

最近の輸送情報技術

輸送情報技術研究部

部長 土屋 隆司

1. はじめに

鉄道の競争力の維持・向上のためには、安全性の確保を前提としつつも、利便性や効率性のさらなる向上を目指すことが必要である。そのためには、各種の数理最適化技術を用いた業務効率化や IT 利用の支援に加えて、顧客満足度の評価技術や利用者行動の分析・モデル化技術等、利用者視点に立った基礎的な技術開発が特に重要である。本講演では、このような利用者視点の開発成果を中心に、最近の輸送情報技術関連の研究開発動向について紹介する。

2. 数理最適化技術の応用

輸送情報技術研究部では、鉄道輸送や設備保守等に関わる様々な課題に取り組んでいる。特に、最適化技術を用いて業務の効率化、リソース配分の適正化、旅客利便性の向上等を図るための研究に注力している。以下に近年の代表的な研究開発事例を示す。

機関車運用整理案作成アルゴリズムの研究([1])では、ダイヤ乱れ時に、機関車の検査周期などを考慮し全体のスケジュール変更を行う機関車運用整理問題を整数計画問題として定式化し、列生成法により解を求める手法を提案している。実事例を元にした計算機実験の結果、良質な解が許容時間内に得られることを確認した。さらに、本研究を発展させ、旅客列車を対象に、ダイヤ乱れ時の車両運用整理アルゴリズムを開発した。同アルゴリズムを組み込んだプロトタイプシステム(図 1)による評価試験の結果、本アルゴリズムにより妥当な運用整理案が許容時間内(1 分以内程度)で得られることを確認した。

また、乗務員基地配置駅決定アルゴリズムの研究([2])では、基地配置駅の全面的な見直し検討を行うために、数理最適化技術を用いて、基地配置駅の決定と乗務員運用計画の作成を同時に実現するアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムにより、基地配置駅と乗務員運用計画の関係について、様々な検討を行うことが可能となった。また、デマンド推定に基づく柔軟な自由席・指定席配分手法に関する研究([3])においては、特急料金を変化させてデマンドをコントロールするとともに、変化させた特急料金の下での席種別デマンドを推定し、推定デマンドの OD 構造に対して指定席・自由席の設定数を柔軟に変化させる最適化問題に取り組んだ。

開発したアルゴリズムを組み込んだ席種設定シミュレーションシステムによる評価の結果、提案する柔軟な席種設定施策の効果が定量的に示された。

日別需要に基づく輸送計画作成手法の研究([4])では、個々の利用者のニーズに即応し、オンデマンドで列車設定を行うための手法について検討した。具体的には、直近の利用者が精度良く予

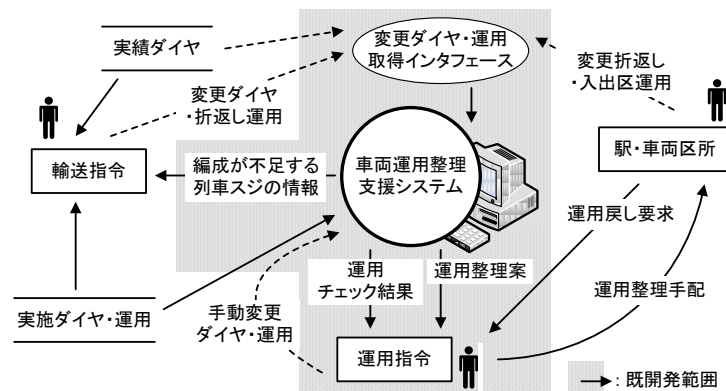


図 1 車両運用整理支援システムとその位置づけ

測可能になることを前提とした上で、推定される利用者数に対応した輸送力の提供と、車両・乗務員リソースの効率的な使用とを両立させる鉄道輸送計画の作成を数理計画問題として定式化し、その解法アルゴリズムを開発した。実在線区をもとに作成した試験データを用いた評価試験を行い、その効果を確認した。

