

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2021

課題番号：16K17625

研究課題名(和文) 消散構造を持つ非線形波動方程式の解の大域挙動

研究課題名(英文) Global behavior of solutions to nonlinear wave equations with dissipative structures

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) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：消散構造をもつ線形および非線形の波動方程式に対し、時間大域解の存在、解の漸近挙動、解の有限時間爆発などの解の大域的な挙動についての研究を行った。特に、変数係数の消散型波動方程式、一様等方な膨張・収縮の宇宙モデルであるFLRW時空における非線形波動方程式などの問題に対し、方程式の消散構造が解の振る舞いにどのように影響を与えるかを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

波動方程式は、水面の波や音波、光などの波が空間内をどのように伝播するのかを記述する偏微分方程式である。実際の波動現象は、抵抗などの効果で次第に減衰するが、波動方程式にこの効果を加えたものが消散型波動方程式である。本研究ではこの消散型波動方程式に対し、様々な形の消散効果を考え、それらが解の振る舞いにどのように影響を与えるのかを明らかにした。また、相対性理論に現れる膨張・収縮する宇宙モデルにおける波の伝播を考えると、消散構造をもつ波動方程式が現れる。本研究ではさらにこのような宇宙モデルにおいて消散構造が波の振る舞いにどのように影響を及ぼすかを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：For linear and nonlinear wave equation with dissipative structures, the existence of the global solution, the asymptotic behavior of the solution, and the finite time blow-up of the solutions are studied. In particular, for damped wave equation with variable coefficients and the nonlinear wave equation in FLRW spacetime, which is a model of homogeneous, isotropic, and expanding universe, we clarify how the dissipative structure of the equation affects the behavior of the solution.

研究分野：偏微分方程式

キーワード：消散型波動方程式 時間大域解 漸近挙動 解の爆発 臨界指数

1. 研究開始当初の背景

消散型波動方程式は、Heaviside や Kelvin 卿による伝送線路中の電圧・電流や海底ケーブルの研究において導出されたもので、摩擦や抵抗の効果により減衰する波の伝播を記述する数理モデルとして広く研究されている。また、相対論効果を考慮した有限伝播性をもつ熱伝導のモデルや、短期的相関をもつランダムウォークである Goldstein-Kac モデルから導かれる方程式としても知られ、これと関連して、人口増減や走化性の現象を記述するモデルとして幅広く研究されている。

消散型波動方程式は時間発展をもつ微分方程式(発展方程式)であり、発展方程式における基本的な問題として、Hadamard の提唱した初期値問題の適切性および、解の漸近挙動がある。初期値問題の適切性とは、初期条件を与えたときの微分方程式の解の存在・一意性・初期値連続依存性のことをいう。また漸近挙動とは、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)のことをいう。これらを理論的に保証することで、シミュレーションの正当化や、現象予測の妥当性の検証などが可能となる。

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。消散型波動方程式に対する研究としては、Matsumura (1976年)による線形評価の導出および、Hsiao-Liu(1990年)の多孔媒質中の圧縮性流の解の漸近挙動の研究以来多くの研究が行われ、特に解が時間無限大において対応する放物型方程式の解に漸近すること(拡散現象)が分かっている。

また、非線形熱方程式に対して Fujita(1966年)により発見された、小さい初期値に対して時間大域解の存在・非存在の閾値となるような非線形項の指数(臨界指数)が発見されて以降、他の非線形発展方程式に対して同様な臨界指数が存在するか、という問題が広く研究されている。非線形消散型波動方程式に対しては、Todorova-Yordanov(2001年)によって全空間の初期値問題かつ初期値がコンパクト台をもつ場合に臨界指数が決定されており、その後もこの結果を改良・一般化する方向の研究が数多く行われているという状況である。

しかしながら、このような結果は Fourier 変換により具体的な解表示が可能となるような場合や、全空間の初期値問題の場合といった比較的単純な場合の研究に留まっており、変数係数の問題や非線形問題、初期境界値問題に対してはまだ精密な結果を得るための手法が確立されているとは言い難いという状況である。

