

圧電素子を用いたベッドでの圧電素子を用いたベッドでの睡眠状態での無拘束生体計測法提案

住, 卓哉 / SUMI, Takuya

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010339>

圧電素子を用いたベッドでの睡眠状態での無拘束生体計測法の提案

NON-INVASIVE BIOLOGICAL MEASUREMENT METHOD
IN SLEEP IN BED USING PIEZOELECTRIC ACTUATORS

住 卓哉
Takuya SUMI
指導教授 渡辺嘉二郎

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

This paper describes a noninvasive human monitoring using piezoceramics who is in bed. Sensors built in piezoceramics are set beneath the bed feet. This monitoring can detect body movement, scratching motion, respiration and heartbeat. These bio signals provide not only basic medical information but also details about sleep conditions. Thus, the bed sensing method can be used to monitor the health condition of people sleeping at home as well as that of patients in the hospital.

Key Words: noninvasive sensing, bed sensing, piezoceramics,

1. 概要

本研究は睡眠中の人を無拘束で観察する事を目的としている。観察する目的はその人の健康管理である。観察は、圧電素子を利用したセンサをベッドの脚の下に設置して、ベッドの振動を計測する事によって行う。この計測に用いるセンサは、脈拍による微小振動も寝返りによって発生する大きな力の変化も、飽和する事なく計測可能な広いレンジを有する。この方法により、その人の寝返り・掻破・呼吸・脈拍によるベッドの振動を計測する事が出来る。これらの基本的な情報である生体信号から、睡眠の細かい様子を知る事が可能である事が知られている。本研究ではベッドの振動から状態毎の振動を計測し、その時の状態に応じた信号処理法を提案する。このベッド計測システムを利用して、家庭生活に於いても病院の様に健康管理を行う事が出来ると考えている。

2. 研究背景

高齢社会に於いて、高齢者が自らの健康を維持・管理する事はとても重要である。健康の維持は高齢者に限らず大切な事である。健康を管理するには、健康状態を定期的に観察する必要がある。これには日常的な生体信号計測が有意義である。また、健康を保つには睡眠が不可欠である。一方で、睡眠中には無意識に体を動かしており、その行動が病気の症状である事もある。これまで、健康管理を目的として、心電や脳波等のバイタルサインの計測や、睡眠中のベッドに敷いたエアマット内の圧力の計測等が研究されてきた。これら従来法は、大規模な装置と専門家が必要である事や、体に装着するセンサによる拘束、カメラ撮影におけるプライバシーに関する問題等の課題が挙げられる。そこで、我々は睡眠中の人を対象とし、人に直接触れずに、ベッドの振動を通して脈拍リズム及び呼吸リズム、寝返りを計測する装置及び、その

計測結果よりその時の状態を推定する方法を開発した。

3. システム

3.1. システム概要

図1に本研究に於いて提案するベッド計測システムを示す。ベッドの上にいる人の動作によるベッドの振動を計測する。センサは圧電素子が貼り付けられたステンレスの円板であり、ベッドの脚と床の間に円板を上にして設置される。ベッドと人の全ての荷重を4つのセンサが支える。センサに利用されている圧電素子には、加えられた圧力の変化量に比例した電圧を発生させる圧電特性がある。変化量に比例する為、出力電圧は定常状態に於いて0Vを基準とした極微小変化を示す。人が動くとベッドが振動し、ベッドの振動によりセンサが歪み、その歪み変化に比例した電圧が発生する。

