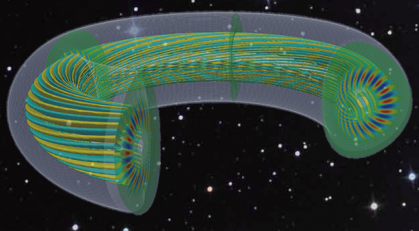
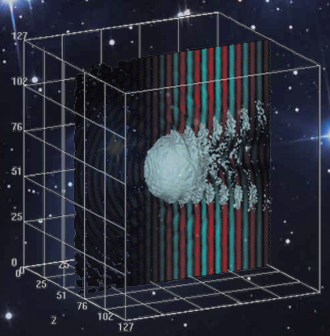
非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニット

—分野を横断した次世代プラズマ科学の探求—

京都大学学際融合教育研究推進センター

Annual Report 2020





$$\frac{\partial N}{\partial t} = \gamma_L N - \gamma_{NL} N^2 - \alpha_1 U^2 N - \frac{\beta}{\beta'}\alpha_2 G^2 N - \frac{\beta\beta_2}{\beta'\beta_2'}\alpha_3 V^2 N$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -\frac{1}{2}\gamma_{damp} U + \frac{1}{2}\alpha_1 UN - \beta G$$

CONTENTS

- ごあいさつ
- ユニットについて
- 研究領域の紹介
  - 核融合プラズマ研究領域
  - 光量子・基礎プラズマ研究領域
  - 非線形・非平衡プラズマ数理研究領域
- 共同研究活動の紹介
  - QST 核融合エネルギー部門との連携協力に関する協定締結記念式典
  - QST 那珂核融合研究所における「オンサイトラボ」の設置
  - 【コラム】「JT-60SA」とは？
  - 西南物理研究所との協力研究について
- プラズマ科学セミナー
  - 森林 健悟　上席研究員（量子科学技術研究開発機構）
  - 仲田 資季　准教授（核融合科学研究所）
  - 秀　 道広　教授・副学長（広島大学）
  - 佐藤 雅彦　助教（核融合科学研究所）
  - 田口 俊弘　客員研究員（日本原子力研究開発機構）
  - 中嶋　 隆　准教授（エネルギー理工学研究所）
  - 浅井 朋彦　教授（日本大学）
  - 【コラム】「ゼロエミッションエネルギー」研究拠点とは？
- アクティビティカレンダー
- メンバー一覧

ごあいさつ

── 非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニットの発足に際して ──

近年のプラズマ研究の進展を背景に、令和２年２月に、エネルギー科学研究科を主担当部局として、本学および国内外のプラズマ研究を支える幅広い学術分野の研究者や同様の現象に支配される物質科学や生命・生物科学、数理科学などに携わる幅広い分野の研究者との緩やかな連携を通して、プラズマの持つ大きな可能性を追求する「ユニット」と呼ばれる京都大学学際融合教育研究推進センターに位置付けられる部局横断組織を立ち上げました。ユニット名は、新奇な現象の起源と考えられる“非線形”や“非平衡”という学術用語を借りて「非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニット」としました。このユニットを分野横断的・融合的な闊達な議論を通して新しい研究のアプローチや方法論を開拓するプラットホームとして、幅広いプラズマに関わる諸課題を解決していきたいと考えています。

具体的には、核融合プラズマ領域、光量子・基礎プラズマ領域、それらを支える理論基盤である非線形･非平衡数理領域の三つの研究領域をユニット内に設け、それぞれの専門分野に応じた研究活動とともに、相互に連携した分野横断的な交流を通して、次世代を切り開く高性能で高機能のプラズマ実現に関する学理の構築と当該分野を牽引する人材育成を行いたいと考えています。

発足時に、本エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所、工学研究科の関連研究室や研究者に参加いただいていますが、今後さらに多くの研究者に参加いただき、闊達で自由な議論を通して、次世代のプラズマ科学の探究をしたいと考えています。本ユニットの立ち上げにご協力いただきました教職員の皆様にお礼を申し上げるとともに、引き続きご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

ユニット長　**岸　本　泰　明**

非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニットについて

異分野の研究者との積極的な連携・協力を通して幅広い知識や知見を共有することにより、複雑性と多様性に満ちた「形のないものから形を創る（構造形成に関わる）」プラズマの学理と応用を分野横断的・俯瞰的に探究する研究活動を展開することを目的としてユニットを立ち上げました。これにより次世代を担う高性能・高機能なプラズマ創成の新しい研究のアプローチや方法論を開拓するとともに、それらを牽引する人材育成に貢献します。

プラズマ研究の現在地

プラス電荷のイオンとマイナス電荷の電子の集合体であるプラズマは、物質の三態として知られる固体・液体・気体に続く四番目の状態として、様々な温度・密度領域で存在しており（図１）、中性の媒質とは異なった多様で豊富な構造や運動を作り出します。このプラズマは、次世代のエネルギーを目指した核融合研究や最先端のレーザー技術を利用した光量子研究、太陽や惑星磁気圏を含む宇宙・天体研究をはじめとした幅広い学術・応用研究の一端を担っています。

京都大学は、プラズマ研究の長い歴史があり、様々なプラズマに関する実験・計測研究や理論・シミュレーション研究、炉工学・材料研究などを研究の黎明期から国内外の研究機関・研究者と協力して推進してきた経緯があります。

一方、このようなプラズマを地上で生成したり、制御したりすることは想像以上に難しく、核融合プラズマも光量子プラズマも実用化に資するにはさらに時間が必要とされています。これは「20世紀の物理学」（丸善2004）に「20世紀のプラズマ物理の歴史は、……地球においてプラズマ現象が持つ隠れた重要性や、宇宙におけるはっきりした重要性について、ほとんど認識のない状況のもとで始まった」と書かれていることからも想像に難くありません。しかし、21世紀になった今日、“プラズマ現象が持つ隠れた重要性”は次第にひも解かれ、プラズマは「形のないものから形（構造）を創る」という宇宙の一大イベントに深い関わりを持っていることが分かってきました。

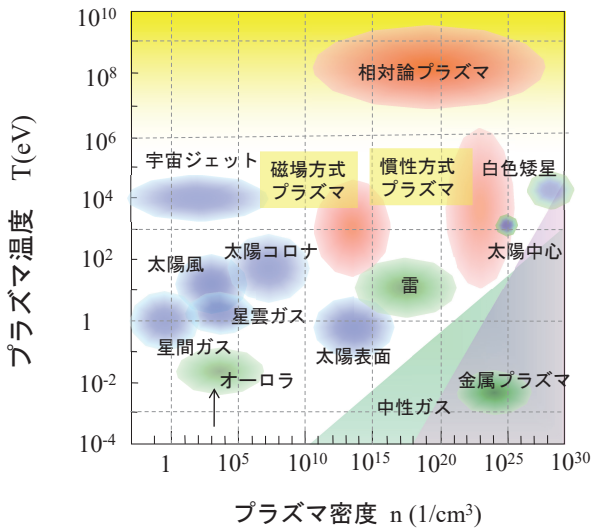


図１　宇宙・実験室における様々なプラズマ

その結果、プラズマ研究は大きく進展し、核融合研究では、ITER（イーター）と呼ばれる国際協力のトカマク装置（2025年完成予定）で初めて燃焼するプラズマを作り、核融合エネルギーを手にしようとしています。光量子研究では、最先端のレーザー技術を使って、相対性理論が支配するような高エネルギー密度状態のプラズマを生成して、宇宙の極限現象の解明や産業・医療応用に資するコンパクトな加速器などを実現しようとしています。このように、

プラズマ研究は新たなフェーズに差し掛かろうとしています。しかし、これらがより実用化に近づき、プラズマのエネルギー密度が上がれば上がるほど、従来の理論の枠組みや考え方では容易に説明がつかない複雑で新奇な現象が次々と現れ、これまでの要素還元的なアプローチや限られた専門分野の知見に頼っているだけでは限界があることも分かってきました。

交流、連携による研究発展への期待

これらの難題を克服しつつ、核融合・光量子プラズマを中心に、次世代のプラズマ研究を成功に導くには、国家レベルのプロジェクト研究への積極的な参画を通して大学が当該プラズマ研究を牽引・推進し、同様の過程が本質的な役割を果たす物質科学や生命・生物科学、数理科学など、異分野との積極的な交流を通して多様な知見を集約することにより、プラズマ研究の更なる展開が期待されます。これは、プラズマ分野において発展してきた研究のアプローチや方法論を他分野に広める活動でもあり、プラズマ物理学としての普遍性・一般性を向上させることにつながると考えられます。

