニチェーンであれば、本社が東京都であることが判明していても、どの地域にどれくらいの店舗数があるかを把握するのは難しいためである。そのため、全国での業種別の一般消費者販売比率を、各都道府県統一として利用することとする。これを定式化すると、次のようになる。

投入部門：$D1 = \{d1 \mid d1 = 1, 2, \cdots, 91\}$、

需要部門：$D2 = \{d2 \mid d2 = 1, 2, \cdots, 91\}$、

受注企業 i が投入部門 $d1$ であるか：$D1_i = \{ d1_i \mid i \in I \ , d1_i \in D1 \}$

$= 1$, if $d1 \subset d1_i$（投入部門が $d1$ である）

0 , if $d1 \not\subset d1_i$（投入部門が $d1$ でない）、

発注企業 j が需要部門 $d2$ であるか：$D2_j = \{ d2_j \mid j \in J \ , d2_j \in D2 \}$

$= 1$, if $d2 \subset d2_j$（需要部門が $d2$ である）

0 , if $d2 \not\subset d2_j$（需要部門が $d2$ でない）、

投入部門 $d1$ の推定民間消費合計額：$sc_{d1} = \sum_i sc_i \times d1_i$、

投入部門 $d1$ の企業ベース推定地域民間消費支出：

$$RP_{d1} = \{rp_{d1} \mid i \in I \ , d1_i \in D1 \}$$

$$= rp_t \times {sc_{d1}}/{\sum_i sc_i}$$

第6章 民間データを用いた小地域及び地域間産業連関表の構築

第 3 章から第 5 章において、企業ビッグデータにおけるデメリットを改善し、産業連関表の作成概念に近似した TDB データによる産業連関表の構築を定式化することができた。本章では、そのアルゴリズムから得られる小地域の産業連関表の構築のアルゴリズムを定式化する。

なお、本章は、環太平洋産業連関分析学会への投稿を予定している。

6.1 地域産業連関表作成アルゴリズムの定式化

第 2.3 節の産業連関表の課題で述べたとおり、小地域の産業連関表は実務レベルとして有効である一方で、その作成が非常に困難である。特に、統計調査が充実していない地域の場合は、独自に調査を実施する必要があり、調査から作成まで 2 年程度の時間と膨大な費用を要する。

そこで、TDB のデータを用いた小地域の産業連関表があれば、従来のような膨大な時間と費用をかけることなく、産業連関表を作成できる可能性が生まれる。これまでの定式化は、都道府県レベルでの定式化を想定していたが、小地域・特に自治体の運営単位である市区町村での作成を想定する。

これまでの定式化において定義してきたものは引き続き使用するが、最終消費および輸出入を考慮した取引高・輸出入額と事業所を考慮した取引高の推計を組み合わせて、以下の定義を改めて行う。

受注企業 i と発注企業 j での原価調整済み国内取引高推計：$ws2_{ij}$、

受注企業 i の拠点 l と発注企業 j の拠点 k における事業所間取引高：

$$WSWP_{l_i k_j} = \{ \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \mid i \in I,\ j \in J,\ l_i \in L_i,\ k_j \in K_j \}$$

$$= ws2_{ij} \times wp_{l_i k_j}、$$

発注企業 j の拠点 k における輸入額：$CFWP_{k_j} = \{ \mathrm{cfwp}_{k_j} \mid j \in J,\ k_j \in K_j \}$

$$= cf_j \times re_{k_j} \ / \ \sum_m^{1,2,\ldots,nk_j} re_m、$$

受注企業 i の拠点 l における輸出額：$SFWP_{l_i k_j}$ = { $\mathrm{sfwp}_{l_i k_j}$ | $j \in J$, $k_j \in K_j$ }

= $sf_i \times wp_{l_i k_j}$、

次に、地域の概念を定義する。

日本：JPN 、 作成対象地域：E_0 = {e_0 | $\forall e_0 \subset$ JPN}、

受注企業 i の拠点 l が対象地域であるか：

$E1_{l_i}$ = { $e1_{l_i}$ | $i \in I$, $l_i \in L_i$ }

= 1 , if $e_0 \subset e1_{l_i}$ （拠点 l_i が地域内）

0 , if $e_0 \not\subset e1_{l_i}$ （拠点 l_i が地域外）、

発注企業 j の拠点 k が対象地域であるか：

$E2_{k_j}$ = { $e2_{k_j}$ | $j \in J$, $k_j \in K_j$ }

= 1 , if $e_0 \subset e2_{k_j}$ （拠点 k_j が地域内）

0 , if $e_0 \not\subset e2_{k_j}$ （拠点 k_j が地域外）

すると、内生部門と移出入、輸出入は次のように定式化することができる。

投入部門 $d1$ と需要部門 $d2$ における内生部門での取引量の合計：

$$w_{d1,d2} = \sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \times e1_{l_i} \times e2_{k_j} \times d1_i \times d2_j、$$

投入部門 $d1$ と需要部門 $d2$ における移出部門での取引量の合計：

$$ed_{d1,d2} = \{\sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \times e1_{l_i} \times d1_i \times d2_j \mid e2_{k_j} = 0\}、$$

投入部門 $d1$ と需要部門 $d2$ における移入部門での取引量の合計：

$$id_{d1,d2} = \{\sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \times e2_{k_j} \times d1_i \times d2_j \mid e1_{l_i} = 0\}、$$

投入部門 $d1$ における輸出額の合計：

$$sf_{d1} = \sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{sfwp}_{l_i k_j} \times e1_{l_i} \times d1_i 、$$

需要部門 $d2$ における輸入額の合計：

$$cf_{d2} = \sum_{\mathrm{j}}^J \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{cfwp}_{k_j} \times e2_{k_j} \times d2_j$$

民間消費においては任意の小地域での検証は行っていないが、ここでは、都道府県以外の小地域でも人口と最終消費のモデルが等しいと仮定して、定式化を行う。

任意の地域の人口：PO_{e_0} = {po_{e_0} | $e_0 \subset$ JPN }、

地域推定民間消費支出：PC_{e_0} = $\{pc_{e_0} \mid e_0 \subset \text{JPN}\}$

$$= \{\ 1E\text{-}07pc_{e_0}^2 + 1.229pc_{e_0} + 793383 \mid e_0 \subset \text{JPN}\}、$$

企業ベース推定地域民間消費支出：RP = $\{rp_{e_0} \mid e_0 \subset \text{JPN}\}$

$$= \{\frac{pc_{e_0}}{\sum_{e_0} pc_{e_0}} pc_{e_0} \mid e_0 \subset \text{JAPAN}\}$$

投入部門$d1$の企業ベース推定地域民間消費支出：

$$DD_{d1} = \{dd_{d1} \mid i \in I\ ,\ d1_i \in D1,\ j \in J\ ,\ d2_j \in D2\}$$

$$= rp_{e_0} \times {sc_{d1}}/{\sum_i sc_i}$$

定式化から、企業情報をベースとした産業連関表は，表 6.1 のように構築することができる。実際に作成可能な部門数は、Akagi [10]と同様に TDB 産業分類の中分類を元に作成した 91 分類である。

なお、民間消費以外の最終需要(od)は、調整項として、コントロールトータルを担うようにする。

表 6.1 企業ベース産業連関表の構築のイメージ

			需要									
			域内			移出			最終需要			総産出
			部門1	…	部門91	部門1	…	部門91	民間消費	その他最終	輸出	
投入	域内	部門1	$w_{1,1}$	…	$w_{1,91}$	$ed_{1,1}$	…	$ed_{1,91}$	dd_1	od_1	sf_1	s_1
		⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
		部門91	$w_{91,1}$	…	$w_{91,91}$	$ed_{91,1}$		$ed_{91,91}$	dd_{91}	od_{91}	sf_{91}	s_{91}
	移入	部門1	$id_{1,1}$	…	$id_{1,91}$	0	…	0	0	0	0	0
		⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
		部門91	$id_{91,1}$	…	$id_{91,91}$	0	…	0	0	0	0	0
	輸入	部門	of_1	…	of_{91}	0	…	0	0	0	0	0
	付加価値		av_1	…	av_{91}	0	…	0				
	総投入		s_1	…	s_{91}	0	…	0				

6.2 地域間産業連関表作成アルゴリズムの定式化

従来の産業連関表の課題として、経済産業省の商品流通調査の廃止と、それによる地域表作成のコストの増大が挙げられる。この問題に対しても、個別の企業データを用いて作成した産業連関表は有効である。企業データからの積み上げによって、地域を自由に指定することができ、指定する 2 地域それぞれに所在している企業の取引から、地域間の移出・移入を算出することができる。

また、従来の産業連関表では、移出・移入は、自地域外への移出と自地域外からの移入しか把握できていないが、企業データの利用によって、具体的な 2 地域間での移出入を把握することができる。

これにより、例えば、東日本大震災のような特定の地域に甚大な被害があった場合に、対象の地域からの移出・移入を把握することで、具体的に被害が発生する規模・産業を想定することができる。この概念は、従来の産業連関表の分析では困難な分析である。

以下で、TDB データによる 2 地域間産業連関表の定式化を行う。

作成対象地域 1：$E_1 = \{e_1 \mid \forall e_1 \subset \mathrm{JPN}\}$、作成対象地域 2：$E_2 = \{e_2 \mid \forall e_2 \subset \mathrm{JPN}\}$、

受注企業 i の拠点 l が対象地域1であり、発注企業 j の拠点 k が対象地域1である：

$$E1_{l_i}E1_{k_j} = \{ e1_{l_i}e1_{k_j} \mid i \in I,\ l_i \in L_i,\ j \in J,\ k_j \in K_j \}$$
$$= 1,\ \text{if } e_1 \subset e1_{l_i} \cap e_1 \subset e1_{k_j}$$
$$0,\ \text{else}\ 、$$

受注企業 i の拠点 l が対象地域2であり、発注企業 j の拠点 k が対象地域1である：

$$E2_{l_i}E1_{k_j} = \{ e2_{l_i}e1_{k_j} \mid i \in I,\ l_i \in L_i,\ j \in J,\ k_j \in K_j \}$$
$$= 1,\ \text{if } e_2 \subset e1_{l_i} \cap e_1 \subset e1_{k_j}$$
$$0,\ \text{else}\ 、$$

受注企業 i の拠点 l が対象地域1であり、発注企業 j の拠点 k が対象地域2である：

$$E1_{l_i}E2_{k_j} = \{ e1_{l_i}e2_{k_j} \mid i \in I,\ l_i \in L_i,\ j \in J,\ k_j \in K_j \}$$
$$= 1,\ \text{if } e_1 \subset e1_{l_i} \cap e_2 \subset e1_{k_j}$$
$$0,\ \text{else}\ 、$$

受注企業iの拠点lが対象地域2であり、発注企業jの拠点kが対象地域2である：

$$E2_{l_i}E2_{k_j} = \{ e2_{l_i}e2_{k_j} \mid i \in I,\ l_i \in L_i,\ j \in J,\ k_j \in K_j \}$$

$$= 1,\ \text{if}\ e_2 \subset e1_{l_i} \cap e_2 \subset e1_{k_j}$$

$$0,\ \text{else}$$

すると、内生部門と移出入は次のように定式化することができる。

受注・発注ともに対象地域 1 に所在し、$d1$ と $d2$ における内生部門での取引量の合計：

$$e1e1w_{d1,d2} = \sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \times e1_{l_i} e1_{k_j} \times d1_i \times d2_j、$$

受注・発注ともに対象地域 2 に所在し、$d1$ と $d2$ における内生部門での取引量の合計：

$$e2e2w_{d1,d2} = \sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \times e2_{l_i} e2_{k_j} \times d1_i \times d2_j、$$

受注の拠点が対象地域 1、発注の拠点が対象地域 2 に所在し、$d1$・$d2$ の取引量の合計：

$$e1e2w_{d1,d2} = \sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \times e1_{l_i} e2_{k_j} \times d1_i \times d2_j、$$

受注の拠点が対象地域 2、発注の拠点が対象地域 1 に所在し、$d1$・$d2$ の取引量の合計：

$$e2e1w_{d1,d2} = \sum_i^I \sum_j^J \sum_{l_i}^{Li} \sum_{k_j}^{K_j} \mathrm{wswp}_{l_i k_j} \times e2_{l_i} e1_{k_j} \times d1_i \times d2_j$$

以上の定式化から、2 地域間産業連関表は、表 6.2 のように構築することができる。

具体的な地域での算出などは、引き続き実務者との検証を経て、研究を進めていく。

表 6.2 企業ベース 2 地域間産業連関表の構築のイメージ

			需要					
			地域 1			地域 2		
			部門1	…	部門91	部門1	…	部門91
投入	地域 1	部門1	$e1e1w_{1,1}$	…	$e1e1w_{1,9}$	$e1e2w_{1,1}$	…	$e1e2w_{1,9}$
		⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋱	⋮
		部門91	$e1e1w_{91,1}$	…	$e1e1w_{91,91}$	$e1e2w_{91,1}$	…	$e1e2w_{91,91}$
	地域 2	部門1	$e2e1w_{1,1}$	…	$e2e1w_{1,9}$	$e2e2w_{1,1}$	…	$e2e2w_{1,9}$
		⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋱	⋮
		部門91	$e2e1w_{91,1}$	…	$e2e1w_{91,91}$	$e2e2w_{91,1}$	…	$e2e2w_{91,91}$

第7章 投入係数の変動を考慮した経済波及効果の測定

産業連関表の課題でも述べているが、従来の産業連関分析は、消費量が 2 倍になれば、原材料の投入量も 2 倍になるという線型的な比例構造を示す確定的な投入係数を前提とする分析で測定される。5 年置きに作成される産業連関表を用いた測定は、作成年次の取引構造を前提とした分析となる。また、各県の産業連関表は、全国表の投入構造を参考に作成されており、人員及び予算の制約上、投入調査は行われていない。

従って、現在公開されている情報からは、投入係数の変動を測定するのは難しく、これまでの産業連関分析研究では、投入係数の変動を考慮する研究はあまり行われていない。

そこで、本章では、TDB データによる産業連関表を活用して、各産業の仕入構造を示した投入係数が時系列によってどのように変動するのかを考察し、確率論的な波及効果の測定、即ちモンテカルロ法を用いた経済波及効果の測定を行った。事例として、東日本大震災で被った石巻市における観光損失額測定を例に経済波及効果の測定を試みた。

ここでは、産業連関表の投入係数の変動を把握することを目的としているが、過去に投入係数の変動を調査した研究に永島 [16]がある。構造分解分析（SDA）の結果、符号の逆転が投入係数の変動によってどのように変わるかを分析した研究である。但し、本研究は投入係数の変動としては正規分布を仮定したものであり、独自の調査が行われたものではなく、投入係数の分布については、検証されていない。

なお、本章は、大里 [17]によって公開された研究を基にしている。

7.1 使用データ

投入係数は取引基本表の内生部門の各取引額を部門別生産額で除すことで算出され、その係数は一つに定まる。ここでは、TDB データによる産業連関表（以下、TDB 産業連関表）を用いることで投入係数に変動幅を持たせ、経済波及効果を算出するモデルを構築した。まずは、データの準備を行い、分布の測定、パラメトリックモデルに当てはめて行っていく。

TDB 産業連関表は産業連関表の内生部門表がこれまでの研究で構築されているため、産業連関表の投入係数は付加価値額を含んだ係数となっているが、本研究は地域の産業構造の変化を把握することが目的であるため、TDB 産業連関表は付加価値額のない内生部門だ

けでの縦構造の割合（以下、TDB 投入係数）とした。今回の検証では、産業間での TDB 投入係数がどのように変動するかを考察する。

TDB 産業連関表は、TDB が取引先企業の情報に企業を特定する企業コードを付与するようになった 2008 年以降の信用調査報告書に存在している企業間取引データを用いている。そのため、取得可能な年次データは、取引情報が拡充された 2010 年から 2015 年の情報とする。

各都道府県に対して TDB 産業連関表を構築したが、これは域内企業・生産拠点間での取引を集計したものである。都道府県にて公開されている産業連関表は県内流通を目的として作成されている。

なお、本研究の実証分析では、石巻市においての波及効果を取り上げる。そのため、市区町村での算出が望ましいが、TDB 産業連関表は大企業の所在によって係数が大きく変化するため、都道府県や経済圏などある程度企業が存在する圏域を推奨していることから、圏域は都道府県としている。

また、東京都や大阪府などあまりにも規模が大きい地域は除き、業種も七十七銀行が作成した石巻市産業連関表の 36 部門と合わせる必要がある。地域は表 7.1 にある一人当たりの県内総生産が 10 兆円を下回る規模の県のみとし、業種は、表 7.2 に示す基本分類との対応表を作成した。

表 7.1 対象とした県内総生産額が 10 兆円都道府県一覧

02	青森県	10	群馬県	21	岐阜県	33	岡山県	42	長崎県
03	岩手県	15	新潟県	24	三重県	35	山口県	43	熊本県
04	宮城県	16	富山県	25	滋賀県	36	徳島県	44	大分県
05	秋田県	17	石川県	29	奈良県	37	香川県	45	宮崎県
06	山形県	18	福井県	30	和歌山県	38	愛媛県	46	鹿児島県
07	福島県	19	山梨県	31	鳥取県	39	高知県	47	沖縄県
09	栃木県	20	長野県	32	島根県	41	佐賀県		

表 7.2 業種対応表

基本分類		石巻市		基本分類		石巻市		基本分類		石巻市	
011	耕種農業	01	農業	26	鉄鋼	11	鉄鋼	51	商業	24	商業
012	畜産	01	農業	27	非鉄金属	12	非鉄金属	53	金融・保険	25	金融・保険
013	農業サービス	01	農業	28	金属製品	13	金属製品	55	不動産	26	不動産
015	林業	02	林業	29	はん用機械	14	一般機械	57	運輸・郵便	27	運輸
017	漁業	03	漁業	30	生産用機械	14	一般機械	59	情報通信	28	情報通信
06	鉱業	04	鉱業	31	業務用機械	14	一般機械	61	公務	29	公務
11	飲食料品	05	食料品	32	電子部品	17	電子部品	63	教育・研究	30	教育・研究
15	繊維製品	06	繊維製品	33	電気機械	15	電気機械	64	医療・福祉	31	医療・保健・社会保障・介護
16	パルプ・紙・木製品	07	パルプ・紙・木製品	34	情報・通信機器	16	情報・通信機器	65	その他の非営利団体サービス	32	その他の公共サービス
19	印刷・製版・製本	20	その他の製造工業製品	35	輸送機械	18	輸送機械	66	対事業所サービス	33	対事業所サービス
20	化学製品	08	化学製品	39	その他の製造工業製品（1／3）	20	その他の製造工業製品	67	対個人サービス	34	対個人サービス
21	石油・石炭製品	09	石油・石炭製品	41	建設	21	建設	68	事務用品	35	事務用品
22	プラスチック・ゴム	09	石油・石炭製品	46	電力・ガス・熱供給	22	電力・ガス・熱供給	69	分類不明	36	分類不明
23	なめし革・毛皮・同製品	20	その他の製造工業製品	47	水道	23	水道・廃棄物処理				
25	窯業・土石製品	10	窯業・土石製品	48	廃棄物処理	23	水道・廃棄物処理				

