

南海トラフ地震における 各地域の道路ネットワークレジリエンス評価

鎌谷 崇史¹・中尾 聡史²・樋野 誠一³・毛利 雄一⁴・片山 慎太郎⁵
東 徹⁶・田名部 淳⁷・川端 祐一郎⁸・藤井 聡⁹

^{1,2} 学生員 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: ¹ kamatani.t@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp ² nakao@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

^{3,4} 正会員 一般社団法人 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: ³ shino@ibs.or.jp ⁴ ymohri@ibs.or.jp

^{5,6} 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: ⁵ katayama@issr-kyoto.or.jp ⁶ higashi@issr-kyoto.or.jp

⁷ 正会員 株式会社 地域未来研究所 (〒530-0003 大阪市北区堂島 1-5-17)
E-mail: tanabe@refrec.jp

^{8,9} 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: ⁸ kawabata.yuichiro@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp ⁹ fujii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

我が国は巨大な自然災害のリスクが高く、近年ではインフラ強化等による国土の強靭性（レジリエンス）確保が重要な政策目標とされている。そのためには、どの災害に対してどのインフラがどの程度脆弱であるかを把握し、優先度や対策効果を定量的に明らかにする必要があるが、現在のところそのような知見は十分ではない。そこで本研究では道路ネットワークに注目し、過去の震災時のプローブデータから推定された道路リンクの破断率および速度低下率を用いて、災害発生時の地域間移動の所要時間変化を推計し、地域道路ネットワークの強靭性評価を行った。その結果、南海トラフ巨大地震の被災想定エリア内の広い範囲において、脆弱な地域道路ネットワークの存在が示唆された。また、新規道路整備等の強靭化施策による改善効果も明らかになった。

Key Words: Road network, Resilience, Probe vehicle data, Nankai Trough Giant Earthquake, Inland Earthquake in Tokyo

1. 研究の背景と目的

日本は自然災害のリスクが高く、地震や大雨、台風の襲来や火山の噴火などの度重なる大災害によりさまざまな被害がもたらされてきた。そして、将来の更なる大災害の発生が懸念されている。その代表例の一つが、南海トラフ巨大地震をはじめとする巨大地震の発生である。地震調査研究推進本部は今後 30 年内の南海トラフ巨大地震の発生確率を 70%程度¹⁾と試算しており、内閣府の試算はこの地震による死者が最大 32 万 3000 人²⁾にも及ぶ可能性があるとしている。

このような大規模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＝強靭”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靭化基本法」を成立させ、内閣官房に「国土強靭化推進室」を設置、国土強靭化（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、を掲げた³⁾。そして、どのようなリスクが存在し、どのようなソフト面及びハード面での対策が強化されるべきかについてさまざまな知見が得られてきたが、ハード施策を効果的に進めるための知見、すなわち「どのような災害が起きた場合に、どのようなインフラがどの程度毀損し、そのことによって経済活動その他はどのような影響を受けるのか」また「どのようなインフラをどの程度強化すれば、被害をどの程度軽減できるの

か」についての定量的な知見は少なく、対策の妥当性を判断する材料に乏しいのが現状である。

したがって本研究では、我が国が直面する大規模災害のうち、とりわけ甚大な被害が予想される南海トラフ巨大地震及び首都直下型地震の発生による被害に注目し、種々の交通インフラの中でも最も密度が高く、特に重要な役割を担う道路ネットワークに焦点を当ててこの問題に取り組むこととする。すなわち、この研究の目的は、「南海トラフ巨大地震と首都直下型地震を想定して、地域道路ネットワークの強靱性評価を行う」ことを目的とする。評価手法は後述する過去の分析手法や既往研究の課題に基づくものであるが、実際の災害シナリオを適用した評価はこれまで行われてこなかった。このような評価は、今後国土強靱化を効果的に推進していく上での重要な示唆を与えるものと期待される。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

(1) 国土交通省による評価

災害時の道路ネットワークの機能性評価として現在行われているものに、国土交通省による「道路の防災機能評価手法⁴⁾」がある。この手法では、各種災害（地震・豪雨・火山等）ごとに設定された被災拠点と支援拠点の間のリンクが、その所要時間の変化に基づいて評価されている。この手法では新規道路の建設による防災機能の向上も評価されているが、特定の拠点間 OD ペアの評価であるため、地域道路ネットワーク全体の評価は行うことができない。そこで本研究では、メッシュ毎に算出した所要時間の変化の平均を取ることによって、被災地の道路ネットワークの全体的な評価を行うことを目指す。

