

S1-1

スマートトランジットの実現を目指した交通システムのイノベーション - 交通データ統合化による交通改善事例研究の紹介 - Innovation of Transportation Systems for Implementation of Smart-Transit

○轟朝幸¹, 小早川悟¹, 金子雄一郎², 関根太郎³, 高橋聖⁴,
長田哲平⁵, 西内裕晶⁶, 富永茂³, 石坂哲宏¹, 川崎智也¹

*Tomoyuki Todoroki¹, Satoru Kobayakawa¹, Yuichiro Kaneko², Taro Sekine³, Sei Takahashi⁴
Teppei Osada⁵, Hiroaki Nishiuchi⁶, Shigeru Tominaga³, Tetsuhiro Ishizaka¹, Tomoya Kawasaki¹

Abstract: This project develops the framework for traffic information database using a cloud computing system. In recent years, many information and data related to transport systems are available, for example traffic counter, traffic detector and electronic toll collection system as road traffic data, smart card data and train/bus operation data for public transportation data, and map information and so on. However, there are also its limitations to use the data especially when the issue contains the needs of data use from several resources, because administrator of transport data is mostly recording at different organizations or transport companies. Therefore, this projects aim to show the possibility of integrating transport data collection system using cloud computing system to improve transport data collection. And this paper shows its applications of the integrated transportation data system for improvements of several transportation issues.

1. はじめに

持続可能な地域の構築に、交通が果たす役割は極めて大きい。交通が充実すれば交流が活発になり、地域活性化につながる。迫ってきた高齢社会においては誰もが安全・安心に移動できる交通システムの確立によって、日々の生活を支えることができる。一方で移動によって少なからず CO2 排出を伴うことから、低炭素型の交通システムの確立が不可欠である。それ故、当研究グループ（理工学部シンボリック・プロジェクト支形成援研究 陸圏空間分野 社会システム研究グループ）では、環境にやさしく、誰でも安全安心に利用できる交通システムとして「スマートトランジット」を提案してきた。スマートトランジットとは、近年急速に進展してきた情報通信技術（ICT）を用いて、誰もが使いやすい交通システムを確立することである。

スマートトランジットの確立には、交通システムのイノベーションが必要であり、個々の技術開発に加えて、様々な技術を適切に活用・運用するための社会技術が備わっていないと把握し、適切な施策により改善していくことが交通システム全体のイノベーションにつながると考えられる。

近年における技術革新により、交通システムに関する技術動向も大きく変わってきた。とくに高度道路交

通システム（ITS; Intelligent Transportation System）と新たなモビリティ（LRT; Light Rail Transit, EV; Electric Vehicle, PT; Personal Transporter など）の開発は、交通システムの利便性や安全性などの向上に大きく貢献してきたが、往々にして個々の交通モード・交通システムごとでのイノベーションとなっている。より良い交通システムを構築するには、多岐に及ぶ様々な交通モード・交通システムを統合化したシステム全体のイノベーションを行う必要がある。そこで、本研究では、新たなモビリティ（LRT, EV, PT）を前提とした利便性・快適性・安全性・環境性に優れた交通システムスマートトランジットのあり方とその確立について検討してきた。また、スマートトランジットの確立のため、交通システム全体をモニタリングするためのクラウド



Figure 1. An image of Cloud Computing System of Transport Information Data

1: 日大理工・教員・交通, 2: 日大理工・教員・土木, 3: 日大理工・教員・機械, 4: 日大理工・教員・情報,
5: 宇都宮大学大学院工学研究科・教員・地球環境デザイン学専攻, 6: 長岡技術科学大学・教員・環境建設系

コンピュータシステムを用いた交通データ統合システムを提案してきた^[1]。

提案している交通データ統合システムを用いて、適切な分析により課題を抽出し、改善を促す PDCA サイクルの構築が可能となる。本稿では、交通データの効果的な活用や新たな交通システムを用いて交通課題を改善するための具体的な研究事例をいくつか紹介する。

2. プローブ車両による災害現地情報の取得

東日本大震災では、発生後の初動における現地情報の不足が、アクセス路の道路啓開や救援活動に支障をきたす場面があり、その後の内閣府における防災基本計画の改定では、より多様な情報収集手段として、固定カメラなどに加えて、機動的な情報収集活動にヘリコプター、車両等を活用することが明記されている。

