

## 平成 24 年度 九州大学応用力学研究所 共同利用研究集会

# 非線形波動研究の最前線 —構造と現象の多様性—

期間：2012 年 11 月 1 日（木）12:50～3 日（土）15:00

場所：九州大学筑紫地区共通管理棟 3F 大会議室

共催：文部科学省グローバル COE プログラム「マス・フォア・インダストリ教育研究拠点」

### 11 月 1 日（木）

12:50～13:00	諸連絡
13:00～13:30	横山直人（京大工）、○高岡正憲（同大理工） 弾性波動乱流のスケール依存性と異種乱流の共存について
13:30～14:00	○藤嶋浩史（キャノン光学研）、矢嶋徹（宇都宮大工） 初期波形の離散化による AKNS 線形散乱問題の近似解法とその応用
14:00～14:30	佐々成正（原研計算セ） 非線形波動系に対するシンプレクティック数値解法と運動量保存則
14:30～14:45	休憩
14:45～15:45	陰山聰（神戸大学） [特別講演] バーチャルリアリティ技術を利用した科学データの可視化
15:45～16:00	休憩
16:00～16:30	伊藤栄明（統数研名誉教授） 計算アルゴリズムの確率モデルの解析における recursion と非線形波動
16:30～17:00	中園信孝（九大数理） 直交多項式の拡張と離散パンルヴェ方程式
17:00～17:30	宮川文香（立教大理） 有限体と様々な次元における魔方陣

### 11 月 2 日（金）

9:30～10:00	弓林司（首都大理工） 広田三輪方程式の三角圈構造
10:00～10:30	広田良吾（早大名誉教授） KP 差分方程式系とその解の構造
10:30～11:00	井ノ口順一（山形大理） 3 次元等質空間内の曲面と可積分系
11:00～11:10	休憩

11:10～12:10	<b>Konrad Polthier</b> (Freie Universität Berlin) [特別講演] Generation of high quality surface and volume meshes
12:10～13:25	昼食
13:25～13:55	<b>金川哲也</b> (東大工) 気泡流の非線形波動方程式の全貌の解明に向けて—KdV・NLS・KZK 方程式と液体の圧縮性に係る検討—
13:55～14:05	休憩
14:05～15:05	<b>木村芳文</b> (名古屋大学) [特別講演] 安定成層乱流における渦と波の相互作用
15:05～15:15	休憩
15:15～16:15	<b>郡宏</b> (お茶の水女子大学) [特別講演] 振動子集団のダイナミクスのネットワーク構造依存性
16:15～16:25	休憩
16:25～17:45	<b>ポスターセッション</b>
18:15～	懇親会 (学内ビスタホール)

### 11月3日（土）

9:30～10:00	○高木健太郎 (京大理)、松本剛 (京大理) 側壁を考慮したファラデー波の数値計算
10:00～10:30	増田哲 (青山大理工) 笛野系の q-類似について
10:30～10:45	休憩
10:45～11:15	野邊厚 (千葉大教育) 超橙円曲線に付随する可解カオス系
11:15～11:45	○石渡信吾 (横浜国大理工)、神野晋吾 (横浜国大理工) 聴覚の非線形モデル
11:45～13:00	昼食
13:00～13:30	○三木啓司 (京大情報)、辻本諭 (京大情報)、Luc Vinet(モントリオール大学)、Alexei Zhedanov( ドネツク物理工科研究所) 三角型スピニン格子上での量子状態転送について
13:30～14:00	中田庸一 (東大数理) 離散凸二次関数の最大値として表される超離散 KdV 方程式の解について
14:00～14:30	広田良吾 (早大名誉教授)、○長井秀友 (東海大理) B型箱玉系のソリトン解
14:30～15:00	○金子勇治 (東大数理)、時弘哲治 (東大数理)、間田潤 (日大生産) エレメンタリーセルオートマトンの相互相関行列の解析

