

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：特別推進研究

研究期間：2004～2008

課題番号：16002005

研究課題名（和文） 乱流プラズマの構造形成と選択則の総合的研究

研究課題名（英文） Research on Structural Formation and Selection Rules in Turbulent Plasma

研究代表者

伊藤 早苗 (ITO SANAE-I.)

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号：70127611

研究成果の概要：高温磁化不均一プラズマの乱流と構造形成の機構を、理論・シミュレーション・実験を統合して研究した。乱流と構造形成の非線形統計理論、大域的非線形シミュレーション、帯状流やストリーマー・帯状磁場などメソスケール非線形構造の観測、揺動間の非線形相互作用の定量的に観測などにも成功し、プラズマ乱流物理学の新展開をもたらした。核融合研究や自然界のプラズマも含み、乱流プラズマの総合的理解に大きく寄与した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	114,300,000	34,290,000	148,590,000
2005年度	170,500,000	51,150,000	221,650,000
2006年度	71,500,000	21,450,000	92,950,000
2007年度	38,400,000	11,520,000	49,920,000
2008年度	30,000,000	9,000,000	39,000,000
総計	424,700,000	127,410,000	552,110,000

研究分野：プラズマ物理学

科研費の分科・細目：プラズマ科学 (4501)

キーワード：プラズマ、乱流、構造形成、統計理論、構造相転移、乱流輸送、磁場閉じ込め、ドリフト波

## 1. 研究開始当初の背景

高温磁化不均一プラズマは、核融合を目指した実験により世界的な集中的研究が行われており、特に核融合プラズマの燃焼実験を行う国際熱核融合実験炉(ITER)計画が実施の運びとなり、プラズマ乱流輸送と構造の原理的理解が重要視されている。また、近年プラズマを用いた物質創成では揺動や構造を制御することで機能性物質を設計する重要性が着目されている。さらに、宇宙天体での観測の急速な発展から、宇宙でのプラズマ構造の多彩さが認識されつつあり、プラズマの構造形成の理解が、宇宙や天体での物理過程の

理解に不可避であることが分かってきた。例えば、乱流による角運動量の輸送と速度分布の問題はトロイダルプラズマの異常輸送の問題として研究が展開してきたが、星や星雲の発生や構造形成の中心課題であるとの認識が急速に発展した。広い研究の世界的進展の中で、高温磁化不均一プラズマの乱流と構造形成の機構解明は必須の重要課題であると考えられるようになってきた。

## 2. 研究の目的

高温磁化不均一プラズマについて、乱流と構造形成の機構を解明し自律的構造の遷移

と選択則を得ることを目的とする。熱平衡状態からかけ離れた乱流媒質のなかで普遍的な問題に検証可能な形の定式化を提供することをめざす。

高温磁化不均一プラズマは、核融合を目指した実験により世界的な集中的研究が行われており、強い乱流の下での構造形成研究の潮流を生んできた。また、近年プラズマを用いた物質創成では揺動や構造を制御することで機能性物質を設計する重要性が着目されている。さらに、宇宙天体での観測の急速な発展から、宇宙のプラズマの多彩さが認識され、プラズマの構造形成の理解が物理過程の解明に不可欠であることが分かってきた。こうした研究の世界的進展の中で、高温磁化不均一プラズマの乱流と構造形成の機構解明が必須の重要課題であり、この研究はその定式化を目指す。

### 3. 研究の方法

研究計画は、3つの柱からなる：(i)遠非平衡プラズマの非線形・統計理論の体系化、(ii)非線形シミュレーションによる素過程検証と輸送シミュレーションによる検証や普遍化、(iii)直線磁化プラズマを用いた乱流実験及びCHS実験による構造形成や確率遷移の詳細研究。理論・実験・シミュレーションを統合して法則化を目指した。国際諮問委員会を設け、国際諮問委員による評価を受けるなど自主的な評価にも力を注いだ。

