



堀 洋一 / Yoichi Hori

【研究分野】 システム制御・宇宙分野

【研究内容】 電気制御システム工学、
メカトロニクス、電気自動車工学

電気自動車の制御

未来の車

- ワイヤレスで充電できる
- キャパシタで走る
- モータによる運動制御

インホイールモータ4基搭載の東大三月号II

先達たちが完成しているEVをそのまま利用して制御することも、必要なら自由に改良もできます。

電気自動車の最大の特徴
→ モータの高い制御性

- 高速トルク応答 → 車輪の空転防止制御
- 4輪独立駆動 → 2次元車体運動制御
- 正確なトルク値把握 → 路面状態推定

研究内容

- トラクション制御
- 旋回時の安定制御
- ロール安定化制御
- 路面状態推定...

C-COMS2に搭載されている電気二重層キャパシタ

電気自動車の制御

人間親和型モーションコントロール

二関節筋のロボティクス応用

安全な電車ドアの開発

センサレスで賢いロボット

製作した二関節筋ロボット

安全な車いす制御

カセンサレスパワーアシスト制御

人間親和型モーションコントロール

ワイヤレス電力伝送システム

研究内容

- 等価回路による磁気共鳴給電の原理説明
- 内外で提案されている諸手法の統一的分析
- スイッチング素子を利用した高効率充電システム
- 実際にEVIに搭載したシステム開発...

完全に自由!

非対称アンテナ

KHz帯共振アンテナ

バッテリー充電システム

給電のための煩わしいケーブルがなくなる世界

たいへん高効率です

ワイヤレス電力伝送システム



研究室の集合写真

研究内容

堀研究室のテーマは多岐にわたりますが、今年は、(1)電気自動車の制御、(2)人間親和型モーションコントロール、(3)ワイヤレス電力伝送システム、の三つに分けることにしました。

機械制御が開ループ制御を基本とするのに対し、電気制御の本質はフィードバック制御にあります。単純な演算を短い制御周期で繰り返す電気制御の力によって、機械系の特性は大きく変化します。この原理をもとに、電気自動車やモーションコントロールの分野に、革新をもたらそうとしています。

(1) 電気自動車の制御

電気モータの高速トルク発生を生かし、電気自動車ですべて可能になる新しい制御の実現をめざしています。タイヤの増粘着制御によって低抵抗タイヤの使用が可能になったり、4輪独立駆動車によって高性能な車体姿勢制御が実現できたりします。モータトルクは容易に知れますから路面状態の推定も可能になります。インホイールモータ4個を用いた高性能車「東大三月号-II」および「カドウェルEV」を製作し、粘着制御をはじめ、車体すべり角 β の推定、DYCとAFSの非干渉制御などに力を入れてきました。最近、電気二重層キャパシタ(EDLC)だけで動く小型電気自動車C-COMSを作りました。初代C-COMS1に続き、C-COMS2は新開発のインホイールDDモータをもつ高性能車です。COMS3は汎用機です。C-COMSは30秒充電で20分ぐらい走るため、電気自動車に革命を起こすことでしょう。

(2) 人間親和型モーションコントロール

福祉分野を想定した独特の制御手法の開発を目論むもので、助教の呉世訓博士を中心に、人間親和型モーションコントロールという学術領域を作りたいと考えています。様々な動作で人間の生活に役立つロボットや、人間移動支援用のパーソナルモビリティに適した制御手法を提案する研究で、モータの高速制御性を利用して機器の機械特性を自由に設計することができます。また、人間や生物の筋骨格系の特徴を機器設計に反映し、効率的でシンプルに動く新しいロボティクスを提案しています。現在、(1)介護ロボットのためのパワーアシスト技術、(2)カセンサレス制御を利用した安全な電動電車ドア、(3)生物の二関節筋構造や非線形筋弾性特性を用いた新しい原理のロボットアーム、(4)筋電センサを用いたパワーアシスト車椅子の制御、などの研究を行っています。

