

## 個人化された経路探索システムの提案

篠江雄一 土屋隆司

(財) 鉄道総合技術研究所

鉄道を含む公共交通の利用者を効果的に支援するには、利用者の特性、嗜好を考慮した個人化された情報提供が不可欠である。特に、身障者、高齢者のような移動制約を有する利用者層に対する情報提供の分野では、個人化のニーズは極めて高い。我々は移動制約者を含む多様な利用者層の個別の要求に応えることができる経路探索システムの要求仕様について検討したのでここに報告する。また、これらの要求仕様を充足可能な経路探索エンジンの実現手法についても併せて考察する。

### Personalized Route Choice Support System for Railway Passengers

Yuichi SHINOE Ryuji TSUCHIYA

Railway Technical Research Institute

In order to support passengers of public transportation, personalized information service is indispensable by which every passenger can obtain personalized situation-sensitive information at any time he/she wants either before departure or during trips. In particular, increasing needs for personalization exists in information support for aged or physically handicapped passengers. In this paper, we discuss functional requirements specification of our route choice support system for railway passengers, which we are developing to meet diversifying needs of passengers. Also discussed is the design strategy of route search engine that can satisfy these requirements.

### 1. 背景とニーズ

鉄道を含む公共交通の利用者に対するこれまでの情報提供は、駅、車内、バス停等でのアナウンス、各種案内掲示板、表示板等に代表されるように不特定多数向けのものが中心であった。しかし、旅客の特性や嗜好、置かれた状況等に配慮した、個別の情報提供に対するニーズも高い。このような個人化（パーソナライゼーション）のニーズが最も顕著に現われているのが身障者、高齢者等に代表される移動制約者に対する情報提供・案内の分野である。「移動制約」の形態は人それぞれまちまちであり、不特定多数向けの情報ではそのような多様なニーズに適切に応えることができないからである。

近年、交通バリアフリー法案の成立もあり、

鉄道環境におけるバリアフリー化の流れが加速している。駅などにおいてエレベータ、エスカレータ、スロープ等の設置が進みつつあるが、設備のバリアフリー化に比べて情報面でのバリアフリー化はあまり進展していない。たとえば、現在、鉄道の経路探索ソフトが数多く市販されているが、移動制約者の移動負荷を考慮した最適経路を算出するものはない。これは「移動制約」の中味が多岐に渡るため、それらを個別に考慮したシステムを効率的かつ経済的に構築することが困難であることが原因であろう。また、駅、列車等の設備に関する網羅的な情報の抽出、体系化と保守管理のための努力が必要となること等もネックとなっていると考えられる。

我々は身障者、高齢者等の移動制約者の個別

ニーズに対応できる柔軟性の高い経路探索システムの要求仕様について検討を行なったのでここに報告する。また、これらの要求仕様を充足することのできる経路検索エンジンの実現手法についても考察する。

## 2. システムの要求仕様

### 2.1 システムの位置付け

公共交通を使った経路案内分野で、個人化のニーズが特に高いのが、視覚障害者、車椅子利用者等のいわゆる「移動制約者」に対する案内、情報提供である。公共交通の利用に関するバリアが大きいと考えられる、これらの移動制約者を対象にした案内システムをばらばらに開発するのではなく、従来から開発されてきた経路探索システムに対する個人化機能の追加

という枠組みの中で、これらの多様な移動特性を統一的に扱えるようにした方が望ましいと考えられる。そこで我々は、ユーザとなる旅客の特性、嗜好を何らかの手段で把握することにより、当該利用者固有の評価基準に基いた代替経路の評価を行なうシステムについて検討することにした(図1)。システムの主たる機能要素は、利用者の個人情報の獲得および管理を行なう「パーソナルデータ管理機能」と、個人データに基いた経路評価基準にしたがって経路探索と最適経路の提示を行なう「経路探索エンジン」がある。さらに駅構内等での利用者の動線も考慮した経路の評価を行なうために駅設備DBの整備も必要となる。

