

# 南海トラフ巨大地震，首都直下型地震の 長期的経済被害の推計

中尾 聡史<sup>1</sup>・樋野 誠一<sup>2</sup>・毛利 雄一<sup>3</sup>  
白水 靖郎<sup>4</sup>・片山 慎太郎<sup>5</sup>・東 徹<sup>6</sup>・藤井 聡<sup>7</sup>

<sup>1</sup>正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8530 京都府京都市西京区京都大学桂 4 C1-2-437)

E-mail: <sup>1</sup> nakao@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>2,3</sup>正会員 一般財団法人 計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町 2-9)

E-mail: <sup>2</sup> shino@ibs.or.jp <sup>3</sup> ymohri@ibs.or.jp

<sup>4</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ (株) (〒533-0033 大阪市東淀川区東中島4-11-10)

E-mail: shiromizu\_y@cfk.co.jp

<sup>5,6</sup>正会員 一般社団法人 システム科学研究所 (〒604-8223 京都市中京区新町通四条上ル小結棚町 428)

E-mail: <sup>5</sup> katayama@issr-kyoto.or.jp <sup>6</sup> higashi@issr-kyoto.or.jp

<sup>7</sup>正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8530 京都府京都市西京区京都大学桂 4 C1-2-437)

E-mail: <sup>7</sup> fujii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

近年、自然災害の中でも、特に、南海トラフ巨大地震や首都直下型地震といった巨大地震が、人的・物的にも甚大な被害をもたらす可能性があることが報告されている。しかし、巨大地震がもたらす長期的な国民所得・国民総生産の低迷効果についての予測は十分になされていない。そこで、本研究では、阪神淡路大震災の被災状況を踏まえつつ、南海トラフ巨大地震ならびに首都直下型地震がもたらす長期的な経済被害についての推計を試みた。その結果、南海トラフ巨大地震、首都直下型地震の 20 年経済被害は、それぞれ 1048 兆円、678 兆円と推計された。

**Key Words:** Resilience, Long-term economic loss, Nankai Trough Giant Earthquake

## 1. 研究の背景と目的

我が国では、自然災害に見舞われるリスクが高く、自然現象がもたらす被害を如何に抑制するかが問われてきた。自然災害は被災地内の深刻な人的・物的被害を引き起こすのみならず、国家や社会・経済の機能に致命的な障害をもたらす危険性があり、このような事態を防ぐべく、近年“Resilient＝強靱”な国土ならびに経済社会システムの実現が重要であるとされている。

この考えに基づき、日本政府は 2013 年に「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災に資する国土強靱化基本法」を成立させ、内閣官房に「国土強靱化推進室」を設置、国土強靱化（ナショナル・レジリエンス）の基本目標として、いかなる災害が発生しようとも、①人命の保護が最大限図られること、②国家及び社会の重要な機能が致命的な障害を受けず維持されること、③国民の財産及び公共施設に係る被害の最小化、④迅速な復旧復興、を掲げている<sup>1)</sup>。

この国土強靱化を推進していく上で重要となるのが、

事業の妥当性や緊急性の判断であり、そのためには、自然災害によってどれ程の被害が生じるのかといった定量的な予測が必要とされる。

近年、自然災害の中でも、特に、南海トラフ巨大地震や首都直下型地震といった巨大地震が、人的・物的にも甚大な被害をもたらす可能性があることが報告されているが<sup>例えは 2), 3)</sup>、巨大地震がもたらす長期的な国民所得・国民総生産の低迷効果についての予測は十分になされていない。そこで、本研究では、阪神淡路大震災の被災状況を踏まえつつ、南海トラフ巨大地震ならびに首都直下型地震がもたらす長期的な経済被害についての推計を試みることにする。

## 2. 本研究の推計手法

災害による被害には、建物、機械、インフラなどのストックの価値の減損を指す直接被害と、復興によって元の水準に戻るまでの間に生ずる経済活動の落ち込み、す

なわちフローの被害を指す間接被害がある。図-1 にあるように、地震・津波による道路網や生産施設の毀損によって生じる被害が直接被害であるが、こうした直接被害によって、経済活動が低迷することで生じる被害が間接被害である。本研究では、この間接被害を推計することとした。以下に、その推計方法を示す。

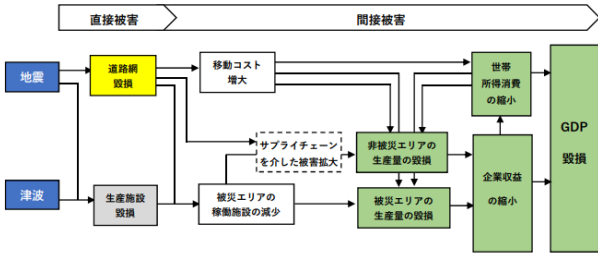


図-1 直接被害、間接被害によって GDP が変化する因果プロセス

### (1) 「20 年経済被害」について

柳川ら<sup>4)</sup>では、阪神淡路大震災の被害期間が 20 年に及んでいることが示されていることから、本研究では、南海トラフ巨大地震および首都直下型地震による国民総所得 (GDP) に対する影響が、阪神淡路大震災の時と同様に 20 年間継続すると想定する。具体的には、南海トラフ巨大地震、首都直下型地震が生じた場合の GDP と、生じなかった場合の GDP の差分を、20 年間分累計することで、トータルの GDP の毀損額を推計する (いわゆる with/without の考え方を採用した)。この値のことを、以下、「20 年経済被害」と呼称することとする。

