



堀 洋一 / Yoichi Hori

【研究分野】 システム制御・宇宙分野

【研究内容】 電気自動車、エネルギー、モーション制御

【研究室 URL】

http://hflab.k.u-tokyo.ac.jp/index_ja.html

研究内容

堀研究室のテーマは (1)電気自動車の制御、(2)ワイヤレス電力伝送システム、(3)人間親和型モーションコントロール、の三つで、藤本研のテーマと相互乗り入れをしています。

専門分野は「制御工学の産業応用」であり、パワーエレクトロニクス、メカトロニクスがベースです。電気制御で大きな機械系が動いたり、その特性が激変したりするのが面白いのです。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に、大きな革新をもたらそうとしています。

(1) 電気自動車の制御

電気モータはエンジン車と比較して、(1)トルク応答が二桁以上速い、(2)モータ電流から発生トルクを知ることができる、また、(3)モータは小型化が可能のため各輪に分散配置することで、高度な車両運動制御が実現できる、という特長があります。電気モータを各輪や電動パワステに搭載した電気自動車を製作し、タイヤのスリップ抑制制御、車体姿勢制御、車両運動と一体感のある操舵支援制御などを行っています。車体滑り角などは車両運動を支配する最も重要な状態変数の一つですが、直接観測できないため、カメラやGPSを利用した推定法を提案しました。

また、動力源として電気二重層キャパシタ (EDLC)のみを使用した小型電気自動車 C-COMS も製作しました。キャパシタはパワー密度に優れ、急速充電が可能、端子電圧によりエネルギー残量が正確に把握できるなどの特長があり、C-COMS は 30 秒充電を行えば 20 分間走行できます。さらに、電池とキャパシタのハイブリットシステムを製作し、エネルギー密度とパワー密度を両立する手法についても研究を行っています。

(2) ワイヤレス電力伝送システム

電気とガソリンはエネルギー形態がまったく違うのに、どうして電気自動車が「止まって」「大きなエネルギーを」「短時間に」入れようとするのか不思議だと思いませんか？ 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いながら走るようになります。そのためには最後の数 m を担うワイヤレス電力伝送が重要ですが、とくに磁界共鳴を使った方式が有望で、コイルの原理解明と実証実験を行って来ました。電気は起こしたらすぐ使うのがベストなのです。

大きく位置がずれ、かつ大きなエアギャップにおいても、コイル間効率 95% を達成しました。これからは、モータ/キャパシタ/ワイヤレスの時代になります。キャパシタ車はオートチャージの Suica、ワイヤレス電力伝送はエネルギー版 ETC と言えます。

他にも核廃棄物モニタリング用ワイヤレス給電、推定技術、磁界共鳴センサによる自動駐車/走行の研究を行なっています。

(3) 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的とすることで、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っています。人間や生物の動きからその特徴を学び、モータの高速制御性を利用して機器の機械特性を人間親和的に設計することをめざしています。走行や跳躍といったダイナミックな運動を自然に作り出すことのできる二関節筋構造を主としたバイオメカニクスを利用した新しいロボティクスの研究に力を入れています。また、車いすなど移動支援用パーソナルモビリティを様々な環境で利用できるよう、新たな制御方法を提案しています。

現在は、(1)モータとバネを用いたジャンピングロボット、(2)二関節筋構造に学ぶロボティクス、(3)歩行時の衝撃力緩和とその応用、(4)推進力が得られる短下肢装具、(5)片手でも運転できる車椅子、(6)どんな坂でも安全かつ楽に運転できる車椅子、(7)ユーザの重心移動がわかる車椅子、などの研究をしています。

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 年度から柏の先端エネルギー工学専攻に全面移転、同時に藤本博志准教授と研究室の一体運用を開始しました。堀・藤本研のどちらに配属されてもまったく同じです。

動くものが好きで回路やハードの製作をやりたい人、一味違うロボット制御をやりたい人、自動車が好きでクルマ関係で働きたい人、高齢者や身障者のためになりたいと思っている人、それから宇宙関係をやりたい人も、堀・藤本研に来てください。

