

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00039

研究課題名(和文)非線形最適化問題に対する数値計算アルゴリズムの研究とその実装

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

研究代表者

矢部 博 (YABE, HIROSHI)

東京理科大学・理学部第一部応用数学科・教授

研究者番号：90158056

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：大規模な無制約最適化問題に対して、対称ランクワン公式やBroyden公式族に基づいた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した。また、メモリーレス準ニュートン法を機械学習などで扱われている近接勾配法へ適用して非厳密ニュートン型近接勾配法を提案した。他方、大規模な上下制限約条件付き最小化問題に対する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研究も行った。また、非線形半正定値計画問題に対する主双対内点法について信頼領域法の枠組みで新しい解法を提案しその大域的収束性を示した。さらにサプライチェーン均衡モデルを扱い変分不等式や2次錐相補性問題への再定式化を行った。

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無制約最小化問題や上下制限約条件付き最小化問題に対する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実施した。このことによって実用化への可能性が高まった。さらに機械学習などで扱われている近接勾配法へ適用することによってデータサイエンスへの今後の貢献が期待される。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の研究は新しい試みであり、頑健な数値解法の研究として今後発展していくことが期待される。さらにサプライチェーン均衡モデルに関する研究は、最適化法の適用範囲が広がったことを意味する。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 proposed new memoryless quasi-Newton methods for large scale unconstrained optimization problems. These methods are based on the Broyden family with the spectral-scaling secant condition. we showed the global convergence properties of our proposed methods and investigated their numerical performance. In addition, we applied the memoryless quasi-Newton methods to composite function minimization problems and proposed inexact proximal memoryless quasi-Newton methods. We also combined the active set strategy with the memoryless quasi-Newton method for solving bound constrained minimization problems. Furthermore, we proposed a primal-dual interior point method for solving nonlinear semidefinite programming problems. In this method, the trust-region strategy was used in order to obtain the global convergence property. We considered robust supply chain network equilibrium models and showed that these could be reformulated as variational inequality problems or complementarity 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、共役勾配法、近接勾配法、非線形半正定値計画、主双対内点法

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、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (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として定式化される。最近では、大量のデータから本質的な情報を探し出すデータマイニング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計画法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。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。

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するなどして、非線形最適化問題に対する共役勾配法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それに関係したメモリーレス準ニュートン法の開発に取り組んだ。例えば、スパース性に基づいた機械学習に現れる Lasso などの問題は微分不可能な関数を含んだ最適化問題として知られているが、関数の特別な構造を利用して、こうした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。大規模な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に関して、当初は BFGS 公式に基づいたメモリーレス準ニュートン法が共役勾配法と関連して考案された。本研究では BFGS 公式とは違った特徴を持つ対称ランクワン公式に着目した。対称ランクワン公式は狭義凸 2 次関数最小化問題に対して直線探索をしなくても有限回収束するという特徴があると同時に近似逆行列と関係した自己双対性という性質も有している。こうした特徴を活かして対称ランクワン公式に基づいたメモリーレス準ニュートン法を開発し大域的収束性の解析をした。また、Broyden 公式族の中には対称ランクワン公式とは別の自己双対性を有する公式もあるので、それについても研究した。提案手法の数値実験については主として成島・中山が担当した。

制約付き最小化問題

本研究では、有効制約法や主双対内点法などに焦点を当てて制約付き最小化問題を解くため

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。

(1) 大規模な無制約最小化問題に対するメモリーレス準ニュートンの研究は活発に行われているが、今回は、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。

(2) 半正定値計画問題の数値解法の研究は1990年代後半から多くの研究者によって活発になされているが、非線形問題に対する解法の研究はまだ発展途上である。Yamashita and Yabe (2012), Yamashita, Yabe and Harada (2012)らは非線形半正定値計画問題に対する主双対内点法を提案し大域的収束性や問題が退化していない場合の局所的超1次収束性について解析した。今回の研究では矢部を中心に山下浩氏(NTTデータ数理システム)にも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法に基づいた主双対内点法について研究した。

