

経路編集を用いた乗換案内における経路探索方式

清水 祐弥[†] 小林 亜樹^{††}

[†] 工学院大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻 〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2

^{††} 工学院大学工学部情報通信工学科准教授 〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2

E-mail: [†]cm15011@ns.kogakuin.ac.jp, ^{††}aki@cc.kogakuin.ac.jp

あらまし 乗換案内サービスは、システム側で予め用意された評価軸を選択することにより利用者の条件に見合った経路を推薦する。しかし、実用では用意されたいずれの評価軸でも下位となる経路を必要とする場合もあり、そのような状況下で経路を発見することは難しい。本論文では、情報システムによる候補経路の提示に対し、利用者にとって満足のいかない部分経路を変更する経路編集式乗換案内を提案する。本方式は、経路変更を容易とすると同時に変更経路の候補を比較しやすくするようなインタフェースを持つ。また、本論文では試作システムの実装についても説明し、目的の経路を発見するまでの操作における有用性について、既存の乗換案内に用いられているインタフェースと比較することにより評価を行う。

キーワード 乗換案内, インタフェース, 情報推薦

1. はじめに

公共交通が複雑化している日本の都市部において、公共交通、特に鉄道の円滑な利用をナビゲートするサービスが利用されている。このサービスは一般に“乗換案内”と称され^(注1)、主にウェブページや携帯電話・スマートデバイス向けアプリケーションとして提供されている。

既存の乗換案内は、発着駅、日時、評価軸などを入力とし、結果のうち上位数件を画面上に提示する。しかしこのシステムは、評価軸をシステム側から提示することからシステム側で想定していないような外的評価軸を考慮した経路を導出することが難しく、このような場合においてシステムは利用者が納得するような経路を導出できなくなってしまう。

本論文では、システム側で持ち合わせていない外的評価軸をシステム側に伝える経路編集式乗換案内の実現へ向けて、利用者の希望をシステム側に伝え、提示する経路へ反映可能な入力インタフェースを提案する。また、本提案を用いた試作プログラムの実装および評価実験を行い、目的の経路を発見できるまでの時間を測定し、提案手法が利用者が求める経路の導出に役立つかどうかを検証する。

2. 乗換案内

乗換案内とは、利用者が移動開始地点から目的地までの経路に対し不明な点を持っている場合において、移動開始前に目的地までに利用する公共交通機関の順序や乗車区間を検索するためのサービスである。複雑に絡み合った都市の公共交通ネットワークを予め理解している利用者はまれであることから、このようなサービスが多用されている。

2.1 乗換案内に関する既存研究

乗換案内は利用率の高さから交通行動に及ぼす影響が無視できないと考えられており、実際の乗換案内サイトの利用形態についてまとめた研究[1][2]が存在する。

乗換案内サービスに関する研究は、主に経路探索アルゴリズムにおける研究と、表示インタフェース面での研究の2つに分類される。前者は近畿日本鉄道[3][4]や株式会社駅探[5][6]による経路探索アルゴリズムや、バスネットワークに特化した経路探索システムに関する研究[7][8]などが存在する。しかし、現在運用中の探索アルゴリズム自体は企業毎に蓄積された経験則に基づいて構成されていることから、近年において運用中のアルゴリズムについて論文等で発表されたものは確認できない。

一方、後者は利用者による使い勝手に影響を及ぼしやすいことから企業により常に改善が図られており、近年ではJR東日本による駅設置型端末およびタブレット端末向け乗換案内システムRouteFinderの開発[9]などが挙げられる。また、検索結果の多様な可視化を目的とした研究[10]が存在するが、検索結果表示のためのマッピングルールをユーザ要求にどのように合わせるかについては検討段階となっている。

このほか、利用者の移動状況を推定し次に利用するであろう経路の情報を提示する研究[11]や、輸送障害発生時において運行状況に対応した経路情報[12]-[14]や振り替え経路情報[15]を利用者に提供する研究が存在し、利用者がより簡単に必要な情報を手に入れられるようなシステムが提案されている。

筆者らは、これまでに乗換案内の結果画面を見やすくするための研究として、ダイアグラム式乗換案内[16]や乗換案内結果の集約化インタフェース[17]を提案している。本論文ではファセット式経路比較表示[18][19]を発展させ、これについて実システム上で動作する実装および評価について述べる。

2.2 既存システムの構成

既存の乗換案内のシステム構成を主にインタフェースの面から示す。ここでは例としてYahoo!経路情報の乗換案内サービ

(注1): 本来“乗換案内”という単語はジョルダン株式会社が販売している公共交通機関案内システムを指すが、ここでは一般の呼称に習いこのようなサービス全般を指す単語として用いる。



図 1 既存の検索画面

スの画面を使用して説明する。

システムはまず、検索条件を入力する画面を表示する。ここではこの画面を検索画面(図 1)と呼ぶ。利用者は表示された検索画面内に経路探索に必要な情報、ここでは移動を開始する駅(以下、起点駅)と目的地となる駅(以下、終点駅)、経路利用を開始または終了する時刻、及び表示順序を決定するための評価軸を入力する。評価軸には多くの場合、終点駅へ最速で到達する経路、途中駅で列車同士を乗り継ぐ回数の少ない経路、起点駅から終点駅まで最安値で行くことのできる経路という 3 つの評価軸が用意されている。ここではそれぞれを「最速経路」、「最楽経路」、「最安経路」と呼ぶことにする。