7.2 投入係数のモデル化

業種間での投入係数を確認する。図 7.1 の左図は TDB 投入係数が 0 となる業種間における TDB 投入係数のヒストグラムである。横軸が TDB 投入係数を示しているが、0 に近しい値に多く分布している形となっている。一方で、図 7.1 の右図は TDB 投入係数に対して常用対数変換を行った場合のヒストグラムである。また、図 7.2 は、投入業種に建設業、需要業種に飲食料品を限定した場合のヒストグラムであり、実線は正規分布の当てはめを行った場合の曲線である。

パラメトリックモデルへの適合としては、左右対称に近い分布であると少ないパラメータで表現できる。パラメータ数が少ない方がモデルとして頑健であることから、対数変換を行った TDB 投入係数に対するモデル化を行うこととする。

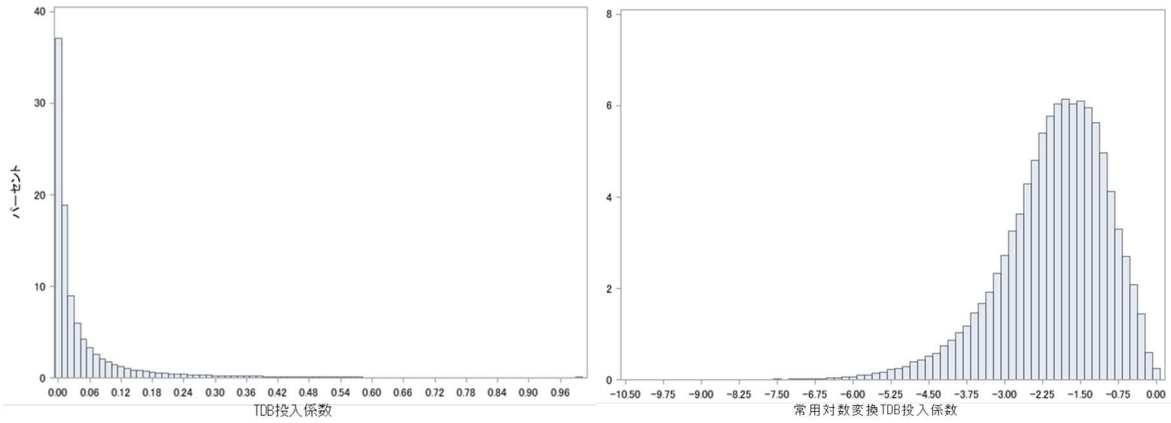

図 7.1 各業種間における TDB 投入係数のヒストグラム

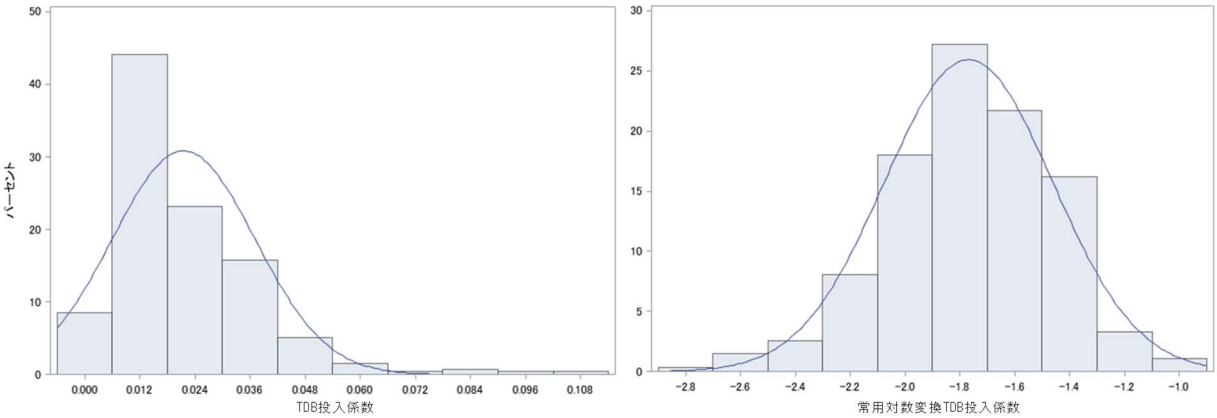

図 7.2 投入業種：建設業，需要業種：飲食料品における TDB 投入係数のヒストグラム

図 7.2 は、投入業種「建設業」、需要業種「飲食料品」における TDB 投入係数のヒストグラムであり、実線は正規分布への適合をした確率密度となっている。図 7.2 から、対数変換した TDB 投入係数は正規分布への適合が非常に高い。実際に正規性の検定であるクラメール-フォン・ミーゼス検定とアンダーソン-ダーリング検定を行うと、有意確率がそれぞれ 0.245 と 0.139 となり、正規分布ではないという帰無仮説を棄却する結果となっている。

このようにして、帰無仮説が棄却され正規分布でないといえないのは、TDB 投入係数の平均が 10%以上 50%以下となる業種間 52 業種の 27 業種であり、半数以上の割合で正規分布となった。

以上のことから、TDB 投入係数は対数変換することで正規分布に近しい形となることが考察された。

7.3 石巻市での事例分析

長谷川 [7]では、第一次間接効果と第二次間接効果の算出のために、七十七銀行が作成した平成 17 年石巻市産業連関表から投入係数行列（A）を求めている。

また、これまでの検証で TDB 産業連関表のパネルデータ(都道府県別及び時系列データ)を用いることで、投入係数表のうち、複数の部門において対数化した投入係数が正規分布に従うことが示された。従って、変動幅を持たせた投入係数を考慮することで、確率論的な経済波及効果を求めることが可能になったと言えるのである。ただし、産業が変化するのならば、投入係数における粗付加価値率や移輸入係数（M)、各種マージンなどは変動するものであるが、今回はその変動は確認できていないため、七十七銀行作成のものを参考にして固定効果として計算するものとした。

投入係数における変動を考慮したモンテカルロ法の設定要件を示す。

対象部門の投入係数における変動分布は、本研究の検証結果から対数正規分布に従うとする。また、当該投入係数の平均は石巻市産業連関表で算出された投入係数の値とし、変動の幅である標準偏差を TDB 産業連関表と同程度と仮定し、TDB 産業連関表で得た標準偏差とする。前述の通り、付加価値率は各需要業種において固定とする。

当然のことながら、各投入係数が変動することから、各部門の投入係数の合計は 1 とはならず、再計算が必要となる。付加価値比率は固定であることから、付加価値比率を除いた比率で、各投入業種で按分することとなる。変動する投入係数で重み付けを行い、再計

算を行っている。なお、変動したことにより投入係数がマイナスとなる可能性もあるが、マイナスとなった場合は、強制的に投入係数は 0 とした。

これらは以下の様に数式で表現できる。

投入業種：$I = \{i \mid i = 1, 2, \cdots, 36\}$、需要業種：$J = \{j \mid j = 1, 2, \cdots, 36\}$、

投入係数（既知，石巻産業連関表の数値から取得）：μ_{ij}、

投入係数の標準偏差（既知，TDB産業連関表より取得）：δ_{ij}、

投入係数：$T = \{t_{ij} \mid log(t_{ij}) \sim \mathrm{N}(\mu_{ij}, \delta_{ij}), t_{ij} \geq 0\}$、

需要業種jにおける付加価値比率（既知，石巻産業連関表より取得）：

$F_j = \{f_j \mid j = 1, 2, \cdots, 36\}$、

調整済投入係数：$t1_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_{i \in I} t_{ij} + f_j}$、

投入係数行列：$A = \begin{bmatrix} t1_{11} & \cdots & t1_{1\,36} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t1_{36\,1} & \cdots & t1_{36\,36} \\ f_1 & \cdots & f_{36} \end{bmatrix}$

乱数により投入係数 T を発生させ、投入行列 A を変化させる。なお、試行回数は 10 万回とする。

変動した行列 A をもって波及効果の変動分布を考察していく。

第一次間接効果は直接効果額に投入係数行列 A をかけて原料投入額を求め、更に市内自給率をかけて市内需要額を算出する。そして、$(I - A + MA) - 1(\mathrm{I} - \mathrm{M})$×「市内需要額」から第一次間接効果を求める。また、第二次間接効果は、直接効果額×雇用者所得率で求めた雇用者所得額に雇用者所得誘発額を加算し、消費転換係数 0.601 をかけて民間消費支出額を算出し、市内自給率から民間市内消費支出額を求める。最後に$(I - A + MA) - 1(\mathrm{I} - \mathrm{M})$×「民間市内消費支出額」から第二次間接効果を求める。

第一次・第二次間接効果額の 10 万回の試行結果が、それぞれ図 7.3 と図 7.4 である。

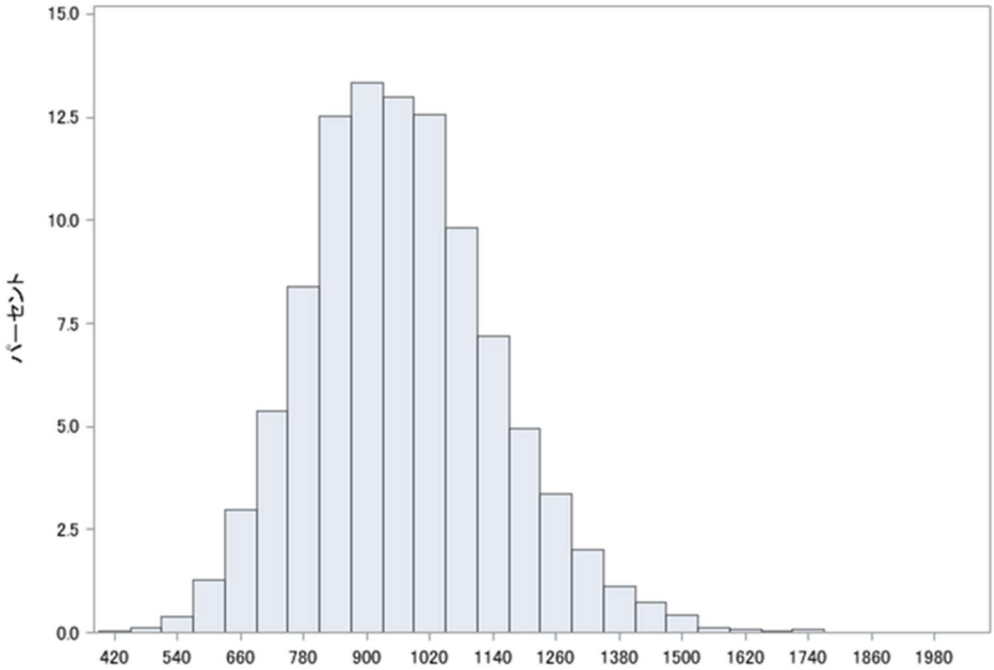

図 7.3 第一次間接効果額シミュレーション結果のヒストグラム

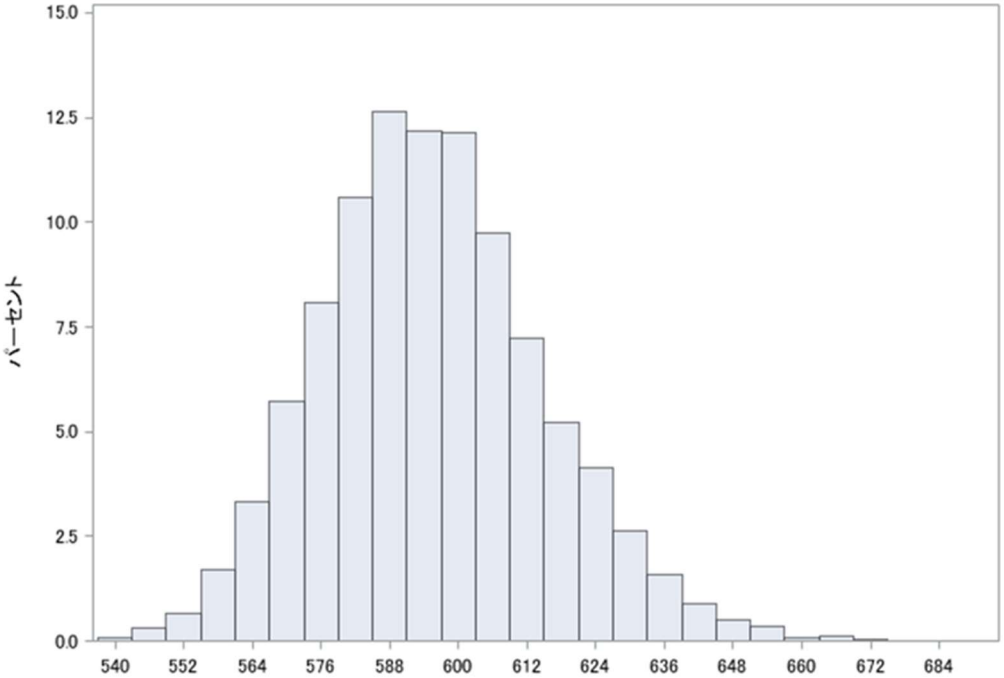

図 7.4 第二次間接効果額シミュレーション結果のヒストグラム

経済波及効果の分布は、裾が右に広がっているが、形そのものは正規分布に近しくなった。また、表 7.3 にシミュレーションによる波及の基本統計量を示した。ここから、第一次間接効果は 8 億～10.5 億円に、第二次間接効果は 5.5 億～6.2 億円に集中していること、

表 7.3 第一次・第二次間接効果額の基本統計量

統計量	波及効果		統計量	波及効果	
	第一次	第二次		第一次	第二次
平均	968	596	99%点	1,455	646
標準偏差	181	19	75%点	1,078	608
中央値	957	594	25%点	843	582
最大値	2,061	691	1%点	597	555
最小値	424	539	-		

第二次間接効果の変動幅が小さいことが分かる。

経済波及効果をリスクマネジメントの観点から、信用 VaR（Value at Risk） に倣って 99%点と 1%点で測定する。経済波及効果が大きく伸びたケースを 99%点、逆に余り伸びなかったケースを 1%点と考えた。今回の分析においては、99%点では、第一次経済波及効果が 14.6 億円、第二次経済波及効果が 6.5 億円であった。一方、1%点では、第一経済波及効果が 5.9 億円、第二次経済波及効果が 5.6 億円であった。

なお、長谷川 [7]での算出結果と比較すると、モンテカルロ法を用いた今回のシミュレーションでは、損失額が若干大きく測定されている。この原因は、変動の幅として設定している標準偏差が本来の誤差分布の標準偏差と比較すると大きな値となり、波及効果の大きい業種で投入係数が大きくなってしまったことによるものと考えられる。投入係数の誤差分布としては対数標準正規分布で表現可能ではあるが、実際にモンテカルロ法を用いて波及効果を算出する際には、そのパラメータである標準偏差の設定には十分な注意を払う必要がある。

第8章 結論及び今後の展望

本章では、本研究を通じて新しく提唱された可能性、改善した従来の課題、最後に現状の課題と今後の展望について示す。なお、図 8.1 は本論文のエグゼクティブサマリーである。

8.1 研究成果と活用の可能性

本研究の目的は、ビッグデータを用いて、統計改革推進会議で報告された「EBPM 推進体制の構築」「GDP 統計を軸にした経済統計の改善」「報告者負担の軽減と統計業務・統計行政体制の見直し・業務効率化、基盤強化」の実現に貢献することであった。

目的実現のために多くの課題を持つ産業連関表を企業ビッグデータで構築したが、利用に向けたビッグデータのデメリットを解決するために、次の研究成果を得た。

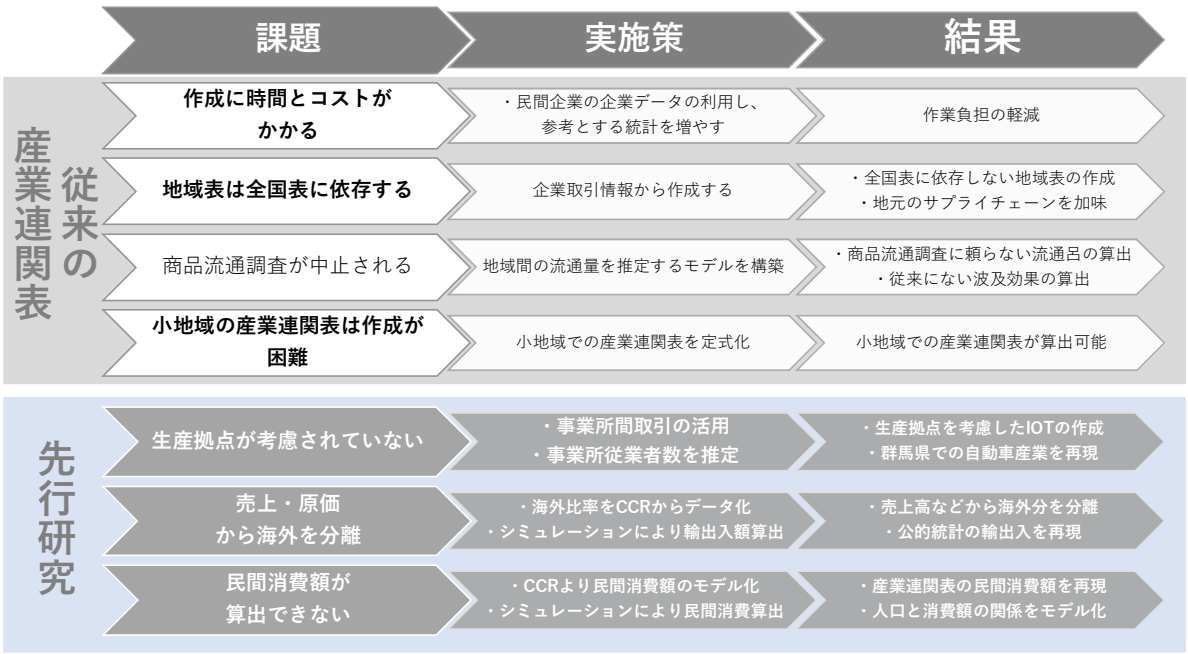

図 8.1 本論文のエグゼクティブサマリー

［ビッグデータのデメリットに対する研究成果］

- **調査対象企業の拠点の違い**
  - 地方の自治体などでは大手企業の工場が地元への大きな貢献を行っている場合が多く、本課題は地方を評価するうえでは必須であった。これを、既存で行われていた最適な生産拠点間取引の研究と事業所従業者数の推定モデルを組み合わせることで、生産拠点を考慮した産業連関表の構築が実現できた。
  - 群馬県での自動車産業や、製造品出荷額と比較して、より地域を表現できていることが考察された。
- **売上高と生産量の違い**
  - 企業間取引を推計している按分モデルは、売上高と売上原価を利用しているため、それらの情報から海外輸出・輸入を分離する必要がある。そこで、CCR の「現況と見通し」欄からテキストマイニングを用いて、輸出・輸入比率を抽出し、データ化を行った。
  - 構造化したデータから業種や売上げ規模によって特徴がないかを考察したが、特に見られなかった。得られた輸出・輸入比率を確率密度としてモンテカルロシミュレーションを行い、すべての輸出企業・輸入企業の比率を求め、企業ベースでの輸出額・輸入額を算出し、10%程度の誤差で求めることができた。
- **民間消費支出の推定方法**
  - 先行研究では、業種指定で BtoC を行っている企業を特定し、それを全国の民間消費として算出していたため、都道府県や小地域での算出が不可能であった。CCR の「仕入先および外注先」欄から民間消費者と取引している企業の特定と、取引シェアをデータ化し、そこから傾向を考察した。
  - 民間消費比率は、業種細分類ごとに異なり、また、主業種と従業種の組み合わせによっても分布が異なることが分かった。この傾向から、業種別のクラスタを構築し、企業ベースでの民間消費支出のシミュレーションを行った。非常に小さな誤差での再現が可能となった。

