

人工心肺装置操作時における灌流量自動調整システムの作成

清瀬 佑二, 嵯峨 諒真, 塩崎 智弥, 箕輪 武輝, 森本 直樹

大阪ハイテクノロジー専門学校 臨床工学技士科

要旨： 人工心肺を用いた手術中では、操作する臨床工学技士が手術に必要なモニタリング項目をモニタリングしながら灌流量と呼ばれるものを調節する。この灌流量とは、血液流量のことで人工心肺操作において術中での調整が血圧や体温の調整にもつながる。そのため、灌流量の調整は微調整を要し、臨床工学技士の身体的、精神的負担になる。本研究では人工心肺を操作する臨床工学技士の身体的、精神的負担を少しでも軽減できないかと考え、人工心肺操作時の安定時における灌流量を自動で調整するシステム作成を目指した。

Keywords： 人工心肺装置, 自動制御, フィードバック, Arduino

1. はじめに

人工心肺装置は虚血性心疾患, 弁膜症, 大血管疾患, 先天性心疾患など心疾患を持つ患者に対して手術をする際用いる装置である。人工心肺の操作には経験を必要とし灌流量と呼ばれる血液流量の調整には微調整が必要である。そのため人工心肺の操作には身体的、精神的負担が伴う。このことから臨床工学技士の負担を軽減するため、人工心肺操作時の安定時における灌流量自動調整システムの作成を目指した。

2. 実験方法・結果

2. 1. 方針

人工心肺の灌流量を灌流圧と温度から決定し、その増減から調整するつまみを回転させ灌流量を調整するための、圧力計, 温度計, 接続部の作成。

2. 2. 接続部の作成

灌流量を調整するためには調整するつまみを任意の方向へ回転させる必要があるため、スッテッピングモーターと呼ばれるマイコンで回転方向をコントロールすることができるモーターを用意した。本研究で用いたマイコンは ARDUINO と呼ばれるものを使用。

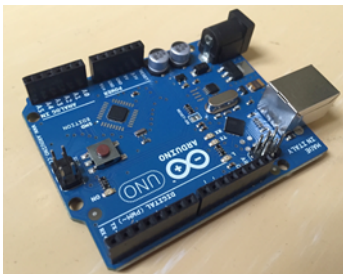


図 1. ARDUINO—UNO

2. 2. 1. 温度計の作成

血液温度の測定に、温度センサであるサーミスタを用いた。サーミスタとは、温度が上昇すると抵抗値が下がる温度センサである。その抵抗値と温度には相関関係が存在するので、サーミスタにかかった電圧をもとに Arduino で温度を算出する。作成した回路は以下である。(固定抵抗=3.3kΩ)

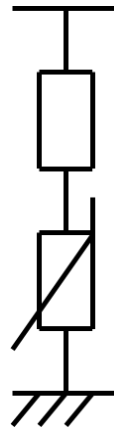
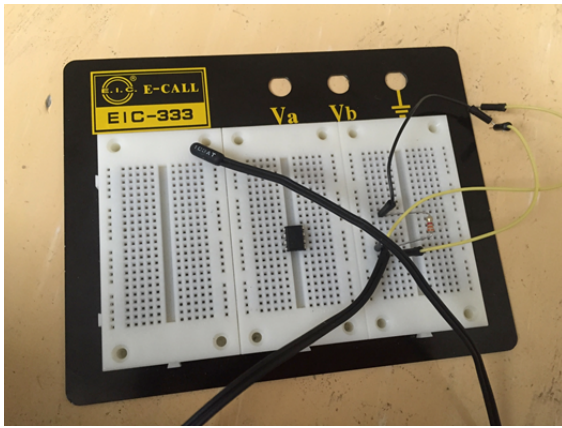


図3 サーミスタ（103AT）を用いた温度計測回路とその回路図

2. 2. 2. 温度測定

水の温度を今回の実験で作成した回路と、市販で売られている温度計での温度測定値との差を測定した。誤差は最大で0, 1℃程度であることからこの計測回路は実用の可能性が期待できる。

今回測定した結果は以下の表である。また今回測定した温度の範囲は人工心肺操作中における低体温の範囲である20℃から30℃の範囲内で測定した。

表1. 温度測定回路を用いた測定結果

市販温度計 (℃)	サーミスタ 実験値(℃)	測定誤差 (℃)
13.1	13.1	0
17.3	17.3	0
21.5	21.4	-0.1
23.7	23.8	0.1
26.9	26.8	-0.1

