

繊細な操作性と術者の負担軽減を両立させた手術支援ロボット、より微細なスケールの手術支援ロボットへの応用に期待

東京工業大学只野耕太郎 准教授と工学院の Solmon Jeong 博士学生は、手術の精度と術者の負担軽減を両立する新たな手術支援ロボットシステムを開発した。

手術支援ロボットは、術者が自分の手元のマスタマニピュレータを動かすことで、患者の体内に挿入されたスレーブマニピュレータを操作するマスタ・スレーブ式が一般的である。マスタ・スレーブ式手術支援ロボットの手元の操作は、親指と人差し指でつまむピンチグリップ式と、手のひら全体でマスタマニピュレータを握るパワーグリップ式がある。ピンチグリップ式は繊細な作業に適しているが術者への負担が大きく、パワーグリップ式は繊細な作業ではピンチグリップ式に劣るが、術者への負担は小さい。そこで研究グループは、ピンチグリップとパワーグリップを組み合わせることによって、繊細かつ負担の小さいマスタマニピュレータを新たに開発した。

ピンチグリップとパワーグリップの「組み合わせ式グリップ」の設計に向け、まず、親指と人差し指の指先でピンセット状になっている部分を掴み、残りの指と手のひら全体でパワーグリップ部分を握って操作する検証モデルを試作した（図1）。検証モデルは、指先の方向と手のひらで握り込むグリップの距離や角度が可変であるものと固定のものなど4種類作成し、糸を結ぶタスクにかかる時間および必要とされる動作を調べた。その結果、可変機構を持つモデルでは、固定の場合に比べタスクに要する時間も動作も少ないことがわかった。

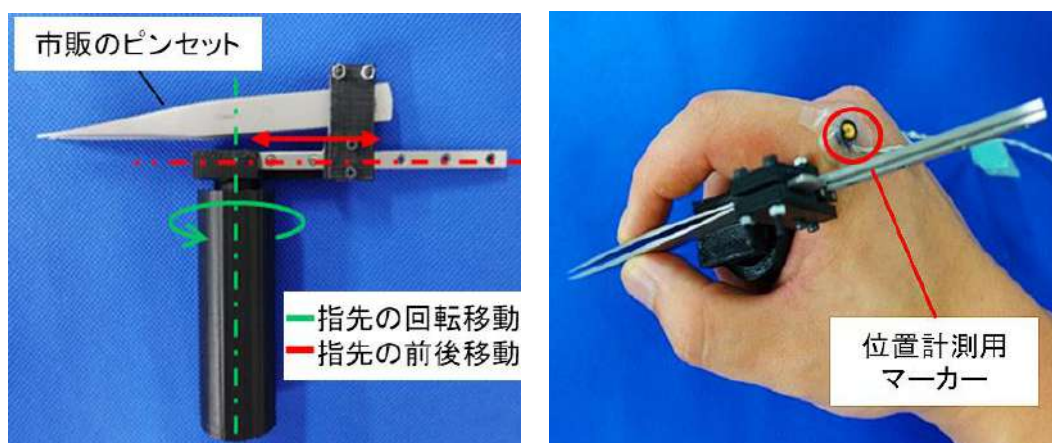


図1.ピンチグリップとパワーグリップの組み合わせ検証モデル

そこで研究グループは、検証モデルで得られた予備的な結果に基づいて、ピンチグリップとパワーグリップを組み合わせ、指先とパワーグリップ部の角度と距離を可変としたグリップ機構を開発した（図2、3）。このグリップ機構は、パワーグリップ部から 30～50 mm の範囲であれば、腕そのものを動かすことなく、前後左右に指先を動かすことができる。

