

先端研究拠点事業  
事業実績報告書

採用年度	平成 15 年度
種別	拠点形成促進型
分科細目	4309
採用番号	15005

領域・分野	数物系科学領域・物理学分野
分科細目（分科細目コード）	原子・分子・量子エレクトロニクス・プラズマ（4309）
採用番号	15005
研究交流課題名（和文）	最先端ミュオン・ポジトロンビームの開発
研究交流課題名（英文）	Development of Advanced Muon and Positron Beam
採用期間	平成 16 年 2 月 1 日 ~ 平成 17 年 3 月 31 日

《実施組織体制》

日本側

拠点機関名	大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
実施組織代表者（職・氏名）	機構長・戸塚 洋二
コーディネーター（職・氏名）	教授・永嶺 謙忠
協力機関数	1
参加者数	10

相手国 1

国名	米国
拠点機関名	カリフォルニア大学リバーサイド校物理学科
実施組織代表者（職・氏名）	教授・Benjamin Shen
コーディネーター（職・氏名）	教授・Allen P. Mills, Jr.
協力機関数	2
参加者数	11

## 交流目標の達成（見込）状況

全交流期間を通じての達成目標（申請書で示された内容と同一のもの）

- ・画期的な超低速ミュオン及びポジトロンビームの強力発生の実現。
- ・表面科学研究の進展；超低速ミュオンによるミュエスアール法を用いて、表面原子層の磁氣的性質をきわめる；超低速陽電子ビームの消滅法から表面原子層の原子構造を知る。
- ・ナノテク材料の開発支援；同様の研究をスピントロニクス物質の表面や、半導体薄膜に適用する。
- ・生命科学研究への新しい貢献；ミュオン電子ラベリング法で、膜蛋白質などの中での電子伝達を調べる、加えて血液中ヘモグロビンの磁性のミュオンスピンによるモニターを通じて、脳機能研究に繋げる。
- ・最先端ミュオンビーム生成とラジオグラフィー；単色直線状ビームを作り、それを用いた隠蔽核物質などの検出や大型建造物の内部探索などに繋げる。

### 交流目標の達成状況

最先端正ミュオンビームに関しては、KEK において大立体角超伝導表面ミュオンチャンネル「大オメガ」のヘリウム冷凍機系の整備が完了し、無人運転を安定に継続することが可能になり、実験の能率が飛躍的に向上した。高温タングステンからの熱エネルギーミュオニウム放出の精密実験が行われ、多孔質タングステン金属表面から、強度の高いミュオニウムが発生することが判った。

最先端正ミュオンビームを得るためのミュオニウムイオン化の方法として、次の新しい3つの方向付けを行うことができている：1) 高密度水素プラズマ中での電子の共鳴移行；2) 多重光子レーザー解離；3) 金属表面でのレーザー衝撃解離。

超低速正ミュオンを再加速して超高輝度ミュオンビームを得るための考察を行い、小型加速器ミュオン源ラジオグラフィーのアイデアを提案した。

最先端負ミュオンビームの発生について、D-T 系のミュオン触媒核融合（ $\mu\text{CF}$ ）を用いる方法が提案されているが、その $\mu\text{CF}$ の効率をあげるためのオルソ/パラ選別重水素の利用の有効性が TRIUMF での実験で確認された。

最先端ポジトロンビームの発生について、新しい物質開発を行い、多孔質シリカ MCM-48 が有効であることを発見した。高密度ポジトロニウムの発生に成功し、ポジトロニウム間の相互作用を初めて観測した。この物質からのミュオニウム発生も KEK で確認した。

## 実施状況

### 研究交流計画実施にあたる実施体制

平成16年度では、KEKとUCRとの間で、最先端ミュオン・ポジトロンビームの実現にむけた研究交流が行われた。概念設計の進展に加え、先端ビーム生成に必要な物質探索に成果があった。

平成17年度では、前年度の実績をふまえて、ミュオンについて、KEK-LANL、KEK-TRIUMFに拡張し、ビーム冷却・ビーム再加速などについて大きな発展があった。ポジトロンに関しては、KEK-UCR間の共同研究成果をふまえた大きな発展があった。

### 日本側拠点機関における研究交流課題への取り組み（事務支援体制等の観点より）

平成15年度・16年度を通じて、次の点に関して、KEKにおける事務支援体制の取り組みがあった。

1) 研究者の短期・長期の派遣・招聘に関する支援と事務処理。2) KEKにおける最先端ミュオンビーム設備大オメガの整備に関する契約・経理業務と支援。3) 国際ワークショップの実現にむけた事務処理と会議の円滑な運営のための支援。

## 共同研究

KEKと北米国3機関との間の「最先端ミュオン・ポジトロンビームの開発」に関する拠点形成は、きわめて順調に進行したと云えよう。

KEK-UCRでは、両機関の参加者を中心に共同研究の枠組みを作り、設計・考察を双方でミュオン実験をKEKでポジトロン実験をUCRで行った。成果として、最先端正ミュオンビーム開発のためのミュオニウム大量発生とそのイオン化について新しい指針を確立し、超低速正ミュオンの最加速及び小型加速器からの高効率ミュオン発生の考察を行った。同様にポジトロニウム大量発生が実現した。

KEK-TRIUMFでは、TRIUMFでの共同実験の枠組みで、ミュオン核融合に関する実験を行った。最先端負ミュオンビームを目指す新しいオルソパラ効果の実験が成功を収めた。

KEK-LANLでは、両機関の研究者間で枠組みを作り、主として考察とシミュレーション計算による設計研究を行った。最先端ミュオンビームを得るためのミュオン最加速に関する具体的指針を得たことに加え、LANL加速器のミュオン利用再開への展望が開けた。

## セミナー

当研究計画の枠組みを越えて、最先端素粒子ビームの検討を行うべく、欧州等の他の機関の研究者や、反陽子等の他のビームの専門家、等々の代表的な研究者を一同に会して、十分な議論を行う場として国際的セミナーを主催した。

平成17年3月2-4日に国際ワークショップ「Muon Science Instrumentation(ミュオン科学実験装置) - 05」を開催した。副題「最先端ミュオンビームと新しい加速器」が示すように、低エネルギーミュオン科学と高エネルギー素粒子物理及び他の粒子ビーム科学との間の橋渡しをして、相互の知見を交換し新しい発展を目指すことを目標とした。外国から当事業参画者4人を含む18人の参加があり、国内から40人の参加があり、盛況で大きな成果があった。内容の構成は次の通り:1) 高強度加速器とミュオン施設;2) 最先端ミュオンビーム生成 大立体角パイ/ミュ捕獲;3) 最先端ミュオンビーム生成 ミュオン冷却とパンチ化;4) 最近の小型加速器開発;5) 他の粒子でのトピックス;6) 最先端ミュオンビームを必要とする科学 ミュオン核融合、ラジオグラフィ。

## 研究者交流

平成15年度では、責任者と若手1名がUCRへ複数の短期出張を行い、最先端ミュオン・ポジロンビームの実現のための概念設計を展開した他、大強度ポジロンビームを生むための物質探索を行った。

平成16年度では、若手2名がUCRとTRIUMFへ長期出張し、それぞれ最先端ポジロンビーム、最先端負ミュオンビームに関する研究を行った。UCRより教授一人が来日してKEKに長期滞在し、最先端ミュオンビームの凝集系研究への利用につき考察を行った。「セミナー」参加のために、UCR, LANL, TRIUMFより計3名が来日し短期滞在があった。