

5. 理学部・理学研究科

- I 理学部・理学研究科の研究目的と特徴・・・5－2
- II 「研究の水準」の分析・判定・・・5－3
 - 分析項目 I 研究活動の状況・・・5－3
 - 分析項目 II 研究成果の状況・・・5－5
- III 「質の向上度」の分析・・・5－8

I 理学部・理学研究科の研究目的と特徴

理学部・理学研究科は、設立以来 117 年余りの長い歴史を有し、その間に、数学、物理学・宇宙物理学、地球惑星科学、化学、生物科学の各分野において、学問の発展に大きな貢献をした独創的な研究成果を数多くあげている。平成 20 年には益川敏英名誉教授が本学に在職中に小林誠氏と行った共同研究に対し、ノーベル物理学賞が授与された。また、平成 26 年には、ノーベル物理学賞に本学卒業生の赤崎勇氏が選ばれたことは記憶に新しいところである。本学部・研究科では、

- ・ 自然科学の全分野における基礎的、独創的な先端研究
 - ・ 学問の新展開に伴う萌芽的な境界領域・複合領域型研究
- を中心に行っており、それらを進展させるために
- ・ 自発的意志による学問の創造を何よりも大切にする学風

の確立を目指している。国際競争力のある大学づくりを推進することを目的としたグローバル COE プログラムに本研究科に属する 5 専攻全てが採択されたことは特筆に値する。理学部・理学研究科の研究活動は、本大学の研究に関する基本的な目標(下記参照)に沿うものである。

京都大学の基本的な目標より抜粋

【研究】

- ・ 未踏の知の領域を開拓してきた本学の伝統を踏まえ、研究の自由と自主を基礎に、高い倫理性を備えた先見的・独創的な研究活動により、次世代をリードする知の創造を行う。
- ・ 総合大学として、研究の多様な発展と統合を図る。

[想定する関係者とその期待]

本学部・研究科の研究活動で想定する関係者は、学界および一般の社会である。学界からの期待は、世界の研究をリードする先端研究、および、境界領域・複合領域型研究の創出である。さらに、社会からの期待は、文化としての科学的知見の創造と発見を通しての社会への貢献である。本研究科の研究活動は大学院教育と密接に関連しているが、大学院学生が期待するものは、最新の研究成果に基づく教育と基礎的独創的な先端研究に参加することである。

Ⅱ 「研究の水準」の分析・判定

分析項目Ⅰ 研究活動の状況

観点 研究活動の状況

(観点に係る状況)

本研究科・学部の研究活動は、これまでの伝統と実績を一層発展させるべく、平成22年度以降も幅広い自然科学の分野において活発な研究活動を実施してきた。

平成22年度以降6年間に公表した教員の学術論文は査読付英文論文4425編・和文212編(計4637編)、査読なし英文論文459編・和文455編(計914編)、学会発表件数は国際学会2201件、国内学会4497件、招待講演数は国際学会等1771件、国内1321件に達する(別添資料1)。さらに、「アメリカのノーベル賞」とも言われ、世界で最も権威ある科学賞の一つであるアルバート・ラスカー賞、ドイツ政府が全額出資する国際的学術活動の支援機関である、アレクサンダー・フォン・フンボルト財団創設のフンボルト賞、国内では日本物理学会の最高賞である仁科記念賞等の著名な賞を数多く受賞している(別添資料2)。

また、部局間学術交流協定にもとづく復旦大学数理学研究科との国際学術交流をはじめとして、海外の有力機関、研究者とも連携して研究を進めており、国際的にも積極的な研究活動を続けている(別添資料3)。

文部科学省科学研究費補助金は、表1に示すように、平成22年度以降6年間で、2,626件が採択され、直接経費として約100億円、間接経費として約27億円を獲得した。また、受託研究費等の獲得金額は、6年間で直接経費として67億円を超え、間接経費として10億円を超えている(表2)。更に、民間等との共同研究も活発に実施されている。

表1：科学研究費補助金獲得金額(経費の単位：千円)

年度	件数	直接経費	間接経費
平成22年度	436	1,779,031	452,728
平成23年度	433	1,494,225	401,773
平成24年度	447	1,653,126	456,374
平成25年度	437	1,871,678	515,134
平成26年度	441	1,482,600	402,460
平成27年度	432	1,718,496	475,209
計	2,626	9,999,156	2,703,678

表2：受託研究費等獲得金額(経費の単位：千円)

年度	直接経費	間接経費
平成22年度	1,004,719	210,292
平成23年度	963,731	180,076
平成24年度	913,665	195,626
平成25年度	740,811	138,386
平成26年度	919,800	131,791
平成27年度	2,194,437	163,171
計	6,737,163	1,019,342