分野横断交流と活用ができる仕組みづくり

これらの観点を踏まえ、本ユニットでは、核融合プラズマ領域、光量子・基礎プラズマ領域、それらを支える理論基盤である非線形・非平衡数理領域の三つの研究領域をユニット内に設け、それぞれの専門分野に応じた研究活動とともに、相互に連携した分野横断的な交流を通して、新概念・新手法のプラズマ閉じ込め概念の創出や関連理論・シミュレーション・実験研究に挑戦し、また次世代を切り開く高性能で高機能のプラズマ実現に関する学理の構築と当該分野を牽引する人材育成を行いたいと考えています（図２）。また、本ユニットを窓口として、個々の研究者ではアクセス困難な国内外の国家プロジェクトレベルの研究資源を積極的に活用できる仕組みを構築し、中長期的な視野に立った核融合・光量子プラズマ研究および基礎・応用プラズマ研究を本学で推進するとともに、それらを担う人材育成に貢献したいと考えています。

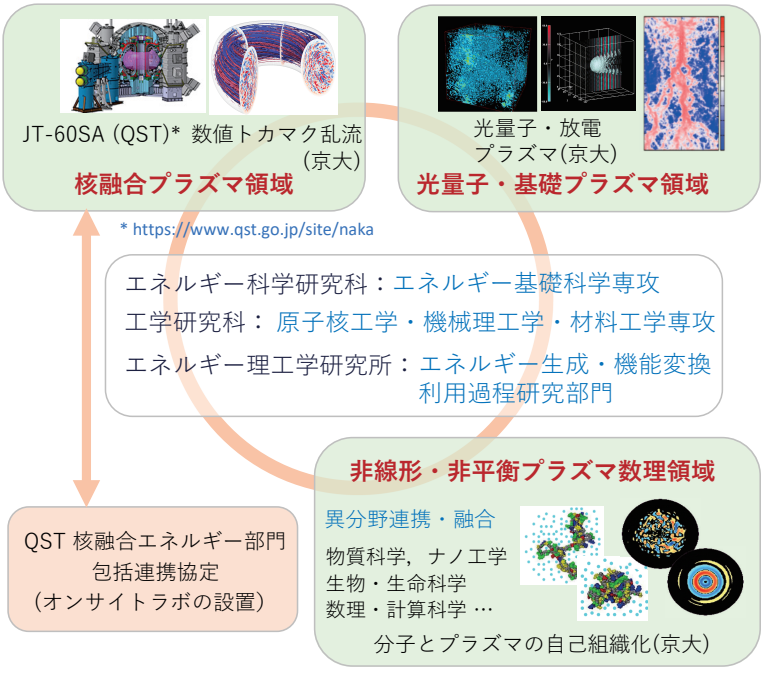


図２　非線形・非平衡プラズマ科学ユニット

ユニットの三つの研究領域について

核融合プラズマ領域、光量子・基礎プラズマ領域、それらを支える理論基盤である非線形・非平衡プラズマ数理領域の三つの研究領域をユニット内に設け、それぞれの専門分野の研究活動とともに、相互に連携した分野横断的な交流を通し、次世代を切り開く高性能で高機能のプラズマ実現に関する学理の構築と当該分野を牽引する人材育成を目指しています。

【核融合プラズマ研究領域】

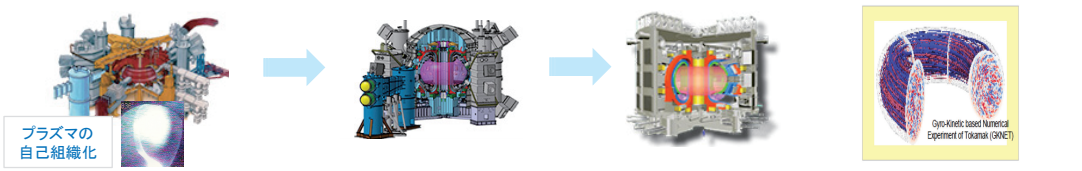
Keyword：磁場閉じ込め核融合／乱流輸送／輸送障壁／ JT-60SA ／ ITER

次世代の恒久的なエネルギー源を目指した核融合研究は、荷電粒子多体系であるプラズマを媒質として、時空間スケールの大きく異なった磁場方式（トカマクやヘリカルなど）と慣性（レーザー）方式（レーザー・粒子ビームなど）が、50年を上回る歳月をかけて独自に発展し、前者はITER（国際熱核融合炉）、後者はNIF（米国国立点火施設）において、共に燃焼プラズマを見越せるレベルに到達しました。

特に前者の磁場方式ではITER計画が国際協力のもとに進められ、日本は主要参加国として、量子科学技術研究開発機構（QST）を国内の窓口機関として、研究活動に参画しています。また、QSTでは、欧州との「幅広いブロードアプローチ（BA）活動」に基づく超伝導トカマクJT-60SA計画が進められ、2019年度末に装置が完成し、2021年度から実験研究を開始する予定です。JT-60SAは、国内重点化装置としても位置付けられ、高性能定常状態を長時間持続する装置として日本における核融合研究推進の貴重な資源となります。

本ユニットは、これらの最先端の核融合装置を本学の研究資源として活用する共通のプラットホームとして位置付け、次世代の核融合プラズマ研究を展開していきたいと考えています。また、本ユニットでは中国の西南物理研究所（SWIP）と共同研究を実施しており、同研究所のトカマク装置HL-2Aや2020年12月に初放電に成功したトカマク装置HL-2Mを用いて、乱流輸送の抑制や輸送障壁の形成を中心としたプラズマの閉じ込め性能の向上に関する研究を進めています。輸送障壁とは、プラズマの周辺や内部の狭い領域で温度や密度が急峻に変化する現象ですが、これが出現するとプラズマの乱流輸送は大きく抑制され、閉じ込め性能が大幅に向上します。この輸送障壁の形成は高性能の核融合プラズマを実現する上で重要な鍵を握っており、本ユニットの重要課題として、実験とシミュレーションの双方からそのメカニズムの解明に取り組みます。

高性能・燃焼プラズマの実現



臨界トカマク
JT-60（1985-2008）

超伝導トカマク
JT-60SA（2020 完成）

国際熱核融合炉
ITER（2025）

スーパーコンピュータ
と数値核融合炉

https://www.qst.go.jp/site/jt60/5150.html

【光量子・基礎プラズマ研究領域】

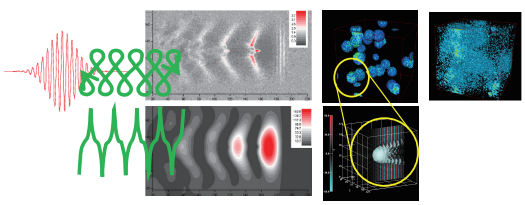
Keyword：高強度レーザー／レーザー・プラズマ相互作用／高エネルギー密度プラズマ／プラズマの保持

核融合研究では、磁場方式とともに、高強度のレーザーを利用したレーザー方式（レーザー核融合）のアプローチがあり、国内外で研究が進展しています。特に、1980年代に開発されたCPA（Chirped Pulse Amplification）法を契機としてレーザーの高強度化が飛躍的に進展し、現在は集光強度が$10^{18\text{-}20}$ W/cm^2 領域の高強度レーザーが稼働しており集光強度が10^{22} W/cm^2 に達する高強度レーザーも実現しています。これらのレーザーで生成されるプラズマのエネルギーは相対論領域に達し、高エネルギー密度プラズマとして参照されます。このようなプラズマを利用することで、多様な学術・応用研究を展開することができます。

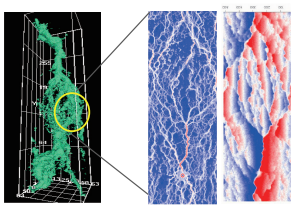
QST関西光科学研究所ではJ-KAREN、理化学研究所では高強度レーザーとX線自由電子レーザー（SACLA）が連動したシステムが稼働しており、光量子科学に関する研究が進展しています。また、大阪大学レーザー科学研究所では、激光XII号・ペタワットレーザーLFELが稼働しており、レーザー核融合を含む高エネルギー密度科学研究が進展しています。欧州においてもELI（Extreme Light Infrastructure）とよばれる世界最高クラスの集光強度（~10^{23} W/cm^2）が可能な高強度レーザーシステムが稼働しつつあり、プラズマ物理学や物質科学をはじめ、実験室宇宙物理学の研究や高エネルギー粒子源や高輝度輻射源の開発が期待されています。本学においても、近年のレーザー技術の著しい発展を背景に、相対論領域の電子運動を引き起こす集光強度が10^{18} W/cm^2 を上回る高強度レーザーの開発研究や関連した理論・シミュレーションを含む多様な応用研究が展開しています。

