

27. 数理解析研究所

- I 数理解析研究所の研究目的と特徴 27- 2
- II 分析項目ごとの水準の判断 27- 3
 - 分析項目 I 研究活動の状況 27- 3
 - 分析項目 II 研究成果の状況 27- 4
- III 質の向上度の判断 27- 5

I 数理解析研究所の研究目的と特徴

1 (数学・数理科学の基礎的研究の推進)

数学・数理科学においては、研究情報が集約された環境における研究者同士の高密度の意見交換は自然科学における実験・観測に対応し、新分野の発掘・開拓等 斯学の健全な発展に不可欠なものである。数理解析研究所は数理解析の総合研究を所員が中心となって行うと共に、豊かな研究情報を備えた意見交換の場を、日本全国さらには世界各地の研究者に提供し、両々相俟って数理解析の進展を期することを目標としている。

2 (諸分野との交流による数学の発展)

経済学、生物学、工学、物理学等諸科学において、数学的考察の必要性が感じられても既存の数学では不十分なため新しい数学理論・方法が求められることがあり、しばしばそのような事態を動機として新しい数学が形成されてきた。このような他分野との交流による数学の発展を図ることを所員の多くが念頭に置いていることは本研究所の特徴である。

3 (純粋数学の研究)

同時に人間の精神活動の不思議さは、当初、他分野との交流を意図せず為された数学の研究がはるか後に思わぬ分野で有用となる点が見出される。このような数学の有用性は、数学者が美しいと思うものを追い求めたことの帰結として得られることが多い。このような観点からの純粋数学の研究もまた本研究所の目的とする所である。

4 (世界に開かれた共同利用研究所)

数理解析という学問の性格を反映して、世界に開かれた共同利用研究所となることは共同利用研究所としての本研究所の重要な使命であり、京都大学中期計画における国際的プロジェクト研究・若手研究者育成等とも呼応して、共同利用機能の強化を進めている。所員と世界各地からの来訪者の接触による研究の新展開や新分野の創造は、当研究所において過去にも数々の例があり今後も果たすべき重要な役割である。また迅速な情報交換の場の提供も大きな使命である。

[想定する関係者とその期待]

数理解析研究所は、関係者として全国の大学・研究機関における数学／数理科学の研究者を想定している。これらの研究者からは、共同利用を通じた研究の推進と、文献なども含む必要な研究情報と研究環境の提供、また研究集会などを通じた研究情報交換の場の形成を期待されている。特に共同利用研究集会は、40年の実績を通じて、数学／数理科学の分野における我が国の最新・最先端の研究の発表の場として認められており海外の研究者からも注目されている。

II 分析項目ごとの水準の判断

分析項目 I 研究活動の状況

(1) 観点ごとの分析

観点 研究活動の実施状況

(観点に係る状況) 資料 1、2、3 から分かるように所員は高いレベルの研究を続けており、これに対応して競争的外部資金受入れ(資料 4、5)も順調である。特に本研究所の目標 2 に関しては、数理解析学と代数幾何学・代数解析学の間深い所での相互作用が当研究所の活動として観察される。同時に離散最適化、理論計算機科学、数理流体力学等の分野における所員の活動は世界をリードするものである。

また、目標 3 に関しては、高いレベルの純粋数学の研究がなされていると同時に、野村グループからの寄附研究部門設置はこのような研究への高い評価の現われと言えよう。(資料 1 : 発表論文数と 2007 年発表論文、資料 2 : 招待講演数と 2007 年招待講演、資料 3 : 受賞者リスト、資料 4 : 科学研究費補助金受入状況、資料 5 : 競争的外部資金受入状況、資料 6 : 受託研究受入状況、資料 7 : 寄附金受入状況、資料 8 : 寄附講座受入状況)

観点 大学共同利用機関、大学の全国共同利用機能を有する附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の実施状況

