

## 先端研究拠点事業

### 平成24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ー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、研究の飛躍的發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（\*拠点形成型については平成23年度採用課題のみ記入。国際戦略型平成24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）

実験室天文学に観測・理論が加わったプラズマ自己組織化の研究を初めて組織し、更に米国で NSF/DOE の自己組織化 COE を立ち上げ、英伊にヨーロッパの研究拠点を作って自己組織化の国際 COE を創設した。これにより、若手を中心に研究者の交流が進み、「(1)国際連携」と「(2)異分野連携」の2つの目標を達成した。特に初年度は日本側が提案し、得意とするトモグラフィによる画像計測、中性粒子ビーム技術による運動論効果の導入等を持ち込み、英米側が施設を提供し、計測や物理を深める役割分担で、太陽・宇宙・実験室プラズマに共通するプラズマの自己組織化、具体的には1)キーとなる磁気リコネクション（磁力線つなぎ替え）、2)その集合としての自己組織化の物理の解明が進んだ。プラズマの自己組織化の COE を日本と米国、拠点を欧州に構築し、COE のリエゾン室同士が連携して「自由な留学」プロジェクトをスタートできた。若手30名超を海外派遣して、実験室天文学分野の1)国際的な垣根と、2)実験・観測・理論の垣根の両方を取り払う成果をあげた。「自由な留学」のため、必要な研究段階、必要な時期に若手や学生を派遣する体制を日米欧の COE が構築した。経費節減の努力により22年度は30名ものポスドクや博士学生等の若手を海外派遣し、5名は1ヶ月以上の長期派遣できた。日米欧の COE の緊密な協力により、「国際連携」「分野間連携」が進展した結果、分野融合した学術情報交換の場が内外の学会より注目を浴び、さらに広範囲の学術情報交換が可能となった。10年目となる MR2010 (Magnetic Reconnection in Space and Laboratory Plasmas 2010) 会議は磁気リコネクション分野で NO.1 の国際会議に成長し、会議録は米国 Institute of Physics の一雑誌：Physics of Plasma の特集号にまとめられることが決まり、国際的学術情報の収集整備にも大きな進展があった。ヨーロッパにも英伊の拠点が構築され、実験室・観測・理論が分野連携した初めての国際連携研究がプラズマの自己組織化物理の解明に成果をあげたことが話題となり、COSPAR2010、Plasma Conference 2011 など10を超える招待講演、招待論文、記者会見につながり、連携研究への参加者も主催する国際会議への参加者も増え続けており、波及効果は極めて大きい。特に国内では宇宙研、天文台の太陽プラズマ観測の中核や核融合科学研究所の理論・シミュレーションの中核が連携に加わり、国際的には英伊に加えてドイツ、スペインが実質参加を始め、新たな拠点到成長しつつある。

## 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」の2つの物理的な切り口で共同研究を進める中で、新たに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、①リコネクションの高速化機構、②イオン・電子加熱機構、③非熱的な粒子加速、④プラズモイドの効果、⑤波動の影響、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一部日本の実験が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ため、①その時間スケールや②構造形成を明らかにする。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の解明、④中性粒子ビーム(運動量導入)や高周波(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。更に新たな課題として、3)観測・実験の現場で謎となっている自己組織化問題の解明を積み上げ、体系化する。特に太陽衛星観測「ひので」の現場には自己組織化の謎が多数あり、①太陽フレアやコロナの構造変化、②ショックによるイオン・電子加熱、③非熱的な粒子加速、④プラズモイド現象、⑤波動現象と加熱、⑥彩層の弱電離リコネクション等の謎に対して、分野融合で進化した計測と日米独西の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発展が期待され、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、タイアップして日本側への受入も行う。

(セミナー) H24.5に、自己組織化研究の要素である磁気リコネクション現象の解明に焦点を合わせたMR2012国際会議を米国プリンストン大学で開催し、実験・観測・理論の異分野連携と日米欧の国際COE連携によって最新の磁気リコネクション研究の成果を公表し、機構解明を行う。リコネクション加熱、非定常リコネクション、3次元リコネクション、プラズモイド・リコネクションなど最新の物理を議論するため、実験・観測・理論の全分野から日本側から10名以上の人員を派遣し、同分野トップに成長した同会議で成果の公表と分野融合した討論を行う。また、同会議では日本側運営委員にJi、Zweibelら米国側委員、欧州側運営委員も加え日米COE連携の将来計画について議論を行う。

H24.8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-6シンポジウムをイギリス・セントアンドリュース大学で開催し(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3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。場合に応じて、重要研究者を招いてスクール形式の講演を含めるものとする。

(研究者交流) 東大TS、UTST及び英国MAST装置の磁気リコネクションの急速かつ大パワーの加熱を実証した成果が、ヨーロッパ物理学会(スウェーデン)のPlenary Talk、東京大学の2つのリコネクション・自己組織化実験がFusion Energy Conference(米国)の代表講演に選ばれたため、派遣を行い、さらに太陽プラズマの自己組織化に関する観測・理論が、ギリシャ、中国、オーストリア開催の会議の招待講演となり、リコネクションに関する太陽観測と実験の成果がインド開催のCOSPAR会議の招待講演に選ばれたので、各々派遣を行う。また、自己組織化の工学応用もMRS会議のTutorial Talkに選定されたので、米国へ派遣を行う。

## 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・上田卓也
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

○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。