

Well-being (ウェルビーイング) 教具・教材の開発

静岡県立吉原工業高等学校ロボット工学科

勝又 謙

1. はじめに

本校は昭和 32 年、2 つの工業学科を持つ工業高校として開校し、日本の高度成長を支える実践的な技能・技術者を多く輩出してきた。時代は進展し、世界全体が知識基盤社会となる中で、Society5.0 に代表される高度化社会への対応および三菱総合研究所「ポストコロナの人材戦略 ※1」を考慮した人材育成が急務となっている。これに加え、OECD では子供たちが 2030 年以降も活躍し幸福で充実した人生を送るために必要な要素として 2019 年に Well-being を掲げ、これを「生徒が幸福で充実した人生を送るために必要な、心理的、認知的、社会的、身体的な働きと潜在能力である」と定義した※2。その後、生活の質をあらゆる概念として、多くの国や国際機関が Well-being を独自に定義し、それを測定するための具体的な指標を開発している ※3。教育界においても、生徒の心理的健康や身体的健康が重要な関心事となっているが、生徒の心と身体の状態を客観的に評価し、適切な支援や指導を行うことは容易ではない。そこで、心拍数や筋肉粘度・硬度の生体計測装置を開発し、生徒の心と身体の見える化を行う。

2. 光電容積脈波計測システム

赤外線センサにより、血管内のヘモグロビンによる反射を見ることで、脈波を解析する。また、Wi-Fi や Bluetooth 通信が可能のため、取得した信号を別のマイコンに送信する。本研究は、リラックス状態とストレス状態にある時の心拍数を測定し、心理状態の把握することを目的とする。

