

終電時間帯の旅客案内・列車接続業務 支援システムの開発

中川 伸吾* 土屋 隆司** 深澤 紀子* 松永 真***
有澤 理一郎*** 泉 利幸# 君塚 知一## 川端 康之##

Development of Systems to Support Guarantee of Train Connection and Providing Information to Passengers at Midnight

Shingo NAKAGAWA Ryuji TSUCHIYA Noriko FUKASAWA Makoto MATSUNAGA
Riichiro ARISAWA Toshiyuki IZUMI Tomokazu KIMIZUKA Yasuyuki KAWABATA

At midnight, there is a large demand of train passengers going back to their home. Therefore dispatchers and station staffs have to do much work to meet their requirements with fewer staff numbers than those in daytime. To help such hard work and to reduce their burden leading to improvement of information services for passengers would be very beneficial for both staffs and passengers. We carried out a study on how to make use of computational support, and following the study result, developed and evaluated new computer supporting systems.

キーワード：終電，旅客案内，終電接続，旅客の意識，システム，路線図

1. はじめに

終電時間帯においては、帰宅目的での鉄道需要が多く、これらの旅客にとっては確実に目的地に到達することが重要になる。そこで、列車遅延が発生した場合、それによって旅客の目的地への到達が不可能になることを避けるため、乗換先の列車を故意に待たせて遅延した列車からの乗換を可能にする終電接続が行われている。特に大都市圏においては、鉄道が多数の事業者・路線による複雑なネットワークを構成していることから、1ヶ所での遅延は広範囲に波及し、このため終電接続は複雑かつ日常的なものとなっている。事業者はこの終電接続に伴う作業を、深夜時間帯の出勤者が少ない状況のもとで行わねばならず、非常に大きな負荷となっている。

この作業のうち最も大きなものは、指令員による接続手配作業である。駅や乗務員との連絡や、他事業者との接続依頼の授受およびそれに伴う折衝は、指令員が電話で行っており、指令員の経験や能力に大いに依存する作業となっている。特に広範囲に路線を持つ事業者の場合は非常に多くの連絡を処理せねばならず、確実性はもちろんのこと、迅速な作業遂行が必要となる。

また、駅社員による旅客案内も負荷の大きい作業である。終電時間帯においては、運行を終了した区間とまだ終了していない区間が混在することや、列車の運行間隔や本数などの面で、通常と異なる運行状況が生じる。また、旅客のニーズも、先述のように目的地に到達することが最優先となる。したがって、場合によっては終電以外の時間帯と異なる旅客案内が求められる。また特に最終列車が近づいている場合など、一刻を争う状況もあることから、迅速な案内対応が求められる。駅社員は旅客案内以外にも指令との連絡など様々な業務を行わねばならず、終電時間帯の業務は大きな負荷となっている。

そこで、これらの作業のコンピュータによる支援について検討し、指令員による接続手配作業、および駅社員による旅客案内業務を支援するシステムのプロトタイプを開発し、評価を行った。

2. 指令員の終電接続判断を支援するシステム

2.1 指令員の支援方法に関する検討およびヒアリング

指令員の終電接続に関する業務のうち最大のものは、他事業者との接続依頼の授受である。これは、列車が遅延し、他事業者への乗換旅客に、目的地への到達が不可能になるという影響を及ぼす場合に行われる。ただし、依頼があっても、列車の遅延の程度や影響旅客数、夜間作業への支障程度などを勘案して、依頼を受ける側の指令員が接続実施を拒否する場合もある。

* 輸送情報技術研究部（旅客システム）
** 輸送情報技術研究部（設備システム）
*** 東日本旅客鉄道株式会社
西日本旅客鉄道株式会社（元 旅客システム）
株式会社ジェイアール総研情報システム

特集：輸送情報技術

この終電接続作業における業務負荷は、接続依頼を發する指令員にとっては以下の通りである。

- (1) 多数の事業者への連絡・調整が必要である。
- (2) 他事業者の列車を遅延させることによる影響が自事業者に跳ね返ってくるおそれがあり、その場合さらなる対応が必要となる。

