

# Raspberry Pi を用いた複数の生体信号の測定を行う携帯型システムの開発

## Development of Portable System for Measuring Biological Signals Using Raspberry Pi

張 帥

指導教員 小川 毅彦

拓殖大学大学院 機械電子システム工学専攻 小川研究室

キーワード：Raspberry Pi, 生体信号, 携帯型システム

### 1. はじめに

脳波や心拍, 筋電位などの生体信号の解析することで, 生体の状況の推定が可能である<sup>[1]</sup>. 運動や作業による感情やストレスの状況の推定は重要であるが, これらはさまざまな要因を総合的に判断する必要がある. また, 実際の状況での測定を考えると, 小型で携帯可能なシステムが有利である.

本研究では, 高性能なマイコンである Raspberry Pi と各種センサを用いて複数の生体信号を測定できるシステムの開発を行う. 測定する生体信号としては脳波と心拍, 筋電位を対象とし, 簡便なセンサを用いて同時に計測する. これらの生体信号は, 作業を行う際の感情やストレスの状況の解析に有効であると考えられる. 本研究では, 開発した計測システムを用いて, ビデオゲームの実行における生体状態の解析を行い, 動作を確認する.

### 2. 生体信号の解析

生体に生じる電気信号を計測し解析することで, 体の動作や状態を推定することができる. 本研究では, 手を動かす作業による影響を解析することを目的として, 脳波と心拍, 筋電位を対象とする.

脳波は生物の脳から生じる電気活動を, 脳表, 脳深部などに置いた電極で記録したものである. 脳波から生物の覚醒度と心理状態を計算できる. 心拍数は一定の時間内に心臓が拍動する回数のことである. 心拍の間隔は一定ではなく, さまざまな要因によって変動する. 自律神経機能や感情状態の

影響も受ける. 筋電位は筋が収縮する際に収縮に関連する筋線維から発生する電気信号であり, この信号を計測・解釈することにより筋の収縮の状態を把握できる.

### 3. マイコンと脈波センサによる構成

Raspberry Pi は, ARM プロセッサを搭載したシングルボードコンピュータである. 本研究では Raspberry Pi を中心として回路を開発する. センサ出力がアナログ信号であるため, 信号を変換するために, Arduino UNO を利用する.

脳波の計測用として, 手軽なモバイル型脳波センサである MindWave Mobile 2 を用いる. Raspberry Pi と Bluetooth で接続する<sup>[2]</sup>. 周波数帯域は low  $\alpha$ : 8-9Hz, high  $\alpha$ : 10-12Hz, high  $\beta$ : 18-30Hz である.

心拍の計測には, Sparkfun の光電脈波型のセンサを用いる<sup>[3]</sup>. 光電脈波型センサは, 血液の流れの変化を緑色光のヘモグロビンでの反射によって, 指先や耳朶などの部位の血流を計測する. このセンサを Arduino 経由で接続する. 本研究では心拍数を計測して, pNN50 を求めて評価指標とする. pNN50 とは連続した隣接する RR 間隔の差が 50ms を超える心拍の割合である.

筋電位の計測には, AdvancerTechnologies の MyoWare 筋電センサを用いる<sup>[4]</sup>. MyoWare は, 生体センサパッドにより皮膚表面に貼り付けて用いる. 心拍と同様に, Arduino 経由で接続する.

回路の構成図と, システムの外観を図 1 に示す.

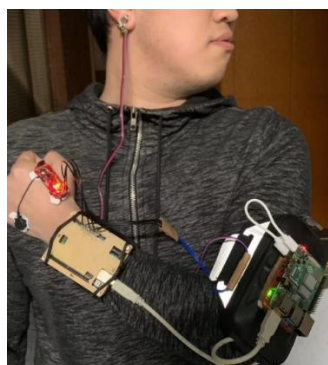
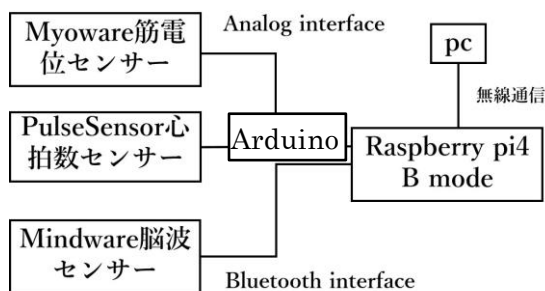


図1 回路の構成とシステム外観

#### 4. ゲーム実行状態の評価

本システムによる生体状態の解析の例として、ビデオゲーム実行時の評価を行った。具体的には、3つのジャンルのゲーム(①アドベンチャー: AVG, ②マルチプレイヤーオンラインバトルアリーナ: MOBA, ③ロールプレイング: RPG)の実行時に対し、脳波と心拍数、筋電位を計測した。筋電センサは左手の親指と人差し指の付け根の部分に貼付した。

ゲームの詳細の説明は省略するが、それぞれについての特徴は以下の通りである。まず、①のAVGについてはホラーの要素があり、実行していて緊張と興奮を感じる。②のMOBAについては、相手との戦いによる激しさが特徴である。③のRPGは、一部で動きの速い部分もあるが、概ね緩い操作が続いていく。本研究では、ゲームの特徴による生体信号への影響を調べることを目的とした。

本研究では、それぞれのゲームを実行する間、生体信号を120秒ごとに1回測定することとし、1回に100秒のデータを測定した。被検者は20代男子大学院生1名である。3つのゲームともに初めから8回の計測によりデータを得た。解析に使用するデータは、脳波(low  $\alpha$ , high  $\alpha$ , high  $\beta$ ), 筋電

位、心拍数の5つとする。

本研究では、ゲーム全体の生体信号への影響の傾向を調べるために、測定された生体信号である脳波と筋電位、心拍数のそれぞれ平均値を求めた。結果を表1に示す。

結果によると、①AVGでは緊張を表す脳波の $\beta$ 波と興奮を表す心拍数が、他よりも高い数値となっていることがわかる。また②MOBAでは激しさを表す筋電位の数値が最も高くなっている。③RPGでは $\beta$ 波と筋電位が低い値となり、おおむね緩い操作であったことがわかる。脳波の $\alpha$ 波については概ね $\beta$ 波と逆の傾向がある。以上は、当初の予測とほぼ一致する結果となった。

以上より、複数の生体信号の計測により、ゲームの種類や傾向を評価できることを示した。

表1 ゲーム実行状態の計測結果

種類	脳波			筋電	心拍
	low $\alpha$	high $\alpha$	high $\beta$		
① AVG	103.5	24.6	6.66	28.40	85.2
② MOBA	154.5	23.9	5.80	35.36	79.2
③ RPG	74.5	17.9	4.96	9.91	81.9

#### 5. まとめ

本研究では、Raspberry Piと各種センサを用いて複数の生体信号を測定できるシステムを構成した。生体信号としては脳波と心拍数、筋電位を対象とし、簡便なセンサを用いて同時に計測するものとした。さらに、構成した計測システムを用いて、ビデオゲームの実行における生体状態の解析を行い、動作を確認した。今後の課題として、ノイズの軽減や除去方法の検討および、他の応用問題の検討があげられる。

#### 参考文献

- [1] 三宅晋司監修「商品開発・評価のための生理計測とデータ解析ノウハウ」NTS, 2017.
- [2]<https://github.com/robitibor/python-mindwave-mobile>
- [3]"Pulse Sensor", <https://pulsesensor.com/>
- [4]"MyoWare Muscle Sensor Kit", <https://learn.sparkfun.com/tutorials/myoware-muscle-sensor-kit>.