

## 7. 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・・・7－2
- II 「研究の水準」の分析・判定・・・7－4
  - 分析項目 I 研究活動の状況・・・7－4
  - 分析項目 II 研究成果の状況・・・7－8
- III 「質の向上度」の分析・・・7－10

## I 理学部・理学研究科の研究目的と特徴

理学研究科は、5専攻（数学、物理学、化学、生物学及び惑星学）の教育研究を担当する博士前期課程及び後期課程をもつ研究科である。また、理学部の5学科（数学、物理学、化学、生物学及び惑星学）の教育研究も担当している。以下に本学部・研究科の研究目的、組織構成、研究上の特徴について述べる。

### （研究目的）

1. 本学部・研究科では研究科規則において「自然科学の基礎である理学諸分野を探究することによって自然認識の深化を図り、もって社会の知的基盤の形成に貢献するための研究を行う」という研究目的を掲げている。
2. このような研究目的を達成するため、現行の中期目標では、「研究憲章」に掲げた、既存の学術分野の深化・発展と学際的な分野融合領域の開拓だけではなく、未来社会を見据えた重点分野における先端研究を展開し、さらに、将来これらの研究を担う、優れた若手研究者の養成・輩出に努める。そして、それらの卓越した研究成果を世界に発信するとともに、現代社会が抱える様々な課題にも取り組む。」ことを定めている。

### （組織構成）

1. これら研究目的を達成するために、《資料1》のように本学部・研究科には数学、物理学、化学、生物学、惑星学の5専攻が設置されている。
2. これらの専攻には、本務教員以外に、分子フォトサイエンス研究センター、内海域環境教育研究センター、バイオシグナル研究センター、都市安全研究センター、遺伝子実験センターの兼務教員が含まれる。

《資料1：理学研究科の専攻・講座と教員数（平成27年5月1日）》

専攻	講座	教員数
数学専攻	解析数理、構造数理、応用数理	19
物理学専攻	理論物理学、粒子物理学、物性物理学	21
化学専攻	物理化学、無機化学、有機化学	20
生物学専攻	生体分子機構、生命情報伝達、生物多様性	25
惑星学専攻	基礎惑星学、新領域惑星学	20

（注1）教員数には外部研究機関による連携講座の教員数は含めていない。

（注2）自然科学系先端融合研究環の理学系教員を含んでいる。

### （研究上の特徴）

1. 本学部・研究科では、理学5分野の多様な研究を行っている。一方で、《資料2》のように重点的に研究を推進する課題を選定し本学部・研究科のコア研究と位置付け、独立研究組織である自然科学系先端融合研究環内に重点研究チームを形成し研究を推進している。

《資料2：理学系重点研究チームと研究代表者の専攻（平成26年度）》

重点研究チーム名	研究代表者所属専攻
数学の幾何的様相	数学専攻
素粒子実験で探る時空の物理研究	物理学専攻
非共有結合系分子科学研究	化学専攻
多細胞生物の構築原理と保障機構	生物学専攻
水環境と水圏関連光合成生物が作る統合システムの解析と応用	生物学専攻
水の起源と惑星進化における役割の解析	惑星学専攻

**(想定する関係者とその期待)**

本学部・研究科の研究についての関係者としては、理学分野に関連する国内外の学会等、理学分野の研究に関連する研究開発を行っている企業・法人等を想定している。国内外の学会等は理学分野における基礎的研究を継続的に遂行し、優れた研究成果をあげることを期待しており、企業・法人等は研究成果に基づいた活発な共同研究の推進を期待していると考え研究を展開している。

