



Gunma University Environment and Energy Design Lab.



現在進行中のプロジェクト

核融合プラズマの理論・シミュレーション

より安全で、豊富なエネルギー源を、未来の社会で手に入れるために。

核融合の医療応用

先進のがん治療法 (BNCT) の普及拡大を目指して。

エアワクチンプロジェクト (自律型飛沫吸引装置の開発・実験)

AI等を用いた自立型の飛沫吸引装置を実現する。

流体シミュレーション (花粉・飛沫)

シミュレーションソフトを用いて流体の動きを解き明かす。



3年生の皆さんへ

本研究室の根元的な目的は、

- ・ 化石燃料に代わる新規エネルギーの創造
- ・ 地球環境の保全、環境変化の緩和

です。我々は、必ずしも答えのない問題に取り組み、そして実現可能な解を見いだしていく必要があります。この能力を、デザイン(=設計)能力と言います。「環境エネルギー設計研究室」は、環境問題やエネルギー問題に対して、実現可能な解決策を見いだすことを目的としています。根元的な目的を達成するために、派生してきた問題(現在のプロジェクト)についても積極的に取り組みます。

研究手法としては理論や物理シミュレーションを基礎にしておりますが、設計段階が終了すれば装置開発や実験も行っています。研究プロジェクト自体は“電気電子コース”っぽくない、かもしれませんが、エネルギーは電気電子産業の根幹をなすものであります。現在進めている環境や医療研究にも、電気電子技術は少なからず利用されています。

室長 高橋俊樹

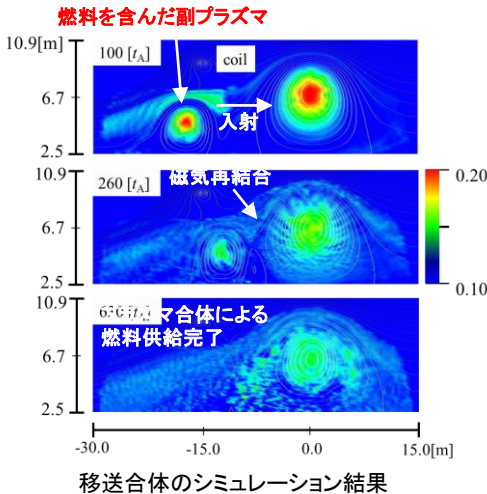
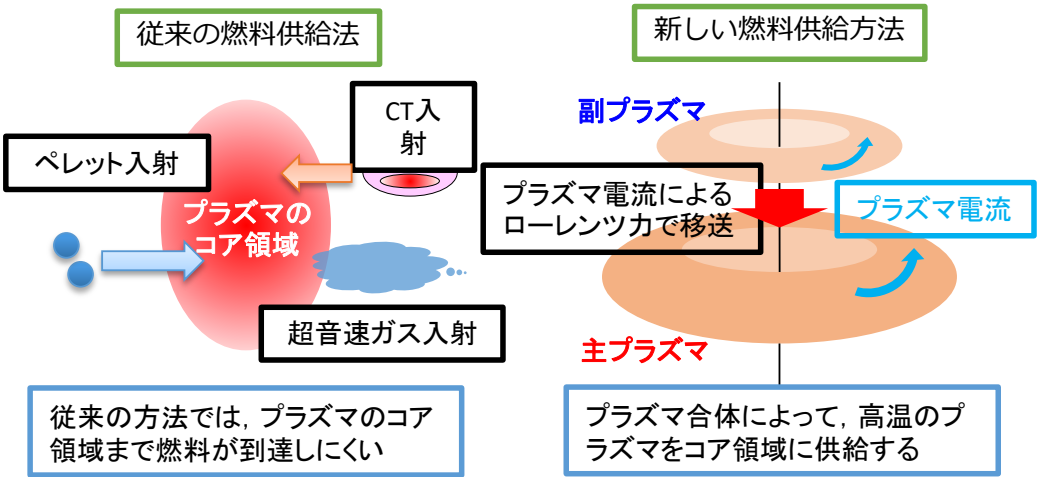
M E M O

核融合プラズマの研究

核融合発電は、燃料を無尽蔵に存在する水から取り出すことができ、CO₂を排出せず、放射能汚染のリスクが小さいという利点を持ち、原子力や火力に代わる次世代の発電方法として注目されている。しかし発電を行えるレベルの核融合反応を定常的に起こすことは容易ではなく、現在2022年に完成予定の国際熱核融合実験炉(ITER)を中心に、世界各国で実現に向けた様々な研究が行われている。我々は、磁場閉じ込め方式の核融合プラズマについての研究のため、主にシミュレーションを用いた現象の解析・理論の構築を行っている。

