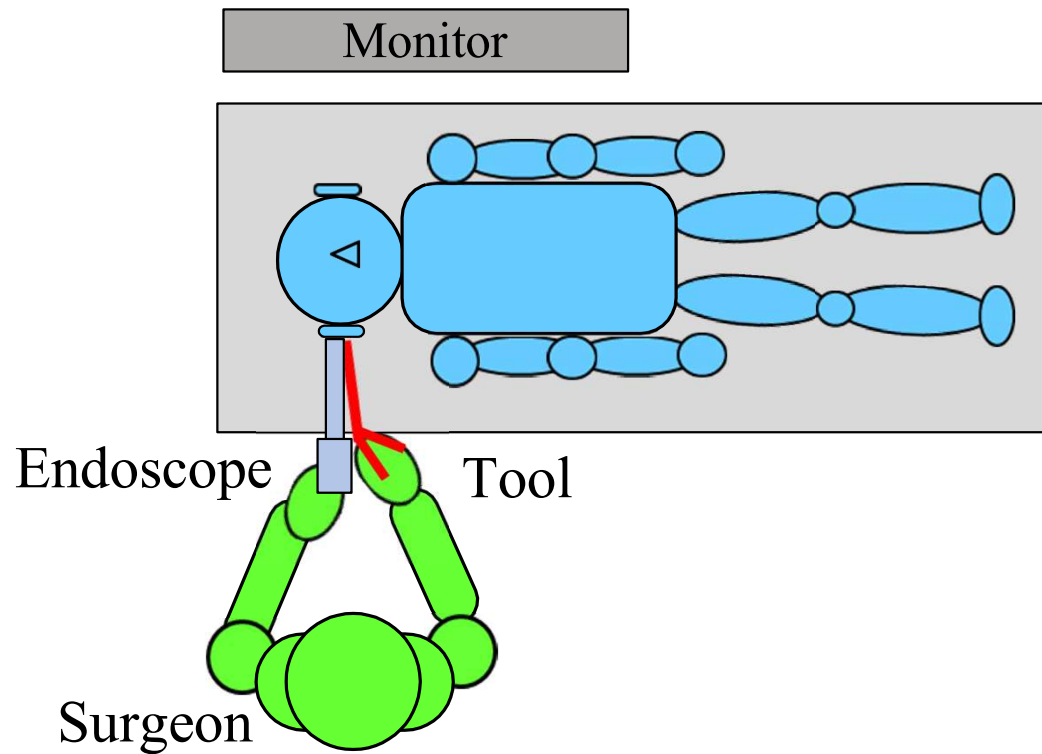


直動2入力を直動回転の2出力とする 差動機構の耳科内視鏡ロボット

大阪工業大学 ロボティクス&デザイン工学部 ロボット工学科
教授 河合 俊和

2026年3月10日

経外耳道的内視鏡下耳科手術 (TEES)

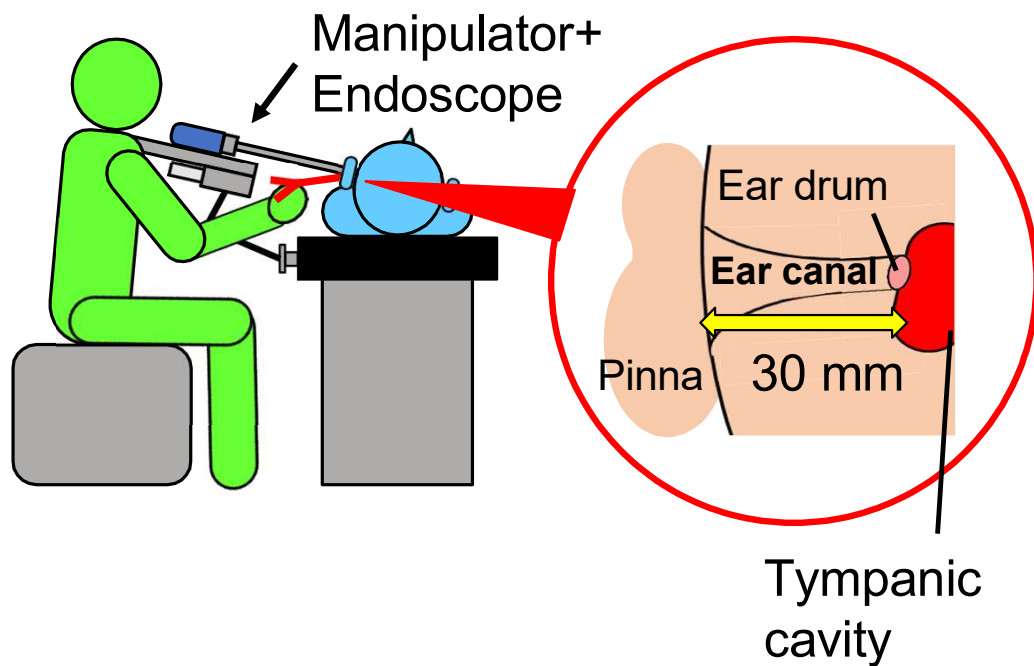


- 右手で術具を操作
- 左手で内視鏡を保持
- 内視鏡モニタを見ながら施術

要望

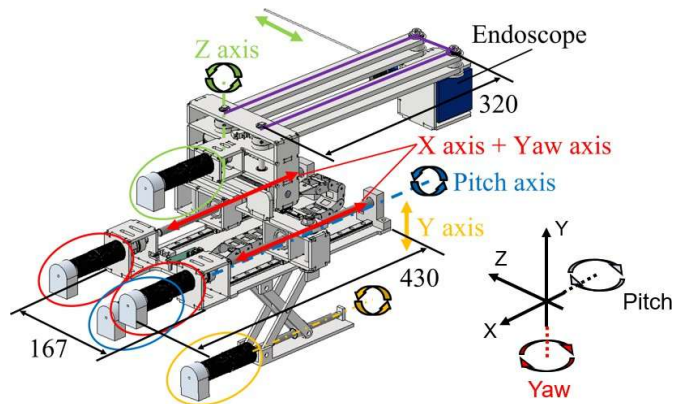
- 両手での術具操作
- 内視鏡視野の微細な位置決め
- 頻繁なレンズ清掃が可能

