

プログラム名：バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命

PM名：原田香奈子

プロジェクト名：【1-A 計測】

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 27 年度

研究開発課題名：

バイオニックヒューマノイドモデリングのための

解剖構造モデリングと物性計測技術の開発

研究開発機関名：

国立大学法人 名古屋大学

研究開発責任者

森 健策

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

現在実用化されている人体シミュレータは、生体の物理特性の再現が不十分であり、実際の動物実験・臨床実験とは乖離があり、リアリティの高い人体シミュレータ（バイオニックヒューマノイド）の実現が強く求められている。このためには、確な解剖学的構造を再現するための技術が必要であり、対象疾患部位の生体組織の物理特性を精密に計測し、忠実に再現することが求められている。そこで、本プロジェクトでは、医師による主観的評価を定量的に理解する方法の開発を目的とし、多種の医用画像を統合することによる膜・層構造までもを含めた医用画像に基づいたモデリング技術の開発と、従来計測が難しかった薄膜組織の疾患部位の物理特性を精密に計測することを目的とし、下記の3項目について技術開発を行う。

### (1) 多種医用画像統合に基づいた超精密頭部解剖構造モデリング技術の開発

様々な医用画像から、バイオニックヒューマノイドを構築するのに必要な超精密頭部解剖学的構造を抽出する技術を開発する。頭部を構成する組織は多様なスケールと物質からなる。これらを単一画像モダリティでとらえることは不可能であり、多種の医用画像を統合利用する。医用画像はそのモダリティごとに撮影可能スケールと物質が異なるため、(a) 超精密頭部解剖構造モデルで表現すべき組織の種類とスケールの洗い出し、(b) 表現すべき組織を撮像可能な医用画像の選定、(c) 医用画像の収集が必要である。当該年度は(a)、(b)及び(c)の一部を行う。

### (2) 薄膜組織片計測デバイス開発

水晶振動式力センサの感度は、水晶振動子の厚みの2乗に反比例して向上する。そこで、水晶振動子の薄膜化をする事で、水晶振動式力センサの超高感度化を行う。薄膜組織片固定デバイスの作製に際し、微細加工技術により、高剛性な薄膜組織片固定デバイスと水晶振動式力センサを一括で作製する事で統合し、薄膜組織片計測デバイスを開発する。当該年度においては、水晶のウェットエッチングやドライエッチング等の微細加工技術の調査を行い、水晶振動子の薄膜化を試みる。

### (3) 微小生体組織物理特性計測プラットフォーム開発

一般に生体組織の粘弾性等は非線形な特性を有すると考えられ、例えば破壊特性等を計測するために、大変形領域での荷重推移を分解能高く計測する必要がある。このためには、ワイドレンジな力センサが求められる。そこで、水晶振動式力センサの大きな特徴の一つである、広い計測レンジを有する微小生体組織物理特性計測プラットフォームの開発を行う。該当年度においては、カンチレバー型の力センサを開発するために、水晶基板の接合等の微細加工技術の調査および基礎評価を行う。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

#### (1) 多種医用画像統合に基づいた超精密頭部解剖構造モデリング技術の開発

「(a) 超精密頭部解剖構造モデルで表現すべき組織の種類とスケールの洗い出し」について、脳神経外科医及び眼科医と議論を行い、バイオニックヒューマノイドの応用目的と照らして、組織とスケールを議論した。「(b) 表現すべき組織を撮像可能な医用画像の選定」について、対象部位を撮影した様々な

