

第 20 回

日本生体医工学会甲信越支部

長野地区シンポジウム 講演論文集

日時：2023 年 3 月 9 日（木）

主催：日本生体医工学会甲信越支部長野地区

第 20 回 日本生体医工学会甲信越支部 長野地区シンポジウム

プログラム

【概要】

日時： 2023 年 3 月 9 日（木） 10:30~11:40

会場： オンライン開催

主催： 日本生体医工学会甲信越支部長野地区

【タイムスケジュール・プログラム】

10:30~10:35 開会の挨拶

10:35~11:35 一般講演（発表 10 分，質疑 5 分）

座長： 杉原伸宏（信州大学 学術研究・産学官連携推進機構）

1. 血糖値変動時における脈動ひずみ信号の周波数解析に関する検討……………1
○山本勝志*, 嘉根海人*, 児山祥平*
*信州大学 繊維学部 先進繊維・感性工学科
2. 2つの脈動点へ脈波が伝播する時間差からの血圧算出 ……………2
○嘉根海人*, 山本勝志*, 児山祥平*
*信州大学 繊維学部 先進繊維・感性工学科
3. 拍動流れにおけるバスキュラーアクセスカテーテルの再循環率に関する実験的検討…3
○杉木日香*, 小林諒太*, 小林俊一*
*信州大学 繊維学部 機械・ロボット学科 バイオエンジニアリングコース,
4. 経験的モード分解の階層型音声メニューBCI への応用……………4
○沼田陸*, 橋本昌巳**
*信州大学大学院 総合理工学研究科 工学専攻 電子情報システム分野
**信州大学 工学部 電子情報システム工学科

11:35~11:40 閉会挨拶

14:30~17:00 基調講演・信州大学や長野県企業の医工連携 成果報告会

≪基調講演≫

「産学ベンチャーの社会実装」～ 産学共同研究をベースとした医理工連携事業の加速 ～

岩淵 拓也 氏（セルスペクト株式会社 代表取締役兼 CEO）

≪信州大学や長野県企業の医工連携 成果報告会≫

・ 開発事例の紹介

1. 「ゲームで学ぼう 新生児医療（アクティブラーニング教材）」

信州大学医学部 小児医学教室 助教 三代澤 幸秀

2. 「産学官の医工連携で開発した真空成形型式副木」

公益財団法人長野県産業振興機構 信州医療機器事業化開発センター

医工連携プロジェクトマネージャー 櫻井 和徳

・ 信州大学や長野県企業の医工連携 活動報告ほか

3. 海外展示会 「MEDICA/COMPAMED」「Arab Health」の活動報告

4. 信州大学『医療機器産業人材育成プログラム』の活動紹介

5. AMED 次世代医療機器連携拠点整備等事業の活動報告

血糖値変動時における脈動ひずみ信号の周波数解析に関する検討

○山本勝志*, 嘉根海人*, 児山祥平*

*信州大学繊維学部

The study on frequency analysis of pulsation strain signals in glycemic variability

Masashi Yamamoto*, Kaito Kane*, Shouhei Koyama*

*Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University

1. はじめに

現在、血糖値測定は指尖部に穿刺し、血液を採取する侵襲計測が主流であるが、この方法は肉体的・精神的負担が大きい。そのため、これらの負担を軽減する非侵襲計測方法の提案が望まれる。

本研究では、血糖値変動時の血流の性質変化が動脈の動きに影響があると考え、光ファイバー型のひずみセンサであるFBGセンサによる脈動ひずみ信号波形を周波数解析することで、高・低血糖状態の識別および血糖値算出への可能性を検証した。

2. 方法

左手首橈骨動脈にFBGセンサを設置し、脈動ひずみ信号波形を計測する。参照血糖値は右手指尖部に穿刺し、食事による血糖値変動を促すため実験開始約12時間前から絶食した。その後、20秒間の脈動ひずみ信号計測と血糖値測定を食前5回と食後20回程度において5分間隔で繰り返した。被験者は40代男性1名と20代男性6名であった。