耳科内視鏡ロボットへの要求

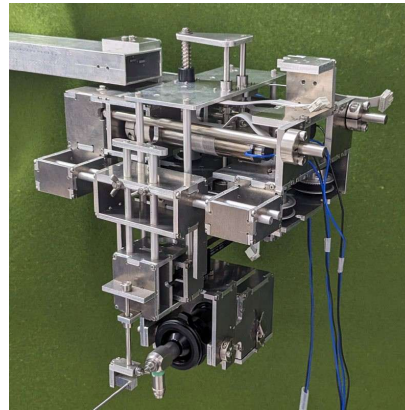


- 外耳道（直径7mm，奥行30mm）内で，内視鏡を精密操作できること
- 執刀医が内視鏡モニタを視認でき，手元の視野と作業空間を確保できること
- 腹腔用途の内視鏡ロボットは可動範囲が広く術式も異なる

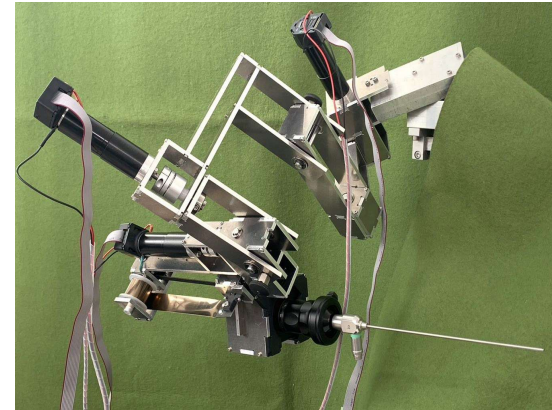
これまでに開発した耳科内視鏡ロボット



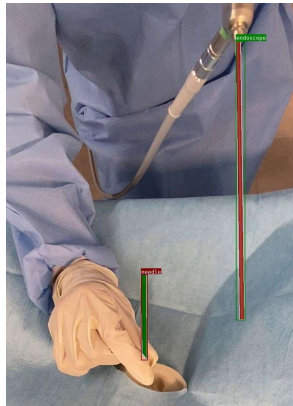
Differential **【本技術】**



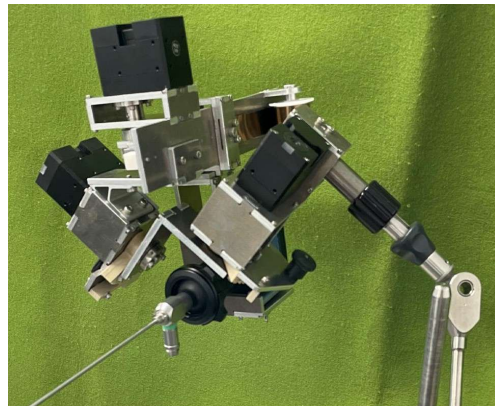
Cartesian



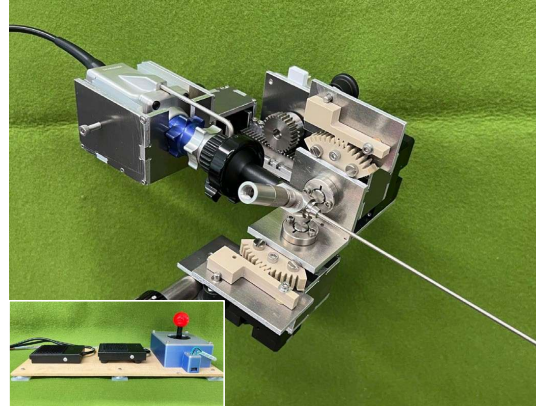
Diagonal (foot)



