

採用年度	平成22年度
種別	拠点形成型

先端研究拠点事業
平成22年度 事業実績報告書

平成23年4月14日

領域・分野	数物系科学
分科細目名（分科細目コード）	プラズマ科学（4501）
採用番号	22001
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
研究交流課題名（英文）	Center for Magnetic Self-Organization in Laboratory and Astrophysical Plasmas
採用期間	平成22年4月1日～平成24年3月31日（24ヶ月）

《実施組織体制》

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
実施組織代表者（所属・職・氏名）	研究科長 大和 裕幸
コーディネーター（所属・職・氏名）	先端エネルギー工学専攻・教授・小野靖
協力機関数	1
参加者数	47

相手国1

国名	アメリカ合衆国
拠点機関名	プリンストン大学
コーディネーター（所属・職・氏名）	プラズマ物理研究所・主任研究員・Ji Hantao
協力機関数	2
参加者数	10

相手国2

国名	イタリア共和国
拠点機関名	パドバ大学
コーディネーター（所属・職・氏名）	物理学科（コンソーシアムRFX）・教授・Martin Piero
協力機関数	0
参加者数	8

相手国 3

国名	イギリス連邦
拠点機関名	カラム科学研究所
コーディネーター（所属・職・氏名）	英国核融合研究部門・主任研究員・Gryaznevich Mikhail
協力機関数	0
参加者数	4

交流目標の達成（見込）状況

① 平成22年度事業計画における達成目標

A 学術的な成果

磁気リコネクション実験を過去最大規模の装置 MAST (英) で実施し、そのプラズマ加熱効果を実証する他、日米の MRX (米), TS-4(日)を加えてリコネクションの高速化機構の解明を進める。日伊で中性粒子ビーム入射の導入準備を進め、運動論領域まで範囲を広げてリコネクションの集まりといえる自己組織化の検証を開始する。MR2010 会議に以上の成果を含め最先端研究を集め、分野連携、国際連携を前進させる。

B 持続的な協力関係の基盤構築

米 CMSO 総会で今後5年の日米 COE 組織による協力研究と研究者派遣の計画と若手育成を議論し、得られた物理成果をまとめて日本側主催の MR2010 国際会議で公表する。実験室、太陽観測、磁気圏観測、天文、理論・シミュレーションの5分野の分野間連携と日米欧の国際 COE 組織の連携を軌道に乗せる。

C 若手研究者育成における成果

若手派遣を国際共同研究推進の主力とし、協力が進む太陽観測と実験室・理論の連携のための若手育成セミナーを年2回開催する。深化したデータ解釈と共同実験により、分野融合と若手の研究の活性化を図る。

D 国際的学術情報の収集整備

米国側 CMSO 総会、日本側 MR2010 国際会議を通じて、リコネクション・自己組織化研究の最先端研究を一同に集め、ドイツ、中国、台湾等からの招待講演依頼に応じて国際協力と分野間連携をさらに拡大する。

E 事業の波及効果

共同研究や CMSO 総会、MR2010 国際会議等を通じて、分野間・国際間共同研究の成果を公表し、広く学会の招待講演、講演依頼に応じて、自己組織化の国際 COE の国際連携、分野間連携の裾野を拡大する。

② 平成22年度事業計画の達成状況

A 学術的な成果:

42人の派遣により計画以上の成果を上げ、リコネクション研究では1) MAST 装置 (英) で過去最大のリコネクション実験を実現してイオン温度 1.2keV, 電子温度 0.8keV という大加熱を得て大反響を得た。2) アウトフローとショックを介したイオン加熱機構に加え、3) プラズモイド、4) 3次元変形による高速非定常リコネクション機構を解明し、電気学会学術奨励賞や若手奨励賞につながった。5) 自己組織化では、RFX 実験 (伊) の中性粒子ビーム入射の移設準備を完了し、6) 多数のリコネクションが構成する自己組織化中の MST プラズマ (米) にビームによる運動量注入を行い、磁場構造の変化に伴うプラズマ性能向上を見出した。