## 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)

本学部・研究科では理学5分野における様々な研究を推進し、未踏研究分野の開拓にも積極的に取り組み、以下のような実績を上げている。

## ① 論文・著書等の研究業績や学会等での研究発表等の状況

《資料3》に示すように、本学部・研究科の教員(教授、准教授、講師、助教の総計117名)は、平成22年度から27年度に全体として教員1人当たり年間平均3.2件の原著論文、0.3件の著書・総説を公表している。また、国内学会や国際学会での研究発表も活発であり、( )内に示すように、招待講演も多数ある。平成27年度的全発表論文484件のうち、249件は学内の他部局の研究者、387件は産業界を含めた学外研究者、297件は国外の研究者との共著論文であり、活発な研究交流の成果が現れている。今後も持続的に研究業績を上げて行くため若手研究者の育成にも尽力している(若手研究者育成の充実による研究の活性化については「III「質の向上度」の分析」7-10頁、(1)事例②参照)。

## 《資料3：研究論文発表数等の年次推移》

業績等	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	年度当たりの平均	教員当たりの年間発表数
原著論文	294	356	430	336	369	484	378	3.2
著書・総説等	35	36	52	25	36	31	36	0.3
国内学会発表	542 (89)	501 (88)	642 (126)	631 (101)	737 (113)	704 (110)	626 (105)	5.4
国際学会発表	275 (98)	256 (105)	281 (84)	259 (91)	327 (100)	314 (96)	286 (95)	2.4

(注1) ( )内の数字は招待講演の数。

## ② 知的財産権の出願・取得状況

《資料4》に特許出願件数、発明件数を示す。本学部・研究科は理学分野の基礎的研究を主として行っているため、応用的研究に基づいた特許出願の件数は比較的少ないが、平成22年度から27年度の6年間に年度平均11件の特許出願を行っている。特に、人工ペプチド、ハロゲン化炭化水素などの有機化学分野や、物質・物体内部の構造を計測・映像化する手法などの物理化学分野の出願が多い《別添資料1：特許の出願状況》。

## 《資料4：特許出願件数の推移》

区分	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
特許出願	10	10	9	17	8	14
特許登録	1	3	6	9	4	4
発明	15	9	6	9	9	0

(注1) 特許名称等は《別添資料1：特許の出願状況の抜粋》を参照。

## ③ 競争的外部資金の獲得状況

本学部・研究科における研究経費の大部分は競争的外部資金が占めている。平成23年度においては、教授・准教授・講師・助教を含めた教員1名当たりの平均的外部資金獲得額

神戸大学理学部・理学研究科 分析項目 I

は6百万円を超えている。一方、外部資金の総獲得金額が平成24年度から減少しているように見えるが、総採択件数がほぼ横ばいとなっていることから、大型研究費であるCRESTやグローバルGCOEプログラム終了に伴う一過性の影響と思われる。実際、平成27年度には科研費を含むの外部資金の獲得実績も増加傾向に転じている。また、平成25年にはアドバイザーボードを組織して、各専攻の若手教員などを中心に申請書の作成をサポートしている。これらの競争的外部資金の年度推移及び内訳を《資料6, 7》に示す(競争的外部資金獲得のための支援については「Ⅲ「質の向上度」の分析」7-10頁、(1)事例①参照)。

③-(1) 科学研究費助成事業

主要な外部資金である科学研究費補助金については、《資料5》にあるように平成22年度から平成27年度の間、最大4億6千万円を獲得しており、平均でも3億8千万円の採択金額となっている。基盤Sや基盤Aなどの大型科研費にもコンスタントに申請しており、年度によっては最大6件の採択があった。毎年の申請件数は、一人当たり1.6件程度であり、採択件数は0.8件程度となっている(継続課題も含む)。

