リアルタイム車載カメラ画像等 IoT を用いた迅速な災害時対応を可能とする配送支援モデルの構築

石井邦宙[*1]　花房比佐友[*2]　馬場純[*3]　坂本俊輔[*4]　吉田浩一[*5]　桑原雅夫[*6]
アジア航測株式会社[*1]　株式会社アイ・トランスポート・ラボ[*2]　インクリメント・ピー株式会社[*3]
株式会社 グローバル・パートナーズ・テクノロジー[*4] 株式会社ローソン[*5] 東北大学大学院情報科学研究科[*6]

甚大な災害や日々の交通障害によって引き起こされる救急搬送・物資輸送・配送時における交通障害の問題・課題を，IoT の活用により解決するための仕組みを考案した．本稿では，災害時に情報を集約し，迅速な災害対応および「止まらない配送」を実現するため，リアルタイム車載カメラ画像や衛星画像等の IoT 活用による現地確認，交通流分析技術による災害検知及び対策判断の支援，情報の一元化・共有の仕組みにより，官民が連携可能とする災害対応モデルについて紹介する．

Development of a Traffic Information System for Delivery Services by IoT Devices Responding to Traffic Accidents and Natural Disasters

Ishii Kunihiro [*1]　Hisatomo Hanabusa[*2]　Jun Baba[*3]　Syunsuke Sakamoto[*4]
Kouichi Yoshida[*5]　Masao Kuwahara[*6]
Asia Air Survey Co., Ltd.[*1]　i-Transport Lab. Co., Ltd.[*2]　INCREMENT P CORPORATION[*3]
Global Partners Technology inc.[*4]　Lawson, Inc.[*5]　Graduate School of Information Sciences,Tohoku University[*6]

Abstract

This paper introduces a framework of IoT (Internet of Things) system for daily management of delivery services responding to traffic accidents and natural disasters. The purpose of the system is to support the daily delivery routing by the traffic information integrated by dashboard camera connected to car navigation system, probe data, satellite image data, incident information, etc. The system can detect unusual situation of traffic condition caused by some incident such as traffic accident, and provide the camera images from cars and satellites to confirm the traffic situation. This system is planned to be demonstrated in Kawasaki toward the practical use in private business relevant to delivery.

Keyword: Delivery, Traffic hazard, Internet of Things

1. はじめに

ゲリラ豪雨などの異常気象をはじめ，交通事故による車線閉塞など，日々の生活においても交通障害を引き起こす原因は大規模な災害以外にも多くあり，移動手段や道路の使用が制限されることで交通に普段とは異なる混乱，混雑が発生することがある．その際，人の移動だけでなくモノの移動においても大きな影響を及ぼすことは想像に難くない．モノの移動においては，たとえば配送サービスを行っている事業者が代表的な例として挙げられるが，決められた時間に遅延なく，安全に配送されることは，サービスの質を評価する上での重要な項目の一つである．そのため，あらゆる情報を利活用し，遅延等配送時のリスクを回避することが要求される．

現在は道路交通情報をはじめ，事故・災害情報に関する情報がリアルタイムで収集できることで，今現在の道路交通がどのような状況であるかは簡単に把握ができるようになった．したがって，日々の概ね予想しうる交通状態における目的地への到着時間や配送ルート等，配送管理の質は向上していると考えらえる．しかしながら，ゲリラ豪雨や事故などの突発的な事象，台風や地震等によって被災した状況下，通常とは異なる交通状況下での配送ルートの確保については，状況についての情報収集や確認において，情報が錯綜することが多く，確認に時間がかかるなど，迅速な対応のために検討すべき課題は多い．たとえば，通過できるとされる道路の状態はどのようなものか，車線が閉塞されているのか，あるいは二輪車は通過可能だが，自動車は通過できない状況なのか，現在の交通情報システムでは具体的な走行状態，路面状態は即座に把握することが難しい．

