

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01256

研究課題名(和文)公共交通利用援助システムの利用・運行履歴の解析に関する研究

研究課題名(英文) Analysis of operation histories of assistance support system for 2nd public transportations

研究代表者

菅原 一孔 (SUGAHARA, Kazunori)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号：90149948

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：現在一般の利用者へ提供し、一月あたり6万件以上の経路検索結果を提供しているバスネットというシステムを積極的に利用する。現状で一般の乗換案内システムは、バス停からバス停の間の乗換情報を提供し、しかも駅やバス停での乗換えしか許さず、目的地や出発地などの周辺にどのようなバス停が存在するのか、あらかじめ分かっている利用者しか利用できない。これらの点がバスネットシステムと決定的に異なる点であり、バスネットのシステムは他にはない利便性を持っている。このようなバスネットの利用履歴を利用し、バス停での利用者の待ち時間をコストと捉え、対象時期の対象路線についてコストの総和を最小化するバスの運行計画を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

その経路探索アルゴリズムとしては、ノード間が全結合されたグラフから最短経路を探索する新しいものを独自に開発して、それを実装し実用化している点、学術的な面からも評価されているものと考えている。その結果、一月に6万件を超えるアクセス数を得ており、社会的にも利便性の高いものとして受け入れられているシステムであると自負している。

研究成果の概要(英文)：We will actively use the system called Bus Net, which is currently provided to general users and provides more than 60,000 route search results per month. At present, a general transfer guidance system provides transfer information between bus stops and only allows transfer at stations or bus stops. What kind of bus stops exist around destinations and departure points? Only known users can use it. These points are the points that are decisively different from the bus net system, and the bus net system has the convenience not found elsewhere. By using the usage history of such a bus net, the waiting time of the user at the bus stop is regarded as the cost, and the operation plan of the bus that minimizes the total cost of the target route at the target time is planned.

研究分野：計算機工学

キーワード：経路探索システム 公共2次交通 ロケーションシステム Webアプリケーション

(様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通))

## 1. 研究開始当初の背景

近年、少子高齢化社会の到来により、少子高齢化が社会問題となっている。さらに、地方都市の人口減少は、少子高齢化と密接に関連して大きな問題である。また、少子高齢化の問題として、一人暮らしの高齢者の増加も問題となっている。これらの問題は地方都市の対策が急務であり、放置すれば地方都市そのものの存続にかかわる大きな問題となる。そのため、地方都市では様々な対策が講じられているが、現状では成果が出にくい状況にある。

私たちが住んでいる鳥取県は、日本の本州の西端にある中国地方の県である。日本第2の都市である大阪から鉄道で約2時間のところにある地方都市であるが、最も過疎高齢化が進んだ県の一つである。鳥取県では、過疎化に伴うさまざまな問題に積極的に取り組んでいる。路線バスなどの公共交通機関の維持・整備も課題の一つである。過疎化が進むと公共交通機関の利用者数が減少し、利用者数が減少すると路線数や便数の維持が難しくなり、利用者にとって利便性が低下する。利便性が低下すると、利用者数の減少というマイナスのスパイラルに陥ることになってしまう。そのため、県はバス事業者に多くの補助金を出し、住民の足ともいえる公共交通を維持管理しているが、財政的に難しい。自家用車などのモータリゼーションの進展は、公共交通機関の維持が困難となる一因として挙げられる。しかし、高齢者の自動車による交通事故は止まらず、過疎高齢化が進む社会では自家用車の運転だけに頼らざるを得ない暮らしは考えにくい。この観点から、公共交通機関の整備は不可欠であると考えている。

鳥取県にある大学の一員として、情報技術の観点から公共交通機関の維持に貢献することを目的として、バスネットと呼ばれるシステムを開発し、それを維持している。バスネットは、経路探索を基本機能とするシステムであり、走行中のバスの現在位置を提示するバスロケーションシステムとしての機能を備えている。これまでにバスや鉄道の経路探索システムとしてはいくつかのシステムが開発されており、現在でも多くのシステムが利用可能である。しかし、バスネットシステムは、ランドマークと呼ぶデータを県内に1万点以上登録し、そのランドマーク間の経路探索を行うことで、地域の情報に不慣れな利用者でも、容易に経路探索ができることや、バス停間のみでの乗り換え情報でなく、徒歩移動を考慮して、ランドマークからランドマークまでの経路探索をするなど、路線バスの特性に応じて様々な機能を備えている。さらに、この徒歩移動を許すことにより、経路探索を行う際にその計算量が膨大になってしまうが、独自のアルゴリズムの開発により、高速な経路探索を実現しており、一月あたり数万件のアクセスがあるなど多くの一般ユーザーに利用されている。

## 2. 研究の目的

バスネットで経路探索をする際には、利用者が指定した出発地、目的地だけでなく、利用時間や利用者にシステムが提示した経路探索結果などの情報がログデータとして記録されている。さらにバスネットのバスロケーション機能を実現するには、県内を走るすべてのバスにスマートフォンを搭載し、そのGPS機能をサーバコンピュータに送信しているが、その情報もログデータとして記録されている。