事前に発生箇所を特定できない災害において、事前準備として専用設計の車両を全国に配備することは難しい。筆者らは、平時から全国配備されている警察派出所の小型二輪車にセンサーを搭載して活用することにより、被災時の初動における現地情報を効率的に取得することを目的とした。

現在までに、車両搭載 CCD ビデオカメラならびに車載センサーによるプローブデータから災害時の初動活動の道路啓開に必要な路面状況を抽出するトライアル実験を行った(Figure 2)。その結果、被災による道路破損を模した凹凸について、車両の上下方向加速度ならびにロール角速度の時系列波形のパターンを分類することで、凹凸のタイプを認識できる可能性を見いだした。加えて、この波形パターンをトリガーにして被災地点に対する静止画像をビデオ映像から抽出、ファイル容量をコンパクト化し、サーバに自動送信することで、災害環境下の通信容量の限定されたネットワークにおいても被災地点の路面状況を対策本部で効率的に把握できるようになることが期待される。



Figure 2. Measuring Test of Road Surface Condition

3. 車両感知器交通データに基づく旅行時間推定

車両感知器交通データに基づく旅行時間推定に関して検討した^[2]。従来の旅行時間推定は、AVI(Automatic Vehicle Identification)等を用いて、走行車両のナンバープレートを自動認識して行っている。しかし、AVI が設置されている路線は限られる。そこで、多くの路線に設置されている車両感知器の占有率データのみから平均旅行時間 (ATT : Average Travel Time) を推定する手法を提案した。シグモイド関数を用いた推定式を式(1)に示す。

$$att_k = a_k + \frac{a_k \times B}{1 + \exp\left(\frac{15 - x_k}{2.5}\right)} \quad (1)$$

(a_k : 最小旅行時間 B : 係数 x_k : 占有率)

推定式を実際の対象路線に適用した推定平均旅行時間の一例を Figure 3 に示す。シグモイド関数の代わりに指数関数を用いた推定式による結果と、実際の計測値も示している。この結果から、シグモイド関数を用いた推定式により、旅行時間が精度よく推定できる可能性が明らかとなった。

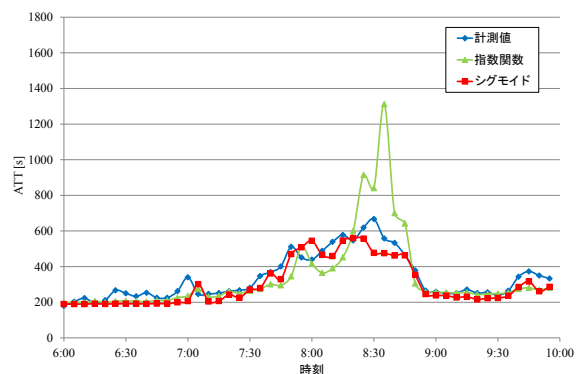


Figure 3. Estimation of total ATT

4. 大規模災害時におけるビックデータの分析

現在、様々な場面においてビックデータの分析と活用の必要性が指摘されている。2011年3月11日に起きた東日本大震災以降もこれまで観測や測定することが困難であったデータが情報通信技術や携帯端末ツールの発展によって、ビックデータとして入手することが可能となってきている。そこで、本プロジェクトでは、東日本大震災時に輸送された救援物資の到着状況のデータを分析することで、これまで問題があると指摘されながら定量的に把握することが困難であった救援物資の集積所における課題を明らかにし、その解決方法の検討を行った。

さらに、東日本大震災ビッグデータワークショップ運営委員会が主催する「東日本大震災ビッグデータワークショップ - Project 311 -」にて提供されたツイートデータの分析を行うことで、東日本大震災時の交通関連のキーワード分析を行った。その結果、位置情報付きのツイート数が非常に少ないことに加え、ツイート自体が自由に書き込まれるため、使用される単語にばらつきが生じ、分析の妨げになる可能性があることがわかった。そのため、今後、大規模災害時に道路被災情報に関するツイートを投稿する際のフォーマットやハッシュタグを決め、その情報を吸い上げて情報提供するシステムの開発が必要であることがわかった。