B 持続的な協力関係の基盤構築

米国側は日本側を分担者に指定して NSF の COE 予算を獲得しており、CMSO 総会でも5年間の日米 COE の連携と人材派遣を入念に打ち合わせた結果、理論・実験・観測が一体となった米英伊への多数の派遣が十分な成果をあげた。集大成の MR2010 国際会議には主要研究者総てに当たる85名の参加者、特に35名の海外参加があり、同分野第1の国際会議に成長し、日米欧 COE 連携が持続的に協力する基盤を構築することができた。

C 若手研究者育成における成果

若手を主力にしたひので・実験室会議は、実験室・観測が連携した新しい形の共同実験に発展した。米国側と共に若手のため Young CMSO 会議を企画し、若手研究者が最適な研究場所を探せる「自由な留学」へと発展して成果をあげ、記者会見、学生の電気学会学術奨励賞、工学部長賞、修論論文賞の受賞につながった。

D 国際的学術情報の収集整備

CMSO 会議 (米) では100名を上回る協力者が日米の COE 組織のレビューと研究計画を議論し、MR2010 国際会議も同分野を代表する会議に成長したため、国際的にも同分野の先端研究を一同に集めて情報交換ができた。関連分野の招待講演にも積極的に応じ、本研究の裾野は広がっている。さらに広分野の国際学術情報の収集を目指した IPELS (宇宙と実験室のプラズマ実験の連携) 国際会議を2013年度主催することになった。

E 事業の波及効果

ひので・実験室会議や CMSO 総会、MR2010 が契機となって、宇宙観測分野の若手の参加が急増し、従来無かった共同実験がスタートしたため、23年度より国立天文台、宇宙学研究所が協力機関に加わって組織が拡大した他、リコネクション加熱の実証はこれを利用したプラズマ急速加熱という新しい工学応用につながった。

実施状況。

プリンストン大学、ウィスコンシン州立大学ともに米国科学財団、エネルギー省の COE プロジェクトに採択されており、東京大学も海外メンバーとしてリエゾン室担当になっている。また、その代表者が本プログラムの相手国コーディネータをつとめるという形で日米の COE 組織同士の相互連携が実現されている。新たに英国、イタリアのコーディネータも参加する形が始まっており、日米 COE 連携は欧州に拡大している。日米 COE が共同で研究者相互派遣や学生の「自由な留学」を企画し、コーディネータが主催者となって日米 COE が全面的にサポートする形で CMSO 総会および MR2010 国際会議を開催するなどの着実に実績を積んでおり、国際 COE 連携は確実に深化しているといえる。

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）

東京大学大学院新領域創成科学研究科は学融合を理念とするため、本プログラムの分野間連携・国際連携を積極的に支援しており、事務における会計・旅費の処理に加え、学融合研究調査費を別途支給して活動がサポートされた他、研究科予算で相手国プリンストン大学から教授相当を招聘するなどの人的サポートも行われた。

共同研究

平成22年度の共同研究は計画以上の成果を上げることができた。

自己組織化の基本要素である磁気リコネクション共同研究は、

- 1) まず長期にわたって若手教員、院生を繰り返し派遣して、大型装置 MAST 装置（英）を用いて過去最大規模のリコネクション実験を行ない、イオン温度 1.2keV、電子温度 0.8keV という極めて大きなリコネクション加熱を得て大きな反響を得た。磁気リコネクションにより磁気エネルギーの 10%がミリ秒でイオン中心の熱エネルギーに変換される現象が明らかになり、さらに工学応用の道が開かれた。
- 2) 東京大学・プリンストン大学の連携により、リコネクションアウトフローがファーストショックにより熱化してイオン加熱機構が引き起こされることも明らかになり、ドイツや中国、台湾の招待講演となっている。MRX 実験（米）には2次元イオン温度計測技術でも協力を行った。
- 3) プリンストン・ウィスコンシン大学（米）には多くの短期間派遣を行い、理論・実験・太陽観測が一体となった1) プラズモイド、2) 3次元変形による高速リコネクション機構解明を行った。