保守現場向け勤務計画自動作成システム(図2)の研究では、現在人手で作成されている保守区の勤務予定表を数理計画法により自動作成するシステムを開発した。開発したシステムは、多岐に渡る制約条件を考慮しつつ、事前に与えられた一月分の作業計画に対応した勤務予定表を数10秒程度で作成することが可能である。また、休日出勤や夜勤の回数の平準化を行なっているのに加えて、月途中での作業変更に対して勤務計画を柔軟に変更する機能や作業負荷の波動に対応するため他グループからの支援を考慮した予定を作成する機能等も実現している。

一方、設備モニタリングシステムにおいてセンサデータ伝送手段として使用されるセンサネットワークの配置を最適化するための研究にも取り組んでいる([5])。電力消費を考慮したセンサネットワーク設計の最適化に関する研究では、ネットワークを構成するノードの電力消費モデルに基づいて、ネットワーク全体の電力寿命を最長化するためのヒューリスティック手法を開発した。実構造物(地下鉄トンネル)に設置したセンサネットワークから得られたデータに、開発手法を適用した結果、提案手法によって、既存の構成に比べてバッテリー交換周期の延伸と低コスト化が実現できることを確認した。

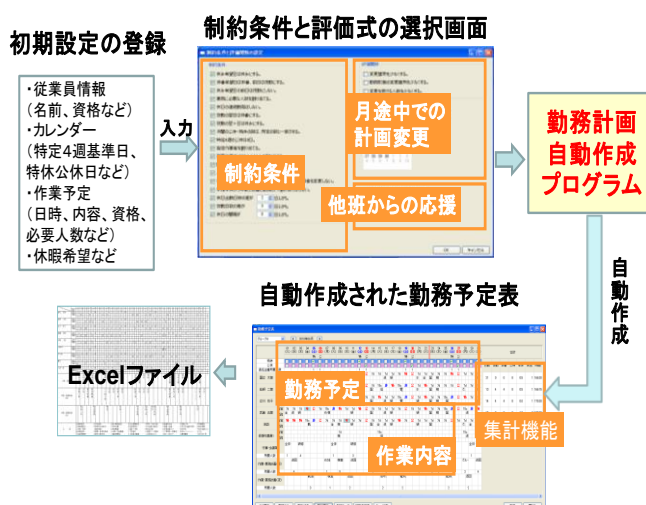


図2 保守現場向け勤務計画自動作成システム

3. 利用者行動の分析と(不)満足度の評価

平常時および異常時における鉄道利用者の行動を把握、分析する技術、およびその結果に基づく需要予測技術、利用者視点から輸送サービス(列車ダイヤや運転整理案)を評価する技術等は、的確な輸送サービスの提供にとって不可欠なものである。そこで、以下では、利用者行動の分析、需要予測および顧客満足度の評価に関する近年の研究開発事例について紹介する。

異常時における旅客流動の予測手法に関する研究では、自動改札機データなど、現状入手可能なデータに基づいてダイヤ乱れ時における利用者の動きを予測し、運転整理や旅客案内に資することをめざしている。本研究では、ダイヤ乱れ時に観測される自動改札機通過データやODデータ(発着別輸送人員データ)の傾向を調査した上で、①並行路線への迂回による利用者の減少、②運転中断に伴う利用者の滞留、③利用者集中による積み残し等の現象を模擬することにより、ダイヤ乱れ時のODを予測するプログラムを開発した。今後、開発したプログラムの精度検証を行なう予定である。

旅行形態や利用者の嗜好を考慮した幹線鉄道の輸送需要予測手法の研究では、幹線鉄道・自動車・高速バスの競合環境を対象に、嗜好性等による選択肢のしぼりこみを考慮した新しい交通機関選択モデルであるPLCS(Parameterized Logit Captivity and Selectivity)モデルを開発した。さら

