

フロー効果とストック効果を考慮した巨大震災のレジリエンス対策
の被害軽減効果に関するマクロ経済モデルの構築

京都大学 ○藤井 聡 *
京都大学 川端 祐一郎 **

国土強靱化 防災 地震
道路ネットワーク 被害関数 マクロ経済モデル

研究の目的

南海トラフ地震等がもたらす経済被害を予測するため、本研究では、大規模地震発生時の道路リンクの破断確率を、地震の規模や道路の種類、耐震化推進状況等の関数として表現するモデルの推定を行うとともに、橋梁耐震化や電線類地中化等の強靱化施策の効果を分析する。また、当該モデルから予測されるストック被害としての道路リンク破断状態を、道路ネットワークの性能低下として評価してマクロ経済モデルに投入することで、フロー効果としての経済的損失の予測を試みる（ただし後述のとおり、マクロ経済モデルの構築は本助成期間に完了しなかったため今後の課題となる）。これらの作業を通じ、官民が実施すべき強靱化政策の妥当性や緊急性の判断に資するような、定量的・客観的知見を供することが本研究の目的である。

研究の内容

1) データ整理

本研究では、東日本大震災時の被災状況等のデータをもとに道路リンクの破断確率モデルを構築する。具体的な対象エリアは東北地方（青森県・岩手県・宮城県・秋田県・山形県・福島県）における震度 5 弱以上の地域である。この対象エリア内に存在する計 101,019 本の道路リンクを対象に、分析を行うため表-1 のように道路リンクの特性を表現する多様なデータを用意した。下線の「破断有無（ダミー変数）」はある道路リンクが破断しているかどうかを表す目的変数、それ以外の変数は説明変数として分析に用いる。なお道路リンクの破断有無は、震災前後でのプローブデータ（カーナビにより記録・収集された草稿履歴データ）の有無によって判断した。

2) 道路破断確率モデルの推定

道路リンクの破断確率モデルは、次のような4つの道路種別に区別して推定した。なお、道路種別によって表-1 のうち利用できる変数に多少の違いがある。

表-1 データ項目

グループ	データ名称 (単位)
リンク特徴	リンク長 (m), 隣接リンク数 (本), 橋梁 (ダミー変数)
被災状況	震度 6 以上 (ダミー変数), 破断有無 (ダミー変数), 直後 (ダミー変数), 半年後 (ダミー変数), 1 年半後 (ダミー変数), 浸水域 (ダミー変数)
強靱化 施策対応率	橋梁耐震化率, 電線類地中化率
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, 河川地及び湖沼, 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, 市街地 (全てダミー変数)

※下線部の項目は目的変数として用いる。

- ①高速道路
- ②直轄国道
- ③都道府県管理道路
- ④市町村管理道路

それぞれの道路種別について、道路リンク単位で、破断有無を目的変数とし、他の変数を説明変数とするロジスティック回帰分析を行った。その際、説明変数はステップワイズ法により選択しており、破断確率の説明に寄与しない変数は取り除いている。

道路種別によって、選択された説明変数や推定されたパラメータ（回帰係数）の大きさが異なるが、総じて言えば次のようなことが明らかになった。

道路リンク長は統計的に有意な説明力を持たない一方で、隣接道路リンク数は破断確率に有意な影響を及ぼす。これは多数の道路リンクに接続されている道路のほうが、隣接リンクの破断によって利用不可になるケースが少ないためである。またその他に、津波の浸水域であるか否か、道路に隣接する土地の土地利用種別、発災から経過した時間等が、道路リンクの破断確率に有意な影響を与えていることがわかった。

強靱化対策の実施状況に着目すると、直轄国道においては、橋梁耐震化率も電線類地中化率も道路リンクの破

断確率に有意な影響を及ぼさないが、高速道路においては橋梁耐震化率が道路破断確率に負の影響を及ぼすことが分かった。また、都道府県管理道路については、橋梁耐震化率と電線類地中化の両方がいずれも道路破断確率に負の影響を及ぼしており、特に電線類地中化の効果が大きいことが分かった。なお、市町村管理道路に関しては、強靱化対策の実施状況データが存在しない。

