

数理物質融合科学センター 逆問題研究推進室

活動報告

青嶋 誠 (室長, 高次元統計解析)

構成教員

- 秋山茂樹 (代数)
- 木下 保 (数理解析)
- 田崎博之 (幾何)
- 照井 章 (計算機)
- 金子 元 (代数)
- 磯崎 洋 (数理解析)

連携教員

- 矢田和善 (高次元統計解析)
- 佐垣大輔 (代数)
- 竹山美宏 (数理解析)
- 梁 松 (数理解析)
- 久保隆徹 (数理解析)
- 守屋克洋 (幾何)
- 中井直正 (高次元統計解析)

高次元統計解析部門の活動報告 (1/2)

基盤研究(A)「大規模複雑データの理論と方法論の総合的研究」 研究代表者:青嶋 誠
挑戦的萌芽研究「ビッグデータの統計学: 理論の開拓と3Vへの挑戦」 研究代表者:青嶋 誠
による研究集会を複数回開催して、国際シンポジウムを筑波大学で開催した。ゲノム・金融・環境・情報工学における大規模複雑データについて、第一線の研究者達が問題提起を行い、最新の研究動向を探った。毎回50名～80名程が集い、幅広い視点から活発な議論を行った。

国際シンポジウムの開催

- [1] 「International Symposium on Statistical Analysis for Large Complex Data」
筑波大学, 2016年11月21-23日

研究集会の開催

- [2] 「統計学と機械学習における数理とモデリング」 東京工業大学, 2016年2月21-22日
[3] 「複雑な生命現象を読み解くための大規模データ解析とモデリング」 久留米, 2016年11月7-8日
[4] 「統計科学の現代的課題」 金沢大学, 2017年1月27-29日(予定)
[5] 「統計的モデリングと計算アルゴリズムの数理と展開」 名古屋大学, 2017年2月18-19日(予定)

The 4th Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting の日本代表として、2016年6月 27-30日に、香港で 600名規模の国際会議を開催した。(青嶋 誠)

日本数学会2016年度年会市民講演会で、「高次元の統計学」の題目で招待講演を行った。(青嶋 誠) 350名を超える聴衆が来場し、講演の様子は日本数学会「数学通信」に掲載され、近々ビデオでも公開予定。

高次元統計解析部門の活動報告 (2/2)

◆ ビッグデータのノイズ除去と、非スパース平均・共分散構造の解析

ビッグデータが内包する巨大なノイズを除去して、統計的推測を可能にする。

- [1] Aoshima and Yata (2016). Statist. Sinica
- [2] Yata and Aoshima (2016). Electron. J. Statist.
- [3] Aoshima, Shen, Shen, Yata, Zhou, and Marron (2016). Aust. N. Z. J. Stat.

◆ 高次元判別分析の最適性指標の構築と高精度判別法の開発

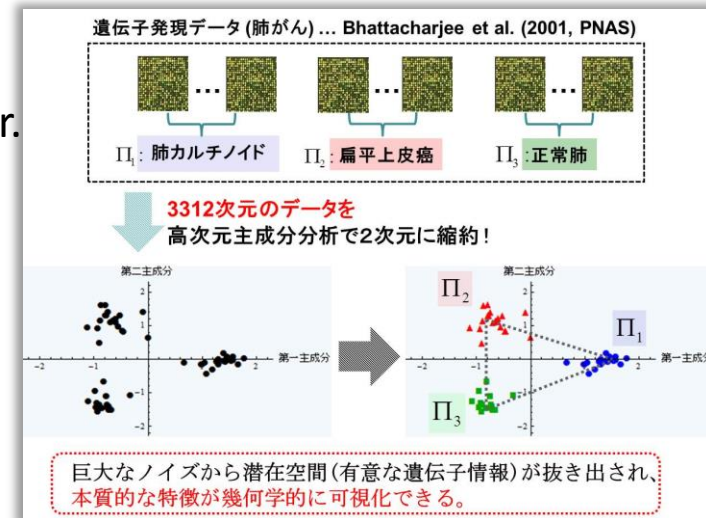
遺伝子データ等の高次元データを高精度に分類する。

- [4] Aoshima and Yata (2016). Ann. Inst. Statist. Math.
- [5] Nakayama, Yata, and Aoshima (2016). J. Stat. Plan. Infer.

