

高速道路網の拡充が大震災後の 交通復興速度に与える影響の研究

前川 美月¹・川端 祐一郎²・藤井 聡³

¹ 学生会員 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: maekawa.mitsuki.26m@st.kyoto-u.ac.jp (Corresponding Author)

² 正会員 京都大学大学院助教 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: kawabata.yuichiro.8x@kyoto-u.ac.jp

³ 正会員 京都大学大学院教授 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: fujii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

我が国は近い将来に巨大地震が発生する可能性が高く、人命や社会資本等に対する直接被害に加え、被災後の経済活動停滞により甚大な間接被害が生じる懸念もある。間接被害を最小限に抑えるためには復興の早期化が求められるが、その具体的方法と効果の研究は十分でない。本研究では、高速道路網拡充が、震災後の社会活動の復興速度に与える影響の検証を行った。東日本大震災後の道路通行実績データを用いて、震災により破断した一般道路リンクの回復に、当該道路リンクから高速道路 IC へのアクセス性が与える効果についてロジスティック回帰分析を行った結果、回復を促す統計的に有意な傾向があることが示された。したがって、震災後の道路交通の早期復興に対し、高速道路網の強靱化は有効であるという示唆が得られた。

Key Words: national resilience, recovery speed, expressway, road network, earthquake

1. 背景と目的

(1) 背景

日本は世界有数の自然災害大国であり、甚大な被害を伴う災害も近年多発している。今後も大災害が発生する可能性は高く、我が国は常に地震等の自然災害の脅威にさらされているといえる。実際に、地震調査研究推進本部地震調査委員会によると、2020年1月24日時点で、南海トラフ地震が30年以内に発生する確率は70-80%、首都直下地震が30年以内に発生する確率は70%程度だと推計できるという¹⁾。災害の発生自体を避けることはできない中、被害を最小限に食い止めることが必要であるといえる。

防災研究及び行政において、災害の被害は、直接被害と間接被害の2種類に区別されている²⁾。直接被害とは、建物やインフラ施設が災害によって物理的に被る被害である²⁾。間接被害とは、その直接被害によって惹起される間接的な被害であり、経済的なものではGDP(所得や生産)の縮小、非経済的なものでは景観や被災地のイメージの毀損が挙げられる²⁾。なお、ストックの次元で捉えられる直接被害とは違い、間接被害はフローの次元

の形をとり³⁾、時間とともに蓄積されていくため⁴⁾、期間を区切り推計される。

これらの中でも、経済的な間接被害は、サプライチェーンが発達し、地域の社会経済が集積している場合に大きくなる傾向があり、経済や人々の日常生活に影響を与える。外注化や、東京一極集中などの経済集積化に代表される現在の日本社会の動向は、間接被害の増加を促進させると推測できる。

(2) 国土強靱化の取組み

地震による被害を最小限に抑えるため、日本政府は平成25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」を成立させた⁵⁾。国土強靱化とは、大規模な自然災害が発生した際に、人命を守り、経済社会への被害が致命的にならず、迅速に回復する「強としなやかさ」を備えた国土、経済社会システムを平時から構築していくことを指す⁵⁾。また、「人命の保護が最大限図られること」「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」「国民の財産及び公共施設に係る被害の最小化」「迅速な復旧復興」の4つを目標としている⁵⁾。その具体的対

策には、よく語られているような建物の耐震化といったハード対策から、リスクコミュニケーションなどのソフト対策のものまで幅広い内容が含まれている。

これらが行われることで、間接被害の減少につながり、税収の低迷も緩和される。さらに、国土を「強く」する、つまり建物の耐震化などの直接被害を最小化するための事前対策だけでなく、「しなやかさ」の要素、つまり被害を受けた後に、より迅速に復旧・復興できるように体制を整え、間接被害を最小限に押さえ込むことも重要な災害対策である。これは国土強靱化の4つ目の目標に該当し、復興の迅速さは重要な指標であるが、国土強靱化のうち国土の「しなやかさ」を高めるための研究は、「強さ」を高めるための研究に比べると少なく、復興の速度を速めるための定量的知見は乏しいのが現状である。定量的知見とは端的にいうと、どのような施策をどれだけ行くと復興速度がどの程度向上するのかについての数値的把握である。そうした検討は、今後、国土強靱化の「しなやかさ」向上に関する取組を適切に計画する上で必要である。

