

社会科学系研究者の育成

科学技術の世界でイノベーションが重要であるのと同様に、新しい時代に即した新しい中部圏を築き上げるためには、これを実現する社会的イノベーションが必要不可欠である。こうした社会的イノベーションを引き起こすためには、産業界や行政において、もっと社会科学系研究者が活躍できる場を増やし、同時に大学等の機関とも連携しながら、社会科学系研究者の育成を積極的に行っていくことが必要である。

当財団では、中部圏の社会科学系研究者を集め、「中部圏研究フォーラム」を定期的で開催している。この研究フォーラムでは、大学や研究機関等で研究を行っている若手の研究者を中心に研究発表をお願いし、大学や産業界等で活躍する研究者を交えて、それぞれの研究が「中部圏の発展」に貢献していくためには、さらに、どのような方向に研究を展開していく必要があるのかについて議論を行っている。

また、こうした研究内容を産業界や行政で活躍する方々に広く知って頂くために、この調査季報に掲載することを試みた。なお、研究業績を積み上げるためには、査読付き論文が必要になるため、本論文の後に掲載した「投稿論文審査要綱」に基づく査読審査を行っている。当財団では、社会科学系研究者の研究を支援するために、こうした査読付き論文を引き続き掲載していく予定である。

論文の解説

この論文は、「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」に準拠して、産業のサプライチェーンを明示的に考慮した「応用一般均衡モデル」(Computable General Equilibrium Model) を構築した上で、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県の東海4県が、想定される「南海トラフ巨大地震」に相当する地震動被害を受けた場合の、各県の産業への影響（すなわち、経済被害の状況）を計量的に解明したものである。

また、その結果として、いくつかの興味深いインプリケーションを顕在化させているが、その一例として、〈被災県の実質GDPの回復速度は、当該県の産業特性に依存すること〉から、〈代替可能性が低い産業が多く立地している県が被災した場合、当該産業の財に対する各地域からの強い需要を背景として、所得低下が抑えられ、旺盛な復旧投資を可能にすること〉などが指摘されている。その具体的な事例として、岐阜県では、ほかの被災県に比べて、代替可能性の低い輸送機器等のシェアが小さく、また、全産業に対するサービス産業の比率が高いことから、他の被災県に比べて実質GDPの回復速度が遅くなっている。

とはいえ、かかるインプリケーションは、当該モデルの前提とされる資本市場のあり方に加えて、各所の代替の弾力性の設定の妥当性に大きく依存している。したがって、当該モデルの更なる彫琢と吟味検証を望むものである。

公益財団法人中部圏社会経済研究所論文審査会

「中部圏応用一般均衡モデル」による巨大地震の経済被害評価

－「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」に準拠して－

山崎 雅人¹ 曾根 好徳²

要旨

想定される「南海トラフ巨大地震」は、東海地方に甚大な人的・物的被害をもたらす、それが巨額の経済被害につながる事が懸念されている。経済被害を最小化し、経済活動の早期の正常化を目指すには、事前に被害を想定しそれに応じた対策が求められる。「南海トラフ巨大地震」の被害想定は日本政府によってなされ公表されているが、その中でも経済被害の定量化手法には課題が残る。東日本大震災では、大手素材メーカーや部品メーカーが被災し素材や部品の供給が止まる「サプライチェーン寸断」により、全国に経済被害が波及した。今後の巨大災害の経済被害評価にあたっては、産業のサプライチェーンを十分に考慮することが求められる。そこで本稿では、産業連関表に基づく経済シミュレーションモデルである応用一般均衡モデルを用いて巨大地震の経済被害評価を試み、サプライチェーンを明示的に考慮した経済被害評価の重要性を示す。具体的には「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」に準拠し、「中部圏応用一般均衡モデル」を開発する。その上で岐阜県、静岡県、愛知県、三重県の東海4県に被害をもたらす巨大地震の発生を想定し、その産業活動への影響を評価する。本稿で想定する巨大地震は中央防災会議が想定する「南海トラフ巨大地震」とは異なる。しかし、「南海トラフ巨大地震」の経済被害評価への適用を念頭に置きつつ、サプライチェーンを明示的に考慮した応用一般均衡モデルによる経済被害評価の意義を示す。

シミュレーション結果より、サプライチェーンを明示的に考慮することで、被災地域の実質GDPの回復速度やパターンはその地域の産業構成に依存することが明らかとなった。代替可能性が低い産業が相対的に多く立地している地域が被災した場合、当該産業の財に対する各地域からの強い需要を背景とし、当該地域の所得低下が抑えられ、旺盛な復旧投資が実現される。今回被災を想定した岐阜県では、他の被災県に比べて、代替可能性の低い輸送機器等のシェアが小さく、また、全産業に対するサービス産業の比率が高いことから、他の被災県に比べて実質GDPの回復速度が遅くなることが示された。また、直接被災していない地域の産業でも、地域をまたぐサプライチェーンに組み込まれ、かつ調達先や仕入先の代替が難しい場合、サプライチェーン寸断の影響を受けやすく、生産量が落ち込むことが明らかとなった。

1. はじめに

2012年8月に中央防災会議より、「南海トラフ巨大地震」の被害想定が公表された（中央防災会議，2012）。同想定では日本の産業集積地帯である東海地方において深刻な人的・物的被害が想定されている。経済被害想定については、2013年3

月に公表された第二次報告においてなされ、「資産等の被害【被災地】」と「経済活動への影響【全国】」からなる経済被害額の推計値が示されている（中央防災会議，2013a）。同推計によれば、復旧費用とされる「資産等の被害【被災地】」は最も深刻な場合で169.5兆円であり、また年間GDPの損失を示す「経済活動への影響【全国】」は、

¹ 名古屋大学減災連携研究センター寄附研究部門助教
〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学減災館301号室

² 名古屋大学減災連携研究センター寄附研究部門教授

※本論文で示された内容や意見は、名古屋大学減災連携研究センター及び中部圏社会経済研究所の公式見解を示すものではありません。本論文に対するご意見・ご質問は筆者までお寄せ下さい。

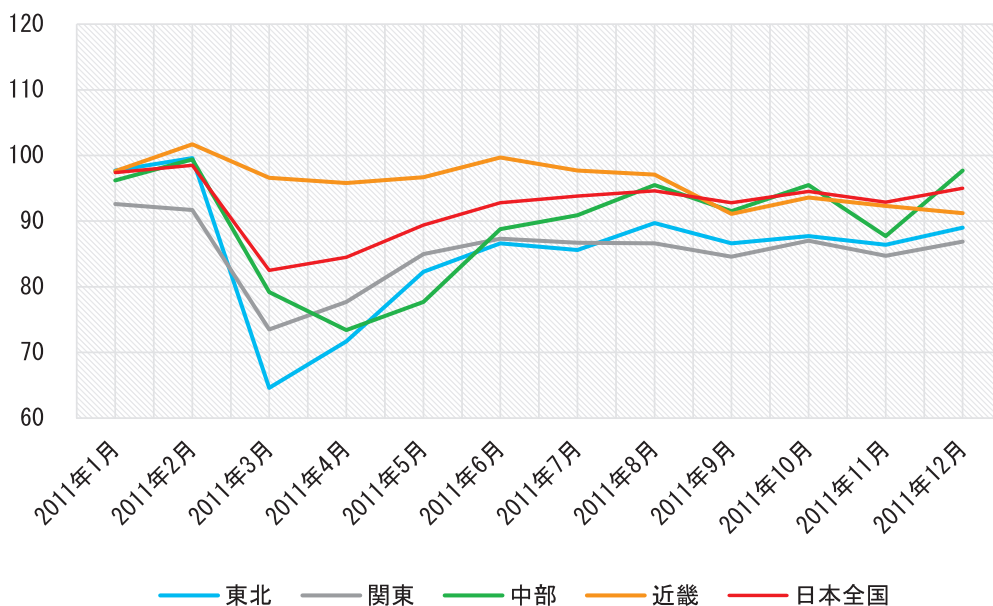


図1 鉱工業生産指数の推移 (2005年=100) (筆者作成)