◆ 高次元共分散構造の推定・検定法の開発

遺伝子ネットワークを高速・高精度に構築する。

- [6] Yata and Aoshima (2016). J. Multivariate. Anal.
- [7] Ishii, Yata, and Aoshima (2016). J. Stat. Plan. Infer.



2016年度統計関連学会連合大会 コンペティション講演 優秀報告賞 (中山, 矢田, 青嶋)

国際学会招待講演 7件、国内学会招待講演 5件、その他 12件 (青嶋, 矢田)

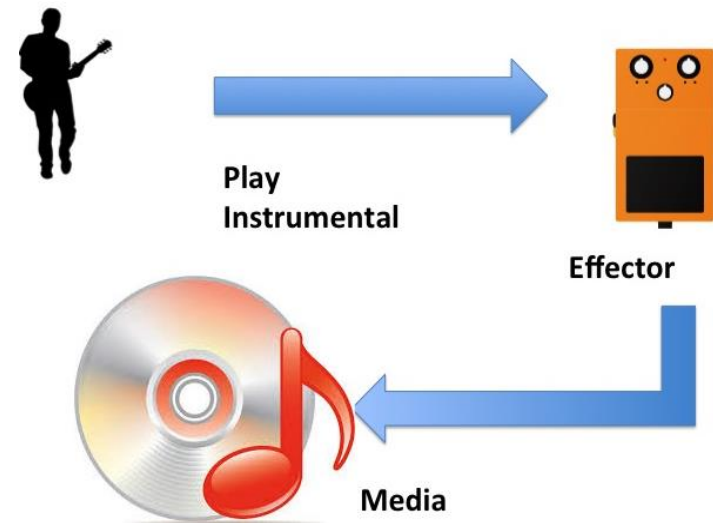
数理解析部門の活動報告

磯崎 洋(スペクトル理論・逆問題)

3次元半空間において、弾性波動方程式に対する定常解の具体的な漸近表示を導き、地震のレーリー波が表面のみを伝わるという現象の数学的な説明が可能となった。この結果を地震波に対する逆散乱問題に応用するのが、次の目標です。

木下 保(偏微分方程式・ウェーブレット)

宇宙モデルの微分方程式を考察し、天文学の観測結果への理論的な裏付けを目標としている。今年度は連携サロンで宇宙物理学の専門家と議論を行った。さらに、ウェーブレット解析の応用のため音響工学の専門家とギターの音色に関する解析を行った。



竹山 美宏(数理物理学)

近年、統計力学などの分野で、ランダムに動く曲面を離散化した数理モデルが活発に研究されている。このようなモデルは表現論という代数学の理論と深い関係がある。最近、この観点から新たなモデルの構成と解析を行っている。

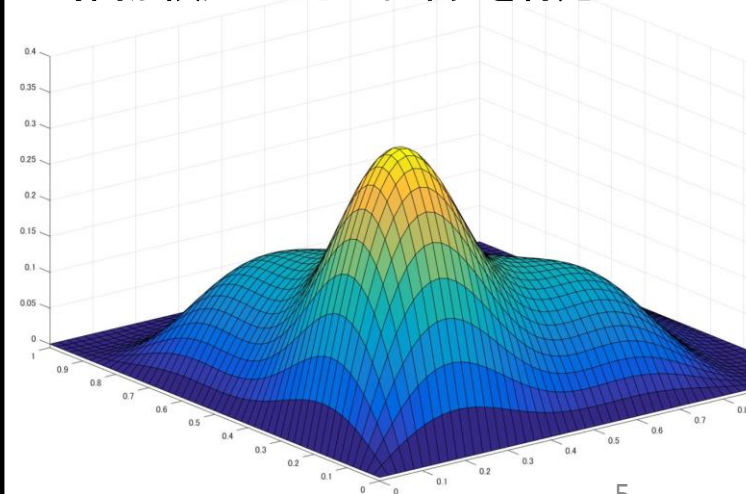
梁 松(確率論・極限定理)