(3) 本研究の目的

復興速度を速める方法として、中央官庁の業務継続計画 (BCP) の継続的な評価・見直し、サプライチェーン確保のための企業ごと及び企業連携型 BCP の策定、自衛隊や消防等の災害対応体制強化、長期電源途絶等に対する情報通信システム対策などが、国土強靱化アクションプランにおいて挙げられている⁹⁾。ただし、これら以外にも、道路網の強靱化対策、すなわち、高速道路網の拡充や、既存道路の耐震補強や沿線電柱の地中化等が、復興速度を高める効果を持つことが期待できる。なぜなら、そうした道路網の強靱化対策を講ずることで、災害後の道路サービスが持続可能であれば、災害直後の救護、復旧の迅速化が期待できるのみならず、サプライチェーンが強靱化される事を通じた復興の迅速化も期待できるからである。

なお、道路網の強靱化において、高速道路網の充実が重要となると考えられる理由としては、以下の3つの理由が考えられる。

第一に、高速道路は、自動車専用の道路として高速・大容量・長距離の運送を可能とし⁷⁾、人流や物流に必要な不可欠な存在となっている。災害発生時においても、復興関係の車両が高速道路を利用できることで、輸送時間を短縮させることができるため、早期復興につながると推測できる。高速道路が少ない場合は、時間のロスが激しく、精神的・時間的分断も起こる⁸⁾。その結果、復興にも遅れが生じ、生産が回復せずに経済的損失も増加すると考えられる。

第二に、そもそも交通ネットワークの毀損が甚大な経

済被害をもたらすという報告が多数ある。例えば、Gordon et al.⁹⁾は、1994年のノースリッジ地震において、SCPM という計量経済モデルを用いて導出した、交通機能の低下による事業の中止がもたらす経済被害は、65億ドル以上にもなると明らかにしている。また、仲条ら¹⁰⁾も、新聞等の公表資料を分析し、東日本大震災における、サプライチェーン崩壊による製造業の生産停止の被害の裾野の広さや、復旧までの日数の長さについて述べている。これらはすなわち、交通ネットワークが充実にいけば、事業中止による経済被害が少なくすみ、復興速度も速くなるのではないかということを示唆している。

第三に、阪神淡路大震災で高速道路が大規模に倒壊した事例があるため樂觀は許されないが、高速道路は地震などの災害に対して一般道に比べれば遥かに頑健であると言え、また交通の要でもあるため復旧も優先的に早く行われる傾向にある。丸山ら¹¹⁾は、2002年時点の地震時通行規制の基準程度の地震動では、高速道路に被害は発生しないとしている。また、安部ら¹²⁾によると、東日本大震災後でも、高速道路の大きな被害は少なかったという。まず、簡易舗装補修材や土のうを用いての仮復旧により、地震発生翌日の早朝までに主要路線を緊急車両が通行できるようになった¹²⁾。地震発生から13日後には、被害を受けた延べ約870km区間の高速道路のうち、約93%の応急復旧が完了し、東北自動車道は全線一般開放された¹²⁾¹³⁾。さらに、同じく東日本大震災において、道路種別での半年後以降の通行不能区間率は、直轄国道、都道府県管理道路、市町村管理道路と比べて高速道路においてはかなり小さな値となっている¹⁴⁾。つまり、高速道路に関しては、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比較的早く利用可能になるといえる。

以上より、高速道路網の充実は、災害からの速やかな復興に有効であり、被害を大幅縮小させることができるのではないかと考えられ、非高速道路の強靱化対策に加えて特に重要である可能性が考えられる。本研究ではそのような、高速道路網拡充による効果を検証することを目的としている。そしてこの分析を通して、早期復興に対する高速道路の有効性に関する知見を官民に対して寄与することや、国土強靱化の具体的対策の立案に貢献することができると思う。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

(1) 道路関連の強靱化効果に関する研究

村井¹⁵⁾は、東日本大震災において、高速道路の存在や道路関連の強靱化によって、道路網の復旧が鉄道網の復旧に比べて速く進み、復興に活用されたということを目指

摘している。しかし定性的な描写に留まるものであり、具体的なデータ等は示されていない。

土屋ら¹⁹⁾は、東海地震を想定し、空間的応用一般均衡モデルを用いて、交通機能の損傷で発生する経済被害及び今後進展する可能性のある交通ネットワーク・交通条件の下でのシナリオを想定した場合の被害を試算した結果、交通ネットワークの整備による被害軽減効果が大きいものであることを明らかにした。しかし、この分析は、具体的な災害データに基づき推計されたものではなく、仮想的なシミュレーションである。

土木学会²⁰⁾は、南海トラフ地震及び首都直下地震を想定し、災害が生じなかった場合に想定される GDP から、生じた場合に想定される GDP を差し引いた値を 20 年分累計し、それを経済被害とした。その上で、将来の震災経済被害及び強靱化対策（高規格幹線道路網の整備、橋梁の耐震補強、電柱の地中化）効果を推計した。しかしこれらは既存の道路ネットワークを前提とした耐震化等の強靱化対策効果を見たもので、道路ネットワーク自体の充実による復興加速効果は分析されていない。

