

非線形波動から可積分系へ 2026

アブストラクト集

2026 年 10 月 8 日（木）–11 日（日）

くにびきメッセ 501 大会議室（島根県松江市）

講演題目・著者・発表順はプログラムに基づく。

アブストラクト本文は参加登録フォームに基づく。

口頭講演

楕円変形 W 代数 $W_{q,t}(D_\ell)$ の可換保存量

Michio Jimbo (立教大学), ○小島 武夫 (山形大学)

アブストラクト

D_1 型の楕円変形 W 代数 $W_{qt}(D_1)$ は、 D_1 型 KdV 理論のハミルトニアン の 2 パラメタ変形と見なせる互いに可換な無限個の元を持ち、これらは「局所保存量」と呼ばれます。一方、 D_1 型 KdV 理論のモノドロミー行列のトレースの 2 パラメタ変形とみなせる互いに可換な無限個の元が存在し、これらは「非局所保存量」と呼ばれます。局所保存量と非局所保存量は、 $1+1$ 個の自由場からなる共通のフォック空間に作用します。我々は、これらが互いに可換であることを、直接的な計算によって証明します。

量子スピン系における Yang–Baxter 可積分性の直接判定法

○佐南谷 瑞樹 (東京大学), 白石 直人 (東京大学), 石井 風雅 (東京大学)

アブストラクト

量子スピン系が Yang-Baxter 可積分であるための直接的な判定基準を提示する。最近接ハミルトニアン密度 h に対して、Reshetikhin 条件は h のみを用いて記述される必要条件である。この条件は、正則な差分型 Yang-Baxter 方程式を展開した際に現れる、最初の非自明な整合性条件として導かれる。

本発表では、この条件が十分条件でもあることを証明する [1]。すなわち、 h が Reshetikhin 条件を満たすならば、 $R(0)=P$ および $R'(0)=Ph$ を満たす正則な差分型 R 行列が存在する。証明は、Yang-Baxter 欠陥の解析に基づいている。さらに、この結果と量子版 Liouville-Arnold 型問題との関係についても議論する。

[1] M. Sanatani, N. Shiraishi, and F. Ishii, A Simple Necessary and Sufficient Condition for Yang–Baxter Integrability, arXiv:2607.29660

ブライト型・ダーク型楕円ソリトン解の構成と τ 関数の正値性

○若松 大誠（早稲田大学），丸野 健一（早稲田大学），Li Shangshuai（名古屋大学・寧波大学），Zhang Da-jun（上海大学）

アブストラクト

楕円ソリトン解とは，楕円関数で表される周期波を背景としてソリトンが伝播する特殊解であり，近年その研究が活発化している．その原型は，1974年に Kuznetsov と Mikhailov によって KdV 方程式に対して構成された．その後，21世紀に入り，離散可積分系の研究を通じて再び注目されるようになった．近年，Li らは KdV 方程式および KP 方程式の双線型形式に基づいて楕円ソリトン解を構成する方法を提案した．一方，Hoefer らは，クノイダル波解を種解とするダルブー変換により，ブライト型とダーク型の2種類のブリーザー解を構成した．本講演では，双線型形式を用いて，これら2種類のブリーザー型楕円ソリトン解を簡便に構成する方法を提示する．また，得られた解と Hoefer らのブリーザー解との対応を述べるとともに， τ 関数の正値性について議論する．

Dark Multi-Solitons of the Focusing Calogero–Moser Derivative NLS Equation on a Nonzero Background

Ruoci Sun (Beijing Normal University)

アブストラクト

We study the focusing Calogero–Moser derivative nonlinear Schrödinger (CMdNLS) equation under a nonzero boundary condition. In sharp contrast to the cubic focusing nonlinear Schrödinger equation, where only bright solitons exist on a zero background, we show that the focusing CMdNLS equation admits a rich family of dark multi-soliton solutions on a nonzero background. Their existence is driven by a spectral gap of the Lax operator, together with the analytic constraint of the Hardy space.

We establish a spectral characterization of dark multi-soliton potentials, construct the action–angle variables, and prove the complete integrability on each dark N -soliton set. Using the inverse spectral transform, we show that the poles of dark multi-soliton solutions satisfy a complexified Calogero–Moser system. We also analyze the long-time asymptotics: in contrast to bright multi-solitons, all poles of dark multi-solitons remain uniformly away from the real axis, yielding uniform Sobolev bounds in time.

