

大規模災害後の経済回復関数の推計*

Estimation of Economic Recovery Function after a Large Scale Disaster *

梶谷 義雄**, 山野 紀彦***, 朱牟田善治 **

By Yoshio KAJITANI **, Norihiko YAMANO*** and Yoshiharu Shumuta**

1. はじめに

都市への経済活動の集積に伴い、自然災害による経済被害は増加の一途をたどっている。特にマグニチュード7を超える巨大地震は世界各地で頻繁に発生しており、多くの地質学者や地震工学者が近い将来において高い確率で発生するであろう地震災害について警鐘を鳴らしている。例えば、日本においては、東海、東南海、南海地震という巨大地震群が今後30年以内に発生する確率は東海地震（80－90％）、東南海（50％）、南海（40％）と推計されており¹⁾、これら地震への備えは国、地方自治体、企業、住民にとって大きな課題となっている。しかし、あらゆる危険事象に対して完全な対策を施すことはコスト的に困難であり、損失軽減の効果を考慮した防災対策が必要とされている。

経済被害の推計はそのための有効な判断指標の一つであり、これまで数多くの研究がなされてきた。特に、道路、電力などのライフライン系構造物の被害と産業連関モデルをはじめとする経済モデルの統合は、経済被害推計の上で重要な課題となっている。例えば、交通モデルを経済被害推計の枠組みに入れた分析(e.g. 高橋ら²⁾, Cho et al³⁾), 供給系ライフライン（電力、水道、ガス）の経済被害分析（Rose et al⁴⁾）などが存在し、過去に発生した地震被害や将来の地震シナリオに基づいた分析が行われてきた。これらはライフライン系構造物の重要性を把握し、然るべき防災対策を行う上で重要となっている。

しかし、既往の研究は、刻一刻と変化する被災後

の経済回復状況に対して、実証的な観点から十分な検討が行われておらず、そのため数日、数週間単位で変化するライフライン途絶状況の影響を十分に把握することは困難であった。特に、建物・設備被害の大きさ、経済成長の進展状況、交易形態、産業連関性、従業員、最終需要の回復状況などの様々な複雑な要因が、被災後の部門別回復特性の分析を困難にしている。このような回復特性を規定する要因の影響度を理論的に決定することは困難であるため、実際に被害をもたらした自然災害を対象に、生産の回復過程や最終需要の回復過程に関して事後分析を積み重ねることが、経済被害推計ルールを改善する上で重要となる。

そこで、本研究では、兵庫県南部地震後の鉱工業生産指数（IIP: Indices of Industrial Production）が被災後も月次ベースで収集されていることに着目し、統計的に製造業部門の回復特性を決定することを試みる。さらに、得られた結果を用い、経済被害予測を行う際に有用な製造業部門別の回復関数の提案を行う。

2. 自然災害による経済被害推計の課題

自然災害による経済被害の推計を行うためには、多くの要因を考慮する必要がある。例えば、交通システムが被害を受けた状況での地域間交易の状態、直接被害と最大生産可能レベル、最終需要、産業連関構造などが挙げられる。図－1は本研究で対象とする一般的な経済被害推計の枠組みを示す。供給、需要、地域間交易は相互に影響を及ぼし合い、これらは交通システムや供給系ライフラインシステムの物理的被害や機能的被害に影響を受ける。被害状況下における交通流や交通費用に依存しながら、できる限り

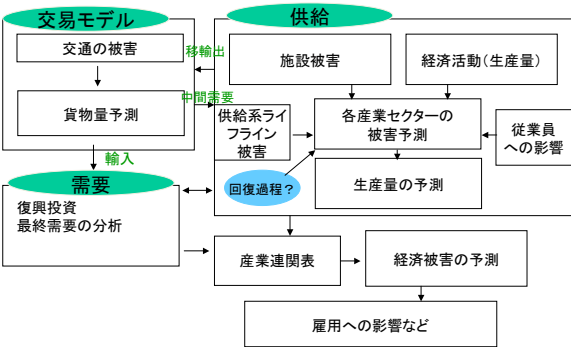
*キーワード：自然災害、経済回復過程、産業連関分析、鉱工業生産指数、兵庫県南部地震

**正員 工博 電力中央研究所

(〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646, Tel 0471-82-1181)