## ポスターセッション（11月2日 16:25-17:45）

- 1 ○斎藤革子（横国大）、斎藤暁（首都大）  
不動点定理について
- 2 ○中谷 友洋（早大）、高橋 大輔（早大）  
あるパターン形成系の構築について
- 3 ○山本匠（早大）、高橋大輔（早大）  
4 近傍粒子 CA の Euler-Lagrange 変換について
- 4 ○三谷浩将（立教大）、筧三郎（立教大）、R.Willox（東大）  
拡張された Tzitzeica 方程式と中心アフィン曲面  
**上岡修平（京大）**  
離散戸田方程式の解の組合せ論的な表示とその非自励化
- 6 斎藤暁（首都大）、弓林司（首都大）、○脇本佑紀（首都大）  
特異点”解放”による不変周期点代数多様体の生成
- 7 ○前田一貴（京大）、辻本諭（京大）  
離散可積分系の観点からの dqds 法の拡張について
- 8 ○飛田明彦（東京理科大）、福田 亜希子（東京理科大）、石渡 恵美子（東京理科大）、岩崎 雅史（京都府大）、中村 佳正（京大）  
ある拡張型離散戸田方程式の漸近挙動について
- 9 ○江崎貴裕（東大）、西遼佑（東大）、柳澤大地（茨城大）、西成活裕（東大）  
振動子ウォーカーの渋滞現象
- 10 由良文孝（はこだて未来大）  
箱とバスケットと玉の系におけるソリトン解

## 平成 24 年度 九州大学応用力学研究所 共同利用研究集会

# 非線形波動研究の最前線 —構造と現象の多様性—

### 講演の概要

11月 1日（木）

横山直人（京大工）、○高岡正憲（同大理工）

#### 弾性波動乱流のスケール依存性と異種乱流の共存について

弾性薄板の波動に関する実験及び数値計算の先行研究では、様々な巾のエネルギースペクトルが観測され、弱乱流理論や次元解析から予想されるスペクトルも含め、統一的な理解は得られていない。我々は系のエネルギーをコントロールしたシミュレーションをすることにより、これまでに得られたスペクトルを統一的に理解できることを示した。また、大きいスケールでは次元解析で予想されるスペクトルの巾が小さいスケールでは弱乱流理論で予想されるスペクトルの巾という2種類の巾則が共存していることを見出した。これら異種乱流の境目となるスケールを見積もある方法を提案し、系のパラメータを変えたシミュレーションの結果と比較して、その妥当性について議論する予定である。

○藤嶋浩史（キャノン光学研）、矢嶋徹（宇都宮大工）

#### 初期波形の離散化による AKNS 線形散乱問題の近似解法とその応用

逆散乱変換によって解くことができる非線形方程式群のうち、AKNS形式に書けるクラスを考察する。通常この散乱問題を解析的に解くことは困難であるが、最近我々は、初期波形を多数の矩形区間に分割し、それぞれの区間をつなぐ転送行列を考えることにより、この問題の数値的近似解法を見出した。これにより、任意の初期波形から時間発展をスタートさせた波束の漸近的情報を抽出することができる。本講演では、非線形シュレディンガー方程式に本解法を適用する。

佐々成正（原研計算セ）

#### 非線形波動系に対するシンプレクティック数値解法と運動量保存則

ハミルトン系に属する非線形波動方程式に対し、シンpleクティック数値解法の適用を考える。このとき時間発展に対して保存する形式的ハミルトニアンの存在が知られている。このアロジーとして運動量保存則に対する考察を行う。

陰山聰（神戸大学）

#### [特別講演] バーチャルリアリティ技術を利用した科学データの可視化

バーチャルリアリティ（VR）技術の最終目標は、計算機で構成した「人工世界」を、現実と誤解させることであろう。もちろん、現代の VR 技術はまだそこまで発達していないが、少なくとも視覚に関しては、科学研究の道具として十分に「使える」ほど成熟していると言える。特に、没入型と呼ばれる種類の VR 装置を使うと、仮想現実世界の中に文字通り体ごと入り込み、その世界を3次元のまま見ることができるだけでなく、コントローラを通じてその世界と自由にやりとり（3次元物体を切ったり、作り出したり等）できる。神戸大学統合研究拠点（神戸市ポートアイランド）に昨年、日本最大の没入型 VR 装置“π-CAVE”が設置された。（Port Island にあるので、”pi”である。）本講演では、この π-CAVE 装置を使って我々が行っている様々な科学データの可視化について紹介する。その対象データは主に流体・磁気流体力学シミュレーションのデータや、防災・減災（につながることを目指した）データなどである。データ空間に入り込んでそのデータを可視化することの有効性と、何よりその楽しさが伝わるようにお話したい。時間的に余裕があれば、我々が VR 技術をデータ可視化に使う動機となった磁気流体力学シミュレーション（地磁気の起源解明を目指した 地球ダイナモシミュレーション）についても紹介したい。

