

(様式 1)

先端研究拠点事業
平成 25 年度 実施計画書
(国際戦略型)

採用年度	平成 24 年度	採用番号	22001	領域	数物系科学
分科	プラズマ科学	細目	プラズマ科学	分科細目 コード	4501

1. 日本側拠点機関名 東京大学大学院新領域創成科学研究科

日本側コーディネーター (所属部局・職・氏名) 新領域創成科学研究科・教授・小野靖

研究交流課題名 (和文) 実験室と宇宙のプラズマの自己組織化に関する国際連携

(英文) Center for Magnetic Self-Organization in Laboratory and Astrophysical Plasmas

研究交流課題に係るホームページ http://tanuki.t.u-tokyo.ac.jp/J-CMSO

2. 採用期間 平成 24 年 4 月 1 日 ~ 平成 27 年 3 月 31 日 (36 ヶ月)

3. 先端研究拠点事業としての全期間を通じた交流目標 (* 申請書に記入した交流目標を転載すること)

本申請では、過去 10 年目に見える成果をあげてきた宇宙プラズマの磁力線再結合(磁気リコネクション)現象とその発展形としての自己組織化現象に分野を絞って、実験室天文学の国際連携組織を形成する。未知の宇宙プラズマ現象を解明する新手法である実験室天文学の急成長に貢献してきた同グループには確固とした国際連携組織の形成が次の課題となっている。東京大学がそのメンバーになっている Center for Magnetic Self-Organization in Laboratory and Astrophysical Plasmas (CMSO) は、米国 NSF で認められた COE 組織であり、それを核にして、運動論領域への拡張が期待できるビーム技術を有する産業総合技術研究所と、実験室天文学に有望なトラスプラズマ実験を持つ英国のカラム科学研究所と自己組織化実験を有するパドバ大学を加えて、日本側に若手の人材交流のためのマッチングファンドを形成する。若手・学生の派遣を通じて、共同実験を推進し、若手の育成を図ると共に、磁気リコネクション・自己組織化分野の室内実験に関する日米欧の国際連携組織をはじめて確立し、研究の飛躍的発展と若手育成を実現する。

4. 前年度までの交流活動による目標達成状況

(* 国際戦略型平成 25 年度採用課題は拠点形成型における目標達成状況を記入のこと)

長期 3 名を含む 23 名の派遣と 35 名の来訪により計画以上の学術的成果を上げ、リコネクション研究では 1) 1keV 以上のイオン加熱を実証した日英共同 MAST 実験が、東大開発の 2 次元ドップラー温度計測を採用した新実験に発展し、2) 日米共同の TS/MRX 実験はアウトフローがイオン加熱につながる機構をショックと粘性を介する MHD 解釈、下流の負ポテンシャル形成による二流体解釈を生み、3) プラズモイド放出はリコネクションの高速化と 4) 非熱的粒子加速、異常加熱の双方を結論した。自己組織化研究では、5) MST (米) に加え RFX 実験 (伊) のビームによる自己組織化制御が確立し、さらに太陽観測現場の問題として、6) ライトブリッジを異分野融合チームで室内実験として再現・解明したことが、宇宙研・東大の記者発表、新聞掲載につながった。これらの成果はヨーロッパ物例学会基調講演や招待講演、40 以上の論文となった他、一般科学雑誌パリティでも「物理科学、この 1 年」でリコネクション加熱実験が取り上げられた。主催する MR、IPELS、Hinode 国際会議はそれぞれリコネクション、自己組織化、太陽物理分野の No. 1 の会議であり、国際的学術情報発信と収集の中核となっている。MR2012 会議も MR2010 会議に続き、Physics of Plasmas 誌特集号に招待され、高評価が継続している。今年度から宇宙観測現場を取り込んで実験・観測・理論の融合が進み、ライトブリッジ解明の新聞発表等が契機となって日米 COE がリードする形で異分野融合も軌道に乗った。若手研究者派遣が最適な研究場所を探せる「自由な留学」も日米英の COE 協力により徐々に定着し、学生のプラズマ核融合学会論文発表等の受賞を生んだ。観測、実験の若手研究者が相手の分野で共同論文投稿を行う新潮流は新聞発表でも注目された。

