

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H02856

研究課題名(和文) 海洋における大振幅・非線形波動の数値モデルと解析

研究課題名(英文) Mathematical models of large-amplitude and nonlinear ocean waves

研究代表者

村重 淳 (Murashige, Sunao)

茨城大学・理工学研究科(理学野)・教授

研究者番号：40302749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,600,000円

研究成果の概要(和文)：海洋波の運動は流体力学に基づいて数学の問題として考えることができるが、波の振幅の増加とともに水面の境界条件の非線形性が強くなるのが問題の解析を困難にしている。この問題点を解決するために、数的手法(漸近解析、複素解析、可積分系理論など)を用いて、振幅の大きな海洋波の非線形運動の本質をとらえた数値モデルを導出し、理論的・数値的解析を行なった。その結果、従来の方法では解析できなかった、大振幅・非線形波動のメカニズムが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

流体力学に基づいた海洋波の運動の数値的研究は比較的古くから行われているが、そのほとんどは波の振幅が微小であることを仮定する弱非線形水波理論に基づいている。それに対して、実際に重要な海洋波の多くは、津波や転覆のような海難事故のように振幅の大きな波動である。また、海中では水深方向の密度成層により振幅が100mを超える波(内部波)が発生し、環境に影響を与えることが知られている。したがって、振幅の大きな海洋波の非線形運動に対する数学的理論の構築と数値計算法の開発は、学術的だけでなく社会的にも意義がある。

研究成果の概要(英文)：Large-amplitude ocean waves may cause serious damage such as tsunami disaster and ship capsizing. Also it has been observed that the density stratification may generate internal waves propagating in the sea with large-amplitude more than 100m. On the other hand, ocean wave motion can be formulated as a mathematical problem with fluid dynamics and some approximate theories for small-amplitude waves theory have been developed, while it is highly challenging to solve this problem for large-amplitude waves due to the strong nonlinearity of boundary conditions at the sea surface. Therefore this work has not only academic but also practical significance. This work models this nonlinear phenomenon using some mathematical techniques such as asymptotic theory, complex analysis and integrable system theory. Theoretical analyses and numerical examples demonstrate that the proposed mathematical models elucidate some essential characteristics of large-amplitude motion of ocean waves very well.

研究分野：流体力学

キーワード：非線形波動 数値モデル 応用数学 流体力学 数値解析

1. 研究開始当初の背景

海洋波の運動は流体力学に基づいて数学の問題として定式化できるが、波の振幅の増加とともに水面の境界条件の非線形性が強くなるので、振幅の大きな海洋波の理論的解析は容易ではない。そのため、従来の数値的研究のほとんどは、波の振幅が微小であることを仮定する弱非線形水波理論に基づいている。特に、浅水波（振幅が波長に比べて小さい波）に対する弱非線形理論は、Korteweg-de Vries 方程式、ソリトン理論、可積分系の研究として発展し、数学の重要な分野の一つとなっている。しかし、津波による被害、転覆のような海難事故等のように、実際に重要な海洋波の多くは振幅の大きな波動である。また、海面の波だけではなく、海中では水深方向の密度成層により振幅が 100m を超える大規模な波（内部波）が多数観測されている。振幅の大きな内部波は、地球規模の気象現象や海中の環境に影響を与える。したがって、大振幅・非線形海洋波の研究は、学術的だけではなく応用上も重要である。本研究では、(1)浅水波、(2)内部波、(3)数値計算法の三つに焦点を絞り、研究を開始した。

2. 研究の目的

(1) 浅水波の数値モデル

振幅の大きな浅水波（波長に比べて水深が小さい波）の代表例として津波とローグ波（突発的に現れる巨大な波）を想定し、それらの本質をとらえた数値モデルの導出と解析を目的とする。

津波のモデルとして孤立波（山あるいは谷が一つだけで波長が無限大の波）がしばしば用いられる。本研究では、分担者が開発した磯部-柿沼モデルの孤立波解に注目し、その数値的構造を理論的・数値的に調べる。

可積分系の手法を用いて、様々な浅水波の数値モデルの解析を試みる。特に、ローグ波は可積分系方程式の解としてとらえることができるので、ローグ波解の構造を詳しく調べる。

