

モーションコントロールの 先進応用の最新技術

モーションコントロールの先進応用に関する協同研究委員会編

目 次

1. まえがき	3	4. センサ利用による高度な動作制御技術	35
1.1 モーションコントロールの先進応用に に関する協同研究委員会の目的	3	4.1 複数座標系間の簡易な変換を用いた筋骨格 アームのビジュアルサーボ	35
1.2 委員会活動報告	3	4.2 冗長マニピュレータのビジョンベース制御	40
2. モーションコントロールの共通基盤技術	4	4.3 動きのある注目対象に対する視覚サーボ	45
2.1 設計仕様を満たす周波数応答を利用した 多変数制御器の設計	4		
2.2 量子化フィードバック制御における 最適量子化器設計	9		
2.3 負荷側エンコーダ情報とバックラッシを 利用した高バックドライバビリティ制御	14		
2.4 外乱推定カルマンフィルタ設計	21		
3. 人間・機械複合系におけるモーションコント ロール	25		
3.1 二関節筋機構に基づく剛性制御系を持つ リハビリ支援ロボットの開発	25		
3.2 電動アシスト自転車のトルクセンサレス制御	30		

モーションコントロールの先進応用に関する 協同研究委員会 委員

委員長 柴田 昌明(成蹊大学)
幹事 弓場井 一裕(三重大学)
幹事 桂 誠一郎(慶應義塾大学)
幹事補佐 伊藤 正英(成蹊大学)
委員 浅野 洋介(木更津工業高等専門学校)
熱海 武憲(日立製作所)
池浦 良淳(三重大学)
池田 英俊(三菱電機)
岩崎 誠(名古屋工業大学)
内村 裕(芝浦工業大学)
大石 潔(長岡技術科学大学)
大内 茂人(東海大学)
大西 公平(慶應義塾大学)
置田 肇(ファナック)
呉 世訓(東京大学)
小田 尚樹(千歳科学技術大学)
加藤 敦(住友重機械工業)
加藤 義樹(三菱重工業)
金子 健二(産業技術総合研究所)
金子 貴之(富士電機アドバンステクノロジー)
河村 篤男(横浜国立大学)
駒田 諭(三重大学)
榊 泰輔(九州産業大学)

委員 残間 忠直(三重大学)
島田 明(芝浦工業大学)
下野 誠通(横浜国立大学)
鈴木 達也(名古屋大学)
須藤 拓(IHI)
高橋 悟(香川大学)
高橋 太郎(ソニー)
辻 俊明(埼玉大学)
名取 賢二(青山学院大学)
橋本 誠司(群馬大学)
早川 聡一郎(三重大学)
林田 宣宏(ニコン)
平田 光男(宇都宮大学)
藤本 博志(横浜国立大学)
藤本 康孝(横浜国立大学)
堀 洋一(東京大学)
真鍋 舜治
萬羽 崇(安川電機)
南方 英明(千葉工業大学)
村上 俊之(慶應義塾大学)
森園 哲也(福岡工業大学)
森田 良文(名古屋工業大学)
結城 和明(東芝)
執筆協力 山田 翔太氏(東京大学)

1. ま え が き

1.1 モーションコントロールの先進応用に関する協同研究委員会の目的

これまでのモーションコントロール技術に基づく多自由度系の制御手法の研究開発により、工作機械やロボットをはじめとする産業用機械の高性能化が達成された。現在でも、さらなる高精度化や多様なロボットの動作制御など、より高度なモーションコントロールの研究が進められている。それと同時に、こうした中で培われた数々の新しいモーションコントロール技術は広範な応用分野へ展開されている。とりわけ近年では医療・福祉分野や環境関連分野における応用研究が一層進められており、人のための技術創成を目的として人間を要素に含む人間・機械複合系に関する研究もモーションコントロールの先進的課題として取り組まれている。そのほかにも、電気自動車の動作制御やハードディスクやDVD等のトラッキング制御など、枚挙にいとまの無いほどモーションコントロールの研究開発は幅広い分野で推進されており、今後も発展の一途をたどることになるであろう。

