

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	干渉ワイヤ駆動型多関節アームの開発— 6 節小型モデル機による動作実験 —
Title	
著者(和文)	堀米 篤史, 山田 浩也, 広瀬 茂男, 遠藤 玄, 福島 文彦
Authors	Atsushi Horigome, Hiroya Yamada, SHIGEO HIROSE, Gen Endo, EDUARDO FUMIHIKO FUKUSHIMA
出典 / Citation	日本ロボット学会学術講演会, , , 1M3-07
Citation(English)	, , , 1M3-07
発行日 / Pub. date	2013, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2013 The Robotics Society of Japan.

干渉ワイヤ駆動型多関節アームの開発 — 6 節小型モデル機による動作実験 —

○堀米篤史(東工大) 山田浩也(東工大) 広瀬茂男 (ハイボット) 遠藤玄(東工大)

福島 E.文彦(東工大)

1. はじめに

福島第一原発の廃炉作業を始めとして、極限環境で各種作業を行う長大ロボットアームの開発が現在求められている。本研究では干渉ワイヤ駆動型アーム「CT-Arm I」[1]の機構を参考に、手先を3次元的に移動することで空中点検を行えるような干渉ワイヤ駆動型長大アーム「3D CT-Arm」の開発を検討している。これに先立ち、本稿では基礎的動作の事前検証用に製作した小型実験用6節アーム「Mini CT-Arm」[2] (図1) の動作試験結果について述べる。

2. Mini CT-Arm の概要

図2に Mini CT-Arm の関節構造の概略図を示す。各関節は2つのモータとそれに取り付けたワイヤにより駆動する。ワイヤはその関節より根元側の関節の受動プーリ全てを経由しており、ワイヤ張力によ

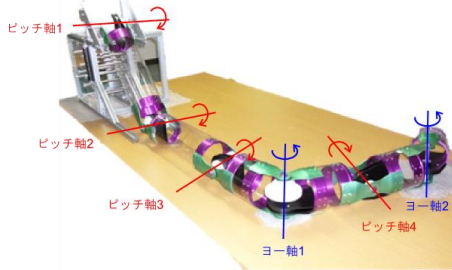


図1 実験用6自由度アーム Mini CT-Arm 外観図

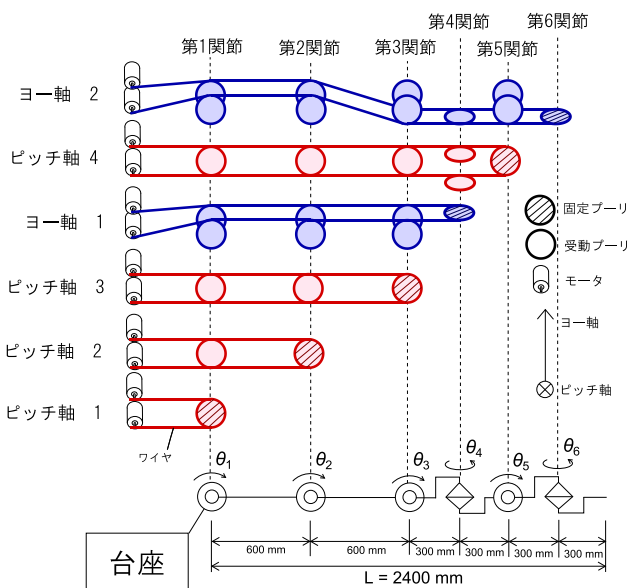


図2 Mini CT-Arm の関節構造概略図

りトルクが各関節に生成できるため、干渉駆動が可能になっている。ワイヤはPBO繊維であるザイロンを芯線としダイニーマにより被覆されたワイヤ (ハヤミ工産: DY-20ZL, 直径 2.0mm) を使用している。

