



Gunma University Environment and Energy Design Lab.

Welcome to

Environment and Energy Design Laboratory



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。

焦電核融合

安価な核融合装置の開発を目指して

気流可視化・室内粒子の実験

室内に侵入する花粉を対策する

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。



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。

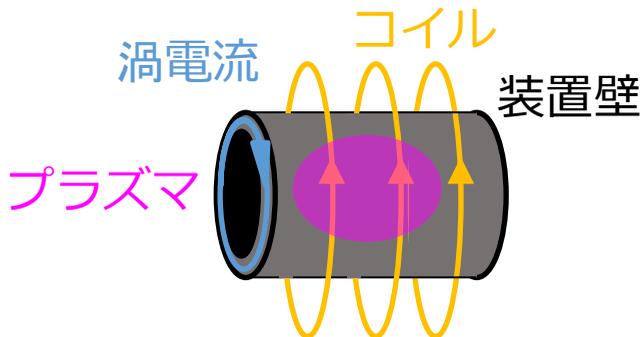
研究手法としては理論や物理シミュレーションを基礎にしておりますが、設計段階が終了すれば装置開発や実験も行っています。研究プロジェクト自体は“電気電子コース”っぽくない、かもしれませんが、エネルギーは電気電子産業の根幹をなすものであります。現在進めている環境や医療研究にも、電気電子技術は少なからず利用されています。

室長 高橋俊樹

FRCプラズマ装置の渦電流場解析

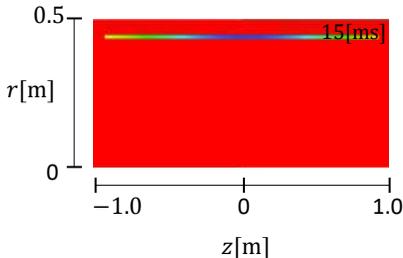
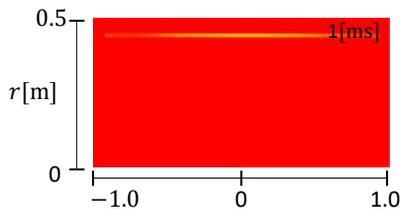
FRCプラズマ装置における渦電流

FRC (Field-Reversed Configuration)はプラズマの磁気閉じ込め方式の1つであり、核融合研究において注目されている構造の一つである。FRCプラズマの閉じ込め領域には金属壁が使用されており、コイルやプラズマによって磁場変化が起こると渦電流が生じる。



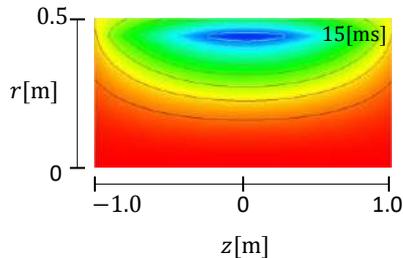
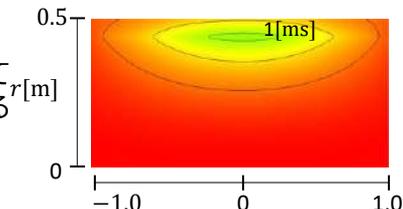
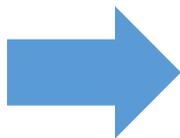
渦電流が作る磁場を計算するコードの開発

