

令和 6 年 9 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2023

課題番号：17KK0082

研究課題名（和文）一様等方空間における非線形クライン・ゴールドン方程式の初期値問題の研究

研究課題名（英文）Research for the Cauchy problem for nonlinear Klein-Gordon equations in homogeneous and isotropic spaces

研究代表者

中村 誠（Nakamura, Makoto）

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：70312634

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 7,700,000円

渡航期間： 5ヶ月

研究成果の概要（和文）：宇宙論に関わる非線形偏微分方程式として、フリードマン・ルメートル・ロバートソン・ウォーカー時空における非線形クライン・ゴールドン方程式を中心として考察し、その初期値問題に取り組んだ。スタンフォード大学とテキサス大学リオ・グランデ・バリー校に渡航し、海外共同研究者と研究動向調査・研究討論を行い、本研究に促進した。研究結果として、空間の膨張・収縮が、非線形波にもたらす影響を、偏微分方程式論において定式化し、その時間大域的挙動と有限時間爆発の理論において、消散型・反消散型の豊かな構造があることを明らかにした。本結果を論文・講演として発表すると共に研究集会を開催した。結果の一部は出版準備中である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アインシュタインの重力場方程式の宇宙項は、空間の膨張と収縮を表すが、物理的正体は全く不明である。方程式の解は空間の曲がりの波（重力波）を表す。宇宙項と重力波の数学的性質を調べることは大きな意義がある。本研究では、アインシュタイン方程式を用いて時空計量と非線形場方程式を導出することから始め、その初期値問題の適切性理論の構築まで一貫した研究を行う。一様等方空間（ロバートソン・ウォーカー計量を持つ時空）における非線形クライン・ゴールドン方程式についての研究を、海外共同研究者の先端的方法を取り込み発展させる。膨張・収縮する空間において、非線形波は、どのように伝わるかを詳細に明らかにする。

研究成果の概要（英文）：The Cauchy problem for the nonlinear Klein-Gordon equation is mainly considered in the Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker spacetime as an example of nonlinear partial differential equation involved in the cosmology. In visiting Stanford University and The University of Texas Rio Grande Valley, the survey on the trend of research and discussion was done to promote this study. As results, several effects of the spatial expansion and contraction to nonlinear waves have been characterized in the theory of partial differential equations, and a rich structure of dissipation and anti-dissipation was clarified. Those results were announced as papers and talks, and some conferences were organized. Some results are in preparation for publication.

研究分野：偏微分方程式論

キーワード：非線形クライン・ゴールドン方程式 初期値問題 一様等方計量 大域解析 爆発解析

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。

1. 研究開始当初の背景

アインシュタインの重力場方程式は、準線形双曲型方程式であり、高い対称性を仮定しない下では、方程式の解の存在を示すことは容易ではない。この方程式の宇宙項は空間の膨張と収縮を表すが、物理的正体は全く不明である。方程式の解は、空間の曲がりの波（重力波）を表し、宇宙項と重力波の物理学における重要性から、数学的にそれらの性質を調べることは大きな意義がある。空間が膨張・収縮する場合の非線形波について、偏微分方程式に基づいた解析的方法論は、開拓的段階にある。

2. 研究の目的

本研究では、アインシュタイン方程式を用いて時空計量と非線形場方程式を導出することから始め、その初期値問題の適切性理論の構築まで一貫した研究を行う。国際共同研究により一様等方空間（フリードマン・ルメートル・ロバートソン・ウォーカー計量を持つ時空）における非線形クライン・ゴールドン方程式についての研究を、海外共同研究者の先端的方法を取り込み発展させる。膨張・収縮する空間において、非線形波が、どのように伝わるかを詳細に明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

