

平成 21 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2005－2008

課題番号：17360042

研究課題名（和文） ロバスト最適化とそれに関連する諸問題に対する手法

研究課題名（英文） Methods for Robust Optimization and Related Problems

研究代表者

福嶋 雅夫（FUKUSHIMA MASAO）

所属機関等：京都大学・大学院情報学研究科・教授

研究者番号：30089114

研究成果の概要：

所与の制約条件のもとで、ある評価規範を最大化あるいは最小化する問題を数理的に表現した最適化モデルにおいて、データの予測が困難であるなど、様々な不確実さをどのように取り扱うか非常に重要な課題である。本研究では、確率的あるいは非確率的な不確実性を含む最適化問題とそれに関連する諸問題に対して、ロバスト（頑健な）最適化を達成するための、堅固な理論的基盤に立脚した実用的な手法を開発した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
17年度	3,500,000	0	3,500,000
18年度	3,600,000	0	3,600,000
19年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
20年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
総計	14,400,000	2,190,000	16,590,000

研究分野：最適化理論

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎，工学基礎

キーワード：数理工学，システム工学，最適化，アルゴリズム，数理計画，不確実性

1. 研究開始当初の背景

最適化問題に対する内点法や一般化ニュートン法など効率的解法の目覚ましい発展に平行して、それらの新しい応用領域が次々と開拓されていた。一方、モデリング的観点から見れば、現実には様々な不確実性が存在するため、そのような不確実性の要因をどのように取り扱い、望ましい解を見出すかということは、現在に至ってもなお極めて重要なテーマである。ロバスト最適化とはそのような状況に対応するための方法論の総称であり、特にある種の特殊な不確実性の仮定のもとで線形計画問題が2次錐計画問題と呼ばれ

る凸最適化問題として定式化できることなど、多くの興味深い結果が示されたことにより、大きな注目を集めつつあった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ロバスト最適化を、不確実性を適切に取り扱うための確率的あるいは非確率的最適化と位置付け、凸最適化および相補性に関連する諸問題に対して堅固な理論的基盤に立脚した実用的な手法を開発することにより、工学における応用領域の拡大に寄与することである。

3. 研究の方法

研究代表者と研究分担者らとの議論により、取り組む問題および達成目標を設定したうえで、手法の開発やその理論的性質の解明、計算実験による有効性の検証などを行い、その結果を論文にまとめた。また、取り組む問題に応じて、海外の研究協力者の訪問や招聘を通して、共同研究を行うことにより、いくつかの重要な成果を得た。

4. 研究成果

(1) 確率的相補性問題の解法の開発：確率的相補性問題に対する期待残差最小化法について研究を行った。特に、確率的線形相補性問題に対して定義される期待残差最小化問題に解が存在するための条件を与えるとともに、モンテカルロ法・準モンテカルロ法に基づく解法や確率反復法による解法などを提案した。さらに、確率的非線形相補性に対する期待残差最小化法についても研究を行った。

(2) 不確実性下のロバスト均衡に関する研究：不確実性のもとでの非協力ゲームにおけるロバストNash均衡を2次錐相補性問題として定式化し、その解を計算する手法の開発を行った。

(3) 2次錐相補性問題の解法の開発：2次錐に対して定義される相補性問題に対する平滑化法や行列分解法などの効率的なアルゴリズムの開発を行った。さらに、線形および非線形2次錐計画問題に対して、狭義相補性を仮定せずに2次収束性を保証する一般化ニュートン法のアルゴリズムを開発した。

(4) 確率的最適化問題の解法の開発：確率的一般化半無限最適化問題に対する平滑化法および多段階確率的線形計画問題に対する並列アルゴリズムの開発を行った。

(5) 確率的均衡制約最適化問題の解法の開発：不確実性のもとでの均衡制約つき数理計画問題に対して、正則化法や平滑化陰関数法に基づくアルゴリズムの開発を行った。

(6) ポートフォリオ選択問題に関する研究：不確実性を表す確率分布が一意ではなく、ある分布の集合に属すると仮定し、その最悪ケースを考慮することにより、CVaRに基づくロバストポートフォリオ最適化の新しいモデル化を提案した。

(7) コージェネレーション・システムに関する研究：確率計画法の手法を用いて、エネルギー需要の不確実性を考慮したコージェネレーションシステムの運用最適化手法の開発などを行った。

(8) データマイニングに関する研究：データにノイズが含まれる多クラス分類問題に対してロバスト最適化の観点からサポートベクターマシンを設計し、それが2次錐相補性問題に定式化できることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 24 件)

[1] 田中洋一, 福嶋雅夫, 確率計画法によるコージェネレーションシステムの運用最適化, 電気学会論文誌 B, 掲載決定, 査読有.