Tool position



Canopy



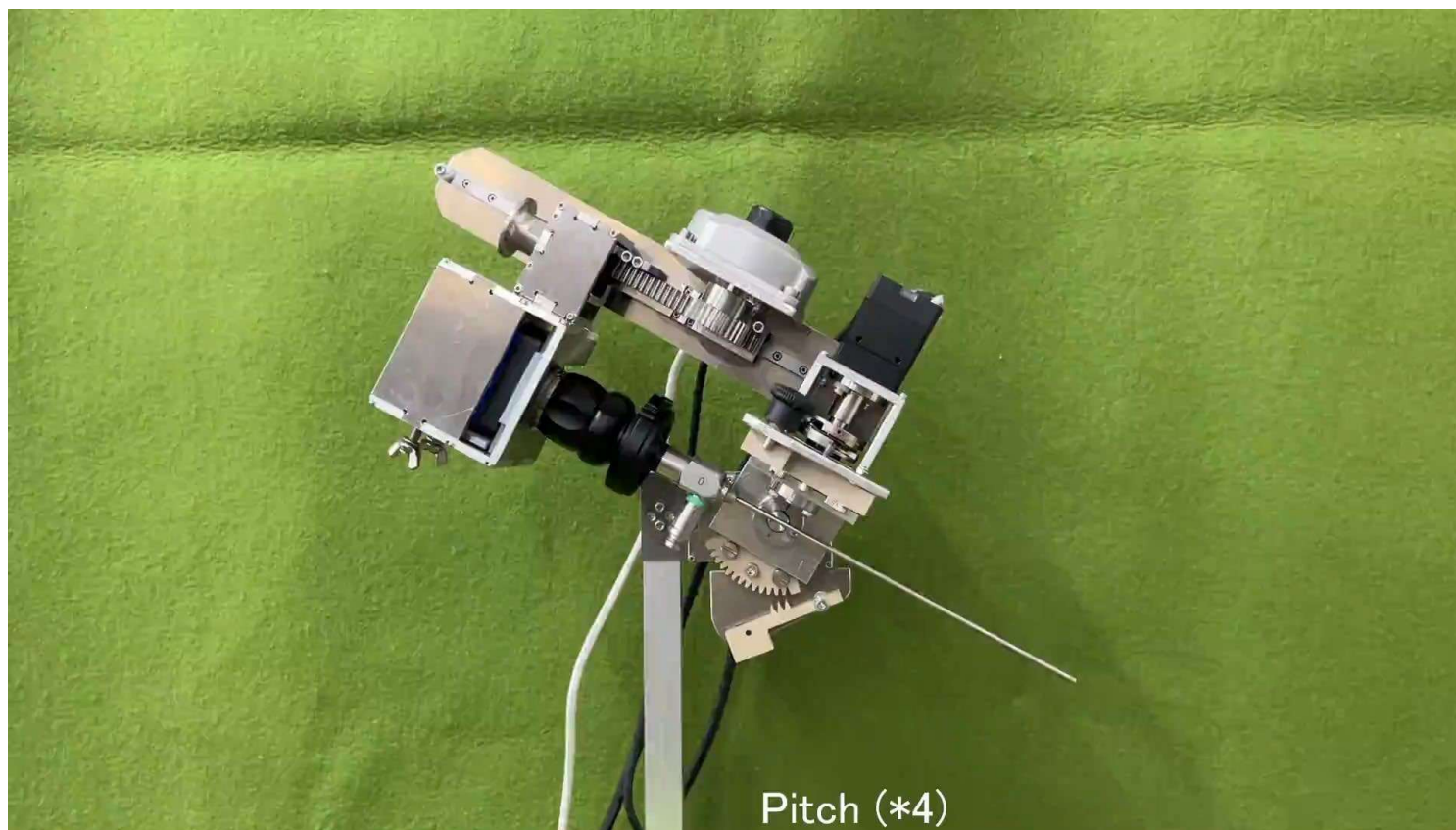
Gimbal-US (foot)



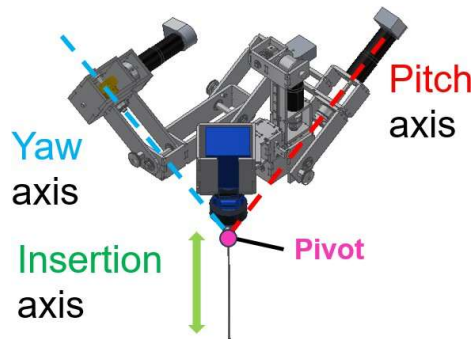
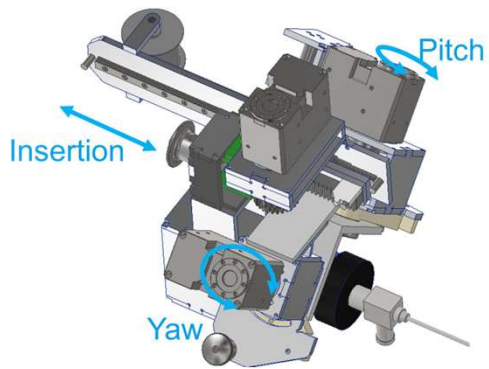
Gimbal (teleope)



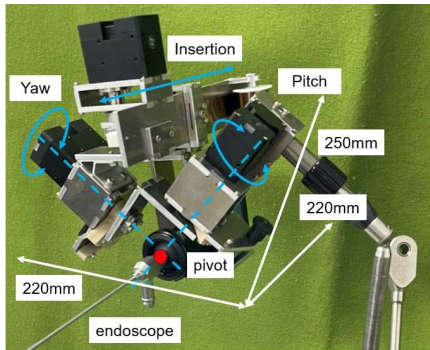
耳科内視鏡ロボットの模擬TEES



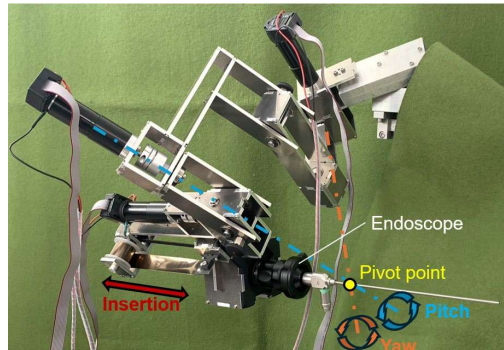
耳科内視鏡ロボットの特徴



- 機械式の遠隔運動中心 (RCM)
- 内視鏡を固定ピボットで操作
- 姿勢2軸 (Pitch, Yaw)
挿入抜去軸 (Insertion)

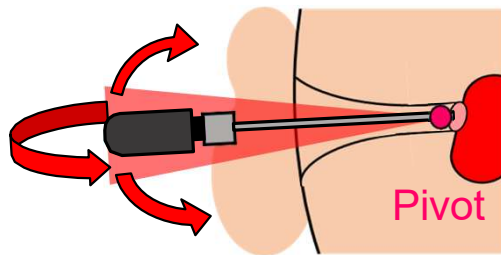
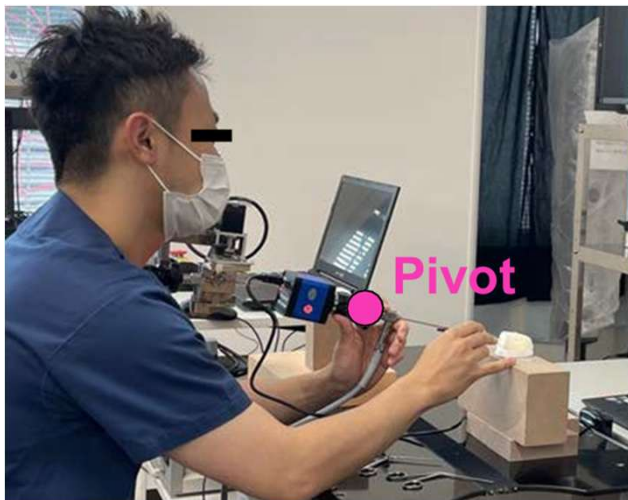