3) 強靱化対策の効果の分析

強靱化対策実施状況が有効な説明変数となっている、高速道路及び都道府県管理道路のそれぞれについて、強靱化対策効果を分析した。

まず高速道路についてであるが、構築した破断率予測モデルを用いて、橋梁リンクにおける「橋梁耐震化率」を10%及び20%上昇させた場合の破断率をそれぞれ求め、それらと元の「橋梁耐震化率」の場合に推定される破断率との差分を取ることで、橋梁の耐震化による対策効果を分析した。「橋梁耐震化率」を10%上昇させた場合、元の橋梁リンクの平均破断確率に比べ、約0.05%から0.34%ポイント低下すること、また20%上昇させた場合は、平均破断確率が約0.11%から0.69%ポイント低下することが分かり、橋梁耐震化に効果があることが示されたが、効果の規模は大きなものではない（高速道路における橋梁の強靱化率はすでに全国平均で73.3%と高い水準にあるためと考えられる）。

また都道府県管理道路については、「橋梁耐震化率」に加え「電線類地中化率」についても、10%及び20%上昇させた場合の平均破断確率をそれぞれ求め、上昇前の破断確率との差分を取ることで、強靱施策による対策効果を分析した。表-2にその具体的な結果を示す。「橋梁耐震化率」（橋梁リンク）については、都道府県管理道路においても高速道路と同様に、道路の破断率を有意に低下させることが示唆された。また、「電線類地中化率」（市街地リンク）についても、道路の破断率低下に貢献することが示唆された。総じて「電線類地中化率」のほうが「橋梁耐震化率」よりも効果が大きく、特に「電線類地中化率」を20%上昇させた場合の発災直後の道路破断率低減効果は約7.8%ポイントにも及ぶ。電線類の地中化率は全国平均で約19%と低く、今後の対策推進によって大きな破断率低減効果をもたらすであろうことが期待される。

研究の成果、新知見

本研究では、東日本大震災時のデータを利用して、巨大地震がもたらす道路リンク破断確立の予測モデル

表-2 「都道府県管理道路」の強靱化対策効果

対策前	全リンク 平均破断確率	橋梁リンク 平均破断確率	市街地リンク 平均破断確率
直後	45.669%	38.970%	41.738%
半年後	14.489%	10.916%	11.853%
1年半後	4.715%	3.383%	3.671%
10%対策後			
直後	45.648%	38.469%	37.778%
半年後	14.481%	10.691%	10.065%
1年半後	4.712%	3.303%	3.045%
10%差分			
直後	0.017%	0.501%	3.961%
半年後	0.008%	0.225%	1.788%
1年半後	0.003%	0.080%	0.626%
20%対策後			
直後	45.635%	38.076%	33.937%
半年後	14.475%	10.521%	半年後
1年半後	4.710%	3.243%	2.520%
20%差分			
直後	0.031%	0.894%	7.801%
半年後	0.014%	0.395%	3.345%
1年半後	0.005%	0.140%	1.150%

※差分の単位は%ポイント

構築を試み、破断確率に重要な影響を及ぼす変数を具体的に特定することができた。また、対策効果の分析から、橋梁耐震化率と電線類地中化率の向上が道路リンク破断確率を低減することが示唆された。

本分析から得られた効果の絶対量は大きなものとは言えないが、今回は粒度の粗いデータしか利用できなかったことにより誤差が比較的大きいモデルとなっていることの影響が考えられ、今後より詳細な分析が求められる。

今後の予定

本助成の期間中には、巨大地震がもたらす経済被害を予測するためのマクロ経済モデルの構築にまでは至らなかったが、その前提となる道路リンク破断確率モデルの構築が可能であることは一定程度示されたと言える。今後は、破断確率モデル精度のさらなる向上を試みるとともに、本モデルから得られる道路破断の予測を道路ネットワークの性能（地域内・地域間アクセシビリティ）低下として評価し、これを生産関数・消費関数に投入したマクロ経済モデルを構築することで、経済的な被害の推計を行うことが可能となった。

謝辞

この度は、貴重な助成金を当該研究に充当して戴いたことで、国土強靱化施策を推進する上で重要な知見を得ることができました。ここに改めて感謝の意を表します。