

Reference Generation for Positing of Robot

正 浜松 弘(北九州高専)

上野 大志(北九州高専専攻科)

正 田中 義人(北九州高専)

正 二見 茂(九州工大)

Hiroshi HAMAMATSU, Kitakyushu National College of Technology, Shii, Kokura-minami-ku, Kitakyushu
 Daishi UENO, Kitakyushu National College of Technology
 Yoshito TANAKA, Kitakyushu National College of Technology
 Shigeru FUTAMI, Kyushu Institute of Technology

Keywords: Vibration, Robot, Reference, Mechatronics, Moving average method

1. 結 論

産業用ロボットにおいて、生産性の向上のため、動作の高速高精度化を行うことは重要な課題である。このため入力指令を修正し、フィードフォワード補償する方法が提案されている⁽¹⁾。

本研究では、多関節ロボットの先端を高速高精度に動作させるために関節指令を修正することを目的にしている。

多関節ロボットの関節駆動部には、減速機やベルト・プーリ駆動系が用いられており、これらの剛性が低いためロボットアームの動作中の振動および停止時に残留振動が発生し、高速な位置決めが困難となっている。そこで、多関節ロボットにおいて動作指令の加減速変更における位置決め時間の性能評価を行った。

2. 実験装置

実験に用いた多関節ロボットを図1に示す。ロボットは旋回軸(S軸)、下腕軸(L軸)、上腕軸(U軸)、手首振り軸(B軸)の4軸からなり、関節駆動はサーボモータで行う。サーボモータには減速機、エンコーダを内蔵している。コントローラには、ハードリアルタイムOSであるRT-Linuxを用いサンプリング時間0.01[s]を補償している。先端には加速度センサを取り付け、アームの先端加速度を測定した。

ロボットが動作するまでの流れを図2に示す。まず、加減速をつけたモータ角度指令を作成する。作成されたモータ角度指令はRT-Linux上のP-PI制御演算によってトルク指令となる。トルク指令を与えられることで、サーボモータが動きロボットが動作する仕組みになっている。

3. 指令の作成

本実験では旋回軸を30度動作させるモータ角度指令を作成した。旋回軸のモータ回転角度は減速比120、分解能16ビットの時、パルスとして式(1)で求める。

$$\begin{aligned} \text{motor pulse} &= \frac{2^{16}}{2} \times 30 \times \frac{1}{180} \times 120 \\ &= 655360 \text{ [pulse]} \end{aligned} \quad (1)$$

速度指令では、モータ稼動時間を200[msec]と設定した。式(1)で求めたパルスは、速度指令における面積である。よって最大速度は式(2)から求める。

$$\begin{aligned} v_{\max} &= \frac{\text{motor pulse [pulse]}}{\text{稼動時間 [msec]}} \\ &= 3276 \text{ [pulse/msec]} \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)より設定した速度指令と移動平均法を用いて加減速を加えたモータ速度指令を図3に示す。速度指令ではモータの加速時間を1000[msec]、減速時間を1000[msec]に設定した。

移動平均法では、一回の平均化に使用するデータの個数 n によって傾斜の度合いが決定され、図3は $n = 1000$ の速度指令を表す。一般に n が大きいと傾きは緩やかになり、加速度は小さくなる。この n を変更して加減速をつけたモータ速度指令を作成した。

また、移動平均法のプログラムから n の最大値は立ち上がり時間と等しくなるので、 n の範囲は式(3)である。

$$0 < n \leq 1000 \quad (3)$$

この範囲内で n を200, 500, 800, 1000に設定した時の加速度はそれぞれ $16[\text{pulse/msec}^2]$, $6[\text{pulse/msec}^2]$, $4[\text{pulse/s}^2]$, $3[\text{pulse/msec}^2]$ となる。この作成したモータ速度指令を積算して位置指令にする。位置指令をP-PI制御プログラムに送り、ロボットを動作させる。

