九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

九州大学百年史 第7巻 : 部局史編 IV

九州大学百年史編集委員会

https://doi.org/10.15017/1801803

出版情報：九州大学百年史. 7, 2017-03-31. 九州大学
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

第 62 編

伊藤極限プラズマ研究連携センター

第 1 章　概　要

第 1 節　伊藤プラズマ乱流研究センターの概要

伊藤プラズマ乱流研究センターは、主幹教授センターとして 2009（平成 21）年 10 月 1 日に九州大学より設立を認められた。センターは日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究（S)「乱流プラズマの動的応答と動的輸送の統合研究」(2009～13 年度）によるプロジェクトと連携している。プロジェクトの研究代表者である伊藤早苗主幹教授がセンターを指導した。

センターの目的は、九州大学においてプラズマ乱流研究の体系的推進ならびに非平衡科学との研究体系を形成し、核融合プラズマの制御やプラズマ非線形科学の解明を進め国際的最先端研究中枢を確立することである。あわせて、従来行ってきた双方向国際教育を一層高度化し、九州大学が国際キャリアパスの中核機関となることに寄与する（資料編Ⅲ－794、pp.763-764)。センターでは理論・シミュレーション・実験による統合的研究を実施し、*e-Science* の方法論により、プロジェクトを推進し、長期滞在型国際共同研究を行って、新しい国際研究拠点を形成する。また、ヨーロッパ物理学会プラズマ物理学会議において、同会議と *Plasma Physics and Controlled Fusion* 誌の協力のもと、大学院生の優秀な研究発表を表彰する Itoh Project Prize in Plasma Turbulence を授与する。

設立の背景は、特別推進研究「乱流プラズマの構造形成と選択則の総合的研究」(2004～08 年度)プロジェクトによるプラズマ乱流研究の発展である。この研究はプラズマ乱流物理学に新たな急展開をもたらした。*e-Science* の手法の有効性を実証し､国内若手研究者のキャリアパスとして機能している。マックスプランクプラズマ物理学研究所、カリフォルニア大学サンディエゴ

校、プロバンス大学、ワーウィック大学との大学間協定や学術交流協定を基礎に、広く国際的共同研究を展開している。ITER 国際サマースクール（2008 年）を九大に招致するなど国際人材育成も主導して来た。センターはプラズマ乱流の学術的コアおよびキャリアパスとしての成果をさらに進展させる。

組織は研究の方法論に従って整備され、センターは 4 つの大部門（プラズマ乱流理論解析学部門、プラズマ乱流シミュレーション学部門、プラズマ乱流実験学部門、プラズマ乱流 e-Science 学部門）から構成された。

センター長は伊藤早苗がつとめ、専任の教員としてステラ・オルデンビュルガー（Stella Oldenbürger）助教が 2010 年 6 月 12 日に着任し、国際キャリアパスを実現した。4 つの大部門では 2010 年度には次のメンバーが兼任・客員として参画した（括弧内は本務を示す）。

○プラズマ乱流理論解析学部門：伊藤早苗教授（応用力学研究所）、パトリック・H・ダイアモンド（Patrick H. Diamond）教授（カリフォルニア大学サンディエゴ校、米国）

○プラズマ乱流シミュレーション学部門：矢木雅敏教授（応用力学研究所）、福山淳教授（京都大学）、クラウス・ハラチェック（Klaus Hallatschek）准教授（マックスプランクプラズマ物理学研究所、ドイツ）、糟谷直宏助教（核融合科学研究所）

○プラズマ乱流実験学部門：藤澤彰英教授（応用力学研究所）、居田克巳教授（核融合科学研究所）、図子秀樹教授（応用力学研究所）、フリードリッヒ・ワグナー（F. Wagner）教授（マックスプランクプラズマ物理学研究所、ドイツ）、稲垣滋准教授（応用力学研究所）、ステラ・オルデンビュルガー助教、永島芳彦助教（東京大学）、山田琢磨助教（東京大学）

○プラズマ乱流 e-Science 学部門：伊藤公孝教授（核融合科学研究所）、リチャード・デンディ（Richard Dendy）教授（ワーウィック大学、英国）、佐々木真助教（応用力学研究所）