災害時においては通行実績マップの公開[1]が行われ，どの道路が通行できていたかの把握が可能となり，被災地の住民や物資輸送等災害時救助支援者の大きな助けとなったが，さらに損壊状況など道路の“質”に関する情報が正確に得られれば，2 次災害の予防や被災地への配送車両の車種選択など様々な活用が可能になる．これは，日常起こり得る事象（交通事故など）においても同様で，交通状況の把握，異常の検知，原因の特定が即座に分析でき，それを可視化して必要な対策を検討できる基盤が構築できれば，地域の防災対策を担う自治体，災害時の救助・物資輸送支援を行う一般企業がお互いに情報を共有できる有用なツールになると考えらえる．

本稿では，甚大な被害を及ぼす災害から日々の交通障害(物損事故，不法駐車等)によって引き起こされる救急搬送・物資輸送・配送等の交通障害の問題・課題を，IoT の活用により解決する仕組みについて紹介する．本システムは，災害時に情報を集約し，迅速な災害対応を実現，および「止まらない配送」を実現するため，リアルタイム車載カメラ画像や衛星画像等の IoT 活用による現地確認，交通流分析技術による災害検知及び対策判断の支援，そしてこれら情報の一元化・共有の仕組みにより，官民が連携した災害対応ができることを目標としている．平時においても，日々の交通障害(物損事故，不法駐車等)への速やかな検知，迂回路の検討，通行規制の必要性や対策要員の派遣などの意思決定が可能になるよう，様々なセンサーがこのシステムとつながり，有効活用されることを目指す．

2. 課題解決のためのシステムコンセプト

災害時に情報を集約し，迅速な災害対応を実現，および「止まらない配送」を実現するため，リアルタイム車載カメラ画像や衛星画像等の IoT 活用による現地確認，交通流分析技術による災害検知及び対策判断の支援，そしてこれら情報の一元化・共有の仕組みにより，官民が連携する災害対応モデルを考案した．本システムのコンセプトを以下に示す．

① Web システムによる情報の一元管理：今までばらばらに管理されていた危機管理，障害対応の行動プロセスの「検知」情報，「確認」情報を一元管理する．自治体，物流会社にとってわかりやすい情報コンテンツとして表示し，迅速で的確な判断ができるよう支援する．

② リアルタイム車載カメラ画像の利用：災害や日々の交通障害(物損事故，不法駐車塔)発生時での車載カメラ画像の活用は新しい試みである．リアルタイム性の高い，的確な現場情報把握の手助けになる．

③ 衛星画像の利用：複数の衛星画像を活用した評価・検討による車両の移動状況を把握し，さらにリアルタイム車載カメラとともに活用することで，“質の高い”且つ“広域な”道路情報の提供が可能となる．

④ 通行実績状況可視化と交通流の変化を検知す

る技術の導入：プローブデータなど様々なセンサーから得られる交通データによる日々のモニタリングから，通常と異なる特異な事象を「検知」し，迂回ルートの検討など物資輸送に係わる迅速な意思決定を支援する．

⑤ 交通流モデルによる予測技術の導入：道路閉鎖などリアルタイム車載カメラ画像や衛星画像などから収集された道路状況を基に，今後どのような交通流の変化が予想されるか交通流シミュレーション技術を活用して交通状態を推定し，最適な配送ルートの検討支援情報を提供する．

図 1 に本システムの概念図を示す．本システムでは，従来の情報収集手段に加え，衛星写真，リアルタイム車載カメラ画像をあらたな IoT センサーとして活用し，画像による状況確認を行う体制を強化するとともに，中央のデータベースで情報を一元管理し，複数のソースから情報を分析して交通流の分析や予測を行う仕組みを構築する．これによって，災害時は通行可能な道路を迅速に判断し，自治体や物流業者と共有する．また，平常時においては，日々の交通障害による交通状況の異常を検知し，迂回ルートなどの検討に活用する．

