

1. 緒言

ヒトとロボットの相互関係を深める上で、ロボットがヒトと同じように滑らかかつ素早く動作することは重要な課題のひとつである。ヒトの複雑な動きをヒューマノイドロボットのような多自由度系を有するシステムで実現するためには、各関節を同時かつ安定に制御することが求められ、現在そのための制御手法にはPIDや計算トルク法(以下CTM) [1] が一般的に用いられている。しかし、これらの制御手法では外乱や制御対象のモデル化誤差によって対象を高速で安定に制御することは困難である。

そこで本研究では、Inverse Dynamics Compensation via 'Simulation of feedback control systems' (IDCS) [2] を実際のヒューマノイドロボットに適用し、CTMと比較してロボットを高速かつ安定に制御することで、その有効性を検討することを目的とする。

2. NAO

制御対象は Fig.1 に示す Aldebaran 社製ヒューマノイド NAO の腕である。腕の関節は肩関節 2 自由度、肘関節 2 自由度、手首 1 自由度を持っており、すべて回転関節である。Fig.1 の示すように座標系を設定し、MDH パラメータ [3] を元にモデル化を行った。

3. 制御手法

用いた IDCS のブロック線図を Fig.2 に示す。Pr は実際の制御対象のモデル、P は制御対象のシミュレーションモデルである。IDCS とは不安定要因のない理想環境で制御対象のシミュレーションモデルを用いて制御し、これはシミュレーション領域は実際の制御対象の逆力学と等価であるとみなせる。また、理想的な操作量を実際の制御対象に加えることができる制御手法である。理想環境下で制御を行うのでハイパフォーマンスな制御器を使用できる。Fig.2 ではシミュレーション領域で CTM を用い、制御対象には物理フィードバックとして PID 制御器を加え、閉ループ IDCS とした。

4. シミュレーション

腕の各関節に目標角度まで動かすシミュレーションを Fig.2 で示した IDCS を用いて行った。また、IDCS の有効性を確かめるため、通常の CTM と結果を比較する。実際の制御対象 Pr には質量パラメータに 5% の誤差を与えた。またモデル化できない特性や外乱を模擬するために次式で表される高次振動モードを加えた。

$$G_h = \frac{\omega_h^2}{s^2 + 2\xi_h\omega_h s + \omega_h^2} \left(\begin{matrix} \omega_h = 2*25*\pi [rad/s] \\ \xi_h = 0.025 \end{matrix} \right) (1)$$

実験開始 1 秒後に θ1~θ5 に 1 秒間かけて 1.0[rad], 0.8[rad], 0.6[rad], 0.4[rad], 0.2[rad] に到達するような入力をしたときの IDCS と CTM の結果は Fig.3 のようになった。Fig.3 から、CTM と比較して IDCS はオーバーシュートが小さく、整定時間も短いことがわかる。この結果より、多自由度系を有するロボットに対するシミュレーション上での IDCS の有効性を確認できた。

5. 今後の予定

今後は NAO の腕を対象とした実験を進め、実験での IDCS の有効性を確認することが課題となる。

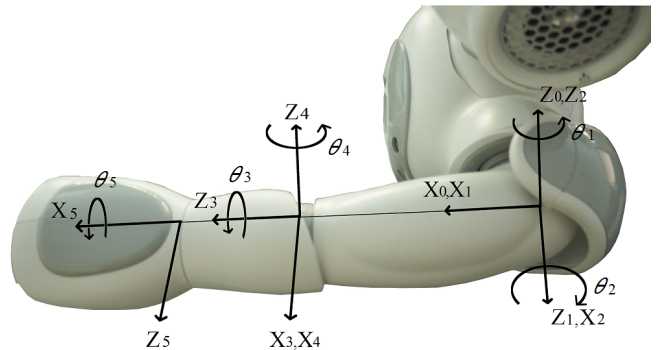


Fig.1 Arm of NAO

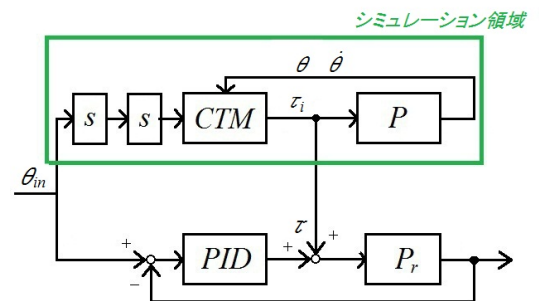


Fig.2 IDCS with closed loop system

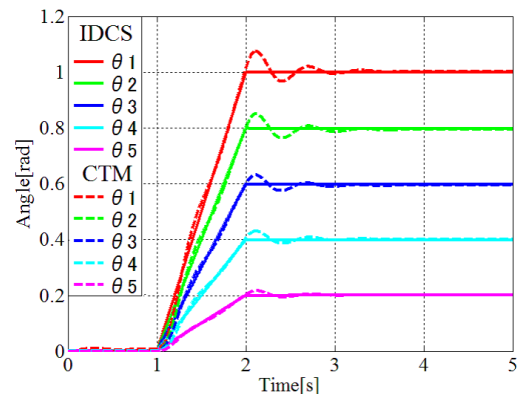


Fig.3 Comparison of CTM and IDCS with closed loop system

参考文献

[1] 内山勝, 中村仁彦, ロボットモーション, 岩波書店, 2004.
 [2] Tagawa, Y., Tu, J.-Y., and Stoten, D., Inverse dynamics compensation via 'simulation of feedback control systems' (IDCS), Proceedings of the IMechE, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, Vol. 2010.
 [3] W. Khalil, E. Dombre, Modelling, Identification and Control of Robots, Taylor & Francis, 2002.