

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750144

研究課題名(和文)地震ハザード情報を活用した巨大地震の経済被害予測手法の開発と応用に関する研究

研究課題名(英文) Developing a recursive-dynamic multiregional CGE model for Japan for assessing the economic impact of a future possible natural disaster

研究代表者

山崎 雅人 (YAMAZAKI, MASATO)

名古屋大学・減災連携研究センター・寄附研究部門助教

研究者番号：60628981

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：自然災害による経済被害は世界的に増加傾向にある。事前に自然災害の経済被害を評価し、適切な経済被害対策を講じることはますます重要となりつつある。経済被害の推定モデルの中でも、応用一般均衡モデルは非常に有力なモデルである。しかしながら、応用一般均衡モデルにおける代替の弾力性のパラメータ値等が統計学的に推定されていない等の批判が存在する。本研究では災害の経済被害推定に適した応用一般均衡モデルを、全国47都道府県間動的応用一般均衡モデルとして開発した。同モデルの特徴は、代替の弾力性の値が東日本大震災の経済影響を再現できるようカリブレートされている点にある。経済影響の再現性は短期と長期で評価した。

研究成果の概要(英文)：As economic losses caused by natural disasters increase, assessing the economic impact of a future possible natural disaster is becoming more and more important. A computable general equilibrium (CGE) model is a strong candidate for such an assessment. The study develops a recursive-dynamic multiregional CGE model for Japan and then calibrates a set of substitution parameters for this model. A heuristic method is employed for the calibration, in which the substitution parameters in the CGE model are adjusted so as to reproduce the actual economic impacts of the 2011 Great East Japan earthquake.

研究分野：経済シミュレーション分析

キーワード：自然災害 経済被害 応用一般均衡モデル

1. 研究開始当初の背景

南海トラフ巨大地震や首都直下地震の経済被害が懸念される一方、経済被害の定義や計測手法に関わる研究蓄積は不十分である。特に現代の製造業のサプライチェーンは複雑かつ広域に展開され、ある地域の経済被害は世界中に伝播する。また経済被害の規模やあり様は被災地の復興にも影響をもたらす。日本等の先進諸国では、経済被害を旺盛な経済成長力で埋め合わせ事は期待できず、放置した場合には被害の長期化や拡大につながる恐れもある。そのため発災前後で経済被害対策を適切に実施する必要がある。

2. 研究の目的

経済被害対策を考えるにあたり、自然災害の経済被害を定量的にシミュレーションする手法を開発する必要がある。本研究の目的は災害の経済被害シミュレーション手法を経済モデルである多地域動的応用一般均衡モデルをベースに開発することにある。

3. 研究の方法

応用一般均衡モデルは、現実の経済を非線形連立方程式としてモデル化する。未知変数は財の購入量や価格といった経済的な変数である。標準的な多地域動的応用一般均衡モデルは、空間的には複数の地域が存在し、各地域には代表的家計と複数の産業が存在する。代表的家計は労働や資本ストックを産業に提供し、その報酬として消費財を獲得する。地域間は財の輸出入や移出入によりつながっている。時間的には、資本ストックや人口、技術水準が変化することにより、経済的変数も時間を通じ変化する。資本ストックは家計の貯蓄を原資とする投資により増加するとモデル化することが一般的である。応用一般均衡モデルの数値解を求めるにあたり、関数の特定化とパラメータ値が必要である。関数の特定化については CES (Constant Elasticity of Substitution) 関数が標準的に用いられ、パラメータ値は産業連関表等を

用いてカリブレーションされる。本研究では、災害の経済影響を統合的かつ包括的に評価できる多地域動学応用一般均衡モデルの研究開発を行った。後述する通り、東日本大震災の再現研究を通してモデルの精緻化を進め、将来発生し得る巨大自然災害の経済影響を評価できるモデル開発を行った。

災害の経済被害シミュレーションの課題は、応用一般均衡モデルの開発だけではない。発災直後のショック(入力値)をどのように応用一般均衡モデルという経済モデルに入れ込むかという点にある。この課題を解決するため、地震ハザード側からの情報と経済モデル側からの情報を接合させるインターフェース構築の研究を進めた。具体的には、自然科学の知見である地震動や津波浸水に関する情報(地震ハザード)と、ハザードの暴露対象(主要インフラや生産設備)に関する情報を整備し、ハザードに対する暴露対象の脆弱性を、地震ハザードと生産能力の損失の関係を示すフラジリティ曲線を構築する研究である。フラジリティ曲線が地震ハザードの情報と多地域動学応用一般均衡モデルを接続する。本研究では東日本大震災で被災した 1200 以上の事業所のサンプルを用いて、立地箇所の震度と操業停止日数の関係を統計学的に分析し、フラジリティ曲線の推定研究を進めた。

