

テクニカルノート

上下バス停を同一視する 路線バスデータベースからの時刻表作成について

川村 尚生^{†1} 岡 和徳^{†1} 菅原 一孔^{†1}

我々はバス会社と協力して、経路探索システムの一部として路線バスデータベースを開発し、運営している。本研究の目的は、これを利用したバス停時刻表の作成である。バス路線においては、多くの場合、近傍に同名のバス停が複数設置されているが、路線バスデータベースでは、管理コストを下げ、誤りが生じる可能性を減らすために、個々の同名バス停を区別せず1つのバス停として管理している。したがって、バス停時刻表を作成するためには、各バスが同名バス停のどれに停車するかを特定しなければならない。本研究では、自己組織化マップを用いてこの特定を行う手法を開発し、実際に鳥取県東部の全バス停時刻表を作成してその有効性を確認した。

Generation of Bus Timetables from Database Not Distinguishing Bus Stops with the Same Name

TAKAO KAWAMURA,^{†1} KAZUNORI TOSHIOKA^{†1}
and KAZUNORI SUGAHARA^{†1}

We have developed and maintained a bus database under the cooperation of the bus companies in Tottori prefecture. In this study, we intend to generate bus timetables from the database. Though some bus stops are placed nearly with the same name, our database doesn't distinguish them to reduce the management cost and the possibility of mistakes. It therefore must be specified that bus stops at which each bus actually stops when generating bus timetables. In this paper, a specifying algorithm by using Self-organizing maps is proposed and is confirmed its availability through experiments.

^{†1} 鳥取大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Tottori University

1. はじめに

我々は、路線バスの利便性を高めるための試みの1つとして、バスの特性を考慮した経路探索システムを開発した^{1),2)}。開発したシステムは、鳥取県東部において、バス会社の協力の下、ウェブから利用できる「バスネット³⁾」として一般に提供されており、月間約1万6千アクセスがある。バスネットでは時刻表を検索することもできるが、印刷時刻表は依然として必要である。まずバスターミナルやバス停に掲示しなければならない。また、公共施設、病院、商店、そして家庭においても、紙に印刷された時刻表の需要は存在する。

バスに関する時刻表は2種類ある。1つは、バス停ごとに、どの路線のバスがいつ停車するかを示すバス停時刻表である。これはバス停の数だけ存在する。もう1つは、路線ごとに、バスがどのバス停にいつ停車するかを示す路線時刻表である。これは路線の数だけ存在する。原理的には、一方の種類の時刻表からもう一方の種類の時刻表を作ることができるが、現在、鳥取県のバス会社では、両者は印刷イメージを保ったまま、表計算ソフトウェア上で独立して管理されている。したがって、ダイヤ改正の際、整合性を保ちつつ両者を改訂する作業は非常にコストのかかるものとなっている。また、公共施設、病院、商店、家庭において、印刷時刻表を入手することは容易ではない。

そこで、バスネットの開発にあたって構築した路線バスデータベースから、路線時刻表およびバス停時刻表を作成することを考えた。路線バスデータベースでは、すべての路線について、どのバス停に停車するかと、バス停間の乗車時間を管理しており、さらに、各路線のすべてのバスについて始発時刻を管理している。これらの情報を用いれば、両時刻表を作成することは容易に思えるが、実はそうではない。路線バス時刻表の作成は問題なくできるが、バス停時刻表の作成は、そのままでは不可能である。

本稿では、路線バスデータベースからバス停時刻表を作成するのが困難な理由と、その解決手法について述べ、現実的な実験によって提案手法の有効性を示す。

2. 路線バスデータベース

バス停は、多くの場合、道路を挟んで同じ名前のものが2基設置されている。実際には同名バス停の個数は様々で、鳥取県東部の場合、1基から4基となっている。以下では、近傍に位置し、同じ名前を持つバス停をまとめてバス停集合と呼び、バス停集合内の個々のバス停を要素バス停と呼んで区別する。

バスネットの路線バスデータベースでは、同じバス停集合に属する要素バス停を同一視

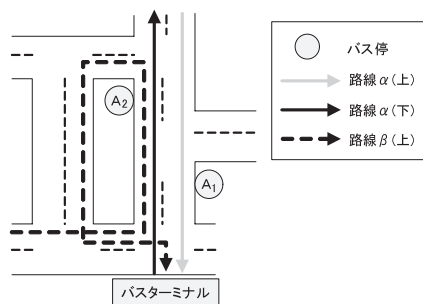


図 1 上り路線のバスと下り路線のバスが同じ要素バス停に停車する例

Fig. 1 Both buses leave from a terminal and buses leave for a terminal may stop at the same bus stop.

