

空間応用一般均衡アプローチによる東海地震の警戒宣言時の 交通規制に伴う経済損失の評価

Transport-related Economic Losses with the Tokai Earthquake Warning Declaration
by a Spatial Computable General Equilibrium Approach

土屋 哲¹, 多々納裕一², 岡田 憲夫²

Satoshi TSUCHIYA¹, Hirokazu TATANO² and Norio OKADA²

¹京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻

Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University

²京都大学防災研究所 総合防災研究部門

Division of Integrated Management for Disaster Risk, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

This paper aims at showing a process to calculate transport-related economic losses by the Tokai earthquake warning declaration. Technically, a spatial computable general equilibrium (SCGE) model considering two major transportation network -road and railroad- is employed, in which a short-term equilibrium is assumed as one after the warning declaration announcement. As results of the analysis, it will be found that, transport regulation can yield much economic losses, and that such losses are spread over regions. Also, the losses are computed on some scenarios of traffic network level, and compared between them.

Key Words : transport-related economic losses, warning declaration, spatial computable general equilibrium model, long-term/short-term equilibrium,

1. はじめに

我が国では、多くの人口・資産が都市域に集中している。そして、これらの都市の多くが、地震、台風などの大規模自然災害の脅威にさらされている。人口・資産の集中した都市域において大規模災害が発生した場合、その被害は甚大なものとなりうる。

また、現代の我々の生活は、地域間の交流・交易という点で広域幹線交通網に大きく依存している。これはまた、洪水や地震などの自然災害時における交通の断絶によって発生する社会的損失も大きくなる可能性があることを意味している。実際に、1995年の阪神・淡路大震災の時には、神戸を中心に道路、鉄道、港湾といった交通機能が損傷し、物資の輸送や人々の移動に大きな影響が及んだ¹⁾。また、2000年の東海豪雨の時にも、愛知県を中心として交通の途絶が起こり、東海道新幹線が約1日間運転を見合わせたことによる損失額はおよそ17億円、高速道路や一般道路が通行止めになることにより発生した自動車交通の迂回や渋滞による損失額はおよそ480億円と推計されている²⁾。

一般に、地震災害による被害は、地震によってもたらされる直接的な人的・物的損害である直接被害と、直接被害を起因として発生する社会的・経済的影響を間接被害として区別される。特に大都市等の人口・資産の集積した地域における大規模な災害は、直接的・物的な損

害を被った地域に加えて、被災をまぬがれた地域においても社会・経済的な損失を発生させ、間接被害が直接被害に比べて無視できないほど大きい。たとえば豊田ら³⁾は、阪神・淡路大震災による産業部門の経済的被害額について、主な被災地を対象にアンケート調査や事業所統計などのデータを用いて推計を行い、被災後1年間に生じた間接被害額合計が直接被害額を上回るほど大きかったのではないかと研究結果を発表している。また、Gordon *et al.*⁴⁾は、ノースリッジ地震による交通施設の被災がもたらした雇用への影響を直接被災地域とその周辺地域に分けて集計しているが、彼らの統計では、ロサンゼルス地域全体でみた間接的影響は被災地域の直接的影響のおよそ半分であるとしている。このことは、直接被害の軽減に加えて間接被害を小さくするための方策が必要であることを意味している。

現在、東海地震の発生が懸念されている。この地震によって東海地域が被害を受けた場合、当該地域に直接的な被害が発生するばかりでなく、東海道新幹線や東名高速道路といった幹線交通が分断されて機能麻痺に陥る恐れがあり、東京圏と中京・京阪神圏の交流・交易が遮断することによる影響は間接的被害という形で全国に波及することが懸念されている。その場合、被害額は甚大なものになるとの予想もある。

このような問題意識を背景に、本研究では、東海地震の警戒宣言を対象とし、警戒宣言の発令に伴う経済的影

響として、高速道路や高速鉄道といった広域社会基盤に生じた機能損傷（交通規制）が社会に及ぼす影響を分析するための方法とそのプロセスを提示することを目的とする。具体的には、交通機能損傷を地域間の交通費用の変化として表現し、その変化が財の価格水準や企業の生産、あるいは家計の厚生水準に及ぼす影響を推計することを試みる。

2. 分析の枠組み

(1) 警戒宣言と地域間交通

警戒宣言は、24時間体制で気象庁に集約されている東海地震に関する観測情報をもとにして、地震発生の恐れが高いと判定された場合に発せられる。警戒宣言が発令された場合、地震防災対策強化地域に指定されている市町村（8都県 263市町村）では対応措置が定められていて、銀行やデパートなどのサービス業が基本的に営業を停止したり、会社や学校が閉社・閉校になったりする。

交通機関では、まず鉄道・バスなどの公共交通が最寄りの安全な駅に停車して、そこで運転が打ち切られる。また、道路については、強化地域内への流入・強化地域内での走行が極力制限され、事実上閉鎖されてしまうところもあり、人やモノの移動が大きく制限されてしまう。

