

Branch-and-Bound Algorithms for Variable Selection and Shortest Vector Problem

木村, 圭児

<https://hdl.handle.net/2324/2236041>

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (機能数理学) , 課程博士
バージョン :
権利関係 :

| | | | | |
|--------|--|---------|-----|---------|
| 氏 名 | 木 村 圭 児 | | | |
| 論 文 名 | Branch-and-Bound Algorithms for Variable Selection and Shortest Vector Problem (変数選択と最短ベクトル問題のための分枝限定法) | | | |
| 論文調査委員 | 主 査 | 九州大学 | 准教授 | 脇 隼 人 |
| | 副 査 | 九州大学 | 教授 | 藤 澤 克 樹 |
| | 副 査 | 統計数理研究所 | 教授 | 二 宮 嘉 行 |
| | 副 査 | 九州大学 | 准教授 | 安 田 雅 哉 |

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

決定変数の一部に整数制約のある線形計画問題を混合整数線形計画問題と呼ぶ。計算機の能力の向上とアルゴリズムの進展に伴い、様々な混合整数線形計画問題が解けるようになり、高性能なソフトウェアも出現した。このような発展に伴い、非線形性を有した混合整数線形計画問題、すなわち、混合整数非線形計画問題を解くことの必要性および重要性が増した。実際、混合整数非線形計画問題に関する多くの研究では、それぞれの研究で対象としている問題を混合整数非線形計画問題に定式化し、既存のソフトウェアで解いている。しかしながら、非線形性を有しているため、変数の数や制約の数を減らすなど、定式化を工夫しても計算コストの観点から既存のソフトウェアをもってしても、まだ満足いくレベルには達していない。

本論文では、統計学の一つのテーマである変数選択と、暗号数学で現れる最短ベクトル問題に対するより高速なアルゴリズムの提案を試みた。これらは混合整数非線形計画問題として定式化できる。既存の高性能ソフトウェアが問題固有の性質を利用しない汎用目的で作られているので、本研究では、これらの問題が有する固有の性質を利用するアルゴリズムを提案し、高性能ソフトウェアよりも高速に求解できることを実証した。

変数選択は、与えられたデータからデータにあった統計モデルを生成する手法であるが、データがどれだけ統計モデルにあっていて、ということと統計モデルの簡潔さは相反することがしばしばある。また、暗号数学で扱われる最短ベクトル問題は格子暗号と呼ばれる暗号方式において最短ベクトル問題の最適解を利用することで暗号の頑健性を保証するために用いられる。変数選択および最短ベクトル問題の双方とも混合整数非線形計画問題として定式化できるが、容易に求解できない最適化問題である。

混合整数線形計画問題の代表的な解法である分枝限定法は混合整数非線形計画問題でも適用可能な場合がある。その場合、前処理、分枝変数の選択、分枝木の探索順、暫定値の求解、緩和問題の求解などこれらの操作の全てあるいは大部分を改善しなければ、計算の高速化は実現できない。

本研究では、変数選択に関しては、赤池情報量基準を用いた線形回帰およびロジスティック回帰に対して、実行可能解の傾向を利用した分枝変数の選択法を提案した。また、緩和問題が制約なし凸計画問題になることに着目してニュートン法を適用した。さらに、ニュートン法の高速化のための初期解の生成法も提案した。これら分枝限定法に巧みに組み合わせることで既存の手法や混合整数線形計画問題、あるいは混合整数二次錐計画問題を用いた求解よりも、効率よく最適解あるいはそれに準じる解を見つけることができることを実証した。

最短ベクトル問題においては、問題固有の性質から、前処理および分枝木の縮小化を実現している。これにより探索範囲が削減され、計算の効率化を実現している。また、より良い暫定値を求めるために計算コストが少ないアルゴリズムの考案、及び緩和問題の求解の効率化を新たに提案している。これにより、既存の高性能ソフトウェアを用いた結果と比較し、高速化が実現できていることを確認した。

以上の結果は、整数計画法および最適化アルゴリズムの分野において価値ある業績と認められる。よって、本研究者は博士（機能数理学）の学位を受ける資格があるものと認める。