全ての入力終了したら、利用者が検索ボタンを押すと、システムは検索条件に従って経路探索を行い、導出された経路を評価軸に従って昇順に整理する。

続いて、システムは順列された経路の集合を順番に画面上に表示する。ここではこの画面を結果画面(図 2)と呼ぶ。現在国内で運用されているサービスでは、多くは表形式により縦に並べて表示する。利用者は画面を縦方向にスクロールすることで経路同士を比較し、納得する経路が存在する場合は利用を終了し、納得する経路が存在しない場合は検索画面に戻り条件を変更、再び検索を試みる。この操作は一般に再検索と呼ばれる。

2.3 既存システムの問題点

このシステムの問題点は、利用者が検索画面に入力を行う時点において、表示された選択肢から評価軸の情報を入力していることにある。

既存の乗換案内では、情報システムがデータベースから適した経路を導き出せるような評価軸を予め用意しておき、これを提示して利用者に選択させることで、検索に用いる評価軸をシステム側に明示している。このような評価を情報システム内在情報による評価と呼ぶ。

一方で利用者側は多くの場合において、システム側から提示される評価軸に加えて複数の評価軸を組み合わせてることにより



図 2 既存の結果画面

経路を評価しようとしている。既存の情報システムで評価することができない情報を情報システム外在情報と呼ぶ。問題となるのは、情報システム内在情報だけでなく情報システム外在情報を加えて評価した結果でしか満足いく経路を適合上位の経路として導き出すことが出来ない状況である。

一つ事例を示す。恵比寿駅を 12:00 に出発し、小田原駅へ向かう利用者がおり、この利用者は日頃から東急東横線をよく利用するため、乗換の慣れている渋谷駅で東急東横線に乗り換える経路を検索しようと考えている。このとき利用者がシステムに伝えることのできる情報は、“始発駅：恵比寿”、“終着駅：小田原”、“出発時刻：12:00”、“経由駅：渋谷”であるが、路線を指定するようなインターフェースはないため、“渋谷駅で東急東横線に乗り換える”という情報はシステムに入力することができない。また、経由駅はあくまでこの駅を経由することを指定するものであり、この駅で乗り換えることを示すことはできない。

この入力条件における最速経路および最楽経路は湘南新宿ライン経由、最安経路は小田急線経由となり、希望の経路は下位となるため結果画面上には表示されず、発見することはできない(図 3)。このとき、利用者は希望の経路に絞り込むため、入

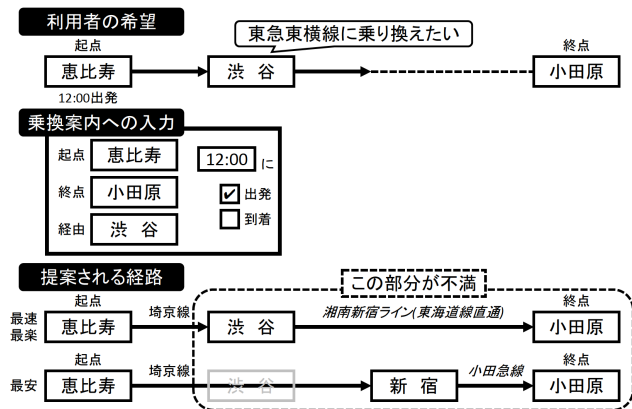


図3 “恵比寿から小田原”の検索例

力できなかった条件と等価となる条件を情報システム内在の評価軸を用いてシステムに伝える方法を考える必要がある。一般にこのような操作は検索結果を見た上で条件を変更し再検索を繰り返すことにより実現される。これは利用者にとって負担が大きく、システムが利用者が納得するような経路を導き出せているとは言えない状況であることは明らかである。

当然ながら、利用者が利用したい路線に関する情報を熟知しており、情報システム内在の評価軸を用いてシステムに伝える方法を知っていれば、最終的に全ての経路の提案が可能であるとも言える。例えば、この例においては渋谷の次の経由駅に“菊名”を追加することで、渋谷で東急東横線に乗り換える経路が表示される。しかし、このような場合はまれであり、利用者に対する負担増となることから現実的ではない。

3. 提案手法

本論文では、利用者が情報システム内在情報と情報システム外在情報を安易に組み合わせることができるような手法を提案する。予めシステム側で用意されている検索軸での検索結果と、利用者の主観による検索条件に関する情報をシステム側にスムーズに伝えられるようなインタフェースを組み合わせることで、利用者の条件に見合った経路を適合上位とし、満足のいく経路の発見を容易にすることを目指す。

3.1 システム外在情報による追加ふり分けの適用

本論文では、情報システム内在情報は既存システムの評価軸にとどめた上で、利用者の不満をくみ取る別の手段と組み合わせることで別の検索結果を提示する手法を提案する。

既存の再検索操作のように、単純に情報システム内在の評価候補の適合性をフィードバックするだけでは、既存の評価軸に合致しないような目的経路を提示することは難しいと言える。そこで本論文では、まず情報システム内在情報による評価軸を用いてふり分けを行い、更にシステム側で存在しない評価軸に関する情報を付加し追加のふり分けを繰り返すことで、最終的に満足のいく経路を得るシステムを提案する。情報システムは検索アルゴリズムやパラメータについて利用者の情報要求に既存システム以上に適応する必要がないため、既存のシステムはそのままに効率的な経路探索が可能となる。

3.2 システム内在情報の評価軸

情報システム内在情報の評価軸には、既存システムと同様に“最速経路”“最安経路”“最楽経路”の3種類の評価軸を用いる。これは、既存システムの評価軸は既に多くの乗換案内サービスで利用されていることから多くの利用者が共通して求めている評価軸であると考えられることから、本システムにおいても多数の可能経路からのふり分けに用いる評価軸として有用であると言えるためである。利用者はこの評価軸と他の評価軸を組み合わせ経路を探索する。

