

震災直後の交通施設復旧と経済影響分析

小池 淳司¹・谷口 大地²・宮本 佳直³・右近 崇⁴

¹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

²非会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail:165t126t@stu.kobe-u.ac.jp

³学生会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail:154t141t@stu.kobe-u.ac.jp

⁴正会員 主任研究員 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 (〒461-8516 名古屋市東区葵1-19-30 マザックアートプラザ)

E-mail: takashi.ukon@murc.jp

本稿は、南海トラフ地震により中京都市圏の交通体系が被害を受けたと想定し、被災した交通網に応じてゾーン間所要時間を算出する所要時間計測モデルと、ゾーン間所要時間に反応して生産量を決定する生産関数を組み合わせたモデルを構築することで、震災直後の経済被害がどのような要因に起因しているかを地域別・産業別に分析するものである。その結果、津波により直接被害を受けた沿岸部では中間財搬入量の減少や最終財出荷量の減少といった物流に係る要因が、反対に内陸部では労働量が不足することがそれぞれ生産を妨げる主要因になることを示した。また、被災後のインフラ復旧を想定した政策分析から、効率的な復興のためには被災要因や地理的要因など地域間の異質性を考慮した包括的な対策をとる必要があることが示唆された。

Key Words : *economic damage assessment in the short-run, optimum recovery plan analysis*

1. はじめに

日本はこれまで、その地形的な条件から度重なる地震災害に見舞われてきた。1995年には兵庫県南部地域を震源とした阪神・淡路大震災が発生し、同地域に深刻な被害を与えた。2011年3月11日に起きた東日本大震災では、地震動による被害のみならず津波や原子力発電所の被災などの複数の要因によりこれまでにない広範囲において被害を被ることとなり、自動車産業などの大規模なサプライチェーン構造を持つ産業が広く被災したことにより日本全体の経済に大きな影響を与えた。またこの際、東日本大震災への政府の対応が阪神大震災のときと比べて遅れているといったことが大きく問題視された。当時の記事を引用すると、「(阪神大震災)当時の村山政権は震災発生3日後に小里貞利氏を震災担当相に任命、現地の陣頭指揮に当たさせた。復興基本法は発生36日後には成立し、その3日後には復興対策本部が初会合を開いた。一方、菅政権では震災から1カ月半もたちながら、復興対策本部も復興担当相も置かれていない¹⁾」といった批判が見られ、震災発生から5年がたった現在でも被災地域経済への影響は継続している。また、東日本

大震災の際には、地震動や津波による生産設備の損壊や販売先の被災といった中・長期的な被害だけでなく、一時的に道路や鉄道が被災したことによる人材不足や中間財調達の遅れといった短期的な要因により企業の生産が滞ることとなり²⁾、被災地域のみならず日本全国にその影響が波及した。地震などの災害直後の対応は、その後の経済復旧に対して時間的にも空間的にも影響を及ぼすことが考えられ、効率的な復興計画の立案のためには後者の短期的な被災要因に着目することが重要だと考えられる。しかし、経済被害がどういった要因に起因するかは地域ごとの地理的条件や産業構造によっても異なるため、特定の政策の実施は地域によってうまく作用しない可能性がある。従って、効率的な復興政策を立案するにあたっては各地域ごとの被災要因を把握した上で包括的な対策をとることが重要だと考えられる。

これまで災害を対象とした経済被害予測の研究は多数行われている(例えば、小池ら[2014]³⁾や土屋ら[2006]⁴⁾)⁵⁾が、それらは中・長期的な均衡状態を仮定したものであり、災害直後に瞬時に発生する混乱などを表現できるものではなく、このような短期的な被害を計測する試みはなされていない。

本研究では、南海トラフ地震発生により道路や鉄道路線の損傷などの短期的なシナリオ想定のもと、中京都市圏を対象とした交通ネットワークを構築し、算出されたゾーン間所要時間に応じて生産量を決定する生産関数と組み合わせることで被災直後の経済被害額を地域別・産業別に推定する。また、労働供給量・中間財搬入量・最終財出荷量それぞれの減少を仮定し、3つのうちどの要因が最も被害に起因しているかを地域別・産業別に分析する。最終的には、鉄道や道路といった交通手段に対する復旧アプローチの違いが地域経済に与える影響を定量的に分析することで、効率的な復興計画について提言を行うことを目的とする。

2. 短期的経済影響評価モデル

(1) モデルの全体構造

本研究のモデルの全体構造は図-1に示す通りである。本モデルは、短期被害シナリオ下における所要時間を計測する所要時間計測モデルと、所要時間の変化に反応して生産量を決定する生産関数を組み合わせて構築した短期的経済影響評価モデルである。道路や公共交通などインフラの被災をシナリオとして与えると、所要時間計測モデルにより変化後のゾーン間所要時間が計算され、所要時間の変化に応じてシナリオ下の労働供給量・中間財搬入量・最終財出荷量が算出される。これら3つの変数をレオンチェフ型で特定した生産関数に組み込むことにより最終的に地域別・産業別のシナリオ下における生産量が決定されるモデルである。

(2) 所要時間計測モデル

所要時間計測モデルでは、対象地域の道路及び公共交通ネットワークを各ゾーンのセントロイドと接続することで仮想的なネットワークをそれぞれ構築する。その後、道路ネットワークに対しては交通量配分、公共交通ネットワークに関しては混雑を考慮しないという仮定から最短経路探索をそれぞれ行うことにより、それぞれの手段においてゾーン間所要時間を算出する。道路及び公共交通に交通不可などのシナリオを与えると、シナリオ下におけるネットワークにおける所要時間を算出する。この際、シナリオの与え方によってはリンク及びセントロイドの集合が分離してしまうことがあるが、目的地のセントロイドが同集合内に存在しない場合は移動そのものを行わないと仮定している。

交通需要予測に関しては、本来であれば発生交通量、目的地、交通手段、経路を順に推定する4段階推定法を用いることが一般的である。しかし、本研究では被災時の瞬間的な生産活動に係る交通体系への影響に焦点を当

