

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650415

研究課題名（和文）外部刺激に対する循環器制御応答の高精度抽出手法の開発とヘルスケア応用

研究課題名（英文）Method to evaluate accurate response waveforms of cardiovascular system to external perturbations and its application to healthcare supports system

研究代表者

小谷 潔 (KOTANI KIYOSHI)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：00372409

研究成果の概要（和文）：

本研究では外部刺激に対する血圧・心拍の制御応答を高精度で抽出する手法を提案・構築した。嚥下をテスト刺激として用いて実験を行った結果、今回提案したアルゴリズムにおいて、刺激のない時間帯の心拍・血圧応答波形が平坦になり、また刺激時においてはその反応を顕著に抽出することを確認した。さらに、立ちくらみなどの対策、予防に向けた基礎的検討として、突発的な姿勢変化に提案手法を適用し、起立時の血圧変化から呼吸性の変動を分離して評価を行った。その結果、姿勢変化に対して収縮期血圧と拡張期血圧は必ずしも同じ傾向の反応を示さないという結果が得られた。また、本手法で明らかになった循環器反応を用いてひやりはっとの検出への応用を試み、他の交感神経活動に起因する指標と併用することで検出精度が向上するという知見が得られた。

以上のように、外部刺激に対する循環器応答の抽出手法を構築・実装し、姿勢変化に対する循環器制御メカニズムの評価、およびひやりはっとの検出といった具体的な評価によって提案手法の有効性を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：

It is important to evaluate the response of the cardiovascular system to external stimuli for understanding homeostasis. However, the response should be distorted by the conventional time domain analysis when a frequency of the effect of external stimuli matches that of intrinsic fluctuations. The purpose of this study is to propose a mixed signal processing of time domain and respiratory phase domain to extract the response waveforms of heartbeat and blood pressure (BP) to external stimuli and to clarify the reaction mechanisms of the cardiovascular system.

First, cardiovascular responses to swallowing are investigated. Sudden tachycardia and changes of blood pressure is accurately extracted and evaluated. Second, responses to postural changes investigated. It is confirmed that there is dispersion between systolic and diastolic blood pressure as their response waveforms. Third, application to detect startling is tested and the accuracy of the detection is improved using cardiovascular response.

In conclusion, the proposed method accurately evaluates response waveforms to external stimuli from the cardiovascular system in the time domain and enable for physiological considerations. The method would be applicable to several daily-life situations such as prevention of orthostatic syncope and startling detections.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：健康・スポーツ科学

科研費の分科・細目：応用健康科学

キーワード：生物・生体工学，循環器・高血圧，生理学，ユーザインタフェース，脳・神経

1. 研究開始当初の背景

循環器は自律神経の制御を受けており，情動や姿勢変化によってそのダイナミクスを変えることが知られている．その中でも急激な外部刺激に対する血圧・心拍の応答を知ることが，高血圧症増悪の機序の解明・治療，「ひやりはっと」の検出・回避など，幅広い分野において必要とされている．しかしながら，血圧変動は呼吸をはじめ様々な内因的影響を受けており，また複雑な相互作用のため，刺激に対する応答のみを抽出・定量化することは難しい．そのため，従来の血圧評価は刺激から一定時間内（数十秒から1分間）の平均値の増減によってしか評価されておらず，詳細な時間推移については論じられてこなかった．血圧および心拍変動から刺激応答の時間推移をサブ秒オーダーで抽出できれば，血圧制御メカニズムを詳細に考察でき，さらには高血圧症治療やひやりはっとの検出・回避に非常に有用である．

2. 研究の目的

外因的な要素の循環器に与える影響を内因的な変動から分離して評価する手法を構築する．さらに得られた手法を生理学研究およびヘルスケアに応用する．

3. 研究の方法

図1が提案手法の信号処理アルゴリズムである．申請者らがこれまでに開発してきた呼吸位相領域での解析を発展させ，新たに外部刺激に対する血圧・心拍の制御応答を高精度で抽出する手法を提案・構築した．提案手法においては，はじめに刺激応答に関連しない通常時の時系列から呼吸性の変動波形を抽出する（図1A）．その後，刺激応答の波形から呼吸性の変動成分を除き，時間軸に再変換することで，刺激に起因する影響を時間軸で抽出する（図1B）．

4. 研究成果

はじめに嚔下をテスト刺激として用いて実験を行った．実験の様子を図2に，またその結果を図3に示す，今回提案したアルゴリズムにおいて，刺激のない時間帯の心拍・血圧応答波形が平坦になり，また刺激時にはその反応を顕著に抽出することを確認した．この結果から，提案手法は呼吸性および血圧性の周期変動に埋もれていた刺激応答を抽出できることが示された．

