

日別需要に基づく鉄道輸送計画作成手法の開発

坂口隆 佐藤圭介 加藤怜 福村直登

鉄道輸送計画は、限られた資源である車両や乗務員を効率的に使って、見込まれる利用者数に見合う輸送量をできるだけ確保することを目的として策定されている。しかし、季節的な旅客波動に対する列車の増発を除けば、ほとんどの鉄道路線が毎日固定的な輸送計画(ダイヤ)に従って運行されている。より柔軟に日々の利用者の需要に対応して適切な輸送力を提供できれば、利用者にとっては混雑の緩和や座席の確保といった利便

性の向上が期待でき、鉄道事業者にとっては無駄な輸送力を削ることでコストや環境負荷の低減が期待できる。

本研究では、直近の利用者が、精密に予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手法を開発し、シミュレーション実験により作成した輸送計画を評価する実験を行った。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)

デマンドに応じた列車設定案のシミュレーション結果

日別需要	列車ダイヤ	利用者視点				事業者視点		
		平均待ち時間	列車キロ(km)	平均不効用値(※1)	平均満足度(※2)	列車本数	平均乗車率	総車両キロ(km)
繁忙期	固定	15分	146,000	7581	3.1	302本	63%	407,000
	デマンド	13分	178,000	7372	3.2	360本	73%	308,000
閑散期	固定	13分	146,000	7363	3.2	302本	52%	407,000
	デマンド	16分	140,000	7700	3.1	291本	72%	258,000

固定ダイヤ : 定期列車250本+毎日運転の予定臨時列車52本を運行。車両数を固定。

デマンドダイヤ : 定期列車に加えて臨時列車の候補188本の中から、デマンドに応じて運行する臨時列車、車両数を設定。

※1 不効用値は利用者の乗車時間・ホーム待ち時間・乗り換えの負担などを総合した値。数値は小さいほうが良い。

※2 満足度の点数は7点満点。数値は大きい方が良い。

デマンド推定に基づく柔軟な指定席・自由席設定手法

柴田宗典

通常、優等列車(新幹線・特急列車)では指定席と自由席の2種類の座席(席種)が供給されているが、席種毎の座席供給量や料金は概して固定的であるため、未利用座席の発生等により座席利用率(ロードファクタ)が低下している。これにより、鉄道事業者の収益性の低下や予約謝絶による旅客不効用の発生等の問題が生じていると考えられる。そこで本研究では、将来的に特急料金を柔軟に変更可能な席種設定・座席予約システムが実現することを前提として、席種毎のデマンド(需要)を推計し、その需要構造に応じて席種の設定を柔軟に変化させる手法を提案する。旅客のトリップデータから構築した席種選択行動モデルを需要予測モデルとした座席設定シミュレーションシステムを開発し、本手法の効果を計測した結果、ロードファクタの改善による鉄道事

業の収益性の向上と、予約謝絶の回避による利用者利便性の向上とを両立させる施策である可能性が示された。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)

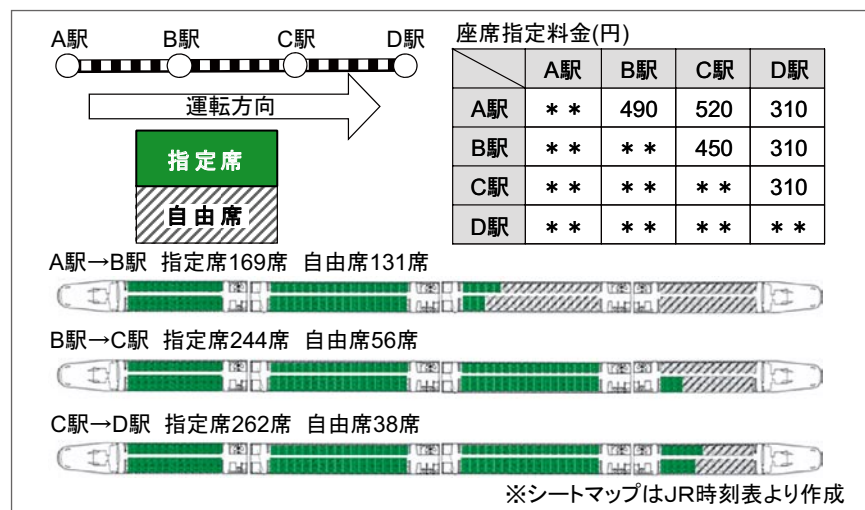


図 柔軟な指定席・自由席設定の例(第1列車)

