

令和 4 年 4 月 6 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2021

課題番号：16K05270

研究課題名（和文）遅延微分方程式より生ずる非線形固有値問題の解に対する精度保証付き数値計算法の研究

研究課題名（英文）Verified numerical computation for solution to nonlinear eigenvalue problems arising from delay differential equation

研究代表者

宮島 信也（Miyajima, Shinya）

岩手大学・理工学部・教授

研究者番号：20367072

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：計算機を用いた数値計算では、その計算は正確には行われない。計算結果から正しい結論を得るためには、計算結果の誤差評価を行って、厳密解の存在範囲を確定する必要がある。これを行う方法が精度保証付き数値計算法であり、従来の数値計算の枠組みでは近似解を求める道具であった計算機を用いて厳密解をも捉えることを可能にする。

本研究では、遅延微分方程式より生ずる非線形固有値問題の解に対する精度保証付き数値計算法を確立した。また、この方法を構築する中で得られた知見を活かして、行列方程式の解、行列関数等に対する精度保証付き数値計算法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

遅延微分方程式は制御理論、生物学、交通モデリング、ニューラルネットワーク、機械学、電子回路等、科学技術の分野に広く現れる。多くの応用において、安定な解が要求される。本研究で確立した手法により、この方程式の解の安定性について、理論的に厳密かつ極めて正確な結論を計算機により得ることが可能となる。

研究成果の概要（英文）：In general, results of numerical computations do not coincide with exact solutions, since some kinds of errors are included. In order to obtain exact conclusions from the numerical results, we need to estimate the errors and compute intervals enclosing the exact solutions. Numerical verification algorithms have been developed for this purpose.

In this study, we established a numerical verification algorithm for solution to nonlinear eigenvalue problems arising from delay differential equation. Moreover, we established numerical verification algorithms for matrix equations and functions by exploiting the idea obtained during the development of the algorithms for solution to nonlinear eigenvalue problems.

研究分野：数値解析

キーワード：遅延微分方程式 非線形固有値問題 精度保証付き数値計算

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

理工学においては、現象を理解するために数理モデルが作られ、これらのモデルを解くことによって、未知の現象の予測や新たな工学的製品の設計等が可能となる。これらのモデルは解析的な手法で解くことが困難であるため、計算機を用いた数値計算により解かれることが多い。

計算機を用いた数値計算では、その計算は正確には行われない。四則演算の結果はその都度有限桁に近似され、極限を含む無限演算は全て有限演算に近似される。計算結果から正しい結論を得るためには、計算結果の誤差評価を行って、厳密解の存在範囲を確定する必要がある。これを行う方法が精度保証付き数値計算法であり、従来の数値計算の枠組みでは近似解を求める道具であった計算機を用いて厳密解をも捉えることを可能にする。

遅延微分方程式より生じる非線形固有値問題の解に対する精度保証付き数値計算を行う場合、固有値が単純であれば、既存の手法を利用することができる。しかし、固有値が重複している場合、既存の手法を利用することができない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、固有値が重複している場合においても適用可能な、遅延微分方程式より生じる非線形固有値問題の解に対する精度保証付き数値計算法を確立することである。

3. 研究の方法

まず、遅延微分方程式より生じる非線形固有値問題の解を包含する区間を得るための理論を構築する。そして、構築した理論に基づいたプログラムを作成する。

4. 研究成果

固有値が重複している場合においても適用可能な、遅延微分方程式より生じる非線形固有値問題の解に対する精度保証付き数値計算法を確立することができた。また、これを行う中で得られた知見を応用して、次の方程式の解または値に対する精度保証付き数値計算法を確立することができた。

- ・ 離散時間代数リッカチ方程式
- ・ 対称逆固有値問題
- ・ 非対称代数リッカチ方程式
- ・ 行列 p 乗根
- ・ 行列 2 次方程式
- ・ 転置で整合するシルベスター方程式
- ・ 行列指数関数
- ・ 行列対数関数
- ・ 行列ランベルト W 関数
- ・ 矩形行列に対する一般化固有値問題
- ・ ムーア・ペンローズ逆行列
- ・ 行列幾何平均
- ・ 行列ミッタクレフラー関数