3.3 経路編集によるシステム外在情報の入力

既存システムでは、利用者は情報システム内在情報による提案経路に対して、図3のように経路のある部分のみ希望と合致しない場合においても、最初に入力した検索条件を変更し再検索を行っていたが、これは利用者の要求を正確に伝えていなかった。そこで本論文では、利用者は情報システム内在の評価軸により提示された候補経路から、利用者が不満である一部区間(ここでは部分経路と呼ぶ)を指定し、比較しながら編集を繰り返すことで、情報システム外在の評価を追加し、最終的に満足のいく経路を発見する手法を提案する。ここではこの手法を“経路編集”と呼ぶ。既に情報システムにより一般的なふり分けが済んでいるため、効率的に且つ発見性のある経路選択を実現できる。また、経路中の不満な部分を明らかにすることで、利用者にとっては変更したい区間のみに選択肢が限られることになり、満足いく経路の発見に更なる効率化を実現できる。

3.4 結果画面のインタフェース

本論文における提案手法では、結果画面上に既存の表形式による経路表示領域に加えて、不満な部分経路を入力するための経路編集領域を設けることで、情報システム内在の評価軸の選択に加えて情報システム外在情報による条件の入力を実現する。実際のインタフェースについては4章にて詳しく説明する。

4. 実装

提案手法が情報システム外在情報の円滑な入力を可能にすることにより、利用者にとって納得いく経路の選択に役立つかどうかを検証するため、検証用インタフェースの実装を行った。なお、本システムの検索画面では、既存の乗換案内インタフェースと同様に、起点駅と終点駅、および経由駅(任意)と駅の時刻を入力する。

4.1 検索結果表示画面

検索を実行すると、システムは経路探索を行い、結果画面(図4)を表示する。結果画面は上部の基準経路選択領域(以下、基準選択領域)と下部の経路編集領域(以下、編集領域)を縦に並べて表示する。

4.2 経路編集操作

基準選択領域で各評価軸から基準とする経路を選択し、編集領域で部分経路を選択することにより経路編集を行う。

編集領域での操作を図5に示す。編集領域では、基準経路上に存在する駅を直線状に表示している。駅はそれぞれ1駅につき1つのノードとして表現されており、起点駅および終点駅は黒の矩形で、列車を乗り換える駅は青の矩形で、列車は停車す

