

災害時のリアルタイムアラート情報提供システムの構築

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

本研究では、災害時のリアルタイムアラート情報提供システム開発の取り組みについて紹介する。近年、我が国は東日本大震災、熊本震災等の大震災甚大な自然災害を経験しており、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。そこで、本研究では、災害時に気象データ、プローブデータ、Twitter データ、画像等の多様なデータを用いて交通障害を検出し、リアルタイムにアラート情報と被災と交通のモニタリング情報を提供するシステムの開発に着手した。本稿では、システムの全体像や現状の開発状況を紹介します。併せて開発事例として、Twitter 連動交通情報提供の取り組みについて述べる。

Construction of real-time alert information providing system in the event of a disaster

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

In this study, we develop system which providing real-time alert information in the event of a disaster. Recently, Japan has experienced the earthquake devastating natural disasters such as the Great East Japan Earthquake, Kumamoto earthquake, so we recognized the importance of disaster mitigation measures for minimize the damage. Therefore, we developed real-time system which detect traffic failure and provide alert information using weather data, probe data, Twitter data and images. In this paper, we introduce the system concept, and we describe the case of providing Twitter interlocking traffic information.

Keyword: Real-time, Alert information, Tweet data

1. はじめに

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。特に東日本大震災や熊本地震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。災害発生後の減災のためには、被災と交通障害の発生箇所を迅速に検出し、状況をモニタリングすることが重要である。

そこで筆者らは、東日本大震災後に東北大学と民間企業とで DOMINGO(Data Oriented Mobility Information Group)共同研究体¹⁾を結成し、災害時の避難支援に資するシステムの開発に着手した。

まず、DOMINGO では、宮城県石巻市と連携し、津波シミュレーションやカーナビおよび携帯電話の GPS データを用いて東日本大震災時の被災と交通状況の分析を行った²⁾。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(歩行速度)以下まで低下していたこと、その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がわかった。そして、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た。

上記より、DOMINGO では、災害時の住民の避難を支援するために、プローブデータや気象データ等の異なる性質のセンサーデータを収集・解析し、被災と交通状況をリアルタイムにモニタリングするシステムの開発に着手した。そして、昨年度、全国のプローブデータや降雨データをリアルタイムに処理・可視化するプロトタイプシステムを開発した³⁾。

次に、道路管理者に対してプロトタイプシステムのデモとヒアリングを行った。その結果、被災や交通障害を検知し、アラートを発信する“アラート機能”へのニーズがあった。そこで、現在、DOMINGO では、プロトタイプシステムをベースにアラート機能とモニタリング機能を備えたリアルタイムシステムの開発を行っている。

本稿では、上記、リアルタイムシステムの概要と開発状況を紹介する。併せて開発事例として、Twitter 連動交通情報提供の取り組みについて述べる。

2. 現状の課題

本節では、災害時の交通障害の検知やモニタリングに関する現状の課題について述べる。本研究では、課題把握のために道路管理者にヒアリングを行った。以下にヒアリングを踏まえた現状の課題を整理する。

2-1 被災や交通障害の迅速な検知

現状、被災や交通障害の検知手段は、道路に設置

された CCTV カメラやパトロールカーによる巡回および地域住民からの通報である。しかしながら、CCTV カメラはカバー範囲が限定されるため、CCTV カメラのない場所は、巡回員による現地での目視確認が必須である。災害時に避難車両の集中による渋滞や被災による道路の寸断が発生した場合、通行不能箇所以遠の施設巡視が困難になる。そのため、被災や交通障害の検知遅れにより、道路の通行規制のタイミングへの影響が懸念される。

2-2 継続的なモニタリングおよび情報の電子化

現状の被災や交通状況のモニタリングは、CCTV もしくは現地での職員の監視である。CCTV がない場所は、職員が随時監視する必要があるが、人的リソースに限りがあるため、職員はパトロールカーで複数の被災現場を巡回する必要がある。パトロールカーが 1 度被災現場を離れて他の箇所の巡回を終えてから再び現場に戻ろうとすると多大な時間のロスが発生してしまい、継続的なモニタリングが出来ない。

また、災害発生時には、被災や規制の状況を逐次記録する必要がある。現在、災害時には紙の地図上に被災箇所や通行止(規制箇所)を書き込むといったアナログな方法で記録しており、報告用に紙のデータを電子化するという作業が発生している。

