

災害時に道路啓開を優先すべき路線を抽出する手法の開発

神田忠士・松本幸司

1. はじめに

地震発生時には、被災した人を救助・援助するために、救急救命、消火活動、医療活動、水・食料・医薬品等の提供などの様々な行動(災害対応行動)が、多数の組織によって実施される。特に発災後72時間までの時間帯は被災者の生存率に大きく影響するため、道路啓開を行い、早期の道路ネットワーク確保を行う必要がある。

従来、緊急輸送道路ネットワーク計画等策定要領に基づき「緊急輸送道路」が定められているが、道路啓開の順序についての詳細な定めは無く、各地方整備局での道路啓開計画策定で改めて、啓開ルートを選定と啓開の順序設定が行われている状況である。

本研究では、こういった道路啓開計画策定の際に定量的且つ視覚的に道路啓開の優先度を検討する手法の開発を行うことを目的としている。間測らりは災害対応行動における拠点間の最短時間経路を市販のGISソフトを用いて重ねて表示させ、重なり合った経路の数が比較的多いものを災害対応行動に使われるべき啓開優先道路として評価する手法を試行した。

本研究はそれをベースに発災直後～3時間後、3時間後～24時間後、24時間後～72時間後までの3つの時間帯において、災害対応行動の最短時間経路と要救助・要救援者数から道路啓開の優先度を評価し、道路啓開を優先して行う路線(区間)を抽出する手法の開発を行った。

2. 研究内容

2.1 ネットワーク評価に際しての災害対応行動の集約

2.1.1 集約の概要

間測らりの試行の手法では、一つの災害対応行動でも拠点数が多いと経路数も多く、結果的に複数の災害対応行動の経路を重ね合わせる作業量が膨大になるため、本研究では現場での適用のしやすさを考慮し、最短経路の重なり具合が極端に変わらない範囲で災害対応行動の集約(抽出)を試みた。

集約(抽出)は、岩手県をモデルとし、図-1のフローにより行った。災害対応行動は地域防災計画等の各種防災計画を元に間測らりが定義づけしており、タイムスパンが発災後1ヶ月以降のタイミングで行われる行動も含まれている。本研究では道路啓開の目的に鑑み、災害発生後72時間後までの多くの災害対応行動の中(段階A)から、中継拠点を經由する行動(トリップチェーン)を考慮した集約(段階B)を行った。次に被災者の「人命を救う」ことに直結する代表的な行動を抽出(段階C)し、さらに「人命を救う」ための行動の中でも特に重要と考えられるものを抽出した上で、組み合わせを変え、感度分析をした上で集約(段階D)を行った。

その結果、災害対応行動は114行動から31行動まで集約出来た。

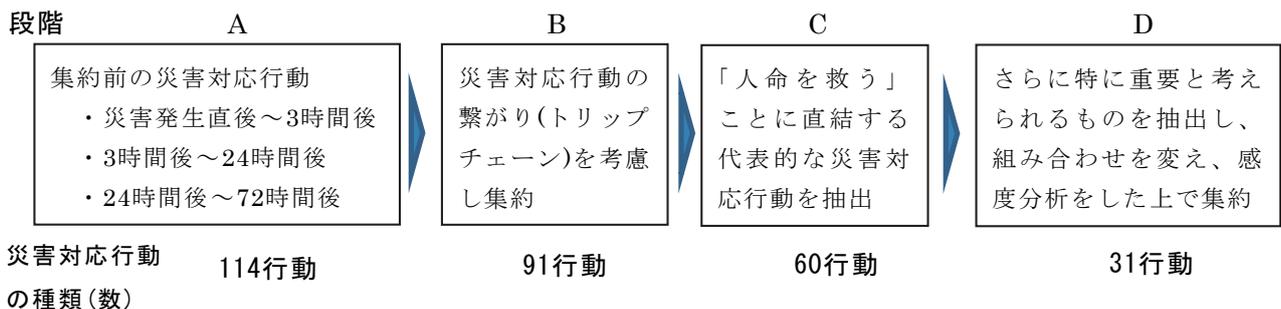
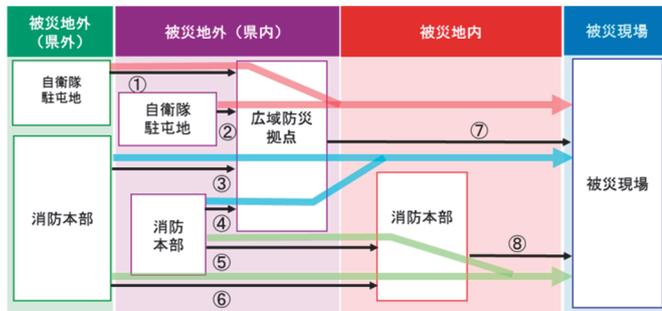


