

東北大学重点戦略支援プログラム（平成22～26年度）
「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24年度活動報告

プログラムリーダー
情報科学研究科・教授
尾畑 伸 明

目次

1. 概略	1
2. 研究組織	2
3. 研究集会の主催・共催	3
4. ワーキンググループ	17
5. SMART セミナー	20
6. プログラム専任助教の実績	22
7. 24年度中に終了したワーキンググループ報告	47

1. 概略

プログラム3年目にあたる（ただし、1年目は4か月だけであり、もっぱら準備にあてられた）。プログラム開始時に着任した専任助教6名のうち4名が本年度までに退職したため、新しく3名が助教として、2名が研究支援者として着任した。数理材料科学はWPIの数学ユニットが活動の中心になった。個別の研究成果を通して、生命科学・情報科学との連携を深めるため、国際研究集会、スクール、ワークショップなどを実施し、様々なレベルで異分野交流を推進した。ワーキンググループを中心に共同研究を推進するとともに、萌芽的な研究課題の探索を継続している。

2. 研究組織

リーダー

尾畑 伸明 情報科学研究科・教授

サブリーダー

小谷 元子 理学研究科数学専攻・教授

数理材料科学領域

小谷 元子 (班長) 理学研究科数学専攻・教授

宮岡 礼子 理学研究科数学専攻・教授

平山 祥郎 理学研究科物理学専攻・教授

阿尻 雅文 原子分子材料科学高等研究機構・教授

久保 英夫 情報科学研究科・教授 (平成 24 年 9 月まで、北海道大学転出)

*前田 昌也 理学研究科数学専攻・助教 (平成 25 年 3 月まで、千葉大学助教として転出)

*能川 知昭 理学研究科数学専攻・助教 (平成 24 年 5 月～平成 25 年 3 月まで、
東邦大学医学部物理学研究室講師として転出)

数理生命科学領域

高木 泉 (班長) 理学研究科数学専攻・教授

小川 卓克 理学研究科数学専攻・教授

木村 芳孝 医学系研究科障害科学専攻・教授

*三浦 佳二 情報科学研究科・助教

*小野寺 有紹 理学研究科数学専攻・助教 (平成 24 年 12 月まで、
九州大学助教として転出)

*前田美香 理学研究科数学専攻・研究支援者

IT コミュニケーション領域

徳山 豪 (班長) 情報科学研究科・教授

宗政 昭弘 情報科学研究科・教授

出口 光一郎 情報科学研究科・教授 (平成 25 年 3 月まで、退職)

田中 和之 情報科学研究科・教授

安田 宗樹 情報科学研究科・助教 (平成 25 年 3 月まで、山形大学転出)

*宮田 洋行 情報科学研究科・助教 (平成 24 年 6 月から)

*Margaretha Sulistyoningih 情報科学研究科・研究教育支援者 (平成 24 年 4 月から)

社会環境システム領域

尾畑 伸明 (班長) 情報科学研究科・教授

*長谷川 雄央 情報科学研究科・助教

*瀬川 悦生 情報科学研究科・助教

* プログラム専任

3. 研究集会の主催・共催

異分野研究者との研究交流の場を作るために、学内外の研究者を招聘して、研究集会を主催・共催した。

3.1. CMRU 研究会「量子確率論と量子ウォーク」

2012年7月4日（水）～5日（木） 東北大学情報科学研究科 5F 小講義室

組織委員会：瀬川悦生（委員長）・尾畑伸明

【開催趣旨】非可換な世界を記述する量子確率論で展開される独立性、極限定理、大偏差原理、グラフのスペクトルなどに関する議論と、ランダムウォークの量子的類推から構成され、分野をまたいで盛んに研究されている量子ウォークとのつながりを探る。基本的な概念や成果を相互に確認し、共通の問題意識を得ることで、議論を掘り下げ、深めていく。



7月4日（水）

13:00～14:00 今野 紀雄（横浜国立大学）「量子ウォークの定常測度と極限測度」

14:10～15:10 吉田 裕亮（お茶の水女子大学）「自由確率論における組合せ論的手法」

15:30～16:10 佐藤 巖（小山高等専門学校）「量子ウォークとグラフのゼータ関数」

16:20～17:00 村木 尚文（岩手県立大学）「非可換確率論における独立性概念」

17:10～17:50 町田 拓也（明治大学）「ホインの微分方程式を通じた離散時間量子ウォークと連続時間量子ウォークの関係」

7月5日（木）

10:00～11:00 西郷 甲矢人（長浜バイオ大学）「逆正弦法則と『量子古典対応』」

11:10～12:10 桂 法称（学習院大学）「Symmetry and self-duality in discrete-time Quantum walks」

13:30～14:10 行木 孝夫（北海道大学）「量子酔歩と力学系」

14:20～15:00 日比野 雄嗣（佐賀大学）「あるグラフの積に関する漸近的スペクトル分布について」

15:20～16:00 長谷部 高広（京都大学）「独立性・母関数・微分方程式」

16:10～16:50 樋口 雄介（昭和大学）「散乱行列とその周辺」

3.2. 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所短期共同研究「光ファイバーとそれに関連する非線形偏微分方程式の研究」

日時：2012年8月20日(月)～24日(金)

場所：九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 中会議室

主催：九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

共催：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」

研究代表者：前田昌也

目的と期待される効果：近年のインターネットの発達に伴い光ファイバーは社会においてますます重要性を増している。光ファイバー中のパルスは非線形シュレディンガー方程式(NLS)により近似にされると考えられていることから、NLSのダイナミクスに関する詳細な研究は非線形光学の立場からもますます必要とされてきている。1980年代より始まったNLSの関数解析的なアプローチによる研究は未だ数多くの問題が残されているものの一段落しており、現在ではNLSに外力項、確率項、ダンピング項などをつけたり、光ファイバーを一次元ではなく細い高次元領域としたりすることにより、より現実に近いと考えられるモデルを研究することが主流になりつつある。

以上のように光ファイバーに関するNLSの研究は徐々に広がりを持ち始めてきている。そこで、本共同研究における目的は広がりつつある様々なモデルのNLSの研究者を集め、横につながった専門家達の間で議論すると同時に、数値計算の専門家ならびに産業界より専門家を招き、NLSの数学的研究と光ファイバーなどへの応用の関係を明確にするという縦の議論を行うことにある。これにより現在までに各々のNLSに対して洗練、特化されてきた手法が数値計算、産業界の専門家を通じて実際の光ファイバー中のパルスの制御に役立つことが期待される。

本共同研究は数学の専門家だけで議論しがちであったNLSの研究を数値計算、産業界の専門家を加えることにより基礎から現実への応用まで見据えながら行う今までなかったものであり、産業界側が最先端の数学の手法を取り入れるだけでなく、数学側にも新たな問題意識を作るというメリットがある。

8月20日

13:30～15:00 鈴木香奈子(茨城大学) 「ある反応拡散方程式系における基礎生産項の役割について」

15:30～17:00 千葉逸人(九州大学) 「線形作用素の一般化スペクトル理論とその無限次元力学系への応用」

8月21日

10:00～11:30 眞崎聡(学習院大学) 「光ファイバーに由来する非線型方程式の解の大域挙

SMART 24 年度活動報告

動について」

14:00~15:30 北直泰(宮崎大学) 「EDFA 現象を記述する非線形シュレディンガー方程式とその解の爆発」

16:00~17:00 宮路智行(京都大学) 「Bifurcation analysis for the Lugiato-Lefever equation on a disk」

8月22日

10:00~11:30 松江要(東北大学) 「Rigorous numerics とその応用」

13:30~15:00 吉村和之(NTT コミュニケーション科学基礎研究所) 「非線形 Klein-Gordon 型格子における Discrete Breather の安定性」

15:30~17:00 松江要(東北大学) 「Saddle-saddle connection の精度保証付き数値計算」

8月23日

10:00~11:30 水町徹(九州大学) 「Asymptotic stability of solitary waves in the Benney-Luke model of water waves」

14:00~15:30 福泉麗佳(東北大学) 「Derivation of Bose-Hubbard model—Approximation by DNLS」

16:00~17:00 宮路智行(京都大学) 「Introduction to numerical simulation by spectral methods」

8月24日 10:00~11:30 前田昌也(東北大学) 「On weak interaction of a ground state with a nontrapping potential」

3.3. 国際会議「Random Media II」

日時：2012年9月3-7日

場所：東北大学 WPI-AIMR

組織委員会：小谷元子（委員長）・尾畑伸明・
吉田伸生（京都大学）

共催：JST CREST, 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」

目的：The human race living in the modern society has diverse difficult problems to tackle, which were categorized in a recent JST report as the following 10 challenges: global environment changes, natural disasters, epidemics, life phenomena, mental phenomena, global security for energy, food and

Invited Speakers

3rd September:
Geoffrey Grimmett (University of Cambridge, UK)
Tadahisa Funaki (University of Tokyo, Japan)
Firas Rassoul-Agha (University of Utah, USA)
Ryosichi Tanaka (Tohoku University, Japan)
Tomohiro Sasamoto (Chiba University, Japan)

4th September:
Tatsuzi Kumagai (RIMS, Japan)
Toshihiro Kawakatsu (Tohoku University, Japan)
Takeshi Nagaiwa (Tohoku University, Japan)
Ken Nakajima (Tohoku University, Japan)
James Norris (University of Cambridge, UK)

5th September:
Carlos J. Garcia-Cervera (UCSB, USA)
Nobuo Yoshida (Kyoto University, Japan)
Hiroyuki Shimizu (University of Tsukuba, Japan)
David Croxford (University of Warwick, UK)
Xu Yang (UCSB, USA)

6th September:
Jean Bertoin (University of Zurich, Switzerland)
MW Chen (AIMR, Tohoku University, Japan)
Jason Miller (MIT, USA)
Tomohiro Nagaiwa (Tohoku University, Japan)
Xiangdong Li (AMSS, Chinese Academy of Sciences, China)

7th September:
Francisco Comella (Polytechnic University of Catalonia, Spain)
Dmitri Volkov (Bielefeld University, Germany)
Mamoru Tanaka (Kyoto University, Japan)
Nobuo Ohtsuka (Tohoku University, Japan)
Vadim Kabanovich (University of Ottawa, Canada)

3rd - 7th Sep 2012
Random Media II

Supported by JST CREST, collaborated with "Interdisciplinary Mathematics toward SMART Innovation" and WPI-AIMR, Tohoku University

Place: **Seminar room (2nd floor), WPI-AIMR, Main Building, Tohoku University**
2-1-1, Katahira Aoba-ku, Sendai 980-8577, Japan
<http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/en/index.html>

Organizing Committee
Motoko KOTANI (Tohoku University, Japan), Chair
Nobuo OHTSUKA (Tohoku University, Japan)
Nobuo YOSHIDA (Kyoto University, Japan)

Contact
Email: kotani@math.tohoku.ac.jp
Tel: +81-22-217-6325

Sponsored by
Japan Science and Technology Agency (JST)
CREST The Mathematics Program

"A Mathematical Challenge to a New Phase of
Material Sciences"
led by Motoko Kotani (Tohoku University)
Organizing

water, infrastructure sustainability, risk management and market stabilization, network security, development of functional materials. For solving these problems, mathematicians are now expected to contribute their knowledge and wisdom, and thus are supported by the JST research program "Search for Breakthrough by Mathematical / Mathematical Science Researches toward the Resolution of Issues with High Social Needs". Along this line, JST also set up the CREST-SBM International Conference series, which would deepen the mutual understanding among Sakigake and CREST researchers, presenting challenging subjects widely to the community of mathematicians. "Random Media" is chosen as the main theme of the first conference in the series in relation with "development of functional materials" among the above "ten challenges". The special session on "Proposals in Seeking for Advanced Functional Materials" will be held on the third day of the conference.

3rd September

10:00 - 10:50 Geoffrey Grimmett (University of Cambridge, UK)

Universality and isoradiality

11:00 - 11:50 Tadahisa Funaki (University of Tokyo, Japan)

Invariant measure for stochastic PDE related to the KPZ equation

14:00 - 14:50 Firas Rassoul-Agha (University of Utah, USA)

Variational formulas for directed random polymers

15:00 - 15:50 Ryokichi Tanaka (Tohoku Univ, Japan)

A local ergodic theorem and its application to crystal lattices

16:20 - 17:10 Tomohiro Sasamoto (Chiba University, Japan)

Fluctuations of the 1D directed polymer models

4th September

10:00 - 10:50 Takashi Kumagai (RIMS, Japan)

Quenched invariance principle for random walks and random divergence forms in random media on cones

11:00 - 11:50 Toshihiro Kawakatsu (Tohoku University, Japan)

Dynamics of complex domains in polymer-surfactant systems

14:00 - 14:50 Takehisa Hasegawa (Tohoku University, Japan)

Phase transition of bond percolation on nonamenable graphs and complex networks: a Monte-Carlo study

15:00 - 15:50 Ken Nakajima (Tohoku University, Japan)

Viscoelastic heterogeneity seen in polymer glasses

16:20 - 17:10 James Norris (University of Cambridge, UK)

On derivation of the Boltzmann equation from a mean-field random model

SMART 24 年度活動報告

5th September

10:00 - 10:50 Carlos J. Garcia-Cervera (UCSB, USA)

Multigrid Methods in Multiscale Modeling of Atomistic Solids

11:00 - 11:50 Nobuo Yoshida (Kyoto University, Japan)

Brownian directed polymers in random environment: complete
localization and phase diagram

14:00 - 14:50 Hiroyuki Shima (University of Yamanashi, Japan)

Physics in 2D Curved surfaces - from Quantum and Statistical viewpoints

15:00 - 15:50 David Croydon (University of Warwick, UK)

Biased random walk on critical Galton-Watson trees conditioned to
survive

16:20 - 17:10 Xu Yang (UCSB, USA)

Homogenized Maxwell equations in crystal

6th September

10:00 - 10:50 Jean Bertoin (University of Zurich, Switzerland)

Percolation on large random recursive trees

11:00 - 11:50 MW Chen (AIMR, Tohoku University, Japan)

Structure of Metallic Glasses: from short-range order to long-range
disorder

14:00 - 14:50 Jason Miller (MIT, USA)

Imaginary Geometry and the Gaussian Free Field

15:00 - 15:50 Tomoaki Nogawa (Tohoku University, Japan)

Diffusion and sliding dynamics of elastic and plastic manifolds in
random media

16:20 - 17:10 Xiangdong Li (AMSS, Chinese Academy of Sciences, China)

Generalized Dyson Brownian motion and fluctuation of eigenvalues of
random matrices

7th September

Satellite Session : Network Spectra and Related Topics

09:30 - 10:15 Francesc Comellas (Polytechnic University of Catalonia, Spain)

Lecture 1: Mean first passage time for several infinite families of
trees

10:20 - 11:05 Dimitri Volchenkov (Bielefeld University, Germany)

Lecture 1: Introduction to networks and databases: from electric
networks to urban spatial networks

11:10 - 12:00 Mamoru Tanaka (Kyoto University, Japan)

Expander graphs and higher eigenvalues of the Laplacians on graphs

12:00 - 12:50 Nobuaki Obata (Tohoku University, Japan)

Random walks, quantum walks and free Meixner laws

14:00 - 14:50 Vadim Kaimanovich (University of Ottawa, Canada)

Invariance and unimodularity in the theory of random graphs

15:10 - 15:55 Francesc Comellas (Universitat Politècnica de Catalunya, Spain)

Lecture 2: Spectral reconstruction of complex networks

16:00 - 16:45 Dimitri Volchenkov (Universität Bielefeld, Germany)

Lecture 2: Markov chain methods in Language evolution and musical dice games

3. 4. SMART プログラム「複雑ネットワーク・サマースクール」および CMRU 研究会「ネットワーク科学の数理と展開」

SMART プログラム「複雑ネットワーク・サマースクール」

2012 年 9 月 10 日(月)～12 日(水)

東北大学情報科学研究科棟大講義室

CMRU 研究会「ネットワーク科学の数理と展開」

2012 年 9 月 13 日(木)～14 日(金)

東北大学青葉記念会館 4F 大研修室

組織委員会：長谷川雄央・尾畑伸明・三浦佳二

主催：文部科学省「平成 24 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」

東北大学大学院情報科学研究科数学連携推進室

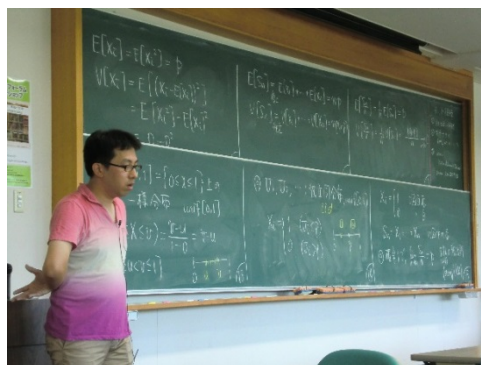
東北大学重点戦略支援プログラム「数学をコアとするスマート・イノベーション融合
研究共通基盤の構築と展開」