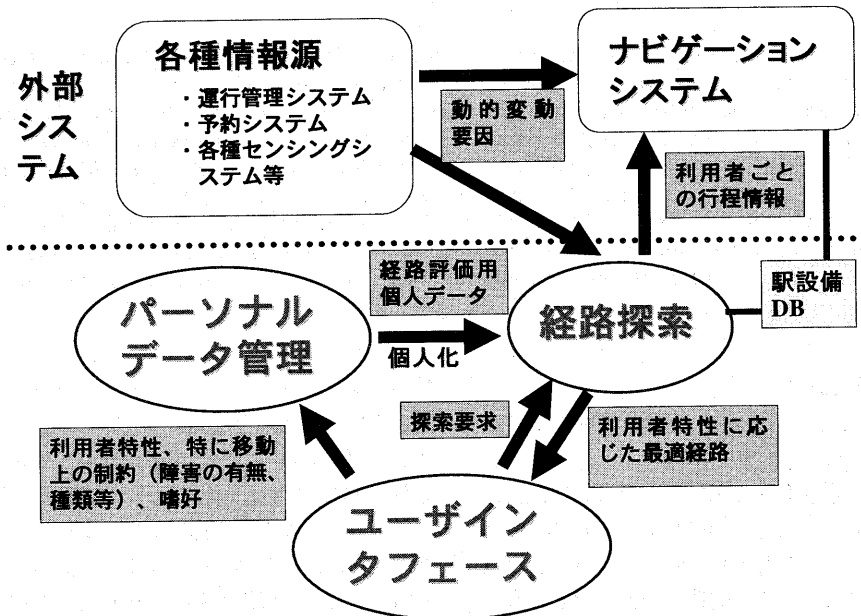


図1 システムの全体像

将来的には、個人化の手段として外部の情報源からの情報収集も重要となるだろう。現在はあらかじめ決められた固定ダイヤに基いた案内しか得られないが、輸送事業者の運行管理シ

ステム等からのリアルタイム情報に基づいて、(異常時を含めて)適切な経路を動的に案内するといったことも考えられる。あるいは予約システムとの連携によって座席の確保を前提と

した経路選択も可能となるだろう。

一方、我々が提案しているサイバーレールでは、図2に示すように公共交通利用を含めたインターモーダルな移動環境における個人の移動計画作成機能とナビゲーション機能との統合化を提案している([1])。このような計画とナビゲーションの連携はカーナビゲーションではすでに実現されているが、公共交通利用の場合には、自動車単独の場合とは異なるバリアがいくつも存在するために、その実現には課題が多い。パーソナルナビゲーションはその適用範囲に応じてさまざまな開発主体による研究

開発が進行しつつある。たとえば、主に道路上の歩行者に対するサービスとしての「歩行者ITS」([2])の検討が行なわれている他、主に駅構内等の鉄道環境での利用を想定した「視覚障害者向け情報提供システム」([3])や「サイバーナビシステム」の提案([4])も行なわれている。このようなナビゲーションシステムとの相互連携を実現するためには、利用者ごとの旅程情報を規格化し、さまざまな関連システムでの共有を可能とすることが必要となるだろう。

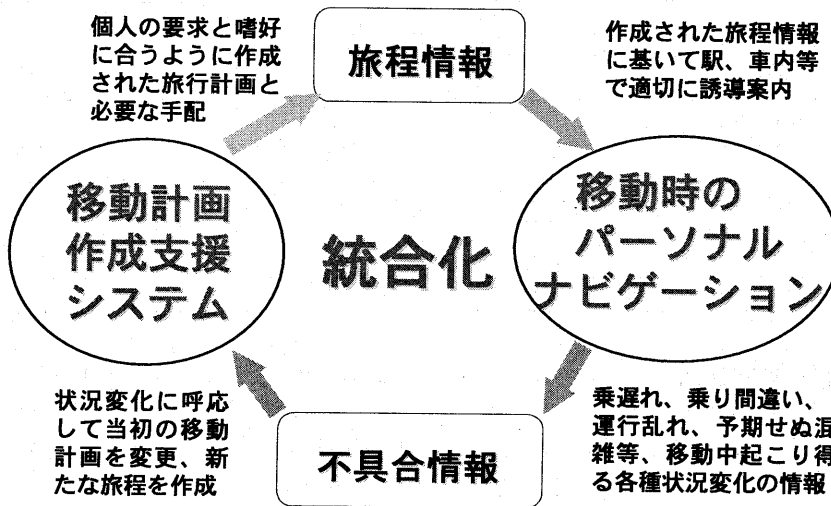


図2 計画作成とナビゲーションの統合化

以上のようなシステムの全体像および他の関連システムとの連携を意識した上で、本稿の以下の節では、経路探索機能の個人化に絞って議論を行なう。

## 2. 2 システムに対する要求条件

### (1) 個別の評価基準

既存の経路探索システムで経路の評価基準を構成するファクターは、主に“所要時間”、“運賃”、“乗換回数”の3項目であると考えられる。しかし、これだけでは多岐に渡る個別的需要には対応できない。例えば車椅子の方

