

多様なデータ融合による災害時のモビリティ支援に向けた 災害時のリアルタイムシステムの開発

川崎 洋輔*¹ 桑原 雅夫*¹ 木村 洋一*² 戸高 弘統*² 大坪 裕哉*³ 松沼 毅*³
松永 義徳*⁴ 永井 慎一*⁵ 小宮 粹史*⁶ 堀口 良太*⁶
東北大学大学院情報科学研究科*¹ 一般財団法人 日本気象協会*²
(株)オリエンタルコンサルタンツ*³ アジア航測株式会社*⁴
本田技研工業株式会社*⁵ (株)アイ・トランスポート・ラボ*⁶

東日本大震災では、防災に加えて、被害を最小限に食い止める減災対策の重要性が強く認識された。本研究は、災害時のモビリティという視点における減災に資するリアルタイムモニタリングシステムの開発を目的とする。具体的には、車両センサーデータ、プローブデータ、気象データ、被災地画像、ツイッターデータといった多様なビッグデータをリアルタイムに処理し、災害時の被災と交通状況のモニタリングを行う。

Construction of real-time system for mobility support according to various data fusion in the disaster

Yosuke Kawasaki*¹ Masao Kuwahara*¹ Yoichi Kimura*² Hironori Todaka*² Yuya Ohtsubo*³ Takeshi Matsunuma*³
Yoshinori Matsunaga*⁴ Shinichi Nagai*⁵ Tadashi Komiya*⁶ Ryota Horiguchi*⁶
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University *¹
Japan Weather Association *² Oriental Consultants Co., Ltd. *³
Asia Air Survey Co., Ltd. *⁴ Honda Motor Co., Ltd. *⁵
i-Transport Lab. Co., Ltd. *⁶

In the Great East Japan Earthquake, we recognized the importance of disaster mitigation measures for minimize the damage. So, purpose of this study is construction of real-time monitoring system for mobility support according to various data fusion in the disaster. Specifically, this system monitors traffic and disaster conditions in real-time by processing big data, i.e. vehicle detector data, probe data, weather data, disaster area image, Twitter data, etc.

Keyword: Real-time monitoring, Traffic and disaster conditions, Big data

1. はじめに

1-1 研究の背景

我が国は、大規模地震や集中豪雨、豪雪など、甚大な自然災害を経験してきた。特に東日本大震災のような大規模災害においては、防災に加えて、被害を最小限に食い止める減災対策の重要性が強く認識

された。よって、東日本大震災後に東北大学と民間企業 5 社で DOMINGO(Data Oriented Mobility Information Group)共同研究体¹⁾を立ち上げ、災害時の避難支援に資する減災のための以下の 2 つのシステムの開発に着手した²⁾。



図1 システム全体像および開発体制

- 1) 避難支援策の設計・評価システム
 - ・避難インフラ（避難道路，避難所等）と交通管理策（規制等）を事前に設計・評価するシステム
 - 2) リアルタイムモニタリングシステム
 - ・プローブ，車両感知器，気象，画像，SNS 等の多様なデータを融合解析して，被災と交通状況をリアルタイムモニタリングし情報提供するシステム
- システム全体像および開発体制を図1に示す。同図のように，DOMINGOでは3つのWG(ワーキング)を設置して開発を行っている。リアルタイムシステムは，データ処理基盤を開発するWG1とデータ融合技術を開発するWG2で開発することとした。本稿では，WG1の開発について報告する。その他のWGの内容は，参考文献³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾を参照されたい。

1-2 研究の目的

最初に被災と交通状況のモニタリング技術開発の既往の取り組みについて述べる。DOMINGOでは，東日本大震災で大きな被災を受けた石巻市と連携し，GPS データや津波シミュレーションデータ等の融合解析により被災と交通状況の分析を行った⁹⁾。具体的には以下の通りである。

