

令和 3 年 6 月 13 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K08737

研究課題名(和文) 3Dエコーガイド下心拍動下手術器械の開発

研究課題名(英文) Development of surgical instruments for 3D echo-guided beating heart surgery

研究代表者

渡橋 和政 (Orihashi, Kazumasa)

高知大学・教育研究部医療学系臨床医学部門・教授

研究者番号：70204295

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：心臓を止めずに心臓内の手術を行う技術を開発する第一歩として、3D超音波で心臓内を見ながら操作を行うための手術器具を作製しなければならない。現在用いている金属製の器械は見えない部分ができたりノイズのため、安全に手術が進められない。この問題を解決するために、研究を行った。これまで常識だった「つるつるの表面」は、かえってノイズを生じたり見えない部分ができしまい、この方法には適していない。むしろ、ざらざらであったり、プラスチックの素材の方がエコーでは見えやすいことがこの研究で明らかとなった。3Dエコー画像を立体視できる特殊なめがねの開発も合わせて行っていきたい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開胸し体外循環を用いて心停止で行う通常の心臓手術には耐えることができない高齢者やフレイルの患者さんにとって、心臓を止めることなく心臓内の修復ができる治療がこれから必要になると考えられる。一方でカテーテル治療は次第に進歩しつつあるが、まだできる操作はかなり限られており、この二者のギャップはまだ広いといわざるを得ない。

本研究は、このギャップを少しでも埋めるために、開胸手術で用いるきめ細かい手術操作と心臓を止めないカテーテル操作の低侵襲性を併せ持つ治療を創り出すための基礎研究である。今回の研究結果により、このプロジェクトが一步前進した。

研究成果の概要(英文)：As the first step toward "cardiac surgery in beating heart", it is essential to develop surgical instruments suitable for visualization by three-dimensional echocardiography. Currently used metal instruments are not suitable for this purpose because of partially invisible portion and/or marked artifacts. The current study was done to solve this problem. "Smooth surface" which has been considered to be proper condition for surgical instruments is not suitable for the above purpose because of difficult visualization and marked noise on images. This study has clarified that rather "textured surface" or plastic material is better visualized with much less artifact. In addition, it is necessary to develop specially devised stereoscopic glasses of 3D echo images.

研究分野：心臓血管外科

キーワード：低侵襲手術 超音波法

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

心臓内の修復が必要な状況であっても、開胸、体外循環、心停止などに耐えられない高齢でフレイルな患者に対し、カテーテル治療が開発されているが、外科的な手技との間には大きな開きがある。この課題を解決するため、研究者は3D エコーガイド下の心拍動下心臓内修復法の開発に着手した。ロボット手術のダビンチでは『力覚がわからない』という欠点があるため、モーターを用いたマスター・スレーブシステムを活用した手術器械を高知工科大学で開発し、それを3Dエコーで見るための『目』としての動きを当方で研究した。エコーでは、超音波が斜めに入射する部分の陰影が欠落して(echo dropout)、アーチファクトで陰影が不明瞭となるため、先行研究で『3D エコーによる可視化に適した表面形状』を検討した。

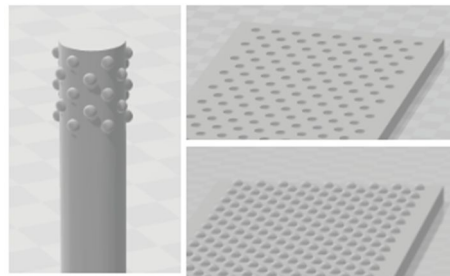
### 2. 研究の目的

先行研究で明らかとなった『3D エコーによる可視化に適した表面形状』をもつ資料を実際に作成して3D エコーで明瞭に描出できるか、アーチファクトなどで描出が妨げられないかを検証するとともに、エコーによる可視化に適した形状をもたせた器具で実際に手術の基本操作を行い、それが可能か(糸と針の描出も含め)検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 表面形状：凹か凸か

超音波が斜めに入射しても echo dropout がおこりにくいのは「入射角にかかわらず反射面積が一定」の表面形状であることが先行研究で明らかになった。これに適う形状としては半球状の突出あるいは陥凹がよい。そこで、棒状の試料の先端に1mmの半球状突出を付けたもの、平板の表面に0.5mmの半球状の陥凹、突出を付けたものを fusion360 で3D 設計し、チタン素材で3D プリントした。また、ステンレスを用いてロッドの先端に横溝、格子状の刻み加工などを入れた試料と、同様にプラスチック素材のロッドで先端に同様の加工をしたものを含め、作製した。