5. 本年度の交流計画の概要

(共同研究) 本研究では、1) 要素となるプラズマの「磁気リコネクション」と2) 総体としての「自己組織化」に加えて、観測を中心とする3) 「現場の自己組織化問題の解明」を位置づけ、A) 実験・観測・理論の3分野の「異分野融合」、B) 日米欧の「国際連携」を前進させる。

1) では、今年は特に①イオンの異常加熱機構、②電子加熱機構、③非熱的な粒子加速、④波動による加熱・加速に重点を置いて、日英米が協力してリコネクションのエネルギー変換機構を解明する。その際に⑤プラズモイドの高速化効果と異常加熱効果、⑥中性粒子ビーム(運動量導入)によるリコネクションの能動制御、⑦リコネクションの工学応用の開拓を主要テーマとする。ビームをはじめ加熱装置が揃った日英の実験が、②、③の加速加熱関係と⑥、⑦を担当し、冷温でも制御性の良いリコネクション実験を有する米国と日本の実験が①、④、⑤を担当する。衛星観測者が直接実験を行なう形で実験・観測・シミュレーションが直接タイアップしながら問題を解決する新体制をとる。

2) では、要素であるリコネクションを積み上げることによって、総体である自己組織化機構を解明する。①ビームによる運動量(プラズマ流)の注入による磁場構造の自己組織化の変化と能動制御、更に新たな課題として、②複数の磁気リコネクションによる構造形成や③リコネクションによる安定状態の変化や安定平衡の分岐現象を明らかにする。④高周波(加熱・電流駆動)による自己組織化の能動制御や機構解明、⑥自己組織化の工学応用の開拓をテーマとして、日米伊の実験・観測・理論が一体的な取り組みを行う。

3) では、観測・実験の現場で謎となっている自己組織化問題を実験・観測・理論の異分野連携組織によって解明を試み、体系化する。特に太陽極大期にあたる2013年は大フレアの発生が期待でき、①太陽フレアやコロナといった自己組織化とリコネクションの関係の解明、②非熱的粒子加速とイオン・電子加熱の関係の解明、③観測されるマクロスケール現象とミクロスケールでの加熱・プラズマ流・波動とのつながりの解明を試みる。⑤ショック構造、④プラズモイド現象、⑥彩層の弱電離リコネクション等は重要観測テーマであり、24年度新聞発表を行った実験室での再現実験を含めて、異分野連携と国際連携組織を駆使して解明を進める。実験・観測の融合と国際連携によって分光等の計測は飛躍的發展が期待され、理論(シミュレーション)・実験・観測との一体化により、観測的理解は深化する。

研究の最前線は若手が担い、若手が、必要な時期、必要な研究段階で自由に観測・実験・理論の研究に参画できる「自由な留学」プロジェクトを完成させるため、地域間、分野間の垣根を取り払った質の高い運用体制の構築に努める。若手の人材育成のため、学生の長期の研究参加は、「自由な留学」の一貫として国際選考委員会で適切な研究段階・時期と認定した者から選定する。

1) では、プラズマ加熱機構解明のため、日本側受け入れと同期しながら、英国へ若手を長期派遣し、磁気揺動の比較実験のため、米国へ長々期、短期の派遣を行い、2) では、流れの導入による自己組織化の動的制御のため、米国へ短期派遣、イタリアへは産総研から移設した中性粒子ビームを用いた自己組織化実験に短期派遣を行い、日本側受け入れも行う。3) では、計測開発と自己組織化物理の解明の2つの方向の活動を行ない、米国、スペイン、英国、ドイツへ短期派遣を繰り返し、それとタイアップする形で日本側へも研究者を受入れる。