まず，カーナビおよび携帯電話のGPSデータを使って災害直後の石巻市における大渋滞の発生過程を解析した。その結果，地震発生後に石巻街道や女川街道の速度が4km/h以下(歩行速度以下)まで低下していたことがわかった。また，渋滞が中心市街地全体に伝播し，グリッドロックに陥り，それが数時間継続していたこともわかった。そして，渋滞状況と別途実施した津波シミュレーションを融合解析した結果，渋滞内の車両が津波に巻き込まれて多くの人命が失われたことが明らかとなった。このことから，発災直後に住民は被災と交通状況が正確に把握でき

ておらず，正しく避難できていなかったことが推察される。以上より，災害時の住民の避難を支援するためには，まずは被災と交通状況を正しく把握することが重要と考える。その方法としては，プローブデータや津波シミュレーション等の異なる性質のデータを融合解析し，状況を多面的に把握することが有効と考える。よって，本研究では，モビリティ視点の減災策として，多様なデータを融合解析し，被災と交通状況をリアルタイムモニタリングするシステムの開発を行うことを目的とする。

2. リアルタイムシステムの概要

本章ではリアルタイムシステムの概要として，システムで扱うデータやコンセプト，システムのイメージについて述べる。

2-1 リアルタイムシステムで扱うデータ

本システムでは，災害時の被災と交通状況のモニタリングを行うために，多様なビッグデータを取り扱う。具体的には，(1)交通，(2)気象，災害リスク，(3)SNS(ソーシャルネットワークサービス)，被災地画像ならびに(4)GISの4つのカテゴリのデータを取り扱う。カテゴリ別のデータは，さらに計測データとモデルにより補完・推定したデータに分けられる。データの例を表1に示す。

表1 リアルタイムシステムで扱うデータ例

カテゴリ	計測データ	モデルによる補完・推定データ
(1) 交通	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブデータ (車両位置, 速度) ・車両感知器 (交通量, 速度) 	<ul style="list-style-type: none"> ・渋滞状況(RYG) ・予測旅行時間
(2) 気象, 災害リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・震度 ・津波高 ・降雨量 ・降雪量 	<ul style="list-style-type: none"> ・降雪分布 ・洪水リスク ・斜面崩壊リスク ・被災推定箇所
(3) SNS, 被災地画像	<ul style="list-style-type: none"> ・Twitter(テキスト, 画像) ・スマートフォン画像 ・航空写真 	<ul style="list-style-type: none"> ・交通状態・要因 (降雪による通行止, 事故による渋滞 等)
(4) GIS	<ul style="list-style-type: none"> ・地形情報 ・道路, 施設情報 	—

