

ナウキャストシミュレーションシステムの適用と検証

Application and Validation of the Nowcast Traffic Simulation System

花房 比佐友* 小林 正人* 小出 勝亮* 堀口 良太* 大口 敬**
Hisatomo HANABUSA, Masato KOBAYASHI, Katsuaki KOIDE, Ryota HORIGUCHI and Takashi OGUCHI

要 旨

本研究はプローブやセンサー等のオンラインで得られる観測データを基に、対象地域の現在の交通状態をリアルタイムで再現するナウキャストシミュレーションシステム（以下、ナウキャストシステム）について、その動作ロジックについて述べると共に、柏市の道路ネットワークを対象にプローブデータを基にした柏市交通状況の現況再現性についての検証結果を紹介する。

Abstract

The purpose of this study is to validate the Nowcast Traffic Simulation System (NTSS) using probe data in Kashiwa city. In this paper, we introduce the theory of NTSS and the compendium of the probe data in Kashiwa city. And we describe the characteristics of probe data on Macroscopic Fundamental Diagram (MFD) changing the mesh sizes. In addition, we picked up some issues to use the data for NTSS by comparing the statuses on MFD in different mesh sizes. On the basis of the analysis, the applicability of the probe data is discussed for estimating all of vehicle movements by NTSS.

1. は じ め に

筆者らが提案するナウキャストシステム¹⁾は、プローブデータをはじめとしたオンライン交通データを利用しながら対象地域全体の交通状態を推定するオンライン交通シミュレーションシステムで、数理モデルを利用し、MFD上のある交通状態（集計 QK）に合うように、OD 交通量、ボトルネック容量を調整しながら交通シミュレーションを実行する仕組みである。他のオンライン交通シミュレーションシステムにおいても、感知器による断面交通量などを目標値として、OD 交通量など交通シミュレーションモデルのパラメータを調整しながら交通状況を再現する仕組みが開発されており、実測データはパラメータキャリブレーションのための目標値として使用されている。一方で、オンライン交通シミュレーションシステムに限らず、通常の交通シミュレーションの利用においても、現況の交通状況の再現性を確認するプロセスがあり、観測されたデータ（交通量や旅行時間、渋滞長など）を真値としてそれに結果が近づくようにモデルパラメータを調整する。一方で、プローブデータや感知器データを基にして実勢速度を車両の目

標速度とする、あるいは車両挙動に関する分析データを集計して加減速挙動パラメータとして入力するなどのアプローチもあり（もちろん交通規制情報なども含まれる）、取得できる観測データの質や量に応じてパラメータ調整・再現性検証の手段は様々である。

近年では、テレマティクスサービスのための技術・インフラも整ってきたことにより、より多種多様なデータを容易に取得できるようになった。プローブ情報のようにより広域な範囲にわたってデータが収集・蓄積できることによってデータ量が膨大になり、このようなビックデータと呼ばれる情報をいかに活用するかが今後の課題であり、盛んに議論されているところである。しかしながら、ナウキャストシステムで入力対象としている感知器情報やプローブ情報に関しては、全体のある一部分しか観測できておらず、観測データのみでは全体の交通状況を把握することは難しい。そこで、交通分野においてもデータ同化（Data Assimilation）という考え方が重要になる。データ同化とは、主に地球科学分野などで行われている数値計算プロセスであり、実測データと数理モデルやシミュレーションモデルなどを統合（融合）して実際の現象の再現精度を向上させるプロセスを示す。図 1 に交通データと時空間モデルによるデータ同化プロセスのイメージを示す。ナウキャストシステムにおいても、このデータ同化のプロセスを採用