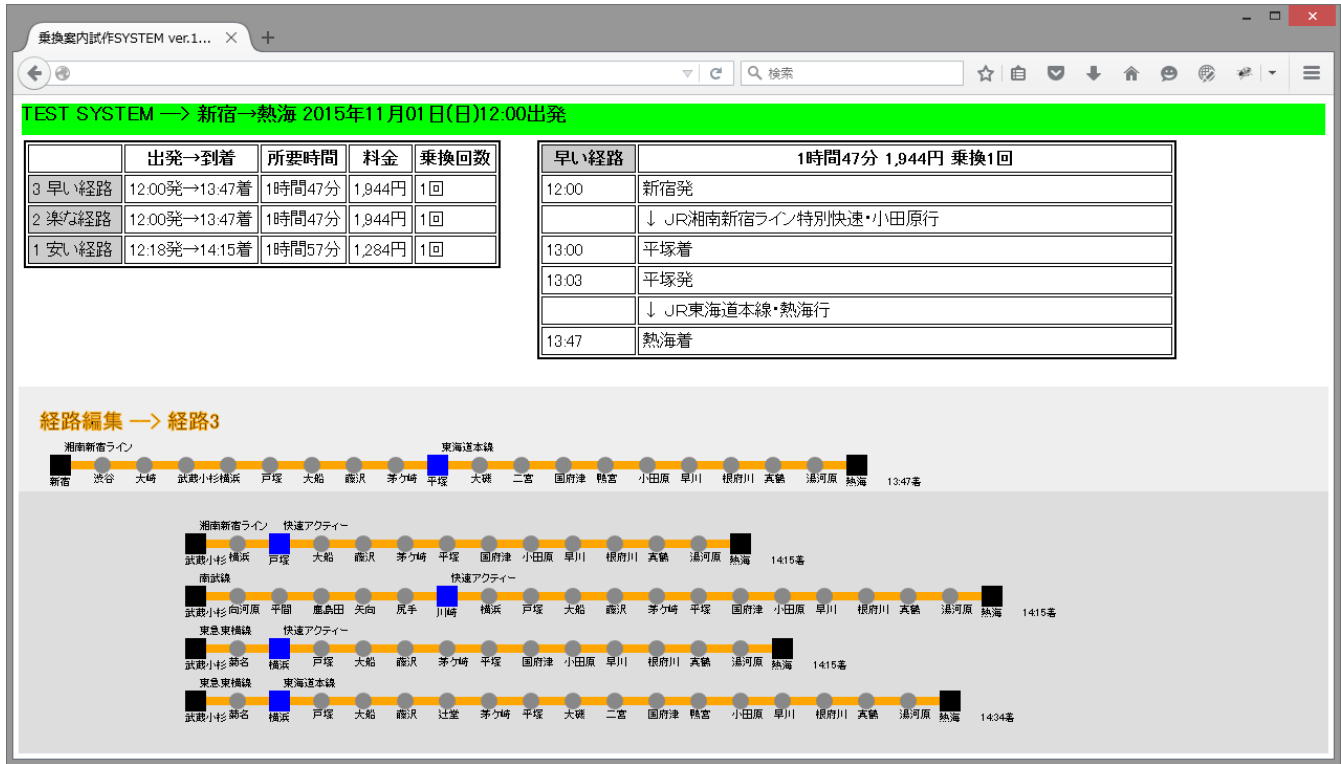


図 4 提案手法の結果画面

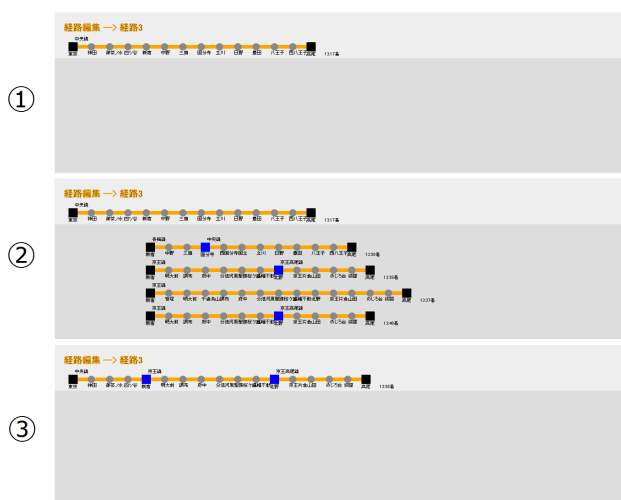


図 5 経路変更操作

るが乗換をしない駅は灰色の円形でそれぞれ表示されている。利用者は経路に不満がある場合、不満のある部分経路の起点となる駅のノードを選択することにより、選択された駅を起点とし終点駅を終点とする経路の候補を基準となる部分経路の下部に表示する(図5内②)。利用者はこれを比較し、より納得のいく部分経路を選択する(図5内③)。この操作により、システムは選択された部分経路を経由する新たな経路を案内する。

5. 評価実験

既存の乗換案内に準じた表示を行う比較手法を2種類と提案手法を用いた試作システムを用意し、経路探索の所要時間を比

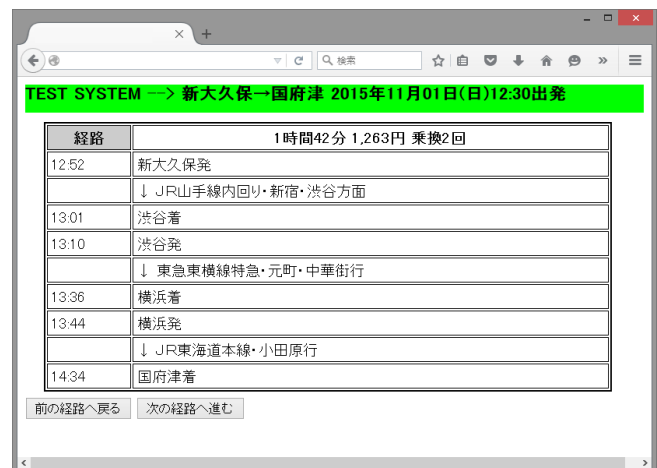


図 6 ページ遷移型インタフェース

較することで、提案手法の部分経路変更操作が希望の条件に合致する経路の探索時間を短縮するのに有効かどうかを検証する。評価指標には、実験参加者が検索ボタンを押してから、問題として設定した経路を発見するまでの所要時間を用いる。

本評価実験においては評価対象を経路選択インタフェースに限定しているために利用者の主観的評価軸については考慮せず、また提案手法における基準経路の選択については評価に含めない。経路編集手法が利用者が希望する条件の経路の発見に役立つかどうかを、操作にかかる時間の側面によって検証する。

5.1 比較インタフェース

本実験には比較手法である“ページ遷移型”および“縦順列型”と、提案手法である“経路変更型”の3種類のブラウザ表示型経路表示インタフェースを用いる。

TEST SYSTEM → 新大久保→国府津 2015年11月01日(日)12:30出発

経路1	1時間17分 1,490円 乗換1回
12:52	新大久保発
	↓ JR山手線内回り・新宿・渋谷方面
12:54	新宿着
13:00	新宿発
	↓ JR湘南新宿ライン特別快速・小田原行
14:09	国府津着
経路2	1時間30分 1,490円 乗換2回
12:39	新大久保発
	↓ JR山手線内回り・新宿・渋谷方面
13:00	品川着
13:05	品川発
	↓ JR東海道本線・熱海行
13:58	平塚着
14:00	平塚発
	↓ JR湘南新宿ライン特別快速・小田原行
14:09	国府津着
経路3	1時間34分 1,757円 乗換2回
12:35	新大久保発
	↓ JR山手線外回り・池袋・上野方面
12:37	高田馬場着
12:42	高田馬場発
	↓ 西武新宿線・西武新宿行
12:45	西武新宿着

図 7 縦順列型インタフェース

5.1.1 ページ遷移型インタフェース

これは、システム側が提案した経路を 1 経路づつ順番に表示するインタフェースである。

検索実行後、まず 1 経路目 (ここでは最速経路) の経路詳細表示 (表形式) と、別の経路を表示するためのボタン「前の経路へ戻る」「次の経路へ進む」が表示される。表示されている経路に不満がある場合、「次の経路へ進む」ボタンを押すことで次の候補経路を、「前の経路へ戻る」ボタンを押すことで前の候補経路を表示する。

この操作を繰り返し、表示されている経路が条件に見合った経路である場合、検索を終了する。なお、ここでは表示順序は早い経路 1 → 早い経路 2 → 早い経路 3 → 安い経路 1 → (中略) → 楽な経路 1 → … という順番としている。