4. 研究成果

本研究では災害分析に適した全国 47 都道府県間動的応用一般均衡モデルを開発した。以下では同モデルの説明および同モデルによる東日本大震災の経済影響の再現研究について紹介する。

まず、全国 47 都道府県間動的応用一般均衡モデルにおける生産部門について説明する。生産関数は入れ子型 CES(Constant Elasticity of Substitution)関数によりモデル化している。図-1 で生産関数の構造を説

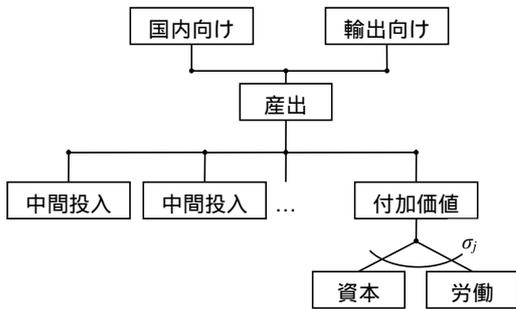


図-1 生産関数の構造

表-1 モデルの産業分類

1. 農林水産業	11. 一般機器
2. 飲料食品	12. 電気機械
3. 繊維・衣服	13. 電子部品
4. パルプ・製紙	14. 自動車
5. 印刷・出版	15. 船舶（造船）
6. 化学製品	16. その他の輸送機器
7. 石油・石炭製品	17. 精密機器
8. プラスチック・ゴム製品	18. 建設
9. 窯業・土石	19. 電力・ガス・水道
10. 金属製品	20. サービス業

明する。図中で水平線で結合されている各種の中間投入財および労働と資本（資本サービスもしくは資本用益）の結合物としての付加価値は CES 型関数の特殊型である Leontief 型関数によって結合されている。これは中間投入財間および中間投入財と付加価値の間で代替が不可能であることを意味する。一方図中で弧状の線で結ばれている資本と労働はそれらが互いに代替可能であることを意味する。災害により工場や設備等の資本ストックが毀損した場合でも、その機能を労働が一部代替できると仮定している。代替可能性は CES 型関数の代替の弾力性の値で表現されている。なお本研究で開発した全国 47 都道府県間動的応用一般均衡モデルでは、表-1 に示される 20 の生産部門が各都道府県で生産活動および地域間取引を行っている。

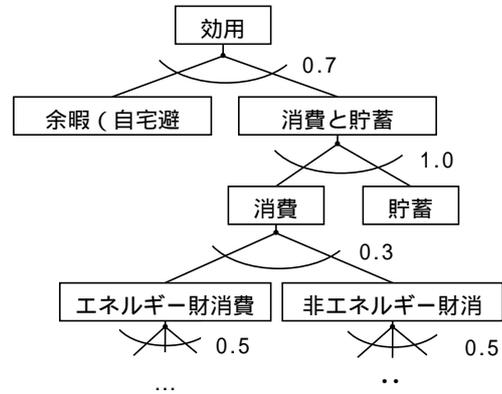


図-2 効用関数の構造

続いて、家計部門について説明する。家計部門は各地域に1つずつ代表的家計として存在する。本モデルの代表的家計の効用水準は、労働以外に費やす時間、財・サービスの消費そして貯蓄水準から構成される。標準的な一般均衡モデルでは、労働以外に費やす時間を余暇と解釈するケースが多いが、自然災害が発生している状況では自宅避難とも解釈できる。家計部門も生産部門と同様に入れ子型 CES 関数でモデル化している（図-2 参照）。入れ子型 CES 関数の最上段では余暇（自宅避難）と「消費と貯蓄」の水準を CES 型関数で合成している。なお余暇（自宅避難）と「消費と貯蓄」の間の代替の弾力性の値については既往研究を参考にしている。「消費と貯蓄」の水準は「消費」の水準と貯蓄の水準をコブ=ダグラス型関数で合成したもので測られる。コブ=ダグラス型関数の性質から家計所得の一定割合は貯蓄に充てられる。このことは本モデルの代表的家計は時間を通じた効用水準の最大化、すなわち動的最適化行動はとらないことを意味する。つまり将来を見据えて今期の貯蓄額を決定するのではなく、毎期の所得の一定割合が貯蓄にまわり、それが次期の資本ストックの拡大につながるモデルとなっている。「消費」の水準は「エネルギー財消費」の水準と「非エネルギー財消費」の水準を CES 型関数で合成したものとモ