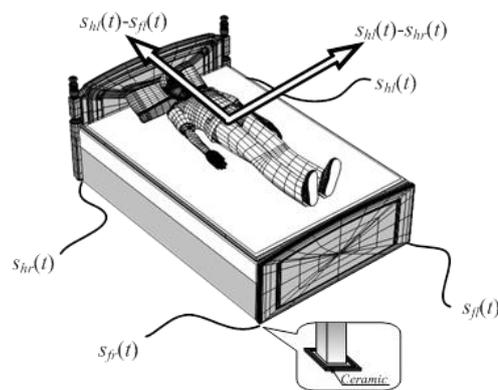


Fig.1 ベッドでの計測モデル

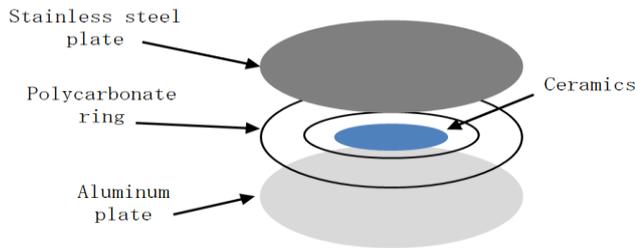


Fig.2 計測用圧電センサ

3.2. 計測原理

Fig.1 にベッドの上に人が寝ている様子を示す。ベッドの上に人が寝ることによって、心拍や体動、呼吸などがベッドに伝わり、それぞれの足に設置したセンサに圧力変動を与え、それにより発生した電圧がA/Dコンバータに蓄積され、PC上で解析を行う。Fig.2で圧電センサの構造を示す。圧電センサはベッドや人間が載っても破損しないように、ベッドと接する側と圧電素子の周りにステンレス板を貼り、重さにも対応させた。以下にそれぞれの仕様を示す。

Table.1 A/D コンバータの仕様

名称：NR-2000	
チャンネル数	16ch（差動入力 8ch）
測定レンジ	±10V, ±5V, ±2.5V, ±1V, ±0.5V, ±0.25V
サンプリング間隔	2.5 μs ~ 60s
電源仕様	単3アルカリ電池 4本 連続使用時間 約 3.5h

Table.2 圧電センサの仕様

保護用ステンレス厚	約 1mm
全体厚	約 3mm
ステンレス直径	約 13cm
圧電素子直径	約 2.5cm

4. 実験

4.1. ベッド上での複数動作による実験

4.1.1. 実験方法

ベッドの各脚に圧電センサを設置し、ベッドから離れた状態で計測を開始し、順序として、着床、右に寝返りを打つ、元に戻る、左に寝返りを打つ、元に戻る、離床する、の順序で連続して計測を行い、計測結果を解析し、ベッド上の動作と出力された波形との関連性を考察する。