このように、警戒宣言の発令が社会に与えるインパクトは非常に大きい。その一方で、警戒宣言発令後も地震の発生にはなお不確実性が残り、東海地震に臨み備える期間が予想以上に長期にわたって続く可能性もある。この場合、警戒宣言に伴う経済的影響が大きなものとなり、被害額という点からのみ見た場合に、警戒宣言が必ずしも有効に機能したとは言えない状況が起こりうる。特に、当該地域の交通が長期間にわたって規制された状態が続くと、交通の迂回や取りやめによる損失が発生するばかりでなく、その影響が周辺地域にも及ぶ。

地域や国家がこのような巨大災害に対してリスクマネジメントを実施していく際には、人的被害の軽減を最優先としつつも、同時に経済被害を軽減することのできるような対策を施していくことが必要であろう。警戒宣言発令が有効なリスクマネジメント施策として実施されるためには、その実施に伴うコスト、すなわち被害の定量的な評価が必要であると考えられる。そこで本研究では、東海地震の警戒宣言時に交通規制を主原因として発生する経済被害を分析の対象とする。

(2) 既往の関連研究と本研究の特徴

地震災害時の交通機能の損傷による経済被害に関する分析については、例えば以下のような研究をあげることができる。前述のGordon *et al.*⁴⁾は、1994年のノースリッジ地震で交通施設の被災が業務へ及ぼした影響を、空間配置モデル (Spatial Allocation Model) を用いて分析し、この種の被害が65億ドル以上であると推計して、その額が構造物の被害総額 (250億ドル以上) に比べてずっと小さいものの、無視できない大きさであることを示した。高橋ら⁵⁾は、計量経済モデルと産業連関表を組み合わせ、阪神・淡路大震災の間接的な影響を捉えるために生産設備および輸送施設の被害を考慮した経済被害推定モデルを構築し、被害推計を行っている。また、Ueda *et al.*⁶⁾は、空間応用一般均衡 - (Spatial Computable General Equilibrium : SCGE) モデルを用いて、高速鉄道網が1年間被災した場合の経済被害を計算し、インパクトの大き

さや被害の地域間波及について知見を得ている。

このように、災害時の交通機能の損傷に着目した被害推計・被害予測に関する研究は数多くなされている。しかしながら、これらの分析では外的ショック後に達すると想定される均衡 (事後均衡) 状態として、すべての内生要因に制約のない長期均衡が想定されている。そのために通常、地域間の資本移動を考慮したSCGEモデルでは、災害の発生によって生産資本の調整が生じ、生産資本の崩壊や交通条件の変化によって資本の限界生産性が低い地域から高い地域へと資本が移動することが想定されている。このため、被災をまぬがれた多くの地域で災害による正の便益が発生するという、あまり現実的ではない結果が得られる場合がある (例えば小池ら⁷⁾)。しかしながら、現実には資本への投資には不可逆性がある。いったん資本投下を実施すると、そのコストの大半はサンク (埋没) してしまい、回収が困難になるという性質がある。このため、ひとたび形成された資本は、減耗によって連続的に減少するか、もしくは災害等による不連続な減少といった外生的な変化によってしか減少しないと考えることが適切であろう。

特に、本研究で対象とする警戒宣言の発令下という条件下での経済では、財・サービス市場における均衡は達成されるかも知れないが、労働や資本の調整が、対応する期間内に終了することは考えにくい。そこで、本研究では、平常時には労働市場、資本市場および財・サービス市場が均衡に達していると想定するが、警戒宣言発令下に生じる交通条件の変化に伴って、労働・資本市場での調整はなされず、財・サービス市場のみが均衡する状況を想定する。また、既往の研究では、交通条件の変化を地域間の交通費用の変化に置き換え、財・サービスの交易量の変化 (物資流動の変化) を内生的に求めるか、トリップを生産要素に加え、旅客流動の内生化を試みている (例えばUeda *et al.*⁶⁾) かのいずれかであった。本研究では、これらの既往の研究成果にもとづき、警戒宣言発令に伴う物資流動及び旅客流動の変化を同時に考慮したモデルを作成することとする。

本研究の特徴として、①地域間の物資流動 (交易)、旅客流動 (交流) を同時に考慮した空間応用一般均衡モデルを構築していること、②警戒宣言発令時には、労働や資本の移動が生じないという、より現実的な条件下で市場均衡 (短期均衡) が達成されると想定して、被害の計量化を行っていること、をあげることができる。

3. 空間応用一般均衡モデル

(1) モデル化の前提条件

モデル定式化に当たって、以下のような条件をおく。

- N 地域から成る一國の閉じた経済空間を想定する。各地域間は交通網 (鉄道、道路) で結ばれている。簡単のため、鉄道は旅客輸送のみを、道路は貨物輸送のみを取り扱うものと仮定する。
- 各地域の経済主体に、家計と M 種の産業を想定する。
- 産業ごとに1つの企業が立地し操業している。企業 i は、 M 種の中間投入財と労働、資本、フェイス・トゥ・フェイスコミュニケーションのための業務トリップを投入要素として用いてただ1種類の財 i を生産する。その行動は、利潤最大化行動に従う。
- 家計は企業に資本と労働力を提供して賃金を得、財の消費を行い、効用を得る。その行動は、効用最大化行動