(3) 相補性問題は経済の均衡問題などに現れる基本的な問題であり、多くの凸最適化問題を含むような広いクラスの問題でもあることから、古くから活発に研究されている問題である。本研究では成島が中心となり、サプライチェーンネットワーク上で生じる競争を均衡問題としてモデル化するサプライチェーン均衡モデルを取り扱い、不確実性を含むサプライチェーン均衡モデルを2次錐相補性問題へと再定式化して解析を行った。

4. 研究成果

無制約最適化問題および制約条件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OR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) 大規模な無制約最適化問題に対して行列を保存しないメモリーレス準ニュートン法について研究した。従来のメモリーレス準ニュートン法に関する研究ではBFGS公式に基づいた手法が主であったが、本研究ではBFGS公式とは別のアプローチとして、準ニュートン更新公式のうち対称ランクワン公式ならびにBroyden公式族に着目した。Broyden公式族はパラメータを導入することでBFGS公式など様々な準ニュートン更新公式を含んだ更新公式であり、対称ランクワン公式は他の公式にはない自己双対性という特徴を持つ。今回、スペクトラル・スケーリング・セカント条件に基づいた対称ランクワン公式ならびにBroyden公式族を考えることで、新しいメモリーレス準ニュートン法を提案し、その手法の非線形共役勾配法との関連性についても議論した。さらに、提案したBroyden公式族に基づいたメモリーレス準ニュートン法に補正を加えることで、メモリーレス準ニュートン法と3項非線形共役勾配法のハイブリッド法を提案した。いずれの方法においても、スペクトラル・スケーリング・セカント条件におけるスケーリングパラメータやBroyden公式族のパラメータをコントロールすることによって提案手法が十分な降下条件を満たすことを保証し、提案手法の大域的収束性について解析した。また、数値実験を通じて提案手法の有効性を検証した。スケーリングパラメータやBroyden公式族のパラメータが計算効率にどのような影響を与えるのかを検証した。特に、Broyden公式族のパラメータについてはプレ凸クラスに注目することで、既存のBFGS公式に基づいたメモリーレス準ニュートン法よりも提案手法が有効であることを示した。

(2) 機械学習で扱われるLassoなど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が研究されている。近接勾配法の近接写像を計

算するステップでは部分問題を解く必要がある。Lassoなど多くの問題において、通常の最急降下法に基づいた近接勾配法では部分問題の解析解が知られているので近接写像の計算が容易である。他方、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欠点を持つ。さらに、大域的収束性の解析において重み行列が一様正定値対称行列であることが重要になる。本研究では、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方法を提案した。具体的には、前述のスペクトラル・スケーリング・セカント条件に基づいたBFGS公式、対称ランクワン公式ならびに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なアルゴリズムを提案した。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、大域的収束性について解析した。さらに、提案手法では近接写像に必要な重み行列の固有値を解析し、その固有値を利用することで、近接写像を計算するアルゴリズムの改良に成功した。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。実際に提案手法では近接写像を非厳密に解いた場合の方が短い計算時間で問題を解けることがわかり、近接写像を非厳密に計算することの有効性を示した。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においてはBFGS公式よりも優れた実験結果が得られた。

(3) 大規模な上下制限約条件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の適用について研究した。具体的には、Yuan and Lu (2011)の有効制約法と、上記(1)で開発したスペクトラル・スケーリング・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新たな方法の開発を試みた。Yuan and Lu にメモリーレス準ニュートン法をそのまま適用した場合、アルゴリズムが途中で停止してしまう状況が起こりうることから、まずはYuan and Luの有効制約法の改良を行った。さらに、方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提案した。さらに、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法の有効性を検証した。具体的には、まず提案法と有効制約法を修正する前のYuan and Luの有効制約法を比較し、修正により解ける問題の数が増えたことを確認した。また、Broyden公式族に含まれるパラメータと提案法の数値的な効率性の関係を検証した。さらに、Barzilai-Borwein法に基づく有効制約法についても検討を行った。

(4) 半正定値計画問題は線形計画問題、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、非線形半正定値計画問題を解くための数値解法の研究が注目されている。本研究では、この問題に対する主双対内点法を研究した。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場合の方が頑健に非凸問題を解けることを検証した。