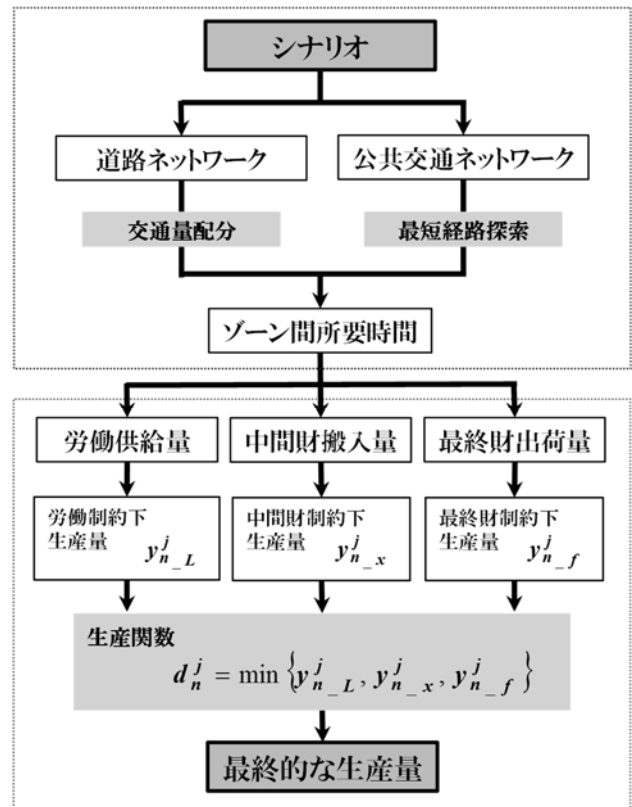


図-1 モデルの全体構造

てており、短期的には発生交通量、目的地、交通手段は変更されないと想定しているため、所要時間計測モデルでは経路選択モデルのみを扱う。また、道路ネットワークにおける交通量配分に関してもより精密には利用者均衡配分を用いるのが望ましいが、本研究では計算負荷の軽減のため分割配分法を用いて計算を行っている。

(3) 生産関数

最終的な地域j産業nにおける生産量 d_n^j は、(1)式で表される。

$$d_n^j = \min\{y_{n_L}^j, y_{n_x}^j, y_{n_f}^j\} \quad (1)$$

$y_{n_L}^j$ は、シナリオ下におけるゾーンjの産業nの労働制約下生産量を表しており、通常の財一単位を生産するのに必要な労働の投入比率のもとで、シナリオにより労働供給量が減少した場合に生産される財の量である。これは、労働供給量のみが減少した場合を想定しており、中間財搬入量などの他の要因は加味していない状態の生産量であることに注意する必要がある。同様に、 $y_{n_x}^j$ 、 $y_{n_f}^j$ はそれぞれシナリオ下において中間財の届く量が減少した場合の生産量、出荷能力(量)が低下した場合の生産量である。つまり、(10)式は労働量の減少・中間財の減少・出荷量の減少のうちで最も影響の大きい要因がボトルネックとなり、その要因のもとでの生産量を最終的に選択するという行動を表現したものである。(例

えば、労働量や中間財が通常通り確保できたとしても、輸送経路が被災しいつもより輸送に余分に時間がかかる場合は、初めから出荷できる分まで生産を停止する.)

シナリオ下におけるゾーン j 産業 n の労働・中間財・最終財の制約下における生産量はそれぞれ(2)-(4)式で表される。

$$y_n^{j'} - L = \frac{L_n^j}{a_{Ln}^j} \quad (2)$$

$$y_n^{j'} - x = \min \left\{ \frac{x_{1n}^{j'}}{a_{1n}^j}, \frac{x_{2n}^{j'}}{a_{2n}^j}, \dots, \frac{x_{mn}^{j'}}{a_{mn}^j} \right\} \quad (3)$$

$$y_n^{j'} - f = u_j^m \cdot y_n^j \quad (4)$$

ただし、 $y_n^{j'} - L$: with におけるゾーン j 産業 n の労働制約下生産量、 $y_n^{j'} - x$: with におけるゾーン j 産業 n の中間財制約下生産量、 $y_n^{j'} - f$: with におけるゾーン j 産業 n の最終財制約下生産量、 y_n^j : without におけるゾーン j 産業 n の最終財生産量、 a_{Ln}^j : ゾーン j 産業 n への労働の投入比率、 a_{mn}^j : ゾーン j 産業 n に係る投入係数である。 $x_{mn}^{j'}$: with における産業 m からゾーン j 産業 n へ投入される中間財搬入量、 u_j^m : with におけるゾーン j 産業 m の最終財出荷量の減少割合である。

本研究では、シナリオとして道路や鉄道が一時的に通行不可となるといった短期的な被害状況を想定しており、このような短期的な状況下では労働と中間財、各産業における中間財同士は代替不可能であるという仮定を置いているため、生産関数はすべてレオンチェフ型で設定している。ただし、最終財制約下での生産量に関しては、もとの最終財出荷量にゾーン間所要時間に応じて決定される最終財出荷量の減少割合を掛け合わせて設定される。

以下に、所要時間計測モデルより算出された所要時間から労働供給量・中間財搬入量・最終財出荷量が決定される構造について記述する。

a) 労働供給量の決定

本研究では、with/without それぞれにおけるゾーン間所要時間の差を労働時間の減少量とし、その減少割合分だけ労働量が減少するという仮定を置いている。平常時の1日当たり1人当たりの労働時間を8時間と想定し、with における労働量の減少割合 s_j^L を(5)式のように定義する。

$$s_j^L = \frac{\sum_i (8 - 2E_{ij}^{car}) N_{ij}^{car} + 8N_{ij}^{pub}}{\sum_i 8N_{ij}^{car} + 8N_{ij}^{pub}} \quad (5)$$

ただし、 s_j^L : ゾーン j の労働量の減少割合、 N_{ij}^{car} : without における ij 間の自動車通勤トリップ数、 N_{ij}^{pub} : without における ij 間の公共交通通勤トリップ数、 $N_{ij}^{pub'}$: with における ij 間の公共交通通勤トリップ数、 E_{ij}^{car} : ij 間の自動車のゾーン所要時間の差である。

