

南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害推計：多地域応用一般均衡モデルによる分析

山崎 雅人¹・小池 淳司²・曾根 好徳³

¹正会員 名古屋大学寄附研究部門助教 減災連携研究センター（〒464-8601 名古屋市千種区不老町）
E-mail: yamazaki.masato@nagoya-u.jp

²正会員 神戸大学教授 大学院工学研究科（〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1）
E-mail: koike@lion.kobe-u.ac.jp

³正会員 名古屋大学寄附研究部門助教 減災連携研究センター（〒464-8601 名古屋市千種区不老町）
E-mail: sone@nagoya-u.jp

全国47都道府県間動的応用一般均衡モデルを用いて、南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害を日本全国を対象に推計した。本研究の特徴は応用一般均衡モデルの労働と資本の代替の弾力性および地域間交易の代替の弾力性の値を、モデルによる東日本大震災の経済被害の再現を通しカリブレートしている点にある。本研究で設定した製油所被災シナリオに基づく場合、日本の実質GDPの年間損失額は約22兆620億円と推計された。また製油所の被災が化学産業や自動車産業の生産額に与える影響を分析し、他産業への影響は当該産業の地域間交易の代替の弾力性の値により異なることが明らかとなった。本稿では、さらにパラメータについて感応度分析を行い、応用一般均衡モデルによる経済被害推計の特徴を明らかにする。

Key Words : computable general equilibrium model, natural hazards, economic loss, great East Japan earthquake, Nankai Trough great earthquake

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に端を発する東日本大震災は、東北地方のみならず、サプライチェーンを通じ、日本全体の生産活動に影響を及ぼした。東北地方沿岸部の津波被災地の多くでは、漁業や養殖業、水産加工業を中心とした産業構造が形成されており、漁港や漁船、養殖施設、水産加工施設の津波被害は産業構造全体に壊滅的な被害を与えた。

経済被害は被災地域にとどまらず、地震の影響を直接に受けていない地域へも波及した。図-1は2011年の鉱工業生産指数の推移である。中部地方が関東地方と並び大きく落ち込んでいる。東北地方や関東地方に立地する素材メーカーや部品メーカーが被災し、サプライチェーンが寸断したことにより中部地方の自動車生産が停止したことが原因である。2011年3月の国内乗用車生産台数は前年同月比で57.5%の減少となった¹⁾。中部地方で鉱工業生産指数が大きく落ち込んだのは、同地域が自動車生産に特化した産業構成であったことも大きな要因である。

本研究はサプライチェーンの寸断が巨大地震の経済被害

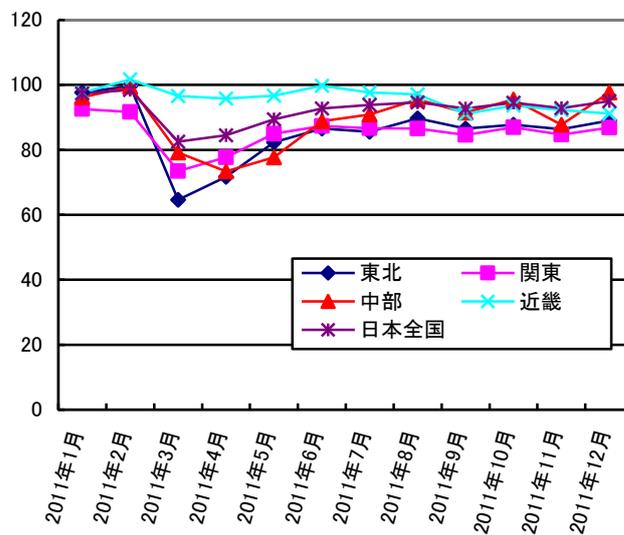


図-1 鉱工業生産指数の推移 (2005年=100, 季節調整済)

害を拡大させる重要な要因であるとの認識に立ち、全国47都道府県間動的応用一般均衡モデルを用いて、南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害推計を試みる。本研究の特徴は、産業連関表からはカリブレートできな

い代替の弾力性の値を東日本大震災の再現を通してカリブレートする点にある。すなわち東日本大震災による経済被害を一定の範囲で再現できる応用一般均衡モデルを構築し、続いて将来発生が懸念される南海トラフ巨大地震の製油所被災の経済被害を推計する。

2. 応用一般均衡モデルの構造

(1) 生産部門の構造

以下では本研究の全国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-2で生産関数の構造を説明する。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

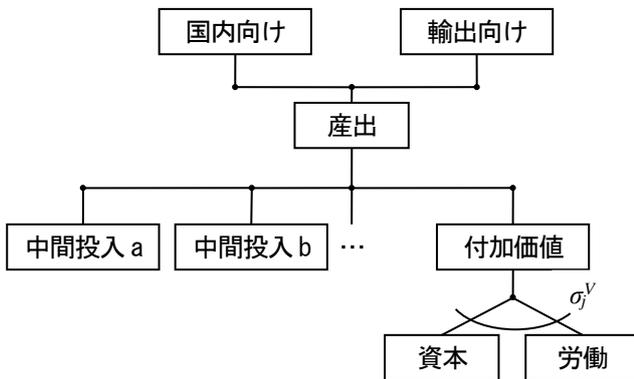


図-2 生産関数の構造

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

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。なお本研究のモデルでは、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交易を行っている。

