

令和 2 年 9 月 15 日現在

機関番号：13901  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2017～2019  
課題番号：17K13004  
研究課題名（和文）自然災害の経済被害に関する時間・空間連続性を考慮したシミュレーション手法の研究  
  
研究課題名（英文）Study on the simulation method for economic loss caused by a natural disaster considering regional and time linkage  
  
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・寄附研究部門准教授  
  
研究者番号：60628981  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：多地域多部門動的応用一般均衡モデルに基づく自然災害の経済影響評価手法について研究を実施した。特に地域経済をつなぐ要素として交通を明示的にモデルに組み込む研究を進めた。具体的には応用一般均衡モデルと利用者均衡配分モデルの統合的利用手法について研究を行い、災害時の道路毀損に関するシミュレーション分析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
災害による経済被害は被災地を超えて波及するため、推計では地域間の経済的つながりを考慮することが重要である。特に地域間の経済的つながりは交通によって支えられている。本研究では経済モデルと交通モデルを統合し、道路網の被災がもたらす経済被害を推計した。今後本研究を発展させることにより、巨大災害からいち早く経済を復興させる上で、あるべき道路復旧計画がシミュレーション可能となる。

研究成果の概要（英文）：This study examined the simulation method of economic loss caused by a natural disaster. The simulation model is based on a multi-regional multi-sector dynamic computable general equilibrium model. Specifically this study focused on integration of economic equilibrium model and traffic equilibrium model. Base on the developed model, an economic loss due to road damage was simulated.

研究分野：土木計画学

キーワード：応用一般均衡モデル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

巨大地震の経済被害は、広く複雑に展開されたサプライチェーンを通じて、被災地のみならず地理的に離れた地域へも波及する。そのため災害の経済被害を推計するためには地域間の経済的つながりを考慮しなくてはならない。その意味において、地域間産業連関表を利用した応用一般均衡モデルは、経済被害の波及をリアリティをもって推計できる手法であると考えられる。

ただし現実のサプライチェーンを支えているのは交通である。災害がサプライチェーンに与える影響を十分に考慮するためには、交通ネットワークを明示的にモデルに取り込むことが望ましい。

2. 研究の目的

本研究では、まず、これまでの応用一般均衡モデルにおける地域間交易扱い方とその課題を明らかにした。続いて応用一般均衡モデルと利用者均衡配分モデルを統合的に利用する形で、経済活動と交通流を統合する方法を提案した。

3. 研究の方法

これまでの応用一般均衡モデルにおける地域間交易はアーミントン仮定に基づくモデルで表現される場合が多い。本研究の応用一般均衡モデルではアーミントンの仮定を2段階の入れ子型CES関数によって表現している。式1は地域*s*から地域*r*へ移出される財が、地域*r*においてCES型関数により国産合成財*D<sub>i,r</sub>*となることを意味する。*y<sub>i,s,r</sub>*は*s*地域から*r*地域へ移出される同種の財の量である。*D<sub>i,r</sub>*は地域*r*で利用する第*i*財に関する国産品合成財の量である。なお*σ<sub>i</sub><sup>d</sup>*は地域間交易の代替の弾力性であり、各地域から移入される同種の財の相対価格の変化が、各地域からの移入の相対的な量に与える影響を決めている。さらに式2は*D<sub>i,r</sub>*が同種の輸入品*IM<sub>i,r</sub>*と合成されアーミントン合成財*Q<sub>i,r</sub>*となることを示している。アーミントン合成財*Q<sub>i,r</sub>*は地域*r*の産業が生産に利用したり代表的家計が消費したりすると仮定している。

$$D_{i,r} = \left( \sum_s \theta_{i,s,r}^{DD} y_{i,s,r}^{\frac{\sigma_i^d - 1}{\sigma_i^d}} \right)^{\frac{\sigma_i^d}{\sigma_i^d - 1}} \quad \text{式 1}$$

$$Q_{i,r} = \left( \theta_{i,s,r}^{IM} IM_{i,r}^{\frac{\sigma_i^q - 1}{\sigma_i^q}} + \theta_{i,s,r}^D D_{i,r}^{\frac{\sigma_i^q - 1}{\sigma_i^q}} \right)^{\frac{\sigma_i^q}{\sigma_i^q - 1}} \quad \text{式 2}$$