また、依頼を受ける指令員にとっては以下の通りである。

- (3) 受けた依頼に対し、遅延の程度などを勘案した上で実施の可否を速やかに判断する必要がある。
- (4) 依頼を受諾した場合、自事業者に責任が無いにもかかわらず自事業者内での調整が必要になる。
- (5) 依頼を受諾した場合、自事業者の列車を遅延させることにより、さらに他事業者への接続依頼を行う必要が生じうる。

さらに、大規模な事業者においては多くの接続依頼が輻輳するため繁忙を極め、複数の接続が互に関係するために複雑な接続判断が必要になることもある。

これらを踏まえ、当初は、指令員の接続判断を支援するため、事業者間での終電接続依頼の授受をシステム化すること、すなわち、必要な情報を入力することで自動的に接続依頼を送信し、またそれを受信して迅速に返信できるシステムの構築を考えた。これは、既に開発した運行情報共有システム¹⁾の枠組みを利用するものである。しかし、このコンセプトについて指令員にヒアリングしたところ、以下のような意見を得た。

- (1) 終電接続は杓子定規に判断をするものではなく、周辺路線の運行状況や旅客数など、多くの要素が関係してくる。事業者間であらかじめ、〇分遅れまでなら待つ、などの形で接続基準を取り決めている場合もあるが、これは厳密に適用されるものではない。
- (2) また、依頼の授受には迅速性が必要であり、1対1での会話が主となることを考慮すれば、システムに入力するよりは電話を使って会話した方が迅速性が優位にあると考えられる。
- (3) 以上の2点より、終電接続依頼の授受の作業はシステム化にはそぐわないと考える。
- (4) 同様に、終電接続場面に関係する作業への何らかの支援システム導入についても、入力負荷の増大につながるため、実効性のある支援にはならないと考える。
- (5) 経験の浅い指令員は、終電接続に対する迅速・的確な判断ができず、連絡にかかる時間・回数が増えてしまっている。これを支援する、訓練あるいは指令員のスキルアップに活用できるシステムは有効に活用できるであろう。

以上の見解に基づき、上記(5)の役割を果たせるシステムについて検討し、そのプロトタイプを開発した。その詳細は2.2節に記す。

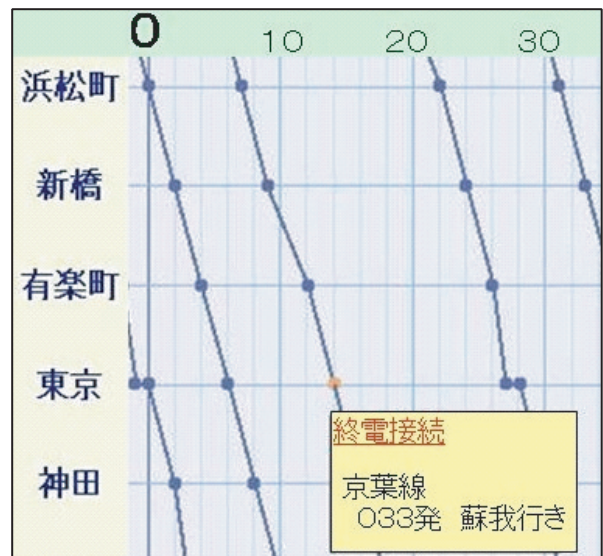


図1 列車接続シミュレータの画面例

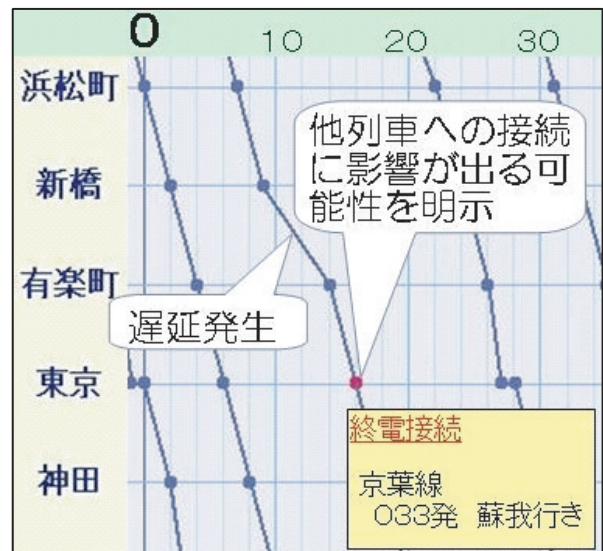


図2 列車接続シミュレータの画面例
(スジの移動後)