(5)式の右辺における分母は without におけるゾーン j に通勤する人々の総労働時間を、分子は with におけるゾー

ン j に通勤する人々の総労働時間をそれぞれ表現している。自動車においてはゾーン j への通勤トリップ数は変化しないが、通勤と帰宅にかかる余計な時間分だけ労働量が平常時の8時間から減少する。公共交通においては、混雑は発生しないと考えているため労働時間は変化しないが、被災による交通規制により目的地に到達できない場合は通勤しないという仮定を置いているため、被災前後で通勤トリップ数が変化する。(5)式を用いて、with におけるゾーン j の産業 m の労働量は(6)式のように定義される。人流 OD 作成に用いた第 5 回中京 PT データでは業種が第 1 次～第 3 次には分類可能であるが、本研究では簡単化のため産業によらず労働量の減少割合はなどしいと仮定している。

$$L_j^{n'} = s_j^L \cdot L_j^n \quad (6)$$

ただし、 $L_j^{n'}$: with におけるゾーン j の産業 i の労働量、 L_j^n : without におけるゾーン j の産業 i の労働量である。

b) 中間財搬入量及び最終財出荷量の決定

労働量と同様に、中間財搬入量及び最終財出荷量についてもその減少量を考慮する。本研究では貨物の輸送は自動車のみを考慮しているため、上記の2種類の財の輸送については公共交通の影響は無視している。中間財搬入量及び最終財出荷量については、目的地までの所要時間がある比率以上に大きくなる場合において搬入あるいは出荷を取りやめるという条件を設けており、その条件下における中間財搬入量 I_{ij}^m 及び最終財出荷量 F_{jk}^m を用いて、with における中間財搬入量及び最終財出荷の減少割合を(7)式、(8)式のように定義する。

$$t_j^m = \frac{\sum_i I_{ij}^{m'}}{\sum_i I_{ij}^m} \quad (7)$$

$$u_j^m = \frac{\sum_k F_{jk}^{m'}}{\sum_k F_{jk}^m} \quad (8)$$

ただし、 t_j^m : with におけるゾーン j 産業 m の中間財搬入量の減少割合、 I_{ij}^m : without における ij 間産業 m の中間財搬入量、 $I_{ij}^{m'}$: with における ij 間産業 m の中間財搬入量、 u_j^m : with におけるゾーン j 産業 m の最終財出荷量の減少割合、 F_{jk}^m : without における jk 間産業 m の最終財出荷量、 $F_{jk}^{m'}$: with における jk 間産業 m の最終財出荷量である。

(7)式、(8)式を用いて with におけるゾーン j 産業 m の中間財搬入量は(9)式、最終財出荷量は(4)式(再掲)のように定義される。with における最終財出荷量 $y_n^{j'} - f$ はゾーン間所要時間が一定の比率以上になると出荷できないという条件のもとでの生産量と考えており、企業は生産したすべての最終財が出荷できる水準まで生産を停止することを意味している。

$$x_{mn}^j = t_j^m \cdot x_{mn}^j \quad (9)$$

$$y_{n_f}^j = u_j^m \cdot y_n^j \quad (4)$$

ただし、 x_{mn}^j : with における産業 m からゾーン j の産業 n へ投入される中間財搬入量、 x_{mn}^j : without における産業 m からゾーン j の産業 n へ投入される中間財搬入量である。

3. シミュレーション分析

(1) データセットの概要

分析に当たり整備したデータセットを表-1に示す。対象範囲は図-2に示す通り中京都市圏であり、三重県北部、岐阜県南部及び愛知県全域からなる。ゾーン分割は市区町村区分の111ゾーンであり、セントロイドは各ゾーンの市役所、区役所、町役場、村役場にそれぞれ設定している。分析対象地域として中京都市圏を選択した理由としては、近く南海トラフ地震の発生が予想されていることに加え、自動車産業や化学及び石油産業が多く立地していることから原材料の輸送が活発に行われており、被災実態を要因別に分析するのに適切であると考えたためである。以下に、所要時間計測モデルの構築及び生産関数の設定に用いたデータセットの整備方法について記述する。

a) 道路ネットワーク

デジタル道路地図 (DRM) をもとに本研究ゾーン中心 (セントロイド) からのアクセス・イグレスリンクと一体的な道路ネットワークを構築した(図-3)。各リンクの交通容量に関しては、島川ら[2009]¹⁹をもとに道路種別ごとに設定しており、リンク速度はH22道路交通センサスのデータより12時間平均速度を用いている。高速道路料金は初乗り150円、距離制単価を1km当たり24.6円に設定している²⁰。また本研究では計算の簡略化のため、細街路は考慮していない。

表-1 整備したデータセット

項目	利用データ
道路 NW	デジタル道路地図(DRM) ⁵⁾ H22 道路交通センサス ⁶⁾
公共交通 NW	国土数値情報 ⁷⁾
人流 OD	H23 中京圏 PT 調査 ⁸⁾
物流 OD	H19 中京圏物流調査 ⁹⁾
地域別産業別 生産額	H23 経済活動別総生産 ¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾ H21 経済センサス基礎調査 ¹³⁾ H24 年経済センサス活動調査 ¹⁴⁾ H25 工業統計 ¹⁵⁾ H17 産業連関表 ¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾
投入係数	H17 産業連関表

b) 公共交通ネットワーク

国土数値情報の鉄道データをもとに、鉄道ネットワークを構築し、本研究ゾーン中心からのアクセス・イグレスリンク、鉄道駅乗り換えリンクを一体的なネットワークとし、公共交通ネットワークを構築した(図-4)。道路ネットワークと異なり、混雑を考慮しないため各リンクの交通容量は無限大に設定しており、速度は鉄道会社間わず一律 60km/h に設定している。鉄道駅間の乗り換えに関しては、鉄道駅間の距離が 400m 以内 (徒歩 5 分圏