は、通常の階段やエスカレータによる構内の移動は困難であるため、ホームに通じるエレベータや車椅子対応エスカレータのある駅で乗り換えを行う経路を提示することが望ましいし、乗換時間にも配慮が必要である。また、健常者であっても、疲れて座っていききたい場合、乗り換えの負担が少ない(乗換時間が短い、同じホームで乗り換えができるなど)経路で行きたい場合などがあり、条件に近い経路を提示できるシステムが望まれる。このように多種多様な個別的要求にすべて応えるシステムを構築することは困難であるが、より幅広い利用者ニーズ

に応えられる柔軟性の高いシステムについての検討は必要であろう。実際には、様々なファクターについて利用者毎に重みを変え、利用者独自のバランス（個別的評価基準）を決定する

ことになる。

現時点で個別的評価基準を決定する上で考慮すべきファクターと考えている項目の例を表1に示す。

表1 個別的評価基準を決定する上で考慮すべきファクター

一般的な項目

項目	説明
1 所要時間	出発地から目的地までの移動時間（乗換時間を含む）
2 運賃	当該経路を移動する場合の運賃・料金
3 乗換回数	乗り換えの回数
4 乗換時間	所要時間のうち乗り換えに要する時間
5 乗換の負荷	階段など垂直移動に伴う負荷
6 混雑率	列車の平均混雑度
7 着席率	乗車駅から列車に座れる可能性
8 運行頻度	時間当たりの運行本数
9 最長乗車時間	同一列車の最長乗車時間

バリアフリー関連の項目

項目	説明
1 エレベータ	外からの出入口～改札階、改札階～ホーム等を結ぶエレベータの有無、位置による負荷
2 ホームドア	転落防止のための柵やホームドアが設けられているか
3 誘導ブロック	駅構内の誘導ブロックが適切に設けられているか

(2) 静的情報と動的情報

経路探索を行うために必要な線区つながりや時刻表のデータはあらかじめ持つておける静的情報である。現実には経路探索を行った結果をもとに移動を行う場合、交通機関の運行状況や混雑率といった動的情報を加えることでより精度の高い経路の評価が可能となる。また、個人情報に関しても個人の特性や自宅住所などの静的な情報に加え、出発地の位置情報や利用者の置かれている環境（疲れ具合など）などの動的情報が重要である。このように、静的情報、動的情報の両方を考慮した上で(1)で示した個別的評価基準を決定するのが理想的である。

(3) 他システムとのリンク

2.1節で述べたように、利用者が本システムで決定した経路に基づき移動する場合に他

の誘導・案内システムなどと十分な連携が取れている必要がある(図3)。このために必要な要求仕様は主に以下の3点に集約される。

①情報の共有化

線区、駅、時刻表などの情報に加え、利用者特性、嗜好といった個人情報についても誘導等で必要となる可能性がある。このため、情報の共有化について検討が必要である。

②インタフェースの統一

本システムの出力である旅程情報が他の誘導・案内システムなどの入力として受け継がれるよう、データ形式その他のインタフェースの統一が必要である。

③情報量の妥当性

本システムの出力である旅程情報が他のシステムの入力として十分な情報量を持っている必要がある。

計画作成



案内・誘導



計画変更



移動中の 情報提供

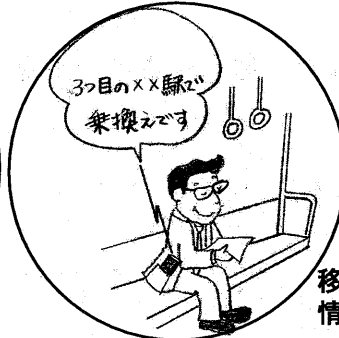


図3 他システムとの協調による利用者支援の例

### 3. システム実現方法の検討

#### (1) 個別的評価基準の取り込み方

一般に、経路探索アルゴリズムは、駅をノード、線区をアーク、隣接する駅間の移動時間をアークの重みとする無向グラフの最短路問題（k次最短路問題）を解き、求められた経路に対して時刻表データを対応させることによって結果を得る。乗換時間などのファクターは、乗換駅を2つのノードに分割し、それらを結ぶ特殊なアークの重みとして定義する。他のファクターについても何らかの基準によって時間に換算し、アークの重みとすることができれば、基本的には通常の経路探索アルゴリズムを使用して最適な経路を求めることができる。

ところが、本システムで対象とした“乗換の負荷”などのように、経路探索前に単純に時間に換算することができないファクターが存在する。乗換の負荷は同じホームで乗り換えられ