(観点に係る状況) 数理解析研究所 (Research Institute for Mathematical Sciences, 所員 37 人) の共同利用事業は、RIMS 研究集会、RIMS 共同研究、長期研究員、プロジェクト研究、を中心としている。毎年、約 70 件の事業が行われ来訪研究者は約 4000 人、うち来訪外国人研究者は 200 人以上である(資料 9 : 共同利用事業件数および参加者数、資料 10 : プロジェクト研究のテーマ、資料 11 : 国際シンポジウム開催件数および参加者数、資料 12 : 来訪外国人研究者数)。

世界の数理科学者から注目されているプロジェクト研究を中心に活発な討論・共同研究の場を世界に提供し、その成果は数理解析研究所講究録として公表され日本の数理科学界の貴重な財産となっている(資料 13 : 数理解析研究所講究録刊行数)。また講究録を京都大学機関リポジトリを用いて、過去の刊行分も含めた全体を電子媒体により公開する作業も進展している。さらに、未だ揺籃期にある研究テーマ(例えば遠アーベル幾何学、圏論的リー環論、完全 WKB 解析等)に関しては、当研究所共同利用事業、21 世紀 COE 事業(拠点リーダー: 現所長柏原正樹)、客員部門、数理解析先端研究センター(平成 18 年度設置)、寄附部門(平成 19 年度設置)等を組み合わせて、その育成を図っている(資料 4)。このように共同利用事業と所員の活動が有機的に結合していることが、当研究所の共同利用事業の特色である。このような当研究所の活動は、アメリカ数学会会報(Notice of the AMS, 2004)に“RIMS, an Institute for Japan and the World”と評されている。

(2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準を上回る

(判断理由) 所員の研究活動は資料 1、2、3、4 が示すように高い水準にある。この一つの結果として、平成 16 年度以降に所員が受けた科学研究費補助金は総額 286,480 千円(171 件)、21 世紀 COE 事業による平成 16 年度以降の補助金総額は 294,918 千円となっている。また共同利用に関して、数理解析先端研究センターの設置、寄附部門(野村ホールディングズ)の設置、講究録別冊の刊行、プロジェクト研究の複線化など新規の事業が行われた。さらに、共同利用事業参加者数(資料 9)は高い水準を維持しており、特に来訪外国人(毎年 200~300 人、資料 12)の 5 割以上が当研究所からの旅費等無支給であることは、当研究所の活動に対する国際的評価の高さを示している。

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

(1) 観点ごとの分析

観点 研究成果の状況(大学共同利用機関、大学の全国共同利用機能を有する附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。)

(観点に係る状況) 資料1, 2, 3, 4に見られるように、所員は世界の数理科学の第一線の研究成果を挙げており、その評価は受賞記録等により裏打ちされている。また共同利用・共同研究により、資料9, 10, 11, 12, 13にあるように国内外の研究者の高い水準の研究発表の場を形成している。(各分野の研究成果の詳細は「Ⅲ質の向上度の判断」の中に記載)

(2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準にある。

(判断理由) 平成16年度以降に刊行された所員の査読付論文は223編、招待講演数は169(うち国際会議国招待講演数は124)であり、資料3の受賞者を初めとして高い研究水準を維持している。共同利用事業においては、研究集会の開催件数、参加者数、外国人参加者数、いずれも高い水準にあり、共同利用・共同研究から生まれた数理解析研究所講究録は平成16年度以降、232冊(含別冊6冊、資料13)を刊行した。(各分野の研究成果の詳細は「Ⅲ質の向上度の判断」の中に記載)

Ⅲ 質の向上度の判断

① 事例1 「伊藤 清博士ガウス賞受賞記念（野村グループ）数理解析寄附研究部門の設置」（分析項目1）

（質の向上があったと判断される取組） 本研究所元所長 伊藤 清博士が1940年代に創始した「確率微分方程式」の理論は1980年代には金融工学で必須の素材となり、2006年には第1回ガウス賞を授与された。これは当研究所の目的3の最も良い具体化の例であり、その応用面での重要性に鑑み野村グループが当研究部門（平成19年10月より3年間）の寄附を行った。これにより外国人客員教員等の拡充とともに研究会開催・連続講義・共同研究が実施され当研究所の活動に大きく寄与した。