共催：東北大学大学院情報科学研究科

開催趣旨：サマースクールでは、幾つかの分野における複雑ネットワーク研究の第一人者を講師に招き、各分野におけるネットワーク科学を研究するモチベーションと初歩的成果をレクチャーしてもらうことで、(i)この新しい分野への参入のきっかけを学生・研究者に与え、(ii) 更なる学際的研究の契機を各分野の専門家に提供する。研究会では複雑ネットワークに関わる国内の第一線の研究者が集まり、最新の研究成果の情報交換の場とする。

SMART 24 年度活動報告

成果: サマースクールはネットワーク科学分野への若手の更なる参入を促すことを目的に、東京大学増田直紀氏、大阪電気通信大学竹居正登氏によるネットワーク科学の基礎を学ぶ連続講義と、Bielefeld 大学 D.Volchenkov 氏、北海道大学矢久保孝介氏、九州工業大学竹本和弘氏による分野紹介的なトピック講演で構成した。研究会は非線形/複雑系・物理・生物/生命科学・社会科学の各分野でネットワーク科学にちなんだ研究を行っている研究者、事業者を招聘し、お互いの分野をより知る為の学際的集いとなるよう構成した。全体を通じての述べ参加者数は約 90 名となった。学生や分野外の研究者の参加も多く、本プログラムは非専門家の入門に最適な場にする事ができたのではないかと考えている。さらに 5 日間という期間を通じて、参加した研究者間の議論が活発に行われる様子も認められた。全体を通じてこの分野の活性化にいくらかの貢献ができたと考えている。



	9月10日(月)	9月11日(火)	9月12日(水)
9:00-10:30	連続講義 A1	連続講義 A4	連続講義 B3
11:00-12:30	連続講義 A2	連続講義 B1	連続講義 A5
14:00-15:30	連続講義 A3	連続講義 B2	連続講義 A6
16:00-17:30	トピック講演 1	トピック講演 2	トピック講演 3

連続講義 A 「ネットワーク科学 (複雑ネットワーク) 総論」

増田直紀 (東京大学大学院情報理工学系研究科)

連続講義 B 「確率論からみる優先的選択モデル」

竹居正登 (大阪電気通信大学工学部基礎理工学科)

トピック講演 1 「Random Walks and Diffusions on Graphs and Databases」

Dimitri Volchenkov (Bielefeld University, Germany)

トピック講演 2 「フラクタル複雑ネットワーク」

矢久保孝介 (北海道大学大学院工学研究院)

トピック講演 3 「ネットワークが見せる生物システムの新たな様相」

竹本和広 (九州工業大学情報工学部生命情報工学科、JST さきがけ)

9月13日(木)

SMART 24 年度活動報告

9:30-9:40 開会挨拶 亀山充隆(東北大学大学院情報科学研究科長)

小田沙織(文部科学省研究振興局基礎研究振興課専門職)

セッション A : 非線形/複雑系

(A-1) 9:40-10:20 郡宏(お茶の水大学情報科学科)

「振動子集団ダイナミクスのネットワーク構造依存性」

(A-2) 10:30-11:10 中尾裕也(東京工業大学情報理工学研究科)

「複雑ネットワーク上の拡散誘起不安定性によるパターン形成とダイナミクス」

(A-3) 11:20-12:00 青木高明(香川大学教育学部)

「反応拡散系ダイナミクスに基づくネットワーク構造の形成過程」

12:00-14:20 ポスターセッション

セッション B : 物理

(B-1) 14:20-15:00 谷澤俊弘(高知工業高等専門学校電気情報工学科)

「次数相関はネットワークの構造と機能にどのような影響をもたらすか」

(B-2) 15:00-15:40 長谷川雄央(東北大学大学院情報科学研究科)

「複雑ネットワーク上の数理モデルの臨界点の単一性/非単一性」

(B-3) 16:10-16:50 矢久保考介(北海道大学大学院工学研究院)

「過負荷によるノード損傷とネットワークの頑強性」

(B-4) 16:50-17:15 三浦航(東京工業大学大学院総合理工学研究科)

「凝集効果を考慮した複雑ネットワークの優先的成長モデル」

(B-5) 17:15-17:40 川本達郎(東京大学大学院理学系研究科)

「ツイッター上の情報拡散と炎上現象」

9月14日(金)

セッション C : 生命

(C-1) 9:40-10:20 竹本和広(九州工業大学情報工学部生命情報工学科、JST さきがけ)

「代謝ネットワークのモジュール性はどのように獲得されるのか」

(C-2) 10:30-11:10 増田直紀(東京大学大学院情報理工学系研究科)

「2値素子ネットワークのダイナミクスにおける状態集中度」

(C-3) 11:20-12:00 山西芳裕(九州大学生体防御医学研究所)

「オミックスデータの融合に基づく分子間相互作用ネットワークの予測」

12:00-14:20 ポスターセッション

セッション D : 社会

(D-1) 14:20-15:00 吉井伸一郎(サイジニア株式会社)

SMART 24 年度活動報告

「Web 上のユーザビヘイビアに基づく複雑ネットワークを応用した
事業展開」

(D-2) 15:00-15:40 脇田建(東京工業大学大学院数理・計算科学専攻)

「大規模社会ネットワークのクラスタリングと可視化への応用」

(D-3) 16:10-16:35 大成弘子 (株式会社リクルート)

「個人の繋がり と 転職の実態調査(supported by CodeIQ)」

(D-4) 16:35-17:00 高口太朗 (東京大学大学院情報理工学系研究科)

「感染率が接触履歴に依存する伝播モデル：バースト的な行動パターンの
効果」

(D-5) 17:00-17:40 小頭秀行(株式会社 KDDI 研究所)

「携帯電話の通信トラヒックに現れる通信先次数特性と相互関係」

17:30-17:40 閉会挨拶 尾畑伸明 (東北大学大学院情報科学研究科)



3.5. Workshop of Quantum Dynamics and Quantum Walks

日時：2012 年 11 月 24-26 日

場所：自然科学研究機構・岡崎カンファレンスセンター

組織委員会：鹿野豊 (自然科学研究機構)・瀬川悦生 (東北大学情報科学研究科)

主催：自然科学研究機構

共催：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」

目的：The Nature is always changed dynamically even in quantum mechanics. A quantum walk, which is a quantum mechanical analogue of the random walk, is a promising toy model to understand the quantum dynamics. Surprisingly, these models can be experimentally demonstrated

in some physical models. This workshop opens interdisciplinary researchers from the theoretical and experimental sides on the discrete-time and continuous-time quantum walks, for examples, mathematics, quantum information, and quantum chemistry. The organizers strongly encourage young researcher to actively join us to this workshop.



3.5. 4th YSM-SPIP in Sendai/Prologue Series III of FSPIP 情報統計力学の最前線—確率が繋ぐ自然現象と情報処理の数理—

日時：2012年12月14日～16日

場所：東北大学大学院情報科学研究科棟2階大講義室

組織委員：安田宗樹（委員長、東北大学）・長谷川雄央（東北大学）・大関真之（京都大学）・杉山友規（東京大学）

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」

共催：東北大学大学院情報科学研究科

開催趣旨：本研究会は情報科学と統計力学との境界領域（情報統計力学）に軸足を置き、未だ完全には解消しきれていない互いの垣根を越え、両分野間の更なる融合を図ろうとの目的の下、若手研究者が中心となって組織・実行するものである。本研究会では「確率」と「ダイナミクス」というキーワードを中心に情報科学分野での統計的機械学習理論・制御理論と非平衡系の物理学さらには経済情報科学をスコープに入れ、理論と応用の両方面からの検討を通じて曾てない新しい学際分野へのイノベーションを模索する。既に過去3年にわたり（東京工業大学(2010年)・大阪大学(2011年)・京都大学(2012年)）同種の研究会を組織してきており、人脈・経験ともに高いレベルで準備されつつある。我々はこれらの過去の経験を活かして、来る来年度のSTATPHYS25におけるサテライト会議の開催に向けて、関連分野における若手研究者を一同に集め、東アジアにおける研究拠点形成へ向けて若手主導による未来志向型の研究会として、本研究会を開催する。

12月14日

09:45-10:00 Opening Address 長谷川雄央

10:00-12:00 Morning Session I 座長：杉山友規

10:00-11:00 根本孝裕

「時系列の統計における大偏差関数」

SMART 24 年度活動報告

11:00-11:30 能川知昭

「緩和過渡状態に等重率分布を仮定した粗視化ダイナミクス」

11:30-12:00 杉浦 祥

「カノニカルアンサンブルに対応する熱的な量子純粋状態」

14:00-16:00 Afternoon Session I 座長：根本孝裕

14:00 14:45 沙川貴大

「量子情報処理における熱力学第二法則」

14:45-15:30 小林徹也

「細胞システムにおける確率的情報処理の数理」

15:30-16:00 杉山友規

「Nemoto-Sasa 理論の幾何学的解釈」

16:30-18:00 Afternoon Session II 座長：安田宗樹

16:30-18:00 前田 新一

「セミパラメトリック統計学の立場からの方策評価法の解析」

12 月 15 日

10:00-12:00 Morning Session I 座長：前田新一

10:00-11:30 大平 徹

「ノイズと遅れの現象と数理」

11:30-12:00 一木輝久

「非ガウス雑音環境での信号の最適非線形読み出し」

14:00-16:00 Afternoon Session I 座長：大関真之

14:00-15:30 藤井啓祐

「量子情報と統計力学の接点」

15:30-16:00 宮崎涼二

「フラストレーションに基づくスピングラスの転移点についての予想」

16:30-18:00 Afternoon Session II 座長：長谷川雄央

16:30-17:15 三浦佳二

「神経応答のゆらぎの相関から見た脳の情報表現の効率」

17:15-17:45 渡辺 優

「量子推定理論による不確定性関係の定式化」

12 月 16 日 English Session

10:00-12:00 Morning Session I Chairman : Masayuki Ohzeki

10:00-12:00 Poster Preview and Talk

14:00-16:00 Afternoon Session I Chairman : Muneki Yasuda

14:00-15:00 Cyril Furtlehner

「Pairwise MRF Models selection and Trac Inference」

15:30-16:00 Taro Takaguchi

「A centrality measure of interaction events in temporal networks」

16:00-16:30 Satoshi Takabe

「A relation between replica symmetry and a performance of approximation algorithms in minimum vertex cover problems」

16:30-17:00 Kyogo Kawaguchi

「Integral fluctuation theorem for hidden entropy production」

17:00-17:15 Concluding Remarks Masayuki Ohzeki

ポスター

PS-1 Matsushita Katsuyoshi

Associative memory model of protein intrinsic disorder

PS-2 Ohzeki Masayuki

Duality with real-space renormalization and its application to bond percolation

PS-3 Yamano Takuya

Dissipated work in nonequilibrium process and relative Fisher information

PS-4 Tanaka Shu

Entanglement Spectra of Two-dimensional Quantum Systems

PS-5 Nakajima Chihiro

Statistical mechanical formulation and simulation of prime factorization of integers

PS-6 Shiraishi Naoto

Anomalous Dependence on System size of Large Deviation Functions for Empirical measure

PS-7 Sakai Yuji

Dynamics of the One-Dimensional Ising Model without Detailed Balance Condition

PS-8 Saika Yohei

Bayesian Inference for Phase Unwrapping using Statistical Mechanical Informatics]

PS-9 Miyama Masamichi

Phase transition of modified XY model under external shear field

PS-10 Yasuda Muneki

Statistical Approximation of Likelihood Functions of Restricted Boltzmann Machines

PS-11 Nakayama Youhei

Excess Entropy Production Viewed at Different Scales

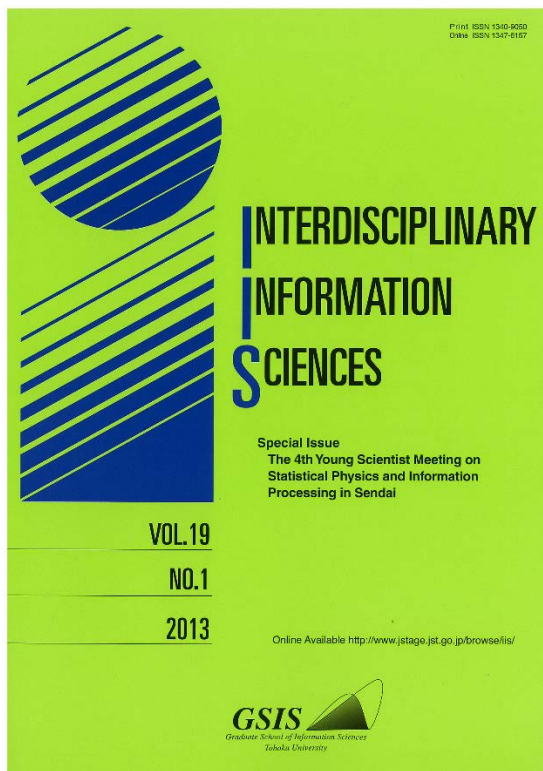
PS-12 Shirai Nobu C.

New statistical enumeration methods for self-avoiding walks

PS-13 Oura Takeshi

Effects of higher-order interactions and a finite number of species on replicator equations

プロシーディングス：Interdisciplinary Information Sciences Vol. 19, No.1 (2013) 特集号として発行。収録論文 17 編。



Interdisciplinary Information Sciences
Volume 19, Number 1, August 2013

CONTENTS

Special Issue: The 4th Young Scientist Meeting on Statistical Physics and Information Processing in Sendai

Quantum Information and Statistical Mechanics: An Introduction to Frontier Science PUBL..... 1

Pairwise MRF Models Selection for Traffic Inference
Cyril FURUFENNER..... 17

Optimal Nonlinear Reactant under Strong Non-Gaussian Noise
Akihiro ICHIKI and Yusairo TADOKORO..... 23

Short Polypeptide with Metastable Structures
Katsuyoshi MATSUHITA and Macoto KIUCHI..... 29

A Semiparametric Covariance Estimator Invariant to Arbitrary Signal Drift
Reiji MURA..... 35

Frustration and Transition Point of Ising Spin Glasses
Ryusji MIYAZAKI..... 43

Statistical Mechanical Formulation and Simulation of Prime Factorization of Integers
Chihito H. NAKAHAMA..... 51

Coarse-Grained Dynamics Assuming Equal Probability for Transient States
Teruaki NOGAWA..... 57

Quantum Square Well Bound States Described by Equations with Non-Locality
Taru OHTA..... 61

A Challenge for Critical Point of Spin Glass in Ground State
Masayuki OHTSUKI..... 65

Statistical Mechanical Approach to Phase Unwrapping in Remote Sensing Using the Synthetic Aperture Radar Interferometry
Yohel SAIKA and Tatsuya UZU..... 73

How to Estimate the Number of Self-Avoiding Walks over \mathbb{H}^D ? Use Random Walks
Nobu C. SHIBAI and Masoto KUROKI..... 79

Anomalous Dependence on System Size of Large Deviation Functions for Empirical Measure
Naoto SHIBASHI..... 85

Variational Principle in Langevin Processes
Yuki SUGIYAMA and Masayuki OHTSUKI..... 93

A Useful Way to Obtain the Central Charge of Entanglement Hamiltonian — Nested Entanglement Entropy —
Shu TANAKA..... 101

Dissipated Work in Nonequilibrium Process and Relative Fisher Information
Takuya YASUNO..... 107

Mean Field Approximation for Fields of Experts
Mareki YASUDA and Kazuyuki TANAKA..... 113

3.6. ポテンシャル論に現れる逆問題と求積公式

日時：2013年3月3日(木) 13:00~17:40

場所：東北大学大学院情報科学研究科

中講義室

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」

組織委員会：小野寺有紹（委員長、九州大学）・宗政昭弘

開催趣旨：求積公式に関する研究は多岐に渡り、各分野において独自のアイデアが育まれて

きた。本研究会では、各講演者による解説を通して分野横断的に各研究のアイデアを共有する場を設け、新しい研究の方向性を創出することを目的とする。



13:00～14:20 小野寺有紹（九州大学）「求積領域序論」

14:40～16:00 緒方秀教（電気通信大学）「代用電荷法とその発展」

16:20～17:40 平尾将剛（東京女子大学）「Cubature 公式の存在問題と構成」

3.7. RCPAM-CMRU 勉強会 「Quantum Walks and Dynamics on Metric Graphs」

日時：2013 年 3 月 7 日（木）

場所：東北大学 情報科学研究科棟 6F 小講義室

主催：東北大学情報科学研究科純粋・応用数学研究センター

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」

組織委員会：瀬川悦生（委員長）・福泉麗佳（情報科学研究科）・前田昌也

開催趣旨：メトリックグラフ上のダイナミクスに関して、量子ウォーク、量子グラフ、確率論、非線形シュレディンガー方程式などの視点から話題を提供してもらい、基本的な概念を共有することで、その結びつきを参加者で議論し、知見を深めて行く。

今野 紀雄（横浜国立大学）

「A universality class of quantum walks」

Riccardo Adami (Politecnico di Torino, Italy)