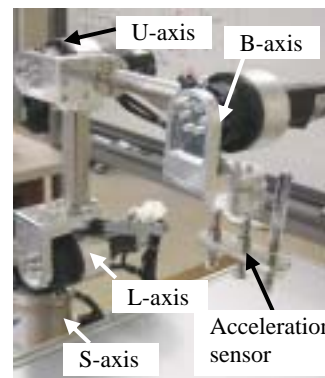


Fig.1 Articulated Robot

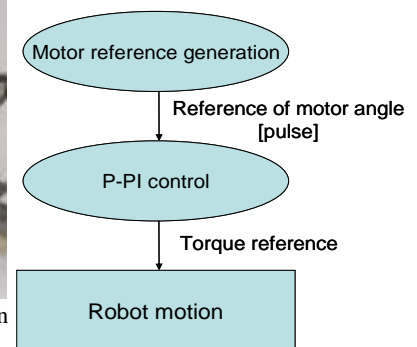


Fig.2 Flowchart of robot motion

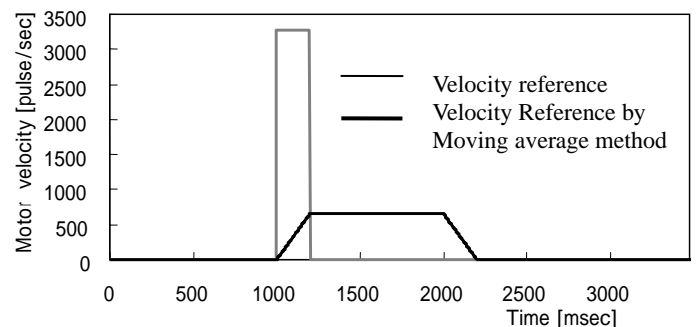


Fig.3 Velocity reference

4. 実験

多関節ロボットに作成した指令を送り、モータ速度とアームの先端加速度の応答を測定し、比較検証を行う。n の値を変えた同一動作の速度指令を図4に示す。n が小さいほど、先端は高速で目標位置に到達し動作を終了していることが分かる。また、n が 200, 500, 800, 1000 の指令の残留振動とモータ速度をそれぞれ図5, 図6, 図7, 図8に示す。これらの図より残留振動の周波数をそれぞれ 8.3[Hz], 50[Hz], 25[Hz], 8.3[Hz]と得た。この周波数で換算して積分を行い、アーム先端の位置偏差を求めた。アームの先端の振動が 30[μm]のとき、振動はおさまったとする。

図5と図7を比較すると、加速度の大きな n = 200 の場合、モータ速度は 900[msec]で動作を終え、速く動作を終了するが、アーム先端の加速度は 3000[msec]を越えても振動している。加速度の小さな n = 800 の場合、モータ速度は 1500[msec]で動作を終え、n = 200 の場合に比べ遅いが、アームの先端の加速度は、2300[msec]で振動がおさまり、n = 200 の場合より全動作が速く終了する。図5, 図6, 図7, 図8の全動作が終了の時間を表1に示す。表1より全動作終了までの時間は n = 800 が 2300[msec]と最も短い。

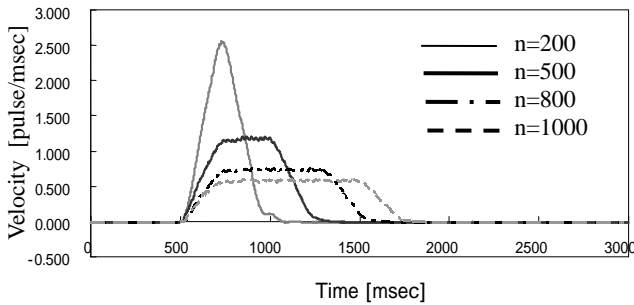


Fig.4 Motor velocity

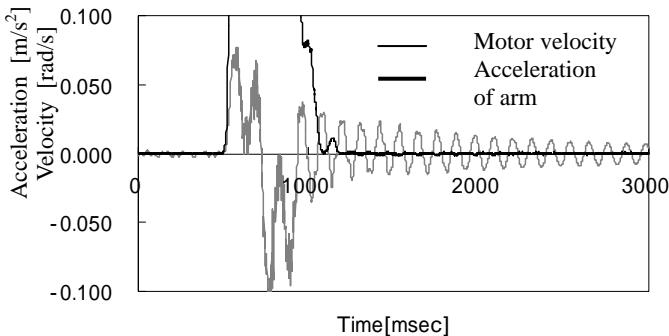


Fig.5 n = 200, Acceleration = 16[pulse/msec²]