ビッグデータが持つデメリットを解消し、第 6 章では小地域と地域間での産業連関表の定式化と、第 7 章では産業構造の変化を考慮した波及効果の算出を行った。

本研究では、産業連関表を用いている実務者が活用できるよう、現在の作成概念に近似

させた作成方法を構築したが、公的統計には必ずしも正解が存在しているわけではない。全国表は基幹統計であるが、地域表は基幹統計でなく、そもそも小地域での産業連関表はほとんどの地域で作成されていないため、検証することが困難である。本研究では公的統計を正解データとして比較検証したが、全数調査を行っているとしていても、コストの観点から実際は日本全国全てに対して調査を実施しておらず、一部の集団に対して推定を用いている統計が大多数である。例えば、全数調査と公表している工業統計では、調査対象を従業者数 4 名以上の事業所としており、4 名以上事業所に対して全ての調査を行っている。なお、3 名以下の事業所に対しては、4 名から 9 名までの事業所の比率を用いて推定を行っている。このように、全数調査の公的統計であっても、正解として捉えきれないため、目的を達成するためには、様々な観点での統計・指標が必要となる。

特に、ビッグデータの活用により最も効果が得られるのは、従来実施されていない全く新しいアプローチによる「EBPM 推進体制の構築」が可能となることである。その事例として、以下の 5 つを提唱する。

[EBPM 活用事例]

- **地域産業特性の表現と波及効果の算出**
  - 従来の地域産業連関表の産業構造は全国表に依存したものであったが、地域に所在する企業の取引を鑑みることで、その地域の産業特性をダイレクトに表現し、具体的な地域間での流通量が算出可能となった。
  - 自地域以外で開催されるイベントによる企業の売上高変化に対して、自地域が受ける影響の規模や波及効果のある産業、強い影響を受ける企業などを想定することができる。
- **海外情勢変化による地域への影響算出**
  - 内生部門における輸出と輸入を完全に区別した「非競争輸入型」の産業連関表の構築が可能となった。また、個別企業の輸出・輸入比率が観測できたことによって、個別企業の輸出・輸入に対する規模を観測することができるようになった。
  - 為替などの海外情勢の変化によって個別企業が受ける影響の規模を観測することが可能となり、その企業からモノを仕入れている企業や地元の産業が受ける影響など、海外情勢の変化による波及効果をシミュレーションすることが可

能となる。

- **地域貿易収益の指標化**
  - 地域の輸出額と輸入額を求めることで、その地域の貿易収益を算出することが可能となった。地域は自治体単位でも作成可能であることから、「企業が及ぼす貿易収益」という自治体運営において EBPM に役立てられる指標となる可能性がある。
- **個別企業の影響力の算出**
  - 第 4.4 節の通り、本研究によって得られる産業連関表は、個別企業の足し上げによって構築されているため、産業の変化とその変化の要因となる個別要因の特定を把握することができる。
  - 個別企業が全体に与える影響を定量化するだけでなく、企業が変化した場合に発生する影響のシミュレーションが可能となる。企業が持つ潜在的な影響力の評価や、域内産業への波及だけでなく、民間消費や輸出入額、他地域への流通量の波及も求められる。
- **産業構造の変化を想定した波及効果の算出**
  - 自由な時間軸での作成が可能となったため、直近の産業構造を加味した産業連関表の作成が実現し、実態に即した波及効果を算出することができるようになった。
  - 第 7 章の通り、投入係数の変動をモデル化したことにより、今後発生する突発的な変動に対して波及効果の幅を算出することが可能となった。経済波及効果の最大値と最小値を想定することで、政策の立案に活用しやすい指標となる可能性を提唱した。

EBPM での活用以外の目的である「GDP 統計を軸にした経済統計の改善」と「報告者負担の軽減と統計業務・統計行政体制の見直し・業務効率化、基盤強化」についても、次のような貢献をしている。

[経済統計の改善と統計行政体制の見直しへの貢献]

- **地域・地域間での定式化による貢献**
  - 都道府県の GDP 統計である県民経済計算は、各地域の産業連関表を基にしてい

るため、産業特性を表現した地域表を活用することにより、さらに地域の特性に特化した県民経済計算が可能となる。

- コスト等の観点からノンサーベイ法では産業連関表の作成が困難であった市町村であっても、本研究成果による小地域産業連関表を参考にすることで、市町村での作成が可能となる。
- 2015 年調査を最後に経済産業省での商品流通調査が廃止されていることから、地方公共団体での産業連関表の構築はコストの増加が見込まれている。本研究での産業連関表は、既存統計に依存しないため、地域間の流通量の参考指標を構築することができる。

- **任意な時間軸での作成による貢献**
  - GDP 統計は、産業連関表が作成される 5 年間隔以外では、延長推計による産業連関表の作成や供給側の統計利用により 4 半期で公開されている。任意な時間軸での産業連関表の構築により、GDP 統計に対して参考指標となる。
  - 地方公共団体でも、延長推計などにより 5 年以外での産業連関表を構築しているため、任意の時点での地域産業連関表を参考とすることで、実務者の軽減負担に貢献できる。

8.2 今後の課題

本研究を通じた成果と可能性を前節で挙げたが、実際に目的を達成するためには、引き続き研究を行っていく必要がある。

EBPM 推進体制の構築のためには、事例を提唱するだけではなく、実際に分析を行っている実務者と連携し、実際に活用を行うことが必要である。特に、従来の産業連関表で実施されていない方法を用いた EBPM を実現していくためには、実務者が許容できる範囲において、共に考察していくという丁寧な作業が必須である。本研究成果については省庁と連携していくことを試みる。

任意の時間軸での作成が有効である可能性を挙げたが、4 半期などの年以外での時間軸の推定は検証していない。特に、CCR は顧客からの依頼をトリガーとして調査を行うため、企業によって調査時期や調査間隔が異なっている。また、アルゴリズムに用いている企業の売上高は 1 年に 1 回のみ更新される。年よりも短い時間軸において、企業情報が更新されるかを鑑みながら、検証を行っていく。

また、時系列としての検証では、現在 2011 年でしか検証ができていない。企業のユニークコードである企業コードが付与された企業間取引データが収集されるようになったのは 2008 年 1 月からであるため、本研究で成果によって得られる産業連関表は 2009 年以降の作成となる。また、現在公開されている産業連関表で検証できる年次は 2011 年しか存在していない。ここで得られた結果が 2011 年だけ適合しているようでは、モデルの頑健性がないため、実用には耐えられない。2015 年の都道府県の地域表が公表された時点で、比較検証は改めて行う必要があり、今後は長期時系列での観点で検証を実施していく。

実務者の負担軽減のためには、本研究成果を実際に作成のために利用できる範囲を協議しなくてはならない。実務者と共に研究成果の検証を行い、従来の方法により作成された産業連関表と企業ベースでの産業連関表を組み合わせ、公的統計として発表することを目指していく。

特に、小地域産業連関表や地域間産業連関表の自動作成を実現していくためには、地方公共団体の実務者や産業連関表の研究者であっても、作成の実績がない統計表となる。組み合わせではなく、本研究成果を単独で利用することとなるため、小地域・地域間での産業連関表の有効性を重点的に検証しなくてはならない。十分活用できる産業連関表提供のためには、地域に所属する企業数の必要な数の作成基準を設けなくてはならない。

私は内閣府と東京都と連携し、本研究による産業連関表の検証作業を行っている。本研究成果を実務レベルまで引き上げていき、企業ベースの産業連関表を用いた EBPM の実施と、企業データによる産業連関表を参考とした産業連関表の公表に向けて研究を行っていく。

本研究では、TDB の企業データを主に活用しており、特に、輸出入比率や民間消費者への販売有無など CCR の自由記述を用いていることが多い。TDB は本来、与信管理を目的として調査を行っているが、本研究により、TDB の企業データが与信管理以外での目的に対して活用できる可能性を提唱することができた。今後、TDB において、本研究で構造化したデータをさらに精緻にするために、CCR に項目として収録されることを強く望む。

機械学習を用いた画像認識技術の進歩は目覚ましく、今後は電子スキャンが一般化されることが予想される。電子スキャンの普及により、新たなデータが収集されることとなり、本研究による産業連関表の精度が大きく向上する可能性がある。しかし、企業で収集されるビッグデータは入手が困難である。今後は、企業の利益を損なわないで、省庁がデータを入手できる仕組みが必要となる。電子国家と称されているエストニアでは、X-Road とい

う分散されたデータベースをセキュアな状態で収集する技術を用いて、税金・医療・交通などに関する行政サービスをオンライン上で収集が可能となっている。このような先行事例から、日本の統計改革がさらに加速することを願う。

最後に、本研究の今後、個々の課題については以下のように挙げられる。

- 企業ベースの輸出・輸入額
  - シミュレーション算出額では輸入額が若干、過小推計されていた。これは、伊藤忠や丸紅などの総合商社に対しては、推定比率が低くなることが個別企業の考察により得られた。
  - これら大きな卸売り企業の輸出・輸入比率は、有価証券報告書などから個別に輸出・輸入比率をデータ化することも改善策の一つである。
- 民間消費比率の推定モデルの頑健性
  - 近年、企業は保有している技術を応用し、従来行ってきた事業範囲から他の業種に進出する事例が増加している。特に、Google や Amazon のように、情報化社会の発達・機械学習技術の進歩によって、様々な分野に進出しているのは、現在の強いトレンドである。そのため、業種では説明できない企業が増えることで、本研究で得た民間消費比率推定モデルである主業種と従業種でのクラスタは説明力が大きく低下し、推定精度が著しく悪化する可能性がある。
  - シミュレーションによって誤差の小さい民間消費支出を得ることができたが、帰属家賃のように取引データでは対象とすることが難しい帰属計算を考慮できていない。シミュレーションによる推定の誤差が非常に小さかったのは、不動産業の民間販売額が、帰属計算分とほとんど等しい値になったためである。不動産の売上高は、その期に売れた不動産を全て計上していることから、この結果は偶然であると考えている。この偶然の一致については、他の年度での検証が必要である。
- 企業間取引額の精度検証
  - 本研究では、海外輸出入を考慮した取引額の検証は行ったが、民間消費を考慮した取引額の精度検証には至っていない。民間消費への取引シェアのデータ構造化を行ったことで、これまでの研究で曖昧に取り扱っていた民間消費を明確に棲み分けし、取引額の良化を行うことができる可能性がある。

- 企業の売上高を基に取引額を推定しているが、海外で生産拠点を持つ企業の売上高の中には海外で生産した売上高も含まれている。今後の研究において、海外生産量の分離を実現していく。

謝辞

本研究を進めるにあたり終始あたたかいご指導と激励を賜りました指導教員の東京工業大学 教授 出口弘様には、2014年に帝国データバンク先端データ解析共同研究講座にご参画いただきましたことを契機として、多くの研究者・内閣府の方々をご紹介いただき、沢山のご指導をいただきました。2016年4月からは研究室に社会人ドクターとして参加させていただき、システム論、社会シミュレーション学、IoT技術をはじめ、広範囲な知識と深い観察力に基づく新たな学問分野の開拓の道をご指導いただきました。

また、ともに研究を行い、幾つもの論文を共に作成してきた東京工業大学出口研究室 赤木 茅様。

沢山の気づきと本研究のデータ検証の機会、定期的な研究会をご一緒させていただきました内閣府経済社会総合研究所 長谷川 秀司様、三輪 篤生様、大貫 裕二様。

TDBとの共同研究を長期にわたり実施され、成果を出し続けていただいていた東京工業大学 教授 高安 美佐子様、特任教授 高安 秀樹様。今日まで東京工業大学との共同研究が存続しているのは、先生お二人のお陰です。

博士論文審査及び中間審査の過程において大変有益なご助言をいただきました東京工業大学 名誉教授 寺野 隆雄様、教授 三宅 美博様、教授 山村 雅幸様、准教授 小野 功様。

円滑な研究のために、私の研究環境を整えていただいた東京工業大学 小林 祐一朗様、赤羽 晶子様、林原 雅美様。

本研究に対して関心を持ってくださり、招待論文を共著で執筆させていただきました阪南大学 准教授 長谷川 明彦様。

長谷川 明彦様の後任として、TDBデータによる産業連関表と東京都産業連関表の検証作業を実施していただきました人見 純様、池崎 祥平様。

本研究にご理解いただき、POSデータをご提供することをお許しいただきました株式会社True Data 代表取締役社長 米倉 裕之様、越尾 由紀様、烏谷正彦様。

大学時代からの先輩で、これまでの研究活動においてご助言いただきました滋賀大学データサイエンス研究センター 助教 保科 架風様。

株式会社帝国データバンクにおきましては、総合研究所の活動を一番にご理解いただいておりますデータソリューション企画部部長 後藤 健夫様。大学院博士後期課程進学を企画され、入学をご承認していただいた総合研究所 課長 北村 慎也様。

入社当時から様々な情報を共有しあい、切磋琢磨してきました後藤 隼人様。

快く業務をご助力いただきました総合研究所 六信 孝則様、菊川 康彬様、有本 昂平様、高木 英美子様、総合研究所の皆様。

最後に、私のわがままをご容赦され、ご支援いただきました仲里 彩香様。

この場を借りて、これまでお世話になりました皆様に御礼申し上げる次第です。

参考文献

[1] L. Wassily, “Environmental Repercussions and the Economic Structure: an Input-Output Approach.” The Review of Economics and Statistics 52(3), 262-271, 1970.

[2] 今井 泉,“美作市における小地域産業連関表の作成過程と課題” 産業連関 Vol. 22, No. 1, 2 p21-34, 2015.

[3] 本田豊, 中澤純治,“市町村地域産業連関表の作成と応用” 立命館経済学（立命館大学経済学会）49 巻 4 号、p.51-76., 2000.

[4] 入谷貴夫, 地域と雇用をつくる産業連関分析入門, 自治体研究社, 2012.

[5] 稲田義久・入江啓彰・島章弘・戸泉巧,“東日本大震災による被害のマクロ経済に対する影響―地震、津波、原発の複合的被害―” KISER report 関西社会経済研究所, 2011.

[6] 細江宜裕,“レジャー消費自粛の経済効果―産業連関モデルによる解析” GRIPS Discussion Paper 11-04 政策大学院大学, 2011.

[7] 長谷川明彦,“データで読み解く被災地観光の可能性” 大阪大学出版会, 2017.

[8] 森 永壽,“平成 23 年（2011 年）島根県産業連関表の作成と作成をめぐる課題” 産業連関―イノベーション&I-O テクニーク― 第 24 巻第 1 号, p.49-59. , 2011.

[9] 石川 良文,“日本の地域産業連関表作成現状と課題”産業連関―イノベーション&I-O テクニーク― 第 23 巻第 1-2 号, p.3-17. , 2016.

[10] K. Akagi, T. Ohsato , H. Deguchi, “Input-Output Table constructed with private business data and its algebraic description” proceedins of IEEE/SICE International Symposium on System 2015.

[11] 大里隆也, 赤木茅, 出口弘,“民間データを利用した産業連関表の網羅性の改善と地域における産業変化の実証分析” SICE システム・情報部門 社会システム部会 第 10 回社会システム部会研究会 論文集, 2015.

[12] 菊川康彬, 堤盛人,“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” 土木計画学研究・講演集/51, 2015.

[13] T. Ohsato, K. Akagi , H. Deguchi, “Developing an Input-Output table Generation Algorithm from a Large Scale Company Database in Japan: How to Deal with Ambiguous Export and Import Information.” New Frontiers in Artificial Intelligence - JSAI-isAI Workshops, AI-Biz, Tsukuba, Tokyo, Japan, November

13-15, 2017, Revised Selected Papers. Lecture Notes in Computer Science 10838, Springer 2018, ISBN 978-3-319-93793-9: p. 83-96, 2017.

[14] 大里隆也，赤木茅，出口弘，“民間データを用いた海外輸出入比率を考慮した産業連関表の構築” 産業連関―イノベーション&I-O テクニーク― 第 28 巻第 1 号 p.66-79, 2018.

[15] T. Ohsato, K. Akagi , H. Deguchi, “Construction of an input-output table considering business-to-consumer transactions by using private data.” Proceedings of SCIS&ISIS2018 in conjunction with ISWS2018, 2018.

[16] 永島 史弥,“構造分解分析における符号逆転問題” 環太平洋産業連関学会年次大会, 2017.

[17] 大里隆也，長谷川明彦，“投入係数の変動を考慮した経済波及効果の測” 産業連関―イノベーション& I-O テクニーク― 第 25 巻第 1 号，p. 74-84, 2018.

[18] 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社，“阪神タイガース優勝の経済波及効果” 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 調査レポート, 2003.

[19] 東京都 オリンピック・パラリンピック準備局，“東京 2020 大会開催に伴う経済波及効果” 2017.

[20] M. Augustinovics, “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, 1970.

[21] N. E. Wolff, “Computerization and Structural Change,” Review of Income and Wealth, Series 48, No. 1, 59/75, 2002.

[22] R. Lippmann, “An introduction to computing with neural nets” IEEE ASSP, 1987.

[23] N. Srivastava, “Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting” Journal of Machine Learning Research 15, 2014.

[24] K.Nakajima, “Transactions as a Source of AgglomerationEconomies:Buyer-seller matching in the Japanese manufacturing industry” RIETI Discussion Paper Series 12 E 021, 2012.

[25] 総務省，“平成 23 年（2011 年）産業連関表-総合解説編-” 2015.

[26] 総務省，“平成 17 年（2005 年）産業連関表 総合解説編” 2009.

[27] 総務省，“平成 12 年（2000 年）産業連関表 総合解説編” 2004.

[28] 一般財団法人アジア太平洋研究所，“2005 年関西地域間産業連関表の作成と活用”

2012.