本ユニットは、これら国内外の研究機関と協力して、これまで独自に発展してきた磁場方式とレーザー方式で得られた知見を融合することによる水素ホウ素熱核融合反応の実現、医療応用に資する高品質のイオンエネルギー源の開発、宇宙の極限現象の解明に向けた学術研究を推進することを目的としています。

高エネルギー密度プラズマの実現



高強度レーザー生成プラズマ(京大)



プラズマ生成・放電過程

【非線形・非平衡プラズマ数理研究領域】

Keyword：非線形／非平衡／数理モデル／自己組織化／エントロピー

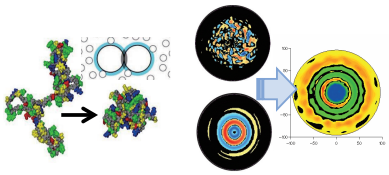
核融合を目指した高温プラズマや高強度レーザーで生成される高エネルギー密度プラズマは、強い非線形性と非平衡性に支配される物質状態であり、それらの特性を通してプラズマは多様な自己組織化機能や構造形成機能を有しています。近年の磁場方式では、安定性や閉じ込め性能を支配する乱流輸送現象や電磁流体力学（MHD）現象において、主要な揺らぎの線形自由エネルギー源のみならず、２次・３次の高次の非線形自由エネルギー源が重要かつ本質的な役割を果たし、それらを通して構造形成を伴う高性能の閉じ込め状態が実現することが分かってきています。また、高強度レーザーで生成される高エネルギー密度プラズマにおいても、自発的な高強度磁場の生成や自己組織化過程を通して多様な構造とダイナミックスが創出され、それらの機能を利用した応用研究や新しい閉じ込め状態実現の期待も高まっています。

一方、自己組織化や構造形成は、生体中におけるタンパク質の折り畳みや各種分子の結合過程において広く観測され、分子生物学や生物物理学の主要な研究テーマです。また京都大学では、平衡系・閉鎖系のエントロピー理論に基づく自己組織化理論の構築を通して、生物・生体系における多様な自己組織化や構造形成に対する理解が進展しています。これらを、上述の非平衡・開放系における磁場プラズマや光量子プラズマの自己組織化や構造形成に関する研究と相互比較することで、双方の従前のアプローチを包含する新しい概念の創出につながる可能性があります。これを成し遂げるプラットホームとしてユニット活動を位置付けることで、プラズマ研究、分子生物学、生物物理学に対して貢献することが期待されています。

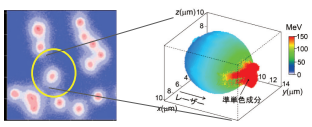
また、そのような自然科学分野における様々な現象の多くは非線形・非平衡です。例えば生命現象では、自己組織的に形成されるパターンや形態、爆発・凝縮といった特異性などが普遍的に現出し、それらを深く理解するためには、多階層・複合現象をもたらす非線形性や、流れや変化が本質となる非平衡性を解明することが必要不可欠です。これは前述の核融合・光量子・基礎プラズマでも同様です。

本ユニットではそのような非線形・非平衡現象に関する研究を、数学的理論研究と大型計算機を用いたシミュレーション研究を相補的に遂行することで、異分野に跨って内在する普遍的な非線形・非平衡現象の発見・理解を目指しています。

様々なプラズマの自己組織化



高分子とプラズマの自己組織化(京大)



光量子プラズマの自己組織化(京大)

QST 核融合エネルギー部門との連携協力に関する協定締結記念式典

我が国の核融合エネルギー・プラズマ研究分野における学術及び科学技術の振興とそれらを担う大学院学生や若手研究者の育成に重要な役割を果たすことを目的に、京都大学非線形・非平衡プラズマ科学ユニットと量子科学技術研究開発機構（QST）核融合エネルギー部門との連携協力に関する覚書を締結しました。令和２年９月２日、オンラインにて記念式典を執り行い、本稿にその様子をまとめました。

協定（覚書）締結の報告とあいさつ

鎌田副所長：京都大学非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニットとQST核融合エネルギー部門との間に「核融合エネルギー分野における連携協力」に関する覚書が締結されました。それを元に、JT-60SAを中心とするプラズマ研究についての包括的共同研究契約を結びましたので、それを祝う式典を開催させて頂きたいと思います。

それでは、量子科学技術研究開発機構核融合エネルギー部門の栗原部門長と京都大学プラズマ科学研究ユニットの岸本ユニット長に挨拶をいただきます。

栗原部門長：量子科学技術研究開発機構核融合エネルギー部門長の栗原でございます。新しい連携協力協定の締結に際しまして、ご挨拶をさせていただきます。

今回の協定は、JT-60SAの運転開始に際しましてオンサイトラボ等の取組みに関することとなります。さかのぼりますと、2008年８月JT-60Uという前の装置がシャットダウンしてから、12年間という長い間大きな装置が国内になかったという状況でしたが、やっとJT-60SAが３月に本体部が完成いたしました。現在、超伝導コイルのフィーダ―の耐圧試験、トカマク装置の絶縁確認の試験などを行っているところですが、今後は真空排気、冷凍機の稼動、コイルを極低温に冷却する作業をすすめていく予定です。一方、無負荷での制御系の試験や模擬負荷を使った電源の試験も現在並行してヨーロッパの作業者と協力しながら行っています。コロナの影響で少し遅れは出ていますが、通電試験の後に2020年中のファーストプラズマを目指して現在作業をしているところです。

ITERの方でございますが、７月28日に組み立て開始式典を現地で行っております。これには、各国の首脳が出席しており、日本は安倍総理の挨拶を萩生田大臣が代読されました。ITERの現在の状況は、日本のトロイダル磁場コイル２基がすでに到着し、韓国製の最初の真空容器も組立室に入り、最初の40度セクター、ITERでは40度ずつ真空容器とコイル２基を組み合わせていき、最終的に360度組んでいきますが、それが目前に迫っている状況です。コロナの影響は避けられませんが、現在その影響を評価しているところです。

このようにDT燃焼プラズマを実現するITERと高圧力プラズマの不安定性抑制技術を実証するJT-60SAの合わせ技で原型炉へのロードマップを着実に進んでいきたいと思っております。また、実証的な原型炉へのアプローチと同時に、プラズマの深い理解に基づくアプローチはその重要性がますます増していると思っているところです。可観測な量が限定的であり、制御アクチュエータも限定的であるトカマクプラズマの挙動の解明・予測はある種のフロンティアのエリアになりますが、その進展に大きな期待を持っています。

今回、そのキーワードがまさに京大の横断的なユ

ニットのお名前である「非線形・非平衡」と考えを一にすることは、多くの識者や核融合研究者の意見の一致するところでありますが、同時にその難しさも多くの方に認識されているところかと思います。

我々の研究しているトカマク装置においても、負の磁気シア放電の閉じ込めの物理やディスラプション現象の物理など、原型炉に向けて様々な課題が残っております。今回設置するオンサイトラボで、JT-60SAを日本の装置としてご活用していただき、これらの課題につきましても、新たな知見や新たな物理を解明したいと思っており、我々も精一杯の協力をするとともに、努力もしていきたいと思っております。

今回京大とQST間で新しい協力協定を締結しましたが、引き続きのご指導を何卒よろしくお願い申し上げまして、ご挨拶に代えさせていただきます。本日はおめでとうございます。本当に意義深い協定締結であると思っております。今後とも、どうぞよろしくお願いいたします。ありがとうございました。

岸本ユニット長：京都大学の非線形・非平衡プラズマ科学ユニット長を拝命している岸本です。先ほど、量子科学技術研究開発機構（QST）那珂核融合研究所 栗原所長よりご挨拶をいただきましたように、QST核融合エネルギー部門と当プラズマ科学研究ユニットは、「我が国の核融合エネルギー・プラズマ研究分野における学術及び科学技術の振興とそれらを担う大学院学生や若手研究者の育成に重要な役割を果たす」ことを目的に、連携協力に関する「覚書」を交わし、本年6月1日に遡って施行されることになりました。

