



卒業研究報告書

平成29年度

研究題目

地図APIを利用した目的地までの徒歩・バス
経路を表示するバス案内システムの提案

指導教員 上野秀剛 准教授

氏名 田谷瑛悟

平成30年1月11日 提出

奈良工業高等専門学校 情報工学科

地図APIを利用した目的地までの徒歩・バス経路を 表示するバス案内システムの提案

上野研究室 田谷 瑛悟

全国的にバスの輸送人員数は減少し続け、これに伴い十分な収入が得られないバス路線を廃止および縮小する事例が発生している。バス利用者が減少している要因の1つとして、バス利用に必要な情報を十分に得られないことが指摘されている。この問題を解決するために、バス利用に必要な情報を提供するシステムが開発され、運用されている。本研究では、これらのシステムのうち、総合的な経路案内システムについて焦点を当てた。総合的な経路案内システムとは、徒歩、バス、電車、飛行機といった複数の移動手段を組み合わせる総合的な経路を案内するシステムである。しかし、総合的な経路案内システムには、データ管理コストが大きい、最適な最寄りバス停がわからない、徒歩経路情報が提供されていない、複数の交通機関が基本機能を個別に開発しているといった問題が存在する。そこで本研究では、総合的な経路案内システムに存在する問題点を解決することを目的とし、交通機関が運用する案内システムから提供されるデータと地図APIを組み合わせた総合的な経路案内システムを提案する。提案システムでは各問題に対して、ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索すること、最適なバス停情報と徒歩経路情報を同時に表示すること、基本機能の枠組みを作成することで対処する。システムの実装はWebアプリケーションとして行った。提案システムの実装に必要な時間が大きいため、問題点への対処法のうち「ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索する」「システム上で徒歩経路情報を表示する」「基本機能の枠組みを作成する」のみ実装した。提案システムの評価として、仮想的なユーザー像(ペルソナ)とユーザーがシステムを利用する際の行動や背景(シナリオ)を想定し、提案システムの機能がどのように役立つか評価した。その結果、最寄りのバス停を検出する、徒歩経路を表示する、バス経路を表示する機能によって、旅行者がバス利用時に感じる不安を取り除いた。また、通勤者は、到着時刻を取得するために提案システムを利用するため、到着時刻を表示する機能は不可欠であると得られた。本研究が対処する4つの問題のうち、最適な最寄りバスがわからない、徒歩経路情報が提供されていない問題と複数の交通機関が基本機能を個別に開発している問題の一部を解決した。

目次

1	はじめに	3
2	バスを取り巻く環境	4
2.1	バス利用者が求める情報	4
2.2	公共交通データの現状	4
2.3	バスの利便性向上を目的としたシステム	5
2.4	総合的な経路案内システム	5
2.5	経路案内システムの問題点	6
2.5.1	問題点1 データ管理コストが大きい	6
2.5.2	問題点2 最適な最寄りバス停がわからない	6
2.5.3	問題点3 徒歩経路がわからない	6
2.5.4	問題点4 複数の交通機関が基本機能を開発している	7
3	提案システム	8
3.1	概要	8
3.2	問題点への対処	9
3.2.1	対処1 案内システムから提供されるデータを用いる	9
3.2.2	対処2 ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索する	9
3.2.3	対処3 システム上で徒歩経路情報を表示する	10
3.2.4	対処4 基本機能の枠組みを作成する	10
4	実装	11
4.1	バックエンド	11
4.2	基本機能	12
4.2.1	バス経路の表示	13
4.2.2	時刻情報の表示	13
4.2.3	Webアプリケーションとしての実装	13
4.3	最寄りバス停位置の検出	13
4.4	徒歩経路の表示	14
5	ケーススタディ	15
5.1	概要	15
5.2	ユースケース1	15
5.2.1	ペルソナ	15
5.2.2	シナリオ	16
5.2.3	システムの利用	16
5.2.4	考察	17

5.3 ユースケース2	17
5.3.1 ペルソナ	17
5.3.2 シナリオ	18
5.3.3 システムの利用	18
5.3.4 考察	18
6 おわりに	19
謝辞	20
参考文献	21

1 はじめに

全国的にバスの輸送人員数は減少し続け、これに伴い十分な収入が得られない路線を廃止および縮小する事例が発生している[1][2]。しかし、交通弱者である高齢者にとって、公共交通機関の路線バスは必要であり、路線バスの維持は重要な課題となっている。

バス利用者が減少している要因の1つとして、バス利用に必要な情報を十分に得られないことが指摘されている[3]。バス利用に必要な情報としては、「バス停の位置」、「バスの行き先」、「発車時刻」、「目的地までたどり着けるのか」等がある。掲示や時刻表配布に代表される既存の情報提供手段では、「バス停の位置」や「バス停までの経路」といったバス利用に必要な情報を提供できない。そのため、利用者は他の手段を用いてこれらの情報を調査する必要があり、情報提供手段として十分ではない。バス利用に必要な情報が十分に得られないと、利用者はバス利用に対して不安を抱いてしまい、不安の少ない車や電車といった他の移動手段を用いるようになってしまう。既存の情報提供手段に変わるものとして、経路案内システムがある。