研究の一例：核融合プラズマへの新たな燃料供給方法についての研究

核融合発電を定常的に行うには、燃料である水素の同位体を定期的に供給する必要がある。そのために、我々は新たな燃料供給方法を提案している。



新しい燃料供給方法について3次元のMHD(電磁流体力学)シミュレーションを行った。その結果、プラズマが移送・合体する様子と、主プラズマへの粒子供給効果が確認された。

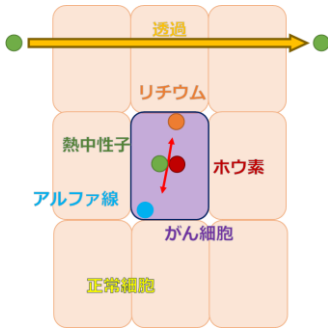
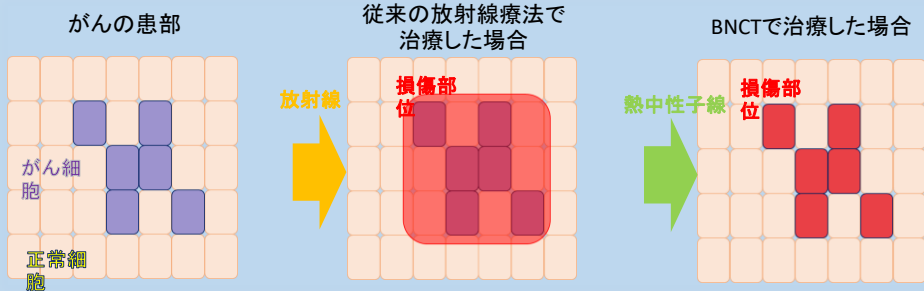
その他の研究

核融合プラズマの研究では、基本的に一人一テーマに取り組む。燃料供給以外にも、プラズマ合体自体の物理現象、ビーム入射による加熱、粒子損失の原理解明などの研究を行っている。計算技法も、MHD以外に粒子軌道計算、MHDと粒子のハイブリッド計算を行っており、様々な数値計算技術を学べる。

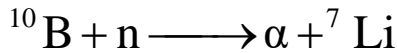
BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)

BNCTは、実用化が近づいている最新のがん治療法である。

正常な細胞へのダメージがほとんど無く、がん細胞のみを破壊することが出来る。



BNCTの概要図



中性子

- 正常細胞へのダメージがほとんどない
- 生物効果が高い
- 浸潤性のがんにも適用できる
- 中性子源が必要

BNCTの原理

1. 患者にホウ素化合物を投与する。この化合物はがん細胞に選択的に取り込まれる。
2. 患部に熱中性線または熱外中性子線を照射する。
3. 中性子とホウ素が核反応を起こし、アルファ線などの放射線を放出する。
4. 放出された放射線によってがん細胞を破壊する。これらの放射線の射程は、細胞一つと同程度であるため、周囲の正常細胞への影響はほとんど無い。

BNCTの現状

BNCTを行うためには、中性子源が必要となる。現在、研究が進められて実用化が近づいているのは、サイクロトロンを用いた加速器中性子源である。加速器中性子源は京大原子炉実験所などによって研究が進められ、臨床試験が行われている。BNCTの研究は日本が世界をリードしている。



原子炉実験所に設置された加速器

研究室の生活

行事等

週間行事

全体ミーティング

週初めに研究室全体の予定確認・業務連絡

グループ・個人ミーティング

週1で研究についてメンバーや先生と話合う

ゼミ・勉強会

指定日に先生の講義、先輩のレクチャー

研究報告会

週につき2人のメンバーがプレゼンを行い、研究内容・成果等を報告・共有する

特別行事（情勢により実施を検討）

- ・新入生歓迎会
- ・忘年会
- ・追いコン
- ・北軽井沢合宿
- ・留学生歓迎会
- ・スポーツ会(ソフトボール・バスケなど)
- ・パーティー

学会・発表会（2021-2022）

2021

12月-2
月

US-Japan work shop

1/27

卒論 & 修論発表会

3月

電気学会合同発表会

2022（予定含む）

12

月

室内環境学会

2月

卒論 & 修論発表会

3月

電気学会合同発表会

卒業生の就職先

2022 JR東日本 沖電気 ENEOS ルネサス 日置電機

2021 JR東日本(2) サンデン

2020 明電舎 三菱電機特機システム 沖電気工業 公務員 オリヒロエンジニアリング

2019 東京電力 サンデン 日立ハイテクファインシステムズ

連絡先など

- ・高橋俊樹先生 E-Mail t-tak@gunma-u.ac.jp
- ・研究室ホームページ <http://www.el.gunma-u.ac.jp/~eedl/>
（“EEDL”で検索！）