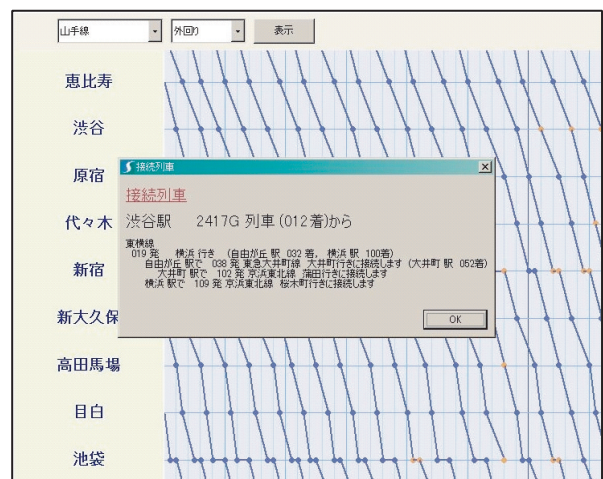


図3 列車接続シミュレータの画面例
(接続一覧の表示)

2.2 開発したシステム（列車接続シミュレータ）

列車に遅延が発生した際に、遅延により不可能となる乗換を抽出し、それによってその先で必要となる終電接続判断を網羅的に計算して表示する列車接続シミュレータを開発した。

その画面例を図1、図2に示す。システムは日常的なwebブラウザをインタフェースとして動作する。図1は通常の状態であり、この例では東京駅0:14着の列車が京葉線の0:33発の最終列車に接続していることをオレンジ色の点で示している。この列車が遅延した場合、ユーザである指令員はこの列車のスジをマウスでドラッグして移動させ、負荷の小さい、かつ感覚的に行える操作で遅延を反映する。スジ移動後の状態が図2である。移動前にオレンジだった点が濃い赤に変わり、京葉線の列車への乗換が不可能になる危険性を明示している。

ここで、この先の列車への接続関係を確認したい場合は点をクリックして一覧表示モードを選択する。選択した後の状態は図3ようになる。この場合、渋谷駅0:19発の東横線の列車は横浜行きの最終列車であり、山手線の列車が遅延した場合には接続判断が必要になる。その下には、この東横線の列車から接続する各方面への最終列車が表示される。この例の場合、山手線が遅延して東横線を遅らせるとすると、自社の京浜東北線にその遅延が跳ね返ってくることになり、指令員はこれをふまえた上での判断をしなければならない。

本システムの活用により、指令員は、あらゆる遅延を想定した状況を再現し、そこで必要となる接続判断を学習することができ、状況に応じた接続可否判断の経験を、シミュレーションを通じて積むことができる。また、現時点で実装はしていないが、旅客流動推定手法²⁾などの活用により、接続に関係する旅客数などを表示することで、判断順序の形成や、やむをえず接続をとらないという判断をした場合の影響把握などの訓練も可能となる。

3. 駅社員の旅客案内を支援するシステム

3.1 終電時間帯の旅客のニーズ・意識の調査

終電時間帯は、運行本数や旅客の鉄道利用目的などの面で通常時間帯とは異なる状況にある。このため、案内情報に関する旅客のニーズも変化すると考えられる。

そこで、このニーズや、終電時間帯の鉄道利用についての旅客の意識などの実態を明らかにするため、インターネットを通じてのアンケート調査を行った。調査は2007年10月23日・24日に、首都圏在住で3ヶ月以内に終電を利用したことのある20代～50代の方を対象に行い、1035人から回答を得た（表1）。