直交ジンバル



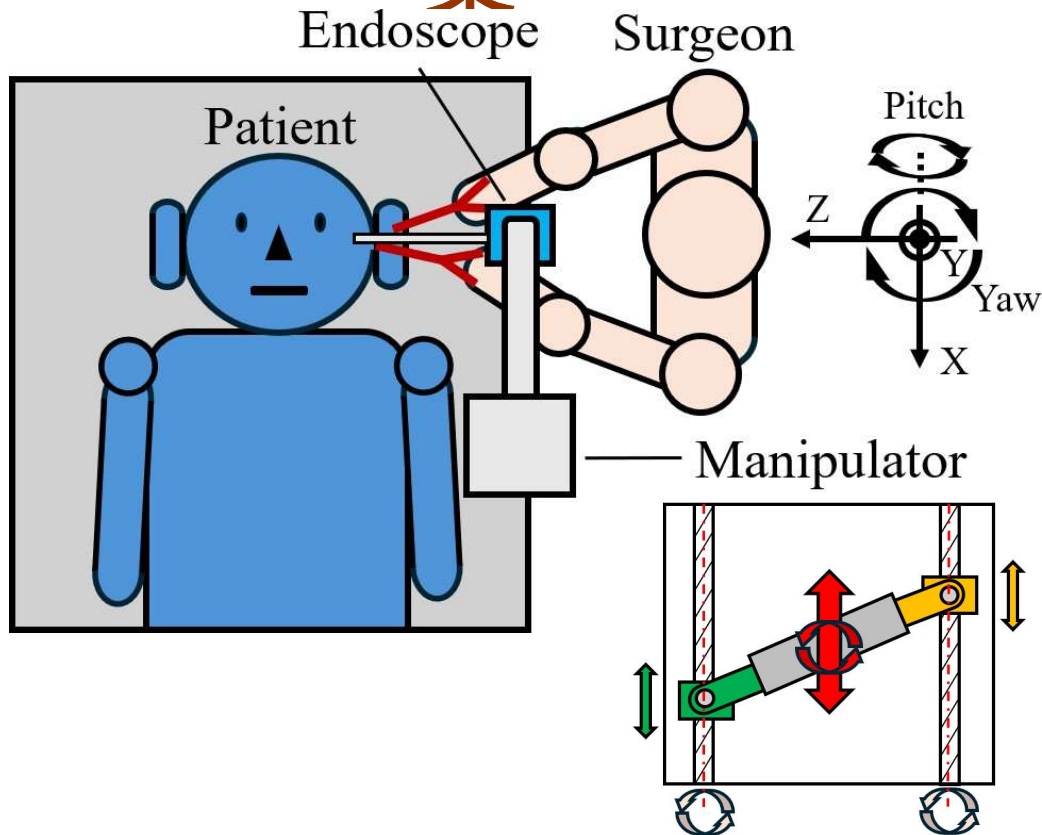
斜交関節

耳科内視鏡ロボットの課題



- 内視鏡レンズのピボット支点を任意に設定したい
- 位置姿勢決めを短時間で行いたい
- シリアルリンク系のため累積する機構特性を減らしたい
- マニピュレータの占有空間を減らして作業空間を広げたい