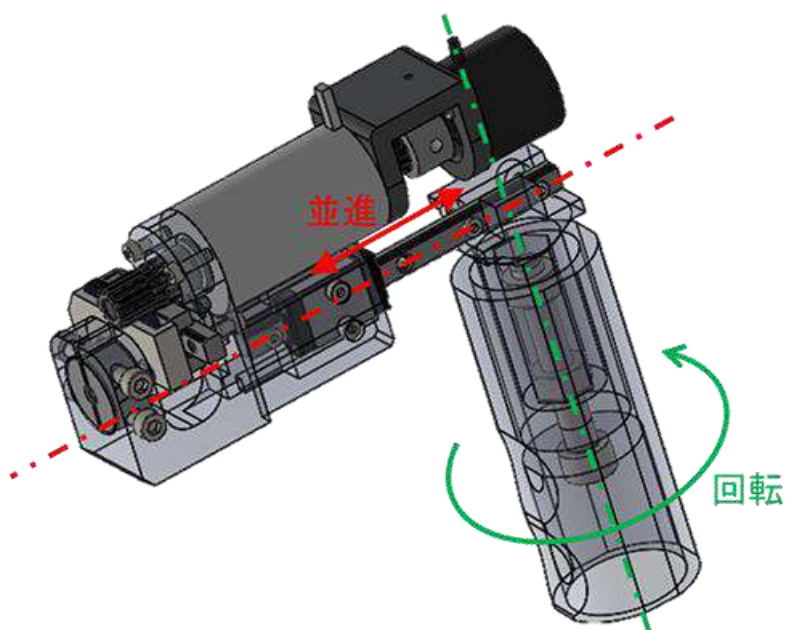


図2. 本研究で開発したピンチグリップとパワーグリップの組み合わせによるグリップ機構

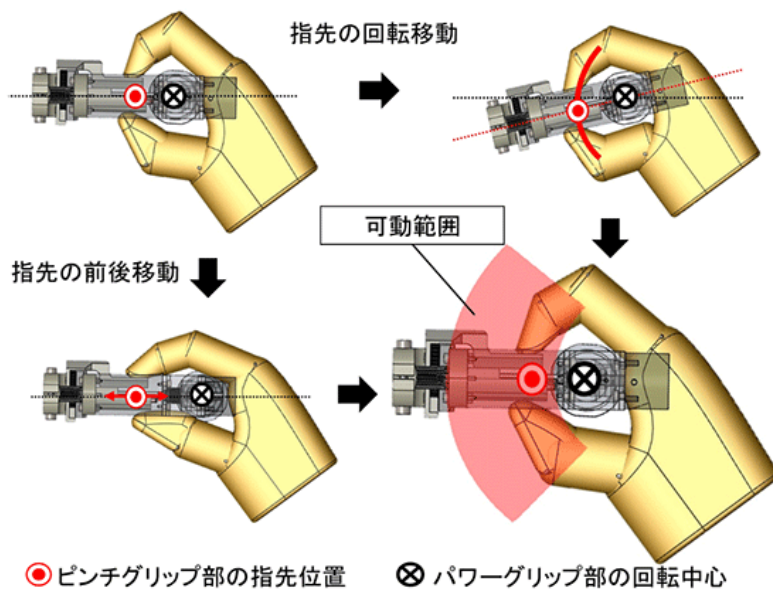


図3. 同平面図。グリップ部分から 30～50 mm の範囲であれば、腕そのものを動かすこと

なく、指先を動かすことができる。

実際の外科手術においては高い位置決め精度が重要であるため、開発した組み合わせ式グリップを採用したマスタマニピュレータと、従来のパワーグリップ式およびピンチグリップ式のマスタマニピュレータのそれぞれを用いてポインティング実験を行い、位置制御操作性能を比較した。また、マスタ機の動作をスレーブ機の動作に縮小して変換する比率（スケールファクタ）がスレーブ機の位置制御に与える影響についても検討した。

その結果、失敗の頻度、所要時間、手の移動距離による操作性評価が、パワーグリップ式ではスケールファクタが大きい（マスタ機からスレーブ機への動きの縮小度合いが大きい）場合に、ピンチグリップ式ではスケールファクタが小さい場合に比較的優れる傾向であったのに対し、提案する組み合わせ式では、いずれの場合においてもより優れたパフォーマンスを示した。

論文情報

タイトル Manipulation of a master manipulator with a combined-grip-handle of pinch and power grips

雑誌 The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery

DOI 10.1002/rcs.2065

日文发布全文 <https://www.titech.ac.jp/news/2020/046367.html>

文: JST 客观日本编辑部编译