(2) 内部波の数値モデル

海洋では水深方向に密度が変化（密度成層）しているため、海中を伝播する波動（内部波）が発生することが知られている。特に、海面で発生する表面波と比べて、振幅がかなり大きい内部波が実際に観測されている。内部波の問題は、連続的な密度成層により発生する波と不連続な密度成層の界面で発生する波の二つに分けられる。

連続的な密度成層により発生する内部波はビーム状に伝播するので、内部波ビームとよばれる。この内部波ビームの励起から伝播および反射現象に至るまでの過程をそれぞれ数値モデル化し、室内実験、数値計算結果と比較してその妥当性を確認することを目的とする。

不連続な密度成層の界面で発生する内部波の場合、界面における速度の不連続性に起因する不安定性（Kelvin-Helmholtz 不安定性）が重要である。本研究では、従来の方法では調べることができなかった振幅の大きな内部波の線形安定性を数値的に調べることを目的とする。

(3) 大振幅・非線形波動の高精度数値計算法

時々刻々ダイナミックに変化する波形を、実用的な計算コストで精度良く数値的に求める方法を開発することが目的である。特に、振幅の大きな波に対する従来の方法の問題点を解決する方法として、複素解析と可積分系の手法を用いた新しい計算方法を提案する。また、海洋波の運動に対する粘性と渦の影響を数値計算で調べるために、Navier-Stokes 方程式の直接計算法の開

発を行う。

3. 研究の方法

(1) 浅水波の数理モデル

分担者が提案した新しい数理モデル(磯部-柿沼モデル)の孤立波解の存在,初期値問題としての適切性,Hamilton 構造などを理論的・数値的に調べた。

様々な浅水波モデルの孤立波解の性質を,可積分系的手法を用いて詳しく調べた。KP-II 方程式と Benney-Luke 方程式については,空間 1 次元の消散波動方程式系を導出し,線状孤立波の変調する様子を調べた。Davey-Stewartson 方程式と多成分長波短波共鳴相互作用方程式については,ソリトン相互作用を調べた。ローグ波解を持つ可積分系モデルについては,KP-Toda 簡約法を用いて一般的なブリーザー解を構成し,一般的なローグ波解の行列式表示を導出した。

(2) 内部波の数理モデル

連続的な密度成層により発生する内部波ビームの数理モデル化においては,通常の漸近解析を駆使し,数値計算は通常通りスペクトル法および差分法を計算対象や内容に応じて使い分けた。室内実験は海外の共同研究者と実験パラメータ等を議論した上で,実験の実施は共同研究先へ依頼した。

不連続な密度成層の界面で発生する内部波に対しては,複素解析の手法(特に等角写像)を用いて振幅の大きな内部波を扱える複素平面に写して計算する方法を開発し,界面の線形安定性を数値的に調べた。

(3) 大振幅・非線形波動の高精度数値計算法

従来の研究では時間に関して定常な流れの数値計算に対してのみ適用されることが多かった等角写像の手法を,ダイナミックに時間変化する流体運動に適用できるように拡張した。特に,線形シア一流(水平方向の流速が水深方向に直線的に変化する流れ)の水面を進行する周期的な波の問題(図 2(a))に適用することにより,シア一流が波の線形安定性や表面張力波に与える影響を調べた。

可積分系と離散微分幾何学的手法を用いて,数値計算のために支配方程式を離散化しても解の構造が保たれる計算方法(自己適合移動格子スキーム)を開発した。

津波の問題,特に地すべり津波と河川津波の伝播を,Euler 方程式に基づく 3 次元の数値モデルと Lagrange 方程式に基づく 2 次元数値モデルを用いて調べた。

Navier-Stokes 方程式の直接計算に関しては,有限体積法を用いた単相・多相モデルに対する計算方法を開発した。特に,非線形性の強い現象として知られる砕波現象などを解析した。

4. 研究成果

(1) 浅水波の数理モデル

磯部-柿沼モデルの孤立波解の存在について,振幅が比較的小さい場合は理論的に証明し,振幅が大きい場合は数値計算を用いて詳しく調べた。

磯部-柿沼モデルが Hamilton 構造を有することを示した。その Hamiltonian は全エネルギーであるが,その正準変数を見出した。さらに,その Hamiltonian は Zakharov によって発見された水の波に対する Hamiltonian の高次浅水波近似になっていることも確かめた。