② 事例2 「数理解析先端研究センター設置」（分析項目1）

（質の向上があったと判断される取組） 運営委員の意見を参考とし、数学・数理科学における最新動向に柔軟かつ迅速に対応する為所員の併任若干名および特任教員若干名からなる当センターを平成18年4月に設置。主として若手を対象とする長期研究員制度を補完するものとして、国内諸大学のサバティカル制度拡大とも対応し、当研究所の共同利用機能の拡充につながった。

③ 事例3 「数理解析研究所講究録別冊シリーズの刊行とその有償頒布」（分析項目1）

（質の向上があったと判断される取組） 当研究所で開催される研究集会等の内から、運営委員会が毎年約10件を選択し、その報告集（全報告査読済）を有償頒布して、投稿の促進と入手の利便を図った。この新シリーズに収録された各論文は Zentralblatt MATH で個別に登録され、また Mathematical Reviews でも review されており、当研究所共同利用事業の国際発信力強化に大きく寄与している。

④ 事例4 「プロジェクト研究の複線化」（分析項目1）

（質の向上があったと判断される取組） 「プロジェクト研究」は、1年を単位として当研究所の種々の制度を有機的に組み合わせ実施する国際的研究プロジェクトである。研究テーマは、運営委員会が毎年、関心の集中している分野を数理科学全体から選ぶものであるが、従来、1年1テーマであったものを状況に応じた1年複数テーマの実施を可能にして、共同利用事業の強化を図った（資料10）。

⑤事例5 「数論幾何」（分析項目2）

（高い水準を維持していると判断する取組） 当研究所は、遠アーベル幾何等、双曲曲線の数論幾何の研究が活発に行われている世界で唯一の研究機関である。1994年以降、遠アーベル幾何の主要予想の様々な形での解決や p 進 Teichmüller 理論の開発等、有名な予想の枠に囚われない斬新な研究文化を十年以上に亘り発展させている。その流れを汲み、2004年以降も、玉川による正標数代数閉体上の双曲曲線の基本群に関する業績（業績 No. 1008）の他、望月による有限体上のカスプ化の理論や、Teichmüller 理論の数体版の開発を視野に入れた p 進絶対遠アーベル幾何の研究等（業績 No. 1004）、既存の予想に対する決定的な解決と共に、分野の常識を越えた「予想外の新天地」への展開も、当研究所の数論幾何の研究の特徴として挙げられる。

⑥事例6 「代数幾何・複素解析」（分析項目2）

（高い水準を維持していると判断する取組） 代数幾何・複素解析グループは高次元代数多様体と特異点を主なテーマとする。森（業績 No. 1005）は \mathbb{Q} コニック束の特異点上の既約ファイバーを分類して、Iskovskih 予想を解決すると同時に、3次元収縮射の研究を大きく押し進めた。向井（業績 No. 1006）はヒルベルトの第14問題に対する反例の研究から、ルート系に関係する高次元多様体の新系列を発見した。また、齋藤（業績 No. 1011）はある種の特異点に対する原始形式の大域構成に必要なリー環を圏論的に作った。後者は、代数幾何・複素幾何の枠組を超えて、表現論や数理物理に応用される可能性を

もっている。このように、全体として当研究所の研究目的 3 だけでなく、2 にも適った高水準の研究を遂行してきた。

⑦事例 7 「表現論」(分析項目 2)

