

# 緊急物資輸送路のリスク比較に関する研究

Study on the risk comparison of emergency supplies transport route

○文 聖仁<sup>1</sup>, 矢代 晴実<sup>2</sup>, 鳥澤 一晃<sup>3</sup>

Seongin MOON<sup>1</sup>, Harumi YASHIRO<sup>2</sup> and Kazuaki TORISAWA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 防衛大学校 建設環境工学科

Department of Civil and Environmental Engineering, National Defense Academy of Japan

<sup>2</sup> 防衛大学校 建設環境工学科

Department of Civil and Environmental Engineering, National Defense Academy of Japan

<sup>3</sup> 鹿島建設株式会社 技術研究所

Kajima Technical Research Institute

According to the Countermeasures against Tokyo Inland Earthquake damage estimation by Central Disaster Management Council, by an epicenter in the southern part of Tokyo, buildings collapsed and burned, a lot of road within the capital region will be closed, road traffic is paralyzed, transportation of relief supplies is expected that it becomes difficult. Transportation of disaster emergency supplies, since very different from the normal state of transportation, have been predicted a situation which must transport a large amount of goods in a short time. This study is directed to the Countermeasures against Tokyo Inland Earthquake, carried out research on risk assessment for optimal route selection for emergency supplies transport taking into account the risk surrounding the road.

**Key Words** : emergency supplies transportation, road risk, route, the capital inland earthquake

## 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）、平成 28 年熊本地震では、被災者への救援物資が届くまでに大幅に時間を要するなど課題があった。

中央防災会議 首都直下地震被害想定によると、想定される都心南部地震によって、建物が倒壊や焼失し、首都圏内の多くの道路が閉塞されることになり、道路交通が麻痺し、救援物資の輸送が困難となることが予想される。そして、不足する物資として食料は、発災後 1 週間で 3400 万食、飲料水は、発災後 1 週間で 1700 万リットル、毛布は、約 37 万枚と想定されている<sup>1)</sup>。このような大量の物資を短時間に輸送をしなくてはならない事態が予測されている。

災害時緊急物資の輸送は、通常時の輸送とは大きく異なるため、その特性を考慮して輸送を行う必要がある。緊急時輸送は、一般的に「調達地 → 輸送 → 都道府県・1 次物資集積拠点 → 区市町村・2 次物資集積拠点 → 避難所」という経路で輸送されるが、過去の事例では、道路輸送網と物資集積拠点で支障が多く出ている。道路輸送網は、道路の地震震動による被害のみならず、液状化、周辺の火災延焼、建物倒壊によるリスクの影響を受ける。

本研究は、首都直下地震を対象とし、道路損傷や道路を取り巻くリスクを考慮して緊急物資輸送の最適ルート選定のためのリスク評価に関する研究をおこなった。

## 2. ルートリスク選定とリスク項目

東京都の世田谷区・大田区・目黒区等に対する緊急物資輸送を目的として、震度が低く、被害が少ないと思われる神奈川県厚木市を輸送拠点とし、そこから被災地周辺の 1 次物資集積拠点である品川トラックターミナルまで救援物資を運ぶことを想定した。次に輸送ルートとして、高速道路を利用するルートと一般道を使うルートなど、全て 6 個のルートを緊急輸送路として選定した。それらを図 1 に示す。

なお、ルートに影響するリスク項目は内閣府 首都直下

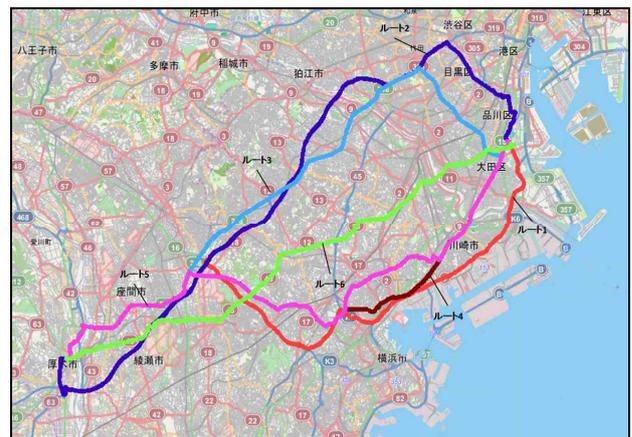


図 1 緊急輸送路

地震モデル検討会の公表データと鳥澤らの研究<sup>2)</sup>から選定した。選定したリスク項目は震度分布、道路種類別の全面通行止め発生件数、火災による建物倒壊数、地震動による建物倒壊数、液状化分布、各ルートの橋梁被害率である。

