



Gunma University Environment and Energy Design Lab.



ようこそ 環境エネルギー設計研究室へ

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

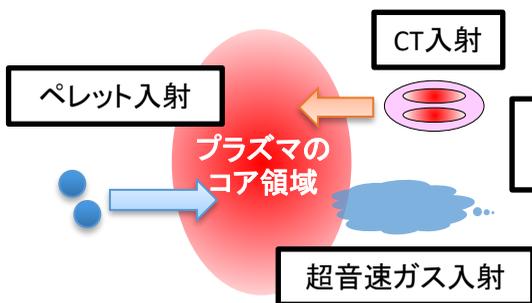
核融合プラズマの研究

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

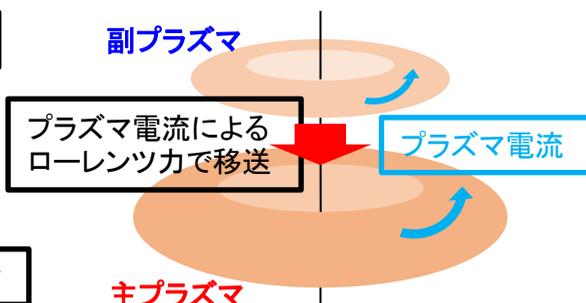
核融合発電を定常的に行うには、燃料である水素の同位体を定期的に供給する必要がある。そのために、我々は新たな燃料供給方法を提案している。

従来の燃料供給法



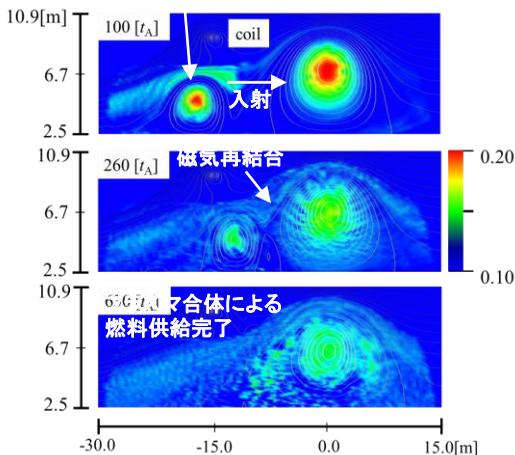
従来の方法では、プラズマのコア領域まで燃料が到達しにくい

新しい燃料供給方法



プラズマ合体によって、高温のプラズマをコア領域に供給する

燃料を含んだ副プラズマ



移送合体のシミュレーション結果

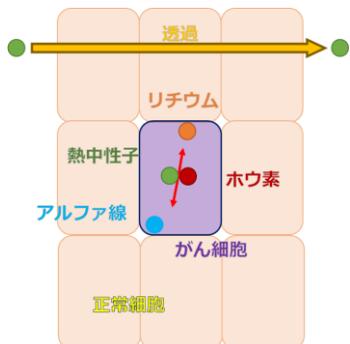
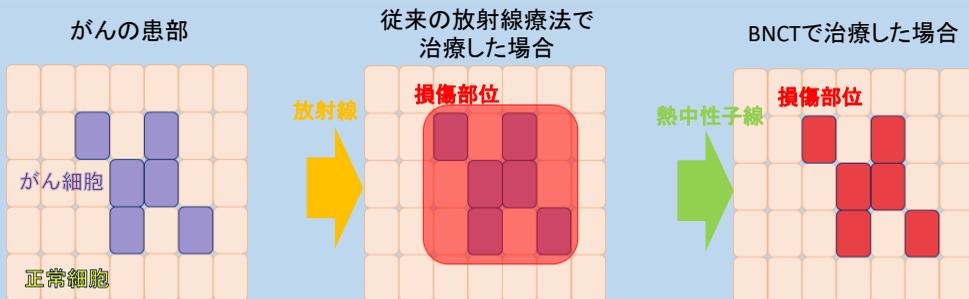
新しい燃料供給方法について3次元のMHD(電磁流体力学)シミュレーションを行った。その結果、プラズマが移送・合体する様子と、主プラズマへの粒子供給効果が確認された。

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。



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の概要図

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。



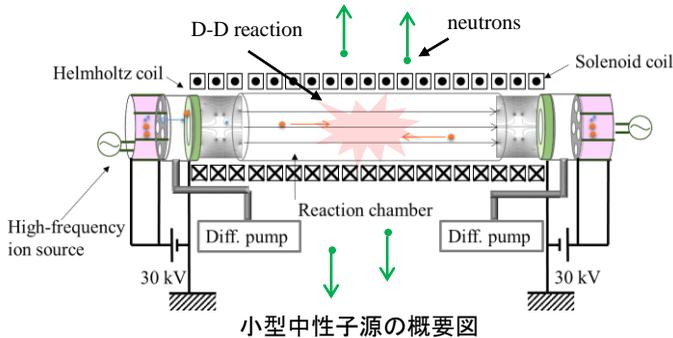
原子炉実験所に設置された加速器

BNCT用小型中性子源の開発

BNCTの問題点と小型中性子源の二ーズ

BNCTの問題点としては、治療に必要となる中性子源が非常に大規模(10 m～)である点が挙げられる。装置の規模が大きい場合、設置するために新たな建屋を立てる必要がある。そのため、コストが高くなり、既存の病院に導入することが困難となる。

