



平成 25 年度 文部科学省
数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ

SMART 研究会 「応用現代幾何学」

日時：2013 年 9 月 3 日(火) 13 : 00 ~ 9 月 5 日(木) 15 : 00

場所：東北大学大学院情報科学研究科 2F 大講義室（青葉山キャンパス）

主催：東北大学大学院情報科学研究科、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」

共催：文部科学省

世話人：三浦佳二、尾畑伸明（東北大学大学院情報科学研究科数学連携推進室）

■ ワークショップ開催趣旨

数学を応用する諸分野（数理科学）においては、慣習的になった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取り入れることで、イノベーションが期待される。事実、欧米においては、高度で抽象的な数学も潜在的に強力な道具になりうるものが良く理解されており、直感を超えるレベルのトポロジーや微分幾何学を応用した研究も盛んである。そこで、日本ではまだ弱い「応用現代幾何学」の分野において、諸科学・産業からのニーズと純粋数学からのシーズのマッチングを目指す野心的な勉強会を開催する。純粋数学者の成果を理解するのはなかなか難しいが、それを理解する応用数学者等を介して伝えていくことで、諸分野において適切に使われるようになることが望ましい。さながらバケツリレーとも言える、この数学連携活動の流れを円滑にすることが、本研究集会の目的である。

プログラム

9月3日（火）

- 1300-1310 開会挨拶
亀山充隆（東北大学大学院情報科学研究科長）
栗辻康博（文部科学省基礎研究振興課融合領域研究推進官）
- 1315-1445 飯高茂（学習院大学理学部名誉教授）
Kodaira dimension and mixed plurigenera of algebraic varieties
- 1515-1545 松江要（東北大学大学院理学研究科）
ホモロジーによる非晶質の特徴付け
- 1600-1700 正宗淳（東北大学大学院情報科学研究科）
米国における橋渡し人材を育てる応用数学教育

9月4日（水）

- 0900-0930 張山昌論（東北大学大学院情報科学研究科）
曲率に基づいたチューブ状構造要素の抽出と医用画像処理への応用
- 0930-1000 三浦佳二（東北大学大学院情報科学研究科）
グラフ上の流れの Hodge-小平分解入門
- 1015-1145 清水勇二（国際基督教大学教養学部）
数え上げ幾何と応用 -- 曲線の数え上げ --

---お昼休み---

- 1315-1445 五十嵐悠紀（筑波大学システム情報系）
デジタルデザイン技術を活用した手芸と工作
- 1500-1630 落合啓之（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所）
行列の数理と運動の記述
- 1645-1815 下川航也（埼玉大学理工学研究科）
結び目理論の分子生物学への応用

9月5日(木)

0900-0930 長谷川雄央(東北大学大学院情報科学研究科)
グラフの双曲性から見る相転移

0930-1000 近藤剛史(東北大学大学院理学研究科)
双曲群とは

1015-1145 玉木大(信州大学理学部)
本当にモデル圏でいいのか?

---お昼休み---

1315-1445 井ノ口順一(山形大学理学部)
可積分幾何・差分幾何

1445-1500 閉会挨拶
尾畑伸明(東北大学大学院情報科学研究科)

東北大学における数学連携の取り組み

- 1) 応用数学連携フォーラム(平成19年9月～)
代表: 尾畑伸明、副代表: 小谷元子、事務局: 数学連携推進室
<http://www.dais.is.tohoku.ac.jp/~amf/>
- 2) CREST「離散幾何学から提案する新物質創成と物性発現の解明」
(平成20～25年度、研究代表者: 小谷元子)
<http://www.mathmate.tohoku.ac.jp/>

科学技術振興機構 CREST 研究領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」
(領域総括: 西浦廉政)
<http://www.math.jst.go.jp/>
- 3) 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」(平成22～26年度、代表: 尾畑伸明)
<http://www.dais.is.tohoku.ac.jp/~smart>
- 4) 東北大学原子分子材料科学高等研究機構(WPI-AIMR) 数学ユニット(平成23年度～)
<http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/>
- 5) 東北大学大学院理学研究科数学専攻数学連携推進室(平成23年1月～)
- 6) 東北大学大学院情報科学研究科数学連携推進室(平成23年1月～)
<http://www.is.tohoku.ac.jp/introduction/cmru/>

講演要旨

Kodaira dimension and mixed plurigenera of algebraic varieties

飯高茂（学習院大学理学部名誉教授）

Beginning with the historical review of algebraic plane curves, birational classification of algebraic varieties based on Kodaira dimension and logarithmic Kodaira dimension will be discussed. New theory of algebraic plane curves depending on logarithmic Kodaira dimension and mixed plurigenera will be presented.

