

数理科学を基点とする自然科学諸分野の研究交流促進と研究課題の発掘

(平成 24 年度学部長裁量経費 研究報告書)

平成 25 年 3 月 8 日提出

井上和行 (研究代表者, 特任教授), 西田憲司^a, 玉木 大^a, 一ノ瀬弥^a, 乙部厳己^a,
小竹 悟^b, 川村嘉春^b, 尾関寿美男^c, 飯山 拓^c, 三宅康幸^d, 藤山静雄^e, 村越直美^f

^a 数理・自然情報科学科, ^b 物理科学科, ^c 化学科

^d 地質科学科, ^e 生物科学科, ^f 物質循環学科

1. はじめに (研究目的と位置付け)

現代の科学研究においては、個別分野の先鋭化 (= 高度化・専門化) と分野間の融合 (= 連携・学際化) という二つの方向性が顕著であり、研究の現場ではこの状況を踏まえた対応が必要とされる。ところで、森羅万象の論理構造に関心をもつ数学では、諸科学から提起される様々な課題を取り込みながら、研究の対象を広げ手法を発展させてきた側面がある。そこで、本研究課題では、自然科学諸分野における最先端の研究テーマを数理科学の視点から関連付けて横断的にとらえ、数理科学的課題を探究するとともに、研究分野の枠を越えた交流の中から、個別分野における研究課題の発掘をも目論むものである。我々は、数理科学をキーワードとした研究交流の風土を理学部に根付かせ、広い学問分野をカバーする上で制約のある、地方大学での理学研究における特色ある「方法論的モデル」を構築したいと思う。

本研究課題は、理学部の平成 24 年度事業計画における「新規バーチャル研究所を設置し、信州数理科学研究センター (バーチャル) とともに研究集会やセミナー、談話会などを実施する」という記述に対応する取組であり、理学部内の分野横断的研究プロジェクトとしての実績積み上げを図ることが求められる。本研究課題は、数理・自然情報科学科構成員の全面協力と、自然科学諸分野の研究者の協力を受けて取り組まれる。研究代表者は、信州数理科学研究センターの企画・運営を職務とする特任教授に任ぜられており、本研究課題の実施が中心的な職務内容となる。

本年度は数理科学に関連する次の研究課題に対しても、学部長裁量経費が助成された。

研究課題^(☆): 「場の数理とその相互作用: 信州数理科学研究センター特別重点研究」

この課題^(☆)では、上記の平成 24 年度事業計画に記載された取組目標の中の、「研究集会やセミナー」という、数理科学分野における組織的研究活動の活発な展開を目論んでいる。これら 2 つの研究課題は、それぞれ独自の趣旨に沿った企画を実施するものの相互補完関係に位置付けられ、双方に関係する取組もあるので連携して実務対応することとし、双方の関係者から了解を頂いた。従って、この研究報告書では、研究課題^(☆)に関する取組についても、注釈^(☆)を付して記載することとした。

2. 「数理科学談話会(公開シリーズ)」の開催

数学と自然科学の諸分野における研究テーマを数理科学の視点から横断的に捉え、そこに潜む数理科学的課題を探索し、さらに振り返って個別分野における研究課題の発掘にも役立つ目的で、諸分野間の交流を意図した公開講演会を企画した。これは、理学研究に携わる人たちが集う、バーチャルな「数理科学の広場」である。世話人の方々には、専門分野の異なる人々が共通に関心を持てるような話題を取り上げるようお願いした。講師の方々には、初心者向けの分かりやすい解説をお願いした。それぞれに企画された数理科学談話会とは別に、世話人が関係する専門分野の研究者および大学院生を対象とするセミナー、コロキウム等も実施された。

本研究課題における公開の数理科学談話会は、以下の3件が企画され実施された。この他に、講師依頼まで進んだ談話会企画1件があるが、もう一つの研究課題^(☆)との調整の関係で断念しお断りした。来年度の復活実現を目指したい。参加人数は、出席ノートに基づくものである。

① 平成24年11月13日(火) 15:30-17:00(90分)

- ・会場：数理・自然情報合同研究室(理学部A棟4F)
- ・講師：伊藤克司氏(東京工業大学大学院理工学研究科 教授)
- ・演題：「グルーオン散乱理論と極小曲面」
- ・参加者数：22人(教員10人, 学生12人)
- ・世話人：小竹 悟(物理科学科)

