



力触覚を伝える軟性手術支援ロボット鉗子

軟性手術支援ロボット鉗子

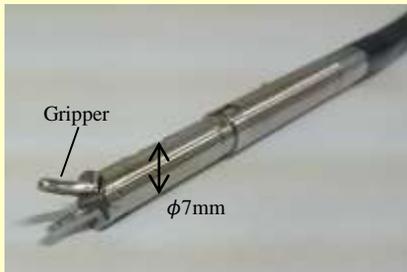


Fig. 1. Miniature haptic forceps robot.

小型のアクチュエータを搭載した
ロボット先端部

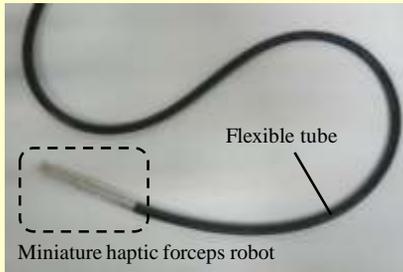


Fig. 2. Flexible haptic forceps robot.

柔軟に屈曲可能な軟性チューブと
チューブ内における信号伝達

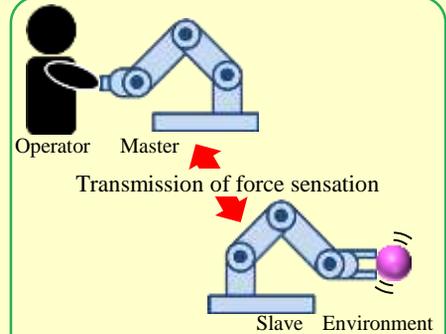


Fig. 3. Bilateral teleoperation.

加速度制御に基づくバイラテラル
制御を用いた力触覚伝達

軟性部の屈曲に依存せず、先端部のグリッパで把持した臓器や組織の剛性を操作する医師に伝達

力触覚による把持力の変化

- ロボット鉗子を用いた動物実験を実施
- 医師が腹腔鏡下においてロボット鉗子を操作し、小腸を繰り返し把持
- 操作者の医師には知らせずに、力触覚の有無を切り替え

- 操作した医師によって力触覚の影響に差異
- 影響が顕著な場合 (Fig.4, 5) :
 - 力触覚の有無に応じて**グリッパの開閉角度が変化**
 - 力触覚無しの把持動作では、**把持力が最大出力に到達**

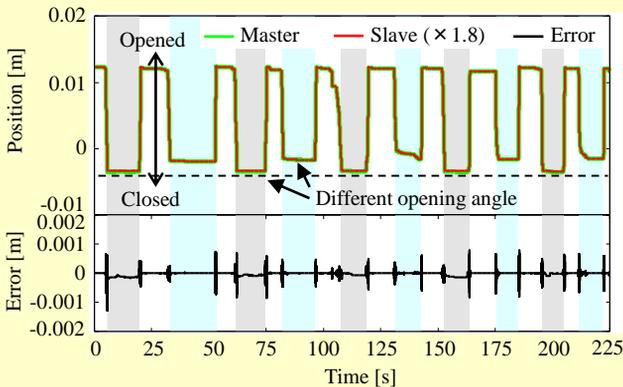


Fig. 4. Position response (Subject A).

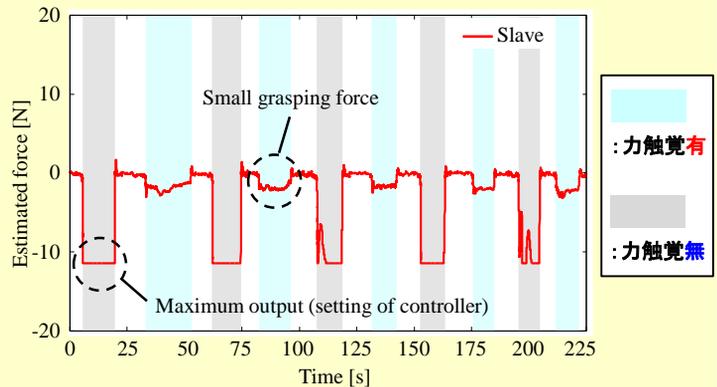


Fig. 5. Force response (Subject A).

研究者名

和田則仁・大西公平

お問合せ先

慶應義塾大学医学部 一般・消化器外科 wada@keio.jp



力触覚を伝える軟性手術支援ロボット鉗子

力触覚の有無での把持による臓器変形の比較



力触覚なし



力触覚あり

小腸

【内視鏡画像による評価】

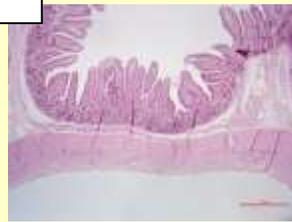
- 小腸の把持では、力触覚ありに比べ、力触覚なしでは、鉗子の跡(点線で囲んだ部分)がより鮮明に認められます。力触覚ありで把持した場合、小腸の把持部位の変形がより小さいことがわかります。

【組織学的評価】

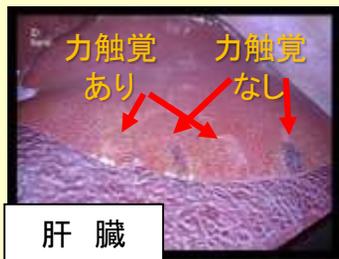
- 把持部分の標本を染色し顕微鏡で観察すると、力触覚ありで把持した部位のダメージがより小さいことが認められます。



漿膜の剥離



漿膜



力触覚あり

力触覚なし

肝臓



力触覚なし



力触覚あり

- 肝臓についても、力触覚ありで把持した部位の変形がより軽度であることが認められます。

臨床応用の展望

- 1990年代に普及した腹腔鏡手術に代表される内視鏡外科は、現在では肝切除や膵切除などの高難度な手術でも行われています。臓器の把持に用いる鉗子は力触覚が低減しており臓器損傷をきたすリスクがあります。
- 2012年4月、手術支援ロボット(da Vinci)が前立腺全摘に保険適応となり、わが国でも急速に普及しています。今後、世界的にもロボット支援手術の実施数は増加すると考えられます。しかし、ロボット鉗子では力触覚が欠落しており、外科医は視覚を頼りに臓器への応力を制御しています。しかし、脆弱な臓器などでは少なからず損傷が認められています。
- ロボット鉗子への力触覚の導入は臓器損傷を低減することが期待されます。現在、AMEDの事業で取り組んでいる軟性内視鏡手術システムの研究開発では、力触覚フィードバックを実装することで、安全性の高い手術ロボットの臨床導入を目指しています。

研究者名

和田則仁・大西公平

お問合せ先

慶應義塾大学医学部 一般・消化器外科 wada@keio.jp