「終電場面において必要だと思う情報」についての設問への回答を表2に示す。現在の到達可能駅の情報につ

いて6割以上の大きなニーズが確認できた。その他、経路や接続情報など、目的地への行き方についての情報にニーズがあることが確認できた。

また、情報入手の方法についての結果は、表3に示すとおりである。旅客が終電を利用する際、その利用区間は旅客にとってよく使い馴染みのある区間に限られている（例えば会社の最寄り駅から自宅の最寄り駅）と考えられることから、終電の経路・運賃・時刻については多くの旅客が利用前に認知していることが確認された。しかし、利用前に認知していない旅客も少なくなく、そのほとんどは携帯電話等による検索操作を行っていることが確認された。このような検索では自身の得たい情報を確実に得られるが、発駅・着駅等の入力負荷があり、また検索にある程度の時間をかける必要があるため、特に終電が迫っている場合、検索のために乗るべき列車に乗り遅れること、あるいは十分な検索ができないまま列車に乗りすぎるをえないことがありうると考えられる。

終電ダイヤに関する旅客のニーズについては表4に示す結果が得られた。終電時間帯の列車本数や混雑度につ

表1 旅客アンケートの回答者属性（単位：人）

	20代	30代	40代	50代	合計
男性	254	191	143	85	673
女性	196	80	48	38	362
合計	450	271	191	123	1035

表2 旅客アンケート結果

「終電場面において必要だと思う情報」（複数回答）

情報	回答数・割合	
現在の到達可能駅	651人	63%
運行情報	564人	54%
目的地までの経路	491人	47%
その先の路線への接続情報	478人	46%
終電終了後の代替経路	418人	40%
目的地までの所要時間	393人	38%
目的地までの運賃	192人	19%
混雑状況	164人	16%
その他	20人	2%

表3 旅客アンケート結果

「終電利用時に以下の3つの情報をどう入手したか」

	もともと知っていた	駅の社員や表示板	携帯電話等で検索	その他の方法で入手	入手していない
経路・運賃	829人 80.1%	25人 2.4%	109人 10.5%	5人 0.5%	67人 6.5%
終電発車時刻	628人 60.7%	82人 7.9%	242人 23.4%	2人 0.2%	81人 7.8%
到着時刻	576人 55.7%	44人 4.3%	201人 19.4%	16人 1.5%	198人 19.1%

特集：輸送情報技術

表4 旅客アンケート結果

終電ダイヤに関する重要度（以下の4項目のうちどれを重要視するかを一对比較の結果から算出）

項目	率
終電が必要な時刻まで走っているかどうか	46%
終電と他路線の接続が適切かどうか	21%
終電時間帯に十分な本数の列車が走っているかどうか	20%
終電が混雑していないかどうか	13%

いての重要度は大きくなく、時刻や接続といった、目的地に到達できるか否かに大きく関わる要素がより重要視されていることが確認できた。この結果は、たとえダイヤ乱れがあった場合でも、旅客は、快適性に多少の犠牲が生じてでも確実に目的地に到達できることが重要だと考える傾向にあることを示唆するものであり、終電接続の重要性を暗示するものであると考える。

3.2 終電時間帯の業務に関する駅社員ヒアリング

旅客のニーズ調査と並行して、駅社員に対し、業務実態を把握するためのヒアリングを行った。対象駅は首都圏のJR東日本の3駅で、それぞれ、JR線同士の乗換がある駅、JR線と他社線との乗換がある駅、この2つがともにある駅である。

ヒアリングの結果、終電時間帯に旅客に対して最も多く案内する事項は、目的駅まで行けるか否かであることが確認できた。また、携帯電話等の検索サービスの普及効果については、旅客からの質問が減少したと答えた駅と、実感が無いと答えた駅とに分かれた。携帯電話で検索した上で、その結果が正しいかどうかを質問してくるケースも少なくない、と答えた駅もあり、検索サービスが必ずしも駅社員の業務負担低減にはつながっていないことがうかがえた。

業務支援の方法については、駅社員への旅客からの質問を減らせるツール、すなわち旅客が自力で情報を得られるツールが理想的との回答を得た。また、ヒアリングを行った3駅ではいずれも、主要駅への終発時刻および経路の一覧表を独自に作成し、駅社員が旅客案内時に参考資料として用いている。この一覧表は、首都圏のいず

れかの事業者でダイヤ改正がある度にチェックして必要があれば改訂しなければならず、これが鉄道ネットワークの複雑性ゆえに大きな負荷となっており、その支援も非常に有効であるとの意見を得た。

