

令和 6 年 5 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14346

研究課題名（和文）消散型発展方程式に対する平滑化評価式と非線形問題への応用

研究課題名（英文）Smoothing estimates for dissipative evolutions equations and applications to nonlinear problems

研究代表者

若杉 勇太（Wakasugi, Yuta）

広島大学・先進理工系科学研究科（工）・准教授

研究者番号：20771140

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：摩擦や抵抗の効果を伴う波動伝播を記述する消散型波動方程式について、平滑化評価式とよばれる解の時空間評価を導出した。特に端点評価の場合の平滑化評価を証明し、その応用としてエネルギー臨界型の非線形項をもつ非線形消散型波動方程式に対する解の無条件一意性を証明した。また、測度空間上および、外部領域上の非線形消散型波動方程式に対する解の時間大域解の存在と最大存在時間評価、FLRW時空などの曲がった時空における非線形波動方程式の解の有限時間爆発、線形消散型波動方程式の解の漸近展開、非線形消散型梁方程式に対する解の漸近挙動、力学的境界条件をもつ非線形波動方程式の数値解析についての成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

消散型波動方程式は、摩擦や抵抗などの効果を考慮した波の伝播を記述する偏微分方程式であり、伝送線路理論の基礎方程式や、宇宙論に現れる曲がった時空の中での光の伝わり方を記述するのに用いられる。このような物理現象の数値モデルとして現れる偏微分方程式について、解の存在・一意性・漸近挙動などの基本的な性質を数学的に調べることは、微分方程式の理論としてだけでなく、例えば数値シミュレーションの正当性を理論的に保証するなど、応用的な観点からも重要である。本研究では、上記の数値モデルに対する理論的研究および、コンピュータによるシミュレーションを含む数値解析的研究を実施した。

研究成果の概要（英文）：For damped wave equations describing the wave propagation with friction and resistance effects, the time-space estimates so-called smoothing estimates of the solutions were derived. In particular, we proved the smoothing estimates in the end-point case, and as its application, we showed the unconditional uniqueness for the solution to the nonlinear damped wave equation with energy-critical nonlinearity. Besides, several achievements on the global existence and the estimates of maximal existence time of the solution to the nonlinear damped wave equation on measure spaces and exterior domains, the finite time blow-up of solutions to nonlinear wave equations in curved spacetimes such as the FLRW spacetime, the asymptotic expansion of solutions to linear damped wave equations, and the asymptotic behavior of solutions to nonlinear beam equations, the numerical analysis for nonlinear wave equations with dynamical boundary conditions were obtained.

研究分野：解析学

キーワード：消散型発展方程式 平滑化評価 適切性 時間大域解 一意性 漸近挙動 解の爆発 数値解析

1. 研究開始当初の背景

摩擦や抵抗の効果を伴いながら時間発展する物理現象を数学的に記述する数理モデルは、一般に消散型発展方程式とよばれる。数理モデルの具体例としては、伝送線路中の電圧・電流などの摩擦や抵抗の効果により減衰する波の伝播を記述する消散型波動方程式や、梁の振動を記述する消散型梁方程式などがある。また、FLRW 時空を始めとする曲がった時空の中を伝播する波動現象を記述する波動方程式にも、このような消散効果が現れることが知られている。

発展方程式を理論的あるいは数値的に解くことによって、その系の未来の状態を予測することが可能となる。その際に、まず理論的に基本的となるのが、方程式の解の存在・一意性・初期値連続依存性の性質である。これらを合わせた概念を Hadamard の意味の「適切性」とよぶ。これらを理論的に証明することは、その数理モデルが実際の物理現象を正しく近似できる妥当性を有することを保証するために必須となる。また、偏微分方程式の理論的研究において、適切性に加えて、解の時間経過に伴う振る舞いの特徴を見出すことは重要である。特に十分時間が経過した後の解の振る舞い(時間減衰評価・漸近形など)である漸近挙動は、その数理モデルの特徴をよく反映したものとなっている。これらを理論的に解析することで、シミュレーションの妥当性を保証したり、物理現象についての新しい知見を得ることが可能となる。