ホモロジーによる非晶質の特徴付け

松江要（東北大学大学院理学研究科）

与えられた幾何学的対象をおおまかに捉えるホモロジーや、対象のある種のスケールを変化させてトポロジカルな情報の変化を捉えるパーシステントホモロジーが計算機で扱えるようになり、数学以外の分野への応用が拡がりつつあります。今回は「非晶質」というガラスなどに見られる材料科学の対象に焦点を当て、計算ホモロジーを用いた非晶質の特徴付けに関する最近の研究と、その数学や材料科学における展望について簡単にお話します。

米国における橋渡し人材を育てる応用数学教育

正宗淳（東北大学大学院情報科学研究科）

米国社会に於いても理学・工学は国の根幹と認識されており、これらの分野の競争力をより強化せしめる為に、科学教育の充実や該当分野の学生の支援、国内外の研究者にとって魅力的な環境の整備など、様々な努力がなされている。特に、理系大学院教育において近年成功しているのが、“MBAの理系版”とも称される「Professional Science Master's (PSM)」である。本講演の主目的は、講演者の米国における教鞭の体験をもとにPSMの概要を紹介することにある。

曲率に基づいたチューブ状構造要素の抽出と医用画像処理への応用

張山昌論（東北大学大学院情報科学研究科）

複雑な構造をしている人間の体の構造も、局所的な領域に限定すれば、基本的な構造要素（チューブ、平面等）である。本発表では、人体で最も複雑な構造を有する臓器である肝臓のCT画像からの血管抽出を目的として、Hesse 行列の固有値に基づきチューブ状の構造要素を抽出する手法を紹介する。それを通して、数学的手法と実世界応用を結びつけるためのヒントについて探る。また、時間の許す限りその他の応用と要求される数学的手法についても紹介する。

グラフ上の流れのHodge-小平分解入門

三浦佳二（東北大学大学院情報科学研究科）

Hodge-小平分解は、流れ（ベクトル場）のデータが与えられた時に、それを3つの流れ「勾配流（ランキング）」「大域循環流」「局所渦」へと分解する。特に、大域的なループ構造というトポロジー情報を抽出できる強みがある。まず、グラフ型データへの応用を念頭に置いて、離散的なグラフ上の流れの Hodge-小平分解の計算方法を具体的に示す。このアナロジーとして連続的な場合を考え、トーラス上の Hodge-小平分解によって、線積分の積分路としてホモロジーが、被積分関数（ベクトル場）としてコホモロジーが計算できることをマンガで直感的に解説する。

数え上げ幾何と応用 -- 曲線の数え上げ --

清水勇二（国際基督教大学教養学部）

与えられた配置の条件を満たす直線や円錐曲線を数えることは、一見単純そうだが、意外に難しい。代数幾何学の一分野である伝統的な数え上げ幾何に、コホモロジー等の現代的な手法を加味して解答が得られる様子を紹介する。最後に、弦理論に由来する量子コホモロジーの手法で得られる新たな数え上げ幾何の話題も少し紹介する。

参考文献：「数え上げ幾何と弦理論」S. Katz著，清水勇二訳

デジタルデザイン技術を活用した手芸と工作

五十嵐悠紀（筑波大学システム情報系）

我々は生活の中で身近な3次元物体である「ぬいぐるみ」などの手芸や工作の設計支援に着目し、この工程をコンピュータで支援することで初心者でも簡単に自分だけのオリジナルな作品がデザインできるようにするシステムを構築してきた。モデリングを行いながら並行してシミュレーションを用いて計算することで、布など素材の特性を活かしたモデリングを効率良く行うことができることを提案した。さまざまな手芸・工作を対象として提案手法を実装したシステムを制作し、実際に一般ユーザに使ってもらうためにワークショップの開催などを行ってきたのであわせて紹介する。また、同分野における他の取り組みについても紹介する予定である。