ナビタイムジャパン、Yahoo、ジョルダンに代表されるコンテンツプロバイダーは経路案内システムを提供している。経路案内システムは、複数の移動手段を組み合わせて総合的に経路を案内できる。しかし、とある交通機関の時刻表が変更されれば、データベース上にある時刻表データを更新する、といったようにシステム運用には交通機関のデータを管理する必要がある。そのため、扱う交通機関が増えるほど、データ更新に要する時間や、公共交通データの使用权を得るために必要な費用が増大してしまう。

利用者の移動行程は、複数の移動手段を組み合わせて構成されており、その移動手段に合わせた情報が無いと利用に不安を感じてしまう。交通機関でも経路案内システムが運用されているが、その多くのシステムでは、他の移動手段の一つである徒歩の情報が提供されていない。また、路線維持に悩まされ、開発コストを捻出できないはずの各交通機関が、料金表示や乗り換え案内といった経路案内システムの基本機能を一から開発しており、問題となっている。

本研究では各交通機関が所有する案内システムと地図APIサービスを集約し、データを管理する必要がなく、より容易に開発できる経路案内システムを提案する。そして提案システムを実装し、システムを評価する。

2 バスを取り巻く環境

2.1 バス利用者が求める情報

バス利用者が求める情報としては、「バス停の位置」、「バスの行き先」、「発車時刻」、「目的地までたどり着けるのか」等がある。これらの情報が十分に得られないと、利用者はバス利用に対して不安を抱いてしまい、不安の少ない車や電車といった他の移動手段を用いるようになってしまう。

バス利用者が求める情報は、バス移動の行程に沿って提供する必要があり、バス移動の行程は1) 出発する、2) バスの停留所へ歩く、3) 停留所に到着する、4) バスに乗り込む、5) バスで移動する、6) バスから出発する、7) 目的地まで歩く、の7つで構成されている[4]。例えば、バス行程の2)では「バス停の位置」、4)では「バスの行き先」といった情報を提供する必要がある。

しかし、単に「バス停の位置」の情報を利用者が得たとしても、利用者がバス停までの行き方を知らず移動できなければ、その情報は利用者にとってバス利用に十分な情報ではない。そこで、バス停までの徒歩経路といった他の移動手段の情報を提供する必要があり、その情報提供手段の一つとして、総合的な経路案内システムが存在する。

2.2 公共交通データの現状

2005年、公共交通機関のTriMetとGoogleの協働によって策定されたGTFSと呼ばれる国際標準フォーマットがある[5]。GTFSでは公共交通機関の時刻表とその地理的情報に使用される共通形式を定義しており、事業者、停車地点、経路、時刻表といった情報が記録される。GTFSの策定によって、交通データをGTFSのフォーマットに変更し、オープンデータとして公開する動きが国際的に盛んとなっている。

国内でも公共交通データのフォーマットを定義する動きが見られ、2017年には国土交通省が「標準的なバス情報フォーマット」を定めている[6]。「標準的なバス情報フォーマット」は、GTFSで定められていた、事業者、停留所、経路、時刻表といった情報に、日本特有のバス事業者情報を追加した情報が記録される。公共交通データのフォーマットが定まることで、コンテンツプロバイダーが交通機関ごとにデータフォーマットを変換する必要がなくなった。そのため、サービスの開発期間が短縮でき、交通データを利用したサービスが多く提供されることが期待される。また、フォーマットが定まる以前のサービスに存在する問題に対し、データフォーマットが定まることで可能となった手法で解決する研究が盛んになると期待される。本研究では、データフォーマットが定まることで可能となった手法として、交通機関の案内システムから提供されるデータを用いたシステムを提案する。これによって、既存の総合的な経路案内システムに存在する「データ管理コストが大きい」問題を解決することを目指す。

2.3 バスの利便性向上を目的としたシステム

一部の研究においてバスの利便性向上を目的としたシステムが提案されている。嶋原らは、バス利用者が求めている情報を調査するために、アンケート調査を実施した[3]。アンケート調査の対象は、20~70代の男女で、93人から回答を得た。アンケート調査の結果から、利用者が求める情報は、「バスが時間通りに来ない」、「どのバスに乗ったらよいか分からない」といったバス利用に関する不安を解消するものであると得られた。これらの不安を解消するために、利用者の現在位置から最も近いバスとバス停情報を提供するバスロケーションシステムを提案した。Foellらは、従来の案内システムが提供している「所要時間」や「どのバスに乗れば良いのか」といった情報は、観光客、高齢者、障がい者といった交通弱者にとって不十分であると述べた[4]。そして「現在正しいバスに乗車しているか」、「降車すべき停留所を通過していないか」等のより詳細な情報を提供する必要があると述べ、これらの情報を提供するシステムを提案した。