また、柳川ら<sup>4)</sup>は、阪神淡路大震災の 20 年間の GRP のリカバリーカーブ (図-2) を導出していることから、本研究では、このリカバリーカーブと、南海トラフ巨大地震および首都直下型地震のリカバリーカーブが相似をなすものと仮定し、推計を行った。ここで言うリカバリーカーブとは、被災地における被害が、経年的に回復し、最終的に被害がなかった場合に想定される水準に戻るまでの、その被害の回復していく回復曲線のことである。

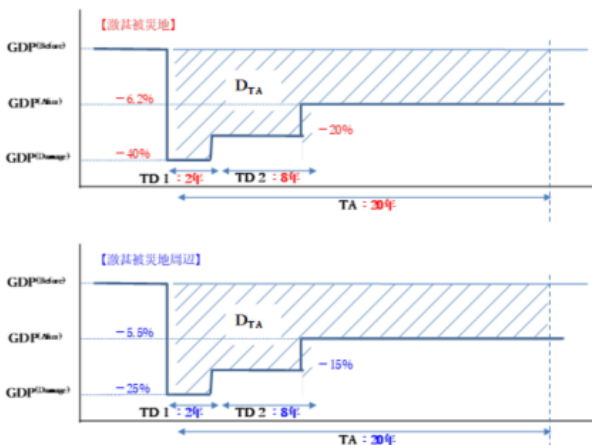


図-2 阪神淡路大震災の GRP のリカバリーカーブ

### (2) 「20 年経済被害」の推計方法

南海トラフ巨大地震および首都直下型地震の「20 年経済被害」の推計式は以下の通りである。

$$D_{TA} = f(GDP^{(Before)}, GDP^{(Damage\_TDn)}, GDP^{(After)}, TD1, TD2, TA)$$

$$= \sum_n (GDP^{(Before)} - GDP^{(Damage\_TDn)}) \times TDn$$

$$+ (GDP^{(Before)} - GDP^{(After)}) \times (TA - \sum_n TDn)$$

$D_{TA}$  : 20 年経済被害

TA : 評価対象期間 (20 年)

TD1 : 復興期間 1 の期間長 (2 年)

TD2 : 復興期間 2 の期間長 (8 年)

$GDP^{(Before)}$  : 災害「前」の GDP 水準

$GDP^{(Damage\_TDn)}$  : 災害「後・復興前」(復興期間 n)の GDP 水準

$GDP^{(After)}$  : 災害「復興後」の GDP 水準

本研究では、図-3 に示した因果プロセスを想定した空間的応用一般均衡モデル (SCGE モデル) を活用して、 $GDP^{(Before)}$ 、 $GDP^{(Damage\_TD1)}$ を推計することで、20 年間の GDP 毀損額を測定した。

この SCGE モデルの概要については、3.において詳述する。また、本研究は、SCGE モデルを用いて、南海トラフ巨大地震および首都直下型地震による「道路機能不全」と「資産毀損」を反映させた経済被害を推計したものであり、この「道路機能不全」と「資産毀損」については、4.において説明する。

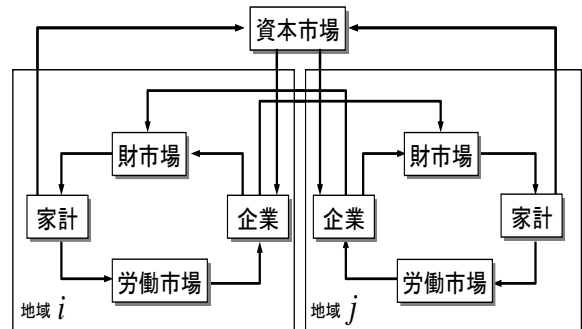


図-3 SCGE モデルの概略

## 3. SCGE モデルについて

ここでは、本研究で採用する因果プロセスを想定した空間的応用一般均衡モデル (SCGE モデル) について説明する。(1)では、SCGE モデルの概略について、(2)では、SCGE モデルの前提条件について、説明する。

### (1) SCGE モデルの概要

本研究では、ストック効果のうち間接効果を計測対象とする SCGE モデルを用いて、「道路網機能不全」「資産毀損」による経済被害を計測する。SCGE モデルは、各地域への被害（効果）をより細かく捉えることが可能であり、地域間所要時間の増加（減少）によって、地域の生産者（企業）や消費者（世帯）に波及し、各地域への程度の経済被害（効果）を及ぼすかを統計的に把握できる経済シミュレーションモデルである。