***非会員 電力中央研究所 社会経済研究所

供給量が需要量を満たすように地域間取引による財の取引量が決定される。



図－ 1: 経済被害分析の枠組み

さらに、地域間取引を行う財の量、供給、需要量は産業連関構造を満たす必要がある。この産業の連関構造のため、投入財の不足による生産の減少などの間接被害が生じる。一般的な産業連関モデルは以下のように表現される。

$$AX + F + E - M = X \tag{1}$$

ここで A :投入係数行列, X :生産ベクトル, F :最終需要ベクトル, M :輸入量ベクトル, E :輸出量ベクトルである。このモデルにおいて、計算される間接被害（フロー被害:生産の減少量）はXの減少で与えられる。しかしこの種の経済被害分析の枠組みを計算するためには相当の困難を伴う。例えば、最終需要の変化は経済被害分析の中でも最も推計が困難と考えられる事象の一つである。従って、多くの経済被害分析において、最終需要は災害発生の前年度と同じと仮定するか、あるいはいくつかの研究で指摘されているように、復興投資によって増加する場合も想定される。しかし他地域から送られる食料、衣服による支援や人々の将来に対する不安により最終需要は減少する可能性も指摘されている（Okuyama and Liu⁵⁾）。このように最終需要の予測は困難であるが、最終需要を理論的に決定する方法として家計の効用最大化行動や価格メカニズムを考慮した一般均衡モデルが用いられる場合もある（Rose et al⁶⁾、Tsuchiya et al⁷⁾）。しかし、災害時における行動心理とは整合性が取れない可能性があるため、生産能力の回復と同時に最終需要の回復についても実デー

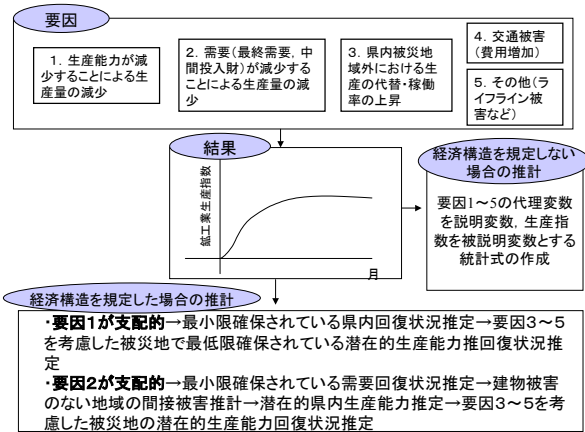
タを用いた検討が必要となる。

3. 製造業部門別回復関数の推計法

(1) データセットと分析の枠組み

本研究の遂行の上で重要な課題は、どの程度の時間・空間スケールでデータを得ることができるかである。回復関数を推定するためには、地震前の経済活動のレベル、各産業の直接的な被害、復興の状況などのデータが必要となり、それらをできるだけ小さな時間・空間スケールで取得することが重要である。本研究では500mメッシュでの産業の集積、1ヶ月単位ごとの生産レベルを公表されている資料から作成し得る経済活動データの最小値と考え、それに基づいた分析を行うこととした。表－1は本研究で用いるデータベースとなる。また、1994年の兵庫県の産業連関表は推計されていないが、1990年と1995年における近畿圏の産業連関表からRAS法によって各産業の加工度効果と代替効果を調べ、1990年の兵庫県産業連関表を1994年まで外挿することによって作成した。

表－ 1: 作成したデータベース ⁸⁾
収集・推計されたデータ
鉱工業生産指数
1994年兵庫県産業連関表
1994年生産額 (28産業部門, 兵庫県 3次, 4次メッシュ単位)
地震災害による産業別直接被害 (28 産業部門, 兵庫県, 3次, 4次メッシュ単位)
交通データ (1990年と1995年の10月に行われた 調査 (3日間調査)と年間調査, 兵庫県)



図－ 2: 分析の枠組み

図-2に本研究の分析の枠組みを示す。基本的に兵庫県のIIPデータから、産業別の回復特性を決定する関数を推計することを目的とするが、図に示されるような様々な要因が推計を困難にしている。そこで、まず経済構造を規定せず説明変数との相関関係のみに着目した回復関数の推計を行う。次いで、産業連関構造などを考慮したより構造規定型の分析を行うが、これは生産量への影響でなく、生産能力の回復、最終需要の回復特性を個別に分析するためである。この際以下の2つのアプローチを用いる。1つ目は、生産の制限が支配的であるため生産量が減少したものと考えた場合である。これにより、災害時に最低限確保されたと考えられる生産能力の回復過程の分析を行う。2つ目は需要の減少が支配的であるため生産量が減少したものと考えた場合である。つまり、生産能力には余裕があるが、需要の減少が間接的被害をもたらし、その結果生産量が減少したと想定する。この場合、生産能力は実際の生産量に加え、建物・設備被害のなかった産業に帰着する間接被害分を割り増す必要がある。実際のケースでは、生産能力の低下と需要の減少の2つの影響が混在していることが予想されるが、それらの特定は困難であるため、上記のような2つの極端なケースを対象とし、回復関数の取り得る範囲について分析を行うこととする。