<要旨>

グルーオンは、陽子や中性子を構成するクォークを結びつける強い相互作用をもたらす粒子である。この相互作用はSU(3)ゲージ理論で記述され、素粒子の標準模型として高い精度で検証されている。しかしこのゲージ理論は低エネルギーでは強結合になり理論の解析が非常に困難になる。最近、ボソンとフェルミオンを結びつける超対称性をもつゲージ理論の強結合領域の物理が、曲がった時空上で定義された超弦理論の弱結合の物理と関係していることがわかってきた。この関係をゲージ重力対応またはAdS/CFT対応という。グルーオン散乱振幅と反ド・ジッター時空内の極小曲面の対応は、この対応の新しい例である。その研究の過程で、2次元の可積分な場の理論、共形場理論やY系等の2次元可積分系との思いがけない関係が表れる等、グルーオン散乱振幅が数理物理的に見て興味深い研究対象であることが明らかになってきた。

この講演では、AdS/CFT対応の紹介からはじめ、グルーオン散乱振幅の構造と極小曲面の関係、さらに極小曲面の面積の評価と熱力学的ベータ仮説との関係等について説明したいと思います。

<講演のキーワード> ゲージ重力対応, グルーオン, 極小曲面, 熱力学的ベータ仮説

② 平成 24 年 12 月 7 日 (金) 16:20-17:50 (90 分)

- ・会場：数理・自然情報合同研究室（理学部 A 棟 4 F）
- ・講師：大澤直哉氏(京都大学大学院農学研究科 准教授)
- ・演題：「ナミテントウの個体群動態－変動する餌資源を利用する捕食者の生活史特性－」
- ・参加者数：38 人（教員 11 人，学生 27 人）
- ・世話人：藤山静雄（生物科学科）

<要旨>

時間的空間的に変動する餌資源を利用するナミテントウ野外個体群の機能の反応と数の反応を調べるために，ナミテントウ野外個体群の調査を 3 年間おこなった。個体群パラメーターから，移動移出が多い個体群の特徴を示すものの，春世代と夏世代間の個体数は極めて安定していた。生息場所内での移動は活発であり，短距離の移動と長距離の移動を繰り返しながら，生息場所内のアブラムシ密度が高い好適な生殖場所に飛来し，好適な場所に集中して産卵が見られた。生命表解析から，幼虫期の死亡が主要な個体群であり，多くの死亡要因は，密度依存的に起っていた。ナミテントウは卵塊で産卵し，卵塊内で孵化時期に卵の共食いがほとんどの卵塊で起る。この卵の共食いを 2 令までの生存率で評価したところ，餌密度が低いときに，食う側，食われる側双方に適応的であり，母親にとっても不利益をもたらさず，共食いは極めて起りやすいものと考えられた。さらにこの共食いは，共食いした幼虫個体のサイズを大きくし，令期間を短縮しており，共食いの効果は，メス幼虫よりもオスの方が高いことが示された。成虫の高い移動分散能力と好適な生息場所への飛来・産卵が集中するにもかかわらず，幼虫期の強い密度依存的な死亡，共食いによる生存する確率の高い幼虫個体への資源の再配分，という 2 つの個体群機構により，変動する餌条件下で，安定した個体群を維持しているものと考えられた。

<講演のキーワード> 個体群動態，生活史戦略，捕食戦略，時間的空間的変動

<講師の研究分野> 昆虫生態学，森林生態学

③ 平成 25 年 1 月 18 日 (金) 15:00-16:30 (90 分)

- ・会場：数理・自然情報合同研究室（理学部 A 棟 4 F）
- ・講師：青柿良一氏（職業能力開発総合大学校 名誉教授，
物質・材料研究機構 リサーチアドバイザー）
- ・演題：「自然の中の左巻きと右巻き－磁気電析の話題を中心に－」
- ・参加者数：27 人（教員 8 人，学生 19 人）
- ・世話人：尾関寿美男（化学科）

<要旨>

この世の中には大きなものは渦巻き銀河から始まり，小さなものは素粒子のスピンに至るまで，何らかの回転または回転運動に関係する現象が広く存在しています。ところ

で回転や回転運動の左巻きと右巻きはどのように判別したらよいでしょうか。このような問題において重要な役割を担うのが磁場です。本講演では、様々な自然現象における左巻きと右巻きの問題と、磁場中での電気化学的結晶成長との関連をわかりやすく解説します。