[2] C. Kanzow, I. Ferenczi and M. Fukushima, On the local convergence of semismooth Newton methods for linear and nonlinear second-order cone programs without strict complementarity, SIAM Journal on Optimization, 掲載決定, 査読有.

[3] S.S. Zhu and M. Fukushima, Worst-case conditional Value-at-Risk with application to robust portfolio management, Operations Research, 掲載決定, 査読有.

[4] R.P. Agdeppa, N. Yamashita and M. Fukushima, Convex expected residual models for stochastic affine variational inequality problems and its application to the traffic equilibrium problem, Pacific Journal of Optimization, 掲載決定, 査読有.

[5] R. Nishimura, S. Hayashi and M. Fukushima, Robust Nash equilibria in N-person non-cooperative games: Uniqueness and reformulation, Pacific Journal of Optimization, 掲載決定, 査読有.

[6] X. Chen, C. Zhang and M. Fukushima, Robust solution of monotone stochastic linear complementarity problems, Mathematical Programming. Vol.117 (2009), pp. 51-80, 査読有.

[7] G.H. Lin, X. Chen and M. Fukushima, Solving stochastic mathematical programs with equilibrium constraints via approximation and smoothing implicit programming with penalization, Mathematical Programming Vol.116 (2009), pp. 343-368, 査読有.

[8] G.H. Lin, H. Xu and M. Fukushima, Monte Carlo and quasi-Monte Carlo sampling methods for a class of stochastic mathematical programs with equilibrium constraints, Mathematical Methods of Operations Research Vol.67 (2008), pp. 423-441, 査読有.

[9] D.S. Huang, S.S. Zhu, F.J. Fabozzi and M. Fukushima, Portfolio selection with uncertain exit time: A robust CVaR approach, Journal of Economic Dynamics and Control Vol. 32 (2008), pp. 594-623, 査読有.

[10] G.H. Lin, X. Chen and M. Fukushima,

New restricted NCP functions and their applications to stochastic NCP and stochastic MPEC, Optimization Vol.56 (2007), pp. 641-653, 査読有.

[11] D.S. Huang, F.J. Fabozzi and M. Fukushima, Robust portfolio selection with uncertain exit time using worst-case VaR strategy, Operations Research Letters Vol.35 (2007), pp. 627-635, 査読有.

[12] H. Fang, X. Chen and M. Fukushima, Stochastic \mathbb{R}_0 matrix linear complementarity problems, SIAM Journal on Optimization Vol.18 (2007), pp. 482-506, 査読有.

[13] H. Kato and M. Fukushima, An SQP-type algorithm for nonlinear second-order cone programs, Optimization Letters Vol.1 (2007), pp. 129-144, 査読有.

[14] P. Zhong and M. Fukushima, Second order cone programming formulations for robust multi-class classification, Neural Computation Vol.19 (2007), pp. 258-282, 査読有.

[15] X.W. Liu and M. Fukushima, Parallelizable preprocessing method for multistage stochastic programming problems, Journal of Optimization Theory and Applications Vol.131 (2006), pp.327-346, 査読有.

[16] G.H. Lin and M. Fukushima, New reformulations for stochastic nonlinear complementarity problems, Optimization Methods and Software Vol.21 (2006), pp. 551-564, 査読有.

[17] X. Chen and M. Fukushima, Expected residual minimization method for stochastic linear complementarity problems, Mathematics of Operations Research Vol.30 (2005), pp. 1022-1038, 査読有.