(2) 道路ネットワークの脆弱性

大規模災害の道路ネットワークに及ぼす影響の研究として、道路ネットワークの脆弱性研究が行われ、さまざまな指標が提案されている。脆弱性は、道路ネットワークの連結信頼性と類似した概念であるが、生起する確率が非常に小さいものの発生した場合甚大な被害をもたらす大規模災害をも対象としている点に特徴がある。

Berdica⁵⁾は、脆弱性を道路ネットワークの、機能性を大幅に低下させる事象に対する感受性として定義した。この研究では、既往研究のレビューならびに将来の課題の提言も行われたが、脆弱性を定量的な指標というよりもむしろ道路ネットワークの信頼性の異なる側面を結びつける枠組みとして捉えている。

Jenelius⁶⁾らは特定の災害シナリオ（ひとつまたは複数のリンクの途絶）に対するノードあるいはノードの集合体であるネットワークの脆弱性として“exposure”とい

う指標を、一般化費用の増加の総計として定義した。

Chang・Nojima⁷⁾及び Chang⁸⁾はリンク長及び災害前の OD 交通量から計算されるアクセシビリティを指標として、災害時の復興計画についてケーススタディを通じて考察している。

これらの研究は大規模災害の道路ネットワークに及ぼす影響に対する洞察、すなわち脆弱性の概念やその計量法を供するものではあるが、いずれも具体的な将来の大規模災害のリスクに関する知見に直結するものではない。そこで本研究では提案された要素を援用しつつ、南海トラフ巨大地震や首都直下型地震といった具体的な災害の道路ネットワークへの影響を評価することを目指す。

(3) 被害関数

地震に起因する被害を、震度または物的被害の状態の関数で表現する試みも行われている。しかしながら、多くの研究は家具の転倒（金子⁹⁾）や液状化（谷口ら¹⁰⁾）といった特定の対象に注目したものとなっている。

岡田・鏡味¹¹⁾は東京都防災会議の震度階解説表の記述を基に 56 の被災対象についてバルナラビリティ関数の構築を試み、既往地震の被害資料と比較、関数の一定の妥当性を確認したが、倒壊した建造物が道路を塞ぐなどの 2 次災害や社会・経済等の非物理系の被害の関数化は達成されていない。

そこで本研究では災害発生時の道路リンクの破断率（通行困難率）ならびに速度変化率を過去の震災時のプローブデータから推定し、災害時の移動のシミュレーションを行うこととする。プローブデータとはナビゲーションシステムから得られる自動車の走行履歴データ¹²⁾のことであり、当初は渋滞発生などのリアルタイム交通情報の提供のために開発されたものの、その情報の速達性（状況の変化がリアルタイムに反映される）やカバー率の高さ（VICS の設置されていない道路のデータも得られる）ならびに耐久性（データはオンラインで共有される）から近年防災をはじめさまざまな分野での活用が期待されているものである。

(4) 本研究の位置づけ

上記のように災害が道路及び道路ネットワークに及ぼす影響の評価を試みた研究は多数存在するが、それらの課題点を踏まえた本研究の特徴をまとめると、①被災地の道路ネットワークの全体的な評価を行うこと、②南海トラフ巨大地震や首都直下型地震といった将来の具体的な災害を想定した評価を行うこと、③過去の震災時のプローブデータから道路ネットワークの被害を推定すること、となるであろう。

3. レジリエンス評価の手法

本研究では、過去の分析手法ならびに既往研究の課題に基づき、道路ネットワークの強靱性（レジリエンス）評価のためのモデルシステムを構築した。このシステムは3つの段階から構成される。

(1) 第一段階：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民間プローブデータの車両通行実績から、通行が観測されなかった道路を破断した道路とし、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。

表-1 震度・道路種

震度	道路種
6	直轄国道
	補助国道
7	都道府県道
	市町村道

震度については道路及び沿道構造物の損壊につながる可能性の高い震度6以上を対象とし、シミュレーションの簡略化のため6弱と6強はまとめて震度6とした。また、高速道路については地震発生後一時的に検査・啓開のため通行止めになったとしてもすぐに利用可能になると仮定し、破断しないものとした。

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。別々にシミュレーションを行えば復興の速さ等を調べることができるので、それは今後の課題となるであろう。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。結果を表-2にまとめる。