「Stability for the ground state of the NLS on star graphs」

楠岡 誠一郎（東北大学）

「Diffusion processes in thin tubes and their limits on graphs」

鹿野 豊（自然科学研究機構・分子科学研究所）

「Nonlinear quantum walk and porous medium equation」

3.8. SMART-CREST WORKSHOP 「数学と諸分野との連携研究の探索」

日時：2013 年 3 月 19 日

場所：東北大学大学院情報科学研究科中講義室

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），

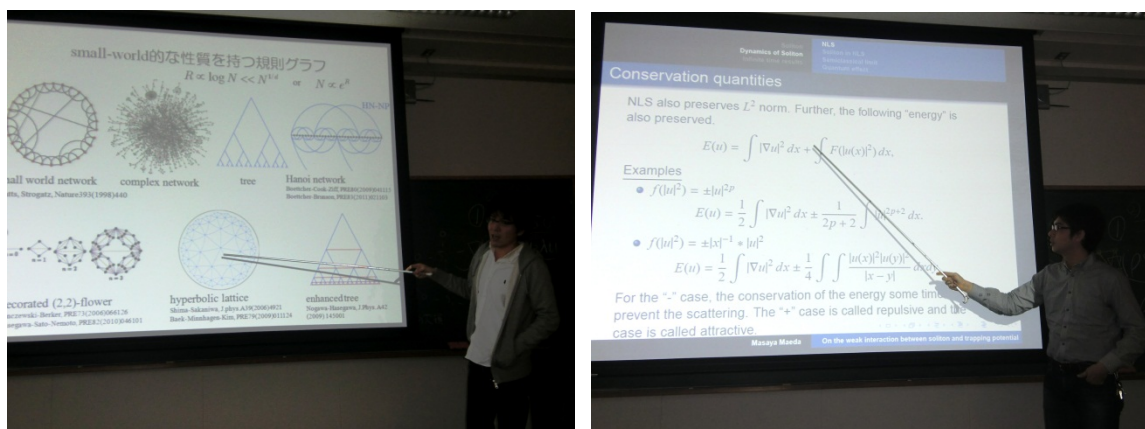
CREST「離散幾何学から提案する新物質創成と物性発現の解明」（代表者：原子分子材料科学高等研究機構 小谷元子）

組織委員会：尾畑伸明（委員長）・小谷元子・瀬川悦生

SMART 24 年度活動報告

プログラム

- 13:00-13:30 近藤剛史（理学研究科数学専攻）
「半導体の経年劣化のモデル」
- 13:30-14:00 三浦佳二（情報科学研究科数学連携推進室）
「形状非依存的なタッチカウンターの並列神経回路による実装手法の提案」
- 14:00-14:30 松江要（理学研究科数学専攻）
「熱拡散ナノ粒子の最適配置」
- 14:30-15:00 宮田洋行（情報科学研究科数学連携推進室）
「線形相補性問題に関する研究」
- 15:30-16:00 瀬川悦生（情報科学研究科数学連携推進室）
「量子ウォークの固有値分布と極限定理」
- 16:00-16:30 長谷川雄央（情報科学研究科数学連携推進室）
「ネットワーク上の噂の拡がりの数理モデル」
- 16:30-17:00 能川知昭（理学研究科数学専攻）
「階層スモールワールドネットワーク上の相転移の多様性」
- 17:00-17:30 前田昌也（理学研究科数学専攻）
「On the weak interaction between soliton and trapping potential」



4. ワーキンググループ

番号	名称	責任者	期間
1*	数理生物学研究集会組織委員会	高木泉	22.12.1~23.11.24

SMART 24 年度活動報告

2	光が拓く材料工学と数理科学の新接点 WG	久保英夫	22.12.2～24. 8.10
3	応用代数学研究 WG	宗政昭弘	22.12.16～
4*	情報科学研究科CMRU発足記念シンポジウム実行委員会	尾畑伸明	23.1.10～2.24
5	複雑に結合した系の統計物理を研究する WG	長谷川雄央	23.4.1～
6*	数学・数値解析学・生物学の連携によるパターン形成のメカニズム解明WG	鈴木香奈子	23.4.1～24.3.1
7*	低混雑度ネットワーク設計WG	大館陽太	23.4.1～24.3.3
8	脳型情報処理	三浦佳二	23.4.1～
9	情報幾何学	三浦佳二	23.4.1～
10	発生生物学のパターン形成の数理モデルの解析と実験	高木泉	23.4.1～
11*	ハートリー方程式研究 WG	前田昌也	23.4.5～24.3.31
12	幾何学的保存則による界面運動の解析 WG	小野寺有紹	23.4.7～24.12.18
13	量子伝達の数理	小谷元子	23.4.25～
14	SMART-ZiF Joint Research on Mathematical Approach to Social Networks	尾畑伸明	23.5.1～
15	ソフトマターの数理	小谷元子	23.5.9～
16*	画像処理とコンピュータビジョンの数理的側面(MAIPCV)ウィンタースクール実行委員会	出口光一郎	23.5.17～24.3.31
17	生命データ解析勉強会	三浦佳二	23.5.24～
18	数学連携星陵サテライト組織委員会	三浦佳二	23.5.26～
19*	東北大=北大 数学連携Summer Institute 2011組織委員会	三浦佳二	23.6.13～8.24
20	e-サイエンスにおける幾何学データ処理	徳山豪	23.6.24～
21	遺伝子ネットワークの非線形数理解析	木村芳孝	23.7.1～
22	生態系モデルの解析 WG	長谷川雄央	23.8.10～
23*	CMRU研究会「ネットワークから見る生命」組織委員会	長谷川雄央	23.6.1～23.12.23

24*	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究「大規模ネットワークの特徴を抽出するアルゴリズムの開発と社会行動の予測」組織委員会	長谷川雄央	23.9.30～24.2.10
25*	複雑ネットワーク・サマースクール組織委員会	長谷川雄央	23.3.11～23.9.14
26	Young Scientist Meeting of Statistical Physics and Information Processing (YSM-SPIP) 2013 組織委員会	安田宗樹	24. 4. 9 ～24.12.16
27	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究「光ファイバーとそれに関連する非線形偏微分方程式の研究」組織委員会	前田昌也	24.4.9～11.21
28	構成的手法による非線形分散型方程式の大域解析 WG	前田昌也	24. 4. 1～25. 3. 19
29	医用画像処理における数理的諸問題の探求	尾畑伸明	24. 4.23 ～
30	研究集会「量子確率論と量子ウォーク」組織委員会	瀬川悦生	24. 4.14 ～24.7.5
31	量子ウォークの応用に関する研究	瀬川悦生	24. 5.12～
32	ガラスとその周辺の非平衡現象	能川知昭	24. 5.25～25. 3.22
33	有向マトロイド研究をもとにしたさまざまな展開	宮田洋行	24. 6.21～
34	研究会「ポテンシャル論に現れる逆問題と求積公式」WG	小野寺有紹	24.12.18～25. 3. 3
35	研究会「双曲系の数理」	能川知昭	25. 1. 8～25. 3.22
36	メトリックグラフ上のダイナミクスに関する勉強会	瀬川悦生	25. 1.18～25. 3.22
37	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究「量子ウォークの新展開:物質制御へのアプローチ」組織委員会	瀬川悦生	25. 3.25～

網掛けのものは今年度までに終了したものの。

報告は § 7 に記載 (ただし、*印は前年度までに報告済み)。

5. SMART セミナー

毎週金曜日には、若手研究者が中心となって話題提供と討論を目的としたセミナーを実施している。発表者は形式にとらわれずに、問題を掘り下げて討論ができるように配慮している。24年度は 35 回開催した。

4月6日	三浦佳二	時間遅れを含む微分方程式の周期解の位相縮約
4月13日	田中亮吉 (WPI-AIMR)	Every graph with a positive Cheeger constant contains a tree with a positive Cheeger constant
4月20日	町田拓也(明治大学)	量子ウォークの極限密度関数と線形微分方程式
4月27日	近藤剛史	群における双曲性
5月11日	松江要	Connecting orbits を捉えるための(不)安定多様体の記述
5月18日	高口太朗(東大増田研 D3)	Heterogeneity in the importance of interaction events in temporal networks
5月25日	能川知昭	統計力学における相転移の入門的解説
6月1日	能川知昭	Transition by Breaking of Analyticity in the irrationally frustrated XY model
6月8日	宮田洋行	多面体の組合せ構造の列挙
6月15日	高石武史(広島国際学院大学)	Phase-field model と亀裂進展(「破壊・亀裂・転移」のプレ勉強会の一部)
7月6日	長谷川雄央	グラフの δ 双曲性はパーコレーション相転移のクラスを決める指標となるか?
7月13日	前田昌也	Integrable ODE in nonintegrable PDE
7月20日	Takayuki Murosaki (Bio Device Laboratory)	Antifouling gels against barnacles
7月27日	近藤剛史	確率論による Young 盤の数え上げ
9月28日	松江要 (CREST)	進行波の安定性
10月5日	小布施祈織 (WPI-AIMR)	A low-Reynolds-number treadmilling swimmer near a semi-infinite wall
10月12日	三浦佳二	Synchronization Analysis of Neuronal Oscillators
10月19日	Daniel Packwood	Phase Relaxation by a Continuous-Time Random Walk Process
10月26日	小林幹	カオスに埋め込まれているネットワーク構造

1 1 月 2 日	井上和俊	On an expression of defects in a material manifold
1 1 月 9 日	中村壮伸 (WPI-AIMR)	古典多体粒子系の連続体極限の圧力テンソルにおける δ 関数に由来する積分路依存性: Irving-Kirkwood vs 原島の積分路
1 1 月 2 9 日	Keiji Miura	Estimating intrinsic noise correlations under arbitrary signal drifts
1 1 月 2 9 日	Masaya Maeda	On the solitons of Hamiltonian PDEs
1 1 月 2 9 日	Takehisa Hasegawa	Classification of phase transitions in complex networks
1 2 月 7 日	田中亮吉 (WPI-AIMR)	Brouwer の不動点定理について
1 2 月 1 1 日	小野寺有紹	Quantization of energy in a variational problem
1 2 月 2 1 日	宮田洋行	多面体の f-vector について
1 月 1 1 日	宮田洋行	計算代数統計について
1 月 1 8 日	篠原英裕 (情報科学研究科博士研究員)	クラッターのパッキング性について
1 月 2 5 日	瀬川悦生	量子ウォークの open problem
2 月 1 日	篠原英裕 (情報科学研究科博士研究員)	Introduction to clutter theory
2 月 8 日	鈴木 顕 (情報科学研究科周研究室)	エネルギー効率のよいしきい値回路
2 月 1 5 日	田中 守 (AIMR)	微分幾何を用いた結晶の転位の紹介
2 月 2 2 日	富永 星 (翻訳家)	一般読者向け数学書などについての自由討論
3 月 1 日	前田昌也	Concentration Compactness



6. プログラム専任助教の実績

6.1. 長谷川雄央（情報科学研究科数学連携推進室助教）

発表論文リスト（査読付き学術論文）

- [1] T. Hasegawa and T. Nogawa: "Absence of the non-percolating phase for percolation on the non-planar Hanoi network" Physical Review E に掲載予定
- [2] T. Nogawa, T. Hasegawa, and K. Nemoto: "Criticality governed by the stable renormalization fixed point of the Ising model in the hierarchical small-world network", Physical Review E 86 (2012) 030102(R);1-4.
- [3] T. Hasegawa, K. Konno, and K. Nemoto: "Robustness of correlated networks against propagating attacks", The European Physical Journal B 85 (2012) 262;1-6.
- [4] T. Nogawa, T. Hasegawa, and K. Nemoto: "Generalized Scaling Theory for Critical Phenomena Including Essential Singularities and Infinite Dimensionality", Physical Review Letters 108 (2012) 255703;1-5.

その他の論文、解説記事

- [1] (項目分担執筆) 行動生物学辞典(仮)、東京化学同人 (印刷中 *2013 年刊行予定)

国際会議招待講演

- [1] T. Hasegawa: "Phase transition of bond percolation on nonamenable graphs and complex networks: a Monte-Carlo study", CREST "Kotani Team" Workshop "Random Media II", Sendai, September 3-7, 2012.
- [2] T. Hasegawa: "Percolation on complex networks and nonamenable graphs", ECT* Workshop "Spectral Properties of Complex Networks", Toronto, Italy, July 23-27, 2012.
- [3] T. Hasegawa: "Classification of Phase Transitions in Complex Networks", SPDSA2013, Sendai, March 20-21, 2013

国内会議招待講演

- [1] 長谷川雄央: 「Percolation on nonamenable graphs and complex networks: a Monte-Carlo study」、『無限粒子系、確率場の諸問題 VIII』、奈良、2012 年 10 月 20 日～21 日
- [2] 長谷川雄央: 「複雑ネットワーク上の数理モデルの臨界点の単一性/非単一性」、CMRU 研究会『ネットワーク科学の数理と展開』、講演番号 B-2、仙台、2012 年 9 月 13 日～14 日

国内会議一般講演

SMART 24 年度活動報告

- [1] 長谷川雄央、根本幸児 (講演者は根本): 「ネットワーク上における拡張 SIR モデルの不連続転移」、『日本物理学会 2012 年秋季大会』、講演番号 21pAE-2、横浜、2012 年 9 月 18 日～21 日
- [2] 能川知昭、長谷川雄央、根本幸児 (講演者は能川): 「一般化スケーリング理論による真性特異点を持つ無限次元系の相転移の記述」、『日本物理学会 2012 年秋季大会』、講演番号 20aAC-9、横浜、2012 年 9 月 18 日～21 日
- [3] 長谷川雄央、能川知昭: 「ネットワークにおける臨界点の一意性」、『日本物理学会 2012 年秋季大会』、講演番号 20aAE-1、横浜、2012 年 9 月 18 日～21 日
- [4] 長谷川雄央、能川知昭: 「ネットワークにおける臨界点の一意性 II」『日本物理学会第 68 回年次大会』、広島、2013 年 3 月 26 日～29 日

国内会議ポスター発表

- [1] 木下直人、長谷川雄央、根本幸児 (講演者は木下): 「ネットワーク上の fad model における相転移の数値解析」、『日本物理学会 2012 年秋季大会』、ポスター番号 19aPSA-23、横浜、2012 年 9 月 18 日～21 日
- [2] 能川知昭、長谷川雄央、根本幸児 (講演者は能川): 「無限次元グラフ上の臨界-秩序転移の多様性」、CMRU 研究会『ネットワーク科学の数理と展開』、ポスター番号 P-13、仙台、2012 年 9 月 13 日～14 日
- [3] 木下直人、長谷川雄央、根本幸児 (講演者は木下): 「ネットワーク上の fad model における相転移の数値解析」、CMRU 研究会『ネットワーク科学の数理と展開』ポスター番号 P-14、仙台、2012 年 9 月 13 日～14 日

24 年度に取り組んだ研究課題とその内容、成果

- [1] ネットワークの構造とその上の相転移現象の数理的関係の解明

複雑ネットワーク上のパーコレーションやスピンモデルは臨界相を伴う新しいタイプの相転移を示す。複雑ネットワークの構造と相転移の関係の数理を明らかにすることがこの研究課題の目的である。今年度は、臨界相を伴う相転移のスケーリング理論の構築、Hanoi network 上のパーコレーションの相図の導出などを行った(共同研究者: 能川助教、北海道大理・根本准教授)。成果は各々論文[2,4]、論文[1]にて出版された。また、hyperbolicity と onion-like self-similarity によってネットワーク上のダイナミクスの相図の分類、臨界相の有無を判定する仮説を提案し、既存のネットワークによる検証を行った。この成果についてはいくつかの国内・国際会議での招待講演にて広くアピールすることができた。

来年度は hyperbolicity と onion-like self similarity に関する議論をより深め、論文として出版することを計画している。また、現在取り組んでいる複雑な階層ネットワークの相転移の話題(共同研究者: SMART メンバー能川助教)、階層ネットワークにおけるスピングラスの話題(共同研究者: 東北大工佐々木助教)を完成させる予定である。

[2] 複雑ネットワーク上の情報伝播モデルの研究

複雑ネットワーク上の情報伝播モデルは、インターネットにおける **computer virus** の拡がり、人間社会における感染症や噂や技術革新の拡がりを記述する。論文[3]ではネットワークの次数相関が **computer virus** に対し頑健さ(非感染のネットワークが繋がりを保持できる度合い)に大きな影響を与えることを明らかにした。また、近年は多状態情報伝播モデルが幾つか提案されているが、それをふまえ[Hasegawa, Nemoto, under submission 2012]では単純な噂の拡散モデル(MIC model)を考え、ネットワーク構造との関係を、ツリー近似を用いて明らかにした。

来年度はより現実的なネットワークを用いて情報の拡散の研究を行う予定である。人間社会のクラスター性が高いことはよく知られている。ツリー近似を拡張し、局所的にクラスターリクなネットワーク上の MIC model を解析し、クラスター性が情報の拡散に有利か不利かについて調べる。現実のネットワークにおいてもシミュレーションを行う。また、科研費採択課題である感染症に対するワクチンの理論に関する研究も行う。

[3] 生態系の数理モデルの解析

本課題は数理生物学の分野で用いられる様々な生態系モデルの解析を統計物理の解析・数値計算手法により推進していくことを目的としている。この課題は前年度より静岡大学工学部との共同研究の形で始まっている。この課題に関する今年度の研究の進展は前年度に投稿された論文の改訂作業のみである。次年度以降静大スタッフとの連携を密にして止まっている解析を進めたい。なお、この課題に関する活動をきっかけに、東京化学同人より行動生物学辞典のネットワーク理論その他に関する項目の執筆依頼を受け、執筆をした。現在校正を終え印刷中の段階である。