中尾ら¹⁴⁾は、震災発生時における道路リンクの破断確率を、地震の規模や道路種、耐震化推進状況で表現する被害関数を構築した。その結果、時間とともに道路破断率が低下すること、橋梁耐震化や電柱化といった対策により破断率が低下することを明らかにした。しかし、破断率に対するレジリエンス投資の効果は分析されているが、時系列的な復興速度に対する効果の分析は行われていない。

上記のように、道路及び道路強靱化に対する被害軽減効果の分析に関してはいくつかの既往研究が存在するものの、現実のデータを用いた、道路ネットワーク自体の充実がもたらす時系列的な復興加速効果の分析は行われていないのが現在の状況である。

(2) 復興速度の表現方法に言及した研究

杉原ら¹⁷⁾は、復興率の定義を「復興事業計画で定めた復興予定量に対する実際の復興量の比率」とし、6 分類 14 項目の社会基盤指標のスマトラ島沖地震における復興曲線を作成した。しかし、この研究ではあらかじめ決定済みの復興見積もりと現実の復興状況との比較を中心としているため、他地域同士での「復興速度」という形による比較は困難であるといえる。

高島ら¹⁸⁾は、阪神・淡路大震災の復興率を「災害が発生しなかった場合に達成したであろう電力消費量推定値に対する電力消費量実績値の比率」として表現し、地域ごとに推定した。各区域の復興率の中央値を確かめ地域間で比較した結果、復興プロセスに区域間の相互関係や空間的な要素が関わっていることを明らかにした。しかし、復興加速要因の検証は行われていない。

その他にも、柄谷ら^{19,20)}は、社会統計を阪神・淡路大震災後の生活再建指標として利用した上で、全 120 統計項目の社会統計の生活再建指標を導出・比較し、クラスター分析を行うことで、大まかな復興パターンを把握した。同様に、各地方自治体の財政構造の変化を復興状況の指標として利用し、クラスター分析によって復興パターンの把握をしている。

このように、復興速度の指標として用いられているものは社会基盤の数や電力などさまざまである。しかし、これらの研究においては、設定した復興目標との比較や、社会統計項目間での比較及び分類、その項目自体の時系列で捉えた復興過程・復興状況の把握等を目的としていることが多く、地域間での定量的な復興速度の比較は行っていない。

(3) 本研究の位置づけ

このように、高速道路網の復興加速効果はこれまでのところ実データによる分析が行われていない。また、地域間における復興速度の定量的比較を行った研究も見られないのが現状である。こうした認識の下、本研究では、既往研究で行われていない、「高速道路網の充実が、震災後の社会活動の復興を加速する効果」の分析を、実データに基づき行う。なお、本文で述べる「充実」は、道路網の拡充だけでなくアクセス性、利便性も含むものとする。

分析として、説明変数は高速道路網の充実を表現する指標とする。従属変数は社会活動の復興速度とし、具体的には一般道路通行実績の回復という指標が考えられ、地域間比較を行うことにより、高速道路網充実の効果を検証することが可能である。

この指標化に関しては、中尾ら¹⁴⁾の研究を参考とした。なお、一般道路とは、高速道路以外の道路を指す。この指標の長所として、道路リンク 1 本 1 本の詳細なデータが入手可能であるために多種多様なデータを変数として組み込むことが容易であることや、データ数（リンク数）が多数存在することが挙げられる。以上の形式によって、本研究においては、定量的に時系列で地域ごとの復興速度を評価することが可能となり、高速道路における間接被害軽減の基礎的データを作成することができるといえる。

3. 研究手法

本手法では、一般道路通行実績の回復から破断一般道路の復興速度を把握する。説明変数を高速道路網の充実、従属変数を一般道路の通行実績（修復具合）とし、回帰分析を実行する。

(1) 分析対象データの整理

東北地方（青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県）において、気象庁の推計震度分布²⁰⁾で東日本大震災時の震度が5弱以上とされている地域（図-1 参照）を対象地域とする。対象地域内の道路リンク全 101,019 本を分析に活用した。変数は、各一般道路リンクの多様な要素を組み込むため、表-1 の通りに整理した。なお、「IC からの距離」以外のデータ項目に関しては、中尾ら¹⁴⁾が分析の際に用いたデータを利用し、自身で整理した。また、「高速道路網の充実」を表現する説明変数には、「IC からの距離」を使用する。同様に、「一般道路通行実績」を表現する従属変数には、「破断有無」を使用する。以下、各分類の説明及びデータ収集法を分類ごとに述べる。

a) リンクの特徴

「リンク長」は、当該リンクの延長をm単位で表したものである。また、「隣接リンク数」は、当該リンクに隣接するリンクの数を指す。これら2項目のデータは、一般財団法人日本デジタル道路地図協会による、2011年時点のデジタル道路地図を基に作成されている。

