

## A領域「ロボティクス・メカトロニクス分野」研究活動

平成18-21年度 領域長  
電気電子工学専攻 教授 平井淳之

### 1. はじめに

工学研究科では、概算要求「大学院実質化」における主要実施項目として、特定の研究分野をもって複数の専攻科を越えて横断的な研究連携を行う「領域活動」を平成19年より開始し、約2年半の活動を実施してきている。この活動では、現在時点で既存研究分野を暫定的に7領域に分けているが、その一つとしてA領域がある。

### 2. A領域の定義と特徴

同領域は、「制御」「ロボット」「機械自動化」「パワーエレクトロニクス」「(自動化のための)情報処理」「新エネルギー変換」などを研究主対象としており、最先端の技術トピックスとして注目されている以下の様な具体内容をも含んでいる。

- ① リハビリ支援ロボット、 ② 人間スキル・思考のマシンへ搭載、 ③新エネルギーの発生と制御

当該研究対象は何れもシステム・複合技術分野であり、情報関係・機械関係・デバイス関係分野との関係も強く、数学的な理論も多使用することがその特徴である。

### 3. 構成

対象講座

機械工学専攻： システム設計研究室、 メカトロニクス研究室

電気工学専攻： 電機システム研究室、 制御システム研究室、 エネルギーシステム研究室

構成メンバー

教職員 13名(教授 4名 准教授 4名 助教3名 技術職員3名)

博士課程学生 52名(後期過程 4名 前期課程 48名)

学部学生 45名

その他 4名

計) 106名

### 4. 主な研究活動状況

H20年度 9月 修士2年生 中間報告 翌年2月 修士2年生 修士論文発表

H21年度 9月 修士2年生 中間報告 および 修士1年 研究紹介

### 5. A領域の今後と発展

システム指向を要する同分野においては 工学研究他領域との交流だけでなく、医療・生体・福祉等学際的連携および国内外学界・社会との連携などへの発展をも目指して活動を行っている。

学内連携： 具体特定分野(事例：福祉・医療分野メカトロ研究、バッテリー充電・制御研究等)におけるセンター構想実現に向けた展開(研究科内連携を経て全学センター化へ)

大型プロ： 国レベルの大型プロジェクト応募・資金獲得のための組織化

他学連携： 国内・海外大学との連携における組織的対応力の強化。

社会連携： 産学官連携(メカトロ研究会など)における組織的対応。

学会活動： 学会活動における組織的対応力の強化。

# 「電機システム研究室」研究活動

平井 淳之, 駒田 諭, 弓場井 一裕

## 1. はじめに

本研究室はモーション制御, 人間環境に適応するロボット, 人間のトレーニングを支援するマニピュレータの研究を行っており, それらの概要を紹介する。

## 2. モーション制御

### 1) モデルフリー制御器設計法の開発

通常, 制御器設計は数式モデルに基づいて行われるが, 複雑な動特性を持つ制御対象においてはモデルの獲得に対するコストや設計される制御器の次数が問題となる。これらの問題を解決するため, 制御対象から得られる入出力データから直接制御器を設計する手法の開発を行っている。これにより, PID 制御器などの構造が固定された制御器の設計が容易に行うことができる。また, 相関法を利用することにより, 入出力データに雑音が含まれている場合にも良好な制御器設計が行うことができ, 多入力多出力システムに対しても適用可能な手法を開発してきた。

### 2) 構造可変型ロボットの制御アルゴリズムの開発

ロボットにおいて, ケーブルは動作範囲を制限するばかりか, 断線などの故障の原因となる。特に多軸ロボットにおいては情報線・電力線の数は無視することはできない。この問題を解決するため, 情報と電力の無接触電送を用いたロボットシステムの構築を目指し, そのロボットに適した分散型のロボット制御アルゴリズムの開発を行っている。配線を省くことによりロボットは組み替えにより容易にその構造を変えることができるが, 用途に応じた制御アルゴリズムを自動的に生成できることで, その使い勝手は飛躍的に増大する。我々はロボットに与えるタスクを最小単位に分割し, それらを重ね合わせることで複雑なタスクをロボットに行わせる方法を提案し, 模擬システムを用いてその有効性を検証している。

