



# 非線形波動現象の数理とその応用

## RIMS 研究集会

プログラム&アブストラクト (◎は招待講演, ○は共著の場合の発表者)

10月11日(水)

13:05 ~ 13:35

村重 淳 (茨城大・理)

### 線形シア一流上を進行する定常水波に対する長波モデル

水平方向の速度が鉛直方向に線形に変化する流れ(線形シア一流)の上を進行する水面波の、鉛直断面内における2次元運動について考える。特に、長波に対する等角写像を用いた新しいタイプの近似モデルを提案し、波面が巻き込む現象(overhanging wave)をとらえることができることを示す。

13:35 ~ 14:05

新井 宗之 (名城大・理工)

### 流体モデルを考慮した浅水流における水面波動方程式

浅水流に生成される転波列性サージに関わる波動方程式の導出に関する検討である。導出の手法は従来から用いられている通減摂動法である。流体を非圧縮、非回転等の取り扱いとは従来と同じであるが、水面変動の条件式に浅水流運動方程式から新たに導出した式を用いている。この中に流体モデルを特徴付ける運動量補正係数  $\beta$  および摩擦損失係数  $f'$  が含まれている。摂動展開の  $\epsilon$  の  $5/2$  乗までの同次方程式より KdV-Burgers 方程式型の波動方程式を導出した。

14:05 ~ 14:35

○ Adrean Webb (京大・防災研), Natasha Flyer (NCAR), Baylor Fox-Kemper (Brown Univ.)

### A Meshless Approach to Spectral Wave Modeling

Ocean surface gravity waves are an important component of the atmospheric and oceanic boundary layer and the inclusion of such in a global climate model (GCM) can reduce model biases and improve air-sea interactions. However long climate runs with existing spectral wave models are computationally expensive and grid resolutions tend to be low. Here, we will present a meshless prototype that uses RBF-generated finite differences to solve the wave action balance equation in a coupled 2D spatial and 1D directional domain. The prototype is an order of magnitude more accurate than existing models (with computational domains an order of magnitude larger) and shows promise as a new numerical approach to global ocean wave modeling.

14:45 ~ 15:15

水田 洋 (北大・工)

### 実在磁性流体の界面解析

本研究の磁性流体界面解析では、これまで複雑に変形する界面形状の非線形性の扱いを重視してきたが、実在する磁性流体には、磁化が磁場に比例しない非線形磁化の問題があり、透磁率が一様でなくなる。本講演では、流体解析に加えて磁場解析でも非線形磁化を扱えるようにするための拡張について考える。

15:15 ~ 15:45

○ Langthjem Mikael (山形大・工), 中野 政身 (東北大・流体科学研)

**On localized acoustic modes in a pipe-cavity system**

**(パイプ・キャビティ部システムでの局在音響モードに関する研究)**

We are concerned with the existence of trapped acoustic modes in a cylindrical cavity (expansion chamber) connected with two semi-infinite pipes. For a shallow cavity (i.e. with a radius just slightly larger than that of the two connected pipes) we show analytically that (a) a trapped mode exists at a frequency just above the cutoff frequency for the cavity and (b) a so-called embedded trapped mode exists as well, at a frequency between the cutoff frequencies for the cavity and the pipes. For less shallow cavities, we show numerical evidence that several embedded trapped modes come into play. We end the presentation with a discussion of the possible interaction between an unstable shear layer and the trapped acoustic modes.

15:45 ~ 16:15

杉本 信正 (関西大・システム理工)

**熱流の不安定による熱音響振動発生時の臨界条件**

温度勾配のある静止気体中を定常的に流れる熱流が不安定化し気柱の固有振動が励起されると、気体全体が自然に振動し出し、最終的には非線形の自励振動が発生することがある。この熱音響振動が閉じた直管やループ管で発生する臨界条件を、従来の Rott の理論とこれまで展開してきた近似理論による結果について比較検討する。

10月12日(木)

9:00 ~ 9:30

○細井 聖也, 花崎 秀史 (京大・工)

**自由表面をもつ二層流体中に底面物体により励起される非線形波動**

密度の異なる2種類の流体から成る二層流体においては, 上面が自由表面の場合, 伝播速度の異なる2種類のモードの波が存在する. この系において, 底面の物体によって波が励起された時の波形の時間変化を, Euler 方程式と KdV 型の弱非線形理論により求め, その結果を比較・検討する.

9:30 ~ 10:00

○柿沼 太郎, 越智 直人 (鹿児島大・理工), 山下 啓 (東北大・災害研), 中山 恵介 (神戸大・工)

**水深が変化する水域を伝播する内部波の数値解析**

水深が変化する水域を伝播する内部波を対象として, 波の強非線形性・強分散性を考慮した波動方程式系を基礎方程式とする数値解析を実施した. そして, 大振幅内部孤立波のエネルギーの変遷等に関して調べた.