<データ処理, 可視化はフェーズ1,2の2段階で開発>

➡ フェーズ I : 計測データを一次処理し, そのまま可視化

👉 フェーズ II : 融合解析技術 (WG2開発) を取り込み, 推定・予測を含む様々な情報をリアルタイムに可視化

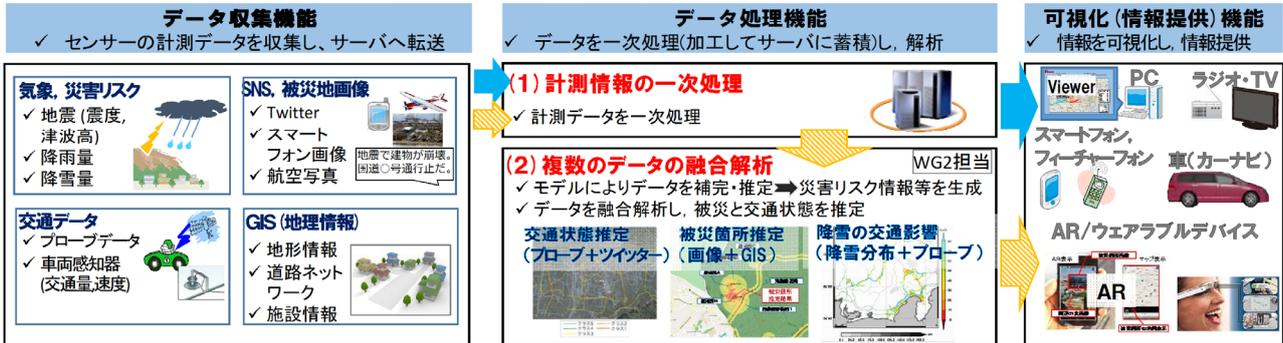


図2 リアルタイムシステムのイメージ

2-2 リアルタイムシステムのコンセプト

本研究では, システム構築にあたって, 以下のコンセプトとコンセプト実現のためのシステム開発方針を設定した。

コンセプト: 情報処理のリアルタイム性確保

リアルタイム性を確保するために, データ収集, 処理, 可視化(情報提供)といった一連の処理を効率的に行うシステムを開発する。具体的には, 発災後 30 分以内に状況が把握可能なシステムの構築を目指す。

2-3 リアルタイムシステムのイメージ

リアルタイムシステムイメージを図2に示す。同図に示すようにリアルタイムシステムの求められる主な機能は, データ収集機能, データ処理機能, 可視化(情報提供)機能の3つである。情報収集機能は, センサーの計測データを収集し, リアルタイムシステムに転送する機能である。データ処理機能は, センサーから収集された計測データを蓄積し, 解析する機能である。可視化機能は, 解析結果を可視化し, PC やスマートフォン, ラジオ等のメディアへ出力する機能である。このうち処理, 可視化については, 計測データを一次処理(データを加工してサーバに蓄積)し, そのまま可視化するフェーズ1と複数のデータを融合解析し, 可視化するフェーズ2を想定している。なお, 本システムは日本全国を対象とし, 日本のどこでもモニタリング可能なシステムを目指す。

以降では, フェーズ1の技術課題と開発内容(課題解決策)について述べる。

3. リアルタイム性確保のための技術課題

情報収集, 処理, 可視化の効率化で必要な技術課題を以下に整理する。

3-1 データ収集機能の効率化

効率的にデータを収集するためには, データの特性を踏まえたデータ送受信方法の検討が必要である。各々のデータは収集されるタイミングやデータ形式, データ量が異なるため, 適切なデータ送受信方法を検討する必要がある。例えば, データの通信方式(パケット形式もしくはストリーム形式)や計測データを送信しやすい形に事前に加工することなどを検討する必要がある。

3-2 データ処理機能の効率化

データ処理段階では, サーバにてデータを解析しやすい形に加工し, 蓄積する一次処理を行った上で, 解析する必要がある。そして, 処理を効率化するためには, データを蓄積, 解析するためのインフラ整備(データ処理マシンやデータ送受信回線の整備)やビックデータの効率的な処理手法の開発を行う必要がある。

3-3 可視化機能の効率化

可視化では, 解析結果(一次処理データ)を加工し, 可視化するといった二次処理を行い, 各媒体に出力する。二次処理の効率化のためには, 各媒体の特性を踏まえた可視化方式(データ処理方法や可視化イメージ)を検討する必要がある。

4. リアルタイム性確保のための技術開発

4-1 効率的なデータ収集機能の開発

本研究では, まずは, システムで扱う気象データ, 被災地画像データおよびフロブデータについてデータの効率的な収集方法を検討した。

原則として, データ提供元で計測データを加工,

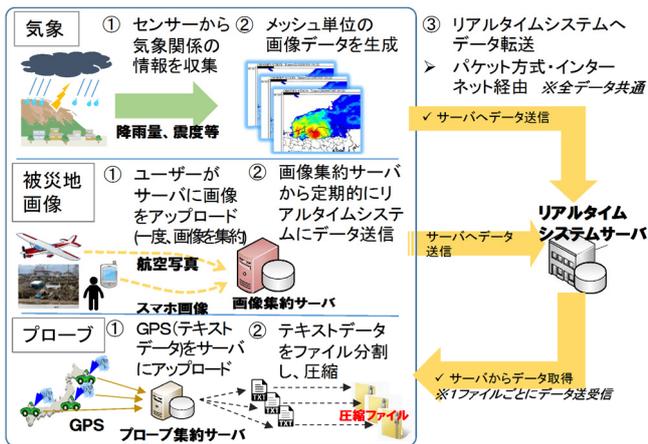


図3 リアルタイムシステムへのデータ送信方法

表2 データ諸元およびデータ送信時間

データ	送信頻度	1送信当たりのファイル数	1送信当たりの容量	送信時間 ※実験結果
プローブデータ	5分	1ファイル	約35MB	約3秒～10秒
気象データ(降水量)	5分	1ファイル	約1MB	約2秒
被災地画像	15分	5ファイル	約15MB	1ファイル1秒未満