2次元戸田格子と Arnoldi 法の対応関係：正則なクリロフ部分空間のトポロジー

三浦 憂 (京都大学)

アブストラクト

クリロフ部分空間法的一种である、エルミート行列に対する Lanczos 法が、量子系では虚時間発展を通して戸田格子と関連することが知られている [1]。これは、有限開鎖戸田格子における Moser の結果を反映したものである。我々はこの戸田格子とランチョス法との対応関係を、複素時間変数による正則な時間発展を用いて、2次元戸田格子と Arnoldi 法との対応関係に拡張した [2]。この対応関係において、 τ 関数はクリロフ部分空間の体積と解釈され、フラシユカ変数はクリロフ部分空間のベリー接続、ベリー曲率と解釈できることを述べる。

[1] arXiv: 1912.12227 [2] arXiv: 2608.04850

Staircase reductions of the discrete KdV equation as pseudo-automorphisms in arbitrarily high dimension

○ Alexander Stokes (早稲田大学), Ralph Willox (東京大学), Anton Dzhamay (BIMSA)

アブストラクト

離散 Painlevé 方程式や QRT 写像などの 2 次元の双有理写像によって定義される離散可積分系には、初期値空間の概念が存在する。これらはブローアップによって得られる有理曲面であり、その上では双有理写像は同型写像として記述される。高次元においても類似の構成が存在するが、そのためには擬同型 (pseudo-isomorphism) というより弱い概念を用いる必要がある。この構成は、竹縄らによって離散 Painlevé 方程式の高次元類似のいくつかの例に対して実現されている。本講演では、離散 KdV 方程式の階段縮約によって得られる双有理写像の族を例として、この構成が任意高次元で成り立つことを示す。また、対応する有理多様体を構成し、保存量の幾何学的意味について議論する。

拡張 q -ガルニエ系

長尾 秀人 (岐阜聖徳学園大学)

アブストラクト

離散パンルヴェ方程式の多変数拡張として知られる q -ガルニエ系に対し、対称性をもつ q -ガルニエ系を考える。本講演では、この対称型 q -ガルニエ系の構成とその性質について述べる。また、他の離散ガルニエ系および離散パンルヴェ方程式との関係についても紹介する。

離散化・超離散化と線形方程式系の平衡解の安定性について

松家 敬介（武蔵野大学）

アブストラクト

離散化は微分方程式（連続系）から差分方程式（離散系）に変換する手続きであり、超離散化は、加法・乗法・除法による差分方程式を Max・加法・減法による差分方程式（超離散系）に変換する手続きと見なせる。本発表は、線形方程式に注目し、離散化・超離散化によって、連続系・離散系・超離散系のそれぞれの方程式における平衡解の安定性に関する条件の対応について議論する。

2進変換カオスの単調増加部分列

○岩尾 慎介（慶應義塾大学），中村 文彦（北見工業大学），中野 雄史（北海道大学）

アブストラクト

2進変換 (dyadic transformation) はベルヌーイシフトとも呼ばれ、決定論的カオスの主要な例として知られる。決定論的に生成されるにもかかわらず乱雑な性質を示すことから、しばしば「カオス」は「ランダム」と対比される。

本研究では、「ランダムヤング図形」に対応する「2進カオスヤング図形」の性質を調べる。ランダムヤング図形とは、独立同分布のランダムな数列に、シェンステッドのアルゴリズムを施すことで得られるヤング図形のことである。ランダムヤング図形の極限形 (limit shape) は、それ自体興味深いだけでなく、無限位数の対称群の表現論とも深い関係を持つことが知られている。特に、ヤング図形の第1行の長さは、元の数列に含まれる最長の単調増加部分列の長さと同じことが知られており、ランダム数列の性質を調べるための重要な量の一つとして扱われる。

本講演では、初期値を一様ランダムに選んだときの「2進カオスヤング図形」の第1行の長さ、つまり、2進変換で生成される数列内の最長単調増加部分列の長さを扱う。この値の漸近挙動を見積もる組み合わせ論的手法を紹介し、2進カオスヤング図形とランダムヤング図形の挙動を対比して論ずる。

10月9日（金） 10:40–11:05 口頭講演

セルオートマトンのエントロピー

野邊 厚（早稲田大学）

アブストラクト

セルオートマトンのエントロピーと可逆性に関する講演を行う予定ですが、詳細は未定です。

楕円型有理 Wilson ペンシル対と簾ポテンシャル

辻本 諭（京都大学）

アブストラクト

楕円型 Wilson 双直交有理関数は、楕円型超幾何関数論と双スペクトル問題の接点に現れる。本講演では、古典的な双直交有理関数に付随する q -差分作用素を出発点とした代数的取り扱いを紹介する。特に、楕円型有理 Wilson ペンシル対と簾ポテンシャルとの間に見いだされた関係について、その概要を報告する。