数学と諸分野との連携という視点で取り組んだ活動（研究会の組織等含む）

[1]「複雑ネットワーク・サマースクール」及び「ネットワーク科学の数理と展開」(項目 4.4)の組織・運営 私はこのプログラムにおいて、予算の取得、講師・招待講演者の選定・交渉、会場セッティング、プログラム作成、案内作業等を行った。同 WG メンバーである尾畑教授、三浦助教にはたびたび助言と事務的な作業を手伝っていただいた。特に当日の裏方作業は三浦助教及びに有志の参加学生の貢献が大きい。

[2] Young Scientist Meeting of Statistical Physics and Information Processing (YSM-SPIP) in Sendai (2012 年 12 月 14 日～16 日)

目的：本研究会は、統計力学と情報科学の接点を深めよう、お互いの領域の垣根を越えよう、という意図の下、若手研究者によって 2010 年より企画/実行されてきた研究会である。ここ 20 年ほどの間に、情報科学の諸問題に統計力学的手法でアプローチする領域横断的

な取り組み(標語的に情報統計力学)が盛んになってきた。本研究会は、情報統計力学に関連した各分野で精力的に活動している若手研究者を募集し、多岐にわたる個々の分野での現在進行形の発展を持ち寄り、今後の可能性を模索する事を意図している。特に、研究会を通じて関連分野の若手研究者間の交流を促進させ、各々のアイデアをぶつけ合う機会を設けることで、若手研究者の持つ研究シーズを研究レベルまで成長させることを目的とした。

成果：2012年12月14日-16日の期間、東北大学・情報科学研究科棟大講義室・中講義室にて開催した。INRIA（フランス国立情報学自動制御研究所）のCyril Furtlehner氏を含む9名を講師として招聘した他、21（8+13）件の一般講演・ポスター講演が設けられた。研究会の合計参加者数は57名となった。統計物理学と情報科学の若手研究者が相互に意見や発想を交わし合い、本研究会の目標である学際的境界領域の中での分野開拓のための連携関係をいっそう強めることができた、また、研究拠点としての東北大学の存在感をアピールできたと考えられる。

貢献：私は本研究会組織委員である安田助教、大関助教(京大)、杉山氏(東大)のサポートを行った。特に開催地の組織委員として、会場セッティングや案内作業を始めとした東北大学側の作業を行った。

24 年度外部資金獲得状況

[1] 科学研究費補助金若手研究 (B)「複雑ネットワーク上の感染症ダイナミクスの解析と動的ワクチン接種法の提案」(研究代表者) 研究課題番号 24740054
配分額(直接+間接):1820,000 円(2012 年度)、1560,000 円(2013 年度)、1170,000 円(2014 年度)

特記事項（受賞、社会活動等を含む）

- [1] 応用数学連携フォーラム・運営メンバー(2012年4月～)
- [2] ERATO 河原林巨大グラフプロジェクト・協力研究者(2012年11月～)

5. 2. 三浦佳二（情報科学研究科数学連携推進室助教）

発表論文リスト（査読付き学術論文）

- [1] K. Miura, Z. F. Mainen, N. Uchida, “Odor representations in olfactory cortex: distributed rate coding and decorrelated population activity”, *Neuron*, 74, 1087-1098, 2012.
- [2] K. Nakada, K. Miura, "Clock Synchronization Protocol using Resonate-and-Fire Type of Pulse-coupled Oscillators for Wireless Sensor Networks", *The ICONIP 2012 proceedings, Part V, Lecture Notes in Computer Science series 7667*, 2012.
- [3] K. Miura, “Effects of Noise Correlations on Population Coding”, *Proceedings of SCIS-ISIS 2012, Kobe*, 2012.

- [4] K. Miura, K. Nakada, "Synchronization Analysis of Resonate-and-Fire Neuron Models with Delayed Resets", Proceedings of SCIS-ISIS 2012, Kobe, 2012.
- [5] K. Nakada, K. Miura, T. Asai, "Silicon Neuron Design based on Phase Reduction Analysis", Proceedings of SCIS-ISIS 2012, Kobe, 2012.
- [6] K. Nakada, K. Miura, T. Asai, H. Tanaka, "Dynamical Systems Design of Nonlinear Oscillators using Phase Reduction Approach", Proceedings of the 2012 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS), 2012.

その他の論文、解説記事

- [1] 三浦佳二, "匂い判別の情報伝達メカニズムの解明", 「嗅覚と匂い・香りの産業利用最前線」(6章を分担執筆), エヌ・ティー・エス出版, 2013年2月.
- [2] 三浦佳二, "嗅覚皮質の電気信号解読による脳の匂い判別機構の解明", 翠巒第27号, in press.
- [3] 三浦佳二, "Hodge分解によるヘテロ・大域的な脳活動の遍歴検出", ヘテロ複雑システムによるコミュニケーション理解のための神経機構の解明 NEWS LETTER Vol.4, in press.

国際会議招待講演

- [1] K. Miura: Near zero noise correlations underlie efficient population codes in olfactory cortex, Neuroscience 2012 (Annual meeting of Japan neuroscience society), Nagoya, 2012.9.

国際会議一般講演

- [1] K. Miura: An unbiased estimator of noise correlations under signal drift, SIAM 2012 Annual Meeting, Minneapolis, July 2012.

国内会議招待講演

- [1] 2012/7, "グラフの Hodge 分解とその周辺", 包括脳 ヘテロ・ニューロアナリシス研究会, 仙台国際センター
- [2] 2012/12, "Estimating intrinsic noise correlations under arbitrary signal drift", 「情報統計力学の最前線 —確率が繋ぐ自然現象と情報処理の数理—」(YSM-SPIP), 東北大情報.
- [3] 2012/1, "Near zero noise correlations underlie efficient population codes in olfactory cortex", 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ, 北海道ルスツ.

国内会議一般講演

- [1] 中田一紀, 三浦佳二, 浅井哲也, "位相縮約に基づくシリコンニューロンのダイナミカルシステムデザイン", 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 112, no. 227, NC2012-60, pp. 139-144, ニューロコンピューティング研究会(NC), 2012年10月.

国内会議ポスター発表

- [1] K. Miura, Z. F. Mainen, N. Uchida, “Fast, efficient population codes in olfactory cortex through decorrelation and synchronization to theta-frequency sniffing”, 包括脳 脳と心のメカニズム 夏のワークショップ, 仙台国際センター, 2012 年 7 月
- [2] 三浦佳二, 藤田武志, “グラフ上の流れの Hodge 分解の考察と金属ガラス時系列への応用”, ネットワーク科学の数理と展開, 東北大学, 2012 年 9 月
- [3] 三浦佳二, “嗅覚皮質の電気信号解読による脳の匂い判別機構の解明”, JST さきがけ「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域 3 期生成果報告会(一般公開), 東京大学, 2012 年 11 月

24 年度に取り組んだ研究課題とその内容、成果

[1] 脳型情報処理

- ・ 数学的指針によって、機能を持つ、脳を模倣した電気回路(VLSI チップ)を開発することを目的とする。
- ・ 力学系（特に位相振動子）の理論を用いて、クロックの同期や引き込みを利用したワイヤレスセンサーネットワークを提案し、Spice Simulator での実装を発表した。
- ・ 以上を実現するための基礎理論として、センサー間の相互作用等に遅れ（フィードバック）がある場合にも、位相振動子の縮約理論を適用出来るように、理論を拡張した。
- ・ Euler Calculus の理論を並列化することで、iPad のタッチ回数を、タッチの形状によらず、高速に数えることができるカウンターを設計した。現在は、Spice Simulator で実装を目指している最中である。

[2] 情報幾何学

- ・ 情報幾何学を用いた統計解析手法の開発及び、脳活動の実データの解析を目的とする。
- ・ 統計的学習理論を用いて、嗅覚皮質の神経活動の実データから匂い情報の解読を行った。この成果は、Neuron 誌(IF=15)に掲載され、読売新聞等でも報道された。
- ・ 上記の匂い解読においては、神経活動の相関（＝情報の冗長性）が鍵となっていることを解明したが、理論モデルにおいてもこれを検討した。
- ・ そして、相関の役割をさらに進めるために、情報幾何学を用いた非定常下での相関の推定法を開発した。これを、実データへと応用したところ、ベースラインが非定常であることによる「見かけの相関」が存在することを解明した。
- ・ 以上の流れとは別に、微分幾何学をベースにして、グラフの Hodge-Kodaira 分解の高速アルゴリズムを新たに開発した。これを、神経回路網中のループを検出できる体系的な方法として、データ解析に役立てた。
- ・ 今後は、情報幾何学も含んだより広い方法論として「応用微分幾何学」を標榜して、脳

の解明に向けて実データに適用していきたい。

数学と諸分野との連携という視点で取り組んだ活動（研究会の組織等含む）

[1] 脳型情報処理

- ・2012/11, 国際会議 SCIS-ISIS 2012 において、セッションを企画した。“Mathematical Modeling of Neural Systems”, 神戸国際会議場
- ・数理モデルを全面に押し出したセッションを開催することで、数学と脳工学の融合を図った。

[2] 生命データ解析勉強会

- ・主に Hogg&Craig 著「数理統計学ハンドブック」の輪読会（毎週火曜 9:30-11:30）を輪読した。
- ・10 月から 2 月にかけては、鎌谷直之「遺伝統計学」も輪読した。
- ・参加者の研究室は木下・大林研、中尾・片山研、乾・岡崎研、長崎研（メディカルメガバンク機構）など多岐に渡った。
- ・生命データ解析方法を身につけるだけでなく、研究室間の交流にも役立った。

[3] 星陵サテライト

- ・医学部において「生命科学者のための使える数学セミナー」を 3 回開催した。
- ・発生生物から脳、力学系モデルからデータ解析までと、バラエティにとみ趣向をこらした講演者を迎えて、大勢の聴衆を集めることができた(毎回 20-40 人程度)。

24 年度外部資金獲得状況

- [1] 新学術領域研究「ヘテロ複雑システムによるコミュニケーション理解のための神経機構の解明」「Hodge 分解によるヘテロ・大域的な脳活動の遍歴検出」（研究代表者）平成 24－26 年 総額 300 万円(予定)
- [2] 若手研究(B)「無限次元の情報幾何学を用いた脳活動のモデリング」（研究代表者）平成 24－28 年, 総額 360 万円(予定)

特記事項（受賞、社会活動等を含む）

- [1] 発表論文[1] の出版に先立ってプレスリリースを行い、河北新報(6/21 付朝刊 25 面), 読売新聞(宮城県版,6/21 付朝刊 32 面), 日刊工業新聞(6/22 付 20 面), 日経 BP(net) (6/22 付), マイナビニュース(6/21 付) 等に掲載された. NEURON video abstract に選出(毎号一本). Faculty of 1000 に掲載.SciVerse ScienceDirect TOP25 Hottest Articles に選出.
- [2] 平成 24 年青葉工業振興会研究奨励賞「嗅覚皮質の電気信号解読による脳の匂い判別機構の解明」

SMART 24 年度活動報告



5.3. 瀬川悦生 (情報科学研究科数学連携推進室助教)

発表論文リスト (査読付き学术论文)

- [1] T. Łuczak, N. Konno and E. Segawa: Limit measures of inhomogeneous discrete-time quantum walks in one dimension, *Quantum Information and Processing*, 12 (2013) 33–53.
- [2] N. Konno, N. Obata and E. Segawa: Localization of the Grover walks on spidersnets and free Meixner laws, *Communications in Mathematical Physics* in press.
- [3] N. Konno and E. Segawa: On the entropy of decoherence matrix for quantum walks, *Yokohama Mathematical Journal* (2012), in press
- [4] N. Konno and E. Segawa: Weak convergence of complex-valued measure for bi-product path space induced by quantum walk, accepted for publication to *Yokohama Mathematical Journal*.

その他の論文、解説記事

- [1] Yu. Higuchi, N. Konno, I. Sato and E. Segawa, "The square and cube of the transition matrix of the discrete-time quantum walk on a graph", arXiv:1207.4987
- [2] Yu. Higuchi, N. Konno, I. Sato and E. Segawa, "Quantum graph walks II: quantum walks on covering graphs", arXiv:1211.4719
- [3] Yu. Higuchi, N. Konno, I. Sato and E. Segawa, "Quantum graph walks I: mapping to quantum

walks", arXiv:1211.0803

国際会議一般講演

- [1] E. Segawa: Quantum walks induced by quantum graphs, 7th Jikji Workshop on IDAQP, Chungbuk National University, Korea 2012.07.21.
- [2] E. Segawa: Spectral analysis of quantum walks, Quantum walks and related topics, 京都大学数理解析研究所.
- [3] E. Segawa: Relation between quantum walks and quantum graphs, Quantum dynamics and quantum walk (岡崎分子科学研究所, 2012/11/24-11/26)
- [4] E. Segawa: On the study of quantum graph : a mapping to coined quantum walk, American Mathematical Society, Special Session on Quantum Walks and Related Topics (San Diego, USA, 2013/01/10)

国内会議一般講演

- [1] 瀬川悦生, “グラフ上の量子ウォーク”, 情報数物研究会, (2012/07/13, 東北大学)
- [2] 瀬川悦生, “量子グラフの量子ウォークによる表現”, 研究集会「無限粒子系と確率場の諸問題」(2012/10/21 奈良女子大学)
- [3] 瀬川悦生, “自由群と可換群上の量子ウォークの挙動の解析に向けて” 双曲系の数理(東北大学, 2013/02/25)
- [4] 瀬川悦生, “量子ウォークの統計的性質”, 計算材料科学と数学の協働によるスマート材料デザイン手法の探索 (東北大学, 2013/03/15)

国内会議ポスター発表

- [1] 瀬川悦生, “Quantum walks on graphs”, “CMRU 研究会”ネットワーク科学の数理と展開”, (東北大学, 2012/09/13)

24 年度に取り組んだ研究課題とその内容、成果

- 1) 量子確率論の独立性との対応関係 (発表論文リスト[3,4])

研究内容: 量子確率論、量子ウォークの双方でそれぞれ定義されている非可換な “コイン投げ”によって得られる極限定理に関する関係性を掘り下げていく。量子確率論の議論によって、量子ウォークの過程としての描像を明記することを目指す。

成果: 量子ウォーク(QW)に普遍的に現れる非ガウス分布を表す極限定理が示す意味や、その本質を考察する。その為に(i) 量子確率論で展開される概念 (ii) Y.Aharonov 達が考案した弱測定を QW に対して導入を試みた。より具体的には、それぞれ

- (i) QW の考案者の一人である S. Gudder(1988)による複素数を値に持つ量子測度が一次元格子上の QW に当てはまるように拡張した。そのことによって QW 版のフォンノイマンエン

トロピーや、量子測度の弱収束に関する明示的な表現を得た[3]。それが量子確率論の独立性の概念に対応する QW の分布を実現する過程を与えるような、新しい独立性の概念へのヒントになるかは今後の課題。最終的には QW における観測プロセスの解釈を見つけない。その為に WG31 の経費から韓国で開催された量子確率論の研究会に参加・講演し、WG30 のような研究集会を開くなどして、情報を収集している。

(ii) 量子状態を射影測定ではなく位相を観測する弱測定と呼ばれるプロセスを QW に対して初めて適応し、そのある種の弱収束定理を導いた[4]。その結果が示す物理的意味に関しては、今後の課題である。

2) 量子グラフとの対応 (発表論文リスト[6,7])

研究内容：量子グラフの名で知られているメトリックグラフ上のシュレディンガー方程式の一連の研究との関係を明確にする。最終的に量子グラフの中で研究されてきた具体的な物理モデルの解析に結び付けて、量子ウォークの知識によって言及していくことを目標にする。

成果：数名のグラフの専門家の共同研究者との議論の結果、この連立方程式の非自明な解が存在するための必要十分条件を量子ウォークによって与えることができた[6,7]。非線形シュレディンガー方程式系との対応関係は興味深い未解決問題であり、W32 で行われるセミナー等で議論を深めた。

3) 時空間離散におけるアンダーソン局在の解析 (発表論文リスト[1,2])

研究内容：量子ウォークを固有値解析の視点から記述する。単位円周上の CMV 行列の固有値分布と、量子ウォークの挙動に見られる、局在化や線形的拡がりのメカニズムとの結びつきを明らかにする。特に空間的摂動により生じる量子ウォークの局在化とアンダーソン局在の明示的な関係を与えることを目指す。

成果：欠陥のある空間に QW を走らせると局在化が生じることを量子ウォークの固有値解析の観点から解析した。二通りの手法により、明示的な局在化を証明した。1つは、与えられた QW の対応するランダムウォークを見出すことで、その直交多項式を量子確率論で展開されている手法を適用し、QW へ還元する方法である[2]。2つめは CMV 行列と呼ばれる単位円周上のローラン多項式系の概念を取り入れることで、その固有値測度の情報から、対応する QW の局在化を証明した[1]。欠陥が有限個の場合も、局在化と同時に線形的な拡がりを示すことが数値計算から示唆されているが、その数学的証明は今後の課題であり、これが解決すると線形的拡がりとは固有値測度との関係が明らかになることが期待される。