最も深刻な場合で44.7兆円とされている。さらに「交通寸断に起因する」経済被害も推計されており、最も深刻な場合で6.1兆円とされる。「交通寸断に起因するもの」を合わせると「経済活動への影響【全国】」は最大で50.8兆円に達する。

今回の「南海トラフ巨大地震」の経済被害想定の特徴は、東日本大震災の教訓を受けて、サプライチェーン寸断の影響を定量評価において考慮したことである。東日本大震災では、大手素材メーカー及び部品メーカーの被災により、多くの製造業で利用されていた素材及び部品の供給が停止し、サプライチェーンが寸断した。サプライチェーン寸断の影響は被災地のみならず全国の製造業に波及し、素材及び部品不足による製品の生産停止が全国で相次いだ。サプライチェーン寸断の影響は自動車産業で顕著であり、2011年3月の国内乗用車生産台数は前年同月比で57.5%の減少となっている。国内販売は前年同月比で36.9%減少し、輸出は26.3%減少した（日経産業新聞，2011）。図1は東北地方、関東地方、中部地方、近畿地方の鉱工業生産指数の推移を示している。揺れや津波の被害を直接受けていない中部地方が、関東地方とほぼ同水準で落ち込んでいる。その主たる理由は部品不足による自動車生産の減少であると考え

られる（仲条・藤井・石川，2013）。生産の効率性を上げるため広範囲かつ複雑に展開されたサプライチェーンであったが、特定の部品供給については1社に任せ、かつ技術的に代替不可能な場合があり、このことが災害に対して脆弱な構造となっていた。東日本大震災ではこの脆弱性が露呈することとなったのである。

「南海トラフ巨大地震」においても、サプライチェーン寸断による経済被害の拡大は十分に想定できる。ただし、後述するとおり、中央防災会議の経済被害想定におけるサプライチェーン寸断のモデル化には課題が存在する。本研究では、まず中央防災会議の経済被害推計におけるサプライチェーンのモデル化についてその課題を示す。その上で、財団法人中部産業・地域活性化センター（2011）で開発された「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」を利用し、産業間の素材・部品等のサプライチェーンを明示的に考慮した応用一般均衡モデルを構築し、巨大地震が経済活動に与える影響についてシミュレーション分析を行う。これにより巨大災害の経済被害評価において、サプライチェーンを明示的に考慮することの重要性を示す。

2. 「南海トラフ巨大地震」の経済被害想定と課題

2-1. 「南海トラフ巨大地震」における「資産等の被害」

以下では、中央防災会議の「南海トラフ巨大地震」の経済被害想定を定量化部分について概要を説明する。「南海トラフ巨大地震」の経済被害想定では、「資産等の被害【被災地】」と「経済活動への影響【全国】」の2つの項目が設けられ、それぞれ定量化がなされている。表1は「資産等の被害【被災地】」の内訳である。ただし「資産等の被害【被災地】」は被災による実物資産の価値の減少分ではない。中央防災会議（2013b）では「被害を受けた施設及び資産について、現在価値ではなく、復旧・再建に要する費用の総額を、それらの施設及び資産の被害額と捉える」という方針が示されている。計算においても、被害量（物的被害の推計結果）に対して該当する復旧額を掛け、それらを足し合わせている。これより「資産等の被害【被災地】」は復旧費用の概算の意

味合いが強い。復旧費用がいかなる意味で社会全体の費用となるかは重要な論点の1つではある。ただし、本稿では次節で説明する「経済活動への影響【全国】」の定量化手法に焦点を絞る。

2-2. 「南海トラフ巨大地震」における「経済活動への影響」

表2は「経済活動への影響【全国】」の内訳である。その内「生産・サービス低下に起因するもの」は実質GDPの変化に対応する。計算方法は以下のとおりである。つまり全国の第*i*産業の生み出す付加価値 Y_i は、民間企業の資本ストック K_i と労働力 L_i および都市機能の表す経済中枢機能 C_i の関数であると仮定する（(1)式参照）。

$$Y_i = f_i(K_i, L_i, C_i) \times S_i \quad (1)$$

(1)式における S_i はサプライチェーン寸断の影響を評価するためのパラメータであり、「サプライチェーン寸断係数」と呼ばれ、平時は1の値をとっている。(1)式の関数はコブ=ダグラス型関数で特定化され、過去のデータによりパラメータが推定される。GDP損失を推計する際には、被害

表1 「南海トラフ巨大地震」における「資産等の被害」の内訳

内訳	基本ケース	陸側ケース
民間部門 (住宅・オフィス・家財・償却資産・在庫資産)	約83.4兆円	約148.4兆円
準公共部門 (電気・ガス・通信・鉄道)	約0.6兆円	約0.9兆円
公共部門 (上下水道、道路・港湾等、農地・漁港、災害廃棄物)	約13.6兆円	約20.2兆円
総計	約97.6兆円	約169.5兆円

表2 「南海トラフ巨大地震」における「経済活動への影響」の内訳

内訳	基本ケース	陸側ケース
生産・サービス低下に起因するもの	約30.2兆円	約44.7兆円
交通寸断に起因するもの（道路、鉄道の寸断）	約4.9兆円	約6.1兆円
総計	約35.1兆円	約50.8兆円

想定に基づき、資本ストック K_i 、労働力 L_i および経済中枢機能 C_i の投入量を低下させ、付加価値額 Y_i を低下させる。さらにサプライチェーン寸断の影響を考慮するため、サプライチェーン寸断係数 S_i を1より小さな値とし、付加価値額をさらに減少させる。

(1)式の生産関数を用いた推計方法は「南海トラフ巨大地震」の経済被害想定以外でも用いられている。ただし、サプライチェーン寸断係数 S_i は、東日本大震災におけるサプライチェーン寸断の被害を鑑み、新たに導入されたパラメータである。ただし係数 S_i は各産業の生産水準 Y_i の変動と無関係にあらかじめ定められていることに注意が必要である。地震が発生した場合、「輸送機械」産業のサプライチェーン寸断係数 S_i は、「輸送機器」産業に原材料やサービスを提供する他の産業の生産水準と密接に関係するであろう。サプライチェーン寸断係数の採用は1つの簡便法ではあるが、東日本大震災の経済被害を鑑みれば、サプライチェーンを明示的に考慮した経済被害推計モデルを利用することが望ましい。

2-3. 経済被害推計における「産業連関モデル」と「応用一般均衡モデル」の比較

東日本大震災の事例を鑑みると、巨大災害の経済被害を推計するにあたり、製品のサプライチェーンを明示的に考慮する必要がある。既に述べたとおり、中央防災会議による「南海トラフ巨大地震」の経済被害想定では、(1)式におけるサプライチェーン寸断係数 S_i を導入することにより、サプライチェーン寸断の影響を評価している。ただし、係数 S_i が他の業種の生産水準の変動から独立であらかじめ定められており、その意味において同経済被害想定が適切にサプライチェーンを考慮しているとは言い難い。

サプライチェーンを明示的に考慮した代表的な経済モデルとして「産業連関モデル」と「応用一般均衡モデル」がある。いずれのモデルも産業間における中間財取引を明示的にモデル化し、モデルのパラメータ推定において、産業間の中間財取

引額を記録した産業連関表を利用している。ただし、災害の経済被害評価において、いずれのモデルを採用すべきかについては議論が存在する。Rose (2004) は、災害の経済被害評価に関して、一般的なLeontief逆行列に基づく産業連関モデルの利用には以下の課題があると指摘する。つまり、1) 一般的な産業連関モデルは線型モデルであるため、現実には起こり得る非線形的な事象をモデル化できない。2) 効用最大化や利潤最大化といった経済主体の行動モデルが欠如している。3) 任意の財について価格と生産量の関係、つまり市場のモデル化が欠如している。4) 労働力や資本ストック等の生産要素や天然資源の利用上限が設定されていない。5) 生産工程における投入物間の代替可能性、生産要素間の代替可能性、国産品と輸入品の代替可能性などの経済主体の代替行動をモデル化できない。

