

災害時における緊急・代替輸送支援システムの開発

間島 隆博*、渡部 大輔**、鳥海 重喜*

Development of Supporting System for Transport Operation Under Disaster Circumstance

by

Takahiro MAJIMA, Daisuke WATANABE and Shigeki TORIUMI

Abstract

Several huge earthquakes strike the land of Japan in these years and we have experienced difficulties operating transportations under the Great Hanshin-Awaji earthquakes in 1997 due to the turmoil of the logistics system. Considering these backgrounds, the support system for transportation under disaster circumstances is strongly required.

This report introduces the supporting system for transport operation under disaster circumstances. Firstly, results of investigation by bibliographic survey and hearing with authorities, on the institution and instance of transport operation, computer support system regarding to disaster prevention are reported. Secondly, the summary of the investigation leads to the feature and specification those the developing system should have. Although the system is under the process of development, conceptual design is described finally. The system comprised of several sub-systems following: simulator for relief goods transportation, analytical tool for estimating number of commuter passenger refugee for each Origin-Destination pair, and real time positioning system with GPS (Global Positioning System) for vehicles. All these sub systems are integrated and assembled on a GIS (Geographic Information System).

* 物流研究センター ** 元物流研究センター
原稿受付 平成19年12月 5日
審査済 平成20年 1月15日

目 次

1. まえがき	88
2. 現状調査	88
2. 1 防災に関する制度	89
2. 1. 1 国	89
2. 1. 2 地方公共団体	90
2. 2 事例調査	90
2. 2. 1 過去の地震災害	90
2. 2. 2 防災システム	91
2. 3 現状調査のまとめ	92
3. 緊急・代替輸送支援システムの概念設計	93
3. 1 災害時輸送対応型 GIS	93
3. 2 災害時物資輸送シミュレータ	94
3. 3 リアルタイム輸送支援ツール	97
3. 4 データベース	98
3. 4. 1 輸送拠点	98
3. 4. 2 ネットワーク	99
3. 4. 3 輸送機材	99
3. 4. 4 鉄道貨物輸送量	101
4. まとめ	102
謝 辞	102
参考文献	102

1. まえがき

近年、新潟県中越地震、福岡西方沖地震など、震度6クラスの大規模地震、多数の台風上陸等による災害が多発している。新潟県中越地震においては、上越新幹線、鉄道在来線、高速道路等の一部不通による代替バス、鉄道代替ルートでの運行が実施されたが、輸送力の限界、代替ルートの制約等が問題となり、広域的な代替輸送ルートが必要になった。また、地方自治体が行う緊急支援物資の被災地への配送においても、輸送・受入体制が不十分であったため、適切な保管、輸送がなされず、混乱を招いた。

このような問題点に鑑み、被災状況等を想定した輸送シミュレーションにより、必要な輸送量、輸送ルート等を推計し、計画的な輸送力増強や必要な防災訓練等を関係機関で連携して実施するとともに、大規模災害発生時には、関係者が被災・復旧状況に応じた迅速かつ適切な輸送計画を策定・実施できるよう支援するシステムの開発を行うことが必要である。本システム開発においては、物資輸送を対象とし、災害の規模については、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震等の大規模災害を念頭において、広域的な輸送を想定することとする。

図1に本開発の流れ図を示す。図のように、本事業

業は平成18～20年度の3年に亘る計画であり、国土交通省からの委託を受け実施している。初年度は、制度、施策、防災計画、輸送ルート、備蓄倉庫、輸送拠点、支援物資、需要など、システム開発に必要な基礎データの収集、解析を行うとともに、輸送解析の核となる配車、配船アルゴリズムについて、調査および試行的な開発を行った。これにより得られた知見はシステム開発の基礎となり、システムを地理情報システム(GIS: Geographic Information System)上に構築し、目的に応じて複数のサブシステムで構成することとした。現在は、この情報をもとにして、各サブシステムの開発を進めている段階である。

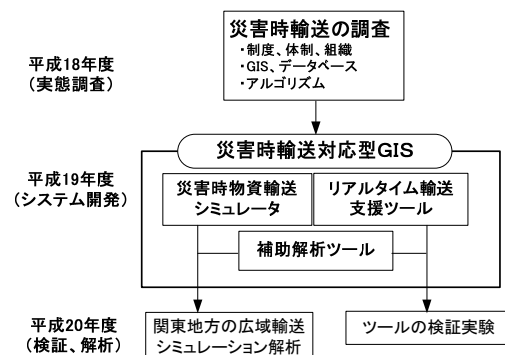


図1 開発の流れ

本報告では、初年度に行った調査結果およびその結果を踏まえて結論に至った開発すべきシステムの機能、仕様について、以下の構成で紹介する。

2章では現状調査の結果を災害時輸送の観点からまとめ、得られた知見から開発すべきシステムの目的、機能について報告する。3章では2章の結論を受け、各サブシステムの概念設計を行い、必要となるデータと関連付けて記述する。最後に4章でまとめと今後の課題について触れる。

2. 現状調査

本システム開発を進める上で、システムの位置づけ(対象ユーザー、利用方法、出力項目)や必要な入力データなどを明確にするため、防災体制や制度について情報を収集し、災害時輸送と関連する項目を整理した。また、コンピューターを用いた既存の防災、災害情報システムについて調査し、輸送支援への応用に注目して、ヒアリングや文献調査を実施した。以下にはその結果をまとめる。

2. 1 防災に関する制度

2. 1. 1 国

防災計画として、昭和 36 年に制定された災害対策基本法において、表 2-1 のように作成することが義務付けられている。防災基本計画は、わが国の防災における最上位計画であり、災害の種類別に自然災害（4 種類）・事故災害（9 種類）のように構成され、さらに災害の段階別に災害予防・事前対策、災害応急対応、災害復旧・復興対策が記述されている。中央防災会議は、防災活動の組織化、計画化を図る総合調整機関である。指定行政機関は中央省庁、指定公共機関は公共的機関や公益的事業を営む法人で、ともに内閣総理大臣が指定する。

首都直下地震対策としては広域的連携が必要となるため、表 2-2 のように国家・広域での計画が策定されている。ともに具体的な対策を記述しており、各主体の責務を明確化している。これらの計画に基づいて各災害対策本部における階層的な意思決定が行われるため、各機関の情報共有が重要であるといえる。

首都直下地震対策大綱は中央防災会議によって平成 17 年 9 月に策定された地震対策のマスタープランである。避難者、帰宅困難者への対応について、調達や輸送に関する対策が必要であることが明記されている。また、表 2-3 のような基幹的広域的防災拠点が新たに整備されることが明記されており、特に東扇島地区は物資輸送などに関係する施設が整備されることになっている。

表 2-1 災害対策基本法に基づく防災計画

計画名	策定・実施機関
防災基本計画	中央防災会議
防災業務計画	指定行政機関（中央省庁） 指定公共機関
地域防災計画	都道府県防災会議 市町村防災会議

表 2-2 首都直下地震対策に対する防災計画

レベル	計画名	策定・実施機関
国	首都直下地震大綱(平成 17 年) 首都直下地震応急対策活動要領(平成 18 年)	中央防災会議
地方	八都府県市広域防災プラン	八都府県市広域防災・危機管理対策会議

表 2-3 基幹的広域防災拠点の整備

地区	計画名
有明の丘地区	・国・地方公共団体等の合同現地対策本部を設置 ・広域支援部隊のコア部隊「ベースキャンプ」 ・災害時医療の支援基地
東扇島地区	・海外からの物資を始め、物流に関するコントロール ・海上輸送、河川輸送、陸上輸送への中継基地 ・広域支援部隊等の一時集結地・「ベースキャンプ」

「首都直下地震応急対策活動要領」では災害発生時の応急段階における具体策として策定され、各機関が行うべき応急対策活動を定めている。応急対策活動としては、交通の確保対策の流れは図 2-1、緊急輸送活動の流れは図 2-2、物資の調達、供給活動の流れは図 2-3 のようになっている。

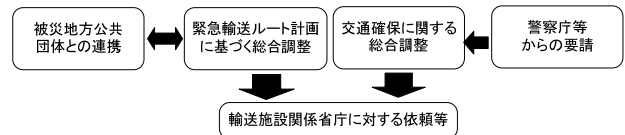


図 2-1 交通の確保対策の流れ

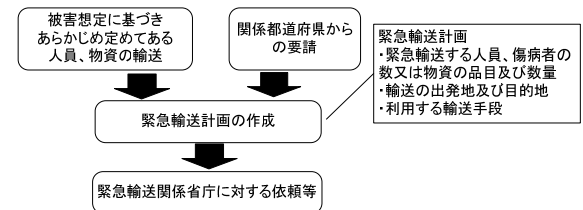


図 2-2 緊急輸送活動の流れ

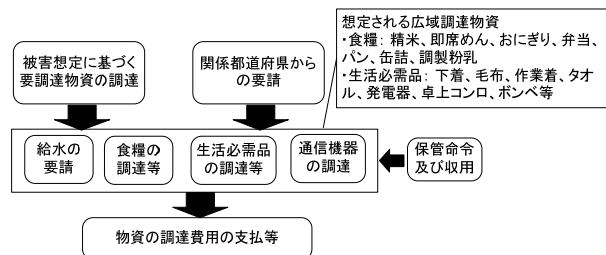


図 2-3 物資調達、供給活動の流れ

また、災害発生からの時間の中で、優先される輸送対象が変化することが表 2-4 のようにまとめられている。なお、本開発で行う輸送対象は、第二段階から第三段階に行われるべき輸送活動である。