企業、省庁、大学、学会、マスコミなど外部との共同研究や付き合いが多く、内外から見学者がたくさん来ます。イベントやデモが好きなお人を歓迎します。また、調子の悪い人を助ける暖かい心をもった人を歓迎します。要領よく卒業できればいいと思っている人、基礎学力のない人、自己中心的な人は歓迎しません。

宴会が多いので肝臓は強い方がいいです。日本文化は大事にしますが、英語は必須です。

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

電気自動車の特徴

→ 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 → 車両運動制御
- 高精度なトルク把握 → 車両・路面状態推定

カメラやGPSを利用した車両状態推定

人間親和型の操舵制御

キャパシタの特徴

- 高パワー密度 → 急速充電が可能
- 電圧計測 → エネルギー残量を把握
- レアメタルレス → 環境に優しい

COMSIに搭載されたキャパシタ
30秒の急速充電で20分走行可能

図 1 電気自動車の制御

ワイヤレス電力伝送システム

研究内容

- 等価回路による磁界共鳴の原理説明 (複数コイルなど)
- 1次側・2次側推定による高効率追従制御
- パワエレによる高速高効率インバータ最適化追従制御
- 大エアギャップ、位置ずれでも高効率な磁界共鳴アンテナ
- インピーダンスマッチングによる高効率化
- 核廃棄物モニタリング用ワイヤレス給電システム
- 共振センシングによる自動駐車・自動運転制御

ワイヤレスハウスの完全な自由！

中継コイル 複数給電 非対称コイル

EVへのワイヤレス充電システム

走行中充電

ワイヤレス給電によって、電気コードがなくなる世界がきます。世界の研究の最前線に立って、自分の研究成果によって世界が変化する様子一瞬に実感してみませんか。

図 2 ワイヤレス電力伝送システム

人間親和型モーションコントロール

二関節筋特徴を利用した装具開発研究

歩行時の衝撃力緩和

片手滑ぎ車いすの実現

簡単に垂直ジャンプができるロボット

遊星歯車を利用した二関節筋ロボット

車椅子ユーザの重心位置推定

車椅子のヨー方向外乱抑制

3対6筋構造を忠実に実現したロボットアーム

二関節筋ロボットの直動運動

安全な電車ドアの開発

図 3 horilab3.pdf 人間親和型モーションコントロール



図 4 horilab.jpg 柏の葉公園でお花見 (2012.4)



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

【研究室 URL】
<http://hflab.k.u-tokyo.ac.jp/>



AFM (左) と多自由度ナノスケールサーボステージ (右)



可変駆動方式型電気自動車 (左) と電動航空機構想図 (右)



堀・藤本研のイベント活動

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ました。今後は、サブナノスケール・原子レベルの高性能計測・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. 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、その成果は学术论文だけではなく、TV や新聞でも紹介されるなど、注目を集めています。最近は、最適な駆動力配分・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と一緒に取り組みませんか? 今年度は専用のガレージと試験場の整備が完了し、開発中の新車両の拡張を行います。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。

3. 宇宙機・電気飛行機の制御

最近、JAXA (相模原) と共同研究で、月惑星着陸機のアクティブ着陸脚制御の研究を開始しました。従来のパッシブ機構では着陸不可能な急斜面などへの着陸を目的としており、将来の実機搭載を目指しています。また昨年度からは JAXA (調布) と共同研究で、電気飛行機の制御の研究を開始しました。今年度からは、一人乗り試作機の試験飛行を目指しています。

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。限られた量子化ビットにおいて最大の制御性能を引き出す理論や、複数のセンサを有機的に組み合わせる新しい振動抑制制御理論など、新しい分野に挑戦します。武器は頭脳 (アイデア) と紙と鉛筆。制御系 CAD (Matlab) も駆使し、最終的には実験検討まで手掛けます。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、藤本の着任に伴い、2010 年 4 月に東大で始動した新しい研究室です。堀研究室とは一体運営をしていて、かなりの大所帯で楽しく活動しています。
- ・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良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。詳細は <http://hflab.k.u-tokyo.ac.jp/> を参照。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、次世代ハードディスクのサーボ、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、ロボットやヘリコプタのビジュアルサーボ、ヒューマノイドロボットの制御など、制御関連であれば何でもやります。キーは「豊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またい方、来たれ!