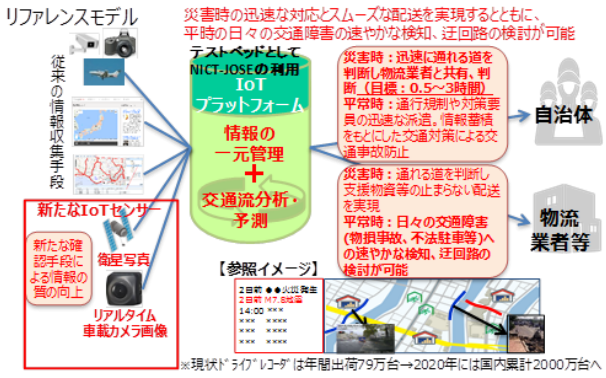

図 1　リファレンスモデル

3. システム構成

前章で述べたコンセプトを実装するため，本システムで実装するコンテンツを以下に示す．

3-1 Web システムによる交通情報提供

本システムは，エンドユーザが Web 経由で利用できるよう，WebGIS ベースのユーザインターフェースとし，各種情報をデータベース管理しながら，事故・災害イベント情報を登録でき，リアルタイム情報等様々な情報を可視化する．

3-2 リアルタイム交通情報による交通状況の異常検知

プローブデータによる交通情報の特異性を分析する交通情報トラフィックスコープ[4]を実装し，普段とは異なる交通状況を検知する．図 **2** にトラフィックスコープのイメージ図を示す．またプローブデータによる通行実績情報とあわせて，どのあたりで大きな速度低下や加速度異常が起こっているかを解析し，速度ヒートマップで可視化する．

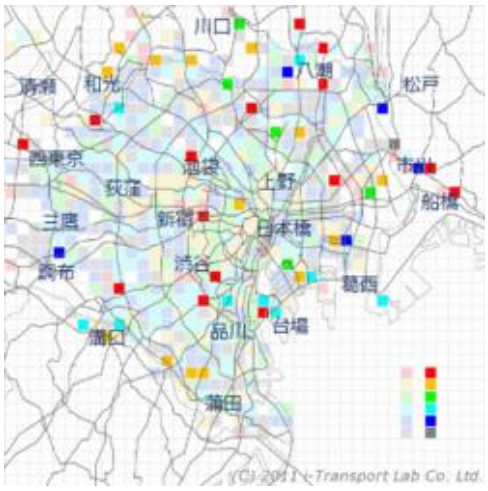

図 2　トラフィックスコープ

3-3 シミュレーションによる交通状況推定とインシデント影響予測情報の提供

道路交通センサスデータやプローブデータの統計分析を基に，通常の交通状況を交通流シミュレーションで推定し，通常時の交通状況モデルを作成する．構築した通常時の交通状況モデルを基に，事故あるいは災害時などで閉塞，車線規制となった道路の情報を入力し，簡易計算アルゴリズム[5]によってその後の渋滞発生状況を推測する．その状況は Web システムによって可視化することができる．また，そのシミュレーション結果を基に，任意の場所からの時間到達圏，任意の起終点間の最短経路を計算して可視化を行う．

3-4 車載カメラ画像による道路周辺の被災状況の抽出と可視化

プローブデータの通行実績情報からは，車両が通行していることと通行していないということは把握できるものの，その理由について把握するこ

とはできない．現状では道路の状況を把握する手段としては現地点検が主体となっているため，より迅速に把握する手段として，車載カメラ画像を利用する．図 3 に実際の車載カメラ画像[6]の例を示す．

図 3　車載カメラ画像

車載カメラ画像は，時刻および GPS 位置と紐づいており，リアルタイムで収集できることによって，交通状況の異常が検知された時の道路状況の把握を行うことができる，また，通行実績情報で示される通過可能道路の状況を確認することもできるため，カメラ画像が収集できれば道路の路面状況などについても評価が可能となる．