「覚書」となりましたのは、本件に先立って、本学・京都大学とQSTとの間には、「両機関の連携・協力を促進し、我が国の学術及び科学技術の振興に重要な役割を果たす」ことを目的とした「包括連携協力協定」すなわち「親協定」が平成31年2月に締結されていることを受け、その下で、核融合エネルギー・プラズマ研究分野の連携協力を位置付けたことによります。国内の核融合研究に関わる大学において、QST全体と「包括連携協力協定」が締結されているのは京都大学だけであり、すでに環境が整っていたと言えます。

また、この覚書とともに、「JT-60SAを用いた高性能・定常先進プラズマの特性研究」に関する共同研究契約を令和2年度から令和4年度の3年を期間として締結しました。締結に至る過程では、JT-60SAが国内重点化装置であるとともに、EUとの国際共同研究プロジェクトであることから、調整作業に時間を要しました。この間、本「覚書」締結に当たり、栗原所長をはじめ、QSTと京都大学理系共通事務部・法務部の関係者の皆様にご尽力いただいたことに心よりお礼申し上げます。

京都大学は、ヘリカル装置やトカマク装置などを中心に、複数部局をまたがり、多様な核融合プラズマに関する実験研究や計測研究、理論研究やシミュレーション研究、炉工学研究や材料研究などを1960年代の核融合研究の黎明期から国内外の研究機関・研究者と協力して推進してきた経緯があります。この過程で、京都大学とQSTの核融合関連部門とは長い協力研究の歴史があったことは言うまでもありません。

同研究所は、世界の大型トカマク装置の一つである臨界プラズマ実験装置JT-60において数々の研究成果を挙げ、2007年からは、それを定常的に維持するための超電導装置JT-60SA装置の建設を開始、13年の建設期間を通して今年完成するに至っています。建設期間が13年ということは、逆に、この間、QSTの方々は、実験研究を止めて建設に専念されたことになり、QSTの研究者にとっても、またコミュニティーにとっても大きな決断であったと思いますが、それを実施・実現されたことに心より敬意を表する次第です。そのJT-60SAを用いて現在フランスに建設中の国際熱核融合炉ITERに先立ち本格的な高性能定常プラズマ研究に取り組むことができるのはITERを成功に導くことや早期に原型炉を立ち上げる観点からも大きな意味があると考えます。

この間、大学においても、核融合エネルギーだけでなく、様々な学術・応用を目指したプラズマ研究

が進展し、非線形・非平衡、媒質としてのプラズマの理解は大きく進展しました。京都大学の非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニットは、本学および国内外のプラズマ研究を支える幅広い学術分野の研究者と緩やかに連携・協力することにより、核融合プラズマや光量子プラズマを含むプラズマの持つ大きな可能性を追求することを目的に今年２月に発足しました。

その中で、今年完成し、実験フェーズに入るJT-60SAは、ITERと深く関係したEUとの国際共同プロジェクトであり、その環境が日本国内にあることは、加速器分野における欧州加速器連合CERNが日本にあるのと同じ意味を持ち、国際的な共同研究の重要性が指摘される今日、国家レベルの研究プロジェクトに本学の教員や大学院学生が参加できる環境を得たことは大きな意味があります。この間、QST核融合エネルギー部門の栗原所長・鎌田副所長等がご尽力下さり、それを実現・実施する枠組みや方法論を検討していただきましたことに感謝申し上げます。

現在、京都大学は、指定国立大の重要な施策の一つとして、本学と海外の大学・研究機関が相互に研究室を共有するオンサイトラボラトリーの取り組みを進めている背景がありますが、この考え方を取り入れたオンサイトラボラトリーをJT-60SAのある那珂核融合研究所に設置し、京都大学とQSTが共同して核融合研究開発にあたることは、これからの大学と国公立研究機関の新しい研究の在り方を提示するものであり、大きな意義があると考えています。今後、この仕組みや機能を充実させながら、本学学生が国際共同研究の場において学位を取得する可能性など、学生教育にも新たな道が開けることが期待されます。また、本ユニットが本学や関連大学の幅広い専門性を有する複数の部局や研究室の集合である利点を生かし、個別では簡単には成し得ないグループとしての多様な活動を共同で展開したり、関連予算を獲得したりすることも期待されます。

本ユニットは世話部局であるエネルギー科学研究科と連携して運営しています。本日は同研究科の石原慶一研究科長にもご挨拶をいただく予定でしたが、他用務のため出席できませんでした。石原研究科長からは「QST核融合部門とユニットとの連携協定覚書の締結は、研究科として大変喜ばしく、いろいろな方面で支援していく所存です。ご出席の皆様に宜しくお伝えください」とのメッセージをいただいていますので、ご紹介させていただきます。本協定・覚書の締結がその一歩になることを祈念し、ユニット側からの挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

懇談のようす

鎌田副所長：それでは、引き続いて、京都大学から中村副ユニット長と同大学でプラズマ核融合研究を中心的に進めてきたエネルギー理工学研究所の森井副所長、QST那珂核融合研究所から井手部長から挨拶をいただきます。また、人材育成の観点から、栗原部門長からご発言をいただきます。

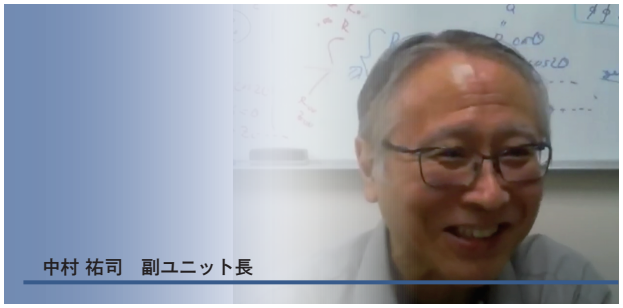
中村副ユニット長：副ユニット長を仰せつかっております京都大学エネルギー科学研究科の中村と申します。今回栗原所長、鎌田副所長をはじめとするQSTの方々とユニット長の岸本先生にご尽力いただき、覚書が締結されましたことは誠に喜ばしいことと感謝しております。

私自身はIFERCのPCメンバーでありましたことから、六ケ所研究所の方々と繋がりが深かったのですが、これを機に那珂研究所の方々とも交流をさせていただければと思います。

私は研究科に所属していますので、研究とともに、教育や人材育成の重要性が大変高いと感じています。エネルギー科学研究科エネルギー基礎科学専攻の中だけでも、核融合プラズマ研究にかかわる研究室に所属している修士学生は１学年で15名程度いますので、M1・M2合わせますと30名強の学生がいると思います。他専攻も合わせると、エネルギー科学研究科では１学年で20名程度の修士学生がいることになります。さらに、工学研究科等も含めると、かなりの修士学生がいます。ところが博士となると、

定員の問題もありますが、エネルギー基礎科学専攻においては数名程度しかいないというのが現状です。

要因の一つは、皆さんもご存じのとおりキャリアパスの問題があります。そういう意味では、今回の協定は、研究だけでなく、人材育成の観点からも大変役に立つのではないかと期待しております。人材を輩出するという観点では、京都大学を含め各大学が母数としては非常大きいので、これからQSTとの連携を深めることによって、SAやITERへの人材を育成していくことができればと思っております。協定や覚書を実のあるものにするには、これから実際にどう運用していくかということが大切なので、議論させていただいて、なるべくスムーズに我々や学生もQSTで研究させていただけるようになればと思っています。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。



森井副所長：エネルギー理工学研究所の副所長を仰せつかっております森井と申します。他分野となりますが、『非線形・非平衡』のキーワードは生物現象を語る上でも、避けて通ることのできないものです。生物現象について岸本先生ともよくお話しするのですが、根本的なところは一緒で、化学であつかう『非線形』や『非平衡』との共通性があります。

今回のような活動がますます盛んになって、少しずつでも、化学分野や境界領域にいる方々も参加して、色々なことを学べたらと期待しています。どうぞよろしくお願いいたします。

井手部長：井手です。改めてよろしくお願いいたします。今回は、岸本先生はじめ皆様にご尽力いただき、覚書を締結することができました。誠にありがとうございました。締結にあたり、何度もやり取りをしていただき、ありがとうございました。

