

第3回 数学と諸分野との連携研究の探索

日時：2014年1月31日（金）11:00-17:00

場所：東北大学大学院情報科学研究科 大講義室

主催：東北大学重点戦略支援プログラム「数学をコアとするスマート・イノベーション融合研究共通基盤の構築と展開」（代表者：情報科学研究科 尾畑伸明）

プログラム

11:00-11:30 三浦佳二（情報科学研究科応用情報科学専攻）

「現代幾何学の脳活動データ解析への応用」

数学を使う立場からスマート・イノベーションを目指すために、諸分野で慣習的な数学手法を使うのみならず、誰も使っていない純粋数学のアイデアをいち早く応用するスタイルが考えられる。これを組織的に行うことを目指して、これまでも文科省WS「応用現代幾何学」やAMF星陵サテライトを開催してきた。本講演では、私の個人レベルでの研究として、情報幾何学やHodge-小平分解を例として、現代幾何学が脳科学のデータ解析においてどのように役立つかを紹介する。

11:30-12:00 中澤嵩（理学研究科数学専攻）

「医科学・環境科学における数理科学の活用」

本講演では、1) 医科学・2) 環境科学における数理科学の活用事例について述べる。1) 医科学においては、人工透析に用いられる低侵襲性人工血管の開発についてである。現在用いられている、人工血管では静脈と人工血管との吻合部付近で狭窄の発生が確認されており、この狭窄を放置しておくとなかなか症状が起きる可能性がある。そこで、形状最適化理論を活用することで、人体へ影響の小さい人工血管の開発を進める。2) 環境科学においては、水質改善装置が誘起する鉛直方向回転流を上面盤回転流れ(VCF)と仮定し、湖沼で当該装置を稼働させた場合の流れ場の分岐・空間構造を解析する。また、水質改善効率を最大化させるような検討も行っている。

12:00-12:30 宮田洋行 (情報科学研究科システム情報科学専攻)

「有向マトロイドによる様々な組合せ構造の理解に向けた研究」

有向マトロイドとは、さまざまな対象の組合せ構造を統一的に扱う枠組みであり、近年は分子構造の分類や重力理論、生物学への応用も現れてきている。本講演では、本年度行った有向マトロイドに関連する組合せ構造の理解に向けた研究を紹介するとともに、今後の展望についてお話しする。

13:45-14:15 Margaretha Sulistyoningih (Graduate School of Information Sciences)

Registration of Brain Images Using Random Walk with Metropolis Algorithm

Image Registration is important in medical field. Mono-modal image registration is important for instance for comparing the patient image before and after treatment. Multimodal registration, in the other hand, is important for medical doctor to determine the most appropriate treatment for the patient from the complimentary information of different modalities. This report covers the research of the use of random walk with metropolis algorithm for optimization in mono-modal and multimodal image registration. The test data is positron emission tomography (PET) brain images and magnetic resonance imaging (MRI) brain images.

14:15-14:45 宮坂宥憲 (理学研究科数学専攻)

「ソリトン理論と代数曲線の数論」

ソリトンは様々な物理現象に現れ、またその理論は数学やそれ以外の方面へ応用されている。講演者は、様々な視点からソリトン理論を考察することで、新たな側面や応用を見出すことを目標として研究に取り組んできた。特に講演者の専門が整数論であることから、ソリトン理論と整数論の両者を結びつけることを理想として研究を行ってきた。ソリトン理論から整数論への応用は、近年盛んに研究が進められてきている。より詳しく述べると、代数曲線のヤコビ多様体上の等分点を考察する問題に応用が与えられている。一方で整数論からソリトン理論へはまだ課題が多い。もしこの点において何かしらの応用が得られるならば、その先に広がる様々な数学、物理へと整数論の世界が広がっていくことが期待されるが、まだまだ課題は多い。

14:45-15:15 飯田溪太 (医学研究科障害科学専攻)

「遺伝子発現の数理モデル解析と新たな遺伝子ネットワーク理論への挑戦」

生命の仕組みは、突き詰めると細胞内で行われる種々の化学反応系/力学系に帰着する。特に、遺伝子発現は、生命が体制を維持する上で最も始原的な段階と考えられており、「細胞の意図」とも呼ばれている。我々は遺伝子レベルでの細胞内ダイナミクスのモデル化、解析、実験を通じて、環境に応答する「細胞の意図」を読み取り、生命現象を数理的に理解したいと考えている。

ところで、熱運動などの確率的な物理現象は細胞にとって無視できない雑音となる。例えば、DNA 上の転写開始点は雑音の影響で確率的に揺らいでおり、その結果生成される蛋白質量には細胞間でのばらつきが生じる。これは一見、「細胞の意図」に反する出来事である。しかしながら、近年、生物はこうした雑音を上手く利用して遺伝子ネットワークを機能させていることが示唆されている。このことを調べるため、我々は RNA 量 (蛋白質量) を確率変数としたときの確率分布についてのマスター方程式を考え、解析を行った。また、従来の一遺伝子のモデルから遺伝子ネットワークモデルへの拡張を行っているので、その結果を報告する。

最後に、余力があれば、並行して研究を行っている医学的応用についても紹介したい。

15:30-16:00 瀬川悦生 (情報科学研究科システム情報科学専攻)

「量子ウォークへの固有値写像について」

ある同位体分離のレーザー量子制御の数理モデルは、半直線上の連続時間量子ウォークによって記述できることが知られている。よく知られた直交多項式の理論を利用して、同位体の回転エネルギー準位ポピュレーションに関して報告する。一方で離散時間量子ウォークの固有空間は、あるランダムウォークから遺伝する部分と、グラフの閉路によって生成されるホモロジカルな固有空間の二つに分解される。その一例を挙げ、量子ウォーク固有の局在化のメカニズムについてスペクトルの観点から考察する。

16:00-16:30 中川和重 (理学研究科数学専攻)

「退化移流拡散方程式の挟臨界における解の大域挙動について」

退化移流拡散方程式は半導体のモデル方程式、重力下における天体の挙動、あるいは走化性モデルの極限方程式など、まったく物理スケールの異なるモデルを同時に説明する方程式として興味深い。方程式に現れる二つの臨界指数間の場合の解の大域挙動を分ける閾値について述べる。

16:30-17:00 長谷川雄央 (情報科学研究科システム情報科学専攻)

「階層ネットワークの故障に対する脆弱性」

ユークリッド格子や局所的にツリー構造を持つネットワークではボンドパーコレーションとサイトパーコレーションは定性的に同じ振る舞いをするとはよく知られている。しかし、(locally finite ではない)ネットワークでは必ずしもボンドパーコレーションとサイトパーコレーションが定性的に同じ振る舞いをするわけではない。我々は Dorogovtsev らによって提案された階層ネットワーク (DGM ネットワーク) 上のサイトパーコレーションを調べた。DGM ネットワーク上のボンドパーコレーションはすでに解析されており、 $p_c=0$ の結果がある(これはネットワークがボンドの故障に対して非常に頑健であることを意味する)。これに対し、本講演では母関数を用いた解析及びモンテカルロシミュレーションによってサイトパーコレーションの臨界点は $p_c=1$ である(これはサイトの故障に対して非常に脆弱であることを意味する)ことを明らかにする。