るか、階段等を経て他のホームに移動しなければならないかといった垂直移動に関するファクターであるから、対象となる列車が決まり、到着番線が判明した後でないと決定することができない。このため、経路探索により得られた経路に対してより詳細な条件を考慮した“再評価”を行うプロセスが不可欠となる（図4）。

図4において、評価基準1は、所要時間、運行頻度、エレベータの有無など、経路探索前に取り込むことができるファクターであり、評価基準2は、運賃、乗換回数、乗換の負荷、混雑度など、経路探索後、時刻表データを対応させて列車が確定した経路に対し、その善し悪しを最終判断（再評価）する際に考慮されるファクターである。

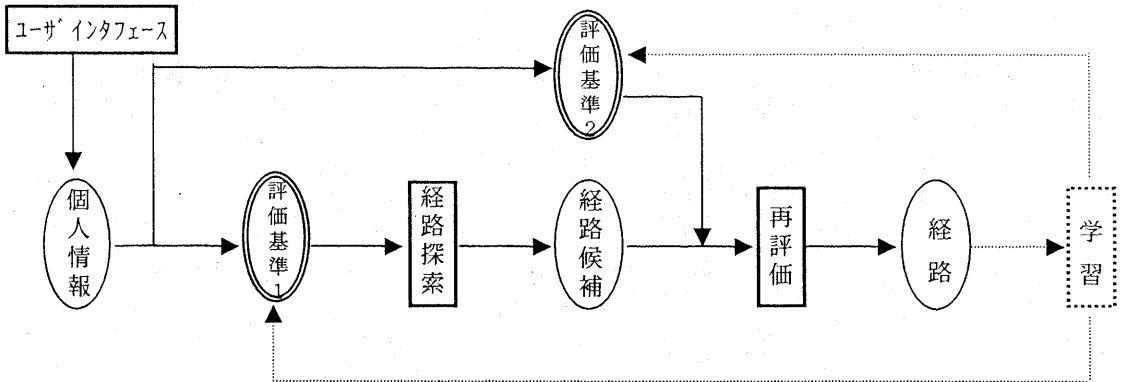


図4 個人化された経路探索システムの流れ

既存の経路探索システムにおいても運賃などは経路が求まった後でないと決定できないことから同様の構造であると考えられるが、本システムでは再評価を行う項目が更に多いため、探索時間と探索精度とのトレードオフが問題となる。通常、経路探索アルゴリズムでは効率化のため、探索途中で見込みのない経路については探索を打ち切るが、本システムにおいては再評価の際に上位となる経路が抽出されない危険性があるため、安易に探索を打ち切ることにはできない。この危険性を減少する案として検討中のものを以下に挙げる。

①経路探索を行った後に時刻表データを対応させるのではなく、当初から時刻表のネットワークを作成して探索を行う。

②再評価の際にチェックする項目の暫定値(平均値など)を経路探索を行う前のデータに用い、探索後に詳細な評価を行う。

前者は、ひとつひとつの列車運行自体がネットワークのアーキとなるため、巨大な探索空間を扱う必要があり、従来は非現実的なものと考えられてきた。しかし、昨今の各種計算資源の価格性能費の著しい向上、並列処理技術の進歩等を勘案した上で、その妥当性を再検討する必要があるだろう。

後者の方が現時点では、より現実的な案と考えられるが、詳細評価を行なう際に使用する評価基準に対応した暫定基準(経路探索ネットワ

ークの重みに反映可能なもの)を個別に考案する必要がある点にやや困難がある。

これらは、今後更に検討を行って、現実的な時間と精度で回答を提示できる案を決定する予定である。

## (2) 具体例

### ①車椅子の移動者の例

車椅子で移動する場合は、乗換数が少なく、また、大幅な遠回りをしない範囲で極力ホームに直通するエレベータやスロープなどを用いて自力で移動できる経路を提示することが望ましい。例えば中央線国立駅から東急線大岡山駅まで移動する場合、通常、以下の3経路が考えられるが、健常者が最も早く移動できる[ルート1]を提示するより、乗換数が少なく、時間はかかるが自力で移動できる[ルート2]を優先的に提示する方が望ましいと考える(ただし、一旦駅の外に出るので雨の日など、提示すべきでない場合もある)(図5)。