各リスクについて、地震動（震度）リスクは、内閣府首都直下地震モデルのデータから 250m メッシュの計測震度を用いて震度リスクとした。

液状化リスクは、内閣府首都直下地震モデルのデータから 250m メッシュの液状化危険度を用い、液状化可能性指数(PL)を評価し、分類した。

全面通行止め発生件数リスクは、1km メッシュの幅員別の道路延長と、鳥澤らの研究<sup>2)</sup>で基づく道路通行止め予測の振動被害による通行止め発生率から各メッシュの通行止め発生件数をリスクとした。図 2 に発生率と震度の関係を示す。

橋梁被害リスクは、対象地域のルート上の全橋梁を畑らの研究<sup>3)</sup>は、橋梁被害を損傷ランク A、B、C と分け、橋梁被災率を評価した。評価された橋梁被災率を図 3 に示す。

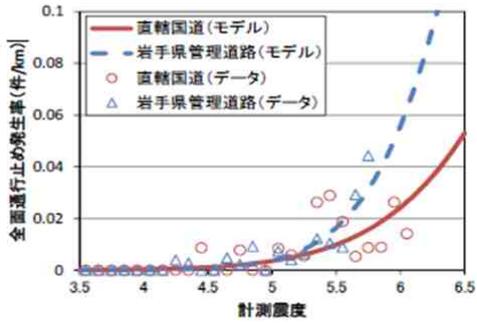


図2 振動被害による通行止め発生率

この評価結果に復旧日数としてAは30日、Bは10日、Cは5日をそれぞれかけて復旧期待値をリスクとした。

地震動建物倒壊リスクは、「平成22年度国勢調査」からメッシュの世帯数と「平成25年度住宅・土地統計調査(総務省)」の建物棟数を用いてメッシュの建物棟数を算出し、各地域メッシュの建物棟数と内閣府の「各メッシュの