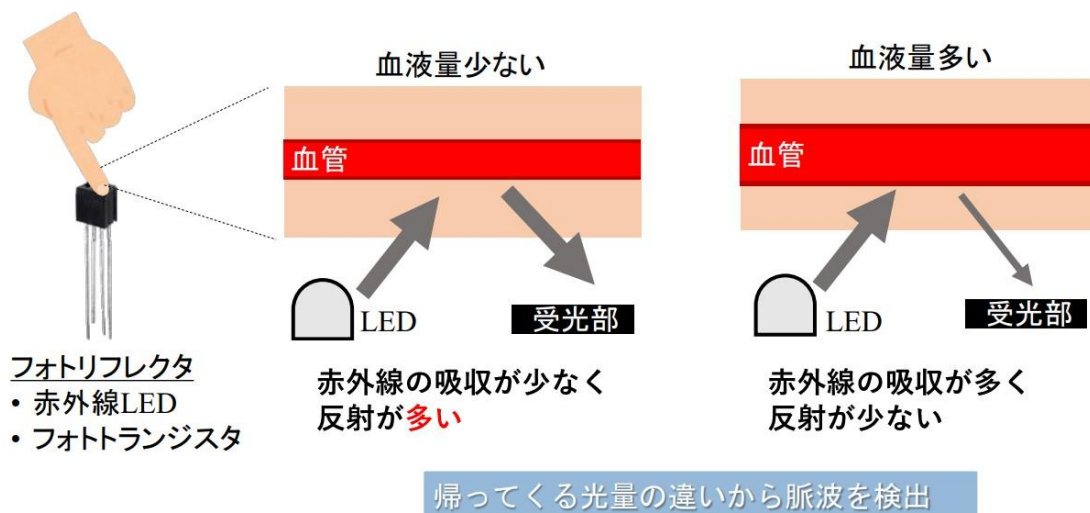


図2-1 フォトリフレクタを利用した脈波検出の方法

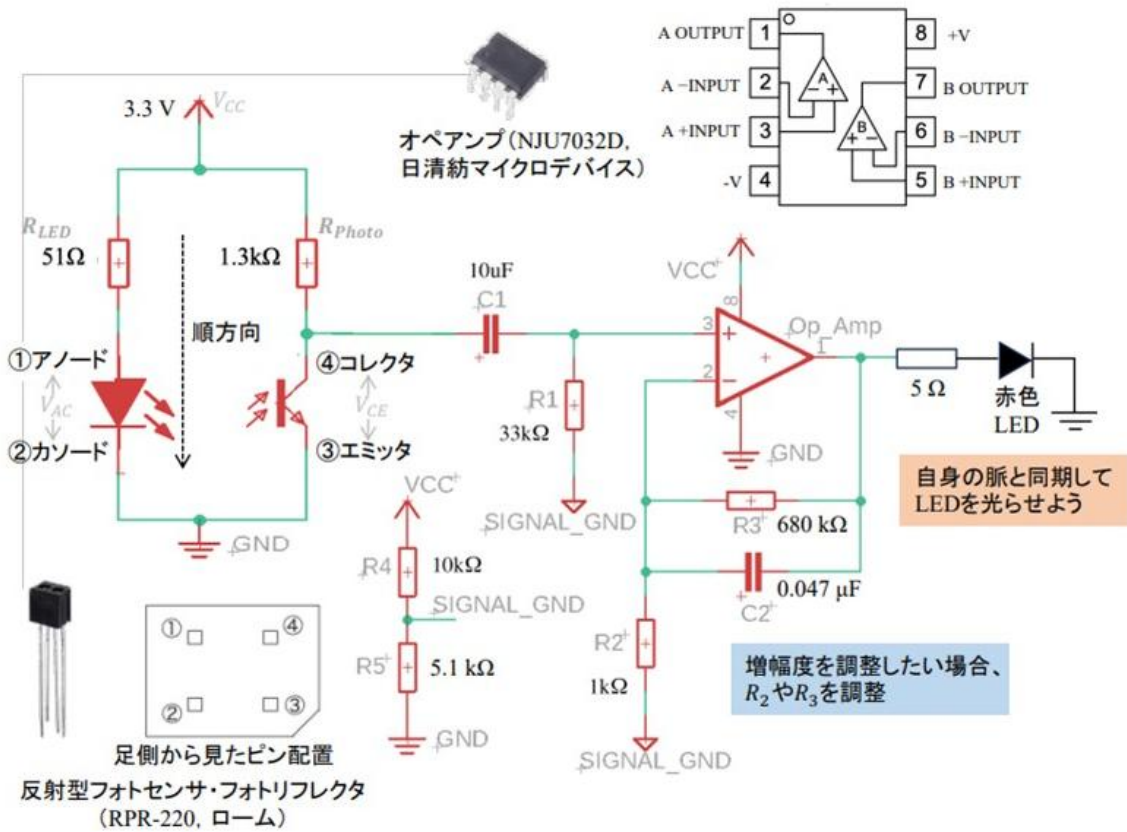


図2-2 フォトリフレクタを利用した脈波検出回路

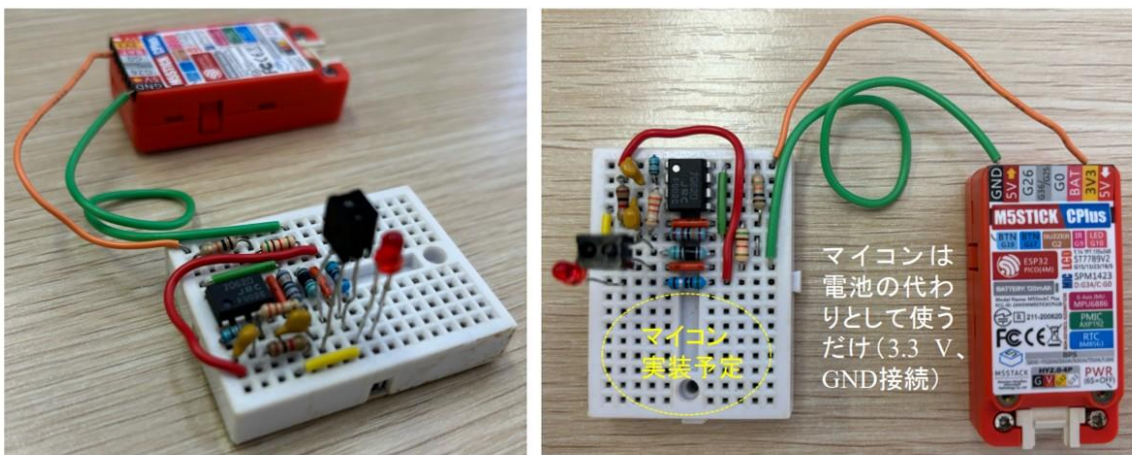
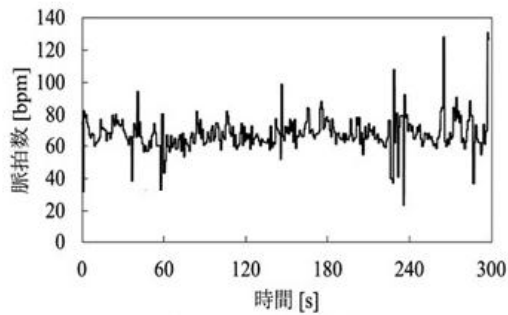


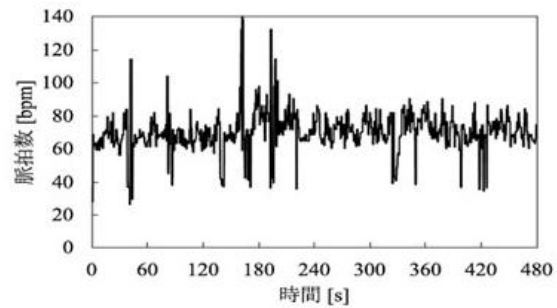
図2-3 製作した脈波検出装置

脈波検出装置を用いて心理状態を把握するため、リラックス状態とストレス状態にある時の比較実験を行った。実験方法は次の通りである。

被験者にフォトリフレクタの上に指を置き、1000 から 7 を減算する暗算を 3 分間行う。検査開始 1 分後に、検査員が被験者に対し 1 分間心理的ストレスを与える。検査結果は、リラックス状態とストレス状態では心拍数が平均 5.3bpm 上昇した。



被験者Aの測定結果



被験者Bの測定結果

図2-4 脈波検出装置を用いた実験結果

3. 衣服内蔵型歩行解析システム(R7 研究集録より転載)

衣服に6軸ジャイロセンサ内蔵型マイコンを取り付け、座席時の姿勢解析を行った。姿勢が悪くなるとLEDが点滅する。本研究は、座りながら悪い姿勢で長時間作業をすると腰痛になるため、注意を促し改善できる装置の製作を目的に行った。

(1) 製作・動作方法

①LED発光テストと接続確認