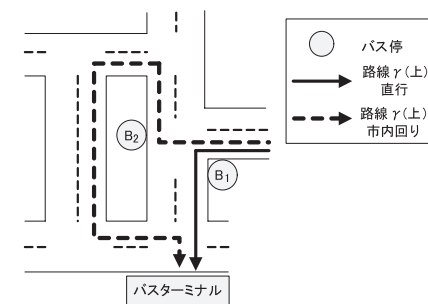


図 2 同一路線のバスが異なる要素バス停に停車する例

Fig. 2 Buses on one line may stop at the different bus stops with the same name.

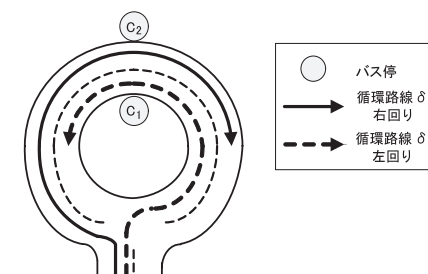


図 3 循環路線のバスが異なる要素バス停に停車する例

Fig. 3 Buses on one loop line may stop at the different bus stops with the same name.

し、集合を代表して 1 つのバス停だけが存在するものとして管理している。それは、要素バス停を区別して管理することが非常に難しいからである。以下にその理由を説明する。

一般に、バス路線には「上り」「下り」の概念がある。図 1 のように、通常、バスターミナルに向かう路線を上り路線、バスターミナルから出発する路線を下り路線とする。このとき、図 1 の路線 α のように、上り路線のバスは A_1 に、下り路線のバスは A_2 に停車するのが普通である。しかし、路線 β (上) のように、通りを一巡してからバスターミナルに向かう上り路線のバスは A_2 に停車する。したがって、路線の上り下りだけでは、バスがどちらの要素バス停に停車するか決められない。

また、図 2 の路線 γ のように、同じ路線の便でも「直行」や「市内回り」等と称して一部違う経路をとり、異なる要素バス停に停車する場合がある。図 2 の例では、直行便は B_1 に、市内回り便は B_2 に停車する。同様のことは、図 3 に示す路線 δ のような循環路線においても生じる。循環路線では、バスの回る方向が便によって異なる場合があり、このとき同じ路線の便が異なる要素バス停に停車することになる。図 3 の例では、左回りの便は C_1 に、右回りの便は C_2 に停車する。このように、路線が同じなら停車する要素バス停も同じと仮定することさえできない。

しかも、バス路線は、花火大会等の行事や道路工事によって通行規制を受け、臨時ダイヤが組まれることが少なからずある。たとえば、鳥取県東部だけでも、臨時ダイヤは年間約 20 回程度組まれる。その際、路線の経路が変更になったり、普段市内回りであったバスが直行バスになったりといったことから、バス停集合内のどの要素バス停に停まるかが変更になることも多い。

もちろん、このような変更は、臨時ダイヤだけではなく、通常のダイヤ改正においても起こりうる。

以上の理由から、鳥取県東部だけで約 1,500 本あるバスの便ごとに、バス停集合内のどの要素バス停に停まるかを継続的に保守し続けることは、非常に困難であると結論づけられる。データベースを導入する以上、管理コストを減らし、誤りが生じる可能性を減らしたいので、これは非現実的な選択肢といわざるをえない。

そこで、先に述べたように、バスネットの路線バスデータベースでは、同じバス停集合に属する要素バス停を同一視し、集合を代表して 1 つのバス停だけが存在するものとして管理している。バスネットの経路探索機能はもちろん、時刻表検索機能においても、要素バス停を同一視しても差し支えない。なぜなら、時刻表検索機能では、時刻表を表示したい乗車

