

寝具上における体動検出を目的とした静電気センサー

Static Electricity Sensor for Detection of Body Movements on Bed

佐々木 克己[†] 鈴木 郁[‡]
 Katsumi Sasaki Kaoru Suzuki

1. はじめに

睡眠中の体動検出や睡眠深度の推定には、多くのニーズがある。身体へのセンサー装置なしに睡眠深度の推定等が行えれば、その価値は大きい。また一方で、好まれないことの多いカメラを使うことなしに、存在確認を行うことができるので、高齢者施設にも適する可能性がある。

そこで、本研究では、睡眠中の体動検出や睡眠深度の推定の新たな手法を提案する。寝具上での体動発生時には寝具と人体、もしくは寝具同士の摩擦によって静電気が発生する。この静電気を検出するセンサーを作製し、センサー出力を解析することで体動検出等を行う。

2. 装置及び実験の概要

装置の基本構造は、ベッドに取り付ける電極、電気回路、A/D変換器、PC(計算機)で構成されている。図2のようにセンサー電極は2つ使用し、差動増幅回路を介して、A/D変換を行った後、計算機で処理を行うというものになっている。差動増幅回路は、2つの入力信号の差分を増幅する増幅回路である。電極の配置については、体動を寝返りの方向での回転を主に想定しているため、二つの電極で電位差が出やすい左右に配置した。センサー電極の構成とし、導通部には導電性のある布(左右合計面積 0.963m^2)を用いた。

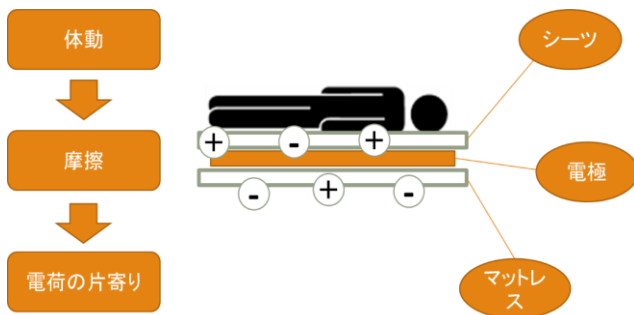


図1 装置の原理

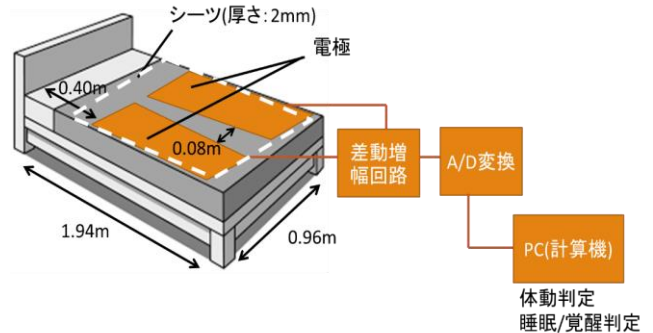


図2 装置の構造

回路の基本構造は、I-V変換回路、差動増幅回路で構成されている。入力電流は数nA(ナノアンペア)と非常に微小であり、ハムノイズへの対策が必須である。そのため、センサー電極2枚の2入力構成とし、I-V変換後に差動増幅を行うことで同相のハムノイズを減衰させる。ただしハムノイズによって、差動増幅以前に信号が飽和することを防ぐために、I-V変換を行うと同時にノッチフィルターによってハムノイズを減衰させている。差動増幅の後には、ハムノイズの減衰を目的に低域濾波してから電圧として出力する。この出力はA/Dを経由し計算機に記録される。回路全体のアースは金属製のベッドフレームに接続する。

3. 実験方法

実験は、静電気センサーを設置したベッドで被験者を入眠させ、被験者が起床しベッドから降りた時点で終了とした。アクチグラフ社製のGT-9x(以下アクチグラフ)の出力との比較に基づき、静電気センサーを用いた体動判定と睡眠/覚醒判定について検討した。アクチグラフとは、腕時計型加速度センサーによって、自動的に人間の活動/休止リズムサイクルを記録するものである。

[†] 法政大学大学院 理工学研究科 Hosei University Graduate School of Science and Engineering

[‡] 法政大学 理工学部 Hosei University Faculty of Science and Engineering

アクチグラフの計算処理方法を図4に示す。測定した3軸の加速度ベクトルを、フィルター処理の後、1分毎に過去1分間分を積算し、最終的に1分毎のベクトルのサイズ (Vector Magnitude) を出力している。