3. リアルタイムシステムの概要

3-1 システムの機能要件

本研究では、図 1 に示す通り、リアルタイムシステムに必要な機能を大きく収集・処理・可視化の 2 つを設定した。処理は、前節で整理した課題を踏まえ、「アラート発信機能」と「モニタリング機能」の 2 つを設定した。各機能の概要を以下に整理する。

(1) センサーデータの収集

センシングデータをリアルタイムに収集し、データベースに蓄積する機能である。

(2) データ処理 1：アラート発信機能

プローブデータや降雨等のセンシングデータを融合解析することで被災や交通障害を検知し、アラート発信する機能である。

(3) データ処理 2：モニタリング機能

プローブデータや降雨等のセンシングデータを融合解析し、リアルタイムに被災状況や交通状況を推定する機能である。モニタリング内容は、データベ



図1 システムの機能構成

表1 アラート発信機能の構成

アラート内容	手法
1) 道路交通や公共交通の異常検知	Twitter データによる交通障害検知 プローブデータのみによる道路交通の異常検知
2) 豪雨による道路冠水リスク	降雨とプローブデータの融合解析
3) 豪雪による道路交通障害リスク	降雪分布とプローブデータの融合解析
4) 斜面崩壊リスク	降雨とGISデータの融合解析

ースに電子データとしてアーカイブする。

(4) 可視化

(2),(3)のアラート発信やモニタリング結果を電子地図にマッピング・可視化し、PC やスマートフォン等のデバイスに情報提供する機能である。

3-2 アラート発信およびモニタリング機能の構成

表1, 2 にモニタリングとアラート発信機能の構成一覧を示す。下記に表1, 2 の内容について述べる。

(1) アラート発信機能

表1の通り、リアルタイムシステムのアラート機能は、1)道路交通や公共交通の異常検知、2)豪雨による道路冠水、3)豪雪による道路交通障害、4)斜面崩壊の4項目である。本機能は、アーカイブデータを統計解析し、異常検知の閾値を予め設定した上で、リアルタイムに収集されるデータが閾値を超えた場合にアラートを発信することを想定している。

表2 モニタリング機能の構成

	モニタリング内容	手法
交通状態	1)-1 渋滞状況 (センサー設置箇所)	センサーデータの処理・可視化 ・車両感知器、プローブ(GPS)データ
	1)-2 渋滞状況 (ネットワーク全体を補完推定)	プローブデータと状態空間モデルによる交通状態推定
	2) 交通状況と要因	プローブデータとTwitterの融合解析
気象・被災状況	3) 気象の状況	センサーデータの処理・可視化 ・震度、津波高、降雨量、降雪量、降雪分布、洪水リスク
	4) 被災箇所 (推定)	被災地画像とGISデータの融合解析

1)異常検知は、Twitter やプローブデータを解析し、道路の通行止や電車の運休といった異常を検知し、アラート発信するものである。Twitter データを用いた解析の詳細については、4 章で述べる。プローブのみによる異常検知は、参考文献 46)を参照されたい。2)豪雨、3)豪雪による交通障害リスクは、リアルタイムに得られる降雨量や降雪量が閾値を超えた場合にアラートを発信するものである。4)斜面崩壊リスクは、降雨データと地形データを融合解析することにより斜面崩壊のリスクを予測するものである。なお、詳細は参考文献 56)を参照されたい。

(2) モニタリング機能

モニタリング機能は、表2に示すとおり、1)渋滞状況、2)交通状況と要因、3)気象の状況、4)被災箇所(推定)の4項目である。

1)渋滞状況は、センサーデータの可視化とプローブデータと状態空間モデルを用いた補完推定によって渋滞をモニタリングする。2)の交通状況と要因は、プローブデータとソーシャルメディアデータ(Twitter)を融合解析し、事故による渋滞・通行止といった交通状況とその要因を推定するものである。3)気象の状況は、気象センサーを処理して気象状態をモニタリングする機能である。4)被災箇所(推定)は、スマートフォン等の画像とGISデータを処理して、被災箇所を推定する機能である。上記、モニタリング機能の詳細は、参考文献 37)8)を参照されたい。

