

携帯型体外循環装置システムの開発

Development of a portable extracorporeal circulation device
attached a wireless communication system

○ 上 あかり (東京高専), 舟久保 昭夫 (東電大), 安田 利貴 (東京高専)

○Akari KAMI, Tokyo National College of Technology, Akio FUNAKUBO, Tokyo Denki University,
Toshitaka YASUDA, Tokyo National College of Technology

Abstract: A portable percutaneous cardio pulmonary support (PPCPS) device is expected to treatment of acute heart failure. In order to use the PPCPS, blood dynamics inside of the PPCPS is necessary to control by an operator depending on patient's conditions. On the other hand, we have been developing a monitoring system about blood dynamics inside of the PPCPS by using internet and network.

The purpose of this study is to develop the PPCPS which is attached a PIC micro controller and a Bluetooth module for control and monitoring. A communication program "BT monitor" of between the PPCPS and the client computer is developed. The monitoring system for the PPCPS was set into a mock circuit. It was confirmed that pressure, flow rate and temperature were observed on the client computer. In addition, it was confirmed that the blood flow rate was controlled by the client computer. The PPCPS is able to be control and monitoring by Bluetooth communication.

Key Words: Extracorporeal circulation device, Bluetooth communication,

1. はじめに

体外循環装置の一つである経皮的心肺補助装置 (percutaneous cardio pulmonary support : PCPS)が簡単に持ち運べかつ安全に使用できるようになれば、緊急医療の現場において早急に心肺循環の補助が行え、延命率を上げることができる⁽¹⁾。PCPS は血行動態をリアルタイムで測定し、患者に適した状態の血液循環を行う必要がある⁽²⁾。そのため、血行動態モニタリング用の各種センサとディスプレイへの配線が必要となり、これらは、PCPS の小型化及び携帯性を高める妨げとなる。

一方 2006 年には、Bluetooth の使用策定を進める業界団体である Bluetooth SIG が新しい医療用のプロファイルを作成したことにより、医療機器に影響を与えない無線通信として注目されるようになった⁽³⁾。

PCPS の血行動態の監視・制御において、センサとディスプレイの配線を Bluetooth 通信で無線化すれば、PCPS より一層小型化することが可能であり、また、インターネットを通して遠隔地での安全利用の実現が期待される。

そこで本研究では PC の Bluetooth 通信を用いて PCPS 内の血行動態を監視・制御するシステム開発を目標とする。

2. Bluetooth 双方向通信システム

今回試作した PCPS 監視・制御装置は、PCPS に組み込まれた各種センサ及び遠心ポンプなどを制御する PIC マイコンと PC で構成される (Fig.1)。

PIC マイコンは、PCPS 内の血行動態を監視するセンサ、遠心ポンプのモータ及びガス流量の制御を行う。試作した監視・制御装置の外観を示す (Fig.2)。装置筐体 (W150×H50×D120mm) は、Bluetooth 通信の妨げにならないようにプラスチック製とし、また PIC マイコンのメンテナンスを容易にするため、ロック式の蓋を取り入れた。

Bluetooth 通信機能を備えた PC は、PCPS 内の血行動態を表示、保存する役割を担っている。また、遠心ポンプの流量およびガス流量を操作する機能も備えている。Fig.3 に血液温度、血圧、血液流量を計測した例を示す。