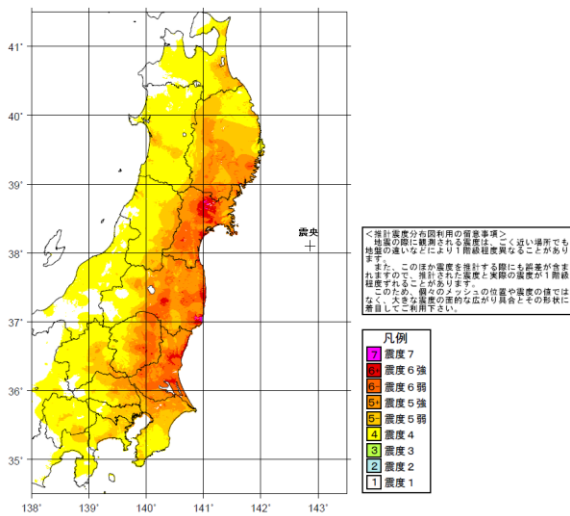


図-1 推計震度分布図

b) 被災状況

「震度6以上」は、道路リンクにおける震度が震度6弱以上であるか否かを示すダミー変数である。震度6弱以上であれば「1」、震度5強以下であれば「0」と表される。このデータは図-1の推計震度分布図²⁰⁾を基に作成されている。

「破断有無」は、道路リンクが破断されているか否かを示すダミー変数である。道路リンクが破断していれば「1」、破断していなければ「0」とする。震災直後、半年後、1年半後の3時点で確認する。破断の有無は、国土技術政策総合研究所²⁰⁾よりご提供いただいた民間プローブデータを利用して確認されている。各道路リンクに対し、「震災発生直後」「半年後」「1年半後」の3時点で、プローブデータが存在している場合は車両通行があり、道路が破断していないとし、プローブデータが存在しない場合は車両通行がなく、道路が破断していると判断した。プローブデータの各3時点における集計期間は、表-2の通りである。

また、震災発生前から震災発生1年半後までの全4回の集計期間で、車両通行実績が一度も存在しなかった道路リンクは分析の対象外とする。さらに、震災発生前の車両通行実績の存在はなかったものの、発生後に車両通行実績が一度も存在した道路リンクは、震災発生前も車両通行実績が存在していたものとして扱い、分析対象に含むものとする。その結果、対象とする道路リンクは84,230本となった。なお、本分析ではこの「破断有無」を従属変数として用いる。

「浸水域」は、道路リンクが震災による津波の影響で浸水した地域内に含まれているか否かを示すダミー変数である。判定方法としては、まず、浸水域を、国土地理院によって作成された東日本大震災における10万分の1浸水範囲概況図²⁰⁾から取得した。そして、その概況図に基づき、道路リンクの浸水有無が目視により確認・判定された。

c) 土地利用種別及び都市地域種別

「土地利用種別」は、当該リンクが所属する 100m メ

表-1 道路データの項目

分類	データ項目名称 (単位)
リンク特徴	リンク長 (m) , 隣接リンク数 (本)
被災状況	震度6以上, 破断有無, 浸水域 (全てダミー変数)
土地利用種別	田, その他の農用地, 森林, 荒地, 建物用地, 道路, 鉄道, その他の用地, 河川及び湖沼, 海浜, 海水域, ゴルフ場 (全てダミー変数)
都市地域種別	都市地域, 市街化区域, 市街化調整区域, その他用途地域 (全てダミー変数)
高速道路とIC	ICからの距離 (×10km)

ッシュにおける土地利用区分（田，その他の農用地，森林，荒地，建物用地，道路，鉄道，その他の用地，河川及び湖沼，海浜，海水域，ゴルフ場）を表すダミー変数である。「都市地域種別」は，土地利用基本計画に基づいた都市地域とその細区分（市街化区域，市街化調整区域，その他用途地域）を表すダミー変数である。これらの2分類のデータは，「国土数値情報」という，国土に関する情報を GIS データとして国土交通省がとりまとめたデータベースから入手されている。

d) 高速道路と IC

「IC からの距離」は，当該リンクから最寄りの IC までの直線距離を，×10km で表したものである。これは，国土数値情報により入手した IC の位置を示す GIS データと，デジタル道路地図により入手した道路リンクの位置を示す GIS データを取得し，作成した。ただし，中尾ら¹⁴⁾の研究で扱っていた道路リンクデータには，本研究で新たに入手した道路リンクデータに含まれていないデータが一部存在したため，分析対象は 83,605 本分のデータのみとなる。値が小さいほど高速道路網が充実しているとする。