5.1.2 縦順列型インタフェース

これは、検索結果画面上に複数の提案経路を表形式で縦に並べてして表示するインタフェースである。

検索実行後、まずシステム側で導出された 9 経路 (早い 3 経路、安い 3 経路、楽な 3 経路) の経路詳細表示 (表形式) が、縦方向に順列して表示される。表示開始時点ではページ最上部が画面上に表示され、表示されている経路に不満がある場合、画面上を下方向にスクロールすることにより次の経路が画面上に表示される。

この操作を続け、画面上に表示されている経路が条件に見合った経路である場合、検索を終了する。表示順序はページ遷移型インタフェースと同様としている。

5.1.3 経路変更型インタフェース

本論文における提案手法を用いたインタフェース。結果画面

上に基準となる 1 経路およびこの経路を変更するための簡易図を表示する。

検索実行後、まず 1 経路 (ここでは最速経路) の経路詳細表示 (表形式) と、その経路の起点駅から終点駅までの途中駅順序および利用路線を直線で示した編集領域を表示する。表示されている経路が条件に合致していない場合、経路編集を行うことにより表示経路が変更される。

この操作を続け、画面上に表示されている経路が条件に見合った経路である場合、検索を終了する。

5.2 実験環境

実験はデスクトップパソコン 1 台およびこれに接続されているモニター 1 台、入出力用のマウス 1 個により行う。予め条件の書かれた問題冊子を配布し、これをモニタの前に置きいつでも参照できる環境下で実施する。本実験では結果画面上での操作のみを評価対象としていることから、検索画面で用いられるキーボードは本実験では使用しない。

5.3 問題経路シナリオ

本実験では利用者がよく利用していて慣れている乗換駅と乗換路線があることを想定し、起点・終点・乗換駅とその乗換駅で乗り換える路線を指示する 3 シナリオを用意した。比較インタフェースでの発見のしやすさを比較対象とするため、それぞれの条件を、

- (1) 最速経路
- (2) 最安経路
- (3) 3 評価軸いずれの最良にも該当しない経路

とし、且ついずれのインタフェースでも結果画面に表示される経路を設定した。用意した経路シナリオは以下の 3 通りである。

- シナリオ 1：最速経路
南与野から八王子まで移動します。「武蔵浦和から武蔵野線を利用する経路」を発見してください。
- シナリオ 2：最安経路
市ヶ谷から高尾まで移動します。「新宿から京王線を利用する経路」を発見してください。
- シナリオ 3：いずれの最良にも該当しない経路
国府津から新大久保まで移動します。「横浜から東急東横線を利用する経路」を発見してください。

5.4 実験手順

まず、実験参加者に対しそれぞれのインタフェースの操作方法について説明するためにチュートリアルを実施する。これはページ遷移型インタフェース・縦順列型インタフェースが比較的既存の乗換案内の操作に近いこと、実験参加者が慣れている可能性があり、対して経路変更型インタフェースが実験参加者にとって経験のないインタフェースとなることから、実験環境に慣れるまでの時間に差異が発生する可能性が捨てきれないためである。経路変更に対する操作性のみを評価指標として取り入れるため、まずは実験参加者に一通り操作を体感してもらい、経験の差異を減らすようにする。

続いて、実験参加者に経路要件を提示し、実験を実施する。検索画面における入力の実験実施前に実験実施者が行ったものを用い、入力内容は全てのインタフェースにおいて起点駅、終

表 1 平均所要時間 [s]

	ページ遷移型	縦順列型	経路変更型
シナリオ 1	7.0	8.3	9.3
シナリオ 2	13.7	8.6	15.3
シナリオ 3	19.1	10.7	18.0

点駅、時刻のみとし、経由駅は設定しない。また、全ての実験において指定する時刻は同一とする。実験参加者には各インタフェースを用いて指定した条件に合致した経路を探索してもらい、検索画面上で検索ボタンを押してから、実験参加者が条件に合致する経路を発見し実験実施者へ申告するまでの時間を計測する。

本実験では、インタフェースの利用順序およびシナリオの順序により実験参加者の経路知識に差異が出ないようにするため、グレコラテン方格法を適用する。

6. 実験結果

実験参加者は、日頃よりマウスを使用してコンピュータを利用している 36 名の大学生および大学院生である。全 36 名から 3 種類のインタフェースを用い 3 シナリオの実験を実施し、合計 324 データを取得した。実験所要時間はチュートリアルから全シナリオの計測終了まで約 10 分であった。

6.1 平均所要時間

最初に、各インタフェースにおける経路シナリオ毎の平均所要時間を表 1 および図 8 に示す。

ページ遷移型インタフェースにおいては、シナリオ 1 の所要時間が最少であり、次いでシナリオ 2、シナリオ 3 と所要時間が増加した。縦順列側インタフェースでは、シナリオ 1 からシナリオ 3 にかけて増加している点についてはページ遷移型と同様だが、その増加度合はページ遷移型と比較すると減少した。経路比較型インタフェースでは、シナリオ 1 からシナリオ 3 にかけて増加している点についてはページ遷移型と同様だが、シナリオ 1 とシナリオ 2 の差分よりもシナリオ 2 とシナリオ 3 の差分の方が少ない。また、シナリオ 3 においては、ページ遷移型と比較すると経路変更型の方が所要時間が短くなっている。