表3に示すように、国際的に卓越した教育研究拠点の形成を重点的に支援し、国際競争

力のある大学づくりを推進することを目的とする事業であるグローバルCOE プログラムにおいて、本研究科を構成する全ての専攻が採択された。

表3：グローバルCOE採択一覧

採択期間	専攻	拠点のプログラム名称
平成19年度～平成23年度	生物科学専攻	生物の多様性と進化研究のための拠点形成
平成19年度～平成23年度	化学専攻	物質科学の親基盤構築と次世代育成国際拠点
平成20年度～平成24年度	数学・数理解析専攻	数学のトップリーダーの育成ーコア研究の深化と新領域の開拓
平成20年度～平成24年度	物理学・宇宙物理学専攻	普遍性と創発性から紡ぐ次世代物理学ーフロンティア開拓のための自立的人材養成
平成21年度～平成25年度	地球惑星科学専攻	極端気象と適応社会の生存科学

表4に示すように、外部資金等による特別の講座を設置し、新たな研究分野の開拓及び本研究科の教育研究の進展及び充実を図った。

表4：外部資金等による特別の講座

プロジェクト期間	支援専攻	講座名
平成21年5月21日～平成26年3月31日 平成26年11月20日～平成31年3月31日	化学専攻	有機触媒化学特別講座
平成22年5月20日～平成27年3月31日	生物科学専攻	植物細胞内膜系動態特別講座
平成23年4月21日～平成26年3月31日	物理学・宇宙物理学専攻	新技術光赤外線望遠鏡特別講座
平成23年10月20日～平成29年3月31日	化学専攻	ナノ物質化学特別講座
平成23年11月17日～平成27年3月31日	生物科学専攻	再生生物学特別講座
平成26年1月23日～平成30年3月31日	物理学・宇宙物理学専攻	量子光学特別講座
平成27年1月22日～平成32年3月31日	生物科学専攻	器官発生学特別講座
平成27年3月12日～平成32年12月31日	物理学・宇宙物理学専攻	天文光学特別講座
平成27年6月11日～平成32年3月31日	化学専攻	化学反応学特別講座
平成27年11月19日～平成32年3月31日	化学専攻	ナノ物質科学特別講座

研究成果による知的財産権の出願・取得状況は、平成22年度より毎年10件以上の特許を出願し、平成22年度に3件、平成23年度に6件、平成24年度に2件、平成25年度に8件を取得した。（国立大学法人評価に使用するデータ 調査票6-1参照）。

(水準)

期待される水準を上回る

(判断理由)

本研究科は、想定する関係者である学界および一般社会から、世界の研究をリードする先端研究、および、境界領域・複合領域型研究の創出、文化としての科学的知見の創造と発見を通しての社会への貢献を期待されている。

しかしながら、新しい研究施設の創設、定員削減、学内一律のシーリング等により、本研究科の教員数は実質的に減員し、研究活動の主力を担う若手研究者が慢性的に不足しており、研究活動を取り巻く環境は良好であるとは言い難い。

こうした環境のなかでも、観点で取り上げた論文発表数、学会発表数、招待講演数、科学研究費補助金の採択数は各分野における極めて活性度の高い研究活動を反映しており、本研究科・学部の研究活動は世界トップレベルの研究教育機関の質を維持している。

また、別添資料2に示すように、広範な分野における学会賞等の著名な賞が授与されるなど、国内外において極めて高い評価を得ている。更に、少ない運営費を補うために多くの外部資金を獲得し、研究水準の維持・向上へのたゆまぬ取り組みを続けている。以上により、関係者の期待を上回っていると判断できる。

観点 大学共同利用機関、大学の共同利用・共同研究拠点に認定された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)

該当なし

(水準)

(判断理由)

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

観点 研究成果の状況(大学共同利用機関、大学の共同利用・共同研究拠点に認定された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)

分析項目Ⅰで述べた様に、本研究科の全分野において世界的な研究業績を上げており、受賞、論文インパクトファクター、被引用数、新聞発表などの外形基準を重視してSSの業績を55件、その根拠と成る論文106編を選んだ。以下では、SS評価の論文を中心に、分野別の研究成果の現況を概述する。

数学・数理解析専攻

代数学：正則なシンプレクティック形式をもった複素代数多様体を、ポアソン変形、双有理幾何の観点から研究し、「シンプレクティック代数幾何」と呼べる分野を発展させた(業績番号1)。また、保型形式の周期をL関数の特殊値を用いて明示的に表す研究を行った(業績番号2)。