<講演のキーワード> 回転運動, 磁場, キラル対称性, 自己組織化, 光学活性触媒

<講師の研究分野> 磁気電気化学, 物理化学

③⁺平成 25 年 1 月 18 日 (金) 16:40-17:40 (60 分)

学生向けセミナー【物理化学研究室主催】

- ・会場：リフレッシュラウンジ (理学部A棟 2 F)
- ・講師：青柿良一氏 (職業能力開発総合大学校 名誉教授,
物質・材料研究機構 リサーチアドバイザー)
- ・演題：「磁気流体力学にまつわる最近の話題」
- ・世話人：尾関寿美男 (化学科)

3. 「数理科学談話会」の広報と記録

理学部内でのポスター掲示と案内文配布に併せて、講演会情報を「信州数理科学研究センター」のホームページ(<http://math.shinshu-u.ac.jp/center>)に掲載するとともに、理学部のホームページの「イベント情報」にも投稿し、学内外に広く伝えた。講演の様子はビデオ撮影されている。なお、理学部「数理科学プロジェクト」による数理科学談話会の公開講演は、科学技術振興機構 (JST) のウェブサイトにおけるイベント情報のコーナー (<http://scienceportal.jp/events/>) に掲載され、全国に向けて情報発信されている。

4. 分野横断的テーマによる全国規模の「数理科学研究集会」の開催

本研究課題の下で我々は、信州大学の研究者が世話人となり、信州大学を会場として開催される分野横断的テーマによる研究集会を、学長裁量経費^(*)および学部長裁量経費^(**)の助成を受ける形で、以下のように過去3年間にわたり継続的に実施してきた。

- ・平成 21 年度：ワークショップ「圏論, 計算機科学, そしてトポロジー」^(*)

世話人：桐生祐介 (スタジオフォonz), 栗林勝彦, 玉木大 (数理・自然情報科学科)

- ・平成 22 年度：研究集会「(非) 可換代数とトポロジー」^(**)

世話人：栗林勝彦 (数理・自然情報科学科), 毛利出 (静岡大学理学部)

- ・平成 23 年度：研究集会「(非) 可換代数とトポロジー」^(**)

世話人：栗林勝彦 (数理・自然情報科学科), 毛利出 (静岡大学理学部)

このような経過を受けて、今年度は数理科学に関する別の研究課題^(☆)との連携企画として、次の3つの研究集会 [A], [B], [C] を開催した。

[A]信州応用トポロジーセミナー2012

- ・開催日程：平成24年11月23日（金）
- ・会場：数理攻究室（理学部A棟4F）
- ・世話人：玉木 大（数理・自然情報科学科）
- ・講演者と講演題目

- ① 玉木 大（信州大学理学部）：「Bicategories and topological categories in combinatorial algebraic topology」
- ② 平岡裕章（九州大学 Institute of Mathematics for Industry）：「Algebraic structure of maximum likelihood decodings: invariants and duality」
- ③ 田中康平（信州大学理学部）：「Reconstruction of manifolds from their Morse functions」
- ④ Vidit Nanda（University of Pennsylvania）：「Reconstructing the induced map on homology from images of random samples」

《世話人からの呼びかけ(抜粋)》 ペンシルバニア大学から Vidit Nanda 氏を，九州大学から平岡裕章氏をお招きし，いくつかの応用トポロジーそして組み合わせトポロジーに関する話題について議論する機会を設けました。

《世話人からの事後報告》 本シンポジウムには，信州大学以外には3大学から，全体で11名の研究者および大学院生が参加しました。

[B] 研究集会「場の数理とトポロジー」

- ・開催日程：平成25年2月6日（水）－2月8日（金）
- ・会場：信州大学全学教育機構12番教室
- ・世話人：阿部孝順（信州大学名誉教授），奥山和美（物理科学科），栗林勝彦（数理・自然情報科学科）
- ・講演者と講演題目

- ① 菅原祐二（立命館大学理工学部）：「 $N=2$ および $N=4$ 2次元超共形場理論における modular completion について」
- ② 野原雄一（香川大学教育学部）：「Integrable systems on Grassmannians and potential functions」
- ③ 三鍋聡司（東京電機大学）：「Introduction to mixed Frobenius manifolds」
- ④ 吉岡朗（東京理科大学理学部）：「Star 積について」（I, II, III）
- ⑤ 細道和夫（京都大学基礎物理学研究所）：「Seiberg-Witten Theorems on Ellipsoids」
- ⑥ 酒井一博（京都大学基礎物理学研究所）：「E 弦理論と Nekrasov 型公式」
- ⑦ 岡田崇（小山工業高等専門学校）：「Homological mirror symmetries and stability conditions」