6.2 所要時間標準偏差

次に、経路シナリオ毎に各インタフェースにおける所要時間の実験参加者間の標準偏差を図 9 に示す。

ページ遷移型インタフェースにおいては、全てのシナリオにおいてほぼ一定の偏差が得られた。縦順列型インタフェースでは、最速経路であるシナリオ 1 でのみ偏差が大きく、また経路変更型インタフェースでは、3 評価軸いずれにも該当しないシナリオ 3 のみ偏差が大きくなった。

6.3 所要時間の差分分布

最後に、提案手法の経路変更型インタフェースでの所要時間を、比較手法のページ遷移型インタフェースおよび縦順列型インタフェースでの所要時間と実験参加者毎に比較し、人数の分布を求めた。

図 10 は提案手法の経路変更型インタフェースと比較手法のページ遷移型インタフェースを比較したものである。シナリオ

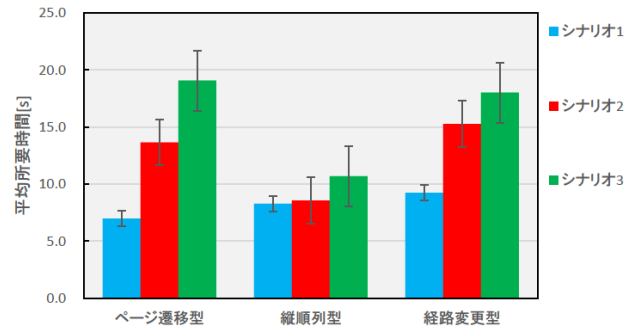


図 8 シナリオ毎の平均所要時間

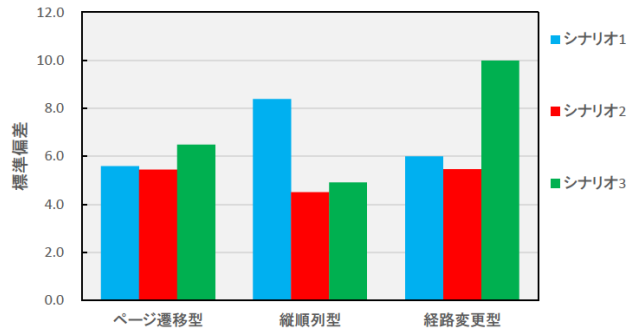


図 9 シナリオ所要時間の標準偏差

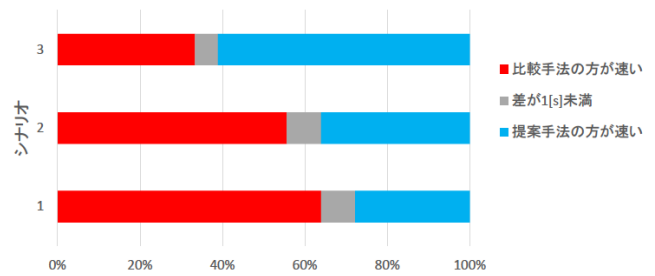


図 10 対ページ遷移型での人数分布

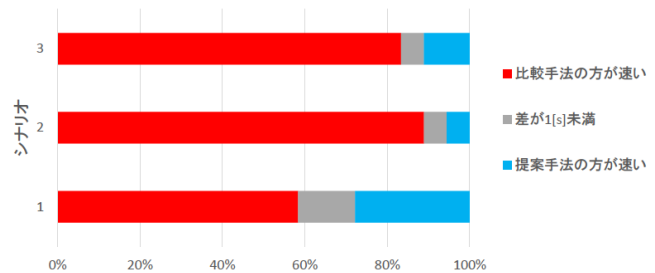


図 11 対縦順列型での人数分布

1 および 2 ではページ遷移型インタフェース、シナリオ 3 においては経路変更型インタフェースの方が、所要時間が短い実験参加者が多い結果となった。

図 11 は提案手法の経路変更型インタフェースと比較手法の縦順列型インタフェースを比較したものである。いずれのシナリオにおいても縦順列型の方が所要時間が短い実験参加者が多い結果となった。

7. 考 察

7.1 探索所要時間の構成要因

実験結果を基に、探索所要時間を構成する時間コストの要因を見積もることで、経路変更型インタフェースが所要時間の面で有利となる条件などについて考察する。

7.1.1 実験参加者毎の所要時間増減

各実験参加者における経路変更型インタフェースでの所要時間を他インタフェースでの所要時間と比較し、考察する。

図 10 のページ遷移型との比較では、シナリオ 3 において所要時間が短縮された実験参加者が増加した実験参加者を上回った。一方で図 11 の縦順列型との比較では、いずれのシナリオにおいても所要時間が短縮された実験参加者の方が多い結果は得られなかった。ここから、ページ遷移型および経路変更型に存在し、一方で画面遷移型には存在しないような行動があり、これが利用者の経路探索の所要時間に影響を与えていると考えられ、特にシナリオ 3 において経路変更型が優位になるよう影響を与えていると推察できる。

7.1.2 平均所要時間の比較

経路探索時間に影響を与える行動について推察するため、図 8 より各インタフェースにおけるシナリオ毎の平均所要時間について考察する。

ページ遷移型と経路変更型はいずれもシナリオ間で所要時間に差が生じているが、シナリオ 2 とシナリオ 3 の差分においては経路変更型の方が小さいことが分かる。ページ遷移型では、シナリオ 1 の経路は最速経路であるため検索画面表示開始時に既に表示されているのに対し、シナリオ 2 の経路は最安経路であるため 4 番目に、またシナリオ 3 の経路は最速・最安・最楽いずれにも当てはまらない比較的安い経路のため最安経路の後、比較手法では 5 番目に表示される。一方で経路変更型では、シナリオ 2 および 3 で最低限必要な操作はいずれも部分経路の変更 1 回である。ここから、ページ遷移型では正解となる経路を表示するまでに描画される経路の数が増えるにつれて所要時間が増加している一方で、経路変更型では操作数が変わらないことにより所要時間の増加がページ遷移型と比較して抑えられたと言える。