離散ソボレフ不等式の筋交問題への応用

永井 敦（津田塾大学）

アブストラクト

離散ソボレフ不等式の筋交問題への応用を論じる．筋交モデルを平面グラフとして捉え，対応する離散ラプラシアン行列のグリーン行列が適切なヒルベルト空間の再生核となることを示し，再生等式を用いて離散ソボレフ不等式を導出する．不等式の最良定数は，筋交モデルの硬さを定量的に評価する指標となる．本研究では，特に $1 \times n$ および $2 \times n$ 筋交モデルに着目し，筋交の配置パターンや部材の剛性パラメータが最良定数に与える影響を解析する．

片側開放境界条件での ASEP の不変測度態と i 量子群

笥 三郎 (立教大学)

アブストラクト

非対称単純排他過程 (ASEP) は、統計力学において非平衡定常状態を記述する代表的な粒子モデルであり、両側が閉境界条件のもとでの有限系の不変測度は、量子群対称性を利用して構成できることが知られている (Sandow-Schutz, 1994)。近年、量子群のある種の余イデアル部分代数である " i 量子群" が導入され、表現論的な性質が議論されてきた。本研究では、2 種粒子 ASEP において一方が開境界、もう一方が開境界である場合の不変測度と、 i 量子群との関係を議論する。

2 階粒子数保存 CA と区分線形基本図

福田 亜希子 (芝浦工業大学), 渡邊 扇之介 (福知山公立大学), 西田 優樹 (京都府立大学), ○松木平 淳太 (龍谷大学)

アブストラクト

2 階 2 値 3 近傍セルオートマトンのうち、粒子数を保存する局所ルールは 74 個あり、対称性により 30 同値類、15 代表ルールに整理される。本講演ではこの分類と基本図の全体像を紹介し、基本図が区分線形となる 5 代表ルールを取り上げる。これらの流束が、ECA Rule 184 型の粒子流束に 1 時刻前の局所配置による移動条件を組み込んだ min/max 型の式で表されることを示す。さらに、一部のルールでは、累積粒子数を表す高さ関数の時間発展を、max-min-plus 型方程式で記述できる。この方程式を離散 Hamilton–Jacobi 方程式として解釈し、特に Rule #4 を中心に、時間平均流量としての基本図を導く。

離散と超離散可積分系・今後の重要な課題

Ralph Willox (東京大学)

アブストラクト

離散可積分系と超離散可積分系分野における重要な問題を2つ紹介し、今後の新しい研究課題との関連性を説明する。一つは格子方程式の特異点に関する問題である。[1]で示されたように、離散 KdV 方程式における帯型特異点と対角線型特異点の間に独特な相互作用が存在し、その相互作用が高橋・薩摩の箱玉系と同等のルールに従う。一方、似たような現象は最近他の格子方程式にも発見され [2]、格子方程式における特異点と箱玉系との不思議な関係を解明する必要がある。もう一つは高次元の双有理写像の非自励化を巡る問題である。[3]で示されたように、3次元の Lyness 写像の非自励化が今まで発見された離散 Painlevé 方程式と完全に異なる非事例的な係数を持ち、この結果は今後の高次元の離散 Painlevé 方程式に関する研究に新しい課題を与えている。

[1] D. Um, A. Ramani, B. Grammaticos, R. Willox and J. Satsuma, J. Phys. A: Math. Theor. 54 (2021) 095201 (26pp). [2] R. Willox, B. Grammaticos, A. Ramani and T. Tamizhmani, preprint (2026) arXiv:2607.15670 [nlin.SI]. [3] B. Grammaticos, A. Ramani and R. Willox, to appear in J. Phys A (2026), arXiv:2603.24871 [nlin.SI].

幾何学的形状生成と可積分系

梶原 健司（九州大学）

アブストラクト

幾何学的形状生成における可積分系の役割を対数型美的曲線とその拡張，空間曲線，曲面，また離散的なトラス構造を例にして解説します．また，美的形状に関して最近見出された対称性「自己アフィン性」について，可積分系との関係も意識しつつ議論します．

FDNF ファジィ化の拡張と非線形パターンダイナミックス

○時弘 哲治（武蔵野大学），佐々木 多希子（武蔵野大学），清水 清隆（武蔵野大学）

アブストラクト

「一般化 FDNF（ファジィ選言標準形）」の枠組みを提案し，エレメンタリー・セルオートマトン（ECA）に応用した．端点を保存するファジー化関数を用いることで，境界上では ECA に一致する，閾値型や不連続型など様々な力学系を構成することが可能になる．ルール混合や不連続パラメータの導入による生成パターンの転移現象や，最小 3 セル構成での非線形パターンの周期挙動を解析した．