《資料5：科学研究費助成事業への申請・獲得件数、獲得額に関するデータ》

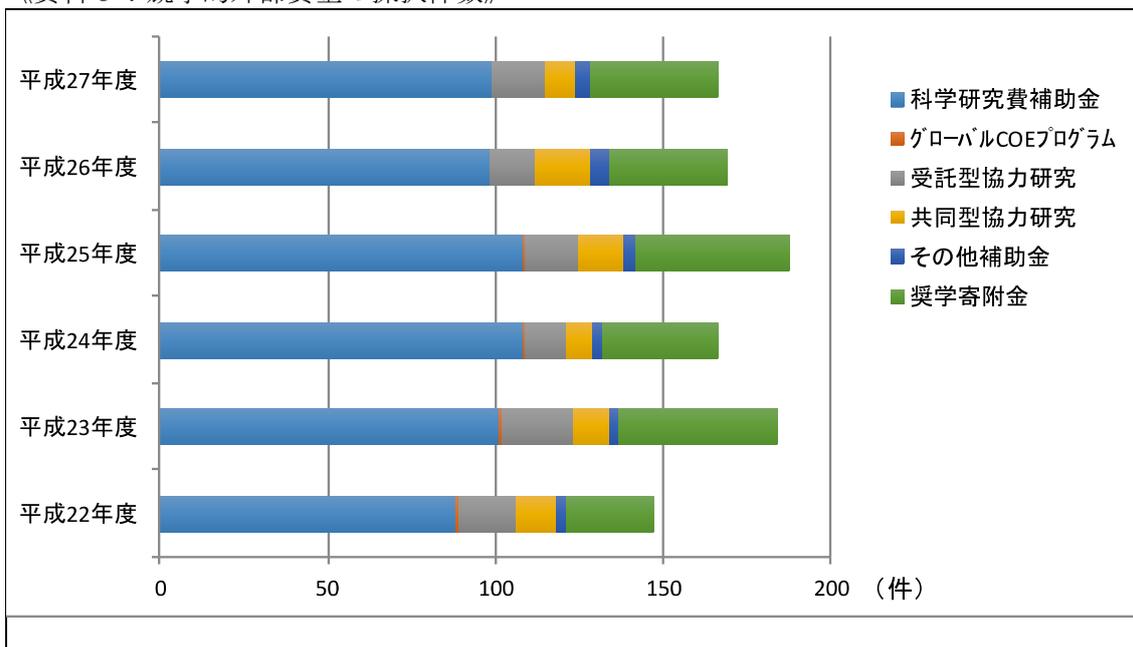
種目	22年度			23年度			24年度			25年度			26年度			27年度		
	申請 件数	採 択 件 数	採 択 金 額 (千円)															
新学術領域 (研究領域提案型)	23	9	105,500	39	14	208,205	27	15	187,800	29	9	141,600	36	14	131,500	30	12	177,300
学術創成																		
特別推進				1														
特定領域	13	4	33,500	5	4	33,600	1	1	19,200									
国際共同研究強化				1												3	2	18,300
基盤研究(S)	3	1	14,400	3	1	14,000	3	1	15,300	2	1	19,700	3	1	21,100	3	1	18,500
基盤研究(A)	9	5	31,100	9	3	14,000	7	3	26,300	7	2	16,800	3			6	1	7,800
基盤研究(B)	45	27	114,600	44	27	115,900	43	26	102,900	39	26	98,000	36	22	66,900	36	24	103,700
基盤研究(C)	38	19	20,500	38	24	31,000	37	21	23,500	44	31	37,600	43	31	36,700	44	30	33,400
萌芽研究	30	5	5,700	33	12	15,900	40	20	24,770	40	20	25,330	32	17	22,800	34	19	25,700
若手研究(A)	1			1		10,100	4	2	10,000	5	3	10,800	3	3	7,600	2	1	1,800
若手研究(B)	30	18	20,800	22	15	19,400	22	17	19,200	19	13	14,400	22	9	8,800	24	9	7,400
研究活動 スタート支援	3						3	2	2,400	5	3	3,300	2	1	1,000			
合計	195	88	346,100	194	101	462,105	187	108	431,370	190	108	367,530	180	98	296,400	184	99	393,900