計測された脈動ひずみ信号に対して、0.5-5 Hzのバンドパスフィルタ処理およびフーリエ変換を実施し、フーリエ変換で求められた主要な4つのピークの振幅値と比率の計10個のパラメータを取得した。ここで、空腹時の正常血糖値が110 mg/dlと規定されているため、血糖値110 mg/dl以上を高血糖状態、110 mg/dl未満を低血糖状態と定義し、データを血糖状態で分けて扱う。高血糖状態では65データ、低血糖状態では26データでPLS回帰分析にて血糖値算出検量線を構築し、各検量線に69データおよび29データを代入し血糖値算出を実施した。

3. 結果

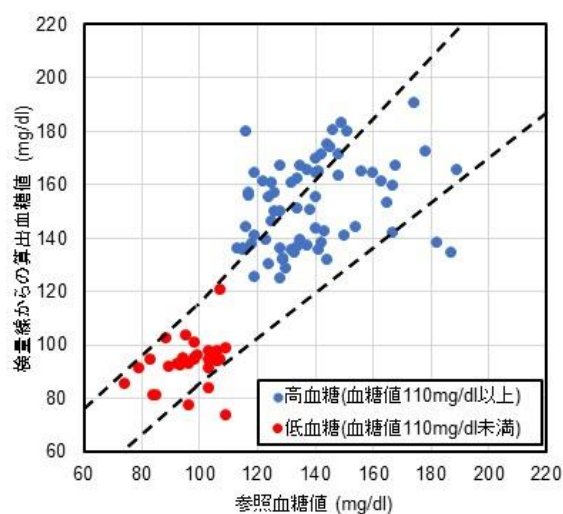


図1 PLS回帰分析による血糖値算出結果

高・低血糖状態の検量線から血糖値が算出された結果を図1に示す。ISO-15197に基づいて血糖値算出精度を解析したところ、高血糖・低血糖状態ではそれぞれ約51%と約90%が規定を満たした。検量線の詳細を確認すると、各周波数の振幅の絶対値よりも各周波数の強度比率が大きく影響していることが判明した。これより脈動ひずみ信号波形から高・低血糖状態の識別が可能であったが、血糖値算出では閾値の110 mg/dl付近で誤差が見られた。

4. まとめ

本研究ではFBGセンサによる脈動ひずみ信号と血糖値の関係を調査した。その結果、脈動ひずみ信号波形から高・低血糖の識別が可能であることが分かった。また、血糖値算出においては110 mg/dl付近で誤差が見られたため、個人検量線を引くことで原因の追究が可能であると考えられる。

2つの脈動点へ脈波が伝播する時間差からの血圧算出

○嘉根海人*, 山本勝志*, 児山祥平*

*信州大学 繊維学部

Calculation method of blood pressure from the difference pulse transit time to two pulsation points

Kaito Kane*, Masashi Yamamoto, Shouhei Koyama

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University

1. はじめに

生体上にある複数の脈動点は心臓からの距離が異なるため、各所で出現する脈動には時間差（脈波伝播時間, PTT）が生じる。この時間差は血流速度により変化し、血流速度は血圧に影響を受けることが予測され、異なる脈動点の時間差から血圧算出が可能であるか検証する。

本研究では、手首の橈骨動脈と足の甲の足背動脈の脈動点において脈動ひずみを圧力センサで計測し、これらの時間差から血圧算出を実施した。

2. 方法

被験者は仰臥位の姿勢で、左橈骨動脈と左足背動脈にそれぞれ圧力センサを貼り付けた。2つのセンサで10秒間の脈動ひずみ波形を計測し、各脈動におけるPTTが検出され、それを平均した平均脈波伝播時間（平均 Δ PTT）が算出した。脈動ひずみ計測の際、右手首にカフ式血圧計で参照収縮期血圧値がドジに測定された。これらの計測は午前と午後40回ずつ実施され、午前の計測では右足に氷水をつけて寒冷刺激を与えた実験も実施した。

