

路線バスの位置時刻ビッグデータを用いた 公共交通網の分析手法の検討

王新宇^{†1} 曾鑫^{†1} 北村裕介^{†1} 荒木俊輔^{†2} 碓崎賢一^{†2}

路線バス運行システムは、乗客に対する運行状況の提供などのために、路線バスから GPS 位置情報や車速、乗降停車などのバスの状態をリアルタイムに収集している。我々は、これらの日々蓄積される路線バス群の位置時刻運行データを用いた公共交通網の分析及びその結果の可視化に関する研究を行っている。本稿では、道路ごとの混雑状況やある場所からの指定時間内に到達できる範囲を示す到達圏に関する分析手法について示す。

A Study on Analysis of Public Transportation Network by Using a Huge Amount of Time-position Information of Route Buses

Xinyu WANG^{†1} Xin ZENG^{†1} Yusuke KITAMURA^{†1}
Shunsuke ARAKI^{†2} Ken'ichi KAKIZAKI^{†2}

Route buses send GPS positions and vehicle speeds with time information to a data center in real time in order to provide some services for passengers. We investigate analysis and visualization of public transportation network by using the traffic information of route buses accumulated day after day. In the presented paper, we discuss derivation methods of a congestion rate of each road section, and reachable region that indicate range of access from a position for specified periods, by a huge amount of the traffic information of route buses.

1. はじめに

国土交通省の報告によると、都市部の交通渋滞は、日本全国で年間約 38.1 億時間の時間損失を発生しており、経済的に年間約 9 兆円の経済損失を発生している。都市部の交通渋滞を緩和・解消するためには、交通渋滞対策についての調査が必要になる。このため、現状の交通状況の把握が欠かせない。

交通の円滑化に関する都市計画及び交通網の整備の基礎情報として、都市全域の交通網の分析データが求められている。これらの基礎情報はプローブカーなどによる情報収集[1]が行われているが、調査できる時間・範囲が限定的で都市全域を網羅的に調査できないという問題がある。一方で、公共交通機関である路線バスは、都市の広範囲にわたって毎日早朝から深夜まで運行されており、この運行状況を記録したデータを利用することができれば、都市全域の交通状況の詳細な分析を行うことができる。現在では、このような運行情報が、日々蓄積されており、多様な分野への応用の可能性を秘めたビッグデータとして期待されている。

そこで我々は、日々蓄積されている路線バスの位置時刻

情報データを用いて交通状況を把握する手法について研究を行っている。本稿では、路線バス群の運行に伴う位置時刻データを用いた到達圏や混雑度などの、公共交通網の状況を把握するための分析と可視化手法を示す。

2. 公共交通網の分析データの概要

公共交通網の状況を分析するために、我々は路線バスの位置時刻データを利用する。これらのデータの概要を以下に示す。

2.1 路線バスの位置時刻データ取得

路線バスは、利用者への運行状況の提示や、運行管理の改善のために、バスの位置時刻を中核とする運行状況をリアルタイムで収集・記録・利用する仕組みを構築し運用している。

データの記録は、運用している路線バスすべてに対し、毎日バスの運行が始まる朝5時から運行が終了する23時まで行われている。バスにはGPSのほか、停留所における停車などの状態を記録できる装置が組み合わされており、全ての時刻及び運行速度とGPS位置情報が取得できる。データ収集方法には、主に既存の通信ネットワーク（携帯電話ネットワークの packets 通信など）を利用して、センターサーバリアルタイムにデータを送信（図1）し収集される。

^{†1} 九州工業大学大学院情報工学府
Graduate School of Information Engineering, Kyushu Institute of Technology
^{†2} 九州工業大学大学院情報工学研究院
Department of Creative Informatics, Kyushu Institute of Technology

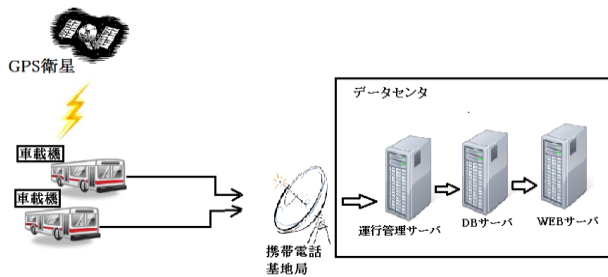


図 1 路線バス群データ

2.2 位置時刻データの概要

位置時刻データは、2種類の要因で生成され収集される。一つは、一定の時間間隔で生成されるものであり、もう一つは、停留所に停車するなどあるイベントが発生した時に生成されるものである。これらのデータは発生要因が異なるものの同一のレコード形式で生成され、混在して記録されている。各レコードに記録されている主要なデータを以下に示す。

