

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11698

研究課題名(和文)大規模非線形最適化法のアルゴリズムに関する研究とその実装

研究課題名(英文) Study on algorithms of numerical methods for large scale nonlinear optimization problems and their implementation

研究代表者

矢部 博 (YABE, HIROSHI)

東京理科大学・データサイエンスセンター・教授

研究者番号：90158056

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：機械学習などで扱われている最適化問題を解くためにメモリーレス準ニュートン法を活用した非厳密ニュートン型近接勾配法を提案し、その大域的収束性を示した。また、目的関数やそのヘッセ行列が特別な構造を持つ場合も扱った。他方、メモリーレス準ニュートン法に関する別の研究として、大規模な上下限制約付き最小化問題に対する有効制約法や多様体上の最適化問題への適用も行った。また、非線形半正定値計画問題に対して信頼領域法に基づいた主双対内点法を提案しその大域的収束性を示した。さらに、制約付き最適化問題に対して、最適性の2次必要条件を満たす点に収束するような信頼領域逐次2次計画法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、大規模な最適化問題や機械学習などで扱われている特別な構造をもった最適化問題を解くためのメモリーレス準ニュートン法を提案しその大域的収束性を示すとともに、数値実験比較を行ってその有効性や実用性を検証した。こうした研究成果は、従来の応用分野ばかりではなくデータサイエンスや機械学習分野にも貢献できるものと思われる。また、非線形半正定値計画問題に対する主双対信頼領域内点法や制約付き非線形最適化問題に対する信頼領域逐次2次計画法の研究は、信頼領域法の頑健性を再認識することに繋がり、今後、頑健な数値解法の研究として発展していくことが期待される。以上のことから、本研究の学術的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：We studied a proximal Newton-type method to solve the minimization of a composite function that is the sum of a smooth nonconvex function and a nonsmooth convex function. We proposed an inexact proximal memoryless quasi-Newton method based on the Broyden family and showed its global convergence. We considered the case where the nonsmooth function was given as a DC function. In addition, we dealt with the smooth function whose Hessian has a special structure. We also combined the active set strategy with the memoryless quasi-Newton method for solving bound constrained minimization problems. We considered memoryless quasi-Newton methods for optimization problems on Riemannian manifolds. We also proposed a primal-dual interior point trust-region method for nonlinear semidefinite programming problems, and a trust-region SQP method in which negative-curvature directions were used to obtain the global convergence to a second-order critical point for constrained optimization problems.

研究分野：非線形最適化

キーワード：非線形最適化 無制約最小化 制約条件付き最小化 メモリーレス準ニュートン法 近接勾配法 非線形半正定値計画 信頼領域SQP法 多様体上の最適化

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

最適化問題・数理計画問題は、実験データの当てはめ問題、最適設計、逆問題、最適制御問題、経済での均衡問題、企業経営における意思決定問題、金融工学におけるポートフォリオ選択問題などの分野で発生する基本的な問題である。最近では、大量のデータを解析して本質的な情報を探し出すデータサイエンスの分野や機械学習の分野でも従来の統計的手法とは別のアプローチとして数理最適化を利用した研究が活発になされている。こうした状況の中、最適化・数理計画法の役割はますます重要になってきている。最適化・数理計画法は数理モデル化、問題の最適性条件、最適化問題を解くための数値解法、計算機への実装などを扱う研究分野であり、オペレーションズ・リサーチの主要な研究分野としても位置づけられている。応用範囲が非常に広いということから、最適化問題を効率よく解くための数値解法の研究は近年ますます活発に行われており、変数の数や制約条件の数が非常に多い大規模な最適化問題を解く必要性もますます増えてきた。さらに数理モデルも、従来のユークリッド空間での定式化に加えて、多様体上での最適化問題も扱われるようになってきた。こうした理由から、最適化問題・数理計画問題を解くための数値計算アルゴリズムの研究とそのソフトウェア開発が多くの応用分野で非常に望まれている。

2. 研究の目的

最適化問題・数理計画問題は、自然科学、工学、社会科学など多種多様な分野で発生する基本的な問題である。応用範囲が非常に広いことから、こうした最適化問題を効率よく解くための数値解法の研究は世界中で活発に行われている。近年、ビッグデータの解析や機械学習への応用に関連して、ますます大規模な最適化問題を解く必要性も増えてきた。本研究では、このような社会的要請を受けて、最適化・数理計画法のうち特に非線形最適化問題の数値計算アルゴリズムの研究に焦点をあて、新しい数値解法の開発と実用化を目指す。

