

「非線形波動現象の数理とその応用」

期間 2025 年 6 月 4 日（水）～6 日（金）

場所 京都大学数理解析研究所 111 号室



アクセス

[プログラム（講演要旨）]

6 月 4 日（水）

14:00～14:10 開会・事務連絡

14:10～14:40 柿沼太郎（鹿児島大・工）

航空機の離着陸によって超大型浮体空港に生成される浮体波とその制御

大型浮体空港は、曳航による移動が可能であるため、柔軟性のある空間拡張や空港運用が可能となる．こうした大型浮体空港は、航空機の離発着に伴い、流体運動と相互干渉する弾性的な挙動を示す．本研究では、航空機の離着陸時に生成される浮体波の数値解析を行ない、浮体波の生成・増幅メカニズムを考察した．また、これまであまり議論されていない、浮体波の低減方法に関して検討した．

14:40～15:10 飯塚 剛（愛媛大・理）

量子系におけるダイナミック安定化

非線形波動系におけるダイナミック安定化として、これまでサインゴルドン系、イオン電子系の長波長領域を扱ってきた．短波長領域を扱う場合、分散はシュレディンガー方程式型になるので、非線形波動への準備段階として、量子力学系の波動関数のダイナミック安定化を取り上げた．有効ハミルトニアンの新しい導出法の紹介、および簡単なモデルを通じた理論の検証を行いたい．

15:10～15:40 ○松岡千博（大阪公立大・工）、Karnig Mikaelian（Lawrence Livermore National Laboratory）

多層界面レイリー・テラー不安定性における非線形モードキリング現象

外力や表面張力なしでレイリー・テラー不安定性 (RTI) を安定化する方法を提案する．この方法は、ミカエリアンが最初に二重界面 RTI におけるモードキリング現象として提案した．本研究では、彼の線形理論を渦シートモデル (VSM) を使用して非線形領域に拡張し、流体密度と初期条件を適切に選択すれば、非線形段階でも RTI の安定化が可能であることを示す．

15:40～15:50 休憩

15:50～16:20 鹿野忠良 (Institut Vercors)

エアリーの浅水波が津波の正体である一波打際暴発のからくりー

Approaching a sloping beach, shallow water surface waves of Airy get suddenly $+\infty$ or $-\infty$ propagation speed at the point of surface, say $x = x_0$, where the tangent Γ_x of the surface $y = \Gamma$ “coincides” with b_x , that of the water-bottom $y = b(x)$, getting up infinitely high from cruising sound speed of propagation on the deep open sea. That is, the tsunamis gain an instantaneous $+\infty$ propagation speed just before the crest as $(\Gamma_x - b_x)(x) \rightarrow +0, x \rightarrow x_0 - 0$, and a $-\infty$ propagation speed just after the trough as $(\Gamma_x - b_x)(x) \rightarrow -0, x \rightarrow x_0 + 0$. We would have thus a big crush of the crest rushing forward as inland tsunamis and the trough rushing backward as offshore tsunamis. This is the mathematical structure of tsunamis “on” a sloping beach.

16:20～16:50 水田 洋 (元 北海道大・工)

多価性・特異性を考慮した境界要素法による磁性流体界面現象の時間発展解析

多価性・特異性を考慮した直接境界要素法により, 流体領域と真空領域から成る磁性流体の界面現象を, 磁場解析と流体解析を組み合わせることで調べることが可能になったことを受けて, 時間ステップ数を増やした時間発展解析を進めている. 印加磁場を強くするにつれて, 界面の緩和は予想通りより早く不安定化するが, これが物理的なものか数値的原因によるものかを見極めながら, 界面応力和を中心とした物理量の振る舞いを解析している.