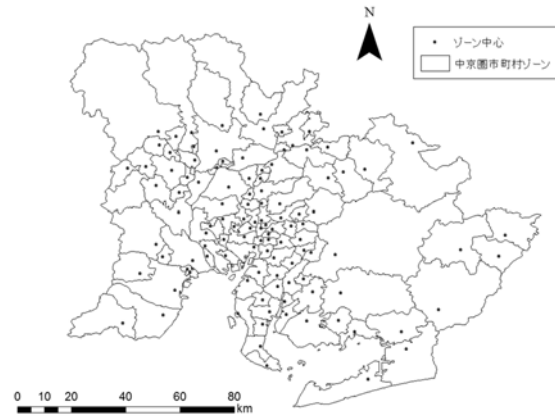


図-2 中京都市圏ゾーン

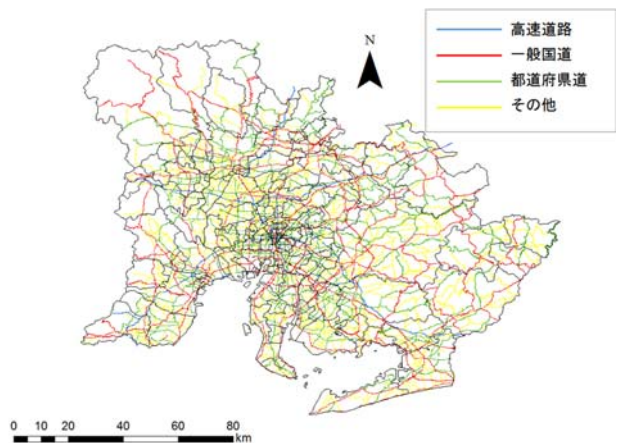


図-3 道路ネットワーク

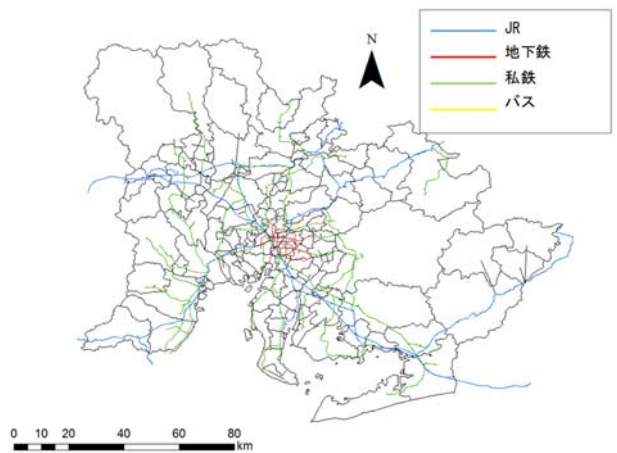


図-4 公共交通ネットワーク

内)であれば乗り換えを考慮するものとし、時速 4.8km/h、交通容量無限大の鉄道駅間乗り換えリンクを作成した。運賃は 1km あたり 15 円の乗車運賃に加え、鉄道会社ごとの初乗り運賃を加算することで設定した。

c) 人流及び物流 OD 表の整備

人流に関しては、H23 中京圏 PT 調査をもとに OD トリップを目的別・手段別に集計し、本研究ゾーン単位における人流 OD 表として整備した。人流トリップに関しては、目的を通勤及び帰宅、手段を自動車及び公共交通としているため合計 4 種類の OD 表が作成される。

物流に関しては、H19 中京圏物流調査をもとに目的：業務・手段：自動車について OD トリップを集計し、本研究ゾーン単位での物流 OD 表を整備した。なお、第三次産業と建設業に関しては、対応する物流 OD が存在しないため中間財の減少量と最終財の出荷量の減少の影響は考慮できないことに注意する必要がある。

d) 地域別産業別生産額の作成

地域別産業別生産額データの作成方法を表-2 に示す。データの作成方法は産業別・地域別に異なるため、以下のように分類する。

- ・名古屋市における製造業以外の産業の生産額データは、愛知県の H24 経済活動別総生産のデータを H24 経済センサス活動調査の各産業の従業者数で按分することで算出する。
- ・名古屋市以外の東海3県市町村における製造業以外の産業の生産額データは、各県の平成 23 経済活動別総生産の生産額データをそのまま用いる。
- ・東海3県市町村における製造業の生産額データは、H25 工業統計「製造業出荷額等」に「H17 各県産業連関表」の付加価値比率を乗じて市区町村別業種別付加価値額を算出し、各県の H23 経済活動別総生産を上記指標で按分することにより算出する。

e) 投入係数の設定

ゾーン j 産業 n への財 m の投入比率 a_{mn}^j 及びゾーン j 産業 n への労働の投入比率 a_{ln}^j は、それぞれ各県の H17 産業連関表を用いて設定した。ただし、投入係数に関しては、各県で作成されたものを用いているため市区町村レベルでも同一産業であれば同じ比率を設定していることとなり、地域ごとの生産構造の違いを区別できないことに注意する必要がある。

(2) シナリオの設定

本研究で想定しているシナリオは以下の通りである。

シナリオ：津波による浸水域において水位が 0.01m 以上と想定されている区域に対応する道路及び鉄道を使用不可とする。

浸水域に関しては、中部地方整備局が作成した「南海トラフの巨大地震」²⁰で示されている区域を参照している。なお、公共交通ネットワークに関しては浸水域に対応するリンクが所属する路線が運転見合わせになるという想定のもと、路線全体を使用不可としている。また、図-5 はシナリオによりゾーン間所要時間が大幅に増加した OD トリップを表した希望線図である。上記資料内では