[29] E. Dietzenbacher , L. R. I , B. S. N , “Using average propagation lengths to identify production chains in the Andalusian economy” Estudios de Economia Aplicada 23(2): 405-422, 2005.

[30] Australian Bureau of Statistics , “Australian National Accounts: Concepts, Sources and Methods 2000” Australian Bureau of Statistics HP, 2000,.

[31] S. Boer, v. N. W. , T. Takema , “Supply and Use Tables in Current and Constant Prices for the Netherlands: an Experince of Fifteen Year” Statistics Netherlands Occasional Papers NA-092, 2000.

[32] M. B. C.,“Improved Annual Industry Accounts for 1998-2003”Survey of Current Business, July 2004, 2004.

[33] 山井 康浩, 吉羽 要直, “バリュー・アット・リスクのリスク指標としての妥当性について―理論的サーベイによる期待ショートフォールとの比較分析―” 日本銀行金融研究所 / 金融研究 / 2001.4 p.33-68, 2011.

[34] 新井 園枝,“日本の産業連関表と一次統計について”産業連関 Vol. 26, No. 1, 2018.

[35] 山田 光男, “2011 年中部圏地域間産業連関表の作成” 産業連関 Vol.25, No. 1, 2018.

[36] 石川 良文, 宮城 俊彦, “全国都道府県間産業連関表による地域間産業連関構造の分析” 日本地域学会『地域学研究』34-1, 139-152 頁, 2003.

[37] 井原 健雄, 申 雪梅, 陳 延天, “中部圏地域間産業連関表の作成について・産業連関表作成の現場から（6)” 『産業連関』第 22 巻 3 号, p.91-105, 2015.

[38] 萩原 泰治, “47 都道府県間接続産業連関表の作成と分析” 『神戸大学経済学研究』58, 33-46 頁, 2012.

[39] 武者 加苗, “関西地域間産業連関表による関西経済の構造―2000 年版および 2005 年版の比較分析” 経済学論究第 65 巻 4 号, p.199-222. , 2012.

[40] 王 嘉陽, “シナリオ産業連関分析による中国の再生可能エネルギー発電導入の経済効果と環境効果の分析” 産業連関 Vol. 24, No. 1, 2016.

[41] 疋田 浩一, 石谷 久, 松橋 隆治, 吉田 好邦, 大橋 永樹, “ライフサイクルアセスメント分析に基づく環境評価システムの開発” 應義塾大学産業研究所未来開拓プロジェクト Discussion Paper, No115, 2000.

[42] 藤川 清史, “シナリオ付レオンチェフ逆行列の考え方：電力産業を例にとって” 平成 23 年度環境経済の政策研究 p.246-253, 2011.

[43] 吉岡 完治, 菅 幹雄, “環境分析用産業連関表の活用―シナリオ・レオンティエフ逆行列の構想―” 『経済分析』第 154 号, pp87-135. , 1997.

[44] 内閣官房 統計改革推進会, “統計改革推進会議 採集取りまとめ” 2017 年.

[45] 菅 幹雄, “S NA の旅行・観光サテライト勘定と産業連関表 米国の旅行・観光産業サテライト勘定を例に” 産業連関 Vol. 11, No. 3 p.18-28, 2003 年.

[46] OECD, “Measuring the role of tourism in OECD economies:the OECD manual on tourism satellite accounts and employment” Organization for Economic Co-operation and Development,Paris, 2000.

[47] Okubo, S. and M. A. Planting, “ U.S. Travel and Tourism SatelliteAccountsfor1992” Survey of Current Business, July 1998, Bureau of Economic Analysis, U. S. Dept. of Commerce, Washington, D. C, p. 8-22, 1998.

[48] 佐々木 覚亮, “政策評価と統計活用 税制改革の経済効果” 産業連関 Vol. 11, No. 3 p.4-17, 2003.

[49] 市岡 修, 応用一般均衡分析, 有斐閣, 1991.

[50] 佐々木 覚亮, “事業税外形標準課税の地域経済への影響－均衡価格モデルにより適正な外形標準をさぐる－” 産業連関 第 10 巻第 2 号, p.46-55, 2001.

[51] 得津 一郎, 藤川 清史, “産業連関分析入門” 産業連関 第 9 巻, 第 4 号, p.63-74. , 2000.

[52] 土居英二・浅利一郎・中野親徳編, はじめよう地域産業連関分析, 日本評論社, 1996.

[53] 野崎 四郎, “地域における応用一般均衡分析の適用―基地転用と新たな産業政策の必要性―” 産業総合研究 第 5 号, 沖縄国際大学産業総合研究所, p.59-74, 1997.

[54] 橋本 恭之, 税制改革の応用一般均衡分析, 関西大学出版部, 1998.

[55] 藤川 清史, グローバル経済の産業連関分析, 創文社, 1999.

[56] Ballard, C. L., Fullerton, D., Shoven, J. B. and Whalley,J., “ A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation” University of Chicago Press., 1985.

[57] Hirte, G. and Wiegard,W., “ An IntroduciontoApplied GeneralEquilibrium TaxModeling in Bos” D., Rose, M. and Seidl, C. (eds), Welfare and Efficiency in Public Economics, SpringerVerlag, p. 167-203., 1988.

[58] Shoven, J. B. and Whalley, J. , “Applying General Equilibrium” Cambridge University Press, 1992.

[59] Takahashi,S., “ A General Equilibrium Computation of Regional Effects of

Agricultural Policies in Hokkaido,Japan” 札幌大学「経済と経営」第 22 巻第 2 号，p.31-52. , 1991.

[60] 古屋 温美，横山 真吾，中泉 昌光，“東日本大震災による農林水産物の風評被害に関する研究” 産業連関 Vol. 19, No. 3 p.5-17, 2011.

[61] 野崎 道哉，井原 健雄，ティティポンタラグン・ノンタチャイ，“東日本大震災の経済被害のインパクト：中部圏への影響” 産業連関 Vol. 19, No. 3 p.28-39, 2011.

[62] 宍戸 駿太郎，川上 彰，黒川 基裕，“東日本大震災の計量経済分析 とくにレオンチェフ・クロスの利用と DEMIOS によるシミュレーション分析” 産業連関 Vol. 19, No. 3 p.40-50, 2011.

[63] 譚 奇，“2002 年中国における三大経済圏地域間産業連関表の作成” 産業連関 19 巻 2 号 p. 42-55, 2011.

[64] Miller, R. E. and Blair, P. D., “Input-Output Analysis:Foundations and Extensions-2nd ed.” Cambridge University Press, 2009.

[65] 新井 園枝，佐藤 満，“平成 17 年経済産業省地域間産業連関表” 産業連関 19 巻 1 号 p. 3-21, 2011.

[66] 芦谷 恒憲,地主 敏樹，“阪神・淡路大震災の経済的影響推計のための産業連関表” 産業連関 8(4)，p.6-14. , 1999.

[67] 芦谷 恒憲，地主 敏樹，“震災と被災地産業構造の変化：被災地域産業連関表の推定と応用” 国民経済雑誌 183(1)，p.79-97. , 2001.

[68] 石川 良文，“新潟中越地震の空間的被害” 土木計画学研究発表会 講演集 第 31 回，2005.

[69] 片田 敏孝，石川 良文，木村 秀治，佐藤 尚，“東海豪雨災害における事業所被害の構造的特質に関する研究” 土木計画学研究発表会,講演集 第 29 回, 2004.

[70] 財団法人中部産業,地域活性化センター，“中部圏地域間産業連関表（2005 年版）” 財団法人中部産業,地域活性化センター, 2011.

[71] 土屋 哲,多々納 裕一,岡田 憲夫，“地震災害時のライフライン途絶が及ぼす経済被害の計量化に関する研究” 地域安全学会論文集, No.10, 2008.

[72] 萩原 泰治，“阪神,淡路大震災の経済的損失と政策効果の評価のための神戸 CGE モデルの開発” 国民経済雑誌, 177(3)，p.61-72. , 1998.

[73] Dietzenbacher, E., “In Vindication of the Ghosh Model: A Reinterpretation as a Price Model,” Journal of Regional Science, 37(4), p.629-651. , 1997.

[74] Okuyama, Y., Sonis, M. and Hewings, G., “Economic Impacts of an Unscheduled,

Disruptive Event: A Miyazawa Multiplier Analysis” Understanding and Interpreting Economic Structure, 1999.

[75] Yamano, N., Kajitani, Y. and Shumuta, Y., “Modeling the Regional Economic Loss of Natural Disasters: Indirect Loss Diffusion due to the Electricity Disruptions and Interindustry Economic Activities” Regional Economic Applications Laboratory Discussion Paper, 2004, University of Illinois, 2004.

[76] 加藤 直樹、羽室 行信、矢田 勝俊 , “データマイニングとその応用” シリーズ・オペレーションズ・リサーチ, 2008.

[77] Quinlan, J.R. , “ Programs for Machine Learning” San Mateo, CA: Morgan Kaufmann., 1992.

[78] Bishop, C., “Pattern Recognition and Machine Leammg.” 2006.

[79] Cortes, C., “Support-vector networks.” Machine Learning, 20, 273-29, 1995.

[80] 中野良平, “ニューラル情報処理の基礎数理” 2005.

[81] M. R. Anderberg, “クラスター分析とその応用” 内田老鶴圃, 1988.

[82] 中澤純治, “市町村地域産業連関表の作成とその問題点” 政策科学 立命館大学政策科学会 113-125, 2002.

[83] 中村良平, “まちづくり構造改革―地域経済国増をデザインする” 日本加除出版, 2014.

付録 A　本論文で用いた分析手法

ここでは、産業連関表の構築を担当している自治体職員が本論文を閲覧することを想定して、事業所別従業者数を推定した「ニューラルネットワーク」と「決定木分析」、民間消費者への販売比率を分割した「クラスタ分析」について、そのイメージと推定手法を紹介する。

A.1 ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークとは、生体の神経回路による認識、判断のふるまいを数学的にシステム化したモデルのことである。現在、様々なニューラルネットワーク手法が提案されているが、本論文では階層型ニューラルネットワークを用いているため、それについて説明する。

1 個の生体ニューロンは、シナプスを介し、他のニューロンからの信号を受け取り、細胞体で入力信号を処理し、軸索によって他の生体ニューロンへ信号を出力している。そして、信号を受け取ったニューロンは、さらに別のニューロンへ信号を出力していく。

1 個のニューロンを表現したのが図 A.1 である。x_iが入力信号を表し、重みとなる結合加重をw_i、学習のための事前に設定する閾値をθ_iとして、学習を行う。

しかし、1 つのニューロンでは、教師データが直線で分離できない場合が発生するため、このニューロンを多層に組み合わせたネットワークを構築し非線形なモデルを構築することにより、分離させていく。そして、それを一般化したのが、図 A.2 であり、これは 3 層ニューラルネットワークモデルを示している。

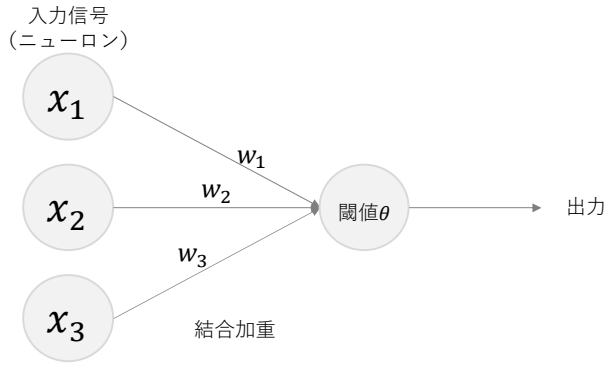

図 A.1 ニューロンのモデル

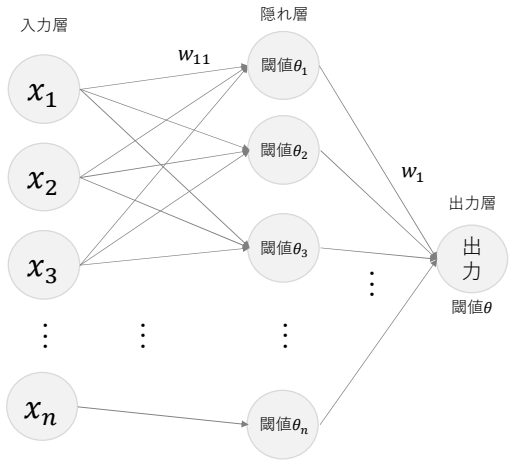

図 A.2 3 層ニューラルネットワークのイメージ

このような形態のネットワークを、階層型ニューラルネットワークと呼ぶ。階層型ニューラルネットワークでは、入力信号を受け取り、他のニューロンへ分配するための入力用のニューロンと、外部へ出力信号を出す出力用のニューロン、入力用のニューロンと出力用ニューロンへの信号の流れの中間に存在するニューロンの 3 つの種類のニューロンを区分して並べている。ただし、入力層のニューロンでは信号の処理は行われず、受け取った入力信号をそのまま隠れ層のニューロンへ伝えるのみであり、隠れ層と出力層のニューロンは、入力信号を処理し、出力信号を他のニューロンへ伝えるものである。

隠れ層のニューロンは入力層のニューロンの全てと結合していて、出力層のニューロンは隠れ層のニューロンの全てと結合している。

本論文において、階層型ニューラルネットワークに対する学習法は、エラーを出力ノードから後方のノードへと伝播するとして、誤差の傾斜を計算していく誤差逆伝播法を採用している。

A.2 決定木分析

決定木とは、Decision tree と呼ばれ、分類ルールを組み合わせて、木構造で表現した分類モデルである。特定の特徴が出るデータのかたまりを逐次的に発見していく手法である。この方法は、結果を万人が容易に把握することができるため、実務の現場では多く用いられている。

図 B.1 は、決定木分析のイメージである。ある商品を来店した客が購入したかどうかを

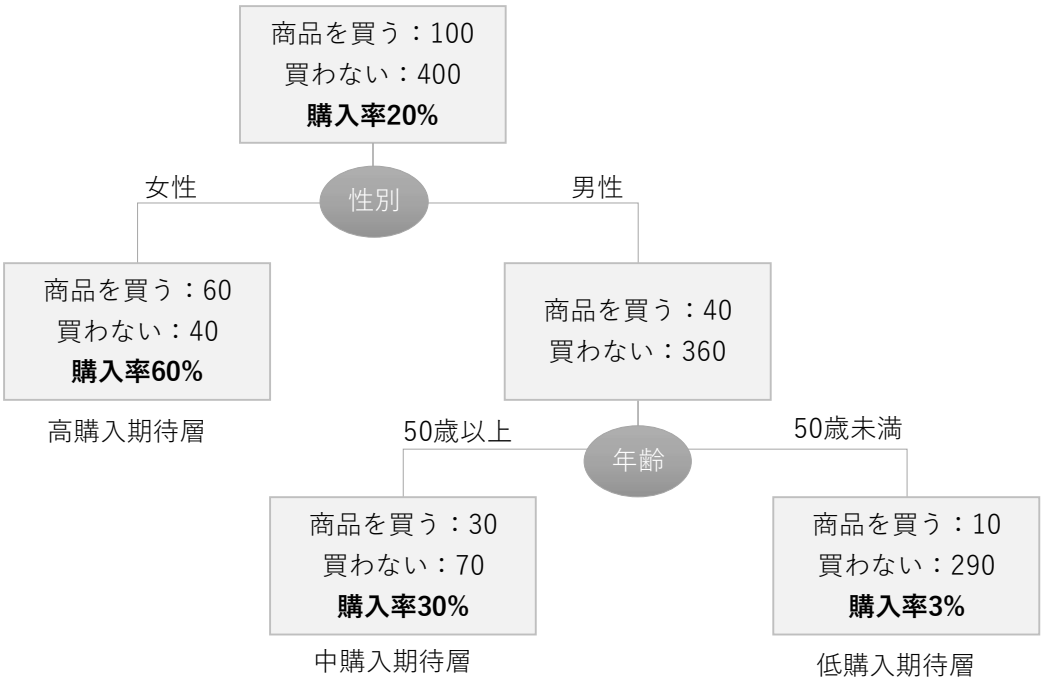

図 B.1 決定木分析のイメージ（商品購入意識の判別）

分析した例である。全体では購入率が 20%であるが、最初の分類として「性別」によって分岐し、女性に分岐された場合には購入率が 60%まで上昇している。また、男性と分岐された顧客であっても、年齢が 50 歳以上かどうかによって購入率が変化しているのが分かる。

決定木の構築方法は、上記のように節点を 1 つずつ成長させていく方法によって、木を成長させていくアルゴリズムが多い。イメージでは、説明のために分岐数（決定木分析では葉という）を 2 としているが、葉の数は 3 本以上でも設定可能である。本論文でもこの方法を取り入れている。

データ全体に対して、節点を決める説明変数をどのように分割すれば、分割率が高まるかを算出するが、高い判別率となる条件は多数存在する。そこで、分割条件が与えられたとき、どちらの分割がより良い分割となるかをジニ分散指標やエントロピーなどの分割基準を用いて評価する。次に、分割されたデータに対して、データ全体で探索した分割方法と同様の分割を行っていき、木を伸ばしていく。

木の成長は、停止条件を満たしたときに終了し、それ以上分割されない。停止条件としては、主に次の 4 つがある。

［停止条件］

- 入力データのすべてのレコードが１つのクラスになる
- どのように分割しても分割基準が良化されない
- 統計的推測により、意味をなさない分割となる
- 「分割後のデータ数が基準より少ない」など事前に設定した条件をクリアしない

本論文でも、停止条件の一つとして「分割後の最小データ数：50」を取り入れ、分割後のデータ数が小さくなりすぎないようにしている。これは、データを多く分割することで、現在のデータに当てはまりすぎて、将来のデータに全く当てはまらないという over fitting(過学習)の問題を解消するための設定である。

A.3 クラスタ分析

クラスタ分析とは、異なる性質のものが混ざり合った集団から、互いに似た性質を持つものを集め、集団を作る方法である。

クラスタ分析は、回帰モデルや判別分析のように、あらかじめ答えとなる分類の基準が与えられておらず、その中で最適な分割機を生成する「教師無し」学習の一つである。分割のための指定パラメータの種類が多いことから、最適な分割を決定するには、別の評価指標を算出し、その評価指標でモデルを決定する場合が多い。本論文においても、構築したクラスタを用いて民間消費支出を推計し、産業連関表の民間消費支出と比較し、クラスタ数の決定を行っている。

クラスタ分析には大きく２つの手法があり、階層クラスタ分析と非階層クラスタ分析である。

階層クラスタ分析は、最も似ている組み合わせから順番にクラスタにしていく方法で、途中過程が階層のように表せ、図 C.1 のようなデンドログラム（樹形図）で結果が表現される。

階層クラスタ分析は、近いものから順番にクラスタを構築するという方法をとるため、あらかじめクラスタ数を決める必要がない。結果として出力されるデンドログラムから、分類の過程でできるクラスタがどのように結合されていくかを確認できる。