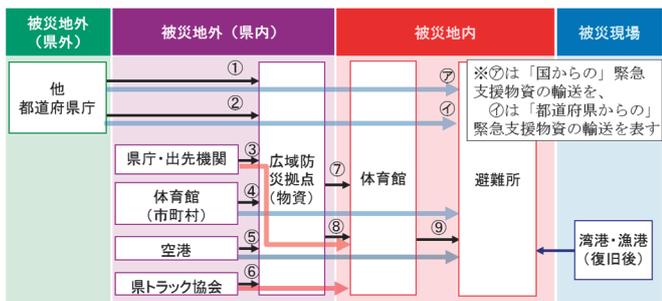
図-1 災害対応行動の集約化の過程

2.1.2 段階Bでの集約

段階Bではトリップチェーンとして人の移動だけでなく、モノ(支援物資等)の移動についても着目し、空間的ダイアグラムを作成した上で集約化を行った。図-2に救命救急や緊急輸送活動の例を示している。自衛隊や消防隊は被災現場の外から被災現場である市町村まで駆けつける際、広域防災拠点や当該市町村内の消防本部を中継基地としており、被災現場までの一連の行動をひとつの災害対応行動として集約するものである。緊急輸送活動においても、緊急輸送物資の避難所までの一連の移動や、物資の仕分けを行う担当者が仕分け場所となる体育館まで向かう一連の移動をひとつの災害対応行動として集約した。



救命救急(救助)における集約の例
(黒色○印の8行動を主体と中継拠点に着目して3行動に集約)
→ 自衛隊の動き (消防隊の動き(広域防災拠点経由))
→ 消防隊の動き(被災地内消防本部経由)



緊急輸送活動における集約の例
(黒色○印の9行動を人かモノかに着目して6行動に集約)
→ モノの動き (人の動き)

図-2 トリップチェーンによる災害対応行動の集約の例

2.1.3 段階Cでの集約

段階Cでは「人命を救う」ことに直結する代表的な行動として、「救急救命(救助)」「医療(処置)」「消防(消火・警戒)」「緊急輸送活動」に分類される災害対応行動を抽出した。

2.1.4 段階Dでの集約

段階Dにおいては、まず、段階Cで抽出された災害対応行動から、さらなる絞り込みを行うため、「人命を救う」ための行動の中で特に重要と考えられる条件を下記のように設定した。

イ：被災現場に直結する災害対応行動

被災現場を目的地とする災害対応行動はより重要だという趣旨で設定した。

ロ：長期間継続して行われる災害対応行動

複数の時間帯で行われる災害対応行動はその継続性のため、より重要だという趣旨で設定した。

ハ：トリップチェーンを形成する災害対応行動

トリップチェーンを形成した場合、地理的により広範囲な行動となるため、より重要だという趣旨で設定した。

なお、段階Cで抽出された災害対応行動60種類と上記3条件に合致する災害対応行動との関係は図-3のようになる。

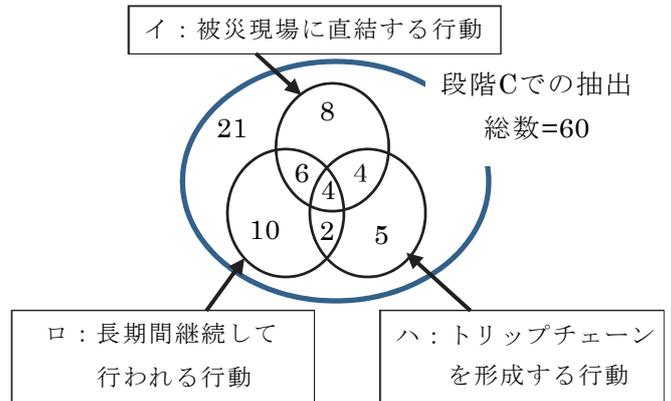


図-3 段階Cで抽出された災害対応行動と「人命を救う」行動の中で特に重要と考えられる3条件に合致する災害対応行動との関係

(円内の数字はそれぞれの条件に合致する災害対応行動の数)

表-1 試行ケース一覧

試行番号	行動数	特に重要と考えられる条件			各時間帯の行動数		
		被災現場に直結する行動	長期間継続して行われる行動	トリップチェーンを形成する行動	直後～3時間後	3～24時間後	24～72時間後
①	22	●			5	21	7
②	22		●		12	22	13
③	15			●	5	11	7
④	34	●	●		12	33	14
⑤	31		●	●	12	27	17
⑥	29	●		●	7	24	13
⑦	39	●	●	●	12	34	18