- ・路線バスの路線系統番号
- ・路線バス便番号
- ・GPS 測位日時(時:分:秒)
- ・GPS 位置情報
- ・バスの運行状態
- ・バスの運行速度(km/h)

3. 路線バス群による位置時刻データを用いた公共交通網の分析及び可視化手法

位置時刻データの分析の手始めとして、場所間を移動する際に混雑などによって余分に時間を要してしまう要因となる混雑度の分析と、ある地点から指定時間内にどこまで到達できるかという交通網の到達圏の分析をまず行う。

3.1 基礎データの計算

位置時刻データを利用した従来の分析では、バスの運行状況そのものを行うものが多い。この場合、データの分析は、位置時刻データのデータレコードを単純に直接分析すればよい。

一方、我々が行おうとしている位置時刻データを利用した交通網の混雑度などの分析では、バスの位置時刻データから得られる情報を統計的に処理するために、バスの位置時刻データそのものを直接処理するのではなく、以下の様な道路を処理の媒介として間接的な処理をする必要があると考えられる。

例えば、道路の混雑度を分析する場合、以下のような位置時刻データから得られる分析情報を、分析対象となる道路ごとに日や時間を変えて統計的に重ね合わせて処理することが必要となる。

- (1) 同一路線でも異なる時間帯のバスの運行データ
- (2) 同じ路線でも異なる日のバスの運行データ
- (3) 異なる路線でも走行する道路が部分的に重複している

バスの運行データ

このような要求に応えるためには、混雑度などの分析結果を路線やバスの従属情報ではなく、バスが通過した道路の各部分のデータとして分析用の処理単位に分割された道路の各部分(道路セグメントと呼ぶ)に関連付けて記録、抽出できることが必要である。

このような目的に対応するために、バス路線の道路を以下のように分割し、その分割された単位で、混雑度などを算出して記録・分析することを考える。

- (1) 道路を交差点で分割した道路要素に分割
- (2) 道路要素は上りと下りの2方向から構成される

道路をこのような道路セグメントに分割するために、国土地理院の数値地図を利用する。数値地図には、道路と交差点が、アークとノードというベクトルデータとして記録されており、これを利用することにより、道路を道路セグメントに分割することができる。



図 2 道路セグメント

道路を図2のようにセグメント化した後に、位置時刻データを道路セグメントごとに切り分けて、道路セグメント単位で単位時間当たりの移動距離などの計算と記録を行っていく。

3.2 混雑度

交通網の混雑度を、単位距離当たりの移動時間もしくは、単位時間当たりの移動距離の大小により評価するものとする。この混雑度は一般的な乗用車の走行データから求めることが望ましいが、本研究では路線バスの位置時刻データから求めることとする。

路線バスの位置時刻データを利用することにより、路線バスが走行する広範囲及び広い時間帯で、場所及び時刻ごとの混雑度を算出することができる。この値を利用して、システムに曜日、時間帯などを入力すると、地図上に色分けされた混雑度が表示される可視化システムを開発する。

混雑度のデータの取得は、3.1節で述べた様に、あらかじめ道路セグメントごとに算出・記録していたデータを利用し、指定した曜日や時間帯でそれぞれの道路セグメントのデータを集約し、得られた結果を地図上に表示する。

3.3 到達圏の分析

都市交通網の分析として、ある場所からある時間内における到達圏がどのようになっているかを分析できることは非常に重要である。時間帯や曜日などによって交通網の混雑度が異なっているため、調査したい時間帯や曜日などによって到達圏も異なる。

バスの位置時刻データによる道路の混雑度を分析し、そのデータを利用して、地図上で指定した任意の場所から指定した時間内に到達できる範囲を表示するシステムを構築する。

到達圏の算出法には、2種類の方法が考えられる。

1つ目は、個別のバスの位置時刻データを直接処理するものである。この方法では、(1)指定された場所、時間帯などに最も近いバスの位置時刻データを習得し、(2)指定された時間にどこまで到達できるかを調べる。(3)また、そのバスの路線が他のバスの路線と交差、重複等する場合には、そこから交差、重複等下バスに乗り換えた場合に、指定された時間にどこまで到達するかを調べる。この乗り換えを可能性のあるすべてのバスに対して行い到達圏を分析する。この方法は実データに基づく精度の高い分析が可能だと考えられるが、処理が煩雑で、処理時間を要するものと考えられる。

2つ目の方法は、3.1節で示したように、個別のバスの位置時刻データを前処理し、道路セグメントごとに通過に必要な時間を記録しておき、ある場所を起点として、ある時間帯にその場所を通過するのに必要な所要時間を積算していき、指定した時間内にどこまで到達できるかを計算するものである。この方法は、事前処理を1回行くと、その後の分析処理が単純かつ短時間でできるが、到達圏の精度に問題が生じる可能性があると考えられる。