渦電流がプラズマに与える影響を調べるために、プログラミングを用いて数値計算を行っている。



装置壁に流れる渦電流

渦電流によって
磁束が作られる



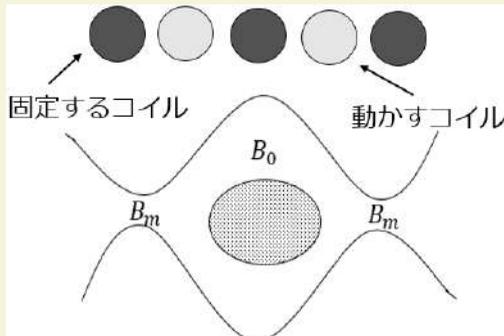
渦電流によって作られる磁束

FAT-CM装置の外部コイルの位置とミラー比の関係

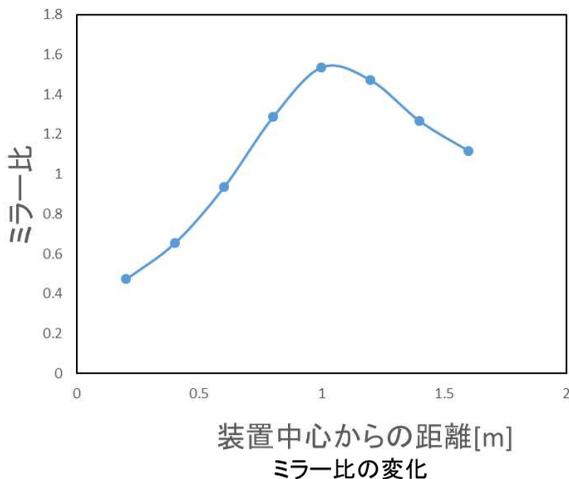
コイルの位置設定をし、ミラー比がどこで大きくなるのか調べています。



FAT-CM装置



閉じ込めプラズマの概略図



現状、装置の外側付近にコイルを置くことでミラー比を大きくすることができると分かっています。

来年度の予定

まだ決まってはいたませんが、FAT-CM装置をモデルとした新たな研究へのシミュレーションをしたいです。

FRC内部の粒子シミュレーション

軌道計算コードの開発

プラズマ中の運動方程式はこのように書ける。

$$m \frac{dv}{dt} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

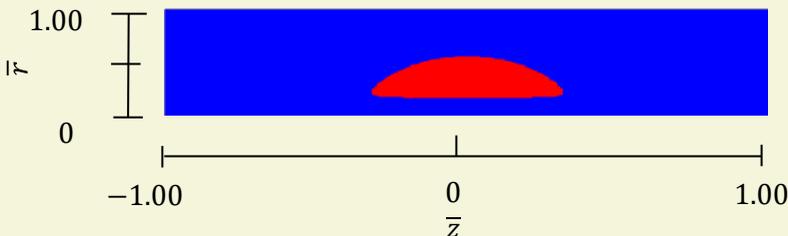
この式をプログラムコードに書いて電場や磁場、速度のデータを与えることでプラズマ粒子の様子を再現し、計算する。(Fortran)

計算結果

・規格化したr-zの軌道図



・ Accessible regionの軌道図

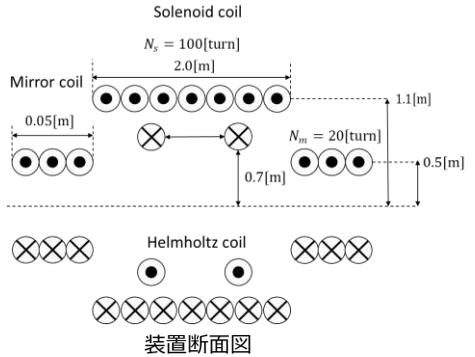
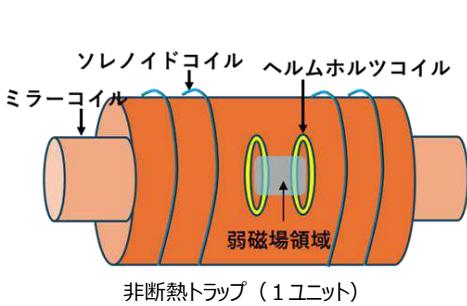