新しい耳科内視鏡ロボットの提 案

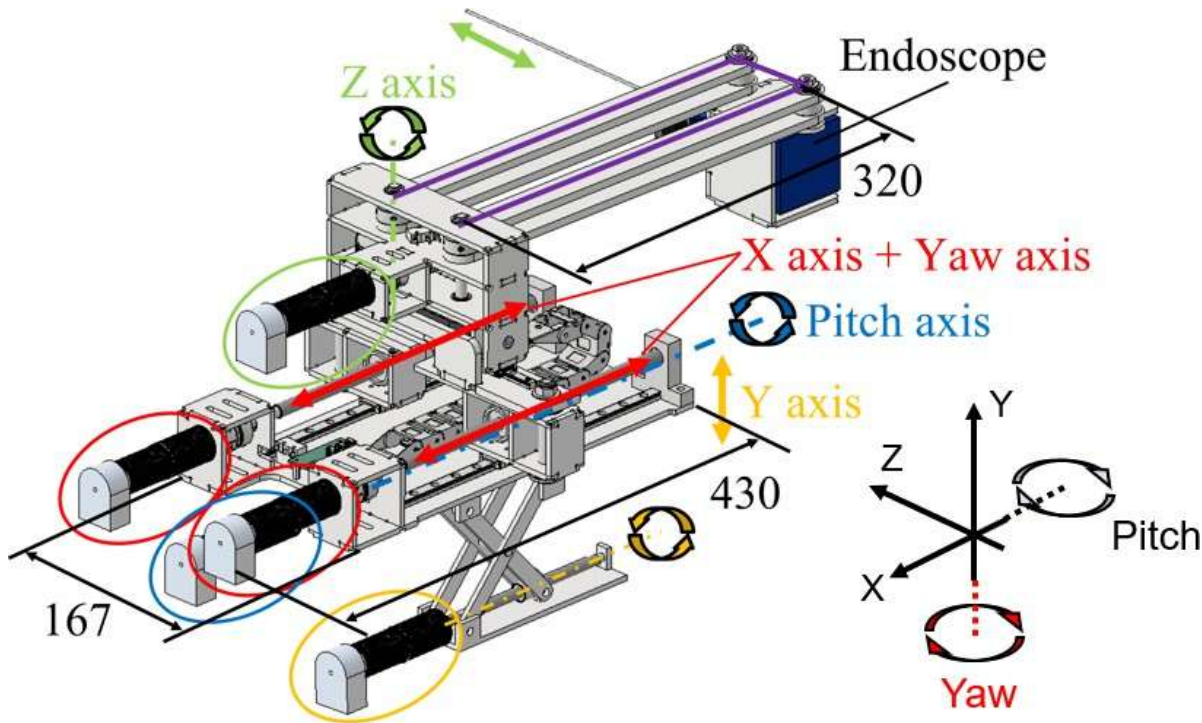


- 制御式の遠隔運動中心（RCM）
- 内視鏡を任意のピボットで操作
- 姿勢2軸（Pitch, Yaw）
挿入軸（Z）, 位置2軸（X, Y）
- 駆動部を執刀医の側方に配置し、
執刀医の視野と作業空間を確保

【本技術】

- 直動2入力を直動回転の2出力とする差動機構で精密位置決め

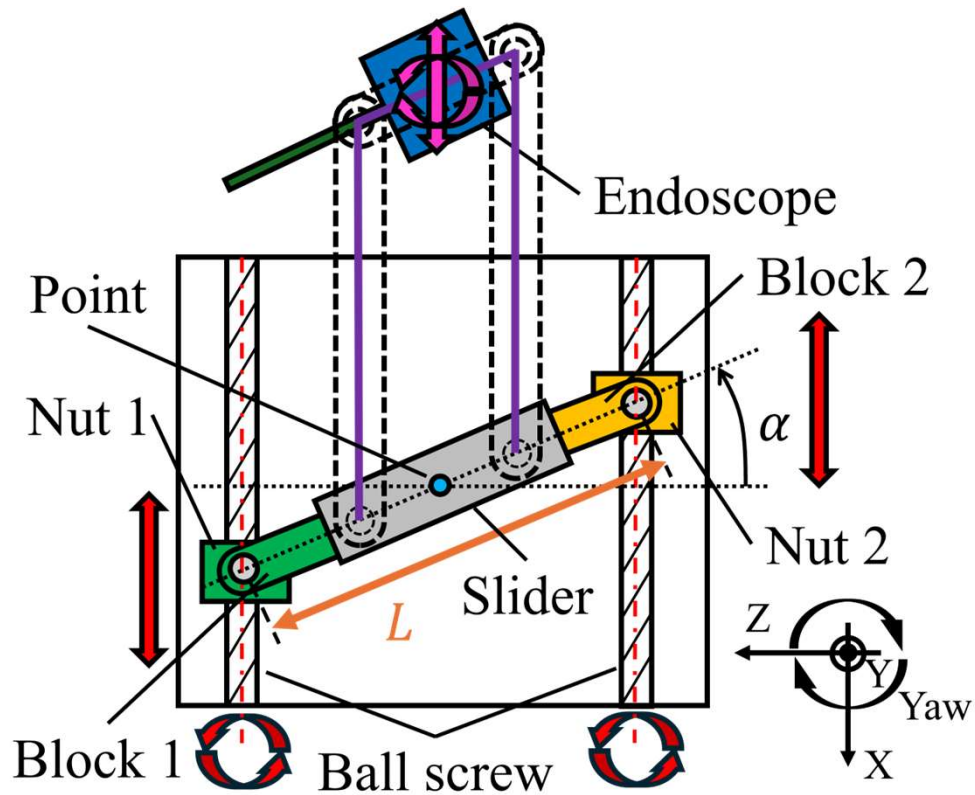
制御式RCMの耳科内視鏡ロボット



5自由度の機構構成

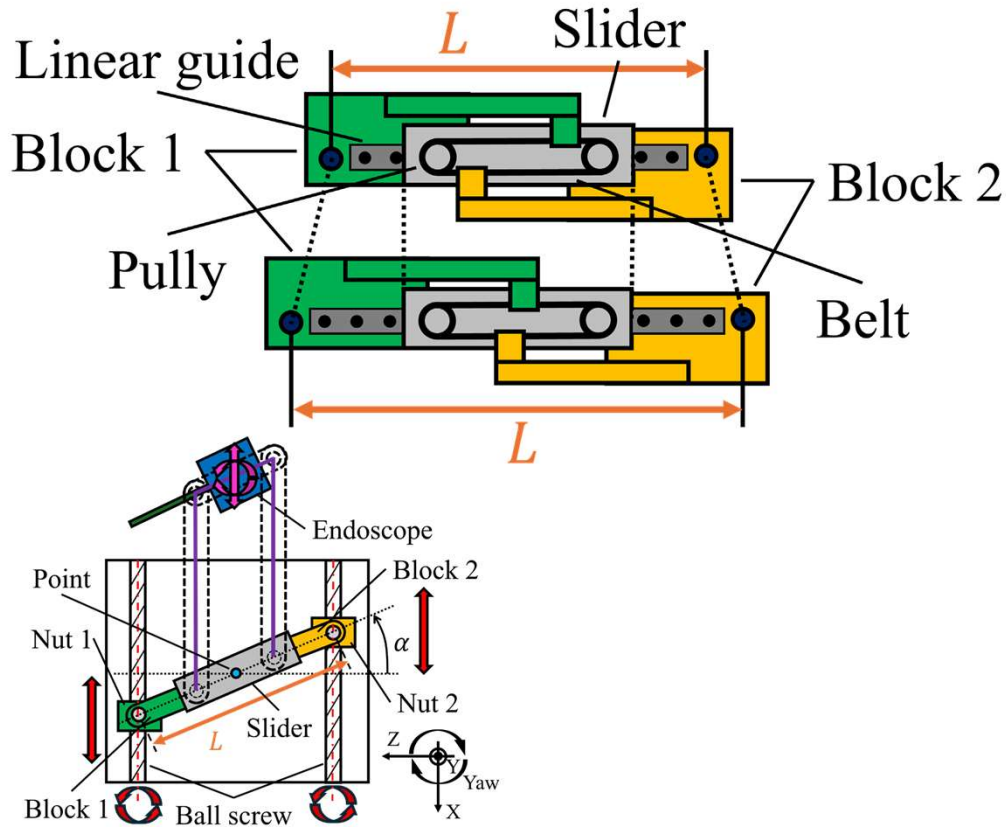
- Y軸（昇降）
シザーリフト
- Z軸（挿入抜去）
ウォームギア+平行リンク
- Pitch軸
傘歯車
- X+Yaw軸
直動²差動機構 **【本技術】**