さらに，立ちくらみなどの対策，予防に向けた基礎的検討として，突発的な姿勢変化に提

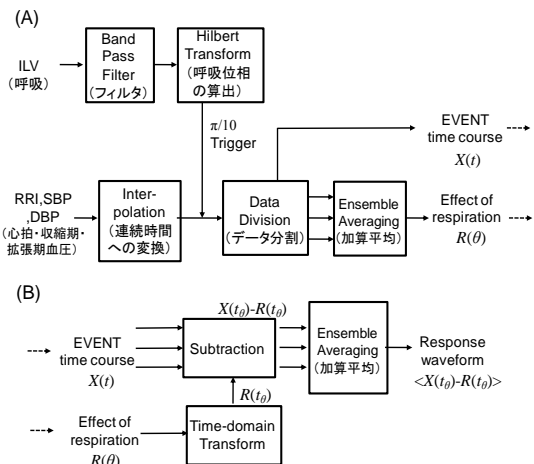


図1 提案手法の信号処理アルゴリズム．(A) 定常な呼吸性変動の抽出（申請者らの先行研究に基づく）．(B) 刺激応答の高精度抽出手法（本研究による提案）．

(A)で得られた呼吸性変動を Time-domain Transform で時間軸に再変換し，Subtraction によって刺激時の時系列から除去する．その後，得られた波形を加算平均し，安定な刺激応答波形を抽出する．

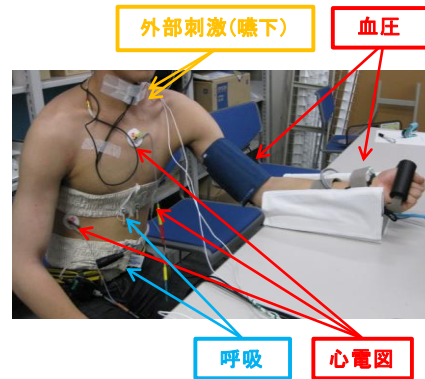


図2 テスト刺激としての嚔下の影響評価実験．心電図，血圧および呼吸情報のデータを取得し，提案手法の信号処理アルゴリズムを適用した．血圧は橈骨動脈上（手首）にセンサを装着し，トノメトリ法により測定した．また，嚔下のタイミングを同定するため，咽頭部に加速度計を装着し，加速度の変化を抽出した．実験は立位，座位の2姿勢で行った．

案手法を適用し，起立時の血圧変化から呼吸性の変動を分離して評価を行った．実験の様子を図4に，またその結果を図5に示す．その結果，姿勢変化に対して収縮期血圧と拡張期血圧は必ずしも同じ傾向の反応を示さないという結果が得られた．また，2種類の姿勢変化における血圧の応答を比較し，姿勢変化に伴う自律神経活動の変化や重力の影響

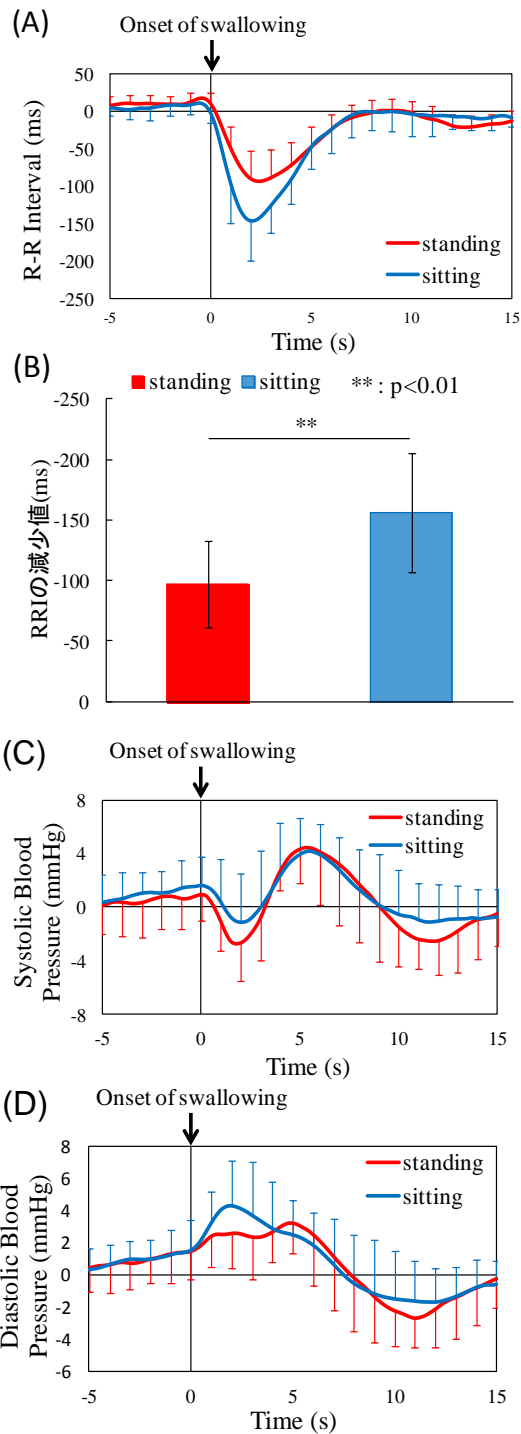


図 3 立位および座位における嚥下の影響評価実験の解析結果. 嚥下前後の(A)心拍間隔(R-R Interval), (C)収縮期血圧(Systolic Blood Pressure)および(D)拡張期血圧(Diastolic Blood Pressure)の変化. (B)嚥下後の心拍間隔の変化の姿勢による比較. (A)(C)(D)より, 嚥下時刻である 0 秒以前は心拍・血圧の波形が平坦であり, 嚥下後に変化したことを確認できる. また, (A)の嚥下後の頻脈について, 姿勢による比較を行ったところ, (B)のように立位に比して座位の頻脈が大きいことを確認できる. そのため, 提案手法により刺激応答を精度よく抽出できることが示された.