幾何学：多様体よりも複雑な局所構造を持つアレクサンドロフ空間において、熱核のリップシッツ連続性などの性質を明らかにした。また、リーマン多様体を拡張したフィンスラー多様体では、以前導入した重みつきリッチ曲率を用いたBochner公式やCheeger-Gromoll型の分解定理などの成果を得た。(ともに業績番号3) さらに、非可換可解群の滑らかな作用の剛性問題にアファイン群などのいくつかの標準的な群作用の変形可能性や不可能性の証明に成功した(業績番号4)。

数理物理・作用素環：作用素環とそれに作用する代数系との関係の研究を行い、K理論的な新たな分類不変量を導入してC*環への離散群の作用の分類の問題を部分的に解決した(業績番号5)。

解析学：有限時間で爆発する解を持つ非線形シュレディンガー方程式の分散係数をホワイトノイズに置き換えた問題を考え、ほとんど確実に解は時間大域的に存在することを証明した(業績番号6)。

上記の業績に対し、文部科学省の若手科学者賞(2014年度)、学術振興会賞(2014年)

等が授与された。

物理学・宇宙物理学専攻

当分野では、自然界の普遍的な基本法則の解明と新しい現象の発見を目指して研究を進めている。特筆すべき成果として以下の例が挙げられる。

凝縮系物理実験では、鉄系高温超伝導体の超伝導発現機構の研究（被引用回数 2500 回以上）（業績番号 1 1）、光量子物性実験では、SU(N)対称性を有する強相関冷却フェルミ気体の創出（平成 25 年度仁科賞）（業績番号 1 2）や高強度テラヘルツ光による究極的分光技術開拓（業績番号 1 3）、複雑系実験では、分子マニピュレータの原理の発明や試作の研究（業績番号 1 4）が挙げられる。素粒子理論では、ニュートリノ質量と混合を離散的対称性から説明出来る可能性とヒッグズ粒子がインフラトンである可能性を示した研究（業績番号 1 5）、原子核理論では、ヤングミルズ場のカオス的振る舞いからのエントロピー生成機構を明らかにした（業績番号 1 6）。天体理論では、宇宙で最初に生まれた星の質量が従来の説の 1/10 程度位であることを示し注目された（業績番号 1 7）。また、最も一般的なスカラー場のインフレーション理論を展開した（業績番号 1 8）。宇宙線物理学では、宇宙線の陽子成分が超新星残骸で確かに加速されている証拠を得た（業績番号 1 9）。高エネルギー物理学では、加速器実験でヒッグズ粒子を発見し、2013 年ノーベル物理学賞の受賞理由の一つとして評価された（業績番号 2 0）。また、ミューオン型ニュートリノが電子型ニュートリノに変わるニュートリノ振動がある事を世界で初めて示した（業績番号 2 1）。宇宙物理学・天文学分野の研究では、太陽型星でのスーパーフレアの発見（業績番号 2 2）や、ダスト量の大きな領域でのガンマ線バースト検出の成果などが特筆される（業績番号 2 3）。

地球惑星科学専攻

流体圏分野では、回転系での水平シア流と熱対流の相互作用や惑星大気における赤道域帯状流のスーパーローテーションについて、その力学的メカニズムを明らかにした（業績番号 2 7）。また、北太平洋底層水の急速な昇温が、南極海域での海面熱フラックス変化に起因し、そのシグナルが 40 年程度で北太平洋にまで達した可能性を指摘し、高い評価を得た。（業績番号 2 8）

地磁気センターで公開している Dst 等の地磁気指数は、2010 年以降の JGR 誌だけでも、被引用数が 1640 件に達するとともに、地磁気擾乱時の磁気圏環電流中酸素イオン増加現象に、磁気圏磁場の双極子化に伴う新たな過程が存在する事を発見した（業績番号 2 9）。

固体圏分野では、プレート境界型巨大地震の発生予測のために不可欠な摩擦パラメータの有望な推定法を提示するとともに、摩擦発熱過程が断層強度におよぼす影響の詳細を明らかにした（業績番号 3 0）。また、沈み込み帯における物理構造と深部流体への理解が進み、マントルに運ばれた海水がマグマの発生に重要な役割を果たしていること（業績番号 3 1）、沈み込み帯深部から地表への脱水流体やマグマの移動経路に関して重要な知見を得た（業績番号 3 2）。さらに、小惑星イトカワ資料の解析を通じて小惑星の進化史を提案した（業績番号 3 3）。

化学専攻

化学専攻では、広範な基礎化学の諸分野にわたって世界トップクラスの研究を展開し、以下の様な顕著な成果を得た。

理論化学分野では、新開発の分子シミュレーション法を用いて、酵素活性におけるタンパク質のダイナミクスならびに柔軟性の役割を解明した（業績番号 3 6）。また、摂動論的近似計算が主流の量子散逸系の研究に量子動力学的厳密計算を行い新しいパラダイムを開いた（業績番号 3 7）。