役割分担：研究グループと、当初のテーマを下図に掲げる。分担者や連携研究者、研究協力者の役割分担も示している。

代表者伊藤早苗は、全体の研究ビジョンと計画を造り、責任をもって研究成果のとり纏め、統合して研究を進める研究方法の開拓についても中心になって推進した。

<b>理論研究</b> 伊藤、伊藤、 Diamond	<b>構造相転移の確率統計理論</b> <b>乱流構造形成における非線形分配則とダイナミクス</b>
<b>シミュレーション研究</b> 矢木、福山、 糟谷、Hallatschek	<b>飽和機構・電磁場発生法則の発見と検証</b> <b>輸送シミュレーション</b>
<b>実験研究</b> 藤沢、河合、 篠原、永島、 山田、鎌滝	<b>乱流輸送、構造相転移、帯状流・ダイナモの実測・検証</b>

### 4. 研究成果

この研究では、高温磁化不均一プラズマにつ

いて、乱流と構造形成の機構を解明し自律的構造の遷移と選択則を得ることを目的とする。理論解析・シミュレーション・実験を統合することによって検証された法則として定式化をめざす。この目的を果たすべく、理論研究では、乱流と構造形成の非線形機構を解明(特に異なるスケールの帯状流を繰り込んだ乱流輸送理論)するとともに乱流統計理論を体系化した。シミュレーションでは、乱流に関する大域的な非線形シミュレーションを行って、大域的な構造形成過程やダイナミクスを解明した。実験では乱流場の直接観測、メゾスケール非線形構造(帯状流やストリーマー、帯状磁場)の観測に成功し、更に揺動間の非線形相互作用を定量的に観測する事にも成功した。これらの成果は世界の研究水準を大きく引き上げ、プラズマ乱流物理学の新展開をもたらした。理論解析・シミュレーションおよび実験を統合する研究手法を実現し成果を上げた事も、今後の研究可能性を開拓したという点で意味が大きい。格段の進歩をもたらした代表的な成果を具体的に説明する。(引用文献は「10.研究発表」の稿での番号を示す。)

理論研究の主要テーマとして①プラズマ乱流構造形成の確率理論②多スケール乱流の非線形理論に大きな展開をもたらした。まず、プラズマ乱流統計理論として”dressed test mode”法と呼ぶ伊藤の方法を、非平衡統計力学における森の射影演算子法によって再構成した。これは本研究計画で進めている構造相転移の選択則の基盤である。乱流構造の寿命という概念を提示し、ダイナミクス研究の基礎概念を提示した(図1)[14]。

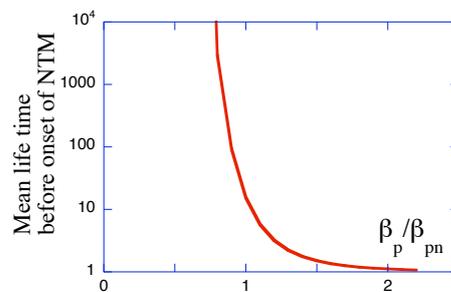


図1：非線形MHDモードにより良好な閉じ込め状態が消える迄の寿命を圧力の関数として示す。

同時に、速度分布の乱流への応答もプラズマ乱流の重要なダイナミクスを決める機構であり、速度分布関数の非線形ノイズの定式化も含め、乱流非線形理論を体系化する事が出来た[1b]。多スケール乱流について、乱流と乱流輸送の描像を一新する理論体系を作り上げた。典型的なものは帯状流やストリーマーである。(帯状流は、トーラス面の上で

は一定の値を持ちプラズマの半径方向に変動する径電場によるメゾスケールのプラズマ流である。微視的乱流によって誘起され乱流を抑制する。ストリーマーは波動がポロイダル方向に収束し半径方向に伸び、乱流輸送を強める効果を持つ。「帯状流やストリーマーを着た乱流」を重点課題として推進した。理論研究を進め帯状流に関する総合的研究論文 [8,15] がまとめられた。個々の過程としては、帯状流を不安定化する機構とドリフト波への逆作用、帯状流の飽和機構、帯状流を着た乱流による輸送係数、ストリーマーとドリフト波の競合等を解明した[8,6b]。これらを通じて、微視的乱流・メゾスケール揺動・巨視的分布が一体として形作る乱流構造を解明し、起こりうる乱流構造の選択則を総合的に提示した[6]。

乱流輸送の理論式も帯状流効果を繰り込んだものに改訂した。世界の研究を指導する成果が上がり、本分野の世界的研究の一頂点と言える。更に、帯状流を介在とする輸送分岐理論を展開し、トカマクプラズマのHモード遷移と呼ばれる構造相転移において、二次元構造の界面が出来ることを理論的に示した[16]。天体プラズマの磁流構造を提案する[13]など、新領域にも拡張した。

