

新幹線乗車人員シミュレータの 推計精度向上に関する研究

Study on improvement in estimation accuracy
for “Shinkansen passenger simulator”



中村 真純*



伊藤 和敬*



坂入 整*

To grasp the flow of passengers precisely is very important to transportation improvement measure. Shinkansen automatic ticket gate system records various ticket data. The data have many type, origin-destination, when and where each passenger gets on and off, types of tickets and so on. Authors studied algorithm to estimate passengers, which train and seat type they get on, by combining ticket data with actual train operating time, and developed the prototype simulator implemented this algorithm. In addition, we checked accuracy of estimation by comparing with numbers of passengers measured through the survey, and worked to further improve algorithm.

●キーワード：自動改札機データ、乗車人員、ODデータ

1. はじめに

列車運行におけるお客さま流動を精緻に把握することは、輸送改善施策の企画、立案にとっても重要である。新幹線自動改札機システムでは、改札機の通過ログデータ（改札機データ）に個々のお客さまが投入した乗車券類の情報（乗車データ）を記録保持している。その項目は、入出場駅、時刻や乗車券、特急券情報、券種情報など多岐に渡る。

著者らは、この乗車データと列車の運転時刻を組み合わせることにより、新幹線における列車別、座席種類別の乗車人員を推計するアルゴリズムを研究し、このアルゴリズムを実装した新幹線乗車人員シミュレータのプロトタイプを開発した。また、乗込み調査によって得られた乗車人員の実測値を用いて推計結果の精度検証を行い、段階的に推計精度の向上に取り組んできた。

乗車人員の報告（ノリホ）は、指定された調査区間（ノリホ区間）でお客さまが最大何人乗車していたかという「断面」の輸送量指標である。本アルゴリズムによる推計方法は、これに加えてお客さまがどこからどこまで乗車したかというOriginとDestination（OD）のデータを得ることができ、乗車人員とODデータを組み合わせることにより精緻な分析が可能となる。本稿では、2002年度から2004年度にかけて実施した先行研究のノウハウをもとに、2014年度と2015年度に実施した各研究における推計精度向上とその精度検証について、それぞれ記述する。

2. 研究の概要

2.1 アルゴリズムの改良（2014年度）

2.1.1 課題とその対応

先行研究では、乗車データに組み合わせる運転時刻に計画時刻データを使用したため遅延などの運行実績に合わせて修正が必要であったが、その後サービスが開始されたモバ

イルSuica用に外部配信している実績時刻データを使用したことにより、遅延などが反映され修正が不要となった。そのほか、団体のお客さまは、自動改札機を通らないことがほとんどであり、乗車人員推計の下振れの大きな要因となっていたが、座席指定券類の予約発券システム（マルス）から団体券データを取得して入力することにより推計精度の向上が期待できた。シミュレータ動作に必要な入力データを表1に示す。