* (株)アイ・トランスポート・ラボ

** 東京大学生産技術研究所

し、各種の交通データと時空間モデルを融合しながら、時空間的に連続した全体の交通状況を推定する仕組みを構築している。

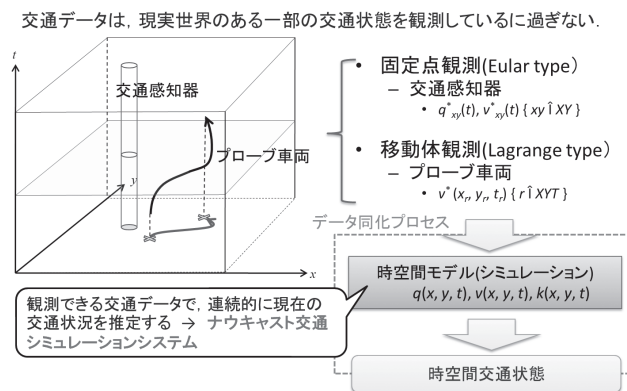


図1 データ同化プロセス

ただし、データ同化を行うにあたって、入力対象となるデータがどのような特徴を持っているかを把握し、時空間モデルとの融合が適切に行われているかを検証しながらシステムを運用していくことが重要である。そこで本稿では、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)「市民の交通行動変容を促進する持続可能な生活交通情報フィードバックシステムの研究開発」の活動の一環で取得したプローブデータの特徴を把握しながら、ナウキャストシステムに活用するための課題を抽出し、その対策について議論するとともに、実証実験でナウキャストシミュレーションを実行した結果について報告する。

2. ナウキャストシステムの概要

ナウキャストシステムは、集計 QK で表現された交通状態を、交通シミュレーションのパラメータである OD 交通量とボトルネック容量の関係として定式化した数理モデルを利用してリアルタイムでキャリブレーションを行いながら交通状態を推定していく仕組みである。特徴としては図2に示すとおり、数理モデルを導入することによって、シミュレーションの実行回数を大幅に減らすことができ、リアルタイムシステムとしての実行速度を実現している。2013年の実験²⁾においては、15分毎に交通データを収集し、柏市全体の推計を行った。このとき、主に ITS スポットのプローブデータ、ナンバープレート読み取り装置による AVI データを利用してナウキャストシミュレーションが運用された。

3. 実測プローブデータによる集計 QK

ナウキャストシステムを運用するにあたって、入力データとして想定しているプローブデータがどの程度のサンプル数、特性を持っているかなどを把握しておく必要がある。

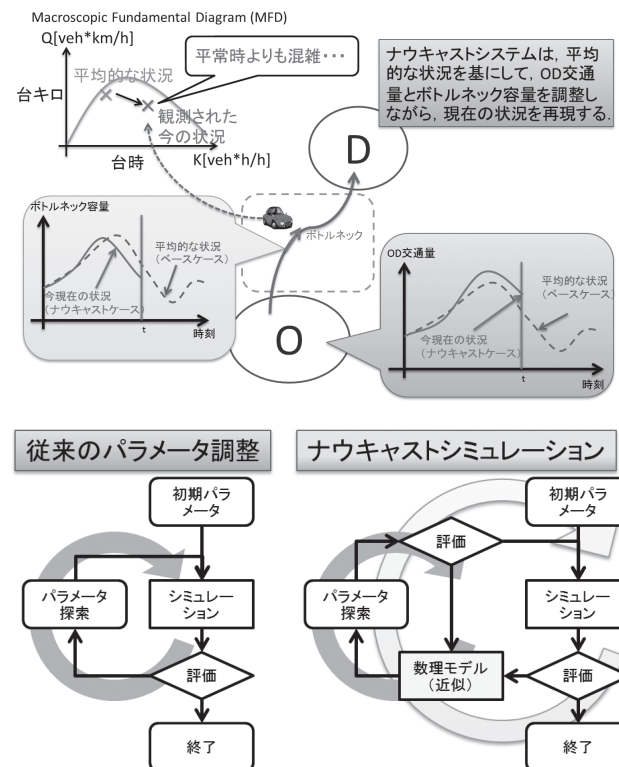


図2 パラメータ調整方法

本研究では、柏市を走行するプローブデータを集計し、集計範囲による集計 QK の違いについて分析した。

3-1 データ概要

表1にプローブデータの概要を示す。範囲は柏市を中心とした $20\text{km} \times 30\text{km}$ のエリアであり、2012年の9月から11月までの3ヶ月間のデータを用意した。図3に道路種類のデータ構成比を示す。国道が36.6%と最も多く、次に主要地方道が29.3%、一般都道府県道その他が21.7%となっている。次に、3ヶ月間のトリップ数(対象エリアを1km四方のメッシュで区切った領域を出入りした、あるいはメッシュ内でトリップが終了した時点でトリップをカウント)、総走行距離、総旅行時間の推移を図4に示す。3指標ともに下がっている日があるが、これは休日のデータ