3. 研究の方法

非線形最適化問題は、無制約最小化問題と制約付き最小化問題とに分けられている。いずれの研究分野でも、提案した数値計算アルゴリズムの収束性(大域的収束性や局所的収束性)を証明して数学的な裏づけをするとともに、数値実験を通してその有効性・実用性を検証した。

(1) 無制約最小化問題

矢部・成島・中山は、これまでも海外の研究者と共同研究をするなどして、非線形最適化問題に対する共役勾配法や準ニュートン法などについて積極的に研究してきた。こうした実績を基にして、さらに実用上有効な共役勾配法やメモリーレス準ニュートン法の開発に取り組み、機械学習などの応用分野への適用を試みた。例えば、スパースモデリングに基づいた機械学習に現れる Lasso などの最適化問題は、目的関数が微分可能な凸関数と微分不可能な凸関数の和として表される。こうした特別な構造をもつ最適化問題を解くためのメモリーレス準ニュートン法について研究した。また、ユークリッド空間での最適化問題だけではなく多様体上の最適化問題に対するメモリーレス準ニュートン法についても研究した。こうした研究では、アルゴリズムの提案、理論的な収束性の証明、数値実験による提案手法の有効性の検証が必要になるが、大学院生の協力も得て研究を遂行した。また、数値実験については主として成島・中山が担当した。

(2) 制約付き最小化問題

本研究では、有効制約法、信頼領域逐次2次計画法、主双対内点法などに焦点を当てて制約

付き非線形最小化問題や非線形半正定値計画問題を解くための数値計算アルゴリズムの研究を実施した。具体的な研究方法は以下の通りである。

大規模な上下限付き最適化問題を解くための数値解法としてメモリーレス準ニュートン法を活用することを試みた。矢部・成島・中山が中心となり大学院生と共に、有効制約法とメモリーレス準ニュートン法を組み合わせる研究を行った。無制約最小化問題に対するメモリーレス準ニュートン法の研究は活発に行われているが、制約付き最適化問題への適用はほとんどないので、本研究を契機に、今後、制約付き最適化問題に対するメモリーレス準ニュートン法の研究が深まることが期待される。

矢部を中心に山下浩氏(NTTデータ数理システム)に研究協力してもらって、制約付き非線形最小化問題に対する信頼領域逐次2次計画法について研究した。これは Yamashita and Dan (2005)が提案した解法を2次の最適性の必要条件を満たす点に収束するように改良したものである。また、山下浩氏(NTTデータ数理システム)、原田耕平氏(NTTデータ数理システム)に研究協力してもらって、非線形半正定値計画問題に対する信頼領域主双対内点法について研究した。

4. 研究成果

無制約最適化問題および制約付き最適化問題に対する数値解法について以下の通り研究した。研究成果の一部は日本オペレーションズ・リサーチ学会、日本応用数学会、研究集会(於政策研究大学院大学、京都大学数理解析研究所)、国際会議等で発表した。また、研究成果が学術論文誌に掲載された。

(1)メモリーレス準ニュートン更新公式を利用したニュートン型近接勾配法の研究

機械学習で扱われるLassoなどのスパース学習などに現れる関数は微分可能な凸関数と微分不可な凸関数の和で表される。こうした構造をもった最適化問題では近接勾配法が利用されている。通常は最急降下法に基づいた近接勾配法がよく使われているが、近年では、目的関数の曲率情報を取り込んだニュートン型近接勾配法も研究されるようになってきた。本研究では、微分可能な項が非凸関数の場合まで拡張し、Broyden公式族に基づいたメモリーレス準ニュートン法を活用したニュートン型近接勾配法を扱った。ニュートン型近接勾配法では近接写像に重み行列が加わることから、近接写像を求めるための部分問題は反復法を使って解く必要があるため、部分問題の正確な解を求めることは困難かつ計算コストが高価であるという問題が生じる。そこで、この問題点を克服するために、近接写像を非厳密に計算する非厳密近接勾配法とメモリーレス準ニュートン法を組み合わせた非厳密ニュートン型近接勾配法を提案した。その際に、スペクトラル・スケーリング・セカント条件に基づいたBroyden公式族を用いたメモリーレス準ニュートン法に修正セカント条件の補正を加えることで、ニュートン型近接勾配法の近接写像の計算に必要な重み行列が一様正定値対称行列になるように工夫した。そして、非厳密に近接写像を求めた場合でも提案手法の探索方向が降下方向になることを示し、大域的収束することを保証した。さらに、部分問題を効率よく解くための数値計算法についての研究も行った。そして、数値実験を通じて提案手法の有効性と実用性を検証した。準ニュートン法の更新公式の選び方としては、プレ凸クラスを考慮したBroyden公式族に基づいた提案手法の方がBFGS公式よりも優れているという実験結果が得られた。