に従う。家計は立地に関して地域間の移動は行わず、消費活動もすべて居住地域内で行う。

e) 各市場は完全競争的であり、平常時には社会が長期均衡状態にあるものとする。警戒宣言発令時には、後述の枠組みにて短期均衡に達すると想定する。

(2) 企業の行動

地域 k に立地する企業 i は、地域 l で生産され、自地域内に輸送されてきた中間投入財 j と労働、資本、業務トリップを生産要素として、規模に関して収穫一定となる一次同次の技術を用いて商品 i を生産するものと仮定する。図1に企業の生産関数構造を示す。

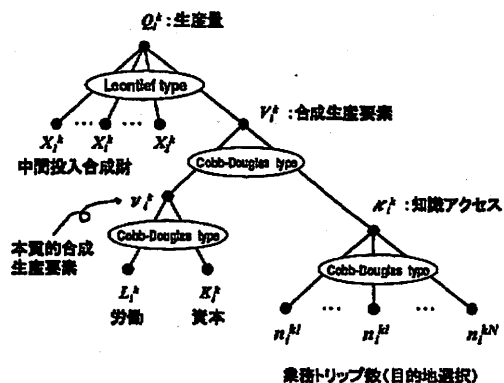


図1：企業の生産関数構造

このような階層化構造により、企業の利潤最大化行動を以下のような3段階の最適化行動モデルで記述する。

Stage 1 (生産量および中間財投入量の決定)

$$\pi_i^k = \max p_i^k Q_i^k - \left\{ \sum_{j=1}^M q_j^k X_{ji}^k + c_{vi}^k(w^k, r, \tau^k) V_i^k \right\} \quad [1]$$

$$\text{subject to } Q_i^k = \min \left\{ \frac{X_{1i}^k}{a_{1i}^k}, \dots, \frac{X_{Mi}^k}{a_{Mi}^k}, \frac{V_i^k}{a_{vi}^k} \right\} \quad [2]$$

Stage 2 (労働、資本投入量の決定)

$$c_{vi}^k(w^k, r, \tau^k) V_i^k = \min w^k L_i^k + r K_i^k + c_{ni}^k(\tau^k) \kappa_i^k \quad [3]$$

$$\text{subject to } V_i^k = \alpha_{2i}^k \left\{ (L_i^k)^{\delta_{Li}^k} (K_i^k)^{\delta_{Ki}^k} \right\}^{1-\beta_i^k} (\kappa_i^k)^{\beta_i^k} \quad [4]$$

Stage 3 (業務トリップ投入量の決定)

$$c_{ni}^k(\tau^k) = \min \sum_{l=1}^N \tau^{kl} n_i^{kl} \quad [5]$$

$$\text{subject to } \kappa_i^k = \alpha_{3i}^k \prod_{l=1}^N (n_i^{kl})^{\delta_{ni}^{kl}} \quad [6]$$

ただし、

- π_i^k : 地域 k に立地する企業 i の利潤,
- p_i^k : 地域 k における財 i の生産地価格,
- Q_i^k : 地域 k における財 i の生産量,
- q_j^k : 地域 k における財 i の消費地価格,
- X_{ji}^k : 地域 k で、財 i の生産に使われる中間投入財 j の量,
- V_i^k : 付加価値を形成する生産要素からなる合成財,
- c_{vi}^k : V_i^k の単位費用関数,
- w^k : 地域 k の賃金率,

r : 利子率,

a_{ji}^k : 地域 k , 企業 i の生産に関する投入係数,

a_{vi}^k : 地域 k , 企業 i の生産に関する付加価値率,

κ_i^k : フェイス・トゥ・フェイスコミュニケーションにより獲得する知識アクセス,

c_{ni}^k : κ_i^k の単位費用関数,

τ^{kl} : 地域 k から l への一般化旅客交通費用,

L_i^k, K_i^k : 地域 k の企業 i に提供される労働・資本の量,

$\delta_{Li}^k, \delta_{Ki}^k$: 企業 i の労働、資本のシェアパラメータ,

β_i^k : 企業 i の本質的合成生産要素と知識アクセスの間の代替パラメータ,

n_i^{kl} : 企業 i の地域 k から l へのトリップ数,

δ_n^{kl} : トリップの目的地選択に関するシェアパラメータ,

$\alpha_{2i}^k, \alpha_{3i}^k$: 比例定数

である。この3段階最適化行動問題[1]-[6]を、Stage 3 から Stage 1 の順に解くと、次のような需要関数を得る。

・業務トリップ需要関数

$$n_i^{kl} = \frac{\delta_n^{kl} \beta_i^k c_{vi}^k(w^k, r, \tau^k)}{\sum_{l=1}^N \delta_n^{kl}} \tau^{kl} \quad [7]$$