これらの研究では、バスの利便性を向上させるために、バス利用に必要な情報を提供するシステムを提案している。提案されているシステムの他にも、バス利用に必要な情報を提供するシステムとして、総合的な経路案内システムがある。次節で、総合的な経路案内システムとは何か説明する。

2.4 総合的な経路案内システム

総合的な経路案内システムとは、徒歩、バス、電車、飛行機といった複数の移動手段を組み合わせて総合的な経路を案内するシステムである。ナビタイムジャパン、Yahoo、ジョルダンに代表されるコンテンツプロバイダーが提供している総合的な経路案内システムは、利用者が出発地と目的地を入力することで、その2地点間の経路を案内する。図1に総合的な経路案内システムの動作例を示す。



図1 総合的な経路案内システム

総合的な経路案内システムでは利用者が任意の出発地と目的地を入力し、システムがその2地点間のバスと徒歩経路を組み合わせて経路案内する。経路案内はテキストと経路が描画された地図によって行われ、利用者はテキストと地図を見ることで、目的地までの経路情報を得る。

しかし、総合的な経路案内システムを運用するには問題が複数存在し、次節でその問題について説明する。

2.5 経路案内システムの問題点

2.5.1 問題点1 データ管理コストが大きい

総合的な経路案内システムでは、バス、電車、飛行機といった複数の交通機関のデータを取り扱う必要がある。とある交通機関の時刻表が変更されれば、データベース上にある時刻表データを更新する、といったようにシステム運用には交通機関のデータを管理する必要がある。そのため、扱う交通機関が増えるほど、データ更新に要する時間や、公共交通データの使用权を得るために必要な費用が増大する問題が発生する。

2.5.2 問題点2 最適な最寄りバス停がわからない

任意の出発地と目的地、この2地点間を徒歩とバスによって移動する場合、その2地点からそれぞれ最も近いバス停を探す必要がある。しかし、バス停の名前を知らなければ最寄りのバス停は検索できない。また、最寄りバス停の名前が提供されても、それが目的地までの移動手段として適切であるか判断できない。そのため、最寄りバス停を検索することは困難であり、特に旅先の地理情報に詳しくない旅行者にとって困難さは顕著となる。

2.5.3 問題点3 徒歩経路がわからない

問題点2の「最寄りバス停の検出」が解決されても、利用者が最寄りバス停までの行き方を知っていなければ、バス停まで移動できない。最寄りバス停の情報だけではバス利用に必要な情報として不十分であり、情報を補うために、最寄りバス停までの行き方である徒歩経路情報を提供する必要がある。

しかし、総合的な経路案内システムは徒歩経路情報を提供していない。そのため、利用者は他のシステムで個別に徒歩経路を調べる必要があり、不便に感じてしまう。

2.5.4 問題点4 複数の交通機関が基本機能を開発している

経路案内システムが案内する基本的な機能として、運賃表示や経路表示といったものがある。これらの機能は、運用する機関が変わったとしても、ほとんど変わらない。基本的な機能から提供される情報は、利用者にとって公共交通機関利用に必要な情報である。そのため、交通機関はこれらの基本的な機能を開発しなければならない。しかし、既に存在する基本機能の実現方法は公開されておらず再利用できないため、交通機関はシステムの開発を一から行っている。このように、既に存在する基本機能を一から開発することは、時間と費用といったコストを要する。特に、路線維持に悩まされている多くのバス会社や交通機関にとって、基本機能の開発コストは捻出不可能だと予想される。しかし、交通機関は開発コストのない状況下でも開発を続けており、問題となっている。「最寄りバス停の検出」や「徒歩経路」も基本機能の1つではあるが、この基本機能を導入している事例はまだ少ないため、別の問題として切り分けている。

3 提案システム

3.1 概要

2.5節の問題を解決するため，本研究では交通機関が運用する案内システムと地図APIを組み合わせた総合的な経路案内システムを提案する．提案システムのモデルを図2に示す．