また、近似行列として正定値性を保持するような対称ランクワン更新公式を用いることで部分問題を容易に解くことが可能になることに着目して、それを取り入れた非厳密ニュートン型近接勾配法も提案した。そして、上記の最適化問題に対して、対角行列を重みとした近接写像

が閉形式で計算ができることに注目して、ヘッセ行列の対角成分だけを取り入れたニュートン型近接勾配法（近接対角ニュートン法）を提案し実用化を図った。

（２）項目（１）で扱った問題の構造を利用したニュートン型近接勾配法の研究

非平滑関数の項にDC関数を含む場合の最適化問題：

目的関数が滑らかな関数と非平滑なDC関数の和で表されるような最適化問題に対して、近接DCアルゴリズムと非厳密近接アルゴリズムとを組み合わせた準ニュートン型近接勾配法を提案した。具体的には、スケール付き近接写像としてメモリーレス準ニュートン行列を使用して計算効率を高めた。そして提案アルゴリズムの大域的な収束性を証明するとともに、数値実験によってその有効性を検証した。

刈込Lasso罰則と呼ばれるDC関数と回帰モデルを組み合わせた非凸なスパース回帰を扱った。外れ値を考慮したスパースロバスト回帰モデルを構築し、この問題を解くための方法として、2次の情報を取り入れたBarzilai-Borwein法と非単調直線探索を組み合わせた General PALM (GPALM) を開発した。さらに、得られる解が停留点よりも強い最適性条件として知られている「方向停留点」であることを証明するとともに、数値実験を通じてその性能を評価した。

また、各目的関数が滑らかな関数とDC関数の和で表されるような多目的最適化問題に対する準ニュートン型近接勾配法を提案し、直線探索を組み込んだアルゴリズムを開発した。さらに、提案アルゴリズムの大域的な収束性を証明し、数値実験によってその有効性を検証した。

平滑関数のヘッセ行列が特別な構造をもつ最適化問題：

平滑な関数と非平滑な真凸関数の和で表現されるような目的関数をもつ無制約最適化問題に対するニュートン型近接勾配法を取り扱った。本研究では、平滑関数のヘッセ行列が「計算が容易な項」と「計算が困難な項」の和で表されるような特別な構造をもった場合を考えた。たとえば、平滑関数の部分が非線形最小二乗問題で表されるような問題が代表的である。こうしたヘッセ行列の特別な構造を利用して、構造化準ニュートン法の更新公式である構造化Broyden公式族に基づいたニュートン型近接勾配法を提案し、その大域的収束性および局所的収束性について議論した。また、数値実験を通して提案アルゴリズムの有効性を検証した。

（３）大規模な上下制限約付き最小化問題に対するメモリーレス準ニュートン法の研究

大規模な上下制限約付き最小化問題に対して、有効制約法の枠組みでメモリーレス準ニュートン法を活用するアルゴリズムの研究をした。具体的には、Yuan and Lu (2011)の有効制約法とスペクトラル・スケールリング・セカント条件に基づくBroyden公式族を用いたメモリーレス準ニュートン法を組み合わせることでYuan and Luの有効制約法の改良を行った。また、提案手法の大域的収束性を保証するためにBroyden公式族の修正も行い、それらを組み合わせることで新たな有効制約法を考案した。そして、Broyden公式族の凸クラスやプレ凸クラスを用いた場合の有効制約法の大域的収束性を証明した。さらに、CUTEstと呼ばれるテスト問題集を用いて数値実験を行い提案手法の有効性を検証した。上記の研究内容に加えて、Barzilai-Borwein法に基づく有効制約法についても検討した。

（４）リーマン多様体上の最適化問題に対するメモリーレス準ニュートン法の研究

リーマン多様体上の最適化問題には多くの応用があり、特に機械学習の分野で生じる問題がリーマン多様体上の最適化問題として記述できるため、近年、こうした最適化問題の研究が注目を集めている。リーマン多様体上の最適化問題を解くための数値解法は、従来のユークリッド空間における最適化問題に対する最急降下法、共役勾配法、準ニュートン法などを多様体上に拡張したものが主体である。こうした枠組みの中で、リーマン多様体上の最適化問題を解くための数値解法の研究の第一段階として、Broyden公式族に基づいた準ニュートン法の大域的