・労働需要関数

$$L_i^k = \frac{\delta_{Li}^k (1 - \beta_i^k) c_{vi}^k(w^k, r, \tau^k)}{\delta_{Li}^k + \delta_{Ki}^k} w^k \quad [8]$$

・資本需要関数

$$K_i^k = \frac{\delta_{Ki}^k (1 - \beta_i^k) c_{vi}^k(w^k, r, \tau^k)}{\delta_{Li}^k + \delta_{Ki}^k} r \quad [9]$$

・中間財需要関数

$$X_{ji}^k = a_{ji}^k Q_i^k \quad [10]$$

・合成生産要素需要関数

$$V_i^k = a_{vi}^k Q_i^k \quad [11]$$

ただし、 $\beta_i^k \neq 0$ のとき、

$$c_{vi}^k = \frac{1}{\alpha_i^k} \left\{ \frac{\prod_{l=1}^N (\tau^{kl})^{\delta_n^{kl}}}{\beta_i^k} \right\}^{\beta_i^k} \left\{ \frac{(w^k)^{\delta_{Li}^k} (r)^{\delta_{Ki}^k}}{1 - \beta_i^k} \right\}^{1-\beta_i^k} \quad [12]$$

であり、 $\beta_i^k = 0$ のとき、

$$c_{vi}^k = (\alpha_i^k)^{-1} (w^k)^{\delta_{Li}^k} (r)^{\delta_{Ki}^k} \quad [13]$$

である。 $\alpha_i^k = \alpha_{2i}^k \cdot \alpha_{3i}^k$ とする。

(3) 家計の行動

家計は、一定の所得制約の下で効用を最大化するように各財の消費量を決定する。家計はこの消費活動をすべて自地域内で行うものとし、ここでは単純に、各財の消費量に関してのみ意思決定を行うものとする。

$$U^k(q^k, y^k) = \max \left\{ \sum_{i=1}^M (y_i^k)^{\frac{1}{\sigma}} (a_i^k)^{\frac{1-\sigma}{\sigma}} \right\}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad [14]$$

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^M q_i^k a_i^k = y^k = w^k L^k + r K^k \quad [15]$$

ただし、

y^k : 地域 k に居住する家計の所得,
 γ_i^k : 家計の財消費に関するシェアパラメータ,
 ϕ : 家計の財消費に関する代替パラメータ,
 L^k, K^k : 地域 k が保有する労働・資本の量である.

式[14], [15]を解くと, 次の需要関数を得る.

$$d_i^k(q^k) = \frac{\gamma_i^k (q_i^k)^{1-\phi} y^k}{\sum_{j=1}^M \gamma_j^k (q_j^k)^{1-\phi} q_i^k} \quad [16]$$

式[16]を[14]に代入することにより, 次を得る.

$$U^k(q^k, y^k) = \left[\sum_{i=1}^M \gamma_i^k (q_i^k)^{1-\phi} \right]^{\frac{1}{\phi-1}} y^k \quad [17]$$

(4) 地域間交易

地域間交易に関する定式化は, 文⁸⁾の方法を参考に, 空間価格均衡モデルに確率要因を導入して構築することとする. 地域 l の企業が生産地 k を財 i の購入先として選ぶ確率を

$$S_i^k = \frac{Q_i^k \exp\{-\lambda_i (p_i^k (1 + \phi_i^k))\}}{\sum_{m=1}^N Q_i^m \exp\{-\lambda_i (p_i^m (1 + \phi_i^m))\}} \quad [18]$$

で与える. ただし,

$$\phi_i^k = \eta_i D^k \quad [19]$$

とし, 財 i を地域 k から l へ輸送するときの輸送費用率 ϕ_i^k が, 財 i に固有のパラメータ η_i と地域 k 間の交通抵抗 D^k の積で表されるとする. また, λ_i はスケールパラメータである. 式[18]を用いると, 地域 l における財 i の消費地価格均衡条件は式ようになる.

$$q_i^l = \sum_{k=1}^N S_i^k p_i^k (1 + \phi_i^k) \quad [20]$$

一方で, 生産地価格の均衡は次の式により表される.

$$p_i^k = \sum_{j=1}^M q_j^k a_{jk}^i + c_w^k(w^k, r, \tau) a_w^k \quad [21]$$

(5) 平常時の均衡

前提条件より, 平常時の経済社会の均衡では, 生産地価格・消費地価格を通して財市場が地域間で均衡し, 労働・資本市場が地域内で均衡する(長期均衡). 以下に, これらの均衡に関連する式を示す. 価格均衡に関しては式[18]-[21]が, 労働・資本と財に関しては, 生産部門・家計部門の需要関数(式[4], [7]-[10]および[16])と, 以下の式[22]-[25]が成立する.

a) 生産要素市場

生産要素(労働 L^k , 資本 K^k)市場は, 家計が地域間移動を行わないという条件から地域ごとに均衡する.