[ルート1] 国立－(中央線)－新宿－(山手線)－目黒－(東急目黒線)－大岡山

[ルート2] 国立－(中央線)－四ッ谷－(地下鉄南北線、東急目黒線)－大岡山

[ルート3] 国立－(中央線)－立川－(南武線)－武蔵小杉－(東急目黒線)－大岡山

## ②座っていききたい場合の探索例

健康者だが荷物が多し／疲れているなどで出来るだけ座っていききたいような場合、①と同じ国立→大岡山の探索を行った際は、最も時間

はかかるが、始発駅の立川から座れる可能性の高い〔ルート3〕を優先的に提示する方が望ましいと考える。

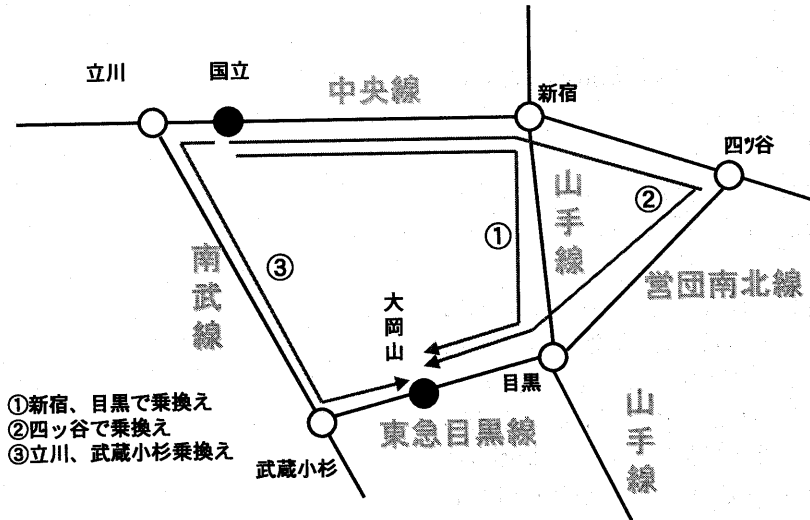


図5 経路探索の例 (国立から大岡山)

## 4. 今後の予定

多様な個別のニーズに対応した経路探索システムについて、要求仕様と実現方法を検討し、報告した。今後はさらに検討を深度化し、プロトタイプシステムの開発を行う予定である。

なお、今回は要求仕様を含めなかったが、今後はシステムに必要とされる以下の事柄についても検討を行っていきたいと考えている。

- ①システムが提示した経路と利用者が選択した経路にずれが生じた場合に微調整を行うための学習機能
- ②不通区間やダイヤの乱れが生じたときに、各線区の通常の運行頻度と取得可能なリアルタイム情報を併せて目的地までの最短経路と到達時間を予測する機能
- ③個別の評価基準を構成する個人情報を取り込むためのユーザインタフェース

また、要求仕様でも述べたが、このシステム

はサイバーレールの一機能として位置づけられ、パーソナルナビゲーションなどと協調して計画から案内、誘導までをカバーする統合的な環境を構築するものと考えている。個人の評価基準は多岐に渡り際限ないが、必要に応じて枠組みを広げこれらの要求に逐次対応してゆくことにより、サイバーレールの一翼を担うシステムとして評価に耐えうるものにしたいと考えている。

## 5. おわりに

個人属性を考慮に入れた経路探索システムについては、過去に文献[5]において検討されている。本研究は[5]の着想をベースとして発展させたものである。

※ 本研究は国土交通省の補助金を受けて行っている課題の中で検討されたものである。

## 謝辞

本システムの検討にあたり、有益なご助言をいただいた(株)ジェイアール総研情報システム・池谷勇一氏に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 土屋、「サイバーレール」、鉄道と電気技術、2001年1月号
- [2] 国土交通省  
[http://www.pwri.go.jp/pwriweb/japanes/topics/kotuanzen/construction\\_laboratory/its\\_index.html](http://www.pwri.go.jp/pwriweb/japanes/topics/kotuanzen/construction_laboratory/its_index.html)
- [3] 松原、深澤、後藤、「視覚障害者向け対話型情報提供システム」、情報処理学会第6回高度交通システム(ITS)研究会(2001)資料
- [4] 渡邊、池谷、神殿、田村、「Bluetoothを利用したパーソナルナビゲーション」、情報処理学会第4回高度交通システム(ITS)研究会(2001)資料
- [5] 野末、「列車乗り継ぎ案内システムEST3の開発」、鉄道総研報告、Vol. 5, No. 7, '91, 7
- [6] 野末、「大規模ネットワークの最短経路アルゴリズム」、鉄道総研報告、Vol. 3, No. 6, '89, 6
- [7] 菊池、高木、加藤、「動的ネットワーク表現に基づく列車・航空便の最適乗継系列探索の手法とその実際への応用」、情報処理学会論文誌、Vol. 38, No. 4, '97, 4