発展方程式の初期値問題の適切性・漸近挙動の研究は長い歴史を持つが、特に1960年代以降、線形方程式の時間減衰評価などの漸近挙動を応用して非線形性を制御する方法が開発され、非線形発展方程式の適切性に関する研究が大きな進展を遂げた。非線形波動方程式の研究では、1970年代以降、平滑化評価式(Strichartz 評価式)とよばれる解の時空間評価式の有用性が見出され、2000年代に入るとさらに凝集コンパクト性の議論と結びつき、初期値に小ささを仮定しない場合の解の大域的な挙動が研究された。一方で消散型波動方程式については、1990年代以降に消散構造に着目した解の漸近挙動の研究が大きく進展した。特に非線形問題については、初期値が小さい場合の解の漸近挙動についてはだいたいの全体像が明らかにされたと言ってよい状況にある。しかしながら、初期値の小ささを仮定しない場合は、平滑化評価式が整備されていないことにより未解明の状態が続いていた。

2. 研究の目的

本研究では、消散型波動方程式に対する平滑化評価式を導出し、非線形問題に対し、初期値に小ささを仮定しない枠組みで解の性質を調べる問題へと応用を行う。特に、(1) 解は十分時間が経過した後は対応する熱方程式の解に近い漸近挙動をもつ (2) 解の特異性などの定性的性質は波動方程式に近い、という消散型波動方程式の特性に着目した解析を行う。さらに、本研究の解析手法を消散型梁方程式、FLRW 時空における非線形波動方程式へと応用する。

3. 研究の方法

(i) 定数係数の線形消散型波動方程式に対し、Inui (2019)により、端点の場合を除く指数組に対する平滑化評価式が導出された。この結果では許容指数の範囲が通常の波動方程式よりも広く取れることが示され、これは方程式の消散構造が影響したものと思われる。本研究では、残された端点の場合について平滑化評価式の証明を行う。証明には Ikeda-Inui-Okamoto-Wakasugi(2019)で示した線形解の L_p - L_q 型評価式と、波動方程式の端点評価を示した Keel-Tao(1999)の手法を組み合わせて用いる。さらに、得られた端点評価の応用として、エネルギー臨界のべき乗型非線形をもつ非線形消散型波動方程式について、初期値問題の無条件一意性を証明する。無条件一意性は解のクラスに Strichartz 空間などの補助空間を課さず、より広いエネルギー空間での一意性を主張するものであり、非線形波動方程式については Planchon(2003)や Bulut-Czbak-Li-Pavlovic-Zhang(2013)により証明されていたが、非線形消散型波動方程式については未解決であった。

(ii) 変数係数の線形消散型波動方程式について、解の長時間挙動についての解析を行う。変数係数の場合には、解の詳細な漸近挙動が完全には分かっておらず、将来的に平滑化評価式を研究する上でまず解の減衰評価や漸近形について調べる必要がある。摩擦項が空間変数に依存する場合には、Wakasugi(2014)や Sobajima-Wakasugi(2016-2019)の研究により、解が時間無限大で対応する熱方程式の解に漸近することが分かっていた。そこで本研究ではさらに解の高次漸近展開を考察する。解析には Sobajima(2020)で導入された解の分解を用いる方法と、Sobajima-Wakasugi(2019)で導入した超幾何関数を重みとするエネルギー法を組み合わせることで行う。

(iii) 全空間以外の定数係数消散型波動方程式については、Fourier 解析やそれをもとにした解表示が使えないという問題から、まだ多くの問題が残されている。本研究では外部領域での非線形消散型波動方程式およびより一般の測度空間上の非線形消散型波動方程式に対する基本的な解析手法を構築し、平滑化評価式による大域挙動解析のための足掛かりを作る。研究方法としては、スペクトル分解を用いた線形評価の導出と、Nash 型不等式を用いた非線形評価を組み合わ

せて解析を行い、時間大域解の存在およびシャープな最大存在時間評価の導出を行う。

(iv) FLRW 時空および de Sitter 時空における非線形波動方程式に対して、解の時間大域解・有限時間爆発の閾値となる臨界指数の導出を行う。まず解の爆発について研究を実施し、常微分方程式の Kato's lemma および Zhou-Han(2014 年)による特殊関数を用いたテスト関数法を修正して適用し、解の有限時間爆発および最適な最大存在時間の評価を行う。

(v) 非線形の消散型梁方程式に対して、時間大域解の存在および漸近挙動の決定についての研究を行う。応用上重要な変数係数をもつ場合を考察し、係数が十分大きい場合に、解が対応する放物型方程式の熱核に漸近することを示す。研究手法としては、Gallay-Raugel(1998)により導入された scaling variables という変数変換を用いる方法を適用する。