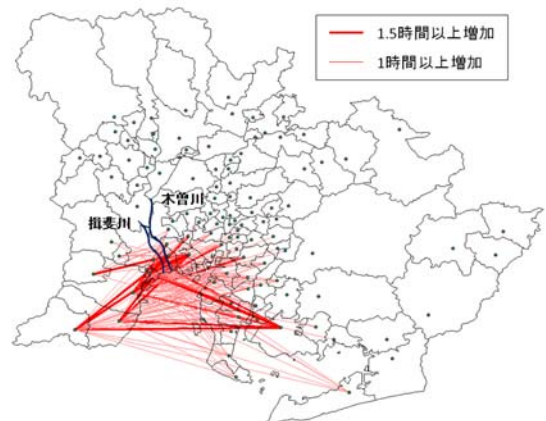


図-5 自動車のゾーン間所要時間の増加分

表-2 地域別産業別生産額データの作成方法

総生産データの産業分類		東海3県の市区町村別の総生産データの整理方法	
		東海3県の市町村	名古屋市内における区別按分に用いた指標
第1次産業	農業	各県の平成23年度経済活動別総生産	H24年経済センサス活動調査の従業者(農業)で按分して算出
	林業		H24年経済センサス活動調査の従業者(林業)で按分して算出
	水産業		H24年経済センサス活動調査の従業者(水産業)で按分して算出
	鉱業		【名古屋市における鉱業の総生産は計上なし】
第2次産業	製造業	各県の平成23年度経済活動別総生産のうち、製造業の総生産の数値を「平成25年工業統計」に「平成17年度各産業産業連関表」の付加価値比率を乗じて算出した市区町村別業種別付加価値額を用いて、各区別/業種別総生産を按分して算出	H23年経済センサス活動調査の従業者(建設業)で按分して算出
	建設業		H24年経済センサス活動調査の従業者(電気・ガス・水道業)で按分して算出
第3次産業	電気・ガス・水道業	各県の平成23年度経済活動別総生産	H24年経済センサス活動調査の従業者(卸売・小売業)で按分して算出
	卸売・小売業		H24年経済センサス活動調査の従業者(卸売・小売業)で按分して算出
	金融・保険業		H24年経済センサス活動調査の従業者(金融・小売業)で按分して算出
	不動産業		H24年経済センサス活動調査の従業者(不動産業)で按分して算出
	運輸・通信業		H24年経済センサス活動調査の従業者(運輸・通信業)で按分して算出
	サービス業		H24年経済センサス活動調査の従業者(サービス業 計)で按分して算出
政府サービス生産者		H21年経済センサス活動調査の従業者(公務)で按分して算出	
対家計民間非営利サービス生産者		H24年経済センサス活動調査の従業者(サービス業 計)で按分して算出	

図-5 に示す木曾川、揖斐川の上流部までが浸水域に指定されており、この2つの河川を通過する交通はすべて浸水域の北側を経路として選択することになるため、河川を挟んで東西方向に移動するトリップは所要時間が大幅に増大している。

(3) 経済被害額の算出結果

a) 地域別産経済被害額

シナリオ実施時の中京都市圏全体での総被害額は約9兆7,000億円と算出され、これは中京都市圏のGDPの約25%である。ただし、この算出額はシナリオで与えた被害が1年間継続した場合の被害額であり、交通網が被災し復旧までに5日かかったとすれば、この額の1/70程度の値を実際の被害額と捉えることができる。また、図-6 に示す地域別の被害額を見ると、津波の影響で沿岸部の名古屋周辺地域や石油化学産業の立地する三重県四日市市周辺において大きな被害が出ていることがわかる。一方、愛知県安城市は内陸部であるにも関わらず被害が大きく算出されていることがわかる。

b) 産業別経済被害額

次に、図-7 に示す産業別の経済被害額の分布を見ると、製造業の被害が最も大きく、次いで卸売・小売業及びサービス業が大きく算出されている。一方、農業、林業、水産業、鉱業はほとんど被害を受けておらず、これは直接的な被害を受けた沿岸部周辺の都市部ではこれらの産業規模が小さく、中京都市圏の北部及び東部に多く立地しているためであると考えられる。

続いて、中京都市圏の産業被害実態を詳細に把握するために製造業を中分類に分けて被害の内訳を観察する。製造業に焦点を当てた理由としては、被害が最も大きい産業であることに加え、本研究の主目的である労働供給量・中間財搬入量・最終財出荷量それぞれの減少という要因別分析を行うのに適切であると判断したためである。また、卸売・小売業及びサービス業も被害が非常に大きい産業であるが、本研究で扱っている中京圏物流調査デ

ータでは第三次産業に対応する物流データが存在しないため、中間財及び最終財の輸送に係る被害計測ができないことから製造業を分析対象とすることは適切だと考えられる。図-8の製造業中分類別経済被害額の分布を見ると、輸送機械の被害額が約7,000億円と大きく、製造業全体の被害額の約27%を占めている。輸送機械以外の産業では、化学、電気機械、電子部品、石油石炭などの産業において被害が出ており、中京工業地帯の主要産業において大きな被害が計測されていることがわかる。

c) 輸送機械産業における地域別要因別経済被害額

製造業の中で最も被害額の大きい輸送機械産業について着目し、労働供給量・中間財搬入量・最終財出荷量のうち最も被害に起因した要素はどれであるかを地域別に分析する。図-9は輸送機械産業における経済被害額を地域別・要因別に色分けして図示したものである。赤色は労働供給の不足がその地域の経済被害に最も起因した要