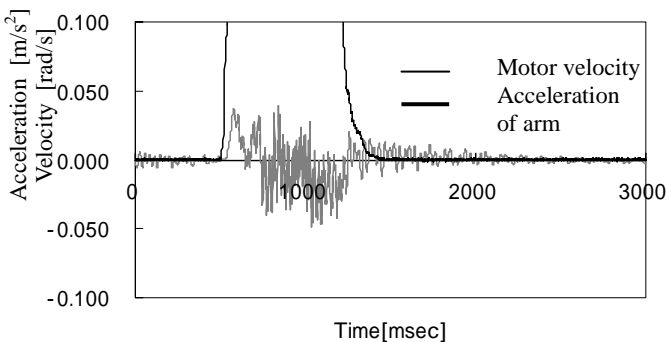


Fig.6 n = 500, Acceleration = 6[pulse/msec²]

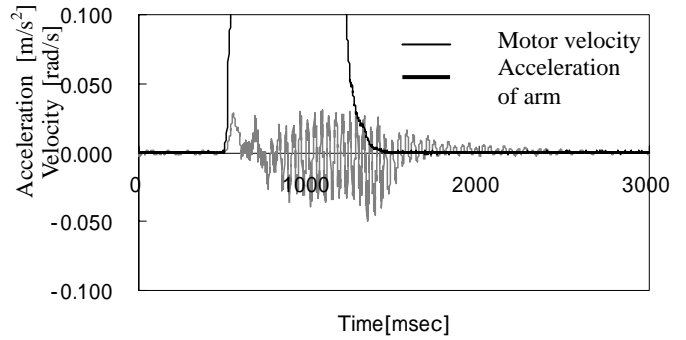


Fig.7 n = 800, Acceleration = 4 [pulse/msec²]

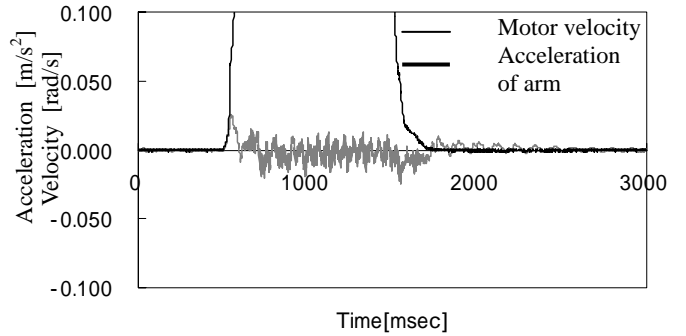


Fig.8 n = 1000, Acceleration = 3[pulse/msec²]

Table 1 End time of operation

n	End time of motor operation [msec]	Time of residual vibration [msec]	End time of all operation [msec]
200	900	-	Over 3000
500	1200	1600	2800
800	1500	800	2300
1000	1700	700	2400

5. 結論

移動平均法を利用した速度指令作成において、加速度を変更した指令を作成し、それぞれ全動作終了の時間を実験で求め、以下の結論を得た。

- (1) 高加速度で動作するとモータの位置決めは速いが、アームの残留振動が発生し、アームを含めた全体の動作終了が遅くなることがわかった。
- (2) n の範囲は式(3)であるが、加速時間の半分以下に設定すると、全動作の終了時間が大きくかかることがわかった。
- (3) 最も高速高精度となる加速度は 4[pulse/msec²]であることを実験より求めた。

文献

- (1) LIU・中村・後藤・久良,無調整メカトロサーボ系における入力信号修正法を用いる高精度輪郭制御, 電気学会論文誌 D, 125-4, pp.378-385 (2005).