5) の課題は1) の課題に含まれている。特にサプライチェーンに関しては、産業連関モデルでは任意の財について地域間の移入シェアが固定であり、被災地域の代わりに非被災地域が同種の財を代替的に供給するという事象をモデル化できない。非被災地域による代替供給はサプライチェーン寸断の影響を緩和する効果を持つであろう。このため一般的な産業連関モデルによる災害の経済被害評価は過大評価となる可能性がある。同様の指摘はHallegate (2010) によってもなされている。その上で、Rose (2004) は、応用一般均衡モデルが産業連関モデルの課題を解決しようと主張する。つまり応用一般均衡モデルは複数の産業部門の相互連関を明示的に考慮しつつ、1) 非線形的な事象のモデル化を許容している。2) 経済主体の行動を消費者であれば効用最大化として、企業であれば利潤最大化としてモデル化している。3) 価格と生産量の関係性、つまり市場が価格調整による需給調整メカニズムとしてモデル化されている。4) 労働力や資本ストック、天然資源等の生産要素の利用上限が考慮されている。5) 生産工程における投入物間の代替可能性、生産要素間の代替可能性、国産品と輸入品の代替可能性等の

代替行動が考慮されている。5) については、サプライチェーン寸断が生じた場合の、非被災地域による代替供給をモデル化できることを意味している。

ただし、Rose (2004) は、災害の経済被害評価における応用一般均衡モデルの課題も指摘している。特に、経済主体の最適化行動および価格調整に基づく市場における需給均衡は、短時間で経済環境が大きく変動する災害時には現実的でない可能性があるとして指摘する。Hallegatte (2010) は、同様の問題意識に基づき、現実の経済では価格は硬直的であり、直ちに市場の需給均衡に向け変化するものではなく、また生産工程における投入物間の代替も技術的な限界があるとし、応用一般均衡モデルによる災害の経済被害評価は過小評価となる可能性を指摘する。Okumura (2009) も、産業連関モデルでは被害の過大評価につながり、応用一般均衡モデルでは過小評価につながり得ることを指摘している。

以上のとおり、通常に応用一般均衡モデルを災害の経済被害評価にそのまま適用することには問題がある。しかし、上述のRose (2004) の指摘のとおり、産業連関モデルに比べ、応用一般均衡モデルは経済をより包括的にモデル化している利点がある。解決すべき課題は、応用一般均衡モデ

ルを災害時の経済被害評価に適するよういかに改良するかである。次節は、本研究で構築した応用一般均衡モデルの構造について説明する。

3. 「中部圏応用一般均衡モデル」の基本構造

3-1. 生産部門の構造

本研究で構築する応用一般均衡モデルでは、生産部門、家計部門、政府部門、投資部門という経済主体が存在する。まず本モデルにおける生産部門について説明する。生産部門は2段階の多段階CES (Constant Elasticity of Substitution) 型関数によってモデル化されている。図2において、水平線で結合されている各種の中間財投入及び付加価値はレオンチェフ型関数によって結合されていることを意味し、中間財間及び中間財と付加価値の間での代替的な利用は不可能であることを意味している。一方、弧状の線で結ばれている投入要素間はそれらが互いに代替可能であることを意味している。ただし、代替の技術的可能性はCES型関数の代替の弾力性のパラメータの値で表現されている。図2では付加価値量は労働投入量と資本ストック利用量が合成されたものとしてモデル化されており、これらが相互に代替可能であ

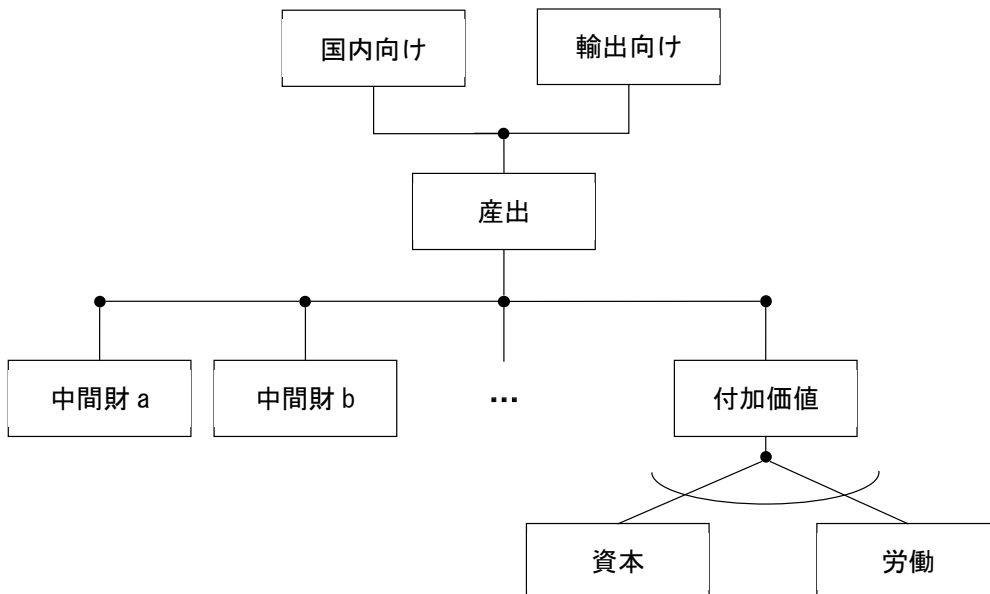


図2 生産部門の構造

ることを示している。なお、代替の弾力性の値は全産業で0.7と仮定している。上記のモデル化は、例えば地震の揺れにより生産設備の一部が利用できなくなったとしても、労働力によりその機能を一定程度代替できることを意味している。つまり図2は、各中間財間および中間財と付加価値の間の代替は不可能であるが、労働力と資本ストック利用の間には代替可能性があるという生産技術を表現している。なお、本モデルではPutty-clayアプローチを採用する。つまり、 $t-1$ 期までに蓄積されている資本ストックは各地域の各産業に固有の資本ストックであり、産業間を移動することは不可能である。この仮定は、資本ストックから得られる資本サービスの量を自由に変更できるとするシンプルな応用一般均衡モデルの仮定に比べ現実的である。後者では生産設備等が産業間を瞬時に移動できることを意味しているが、現実の生産設備は用途が限定されており、かつ瞬時に移動させることは不可能である。Putty-clayアプローチにおける資本ストックは毎期一定割合で減耗するが、モデルでは資本市場を経由し新規投資もなされる。つまり t 期になされる新規投資は、各産業の資本ストックのレンタル価格に応じ、地域内の各産業に配分される。その原資は $t-1$ 期になされた同地域の貯蓄である。なお、本モデルの代表的家計は、自らの効用水準を時間を通じて最大化するよう貯蓄額を決定する動的最適化行動をとらない。毎期の貯蓄額は所得の一定割合と仮定している。

応用一般均衡モデルの経済主体は最適化行動が仮定されている。生産部門については、中間財価格および資本ストックのレンタル価格と賃金率を所与とし、また生産関数で示される生産の技術的制約のもとで単位生産コストが最小となるよう、単位生産量当たりの各中間財投入量および労働投入量、資本ストック利用量を決定する。レオンチェフ型生産関数では投入係数が一定であるため、各中間財への需要量は生産量に比例する。そのため費用最小化は労働投入と資本ストック利用の代替を通じて実現される。同時に利潤を最大化するた

め、自らの生産物を国内で販売するか輸出するかを選択する。国内向けと輸出向けでは製品仕様に違いがあると考えられるため、CET (Constant Elasticity of Transformation) 型関数を利用し、国内向けと輸出向けの間で不完全変形を仮定している。これにより、例えば輸出向けの価格が国内向けの価格に対して高くなれば、企業は輸出向けを増産する。ただし、国内向けと輸出向けで製品仕様に多少の違いがあれば、生産ラインの調整などの理由で、瞬時に大量の輸出向けを国内向けに代わりに増産できないであろう。国内向けと輸出向けの比率の変更可能性を決めるのがCET型関数である。より具体的にはCET型関数の変形の弾力性の値によって決められる。今回は以下で説明するとおり1期を1ヵ月と仮定しモデルを解くため、短期での比率変更は困難と考え、変形の弾力性の値は0と仮定している。