SCGE モデルを用いた経済被害の計量化は、既に数多くの試みが報告されている。土屋ら<sup>5)</sup>は、東海地震を対象に、高速道路や東海道新幹線等の交通施設が被災した状況を想定し、地域別での経済被害を定量的に計測している。また、小池ら<sup>6)</sup>は、新潟県中越地震を対象に、被害額の算定に加え、磐越道および上信越道が整備されていたことで、リダンダンシー機能が発揮され、被害の軽減に大きく貢献したことを定量的に計測している。一方、既存研究の多くが、データ制約の関係上、都道府県単位を基本とした分析であるため、都道府県よりも細分化されたエリアでの被災条件を反映した分析および被害の計量化の実例は少ない。

そこで本研究では、小池ら<sup>7)</sup>で構築された小規模多地域の SCGE モデルを用いて、より細分化されたエリアでの被災条件を反映した検討を行うこととする。モデルの定式化については以下に示す通りである。

### a) モデルの概略

本研究で採用する SCGE モデルでは、まず複数の空間に分割された社会経済を想定し、それぞれの空間にはアクティビティベースの企業および代表的消費者が存在し、それぞれ費用最小化行動および効用最大化行動を想定する。市場に関しては、財、資本は全地域に開放されており、労働市場は地域内で閉じているものと仮定する。各市場においては、完全競争を仮定し、財の輸送に関しては、Ice-berg 型輸送技術を想定する。モデルの概略は図-3 に示す通りである。

なお、本モデルでは、以下のサフィックスで変数を表すものとする。

- ・地域を表すサフィックス：

$$I \in \{1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, o, \dots, I\}$$

- ・産業を表すサフィックス：

$$M \in \{1, 2, \dots, m, \dots, n, \dots, M\}$$

### b) 企業の行動モデル

地域  $i$  に立地し、財  $m$  を生産する企業は、自地域と他地域で生産された中間投入財、本源的生産要素（労働・資本）により構成される生産要素を用いて、財を生産する。

各地域には、生産財ごとに 1 つの企業が存在すること

を想定し、地域  $i$  において財  $m$  を生産する企業の生産関数を Leontief 型で仮定すると以下ようになる。

$$Y_i^m = \min \left\{ \frac{v_i^m}{a_i^{0m}}, \frac{x_i^{1m}}{a_i^{1m}}, \dots, \frac{x_i^{nm}}{a_i^{nm}}, \dots, \frac{x_i^{Nm}}{a_i^{Nm}} \right\} \quad (1)$$

$Y_i^m$  : 地域  $i$  の財  $m$  の生産量

$v_i^m$  : 地域  $i$  の財  $m$  の付加価値

$x_i^{nm}$  : 地域  $i$  産業  $n$  から  $m$  への中間投入財

$a_i^{nm}$  : 地域  $i$  産業  $n$  から  $m$  への中間投入財の投入係数

$a_i^{0m}$  : 地域  $i$  の財  $m$  の付加価値比率

次に、企業の付加価値に関する最適化問題は、付加価値 1 単位当たりの要素費用最小化行動として以下のように定式化する。ここで付加価値関数は、労働と資本について規模に関して収穫一定を仮定したコブ・ダグラス型を仮定する。

$$\begin{aligned} \min. & \quad w_i L_i^m + r_i K_i^m \\ \text{s.t.} & \quad v_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m} \end{aligned} \quad (2)$$

$w_i$  : 地域  $i$  の労働賃金率

$r$  : 資本レント

$L_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の労働投入量

$K_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の資本投入量

$\alpha_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の生産要素（労働）の分配パラメータ

$A_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の効率パラメータ（全要素生産性）

式 (2) の費用最小化問題をラグランジュ未定乗数法により解くと、生産要素需要関数（労働・資本）が求まる。また、付加価値関数が超過利潤ゼロの条件から、平均費用として求めることができる。

$$L_i^m = \frac{\alpha_i^m}{w_i} a_i^{0m} q_i^m Y_i^m \quad (3)$$

$$K_i^m = \frac{1-\alpha_i^m}{r} a_i^{0m} q_i^m Y_i^m \quad (4)$$

$$cv_i^m = \frac{a_i^{0m} w_i^{\alpha_i^m} r^{1-\alpha_i^m}}{A_i^m (\alpha_i^m)^{\alpha_i^m} (1-\alpha_i^m)^{1-\alpha_i^m}} \quad (5)$$

$cv_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の単位生産当たりの付加価値

### c) 世帯の行動モデル

各地域には代表的な世帯が存在し、自己の効用が最大になるように自地域と他地域からの財を消費すると仮定する。すなわち、世帯がどの地域からどれだけ財を消費するかを地域間交易モデル（Logit モデル）で表現する。