(vi) 非線形波動方程式に対する、安定な数値計算スキームの導出および数値シミュレーションを行う。特に、重りを付けた棒の振動を記述する力学的境界条件を伴う問題を考察し、Furihata(2001)による離散変分導関数法を用いた構造保存型の数値計算スキームの導出を行う。

4. 研究成果

(i) 定数係数の消散型波動方程式について、端点における平滑化評価式を証明し、その応用としてエネルギー臨界の非線形項をもつ非線形消散型波動方程式に対する無条件一意性を示した。非線形問題の解析において、非線形項の評価のために波動方程式の場合と異なり非斉次の paraproduct 評価が必要となったが、これらを新たに証明し整備することで必要な評価を得た。(戌亥隆恭氏(大阪大学)との共同研究, J. Evol. Eq. (2021)に掲載)

(ii) 変数係数の摩擦項をもつ線形消散型波動方程式に対して、Sobajima-Wakasugi(2019)で導入された超幾何関数を重みとするエネルギー法の改良を行い、これを用いることで、先行研究で仮定されていた係数の球対称性などの条件を取り除き、最も一般的な仮定のもとで解の漸近形の決定を行なった。(側島基宏氏(東京理科大学)との共同研究, J. Math. Soc. Japan (2021)に掲載)

また、解の高次漸近展開について考察し、Sobajima(2020)の手法と、新たに逐次的にエネルギー評価を繰り返す手法を開発し組み合わせることで、非斉次放物型方程式の解を用いた高次漸近展開の成果を得た。(側島基宏氏(東京理科大学)との共同研究, Asymptotic Analysis (2023)に掲載)

また、これらの手法の非線形問題への応用として、吸収的非線形項をもつ非線形消散型波動方程式の解の減衰評価を考察し、Nishihara(2010)の先行研究を一般化し、非線形項・摩擦項の減衰度・初期値の減衰度から解の減衰レートを決定する結果を得た。(Math. Meth. Appl. Sci. (2023)に掲載)

(iii) 外部領域における非線形消散型波動方程式に対して、空間2次元かつ臨界的非線形項の場合に、初期値に球対称性の仮定を課した上で最適な最大存在時間評価を証明した。証明において、球対称性の仮定を用いることで2次元線形問題について最大値原理が適用できることと、それを用いた解のL1評価、非線形項のNash型評価などの新しい解析手法を導入した。(池田正弘氏(理化学研究所), 側島基宏氏(東京理科大学), 谷口晃一氏(東北大学)との共同研究, preprint)

また、外部領域、多様体上の問題、ポテンシャル付きの問題、フラクタル図形上の問題等を含む一般の測度空間上での非線形消散型波動方程式について研究を行い、スペクトル分解を用いた線形評価の導出と時間大域解の存在への応用を行なった。(池田正弘氏(理化学研究所), 谷口晃一氏(東北大学)との共同研究, Evol. Eq. and Control Theory に掲載予定)

(iv) Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW)時空における非線形波動方程式に対して、まず scale factor が減速膨張の場合を考察した。非線形波動方程式および非線形熱方程式の臨界指数としてよく知られた Strauss 指数、藤田指数に scale factor の効果を入れて修正した指数を新たに定義し、非線形項の指数がこれらの最大値以下の場合に初期値問題の解の有限時間爆発が起きることを証明した。まず、臨界指数が Strauss 型となる場合には、Kato(1980), Takamura(2015)で用いられた常微分不等式についての Kato's lemma を修正して応用することで解の爆発を得た。臨界指数が藤田型となる場合には、Zhang(1999), Mitidieri-Pohozaev(2001)らによるテスト関数法を適用して用いた。また、ちょうど臨界ケースの場合の評価には、Zhou-Han(2014)による特殊関数を重みとするテスト関数法および、Ikeda-Sobajima(2019)による修正型のテスト関数法をそれぞれ用いた。(津田谷公利氏(弘前大学)との共同研究, J. Math. Phys. (2020), J. Math. Anal. Appl. (2021)に掲載)

さらに、scale factor が加速膨張の場合および、de Sitter 時空の場合についても考察を行い、これらの場合はすべての非線形項について解の爆発を示した。(津田谷公利氏(弘前大学)との共同研究, Reviews in Math. Phys. (2022), P.D.E. and Appl. (2022)に掲載)