表-2 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%

(2) 第二段階：地震シナリオの適用

第二段階として、国土交通省制定¹³⁾の207生活圏ゾー

ンから南海トラフ巨大地震・首都直下型地震それぞれの“被災地生活圏”を内閣府中央防災会議の被害想定に基づき選出し、前段階で推定した破断率によって道路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。

また、各種強靱化施策の効果を検証するべく、“対策あり”の場合についてもシミュレーションを行った。本研究で検証したのは、①新規道路の整備、②橋梁の耐震化、③無電柱化、の3つの施策である。

a) 新規道路の整備

新規道路の整備によって、道路ネットワークのリダンダンシーが向上する。今回のシミュレーションでは、第四次全国総合開発計画¹⁴⁾に基づき、全国に新たな高速道路が整備されたとする。

b) 橋梁の耐震化

阪神高速の高架の倒壊を引き起こした阪神淡路大震災の発生後、全国で橋梁の耐震化が推進されている。今回のシミュレーションでは、耐震化が完了し、すべての橋梁リンクが破断しなくなったとする。

c) 無電柱化

道路閉塞の主な原因のひとつに、沿道の電柱の倒壊や傾いた電柱から垂れ下がった電線がある。そのため都市地域を中心に無電柱化が進められている。今回のシミュレーションでは都市地域の緊急輸送道路沿いの無電柱化が完了したとして、電柱の残存率と道路破断率の低下との線形相関を仮定し、無電柱化完了後の都市地域における道路破断率を式(1)によって与えることとする。

$$p' = x(1-r)z + x(1-z) \quad (1)$$

p' : 道路破断率 (対策あり)
 x : 道路破断率 (対策なし)
 r : 電柱の残存率 (対策前)
 z : 緊急輸送道路率

対策前の電柱の残存率は $1 - (\text{無電柱化率})$ で求められるので、式(1)は式(2)のように変形できる。

$$p' = xyz + x(1-z) \quad (2)$$

z : 無電柱化率 (対策前)

(3) 第三段階：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。

$$T_{ij} = TD_i + TL_{ij} + TD_j \quad (3)$$

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。207 生活圏同士のすべてのペアについて所要時間変化率を計算したのち、以下の式(4)によりレジリエンススコアを定義した。このスコアが高いほど地震後の所要時間が平均的に長くなる、すなわちその地域の道路ネットワークが脆弱であるということになる。

$$C_{ij} = \frac{T_{ij(after)} }{T_{ij(before)}} \quad (3)$$

C_{ij} : 生活圏 ij 間の地震前後の所要時間変化率
 $T_{ij(after)}$: 所要時間 (地震後)
 $T_{ij(before)}$: 所要時間 (地震前)

$$R_i = \frac{\sum_j (k_{ij} C_{ij}) + \sum_j (k_{ji} C_{ji})}{\sum_j k_{ij} + \sum_j k_{ji}} \quad (4)$$

R_i : 生活圏 i のレジリエンススコア
 k_{ij} : 生活圏 ij 間の観測交通量
 (2010 年道路交通センサス¹⁵⁾ による)

また“対策あり”の場合についても同様に、以下の式(6)により改善スコアを定義した。このスコアが低いほど対策後の地震後所要時間が平均的に短くなる、すなわち対策の効果が大きいということになる。

$$D_{ij} = \frac{T_{ij(with)} }{T_{ij(without)}} \quad (5)$$

D_{ij} : 生活圏 ij 間の対策前後の所要時間変化率
 $T_{ij(with)}$: 地震後所要時間 (対策あり)
 $T_{ij(without)}$: 地震後所要時間 (対策なし)

$$F_i = \frac{\sum_j (k_{ij} D_{ij}) + \sum_j (k_{ji} D_{ji})}{\sum_j k_{ij} + \sum_j k_{ji}} \quad (6)$$

F_i : 生活圏 i の改善スコア
 k_{ij} : 生活圏 ij 間の観測交通量
 (2010 年道路交通センサス¹⁵⁾ による)

4. レジリエンス評価の結果

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のうち「基本ケース²⁾ (南海トラフ巨大地震)」および「都心南部直下ケース¹⁶⁾ (首都直下型地震)」に基づき、被災地生活圏を以下の図—1 および図—2 のように設定した。