(2) 家計部門の構造

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機会が多いが、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-3参照）。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推定事例を参考にしている²⁾。「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としてモデル化している。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

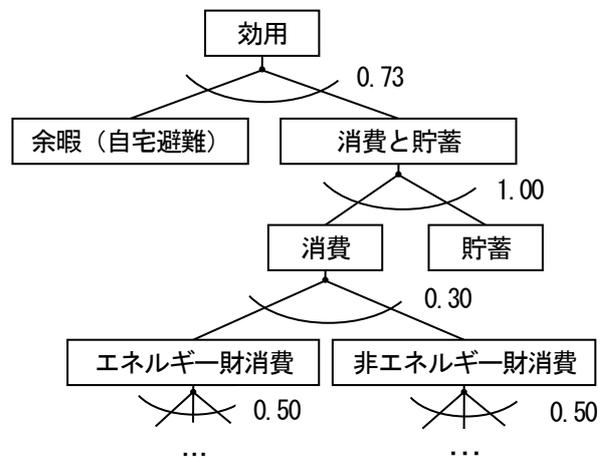


図-3 効用関数の構造

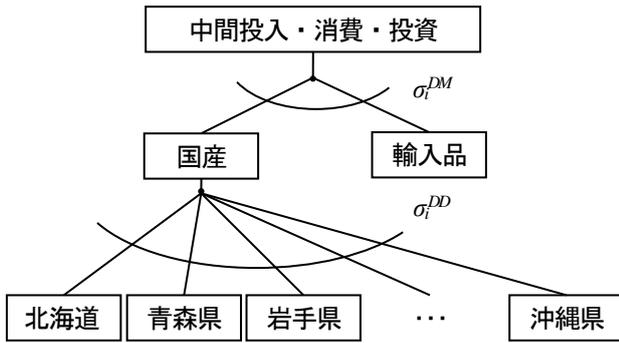


図4 地域間交易の構造

「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³⁾。

なお代表的家計は各地域の労働力と資本ストックの所有者であり、生産部門に資本ストックを貸し出し、使用料を受け取る。また労働力も生産部門に供給し賃金を得る。資本ストック使用料と賃金からなる所得を上限とし、代表的家計は自らの効用水準を最大化すると仮定する。

(3) 地域間交易の構造

図4で示されている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り、第2章で推定する。 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。

(4) モデルの動的構造

本モデルではパティークレイ (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長的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。一方で労働力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。

3. 代替の弾力性のカリブレーション

(1) カリブレーションの方法

応用一般均衡モデルの利点の1つは、単年の産業連関表から生産関数や効用関数の代替の弾力性の値以外のパラメータをカリブレートできる点にある。代替の弾力性の値は別に定めなくてはならない。しかし代替の弾力性の推定に関する先行研究は必ずしも多くない。小池・伊藤・中尾⁴⁾などの先行研究は存在するものの、分析対象の期間が異なる場合には必ずしも先行研究の値をそのまま利用できない。本研究は災害の経済被害推計を1ヶ月単位でシミュレーションする。時間的に短期の代替の弾力性の値について全国47都道府県間で推計した事例はない。そのため本研究では東日本大震災の全国への経済被害をモデル上で再現することを通し、資本と労働の間の代替の弾力性 σ^V および地域間交易の代替の弾力性 σ_i^{DD} の値をカリブレートする。

以下では再現方法について説明する。まずモデル上の第1期期首を2011年3月期首とし地震発生を想定する。地震動や津波による被害は全て資本ストックの毀損によって表現する。具体的にはモデルの岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の各産業の資本ストックは季節調整済み鉱工業生産指数の2011年3月の対前月比と等しい比率で毀損すると仮定する。2011年3月以降の資本ストックの復旧は、各地域の家計貯蓄が資本ストックへの新規投資の原資となる形で内生的に進行する。シミュレーションの再現性の判定については、鉱工業生産指数の2011年3月の対前月比と年間を通じた鉱工業生産指数の動向でそれぞれ短期と長期の再現性を確認している。再現性については第3節で扱う。

(2) カリブレーションの結果

労働と資本の代替の弾力性のカリブレーションの結果は表の通りである。地域間交易の代替の弾力性のカリブレーションの結果は表-2の通りである。特徴は自動車部門に現れる。東日本大震災の全国的な経済被害を再現するためには、自動車部門の労働と資本の代替の弾力性の値を他部門のそれに比べ大幅に低く設定する必要がある。また地域間交易の代替の弾力性の値も自動車部門は他の生産部門に比べて大幅に低く設定する必要がある。

以上より、他産業に比べて自動車部門は工場設備等の資本ストックが重要な生産要素となっていること、各地域の自動車産業は統計分類上で同じに分類されても実際には質的に異なる製品を生産しており、広域のサプライチェーンを形成することで自動車生産が成立していること、自動車部門が日本の産業連関上、他の産業に対し大きな影響力を有していることが推測できる。