オンサイトラボをJT-60SAのある那珂研に開き、京大の学生さんなどが来て、一緒に研究が進められることを期待しています。先程、中村先生のお話にありましたように、若い方が多くいらっしゃるとのこと、私自身も京大出身なので、画面を見渡していると以前よりお見知りおきいただいている先生方の顔もあるのですが、それに加えて若い方の顔が多く見られ、嬉しい限りです。若い方が、その後ろにいるさらに若い方を連れてきていただいて、一緒にJT-60SAの実験をはじめとして、モデリングなども含め、実験を進め、日本のみならず世界の今後の核融合研究を担っていく人材育成に貢献できればと思っております。今後とも宜しくお願いいたします。

栗原部門長：人材育成の観点につきましては、かねてより、どのように進めていくべきかということを文部科学省含め核融合科学技術委員会の中でも議論されているところです。そのような中、今回の協定締結は人材育成にとって重要な流れを作っていくだろうと期待しています。

キャリアパスとしては、例えば、産業界やITER、QSTや大学といったところがあるかと思いますが、そのようなキャリアパスの中にも今回の協定締結が位置づけられるのではないかと期待を持って考えているところです。

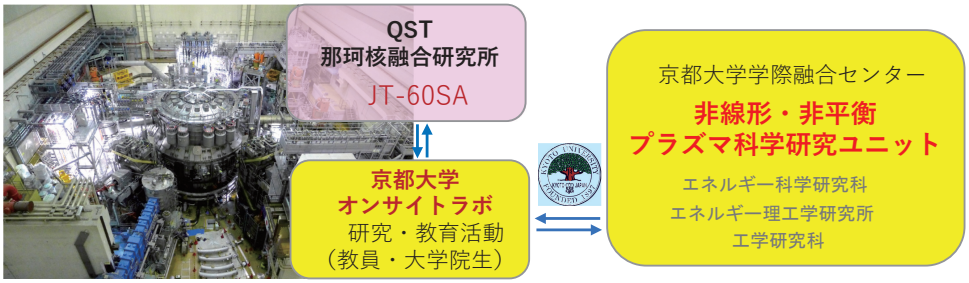
QST 那珂核融合研究所における「オンサイトラボ」の設置

本ユニットはQST核融合エネルギー部門と連携協力に関する協定（覚書）を締結しました（令和２年６月）が、併せて「JT-60SA を用いた高性能・定常先進プラズマの特性研究」に関する共同研究契約（令和２～４年度）を締結し、JT-60SA を京都大学における核融合プラズマ研究の重要な資源として位置付け、これを研究活動に活用する枠組みを作りました。

この共同研究は１）MHD 安定性と制御、２）加熱や輸送・閉じ込め特性、３）高エネルギー粒子特性、４）周辺・ダイバータプラズマ特性、５）プラズマ・壁相互作用特性に関わる実験・計測・理論・シミュレーションを中心に、それらの研究に必要な各種理論モデルや解析モデル、数値モデルやシミュレーションコードの開発研究、各種先進計測機器の開発研究などが含まれ、中長期的な視点でJT-60SA の研究に参加することを目的としています。

本共同研究契約のもと、本ユニットの参加者を含む本学の教職員や大学院生は、JT-60SA のサイトである那珂核融合研究所内に設置したオンサイトラボラトリで、QST 核融合エネルギー部門の研究者と連携・協力して、JT-60SA を用いた実験・計測や解析、理論やシミュレーションに関する研究活動を行うことができます。このプログラムでは、人材育成の観点から、大学院生を対象に、リサーチアシスタント制度による旅費や滞在費などの援助が検討されています。また、今後、有償の共同研究なども検討されています。ご興味のある方はユニット事務局にお問い合わせください。

オンサイトラボラトリを利用した研究活動が進展し、京都大学からJT-60SA を利用した様々な研究成果につながることを期待しています。



那珂核融合研究所提供
https://www.qst.go.jp/site/jt60/5148.html

コラム　「JT-60SA」とは？

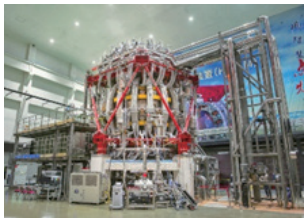
JT-60SA は、日本を代表する大型トカマク装置であるJT-60の後継として、2007年から13年の歳月をかけて2020年に完成した大型超電導トカマク装置です。このJT-60SA は、2025年に完成予定のITER を成功に導く先導的な研究を行うとともに、将来の核融合実現に求められる高性能プラズマの実現に挑戦する役割を担っています。

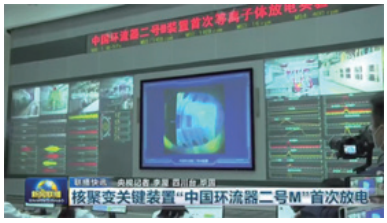
西南物理研究所との協力研究について

本ユニットは、中国の核融合研究の主要研究所の一つである西南物理研究所（SWIP：Southwestern Institute of Physics）核融合科学センターと共同研究を実施しています。同研究所は、これまで中型トカマク（HL-2A）を用いた研究で多くの成果を挙げています[1]。2020年にはHL-2Mと呼ばれるHL-2Aよりも一回り大きな装置の建設を完了し、同年12月に初放電に成功しています。本ユニットは、同研究所核融合科学センターの理論・シミュレーショングループ長のJiquan Li（李継全）博士等と共同で、輸送障壁と呼ばれるプラズマ中に急峻な圧力勾配が形成される現象と解明の制御に向けた研究を、Center for Transport Barrier Physicsと命名したヴァーチャルラボをユニット内に設置し、様々な装置による実験結果の解析や第一原理コードを用いたシミュレーションを共同で進めています。

近年、HL-2Aにおいて、JT-60Uで観測されたものと同様の輸送障壁が異なった磁場分布のもとで観測され、その形成メカニズムが注目されています[1]。将来的にはHL-2AやHL-2Mを用いた共同実験に発展することを期待しています。

[1] Xu et al., *Overview of HL-2A recent experiments*, Nucl. Fusion 59, 112017 (2019).





左図：今年度3回のオンライン会議を実施（SWIP参加者の様子）
中・右図：新しく完成したHL-2Mの装置の全景とファーストプラズマ（2020年12月1日）
https://www.swip.ac.cn

■第1回SWIP-Kyoto Univ. (Plasma UNIT) Discussion Meeting

日　程：令和2年10月23日（金）
場　所：Zoomミーティング
内　容：SWIP（Center for fusion Science）と同研究所のHL-2AやHL-2Mへのユニットからの核融合プラズマ実験参加の可能性や実験課題について打ち合わせを行った。本課題についてCenter for transport barrier physicsと命名したヴァーチャルラボを設置して検討をすすめることとした。W. Chen博士とY. Liu博士から報告があった。

■第2回SWIP-Kyoto Univ. (Plasma UNIT) Discussion Meeting

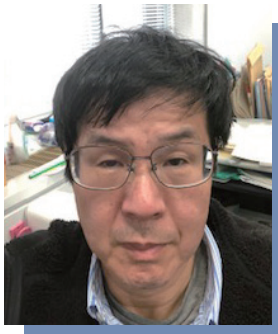
日　程：令和2年11月30日（月）
場　所：Zoomミーティング
内　容：Center for transport barrier physicsの活動

■第3回SWIP-Kyoto Univ. (Plasma UNIT) Discussion Meeting

日　程：令和2年12月8日（火）
場　所：Zoomミーティング
内　容：Center for transport barrier physicsの活動

プラズマ科学セミナー

研究者間の積極的な交流・情報交換を通して異分野の知見を集約・吸収するとともに、各領域の重要課題の解決を図り、広帯域エネルギー融合科学の進展を目的として開催しています。本セミナーは、エネルギー理工学研究所ゼロエミッション研究拠点課題「広帯域エネルギー融合科学の概念に基づく非線形・非平衡プラズマの物性・制御」と合同で実施しています。



第１回　　**2020 年 8 月 26 日（オンライン開催）**

「粒子がん治療におけるプラズマ物理の役割」

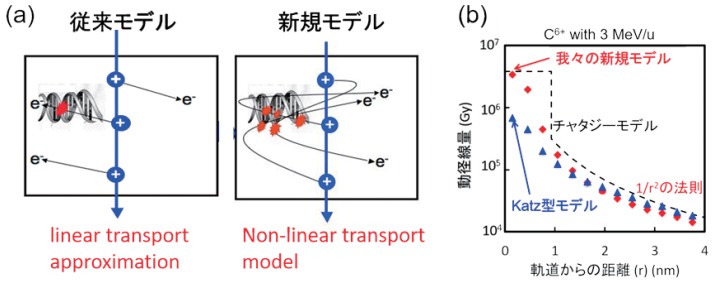
Role of Plasma Physics in Heavy Particle Cancer Therapy