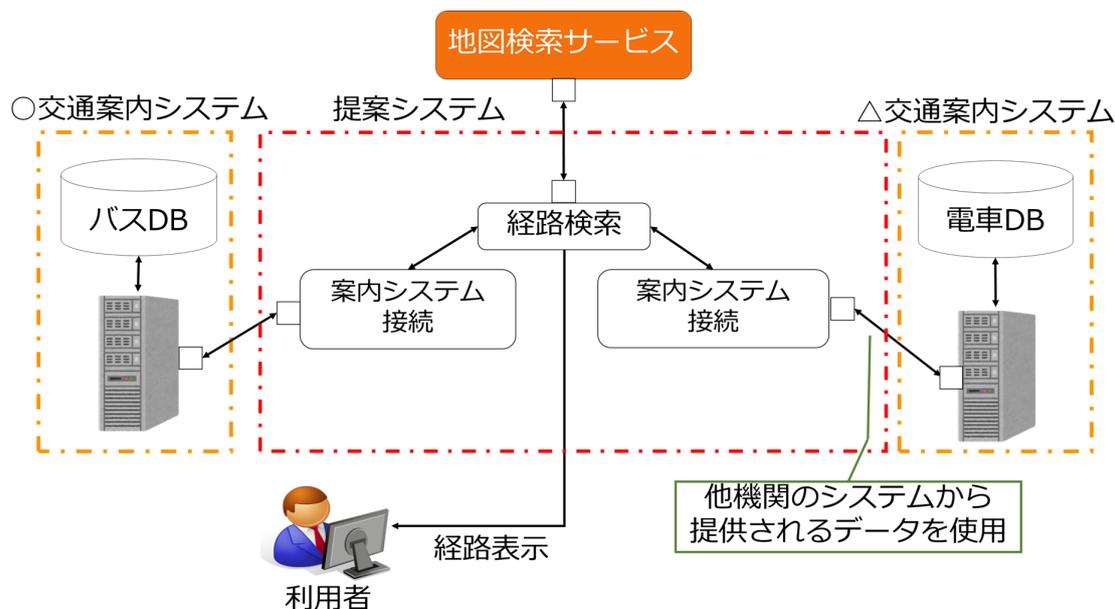


図2 提案システムのモデル

図中の円柱は，交通データが保存されているデータベース，処理に接している四角はデータの受け渡しがあることを，矢印はデータの移動があることを意味している．

提案システムは，既存システムのように経路案内システム上で交通データを保有せず，交通機関が運用する案内システムから交通データを取得し経路案内に使用する．また取得した交通データと地図APIによって地図検索サービスから取得した徒歩経路情報を経路案内情報に変換し，既存システムと同様の機能である総合的な経路案内情報を提供する．なお，提案システムは交通機関が案内システムを運用していることを前提としており，そうでない場合は経路案内できない．

表3.1に提案システムの機能と2.5節で説明した問題点の関係を示す．これによって既存の経路案内システムに存在した問題点を解決することを目指す．

表1 問題点への対処法

問題点	対処法
問題点1 データ管理コストが大きい	案内システムから提供されるデータを用いる
問題点2 最適な最寄りバス停がわからない	ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索する
問題点3 徒歩経路情報が提供されていない	システム上で徒歩経路情報を表示する
問題点4 複数の交通機関が基本機能を開発している	基本機能の枠組みを作成する

3.2 問題点への対処

3.2.1 対処1 案内システムから提供されるデータを用いる

既存の経路案内システムでは、経路案内システムを運用する機関が大量の交通データを管理する必要があったため、データの管理コストが大きくなっていた。提案システムでは、各交通機関が運用している案内システム上で管理されている交通データを取得し、経路案内に用いる。これによって、交通データを更新する必要が生じてても、交通機関が案内システム上の交通データを更新すれば、提案システムの交通データも更新されることになる。そのため、提案システムを運用する機関は、交通データを管理する必要がなくなり、データ管理コストも無くなる。

対処1を実現するためには、1)案内システムに接続する機能を実装する必要がある。また、2)案内システムから取得した複数の交通データを経路案内情報に変換する機能も実装する必要がある。

3.2.2 対処2 ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索する

最適な最寄りバス停が分からない問題は、バス停の名前が分からなければ検索できないことが原因である。また、最寄りバス停の名前が提供されても、それが目的地までの移動手段か判断できないことも原因である。

そこで、利用者がバス停の名前を知らなくても検索できる必要がある。提案システムでは、利用者に、バス停ではない任意の出発地と目的地をテキスト形式のランドマークの名前で入力させる。システム上で、出発地と目的地の2地点からの最寄りバス停を検索し、そのバス停情報を利用者に提供する。また、システムが目的地までの移動手段として適切な最寄りバス停を検索するため、利用者はその最寄りバス停の情報が目的地までの移動手段か判断する必要がなくなる。

対処2を実現するためには、1) 利用者が入力した出発地と目的地を緯度経度情報に変換する機能が必要である。次に、変換した緯度経度情報とバス停の緯度経度情報から距離を計算し、2) 出発地と目的地のそれぞれから最寄りのバス停を検索する機能が必要である。また、利用者に最寄りのバス停が目的地までの移動手段か迷わせないために、3) 2つの最寄りのバス停が同一路線にあるか調べる機能が必要である。

3.2.3 対処3 システム上で徒歩経路情報を表示する

総合的な経路案内システムでは徒歩経路情報を提供しておらず、利用者が個別に徒歩経路を調べる必要があった。提案システムでは、地図APIを用いて徒歩経路情報を取得し、対処2で取得した最寄りバス停の情報と同時にシステム上で表示する。