表1 動作に必要な入力データ

No.	データ種類
1	改札機データ
2	実績時刻データ
3	団体券データ

2.1.2 処理フローとアルゴリズム

図1に乗車人員、ODを推計するための処理フローを示し、基本的なアルゴリズムを説明する。

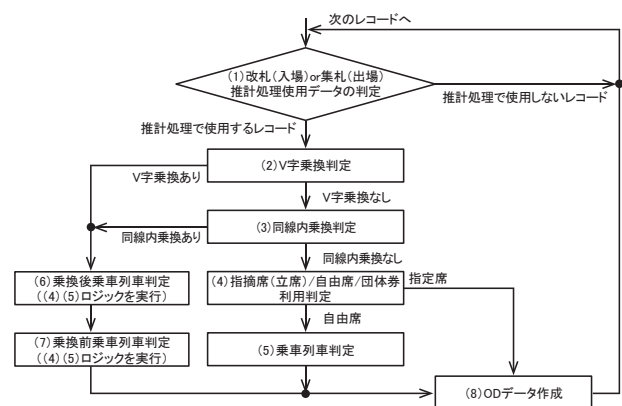


図1 推計処理フロー

(1) 推計処理使用データ判定

入場（改札）側データと出場（集札）側データのどちらを乗車列車判定に使用するかを判定する。通常は降車から出場するまでの時間のばらつきが少ない出場側データを利用する

が、下記の場合は、出場側のデータが取得できないため、入場側データで補完して判定を行う。

- a) 着駅が自動改札未設置駅の場合
 - b) 東京駅で乗換口改札を経由して直接、東海道・山形新幹線へ乗換える場合
- (2) V字乗換え判定

図2のように入場駅と出場駅が同一営業路線上に存在しない場合、V字乗換えであると判定する。

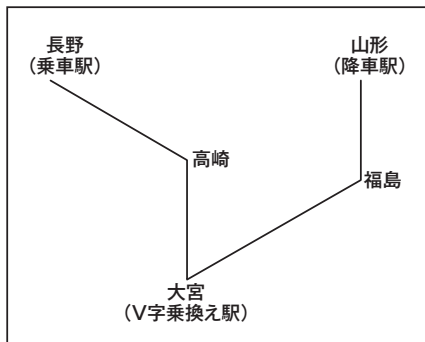


図2 V字乗換えの例

(3) 同線内乗換え判定

指定席券と自由席券の組み合わせで乗換えを判定する。

(4) 指定席/自由席/団体券利用判定

利用券種の判定を行う。指定席券を利用した場合について、指定列車の到着(発車)時刻よりも著しく遅い(早い)時刻で入場した場合、自由席に乗車したものとして取扱う。

(5) 乗車列車判定

(4)の処理で自由席に乗車したと判定された改札機データに対して、直近列車の検索を実施し、乗車列車を割当てる。

(6) 乗換え列車判定

(7) 同上

V字乗換え、同線内乗換えの場合、乗換え前後の乗車列車を判定する。

(8) ODデータ作成

抽出条件を設定する処理を行う。条件設定は従来のノリホ形式(駅間別乗車人員)とOD形式(OD三角表による駅間別乗車人員)を選択可能とする。

2.1.3 精度の検証

推計精度を検証するために、調査員が特定の営業列車(計36列車)に乗込んで目視で実測した乗車人員を正解値とし、誤差率を式(1)のとおり定義して算出した。

$$\text{誤差率} = \frac{\sum_{\text{列車座席種別}} \sum | \text{推計値} - \text{実測値} |}{\sum_{\text{列車座席種別}} \sum \text{実測値}} \cdots (1)$$

さらには、誤差率が10%以上である駅間が全体の何%存在するかを「ばらつき」と定義して算出した。これらの算出結果を平均値で表2に示す。

表2 精度の検証結果(2014年度)

No.	座席種類	誤差率	ばらつき
1	自由席	7.7%	30.2%
2	指定席	3.9%	11.1%
3	全体	5.9%	22.1%

誤差率は、目標とした5%を自由席では上回り指定席では下回った。また、自由席ではばらつきは30%を超えており、シミュレータを実業務で使用するには、自由席において誤差率およびばらつきの両方をさらに改善する必要がある。

2.2 アルゴリズムの改良(2015年度)

本研究では、以下2点の対応を通して、推計精度を向上させることを目標とした。

- (1) 後述する2014年度の研究における課題について対応方法を検討し、可能なものについてシミュレータへ実装する。
- (2) 上記以外にも精度低下の原因を抽出し、対応方法を検討し、可能なものについて実装する。

2.2.1 乗込み調査

アルゴリズム改良における効果検証の信頼性を上げるために、調査対象列車は、列車種別、列車到着時間の間隔、各路線の運行本数などを考慮して、前年度より本数を大幅に増やした。

<実施期間>

2015年11月30日～12月4日 計5日間

<実施列車数>

計103列車を対象として調査した。路線ごとの実測列車本数、人員を図3、4、5で示す。

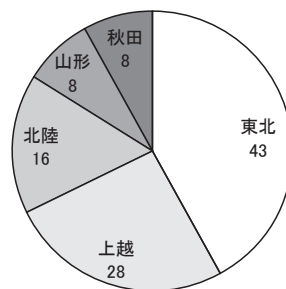


図3 路線ごとの列車本数

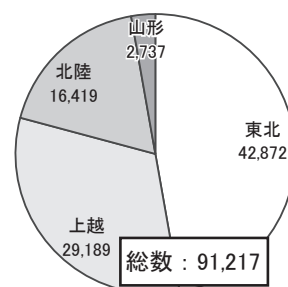


図4 実測人員 自由席

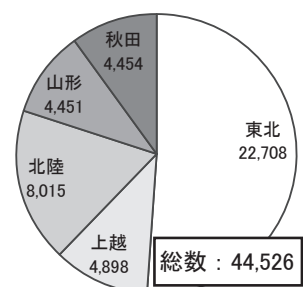


図5 実測人員 指定席

2.2.2 課題とその対応

自由席利用の乗車列車判定では、基本的に「列車の到着時刻」と「お客さまの出場時刻」を用いて、「出場時刻の直前に到着した列車が乗車列車である」と判定する。(図6)