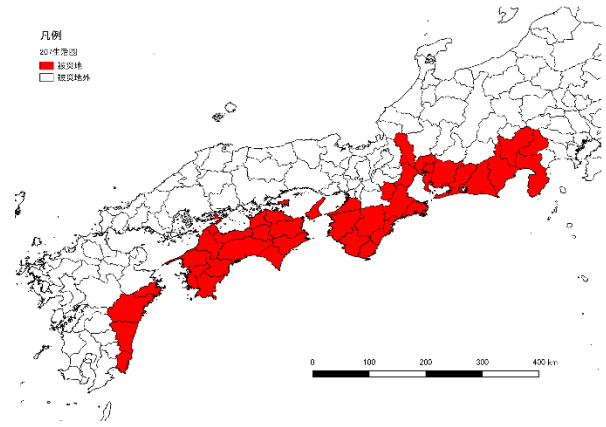


図-1 被災地生活圏 (南海トラフ巨大地震)

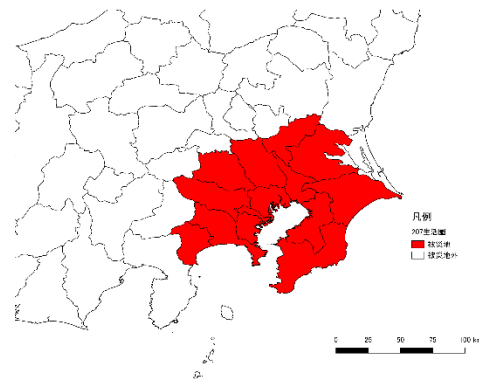


図-2 被災地生活圏 (首都直下型地震)

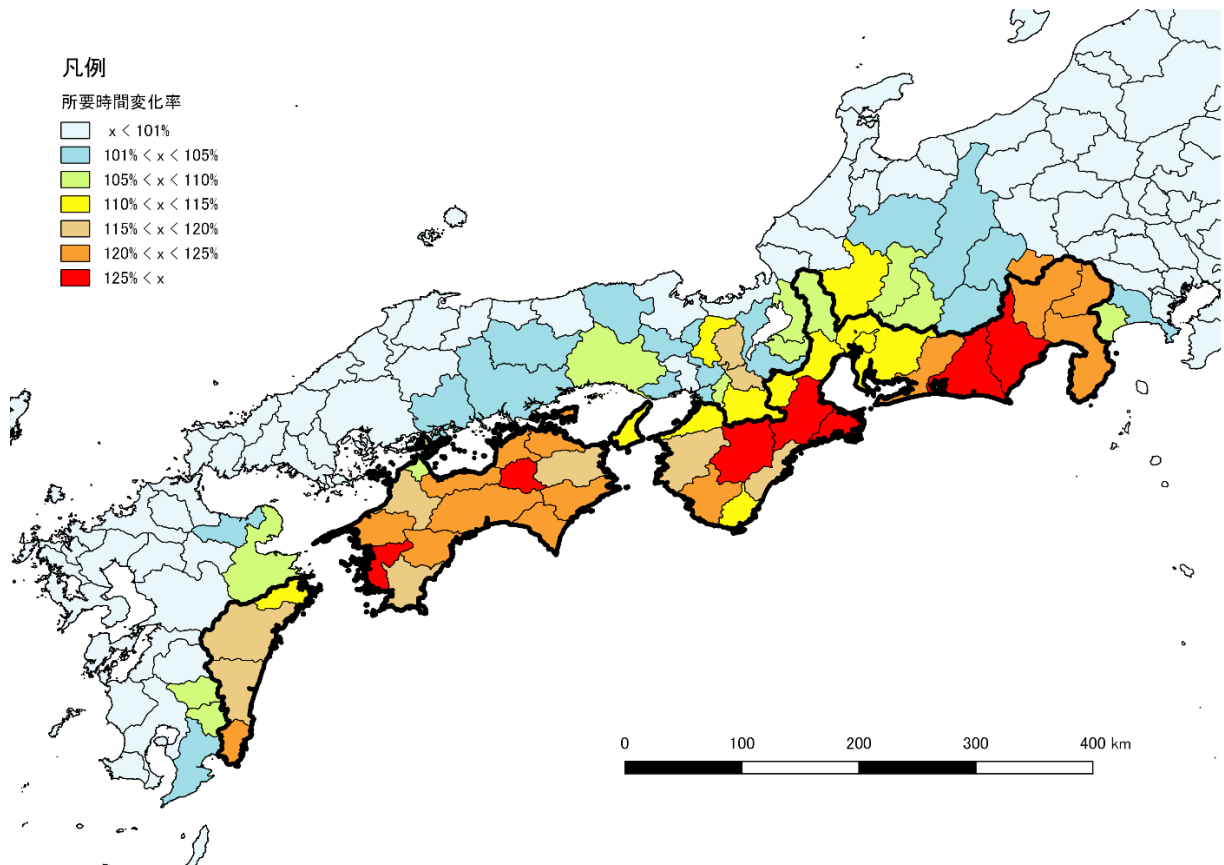
(1) 南海トラフ巨大地震

最も所要時間の増加が確認された生活圏を表—3 に、スコアに応じて色分けされた地図を図—3 に示す。

表—3 スコア上位生活圏 (南海トラフ巨大地震)