ポテンシャル項が引力を与える確率ニュートン方程式について、ポテンシャルの係数が無限大に発散する時に、粒子の位置によって定められる測度の族の挙動を考えた。1次元の場合についてこの族の極限過程を与えた。

久保 隆徹(偏微分方程式・数値計算)

偏微分方程式の精度保証付き数値計算は定常問題に対するものが多く、非定常に対するものはほとんどなかった。非定常問題の半群理論を用いる手法を考案し、半線形熱方程式の大域解の存在の証明に応用した。

精度保証付き数値計算により半線形熱方程式の時間無限大のときの収束先を特定.



幾何部門の活動報告

田崎博之

対蹠部分群とは位数2の巡回群 \mathbb{Z}_2 のいくつかの積に同型な部分群である。

xyz 空間内の原点を中心とする球面の等長変換全体は3次直交行列全体の成す3次直交群である。この中の対蹠部分群は

$$\Delta_3 = \left\{ \begin{bmatrix} \pm 1 & & \\ & \pm 1 & \\ & & \pm 1 \end{bmatrix} \right\} \cong \mathbb{Z}_2 \times \mathbb{Z}_2 \times \mathbb{Z}_2$$

の中に変換できることがわかる。これらは、 x 軸、 y 軸、 z 軸に関する線対称および xy 平面、 yz 平面、 zx 平面に関する面对称を含む。

球面上で考えると、点および大円に関する対称変換になる。

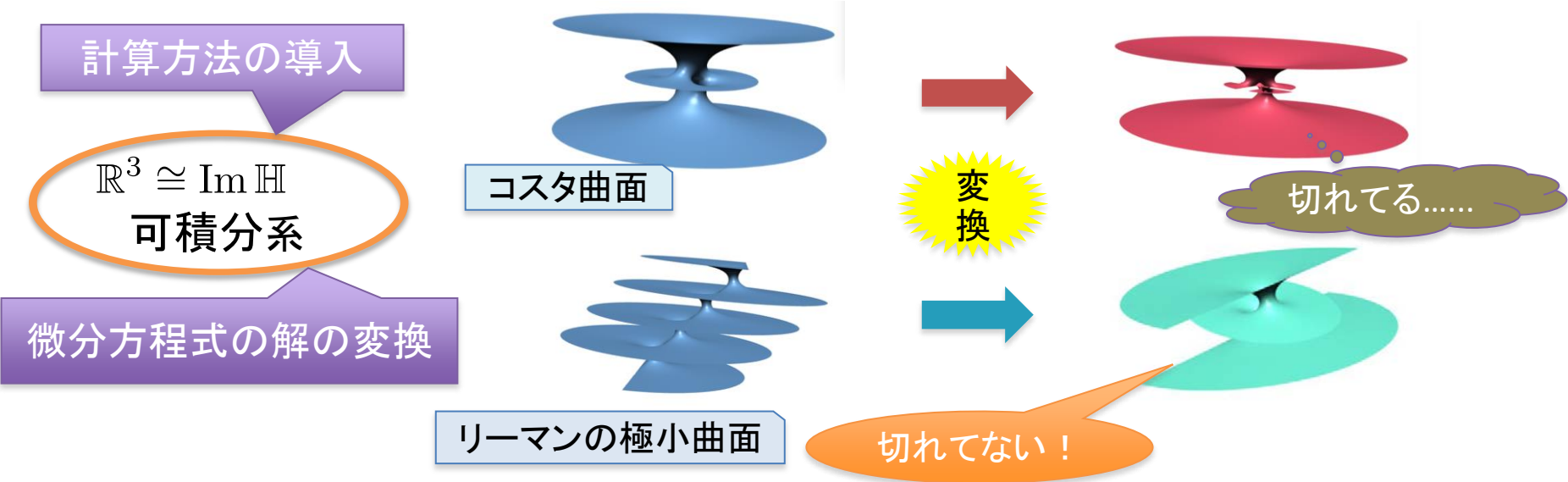
点に関する対称変換の不動点集合は対蹠点の対であり、

大円に関する対称変換の不動点集合は大円である。