伊藤栄明（統数研名誉教授）

**計算アルゴリズムの確率モデルの解析における recursion と非線形波動**

2進探索木等のソーティングアルゴリズムの解析に用いられる recursion の漸近挙動は Fisher- KPP 方程式の解の漸近挙動と類似している。並列計算における確率モデル（食物連鎖の確率モデルにもあらわれる）より導かれる recursion についてこの類似性をもつて漸近挙動を議論する。Y. Itoh and P. L. Krapivsky, J. Phys. A. (October 2012).

中園信孝（九大数理）

**直交多項式の拡張と離散パルヴェ方程式**

本講演では、直交多項式の重み函数を q-Pochhammer で拡張することによって得られる規格化因子の保存量と離散パルヴェ方程式の関係について報告する。

宮川文香（立教大理）

**有限体と様々な次元における魔方陣**

数え上げの分野では可積分系との関係も知られている魔方陣について、幾何学的なアプローチではありますが、その構成法を三次元と四次元の具体例を元に、解説したいと思っております。

11月2日（金）

弓林司（首都大理工）

**広田三輪方程式の三角圈構造**

物理、数学の様々な場面に於いて双対性の構造は重要である。双対性の研究には圈、特に幾何学的情報については三角圈の構造が重要である。本発表では可積分系の親玉とも言うべき広田三輪方程式の三角圈構造について考えたい。

広田良吾（早大名誉教授）

**KP 差分方程式系とその解の構造**

BKP 差分方程式系の構造は Pfaffian の加法公式を使って簡明にできること示したが、KP 差分方程式系とその解の構造も同じ Pfaffian の加法公式を使うと簡明に出来ることを示す。

井ノ口順一（山形大理）

**3 次元等質空間内の曲面と可積分系**

3次元定曲率空間内の曲面はサイン・ゴルドン型方程式を構造方程式にもち、種々の構成法が知られている。Dorfmeister 氏、小林真平氏との共同研究により、定曲率でない3次元等質空間内の曲面で、可積分系の構造をもち、ループ群を用いた構成法を許容するクラスが発見されたことを報告する。

Konrad Polthier (Freie Universität Berlin)

**[特別講演] Generation of high quality surface and volume meshes**

In this overview presentation we introduce novel integrable discretization and meshing schemes for discrete surface and volumetric meshes. We stress their efficiency in several industrial applications from scientific computing, computer aided design, architecture and computer graphics. Meshes arising from 3D scans or other 3D imaging techniques are often not well adjusted to the geometry or topology of the underlying shapes. The generation of good meshes is still an active research area in various disciplines. We discuss novel techniques to generate highly structured surface and volume meshes that are consistent with many geometric and topological features of the underlying shapes. We discuss techniques to fill a bounded volumetric shape with a consistent cubical voxel structure. Among the optimization goals are alignment of the voxels with the bounding surface as well as simplicity of the voxel grid. Mathematical analysis of the

possible singularities is given.

金川哲也（東大工）

### 気泡流の非線形波動方程式の全貌の解明に向けて—KdV・NLS・KZK 方程式と液体の圧縮性に係る検討—

多数の球形気泡を含む静止液体中における有限振幅の圧力波（音響波）の弱非線形伝播を記述する、様々な非線形波動方程式を、気泡流のモデル方程式系（基礎方程式系）から、統一的かつ系統的に導出する方法を述べる。KdV 方程式、NLS 方程式、KZK 方程式の導出に加えて、液体の圧縮性に伴う音響放射減衰によって波の急速な減衰を表現する方程式をも導く。

