

# PS-18 災害時の輸送体制と輸送シミュレータ

物流研究グループ \*間島 隆博、荒谷 太郎

さい。ここで、輸送作業の要素を表 1 に示す。

## 1 はじめに

東日本大震災をはじめ、過去の大震災では救援物資輸送に支障を来した。また、平成 28 年 4 月 14 日に発生した熊本地震においても、物資が避難所まで届かないことが繰り返された。本件では、災害時における物資輸送の体制について説明する。次いで、災害時における輸送体制の評価や輸送量を律速するボトルネックの発見を目的として開発した災害時物資輸送シミュレータを紹介し、それを用いたシミュレーション解析結果について報告する。

## 2 災害時の輸送計画

図 1 に示すように、災害時の物資輸送計画は階層構造をなす。物資は市区町村の貯蔵施設から避難所へ配分されるが、市区町村の物資が不足すると、都道府県に支援要請がなされる。要請を受けた都道府県は主に、都道府県の貯蔵施設から市区町村に対して物資を輸送する。さらに、都道府県の物資が不足すると国に対して支援要請がなされ、国はその要請に応える。この際、国から都道府県への輸送を一次輸送、都道府県から市区町村への輸送を二次輸送、市区町村から避難所への輸送を三次輸送と称している。

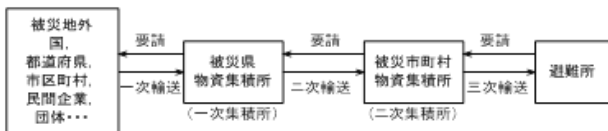


図 1 災害時の物資輸送の階層構造

すなわち、通常時では、一次輸送は幹線輸送、三次輸送はラストワンマイル輸送と呼ばれる輸送に該当し、両者を二次輸送が補完する。さらに、階層構造とは別に、様々な応援協定が結ばれており、都道府県間、市区町村間といった水平方向への要請、トラック協会、倉庫協会や公共性の高い民間企業と予め締結された輸送協定を根拠とした要請、自衛隊の派遣要請など、実際には要請と輸送が入り乱れる形となる。

東日本大震災では、一次輸送は概ね順調に物資輸送がなされた。これは、幹線道路となる東北自動車道や国道 4 号線の復旧が速やかに行われた影響が大

表 1 輸送作業の要素

要素	内容、例示
輸送経路	道路, 鉄路, 海路, 空路
輸送機材 (燃料、ドライバー含む)	トラック, 船舶, 鉄道車両, 航空機
輸送拠点	荷役設備, 作業空間, 作業員等
物資	品目, 需要量, 荷姿(重量, 体積)
情報	需要, 在庫

前述の通り、東日本大震災は二次輸送以降で物資が滞った。すなわち、順調に物資輸送がなされた一次輸送により、県の荷受拠点には物資が到着したが、そこから市区町村、避難所への輸送が滞り、県の輸送拠点には物資が山積みとなった。二次輸送、三次輸送が滞った理由は、表 1 の要素の何かが欠落したことが原因となっているが、燃料の不足、避難所や市区町村との通信網の機能不全など、様々な原因が報告されており、中には相反する報告もあった。おそらく、被災地域により状況が異なり、時間的な推移の中でも状況が変化し、多くの要因が複合的に作用したことによって、様々な原因が噴出したと考えられる。なお、4 月に起こった熊本地震でも同様な現象が起きたと考えられる。

## 3 災害時物資輸送シミュレータ

表 1 の要素は輸送作業を滞り無く行うための必要条件であり、どの要素が欠けても輸送のパフォーマンスに甚大な影響を与える。各防災計画においても、この点は十分認識されており、計画書には、拠点、機材、物資、経路などをいかに確保し、現時点で目標値をどの程度満たしているのかが記載されている。しかしながら、これらの要素を組み合わせたトータルシステムとしての輸送体制がどの程度機能するのか、あるいは、輸送のボトルネックはどこにあるのか、といった解析については未着手のようである。

災害時物資輸送シミュレータはこの疑問に対する答えを得るために開発されたシミュレータである。表 2 にシミュレータの入出力データをまとめる。本シミュレータは発災前の利用を前提としており、事前に様々な条件でシミュレーションを行うことで、計画上の輸送体制の弱点を把握することが可能となる。そのため、シミュレータの入力データは表 1 に

示した輸送の要素を網羅し、様々な条件設定が可能となっている。ユーザーは、入力条件を変え、輸送量の増減を観察することを繰り返すことで、輸送体制あるいは被災状況に対する輸送性能を把握することが出来る。なお、シミュレータは、マルチエージェントシステム<sup>1)</sup>で構成され、エージェントに見立てた輸送機材（トラック、船舶、航空機）には、被災地に対して物資を平等（輸送量÷需要がどの被災地も一定となるよう配慮）に配布するよう、行動ルールが実装されている。（シミュレータの詳細は文献<sup>2), 3)</sup>を参照されたい）