$$\sum_{i=1}^M L_i^k = L^k \quad [22]$$

$$r \left(\sum_k \sum_i K_i^k - K \right) = \sum_i \sum_k p_i^k EX_i^k - \sum_i \sum_j q_j^i M_j^i \quad [23]$$

ただし, EX_i^k , M_j^i はそれぞれ輸出, 輸入を表す.

b) 財市場

財市場に関しては, 発地・着地ベースのそれぞれについて均衡式がつけられる.

$$Q_i^k = \sum_{l=1}^N z_l^k (1 + \phi_l^k) \quad [24]$$

$$\sum_{k=1}^N z_i^k = \sum_{j=1}^M X_j^i + d_i^i - M_i^i \quad [25]$$

ここに z_i^k は, 財 i の地域 k から l への交易量を表す.

(6) 警戒宣言発令時の均衡

警戒宣言発令時の均衡は, 地域間交通費用が変化し, 労働・資本の移動がないとした条件(図2)の下で達すると想定する短期均衡である. いま, (0)を平常時, (1)を警戒宣言時を表す記号とする. 警戒宣言発令時の均衡を求めるためには, 鉄道交通費用の変化を受けた新たな業務トリップ需要関数

$$n_i^k = \frac{\delta_n^k \beta_i^k c_{\eta_i}^k (w^k, r, \tau^{k(1)})}{\sum_{l=1}^N \delta_n^l \tau^{k(1)}} \quad [7']$$

と, 道路交通規制の影響を考慮した新たな輸送費用率

$$\phi_i^{k(1)} = \eta_i D^{k(1)} \quad [19']$$

を式[7], [19]の代わりに用い, さらに, 資本及び労働を平常時の水準に固定して得られる合成生産要素需要を

$$V_i^{k(1)} = \alpha_{z_i}^k \left\{ (L_i^{k(0)})^{\alpha_{L_i}^k} (K_i^{k(0)})^{\alpha_{K_i}^k} \right\}^{1-\beta_i^k} (K_i^{k(1)})^{\beta_i^k} \quad [4']$$

として与え, 生産量(式[2]), 中間財需要(式[10])を更新し, 式[18]-[21]の交易に関する均衡条件と財市場の均衡式[24], [25]を連立して図2中の内生変数を決定してやればよい.

	平常時の均衡 (長期均衡)	警戒宣言時の均衡 (短期均衡)
外生的要因	交通条件 $\tau^{k(0)}, D^{k(0)}$	$\tau^{k(1)}, D^{k(1)}$
内生的要因	生産投入要素 L^k, K^k	L^k, K^k (平常時から変化しない)
	産業部門 Q_i^k, X_j^k, z_i^k	Q_i^k, X_j^k, z_i^k
	家計部門 d_i^k	d_i^k
	財価格 p_i^k, q_i^k	p_i^k, q_i^k

(0)は平常時, (1)は警戒宣言時を表す.

図2: 平常時・警戒宣言時の均衡状態

(7) 経済被害計量化の方法

警戒宣言の発令により当該地域の交通が規制されると, 迂回等による交通費用の増加のために, 財の消費地価格が変化し, それが地域間交易パターンの変化, ひいては財の生産地価格や企業の生産量へも影響を及ぼし, 最終的に家計部門へ帰着する. このとき, 市場内での変化は, ある主体にとっても効果が別の主体にとつての不効果として相殺され, 最終的に交通費用増加の影響が家計の(不)便益となって表れる. したがって, 経済被害は, 家計の厚生水準の変化として等価変分(Equivalent Variation: EV)を用いて以下のように計測することができる.

$$U^k(q^{k(1)}, y^k) \equiv U^k(q^{k(0)}, y^k + EV^k) \quad [26]$$

式[17], [26]より, 等価変分 EV^k は次で与えられる.

$$EV^k = \frac{u(q^{k(1)}) - u(q^{k(0)})}{u(q^{k(0)})} y^k \quad [27]$$

ここで,

$$u(q^k) = \left[\sum_{i=1}^M \gamma_i^k (q_i^k)^{1-\phi} \right]^{\frac{1}{\phi-1}} \quad [28]$$

である。

本研究では、警戒宣言発令時に達する均衡として短期均衡を想定しているため、式[27]のようにして計算された経済被害は、交通抵抗の増加に起因する部分と、労働・資本が最も効率的には配分されていないことに起因する部分から成る点に注意する(図3)。すなわち、セカンドベストの経済社会を考察していることとなる。

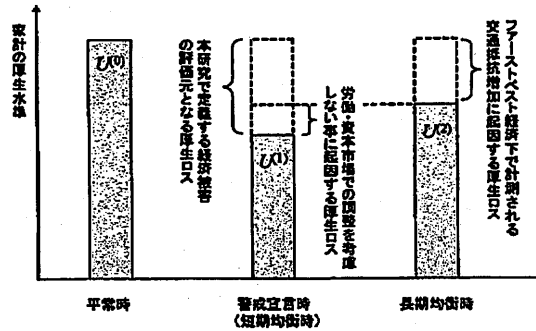


図3：短期・長期均衡と厚生水準

4. シナリオ分析

(1) 警戒宣言発令時の交通網シナリオ

以下では、3. で提示した分析プロセスに基づき、警戒宣言による交通規制を想定した仮想的な交通費用の変化シナリオを用いて、経済被害とその空間的な波及の様子を見ることとする。