世帯の行動は、以下のような所得制約条件下での効用最大化問題として定式化する。

$$\begin{aligned} \max. \quad & U_i(d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^M) = \sum_{m \in M} \beta^m \ln d_i^m \\ \text{s.t.} \quad & \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} = \sum_{m \in M} p_i^m d_i^m \end{aligned} \quad (6)$$

$U_i$  : 地域  $i$  の効用関数  
 $d_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の消費水準  
 $p_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の消費者価格 (C.I.F.PRICE)  
 $\beta^m$  : 財  $m$  の消費の分配パラメータ

$$\left( \sum_{m \in M} \beta^m = 1 \right)$$

$\bar{l}_i$  : 地域  $i$  の一人当たり労働投入量

$$\left( \bar{l}_i = \sum_{m \in M} L_i^m / N_i \right)$$

$\bar{K}$  : 世帯全体における総資本保有量

$$\left( \bar{K} = \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} K_i^m \right)$$

$T$  : 世帯全体における総人口

$$\left( T = \sum_{i \in I} N_i \right)$$

式 (6) の効用最適化問題をラグランジュ未定乗数法により解くと、消費財の需要関数を求めることができる。

$$d_i^m = \beta^m \frac{1}{p_i^m} \left( \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} \right) \quad (7)$$

#### d) 地域間交易モデル

Harker モデルに基づいて、各地域の需要者は消費者価格 (C.I.F.PRICE) が最小となるような生産地の組み合わせを購入先として選択する。地域  $j$  に住む需要者が生産地  $i$  を購入先として選択し、その誤差項がガンベル分布に従うと仮定すると、その選択確率は以下のようなロジット型の交易モデルで表現できる。なお、本モデルでは、最終需要量と中間投入需要量を分類し、各財の消費先選択確率を明示したモデルを想定するため、消費先選択確率を最終消費財と中間投入財の 2 パターンで定義する。ただし、実証分析においては、最終消費財と中間投入財の流動を分別することができないため、

$$Fs_{ij}^m = Is_{ij}^m$$

とする。

$$Fs_{ij}^m = \frac{FY_i^m \exp[-\lambda_o^m q_i^m (1 + \psi_o^m t_{ij})]}{\sum_{k \in I} FY_k^m \exp[-\lambda_o^m q_k^m (1 + \psi_o^m t_{kj})]} \quad (8)$$

$$Is_{ij}^m = \frac{IY_i^m \exp[-\lambda_o^m q_i^m (1 + \psi_o^m t_{ij})]}{\sum_{k \in I} IY_k^m \exp[-\lambda_o^m q_k^m (1 + \psi_o^m t_{kj})]} \quad (9)$$

$Fs_{ij}^m$  : 地域  $j$  の需要者が地域  $i$  から最終消費財  $m$  を購入する選択確率

$FY_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の最終需要量を満たす生産量

$Is_{ij}^m$  : 地域  $j$  の需要者が地域  $i$  から中間投入財  $m$  を購入する選択確率

$IY_i^m$  : 地域  $i$  財  $m$  の中間投入需要量を満たす生産量

$t_{ij}$  : 地域  $i$  から地域  $j$  への所要時間 (交通抵抗)

$\lambda_o^m$  : ロジットモデル内のパラメータ

$\psi_o^m$  : 価格に占める輸送比率

消費者価格 (C.I.F.PRICE) は、生産者価格 (F.O.B.PRICE) に交通抵抗を考慮することで、式 (10) のように表わすことができる。

$$p_j^m = \sum_{i \in I} Fs_{ij}^m q_i^m (1 + \psi_o^m t_{ij}) \quad (10)$$

#### e) 市場均衡条件

本モデルでは、以下の市場均衡条件が成立する。需要 (最終消費財)

$$Fz_{ij}^m = N_j d_j^m Fs_{ij}^m \quad (11)$$

$$FY_i^m = \sum_{j \in J} (1 + \psi_o^m) Fz_{ij}^m \quad (12)$$

需要 (中間投入財)

$$\begin{bmatrix} IX_i^1 \\ \vdots \\ IX_i^m \\ \vdots \\ IX_i^M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - a_i^{11} & \dots & 0 - a_i^{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 - a_i^{M1} & \dots & 1 - a_i^{MN} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} FY_i^1 \\ \vdots \\ FY_i^m \\ \vdots \\ FY_i^M \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$Iz_{ij}^m = IX_j^m \times Is_{ij}^m \quad (14)$$

供給

$$Y_i^m = \sum_{j \in J} (1 + \psi_o^m t_{ij}) Fz_{ij}^m + \sum_{j \in J} (1 + \psi_o^m t_{ij}) Iz_{ij}^m \quad (15)$$

本源的生産要素

$$\sum_{m \in M} L_i^m = \bar{L}_i \quad (16)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} K_i^m = \bar{K} \quad (17)$$