物理化学分野では、前例のない高時間分解能を達成した光電子イメージング装置を駆使して、円錐交差を經由した超高速内部転換をピラジン分子においてリアルタイムで観測した（業績番号 3 8）。

無機物性化学分野では、走査トンネル顕微鏡を用いて水素結合ダイナミクスを研究し、水素リレー現象を可視化することに成功した（業績番号39）。また、Pd ナノ結晶の表面を多孔性金属錯体で被覆することで、Pd の水素吸蔵の量と速度を飛躍的に向上させた（業績番号40）。

有機化学分野では、遷移金属触媒を用いないクロスカップリング反応の開発に成功し注目を集めた（業績番号41）。また、光を受けてはたらく有機硫黄ラジカル触媒によって不斉環化反応を制御することを可能にし（業績番号42）、さらに、メビウス反芳香族性を有する分子の合成に世界で初めて成功した（業績番号43）。

生物化学分野では、光合成細菌の反応中心と集光アンテナタンパク質との複合体について、3Å 分解能での結晶構造解析に初めて成功した（業績番号44）。また、DNA オリガミでの分子挙動を、高速原子間力顕微鏡を用いて単分子観察することに成功した（業績番号45）。

生物科学専攻

動物学分野では、個体発生から動物の行動・生態までを広くカバーするオンリーワン型の研究を世界トップレベルの水準で展開している。脊椎動物の成り立ちや進化について、細胞機能やゲノムワイドな解析から新しい仕組みを見出した（業績番号46）。自ら開拓したアフリカ西部に棲息するゴリラ群集の研究からゴリラの生態や新規の食分配方式の発見があり（業績番号47）、また、セミやトカゲの行動や生態についての新規概念の提唱などを通じて、ヒトの病気や人間と地球環境との関わりを考える上で基盤となる多くの重要な知見が得られた（業績番号48, 49）。

植物学分野では、モデル植物の分子遺伝学・分子生物学研究や単子葉植物の系統分類研究などの幅広い研究を展開し、200 年来の植物学の謎とされてきた原形質流動の仕組みを解く鍵を提示した（業績番号50）。また、植物のフィトクロム依存的な花芽形成制御に関与する因子の発見は高い評価を得るとともに、葉緑体の電子伝達の鍵となる葉緑体 NDH 複合体の形成機構を初めて解明した（業績番号51）。分類系統学の分野では、形態的に原始的で分類が困難とされてきた分類群を中心に新しい分類体系を確立しつつある（業績番号52）。

生物物理学分野では、個体から原子レベルまでさまざまな分解能で生命現象の分子機構を解明した。とくに、「プラナリアの再生の仕組み」の分子レベルの解明、シナプス可塑性時の伝達物質受容体動態の可視化（業績番号53）、小胞体膜結合性転写因子 ATF6 の解析（業績番号54）、オプシン類の分子特性と機能探索（業績番号55）、電子線結晶学を用いた膜タンパク質の構造と機能研究、および多剤排出トランスポーターの作動原理の計算科学による解析などが代表的な業績である。

(水準)

期待される水準を上回る

(判断理由)

研究成果の多くは各研究分野における代表的な国際誌に掲載されている。また、別添資料2に示すように、紫綬褒章、ラスカー賞、朝日賞をはじめとして広範な分野における学会賞等の顕著な賞が授与されるなど、国内外において極めて高い評価を得ている。学内においても学際融合教育研究推進センターの関連ユニットに参画し、新たな学術領域の開拓と萌芽的研究の推進を行っている。昨今の大学組織改革などの大学運営に多くの構成員が多大な労力を割いてきたにもかかわらず、多くの研究成果をあげ続けている。

以上により、世界の研究をリードする先端研究、および、境界領域・複合領域型研究の創出という関係者の期待を上回るものと判断する。

Ⅲ 「質の向上度」の分析

(1) 分析項目Ⅰ 研究活動の状況
該当なし

(2) 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

・研究活動はきわめて活発で、全般にわたって第1期中期目標期間において受けた「高い質（水準）の維持」という評価を継続的に維持しているが、さらに次のような重要な質の変化があった。

・国際会議への招待講演数の増加（第2期中期目標期間 295 件／年，第1期中期目標期間 250 件／年）、各賞の受賞数の増加（第2期 214 件，第1期 36 件）があり、とくに国内外の著名な賞の受賞数が増加している。

・研究の質を支える外部資金の獲得も増加しており、とくに受託研究費等の獲得金額は大きく増加している（第2期 13 億円／年，第1期 7 億円／年）。このことは、とくに質の高い研究成果の輩出につながっていると考えられる。

これらの質の向上の変化は、定員削減等による教員数の減員（とくに若手研究者の不足）など、良好とは言い難い研究活動を取り巻く環境のもとで達成されている。