3.2.4 対処4 基本機能の枠組みを作成する

既に存在する基本機能の実現方法は公開されておらず再利用できないため、交通機関はシステムの開発を一から行っている。そこで、提案システムでは基本機能を実現するための、枠組みを作成する。ここでの枠組みとは、データさえ用意できれば基本的な機能を提供でき、どんな交通機関にも適用できるシステムのひな型のことを指す。

提案システムでは、外部のシステムから交通データを取得する必要がある。各交通機関が自社の交通データを公開する場合、WebAPIによって公開されることが推奨されている。基本機能の枠組みを実現するには、WebAPIと親和性が高いことが望ましい。また、将来的に実ユーザーを対象とした評価を行う場合、OSに依存するアプリケーションとして実装すると、OSごとに対応する必要があり手間がかかる。そこで、提案システムをWebAPIと親和性が高く、OSに依存しないWebアプリケーションとして実装する。

基本的な機能には、バス経路表示、料金計算、乗り換え案内等があり、その中でもバス経路表示の実現方法について説明する。徒歩で移動する場合、歩行者は様々なランドマークを目印に、歩きながら経路を決定する。そのため、徒歩経路情報は出発地から目的地にたどり着くまで、どの経路を取れば良いのか詳細に案内する必要がある。しかし、バスで移動する場合は、経路の決定はバスの運転手が行うため、利用者は細かな経路について知らずとも移動できる。そこで、提案システムでは、バス経路を直線の組み合わせとして表示する。

4 実装

3章に示した提案システムを実装した。本章では、前章で示した問題点への対処法に対する具体的な実装方法について述べる。システムの実装はWebアプリケーションとして行った。なお、提案システムの実装に必要な時間が大きいため、対処法2,3,4についてのみ実装している。

4.1 バックエンド

提案システムを実装するためには、最低でも1つのバス経路に関する情報と、それ以外の交通機関1つのデータについて本システムからアクセスできる必要がある。バス以外のデータについてはGoogleが提供する経路検索APIを使用する。経路検索APIは2地点間の徒歩経路や移動時間を検索できる。

バス経路に関する情報についてもGoogleが提供している経路検索APIと同様に、バス経路情報を取得できるAPIが望ましい。一部のバス会社は自社のバス経路に関する情報をAPI上で提供している。例えば、福井県の鯖江市が運行しているつつじバスはAPIで路線毎の座標データ、時刻表データ、バスの位置データを提供している[7]。しかし、本研究では将来的に実際のユーザを対象にシステムを公開し、評価を行うことを考えているため、提案システムの評価を行える地域のバス会社が望ましい。奈良県では奈良交通が路線バスを運行しているが、バス経路に関する情報を取得できるAPIは運用していない。そこで、奈良交通からバス経路に関するデータを提供してもらい、著者がAPIの代替となるDBを作成した。

バスの経路案内に必要なDBを構成するテーブルの一覧を表2に示す。buseテーブルには、奈良交通で運行されている各バスの路線情報と、バス停の出発および到着時刻が保存されている。busstopsテーブルには、各バス停のID、名前、緯度経度情報といったバス停の情報が保存されている。faresテーブルには、各路線に対応付けられた料金情報が保存されている。linesテーブルには、路線のIDと路線名、路線に属するバス停のIDといった路線情報が保存されている。

表2 テーブル一覧

テーブル名	内容
buses	バスの路線と時刻情報
busstops	バス停情報
fares	料金情報
lines	路線情報

また、例としてbusstopsテーブルの一部を図3に示す。図3のBusStopは全てのバス停に振られた固有のIDを示し、NameとYomiはバス停の名前と読み方を示している。また、PoleListはバス停のポール情報を示しており、下り方面と上り方面

でポールが分かれている場合は1つのバス停に複数のポール情報が保存される。
LineListはそのバス停が属している路線のIDが複数保存される。

```

1  {
2    "BusStop": 484,
3    "Name": '奈良大学',
4    "Yomi": [
5      'ならだいがく',
6    ],
7    "PoleList": [
8      {
9        "Pole": 48421,
10       "Name": '西向きのりば 学園前駅ゆき',
11       "DispName": '西向きのりば 学園前駅ゆき',
12       "Lat": 34.71671,
13       "Lng": 135.783121,
14       "Disp": false,
15       "Color": 4
16     }
17   ],
18   "LineList": [
19     110031
20   ]
21 }

```

図3 バス停情報の一部

案内システムでは、扱う交通データのデータサイズが大きい上に、何度もデータの問い合わせが発生するため、早い処理速度が求められる。そこで、案内システムのデータベースとして、データ取得の処理速度が速いNoSQLデータベースのmongoDBを使用している。奈良交通からバス経路に関する情報をCSVで提供されているため、フォーマット変換するツールを作成し、DBとした。