順位	生活圏	スコア
1	伊勢志摩 (三重県)	135.19%
2	三好 (徳島県)	129.65%
3	宇和島 (愛媛県)	129.02%
4	中部 (静岡県)	127.47%
5	西部 (静岡県)	126.58%
6	南和 (奈良県)	125.48%
7	中南勢 (三重県)	125.44%
8	八幡浜・大洲 (愛媛県)	124.02%
9	安芸 (高知県)	123.61%
10	中央 (高知県)	123.40%

四国南部や紀伊半島、静岡県などの被災地内の広い範囲において所要時間の大きな増加が確認された。四国南部や紀伊半島は高速道路が少なく、それが所要時間の増加に繋がったとみられる。静岡県内には東名および新東名高速道路が存在するにも関わらず大きな所要時間の増



図—3 色分け地図 (南海トラフ巨大地震)

加が確認された。静岡県内の3つの生活圏のうち、西部生活圏と中央生活圏では約6割の人口がそれぞれ浜松市と静岡市に集中しており、このことが道路インフラの集中ひいては郊外の脆弱性に繋がっている可能性がある。最も大きな所要時間の増加が推計された伊勢志摩生活圏は被災地生活圏とのみ接しており、被災地生活圏との間の交通量が多いことがこの結果に表れていると考えられる。実際、このような地域には被災地を抜けていかなければ陸路での到達は不可能なため、地震発生時には到達困難となる可能性がある。同様のことは宇和島生活圏や八幡浜・大洲生活圏にも当てはまり、いずれも大きな所要時間の増加が見込まれている。

また、被災地生活圏と間の交通を通じて、影響が被災地外の生活圏にも及ぶことも示された。平均5%以上の所要時間の増加が確認された54の生活圏のうち、実に16の生活圏が被災地外のものであった。このことは被災地における道路ネットワークの被害が実際に被災地外にも悪影響を及ぼすことを示唆している。

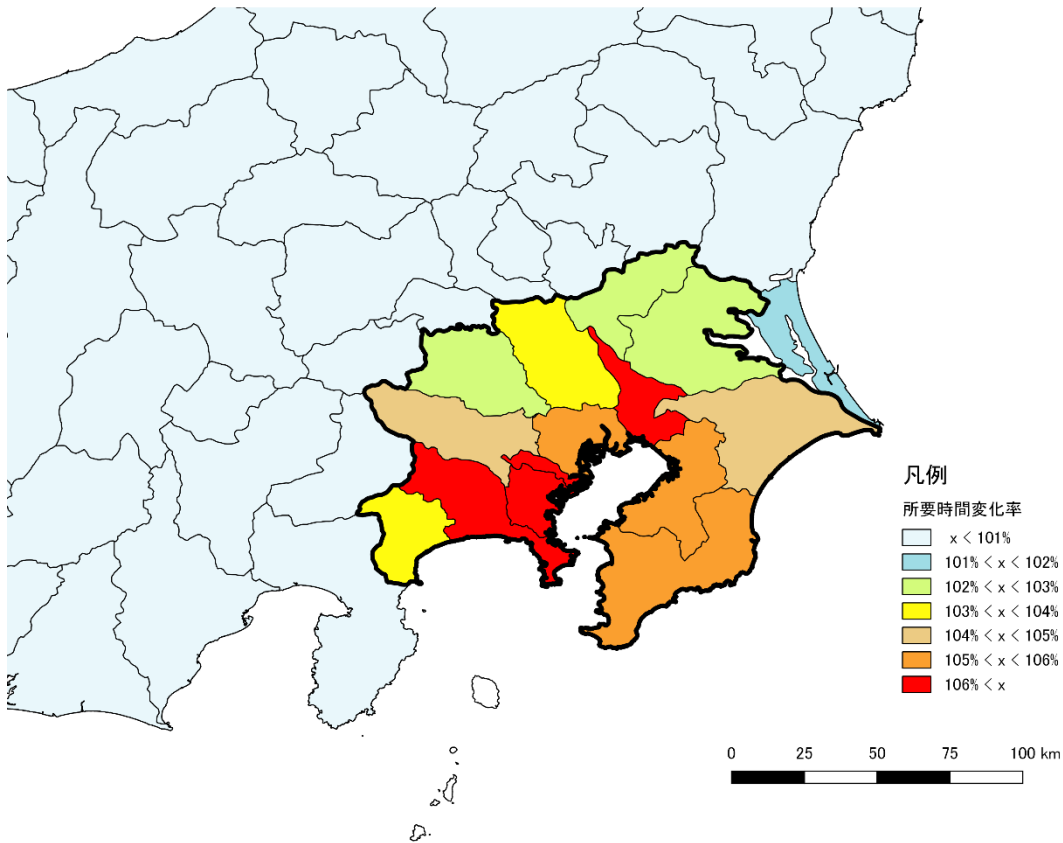
南海トラフ巨大地震の影響をより詳しく調べるべく、「都市道路ネットワークのレジリエンス評価」も行った。全国の政令指定都市および被災地圏内の生活圏代表都市ならびに人口10万人以上の都市(計82都市)について、各生活圏代表都市に分析対象都市を加えた計237都市の役所間の所要時間の変化を同様に分析した。最も所要時

