

C-015

多関節ロボットアームのリアルタイムシミュレーションによる運動の再現

Motion Replay of The Articulated Robot Arm by Real Time Simulation

池田 千恵†

高津戸 稔†

佐藤 宏明‡

柏葉 安兵衛‡

Chie Ikeda

Minoru Takatsuto

Hiroaki Sato

Yasube Kashiwaba

1. はじめに

様々な制御システムにおいて、電子制御は必須となっている。その設計と開発において、システム中の機能が複雑に連携しているために、機能要素ごとの開発が非常に困難かつ複雑化している。そのような複雑な制御システムを効率的かつ信頼性のあるものとして開発するため、システムを動作させながら常にターゲットの状況を把握し、リアルタイムに修正が可能な開発環境が要求されている。従来、シミュレーション環境による装置開発は、宇宙空間等のように装置の開発段階で実機を使用環境へ持ち込む事が困難である場合等で用いられている。近年、自動車等の開発に見られるように、試作機の作成のコスト低下とテストサイクルの短縮が必要とされている。筆者らは、試作機の作成にテストを行なう代わりとして、リアルタイムシミュレーションを用いてシステム内での相互の関係を考慮した上で、機能要素の分離開発が可能となる電子制御システムの開発を提案している。^[1]本稿では、提案したシステム実験装置概要とこのシステム上に多関節ロボットアームをターゲットとして、シミュレーションモデルを作成し、このシミュレーションモデルの運動と制御対象の運動とを比較した結果について述べる。

2. リアルタイムシミュレーションに基づく実験装置

図1に本研究におけるリアルタイムシミュレーション実験装置の構成を示す。図に示されるように、通常は(1)のパスでコントローラ(Controller)とターゲット(Target)が接続され動作する。本研究では、まず(2)のパスによってターゲットのシミュレーションモデル(Simulation Object)を作成した Simulation Unit とコントローラを接続することにより、ター

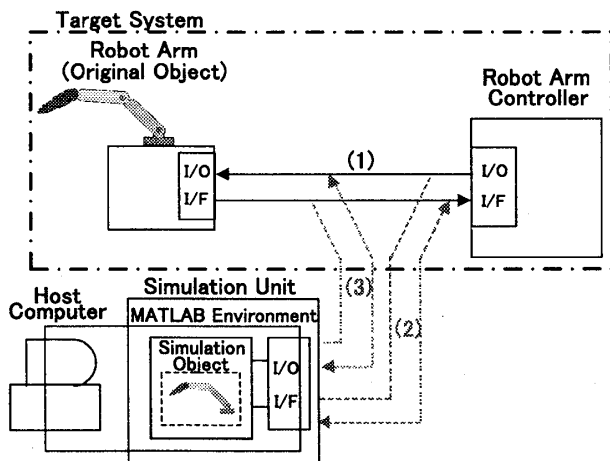


図1 実験装置構成図

†岩手大学大学院工学研究科電気電子工学専攻
‡岩手大学工学部電気電子工学科

ゲットに入力する信号と同様の信号で、Simulation Unit 内のモデルを動作させる。この動作がターゲットと一致したら、(3)のパスによって Simulation Unit を介してコントローラとターゲットを接続し、ターゲットの動作の最適化を図ることが出来る。

3. ロボットアームのモデルの作成

図2に作成したシミュレーションモデルを示す。モデルの作成及びシミュレーションは、MATLAB 環境にシームレスに統合されている Simulink 及び SimMechanics を用いて行なった。モデルの制御対象には、5 自由度リンク機構をもつロボットアームを用意した。関節は J1~J5 まで 5 個あり、ロボットアームを構成する 6 個の剛体リンクを接続している。^[2]図中において、“—”は剛体リンク(ボディ)、“⊕”は剛体リンクそれぞれの重心、“●”は剛体リンクを接続する関節(ジョイント)をそれぞれ示している。このようなロボットアームを、関節や剛体リンク等の機械的表現は SimMechanics で、関節の駆動部分の電気的表現は Simulink でモデル化した。またロボットアーム本体の質量やリンクの長さ等のパラメータは、SimMechanics のブロックパラメータとして入力した。^[3]今回は 2 次元平面上での運動において、剛体のリンク形状による違いが生じるかに着目した。そこで、J1, J4, J5 を固定し、図 2(a)及び(b)に示すように J3 を 180°、及び 90° に固定した状態で J2 が 90° 動作するモデルを作成した。モデルは J2 軸を法線とする平面上を旋回運動することになる。以上の条件によりシミュレーションモデルを作成した。

