

京都大学教育研究振興財団助成事業  
成果報告書

平成26年8月4日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会長 辻 井 昭 雄 様

所属部局 基礎物理学研究所

職 名 助教

氏 名 段 下 一 平

助成の種類	平成26年度 ・ 研究成果公開支援 ・ 国際会議開催助成		
事業内容	国際会議「Higgs Modes in Condensed Matter and Quantum Gases (凝縮系及び量子気体系におけるヒッグス・モード)」の開催		
開催期間	平成26年6月23日 ～ 平成26年6月25日		
開催場所	京都大学基礎物理学研究所パナソニック国際交流ホール		
参加者	総数 103名	内訳	国内89名 海外14名
成果の概要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( )		
会計報告	事業に要した経費総額	3,755,900 円	
	うち当財団からの助成額	1,000,000 円	
	その他の資金の出所	(機関や資金の名称) 基礎物理学研究所、井上科学振興財団、参加費	
	経費の内訳と助成金の使途について		
	費 目	金 額 (円)	財団助成充当額 (円)
	旅 費	3,387,900	1,000,000
懇親会費・コーヒープレイク費	368,000	0	
当財団の助成について	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。)		

## 成果の概要

2012年のLHCにおけるHiggs粒子の発見は物理学界の今世紀最大級の成果として認識され、その影響は素粒子物理学の研究を活性化させるにとどまらず、物性物理分野の研究にも波及している。物性系のHiggsモードというのは、超流動相、超伝導相、電荷密度波相などの自発的対称性の破れを伴う秩序相において、秩序変数の振幅振動モードとして現れ、系の動的性質を決める重要な要素の一つである。さらに、量子臨界点近傍においてHiggsモードのギャップの振る舞いから相転移の臨界指数が決められるなど、系の静的性質にも関係している。実際これまでに、光格子中のボース気体、p波超流動体である液体 $^3\text{He}$ 、 $\text{Nb}_{1-x}\text{Ti}_x\text{N}$  や $\text{NbSe}_2$ といったs波超伝導体、 $\text{TbTe}_3$  や  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  や  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ といった電荷密度波物質、 $\text{TlCuCl}_3$  や $\text{KCuCl}_3$ や  $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ といった量子磁性体などの多岐にわたる物性系においてHiggsモードの実験研究がなされている。このように、Higgsモードは多様な物質群に遍在する性質であると言え、それらを統一的に理解することで新たな普遍的な知見が得られると考えられる。一方で、これまではHiggsモードの研究は物性物理の異なる小分野で断片的に行われている状況であり、分野横断的な情報交換の場の需要が高まっていた。そのような背景から、物性物理の様々な小分野でHiggsモードを活発に研究している世界各地の実験家・理論家が一堂に会する機会を設けるために、京都大学基礎物理学研究所において本会義を開催した。

具体的な内容としては、会議初日に「光格子中の超流動ボース気体における Higgs モード」、「量子磁性体における Higgs モード」、さらには「素粒子物理における Higgs モード」に関するセッションが用意された。後者のセッションは素粒子分野の研究者と物性分野の研究者の間の意思疎通を図るために設置され、素粒子実験の講演が1件と素粒子理論の講演が2件組まれた。どの講演も物性物理の研究者にわかりやすく説明されていて非常に有益であった。会議二日目は「フェルミ粒子系の超流動体・超伝導体における Higgs モード」、「励起子ポラリトン凝縮体における Higgs モード」、「キャビティ中の光子の Higgs モード」に関してセッションが設けられた。また、これらの口頭発表によるセッションの後に2時間のポスターセッションが実施され、29件のポスター発表が行われた。会議三日目は「電荷密度波物質における Higgs モード」、「南部-Goldstone モード」に関するセッションが設けられた。秩序変数の振幅の振動に対応する Higgs モードに対して、南部-Goldstone モードは秩序変数の位相の振動に対応している。どちらも自発的に対称性が破れた秩序相に特徴的な励起であるという意味で関連が深いことから、南部-Goldstone モードに関する最近の進展（具体的には、勘定規則、散乱問題等）を把握するためのセッションを設けた。最後に、素粒子理論の村山斉氏と物性理論の Chandra Varma 氏にそれぞれの立場から会議を総括してもらった。

会議の成果としては、まず、Higgs モードの普遍的な性質として、系の秩序変数が相

対論的な Ginzburg-Landau 有効作用で記述されること、その作用の起源が系の粒子-正孔対称性にあることが確認されたことが挙げられる。次に、系に秩序相から無秩序相への量子相転移が起こりうる場合、その転移の動的指数が  $z=1$  であれば、秩序相から量子相転移点に向かうにつれて Higgs モードのギャップの値が減少し、転移点直上でギャップが 0 になる。この性質は光格子中のボース気体の超流動-Mott 絶縁体転移、スピン二量体物質の圧力誘起相転移、蜂の巣格子中のフェルミ気体の半導体-超流動転移に共通しており普遍的であると言える。さらに、Higgs モードに関する新たな問が共有されたことも重要な成果である。例えば、二次元系では秩序相への転移温度より高い温度でも Higgs モードが見られると主張されているが、三次元系では転移温度以上では Higgs モードが見られなくなる。この違いは何に起因するのか？また、s 波超伝導体  $Nb_{1-x}Ti_xN$  では Higgs モードを励起させるために非常に強いレーザーのパルス波を系に与えているが、このような強い摂動は平凡な線形応答理論では記述できない。これは線形応答理論を越えた Higgs モードの記述法の開発の必要性を喚起している。最後に、参加者のうち 31 名が学生であったことを強調したい。本会議が提供した機会が彼らの今後の研究の役に立ち、さらには物性物理学の発展に寄与するという形で会議の成果となることを期待している。