(3) カリブレートしたパラメータによる再現研究

表-2 と表-3 の値は、東日本大震災の経済被害を全国 47 都道府県間応用一般均衡モデルで再現できるようカリブレートした値であるが、本節ではその再現性を検討する。図-5 は応用一般均衡モデルによるシミュレーション結果と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、モデルの製造業について生産額で重み付けした工業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-5 中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 $y_i = \beta x_i + \varepsilon_i$ を想定し、 β 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 β の 95%信頼区間は下限 0.821-上限 1.094 であ

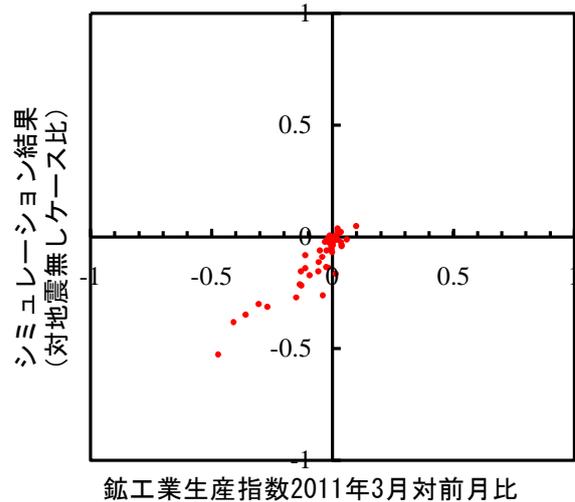


図-5 シミュレーション結果と観測値の比較

表-2 労働と資本の間の代替の弾力性の値 (σ^L)

1. 農林水産業	1.00	11. 一般機器	0.40
2. 飲料食品	1.00	12. 電気機械	0.40
3. 繊維・衣服	1.00	13. 電子部品	0.40
4. パルプ・製紙	0.40	14. 自動車	0.05
5. 印刷・出版	0.40	15. 船舶 (造船)	0.40
6. 化学製品	0.40	16. その他の輸送機器	0.40
7. 石油・石炭製品	0.40	17. 精密機器	0.40
8. プラスチック・ゴム製品	0.40	18. 建設	1.00
9. 窯業・土石	0.40	19. 電力・ガス・水道	0.40
10. 金属製品	0.40	20. サービス業	1.00

表-3 地域間交易の間の代替の弾力性の値 (σ^{DD})

1. 農林水産業	1.00	11. 一般機器	0.60
2. 飲料食品	1.50	12. 電気機械	0.80
3. 繊維・衣服	1.20	13. 電子部品	0.30
4. パルプ・製紙	0.80	14. 自動車	0.01
5. 印刷・出版	0.80	15. 船舶 (造船)	0.20
6. 化学製品	0.20	16. その他の輸送機器	0.20
7. 石油・石炭製品	1.20	17. 精密機器	0.30
8. プラスチック・ゴム製品	0.80	18. 建設	1.00
9. 窯業・土石	0.80	19. 電力・ガス・水道	1.00
10. 金属製品	0.80	20. サービス業	1.00

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-6から図-9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ている。そのため2011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Putty-Clayの仮定に基づき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に反映されていると考えられる。福島県ではシミュレーション結果が実際の鉱工業生産指数を下回っている。茨城県も同様である。

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-10から図-14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-10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-11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-12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ない離が見られる。シミュレーションに比べ現実の方が生産の落ち込みが大きく、特に4月と5月に大きく生産が落ち込んでいる。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大幅な生産減少を余儀なくされている。モデルでは自動車部門の地