3-2. 家計部門の構造

家計部門は、各地域に1つずつ存在する代表的家計としてモデル化している。地域 r の代表的家計の効用水準は、労働以外に費やす時間と財・サービスの最終消費および貯蓄の水準から構成される。労働以外に時間を費やすことは、余暇とされることが多いが、今回の巨大地震のシミュレーションでは余暇の中に自宅避難も含むと解釈する。

図3で示すとおり、家計部門も生産部門と同様に多段CES型関数でモデル化されており、最上段では余暇（自宅避難）の水準と「消費と貯蓄」がCES型関数で合成されている。またこれらの間は弧状の線で結ばれ互いに代替可能であることを意味する。代表的家計は単位時間当たりの余暇（自宅避難）の機会費用である賃金率と、「消費と貯蓄」の価格を所与とし、自らの効用水準が最大となるよう余暇（自宅避難）水準と「消費と貯蓄」の水準を決定する。「消費と貯蓄」の水準は消費水準と貯蓄水準がコブ=ダグラス型関数で合成されたものとしてモデル化されている。コブ=ダグラス型関数の性質より所得の一定割合が貯蓄される。既述のとおり本モデルでは、代表的家計は時

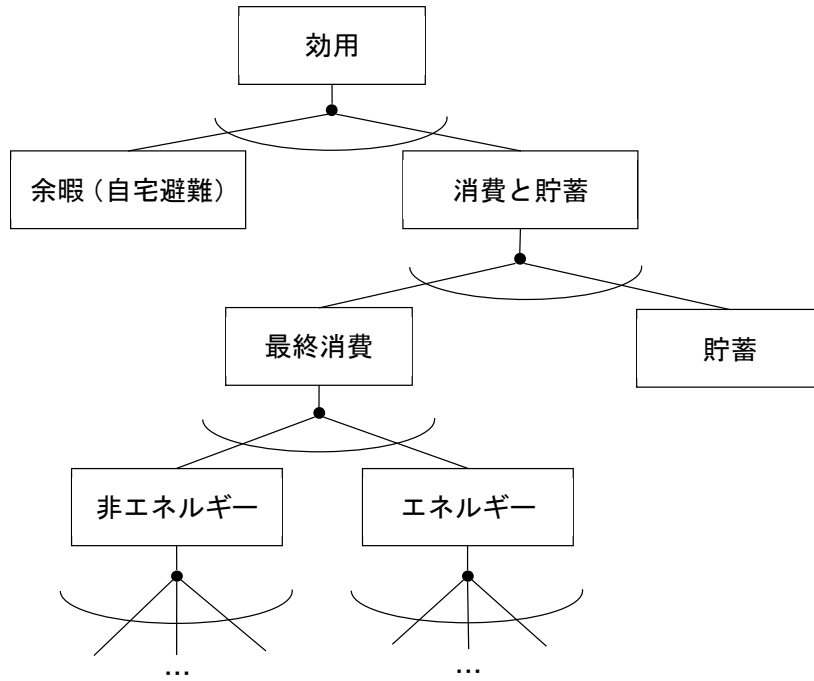


図3 家計部門の構造

間を通じ効用水準を最大化する動的最適化行動をとらない。毎期の所得額の一定割合が貯蓄にまわり、それが次期の投資の原資となる。消費水準はエネルギー消費水準と非エネルギー消費水準がCES型関数で合成される形でモデル化されている。エネルギー消費水準とは、「石油・石炭製品」や「電力・ガス・熱供給」などのエネルギー関連消費水準がCES型関数で合成されたものとして、非エネルギー消費水準は「飲食料品」や「サービス」などの非エネルギー財消費水準がCES型関数で合成されたものとしてモデル化されている。図3で弧状の線で結ばれているとおり、エネルギー消費と非エネルギー消費の間、エネルギー消費間、非エネルギー消費間ではそれぞれ代替可能である。本モデルでは、余暇と「消費と貯蓄」の代替の弾力性の値は各地域で異なるが、概ね全地域で近い値であり、0.9から1.2に設定している。余暇（自宅非難）と「消費と貯蓄」の間の代替の弾力性の値の推定は、Fischer and Fox (2007) で示されている手法によりカリブレートしている。エネルギー消費と非エネルギー消費の間の代替の弾力性の値は0.3、非エネルギー財間では1、エネルギー財間では0.5と仮定している。これら代替の弾力

性の値は今後さらなる検証が必要である。なお、代表的家計は、各地域の資本ストックの所有者であり、利用者からレンタル料金を受け取っている。また労働力を供給し賃金を得ている。レンタル料金と賃金からなる所得制約のもと、代表的家計は自らの効用水準を最大化するよう各消費の水準を決定する効用最大化行動をとる。

3-3. 地域間交易の構造

各地域の生産部門が投入する中間財と代表的家計が最終消費する財は、各地域から移入される同種の財と海外から輸入される同種の財がCES型関数により合成された財である。図4で示されるとおり、地域間交易も多段CES関数でモデル化しており、下段では自地域で生産された財と日本国内の他の地域からの移入された同種の財がCES型関数によって合成され「国産品」となる。上段では「国産品」は同種の輸入財とCES型関数によって合成される。任意の地域において、各地域から移入される同種の財（例えば「輸送機器」で分類される財）と、自地域で生産される「輸送機器」に分類される財は不完全代替の関係にある。つまり、代替は可能であるが、完全に置き換えることはで

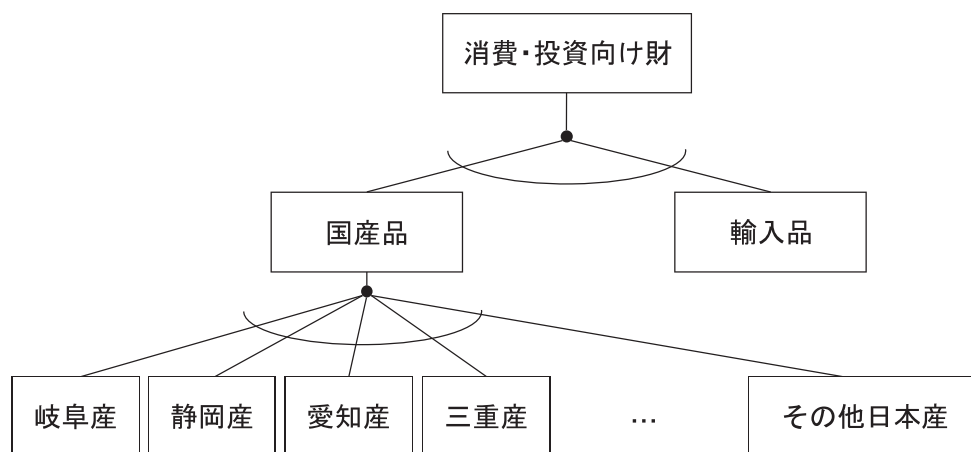


図4 地域間交易の構造

きない。同様に同種の財でも国産品と輸入品の間では不完全代替の関係にある。代替可能性の程度は各段のCES型関数の代替の弾力性の値によってコントロールされる。各財の代替の弾力性の値については表4とともに後に説明する。

3-4. 「一次生産被害」と「高次生産被害」

災害の経済被害を、実質GDPや鉱工業生産指数等のフローのマクロ経済指標で最終的に評価できるものとする。これらのマクロ経済指標は産業の生産活動水準と密接に関係しているため、災害が産業の生産活動水準に与える影響を評価することで、災害の経済被害を評価できる。災害は産業の生産活動に2つの経路から影響を与える。1つは、地震の揺れ等の自然の外力が工場建屋や設備を毀損し、これにより生産が減少することである。この自然の外力に直接由来する生産の減少を本研究では「一次生産被害」と呼ぶ。もう1つは、工場建屋や設備は被災していないが、サプライチェーンにおける仕入先および販売先が被災することで生産量を減少させざるを得ない場合である。もしくは、例えば仕入先の仕入先が被災し、玉突き的に生産量を減少させざるを得ない場合もある。こうしたサプライチェーン寸断に由来する生産の減少を本研究では二次以降の要因に基づく生産被害という意味で「高次生産被害」と呼ぶ。災害が産業の生産活動水準に与える影響は「一次生産被害」と「高次生産被害」の合計として捉えることがで