2. 研究の目的

本研究では、一般に変数係数をもつ線形および非線形の消散型波動方程式に対しする初期境界値問題を対象とし、解の詳細な漸近挙動を得るための解析手法を確立することを目的とする。そのためには、(i) なるべく広範な問題に適用できるような一般的な理論を構築すること、(ii) 個々の具体的な問題の特性に応じた精密な解析手法を確立すること、の両面から研究を進めることが必要となる。

そこで、本研究では、消散構造をもつ発展方程式の典型例である (1) 変数係数の摩擦項をもつ線形波動方程式、(2) 変数係数の消散型梁方程式、(3) 定数係数の非線形消散型波動方程式、(4) 変数係数の摩擦項をもつ非線形波動方程式、を対象として、上記(i)、(ii)の観点から新しい解析手法の構築および既存の手法の精密化を行うことで、解の漸近挙動を明らかにしていく。

3. 研究の方法

(1) 変数係数の摩擦項をもつ線形波動方程式に対しては、空間変数に依存する摩擦の場合に対して、従来よりも一般的な状況で適用可能な新しいエネルギー法の開発を試みる。先行研究では指数関数型の重み関数による重み付きエネルギー法が用いられているが、これは初期値に空間遠方で十分速い減衰を仮定する必要があるという問題がある。本研究では、対応する放物型方程式の自己相似解をもとにして多項式オーダーをもつ重み関数を構成する方法を構築する。さらに、高次の漸近形を決定する方法について研究を行う。

(2) 変数係数の梁方程式に対しては、空間2階微分と4階微分の項の影響により、解の漸近挙動が複雑になることが予想される。まず方程式のスケール構造に着目し、漸近挙動の分類についての予想を立てる。その後、各場合に対して、Gallay-Raugel(1998年)により消散型波動方程式に対して用いられた、対応する放物型方程式の自己相似変換を用いる方法を梁方程式に対し一般化して用いることで、解が実際に予想された漸近挙動をもつことを証明する。

(3) 定数係数の非線形消散型波動方程式に対しては、重み付き Sobolev 空間と Lebesgue 空間の両方の枠組みで、まず先行研究における線形評価の指数の範囲と微分の損失のオーダーに関する改良を行う。さらにこの線形評価をもとに解のアプリオリ評価を導出することで、従来よりも一般的な仮定のもとでの時間大域解の構成および、解の漸近挙動の解析を行う。

(4) 変数係数をもつ非線形波動方程式に対しては、まず非線形項が優臨界の場合に、エネルギー法による時間大域解の構成を試みる。非線形項が臨界および劣臨界の場合には、解は有限時間

で爆発することが知られているが、この場合にさらに解の最大存在時間の上下からの評価を与える。最大存在時間の上からの評価については、テスト関数法および常微分不等式に関する加藤の補題を用い、下からの評価については対応する放物型方程式の自己相似変換を用いる方法を適用する。特に、宇宙物理に現れる重要な例として、一様・等方な時空の膨張・収縮のモデルである Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW) 時空における非線形波動方程式に対する解析を行う。

4. 研究成果

(1) 空間変数に依存する摩擦項をもつ線形波動方程式に対し、解の時間無限大での漸近挙動についての研究を行なった。まず、対応する変数係数放物型方程式のスケール構造に着目し、自己相似解で多項式オーダーをもつものを考察した。自己相似方程式の解が超幾何関数を用いて表されることを見出し、これを用いて、多項式のオーダーをもつ重み関数を構成した。この重み関数を用いたエネルギー法により、先行研究で課されていた初期値の空間遠方での速い減衰についての仮定を取り除き、改良することに成功した。また、従来研究がなされていなかった、空間遠方で増大するような摩擦係数をもつ問題に対しても、解のエネルギー評価および漸近形を決定する成果を得た（側島基宏氏（東京理科大学）との共同研究）。次に、時間変数に依存する摩擦項をもつ線形波動方程式の高次漸近形について研究を行なった。問題を簡単にするため空間1次元の場合を考察し、対応する放物型方程式の自己相似変換を用いて方程式を変換し、変換した方程式の解の漸近形を導出した。漸近形を除いた剰余項の部分に重み付きエネルギー法を適用して評価することにより、解の2次までの漸近形を決定する漸近評価を与えた。