- ・ 既約非負行列のペロンベクトル
- ・ 行列の実数乗

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Shinya Miyajima	4. 巻 38
2. 論文標題 Verified computation for the geometric mean of two matrices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 211-232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-020-00448-6	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 Shinya Miyajima	4. 巻 350
2. 論文標題 Verified computation for the Hermitian positive definite solution of the conjugate discrete-time algebraic Riccati equation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Computational and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 80-86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cam.2018.10.00	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 Shinya Miyajima	4. 巻 569
2. 論文標題 Verified computation for the matrix principal logarithm	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Linear Algebra and its Applications	6. 最初と最後の頁 38-61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.laa.2019.01.008	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 宮島信也	4. 巻 29
2. 論文標題 行列方程式の解に対する数値的検証法の進展	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用数理	6. 最初と最後の頁 18-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11540/bjsiam.29.2_18	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 Shinya Miyajima	4. 巻 36
2. 論文標題 Robust verification algorithm for stabilizing solutions of discrete-time algebraic Riccati equations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 763-776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-019-00353-7	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 Shinya Miyajima	4. 巻 362
2. 論文標題 Verified computation for the matrix Lambert W function	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Mathematics and Computation	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amc.2019.06.069	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 Shinya Miyajima	4. 巻 40
2. 論文標題 Verified computation of eigenpairs in the generalized eigenvalue problem for nonsquare matrix pencils	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Research with Applications	6. 最初と最後の頁 73-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3770/j.issn:2095-2651.2020.01.007	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 Shinya Miyajima	4. 巻 57
2. 論文標題 Enclosing Moore-Penrose inverses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Calcolo	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10092-020-0357-9	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 Shinya Miyajima	4. 巻 34
2. 論文標題 Fast verified computation for the solvent of the quadratic matrix equation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Electronic Journal of Linear Algebra	6. 最初と最後の頁 137-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.13001/1081-3810.3635	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 Shinya Miyajima	4. 巻 35
2. 論文標題 Fast verified computation for the solution of the T-congruence Sylvester equation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 541-551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-018-0307-y	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 Shinya Miyajima	4. 巻 37
2. 論文標題 Fast verified computation for the minimal nonnegative solution of the nonsymmetric algebraic Riccati equation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computational and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 4599-4610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40314-018-0590-x	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 Shinya Miyajima	4. 巻 45
2. 論文標題 Verified computation of the matrix exponential	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Computational Mathematics	6. 最初と最後の頁 137-152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10444-018-9609-5	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 Shinya Miyajima	4. 巻 303
2. 論文標題 Verified solutions of delay eigenvalue problems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Mathematics and Computation	6. 最初と最後の頁 211-225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amc.2017.01.033	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 Shinya Miyajima	4. 巻 319
2. 論文標題 Fast verified computation for stabilizing solutions of discrete-time algebraic Riccati equations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Computational and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 352-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cam.2017.01.025	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 Shinya Miyajima	4. 巻 24
2. 論文標題 Verified solutions of inverse symmetric eigenvalue problems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Reliable Computing	6. 最初と最後の頁 31-44
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shinya Miyajima	4. 巻 24
2. 論文標題 Fast verified computation for solutions of algebraic Riccati equations arising in transport theory	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Numerical Linear Algebra with Applications	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/nla.2098	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 Shinya Miyajima	4. 巻 330
2. 論文標題 Fast verified computation for the matrix principal pth root	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Computational and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 276-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cam.2017.08.018	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 Shinya Miyajima	4. 巻 87
2. 論文標題 Computing enclosures for the matrix Mittag-Leffler function	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Scientific Computing	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10915-021-01447-6	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 Shinya Miyajima	4. 巻 37
2. 論文標題 Fast verification for the Perron pair of an irreducible nonnegative matrix	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Electronic Journal of Linear Algebra	6. 最初と最後の頁 402-415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.13001/ela.2021.5181	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 Shinya Miyajima	4. 巻 391
2. 論文標題 Verified computation of real powers of matrices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Computational and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cam.2021.113431	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 -

