

腹腔鏡下手術用ロボット・デバイスの 機構およびそのシステム

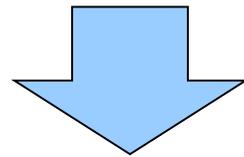
国士舘大学
機械工学系

理工学部 理工学科
教授 神野 誠

2022年8月9日

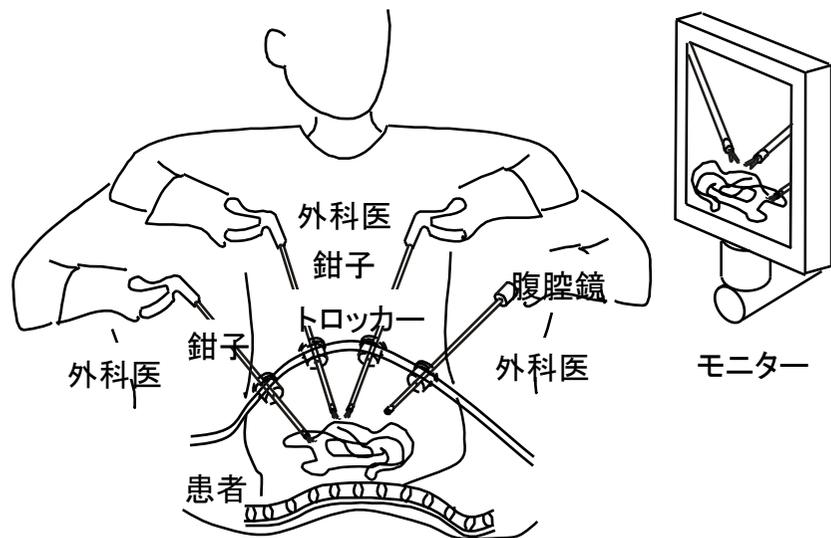
発表者のこれまでの研究開発実績

- (1) 総合電機メーカーにて、特殊ロボットシステム(宇宙・原子力)や手術支援用ロボット鉗子の研究開発に従事
- (2) 医療機器メーカーにて手術支援用ロボット鉗子の製品開発に従事
- (3) 国土舘大学 理工学部 機械工学系にて教育と、医療関連を中心に様々なロボット・メカトロ機器の研究開発に従事



