

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 工事立会者手配業務に対する数理モデルと実践的解法

氏 名 高須賀 将秀

論 文 内 容 の 要 旨

近年，通信技術や情報技術の発展により，今まで人手で行ってきた業務が計算機等で行う業務に代わりつつあり，デジタル化が進んでいる．それに伴い，人手で行ってきた意思決定も，デジタル情報を用いた計算機と人手によるハイブリッドな方法に年々変化している．計算機を用いて意思決定の支援を行うためには，意思決定の過程を数理モデルとして表現し，その数理モデルを解くための実践的解法が必要となる．しかしながら，この過程を数理モデルとして表現したり，実践的解法を実装することは容易ではない．その理由の1つとして，実社会の要件は多様であり，少し要件が異なるだけで異なる数理モデルになり，それを解くための実践的解法も異なる場合が多いため，解決したい問題が現れるたびにモデル化と解法開発が必要になって，その都度大きな労力が必要になってしまうことが挙げられる．また，数理モデルや実践的解法の研究を行う立場の人と，実社会で日々それらの課題に直面している現場の人の間の交流が少ないため，実社会への活用に向けた検討に至りづらい．そのため，2つの立場に関わり，数理モデルや実践的解法の活用事例を増やしていくことが求められている．本稿では，実社会に存在する課題を解決する試みの一環として，日本電信電話株式会社で日々行っている意思決定の業務の一事例を取り上げ，数理モデルとそれに対する実践的解法を検証した結果について述べる．

近年，道路などのインフラの老朽化は深刻な社会問題となっており，補修工事が日々行われている．そのような工事を行うときに日本電信電話株式会社の設備を傷つけてしまうことを防ぐため，各工事に日本電信電話株式会社の社員が立ち会うようにしている．そのため，各工事にどの社員を割り当てるかを定める必要がある．その際，難易度の高い工事が1人の社員に集中していないかなどを考慮している．また，各社員が担当する工事をすべて巡回したときの総移動時間を小さくしたいという要望や，スキルの低い人に難しい工事を割り当てると事故が起こりやすくなるため各工事を適切なスキルを持つ人に割り当てたいという要望など，様々な要望を

考慮する必要がある。そのため、実社会の工事の割当ての意思決定には高度な技能が必要になる。

本稿では、高度な技能を有している手配者と呼ばれる専門家により意思決定が行われている工事立会者手配業務に対し、実用的な手配結果を算出可能な数理モデルを提示する。また、手配者がコメントした点を改善するように数理モデルを修正するに従い、算出される解と手配者が手作業で作成した手配結果との相違度が減少することを数値実験により示す。

さらに、そのような数理モデルに対して、実行可能なルート候補の全列挙に基づく集合被覆アプローチによる定式化、制約生成法に基づく定式化、および実行可能なルート候補を削減した集合被覆アプローチによる定式化に対して汎用ソルバーを用いて求解する手法の比較検証を行う。計算実験により、それらの手法によって現実的な時間で良質の解を得ることを確認した。これらにより、実社会に存在する工事立会者手配業務に対して、手配者の意思決定の支援を行うためのモデルの構築と、実践的な解法を示すことができた。

本稿は全7章から構成されている。各章で述べる内容は次のとおりである。第1章本章では、工事立会者手配問題に対する研究背景を述べる。第2章では、工事立会者手配問題を理解する上で必要な知識と定義を与える。第3章では、第2章で述べた工事立会者手配問題を数理計画問題として定式化する。この数理モデルは手配者に対するヒアリングを通して明らかになった制約や要望を全て盛り込んだものである。第4章では、数理モデルに対する手配者の評価結果と相関のある客観的な指標について検証する。その候補として、現場の手配者による手配結果と数理モデルで得られる結果がどの程度近いかに注目する。手配結果の間のそのような距離の測り方には自由度があるため、測り方による傾向の違いについても検証する。第5章では、第3章で定義した工事立会者手配問題のいくつかの定式化と、それに基づく求解法について述べる。第3章の定式化とは異なる定式化として、実行可能なルート候補の全列挙に基づく集合被覆アプローチによる定式化、制約生成法に基づく定式化、および実行可能なルート候補を削減した集合被覆アプローチによる定式化を考え、それらに対して汎用ソルバーを用いて求解する手法について述べる。第6章では、第5章で述べた工事立会者手配問題の種々の定式化に基づく求解法に対する計算実験の方法とその結果を述べる。最後に、第7章で本研究の結論を述べる。

数理モデルの比較検証の結果、得られた結論の概要は以下の通りである。第3章の定式化は整数計画問題を一度解けばよく、制約生成のような反復計算を含まないため、数理モデルを記述して汎用ソルバーを適用するためにかかる手間が少なく済む。そのため、工事件数が小さい問題例しか解く必要がなく、しかも解が多少悪くても(e.g., 相対誤差10%程度)許容できる場合に有用である。実行可能なルート候補を削減した集合被覆アプローチによる定式化は本稿で取り扱う問題例のうち大規模なものを除いた多くの問題例に対して、高速に厳密な最適解を得ることができた。とくに、平均ルート長が小さい問題例に対しては、実行可能なルート候補を削減した集合被覆アプローチによる定式化は短時間で最適解を得ている場合が多い。平均ルート長が大きい問題例に対しては、集合被覆アプローチでは実行可能解が得られない場合があるが、制約生成法に基づく定式化は全ての問題例に対して実行可能解を得ており、最適値が判明した全ての問題例に対してその誤差は3.2%以下と小さく、それ以外の問題例の多くに対しても誤差は比較的小さい。以上より、これらを

実践的に利用する方法として、制約生成法に基づく定式化と実行可能なルート候補を削減した集合被覆アプローチによる定式化の2つの実装が可能な場合には、まず実行可能なルート候補を削減した集合被覆アプローチによる定式化を適用し、実行可能解が得られないときには制約生成法に基づく定式化を用いる使い方が効果的であると考えられる。一方、2つの実装が難しい場合であっても、解くべき問題例が比較的小規模である場合には、第3章の定式化を実装して適用するのが、現実的な解決策として有用であると考えられる。