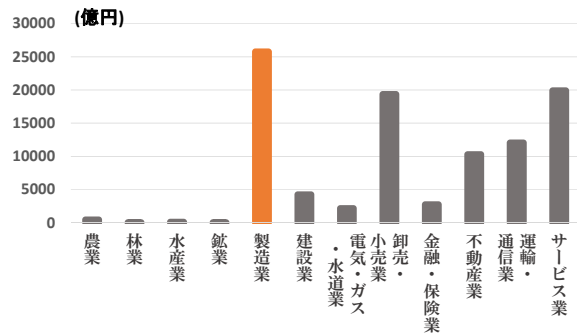


図-7 産業別経済被害額の分布

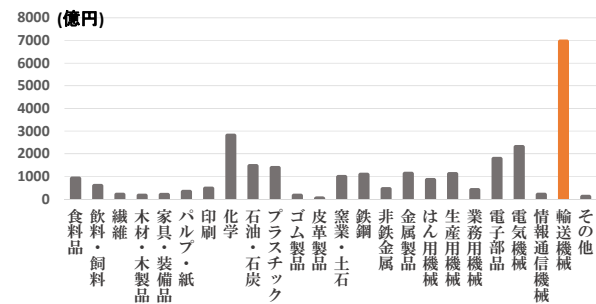


図-8 製造業中分類別経済被害額の分布

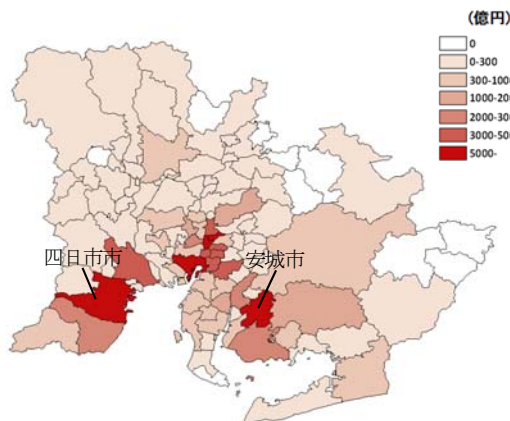


図-6 地域別経済被害額

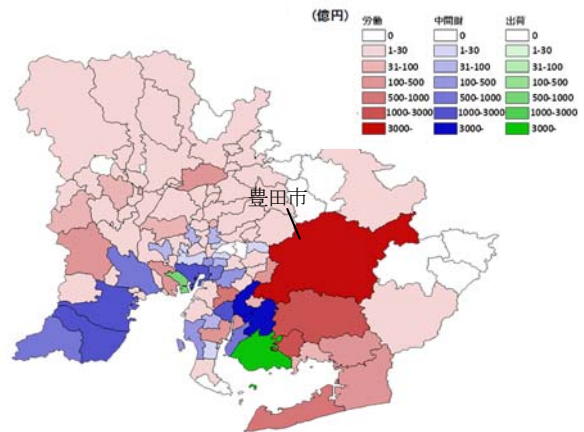


図-9 輸送機械産業の地域別要因別経済被害額

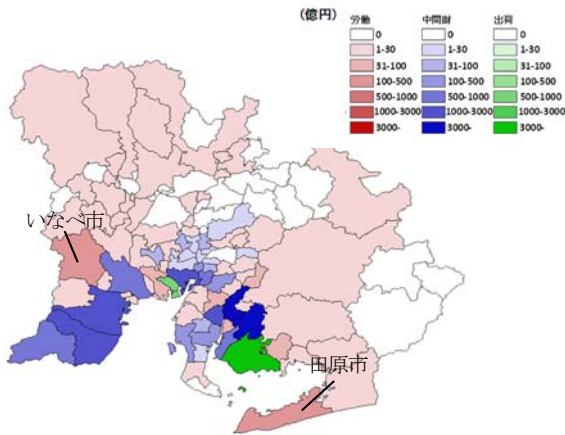


図-10 鉄道復旧時における輸送機械産業の地域別要因別経済被害額

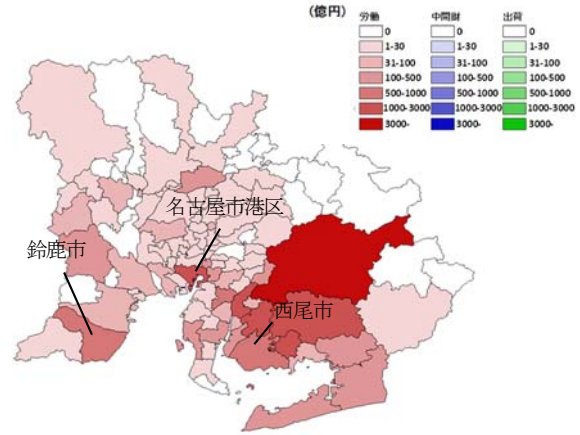


図-11 道路復旧時における輸送機械産業の地域別要因別経済被害額

因であることを表し、同様に青色は中間財が届かないこと、緑色は出荷能力が低下したことが経済被害に与えた影響が最も大きいことをそれぞれ表しており、色の濃淡は経済被害のレベルを示している。被害額の大きい地域は豊田市周辺であり、主要な自動車産業が立地している地域である。

要因別に見ると、伊勢湾沿岸部では中間財や出荷量の減少が被害の主要因となっている地域が多く見られ、反対に、直接的には津波による影響を受けない内陸部では労働供給の不足が主要因となっている地域が多いことがわかる。沿岸部地域においては東西方向の移動の際に図-7に示しているように木曾川と揖斐川の流域に指定されている浸水域を大回りして移動する必要があり、大幅に所要時間が増加することで中間財の搬入や最終財の出荷を取りやめる企業が出現し始めたため、物流に係る要因が経済被害に最も影響する地域が多く計算されたのだと考えられる。それに加え、沿岸部では直接的に道路が被災したことで通行できる経路が減少し、それにより混雑が促進したことで物流に係る中間財搬入及び最終財出荷に影響を与えたのだと考えられる。内陸部については、沿岸部地域からの物流に関しては滞ることが想定されるが、主要な自動車産業が内陸部に多く立地していることと、大きな交通を阻害する要因である2河川を横断する際にも元々長距離の移動であることから所要時間の比にはさほど影響せず、物流への影響が顕著には現れなかったものと考えられる。

(4) インフラ復旧政策による被害軽減効果分析

最後に、効率的な復興計画を提案することを目的に、鉄道のみを集中的に復旧した場合、あるいは道路のみを集中的に復旧した場合を想定し、この2つの政策によって経済被害軽減効果及びその地域分布にどのような差異が見られるかを分析する。

表-3 政策実施後の経済被害額 (億円)

政策	全産業	輸送機械
未実施(図-9)	96,948	6,948
鉄道のみ復旧(図-10)	85,710	5,973
道路のみ復旧(図-11)	30,665	1,782