大振幅浅水波の数理モデルの初期値問題としての一般的な適切性を証明した。その応用とし

て、水面上に浮体がある場合の浅水波モデルに対する適切性を示した。

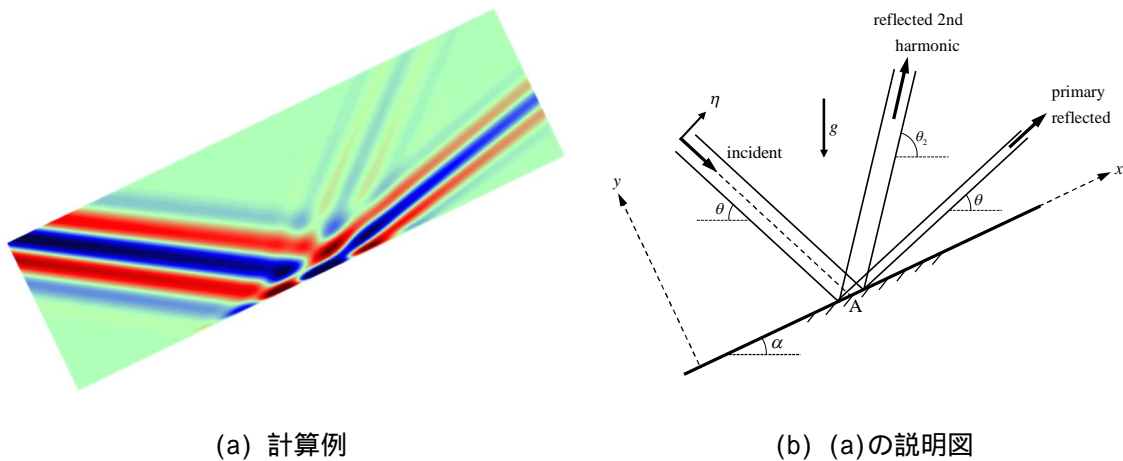
ローグ波については、全離散非線形 Schrodinger 方程式に対して一般的なローグ波解を構成した。Schur 多項式を成分とする Toeplitz 行列を用いることによって、 τ 関数に対する新しい行列式表示を与えた。

KP-II 方程式と Benney-Luke 方程式の線状孤立波解に微小な摂動を加えた場合、線ソリトンの位相のずれは近似的に空間 1 次元の波動方程式により記述され、横断変数について一様に小さいことを証明した。

Davey-Stewartson 方程式と多成分長波短波共鳴相互作用方程式の解構造とソリトン相互作用を明らかにした。

(2) 内部波の数値モデル

連続的な密度成層により発生する内部波ビームの傾斜境界による反射を理論的に調べ、流体の粘性が、反射の現象に大きな影響を及ぼすことを示した。ビームの励起・伝播の際には、実際の空間 3 次元性が本質的に重要であり、2 次元的な仮定とは異なる強い平均流が励起されることを数値モデルにより示した。これらの事実を数値計算および室内実験により確認した。図 1 は、内部波ビームの反射に関する数値計算の一例を表す。



(a) 計算例

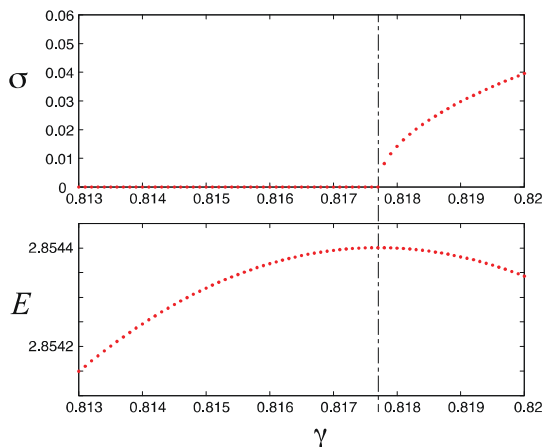
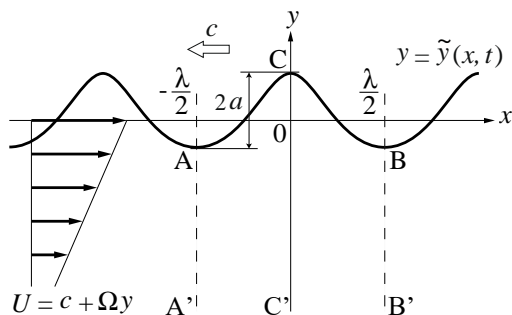
(b) (a)の説明図