実装したシステムにアクセスしたとき、トップに表示される画面を図4に示す。



図4 提案システムのトップ画面

4.2 基本機能

対処4の「基本機能の枠組みを作成する」への対応として、システムをWebアプリケーションとして実装した。また、基本機能としてバス経路の表示を実装し

た．次項で具体的な実装方法を説明する．

4.2.1 バス経路の表示

バス経路を表示する手順を説明する．はじめにシステムは4.3節で説明する機能を用いて，最寄りのバス停を検出する．次に，最寄りのバス停情報から，バス停が属する路線情報を取得する．路線情報を元に，出発地から目的地までバスで移動する際に通過する全てのバス停の緯度経度情報を取得する．Google Maps APIに全てのバス停の緯度経度情報を渡し，APIがバス停間を直線で結び，バス経路を表示する．

4.2.2 時刻情報の表示

時刻情報を表示する手順を説明する．はじめに，出発する時刻をリストに保存する．つぎに，4.4項の機能を用いて徒歩経路情報を取得した際に，徒歩での移動時間を取得し，出発地からバス停への到着時刻をリストに追加する．得られた到着時刻を元に，そのバス停から一番早く出発するバスを検索し，その出発時刻と到着時刻をリストに追加する．最後にバス停から目的地までの徒歩移動時間を取得し，目的地への到着時刻を計算し，表形式で時刻を表示する．

4.2.3 Webアプリケーションとしての実装

一からWebアプリケーションを実装するためには，実装すべき機能が多く，実装時間が長くなってしまふ．そこで，フレームワークを用いて，実装時間を短縮することが望ましい．提案システムをフレームワークのRuby on Railsを用いて実装した．

4.3 最寄りバス停位置の検出

対処2の「ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索する」に対応するために，出発地と目的地を入力すると，それぞれの最寄りバス停を取得する機能を実装した．利用者が出発地と目的地をランドマーク名で入力すると，システムはGoogle Maps APIが提供するジオコーディング処理を用いてそれぞれの緯度経度情報を取得する．次に，出発地と目的地の緯度経度情報と，案内システム上にある全てのバス停の緯度経度情報を比較し，2地点間の最短直線距離が短くなるバス停位置を検索する．2地点間の直線距離 d は，出発地と目的地の経度を x_1 ，緯度を y_1 とし，バス停の経度を x_2 ，緯度を y_2 とし，式1によって計算する．

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

このとき、出発地から最寄りのバス停と目的地から最寄りのバス停が、同一の路線上に存在しているか確認する。システムは、同一路線上にあれば目的地までの移動が可能な最寄りバス停と判断する。2つのバス停が同一路線上に無ければ、再度最寄りのバス停を検索する。

4.4 徒歩経路の表示

対処3の「システム上で徒歩経路情報を表示する」に対応するために、出発地からバス停、バス停から目的地、それぞれの徒歩経路を表示する機能を実装した。徒歩経路を表示する手順を説明する。システムは4.3節で説明した機能を用いて、最寄りバス停位置を検出する。次にGoogle Maps APIが提供する経路検索機能を用いて、出発地からバス停までの徒歩経路情報を取得する。システムは、取得した徒歩経路情報をGoogle Maps API上の地図に表示する。出発地からバス停までの徒歩経路を表示した手順と同様に、バス停から目的地までの徒歩経路をGoogle Maps APIから取得し、表示する。

図5に出発地と目的地を入力したときの検索結果の例を示す。



図5 提案システムの経路検索結果

図中の点線は徒歩経路，直線はバスの移動経路を意味している。また，点線と直線が切り替わる2・3番の位置はバス停を意味している。ユーザーは，地図上に表示されている経路を番号に沿って移動することで，目的地へたどり着ける。

5 ケーススタディ

5.1 概要

4章で説明した実装について評価を行う。提案システムを評価するにあたって、システムを実際に運用し、ユーザーに使用してもらうことで評価することが好ましい。しかし、システム運用には実装しなければならない機能が多く、卒業研究の期間内にシステムを運用し、評価することは困難である。そこで仮想的なユーザーを用いるペルソナ法を用いて、システムがユーザーにどのように役立つか評価する。ペルソナ法とは、サービスを利用するユーザー像(ペルソナ)とシステムを利用する際の背景(シナリオ)を想定することで、ユーザーがシステムに求める要件を明らかにする手法である[8]。評価にあたって、バス利用の主な利用者である旅行者と通勤者のペルソナを作成した。

5.2 ユースケース1

5.2.1 ペルソナ

2.5.2節の「最適な最寄りバス停がわからない」や2.5.3節の「徒歩経路がわからない」問題は、旅先の地理情報について詳しくない旅行者にとって顕著であった。そこで、提案システムによって問題点が解決されているか評価するには、旅行者による評価が好ましい。そのため、ユースケース1では旅行者をユーザーとして想定する。