直動²差動機構



- 平行配置した直動2軸の差動入力力を，直動と回転に変換出力
- 一对の直動ボールねじのナット上に，回転自在で長さ可変の橋渡しスライダを連結
- ナットが同方向に直動した時，スライダはX軸上を直動
- 逆方向に直動した時，スライダはPoint中心まわりに回転

橋渡しスライダ



- ナットとBlockを回転自在に接続
- Block1と2にLinear guideを設け、橋渡しするSliderを接続し直動自在
- Sliderにベルトプーリを設け、ベルトの両側にBlockを接続
- Sliderを各々のBlockで互いに等間隔に保持
- Block 1と2の距離Lが変化しても、Sliderの中心位置は常に機構中心

従来技術とその問題点

一般的に直動と回転を単独で駆動すると、先端に重量物を載せた際、ワークのモーメントにより剛性を保つことや、精密な位置決め精度を確保することが難しい。

2モータで効率よく回転や直動を行う差動機構は複数提案されている。直動を用いた差動機構の場合、

- 進退方向が互い違いでは回転できない
- ワイヤ駆動での先端湾曲は経路が定まらない

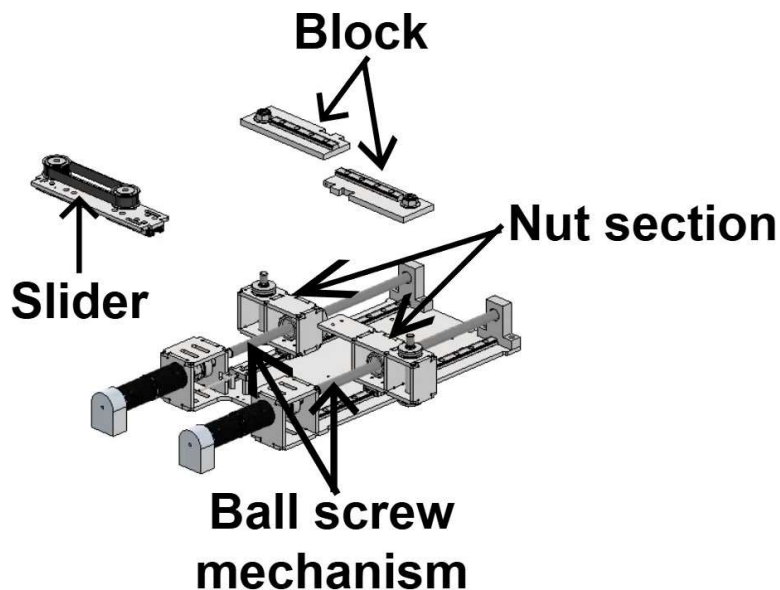
新技術の特徴・従来技術との比較

平行配置した直動2軸上に、回転自在で長さ可変のスライダを設けた。同方向に直動するとスライダは直動し、逆方向に直動するとスライダは中心まわりに回転する。

効果

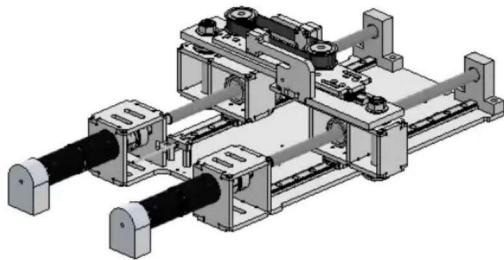
- XYステージで直動2軸の機構を直交させず平行配置
- 電装系と機構主要部を一か所にまとめてオーバーハングする直動軸を排し視認性を向上
- 差動駆動で構造の小型化，軽量化，モータ出力低減

直動²差動機構の構成



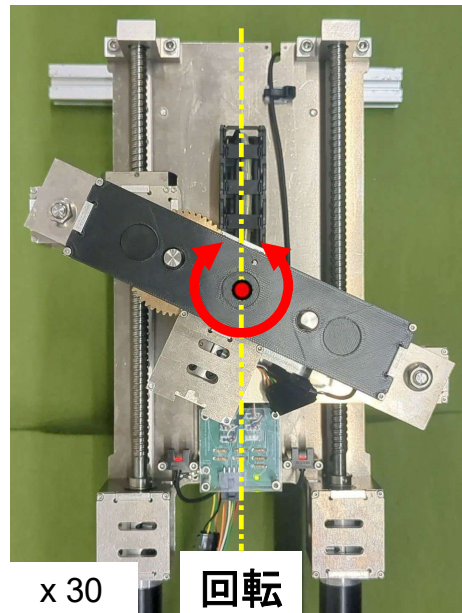
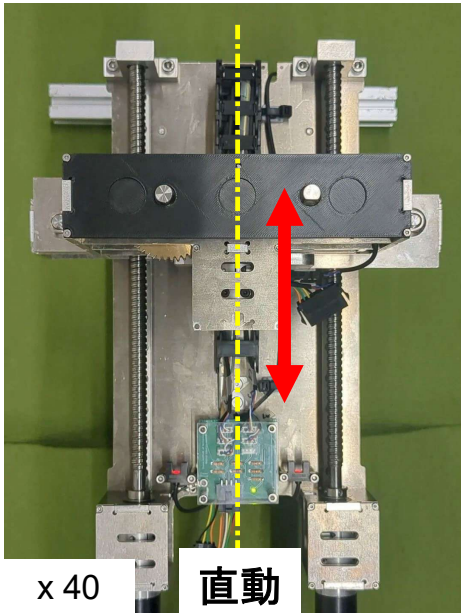
- 2本のボールねじ, 2つのブロック, 1つのスライダで構成
- 2本のボールねじ機構を平行に離間配置
- ボールねじのナット部にブロックを回転自在に接続
- 2つのブロックを橋渡すスライダを直動自在に接続
- スライダ上のベルトプーリをブロックで保持