## 3. 人間環境に適応するロボット

### 1) 可変弾性腱駆動マニピュレータ

ロボットが人間と共存するためには, 安全性の確保と多様なタスクの実現が必要である。そのために軽量化と関節弾性を可変にできる腱駆動機構の開発とその制御手法を開発してきた。本マニピュレータは鈴鹿工業高等専門学校の白井達也准教授が開発した非線形バネ Stiffness Adjustable Tendon を用いている。

### 3) ロボットハンド

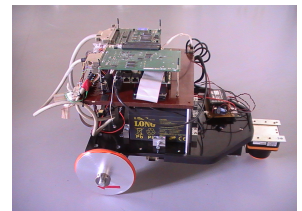
ロボットが様々な作業を実現するためには, 人間のように器用な操りが可能なハンド必要である。本研究室ではハンドの把持計画と制御法を開発を行ってきた。

### 3) 自律移動ロボット

人間環境下でのロボットは, 環境を認識し, 行動を計画し, 状況に合わせてそれを修正しながら行動する必要がある。そのため, 環境のマッピング, 行動の意志決定, カメラ等のセンサを用いたナビゲーションの研究を行ってきた。

## 4. 人間のトレーニングを支援するマニピュレータ

マニピュレータによるトレーニングの定量化を行うことで, 効果的トレーニングの実現を目指している。そのために, マニピュレータの開発とトレーニング手法の提案, 筋張力等の生体情報推定手法の開発, バイオフィードバックの実現を行ってきた。



# 制御システム研究室

教授 石田宗秋, 准教授 残間忠直

## 1. はじめに

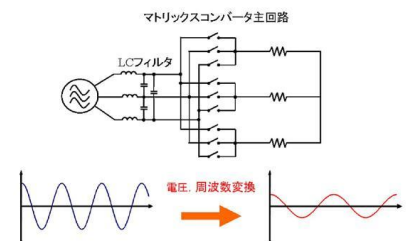
制御システム研究室では、ハイブリッドシステム、モータ制御とその解析、パワーエレクトロニクスとその応用、離散事象システム、シーケンス制御、インテリジェントシステムなどについて研究しています。具体的には、ヒトの運転スキルの抽出と自動運転への応用、量子化フィードバックによる制御理論応用、自動車・電車・家電などのモータ制御や振動抑制、マトリクスコンバータやDC-DCコンバータの最適制御、システムの安全性に関する情報論的検証を行っている。

また、企業との共同研究も盛んに行われており、産業界とも活発に交流している。

## 2. 研究活動, 研究内容等

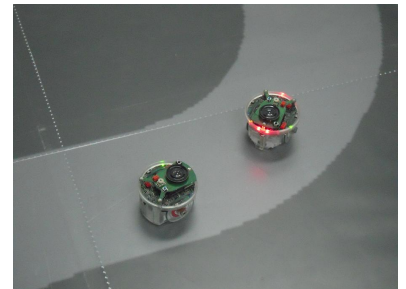
### ① マトリクスコンバータ

近年、直流リンク部を介さずに、商用電源から任意の電圧、周波数の交流に直接変換可能なマトリクスコンバータが注目を浴び、盛んに研究されている。そこで、本研究では出力相電圧に正弦波とする制御法の確立とマトリクスコンバータの昇圧動作を実現する制御法を確立する。



### ② e-puck を用いた適応追従制御

連続時間ダイナミカルシステムと離散事象システムを含むハイブリッド動的システムが注目を集め、盛んに研究が行われている。本研究では、小型自律移動ロボットの追従問題を区分的アフィンシステムによってモデル化し、先行ロボットへの最適追従制御をモデル予測制御によって設計し、e-puck を用いてその有効性を検証する。これにより、自律的な追従走行を実現する。



### ③ 永久磁石同期電動機の振動抑制手法

一般化繰り返し制御は、周期的な外乱の除去に有効である。本研究では、IPMSM（埋込型永久磁石同期モータ）の駆動周波数の整数倍の振動を抑制する手法を開発する。周期振動の除去と定常特性はトレードオフの関係にあるが、FIR フィルタによって最適なデジタル制御器を設計する。これによりモータ回転時の振動を抑制し、静粛性を実現する。



