

研究報告

東日本大震災を踏まえた震災時の都市間における道路のネットワーク機能



丸山 大輔

道路政策グループ
上席主任研究員



和田 卓

道路政策グループ
副総括

1. はじめに

これまで道路事業については、経済・社会の側面からみた妥当性の観点から費用対便益分析を用いて個別の事業の評価が行われてきた。この費用対便益分析は、「費用便益分析マニュアル」に基づき、走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益の3便益による「総便益」と、道路整備に要する事業費、道路維持管理に要する2費用による「総費用」を算定し、各々の現在価値を算出した上で総便益と総費用の比などにより、事業の妥当性の評価を行うものである。これらの便益は、交通量（走行台キロ）に依存することから、交通量が見込めない道路では、総便益が低く算出される傾向があるといわれている。

一方、わが国の主な広域道路ネットワークを形成する高規格幹線道路は、全体計画14,000kmのうち、平成23年度末時点での供用延長が10,070km（72%）に留まり、図1-1に示すとおり地方部や国土を横断する高速道路、整備費用がかさむ大都市圏の環状道路で未供用区間が多く、高速道路のネットワークが欠落している「ミッシングリンク」が存在している。

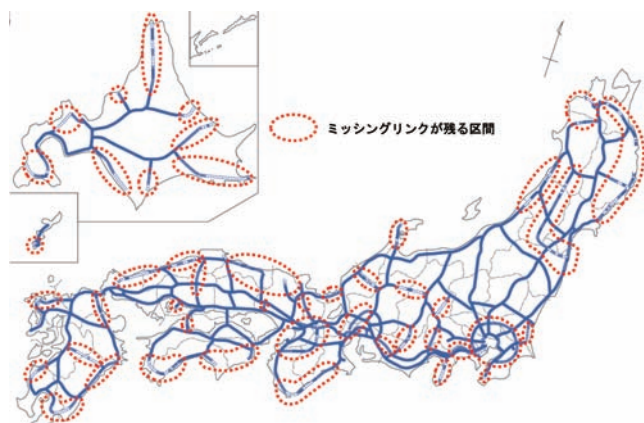


図1-1 ミッシングリンクが残る区間

こうした課題を踏まえ、平成15年度および平成19年度には、高規格幹線道路の未供用区間を対象に、客観的データを用いた外部効果の評価指標を設定し、「費用対便益」と「外部効果」の2つの指標について、それぞれの指標ごとに求められる評点（偏差値）に重みをつけて総合評価点数を算出する方法により、高規格幹線道路の未供用区間の整備の進め方についての評価が行われた。しかしながら、これらの評価は個別の区間における評価であり、ネットワーク全体としての評価は行われていない。

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、広域的な高速道路ネットワークを活用して、全国から救援部隊や救援物資などが被災地や被災地周辺の活動拠点に到達し、救助・救援活動が行われた。しかし、三陸地方を縦断する三陸縦貫自動車道は、総延長224kmのうち供用されていた区間が113km（50%）しかなく（総延長の25%（56km）は未事業化区間）、並行する国道45号が気仙大橋の流出など甚大な被害を受けたことから、救急・救援活動に大きな支障を与えた（図1-2）。

この経験から、高速道路の機能としてこれまでの費用対便益分析による効率性による視点に加え、災害時の救助・



図1-2 三陸縦貫自動車道の整備状況

出典：東日本大震災を踏まえた緊急提言（データ集）H23.7¹⁾

救援活動など安全・確実な道路交通の確保の観点や防災の観点からも評価を行うことが重要であると改めて認識された。

本研究では、個別の区間の評価ではなく、高速道路ネットワークが形成されることによる評価を行うため、多面的な評価の観点の一つとして、多重性の評価を試みた。

2. 東日本大震災で高速道路が果たした役割

東日本大震災によって、東北自動車道や常磐自動車道などが広範囲にわたって被害を受けた。交通の支障となる被害を受けた高速道路の延長は 854km にわたり、被害箇所は約 350 箇所に及んだにもかかわらず、地震翌日の 3 月 12 日の早朝には東北自動車道等の仮復旧が順次完了し、自衛隊の車両などの利用が始まった。3 月 19 日には一部区間で一般車両の通行が可能となり、3 月 30 日には通行止めが全面解除された（原発事故の影響により応急復旧に着手できなかった区間（いわき四倉 IC～常磐富岡 IC）を除く）²⁾