3.3 開発したシステム（旅客案内支援システム）

3.1節で述べたアンケート結果に基づき、終電時間帯の旅客案内業務支援に有用なシステムの設計を行った。業務支援という性格を鑑み、システムは以下を最低限の仕様とした。

- (1) 多くの旅客にとって有益である
- (2) 操作の負荷が小さい
- (3) 迅速な旅客案内を実現する

これらの事項と表2より、現在の到達可能駅を一覧できるシステムが有効であると考えた。このシステムは、表示する範囲を十分広くとれば、ほとんどの旅客に有益な情報を提供することができる。着駅の設定などの、携帯電話等を用いた個別検索の際に必要な入力操作も不要である。併せて、各着駅までの経路の表示も、インタフェースの工夫次第で可能となる。

このような観点から、旅客案内支援システムのプロトタイプを設計、実装した。

本システムは、案内対象駅と発時刻を設定することで、その時刻に出発して到達可能な着駅の範囲およびそこまでの経路を計画ダイヤにしたがって算出し、その結果を路線図と文字情報で感覚的にわかりやすい形で表示するものである。特に、到達可能な着駅のうち終発が迫っている範囲（次発の列車に乗車しないと、あるいは数分以内に乗車しないと到達できない範囲）を計算し、それを強調して表示できる機能を持つ。

計画ダイヤの保持には、標準記述言語である railML (図4) を用いている。これはXML形式で鉄道に関する様々なデータを記述するための仕様集合であり、ヨーロッパで検討が進んでいるものである。ダイヤデータの記述のための仕様も含まれており、ダイヤデータに関して一般的にありうる様々な属性（例えば列車種別や運転日など）を表現可能である。このため、事業者やシステムの違いによるデータ表現方法の違いを、適当に機械的なデータ変換操作を行うことで吸収でき、本システムの

```
<train trainID="2333" lineID="401" trainNumber="2333T" kind="101" remarks="1" description="114">
  <timetableentries>
    <entry posID="34" departure="2337" type="begin" />
    <entry posID="33" arrival="2339" departure="2339" type="stop" />
    <entry posID="51" arrival="2341" departure="2341" type="stop" />
    ...
    <entry posID="312" arrival="114" type="end" />
  </timetableentries>
</train>
```

図4 railMLによる時刻表データの表現例

ように多数の事業者のダイヤデータを必要とするシステムにおいては効力を発揮する。本稿で述べるプロトタイプの開発においてはダイヤデータの inputs は手作業で行ったが、システムの実用化を視野に入れば、このような標準形式への対応は必須である。

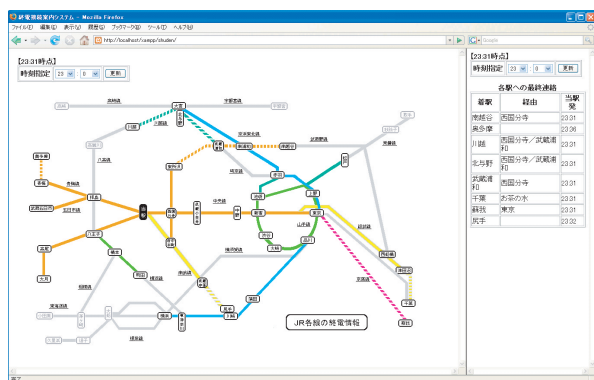


図5 旅客案内支援システムの画面例

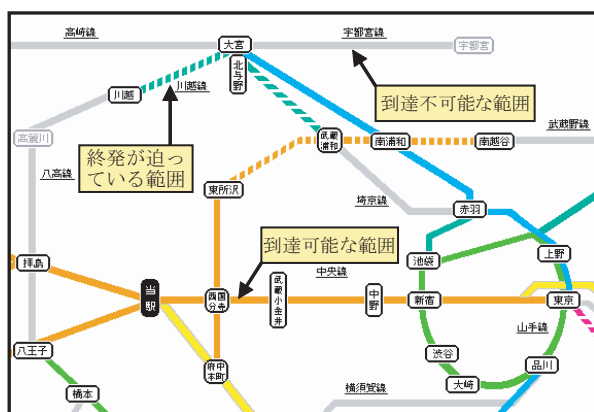


図6 旅客案内支援システムの画面例
(図5の一部を拡大)