本稿では、上記の経路探索によるログデータと、ロケーションシステムが残したログデータを元に、それらを解析し様々な情報を読み取ることを目的としている。まず、経路探索によるログデータからは、利用者が指定した出発地から目的に至る間に、どのバス停でどれだけの時間バスを待ったかという情報が読み取れる。このバスを待つ時間を、移動の際のコストと考え、ある一定期間内のすべての利用者のコストを最小化するための、バスの運行方法を最適化するこ

とを試みた。次にバスロケーション機能のログデータをもとに、路線バスの過去の走行状況を提示し、将来の走行状況を推定するシステムの構築を試みた。

### 3. 研究の方法

経路探索によるログデータから、鳥取市内の特定のバス路線を利用するすべての利用者の各バス停上での待ち時間の総和を評価関数として、設定した期間内について最適化を行った。その際には、バスの運行経費を担保するために、現状の路線や運行本数は変更しないものとし、また問題を簡潔にするために地域を鳥取市内に限定して、バスの運行ダイヤのみ最適化するものとした。このとき、一人の利用者の待ち時間を最小とするためには、その利用者がバス停に着いたときにバスが来るように、次のバスの走行時間を早めるか、あるいは一つ前のバスの走行時間を遅らせるかの、2つの方法がある。どちらの方法にしても、他のバス停で待つ他の利用者のバスを待つ時間を短くすることがあれば、逆に延ばしてしまうことにつながるなど、影響が生じる。本研究では、その影響をここの利用者のバスの待ち時間という観点ではなく、ある一定範囲のすべての利用者のバスの待ち時間として評価し、バスの運行時間を調整することにより最適化を図った。ただし、最適化に当たっては現状のバス路線やバスの運行本数は変更せず、バスの運行時間のみ最適化した。

バスネットのバスロケーション機能は、鳥取県内を走行する300本すべての路線バスにスマートフォンを搭載し、約20秒おきに現在位置を送信している。サーバーには、全バス停の緯度・経度の位置情報、各バスの路線情報、運行時刻表などが格納されている。各バスから送信される位置情報とこれらのサーバー上のデータから、どのバス停がどのバスとバス停を通過するか、またはそれらの遅延状態を判別できる。

ちなみにバスネットサーバーにはバス路線が250本、バス停が8178箇所あり、1日に記録されるログデータは約100Mバイトとなる。また、年に数回更新されるバスの路線変更やバス停の変更に対応する必要がある。

各バスのバス停での遅延時間を取得することで、バスの運行状況を把握している。バスからの移動データは約20秒ごとの一定時間間隔ごとに送信されるため、必ずしもバス停から送信されるとは限らない。このため、ログデータから実際のバス停の前後のデータペアを抽出し、バス停位置での通過時間を送信時間と緯度・経度の値から線形補間で求めている。この値をサーバー上の操作タイムテーブルと比較することにより、各バスの遅延状態を判別する。

2016年11月23日午前10時の県内バス停と2017年2月10日のバス停の遅延状況を図1、図2に示す。これらの図では、バスの遅延時間を色付きの円で示している。遅延時間が短い場合は緑色で、長い場合、つまり30分を超える場合は赤色で示している。図1は冬でも雪が無い場合の遅延状況を示しており、図全体が緑色の丸で表示されていることがわかる。一方図2では赤い丸が多くなり、雪により山間部を中心に遅れが発生していることが見られる。ある時刻の各バス停の遅延時間は、指定時刻の直前に通過したバスの遅延時間を示している。多くのバス路線に含まれるバス停を考慮すると、通過するバスの走行ルートによって遅延時間が異なる。つまり、市街地を走行する直前のバスは大きな遅延時間はないが、山間部を走行するバスの場合は遅延時間が長くなる傾向がある。本システムでは、これらを考慮し、日時の指定だけでなく、バス路線の指定なども行えるように工夫している。