また、関東地方や中部地方以西と東北地方各地を結ぶ関越自動車道や北陸自動車道、磐越自動車道をはじめとする高速道路は大きな被害を受けなかったことから、日本海側の港湾や隣接県の活動拠点と被災地を連絡する緊急輸送路として、大きな役割を果たした（図 2-1）。

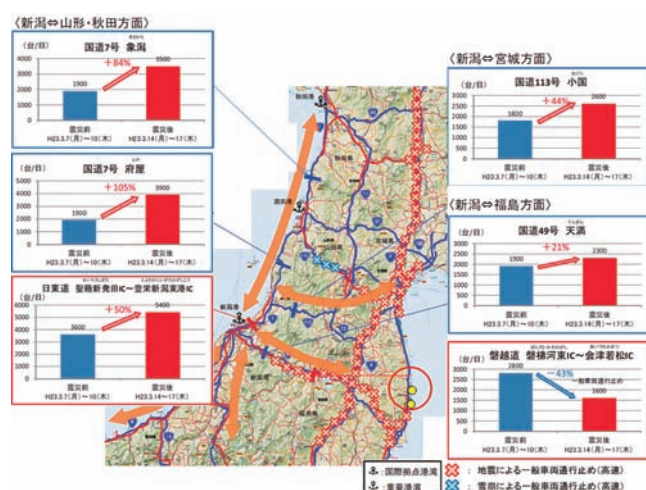


図 2-1 日本海側の幹線道路網が物資の輸送ルートとして機能
出典：東日本大震災を踏まえた緊急提言（データ集）H23.7¹⁾

さらに、津波を考慮して整備された三陸縦貫自動車道は、国道 45 号が寸断された中、被害が小さく、住民避難や救援のための緊急輸送路として役割を果たし、「命の道」として機能した（写真 2-1）。



写真 2-1 緊急輸送路として機能した三陸縦貫自動車道
出典：国土交通省資料

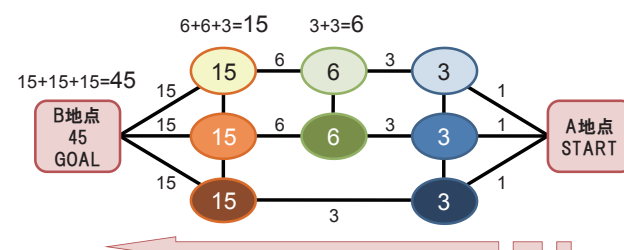
3. ネットワークの評価

東日本大震災では、広域的な高速道路ネットワークを活用して、全国から救援部隊や救援物資などが被災地や被災地周辺の活動拠点に到達し、救助・救援活動が行われたことから、高速道路により確実に目的地に到達できることの重要性が改めて認識された。

本章では、高速道路により到達可能な経路数を算出する手法を用いて、多重性の観点からネットワークの評価手法について検討し、その有効性について静岡県をモデルケースとして検証を行った。

3.1 ネットワークの評価手法 ～多重性の観点から～

ネットワークの多重性を評価する手法は、隣接県等との関わりを整理し、起点から目的地への進行方向に対し、逆進をせずに通行（図 3-1 の場合、右から左のみ進行可能。なお、上下方向（真横）への進行は可能。）できるすべての経路数を算出する方法とした。



算出例：A地点からB地点へ移動する場合の経路数は45

図 3-1 経路数の算出方法

ちなみに、この方法で東京～名古屋間（現況）の経路数を算出すると60通りとなる（図3-2）。

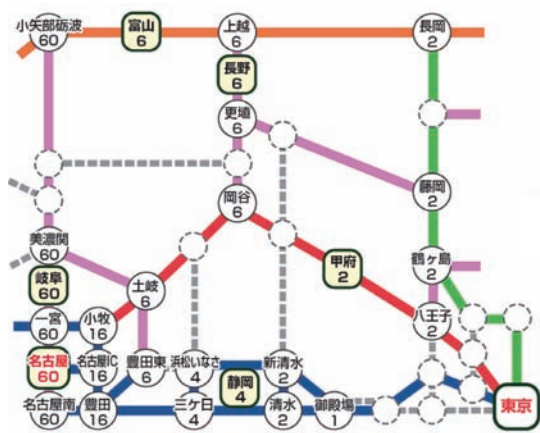


図 3-2 経路数の算出例

3.2 ネットワークの評価

～静岡県をケーススタディとして～

ここでは、南海トラフの巨大地震である東海・東南海・南海地震発生時に、東京～名古屋間の主要な交通軸や港湾など災害時の活動拠点となるエリアが大きな被害を受けることが予想される、静岡県をケーススタディとして取り上げ、隣接県等との関わりを整理し、防災の観点からエリア間のネットワークを設定して評価を行った。