Accessible regionとは初期条件からの軌道予測図である。
よって軌道計算コードは**正しく開発できた**と言える。

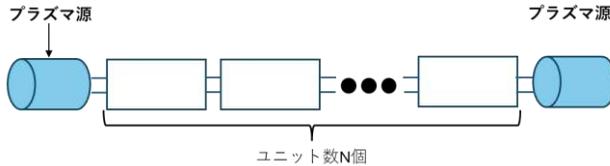
今後の予定

粒子衝突や速度不均一を考慮した粒子シミュレーション計算などを行う予定である。

非断熱トラップの粒子軌道計算

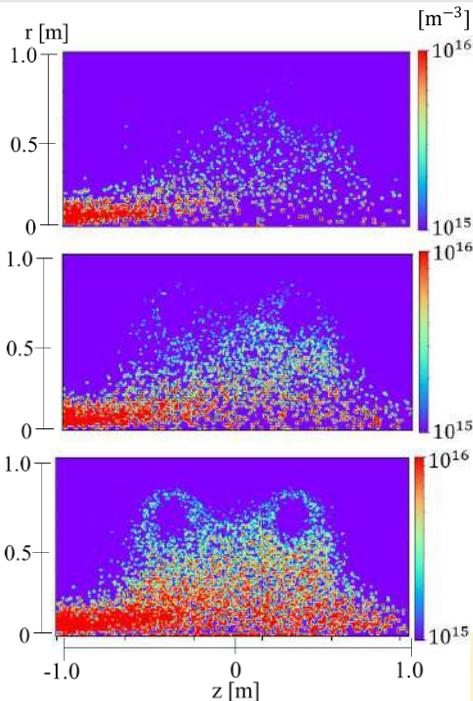


非断熱トラップ：ヘルムホルツコイル（コイル直径とコイル間隔を等しくした一対の円形コイル）を装置内に導入し、装置中央に弱磁場を形成。プラズマを閉じ込める。



連結非断熱トラップによる核融合発電

複数連結することで、粒子がユニットから漏れだしてもユニット間をランダムに行ったり来たりすることから、システム全体の端部から漏れ出す割合が少なくなり、連結部中央ユニットの密度を高くすることができる。



粒子軌道シミュレーションの様子

数式の学習

数値計算方法の学習

コーディング

出力結果を確認

研究の流れ

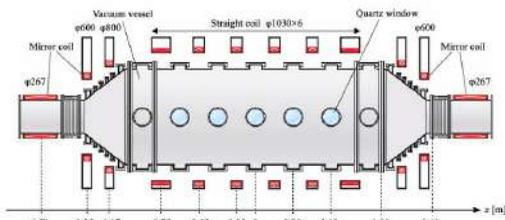
現在はイオンを粒子、電子を流体として扱うハイブリッドシミュレーションモデルを作成中。汎用性が高いプログラミングコードの作成。

磁気閉じ込め装置における平衡と摂動のシミュレーション研究

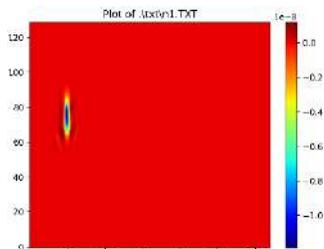
近年、核融合技術は、エネルギー供給の新たな可能性として注目されている。FRC技術では、プラズマを磁場で効果的に閉じ込めることが重要であり、安定した核融合反応を実現するためには、磁場の構造やプラズマの挙動を正確に制御する必要があると考えられる。私は、プラズマ閉じ込め技術の最適化を目指し、磁場の配置やプラズマの安定性がFRCの性能にどのような影響を及ぼすのかについて研究している。

研究の一例：3次元揺動場シミュレーション

磁気閉じ込め装置、特に磁場反転配位内のプラズマ揺動現象を詳細に解析し、不均一性の強い高ベータプラズマにおける波動伝播や波動加熱法に関する新たな知見を得ることにある。