空間が膨張・収縮する場合の非線形偏微分方程式を定式化し、その解析を行う。解析として、調和解析に基づいた線形評価、実解析に基づいた非線形評価、非線形偏微分方程式の初期値問題の適切性理論（解の存在と一意性、初期値への連続依存性、漸近挙動、散乱理論、爆発解）の構築を行う。具体的には、次の課題に取り組む。アインシュタイン方程式を満たす一様等方計量から非線形場方程式を導出する。宇宙における三つの時代、インフレーション期、減速膨張期、再加速膨張期における場の方程式のエネルギー評価を作ること、宇宙項の果たす役割を、消散効果あるいは凝集効果などの偏微分方程式の構造として特徴付ける。上記の下で、場の方程式のエネルギー評価に代表される線形評価を構成する。非線形場方程式の非線形項に対する評価を構成する。多項式型、指数関数型、零形式、弱零形式など、広い応用を持つ相互作用を表す非線形項に対して、ソボレフ空間、ベゾフ空間における評価式を構成する。その上で、非線形場方程式の初期値問題の適切性理論を構築する。展開として、二階偏微分方程式である非線形場方程式を、粒子スピンの扱えるように一階化した非線形ディラック方程式を導出し、初期値問題の適切性理論を構築する。

4. 研究成果

空間が一様かつ等方であるという対称性の下でのアインシュタイン方程式の解であるド・ジッター時空とフリードマン・ルメートル・ロバートソン・ウォーカー時空において、非線形クライン・ゴールドン方程式、非線形波動方程式と非線形分散型方程式の導出方法を考察した。方程式の導出において、ラグランジュ形式と非相対論的極限に基づいた系統的な手法を用いることで、考察対象とする時空における上記の非線形偏微分方程式の統一的な導出方法を示した。ここで、分散型方程式と拡散方程式を、複素化したアインシュタイン方程式から導出される非線形場方程式の非相対論的極限として定式化した。

導出した方程式のエネルギー評価と初期値問題の適切性理論の構築を通して、空間の膨張と収縮の特徴について考察し、その効果の定式化に取り組んだ。エネルギー評価において、空間膨張から消散効果が、空間収縮から反消散効果が生じることを、各物理定数に依存した形で定式化し、消散効果がどのように引き起こされるかの解明に取り組んだ。

また、分散型方程式については、時間変数の適当な変換により、変数係数の方程式を定数係数の方程式に変換する方法を示した。線形評価におけるエネルギー評価に基づいた非線形評価を実解析的に構成し、線形評価と非線形評価を組み合わせることで、初期値問題の適切性理論の構築を行った。

また、ド・ジッター時空における半線形拡散方程式の漸近挙動を示した。初期値問題においては、方程式の解の存在における非線形指数と時空計量の関係を明らかにした。また、方程式の解の漸近挙動が空間変動により、どのような影響を受けるかを考察した。大域解と爆発解をソボレフ空間において示した。

相対論的流体の方程式の非相対論的極限として、速度の遅い流体に対するナビエ・ストークス方程式を導出し、エネルギー評価における空間の膨張・収縮効果を示した。同様に弾性体方程式に対しても考察した。

ド・ジッター時空において、半線形プロカ方程式を導出して、その初期値問題をソボレフ空間において考察し、小振幅時間大域解の存在を考察した。特に、ハッブル定数が正の場合には、べき乗型非線形項の指数は 1 以上であれば大域解は存在し、藤田指数と呼ばれる指数が表われないことを示した。

ド・ジッター時空において、ハートリー型の非線形項を持つクライン・ゴールドン方程式の初期値問題を考察した。空間が膨張する場合の小振幅大域解の存在とその漸近挙動、空間が収縮する場合の局所解の存在と爆発解の存在を示した。

一般のべき乗型非線形項を持つ非線形クライン・ゴールドン方程式を、フリードマン・ルメートル・ロバートソン・ウォーカー時空において考察し、その初期値問題の適切性理論構築に取り組んだ。特に、小振幅時間大域解と爆発解の存在条件の解明に取り組んだ。本研究の過程で、曲質量と呼ばれる空間の曲率から生じる質量項が、時空の最大存在時間より早い時刻で符号変化することが明らかになったため、その解析方法の構築について考察した。爆発解については、曲質量が虚数である場合でも爆発が起こり得ることが明らかとなった。