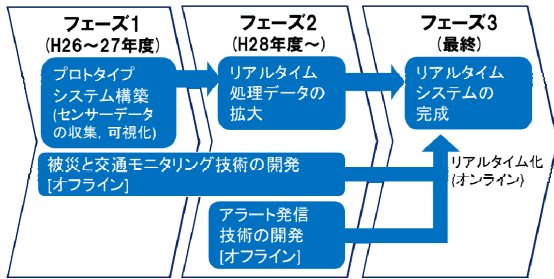


図2 システムの開発フェーズ

3-3 システムの開発状況

リアルタイムシステムの開発フェーズを図2に示す。同図に示す通り、開発フェーズは3段階となっている。モニタリングやアラート発信機能は、まず、過去の災害を対象にオフラインで技術開発した上で、フェーズ3でオンライン化する開発手順としている。以下に開発フェーズごとの内容を整理する。

(1) フェーズ1 (H26~H27 年度)

フェーズ1では、全国の降雨、プローブ、画像データをリアルタイム(オンライン)収集し、可視化するプロトタイプシステムを開発した。可視化システムはGoogle APIを活用したブラウザベースのアプリとなっており、Google Map上に多様なデータを重ね合わせることができる。また、表示するデータの選択や日時の指定ならびに地図の縮尺変更が可能である。可視化システムの画面サンプルを図3に示す。同図に示す通り、プローブ交通量のヒートマップや降水量、プローブ速度や画像を表示できる。また、フェーズ1では、2014年2月に発生した山梨県大雪災害時のデータを用いて、被災と交通モニタリング技術をオフラインで開発した。フェーズ1の開発内容の詳細は、参考文献³⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾を参照されたい。

(2) フェーズ2 (H28 年度~)

フェーズ2では、リアルタイムに処理・可視化するデータを拡大する。具体的には、Twitterや降雪量といったデータを追加する予定である。また、引き続きモニタリング技術の開発を行うとともに、アラート発信技術の開発を行う。4章では、アラート発信技術のうちTwitterを用いた情報提供の取り組みについて述べる。

(3) フェーズ3 (最終)

フェーズ3では、オフラインで開発を進めたアラート発信やモニタリング技術をリアルタイム化(オンライン)し、システムを完成させる。

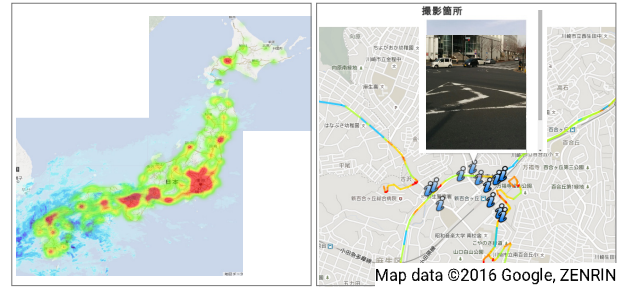


図3 可視化システムの画面サンプル

(左:プローブ交通量ヒートマップ+降雨, 右:プローブ速度+画像)

4. Twitter 連動交通情報提供の取り組みの紹介

本章では、Twitterデータをリアルタイムに処理・可視化し、アラートを発信するTwitter連動交通情報提供システム開発の取り組みについて述べる。

本システムの開発経緯を述べる。本研究では、過去にプローブとTwitterの融合解析による交通状態推定の手法⁷⁾を開発した。具体的には、自然言語処理によりTwitterデータから交通と地理情報を抽出する技術とTwitterデータとプローブを統一的に扱い交通状態を推定する統計モデルを開発した。本技術のリアルタイム化には、Twitterとプローブデータの同時処理に伴う処理時間や計算負荷増加等の技術課題があった。一方、丹治ら⁸⁾は、2014年2月の山梨県大雪災害時におけるTwitterデータを分析している。分析結果を見ると、関東甲信越地方で激しい降雪となった時間帯に交通情報に関わる事象のツイートが急増するバースト現象が確認された。これらを踏まえて、本研究では、Twitterデータのみを処理し、災害時のバースト現象を捉えることで、アラート発信できると考え、本システムの開発に至った。

4-1 Twitter データ処理の課題と解決方針

Twitterデータからバースト現象を捉えてアラート発信するためには、

- 交通情報に関するTwitterデータを抽出
- 抽出したTwitterをマッピング(地理情報抽出)

といった技術課題がある。既往研究⁷⁾では、自然言語処理によりTwitterデータから交通と地理情報を抽出している。本研究では、計算負荷低減のため、予め交通空間の辞書を定義した上で、Twitterデータを収集し、辞書の定義から実空間にマッピングすることとした。交通空間の辞書とは、予め位置情報を設定した”交通空間”とその交通空間に関連するキーワードの集合と定義する。この手法であれば、交通に関連するTwitterのみをキーワードで収集し、かつ地図に容易にマッピングできる。交通障害の内容は、