近年の卒論・修論

極限的高ベータプラズマの準平衡計算と高周波揺動解析

(2020年度修士論文)

磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration : FRC) プラズマは、プラズマ内部で磁場が反転するという構造を持つ。このプラズマの大きな特徴は、装置の外部磁気圧に対するプラズマ圧を示すベータ値が高いという点である。本研究は二つの研究テーマに分けられている。前半部分実験における装置の外部磁場が変化したときのセパトリクス半径の変化をもとに、外部磁場変化を考慮した手法を導入した。後半部分では磁場中に伝播する線形波動を3次元フルパーティクルシミュレーションにより計算を行い、結果を確認した。

花粉室内気流におけるエアロゾルダイナミクスに関するシミュレーション研究

(2021年度修士論文)

数値シミュレーションソフトウェア“CAMPAS”を用いて、短時間窓を開けることによって侵入する花粉を除去するための空気清浄機の設置場所を提案することを目的とする。

また、新型コロナウイルスの流行に伴い、様々な感染対策が用いられている。その中に空気清浄機による空中を漂う飛沫粒子の除去があるが空気清浄機によって飛沫挙動がどのように変化するのか知らない使用者が多いと考える。そこで本研究のもう一つの目的は咳によって発生した飛沫粒子に空気清浄機が与える影響を明らかにすることである。

空気清浄機と可動式空気清浄システム開発における画像認識を用いた物体検出及び距離計測の研究

(2021年度修士論文)

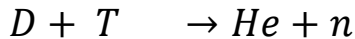
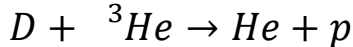
新型コロナウイルス流行により、本研究室で行っている新たな空気清浄システム開発プロジェクトに基づいて研究を行った。

発案された飛沫吸引装置の新たな空気清浄システム開発プロジェクトにおいて、顔検出の方式、画像での仮想的な測定による精度の高い距離測定、処理するデバイスの制約といった空気清浄システム開発における特有の条件の中で、どの組み合わせがシステムに組み込むのに適しているのか合計 16 組み合わせについて測定実験を行い評価することで総合的に判断をした。

D-³Heプラズマ核融合生成陽子閉じ込め

D-T反応の問題とD-³He反応のニーズ

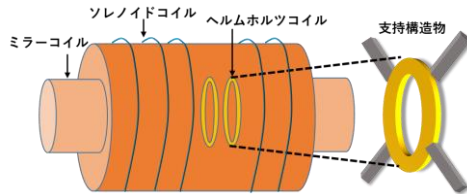
近年核融合研究の主流であるD-T反応の問題点として、中性子にかかわる諸問題と装置の耐久性など、核融合装置の実現には多くの問題がある。



この中性子は放射化の原因となるために核融合炉の放射化に対する器具が生じ、クリーンなエネルギー源を求める場合には必ずしも適当ではない。

本研究ではD-T反応と比べて放射化の要因となる中性子が発生しないため、放射化汚染の原因が少なく、また生成される陽子が荷電粒子であることから、装置外に変換装置を接続することで直接的にエネルギーを

得ることが出来る可能性が生じる。しかし、D-³He反応は、D-T反応に比べると要求される温度が非常に高く、これまでと同様の手法を用いて反応ができない。

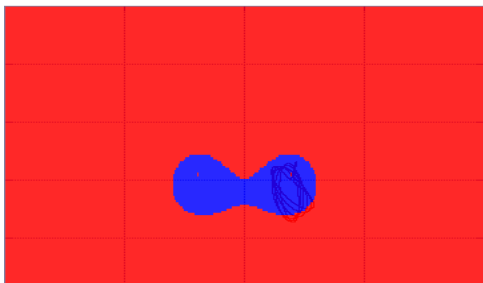


非断熱トラップの形成

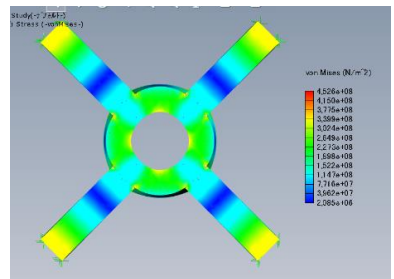
本研究は、ソレノイドコイル、ヘルムホルツコイル、ミラーコイルの3種類のコイルを用いて行われる。ソレノイドコイルとミラーコイルが装置中央に作り出した磁場を打ち消し合うように、4本の支持構造物で固定されたヘルムホルツコイルを配置することで、装置中央のヘルムホルツコイルの間に磁場が0となるような領域ができる。この領域内に生成陽子を閉じ込める方式のことを非断熱トラップと呼んでいる。