#### (2) 3D エコーガイド下操作の精度

器具の表面にエコーで可視化しやすい処理をしたものを用いて、空間内の位置認識、接触、把持、移動などが3Dの視野で可能かを検討した。

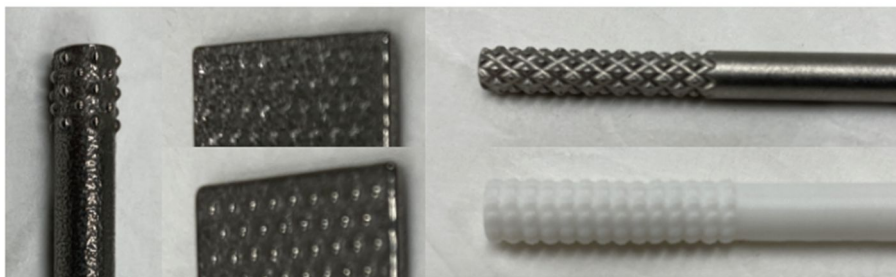
#### (3) 針や糸の良好な可視化

最も細い針や糸の可視化ができるかを検討するため、針の先端に表面加工したものを作製し、それを3Dエコーで描出して操作が可能かを検討した。

### 4. 研究成果

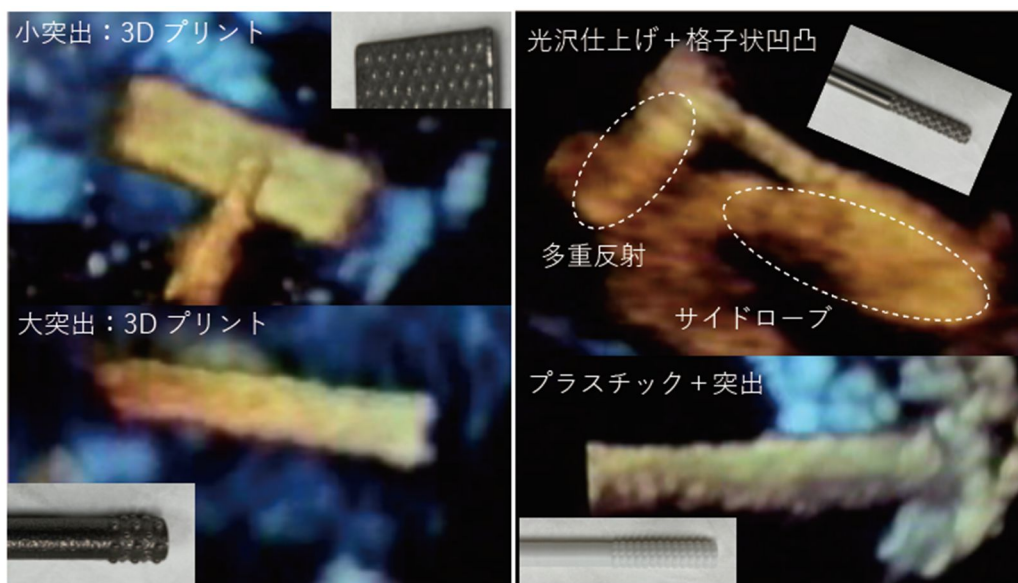
#### (1) 表面形状

図に、作成した資料を示す。左はざらざらした表面形状のチタン製試料、右は平滑な表面形状のステンレス製試料とプラスチック製試料である。



3D プリントで表面が全体的にざらざらした正常のものでは、突出や陥凹部分を付けた部分もそれ以外の部分も同様に比較的明瞭に描出され、超音波が斜めに入射しても同様であった。また、音響陰影はあるものの、多重反射やサイドローブなどのアーチファクトは生じていなかった。一方、光沢仕上げしたステンレスの試料では、凹凸のある先端部分は顕著なサイドローブを生じ、光沢部分では、超音波と直交する部分から幅広い多重反射を生じ、そこにあるものが

見えなくなった。プラスチック素材の試料では、全体的に明瞭に描出され、超音波が斜めに入射しても明瞭に描出された。ただ、先端に凹凸の加工をした部分もそれ以外の部分も描出にほとんど差を生じなかった。



### (2) 3D エコーガイド下操作の精度

器具の表面にエコーで可視化しやすい処理をした上で、3D 画像を見ながらリングなどの対象物に接触したり把持、移動ができるかを検討した。3D エコー画面上で、接触したことは認識でき、エコー画像のみで把持したり移動したりすることも可能であったが、画像自体は 3D ではあっても、見ているのはディスプレイ上の 2D 情報であるため、遠近感がつかみづらく、それが操作上の難点であった。

### (3) 針や糸の良好な可視化

糸については、モノフィラメントに凹凸加工をするメリットがないため編み糸で検討したが、3D エコーで糸は明瞭に描出された。針は、ごく浅い溝状の加工をするだけでエコーでは、超音波が斜めに入射しても明瞭に描出することができた。しかし、加工をしていない部分は斜めになるとほとんど見えず直交する部分は著明な多重反射を生じた。

これらの結果から、3D エコーガイド手術操作には、以下が適していると考えた。

- ・ 器械：プラスチックあるいはざらざら表面の金属
- ・ 編み糸とごく浅い溝状加工をした針
- ・ 3D エコー画面の立体視用出力

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------