3. 制御則

ポテンショメータにより各関節角度を読み取って位置フィードバック制御を行った。関節は根本から数え、第 j 関節の第 $(j-1)$ 関節に対する相対角度を θ_j とする。 $\Delta\theta_j$ を目標角度と現在の角度の差とすると、 $\Delta\theta_j$ をゼロにするための第 i 関節を駆動するワイヤの巻き取り量 $S_i^\pm$ は式(1)により算出できる。ここで、 δ_{ij} は第 i 関節を駆動するワイヤが第 j 関節のプーリ (半径 r_{ij}) に巻かれた方向による値であり、+1か-1である。各関節を駆動する2本のワイヤのうち、巻き取ることで θ_i が正方向へ大きくなる方のワイヤ巻き取り量を S_i^+ 、その逆のワイヤ巻き取り量を S_i^- とすると、例えば S_2^+ 、 S_2^- は式(2)によって求められる。

$$S_i^\pm = \sum_{j=1}^i \delta_{ij} r_{ij} \Delta\theta_j \quad (1)$$

$$\begin{aligned} S_2^+ &= r_{21}\Delta\theta_1 + r_{22}\Delta\theta_2 \\ S_2^- &= -r_{21}\Delta\theta_1 - r_{22}\Delta\theta_2 \end{aligned} \quad (2)$$

式(1)で求めた $S_i^\pm$ を入力としてPI制御により各モータを駆動する。ただし、ワイヤをたるませないために $S_i^\pm < 0$ のときはモータを駆動せずにワイヤ張力によりバックドライブさせている。しかし、製作したMini CT-Arm に使用したモータの一部はバックドライブしづらい製品であったため、今回はそれらのモータについては式(1)で算出された値の20%の速度でワイヤを繰り出している。

4. 動作試験

3D CT-Arm では図3に示すような、ドラムに巻かれたアームを徐々に送り出し、先頭節の絶対座標系での軌跡を後部節が追従する動きを想定している。よって本動作試験でもそれに習い、初期状態をMini CT-Arm のアーム部を水平にした状態とし、先頭節から順々にあらかじめ設定した曲線に沿って動いた後に同じ軌跡を辿って元の状態に戻るといった動作を行った。曲線への近似は離散モデルによる連続モデルの近似手法[3]を用い、各関節角度の時刻歴を計測した。

動作実験中の Mini CT-Arm を図 4 に、各関節角度 θ_i の時刻歴を図 5 に示す。ピッチ軸とヨー軸の両方を同時に動かした場合でも、それぞれの関節角度が目標値と大きく異なることなく動いていることが確認できる。第 4 関節が 40 秒と 120 秒付近で目標角から一端外れているのは重力によるものであるが、他の関節にほとんど影響を与えることなく修正ができています。今後、力センサを導入しワイヤ張力を保つことで改善可能である。第 6 関節の軌道追従性が劣るのは駆動用モータが他と比べてトルクが不足していることによるものであり、今後減速比を大きくすることで改善が可能である。

5. まとめ

干渉ワイヤ駆動型長大アームの開発のための事前検証として製作した小型実験用 6 節アームの 3 次元的动作実験とその結果について述べた。位置フィードバック制御において目標角度に実角度が追従できていることが確認できた。今後は力センサの有無やフィードフォワードを導入した場合の制御の比較を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 広瀬茂男, 馬書根: “ワイヤ干渉駆動型多関節マニピュレータの開発”, 計測自動制御学会論文集, 26 巻 11 号, pp.1291-1298 (1990)
- [2] 広瀬茂男, 洗津, 山田浩也, 他: “原発の空中点検を行う干渉ワイヤ駆動型多関節アームの開発—立体関節機構の導入と小型モデル機の試作—”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1A2-P20 (2013)

- [3] 山田浩也, 広瀬茂男: “索状能動体の研究—多関節体幹による連続曲線近似法—”, 日本ロボット学会誌, vol. 26, no. 1, pp.110-120 (2008)