森林 健悟　上席研究員

量子科学技術研究開発機構　量子生命科学領域

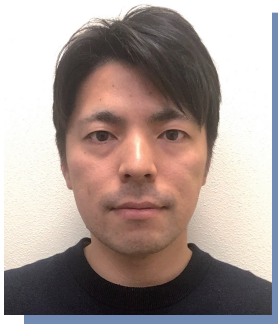
重粒子線がん治療は他の放射線がん治療に比べて体に優しい治療法と言われている。これは、他の放射線と比べて少ない線量で治療できるためである。このことは古くから分かっていたが、少ない線量で治療ができる理由は現在でも不明である。そこで、この解明を目指して、シミュレーション研究を行っている [1]。重粒子線と X 線などの他の放射線との大きな違いとして、エネルギー付与の空間分布があげられる。他の放射線ではエネルギー付与は全空間に、ほぼ一様であるのに対して、重粒子線の場合、軌道付近にのみ非常に大きなエネルギー付与が与えられる。この大きなエネルギー付与がプラズマを発生させることを新しく開発したシミュレーションで示す。この新規モデルでは動径線量（重粒子線の軌道からの距離の関数として表される局所線量）を計算し、プラズマの動径線量への寄与を議論する [1]。動径線量は重粒子線がん治療の治療計画で細胞の生存率を計算するのに放医研と GSI で使われている [2]。さらに、放医研での最新の実験結果で得られた磁場と重粒子線との共鳴効果 [3] とその解明を目指した仮説 [4] に関しても言及する。

[1] K. Moribayashi, Jpn. J. Applied Phys. **59** SH0801/1-7 (2020).
[2] Y. Kase, T. Kanai, N. Matsufuji, et al., Phys. Med. Biol. **53**, 37 (2008).
[3] T. Inaniwa et al., Int. J. Radiat. Bio., **95**, 720 (2019).
[4] 森林健悟、日本物理学会2020秋季大会（2020年 9 月 9 日）.



Comment

重粒子線癌治療は、放医研HIMACをはじめとした多くの施設で実績がある一方、重粒子線を含む放射線が癌細胞を失活させるメカニズムが十分には解明されていないという点が驚きであった。講演では、重粒子線が局所領域（軌道付近）に大きなエネルギー付与を行うことでプラズマが発生し、そのプラズマが「クラスターDNA損傷」を引き起こすことで癌細胞を失活させるとの興味深い仮説が紹介された。この仮説を検証するため、重粒子と水分子の衝突過程を含む新しい理論モデルを用いたシミュレーションにより、重粒子線の軌道付近でのプラズマの生成と、それにより誘起される電場構造が示された。これにより、軌道近傍領域において従来のモデルとは異なる挙動を示す動径線量が得られた。今後、放医研での実験結果との相補的な検証を行うことで、「クラスターDNA損傷」のメカニズムの解明が期待できる。（松井）



第 2 回　　2020 年 10 月 10 日（オンライン開催）

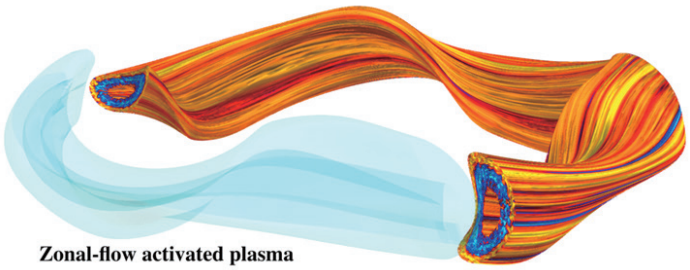
「乱れと流れをアクティベートする新しい磁場閉じ込めプラズマの開拓」

Voyage to innovative plasma confinement activating turbulence and zonal flows

仲田 資季　准教授
核融合科学研究所　ヘリカル研究部

核融合炉の実現を目指す上での重要な研究課題のひとつに、炉心プラズマ中に発達する「乱れ」すなわち乱流現象の理解と制御があり、近年の物理学上の重要課題としても掲げられている[1]。大小様々に発達した乱れはプラズマ中の熱や粒子を外へと輸送し（乱流輸送）、閉じ込め方式に依らず炉心プラズマの閉じ込め性能を阻害してしまう。一方、乱流渦が非線形的な相互作用を重ねた結果として、ゾーナルフローと呼ばれるコヒーレントな「流れ」構造が形成される場合がある。ゾーナルフローは乱流輸送を抑制する機能を持つため、炉心プラズマを高い閉じ込め状態に導く鍵となっている（例えば文献[2]）。本研究では『プラズマの非線形性（乱れ）や構造形成（流れ）に由来する機能を自在に活性化（アクティベート）し、乱れなきプラズマ閉じ込めを創成できるか？』という新たなブレークスルーに繋がる問いを動機として、新配位創成研究を推進している[3]。特に、閉じ込め磁場の 3 次元幾何構造の多様性や高い自由度に着目した研究を展開している。乱流の駆動源である線形不安定性（イオン温度勾配不安定性，捕捉電子不安定性，etc.）の抑制を指針に据えた従来研究[4]に対し、本研究では非線形過程であるゾーナルフロー励起を強化する新たな指針の下で磁場構造を探究している。そのために必要となる、乱流・ゾーナルフローのモデリング研究や数値的な配位探索手法、既存実験による理論モデル検証などの進展[5]を紹介しながら議論を行いたい。

[1] 「物理学70の不思議」（29番，30番），日本物理学会誌72巻，第 9 号．
[2] T. -H. Watanabe, H. Sugama et al., Phys. Rev. Lett. 100, 195002 (2008).
[3] 仲田資季 他、FUSION2030研究会・週イチZOOM（2020年 9 月18日）．
[4] H. E. Mynick, N. Phompery, et al., Phys. Rev. Lett. 105, 095004 (2010).
[5] 仲田資季 他、日本物理学会2020秋季大会、乱流最適化配位シリーズ講演（2020年 9 月 8 日）．



磁場の幾何構造でゾーナルフロー励起が活性化される配位探索の例

Comment

従来の磁場配位研究では、主に線形現象の最適化に主眼を置いていたのに対して、本研究では、非線形が強く関与した乱流輸送やゾーナルフロー励起／形成も考慮した最適解を、広範なパラメータ空間から求めることが目的である点が大変印象的であった。講演では、その目的に向けた具体的な研究アクティビティとして、乱流モデリングやダイバータ制御、最適コイル探索などの理論・実験研究が紹介され、データ科学等とも連携することで、今後、新配位創成研究が進展することが期待される。（今寺）

第 3 回　　2020 年 11 月 27 日（ハイブリッド開催）

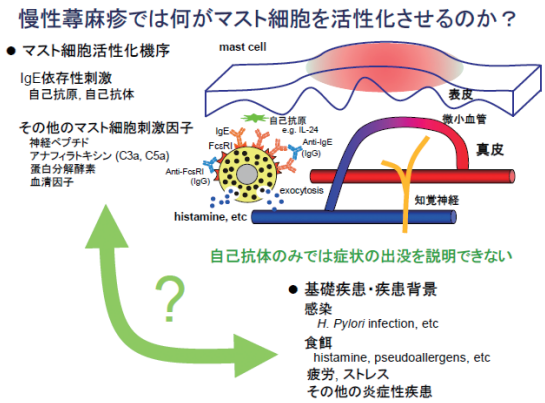
「反応閾値と数理的拡散モデルから解く慢性蕁麻疹の病態と治療」

Approach to the pathogenesis and treatment of chronic spontaneous urticaria by mathematical diffusion and threshold model of histamine

秀 道広　教授・副学長
広島大学大学院医系科学研究科　皮膚科学

蕁麻疹は、皮膚の一過性、限局性の赤みと膨らみが出没する疾患で、その病態は、皮膚に分布するマスト細胞が何らかの機序で活性化され、ヒスタミンなどの化学伝達物質が放出されて血管と神経を刺激することで説明される。実際、多くの蕁麻疹はヒスタミンH1受容体拮抗薬（抗ヒスタミン薬）により完全に抑制することができる。しかし、抗ヒスタミン薬では全く制御不能な例もあり、そもそものマスト細胞活性化機序は多くの場合不明である。また、皮膚に分布するマスト細胞が一斉にヒスタミンを遊離するだけであれば、実臨床で見られる円形、環状、花弁状などの皮疹（皮膚症状）の形の出現を説明できない。