これらは、二つの大円の交点是对蹠点の対になるという関係で結ばれている。

上記の現象がより一般的な状況のもとでも成り立つことを東京理科大学の田中真紀子さんとの共同研究で示し発表した。

四元数を用いた極小曲面の構成 (守屋克洋)



極小曲面は石鹼膜の数学的表現である。それは微分方程式の解として表される。これを具体的に解くことは難しい。

そこで四元数 \mathbb{H} という複素数の拡張版を導入して計算方法を増やし、微分方程式の解が与えられた時に、それを用いて新たな解を作るといふ、可積分系における解の変換の方法を使えるようにして新たな極小曲面を構成する方法を整備した。

一般には、この方法で構成される新たな極小曲面には切れ目が入ってしまうが、構成の様子を詳しく調べることによって、切れ目がない極小曲面を構成することに成功した。

代数部門の活動報告(1/2)

代数分野は活発な研究活動が進展している。

金子は Nancy で国際共同研究を推進中、
佐垣は数理物理との関連での組み合わせ論と表現論、
秋山は結晶、準結晶の構造研究を進めている。

論文(金子1、佐垣3、秋山3)。

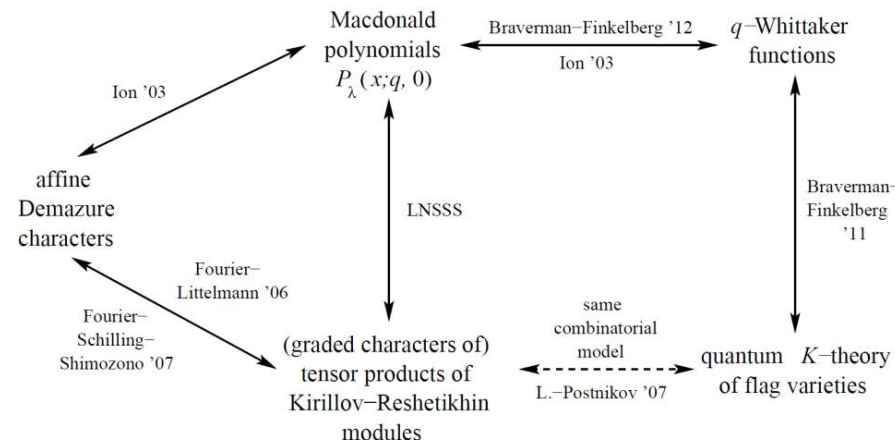
国際共同プロジェクト多数。会議オーガナイズ(秋山2回)、
国際会議発表(金子2、佐垣1、秋山3)など。

空隙級数の特殊値の超越性

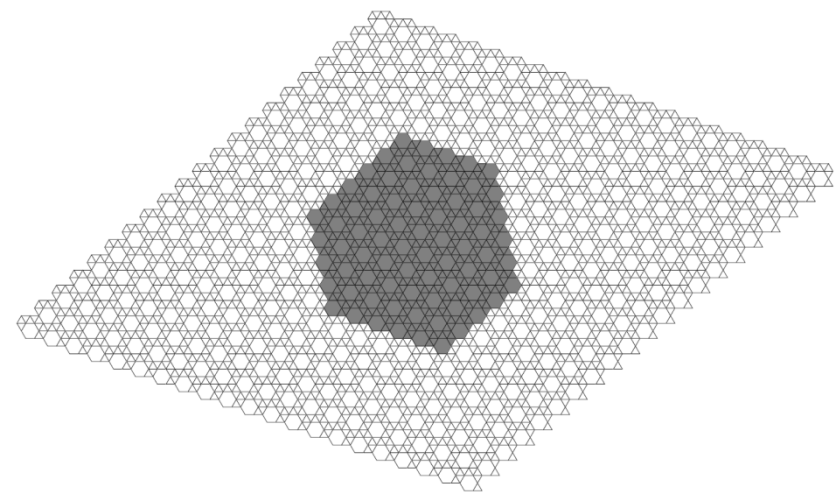
代数的数($\sqrt{2} = 1.41421356 \dots$ など)がもつ
ランダムさを定量的に調べることに成功。
超越性の証明に応用した。(金子)