きる。本研究で設定する「一次生産被害」の推計方法と程度については後にデータセットの構築方法として説明する。

3-5. CGEモデルのデータセット

これまで述べたモデルのパラメータは、代替の弾力性の値などを除く多くのパラメータが産業連関表から推定することができる。ただし、パラメータが産業連関表から推定できるとする論拠の土台には重要な仮定が存在する。それは現実の産業連関表に記述されている経済取引は、合理的な経済主体による取引から生じた経済の一般均衡解であるとの仮定である。つまり産業連関表に記載されている取引額が一般均衡モデルの解として得られるよう生産関数や効用関数などのパラメータの値を設定する。この手法はカリブレーションとも呼ばれる。今回は「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」を用いて、モデルのパラメータの値を設定した。同産業連関表は、富山県、石川県、福井県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県の9県と「その他の日本」の10地域からなる地域間産業連関表である。公表されている産業連関表は34分類表であるが、今回のシミュレーション分析ではサプライチェーンのモデル化の意義を考察することを主目的としているため、相対的にサプライチェーンが短いサービス産業は集約し、製造業を中心とする20分類とした。モデルの産業分類は表3のとおりである。

表3 「中部圏応用一般均衡モデル」の産業分類

産 業 分 類	
1. 農林水産品	11. 一般機器
2. 飲食料品	12. 電気機器
3. 繊維製品	13. 情報通信・精密機器
4. パルプ・紙・木製品	14. 電子部品
5. 化学製品	15. 輸送機器
6. 石油・石炭製品	16. 精密機器
7. 窯業・土石製品	17. その他の製造品
8. 鉄鋼製品	18. 電力・ガス・熱供給
9. 非鉄金属製品	19. 商業
10. 金属製品	20. サービス

表4 国産品間および国産品と輸入品の代替の弾力性の値

業 種	国 産	輸 入	業 種	国 産	輸 入
農林水産品	6.00	3.00	一般機器	1.40	0.70
飲食料品	2.00	4.00	電気機器	0.05	0.05
繊維製品	0.80	0.40	情報通信・精密機器	0.50	0.25
パルプ・紙・木製品	1.20	0.60	電子部品	0.50	0.25
化学製品	1.00	0.50	輸送機器	0.05	0.05
石油・石炭製品	3.00	1.50	精密機器	0.50	0.25
窯業・土石製品	3.00	1.50	その他の製造品	1.00	0.50
鉄鋼製品	1.00	0.50	電力・ガス・熱供給	1.00	0.50
非鉄金属製品	1.00	0.50	商業	1.00	0.50
金属製品	1.60	0.80	サービス	1.00	0.50

細江・橋本・我澤（2004）などで詳述されているが、産業連関表の値だけではCGEモデルに必要な全てのパラメータを決定できない。代替の弾力性の値などは別途求めなければならない。特に国産品間および国産品と輸入品の代替の弾力性の値の一覧は表4に示す。表4の値は、東日本大震災が各地域各産業の生産水準に与えた影響について、本研究とは別の地域間応用一般均衡モデルにより再現を試みた際に設定した値である（Yamazaki, et al., 2013）。日本国内における地域間交易の代替弾力性の推定では、小池・伊藤・中尾（2012）などの研究が存在する。例えば表4の値を、小池・伊藤・中尾（2012）らの研究結果と比較すると「電気機器」や「輸送機器」等の機械製品に関する値は小さく設定されている。

3-6. 「一次生産被害」のデータセット

シミュレーションでは、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県の東海4県に被害をもたらす巨大地震を想定する。巨大地震に伴う生産被害を推計するにあたり、まず地震発生に直接的に由来する東海4県各産業の「一次生産被害」を推計する必要がある。「一次生産被害」を推計する理由は以下の2点である。1) 「一次生産被害」がサプライチェーン寸断の影響を含まないことから、その推計値は災害直後の生産被害と解釈でき、生産活動の復旧過程の初期値とすることができる。2) 各県各産業の「一次生産被害」の程度を「中部圏応用一般均衡モデル」に入力し一般均衡解を得ることで、サプライチェーンを考慮した高次生産被害も推計できる。

なお、今回想定する巨大地震は中央防災会議の想定する「南海トラフ巨大地震」ではないことに注意が必要である。今回のシミュレーションでは地震の揺れのみを想定しており津波浸水や液状化は考慮されていない。また、「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」は、中部9県以外は「その他の日本」として扱われており、中央防災会議の想定する「南海トラフ巨大地震」の経済被害をシミュレーションするデータとしては必ずしも適切ではない。データの拡張は今後の課題とし、本研究では、現在利用可能であるデータを利用し、その範囲で取り扱うことができる事象を分析する。

まず各県各産業の「一次生産被害」の程度として、地震発生直後の各県各産業の生産量の減少率を推計する。一般に地震の揺れは県内でも地域ごとに異なり、さらに被災が想定される工場等事業所も業種特性などに応じ県内各所に立地している。一方で「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」は県単位で産業別生産額などのデータが集約されている。そこで本研究では以下の手順で「一次生産被害」の推計を行う。1) 地震動の程度と地震直後の企業の操業停止割合を関連付ける「フラジリティ・カーブ」を設定する。なお今回は震度と地震直後の企業の操業停止割合の関係性を示すフラジリティ・カーブとして、対数平均値が1.79、

対数標準偏差値が0.1の対数正規分布を仮定している（図5参照）。なお「南海トラフ巨大地震」については各地域の震度想定がなされており、本研究ではこれに対応した仮定のフラジリティ・カーブを設定したが、中野・梶谷・多々納（2013）は新潟県中越地震の被災企業データをもとに、企業の操業能力とSI（Spectrum Intensity）値を関連付けるフラジリティ・カーブを推定している。こうした既存の研究成果を応用一般均衡モデルに整合的な形で活用することは研究上の重要な課題である。続いて、2) 経済産業省の工業統計調査「平成22年工業統計表「市区町村編データ」」を利用し、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県の全市区における各製造業の製造品出荷額を求める。3) 中央防災会議「南海トラフ巨大地震」の被害想定における各市区の最大震度を求める。4) 1) のフラジリティ・カーブを利用し、3) で求めた各市区の最大震度に対応する操業停止割合を求める。これに2) で求めた各市区の各産業の製造品出荷額に掛け合わせる。これにより地震発生直後の各市区の各産業の製造品出荷額を求める。5) 地震発生前と後の各市区の各産業の製造品出荷額を産業別に県単位で集計し、各県各産業における製造品出荷額の減少額および減少率を求める。図6は以上の手順で求めた東海4県の地震発生直後の産業