機関車運用整理案作成アルゴリズムの開発

佐藤圭介 福村直登

列車ダイヤに乱れが発生すると、鉄道事業者は事態収束のため列車ダイヤの変更とそれに伴う車両・乗務員の運用整理を行うが、本稿では貨物列車をけん引する機関車を対象に、列車遅延時分の見込みや運休の決定が与えられたときに、機関車運用整理案を作成するアルゴリズムについて述べる。本稿では機関車運用整理を数理計画問題として定式化する。ここでは、機関車の現在位置を起点とした変更仕業候補を複数生成し、全ての列車に必ず機関車が割り当たるように変更仕業を組み合わせることで運用整理案を作成する。各機関車の変更仕業候補数はあらゆる可能性を考慮すると数十万の規模になり得るが、ダイヤ・運用をネットワークで表現し列生成法を用いることで、仕業候補のごく一部を列挙するだけで良質な整理案が高速に作成できる。実際の

ダイヤ乱れ事例を適用した計算機実験の結果、満足できる質の整理案が実用的に十分な時間で得られた。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)

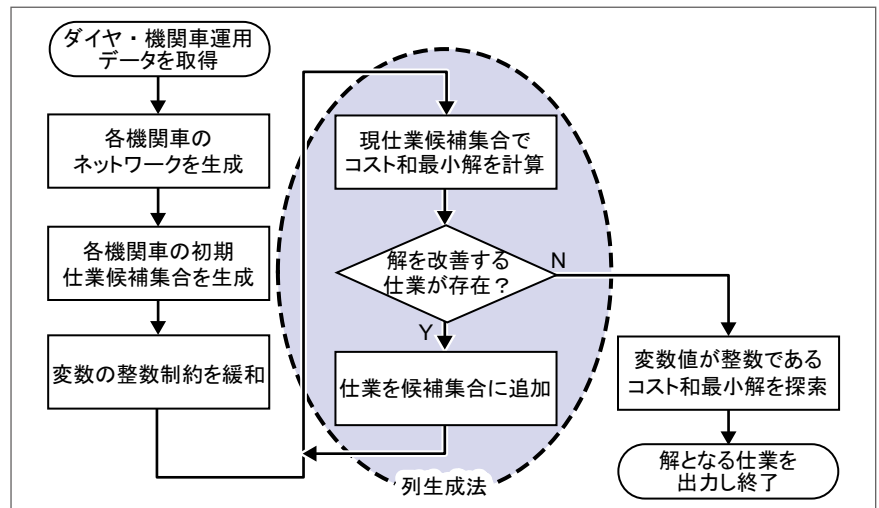


図 機関車運用整理案作成アルゴリズムの概要

乗務員基地配置駅決定アルゴリズムの開発

加藤怜 佐藤圭介 福村直登

鉄道輸送において、乗務員運用の効率化は保有資源の有効活用の面から重要な課題である。乗務員基地は営業路線上のいずれかの駅に隣接して配置され、乗務員はいずれかの基地に所属する。各乗務員は、所属する基地が配置されている駅から勤務を開始し、同一の駅にて勤務を終了する必要があるが、乗務距離や乗務時間には制限があるため、乗務員基地の配置箇所により乗務員運用の効率は大きく変化する。乗務員基地の配置箇所の妥当性を検証するためには、その基地配置にもとづく乗務員運用計画の妥当性についても評価する必要がある。そこで、列車ダイヤ、乗務員の労働条件、基地配置の候補駅を入力とし、そこから基地配置駅の決定とその配置にもとづく乗務員運用計画の概略案の作成を同時に行うアルゴリズムを開発した。このアル

ゴリズムにより、基地配置に関する多様なシミュレーションを行うことが可能になった。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)