(v) 変数係数をもつ非線形の消散型梁方程式について、時間大域解の存在および漸近挙動の決定を行なった。係数が十分大きい場合に、解が対応する放物型方程式の熱核に漸近することを証明した。証明は、scaling variables の方法と重み付きエネルギー法を適用することにより行なった。(M. Hamza 氏 (Imam Abdulrahman Bin Faisal University), 吉川周二氏 (大分大学)との共同研究, Disc. Conti. Dyn. Sys. (2024)に掲載)

(vi) 力学的境界条件をもつ非線形波動方程式について、離散変分導関数法を用いた構造保存差分スキームの導出を行なった。さらに非線形項が半線形の場合に、離散化した差分方程式に対する理論的な解の存在証明および、真の解との誤差評価を与えた。また、具体的ないくつかの非

線形モデルに対する数値シミュレーションを行なった（梅田晃裕氏(愛媛大学),吉川周二氏(大分大学)との共同研究 . Applied Numerical Mathematics (2021)に掲載）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ikeda Masahiro, Taniguchi Koichi, Wakasugi Yuta	4. 巻 -
2. 論文標題 Global existence and asymptotic behavior for semilinear damped wave equations on measure spaces	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Evolution Equations and Control Theory	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) 10.3934/eect.2024018	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 Hamza Mohamed Ali, Wakasugi Yuta, Yoshikawa Shuji	4. 巻 -
2. 論文標題 Asymptotic profiles for the Cauchy problem of damped beam equation with two variable coefficients and derivative nonlinearity	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Discrete and Continuous Dynamical Systems	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) 10.3934/dcds.2024027	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 該当する
1. 著者名 Sobajima Motohiro, Wakasugi Yuta	4. 巻 134
2. 論文標題 Asymptotic expansion of solutions to the wave equation with space-dependent damping	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Asymptotic Analysis	6. 最初と最後の頁 241 ~ 279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ASY-231834	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 Wakasugi Yuta	4. 巻 46
2. 論文標題 Decay property of solutions to the wave equation with space dependent damping, absorbing nonlinearity, and polynomially decaying data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Mathematical Methods in the Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7067 ~ 7107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ma.8957	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 Tsutaya Kimitoshi、Wakasugi Yuta	4. 巻 2021
2. 論文標題 On Glassey ' s conjecture for semilinear wave equations in Friedmann?Lema?tre?Robertson?Walker spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Boundary Value Problems	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) 10.1186/s13661-021-01571-0	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 Inui Takahisa、Wakasugi Yuta	4. 巻 21
2. 論文標題 Unconditional well-posedness for the energy-critical nonlinear damped wave equation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Evolution Equations	6. 最初と最後の頁 5171 ~ 5201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00028-021-00744-9	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 Umeda Akihiro、Wakasugi Yuta、Yoshikawa Shuji	4. 巻 171
2. 論文標題 Energy-conserving finite difference schemes for nonlinear wave equations with dynamic boundary conditions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Numerical Mathematics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apnum.2021.08.009	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 Tsutaya Kimitoshi、Wakasugi Yuta	4. 巻 3
2. 論文標題 Blow up of solutions of semilinear wave equations related to nonlinear waves in de Sitter spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Partial Differential Equations and Applications	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/s42985-021-00145-0	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 Tsutaya Kimitoshi, Wakasugi Yuta	4. 巻 34
2. 論文標題 Blow-up of solutions of semilinear wave equations in accelerated expanding Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Reviews in Mathematical Physics	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) 10.1142/S0129055X22500039	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 FUJIWARA Kazumasa, IKEDA Masahiro, WAKASUGI Yuta	4. 巻 43
2. 論文標題 Lifespan of Solutions for a Weakly Coupled System of Semilinear Heat Equations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tokyo Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 163-180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3836/tjm/1502179300	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 Tsutaya Kimitoshi, Wakasugi Yuta	4. 巻 61
2. 論文標題 Blow up of solutions of semilinear wave equations in Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker spacetime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 091503 ~ 091503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5139301	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 Yoshikawa Shuji, Wakasugi Yuta	4. 巻 272
2. 論文標題 Classification of asymptotic profiles for the Cauchy problem of damped beam equation with two variable coefficients: Effective damping case	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 938 ~ 957
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2020.10.008	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 Tsutaya Kimitoshi, Wakasugi Yuta	4. 巻 500