4.1.2. 実験結果

以下に実験結果を示す。

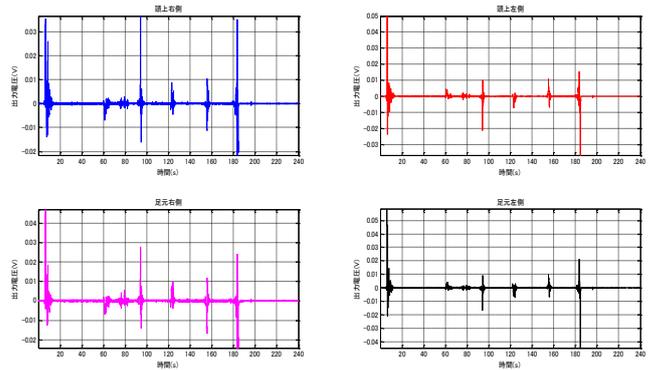


Fig.3 各センサから取得した計測波形

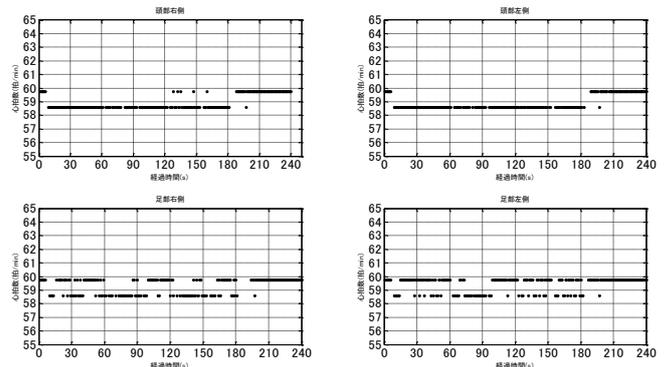


Fig.4 最大周波数からの心拍数の推定値

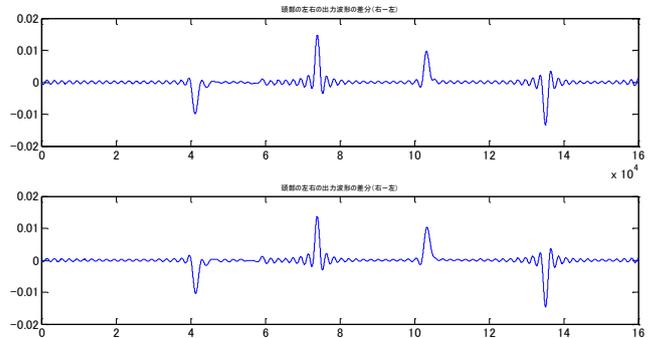


Fig.5 頭部・脚側の左右のセンサからの出力差

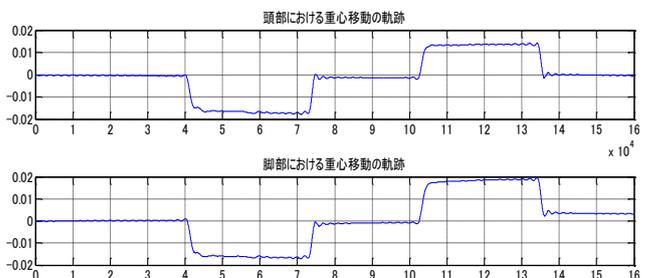


Fig.6 頭部・脚部にかかる重心のかかり方

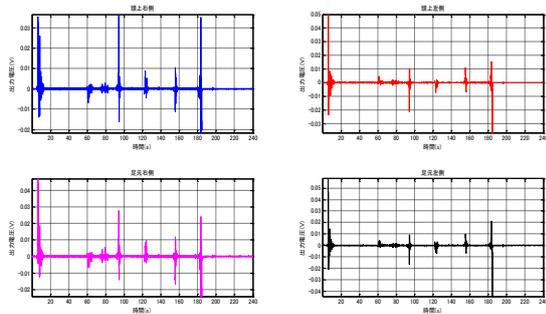


Fig.7 色分けによる状態推定結果

Fig.3 より、それぞれの着床、右への寝返り、左への寝返り等のそれぞれの動作に対して出力に変化があるため、出力の大きさから離着床とベッド上での動作は判別できると思われる。

また、Fig.4 より、各センサからの出力波形の最大周波数成分を抽出し、それを元に心拍数を推定したところ、ほぼ 60 拍/min で推移していることから、心拍を計測できていると考えられる。

Fig.5 では、頭側と足側のそれぞれ左右の出力の差分を取ったものであり、Fig.6 ではそれを積分し、左右における重心の推移を示したものである。これにより、ベッド上での重心の移動が示されたことにより、離着床とベッド上での体動が分離できる。

Fig.7では、計測値より離着床、体動、静止時、無人時の4パターンで色分けをした。結果として、おおよその色分けをすることが出来たが、体動時の計測値と離着床時の計測値の差がないところでの色分けがうまくいかなかった。

4.1.3. 今後の展望

今回の実験では、動作を決定して連続的に計測を行ったものについて解析を行ったが、色分けを行い、動作推定を行う際に、実際の動作とは違う色で示されている場合がある為、解析方法を含め、別の判定手段を考える必要が発生した。しかし、脈拍推定に関しては脈拍がとれていると推定できる結果を得られたので、この方法で呼吸などの別の生体情報を取得できるかを検討する必要がある。

4.2. 無線を用いた介護施設での実験

4.2.1. 実験目的

無線通信を用いて離れた場所でデータの遅延なく取得し、計測をできることを確認する。また、解析したデータからの体動の推定箇所と実験時に目視した体動などの情報と比較して正しく推定できていることを確認する。

