

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 23 年度学部長裁量経費 研究報告書)

平成 24 年 2 月 29 日提出

平成 24 年 3 月 19 日再提出

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, 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 23 年度計画における「研究に関する目標を達成するための措置」(2-(1)) の中に位置付けられる。また理学部の「平成 23 年度事業計画・予算書」に掲げられた「数理科学研究所 (バーチャル)」の実現に向けて, 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。なお, 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。

2. 「数理科学談話会」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10件が企画され実施された。参加人数は、出席ノートに基づくものであり、現実にはこれを上回っている場合がある。

①平成23年7月21日(木) 16:30-17:30 (60分)

- ・講師：舟木直久氏(東京大学大学院数理科学研究科 教授)
- ・演題：「ヤング図形の時間発展とスケール極限」
- ・参加者数：23人(教員12人, 学生11人)
- ・世話人：乙部巖己(数理・自然情報科学科)

<要旨>

ランダムなヤング図形のサイズを大きくするとき、ある種のスケール変換の下で一定の形が見えてくることが知られている。講演では対応する動的モデルを導入し、その時空のスケール極限について論ずる。

<講師の研究分野(キーワードなど)>

確率論, 流体力学極限, 確率偏微分方程式

②平成23年11月8日(火) 16:00-17:30 (90分)

- ・講師：山口益弘氏(横浜国立大学大学院 名誉教授)
- ・演題：「機能性材料を創る新しい手段《磁気配向》の機構を解明する」
- ・参加者数：24人(教員12人, 学生12人)
- ・世話人：尾関寿美男, 浜崎亜富(化学科)

<要旨>

例えば、磁石を水に近づけると水はどのようなになるのでしょうか？ 多くの方は、何も起こらないと思うでしょう。磁場が発生させる力はとても小さく、水のような反磁性体ではマクロに影響を与えることはできないと思いがちです。しかし、厳密には強磁性体や常磁性体だけでなく、反磁性体においても磁場と物質の相互作用は起こります。水をテスラ(T)オーダーの強い磁場の中に置くと、磁場の弱いほうに逃げていくことが知られています。(ネオジム磁石：0.5 T, 地磁気：0.05 mT)

物質が磁気異方性を持つ場合、反磁性体も含めて“磁気配向”という現象が起こります。特に身の回りの有機材料・無機材料は異方性反磁性体である場合が多いので磁気配向の対象であり、プラスチック・ゲル・カーボンナノ材料などでの磁気配向が知られています。磁気配向は磁気配向エネルギーと熱エネルギーとの競合で発現しますが、山口先生は、磁気配向に対する熱擾乱の影響を「回転拡散モデル」により調べておられます。ご講演では、磁気配向の実例や各種の測定方法の紹介と、磁気配向のふるまいを回転拡

散模型で検討した結果をわかりやすく教えていただきます。

<講師の研究分野（キーワードなど）>

機能性材料，有機・無機材料，構造抑制，磁気配向，強磁場，ブラウン運動，
回転拡散方程式

③平成 23 年 11 月 29 日（火）15:00-16:30（90 分）

- ・講師：林 青司氏（C.S. Lim, 神戸大学大学院理学研究科 教授）
- ・演題：「Extra Dimension の物理 –空間は本当に 3 次元?–」
- ・参加者数：33 人（教員 16 人，学生 17 人）
- ・世話人：小竹 悟(物理科学科)

<要旨>

ほとんどの人が我々の住む空間は 3 次元であると信じて疑わないかと思います。しかし理論物理，特に素粒子理論においては空間には 3 次元以外に余分な次元（Extra Dimension）があり，時空の次元が 4 より高いとする高次元理論が，比較的抵抗なく折にふれて研究されて来ました。古くはアインシュタインによる 5 次元時空上の一般相対論を用いた，重力と電磁気力の“統一場理論”が有名です。また比較的最近では素粒子に働く 4 つの力（相互作用）全てを統一する理論として超弦理論が提唱されていますが，これは 10 次元（11 次元）といった時空上の理論です。最近，もう一つの素粒子の相互作用であるヒッグス相互作用が抱える理論的問題を解決すべく，高次元理論が再び注目を集めています。ヒッグスは素粒子の標準模型において重要な役割を果たすにも関わらず唯一未発見であり，現在進行中のスイスでの LHC 実験がその発見を目指していますが，いくつかの理論的問題点を抱えた粒子でもあります。この講演では，そうしたヒッグスに内在する問題点を解決すべく研究されている，いくつかの高次元理論のシナリオに関して出来るだけ分かりやすい解説を試みます。特に素粒子の 3 つの相互作用であるゲージ相互作用とヒッグス相互作用を統一する“ゲージ・ヒッグス統一”のシナリオについて少し詳しく紹介します。これはアハロノフ・ボーム効果といった他の興味深い物理とも関連したシナリオで標準模型を超える理論の一つの可能性を与えるものです。また、超弦理論等の他の素粒子理論とも深く関連するものでもあります。