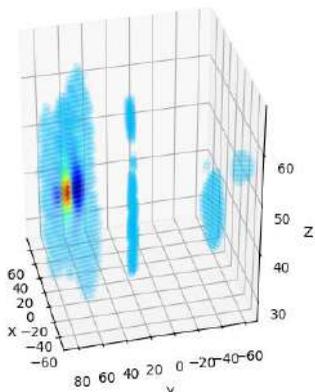


磁気閉じ込め装置



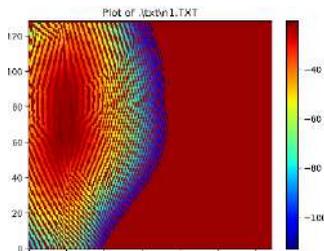
プラズマの密度分布

Log scale ↓



擾動源の伝播

現在の挑戦：
三次元揺動場
内の波動伝播



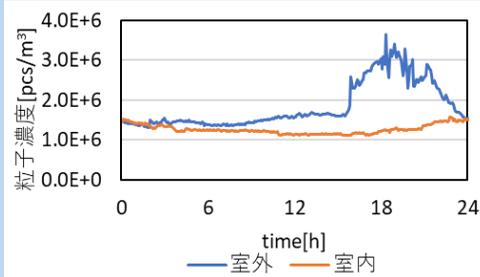
プラズマの密度対数分布

今後は、3次元揺動場シミュレーションの結果を解析して揺動場がプラズマ輸送特性に与える影響を評価します。また、磁場および電場の揺動がプラズマ乱流に与える影響を解析し、結果を理論や実験データと比較してモデルの妥当性を検証します。シミュレーション結果に基づき、プラズマ安定化および制御に関する新たな知見を導出します。

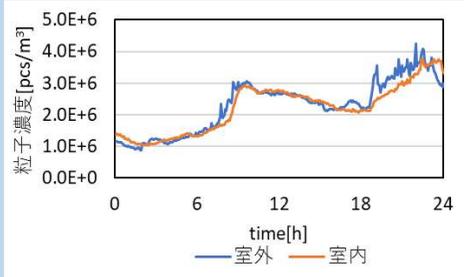
室内空気環境の改善

24時間換気装置の影響

24時間換気装置はシックハウスの対策として設置が義務付けられています。これの吸気口にはフィルターが付いていますが、標準のフィルターでは目が粗く $10\ \mu\text{m}$ 以上の花粉やほこりなどを除去できるとどまります。スギ花粉の原因となる物質の1つには花粉本体から剥離したCrj 1というアレルゲンがあります。この粒子は粒径が $0.7\ \mu\text{m}$ と小さく、24時間換気装置のフィルターを通り抜けてしまい、室内に侵入してきます。



換気口に目張りをしたとき



換気口に目張りをしなかったとき

0.5~1.0 μm (スギ花粉のアレルゲン等)の粒子の動き



換気装置のフィルターだとアレルゲンが侵入してくる！



空気清浄機等による対策が必要

今後の予定

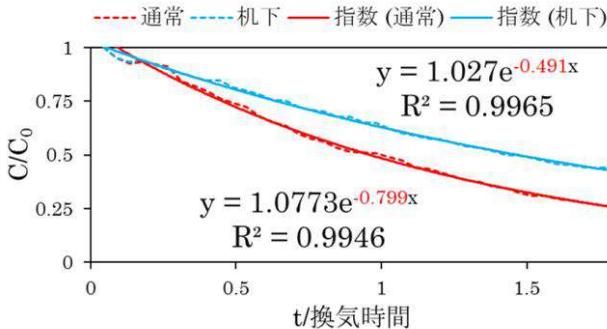
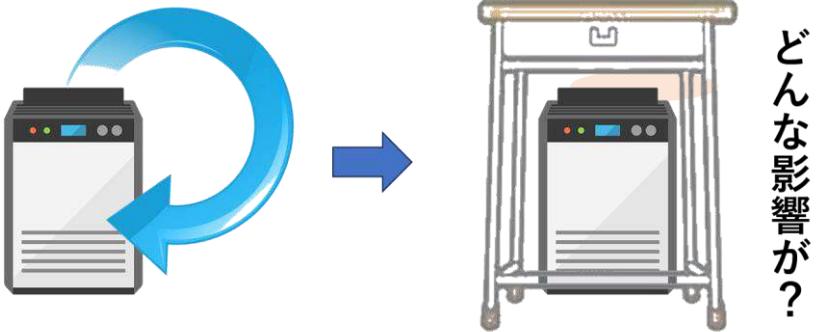
空気清浄機の試験に使われるような換気影響のない部屋ではなく、換気による粒子の侵入がある状態で、人体に粒子の影響を減らす稼働条件を検討する