(1) 南海トラフの巨大地震発生時の静岡県の被害想定

南海トラフの巨大地震が発生した場合の震度分布は、南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）（内閣府（防災部門）H24.8）によれば、静岡県の沿岸部を中心に震度6強～7と想定されている。静岡県内の新東名高速道路、東名高速道路、国道1号、東海道新幹線、東海道本線といった主要な交通軸はほとんどが震度6弱以上の地域を通過している。

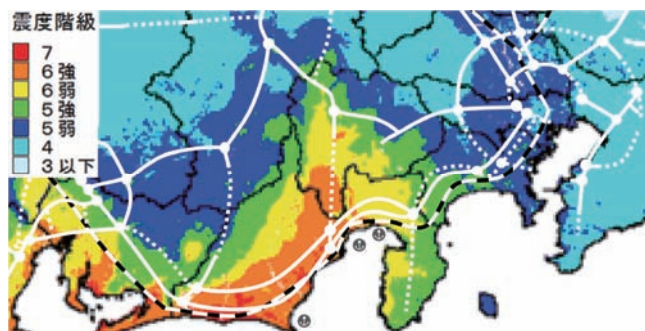


図 3-3 南海トラフの巨大地震の想定震度

出典：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）、（内閣府（防災部門）H24.8）から作成

さらに、静岡県沿岸には、20mを超えるの大きな津波が発生することが想定されていることから、重要港湾である清水港（静岡市清水区）、田子の浦港（富士市）、御前崎港（御前崎市）も被災し、拠点としての機能が果たせなくなることが予想される（図3-3、3-4）。

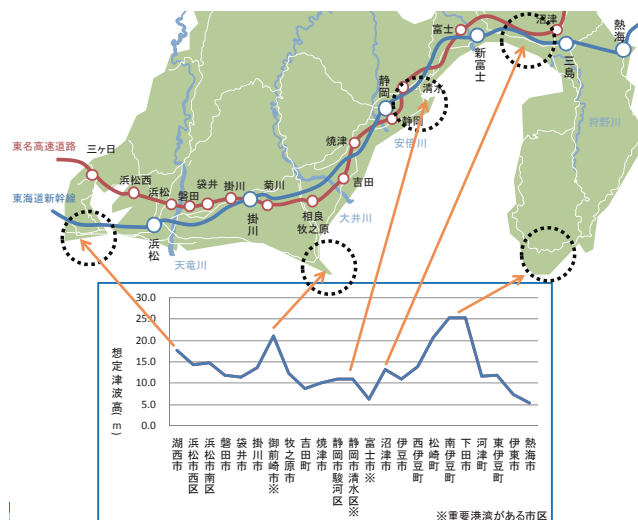


図 3-4 南海トラフの巨大地震発生時の想定津波高

出典：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第一次報告）巻末資料（内閣府（防災部門）H24.4）から作成

(2) 静岡県と隣接県との関わり

静岡県を東西に貫く東海道は、古代から現代に至るまで、関東地方と中部地方、関西地方を連絡する日本の大動脈として、主要な交通路としての役割を果たしてきた。現在では高速道路や新幹線などによって大量の人や物が移動し、日本の経済活動を支える交通の要衝としての役割を担っている。

また、静岡～長野～新潟間の南北軸についても、古来から「塩の道」に代表されるように、人や物の交流が盛んに行われてきた。特に、遠州灘（静岡県）から遠山地方を経て諏訪湖に続く街道は、遠信古道（のちの秋葉街道）といわれ、その歴史は先史時代まで遡る（図3-5）。

一方、現在は、静岡県は神奈川県、山梨県、長野県、愛知県の4県と隣接しているものの、県庁所在地間が高速道路で直接連絡されているのは神奈川県と愛知県の2県のみであることから、静岡県から山梨県、長野県へ高速道路で行くには、東京や名古屋を経由しなければならない（図3-6）。



図 3-5 塩の道

出典：遠山郷観光協会ホームページ「秋葉街道」

(http://www.tohyamago.com/rekisi/akiba_tousin/index.php)