(5) サプライチェーンネットワーク上で生じる競争を均衡問題としてモデル化するサプライチェーン均衡モデルを取り扱った。本研究ではサプライチェーン内に、製造業者、小売、市場がそれぞれ複数存在し、それらが独自に意思決定を行うと仮定した。これらの意思決定主体がほかの意思決定主体の情報を正確に知ることができない、つまり競争相手の戦略に不確実性が含まれるような状況を考え、それぞれの意思決定主体が最悪の状況を仮定して自身の戦略を決定するモデルを提案した(ロバストサプライチェーン均衡モデルと呼ぶ)。さらに、ロバストサプライチェーン均衡モデルを変分不等式問題へと定式化しなおし、その解の存在性や唯一性について解析を行った。この変分不等式問題は領域が2次錐によってあらわされるような変分不等式問題であり、そのまま解くのは難しいため、2次錐相補性問題へと再度定式化しなおし、既存の2次錐相補性問題のための数値解法への適用性や収束性などを検証した。また、数値実験では不確実性の大きさとサプライチェーン全体の効率性(物流量)の関係についての検証を行った。さらに、上記のロバストサプライチェーン均衡モデルの改良として、市場の需要が確率的に与えられる状況を仮定したロバストサプライチェーン均衡モデルを提案し、その変分不等式問題や2次錐相補性問題への再定式化を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Nakayama Shummin, Narushima Yasushi and Yabe Hiroshi | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Memoryless quasi-Newton methods based on spectral-scaling Broyden family for unconstrained optimization | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Industrial & Management Optimization | 6. 最初と最後の頁 1773 ~ 1793 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/jimo.2018122 | 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 矢部博、山下浩、原田耕平 | 4. 巻 2069 |
| 2. 論文標題 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大域的収束性 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 166-178 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 中山舜民、成島康史、矢部博 | 4. 巻 2069 |
| 2. 論文標題 無制約最適化問題に対するBroyden familyに基づいた非線形共役勾配法 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 194-206 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 成島康史、平野達也 | 4. 巻 2069 |
| 2. 論文標題 需要の不確実性を考慮したロバストサプライチェーン均衡モデル | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 207-218 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Shummin Nakayama, Yasushi Narushima and Hiroshi Yabe | 4. 巻 420 |
| 2. 論文標題 Global convergence of inexact proximal memoryless spectral-scaling MBFGS method | 5. 発行年 2019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 224-231 |
| 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 Kobayashi Hiroshi, Narushima Yasushi, Yabe Hiroshi | 4. 巻 32 |
| 2. 論文標題 Descent three-term conjugate gradient methods based on secant conditions for unconstrained optimization | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Optimization Methods and Software | 6. 最初と最後の頁 1313 ~ 1329 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) dx.doi.org/10.1080/10556788.2017.1338288 | 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, Yasushi Narushima and Hiroshi Yabe | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 A memoryless symmetric rank-one method with sufficient descent property for unconstrained optimization | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the Operations Research Society of Japan | 6. 最初と最後の頁 53-70 |
| 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 成島康史、平野達也 | 4. 巻 38 |
| 2. 論文標題 サプライヤーと製造業者による価格競争を考慮したマルチリーダー・ワンフォロワーゲーム | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 横浜経営研究 | 6. 最初と最後の頁 199-217 |
| 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 平野達也、成島康史 | 4. 巻 2027 |
| 2. 論文標題 サプライチェーンネットワークにおけるロバストな均衡モデルについて | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所 講究録 | 6. 最初と最後の頁 109-124 |
| 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 and Hiroshi Yabe | 4. 巻 407 |
| 2. 論文標題 Memoryless quasi-Newton methods based on Broyden family with sufficient descent property for unconstrained optimization | 5. 発行年 2018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 108-123 |
| 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 成島康史、中山舜民、矢部博 | 4. 巻 29 |
| 2. 論文標題 無制約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 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 応用数理 | 6. 最初と最後の頁 152-161 |
| 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 Tatsuya Hirano and Yasushi Narushima | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 Robust supply chain network equilibrium model | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Transportation Science | 6. 最初と最後の頁 1196-1212 |
| 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 中山舜民、成島康史、矢部博 | 4. 巻 2108 |
| 2. 論文標題 Inexact proximal memoryless quasi-Newton methods for minimizing composite functions | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 187-195 |
| 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 成島康史, 中山舜民 | 4. 巻 2108 |
| 2. 論文標題 A proximal memoryless symmetric rank one method for minimizing composite functions | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 196-205 |