(高い水準を維持していると判断する取組) 柏原・有木・鈴木を中心とするグループは、アフィンヘッケ環の表現論をアフィン量子群等により研究している。有木による Lascoux-Leclerc-Thibon 予想の解決(1996年)は、A型アフィンヘッケ環の表現がアフィン量子群の大域基底と対応するという画期的な成果で世界の脚光を浴びた。これと類似の現象は他の型のアフィンヘッケ環では知られていなかったが、2006年、柏原と榎本(本研究所大学院生)によりB型のアフィンヘッケ環の既約表現と、アフィン量子群に付随した対称的な大域基底が対応するという予想が提出された(業績 No. 1002)。これは大きな進展として世界の注目を浴びており、当該分野の研究は着々と進展している。

⑧事例 8 「特異摂動の代数解析学」(分析項目 2)

(高い水準を維持していると判断する取組) 河合・竹井を中心とするグループは「仮想的変わり点」なる新しい概念の導入により高階微分方程式の特異摂動論に新天地を拓いている。(業績 No. 1014)特に「Toulouse Project」と呼ばれる高階パルヴェ方程式の構造解明の為のプログラムは彼等を中心にして仏、豪の研究者とも協力しつつ着実に進められていて、その活動には国際的な関心が高い。(業績 No. 1015 等) しかもこれ等の研究は物理学者の関心を惹くもので(J. Phys. A38(2005)) 当研究所の研究目的 2, 3 によく適っており、当該分野の研究は高い水準を保っている。

⑨事例 9 「数理流体力学・応用解析」(分析項目 2)

(高い水準を維持していると判断する取組) 数理流体力学では流体方程式の数学的理論と乱流解の構造を研究している。岡本らは Navier-Stokes 方程式の解のある軸対称解の一意性について深い関数論を用いた証明(業績 No. 1013)を与え数学界に驚きを与えた。また流体方程式の解の発散問題について大木谷はある軸対称解のクラスを調べ、粘性のある場合に時間的に発散する解の存在を示した(業績 No. 1012)。また山田らは回転球面上の乱流解を調べジェット流の自発的生成とその境界条件への敏感な依存性を見出すなど、関連する地球科学者からも意外性をもって受け止められる結果を得ている。さらに、収束の遅い関数に対する Fourier 変換の高速高精度算法や DE 公式と同等の漸近性能を達成する IMT 型積分公式の開発(大浦)など、当該分野の研究は高い水準を保っている。

⑩事例 10 「劣モジュラ関数の離散最適化」(分析項目 2)

(高い水準を維持していると判断する取組) 藤重・岩田を中心とするグループは、凸関数の離散版に当たる劣モジュラ関数に関連した離散最適化の研究を進めている(業績 No. 1017, 1018)。特に、劣モジュラ関数最小化の組合せ的な多項式時間アルゴリズムの開発は、長年の未解決問題に終止符を打つと同時に、離散最適化法の応用範囲を拓げるものとして、国際的な関心を呼んでいる。実際、マトロイド・マイナー理論、制約充足問題、近似アルゴリズムなどの離散数学や計算機科学だけでなく、統計物理学のような周辺分野でも、劣モジュラ関数最小化に刺激された新たな研究成果が発表されている。このように、当該分野の研究は、当研究所の研究目的 2 によく適ったものであり、高い水準を保っている。

⑪事例 11 「プログラミング言語と計算の意味論」(分析項目 2)

(高い水準を維持していると判断する取組) 長谷川を中心とするグループは、代数的・圏論的な手法と、証明論・型理論的な枠組みとを有機的に結合させたプログラミング言語の数学モデルの構築・分析に取り組んでいる。特に、再帰計算と巡回構造、そして第一級継続をはじめとする非自明な制御構造の研究において様々な成果をあげている。特に、多相型 $\lambda\mu$ 計算を分析した仕事は、実用的な制御構造が存在する多相型プログラミング言語で成立する一様性原理(パラメトリシティ原理)を初めて確立し

た画期的なものである。(業績 No. 1001) この成果は、圏論・証明論における数学的な理論から、実際のプログラミング言語への応用への橋渡しとなる重要なものとして国際的に注目を集める等、当研究所の研究目的 2、3 によくかなうものであり、当該分野の研究は高い水準を保っている。