(2) データ分析手法

本分析では，「一般道路の通行実績回復」を道路復興速度の指標とするため，破断有無を従属変数として活用する。一般道路リンクのみを対象とするために，まず全道路リンクのうち，高速道路リンクの分を除く。次に，通行実績の回復としては，全ての一般道路リンクのうち，震災発生直後の「破断有無」のデータが「1」である，つまり破断していた（通行実績が存在しなかった）といえる道路リンクを対象とする。そして，その道路リンクが半年後あるいは1年半後に破断しているか否かを従属変数とする。この場合，当該リンクの，半年後あるいは

1年半後の「破断有無」のデータが「1」であれば，道路リンクの通行実績がなく破断しており，「0」であれば，道路リンクの通行実績があり修復されているとみなすことができる。

従属変数が通行実績の有無（の変化）という二値データであることから，分析手法にはロジスティック回帰分析を採用する。「IC からの距離」が小さい値の時，半年後あるいは1年半後の破断有無が0であれば，高速道路網の充実が復興速度に正の影響を与えるといえる。よって，「IC からの距離」に関して，分析による結果が正で有意であれば，震災発生直後に破断していた一般道路リンクが，半年後あるいは1年半後に修復される傾向にあるといえるため，復興速度が速くなっていると判断することができる。反対に，結果が負で有意であれば，震災発生直後に破断していた一般道路リンクが，半年後あるいは1年半後も破断したままである傾向にあるといえるため，復興速度が遅くなっていると判断することができる。

さらに，表-1に記載した破断有無以外の項目を説明変数として利用する。前述したとおり，「IC からの距離」は，「高速道路網の充実」を表現する要素として用いるものとする。他の項目は，ステップワイズ法を用いて，実際に投入するか否かを定める。

整理すると，本分析の対象道路は直後破断した一般道路であり，主要な説明変数は「IC からの距離」である。他の説明変数全 20 項目はステップワイズ法で最終的に投入するか否かを決定する。従属変数は「破断有無（半年後，1年半後）」の2通りである。したがって，計2通りの分析を行うこととなる。

以下，道路リンクデータの本数を表-3の通りにまとめる。対象地域に存在する道路リンク全 101,019 本のうち対象となる道路リンクは，直後破断した一般道路であり，

表-2 プローブデータ集計期間

時系列区分	集計期間
震災発生前	2010年9月1日0時～2010年10月1日21時（1ヶ月間）
震災発生後 直後	2011年3月11日15時～2011年3月12日15時（24時間）
半年後	2011年9月9日0時～2011年9月15日24時（1週間）
1年半後	2012年9月7日0時～2012年9月13日24時（1週間）

表-3 道路リンク数まとめ

一般道路リンク数		高速道路リンク数	計
直後破断あり	直後破断なし		
42,997	37,889	2,719	83,605

※全道路リンク数…101,019

※単位は全て(本)

かつ車両通行実績が集計期間中に一度でもあり、IC からの距離のデータを得られるという条件を満たしている 42,997 本である。また、3 時点における破断率についても、表-4 及び図-2 にまとめた。これらより、時間経過によって、破断率が減少していることが確認できる。

しかし、表-4 及び図-2 の通り、1 年半後の一般道路リンク破断率は、6.6%又は 6.5%と非常に小さい値である。したがって、高速道路網が充実していない地域も含めた地域全体で、一般道路がほぼ修復されていると考えられ、効果の分析に適していない可能性がある。そこで、1 年半が経過しても十分に一般道路リンクの修復が完了していない箇所のみを対象とした分析も行うこととした。

具体的には、各一般道路リンクの道路種別のデータを用いて、1 年半後においても一般道路リンク破断率が高い道路種別で同分析を行う。一般道路の道路種別は、「直轄国道」「都道府県管理道路」「市町村管理道路」の 3 種類に分けることができる。道路種別で分けた、一般道路リンク 1 年半後破断率は表-5 及び図-3 のようになった。

上記図表より、1 年半後破断率が最も高い道路種別は「市町村管理道路」であり、以下、「都道府県管理道路」「直轄国道」の順となっている。そこで、これらの比較を行うために、各道路種別における 1 年半後の破断有無を検証する分析も 3 通り分実行した。