収束性について研究した。Broyden 公式族の凸クラスに関する Huang, Gallivan and Absil (2015)の先行研究に倣って、プレ凸クラスの場合について収束性を示した。そして、数値実験を行って、プレ凸クラスに含まれる更新公式の中に性能が良いとされているBFGS公式よりも計算効率がよくなるものを見つけることが出来た。

上記の知見を基にして、研究の第二段階ではリーマン多様体上の最適化問題にメモリーレス準ニュートン法を適用することを試みた。こうした試みは既存研究にはない新しい試みである。具体的には、スペクトラルスケージングや Li-Fukushima の補正を導入して、Broyden 公式族(凸クラスおよびプレ凸クラスを含む)に基づいたメモリーレス準ニュートン法を提案し、目的関数が非凸関数の場合でも大域的収束することを示した。そして、数値実験を行って提案アルゴリズムの有効性や実用性を検証した。

(5) 非線形半正定値計画問題に対する主双対信頼領域内点法の研究

半正定値計画問題は線形計画問題、凸2次計画問題、2次錐計画問題などを含む一般的な凸計画問題であり応用範囲が広い。近年では、より広範囲な応用問題を扱うことが出来る非線形半正定値計画問題も注目されており、それを解くための数値解法の研究が行われている。非線形半正定値計画問題を解くための解法は、拡張ラグランジュ法に基づいた解法、逐次2次計画法に基づいた解法、内点法に基づいた解法などに分類されるが、本研究では主双対内点法を取り扱った。主双対内点法についてはすでに Yamashita, Yabe and Harada (2012)が直線探索の枠組みで大域的収束性を示しているが、本研究では別のアプローチとして信頼領域法の枠組みで大域的収束性を示すことを試みた。具体的には主双対空間でのメリット関数を用いた場合と主空間だけのメリット関数を用いた場合の主双対信頼領域内点法を提案して、それぞれの解法の大域的収束性を示した。また、信頼領域法の部分問題ではメリット関数の2次モデルが扱われるが、半正定値計画問題に即した2次モデルを提案した。さらに数値実験を通して、直線探索法を用いるよりも信頼領域法を用いた方が頑健に非凸問題が解けることを検証した。