続いて、応用一般均衡モデルにおける輸送費用のモデル化について課題を示す。Iceberg (氷塊)型輸送費用モデルは、輸送される財はその一部が輸送のために利用されると仮定するモデルであり、輸送抵抗の簡便なモデル化手法として理論分析のみならず応用一般均衡モデルによる政策評価の分野においても広く採用されている。しかしIceberg型輸送費用モデルに対する批判は少なからず存在する。Iceberg型輸送費用モデルは輸送される財の生産技術と同じ技術を用いて輸送サービスも生産すると仮定しており、財の生産とその輸送は同一アクティビティとなる。一般的に多部門の応用一般均衡モデルは、産業連関表に基づきアクティビティ別で部門分類を行う。このことは各生産部門が財の生産とその輸送の両方を担うことになる。問題は輸送対象となる財の生産水準と輸送サービスの生産水準が明示的に区別できないことである。輸送費用の別のモデリング方法として輸送業を明示的に扱う方法を以下で提案する。

以下は輸送費用を明示的に分離したモデルの説明である。移輸入される財と発地で生産される輸送サービスをおある一定比率で合成したものが着地の需要者に需要されると考える式3において*qt<sub>i,s,r</sub>*は(輸)移入される財と輸送サービスの合成財の量を示している。*qt<sub>i,s,r</sub>*がCES型関数で合成されアーミントン合成財*Q<sub>i,s</sub>*となる。式4において*yt<sub>i,s,r</sub>*は*q<sub>i,s,r</sub>*の輸送に必要な輸送サービスの量を示す。式4において*θ<sub>i,s,r</sub><sup>T</sup>*は*q<sub>i,s,r</sub>*を1単位輸送するにあたり必要となる輸送サービスの量を定めるパラメータである。アーミントン合成財の価格は式5の通り表現する事ができる。*pq<sub>i,s,r</sub>*は*q<sub>i,s,r</sub>*の価格であり*pyt<sub>i,s,r</sub>*は輸送サービス*yt<sub>i,s,r</sub>*の価格である。輸送サービスの価格がモデルに明示的に示されている。何らかの理由で多くの輸送サービスが必要となれば*θ<sub>i,s,r</sub><sup>T</sup>*の値を引き上げる。なお*θ<sub>i,s,r</sub><sup>I</sup>*は輸送対象の財のシェアである。

$$Q'_{i,s} = \left( \sum_s \theta_{i,s,r}^{qt} qt_{i,s,r}^{\frac{\sigma - 1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma - 1}} \quad \text{式 3}$$

$$pqt_{i,s,r} = \theta_{i,s,r}^l pq_{i,s,r} + \theta_{i,s,r}^T pyt_{i,s,r} \quad \text{式 4}$$

$$yt_{i,s,r} = \theta_{i,s,r}^T qt_{i,s,r} \quad \text{式 5}$$

一般に $\theta_{i,s,r}^T$ の値は、地域 $s$ と地域 $r$ が空間的に離れているほど大きくなると考えられる。 $\theta_{i,s,r}^T$ は輸送対象財 1 単位を輸送するにあたり必要となる輸送サービスの量を定めている。 $\theta_{i,s,r}^T$ が高まることはより多くの輸送サービスを発地の輸送業者から購入する必要がある。その分だけ輸送業者は生産量を増加させる必要があるが、それは輸送トラックのドライバーの労働時間を増やしたり、輸送トラックの利用時間を増やしたりすることを意味する。