図-10、図-11はそれぞれ鉄道のみを復旧した場合及び道路のみを復旧した場合の輸送機械産業の地域別・要因別被害額である。鉄道復旧政策を実施した図-10と政策未実施の図-9を比較すると、中間財の不足や最終財の出荷能力の低下が被害の主要因である地域に関してはさほど効果が見られないが、自動車産業が多く立地し労働力不足が被害の主要因であった豊田市周辺地域では経済被害額が大きく減少している。このことから豊田市周辺では自動車よりも鉄道など公共交通機関を利用し通勤している人々が多いことがわかる。一方で、いなべ市や田原市など鉄道を復旧しても労働供給不足が大きく解消されないような地域も見受けられるが、これはそもそも通勤に鉄道ではなく自動車を利用していた人々が多い地域であるためだと考えられる。次に、道路復旧政策のみを実施した図-11と政策未実施の図-9を比較すると、中間財及び最終財に係る経済被害が解消され、中京圏全域において労働量不足が被害の主要因となることが読み取れる。ただし、鉄道のみを復旧したときと同様に鈴鹿市や名古屋市港区、西尾市などの地域では、中間財の減少や出荷量の減少による被害の影響はなくなったが労働量の減少による影響が大きく残っている。これらの地域では、普段から鉄道を利用して通勤している人々が多いとみなすことができる。

また、政策による経済被害額の間関係を整理すると表-3のようになる。全産業についてみると、鉄道を復旧した際の被害軽減率は12%であるのに対して、道路を復旧した際の被害軽減率は68%と非常に高い。輸送機械産業に

においても鉄道及び道路復旧による被害軽減率はそれぞれ 14%、74%であり、道路による復旧効果の方が鉄道よりもはるかに大きいということがわかる。これは、鉄道が通勤のみに作用するのに対して道路の復旧は通勤だけでなく貨物の輸送にも影響し、多面的な効果があるためだと考えられる。

(5) 分析から得られた知見の整理

以下に、要因別経済被害の計測及び政策分析から得られた知見を整理する。

要因別経済被害の計測から、津波により被災した場合には沿岸部地域では中間財搬入量の減少や最終財出荷量の減少などの物流に係る要因が被害に最も起因する傾向にあることがわかった。一方で、直接被害を受けていない内陸部地域では労働供給量が不足することが生産を妨げる主要因になる傾向も見て取れた。これらは今回大きく交通を妨げる要因となった木曾川及び揖斐川の浸水域によるものである。沿岸部地域では、東西方向の移動に際して上記2河川の浸水域を大回りして回避する必要がある、もともとの移動距離との差が大きくなり物流に係る活動を取りやめたことが原因と考えられる。内陸部地域では、2河川との距離が離れていることもあり、河川を挟んだ東西方向の移動の際にも所要時間の差は小さく、物流による影響はさほど受けないのだと推測される。

政策分析からは、鉄道あるいは道路どちらか一方だけを復旧した際には、通勤という単一的な効果を持つ鉄道よりも通勤及び貨物輸送という多面的な効果のある道路の復旧を優先した方が経済被害の軽減効果は大きいということがわかった。ただし、鉄道だけ、あるいは道路だけのどちらか一方だけを復旧したとしても、効果的に被害を減少させることができない地域も存在することがわかった。本研究では、このような極端な政策設定のもとで被害軽減効果を試算したが、効率的な復興のためには一つの被災要因に対して集中的に対策を施すのではなく、被災要因や地理的要因など地域間の異質性を考慮した包括的な対策をとる必要があることが示唆された。

本研究では、鉄道による貨物の輸送は考慮しないという仮定を置いているため、鉄道による移動は通勤目的のみを扱うことになり、その結果、道路復旧時には鉄道被災による労働供給量の減少による影響のみが表れることとなった。そのため、鉄道復旧による被害軽減効果については実際よりも過小評価されている可能性があり、一概に道路の復旧を優先した方が良いとは言えないものの、現実においても貨物の輸送は自動車による比率が高いため、鉄道及び道路復旧による被害軽減効果の傾向は捉えられていると考えられる。

4. おわりに

(1) まとめ

本研究では、災害直後の効率的な復興計画の混乱状態をモデルを用いて表現し、短期的な被害が発生した

まず、第2章では本研究で扱うモデルの全体構造と各段階における計算方法について整理を行った。本研究で構築した短期的経済被害評価モデルは所要時間計測モデルとゾーン間所要時間に反応して生産量を算出する生産関数を組み合わせたモデルである。シナリオとして道路や道路や鉄道などの損傷を与えると、そのシナリオのもとでのゾーン間所要時間が算出される。算出したゾーン間所要時間から労働供給量・中間財搬入量・最終財出荷量それぞれの減少量が決定され、これらを制約条件として各要素ごとに制約下における生産量が算出される。短期的には労働や中間財の代替は行われぬという仮定のもと、レオンチェフ型の生産関数から最終的に生産される財の量が決定される構造である。

次に、第3章では計算に用いるデータセットの整備方法について示した後、ネットワークに与える被災シナリオの設定を行った。設定したシナリオのもとで、地域別・産業別の経済被害額を算出し、本研究の主旨である要因別経済被害額の推定を行うのに適切だと考えられる製造業について詳細な分析を行った。さらに製造業の中でも特に被害の大きい輸送機械産業について要因別の分析を行い、復興政策による地域ごとの経済影響の違いについて考察を行った。分析から得られた知見は以下のとおりである。

- 要因別経済被害の計測より、津波により被災した場合には、沿岸部地域では中間財搬入量の減少や最終財出荷量の減少などの物流に係る要因が被害に最も起因する傾向にある一方で、直接被害を受けていない内陸部地域では労働供給量が不足することが生産を妨げる主要因になる傾向がある。
- 政策分析より、経済被害軽減効果が大きいのは道路のみを復旧した場合であるが、どちらか一方だけを復旧したとしても、効果的に被害を減少させることができない地域も存在するため、効率的な復興のためには一つの被災要因に対して集中的に対策を施すのではなく、被災要因や地理的要因など地域間の異質性を考慮した包括的な対策をとる必要性が示唆された。