5. 鉄道の運転見合わせ時の情報提供のあり方^{[3][4]}

近年、東京圏の鉄道では輸送障害等による運転見合わせが頻発し、利用者に多大な影響を与えている。この問題の解決には、原因である輸送障害の発生抑制が不可欠であるが、一方で発生した場合の影響を最小限に留めることも重要である。その対策の一つとして、利用者への適切な情報提供が挙げられる。

本研究では、まず現状把握のため、鉄道利用者を対象に Web アンケート調査を実施した。その結果、駅構内や車両内の放送に加えて、携帯電話やスマートフォンなど多様な手段で情報を取得していること、必要な情報として、運転再開見込み時刻を挙げた人が 90%以上であること、仮に再開見込み時刻を提供する場合の許容誤差は±15 分程度であることが分かった。

次に、運転再開見込み時刻の具体的な提供方法について、鉄道事業者の現状をヒアリングで把握した上で、利用者の意識を把握するため、再度 Web アンケート調査を実施した。その結果、多くの利用者が正確さよりも提供までの早さを重視していることが分かった。その上で、発生件数の多い人身事故については、常に発生から 10 分後に再開見込み時刻を提供する方法が、また人身事故以外については、少なくとも再開しないであろう時間を提供する方が、利用者が行動を決定する上で有効となり得ることが確認された。

6. IC カードデータを用いた公共交通利用の滞在時間に関する基礎分析^[5]

IC カードデータを用いた公共交通利用者の降車地点における滞在時間の傾向を分析した。具体的には、IC カードデータから往復で公共交通を利用した利用者のトリップデータから、降車時刻と乗車時刻の時間差を

そのバス/電停における滞在時間として集計し、滞在地点における滞在時間の特性を把握したものである。

その結果、平均滞在時間が長い程、変動係数が小さくなることを確認した。また、各バス/電停において、最も多く利用されたカード種別、低・高頻度利用者ならびに定期券利用の有無について利用が多い方を集計し、その滞在地点における最も多く利用している属性ごとに平均滞在時間を平日休日別にクロス集計した結果、それぞれ傾向が異なることを示した。

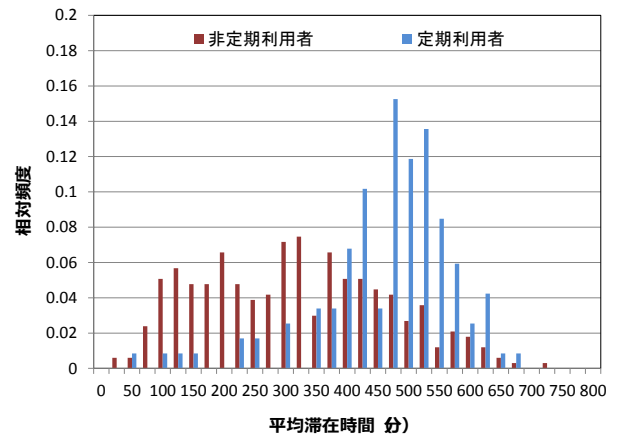


Figure 4. Difference of Duration Distribution at Bus/Tram Stops between Commuter Pass Users and Non Commuter Pass Users

7. 深夜急行バス利用者の短期的需要予測^[6]

現在の交通分野における需要予測は、10 年から 20 年先を見据えて行われている。しかし、人々の行動は短期的に変化しており、それに従い公共交通機関の需要も変動している。とりわけ、深夜時間帯に運行される深夜急行バスは需要変動が大きく、その配車計画は課題となっている。現在の配車計画は、担当者が過去の利用者数をもとに、曜日に基づいて行っており、客観的・科学的ではない。そのため、需要が少ない時でも複数台のバスを配車するなど、非効率的な配車となっている。そこで、本稿ではニューラルネットワークを用いて、深夜急行バスの利用者数予測を行った。その結果、25%から 60%の確率で実利用者数の±10 人以上の誤差が発生した。誤差が大きかった日は、翌日が週の半の祝日であった日や、突発的に需要が多くなったときであり、特殊なパターンであったことが明らかとなった。さらに、利用者数への影響を与える項目としては、曜日や季節や気象が影響していることが明らかとなった (Figure 5)。