## 3. 今後の発展, 今後の計画

クリーンエネルギーの課題解決とした高効率電力変換や、システム制御の応用としての人・機械共存システムを構築する。また、産学官との共同研究などによる連携を含め、パワーエレクトロニクスやシステム制御の発展を今後も継続する。

# エネルギーシステム研究室, 新エネルギーの発生と制御

電気電子工学科 准教授 山村直紀

## 1. はじめに

エネルギーシステム研究室では, 新エネルギーを用いた発電システムとその電力変換の制御を中心として, パワーエレクトロニクスに関する研究を行っている。

## 2. 研究活動

現在研究室では, 以下のテーマの他, パワーアンプを用いた低ノイズアクティブフィルタの開発についての研究を行っている。

### 2.1 自然エネルギー発電システムにおける電力平準化システムの開発

自然エネルギーを用いた発電システムは石油をはじめとする化石エネルギー利用発電システムの代替として期待されているものの一つである。しかし, 自然エネルギーは発電電力の制御が完全にはできないため, 負荷消費電力とのバランスが崩れやすく, 安定な電力システムを構築することができない。そこで, 本研究室ではフライホイール電力貯蔵装置を用いることにより発電電力の平準化を図る手法について研究を行っている。本研究では地産のエネルギーであるバイオマスを用いた発電システムと併用することで, 従来のフライホイール装置を用いた電力平準化システムに比べ, その容量を大幅に削減となった。このほかにも電気二重層キャパシタによる, 電力平準化システムについても検討を行っている。

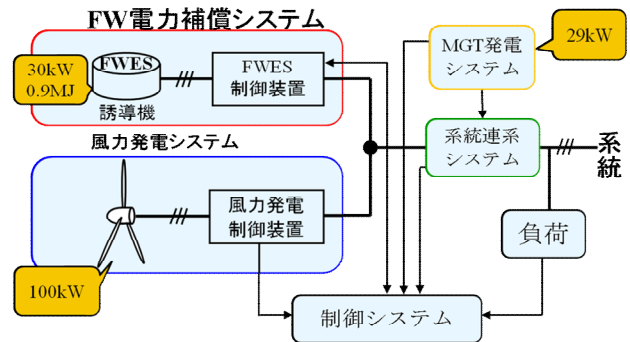


図1 複合型自然エネルギー発電システム

### 2.2 燃料電池の模擬装置の開発

クリーンエネルギー利用発電システムの一つに水素などを燃料とし, 化学反応により発電する燃料電池システムが, 熱エネルギーも含めた変換効率の高さにより, 注目されている。しかし, 燃料電池に用いられる電解質の寿命は現在のところまだ短く, 燃料電池自身が高価であるため, 燃料電池を用いた発電システムに必要な電力変換装置の開発を行う際, 等しい条件下で変換器の試験を行うことができない, この問題を解決するため, 燃料電池をモデル化し, これを模擬する装置の開発に取り組んでいる。

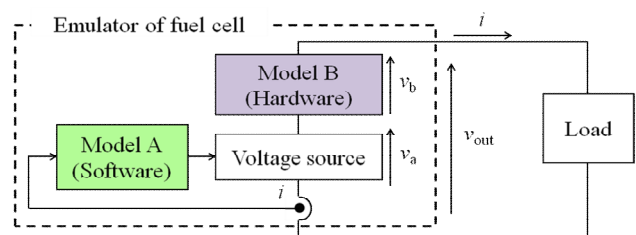


図2 燃料電池模擬装置の概要

## 3. 今後の発展・計画

現在, 各システムは個々に動作させているが, 最終的には, 自然エネルギーとバイオマスエネルギーを核とし, フライホイールや燃料電池などを補助・補償装置としたマイクログリッドシステムに発展させていく予定である。

# 機械工学専攻「システム設計研究室」研究活動

教授 池浦 良淳, 准教授 早川聡一郎

## 1. はじめに

当研究室では、介護ロボットや車に代表されるような人間と直接ふれあう機械に対して、人間に優しいシステム開発をするため、人間の特性を解析し、それを考慮したシステム設計や制御系設計を行っている。