橋渡しスライダの中心保持



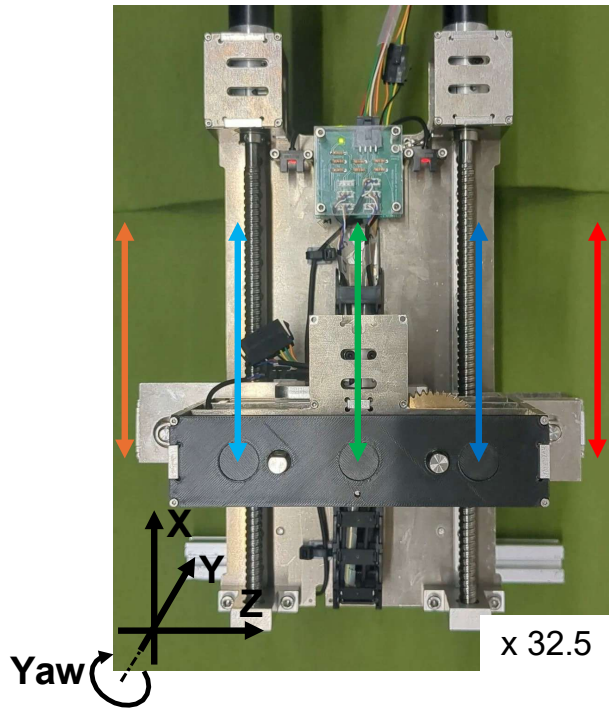
- 橋渡しスライダは長さ可変, 2つのブロックは回転自在
- 2つのブロックが離間しても, スライダの中心位置を保持する同期機構
- ボールねじが逆方向に直動し, ナット間の距離が変わっても中心位置は保持され, その場で回転

差動駆動

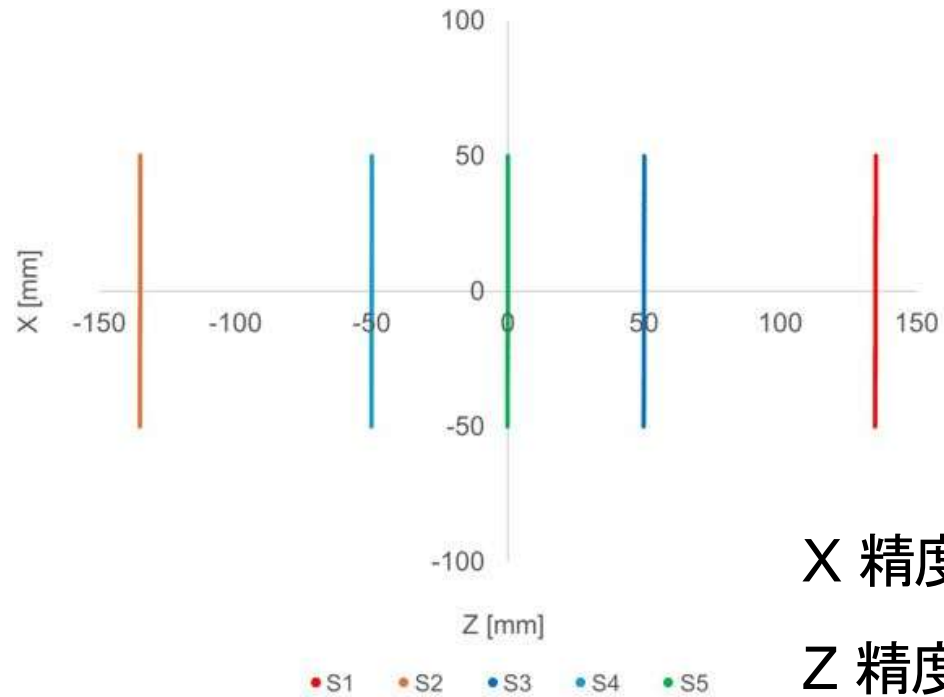


- ボールねじナットが同方向に直動
⇒ スライダが直動
- ボールねじナットが逆方向に直動
⇒ スライダが中心軸まわり回転
- ボールねじナットが異速度で直動
⇒ 直動と回転の複合動作

