

平成 15 年 戦略的基盤技術力強化事業  
研究開発成果報告概要

事業管理 法人名	財団法人 岡山県産業振興財団	代表者名	理事 稲葉 侃爾	所在地	〒700-1221 岡山市芳賀 5301 Tel : 086-286-9651
-------------	-------------------	------	-------------	-----	---

管理番号 15R-12

技術分野  
技術区分  
技術開発課題  
テーマ名  
研究開発期間

ロボット部品分野  
アクチュエータ関連技術  
小型・軽量化技術  
医療用コンパクト型センサ・駆動ユニットの開発  
平成 15 年 8 月 27 日 ~ 平成 16 年 2 月 27 日

**1. 委託事業実施の背景と委託事業の概要**

外科手術では、患者の負担軽減、術後の早期回復、感染の防止を目的とした低侵襲手術が求められている。このような低侵襲手術は人間では手の大きさや疲労等から限界があり、その期待はロボットに委ねられている。このような背景のもと、国産の手術ロボットの開発に着手してきたが、過去の開発経験と臨床医師の意見等により、手術ロボット共通の問題点が明らかとなった。

問題点 1：既存のガイド等ではロボットが大きくなり、一般的な手術室には適用が困難

問題点 2：診断機器との共存不可（例えば、MRI では磁気フリーが要求される）

問題点 3：現状のセンサ、駆動ユニットは滅菌・洗浄が不可能

問題点 4：エンドエフェクタ（骨切除工具 / 屈曲鉗子など）の力センシング技術

問題点 5：欧米製医用ロボットは極めて高価（2～3 億円以上）であるため導入が困難

これらの問題点を解決し、手術ロボットを臨床の場に提供するためには、高信頼性、小型・軽量・高出力化な「医療用ガイド / アクチュエータ」、「医療用センサ」の研究開発は必須である。

上記の開発事項を現実することによって、潜在的な需要のある医療分野へのロボット適用を促進する。海外市場の創出だけでなく、国際競争力も強化され、国内ロボット産業の活性化が可能となる。

**2. 委託事業全体の内容と目標**

**(1) 技術の内容と新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性**  
本事業では、ロボット・サージェリ用手術ロボットに指向した要素部品に関する課題を本事業の画外には試みられたが、臨床で要求されるマニピュレータの動作性等は十分に確保できる。この機軸を踏まえ、実用化には下記のような問題点を解決する必要があると結論するに至った。

1) 既存のガイド等ではロボットが大きくなり、一般的な手術室には適用が困難

2) 診断機器との共存不可

3) 現状のセンサ、駆動ユニットは滅菌・洗浄が不可能

4) エンドエフェクタ（骨切除工具 / 屈曲鉗子など）の力センシング技術

本事業で対象としている上肢、下肢手術支援ロボットにおいて、個々の要素部品ごとに本事業の問題点を抽出し、解決を試みる。最終的には部品レベル～ユニット化～ロボットレベル～臨床レベルへの海外先行的であるが、上記のような問題を抱えおり、部品レベルで検討・開発された例はなく、先進的な技術開発の導入により手術ロボットの臨床への提供が促進される。

**(2) 技術目標値**

上記のロボット・サージェリの問題点を解決するため、実用化を目指す医用センサ・駆動ユニットは下記の技術目標を満たすものとする。

1) 総重量 200kg（下肢用）、30kg（上肢用）以下の手術ロボットの実現（コンパクト化）が可能な小型・高出力駆動ユニット

2) 小型高分解能力センサ（分解能 1μV、S/N 比 80dB）

3) 滅菌・洗浄が可能なセンサ、駆動ユニット

4) 診断機器による撮像で 1mm 以内の精度

**3. 委託事業全体における技術目標値を達成するための課題と解決方法**

**・解決すべき課題**

- 1) 大型・重量化・・・・・・・・市販の要素部品で臨床的に要求される自由度を現実化した。この術型は、小型・軽量の大型手術室に適合する。液体、滅菌・洗淨環境下での腐食が進行する。患者の容易な消毒は、医師の接点による感染の発生を抑制する。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。
- 2) 滅菌・洗淨が困難・・・・・・・・市販の要素部品で臨床的に要求される自由度を現実化した。この術型は、小型・軽量の大型手術室に適合する。液体、滅菌・洗淨環境下での腐食が進行する。患者の容易な消毒は、医師の接点による感染の発生を抑制する。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。
- 3) ノイズの混入・・・・・・・・口ポットの構造を改良し、ノイズの発生を抑制する。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。
- 4) 撮像が困難・・・・・・・・撮像環境を改善し、撮像の精度を向上させる。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。

**・解決方法**

- 1) 小型・軽量化のため本事業ではガイドに比強度の大きい材料の採用、並進・回転一体型アクチュエータによる駆動ユニットの多自由度化（2自由度）で対応する。
- 2) 滅菌・洗淨環境下で腐食等に耐える性能を向上させる。材料の選定、加工精度の向上、表面処理の検討などを行う。
- 3) 高分解能と出力を向上させる。撮像装置の性能向上、照明の改善などを行う。
- 4) 撮像範囲を拡大し、撮像環境を改善する。撮像装置の性能向上、照明の改善などを行う。

**4. 当該年度における技術目標値の達成の状況と意義（実績）**

**A) 医用ガイドの設計試作**

軽量化、滅菌・洗淨、X線撮像環境に対応可能な材料でのガイドの設計試作を実施した。従来の鉄系ガイドと比較して、半分の軽量化が実現できた。耐食性（滅菌・洗淨可能な素材）の向上を図り、手術室の狭小化による、手術の効率化を図る。