## 2. 人間とロボットの協調制御

将来、ロボットが人間社会で広く使われるためには、人に優しいロボットを開発する必要がある。その機能の1つとして、人間に協調する能力がある。本研究では、人間とロボットが1つの物体を運ぶ作業を取り上げ、人間に優しくロボットが協調するための制御手法を開発している。

## 3. 高齢者、障害者用座位保持椅子の開発

寝たきりとなった高齢者や障害者の生活レベルを向上するためにはまず、座位姿勢をとることが必要である。しかし、障害者など体型がさまざまとなっており、既製品の座位椅子を使うと褥創が発生し、事態はさらに悪化することとなる。従来は、各個人にあった座位保持椅子を設計しているが、その技術者は非常に少ないのが現状である。本研究では、体型を自動的に計測することにより、各個人にあった座位保持椅子を自動的に設計する開発システムを作製している。

## 4. 産業用パワーアシスト装置の開発

工場内や福祉など、人間のパワーをアシストする機械を開発している。人間にとっていかに操作しやすく、しかもパワーをアシストできるか、制御工学、人間工学からのアプローチによりその問題を解決している。

## 5. 介護ロボットの開発

介護現場では介護者に様々な肉体的負担がかかり、早急な改善が必要となっている。本研究では、人間の介護動作を解析し、(独)理化学研究所理研一東海ゴム 人間共存ロボット連携センターで開発中の介護ロボットの動作計画を行っている。

## 6. 運転行動のモデル化とその応用

自動車事故を減らすため、自動車をより安全化するシステムの開発が求められている。この開発

に必要な、ドライバの運転行動のモデル化に関する研究を行うと共に、運転行動モデルを用いて、より高度な運転支援システムや自律走行システムの実現を目指す研究を行っている。

## 7. その他の研究

以下のようなテーマで共同研究を行っている。

「寝具の寝返り性評価」, 「射出成形機, 加振機の制御」, 「高精度簡易プレス機の開発」, 「バイクの乗車姿勢評価」, 「人の作業負担軽減システムの開発」, 「車のシートの疲労軽減システムの開発」

## 8. 代表的な発表論文

- (1) 池浦良淳, “人間の力学特性と支援”, 計測と制御, Vol. 45, No. 5, pp. 413-418, 2006.
- (2) 池浦良淳, 森口智貴, 水谷一樹, “人間どうしの協調運動における腕の可変インピーダンス特性とロボット制御への適用”, 日本機械学会論文集 C編, Vol. 73, No. 725, pp. 251-257, 2007.
- (3) 奥田裕之, 早川聡一郎, 鈴木達也, 土田縫夫: “人間行動のハイブリッドシステムモデルに基づいた人間-機械協調型ロボットシステムの切替型制御器設計”, 電気学会論文誌 D, Vol. 128-D, No. 6, pp. 810-818, 2008.
- (4) 田口 峻, 稲垣 伸吉, 鈴木 達也, 早川 聡一郎, 津田 太司, 渡辺 篤「運転行動における判断の定量化とそれに基づく行動特性解析」, 計測自動制御学会論文集, Vol. 44, No. 3, pp. 267-277, 2008.

## 9. 外部資金

- (1) 文部科学省科学研究費補助金「基盤研究 C」, 人間どうしの協調特性解析と機械の操縦制御系への応用, 4, 420 千円, 平成 2007~2008 年度.
- (2) 文部科学省科学研究費補助金「基盤研究 C」, 人間-機械協調型ロボットのための人間の確率的行動モデル構築手法に関する研究, 2007~2008 年度.
- (3) 共同研究費
  - ・2008 年度, 7 件, 4, 000 千円.
  - ・2007 年度, 6 件, 4, 200 千円
  - ・2006 年度, 11 件, 10, 200 千円

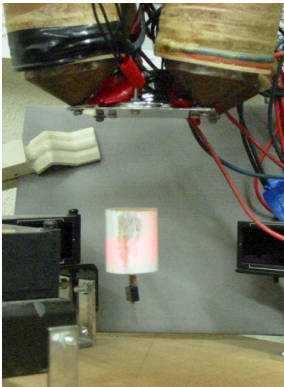
研究室名：メカトロニクス研究室

スタッフ：野村由司彦(教授)，加藤典彦(准教授)，松井博和(助教)