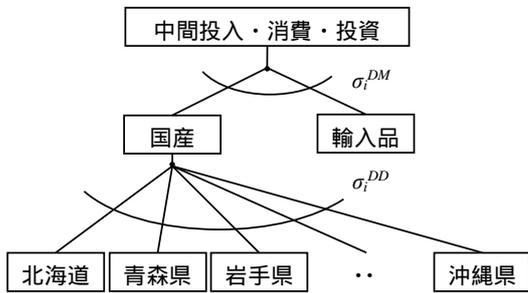


図-3 地域間交易の構造

デル化している。まず「エネルギー財消費」は「石油・石炭製品」や「電力・ガス・熱水道」といったエネルギー関連財の消費水準をCES型関数で合成したものであり、「非エネルギー財消費」は「飲食料品」や「サービス」等のエネルギー財以外の消費水準をCES型関数で合成したものである。エネルギー財と非エネルギー財の間、エネルギー財間、非エネルギー財間ではそれぞれ代替可能であり、代替の弾力性の値はマサチューセッツ工科大学で開発されるEmissions Predictions and Policy Analysis (EPPA)モデルを参考に決めている。

図-3で示す通り、地域間交易も入れ子型CES関数でモデル化している。2段の入れ子構造となっており、下段では自地域で生産された財と国内の他地域で生産され自地域に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「国産品」は同種の輸入財とCES型関数により合成され、自地域内の中間投入や消費、投資向けの財になるとモデル化している。図中の σ_i^{DD} は地域間交易の代替の弾力性である。 σ_i^{DM} は国産品と輸入品の間での代替の弾力性の値を示すが、 σ_i^{DD} の2倍と仮定する。

本モデルの動学構造にはパティ-クレイ (Putty-Clay) アプローチを採用している。すなわち1期間では資本ストックは地域および産業特殊であり地域間および産業間を移動しないと仮定する。各地域の各産業の資本ストックの変化は時間を通じた減耗および新規投資によって生じる。ある期の新規投

資分は収益率に応じて産業間に配分される。一方で労働は地域と産業を摩擦なく移動できると仮定する。ただし人口そのものが移動するわけではなく、賃金所得は初期の労働力を保有する地域の代表的家計に帰属する。

本研究の成果は東日本大震災の経済影響を一定の精度で再現できる全国47都道府県間応用一般均衡モデルを開発した点にある。同モデルを用いることで、将来起こりうる巨大自然災害の経済影響も推計することが可能となる。

図-4は応用一般均衡モデルによるシミュレーション結果と東日本大震災の際に現実に観察された値の散布図である。横軸はモデルのシミュレーション結果であるが、製造業の生産額で重み付けした生産指数の、地震なしケースに対する比率を示している。縦軸は観察された値として季節調整済み鉱工業生産指数の2011年3月の対前月比をとっている。図-4の点はそれぞれの都道府県を示しており、点が45度線の直線上にあればあるほど、シミュレーション結果が観察値に近いことを意味する。今回は切片を0とするの単回帰式 $y_i = x_i + \epsilon_i$ を想定し、 ϵ_i の値を最小二乗法で推定した。ただし y_i は現実に観察された鉱工業生産指数の2011年3月対前月比、 x_i はシミュレーション値の対地震なしケース比、 ϵ_i はモデルの推定誤差である。 ϵ_i は正規分布に従うと仮定する。推定の結果 ϵ_i の95%信頼区間は下限0.821-上限1.094であり1を含む。これより発災1ヶ月間という短期ではモデルは現実を一定程度再現できている。

続いて1年間を通じた変動について検討する。図-5から図-8は、北関東から東北の太平洋側に位置する被災4県について、実際の鉱工業生産指数とシミュレーション結果を比較したものである。2011年3月期首に被災4県の各産業の家計が保有する資本ストックを実際の鉱工業生産指数の2011年3月対全月比に応じて外生的に減少させた。そのため2011