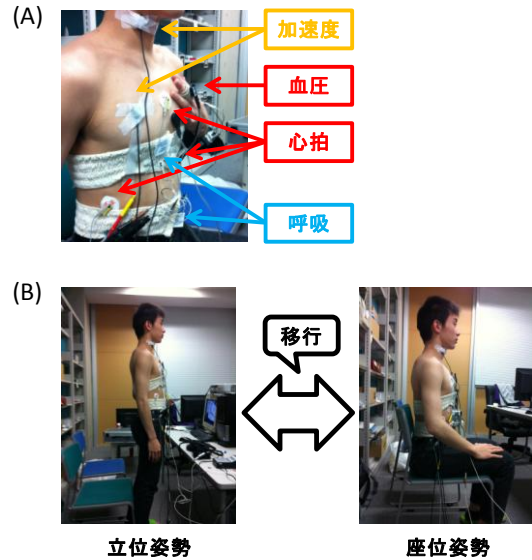


図 4 突発的な姿勢変化の影響評価実験. 心電図, 血圧および呼吸情報のデータを取得し, 提案手法の信号処理アルゴリズムを適用した. 姿勢変化時のデータを精度よく取得するため, 血圧は手指にカフを装着して測定した. また, 姿勢変化のタイミングを同定するため, 上肢に加速度計を装着し, 加速度の変化を抽出した. 実験として, 立位から座位, 座位から立位の 2 種類の姿勢変化を課した.

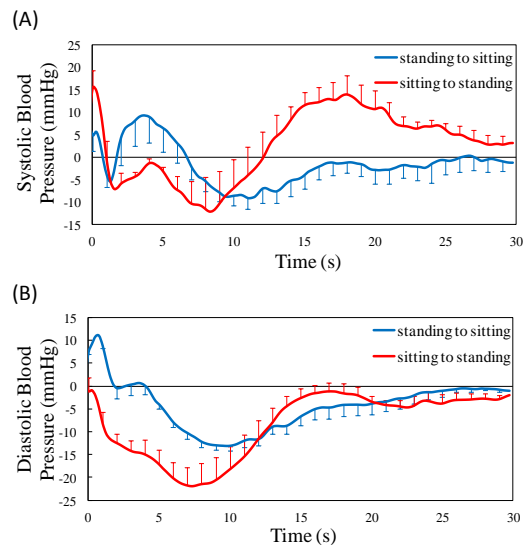


図 5 姿勢変化の影響評価実験の解析結果. 姿勢変化後の(A)収縮期血圧(Systolic Blood Pressure)および(B)拡張期血圧(Diastolic Blood Pressure)の変化. (A)(B)の座位から立位への姿勢変化(赤線)において, 姿勢変化後の収縮期血圧と拡張期血圧の回復過程が異なることを確認できた. また, (A)(B)においてそれぞれ異なる姿勢変化(赤線と青線)で比較したところ, 姿勢変化に対する応答が姿勢変化によって異なることを確認できた.

といった応答の違いを抽出することができた。

また、本手法で明らかになった循環器反応を用いてひやりはっとの検出への応用を試みた。その結果、他の交感神経活動に起因する指標と併用することで検出精度が向上するという知見が得られた。

以上のように、外部刺激に対する循環器応答の抽出手法を構築・実装し、姿勢変化に対する循環器制御メカニズムの評価、およびひやりはっとの検出といった具体的な評価により提案手法の有効性を示すことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1. T. Numata, K. Kotani, Y. Jimbo, Effect of body motion to respiratory sinus arrhythmia with different timings of respiration, International Journal of Bioelectromagnetism, 15 47-53(2013), 査読あり

〔学会発表〕(計 2 件)

1. 沼田崇志, 小谷潔, 神保泰彦, 体動および呼吸リズムが呼吸性洞性不整脈に与える影響の評価, 平成 23 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 1567-1568 (2011) 9 月 7 日—9 日, 富山大学

2. 岸田悠志, 沼田崇志, 小川雄太郎, 竹野翔兵, 小谷潔, 神保泰彦, ニオイ刺激のバイオフィードバック応用に向けた脳・循環器応答の評価, 平成 24 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 1815-1816(2012)9 月 5-7 日, 弘前大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小谷 潔 (KOTANI KIYOSHI)
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・
准教授

研究者番号 : 00372409