また、その非相対論的極限として非線形シュレディンガー方程式を導出し、次元解析に準じた非線形項と解の正則性についての関係式を導いた。更に、初期値問題の小振幅大域可解性を示した。

ド・ジッター時空において、半線形拡散方程式を考察し、初期値が小さい場合の時間大域解の存在と高次漸近挙動を示した。特に、ハッブル定数が正の場合には、線形的漸近挙動であり、負の場合は非線形的漸近挙動であることを示した。

一様等方空間において、半線形複素ギンツバーグ・ランダウ方程式の初期値問題を考察した。小さい初期値に対する時間大域解の存在と漸近挙動を示した。また、初期値がある条件を満たす下での解の爆発も示した。幾つかの時空間において、藤田指数と呼ばれる非線形指数を決定した。

ド・ジッター時空において、虚質量と4次のポテンシャルを持つクライン・ゴールドン方程式の初期値問題を考察し、爆発解の存在証明と、自発的対称性の破れが生じた場合の小振幅大域解の存在を示した。小振幅解の漸近挙動も示した。その他の考察として、ド・ジッター時空におけるハートリー型の非線形項を持つシュレディンガー方程式の初期値問題を考察し、時間大域解の存在条件を考察した。

非線形クライン・ゴールドン方程式の内部構造を詳細に調べることを目的として、スピノルを扱うディラック方程式について考察した。非線形構造を明らかにするために、一様等方時空におけるディラック方程式の導出におけるスピン接続係数の偏微分方程式論的取扱いを考察した。本考察については、論文作成中である。

本研究で得られた成果を論文として投稿し、研究経過を国際研究集会、日本数学会、国内研究集会において発表した。また、相対論に関わる数学的研究を行っている海外研究者と国内研究者を招聘して研究集会を開催し、関連研究を調査すると共に、研究討論によって本研究課題の進展を図った。特に、本研究課題による滞在先である共同研究者を招聘し、研究討論を行った。

偏微分方程式論と相対性理論についての国際研究集会のセッションを、ベルギーとブラジルにおいて開催し、プロシーディングを企画・出版した。本研究課題に関する非線形波動方程式についての研究集会を大阪大学において開催した。また、非線形波動・分散方程式についての国際研究集会を早稲田大学において開催した。この研究集会のプロシーディングを日本数学会 ASPM として刊行企画し、現在編集中である。北京大学の先端研究者と共に、大阪大学において国際研究集会を開催し、一般相対性理論に関わる非線形偏微分方程式論について、研究動向調査と研究討論を行った。