③-(2) 共同研究、受託研究等の状況

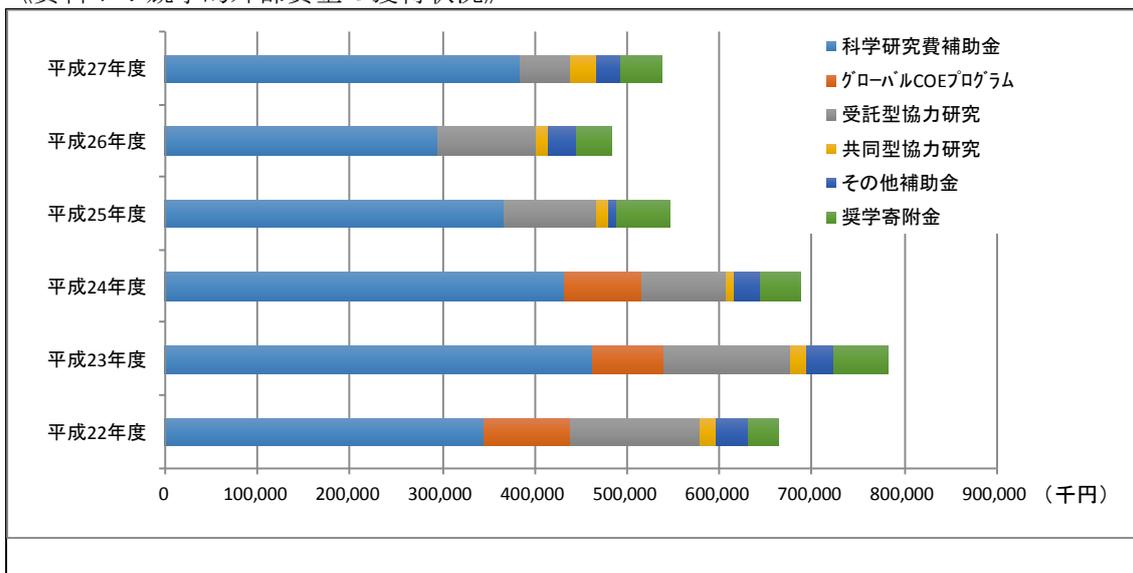
《資料6, 7》と《別添資料2》に外部資金の受入を伴う受託型協力研究及び共同型協力研究の実施件数及び獲得金額を示す。本研究科では、住友化学株式会社などの関連産業の民間企業等との間で、平成22年度以降61件が実施された。「ナノ粒子の高次元空間制御による高効率光エネルギー変換系の創製」(平成26年度)や「質量分析機能を備えた気体核磁気共鳴装置」(平成22年度)など、応用を視野に入れた基礎的研究が多い《別添資料3：民間企業との共同研究》。受託型及び共同型の協力研究全体では、年度当たり平均で28件を受け入れており、外部資金の受け入れには年度毎に大きな変動は見

られない。

《資料 6：競争的外部資金の採択件数》



《資料 7：競争的外部資金の獲得状況》



(水準)

期待される水準を上回る。

(判断理由)

本学部・研究科では、科学研究費補助金をはじめとして多様な競争的外部資金を獲得しており、その総額についても高いレベルにあると言える。これらの外部研究資金で行われた研究の成果は、学会発表や学術論文として多数公表されており、海外の研究者との共同研究による原著論文も多い。これらの状況から、本学部・研究科の研究活動の実施状況は、期待される水準を上回るものであると判断する。

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

該当なし。

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

<b>観点</b> 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)

「研究業績説明書」に記載した研究業績をSSあるいはSと選定する際には、発表学術誌の引用頻度、発表論文の引用件数、研究成果に関連する受賞等、学会等における発表論文の評価、研究成果による競争的資金の獲得状況、関連する国際研究集会における招待講演数や国際研究集会の組織数、新聞等における報道などの客観的指標に基づいて総合的に評価した。

