

## 25. 基礎物理学研究所

- I 基礎物理学研究所の研究目的と特徴 . . . . . 25- 2
- II 「研究の水準」の分析・判定 . . . . . 25- 3
  - 分析項目 I 研究活動の状況 . . . . . 25- 3
  - 分析項目 II 研究成果の状況 . . . . . 25- 4
- III 「質の向上度」の分析 . . . . . 25- 6

## I 基礎物理学研究所の研究目的と特徴

- 1 基礎物理学研究所は、湯川秀樹博士のノーベル物理学賞受賞を記念し、昭和28（1953）年「素粒子論その他の基礎物理学に関する研究」を目的とし、我が国初の全国共同利用研究所として創設された。平成2（1990）年に広島大学理論物理学研究所と統合し再発足した。平成20（2008年）には元所長の益川敏英博士がノーベル物理学賞を受賞し、「知の創造」の新たな展開へと歩み始めている。
- 2 本研究所は、創立以来60数年、研究所員の優れた業績、研究所で開催する研究会を通して、全国的・国際的な共同研究や研究交流の一大拠点として輝かしい役割を果たしてきた。
- 3 本研究所の特徴として、次の3項目を重要な研究活動と位置づける。
  - (ア) 研究所の教員・研究員の研究・教育活動、特に世界をリードする研究を創出する。
  - (イ) 拠点機能、大小及び長期短期研究会開催をはじめとして、大学を横断した共同研究・研究交流を牽引する。
  - (ウ) 長期滞在型研究会を中心として、国際的な共同研究の拠点機能をより高める。特に、海外の著名な研究者を組織委員長とする滞在型研究会を開催する。

### [想定する関係者とその期待]

本研究所が日本の理論物理学を牽引する役割を担うことが理論物理学研究者コミュニティから強く期待されている。今後は、全国共同研究所の枠をこえて、世界における中心的な国際共同研究所として活動していくことが海外の研究者から期待されている。

## 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)

## 1 本研究所が推進する3項目の研究活動

(ア) 世界をリードする研究の創出は、【別添資料. 表 3】のとおり、5年間に11件の受賞者として現れている。代表的には、平成26年度ブレイクスルー賞財団ニューホライズン賞、科学技術分野文部科学大臣表彰、平成24年度湯川記念財団・木村利栄理論物理学賞、日本学術振興会賞、日本学士院学術奨励賞、平成23年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞などがある。国際学術誌等に掲載された論文数は【別添資料. 表 1】のとおりであり、80~200件程度で推移している。

(イ) 拠点機能としては、湯川国際セミナーYKIS【別添資料. 表 13-1】、西宮湯川理論物理学ワークショップ【別添資料. 表 13-2】を毎年、定期的に開催しており、平成25年度は、本研究所創立60周年記念シンポジウムを開催し(およそ120名参加)、成果報告書をWeb公開した。また、国際学術交流協定は、これまでに13件締結し、国際共同研究の推進がはかられている【別添資料. 表 14】。本研究所の刊行物は【別添資料. 表 2】のとおりである。

(ウ) 国際共同研究拠点機能としては、国際滞在型研究会を定期的実施することによって【別添資料. 表 13-3】、効率的な共同研究を実現している【別添資料. 表 1】。

## 2 競争的資金等の受け入れ状況

科学研究費補助金、受託研究及び奨学寄附金の受け入れ状況は【別添資料. 表 4、5】のとおりである。

(水準) 期待される水準を上回る

(判断理由)

教員1人当たりの国際学術誌等に掲載された論文数は、毎年4~9編の水準を維持している。平成22年度以降の受賞数11(【別添資料. 表 3】)を数えている。これらのことは、研究の質・量ともに、研究所全体が高い水準を維持している点で、注目に値する。

【別添資料. 表 6】は、教員の流動状況を表している。教授、准教授、助教のすべてのポジションにおいて人事交流を活発に行っている。これによって活性化された研究環境を維持し、質・量ともに高い研究成果につなげている。

以上のとおり、研究活動は期待される水準を上回ると判断する。

**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**

(観点に係る状況)

## 1 共同利用、共同研究の実施状況

研究会は公募を行ない、学外者を含めた共同利用運営委員会で審査のうえ採否を決定する。セミナー及び長期・短期の研究者受け入れは、共同利用運営委員会から委託を受けた所内委員会が審査採択する。

国内及び国際共同利用研究会の総数は【別添資料. 表 7】のとおりである。

全国公募の研究会は毎年30件以上開催され、参加者は2,000~3,500名に及ぶ。その中には、国内外の第一線の研究者が研究所に中長期滞在して国際共同研究を行う滞在型研究会が毎年3~4件、外国人をコアメンバーとして少人数でディスカッションし、共同研究を進める国際モレキュール型研究会毎年3~5件が含まれている。