[18] S. Hayashi, N. Yamashita and M. Fukushima, Robust Nash equilibria and second-order cone complementarity problems, Journal of Nonlinear and Convex Analysis Vol.6 (2005), pp. 283-296, 査読有.

[19] C. Kanzow, C. Nagel, H. Kato and M. Fukushima, Successive linearization methods for nonlinear semidefinite programs, Computational Optimization and Applications Vol.31 (2005), pp. 251-273, 査読有.

[20] S. Hayashi, N. Yamashita and M. Fukushima, A combined smoothing and regularization method for monotone second-order cone complementarity problems, SIAM Journal on Optimization

Vol.15 (2005), pp. 593-615, 査読有.

[21] G.H. Lin and M. Fukushima, Regularization method for stochastic mathematical programs with complementarity constraints, European Series of Applied and Industrial Mathematics (ESAIM): Control, Optimization and the Calculus of Variations (COCV). Vol.11 (2005), pp. 252-265, 査読有.

[22] C. Ling, X. Chen, M. Fukushima and L. Qi, A smoothing implicit programming approach for solving a class of stochastic generalized semi-infinite programming problems, Pacific Journal of Optimization Vol.1 (2005), pp. 127-145, 査読有.

[23] G.H. Lin and M. Fukushima, A class of stochastic mathematical programs with complementarity constraints: Reformulations and algorithms, Journal of Industrial and Management Optimization Vol.1 (2005), pp. 99-122, 査読有.

[24] S. Hayashi, T. Yamaguchi, N. Yamashita and M. Fukushima, A matrix splitting method for symmetric affine second-order cone complementarity problems, Journal of Computational and Applied Mathematics Vol.175 (2005), pp. 335-353, 査読有.

[学会発表] (計 8 件)

[1] M. Fukushima, Restricted Generalized Nash Equilibria, The Fourth Sino-Japanese Optimization Meeting (SJOM 2008), Tainan, Taiwan, August 27, 2008.

[2] M. Fukushima, Equilibrium Problems under Uncertainty, International Conference on Modeling, Computation and Optimization (ICMCO 2008), Indian Statistical Institute, Delhi Centre, January 9, 2008.

[3] M. Fukushima, Optimization Reformulation of Generalized Nash Equilibrium Problems, The Sixth International Conference on Numerical Optimization and Numerical Linear Algebra (NLAO 2007), Urumqi, Xin-Jiang, China, Sept 8, 2007.

[4] M. Fukushima, Semismooth Methods for Second-Order Cone Programs, The Second International Conference on Optimization and Optimal Control, Ulaanbaatar, Mongolia, July 17, 2007.

[5] M. Fukushima, A gap function for quasi variational inequalities and its application to generalized Nash equilibrium problems, The Joint EUROPT-OMS Meeting, Prague, Czech Republic, July 4, 2007.

[6] M. Fukushima, A Gap Function for

Quasi-Variational Inequalities and Its Application to Generalized Nash Equilibria, International Conference on Nonsmooth and Variational Analysis in Sciences and Engineering (NVA 2007), Limoges, France, June 20, 2007.

[7] M. Fukushima, Semismooth methods for linear and nonlinear second-order cone programs, The Fifth International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis (NACA2007), National Tsing-Hua University, Taiwan, May 31, 2007.

[8] M. Fukushima, Linear Complementarity Problems under Uncertainty, The International Conference on Nonlinear Programming with Applications (NPA 2006), Shanghai, China, May 29, 2006.

[図書] (計 1 件)

[1] 山下信雄・福嶋雅夫, コロナ社, 数理計画法, 2008年, 182 ページ.

[その他]

ホームページ

<http://www-optima.amp.i.kyoto-u.ac.jp/~fuku/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福嶋 雅夫 (FUKUSHIMA MASAO)

京都大学・大学院情報学研究科・教授

研究者番号：30089114

(2) 研究分担者

陳 小君 (CHIN SYOUKUN)

弘前大学・理工学部・教授

研究者番号：70304251

山下 信雄 (YAMASHITA NOBUO)

京都大学・大学院情報学研究科・准教授

研究者番号：30293898

林 俊介 (HAYASHI SHUNSUKE)

京都大学・大学院情報学研究科・助教

研究者番号：20444482