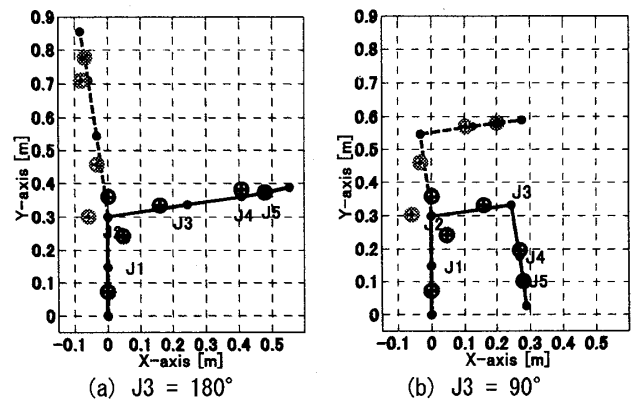


図2 シミュレーションモデル

4. シミュレーション結果及びターゲットとの運動比較

シミュレーション結果及びターゲットの運動について、図3に J3=180° 時の角変位及び角速度を、図4に J3=90° 時の角変位及び角速度を示す。いずれのモデルにおいても入力信号は、実測したターゲットの入力信号を基に、対応する波形を作成しモデルに入力した。図3,図4においても、角

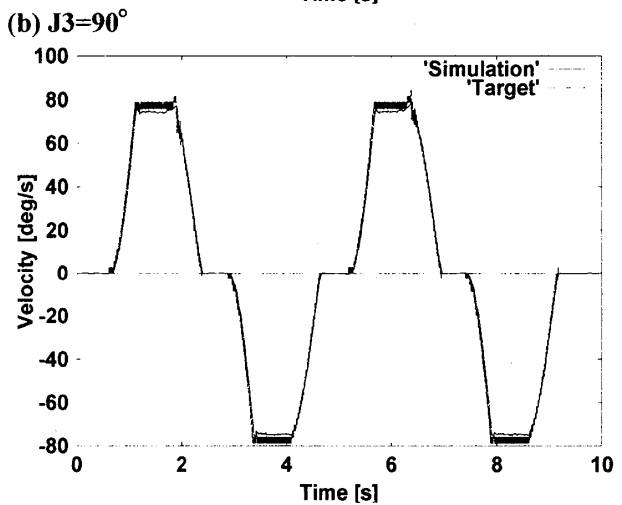
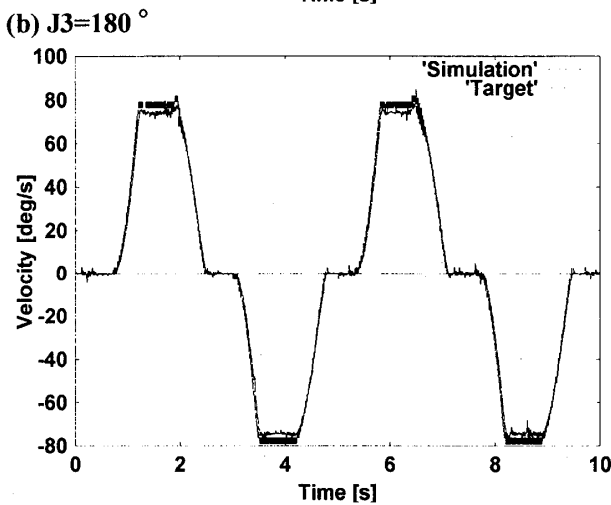
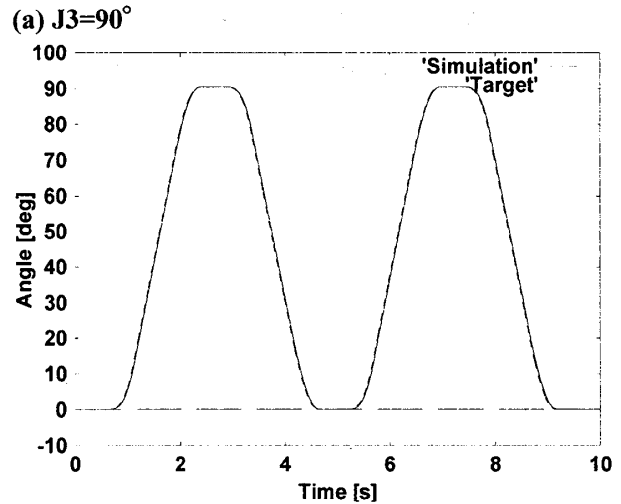
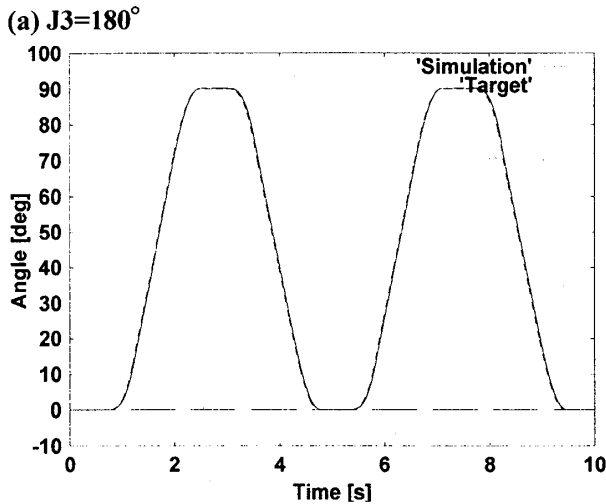