4.2.2. 実験環境

実験施設: 介護老人保健施設 ゆい
 実験日時: 2013年10月30日~31日
 被験者情報: なし

4.2.3. 実験手順

被験者のベッドの足元に圧電センサを敷き、無線の送信機を準備する。また、離れた場所で受信機をパソコンにセットし、計測プログラムを起動しておく。

実験開始前(着床前)に合図をもらい、合図と同時に計測を開始し、3時間毎に電池交換を行い、被験者が朝起床されるまでの間計測を行う。

4.2.4. 実験装置

- ・パソコン(Lenovo 製)
- ・計測装置(ワイヤレスコミュニケーション社製)
- ・圧電センサ(セラテックエンジニアリング製)

4.2.5. 結果

以下に実験結果を示す。

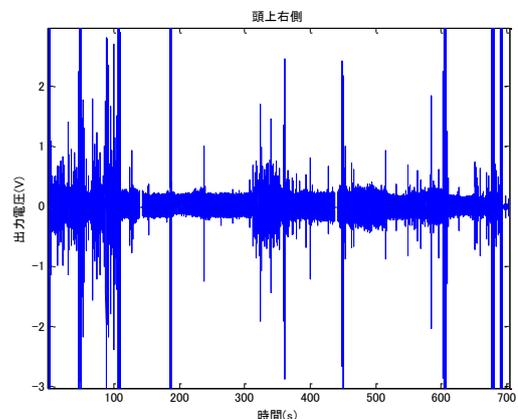


Fig.8 測定された出力波形

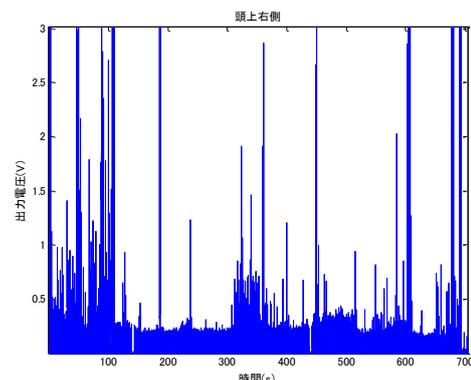


Fig.9 測定した波形の絶対値

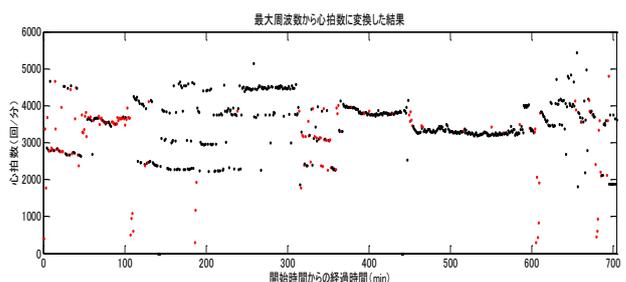


Fig.10 最大周波数を脈拍に変換した結果

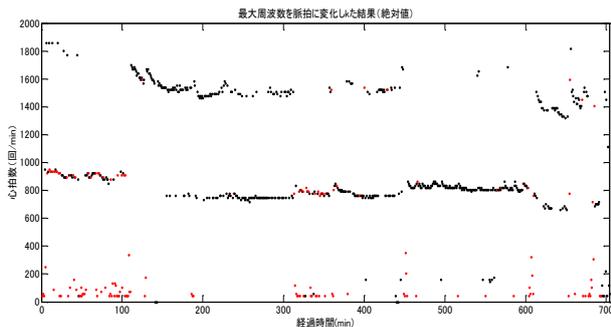


Fig.11 最大周波数成分を脈拍に変換した結果(絶対値)

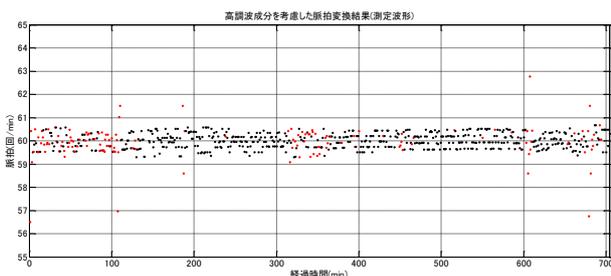


Fig.12 高調波成分を考慮した脈拍変換結果(計測結果)