米国スタンフォード大学の Andras Vasy、テキサス大学リオ・グランデ・バリー校の Karen Yagdjian, Anahit Galstyan を訪問し、一様等方時空における非線形クライン・ゴールドン方程式ならびに非線形ディラック方程式の大域可解性について、共同研究を行うと共に研究経過を発表した。スタンフォード大学では、本研究課題に関して、空間曲率が正と負である場合の代表例である球面と双曲面の場合について、研究を行った。また、ハートリー型非線形項の一般化に取り組み、分散型方程式の研究に取り組んだ。テキサス大学では、非線形クライン・ゴールドン方程式についての相手先の研究動向調査ならびにディラック方程式の研究を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 M. Nakamura, H. Takashima	4. 巻 34
2. 論文標題 On the Cauchy problem for the Klein-Gordon equation with the Hartree type semilinear term in the de Sitter spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Differential and Integral Equations	6. 最初と最後の頁 351--382
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 M. Nakamura, H. Takeda	4. 巻 125
2. 論文標題 Asymptotic behaviors of global solutions for a semilinear diffusion equation in the de Sitter spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asymptotic Analysis	6. 最初と最後の頁 203--245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/asy-201652	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 M. Nakamura, Y. Sato	4. 巻 75
2. 論文標題 Existence and nonexistence of global solutions for the semilinear complex Ginzburg-Landau type equation in the homogeneous and isotropic spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Kyushu Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 169--209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2206/kyushujm.75.169	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 M. Nakamura,	4. 巻 60
2. 論文標題 On the nonrelativistic limit of a semilinear field equation in a homogeneous and isotropic space,	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Kyoto Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 1333-1359
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 M. Nakamura, Y. Sato,	4. 巻 49
2. 論文標題 Remarks on global solutions for the semilinear diffusion equation in the de Sitter spacetime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hokkaido Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 481-508
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 M. Nakamura,	4. 巻 44
2. 論文標題 Remarks on the Navier-Stokes equations and the elastic wave equations in homogeneous and isotropic spacetimes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tsukuba Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 271-308
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 M. Nakamura,	4. 巻 270
2. 論文標題 On the Cauchy problem for the semilinear Proca equations in the de Sitter spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 1218-1257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2020.09.015	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 M. Nakamura,	4. 巻 85
2. 論文標題 On some effects of background metrics for several partial differential equations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Studies in Pure Mathematics, Mathematical Society of Japan, Kinokuniya, Tokyo	6. 最初と最後の頁 315-324
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 M. Nakamura,	4. 巻 57
2. 論文標題 Remarks on the derivation of several second order partial differential equations from a generalization of the Einstein equations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Osaka J. Math.	6. 最初と最後の頁 305-331
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 T. Tsuchiya, M. Nakamura,	4. 巻 361
2. 論文標題 On the numerical analysis of the Cauchy problem for semilinear Klein-Gordon equations in the de Sitter spacetime	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Computational and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 396-412
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 M. Nakamura,	4. 巻 -
2. 論文標題 On the regularity of the semilinear term on the Cauchy problem for the Schroedinger equation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th ISAAC congress 2017	6. 最初と最後の頁 369-377
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 M. Nakamura,	4. 巻 81
2. 論文標題 Global solutions for nonlinear Schroedinger equations in de Sitter spacetime	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Studies of Pure Mathematics	6. 最初と最後の頁 311-322
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 M. Nakamura	4. 巻 2093
2. 論文標題 On the effects of spatial expansion and contraction on several semilinear partial differential equations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録`非線形波動・分散型方程式`	6. 最初と最後の頁 27-37
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 M. Nakamura, T. Wada	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Strichartz type estimates in mixed Besov spaces with application to critical nonlinear Schroedinger equations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	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) 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 M. Nakamura, Y. Sato	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Remarks on global solutions for the semilinear diffusion equation in the de Sitter spacetime	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hokkaido Mathematical Journal	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) 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 M. Nakamura, H. Wadade	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 The Cauchy problem for dissipative wave equations with weighted nonlinear terms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Tools for Nonlinear PDEs and Application	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) 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 M. Nakamura	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 On the nonrelativistic limit of a semilinear field equation in a homogeneous and isotropic space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Kyoto Journal of 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) 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 M. Nakamura	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 On the regularity of the semilinear term on the Cauchy problem for the Schroedinger equation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th ISAAC congress 2017	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) 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 -