シミュレーションでは、多重スケールの物理を研究するための新しいコード群が開発された。トーラスプラズマについて、乱流揺動とメゾスケール揺動(帯状流)の非線形結合が数値実験で明確に観測され、乱流輸送の理論式を検定した[8]。大域的乱流コードを開発し、微視的揺動を巨視的構造・ダイナミックスの相互作用を研究した。その結果、微視的な乱流揺動が急速に成長することによって巨視的なMHD(磁気流体力学)不安定性を早く成長させることを発見し、多重スケールの非線形機構が共存するプラズマでは突発的MHD崩壊が起きる道筋の一つを発見した[11]。崩壊現象のダイナミックスを将来研究する鍵を新たに見出している。輸送障壁の形成についても研究が進み(図2)、局所的な線形安定性に束縛されるのではなく、大域的な機構によって輸送障壁が作られることが示された。異なったスケールのダイナミックスが直接結合する非線形過程のレビューを行った [3]。輸送現象を表現するときに単純な「拡散過程」では表現できない機構があり、時空間歇性を含めて研究進展を体系化した。トカマク実験の予言力あるコードの発展についても成果を上げた。輸送コードシステムTASKは日本を代表して国際的にも高い評価を受け国際熱核融合実験炉(ITER)の計画を先導しているが、その公開・刊行の作業を進めた。更に、直線プラズマ実験の設計解析のための「数値直線プラズマ numerical linear device: NLD」を開発した。実験で用いられる

直線プラズマを対象にシミュレーションをおこない。乱流構造間(ストリーマーと帯状流)の遷移を予言し、実験による発見を先導した[5]。これも世界最先端の成果である。

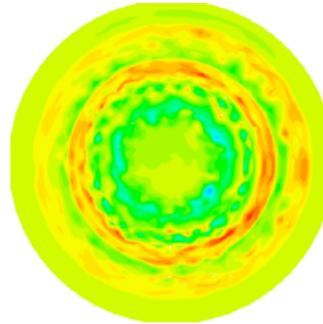


図 2: 揺動のプラズマ断面分布。層状の構造を持つ。

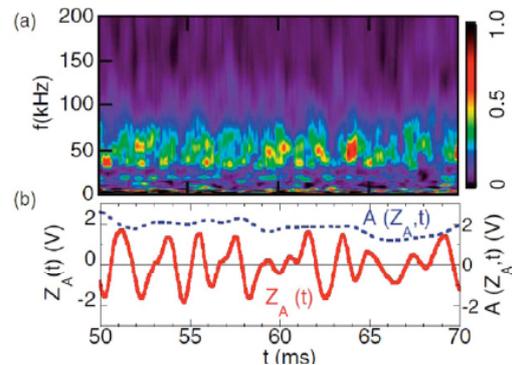


図 3: 微視的揺動の周波数スペクトルの時間発展(a)と帯状流電場の時間発展(b)。

実験では、トーラスプラズマにおいて、世界で初めて帯状流の実験的検証を得た。帯状流の存在の確認と構造の観測、帯状流による乱流輸送の抑制をCHS トーラス実験により世界で初めて実証することが出来、新しい乱流輸送の描像を確固としたものへ展開させた(図3) [1,9,17]。高次相関解析(bicoherence解析)を乱流と帯状流の共存する系に適用し、初めてbiphase解析を実施したことを含め、帯状流と乱流揺動の非線形結合の強度を定量的に実測することに世界で初めて成功した。理論的予測との比較にも成功した。乱流の中の揺動同士の結合度を定量的に研究しうることを実証した[1]。帯状流やその一種である測地曲率音波(GAM, geodesic acoustic mode)と微視的揺動との非線形結合を観測する事に成功し[2]、その成果をふまえ、微視的揺動のモジュレーションを観測する事によって巨視的・メゾスケールの揺動を探索するという新たな実験手法を提示した。直線プラズマ実験では、プラズマ中の乱流構造のための多点高精度計測・解析実験システムを駆使し、乱流の非線形過程を研究した。揺動による帯状流生成の詳細研究を進め、微視的揺動