以下は、階層クラスタ分析の主な手法の一覧である。実際の分析で多く用いられているのは、分類感度が高いウォード法と群平均法である。

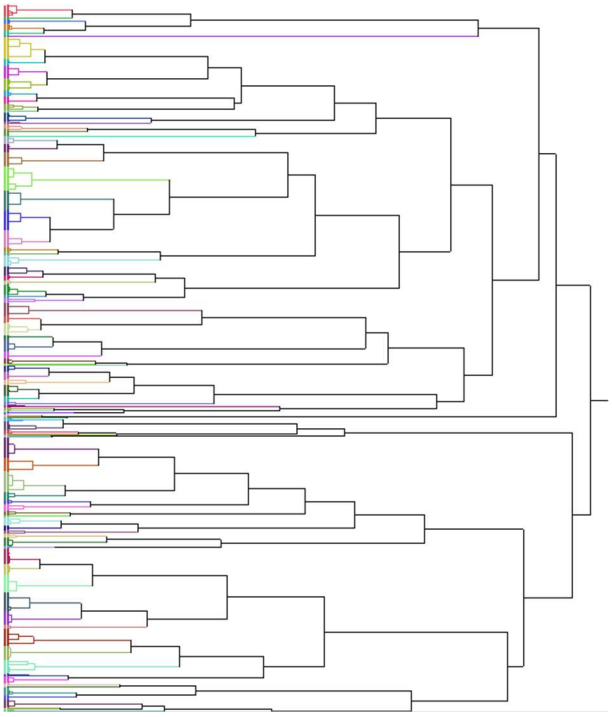

図 C.1 デンドログラム（市区町村の類似度による結果）

［主な手法］

1. ウォード法：クラスタの重心とクラスタ内の各サンプルとの距離の 2 乗和と、元々の 2 つのクラスタ内での重心とそれぞれのサンプルとの距離の 2 乗和の差が最小となるようなクラスタ同士を結合する
2. 群平均法：各クラスタ同士で、全ての組み合わせのサンプル間距離の平均をクラスタ間距離とする
3. 最短距離法：2 つのクラスタのサンプル同士で最も小さいサンプル間距離をクラスタ間の距離とする
4. 最長距離法：最短距離法の逆で、各クラスタにおいて最も大きいサンプル間距離をクラスタ間の距離とする

ただし、階層型クラスタは、分類の対象が非常に多い場合、計算量が多くなり実行が困難となる欠点を持つ。データが多く収集することが可能となった現在においては、用いられることが少なくなっている。また、クラスタ間の距離空間には、ユークリッド距離やマハラノビス距離、マンハッタン距離などいくつもの種類があり、距離空間決定のための明

確な規則がないため、各距離空間での分析を行い、最良と考えられる空間を選択しなくてはならない。

一方、非階層クラスタ分析は、あらかじめいくつのクラスタに分けるかを決め、決めた数の塊にサンプルを分割する方法である。階層クラスタ分析と違い、サンプル数が大きいビッグデータを分析するときに適している。

ただし、あらかじめいくつのクラスタに分けるかは、分析結果を複数回繰り返す試行錯誤が必要となる。最適クラスタ数を自動的に計算する方法は確立されておらず、いくつもの結果を考察して分析者がクラスタ数を決定する主観的な分析である。また、クラスタをどこから構築していくかによって分析結果が異なる初期値依存性という欠点が存在している。

本論文で用いているのは、非階層クラスタ分析であり、その手法の一つである「k-means 法」である。

k-means 法は、クラスタの平均を用い、あらかじめ決められたクラスタ数 k 個に分類する。以下に k-means 法の学習ステップと図 C.2 にて 11 個のデータに対して 2 クラスターでの分割を実施した例を紹介する

[k-means 法分析ステップ]

1. クラスタの核となる k 個のサンプルを選ぶ
2. 全てのサンプルと k 個の核の距離を測る
3. 各サンプルを最も近い核と同じクラスタに分割する
4. k 個のクラスタの重心点を求め、それを新たな核とする
5. 重心点の位置が変化したら 2.に戻る。
6. 重心の変化が収束した時点で終了する。

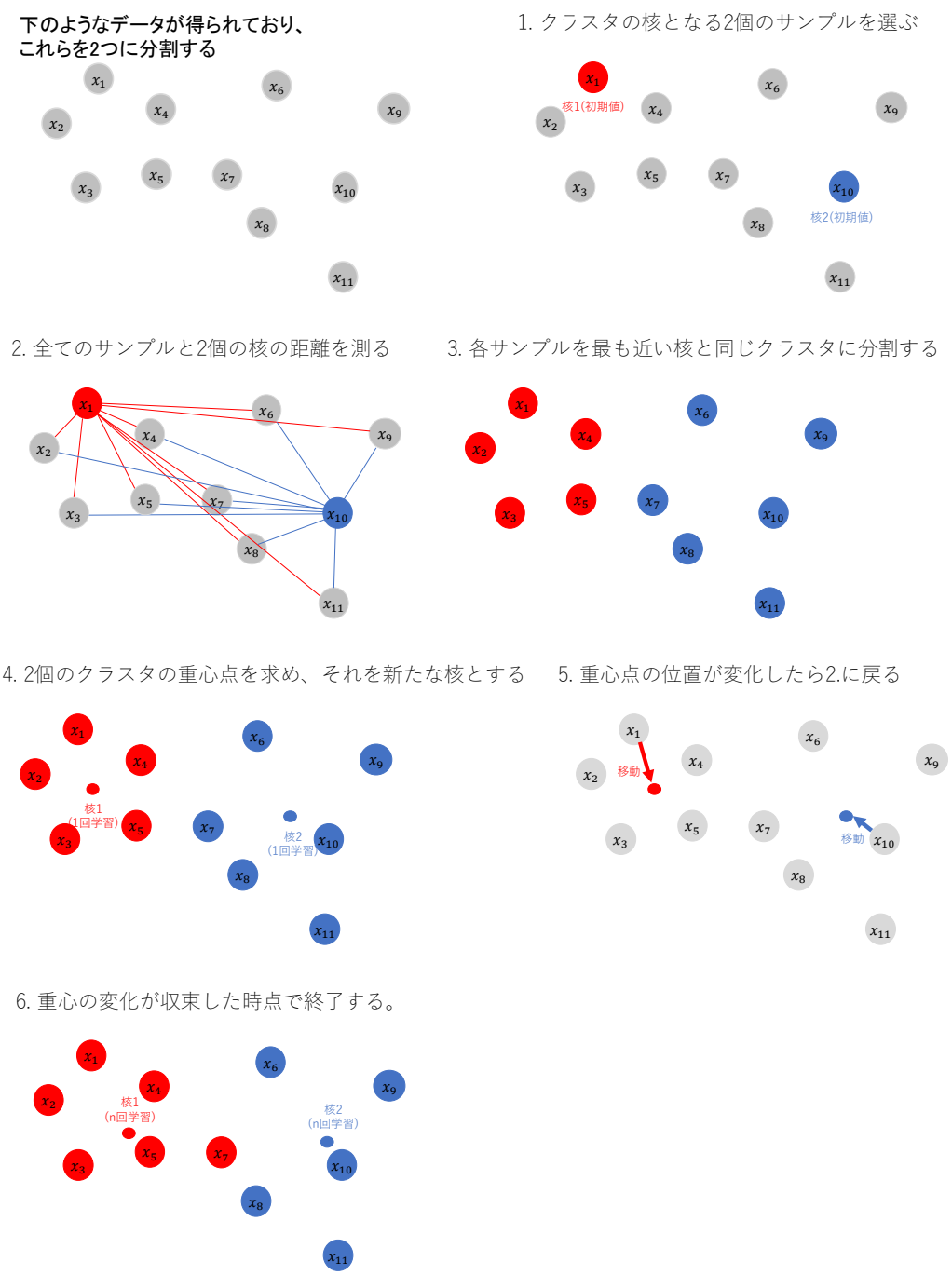

図 C.2 k-means 法の学習イメージ

付録 B　比較した公的統計指標の作成方法

ここでは、本論文で比較対象として用いた公的統計の指標の算出方法を紹介する。

公的統計とは、国の行政機関、地方公共団体又は独立行政法人等が作成する統計のことである。

国勢調査、経済センサスなど総務大臣が指定する特に重要な統計を基幹統計と呼び、基幹統計以外の統計を一般統計と呼ぶ。基幹統計には、2019 年 1 月時点で 56 種類存在している。民間企業、業界団体、研究機関等が作成する統計を民間統計と呼ぶ。

基幹統計調査の報告義務については、規定第 13 条に「基幹統計調査の報告を求められた者が、報告を拒んだり虚偽の報告をしたりすることを禁止する」と記載されているように、各々の統計の種類によって、報告義務や調査件数などが異なる。

また、作成方法による分類もなされており、国勢調査や工業統計などの統計調査により作成される統計を調査統計、貿易統計や人口動態統計などの業務データを集計することにより作成される統計を業務統計、そして調査統計と業務統計を合わせて 1 次統計、その 1 次統計を加工することにより作成される統計を加工統計（2 次統計）と呼ぶ。

B.1 製造品出荷額

製造品出荷額は、統計調査により作成される 1 次統計の調査統計である工業統計の一指標である。なお、工業統計は、経済産業省が主体となって調査を行っている基幹統計の一つである。

製造品出荷額とは、工業統計調査によって 1 年間（1～12 月）における製造品出荷額、加工賃収入額、その他収入額及び製造工程から出たくず及び廃物の出荷額の合計である[1]と経済産業省において定義されている。

調査は、日本標準産業分類に掲げる「大分類 E-製造業」に属する従業者数 4 名以上の事業所全てに対して行っており、平成 29 年調査では 203,470 事業所を対象とし、回収率は 94.4%と非常に高い。なお、従業者数 3 名以下の事業所については、従業者数 4 名～9 名の前年増加比率と従業者数 3 人以下の事業所数を用いて推計している。

[1] 出典：経済産業省 HP「工業統計調査」より抜粋

B.2 輸出入額

輸出入額は、財務省の貿易統計から得られた数値である。

貿易統計は、関税法の規定に基づき、日本から外国への輸出及び外国から日本への輸入について、税関に提出された輸出入の申告を集計し、定期的に公表しているもの[2]であり、一般統計かつ業務統計である。

日本から輸出、あるいは輸入された貨物のすべてを対象としているため、全数調査である。

B.3 民間消費支出

本論文で用いた民間消費支出は、産業連関表の項目の一つである。産業連関表は基幹統計であるが、作成には様々な省庁が携わっており、部門ごとによって担当する省庁が異なる。民間消費支出の推計は、内閣府が行っている。算出式は、「民間消費支出＝①国内家計最終消費支出＋②居住者家計の海外での直接購入－③非居住者家計の国内での直接購入」で求められるが、大部分を占めるのが①である。

①国内家計最終消費支出の推定方法は、コモディティ・フロー法と呼ばれる生産額や出荷額を出発点として、それぞれの流通経路を辿り、運賃率とマージン率を用いることによって、商品を流通段階ごとに消費、投資などの需要項目別に金額ベースで把握する方法を用いて、暦年計数の推計を行っている。

[2] 出典：財務省貿易統計「統計の概要」より抜粋

付録C　構築したモデルのパラメータ

ここでは、本論文で構築した事業所従業者推定モデルを再現するために、パラメータとその計算モデルの詳細を記載する。なお、用いたソフトは、SAS9.3である。そのため、下記の記述はSAS言語にて記載を行う。

C.1 ニューラルネットワーク

[出力変数]

✧　事業所従業者数：JG_JIS

[入力変数]

✧　企業の従業員数：KG_JIS

✧　企業の売上高：KG_URK

✧　企業概要データ収録の事業所数：IMP_KG_JG

✧　事業所ファイルでの事業所数：jig_n

✧　事業所の床面積：JG_YMS

✧　企業のTDB産業大分類[大分類コード]：KG_SGY_DAI_CATG[大分類コード]

✧　事業所の所在地[都道府県コード]：KG_KEN[都道府県コード]

✧　事業所分類コード[区分コード]：JG_BRI_KBN[区分コード]