テープLEDが正常に点灯するか確認するためのテストプログラムを作成し、M5StickC Plus2とLEDを接続して動作チェックを行った。

②姿勢検出プログラムの作成

加速度・ジャイロセンサを使い、前かがみの角度を検出してLEDが反応するようにプログラムを作成した。傾きに応じて色やエフェクトが変わる機能も追加した。

③装置本体(ベルトとLED)の取り付け作業

姿勢を検出するための装置として、テープLEDをベルトの外側部分に沿って貼り付けた。人形またはぬいぐるみの腹部にベルトを巻き付け、LEDがしっかりと見えるようにした。

④M5StickC Plus2の取り付けと操作設定

本体を背中側に装着し、Aボタンで基準姿勢を記録できるようにした。また、Aボタン長押しで色変更、Bボタン長押しでエフェクト変更ができるよう設定した。

装置を装着した状態で、実際に姿勢を崩したテストを行った。センサが角度の変化を検出すると、それに従ってLEDの色やエフェクトが変化することを確認した。悪い

```

12 const float TILT_THRESHOLD = 10.0; // 傾きが10度以上で反応するように調整
13 const float MAX_TILT = 40.0;
14
15 float baseAngleX = 0.0;
16 bool angleSet = false;
17
18 unsigned long previousMillis = 0;
19
20 int effectMode = 0;
21 const int numEffects = 4;
22
23 int colorMode = 0;
24 const int numColorModes = 3;
25