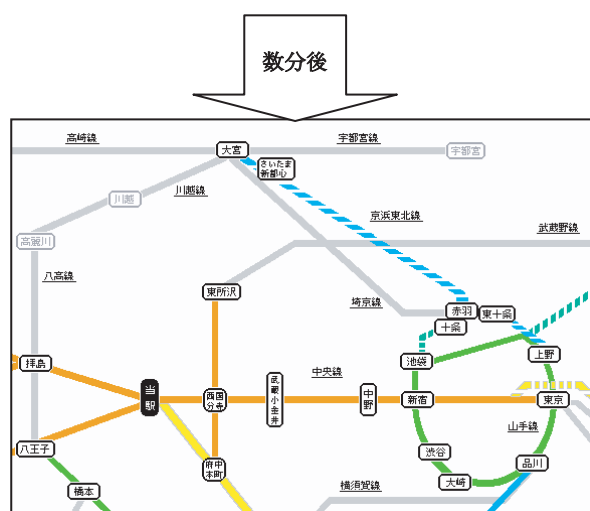


図7 旅客案内支援システムの画面例
(図6から数分経って列車が発車した後)

通常、旅客案内の際に必要なのは、案内時点の時刻を発時刻とする情報である。したがって、本システムは、1分ごとに現在時刻に合わせてデータを再計算し、その結果をふまえて路線図および経路情報を自動的に書き換える機能をもち、通常時はそのように動作する。現在時刻以外の時点での情報が知りたい場合は、画面内の設定部で表示したい時刻を任意に設定することで、当該時刻発の情報に強制的に書き換え可能である。

システムの画面例を図5に示す。左側には、到達可能な範囲（色付き実線）・到達可能だが終発が迫っている範囲（色付き破線）・既に到達不可能な範囲（薄い灰色線）で塗り分けた路線図を、右側には終発が迫っている範囲の駅に対してその経路を文字情報で、それぞれ表示している。路線図部分の一部を拡大したものを図6に示す。この状態から数分後に案内対象駅を列車が発車して表示すべき内容が変わった場合、路線図は自動的に図7のように書き換わる。これを繰り返すうちに、到達可能な範囲は狭くなり、最終列車が案内対象駅を出発した時点で、本システムのその日の動作は終了する。

また、複数事業者の路線を同時に表示した路線図の例を図8に示す。この例ではJR線以外を一律に黒で表示している。

現時点では、本システムを改札事務室などに置き、駅社員が表示されている情報を解釈することで旅客案内をスムーズに行う、という活用方法を想定している。もちろん、今後インタフェース等の改良により、駅頭のディスプレイ等に搭載して旅客に直接情報を掲示する形の活用も可能であると考えている。

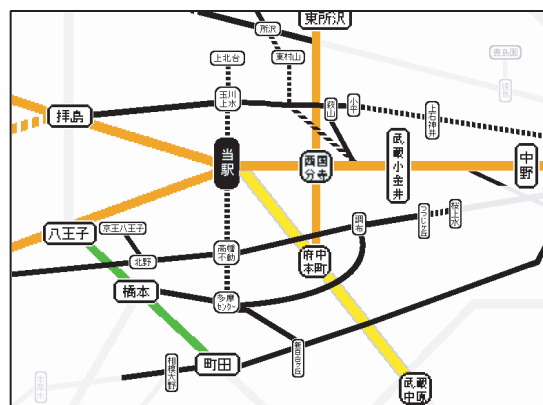


図8 旅客案内支援システムの画面例
(複数事業者の路線を同時表示)

4. システム評価

4.1 列車接続シミュレータの評価

開発したシミュレータのプロトタイプを事業者指令に持参してデモを行った。その結果、訓練用のシミュレー

特集：輸送情報技術

ションシステムとしての有効性について、一定の評価を得た。同時に複数の乱れが発生する場合の再現に入力負荷がかかる点や、ダイヤ図の表示・操作方法、また詳細情報を表示するための操作などのインタフェースについては改善の余地があるとの評価を得た。

また、長距離列車が関係するなどのために、一般に終電時間帯とは認識されない時間帯に終電接続が必要になるケースがあり、このようなケースを網羅できる点については、シミュレーションシステムとしてだけでなく実際の終電接続場面への適用も可能であるとの評価を得た。