研究内容

非断熱トラップを用いた核融合炉内に生成された陽子が、どのような軌道を描いて動いているのか、そして装置中央に固定された支持構造物に命中した際の影響を考慮したり、ヘルムホルツコイル自体に電流を流す際に働くローレンツ力により支持構造物が破断する危険性があるため、シミュレーションソフトなどを用いて計算を行っている。



磁場の中を移動するイオンの軌道

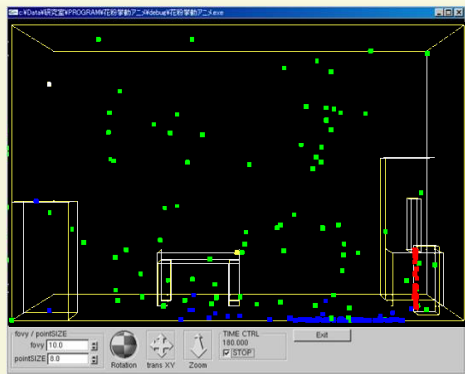


ヘルムホルツコイルに加わる応力分布

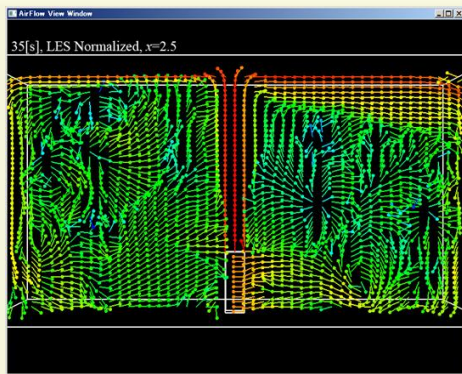
流体シミュレーション（花粉・飛沫）

独自にソフトウェア群CAMPASを開発

室内の粒子と気流の可視化が可能に！シミュレーションを行い、
効率のよい空気清浄機のモデルを研究。



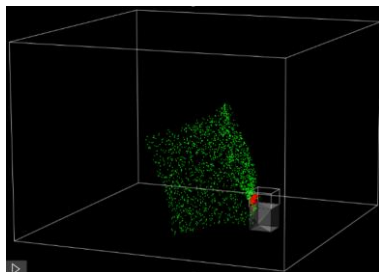
粒子挙動可視化



気流分布可視化

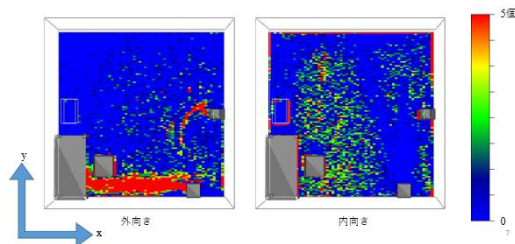
現在は換気している最中の空気清浄機による花粉除去やエアワクテンプロジェクトにおける装置の飛沫吸引に関するシミュレーションを行っています。

シミュレーションには大変大きな演算能力が必要なので**GPU(CUDA)**を用いて計算を行います。**PCのハードウェアorソフトウェア関連に詳しい方、自信のある方ぜひ力を貸してください。**



装置による飛沫吸引のシミュレーション

落下分布



咳による飛沫の床における落下分布

来年度の予定

様々な粒径でのシミュレーション、空気清浄機のフィルターを考慮したシミュレーションなどを行う予定です。

エアワクチンプロジェクト (自律型飛沫吸引装置の開発・実験)

AIなどを用いた自律型の飛沫吸引装置を開発し、感染症リスクの改善を目指す。

飛沫吸引に関する実験

パーティクルカウンタ等を用いて飛沫吸引に関する挙動などの知見を得る実験。



飛沫の吸引実験



パーティクルカウンタ

エアワクチン装置開発

画像認識・音声認識・センサなどを用いて自動で人を見つけて適切な気流を作り出し飛沫吸引を実現する装置の開発。

(株式会社ダスキン様、カインズデジタルイノベーション財団様より助成金)



エアワクチン二号機試作機体



Raspberry Pi等のデバイスを使用



距離 = 0.89 [m]
447862
3
2387.8406
距離 = 0.90 [m]
449838
2

顔認識による自律運転

プログラミング・機械学習・回路設計・機械組立など電気工学・情報工学・機械工学・流体力学など幅広い分野を複合的に研究・学ぶことができます。