表 2-4 発災からの輸送対象

第 1 段階 被災直後～2 日	第 2 段階 3 日～1 週間	第 3 段階 1 週間日以降
・救助・医療活動に関する人員及び物資 ・消防活動等災害の拡大防止のための人員及び物資 ・緊急輸送に必要な道路輸送施設、輸送拠点の応急復旧 ・交通規制に関する人員、物資	・食料、水等生命維持に必要な物資 ・傷病者及び被災者の被災地外への輸送 ・輸送施設の応急復旧等に必要な人員及び物資	災害復旧に必要な人員、生活必需品

2. 1. 2 地方公共団体

災害対策基本法において、都道府県及び市

町村は「地域防災計画」を策定することを義務付けている。本節では、首都直下地震で被害が予想される八都県市（東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、横浜市、川崎市、千葉市、さいたま市）の地域防災計画の輸送に関する項目に触れ、輸送拠点、緊急交通路などのデータに関しては3.4節「データベース」に記述する。

（１）被害想定

地域防災計画における被害想定は対象地域に関して、甚大な被害が起こる状況を設定し、これを元に防災計画が考慮されている。このため、各地でM7以上の大規模震災を想定しているが、震源地や規模は各地で異なる。

（２）関係機関

輸送に関する指定公共機関及び指定地方行政機関はトラック、バス、船舶、航空といった輸送モードや道路、物資といったそれ以外の項目別に担当機関が指定されている。指定地方行政機関は関係省庁の地方支分局や地方の行政機関で内閣総理大臣が指定し、指定地方公共機関は公共的施設の管理者や公益的事業を営む法人で都道府県知事が指定する。その他、関係機関と事前に輸送や備蓄に関する協定を結ぶことで発災後の迅速、円滑な協力体制を整備している。また、国と地方の縦方向の関係だけでなく、「八都県市災害時相互応援に関する協定」等、地方公共団体相互の連携、協力体制が整備されている。

（３）物資輸送体制

交通路の確保について緊急道路障害物の除去、物資輸送において輸送車両などの確保、食料・生活必需品等の供給について、各機関の組織により、担当部署が異なるため、連絡体制の構築の際には注意が必要であり、災害情報共有システム等は、この問題に対する一つの有力なツールと考えられる。特に、埼玉県においては、「救援物資管理システム」を整備し、民間事業者と連携し、災害時における救援物資の受入、仕分け及び被災地への配送を迅速かつ効率的に実施するとしている。

2.2 事例調査

2.2.1 過去の地震災害

（１）兵庫県南部地震（平成7年）

図2-4のように、救援物資を当初は地域防災計画の通り被災市町へ運んでいたが、その後避難所へ直接搬送された。また、備蓄基地の追加といった、時間の経過に伴い輸送体制が変化した。

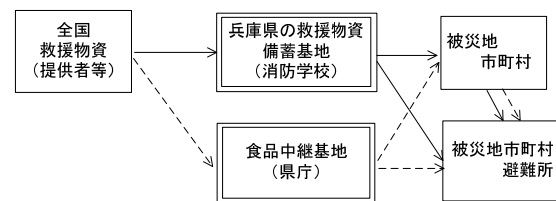


図 2-4 兵庫県の救援物資の配送体制¹⁾

神戸市においても配送拠点や物資倉庫が整備され、配送が効率化された。また、食糧は一般の救援物資と異なり、食事の時間と賞味期間という厳しい時間制約があるため別体系で輸送が実施され、避難生活の長期化に対応してメーカーから避難所へ直送する輸送へ変更した。

（２）新潟県中越地震（平成16年）

市町村に物流に関する具体的な対策が十分検討されていなかったため、現場での混乱が広がった。そこで、運輸局とトラック協会による物流専門家の派遣（長岡市・小千谷市）を行い、在庫管理、荷役、仕分け体制を確立した。また、図2-5のように配送センターの設置による救援物資の配送体制を確立したことで、県対策本部が確保したストックヤード(9か所、5,610 m²)より救援物資を搬出し、13日間で15市町村に向けて計44回の輸送が行われた。

輸送品目別の輸送状況は、図2-6のように食料品と衣料品、救援物資が大部分を占める。地震直後は食料品、飲料、毛布等が主体であったが、時間の経過によりその他の救援物資が増加した。

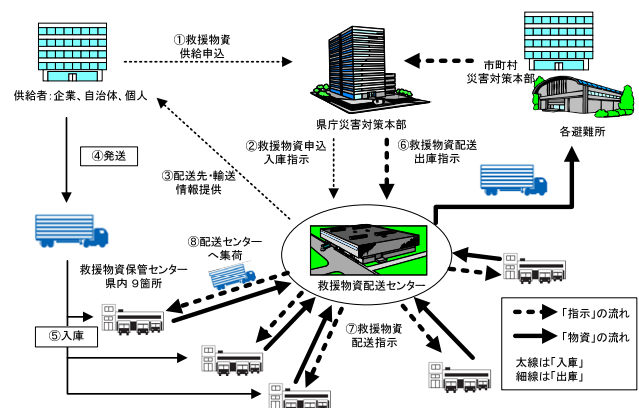


図 2-5 新潟県中越地震(平成16年)の救援物資の配送体制(文献²⁾を参考)

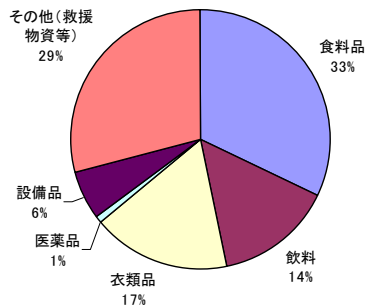


図 2-6 新潟県中越地震(平成 16 年)の救援物資の輸送品目別割合(平成 17 年 1 月 4 日時点、発災から 73 日後)³⁾

2. 2. 2 防災システム

災害時に各機関の内外において共有すべき情報の管理のために、防災に関する情報システムが構築されている現状について調査を行った。

(1) 防災情報共有プラットフォーム(内閣府)

政府の初動体制や応急対策活動の支援を目的として、旧国土庁が地震防災情報システム(DIS: Disaster Information Systems)を開発した。現在、国(中央省庁)の防災情報について、GISを活用した共通の地図に集約し横断的に共有する「防災情報共有プラットフォーム」が開発されている⁴⁾。

(2) 災害対策支援システム(国土交通省関東地方整備局)

道路や河川などの災害復旧活動に必要な防災関連情報を、防災ネットワーク上で一元的に運用・管理することを目的としており、表 2-5 ような機能を持つ。

表 2-5 災害対策支援システムの機能

機能	内容
災害情報管理機能	関東地方整備局内の被災情報(発生日時、場所、被害状況等)をデータ化して、画面地図上に一括表示
緊急輸送路設定機能	指定された2地点間の最短路検索結果を画面地図上に表示
復旧支援機能	災害復旧計画に基づき、備蓄資機材の保管場所や被災箇所への搬入数量の設定及び輸送ルート検索
備蓄基地・資機材管理機能	各事務所の備蓄基地の情報として、名称、住所、電話番号等を表示し、そこで保有する備蓄資機材の残数量情報の表示、管理
車両位置把握機能	災害復旧活動時における災害対策用機械(排水ポンプ車、照明車、対策本部車、待機支援車等)の現在位置情報及び移動状況を画面地図上に表示
位置検索機能	被災箇所や関東地方整備局管内に多数ある直轄事務所・出張所、備蓄基地を検索、表示

(3) 災害情報システム(東京都)

平常時での活用はもとより、災害の発生に対して迅速に、的確に、しかも発生直後から応急対策、復興に至る活動状況に応じた柔軟性のある多種多様な災害対策を情報活用の側面から支援するもので、表 2-6 のような機能がある。

表 2-6 災害情報システムの機能

機能、目的	内容
災害発生直後の被害情報共有化	災害発生直後の被害の有無やその状況について、各防災機関から災害情報システムにより報告を受け、この情報を共有化。
地図情報及び画像情報の活用	初期の混乱時等、端末からデータ入力が困難な場合でも、手書きメモ等をイメージスキャナで取り込み、容易な操作で情報伝達が可能
意思決定支援チェックリスト	地図情報の活用により、被害箇所の分布や細かな位置情報の直感的把握が可能
民間気象会社の活用	被災地から送られてくるデジタル画像と組み合わせて迅速な状況把握を実現