室内構造が空気清浄機の性能に及ぼす影響の研究

近年、空気清浄機は一般家庭から公共施設まで幅広い場所で用いられている。空気清浄機は室内の空気の浄化に貢献しているが、その性能を最大限発揮するには、部屋の構造や障害物の有無を考慮して空気清浄機を設置する必要があると考えられる。私は、適切な空気清浄機の運用方法を模索するために、それらの要素が空気清浄機の性能にどのような影響を及ぼすのかについて研究している。

研究の一例：障害物の有無による粒子の減衰率の比較実験

空気清浄機の排気口を隠すように机を置いて空機清浄機を稼働させたときに、室内の粒子の減衰率がどのように変化するかを検証した。



0.5~1.0 μm での粒子数の減衰率

机の下に空気清浄機を設置すると明らかに粒子除去効率が落ちる
→空気清浄機が作り出す空気の循環が悪くなるから？

今後は、シミュレーションを用いながら複雑な室内構造での空気清浄機の配置や、排気口の角度などについて研究していきたい。

熱輸送シミュレーション

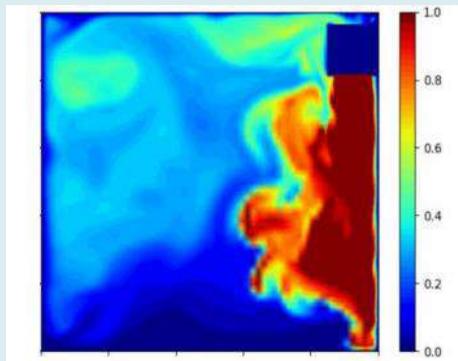
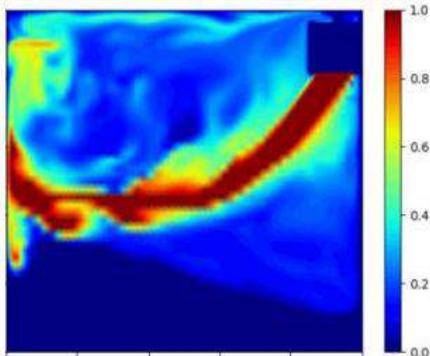
熱流体シミュレーションを通して

より現実に近い解析

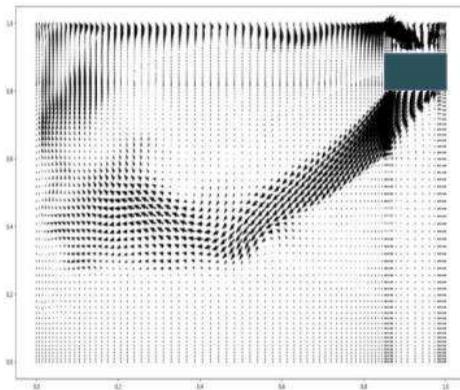
快適な室内空間の提案

を実行する。

エアコンによる温度分布の変化



流速分布



理論値を用いたシミュレーションを目指して
新たな解析方法の導入を目指す。

アプリ開発やC++など興味がある方、
得意な方大募集！！

湿度と微粒子の関係の研究

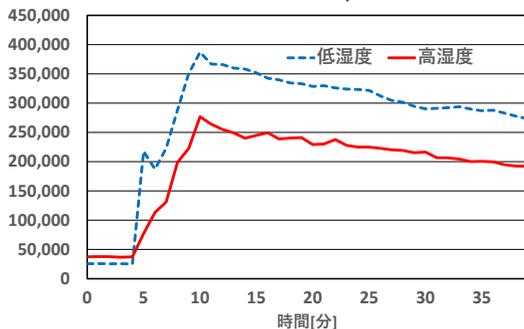
加湿器などによって、部屋の湿度の適切な状態に保ち、人間が吸い込む花粉量を低減することが目的

線香の煙粒子による実験

実際に花粉を用いて実験することが理想ですが、花粉本体は粒径が大きく重力沈降による落下が早すぎるため、湿度との関係を探る実験には不向きです。そこで、花粉本体の表面に付着し、花粉症の原因になっているオービクルと呼ばれる微粒子に着目し、オービクルの粒径に近い粒子が発生する線香の煙粒子を用いて、実験を行いました。