- ・企業目線での研究開発
- ・幅広い分野への適用を視野に入れた研究開発

腹腔鏡下手術(低侵襲手術)の利点



- ・手術の翌日から歩行可
- ・入院期間の大幅短縮
- ・退院後もすぐ社会復帰
- ・小さな傷口

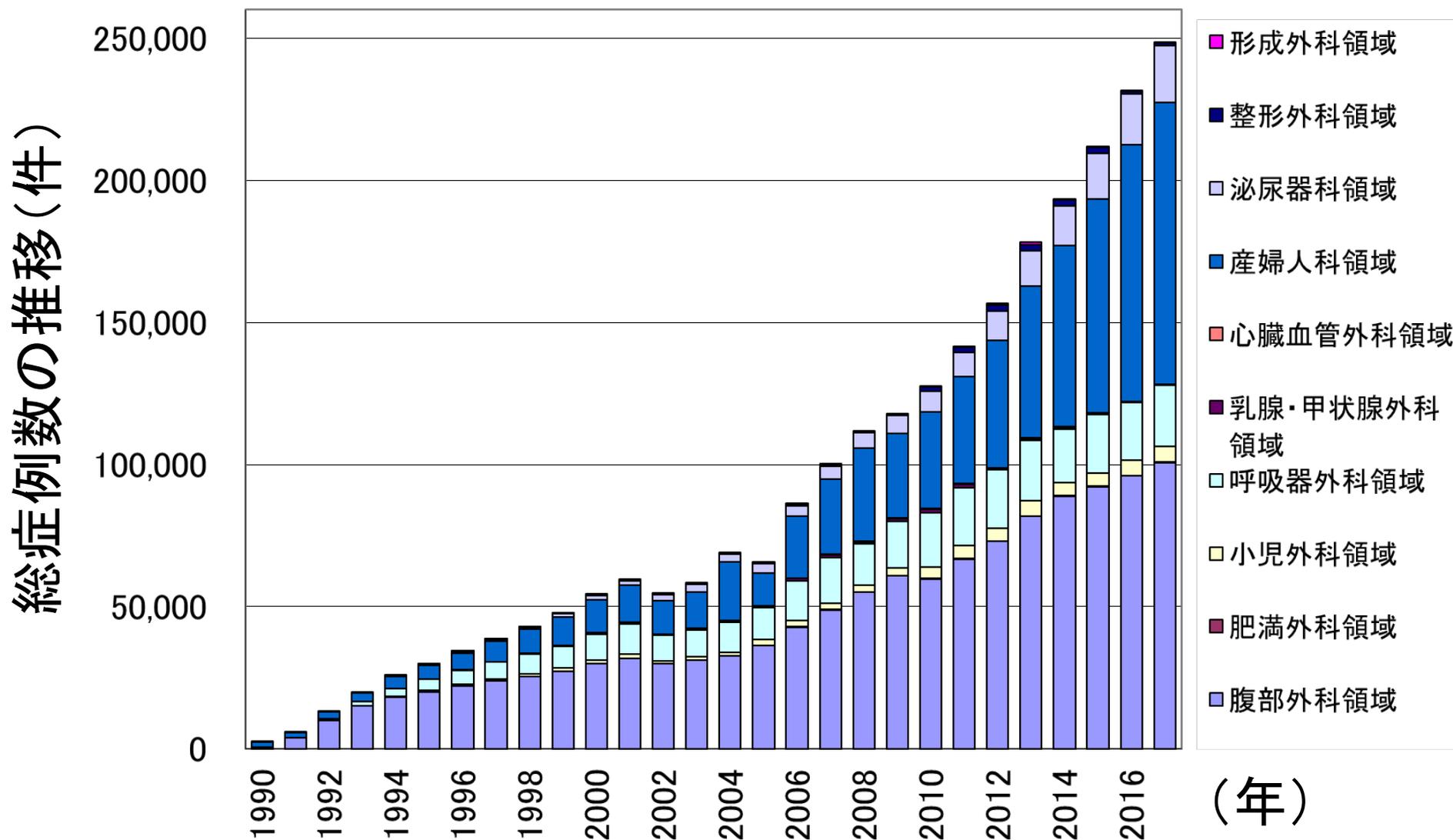
課題



- ・操作性向上
- ・手術時間短縮
- ・手術成績向上など...
- ・コスト低減
- ・入院期間短縮



手術支援ロボット・デバイスへの期待



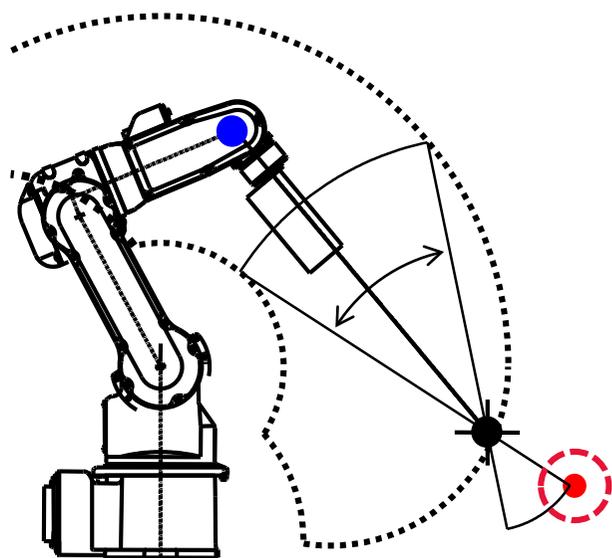
領域別の内視鏡外科手術総症例数の推移

日本内視鏡外科学会雑誌vol.23 No.6 2018
内視鏡外科手術に関するアンケート調査—第14回集計報告—

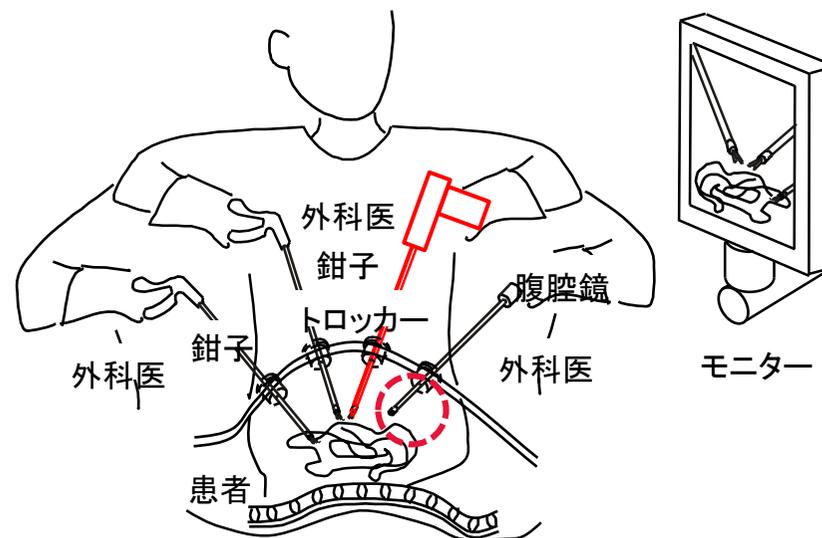


手術支援ロボットの代表例
da Vinci (Intuitive Surgical)

腹腔鏡下手術支援ロボット 多自由度鉗子の研究開発 (当該分野の発表者のこれまでの取り組み)