第 2 節　伊藤極限プラズマ研究連携センターへの拡充改組

伊藤プラズマ乱流研究センターでは、九州大学のプラズマ乱流研究を柱に、応用力学研究所、国内諸大学や共同研究機関のプラズマ研究等の最先端研究拠点と協力し、大規模研究「非平衡極限プラズマ全国共同研究連携ネットワーク計画」を提案した。この構想は、日本学術会議「学術の大型研究に関するマスタープラン」（2010 年 3 月）に取り入れられ、文部科学省 学術分科会 研究環境基盤部会 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会の「ロードマップ」の策定（2010 年 10 月）においても優先度が認められる 18 計画に盛り込まれる等、研究推進と成果への期待が高まった。このような展開を踏まえ、学内外のプラズマ科学や関連理数工学の先端科学研究との連携を強化し、世界的な極限プラズマ物理研究の中心を確立することを目指し、2011（平成 23）年 4 月 1 日に拡充改組した。

改組においては、センター長にあわせ副センター長を置き、研究推進と連携強化を補佐することとした。また、極限プラズマ学連携推進部門が新設され、5 大部門制となった。

センター長は伊藤早苗がつとめ、副センター長は藤澤彰英教授がつとめた。専任の教員としてステラ・オルデンビュルガー（Stella Oldenbürger）助教が引き続き勤務した。5 つの大部門では 2011 年度には次のメンバーが兼任・客員として参画した（括弧内は本務を示す）。

○プラズマ乱流理論解析学部門：伊藤早苗教授（応用力学研究所）、パトリック・H・ダイアモンド（Patrick H. Diamond）教授（カリフォルニア大学サンディエゴ校、米国）

○プラズマ乱流シミュレーション学部門：矢木雅敏教授（応用力学研究所、2011 年 12 月日本原子力研究開発機構へ異動）、福山淳教授（京都大学）、クラウス・ハラチェック（Klaus Hallatschek）准教授（マックスプランクプラズマ物理学研究所、ドイツ）、糟谷直宏助教（核融合科学研究所）

○プラズマ乱流実験学部門、藤澤彰英教授（応用力学研究所）、居田克巳教授（核融合科学研究所）、図子秀樹教授（応用力学研究所）、フリードリッヒ・ワグナー（F. Wagner）教授（マックスプランクプラズマ物理学研究所、ドイツ）、稲垣滋准教授（応用力学研究所）、永島芳彦准教授（応用力学研究所）、ステラ・オルデンビュルガー助教、山田琢磨助教（東京大学）

○プラズマ乱流 e-Science 学部門：伊藤公孝教授（核融合科学研究所）、リチャード・デンディ（Richard Dendy）教授（ワーウィック大学、英国）、佐々木真助教（応用力学研究所）

○極限プラズマ学連携推進部門：兒玉了祐教授（大阪大学）、白谷正治教授（システム情報科学研究院）、若山正人教授（マス・フォア・インダストリ研究所：IMI）、花田和明教授（応用力学研究所）、畠山力三教授（東北大学）、二宮嘉行准教授（IMI）、田上大助准教授（IMI）、鎌滝晋礼（くにひろ）助教（基幹教育院）、町田真美助教（理学研究院）

また、杉谷宏子と日永田美子による国際的研究活動補佐も特記する。

第 3 節　国際的展開

センターは、上述のように国内外の俊秀を招聘して世界的最先端研究を行うが、組織的な国際的展開にも中心的役割を果たした。九州大学は、フランス国立科学研究センター（CNRS）とプロヴァンス大学（現エクス・マルセイユ大学）、国内は大阪大学および核融合科学研究所と連携し「日仏共同研究所 LIA-336」を設置した。伊藤早苗教授およびサドゥリィ・ベンカダ（Sadruddin Benkadda）教授を共同所長とし、分野を超えたプラズマ物理科学研究の研究領域の創成を目指し、国際研究拠点を形成した。