10月9日（金） 16:10–17:10 特別講演

可積分系について

薩摩 順吉 先生（武蔵野大学・東京大学）

アブストラクト

現在「応用数理」にチュートリアルとして講演題目の内容を連載中ですが、講演時期に最終稿が出来上がっているはずですので、全4回の内容の紹介を中心にお話しします。

Exact calculation of degrees for ABS equations

Chen Shuo (京都大学)

アブストラクト

Degree growth and algebraic entropy are widely used as indicators of integrability for discrete equations. An important problem is therefore to determine the degree of an iterate not only asymptotically, but exactly. For ordinary difference equations, Halburd developed a method for exact degree calculation based on preimage counting, while Mase subsequently extended this approach to lattice equations. Mase's framework, however, relies on the basic pattern condition and the ∂ -factor condition, which are not satisfied by several important integrable lattice equations. In this talk, I will explain how the preimage-counting approach can be extended to the Adler–Bobenko–Suris (ABS) equations, which form a fundamental class of multidimensionally consistent quad equations. I will first review Halburd's method and Mase's extension, emphasizing the mechanism by which local information is converted into global degree formulas. I will then discuss the difficulties that arise for ABS equations when the assumptions of Mase's method fail. To overcome these difficulties, we use the special algebraic structure of the ABS equations. For the degenerate cases, suitable semi-basic patterns recover the information needed for preimage counting, while for the remaining equations the edge biquadratic structure provides propagation relations that control the relevant preimages across the lattice. These arguments give a unified way to determine the contributions to the degree without relying on the original basic pattern and ∂ -factor assumptions. As a result, exact degree formulas can be obtained for all equations in the ABS classification.

Liouville integrability of cluster maps of type A_{2N}

○ Wookyung Kim (京都大学), Andrew Hone (University of Kent), Jan Grabowski (Lancaster University)

アブストラクト

Cluster maps arise from particular compositions of cluster mutations and give rise to discrete dynamical systems through iteration. In finite Dynkin type, such maps are closely related to Zamolodchikov periodicity and provide natural examples of discrete integrable systems.

In this talk, we consider the cluster maps associated with Dynkin type $A_{-}\{2N\}$ and prove that they are integrable in the Liouville sense. Our approach makes use of the connection between the cluster dynamics and Coxeter frieze patterns, together with the associated Poisson structure, to construct a family of Poisson-commuting first integrals. We then show that N of these integrals are functionally independent, providing the required number of integrals for the $2N$ -dimensional symplectic map. This is one of the results of joint work with Hone and Grabowski.

メビウス幾何における曲線の自己アフィン性と可積分幾何

○熊谷 駿 (八戸工業大学), 梶原 健司 (九州大学)

アブストラクト

対数型美的曲線 (LAC) は, 実形状分析に由来して工業意匠設計等への応用が検討されてきた平面曲線族である. 井ノ口ら (2023) は, LAC を含む曲線族が相似幾何における曲線の可積分変形の不変曲線 (Burgers 方程式の定常解) として特徴づけられることを明らかにした. ここで, Klein 幾何における定曲率性のある種の 1 径数変換群の作用に対する不変性 (自己アフィン性) の関係を調べることで, アフィン幾何における Klein–Lie の「W-curve」と LAC をメビウス幾何の枠組みで統合する定式化を得た. 本講演ではこのことを紹介するとともに, Klein 幾何における曲線の可積分変形の観点と交えて議論する.

周期領域における Zakharov–Kuznetsov 方程式の重心不変量

嶋崎 裕一朗 (東京理科大学)

アブストラクト

非線形波動方程式の数値計算では、保存量の相対誤差を計算の妥当性の指標とすることが多い。しかし保存量の解析的導出では無限遠での減衰を前提に導かれる一方、計算は通常有限領域、特に周期的境界条件のもとで行われることが多い。本発表では空間2次元非線形分散方程式である Zakharov–Kuznetsov (ZK) 方程式について、この差が何を引き起こすかを報告する。鍵は、ZK の保存量のうち唯一座標を陽に含む、重心に関する不変量である。境界条件を族 $\{\mathbb{R}, \mathbb{T}\}^2$ として扱うと、欠損の条件は二因子: (i) 重み方向が compact 化されること、(ii) かつそれがフラックス方向であること、に整理される。さらに Galilei ブーストで静止させた解により、対称性が方程式レベルで生存しつつも Noether 荷が存在しないことを示す。

10月10日(土) 11:30–11:55 口頭講演

超伝導出身のソリトン、津波を夢見て分野横断の旅に出る

高橋 大介 (慶應義塾大学)

アブストラクト

最近出版された論文 [<https://doi.org/10.7566/JPSHT.6.007>] に基づいて、二乗分散パリティ混合 Bogoliubov-de Gennes 演算子から生成される可積分階層とその物理的応用について、これまでの結果と今後の課題を述べる。可能であれば共同研究者を募りたい。