数学分野においては、「計算による数理科学の展開」が本学部・研究科の重点研究チームとして研究を推進してきた。平成26年度より「数学の幾何的様相」が新たに重点研究チームとなり、特別な性質をもつ曲率によって記述される曲線、曲面に対して表現公式を導出し、その豊かな構造を保存するような離散化を構成するなどの業績をあげている。同じく重点研究チームにおける顕著な研究として、齋藤らの微分方程式の代数幾何的研究が当該分野で優れた業績として認知され、多数の国際会議における招待講演につながった。この研究課題を可積分系と代数幾何学の融合分野において発展させ、齋藤が研究代表者として2007-2011年度に引き続き、2012年度から新たな科学研究費補助金基盤研究(S)が採択され、国際会議の組織や国際共同研究を推進している。また重点研究チーム以外の顕著な研究成果として、福山による差異量の重複対数の法則に関連する業績は、共同研究者のAistleitner氏によるHlawka賞の受賞につながった。

物理学分野においては、「最先端加速器で探る素粒子と時空の物理研究」が本学部・研究科の重点研究チームとなっており、藏重・山崎らは欧州CERNにおける国際共同研究アトラス実験での検出器の運用と性能評価で成果を上げ、2012年度のHiggs粒子発見に貢献した。また、竹内・身内らは液体キセノンを用いたXMASS検出器における観測により暗黒物質などに対する制限を与え、竹内・原が推進するニュートリノ振動実験では、素粒子理論の標準模型を越えた現象を見いだした。これら2件は英文誌の注目論文や英物理学会Physics World誌の2011年の物理学におけるブレークスルー・トップ10に選出された。重点チーム以外では、小手川と藤、菅原は強相関電子化合物における高圧下量子臨界現象の研究が日本物理学会誌の注目論文に多数選ばれた。播磨は「多極子伝導系の物理」の研究を展開し、領域代表として2015年度の科学研究費補助金新学術領域研究(研究領域提案型)に新規採択された。

化学専攻では、津田が、音でナノスケール分子を整列させる研究により「文部科学大臣表彰 若手科学者賞」と「丸山記念研究奨励賞」を受賞した。富永は、テラヘルツ帯を用いた低周波数振動モードのダイナミクス研究により科学技術振興機構の研究成果展開事業に「凝縮相テラヘルツ分子科学の深化」として採択された。瀬恒は、ポルフィリン系分子や直鎖オリゴピロールといった巨大分子の新規な構造制御や物性の開発の研究により極めて評価の高い学術雑誌に多くの論文を発表している。木村が推し進めている非破壊画像診断装置は、多くの故障解析・品質評価に貢献してきており、主査推薦論文や解説記事として各学会の論文誌、また多数のメディアにて報告されている。また、本研究は科学技術振興機構先端計測分析技術・機器開発事業にも採択されている。持田はこれまでに金属錯体系イオン液体の研究で過去4年間の実績として、年間に平均12報の査読付原著論文を出版している。

生物学分野においては、菅澤が、紫外線誘発DNA損傷の認識と修復の促進に寄与するタンパク質複合体の構造と機能について国際共同研究を行い、極めて優れた成果を挙げた。また、

石崎は植物が季節を感じて花を咲かせる機構の起源が、花のないコケ植物にあることを見出し、京都新聞などで報道された。川井・山岸らは、藻類ゲノムに関する国際コンソーシアムに参加し、大型海藻類では初めてとなった褐藻シオミドロ *Ectocarpus siliculosus* の全ゲノム解析を行った。Nature 誌に発表したこの論文は、Web of Science の高被引用文献（動植物学科学分野の上位 1 %）に選定されている。

惑星学分野においては、巽が、固体地球進化においてマントル底での反大陸の蓄積の重要性と日本列島では巨大カルデラ噴火が 100 年間に 1 %の確率で起こることを示した。留岡らは、コンドライトの最終組織が、隕石母天体内の粒子流動プロセスによって形成されたという新たなモデルを提出した。兵頭は、磁気・気候層序学に関する重要な研究成果を 3 篇の「米国科学アカデミー紀要」論文として公表し、いずれの成果も複数回マスコミに取り上げられた。山崎は、2次元流体の安定性を微分幾何学の観点から考察し、この研究成果は、英国物理学会より、その新規性・重要性から selected paper および Highlights of 2011 の一つに選出された。相川は、分子雲コアから原始星コア、さらに原始惑星系円盤における星・惑星系形成過程の中で、水氷や有機分子の存在量変化を数値計算で調べた。