表 3 高速道路の交通辞書（中央道の例）

交通空間	カテゴリ	キーワード例
中央自動車道	路線名称(正式名, 略称)	・中央道
	料金所, IC, JCT	・高井戸 IC
	SA・PA・BS	・談合坂 SA
	トンネル・橋	・小仏トンネル
	その他(展望所, 避難路 等)	—

表 4 鉄道の交通辞書（山手線の例）

交通空間	カテゴリ	キーワード例
JR 山手線	路線名称(正式名, 略称)	・山手線
	駅名	・品川駅



図 4 Twitter 可視化システムの画面サンプル

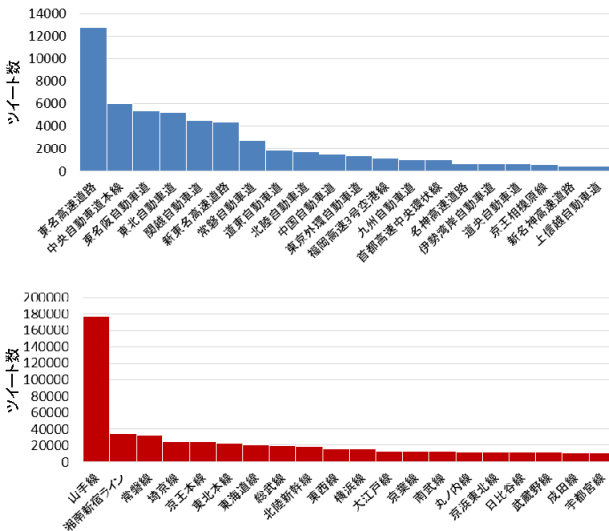


図 5 ツイート数上位 20 路線(上段：高速, 下段：鉄道)

抽出した Twitter のつぶやき内容を可視化し, 分析者が確認することで把握することとした。

4-2 Twitter データ概要

本研究では, まずは高速道路と鉄道に関連した Twitter データを収集し, 解析することとした。交通

辞書の位置情報を“品川駅”等の特定の施設に限定すると収集できる Twitter データ数が少ないため, 交通空間の空間分解能は, 路線全体とした。交通辞書のキーワードは, wikipedia⁹⁾に掲載されている情報を用いた。キーワード例を表 3, 4 に示す。同表の通り, 高速道路は, 道路名称, 料金所・IC・JCT, BS(バス停), SA・PA ならびにトンネル・橋等の施設とし, 鉄道は, 鉄道路線名, 駅とした。交通辞書は, 全国の高速度道路でキーワード数 3,439, 首都圏近郊の鉄道でキーワード数 1,675 となった。なお, 自動投稿による広告ツイート等 API 経由のツイートを排除し, ユーザ自身によるツイートのみを収集対象とした。

4-3 Twitter データの可視化システムの開発

交通障害の内容の確認のために Twitter データの収集・可視化システムを構築した。画面例を図 4 に示す。過去 3 時間以内にツイートが有った路線・駅にアイコンを表示し, クリックでツイート本文を表示した。図 4 は 2016 年 9 月 12 日(月)の大崎駅での輸送障害時のツイート状況の例である。

4-4 Twitter データを用いたアラート発信可能性

本節では, 2016 年 8 月 4 日～9 月 4 日(1 ヶ月間) の Twitter データを分析しアラート発信可能性について検討した。図 5 は, 上位 20 路線のツイート数のグラフである。高速道路に比べて, 鉄道のツイート数が多い傾向である。これは, 自動車は, 運転者がツイートをアップできないのに対し, 鉄道乗車中は, 比較的自由にツイートできるためと推察される。高速道路の 1 位は東名であり, 2 位の中央道の倍以上のツイート数である。上位路線は, 都市高速に比べて都市間高速の方が多く見られる。鉄道ツイートは, 山手線が群を抜いて多く, 次いで湘南新宿ラインである。首都圏の路線が上位を占めている。