<講師の研究分野（キーワードなど）>

Extra Dimension, ヒッグス, 統一理論

④平成 23 年 12 月 9 日（金）16:20-17:50（90 分）

- ・講師：西田隆義氏（滋賀県立大学環境科学部 教授）
- ・演題：「異種間繁殖干渉とすみわけ
–生物の分布とすみわけを繁殖干渉により統一的に説明する–」
- ・参加者数：44 人（教員 19 人，学生 25 人）

・世話人：藤山静雄(生物科学科)

<要旨>

生物群集では良く似た生物は共存しないか、共存する場合には異なる資源を利用して
いることが古くから知られている。生態学者はこの現象を、資源をめぐる競争で説明し
ようと試みてきたが、未だに説明できない。その理由は、理論的には説明が難しく、実
証的には証拠が乏しいからだ。この講演では、資源競争ではなく、近縁種間に潜在的に
存在する繁殖干渉が鍵となって生物群集の骨格を決めているという新たなパラダイムを
説明し、それが関連する生態現象の理解にどのように寄与するかについて議論したい。

<講師の研究分野（キーワードなど）>

生態学，繁殖干渉，種間関係，すみわけ

⑤平成23年12月5日（月）16：30－18：00（90分）

・講師：宇治野秀晃氏（群馬高等専門学校 准教授）

・演題：「交通流モデルと超離散化」

・参加者数：9人（教員5人，学生4人）

・世話人：中山一昭(数理・自然情報科学科)

<要旨>

微分方程式を数値的に扱う際には、独立変数を離散化して、微分を差分に置き換える
ことは、よくご存知のことと思います。超離散化というのは、大雑把に言うと、独立変
数だけでなく、従属変数も離散化して、連続な世界の住人である微分方程式をフル・デ
ジタルな世界の住人であるセルオートマトンへと写す手法です。交通流の分野では、渋
滞形成過程を理論的に再現する様々な数理モデルが提案されており、それらのモデルに
は、微分方程式で記述される最適速度模型や、セルオートマトンで記述されるスロース
タート模型など、住む世界の異なる様々な形のものがあります。本講演では、連続の世
界とフルデジタルの世界の橋渡しをする超離散化の手法を用いて、形の異なるこれら2
つの交通流モデルの複合模型を構成し、現実の交通流でも観測されている渋滞の特徴を、
複合模型が捉えていることをご紹介します。

<講師の研究分野（キーワードなど）>

可積分系，超可積分系，セルオートマトン，基本図，離散化，超離散化，
最適速度模型，スロースタート模型

⑥平成23年12月20日（火）16：20－17：50（90分）

・講師：山口祥司氏（東京工業大学大学院理工学研究科，日本学術振興会特別研究員）

・演題：「多様体の三角形分割問題と基本予想（曲がった空間を多面体で捉える）」

・参加者数：20人（教員8人，学生12人）

・世話人：境圭一(数理・自然情報科学科)

<要旨>

多様体とは一般相対性理論の舞台にもなる曲がった空間を表す数学の研究対象である。位相幾何学（トポロジー）と呼ばれる研究分野では、四面体と球面を同一視する視点から曲がった空間を多面体の組み合わせで捉えようとする試みがなされてきた。高次元の多面体とは何なのか、高次元の空間は私たちの住む3次元の世界と同じように認識できるのかという問いに対し、1920年代から1980年代にかけて位相幾何学の研究は大きく進展した。4次元以上の目に見えない空間が、私たちの住む3次元空間とは異なる世界であると明らかにされていった経緯を紹介したい。

<講師の研究分野（キーワードなど）>

多様体, 位相幾何学, 多面体, 高次元, 不変量

⑦平成23年12月7日（水）16:20-17:50（90分）

- ・講師：伊山 修氏（名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授）
- ・演題：「安定圏，導来圏，団圏－環論の世界の拡がり－」
- ・参加者数：23人（教員8人，学生15人）
- ・世話人：和田堅太郎(数理・自然情報科学科)