表3に旅行者のペルソナのモデルを示す。

表3 旅行者のペルソナ

属性	詳細
名前	加藤
年齢	60歳
性別	女性
住まい	京都府
生活	夫は働いており、家に1人であることが多い。頻繁に近所の友人と食事や観光に行く。
家族	夫と2人暮らし
PC	夫のPCを週に一回使用する。観光といった情報を調べるだけで他のことはしない初心者。
スマホ	友人との連絡を取るためにほぼ毎日使用している。たいていのことはできる中級者。

5.2.2 シナリオ

加藤さんは、仲の良い友人と2人で奈良市内を観光することにした。観光の予定は特に決めず、京都方面から奈良市内までは近鉄を利用し、近鉄奈良駅まで移動した後、現地でどこへ行くか決めることにした。観光当日、近鉄奈良駅に到着した後、バスに乗って東大寺へ移動することにした。しかし、加藤さんらは奈良の地理についてはあまり知らず、どのバスに乗れば東大寺へたどり着けるかわからなかった。

5.2.3 システムの利用

加藤さんは、どのバスに乗れば良いか調べるために、スマートフォンを用いて提案システムのWebサイトにアクセスした。そして加藤さんは、出発地を近鉄奈良駅、目的地を東大寺と入力しシステムで検索した。システムは近鉄奈良駅から東大寺までの経路を検索し、経路情報を画面に表示した。経路検索結果を図6に示す。加藤さんは、図中のピンに振られた番号に沿って、近鉄奈良駅から東大寺



図6 旅行者による検索結果

までの経路情報を得た。始めに、1番と2番ピン間の徒歩経路情報を見ることで、現在位置から最寄りバス停までの徒歩経路を得た。次に、2番と3番ピン間のバス経路情報を見ることで、バスがどのような移動をするか確認した。これと同時に3番ピンが示すバス停の名前を見て、降車するバス停が「今小路」であることを得た。そして、3番と4番ピン間の徒歩経路情報を見ることで、バス停から目的地までの徒歩経路を得た。また、テキストによる経路案内を見て、降車するバス停名を得た。これらの経路情報を取得するために、加藤さんは、出発地と目的地を入力するという簡単な操作だけ行っている。

5.2.4 考察

加藤さんが提案システムを利用して、出発地と乗車バス停間の徒歩経路と、降車バス停と目的地間の徒歩経路情報を得られなかった場合、徒歩移動が困難となる。そのため、加藤さんは個別に徒歩経路を調べる必要があり、不便さを感じてしまう。そこで、4.4節で説明した徒歩経路を検索する機能を用いて徒歩経路を表示することで、加藤さんが不便さを感じることは無くなる。

また、乗車バス停と降車バス停間のバス経路情報を得られなかった場合、自分の乗るバスがどんな道を移動しているか分からず、不安に感じてしまう。そこで、4.2.1項で説明したバス経路表示機能を用いてバス経路を表示することで、加藤さんは不安に感じることは無くなる。

加藤さんがバスに乗車した後、降車バス停の名前が分からなければ、どこで降りたら良いか分からず、間違ったバス停で降車する恐れがある。そこで、4.3節で説明した最寄りバス停を検索する機能を用いて、バス停の名前を取得して表示することで、このような懸念は無くなる。

5.3 ユースケース2

5.3.1 ペルソナ

5.2節で想定した利用者は旅行者であった。旅行者は旅行するときのみ提案システムを利用するため、提案システムの利用頻度は低い。そこで旅行者とは反対に、提案システムの利用頻度が高い通勤者をユースケース2のユーザーとして想定する。通勤者のペルソナを表4に示す。

表4 通勤者のペルソナ

属性	詳細
名前	佐藤
年齢	35歳
性別	男性
住まい	奈良県
生活	自宅から近い会社にバスを利用して勤務している
家族	結婚していて子供は1人
PC	趣味や仕事に使用しており、ほぼ毎日使用している。説明書を見れば、たいいていのことはできる中級者。
スマホ	毎日、家族の連絡に使用している。つい最近使用し始めたため、操作方法になれていない初心者。

5.3.2 シナリオ

佐藤さんは奈良県に住む35歳の男性で、毎日自宅から会社までの通勤にバスを利用している。佐藤さんは帰宅する前に必ず自宅に到着する時刻を調べて、奥さんに伝えている。

5.3.3 システムの利用

佐藤さんは、会社のPCから提案システムのWebサイトにアクセスする。佐藤さんは、出発地として会社の住所、目的地として自宅の住所を入力し、システムで検索する。図7にシステムの検索結果を示す。



図7通勤者による検索結果

佐藤さんは、旅行者のペルソナとは異なり、日常的にバスを利用している。そのため佐藤さんにとって、バス停の位置や徒歩経路といった情報は既知であり、知りたい情報ではない。システムが計算した自宅の到着時刻を見て、その時刻を奥さんに伝える。

