

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350425

研究課題名(和文)公共交通利用促進を目的とした利用援助システムの構築に関する研究

研究課題名(英文)Construction of Utilization Assistance System for 2nd Public Transportation

研究代表者

菅原 一孔(sugahara, kazunori)

鳥取大学・工学(系)研究科(研究院)・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)：我が国が迎つつある高齢化社会では、公共交通の果たす役割は大きく、その維持管理に地方自治体が苦慮している例は多い。本研究計画では、情報技術の積極的な導入により、公共交通の利用の利便性を向上させることを目的としている。我々はバスネットと呼ぶ公共交通の利用援助システムの開発とその一般に公開した形での運用を行っており、一月あたりの利用者として数万件のアクセスがある。このようなバスネットの利用者の利用履歴を集計ならびに統計的なデータ解析を行うことで、従来漠然とした理由によりその経路や運行計画を立てていたものに、数値的なバックグラウンドを持つ客観的な判断基準を与えることができるようになると考えている。

研究成果の概要(英文)：The public transportation system plays a large part in the provincial area. Especially, it has a vital function in the declining birthrate and aging society which our country is encountering. Its maintenance and preservation become heavy responsibility for provincial cities. The lack of the information which provide public transportation users causes inconveniences and is one of the main reasons of decrease of users. Considering these points, we have tried to improve convenience for use of the public transportation by introduction of the information technologies. We developed the assistance system for utilization of public transportation. The system is named "Busnet" and have tens of thousands users in every month. In this research, we analyzed the usage history data of the Busnet by aggregation and statistical processing methods. The obtained results can be used for planning new operation plans of buses and new bus routes.

研究分野：計算機工学

キーワード：公共交通 利用援助 経路探索

1. 研究開始当初の背景

周知のとおり、現在わが国は急速に高齢化が進んでおり、社会構造的にも大きなひずみを引き起こし、様々な問題の原因となっている。内閣府が平成24年度に公表した高齢社会白書に於いても、超高齢化社会における課題として6つを指摘している[1]。このような高齢化とともに、地方に於ける過疎化も現在のわが国が直面する問題として早急な対応を迫られているものである。

本研究課題は、文献[1]で指摘されている6つの項目のうち、
・地域力・仲間力の弱さと高齢者等の孤立化
・不便や不安を感じる高齢者の生活環境
を公共交通の立場から解決の糸口を探ろうとするものである。文献[1]でも示されているとおり、わが国の高齢化はますます進むことは現実のものである。しかも内閣府の高齢社会白書によると一人暮らしの高齢者の割合がますます増加し、現在約1100万人(男400万人、女700万人)で、高齢者人口に占める割合はおおよそ14%であるのに対し、2025年には約1270万人(男520万人、女750万人)、高齢者人口に占める割合はおおよそ20%に急増すると予測されている。

一方、路線バスを代表とする地域の公共交通、いわゆる公共2次交通の利用者数は近年激減しており、その維持に多大な公費が支出されている。この主たる原因の一つとして、モータリゼーションの加速があげられ、このままの状態が続くと公費による維持支援も限界を迎え、公共2次交通システムが破綻してしまうことが恐れられる。一旦、公共2次交通が破綻してしまうと、上述の独居老人が増えた社会環境下においては、高齢者の足を奪ったと同然であり、上の2つの課題が指摘している状況がまさに現実ものになってしまう。

しかし、公共2次交通を提供する側のその利用者を増加させるための根本的な努力が不足していたのも事実であると考えている。大型バスの小型の車輛への移行や、年何回かの企画運行、

あるいは周遊券などの期間券の発行などは、多少の経費削減、あるいは多少の乗客の増加につながったとはいえ、その効果は小さく、地域に精通していない人でないとバス停留所の場所が分からないことや、バスの運行路線やその状況などが分からないなど、路線バスの利用は不便なままである。

我々はこのような状況を顧慮し、情報技術の積極的な導入により“バスネット”と呼ぶ路線バスを対象とした経路探索機能を中心としたシステムを開発・運営し、大学における研究成果を社会へ還元し地域への貢献を果たす目的で一般に公開している[2]。このバスネットは、情報技術を積極的に導入し様々な情報を利用者に提供することで、利用者の利便性を向上させ、結果として公共交通の利用の促進を図ることを目的としており、