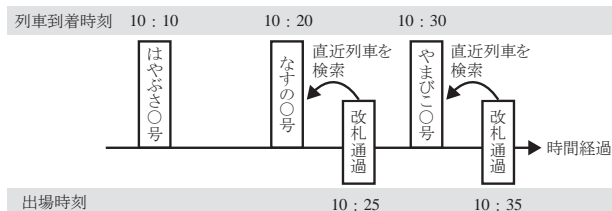


図6 乗車列車判定イメージ

ところが、上野駅などホームから改札口までの距離が離れている駅では、列車の到着時刻とお客さまの出場時刻の間隔が長くなり、特に列車間隔が短い区間ではその影響が無視できないことが課題となった。このため、一部の駅では、乗車列車判定時に参照する「列車到着時刻とお客さまの出場時刻の間の閾値」を変更する仕組みを取入れた。加えて、列車間隔が短く到着時間が接近している列車間で乗車人員を按分することも検討したが、一律な割合で按分することは必ずしも精度向上には繋がるとは言えず、却って精度低下を招く可能性があり、対応を見送り課題を残した。

そのほか、研究中に乗車券類の組み合わせによっては、二重にカウントしてしまうことや、乗車列車の判定を誤るケースがあることなどが判明し、無効な組み合わせを入力データから除外するほか、合計15件のアルゴリズムを改良してシミュレータに実装した。

2.2.3 精度の検証

それぞれのパターンにおける誤差率、およびばらつきの平均値を表3、4に示す。なお、あわせて参考としてノリホとの比較を行った。

表3 精度の検証結果 誤差率 (2015年度)

No.	パターン	自由席	指定席
1	運行障害の影響を除外	6.9%	4.9%
2	No.1 and ノリホ区間単位で集計	6.1%	4.9%
3	No.2 and 改札機データが揃う2路線	4.9%	3.6%
参考	ノリホ	7.4%	2.6%

表4 精度の検証結果 ばらつき (2015年度)

No.	パターン	自由席	指定席
1	運行障害の影響を除外	29.6%	13.9%
2	No.1 and ノリホ区間単位で集計	20.4%	13.9%
3	No.2 and 改札機データが揃う2路線	8.9%	9.0%
参考	ノリホ	28.8%	6.7%

(1) 目標達成状況

輸送計画担当者の意見をもとに、誤差率を5%未満に、さらにばらつきを10%未満にすることを目標とした。これに対して、改札機データが揃っている路線では、複数駅間を跨るノリホ区間単位での集計において、自由席、指定席ともに誤差率、ばらつきの目標値を達成できた。

また、自由席ではノリホとの比較で、誤差率は全てのパターンで、ばらつきはNo.1のパターンを除いて、ノリホの結果を上回ることができた。

(2) 課題

一方、指定席においては、混雑率、ばらつきのどのパターンでもノリホの結果を上回ることができなかった。これは、ノリホでは車内改札システムにより切符の発売データ、乗車データを参照していることによる効果が大きいためであると考えられる。

また、本研究で改札機データを全駅で取得している路線は東北新幹線、上越新幹線の2路線のみであり、列車運行本数で見ると全体の7割程度にとどまっている。これは秋田・山形新幹線では自動改札機の未設置駅があることや、新たに開業した北陸新幹線のJR西日本エリア5駅の改札機データを取得していないためである。ただし、この課題については、次章に記述する将来に向けた提案が実現できれば解消できる可能性がある。もし、北陸新幹線の改札機データを全量取得できれば、運行本数全体の8割~9割の列車において、改札機データが揃った状態で推計を行えることとなる。

3. 実用化に向けた提案

3.1 実用化時のシステム構成

シミュレータを実用化する場合のシステム構成について検討した。まず、現状のシステム構成を図7に示す。

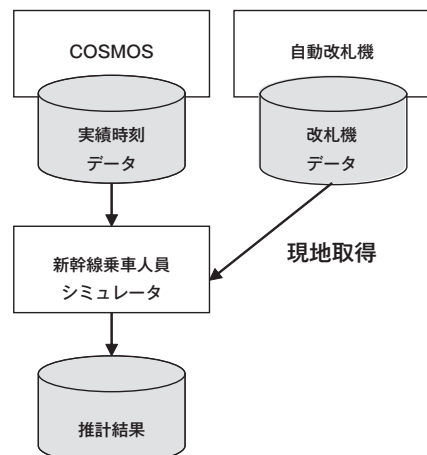


図7 現状のシステム構成

現状のシミュレータは、新幹線総合システム (COSMOS) から取得した実績時刻データと、自動改札機から現地で取得した改札機データを用いて、各列車の乗車人員を推計している。次に、実用化時のシステム構成案について図8に示す。