| 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19件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shummin Nakayama, Yasushi Narushima and Hiroshi Yabe |
| 2. 発表標題 Inexact proximal memoryless spectral-scaling MBFGS method |
| 3. 学会等名 23rd International Symposium on Mathematical Programming (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasushi Narushima and Tatsuya Hirano |
| 2. 発表標題 Robust supply chain network equilibrium model with random demands |
| 3. 学会等名 23rd International Symposium on Mathematical Programming (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 Inexact proximal memoryless quasi-Newton methods for minimizing composite functions |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「高度情報化社会に向けた数理最適化の新潮流」 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 成島康史, 中山舜民 |
| 2. 発表標題 A proximal memoryless symmetric rank one method for minimizing composite functions |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「高度情報化社会に向けた数理最適化の新潮流」 |
| 4. 発表年 2018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Broyden公式族に基づいた非厳密Newton型近接勾配法 |
| 3. 学会等名 日本OR学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 矢部博、成島康史、中山舜民 |
| 2. 発表標題 メモリーレスBroyden公式族に基づいた非厳密Newton型近接勾配法の大域的収束性 |
| 3. 学会等名 統計数理研究所研究集会「最適化：モデリングとアルゴリズム」 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 Global convergence of memoryless quasi-Newton methods based on Broyden family for unconstrained optimization |
| 3. 学会等名 SIAM Conference on Optimization (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 成島康史、平野達也 |
| 2. 発表標題 A robust supply chain network equilibrium model and its analysis |
| 3. 学会等名 SIAM Conference on Optimization (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 矢部博、山下浩、原田耕平 |
| 2. 発表標題 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大域的収束性 |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「数理最適化の発展：モデル化とアルゴリズム」 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 無制約最適化問題に対する Broyden family に基づいた非線形共役勾配法 |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「数理最適化の発展：モデル化とアルゴリズム」 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 メモリーレススペクトラル・スケーリングMBFGS更新公式に基づいた非厳密近接勾配法の大域的収束性 |
| 3. 学会等名 日本OR学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 Global convergence of inexact proximal memoryless spectral-scaling MBFGS method |
| 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 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 Inexact proximal memoryless quasi-Newton methods based on Broyden family for minimizing composite functions |
| 3. 学会等名 The 6th International Conference on Continuous Optimization (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西尾啓朗、中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 Global convergence of an active-set memoryless quasi-Newton method based on spectral-scaling Broyden family for bound constrained optimization |
| 3. 学会等名 International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis - International Conference on Optimization Techniques and Applications (NACA-ICOTA2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yasushi Narushima |
| 2. 発表標題 Some robust supply chain network equilibrium models, |
| 3. 学会等名 International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis - International Conference on Optimization Techniques and Applications (NACA-ICOTA2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shummin Nakayama and Yasushi Narushima |
| 2. 発表標題 Global convergence of a proximal memoryless symmetric rank one method for minimizing composite functions |
| 3. 学会等名 International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis - International Conference on Optimization Techniques and Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西尾啓朗、中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 上下制限付き最適化問題に対するスペクトラルスケーリングBroyden公式族に基づく有効制約メモリーレス準ニュートン法 |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究(公開型)「数理計画問題に対する理論とアルゴリズムの研究」 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中山舜民、成島康史 |
| 2. 発表標題 メモリーレス対称ランクワン法に基づ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 日本オペレーションズ・リサーチ学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西尾啓朗、中山舜民、成島康史、矢部博 |
| 2. 発表標題 上下限制約付き最適化問題に対する有効制約メモリーレス準ニュートン法の大域的収束性 |
| 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 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)・准教授 (32612) | |
| 研究分担者 | 中山 舜民 (NAKAYAMA Shumin) (90847196) | 中央大学・理工学部・助教 (32641) | |