10:00 ~ 10:30

増田 茂 (京大・数理研)

**Mathematical Theories on the Capillary Action in Historical Study**

We discuss the essential concept in a study of the mathematical physics by Laplace, Gauss and Poisson who contribute to the mathematical theories of capillary action. They deduce the equations of the capillary surface in equilibrium, basing on the essential concepts including two special constants, molecular attraction and repulsive force due to the continuum theory. Laplace, as a trailblazer, proposes his theory of principle curvature, Gauss discusses the preceding theory from geometric analysis, and Poisson emphasizes, variation of density and other factors of capillarity, admitting Laplace's formula on the base of wide background. We discuss also the two constants  $K$  and  $H$  of Laplace,  $\varphi$  and  $\Psi$  of Gauss,  $F$  and  $H$  of Poisson, which are used to make their equations standing on the essential conceptions.

10:40 ~ 11:10

○慶本 天謹 (筑波大・理工), 金川 哲也 (筑波大・システム情報)

**気泡を含む圧縮性液体中を高速で伝播する非線形波動 (1) 強分散性の長波**

多数の気泡を含む水中において, 水の圧縮性の効果によって発現する超高速伝播圧力波の弱非線形伝播を, 多重尺度法を用いて理論的に調べる. 本講演 (1) では, 波の周波数が単一気泡の固有振動数よりも高い長波に着目する. 近傍場で分散, 遠方場で散逸の効果が現れる見通しを得ており, 講演時に詳細を述べる.

11:10 ~ 11:40

○坏 亮輔 (筑波大・理工), 金川 哲也 (筑波大・システム情報)

**気泡を含む圧縮性液体中を高速で伝播する非線形波動 (2) 弱分散性の短波**

多数の気泡を含む水中において, 水の圧縮性の効果によって発現する超高速伝播圧力波の弱非線形伝播を, 多重尺度法を用いて理論的に調べる. 本講演 (2) では, 波の周波数が気泡の固有振動数よりも極めて高い短波に着目する. 遠方場において, 分散と散逸の両効果が現れる見通しを得ており, 講演時に詳細を述べる.

◎ 13:10 ~ 14:10

**高木 周 (東大・工)**

**表面活性剤が気泡流乱流のマルチスケール構造に与える影響**

液体中に存在する微量の表面活性は、単一気泡の上昇速度を大幅に減少させたり、気泡同士の合体を妨げるだけでなく、気泡流乱流の大規模構造にも大きな影響を与える。本講演では、気泡流の持つマルチスケール性に着目し、表面活性剤がもたらす興味深い現象について説明する。

14:20 ~ 14:50

**京藤 敏達 (筑波大・システム情報)**

**コアンダ効果により誘起される非粘性渦崩壊流れの解析**

渦核に軸方向流を持つランキン渦の急拡管における渦崩壊現象を B-H 方程式を用いて解析する。まず、軸対象渦崩壊の定常解を求め、次いでオイラー方程式から定常解の線形安定性を調べる。

14:50 ~ 15:20

○片岡 武 (神戸大・工), Ghaemsaïdi, S.J., Holzenberger, N., Peacock, T., Akylas, T.R. (MIT)

**傾斜した棒から励起される内部重力波**

密度成層流体中に設置した傾斜棒の振動から誘起される内部重力波の性質を、理論・実験の両面から調べた。古くからよく知られている水平棒から励起される内部重力波とは、大きく特徴の異なることが分かった。

15:20 ~ 15:50

○高岡 正憲 (同志社大・工), 横山 直人 (京大・工)

**Foeppl-von Karman 方程式に従う波動乱流の非線形強度依存性**

Foeppl-von Karman 方程式に外力と散逸を付け加えた系に現れる波動乱流を数値シミュレーションにより調べている。この系は強・弱乱流の共存状態や 1 ⇄ 3 共鳴が存在する特異な波動乱流系である。その乱流状態の Fourier 空間での輸送および実空間構造の非線形強度依存性を中心に全体像を復習しながら報告したい。

◎ 16:00 ~ 17:00

**横山 央明 (東大・理)**

**太陽大気中波動の観測と理論**

太陽大気は、プラズマが重力的に成層している。表面での熱対流活動により駆動された磁気流体波動が、ガス運動や大気加熱をもたらすと考えられている。近年の高解像度観測は、このような波動現象をとらえた。本講演ではこれらの現象について、観測と理論シミュレーションとを紹介する。

10月13日(金)

9:30 ~ 10:00

内山 祐介 (筑波大・システム情報)

### 散逸ソリトンの爆発現象

化学反応や光ファイバー中を伝播する波動現象は、ある種の分岐点近傍において散逸系の非線形波動方程式である複素 Ginzburg-Landau 方程式で記述される。特に外界からのエネルギー収支が均衡する場合には、散逸ソリトンと呼ばれる孤立波が存在することが知られている。本講演では複素 Ginzburg-Landau 方程式に従う散逸ソリトンに関連して、爆発現象と呼ばれる特異なダイナミクスを紹介する。

10:00 ~ 10:30

飯塚 剛 (愛媛大・理)