一方で縦順列型では、シナリオ間での平均所要時間の差分は小さい。ページ遷移型および経路変更型ではボタンや画面操作であったのに対し、縦順列型では同画面上のスクロール操作により次の経路表示に移動するため、視線をあまり動かすことなく経路の変更が可能である。ここから、他手法と比較して表示経路数に対する認識にかかる時間が少なく、シナリオ間での差分がほとんど発生しなかったと考えられる。

よって、視点を固定した状態での上下方向のスクロールの時間コストは小さく、一方で画面内の視点移動や画面再描画後の画面内探索には比較的大きな時間コストを消費すると仮定することができる。

7.1.3 探索所要時間の推測

各インタフェースにおける画面描画数と各試行における探索所要時間の回帰直線を求め、これについて考察する。

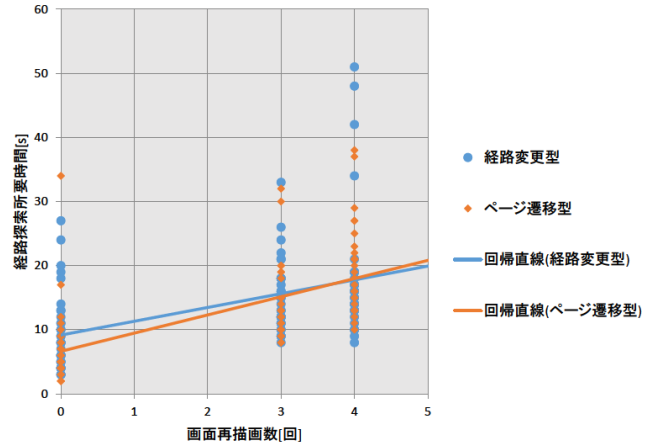


図 12 ページ遷移型と経路変更型における回帰直線

横軸に画面再描画数^(注2)、縦軸に探索所要時間を取ると、ページ遷移型の相関係数は 0.447 であり、正の相関があると言える。ここから、画面再描画数を説明変数、探索所要時間を目的変数として回帰式を求めると、

$$y = 2.84x + 6.63 \quad (1)$$

となる(図 12)。式 (1) は、求める経路の評価軸での順位が 1 位下がる毎に画面再描画数が増えることで、2.84 秒の時間コストが発生すると見ることができる。

一方、経路変更型の相関係数は 0.634 で、同様に正の相関があると言える。また、回帰式は、

$$y = 2.15x + 9.16 \quad (2)$$

である。経路変更型ではシナリオ 2 および 3 において導出までに必要な操作の内容は同じであることを考慮すると、シナリオ間の所要時間の差異は求める経路の複雑さによるものであると仮定することができる。求める経路のページ遷移型での評価軸の順位が 1 位下がる毎に経路の複雑さが増すことで、2.14 秒の時間コストが発生すると見ることができる。

式 (1)、(2) の交点における画面再描画数(順位)は、

$$x = 3.67 \quad (3)$$

である。よって、評価軸での順位が 4 下がる経路、つまり 5 位以下の経路については、ページ遷移型よりも経路変更型インタフェースで部分経路変更 1 回を要する操作の方が経路探索の所要時間が短くなると推測できる。特に利用者が複数の評価軸を持つ場合においては、情報システム内在による評価軸での提案では合致する経路が実験以上に下位に表示されることが予想されるため、このような状況においてページ遷移型よりも経路変更型の方が所望の経路を短時間で発見可能であることが示唆された。

本実験においては、平均所要時間は $x = 4$ の場合において経路変更型の方が短かった。 $x > 4$ における測定は今後の課題とする。

(注2) : ここで示す画面再描画数とは、各シナリオの正解経路においてページ遷移型での評価軸における順位から求めたものを指す。

7.1.4 経路探索における行動の所要時間推測

ページ遷移型インタフェースにおいては、経路の評価軸が1位下がる毎に1回の画面再描画に伴う画面内探索が発生すると考えられる。式(1)より、画面再描画1回にかかる時間コストは2.84秒と推測できる。

一方で、経路変更型インタフェースにおいては、1回の経路探索で行われる操作の内容はいずれも同一である。画面の再描画は1回しか行われないため、残りの時間コストは視点移動によるものだとすると、式(2)より経路の評価軸が1位下がる毎に2.15秒の視点移動の時間コストが加わることであり、特に評価軸で下位の経路については経路変更型における所要時間増加の要因の大部分を視点移動の時間コストが占めていると言える。ここから、本インタフェースにおける所要時間の短縮には視点移動時の目標となる場所をいかに発見しやすいかが重要であると推察される。移動目標を認識しやすくするには、文字や駅を示すノードの大きさ、色、形などの要素が考えられ、これらは今後の検討課題とする。

7.2 インタフェースへの慣れが与える影響

実験結果の標準偏差より、インタフェース毎に操作にもたつきが出やすい状況を考察し、インタフェースへの慣れが探索時間に与える影響について推察する。

7.2.1 シナリオ間偏差の考察

図9より、操作時間にばらつきの出たシナリオから、このインタフェースの特徴を推察する。

ページ遷移型では、いずれの経路でも偏差は一定である。これはいずれのシナリオにおいてもボタン操作のみ且つ1経路ずつ確認ができることから操作パターンが単純であり、多くの実験参加者が同様の操作により確実に経路を発見したためであると推察する。