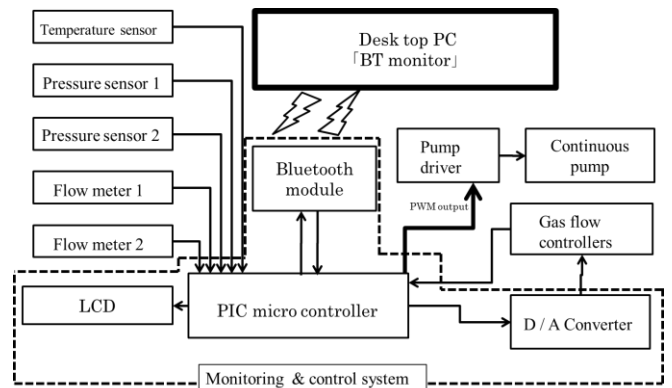


Fig.1 The block diagram monitoring & control system and a part of mock circuit

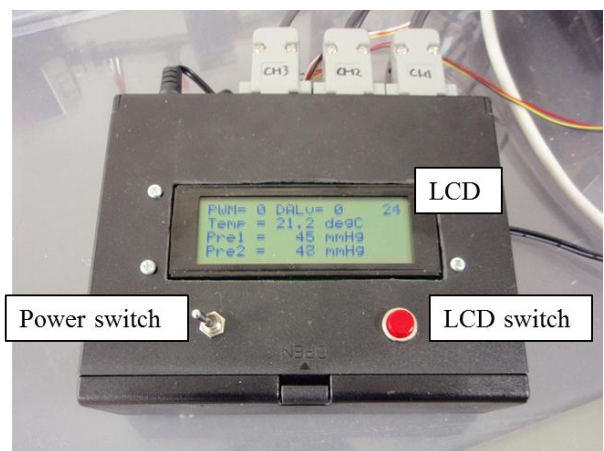


Fig.2 The view of the monitoring & control system

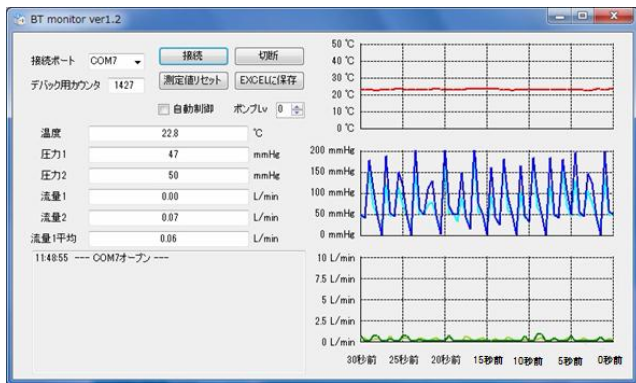


Fig.3 「BT monitor」

3.遠心ポンプ及びガス流量の制御実験

試作した PCPS 監視・制御装置の評価実験は Fig.4 の体外循環モック回路を用いて行う。体外循環モック回路は、リザーバ、拍動ポンプ、遠心ポンプ、流量計、圧力計、模擬血管などで構成されている。体外循環モック回路の循環流体は水とした。

遠心ポンプの制御は、循環流体の流量が目標値に到達するように遠心ポンプの回転数をフィードバックで制御を行う。

ガス流量の制御は、循環流体の制御と同様にフィードバック制御とし、ガス流量センサとガス流量調整機構の機能を持ったガス流量コントローラ(ラピフローFCM、CKD)を用いる。

循環流体の流量制御とガス流量の制御命令は「BT monitor」において最大流量を 5[L/min]とし 0~20[Level]で制御(0.25[L/min/Level])するプログラムとして記した。

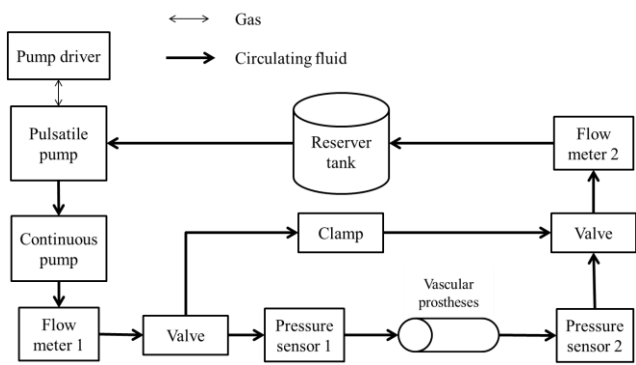


Fig4. Extracorporeal circulation mock circuit

4.実験結果

遠心ポンプ制御の実験において、自動制御における目標値を 1.0[L/min]としたときの循環流体量とポンプのコントロールレベルの変遷は Fig.5 に示す。実験結果より循環流量は設定した目標値の 1.0[L/min]付近で安定することが確認できた。