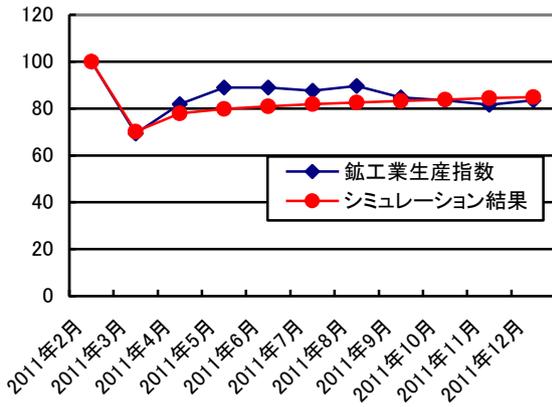


図-6 岩手県の「工業生産」の推移

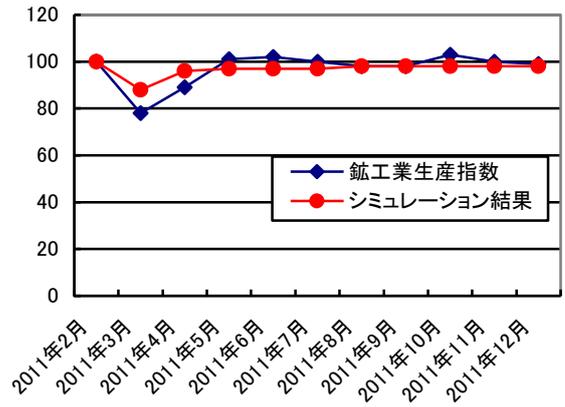


図-10 神奈川県「工業生産」の推移

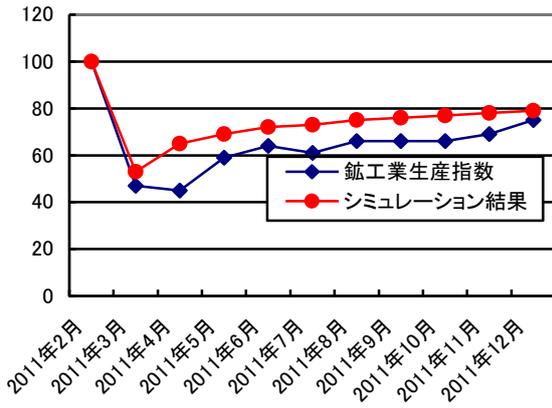


図-7 宮城県の「工業生産」の推移

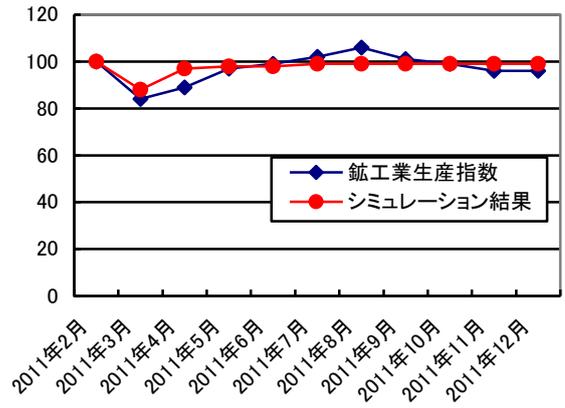


図-11 静岡県の「工業生産」の推移

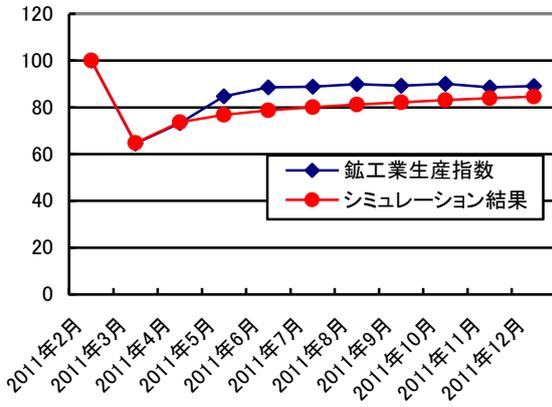


図-8 福島県の「工業生産」の推移

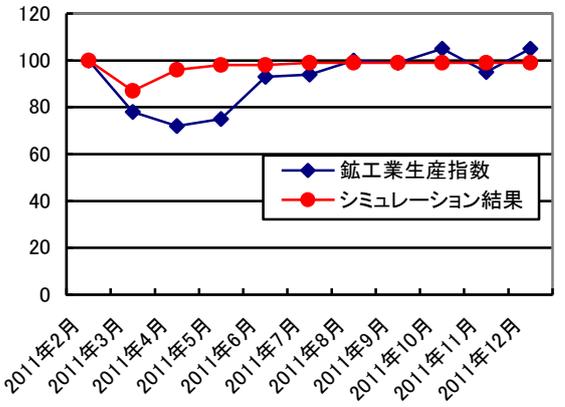


図-12 愛知県の「工業生産」の推移

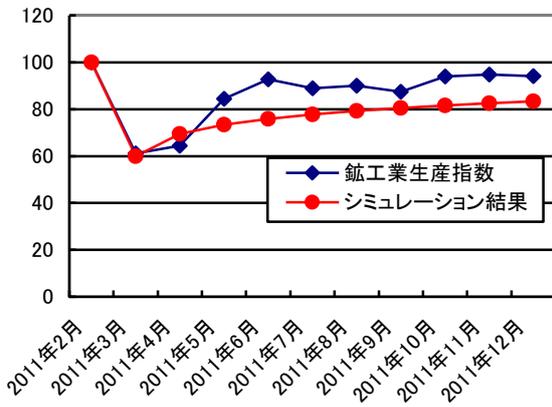


図-9 茨城県の「工業生産」の推移

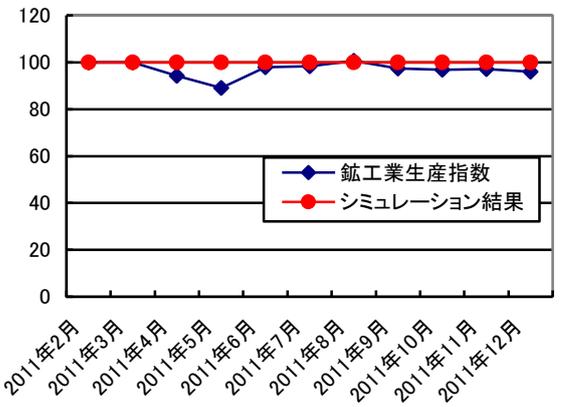


図-13 大阪府の「工業生産」の推移

域間交易の代替の弾力性の値を極めて小さく設定したものの、4月と5月におよぶ生産の落ち込み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が、現実では5月に生産の落ち込みが見られる。東日本大震災との関連は明らかではない。年間を通した評価を行う場合、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。