表1 プローブデータ概要

解析対象範囲	柏市 (対象2次メッシュ: 533957, 533967, 533977, 534050, 534060)
解析期間	2012年9月1日 ～2012年11月30日
総レコード数	164,174,957
総トリップ数	206,115
総走行台キロ	1,671,439,517
総旅行時間	204,689,243
主なデータ内容	ユーザー ID, 時刻, 緯度経度, 道路種別

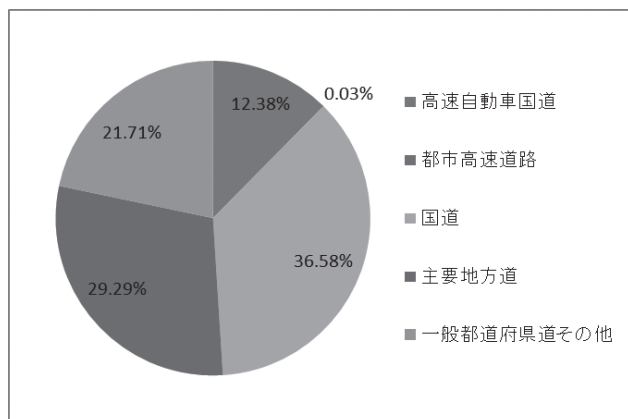


図3 プローブデータの道路種類別内訳

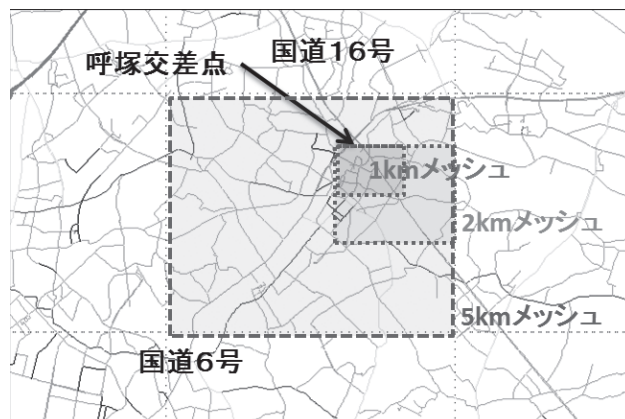


図5 分析対象メッシュ

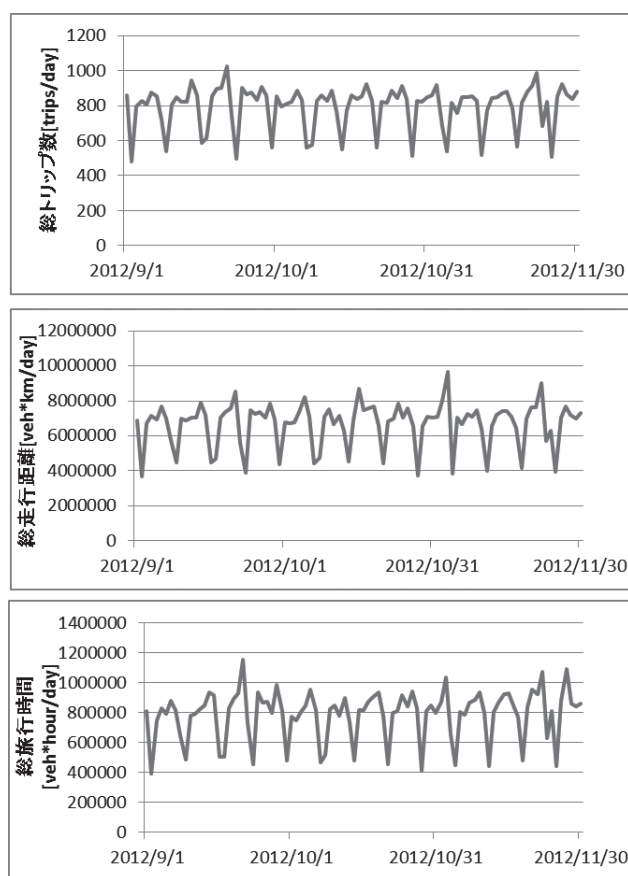


図4 トリップ数、総走行距離、総旅行時間の推移

である。3ヶ月を通じて多少日々の変動は異なるが、平日、休日で概ね一定のサンプル数が得られていると考えられる。

3-2 集計 QK の作成

次に、柏市呼塚交差点付近のエリアについて、集計範囲を変えて集計 QK を求めた。図5に分析対象の範囲を示す。本稿では、1km メッシュ、2km メッシュ、5km メッシュについて集計した。

図6に1km メッシュの範囲で求めた道路別集計 QK を、

図7に2km メッシュの範囲で求めた道路別集計 QK を、図8に5km メッシュの範囲で求めた道路別集計 QK を示す。集計 QK は、各メッシュを通過、または移動していたプローブデータを1時間単位の台キロ、台時に集計したものである。