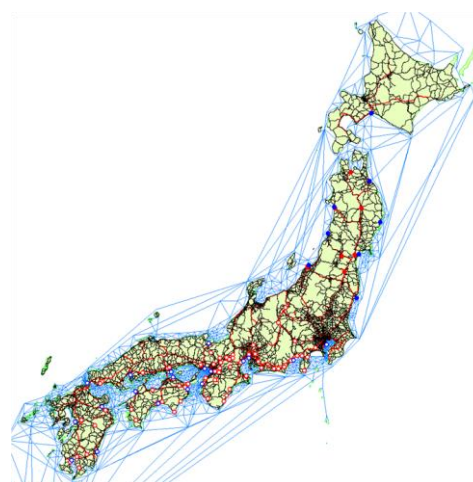


図 2 緊急輸送道路網と航路網

表 2 シミュレータの入出力データ

入出力	輸送の要素	データ内容
入力	輸送拠点：基幹的広域防災拠点、広域輸送拠点、地域内輸送拠点避難所、備蓄倉庫等	位置、荷役能力、駐車スペース、物資貯蔵量（供給地の場合）、物資需要（需要地の場合）
	輸送機材：トラック、船舶、航空機	機種、初期位置、最大積載量、移動速度、要目等
	ネットワークデータ：道路、河川、航路	ネットワークを構成するノード（位置）とノードをつなぐリンク（距離、制限速度、幅員等）
出力	拠点情報	物資在庫量、供給量、荷役待ち輸送機材台数、出荷量の履歴（供給地の場合）、荷受量の履歴、（需要地の場合）
	輸送機材情報	位置の時系列、総輸送量、スケジュール（輸送行動の履歴）
	ネットワーク情報	輸送機材の通行台数

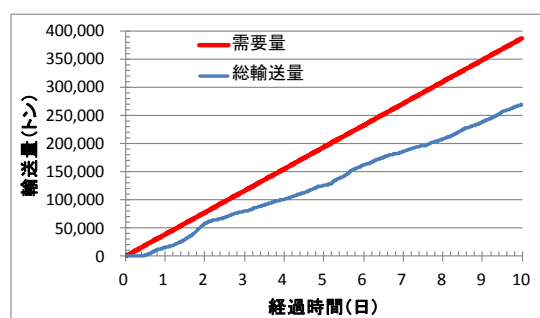


図 3 輸送量の履歴

#### 4 シミュレーション解析

上記シミュレータを活用し、近い将来、発災が懸念されている南海トラフ地震を想定した1次輸送のシミュレーション解析について記述する。北海道および東北地方(1道7県)を中心とした地域から、太平洋沿岸における被災地(24府県)へと物資を輸送する状況を考える。被害が広域となるため、図3に示すように、日本全土を網羅するような道路（速度制限：高速80km/h、一般道15km/h）、航路網（速度制限：20kt）をシミュレーションで利用した。物資供給の対象者数は370万人、（文献<sup>4)</sup>を参考に1人あたり10Kg/日とし、10日間分の需要を設定）、10トン車を1,400台、大型フェリー、RoRo船（10トン車80台を積載可能）48隻を利用することとした。図3には、輸送量の履歴を示す。この結果から10日間で需要の7割程度が輸送できる結果となった。なお、ここで示した入力条件は、本シミュレータの解析能力を示すために設定した条件であり、このような状況が起こる、あるいは起こりやすいといったことを意図するものではないことに注意されたい。

#### 5 まとめ

災害時輸送で計画されている体制の概要に触れ、輸送体制の評価を目的とした災害時物資輸送シミュレータを紹介した。本解析ツールが災害時輸送を担う防災機関の方々の一助となれば幸甚である。

#### 【参考文献】

- 1) 例えば、大内東,山本雅人,川村秀憲:マルチエージェントシステムの基礎と応用,コロナ社,(2002)
- 2) 間島隆博:災害時輸送と物資輸送シミュレータ,海上技術安全研究所報告 第14巻第4号,pp.295-302,(2015)
- 3) Majima, T., Watanabe, D., Takadama, K., Katuhara, M.: A Development of Transportation Simulator for Relief Supply in Disasters, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.6, No.2, pp.131-136,(2013)
- 4) 矢野裕之:災害用救援物資の必要量算出基準及び保管面積原単位の検討,第30回日本物流学会全国大会研究報告集,pp.123-126,(2013)