(4) 東日本大震災の再現研究のまとめ

全国47都道府県間応用一般均衡モデルの2種類の代替の弾力性の値を、東日本大震災の経済被害を応用一般均衡モデルにより再現する方法でカリブレーションを行った。再現性の検証を時間的に短期（1ヶ月）と長期（1年）で検討したが、概ね東日本大震災の経済被害は全国レベルで再現できたと考える。このことは本研究で構築した全国47都道府県間応用一般均衡モデルにより、東日本大震災以外の巨大災害の経済被害を一定の精度で評価できることを意味する。ただし、愛知県の検討で示された通り、自動車生産に欠かせない部品であるものの、応用一般均衡モデルのようなマクロ経済モデルでは捉えきれないサプライチェーンの寸断が存在した。東日本大震災における愛知県の自動車生産の落ち込みを捉えられなかったことは本研究の応用一般均衡モデルの課題である。

4. 製油所被災のシミュレーション

(1) 被災シナリオの設定

これまでは全国47都道府県間応用一般均衡モデルの作成過程について説明してきた。以下では同モデルを用いて南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害を推計する。

東日本大震災では、東北地方唯一の製油所である JX 日鉱日石エネルギー仙台製油所や沿岸部の油槽所が津波により被災し、東北地方で深刻な燃料不足が生じた。日本全国で見た場合、当時の石油精製能力はこの不足に十分に対応できたものの、油槽所やタンクローリー等の輸送手段の不足がボトルネックとなり、燃料不足が長期化した。近い将来発生が懸念される南海トラフ巨大地震では、地震動や津波、地盤の液状化により、沿岸部に立地する製油所が深刻な被害を受けることが懸念される。石油連盟資料⁴⁾によれば、東海地方には、愛知県知多市に日量17万5千バレル、三重県四日市市に38万7千バレルの処理能力を有する製油所が立地する。近畿地方では、大阪府堺市に日量37万1千バレルの処理能力を有する製油所が立地する。また和歌山県有田市に日量13万2千バレルの処理能力を有する製油所が、大分県大分市に

日量13万6千バレルの処理能力を有する製油所が立地する。いずれの地域も南海トラフ巨大地震に伴う津波浸水や強い地震動、液状化現象等による被害が懸念される。日本全国の製油所の処理能力は2015年12月時点で日量391万6千7百バレルである。その内、南海トラフ巨大地震による地震動や津波浸水、地盤液状化の被害を受ける可能性が高い上記の製油所の処理能力合計は日量120万1千バレルである。日本全国の製油処理能力の約30%が南海トラフ巨大地震の発生により何らかの被害を受ける可能性がある。

石油製品は燃料や化学製品の原料として利用され、産業活動に必要不可欠である。それゆえ製油所が被災した場合の経済被害を、サプライチェーンも含めて包括的に推計することは、被害額を勘案した合理的な防災対策を検討する上で重要な材料を提供する事になる。

製油所の被災シナリオについて、本研究では表4通りに設定した。シナリオ設定に際して、政府の南海トラフ巨大地震における津波浸水想定を主として参考としたが、地震動や地盤の液状化も製油所の施設に深刻な被害をもたらす。また製油所ごとに実施されている地震対策のレベルも異なる。これらを全て考慮し被災シナリオを構築する事は困難である。そのため本研究で設定したシナリオは想定可能な複数の被災シナリオの1つである事に注意していただきたい。また本推計は以下の仮定に基づいている。

a) 他産業の被災状況

石油製品産業はモデル上では「石油・石炭製品」部門に相当するが、推計に際してはこれ以外の産業は被災と想定する。ただし石油製品の供給が滞ることにより他産業に間接的に被害をもたらす。巨大地震等が起きた場合、通常であれば石油製品を利用する他の産業も被災し、石油製品に対する需要は低下する。そのため石油製品供給の減少のみに由来する経済被害は実質的には減少すると考えられる。そのため上記の仮定は、製油所被災に起因する経済被害を大きく評価する方向に働く。

b) 製品備蓄の状況

石油製品の製品備蓄は想定しない。供給量の減少要因となるため、経済被害を大きく評価する方向に働く。

c) 供給ルート of 状況

道路や航路等の石油製品の流通ルートの被災は想定しない。掃海による海上輸送の必要性やタンクローリー不足の可能性を考慮していないため、経済被害を小さく評価する方向に働く。