図 6 に東名自動車道と山手線の時間帯別のツイート数の推移を示す。同図を見ると, 山手線では, 台風 9 号や人身事故時の運休時にバースト現象が見られる。一方で東名自動車道は, 台風 9 号よりも深夜の事故渋滞やドラム缶散乱による通行止の方がツイートが急増している。東名, 山手線いずれの場合でも, 日常的な渋滞や遅延よりも災害や突発事象時の通行止や運休といった交通機関が不能になる場合にバーストが見られる点は共通している。以上より高速道路と鉄道では, バーストをリアルタイムに捉えられれば, 災害時や突発事象時の交通障害へのアラート発信できる可能性があると考えられる。今後は, 他

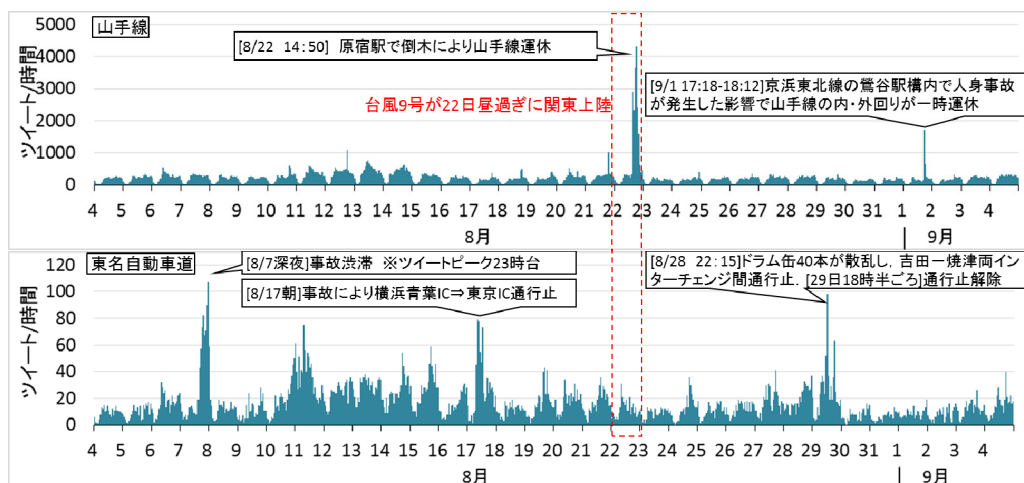


図6 ツイート数の推移(上段：山手線，下段：東名自動車道)

路線の分析をすすめるとともに、既往研究¹⁰⁾を踏まえて、バースト検出の評価指標の検討が必要である。

5. おわりに

本研究では、災害時のリアルタイムシステム開発の取り組みについて紹介した。リアルタイムシステムは、災害時の異常事象を検知し、アラート発信する機能と被災と交通モニタリング機能を有する。今後の課題を以下に整理する。

1) リアルタイムシステムのバージョンアップ

プロトタイプシステムをベースにリアルタイムシステムのデータ処理対象と拡大するとともに、アラート発信やモニタリングの技術の開発を進める。

2) 実証実験の実施

地方自治体や高速道路会社等の道路管理者などにデモを行い、使い勝手や可視化方式について、コメントを得るとともに、実務で有用なシステムとなるように改善案を検討する。

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。

【参考文献】

- 1) DOMINGO HP
<http://www.cps-project.sakura.ne.jp/domingo-web/index.html>
- 2) 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.
- 3) 川崎洋輔, 桑原雅夫, 木村洋一, 戸高弘統, 大坪裕哉, 松沼毅, 松永義徳, 永井慎一, 小宮粹史, 堀口良太: 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, 第 13 回 ITS シンポジウム, 2015.
- 4) 桑原雅夫, 原祐輔, 三谷卓摩, 川崎洋輔, 竹之内篤, 井料隆雅, 浦田淳司: 熊本地震における都市内交通, 避難の実態と課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.54, CD-ROM, 2016.
- 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) 丹治和博, 桑原雅夫, 川崎洋輔, 須藤哲寛, 浦山利博, 高遠陶子, 永井慎一: 豪雨および豪雪時の交通障害アラート情報の構築, 第 14 回 ITS シンポジウム, 2016.
- 7) 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.
- 8) 川崎洋輔, 原祐輔, 桑原雅夫: 状態空間モデルによる交通状態推定手法の二次元ネットワークへの拡張, 土木計画学研究・講演集, Vol.53, CD-ROM, 2016.
- 9) wikipedia フリー百科事典(日本語版)
<https://ja.wikipedia.org/wiki/メインページ>
- 10) He, D., Parker, D. S.: Topic dynamics: an alternative model of bursts in streams of topics, Proc. of the 16th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 443-452, 2010.