



## 堀 洋一 / Yoichi Hori

【研究分野】 システム制御・宇宙分野

【研究内容】 制御システム、電気自動車、モーションコントロール、ワイヤレス電力伝送

【研究室 URL】

[http://hflab.k.u-tokyo.ac.jp/index\\_ja.html](http://hflab.k.u-tokyo.ac.jp/index_ja.html)

### 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
- 4輪独立駆動 → 車両運動制御
- 高速トルク応答 → 車輪の空転防止制御
- 精確なトルク値把握 → 車両・路面状態推定

**カメラやGPSを利用した車両状態推定**

**EPSの操舵装置システム**

**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

COMS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ピーダンス最適化追従制御
- 大エアキャップ、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
- 複雑業務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 完全に自由!**

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来ます。世界の研究の最前線に立ち、自分の研究成果によって世界が変化する様子を一緒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置開発研究**

**片手滑ぎ車いすの実現**

**歩行時の衝撃力緩和**

**安全な電車ドアの開発**

**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**

**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**

**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**

図3 人間親和型モーションコントロール



図4 柏の葉公園でお花見(2013.4)

### 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る。

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ある。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。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る。

#### ■ 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、(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、という三つの特長がある。

電気モータの高速トルク応答を生かし、電気自動車(EV)・電気飛行機(EA)で初めて可能になる新しい制御や宇宙機に必要な制御を研究している。4輪にインホイールモータや横力センサなどを搭載した「FPEV2-Kanon」、GPSやカメラを搭載した小型EV「C-COMS1」、「FPEV4-Sawyer」などを用い、滑りやすい路面で安定に走行する制御、GPSやカメラ映像に基づく車両状態推定、EVへの無段変速機の適用などを研究している。

また、惑星探査機の着陸時の衝撃力緩和制御、EAの推力制御、航続距離延長制御を提案し、国内初のEAの有人飛行を目標む。

スーパーキャパシタ(SC)は、高電力密度、急速充電が可能、多数の充電回数に耐え、安全かつ環境にやさしいなどの多くの利点がある。現在、SCとバッテリーを組み合わせ、エネルギー密度とパワー密度の両立を可能にするハイブリッドエネルギー貯蔵システム(HESS)の研究をしている。また、HESSにワイヤレス給電技術を組み合わせる研究も進行中である。

#### ■ ワイヤレス電力伝送システム

磁界共振結合方式による、長距離・高効率なワイヤレス電力伝送の研究である。ワイヤレス電力伝送により、電気自動車のバッテリーを劇的に減らすことができる。すなわち、走行中や短時間の停車時に外部から電気エネルギーを供給することによって、長距離走行が可能になる。磁界共振結合方式によるワイヤレス電力伝送は、伝送距離は50~1mと長距離、伝送効率90%以上を達成可能、伝送アンテナの位置ずれに強い、といった利点がある。

具体的には、基本研究として、(1)負荷側制御による伝送効率の最大化、(2)複数の中継アンテナおよび負荷へのワイヤレス電力伝送、(3)複数負荷への電力分配、(4)電気自動車への走行中給電、(5)漏洩電磁波対策、(6)インピーダンスマッチング理論に基づく電力伝送効率の改善、などの研究を行っている。さらに応用として、(7)放射性廃棄物保管施設におけるモニタリング用センサ類へのワイヤレス電力伝送、(8)三相ワイヤレス電力伝送、(9)電力伝送用アンテナを用いた位置センサ、の研究を行っている。

#### ■ 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標むもので、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りたいと考えている。様々な動作で福祉現場などにおける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している。モータの高速な制御性を利用して機器の機械特性を自由に設計し、福祉機器の安全性や便宜性を向上させることができるため、パーソナルモビリティや作業用ロボットにおける段差越え制御手法などを提案している。

また、人間や生物の筋骨格系の特徴に基づいた機器設計を行い、バイオメカニクスに基づいた効率的なロボティクスや、人間のような滑らかな歩行を実現するロボットの実現をめざしている。

現在、(1)生物の二関節筋構造を利用したロボットアーム、(2)直進や回転が自由に行ける電動パワーアシスト車いす、(3)福祉装具・介護ロボット、(4)二関節筋構造を利用した人の歩行や跳躍の実現とロボットへの応用、(5)ヒューマノイドロボットの制御、(6)車輪型ロボットの段差越え制御、(7)力センサレス制御を利用した安全な電車ドア、などの研究を行っている。

#### 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置きながら、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た。平成23年度には、研究室専用の電気自動車ガレージ・実験路を新設した。堀・藤本研のどちらに配属されてもまったく同じである。

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、将来宇宙関係をやりたい人は、堀・藤本研に来て下さい。

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る。イベントやデモが好きなお客を歓迎。また、調子の悪い人を助ける暖かい心をもった人を歓迎。宴会が多いので肝臓は強い方がよい。日本文化は大事にするが、留学生も多く、英語は必須。





## 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) と電気飛行機 (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、数年前に製品適用され、社会に大きく貢献しています。現在は、表面形状と粘弾性特性の同時測定という新分野を開拓し、将来は原子レベルの制御の夢を開きます。医療や材料分野へのナノスケールサーボ技術の貢献は、本研究室から始まります。さらに、史上最も精密な機械と呼ばれる露光装置 (ステップ・スキャナ) の制御に革命をもたらすべく、産業界に先駆けて世界初の変可構造型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っています。

### 2. 電気自動車 (EV) 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  $\mu$  路でも安全に走行する自動車を作る事ができます。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、その成果は多くのメディアで報道されるなど、注目を集めています。最近、最適制御駆動力配分・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) の研究開発に注力。研究室専用のガレージや試験場といった恵まれた環境で、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？ 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。今後は、EV ならではの革新的な衝突回避や自動運転システムの研究に取り組みます。さらに世界初のワイヤレスインホイールモータの開発を行います。

### 3. 宇宙機・電気飛行機の制御

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行っています。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。また最近、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。来年度には試作機の試験飛行を行う予定です。また、本研究室単独での電動スカイカーの開発に着手する予定です。

### 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あり、国際会議での学生受賞も多数。

## 学生へのメッセージ

- ・本研究室は堀研究室と一体運営をしていて、大所帯での楽しい活動と多くのスタッフによる小グループでの細やかな指導を両立させています。
- ・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、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？」という命題にあります。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！