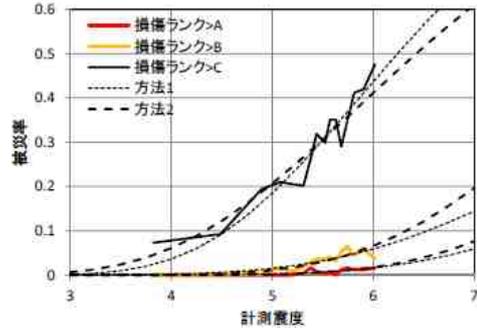


図3 橋梁被災率

地震動による建物予想倒壊棟数データ」から、各メッシュの地震動倒壊棟数率をリスクとした。

建物延焼火災リスクは、全要因の倒壊棟数から地震動倒壊棟数を引いた値を火災倒壊棟数率をリスクとした。

以上の各リスクとルートを図4に示す。

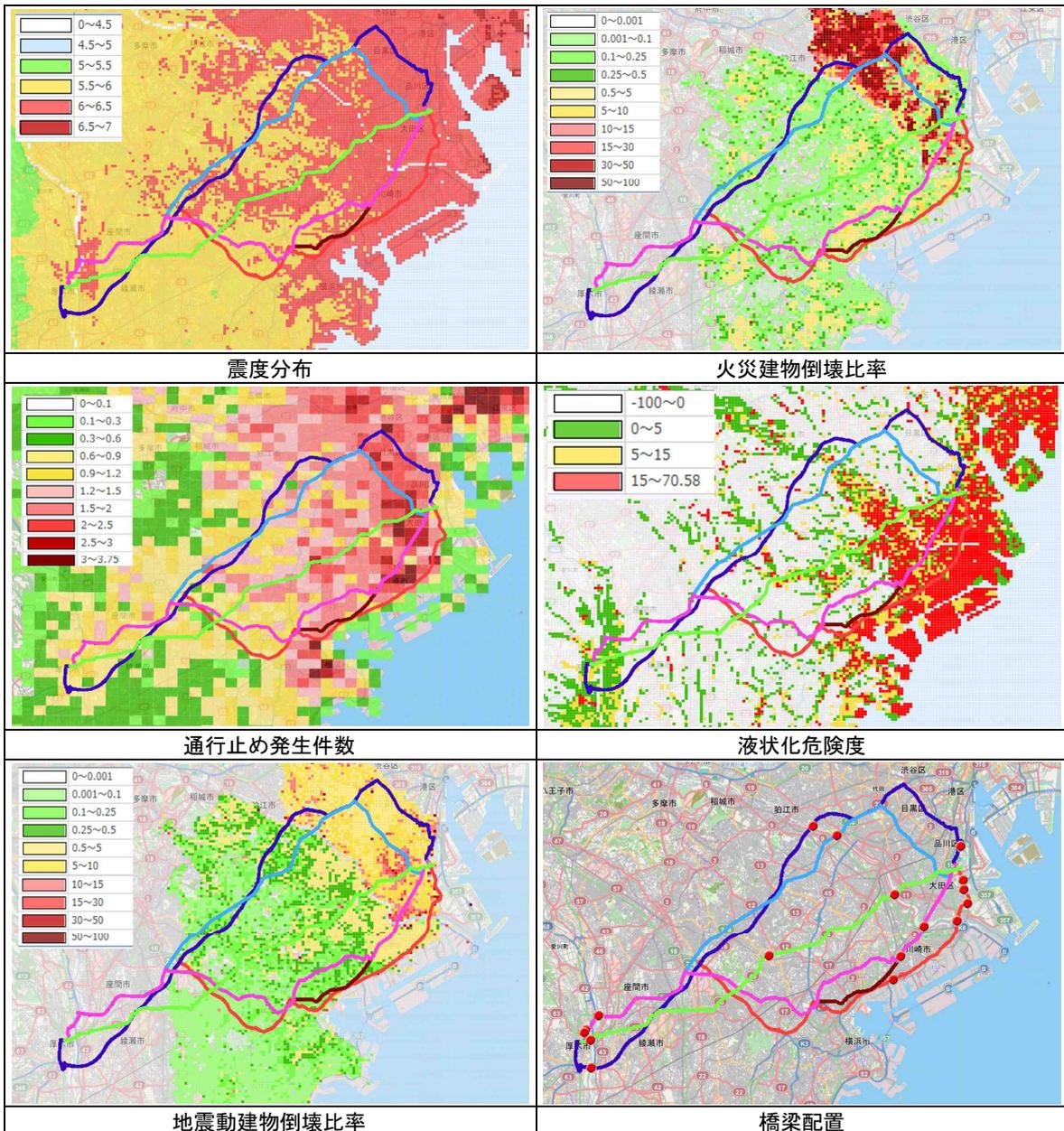


図4 リスク項目と比較対象ルート

表1 各ルートリスク評価データ

ルート	震度別メッシュ数(個)				地震動倒壊メッシュ危険度				火災倒壊メッシュ危険度				液状化メッシュ危険度				通行止め発生件数(高速道路除外)				橋梁被害復旧期待値(日)				
	A 6強	B 6弱	C 5強	D 5弱	合計値	A (25% 以上)	B (10% ~25%)	C (0~1 0%)	合計値	A (25% 以上)	B (10~ 25%)	C (0~1 0%)	合計値	A (大)	B (中)	C (小)	合計値	A 2.5~	B 1~ 2.5	C 0~1	合計値	A (大)	B (中)	C (小)	復旧期待値(日)
1	137	145	0	0	1120	6	4	185	227	0	3	192	201	66	35	181	616	2	24	25	107	3.051	3.335	2.8386	9.2246
2	137	144	0	0	1117	5	13	176	240	9	19	166	268	14	28	239	393	1	12	5	46	1.707	2.022	2.4426	6.1716
3	131	118	0	0	1009	0	10	167	197	22	24	131	313	10	19	220	327	5	40	17	162	2.109	2.364	2.5329	7.0059
4	122	111	0	0	943	0	13	157	196	1	11	158	196	42	38	153	477	5	30	21	136	2.778	3.021	2.7486	8.5476
5	102	135	0	0	915	0	13	161	200	1	11	162	200	43	27	167	463	5	32	20	141	2.778	3.021	2.7486	8.5476
6	111	84	0	0	807	1	8	135	164	6	5	133	178	32	27	136	377	4	29	15	122	1.707	2.022	2.4426	6.1716

表2 ルートリスク正規化データ 1

ルート	震度別メッシュ数(個)		地震動倒壊メッシュ危険度		火災倒壊メッシュ危険度		液状化メッシュ危険度		通行止め発生件数(高速道路除外)		橋梁被害復旧期待値(日)	
	合計値	正規化	合計値	正規化	合計値	正規化	合計値	正規化	合計値	正規化	期待値	正規化
1	1120	1	227	0.9	201	0.6	616	1	107	0.7	9.225	1
2	1117	1	240	1	268	0.9	393	0.6	46	0.3	6.1716	0.7
3	1009	0.9	197	0.8	313	1	327	0.5	162	1	7.0059	0.8
4	943	0.8	196	0.8	196	0.6	477	0.8	136	0.8	8.5476	0.9
5	915	0.8	200	0.8	200	0.6	463	0.8	141	0.9	8.5476	0.9
6	807	0.7	164	0.7	178	0.6	377	0.6	122	0.8	6.1716	0.7

