

サブシステム分解に基づく冗長マニピュレータの把持制御

80022755 服部 秀昭

指導教員 大西 公平

1 序論

冗長ロボットは多くの自由度を有効に使うことで様々な作業を実現することができる。本研究では冗長マニピュレータをサブシステムに分解し、一台で物体把持制御を実現する。

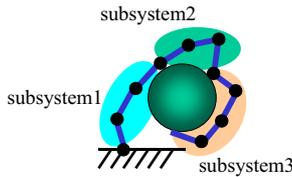


図 1: 冗長マニピュレータによる物体把持制御

2 把持システムにおける制御系

本手法では冗長マニピュレータを複数のサブシステムに分解し、各サブシステムが対象物に対して力を発生することで把持制御を実現する。把持対象物と各サブシステムの静力学関係式 (1) 式を用いて対象物体に対する力参照値から各サブシステムに対する力参照値を (2) 式によって決定する。

$$\mathbf{F}_o = \mathbf{G}_o \mathbf{F}_m \quad (1)$$

$$\mathbf{F}_m^{ref} = \mathbf{G}_o^+ \mathbf{F}_o^{ref} + (\mathbf{I} - \mathbf{G}_o^+ \mathbf{G}_o) \mathbf{F}_I^{ref} \quad (2)$$

(2) 式において右辺第一項は物体の駆動力 \mathbf{F}_o^{ref} を実現するための力参照値を示している。第二項は内力制御を示しており、物体の運動制御と内力制御を非干渉化している。

3 サブシステム内の運動制御

各関節に対する加速度参照値はサブシステムにおける運動方程式から以下のように表すことができる。

$$\ddot{\theta}_i^{ref} = \mathbf{J}_{vn,i}^{-1} \mathbf{J}_{aco,i}^T \left(\mathbf{M}_{n,i} \ddot{\mathbf{x}}_i^{ref} + \mathbf{F}_i^{obs} \right) + \mathbf{J}_{vn,i}^{-1} \tau_{null,i}^{ref} \quad (3)$$

ここで作業空間オブザーバにより \mathbf{F}_i^{obs} を補償し、作業空間において非干渉化された力制御系を構成している。また $\tau_{null,i}^{ref}$ はサブシステムの姿勢を制御する零空間入力である。サブシステムの力応答値は各関節において反作用トルクを推定することにより力センサレスで実現する。

4 把持点の決定

本手法において正確な把持制御を実現するには各把持点において滑りが生じない必要がある。滑りが生じないための摩擦条件は予め与えられている把持対象物の形状情報を用いて (4) 式によって与えられる。

$$\frac{\mathbf{F}_{I,i} \cdot \mathbf{e}_{N,i}}{\|\mathbf{F}_{I,i}\|} > \frac{\mu_i}{\sqrt{1 + \mu_i^2}} \quad (4)$$

この摩擦条件を考慮して各把持点の位置を決定するための評価指標として図 2における $\phi_{i,i\pm 1}$ を導入する。この $\phi_{i,i\pm 1}$ が大きいと滑りが発生してしまう危険が大きくなってしまいうため、 $\phi_{i,i\pm 1}$ の最大値を最小化するように把持点の位置を決定する。

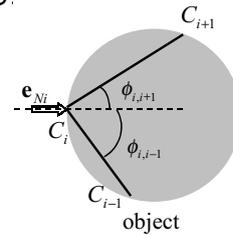


図 2: 把持点決定の評価指標

5 実験

提案した手法について 10 リンクの実機で実験を行った。対象物重心の位置指令は円軌道 (半径 0.05[m], 周期 0.25[Hz]) とした。対象物体の姿勢の指令は $\theta_o^{cmd} = \theta_o^{initial} + 0.3 \sin(0.5\pi t)[rad]$ とした。

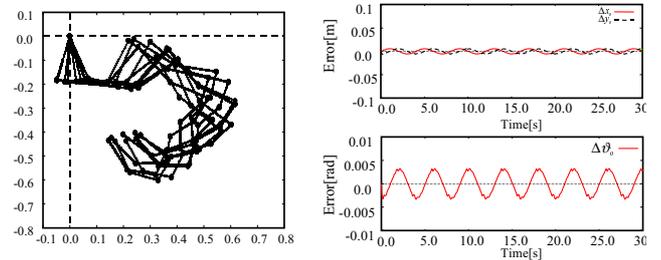


図 3: 実験結果

図 3にマニピュレータの姿勢 (左図) と物体位置の位置誤差 (右上), 姿勢誤差 (右下) を示す。実験結果より正確な対象物位置制御を実現できていることがわかる。

6 結論

本研究では冗長マニピュレータをサブシステムに分解することによる把持制御を実現した。把持点を摩擦条件を考慮して決定し、また駆動力と内力を非干渉化した制御系を構成することにより正確な物体把持を実現した。本手法の有効性を実験により検証した。

参考文献

- [1] H. Hattori, K. Ohnishi. "A Realization of Compliant Motion by a Decentralized Control in Redundant Manipulator". Proceedings of IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics(AIM'01), 2001.