警戒宣言時には、東海地域を中心とした防災対策強化地域にて新幹線が運転を見合わせたり、道路交通規制が行われて外部から対象地域への流入ができなくなったりする。本モデルでは、山梨・静岡・愛知・三重の4県を警戒宣言の対象地域と想定し、これらの地域を通る交通は交通時間、すなわち交通費用が増加すると仮定して、モデル内で鉄道旅客交通費用(一般化費用) τ^k や交通抵抗 D^k の値が大きくなることで表現する。なお、 D^k の指標としては、道路時刻表より求めた地域間移動所要時間を用いる。また、交通ネットワークとして、高速道路を中心とした路線網を想定し(図4)、最短時間経路配分を実施した。すなわち、地域間の財の輸送は最も所要時間の短いルートによって行われるものとしている。警戒宣言時には、対象地域内の速度制限などにより D^k が変化し、いくつかの地域間移動については迂回した方が早く移動できる場合もある。このように、本モデルは、迂回の可能性を考慮している。また、道路混雑の影響については考慮していないが、この点については今後の課題としたい。

一方、東海地域の交通が規制された場合の代替ルートになりうる路線として、既存の路線網に加えて、現在北陸新幹線や中部縦貫自動車道が計画もしくは建設中の段階にある。このような交通基盤の整備が、警戒宣言時にどのくらい被害を軽減させるのかを、いくつかのシナリオの下での計算結果を比較することにより検討する。

以下の計算では、警戒宣言時の交通条件に関して次の

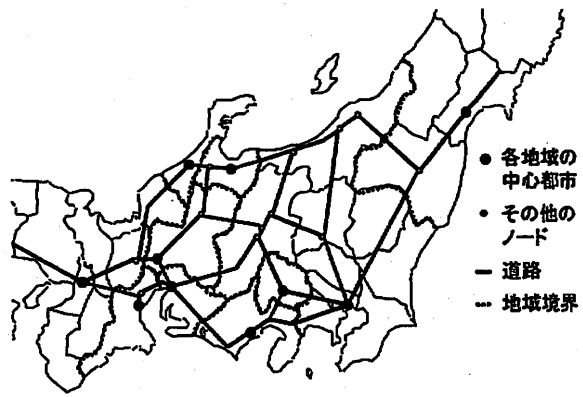


図4：想定交通ネットワーク

3つのシナリオを想定して、分析を行う。

- シナリオ1: 警戒宣言対象地域内の高速道路の最高速度が40キロに制限される。また、新幹線も一部運転を見合わせ、東海道新幹線よりも北陸ルートを経由したほうが関東地方~近畿地方を速く移動できる状況を想定する。
- シナリオ2: 北陸新幹線の供用を想定し、北陸経由による移動時間が短縮する。
- シナリオ3: 北陸新幹線の供用に加え、中部縦貫自動車道の供用と交通規制緩和を想定する。中部縦貫ルートの所要時間が短縮し、警戒宣言時の速度規制が最高60キロに緩和される。

(2) モデルサイズ

本研究では、図5に示すように国土空間を14地域に分割する。また、産業区分は表1のように3部門に分割した。

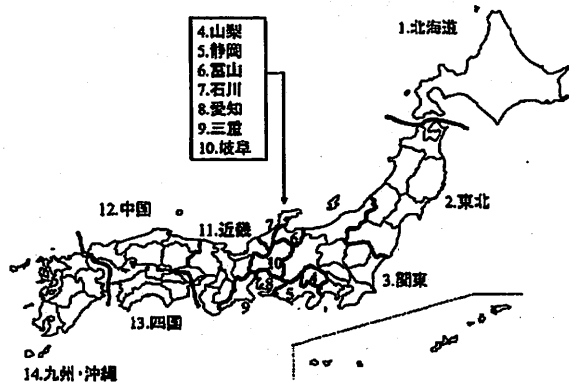


図5：地域区分

表1：産業区分

産業区分
1. 農林水産業
2. 鉱工業
3. 建設・サービス業

(3) データセット

本分析で使用するパラメータ・外生変数の出典を表2

表2：パラメータ・外生変数の出典

記号	出典
a_{ij}^k, a_w^k	産業連関表
β_i^k	産業連関表
$\delta_{Li}^k, \delta_{Ki}^k$	産業連関表
δ_n^k	旅客純流動調査 ¹⁰⁾
y^k, w^k, L^k, K^k	県民経済計算年報
γ_i^k	産業連関表
ϕ	文献 ¹¹⁾
λ_i	4. [5]を参照
η_i	式[20]より推定
τ^k	鉄道時刻表から設定
D^k	道路時刻表