行列の数理と運動の記述

落合啓之（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所、JST クレスト）

リー群やリー環は、2次元あるいは3次元の運動を記述する数学的な道具として使うことができる。コンピュータグラフィクス・映像制作の場面でも具体的な行列群、リー群、四元数などが広く使われている。これらの様子を数学的な面から概観してみたい。なお、この研究は、JST クレスト「デジタル映像数学の構築と表現技術の革新」（研究代表者：安生健一）の一環として行われているものである。

結び目理論の分子生物学への応用

下川航也（埼玉大学理工学研究科）

トポロジーの一分野である結び目理論の分子生物学の問題への応用を講演する。結び目や絡み目の局所変形であるバンド手術の特徴付けを行い、その結果をDNAの部位特異的組み換え酵素のメカニズムの解明に応用する。特に、Xer-dif-FtsKシステムによるDNA絡み目の解消経路の特徴付けを議論する。

グラフの双曲性から見る相転移

長谷川雄央（東北大学大学院情報科学研究科）

複雑ネットワークは 90 年代末より盛んに研究されているトピックである。これまでの複雑ネットワーク研究では次数分布、平均頂点間距離、クラスター性といった特徴に注目してきた。これに加えて近年では、ネットワークの双曲性に着目した研究が増えつつある。本講演では、ネットワーク上のパーコレーション問題を考え、ネットワークの双曲性とネットワーク上の相転移の関係について報告する。双曲性の有無により、相転移描像が標準的な格子のそれとは大きく異なる様子を紹介する。

双曲群とは

近藤剛史（東北大学大学院理学研究科）

Gromov は1980年代にリーマン幾何学における負曲率多様体の概念の類似物として離散群に対して双曲性の概念を定義した。双曲群は擬等長写像によって不変であるというある種の安定性を持っているだけでなく、等周不等式による特徴付けも可能であり、離散群論の中で重要なクラスを成している。その後の離散群論の研究に於いて、双曲群では何が起きているのかを詳細に調べることと、双曲群以外の群でどの程度双曲群での研究が使えるのかという問題意識が重要な流れを作っていると考えられる。この講演では双曲群とはどのような概念なのかを紹介したい。

本当にモデル圏でいいのか？

玉木大（信州大学理学部）

モデル圏は、「ホモトピー圏」を取ることができる状況が様々な分野に現れることに気付いた Quillen が、それらを統一して扱うために導入した概念です。モデル圏を用いることの利点の一つは、ホモトピー圏を取る前の段階で議論することを可能にすること、そしてそれにより（位相空間の）ホモトピー論で使われてきた有用な構成の類似を行なえるようになることです。ところが、そのような方法は他にもあります。例えば三角圏に対しては dg enhancement とか A_∞ -enhancement などが考えられてきました。最近急速に一般的になった $(\infty, 1)$ -category の理論もその一つです。また、モデル圏の条件を一部しか満たさないものも様々な分野で使われています。そのような例を時間の許す限り紹介しますので、聴衆の方々にはモデル圏を始めとした「ホモトピー圏の理論」がどういうときに「使える」かを考えてもらえればと思います。



可積分幾何・差分幾何
井ノ口順一（山形大学理学部）

おもに2つの期待から、ここ15年の間に微分幾何の離散化に関心が寄せられるようになってきている。1つは「可視化を支える数学」としての期待（幾何学の外からの期待）と「連続系よりも豊富な数学的構造をもつこと」への期待（幾何学の中からの期待）である。本講演では、離散可積分系とのつながりに着目した離散化に的を絞る。とくに曲線の離散化について詳しく報告する（Bao-Feng Feng氏、梶原健司氏、丸野健一氏、松浦望氏、太田泰広氏との共同研究）。

応用数学連携フォーラム（AMF）へようこそ！フォーラムメンバー募集中！

数学は諸科学に共通する言語とも道具とも言われます。
数学は実にさまざま研究分野でいろいろな形で使われています。

応用数学連携フォーラムでは、数学と諸分野との連携に興味のある研究者たちが気軽に情報交換したり、研究交流したりするための場を提供しています。ちょっとのぞいてみたいという方は、随時開催しているワークショップなどはいかがでしょう。院生や学部生の方も含めて、興味のある方はどなたでも自由にご参加いただけます。事前登録など必要ありませんので、どうぞお気軽にお越しください。詳しくはHPを見てください。

