

氏名	佐藤 圭介		
学位の種類	博士 (社会工学)		
学位記番号	博 甲 第 7729 号		
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Integer Programming Models and Algorithms for Rail Transport Rescheduling (鉄道輸送の再計画のための整数計画モデルと解法)		
主査	筑波大学 教授	博士 (理学)	繁野 麻衣子
副査	筑波大学 准教授	博士 (学術)	八森 正泰
副査	筑波大学 准教授	博士 (情報理工学)	小林 佑輔
副査	筑波大学 准教授	博士 (理学)	佐野 良夫
副査	千葉工業大学 教授	博士 (情報学)	富井 規雄
副査	筑波大学 教授	工学博士	山本 芳嗣

論文の要旨

鉄道輸送システムは緻密で複雑な運行計画の上で運用されているが、運行計画の作成はオペレーションズ・リサーチや数理最適化と深く関わりがある。本論文では、列車運行が阻害されたときに運行を正常に戻すための再計画を扱っている。特に、大規模な再計画後の細かなスケジュールを対象としている。列車運行を正常に戻すための再計画には幾つかの段階があるが、その中でも重要といえる三つの問題、列車ダイヤの変更、車両運用整理、乗務員運用整理を対象として、それぞれモデル化し、整数計画問題として定式化した後に実用的なアルゴリズムの提案を行っている。さらに、計算機実験により提案したアルゴリズムの有効性を検証している。鉄道運行の再計画は即時性が重要であることから、与えられた再計画の運用開始時刻以降のスケジュールを決められた時刻までに計算することを特徴としている。

列車ダイヤの再計画に対しては、1 路線内での遅れに対して、順序変更、進路変更、時刻調整、列車種別変更、車両変更による列車ダイヤの回復をモデル化している。さらに、顧客は再計画された列車運行に対して、経路を変更するものとし、変更後の経路での遅延や不便度増分を重視した顧客志向のモデルを構築している。整数計画問題として定式化した後に、二段階のアルゴリズムを提案している。そして、東京都内の一路線を模した問題を対象に遅延に対する再計画を計算し、遅延時間最小化と不便度増分の低減にはトレードオフの関係があることを示している。また、最適性の保証に時間がかかるものの、再計画の解は数十秒で得られることが多く、実用に耐えうるアルゴリズムであることを検証している。

車両運用整理では、列車に車両を割り当てる再計画をおこなっている。このとき、列車ダイヤの乱れに対して車両を適切に再割り当てするのみでなく、車両の検査周期も考慮する必要がある。そこで、始発駅から終着駅までの列車の運行や検査とその可能な前後関係を表すネットワークを作成し、そこに車両の経路を埋め込むことで検査周期を考慮した車両の割り当てを求めている。具体的には、各車両の運行可能な経路からなる集合分割問題として定式化をして列生成法を用いたアルゴリズムを示している。最適性の保証はないものの、部分問題は最短路問題となり高速に解けることから効率的なアルゴリズムであるといえる。実際に貨物列車の例を用いてその有効性を示している。

乗務員運用整理では、列車に乗務員を割り当てる再計画をおこなっている。乗務員運用整理においても、車両運用整理と同様に列車運行のネットワークを作成し、そこに乗務員を埋め込むことで割り当てを求めている。ただし、複数乗務員が車両に乗務して移動することも可能なために集合被覆問題となる。また、乗務員は勤務後に所属する基地に帰らなければならないという制約や超過勤務の上限も考慮している。計算機実験では貨物列車の運転士の例を用いてその有効性を示しており、25 秒程度で再計画の解が得られることを示している。

いずれの再計画問題に対しても、数理最適化手法の有用性を示しており、実用化につながる結果を示している。

審 査 の 要 旨

【批評】

鉄道輸送システムにおけるダイヤ乱れに対する再計画の問題は考慮すべき事項が非常に多く煩雑であり、自動計算を目指して多くの研究がなされているが現実的には手作業に頼っている。本論文の結果は、より現実的なモデルにするために考慮すべき事項に工夫がなされ、また、問題ごとにその特徴を利用したアルゴリズムが提案されている。扱っている列車ダイヤ再計画、車両運用整理、乗務員運用整理のいずれにおいても、細かな定式化や実データを模した数値実験により実用に耐えうるアルゴリズムであることを示した価値は大きい。さらに、先行研究に対する系統だった調査は当該分野に精通している著者ならではの成果であり評価に値する。以上のことから、博士（社会工学）として十分な成果を得ていると判断する。

【最終試験の結果】

平成28年2月3日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（社会工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。

