

戦略的国際科学技術協力推進事業
国際緊急共同研究・調査支援プログラム（J-RAPID）

1. 研究・調査課題名：「東日本大震災におけるヒューマニタリアン・ロジスティクスに関する共同研究」
2. 研究・調査期間：平成 23 年 6 月～平成 24 年 3 月
3. 支援額： 総額 4,433,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	谷口栄一	京都大学	教授
研究者	山田忠史	京都大学	准教授
研究者	中村有克	京都大学	助教
研究者	Frederico Ferreira Pedrosa	京都大学	研究員
参加研究者 のべ 4 名			

相手国側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	José Holguin-Veras	Rensselaer Polytechnic Institute	教授
研究者	Russell G. Thompson	Monash University	主任研究員
研究者	Miguel Jaller	Rensselaer Polytechnic Institute	研究員
参加研究者 のべ 3 名			

5. 研究・調査の目的

東日本大震災における地震、津波、原子力発電所の事故によって避難所に避難されている方（ピーク時約 47 万人）あるいは自宅待機の方に対して行政・物流事業者などはどのようにして救援物資を配送したのか、あるいは配送しているのかという点について日米共同でヒアリング調査を行い、成功した点および問題点を抽出し、今後の災害時のヒューマニタリアン・ロジスティクスの確立のための知見を得て、改善のための提案を行うことを本研究の目的とする。なお、ヒューマニタリアン・ロジスティクスとは、人々の困窮を緩和するために行う救援物資配送を含む一連の物の流れ・保管などの計画・管理活動を指す。また、災害時の被災者の困窮度を緩和し、効率的な配送を行うための多目的配車配送計画モデルを構築し、災害時の救援物資配送の最適化についてその妥当性を検証することも目的とする。

6. 研究・調査の成果

6-1 研究・調査の成果

・東日本大震災における被災者への救援物資配送に関して、関係者へのインタビューやデータ収集、分析によって、次のような新たな知見が得られた。これは震災後緊急に調査を実施できたために得られた成果であると考えられる。また、インタビューやデータ分析は日米共同で行なった。

- (1) 今回の震災時における被災者への食料、水、毛布、日用品などの救援物資配送についての課題として、事前の計画が県、市町村レベルにおいて最悪のシナリオを想定していなかった点が挙げられる。すなわち、市内の一部が災害を受けた場合を想定

していたが、実際には複数の県にまたがってカストロフィックな災害が発生し、市役所のかなりの機能が麻痺するという状況までは想定していなかったために、被災者に救援物資が届かないケースもみられた。救援物資配送がどの程度の規模で行われるかによって、そのマネジメントは大きく異なるので、事前の規模の想定は極めて重要である。

- (2) 事前に災害時の詳細な救援物資配送計画が策定されていなかったために、行政の担当者が発災後に、適切なガイダンスなしに危機管理を行わなければならなかった。したがって、災害時に行政担当者は救援物資配送について、どのように対応すべきかを詳細かつ具体的にあらかじめ計画を立案する必要がある。
- (3) 行政担当者が事前に救援物資配送に関する演習を行なっていなかったために、災害時の対応が困難であった。今後は、図上演習および実地演習を行う必要がある。
- (4) 民間の物流事業者、倉庫業者および小売業者が救援物資配送において重要な役割を果たしたが、これらの企業の参加は予定されていたものではなく、時には拒否されることもあり、公民の連携の枠組みをあらかじめ計画する必要がある。
- (5) 救援物資配送において最も困難なことは末端配送であり、最終的に物資を被災者に届けるためには県、市町村、民間企業とともに伝統的な日本の地域コミュニティの協力が欠かせないものであった。このことは、ハイチの震災においても見られたことで、ハイチにおいては、キリスト教団体がこの役目を果たした。
- (6) 救援物資配送に関する事前の実地訓練は非常に重要であり、インタビューを行なった 60 人のうちロジスティクスの経験がある者は 10 人であった。今後は、実地的な救援物資配送を自治体職員に対して実施する必要がある。
- (7) 発災後、直ちに交通ネットワークおよび他の重要インフラの状況把握を可能にする技術が欠如していたことは震災後の緊急対応を困難にした。衛星画像、リモートセンシング、GIS を活用した救援物資配送のための統合システムを構築することが望まれる。
- (8) 被災者の救援物資に対するニーズは時々刻々変化するものであり、それを的確に把握するコミュニケーションの手段が欠如していたことは、救援物資配送を効率的に実施する妨げになった。発災後、県・市町村の物資配送拠点と避難所とのコミュニケーション手段を確保することは、非常に重要な課題である。
- (9) 今回のようなカストロフィックな震災においては、救援物資は被災地の外から輸送する必要があるが、民間企業のサプライチェーンが崩壊している被災地において物資を調達することは非常に困難であった。したがって今後の防災計画においては都市周辺部に緊急用の物資を貯蔵することを検討する必要がある。
- (10) トラックが帰りの燃料が確保できないために、被災地に物資を輸送できないという事例が見られた。物資の輸送のためにはトラック、ドライバー、燃料を全て確保する必要がある。
- (11) 企業あるいは個人の寄附による救援物資のうち、不必要あるいは優先度が低い物資が多く見られた。たとえば県の物資配送拠点には必要以上の毛布や古着、靴などが集積し、多くの人手をその整理に当てていた。このような寄附による物資のコントロールは非常に重要な課題である。
- (12) 被災地の近隣の場所において、一般の人による買いだめが見られた。このような買いだめは被災地の被災者への物資の供給を困難にするものであり、このような買いだめの防止を図ることが重要である。