地震動により地域 $s$ と地域 $r$ を結ぶいくつかの道路の交通容量が大幅に減少した場合を想定する。交通容量が大幅に減少した道路はもちろん、被害が無い道路へも交通が集中し混雑が発生し得る。これにより平時と比べて一定量の財を同じ距離輸送するのにより多くの輸送サービス(輸送サービスを担う労働者の労働時間と貨物自動車の利用時間)が必要となる。このような状態を表現するには $\theta_{i,s,r}^T$ を引き上げれば良いが、どれだけ引き上げるべきかという課題が生じる。そこで本研究では応用一般均衡モデルと利用者均衡配分モデルとを統合的に利用し、 $\theta_{i,s,r}^T$ の値を経済活動と交通量の間で統合的に決定することを試みる。

#### 4. 研究成果

上記の考え方に基づき、実際の全国都道府県産業連関表に基づく応用一般均衡モデルと高規格道路網に基づく利用者均衡配分モデルを構築し、両モデルによる統合的なシミュレーション分析を試みた。ただし応用一般均衡モデルは 2005 年の都道府県間産業連関表を基に構築された都道府県間モデルであり、道路網は図 1 の通り全国の一部となっている。そのため以下で紹介するシミュレーション結果は未だ数値例の域を出ていない。シミュレーションの手法は下記の通りである(図 2 参照)。すなわち巨大地震の発生に伴い地震動の強い地域の主要道路が一定程度毀損したと想定する。その情報を利用者均衡配分モデルに反映させる。利用者均衡配分モデルでは道路の毀損の程度を道路の交通容量の減少としてモデルに取り込む。これにより利用者均衡配分モデルでは、道路の交通容量の減少を反映した新しい均衡のもとでの OD 間所要時間が計算される。所要時間を輸送費用に変換し応用一般均衡モデルで一般均衡解を求める。均衡取引量が産出されるがこれは利用者均衡配分モデルで当初想定していた OD 間交通量とは異なるはずである。そこで主要道路の交通容量の情報を所与とし、OD 間交通量を応用一般均衡モデルの解と統合的に調整し再度 OD 間所要時間を求める。これを繰り返すことで道路毀損に伴う経済活動水準と交通量を統合的に計算することができる。

以下では現段階のモデルによるシミュレーション結果について紹介する。図 3 は南海トラフで巨大地震が発生し、東海地方を中心に主要高規格道路の交通容量がどれだけ減少するかという推計値を示している。例えば静岡県と愛知県を結ぶ高速道路は平時の 0% から 20% の交通容量となっている。交通容量の設定については地震動の強さと関連しているものの今回の試算のための簡便法で推計している。地震による交通容量の変化の情報を基に統合モデルによるシミュレーションを行い、東海 4 県の製造業の生産量変化率を示しているのが図 4 である。なお今回は産業の生産設備に毀損はないという前提で計算している。今回の試算はあくまで道路損壊の影響のみを見るためである。モデルが完成した場合には産業の生産設備の損壊も考慮しシミュレーションを行う予定である。図 4 は東海 4 県の製造業の生産量の変化率を示している。青色の棒グラフは道路復旧が無い場合を示している。赤色の棒グラフは統合モデルにおける東名高速道路が復旧した場合の生産量の変化率である。後者は地震動や津波により東名高速道路が毀損しなかった場合の生産量の変化率とも解釈できる。モデルは未完成ではあるものの東海圏の製造業における東名高速道路の重要性が示唆される結果である。