研究会等による共同利用参加者数等の状況は、【別添資料. 表 8】のとおりである。国際交流事業と共に、若手育成にも力点を置いており、週単位、月単位で若手を受け入れ

るアトム型研究員制度及びビジター制度を設けている。また【別添資料. 表 8】の内数の大学院生 1,500 名程度の参加者数は、若手を対象とするテーマの研究会への参加及び各コミュニティの若手研究者が主体となって実施している「若手夏の学校」への参加者数である。

所員の海外派遣状況は【別添資料. 表 9】のとおりであり、外国人研究者の招へいは【別添資料. 表 10】のとおりである。

2 共同利用・共同研究に関する環境・資源・設備等の提供

共同利用研究者が使用可能な研究室は、研究棟に 11 室、湯川記念館に 12 室確保している。計算機室および図書室の利用状況は、【別添資料. 表 11】、【別添資料. 表 12】のとおりである。

計算機室に設置されている計算機では、大規模計算が可能であり、物理学の発展に大きく貢献している。数理解析研究所と共同で、14 名収容できる共同利用研究者宿泊施設を運営し、宿泊の便宜を図っている。

3 共同利用・共同研究の一環として行った研究会等の実施状況

研究会等の実施状況は(1)のとおりであるが、特に国際シンポジウム「湯川国際セミナー」、西宮市と共同で開催している国際ワークショップ「西宮湯川記念理論物理学ワークショップ」の開催状況は、【別添資料. 表 13-1】及び【別添資料. 表 13-2】のとおりである。

平成 23 年度から「クォーク・ハドロン科学国際共同研究プログラム」の予算が恒久化された。これにより、年に 2~3 件のテーマを定め、世界中の有力な研究者が参加する 1~3 か月の滞在型国際共同研究プログラムを毎年実施している。

(水準) 期待される水準を上回る  
(判断理由)

「クォーク・ハドロン科学国際共同研究プログラム」により、これまでの数日間程度の短期的な研究集会に加えて、1~3 か月の長期滞在型の研究集会が恒常的に開催可能となり、しかも素粒子物理学から宇宙物理学や生物物理学まで、境界領域や新分野開拓に向けた取り組みを計画的に開催できる点で、国際的に注目される研究所となった。

【別添資料. 表 14】にあるとおり、14 件の海外研究機関との学術交流協定が締結され、研究交流が効率的に行われるとともに、国際共同研究の推進が図られている。

これらの効果として、平成 25 年度の外国人招へい者数は 755 名を数え、その数は京都大学全体 (2,908 名) の 26%にあたり、文字通り国際的研究拠点としての役割を果たしている。このように、研究活動は期待される水準を上回ると判断する。

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)

素粒子物理学では、格子 QCD (クォークとグルーオンの力学を記述する QCD などの強結合の理論の解析) の数値シミュレーション手法をハドロン間相互作用 (陽子や中性子の間に働く核力で、湯川博士はこれを説明するために  $\pi$  中間子を導入した) へと拡張することによって、素粒子・原子核・宇宙と異なった階層レベルで、基本的な法則から物質の性質を導き出した。また、超弦理論 (素粒子が点ではなくひも状をしているという仮説に基づく理論) の最重要テーマであるホログラフィー原理が、量子情報理論を用いて解析された。この研究によって、量子系のエンタングルメント・エントロピーが熱力学に類似した法則に従うばかりでなく、その法則が一般相対性理論のアインシュタイン方程式と解釈できることを見出した。

宇宙物理学では、連星中性子星の合体によって放射されるニュートリノや放出される物

質の質量を一般相対論的に導いた。連星中性子星の合体は、重力波望遠鏡や大規模光赤外望遠鏡によって、今後観測されることが予想されている。この数値相対論的研究は、合体現象の理論的予言を与える。また、インフレーション宇宙（宇宙マイクロ波背景放射の観測などから、急激に膨張した宇宙）からの量子揺らぎが持つ新たな統計的性質を発見した。これは、現在観測が進んでいる宇宙背景輻射の揺らぎの解析に重要な意味を持つ。

散逸系の非平衡統計物理学では、平衡から遠く離れた系でのエネルギー流入と散逸が釣り合った定常状態が、粉体系と開放系を用いて理論的に研究された。粉体系ではナノクラスター同士の衝突において反発係数が負になり得る事が発見された。また、粉体が高密度になった折に生じるジャミング転移が、ヒステリシス特性を持ち、剪断応力が急激に増大する現象が発見された。非平衡開放系の理論的研究では、エントロピーが操作経路に依存する量になる事を明らかにした。

(水準) 期待される水準を上回る

(判断理由)