```

図3-1 制御プログラム(一部抜粋)

姿勢になると警告色やエフェクトが作動し、視覚的に姿勢の悪さを知らせるようになり、製品として完成したと言える。

(2) 結果・検証

①正しい姿勢を基準として記録

A ボタンを押すことで現在の姿勢角度が正常姿勢として登録され、以後の傾き検出の基準として使用できた。

②前かがみ姿勢の検出

装着者が前に大きく傾くと、センサが角度の変化を正しく認識し、設定したしきい値を超えるとLED が傾きに応じた警告色を発光した。

③傾きの度合いに応じた LED 表示

軽度の傾きでは弱いエフェクト、深い前かがみでは強い光や点滅など、複数段階の視覚通知が正常に動作した。

④LED のカスタマイズ機能の動作

A ボタンの長押しで色変更モード、B ボタンの長押しでエフェクト選択モードに入り、ユーザーが任意の光り方を設定できることを確認した。



図3-2 装着イメージ図

以上より、姿勢の傾きをリアルタイムで把握し、視覚的に警告できる装置として、基本機能が問題なく動作することが確かめられた。

(3) 今後の展望

本装置は前かがみ姿勢を LED で知らせるという目的を達成できたが、センサの装着位置や動作中のずれによって検出精度が変わる点が課題として見られた。また、LED の警告は視覚的には分かりやすいものの、背面では確認しづらい場合がある。今後はブザーやスマートフォンへの通知など、より実用的なフィードバック方法を追加すると改善が期待できる。

4. 筋粘弾性実時間計測システム

複数周波数による筋組織の経皮的加振をさせ、その際の荷重と変位、さらにはそれらの位相差を捉えることで、筋組織の粘弾性を連続かつ定量的に算出する。本研究は、運動前後の筋組織の状態を比較し、運動機能上昇に繋げることを目的とする。

筋粘弾性実時間計測装置を用いて筋組織の粘弾性を把握するため、無負荷時、負荷時、回復後の測定を行った。

被験者の右上腕部に測定装置を取り付け、無負荷時の粘弾性を測定し、その後、5kg の錘を上下させる運動を 1 分間行い、粘弾性を測定する。回復状態を把握するためにマッサージ後の、状態を測定する。測定実験中に測定装置が故障したため、測定不可となった。

5. 生体信号を活用した振動型駆動システム

心拍数の検出結果から、マイコンによりモータを PWM 制御することで速度を調整する。また、Wi-Fi や Bluetooth 通信が可能のため、取得した信号を別のマイコンに受信する。本研究は、知見を広めるために大学での講義を受け、研究に関して大学教授や学生からアドバイスをいただき、広大連携を実践する。その過程で、生体技術について学び、身近な製品で実験・研究することを目的とする。

(1) 高大連携

静岡理工科大学工学部電気電子工学科生体情報研究室の教授、学生に出前授業を行っていただき、ブレッドボードでの電子回路製作、マイコン制御を行うための開発環境の構築、プログラミング技法など本研究における基礎基本の知識・技能の講義を受けることができた。