に示す。本研究では、警戒宣言時の均衡状態に関して、労働、資本の移動が短期には生じないという、より現実的な仮定に基づく短期均衡を想定してモデルを構築している。この点に関しては、年単位で集計される産業連関表を用いて短期均衡を考察することに批判もあるかもしれない。しかしながら、本研究では、産業連関表など年単位のデータは比較的变化速度が遅いと考え、生産関数のパラメータ推定などに限定して用いている。また、短期的な均衡としては、旅客流動、物資流動等を中心に考慮する必要がある。これらの流動パターン変化の記述に関しては、日単位データ¹⁰⁾、あるいは3日単位のデータ⁹⁾を使用しており、この点においてデータと分析目的及び設定との不整合は生じていないと考えられる。

(4) 産業連関表の分割

SCGE 分析の基準データセットとなる産業連関表は全国9地域間表であるが、本研究のように、ある特定の地域への影響をより細かい単位で見たい場合、地域を分割する必要が生じる。ここでは、県単位の産業連関表(地域内表)を補完的に用いることで、関東地方から山梨県と静岡県を独立させ、中部地方を県単位に分割することを試みる。要点は以下のようである。

- a) 内生部門に係る部分は、地域内表を用いる。
- b) 貨物純流動調査⁹⁾(3日間調査)を集計し、地域間交易量の割合を求める。これを用いて、地域間表の地域間交易データを按分する。これにより、少なくとも発着地の一方が本来の地域間表を構成する地域と同じ場合、その地域間交易量が推計できる。
- c) b)以降の段階では、県間の地域間交易量に関して地域内表と貨物純流動調査の集計データを合わせて考える必要がある。しかしながら、本研究ではそれ以上の推計は行っておらず、未推計部分については現況再現性確認の対象から外している。この点については、今後より精緻化する必要があると考えている。

(5) パラメータ λ_i の決定方法

式[18]に登場するパラメータ λ_i の決定については、何通りか変化させて均衡時の地域間交易量を求め、それを実際の地域間交易量と比較することで、データに良く適合する値を採用する。このとき本分析では、(4)で推計により求めた交易量は用いず、実データとして存在する地域間交易量に関してのみ推計値との差の二乗和をとり、

大きさを比較している。この結果、 $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = (1.7, 0.5, 0.4)$ を採用した。

(6) 計算結果

以上で決定されたパラメータを用いて、警戒宣言発令後に達すると想定される均衡状態における生産地価格・消費地価格の変化を計算し、家計の厚生水準の変化を等価変分の概念を用いて金銭評価することで、地域ごとの経済被害を算出する。その結果が図6である。この図が

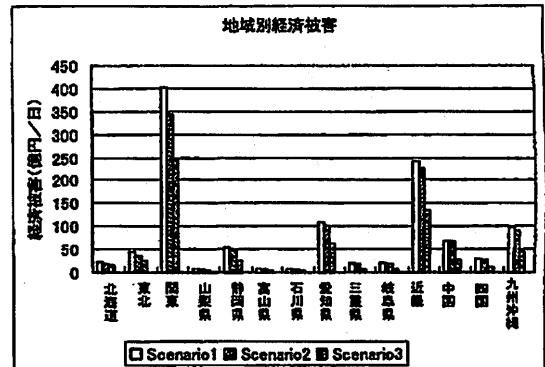


図6：地域別経済被害

ら、次のことが読み取れる。

- a) 警戒宣言時の交通規制による東海地域を中心とした交通費用の変化(増加)による影響は、当該地域ばかりでなく全国へ波及する。
- b) 交通を主原因として家計部門に最終的に帰着する経済被害額は、シナリオ1の下で全国1日当たり約1,100億円と計算された。このうち、地域単位で計算される関東地方の被害額が圧倒的に大きく、関東地方の経済規模や東海圏・京阪神圏との結びつきの強さがうかがえる。
- c) 西日本地方(中国、四国、九州・沖縄)への影響も小さくない。これは、西日本地方の経済が東海地方や関東地方と大きな連関性を持っているためと考えられる。
- d) シナリオ2,3の下で警戒宣言が発令された場合の同様の経済被害はそれぞれ約1,020億円、約620億円と計算された。このことから、交通ネットワークの整備による被害軽減効果が大いことが読み取れる。ただし、4. (1)で述べたように、本モデルの構造では、地域間移動所要時間がこれらの被害軽減効果を決定付けている。既述したように、交通抵抗要因に関する議論は本研究の設定だけでは必ずしも十分ではない。したがって、数字の上から読み取れる結論についてはある程度限定的に理解されるべきであろう。

また、パラメータ λ_i に関する感度分析の結果の一部として、 λ_2 を0.3から0.6まで動かした際の結果を以下に示す。この範囲においては、計算される被害額に大きな差はない(最大でも3%ほどの違いである)。