表3 ルートリスク正規化データ 2

ルート	震度別メッシュ数(個)		地震動倒壊メッシュ危険度		火災倒壊メッシュ危険度		液状化メッシュ危険度		通行止め発生件数(高速道路除外)		橋梁被害率	
	合計値	比	合計値	比	合計値	比	合計値	比	合計値	比	期待値	比
1	7010	0.7	2110	0.6	1980	0.8	5310	0.7	790	0.7	13.69	0.7
2	6990	0.7	2170	0.7	2310	0.9	2990	0.4	320	0.3	7.756	0.4
3	6290	0.6	1870	0.6	2450	1	2780	0.3	1120	1	8.898	0.4
4	5880	0.6	1830	0.6	1830	0.7	3930	0.5	960	0.9	11.864	0.6
5	5760	0.5	1870	0.6	1870	0.8	4220	0.5	990	0.9	11.864	0.6
6	5010	0.5	1540	0.5	1610	0.7	2360	0.3	850	0.8	7.756	0.4

### 3. リスク分析

ルート1は東名高速道路、国道16号を通過して横浜新道で海岸部に接近し首都高速神奈川1号を通過する。海岸部に近い経路を通過するため、液状化が予測されるメッシュ通過数が他のルートより多い。液状化のリスクは、ルートの内の23%が液状化危険度Aと予測されている。

ルート2は主に高速道路で構成されて、東名高速道路、中央環状線を通過して内陸を通じている。地震動倒壊被害が高いと予測されるリスクはルートの内69%になっている。火災倒壊被害も、地震動倒壊と同様に高い被害が予測されている。

ルート3は国道246号、都道318・316号を通過する。都心部を通過する距離が長いこと、火災倒壊被害の予測がルートの71%となる。通行止め危険度中以上が18%と、他のルート(4.6%~16.9%)より高いので、通行止めリスクが高い予測となった。一方、液状化危険度は中以上が11%程度と、他のルートより小さいことにより、液状化危険度は低い

と予測される。

ルート4とルート5は県道603・43・601号、八王子街道、第一・第二京浜、水道道等、ほぼ同じ道路を通過する。通行止め発生件数メッシュがルート4とルート5共に約24%など、他のルートよりやや高めている。橋梁被害復旧期待値も8.5476で、リスクが全般的に高い傾向を表している

ルート6は厚木市役所から品川トラックターミナルまでの最短距離をとった国道・県道の中で特に緊急輸送道路に指定されていない経路である。市街地に近い道路を通過するため、通行止め発生率は24%とやや高めているが、最短距離でルート延長が短いため、地震動倒壊、火災倒壊等が他のルートより低いと予測された。

### 4. リスク評価

分析結果を表1に示す。

各ルートのリスク項目を評価すると、ルート1は東名高速道路、横浜新道、海岸部の首都高速神奈川1号等を通る

ため、液状化の被害が最も多いと同時に、延長距離が長く、通過する橋梁数が多いため、6ルートの中で橋梁被災率が最も高い。しかし、東名高速道路を利用するため、全面通行止めの被害は低いと予想されると同時に、火災倒壊メッシュ危険度も低くなる。ルート2は主に高速道路で構成され、内陸を通るため、液状化、通行止めの影響を受けにくい、中央高速環状線と首都高速1号羽田線を利用するため、高速道路を下りたあとの都心部で火災倒壊の影響を受けやすい。

ルート3は都道318号(環状七号線)を利用するため、火災倒壊の影響を受けやすく、主に国道中心に構成されているため、6ルートにおいて最も通行止めの影響を受ける。しかし、内陸部を通るため液状化の影響は低い。

ルート4とルート5は県道、厚木大山街道、八王子街道などほぼ同じ道路を利用し、特に通過する橋梁数が4つと多く、橋梁被害の影響が高く出る。

ルート6は最短距離であり、内陸を利用するルートであるため、通行止めの影響はある程度受けるが、それ以外の影響は全て低い。

その他に、橋梁復旧期待値は、震度と液状化危険度が高いと予測される海岸部を通過するために、その分通過橋梁数が増加し、復旧期待値が9.2246と高くなった。ルート距離が長いと、通過するメッシュ数が増加し震度メッシュ数も高く予測されるなど、全般的にリスクが高いと評価された。

各ルート毎のリスクの特徴を比較するため表1の各リスク項目を正規化した結果を表2に示す。また、ルート毎のリスクの相対比較のために、表2の各ルート毎のリスクの合計値を正規化し、同じリスクの内の最大値を示すルートを基準とし、合計値の比率で表した値をレーダーチャートで表現した結果を図5に示す。