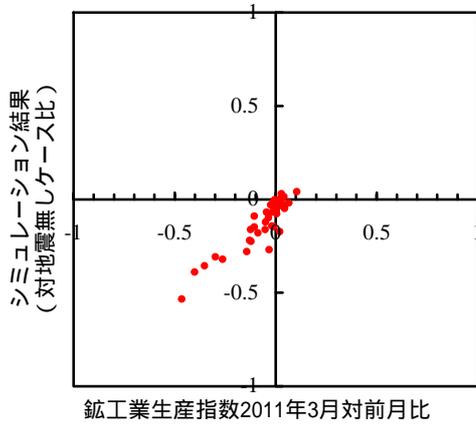


図-4 シミュレーション結果と観測値

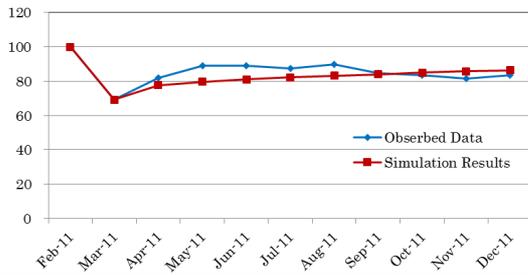


図-5 岩手県の「工業生産」の推移

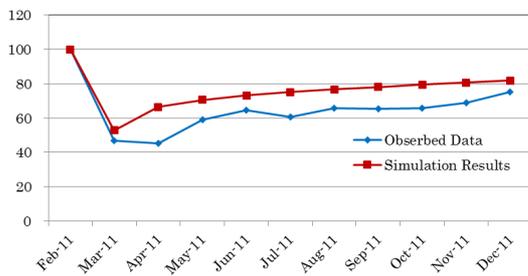


図-6 宮城県の「工業生産」の推移

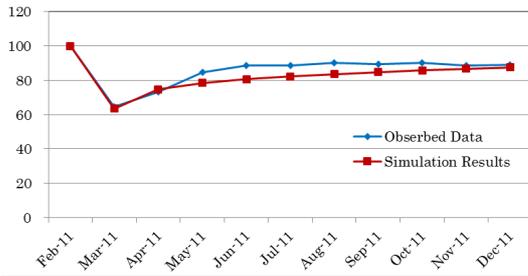


図-7 福島県の「工業生産」の推移

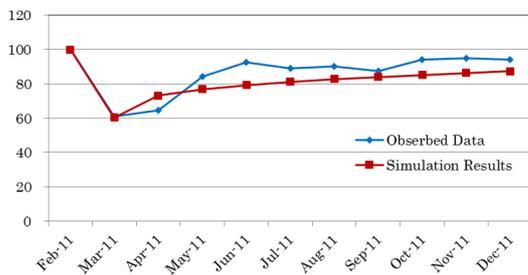


図-8 茨城県の「工業生産」の推移

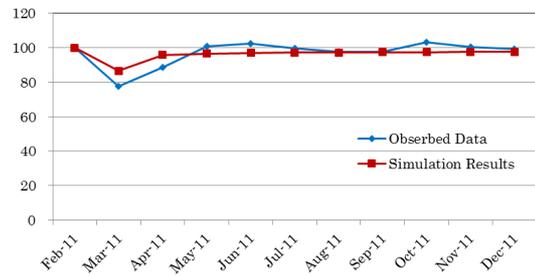


図-9 神奈川県「工業生産」の推移

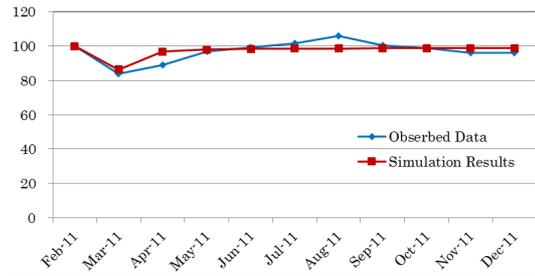


図-10 静岡県の「工業生産」の推移

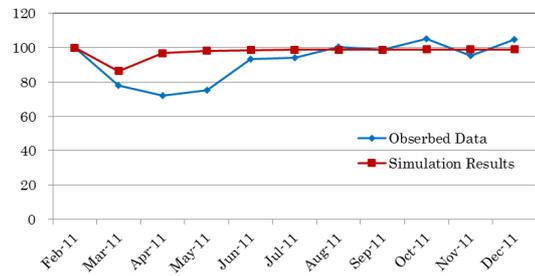


図-11 愛知県の「工業生産」の推移

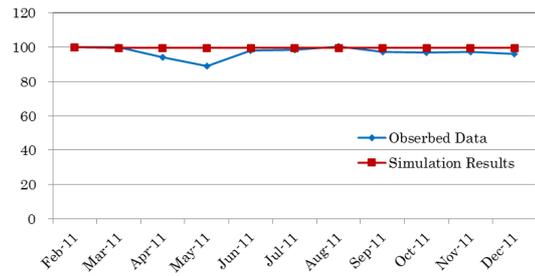


図-12 大阪府の「工業生産」の推移

年3月の生産活動については概ね再現できている。なお図中の鉱工業生産指数の値は2011年2月が100となるよう基準化している。2011年4月以降は復旧投資が行われ生産活動が復旧する。岩手県については概ね再現されている。宮城県では2011年4月に鉱工業生産指数の落ち込みが大きい。宮城県は工業地帯が津波の被害を受けており、がれき処理等による復旧の遅れが現実のデータに反映されていると考えられる。