(4) フェニックス防災システム(兵庫県)

阪神・淡路大震災で得られた教訓を踏まえ、地震災害だけでなくあらゆる災害に迅速に対応するために、表 2-7 のようなシステム構成となっており、防災端末は県内 341 台(市町、消防、警察、自衛隊、ライフライン機関等)、県外 3 台(首相官邸、内閣府、消防庁)で構成される。さらに、平成 14 年より災害対応支援システムが運用され、物資に関する需給推計の機能が追加となった。

表 2-7 フェニックス防災システムの機能構成

システム	機能
震度情報ネットワークシステム	県内に設置した震度計からの情報収集
観測情報集配信システム	気象庁、気象情報配信事業者からの気象情報及び河川情報を収集・蓄積、加工処理した結果を防災端末に提供
被害予測システム	県内に設置する地震計からの震度情報をもとに、震度分布、建物倒壊数や死者、負傷者の被害予測、防災端末に地図表示
危機管理システム	防災資機材保有情報や地域防災計画等を防災端末上で検索参照
地理情報システム	地図を管理し、被害地域等の各種情報を表示
災害情報システム	市町等から報告される事務所被害報告、災害速報や災害総括報告などの各種被害状況を地図やデジカメ画像を活用して、報告し、防災端末に表示
映像情報システム	ヘリテレ、高所カメラ等の災害情報映像及び防災端末に表示される内容を災害対策本部室のスクリーンに表示し、各種会議等を支援
防災コミュニケーションシステム	電子メール機能、電子掲示板機能等提供

(5) 標準型市町村防災 GIS (地方公共団体)
標準型市町村防災 GIS は、市区町村の防災行政水準の向上を目指し (財) 消防科学総合センターにより開発され、GIS (地理情報システム) を用いて表 2-8 のような機能を備えている⁵⁾。全国地方公共団体 (都道府県、市区町村、各消防本部) にソフトウェアを配布済みであり、複数の自治体と研究会を開催している。

表 2-8 標準型市町村防災 GIS の機能		
防災に特化した機能	災害時オペレーション	災害時に被害状況や対応状況の登録
	情報共有化	インターネット回線により災害時に登録した情報を他市区町村や都道府県などと共有
	防災関連データ管理	地域防災計画に即したデータ管理
	防災マップ作成	各種データを使用したデータ管理
	図上訓練	GIS を用いた図上訓練 訓練結果の評価
GIS の基本機能	・ 距離面積計測 ・ 災害件数や統計情報からの各種集計機能 ・ 背景地図と防災データ等を重ね合わせる 3D 表示	

2. 3 現状調査のまとめ
災害時の輸送に関する情報のやりとりについて整理すると、図 2-7 のようになる。行政機関だけでなく、各関係機関が持つデータなどを情報共有することができる防災情報システムの構築の必要性がある。また、物資輸送体制を模式的に表すと、図 2-8 のようになり、国、都道府県、市区町村間で階層構造が見られ、関係機関の情報共有が重要であることが分かる。
ここまでの災害時における輸送に関する調査結果を踏まえ、以下では、今後の開発システムに必要な機能と関連づけて記す。
まず、物資輸送については、発災前後で状況が大きく異なるため、本開発システムに求められる役割も変化すると考えられる。発災前では、「災害時の輸送計画がどれほど有効であるのか」「弱点があるとすれば、どこなのか」といった、輸送体制の事前評価を行う機能を有し、発災後では、各地域で不足する輸送能力を補うために上部組織 (市区町村であれば都道府県、都道府県であれば国) に対して行われる輸送要請に的確に対応するためのシステムが必要である。一方、発災の時刻によっては多くの帰宅困難者が発生すると考えられるが、供給すべき物資量を見積もる上でも帰宅困難者がどの地域で発生するのか、定量的に把握する必要が生じる。これらの課題に対処すべく、今後開発されるシステムは複数のツールに分離して開発

を進めるが、以下では、現状調査の結果を開発ツールと対応付けてまとめる。

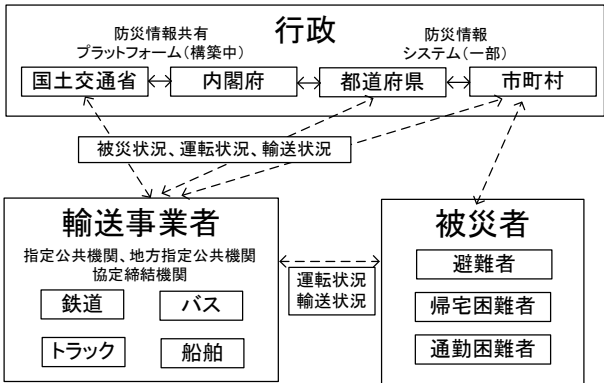


図 2-7 災害時の関係主体と情報共有

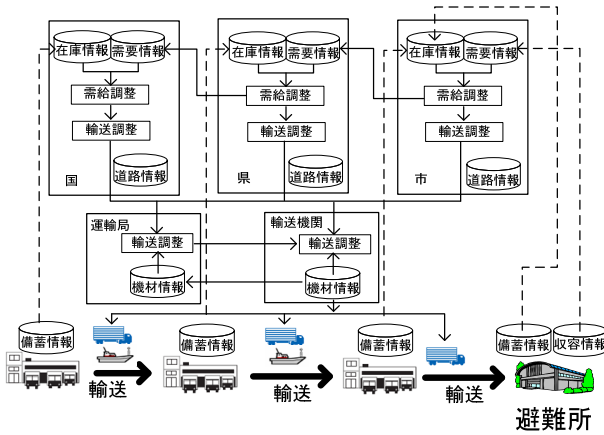


図 2-8 物資輸送体制の模式図

(1) 災害時物資輸送シミュレータ (発災前、事前対策用)
発災前では各地域防災計画や防災業務計画に見られるように、影響が大きい被害想定や被災シナリオに基づく状況を設定し、そのうえで、備蓄量、避難所、給水地点や輸送協定といった防災、輸送体制の整備が進められている。この準備は自助、共助、公助の考えに従い、国、都道府県、市区町村といった各自治体レベルで分けられているため、自らが責務を担い所管、管轄する地域、施設が、計画上の対象となる。国と都道府県、都道府県と市区町村との関係は、市区町村での物資や輸送能力が不十分と判断された場合には都道府県に、都道府県での物資や輸送能力が不足している場合は、国へ、援助の要請が行われることになる。よって、この計画に沿っ

て広域輸送を捉えてみると、国から都道府県へ、都道府県から市区町村、市区町村から避難所へ、という物資の流れがあり、各自治体間で階層構造を形成していることが分かる。この物資の流れとは別に、国内の大都市間や都道府県間では災害時における協力体制を相互に結んで、独自の広域支援体制を整備し、大規模災害に対する備えがなされている。いずれにしても、各都道府県、市区町村は、外部からの物資受入拠点が設定されており、国や他県からの援助物資が集積する施設が点在している。また、物資が流れる輸送経路である道路網については、輸送対象に関連づけられ、いくつかの段階が設定されており、救助、医療、消防活動が一義的とされ、物資輸送についてはそれ以降の段階として捉えられている。

(2) リアルタイム輸送支援ツール（発災後）

発災後では、状況の把握が一義的であり、阪神・淡路大震災や、新潟県中越地震の教訓を踏まえて、GIS（地理情報システム）を活用した災害情報の共有を目的としたシステム作り、体制が整備されつつある。内閣府が中央行政機関での利用を前提に構築作業を進めている災害情報共有プラットフォームや、市町村を対象とした標準型市町村GISの整備などがこれに当たる。災害時の情報共有を目的としたシステム作りは、現在進行中のものが多く、また、輸送に関して重要な道路や河川など、輸送網の健全性に関するリアルタイムなデータの収集に関しては、課題が多く残されている。さらに、備蓄量、在庫量や需要量などの情報の共有だけでは、物資輸送の問題を解決したことにはならず、輸送要請等に対する配車や配送に係る的確な判断が求められる。

(3) 補助解析ツール（発着地別、帰宅困難者数推計ツール）

帰宅困難者問題については、全鉄道路線が運行停止になったことを前提とし、「徒歩による帰宅が10kmから20kmまで帰宅困難者が10(%/km)の割合で増加する」として推計されており(20km以上では100%が帰宅困難者となる。)、徒歩帰宅に関する交通量の解析や徒歩帰宅を支援するための体制に関する研究、調査、解析が盛んに実施されている。しかしながら、多くの事例が全路線の途絶を前提にしており、路線別や区間別の途絶に対応した解析は少数の例に留まる。

この問題に対して帰宅、通勤困難者への支援

といった事項にまで対応したシステムを望むとすれば、全鉄道路線の運行停止という画一的な状況設定ではなく、任意の路線や途絶区間の発生に対する地域別の帰宅困難者数の発生量を把握することが必要となってくる。