3-5 衛星画像解析による車両の移動状況把握

大規模災害においては，斜面崩壊や被災車両などの大量の瓦礫による道路・交通の途絶が物流の最大課題となっている．大規模災害発生時の事業継続および早期の業務再開を図るには，①で述べた車載カメラ等による現地からの状況把握（虫の目）とともに，衛星画像や航空写真などにより広域における被災の全容を把握（鳥の目）し，代替輸送ルートの決定について関係者間の意思統一が重要である．発災時の衛星画像の活用方法は以下のことが挙げられる．

① 発災時の広範囲における被害状況の全容を把握する．
② 幹線道路などにおける交通情報の把握．

活用方法①については，これまでにも災害発生時における被害状況把握に用いてきた技術で，SAR（合成開口レーダー）画像の緊急観測による大まかな被害状況の把握（地形変化），光学衛星画像の緊急撮影によるより詳細な被害状況の把握（地形変化・建物崩壊など）を行い，また災害前後の画像の差分解析により広域の被害状況把握を迅速に行う．対して活用方法②は，画像処理技術によって車両の移動体の位置，速度，走行方向を抽出しデータ化を行う技術[7]であり，全体の交通状況の把握や滞留状況が撮影地域全域で把握が可能となる．解析のためには高精度な衛星画像が必要になるが，車両の状態が把握できるため，状況把握だけでなく，今後交通シミュレーションとの連携が期待できる．に衛星画像による移動体把握の画像処理例を示す．

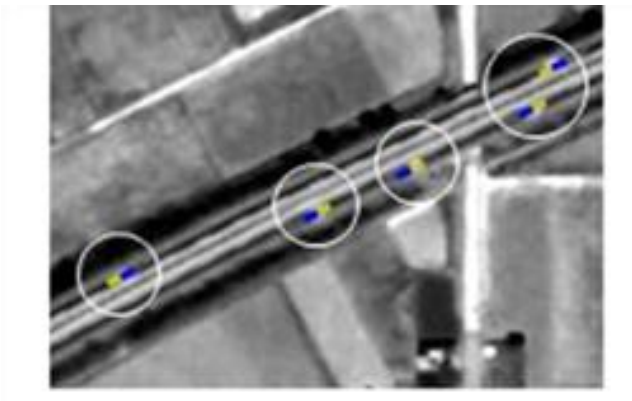

図 4　衛星画像による移動体把握

3-6 全体システム構成

図 5 に全体のシステム構成を示す．プローブデータ，車載カメラ画像，衛星画像等，IoT センター群からのデータ，および災害情報は統合データベースに格納され，交通解析システムおよび交通シミュレーションシステムにて異常検知や災害時交通状態推定が行われる．その解析結果を可視化し，エンドユーザとのインターフェースを担うのが IoT プラットフォームである．本システムはリアルタイム運用することを目指しており，膨大なデータ量を効率よく処理するための並列処理機能を実装して情報更新の遅延最小化，レスポンスタイムの短縮化を図っている．

平成 29 年度においてはこのシステムを構築し，川崎市を対象として実証実験を行う．実証実験では，情報通信研究機構の総合テストベッド[8]を活用し，次章で解説するシステムの機能評価と事業性評価を行う．