4. 研究結果と考察

表-4 一般道路リンク破断数と破断率

	破断数(本)	破断率(%)
直後	42,997	53.2
半年後	16,427	20.3
1 年半後	5,284	6.5
全道路数	80,886	

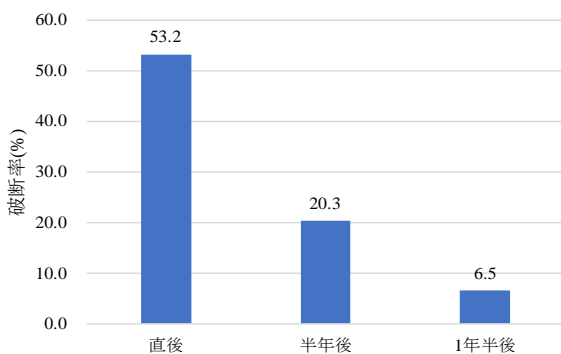


図-2 一般道路リンク破断率

(1) 全道路分析結果考察

本分析においては、正で有意の結果が表れれば、IC から当該リンクまでの距離が短いほど、一般道路リンクが修復されやすいことを示す。逆に、負で有意の結果が表れれば、距離が短いほど一般道路リンクが修復されにくいことを示す。つまり、正で有意の結果となった場合は、高速道路網の充実が復興速度を速める傾向にあるといえる。

表-5 道路種別一般道路リンク 1 年半後破断数と破断率

	全道路数(本)	破断数(本)	破断率(%)
直轄国道	13,692	234	1.7
都道府県管理道路	23,156	1,353	5.8
市町村管理道路	44,038	3,697	8.4
全一般道路	80,886	5,284	6.5

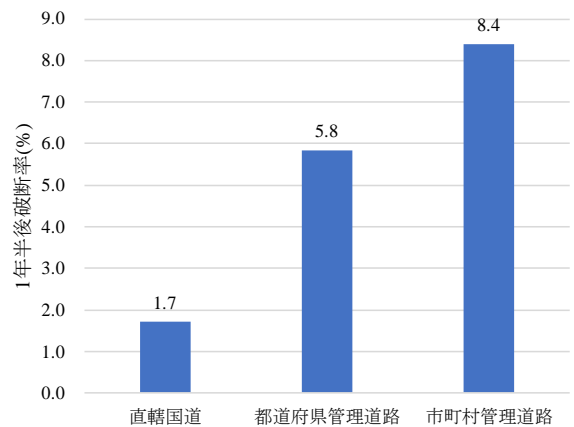


図-3 道路種別一般道路リンク 1 年半後破断率

表-6 IC からの距離と半年後一般道路破断有無

従属変数：一般道路の半年後破断有無

	非標準化偏回帰係数	標準誤差	z 値	p 値
定数項	-0.24	0.06	-4.00	0.00 ***
ICからの距離	0.15	0.02	9.77	0.00 ***
隣接リンク数	-0.24	0.01	-27.34	0.00 ***
震度6以上	0.18	0.02	7.81	0.00 ***
浸水域	0.24	0.03	-4.46	0.00 ***
田	0.11	0.03	7.60	0.00 ***
その他の農用地	0.24	0.03	4.01	0.00 ***
森林	-0.06	0.02	8.43	0.00 ***
荒地	-0.13	0.04	-2.43	0.02 *
建物用地	-0.26	0.03	-2.94	0.00 **
道路	-0.27	0.05	-7.65	0.00 ***
鉄道	-0.14	0.02	-5.95	0.00 ***
その他の用地	-0.09	0.02	-5.45	0.00 ***
河川及び湖沼	0.41	0.05	-4.13	0.00 ***
海水域	-0.21	0.03	8.04	0.00 ***
市街化調整区域	-0.15	0.04	-6.10	0.00 ***
その他用途地域	-0.19	0.04	-4.10	0.00 ***

N=42997

∴ p < .1; *; p < .05; **; p < .01; ***; p < .001

Cox-snellR²値=0.05, Nagelkerke R²値=0.07

表-10 ICからの距離と1年半後市町村管理道路破断有無
従属変数：市町村管理道路の1年半後破断有無

	非標準化偏回帰係数	標準誤差	z 値	p 値
定数項	-1.33	0.09	-14.31	0.00 ***
ICからの距離	0.06	0.03	2.04	0.04 *
リンク長	0.00	0.00	3.56	0.00 ***
隣接リンク数	-0.27	0.02	-17.81	0.00 ***
震度6以上	-0.24	0.04	-6.01	0.00 ***
田	0.12	0.05	2.15	0.03 *
その他の農用地	0.10	0.05	2.12	0.03 *
森林	0.25	0.05	5.20	0.00 ***
鉄道	-0.34	0.08	-4.17	0.00 ***
その他の用地	-0.09	0.05	-1.93	0.05 .
海浜	0.29	0.14	2.16	0.03 *
海水域	0.54	0.09	6.18	0.00 ***
都市地域	-0.10	0.05	-2.13	0.03 *
市街化調整区域	-0.21	0.06	-3.36	0.00 ***
N=28283	.: p < .1; *: p < .05; **: p < .01; ***: p < .001			
	Cox-snell R ² 値=0.03, Nagelkerke R ² 値=0.05			