✧　対象事業所が所在するメッシュの事業所数：IMP_mesh_jig

✧　対象事業所が所在するメッシュの従業者数：IMP_mesh_jis

[事業所別従業者数推定モデル]

```
S_IMP_KG_JGS = -0.39133780678407 + 0.01366686146593 * IMP_KG_JGS;
S_IMP_mesh_jig = -0.56749292642108 + 0.0021260753203 * IMP_mesh_jig;
S_IMP_mesh_jis = -0.47812574658098 + 0.00010845669499 * IMP_mesh_jis;
S_JG_YMS = -0.02145929812707 + 1.8827926799531E-7 * JG_YMS;
S_KG_JIS = -0.38651294713027 + 0.00076357101844 * KG_JIS;
S_KG_URK = -0.16752839547109 + 1.4760125001717E-6 * KG_URK;
S_jig_n = -0.49673280425404 + 0.01768356928711 * jig_n;
IF MISSING( IMP_KG_JGS ) THEN S_IMP_KG_JGS = .;
ELSE S_IMP_KG_JGS = -0.39133780678407 + 0.01366686146593 * IMP_KG_JGS;
IF MISSING( IMP_mesh_jig ) THEN S_IMP_mesh_jig = .;
ELSE S_IMP_mesh_jig = -0.56749292642108 + 0.0021260753203 * IMP_mesh_jig;
IF MISSING( IMP_mesh_jis ) THEN S_IMP_mesh_jis = .;
ELSE S_IMP_mesh_jis = -0.47812574658098 + 0.00010845669499 * IMP_mesh_jis;
IF MISSING( JG_YMS ) THEN S_JG_YMS = .;
ELSE S_JG_YMS = -0.02145929812707 + 1.8827926799531E-7 * JG_YMS;
IF MISSING( KG_JIS ) THEN S_KG_JIS = .;
ELSE S_KG_JIS = -0.38651294713027 + 0.00076357101844 * KG_JIS;
IF MISSING( KG_URK ) THEN S_KG_URK = .;
ELSE S_KG_URK = -0.16752839547109 + 1.4760125001717E-6 * KG_URK;
IF MISSING( jig_n ) THEN S_jig_n = .;
```

```
ELSE S_jig_n = -0.49673280425404 + 0.01768356928711 * jig_n;
*** *************************;
*** Writing the Node H1x1_;
*** *************************;
H1x1_1 = 1.6688722828315 * S_IMP_KG_JGS -0.00174806377792 * S_IMP_mesh_jig -
0.16296752348621 * S_IMP_mesh_jis -0.03477530796837 * S_JG_YMS + 10.0691987075368 *
S_KG_JIS + 1.25028062717534 * S_KG_URK + 2.50923728982232 * S_jig_n;
H1x1_2 = -1.24667017626414 * S_IMP_KG_JGS + 0.04783149510155 * S_IMP_mesh_jig -
0.10804998877611 * S_IMP_mesh_jis + 6.90036860604966 * S_JG_YMS + 2.36018081887992 *
S_KG_JIS + 0.79119415040331 * S_KG_URK -8.51264486427272 * S_jig_n;
H1x1_3 = 0.51770937261732 * S_IMP_KG_JGS -0.41829510472385 * S_IMP_mesh_jig +
0.48779207190481 * S_IMP_mesh_jis -6.98668961301996 * S_JG_YMS + 1.30765584857098 *
S_KG_JIS + 0.11588606211549 * S_KG_URK -0.66658737866993 * S_jig_n;
H1x1_1 = H1x1_1 -3.52636612130568 * JG_BRI_KBNA + 8.09030486482375 * JG_BRI_KBNB -
4.87344786716542 * JG_BRI_KBNC + 2.11875342913777 * JG_BRI_KBND + 1.37973760343618 *
JG_BRI_KBNE + 2.84486335078342 * JG_BRI_KBNF + .21364623191174 * JG_BRI_KBNG +
2.15359124851882 * JG_BRI_KBNH -1.02917463867051 * JG_BRI_KBNI + 0.76729118024745 *
JG_BRI_KBNJ + 0.15862889618068 * KG_KEN01__k_C__ -0.75374872553338 * KG_KEN02____X__ +
0.01772518525263 * KG_KEN03_______ + 0.15548570512101 * KG_KEN04_______ -
0.47124694616512 * KG_KEN05__H_c__ -0.08512764636611 * KG_KEN06__R____ -
1.00253812858445 * KG_KEN07_______ + 0.39041230193026 * KG_KEN08_______
+ .36026376992009 * KG_KEN09_______ -0.74620053938848 * KG_KEN10__Q_n__ -
0.17664947477763 * KG_KEN11_______ -0.38381699715651 * KG_KEN12____t__ -
0.10639234233197 * KG_KEN13______s -0.06723529413152 * KG_KEN14_________ -
0.23571783486802 * KG_KEN15__V____ -0.19320429109634 * KG_KEN16__x_R__ -
0.88026365172837 * KG_KEN17_______ -1.31832084661644 * KG_KEN18_______ +
0.01983979391723 * KG_KEN19__R____ -0.76454179594874 * KG_KEN20_______ -
0.36719327530911 * KG_KEN21_______ -0.24176276815632 * KG_KEN22_______ -
0.29428665935896 * KG_KEN23____m__ -0.9514311606565 * KG_KEN24__O_d__ -0.11033292503554
* KG_KEN25_______ -0.15137846586771 * KG_KEN26____s__ -0.9738228295081 *
KG_KEN27_______ + 0.03338719676018 * KG_KEN28_______ + 0.0325027105088 *
KG_KEN29_______ -0.49145412190687 * KG_KEN30__a___R__ -0.42583139421617 *
KG_KEN31_______ -0.97665026093281 * KG_KEN32_______ -0.84568028444963 * KG_KEN33____R__
-0.2951425350977 * KG_KEN34__L____ -0.92967425726665 * KG_KEN35__R____ -
0.22303144580231 * KG_KEN36_______ -1.36898654214585 * KG_KEN37_______ -
0.30094028335626 * KG_KEN38____Q__ -0.12950492510045 * KG_KEN39____m__ -
0.37398223469281 * KG_KEN40_______ -0.45712773799978 * KG_KEN41_______ +
0.19316951982158 * KG_KEN42_______ + 0.05030572809638 * KG_KEN43__F____ -
0.22204612117494 * KG_KEN44_______ -0.5060378318457 * KG_KEN45_______ -1.34599118784311
* KG_KEN46_________ + 0.27862061094811 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ -0.4146321916602 *
KG_SGY_DAI_CATGB______C_____ + 1.9637575340989 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ -
1.39884842361344 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 1.09526091391783 * KG_SGY_DAI_CATGE_______
+ 1.29359030007497 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ + 1.02401789206272 *
KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ + 0.661126562925 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ +
2.04526277243783 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ -0.44348726826312 *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ -1.87148707399124 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ +
0.93237101630886 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x1_2 = H1x1_2 + 2.46379931453842 * JG_BRI_KBNA -13.209431950536 * JG_BRI_KBNB +
5.306684876748 * JG_BRI_KBNC + 0.05968489124824 * JG_BRI_KBND + 0.99760224991928 *
JG_BRI_KBNE -5.53445218860013 * JG_BRI_KBNF -0.45961367636588 * JG_BRI_KBNG -
0.95736955951212 * JG_BRI_KBNH + 1.36869464508684 * JG_BRI_KBNI + 0.24566392596197 *
JG_BRI_KBNJ -0.22174225205083 * KG_KEN01__k_C__ + 0.27585094801123 * KG_KEN02____X__ -
0.2363660748879 * KG_KEN03_______ -0.69927105211208 * KG_KEN04_______ -0.34153209112865
* KG_KEN05__H_c__ + 0.25107403578632 * KG_KEN06__R____ -1.21768643395404 *
KG_KEN07_______ -0.52672860599057 * KG_KEN08_______ -0.66824445907831 * KG_KEN09_______
-0.22595421608649 * KG_KEN10__Q_n__ -0.00238752293987 * KG_KEN11_______ -
0.22700033424226 * KG_KEN12____t__ -0.17757696613366 * KG_KEN13______s -
0.42418591784243 * KG_KEN14_________ -0.36866993789506 * KG_KEN15__V____ -
0.34738097498152 * KG_KEN16__x_R__ -0.05810697104379 * KG_KEN17_______ +
0.00512399519635 * KG_KEN18_______ -0.42883816538439 * KG_KEN19__R____ +
0.00159774612575 * KG_KEN20_______ -0.32518959457045 * KG_KEN21_______ -0.3106701212145
* KG_KEN22_______ -0.17287258065466 * KG_KEN23____m__ -0.0923078355371 *
KG_KEN24__O_d__ -0.31335399791345 * KG_KEN25_______ + 0.00872512004566 *
KG_KEN26____s__ -0.17373454924998 * KG_KEN27_______ -0.48115680821706 * KG_KEN28_______
-0.30156815518918 * KG_KEN29_______ -0.01669416818518 * KG_KEN30__a___R__ +
```

```
0.09235149205796   *   KG_KEN31_______   -0.25773866608498   *   KG_KEN32_______   -
0.09763402009401   *   KG_KEN33____R__   -0.07324975985649   *   KG_KEN34__L____   +
0.39303976069346   *   KG_KEN35__R____   -0.13078567841775   *   KG_KEN36_______   -
0.14420387483903   *   KG_KEN37_______   +   0.0027714083422   *   KG_KEN38____Q__   -
0.28148529489121 * KG_KEN39____m__ -0.0849109417999 * KG_KEN40_______ -0.22696423796219
*   KG_KEN41_______   -0.15582225792532   *   KG_KEN42_______   -0.05138256231609   *
KG_KEN43__F____ -0.17380612779436 * KG_KEN44_______ -0.16481710674707 * KG_KEN45_______
+ 0.43584394933946 * KG_KEN46_________ + 2.9995198367299 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ +
2.32305098774137    *    KG_SGY_DAI_CATGB______C______    +    0.69039023962712    *
KG_SGY_DAI_CATGC_____ + 0.77203870756606 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 0.5647357283827 *
KG_SGY_DAI_CATGE_______ + 0.53221320531739 * KG_SGY_DAI_CATGF_______ + 0.76650624428306
* KG_SGY_DAI_CATGG____E_______C_ + 1.4101986423203 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ +
0.58331743474719    *    KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__    +    0.52114769010571    *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ + 3.10022308306662 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ +
1.17973490344555 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;

H1x1_3 = H1x1_3 -12.8286592830517 * JG_BRI_KBNA + 1.21494695748638 * JG_BRI_KBNB +
3.33633238883091 * JG_BRI_KBNC + 0.51726547951366 * JG_BRI_KBND + 2.1967291789643 *
JG_BRI_KBNE + 2.17371964730079 * JG_BRI_KBNF + 0.7290017381944 * JG_BRI_KBNG +
1.9427185539162 * JG_BRI_KBNH -2.54265350429245 * JG_BRI_KBNI + 1.23072563049421 *
JG_BRI_KBNJ + 0.06912767703059 * KG_KEN01__k_C__ + 0.0968817388536 * KG_KEN02____X__ -
0.26313623597143   *   KG_KEN03_______   -0.20929094525773   *   KG_KEN04_______   +
0.06270102077601   *   KG_KEN05__H_c__   -0.37277112117336   *   KG_KEN06__R____   +
1.35964541906078   *   KG_KEN07_______   -0.10332073109581   *   KG_KEN08_______   +
0.08013008112712   *   KG_KEN09_______   +   0.10785941813879   *   KG_KEN10__Q_n__   -
0.00726472915939   *   KG_KEN11_______   +   0.34077305130925   *   KG_KEN12____t__   -
0.13740678184564   *   KG_KEN13______s   +   0.13100342782803   *   KG_KEN14_________   +
0.00421655613439   *   KG_KEN15__V____   +   0.07295649520646   *   KG_KEN16__x_R__   -
1.06794191711672   *   KG_KEN17_______   +   0.03157660899316   *   KG_KEN18_______   +
0.2994404525658 * KG_KEN19__R____ -0.0903680093756 * KG_KEN20_______ -0.03847531964693
*   KG_KEN21_______   +   0.06534620314728   *   KG_KEN22_______   +   0.24984210832177   *
KG_KEN23____m__ -0.55144516515513 * KG_KEN24__O_d__ -0.5075605757119 * KG_KEN25_______
-0.06339144954466   *   KG_KEN26____s__   -0.06349041600893   *   KG_KEN27_______   +
0.05247156668797   *   KG_KEN28_______   +   0.0214338930087   *   KG_KEN29_______   -
0.27586430662821   *   KG_KEN30__a___R__   +   0.09058609946555   *   KG_KEN31_______   -
0.07292816789685   *   KG_KEN32_______   -0.05226672955451   *   KG_KEN33____R__   -
0.23005484302005   *   KG_KEN34__L____   +   0.05833533465312   *   KG_KEN35__R____   +
0.09993089142936 * KG_KEN36_______ -0.09332450694783 * KG_KEN37_______ -0.0997981338992
*   KG_KEN38____Q__   -0.36871595941631   *   KG_KEN39____m__   +   0.3420864025994   *
KG_KEN40_______   +   0.1858992435635   *   KG_KEN41_______   +   0.11062227523787   *
KG_KEN42_______   +   0.34288662745095   *   KG_KEN43__F____   +   0.0810060465523   *
KG_KEN44_______   +   0.0881275661559   *   KG_KEN45_______   -0.15726880160888   *
KG_KEN46_________   +   0.9900708562606   *   KG_SGY_DAI_CATGA_____   -1.42153335194631   *
KG_SGY_DAI_CATGB______C______    -0.37078196507113    *    KG_SGY_DAI_CATGC_____    -
2.32756215707088 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 0.06900983173812 * KG_SGY_DAI_CATGE_______
+    0.3829757454124    *    KG_SGY_DAI_CATGF_______    -0.25607442098482    *
KG_SGY_DAI_CATGG____E_______C_  -0.61632859895162  *  KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____  -
0.14913355377515    *    KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__    -0.50438925833003    *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__  -0.87479922010685  *  KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____  +
0.03339541950197 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x1_1 = 5.7794578823847 + H1x1_1;
H1x1_2 = -6.76563402455915 + H1x1_2;
H1x1_3 = -2.16104728799657 + H1x1_3;
H1x1_1 = TANH(H1x1_1 );
H1x1_2 = TANH(H1x1_2 );
H1x1_3 = TANH(H1x1_3 );
END;
ELSE DO;
H1x1_1 = .;
H1x1_2 = .;
H1x1_3 = .;
END;
*** *************************;
*** Writing the Node H1x2_;
*** *************************;
```

```
IF _DM_BAD EQ 0 THEN DO;
H1x2_1 = 0.43633133192381 * S_IMP_KG_JGS + 1.11419465819189 * S_IMP_mesh_jig +
1.84402124327511 * S_IMP_mesh_jis + 0.91462345487386 * S_JG_YMS -1.44493702399373 *
S_KG_JIS -0.64499921438776 * S_KG_URK + 1.10918384533779 * S_jig_n;
H1x2_2 = 1.59408734444004 * S_IMP_KG_JGS + 0.19761617765228 * S_IMP_mesh_jig -
0.05802387574599 * S_IMP_mesh_jis -1.8083634579508 * S_JG_YMS + 1.36033135227348 *
S_KG_JIS -0.21027990708092 * S_KG_URK -1.58446824474142 * S_jig_n;
H1x2_3 = -1.73393016629805 * S_IMP_KG_JGS + 0.6192141341788 * S_IMP_mesh_jig +
2.16935433003838 * S_IMP_mesh_jis + 0.70628439047588 * S_JG_YMS -3.61595073676777 *
S_KG_JIS -2.57695028141358 * S_KG_URK -4.63129422343306 * S_jig_n;
H1x2_1 = H1x2_1 -0.38675365821745 * JG_BRI_KBNA + 0.83264870105041 * JG_BRI_KBNB -
1.0513146897328 * JG_BRI_KBNC + 0.46311960212901 * JG_BRI_KBND + 0.96344297878004 *
JG_BRI_KBNE -0.63300864321056 * JG_BRI_KBNF + 0.49494931166224 * JG_BRI_KBNG -
0.31633176225701 * JG_BRI_KBNH + 0.43780625034755 * JG_BRI_KBNI + 0.35089047482054 *
JG_BRI_KBNJ -1.77807519480258 * KG_KEN01__k_C__ + 0.16104096709998 * KG_KEN02____X__ +
0.47083484561815 * KG_KEN03_______ + 0.67893871398134 * KG_KEN04_______ +
0.03808822940844 * KG_KEN05__H_c__ + 0.03003454898388 * KG_KEN06__R____ -
1.22150725094957 * KG_KEN07_______ -1.0949056066737 * KG_KEN08_______ +
0.70949692624629 * KG_KEN09_______ -0.96247502681318 * KG_KEN10__Q_n__ -
1.02400610032923 * KG_KEN11_______ -1.06603976644604 * KG_KEN12____t__ -
1.23517853570077 * KG_KEN13______s + 0.94108858448084 * KG_KEN14_________ +
0.05576498664773 * KG_KEN15__V____ + 0.00590059030654 * KG_KEN16__x_R__ -
0.93437200742528 * KG_KEN17_______ + 0.93119316575491 * KG_KEN18_______ -
0.11118065805297 * KG_KEN19__R____ + 0.80513450289887 * KG_KEN20_______ +
3.03961061726988 * KG_KEN21_______ -0.97592760760469 * KG_KEN22_______ +
0.23505593422818 * KG_KEN23____m__ + 0.76542342560671 * KG_KEN24__O_d__ +
0.6091570830729 * KG_KEN25_______ + 0.218925444468 * KG_KEN26____s__ + 0.68155356318533
* KG_KEN27_______ -0.7964511949683 * KG_KEN28_______ + 0.10880030848822 *
KG_KEN29_______ + 1.1994313662087 * KG_KEN30__a___R__ -0.32249338215151 *
KG_KEN31_______ -0.87452033442815 * KG_KEN32_______ -0.46648246815909 * KG_KEN33____R__
+ 0.85931396620774 * KG_KEN34__L____ + 0.68425112268302 * KG_KEN35__R____ +
1.12527060032152 * KG_KEN36_______ + 0.0255024640001 * KG_KEN37_______ -
1.02697133617898 * KG_KEN38____Q__ + 0.67047181517644 * KG_KEN39____m__ +
0.48955410914686 * KG_KEN40_______ -0.63059520693541 * KG_KEN41_______ -
1.03690180892259 * KG_KEN42_______ + 1.3023714729611 * KG_KEN43__F____ +
0.70562880855534 * KG_KEN44_______ -0.38474206517715 * KG_KEN45_______ -
0.58608594989173 * KG_KEN46_________ -1.04221188061894 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ -
0.97995722795709 * KG_SGY_DAI_CATGB______C_______ + 1.14143813870397 *
KG_SGY_DAI_CATGC_____ + 0.13463213625407 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 2.33594099416664 *
KG_SGY_DAI_CATGE_______ -0.48467143898584 * KG_SGY_DAI_CATGF_______ -1.18861987665706
* KG_SGY_DAI_CATGG____E_______C_ -1.0494285944664 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_______ -
0.50605655774542 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ -0.27644854632419 *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ -0.97627827160675 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ +
2.01851311084375 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x2_2 = H1x2_2 + 1.13278517197187 * JG_BRI_KBNA + 0.54270657131613 * JG_BRI_KBNB +
3.70261137366115 * JG_BRI_KBNC -1.01582704925304 * JG_BRI_KBND + 0.51435915498779 *
JG_BRI_KBNE + 0.27605824088553 * JG_BRI_KBNF + 0.3210099906701 * JG_BRI_KBNG -
2.13071108363527 * JG_BRI_KBNH -0.74864883678033 * JG_BRI_KBNI -0.93057810481067 *
JG_BRI_KBNJ + 0.19215407023402 * KG_KEN01__k_C__ -0.21092963797594 * KG_KEN02____X__ -
0.08868799931445 * KG_KEN03_______ + 0.43153894278388 * KG_KEN04_______ -
1.71777486892777 * KG_KEN05__H_c__ + 0.6548016923183 * KG_KEN06__R____ +
0.36960596273281 * KG_KEN07_______ + 0.43524385794957 * KG_KEN08_______ +
0.60736440681653 * KG_KEN09_______ + 0.20345049611506 * KG_KEN10__Q_n__ +
0.11091220220481 * KG_KEN11_______ -0.02102463539782 * KG_KEN12____t__ -0.4654140153852
* KG_KEN13______s -0.13695632330169 * KG_KEN14_________ + 0.01468760616896 *
KG_KEN15__V____ -0.27925601031592 * KG_KEN16__x_R__ -0.23601447108198 * KG_KEN17_______
+ 0.4318267308483 * KG_KEN18_______ + 0.5669178318726 * KG_KEN19__R____ -
0.31469422774858 * KG_KEN20_______ + 1.36725152393105 * KG_KEN21_______ -
0.51690407680475 * KG_KEN22_______ -0.01485959798289 * KG_KEN23____m__ -
0.10487663992382 * KG_KEN24__O_d__ + 0.06444352505705 * KG_KEN25_______ +
0.20985788177673 * KG_KEN26____s__ -0.36759928012561 * KG_KEN27_______ +
0.47433423983402 * KG_KEN28_______ + 0.34275356441674 * KG_KEN29_______ +
0.78193565829044 * KG_KEN30__a___R__ -0.04948910035803 * KG_KEN31_______ +
0.35953408575589 * KG_KEN32_______ + 0.89335218992457 * KG_KEN33____R__ +
1.14702375028794 * KG_KEN34__L____ + 0.37094125107421 * KG_KEN35__R____ -
```

0.63589165535122 * KG_KEN36_____ + 0.77454655308636 * KG_KEN37_____ -
0.82965749140681 * KG_KEN38____Q__ + 1.28864582430823 * KG_KEN39____m__ -
3.51890851711334 * KG_KEN40_____ + 1.3779165425296 * KG_KEN41_____ -
1.40131613953515 * KG_KEN42_____ -0.69808069460275 * KG_KEN43__F____ -
0.47924282800162 * KG_KEN44_____ -1.89294929060776 * KG_KEN45_____ -
0.19340356515424 * KG_KEN46_____ + 0.23828930251293 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ +
2.49829132814351 * KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ -1.54445626242177 *
KG_SGY_DAI_CATGC_____ + 1.66365747372461 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ -3.75514317492622 *
KG_SGY_DAI_CATGE_____ -0.04610265668998 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ + 0.40998970606633
* KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ + 2.83794940558006 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ -
0.35785081240516 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ + 2.38465885090891 *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ + 0.96129391677314 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ +
0.95132391860311 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x2_3 = H1x2_3 -0.81330703972476 * JG_BRI_KBNA -1.67061591655812 * JG_BRI_KBNB -
1.59487891627092 * JG_BRI_KBNC -1.67471685860093 * JG_BRI_KBND -1.52857094393039 *
JG_BRI_KBNE -0.92310765315311 * JG_BRI_KBNF + 1.23538675111073 * JG_BRI_KBNG -
1.22475470718655 * JG_BRI_KBNH -0.81563136863321 * JG_BRI_KBNI -0.22439922580498 *
JG_BRI_KBNJ -1.33492805036329 * KG_KEN01__k_C__ -0.26466387042251 * KG_KEN02____X__ -
0.13546416982559 * KG_KEN03_____ + 1.68836813525879 * KG_KEN04_____ -
1.02337424832101 * KG_KEN05__H_c__ + 1.46020764498545 * KG_KEN06__R____ +
0.55240767317316 * KG_KEN07_____ + 1.79206922197237 * KG_KEN08_____ -
0.34952650712682 * KG_KEN09_____ -2.06256391791295 * KG_KEN10__Q_n__ -
0.05539379734251 * KG_KEN11_____ -0.32715343145413 * KG_KEN12____t__ -
1.15199991232856 * KG_KEN13_____s -0.88484185529383 * KG_KEN14_____ -
0.92429636565944 * KG_KEN15__V____ -1.99102820505921 * KG_KEN16__x_R__ -
0.06327508190924 * KG_KEN17_____ -2.19710945168635 * KG_KEN18_____ -
1.74779135167025 * KG_KEN19__R____ + 1.02840729242981 * KG_KEN20_____ +
1.22578901349599 * KG_KEN21_____ + 1.73654706507118 * KG_KEN22_____ -
0.96107730674709 * KG_KEN23____m__ -1.83678692019611 * KG_KEN24__O_d__ +
1.52783516969057 * KG_KEN25_____ -0.50699834733156 * KG_KEN26____s__ -2.9787874751225
* KG_KEN27_____ -0.93086382036535 * KG_KEN28_____ -0.55948425312769 *
KG_KEN29_____ -0.61709354568225 * KG_KEN30__a___R__ + 0.39718344475736 *
KG_KEN31_____ + 0.82261569826175 * KG_KEN32_____ -0.56974971705886 *
KG_KEN33____R__ + 0.89301530238761 * KG_KEN34__L____ -0.41284510851667 *
KG_KEN35__R____ + 0.98200937747128 * KG_KEN36_____ -0.55059032703126 *
KG_KEN37_____ + 0.05019482028811 * KG_KEN38____Q__ + 0.4536801928858 *
KG_KEN39____m__ -1.08512666801071 * KG_KEN40_____ -0.17748737944363 * KG_KEN41_____
+ 0.11025122284512 * KG_KEN42_____ -1.15940631353068 * KG_KEN43__F____ -
0.59245893501127 * KG_KEN44_____ -0.32203738141953 * KG_KEN45_____ +
0.10656041571701 * KG_KEN46_____ + 0.29053562647209 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ +
3.33002386413897 * KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ + 0.54562558673606 *
KG_SGY_DAI_CATGC_____ + 2.82276798126334 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 1.25029272394824 *
KG_SGY_DAI_CATGE_____ + 1.27230679907795 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ + 1.03919446801094
* KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ + 1.84633934387101 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ +
2.27783299737485 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ + 1.49086075166361 *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ + 3.53545373431415 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ -
2.15029440671119 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x2_1 = -0.374370499947 + H1x2_1;
H1x2_2 = 1.06558453954174 + H1x2_2;
H1x2_3 = -5.81592097021055 + H1x2_3;
H1x2_1 = SIN(H1x2_1);
H1x2_2 = SIN(H1x2_2);
H1x2_3 = SIN(H1x2_3);
END;
*** *************************;
*** Writing the Node H1x3_;
*** *************************;
IF _DM_BAD EQ 0 THEN DO;
H1x3_1 = -0.17546555953487 * S_IMP_KG_JGS + 0.38642880058591 * S_IMP_mesh_jig -
0.22162271935706 * S_IMP_mesh_jis -0.92175633615107 * S_JG_YMS + 1.26000473870486 *
S_KG_JIS + 1.73496613234211 * S_KG_URK + 0.51816557651414 * S_jig_n;
H1x3_2 = -1.10229221515434 * S_IMP_KG_JGS -0.70674398330178 * S_IMP_mesh_jig +
0.21826441529336 * S_IMP_mesh_jis + 1.88070634750082 * S_JG_YMS + 1.06596213241251 *
S_KG_JIS + 1.63556029170919 * S_KG_URK -0.33222650058869 * S_jig_n;
H1x3_3 = 0.45909616907644 * S_IMP_KG_JGS -0.02376867302869 * S_IMP_mesh_jig +