80回のデータを奇数回目と偶数回目測定されたデータとして2つの群に分けて扱う。片方のデータ群で平均PTT - 参照収縮期血圧値の散布図を作成し、単回帰分析により血圧算出式を構築した。残ったもう片方のデータ群を血圧算出式に代入して、血圧算出精度を検証した。被験者は20代男性3名で実施した。なお、奇数回目のデータ群で構築し偶数回目のデータで検証したものを「実験①」とし、データ群を入れ替えた実験を「実験②」とする。

3. 結果

通常時の実験では血圧が高精度に算出された結果があった一方で、大きく外れた結果も示された。この原因は、血圧を算出する検量線の傾きが「正」であった、および、散布図の相関関係が見られなかったことである。そのため、散布図は「負の相関関係」があり、検量線の傾きは「-0.3」以上であることが条件と示された。

一方、寒冷刺激を与えた実験では検量線の精度が改善し、血圧算出精度も良好であった（Table 1）。これは、寒冷刺激により被験者の血圧値やPTTが大きく変動し、幅広い血圧値と Δ PTTで検量線が構築できたため、通常の実験で示唆された条件をクリアすることが容易であったためである。

Table.1 寒冷刺激導入時の血圧算出精度結果

	平均較差 (mmHg)	参照収縮期血圧に 対する%誤差(%)
被験者 A - ①	±7.1	5.7
被験者 A - ②	±6.6	5.4
被験者 B - ①	±7.2	6.2
被験者 B - ②	±11.0	9.3
被験者 C - ①	±2.0	1.5
被験者 C - ②	±2.4	1.8

4. まとめ

動脈の脈動点での脈波伝播時間差を利用した血圧算出は可能であることが示された。その中で、検量線を構築する条件があることが示唆された。今回は寒冷刺激で対応できたが、実際には被験者への負担も大きく改善の余地がある。一方で、2つのセンサを貼り付けるだけで血圧算出可能であるため、連続的に負担の少ない血圧測定が可能となる。

拍動流れにおけるバスキュラーアクセスカテーテルの再循環率に関する実験的検討

○杉木 日香, 小林 諒太, 小林 俊一

信州大学

Experimental study of recirculation rates of vascular access catheters in pulsatile flow

Nichika Sugiki, Ryota Kobayashi and Shunichi Kobayashi

Shinshu University.

1. はじめに

バスキュラーアクセスカテーテル使用の際、浄化された血液を再度脱血してしまう「再循環」が発生することがある。その検討のため模擬回路を使用した実験的研究が行われているが^[1]、これらは直管を用いた定常流条件下によるものである。本研究ではバスキュラーアクセスカテーテルが上大静脈から右心房入口に留置されたケースに注目し、右心房をモデル化した管を用いて拍動流条件下での模擬実験を行い、再循環率について検討した。

2. 模擬実験方法

2.1. 模擬実験回路

模擬実験回路図を Fig. 1 に示す。模擬血液は水道水とし、tank 3 からの送液は食紅で着色した着色水とした。送液と脱血採液の吸光度を紫外可視分光光度計で計測し、再循環率は [(採液吸光度)/(送血液吸光度)] × 100 [%] で算出した。今回使用したカテーテルは、ニプロ社のエンドホール型ダブルルーメンカテーテル (ツインエンド WH, 12 Fr, 脱血側孔 1 個) である。