間の増加が確認された都市を表—4に示す。

生活圏の場合と概ね同じ結果がみられたが、新たに日南市といった高速道路から離れた都市の脆弱性が示唆された。大阪府南部の富田林市が最も脆弱であるとの結果が得られたが、これは富田林市役所付近の道路リンクの破断の影響によるものと考えられる。生活圏ベースの分析の時以上に特定のリンクの破断による影響が大きく表れるため、信頼性を高めるために今後十分な回数のモンテカルロシミュレーションを行う必要があるであろう。

表—4 スコア上位都市 (南海トラフ巨大地震)

順位	都市	スコア
1	富田林市 (大阪府)	150.25%
2	日南市 (宮崎県)	145.17%
3	松阪市 (三重県)	139.00%
4	高松市 (香川県)	138.41%
5	津市 (三重県)	136.82%
6	丸亀市 (香川県)	135.68%
7	浜松市 (静岡県)	127.82%
8	磐田市 (静岡県)	124.97%
9	羽曳野市 (大阪府)	123.00%
10	鈴鹿市 (三重県)	122.66%



図—4 色分け地図（首都直下型地震）

(2) 首都直下型地震

最も所要時間の増加が確認された生活圏を表—5 に、スコアに応じて色分けされた地図を図—4 に示す。

南海トラフ巨大地震の場合と比べると、それぞれの生活圏で推計された所要時間の変化はそれほど大きなものではなかった。これは被災地である首都圏の密な道路ネットワークの存在により、一つの経路が不通となってもすぐに代替経路が見つかるであろうこと（リダンダンシーが高いこと）を示していると考えられる。

また、被災地が首都圏に当たり、被災地生活圏同士の結びつきが被災地外のものに比べて高いため、南海トラフ巨大地震の場合のような被災地外への影響の波及は今回はあまり見られなかった。

