

厚生労働科学研究委託費（医療機器開発推進研究事業）
委託業務成果報告

腹腔鏡下超音波検査を簡単操作に変える手首運動を再現した
遠隔回転中心を有する多自由度自在電動アーム

評価

担当責任者 池田哲夫 九州大学病院先端医工学診療部・准教授

橋爪誠 九州大学先端医療イノベーションセンター・教授

赤星朋比古 九州大学 大学院医学研究院先端医療学部門・准教授

荒田純平 九州大学大学院工学研究院機械工学部門・准教授

中橋 龍 九州大学先端医療イノベーションセンター・助教

業務開発項目 で開発した一次試作機の機械的仕様を明らかにするため、腹部モデルを用いた基礎的な動作試験、及び動物実験を実施した。実験結果により、開発した一次試作機が目的とする動作を実現可能であり、また目標とする動作域を明らかにすることが出来た。よってこのことから、当該項目における目標を達成した。

A．研究目的

業務開発項目 で開発した一次試作機の機械的仕様を明らかにするため、患者腹部モデルを用いた基礎的な動作試験、及び動物実験を実施した。なお、本項目における図表については、別途資料に集約する。

B．研究方法

1．ドライ環境での腹部モデルによる基礎評価

開発した一次試作機について、その当初より想定された動作が可能であるかどうかを検証するための実験を、ドライ環境にて行った。実験環境は、臨床環境に近い状況が望ましいため、ヒトの肝臓 CT 画像を三次元構築したデータをもとにした臓器ファントムを製作した。製作したファントムは

シリコン樹脂を用いており、内部に音響特性の異なる樹脂を用いた血管構造を構築することで、超音波プローブによる血管探索走査を模擬的に実施することが可能である。この臓器ファントムを腹腔鏡下トレーニング用ボックス内に収容し、臨床で用いるのと同様のトロッカーを設置、試作機を挿入し、内視鏡を模擬したカメラ映像により一次試作機の挿入～腹腔内での本体とロール回転ユニットの装着～臓器ファントム表面の走査による静脈組織の探索、の一連の動作を繰り返し行った。これら実験環境については、別添資料を参照されたい。

実験結果として、試作機による静脈探索が当初の想定通り可能であることが明らかになった。模擬腹腔内への 12mm トロッカーを介した挿入は十分に試作機が小型であるため問題なく行うことが出来た。ロール

回転ユニットの本体への装着について、当該実験環境で用いたカメラ映像が低解像度であるためピン位置の特定が困難となる状況も見られたが、当初予定したどおりに装着が可能であった。ファントム表面走査について、回転中心をプローブ表面に固定したままの探索走査を可能とすることが明らかになった。これらのことから、より統合的な環境での評価として、動物実験での有用性評価を実施することとした。

2. 動物実験

上記評価1の結果をうけ、ブタ腹腔内において、装置の有用性を実践的に評価するための実験を行った。本実験では、装置の有用性を明らかにするため、実際のブタ肝臓に対して静脈走査を繰り返し実施した。また、その時の動作を解析し、必要な動作域についての検討を改めて実験的に行うことを目的とする。

添付資料に実験環境および実験結果などを図表にて示す。以下に得られた結果について述べる。まず、試作機の有する回転中心を超音波プローブ接触面とする機構は、静脈探索を容易にすることが確認された。より具体的には、術者は試作機をほぼ固定した状態で、ボタン操作によってプローブ先端の姿勢を変更できた。これにより安定した超音波画像が取得可能であり、よって探索を容易に出来たと考えられる。ロボットの動作域は本実験において十分であった。ロボットの姿勢は探索部位へのアプローチ前におおよその決定を行い、肝臓表面へ接触後は主として、ロール回転軸を多用し、像を得ていることが確認された。これは事前検討を裏付ける結果であった。来年度に

開発を予定する二次試作機への改良点として、ロール回転ユニットの装着機構について、より容易に脱着を可能とするような改良が求められる。超音波画像については画像の向上が期待される。現在、新たなプローブを開発中であり、より高解像度になることを予定しており、よってこの点については改善の予定である。また、狭所においてはロボットの機構の一部と臓器が干渉する場面が見られた。臓器損傷などの事象は見られなかったが、今後の改良の参考にしたい。

C. 結論

これら小項目による研究成果により、開発した一次試作機に関して適切な評価が得られ、本項目として掲げた平成26年度開発目標を達成した。