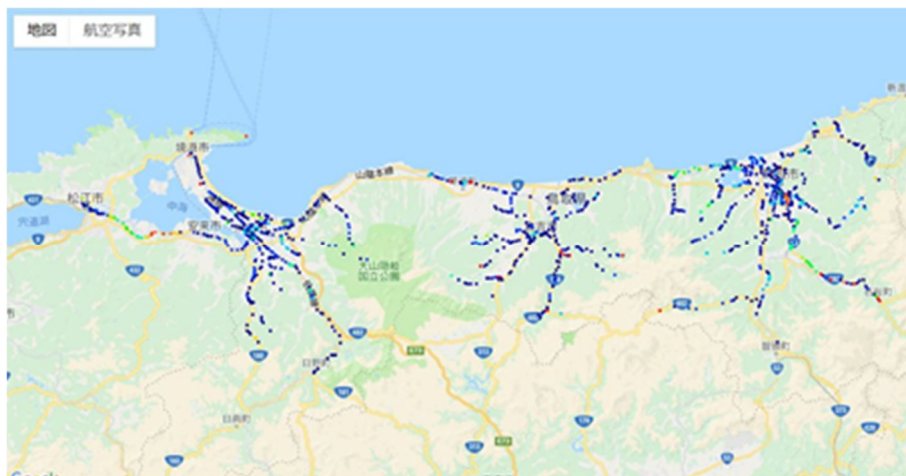


図1 バスの遅延状況（降雪時以外）

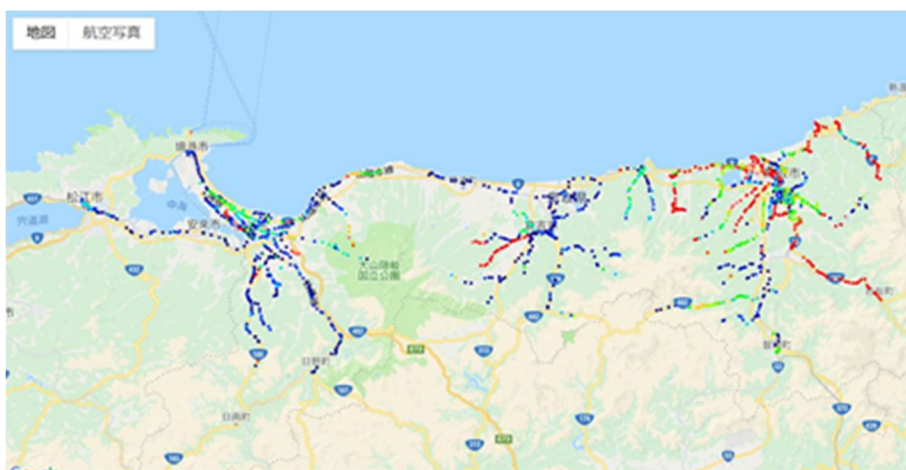


図2 バスの遅延状況（降雪時）

#### 4. 研究成果

本研究では、バスの経路探索によるログデータから、バスの運行時間の最適化を行い、実際に鳥取市内で運行しているバスの運行時間の最適化を行った。次にバスネットのログデータをビッグデータとして扱い、これを統計処理することにより、各バス停の年間バス遅延情報を取得した。

本研究により得られた結果は、地域の利用者にとって利便性の高いバスダイヤを開発する場合に利用できる。また、過去のバスの遅れ情報などの運行時間の可視化は、気象情報と連携したさらなる分析により、将来のバス運行計画の重要な指標データとなることを期待している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 古川ゆり, 桑野将司, 秋元美穂奈, 菅原一孔	4. 巻 -
2. 論文標題 経路検索履歴データを用いた事前検索時間の分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第38回交通工学研究発表会論文集	6. 最初と最後の頁 293,300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 桑野将司, 秋元美穂奈, 細江 美欧, 古川ゆり, 菅原一孔	4. 巻 75
2. 論文標題 経路探索履歴データを用いたバス時刻表の設計に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 I_201-I_511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 桑野将司, 木下礼央, 福山敬, 谷本圭志, 菅原一孔, 川村尚生	4. 巻 73
2. 論文標題 非負値テンソル因子分解を用いた検索ログデータからのバス利用特性の分析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 I_569-I_578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 早川 寛人, 笹間 俊彦, 川村 尚生, 菅原 一孔
2. 発表標題 バス乗換案内システムとその利便性向上へけた試み
3. 学会等名 第70回 高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS) 研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 早川 寛人, 笹間 俊彦, 川村 尚生, 菅原 一孔
2. 発表標題 スマートフォン版バスネットの利便性向上へ向けた試み
3. 学会等名 電気・情報関連学会中国支部第68回連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 桑野将司, 秋元美穂奈, 細江美欧, 古川ゆり, 菅原一孔
2. 発表標題 経路検索履歴データを用いたバス時刻表の設計に関する研究
3. 学会等名 土木計画学・講演集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rupali Bhattacharjee, Toshihiko Sasama, Takao Kawamura, Kazunori Sugahara
2. 発表標題 Statistical Processing of Delay Time of Public Secondary Traffic and its Application to the Operation Plan
3. 学会等名 Fourteenth International Conference on Software Engineering Advances (ICSEA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川ゆり, 桑野将司, 秋元美穂奈, 菅原一孔
2. 発表標題 経路検索履歴データを用いた事前検索時間の分析
3. 学会等名 第70回土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshihiko Sasama, Bhattacharjee Rupali, Takao Kawamura, Kazunori Sugahara
2. 発表標題 Re-Planning of Bus Timetable Based on Route Search Log to Get on Now
3. 学会等名 Fourteenth International Conference on Software Engineering Advances (ICSEA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	川村 尚生 (KAWAMURA Takao)  (10263485)	鳥取大学・工学研究科・教授  (15101)	
研究分担者	笹間 俊彦 (SASAMA Toshihiko)  (80362896)	鳥取大学・工学研究科・助教  (15101)	