4.2 旅客案内支援システムの評価

開発した支援システムのプロトタイプを、ヒアリングを行った駅のうちの1つに持参してデモを行った。以下、得られた評価について記す。

(1) 一定の業務支援効果はある

現在、改札で旅客から問い合わせを受けた際には、時刻表やパソコン上の市販の検索ソフトを利用している。これらと比較して、迅速に案内ができるので有効である。

(2) 旅客に直接提示できるものであればなお良い

本システムによって駅社員の負荷は軽減されるものの、システムが旅客に直接情報を提示できるようになれば、問い合わせ数そのものの減少につながるため、さらなる負荷軽減が期待できる。現状でも技術的に直接提示は可能だが、より旅客に理解されやすいようにインタフェースを大きく改善する必要がある。

(3) ダイヤ乱れの際の扱い方に工夫が必要

現状では計画ダイヤデータでの計算となっているため、ダイヤ乱れ時には誤情報になりうる。実ダイヤを取り込む形での計算・表示の方法を構築するか、あるいは運用面でどう扱うかを検討する必要がある。

(4) 指令員や駅の接続判断を反映できればなお良い

終電接続には、そのときの運行状況だけでなく、指令員や駅による判断が関係してくる。したがって、案内の精度を高めるには、この判断の反映が不可欠である。

5. 考察

5.1 列車接続シミュレータに関する考察

列車接続シミュレータについては、インタフェース面では改善の余地があるとされたが、システムのコンセプトについては概ね良い評価を得られた。実際にシミュレータとして訓練場面に適用するには、このほかに時刻表や乗換データの整備、個々の接続の影響度の反映などが改善すべき点として挙げられる。

また、実際の終電接続作業への展開についても、場面によっては可能である旨が示された。さらに展開可能な場面を増やすには、4.1節で述べたような事業者指令の

懸念をふまえ、入力負荷・情報発信負荷を増やさない形でシステムづくりが不可欠になる。例えば実ダイヤを自動的にシステムに取り込む方法や、指令員が受諾した他事業者からの接続依頼を自事業者の関係区所全てに確実に伝達する機構を設けるなどのアプローチが有効であると考えられる。

5.2 旅客案内支援システムに関する考察

旅客案内支援システムについては、実用化を視野に入れた際、より精度の高い案内の実現について検討しなければならない。つまりリアルタイムの運行状況の反映が課題となる。これを完全に実現することはすなわち多数の列車の在線位置情報を事業者の枠を越えて共有することであり、困難が予想される。どの程度実現できるか、また実現程度によって案内精度がどの程度になるか、検討が必要であると考ええる。併せて指令員や駅の判断の反映も課題となる。これには、判断元の指令や駅、あるいは判断結果の連絡を受けた駅のいずれかが、その内容をシステムに入力する操作を行わねばならない。この負荷ができるだけ小さくなる実現方法について検討する必要がある。また、これらに合わせて、実ダイヤの変化や判断をふまえて迅速な再計算を行うアルゴリズムの構築や、その先の運行状況にある程度予測してより案内の精度を高める手法の構築も必要となるであろう。

また、旅客に直接案内できるシステムへの進化についても検討する価値がある。これについては、4.2節でも述べたように、インタフェースの改善が課題となる。目的地の違いによらず、どのような旅客にとっても一目で求める情報が得られることがこのシステムの価値になるので、特に経路情報の表示方法や、複数事業者の路線を視認性を損なうことなく表示する方法について、検討が必要であると考えている。

6. おわりに

本稿では、終電時間帯の終電接続業務のシステムによる支援方法とそのプロトタイプについて述べた。今後は、5章で述べた点を中心にシステムの改善を図るとともに、導入コストや、導入箇所に応じたカスタマイズおよびその実現方法についての検討を進めていきたい。

文 献

- 1) 有澤理一郎，中川剛志，泉利幸，中川伸吾，土屋隆司，深澤紀子：運行情報共有システムの開発と評価，第44回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集，論文番号 209，2007
- 2) 明星秀一：自動改札機データを活用した旅客流動推定手法，鉄道総研報告，Vol.20, No.2, pp.23-28, 2006