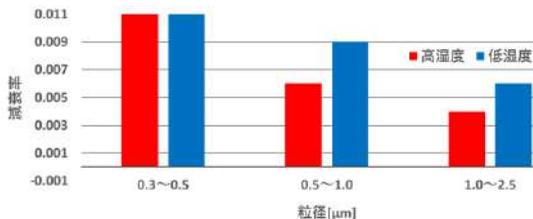
0.3~0.5 μm

発生粒子数の比較



- ・約10分から粒子数が徐々に減少している
- ・高湿度の場合、線香から発生する粒子数が少ない

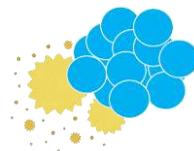
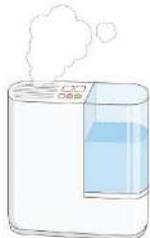
減衰率の比較



- ・粒径が大きくなるほど、高湿度の方が減衰率が小さくなっている
- ・湿度を上げるほど、小さい粒子同士の凝集が頻繁に起こるのではないか

今後の実験

微粒子の発生源を換えたり、凝集反応に着目して実験を行いたい

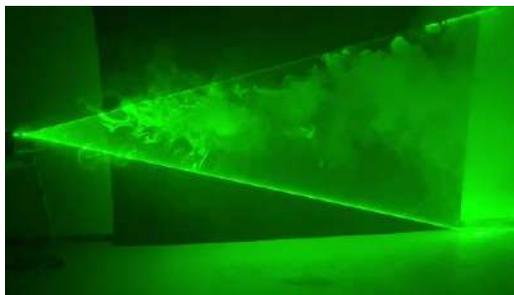


オプティカルフローによる気流可視化

オプティカルフローを用いて空気清浄機使用時の気流をベクトル表示することで性能評価と除去性能の効率化の検討を行っています。

空気清浄機使用時の気流可視化実験

空気清浄機を使用したときのフォグの動きをレーザーを用いて可視化し、オプティカルフローによって気流の特徴を調査する実験。

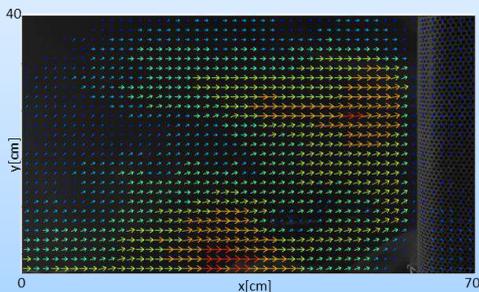


レーザーを用いたフォグの可視化

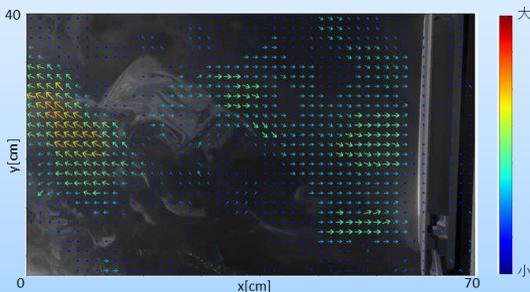


画像処理(python)

吸排気構造が異なる空気清浄機の吸気部付近の気流可視化



気流 ○



気流 ✕

今後の予定

より広範囲の気流可視化と画像処理によって煙濃度の空間依存性を調査する予定です。

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

- ・新入生歓迎会
- ・忘年会
- ・追いコン
- ・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 (2024年度)

9月

US-Japan Work Shop

2月

卒論&修論発表会

11月

室内環境学会

3月

電気学会合同発表会

12月

CT-RFP研究会

先進燃料核融合研究会

卒業生の就職先

- 2024 沖電気工業 パナソニックオートモーティブ
- 2023 ダスキン 原燃輸送 東京電力
- 2022 ENEOS JR東日本 沖電気工業 ルネサスエレクトロニクス 公務員 日置電機
- 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

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