の帯状流によるモジュレーション結合を詳細に解明した[12]。更にストリーマーを発見し、ドリフト波揺動との非線形結合の測定にも成功した(図4)[4]。交換型不安定性波に外部から印可された浮遊電位振動を重畳する実験を行い、動的応答を観測する事によって非線形相互作用を詳細に観測するという、新しい研究手法を得た。また、メソスケール・ダイナモ(帯状磁場)の発見に成功した[7]。ダイナモ磁場の発生の物理のなかで、「熱対流乱流が平均磁場を作る」という基本的な過程を世界で初めて実験で観測した。これらの数々の世界初の研究成果を通じ、微視的乱流・メソスケール揺動・巨視的分布が一体として形作る乱流構造と選択則を検証した。プラズマ実験研究に新機軸をもたらし、「乱流プラズマ実験学」を創始したものである。

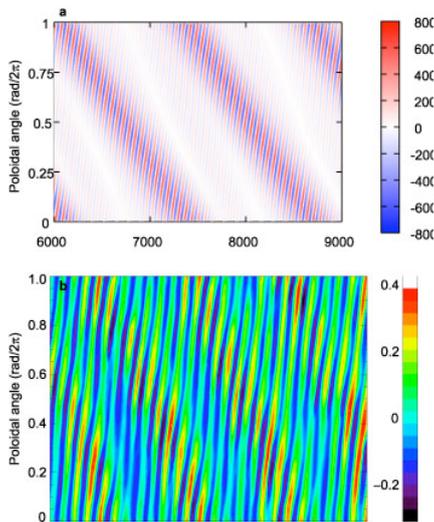


図4: 直線磁化プラズマに於けるストリーマー。時間(横軸)およびポロイダル角(縦軸)の面上に、揺動場を示す。上はシミュレーションの結果、下はLMD-Uに於ける観測。揺動がバンチしゅっくりポロイダル方向に伝わっている。

これらの成果は、「理論・シミュレーション・実験の統合」と言う本プロジェクトの手法の成功によっている。この手法は世界の研究者を巻き込んで発展しており、理論を基盤に Plasma Physics and Controlled Fusion 誌に *Experimental studies of zonal flow and turbulence* を主題とする特集号や多くのレビュー[1,3,6,8,15]を実現するなど実験的検証を促し、世界のプラズマ乱流物理学の研究動向を指導した。Cambridge 大学出版から *Series of Modern Plasma Physics* の執筆が進んでおり、第一巻が印刷にかかった[1b]。

核融合燃焼プラズマを実現すべく ITER 計画も進められているが、帯状流による乱流輸送抑制を理論・シミュレーション・実験により統合的に実証した本研究は、核融合研究に

対しても大きなインパクトを持っている。その他、太陽の磁流構造の研究成果をモノグラフ“Solar Tachocline”(Cambridge 2007)の一章に論述している[5b]。プラズマ物理の体系化から発して、核融合研究や自然界のプラズマ(天体现象含む)の解明にも成果を上げ、乱流プラズマの総合的理解に大きく寄与した。

現代プラズマ物理学の体系化と言う目的について当初予想を大きく上回る大きな世界的成果が上がった。「線形不安定性、局所的輸送理論、決定論的予測」という従来のプラズマ物理の描像に対し、本研究によって「非線形機構による励起、非局所的な大域的理論、確率統計的描像」という新たな体系が確立され、乱流プラズマの描像が一新され、研究潮流が変わるほど世界的に大きなインパクトを持った成果を上げる事が出来た。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (査読済み論文計 145 件)