圧縮し、サーバへデータ送信(もしくはサーバからデータ取得)することで、データ収集の効率化を図った。各データは、容量やデータ計測頻度が異なるため、個別にデータ収集方法検討した。検討したデータ収集方法を図3に示す。

テストデータを用いて、各データ提供元からリアルタイムシステムのサーバへのデータ送受信実験を行った。データ諸元とデータ送信時間を表2に示す。実験の結果、最も時間のかかったプローブでも約10秒でデータを送信することができた。

4-2 効率的なデータの処理機能の開発

本システムのインフラは NICT(国立研究開発法人情報通信研究機構)の大規模オープンテストベッド JOSE (Japan-wide Orchestrated Smart/Sensor Environment) ¹⁰⁾ や JGN-X(NICT が開発したデータ送受信の専用回線) ¹¹⁾ を活用することとした。

以下に、検討したデータ処理方法について述べる。サーバ上でデータを処理する場合、一般的には、まず RDBMS などのデータベース管理システムを導入する。データ処理時には、収集データを加工して、データベースに蓄積する一次処理を行った上で解析を行う。しかしながら、本研究のようにデータが大量

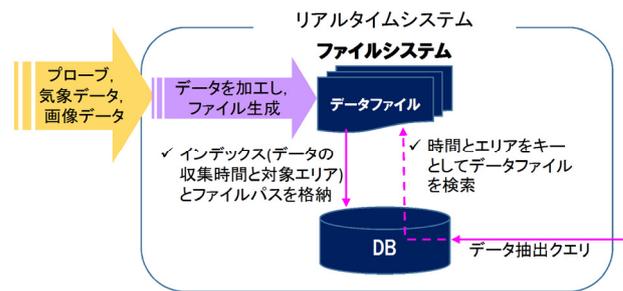


図4 データの一次処理方法

表3 データの一次処理時間

データ	一次処理時間 ※実験結果
プローブデータ	約180秒 (約400万件レコード処理)
気象データ(降水量)	約0.1秒 (27ファイル約3.3秒)
被災地画像	2ファイル12件の登録に約0.1秒

にある場合、データの一次処理にも時間を要する。そのため、データそのものはファイルシステムで管理することとした。そして、データの収集時間や対象エリアをインデックスとして、データファイルのパスとともにデータベースに格納することで処理の効率化を図った(図4)。

テストデータを用いて、データの一次処理実験を行った。実験での処理時間を表3に示す。最も処理時間の長いプローブにおいても約180秒(3分)で処理を行うことができた。今回のプローブデータ処理時間は、1ターン(5分間データ)のテストファイルの処理時間であり、数ターン連続して処理した場合には処理遅延が起きる可能性がある。そのため、今後は、24時間の連続処理テスト(耐久テスト)や他のデータも含めた全データの一次処理を行い、処理時間の確認を行う予定である。確認の結果、処理時間に遅延が生じた場合は、処理を並列化する等の処理のさらなる高度化の検討が必要と考える。また、将来、WG2の融合解析技術を取り込む際は、今回の一次処理と同様に処理の効率化を検討する必要がある。

4-3 効率的な可視化機能の開発

(1) 可視化システムの開発

可視化アプリは、地図 API を使用したブラウザアプリとして構築した。ブラウザアプリとして生成することで、ユーザへのアプリ本体の配布を不要とし、インターネット接続があればどこからでもアクセス可能な可視化システムとした。ブラウザ上でのペー

ジは、被災状況と交通状況を正確に把握可能とするため、各データをレイヤ表示した地図画面と、レイヤの切り替え、任意の日時の情報を選択可能なユーザインターフェースとで構成した。