ガス流量の制御実験において、自動制御における目標値を 1.5[L/min]としたときのガス流量とガス流量制御レベルの変遷は Fig.6 に示す。実験結果よりガス流量は設定した目的値の 1.5[L/min]付近で安定することが確認できた。

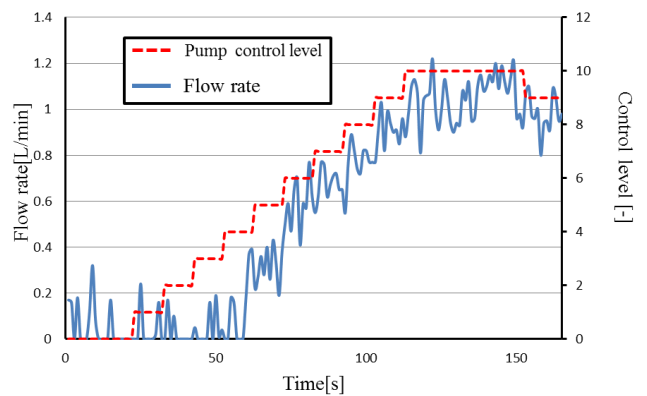


Fig.5 Changes of the blood flow volume and the pump level (desired value 1.0 [L/min])

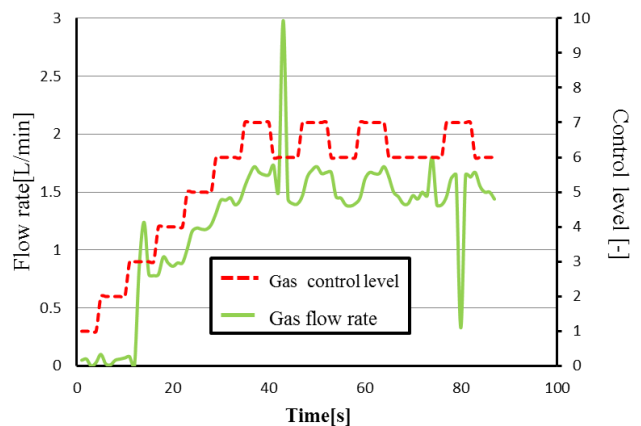


Fig.6 Changes of the gas mass flow and the gas control level (desired value 1.0 [L/min])

4. 考察

Fig.5 と Fig.6 の実験結果から、本研究によって PC から PCPS の人工心臓に当たる遠心ポンプや人工肺へ送るガス流量の自動制御が出来るようになった。しかし、目標値に対して制御した値が変動しているため、自動制御の挙動の改良を行う余地は十分にある。また、循環流体の流量制御では、ポンプの回転を上げて循環流体量自体はポンプの目標の最大流量である 5.0[L/min]まで達することはなかった。この原因は、体外循環モック回路の流体抵抗が大きすぎるといことやモータと遠心ポンプを繋ぐギアがうまく噛み合っていないということが考えられる。今後、自動制御方法について検討する。

参考文献

- (1) 日本心臓血管科学学会、日本胸部外科学会、日本人工臓器学会、日本体外循環技術医学会、日本医療器材工業会 「人工心肺装置の標準的接続方法およびそれに応じた安全教育等に関するガイドライン」 2007年3月
- (2) T.Yasuda et al. Development of a Reflected Optical Fiber System for Measuring Oxygen Saturation in an integrated Artificial Heart-lung System Artif Organs Vol32(3)229/234 2008年
- (3) Engadget May,2006 <http://www.engadget.com/2006/05/30/bluetooth-sig-drafting-medical-device-profile/>