(2) 地域経済の構造を規定しない場合における回復関数

まず、最初に経済構造（交易、供給と需要、産業連関など）を規定しないケースを対象とする。回復関数を推計するために、兵庫県のIIPデータを用いるが、この指数はより広域的な経済状況の影響を受けるため、地震による影響のみを評価することは難しい。たとえ災害後の兵庫県のIIPデータが上昇傾向にあったとしても、日本全体のIIPがさらに上昇傾向にあったとしたら、このことは兵庫県の製造業部門における付加価値の減少、あるいは全国シェアの低下を意味する。従って、広域的な要因による影響を取り除くために、兵庫県の $IIP(I_t)$ を全国の $IIP(i_t)$ で除し、基準化した指標 NI_t を作成する。すなわち、

$$NI_t = i_t / I_t \quad (2)$$

このとき、回復関数 r_t は次の関係式を満たす。

$$NI_t = 1 - S(1 - r_t(\Theta)) \quad (3)$$

ここで、 S はショックの大きさ（1995年1月におけるIIPの減少値）を表し、回復関数 r_t はショックからの回復の程度を示す。 r_t が大きいほど回復力が速いことを意味する。 Θ は直接被害、交通費用、期待成長経路のトレンド、輸出、輸入構造、間接被害などの回復特性に影響を及ぼすと考えられる要因ベクトルである。図-3は地震災害による経済ショックと

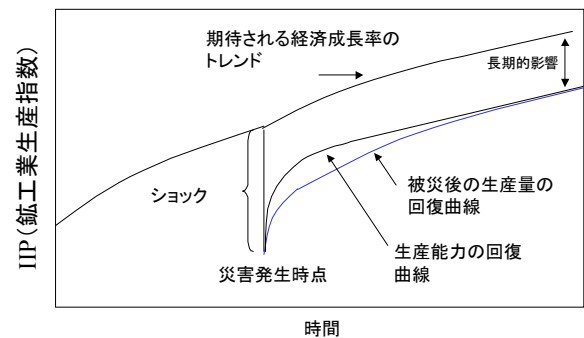
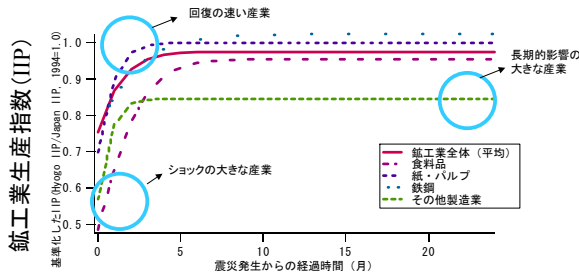


図-3: 地震災害による経済ショックと経済活動の回復過程に関する概念図

経済活動の回復過程に関する概念を示している。ここで、災害後の回復曲線を示す r_t は非線形の単調増加関数として表される。基準化したIIPの場合、経済回復時点は全国の成長トレンドに追いつくことに相当するため、ロジスティック関数のような時間の増加に伴い収束する関数で表現することが可能である。ロジスティック関数を用いた場合、

$$r_t = \frac{b(\Theta)}{1 + c(\Theta)\exp(-a(\Theta)(t))} \quad (4)$$

となる。 Θ は輸出への依存度や産業部門別の経済トレンドなどの説明変数集合である。式(4)において、 $a(\Theta)$ は回復の速度（ショックから新たな収束点までの回復速度であるため、狭義の意味における回復の速度）、 $b(\Theta)$ は被害の長期的影響（大きな値をとるほど、長期的影響が小さい）、 $c(\Theta)$ はショックの大きさ（式(3)の S ）をそれぞれ規定するパラメーターと解釈される。 $a(\Theta)$ と $b(\Theta)$ が大きく $c(\Theta)$ が小さければ（ S が小さければ）、地震災害によるショックの大きさを緩和し、長期的影響が小さく、回復の速度が速いという意味において回復特性が優れている産業と判断される。