生産者価格体系

$$q_j^n = a_j^{0n} cv_j^n + \sum_{m \in M} a_j^{mn} \sum_{i \in I} Is_{ij}^m q_i^m (1 + \psi_o^m t_{ij}) \quad (18)$$

$Fz_{ij}^m$  : 財  $m$  の地域  $i$  から地域  $j$  の最終需要流動量

$Iz_{ij}^m$  : 財  $m$  の地域  $i$  から地域  $j$  の中間投入需要流動量

$IX_j^m$  : 地域  $j$  財  $m$  の中間投入需要量

$q_j^n$  : 地域  $j$  財  $n$  の生産者価格 (F.O.B.PRICE)

#### (2) SCGE モデルの前提条件

##### a) 対象範囲とゾーニング

SCGE モデルの分析対象範囲については、明確な設定

基準はないが、社会資本整備による影響が及ぶ範囲、即ち、現況での経済的取引が多いエリアを網羅的に設定することが望ましいと考えられる。本研究で対象とする南海トラフ地震や首都直下型地震による被害は全国に波及すると考えられることから、全国 47 都道府県を対象とする。また、ゾーニングは、全国幹線旅客純流動調査<sup>8)</sup>で設定されている 207 生活圏とする。

なお、本研究では内閣府中央防災会議の想定する地震シナリオに基づき、震度 6 以上の生活圏を「激甚被災地」、それ以外を「激甚被災地周辺」とした<sup>2) 3)</sup>。南海トラフ巨大地震、首都直下型地震の「激甚被災地」を、それぞれ図-4、図-5 に示す。

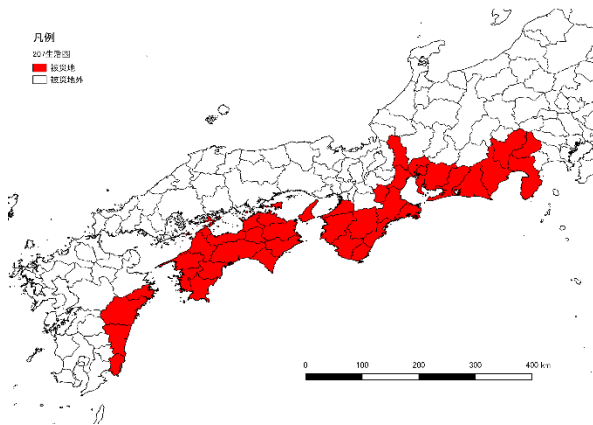


図-4 激甚被災地 (南海トラフ巨大地震)

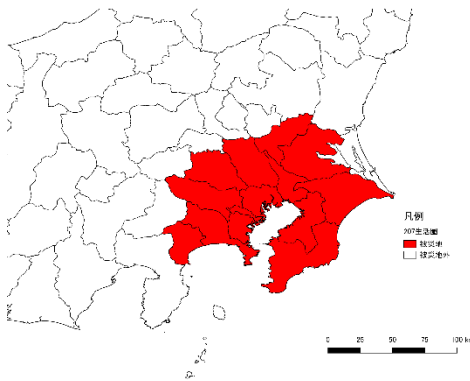


図-5 被災地生活圏 (首都直下型地震)

b) 産業分類

本研究では、県民経済計算の産業分類を基本に表-1 の 16 分類でデータの整備を行った。

表-1 産業分類

No.	産業名
1	農林水産業
2	鉱業
3	飲食料品
4	繊維製品
5	パルプ・紙・木製品
6	化学製品

7	石油・石炭製品
8	窯業・土石製品
9	鉄鋼・非鉄金属・金属製品
10	一般機械
11	電気機械・情報・通信機器
12	輸送機械
13	その他の製造工業製品
14	建設
15	電力・ガス・水道
16	サービス

c) 経済データ

これまで設定した前提条件を基に、SCGE モデルにインプットする経済データを作成する。SCGE モデルで通常使用される経済データは、地域間産業連関表であるが、207 生活圏レベルでの産業連関表は政府統計として整備はされていない。そこで、本研究で用いる経済データは、生活圏別の付加価値額データを基に産業連関表を推計し基準均衡データとする。産業分類別に、表-2 で示す算出方法に基づき産業活動関連データ (ゾーン別経済指標) の整理を行う。付加価値額データについては、都道府県民経済計算から工業統計データ等を用いて案分し整備を行う。

表-2 インプットデータの概説

産業活動 関連データ	算出方法および出典
付加価値額	・H17 都道府県民経済計算
人口	・H17 国勢調査
労働所得	・ゾーン別付加価値額×労働シェア ※労働シェアは H17 産業連関表 (都道府県別) より設定する
資本所得	・ゾーン別付加価値額×資本シェア ※資本シェアは H17 産業連関表 (都道府県別) より設定する
中間投入額	・H17 産業連関表 (都道府県別) 中間投入額
消費のシェア	・H17 産業連関表 (都道府県別) 産業別最終需要額/最終需要額計