図 1. 内部波ビームの傾斜境界による反射の数値計算例

不連続な密度成層の界面で発生する内部波の線形安定性を、等角写像を用いた数値計算法により明らかにした。特に、従来の研究では調べることができなかった、振幅の大きな内部波の Kelvin-Helmholtz 不安定性を調べることに成功した。

(3) 大振幅・非線形波動の高精度数値計算法

複素解析の手法（特に等角写像）を用いた数値計算法により、線形シア一流上を進行する振幅の大きな波の線形安定性を明らかにした。従来の研究により、シア一流が無い場合は、波のエネルギーが最大のときに波が不安定化することが知られている。本研究により、シア一流がある場合も、無い場合と同様な不安定化が発生することがわかった。図 2 は、線形安定性の計算結果（固有値と波振幅の関係）の一例を表す。波のエネルギーが最大になるとき、波が不安定化（固有値がゼロから正の値に変化）していることがわかる。



(a) 線形シアー流上を進行する波の模式図 (波の進行方向に沿った鉛直断面) (b) 固有値 σ と波のエネルギー E の計算例 (σ : 波振幅に対応するパラメータ)

図 2. 線形シアー流上を進行する波の線形安定性の計算例

(水深：無限大．固有値 $\sigma = 0$ のとき安定， $\sigma > 0$ のとき不安定． E : 波のエネルギー．)

分担者が開発してきた自己適合移動格子スキーム (数値計算のために支配方程式を離散化しても解の構造が保たれる計算方法) を，さらに改良できた．特に，従来の方法では適用範囲が限られていたスキームを，一般的な境界条件化で適用できるように改良した．また，空間と時間を共に離散化することにより得られる全離散自己適合移動格子スキームを構築した．

様々な数理モデルを津波の伝播の数値計算に適用することにより，各モデルの特徴を明らかにした．

Navier-Stokes 方程式の直接計算により，大振幅・非線形海洋波の代表例である砕波現象に対する粘性や渦の影響の詳細が明らかになった．特に，砕波にともなう渦の発生や運動量損失などの物理現象を確認した．図 3 は，前進する船の前方付近で発生する砕波の計算結果を表す．

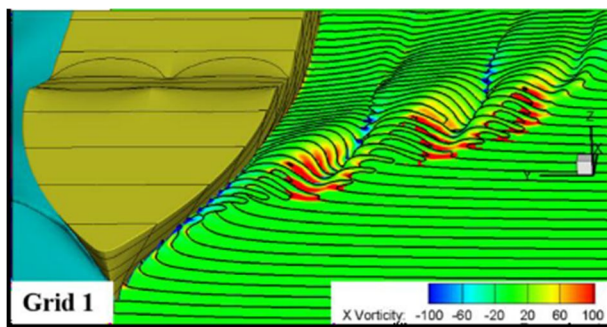


図 3. 前進する船の前方付近で発生する砕波の計算例

(Navier-Stokes 方程式の直接計算．図中の色は渦度の大きさを表す．)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計69件（うち査読付論文 45件 / うち国際共著 27件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Murashige Sunao, Choi Wooyoung	4. 巻 938
2. 論文標題 Two-dimensional stability analysis of finite-amplitude interfacial gravity waves in a two-layer fluid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2022.145	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 Iguchi Tatsuo, Lannes David	4. 巻 70
2. 論文標題 Hyperbolic free boundary problems and applications to wave-structure interactions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Indiana University Mathematics Journal	6. 最初と最後の頁 353 ~ 464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1512/iumj.2021.70.8201	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 Kakinuma Taro, Kusahara Yoshimi	4. 巻 63
2. 論文標題 A 3D numerical study on tsunamis ascending a river	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2021.2015199	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 Kakinuma T, Yanagihara M, Iribe T, Nagai K, Hara C, Hamada N, Nakagaki Tatsuya, Sujatmiko K A, Magdalena I, Nagai K, Kannonji R, Chen S, Shirai T, Arikawa Taro,	4. 巻 16
2. 論文標題 Numerical Simulations Using Various Models for Tsunamis Due to a Fluid or Rigid Bodies Falling Down a Uniform Slope	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 994 ~ 1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2021.p0994	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 該当する