集計 QK のサンプル数においては、1km メッシュは平日の国道で95サンプル、一般都道府県道その他で152サンプルを得た。一方、2km メッシュにおいては平日の国道で97サンプル、一般都道府県道その他で350サンプル、5km メッシュにおいては、平日の国道で478サンプル、一般都道府県道その他で1056サンプルを得た。集計範囲が広がるごとに生成した集計 QK は多くなっていくが、3ヶ月分のプローブ情報から集計されたことを考えると、1km メッシュや2km メッシュの範囲では、国道16号や国道6号が交差し、交通量が多い交差点付近においてもリアルタイム運用ができる十分な数の集計 QK が得ることは難しい。また、各集計 QK を構成するプローブ情報のサンプル数も少なく、信頼のおけるデータとなっているとはいえない。5km メッシュにおいては、より多くの集計 QK のサンプルを得ることができているが、1時間単位での集計では、プローブ情報がない時間帯も多く見受けられる。このことから、時間帯のカバー率を向上させるためには、数時間単位など集計時間帯についても範囲を拡大して集計していくことが求められる。

さらにこれらのサンプルから、集計 QK の近似曲線カーブを推定した。サンプル数が多い場合は曲線の形が概ね安定していると考えられるが、サンプル数が少ない場合は、大きく曲がったりするなど安定した集計 QK を作成するための対策が必要である。集計 QK の集合から外れている点なども見受けられるため、プローブ情報のクレンジング(停車状態の判別・排除など)やロバスト推定等による特異点の排除など、データクレンジング処理を行う必要がある。

また、安定した集計 QK であるかどうかをどのように評価するかという課題もあり、今後シミュレーション実験などを実施して方法論や検証を行っていく予定である。

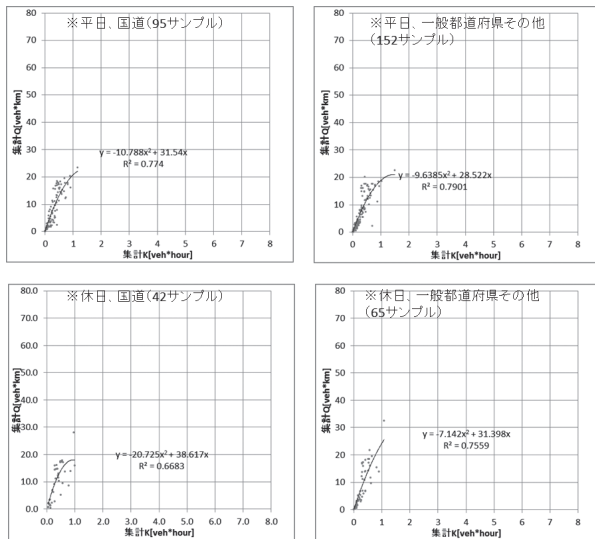


図6 平休・道路別集計 QK (1km メッシュ)