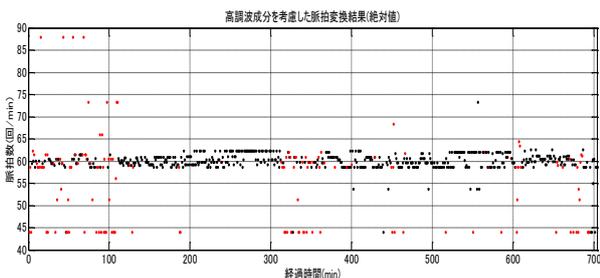


Fig.13 高調波成分を考慮した脈拍変換結果(絶対値)

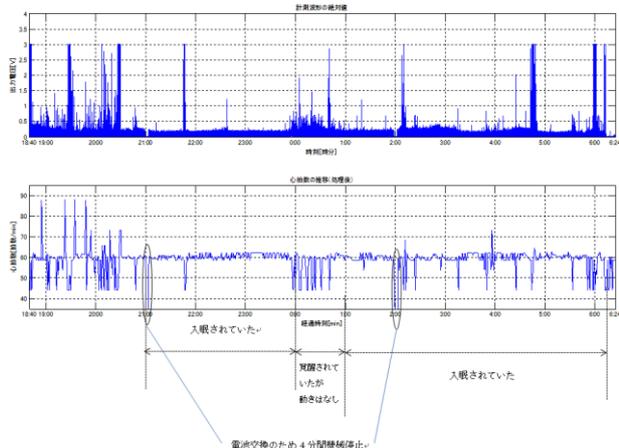


Fig.14 実際の目視状況との比較

Fig.8 は計測値をそのまま, Fig.9 は計測値の絶対値を示したものである. 今回の実験では, 無線通信を用いて離れた場所での計測を行なったが, 計測結果より, 解析を行う

上で十分にデータを取得できていた.

また, Fig.10, Fig.11 はそれぞれの波形の最大周波数を取得し,それを心拍数に置き換えたものである. そして, それぞれの周波数を心拍の高調波であると考え, 更に修正したものが Fig.12 Fig.13 である. この2つの結果より, そのままの波形から心拍数を推定したものは, 60拍/min 付近ですべてまとまっており心拍がとれていると考えられる. また, 絶対値をとったものはばらつきがあるが, ばらついている部分を確認してみると, 体動があった部分でばらつきが出ているため, これより, 体動があることの判別として使えると考えられる.

Fig.14 は実際の目視結果と波形を並べてのものである. 実際の結果と比較すると, 入眠している状態では心拍が安定しており, 体動が見られるときには, 心拍成分が乱れている.

4.2.6. 考察

今回の実験で, 脈拍が安定した状態で計測できたと考えられる. その為, 状態に関係なく脈拍を計測する場合にはそのままの計測値を用い, 体動などの状態を考慮する場合には絶対値をとったもので解析を行うことで, 体動があるかどうかの判断に用いることができると考える.

5. 今後の課題

無線環境での実験では, 1つのモジュールで実験を行なったが, 今後は複数のモジュール, より遠隔地での実験を行い, 同時に計測ができることを確認する. また, 解析方法にまだ不十分な点がある為, 解析方法の検討なども行いたい.

参考文献

- 1) T.SHINO “A Study of Noninvasive Bed Monitoring Method Using Piezoceramics”.2011
- 2) K. Watanabe, et al, “Ubiquitous health monitoring at home—Sensing of human biosignals on flooring, on tatami mat, in the bathtub, and in the lavatory,” IEEE Sensors J., vol. 9, no. 12, pp. 1847–1855, Dec. 2009.
- 3) K. Watanabe, et al, “Noninvasive measurement of heartbeat, respiration, snoring and body movement of a subject in bed via a pneumatic method,” IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 52, no. 12, pp. 2100–2107, Dec. 2005.