(3) ワイヤレス電力伝送システム

電気自動車は高価な電池をたくさん積んで走るのでしょうか？それでは従来のガソリン車と同じです。これからのクルマは電気で動き、インフラからエネルギーをもらって走ることは間違いありません。そのためにはワイヤレス電力伝送が重要で、とくに磁気共鳴を使った方式は有望です。堀研では、50cm~1mという距離で送受信アンテナの位置が半分位ずれても、アンテナ間効率95%というレベルになりました。数年内に大ブレイクするでしょう。電気は起こしたらできるだけすぐ使うのがベストです。貯めて使うのは賢くありません。これからのクルマは、モータ/キャパシタ/ワイヤレスが重要になります。アンテナや電磁気学にめっちゃ強い人を歓迎します。

学生へのメッセージ

堀研究室は本郷の電気工学専攻に軸足をおきながら、総合試験所で5年、生産技術研究所で5年などを過ごしたあと、平成20年度からは柏の先端エネルギー専攻に異動しました。平成22年3月には、研究室を生産技術研究所から柏キャンパスに完全移転、基盤棟7階とEVのためのガレージ棟をベースに研究を開始しました。同時に横浜国立大学から藤本博志准教授をお招きし、研究室を共同運用します。どちらに配属されてもまったく同じ暮らしになります。

ガレージの他、ワイヤレス電力伝送実験のための電波シールドルームを完備、ファナックの汎用ロボット、二関節筋構造のロボットアームも2機制作しているなど様々な実験環境がそろっています。動くものが好きで回路やハードの製作をやりたい人、ちょっと変わったロボット制御をやりたい人、自動車が大好きで将来もクルマ関係で働きたい人、高齢者や身障者のためにになりたいと思っている人は、堀研+藤本研に来てください。

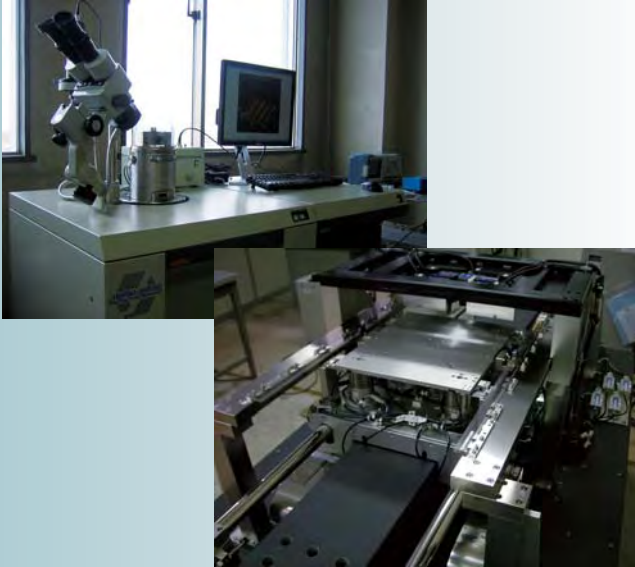
企業をはじめ行政、大学、学会など外部との付き合いが多く、内外から見学者もたくさんきます。イベントやデモが好きな人を歓迎します。宴会が非常に多いのでお酒はたしなめた方がいいと思われまます。



藤本博志 / Hiroshi Fujimoto

【研究分野】 システム制御・宇宙分野

【研究内容】 制御工学、ナノスケールサーボ、電気自動車制御



AFM (左) と多自由度ステージ (右) のナノスケールサーボ



4 輪にダイレクトドライブインホイールモータを搭載した電気自動車



研究室の集合写真



研究内容

本研究室では新しい制御理論の開発と、それを実際の装置に適用する研究を進めます。具体的な研究テーマ例は以下。

1. AFM とステージのナノスケールサーボ制御

原子間力顕微鏡 (AFM) とはナノスケールの針とフィードバック技術により物体表面を測定する装置ですが、その高速高精度化の研究を行っています。従来数分間かかっていた測定を数 10 倍高速化する理論を開発し、2009 年には製品適用され、新聞などで報道されました。今後は、サブナノスケール・原子レベルの高性能制御の夢を実現させ、医療や材料分野へのナノスケールサーボ技術の貢献に挑戦します。