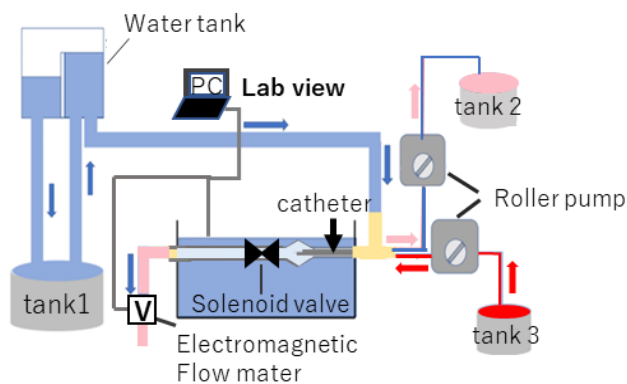


Fig. 1 Experimental flow circuit

2.2. 右心房のモデル化

右心房の拡大期容量の 45ml に近づけ、透明 PET 製の容器で拡大縮小する管を作成した。カテーテ

ルは、その先端が管の中心と拡大開始の境界に位置するように留置した。拍動に関しては、水槽内下流に電磁弁を設置し、その開閉を 0.4 秒開・0.6 秒閉で、60 回/分とした。回路下流に電磁流量計を接続し、平均模擬血流量を 1200 ml/min と設定した。電磁弁の開閉と流量のモニタリングと記録は LabView で行った。なお、カテーテルの脱・送血流量は 200 ml/min とした。

3. 結果

再循環率を Fig. 2 に示す。ここでは直管・定常流の結果についても比較のために記載した。これより、拡大縮小管の再循環率が直管よりも高いことがわかる。これは径の変わる際に流速が変化し、対流による色素の拡散がしやすくなっているためであると考えられる。特に拍動流れのときにその変動が大きい。

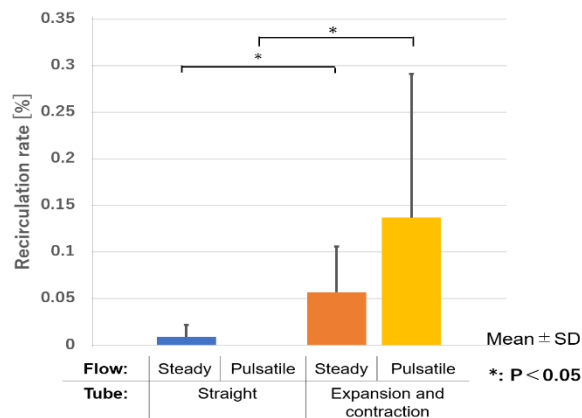


Fig. 2 Recirculation rate

4. まとめ

拡大縮小管の条件の際に再循環が起こりやすくなった。今後は三尖弁を模した人工弁の使用・下大静脈モデルの追加・右心房形状に近い管モデルの変更を行っていきたい。

5. 参考文献

[1] 上原ら, 日本急性血液浄化学会雑誌, 10(1)(2019) pp. 10-15.

経験的モード分解の階層型音声メニューBCIへの応用

○沼田陸*, 橋本昌巳**

*信州大学大学院, **信州大学,

Application of Empirical Mode Decomposition to Hierarchical Speech Menu BCI

Riku Numata*, Masami Hashimoto**

* Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, ** Faculty of Engineering, Shinshu University

1. はじめに

重度の肢体不自由者が日常生活を過ごせるよう、脳波を用いたコミュニケーション装置としてブレインコンピュータインタフェース (Brain Computer Interface : BCI) の研究開発が行われている[1]. 我々は音声聴覚刺激によって導出される事象関連電位 (ERP) の P300 成分を用いた BCI において、単語音声を表示するシステムを開発している。単語を表示することで事前の打ち合わせを必要とせず直接的に選択できる。本稿では、経験的モード分解を用いて 2 階層型の判別率の向上を図った。

2. 方法

2.1. 実験システム

本実験では 2 階層型メニューシステムを用いており、まず 1 階層目の 4 選択肢の中から一つを選び、続いて 2 階層目として詳細な 4 選択肢の中から一つを選択する課題とした。また P300 の判別方法として、経験的モード分解を用いる。