4) 光合成のクロフィルネットワーク上の集光システムへの応用の可能性

研究内容：ほぼ 100 パーセントに近い量子収率を持つ光合成光捕獲系のシステムと、量子ウォークを用いた量子探索アルゴリズムの関係性を模索する。

成果：一般のグラフ上の QW の振る舞いがよく知られていないため、手始めとして様々な周期的な構造を持つ無限グラフ上の QW の解析を試みた。その結果、高次元正方格子等のグローヴァーウォークの局在化と線形的拡がりを証明し、現在論文を執筆中である。ただ明示的な極限分布の表示は得られていない。今後、アブストラクトな議論により、より広いクラスにおけるグローヴァーウォークの局在化と線形的拡がりによるグラフの幾何的構造の特徴づけが期待される。グラフエン上のダイナミクス等、量子素子との対応関係も今後の課題。

数学と諸分野との連携という視点で取り組んだ活動（研究会の組織等含む）

[1] Workshop of Quantum Dynamics and Quantum walks（岡崎分子科学研究所、東北大学 SMART 共催）の組織・運営

岡崎分子科学研究所で、日本でされる初めての QW の国際会議を開催した。約 50 名程の参加者が集い、統計的性質やその固有値解析などその基礎研究をしている数学者や、量子力学の現象を理解する為のトリーモデルとして論じる理論物理の研究者や、QW の実装の成功をおさめた実験家によって、QW というひとつのテーマについて意見・情報交換を行った。東北大からは SMART の海外アドバイザーである P. Blanchard 氏と量子情報の研究者 J. Wang 氏を海外から招へいし、国内でも数名の組み合わせ論の専門家に講演を依頼し、QW の新たな諸分野との連携の可能性を議論した。

毎年 QW の国際会議は連続的に行われ、今回も盛況に終わったように思える。とりわけ、数学者によって地道に理論的に積み上げてきた QW の現象を、多くの講演者が光子、イオントラップ、などの方法による実装の成功をおさめた報告が際立った。開放系 QW のより詳細な理論の構築は、これまで閉じた系での理想的な状況下でしかほとんど論じられてこなかったが実験結果の客観的な評価の道具として今後必要になってくると思われる。また、 Z, Z^2 以外の対称的な構造をもつ空間構造上の QW の統計的性質は、実はほとんど何も研究がされておらず、今後空間構造上の量子探索アルゴリズムの実装を視野に入れた研究が行われようとしている中で、数学が先行する 1 つのチャンスだと感じた。次回はイタリアのミラノで開催予定。

[2] 第 31 回 AMF ワークショップの組織・運営

量子情報の研究者 J. Wang 氏に「Quantum Walk and potential application」と題する QW の探索アルゴリズム、グラフ同型判別への応用について、また山形大学からは内沢啓氏「論理回路の出力パターン数解析とその応用」と題する講演をして頂いた。QW からモチベートされたグラフの空間構造に関する、興味深い数値計算結果による示唆を得るなどした。組み合わせ論やアルゴリズム論と QW のフュージョンを試みたが、すぐにはその繋がりを見いだすことは出来なかった。

[3] 情報科学研究科の研究室訪問

情報科学研究科のいくつかの研究室を訪問し、研究室の研究の話や連携研究を進める上で望んでいることや障害に感じている(た)ことなどについてご意見を頂いた。

すぐには数学との本質的な連携が得られるかは別として、とても気さくに接して下さり、興味をそそられる話題を提供して頂き、よい刺激になった。今後も長期的に良好な繋がりを保ち続けることで、共同研究に繋がられるようにしたい。

24 年度外部資金獲得状況

[1] (次年度)平成 25 年度 九州大学マス・フォア・インダストリ短期共同研究「量子ウォーク数理の新展開：物質制御へのアプローチ」(研究代表者) 60 万円

特記事項 (受賞、社会活動等を含む)

[1] 量子ウォーク国際会議のプロシーディングスの編集

Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, as the special issue on "Theoretical and Mathematical Aspects of the Discrete Time Quantum Walk" (the Conference is Instituto de Fisica Corpuscular, 2011/11/07-10)

[2] Workshop of Quantum Dynamics and Quantum walks (岡崎分子科学研究所 2012/11/24-11/26) オーガナイザー

[3] 越境する数理 -時空間の深秘と暗喩- (横浜国立大学主催、Zaim Café Annex (横浜元町)にて 一般市民向けの展示会) 2012/10.10-14 に作品を出展

5. 4. 宮田洋行 (情報科学研究科数学連携推進室助教)

発表論文リスト (査読付き学術論文)

[1] David Avis, Hiroyuki Miyata and Sonoko Moriyama: Families of polytopal digraphs that do not satisfy the shelling property, Computational Geometry: Theory and Applications, vol. 46, issue 3, pp. 382-393, 2013.

[2] Komei Fukuda, Hiroyuki Miyata and Sonoko Moriyama: Complete enumeration of small realizable oriented matroids, Discrete and Computational Geometry, Volume 49, Issue 2, pp. 359-381, 2013.

その他の論文、解説記事

[1] Hiroyuki Miyata, On symmetry groups of oriented matroids, <http://arxiv.org/abs/1301.6451>, 30

pages.

国内会議一般講演

- [1] 宮田洋行: マトロイド・有向マトロイドの対称性に関する考察, 組合せ論セミナー, 東北大学, 2012年6月27日.
- [2] 宮田洋行: 有向マトロイドの自己同型群の分類, 2012年組合せ論サマースクール, 島根, 2012年8月28日~31日.
- [3] 宮田洋行: 多面体の組合せ構造の列挙とその周辺, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究「学習理論における組合せ論」, 九州大学, 2012年9月18日~20日.
- [4] Yoshikazu Aoshima, Hiroyuki Miyata and Sonoko Moriyama: On classes of polytopes whose LP-orientations can be characterized by the shelling property, 電子情報通信学コンピューテーション研究会, 東北大学, 2012年10月31日. (信学技報, vol. 112, no. 272, COMP2012-41, pp. 45-51)
- [5] Komei Fukuda, Lorenz Klaus and Hiroyuki Miyata: Enumeration of PLCP-orientations on the 4-cube, 電子情報通信学コンピューテーション研究会, 九州大学, 2012年12月10日. (信学技報, vol. 112, no. 340, COMP2012-50, pp. 41-48)

24年度に取り組んだ研究課題とその内容、成果

有向マトロイドを通じて、数理計画問題や計算幾何などについてさまざまな結果が得られた。

[1] 線形計画問題(LP)の組合せ的性質の理解

線形計画問題 (LP) は、数理計画問題で最も基本的な問題の1つであり、効率のよいアルゴリズムを与えることは非常に大きなインパクトを持つが、現在、LPが強多項式時間可解かどうかは未解決である。強多項式時間アルゴリズムの有力な候補の一つに単体法があり、それは多面体グラフの適当な向き付け (LP向き付け) のもと、そのシンクを探すアルゴリズムとして理解できる。単体法の解析においてはLP向き付けの組合せ的性質の理解が重要と考えられる。現在、非閉路性、唯一シンク性、Holt-Klee性、シェリング性が知られるが、本研究では2009年にAvis, Moriyamaにより提案されたシェリング性を主にLP向き付けがシェリング性で完全に特徴づけられる場合があるかという観点から調べた。まず1つに、前から進めていた研究で、シェリング性のより扱いやすい定義を与えた上で、性質の有用性を示す多面体グラフの構成法の提案し、さらに十字多面体のLP向き付けはシェリング性で特徴づけられることを示していたが、それをさらに精密に解析したうえで論文として出版した(論文発表[1])。

さらに、頂点数が次元+2の場合においても、シェリング性がLP向き付けを完全に特徴づけられることを示した(口頭発表[4]・論文準備中)

[2] P行列線形相補性問題のデータベース作成

線形相補性問題(LCP)は線形計画問題(LP)や凸二次計画問題など多くの重要な問題を統一的に扱う枠組みを与える非常に重要な問題であり、LCPの効率の良いアルゴリズムを与えることは応用上非常に大きなインパクトを持つ。一方、一般に線形相補性問題はNP困難であることが知られ、効率よく解ける部分クラスの研究が盛んになされている。その中でも特にP行列線形相補性問題(PLCP)というクラスは多くの重要な問題を含み、また理論的にも多くの自然な特徴づけを持ち、多項式時間可解であることを示唆する結果がいくつかある。一方、多項式時間アルゴリズムの設計に関しては手掛かりのない状況である。多項式時間アルゴリズムの候補の一つにBard-typeアルゴリズムと呼ばれるものがあり、そのアルゴリズムは超立方体上の適当な向き付け(PLCP向き付け)のもと、そのシンクを探すアルゴリズムとして理解できることが1978年にStickney, Watsonによって指摘され、3次元超立方体のPLCP向き付けが列挙された(17通り)。本研究では、有向マトロイドの実現可能性問題を通じてPLCP向き付けを列挙するという新しいアプローチを提案し、4次元超立方体上のPLCP向き付けを列挙した(6910通り)。また、それを用いて計算機実験を行い、多くの知見を得た(口頭発表[5]・論文準備中)。

[3] P行列線形相補性問題の新たな部分クラス

上で述べた計算機実験による知見の一つとして、良い性質を持つP行列線形相補性問題(PLCP)の新たな部分クラスを発見した。PLCPを定める行列の組合せ構造が非常に限定されているにもかかわらず、上記の計算機実験ではPLCP向き付け全体の88%がそのクラスから導出できることを観察した。そのようにしてこのクラスの重要性を認識し、このクラスの性質に関しさまざまな理論的考察を行った。このクラスのPLCPに関する効率のよいアルゴリズム設計がこれからの課題である。(5月に共同研究者Lorenz Klausが口頭発表予定・論文準備中)

また、線形相補性問題が物理シミュレーションなどにおいて多く用いられていることがわかり、また線形相補性問題に取り組む共同研究者(Lorenz Klaus)が研究員として東北大学に赴任してきたこともあり、来年度は線形相補性問題を直接的に他分野へ応用する研究も考えてみたい。

[4] 有向マトロイドの自己同型群の分類

近年、有向マトロイドはさまざまな対象に付随する線形空間の抽象化として、M理論や分子構造の分類などへの応用がなされ始めている。全ての有向マトロイドに実際の線形空間が付随するわけではないので、どこまで有向マトロイドと線形空間で性質を共有するか理解しておくことは重要である。そのような観点から有向マトロイドの自己同型群の研究を行った。

3次特殊直交群SO(3)の有限部分群の分類は群論における古典的結果である。既存のアプローチは座標の情報を多く用いたものであり、そこから座標の情報を取り除き、組合せ的に

抽象化した対象である有向マトロイドの自己同型群の解析では違ったアプローチを考えなくてはならない。本研究では、有向マトロイドの自己同型群を解析するツールとして、組合せ的な不動点定理をいくつか証明し、それを駆使して自己同型群の分類を行った。その結果、ランク 4 非巡回有向マトロイドの自己同型群についても実際には $SO(3)$ の有限部分群分類の理論とほぼ同様の理論展開ができることがわかった。(口頭発表[1],[2]・論文投稿中・プレプリント：論文発表[3])

数学と諸分野との連携という視点で取り組んだ活動（研究会の組織等含む）

[1] 情報収集・広報

他分野に数学を用いた研究・そのような研究を行う研究者を調査し、今年度および来年度の AMF ワークショップの開催を計画した。また、東北大学イノベーションフェアでのポスター発表や情報科学研究科の研究室訪問などに取り組み、他分野と数学の連携に関する情報収集および広報に努めた。研究室訪問については、現在 3 つの研究室を訪問したばかりのところであるが、非常にやりがいを感じ、また有用であると感じており、今後もこの活動を続け、諸分野との数学連携の可能性を探ったり、情報収集を行っていきたいと考えている(情報科学研究科に留まらず他の組織などへの訪問も検討したい)。

その他、今年度 10 月から JST ERATO 河原林巨大グラフプロジェクトが始まり、そのセミナーに毎回参加しながらソーシャルネットワークなどの巨大グラフ関係の知識を蓄えているところであり、今後自分の研究に巨大グラフの数学的解析・アルゴリズム設計なども取り入れていく予定である。

5.5. 前田昌也（理学研究科数学専攻助教）

発表論文リスト（査読付き学術論文）

- [1] Masaya Maeda: Stability of bound states of Hamiltonian PDEs in the degenerate cases, *J. Funct. Anal.* 263, 511-528 (2012).
- [2] Nobu Kishimoto and Masaya Maeda: Construction of blow-up solutions for Zakharov system on T^2 , to appear in *Ann. Inst. H. Poincaré Anal. Non Linéaire*.

国内会議一般講演

- [1] On the solution of nonlinear elliptic equation in a thin domain. 第 37 回偏微分方程式論札幌シンポジウム, 北海道大学, 2012 年 8 月.
- [2] On the weak interaction between soliton and non-trapping potential. 応用数学セミナー, 東北大学, 2012 年 10 月.
- [3] Nonexistence of minimal mass blow-up solution of Zakharov system on 2D torus. 第 7 回非線

形偏微分方程式と変分問題, 首都大学東京, 2013 年 2 月.

[4] Nonexistence of minimal mass blow-up solution of Zakharov system on 2D torus. 研究集会「若手のための偏微分方程式と数学解析」, 福岡大学セミナーハウス, 2013 年 2 月.

[5] Nonexistence of minimal mass blow-up solution of Zakharov system on 2D torus. 第 5 回名古屋微分方程式研究集会, 名古屋大学, 2013 年 3 月.

24 年度に取り組んだ研究課題とその内容、成果

[1] 構成的手法による非線形分散型方程式の大域解析 WG

(平成 24 年 4 月 1 日～)

メンバー：瀬片 純市(東北大学理学研究科)

研究課題

- ・非線形シュレディンガー方程式のソリトンの漸近安定性.
- ・Zakharov 方程式の爆発界の構成.
- ・一般化 KdV のソリトンの漸近安定性.

概要：非線形シュレディンガー方程式、KdV 方程式、Zakharov 方程式を含む非線形分散型方程式の大域解を終値問題を解くことにより構成する。特に爆発解、散乱+ソリトン解の構成を通して非線形分散型方程式の解の大域挙動の理解を深める。

成果：2012 年 5 月 - 7 月：イタリア・トリエステ大学の Cuccagna 氏を訪問し定在波解の漸近安定性理論について意見を交換した。Cuccagna 氏とはソリトンの漸近安定性に関連したプレプリントを投稿し、現在、このプレプリントを発展させたものを研究中である。また、2012 年 8 月には非線形分散型方程式関連の研究集会 Workshop on Nonlinear Dispersive PDEs を開催した。Zakharov 方程式については 2 次元周期境界条件の場合に爆発解を構成した。3 次元の場合は現在研究中である。また、一般化 KdV 方程式のソリトンの漸近安定性についても現在研究中。

[2] 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究「光ファイバーとそれに関連する非線形偏微分方程式の研究」

(平成 24 年 4 月 9 日発足～平成 24 年 11 月 21 日)

メンバー：尾畑 伸明氏(情報科学研究科)

概要：九州大学マス・フォア・インダストリ研究所において短期共同研究「光ファイバーとそれに関連する非線形偏微分方程式の研究」を行った。本共同研究の目的は、非線形シュレディンガー方程式、関連する偏微分方程式、数値計算、企業の人間を集め従来より広い視点に立った光ファイバーへの応用を視野に入れた非線形シュレディンガー方程式の研究のありかたを探ることであった。本プログラムの申請メンバーは以下のとおりである。

前田昌也 (東北大学大学院理学研究科・助教)
 吉村和之 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所・研究員)
 水町徹 (九州大学大学院数理学府・准教授)
 北直泰 (宮崎大学教育文化学部・准教授)
 福泉麗佳 (東北大学大学院情報科学研究科・准教授)
 鈴木香奈子 (茨城大学理学部・准教授)
 宮路智行 (京都大学数理解析研究所・研究員)
 松江要 (東北大学大学院理学研究科・助教)
 眞崎聡 (学習院大学理学部・助教)
 千葉逸人 (九州大学マスコアインダストリ研究所・助教)

また、本プログラム申請メンバー以外で外部からは 11 名の方に参加していただいた。

成果：本 WG による短期共同研究では、様々な方程式を扱う研究者、数値計算の専門家、企業の間があつまり、今後の研究につながるテーマを探索した。毎日各人が 90 分という長い時間をかけ、自分の研究の要点をお互いに教えあうことにより、問題意識の共有と現在の直面している技術的な問題点について学ぶことができた。例えば、千葉氏や眞崎氏による新しい理論の展開はほかの分野で直面している技術的な困難を克服する鍵になりえる。また、鈴木氏による外力項の影響の研究は非線形シュレディンガー方程式の研究にもアイデアを与えると期待される。さらに、松江氏や宮路氏、吉村氏などの数値計算よりの研究者たちとの交流は純粋数学を超えた、応用も見据えた数学の展開に役に立つと期待される。

24 年度外部資金獲得状況

[1] 科研費若手研究(B)24740081 「非線形分散型方程式の特異性形成の解析」

24 年度 130 万 (直:100 万, 間 30 万) ,

25 年度 104 万 (直:80 万, 間 24 万),

26 年度 104 万 (直:80 万, 間 24 万).