0.17918110555019 * S_IMP_mesh_jis + 1.48903828411924 * S_JG_YMS + 0.01467245977681 *
S_KG_JIS -3.0541145594462 * S_KG_URK -2.67749538642649 * S_jig_n;
H1x3_1 = H1x3_1 + 1.45076325941791 * JG_BRI_KBNA + 1.0109666671796 * JG_BRI_KBNB -
1.07199065786477 * JG_BRI_KBNC + 0.07205384444982 * JG_BRI_KBND + 0.42365931133937 *
JG_BRI_KBNE -0.46054939152421 * JG_BRI_KBNF -0.62557554778041 * JG_BRI_KBNG +
0.5828221058364 * JG_BRI_KBNH + 0.69104829860359 * JG_BRI_KBNI + 0.28658705037301 *
JG_BRI_KBNJ -0.59766347404985 * KG_KEN01__k_C__ + 0.49810467494641 * KG_KEN02____X__ -
0.32798453130824 * KG_KEN03_____ -0.11434213998766 * KG_KEN04_____ -
1.13026297433939 * KG_KEN05__H_c__ + 1.01420962544286 * KG_KEN06__R____ +
0.52658913279696 * KG_KEN07_____ -0.46705017682945 * KG_KEN08_____ +
2.09560107144888 * KG_KEN09_____ + 1.28068823221048 * KG_KEN10__Q_n__ -
0.19573175857485 * KG_KEN11_____ + 0.78653733482183 * KG_KEN12____t__ -
0.50059219591968 * KG_KEN13_____s + 0.02452973274604 * KG_KEN14_____ -
0.42338454604343 * KG_KEN15__V____ -0.2704259508418 * KG_KEN16__x_R__ +
0.26045581142919 * KG_KEN17_____ + 0.32598334048654 * KG_KEN18_____ +
0.56169856814518 * KG_KEN19__R____ -1.12796508123686 * KG_KEN20_____ -
0.74329010528006 * KG_KEN21_____ -0.25073354201489 * KG_KEN22_____ -
2.55794947679843 * KG_KEN23____m__ -0.18783955799827 * KG_KEN24__O_d__ +
0.49801080317064 * KG_KEN25_____ -0.06013200422482 * KG_KEN26____s__ -
1.00309022342643 * KG_KEN27_____ -0.1876387082983 * KG_KEN28_____ -0.06025847346282
* KG_KEN29_____ + 0.32823271993309 * KG_KEN30__a___R__ + 1.16445903090405 *
KG_KEN31_____ + 1.05860373888832 * KG_KEN32_____ -0.66197855167783 *
KG_KEN33____R__ + 0.39998159979591 * KG_KEN34__L____ + 0.35434929424168 *
KG_KEN35__R____ + 1.26017244843797 * KG_KEN36_____ -0.24367587444514 *
KG_KEN37_____ + 0.56081054288247 * KG_KEN38____Q__ -1.55480883436943 *
KG_KEN39____m__ + 0.17828040773303 * KG_KEN40_____ -1.80213793924209 *
KG_KEN41_____ + 0.04607075977031 * KG_KEN42_____ + 1.27962037543345 *
KG_KEN43__F____ -0.18503699337809 * KG_KEN44_____ + 1.12112083398449 *
KG_KEN45_____ -0.62499227556934 * KG_KEN46_____ -0.20371012797829 *
KG_SGY_DAI_CATGA_____ + 0.19940968165728 * KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ -
1.28638312408929 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ -0.157065725387 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ -
1.2565257166763 * KG_SGY_DAI_CATGE_____ -1.86181678310492 * KG_SGY_DAI_CATGF_____
-0.31784044551728 * KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ -0.06002898527867 *
KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ + 0.2849426113535 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ -
0.16112697236675 * KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ + 1.02653325929175 *
KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ -1.08474744004601 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x3_2 = H1x3_2 + 0.26971009811943 * JG_BRI_KBNA + 1.1026157330358 * JG_BRI_KBNB +
0.86928171175601 * JG_BRI_KBNC -0.02224544639179 * JG_BRI_KBND + 0.76375269458109 *
JG_BRI_KBNE + 0.34926776543532 * JG_BRI_KBNF + 0.35764240381709 * JG_BRI_KBNG +
1.66416379810811 * JG_BRI_KBNH + 2.01961352162049 * JG_BRI_KBNI + 0.45967183581896 *
JG_BRI_KBNJ -1.25796662064193 * KG_KEN01__k_C__ -0.57415278315582 * KG_KEN02____X__ -
1.71752923675724 * KG_KEN03_____ + 1.11154584202909 * KG_KEN04_____ -
0.30334167662143 * KG_KEN05__H_c__ -0.78209021351173 * KG_KEN06__R____ -
1.21893078938362 * KG_KEN07_____ -0.41769405888285 * KG_KEN08_____ +
0.80909389228617 * KG_KEN09_____ -0.61911288683171 * KG_KEN10__Q_n__ -
0.34579322236929 * KG_KEN11_____ + 0.72606157898319 * KG_KEN12____t__ -
0.72433796204647 * KG_KEN13_____s + 0.35802267496266 * KG_KEN14_____ +
1.49086983988505 * KG_KEN15__V____ + 0.15229172910281 * KG_KEN16__x_R__ -
0.54249795470918 * KG_KEN17_____ + 1.07628332909683 * KG_KEN18_____ -
1.37608075917555 * KG_KEN19__R____ + 1.05760382149619 * KG_KEN20_____ -
0.48467978152828 * KG_KEN21_____ + 1.56129941122513 * KG_KEN22_____ -
1.24197868366804 * KG_KEN23____m__ -0.08542135422492 * KG_KEN24__O_d__ -
2.34734296379718 * KG_KEN25_____ -2.30194763729662 * KG_KEN26____s__ -
1.61386761298061 * KG_KEN27_____ -1.32515417082213 * KG_KEN28_____ +
0.22941456259879 * KG_KEN29_____ + 0.34222884097996 * KG_KEN30__a___R__ -
1.3983446836039 * KG_KEN31_____ + 0.72149768890138 * KG_KEN32_____ -
1.67129559752302 * KG_KEN33____R__ -0.79774972907512 * KG_KEN34__L____ -
0.71217011576949 * KG_KEN35__R____ + 0.73803324974998 * KG_KEN36_____ +
0.08813481584694 * KG_KEN37_____ -0.82069453913108 * KG_KEN38____Q__ -
1.12172632116812 * KG_KEN39____m__ -0.46127992285703 * KG_KEN40_____ -
0.47479371709809 * KG_KEN41_____ + 0.32524836922913 * KG_KEN42_____ -
0.59617016137368 * KG_KEN43__F____ + 1.05115147936646 * KG_KEN44_____ -
0.42478762253634 * KG_KEN45_____ -1.65324657170086 * KG_KEN46_____ +
1.12268016520742 * KG_SGY_DAI_CATGA_____
+ 0.1582665781301 * KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ -1.90104313049814 *

KG_SGY_DAI_CATGC_____ -1.43030173499441 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 1.27851173060508 * KG_SGY_DAI_CATGE_____ + 0.60062675018208 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ + 1.38437571964837 * KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ + 1.75607457098754 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ + 0.01582744142659 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ -0.38050418592077 * KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ + 0.05943253648273 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ + 0.27069541845677 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x3_3 = H1x3_3 + 0.89621143802633 * JG_BRI_KBNA + 0.51574975716253 * JG_BRI_KBNB - 0.73522012760056 * JG_BRI_KBNC + 0.85927041489354 * JG_BRI_KBND -0.31637526866156 * JG_BRI_KBNE -0.22192969207947 * JG_BRI_KBNF + 0.60096194304566 * JG_BRI_KBNG - 0.33086652162308 * JG_BRI_KBNH -0.64969752848178 * JG_BRI_KBNI + 0.06737076266686 * JG_BRI_KBNJ + 0.43871387450411 * KG_KEN01__k_C__ -0.93507242169862 * KG_KEN02____X__ - 0.13644228747856 * KG_KEN03_____ + 0.10670842998631 * KG_KEN04_____ + 0.43161512762875 * KG_KEN05__H_c__ + 1.6161046631276 * KG_KEN06__R____ + 0.34439953539714 * KG_KEN07_____ -0.74387068896133 * KG_KEN08_____ + 0.82655064488011 * KG_KEN09_____ + 0.43467009695133 * KG_KEN10__Q_n__ + 0.30862850159285 * KG_KEN11_____ + 1.37378617536727 * KG_KEN12____t__ + 0.68314504367705 * KG_KEN13_____s + 0.44645592632278 * KG_KEN14_____ - 0.9839479269686 * KG_KEN15__V____ -0.32097217232546 * KG_KEN16__x_R__ + 0.73888710128706 * KG_KEN17_____ + 0.8590677251077 * KG_KEN18_____ + 1.03393187315004 * KG_KEN19__R____ -0.83183791349346 * KG_KEN20_____ - 0.46716090986269 * KG_KEN21_____ -0.40663385972982 * KG_KEN22_____ + 0.51108220245539 * KG_KEN23____m__ + 0.56867487356791 * KG_KEN24__O_d__ - 0.93430227673046 * KG_KEN25_____ -0.51040395152907 * KG_KEN26____s__ + 0.79834626250283 * KG_KEN27_____ + 0.01137650636627 * KG_KEN28_____ - 0.91142340591343 * KG_KEN29_____ + 0.33818531793681 * KG_KEN30__a___R__ + 0.91403384754387 * KG_KEN31_____ + 0.42987619429223 * KG_KEN32_____ - 0.13236285866873 * KG_KEN33____R__ -0.23423374896183 * KG_KEN34__L____ - 1.06750841956622 * KG_KEN35__R____ -0.40073737370056 * KG_KEN36_____ + 0.74151424263967 * KG_KEN37_____ + 0.2195491217932 * KG_KEN38____Q__ - 0.06569986872255 * KG_KEN39____m__ -0.27104211628233 * KG_KEN40_____ + 0.68861382273648 * KG_KEN41_____ + 0.4134030403095 * KG_KEN42_____ + 0.29338671011526 * KG_KEN43__F____ -0.93461744609851 * KG_KEN44_____ - 0.48438857155969 * KG_KEN45_____ + 0.38316464586987 * KG_KEN46_____ + 0.19815264323877 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ + 0.51698853833024 * KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ -1.41284779680106 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ - 0.54622741949752 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 0.62984398803814 * KG_SGY_DAI_CATGE_____ + 1.1388647286874 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ -0.92910292798391 * KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ + 1.16738829326667 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ + 0.49069480356727 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ -0.60310805616396 * KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ -0.53429053676996 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ - 0.30590329817346 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x3_1 = 0.28818027854709 + H1x3_1;
H1x3_2 = -1.03135841359069 + H1x3_2;
H1x3_3 = -1.1861768516426 + H1x3_3;
H1x3_1 = SIN(H1x3_1);
H1x3_2 = SIN(H1x3_2);
H1x3_3 = SIN(H1x3_3);
*** **********;
*** Writing the Node H1x4_;
*** **********;
H1x4_1 = -0.89512737194084 * S_IMP_KG_JGS + 0.05608794569369 *S_IMP_mesh_jig + 1.20681438787072 * S_IMP_mesh_jis -1.70647660266708 * S_JG_YMS + 1.18340398829778 * S_KG_JIS -0.20386989895335 * S_KG_URK + 0.01636203505148 * S_jig_n;
H1x4_2 = -0.11914364352516 * S_IMP_KG_JGS + 0.37933674322388 * S_IMP_mesh_jig - 0.63683891932631 * S_IMP_mesh_jis + 0.5227526081155 * S_JG_YMS -0.31065443441795 * S_KG_JIS -0.76888815318947 * S_KG_URK -0.04310936832519 * S_jig_n;
H1x4_3 = 0.51112489606891 * S_IMP_KG_JGS + 0.91469629492812 * S_IMP_mesh_jig + 1.13324009199381 * S_IMP_mesh_jis -0.09715326424889 * S_JG_YMS -0.46014545560054 * S_KG_JIS -0.15798613184666 * S_KG_URK -1.97569495699827 * S_jig_n;
H1x4_1 = H1x4_1 + 0.3359450212609 * JG_BRI_KBNA -0.19627939084396 * JG_BRI_KBNB - 0.09638516230638 * JG_BRI_KBNC + 0.34631663818709 * JG_BRI_KBND -1.17649248464629 * JG_BRI_KBNE -0.8007682937752 * JG_BRI_KBNF -1.29599559881941 * JG_BRI_KBNG - 0.08765727206437 * JG_BRI_KBNH + 0.51024653045944 * JG_BRI_KBNI + 0.06482780789362 * JG_BRI_KBNJ + 2.09196653598939 * KG_KEN01__k_C__ -0.36677327632832 * KG_KEN02____X__ + 0.81155045196365 * KG_KEN03_____ + 1.08885122920129 * KG_KEN04_____ +