これらの2つの方式を実装し、処理時間や精度に関する分析を行いたいと考えている。

4. 可視化用基図の表示

公共交通網の分析結果をユーザに分かりやすく示すために、本研究では、基盤地図情報をDM形式に変換したデータを利用して対象地域の基図を表示し、その上に分析結果を表示する。

4.1 DMデータの構造

基盤地図情報は国土地理院が作成配布している日本のベクトル地図データで、必要な地域のデータを取得し利用することで、日本国内の任意の場所の地図を表示することができる。基盤地図情報は、XML形式で配布されているが、DMやSHAPEなど一般的な地図データ形式に変換して利用することができる。我々は、文字表現で処理を行いやすく、自治体などで広く利用されているDM形式に変換して基図表示システムの作成に利用している。

DMデータの構造(図3)は、インデックスレコードの部

分が1ファイルとなり、その他のレコードは図郭単位に1ファイルとして構成される。データファイルの構造は図郭、レイヤ、要素及びグリッド、実データの階層構造となっている。インデックスレコードとは、当該データファイルに含まれる図郭数、各図郭の識別番号等の概要を記述したレコードをいう。図郭レコードとは、当該図郭の識別番号や図郭の隅の座標、データファイルの作成に関する情報等の図郭に共通する事項を記述したレコードをいう。レイヤヘッダレコードと、図式の大分類及び小分類の順に分類して記述されているデータの各図式大分類の先頭に位置するレコードで、その分類コードやその中の要素数等を記述したレコードをいう。要素レコードとは、各要素の表現分類コードやデータタイプ(線、円、注記等)、実データ数等を記述したレコードである。

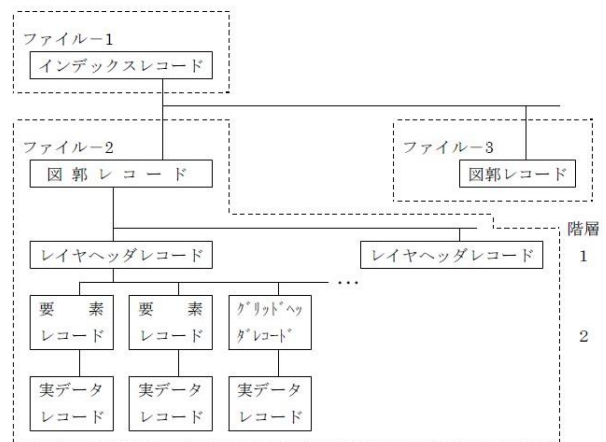


図3 DMデータの構造

4.2 基盤地図の表示システムの実装

基盤地図データを利用した地図表示システムを試作した。使用した言語はC#である。試作システムによる基盤地図の表示を図4に示す。



図4 DMデータの表示

5. まとめ

本稿では、路線バス群の位置時刻運行データを用いた公共交通網における到達圏や道路ごとの混雑度などの分析手法について示した。今後は、実データを用いた本手法の有効性について確認を行

いたい。また、路線バス位置時刻運行データに含まれている乗降のための停車などの乗用車とは異なる振る舞いのデータを取り除くことも検討したい。

6. 謝辞

路線バスの位置時刻データに関する情報を提供していただいた西鉄情報システム株式会社に感謝いたします。

7. 参考文献

- [1] 松中亮治, 谷口守, 端戸裕樹, “バスプローブデータを用いた一般車両走行速度の推計方法に関する研究”, 土木計画学研究・講演集(秋大会), Vol. 23, No. 4, pp. 871-877, 2005.
- [2] 辰巳浩, 大野雄作, “バスプローブデータを用いた路線バスの予想所要時間に関する基礎的研究”, 都市政策研究, No. 9, pp. 79-86, 2010.
- [3] 鈴木武, “交通渋滞における混雑度モデル”, 経営志林, Vol. 30, No. 3, pp. 47-57, 1993.
- [4] 安田幸司, 塩土圭介, 吉村英二, “プローブカーデータを用いたバスの運行状況の評価に関する実証的分析”, 土木計画学研究・講演集, Vol. 28, p. 111, 2003.
- [5] 塚田悟之, 高田邦道, “等時線図による空港アクセスの評価”, 経済地理学年報, Vol. 46, No. 2, pp. 157-175, 2000.
- [6] 村上則男, 宇野伸宏, 飯田恭敬, “所要時間変動評価を目指したバスプローブデータ補正法”, 土木計画学研究・講演集, Vol. 30, p. 286, 2004.
- [7] 小塚清, 上坂克巳, 青木亮二, “道路交通センサデータからみた混雑度と旅行速度の関係に関する一考察”, 土木計画学研究・講演集, Vol. 46, p. 229, 2012.