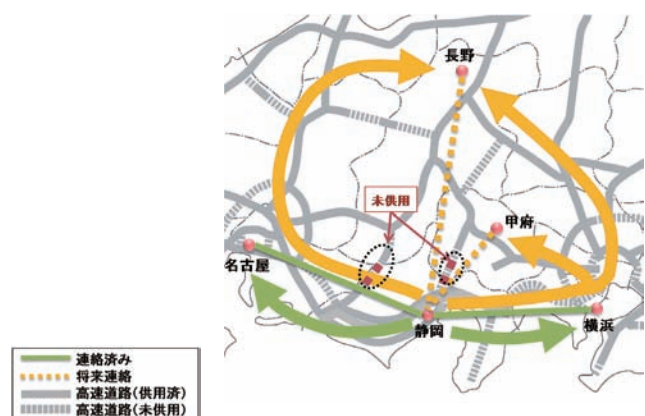


図 3-6 静岡県と隣接県との高速道路の連結状況

静岡県への貨物流動量（全機関・全品目，H21）³⁾を見ると、東名高速道路で結ばれている愛知県、神奈川県が第1位と第2位を占め、東名高速道路を経由する4県（愛知県、神奈川県、千葉県、埼玉県）で全貨物量の半数以上（52%）を占める。高速道路で結ばれていない長野県、山梨県は、東名高速道路で連絡されている千葉県や埼玉県からの貨物流動量よりも少なくわずか2～5%となっている（表3-1）。

表 3-1 静岡県着の総物流量（全機関・全品目）

順位	都道府県名	輸送トン数 (千トン/年)	割合
1	愛知県	10,540	6.7%
2	神奈川県	7,672	4.9%
3	千葉県	4,660	3.0%
4	埼玉県	2,744	1.8%
5	長野県	2,487	1.6%
6	東京都	2,308	1.5%
7	茨城県	1,891	1.2%
8	三重県	1,850	1.2%
9	滋賀県	1,184	0.8%
10	栃木県	1,141	0.7%
12	山梨県	982	0.6%
	全国	156,558	100.0%

3.3 ネットワークの設定

災害時における救助・救援活動を想定し、ネットワークを形成するためのノード（拠点）とリンク（経路）の設定を行った。

(1) 拠点の選定

拠点は災害対策本部が設置される県庁所在地に加え、広域防災活動拠点、東海地震の警戒宣言が発せられた場合の前進拠点および進出拠点など、災害時に重要な役割を果たす箇所を選定した。具体的には、表3-2に示すとおり、静岡県および隣接する神奈川県、愛知県、山梨県、長野県と新潟県の災害時における活動拠点として50箇所（42自治体）を選定した。

表 3-2 静岡県および隣接県の災害時における活動拠点等^{4) 5) 6) 7) 8)}

都道府県	活動拠点等（50箇所42自治体）			
	災害対策本部	広域防災活動拠点等	前進拠点・活動拠点	重要港湾
静岡県	静岡市	下田市、熱海市、沼津市、富士市、静岡市、藤枝市、袋井市、浜松市	山中城址駐車場（三島市）、足柄SA（小山町）、浜名湖SA（浜松市）、湖西運動公園（湖西市）	—
神奈川県	横浜市	厚木市、横須賀市、藤沢市、平塚市、開成町、小田原市、相模原市、川崎市、鎌倉市	東扇島防災基地（川崎市）	—
愛知県	名古屋市	名古屋市長久手市、豊明市、岡崎市、豊川市、豊橋市、長久手市	名城公園（名古屋市）	—
山梨県	甲府市	甲府市、富士吉田市、南アルプス市、身延町、中央市、山梨市、大月市、韮崎市	小瀬スポーツ公園（甲府市）	—
長野県	長野市	「長野県地域防災計画（震災対策編）」に具体的な地域名の記述なし	松本空港一帯（松本市）	—
新潟県	—	—	—	新潟港（新潟市）、直江津港（上越市）