(3) 強靱化施策の効果

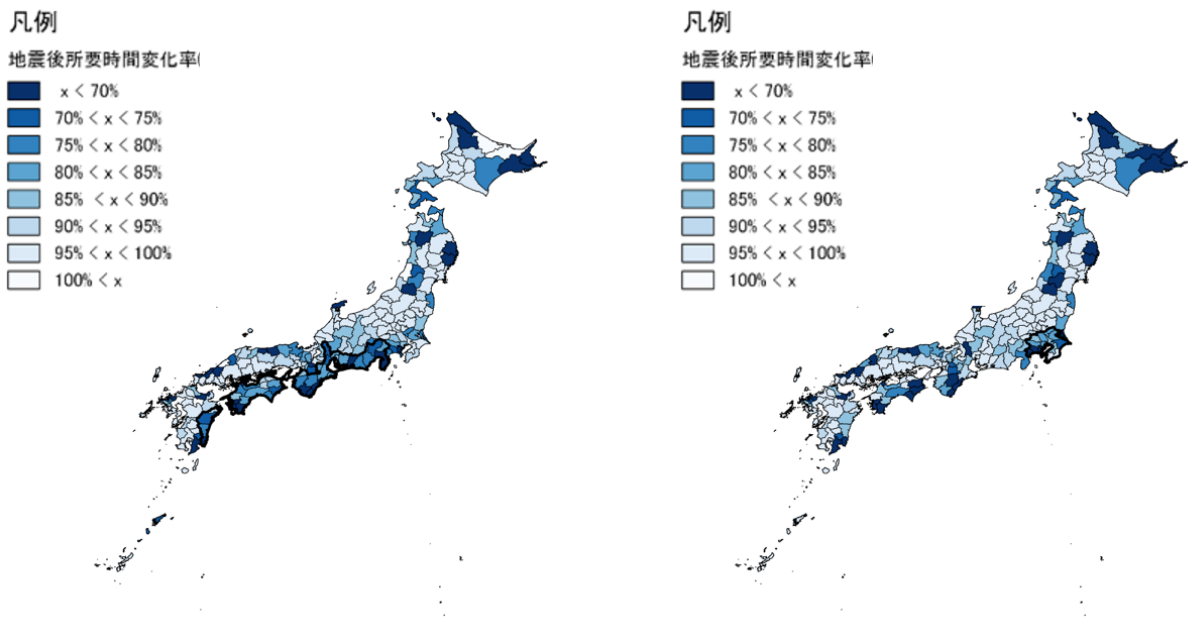
「対策あり」のシミュレーションによって計算された改善スコアに応じて色分けされた地図を図—5 に示す。

南海トラフ巨大地震、首都直下型地震どちらの場合においても、強靱化施策によって地震後の所要時間が被災地生活圏において 10-30%程度短縮されるという結果になった。特に新規道路沿線の生活圏での短縮効果が大きかったが、被災地生活圏すべてで短縮効果がみられたことから、無電柱化や橋梁耐震化といった強靱化施策が地震の被害の軽減に効果があることが示された。

一方で、一部の生活圏において所要時間の増加が確認された。これは新規整備の高速道路を利用するためにより長い経路が選択されたためと考えられ、実際そのような生活圏においてはアクセス時間の短縮とラインホール旅行時間の増加が確認されている。経路選択アルゴリズムの改良も、今後の課題の一つに挙げられるであろう。

表—5 スコア上位生活圏（首都直下型地震）

順位	生活圏	スコア
1	川崎（神奈川県）	111.23%
2	横浜（神奈川県）	109.66%
3	相模原（神奈川県）	107.35%
4	船橋（千葉県）	107.02%
5	千葉（千葉県）	105.94%
6	23区（東京都）	105.65%
7	安房・君津（千葉県）	105.03%
8	多摩（東京都）	104.60%
9	成田（千葉県）	104.14%
10	浦和（埼玉県）	103.86%



図ー5 対策あり色分け地図 (左：南海トラフ巨大地震，右：首都直下型地震)

5. 本研究のまとめ

本研究では、日本が直面する大規模災害のうち、とりわけ甚大な被害が予想される南海トラフ巨大地震と首都直下型地震を想定し、過去の震災時のプローブデータから推定された道路リンクの破断率および速度低下率を用いて、災害発生時の地域間移動の所要時間変化を推計し、地域道路ネットワークの強靱性評価を行った。強靱性評価を行うにあたっては、過去の分析手法や既往研究に基づいて新たなモデルシステムの構築を行った。

その結果、特に南海トラフ巨大地震の被災地内の広い範囲において、「強靱でない＝脆弱な」道路ネットワークの存在が示唆された。脆弱であるという結果が得られた地域の特徴としては、

- 高速道路が少ない（四国南部，紀伊半島等）
- 人口が集中している都市が存在（静岡県等）
- 被災地生活圏のみに隣接（伊勢志摩，宇和島等）

などが挙げられる。また、被災地生活圏との間の交通を通じて、影響が被災地外の生活圏にも及ぶことも示された。都市道路ネットワークのレジリエンス評価により、日南市といった都市の脆弱性も示された。

首都直下型地震の被災地内の道路ネットワークは、南海トラフ巨大地震被災地内のものに比べるとある程度「強靱」であるという結果になった。また、被災地が首都圏であるため、交通を通じた影響の拡大も南海トラフ巨大地震のものに比べると小さいことが示された。

また、南海トラフ巨大地震、首都直下型地震どちらの場合においても、新規道路整備、橋梁耐震化、無電柱化といった各種強靱化施策が地震の被害の軽減に効果的であることも示された。本研究において脆弱であるとされ