4.  $T_{ij}$ ,  $M_i$  について

本研究は、SCGE モデルを用いて、南海トラフ巨大地震および首都直下型地震による「道路機能不全」と「資産毀損」を反映した経済被害を推計するものである。

『災害「前」』の  $T_{ij}$  (生活圏  $ij$  間の所要時間) と  $M_i$  (生活圏  $i$  の資産量) を入力することで、 $GDP^{(Before)}$  を推計し、また、『災害「後・復興前」(復興期間 1)』の  $T_{ij}$  と  $M_i$  を入力することで、 $GDP^{(Damage, TDI)}$  を推計し、復興期間 TDI における GDP 毀損額を測定する。

(1)では「道路機能不全」を表す指標である  $T_{ij}$  につい

て説明し、(2)では「資産毀損」を表す指標である  $M_i$  について説明する。

(1)  $T_{ij}$  (生活圏  $ij$  間の所要時間) について

$T_{ij}$  の算出方法について以下に示す。

a) 破断率及び速度変化率の推定

第一段階として、2011年の東日本大震災時に収集された車両通行実績から、通行が観測されなかった道路を破断したリンクとし、震度別・道路種別に破断確率および移動速度の変化率を推定した。

なお、中央防災会議の想定に基づき、南海トラフ巨大地震および首都直下型地震ともに、震度 6 以上のエリア<sup>9)</sup>を道路機能不全、すなわちリンク破断が想定される地域と設定する。また、中央防災会議の設定では、高速道路の通行止め期間は短いことを前提としているため、本分析では、高速道路の破断は想定せず、直轄国道以下の道路破断を考慮することとする。

道路破断率は震災直後、半年後、一年後、一年半後の 4 期間に集計されたデータの日数での加重平均を取って算出した。速度変化率は、破断率と同様の方法で得られた速度平均を、震災前に集計したデータと比較して算出した (表-3)。

表-3 道路破断率及び速度変化率

破断率	直轄 国道	補助 国道	都道府県 道	市町村 道
震度 6	1.1%	9.2%	15.5%	19.4%
震度 7	0.0%	10.2%	9.0%	17.6%

速度 変化率	直轄 国道	補助 国道	都道府県 道	市町村 道
震度 6	95.8%	95.2%	96.2%	100.0%
震度 7	96.9%	90.4%	95.0%	100.0%

b) 地震シナリオの適用

第二段階として、207 生活圏ゾーンから南海トラフ巨大地震および首都直下型地震の激甚被災地を内閣府中央防災会議の被害想定に基づき選出し (図-4, 図-5), 前段階で推定した破断率によってリンクをランダムに破断させ、被災後道路ネットワークのデータセットを得た。具体的には、DRM リンクごとに 1~0 の乱数を発生させて、乱数が、道路破断率を下回った場合は破断し、上回った場合は破断しないものとして仮定した。

c) 生活圏間所要時間の計算

第三段階として、地震発生前後の生活圏間の所要時間を計算した。所要時間は最寄り IC までのアクセス時間、高速道路上のラインホール旅行時間、IC から目的地までのイグレス時間の和として式(3)のように定義し

た。

$$T_{ij} = TD_i + TL_{ij} + TD_j \quad (19)$$

- $T_{ij}$  : 生活圏  $ij$  間の所要時間
- $TD_i$  : 最寄り IC までのアクセス時間
- $TL_{ij}$  : ラインホール旅行時間
- $TD_j$  : 最寄り IC からのイグレス時間

被災地外生活圏においては生活圏代表都市役場から最寄り IC までを代表アクセス/イグレス時間、被災地生活圏においては各 1km メッシュからそれぞれアクセス/イグレス時間を計算し、平均してその生活圏のアクセス/イグレス時間とした。

また、被災地内の所要時間の計算の際は第一段階で推定した速度変化率を各道路リンクの法定速度に乗じた。ただし、破断リンクに関しては、全く通行不能ではなく、通行が困難に陥ったものと解釈することとした。具体的には、破断と判定されたリンクは、歩行速度並の徐行であれば通行できたものと考えて、時速 4km/h と設定し、1kmメッシュから最寄り IC までの所要時間を算定した。

(2)  $M_i$  (生活圏  $i$  の資産量) について

SCGE モデルの被災シナリオは、 $T_{ij}$  (生活圏  $ij$  間の所要時間) に加えて、 $M_i$  (生活圏  $i$  の資産量) を用いた。 $M_i$  は生活圏  $i$  の直接残留資産のことであるが、本研究では生活圏  $i$  の GRP と一致するように設定した。

『災害「後・復興前」(復興期間 1)』の  $M_i$  については以下のように算出した。まず、阪神・淡路大震災の被災エリアにおける  $M_i$  の毀損率が 0%, -10%, -20%, -30% の時の GDP 毀損率を算定すると、図-6 のようになった。