(2) ネットワークの設定

(1) で選定した拠点で近接しているものをグループ化し、災害時に活動拠点となるエリアとして設定した（図3-7）。

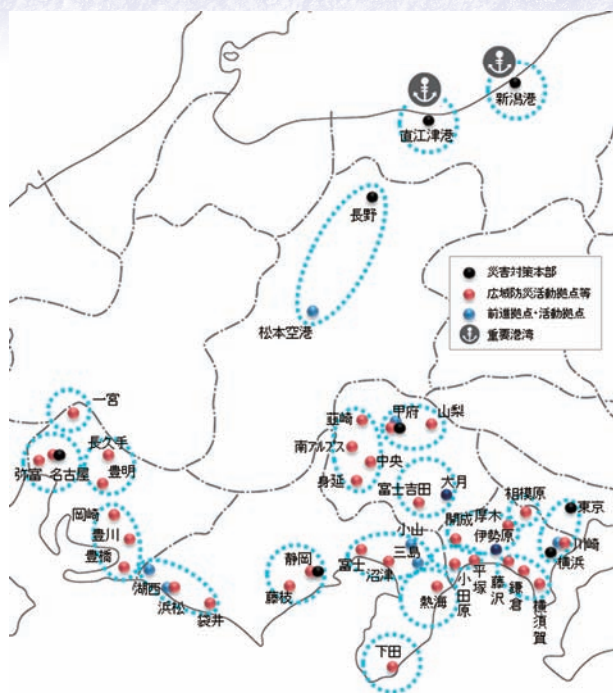


図 3-7 拠点のグループ化

設定したエリアは、高速道路の沿線に多く配置されていることがわかる。

静岡県における活動拠点エリアは、すべてのエリアで津波の発生が想定されている。また、伊豆半島を除くエリアは想定震度が 6 弱以上である。

南海トラフの巨大地震発生時には、地震による道路の損傷とともに、津波によって東名高速道路をはじめとする沿岸部の交通軸や活動拠点が大きな被害を受けることが予想される。現在の静岡県内の高速道路ネットワークで津波の被害を免れるのは、新東名高速道路のみである。これらも踏まえ、ここでは地震や津波の影響が小さい北側からの経路による県外からの救急・救援活動を想定し、図 3-8 のようにネットワークを設定した。

3.4 ネットワークの評価

3.3 で設定したネットワークを実際の高速道路網に適用し、ネットワークの多重性を評価した。

図 3-9 ～ 3-11 は、静岡～東京間、静岡～名古屋間の高速道路による経路数を示したものである。

平成 24 年 4 月に新東名高速道路が供用するまでは、東京までの経路数は 1 通り、名古屋までは 3 通りであった（図 3-9）。

現況のネットワークでは、静岡から東京までの経路数は 4 通り、名古屋までの経路数は 6 通りであるが（図 3-10）、将来、計画されている高速道路が全て整備さ

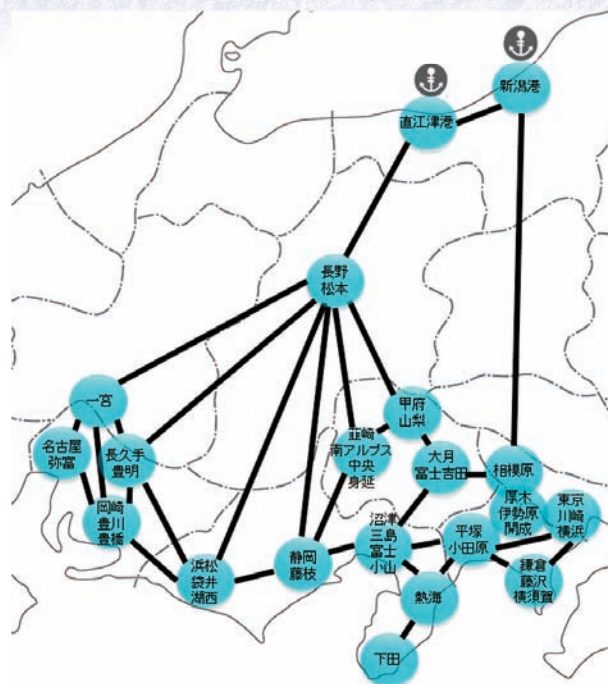


図 3-8 災害時に必要となるエリア間のネットワーク

れると、それぞれ 200 通り（50 倍）、34 通り（5.7 倍）へと選択可能経路数が増加することがわかった（図 3-11）。

図 3-12 ～ 3-14 は、南海トラフの巨大地震発生により、東名高速道路の御殿場 IC ～ 豊田 IC 間が不通になった場合を想定したものである。新東名高速道路が一部供用した現在は、東名高速道路が不通となった場合、静岡から名古屋までの経路数は 0 であり、また、東京までは 1 通りの経路しかない（図 3-13）。

将来、計画されている高速道路が全て整備されると、東名高速道路が不通となった場合でも、それぞれ 14 通り、60 通りの到達可能経路数が確保されることがわかった（図 3-14）。

また、静岡から重要港湾を有する上越、新潟などの日本海側へも現況ネットワークでは 29 通り（図 3-15）であるが、将来は 456 通り（16 倍）へと選択可能経路数が増加する（図 3-16）。