画像モダリティを参照し、モダリティ選定を行った。「(c) 医用画像の収集」についても研究の初期的検討に必要となる数例の画像を入手した。

(2) 薄膜組織片計測デバイス開発

順調に進行している。水晶のウェットエッチングやドライエッチングといった微細加工技術の調査を行い、ウェットエッチングにより水晶振動子の薄膜化を行った。

(3) 微小生体組織物理特性計測プラットフォーム開発

順調に進行している。カンチレバー型の力センサを開発するために、水晶基板の接合等の微細加工技術の調査を行い、原子拡散接合法を用いた基礎実験を行った。

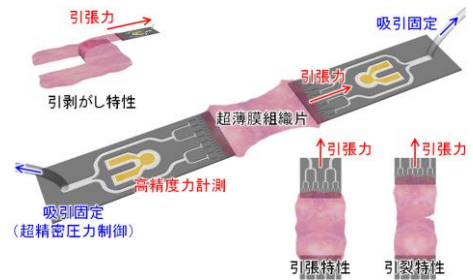


図1 薄膜組織片計測デバイスの概要

2-2 成果

(1) 多種医用画像統合に基づいた超精密頭部解剖構造モデリング技術の開発

「(a) 超精密頭部解剖構造モデルで表現すべき組織の種類とスケールの洗い出し」について、バイオニックヒューマノイドを利用した手術シミュレーションを想定し、手術操作の対象となる頭蓋領域の骨、筋肉、血管を確認した。その多くが mm スケールのモデル化で手術シミュレーションに利用できることを確認した。「(b) 表現すべき組織を撮像可能な医用画像の選定」について、モデル作成では臨床用 CT, MR 画像と同じ 0.5 mm 程度の解像度を持つ画像を用いる。眼球など微細構造のモデル化が求められる部分ではマイクロ CT などを使用し、ここから得られるセグメンテーション結果を臨床用 CT から得られる結果と組み合わせる。「(c) 医用画像の収集」では初期的検討に必要となる MR 画像を入手し、眼球セグメンテーションを行った (図 3)。

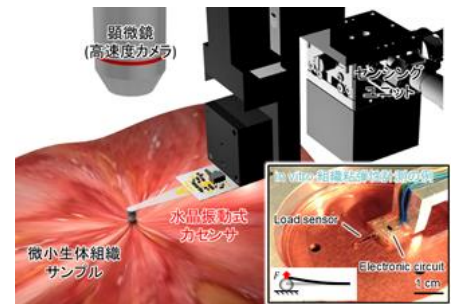


図2 微小生体組織物理特性計測プラットフォームの概要

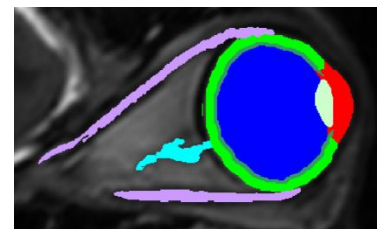


図3 MR画像からの眼球セグメンテーション結果の例

(2) 薄膜組織片計測デバイス開発

ウェットエッチング法により従来の厚み 40 μm に対して 15 μm での水晶振動子の製作及び発振を行う事に成功した。作製した水晶振動子単体の応力感度は 94,882 Hz/N であり、力計測の実行分解能は 4.2 μN であった。これにより、ワイドレンジ力センサ素子の作製に成功した。

(3) 微小生体組織物理特性計測プラットフォーム開発

一般に微細加工プロセスの中でも水晶基板は熱膨張率が大きいので、常温・常圧で接合可能な原子拡散接合により水晶同士の接合に成功した。このことから、防水されたプローブ型の力センサを製作が可能であり、10<sup>5</sup> というワイドレンジ性を有する高感度力センサの作製が可能であるという知見を得た。

2-3 新たな課題など

(1) 多種医用画像統合に基づいた超精密頭部解剖構造モデリング技術の開発

医用画像からの組織セグメンテーションを行う上で、様々な濃度値及び形状を持つ組織を自動セグメンテーションする手法が必要である。これを高精度に行う手法開発を行う。また、医用画像を今後も継続的に収集し組織形状解析に用いる。

(2) 薄膜組織片計測デバイス開発

計測ノイズの低減のためには、予期していない高周波数成分の少ない電極形状を設計する必要がある。さらに、エッチング処理における平面形状の平坦化を試みる。また、モデル開発チームと強く連携し、生体組織計測方法の共通化を図る。

(3) 微小生体組織物理特性計測プラットフォームの開発

従来の動物実験・臨床実験での、“べちゃべちゃ”や“豆腐のよう”といった定量化できなかった主観的評価に代わり、物理特性としての客観的評価を実現するために、プローブ型の力センサを多軸化し、粘弾性等の特性のみでなく、テクスチャ情報の取得を試みる。

### 3. アウトリーチ活動報告

特になし