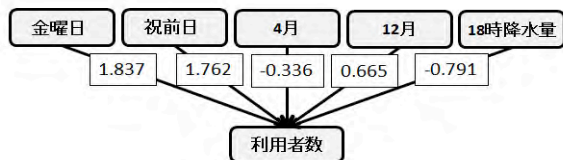


Figure 5. Impact factor of the passengers

8. パーソナルモビリティビークルの走行安全

近年、超小型モビリティやパーソナルモビリティビークルという新しいカテゴリーの自動車が開発されている。その一部はつくば市などの特区において公道走行の実用性を検証している。将来のスマートトランジットの実現にはこのようなパーソナルモビリティビークルの活用が有効である。従来の研究は、その活用方法等の運用面の評価が多く、走行安全性を評価する研究はほとんどない。そこで、ここではパーソナルモビリティビークルの一つであるセグウェイを対象として、走行性能および運転者の感じる操縦の恐怖感について実験的に調査した。

セグウェイは、同一車軸上に左右輪を配置した倒立二輪車両であり、運転者の体重移動により加減速および旋回を可能とする車両である。セグウェイで走行中に、前方に危険を察知して緊急回避を行う場合を想定し、急操舵に伴う旋回横加速度と運転者の感じる恐怖感を調査する実験を行った (Figure 6)。Figure 7 にセグウェイの横加速度と運転者の感じる恐怖感との関係を示す。同図より、旋回横加速度が 4.0 m/s² を越えると運転者は恐怖感を強く感じている。そのことでその後の車両が不安定となる可能性があることがわかった。今後は、セグウェイに新しい制御方式を導入し、運転者へ与える恐怖感を抑えつつ、車両の限界性能を引き上げて、自動車や既存の二輪車と安全面からの共存できるような仕組みを提案していく。



Figure 6. Experiment for driver's feeling at turning safety

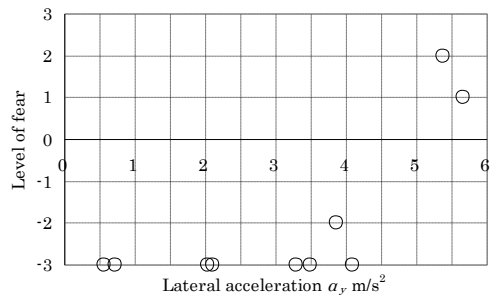


Figure 7. Relation between turning lateral acceleration and driver's fear feeling

9. おわりに

本研究では、交通データを有効に使うことで交通課題の改善できる可能性を示してきた。これらはスマートトランジットの確立に結びつくものである。

今後引き続き、交通データ統合化の適用研究を続けるとともに、交通データ統合化の仕組みの確立に関する研究を進める予定である。

10. 参考文献

- [1] Hiroaki Nishiuchi, Teppei Osada, Shigeru Tominaga, Yuichiro Kaneko, Satoru Kobayakawa, Taro Sekine, Sei Takahashi, Tomoyuki Todoroki: "Development of Framework for Integrated Transport Information Database using Cloud Computing System", Proceedings of the 19th World Congress on Intelligent Transportation Systems, 2012.
- [2] Shota Saburi, Hiroshi Mochizuki, Sei Takahashi, Hideo Nakamura, Hiroshi Kazama: "Travel Time Estimation Method based on Traffic Data Collected by Vehicle Detectors", ITS WORLD CONGRESS, 2013.
- [3] 武藤智義・金子雄一郎: 「鉄道の運転見合わせ時における利用者の情報取得行動分析」, 第 32 回交通工学研究発表会論文集, pp.471-476, 2012.
- [4] 武藤智義・金子雄一郎・大沼史明: 「鉄道の運転見合わせ時における再開見込み情報の提供方法に関する追試的検討」, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第 17 号, pp.81-88, 2013.
- [5] 西内裕晶・塩見康博・轟朝幸: 「IC カードデータを用いた公共交通利用の滞在時間に関する基礎分析」, 土木計画学研究・講演集, 2013.
- [6] 岩崎哲也・轟朝幸・川崎智也・西内裕晶: 「深夜急行バス利用者の短期的需要予測」, 土木計画学研究・講演集, 2013.