9:30～10:00 ○小杉淳悟（鹿児島大学大学院・理工）・柿沼太郎（鹿児島大・工）

河川津波の遡上の数値解析的研究

河川津波は、一般に、陸上を遡上する津波より伝播速度が大きく、遡上距離が長くなり、内陸部まで浸水被害を発生させる可能性がある。本研究では、モデル地形を設定し、海域から入射して河川を遡上する津波を対象とした 3 次元数値解析を行なった。また、河口付近に堅固な橋梁状の構造物を設置して、河川津波の津波高さを低減する方法を検討した。

10:00～10:30 角 畠 浩（元 富山大・工）

sine-Gordon キンクのトラジェクトリー

sine-Gordon 方程式のソリトン解であるキンクのトラジェクトリーを 2 ソリトン解を用いて調べる。

10:30～10:40 休憩

10:40～11:40 竹広真一（京都大・数理研）

〔招待講演〕波動とシアー不安定～波相互作用と過剰反射

2 次元平行シアー流における不安定性は、過剰反射や波の共鳴といった波動の性質を通じて物理的に理解されてきた。本講演では、これらの現象が波の運動量やエネルギーと深く関係していることを、主に浅水波およびロスビー波を例に取りながら概観し、さまざまなシアー不安定性を統一的に理解する枠組みを提示することを試みる。

11:40～13:30 昼食休憩

13:30～14:00 京藤敏達（非常勤講師）

固体境界を有する旋回流の渦崩壊現象の解析

縮小拡大管路内の旋回流の数値計算を行った。上流端は壁面に沿う軸対称噴流（半径および角度）、下流端には拡大管に軸対称固体が挿入され、この間隙から流体が圧力一定下で放出される。計算パラメータは、軸対称噴流の管中心軸に対する角度（スワールパラメータ）および軸対称固体と管壁の距離となる。スワールパラメータの大きさにしたがってバブル型もしくはスパイラル型の渦崩壊が発生し、拡大管のテーパー角および軸対称固体の位置によりコアンダ効果が発現する。

14:00～14:30 ○小野弘貴（大阪大学大学院・工），土井祐介（大阪大・工），
中谷彰宏（大阪大・工）

強い空間非対称性を含む非線形格子モデルの波動伝ばと熱伝導特性の解析

熱抵抗発生の根源の一つであるウムクラップ過程が生じない非線形格子モデルに対して，熱伝導計算と伝熱キャリアであるフォノンの伝播特性解析を議論した．熱伝導計算を行い分散関係を導出した結果，3 次の非線形性が強い場合にフラットバンド性が生じた．また，分散関係と緒非線形パラメータとの対応関係について，伝播特性解析を行い，3 次の非線形強度が分散関係に与える影響を解析した．

14:30～14:40 休憩

14:40～15:10 吉村和之（鳥取大・工）

FPUT 格子における multi-pulse discrete breather 解の存在と指数的局在

Discrete breather (DB) は，非線形格子における空間的に局在した周期解である．偶関数相互作用ポテンシャルを持つ無限サイズの 1 次元 Fermi-Pasta-Ulam-Tsingou (FPUT) 格子において，multi-pulse DB 解の存在と指数関数的局在性を証明した．

15:10～15:40 ○土井祐介，森本益祥，中谷彰宏（大阪大・工）

フラットバンド的な分散関係を有する離散構造体の非線形振動解析

回転ばねと伸縮ばねで接続される剛体棒で構成される離散構造体の振動特性を解析する．2 種類のばねのばね定数を適切に選択することにより，分散関係において振動数がほぼ一定になるフラットバンド性が観測される．これにより，非線形局在モードの移動性にも影響が現れることを議論する．

15:40～15:50 休憩

15:50～16:50 安田誠宏（関西大・工）

[招待講演] 不確実な気候変動下における高潮リスク予測

気候変動による高潮リスクの増大は，防災計画において極めて重要な課題である．まず，砕波帯内でのラディエーションストレスの働きによる平均水位の上昇が高潮水位に与える影響について示し，高潮モデルと波浪モデルを結合することの重要性を示す．次に，気候変動の不確実性に対応し，十分なデータセットを得るために開発された確率台風モデルについて説明する．最後に，既に実務でも活用が進む地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース d4PDF を紹介し，多数の予測データが不確実性下でのリスク評価にどのように貢献するかを紹介する．

17:30～20:30 懇親会

9:30～10:00 ○佐藤公哉（東京大学大学院・新領域），早稻田卓爾（東京大・新領域），小平 翼（東京大・新領域）

氷による波の減衰とスペクトルダウンシフト現象の非線形シュレディンガー方程式による再現

水槽内に模擬海氷を作成し，変調波列を伝播させる実験を実施した．氷による強い減衰にもかかわらず，成長を伴うスペクトルダウンシフト（低周波成分へのエネルギー移行）現象が見られた．しかし，非線形シュレディンガー方程式（NLS）に，海氷と同様の減衰を加えた数値計算では，高速なスペクトルダウンシフトを再現できなかったため，新たに運動量とエネルギーの減衰から理論的に導出したラマン散乱項をNLSに導入した．