- [1] A. Fujisawa, A review of zonal flow experiments, Nucl. Fusion Vol. **49** (2009) 013001 (42pp)
- [2] Y. Nagashima, S.-I. Itoh, S. Shinohara, M. Fukao, A. Fujisawa, et al., Identification of the parametric-modulational instability of the drift wave-zonal flow systems in a cylindrical laboratory plasma, Phys. Plasmas Vol. **16** (2009) 020706
- [3] M. Yagi, S.-I. Itoh, K. Itoh and P. H. Diamond, Disparate scale nonlinear interaction in edge turbulence, Contrib. Plasma Phys. Vol. **48** No.1-3, (2008) 13-22
- [4] T. Yamada, S.-I. Itoh, T. Maruta, N. Kasuya, Y. Nagashima, S. Shinohara, K. Terasaka, M. Yagi, S. Inagaki, Y. Kawai, A. Fujisawa and K. Itoh, Anatomy of plasma turbulence, Nature Phys. Vol. **4** (2008) 721-725
- [5] N. Kasuya, M. Yagi, K. Itoh and S.-I. Itoh, Selective Formation of Turbulent Structures in Magnetized Cylindrical Plasmas, Phys. Plasmas Vol. **15** (2008) 052302
- [6] S.-I. Itoh, Project Review: Research on Structural Formation and Selection Rules in Turbulent Plasmas (in Japanese), J. Plasma Fusion Res. Vol. **83** No.3 (2007) 241
- [7] A. Fujisawa, K. Itoh, 17名, Y. Nagashima, S.-I. Itoh and P. H. Diamond, Experimental Evidence of a Zonal Magnetic Field in a Toroidal Plasma, Phys. Rev. Lett. Vol. **98** (2007) 165001
- [8] K. Itoh, S.-I. Itoh, P. H. Diamond, 1名, A. Fujisawa, 1名, M. Yagi and Y. Nagashima, Physics of Zonal Flows, Phys. Plasmas Vol. **13** No. 5 (2006) 055502
- [9] A. Fujisawa, 3名, K. Itoh, 14名, S.-I. Itoh, 2名, P. H. Diamond, Turbulence and transport characteristics on a barrier in a toroidal plasma, Plasma Phys. Control. Fusion Vol. **48** (2006) S205
- [10] S.-I. Itoh, K. Itoh and H. Mori, On the basis of statistical theory of strong turbulence in inhomogeneous plasmas, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. **75**

No.3 (2006) 034501(1-9)

[11] M. Yagi, S. Yoshida, S.-I. Itoh, 3名, K. Itoh, et al., Nonlinear Simulation of Tearing Mode and m=1 Kink Mode Based on Kinetic RMHD Model, Nucl. Fusion Vol. **45** No.7 (2005) 900-906

[12] Y. Nagashima, 11名, Observation of nonlinear couplings between small-poloidal wave-number potential fluctuation and turbulent potential fluctuations in ohmically heated plasmas in the JFT-2M tokamak, Phys. Rev. Lett. Vol. **95** (2005) 095002(1-4)

[13] S.-I. Itoh, K. Itoh, A. Yoshizawa and N. Yokoi, Periodic change of solar differential rotation, The Astrophysical Journal Vol. **618** No.10 (2005) 1044-1048,

[14] S.-I. Itoh, K. Itoh and M. Yagi, Life time of plasma states near transition boundary, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. **74** No.3 (2005) 947-950

[15] P. H. Diamond, S.-I. Itoh, K. Itoh and T.S. Hahm, Zonal Flows in Plasma - A Review, Plasma Phys. Control. Fusion Vol. **47** No.3 (2005) R35-R161

[16] N. Kasuya and K. Itoh, Two-dimensional structure of plasma flow and particle pinch in tokamak H-mode, Phys. Rev. Lett Vol. **94** (2005) 195002 (1-4)

[17] A. Fujisawa, K. Itoh, 17名, S.-I. Itoh and P. H. Diamond, Identification of Zonal Flows in Toroidal Plasma, Phys. Rev. Lett. Vol. **93** No.16 (2004) 165002(1-4)

〔学会発表〕 (計 440 件)

[1a] Y. Nagashima, Experimental study on nonlinear processes of turbulence in toroidal plasmas / fundamental linear plasmas (Award lecture) (64th Annual Meeting of the Physical Society of Japan (2009/03/27-03/30, Rikkyo Univ., (Ikebukuro Campus), Tokyo, Japan)

[2a] M. Yagi, Nonlinear Drive of Tearing Mode by Microscopic Plasma Turbulence (Award lecture) (25th Annual Meeting of the Japan Society of Plasma Science and Nuclear Fusion Research, 2008/12/03-12/05, Utsunomiya, Japan)

[3a] K. Itoh, A Quarter Century of H-mode Physics - A View of Theorists (Lecture at Festkolloquium for Prof. Wagner, 2008/11/27, Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Greifswald, Germany)