動作軌跡計測 直動



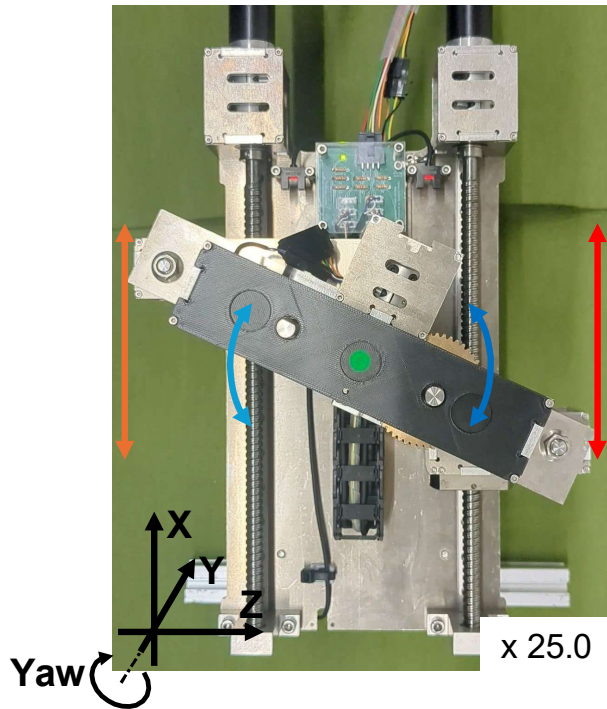
無負荷時



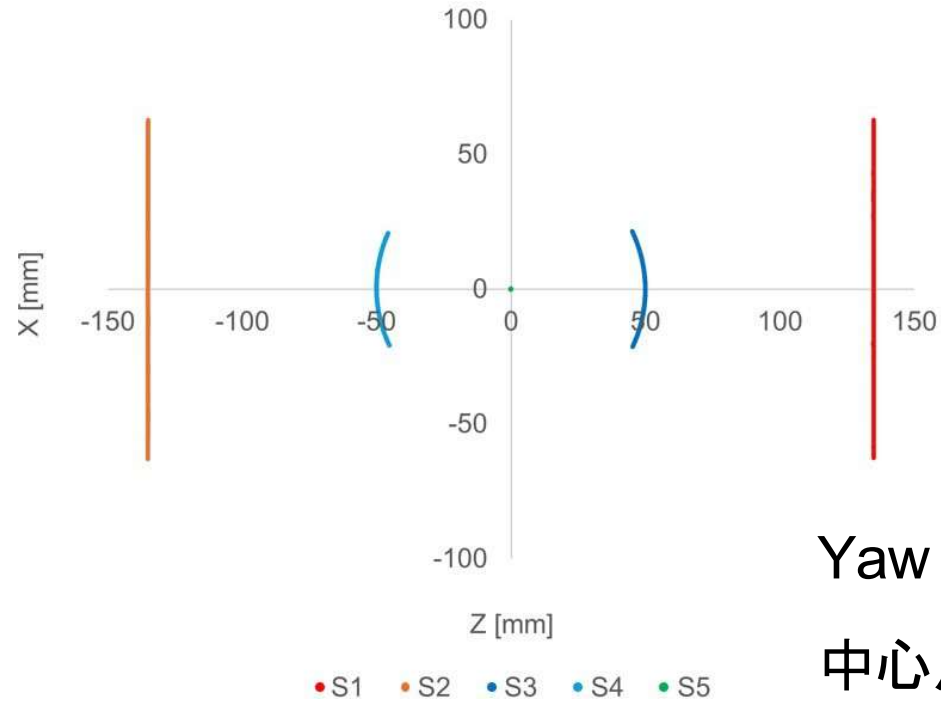
X 精度 : 0.2 mm

Z 精度 : 0.1 mm 以下

動作軌跡計測 回転



無負荷時



Yaw 精度 : 0.1 deg
中心点精度 : 0.3 mm

想定される用途

従来のXYステージの置き換えを想定している。

- 半導体製造にて，ウェハを精密搬送して回路パターンを正確に露光
- レーザー加工機にて，加工対象物を移動させレーザーで精密な切断や穴あけ
- ディスプレイ製造装置にて，大型ガラス基板を精密移動させてパターン形成
- バイオプリンターにて，培養皿で細胞を微細に整列
- 光学測定機器にて，対象を精密移動し複数点スキャン

実用化に向けた課題

- ボールねじのリード長等を変化させた時の追従性が未
解明（現行機はリード長4mm，モータギア比139）
- モータ回転速度が異なる場合，直動と回転の複合動作
の可動限界は未確認
- 橋渡しスライダのベルトにテンショナーを付与
- 平行リンクが長くなった時のモーメント負荷
- 床面への水平設置が前提であり傾斜面への拡張
- 医療ロボットへの適用の場合は滅菌対応が必須

企業への期待

- 各種パラメータを変えた試作，作り込みは企業に期待
- XY搬送ステージの省スペース化への適用を考えている企業には，本技術の導入が有効
- 他の用途があればご教示いただきたい
- 機械技術やメカトロ技術の医療展開を考えている企業との共同研究を希望

企業への貢献、PRポイント

- 技術の展開先は工場での生産設備を想定しているが、人とロボットの共存協調の研究から生まれた成果（阪大基礎工，神戸大耳鼻科との科研費）
- 神戸大は医療ロボットHinotoriの開発実績があり、医療分野参入を考えている企業の足掛かりになる
- 大阪工大は腹部外科を含む医工連携を実施しており、手術支援ロボットの基盤・実用化技術について技術支援・指導が可能

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : スライド回転機構およびマニピュレータ
- 出願番号 : 特願2025-153402
- 出願人 : 学校法人常翔学園、国立大学法人神戸大学
- 発明者 : 河合俊和、高松道聡、藤田岳

産学連携の経歴

- 1998年-2007年 総合電機メーカー勤務時代
NEDO 脳腫瘍等手術支援システム
力覚搭載型医療ロボット
- 2018年 オヴァリスとの特許出願
- 2021年-2022年 AMED橋渡し研究

お問い合わせ先

大阪工業大学 研究支援社会連携推進課

TEL 06-6954-4140

e-mail OIT.Kenkyu@josho.ac.jp

神戸大学 産官学連携本部

TEL 078-803-5945

e-mail oacis-sodan@office.kobe-u.ac.jp