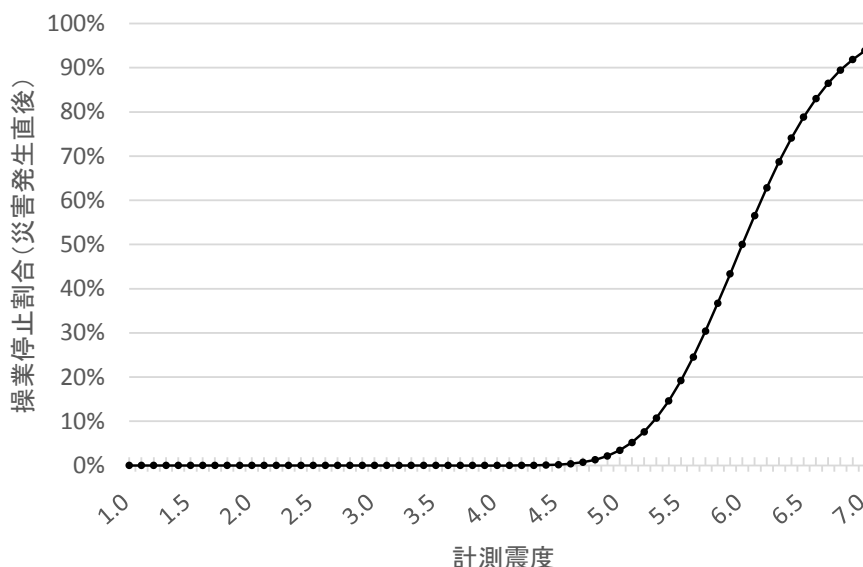


図5 震度と災害直後の操業停止割合の「フラジリティ・カーブ」

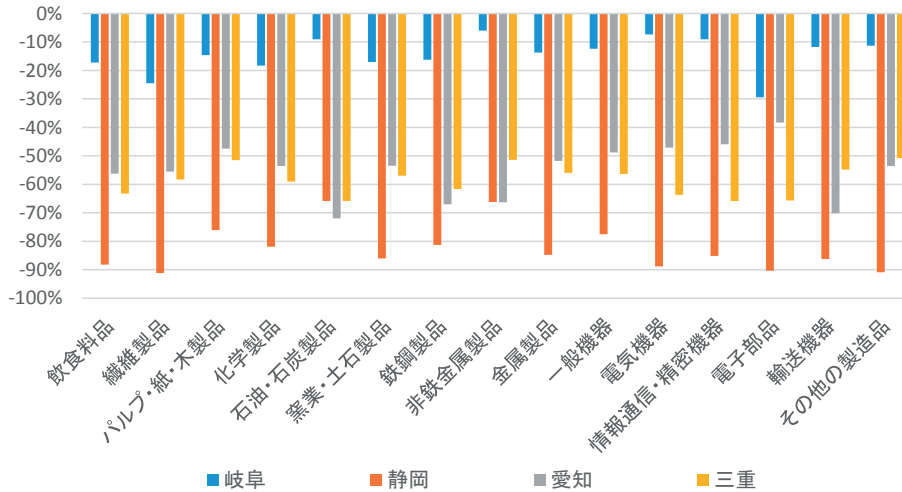


図6 東海4県における各産業の一次生産被害率

別操業停止割合を示している。地震動に直接由来する生産被害であり、サプライチェーン寸断の影響はない。例えば静岡県における電子部品産業の生産量の下落率と、愛知県の輸送機器産業の生産量の下落率はそれぞれ地震動に由来するものであり、この時点では相互に無関係である。続いて、「中部圏応用一般均衡モデル」を利用するにあたり、図6における各県各産業の生産量の減少率をそれぞれの資本ストックの量的減少率と解釈する。なお、被災4県の「電力・ガス・熱供給」と「商業」、「サービス」については、それぞれの資本ストックが50%量的に減少すると仮定する。さらに最初の1カ月間については、資本ストックと労働者の生産性低下が生じると仮定する。生産性低下率は、両生産要素について静岡県の全産業で30%、愛知県と三重県の全産業において10%、岐阜県の全産業において5%と仮定する。以上の資本ストックの減少率と生産要素の生産性低下率を「中部圏応用一般均衡モデル」に入力し一般均衡解を求める。これによりサプライチェーンを考慮した生産被害を求めることができる。なお、本研究では1期間を1カ月と設定する。図1のとおり東日本大震災の工業生産への影響は月単位で大きく変動した。災害に対する各産業の生産水準の動向を分析するためには最低でも1カ月単位で分析することが望ましい。一方で、1期間を1カ月と設定する背後に、全ての財および生産要素市場において1

カ月間で需給均衡が達成されるという仮定がおかれている事も意味する。

4. シミュレーション結果と含意

4-1. 実質GRPへの影響

これまでに説明したモデルおよびデータセットにより、中部圏9県および「その他の日本」の10地域と各地域20業種で構成される「中部圏応用一般均衡モデル」を構築した。また前節では「一次生産被害」として、地震発生直後の各産業の生産量減少率を推計した。続いてサプライチェーンを考慮した場合の生産被害を実質GDPへの影響により評価する。図7は地震発生から1カ月単位での各県の域内総生産（GRP）の推移を示している。最も深刻な一次生産被害が発生した静岡県において発災後1カ月間の実質GRPが、地震が発生しない場合に比べ約57%低下している。愛知県および三重県は約40%低下する。岐阜県では約30%低下する。日本全国では発災後1カ月間の実質GRP低下率は約8.1%である。推移を見ると、深刻な被害を受けた静岡県は急速に実質GRPを回復させる。岐阜県は初期の減少が相対的に小さいにも関わらず、回復の速度は被災4県の中で最も遅い。図8は災害発生後第1期の各県実質GRP変動の寄与度を示している。静岡県、愛知県、三重県では実質GRP下落にあたり移出量の低下が

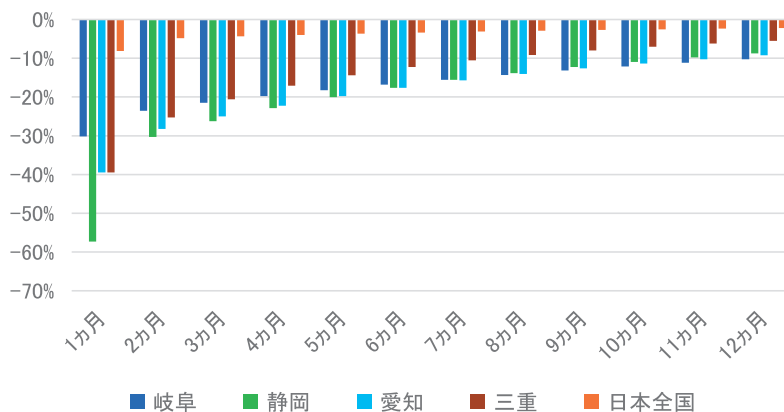


図7 被災4県の実質GRP変化率の推移

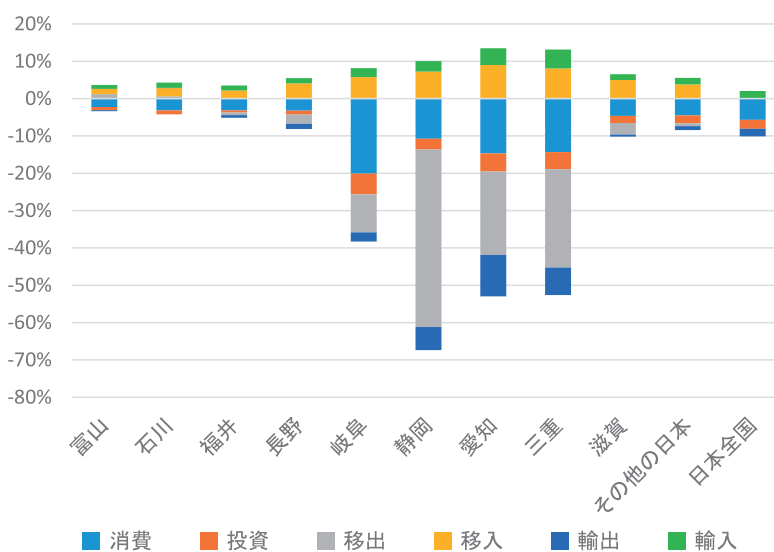


図8 第1期実質GRP変動に対する各変数の寄与度

主要因である一方、岐阜県では消費と投資の下落が主要因となっている。この結果は県の産業構成によって説明できる。代替可能性が低い産業が多く立地している県では、当該産業の財に対する各地域からの強い需要を背景とし、所得低下が抑えられ、旺盛な復旧投資が可能となる。一方で代替可能性が高い産業が相対的に多く立地する県では当該産業の財に対する強い需要は発生せず、地震被害に伴う所得損失が大きく出る。そのため復旧投資も限定されてしまう。また、サービス産業は供給範囲が自地域内で閉じやすく、被災しても他地域からの強い需要が生じない。岐阜県では、他の被災県に比べて、代替可能性の低い輸送機器などのシェアが小さく、また全産業に対するサービス産業の比率が高い。これらが要因となり、他の

被災県に比べ実質GDPの回復速度が遅くなっていると考えられる。

4-2. 産業別生産水準への影響

地震に伴う産業の生産水準の変化は県によって、また産業によって大きく異なる。以下で示すシミュレーション結果は、地域間産業連関表に基づきサプライチェーンを明示的に考慮することの意義を示している。

図9は各県の飲食料品の生産水準の推移を示している。甚大な被害を受けた静岡県、三重県、愛知県では地震直後の急激な落ち込みから徐々に回復を始める。一方、岐阜県は他の被災県と異なり一度落ち込みを見せる。岐阜県のいくつかの産業で同様の推移を見ることができ、これは複数