に PLCS モデルとモンテカルロシミュレーションを組み合わせた選択行動シミュレーション手法を開発することにより、PLCS モデルによる交通機関選択率(分担率)の推定を可能とした。整備新幹線の開業等により幹線鉄道・高速バス・自動車の3交通機関競合が生じる複数区間を対象として、開発した手法と一般的なモデルにより交通機関分担率の推定を行ない、第3回(2000年)／第4回(2005年)全国幹線旅客純流動調査データで観測されている実績値と比較した。その結果、開発した手法は、幹線鉄道、自動車、高速バスが競合する100~300km程度の区間において、幹線鉄道の所要時間の短縮等による交通機関分担率の変化を一般的なモデルに比べて高い精度で推定できることを確認した。

通勤線区を対象とした運転整理案の評価尺度に関する研究では、実際にダイヤ乱れを体験した利用者を対象としたインターネット調査結果に基づき、ダイヤ乱れ時に利用者が感じる不満を定量的に説明可能なモデルを構築した。また、すでに開発済みの列車運行・旅客行動シミュレータを用いて、所要時間、待ち時間、混雑度、乗換え回数等から運転整理ダイヤに対する利用者の不満値を予測計算する手法を開発した。本研究により、旅客案内の不適切など、運転整理案自体の評価に直接は結びつかない指標の重要性も明らかになった。今後は、運転整理案自体の質の向上に加えて、早期のダイヤ確定による案内の迅速性、正確性の向上等により、総体としての利用者不満を低減できる可能性等についても、検討を深度化する予定である。

ダイヤ乱れ時における不確実情報の提供手法に関する研究([6])では、個別列車の運行情報(各列車の遅延時間、列車在線表示、混雑度、到着予測時間)の提供効果を被験者試験等により把握した。分析の結果、提供する情報項目の内容に応じて列車選択結果が有意に変わること、また、複数の評価指標(選択要因)を比較検討できる環境を提供することにより、混雑を回避する行動を取る利用者が増加する(速達性よりも快適性を重視する傾向が顕在化する)ことも明らかになった(図3)。