図3 シミュレーション結果及び制御対象測定結果

- (a) 角変位：モデルと制御対象の比較
(b) 角速度：モデルと制御対象の比較

図4 シミュレーション結果及び制御対象測定結果

- (a) 角変位：モデルと制御対象の比較
(b) 角速度：モデルと制御対象の比較

変位、角速度共にターゲットの波形と、どの区間においても、良く一致した。角速度の等速運動中に見られる誤差は、モデルの遅延が原因と考えられる。角変位、角速度共に、ターゲットの結果に対してモデルの若干の遅延が見られ、立ち上がり等のタイミングにおいてモデルの修正が必要と考えられる。また、 $J3=180^\circ$ 及び $J3=90^\circ$ の場合を比較すると、角変位においては図から違いは見られないが、角速度において 180° の場合に、波形にノイズが乗っているように見える。この原因については今後検討する。

5. おわりに

本稿において、5自由度ロボットアームのJ2及びJ3のみを動作させたシミュレーションを行った。J2の角変位及び角速度共に、モデルの運動とターゲットの運動は良く一致した。このことから、本研究におけるロボットアームのモデル作成のアプローチが正しかったことが確認できた。今後は、今回の実験結果に見られた遅延や誤差についての検討を行う。そして、モデルの全関節について拡張を行い、実際のロボットアームと同様に3次元空間での運動を再現する。さら

にロボットアームのコントローラをシミュレーション装置に接続し、コントローラから本シミュレーションを制御する予定である。

謝辞

本研究は、(財)実吉奨学金から平成15年度に研究助成を頂きました。関係者の皆様に感謝します。

参考文献

- [1] 池田ほか, “シミュレーションによるシステム制御装置の最適設計”, 電気関係学会東北支部連合大会 1F4(2003).
- [2] Giles D. Woodほか, “Simulating Mechanical Systems in Simulink with SimMechanics”, <http://www.mathworks.com/matlabcentral/>
- [3] 増田ほか, “ムーブマスターEX(RV-M1)の開発シミュレーション”, 日本ロボット学会学術講演会 3109(1987).

登録商標

MATLAB, Simulink, SimMechanics は米国 The Math Works, Inc. の登録商標