10:00～10:30 國分海斗（東京理科大学大学院・理）

分数冪 KdV 型方程式の進行波解の安定性解析

分数冪ラプラシアンと整数指数の二重冪型非線形項をもつ KdV 型方程式に対して，エネルギー最小な進行波解である基底状態の存在性とその安定性を考える．基底状態の存在性は非線形項の 2 つの指数の偶奇性および分散性の強弱に左右される．本講演では，指数の偶奇性と分散性の強弱という観点から進行波解に関する現象の分類を行う．

10:30～10:40 休憩

10:40～11:10 ○若松大誠（早稲田大学大学院・基幹理工），丸野健一（早稲田大・理工），Shangshuai Li（上海大・理），Da-jun Zhang（上海大・理）

Calogero-Bogoyavlenskii-Schiff 方程式の楕円ソリトン解

最近，楕円ソリトン解と呼ばれる楕円関数で表される周期波の上にソリトンが進行する解の研究が活発化している．楕円ソリトン解は 1974 年に Kuznetsov と Mikhailov によって KdV 方程式において発見されたが，2000 年代に入ってから離散可積分系の研究において再登場し，注目を浴びるようになった．最近，Li と Zhang は KdV 方程式，KP 方程式の双線型形式から楕円ソリトン解を求める方法を提案した．本講演では，この方法を用いて KdV 方程式の 2 次元拡張である Calogero-Bogoyavlenskii-Schiff 方程式の楕円ソリトン解とロンスキアン解を導出する．

11:10～11:40 ○片岡 武（神戸大・工），Triantaphyllos R. Akylas（マサチューセッツ工科大・機械工）

波動現象の指数漸近解析

「指数漸近解析」と呼ばれる理論を用いた波動現象の解析法について述べる．具体的には，地形を過ぎる流れにより励起される表面波の解析手法を概説し，その結果を示す．

11:40～13:00 昼食休憩

13:00～13:30 ○山下 啓・鳥山拓也・石田暢生（原子力規制庁・長官官房技術基盤グループ）

高濃度浮遊砂を伴う流体密度の鉛直分布を考慮した津波の非線形伝播特性

高濃度浮遊砂を伴う流体密度の鉛直分布を考慮した津波の非線形伝播特性を SPH 法に基づき調べた. 2 層問題における強非線形強分散波動方程式の孤立波解を SPH 法が良好に再現できることを確認した. 密度比が大きいほど, 波速は遅く, 水平方向流速は水面で速く底面で遅くなり, 砕波が早まった. また, 鉛直壁への衝突時の波高増幅率は大きくなった. 高濃度浮遊砂を伴う津波の影響評価における密度分布の考慮の重要性が示唆される.

13:30～14:00 ○小菅佑輔（九州大・応力研）, 稲垣 滋（京都大・エネルギー理工学研）, 河内裕一（名古屋大・工）

実験室プラズマにおける一発大波

海洋における一発大波と同様の非線形波動が, 磁化プラズマにも励起されることを理論及び実験データ解析から示す. 磁化プラズマにおけるドリフト波を例にとり, その非線形発展が NLS にまとめられることを示す. 理論から予測される強度と位相変調の双方を用いた実験データ解析により, その励起を同定した結果について報告する.

14:00～14:30 ○辻 英一, 広瀬直毅（九州大・応力研）

東シナ海大陸斜面での内部潮汐と大振幅内部波の挙動

東シナ海大陸棚域では, 大振幅内部波の伝播現象が, 現場観測や衛星画像を通じて確認されている. 本研究では, この現象の力学的背景として, 大陸斜面における内部潮汐の生成・伝播, および黒潮との相互作用に着目し, 高解像度の海洋数値モデルを用いた解析を行っている. 本発表では, 非静水圧モデルを用いた最新の解析結果について報告する.

14:30～14:40 閉会・事務連絡