<要旨>

環論研究の醍醐味は、一見全く異なる圏の間の同値を構成することにあります。アーベル圏の間の同値は、森田理論で制御されますが、導来圏をはじめとする三角圏の間の同値は、傾理論で制御されます。今回の主役は、Gorenstein環上のCohen-Macaulay加群の安定圏です。今回の話は、この安定圏に傾理論を適用することで、一見全く異なる別の圏との間の同値を構成することが目的です。相方としては、有限次元多元環の導来圏や、その親戚の団（クラスター）圏が現れます。

<世話人から一言>

講演者の伊山先生は、環論の分野における世界的な研究者で、非常に活発に活動され常に注目を浴び続けています。その一方で、若手の研究者の育成にも惜しみなく力を注がれています。今回の談話会では、最先端の研究を、非専門家の方にも分かりやすく、そして興味深くお話しして頂けるとと思います。少しでも興味を持たれた方は是非ご参加ください。

⑧平成24年1月12日（木）16:20-17:50（90分）

- ・講師：高川智博氏（港湾空港技術研究所 研究官）
- ・演題：「2011年東北地方太平洋沖地震津波の水位観測データに基づく波源の逆解析」
- ・参加者数：13人（教員5人，学生8人）
- ・世話人：村越直美(物質循環学科)

<要旨>

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波を対象に、GPS 波浪計や海底水圧計など水位観測データから津波の初期波形を求める逆解析を行なった。逆解析では、震源周辺に緯度・経度 10 分間隔の格子を設定し、各セルの水位に単位変位を与え、これを単位津波として線形長波方程式に基づく津波伝播計算を行なう。実際の観測で得られた波形データがこれら単位津波伝播計算で得られた擬似観測データの重ね合わせで与えられるものとして、単位津波ごとの重みを求めることにより、津波の初期状態を推定した。その結果、津波波源の極大点が震源から東方向に極大点が移動し、その後海溝軸に沿って北向きに移動する津波波源の発達過程が復元された。また、この地震発生時には広い領域で地盤変動が生じたため、水位観測データそのものに地盤変動の影響が含まれており、津波の予測誤差を拡大する結果となった。ここでは初期波形の逆解析の結果とともに、地盤変動量を最適化パラメータとして加えることで、水位観測データそのものから地盤変動の影響を推定し、予測精度を上げる試みについても紹介する。

<講師の研究分野（キーワードなど）>

2011年東北地方太平洋沖地震津波，逆解析，地盤変動，波源

⑨平成 24 年 1 月 27 日（金）16：20－17：50（90 分）

- ・講師：峯 拓矢氏（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 准教授）
- ・演題：「ランダム・シュレディンガー作用素入門－周期と非周期の数理物理－」
- ・参加者数：12 人（教員 9 人，学生 3 人）
- ・世話人：佐々木 格(数理・自然情報科学科)

<要旨>

金属結晶内の自由電子の運動を数学的に解析するとき、結晶の規則的な構造を表す周期的ポテンシャルを持つシュレディンガー方程式を解くことになり、その数学的諸性質（ブロッホ理論）も古くから良く知られて来ました。固体物理では、金属結晶に不純物を添加して電気伝導性の異なる新たな物質を産み出す試みが盛んに行われており、その成果の一つが、皆さんが日常的に使う半導体です。この「不純物」の数学的モデルの一つとしてランダム・パラメータを係数に含むポテンシャルを持つシュレディンガー方程式が考えられており、その数学的性質を解析することにより物質の電気伝導性（導体・半導体・絶縁体）についての定性的理解が得られます。この講演では、ランダム・シュレディンガー作用素に関する基礎的な概念を、数値シミュレーションを交えて説明し、この分野における中心的な話題である「リフシッツ・テイル」「アンダーソン局在」などについて、現在までに得られている数学的結果を紹介していきます。

<講師の研究分野（キーワードなど）>

量子力学，物性物理，アンダーソン局在

⑩平成 24 年 2 月 7 日（火）16：20－17：50（90 分）

- ・講師：三浦 毅氏（山形大学大学院理工学研究科 教授）
- ・演題：「Preserver Problems —最近のいくつかの結果について—」
- ・参加者数：14 人（教員 7 人，学生 7 人）
- ・世話人：高木啓行(数理・自然情報科学科)

<要旨>

微分や積分を用いることにより関数それぞれの様子を調べることができます。この意味で微分積分学は関数を調べる道具といえます。これに対して私の（広い意味での）専門である関数解析学では、関数一つ一つを調べるのではなく、ある種の共通性を持つ関数の集まりを考え、その集まりについて調べることで、そこにある関数の共通的な特徴を調べる学問です。私がこの 10 年程興味を持って取り組んできた研究テーマは Preserver Problems（日本語では保存問題？）と呼ばれることがあります。この問題は『ある構造を保存するどんな関数も必ず共通の性質をもっている』という形で述べられます。例えば『どんな 1 次関数も連続である』は Preserver Problems に関係しています。この講演では Preserver Problems の歴史と最近分かったいくつかの結果について、その概略をできる限り具体的にお話します。