⑧ 佐藤勇二（筑波大学数理物質系物理学域）：「Gluon scattering amplitudes and two-dimensional integrable systems」

《世話人からの呼びかけ(抜粋)》 「場の数理論」をキーワードに幾何学，トポロジー，素粒子論，場の理論の研究者が情報交換，議論，討論の場を設けるため本研究集会を開催します。数学，理論物理学の研究者間交流を促すことも研究集会の重要な目的です。

《世話人からの事後報告》 本研究集会は，理論物理学を専門にする4名の研究者と4名の数学者による計10講演を計画し，32名の参加の下に開催されました。その内容としては，2日目に変形量子化に関連する集中3講演が行われ，さらに3日間を通じて，ミラー対称性，弦理論における分配関数，経路積分，可積分系に現れるモデル等をキーワードに7講演が行われました。講演後には分野を超えた活発な質疑応答や，休憩時間においては議論等が行われていました。こうした光景から，本研究集会がきっかけとなり，理論物理および数学における分野間交流が生まれることが期待されます。講演記録として，アブストラクトおよび講演のスライドファイルを下記の研究集会ホームページで公開する予定です。

<http://marine.shinshu-u.ac.jp/~kuri/TPT2013/Home.html>

雪の影響で講演者が遅れるという混乱はありましたが，講演の順番を変えることで対応し計画通り，講演プログラムを全て行うことが出来ました。このことも付記しておきます。

[C] ワークショップ「数理論科学と情報科学の周辺」

・開催日程：平成25年2月14日（木）

・会場：数理・自然情報合同研究室（A棟4F）

・世話人：沼田泰英（数理・自然情報科学科）

・講演者と講演題目

① 栗原大武（京都大学数理解析研究所）：「デザイン理論とアソシエーションスキーム，またそれらの応用について」

② 鍛冶静雄（山口大学大学院理工学研究科）：「幾何学的な形状補間法」

③ 縫田光司（産業技術総合研究所）：「暗号プロトコルの無仮定擬似ランダム化へ向けて」

④ 前野俊昭（名城大学理工学部）：「Function Density Problem について」

《世話人からの呼びかけ(抜粋)》 2013年2月14日（木）に信州大学数理・自然情報科学科にて，広い意味での情報科学に関する数学をテーマとした小さな研究集会を行いますのでご案内致します。純粋数学が実際に応用され使われている研究分野の一つとして，広い意味での情報科学があります。本研究集会は，広い意味での情報科学に関連する，もしくは，今後関連する可能性のある数学の話題について知ること，研究の視野を広げ，新しい研究の可能性を探ることを目的として行います。講演要旨は次のホームページに記載されています。

<http://math.shinshu-u.ac.jp/~nu/html/workshop/20130214/>

《世話人からの事後報告》 本ワークショップには、信州大学からは理学部および工学部から、信州大学以外では5大学・研究所から、全体で16名の研究者および大学院生が参加しました。参加者の比較的少ないワークショップという事もあり、講演中や講演後に活発な質疑応答や議論が行われておりました。

5. 数理科学談話会報告集の編集

平成18年度～平成24年度の間に実施された数理科学談話会の講演の概要は、信州数理科学研究センターのホームページ上で公開されている。今年度は、これらを1冊にまとめる作業を行った。これは、理学部が研究活動実績調査を行うのに役立てることができた。現在は、広報用の「数理科学談話会報告集」(冊子体)の作成を目指して、作業を続けている。

6. 理学部における知的交流活動の継続と今後の発展のために

理学部「数理科学プロジェクト」は、過去7年間の実績に支えられ、専門分野の枠を越えた特色ある取り組みとして、研究者や受験生の間でも認知度が高まっています。講演会に多くの教員や学生が参加してくれると、世話人も苦勞が報われる気がします。数理科学談話会の世話人の方々には、「数理科学をキーワードとした講演」の提案をお願いしていますが、最近はこの意味を広く解釈することにしていきます。一見したところ数学とは無関係と思われる現象にも、数理科学のテーマが萌芽的に潜んでいることがあります。数理科学談話会が理学部の知的サロンとして発展するように、引き続き皆様のご協力・ご支援をお願いします。