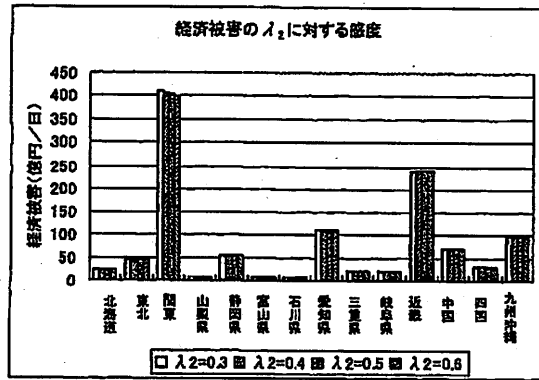


図7：感度分析

5. おわりに

本研究では、東海地震の警戒宣言時に当該地域で交通が規制される状況を想定し、空間応用一般均衡モデルを用いて地域間交通機能の損傷により発生する経済損失を計算するプロセスを示し、実際に計算を行った。特に、
 a) 鉄道と道路という2種類の交通網を想定して地域間の経済連関性を描写したモデルを構築している点、
 b) 警戒宣言時の均衡状態に関して、労働、資本の移動が短期には生じないという、より現実的な仮定に基づく短期均衡を想定してモデルを構築している点、
 などが特徴である。

また、警戒宣言発令時の交通機能の損傷を想定して、仮想的な計算シミュレーションを行い、交通条件の変化と被害の大きさの関係や、被害が警戒宣言の対象地域外へ波及する様子を見た。結果として、交通規制を主原因とする被害が全国に波及することが分かった。また、交通網の整備に関していくつかのシナリオを想定して計算を行うことで、今後進展する可能性のある交通ネットワーク・交通条件の下での被害の試算も同時に行った。

しかしながら、本分析は多くの仮定に基づく仮想的なシミュレーションであり、分析内容に具体性を持たせるためには、改善の余地が多々ある。

最も重要な点は、交通抵抗 (τ^k や D^k) の設定方法に関してであろう。本研究では、道路交通の設定について、限られた路線網の中から輸送時間が最短となるような経路配分を考えた。このとき、混雑の影響については考慮しておらず、この点が課題として残った。また、すべての貨物輸送が道路交通によって行われると仮定しているが、これは現実的ではない。他の交通機関による輸送も考えられるし、ふだんトラックによって輸送されているものが、警戒宣言のような事態が起こったために他の交通機関にシフトすることも十分考えられる。本研究

では旅客輸送と貨物輸送を区別するという限定的な状況を扱っているのみであり、今後は、マルチモードとしての交通の議論が必要であると考えられる。また、本研究のように SCGE モデルと交通ネットワークを同時に考慮する場合には、両者を同じ空間で取り扱う難しさが伴う。経済モデル内で交通量配分をどのように考えるのか、地域内の交通移動をどう捉えるのかなど、いくつかの本質的な議論が残されている。

また、短期均衡を仮定した上で求めた被害には、労働・資本が最も効率的には配分されていないことに起因する部分がある。この点については、警戒宣言発令時においても労働・資本が適切に調整される長期均衡を仮定して求めた被害との差を見ることにより、両者の関係がより明確になるであろう。

以上の事柄を今後の課題としてモデルを拡張するとともに、災害の発生とその復旧過程をシナリオに組み込んだ分析の枠組みについて検討したい。

参考文献

- 1) 運輸経済研究センター：MOBILITY, No.101, 1995.
- 2) 河川情報センター：愛知県における秋雨前線豪雨災害調査業務報告書, 2000.
- 3) 豊田利久, 河内朗：阪神・淡路大震災による産業被害の推定, 国民経済雑誌 第176巻第2号, 1997.
- 4) Gordon, P. and Davis, B. : Transport-Related Impacts of the Northridge Earthquake, Journal of Transportation and Statistics, pp.21-36, 1998.
- 5) 高橋頭博, 安藤朝夫, 文世一：阪神・淡路大震災による経済被害推計, 土木計画学研究・論文集, No.14, pp.149-156, 1997.
- 6) Ueda, T., Koike, A. and Iwakami, K. : Economic Damage Assessment of Catastrophe in High Speed Rail Network, Proceedings of 1st Workshop for "Comparative Study on Urban Earthquake Disaster Management", pp.13-19, 2001.
- 7) 小池淳司, 上田孝行, 秋吉盛司：社会資本ストック崩壊による経済的被害の空間的把握, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, 2003.
- 8) 文世一：地域間人口配分からみた交通ネットワークの評価—集積の経済を考慮した多地域一般均衡分析—, 東北建設協会, 建設事業の技術開発に関する助成(助成番号 95-06) 研究成果報告書, 1997.
- 9) 平成7年全国貨物純流動調査, 運輸経済研究センター, 1997.
- 10) 平成7年全国旅客純流動調査, 国土交通省, 1997.
- 11) 市岡修：応用一般均衡分析, 有斐閣, 1991.

(原稿受付 2003.5.26)