(2) 変数係数の消散型梁方程式に対して、解の漸近形の分類問題を研究した。係数のオーダーに応じて、まず方程式のスケール構造から解の漸近挙動の予想を5種類に分類した。そのうち熱方程式の解と梁方程式の解に漸近すると予想される場合について、熱方程式的な自己相似変換と梁方程式的な自己相似変換の2種類の変換を使う方法を開発した。この手法と、剰余項に対してエネルギー法を適用して評価することにより、それぞれの場合に実際に解が時間無限大において熱方程式の解と梁方程式の解に漸近することを証明した（吉川周二氏（大分大学）との共同研究）。

(3) 定数係数消散型波動方程式に対して、まず線形方程式に対する解の L_p - L_q 型評価の改良および解の振る舞いについての研究を行なった。重み付き Sobolev 空間および Lebesgue 空間の枠組みで、解の Fourier 変換に対し低周波・高周波成分の評価を改良した。低周波領域については、解作用素の積分核の各点評価を与えることにより、先行研究に課されていた指数の範囲の制限を取り除いた。また、高周波領域については、Miyachi(1980), Peral(1980)による波動方程式の解の最良な L_p 評価と Mihlin のマルチプライヤー定理を組み合わせることで、先行研究で課されていた微分の損失のオーダーを最良なものにした。（池田正弘氏（理化学研究所・慶應義塾大学）、戌亥隆恭氏（大阪大学）、岡本葵氏（大阪大学）との共同研究）。また、線形解のより詳細な挙動として、解の最大点挙動の解析を行い、初期値が退化する場合の解の最大点、臨界点、零点の位置と挙動を明らかにする成果を得た（坂田繁洋氏（福岡大学）との共同研究）。次にべき乗型の非線形消散型波動方程式の初期値問題に対して、上記の改良された線形評価を応用し、初期値が遠方で緩やかに減衰する場合の時間大域解の存在について研究を行なった。先行研究で課されていた空間次元についての制限および初期値の条件を緩和し、特に初期値が L^1 空間に属さない場合について、非線形項がちょうど臨界指数の場合を含めて、小さい初期値に対する時間大域解の存在を証明した。さらに時間大域解の漸近挙動についても考察し、優臨界の場合に解が対応する線形熱方程式の解に漸近することを証明した。また、劣臨界の場合には、テスト関数法を適用して初期値が正の積分値をもつ場合に解の有限時間爆発が起きることを示し、さらに解の最大存在時間の上下からの最良な評価を与えた。また、半空間での非線形消散型波動方程式に対する初期境界値問題について考察を行い、従来のテスト関数法に境界条件を考慮した補正を加えることにより、解の有限時間爆発を示した。特に未解決であった半空間の非線形消散型波動方程式に対する臨界指数の決定を行なった。

