細胞診断を早く正確に行うためには？

Motivation:

より正確な診断を行うために必要とされるバイオプシーと細胞診断

バイオプシー: 内視鏡などによる診断において細胞の一部を採取し診断すること。

内視鏡による診断 内視鏡の先端 バイオプシー
フジノン東芝ESシステム株式会社

2.0mm

現存バイオプシーの問題点: バイオプシーサイズが大きいため撮取る細胞の範囲が多くなりESD手術が不可能になる場合がある

↓

バイオプシーデバイスの小型化の必要性

小型化における問題点: 撮取したい部位に正確に刺さなければ細胞診断を行うことができない

バイオプシーと外骨格型マイクロアームの組み合わせ

外骨格型マイクロアームの先端にバイオプシーデバイスを取り付ける

Concept

Micro Arm Biopsy Endoscope

↓

バイオプシーデバイスの
(1)小型化
(2)位置決め正確さを出すことができる

同時にマイクロアームの関節角度制御が必要

従来研究

- ・新型ESD手術用内視鏡
- ・外骨格型マイクロアームの構造

本研究

- ・バイオプシーデバイスの小型化
- ・外骨格型マイクロアームの関節角度制御

Control of an Exoskeletal Microarm:

アーム小型化のためのアプローチ

腹腔鏡 小型化 大型化 血管内カテーテル

機械加工: アセンブリが困難
カテーテルタイプ: 関節回転中心が不正確

内視鏡マイクロアーム

↓

フォトリソグラフィによる外骨格型マイクロアームの提案

外骨格型マイクロアームをフォトリソグラフィ技術で製作

PDMS sheet SMA wire Center of rotation Hardening epoxy coat

構造体: PDMS
外骨格: 硬化エポキシ樹脂
駆動力: SMA (BMF トキコーポレーション)

ヤング率の違い
PDMS : 870 kPa
エポキシ樹脂: 2.66 GPa

SMAの抵抗値フィードバックによるひずみ制御

SMA (形状記憶合金)の抵抗値とひずみに線形な関係があることを利用

数式化 $R = -0.06563e^{-4} + 0.8922e^{-3} - 3.112e^{-2} - 4.850e + R_0$

上式を用いてSMAのひずみをPID Controlで制御した

ひずみと抵抗値の関係 (張力一定)

CPU → D/A → AMP → SMA → R Sensor → A/D → CPU

SMAのひずみ制御を行ったときのマイクロアームの関節角度を計測

最大角度58°

ひずみ増加 (矢印) ひずみ減少 (逆矢印)

10mm

Study on Biopsy:

フォトリソグラフィとめっきを用いてバイオプシーの構造体を製作

- ① Sputter [Cr - Au]
- ② Patterning PR
- ③ Electroplating [Cu]
- ④ Remove PR
- ⑤ Wet etching Si

目標とする構造体

600 μm

フォトリソグラフィの利点:
細かいパターンも正確に表現
めっきの特徴:
微細な複雑形状の構造体を製作

構造解析および製作したバイオプシーデバイス

COMSOLによる構造解析

Force

製作した構造体

1.5mm

構造解析を行い設計したバイオプシーデバイスが正しく動作することを確認

開閉機構をSEMにより観察

0.2mm

製作したバイオプシーデバイスの開閉機構を確認

Conclusions:

- ・フォトリソグラフィとめっきを用いてバイオプシーデバイスの小型化を行った
- ・製作したバイオプシーデバイスの開閉機構を確認した
- ・SMAのひずみ制御を用いてマイクロアームの関節角度制御を試みた

参考文献

- [1] 新井, 廣田, 我妻, 鳴海, 山西, 林(東北大), 野田, 服部(兵庫県立大). 医療用マイクロデバイスの基礎研究. 日本機械学会年次大会, vol.5, no7-1, pp513-514, 2007
- [2] 新井, 鳴海, 山西, 我妻, 林(東北大). 外骨格型マイクロアームの構造と制御. 日本ロボット学会学術講演会, 1J14, 2007