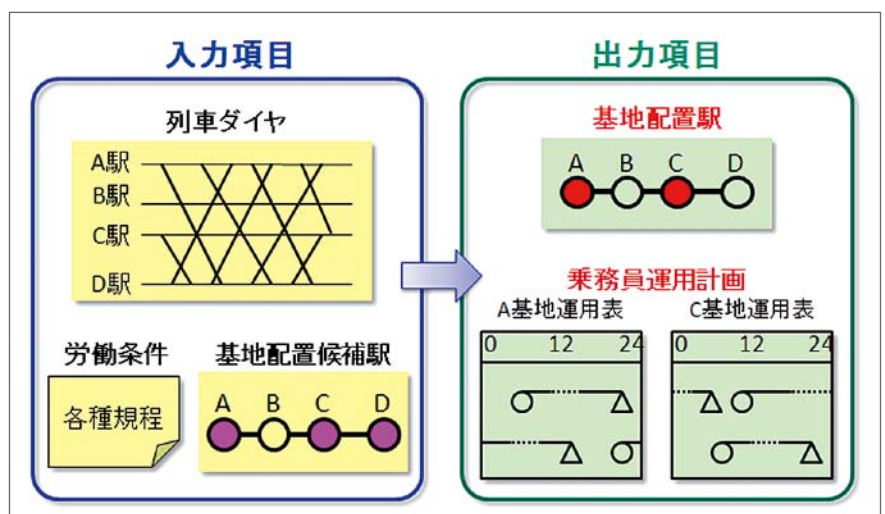


図 アルゴリズムの入力項目と出力項目

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

厲国権

本研究では、貨物輸送の実態に基づいて、物流費用・環境負荷低減効果等を評価尺度として具体的な鉄道線区の貨物輸送に対する適切な評価手法の開発を試みる。

まず鉄道輸送に適している製造業荷主の地域間陸上貨物の実態と鉄道貨物の輸送実績を分析する。次に線区別の貨物輸送実態データベースを構築する。さらに、各地域における貨物駅勢圏を分析し、その圏内に存在する陸上貨物の流動経路を考察して分析対象線区の通過可能な貨物を選別する。それに伴い、先行研究の成果である鉄道輸送の物流費用優位性の判断基準などを用いて鉄道にモーダルシフト可能な貨物を判定する。そしてそれらの貨物の鉄道輸送とトラック輸送との比較を行って、分析対象線区に対して鉄道輸送による物流費用・CO₂排出量削減に関するそれぞれの直接効果と潜在効果を定量的に評価する。最後に、ケーススタディ線区の貨物輸送により全国及び各地域の社会経済に及ぼす効果を試算した。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)



図 ケーススタディ線区の貨物輸送によるCO₂排出量の削減効果

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

羽田明生 土屋隆司

センサネットワークを利用した鉄道設備の保守管理においては、ネットワークを構成する各ノードの限られた電力資源を効率的に利用して、できる限りセンサネットワークの稼働期間を長くすることが求められる。そこで、本稿では電力消費を考慮したセンサネットワーク設計を行うための最適化手法について述べる。

鉄道設備の設置環境は多様であり、通信環境やAC電源の利用環境も様々である。よって、センサネットワーク設計の最適化では様々なシナリオを考えることができる。本稿では、ゲートウェイがAC電源の利用できる場所に設置されたとき、リレーノードを追加して各センサノードの電力負荷を分散させネットワークの稼働期間を最大にすることを目的とした数理モデル(リレーノード配置問題)とゲートウェイも限られた電力資源を使用するとき、ネットワークの稼働期間を最大とするゲートウェイの配置場所を決定する数理モデル(ゲートウェイ配置問題)の2つの最適化モデルを取りあげ、これら両モデルに対する解法アルゴリズムを提案する。リレーノード配置問題に対してはラグランジアン・ヒューリスティック

法に基づくアルゴリズムを、ゲートウェイ配置問題に対してはライフスパン法に基づくアルゴリズムを提案する。また、提案アルゴリズムの有用性を評価するためにロンドン地下鉄トンネルに設置されているセンサネットワークから得られたデータと乱数により生成されたデータを用いて数値実験を行った。これら数値実験の結果から、両モデルに対する提案アルゴリズムは良質な解を出力することを確認した。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)

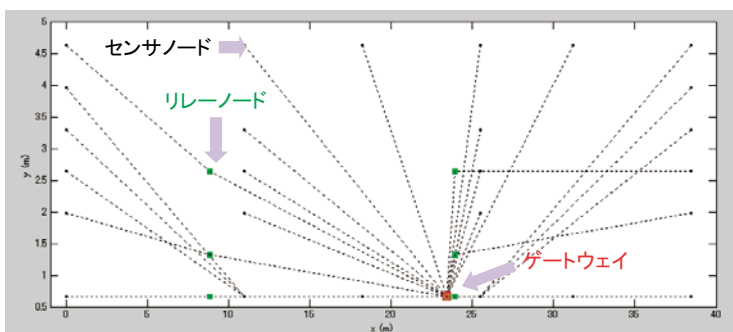


図 ロンドン地下鉄トンネルにおけるリレーノード設置案

鉄道構造物の常時・異常時モニタリングシステムの開発

野末道子 土屋隆司 篠田昌弘 渡辺義大 佐藤紀生

鉄道構造物を効率的、かつ効果的に維持管理することを目的とした常時・異常時対応モニタリングシステムを開発した。本システムの特徴は図に示す通り、検査に困難が伴う部位の監視や地震等による異常発生時の早期検知等、監視目的に応じて、構造物の変状を適切に計測できるセンサを取捨選択できることにある。また、センサから指令・本部までのデータ伝送として、電車による回収、携帯電話網や特定小電力無線等によるリアルタイム回収、微小な無線チップ (RF-ID) による人的回収手法を統合化した。本稿では、開発したセンサの概要について紹介するとともに、所内の模擬環境 (構造物等) へ設置し継続的に行なっている伝送試験の結果を報告する。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)