感度分析は、この3つの条件の組み合わせを変えて(表-1の試行①～試行⑦)、各条件の組み合わせに合致する災害対応行動を抽出し、時間帯毎に経路一致率の変化を調べた。経路一致率は段階C

で抽出された災害対応行動で利用される道路の実延長に対する各試行で抽出された災害対応行動で利用される道路の実延長の割合とした。

時間帯毎に条件の組み合わせを変えた際の行動数と経路一致率の折れ線グラフを作成したところ、3時間後～24時間後の時間帯で試行⑤にあたる組み合わせにおいて、経路一致率の折れ線グラフの屈曲点が明瞭に現れた(図-4の赤線の赤丸、経路一致率93.0%)。

災害対応行動の集約にあたり、出来るだけ少ない災害対応行動で全体の特性を効率よく表現することが必要であり、本研究では行動数の増加に対しての経路一致率の上昇率が少なくなる限界点、つまり折れ線グラフの屈曲点で災害対応行動の組み合わせを決めることが最適だと判断した。

それ以外の時間帯(直後～3時間後、24時間後～72時間後)でも、試行⑤の経路一致率も3時間後～24時間後の経路一致率と大差がなく(それぞれ100.0%(図-4の青線の赤丸)と88.2%(図-4の緑線の赤丸))、各時間帯の特性を効率よく表現できていることから、各時間帯とも試行⑤にあたる組み合わせ(31行動)を集約(抽出)結果とした。

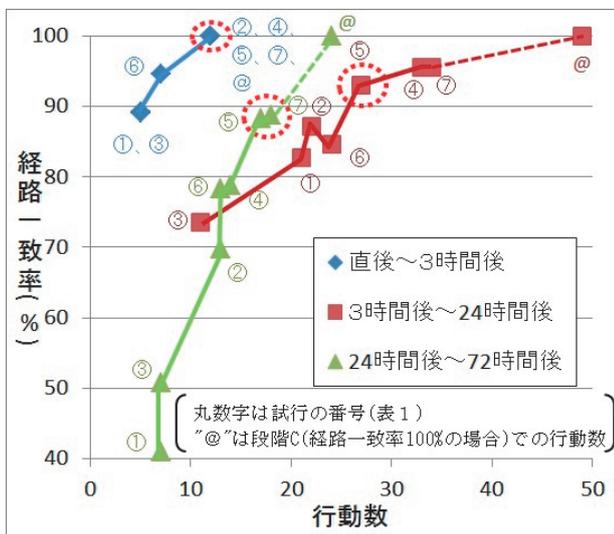


図-4 各試行での経路一致率の変化

2.2 災害対応行動の重み付けの試行

前項では「災害対応行動の数」で道路ネットワークの評価を行った。次に、災害対応行動に必要な「量」を反映させることで重み付けをした評価を行った。「量」を表す典型的なものとして「負傷者数」といった人数に関連するものが多いので、前項で集約化された災害対応行動ごとに、

当該災害対応行動を必要とする対象者の人数を算出して重み付けを行い、道路ネットワークの評価を試みた。モデルである岩手県の場合、東日本大震災での被災実績^{2)~5)}を参考に重み付けを行った。

表-2 災害対応行動ごとの指標

災害対応行動	重み付けの指標
救急救命	要救助者数
医療	死者・行方不明者・負傷者数
消防(消火)	焼死者数
緊急輸送活動	飲料水供給者数 [※]

※「飲料水輸送量(1日)/1人1日あたりに必要な水分量」で計算

これにより、災害対応行動による道路ネットワークの評価を「行動数」から「救助・救援を必要とする人数(要救助・要救援者数)」で行うことが可能になった(図-5)。

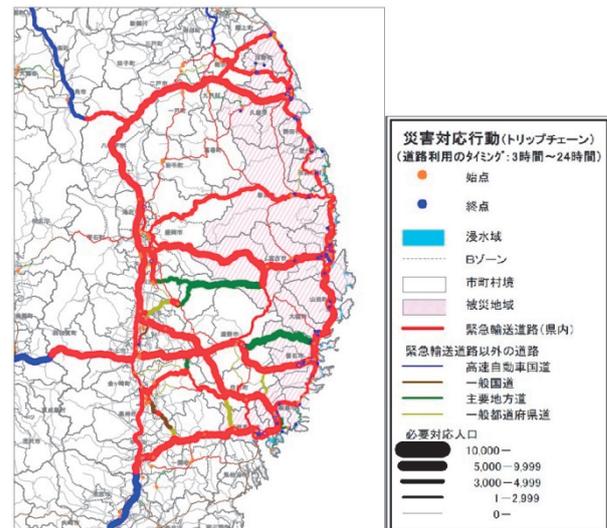


図-5 モデルでの道路ネットワーク評価(発災後3～24時間後の例)