〔学会発表〕 計64件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 18件）

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified numerical computation for matrix real powers
3. 学会等名 2020年並列 / 分散 / 協調処理に関する『福井』サマー・ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊五澤彩乃, 宮島信也
2. 発表標題 Brauerの定理を利用した正方行列のスペクトル半径の上限に対する数値計算法
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丹野遼太郎, 宮島信也
2. 発表標題 四元数行列のすべての標準固有値に対する精度保証付き数値計算
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 行列Mittag-Leffler関数に対する精度保証付き数値計算と非整数階微分方程式への応用
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Computation of intervals containing Moore-Penrose inverses
3. 学会等名 The 14th East Asia SIAM Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Validated numerical computation for the Perron pair of an irreducible nonnegative matrix
3. 学会等名 International Conference on Recent Advances in Applied Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Validated numerical computation of eigenpairs in the generalized eigenvalue problem for nonsquare matrix pencil
3. 学会等名 International Conference on Recent Advances in Applied Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast verified computation for the Perron pair of an irreducible nonnegative matrix
3. 学会等名 RIMS Symposium (open), Numerical methods for spectral problems: theory and applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 行列指数関数に対する数値的検証法
3. 学会等名 日本数学会・東北支部会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Computing intervals containing matrix fractional powers
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Validated computation for the matrix Lambert W function
3. 学会等名 第48回数値解析シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 数値的検証法とは何か -行列の固有値問題を題材に-
3. 学会等名 理工・農学部若手研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Fast validation for the Perron pair of an irreducible nonnegative matrix
3. 学会等名 日本応用数理学会2019年度年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Computing an interval containing matrix gamma function
3. 学会等名 第17回計算数学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Enclosing matrix gamma function
3. 学会等名 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会 第28回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村圭汰, 宮島信也
2. 発表標題 行列指数関数に対する数値的検証法の改良
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今貴一, 宮島信也
2. 発表標題 行列のすべての固有値に対するロバストな数値的検証法
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast validated computation for the minimal nonnegative solution of the nonsymmetric algebraic Riccati equation
3. 学会等名 The 13th East Asia SIAM Conference
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Validated computation for the matrix principal logarithm
3. 学会等名 The 13th East Asia SIAM Conference
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Validated computation for the Hermitian positive definite solution of the conjugate discrete-time algebraic Riccati equation
3. 学会等名 The 13th East Asia SIAM Conference
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 A robust algorithm for computing intervals containing the stabilizing solutions of the discrete-time algebraic Riccati equations
3. 学会等名 International Conference on Mathematical Sciences and Technology
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Verification algorithms for the matrix Lambert W functions
3. 学会等名 International Conference on Mathematical Sciences and Technology
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified computation of eigenpairs in the generalized eigenvalue problem for rectangular matrix pencils
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所 共同研究 (公開型) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Enclosing the Hermitian positive definite solution of the conjugate discrete-time algebraic Riccati equation
3. 学会等名 Colloquium (scientific computing) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Computing an interval containing the matrix exponential
3. 学会等名 Colloquium (scientific computing) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Fast verified numerical computation for the minimal nonnegative solution of the nonsymmetric algebraic Riccati equation
3. 学会等名 第47回数値解析シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Enclosing the Hermitian positive definite solution of the conjugate discrete-time algebraic Riccati equation
3. 学会等名 日本応用数理学会2018年度年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 A robust algorithm for enclosing stabilizing solutions of discrete-time algebraic Riccati equations
3. 学会等名 第16回計算数学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤大, 宮島信也
2. 発表標題 行列余弦関数に対する数値的検証法の構築
3. 学会等名 第5回 ODE 若手セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤大, 宮島信也
2. 発表標題 行列余弦関数に対する数値的検証法
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Computing intervals containing Moore-Penrose inverses
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Validated solutions to inverse symmetric eigenvalue problems
3. 学会等名 The 13th East Asia SIAM Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast validated computation for the matrix principal pth root
