

5. 実験方法と結果

カセンサーの測定回路を Fig.3 に示す。回路の入力電圧は 5V で、抵抗 R2、R3、R4 は 330kΩ である。抵抗 R は感圧ゴムセンサーと見なすことができる。ブリッジが平衡している場合、つまり R1 = R2 = R3 = R4 の場合、出力電圧 U0 = 0 となる。ブリッジが不平衡の場合、出力電圧 U0 は式 (1) で計算できる。

$$U_0 = U_i \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (1)$$

電圧と圧力の関係を得るために、測定実験を行った。計測結果は Fig.4 に示す。結果により、圧力の電圧の関係を式(2)に表すことができる。

$$F_{cont} = -0.2184U_0^3 + 0.4449U_0^2 - 0.8171U_0 + 2.388 \quad (2)$$

Fig.5 にはシミュレーション実験を示す。カテーテルをガラス管の位置 A から D まで挿入し、カテーテルにかかる圧力を計測する。計測結果は Fig.6 に示している。

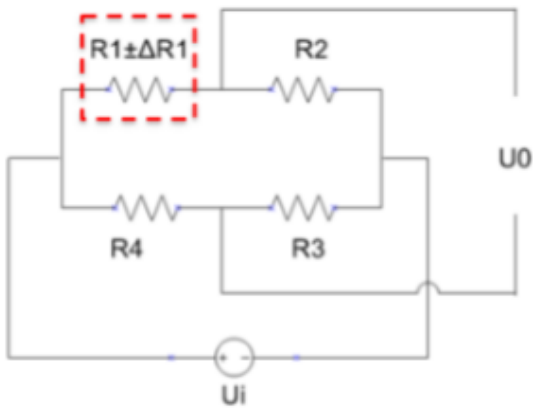


Fig.3 圧力センサーの測定回路

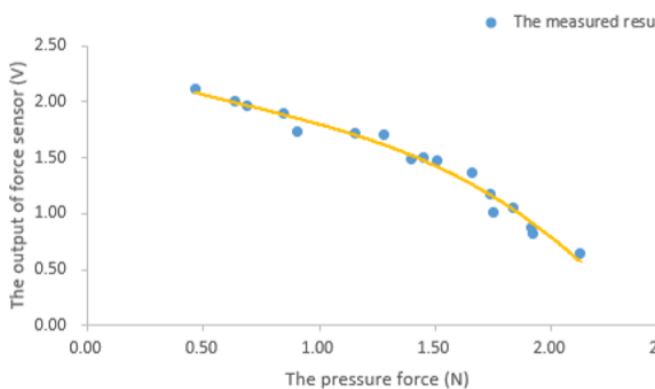


Fig.4 カセンサーのキャリブレーションの実験結果

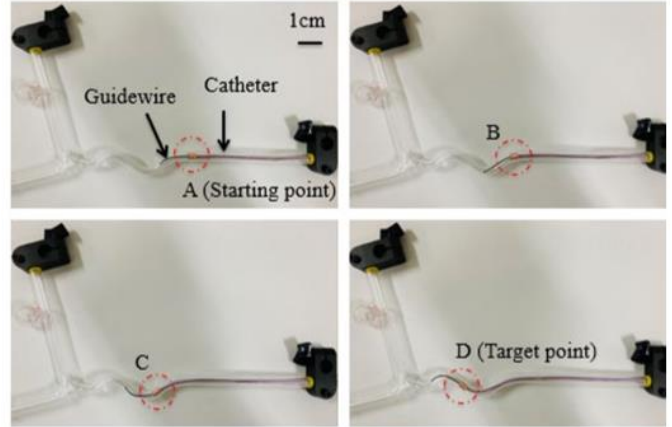


Fig.5 シミュレーション実験

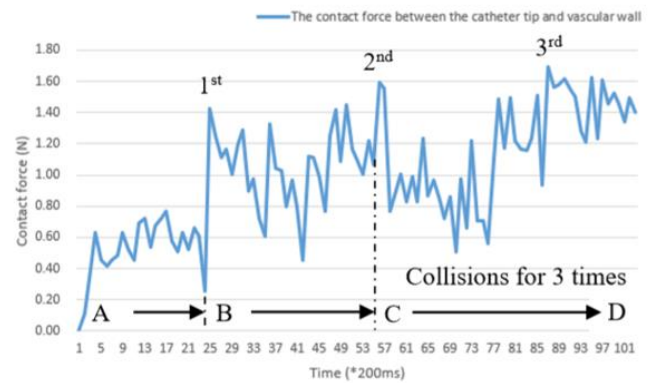


Fig.6 実験結果

6. 結論

実験結果により、提案した圧力センサーを用いてカテーテル先端の接触力を計測することは有効だと分かる。接触力の変化を把握できれば、トレーニングの積み重ねとともに、操作技術の向上は期待できる。ただし、計測された結果は誤差が生じることが明らかになった。信号処理により、誤差を減らすことができると考えられる。

参考文献

- [1] S. Guo, Y. Song, X. Yin, et al. "A Novel Robot-Assisted Endovascular Catheterization System with Haptic Force Feedback". IEEE Transactions on Robotics, DOI 10.1109/TRO.2019.2896763, vol.35, no.3, pp.685-696, 2019.
- [2] S. Guo, Yuxin Wang, "A Surgeon's Operating Skills-based Non-interference Operation Detection Method for Novel Vascular Interventional Surgery Robot Systems," IEEE Sensors Journal, Vol.20, No.7, pp.3879-3891, 2019.
- [3] 宋 大鵬、郭 書祥、張 林帥: "遠隔カテーテル操作用マスター側操作デバイスの開発", SI2019 計測自動制御学会, 1D5-03