3. 緊急・代替輸送支援システムの概念設計

前章までの調査結果を受け、今後のシステム開発に関する方針とシステムに必要なデータに関してまとめる。図3-1は、本「緊急・代替輸送支援システム」を構成する4つの構成要素とデータベースを示す。災害時輸送対応型GISは他の全構成要素を繋げ、データ編集、ユーザーインターフェースの役割を持つ。以下には各構成要素別に機能について記述する。

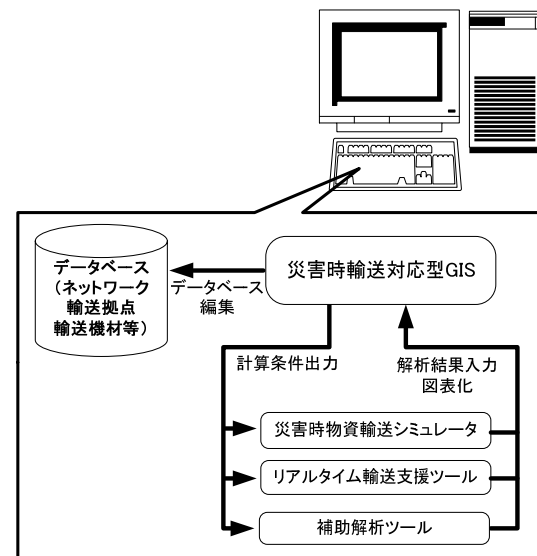


図 3-1 緊急・代替輸送支援システムの構成

3.1 災害時輸送対応型 GIS

災害時における輸送に関する問題を包括的に支援する目的から、前章でまとめた現状調査の結果を踏まえて考えを推し進め、発災前後で2つのツール、帰宅困難者の推計を行う補助的な解析ツールが1つ、計3つの解析ツールが必要と考えられる。これらのツールはGIS（地理情報システム）を基礎とした「災害時輸送対応型GIS」で統合される。図3-2は、「緊急・代替輸送支援システム」の起動

時のイメージ画面である。

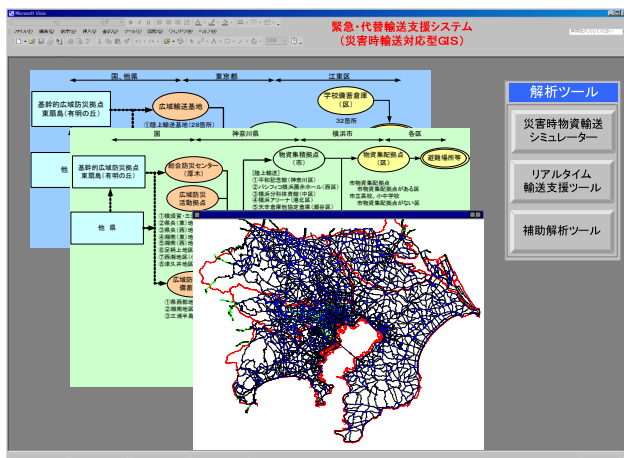


図 3-2 緊急・代替輸送支援システムのイメージ画面

この図中（右側）にあるように、解析ツールとして、前述の解析ツールを起動するための実行ボタンが並んでいる。災害時輸送対応型 GIS では、各システムで必要なデータベースの編集や、解析結果の表示機能など、主にユーザーインターフェースの役割を持つ。これらの編集作業、表示機能は GIS の特徴である地図をベースにした操作が可能となるように、設計・開発を行う。

3.2 災害時物資輸送シミュレータ

ここで開発するシミュレータは防災計画で策定されている輸送に関するデータ（輸送ネットワークや輸送拠点、輸送機材など）を入力すれば、各要求地への輸送量の時系列が出力される解析ツールであり、策定された防災計画の輸送体制に対して「どの程度の輸送量が確保できるのか」、「輸送を妨げる要因（ボトルネック）は何か」といったことが定量的に検討できる解析ツールである。

解析手法には複雑系マルチエージェントシミュレーションを採用する。複雑系マルチエージェントシミュレーションとは「局所的な情報に基づき行動するエージェント（ここでは輸送機材等）がシステムの中で相互作用し、新たな状況を作り出し、その状況に影響されて行動するというシステム全体と個の関係を表現するシミュレーション方法」である。シミュレーション手法の詳細については、本特集号の「マルチエージェントシステムと物流解析への応用」を参照されたい。この手法を採用することにより、トラックや船舶といった輸送機材 1 台 1 台について、道路や河川のネットワーク上での動

作を表現可能となる。図 3-3 はこの「災害時物資輸送シミュレータ」のイメージ画面である（東京都の緊急交通路を利用し、各市区町村へ物資を輸送しているイメージ）。このシミュレータは前節の「災害時輸送対応型 GIS」で被災シナリオに応じてユーザーが編集、設定する入力データを計算条件とし、解析ツール上から起動（図の右側のツール起動ボタン）することになる。解析結果の出力方法の例としては、移動機材の位置が地図上に表示され、物資要求地毎の荷受量の時系列を図化する機能を持っている。

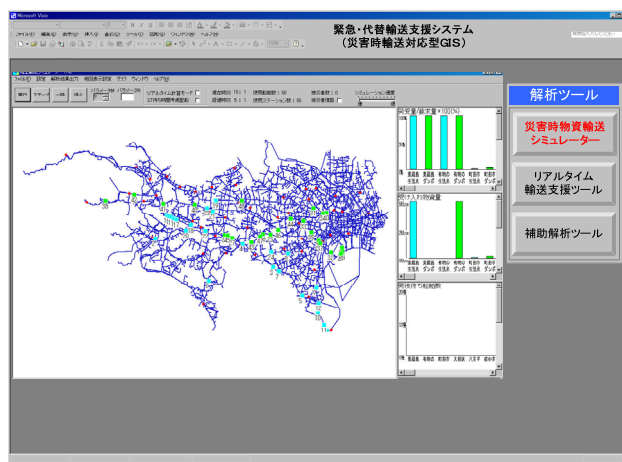


図 3-3 災害時物資輸送シミュレータのイメージ画面

また、計算機の中で輸送を表現するためには「どこから、どこへ、何をどれだけ、どのルートで、どの機材で」といった項目を決定しなくてはならない。前述の通り、広域的な輸送では、物資は国から、都道府県、市区町村を経て避難所まで輸送され、国—都道府県、都道府県—市区町村、市区町村—避難所という階層構造が見られるが、輸送を表現するために必要となる項目は、どの階層の（本シミュレータの）ユーザーに対しても必要な情報となる。よって、本シミュレータのユーザーは、ユーザー自身が責務を担い、直轄する地域だけに集中して考えれば良いため、国、都道府県、市区町村の階層により機能を区別する必要はない。つまり、輸送網、需要量、輸送機材等、ユーザーが責務を担う地域に根ざした輸送に関連するデータの入れ替えにより、地域を限定せずに対応できるシミュレータである。また、本シミュレータは災害前の輸送体制に関する評価ツールとして有用と思われるが、発災後においても被災状況が有る程度把握できた段階で利用できれば、その

後の輸送計画策定ツールとして、活用が可能と考えられる。

本シミュレータは、図1の通り、開発後、関東地方を対象とした基幹的広域輸送拠点から避難所までの物資輸送を解析する予定である。以下では、この広域輸送に関する解析を実施することを念頭に、輸送を表現する各項目別に詳細を記述する。

(1) 輸送品目

過去の震災の例からみると、災害時には様々な物資を輸送する必要が生じ、その品目のすべてを区別し、なおかつ網羅的に考えることはPC程度の計算能力からすると現実的ではなく、工夫が必要となる。表3-1には八都県市で備蓄計画が進められている主な物資をまとめる。

表 3-1 主な輸送物資

食糧	乾パン、アルファ米、即席めん、粉ミルク、副食
生活必需品	毛布、衣料品、食器類

表2-4には各地域防災計画を参考に、災害時輸送の対象に関する優先順位をまとめた。災害時の輸送対象として、第一義的には医療、消防活動に関する事項が挙げられるが、他機関でシステムの整備が進められているため、本件では対象外とする。その他の輸送品目としては、生活水、飲料水、食料、生活必需品が考えられるが、自助、共助、公助の考えが徹底している事前計画の中では、広域的な輸送支援に頼らず備蓄により対処することとなっている。ただし、この備蓄が尽きる発災から3日以上経過した段階で、外部から食糧の供給が必要になると考えられる。人命の維持に必要な給水については特に綿密な計画がなされ、避難所を網羅するように給水拠点、水道網が整備されているため、本システムの輸送対象から除外して良いものと考えられる。また、生活必需品についても、日常生活に必要となる毛布、衣料品、食器類などは、3日目以降も利用可能であり、今回の対象から除外する。よって、3日目以降の食糧を広域輸送する状況を想定する。