静電気センサーの計算処理を図5に示す。回路から出力された電圧をサンプリング周波数100Hzで計算機に記録し、数値化を行った。数値化された電圧にはオフセットが含まれているため、各電圧からオフセットを減算し、除去することが必要である。そこで、数値化された電圧の平均値を算出し、その平均値をオフセットとみなし、減算を行うことで、オフセット除去を行った。最終的に、1分毎に過去1分間の電圧値を積算し出力とした。ただし、平均値の減算は、事後にしか行うことができない。リアルタイムでの評価への応用を考えると、オフセット除去には、遮断周波数が低いHPFを用いるべきである。



図4 アクチグラフの計算処理方法

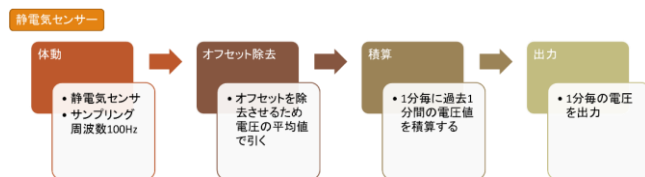


図5 静電気センサーの計算処理方法

4. 実験結果

実験により得られたある1時間分の静電気センサー出力、アクチグラフ出力を図6に示す。横軸を時間とし、縦軸を出力値とした。静電気センサーとアクチグラフの出力は、ほとんど同時刻に上昇していることが分かる。

体動判定方法として、静電気センサーとアクチグラフ出力の相関を求めた。1時間分の実験を2回行い、それぞれ相関係数が、0.897, 0.787 となり、正の相関がみられた。

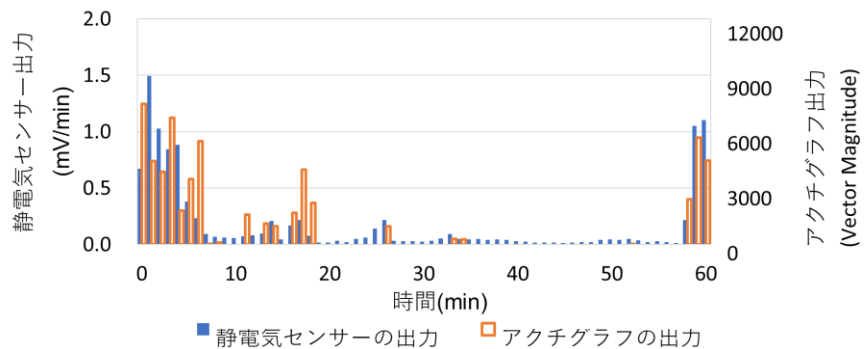


図6 時間と1分毎の積算値の関係

アクチグラフの睡眠/覚醒判定方法は、出力されたベクトルを用いて、アクチグラフ自身のアルゴリズムで行う。静電気センサーの睡眠/覚醒判定方法は、1分毎の積算値に対して、あらかじめ閾値を定め、閾値を超えるとその1分間は覚醒、閾値を下回るとその1分間は睡眠と判定する。閾値の判定方法は、無作為に選別した閾値を決定するための実験データにおいて、最もアクチグラフと静電気センサーの睡眠/覚醒判定が一致する閾値から、検証用の閾値を決定した。閾値決定で用いなかった実験データを検証に用いた。採用した閾値を検証用データに用いて睡眠/覚醒判定を行った結果、アクチグラフとの睡眠覚醒一致率は75%という結果が示された。

5. おわりに

問題点として、身体の動いた部位ごとで、静電気センサーへの影響が大きく異なってしまうことが判明した。また、それによる測定漏れや誤検出があることが明らかになった。そのため、睡眠覚醒判定法では出力の絶対値に依存しない手法が必要である。今後の研究は、スペクトログラムとAIによる画像認識を利用した判定を試みる予定である。

参考文献

- [1] 第4章 見守り支援機器 (介護施設) - 厚生労働省 (2017/2)
- [2] アクチグラフ社, "アクティビティ (活動量) 測定方法", アクチ・ジャパン株式会社
- [3] 白川修一郎: 生体リズムの長期モニタリング. BME, 7(2), 1-10, 1993.