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費(25420214)の助成を受けました。

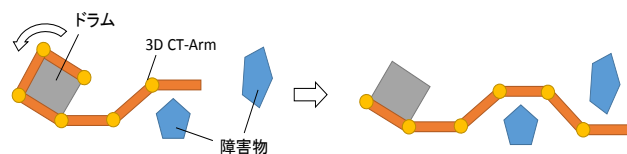


図 3 3D CT-Arm の送り出し動作の概念図

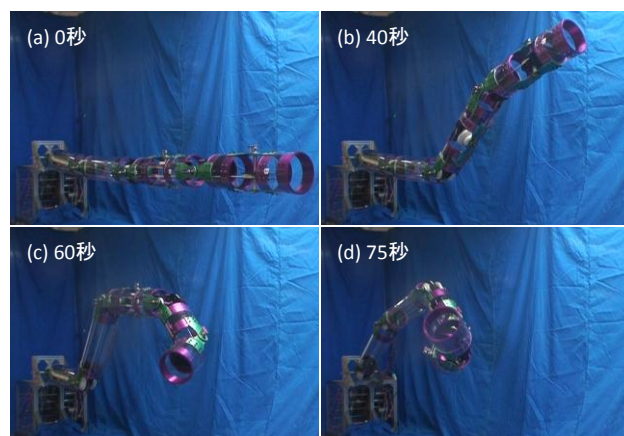


図 4 動作実験中の Mini CT-Arm

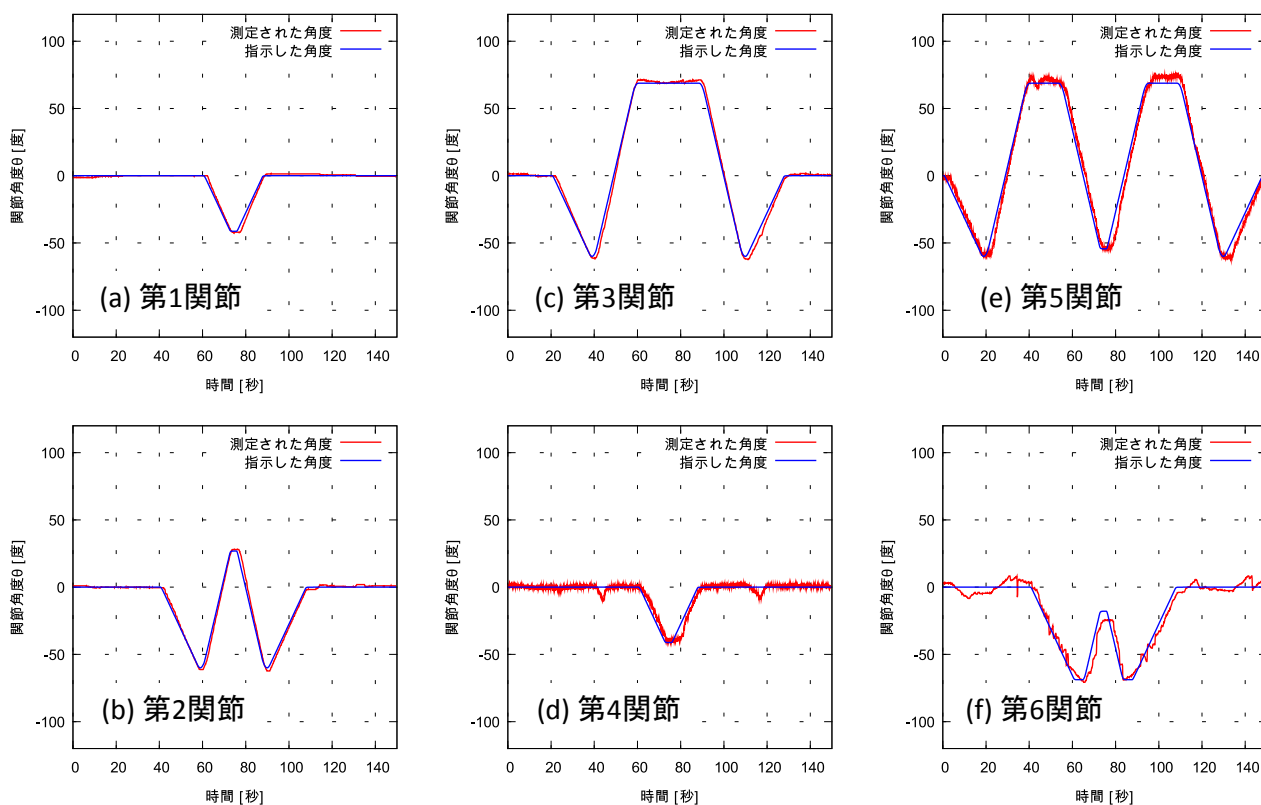


図 5 各関節角度の時刻歴