(4) 時空変数に依存し、空間遠方で増大するような摩擦係数をもつ非線形消散型波動方程式の初期値問題を研究した。非線形項が優臨界の場合に、エネルギー法により解のアプリオリ評価を示すことで、小さな初期値に対する時間大域解の存在および、解のほぼ最良な減衰評価を証明した（西原健二氏（早稲田大学）、側島基宏との共同研究）。次に、時間変数に依存する摩擦項をもつ場合に、より詳細な漸近挙動の研究を行なった。まず、摩擦が効果的かつ非線形項が劣臨界の場合に、解の最大存在時間の上下からの最良な評価を与えた。さらに、対応する常微分不等式の解の blow-up rate を用いることで、有限時間爆発解の blow-up rate の上からの評価を得た（藤原和将氏（名古屋大学）、池田正弘氏、側島基宏氏との共同研究）。また、変数係数消散型波動方程式の解析手法の応用として、宇宙論に現れる一様等方な宇宙の膨張・収縮を表すモデルである FLRW 時空における非線形波動方程式の解の爆発について研究を行なった。まず時空が減速膨張する場合に、常微分不等式に関する加藤の補題を一般化して適用することで解の有限時間爆発および最大存在時間の評価を与えた。特に、非線形項の指数に応じて解の最大存在時間の評価が熱方程式型のものと同様波動方程式型のものに分類されることを証明した（津田谷公利氏（弘前大学）との共同研究）。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19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 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-Lemaitre-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 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Wakasugi Yuta | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 A Remark on the Critical Exponent for the Semilinear Damped Wave Equation on the Half-Space | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Trends in Mathematics | 6. 最初と最後の頁 389 ~ 394 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-04459-6_37 | 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 62 |
| 2. 論文標題 Estimates of Lifespan and Blow-up Rates for the Wave Equation with a Time-dependent Damping and a Power-type Nonlinearity | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Funkcialaj Ekvacioj | 6. 最初と最後の頁 157 ~ 189 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1619/fesi.62.157 | 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 21 |
| 2. 論文標題 Weighted energy estimates for wave equation with space-dependent damping term for slowly decaying initial data | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Communications in Contemporary Mathematics | 6. 最初と最後の頁 1850035 ~ 1850035 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0219199718500359 | 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 Ikeda Masahiro, Sobajima Motohiro, Wakasugi Yuta | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Sharp lifespan estimates of blowup solutions to semi-linear wave equations with time-dependent effective damping | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Hyperbolic Differential Equations | 6. 最初と最後の頁 495 ~ 517 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0219891619500176 | 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 Yuta Wakasugi | 4. 巻 81 |
| 2. 論文標題 Second order asymptotic expansion for wave equations with time- dependent dissipation in one-space dimension | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Advanced Studies in Pure Mathematics | 6. 最初と最後の頁 401 ~ 419 |
| 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 Ikeda Masahiro, Wakasugi Yuta | 4. 巻 148 |
| 2. 論文標題 Global well-posedness for the semilinear wave equation with time dependent damping in the overdamping case | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the American Mathematical Society | 6. 最初と最後の頁 157 ~ 172 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/proc/14297 | 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 Sakata Shigehiro, Wakasugi Yuta | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 Movement of time-delayed hot spots in Euclidean space for a degenerate initial state | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - A | 6. 最初と最後の頁 2705 ~ 2738 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2020147 | 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 Nishihara Kenji, Sobajima Motohiro, Wakasugi Yuta | 4. 巻 25 |
| 2. 論文標題 Critical exponent for the semilinear wave equations with a damping increasing in the far field | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Nonlinear Differential Equations and Applications NoDEA | 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/s00030-018-0546-2 | 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 Ikeda Masahiro, Inui Takahisa, Okamoto Mamoru, Wakasugi Yuta | 4. 巻 18 |
| 2. 論文標題 Lp-Lq estimates for the damped wave equation and the critical exponent for the nonlinear problem with slowly decaying data | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Communications on Pure & Applied Analysis | 6. 最初と最後の頁 1967 ~ 2008 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/cpaa.2019090 | 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 Kozono Hideo, Terasawa Yutaka, Wakasugi Yuta | 4. 巻 265 |
| 2. 論文標題 Finite energy of generalized suitable weak solutions to the Navier-Stokes equations and Liouville-type theorems in two dimensional domains | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Differential Equations | 6. 最初と最後の頁 1227 ~ 1247 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2018.03.027 | 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 Kazumasa Fujiwara, Masahiro Ikeda, Yuta Wakasugi | 4. 巻 2017, No. 196 |
| 2. 論文標題 Blow-up of solutions for weakly coupled systems of complex Ginzburg-Landau equations | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Electron. J. Differential Equations | 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) 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 Yoshikawa Shuji, Wakasugi Yuta | 4. 巻 76 |
| 2. 論文標題 Asymptotic profile of solution for the Cauchy problem of beam equation with variable coefficient | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Applied Mathematics Letters | 6. 最初と最後の頁 236 ~ 241 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aml.2017.09.006 | 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 Motohiro Sobajima, Yuta Wakasugi | 4. 巻 23 |
| 2. 論文標題 Diffusion phenomena for the wave equation with space-dependent damping term growing at infinity | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Advances in Differential Equations | 6. 最初と最後の頁 581--614 |
| 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. Ikeda, T. Inui, Y. Wakasugi | 4. 巻 24:10 |
| 2. 論文標題 The Cauchy problem for the nonlinear damped wave equation with slowly decaying data | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Nonlinear 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/s00030-017-0434-1 | 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 - |

