

研究テーマ：睡眠時体動率の自動計測システムの開発

研究代表者（職氏名）：教授 川原田 淳

連絡先(E-mail)：kawarada@pu-hiroshima.ac.jp

共同研究者（職氏名）：

### 1. はじめに

睡眠は一日の生活単位において 1/4 ~ 1/3 の割合を占める重要な期間であるが、この就寝期間において質の高い安定した睡眠をとることが健康維持のために必要不可欠であることは言うまでもない。それにもかかわらず、現代社会は長時間労働や交代性勤務が常態化するとともに現代人の生活様式そのものが慢性的に睡眠を犠牲にする形態になりつつあり、これに起因する事故や人的災害も多く発生するようになってきた。

本研究は、健康管理およびヘルスプロモーションを目的として、就寝時の熟睡度（睡眠の質の高さ）を把握するため、睡眠中の心肺機能とともに身体の動きや寝返り等による体動を自動でかつ長時間計測する睡眠時体動率の自動計測システムの開発を目指す。

### 2. 睡眠時体動率の自動計測について

本法は、導電性を有する布状電極（布帛電極）をベッド等のシーツとして用い、自然な眠りの状態における心電図や呼吸曲線の計測を行うと同時に、安眠の程度を睡眠中の寝返りや身体の動き（体動率）から定量化することを試み、睡眠中における心肺機能や体動頻度との関連や循環・呼吸動態の変化が睡眠の深さや熟睡度に及ぼす程度を把握するものである。

### 3. 研究計画

ベッド心電計の試作：ベッド心電計は、導電性の繊維を用いて織った布帛による電極を利用して、就寝中の心肺機能を無意識モニタする装置である。布帛電極は金属銀を蒸着加工した繊維と絹糸からなり、これを図1に示すようにベッドまたは布団のシーツの上の枕（首部）と脚部に設置する。首部と脚部の布帛電極から得られた生体電位を高精度差動増幅器で増幅し、

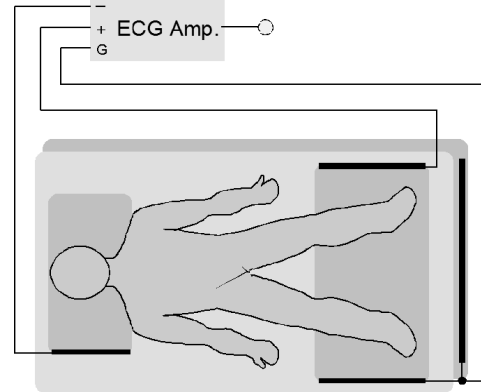


図1 ベッド心電計の概要

適宜フィルタにより雑音を抑制した出力から心電図を得る。また同様に胸部近傍（胸部と腰部）に布帛電極を設置することにより胸部と腰部の両電極間の電気容量から胸郭の動きを検出し、呼吸波形の測定を行うことも可能である。

ベッド心電計を用いた体動率の計測：図2はベッド心電計により測定した就寝時の記録結果から起床前の約3時間のデータを抜粋して示した一例である。同図上段の帯に見える部分は心電図を時間圧縮して示してあり、その部分を拡大し示したものが下段左側の心電図波形である。帯幅が少し広く見える部分は、心電図の基線に呼吸性動揺が重畳したもので、その拡大図を下段右側の波形として示した。また、上段の帯の何箇所かに生じているスパイク状の

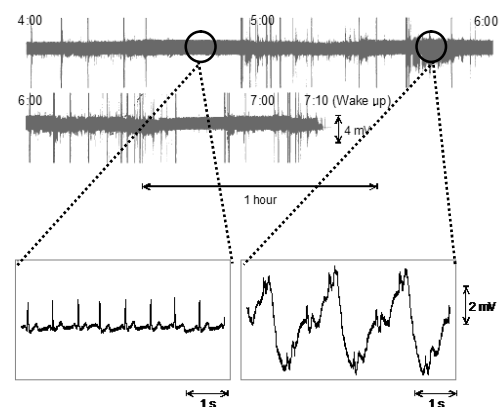


図2 記録波形の一例

ひげのように見える部分が体動等によって生じたアーチファクトである。これは皮膚の状態あるいは大きな身体の動きや寝返りを打つ等の体動時に身体が布帛電極から離れるため、皮膚と布帛電極間の接触インピーダンスが増加し、心電図や呼吸波形の基線に激しい動揺が生じるために発生する。同図に示すように、安静睡眠時には安定した第 誘導類似の心電図及び呼吸波形を測定することが可能であり、就寝時におけるバイタルサインの連続モニタとして本法は有効であるが、体動時にはアーチファクトが生じ、測定が困難になった。本研究では、従来は体動により生じる波形の基線動揺のために、心電図等の測定が困難であった部分に注目し、これを体動に起因した信号として抽出し、単位時間当たりの回数をカウントすることにより体動率の測定を行う。

布帛電極の形状と配置の最適化：体動率の測定に対して適した布帛電極の形状と配置等の条件について検討した。今後の計画として、同一のセンサにより多くの情報が得られることが望ましいので、心電図と体動率の同時測定が可能な電極の大きさ、形状、配置等の最適条件を探ることを検討している。

体動率自動計測システムの開発：睡眠中の計測は長時間に及ぶため、蓄積データも多大であり、適切な自動計測システムの開発が必要となる。このため、心拍・呼吸数や体動率等の算出を自動的に行うシステムの開発を今後の計画とする。また、一般住宅での利用も考慮して、可搬性に優れ、操作性が簡便となるように工夫するとともに、低廉化を目指す。

ビデオ撮影との同時測定：本法による体動率の検出精度を確認するためにビデオ撮影による同時記録を行うことを今後の計画とする。

身体加速度計を併用した体動率計測：身体活動量計測のために汎用される加速度計を本法の体動率検出における妥当性の評価手段として利用することを今後の計画とする。簡便な身

体加速度計測を用い、データ処理負荷が高いビデオ撮影に代わる本法評価のための比較手段として利用する。

#### 4．研究成果

上記の研究計画に照らし合わせてまとめると、項目 ~ についてはほぼ目標が達成され、布帛電極を利用して睡眠中の心電図や呼吸曲線の無意識モニタが可能であることを示し、更に心電図信号に生じたアーチファクトから体動率を測定できることを確認した。

また、項目 ~ については必ずしも当初の計画が達成できなかったが、本研究は平成 2 1 年度科学研究費補助金(基盤研究C)の研究課題「心肺機能・睡眠時体動頻度自動計測による熟睡度モニタの開発」(研究期間3年)として引き継がれることとなり、最終目標が実現される見込みも十分にある。

また、本事業の研究成果として、比較的就寝直後や起床直前に体動率が高くなる傾向があることや、日中の生活行動によって体動率の経時変化に差異が生じることを示す知見を得た。この他に、年齢や性別の差異等によっても影響を受けると予想され、更にこれらの点について理解を深めるとともに、体動が頻繁に生じるフェーズにおいてはFFT(高速フーリエ変換処理)によるスペクトル解析を行い、その周期性に対する検討等を行えば、睡眠様式のみか、メカニズムの解明にも結びつく可能性もあり、大きな学術的波及効果が期待できる。

#### 5．研究発表

- 1) 川原田淳：日常生活空間におけるストレスとその計測・在宅生体情報計測によるストレス評価の可能性について・バイオインダストリー, 25(6), 35-42, 2008
- 2) 川原田淳：日常生活空間における心身の計測と生活改善・在宅における生体情報計測技術と健康管理・「ヒューマンインタフェースのための計測と制御」, 山口昌樹(監), シーエムシー出版, 270-281, 2009