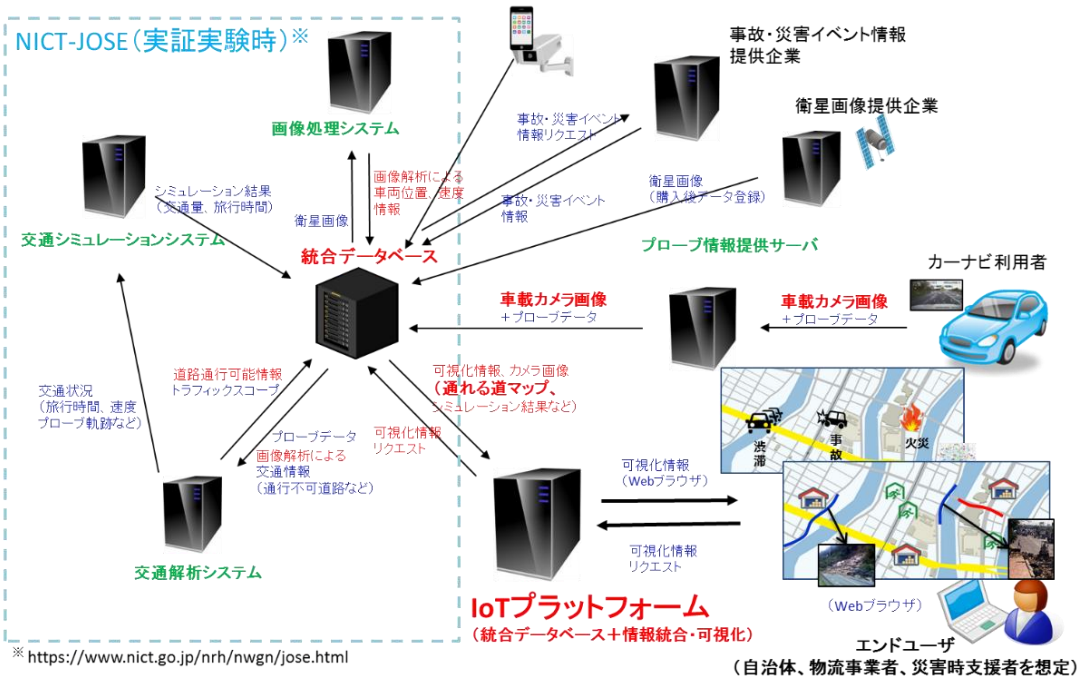

図 5 全体システム構成

4. 実証実験による評価

実証実験は以下に示す２つのシナリオで行う．基本的には，図 6 に示す実証実験シナリオに沿って行われ，各種機能およびシステム全体での評価を行っていく．

① 過去データによる仮想実験

過去の走行履歴データ，インシデント情報（災害情報），車載カメラ画像，衛星画像を用いて，台風など実際に交通に混乱があった日を選定し，各データをリアルタイムで収集しているという想定で行う実験である．

② リアルタイム実証

台風などの異常気象の予測に合わせて，走行実績データ，インシデント情報（災害情報），車載カメラ画像（ナビの実機を購入し，ナビ画面から状況を実際に確認）による「止まらない配送」の実用性評価（即時性など）を行う．

評価においては，それぞれ実際に配送サービスを支援する視点で、IoT のインフラ技術、衛星画像、車載カメラ画像と交通シミュレーションを活用することによって、従来よりも迅速に災害時や事故時の対応が可能かを主眼に置いている。に以下に評価項目を示す。

① 本サービス利用有無によるインシデント行動プロセスの「検知」から「判断」までのリードタイム比較
② 本サービス機能「交通流の変化」による「インシデント発生」から「検知」までの時間比較
③ 車載カメラの「確認」情報としての適用度の検証
④ 車載カメラによるインシデントカバー率の検証と並びに今後の必要数の算出
⑤ 事業運用としてのユーザー評価

評価①においては、インシデント対応の行動プロセスにおいて「検知」と「確認」が一元管理できる本サービスを利用してもらい，実際の「判断」までに有する時間を計測．本サービスを利用していない場合と比較してどの程度短縮されたか検証する．評価②においては，本システムの「交通流の変化」によりインシデント発生から検知までどれくらい時間がかかるかをモニタリング．実際の災害情報と比較して検知までの時間が短縮されているかを検証する．評価③では，的確な判断をするための道路確認情報として適切性を担保できる

か検証．画像解像度や撮影範囲の有効性など，現場情報として正確に確認できるかの項目をチェックする．評価④は，評価①~評価③を通じてカメラの有効性を図るとともに，実際のインシデント発生に対してどの程度網羅できているのかのカバー率を計測する．不足分は，今後の指標として何台車載カメラが必要なのかという点と観測エリアの必要数も合わせて検証し，今後の必要数を算出する．評価⑤においては，今後の事業運用に関わる点から，自治体，物流会社の担当者に，本システムの有用性，予算，購入意欲など事業としての実現性についてヒアリングを実施して課題を抽出する．これらの評価に基づいて，事業化に向けた取り組みを加速する．