Wu–Yang type defects in $SU(2)$ pure Yang–Mills theory

甘利 悠貴 (広島大学)

アブストラクト

3+1 次元 pure Yang-Mills 理論において、点状特異性をもつ厳密解として Wu-Yang モノポールが知られている。本講演では、Wu-Yang モノポールを一般化して得られるリング状・棒状の特異性をもつ解や、スキルミオン・ストリングで結ばれたモノポール対を記述する解について、これらの統一的な構成法とそれぞれの性質を議論する。

10月10日(土) 13:55–14:20 口頭講演

On equivalence between solution structures of the anti-self-dual Yang–Mills equations

Li Shangshuai (名古屋大学・寧波大学)

アブストラクト

アブストラクト未提出

可積分系統一理論の非可換化に向けて

浜中 真志 (名古屋大学)

アブストラクト

高次元ゲージ理論の枠組みから可積分系を統一的に記述する研究は古くから盛んであった。例えば、4次元反自己双対ヤン・ミルズ (ASDYM) 方程式からのリダクションによって、KdV 方程式、NLS 方程式、戸田方程式、パルベ方程式といった主要な可積分系が導出される。これはウォード予想として知られメイソン・ウッドハウスの本にツイスター理論の視点からまとめられている (なお関連研究会が8月27・28日に名大多元数理で行われた)。ただし KP 方程式については満足いく導出は得られなかった。一方最近、4次元チャーン・サイモンズ (CS) 理論からのリダクションによって、古典ヤンバクスター関係式を持つ2次元可積分系が得られることが示された。さらに6次元 CS 理論から4次元 CS と4次元 ASDYM がダブルファイブレーションの形で得られることが分かり、これこそが可積分系統一理論の姿ではなかろうかと考えられている。2025年9月には (モイダル変形の意味の) 非可換5次元 CS 理論から (可換)KP 方程式が導出され、佐藤理論との接点も見出された。この非可換性が決定的な役割を果たしており、可換極限では無分散 KP 方程式に帰着してしまう。また非可換 ASDYM 方程式については講演者や高崎金久氏などの仕事があり、さまざまな知見が得られている。これらを踏まえて、可積分系統一理論の非可換化を提唱し議論する。

離散半線形波動方程式の収束性と安定性

○坪田 凌輔 (武蔵野大学), 松家 敬介 (武蔵野大学)

アブストラクト

Matsuya (2013) が導入した半線形波動方程式の離散化は、非線形項が有理式で与えられる非標準的な差分スキームであり、解の爆発という定性的性質を保つ。本講演では、このスキームの適切性と安定性を示し、真の解が存在する時間区間上で格子幅について 1 次の収束を得る。証明には Saito–Sasaki (2016) の特性線に沿う安定性評価と離散 Gronwall 不等式を用いる。

NLS 階層における佐藤・毛織の多項式について

○小崎 祐太 (立教大学), 笥 三郎 (立教大学)

アブストラクト

広田良吾によって導入された双線形化法は, ソリトン方程式を双線形形式という扱いやすい形に変換して解析する手法である. 佐藤幹夫と佐藤 (毛織) 泰子は, 広田型双線形方程式を具体的に書き下し体系的に分類するために, 無限変数の多項式を導入した. ここではこれを佐藤・毛織の多項式と呼ぶ. KdV 階層におけるこの多項式について, 山田裕史はシューアの Q 関数に一致すると予想し, 後に田畑純孝と岡田総一によって独立に証明された. 本研究では, NLS 階層 (古典的ブシネスク階層) に対する佐藤・毛織の多項式がパフィアンで記述できることを示し, その多項式の性質を議論する.

多重直交多項式の新しいリダクションと対応する行列

○加藤 圭悟 (同志社大学), 三木 啓司 (同志社大学)

アブストラクト

行列の固有値問題は工学・情報学などの様々な分野において現れる重要な対象であり, 特に3重対角行列については直交多項式の理論と深い結びつきがあることが知られている. この関係に注目して, 直交多項式の一般化と様々な固有値問題との関係が議論されている. 例えば, 2-直交多項式から4重対角行列の固有値問題が導かれる. 本講演では, 2-直交多項式を特殊な場合として含む多重直交多項式に注目し, 新しい特殊化を考えることで新しい直交多項式列を導入する. さらに, この多項式列がより一般的な下ヘッセンベルグ行列の固有値問題と対応することを述べる.

QRT 系から得られる符号付超離散連立系の相平面解析

○鈴木 清一郎 (法政大学), 礪島 伸 (法政大学)

アブストラクト

本研究では, ある QRT 系に符号付超離散化 (pUD) を適用し, 得られた超離散方程式に対して粗視化を用いた相平面解析を行う. これにより, 解軌道や解の挙動の特徴を明らかにし, 従来の符号付超離散非線形バネモデルとの比較から, 両者の共通点および相違点について考察する.