(水準)

期待される水準を上回る。

(判断理由)

本学部・研究科の上げた研究成果の中で、当該分野において卓越した水準にあると判断したものが 12 件、当該分野において優秀な水準にあると判断したものが 12 件、社会・経済・文化への貢献が卓越していると判断したものが 6 件あり、国内外の学会等や企業・法人等から期待されている水準を上回ると判断する。

### Ⅲ 「質の向上度」の分析

#### (1) 分析項目Ⅰ 研究活動の状況

##### 事例①「競争的外部資金獲得のための支援活動」

本研究科では、平成 25 年に理学研究科外部資金アドバイザーボードを設置し、外部資金の獲得について、経験の深いアドバイザーを各専攻に配置している。特に若手教員の申請書の書き方についてアドバイスする体制を整えた。さらに研究科教員、研究員に対して、大型研究費採択経験者や学術研究戦略企画室の教員による科学研究費に関する講演会を行っている。これらの支援活動により、本研究科における科学研究費助成事業への申請数は、一人あたり 1.6 件と高い水準を保っており、科学研究費の獲得金額も堅調に高水準を維持している《資料 5》。また、競争的外部資金の総獲得額も堅調に高水準を維持している《資料 6、7》。

##### 事例②若手研究者育成の充実による研究の活性化

若手研究者の育成については、次世代の教育研究を担う人材を育成するため、各部局の取組に加え、全学的な取組として平成 21 年度に「神戸大学若手教員長期海外派遣制度」を新設し、若手教員の長期海外派遣を実施している。本研究科では 5 名が本制度に採択されており、平成 22 年度に派遣された教員は、派遣期間終了後には、研究論文の年間掲載本数が、派遣以前の 6 本/年から 8.5 本/年に増加している。平成 23 年度に派遣された教員は、派遣前と比べて国際共同研究が活発になり、海外共同研究者との共著論文(2 件)、学会発表(4 件)等の成果を得ることができた。平成 24 年派遣の教員は、国際学会で Round table discussions のディスカッションリーダーを任されるなど、国際的な認知度が大きく向上した。平成 25 年度派遣の教員は、複数の国際共同研究が進展し、その成果をまとめた 2 本の共著論文が国際誌での掲載決定に至った。《別添資料 4：神戸大学若手研究者長期海外派遣制度による派遣教員》。

#### (2) 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

##### 事例①重点チームの研究成果

本研究科では、自然科学系先端融合研究環と協力し、先端的かつ分野融合的な教育研究活動を行うという基本方針の下、理学研究科を中心に 6 つの重点チームを編成して世界トップレベルの研究に取り組んできた。

重点チームに関する研究成果はこれまで高く評価されており、例えば、「最先端加速器で探る素粒子と時空の物理研究」チームでは、平成 24 年度に国際共同研究 ATLAS 実験において、質量の源と考えられてきたヒッグス粒子と推定される新しい素粒子が存在することを示す実験結果が得られ、物理学における大発見として世界的に報じられた。この発見に関する論文は、被引用回数で 5190 件(H27. 3. 31)に達している。本研究チームはヒッグス粒子の生成測定に関する論文で中心的な役割を果たしており、その成果は本学チームのメンバーにより 2015 年 EPS(ヨーロッパ物理学会、当該分野で最もランクの高い国際学会の一つ)で 30 分の招待講演として発表されている。さらに「数学の幾何的様相」チームでは、「代数幾何と可積分系の融合と深化」基盤研究(S)(平成 24~28 年)に採択されており、この基盤 S の研究により、モノドロミー保存変形の幾何学理論の基礎が確立された。この成果は国際的に高く評価されており、多くの招待講演や主催した国際研究集会を通して、当該分野における先導役割を果たしている(平成 24 年度以降における国際会議での招待講演数 28 件、主催した国際研究集会数 8 件)。