図-5の例の場合、赤色で示された緊急輸送道路を中心に、内陸部及び沿岸部を縦貫する路線や内陸部と沿岸部を結ぶ路線が太く表示され、道路啓開を優先して行う路線(区間)として評価される結果となった。

モデルで被災実績のデータを用いて重み付けを行ったが、他の地区に適用する場合は地域防災計画等に記載されている被災想定を使って重み付けの指標を算出することになる。

2.3 地方整備局や地方自治体における道路啓開計画の事例収集と比較

一方、いくつかの地方整備局や地方自治体において既に道路啓開計画が策定されており、これらを横断的に比較整理することで、道路啓開計画に

関する策定主体の問題認識を明らかにした。

道路啓開計画の比較整理は以下の項目により行った。

- 1)路線選定に当たっての考え方
- 2)路線選定上の課題
- 3)啓開オペレーション上考慮すべき課題
- 4)さらなる取り組みの状況

1)及び2)は道路啓開を優先して行う路線(区間)の考え方や問題認識を把握するものであり、3)及び4)は実際の道路啓開作業を行う上での問題認識を把握するものである。

これら4項目が記載されており、かつ地域と策定主体のバランスを考慮し、以下の3計画を抽出、比較整理を行った。

中部版くしの歯作戦(H26.5更新)

首都直下地震道路啓開計画(初版)

(H27.2策定)

愛媛県道路啓開計画(H26.3策定)

比較整理の結果、路線選定に当たっては災害対応拠点を結ぶ緊急輸送道路を基本としているが、被災地到達までの迅速性が求められていることから、被災可能性の少なさ、耐震性の高さを考慮して路線を入れ替えている計画もあった。あるいは発災後に実際の被害の少ない路線に柔軟に変更して啓開作業を行うことを想定している計画もあった。

2.4 今後の課題等

本研究では拠点間移動の需要面から道路ネットワークを評価し、事前に啓開路線を決めておく、という観点から、市販のGISソフトを使用し、地域防災計画等に基づく災害対応行動による需要を容易かつ定量的・視覚的に評価する手法を開発することが出来た。

一方、既往の道路啓開計画の中には、事前に啓開路線を計画の中で位置づけるだけでなく、発災時に被災状況を確認した上で実際に啓開する路線を決定することになっているものもあった。また、実際の被害状況の早期把握や道路啓開作業に必要な資機材の調達・配置、道路交通麻痺への対応、瓦礫の集積、等様々な課題を想定していた。

このように、事前に啓開路線を計画する際、需要の他に被害想定や資機材の準備状況も併せて定量的に評価し考慮することも必要である。

また、大規模災害発生時には被災地外から多くの支援部隊が駆けつけ支援業務を行うことにもなるため、被災状況の把握から道路交通麻痺への対応も含めた作業部隊の移動・運用、瓦礫の集積といった各段階での迅速な状況把握と多くの関係者間での情報共有、各種調整を円滑に行うことが不可欠であり、これらをより適切に行うための研究も重要である。

特に、首都直下地震が発生した際には深刻な道路交通麻痺が想定されており、円滑な道路啓開を行うための対処方法を可能な限り具体的に検討しておく必要があると言える。東日本大震災の後、警視庁での交通規制方法の変更や東京都等での帰宅困難者対策等が進められていることもあり、それらを踏まえた検討が必要であると言える。

3. おわりに

今回開発した、災害時に道路啓開を優先すべき路線を抽出する手法は、間瀬ら¹⁾の試行版と比較し、評価を行う災害対応行動を集約しており、実際の検討に適用しやすいものとなった。今後、手法に関する道路管理者向けの説明書を作成する予定である。本手法が道路管理者による道路啓開計画の策定・改定時に参考となる基礎資料の作成にあたって活用されれば幸いである。

参考文献

- 1) 間瀬利明、金子正洋、木村祐二：大規模地震時の被災者支援に必要な道路ネットワークの機能、国総研レポート2014、p41、2014
- 2) 岩手県：岩手県東日本大震災津波の記録、2013
- 3) 全日本トラック協会：東日本大震災における緊急支援物資輸送活動の記録、2013
- 4) 東京都防災会議：東京都地域防災計画(震災編)、2014
- 5) 岩手県：岩手県東日本大震災津波復興計画 復興基本計画、2011

神田忠士



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
国土防災研究室 主任
研究官
Tadashi KANDA

松本幸司



国土交通省国土技術政策
総合研究所防災・メンテ
ナンス基盤研究センター
国土防災研究室長
Koji MATSUMOTO