- 多関節ロボット(+直動軸)のメリット
- ・不動点を制御的に決定可能
 - ・腹腔内外で広い動作領域を確保
 - ・拡張性や汎用性

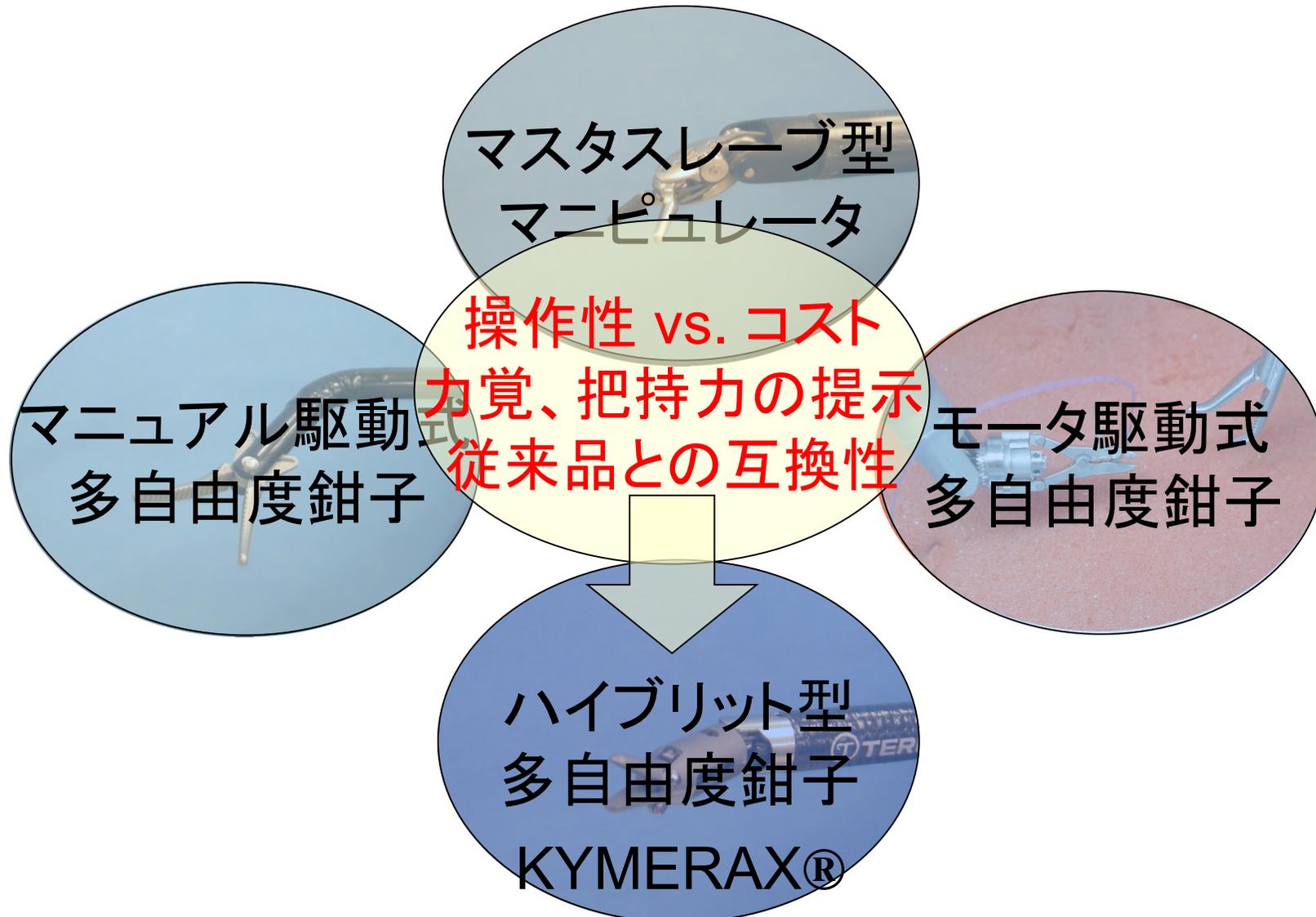


- ハンドヘルド多自由度鉗子のメリット
- ・シンプルなシステム
 - ・低コスト
 - ・従来の機器との互換性

Makoto Jinno. "Master-slave manipulator for laparoscopic surgery using a 6-axis vertical articulated robot," Jinno ROBOMECH Journal 2014, 1:23, <http://www.robomechjournal.com/content/1/1/23>

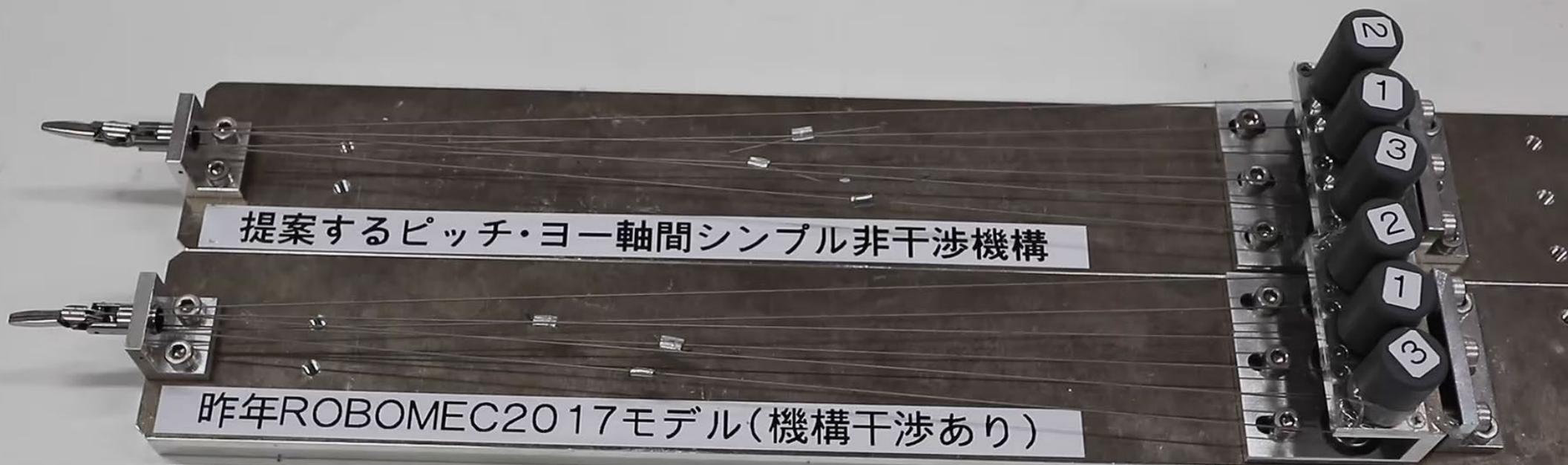
Kymerax® by Terumo

腹腔鏡下手術支援ロボット・多自由度鉗子の 先端機構例



技術的課題：機構干渉問題

干渉駆動機構、非干渉駆動機構とは(動画による比較)