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 22件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Global solutions and blow-up solutions of power-type semilinear Klein-Gordon equations in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 微分方程式セミナー, 大阪大学 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 The Cauchy problem for the Klein-Gordon equation under the quartic potential in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 応用解析研究会, 早稲田大学 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Global solutions for semilinear Proca equations in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 NLPDEセミナー, 京都大学 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Global solutions for the Klein-Gordon equation under the quartic potential in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 熊本大学応用解析セミナー, 熊本大学 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Existence and non-existence of global solutions for the Klein-Gordon equation in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 第65回南大阪応用数学セミナー, 大阪公立大学 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Semilinear Proca equations in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 第18回非線型の諸問題 (オンライン) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Cauchy problem for the Klein-Gordon equation under the quartic potential in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 Analysis & PDE seminar, Stanford University (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Klein-Gordon equation under the quartic potential in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 Japanese Academic Seminars at Stanford, Stanford University (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 The Cauchy problem of Klein-Gordon equation under the quartic potential in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 Distinguished Colloquium Series, The University of Texas Rio Grande Valley (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Cauchy problem for the semilinear Proca equations in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 The 13th International ISAAC Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Nakamura, H. Takashima
2. 発表標題 On the Klein-Gordon equation with the Hartree type semilinear term in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 日本数学会年会, 2021年3月15日 ~ 18日, 慶應義塾大学.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Global solutions for the semilinear diffusion equation in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 The 12th International ISAAC Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Remarks on the Navier-Stokes equations in homogeneous and isotropic spacetimes
3. 学会等名 The 12th International ISAAC Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the semilinear partial differential equations in homogeneous and isotropic spacetimes
3. 学会等名 Geometric Analysis and General Relativity (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Cauchy problem for a semilinear ordinary differential equation in homogeneous and isotropic spaces
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On global solutions for the semilinear complex Ginzburg-Landau type equation in homogeneous and isotropic spaces
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Cauchy problem for the Navier-Stokes equations in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Partial differential equations in homogeneous and isotropic spaces
3. 学会等名 日本数学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Cauchy problem for the semilinear Proca equations in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura, H. Takeda
2. 発表標題 Asymptotic profiles of global solutions for the semilinear diffusion equation in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Some dissipative and anti-dissipative effects on semilinear PDEs in homogeneous and isotropic spaces
3. 学会等名 三重偏微分方程式研究集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Remarks on the Navier-Stokes equations in homogeneous and isotropic spacetimes
3. 学会等名 第21回「特異点と時空、および関連する物理」研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On some effects of background metrics for several partial differential equations
3. 学会等名 The 11th Mathematical Society of Japan, Seasonal Institute (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the dissipative effect of the spatial expansion for the semilinear diffusion equation
3. 学会等名 East Asian Conference in Harmonic Analysis and its Applications 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Navier-Stokes equation and the elastic wave equations in uniform and isotropic spaces
3. 学会等名 Wayamba International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura and Y. Sato
2. 発表標題 On the global solutions for the semi-linear diffusion equation in de Sitter spacetime
3. 学会等名 Wayamba International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 The Cauchy problem for Navier-Stokes equations in de Sitter spacetime
3. 学会等名 Workshop on Mathematical Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura and Y. Sato
2. 発表標題 The asymptotic behavior of the semi-linear diffusion equation in de Sitter spacetime
3. 学会等名 Workshop on Mathematical Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Remarks on a semilinear diffusion equation in homogeneous and isotropic spaces
3. 学会等名 Top global university project, Waseda workshop on partial differential equations 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Global solutions for the semilinear diffusion equation in the de Sitter spacetime
3. 学会等名 Nonlinear Dispersive Equations in Kumamoto, 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Partial differential equations in uniform and isotropic spaces
3. 学会等名 2018年度日本数学会東北支部会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura and Y. Sato
2. 発表標題 Global solutions for a semilinear diffusion equation in expanding or contracting spaces
3. 学会等名 日本数学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 On the Navier-Stokes equations in homogeneous and isotropic spacetimes with a constant density of mass
3. 学会等名 日本数学会年会
4. 発表年 2019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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	(Vasy Andras)	スタンフォード大学・Department of Mathematics・Professor	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	(Yagdjian Karen)	テキサス大学リオ・グランデ・バリー校・School of Mathematical and Statistical Sciences・Professor	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	(Galstyan Anahit)	テキサス大学リオ・グランデ・バリー校・School of Mathematical and Statistical Sciences・Professor	

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8件

国際研究集会 Mathematical Analysis of Nonlinear Dispersive and Wave Equations	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 The 13th International ISAAC Congress	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 国際研究集会`General Relativity and Partial Differential Equation`	開催年 2019年～2019年

国際研究集会 国際研究集会`The 12th International ISAAC Congress`	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 Lectures “A novel integral transform approach to PDEs in the curved spacetimes”	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 Seminar “Analysis on Partial Differential Equations”	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 研究会 “Partial Differential Equation and General Relativity” (Yamagata)	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 研究会 “Partial Differential Equation and General Relativity” (Nagoya)	開催年 2018年～2018年

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			
米国	スタンフォード大学			
米国	テキサス大学リョグランデバリー校			