今後は上記の仮定を緩めより現実に即したシミュレーションを行う必要がある。ただし本研究では現段階での仮定の範囲における経済被害額の推計を試みる。

表-4 製油所の被災シナリオ

立地箇所	処理能力	被災シナリオ
愛知県知多市	17万5千 バレル/日	一月程度で復旧する 軽微な被害
三重県四日市市	38万7千 バレル/日	復旧に1年以上を要 する甚大な被害
大阪府堺市	37万1千 バレル/日	一月程度で復旧する 軽微な被害
和歌山県有田市	13万2千 バレル/日	復旧に1年以上を要 する甚大な被害
大分県大分市	13万6千 バレル/日	復旧に1年以上を要 する甚大な被害

(2) シミュレーション結果

a) 全国の実質 GDP への影響

表-4 の製油所被災シナリオに基づき、1 期間を 1 ヶ月と設定した動的シミュレーションを実施した。シミュレーション結果に基づけば、日本全国の実質国内総生産 (GDP) の損失額は年間 22 兆 620 億円に達する。上記の損失額には被災した製油所が生み出していた付加価値の損失に加え、石油製品の供給が減少したことによる他産業での付加価値の損失も含まれる。また代替生産で追加された付加価値も含まれるため上記の実質 GDP 年間損失額は純損失額である。図-13 は実質 GDP 損失額の月単位の推移である。地震発生から約 2 ヶ月間は、被災が軽微であった製油所の復旧が不十分であること、被災していない製油所での代替生産の体制が不十分であったため実質 GDP の損失額が大きい。なおモデルでは被災した製油所の復旧は毀損資本ストックへの新規投資という形で表現される。代替生産は資本ストックへの新規投資および労働での代替という形で表現される。代替生産が増加することで損失額は減少するが、三重県四日市市、和歌山県有田市、大分県大分市に立地する製油所が少なくとも 1 年間は復旧しないとシナリオで仮定しているため、それを主たる原因とする経済被害が発生し続ける。

図-14 は各都道府県の実質域内総生産 (GRP) の年間損失額の分布である。青色が濃いほど損失額が大きい。愛知県や三重県で特に損失額が大きい。これは製油所の被災の影響のみならず石油製品の供給が減少したことで化学産業や自動車産業等の他の産業の生産も減少したことも原因である。製油所が立地しない地域でも実質 GRP が減少しているが、これは石油製品の供給減少に由来する生産活動の低下および実質 GDP の落ち込みによる全国レベルでの消費の低下の影響である。赤色の地域は実質 GRP が地震発生前より増加した地域である。実質 GRP が増加する要因は代替生産である。代替生産は石油製品のみならず、石油製品を利用する様々な生産物について、全国的な不足を解消するために行われる。

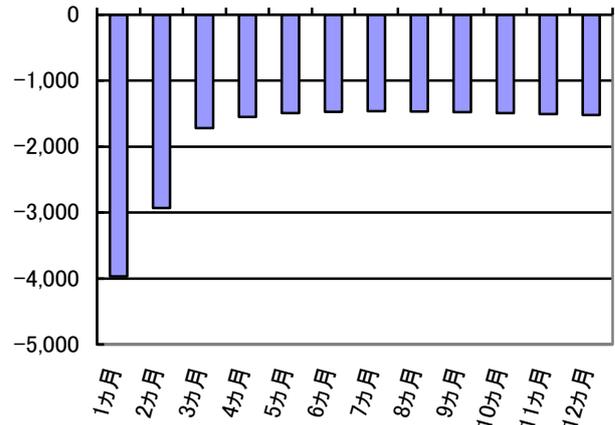


図-13 実質年間GDP損失の推移 (10億円)

b) 他産業の生産額に対する影響

以下では、製油所被災の他産業への波及的影響を、化学産業と自動車産業の生産額を見ることで考察する。図-15 は製油所の被災に伴う化学産業の年間生産額の変化を示している。被災した製油所の立地した地域だけでなく、関東地方以西で生産額が大きく減少している。主な要因は石油製品の供給減少により化学産業で利用する原材料の調達が困難となったことである。他方で関東地方および東北地方では生産額が増加している地域がある。化学製品の代替生産が生じたためである。実質 GDP の減少は最終消費の減少を意味するため、日本全体として化学製品に対する需要に減少圧力がかかる。しかし代替生産が顕著に行われる地域では生産額が地震発生前を超える場合がある。化学製品は自動車よりも地域間交易の代替の弾力性が高い。石油製品の不足が続く西日本に対し、東日本が化学製品の代替生産を担ったと解釈できる。

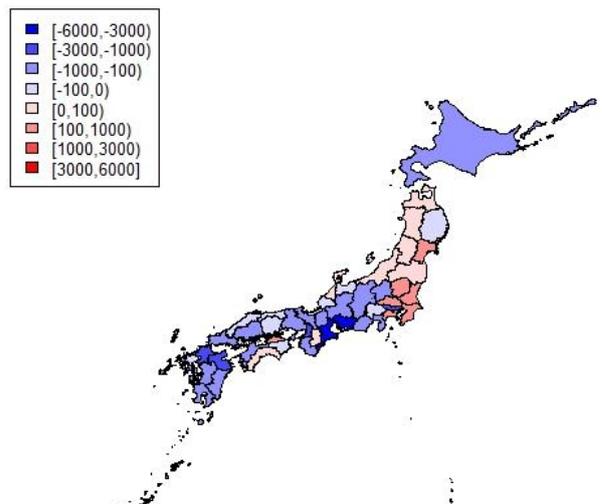


図-14 実質年間GRP損失の分布 (単位 10 億円)