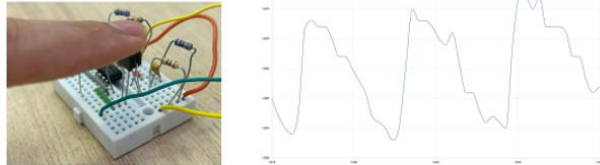


図5-1 脈波検出装置を用いた実験結果

(2) 製作・動作方法

①マイコンを搭載する車体の製作

ユニバーサルプレートに車輪とボールキャスターを取り付けた車体を製作した。

②PWM 制御プログラムと電子回路製作

高大連携での講義時に作成した電子回路と制御プログラムを使用し、平常時の脈拍の平均値と運動後の脈拍の平均値を算出し、速度制御の閾値として設定した。

③動作確認

マイコンと回路の搭載位置や、心拍数の測定感度の調整を行い、心拍数に応じてモータの回転速度を制御することができた。

(3) 結果・検証

速度制御の閾値を実験データより以下の値に設定した。

低速：高校生平均の 70bpm を基準に、65～75bpm とした。

中速：軽度の運動後の心拍数を測定し、76～100bpm とした。

高速：強度の高い運動後の心拍数を測定し、101～130bpm とした。

以上により、プログラムを設定し、車体を動作させることができた。

```
if(M5.BtnA.wasReleased()){  
  ledcWrite(Ch_PWM,V1);//低速度で走行するためにPWMを出力  
  delay(100);//100ms待つ  
}  
  
if(M5.BtnB.wasReleased()){  
  ledcWrite(Ch_PWM,V2);//高速度で走行するためにPWMを出力  
  delay(100);//100ms待つ  
}
```

図5-2 速度制御プログラム（一部抜粋）

6. まとめ

本研究では、Society 5.0 時代における生徒の Well-being (ウェルビーイング) の向上を目指し、心と身体の状態を客観的に「見える化」するための生体計測装置および教具の開発を行いました。各研究分野において得られた成果と課題は以下の通りです。

(1) 本研究の主な成果

①心理状態の可視化

赤外線センサを用いた光電容積脈波計測システムを構築し、ストレス負荷時に心拍数が平均 5.3bpm 上昇することを実証しました。これにより、脈波解析を通じた心理状態把握の可能性を確認できました。

②姿勢改善の促進

6 軸ジャイロセンサを内蔵した衣服型装置により、前かがみ姿勢をリアルタイムで検出し、LED による段階的な視覚警告（色やエフェクトの変化）を行う基本機能を確立しました。

③生体信号の応用展開

静岡理工科大学との高大連携を通じ、心拍数の変動に合わせてモータの回転速度を PWM 制御する走行システムを開発しました。心拍数に応じた 3 段階（低速・中速・高速）の速度制御に成功し、生体技術の教材化を実現しました。

(2) 今後の課題と展望

研究の過程で、筋粘弾性計測装置の故障による測定不可や、姿勢検出におけるセンサの装着位置による精度のバラつきといった課題が浮き彫りとなりました。今後は、フィードバック方法としてブザー音やスマートフォンへの通知機能を追加するなど、より実用性の高いインターフェースへの改良を目指します。これらの装置を教育現場で活用することで、生徒自らが自身の状態を客観的に把握し、健康で充実した学校生活を送るための支援を継続していきます。

謝辞

本研究は(公益財団法人)天野工業技術研究所、2024 年研究助成および静岡理工科大学電気電子工学科生体情報計測研究室の協力を受けて実施されました。

参考文献

- ※1: 「データで読み解くポストコロナへの人財戦略-FLAP サイクル実現に向けて」 三菱総合研究所
- ※2: 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して(答申)中央教育審議会
- ※3: JILPT リサーチアイ 第 79 回「なぜ Well-being を幸せと訳すのは足りないか?」独立行政法人労働政策研究・研修機構 労働市場・労働環境部門研究員 鈴木恭子

研究テーマ Well-being (ウェルビーイング) 教具・教材の開発

所属・研究者名 静岡県立吉原工業高等学校ロボット工学科 教諭 勝又 謙

[目的] 心拍数や筋肉粘度・硬度の生体計測装置を開発し、生徒の心と身体の状態を把握する。

研究概要[内容] 赤外線センサにより、血管内のヘモグロビンによる反射を見ることで、脈波を解析する。

[成果] 検査結果は、リラックス状態とストレス状態では心拍数が平均 5.3bpm 上昇した。

* (写真・図形・グラフ等を多用して、専門家でなくても分かり易く簡潔にまとめてください)