木村芳文（名古屋大学）

### [特別講演] 安定成層乱流における渦と波の相互作用

成層乱流の運動は流体の運動方程式と密度場（温度場）の方程式がカップルした方程式系で記述される。成層が安定な場合（すなわち重い流体が下で軽い流体が上にある時）にはそのカップリングは調和振動子の運動と類似になって流体の運動に何らかの振動現象が伴うことになる。このように成層乱流中では乱流現象に伴う渦と振動現象によって生じる波が相互作用をして様々な流れの構造を生み出すことが特徴的である。本講演ではこの成層乱流の特徴を渦と波の重ね合わせとして考察し、エネルギースペクトルなどの統計量についての最近の数値解析の結果を報告する。

郡宏（お茶の水女子大学）

### [特別講演] 振動子集団のダイナミクスのネットワーク構造依存性

振動現象、すなわち自発的に起こる周期的活動は、心拍や生物時計などの生命現象や化学反応系、さらにはメトロノームといった機械など、様々な対象で重要な役割を担っている。特に、振動子集団は、振動子間の相互作用によって、同期現象や時空カオスなどの複雑な秩序化現象を起こす。このような秩序化現象には興味深い問題が山積しており、非線形・非平衡物理学は応用数学分野において、歴史的にも現在も重要な研究対象である。この講演では、生命システムにみられる振動子集団のダイナミクスと機能について幅広く紹介した後、近年我々が取り組んできた生命機能と密接に関係する研究について解説する。特に、複雑なネットワークで接続する振動子集団の動的性質を解析的に取り扱った研究をいくつか紹介する。

## 11月3日（土）

○高木健太郎（京大理）、松本剛（京大理）

### 側壁を考慮したファラデー波の数値計算

ファラデー波の直接数値計算では水平方向に周期境界条件を課すことが多いが、側壁の影響が無視できないと思われる現象が近年の実験では見つかっている。その中でも最近実験で見つかった局在孤立波(standing solitary waves)と呼ばれる現象の再現を目指し、滑り無し条件を側壁に課した数値計算により、側壁の影響を調べる。

増田哲（青山大理工）

### 笹野系の $q$ -類似について

パンルヴェ微分方程式の高階化について、近年、著しく研究が進展している。それらの $q$ -類似について考察することは自然であろう。本講演では、笹野系と呼ばれる $D$ 型アフィン群対称性をもつ高階パンルヴェ型微分方程式系に注目し、それらの $q$ -類似の構成について述べる。

野邊厚（千葉大教育）

### 超橙円曲線に付随する可解カオス系

超橙円曲線の対称積からピカール群への全射を用いて、その対称積上に加法を定めることができる。この加法から導かれる可解カオス系について議論する。

○石渡信吾（横浜国大理工）、神野晋吾（横浜国大理工）

### 聴覚の非線形モデル

耳の内耳にある蝸牛管は音を周波数分解して聴覚神経に伝える器官である。その仕組みは今もって不明な点が多い。我々はこの周波数分解の機能を確率共鳴の観点からモデル化し、電気回路の実験を通してその妥当性を検討する。

○三木啓司（京大情報）、辻本諭（京大情報）、Luc Vinet（モントリオール大学）、Alexei Zhedanov（ドネツク物理工科研究所）

### 三角型スピニン格子上での量子状態転送について

本講演ではある二次元の XX 型ハミルトニアンが Rahman 多項式と呼ばれる二変数 Krwatchouk 多項式により対角化できることを示す。得られた結果をもとに、対応する二次元格子上での量子状態転送を理論的に観測し、完全状態遷移の有無を調べる。

中田庸一（東大数理）

### 離散凸二次関数の最大値として表される超離散 KdV 方程式の解について

パラメータに依存するある離散凸二次関数の最大値を凸解析の手法を用いて評価することにより、それがソリトン解や周期解を特殊な場合として含む超離散 KdV 方程式の解となることを説明する。

広田良吾（早大名誉教授）、○長井秀友（東海大理）

### B 型箱玉系のソリトン解

B 型箱玉系  $(1+b) f(m-1, n)f(m+1, n+1) = (1-a) f(m, n)f(m, n+1) + a f(m-1, n+1)f(m+1, n) + b f(m, n-1)f(m, n+2)$  を超離散化した方程式には二種のソリトン解がある。一つは箱玉系のソリトンであり、もう一つは通常のソリトンである。両者の衝突を表す厳密解が求まった。