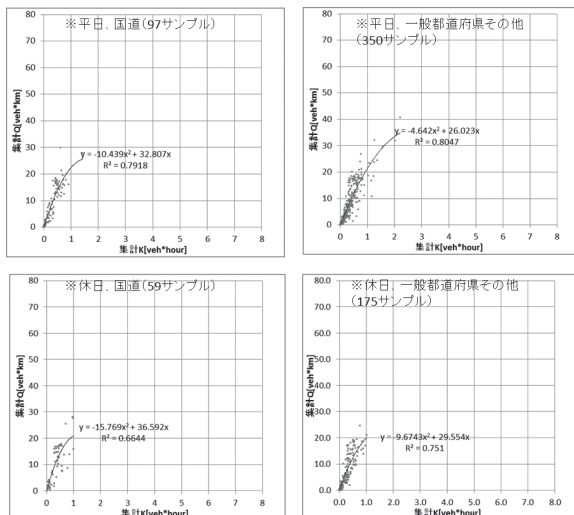


図7 平休・道路別集計 QK (2km メッシュ)

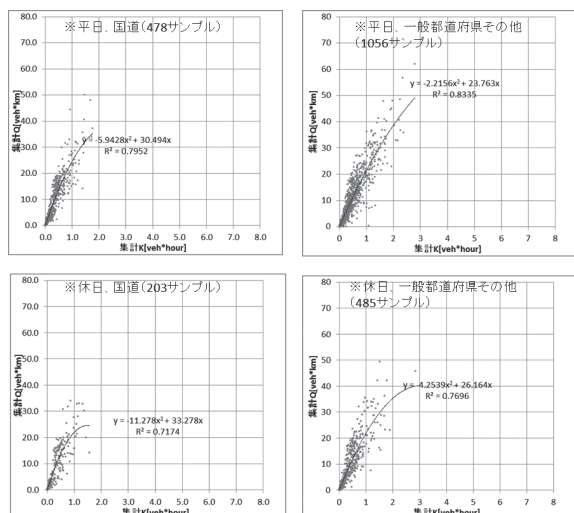


図8 平休・道路別集計 QK (5km メッシュ)

4. ナウキャストシステムの適用

本章では、2013年に実施した社会実験で実装したナウキャストシステムについて説明し、その際リアルタイム交通情報から得られたデータで推定した交通状況の再現結果を基にしたCO₂排出量の推移、区間旅行時間についての検証結果を示す。

4-1 社会実験の概要とシステム構成

本実験においては、柏市の自動車交通のCO₂排出量に関する情報を市民に提供することによって、市民が公共交通転換など環境に配慮した行動を促し、その行動結果を再びCO₂排出量情報として市民にフィードバックする仕組みを構築した。図9に実験コンセプトを示す。

図10にナウキャストシステムの計算対象エリアおよび道路ネットワークを示す。柏市周辺の自治体を含む30km四方の範囲とし、柏市の通過交通を再現できるようにした。本実験においては、リアルタイム交通センサーとしてナンバープレート読み取りシステムが設置され、また国土交通省のITSスポットのプロープデータ、実験参加者のプロー