(1) ランドマークと呼ぶ任意の地点から任意の地点までの経路探索を行う

(2) 徒歩による移動を含む

などの特徴を持つ。鳥取県全域を対象としたシステムであり、平均で1月当たり5万件以上のアクセスを得ている。この数は鳥取県人口が60万人を切っていることを考えると、決して小さなものではないと考えている。

この特徴のうち、まず(1)は、現在一般に提供されている鉄道等の経路探索システムが、駅から駅までの経路探索であるのと対照的に、出発地、目的地の周辺の地理に不案内な利用者を念頭に置き、バス停の場所や運行状況を知らない場合でも、最短経路を探索できるよう工夫したものである。次に(2)は(1)に関連して、バス停以外の出発地や目的地を指定した場合などで、出発地から乗車バス停、乗換の場合の下車バス停から乗車バス停、あるいは下車バス停から目的地までの徒歩移動を含んだ経路散策ができることに対応している。このように、徒歩移動を許した経路探索を行うには、すべてのバス停に関する全結合のグラフとなり、駅でしか乗り換えを許さない通常の経路探索に比べ、バス停数の増加

に対して問題の規模が指数関数的に大きくなり、高速な経路探索アルゴリズムの開発が不可欠であった。我々は、これを独自のアルゴリズムを開発することで解決した[3][4][5]。

[1]http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/gaiyou/s1_3_1.html

[2] <http://www.ikisaki.jp/>

[3] バスネットワークのための実用的な経路探索システム, 川村 尚生, 菅原 一孔, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 2, pp. 780-790 (2007).

[4] 産学官連携功労者表彰 総務大臣賞, 平成 21 年 6 月 20 日

[5] 総務大臣表彰 U-Japan 大賞 地域活性化部門賞, 平成 20 年 6 月 2 日

2. 研究の目的

今後、わが国が迎えようとしている高齢化社会、特に独居老人が増加した社会において公共交通は、大変重要な役割を果たす。これを念頭に、いかにするとその維持管理を継続してゆけるかを、情報処理の立場から検討を加え、我々は“バスネット”と呼ぶシステムを開発し運営している。本研究計画は、その利用者履歴から様々な情報を読み取ろうとするものである。現在の公共交通が、高額な公費の投入により、かろうじて維持管理されていることを考えると、今後、現状のまま放置してゆくと、公共交通システムは崩壊するとも言つてよい状態にある。そこで、情報処理技術を積極的に利用することにより、不便であるといひ続けられている公共交通を少しでも利便性の高いものとするを旨とする。利用者履歴からは、下記に記すように多彩な情報を抽出することを試みた。

3. 研究の方法

本研究計画は3年間の計画である。初年度は利用者履歴を取得するためのシステムのハードウェアの構築を行った。同時に、以下で述べる詳細にわたる様々な利用者履歴を収集するソフトウ

エアの開発を行った。まず、システム構成としては、現在稼働中のバスネットシステムとは独立して、利用者履歴収集サーバを構築した。また、以下で述べる詳細な利用者履歴の収集を目的に、利用者履歴サーバの管理プログラムを開発した。また、年度後半からは実際のバスネット利用者の利用者履歴の収集を開始した。

研究計画 2 年目、3 年目には、継続して利用者履歴の収集し、それまでに得られた利用者履歴の具体的な解析を行うための、解析プログラムの開発を行った。本研究計画により得られた解析結果からは、バスの運行計画を行うための重要な指針を与えることができた。また、実査にアンケート・モニタリング調査も実施し、バスネット利用者履歴と実際のバスの利用状況の関連についても考察した。

平成 26 年度

本研究計画の初年度にあたる平成 26 年度には、本研究計画の基礎的な部分ともいえる利用者の利用者履歴を取得するためのシステムの設計開発とその実装を行った。研究目的でも述べたとおり、本研究計画では我々が開発し、一般の利用者へ提供しているバスネットという経路探索システムを積極的に利用した。このシステムは、大学の研究成果を地域社会への貢献という目的で還元することを目的に運用しているものである。先に述べたように、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るものと考えている。路線バスなどの乗換案内システムも多数存在するが、それらはいずれも駅から駅、あるいはバス停からバス停の間の乗換情報を提供するものであり、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。その結果、一月に 5