素粒子物理学における、格子 QCD によるハドロン相互作用の研究では、青木教授は、平成 26 年度の文部科学大臣表彰を受けている。また、量子情報理論を用いたホログラフィー原理の研究業績によって、高柳教授は、平成 25 年に第 28 回西宮湯川記念賞、平成 26 年に New Horizons in Physics Prizes を受賞した。また、高柳教授は、国際研究会で 23 回の招待講演を行い、このうち 5 回は大規模な国際会議のプレナリー講演である。

数値相対論の研究、特に連星中性子星の合体に関する研究では、2つの発表論文が、それぞれ 59、62 回の引用を数え、国際的にも高く認知されている。宇宙論におけるインフレーション宇宙の研究では、平成 22 年に佐々木教授が田中教授や英国の David Wands 教授らとともにダイワ・エイドリアン賞を受賞した。また、平成 24 年に田中教授が日本学術振興会賞ならびに日本学士院学術奨励賞を受賞した。

散逸系の非平衡統計物理の研究では、粉体系の論文が Phys. Rev. Lett. 誌に掲載され editors' suggestion に選ばれている。エネルギー重イオン衝突におけるエキゾチックハドロン生成に関する研究は、当研究所の国際滞在型プログラムの下で行われた研究集会において始まったものであり、4 カ国から 11 名の共同研究となっている第一論文は 3 年間で 50 回以上、第二論文も 40 回以上引用されており、多くの研究者の関心を呼んでいる。事実、新たな観測器によるエキゾチックハドロン探索が行われ始めた。

以上のことから、想定する関係者の「理論物理学における世界拠点」という期待に応えており、期待される水準を上回ると判断できる。

### Ⅲ 「質の向上度」の分析

#### (1) 分析項目Ⅰ 研究活動の状況

##### 1 「クォーク・ハドロン科学国際共同研究プログラム」の恒久化

平成19年度から5年時限で認められた滞在型国際共同研究プロジェクト「クォーク・ハドロン科学国際共同研究プログラム」は、国際・学際研究を推進してきた実績が高く評価され、平成23年度から予算が恒久化されるに至った。その結果、本研究所は国際共同利用研究所として恒常的に機能するに至っている。

##### 2 重力波宇宙物理学研究センターの設置

平成24年度に、所内措置に基づき、重力波宇宙物理学研究センターを設置した。構成員は、15名、活動予算は科研費を含め6件の外部資金による。2つの研究テーマ（重力理論研究分野、重力波源理論分野）に加えて、新たに4つの研究テーマが検討されている。平成24年度より、毎年4～5件の研究集会を開催している。

##### 3 未来創成学国際研究ユニットの設置

本研究所が主体部局となり、本学の研究所・センター・研究科など12部局が参画して、平成27年7月、未来創成学国際研究ユニットが5カ年事業として発足した。異分野を統合することの知的冒険によって、生命・物質・こころの世界、あるいは人間社会・教育・経済を貫く普遍法則や創発原理を探求し、未来を方向づけるパラダイム転換を目指している。

#### (2) 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

##### 1 「クォーク・ハドロン科学国際共同研究プログラム」恒久化による効果

平成23年度から予算が恒久化され、国際共同利用研究所として有効に機能している。研究テーマも、広範囲におよび、年に2～3のテーマを定め、世界中の有力な研究者が参加する1～3ヶ月の滞在型国際共同研究プログラムを実施している【別添資料.表13-3】。

##### 2 重力波宇宙物理学研究センター設置の成果

平成24年度のセンター設置以後、重力波振動が起こる重力理論の修正としての双重力理論について、安定な背景時空の存在を示した。平成26年には、ウィスコンシン大学ミルウォーキー校レオナルド E. パーカー重力宇宙天体物理学研究所、カリフォルニア工科大学ウォルターバーク基礎物理学研究所と相次いで学術交流協定を取り交わした。その具体的な活動の1つとして、佐々木教授と Antonio De Felice 准教授がタイ・ナレスアン大学基礎研究所で集中講義を実施した。

##### 3 未来創成学国際研究ユニット設置の成果

本事業により、Hector Palomo Bombin 氏を、平成28年1月1日から平成32年3月31日まで特定講師として招聘することを決定した（平成27年11月16日）。これにより、量子情報理論という新しい学際分野研究が、いっそう国際的に充実し、世界を牽引する研究体制が整うこととなった。また、平成27年度には、宇宙物理学分野の Alexander Vikman、複雑系物理学分野 Pan Zhang をそれぞれ短期招聘外国人教員として採用した。両氏は、平成28年2月と3月にそれぞれ開催する国際シンポジウム、および国際ワークショップで基調講演を行った。これにより、本研究所の学際領域研究がさらに国際化することが期待される。