(6) 制約付き最適化問題に対する信頼領域逐次2次計画法の研究

制約付き最適化問題に対して、信頼領域逐次2次計画法が頑健なアルゴリズムであることが知られている。Yamashita and Dan (2005)は最適性の1次必要条件(KKT条件)を満たす点へ大域的収束するような信頼領域逐次2次計画法を提案した。彼らのアルゴリズムは、各反復において凸2次計画部分問題とそれから得られる有効制約に基づいた連立1次方程式を解く部分問題という2種類の部分問題を解くことが特徴的である。この解法は実用的ではあったが、最適性の2次必要条件を満たす点への収束性は保証されていなかった。そこで本研究では、非線形半正定値計画問題に対する Yamashita (2022)の研究に倣って、ラグランジュ関数の射影ヘッセ行列の負の曲率方向を利用することによって最適性の2次必要条件を満たす点への収束性を保証する信頼領域逐次2次計画法を提案した。その際に、メリット関数のペナルティ項に単調ノルムを用いて一般的な議論をしているので、L₁型正確なペナルティ関数などが特別な場合として含まれている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nakayama Shummin, Narushima Yasushi, Yabe Hiroshi	4. 巻 87
2. 論文標題 Inexact proximal DC Newton-type method for nonconvex composite functions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Computational Optimization and Applications	6. 最初と最後の頁 611 ~ 640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10589-023-00525-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Narushima Yasushi, Nakayama Shummin, Takemura Masashi, Yabe Hiroshi	4. 巻 197
2. 論文標題 Memoryless Quasi-Newton Methods Based on the Spectral-Scaling Broyden Family for Riemannian Optimization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Optimization Theory and Applications	6. 最初と最後の頁 639 ~ 664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10957-023-02183-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yasushi Narushima and Shummin Nakayama	4. 巻 19
2. 論文標題 A proximal quasi-Newton method based on memoryless modified symmetric rank-one formula	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Industrial and Management Optimization	6. 最初と最後の頁 4095 ~ 4111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/jimo.2022123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hiroshi Yabe and Hiroshi Yamashita	4. 巻 461
2. 論文標題 Convergence to a second-order critical point by a trust-region SQP method with a nonsmooth merit function	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 統計数理研究所共同研究リポート	6. 最初と最後の頁 103-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中山舜民、成島康史、矢部博	4. 巻 453
2. 論文標題 内部反復を改良したメモリーレスBFGS公式に基づく非厳密Newton型近接勾配法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 統計数理研究所共同研究リポート 453「最適化：モデリングとアルゴリズム33」	6. 最初と最後の頁 20-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹村壮史、矢部博	4. 巻 453
2. 論文標題 リーマン多様体上の最適化問題に対するBroyden公式族に基づいた準ニュートン法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 統計数理研究所共同研究リポート 453「最適化：モデリングとアルゴリズム33」	6. 最初と最後の頁 46-64
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shummin Nakayama, Yasushi Narushima, Hiroaki Nishio and Hiroshi Yabe	4. 巻 3
2. 論文標題 An active-set memoryless quasi-Newton method based on a spectral-scaling Broyden family for bound constrained optimization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Results in Control and Optimization	6. 最初と最後の頁 100012 ~ 100012
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.rico.2021.100012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shummin Nakayama and Yasushi Narushima	4. 巻 2
2. 論文標題 Global convergence of a proximal memoryless symmetric rank one method for minimizing composite functions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis & International Conference on Optimization: Techniques and Applications II	6. 最初と最後の頁 99-108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiroaki Nishio, Shummin Nakayama, Yasushi Narushima and Hiroshi Yabe	4. 巻 2
2. 論文標題 A globally convergent active-set memoryless quasi-Newton method based on spectral-scaling Broyden family for bound constrained optimization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis & International Conference on Optimization: Techniques and Applications II	6. 最初と最後の頁 147-160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yasushi Narushima and Hiroshi Yabe	4. 巻 17
2. 論文標題 A smoothing and scaling Fletcher-Reeves type conjugate gradient method for systems of nonsmooth equations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pacific Journal of Optimization	6. 最初と最後の頁 547-564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shummin Nakayama and Jun-ya Gotoh	4. 巻 15
2. 論文標題 On the superiority of PGMs to PDCAs in nonsmooth nonconvex sparse regression	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optimization Letters	6. 最初と最後の頁 2831-2860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11590-021-01716-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢部博、山下浩、原田耕平	4. 巻 66
2. 論文標題 非線形半正定値計画問題に対する主双対内点法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 29-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakayama Shummin、Narushima Yasushi、Yabe Hiroshi	4. 巻 79
2. 論文標題 Inexact proximal memoryless quasi-Newton methods based on the Broyden family for minimizing composite functions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computational Optimization and Applications	6. 最初と最後の頁 127 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10589-021-00264-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamashita Hiroshi、Yabe Hiroshi、Harada Kouhei	4. 巻 36