一つの軸を動かしたとき、他の軸が干渉して動いてしまう。
ダビンチでは、モーターで複数軸を制御して干渉を防ぐ。

機構干渉のデメリット

- (1) 干渉動作によるアクチュエータの動作角度の増加
- (2) 干渉トルクによる駆動トルク増大や他軸への制御困難な動作（意図しない動作）
- (3) 把持力の手動機械駆動が不可能（把持力の微妙な調整が不可能）



従来機構

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：
マニピュレータおよび手術支援ロボットシステム
- 出願番号：特願2019-550409
U.S. Patent Application No. 16/860,199
- 公開番号：WO2019/088094, US2020/0235677 A1
- 登録番号：7008924
- 出願人：国士舘大学
- 発明者：神野誠

本発明のポイント

ポイント:

(1) 非干渉機構

→ 制御容易、高制御性

モータ駆動・手動のハイブリット駆動子が可能
(操作者による把持力の調整が可能)

(2) 部品点数大幅削減

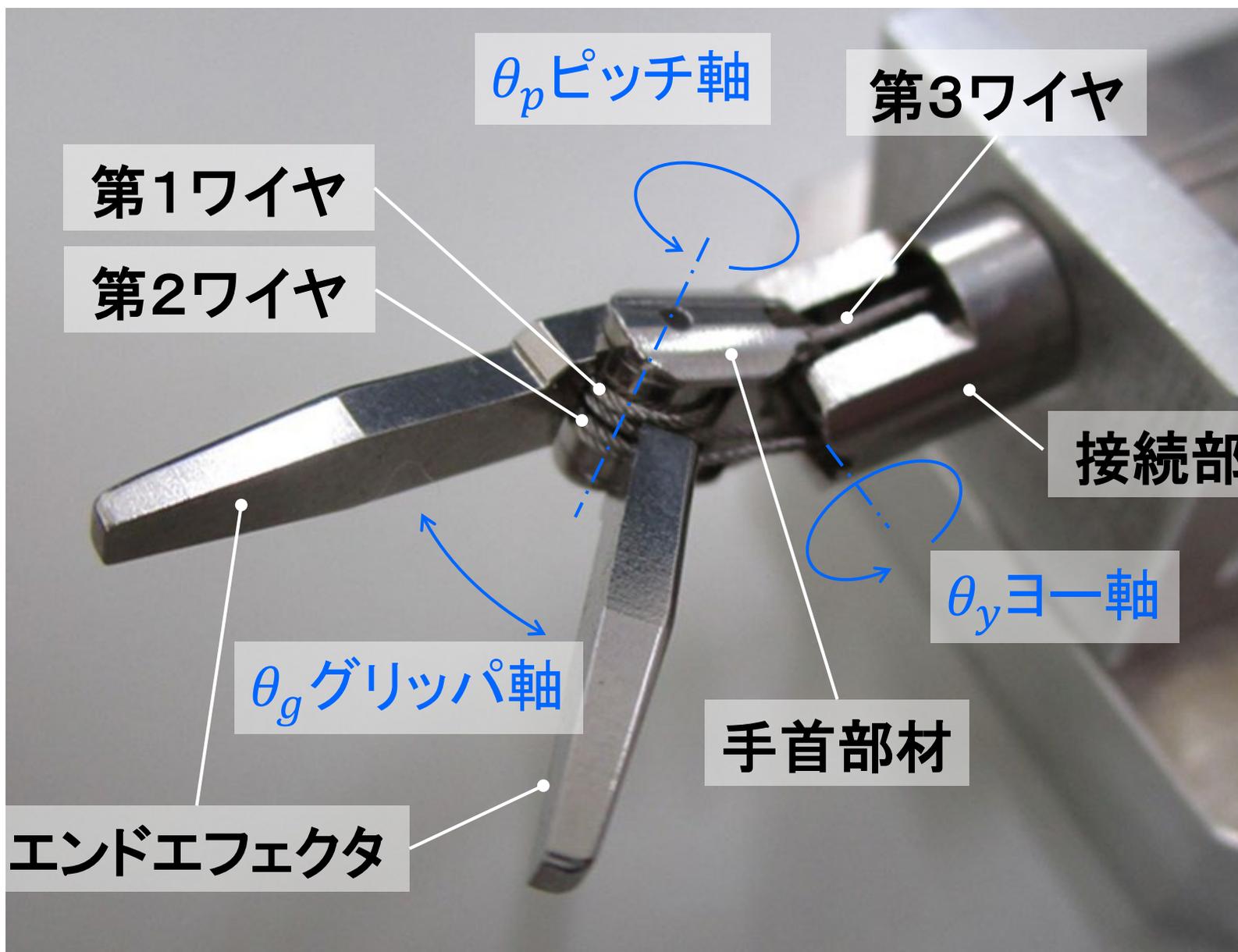
→ 部品コスト低減、組立容易(人件費削減)、高信頼性

ロボットとしての基本的なメリット

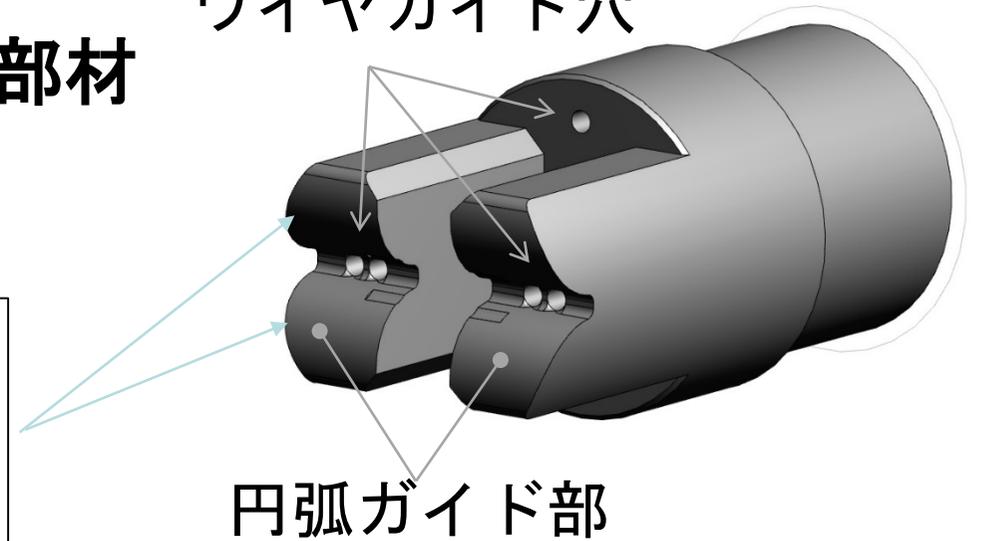
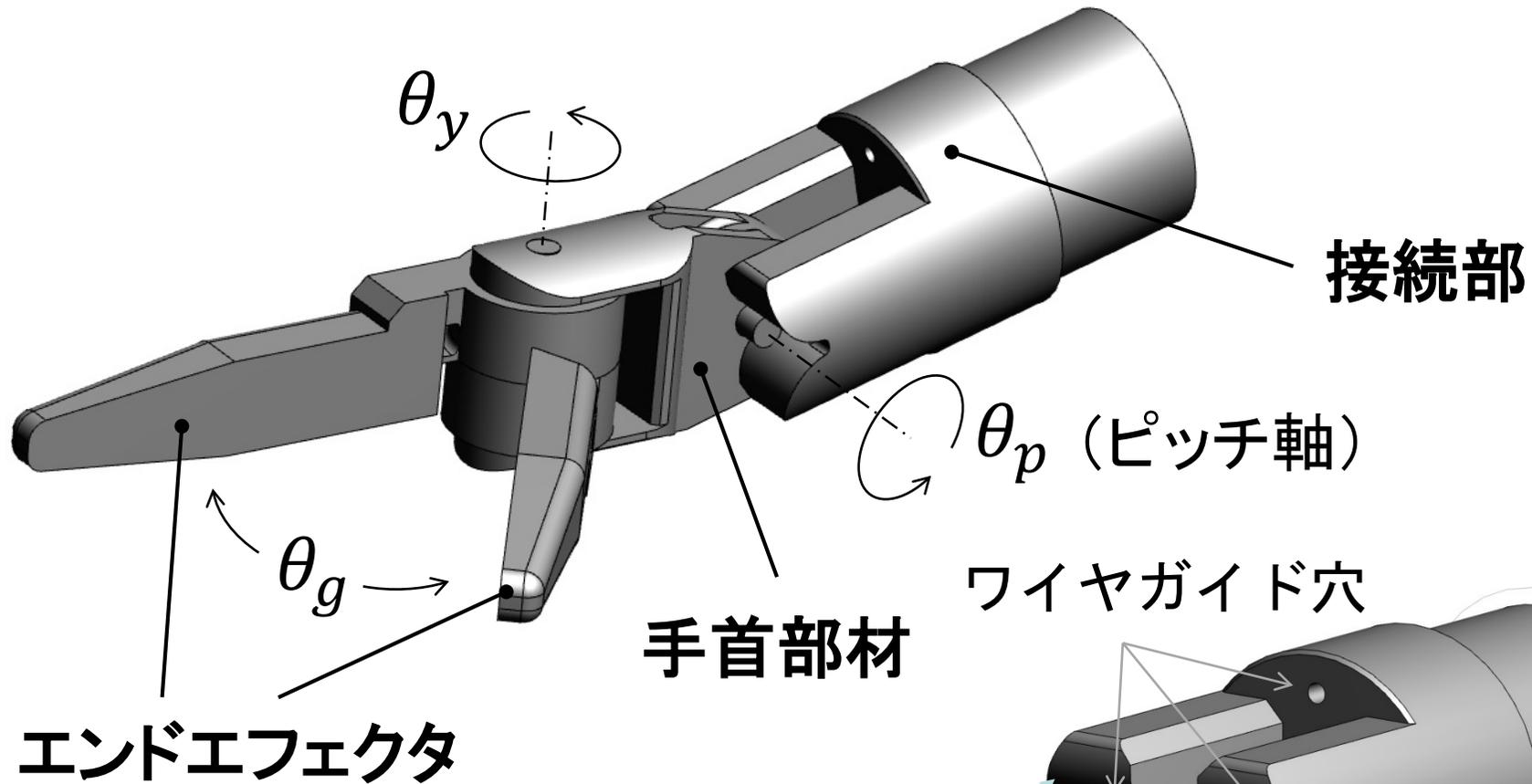
(1) 標準作業姿勢が特異姿勢から遠い