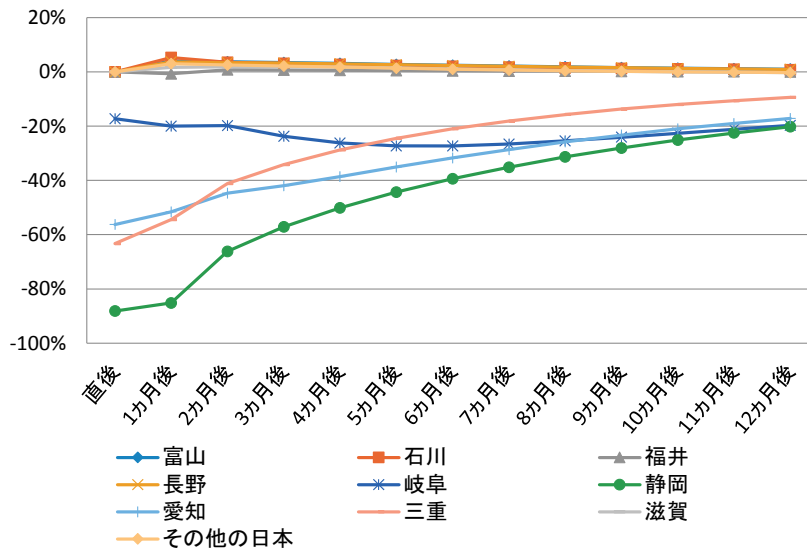


図9 「飲食料品」産業の生産水準の推移

の要因が合成された結果であると考えられる。特に岐阜県は災害発生からしばらくの間、甚大な被害を受けた静岡県、愛知県、三重県の代替生産の一部を担う地域となるが、やがて被災地域の生産能力の復旧とともに、岐阜県の代替生産拠点としての役割は弱くなる。一方で岐阜県の実質GRP減少の主要因は、域内最終需要の低下にあり、これは岐阜県も含めた被災県の復旧とともに回復の傾向を見せる。これらの要因が合成され、岐阜県の飲食料品等の一部の産業は復旧過程で一度落ち込みを見せるものと考えられる。

図10は各県における輸送機器産業の生産水準の推移である。飲食料品と異なり輸送機器産業では、非被災地域も含めて日本全国で生産水準が低下する。また回復スピードも飲食料品に比べて急速である。これは輸送機器が非被災地域で代替生産することが困難なためである。特に輸送機器の場合、地域をまたいだサプライチェーンが形成されている。例えば、「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」によれば、「その他の日本」で生産される輸送機器の内、金額ベースで約11%が被災4県の輸送機器産業の中間財として移出されている。そのため、被災4県の輸送機器産業の生産水準が落ちれば、「その他の日本」の輸送機器に対する中間財需要も落ち込む。これは「その他の日本」の輸送機器産業から見て、サプライチェーンの前方が

被災したことになる。同様に、被災4県の輸送機器産業が生産している輸送機器の約14%は、「その他の日本」の輸送機器産業に中間財として投入されている。そのため被災4県から中間財としての輸送機器の供給量が減少すれば、「その他の日本」の輸送機器の生産は減少せざるを得ない。これは「その他の日本」の輸送機器産業から見て、サプライチェーンの後方が被災したことになる。全地域で輸送機器産業の生産量が減少する理由は、輸送機器産業において地域をまたぐサプライチェーンが形成されており、かつ地域間での代替が難しいことが挙げられる。

最後に石油・石炭製品の各県の生産水準の推移を図11に示す。モデルにおいて、石油・石炭製品は相対的に地域間で代替可能性があると仮定している。また石油・石炭製品は原料から最終製品まで1カ所の工場（製油所）で生産するため、地域をまたいだサプライチェーンは形成されにくい。被災4県の生産量は大きく減少するが、富山県、石川県、福井県、長野県での生産量が大きく増加している。これは、愛知県や三重県といった大型製油所のある県からの供給が減少することにより、それを補うため北陸の油槽所などからの出荷が増加しているものと考えられる。ただし、北陸地方から東海4県への供給よりも、自地域で不足している分を補うための出荷増加であると考

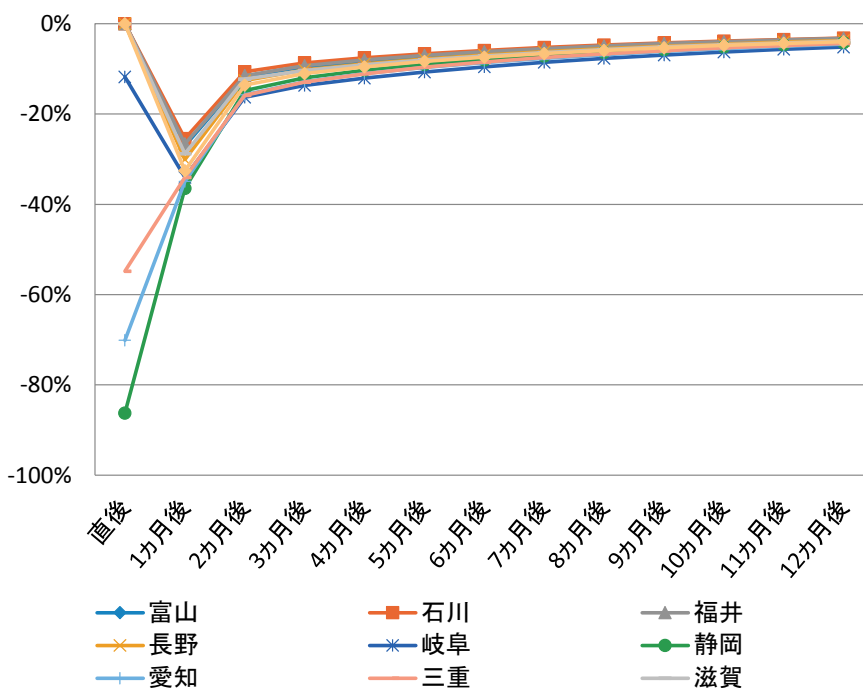


図10 「輸送機器」産業の生産水準の推移

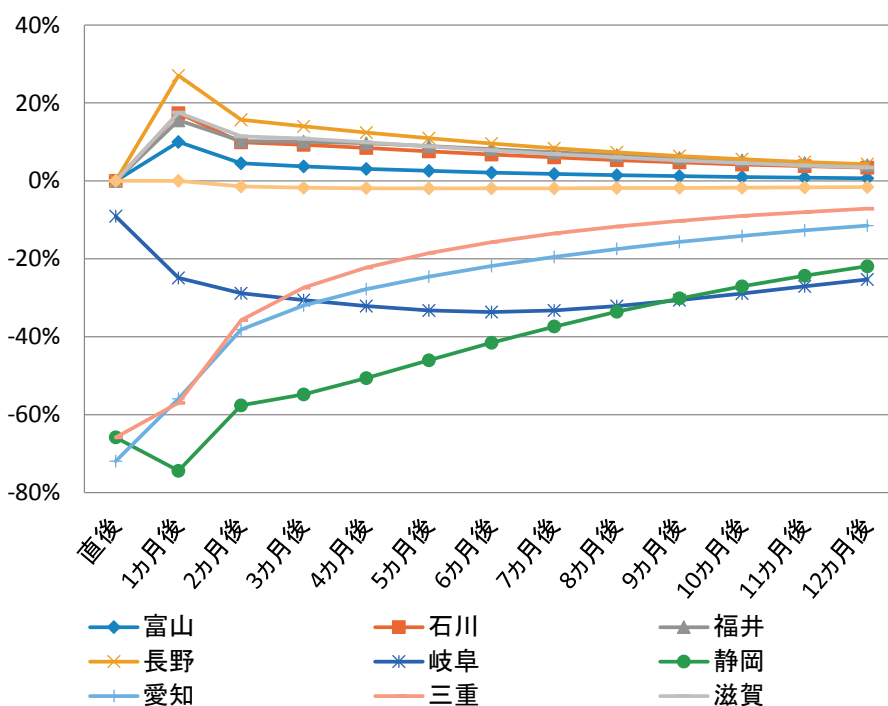


図11 「石油・石炭製品」産業の生産水準の推移

えられる。

以上、代替可能性やサプライチェーンのあり方が異なる3製品の生産量の推移について県別に考察を行った。各地域・各産業の生産水準の推移を決める主要因は2つである。1つはその製品が、各地域の産業の中間財となっており地域をまたぐ