[2] 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究「光ファイバーとそれに関連する非線形偏微分方程式の研究」 60 万円

5. 6. 小野寺有紹 (理学研究科数学専攻助教)

発表論文リスト (査読付き学術論文)

[1] M. Onodera: On the shape of solutions to an integral system related to the weighted Hardy-Littlewood- Sobolev inequality. J. Math. Anal. Appl. 389 (2012), 498-510.

[2] M. Onodera: Profiles of solutions to an integral system related to the weighted Hardy-Littlewood-Sobolev inequality. 数理解析研究所講究録 1779 (2012), 111-127.

国内会議一般講演

- [1] Profiles of solutions to an integral system related to the weighted Hardy-Littlewood-Sobolev inequality
京都大学 RIMS 研究集会「Progress in Variational Problems - Variational Methods in the Study of Evolution Equations -」2011 年 6 月 8 日:
- [2] Hele-Shaw 流における自由境界の漸近挙動について
京都大学 RIMS 共同研究「微分方程式に対する幾何解析の展開」2011 年 7 月 25-27 日:
- [3] Stability of a Hele-Shaw flow with two point sources in Hölder spaces
研究プログラム“Complex Analysis and Integrable Systems”および研究集会“Operator Theory and Integrable Systems” Institut Mittag-Leffler 2011 年 9 月 1 日-12 月 15 日.
- [4] Theory of quadrature domains applied to the Laplacian growth
研究集会“Winter School in Sendai 2011 -- Complex Analysis Approaches to Free Boundary Problems” 2011 年 12 月 17-18 日 東北大学.
- [5] Stability of quadrature domains under Hele-Shaw evolution with two point sources
2011 Taiwan-Japan Joint Workshop on PDEs and Geometric Analysis ,台湾 National Center for Theoretical Sciences, 2011 年 12 月 20 日.
- [6] A moment-preserving flow for surfaces
第 13 回北東数学解析研究会, 2012 年 2 月 17 日, 北海道大学.
- [7] Stability of quadrature domains under Hele-Shaw evolution
ESF-JSPS Frontier Science Conference for Young Researchers “Mathematics for Innovation: Large and Complex Systems” 2012 年 2 月 28 日-3 月 4 日
- [8] A new geometric flow of surfaces and its applications
SMART Workshop: Exploring Collaborative Mathematics, 東北大学, 2012 年 3 月 13 日.
- [9] A moment-preserving flow for surfaces and its applications
9th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications
2012 年 7 月 1 日, アメリカ, フロリダ.
- [10] (ポスター発表) A moment-preserving flow applied to a variational problem in potential Theory
Summer School “Variational Methods for Evolving Objects” 2012 年 7 月 30 日, 北海道大学.
- [11] ポテンシャル論に現れる変分問題と対応する幾何学的発展方程式
第 1 回岐阜数理科学研究会, 岐阜大学 2012 年 8 月 11 日.
- [12] 変分問題と対応する幾何学的発展方程式
日本数学会 2012 年度秋季総合分科会, 2012 年 9 月 20 日, 九州大学.

[13] A geometric flow for quadrature surfaces

京都大学数理解析研究所研究集会「Geometry of Solutions of Partial Differential Equations」

2012 年 11 月 7 日:

WG: 幾何学的保存則による界面運動の解析 WG

期間: 平成 23 年 4 月 7 日～平成 24 年 12 月 31 日

概要: Hele-Shaw 流に現れる界面運動は、複素モーメントと呼ばれる幾何学量が時間に対して不変量となることが示されている。他の界面運動に対し、このような大域的な数学的構造に着目することで、新しい視点からの解析的アプローチを導入し発展させる。

成果: Hele-Shaw 流が領域のモーメントを保存するのにに対し、曲面に対するモーメントを保存する「フロー」を導出し、その解析を行った。導出されたモデルは物理的な背景をもたない純数学的なものであるが、これは物理的背景をもつポテンシャル論の未解決問題などへの応用が期待される。

[1] 平成 24 年 3 月 13 日: 組織委員として研究集会 “SMART Workshop: Exploring Collaborative Mathematics” を東北大学にて開催。

[2] 毎週金曜日開催の SMART セミナー幹事 (平成 24 年 5 月)

ワーキンググループとして遂行した「幾何学的保存則による界面運動の解析」を中心に研究を行い、ポテンシャル論の古典的な問題に対応する幾何学的発展方程式を導出し解析した。ここでいうポテンシャル論の問題とは、与えられた測度(質量分布)に対し、それと同じ重力場を生成する曲面の形状を決定するというもので、そのような曲面の存在は示されていたものの、一般に一意性が崩れることが知られているなど未解決な問題が数多く残されているものである。そのうちの一つの重要な問題として、与える測度を連続変形した際に対応する曲面は連続変形するかどうかという安定性に関する問題があるが、本研究で導入した発展方程式はこの連続変形する曲面の挙動を記述するもので、研究の結果、曲面が正曲率を持つ限りそのような連続的に変形する曲面が一意に存在することを証明することができた。したがって、この結果はまた一意性が崩壊する、または分岐する場合には、負曲率な部分曲面が重要な役割を果たすことを示唆している。

プロジェクトを通し数学に限らず様々な分野の研究者と多くの交流の機会を得たものの、共同研究という形には到らなかった。しかし、数学がどのように諸分野と関連すべきかということなどを常に考え、自分なりの一定の結論を得ることができたことは、評価したい。同時に、SMART セミナーを通して他分野の知見を得たことは、今後の研究に対して大きな財産になるだろうと思う。

5.7. 能川知昭 (理学研究科数学専攻助教)

発表論文リスト（査読付き学術論文）

- [1] Tomoaki Nogawa, Hajime Yoshino and Bongsoo Kim, “Transition by Breaking of Analyticity in the Ground State of Josephson Junction Arrays as a Static Signature of the Vortex Jamming Transition”, *Physical Review E* 85 (2012) 051132:1-5.
- [2] Tomoaki Nogawa, Takehisa Hasegawa and Koji Nemoto, “Generalized scaling theory for critical phenomena including essential singularity and infinite dimensionality”, *Physical Review Letters* 108 (2012):1-5,
- [3] Tomoaki Nogawa, Takehisa Hasegawa and Koji Nemoto, “Criticality governed by the stable renormalization fixed point of the Ising model in the hierarchical small-world network”, *Physical Review E* 86 (2012) 030102(R):1-4 (rapid communication).
- [4] Tomoaki Nogawa, Nobuyasu Ito and Hiroshi Watanabe, “Usefulness of equal-probability assumption for out-of-equilibrium states: a master equation approach”, *Physical Review E* 86 (2012) 041133:1-8.
- [5] Takehisa Hasegawa, Tomoaki Nogawa, “Absence of the non-percolating phase for percolation on the non-planar Hanoi network”, appears in *Physical Review E* (2013).

国際会議招待講演

- [1] Tomoaki Nogawa, “Diffusion and sliding dynamics of elastic and plastic manifolds in random media”, *Random Meida II*, Tohoku University, Sendai, September 5th 2012.
- [2] Tomoaki Nogawa, Nobuyasu Ito, Hiroshi Watanabe, “Polydispersity Effect on Solid-Fluid Transition in Hard Sphere Systems”, *WPI-AIMR Workshop: Structure and Dynamics of Metallic Glass*, Tohoku University, Sendai, Feb. 18th 2013.

国際会議一般講演

- [1] Tomoaki Nogawa, Hajime Yoshino and Bongsoo Kim, “Jamming transition in superconductor”, *WPI-AIMR Workshop: Structure and Dynamics of Glass -Bridging mathematics and material science-*, Tohoku University, Sendai, June 29th 2012.
- [2] Tomoaki Nogawa, “Numerical search of closely packed droplets of multicomponent particles”, Tomoaki Nogawa, Oakridge National Laboratory, Tennessee US, January 18th 2013.

国内会議招待講演

- [1] 能川知昭, 「緩和過渡状態に等重率分布を仮定した粗視化ダイナミクス」, 情報統計力学の最前線 -確率がつなぐ自然現象と情報処理の数理-, 東北大 WPI-AIMR, 2012年12月14日.

国内会議一般講演

- [1] 能川知昭, 長谷川雄央, 根本幸児, 「一般化スケーリング理論による真性特異点を持つ無限次元系の相転移の記述」, 日本物理学会 2012 年秋季大会 横浜国大, 2012 年 9 月.
- [2] 能川知昭, 「磁場中 Josephson 接合配列における jamming 転移の特異性」, 物理・数理コロキウム, 青山学院大学 2012 年 11 月 16 日.
- [3] 能川知昭, 「無限次元グラフ上の相転移 -くりこみ群による理解-」, 「双曲系の数理」勉強会, 東北大 WPI-AIMR, 2012 年 2 月 25 日.
- [4] 能川知昭, 「磁場中 Josephson 接合配列における jamming 転移の特異性」, 第八回ミーティング: 数学+物性理論+物性実験, 東北大理学部, 2013 年 3 月 7 日.

国内会議ポスター発表

- [1] 能川知昭, 伊藤伸泰, 渡辺宙志, 「非平衡状態における等重率の仮定の有用性: Potts モデルの定温緩和における検証」, 非平衡系の物理 -その普偏的理解を目指して-, 京大基礎物理学研究所, 2012 年 8 月.
- [2] 能川知昭, 長谷川雄央, 根本幸児, 「無限次元グラフ上の臨界-秩序転移の多様性」, ネットワーク科学の数理と展開, 東北大青葉会館, 2012 年 9 月.

24 年度に取り組んだ研究課題とその内容、成果

[1] WG05 複雑に結合した系の統計物理学を研究する WG

複雑ネットワーク上でのパーコレーション、イジングモデルなどの協力現象における相転移現象について研究を行った。これらの系に特徴的な、秩序相とも無秩序相とも言えない「臨界相」が現れる必要条件として、ショートカット構造が特徴的な役割を果たす *onion-like self-similarity* を考案、検証した。

さらに臨界相と通常相(秩序相、無秩序相)の間の相転移の特異性が何によって決定されるかをくりこみ群の観点から考察した。モデル依存性としては系の秩序変数の次元を高くする、あるいはショートカットを除いたバックボーン構造の次元を高くすることによって、転移点における固定点の分岐が連続な *pitchfork* 型から *saddle-node* 型へ遷移する一般的な傾向があることがわかった。これらはそれぞれ、不連続転移と無限次転移に対応している。

[2] WG32 ガラスとその周辺の非平衡現象

ガラス生成物質で結晶化が阻害される原因として幾何学的フラストレーションについて考察を行い、2次元の6回対称性に対応する3次元の正20面体対称性を捉える秩序変数の可能性について検討したが、残念ながらこれは不可能であるという結論に達した。ガラスのランダム構造はそれを生成する過程(冷却速度など)に依存して多様であるが、このことが問題を複雑化している。もし物質を決めればユニークにきまる「平衡」ガラス状態というものがあれば良い研究対象となるはずだが、これは無限系には存在しない。有限の

ドロップレットのランダム最密構造を調べて、ガラス化しやすさを評価するという発想に至り、数値的探査の枠組みを模索、実行した。

ガラス転移における動的な側面だけに注目した **kinetically constrained model** という格子ガス模型がある。過去に私が2次転移系の臨界緩和を記述するために考案した、拡張平衡状態を利用した縮約ダイナミクスをこの系に適用する試みを現在行っている。

[3] WG35 「双曲系の数理」勉強会

物理学者(長谷川雄央、能川知昭)と数学者(近藤剛史、瀬川悦生、田中亮吉)が双曲性というキーワードのもと自身の研究分野の基礎的な紹介を行い、研究協力のきっかけづくりを目指す討論を行った。話題提供者以外の参加者も盛んに議論に参加し、実りある会となった。今後は外部の研究者も交えて規模を拡大させてゆきたい。

数学と諸分野との連携という視点で取り組んだ活動（研究会の組織等含む）

報告者(能川)は物理学の研究者であるので、ここでは本人と数学者との連携について述べる。

(a) WG05 複雑に結合した系の統計物理を研究する WG

東北大には SMART と同じく数学と異分野の連携を掲げる 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」、WPI-AIMR などのプロジェクトがあつて、その数学者メンバーには、離散幾何、幾何学的群論など、グラフ上の数理モデルを理解する上で基盤となる概念に通じる分野の研究者がおり(近藤剛史氏、田中亮吉氏)、日常的な議論を通じて互いに知識を補完し合うことができた。

(b) WG32 ガラスとその周辺の非平衡現象

結晶化阻害の原因である幾何学的フラストレーションは空間曲率と理想的な稠密パッキング構造の不一致から生じる。これによって結晶には欠陥が生じる。これらの欠陥を非可換幾何の立場から研究している井上和俊氏や田中守氏との交流によって互いの理解を深めることができた。

上述の WPI-AIMR においてはバルク金属ガラスの研究が盛んに行われているが、材料科学の実験家と数学者の間の議論に加わりそのギャップを埋める役割を担った。

(c) WG35 「双曲系の数理」勉強会

前項目 3 (c)に述べたように数学者と物理学者の連携につなげる勉強会を開催した。この路線のさらなる発展を目指したい。

5.7. Margaretha Sulistyoningih (情報科学研究科研究教育支援者)

1. Purpose

The aim of this research is to develop software for automatic and fast registration between ultrasound images of breast and positron emission mammography (PEM) images to gain fusion between those two images.

2. Original Research Plan in the Beginning (April 2012)

The original research plan is as written in the title i.e., image fusion between ultrasound and PEM images. For achieving fast fusion between those two images, two steps registrations should be done, i.e., rigid registration and non-rigid registration. Therefore, this research is divided into 2 parts:

- April 23, 2012 – March 31, 2013 : Rigid + scaling registration. Testing data: Positron Emission Tomography (PET) images of head and Magnetic Resonance Images of head.
- Starting on April 2013 : Non-rigid registration. Testing data: Ultrasound of breast images and PEM images.

The following sections will contain report of the research in the first year (April 23, 2012 – March 31, 2013)

3. Achievements

We aimed at accelerating the registration process. Accelerating the process includes pre-processing of the inputted MRI and PET images.

3.1. Pre-Processing (Status : Done)

- a. Downsized the image until 1/27th of the original size.
- b. Taking mid-coronal of both of the images for the next processes. Mid coronal is taken here since this slice contains the most complete information about the patient's body/anatomy.
- c. Discard the voxels that contain air surrounding the patients, since it is not important to calculate the alignment of the air. Efficiency in time is the reason here. Discarding the air is done by first clustering the mid-coronal images (product of point b) into 3, and then the lowest cluster is again clustered into 3. The lowest of the lowest cluster contains the air. In this research K-Means Clustering is used to cluster the voxels. From the lowest cluster that contains only air, the mean and standard deviation of air are obtained.
- d. Air that contained in other slices is discarded using this mean and standard deviation obtained in step c) above. In registration, one image is acting as still image and the other one is the moving image. In this research, the whole anatomy (after exclusion of the air) is taken into account in the calculation of still image, and in the moving image, only the mid-coronal, mid-sagittal, and mid-axial slices are taken into account in the registration process.

3.2. Transformation (Status : Done)

Transformations used in this research are rigid transformation (translation and rotation) + scaling. All of them are in x, y, and z directions. Since the two images involved in the registration can have different dimension (number of voxels) and voxels dimension (size of the voxels), therefore the coordinate of the two images should be first changed into world coordinate in Euclidean space (in milimeter).

3.3. Metric (Status : Done)

This research has an accomplishment to enable Sum of Squared Difference (SSD) to be used for different modalities. Preprocessing for recognizing and discarding the air surrounding the patient, as described in sub chapter 2.1.1 above, enables us to know which voxels contain air and which ones contain patient body/anatomy. From this knowledge, grey value of voxels that contain patient body/anatomy can be changed into 1 and voxels that contain air can be changed into 0. Therefore the SSD can be used to accelerate the whole registration process. The result of using SSD will be compared with the use of Mutual Information (MI)⁴.

3.4. Interpolation (Status : Done)

Interpolation is used in registration to interpolate voxel's grey value, when the registration result is not in grid. In this research, trilinear interpolation is used since it is fast, easy to implement, and has high accuracy.

3.5. Optimization (Status : In Progress, target of completion : March 31, 2013)

Optimization in registration plays a role of selecting which transformation is to be done to find the global maxima/minima, in this case, maximization/minimization of metric. Some metric should be minimized, such as SSD (Sum of Squared Difference) and some metric should be maximized, e.g., mutual information (MI).

The optimization methods used in this research are Simulated Annealing (SA), Random Walk (RW), and Random Walk Simulated Annealing (RWSA). The RW and SA have been done, but they are still under investigation since the global minimum has not been obtained yet. RWSA has not been done in this research yet.

a. Random Walk (RW)

Preliminary of the registration process is to align the center of the image. The center of the image becomes the origin of the transformation. The data to be used for the rigid registration in this research are PET and MRI images of head. It means that they contain the same/similar anatomy of the patient. Therefore, transformations of those two images do not need a big jump. Random walks for searching nearest neighbors are suit for this case. The random walk used in this research is based on Metropolis and Fermi Stochastic.

b. Simulated Annealing (SA)

Simulated annealing works by emulating the physical process whereby a solid is slowly cooled so that when eventually its structure is “frozen”, this happens at a minimum energy configuration (1,2,5).

c. Random Walk Simulated Annealing (RWSA)

Idea of random walk simulated annealing is randomly walking for picking the transformation parameter with probability defined by generation function of SA.

