

ワイヤ駆動式 2 自由度鉗子の力センシングに関する研究

Force Sensing of Two Degrees-of-Freedom Bending Forceps

○塚原祐太郎* 吉村雄祐* 小林英津子* 佐久間一郎*

*東京大学大学院工学系研究科

Y.Tsukahara*, Y.Yoshimura*, E.Kobayashi*, I.Sakuma*

*Graduate School of Engineering, The University of Tokyo.

Key Words: Forceps Manipulator, Medical Robot, Force Sensing

1. はじめに

近年、低侵襲な術式である腹腔鏡下手術が普及してきた。この術式は従来の開腹手術とは異なり、術後患者の QOL の低下の少なさなど多くの長所を有している。しかし、体内にアプローチするための挿入孔に、術具の操作範囲が制限されてしまう。この問題を解決する術具として、屈曲関節を有する医療用ハサミである多自由度屈曲鉗子が開発された。屈曲・把持動作に必要な動力の伝達方式には様々な種類が存在するが、本研究では、屈曲 2 自由度把持 1 自由度を有するワイヤ駆動式の鉗子に着目する。ワイヤの伸びや、ワイヤを誘導するプーリの軸受間に発生する摩擦などに起因する再現性の低下や把持力の減衰に対して、ワイヤにかかる張力をセンシングし補償することで、屈曲・把持動作の精度の向上を目指す。

2. 位置と力の制御を組み合わせた駆動方式

ワイヤの伸びや緩みに起因する、ワイヤの特性の変化を防止するため、本鉗子では力制御のモータと位置制御のモータを組み合わせた駆動方式により、屈曲・把持動作を行う。屈曲動作においては、ワイヤに対して常に一定の張力を与える駆動方式を提案する。把持関節においては、一つのブレードには位置制御のモータを、もうひとつのブレードには力制御のモータを用いて、ワイヤを押し引きする。(Fig. 1 参照)

ワイヤ経路の中間にロードセルを実装し、ワイヤ張力をセンシングする。摩擦やワイヤ張力によるワイヤの伸びを力センサで推定し、位置制御の精度低下や把持力の減衰に対する補償に応用する [1]。

本鉗子は機械的な張力制限機構として、超弾性合金をワイヤ経路の途中に挿入している。補償を行う際にも、ワイヤと超弾性合金で力学的特性が異なることを考慮する [2]。

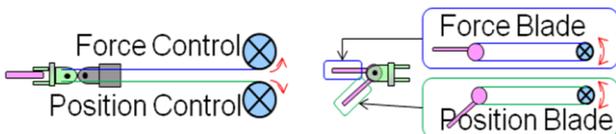


Fig. 1 The moving system of this forceps

3. 屈曲関節の屈曲動作に関する実験

本鉗子で屈曲動作を行う際、Fig.2 のように力制御側のモータで、常にワイヤを巻き取る方向にトルクを発生させる。この駆動方式で、屈曲関節の屈曲動作における入力角と屈曲角の入出力の関係を観察する。この時モータのトルクを調整し、力制御側のワイヤ張力 T_f が常に一定になるようにした。 T_f が $5 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 20$ [N] のそれぞれの場合において、入力角と屈曲角の入出力関係を観察した。ワイヤ張力の調整は、屈曲動作の終了する都度行った。屈曲角度の計測には、マイクロスコープ (VW-7000, KEYENCE) を用いた。

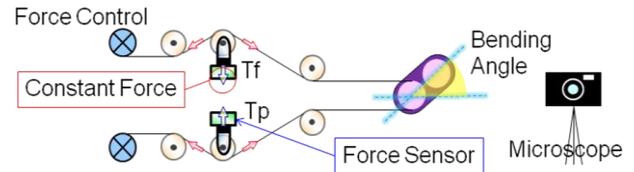


Fig. 2 Experiment

4. 実験結果と考察

T_f が 10[N] の状況下での屈曲動作における、入力角と屈曲関節の屈曲角との関係を Fig.3 に示す。10[N] の張力下においては、屈曲関節が反転する際にバックラッシュが存在した。5・15・20[N] と T_f の張力が変化してもバックラッシュの量は 10[deg] 以下に抑えることができた。回転方向が反転する際、 T_f と T_p の大小関係も入れ替わる事が確認された。このワイヤ張力の変動が、位置を決めるモータ側のワイヤの伸びの変化となり、バックラッシュが発生したものと思われる。

また、ワイヤ張力を一定に保つ過程で、屈曲関節が滑る現象が起きた。これにより、屈曲関節の軸受に発生する摩擦トルクの方向が反転し、入力角の絶対値に対して屈曲角の絶対値が大きくなったと考えられる。

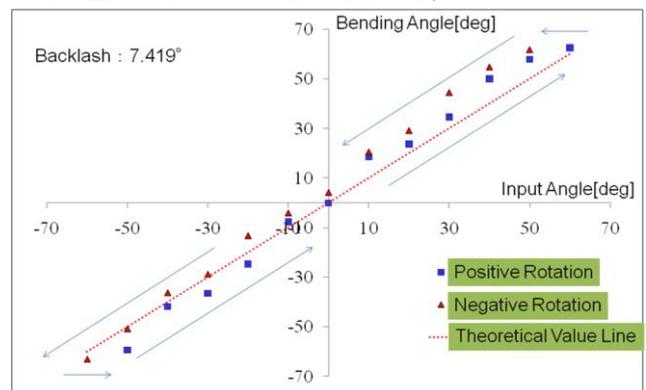


Fig. 3 Result of Bending Angle

5. まとめ

力制御と位置制御のモータを組み合わせた駆動方式を提案し、ワイヤの張力のコントロール下における屈曲動作を観察した。位置制御モータ側のワイヤ張力の変動によるバックラッシュを防止するために、位置制御側の張力を一定に保つ制御機構の構築を目指す。

6. 参考文献

- [1] 生田幸士, 五藤大貴, "遠隔腹腔内手術用ハイパーフィングターの開発", Proceedings of the 2008 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, No.08, 4, (2008).
- [2] 芦田秀一, 小林英津子, "超弾性合金を用いた多自由度屈曲鉗子の開発", 修士論文 (2007)