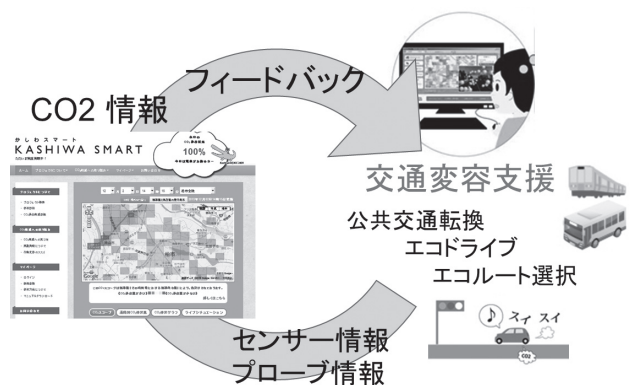


図9 実験コンセプト

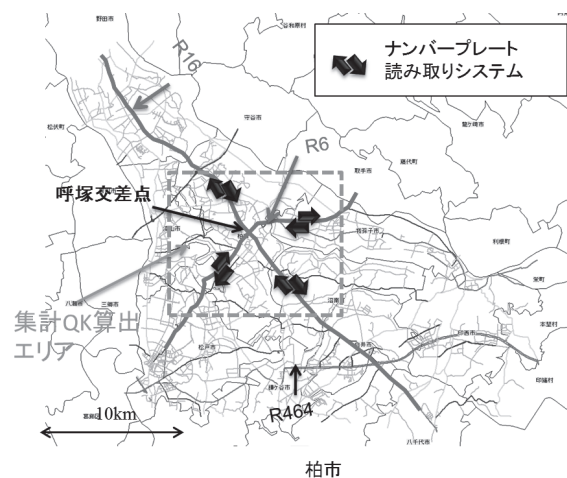


図10 対象エリア

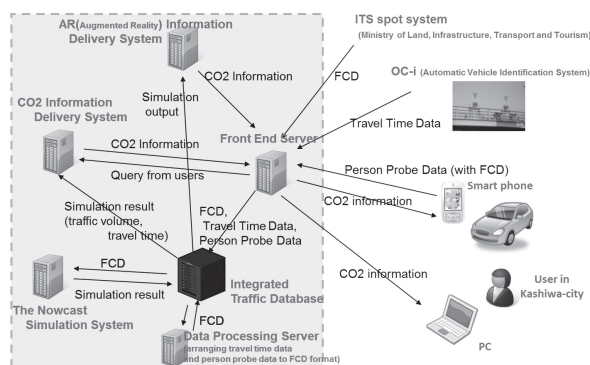


図 11 全体システム構成

ブデータが交通統合データベース³⁾に収集される仕組みとなっている。図 11 に全体システム構成を示す。ナウキャストシステムは、15 分毎にリアルタイムデータを取得してシミュレーションを行い、その結果を交通統合データベースに登録する。その後、生活情報生成システム⁴⁾で CO₂ 排出量情報を生成する。

4-2 区間旅行時間についての再現性検証

まず、社会実験中の期間から、推定したある一日の区間旅行時間の変動を確認した。図 12 に推定区間旅行時間の推移を示す。平均的な交通状況であるベースケースに対して、リアルタイムデータを入力して推定したナウキャストシステムによる区間旅行時間は増加の方向にパラメータが調整され、シミュレーションが行われたことがわかる。次に、ある時間帯の区間旅行時間についての精度を確認した。図 13 に区間旅行時間の検証結果を示す。南行きに関しては、実測値 (AVI 値) に合うように調整されているが、一方で、北行きについては旅行時間が実測値に対して過大になる方向にパラメータが調整されていることが分かった。今後、より精度の高いシステムにするため、この原因を調査し、対策を検討する。

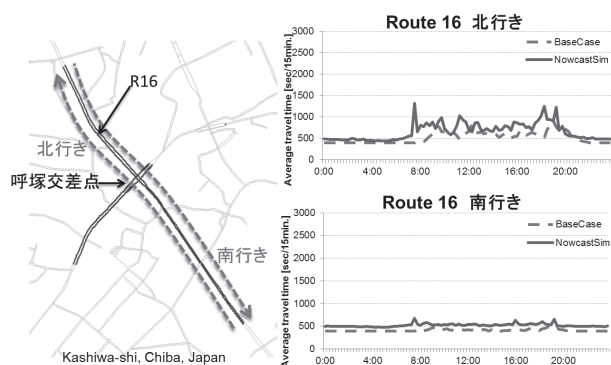


図 12 推定区間旅行時間の推移

4-3 推定された CO₂ 排出量の推移

最後に、実験期間中の柏市内の自動車 CO₂ 排出量の推定結果を図 14 に示す。日によっては 100~150 トン程度低い推定値となっていることもあるが、概ね 1300t-CO₂ 前後の排出量となっている。平日・休日別の平均値を求めると、平日は 1313.7t-CO₂、休日 (土曜日含む) は 1287.4t-CO₂ となっており、休日のほうが若干低い数値となっている。