(2) 姿勢軸のオフセットが小さい

本発明外観



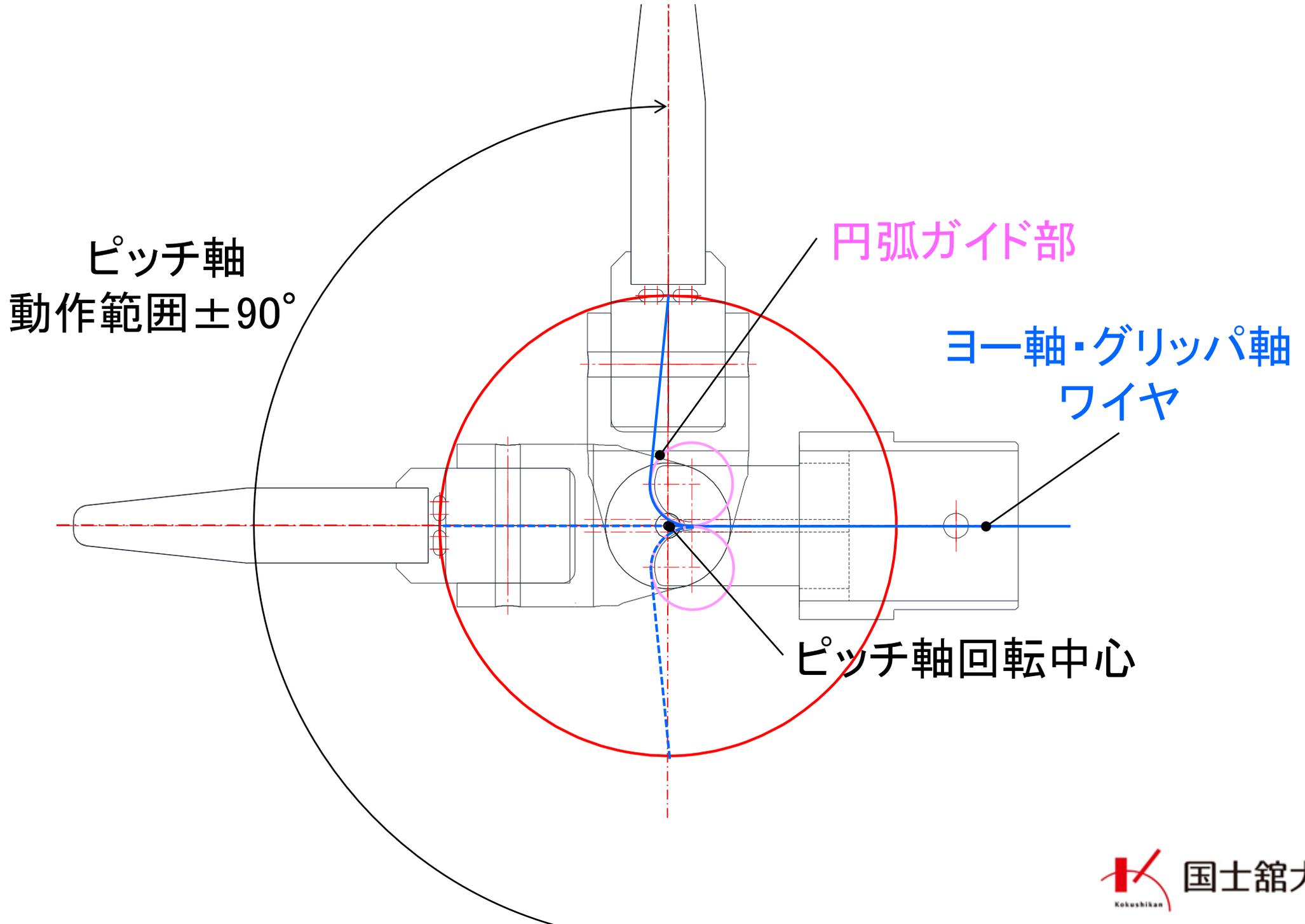
本発明外観



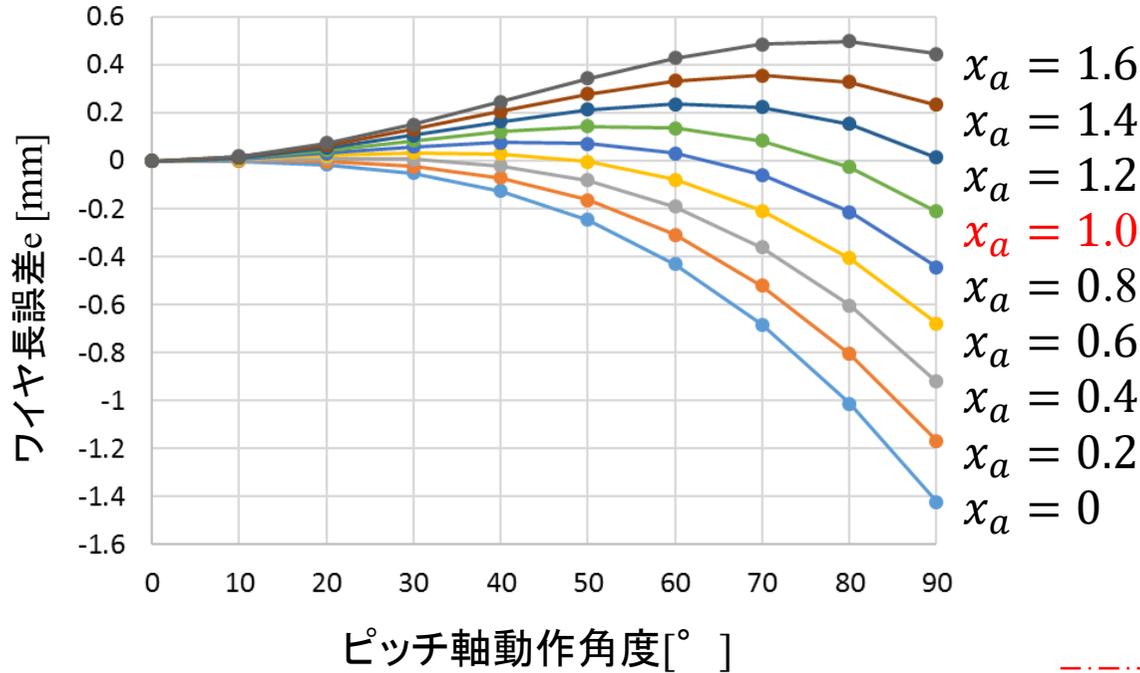
ピッチ軸と支持部中心軸を含む面の上下面に円弧ガイドを設け、ワイヤの曲げ半径を確保させるとともに、円弧ガイドの最適設計により、ピッチ軸が回転してもヨー軸、グリッパ軸の駆動ワイヤの経路長変化を最小限にすることで、非干渉機構を実現

接続部

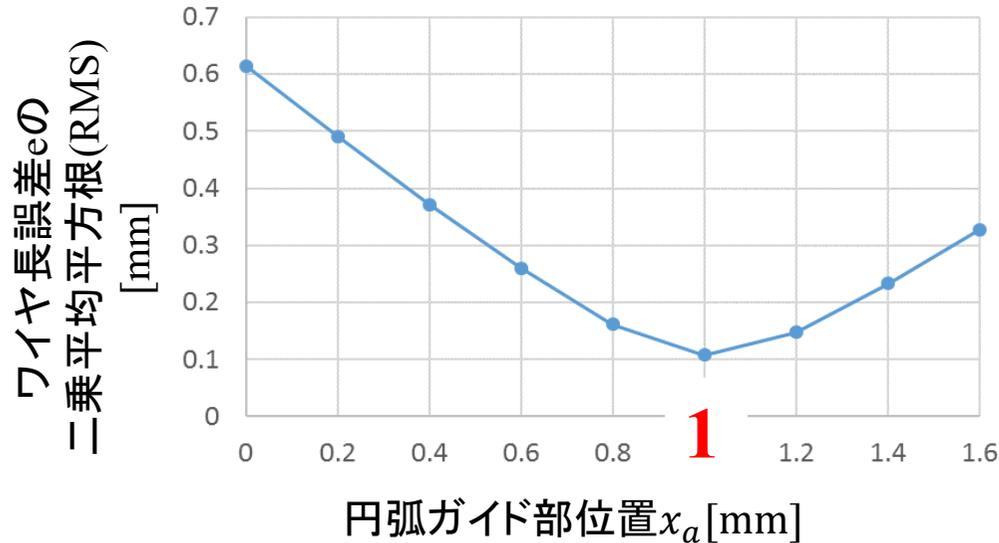
円弧ガイド部の配置最適化(解析モデル)



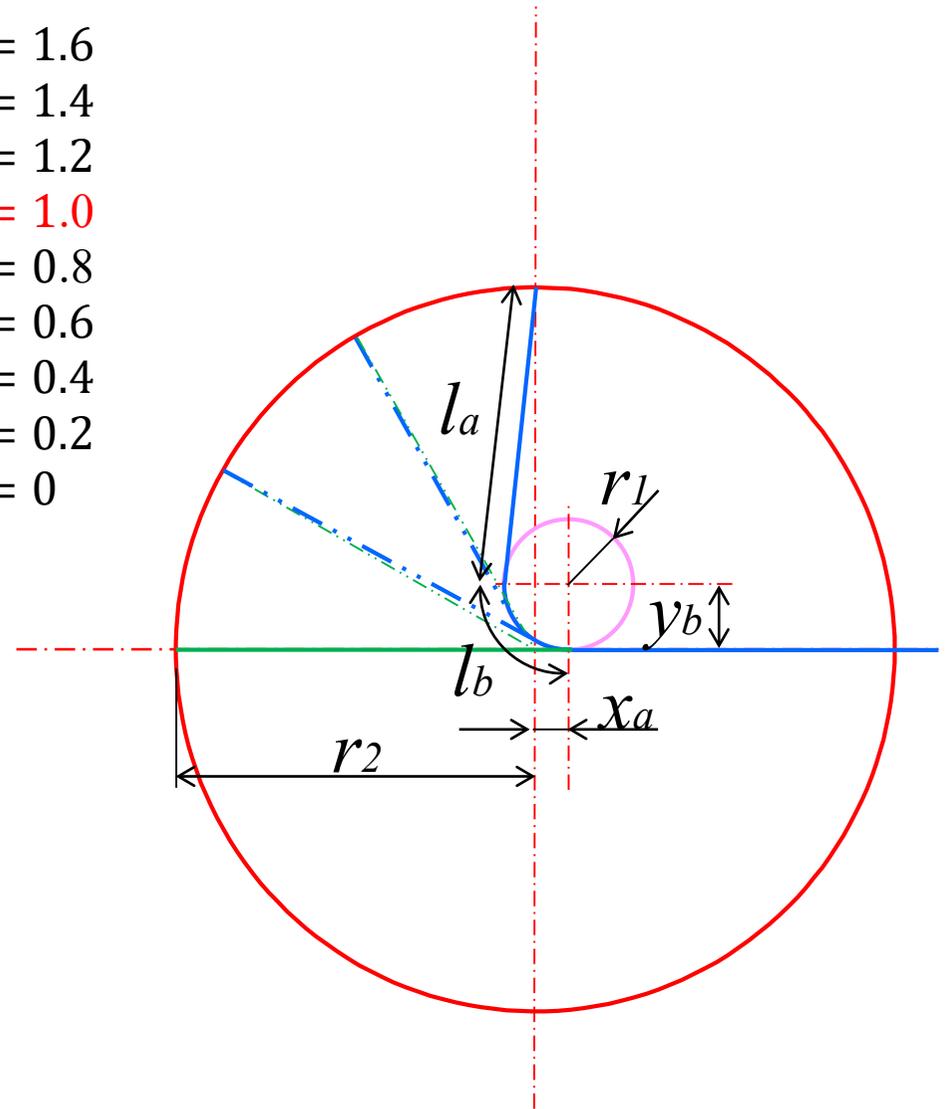
円弧ガイド部の配置最適化(解析結果)