(セミナー) H25. 7に実験室から宇宙にまたがる自己組織化研究の解明に焦点を合わせたIPELS2013国際会議を日本で主催し、合わせて2週間にわたって大学院生博士向けのスクールと学部・修士向きスクールを開催する。実験・観測・理論の異分野連携と日米欧の国際連携によって最新の自己組織化研究の成果を公表し、若手教育も試みる。リコネクション加熱、非定常リコネクション、プラズモイドから太陽フレア現象、自己組織化など最新の物理を議論するため、実験・観測・理論の全分野から米国側から30名以上の人員が来日し、同分野トップに成長した同会議での情報交換と分野融合した若手教育を共同企画する。

H25. 11には、現場の物理として太陽物理の自己組織化に焦点を当て、Hinode-7シンポジウムを岐阜県飛騨天文台周辺で開催し(規模200名)、10名を超える人員を短期派遣し、最新の太陽コロナ、彩層などの現場の磁気リコネクションや自己組織化に関する研究発表を行って、異分野融合と国際連携研究によってこれを議論する。

「ひので実験室ワークショップ」も、若手が全てを企画する若手セミナーとして、年4回程度企画する。磁気リコネクション分野で最も協力が進んでいる太陽観測と実験室と理論の連携に焦点を絞ったシャープな話題の研究会を開催する。毎回、3分野が協力できる個別テーマを設定して分野融合を進め、次の共同研究の原案を作成すると共に、学生を含めた若手育成に努める。

(研究者交流) 太陽コロナの自己組織化やフレアの加速・加熱に関する観測・理論、英国MAST装置において1keVを越える過去最大の加熱を実証した成果が、ベルギー、フランス、オーストラリア開催の会議の招待講演となったので、各々派遣を行う。

(様式 1)

6. 実施組織

○日本側実施組織

拠点機関	東京大学大学院新領域創成科学研究科
実施組織代表者 職・氏名	研究科長・武田展雄
コーディネーター 所属部局・職・氏名	先端エネルギー工学専攻・教授・小野靖
協力機関数	5
協力機関名	独立行政法人産業技術総合研究所 独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台 大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所 京都大学
拠点機関事務組織： 事務総括責任者	東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授・小野靖
事務総括担当者	東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授・小野靖
経理管理責任者	東京大学大学院新領域創成科学研究科・副事務長・菅野耕二
経理管理担当者	東京大学大学院新領域創成科学研究科・研究交流係・菊地裕美

○相手国側実施組織 1

国名	米国
拠点機関	プリンストン大学プラズマ物理研究所
コーディネーター 所属部局・職・氏名	プラズマ物理研究所・主任研究員・JI Hantao
協力機関数	9
協力機関名	ウィスコンシン州立大学 ワシントン州立大学 シカゴ大学 スワルスモア大学 ニューハンプシャー大学 アラバマ大学 スタンフォード大学 ジョージメイソン大学 カリフォルニア大学ロサンゼルス校

○相手国側実施組織 2

国名	イタリア共和国
拠点機関	パドバ大学
コーディネーター 所属部局・職・氏名	物理学科 (コンソーシアム RFX)・教授・MARTIN Piero
協力機関数	なし
協力機関名	なし

(様式 1)

○相手国側実施組織 3

国名	英国	
拠点機関	カラム科学研究所	
コーディネーター 所属部局・職・氏名	英国核融合研究部門・主任研究員・GRYAZNEVICH Mikhail	
協力機関数	1	
協力機関名	ロンドン大学	

○相手国側実施組織 4

国名	ドイツ連邦共和国	
拠点機関	マックスプランク太陽圏研究所	
コーディネーター 所属部局・職・氏名	太陽および太陽圏研究科・研究科長・SOLANKI Sami K.	
協力機関数	なし	
協力機関名	なし	

○相手国側実施組織 5

国名	スペイン	
拠点機関	カナリー諸島天文研究所	
コーディネーター 所属部局・職・氏名	カナリー諸島天文研究所・教授・BUENO Javier Trujillo	
協力機関数	なし	
協力機関名	なし	

※交流相手国が複数の場合、適宜、枠を追加して記入すること。