

Date of Submission:

平成 27年 1月 15日

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 D061208 号	Supervisors 指導教員	寺嶋 一彦 三好 孝典
Applicant's name 氏名	山下 貴仁			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	多自由度ロボットアームの制振制御と安全搬送技術に関する研究 (Study of Vibration Control and Safety Transfer in Multiple Joints Robot Arm)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

近年、ロボットの普及は目覚ましく、自動化された工場内など産業分野に限らず、家庭や福祉介護などインテリジェント分野にもその活躍が広がっている。特に、多関節ロボットアームはその高い自由を有し、1台で多様な作業を担うことが可能である。ヒトに代わる作業の担い手として、今後さらに普及することが期待されている。またロボットが担う作業の中で特に重要な作業が搬送である。この作業においては、工場など生産現場では、製品の生産性と品質を向上させるため、揺らさず素早く運ぶことが求められている。インテリジェント分野では、ロボットがヒトと同じ空間で活動することが多く、ヒトとロボットが接触した場合でも安全に搬送を行なえる技術が求められている。

本論文では、半導体ウェハと溶湯を運ぶ2種類のロボットアームについての振動制御技術と、この技術を応用したヒトと同じ空間で活動するロボットの安全搬送技術について述べる。

最初に、半導体ウェハ搬送用ロボットを対象に搬送終了時に高速搬送と残留振動の抑制を実現した研究について述べる。この研究ではFFT解析と最少二乗法を組み合わせた残留振動の同定手法を提案し、Preshaping制御を適用して残留振動を抑制する手法を提案した。この手法をロボットの関節の角速度に適用することにより残留振動の抑制を実現することができた。しかし、Preshaping制御を適用したことにより、加工装置とロボットの衝突の原因となる搬送軌道の変化が生じた。このため、Preshaping制御をロボットアームの先端の速度に適用するし、逆運動学を用いて各関節の速度を計算した。これにより振動抑制を適用する以前軌道に追従させながら残留振動の抑制を実現した。

次に、ダイカスト工程で用いられている溶湯搬送ロボットを対象とした研究について述べる。この研究では搬送対象となる液体のスロッシングを単振り子モデルでシミュレーションし、Preshaping制御を用いて軌道計画を行った。搬送実験にてスロッシングを抑制できることを示した。

最後に、インテリジェント分野で活用することのできるロボットの開発を目指し、静粛性が高く、素早い応答が可能といわれる超音波モータを用いてロボットアームの開発について述べる。この研究では、解析による電磁モータとの比較や、高速度顕微鏡を用いた実験により超音波モータの特性を評価し、その有用性を示した。また、超音波モータは二相の交流電圧を印加された圧電素子の振動から摩擦によりトルクを伝えるアクチュエータである。このため、ヒトと同じ空間で活動するロボットにとって重要な特性の一つであるバックドライバビリティを持たないアクチュエータとされているが、指令信号の素早い切り替えや、印加する交流電圧の位相の差を制御することでこの特性を発揮させることを可能とした。この開発ロボットアームを用いてヒトとロボットの接触をセンサレスで検知する手法、接触時にヒトの怪我を防ぐ手法、振動制御技術を応用した接触時でも安全に搬送を行う技術を検証した。

以上, 多自由度ロボットアームの振動制御と安全搬送の技術を構築し, 今後のロボットの普及, 発展に貢献を与えることができた.

Date of Submission:

平成 27年 1月 16日

Department Mechanical Engineering	Student ID Number 学籍番号	第 D061208 号	Supervisors 指導教員	Kazuhiko Terashima Takanori Miyoshi
Applicant's name 氏名	Takahito Yamashita			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	Study of Vibration Control and Safety Transfer in Multiple Joints Robot Arm (多自由度ロボットアームの制振制御と安全搬送技術に関する研究)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

In late years the spread of robots is remarkable, and the activity spreads through the intelligent field not only an industrial field including the automated factory. Multiple joints robot arms of spread is expected as a worker for the human being, because the robots have high flexibility and they can take a variety of work. One of the most important work that a robot takes is transferring. In the industrial field, the robots are demanded high-speed transferring without generating vibration to improve productivity and quality of products. In the intelligence field, the robots are demanded safety transferring which not to injure a person, when robot collides with the person.

This paper presents the vibration control strategy for two kinds of robot arms which transfer semiconductor wafers and molten metal, and the safety transfer techniques for intelligence field robots by applying the strategy.

Firstly we show the vibration control strategy for semiconductor wafer transfer robot. In this study, we propose an identification technique based on FFT and least-square approach and proposes to employ a Preshaping approach to reduce the residual vibration. We achieve good vibration suppression by applying this approach to angular velocity commands for the robot. However, using a Preshaping approach in that way causes a change in the end-effector trajectory, which may result in collision of the semiconductor wafer with the processing equipment. For this reason, we apply the Preshaping approach to end-effector velocity instead of joint angular velocity to maintain the original end effector trajectory, and then derive the angular velocity by using inverse kinematics. Hence, we can achieve cycle time reduction by vibration suppression under the exact tracking to the original trajectory.

Secondly, we show the vibration control strategy for molten metal transfer robots. In this study, we simulate the liquid vibration in the liquid container by using a pendulum model, and do path planning without generating vibration by applying the Preshaping approach. The benefits of the proposed strategy is showed by an experiment

Finally, we show development of the ultrasonic motor type robot arm to achieve the intelligence field robot. The ultrasonic motor is an actuator that has advantages such as low speed, high torque (good response time), and high positioning accuracy. In this study, we analitically compare the responsiveness of the ultrasonic motors with the electromagnetic motors using those exercise

equation. From the simulation results, a good responsiveness of the ultrasonic motors is clarified in step and frequency responses, when the output torque of both motors are same and a load is smaller than the max angular acceleration of both motors becomes same. Another focus of this study is that a high-speed camera with high-power lens visualizes how the elliptical motion changes. By using the high speed microscope, we examine the relationship between the change of the elliptical motion and the motor responsiveness analytically and experimentally. The ultrasonic motors don't have backdrivability which is very important for intelligence field robots. By changing the control signals, we achieve the function on the robot arm which we built. By using the ultrasonic motor type robot arm, we show benefits of the safety transfer techniques which not to injure a person, when robot collides with the person.