2. 論文標題 A primal-dual interior point trust-region method for nonlinear semidefinite programming	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optimization Methods and Software	6. 最初と最後の頁 569 ~ 601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10556788.2020.1801678	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 矢部博、山下浩、原田耕平	4. 巻 32
2. 論文標題 非線形半正定値計画問題に対する主双対内点法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第32回RAMP数理最適化シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 95 ~ 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中山舜民	4. 巻 65
2. 論文標題 大規模無制約最適化問題に対する準ニュートン法と近接勾配法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	6. 最初と最後の頁 650 ~ 655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計29件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 構造化 Broyden 公式族に基づいたニュートン型近接勾配法の局所的収束性
3. 学会等名 日本応用数理学会第20回研究部会連合発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山本聖真、矢部博、成島康史
2. 発表標題 二段階最適化問題に対する最適値関数を用いた内点法
3. 学会等名 日本応用数理学会第20回研究部会連合発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 構造化 Broyden 公式族に基づいたニュートン型近接勾配法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢部博、中山舜民、成島康史
2. 発表標題 構造化 Broyden 公式族に基づいたニュートン型近接勾配法の大域的収束性
3. 学会等名 共同研究（公開型）「数理最適化：理論と実践」、京都大学数理解析研究所
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢部博
2. 発表標題 連続最適化とその周辺 - 雑感 -
3. 学会等名 最適化の理論とアルゴリズム：未来を担う若手研究者の集い12023（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成島康史、中山舜民、矢部博
2. 発表標題 Nonmonotone proximal structured quasi-Newton methods based on the Broyden family
3. 学会等名 The Third Pacific Optimization Conference（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 Proximal structured quasi-Newton method for nonlinear least squares with nonsmooth regularizer
3. 学会等名 The 10th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM2023)（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 辺浩、成島康史
2. 発表標題 L1 正則化項を持つ無制約最適化問題に対する上界近似を用いたニュートン型近接勾配法の大域的収束性について
3. 学会等名 日本応用数学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山舜民
2. 発表標題 上下制限付き最適化問題に対する有効制約ブロックBarzilai-Borwein 法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柳下翔太郎、中山舜民
2. 発表標題 ヘッセ行列の対角成分を用いた近接勾配法
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柳下翔太郎、中山舜民
2. 発表標題 悪条件の問題に対する近接対角ニュートン法の提案とその優位性について
3. 学会等名 日本応用数学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢部博、山下浩
2. 発表標題 非線形最適化問題に対する2次の最適性を与える信頼領域逐次2次計画法
3. 学会等名 日本応用数学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成島康史、Antoine Vades、 辺浩
2. 発表標題 Global convergence of a Newton-type proximal gradient method for multi-objective optimization with composite D.C. functions
3. 学会等名 日本応用数理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辺浩、成島康史
2. 発表標題 L1 正則化項を持つ無制約最適化問題に対する上界近似を用いたニュートン型近接勾配法
3. 学会等名 日本応用数理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、竹村壮史、矢部博
2. 発表標題 リーマン多様体上の最適化問題に対するプロイデン公式族に基づくメモリーレス準ニュートン法の大域的収束性について
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 矢部博、山下浩
2. 発表標題 Convergence to a second-order critical point by a trust-region SQP method with a nonsmooth merit function
3. 学会等名 研究集会「最適化：モデリングとアルゴリズム」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 An inexact proximal difference-of-convex algorithm based on memoryless quasi-Newton methods
3. 学会等名 SIAM Conference on Optimization, Washington, USA (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 微分不可能なDC関数を含む最適化問題に対する非厳密ニュートン型近接勾配法
3. 学会等名 共同研究(公開型)「数理最適化の理論と応用の深化」、京都大学数理解析研究所
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 メモリーレス準ニュートン法に基づく非厳密ニュートン型近接DCアルゴリズム
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山舜民
2. 発表標題 スパース最適化問題に対する近接勾配法と近接DCアルゴリズム
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 最適化手法とアルゴリズム 研究部会 (SOMA) 第3回 研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山舜民
2. 発表標題 無制約最適化アルゴリズム - 準ニュートン法を中心に -
3. 学会等名 計測自動制御学会 制御部門 2021年度 プラントモデリング部会「モデルベース システム開発の新展開」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成島康史
2. 発表標題 大規模な無制約最適化問題に対する数値解法とその周辺
3. 学会等名 日本応用数理学会 第13回三部会連携「応用数理セミナー」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 メモリーレスBFGS公式に基づく非厳密ニュートン型近接勾配法における内部反復の改良について
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 内部反復を改良したメモリーレスBFGS公式に基づく非厳密ニュートン型近接勾配法
3. 学会等名 研究集会「最適化：モデリングとアルゴリズム」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹村壮史、矢部博
2. 発表標題 リーマン多様体上の最適化問題に対するBroyden公式族に基づいた準ニュートン法
3. 学会等名 研究集会「最適化：モデリングとアルゴリズム」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博
2. 発表標題 非凸最適化問題に対するメモリーレス準ニュートン法に基づいた非厳密ニュートン型近接勾配法、およびその数値的な効率性について
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所 共同研究（グループ型）「数理最適化の理論・アルゴリズム・応用」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山舜民、後藤順哉
2. 発表標題 非凸なスパース回帰問題に対する近接勾配法と近接DCAの比較
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所 共同研究（グループ型）「数理最適化の理論・アルゴリズム・応用」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jun-ya Gotoh and Shummin Nakayama
2. 発表標題 Continuous exact penalty approach to grouped variable selection in regression methods
3. 学会等名 INFORMS Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢部博
2. 発表標題 非線形半正定値計画問題に対する主双対内点法
3. 学会等名 第32回RAMP数理最適化シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	成島 康史 (Narushima Yasushi) (70453842)	慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授 (32612)	
研究分担者	中山 舜民 (Nakayama Shumin) (90847196)	電気通信大学・i-パワードエネルギー・システム研究センター・助教 (12612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------