[4a] S.-I. Itoh, Structure formation in turbulent plasmas (Plenary Talk) (14th International Congress on Plasma Physics (ICPP2008), 2008/09/08-09/12, Fukuoka, Japan)

[5a] S.-I. Itoh, In Search of Plasmas (Lecture for Governors of Fukuoka and Saga Prefectures, 2008/05/29, Fukuoka)

[6a] S.-I. Itoh, Plasma turbulence (Invited talk) (62nd Annual Meeting of the Physical Society of Japan, 2007/09/21-09/24, Hokkaido Univ., Sapporo, Japan)

[7a] A. Fukuyama, Integration Strategy of the TASK Code (ITER Integrated Modeling Workshop on Component Interface, 2007/9/10-14, Cadarache, France)

[8a] M. Yagi, Disparate scale nonlinear interactions in edge turbulence (Review talk) 11th International workshop on Plasma Edge Theory in Fusion Devices, 2007/05/23, Takayama, Japan)

[9a] A. Fujisawa, et al., Experimental Progress on Zonal Flow Physics in Toroidal Plasmas (OV4-4) (21st IAEA Conference on Fusion Energy 2006, 2006/10/16-21, Chengdu, China)

[10a] K. Itoh, Physics of Zonal Flows (Review talk) (47th Annual Meeting of the American Physical Society Division of Plasma Physics, 2005/10/24, Denver, USA)

[11a] A. Fukuyama, Improved confinement: Projection for burning devices (Review talk) (10th H-mode workshop, 2005/09/28-30, St. Petersburg, Russia)

(以上の他約 150 件の招待講演や約 280 件の国際会議講演や学会講演を行っている。)

〔図書〕 (計 8 件)

[1b] P. H. Diamond, S.-I. Itoh, K. Itoh, *Physical Kinetics of Turbulent Plasmas* (Cambridge University Press, in press, planned publication 2009) 570 pages

[2b] S.-I. Itoh, M. Shindo, S. Inagaki, M. Yagi (ed.): *Second ITER International Summer School - Confinement* (AIP, 2009) AIP Conference Proceedings 1095, 以下分担執筆

[3b] K. Itoh and S.-I. Itoh, Turbulent transport and structure formation in plasmas (in Japanese) in *Turbulence and Flow* (ed. N. Yokoi, H. Shimomura, F. Hamba, M. Okamoto, Baihukan, 2008) pp.191-216

[4b] S.-I. Itoh, Fusion Research and Plasma Physics, in *World of Modern Physics* (ed. M. Ninomiya) (Kodansha, planned publication 2010) in press

[5b] P. H. Diamond, S.-I. Itoh, K. Itoh and L. Silvers,  $\beta$ -Plane MHD Turbulence and Dissipation in the Solar Tachocline in *The Solar Tachocline* (ed. D. Hughes, N. Weiss, Cambridge University Press, 2008) pp.213-239

[6b] K. Itoh, S.-I. Itoh, P. H. Diamond, A. Fujisawa, Y. Nagashima, M. Yagi, A. Fukuyama, T. S. Hahm, K. Hallatschek, G. R. Tynan, Physics of Zonal Flows, in *Turbulent transport in fusion plasmas* (AIP, 2008) AIP Conference Proceedings 1013, pp.106-126

[7b] S.-I. Itoh and K. Itoh, From dressed particle to dressed mode in plasmas, in 'In Memoriam Professor Radu Constantiu Balescu' Physics AUC (vol.17, part I, 2007) 44-58

[8b] F. Spineanu, M. Vlad, K. Itoh and S.-I. Itoh, Review of analytical treatments of the barrier-type problems in plasma theory, in *Trends in Chemical Physics* (NOVA Science Publisher, 2006) pp.1-69

〔その他〕

ホームページ等

<http://tokusui.riam.kyushu-u.ac.jp/index.html>

輸送統合コード TASK 公開

<http://bpsu.nucleng.kyoto-u.ac.jp/bpsu/>

研究紹介・一般広報

○「1st Itoh Project Prize in Plasma Turbulence」(2005), [http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index\\_](http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index_)

read.php?kind=&S\_Category=T&S\_Page=Main&S\_View=&word=&page=11&B\_Code=379

○「2<sup>st</sup> Itoh Project Prize in Plasma Turbulence」(2006), [http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index\\_read.php?kind=&S\\_Category=&S\\_Page=&S\\_View=&word=&page=&B\\_Code=487](http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index_read.php?kind=&S_Category=&S_Page=&S_View=&word=&page=&B_Code=487)