○金子勇治（東大数理）、時弘哲治（東大数理）、間田潤（日大生産）

### エレメンタリーセルオートマトンの相互相関行列の解析

ECA の出力パターンの相互相関行列の固有値間隔分布を数値的に調べると、ルール 150 等ではウェイグナー分布、ルール 170 等ではポアソン分布にほぼ一致した。基本周期とシステムサイズ等の関係も議論したい。

## ポスターセッション（11月2日 16:25-17:45）

○斎藤革子（横国大）、斎藤暁（首都大）

### 不動点定理について

Birkoff の不動点定理を、面積非保存系に一般化する。

○中谷 友洋（早大）、高橋 大輔（早大）

### あるパターン形成系の構築について

ターゲット、スパイラルパターンを生成する系を、リミットサイクルを有する常差分系の多次元拡張により得る。また、その連続極限から微分のパターン形成系を得る。この系は、時間2階の1成分系であること、超離散化可能であることが大きな特徴である。

○山本匠（早大）、高橋大輔（早大）

### 4近傍粒子CAのEuler-Lagrange変換について

1の個数が時間的に保存する2進CAを粒子CAと呼ぶ。3近傍粒子CAであるBurgersCAのEuler-Lagrange変換が既に知られているが、これと同様の手続きを4近傍粒子CAに適用する。またLagrangeモデルにおける初期値問題や確率化についても議論する。

○三谷浩将（立教大）、筧三郎（立教大）、R.Willox（東大）

### 拡張されたTzitzeica方程式と中心アフィン曲面

負時間を含む結合型KP階層の簡約から、Tzitzeica方程式の一つの拡張が得られる(Willox, 2005)。本研究では、その方程式の持つ $6 \times 6$ Lax形式と、中心アフィン曲面の構造方程式との関係を解析する。

上岡修平（京大）

### 離散戸田方程式の解の組合せ論的な表示とその非自励化

離散戸田方程式の初期値問題を解くとき、その解は非交叉的な格子路の言葉で組合せ論的に記述することができる。本発表では非自励離散戸田方程式とその初期値問題を考え、方程式の非自励化により解の組合せ論的な表示がどのように拡張されるかを観察する。

○斎藤暁（首都大）、弓林司（首都大）、○脇本佑紀（首都大）

### 特異点”解放”による不变周期点代数多様体の生成

特異点閉じ込めなる現象は見方を変えるとそこから代数多様体達を解放する努力であると見做せてこの視点は可積分系を特徴づける上で重要である。ここでは幾つかの例について生じた困難とその解決方法について報告する。

○前田一貴（京大）、辻本諭（京大）

### 離散可積分系の観点からのdqds法の拡張について

行列の標準固有値計算アルゴリズムであるdqds法を、離散可積分系の観点から拡張することを考える。得られたアルゴリズムは行列の一般化固有値を計算するアルゴリズムとなっていることを明らかにする。

○飛田明彦（東京理科大）、福田 亜希子（東京理科大）、石渡 恵美子（東京理科大）、岩崎 雅史（京都府大）、中村 佳正（京大）

### ある拡張型離散戸田方程式の漸近挙動について

力学系の局所的な解挙動を調べる際、中心多様体理論が有効である。本発表では、離散戸田方程式を拡張した方程式に対し、中心多様体の存在と平衡点付近での収束性を調べた結果を報告する。

○江崎貴裕（東大）、西遼佑（東大）、柳澤大地（茨城大）、西成活裕（東大）

### 振動子ウォーカーの渋滞現象

車の渋滞で用いられる追従モデルに振動子の要素を含めた新たなモデルを提案する。これは自然界の生き物の動きが歩行、羽ばたき等の位相に大きく制約されることを意識して考案されたもので、通常の最適速度模型とは異なる挙動を示す。同期歩行の安定性や位相固定（phase locking）現象について紹介する。

由良文孝（はこだて未来大）

### 箱とバスケットと玉の系におけるソリトン解

Box-basket-ball system における双線形形式およびソリトン解などについて報告する。