経路変更型では、シナリオ3のみ偏差が大きい。シナリオ3の経路はシナリオ1および2の経路と比較すると乗換回数が多い経路が解答となる。ここから、経路変更型では比較する経路が複雑化すると、慣れた利用者と時間がかかる利用者で所要時間のばらつきが大きくなると言える。

なお、縦順列型ではシナリオ1のみ偏差が大きい。これは縦順列型では結果画面表示時に画面中央部に経路2が表示されることから、経路1を読み飛ばして次の経路の探索をした実験参加者がいたためと考えられる。

7.2.2 所要時間差の検証

経路変更型における偏差を検証するため、シナリオ2とシナリオ3における経路変更型インタフェース利用時の利用者毎の所要時間差を取った。

結果、全実験参加者36名に対し所要時間が30%以上増加した実験参加者は13名であった。実験参加者のうち64%が追加の情報要求を30%未満の増加で行うことができたことから、これらの実験参加者は提案手法によるインタフェースに慣れたことにより複雑な経路においても時間の増加を抑えて導出できることが示唆された。

8. まとめ

本論文では、情報システムによる候補経路の提示に対し、利用者にとって満足のいかない部分経路を変更する経路編集式乗換案内を提案し、システム側で持ち合わせていないような外的評価軸を考慮した経路を発見しやすい乗換案内インタフェースを目指し実装を行った。また、提案手法が利用者の要求に見合った経路の選択に役立つかどうかを検証するため、目的の経路を発見できるまでの時間を測定する評価実験を実施した。その結果、情報システム内在による評価軸において下位の経路については、画面が遷移するインタフェースよりも経路発見に要する時間を短縮できることを示唆した。今後は利用者がより経路変更操作での視点移動時に対象とする部分経路を発見しやすいような表示方法を検討し、議論を進めていきたい。

文 献

- [1] 寺部慎太郎, 重里光佑, 内山久義, “鉄道経路探索 web サイトに関する利用実態の特徴分析”, 土木計画学研究・講演集, 37, No.341, 2008-6.
- [2] 寺部慎太郎, 齊藤あづさ, 郷原翔一, “鉄道経路探索 Web サービスの利用者調査”, J-Rail 講演論文集 2009(16), pp.457-458, 2009-12-02.
- [3] 奥村滋樹, 三好徳平, “列車乗継案内システム”, 近鉄技報, vol.29, pp.17-24, 1998.
- [4] 奥村滋樹, 三好徳平, “列車乗継案内システム (第2報)”, 近鉄技報, vol.30, pp.16-20, 1999.
- [5] 唐崎幸弘, 半田恵一, 鈴木孝弘, “乗り換え案内サービスエンジン”, 東芝レビュー, 56(12), pp.6-9, 2001-12.
- [6] 半田恵一, 田中俊明, “乗換案内サービスにおける経路探索手法”, 信学論, D-1, Vol.J88-D-1, No.10, pp.1525-1533, 2005.
- [7] 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”, 情処学論, Vol.46, No.5, pp.1207-1210, 2005-05-15.
- [8] 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”, 情処学論, Vol.48, No.2, pp.780-790, 2007-02-15.
- [9] 奥野博隆, 日高洋祐, 三田哲也, “インターネット接続による乗換案内端末(RouteFinder)の配信システムと機能概要”, Technical review, JR East(47), pp.49-52, 2014.
- [10] 酒井恵光, 中山健, “ユーザの意図を反映した乗換経路情報抽出のためのインタラクティブシステム”, 信学技報, 情報セキュリティ 114(319), pp.55-58, 2014-11-14.
- [11] 岡本雄三, 長健太, 池谷直紀, 瀬戸口久雄, 服部正典, “ユーザ状況推定技術を応用した乗換案内アプリケーションの実装と評価”, 情報科学技術フォーラム講演論文集 9(4), pp.67-72, 2010-08-20.
- [12] 土屋隆司, “鉄道利用者向けの経路選択支援システムの動向”, システム制御情報学会誌, 54(9), pp.360-365, 2010-09-15.
- [13] 石川遼一, 中尾和夫, “運行状況を反映した公共交通情報提供システムの提案”, 情処大 2012(1), 1ZF-4, pp.679-680, 2012-03-06.
- [14] 樽田真人, 菱沼千明, “鉄道輸送障害時の乗換案内法の提案”, 情処大 2012, 4ZN-3, pp.159-160, 2012-03-08.
- [15] 菅澤学, 清水康, Jeremy Hall, 倉林修一, “鉄道運行情報配信における”可能性可視化”方式”, DEIM2015, F7-2, 2015-03-04.
- [16] 牛窪智大, 小林亜樹, “ユーザにおける多様な選択を支援するダイヤグラム式乗換案内”, 信総大 2010 年 情報・システム (1), D-4-11, p.33, 2010-03-02.
- [17] 近藤聡士, 小林亜樹, “乗り換え案内結果の集約化インターフェースの提案”, 情処大 2012(1), 3P-4, pp.709-710, 2012-03-06.
- [18] 清水祐弥, 小林亜樹, “乗換案内での経路選択のためのファセットナビゲーション”, DEIM2015, D6-1, 2015-03-03.
- [19] 清水祐弥, 小林亜樹, “乗換案内のためのインタラクティブな経路比較表示”, 情処大 2015(1), 5ZA-8, pp.331-332, 2015-03-17.