超離散リミットサイクルにみられる準周期構造について

○大森 祥輔（法政大学），山崎 義弘（早稲田大学）

アブストラクト

Selkov モデルや Negative feedback モデルから導出される超離散方程式は、離散状態から構成される超離散リミットサイクルを有することが知られている。その際、パラメータを変化させることによって、リミットサイクルを構成する状態数が変化し、その変化の過程で準周期構造が現れる。本発表では、この準周期構造に着目し、その発現機構並びに動力学的性質について、これまで得られた結果を報告する。

Camassa–Holm 方程式の可積分な全離散化とその行列式解

○田中 悠太，丸野 健一（早稲田大学），太田 泰広（神戸大学）

アブストラクト

Camassa-Holm 方程式は浅水波を記述する $1+1$ 次元可積分系であり，Ohta-Maruno-Feng によりホドグラフ変換を用いた可積分な空間離散化が提案されている．本講演では，これに可積分な時間離散化を導入した全離散 Camassa-Holm 方程式の構築，およびその行列式解の導出と解析を行う．

連分数展開を用いた線形保存系の任意精度をもつ可積分差分

○前田 憲伸 (同志社大学), 近藤 弘一 (同志社大学)

アブストラクト

本研究では, 三角関数解および双曲線関数解をもつ線形系に対して, 保存則を維持しつつ任意の精度を達成する可積分差分法を提案する. 本手法は, 連続系の解を, 保存則が成り立つ制約の下で有理関数近似することによって実現される. 具体的には, 連分数に任意定数を組み込んだ新たな有理関数を導入する. これにより, 任意定数の数や近似精度を自由に選択できる可積分差分法を構築する.

不等間隔差分の成長曲線予測への応用

佐藤 大輔 (福岡工業大学)

アブストラクト

成長曲線による予測は新製品普及モデルやソフトウェア信頼性工学などで使われている。成長曲線モデルそのものは微分方程式によって記述されるが、離散量であるデータを扱うため差分方程式の方がデータ分析する上で好ましい。さらに正確な予測には可積分差分方程式が優れていることが示されている。しかしながら可積分差分方程式は確定モデルであり、確率モデルではないため分布が得られない。また、公開されている実データが少ないため、擬似データ発生が望まれるが、成長曲線は累積データのモデルであるため、安易に確率項を導入すると減少してしまうという問題がある。これらの問題を解決するために不等間隔差分方程式およびそれを元にした確率モデルの提案を行う。

ポスター発表

10月10日（土）15:20–17:00

デイヴィー・スチュワートソン方程式のマルチランプ解の導出

○長沼 僚祐 (早稲田大学), 丸野 健一 (早稲田大学)

アブストラクト

マルチランプ解とは2次元局在パルス解の1種でKP方程式、楕円型2次元戸田格子方程式、デイヴィー・スチュワートソン方程式で存在することが知られている。本発表ではデイヴィー・スチュワートソン方程式のマルチランプ解について今までに知られている方法とは異なる方法で導出した結果について報告する。

中間深度長波 (ILW) 方程式のダークソリトン

○吉田 颯真 (北里大学), 石井 結士 (北里大学), 中村 厚 (北里大学)

アブストラクト

中間深度長波 (ILW) 方程式のダークソリトン解が存在することを示した。ダークソリトンおよびブライトソリトンに付随した波数領域を特定するとともに、これらの複合ソリトンの運動について解析する。KdV 極限についても考察する。

Soliton-preserving ASDYM reductions in the $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ Pauli frames

○ HE TINGXIAO (早稲田大学), Maruno Kenichi (早稲田大学), Li Shangshuai (名古屋大学・寧波大学)

アブストラクト

Most integrable equations could be obtained by the reductions of the anti-self-dual Yang–Mills equations. Using the Cauchy-matrix approach, the Sylvester equation generates all four ASDYM potentials J, K, P, Q . We study the $(2+1)$ -dimensional reduction generated by $Ea = \sigma_a/2$ ($a=1,2,3$) in the three Pauli frames, which could transform to the $(2+1)$ -dimensional NLS system, the Miura map to the Gerdjikov–Ivanov system, the GI/CLL/KN derivative-NLS family, the Heisenberg ferromagnet equation and the WKI equation. As for the soliton, our method gives a bright soliton in σ_3 and a dark soliton in the σ_1 frame, and the breathers, two-solitons and line, curved and V-shaped solitons are obtained in the frames.