列車を用いたデータ収集ネットワークの開発

土屋隆司 野末道子

近年、通信遅延が非常に大きい、通信リンクがしばしば途絶する (あるいは間欠的にしか通信できない) といったような劣通信環境下において安定的な通信を実現する技術としてDTN (Delay and Disruption Tolerant Network) が注目されている。DTNの応用としては、固定ノード間の通信リンクが不安定、間欠的である場合に加えて、移動ノードを用いてデータを蓄積・運搬・転送する蓄積運搬型データ伝送ネットワークに関する検討も進められている。本稿では、このような蓄積運搬型データ伝送ネットワークを含むDTNの最近の動向を概観した上で、その鉄道への応用のひとつとして沿線設置のセンサ群からのデータ収集用ネットワークを提案する。開発したデータ収集ネットワークでは、①地上設備に設置されたセンサ群からのデータを地上のゲートウェイが集約し、列車が通過するまで保持する、②ゲートウェイが列車検知をトリガーにして車上の受信装置にデータを伝送する、③データを受信した車上装置は駅等の伝送拠点に到着するまでデータを保持し、伝送路の開通を検知してデータ管理サーバへデータを

送信する、という3段階を経てデータ伝送を行う (図)。本システムでは、通信ノード間のリンクパイリンクでの送達確認と各ノードによるデータ保管、転送の保証により確実なデータ伝送を実現している。鉄道総研構内の試験線等で、試作したシステムによる伝送試験を実施し、末端のセンサ～列車～データ管理サーバまでの一連のデータ伝送が確実に行えることを確認した。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)

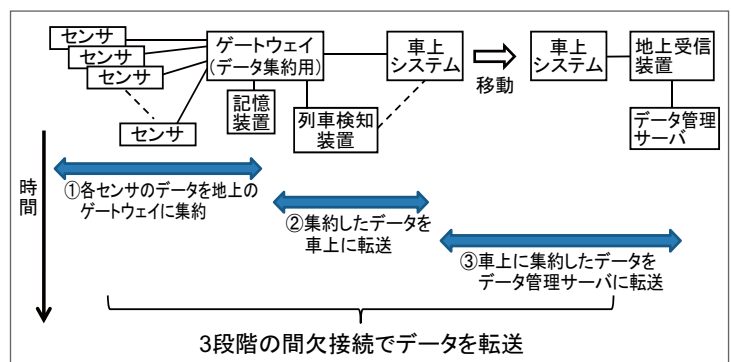


図 列車を介した間欠接続リンクによるデータ転送

レーザー光を用いた鉄道用大容量通信システムの開発

中川伸吾 松原広 中村一城 辰井大祐 春山真一郎 寺岡文男

移動体通信技術が発展する中、鉄道における高速大容量通信の実現を目指して研究開発を行った。本研究では、固定地間通信において大容量通信の実績があるレーザー光通信技術に着目し、その通信方式の1つであるレーザスキャン方式による地上・列車間通信の実現を目指した。本方式は、通信装置内のミラーの方向を動的に調整することにより、地上側・列車側の双方の装置が相手の装置に向けてレーザー光を発射して双方向通信を実現する方式である。本方式を用いて、相手装置の高速かつ正確な捕捉・追尾、また地上側装置の高速な切り替えが可能なレーザ

光通信システムを試作した。鉄道環境で営業列車を用いて通信試験を行った結果、130km/h程度で走行する列車に対してもTCPレベルで最大約700Mbpsの伝送速度を確認できた。

(鉄道総研報告, 2010年10月号)

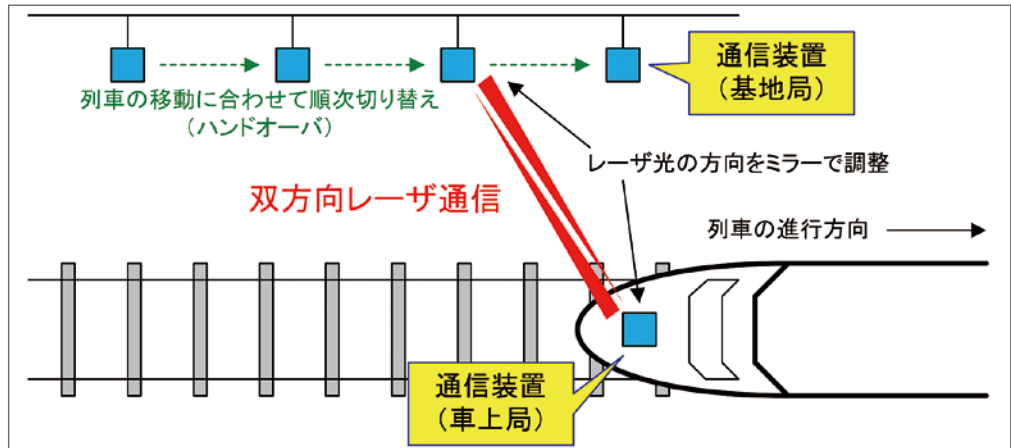


図 鉄道沿線でのレーザスキャン方式による光通信