ピッチ軸動作角度とワイヤ長誤差 e



円弧ガイド部位置 x_a とワイヤ長誤差 e の二乗平均平方根 (RMS)

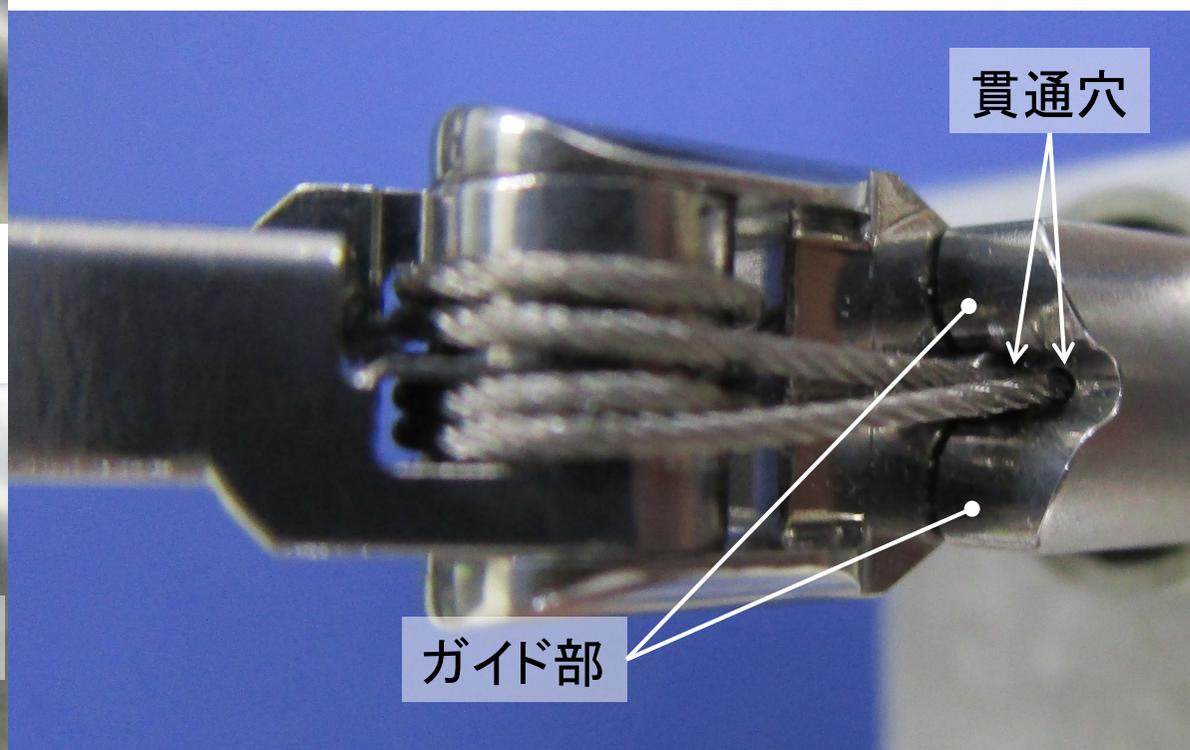
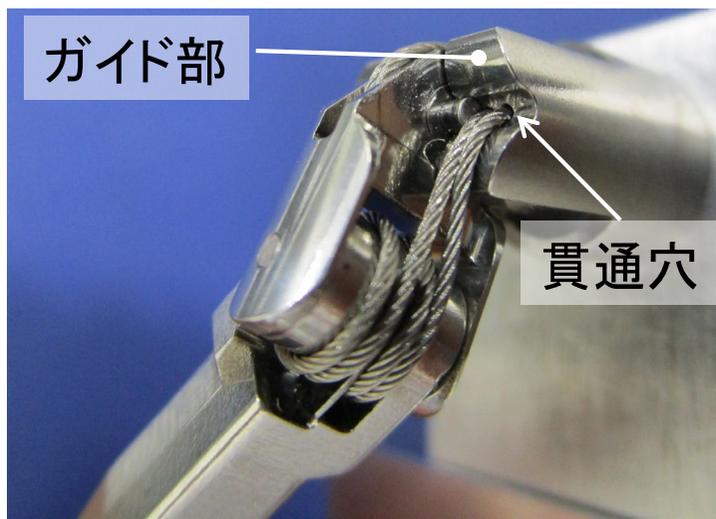
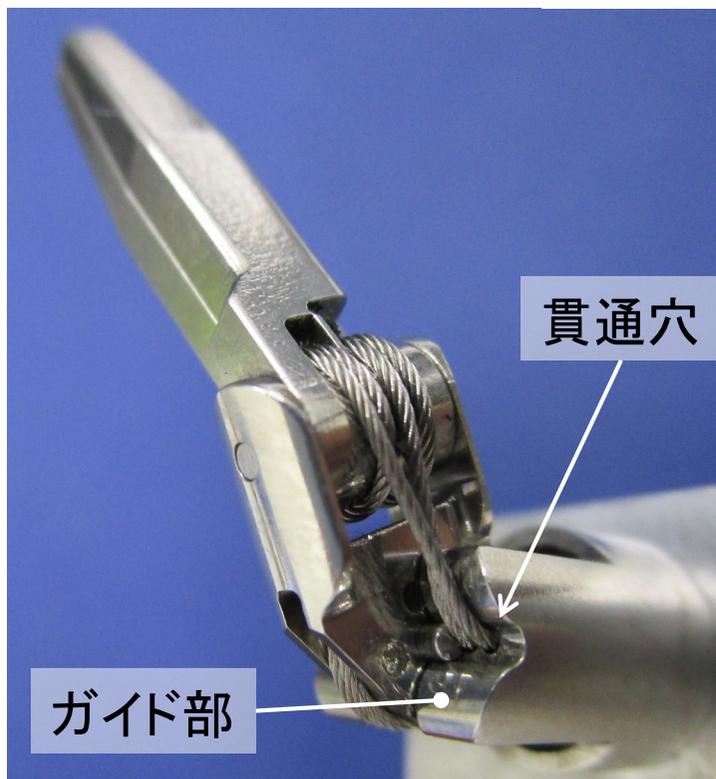