○「3<sup>rd</sup> Itoh Project Prize in Plasma Turbulence」(2007), [http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index\\_read.php?kind=&S\\_Category=&S\\_Page=&S\\_View=&word=&page=&B\\_Code=1012](http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index_read.php?kind=&S_Category=&S_Page=&S_View=&word=&page=&B_Code=1012)

○「4<sup>th</sup> Itoh Project Prize in Plasma Turbulence」(2008), [http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index\\_read.php?kind=&S\\_Category=&S\\_Page=&S\\_View=&word=&page=&B\\_Code=1653](http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index_read.php?kind=&S_Category=&S_Page=&S_View=&word=&page=&B_Code=1653)

○伊藤早苗にプロヴァンス大学より名誉博士号授与(九大広報) [http://www.kyushu-u.ac.jp/magazine/kyudai-koho/No.46/46\\_16.html](http://www.kyushu-u.ac.jp/magazine/kyudai-koho/No.46/46_16.html)

○研究成果Nature Physicsに掲載(九大広報) [http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index\\_read.php?kind=&S\\_Category=T&S\\_Page=Main&S\\_View=&word=&page=6&B\\_Code=1346](http://www.kyushu-u.ac.jp/topics/index_read.php?kind=&S_Category=T&S_Page=Main&S_View=&word=&page=6&B_Code=1346)

#### 新聞掲載

朝日新聞 (2008年8月8日)

日本経済新聞 (2007年10月23日)

西日本新聞 (2007年10月22日)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伊藤 早苗 (ITOH SANAE-I.)  
九州大学・応用力学研究所・教授  
研究者番号: 70127611

### (2) 研究分担者

矢木 雅敏 (YAGI MASATOSHI)  
九州大学・応用力学研究所・教授  
研究者番号: 70274537

篠原 俊二郎 (SHINOHARA SHUNJIRO)  
九州大学・大学院総合理工学研究院・  
准教授、研究者番号: 10134446 (H20. 3. 31  
まで、その後研究協力者)

稲垣 滋 (INAGAKI SHIGERU)  
九州大学・応用力学研究所・准教授  
研究者番号: 60300729 (H19. 4. 1以降)

伊藤 公孝 (ITOH KIMITAKA)  
核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部・  
教授、研究者番号: 50176327

藤澤 彰英 (FUJISAWA AKIHIDE)  
核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部・  
准教授、研究者番号: 60222262

福山 淳 (FUKUYAMA ATSUSHI)  
京都大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 60116499 (H20. 3. 31 まで、  
その後連携研究者)

河合 良信 (KAWAI YOSHINOBU)  
九州大学・応用力学研究所・特任教授  
研究者番号: 10038565 (H18. 12. 22 まで、  
その後 H20. 3. 30 まで研究協力者)

### (3) 海外共同研究者

P. H. Diamond  
カリフォルニア大学サンディエゴ校  
理学部・教授

K. Hallatschek  
マックスプランク・プラズマ研究所・  
研究員

### (4) 研究協力者

糟谷 直宏 (KASUYA NAOHIRO)  
核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部・  
助教、研究者番号: 20390635

永島 芳彦 (NAGASHIMA YOSHIHIKO)  
東京大学大学院・新領域創成科学研究科・  
助教、研究者番号: 90390632

山田 琢磨 (YAMADA TAKUMA)  
東京大学大学院・新領域創成科学研究科・  
助教、研究者番号: 90437773

餘永 芙美 (YONAGA FUMI)  
九州大学・応用力学研究所・テクニカル  
スタッフ

大塚 史子 (OTSUKA FUMIKO)  
九州大学・応用力学研究所・学術研究員:  
当時(H17. 4. 1~H18. 3. 31)

M. Ignatenko  
九州大学・応用力学研究所・学術研究員:  
当時(H17. 10. 1~H19. 3. 31)  
研究者番号: 80423490

鎌滝 晋礼 (KAMATAKI KUNIHIRO)  
九州大学・応用力学研究所・日本学術  
振興会博士研究員(H20. 12. 1より)