また、史上最も精密な機械と呼ばれる露光装置 (ステッパ・スキャナ) の先行研究として、産業界に先駆け世界最高性能の多自由度ナノステージを製作し、その制御系の研究開発を行います。

2. 次世代ハードディスク装置 (HDD) のナノスケールサーボ

情報爆発時代を迎え、数十テラバイトクラスの HDD の開発が必要とされていますが、現在の HDD では、記憶容量の増大に対して原理的な限界に達しつつあります。そのヘッドの位置決め精度はナノメートルの領域に達していますが、本研究室では国内外のメーカの協力を得て新しい制御技術を次々に提案。実際に研究室で設計したコントローラは製品に実装されています。数年前から次世代媒体に向けた新制御系を世界に先駆けて先行開発しています。今後は、新原理のストレージにも挑戦。

3. 電気自動車の運動制御

近年、環境・エネルギー問題の対策としてプラグインハイブリッド車や電気自動車が注目されていますが、我々の視点はその先の「制御技術」にあります。モータの制御応答はエンジンよりも 100 倍程度速いことから、高速なフィードバック制御をかけることができ、例えば雪道のような低 μ 路でも安定に走行する自動車を作る事ができます。また電流値から路面状態を正確に推定することも可能。究極的な制御性能を追求するために、4 輪にインホイールモータや横力センサ、アクティブ 4 輪操舵システムを搭載した世界で唯一の電気自動車を国の支援を受けて開発し、その成果は NHK の科学番組でも紹介されるなど、注目を集めています。最近では、最適な制駆動力配分・操舵制御や回生ブレーキ制御による航続距離延長制御システム (RECS) の研究開発を開始。安全でエコな次世代の電気自動車の研究を一緒に取り組みませんか? 今年度は掘研と合同のガレージが完成し、新車両の開発計画があります。自動車メーカーとの共同研究によるテストコースでの制御実験もあり。

4. 制御理論の研究

新しいデジタル制御方式であるマルチレート制御とその応用分野では世界をリード。スイッチング機構を取り入れたハイブリッド制御や、コントローラ自身が学習する適応制御、ロボットや自動車の制御に適した非線形制御など新しい分野に挑戦します。武器は頭脳 (アイデア) とコンピュータ。制御系 CAD (Matlab) も駆使します。若い学生の柔軟な発想が世界的に注目されることも多々あり。

学生へのメッセージ

- ・本研究室は 2004 年に他大学で誕生しましたが、藤本の東京大学での着任に伴い、2010 年 4 月に東大で始動する新しい研究室です。堀研究室とは一体運営をしますので、かなりの大所帯になる予定。
- ・当然ですが、研究室は学生のためにあります。学生が主役の元気のいい研究室にしたいと思っています。研究の楽しさを教え、やる気のある学生をどんどんサポートします。質問は hfuji@ieee.org まで。見学希望も大歓迎。
- ・研究立ち上げ時期は週に数回の勉強会を実施し、それ以降は毎週の個別打ち合わせと研究室発表会で議論を進めます。修士学生以上は、殆ど全員が国際会議で発表をしています。電機系企業や自動車メーカー、国内外の他大学との交流も多々あり。共同研究で、国内企業や海外大学に数週間滞在して実験する機会もあり。普通では絶対に見られないトップ企業や海外大学の最先端研究現場での共同研究の経験は、学生を一流の研究者に成長させます。
- ・研究テーマとしては上記以外にも、NC 工作機械のサーボ、マルチレート PWM という研究室独自の方式によるインバータと PM モータの高性能制御、自然エネルギー利用のための電力系統連携制御、ロボットやヘリコプタのビジュアルサーボなど、制御関連であれば何でもやります。キーは「豊富になった計算機パワーをいかに有効利用し高い制御性能を得るか?」という命題にあり。プログラムだけの研究ではなく実際にものを動かしたいという意欲的な方、充実した研究生活を楽しみたい方、来たれ!