ピッチ動作時のワイヤ経路

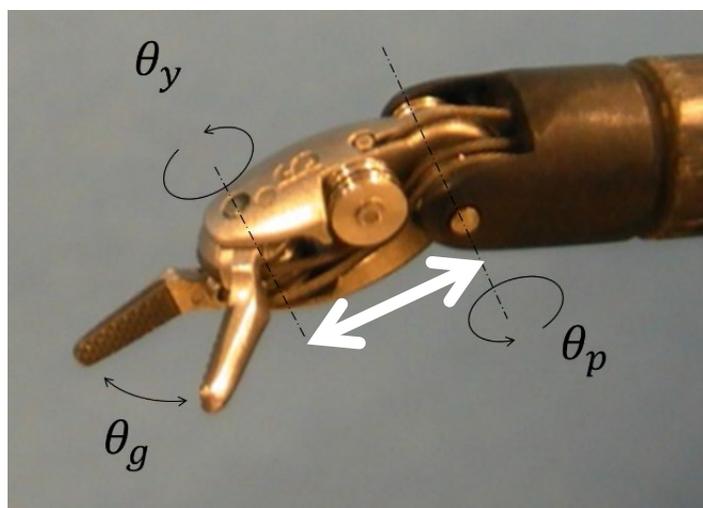
ピッチ軸の動作が、ヨー軸・グリッパ軸動作に影響を与えない非干渉駆動機構

制御性向上

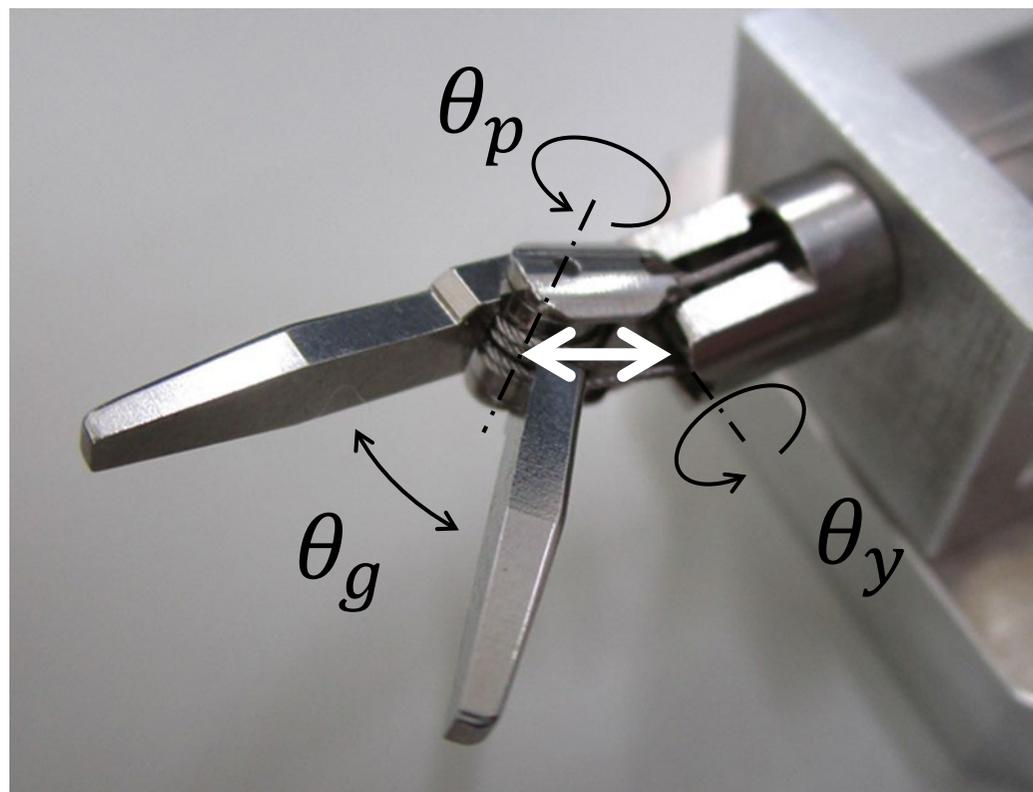
ロボット鉗子の把持操作のマニュアル操作化



オフセット量低減させ有効動作領域の拡大



従来機構



本発明

少部品点数の比較(半減)

部品名称	従来機構	本発明
接続部	1	1
手首部材	1	1
グリッパ	2	2
軸	4	2
プーリ	8	0
ワイヤ	3	3
合計	19	9

組立が容易
低コスト

主要術具の開発

(1) 把持鉗子



(2) ニードルドライバ



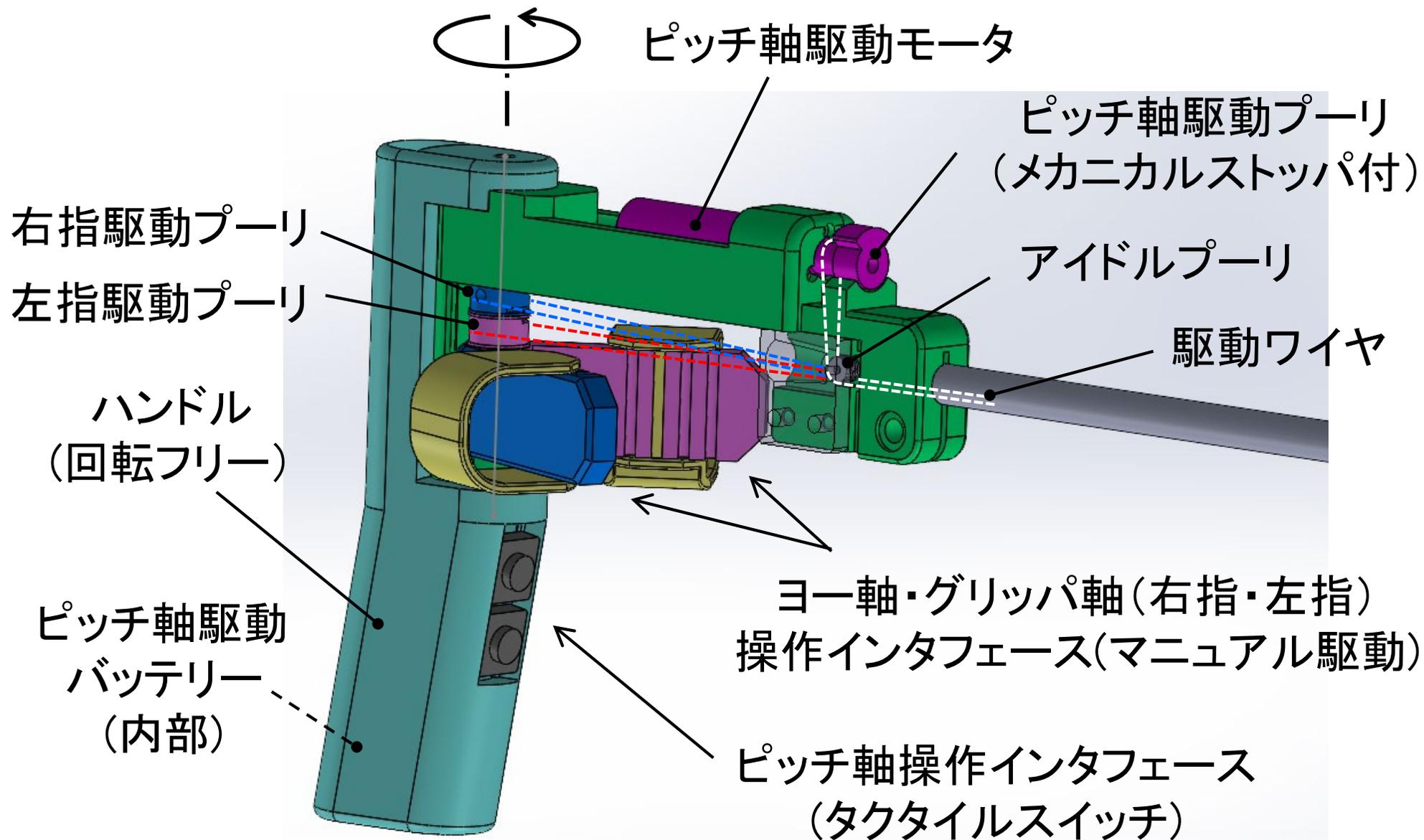
(3) メリーランド



(4) はさみ



ハンドヘルドデバイスの開発



腹腔鏡下手術支援用ロボット鉗子の開発

(3自由度駆動機構・操作インターフェースとメリーランド・はさみ・ニードルドライバの開発)