演者らは、慢性蕁麻疹における劇的とも言える抗ヒスタミン薬の効果と様々な皮膚症状のパターンに着目し、これらを説明し得る血液凝固系路の関与を明らかにするとともに反応拡散モデルに基づく数理モデルを作成し、わずかなヒスタミン遊離の揺らぎが生じる様々な皮疹パターンをインシリコで再現した。医学、生物学の分野における分子生物学の発展は大きく発展したが、今後様々な組織レベルでの形態とその変化を数学的に解読することが新たな病態解明をもたらし、医学への貢献を果たすことを期待したい。



Comment

反応拡散方程式は、２つの物質が反応し合いながら広がるときに形成される物質の濃淡の波（チューリング波）を説明する非線形モデルとして有名であり、生物の形や模様の形成パターンを説明する際に用いられているが、本研究はそれを蕁麻疹の皮疹パターンに応用した点が斬新であった。非線形数理が、理学・工学だけでなく医学においても現象をモデリングする上で有効であることを示すとともに、根底に潜む原理を解き明かす鍵となり得る印象を受けた。（今寺）

第４回　　2021 年３月１日（オンライン開催）

「LHD プラズマにおける圧力駆動型 MHD 不安定性に対する運動論的 MHD シミュレーション研究」

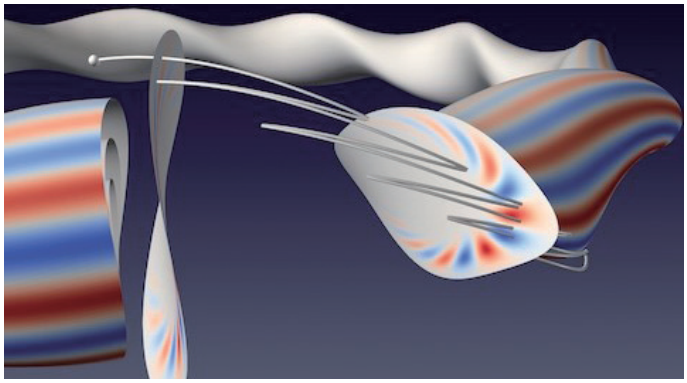
Kinetic MHD simulation study of pressure driven MHD instabilities in LHD plasmas

佐藤 雅彦　助教

核融合科学研究所　ヘリカル研究部

LHD 実験では、体積平均ベータ値が約５％の高ベータプラズマが得られているが、MHD モデルによる解析では、圧力勾配駆動型 MHD 不安定性が非常に不安定な計算結果が得られる。この実験結果と MHD 理論予測との間の不一致を解決するため、熱イオンの運動論的効果を取り入れたシミュレーション解析を行った。その結果、熱イオンの運動論的効果が不安定性の線形成長率を低下させる働きがあることがわかった。これは、ヘリカルリップルに捕捉された捕捉熱イオンが、歳差ドリフト運動によってポロイダル方向に早く運動し、不安定性に対して応答しにくくなることに起因する。この抑制効果は、磁気レイノルズ数が増加するほど強くなり、実験に対応した高磁気レイノルズ数領域では、高圧力プラズマが維持される計算結果を得ることに成功した。

[1] M. Sato and Y. Todo, Nucl. Fusion 59 094003 (2019).
[2] M. Sato and Y. Todo, J. Plasma Phys. 86 815860305 (2020).



Comment

プラズマの不安定性に対するイオン歳差運動の安定化効果は、歳差運動が磁気面内で磁力線を横切ることにより生じる（上図）一般的な効果なので、幅広いプラズマを対象に成立することが期待できるとともに、以下のような実験検証も可能である。イオン歳差運動安定化効果でイオンの圧力勾配による不安定化は抑制され、不安定性は主に電子の圧力勾配により駆動される。このことは、LHD 実験において同じ圧力分布であってもイオン温度より電子温度が高いプラズマの方がより高い規格化圧力（ベータ）に到達できることを示唆する。また、実験において、イオンサイクロトロン加熱により、磁力線垂直方向のイオンを選択的に加熱することにより捕捉イオンの割合を増やし、不安定性を抑制して、より高いベータに到達する放電が可能であることも示唆される。最後に、トカマクにおいても、同様の安定化効果が期待できる。トカマクの場合、歳差運動はトロイダル方向で、磁力線は回転変換が有限なことによりトーラスに巻き付いているので、歳差運動は磁気面内で磁力線を横切る。この効果によりトカマクの不安定性を抑制する可能性も示唆される。（石澤）

第 5 回　　2021 年 3 月 16 日（ハイブリッド開催）

「ワイベル不安定性が支配するプラズマ諸現象と理論的背景
── 宇宙からレーザー核融合まで ──」

Various Plasma Phenomena governed by the Weibel Instability and Its Theoretical Background

— From Space Physics To Laser Fusion Research —

田口 俊弘　客員研究員
日本原子力研究開発機構

非等方速度分布を持つプラズマにおいて、その自由エネルギーの解放メカニズムの１つとして見出された「ワイベル不安定性」は、静電場を成長させる縦方向の２流体不安定性に対して、静磁場を成長させる横方向の不安定性としてとらえることもできる。このため、ビーム・プラズマ不安定性による強磁場発生のメカニズムとして、宇宙から高速点火レーザー核融合まで、様々な分野で現れる現象を理解するための重要な要素になっている。

このセミナーにおいては、講演者がこれまで研究を行ってきた衝突性や外部磁場の有無などを含めた様々な状況下でのビーム・プラズマ相互作用におけるワイベル不安定性について、その線形理論から非線形発展まで、色々と話をさせていただく予定です。

[1] T.Taguchi, T.M.Antonsen Jr., C.S.Liu and K.Mima, Structure Formation and Tearing of an MeV Cylindrical Electron Beam in a Laser-Produced Plasma, Phys. Rev. Lett., 86, 22 (2001) pp. 5055-5058.

[2] T.Taguchi, T.M.Antonsen Jr., K.Mima, Stagnation of electron flow by a nonlinearly generated whistler wave, J. Plasma Phys., (2017) 905830204-1-10.

[3] 田口俊弘，強磁場下での電子ビーム不安定性による構造形成，プラズマ・核融合学会誌93，4 (2017) 182-187.

[4] E.S.Weibel, Spontaneously Growing Transverse Waves in a Plasma due to an Anisotropic Velocity Distribution, Phys. Rev. Lett., 2, 3 (1959) pp. 83-84.

第 6 回　2021 年 3 月 17 日（オンライン開催）

「新しい切り口で見たレーザー ── 溶液中ナノ粒子の相互作用と展望 ──」

New perspectives on the laser-nanoparticle interactions and outlook

中嶋 隆　准教授
エネルギー理工学研究所　エネルギー機能変換研究部門

ナノ粒子と光の相互作用に関する研究は、プラズモニクスという言葉に象徴されるように広くなされていることは良く知られている。光の中でも極めて高い単色性とエネルギー密度を持つレーザーがナノ粒子と相互作用する際には、ナノ粒子自身の加熱、溶融、蒸発が起こるだけでなく、周辺媒質にも同様の効果を引き起こすため、そのダイナミクスは双方が絡み合って極めて複雑となり、それゆえに興味深い研究対象となる[1,2]。

レーザー－ナノ粒子相互作用を調べ、さらにはナノ粒子の応答を制御するパラメータとしては、一般的に、レーザー波長、パルス時間幅、フルエンス（エネルギー密度）がよく用いられるが、我々はナノ粒子の数密度やレーザーのモードに着目してナノ粒子の応答を調べたところ、興味深い結果が得られたので今回紹介する[3,4]。

また、以上のトピックスと関連して、液中レーザーアブレーションを用いたナノ粒子生成が知られている。これは、バルク材料を原料としたナノ粒子の物理的生成法である[5]。しかしながら、ナノ粒子の生成ダイナミクスは十分に解明されておらず、小角Ｘ線散乱（SAXS）を応用したその場計測法[6]が知られているのみである。時間が許せば、我々が独自に開発したレーザー散乱法[7]についても少し紹介する。

[1] Lombard *et al.*, Phys.Rev.Lett. **112**, 105701 (2014).
[2] Shih *et al.*, Nanoscale **10**, 6900 (2018).
[3] Nakajima *et al.*, Sci. Rep. **6**, 28667 (2016).
[4] Zheng *et al.* (unpublished).
[5] Zhang *et al.*, Chem. Rev. **117**, 3990 (2017).
[6] Ibrahimkutty *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 103104 (2012).
[7] Ando *et al.*, Nanoscale **12**, 9640 (2020).