3. 学会等名 The 13th East Asia SIAM Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Validated computation for the geometric mean of two matrices
3. 学会等名 The 13th East Asia SIAM Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Validated computation for the matrix exponential
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Mathematical Sciences and Statistics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast validated computation for the solution of the T-congruence Sylvester equation
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Mathematical Sciences and Statistics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast validated computation for the solvent of the quadratic matrix equation
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Mathematical Sciences and Statistics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified computation for the matrix principal pth root
3. 学会等名 第46回数値解析シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Numerical enclosure for the matrix exponential
3. 学会等名 日本応用数理学会2017年度年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified solution of the T-congruence Sylvester equation
3. 学会等名 第15回計算数学研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified numerical computation for the matrix principal logarithm
3. 学会等名 日本応用数理学会平成30年研究部会連合発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 相馬彩乃, 宮島信也
2. 発表標題 多項式固有値問題のすべての固有値に対する数値的検証法
3. 学会等名 日本応用数理学会平成30年研究部会連合発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast validated computation for solutions of discrete-time algebraic Riccati equations
3. 学会等名 17th International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic and Validated Numerics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast validated computation for solutions of algebraic Riccati equations arising in transport theory
3. 学会等名 17th International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic and Validated Numerics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Fast verified numerical computation for all eigenvalues and eigenvectors of a matri
3. 学会等名 第9回福島応用数学研究集会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified numerical computation for the matrix inverse square root
3. 学会等名 岐阜数理科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified numerical computation for the geometric mean of two matrices
3. 学会等名 日本応用数理学会平成29年研究部会連合発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified computation for solutions of inverse symmetric eigenvalue problems
3. 学会等名 日本応用数理学会平成29年研究部会連合発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Verified error bounds for approximate solutions of saddle point linear systems
3. 学会等名 第14回計算数学研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Fast enclosure for solutions of discrete-time algebraic Riccati equations
3. 学会等名 第45回数值解析シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Self-validating numerical algorithms for the matrix Mittag-Leffler function
3. 学会等名 SIAM Conference on Applied Linear Algebra (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Computing enclosure for matrix real powers
3. 学会等名 The 19th International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Verified Numerical Computations (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Verified bounds for matrix gamma function
3. 学会等名 The 19th International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Verified Numerical Computations (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast verified computation for the minimal nonnegative solution to the nonsymmetric T-Riccati equation
3. 学会等名 The 19th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast verification for Perron vectors of a kind of weakly irreducible nonnegative tensors
3. 学会等名 The 19th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinya Miyajima
2. 発表標題 Fast enclosure for positive solutions to M-tensor multi-linear systems
3. 学会等名 The 19th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 精度保証付き数値計算とは何か - 行列の固有値を題材に -
3. 学会等名 北九州数理科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 クロネッカー構造をもつ大規模行列の実数乗とベクトルの積に対する精度保証付き数値計算
3. 学会等名 岐阜数理科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Fast validation for Perron vectors of a kind of weakly irreducible nonnegative tensors
3. 学会等名 日本応用数学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Fast verification for positive solutions to M-tensor multi-linear systems
3. 学会等名 日本応用数学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 Fast computation of an interval containing the minimal nonnegative solution to the nonsymmetric T-Riccati equation
3. 学会等名 日本応用数理学会「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会 第32回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮島信也
2. 発表標題 クロネッカー構造をもつ大規模行列の実数乗とベクトルの積に対する高速な精度保証付き数値計算法
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤大, 宮島信也
2. 発表標題 数値ジョルダン分解に基づく行列余弦関数の精度保証付き数値計算
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒田早紀, 宮島信也
2. 発表標題 行列関数のトレースに対する高速な精度保証付き数値計算法
3. 学会等名 日本応用数理学会研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 宇佐美広介, 澤田宙広, 橋本隆司, 宮島信也, 室政和	4. 発行年 2019年
2. 出版社 培風館	5. 総ページ数 239
3. 書名 実例詳説 微分積分	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------