カイラル磁性体上のソリトン励起

○宮本 薫 (広島大学), 甘利 悠貴 (広島大学), Calum Ross (Edge Hill University), 新田 宗土 (慶應義塾大学)

アブストラクト

カイラル磁性体上のソリトン励起は、形状を保ったまま長距離を伝播できるため、データ輸送など応用の可能性がある。回転軸に沿った容易軸異方性をもつらせん磁気構造中には、解析的にソリトン励起を構成できる。これに類似した状況で、容易面異方性をもつ場合にもソリトン励起が構成されている。我々は、らせん磁気構造に回転軸に直行する容易軸異方性を取り入れ、カイラルソリトン格子中のソリトン励起を数値的に構成した。本発表では数値解の性質を議論し、連続理論との比較および磁気スキルミオンとの関連について考察する。

Coupled B 型 Hungry Lotka–Volterra 方程式の構成と数理構造

○吉良 はるな（早稲田大学），田中 悠太，志波 直明，丸野 健一（早稲田大学）

アブストラクト

戸田格子と並ぶ代表的な空間離散ソリトン方程式である Lotka-Volterra (LV) 方程式は、KdV 方程式の空間離散化とみなせる。その拡張である Hungry LV (HLV) 方程式は離散 KP 方程式から、B 型 HLV は離散 BKP 方程式から導かれる。本講演では、離散 modified BKP 方程式から時間離散および時間連続 Coupled B 型 Hungry Lotka-Volterra 方程式を構成し、その数理構造について報告する。

チューリングパターンを発生させる連続モデルおよび離散モデルの対応関係の解明に向けて

○瀬川 愛夢美 (芝浦工業大学), 石渡 哲哉 (芝浦工業大学)

アブストラクト

トロピカル離散化は、微分方程式を正の変数のみで記述された差分方程式に変換する手続きである。これにより得られる差分方程式に対し、平衡点の安定性や分岐に関する研究が進む一方、スキームの数値解析的性質は十分に明らかでない。本研究では、チューリングパターンを発生させる反応拡散系を対象に、連続系との整合性、数値解の有界性および厳密解への収束性を解析するとともに数値実験を行う。

空間 1 次元の矢嶋・及川方程式に対する高次近似と可積分性について

沢田 陽宏 (立教大学)

アブストラクト

矢嶋・及川方程式の高次近似の方程式は、末次・及川によって導出されている。元の矢嶋・及川方程式は Lax 対、N-ソリトン解を持つという意味で可積分系であることが知られているが、この高次近似モデルが可積分性を保持しているかは興味深い課題である。本研究では、偏微分方程式の可積分性の判定法の 1 つである WTC (Weiss-Tabor-Carnevale) テストを高次近似の方程式に対して適用し、その可積分性を解析した。本発表では、WTC test の結果について報告し、その可積分性について議論する。

肝臓におけるアルコール代謝の数値モデル：遺伝子多型を考慮した酵素飽和反応と不完全分岐の導入

○荒木 美月（早稲田大学），岡本 和也（平成国際大学），田中 悠太，丸野 健一（早稲田大学）

アブストラクト

摂取されたアルコールの約9割は肝臓で代謝される。肝臓内では、酵素の働きによってエタノールから有害なアセトアルデヒド、そして無害な酢酸へと代謝が進行する。この過程の中間産物であるアセトアルデヒドは強い毒性を持ち、肝細胞に深刻なダメージを与える要因となる。さらに、遺伝子多型に起因してアルコールの代謝能力には個人差が存在するため、個人の体質や飲酒量に応じた適切なリスク管理が求められている。石本，小泉，鈴木（2013）は、この代謝プロセスと肝機能の低下を3変数の微分方程式系を用いてモデル化した。本研究では、石本らのモデルに対して新たに2つのアプローチを試み、より現実的な数値モデルを提案する。モデルに対して線形安定性解析および数値計算等を実施し、飲酒時における肝臓の動態が定性的に妥当であるかを検証する。

Airy-type Solutions of KP, Cylindrical KP and Spherical KP Equations

○リュウ ウシヨウ (立教大学), 笥 三郎 (立教大学)

アブストラクト

We apply the general method of obtaining Gram determinant solution of the KP equation suggested by A. Nakamura to construct solutions consisting of the Airy function $Ai(x)$ or $Bi(x)$. While the $Ai(x)$ case that shows a ripple has already been discussed by Y. Ohta, the $Bi(x)$ case is also studied here. It turns out the $Bi(x)$ case shows an asymmetric crest.

In addition, using proper variable transformations, we can change cylindrical and (3+1)-dimensional spherical KP equations into ordinary (cartesian) KP-type equations and obtain their corresponding Airy-type solutions. While the variable transformation of the cylindrical case has been suggested by R. S. Johnson, we extend the transformation into the spherical case. It may have applications to the studies of plasma in astrophysics.