一方、自己組織化そのものの研究は、

- 4) RFX 実験（伊）には、若手研究者の長期派遣を行い、産総研のビーム設置に関わる解決すべき技術的な課題を明確にし、より精度の高い設計を実施した。
- 5) MST 実験（米）にも若手研究者を長期で派遣し、ダイナモ駆動の自己組織化プラズマを発生させながら、磁場構造の変化に伴う自己組織化プラズマ性能の向上に関する新たな現象を見出した。更に、米国の実験室天文学に関する年会に参加し、最新情報を入手するとともに共同研究活動に関する議論を行った。

セミナー

セミナーも計画以上の成果が上がったといえる。

- 1) 6月に行ったCMSO総会では、日米の自己組織化に関するCOE組織(US-CMSO, J-CMSOと呼ぶ)関係者100名以上がそろって出席し、今後の共同研究活動、セミナー活動を協調して行うことを申し合わせた。過去あるいは将来の共同研究を中心に研究活動を、4つの要素、即ち1)磁気リコネクション、2)ダイナモ効果、3)角運動量輸送、4)磁気カオスと輸送に分けて、各々レビューを行ない、研究の方向性と進展を評価した。次期計画として、日本側から中性粒子ビームを用いた運動論領域のリコネクション・自己組織化研究、米国側から未開拓のプラズモイドに照準を合わせたリコネクション次期装置の紹介があり、今後2年間の共同研究・人材派遣とセミナーの基本計画を策定し、相互連携していくことになった。
- 2) 2月には今年度の日米COEの共同研究の集大成としてMR2010国際会議を行い、COE内外の磁気リコネクションの先端研究を集め、集中レビューを行った。会議時間上限にあたる85名の参加者、35名の海外参加者があり、同分野NO.1の国際会議に成長した。天文の千葉大学松元、実験の東京大学小野が協力して会議を企画し、天体・太陽観測と室内実験の連携した結果、プラズモイドリコネクションなど磁気リコネクション物理の解明が急進展した。室内実験と観測、理論・シミュレーションの間で密接な関連が明らかになり、分野間連携が前進した。
- 3) 若手を主力にしたひので・実験室会議を3回開催して、室内実験と太陽観測の相互理解を進め、太陽物理のキーとなる自己組織化・リコネクションの問題を具体的に室内実験で解明する新しい共同研究を開始した。観測研究者が個別テーマで室内実験を行なう新しいスタイルを生み、分野間連携は深化した。米国側COEもこの活動に参加し、日米共同でYoung CMSOという若手研究者、学生に照準を合わせた国際会議を行ない、若手育成の目標を日米共同で達成し、さらに研究課題を持って最適な研究設備を利用する自由な留学につなげる体制を構築しつつある。

研究者交流

研究者交流では、本プログラムの成果を公表し、あわせて関連分野に本国際COE組織の活動を広げる目標を立てている。成果公表により当分野の国際的プレゼンスを高めることになった。若手研究者の長期渡航については日米COE組織が連携して入念な事前教育を行っており、共同研究にレベルを高めて実施する工夫を行っている。

境界領域における成果公表の主要なものはまず、磁気リコネクションの急速かつ大パワーの加熱を核融合プラズマに応用した論文2編が選ばれた第23回IAEA Fusion Energy Conference(韓国)、リコネクション室内実験の講演のため招聘された宇宙科学分野が広く情報交換を行うCOSPAR会議(ドイツ)、新興国のプラズマ物理研究の立場から磁気リコネクション室内実験の講演のため招聘を受けたAPPC会議(中国)、同じくプラズマ物理研究の立場から磁気リコネクション室内実験の講演のため招聘された成功大学セミナー(台湾)などであり、特に磁気リコネクション加熱の機構や新しい応用をはじめ、本プログラムの自己組織化研究を周知させるなどの成果が上がった。