国士舘大学 理工学部 機械工学系

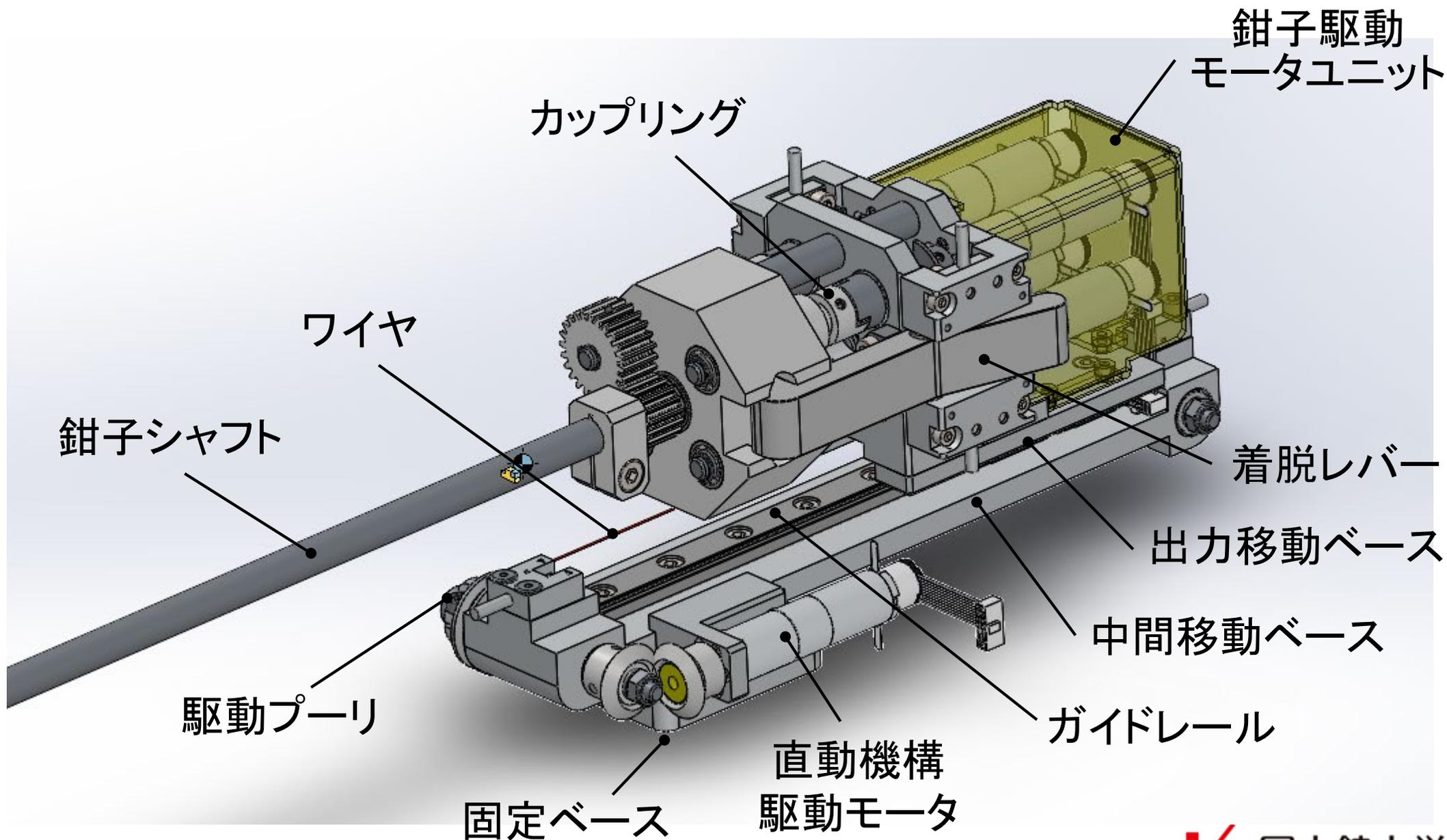
教授 神野 誠

E-mail: mjinno@kokushikan.ac.jp

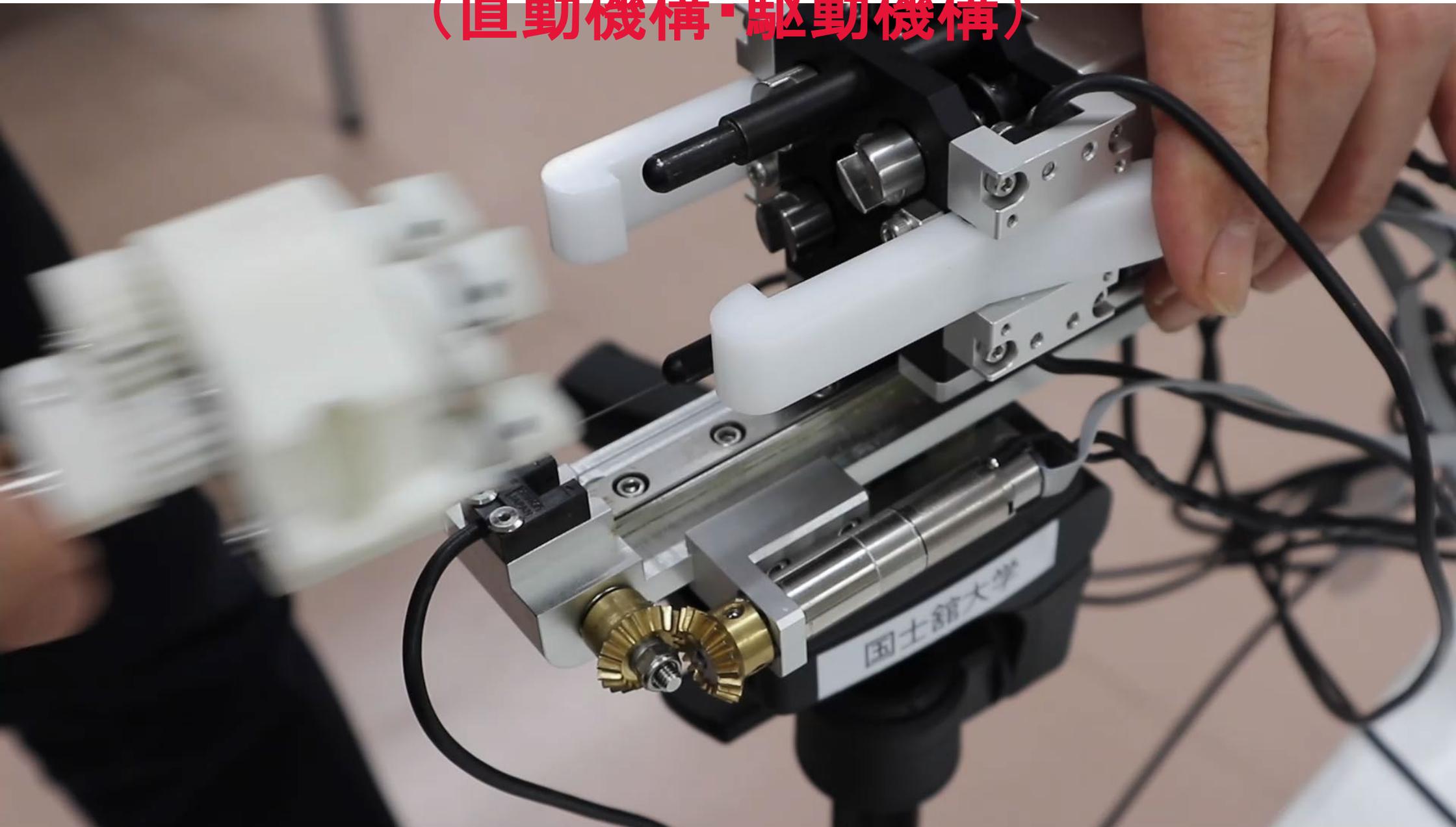
ハンドヘルドデバイスの開発



手術支援ロボットの開発 (直動機構・駆動機構)



手術支援ロボットの開発 (直動機構・駆動機構)



手術支援ロボットの開発



実用化に向けた課題

- ハンドヘルドデバイス:

マーケティングにより、製品要求仕様と製品開発仕様を確定し、医療機器としての製品開発システムの則った製品開発

- 手術支援ロボット:

手術支援ロボットシステム全体の開発戦略と開発。

企業への期待

- 手術機器・医療機器の製品とその開発技術を持つ企業、または、今後、その方針を検討している企業への技術移管または共同研究。
- 医療分野以外への製品への適用也大歓迎。

お問い合わせ先

国士舘大学
教務部学術研究支援課

TEL 03-5481-3306

FAX 03-5481-5601

e-mail kenkyu@kokushikan.ac.jp