<講演のキーワード>

関数解析学, バナッハ環, Preserver Problems

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、信州大学のホームページの「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

信州大学と他大学の研究者が世話人となり、代数学と幾何学の両分野にまたがる研究者が信州大学に集う研究集会が継続的に企画・実施されている。この企画は、学長裁量経費（平成 21 年度）および学部長裁量経費（平成 22 年度）の助成を受けているが、特色ある分野横断的研究集会として全国の関連分野の研究者から注目を集めており、研究活動における社会貢献の役割を担っている。研究集会の詳細はホームページ

http://marine.shinshu-u.ac.jp/~kuri/ALGEBRA_TOPOLOGY2011/schedule.html

に掲載されている。

研究集会「(非)可換代数とトポロジー」

[キーワード: ホモロジー代数, ホモトピー代数, 三角圏, モデル圏]

- ・開催日程: 平成 24 年 3 月 14 日(水)–3 月 16 日(金)
 - ・会場: 信州大学理学部
 - ・世話人: 栗林勝彦(信州大学), 毛利出(静岡大学)
 - ・講演者と講演題目
- ① 鳥居 猛(岡山大学): 「Descent for structured modules」(I, II, III)
 - ② 加藤 希理子(大阪府立大学): 「三角圏とホモロジー代数」(I, II, III)
 - ③ 岡崎 亮太(大阪大学): 「Discrete Morse theory and combinatorial commutative algebra I」
 - ④ 柳川浩二(関西大学): 「Discrete Morse theory and combinatorial commutative algebra II」
 - ⑤ 上山 健太(静岡大学): 「On AS-Gorenstein algebras」
 - ⑥ 古賀 寛尚(筑波大学): 「Semi-tilting modules and mutation」

《世話人からの呼びかけ》 この研究集会は環論とトポロジー関係で活躍している研究者による講演を通して, この二つの分野が交流・発展することを目的として開催されます。環論研究者 1 名・トポロジー研究者 1 名の非専門化向けの集中講義的な講演(初歩から初めて概論的なお話)も予定されているので, 関心のある方, 是非ご参加ください。

《世話人からの事後報告(3月19日)》 代数分野とトポロジー分野との研究交流を促すために, それぞれの分野に特有な言語(概念)や共通言語の認識は重要である。そのために今回の研究集会では, 三角圏とホモロジー代数および安定ホモトピー論に関する 1 時間の概論的講演がそれぞれ 3 回行われた。また離散モース理論, トーション理論, 非可換 Gorenstein 環に関する研究発表講演が行われ特にホモトピー的概念の両分野への深い寄与を再認識した。研究集会には 37 名の出席者があった。十分に議論討論を行うために講演と講演の間の休憩時間に 30 分を当てた。その結果有益な情報交換や議論が行われ, 非可換代数, 可換環論, トポロジーとの研究交流が活発に行われた。また講演者の講義ノートと発表のスライドの幾つかを下記研究集会のホームページに掲載することで本研究集会の記録を残すこととした。

http://marine.shinshu-u.ac.jp/~kuri/ALGEBRA_TOPOLOGY2011/schedule.html

5. 「数理学談話会報告集」および「数理学講義録」等の資料作成

- ①現在および過去に実施された講義資料を含めて, 数理学関連の資料を冊子体または電子媒体の形で「数理学講義録」として作成保存する企画は, 今年度は実施されなかった。講義の状況を生々しく再現して伝えるものとして, 「数理学講義録」を気軽に作成していただく。講義の原稿を持っている方々に対して, この企画への参加を呼びかける。

②過去 6 年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が、今後これらを総合的に編集し冊子体の形にして、広報活動に役立てる。「数理科学談話会報告集」は、現在編集作業中である。

6. 世話役活動への取り組み(教訓と要望)

平成 23 年度は、学部長裁量経費の採択通知が前年度に比べて 40 日早くなり、企画への取り組みを進める上で余裕が与えられ、夏休み前(7月21日)に第1回数理科学談話会を開催することができた。今後も、学部長裁量経費の申請から採択結果通知に到る日程を、可能な限り早めることにより、企画に取り組む期間を確保するようお願いしたい。

7. 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 6 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る。「知的交流活動への助成金」の波及効果は、我々が想像する以上に大きい。「継続は力なり」という言葉がある。引き続き、理学部の皆さまのご支援をお願いします。