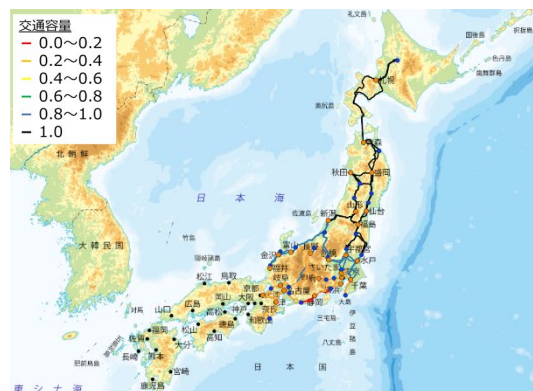


図 1 統合モデルにおけるノードとリンク

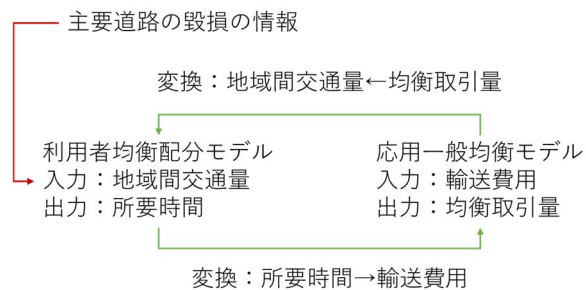


図 2 モデル間連携のイメージ

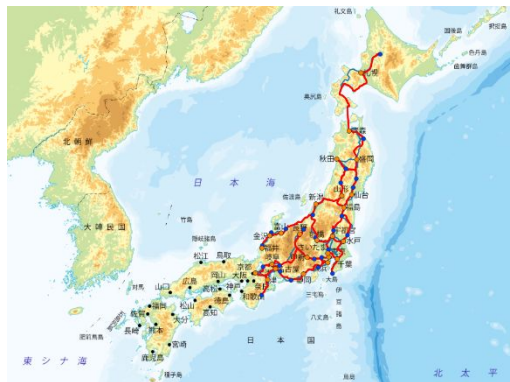


図 3 道路の毀損度合に対応する交通容量

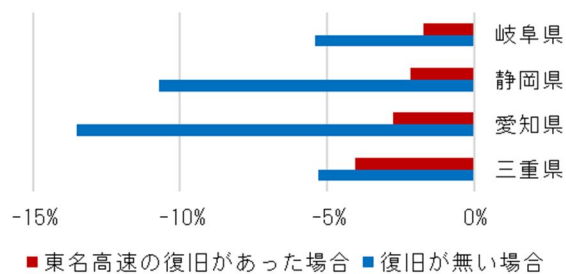


図 4 道路毀損による実質生産額の変化分（製造業）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 YAMAZAKI Masato, SEGI Shunsuke, ISHIKURA Tomoki, KOIKE Atsushi	4. 巻 76
2. 論文標題 A PROBLEM OF SECTORAL CLASSIFICATION IN MULTI-SECTOR SCGE MODEL WITH ICEBERG TRANSPORTATION COST MODEL	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 91 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2208/jscejipm.76.2_91">https://doi.org/10.2208/jscejipm.76.2_91</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamazaki Masato, Koike Atsushi, Sone Yoshinori	4. 巻 2
2. 論文標題 A Heuristic Approach to the Estimation of Key Parameters for a Monthly, Recursive, Dynamic CGE Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Economics of Disasters and Climate Change	6. 最初と最後の頁 283 ~ 301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41885-018-0027-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Masato Yamazaki
2. 発表標題 Assessing disaster economic impact considering transportation network
3. 学会等名 International Society for Integrated Disaster Risk Management 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masato Yamazaki, Atsushi Koike
2. 発表標題 A Heuristic Approach to the Estimation of Key Parameters for a Monthly, Recursive, Dynamic CGE Model
3. 学会等名 European Regional Science Association (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎雅人, 小池淳司, 石倉智樹, 瀬木俊輔
2. 発表標題 Iceberg型輸送費用モデルにおけるバイアス推計
3. 学会等名 土木計画学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎雅人
2. 発表標題 CGEモデルにおける交通投資のモデリング手法の検討
3. 学会等名 応用地域学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山崎雅人
2. 発表標題 The effect of an earthquake's sequential pattern on total economic loss caused by earthquakes
3. 学会等名 European Regional Science Association (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山崎雅人
2. 発表標題 アーミントン仮定下におけるアイスバーグ型輸送費用モデルの諸課題
3. 学会等名 土木計画学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----