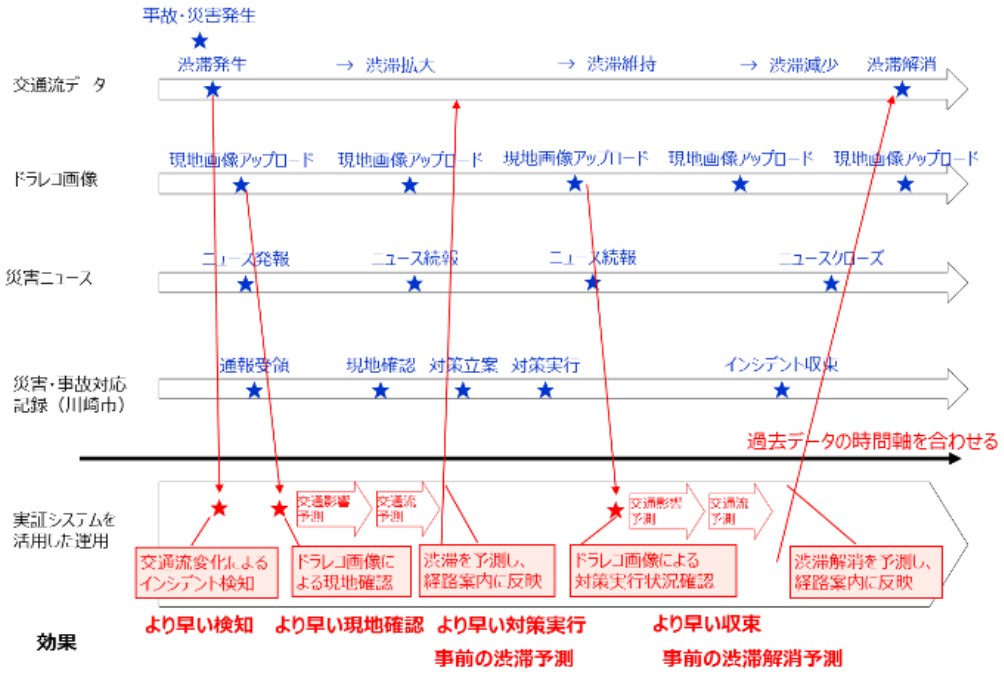

図 6 実証実験シナリオ

5. おわりに

本稿では，災害時，平常時にも使える IoT を活用した配送支援システムについて紹介した．今後は川崎市における実証実験を通じてシステムの実用性について評価を行い，実運用に向けた課題に対する研究開発を行っていく．

謝辞　本研究は，総務省平成 29 年度「IoT サービス創出支援事業」の「リアルタイム車載カメラ画像等 IoT を用いた迅速な災害時対応と配送支援モデル事業」（代表：アジア航測 石井邦宙）における取り組みである．関係各位に謝意を表する．

参考文献

[1]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 粋史,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，2015.12.4

[2]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，2015.12.4

[3]ITS Japan 乗用車・トラック通行実績情報 (http://www.its-jp.org/katsudou2014/tabid_70/id70_1/)

[4] R. Horiguchi, M. Iijima and H. Hanabusa:Traffic Information Provision Suitable for TV Broadcasting Based on Macroscopic Fundamental Diagram from Floating Car Data, Proceedings of 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Madeira Isrand, Portugal, 19-22 September 2010.

[5]高橋，堀口，Kinematic Wave 理論に基づく工事・事故時の交通規制による影響の簡易評価シミュレーションの開発，第 15 回 ITS シンポジウム,2017,12,7

[6]パイオニアスマートループアイ http://pioneer.jp/carrozzeria/carnavi/cybernavi/avic-zh0999_line_avic-vh0999_line/smartloop/ smartloop_eye.php

[7] 特願 2016-96732.

[8] http://testbed.nict.go.jp/