第 2 章　研究成果

第 1 節　プラズマ乱流物理学の推進

伊藤プラズマ乱流研究センターではプラズマ・核融合の学術研究で先導的成果をあげた。国際キャリアパスも実現し研究を通じた国際的人材育成を実践している。

核融合をめざすプラズマの閉じ込め研究では、プラズマの乱流と乱流輸送の研究が世界的な中心的課題である。核融合研究の発祥以来の従来の考え方では、プラズマ乱流輸送は微視的なドリフト波乱流が作り出す局所的輸送現象という仮説に沿って研究されて来た。従来の立場では、温度勾配 grad T と熱流 q の関係として $q = - \chi$ grad T（または輸送行列）のような単純な輸送関係が信じられ、輸送係数χを線形不安定性に基づいて導き、温度等の局所的なパラメタの関数として表現しようと努めてきた。すなわち「線形・局所・決定論的」なモデルが信じられて来た。しかし、1980 年代以降の核融合研究が、H モード（プラズマ閉じ込めが突然改善される現象）を基本として発展し、国際熱核融合実験炉の建設へと展開している。この道筋において、H モード発生の物理的機構を理解するため提案された伊藤早苗の径電場分岐パラダイムの描像は、線形不安定性や局所モデルの枠を超えたものであり、それに駆動され、プラズマ乱流輸送機構に関する理解が世界的に構成されてきた。非線形機構で励起される揺動成分の重要性、特に、亜臨界励起のような突発的発生、帯状流や長距離相関揺動のようなメゾ・マクロスケール揺動の本質的役割を明らかにした。従来の「線形・局所・決定論的」なモデルを革新し、「非線形・非局所・確率統計論的」物理描像へと拡張した。この新しい描像は、伊藤早苗を代表者とした特別推進研究「乱流プラズマの構造形成

と選択則の総合的研究」および科学研究費基盤研究（S）「乱流プラズマの動的応答と動的輸送の統合研究」という大型の全国的プロジェクトを九州大学において実現することにより、学内での 1 分野での活動を超え多数の分野の協力のもと、理論・シミュレーション・実験を統合した方法に基づいて研究推進し、国際的な研究拠点を形成した。

研究成果は、メゾスケールやマクロスケールの揺動を含む系の理論を体系化し、多スケールの揺動が共存した乱流構造という描像を提示した。実験でも、藤澤による帯状流と帯状磁場の検証、稲垣による長距離相関揺動の励起の発見、山田琢磨と本チームによるストリーマーの発見、永島による乱流の中の非線形結合の実測、など決定的な成果を得た。ここに列記された揺動は線形安定な成分であり、非線形励起の重要性を示している。また、相関長が長く、局所的な描像の破綻の原因でもある。研究の方法論としても特長を発揮した。糟谷・矢木による数値実験シミュレーターを活用して実験的発見を先導する。基礎実験装置（九州大学の LMD-U 装置や PANTA 装置）を活用して先進データ解析法を開拓し、その方法を大型実験装置（原研 JFT-2M や核融合科学研究所 LHD、中国の HL-2A 装置など）へ適用した。この方法によって、マクロスケール揺動や、輸送関係式の局所クロージャーの破れ等の発見を生みだした。こうした成果を積み上げ、プラズマ乱流の研究を定量的な実験物理学へと進展させた。同時に、核融合研究にも直接的で大きな寄与を行っている。ITER では核融合燃焼が不可能ではないかという議論が 1990 年代にあったときに、それを解決するものとして帯状流が指摘されている。その帯状流は本グループによって実験的に見いだされ深く研究された。それは「非線形・非局所・確率統計論的」物理描像へと体系化された。

第 2 節　将来の展開

上に述べた成果にあるように、定量的実験的検証を含むプラズマ乱流物理学を大きく進展させた。プラズマ乱流研究の体系的推進ならびに非平衡科学との研究体系の形成につとめた。

現在すでに、文明社会はプラズマの基礎学理と応用無くしてあり得ないものになっている。現代文明の特徴は、自然界の流転の法則の理解にある。プラズマ乱流や構造形成の研究から、宇宙天体から実験室プラズマまで、乱流によって形あるものが作られ消えていく機構が理解されつつある。現代の人と社会の活動は、情報・エネルギー・農業・環境・健康などなどあらゆる側面でプラズマに依存して実現している。日本の多くのプラズマの基礎科学者の力を糾合し、「非平衡極限プラズマ全国共同連携研究ネットワーク」を提言した。最先端プラズマ物理研究を非平衡極限プラズマの共通学理に基づいて学問的に体系化し新学術分野を創成するとともに、核融合や新エネルギーの実現と新機能物質創成を加速することを目指している。上記のように日本学術会議のマスタープランや文部科学省のロードマップに採用され、今後の研究領域を切り開いている。