プローブデータは詳細図では速度別に色分けした軌跡データを、広域図では交通量によるヒートマップを表示した。気象データは250mメッシュ単位で色分した画像データを地図上のレイヤに表示した。被災地画像は画像投稿地点にアイコンを表示し、アイコン上へのマウスオーバーで詳細情報をポップアップ表示した。図5に可視化システムのブラウザ画面を示す。なお、図5はテストデータの交通量のヒートマップと被災画像の投稿地点アイコンを表示した結果である。

各データを迅速に可視化するため、ブラウザ内での処理は最小限に留めるよう、二次処理では地図APIが読み込み可能なオブジェクトとして、プローブデータについては詳細図用の線データと広域図に表示するヒートマップ用の交通量データをJSON形式のテキストデータとして定期処理で生成し可視化用DBに格納した。気象データについては画像データを同様に定期処理で生成し、ストレージに対象範囲の座標と日時からファイル探索検索可能なディレクトリ構成でストレージに予め保存した。被災地画像はデータ量が小さいため、二次処理は行わず、直接一次処理データを参照した。ユーザが可視化画面を表示すると、ブラウザは表示中の地図範囲をパラメータとしてサーバにリクエストし、二次処理で予め生成されたオブジェクトを取得する。オブジェクトデータを地図APIに直接渡すことで、地図の描画以外の処理を極力排除し、各種レイヤを迅速に表示可能とした。

テストデータを用いて実験した二次処理時間を表4に示す。二次処理はデータ量が最も多いプローブデータで70秒の処理時間であり、送信時間、一次処理と合わせても5分以内で可視化用データはサーバに準備される結果となった。

テストデータを用いた場合の可視化データの転送量を表5に示す。プローブデータは交通量の大小と道路密度によっては転送量が大きくなり、回線状況によっては可視化のボトルネックとなるため、二次処理データの間引きや、統合といった最適化が今後の課題である。本システムはレイヤの切り替えで様々なデータの表示が可能のため、今後、データベースに蓄積する融合解析結果などのデータも迅速に表示可能である。

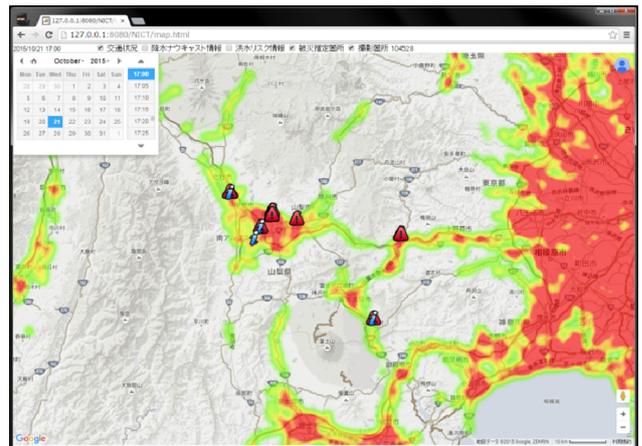


図5 可視化システムのブラウザ画面(開発中)

表4 データの二次処理時間

データ	二次処理時間 ※実験結果
プローブデータ	約70秒 (約400万件レコード処理)
気象データ(降水量)	約58秒 (全国で400画像)
被災地画像	【二次処理なし】

表5 可視化データの転送量

データ	転送量 ※実験結果
プローブデータ	最大10MB程度 (地図表示範囲, または対象日時の変更でアクセス発生)
気象データ(降水量)	5KB~40KB (1画像; 約50km四方あたり)
被災地画像	1KB~5KB

(2) AR/ウェアラブルデバイスを活用した被災状況の可視化

発災時は効率的な現場状況の把握・可視化が求められるため、自治体職員や一般市民が保有するスマートフォン等で撮影した被災地の画像や収集した画像を基に推定した被災箇所をリアルタイムシステムにデータ送信するシステムを構築した⁵⁾。システム概要を図6に示す。このシステムは、被災地画像や被災推定箇所をAR(拡張現実)やマップ上で可視化(図7)し、スマートフォンやグラス型のウェアラブルデバイス等に出力可能である。なお可視化に必要なビューアは無償で公開されているLayarを用いた。