1. 著者名 Murashige Sunao、Choi Wooyoung	4. 巻 885
2. 論文標題 Stability analysis of deep-water waves on a linear shear current using unsteady conformal mapping	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A41-1 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.1021	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 Murashige Sunao、Choi Wooyoung	4. 巻 146
2. 論文標題 Linear stability of transversely modulated finite amplitude capillary waves on deep water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Studies in Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 498 ~ 525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sapm.12353	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 Colin Mathieu、Iguchi Tatsuo	4. 巻 145
2. 論文標題 Solitary wave solutions to the Isobe Kakinuma model for water waves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Studies in Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 52 ~ 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sapm.12310	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 Duchene Vincent、Iguchi Tatsuo	4. 巻 3
2. 論文標題 A Hamiltonian Structure of the Isobe-Kakinuma Model for Water Waves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water Waves	6. 最初と最後の頁 193 ~ 211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42286-020-00025-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 該当する

1. 著者名 Jamin Timothee, Kataoka Takeshi, Dauxois Thierry, Akylas T. R.	4. 巻 907
2. 論文標題 Long-time dynamics of internal wave streaming	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2020.806	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 Kataoka Takeshi, Akylas T.R.	4. 巻 435
2. 論文標題 Nonlinear effects in steady radiating waves: An exponential asymptotics approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physica D: Nonlinear Phenomena	6. 最初と最後の頁 133272 ~ 133272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physd.2022.133272	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 Biondini Gino, Kireyev Dmitri, Maruno Ken-ichi	4. 巻 55
2. 論文標題 Soliton resonance and web structure in the Davey-Stewartson system	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	6. 最初と最後の頁 305701 ~ 305701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ac78db	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 Chen Junchao, Feng Bao-Feng, Maruno Ken-ichi	4. 巻 448
2. 論文標題 The coupled modified Yajima-Oikawa system: Model derivation and soliton solutions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physica D: Nonlinear Phenomena	6. 最初と最後の頁 133695 ~ 133695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physd.2023.133695	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 Ohta Yasuhiro, Feng Bao-Feng	4. 巻 439
2. 論文標題 General rogue wave solution to the discrete nonlinear Schrodinger equation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physica D: Nonlinear Phenomena	6. 最初と最後の頁 133400 ~ 133400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physd.2022.133400	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 Mizumachi Tetsu, Shimabukuro Yusuke	4. 巻 52
2. 論文標題 Stability of Benney--Luke Line Solitary Waves in 2 Dimensions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Mathematical Analysis	6. 最初と最後の頁 4238 ~ 4283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/19M1253848	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 Hirose, S., Inoguchi, J., Kajiwara, K., Matsuura, N. and Ohta, Y.	4. 巻 4
2. 論文標題 Discrete local induction equation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Integrable Systems	6. 最初と最後の頁 1 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/integr/xyz003	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 Mizumachi Tetsu	4. 巻 83
2. 論文標題 The Phase Shift of Line Solitons for the KP-II Equation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear dispersive partial differential equations and inverse scattering	6. 最初と最後の頁 433 ~ 495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-4939-9806-7_10	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 Nguyen Duy Trong, Hino Takanori	4. 巻 34
2. 論文標題 An improvement of interface computation of incompressible two-phase flows based on coupling volume of fluid with level-set methods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Computational Fluid Dynamics	6. 最初と最後の頁 75 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10618562.2020.1720000	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 Tatsuo Iguchi	4. 巻 20
2. 論文標題 A mathematical justification of the Isobe-Kakinuma model for water waves with and without bottom topography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Math. Fluid Mech.	6. 最初と最後の頁 1985-2018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00021-018-0398-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 Takeshi Kataoka and Triantaphyllos R. Akylas	4. 巻 142
2. 論文標題 On mean flow generation due to oblique reflection of internal waves at a slope	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Studies in Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 419-432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sapm.12257	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 Dimetre Triadis, Philip Broadbridge, Kenji Kajiwara, Ken ichi Maruno	4. 巻 140
2. 論文標題 Integrable Discrete Model for One Dimensional Soil Water Infiltration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Studies in Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 483-507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sapm.12208	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 Junchao Chen, Bao Feng Feng, Ken ichi Maruno, Yasuhiro Ohta	4. 巻 141
2. 論文標題 The Derivative Yajima-Oikawa System: Bright, Dark Soliton and Breather Solutions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Studies in Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 143-263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sapm.12216	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 Si Chen, Takanori Hino, Ning Ma, Xiechong Gu	4. 巻 23
2. 論文標題 RANS investigation of influence of wave steepness on ship motions and added resistance in regular waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Technology	6. 最初と最後の頁 991-1003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00773-018-0527-5	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 該当する