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 5件)

| |
|---|
| 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 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuta Wakasugi |
| 2. 発表標題 Lp-Lq estimates for the damped wave equation and the critical exponent for the nonlinear problem with slowly decaying data |
| 3. 学会等名 12th International ISAAC Congress (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Endpoint Strichartz estimate for the damped wave equation and its application |
| 3. 学会等名 Workshop on nonlinear PDE in Numazu (招待講演) |
| 4. 発表年 2019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挙動について |
| 3. 学会等名 愛媛大学解析セミナー (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 消散型波動方程式に対するLp-Lq評価と非線形問題への応用 |
| 3. 学会等名 日本数学会2019年度秋季総合分科会 (特別講演) (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Endpoint Strichartz estimates for the damped wave equation |
| 3. 学会等名 三重偏微分方程式研究集会～西原健二先生の古希を記念して～（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Asymptotic behavior of solutions to the wave equation with space-dependent damping and slowly decaying data |
| 3. 学会等名 京都大学NLPDEセミナー（招待講演） |
| 4. 発表年 2019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挙動について |
| 3. 学会等名 広島数理解析セミナー（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Endpoint Strichartz estimates for the damped wave equation |
| 3. 学会等名 第35回松山キャンプ |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Weighted energy estimates for wave equation with space-dependent damping term for slowly decaying initial data |
| 3. 学会等名 12th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Critical exponent for the semilinear wave equations with a damping increasing in the far field |
| 3. 学会等名 日本数学会2019年度年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Asymptotic properties of steady solutions to the 2D Navier-Stokes equations with finite generalized Dirichlet integral |
| 3. 学会等名 日本数学会2019年度年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 L^p - L^q estimates for the damped wave equation and the critical exponent for the nonlinear problem with slowly decaying data |
| 3. 学会等名 名古屋微分方程式セミナー (招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Critical exponent for the semilinear wave equation with a damping term depending on time and space variables |
| 3. 学会等名 名古屋偏微分方程式研究集会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 時間変数係数をもつ消散型波動方程式の解の2次漸近形について |
| 3. 学会等名 第34回松山キャンプ |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Asymptotic profiles of solutions for the Cauchy problem of damped beam equation with two variable coefficients |
| 3. 学会等名 RIMS共同研究「反応拡散方程式と非線形分散型方程式の解の挙動」(招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuta Wakasugi |
| 2. 発表標題 Asymptotic behavior of solutions to the wave equation with space-dependent damping |
| 3. 学会等名 The 42nd Sapporo Symposium on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuta Wakasugi |
| 2. 発表標題 Asymptotic behavior of solutions to the wave equation with space-dependent damping |
| 3. 学会等名 11th ISAAC Congress (ISAAC2017) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 側島基宏, 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Diffusion phenomena for the wave equation with space-dependent damping term growing at infinity |
| 3. 学会等名 日本数学会2017年度秋季総合分科会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 側島基宏, 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 Weighted energy estimates for wave equation with space-dependent damping term for slowly decaying initial data |
| 3. 学会等名 日本数学会2017年度秋季総合分科会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 池田正弘, 若杉勇太, 戌亥隆恭, 岡本葵 |
| 2. 発表標題 線形消散型波動方程式の解の時間減衰評価, 可積分でない初期値を持つ非線形問題の臨界指数 |
| 3. 学会等名 日本数学会2018年度年会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 若杉勇太 |
| 2. 発表標題 The Cauchy problem for the nonlinear damped wave equation with slowly decaying data |
| 3. 学会等名 2016年度日本数学会秋季総合分科会 |
| 4. 発表年 2016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 |
|---------|---------|