第 7 回　2021 年 3 月 30 日（オンライン開催）

「超高ベータプラズモイド：FRC（反転磁場配位）の未解明な謎」

Unexplained Mysteries of Extremely High Beta Plasmoid: FRC

浅井 朋彦　教授
日本大学　理工学部

プラズマの熱圧力と磁気圧の比をベータ（β）値と呼び、磁場閉じ込めプラズマにおいてその体積にわたる平均値は、プラズマ電流と磁束が完全に直交する場合に最大（～1）となります。この状態が実現するトーラスが実在し、磁場反転配位（Field-Reversed Configuration: FRC）と呼ばれます。FRCの磁場構造は、（1流体）電磁流体力学（MHD）におけるGrad-Shafranov方程式の平衡解としても得られますが、トロイダル磁場をもたないFRCはMHD的には非常に不安定です。

一方で、実験で生成されるFRCは、特に制御することなくアルヴェン時間の数十倍の間、安定に存在します。また、磁気ヘリシティを持たないにも関わらず、アルヴェン時間程度の間に体積が一桁以上変化するような超音速衝突合体過程を経てもFRCに再緩和する、ロバストな安定性を持つこともがわかってきています。また、磁場強度がゼロとなる磁気中性点を内部に持つFRCでは、イオンの平均ラーモア半径はプラズマの特性長と同程度であり、「MHDの殻を被った粒子集団」とも言えるような状態で、多くの点で他の閉じ込め方式とは異なる性質を持つことが報告されています。

この特異な閉じ込め方式：FRCについて最近の研究を紹介し、未解明な課題について考えてみたいと思います。（文献[1][2]参照）

[1] 浅井朋彦，髙橋 努，郷田博司，岸本泰明「極限的高ベータ配位：FRCの閉じ込め・安定性をどう理解するか?」J. Plasma Fusion Res. 96, 165 (2020).

[2] L.C. Steinhauer, “Review of field-reversed configurations,” Phys. Plasmas 18, 070501 (2011).

コラム　「ゼロエミッションエネルギー」研究拠点とは？

本ユニットの参加部局の一つである京都大学エネルギー理工学研究所は、「ゼロエミッションエネルギー」研究拠点として文部科学省が進める共同利用・共同研究拠点プログラムに認定され、10年に渡って全国の関連研究者と連携・協力して研究活動を行っています。

「ゼロエミッションエネルギー」とは、エネルギーの在り方や生成・変換・利用の方法を自然の摂理や基本原理まで立ち返って深く探究し、それらを通してエネルギーの負荷や損失、二酸化炭素等の有害物質の生成や排出を最小限に抑えた次世代を担う新しいエネルギーを意味します。皆様も積極的にご参加下さい。

www.iae.kyoto-u.ac.jp/zero_emission/index.html

アクティビティカレンダー

ユニット発足までの道のりから、今年度までの活動をまとめました。

2019

8月 プラズマユニットについての検討会

核融合プラズマ分野、物質・材料科学分野、生物物理分野の関係者を中心にプラズマユニット立ち上げの可能性について意見交換

2020

1月 ユニット設置に向けてのヒアリング（学際融合教育研究推進センター）

2月 プラズマユニット発足（設置期間　令和2年2月1日～令和8年3月31日）

5月 第1回 非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニット運営協議会

ユニット要項・内規などの審議、今後の活動方針などの議論

6月 量子科学技術研究開発機構（QST）核融合エネルギー部門との「核融合エネルギー分野における連携協力に関する覚書」および共同研究契約の締結

【核融合プラズマ研究領域】情報交換・打合せ

QST核融合エネルギー部門との協力およびJT-60SAオンサイトラボに関する打ち合わせ、研究領域の活動の打ち合わせ

7月 【核融合プラズマ研究領域】IAEA-FEC2020論文選考意見交換会

IAEA-FEC（核融合エネルギー会議）の論文選考状況の報告と意見交換（オーバービュー、口頭発表論文等の各国採択状況とプログラムなど）

8月 第1回 プラズマ科学セミナー

森林 健悟　上席研究員（量子科学技術研究開発機構）

9月 QST（JT-60SA）・ユニット意見交換会

第一部：記念式典：「核融合エネルギー分野における連携協力」に関する覚書の締結

第二部：研究課題に関する意見交換（ITERとJT-60SAを中心とした核融合研究の現状とプラズマ研究の在り方について）

10月 第2回 プラズマ科学セミナー／仲田 資季　准教授（核融合科学研究所）

第1回SWIP-Kyoto Univ.（Plasma UNIT）Discussion Meeting

11月 第3回 プラズマ科学セミナー／秀　道広　教授・副学長（広島大学）

第2回SWIP-Kyoto Univ.（Plasma UNIT）Discussion Meeting

12月 第3回SWIP-Kyoto Univ.（Plasma UNIT）Discussion Meeting

2021

2月 QST（JT-60SA）・ユニット意見交換会

「那珂研オンサイトラボ活動の現状と今後」

JT-60SAオンサイトラボへの学生支援の枠組みについて意見交換を行った。

3月 第4回 プラズマ科学セミナー／佐藤 雅彦　助教（核融合科学研究所）

第5回 プラズマ科学セミナー／田口 俊弘　客員研究員（日本原子力研究開発機構）

第6回 プラズマ科学セミナー／中嶋　隆　准教授（エネルギー理工学研究所）

第2回 非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニット運営協議会

第7回 プラズマ科学セミナー／浅井 朋彦　教授（日本大学）

The 6th UNIST-Kyoto U. Workshop

“Physics validation and control of MHD instabilities and turbulent transport in fusion plasmas”

ユニットメンバー

岸　本　泰　明	教授、ユニット長	大学院エネルギー科学研究科	エネルギー基礎科学専攻
今　寺　賢　志	准教授	大学院エネルギー科学研究科	エネルギー基礎科学専攻
松　井　隆太郎	助教	大学院エネルギー科学研究科	エネルギー基礎科学専攻
中　村　祐　司	教授、副ユニット長	大学院エネルギー科学研究科	エネルギー基礎科学専攻
石　澤　明　宏	准教授	大学院エネルギー科学研究科	エネルギー基礎科学専攻
田　中　　仁	教授	大学院エネルギー科学研究科	エネルギー基礎科学専攻
打　田　正　樹	准教授	大学院エネルギー科学研究科	エネルギー基礎科学専攻
村　上　定　義	教授	大学院工学研究科	原子核工学専攻
蓮　尾　昌　裕	教授	大学院工学研究科	機械理工学専攻
四　竈　泰　一	准教授	大学院工学研究科	機械理工学専攻
深　見　一　弘	准教授	大学院工学研究科	材料工学専攻
大　垣　英　明	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー生成研究部門
小　西　哲　之	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー生成研究部門
長　﨑　百　伸	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー生成研究部門
南　　貴　司	准教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー生成研究部門
小　林　進　二	准教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー生成研究部門
松　田　一　成	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー機能変換研究部門
中　嶋　　隆	准教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー機能変換研究部門
宮　内　雄　平	准教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー機能変換研究部門
野　平　俊　之	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー利用過程研究部門
森　井　　孝	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー利用過程研究部門
片　平　正　人	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー利用過程研究部門
坂　口　浩　司	教授	エネルギー理工学研究所	エネルギー利用過程研究部門
木　下　正　弘	協力研究員、名誉教授	エネルギー理工学研究所	
比　村　治　彦	教授	京都工芸繊維大学	電気電子工学系
三　瓶　明希夫	准教授	京都工芸繊維大学	電気電子工学系
浅　井　朋　彦	教授	日本大学	理工学部
桐　山　博　光	グループリーダー	量子科学技術研究開発機構　関西光科学研究所	
		光量子科学研究部	
福　田　祐　仁	上席研究員	量子科学技術研究開発機構　関西光科学研究所	
		光量子科学研究部	
森　林　健　悟	上席研究員	量子科学技術研究開発機構	量子生命科学領域
坂　和　洋　一	准教授	大阪大学 レーザー科学研究所	

非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニット事務局
〒611-0011 京都府宇治市五ケ庄 京都大学宇治キャンパス北４号棟320号室
TEL：0774-38-4430・4434　HP：http://plasma-fusion.energy.kyoto-u.ac.jp/UNIT