### 不安定波動系におけるダイナミック安定化

ダイナミック安定化は Kapitza の振り子でよく知られているが、ボース・アインシュタイン系や量子スピン系などにも適用されている。最近では任意の周期加振に拡張した解析も行われている。本研究では不安定性を有する波動系に対して、加振による安定化を議論する。特別な場合として、一般化されたダブルサインゴールドン方程式のソリトン解を導出する。

10:40 ~ 11:10

藤嶋 浩史, ○矢嶋 徹 (宇都宮大・工)

### 空間離散化による逆散乱問題の散乱データの導出と非厳密解型初期条件下での解

ソリトン系に対する Zakharov-Shabat 方程式は、初期条件をポテンシャルとする散乱問題で、その固有値によってソリトン解が定まる。非厳密解型初期条件では固有値問題を解くことが困難で、初期波形の時間発展を正確に予想することが難しい。ここでは、空間を離散化して各区間の散乱問題を解き、散乱振幅をノイマン級数の形で求めて固有値分布を近似的に導く。具体的問題への応用も考える。

11:10 ~ 11:40

金野 秀敏 (筑波大)

### 3次元スクロール波フィラメントの負張力状態の数理モデル

3次元スクロール波の確率モデルでは Clayton(2009)らの数値実験に関する限り、寿命分布も計算出来、ホインの微分方程式の方法により解析できる。しかし、単純死滅率がゼロでない場合には確率母関数の特異点の存在により待ち時間分布(寿命分布)などが求められない。さらに, Reid et al (2011) の数値実験ではこの単純死滅率の推定値が負値となっており解析に問題が生ずる。単純死滅率が負となる物理的な機構についてマスター方程式を用いたモデルで考察した結果を報告する。

◎ 13:10 ~ 14:10

太田 泰広 (神戸大・理)

### 可積分系における rogue wave 解の数理的構造

Rogue wave とは、水面において前兆もなく突然現れる大振幅波のことであり、海洋などにおいて観測されている。一方、非線形 Schrödinger 方程式などに対しては、時間的に局在した構造をもつ代数解が知られており、水面波の rogue wave の一つのモデルと考えられている。本講演では、ソリトン方程式に対する時間的局在解の特徴や構成などの数理的側面について概説する。

14:20 ~ 14:50

○岸本 展 (京大・数理研), 堤 誉志雄 (京大・理)

**ラマン散乱項を持つ非線形シュレディンガー方程式の初期値問題の非適切性**

光ファイバー中のパルスの伝播を記述する, 3 階の分散項とラマン散乱項を持つ微分型非線形シュレディンガー方程式を考える (cf. G. Agrawal, "Nonlinear Fiber Optics" (4th Edition, 2007), Chapter 2, Eq.(2.3.43)). 周期境界条件を課さない場合, 初期値問題はソボレフ空間において時間局所的に適切であることが知られている. 本講演では, 周期境界条件下における初期値問題のソボレフ空間での非適切性 (解の非存在, もしくは初期値連続依存性の破綻) に関する結果を紹介する.

14:50 ~ 15:20

○巢山 大地, 永原 新 (早稲田大・基幹理工), 丸野健一 (早稲田大・理工)

**Davey-Stewartson2 方程式のダーク型線ソリトン相互作用の理論解析**

水面波の弱非線形モデルの一つである Davey-Stewartson (DS) 方程式は多様な厳密解を持つことが知られている. 特に, DS2 方程式と呼ばれる場合にはダーク型の線状孤立波解 (ダーク型線ソリトン解) が存在し, それらが相互作用する多ダーク型線ソリトン解も存在することが知られているが, より詳しい解析についてはこれまでほとんどなされていなかった. 最近, 講演者らは DS2 方程式のダーク型線ソリトン相互作用の数値計算スキームを開発し, DS ソリトンの相互作用を数値的に調べるのが可能となった. 本講演では, KP ソリトン理論と数値計算結果を基礎にした DS2 方程式のダーク型線ソリトン相互作用のより詳しい理論解析について報告する.

15:20 ~ 15:50

松野 好雅 (山口大・創成科学)

**Fokas-Lenells 方程式の多成分系への拡張**

Fokas-Lenells 方程式は光ファイバー中のパルス伝播を記述するモデル方程式であるが, 完全可積分方程式ゆえに多くの解析的な研究が行われている. 本講演ではこの方程式の完全可積分な多成分系への拡張版を提案する. さらに多成分方程式の多重ソリトン解の構成や無限個の保存則の導出についても述べる.

16:00 ~ 16:30

○角島 浩, 山埜井 翔吾 (富山大・工)

**質量交換型 2 粒子模型のソリトン相互作用への応用 III**

前回に引き続き質量交換型 2 粒子模型を連立非分散方程式の 2 ソリトン解の挙動に適用する. これまでの適用にあった問題点を解決し, 解の挙動と一見不可解な引力ポテンシャルの関係を考察する.

16:30 ~ 17:00

吉永 隆夫 (阪大・基礎工)

**同軸円筒内を流れる液体ジェットの安定性**

同軸円筒内を流れるジェットの安定性を解析的に調べている. 特に, Rayleigh モードから Taylor モードへの遷移がどのようにして起こるか明らかにしている.