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。

研究初年度にはこのような多数に上る利用者の利用履歴を、詳細に取得するシステムの構築を行った。この利用履歴を取得するためのサーバは、現在運用しているバスネットシステムを運用するためのサーバとは独立して構成し、両者は緊密な情報の授受は行いが、バスネットシステム自身の運営上には一切影響を与えず、大量のデータを取得するシステムを構築した。

ここでいう詳細な利用者履歴とは

利用開始時間、終了時間

利用端末(パーソナルコンピュータ、携帯電話、スマートフォンなど)の種類と端末 ID

設定した出発地、目的、

探索結果として利用者に提示した、乗車バス停、下車バス停。乗換がある場合には、そのための下車バス停と乗車バス停

出発地から乗車バス停まで、および下車バス停から目的地までの徒歩距離。乗換がある場合には乗換バス停間の徒歩距離

乗車バス停における待ち時間

などを考えており、さらに利用者アンケートとして、

利用目的

探索結果に対する満足度

などの回答を求めた。利用者がスマートフォンを使用している場合には、

探索した位置

などのデータも収集した。

平成 26 年度後半には構築したシステムの運用を開始し、利用者履歴の収集を開始した。

平成 27 年度

本研究計画の 2 年目にあたる平成 27 年度には、前年度(平成 26 年度)に構築し、平成 26 年度内に収集した利用者履歴を元にその評価、解析を行った。具体的な解析の例として、平成 26 年度の計画で収集を計画している から ま

での利用者履歴から以下のような解析をおこなった。

(1) とにより利用開始時間と、提示された解析結果から、その利用者がどのようなタイミングでバスを利用しようとしたかが読み取れる。すなわち、バス利用の直前かある程度時間を置いた利用計画のための経路探索であるかなどである。

(2) からは直接的に利用端末の種類が判明するので、それと上記(1)の結果との相互関係なども読み取れる。具体的にデータの無い現状では、例えば、スマートフォンや携帯端末からは、バス利用直前の経路探索が、パーソナルコンピュータなどからはある程度時間を置いたバス利用計画のための経路探索であると予想しているが、その真偽を調べる。

なお、この解析結果から、もし上記の予想が正しい場合には、スマートフォンからの利用の際には経路探索時の出発時刻として、現在のものを利用するなどして、利用者が入力しなければならぬ項目の削減など、システム利用における利便性の向上のためのシステム改良に利用できるものと考えている。

(3) からは利用者の多いであろうバス停名を読み取り、

(4) からは(1)で述べた解析、ならびに利用者が多いであろう時間帯を読み取った。

上記(3)と(4)から利用者の多いバス停や、それを利用する時間帯が読み取れるため、今後、バス運行計画をするうえで重要な指針を与えることができると思っている。

(5) からはバス停そのものの設置位置に関する情報が、

(6) からはバスの運行ダイヤに関する情報が得られた。

(7) については、上記(1)から(6)までの解析結果と、利用者の利用目的の関連について評価した。

(8) から得られる情報により、本システムがど

のような環境下で利用されているかを知る手掛かりを得ることができるものと考えている。

これらはいくまで現状で評価できる内容の例を示しているが、今後は本システムの稼働を継続し、バスネットに関連し連携しているバス事業者や、県庁をはじめとする公共交通の実施者とも緊密な連携を取りながら有効なデータの取得、ならびにその解析に努める。

平成 28 年度

研究計画の最終年度には、本システムの実用化とともに本システムに関するアンケート・モニタリング調査を実施した。これは、本システムの利用者と、利用者でない方々との意識や利用者数の割合などを評価し、本システムの有効性を確認することを目的とした。同時に、利用者から得られたアンケート結果から、システムの改良点を見出し、今後のシステムの改良につなげることを計画している。同時に、本システムの存在を広くバス利用者に広報する意味も持たせている。

なお上記は、現状で経路探索システムとして一般に公開され、すでに広く多くの利用者に利用されているバスネットが存在するので収集が可能となるデータに基づいたものである。その意味からも、ここで計画している解析手法やその解析内容は、これまで他所で計画されることがなかった、利用者履歴を詳細に解析しようとするもので、本計画の新規性が表れている。同時にそれらから得られる解析結果は、単なる統計データではなく、今後の路線バスシステムの運行計画に対して重要な指針を与えるものとなる。このような利用者履歴の解析は、これまでになく、利用者履歴データの解析手法や解析内容は、学術的に新たな知見を与えるものと考えている。