2. 論文標題 On heatlike lifespan of solutions of semilinear wave equations in Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker spacetime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 125133 ~ 125133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmaa.2021.125133	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 SOBAJIMA Motohiro, WAKASUGI Yuta	4. 巻 1
2. 論文標題 Supersolutions for parabolic equations with unbounded or degenerate diffusion coefficients and their applications to some classes of parabolic and hyperbolic equations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Mathematical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/83928392	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26件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 2次元外部領域における臨界型半線形消散型波動方程式について
3. 学会等名 日本数学会2023年度秋季総合分科会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Liouville-type theorems for the Taylor-Couette flow of the stationary Navier-Stokes equations
3. 学会等名 日本数学会2023年度秋季総合分科会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Asymptotic profiles for the Cauchy problem of damped beam equation with two variable coefficients and derivative nonlinearity
3. 学会等名 日本数学会2024年度年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yuta Wakasugi
2. 発表標題 Lifespan estimates for semilinear damped wave equation in a two-dimensional exterior domain
3. 学会等名 14th ISAAC Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuta Wakasugi
2. 発表標題 Asymptotic expansion of solutions to the wave equation with space-dependent damping
3. 学会等名 Symposium on Evolution Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuta Wakasugi
2. 発表標題 Lifespan estimates for semilinear damped wave equation in a two-dimensional exterior domain
3. 学会等名 The 20th Linear and Nonlinear Waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 空間変数に依存する摩擦項をもつ波動方程式の解の漸近展開
3. 学会等名 大阪大学微分方程式セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Asymptotic expansion of solutions to the wave equation with space-dependent damping
3. 学会等名 日本数学会2022年度秋季総合分科会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 空間変数に依存する摩擦項をもつ波動方程式の解の高次漸近展開
3. 学会等名 第182回神楽坂解析セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Global existence and asymptotic behavior for nonlinear damped wave equations on measure spaces
3. 学会等名 The Second One Day Workshop on Hyperbolic PDE in Kushiro (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 A remark on the asymptotic expansion of solutions to the damped wave equation
3. 学会等名 第2回香川における偏微分方程式研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 力学的境界条件をもつ非線形波動方程式に対する構造保存数値解法について
3. 学会等名 第38回松山キャンプ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuta Wakasugi
2. 発表標題 Asymptotic expansion of solutions to the wave equation with space-dependent damping
3. 学会等名 The 40th Kyushu Symposium on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Decay property of solutions to the semilinear wave equation with space-dependent damping and absorbing nonlinearity
3. 学会等名 第2回大同大学若手微分方程式セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Blow up of solutions of semilinear wave equations in de Sitter spacetime
3. 学会等名 日本数学会2021年度秋季総合分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 吸収型非線形項と空間変数に依存する摩擦項をもつ波動方程式のエネルギー減衰について
3. 学会等名 日本数学会2021年度秋季総合分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Global existence and asymptotic behavior for nonlinear damped wave equations on measure spaces
3. 学会等名 香川における偏微分方程式研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuta Wakasugi
2. 発表標題 Global existence and asymptotic behavior for nonlinear damped wave equations on measure spaces
3. 学会等名 Recent Advances in Nonlinear Evolution Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Decay property of solutions to the semilinear wave equation with space-dependent damping and absorbing nonlinearity
3. 学会等名 熊本大学応用解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 空間変数に依存する摩擦項をもつ波動方程式の解のエネルギー減衰
3. 学会等名 大阪市立大学談話会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Decay property of solutions to the semilinear wave equation with space-dependent damping and absorbing nonlinearity
3. 学会等名 第11回室蘭非線形解析研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuta Wakasugi
2. 発表標題 Blow-up of solutions of semilinear wave equations in Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker spacetime
3. 学会等名 Webinar on Evolution Models, Critical exponent versus blow-up in evolution models（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Weighted energy estimates for solutions to the wave equation with space-dependent damping
3. 学会等名 第36回松山キャンプ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 On heatlike lifespan of solutions of semilinear wave equations in Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker spacetime
3. 学会等名 日本数学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Asymptotic behavior of solutions to elliptic equations with unbounded coefficients of the second order in unbounded domains
3. 学会等名 日本数学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若杉勇太
2. 発表標題 Asymptotic properties of steady solutions to the 3D axisymmetric Navier-Stokes equations with no swirl
3. 学会等名 日本数学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

wakasugiyuta
<https://sites.google.com/site/wakasugiyuta/home>

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		
サウジアラビア	Imam Abdulrahman Bin Faisal University		