さらに、東京または名古屋を経由しない場合を算出すると、現況では 0 通りであるが将来は 9 通りとなり、現況の東京（4 通り）、名古屋（6 通り）への経路数を上回る（図 3-17、図 3-18）。

南北軸の高速道路整備によって、静岡から日本海側への連絡が、現在の東京や名古屋への連絡と遜色ないものとなることが確認できた。

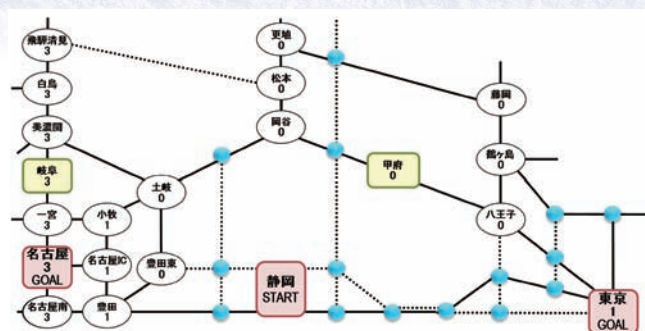


図 3-9 静岡から東京・名古屋へ移動する経路数
(新東名開通前)

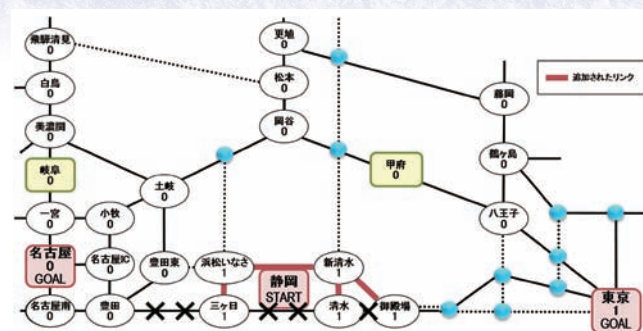


図 3-13 東名高速不通時の静岡から東京・名古屋へ移動する
経路数 (現況)

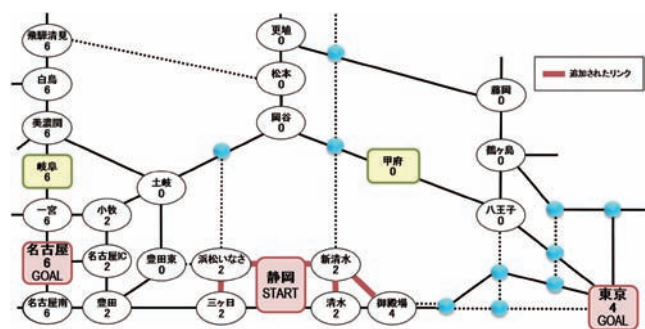


図 3-10 静岡から東京・名古屋へ移動する経路数 (現況)

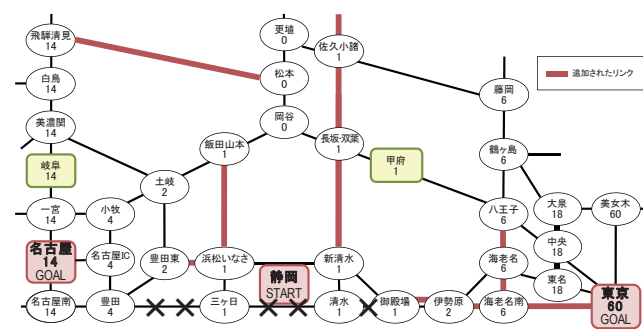


図 3-14 東名高速不通時の静岡から東京・名古屋へ移動する
経路数 (将来)

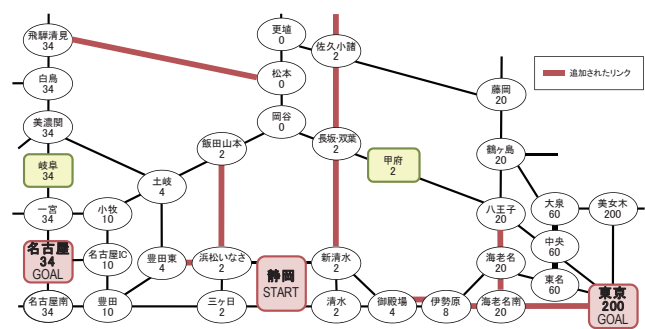


図 3-11 静岡から東京・名古屋へ移動する経路数 (将来)