0.72962211187703 * KG_KEN05__H_c__ -0.28253470824713 * KG_KEN06__R____ -1.3272285738516
* KG_KEN07_____ -0.60503480242592 * KG_KEN08_____ -1.09370461252918 *
KG_KEN09_____ -0.32358341053813 * KG_KEN10__Q_n__ + 0.6743137201031 * KG_KEN11_____
-1.83595864454573 * KG_KEN12____t__ -0.0147439179155 * KG_KEN13_____s +
0.38964931038133 * KG_KEN14_____ + 1.26395138478146 * KG_KEN15__V____ -
0.81282272367304 * KG_KEN16__x_R__ -1.1633657482102 * KG_KEN17_____ -1.93820672028654
* KG_KEN18_____ + 0.5601902496898 * KG_KEN19__R____ + 2.61750368942942 *
KG_KEN20_____ -0.08089641334256 * KG_KEN21_____ + 1.09731072941379 *
KG_KEN22_____ -1.12700078172857 * KG_KEN23____m__ -1.93667077520347 * KG_KEN24__O_d__
-0.48502778501246 * KG_KEN25_____ + 0.15593634644863 * KG_KEN26____s__ -
1.23055282591914 * KG_KEN27_____ -0.71994683066337 * KG_KEN28_____ -
0.59573261794247 * KG_KEN29_____ + 0.00975624904314 * KG_KEN30__a___R__ -
0.35307803694154 * KG_KEN31_____ + 0.4968428857473 * KG_KEN32_____ +
0.00698897059776 * KG_KEN33____R__ + 0.24956300901888 * KG_KEN34__L____ -
0.02032005616139 * KG_KEN35__R____ -1.29749547382548 * KG_KEN36_____ -
0.93434621973371 * KG_KEN37_____ -0.39897310109695 * KG_KEN38____Q__ +
0.03296455467973 * KG_KEN39____m__ -0.43551356812293 * KG_KEN40_____ -
1.27273028408546 * KG_KEN41_____ -0.00529661387114 * KG_KEN42_____ -
0.77685964069771 * KG_KEN43__F____ -0.75460918314092 * KG_KEN44_____ +
1.11512763787693 * KG_KEN45_____ + 0.81556237196266 * KG_KEN46_____ -
0.56104586545753 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ + 1.16167190916861 *
KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ -2.44909592422499 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ +
1.71114382478448 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 0.25365238095998 * KG_SGY_DAI_CATGE_____
+ 0.09460962603189 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ + 1.04373527726745 *
KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ -0.43245575459391 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ -
0.88467266245761 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ + 1.15906709506284 *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ -0.65121681024152 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ +
1.31687324090353 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__; H1x4_2 = H1x4_2 -0.78373270787234 *
JG_BRI_KBNA + 0.61666778397885 * JG_BRI_KBNB + 0.14989516076463 * JG_BRI_KBNC -
0.56352129375993 * JG_BRI_KBND + 0.19630202701559 * JG_BRI_KBNE -1.08424145203088 *
JG_BRI_KBNF -0.47619735967162 * JG_BRI_KBNG + 0.20750356646677 * JG_BRI_KBNH -
0.84234794272518 * JG_BRI_KBNI + 2.43111338088278 * JG_BRI_KBNJ -0.4739334506794 *
KG_KEN01__k_C__ -0.15348287732199 * KG_KEN02____X__ + 0.70606938072321 *
KG_KEN03_____ + 0.19854267352741 * KG_KEN04_____ + 1.4350488087918 *
KG_KEN05__H_c__ + 2.27696167484014 * KG_KEN06__R____ -1.31212720480548 *
KG_KEN07_____ + 0.3829903045088 * KG_KEN08_____ + 0.67498100251935 *
KG_KEN09_____ -0.63521904451388 * KG_KEN10__Q_n__ -0.58760576578994 * KG_KEN11_____
+ 0.54058729529616 * KG_KEN12____t__ -2.04153043888422 * KG_KEN13_____s +
1.34001796041692 * KG_KEN14_____ + 0.75827417892569 * KG_KEN15__V____ +
0.24133249560137 * KG_KEN16__x_R__ -0.59178390822062 * KG_KEN17_____ +
0.77156931588861 * KG_KEN18_____ -2.27438844443344 * KG_KEN19__R____ -
0.71644926791664 * KG_KEN20_____ -0.21811441261629 * KG_KEN21_____ -
1.15880893905481 * KG_KEN22_____ + 2.10750187142555 * KG_KEN23____m__ -
0.87943594151636 * KG_KEN24__O_d__ -1.74601641704526 * KG_KEN25_____ +
0.41139121894401 * KG_KEN26____s__ + 0.04895983918597 * KG_KEN27_____ +
0.70061632052862 * KG_KEN28_____ -0.40085085213947 * KG_KEN29_____ -
0.28746547961168 * KG_KEN30__a___R__ + 0.84246622402531 * KG_KEN31_____ +
0.98499393336253 * KG_KEN32_____ + 1.97812406492146 * KG_KEN33____R__ +
0.50665465842947 * KG_KEN34__L____ -0.12403559429615 * KG_KEN35__R____ +
0.31192474717698 * KG_KEN36_____ -1.34527882272448 * KG_KEN37_____ -1.1624393917583
* KG_KEN38____Q__ + 1.11017572865337 * KG_KEN39____m__ -0.40697262627998 *
KG_KEN40_____ -0.4897373086459 * KG_KEN41_____ + 1.78255715734776 * KG_KEN42_____
+ 0.04679389705029 * KG_KEN43__F____ -0.92275135103543 * KG_KEN44_____ +
0.35878994109414 * KG_KEN45_____ -2.21332280197372 * KG_KEN46_____ +
0.26814009303589 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ + 2.35602636465529 *
KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ + 0.90953576729215 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ -
0.85575838861747 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ -0.03446532142141 * KG_SGY_DAI_CATGE_____ +
0.00750319725078 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ -0.27140127493514 *
KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ + 0.04315637303475 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ +
0.6308439596406 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ + 0.46360805515551 *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ -0.14137740137216 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ +
0.8281430792515 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x4_3 = H1x4_3 + 1.14233963906138 * JG_BRI_KBNA -2.15812287949103 * JG_BRI_KBNB +
0.0612854073781 * JG_BRI_KBNC -0.00479167187727 * JG_BRI_KBND + 0.01375008328148 *
JG_BRI_KBNE + 0.58673143095698 * JG_BRI_KBNF -0.63110480224202 * JG_BRI_KBNG +

```
2.19762578296111 * JG_BRI_KBNH + 1.20992863918196 * JG_BRI_KBNI + 1.61025122261671 *
JG_BRI_KBNJ + 0.17026105480506 * KG_KEN01__k_C__ -0.80216397030921 * KG_KEN02____X__ -
0.61906199841536   *   KG_KEN03_______   +   0.2578399510771   *   KG_KEN04_______   +
0.02739343087965   *   KG_KEN05__H_c__   -1.39459522124388   *   KG_KEN06__R____   +
0.09757846986862   *   KG_KEN07_______   +   0.6210087294609   *   KG_KEN08_______   +
0.2956748776718   *   KG_KEN09_______   +   0.91794796122581   *   KG_KEN10__Q_n__   -
1.47731227613871   *   KG_KEN11_______   +   0.06309619145752   *   KG_KEN12____t__   -
0.48741728778722   *   KG_KEN13______s   +   0.98706370058884   *   KG_KEN14_________   -
1.26925338586168   *   KG_KEN15__V____   +   0.77286980016905   *   KG_KEN16__x_R__   -
1.26546493443179   *   KG_KEN17_______   +   0.28666300901884   *   KG_KEN18_______   -
1.22247550790953   *   KG_KEN19__R____   -0.42324864620398   *   KG_KEN20_______   -
0.47781548023148   *   KG_KEN21_______   -1.68390081053206   *   KG_KEN22_______   +
0.49577199758363   *   KG_KEN23____m__   -0.44744092818968   *   KG_KEN24__O_d__   +
0.15126572194886   *   KG_KEN25_______   +   1.37675120721411   *   KG_KEN26____s__   -
0.8270916256074   *   KG_KEN27_______   -0.06957971319458   *   KG_KEN28_______   +
1.55246280223357   *   KG_KEN29_______   +   0.38346904564915   *   KG_KEN30__a___R__   -
1.72691381682731   *   KG_KEN31_______   +   0.0526521806609   *   KG_KEN32_______   +
1.08157526047815   *   KG_KEN33____R__   +   0.89755695486454   *   KG_KEN34__L____   +
0.92440404606482   *   KG_KEN35__R____   -0.17181490454929   *   KG_KEN36_______   +
2.00418147795569   *   KG_KEN37_______   -1.55857827000645   *   KG_KEN38____Q__   +
0.49378737695547   *   KG_KEN39____m__   +   1.17962468575596   *   KG_KEN40_______   -
0.62425057339749 * KG_KEN41_______ + 1.7539764056709 * KG_KEN42_______ -1.8159580711188
*   KG_KEN43__F____   -1.85146380387918   *   KG_KEN44_______   +   1.04315785688398   *
KG_KEN45_______   -1.10217699138442   *   KG_KEN46_________   +   0.5352138794294   *
KG_SGY_DAI_CATGA_____   -1.18258818363534   *   KG_SGY_DAI_CATGB______C______   +
0.99723254516095 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ + 0.22091780695512 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ -
0.37808199246951 * KG_SGY_DAI_CATGE_______ -0.31436334389728 * KG_SGY_DAI_CATGF_______
+   0.64507443419967   *   KG_SGY_DAI_CATGG____E_______C_   +   0.31438855416757   *
KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E______   -0.16262320487605   *   KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__   +
1.814234458072   *   KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__   +   1.31372518594731   *
KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ -0.12950187517618 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x4_1 = -0.57604401911962 + H1x4_1;
H1x4_2 = -0.66745578343037 + H1x4_2;
H1x4_3 = -0.5587714515656 + H1x4_3;
H1x4_1 = SIN(H1x4_1 );
H1x4_2 = SIN(H1x4_2 );
H1x4_3 = SIN(H1x4_3 );
*** *************************;
*** Writing the Node H1x5_;
*** *************************;
H1x5_1  =  0.60790933173901  *  S_IMP_KG_JGS  +  0.97713403234225  *  S_IMP_mesh_jig  -
1.79924638256919  *  S_IMP_mesh_jis  -0.08401154895138  *  S_JG_YMS  +  0.73719108901585  *
S_KG_JIS + 0.31447644928547 * S_KG_URK + 0.32584872264076 * S_jig_n;
H1x5_2  =  0.50967174157993  *  S_IMP_KG_JGS  -1.43463992798596  *  S_IMP_mesh_jig  +
1.36297884662778  *  S_IMP_mesh_jis  +  0.61030452342436  *  S_JG_YMS  -2.1324535786844  *
S_KG_JIS + 1.26682376349439 * S_KG_URK + 0.20760072893082 * S_jig_n;
H1x5_3  =  -0.55611901352857  *  S_IMP_KG_JGS  -1.12608563548941  *  S_IMP_mesh_jig  -
0.47785118392785 * S_IMP_mesh_jis
 -0.80901573435566 * S_JG_YMS -0.78253719562847 * S_KG_JIS + 0.21155814600084 * S_KG_URK
-0.96167468698061 * _jig_n;
H1x5_1 = H1x5_1 -0.40771014529036 * JG_BRI_KBNA + 0.51762070397365 * JG_BRI_KBNB +
0.70588130854995 * JG_BRI_KBNC -0.78814772189199 * JG_BRI_KBND + 1.09993145165231 *
JG_BRI_KBNE  +  0.03837009396631  *  JG_BRI_KBNF  -2.18302989824224  *  JG_BRI_KBNG  +
1.27784241189136  *  JG_BRI_KBNH  -0.25132175191855  *  JG_BRI_KBNI  -0.86180342279633  *
JG_BRI_KBNJ + 0.3162521862352 * KG_KEN01__k_C__ -0.18121693922009 * KG_KEN02____X__ +
1.50525536458816   *   KG_KEN03_______   -0.71448323194855   *   KG_KEN04_______   -
0.02349592168351   *   KG_KEN05__H_c__   +   0.13832000638905   *   KG_KEN06__R____   -
0.95576096960989   *   KG_KEN07_______   +   1.051114417986 8   *   KG_KEN08_______   +
0.63420055335156   *   KG_KEN09_______   -1.25578566639968   *   KG_KEN10__Q_n__   -
0.32065982622631   *   KG_KEN11_______   +   1.01132630117414   *   KG_KEN12____t__   -
0.40808704088838   *   KG_KEN13______s   +   1.32227779859506   *   KG_KEN14_________   -
1.49967303749719   *   KG_KEN15__V____   -0.14482430529762   *   KG_KEN16__x_R__   -
0.58308369831218   *   KG_KEN17_______   +   1.35313074325056   *   KG_KEN18_______   -
0.0740711154479 * KG_KEN19__R____ -0.27498647959945 * KG_KEN20_______ -0.69524979046882
*   KG_KEN21_______   -0.298367257789   *   KG_KEN22_______   +   1.20898198190641   *
```

KG_KEN23____m__ + 0.00730403049949 * KG_KEN24__O_d__ + 2.79725878288056 * KG_KEN25_____ -0.14855126742885 * KG_KEN26____s__ -0.19788999608179 * KG_KEN27_____ + 0.0179884852535 * KG_KEN28_____ + 0.00610243486128 * KG_KEN29_____ + 0.13305688968853 * KG_KEN30__a___R__ + 1.5640937977442 * KG_KEN31_____ - 0.21768500146343 * KG_KEN32_____ + 1.37715056608826 * KG_KEN33____R__ - 0.56768516481464 * KG_KEN34__L____ + 0.49584517947474 * KG_KEN35__R____ + 0.28558829651742 * KG_KEN36_____ -0.68595592762215 * KG_KEN37_____ + 0.86350187961642 * KG_KEN38____Q__ + 0.67423460476773 * KG_KEN39____m__ + 0.14019569986769 * KG_KEN40_____ -1.18729586646634 * KG_KEN41_____ -1.9566267619551 * KG_KEN42_____ + 0.68570335154152 * KG_KEN43__F____ -0.96300452129532 * KG_KEN44_____ + 0.11750039776883 * KG_KEN45_____ + 0.21368771401648 * KG_KEN46_____ + 1.30650418315355 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ -0.93932268401968 * KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ + 2.21646171316453 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ - 0.3183515454163 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 0.02553144716884 * KG_SGY_DAI_CATGE_____ - 1.25667564955755 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ -0.91633035530994 * KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ -0.37522497639344 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ - 0.3319705560386 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ -1.44927560358685 * KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ -0.04653982659594 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ + 0.62187075270331 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x5_2 = H1x5_2 -0.6577697632242 * JG_BRI_KBNA -0.11306176823083 * JG_BRI_KBNB - 0.35928756474276 * JG_BRI_KBNC + 1.21475002387244 * JG_BRI_KBND -1.50225918610048 * JG_BRI_KBNE + 0.30877278756265 * JG_BRI_KBNF -0.73980010402506 * JG_BRI_KBNG + 1.00532549731681 * JG_BRI_KBNH + 1.13505534632293 * JG_BRI_KBNI -0.04656400737119 * JG_BRI_KBNJ + 0.15193094457356 * KG_KEN01__k_C__ + 0.89386362580542 * KG_KEN02____X__ -0.91457429690028 * KG_KEN03_____ -1.50894607578972 * KG_KEN04_____ + 1.41623950473364 * KG_KEN05__H_c__ + 1.39515664850673 * KG_KEN06__R____ - 0.23942737695795 * KG_KEN07_____ + 1.32945365200417 * KG_KEN08_____ + 1.41215990886816 * KG_KEN09_____ -0.09992135647854 * KG_KEN10__Q_n__ -0.2267653844055 * KG_KEN11_____ + 0.01398636810271 * KG_KEN12____t__ -0.77382188067659 * KG_KEN13_____s -0.13511488576378 * KG_KEN14_____ -0.18862165877047 * KG_KEN15__V____ + 0.19567233466645 * KG_KEN16__x_R__ -0.74517065825169 * KG_KEN17_____ -0.89176761231271 * KG_KEN18_____ + 0.35790015721217 * KG_KEN19__R____ -1.07368802660416 * KG_KEN20_____ + 0.2591436531378 * KG_KEN21_____ -0.61792367131896 * KG_KEN22_____ + 0.86613630164209 * KG_KEN23____m__ + 1.03412927531016 * KG_KEN24__O_d__ -1.88317975359598 * KG_KEN25_____ - 1.94268525367903 * KG_KEN26____s__ -0.10188770083177 * KG_KEN27_____ - 0.89741334936149 * KG_KEN28_____ + 1.06553605173261 * KG_KEN29_____ - 0.1622418890256 * KG_KEN30__a___R__ + 0.83437282694254 * KG_KEN31_____ - 0.29001419632249 * KG_KEN32_____ -0.60039653984391 * KG_KEN33____R__ - 1.35926205580572 * KG_KEN34__L____ -0.73088028396451 * KG_KEN35__R____ + 0.2037930504836 * KG_KEN36_____ -0.20827239430911 * KG_KEN37_____ + 1.43137435626793 * KG_KEN38____Q__ -1.75869825687957 * KG_KEN39____m__ + 1.32699350477511 * KG_KEN40_____ -0.64320007928952 * KG_KEN41_____ + 1.0747353440089 * KG_KEN42_____ + 1.72046550278072 * KG_KEN43__F____ - 0.30798255764548 * KG_KEN44_____ -1.33822068452088 * KG_KEN45_____ - 2.10781430749138 * KG_KEN46_____ + 0.87558207953461 * KG_SGY_DAI_CATGA_____ + 1.05077639408135 * KG_SGY_DAI_CATGB_____C_____ + 0.31303175761697 * KG_SGY_DAI_CATGC_____ -0.8200123389377 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 0.55836529281666 * KG_SGY_DAI_CATGE_____ + 0.48593836489245 * KG_SGY_DAI_CATGF_____ -0.94395754905204 * KG_SGY_DAI_CATGG____E_____C_ -0.7463305941628 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ - 0.96983100119449 * KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__ -1.82156492138433 * KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__ + 0.73446353620651 * KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____ + 0.03586754437413 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x5_3 = H1x5_3 + 0.23833000597255 * JG_BRI_KBNA + 1.5844712957992 * JG_BRI_KBNB - 0.11676710724201 * JG_BRI_KBNC + 1.45894199122517 * JG_BRI_KBND + 0.66995682454823 * JG_BRI_KBNE -1.04577158034595 * JG_BRI_KBNF + 0.63602862692226 * JG_BRI_KBNG - 1.73413517193107 * JG_BRI_KBNH + 1.75232742755992 * JG_BRI_KBNI -0.20614678865402 * JG_BRI_KBNJ -0.99159683802913 * KG_KEN01__k_C__ -0.05162026866369 * KG_KEN02____X__ + 0.51236395565193 * KG_KEN03_____ -1.72542205876744 * KG_KEN04_____ -0.4100662424207 * KG_KEN05__H_c__ -2.77282561409183 * KG_KEN06__R____ + 1.70022069183961 * KG_KEN07_____ + 0.67478160562332 * KG_KEN08_____ + 0.20161429610398 * KG_KEN09_____ -2.82038558325853 * KG_KEN10__Q_n__ + 0.72348923130896 * KG_KEN11_____ + 0.26532602161522 * KG_KEN12____t__ -0.49080966276566 * KG_KEN13_____s -0.47371346688659 * KG_KEN14_____ -0.47152643866464 * KG_KEN15__V____ -0.06807976160526 * KG_KEN16__x_R__ + 1.42286296506507 *

```
KG_KEN17_______ -0.14117894006954 * KG_KEN18_______ -0.35658823495986 * KG_KEN19__R____
+   0.98145656026258   *   KG_KEN20_______   -0.26837599687958   *   KG_KEN21_______   -
1.35464517163364   *   KG_KEN22_______   -0.09968572404368   *   KG_KEN23____m__   +
0.09165087253731   *   KG_KEN24__O_d__   +   0.25021469481174   *   KG_KEN25_______   -
0.85103395294234   *   KG_KEN26____s__   -0.67070464528702   *   KG_KEN27_______   -
1.68719292755274   *   KG_KEN28_______   +   1.02377890928693   *   KG_KEN29_______   -
1.2345708133269   *   KG_KEN30__a___R__   -0.13151463137417   *   KG_KEN31_______   -
0.13884457042439   *   KG_KEN32_______   -0.0224825120012   *   KG_KEN33____R__   +
0.22734392188782   *   KG_KEN34__L____   -1.49997587044432   *   KG_KEN35__R____   +
2.01534571845574   *   KG_KEN36_______   -0.56531226056171   *   KG_KEN37_______   +
1.46296680883417   *   KG_KEN38____Q__   +   1.61645426377346   *   KG_KEN39____m__   -
0.06473972212245   *   KG_KEN40_______   -1.19979397269497   *   KG_KEN41_______   -
1.07370710881348   *   KG_KEN42_______   +   1.34377525926563   *   KG_KEN43__F____   +
0.24857896369955   *   KG_KEN44_______   -0.7452158492345   *   KG_KEN45_______   +
0.54588853399131  *  KG_KEN46_________  +  0.20817450514692  *  KG_SGY_DAI_CATGA_____  -
0.73012231116806     *     KG_SGY_DAI_CATGB______C______     -0.90022840316855     *
KG_SGY_DAI_CATGC_____ + 1.00470157902317 * KG_SGY_DAI_CATGD__z__ + 0.48569557576874 *
KG_SGY_DAI_CATGE_______ -1.17115353633301 * KG_SGY_DAI_CATGF_______ -0.84456876690421
* KG_SGY_DAI_CATGG____E_______C_ + 0.26480049907772 * KG_SGY_DAI_CATGH____Z_E_____ +
1.69818971536772      *      KG_SGY_DAI_CATGI__s___Y__      -2.96944760849198      *
KG_SGY_DAI_CATGJ____A_E___M__  +  0.1711755506002  *  KG_SGY_DAI_CATGK__d_C_K_X_____  +
0.86635030184158 * KG_SGY_DAI_CATGL__T___r_X__;
H1x5_1 = -0.73875018149295 + H1x5_1;
H1x5_2 = -0.49515595383801 + H1x5_2;
H1x5_3 = 0.90641107469542 + H1x5_3;
H1x5_1 = SIN(H1x5_1 );
H1x5_2 = SIN(H1x5_2 );
H1x5_3 = SIN(H1x5_3 );
*** *************************;
*** Writing the Node JG_JIS;
*** *************************;
P_JG_JIS = 71.3248757409884 * H1x1_1 + 68.6798984005405 * H1x1_2 -30.2195939349162 *
H1x1_3;
P_JG_JIS  =  P_JG_JIS  -1.00087744409697  *  H1x2_1  -8.77808998393035  *  H1x2_2  +
2.13374822347486 * H1x2_3;
P_JG_JIS  =  P_JG_JIS  +  3.05357441650776  *  H1x3_1  +  1.02843176662536  *  H1x3_2  +
6.61620939569572 * H1x3_3;
P_JG_JIS  =  P_JG_JIS  +  0.42500001602236  *  H1x4_1  +  0.86235809614818  *  H1x4_2  +
0.32567414867046 * H1x4_3;
P_JG_JIS  =  P_JG_JIS  -0.16070191892438  *  H1x5_1  -0.1356669977002  *  H1x5_2  -
0.04282598302599 * H1x5_3;
P_JG_JIS = 36.4147582539386 + P_JG_JIS;
```