佐藤さんは自宅の「奈良県奈良市四条大路4丁目」に到着する時刻は18:42:00であることを得た。

5.3.4 考察

佐藤さんは、バスを利用して会社から自宅へ移動したときの到着時刻を調べるためにシステムを利用している。そのため、到着時刻に関する情報が得られなければ、加藤さんがシステムを利用する価値は無くなってしまう。そこで、システムは時刻を計算する機能を用いて到着時刻を計算し、表示する。

6 おわりに

本研究では、総合的な経路案内システムに存在する問題点を解決することを目的とし、交通機関が運用する案内システムから提供されるデータと地図APIを組み合わせた総合的な経路案内システムを提案した。提案システムは4つの問題に対して、案内システムから提供されるデータを用いること、ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索すること、システム上で徒歩経路情報を表示すること、基本機能の枠組みを作成することで対処する。

システムの実装はWebアプリケーションとして行った。提案システムの実装に必要な時間が大きいため、問題点への対処法のうち「ランドマークの名前から最寄りのバス停を検索する」「システム上で徒歩経路情報を表示する」「基本機能の枠組みを作成する」のみ実装した。

本稿では実際に提案システムを運用し、評価することが困難であった。そこで提案システムに対し、仮想的なユーザー像(ペルソナ)とユーザーがシステムを利用する際の行動や背景(シナリオ)を想定し、提案システムの機能がどのように役立つか評価した。その結果、最寄りのバス停を検出する、徒歩経路を表示する、バス経路を表示する、到着時刻表示できることを確認した。本研究が対処する4つの問題のうち、最適な最寄りバスが分からない、徒歩経路情報が提供されていない問題と複数の交通機関が基本機能を開発している問題の一部を解決した。

本稿では、実装できた基本機能についてのみ評価した。そのため、実装していない基本機能については評価しておらず、提案システム全体の評価としては不十分である。そのため、乗り換え案内機能や料金表示機能といった基本機能を実装し、再度ペルソナ法によってシステムを評価することが今後の課題として挙げられる。また、交通データ取得部分と経路案内機能を切り離して実装することも課題として挙げられる。これによって、提案システムが他の交通機関でも経路案内が可能となる。そして、複数の交通機関のデータを経路案内システム上に保存する必要がなくなり、問題点1の「データ管理コストが大きい」を解決できる。

本研究の今後の発展として、実際のユーザーを対象にシステムを公開し、評価することを考えている。そのためユーザーによる評価を行える地域の交通機関を選択するべきであり、本研究では奈良県のバス事業者の奈良交通を対象としている。実際のユーザーを対象にシステムを公開し、そのログデータを分析することで、ユーザーが経路情報を取得するまでの操作履歴が得られる。そして、徒歩経路情報が見つらく地図の操作が多いのようなデータが得られれば、徒歩経路情報を大きく表示するといったように、経路情報をより分かりやすく情報を提供するための有用な知見が得られると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々のご助力をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

指導教員である上野秀剛准教授には、研究を進めるにあたって助言をいただきました。さらにお忙しい中、何度も論文の確認を行っていただき、的確なご指導をいただきました。ここに深謝の意を表します。

また、査読教員である松尾賢一教授をはじめ、山口智浩教授、山口賢一教授には大変貴重な助言を賜りました。心より感謝いたします。

上野研究室の皆様には、日常の議論を通じて大変参考になる意見をいただきました。また、研究以外の学生生活においても様々な助言をいただきました。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 国土交通省, “バスの車両数、輸送人員及び走行キロ”, <http://www.mlit.go.jp/common/000117169.pdf>, (参照: 2017-12-12).
- [2] 国土交通省, “地域公共交通に関する最近の動向等”, <http://www.mlit.go.jp/common/001134509.pdf>, (参照: 2017-12-12).
- [3] 嶋原育子, 山田稔, 齋藤修, 兼子恭平, “利用者位置から検索するバスナビゲーションシステムに関する研究”, 土木学会論文誌(土木情報学), Vol.70, No.2, I_293-I_302 (2014).
- [4] Foell S, Kortuem G, Rawassizadeh R, Handte M, Iqbal U, Marron P, “Micro-Navigation for Urban Bus Passengers: Using the Internet of Things to Improve the Public Transport Experience”, Proceedings of the The First International Conference on IoT in Urban Space, pp. 1-6 (2016).
- [5] Google, “GTFS とは”, <https://developers.google.com/transit/gtfs/?hl=ja>, (参照: 2017-12-19).
- [6] 国土交通省, “標準的なバス情報フォーマット”, <http://www.mlit.go.jp/common/001179007.pdf>, (2017).
- [7] “つつじバス / 鯖江市|WEB API データ”, <http://www.city.sabae.fukui.jp/users/tutujibus/web-api/web-api.html>, (参照: 2018-1-9).
- [8] Alan Cooper, Robert Reimann, David Cronin, “About Face3 インタラクシオンデザインの基礎”, アスキーメディアワークス, (2008).