・今回の震災における救援物資配送について、多目的配車配送計画モデルによる最適化について研究を行なった。対象地域は、宮城県石巻市であり、平成 23 年 3 月 21 日、4 月 11 日の 2 時点の避難所の位置、避難者の人数、救援物資の配送品目、配送量のデータを収集した。ここではおにぎりとパンのみの配送を取り上げており、総需要量を 1 日 1 人 3 個と最小限に仮定しても、実際の総供給量は、総需要量の 38.5% (3 月 21 日)、80.4% (4 月 11 日) であった。

・総供給不足ペナルティおよび配送トラックの総消費燃料を最小化する多目的配車配送計画モデルを構築した。このモデルは、NP-困難な組み合わせ最適化問題となるため、非優越ソート遺伝的アルゴリズムによるヒューリスティック手法を用いて近似解を求めた。このモデルを石巻市の救援物資配送のケースに適用した。その結果、配送トラックのサイズについては、4 トントラックを用いた場合の供給不足ペナルティが最小となった。また、配送拠点数によって、供給不足ペナルティの値はあまり変化しないが、必要トラック台数は1 拠点の場合が4 トン車1 2 台で最小となった。実際には自衛隊と民間物流事業者を合わせて4 トン車を2 0 台使用しており、実際の運用上の余裕を見ていると思われる。

・次に事前計画において、複数の日数にわたる救援物資配送のケースについて、各避難所への配送量の変化に関する分析を行なった。このケースでは、4 月 11 日の実績に基づき、総供給量を 74,570 個とし、全住民の 50%が避難した場合を想定し、避難者数を 56,204 人とした。避難所の優先度は、病院・老人ホームが 1.2、津波による浸水区域の避難所が 1.1、非浸水区域の避難所が 1.0 とした。なお、総合運動公園に配送拠点がある。計算の結果、避難者数に比例して物資を配送した場合、充足度（需要に対する供給量の割合）が 20%以下となる避難所が市中心部において 10 箇所発生した。

・そこで、複数の日数にわたって配送を行い、前日の充足度が低かった避難所に優先的に物資を配送することとした結果、4 日間の合計の充足度が 20%以下の避難所がなくなった。また 4 日間の総消費燃料も避難者数に比例した配送を行う場合よりも約 20%少なくなった。

・以上のように、多目的配車配送計画モデルを用いることによって、需要に対して供給が不足する場合の救援物資配送において、避難者への物資供給の充足度をある程度満足し、燃料消費を最小にするような最適化計画の可能性が示されたと考えられる。

7. 主な論文発表・特許等（5 件以内）

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	Holguín-Veras, J., Taniguchi, E., Pedroso, F.F., Jaller, M. and Thompson, R.G., The Tohoku Disasters: Preliminary Findings Concerning the Post Disaster Humanitarian Logistics Response, The 91 st Annual Meeting of Transportation Research Board, Washinton, DC, DVD, 2012.	日米の 共著論文である
論文	岡林楠博、中村有克、安東直紀、山田忠史、谷口栄一、災害時における配送量の優先度を考慮した救援物資配送モデルの構築、土木学会論文集D3、Vol. 67, No. 5, pp. 1887-1897, 2011.	
論文	Qureshi, A.G., Taniguchi, E. and Yamada, T., An analysis of exact VRPTW solutions on ITS data-based logistics instances, International Journal of Intelligent Transport Systems Research, Vol.10, No.1, pp.34-46, 2011.	
論文	Yamada, T., Imai, K., Nakamura, T. and Taniguchi, E., A supply chain-transport supernetwork equilibrium model with the behaviour of freight carriers, Transportation Research Part E, E47(6), 887-907, 2011.	
論文	Thompson, R.G., Taniguchi, E. and Yamada, T., Estimating Benefits of Considering Travel Time Variability in Urban Distribution, Transportation Research Record, No.2238, pp.86-96, 2011.	