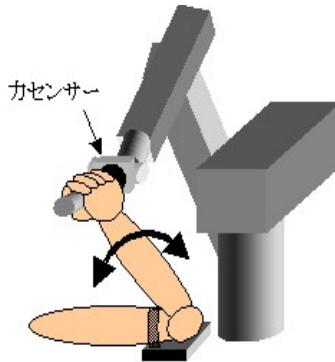
## “見て聞いて感じて、認識して、仕事をする”『自律知能ロボット』を目指して

研究テーマにより二つに分かれており，人工知能・情報グループでは，広い意味での人工知能の研究（認識，知覚，マルチエージェント等の研究）をしています．計測制御・システムグループでは，主に機械制御を研究しており，自律移動車，ロボット制御等の研究を通して，実社会で役に立つ知識の獲得に力を入れています．

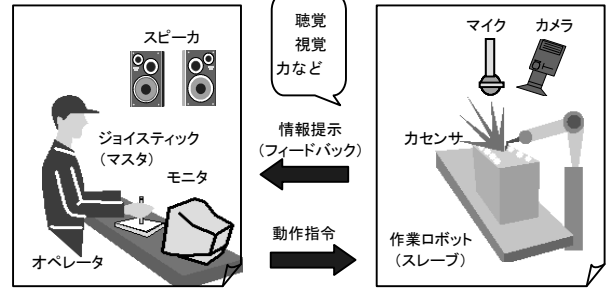
### 計測制御・システムグループ（加藤）



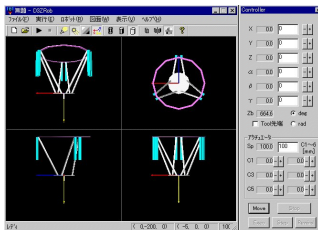
磁気を用いて物体を浮上させることにより，非接触で物体を操作する研究



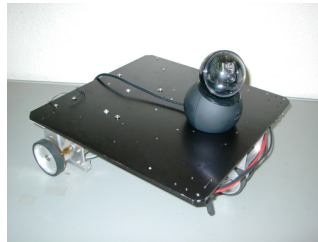
多自由度ロボットによるリハビリテーション支援や組み立て作業計画など



遠隔操作ロボットなどの操作性向上に関する研究  
(カメラ画像提示の自動化，実・仮想力提示など)



パラレルメカニズムの特性解析や設計のためのシミュレータの開発およびその校正や制御に関する研究



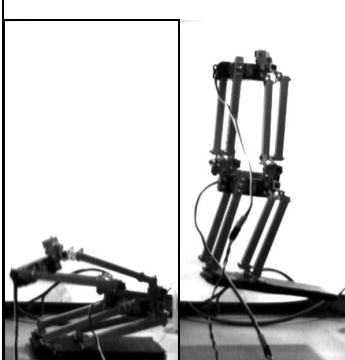
移動ロボットのための認識，軌道生成，走行制御などのナビゲーションの研究

ロボットを動かすための軌道生成，軌道への追従制御および力制御などの各種制御手法

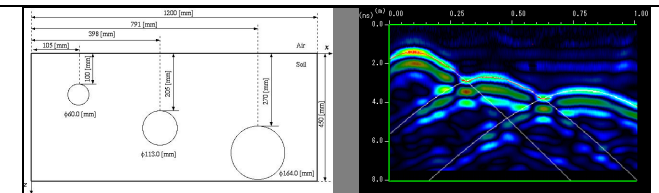
### 人工知能・情報グループ（野村，松井）



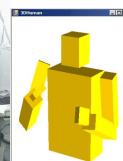
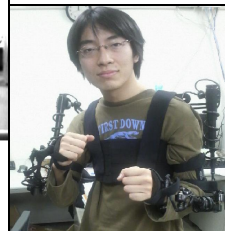
リアルな講義映像を配信する～いつでもどこでも自学自習eラーニングシステム



“跳ぶ”を科学する～跳躍ロボット



鉄筋コンクリート建築物の倒壊予防，地面の陥没事故防止で活躍～見えないものも透視する～地中レーダ



控えめに手取り足取りして身振りの学習を支援する～“着る”ロボット