ただし、本シミュレータは移動機材の積載量が把握できれば、様々な物資の輸送を表現できる。

(2) 輸送ネットワーク

各自治体が設定している緊急交通路や緊急

輸送路の活用を前提とする。また、関東地方を流れ、船舶の航行が可能な河川も輸送網の対象として捉える。さらに、鉄道網に関しては、軌道や列車編成等、専門的な知識が要求され、輸送機材1台1台の動きを表現するマルチエージェントシステムを採用する本シミュレータによる対処は困難と考えられる。そこで、後述する「湧き出し」の機能を付加することにより、鉄道輸送を表現することにする。

(3) 輸送拠点

表2-3の通り国の基幹的広域防災拠点として東扇島と有明の丘公園が指定されている。このうち、東扇島が物流拠点としての機能を果たし、支援物資はここから、都道府県が整備する物資受入拠点へと流れる。また、八都県市の広域輸送に関連する輸送拠点の概要を、既存の報告書をもとに、現時点で入手可能な地域防災計画を参考として修正した。これらのデータは3.4.1節「輸送拠点」に記述するが、拠点間の輸送の流れに関しては本節「(6) 広域輸送、階層構造の表現」に東京都を一例として示す。

前項目「(2)輸送ネットワーク」の記述通り、鉄道による貨物輸送は、一台一台の輸送機材の動きを表現するマルチエージェントシステムでは対処が困難なため、図3-4に示す貨物の「湧き出し」で表現することとする。これは、輸送ネットワークを構成するコンテナ貨物拠点駅において、関東地方以外から送られてくる物資を供給可能量の時系列として保持させる機能である。該当するコンテナ拠点駅に到達できる輸送機材は、配車、配船方針に従い、他の物資供給拠点と本コンテナ拠点駅との輸送に係る優劣を判断できるようになる。

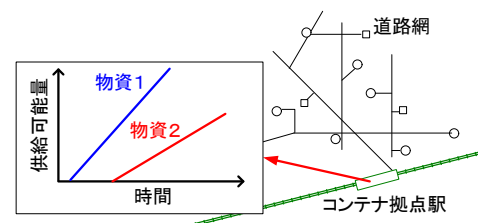


図 3-4 物資の湧き出し機能のイメージ
(コンテナ拠点駅を物資の供給点とした場合)

なお、本機能は鉄道駅に限らず、例えば、海の駅、高速道路のSA(サービスエリア)、仮

想的な物資供給基地からの物資供給といった利用方法も考えられる。また、基礎データとなる供給可能な物資量については通常時における関東地方に輸送される貨物量を地方別にまとめたデータベースとして保持し、ユーザーはこの情報をもとに、災害時鉄道輸送の減少率などを想定して入力することになる。このデータの推計方法や結果は 3.4.4 節「鉄道貨物輸送量」に記載する。

(4) 輸送機材

広域的な物資輸送を表現する観点から、利用する輸送機材は、トラック、船舶を対象とするが、ヘリコプターの利用に関する調査例についても触れる。なお、輸送機材の調査、収集、解析の結果は 3.4.3 節「輸送機材」にまとめる。

(5) 配車、配船方針

輸送を表現するためには、「どこから、どこへ、どの経路を通して、どの機材で、何をどれだけ」運ぶのかを決定しなくてはならない。本シミュレータでは、この組み合わせの決定を「平等な分配原則」に従って行う。(一般的な最適化問題では、費用最小、総距離最小といった指標が考えられているが、ここでは災害時という特異な条件であるため、平等な分配とすることを採用した。) このアルゴリズムに関しては本特集号の「マルチエージェントシステムと物流解析への応用」を参照されたい。

(6) 広域輸送、階層構造の表現

中央防災会議首都直下地震対策専門調査会報告において、広域輸送を実現する階層構造に関する報告が記載されている。表 3-2 には防災拠点の階層化と役割分担のイメージを示す。本報告書によれば、効果的な広域オペレーションを実施するため、連携活動を支える基盤として広域防災拠点の整備と相互のネットワーク化を進めるとしている。ネットワークは基幹的広域防災拠点を中心として、各拠点の役割分担を(都道府県の)広域防災拠点、ブロック拠点、配送拠点のように階層化し、明確にすることによって、交通流を適切に制御することを目指している。

国一都道府県、都道府県一市区町村、市区町村一避難所へ物資が流れる階層構造を表現するため、シミュレータに利用するデータ構造も「どこの物資要求地はどこの供給地から物資を受け取る可能性があるのか」という輸送拠点間の関連づけを行う必要が生じる。図 3-5 では、

東京都を例に、国から避難所までの物資の流れを示す。

表 3-2 広域防災拠点の階層化と役割分担

名称	特性・役割分担	具体的な機能構成・施設	背後圏
基幹的広域防災拠点	災害発生時、国・都道府県本部の補完・代替機能の提供	・国・都道府県本部の合同現地対策本部機能 ・備蓄機能 ・救援物資集積・配 ・駐屯機能 ・通信・ライフライン機能	首都圏
都道府県広域防災拠点	基幹的広域防災拠点の補完・代替機能の提供	・都道府県本部の災害対策本部機能、備蓄 ・救援物資集積・配 ・駐屯機能 ・通信・ライフライン機能	都道府県全域
ブロック拠点	都道府県広域防災拠点の補完・代替機能の提供	・管理棟(司令室、備蓄機能) ・ヘリポート(物資集積・配 ・駐屯機能 ・通信・ライフライン機能	各都道府県内地区(多摩地区等)
配送・備蓄拠点	主用物資の集積・配 ・駐屯機能 ・通信・ライフライン機能	・救援物資集積・配 ・駐屯機能 ・通信・ライフライン機能	市区町村

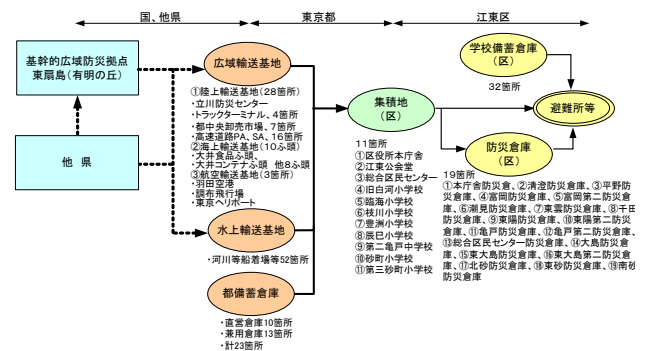


図 3-5 輸送拠点と物資の流れ

(東京都の例、既報⁶⁾を元に修正、追記)

シミュレータは各機関(階層)ごとに動作する仕組みとする。よって、まず国の視点で基幹的広域防災拠点から都道府県の輸送拠点までの物資を輸送するシミュレーションを実施する。これにより、都道府県の各輸送拠点では前節、「(3) 輸送拠点」の「湧き出し」で表現したような、物資貯蔵量(すなわち物資供給可能量)がデータとして残る。次に基幹的広域防災拠点から荷受けした都道府県の物資供給可能量の時間履歴を入力条件として、都道府県のシミュレーションがスタートする。このシミュレーションにより、各市区町村が都道府県から受け取る物資量の時間履歴が把握できることになり、これを入力条件として各市区町村のシミュレーションを実施する。この操作を繰り返すことに

より、基幹的広域防災拠点から各市区町村の物資供給拠点や避難所までの階層構造を模擬した物資輸送のシミュレーションが実現できる。

(7) 被災状況の表現

ここで開発するシミュレータは災害時における物資輸送に限定した機能を持つ。よって、被災状況や被災シナリオも、輸送を表現する項目、データに修正を加えることで、反映することになる。つまり、3.1 節「災害時輸送対応型GIS」において、被災状況に応じてデータベースに修正を加え、本シミュレータを起動する。以下にその例を示す。

例1) 落橋や通行不能経路の設定

→ 道路ネットワークの該当地点のリンクを除去

例2) 放置車両の影響→ 移動速度の変化

例1の場合、単に道路ネットワークや河川ネットワークの該当リンクの編集(除去)機能で対処できる。また、例2で示した輸送機材の移動速度の変化に関しては、道路や河川ネットワークを構成するリンクに被災状況に応じた移動速度情報を、表3-3に示す既報⁶⁾の速度を参考に設定することで対応する。

表 3-3 速度設定

			震 度			
			4 弱以下	5 弱・強	6 弱・強	7
緊急 段階 (1 日後)	規制 道路	高速道路	V 1 ①	V 1 ②	V 2 = V 1/2 ⑤	
		一般道			V 2 = V 1/2 ⑥	
	非規 制道 路	高速道路		V 2 = V 1/2 ③	V 4 = V 1/10 ⑦	
		一般道				
応急 段階 (1 週間 後)	規制 道路	高速道路	V 1 ①	V 1 ②	V 1 ②	
		一般道			V 2 = V 1/2 ⑥	
	非規 制道 路	高速道路		V 1 ②	V 3 = V 1/5 ⑧	
		一般道				
備考			被災地周辺		被災地内	