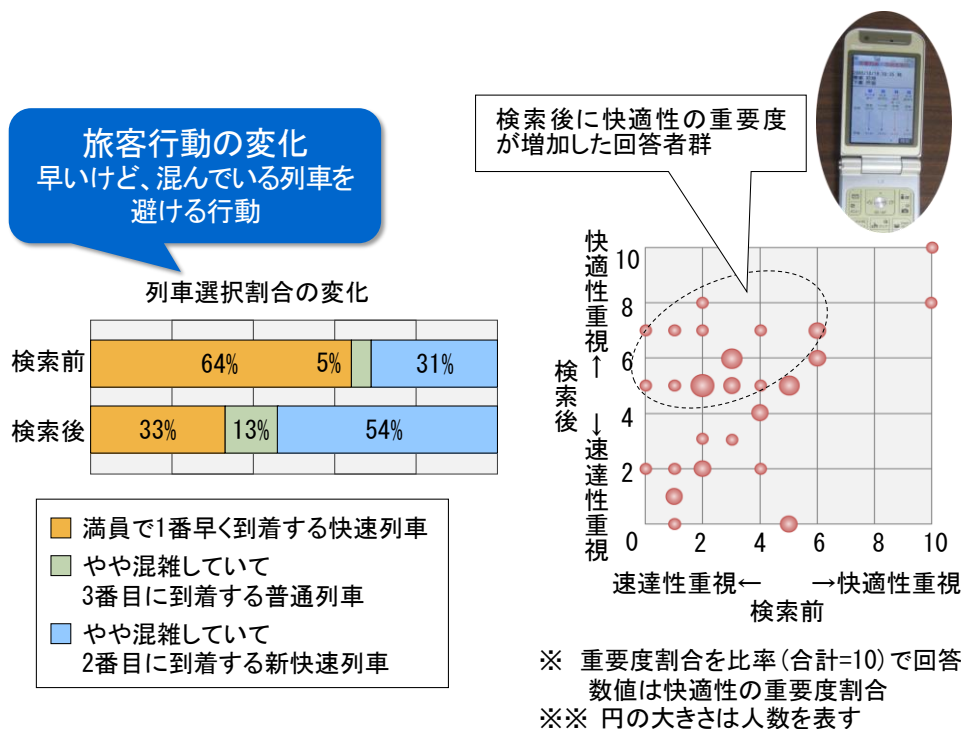


図3 列車選択支援のための検索システム使用前と使用後の選択行動の比較

4. その他の研究

4.1 鉄道貨物輸送に関する調査研究

近年の環境意識の高まりを背景に、環境負荷の低い鉄道貨物輸送への期待が高まりつつある。鉄道総研では、鉄道貨物輸送に関する調査研究を継続的に進めている。鉄道貨物輸送による物流費用・環境負荷低減効果の評価手法に関する研究([7])では、トラック輸送から鉄道輸送にモーダルシフトした場合の輸送費用の低減やCO₂の排出削減等の効果を評価する手法を提案している。具体的には、荷主の貨物輸送状況、貨物駅の地域影響範囲、地域と鉄道線区を結ぶ関係などの実態を分析し、貨物鉄道による陸上貨物輸送の物流費用低減効果やCO₂排出削減効果などの影響を計測する手法を提案している。当該手法を用いたケーススタディ線区での試算も行なっており、貨物鉄道の社会的意義を定量化する取り組みのひとつと位置付けられる。

4.2 運賃収受システムに関する調査研究

地方都市など比較的乗降の少ない中規模路線を対象に、低コストを維持しつつ、運賃捕脱を防止する出改札システムについて検討を行なった。その結果、乗車券の識別番号(ID)を管理することで安価に不正を防止することができる簡易な改札方式を提案するとともに、その一実装例として2次元コードを利用した出改札システムを開発した。開発システムの被験者試験を行なうとともに、鉄道事業者に対するヒアリング調査を行い、その実用性を確認した。

一方、1枚のICカードを様々な地域や交通機関で利用できる「相互運用可能な運賃管理システム」(IFMS)の検討が世界的に進められており、2007年には国際標準化機構がIFMSのアーキテクチャの概念モデルの国際規格を発行した。鉄道総研では規格の最新動向の把握に努めるとともに、国内事業者等とも連携しながら、国内の規格やシステムのIFMSとの関係等について議論を進めている。今後も、引き続き注視が必要な分野である。

5. おわりに

輸送情報技術に関する最近の研究開発成果の中から、数理最適化技術の応用および利用者行動分析に関する研究事例を中心に紹介した。我々の研究活動に、様々な角度から忌憚のないご意見をいただければ幸いである。引き続き、情報技術を応用した鉄道輸送の効率化、利便性の向上等に向け、研究開発を深めていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 佐藤圭介, 福村直登: 機関車運用整理案作成アルゴリズムの開発, 鉄道総研報告, Vol.24, No.10, 2010
- [2] 加藤 怜, 佐藤圭介, 福村直登: 乗務員基地配置駅決定アルゴリズムの開発, 鉄道総研報告, Vol.24, No.10, 2010
- [3] 柴田宗典: デマンド推定に基づく柔軟な指定席・自由席設定手法, 鉄道総研報告, Vol.24, No.10, 2010
- [4] 坂口隆, 福村直登, 佐藤圭介, 加藤怜: 日別需要に基づく鉄道輸送計画作成手法の開発, 鉄道総研報告, Vol.24, No.10, 2010
- [5] 羽田明生, 土屋隆司: 電力消費を考慮したセンサネットワーク設計の最適化手法, 鉄道総研報告, Vol.24, No.10, 2010
- [6] 深澤紀子: 列車ダイヤ乱れ時における情報提供と旅客の列車選択に関する評価試験, JRIL2010
- [7] 厲国権: 鉄道貨物輸送により物流費用・環境負荷低減効果の評価手法, 鉄道総研報告, Vol.24, No.10, 2010