超球面上の離散曲線運動による coupled mKdV 方程式の半 離散化

○岩田 瑞生 (早稲田大学), 丸野 健一 (早稲田大学)

アブストラクト

等周条件を満たす平面曲線の運動から mKdV 方程式が導かれることはよく知られており, その離散化についても研究が進められている. また, Doliwa らは, 超球面上の曲線運動から mKdV 階層が得られることを示したが, その離散化は低次元の場合に限られている. 本研究では, 広田・岩尾の coupled mKdV 方程式に着目し, 超球面上の離散曲線の運動から, 対応する半離散 coupled mKdV 方程式を導出することを目指す.

双直交多項式と RI 型多項式

○松尾 拓弥（福知山公立大学），前田 一貴（福知山公立大学）

アブストラクト

双直交多項式に対して簡約条件を課すと，ある漸化式を満たす多項式列が得られることが知られている．また，これらの多項式列の間のスペクトル変換も得られる．一方で，直交多項式のスペクトル変換を用いて RI 多項式を構成する方法が知られている．本発表では，この構成方法と同様の方法で簡約条件を課した双直交多項式から RI 多項式に類似した多項式を構成することを試みたので報告する．

max-plus 型擬ボイドの厳密解について

○高橋 一陽（早稲田大学），高橋 大輔（早稲田大学）

アブストラクト

鳥や魚の群れのような動物の行動を微分方程式で再現した著名な数理モデルにボイドがある。このモデルは個々の個体の位置と速度に関する連立常微分方程式で与えられ、相互作用として分離 (Separation)、整列 (Alignment)、結合 (Cohesion) の動作規則が組み込まれている。この中で唯一の非線形性が分離の動作規則に含まれている。本研究では、分離に似た効果を max-plus 関数で表現した、区分線形の連立常微分方程式を議論する。区分線形であるため、それぞれの個体の位置と速度で分類された相空間内の領域毎に連立線形常微分方程式を解き、それらを領域の境界でつなぎ合わせることによって厳密解を得ることができる。発表では、少数の集団の場合の厳密解、および、多数の場合にこの特徴を利用した数値計算法について議論する。

ある楕円曲線の有理点の退化の様子とその展開係数について

○中原 詩麻 (兵庫県立龍野高等学校), 岩井 悠 (兵庫県立龍野高等学校)

アブストラクト

楕円曲線の係数体に $\mathbb{Q}(t)$ を選んだ $y^2 = x^3 + a(t)x + b(t)$ は有理楕円曲面と呼ばれ, parameter t が特定の値をとる場合に, 曲線は退化して楕円曲線ではなくなる. こういった場合に得られる (楕円曲線ではない) 曲線は特異ファイバーと呼ばれ, 1964 年に小平邦彦によって分類された A_2 -model と呼ばれる有理楕円曲面に注目すると, 自明に 6 つの有理点が存在し, そこから生成される有理点の系列は格子群の構造をもつ. 各格子点の $t \rightarrow \infty$ における Laurent 展開の係数の決定について詳しく述べる.

Max-Plus 粒子系における 3 次元基本図の導出

○高橋 大輔 (早稲田大学), 松木平 淳太 (龍谷大学), 岡本 和也 (平成国際大学)

アブストラクト

粒子保存則をもつ粒子 CA に対して, 2 種の密度と流量の関係を表す一価の 3 次元基本図が得られている. 本研究では, これを実数値をとる Max-Plus 粒子系へ拡張し, Max-Plus 代数の枠組みに基づいて 3 次元基本図を理論的に導出する. これにより, 粒子 CA で得られていた 3 次元基本図を包含する, より一般的な理論的枠組みを与える.

可積分離散べき関数・離散対数関数から構成される Michell–Prager 型トラス構造

○政田 智秋 (九州大学), 早川 健太郎 (日本大学), 林 和希 (京都大学), 軸丸 芳揮 (東洋大学), 梶原 健司 (九州大学), 横須賀 洋平 (鹿児島大学)

アブストラクト

可積分離散正則関数の四角形メッシュからは, Michell–Prager 型とよばれるタイプのトラス構造を構成することができる. 可積分離散べき関数や離散対数関数から適切な部分構造を抜き出すと, これらは構造力学において材料体積を最小化するという意味で最適構造である Michell トラスの近似となっている. 形状最適化の前後での変化を観察することで, 構成した構造の最適性について数値的に検証を行った.

Padé 近似と特殊函数

山田 泰彦 (神戸大学)

アブストラクト

特殊函数を考える上で, Padé 近似の手軽さと有効性を示すいくつかの例を紹介します. 新しい結果はありません.