2.2. 実験方法

脳波測定部位は国際 10-20 法に基づき Fz, Cz, Pz, 基準電極を耳朶, 接地電極は額とした。刺激は PC より音声作成サイト“音読さん” [2]で作成した音声をオーディオインタフェース (EDIROL:UA-5) からヘッドホン (SENNHEISER:HD660S) を介して被験者に提示する。被験者には 2 階層メニューの選択として「移動」→「トイレ」, 「手当て」→「かゆい」, 「姿勢」→「位置」, 「気持ち」→「感謝」の 4 つの課題を行った。1 階層目の選択が誤った場合は 2 階層目では被験者に「戻る」を選択してもらった。刺激呈示頻度は 1:1:1:1, 刺激呈示間隔は 1000ms, 刺激呈示時間は約 400ms, 各刺激呈示回数は 20 回とした。被験者は同意を得られた 3 名である。

2.3. 解析方法

脳波の解析方法として経験的モード分解(EMD)[3]を用いた。EMD とは Huang らが 1998 年に提案した時間-周波数解析法であり、複数の周波数成分を持つ信号を狭帯域の信号に分解する。

経験的モード分解は以下の式で表せる。

$$s(t) = \sum_{k=1}^K c_k(t) + r(t)$$

ただし、 $s(t)$:信号, $c(t)$:固有モード関数, $r(t)$:残余信号である。狭帯域の信号 $c(t)$ を固有モード関数(IMF)と呼び、この EMD を用いて脳波を複数の IMF に分解して解析する。

2.4. 判別方法

音声選択肢の判別方法には EMD で得られた IMF を用

いた。計測された脳波は EMD を行うと波形によって IMF3 又は IMF4 まで出現する。IMF2 以降のすべての加算波形を下記の方法で、判別を行った。本実験では、Fz, Cz, Pz の 3 電極に対してそれぞれ EMD を行い、4 つの選択肢を 1 セットとして IMF の P300 成分の振幅値を比較し、どの選択肢に対しての振幅値が一番大きいかを出力、その回数を数えた。そして一番多かった選択肢を被験者が選択しているメニューとした。

3. 結果

表 1 は全被験者の 2 階層メニュー選択実験の結果である。括弧の中の刺激が標的刺激であり、括弧の左の刺激が選択刺激である。標的刺激と選択刺激が一致した場合を黄色で表示している。被験者 A は課題 2, 3 で 2 階層ともに標的の刺激を選択できていた。被験者 B では課題 1, 4 で標的の刺激を選択でき、第 1 階層目のすべての標的を判別が可能であった。被験者 C はすべての試行で 2 階層ともに判別できる結果となった。

オフラインで刺激呈示回数 15 回, 10 回で判別を行った結果、15 回では 58%が 2 階層選択可能であり、10 回では 67%が 2 階層選択可能であった。

表 1 試行回数 20 回でのメニュー選択課題判別結果

	課題1		課題2	
	第1階層	第2階層	第1階層	第2階層
被験者A	移動(移動)	戻る(トイレ)	手当(手当)	かゆい(かゆい)
被験者B	移動(移動)	トイレ(トイレ)	手当(手当)	かゆい(かゆい)
被験者C	移動(移動)	トイレ(トイレ)	手当(手当)	かゆい(かゆい)
	課題3		課題4	
	第1階層	第2階層	第1階層	第2階層
被験者A	姿勢(姿勢)	寝返り(位置)	トイレ(気持ち)	戻る(戻る)
被験者B	姿勢(姿勢)	寝返り(位置)	気持ち(気持ち)	感謝(感謝)
被験者C	姿勢(姿勢)	位置(位置)	気持ち(気持ち)	感謝(感謝)

4. まとめ

全被験者の 20 回の判別において 2 階層ともに判別できたのは 67%, 個別の試行で判別できたのは 83%であった。15 回では 58%, 個別の試行で判別できたのは 79%であり、10 回では 67%, 個別の試行で判別できたのは 83%であった。

5. 参考文献

[1]木村達洋, 山崎清之: 最近の Brain-Computer-Interface(BCI)研究の動向, 東海大学紀要開発工学部, 第 20 号, (2010)
 [2]音読さん: 音声読み上げソフト <https://ondoku3.com/> [参照 2023-02-24]
 [3] 鷲沢嘉一, 田中聡久: 経験的モード分解: チュートリアル, 第 22 回 信号処理シンポジウム 2007