2. 3. 1 圧力測定

灌流圧の測定にストレインゲージを用いた。ストレインゲージとは圧力を変化させると抵抗値が変化し、出力電圧をARDINOで読み込ませ、プログラミングにより圧力を算出させる。ストレインゲージの圧測定はポリグラムシステムを使用した。

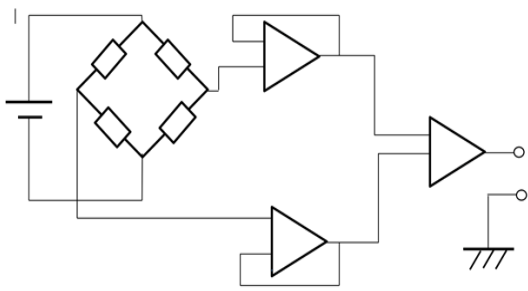


図 4. 圧力測定回路

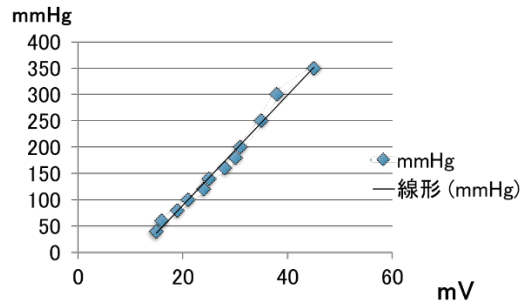


図 5. 圧力測定結果

2. 4. 1 接続部作成 (3D プリンタ)

モーターの回転軸と人工心肺の灌流量を調整するつまみと接続する部品は 3D プリンタを使用して作成した。



図-6 3D プリンタで作成した接続部

2. 4. 1 回転部分の作成

測定した温度と圧力の結果から Arduino と呼ばれるマイコンで制御し、ステッピングモーターを回転させるように制御するプログラムを作成した。今回は動作確認のため温度が 20 度から 19 度に変化するとモーターを回転させるプログラムを作成した。圧力も同様に作動した。

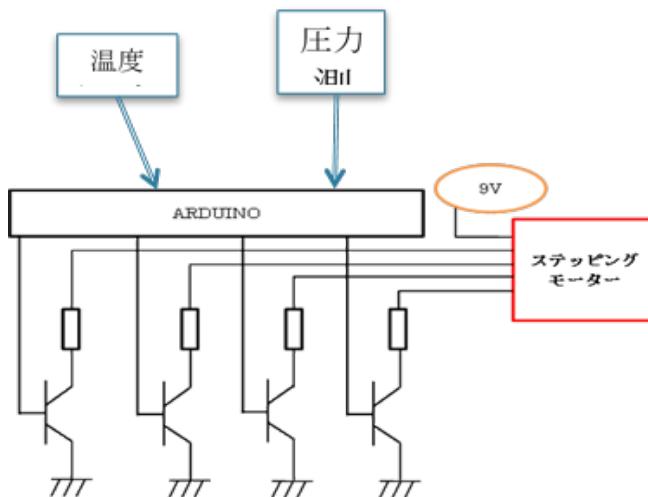


図 6. ステッピングモーター制御回路

3. 考察

今回の研究において臨床現場に必要な圧力分解能が得られなかった、考えられることは ARDUINO が読み取ることができる最小分解能値と圧力センサの分解能に差があったため、今後は圧センサの分解能を向上させることが必要と考えられる。また温度センサの温度変化の感度がよくなかった。考えられることはプログラミングの不備、あるいは温度センサ自体の感度がよくなかったと考えている。

今後の課題としては全体的に応答速度を速くし、より細かな調整ができるようにすることが今後の課題だと考えている。

4. まとめ

本研究で目指したシステムは、血液温度、灌流圧値から灌流量を調整するシステム作成を目指した。作成したものは、血液温度測定回路の作成、灌流圧測定回路の作成、ステッピングモーター制御回路の作成の3つであり、それぞれの動作を確認した。

謝辞

本研究にあたり、様々な実務的な知識に関するアドバイスをいただいた、国立循環器病研究センター、西垣先生、奈良県総合医療センター亀井先生に感謝いたします。

参考文献

- [1] 上田裕一 編集, 最新人工心肺-理論と実際, 名古屋大学出版会.
- [2] 井野隆史 編集, 最新体外循環 第2版, 金原出版株式会社).