これは、高速道路網の充実が破断道路の回復速度に正の傾向を与えることを示唆している。したがって、早期復興に対し、高速道路網の充実性強化は有効であると考察できる。

5. 結論

(1) 本研究のまとめ

近い将来、日本で南海トラフ地震や首都直下地震といった巨大地震の発生する可能性は非常に高いとされている。その上、東京一極集中等の経済集積化は、間接被害の増加を促進させると推測でき、甚大な間接被害を受けることが予想される。間接被害を最小限に抑えるためには、迅速に復興を完了させることが必要である。復興速度を速める方法としては、高速道路網の強靱化が挙げられる。そこで本研究では、高速道路網を中心とした自動車道路網が、震災後の社会活動の復興速度に与える効果を検証した。

具体的には、東日本大震災の実データを利用し、高速道路網の充実を説明変数、復興速度を従属変数とした分析を行った。復興速度は「一般道路通行実績の回復」でそれぞれ表現した。

ロジスティック回帰分析を行った結果、IC から当該一般道路リンクまでの距離がより短いほど、発災から半年後通行実績が回復する傾向にあることが示され、発災から1年半後においても、都道府県管理道路及び市町村管理道路では通行実績が回復する傾向にあることが示された。

したがって、高速道路網が充実していると、道路網全体が速く修復されるということが明らかとなった。以上より、早期復興に対し、高速道路網の強靱化は有効であるという示唆が得られた。

(2) 本研究による政策的示唆

本研究において、高速道路網の拡充は震災からの早期復興に有効であるという結果が得られた。これを踏まえて、震災からの早期復興のために必要とされる政策的方略について想定できることを述べる。

高速道路網に関してこれまで行われてきた対策としては、総延長約570kmの復興道路・復興支援道路整備があり、2021年12月18日に全線開通した²⁴⁾。しかし、震災前に供用されていた道路はそのうちの約160kmであり、その上多くが接続されておらず、震災後に、新規事業化した224kmを含めた復興道路・復興支援道路整備が急速に進められた²⁴⁾。つまり、震災に備えて事前に整備されたというわけではない。事前に道路網を拡充し、震災発生後にすぐ利用できるよう備えておくべきだろう。

(3) 今後の課題

本研究では、復興速度を速める方法として、道路網の強靱化対策を取り上げ、高速道路網の充実が高いほど、破断道路の回復速度が上がることを検証した。しかし、道路網強靱化には高速道路網の拡充以外にも、沿線電柱の地中化や、橋梁耐震化、道路車線数増加など幅広い手法が存在し、それらの検証も必要である。

また、分析に関する課題として、全体的にCox-snell R²値及びNagelkerke R²値が小さい値となったことが挙げられる。モデルへの当てはまりが良好ではなく、投入した説明変数だけでは従属変数が十分説明できていないといえる。したがって、他にも復興速度に影響を与えると考えられる説明変数を考え投入することや、復興速度の指標(従属変数)を通行実績ではなく通行速度低下とすること、高速道路網の充実を表す説明変数をICから当該道路リンクまでの直線的な距離ではなく道のり及び移動時間とすることといった改善をすべきである。さらに、高速道路網が充実しているか否かを見極める上で、道路へのアクセスが容易である地点にあることは、単にその地点が都会であるといえるため、他の要因で復旧しやすくなっている可能性がある。よって、その可能性をコントロールできる説明変数の検討が必要であるだろう。

最後に、今後の展望としては、道路拡充施策が、復興曲線(リカバリカーブ)に与える影響の政策感度を検討することが考えられる。具体的には、震災後の道路破断率を説明変数、GDP回復度を従属変数とした分析を行い、このデータをゾーン間の所要時間やゾーンの資産量からGDPを推計できるモデルであるSCGEモデルに投入