地震被害として資本ストックの賦存量を

減らしていない地域、すなわちモデル上の非被災地域についても工業生産の推移を確認したい。図-9から図-12は工業製品出荷額の大きい国内4府県の工業生産の推移を示している。図-9の神奈川県では3月の落ち込みを過小評価しているが、その後の回復については概ね再現している。図-10の静岡県は3月の落ち込みとその後の回復について概ね再現できている。図-11の愛知県ではシミュレーション結果と現実の鉱工業生産指数の間で特徴的でない離が見られる。東日本大震災の際、愛知県の中心的産業である自動車産業は、北関東の部品工場の被災により長期の操業停止を余儀なくされた。モデルでは自動車部門の地域間取引の代替の弾力性の値を他産業に比べ小さく設定したものの、4月と5月におよぶ生産の下落を再現できていない。大阪については概ね再現できている。なお、年間を通じた評価を行う場合、観察されたデータには震災以外のショックも含まれる。今回は観察値から震災の影響のみを抽出することは行っていない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

Masato Yamazaki, Shiro Takeda (2016) A Computable General Equilibrium Assessment of Japan's Nuclear Energy Policy and Implications for Renewable Energy. *Environmental Economics and Policy Studies* (accepted). (査読有)

山崎雅人・小池淳司・曾根好徳(2015)南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害評価. 化学経済, 62巻13号 pp.72-77. (査読無)

山崎雅人・曾根好徳(2014)「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 調査季報「中部圏研究」,187.79-95. (査読有)

Masato Yamazaki and Shiro Takeda. (2013) An assessment of nuclear power shutdown in Japan using the computable general equilibrium model. *Journal of Integrated Disaster Risk Management*, 3(1), pp.36-55. (査読有)

〔学会発表〕(計8件)

山崎雅人・曾根好徳・小池淳司・多々納祐一, 全国47都道府県動的応用一般均衡モデルによる東日本大震災の経済被害再現研究. 第51回土木計画学研究発表会, 於九州大学, 2015年6月6日-7日.

山崎雅人, 巨大地震に対する応用一般均衡分析の可能性と課題. 土木計画学ワンデーセミナーN0.73, 神戸市, 2015年1月23日.

Masato Yamazaki and Yoshinori Sone, CGE Study of Economic Damage Caused by a Huge Earthquake, The 5th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, Ontario, Canada. Oct.30 - Nov.1, 2014.

Masato Yamazaki, Shiro Takeda, Toshi H. Arimura, A Computable General Equilibrium Analysis of Nuclear Shutdown and Feed-in Tariff in Japan, The 5th World Congress of Environmental and Resource Economists, Istanbul, Turkey, Jun.30-Jul.2, 2014.

山崎雅人・倉田和己・曾根好徳, 「南海トラフ巨大地震」を想定した燃料輸送シナリオの構築と評価. 第49回土木計画学研究発表会, 於広島工業大学, 2014年6月7日-8日.

Masato Yamazaki, A CGE Study of Economic Restoration after a Natural Disaster. The 4th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, Newcastle upon Tyne, United Kingdom, Sep.4-6, 2013.

Masato Yamazaki, An Assessment of Nuclear Power Shutdown in Japan Using the Computable General Equilibrium Model, The 36th Annual IAEE International Conference, Daegu, Korea. Jun.16-20, 2013.

山崎雅人・倉田和己・仲条仁, 曾根好徳, サプライチェーン寸断の影響を考慮した地域経済ハザードマップの開発. 第47回土木計画学研究発表会, 於広島工業大学, 2013年6月1日-2日.

〔図書〕(計1件)

山崎雅人(2013)自然災害と産業活動. 『災害の経済学』馬奈木俊介(編)所収, 77-91, 中央経済社.

6. 研究組織

(1)研究代表者

山崎 雅人 (YAMAZAKI, Masato)
名古屋大学・減災連携研究センター・寄附研究部門助教
研究者番号: 60628981