第 3 章　国際教育への寄与と国際的人材育成

第 1 節　九州大学における国際教育

センターでは、上述の国際的展開による人的連携により、学生の組織的なトレーニングも行っている。センターのメンバー（フリードリッヒ・ワグナー（F. Wagner）教授、リチャード・デンディ（R. Dendy）教授、クラウス・ハラチェック（K. Hallatschek）准教授）による国際交換講義を行い大学院総合理工学府先端エネルギー理工学専攻の大学院教育に貢献している。この国際交換講義は単位として認定されている（M3904, M3910, M3911, M3912)。同様に、外部の研究者を招聘し、国際講義を行っている（サドゥリィ・ベンカダ（S. Benkadda）教授: M3913, M3914)。また、ステラ・オルデンビュルガー（S. Oldenbürger）助教による集中講義（2011 年度後期、M3905）も行った。オルデンビュルガー助教は大学院教育のみならず、全学教育にも参加した。伊都キャンパスにおける全学部生を対象とした自然科学総合実験（2010 年度後期）を担当し、英語による指導を行った。センターは学生の国際交流も支援している。「日仏共同研究所 LIA-336」の連携によるツインドクター制度のもと、2009（平成 21）年 4 月に西村征也に、2011 年 12 月に杉田暁（共に大学院総合理工学府先端エネルギー理工学専攻博士後期課程修了）にプロヴァンス大学より博士の学位が授与された。このツインドクターは通常のダブルドクター制度とは別のフレームワークで、九州大学では初の取り組みである。また第 2 節に述べるように伊藤賞受賞者を九州大学に招聘し学生間の交流の場を提供している。

学生のトレーニングのみならず、国際 Faculty development も行い教員側の国際教育の質の向上にも取り組んだ。フリードリッヒ・ワグナー教授、ジ

エラール・ボンノム（Gerard Bonhomme）教授（ナンシー大学、仏）を招聘し、「ヨーロッパにおける教育の現状」(2009 年 11 月)、“Fusion Education Network”（2011 年 3 月）と題した講演を行った。

以上のようなセンターの取り組みを基に欧州留学奨励制度、エラスムス・ムンドゥス修士・博士課程プログラムのアソシエートメンバーとして九州大学応用力学研究所が核融合のプログラム（FUSION-DC）に 2011 年度から参加している。

第 2 節　ヨーロッパ物理学会における伊藤賞の授与

ヨーロッパ物理学会プラズマ物理学会議において、同会議と *Plasma Physics and Controlled Fusion* 誌の協力のもと大学院生の優秀な研究発表を表彰する Itoh Project Prize in Plasma Turbulence を設立した。九州大学に招聘し総長より賞を授与するとともに、受賞者は研究成果を発表し共同研究を行った。2011（平成 23）年度までの受賞者は以下の通り。

第 1 回(2005 年) : O. Schmitz(FZ Julich, 独)が受賞。J. Horacek(EPFL, スイス）と T. T. Ribeiro（IST, ポルトガル）が highly commended として表彰された。

第 2 回（2006 年）: P. Angelino（EPFL, スイス）が受賞。第 3 回（2007 年) : P. Manz(U. Stuttgardt, 独)が受賞。第 4 回(2008 年) : S. Oldenbürger（U. Nancy, 仏）が受賞。第 5 回（2009 年）: T. Happel（CIEMAT, スペイン）が受賞。C. Theiler（EPFL, スイス）および A. Casati（CEA, 仏）が highly commended として表彰された。第 6 回（2010 年）: G. Birkenmeier（U. Stuttgardt, 独）が受賞。N. Guertler（IPP Garching, 独）および C. Maszl(Innsbruck, オーストリア)が highly commended として表彰された。第 7 回 (2011 年) : N. V. Kosolapova (Ioffe Physical-Technical Institute, ロ

シア／Univ. Henri Poincare, 仏）が受賞。A. B. Navarro（U. Libre de Bruxelles, ベルギー）および D. Carralero（CIEMAT, スペイン）が highly commended として表彰された。