3.6. DICOM Reader and Writer

(Status : In Progress, target of completion : March 31, 2013)

The images to be used are in the Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) format, therefore, a reader and writer of this image format should be done. Until now, the data are in Analyze Format.

4. Inference

This work has a promising result in terms of fast registration. The first reason is because the registration is done in 1/27th of the original size. The trick for changing grey value of patient body/anatomy part with 1 and air with 0, makes it possible to use SSD even the images are from different modalities. Using SSD can accelerate the metric calculation comparing with using MI. Transformation is done also only for the mid-coronal, mid-sagittal and mid-axial slice makes the process even faster. The random walk (RW) and random walk simulated annealing (RWSA) optimization are still in progress work. These two optimization methods are expected to run faster than the simulated annealing alone.

5. Publication and Presentation

This section contains publication and presentation during this one year research collaboration (April 23, 2012 – March 2013).

- Margaretha Sulistyoningsih, “Medical Image Processing and Collaboration Gateway Between Mathematics and Medical Field”, Lecture on collaboration gateway between Mathematics Division, Graduate School of Information Science, Tohoku University and Sendai Medical Imaging Clinic, May 7-8, 2012.

- Margaretha Sulistyoningsih, Etsuo Segawa, Masatoshi Itoh, Hirokazu Shimauchi, Nobuaki Obata, “Proposed Methods for Accelerating Registration between Magnetic Resonance Imaging(MRI) and Positron Emission Tomography (PET) Images of Heads ”, in preparation, target of completion : March 31, 2013

7. 24 年度中に終了したワーキンググループ報告

ワーキンググループ名称	【2】 光が拓く材料工学と数理科学の新接点 WG
ワーキンググループ・リーダー	情報科学研究科・教授・久保英夫
活動期間	平成 22 年 12 月 2 日発足～平成 24 年 8 月 10 日
目的	近年、光の特性を応用したナノスケールにおける材料工学の発展が顕著な一方で、その数理的構造の解明は不十分なのが現状である。そこで、分野横断的な交流を活性化し、新たな知見を深め、未知の構造の発掘・解析を進めることを目指す。
ワーキンググループ・メンバー	
久保英夫	
活動計画（記録）	<p>本 WG の活動の出発点は次の研究集会における異分野の研究者との交流にある：</p> <ul style="list-style-type: none"> * 青葉山勉強会「流体の方程式」 (2010.6.11-12) 古川勝氏(東京大学)/ プラズマ物理 * 応用数学連携フォーラム「第 13 回ワークショップ」 (2010.8.2) 下村政嗣氏(東北大学)/ バイオミメティクス 津田一郎氏(北海道大学)/ 脳科学 吉田亮氏(東京大学)/ 自己組織化マテリアル 上野智永氏(東京大学)/ FIS 反応のパターン形成 <p>低炭素社会の実現を促がす生物由来の次世代光学材料の数理について探求を進める：</p> <ul style="list-style-type: none"> * 応用数学連携フォーラム「第 17 回ワークショップ」 (2011.1.24) -- 生物規範光学材料設計について知見を深めた -- 吉岡伸也氏(大阪大学)/ チョウの翅の微細構造と光学特性 不動寺浩氏(物質・材料研究機構)/ チューナブル構造色材料 魚津吉弘氏(三菱レイヨン)/ 蛾の目を模倣したスーパー反射防止フィルム 針山孝彦氏(浜松医科大学)/ 森の宝石－発色の仕組みと輝きの意味 * 日本化学会 第 91 春季年会(2011) アドバンスト・テクノロジー・プログラムの 下村先生が組織するセッションで講演した。 「数理科学とバイオミメティクス」 於 神奈川大学 2011.3.29 * 分担執筆 “数理科学と生物規範光学材料設計”, 67-70, 次世代バイオミメティクス研究の最前線 -生物多様性に学ぶ-, 監修：下村政嗣/(編集)バイオミメティクス研究会, 2011 年

- * 研究集会「EcoDesign2011 International Symposium, 7th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing」於 京都 2011.12.1
講演（査読付き講演）. 題目：Mathematical physics and the moth-eye structure
--モスアイ構造中の光の形態について、浅水波とのアナロジーを基に議論した--
- * 応用数学連携フォーラム「第 25 回ワークショップ」 (2012.1.26)
戸田晃一氏(富山県立大学)/「広田の双線形化法」の多重線形化について
久保英夫（東北大学）/モスアイ構造への数理科学的アプローチ
--バイオミメティクスの紹介をし、モスアイ構造中の屈折率や量子的な効果について議論した--
- * 第 14 回バイオミメティクス研究会 プラス ミニ国際シンポジウム 於 国立科学博物館 (2012.2.9), 逆問題の視点から見たモスアイ構造 (依頼講演)
--材料表面に如何にして効率よく光エネルギーを捕捉することができるか議論した--
- * 日本化学会 第 92 春季年会 於 慶応大学 (2012.3.26) アドバンスト・テクノロジー・プログラム「バイオミメティック材料とネイチャーテクノロジー」(下村先生が組織),
モスアイ構造と逆問題について (依頼講演)
--金属表面を伝播する波（プラズモン）について議論した--
- * 研究打合せ 於 東北大学 WPI (2012.4.10)
--生物が行っている光の有効利用法に学び、その機能を具現化する構造について議論した--
- * 今後の研究計画： 厳密結合波理論に習熟し、モスアイ構造中の電磁波解析に応用する。

「生物多様性を規範とする革新的材料技術」（研究代表者：下村政嗣先生）が平成 24 年度新学術領域研究に採択され、その研究グループの一つとして構成されている B01 - 2 班が 8 月 10 日に集まり、活動方針について話し合った。このグループは、応用数学連携フォーラム「第 17 回ワークショップ」に参加したメンバーを中心に組織されており、サブセルラーサイズの学理の探求とその応用を目指すこととなった。これを以て、本ワーキンググループの活動を終了する。

ワーキンググループ名称	【12】幾何学的保存則による界面運動の解析 WG
ワーキンググループ・リーダー	小野寺有紹
活動期間	平成 23 年 4 月 7 日発足～平成 24 年 12 月 18 日
目的	Hele-Shaw 流に現れる界面運動は、複素モーメントと呼ばれる幾何学量が時間に対して不変量となることが示されている。他の界面運動に対し、このような大域的な数学的構造に着目することで、新しい視点からの解析的アプローチを導入し発展させる。
ワーキンググループ・メンバー	
小野寺有紹（理学研究科・助教）	
活動計画（記録）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2011 年 7 月 25-27 日: 京都大学で開催された RIMS 共同研究「微分方程式に対する幾何解析の展開」に参加, 講演. 講演タイトル「Hele-Shaw 流における自由境界の漸近挙動について」. ・ 2011 年 9 月 1 日-12 月 15 日: Institut Mittag-Leffler において開催された研究プログラム “Complex Analysis and Integrable Systems” に参加. 滞在期間中に同研究所で開催された研究集会 “Operator Theory and Integrable Systems” において講演. 講演タイトル “Stability of a Hele-Shaw flow with two point sources in Hölder spaces” . ・ 2011 年 12 月 17, 18 日: 東北大学で開催された研究集会 “Winter School in Sendai 2011 -- Complex Analysis Approaches to Free Boundary Problems” に参加, 講演. 講演タイトル “Theory of quadrature domains applied to the Laplacian growth” . ・ 2011 年 12 月 20 日: 台湾の National Center for Theoretical Sciences において開催された研究集会 “2011 Taiwan-Japan Joint Workshop on PDEs and Geometric Analysis” に参加, 講演. 講演タイトル “Stability of quadrature domains under Hele-Shaw evolution with two point sources” . ・ 2012 年 2 月 17 日: 北海道大学で開催された第 13 回北東数学解析研究会に参加, 講演. 講演タイトル “A moment-preserving flow for surfaces” . ・ 2012 年 2 月 28 日-3 月 4 日: ESF-JSPS Frontier Science Conference for Young Researchers “Mathematics for Innovation: Large and Complex Systems” に参加, 講演. 講演タイトル “Stability of quadrature domains under Hele-Shaw evolution” . ・ 2012 年 3 月 13 日: 組織委員として研究集会 “SMART Workshop: Exploring Collaborative Mathematics” を東北大学にて開催, 講演. 講演タイトル “A new geometric flow of surfaces and its applications” . ・ 2012 年 7 月 1 日: アメリカ, フロリダ州で開催された 9th AIMS Conference on Dynamical

Systems, Differential Equations and Applications に参加, 講演. 講演タイトル “A moment-preserving flow for surfaces and its applications” .

・2012 年 7 月 30 日: 北海道大学で開催された Summer School “Variational Methods for Evolving Objects” に参加, ポスター発表. 発表タイトル “A moment-preserving flow applied to a variational problem in potential theory” .

・2012 年 8 月 11 日: 岐阜大学で開催された第 1 回岐阜数理科学研究会に参加, 講演. 講演タイトル「ポテンシャル論に現れる変分問題と対応する幾何学的発展方程式」.

・2012 年 9 月 20 日: 九州大学で開催された日本数学会 2012 年度秋季総合分科会に参加, 講演. 講演タイトル「変分問題と対応する幾何学的発展方程式」.

・2012 年 11 月 7 日: 京都大学数理解析研究所で開催された RIMS 研究集会 “Geometry of solutions of Partial Differential Equations” に参加, 講演. 講演タイトル “A geometric flow for quadrature surfaces” .

活動報告

Hele-Shaw 流を特別な場合として含むモーメント保存則から自然に導かれる幾何学流モデルを導出することができた. 特に, Hele-Shaw 流が領域に関するモーメントを保存するに対し, 我々が構成した一般のモデルのひとつは, 領域ではなく, 境界という余次元 1 の超曲面のモーメントを保存する. このモデルは純数学的なものであり, それ自体が他の自然科学で現れるかは定かではないが, それを持つ性質であるモーメントの保存則は電磁気学や重力場の理論において多様な応用が期待される.

特に, 我々の研究の成果として, このモデルが数学的に一意に解を有することを示した. これは, モデルが数学的にも意味を持つことを示している.

ワーキンググループ名称	【26】 Young Scientist Meeting of Statistical Physics and Information Processing (YSM-SPIP) 2013 組織委員会
ワーキンググループ・リーダー	安田宗樹
活動期間	平成 24 年 4 月 9 日発足～平成 24 年 12 月 16 日
目的	<p>本研究会 YSM-SPIP(Young Scientist Meeting of Statistical Physics and Information Processing)は、統計力学と情報科学の接点を深めよう、お互いの領域の垣根を越えよう、という意図の下、若手研究者によって 2010 年より企画/実行されてきた研究会である。ここ 20 年ほどの間に、情報科学の諸問題に統計力学的手法でアプローチする研究が盛んになってきた。この領域横断的な取り組みを標語的に情報統計力学と呼ぶ。本研究会は、情報統計力学に関連した各分野で精力的に活動している若手研究者を募集し、多岐にわたる個々の分野での現在進行形の発展を持ち寄り、今後の可能性を模索する事を意図している。特に、研究会を通じて関連分野の若手研究者間の交流を促進させ、各々のアイデアをぶつけ合う機会を設けることで、若手研究者の持つ研究シーズを研究レベルまで成長させることを目的とする。</p> <p>本研究会は過去東京工業大学(2010 年)、大阪大学(2011 年)、京都大学(2012 年)にて開催されてきた。本 WG では平成 24 年度の本研究会を組織する。東北大学の関連研究者を含め多くの研究者の参加を促し、研究会運営をもって今後の当該分野の拠点形成を目指す。</p>
ワーキンググループ・メンバー	<p>安田 宗樹(情報科学研究科・助教) 長谷川 雄央(情報科学研究科・助教) 大関 真之(京都大学大学院情報学研究科・助教) 杉山 友規(科学技術振興会 FIRST 合原最先端数理モデルプロジェクト・研究員 / 東京大学生産技術研究所・民間等共同研究員)</p>
活動計画 (記録)	<p>2012 年 12 月 14 日-16 日の期間、東北大学・情報科学研究科棟大講義室・中講義室にて開催した。INRIA (フランス国立情報学自動制御研究所) の Cyril Furtlehner 氏を含む 9 名を講師として招聘した他、21 (8 + 13) 件の一般講演・ポスター講演が設けられた。研究会の合計参加者数は 57 名となった。統計物理学と情報科学の若手研究者が相互に意見や発想を交わし合い、本研究会の目標である学際的境界領域の中での分野開拓のための連携関係をいっそう強めることができた、また、研究拠点としての東北大学の存在感をア</p>

ピールできたと考えられる。プロシーディングスをジャーナル特集号 **Interdisciplinary Information Sciences** Vo. 19 No. 1 (2013)として出版した。

特記事項

*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」、共催東北大学大学院情報科学研究科として開催された。また、東北大学大学院情報科学研究科のシンポジウム開催支援経費を受けている。

*過去の開催記録を含めた情報は下記 HP に記載：

<http://www-adsys.sys.i.kyoto-u.ac.jp/mohzeki/YSMSPIP/index.html>

ワーキンググループ名称	【27】九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 短期共同研究「光ファイバーとそれに関連する非線形偏微分方程式の研究」組織委員会
ワーキンググループ・リーダー	前田昌也
活動期間	平成 24 年 4 月 9 日発足～平成 24 年 11 月 21 日
目的	<p>近年のインターネットの発達に伴い光ファイバーは社会においてますます重要性を増している。光ファイバー中のパルスは非線形シュレディンガー方程式 (NLS) により近似にされると考えられていることから、NLS のダイナミクスに関する詳細な研究は非線形光学の立場からもますます必要とされてきている。1980 年代より始まった NLS の関数解析的なアプローチによる研究は未だ数多くの問題が残されているものの一段落しており、現在では NLS に外力項、確率項、ダンピング項などをつけたり、光ファイバーを一次元ではなく細い高次元領域としたりすることにより、より現実に近いと考えられるモデルを研究することが主流になりつつある。</p> <p>以上のように光ファイバーに関する NLS の研究は徐々に広がりを持ち始めてきている。そこで、本共同研究における目的は広がりつつある様々なモデルの NLS の研究者を集め、横につながった専門家達の間で議論すると同時に、数値計算の専門家ならびに産業界より専門家を招き、NLS の数学的研究と光ファイバーなどへの応用の関係を明確にするという縦の議論を行うことにある。これにより現在までに各々の NLS に対して洗練、特化されてきた手法が数値計算、産業界の専門家を通じて実際の光ファイバー中のパルスの制御に役立つことが期待される。</p> <p>本共同研究は数学の専門家だけで議論しがちであった NLS の研究を数値計算、産業界の専門家を加えることにより基礎から現実への応用まで見据えながら行う今までなかったものであり、産業界側が最先端の数学の手法を取り入れるだけでなく、数学側にも新たな問題意識を作るというメリットがある。</p>
ワーキンググループ・メンバー	
	<p>前田昌也(理学研究科・助教)</p> <p>尾畑 伸明(情報科学研究科・教授)</p>
活動計画 (記録)	
	<p>2012 年 8 月 20 日-24 日、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所にて短期共同研究「光ファイバーとそれに関連する非線形偏微分方程式の研究」を開催し、光ファイバーとそれに関連する研究についての研究発表ならびに議論をおこなった。</p> <p>プログラムでは、申請メンバー10名に加えて外部から11名が参加した。</p> <p>8月20日</p> <ul style="list-style-type: none"> 13:30～15:00 鈴木香奈子(茨城大学) 「ある反応拡散方程式系における基礎生

産項の役割について」

- 15:30～17:00 千葉逸人(九州大学) 「線形作用素の一般化スペクトル理論とその無限次元力学系への応用」

8月21日

- 10:00～11:30 眞崎聡(学習院大学) 「光ファイバーに由来する非線型方程式の解の大域挙動について」
- 14:00～15:30 北直泰(宮崎大学) 「EDFA 現象を記述する非線形シュレディンガー方程式とその解の爆発」
- 16:00～17:00 宮路智行(京都大学) 「Bifurcation analysis for the Lugiato-Lefever equation on a disk」

8月22日

- 10:00～11:30 松江要(東北大学) 「Rigorous numerics とその応用」
- 13:30～15:00 吉村和之(NTT コミュニケーション科学基礎研究所) 「非線形 Klein-Gordon 型格子における Discrete Breather の安定性」
- 15:30～17:00 松江要(東北大学) 「Saddle-saddle connection の精度保証付き数値計算」

8月23日

- 10:00～11:30 水町徹(九州大学) 「Asymptotic stability of solitary waves in the Benney-Luke model of water waves」
- 14:00～15:30 福泉麗佳(東北大学) 「Derivation of Bose-Hubbard model -Approximation by DNLS」
- 16:00～17:00 宮路智行(京都大学) 「Introduction to numerical simulation by spectral methods」