そこで、EEDLではコストが低く既存の病院にも比較的容易に導入可能な、新しい小型中性子源(1 m規模)の研究を進めている。



小型中性子源の概要図

現状：大型・高コスト



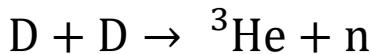
小型・低コスト化



多くの病院への普及

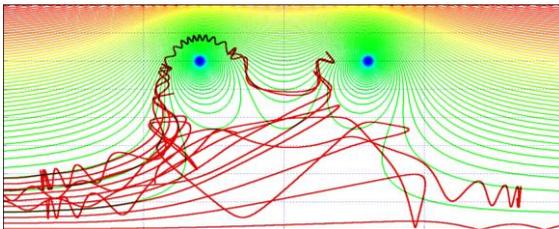
小型中性子源の原理

この小型中性子源は、重水素どうしのD-D核融合反応によって中性子を生成する。装置両端に設置されたイオン源から重水素イオンを生成し、30 keV程度まで加速する。それらが装置中央に設置された反応容器内で衝突し、D-D核融合反応を起こす。以下の式で表される核融合反応によって中性子が生成される。



研究内容

小型中性子源の製作を目的として、数値計算と実験により装置設計を行っている。数値計算では、コイルや電極などが作り出す電磁場が、重水素イオンや電子の運動に与える影響から、D-D核融合反応を起こすために最適なコイルや電極の構造を計算している。また、ホロー陰極放電実験によりプラズマパラメータの計測を行っている。



磁場の中を移動するイオンの軌道

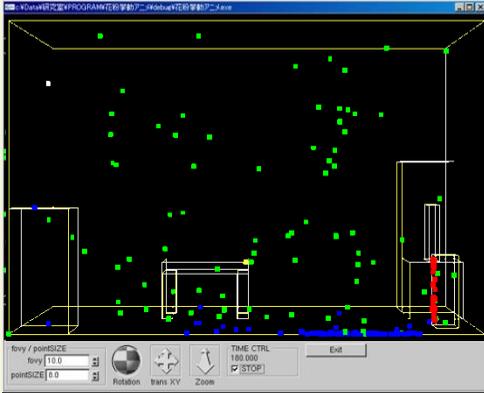


ホロー陰極放電実験装置

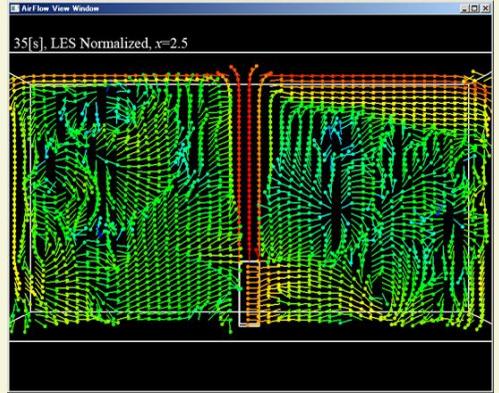
流体シミュレーション（花粉・飛沫）

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.



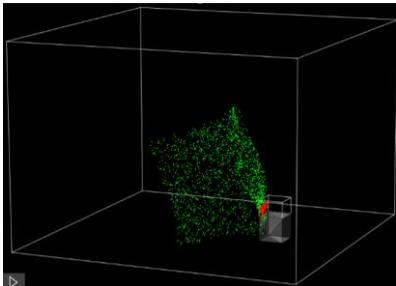
粒子挙動可視化



気流分布可視化

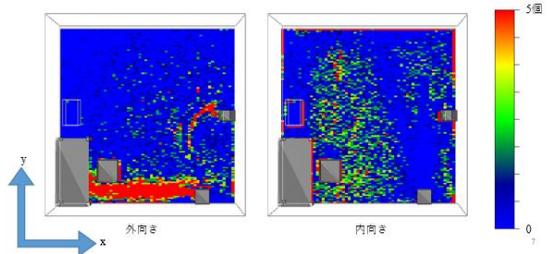
現在は換気している最中の空気清浄機による花粉除去やエアワクチンプロジェクトにおける装置の飛沫吸引に関するシミュレーションを行っています。

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

引継ぎエアワクチンプロジェクトに関する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。

(カインズデジタルイノベーション財団様より助成金)



エアワクチン初号機試作機体


Raspberry Pi等のデバイスを使用



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。

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。

花粉除去効率を向上する空気清浄システム開発におけるRTLSの応用

(2019年度卒業論文)

小型コンピュータによるコントロールと、RTLS:リアルタイム位置情報システム (Real Time Locating System)を用いた位置把握によって、空気清浄機とサーキュレーターを連携させる空気清浄システムの実現を考えた。

いくつか方式のあるRTLSのなかでBLE (Bluetooth Low Energy)とUWB (Ultra Wide Band)といった方式によって距離計測を行い空気清浄システムへの実用に向けた検証を行った。

空気清浄機と可動式サーキュレーターによる花粉除去システムの 数値シミュレーション

(2020年度卒業論文)

数値シミュレーションソフトウェア“CAMPAS”を用いてサーキュレーターを移動させる動きを再現した可動式サーキュレーターを実装し、シミュレーションを行った。

その結果から部屋の幅で進むような気流を発生させることができれば効果が見込めると考察し、再シミュレーションを行ったところ、花粉の搬送能力が向上し、花粉除去の効率が向上する可能性を得た。

研究室の生活

行事等

週間行事

全体ミーティング(ZOOM) 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(ZOOM) 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(ZOOM) 指定日に先生の講義、先輩のレクチャー

研究報告会(ZOOM) 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)
- ・ボードゲーム会

学会・発表会（2020-2021）

2020

12月-2月 US-Japan work shop

2月 卒論&修論発表会

3月 電気学会合同発表会

2021（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

2021 JR東日本 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

2018 JALインフォテック 関電工 サンデン 東芝エネルギーシステムズ

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！）



M E M O