代数部門の活動報告(2/2)

数理物理・組み合わせ論への応用
 一般直交多項式であるマクドナルド多項式を既約指標記述の道具として幾何学的に位置づけた。(佐垣)



- 結晶の形成と成長の基礎理論
- コロナ極限という概念を導入し、結晶がどのような形になるのかの数学的なモデルを与えた。(秋山)



計算機部門の活動報告(1/2)

人工知能プロジェクト「ロボットは東大に入れるか」 照井 章

2016年度の模試受験結果

1. 進研マーク模試(2016年6月)
 1. 5教科8科目総計: 525点、偏差値: 57.1
 2. 本年度はMARCH, 関関同立クラスの学部・学科で合格可能性 80%以上(A判定)の成績を達成
2. 代ゼミ2016 第1回東大入試プレ
 1. 文系数学 得点: 46/80(2問完答)、偏差値: 68.1
 2. 理系数学 得点: 80/120(4問完答)、偏差値: 76.2

全教科での模試受験は本年度で終了

筑波チームの研究成果

1. 前年度の数列ソルバの研究成果を数学ソフトウェアの国際会議 (ICMS 2016)で発表
2. 本年度は来年度に向けたメンバーの基礎力の養成が中心
3. 数列ソルバは昨年度のものを本年度も継続して利用

計算機部門の活動報告(2/2)

今後の研究予定

1. 得意分野を伸ばし、産業応用レベルへ持っていく
2. 「リーディング・スキルズ・テスト」を通じた読解力に関する研究
 1. 中高校生の読解力を多角的に診断した上で、中高生が人工知能と差別化できる読解力を身につけるための教育方法・教材の開発を行う
 2. なぜ「読解は人間／人工知能にとって難しいか」を明らかにするための基盤的研究を継続する

筑波チームの予定

1. 今後も継続して研究に参加
 1. 数式処理、自動推論関連
 2. 「リーディング・スキルズ・テスト」関連

数理連携サロン (1/2)

第5回：2016年6月16日 15:15-17:15 (自然系学系棟D509)

テーマ：宇宙

(宇宙実験、宇宙史、波動方程式と宇宙の成長)

講演：

(1)「国際宇宙ステーションの使い方」

谷垣文章(宇宙航空研究開発機構 きぼう利用センター)

(2)「宇宙大規模構造」

吉川耕司(筑波大学 計算科学研究センター)

(3)「Wave equation in Einstein and de Sitter space-time」

木下 保(筑波大学 数理物質系)

オーガナイザー：木下 保

数理連携サロン (2/2)

第6回：2016年12月5日 15:15-17:15 (自然系学系棟D509)

テーマ：人工知能

(大規模線形計算と機械学習、自動推論)

講演：

- (1) 「大規模固有値解析エンジンの開発と
そのシミュレーション・データ解析への応用」
櫻井鉄也 (筑波大学 システム情報系)
- (2) 「限量記号消去を推論器とする数学入試問題の自動解答器」
岩根秀直 ((株)富士通研究所 / 国立情報学研究所)
- (3) 「大学入試の数列問題を解く自動推論アルゴリズム」
照井章 (筑波大学 数理物質系)

オーガナイザー：照井章

数理科学研究推進室

2017年1月に、2017年度に予定されている数理物質系センター改編に向けて新たな連携体制を構築するために、「逆問題研究推進室」を改組して、

数理科学研究推進室

を設置しました。

大規模複雑データなどの解析に関する課題を、理論と方法論の両面から数学的に俯瞰し、研究の新たな展開を目指しています。