8月24日

- 10:00～11:30 前田昌也(東北大学) 「On weak interaction of a ground state with a nontrapping potential」

特記事項

上記プログラムは平成24年度九州大学マス・フォア・インダストリ研究所短期共同研究の採択課題である。短期共同研究に関わる費用の主な支援を九州大学マス・フォア・インダストリ研究所に依っている。

研究会の詳細は下記のページに記載：

http://www.imi.kyushu-u.ac.jp/joint_research/detail/20120004

ワーキンググループ名称	【28】 構成的手法による非線形分散型方程式の大域解析 WG
ワーキンググループ・リーダー	前田昌也
活動期間	平成 24 年 4 月 1 日発足～平成 25 年 3 月 19 日
目的	非線形シュレディンガー方程式、KdV 方程式、Zakharov 方程式を含む非線形分散型方程式の大域解を終値問題を解くことにより構成する。特に爆発解、散乱+ソリトン解の構成を通して非線形分散型方程式の解の大域挙動の理解を深める。
ワーキンググループ・メンバー	前田 昌也(東北大学理学研究科数学専攻) 瀬片 純市(東北大学理学研究科数学専攻)
活動計画(記録)	<p>2012 年 4 月：ハミルトン偏微分方程式のソリトン解の漸近安定性に関する論文（単著） “Stability of bound states of Hamiltonian PDEs in the degenerate cases” が Journal of Functional Analysis に採録決定。</p> <p>2012 年 5 月 - 7 月：イタリア・トリエステ大学の Cuccagna 氏を訪問し定在波解の漸近安定性理論について意見を交換した。 Cuccagna 氏とはソリトンの漸近安定性に関連したプレプリント “On weak interaction between a ground state and a nontrapping potential” (submitted) を投稿。現在、このプレプリントを発展させたものを研究中。</p> <p>2012 年 9 月：鈴木香奈子氏（茨城大学）との細い領域でのピーク解についての論文 “Concentration of least-energy solutions to a semilinear Neumann problem in thin domains” を投稿。</p> <p>2012 年 10 月 岸本展氏（京都大学）との共同研究 “Construction of blow-up solutions for Zakharov system on T^2” が Annales de l’Institut Henri Poincaré - Analyse non linéaire に採録決定。 http://www.sciencedirect.com/science/journal/aip/02941449</p> <p>2012 年 8 月：非線形分散型方程式関連の研究集会を東北大学において開催した。 プログラムは以下に記載。</p>

研究集会 「Workshop on Nonlinear Dispersive PDEs」

[日時] : 8月29日(水)10:00~8月30日(木)15:50

[会場] : 東北大学大学院理学研究科合同A棟 801号室

August 29 (Wed)

10:00~10:50 Norihisa Ikoma (Tohoku University)

On behaviors of minimizing sequences for some nonlinear Schrodinger system

11:00~11:50 Tadahiro Oh (Princeton University)

Invariant weighted Wiener measure for the derivative NLS

14:00~14:50 Tomoyuki Niizato (Osaka University) Almost global existence of solutions to the Kadomtsev-Petviashvili equations

15:00~15:50 Kotaro Tsugawa (Nagoya University)

Unconditional well-posedness of the fifth order modified KdV equation with periodic boundary condition

16:00~16:50 Soonsik Kwon (KAIST)

On the fifth-order KdV equations

August 30 (Thu)

10:00~10:50 Masashi Aiki (Keio University)

Motion of a vortex filament with axial flow in the half space

11:00~11:50 Tadahiro Oh (Princeton University)

On the Cauchy problem of the one-dimensional cubic NLS in the low regularity setting

14:00~14:50 Kohei Soga (Waseda University)

Stochastic and variational approach to finite difference methods

15:00~15:50 Ryo Takada (Kyoto University)

Dispersion phenomena in the rotating Navier-Stokes equations

口頭発表 (国内一般講演)

``On the solution of nonlinear elliptic equation in a thin domain",

第37回偏微分方程式論札幌シンポジウム, 北海道大学, 2012年8月.

``On the weak interaction between soliton and non-trapping potential",

応用数学セミナー, 東北大学, 2012年10月.

“Nonexistence of minimal mass blow-up solution of Zakharov system on 2D torus”, 第7回非線形偏微分方程式と変分問題, 首都大学東京, 2013年2月.

“Nonexistence of minimal mass blow-up solution of Zakharov system on 2D torus”, 研究集会「若手のための偏微分方程式と数学解析」, 福岡大学セミナーハウス, 2013年2月.

“Nonexistence of minimal mass blow-up solution of Zakharov system on 2D torus”, 第5回名古屋微分方程式研究集会, 名古屋大学, 2013年3月.

活動成果

ポテンシャル中を運動するソリトンの漸近安定性について Cuccagna 氏 (Trieste Univ.) との共同研究を行った. この研究では従来は有限時間にとどまっていたソリトンのダイナミクスの解析を解析力学の手法と漸近安定性理論を組み合わせることにより時間無限遠まで行うことができた. この結果はさらに低次元やグラフ上での拡張を模索することにより様々な応用があると考えられる.

ワーキンググループ名称	【30】CMRU 研究会「量子確率論と量子ウォーク」組織委員会
ワーキンググループ・リーダー	瀬川悦生
提出日	平成 24 年 5 月 2 日
更新日	平成 24 年 7 月 6 日
活動期間	平成 24 年 4 月 14 日発足～7 月 5 日
目的	非可換な世界を記述する量子確率論で展開される独立性、極限定理、大偏差原理、グラフのスペクトルなどに関する議論の、量子ウォークへの適応の可能性を探る。
ワーキンググループ・メンバー	瀬川 悦生 (情報科学研究科) 尾畑 伸明 (情報科学研究科)
活動計画 (記録)	・ 2012 年 7 月 4 日～7 月 5 日 (東北大学 情報科学研究科 5F 小講義室) CMRU 研究会「量子確率論と量子ウォーク」 詳細は http://www.dais.is.tohoku.ac.jp/~smart/forum/index.html に記載。参加者 25 名。
特記事項	研究会名称： CMRU 研究会「量子確率論と量子ウォーク」 日時： 2012/07/04(水) — 07/05(木) 場所： 東北大学情報科学研究科棟 5F 小講義室 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」 組織委員： 瀬川悦生、尾畑 伸明 開催趣旨： 非可換な世界を記述する量子確率論で展開される独立性、極限定理、大偏差原理、グラフのスペクトルなどに関する議論と、ランダムウォークの量子的類推から構成され、分野をまたいで盛んに研究されている量子ウォークとのつながりを探る。基本的な概念や成果を相互に確認し、共通の問題意識を得ることで、議論を掘り下げ、深めていく。

ワーキンググループ名称	【32】 ガラスとその周辺の非平衡現象
ワーキンググループ・リーダー	能川知昭
活動期間	平成 24 年 5 月 25 日発足～25 年 3 月 22 日
目的	
<p>広い意味でのガラス現象の理解に以下のような側面からアプローチする。</p> <p>1) WPI-AIMR の金属ガラスの実験グループと議論し、アモルファス状態の構造解析などを通してランダムネスが自発的に生成されるメカニズムの理解を計る。またそれによって、より良い機能材料の開発を目指す。</p> <p>2) 「ガラス的」と呼ばれる遅い緩和現象には多くのバリエーションが存在するが、それらに共通するメカニズムと考えられているものに「相互作用のフラストレーション」がある。これに関して、抽象・単純化された数理モデル（例えば Frustrated XY model）の理解を深めると同時に構造ガラスとの対応関係について考察する。ここでは数学の分野との研究協力を模索する。</p> <p>3) 近年ガラス転移の random first order theory と呼ばれる概念が提唱され、ガラス形成物質のアルファ緩和と過飽和蒸気のような準安定状態の緩和過程との類似性が指摘されている。しかし後者のような比較的単純な状況においてさえ、有限次元系の準安定性の起源についての明瞭な説明は存在しない。これは非平衡基礎論の難題であるが、その解決の手がかりを模索する。</p>	
ワーキンググループ・メンバー	
能川知昭	
活動計画（記録）学会発表や論文発表も含む	
<p>平成 25 年 1 月 10-11 日</p> <p>大阪大学理学研究科 吉野元氏を招聘し議論。また、11 日に WPI-AIMR 本館において金属ガラスに関する討論会を行った。吉野氏と WPI-AIMR の藤田武志氏および平田秋彦氏が話題提供し、議論を行った。</p> <p>平成 25 年 1 月 18-22 日</p> <p>18 日に研究会“Workshop on glass and mathematics”に参加し、講演を行った。19 日は Takeshi Egami 教授(Tennessee 大)、Jean Bellissard(Georgia 工科大)、Mo Li 教授(Georgia 工科大)と議論。20 日より Georgia 工科大へ場所を移り、Jean Bellissard 教授の研究室を訪問。ガラス物質の数学的記述である Delone graph とそれを用いたダイナミクス、Anankeon theory について議論を行った。</p>	

成果発表

2012年5月31日 東北大 WPI-AIMR,
第3回非平衡スタディグループにてセミナー。
題目「Josephson 接合配列における jamming 転移」

2012年6月7日 東北大学工学研究科,
応用物理専攻佐々木研究室にてセミナー
題目「irrationally frustrated XY model における jamming 転移」

2012年6月29日 東北大学 WPI-AIMR,
WPI-AIMR Workshop“Structure and Dynamics of Glass -Bridging mathematics and material science-”に参加、講演
題目 “Jamming transition in superconductor”

2012年8月1日-4日 京都大学基礎物理学研究所,
研究会「非平衡系の物理 -その普偏的理解を目指して-」に参加、4日発表。
題目「非平衡状態における等重率の仮定の有用性： Potts モデルの定温緩和における検証」

2012年9月3日-7日 東北大学 WPI-AIMR,
研究会“Random Media II”に参加、6日講演。
題目 “Diffusion and sliding dynamics of elastic and plastic manifolds in random media”

2012年11月16日 青山学院大学,
物理・数理コロキウムにてセミナー。
題目「磁場中 Josephson 接合配列における jamming 転移の特異性」.

2012年12月14日-16日 東北大学,
研究会「情報統計力学の最前線」に参加、14日講演。
題目「緩和過渡状態に等重率分布を仮定した粗視化ダイナミクス」

2013年1月11日 東北大学,
「ガラス討論会」を開催、講演
講演者と題目
吉野元「ガラスのレプリカ理論」
藤田武志「応力誘起ガラス相転移」

平田秋彦 「金属ガラスの構造」

藤田武志 「自由エネルギー地形の可視化」

能川知昭 「random packing」

2013 年 1 月 18 日 Oakridge National Laboratory,

“Workshop on glass and mathematics”に参加、講演。

題目 “Numerical search of closely packed droplets of multicomponent particles

2013 年 2 月 18 日 東北大学,

WPI-AIMR Workshop “Structure and Dynamics of Metallic Glass”に参加、講演。

題目 “Polydispersity Effect on Solid-Fluid Transition in Hard Sphere Systems”

2013 年 3 月 7 日 東北大学,

第八回ミーティング：数学＋物性理論＋物性実験にてセミナー。

題目 「磁場中 Josephson 接合配列における jamming 転移の特異性」

原著論文

“Transition by Breaking of Analyticity in the Ground State of Josephson Junction Arrays as a Static Signature of the Vortex Jamming Transition”, Tomoaki Nogawa, Hajime Yoshino and Bongsoo Kim, Phys. Rev. E 85, 051132 (2012):1-5.

“Usefulness of equal-probability assumption for out-of-equilibrium states: a master equation approach”, Tomoaki Nogawa, Nobuyasu Ito and Hiroshi Watanabe, Phys. Rev. E 86. 041133 (2012).

ワーキンググループ名称	【34】 研究会「ポテンシャル論に現れる逆問題と求積公式」WG
ワーキンググループ・リーダー	小野寺有紹
活動期間	平成 24 年 12 月 18 日発足～平成 25 年 3 月 3 日
目的	<p>求積公式に関連する研究は、様々な分野において独自の方向性をもって発展しており、共通点の多い対象を研究しているにも関わらず、なかなか互いに接点を持ってない状況にある。本研究集会を通し、各々の分野で活躍する研究者を集め、分野横断的に互いの研究に対する理解を深める。特に、長期的な目線での研究発展を目標とし、それぞれの研究動向やアイデアを共有することを主眼とする。</p>
ワーキンググループ・メンバー	
	小野寺有紹（理学研究科・助教）、宗政昭弘（情報科学研究科・教授）
活動計画（記録）	
	<p>以下の研究集会を開催： 研究集会タイトル：ポテンシャル論に現れる逆問題と求積公式 日程：2013年3月3日（日） 場所：東北大学大学院情報科学研究科中講義室 講演者：緒方秀教（電気通信大学）、平尾将剛（東京女子大学）、小野寺有紹（九州大学）</p>
活動報告	
	<p>本研究集会では、求積公式というキーワードをもとに異なる分野の講演者を集め分野横断的な討論を行った。今回は互いの分野のアイデアや研究意識を共有することを目標としたが、それぞれの講演者、そして参加者が異なるバックグラウンドを持っているという特徴的な研究集会であったものの、講演者が平易な解説を試みたこと、また聴衆が積極的に討議に参加したことによって、大成功したといえる。特に、それぞれの研究の共通点を把握することができた本研究集会は、今後の新しい研究発展に寄与できるものと期待される。同様の研究集会を継続的に開催することで、分野横断的な研究発展を目指したい。その意味でも、本研究集会はよいスタートとなったものといえる。</p>

ワーキンググループ名称	【35】 「双曲系の数理」 勉強会
ワーキンググループ・リーダー	能川知昭
活動期間	平成 25 年 1 月 8 日発足～平成 25 年 3 月 22 日
目的	<p>双曲格子、複雑ネットワーク上のランダムウォーク、パーコレーションといったモデルに現れるグラフの双曲性の問題をひとつの接点として、統計物理学と、確率論、離散幾何、幾何学的群論といった数学の分野の交流、融合を計る。双方の分野の研究者が交互に講演を行い、問題意識や目指すものの相互理解を得ることが初段階の目的である。</p>
ワーキンググループ・メンバー	<p>能川知昭(理学研究科・助教、SMART) 長谷川雄央(情報科学研究科・助教、SMART) 近藤剛史(理学研究科・助教、CREST) 田中亮吉(理学研究科・助教、WPI)</p>
活動計画（記録）学会発表や論文発表も含む	<p>後述の研究会開催に向けて、東北大学所属研究者によって勉強会を行った。</p> <p>能川知昭 「無限グラフ上の相転移 - くりこみ群による理解 - 」 長谷川雄央 「Cheeger constant, hyperbolicity, traffic flow について」 瀬川悦生 「自由群と可換群上の量子ウォークの解析に向けて」 田中亮吉 「無限グラフ上のランダムウォーク」 近藤剛史 「等周スペクトラムから見た双曲群」</p> <p>平成 25 年に 2 日間の日程で研究会を行う。90 分の講演を 6 つ程度行い、間に 30 分以上の休憩を挟んで活発な議論・交流を促す。</p> <p>招待講演者の候補 加須榮篤(金沢大)/服部多恵(石川高専)、熊谷隆(京大)、今野紀雄(横浜国大)、島弘幸(山梨大)、西野友年(神戸大)、能川知昭、長谷川雄央、近藤剛史、田中亮吉、瀬川悦生(以上東北大)、他</p>

ワーキンググループ名称	【36】RCPAM-CMRU 研究会「Quantum walks and dynamics on metric graphs」組織委員会
ワーキンググループ・リーダー	瀬川悦生
活動期間	平成 25 年 01 月 18 日発足～平成 25 年 03 月 07 日
目的	メトリックグラフ上のダイナミクスに関して、量子ウォーク、量子グラフ、確率論、非線形シュレディンガー方程式などの視点から話題を提供してもらい、基本的な概念を共有することで、その結びつきを参加者で議論し、知見を掘り下げて行く。
ワーキンググループ・メンバー	瀬川悦生(情報科学研究科) 福泉麗佳(情報科学研究科) 前田昌也(理学研究科)
活動記録 学会発表や論文発表も含む	平成 25 年 3 月 7 日にメトリックグラフを題材にして様々な分野の方から話題を提供して頂き、勉強会を行った。4 人の方々に 50～60 分程度、量子ウォーク、量子グラフ、確率論、非線形シュレディンガー方程式の話題と関連させながら聴衆と意見交換を行いつつ理解を深めた。 日時: 平成 25 年 3 月 7 日 場所: 東北大学 情報科学研究科棟 6F 小講義室 <ul style="list-style-type: none"> • 13:00-13:50 今野 紀雄 (横浜国立大学) “A universality class of quantum walks” • 14:00-14:50 Riccardo Adami (Politecnico di Torino, Italy) “Stability for the ground state of the NLS on star graphs” • 15:00-15:50 楠岡 誠一郎 (東北大学) “Diffusion processes in thin tubes and their limits on graphs” • 16:00-16:50 鹿野 豊 (自然科学機構 分子科学研究所) “Nonlinear quantum walk and porous medium equation”
特記事項	R. Adami 氏の講演は Research Center for Pure and Applied Mathematics (RCPAM) の支援によるもの