1. 著者名 Kataoka T., Ghaemsaidi S. J., Holzenberger N., Peacock T., Akylas T. R.	4. 巻 830
2. 論文標題 Tilting at wave beams: a new perspective on the St. Andrew's Cross	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 660 ~ 680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2017.615	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 Fan Boyu, Kataoka T., Akylas T. R.	4. 巻 838
2. 論文標題 On the interaction of an internal wavepacket with its induced mean flow and the role of streaming	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 R1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2018.1	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 該当する

1. 著者名 Mizumachi Tetsu	4. 巻 148
2. 論文標題 Stability of line solitons for the KP-II equation in R2. II	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society of Edinburgh: Section A Mathematics	6. 最初と最後の頁 149 ~ 198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0308210517000166	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 Feng Bao-Feng, Maruno Ken-Ichi, Ohta Yasuhiro	4. 巻 138
2. 論文標題 Geometric Formulation and Multi-dark Soliton Solution to the Defocusing Complex Short Pulse Equation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Studies in Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 343 ~ 367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sapm.12159	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

〔学会発表〕 計146件 (うち招待講演 39件 / うち国際学会 63件)

1. 発表者名 Iguchi Tatsuo
2. 発表標題 A mathematical analysis of the Kakinuma model for interfacial gravity waves
3. 学会等名 RIMS研究集会「流体と気体の数学解析」(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kakinuma, T and Iribe, T
2. 発表標題 A numerical simulation for tsunamis due to a landslide
3. 学会等名 30th International Tsunami Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日野 孝則, 水出 昌宏, 高木 洋平
2. 発表標題 船首砕波のCFDシミュレーション(第2報)
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会令和3年春季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsuo Iguchi
2. 発表標題 A Hamiltonian structure of the Isobe-Kakinuma model for water waves
3. 学会等名 Workshop on Free Surface Hydrodynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片岡武, T.Jamin, T.Dauxois, T.R.Akylas
2. 発表標題 内部波伝播に伴う強い平均流
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸野 健一
2. 発表標題 Integrable discretizations of integrable nonlinear differential equations with hodograph transformations
3. 学会等名 Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences (University of Cambridge) セミナー(オンライン)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸野 健一
2. 発表標題 ホドグラフ変換に関わる非線形微分方程式の解構造を保存する離散化 -解構造を保存する適合格子細分化法-
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「可積分系数理の発展とその応用」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田 泰広
2. 発表標題 Interaction of rogue waves
3. 学会等名 International Workshop on Rogue Waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水町 徹
2. 発表標題 On linear stability of elastic 2-line solitons for the KP-II equation
3. 学会等名 New trends in Mathematics of Dispersive, Integrable and Nonintegrable Models in Fluids, Waves and Quantum Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井口 達雄
2. 発表標題 A mathematical analysis of the Isobe-Kakinuma model for water waves
3. 学会等名 Oberwolfach Workshop: Mathematical Theory of Water Waves (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohta, Y.
2. 発表標題 Two dimensional stationary vorticity distribution and integrable system
3. 学会等名 The Eleventh IMACS International Conference on Nonlinear Evolution Equations and Wave Phenomena: Computation and Theory (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Mizumachi
2. 発表標題 Stability of line solitary waves for some long wave models
3. 学会等名 2019 Workshop on Nonlinear Dispersive Partial Differential Equations and Inverse Scattering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hino, T, Ikenoue, H. and Takagi, Y.
2. 発表標題 CFD Simulations of Breaking Waves
3. 学会等名 Proc. ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken-ichi Maruno
2. 発表標題 Integrable discretizations of the complex WKI equation and numerical computation of a vortex filament