サプライチェーンの一部となっているか否かである。地域をまたぐサプライチェーンの一部となっている場合、サプライチェーン寸断の影響を受けやすく、直接被災していなくとも生産量が減少する傾向がある。もう1つは、その製品が地域間で容易に代替できるか否かである。代替生産が難し

いほど災害の影響が緩和されず、被災地域での生産減少はサプライチェーンを通じて全国に伝播しやすい。以上の3産業の例より、サプライチェーンを明示的に考慮することは、産業の生産水準の推移を明らかに決定付け、それゆえにマクロ経済指標にも影響を与える。

5. おわりに

本研究では、東日本大震災で発生したサプライチェーン寸断の影響に鑑み、サプライチェーンを明示的に考慮した巨大災害の経済被害評価のあり方について考察を行った。具体的には「中部圏地域間産業連関表（2005年版）」に準拠した「中部圏応用一般均衡モデル」を開発し、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県に地震動被害をもたらす巨大地震の経済被害評価を行った。

本研究におけるシミュレーション分析により、以下のインプリケーションを得ることができた。ただし、仮定の巨大地震を想定したことや、いくつかのパラメータで不確実性が残ることから、シミュレーション結果の数値そのものは考察の対象外とする。

得られたインプリケーションの1つは、被災県の実質GRPの回復速度は、その県の産業特性に依存することである。より具体的には、代替可能性が低い産業が多く立地している県が被災した場合、当該産業の財に対する各地域からの強い需要を背景とし、所得低下が抑えられ、旺盛な復旧投資を可能にする。一方で代替可能性が高い産業が相対的に多く立地する県が被災した場合、当該産業の財生産は他地域に代替されてしまい地震の被害に伴う所得低下が大きく出てしまう。また、サービス産業のように供給が自地域で閉じる傾向が強い産業が多く立地している場合、やはり被災しても他地域からの強い需要が生じず、当該地域の所得下落の要因となる。それゆえに復旧投資も限定され、県の実質GRPの回復が遅れる。被災地域の復旧を実質GRPというマクロ経済指標で見ると、その背景には日本全体の産業構造において

当該県の産業がいかなる役割を果たしているかという、サプライチェーンの問題に行き着く。

また、地震発生後の各県の各産業の生産水準の推移も、サプライチェーンの構造と密接に関連している。ある製品が、各地域の産業の中間財となっており、地域をまたぐサプライチェーンにおいて重要な役割を果たしている場合、サプライチェーン寸断の影響を受けやすく、直接被災していない場合でも生産量が大きく減少する場合がある。ただし、その製品が地域間で代替することが容易な場合は、サプライチェーンを通じた被害の伝播は緩和される。以上より、サプライチェーンを明示的に考慮することは、産業の生産水準の推移を明らかに決定付け、マクロ経済指標にも無視できない影響を与える。それゆえに巨大災害の経済被害評価を行う場合、サプライチェーンを明示的に考慮することは欠かせない。今後は、より詳細なデータのもとにモデルの改善を行い、政府の想定する「南海トラフ巨大地震」の経済被害評価を試みる。

謝辞

本稿の作成に当たり、京都大学防災研究所教授の多々納裕一先生および神戸大学教授の小池淳司先生が主催する「防災経済分析研究会」での討議が大いに役立った。記して謝意を表したい。もとより、本稿の内容に関する一切の責任は筆者に帰するものである。

参考文献

- 1) 中央防災会議（2012）「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）」。
- 2) 中央防災会議（2013a）「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）」。
- 3) 中央防災会議（2013b）「首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要～経済的被害～」。
- 4) 日経産業新聞「震災で生産活動停滞－7社が5～6割減－」2011年4月26日3面。
- 5) 仲条仁・藤井琢哉・石川良文（2013）「東日

- 本大震災における製造業の生産停止被害に関する研究」土木学会論文集D3, Vol.69, No.5, pp. 164-173.
- 6) 財団法人中部産業・地域活性化センター (2011)「中部圏地域間産業連関表 (2005年版) ~中部圏の地域経済構造~」.
- 7) Rose, A., (2004) Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation, Y. Okuyama and S.E. Chang (Eds), Modeling Spatial and Economic Impacts of Natural Hazards, pp.13-36, Springer, Heidelberg.
- 8) Hallegatte, S., (2010) The Economics of Natural Disasters Concepts and Methods, Policy Research Working Paper 5507, The World Bank.
- 9) Okuyama, Y., (2009) Critical Review of Methodologies on Disaster Impact Estimation, background paper for Assessment on the Economics of Disaster Risk Reduction, the Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), the World Bank.
- 10) Fischer, C. and Fox, A.K. (2007). Output-Based Allocation of Emissions Permits for Mitigating Tax and Trade Interactions, Land Economics, University of Wisconsin Press, Vol. 83, No.4, pp.575-599.
- 11) 細江宣裕・我澤賢之・橋本日出男 (2004) 『応用一般均衡モデリング』東京大学出版会.
- 12) Yamazaki, M, Y. Sone, A. Koike, H. Tatano, (2013) A CGE Study of Economic Restoration after a Natural Disaster, The submitted paper for Dealing with Disasters (DwD) with the 4th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management (IDRiM) Conference.
- 13) 小池淳司・伊藤佳祐・中尾拓也 (2012)「地域間交易の代替弾力性の推定」, 土木学会論文集D3, Vol.68, No.5, I_55.
- 14) 中野一慶・梶谷義雄・多々納裕一 (2013) 「地震災害による産業部門の操業能力の低下を対象とした機能的フラジリティ曲線の推計」, 土木学会論文集A1, Vol.69, No.1, pp.57-68.

調査季報「中部圏研究」投稿論文審査要綱

2012年 8 月20日制定

(目的)

第1条 この要綱は、公益財団法人中部圏社会経済研究所（以下「本財団」という）の調査季報「中部圏研究」（以下「中部圏研究」という）への投稿論文審査に係る手続きを定め、もって適正な運営を図ることを目的とする。

(審査対象論文)

第2条 「中部圏研究」への掲載可否を審査する論文は、次の各号のいずれかに該当するものとする。

- (1) 「中部圏研究」のみに掲載することを前提に投稿され、受理された論文
- (2) 本財団の主催する中部圏研究フォーラムにおいて報告され、当日の座長が投稿を推薦し、かつ指定された提出期限までに最終原稿が提出された論文

(掲載可否決定)

第3条 「中部圏研究」への投稿論文の掲載可否は、論文審査会において決定する。

- 2 「中部圏研究」に掲載される論文は、査読審査を合格し、論文審査会においてその掲載の可を議決されたものでなければならない。

(審査手順)

第4条 審査は、次の各号に定める手順に従い、行うものとする。

- (1) 論文審査長は、当該候補論文の分野を考慮して査読者（匿名）2名を指名し、査読審査を委嘱する。
- (2) 査読者は、あらかじめ定められた書式により、総合評価と修正意見を付し、「採用」、「条件付採用」もしくは「不採用」の3段階評価を行う。
- (3) 論文審査会は、各査読者の3段階評価と総合評価を勘案し、「掲載可」、「再審査」もしくは「掲載否」を議決する。
- (4) 再審査の場合、査読者は、再提出された候補論文をあらためて査読審査のうえ、あらかじめ定められた書式により、コメントを付し、「採用」もしくは「不採用」の2段階評価を行う。
- (5) 論文審査長は、査読者の2段階評価とコメントを勘案のうえ、当該候補論文の掲載可否を判定し、論文審査会に提案して議決を得るものとする。

(細則)

第5条 この要綱に定めるもののほか、必要な事項は別に定める。

附 則（2012年 8 月20日）

この要綱は、2012年 8 月20日から施行する。