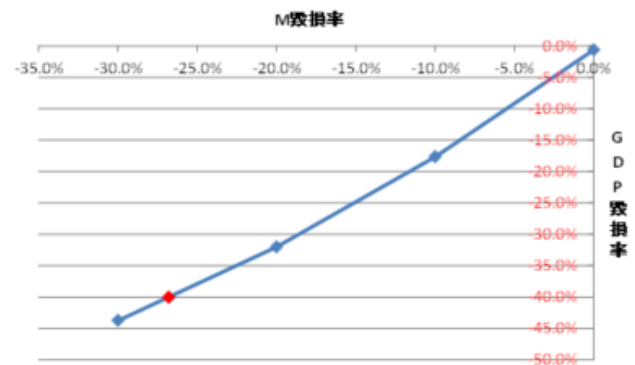


図-6  $M_i$  毀損率と GDP 毀損率

一方、実績値として阪神・淡路大震災時の被災エリアの『災害「後・復興前」(復興期間 1)』の GDP は-40%であったことから、図-6よりこの時の  $M_i$  毀損率を-26.8%と設定した。

また、リンクが寸断され「外部から隔離された沿線資産」は、サプライチェーン寸断により生産に貢献できないため 0 とする。すなわち前述の破断リンクを経由しないと到達できない 1kmメッシュの割合を到達困難メッシ

ユとして、集計し、この到達困難メッシュ率を前述の  $M_i$  毀損率を-26.8%に上乘せする。

さらに、南海トラフ巨大地震のケースにおいては、国土地理院が取りまとめた10万分の1浸水範囲概況図<sup>10)</sup>に基づき、浸水が想定されるゾーンを確認し、「生活圏内の浸水リンク延長/生活圏内のリンク延長合計」の値を、 $M_i$  毀損率の-26.8%に上乘せすることとした。具体には下式に示す通りである。

$$M_i^* = M_i + IL_i^* + Me_i^* \quad (20)$$

$$IL_i^* = (1 - M_i) \times IL_i \quad (21)$$

$$Me_i^* = (1 - M_i - IL_i^*) \times Me_i \quad (22)$$

- $M_i^*$  : 到達困難および浸水を考慮した  $M_i$  毀損率,
- $M_i$  : 26.8%,
- $IL_i^*$  : 浸水による  $M_i$  毀損率,
- $IL_i$  : 生活圏  $i$  の浸水リンク延長率,
- $Me_i^*$  : 到達困難に伴う  $M_i$  毀損率,
- $Me_i$  : 生活圏  $i$  の到達困難メッシュ率

## 5. 推計結果

以上の前提に基づいて行った推計結果を以下に示す。

### (1) 南海トラフ巨大地震

南海トラフ巨大地震については、GDP が 522 兆円 ( $GDP^{(Before)}$ ) から 386 兆円 ( $GDP^{(Damage,TDI)}$ ) に減少し、「20年経済被害」は 1048 兆円と推計された。

1048 兆円という経済被害は、日本国内の全ての経済主体の合計所得の損失額であるが、激甚被災地エリアにおいて、とりわけ被害が大きい。

図-7 は、激甚被災地エリアに含まれる政令指定都市を抜粋し、納税者一人当たりの損失所得額 (20 年間累計) を記載したものである。エリアは生活圏単位であり、当該生活圏の所得を、代表都市の所得に等しいと想定して推計した。

20 年間累計で、納税者一人当たり、平均 800 万円前後から 2000 万円以上の所得が失われてしまうことが推定された。これはつまり、大阪や名古屋において、20 年間累計所得が 25%以上縮小するということである

なお、阪神淡路大震災の時の神戸における (今日と当時の所得水準が同じであると改定した場合の) 損失所得

額 (20 年間累計) は、1158 万円と推計されるが<sup>4)</sup>、南海トラフ巨大地震の時の神戸における損失所得額は 1340 万円であり、15%程度増加している。つまり、南海トラフ巨大地震では、阪神淡路大震災が神戸に与えたダメージを上回るダメージが、より広域にもたらされることが予想されるのである。

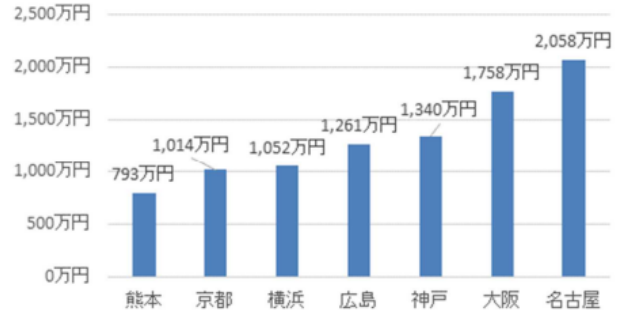


図-7 南海トラフ巨大地震によって失われる地域別所得総額 (20年間累計)

### (2) 首都直下型地震

首都直下型地震については、GDP が 522 兆円 ( $GDP^{(Before)}$ ) から、433 兆円 ( $GDP^{(Damage,TDI)}$ ) に減少し、「20年経済被害」は 678 兆円と推計された。

