

# Advanced Motion Control under Constraints in Application

September 2013

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Doctor of Philosophy in Engineering



**Keio University**

Graduate School of Science and Technology  
School of Integrated Design Engineering

Mizuochi, Mariko

## 主 論 文 要 旨

| 報告番号   | 甲 第 号 | 氏 名 | 水 落 麻 里 子 |
|--|-------|-----|-----------|
| 主 論 文 題 目 :<br>Advanced Motion Control under Constraints in Application<br>(実システム制約下におけるモーションコントロールの高度化)   |       |     |           |
| (内容の要旨)<br>近年、ロボット技術や計算機技術の発展に伴い、自動車等の一般社会に近い分野でもロボット技術の適用が進んでいる。人々を助けるための技術としてロボット技術をより広い分野で活用するためには、より複雑な動作を正確かつ信頼性高く実現することが重要である。本研究では、計測、制御の観点から加速度制御に基づくロバストモーションコントロールの高精度化、高度化に取り組んだ。本論文では特に、モーションコントロールの性能を妨げる様々な制約に着目し、モーションコントロールの性能を向上するための基礎技術とより高度なタスクを実現するための応用技術の両面から、制約下においてより高い性能を実現するための提案を行った。<br>第1章に、本研究の背景、目的および着眼点を概説した。<br>第2章では、本研究の基盤となる外乱オブザーバを用いた加速度制御に基づくロバストモーションコントロールについて説明し、これを実現する上での課題を明らかにした。<br>第3章および第4章では、外乱オブザーバの性能を制限する要因としてサンプリング周期および計測ノイズに着目し、ロバストモーションコントロールの性能向上のための基礎技術の研究に取り組んだ。第3章では、加速度制御のためのマルチレートサンプリング手法を、第4章では速度計測方法を提案した。マルチレートサンプリング手法は、入力、出力、制御の周期を独立に設計するものであるが、本研究では、加速度制御では、入力に対して短い周期で出力情報を取得することが重要であることを示し、その観点から従来手法とは異なる手法を提案した。また、速度計測では加速度制御に特に有効な同期計数法に着目し、この性能をさらに向上させる瞬時速度オブザーバを構築した。それぞれの手法による加速度制御の広帯域化のほか、提案手法を統合することにより、更なる性能向上が可能であることを確認した。<br>第5章および第6章では、ロバストモーションコントロールの応用技術の研究に取り組んだ。第5章では、ネットワークを介して制御されるシステムを対象とし、通信周期の制約を克服するために、サンプリング周期の設計手法および伝送信号の抽出、符号化手法を提案した。また、第6章では環境との接触を対象とし、動作中のリアルタイム接触検知を可能にするディザ信号を用いた接触検知法を提案した。各提案手法の有効性を解析および実験により検証した。<br>第7章に、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。また、提案技術の今後の発展について言及した。 |       |     |           |

## SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

|   |                               |   |
|---|-------------------------------|---|
| School<br>Integrated Design Engineering   | Student Identification Number | SURNAME, First name<br>MIZUOCHI, Mariko |
| <p>Title</p> <p style="text-align: center;">Advanced Motion Control under Constraints in Application</p>  |                               |   |
| <p>Abstract</p> <p>With progress in robotic and computer technologies, application of robotic technology has been widened to the fields close to human life. It is important to achieve more sophisticated motion accurately and reliably for widening application of robotic technology to support human life. This research aims at improvement of accuracy and applicability of robust motion control based on acceleration control and focuses on the factors limiting its performance. The methods for achieving higher performance even under limitations are proposed both as the fundamental technology for improvement of motion control performance and as the applied technology for its application to more sophisticated tasks.</p> <p>Chapter 1 describes the background, motivation, and viewpoints of this study.</p> <p>Chapter 2 describes the basis of robust motion control based on acceleration control using disturbance observer (DOB) and clarifies the problems in application.</p> <p>Chapters 3 and 4 develop the fundamental technologies by focusing on the sampling period and noise, respectively, as factors limiting the performance of DOB. Chapter 3 proposes a multirate sampling method for acceleration control by showing the significance of higher output sampling period than the input sampling period in acceleration control. Chapter 4 focuses on Synchronous measurement method as an effective velocity measurement method for acceleration control and proposes an instantaneous speed observer for the method to improve the measurement performance further. It is confirmed that the bandwidth of acceleration control is improved by each method and the performance is further improved by combined use of the methods.</p> <p>Chapters 5 and 6 develop applied technologies by focusing on the networked control system and mechanical contact with environments, respectively. Chapter 5 proposes a design guideline of sampling periods and methods for processing transmitted signals to overcome the limitation on the packet transmission interval. Chapter 6 proposes a dither-based contact detection method for force sensor-less motion control. The validity of each method is verified by performance analysis and experiments.</p> <p>Chapter 7 summarizes the results of this study and mentions future perspective.</p> |                               |   |