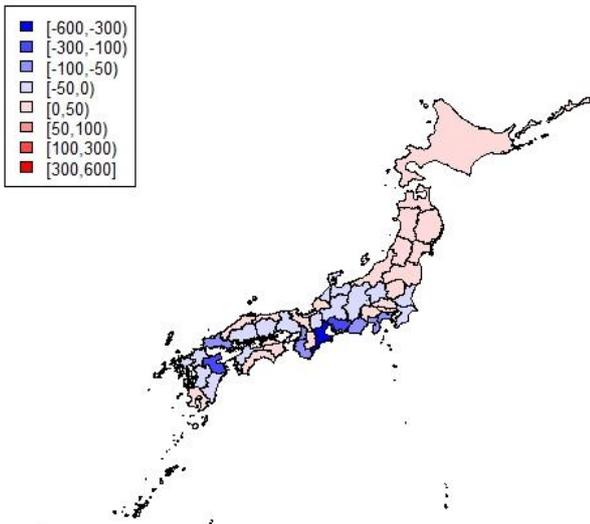


図-15 化学産業における年間生産額の変化 (単位 10 億円)

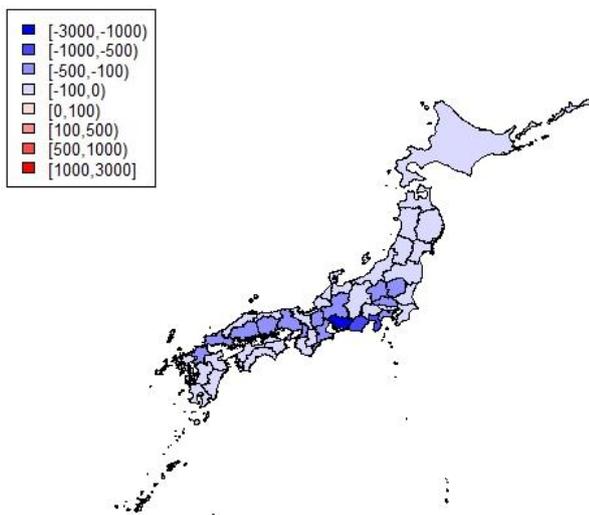


図-16 自動車産業における年間生産額の変化 (単位 10 億円)

図-16 は製油所の被災に伴う自動車産業の年間生産額の変化を示している。自動車産業の特徴は全国規模でサプライチェーンが展開されていることである。最終組み立て工場や主要部品工場に対して日本全国から各種部品や素材が供給されている。そのため原材料や部品供給が滞れば、全国の自動車や自動車部品の生産に影響が生じる。東日本大震災では茨城県にある半導体部品工場が被災したことにより、全国の最終組み立て工場が稼働停止に追い込まれた。最終組み立て工場が停止した場合、被災地域外の自動車部品工場も稼働を停止させざるを得ない。シミュレーション結果では、石油製品の供給減少により、全都道府県で自動車および自動車部品の生産額が減少する結果となった。

化学産業では代替生産を行う地域が現れたが、自動車産業では全ての地域で生産額が減少した。これは化学製品の代替の弾力性の値が自動車のそれよりも高いことに

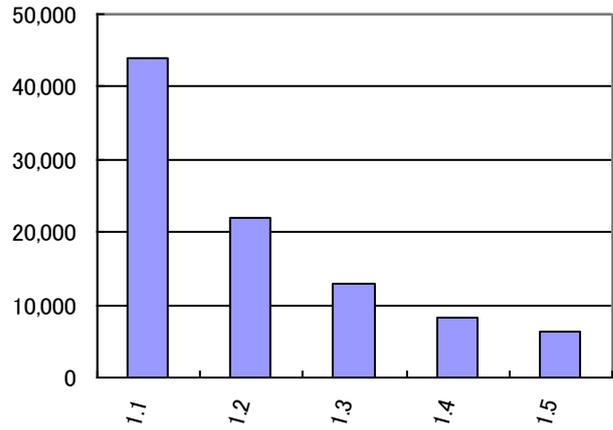


図-17 代替の弾力性と実質 GDP 損失 (単位 10 億円)

由来する。すなわち化学製品の生産技術は被災地域の企業に固有のものではなく、他地域でも同種の製品の生産がある程度可能と仮定したためである。一方で自動車や自動車部品の生産は、他地域の企業には容易に代替できないと仮定している。統計分類上は同じ「自動車産業」に分類されていても、現実に各地域で生産されている製品は質的に大きく異なることを意味する。