図1. 医用ガイド

**B) 医用アクチュエータの設計試作**

**1) 医用スピンドル**  
 下肢人工関節置換術支援ロボットに適用する骨切除用スピンドルを設計試作した。清潔な領域と不潔領域を分離可能な機構と確認した。来年度は、切削物の進入を抑制するため、空気圧を利用した機構等を検討し、清潔状態が十分に確保可能なスピンドルの試作を実施する。

**2) 医用アクチュエータ**

滅菌・洗淨、撮像環境下（特にMRI）を志向したアクチュエータを設計試作した。駆動源として水圧を利用し、非磁性アクチュエータとすることで目的を達成した。来年度は位置制御方法、耐久性の向上を目指し、医療ロボットへの適用化開発を継続する。

**C) 並進回転一体型アクチュエータの設計試作**

1ユニットによる多自由度アクチュエータ（並進・回転2自由度）を設計試作した。並進、回転機構を独立に構成した場合と比べて、コンパクト化が実現できた。来年度は、医療ロボットの動作要求を満たすアクチュエータを試作評価する。

**D) 医用センサの設計試作**

**1) 靱帯バランスセンサ**  
 アプリケーションとして下肢人工関節置換術の際の軟部組織（特に靱帯）バランスを計

測する生体センサを設計試作した。膝関節で模擬評価した結果、有意に緊張差を計測することが可能であった。来年度は、滅菌・洗浄性を考慮したエア－センサを検討する。

**2) 医用力センサの設計試作**

定格荷重約 80N の 3 軸力センサの設計試作を実施した。試作した力センサを評価したところ、0.4% 以上の直線性、ヒステリシスは 0.3% 以下という実用的な性能を得ることができた。来年度は、今回の設計試作を基礎にロボットエンドエフェクタに組み込む力センサを設計試作する。

**3) 小型歪アンプの設計試作**

ロボット工場の精度向上を目的として、小型歪アンプの設計試作を行った。従来の歪アンプは、出力が 1V 程度で、入力感度が 10<sup>-6</sup> 程度であった。一方、今回の設計試作した歪アンプは、出力が 10V 程度で、入力感度が 10<sup>-8</sup> 程度である。また、従来の歪アンプは、電源電圧が 5V 程度であった。一方、今回の設計試作した歪アンプは、電源電圧が 12V 程度である。これらのことから、今回の設計試作した歪アンプは、従来の歪アンプに比べて、出力が増大し、入力感度が向上し、電源電圧が高くなったことが確認された。



図 2 . 小型歪アンプ

**E) 下肢人工関節手術支援ロボットの設計試作**

1) 最終的試作の完了。下肢人工関節手術支援ロボットの設計試作は、医師の膝関節を固定し、手術を行うための装置である。従来の下肢人工関節手術支援ロボットは、重量が 274Kg 程度であった。一方、今回の設計試作した下肢人工関節手術支援ロボットは、重量が 200Kg 程度である。また、従来の下肢人工関節手術支援ロボットは、手術精度が低かった。一方、今回の設計試作した下肢人工関節手術支援ロボットは、手術精度が高くなった。これらのことから、今回の設計試作した下肢人工関節手術支援ロボットは、従来の下肢人工関節手術支援ロボットに比べて、重量が軽くなり、手術精度が高くなったことが確認された。

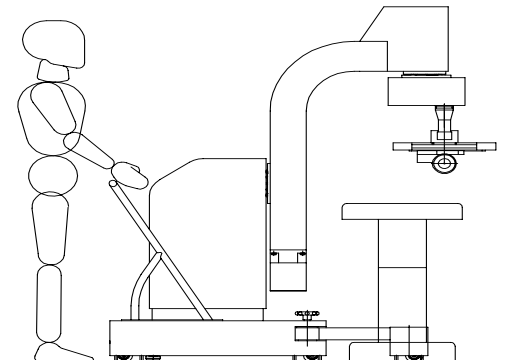


図 3 . 下肢人工関節手術支援ロボット

**2) 低侵襲手術支援ロボットの設計試作**

低侵襲手術支援ロボットの設計試作は、医師の手を固定し、手術を行うための装置である。従来の低侵襲手術支援ロボットは、重量が 30Kg 程度であった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、重量が 5Kg 程度である。また、従来の低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が低かった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が高くなった。これらのことから、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、従来の低侵襲手術支援ロボットに比べて、重量が軽くなり、手術精度が高くなったことが確認された。



図 4 . 上肢低侵襲手術支援ロボット

5. 事業化の推進。本事業は、医師の手を固定し、手術を行うための装置である。従来の低侵襲手術支援ロボットは、重量が 30Kg 程度であった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、重量が 5Kg 程度である。また、従来の低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が低かった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が高くなった。これらのことから、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、従来の低侵襲手術支援ロボットに比べて、重量が軽くなり、手術精度が高くなったことが確認された。

事業化の推進。本事業は、医師の手を固定し、手術を行うための装置である。従来の低侵襲手術支援ロボットは、重量が 30Kg 程度であった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、重量が 5Kg 程度である。また、従来の低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が低かった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が高くなった。これらのことから、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、従来の低侵襲手術支援ロボットに比べて、重量が軽くなり、手術精度が高くなったことが確認された。

事業化の推進。本事業は、医師の手を固定し、手術を行うための装置である。従来の低侵襲手術支援ロボットは、重量が 30Kg 程度であった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、重量が 5Kg 程度である。また、従来の低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が低かった。一方、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、手術精度が高くなった。これらのことから、今回の設計試作した低侵襲手術支援ロボットは、従来の低侵襲手術支援ロボットに比べて、重量が軽くなり、手術精度が高くなったことが確認された。