こうしたモーションコントロール技術の進展は、各分野での深化によるばかりでなく、分野相互での研究事例、開発技術を協同して報告・紹介することによって相乗効果を得て加速することができる。つまり、包括的な研究調査を遂行できる場としての協同研究委員会の設置は、モーションコントロール技術の一層の発展に大きく寄与することになる。

さらに、モーションコントロール全体にかかわる技術として、組込み型制御装置やリアルタイム OS などの実装装置の高性能化も重要な調査項目として欠かさない。このような実装のためのプラットフォームの開発は制御手法の高度化とともに技術基盤の両輪をなすものであり、モーションコントロール分野に携わる技術者、研究者にとって共通する技術課題といえる。こうした観点からも、モーションコントロールに携わる技術者、研究者が集い、検討、議論する場としての協同研究委員会の意義は大きい。

本協同研究委員会では、以上のようなモーションコントロールの共通基盤研究および応用研究について、研究事例を中心にして現状を考察し、そこから見える課題を明らかにして、今後の発展を展望した。こうした調査活動で得られた知見を踏まえて、電気学会研究会への協賛や産業応用部門大会でのシンポジウム等の提案、実施を通じ、様々な関連技術分野へのモーションコントロール技術のさらなる発展と啓蒙に寄与したものと考える。

1.2 委員会活動報告

【委員会名】モーションコントロールの先進応用に関する

協同研究委員会

【調査期間】平成 20 年 3 月～平成 22 年 3 月

本協同研究委員会では、以上のようなモーションコントロールの共通基盤研究および応用研究について、研究事例を中心にして現状を考察し、そこから見える課題を明らかにした。とりわけ次の各項目の技術動向について調査を行った。

- (1)モーションコントロールの共通基盤技術に関する調査：リアルタイム OS や組込み型 OS, FPGA などのソフトウェア, ミドルウェア, ハードウェアにわたってモーションコントロール技術の実現に不可欠な共通基盤技術の開発が発展している。それら技術開発を踏まえたモーションコントロールの研究応用事例の現況ならびに発展動向に関して調査した。
- (2)人間・機械複合系におけるモーションコントロールの研究開発事例の調査：医療・福祉分野や環境関連分野をはじめ、人の介在するシステムを対象とするモーションコントロールを中心とした研究開発事例について調査した。
- (3)センサ利用による高度な動作制御に関する調査：力センサやジャイロ, 加速度センサをはじめ, CCD, C-MOS, PSD 等の光学センサなど, 様々なセンサの利用を踏まえたモーションコントロールの研究事例が近年増加している。モーションコントロールを主体として、そのためのセンサの活用事例について調査した。

本協同研究委員会の具体的な活動としては、13 回の委員会（うち 3 回は、センサの知能化によるシステムの高度化協同研究委員会、高度センサ応用による人間中心システムの協同研究委員会、ナノスケールサーボのための制御技術の共通基盤協同研究委員会との合同委員会）を開催し、10 回の見学会を実施した。委員会においてはのべ 14 件の研究事例報告が行われた。

設置期間中に 3 回の産業計測制御研究会を開催し運営を行った。それぞれ 97 件, 132 件, 145 件の発表講演が行われた。そのほか、産業応用部門大会でのシンポジウム 1 件, オーガナイズドセッション 1 件をそれぞれ企画, 実施した。電気学会の主催する国際会議 IPEC でのオーガナイズドセッションを企画した。

また、他学会への活動協力としては、国際会議のスペシャルセッションやオーガナイズドセッションなどの企画を通じて、IEEE 主催の国際会議 IECON, 国際ワークショップ AMC, ISIE, ICM をはじめ、数多くの国際会議の開催運営に寄与した。国内学会にあつては、計測自動制御学会, 日本ロボット学会, 連合制御学会などでの年次大会においてオーガナイズドセッションをはじめとするセッション企画・実施を行い、開催運営に寄与した。

(担当：柴田)