V1: 通常混雑時平均速度(下表)

V2: 限界速度 = $V1/2$

V3: 渋滞速度 = $V1/5$

V4: 渋滞速度 = $V1/10$

高速道路	都内	50 km/h
	都外	80 km/h
首都高速	都内	40 km/h
	都外	60 km/h
一般道		30 km/h

帰宅困難者問題については、全鉄道路線が運行停止になったことを前提として推計されており、徒歩帰宅に関する交通量の解析や徒歩帰

宅を支援するための体制に関する研究、調査、解析が盛んに実施されているが、路線別や区間別の途絶に対応した解析は少数の例に留まる。発災時刻によっては、膨大な人数の帰宅困難者が発生し、途絶期間が長引けば救援物資を輸送する必要性も出てくる。ここで示す補助解析ツールでは、全鉄道路線の運行停止という画一的な状況設定ではなく、任意の路線や途絶区間の発生に対する地域別の帰宅困難者数の発生量を把握することを目的とする。図3-6ではこのシステムの起動画面のイメージを示している。

図にあるように、途絶している路線や区間を設定することで、帰宅困難者の滞留先地域や駅の情報が出力される機能を持ち、必要物資の需要推計などに用いる。

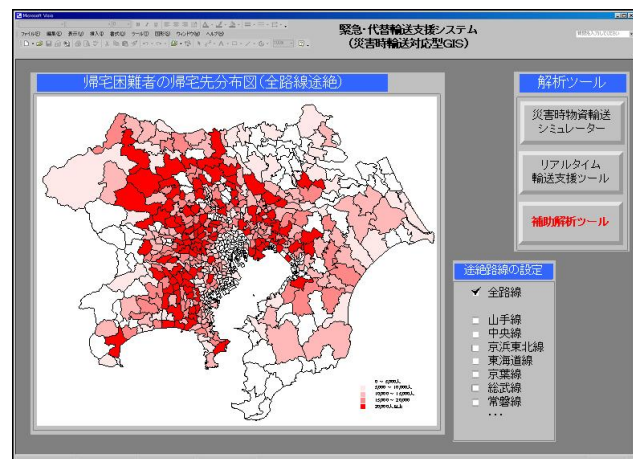


図 3-6 補助解析ツール
(OD 別帰宅困難者数推計)のイメージ図

3.3 リアルタイム輸送支援ツール

発災後は、物資備蓄量などの発災前後で変化しないデータを除き、道路、河川、航路、鉄道など輸送網のインフラに関する被災状況や輸送需要などのデータがリアルタイムで必要となり、データ収集や情報の共有化が一義的になる。既存システムや現在構築が進められているリアルタイムに対応したシステムも情報共有を主眼に進められており、輸送の問題に踏み込んだシステムはなく、一部カーナビで利用されているルート検索の機能を持たせたシステムが存在するのみである。これは、災害時における情報収集や情報共有自体が難しい課題であり、輸送の問題は被災に関する情報収集が完了して初めて取り組める問題であるためと推察される。そこで、本件で対象とする輸送の問題では、これ

らデータ収集や共有化は対象とせず、被災状況のデータはあるものとして、解析ツールの開発を進める。なお、現在開発中の災害情報共有化システムやすでに運用されているシステムなど、他の既存システムといかに融合し、被災データの入力を自動に行う機能については、今後の課題であるが、GISを基礎とすることでスムーズな接続が期待できる。

災害後では、輸送に係る防災担当機関は下部機関から輸送要請を受けることになっている。例えば、国は都道府県、都道府県は市区町村からの輸送要請に対して、幹旋業者、ルートなどを的確に回答する必要がある。輸送要請に対して輸送機材、貯蔵量、輸送ルートを検討し、よりよい組み合わせを見出す作業は、混乱の最中、早急な対応が求められる発災後においては困難な課題と考えられ、ヒアリング調査からも各防災担当者が懸念する事項の一つとなっている。

ここでは、この課題に対処するため、複数の輸送要請に対して、全地球測位システム(GPS: Global Positioning System)を搭載した輸送機材の位置情報をリアルタイムで受信し、輸送機材、輸送ルート、配送元、配送先の組み合わせをランク付けして表示する支援ツール（以降、リアルタイム物資輸送支援ツール）を開発する。このイメージ画面を図 3-7 に示す。

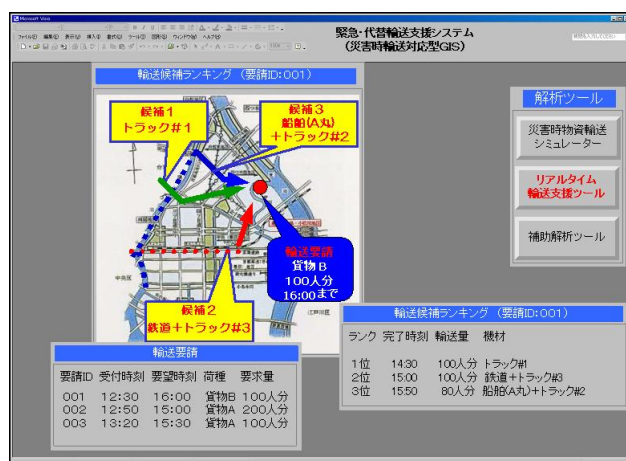


図 3-7 リアルタイム輸送支援ツールのイメージ

図には輸送要請の情報とそれに対応した回答例が、完了時刻、輸送量、輸送機材の組み合わせで例示されている。さらに、GIS（地理情報システム）の機能を活かし、検索された候補は地図上に要求地までの到達ルートとともに示される。図中の回答例では複数の候補を表示させているが、これは、最終的な判断には人が

介する余地を残すためであり、計算機だけでは考慮仕切れない問題が生じた場合への対処である。また、被災状況などを表すためには、3.1 節「災害時輸送対応型 GIS」のデータベース編集機能で対処し、道路網の途絶、輸送拠点の設置などの設定を行うことが可能である。なお、前述の通りリアルタイムな被災情報は入手できているものとして考えるが、輸送機材の位置については実位置をリアルタイムで入手する仕組みを構築する。そのためには機材に搭載したGPS装置から通信回線を通じて、当システムが稼働している計算機に位置データを自動入力する仕組みもシステム化する。

3.4 データベース

以下では、図 1 に示した災害時物資輸送シミュレータを利用して最終年度に解析を行う八都府県を対象とした広域輸送の評価に資するデータに関して記述する。解析ツールでは、主にホームページや既存報告で公表されているデータ、販売されているデータベースを用いるが、輸送機材（トラック）、鉄道貨物輸送量については、今回新たに収集、解析を行った結果を利用する。以下の節では、その解析手法や結果について記述する。表 3-4 ではシステムと利用するデータとの関連をまとめる。

表 3-4 データベースの項目

データ			入手先	利用システム
拠点	避難所等	位置、収容量、備蓄量、荷種	数値地図等 国勢調査 各機関のHP(防災計画等)	災害時物資輸送シミュレータ及びリアルタイム輸送支援ツール
	輸送拠点	位置、収容量		
	備蓄拠点(倉庫等)	位置、収容量、備蓄量、荷種		
	コンテナ貨物拠点駅	一日取扱量	本報告(3.4.4 節)	
輸送機材	トラック	所属、位置、積載量、(長さ等)	本報告(3.4.3 節)	帰宅困難者推計ツール
	船舶	位置、積載量、船長等サイズ	既報 ⁷⁾	
ネットワーク	道路	地点、幅員、路線名	DRM21	
	航路 河川	地点、リンク、橋梁、高さ、深さ	既報 ⁷⁾	数値地図等
	鉄道	地点、リンク		

3.4.1 輸送拠点

表 2-3 のように、国の基幹的広域防災拠点として東扇島と有明の丘公園が指定されており、東扇島が物流拠点としての機能を果たし、支援物資はここから、都道府県が整備す

る輸送拠点へと流れる。また、八都県市の広域輸送に関連する輸送拠点の概要を、既存の報告書⁶⁾をもとに、現時点で入手可能な地域防災計画を参考として修正した表を次に示す。

表 3-5 八都県市の広域輸送拠点の概要(物資)