(2) 今後の課題

a) 物流調査データの精度

本研究では、中京都市圏において10年毎に実施されているH19中京圏物流調査データを用いて、物流OD表を作成している。しかし、本データの有効サンプル数は約

2,000程度であり、本研究の111ゾーンという細かいゾーン区分において経済被害を算出するには不十分である。本研究で扱う111ゾーンにおけるODペアは10,000を超え、これに対してサンプルの2,000トリップを配分すると空白になるODペアが大半になることがわかる。従って、より精緻な物流の流れを分析するためには、物流センサスなどの他の統計データと組み合わせる方法や、対象地域の企業データや産業別従業員数から物流トリップについて推定を行うなどの対策が必要だと考えられる。

b) 中間財搬出及び最終財出荷の取りやめに係る閾値

本研究では、被災時に道路及び公共交通機関がダメージを受けゾーン間所要時間が変化するというシナリオを設定しており、その際ゾーン間所要時間が従来に比べて一定の比率以上に大きい場合には中間財の搬出及び最終財の出荷を取りやめるといった仮定を置いている。その閾値を今回の分析では1.5倍としたが、この値は恣意的、主観的に設定したものであり実際の統計データをもととしたものではない。また、この閾値は産業に関わらず一定であり中間財の出荷、最終財の出荷に対しても区別していないことに加えて、所要時間が何倍になったかという比率のみを考慮しているため、短時間の輸送や長時間の輸送を同じシナリオで扱っている。実際には、産業によっては所要時間が1時間から3時間になるのが運送を行うことも考えられ、逆に所要時間が15分から30分に増えたくらいではどのような産業も通常に近い輸送状態を保つと考えられる。被災時のより正確な状況を再現するには、過去に起きた阪神大震災や東日本大震災の際にどのような状況で搬入、搬出を取りやめたかなど、当時の状況について運送業者の方にアンケート調査を行い、業種別に被災時の対応について傾向を把握するなどの方法を導入する必要がある。

c) 公共交通ネットワークに係るパラメータ

公共交通ネットワークに関しては、初乗り料金は各運行业社別に調査を行い設定しているが、速度と距離制単価については恣意的、主観的な値を用いており、現況再現性を高めるにはそれぞれの数値設定をより精緻に行う必要がある。具体的には、公共交通のリンク旅行速度についてはGoogleマップのルート検索機能を活用し、待ち時間を加味した仮想的なリンク旅行速度を設定するという方法が考えられる。一方、距離制単価については、公共交通、特に鉄道において現段階では現実性を確保するのが困難であると考えられる。鉄道の運賃・料金設定は、対キロ制、つまり距離制単価を一定に設定して乗車区間の営業キロを乗ることにより運賃額を算出する方法以外に、区間ごとにそれに応じた運賃を設定する方法を採用している会社があり、その設定方法が一様ではな

い。本研究で用いている交通量配分を行うツールであるJICA STRADAでは、料金の設定をリンクごとに行う必要があり、対キロ制を用いている路線に対してはある程度の信頼性を確保できるものの、それ以外の方法を用いている路線に関しては適切な設定ができない。ゾーン数の少ない場合であれば、各リンクにおいて料金設定を行うのではなく各ODペアについて移動にかかる交通費用を調べ手作業で設定することにより、各ODに対応した運賃表を作成できるがゾーン数の多い場合には困難であり、一般的な方法ではないと考えられる。

参考文献

- 1) 時事ドットコムニュース, “【図解・社会】東日本大震災・政府の大震災への対応(2011年4月26日)”, http://www.jiji.com/jc/graphics?p=ve_soc_jishin-higashinohon20110426j-01-w530, 2016/7/27 アクセス.
- 2) 浜口伸明: 「東日本大震災による企業の被災に関する調査」の結果と考察, RIETI Policy Discussion Paper, Series 13-P-001, 2012.
- 3) 小池淳司, 佐々木剛, 佐々木康朗, 山崎清: 市区町村単位の SCGE モデルを用いた東日本大震災の経済被害の空間的把握, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.70, No.5, pp.151-159, 2014.
- 4) 土屋哲, 多々納裕一, 岡田憲夫: 新潟県中越地震による経済被害の計量化の枠組み, 土木計画学研究・論文集, No.23, no.2, pp.365-372, 2006.
- 5) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会: デジタル道路地図, 2012.
- 6) 国土交通省: 道路交通センサス, 2010.
- 7) 国土数値情報: 鉄道, 2014.
- 8) 中京都市圏総合都市交通計画協議会: 第5回中京都市圏パーソントリップ調査, 2011.
- 9) 中京都市圏総合都市交通計画協議会: 第4回中京都市圏物資流動調査, 2007.
- 10) 愛知県: 市町村民所得, 2011.
- 11) 岐阜県: 経済活動別市町村内総生産, 2011.
- 12) 三重県: 経済活動別市町村内総生産, 2011.
- 13) 総務省統計局: 経済センサス基礎調査, 2009.
- 14) 総務省統計局: 経済センサス活動調査, 2012.
- 15) 経済産業省: 工業統計調査, 2013.
- 16) 愛知県: 産業連関表, 2005.
- 17) 岐阜県: 産業連関表, 2005.
- 18) 三重県: 産業連関表, 2005.
- 19) 島川陽一, 鹿島茂: 交通量配分のための入力データの作成法, Theory and Applications of GIS, Vol. 17, No.2, pp.69-75, 2009.
- 20) NEXCO 中日本, “料金の計算方法を教えてください。”, <https://highwaypost.c-nexco.co.jp/faq/toll/findout/23.html>, 2016/2/3 アクセス.
- 21) 中部地方整備局, “南海トラフの巨大地震”, http://www.cbr.mlit.go.jp/kisojyo/jishintsunamit-aisaku/pdf/1_130214.pdf, 2016/2/3 アクセス.

Economic Assessment of Recovery Plan from Transport Policy Scenario just After the Earthquake

Atsushi KOIKE, Daichi TANIGUCHI, Yoshinao MIYAMOTO, Takashi UKON

This paper developed the economic damage assesment model in the short-run. This model contains two sub models that are the transportation model to calculate traveling time and the production function to determine a decrease of products in the short-run. This model can analyze which factor affects economic damage most in each industry in each zone. In the seaside area, the result clealy showed that the main damage factor is the limitation of intermediate supply or the limitation of final demand supply. However, in the other area, the limitation of labor supply from the commuting is the main damage factor. We also analyzed the effects of the several recovery plans about transport facilities. This results suggests that the comprehensive policy shold be considered as a prevention plan.