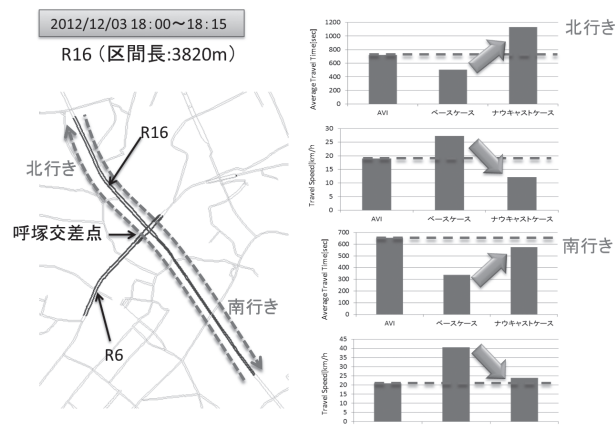
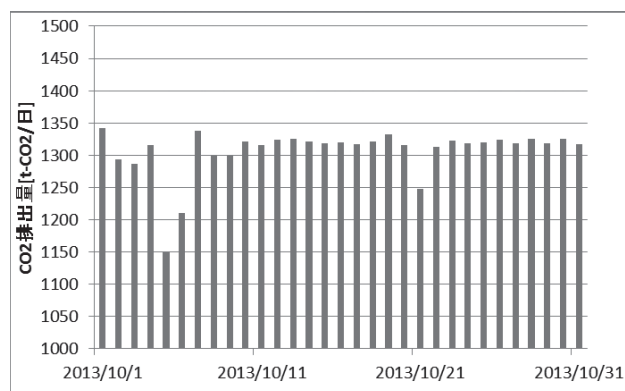


図 13 区間旅行時間の再現結果

図 14 CO₂ 排出量の推定結果

5. 謝 辞

本研究は、柏 ITS 推進協議会における活動の一環として行われた。交通データは、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) 「市民の交通行動変容を促進する持続可能な生活交通情報フィードバックシステムの研究開発」において収集したものを活用した。データ利用、および研究活動に関して様々な支援をいただいた柏 ITS 推進協議会関係者に甚大なる謝意を表す。

(2015 年 1 月 8 日受理)

参 考 文 献

- 1) 花房比佐友, 小林正人, 小出勝亮, 堀口良太, 大口敬: 市街地道路交通を対象としたナウキャストシミュレーションシステムの構築, 第 11 回 ITS シンポジウム予稿集, 2012.
- 2) 光安皓, 市川博一, 田村勇二, 長谷川雅人, 須田昌仁, 堀口良太, 飯島護久, 花房比佐友, 吉村方男, 佐々木卓, 萬沙織, 小野晋太郎, 大口敬, 池内克史: 環境に配慮した効率的な交通行動への変容を促す生活交通情報フィードバックシステムの構築に関する基礎調査, 第 11 回 ITS シンポジウム予稿集, 2012.
- 3) 佐々木卓, 岸浩二, 萬沙織, 田中淳, 松沼毅, 後藤秀典, 堀口良太, 飯島護久, 花房比佐友, 吉村方男, 佐々木政秀: 持続可能な生活交通情報フィードバックシステムにおける時空間融合交通情報基盤の検討, 第 11 回 ITS シンポジウム予稿集, 2012.
- 4) 飯島護久, 堀口良太, 小宮粹史, 小出勝亮, 小林正人: 市民向け生活交通情報配信システムの開発, 第 11 回 ITS シンポジウム予稿集, 2012.