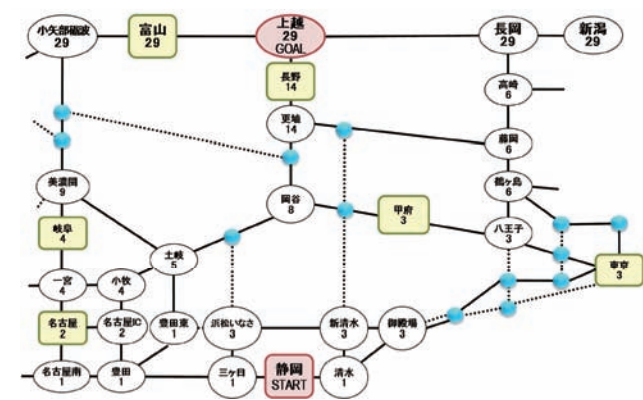


図 3-15 静岡から日本海側へ移動する経路数 (現況)

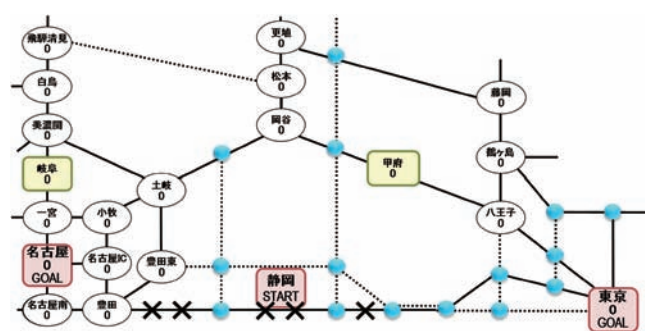


図 3-12 東名高速不通時の静岡から東京・名古屋へ移動する
経路数 (新東名開通前)

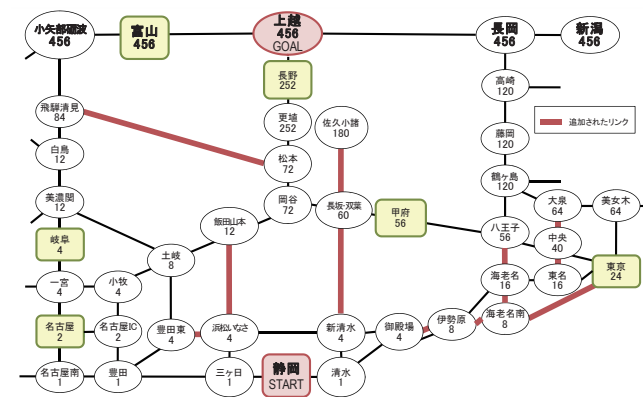


図 3-16 静岡から日本海側へ移動する経路数 (将来)

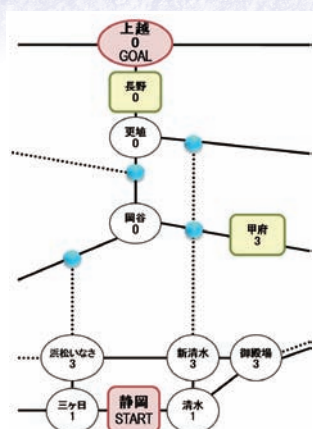


図 3-17 静岡から東京・名古屋を経由せずに日本海側へ移動する経路数（現況）

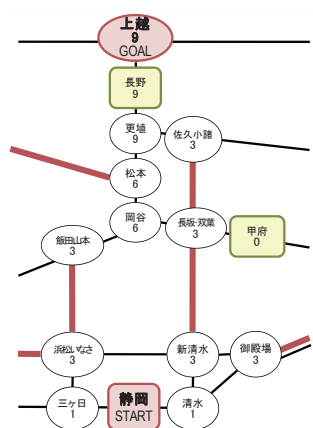


図 3-18 静岡から東京・名古屋を経由せずに日本海側へ移動する経路数（将来）

以上より、各時点における高速道路ネットワークの整備による経路数の変化を整理し結果を表 3-3 に示す。

静岡～東京間の場合、2 地点間のリンク数を現況から 3 割増加させるだけで、経路数が平常時には 50 倍、災害時には 60 倍に増加するなど、エリア間の連絡の多重性が飛躍的に向上することがわかる。将来のネットワーク形成により経路の多重性が大きく増え、災害時に静岡県への救助・救援活動に大きな役割を果たすことが期待される。