バス停に加えて、下車バス停を指定してもらうことで、下車バス停に行き着かない、他の要素バス停から出発するバスは淘汰しているからである。

しかし、バス停時刻表は、要素バス停ごとに作成しなければならないため、あるバス停集合に停車するすべてのバスについて、バス停集合のどの要素バス停に停車するかを特定しなければならない。そのためには、路線バスデータベースを、各要素バス停を区別するように改訂するという方法もあるが、これは先に述べた理由から採用しない。その代わり、現行どおり要素バス停ではなくバス停集合を管理する路線バスデータベースから、自己組織化マップ (Self-organizing maps; SOM)⁴⁾ を用いて、バスごとに停車する要素バス停を特定する手法を提案する。

3. SOM によるバスの分類

バスごとに停車する要素バス停を特定するといっても、そもそも、あるバス停集合内に要素バス停が何基あるのか不明である。したがって、あるバス停集合に停車するすべてのバスを分類することを通じて、要素バス停数を推定するしかない。

バスを分類するための基本的な考え方は、着目しているバス停の前後で、どのようなバス停に停車するのかを比較することである。しかし、同一のバス路線でも、便によって特定のバス停に停車せずに通過したり、少し離れたバス停に停車してから元の経路に戻ったりすることがあり、停車バス停名の完全一致による比較ではこれらのバスを同じグループに分類することはできない。

そこで、SOM を用いてバスを類似度により分類する。まず、以下のステップにより、先行 n バス停による分類を行う。

- (1) 注目バス停集合に停車する各バス i について、先行 n バス停集合 P_i を求める。
- (2) すべての P_i の和集合を P とする。
- (3) P の各要素を、それが P_i に含まれていれば 1, 含まれていなければ 0 で置き換えたものを v_i とする。
- (4) 入力ベクトル v_i を SOM を用いて分類する。
- (5) 学習後のベクトルどうしをすべて比較し、ユークリッド距離が d 以下のものは同じグループとする。

次いで、先行 n バス停の代わりに後続 n バス停を用いて分類を行う。そして、いずれかの分類において同じグループと判断されたバスは同じグループとする。

4. 実 験

前章で説明したアルゴリズムを組み込んだ時刻表作成プログラムを、ウェブから利用できるサービスとして開発した。なお、3 章で述べた n は 3, d は 1.5 とした。また、SOM による分類は 2 段階で行い、マップの大きさは 2 段階共に 15×12 で、第 1 段階の学習回数を 2,000 回、近傍半径を 15, 学習率を 0.05, 第 2 段階の学習回数を 20,000 回、近傍半径を 3, 学習率を 0.02 とした。各パラメータは実験的に求めた。

鳥取県東部の全バス停集合 1,079 個の時刻表を作成し、バス会社から提供を受けた、実際のバス停に掲示されているバス停時刻表と全数比較した結果、1,062 個のバス停集合については間違いなく分類され、正しい時刻表が出力されていることを確認した。

図 4 に時刻表印刷結果の例を示す。これは、2 章で述べた、循環路線の例に相当する。各便が 2 基の要素バス停に振り分けられていることが分かる。

正しい結果が得られなかった残り 17 個のバス停集合については、要素バス停数 1 であるところを 2 に分類する場合と、要素バス停数 2 であるところを 3 ないし 4 に分類する場合があった。これらのバス停を調べたところ、図 5 に示すように、先行バス停と後続バス停の両方が異なる路線を持つバスが停車することが分かった。提案アルゴリズムでこのような路線のバスを別のグループに分類することは当然の結果といえる。これらについては、人手で 1 つのグループに併合することも考えられるが、ここまで経路が異なる路線は分かれたまま掲示する方が便利であるとも考えられる。

なお、バス停集合 1,079 個の分類には、Pentium4 3.0 GHz, 主記憶 512 MB の計算機で 48 分 36 秒要した。

賀露海岸 停留所		賀露海岸 停留所	
	賀露循環		賀露循環
7	21 ⑤ - 湖・病	7	48 鳥取駅
8	04 湖山賀露 - 湖・病	8	38 湖山賀露 ⑤ - 病
9	02 湖山賀露 - 湖・病	9	48 鳥取駅
10	12 湖山賀露 - 湖・病	10	58 湖山賀露 - 湖・病

図 4 バス停時刻表の出力例 (部分)

Fig. 4 Partial example of a bus timetable.