た地域には、国土強靱化（ナショナル・レジリエンス）の効果的な推進のために優先的に強靱化施策が施されるべきであろう。

今後の課題としては、より信頼度の高い評価を行うこと、およびあらゆる視点からの評価を行うこと、が挙げられるであろう。より信頼度の高い評価のためには、十分な回数のモンテカルロシミュレーションが必要となる。また、今回は考慮しなかった津波や地滑り、液状化等のことも考慮すればシミュレーションの信頼度を上げられると考えられる。別の視点からの評価としては、例えばプローブデータの集計期間別のシミュレーションを行えば“復興の速さ”を、強靱化施策別にシミュレーションを行えばそれぞれの施策の効果を比較検討することができるようになるであろう。また、本研究の結果をマクロ経済計量モデルに適用することにより、地震がもたらす交通インフラへの被害による経済被害の推定も可能になると考えられる。

謝辞：本研究を行うにあたり、計量計画研究所ならびにシステム科学研究所には貴重なデータを提供いただき、またシミュレーションを行う上で多大なご協力を頂戴しました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部：海溝型地震の長期評価の概要，2014.
- 2) 内閣府中央防災会議：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告），2012.
- 3) 国土強靱化推進室：国土強靱化とは？，2014.
- 4) 国土交通省：道路の防災機能評価手法（暫定案）の

- 改訂について, 2016.
- 5) Katja Berdica: An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done, *Transport Policy* 9, 2002.
 - 6) Jenelius E, Petersen T, and Mattsson L-G: Importance and exposure in road network vulnerability analysis, *Transportation Research*, Vol. 40A, pp. 537-560, 2006.
 - 7) Chang S.E and Nojima N: Measuring post-disaster transportation system performance: the 1995 Kobe earthquake in comparative perspective, *Transportation Research*, Vol. 35A, pp.475-494, 2001.
 - 8) Chang S.E: Transportation planning for disasters: an accessibility approach, *Environment and Planning*, Vol. 35A, pp.1051-1072, 2003.
 - 9) 金子美香: 地震時における家具の転倒推定方法, 日本建築学会構造系論文集, 第 551 号, pp.61-68, 2002.
 - 10) 谷口仁士, 飯田汲事: 地震時住家被害予測法定式化への試み—主として, 地盤液状化に起因する被害を中心に—, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 365 号, pp.108-117, 1986.
 - 11) 岡田成幸, 鏡味洋史: 震度による地震被害系統評価のためのバルナラビリティ関数群の構成, *地震*, 2 輯 44 卷, pp.93-108, 1991.
 - 12) 本田技研工業: インターナビフローティングカーシステム, <http://www.honda.co.jp/internavi/>
 - 13) 国土交通省, 第 5 回全国幹線旅客純流動調査, 2010
 - 14) 国土交通省, 第四次全国総合開発計画, 1987
 - 15) 国土交通省, 平成 22 年度全国道路・街路交通情勢調査, 2010
 - 16) 内閣府中央防災会議, 首都直下地震の被害想定と対策について (最終報告), 2013

(?)

AN ASSESSMENT OF RESILIENCE OF REGIONAL ROAD NETWORKS AGAINST THE NANKAI TROUGH GIANT EARTHQUAKE

Takeshi KAMATANI, Satoshi NAKAO, Seiichi HINO, Yuichi MOHRI,
Shintaro KATAYAMA, Tohru HIGASHI, Jun TANABE, Yuichiro KAWABATA,
and Satoshi FUJII

Japan faces great risk of natural disasters and it is concerned that there will be other large-scale disasters which may cause fatal damage to important functions for maintaining administration as well as social and economic systems. In order to avoid such kind of situations, recently it is said to be important to make resilient national land. However, assessments of Resilience of infrastructures against the specific risks of future disaster have not been done yet, even though it is quite important to promote National Resilience.

Therefore, this study conducted assessments of Resilience of regional road networks against Nankai Trough Giant Earthquake and Inland Earthquake in Tokyo, based on expected travel time. For the preparation of the data set, we applied probe vehicle data to estimate the probability of shut down of roads and velocity change ratio under various conditions.

As a result of that, widespread existence of “Not Resilient = Vulnerable” regional road networks against Nankai Trough Giant Earthquake was revealed. And at the same time, it was suggested that the reinforcement strategies can greatly mitigate the harmful effect of the disaster.