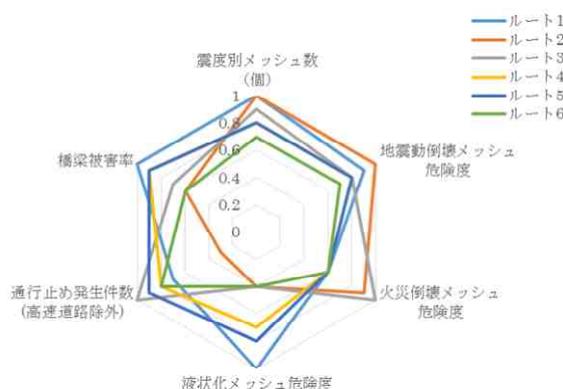


図5 ルート比較1

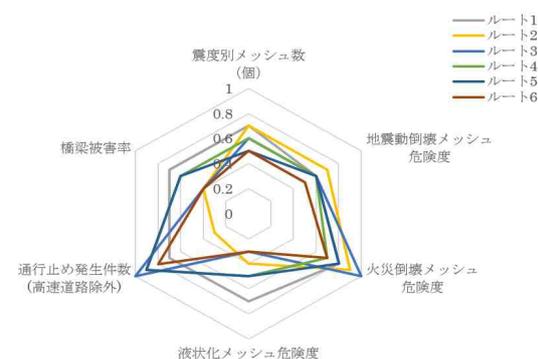


図6 ルート比較2

各ルートの地理的特徴及びリスク毎の特徴を考慮して、各ルート毎の比較を行った。その結果、厚木・品川間がルート6が重み付けの効果によらずリスクが最小であり、最適ルートであるとした。ルート6は、厚木・品川間の高速道路や主要国道を使ったルートではなく、一般道路を使用した経路だが、被害項目のリスクが小さかった。輸送路としてメインに考えられる他のルートは、高速道路・主要国道を使うことになるが、これらは海岸部や被災が大きい市街地密集部を通過するため、リスクが大きくなったと考えられる。

また、重みの影響を検討するために、重みの値を変えて再度正規化し検討した。その結果を表3と図6に示す。重みの変化によりリスク評価の値は変わるが、リスクが最も小さいと予測されるルートはルート6と変わりなかった。

## 5. ルートリスク改善方向

首都直下地震では、東京23区・横浜市・川崎市の海岸方面全域が震度6強エリアになるが、道路通行障害リスク発生の分布が異なるため、ルート別のリスクの差異が現れた。

主要ルートとして考えられる東名高速道路は、高速道路区間内ではリスクが少ないが、高速道路を下りて都心部に進入する地点から地震動・火災による建物倒壊リスクと道路の通行止めリスクが大きくなり道路通行障害が発生する。内閣府の予測によると、発災直後は高速道路を含めた全道路の多くの箇所で行き止まり、渋滞が発生する。

復旧予想日数は、緊急輸送にだけ使うにも1~2日程度を必要とするし、3日後から緊急交通路、緊急輸送道路としての機能を果たすことが可能と予測される。1週間後には高速道路、直轄国道等の一部で交通規制が解除できると予測される。

また、緊急輸送路として設定されておらず、輸送路としてメインに考えられていないルートであるが国道・県道・市道を経由するルートはリダンダンシーがあり、地震発生直後のルートとしての活用度が高いことが分かった。

海岸部の首都高速道路や主要国道を通過する経路は液状化危険度及び橋梁被害リスクが高く、道路通行障害が発生する。液状化の場合、地盤改良、杭補強などの液状化対策を通じて安全性を高めることが出来る。

## 6. まとめ

本研究では、首都直下地震を対象とし、道路損傷や道路を取り巻くリスクを考慮して緊急物資輸送の最適ルート選定のためのリスク評価に関する研究をおこなった。その結果、多様なルートの中で最もリスクが少ないと予想されるルートを選定するリスク評価手法を提案し、神奈川-東京に適用した。ただ、今回の研究は発災直後のリスクだけを評価したので、今後の研究では、発災後の復旧による状況変化を考慮した緊急輸送ルートの評価も行う。

## 参考文献

- 1) 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) 平成25年12月
- 2) 鳥澤一晃, 吉田聡, 佐土原聡: 『サプライチェーンのBCPのための道路網被害予測と事業継続への影響評価』, 2014 日本地震工学会論文集, 第14巻, 第2号
- 3) 畑明仁, 片岡正次郎: 『2011年東北地方太平洋沖地震による橋梁被害のマクロ分析』