4. 研究成果

本研究課題による成果として、実際に稼働中のバスネットシステムの利用履歴を解析するシステムを構築できたことがあげられる。上述の通りバスネットシステムは、路線バス等、公共二

次交通の利用者の利便性を高め、結果として公共交通の利用を促進しようとするものである。現在、このシステムは一般に公開され、一月あたり数万件の利用がある。

本研究計画では、利用者がこのシステムを利用する際に設定する、出発地、目的地あるいは利用時間帯等を利用履歴として記録し、これを統計的に解析することで、地区間の利用の様子や、時期的な利用の様子などを読み取るためのシステムの開発を行った。本システムの代表的な解析例として、第一番目の主成分として、鳥取駅のある地域とその周辺の地域との間の利用、第二番目の主成分として、鳥取空港が位置する地域と鳥取砂丘のある地域との間の利用が該当するとの結果を得た。また、それらの時期的な解析として、後者は4月頃と7、8月頃の利用が多いとの結果を得た。これらの結果は、第一主成分が、日常の住民の通勤、就学行動に対応するもので、第二主成分は春・夏休みでの観光客の行動に対応するものと解釈できる。これらの結果とその解釈は一般に納得できるものであり、バスネットの利用履歴から得られる解析結果の妥当性を示すものである。

上記の解析例の他、利用履歴からは公共交通の利用と天候の関連、月ごとの平均的な利用状況とそれから外れる利用の要因、現在のバス路線と実際の利用の状況、あるいはバス路線の再考の際に参考となる指標等を得ることができるようになった。

さらに、本システムを利用する際に、その利用状況からバスの運行状況に関する指標等も得ることが可能と考えている。すなわち、例えばいったん検索を行い、検索結果を得たのち、同じ出発地、目的地間で出発時間を変更して再検索を行った場合、利用者は最初に得られた検索結果に満足することがなかった可能性が高いと解釈できる。このような解析を数多く行い、得られた結果と実際の運行データとの比較により、運行計画を立てる際により利便性の高いものを得るための具体的な指標を得ることができるものと

考えている。

本研究課題により開発したシステムを、今後も継続して一般に公開して運用してゆくことにより、利用者の利便性を高め、その利用の促進を図るだけでなく、利用履歴の解析により公共交通の設計の見直しの際に有効な指標が与えられるものと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

バス経路検索履歴データを用いた移動希望特性の分析, 香川喬之, 桑野将司, 福山敬, 谷本圭志, 川村尚生, 菅原一孔, 交通工学論文集, Vol.2, No.2, (2016), pp.115-124. 査読有。

[学会発表] (計 5 件)

バス経路探索システムのログデータを用いた鳥取市の交通特性分析, 桑野, 香川, 木下, 福山, 谷本, 川村, 菅原, 第 53 回土木計画学研究会発表会, 2016, 北海道大学.(北海道 札幌市)
乗換案内サービス利用後の交通行動における乗車判定について, 吉田真人, 川村尚生, 菅原一孔, 第 16 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 2014, 広島市立大学.(広島県 広島市)

バスネットの利用ログ解析システム, 楊宜平, 笹間俊彦, 川村尚生, 菅原一孔, 電気・情報関連学会中国支部第 65 回連合大会講演論文集, pp.186-187, 2014, 福山大学.(広島県 福山市)

路線バス運賃管理インターフェースの構築, 玉田匡, 笹間俊彦, 川村尚生, 菅原一孔, 電気・情報関連学会中国支部第 65 回連合大会講演論文集, pp.140-141, 2014, 福山大学.(広島県 福山市)

公共交通機関を利用した観光情報を提供するモバイルアプリケーションの提案, 辰田竜二, 川村尚生, 菅原一孔, 電気・情報関連学会中国支部第 65 回連合大会講演論文

集, pp.138-139, 2014, 福山大学.(広島県 福山市)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ikisaki.jp>

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

川村 尚生(Kawamura Takao)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号: 10263485

笹間 俊彦(Sasama Toshihiko)

鳥取大学・工学研究科・助教

研究者番号: 80362896