3. 学会等名 ICIAM2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken-ichi Maruno
2. 発表標題 Integrable discretization of soliton equations and numerical computations
3. 学会等名 2019 28th Annual Workshop on Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sunao Murashige
2. 発表標題 Two-dimensional stability of solitary waves on a linear shear current
3. 学会等名 SIAM Conference on Nonlinear Waves and Coherent Structures (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sunao Murashige
2. 発表標題 Stability of deep-water waves with constant vorticity
3. 学会等名 Nonlinear waves, Theory, Computations and Real-World Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuo Iguchi
2. 発表標題 Isobe-Kakinuma model for water waves as a higher order shallow water approximation
3. 学会等名 International Conference CoMFoS18 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片岡武, T.R. Akylas
2. 発表標題 内部重力波の斜め反射により生じる平均流について
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会 非線形波動現象の数理と応用
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takanori Hino
2. 発表標題 Development of CFD methods for Industrial Ship Flow Applications
3. 学会等名 32nd Symposium on Naval Hydrodynamics (Weinblum Lecture) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Murashige, S.
2. 発表標題 Numerical and theoretical studies of nonlinear water waves using the hodograph transformation
3. 学会等名 Dispersive hydrodynamics and oceanography: from experiments to theory, Les Houches School of Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Iguchi, T.
2. 発表標題 Isobe-Kakinuma model for water waves as a higher order shallow water approximation
3. 学会等名 Nonlinear water waves, Isaac Newton Institute (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Iguchi, T.
2. 発表標題 A mathematical analysis for water waves
3. 学会等名 Mathematical Colloquium, Fachrichtung Mathematik Universität des Saarlandes (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mizumachi, T.
2. 発表標題 Asymptotic Linear Stability of Benney-Luke line solitary waves
3. 学会等名 Workshop on Inverse Scattering and Dispersive PDEs in Two Space Dimensions, The Fields Institute (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Online seminar on nonlinear water waves and related topics http://murasige.sci.ibaraki.ac.jp/Nonlinear_water_waves_online_seminar.html 研究集会「大振幅・非線形海洋波の数理と展望」 http://murasige.sci.ibaraki.ac.jp/KAKEN_meeting_online_2022_SJIS.html 研究集会「非線形海洋波の数理とその応用」 http://murasige.sci.ibaraki.ac.jp/KAKEN_meeting_on_line_2021_SJIS.html Workshop on Nonlinear Water Waves http://murasige.sci.ibaraki.ac.jp/WS_Nonlinear_Water_Waves_RIMS_2018.html 研究集会「非線形海洋波の数理の最近の進展」 http://murasige.sci.ibaraki.ac.jp/KAKEN_meeting_at_Nasu_2019_SJIS.html 研究集会「非線形海洋波の数理の展望」 http://murasige.sci.ibaraki.ac.jp/KAKEN_meeting_at_Kagoshima_2018_SJIS.html 非線形波動現象の数理とその応用(京都大学数理解析研究所 RIMS共同研究(公開型)) http://murasige.sci.ibaraki.ac.jp/RIMS_Nonlinear_Waves/rims_2017.html</p>
--

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	片岡 武 (Kataoka Takeshi) (20273758)	神戸大学・工学研究科・准教授 (14501)	

6. 研究組織（つづき）

	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	井口 達雄 (Iguchi Tatsuo) (20294879)	慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授 (32612)	
研究分担者	柿沼 太郎 (Kakinuma Taro) (70371755)	鹿児島大学・理工学域工学系・准教授 (17701)	
研究分担者	丸野 健一 (Maruno Ken-ichi) (80380674)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	

	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
連携研究者	太田 泰広 (Ohta Yasuhiro) (10213745)	神戸大学・理学研究科・教授 (14501)	
連携研究者	日野 孝則 (Hino Takanori) (60373429)	横浜国立大学・工学研究科・教授 (12701)	
連携研究者	水町 徹 (Mizumachi Tetsu) (60315827)	広島大学・理学研究科・教授 (15401)	

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2件

国際研究集会 Online Seminar on Nonlinear Water Waves and Related Topics	開催年 2021年～2022年
国際研究集会 Workshop on Nonlinear Water Waves	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			
フランス	University of Bordeaux			
米国	Massachusetts Institute of Technology	New Jersey Institute of Technology	University of North Carolina	
米国	Univ. of Texas-Rio Grande Valley	State University of New York, Buffalo		
中国	Lishui University			
インドネシア	Bandung Institute of Technology			