	広域輸送拠点 (■都道府県、 □区市町村)		広域輸送拠点 (■都道府 県、□区市町村)
埼玉県	■防災基地 越谷、新座、秩父、中央、熊谷 の5箇所 ■防災活動拠点 (県) 県立高校、県営公園等公共施設 ■大規模備蓄施設 埼玉スタジアム2002、埼玉スーパーアリーナ ■舟運輸送拠点 川口防災船着場、芝川マリーナ、大 場川マリーナ、緊急用船着場(秋が 瀬)、緊急用船着場(戸田) □防災活動拠点 (市町村)	千葉市	□集積場所 ポートパーク(千葉港)、ポ ートアリーナ、等競輪場、昭 和の森、市役所 □備蓄倉庫
千葉県	■防災センター 中央(千葉市)、西部(松戸市) ■防災用備蓄庫 (11箇所) ■輸送拠点 (県) 港湾(千葉港、木更津、館山港) 漁港(4港)、飛行場、卸売市場等 ■輸送拠点(適地:未指定) 旧県立スタジアム用地 蘇我特定地区	横浜市	□市物資集配拠点 陸上輸送及び 海上輸送の拠点 □区物資集配拠点 市物資集配拠点、市立高校 小・中学校 □協定等による物資保管場所
東京都	■広域輸送基地 陸上(28箇所)、海上(10埠頭)、 航空(3箇所) ■水上輸送基地 河川等船着場52箇所 □地域内輸送拠点 □備蓄倉庫	川崎市	□一次拠点(集積場所) ①川崎港公営ふ頭(海上) ②中央卸売市場北部市場 (陸上) ③等々力緑地(航空機) □二次拠点(輸送拠点) ・各区役所 □備蓄倉庫
神奈川県	■総合防災センター(厚木市) ■広域防災活動拠点 横須賀・三浦、県央(東)、県央(西)、 湘南(東)、湘南(西)、足柄上、 西湘、津久井の8地区 ■広域防災活動備蓄拠点 県西部、湘南、三浦半島の3地区 □広域応援活動拠点(182箇所)	さいたま市	拠点備蓄倉庫 □市役所、ラムザタワー駐 輪場、北浦和ターミナルビ ル、防災センター、大宮災 害対策庫、与野災害対策 庫、記念総合体育館

3.4.2 ネットワークデータ

各自治体が設定している緊急交通路や緊急輸送路の活用を前提とする。また、関東地方を流れ、船舶の航行が可能な河川も輸送網の対象として捉える。図3-8には、最終的な広域輸送のシミュレーションで対象となる八都県市の道路網を示す。

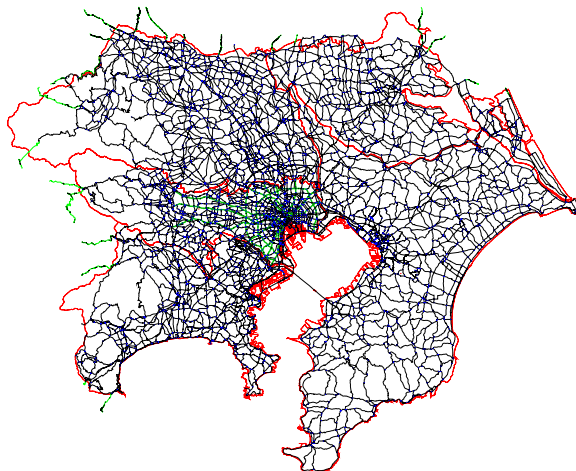


図 3-8 八都県市の道路

3.4.3 輸送機材

輸送の問題を議論する上で、輸送機材の情報は必要不可欠となる。さらに、広域的な輸送となると、一つの輸送モードだけではなく、複数の輸送モードの組み合わせで考える必要が生じる。以下は災害時に利用できる可能性を持つ、トラック、船舶、ヘリコプターについての調査、解析結果である。

(1) トラック

災害時においてトラック輸送の業務に従事すべき指定公共機関や指定地方公共機関が策定している災害時輸送業務に関する防災業務計画、実施計画やマニュアル等から、災害時の輸送体制に関連する内容を調査、分析し、輸送計画を立案、実施する上で考慮、留意すべき事項を整理した。これらの調査結果に基づいて、輸送機材(トラック)のデータベース化を行う。なお、対象は八都県市とする。

a. 災害時輸送機材データベースの検討対象

国レベルの物資輸送の階層構造をみると、被災地外⇒基幹的広域防災拠点(都道府県広域防災拠点)の輸送は大型トラック(積載量10トンクラス)、基幹的広域防災拠点(都道府県広域防災拠点(ブロック拠点)⇒配送拠点の輸送は中型トラック(積載量4トンクラス)、配送拠点⇒避難場所までは小型トラック(積載量2トンクラス)を利用することになると想定される。

次に東京都の例で「国⇒避難所、避難場所までの流れ」をみると、基幹的広域防災拠点(東扇島(有明の丘))⇒広域輸送基地(陸上基地28箇所)までは大型トラック、広域輸送基地(陸上基地28箇所)以降の集積地(区役所本庁舎、小学校…)や避難場所等までは積載量2トンクラスより小さなトラックになる。

このことから、被災地外(県外)から比較的大規模な施設が指定されている基幹的広域防災拠点または都道府県広域防災拠点までは、(財)自動車検査登録協力が整理している積載量の階層を考慮して、大型トラック(積載量8トン以上)、都道府県広域防災拠点広域防災拠点(ブロック拠点)から配送拠点までは中型トラック(積載量3トン以上8トン未満)、小学校が拠点となることが多い市・区レベルの集配拠点や避難場所までは、小回りがきく小型トラック(積載量3トン未

満)と設定する。また、食料と生活必需品の輸送が対象なので、バン型トラック又は平ボデートラックの利用が前提になる。また、車両確保の面から、緊急物資の輸送は営業用トラックが対応することになるので、自家用トラックは対象から除外した。

b.利用可能な輸送機材のデータベース化

自動車検査登録協力が公表している各種統計データを基に、調査対象八都県市で対象になると想定されるトラックについて、a.の検討結果による条件抽出を行い、データベースの設計、構築を行う。

(財)自動車検査登録協会発行の市区町村別自動車保有車両数に基づいて、八都県市の貨物用普通車、貨物用小型車のデータから、営業用貨物車の積載量別の保有台数に災害物資輸送に利用可能な形状のキャブオーバ(平ボデー)、バンの構成比を乗じて抽出する。ここで求めた車両数が、八都県市内で調達可能な輸送機材の最大値である。図3-9は利用可能な輸送機材を集計するための抽出フローである。このフローによる集計結果は八都県市内、市区町村別の台数としてデジタルデータ化されている。これをさらに各県、市別に集計した結果を表3-6に示す。

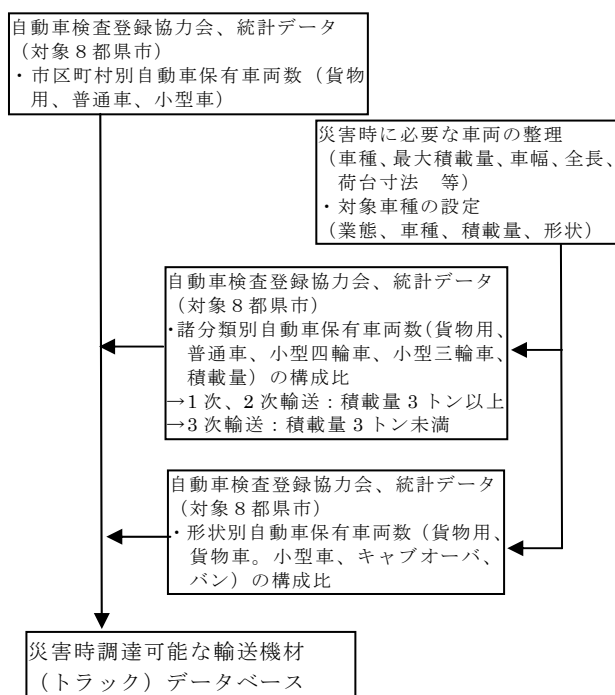


図 3-9 トラック台数の推計フロー

表 3-6 各行政機関別、輸送機材台数推計結果

利用者	積載量	台数
国	8トン以上	52千台
埼玉県	3～8トン	18千台
埼玉県内自治体	3トン未満	19千台
千葉県	3～8トン	10千台
千葉県内自治体	3トン未満	12千台
東京都	3～8トン	24千台
東京都内自治体	3トン未満	43千台
神奈川県	3～8トン	12千台
神奈川県内自治体	3トン未満	16千台

(2) 船 舶

災害時における水上輸送能力の推定を目的とした既存報告の中で、船舶に関するデータが報告されている⁷⁾。調査の範囲は、東京を流れる荒川、隅田川、小名木川などの河川に対して航行の可能性がある船舶を中心に、船舶明細書やアンケート結果などから表3-7のように集計しており、最終的に6船種、300隻程度の船舶が災害時輸送に利用可能な候補としている。この調査結果の選定基準は本システム開発で対象とする輸送目的と一致する項目が多いため、水上輸送機材の基礎データとして利用する。

表 3-7 船種別の隻数

船種	隻数
客船 水上バス	24
屋形船	188
鋼材運搬船	5
舢舨	31
曳船・押船	20
油槽船(白油)	54
合計	322

(3) ヘリコプター

既存報告⁸⁾で新潟県中越地震におけるヘリコプターの活用事例が網羅的に報告されている。ここではこの報告の中で、本開発の解析ツールに関連すると思われる項目について記述する。国内で災害救援活動に従事する可能性のある機体の所属と機体数は表3-8の通りである。(2005年3月現在)