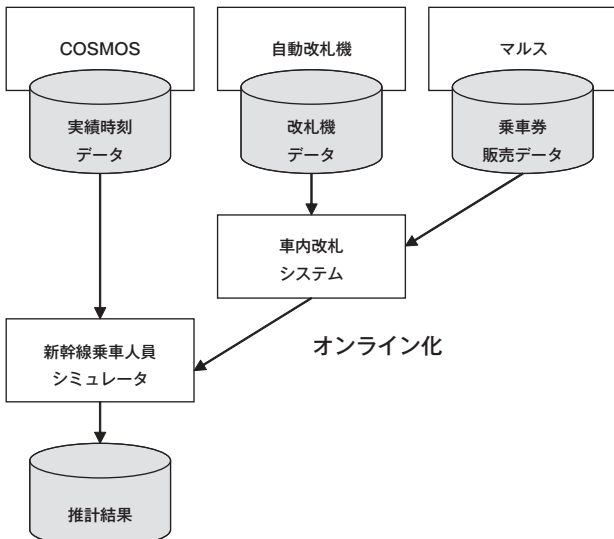


図8 実用化時のシステム構成案

システム化にあたっては、既存の車内改札システムを経由してオンラインでデータを連携する、もしくは車内改札システム内のサブシステムとして構築することで、以下のメリットが享受できると見込まれる。

- ・車内改札システムは、当社が運行する新幹線各駅の自動改札機データが連携されているため、新たに各駅とのデータ連携の仕組みを構築する必要がない。
- ・北陸新幹線のJR西日本エリアの駅からも自動改札機データを収集しているため、同新幹線における推計精度が向上する。なお、その後開業した北海道新幹線も同様である。
- ・同システムは、マルスから乗車券販売データも連携されているため、指定席の推計精度がノリホの精度に近づくと考えられる。

3.2 そのほかの改善案

現状、山形・秋田新幹線の大半の駅では、自動改札機が設置されていないため改札機データが一部の駅しか取得できず、シミュレータの精度低下の原因となっている。

しかし、これらの駅の一部では簡易Suica改札機が設置、運用されており、Suica ID管理システムに連携されていることが分かっている。これら、簡易改札機から取得可能と見込まれるICログ情報を利用することができれば、シミュレータ精度の向上が期待できる。

4. おわりに

本稿では、著者らの推計方法が新たにセンサーなどを設置せずに、既存の設備およびデータソースから得られるデータだけでODを含む乗車人員を推計し、自由席において、ノリホ区間単位の集計ではノリホ以上の精度があることを示した。このことは、特にお立ちのお客さまで車内が混雑している多客時に有効であると言える。

今後の展望として、改札機データを収集するシステムを構築し、日々データを蓄積、解析することにより、推計精度がより一層向上する可能性がある。さらには、天候、イベントなどの外部データと組み合わせることで将来予測も可能になる。これにより、データ活用が輸送業務以外にもお客さまへの情報提供など、サービスを始めとしてさまざまな分野に広がると考える。今後も、データ活用に関する研究を通じて、新幹線のさらなる価値創造、発展に寄与できるように努めていく。

参考文献

- 1) 鈴木勤, 木村稔, 小用兼司; 新幹線自動改札機データを活用したダイヤグラム作成支援システムの開発
- 2) 志小田雄宇, 伊藤和敬, 坂入整; 新幹線旅客シミュレータに関する基礎研究
- 3) 伊藤和敬, 志小田雄宇, 坂入整, 真柴史明; 新幹線乗車人員システムの開発, 第52回 2015年11月 鉄道サイバネ・シンポジウム論文集 203
- 4) 伊藤和敬; 新幹線乗車人数シミュレータの推計精度向上に関する研究
- 5) 東日本旅客鉄道株式会社; 社内通信研修講座 基礎コース, 輸送計画・運行管理 第2章 輸送需要予測2.2交通量の調査