することで、未来に起こりうる震災の被害推計の入力データに用いることも可能となるだろう。

謝辞：本分析にあたり、一般社団法人システム科学研究所の東徹・片山慎太郎両氏、一般財団法人計量計画研究所の毛利雄一・樋野誠一両氏をはじめ、交通計画・データ解析の専門家の皆様より多大な支援と助言を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：令和 2 年版国土交通白書，2020.
- 2) 土木学会：「国難」をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書，2018.
- 3) 中野一慶，多々納裕一，藤見俊夫，梶谷義雄，土屋哲：2004 年新潟県中越地震における産業部門の経済被害推計に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol. 24, No. 2, pp. 289-298, 2007.
- 4) 豊田利久，崔青林，池田真幸，佐藤純恵，堀江進也，中村洋光，藤原広行：地震による直接被害額のリアルタイム推計に関する研究，地域安全学会論文集，Vol. 36, pp. 33-42, 2020.
- 5) 内閣官房国土強靱化推進室：防災・減災，国土強靱化のための 3 か年緊急対策による取組事例集，2021.
- 6) 同上：国土強靱化アクションプラン 2017（平成 29 年 6 月 6 日国土強靱化推進本部決定），2017.
- 7) 飯田恭敬：交通工学，オーム社，2008.
- 8) 藤井聡：令和版 公共事業が日本を救う 「コロナ禍」を乗り越えるために，扶桑社，2020.
- 9) Gordon, P., Richardson, H. W. & Davis, B.: Transport-related impacts of the Northridge earthquake. *Journal of Transportation and Statistics*, 1(2), 21-36, 1998.
- 10) 仲条仁，藤井琢哉，石川良文：東日本大震災における製造業の生産停止被害に関する研究，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol. 69, No. 5, pp. I_173-I_179, 2013.
- 11) 丸山喜久，山崎文雄，山之内宏安：高速道路走行車両の地震応答解析，土木学会論文集，Vol. 2002, No. 696, pp. 249-260, 2002.
- 12) 安部哲生，横田聖哉，金田和男，長尾和之：東北地方太平洋沖地震における高速道路の被害および復旧状況について，地盤工学ジャーナル，Vol. 7, No. 1, pp. 117-125, 2012.
- 13) 上原康平，丸山喜久：既往地震データに基づく高速道路の復旧予測に関する統計分析，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol. 72, No. 4, pp. I_110-I_116, 2016.
- 14) 中尾聡史，小野寺哲也，片山慎太郎，東徹，川端祐一郎，藤井聡：大規模震災がもたらす道路破断の予測モデルの構築に関する研究，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol. 75, No. 5, pp. I_407-I_417, 2019.
- 15) 日本建設機械化協会：「建設の施工企画」2012 年 2 月号，2012.
- 16) 土屋哲，多々納裕一，岡田憲夫：巨大地震災害時の交通施設の機能低下に起因する社会経済損失の計量化に関する研究，京都大学防災研究所年報. B, Vol. 47, B, pp. 57-67, 2004.
- 17) 杉安和也，村尾修：復興曲線を用いたインドネシアにおける 2004 年インド洋津波被災地の建物・インフラ復興過程の比較分析，地域安全学会論文集，Vol. 12, pp. 11-20, 2010.
- 18) 高島正典，林春男：広域地震災害における復旧・復興状況の時空間的な推移-阪神・淡路大震災を事例として，地域安全学会論文集，Vol. 1, pp. 1-8, 1999.
- 19) 柄谷友香，林春男，河田恵昭：神戸市社会統計を利用した阪神・淡路大震災後の生活再建指標 (RI) の提案，地域安全学会論文集，Vol. 2, pp. 213-222, 2000.
- 20) 柄谷友香，林春男：地方自治体における財政分析を用いた復興過程把握手法の提案，地域安全学会論文集，Vol. 4, pp. 315-324, 2002.
- 21) 気象庁：平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 推計震度分布図. http://www.data.jma.go.jp/svd/eqe/v/data/2011_03_11_tohoku/ (参照 2022-03-06)
- 22) 国土交通省国土技術政策総合研究所：大規模自然災害時における道路属性別の旅行速度変化率に関する基礎調査業務報告書，2022.
- 23) 国土地理院：10 万分 1 浸水範囲概況図. <http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku60003.html> (参照 2022-03-06)
- 24) 建設通信新聞 Digital：復興道路・復興支援道路が全線開通/わが国土木史上の壮挙/東北整備局，2021. <https://www.kensetsunews.com/archives/646620> (参照 2022-03-06)

(Received ??,?)
(Accepted ??,?)

THE IMPACT OF ENHANCING EXPRESSWAY NETWORKS ON THE SPEED OF RECOVERY AFTER LARGE EARTHQUAKES

Mitsuki MAEKAWA, Yuichiro KAWABATA and Satoshi FUJII

Japan is likely to experience large earthquakes in the near future. In addition to direct damage to human lives and social capital, there is concern that Japan may suffer enormous indirect damage due to stagnation of economic activities after the earthquake. Faster recovery is required to minimize indirect damage. However, there is insufficient research on specific methods and their effects. This study examines the impact of enhancing expressway networks on the speed of recovery of social activities after the earthquake. We conducted a logistic regression analysis of the effect of expressway accessibility on the recovery of general

road links that were broken by the earthquake using actual road traffic data after the Great East Japan Earthquake. The results indicate that there is a statistically significant trend toward recovery. Therefore it is suggested that the enhancing expressway networks is effective for the early recovery of road traffic after the earthquake.