図－4: 回復関数推計結果の例

(3) 地域経済の構造を部分的に規定した場合における回復関数

さて、式(4)による回復関数を用いた経済被害分析は、こうした復興過程の影響について全く考慮しない経済被害分析よりもある程度の信用性を確保することが可能と考えられるが、式(4)は統計的な関係を示しただけのブラックボックス構造で構成されている。図－1に示された経済構造を部分的にでも特定することができ、それに相当する小さな時間スケールでのデータを得ることができれば、式(4)からいくつかの影響要因を分離することが可能と考えられる。例えば、もし交通システムが被害を受けなかった場合のシミュレーションを行うことができれば、図－2に示されるように、生産能力回復状況により近い関数を作成することが可能となる。このように様々な分離作業を経て作成された回復関数は、地域の交通ネットワークの形状や実際の被害状況に応じて柔軟な被害推定を行う上で重要となる。産業連関構造や刻一刻と変化する道路被害の回復状況に関するデータが得られた場合を考えよう。ここでは、生産の制約よりも最終需要の減少が支配的であり、県内被災地域外の産業に間接被害を及ぼす場合を想定する。経済被害の推計体系は式(1)と式(4)を拡張することで以下のように規定される。

$$i_t = \beta(Y_t - \Delta Y_t^1 - \Delta Y_t^2) \quad (5)$$

$$\Delta X_t = (I - A)^{-1}(\Delta F_t + \Delta E_t - \Delta M_t) \quad (6)$$

$$\Delta Y_t^1 = \frac{\Pi \Delta X_t}{\alpha} \quad (7)$$

$$\Delta Y_t^2 = (C(V'(t)) - C(V(t)))V'(t) \quad (8)$$

ここで Y_t は間接被害の影響がない場合の付加価値、 ΔY_t^1 は生産量の減少に伴う付加価値の減少、 ΔY_t^2 は交通コストの増加による付加価値の減少、 Π

は被災地域外の産業に影響を及ぼす割合を示すマトリックス、 α は付加価値率、 β は付加価値と IIP の換算比率、 $V'(t)$ は交通網の被害が発生した状況下における交通流、 $V(t)$ は交通被害がない状況における交通流、 $C(\cdot)$ はリンクコスト関数である。費用関数 $C(\cdot)$ は実際の被害状況に応じて決定されるため、その推定には交通シミュレーションが必要である。ここでは、簡便のため交通流の関数として定義している。式(5)-(8)の系において Y_t が決定された後、前小節のロジスティック関数の場合と同様の方法で、交通と産業連関の説明変数を除外した回復関数が得られる。

4. まとめ

その他詳細については、講演時に譲る。

[参考文献]

- 1) 中央防災会議（東海・東南海・南海地震に関する専門調査会），
<http://www.bousai.go.jp/chubou/chubou.html>, 2003.
- 2) 高橋顕博, 安藤朝夫, 文世一: 阪神・淡路大震災による経済推計, 土木計画学研究・論文集, Vol. 14, pp. 149-156, 1997.
- 3) Cho, S., Gordon, P., Moore, J., Shinozuka, M. and Chang, S.: Integrating transportation network and regional economic models to estimate the costs of a large urban earthquake, Journal of Regional Science, vol.41, No.1, pp.39-65, 2001.
- 4) Rose, A., Benavides, J., Chang, S., Szczesniak, P., Lim, D.: The regional economic impact of an earthquake: Direct and indirect effects of electricity utility damages, Journal of Regional Science, Vol.37, No.3, pp.437-458, 1997.
- 5) Okuyama, Y. and Lim, H.: Linking economic model and engineering model: Application of sequential interindustry model (SIM), paper presented at 49th North American Meetings of Regional Science Association International, 2002.
- 6) Rose, A., Liao, S.: Modeling regional economic resiliency to earthquakes: A computable general equilibrium analysis of water service disruptions, paper presented at the 49th North American Meetings of Regional Science Association International, 2002.
- 7) Tsuchiya, S., Tatano, H., Okada, N.: Economic losses caused by traffic regulation with the Tokai Earthquake warning declaration, Proceedings of the 2003 Joint Seminar and Stakeholders Symposium on Urban Disaster management and Implementation, pp.104-110, 2003.
- 8) 梶谷義雄, 山野紀彦, 朱牟田善治: 地震災害後の経済回復過程に関する一考察, 電力中央研究所研究報告 (U03060), 2004.