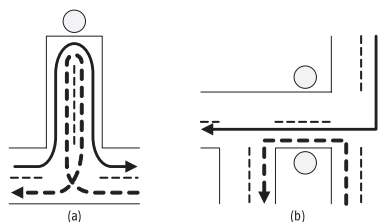


図5 バスの分類が失敗する例

Fig.5 Examples of failed classification of buses.

5. おわりに

同名の要素バス停を同一視する路線バスデータベースからバス停時刻表を作成するために、SOMを用いてバスを分類する手法を開発した。開発した手法を、鳥取県東部の1,079個のバス停集合に適用したところ、17個のバス停集合をのぞいて正しく分類された。正しく分類されなかったバス停集合には、そのバス停に至るまでの経路と通過した後の経路の両方が異なる路線が乗り入れていた。この場合、既知である設置要素バス停数よりも、多くの要素バス停が存在するかのように分かれた時刻表が作成されることになる。これらは、分かれたまま掲載することも考えられるが、仮に人手で併合するとしても、その数は全体の約1.6%にすぎず、作業に必要なコストは大きくないと見なせる。

今後、デザイン等を調整し、本プログラムの出力する時刻表をそのままバス停に掲示することを目指している。これにより、ダイヤ改正時のバス停時刻表改訂作業にかかるコストが、従来よりはるかに小さくなることが見込まれる。このようなコスト削減は、自治体からの補助金によって存続している地方の路線バスにとっては非常に有益である。また、本プログラムはウェブから利用できるのも、公共施設、病院、商店、あるいは家庭で、簡単にバス停時刻表を印刷でき、バスの利便性向上に寄与できるものと考えている。

本稿で提案したSOMによるバスの分類手法は、あるバスがバス停集合中のどの要素バス停に停車するかを特定する以外にも、どの方面にバスが向かうかという観点からの分類も可能と考えられる。これにより、方面別に整理された、より見やすい時刻表を作成することも検討している⁵⁾。

バスネットのサービス提供地域を現在の鳥取県東部から県全域へ拡大することも今後の重

要な課題であり、バス会社等の協力を得て準備を進めている^{*1}。

謝辞 本研究の一部は総務省戦略的情報通信研究開発推進制 (SCOPE) (072308001) の支援を受けて行われた。日ノ丸自動車株式会社、日本交通株式会社の関係各位に感謝します。

参考文献

- 1) 川村尚生, 楠神元輝, 菅原一孔: 徒歩移動を考慮するバス経路探索システム, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.5, pp.1207-1210 (2005).
- 2) 川村尚生, 菅原一孔: バスネットワークのための実用的な経路探索システム, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.780-790 (2007).
- 3) 日本トリップLLP: バスネット (オンライン). 入手先 <http://ikisaki.jp/> (参照 2007-11-09)
- 4) Kohonen, T.: *Self-Organizing Maps*, 3rd edition, Springer (2001).
- 5) Toshioka, K., Kawamura, T. and Sugahara, K.: On the Automatic Generation of Route Bus Timetables According to the Classification of Destinations, *Proc. WSEAS International Conference on SIMULATION, MODELLING and OPTIMIZATION*, pp.420-425 (2007).

(平成 19 年 11 月 9 日受付)

(平成 20 年 2 月 5 日採録)



川村 尚生 (正会員)

昭和 40 年生。平成 6 年神戸大学大学院自然科学研究科博士課程単位取得退学。同年鳥取大学工学部知能情報工学科助手、現在、同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻准教授。エージェントシステム、バスの利用促進に関する研究に従事。博士 (工学)。電子情報通信学会、ソフトウェア科学会、人工知能学会各会員。



年岡 和徳 (学生会員)

昭和 59 年生。平成 19 年鳥取大学工学部知能情報工学科卒業。現在、鳥取大学大学院工学研究科博士前期課程在学中。

*1 2007 年 12 月にサービス提供地域を県全域へ拡大済み。



菅原 一孔（正会員）

昭和 31 年生。昭和 56 年東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻修士課程修了。同年神戸市立工業高等専門学校電気工学科講師。同校助教授を経て平成 6 年鳥取大学工学部電気電子工学科助教授。現在、同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻教授。計算機工学に関する研究に従事。工学博士。IEEE，電子情報通信学会各会員。