5. 代替の弾力性に関する感応度分析

本章では「石油・石炭製品」の地域間交易の代替の弾力性に応じ、実質 GDP 損失がどのように変化するかを示す。図-17 は「石油・石炭製品」の地域間交易の代替の弾力性の値に応じた年間実質 GDP 損失額である。感応度分析によれば、地域間交易の代替の弾力性の値が 1.4 以下となると実質 GDP 損失額にセンシティブに影響する。第 4 章の分析では 1.2 の値を採用しているが、その前後の値で実質 GDP 損失額が大きく変わりうることに注意が必要である。ただし、その他の被害を考慮してもセンシティブであるかどうかは今後の検討課題である。一方で、東日本大震災以降、燃料等の「石油・石炭製品」の代替供給体制が十分に整備され、不足を迅速に解消できる場合には、製油所被災による経済被害を大幅に軽減できる可能性も示唆している。

6. おわりに

本研究は、前半で全国 47 都道府県間産業連関表に基づく全国 47 都道府県間応用一般均衡モデルを構築した。特に労働と資本の代替の弾力性および地域間交易の代替の弾力性の値を、東日本大震災の経済被害を再現する事を通してカリブレートした。その再現性について時間的な意味での短期 (1 ヶ月) と長期 (1 年) で検討した。

短期では単回帰モデルによる統計的検定を実施し、「工業生産」全体では 2011 年 3 月の落ち込みを概ね再現した。長期においては愛知県等で落ち込みを再現できない地域が見られた。応用一般均衡モデルのようなマクロ経済モデルでは一部の部品の供給寸断の影響を十分には評価できないと考えられる。ただし他の工業府県や被災地の落ち込みおよび復旧過程等については概ね再現に成功している。

本研究の後半では、前半で構築した全国 47 都道府県間応用一般均衡モデルを用いて、南海トラフ巨大地震による製油所被災の経済被害を全国レベルで推計した。複数の仮定の上での推計ではあるが、本研究の製油所被災シナリオでは日本全国で実質 GDP の年間損失が 22 兆円を超える。巨大地震による製油所の被災が日本経済に甚大な影響を及ぼす可能性を示唆する結果である。

日本政府は東日本大震災の教訓を踏まえ、災害時の石油製品の不足に対応できるよう対策をとり始めている。例えば 2012 年 11 月 1 日に「石油の備蓄の確保等に関する法律」が改正されている。主な改正内容としては、石油輸入の困難時だけでなく災害により石油不足が生じた際にも、国家備蓄の石油および LP ガスを放出できること、被災地への石油製品供給を石油精製業者等が系列供給網や行政等と協力して行えるよう、「災害時石油供給連携計画」を策定し安定供給に備えること、災害時に燃料の給油拠点となるサービスステーションを設置し届け出ること、石油製品（ガソリン、灯油、軽油、A 重油）での国家備蓄の増加を進めること等である。また中央防災会議幹事会は、上記法改正の内容を含め、より包括的な災害時における燃料供給計画が示している⁹⁾。今後は、災害直後における対応に加えて、産業活動の迅速な再開

までも視野に入れた、石油製品の安定供給に関する計画策定が求められる。

本研究は南海トラフ巨大地震により製油所のみが被災するシナリオであるが、当然ながら他の産業や道路等のインフラも被災する。今後の研究では、総合的な被災シナリオを考慮し応用一般均衡モデルによる経済被害推計を行う。

参考文献

- 1) 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。
- 2) 畑農鋭矢, 山田昌弘: 家計行動と公共政策の効果—構造パラメータの検証と推計, 橋本俊詔編「政府の大きさと社会保障制度—国民の受益・負担から見た分析と効果」, 東京大学出版会, pp.203-222, 2007.
- 3) Paltsev, Sergey, John M. Reilly, Henry D. Jacoby, Richard S. Eckaus, James McFarland, Marcus Sarofim, Malcolm Asadoorian, and Mustafa Babiker. :The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4, *MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change*, No. 125, 2005.
- 4) 小池淳司, 伊藤佳祐, 中尾拓也: 地域間交易の代替弾力性の推定, 土木計画学会論文集 (土木計画学), Vol.68, No.5, 1_55-1_61, 2012.
- 5) 石油連盟: 製油所の所在地と原油処理能力 (2015 年 12 月末現在), 2016.
- 6) 中央防災会議幹事会: 南海トラフ地震における具体的な応急対策活動に関する計画, 2015.

(2016.?? 受付)

ECONOMIC IMPACT ASSESSMENT OF SHUTDOWN OF OIL REFINERIES DUE TO NANKAI TROUGH GREAT EARTHQUAKE: CGE MODELING APPROACH

Masato YAMAZAKI Atsushi KOIKE and Yoshinori SONE

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 CGE approach is, however, criticized in that key parameters are often not econometrically estimated.

The first purpose of this study is to calibrate a set of substitution parameters in a CGE model for the economic impact assessment of a natural disaster. 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.

The second purpose of this study is to conduct a quantitative assessment of the economic impacts of inoperative oil refinery plants stemming from the Nankai trough great earthquake using the CGE model with the calibrated substitution parameters. The impacts on GDP, GRP, and production of the other industries are assessed.