図-8 に示すように、納税者一人当たりの損失所得額 (20年間累計) は、平均約 900 万円から 2100 万円以上に及ぶことが推計された。なお、阪神淡路大震災の神戸における損失所得額 (20 年間累計) を、当時の神戸の所得水準が今日の東京 23 区のそれと同程度であるという前提で推定したところ、1479 万円と推計された。下図に示した東京 23 区の損失額 2112 万円は、この推計値よりも 40%以上も高い水準である。つまり、首都直下型地震では、阪神淡路大震災が神戸に与えたダメージを遥かに上回るダメージが、東京 23 区を中心とした被災エリアにもたらすことが予想される。

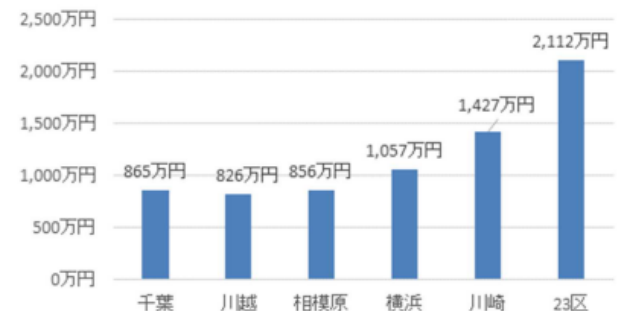


図-8 首都直下型地震によって失われる地域別所得総額 (20年間累計)

## 6. おわりに

本研究では、阪神淡路大震災の被災状況を踏まえつつ、南海トラフ巨大地震ならびに首都直下型地震をもたらす長期的な経済被害についての推計を試みた。その結果、南海トラフ巨大地震、首都直下型地震の 20 年経済被害は、それぞれ 1048 兆円、678 兆円と推計された。本研究で得られた推計結果は、南海トラフ巨大地震、首都直下型地震による経済被害が、我が国の存立・発展に致命的な影響を及ぼしかねないものであることを示すものである。

こうした分析は、道路破断や建物倒壊を防ぐための耐震補強や、津波による浸水被害を防ぐための堤防補強などの今後実施すべき強靱化政策の妥当性や喫緊性の判断に資するものであると考えられる。本研究では、南海トラフ巨大地震、首都直下型地震の推計を行ったが、本研究で考案した、経済被害の推計手法を用いて、他のケース、エリアにおいても経済被害の予測を行っていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 国土強靱化推進室: 国土強靱化とは?, 2014.
- 2) 中央防災会議・南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ: 南海トラフ巨大地震の被害想定について(第二次報告), 2013.  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tai-saku\\_wg/pdf/20130318\\_shiryo2\\_1.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tai-saku_wg/pdf/20130318_shiryo2_1.pdf)
- 3) 中央防災会議・首都直下地震対策検討ワーキンググループ: 首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告), 2013.  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/tai-saku\\_wg/pdf/syuto\\_wg\\_report.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/tai-saku_wg/pdf/syuto_wg_report.pdf)
- 4) 柳川篤志・白水靖郎・藤井聡: 阪神淡路大震災による GRP 毀損の推計, 第 58 回土木計画学研究発表会, 大分, 2018 (今大会投稿論文) .
- 5) 土谷哲・多々納裕一: SCGE モデルを用いた基幹交通網に関する地震リスクのパブリックマネジメント, 社会技術研究論文集, Vol.2, pp.228-237, 2004.
- 6) 小池淳司・右近崇: 新潟県中越地震における磐越道・上信越道のリダンダンシー効果, 高速道路と自動車, 第 49 巻, 第 7 号, pp.17-26, 2006.
- 7) 小池淳司・佐藤啓輔・片山慎太郎: 中間投入構造を明示した小規模多地域応用一般均衡モデルの構築, 第 53 回土木計画学研究発表会・講演集, pp.1297-1302, 2016.
- 8) 国土交通省: 第 5 回(2010 年)全国幹線旅客準流動調査, 2010  
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogosei-saku\\_soukou\\_fr\\_000016.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogosei-saku_soukou_fr_000016.html).
- 9) 気象庁: 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震 推計震度分布, 2018/2/2 アクセス,  
[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2011\\_03\\_11\\_tohoku/](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2011_03_11_tohoku/)
- 10) 国土交通省国土政策局国土情報課: 国土数値情報津波浸水想定データ, 2016.  
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A40.html>

(2018.7.31)

## AN ESTIMATION OF LONG-TERM ECONOMIC LOSS AGAINST THE NANKAI TROUGH GIANT EARTHQUAKE AND EARTHQUAKE CENTERED DIRECTLY UNDER THE CAPITAL

Satoshi NAKAO, Seiichi HINO, Yuichi MOHRI,  
Yasuo SHIROMIZU, Shintaro KATAYAMA, Tohru HIGASHI,  
and Satoshi FUJII