表 3-3 ネットワーク形成による経路数とリンク数の変化

			新東名高速 開通前	現況	将来	将来 / 現況
経路数	静岡～東京	平常時	1	4	200	50倍
		災害時※1	0	1	60	60倍
	静岡～名古屋	平常時	3	6	34	5.7倍
		災害時※1	0	0	14	
	静岡～日本海側	平常時	14	26	758	15.7倍
		東京、名古屋を 経由しない場合	0	0	9	-
リンク数			40	43	63	1.3倍

※1：東名高速道路（御殿場IC～豊田IC）が不通の場合

3.5 東京～名古屋間のネットワークの評価

ちなみに、同様の考え方で、東京～名古屋間の経路数を算出した。経路数は 60 通りから 7,390 通り（約 120 倍）に増加し、東京～名古屋間のネットワークの信頼性が飛躍的に向上する（図 3-19, 20）。高速道路の整備によって、災害時においても日本の大動脈である東京～名古屋間のネットワークがまず途切れることがなくなるということがわかる。

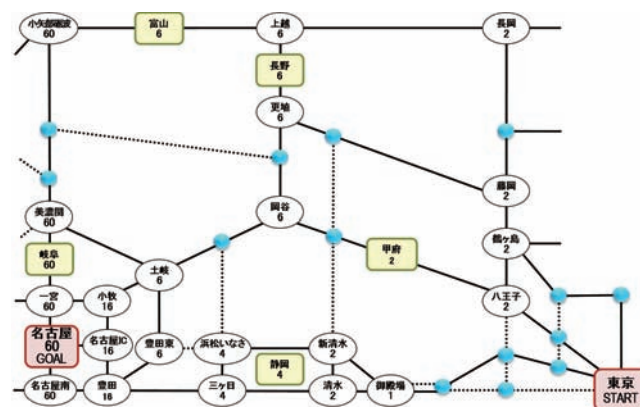


図 3-19 東京から名古屋へ移動する経路数（現況）

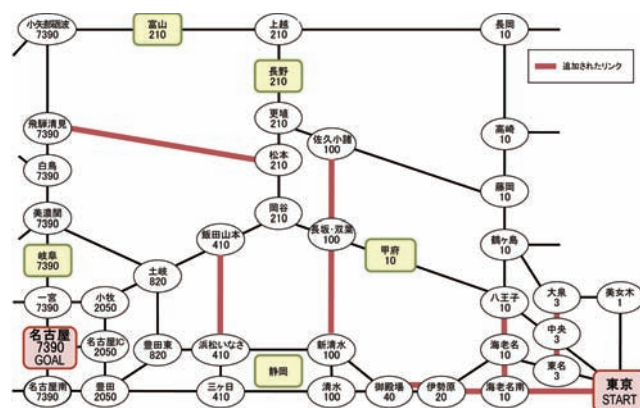


図 3-20 東京から名古屋へ移動する経路数（将来）

4. おわりに

本研究では、静岡県をケーススタディとして取り上げ、高速道路ネットワークの評価を行った。

その結果、2 地点間のリンク数を現況から 3 割増加させるだけで、静岡～東京間であれば経路数が 50 倍に増加するなど、エリア間の連絡の多重性が飛躍的に向上することがわかり、2 地点間を連絡する経路数がネットワークを評価する指標の一つとして有効であることが確認できた。

静岡県の場合、高速道路ネットワークが形成されることで、災害時のみならず、平常時においても長野県や山梨県、日本海側の拠点港が高速道路によって結ばれ、拠点間

連絡の速達性や多重性、信頼性が向上し、国際競争力の強化や産業の活性化、観光周遊ルートを選択肢の増加などによる国や地域の活性化が期待できる。

今後は、移動の目的や連絡される拠点の特性により異なってくる経路数の意味や経路の価値について考察するとともに、より多面的に評価する観点から、多重性に加え、速達性や信頼性などの観点からも、より有効性の高い指標について研究を進める所存である。

参考文献

- 1) 高速道路のあり方有識者検討委員会
- 2) NEXCO 東日本ホームページ“東日本大震災による高速道路等の被害と復旧状況（取りまとめ）”
(http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/tohoku_eq/restoration.html)
- 3) 平成 21 年度貨物・地域流動調査, 国土交通省, H23.
- 4) 東海地震応急対策活動要領に基づく静岡県広域受援計画, 静岡県, H21.5.
- 5) 山梨県地域防災計画, 山梨県防災会議, H23.12.
- 6) 愛知県基幹的防災拠点候補地調査 報告書, 愛知県, H24.2.
- 7) かながわの安全・防災 本編, 神奈川県安全防災局, H21.
- 8) 長野県地域防災計画 震災対策編, 長野県防災会議, H22.