今後は、リアルタイムシステムのデータベースに蓄積されたデータをARにより可視化することを検討する予定である。

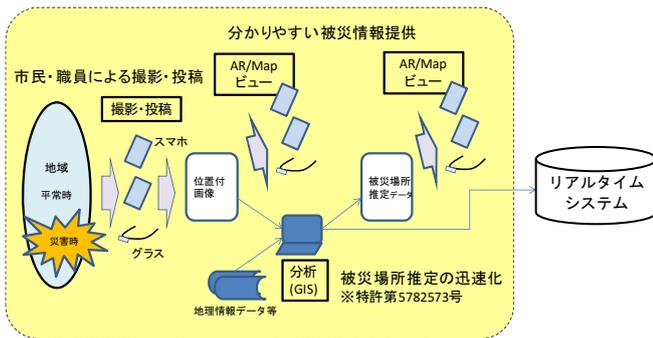


図 6 画像データによる被災情報の収集・把握システム概要



図 7 AR・マップによる被災地画像や被災推定個所の可視化

5. おわりに

本研究では、モビリティ視点の減災策として、多様なデータを融合解析し、被災と交通状況をリアルタイムモニタリングするシステムの開発の取り組みについて紹介した。

本システムは、今年度中にフェーズ1のプロトタイプシステムの開発を予定している。次年度以降は、プロト融合解析技術(WG2の開発内容)を組み込んだフェーズ2のシステムを開発する予定である。

謝辞：本研究は、独立行政法人 情報通信研究機構 (NICT)の「ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発(課題 178A09)」プロジェクトより助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) DOMINGO ホームページ
<http://www.cps-project.sakura.ne.jp/domingo-web/index.html>
- 2) 大畑長, 浦山利博, 花井健太, 彦坂健太, 花房比佐友, 今井武, 津田博之, 江藤和昭: 災害時と平常時の交通マネジメントのためのデータ融合解析システムの紹介, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, CD-ROM, 2013.
- 3) 原祐輔, 松田耕史, 川崎洋輔, 三谷卓摩, 桑原雅夫: Probe と Tweet を用いたマルチリソースによる潜在交通状態推定に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.
- 4) 丹治和博, 須藤哲寛, 今井武, 永井慎一, 菅原愛子, 益田卓朗: 2014年2月山梨県大雪災害における降雪経過と交通障害状況, 第30回寒地技術シンポジウム, 2014.
- 5) 丹治和博, 川崎洋輔, 原祐輔, 桑原雅夫, 古市信道, 須藤哲寛, 浦山利博, 松永義徳, 池田晃三, 永井慎一: 多様なデータ融合による災害時のモビリティ支援に向けた災害リスク情報生成に関する研究, 第13回 ITS シンポジウム, 2015.
- 6) 長尾一輝, 大畑長, 柿元祐史, 花房比佐友, 二上洋介, 江藤和昭, 桑原雅夫: 大規模地震時における自動車避難行動に基づく避難施策の評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, CD-ROM, 2014.
- 7) 花房比佐友, 小宮粹史, 堀口良太, 桑原雅夫: 災害時避難対策評価のための歩車錯綜シミュレーションフレームワークの構築, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.
- 8) 大畑長, 飯島護久, 花房比佐友, 須藤哲寛, 江藤和昭, 柿元祐史, 桑原雅夫, 三谷卓摩, 川崎洋輔: 多様なデータ融合による災害時のモビリティ支援に向けた災害時施策評価ツールの開発と適用, 第13回 ITS シンポジウム, 2015.
- 9) Hara, Y., Kuwahara, M., "Traffic Monitoring immediately after a major natural disaster as revealed by probe data - A case in Ishinomaki after the Great East Japan Earthquake," Transportation Research Part A, Vol. 75, pp. 1-15, 2015.
- 10) JOSE (Japan-wide Orchestrated Smart/Sensor Environment)
<http://www.nict.go.jp/nrh/nwgn/jose.html>
- 11) JGN-X <http://www.jgn.nict.go.jp/>