このデータを見ると、圧倒的に自衛隊の保有機数が多く、ついで警察、3番目に各自治体で配備が進められている消防・防災ヘリとなっている。表3-9には機体規模別の要目を示す。

表 3-8 ヘリの機関別保有機数

機関名	保有機数
自衛隊	660
消防・防災	69
海上保安庁	46
ドクターヘリ	9
警察	95
合計	879

表 3-9 ヘリサイズ別の特性

	小型	中型	大型
機体規模 (離陸最大重量)	4ton 未満	4ton 以上 8ton 未満	8ton 以上
ペイロード[ton]	0～2	1～3	3～8
巡航速度[km/h]	200～250		
飛行時間[h]	2.5	2.5～4.0	2.5～5.0
座席数(P)+ 人員[名]	(1) + 3～7	(2) + 11～ 14	(2) + 24～ 55
担架搬送可能人員 [最大人数]	0～2	4～6	10～24
必要離着陸面積 [m×m]	30×30	50×50	100×100
燃料消費量	小	中	大
現有数[機]	278	499	102

輸送機材の移動速度、荷役時間と積載量は輸送能力を表現する重要な項目である。この点で、ヘリコプターの特徴は時速 200km を越える高速で移動が可能ということになるが、その分燃料消費量も大きく、飛行時間が短い点に注意が必要である。また、有視界飛行方式が前提であるため天候に左右され、政令指定都市や都道府県で配備が進められている消防・防災ヘリの運航時間は日の出から日没までに制限されている場合が多い。さらに、大型ヘリは人員、物資の大量輸送に向いているが、広い離着陸帯が必要となる。

3. 4. 4 鉄道貨物輸送量

東京圏において貨物輸送を行っている鉄道ネットワークは、図 3-10 に示したように東北本線、常磐線、高崎線（上越線）、総武線、中央線、武蔵野線、山手線、東海道本線、京葉線（外房線）、京葉臨海鉄道、神奈川臨海鉄道で構成される。

鉄道貨物駅の施設は、発着線、荷役線、コンテナホーム、コンテナ留置ヤード、荷役施設、そして貨物の取扱施設などが挙げられ、東京圏にあるコンテナ貨物を取扱う各駅の状況をデータベース化した。

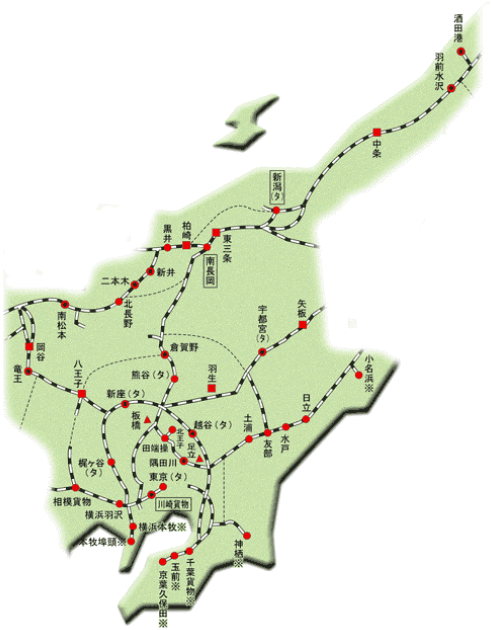


図 3-10 関東、信越地方のコンテナ拠点駅

さらに、2000 年物流純流動 3 日間調査データを用いて、各地域から東京圏にあるコンテナ拠点駅に到着した貨物量を OD 別（発着地域、駅別）に解析、集計した。図 3-11 と 12 ではこの貨物量を、発送地域別、荷受け駅別にまとめる。（ただし、梶ヶ谷駅での荷受量は八王子 ORS での荷受量と合算して記載した。）

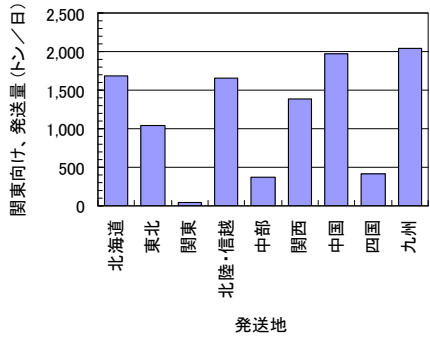


図 3-11 関東地方への地域別発送量

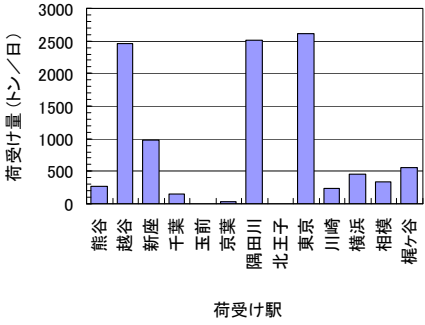


図 3-12 関東地方のコンテナ拠点駅荷受け量

図 3-11 から、際だって大きな発送量を示す地域はないが、中部、四国地方からの輸送量は他の地域と比較すると小さい事が分かる。また、図 3-12 から越谷、隅田川、東京ターミナルで大きな荷受量を示し、この3駅で全体の7割程度の荷受け量になる。(なお、12ft コンテナの最大積み込み重量 5 トンである。) これらのデータは 3.2 (3) に示した「湧き出し」の基礎データとして利用する。

4. まとめと課題

新潟県中越地震、福岡西方沖地震など、大規模な地震や多数の台風上陸等による災害が多発している。大規模な自然災害の発生後は、救援物資や資機材、人員などの輸送に関する問題が起こり得る。今回実施した調査から、災害時における輸送問題を正面から捉え、定量的に評価するシステムや支援ツールの開発はなされていなかった。発災後は被災状況の情報収集とその共有化が、防災機関として第一義的になすべき業務であり、この点については、GIS を応用した様々な計画を通じて体制が整備されつつある。輸送は、情報収集により被災状況が把握でき、はじめて解析に取り組める問題である。本開発システムは各機関で整備が進められている情報共有化システムで収集されるデータを有効活用し、さらに有益な情報を提供するシステムとなる。

本開発では、2 章に記した現状調査の結果を踏まえ、災害時輸送に資する支援ツールを開発する。1 つは「災害時輸送シミュレータ」であり、ユーザーが入力する任意の被災状況において平等に物資を配送するシミュレーションが行える。これより、輸送量の時間履歴が把握でき、輸送体制の事前評価が可能となる。開発する 2 つ目のツールは「リアルタイム輸送支援ツール」であり、動態管理システムを応用し、GPS を搭載した輸送機材の現在位置を常時把握する。ある輸送要請が発生した場合には、この現在位置を考慮して効率的な輸送が行える輸送機材、経路などの組み合わせをランキング形式で出力することが可能となる。また、補助的ツールとして関東地方を対象とした鉄道路線に、任意の途絶区間を設定し、発着地別に帰宅困難者数を推計して物資需要量の把握を支援する解析ツールも作製する。これらの解析ツールは地理情報システムである災害時輸送対応型 GIS に統合し、操作性や視認性、将来の拡

張性にも配慮する。

現在は、ここで記述した各解析ツールの開発作業を進めている。被災シナリオに基づく災害時輸送を表現する上で必要不可欠な要素、機能を取り込みつつも、実用的な解析、計算時間を実現する必要があるため、これら相反する要求を満たすことが大きな課題といえる。

謝 辞

本研究は国土交通省技術研究開発委託費（総合政策局）により実施した。また、ここで報告したシステムは有識者からなる「緊急・代替輸送支援システム開発委員会」のもと開発を進めており、委員長の中林一樹 教授を始めとした委員の方々から有益な情報、助言を承った。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 小谷通泰「阪神・淡路大震災における救援物資の都市内輸送の実態と今後の課題」、阪神・淡路大震災調査研究論文集、(1997)、pp.509-514.
- 2) 国土交通省北陸信越運輸局：「緊急時の輸送体制の確立に向けて」、平成 18 年 3 月
- 3) 社団法人全日本トラック協会：「新潟県中越地震に係る緊急輸送対応の取りまとめ」、平成 17 年 3 月
- 4) 井上隆司：「政府レベルの防災情報共有プラットフォームの構築、土木学会第 6 回地震災害マネジメントセミナー「災害情報の共有化を考える」」、(2005)
- 5) 小松幸夫：「標準型市町村防災 GIS について」、季刊消防科学と情報、No.80 (2005.春号)
- 6) 国土交通省都市・地域整備局大都市圏整備課：「広域防災拠点ネットワークにおける広域輸送拠点の確保方策に関する調査報告書」、平成 15 年 3 月
- 7) 関東運輸局船舶部：「災害時緊急輸送における河川航行船の利用可能性調査報告書」、平成 14 年 3 月
- 8) 小林啓二、田中哮義：「災害時におけるヘリコプターの効率的な活用方法と必要な運航支援体制のあり方 (1) 新潟県中越地震におけるヘリコプター運航状況の調査と分析」、自然災害科学、Vol.24, No.4, (2006)、pp.387-407