

アクティグラフによる就寝時の快適性評価

| | |
|--------|---|
| 著者名(日) | 道正 真由利, 石原 世里奈, 荒木 京, 芳住 邦雄 |
| 雑誌名 | 共立女子大学家政学部紀要 |
| 巻 | 60 |
| ページ | 21-30 |
| 発行年 | 2014-01 |
| URL | http://id.nii.ac.jp/1087/00002937/ |



アクティグラフによる就寝時の快適性評価

道正真由利・石原世里奈・荒木 京・芳住邦雄

Application of Actigraph to the Evaluation of Comfort in Sleeping

Mayuri DOSHO, Serina ISHIHARA, Miyako ARAKI and
Kunio YOSHIKUNI

The effect of softness and hardness of Japanese style mattress on comfort during their usage in sleeping was examined to obtain information on the development of good sleep establishment. The body movement was evaluated by actigraph which was installed on a wrist of a test panel. The device can detect the movement by the acceleration more than 0.01G (gravity acceleration). Test specimens of Japanese style mattress were selected from the standpoint of its softness/hardness. Two grades of Japanese style mattress were supplied for the test, which were packed with urethane form. A panel contributed for the experiments which were duplicated seven times on a same specimen by one panel. Total of 14 time experiments were conducted. The activity score was monitored to show panel's moving characteristics in the sleeping. As a result, the less and consistent body movement was observed in sleeping with a soft and thick Japanese style mattress. Moreover, power density spectrum was also computed. The usefulness of this analysis was discussed.

1. はじめに

快適な寝具の設計は、寝具業界におけるもっとも重要な課題の一つであると言える。そのために必要な要件として、熱移動特性と言える保温性、水分移動特性と言える吸水性、吸湿性、透湿性、さらには力学的特性と言える弾力性、ドレープ性などが挙げられる。さらにはそれらの特徴が充分継続しうるための耐久性も寝具にとって不可欠である。

そうした良好な寝具を吟味するためには、何らかの評価方法が必要である。保温力の測定、水分性能の測定、加重時の寝具の応力変化測定

など物性解明の検討が従来より重ねられてきている。

一方では、寝具の究極の目的は、良好な睡眠を提供することにある。したがって前述の物理的特性把握と共に寝ごちの良さを評価することが必要とされている。就寝中の心電図あるいは脳波測定による睡眠ポリグラフ測定が行われてきた。また、寝姿あるいは体圧分布の把握が重要な検討項目として位置付けられている。さらには、寝具使用感のアンケート調査に基づく官能調査・統計解析が有用な手法である。

寝ごちに関わる重要な研究として体動の測定がある。楠¹⁻³⁾あるいは嶋根ら⁴⁾の詳細な研

究成果が報告されている。これらの実験では、就寝時の寝返り回数を測定している。しかしながらこれらの方法は、良好な睡眠状態の把握方法として妥当な指標ではあるが、実験実施における容易さに欠ける憾みがある。

本研究は、就寝時の体動評価方法としてアクティグラフに着目している。これは、手首、足首あるいは体幹部に装着して人体の活動を把握する活動計のひとつである。このアクティグラフは小型軽量であり、被験者への負担が小さいという特徴を有している。寝返りの直接計測に比べて、大きな利点を有していると見込まれる。

この装置は、非利き腕手首に装着して、それへの負荷が $0.1g/rad/sec$ 。つまり、1 秒間当たり、角度 1 ラジアン当り、重力加速度の $1/10$ 以上であるときに電気信号を発するシステムとなっており、本体に電子記録される。そのセンサーは、カンティレバーで支えられたピエゾ・エレクトリック・アクセロメータの圧電素子で構成されている。

これまでにサーカデアリズムの周期性、振幅、ピーク時刻の性差や年齢差の検討、交代勤務あるいは時差生活に伴う睡眠位相の評価などに広く適用されてきている⁵⁻¹⁹⁾。

人を対象とする睡眠覚醒の測定における標準法とも言うべき睡眠ポリグラフとの対応は、実用上受容しうるレベルにあるとされている^{6-9, 20)}。しかしながら、REM および NON-REM の睡眠段階の判別には適用しえないものである。

本研究では、アクティグラフにより得られる体動信号を解析して、寝具の寝ごこちを評価すること目的としている。従来、アクティグラフによる研究では対象としてきた睡眠・覚醒の判

定に重点を置かれているが、本研究では睡眠と判定される経過時間における体動の特性を明らかにして、良好な寝具の評価に有用な情報を得ることに主眼を置いている。

2. 実験方法

2.1. 就寝実験

表 1 に、2 種類の試験用敷布団の構成状況を示した。詰め物は、ウレタンフォームである。従前に多用されたコットン等のワタ詰めとは異なっている。厚めの敷布団ではプロファイルと呼ばれる凹凸のある加工がなされたウレタンフォームが用いられている。一方、薄めの敷布団でのウレタンフォームは、平板の形状である。ウレタンフォームの手触り感は、厚めの敷布団では柔らかく、薄めの敷布団では硬めである。これらの特性は、第 1 の敷布団は厚手の柔らかめ、第 2 の敷布団は薄手の硬めと品質表示の柄名に記してあることと対応していた。こうしたウレタンフォームを、ポリエステル製ワタをキルティング加工した巻きワタで包み、敷布団が構成されている。中詰のウレタンフォーム以外は、共通した材料が用いられている。

(2) 被験者および実験測定期間

2 種類の試験用敷布団を使用し、56 歳の成人女性 1 人により実施した。体型は、痩身タイプである。実験測定期間は、2008 年 9 月 2 日～9 月 22 日である。この際の寝室では冷暖房装置は使用していない。また、温度および湿度の環境条件は測定していないが、測定期間内では大きな変動はなく、敷布団の評価は可能であると見込まれる。

表 1. 試験用敷布団の仕様

| サンプル番号 | 品質表示 (柄名) | 寸法, cm | | | 詰め物重量, kg | |
|--------|-----------|--------|-----|------|-----------|----|
| | | 横 | 縦 | 厚み | 巻きワタ | 中詰 |
| 敷布団 1 | 厚手の柔らかめ | 100 | 210 | 11.8 | 16 | 14 |
| 敷布団 2 | 薄手の硬め | 100 | 210 | 7.9 | 16 | 18 |

2種類の試験用敷布団を用いて各7回の繰り返し実験を行った。すなわち、合計で14日間の実験を実施した。その際に寝具の使用感に馴れが生じないように、2種類の試験用布団を1日ごとに替えて使用した。就寝の形態はフローリングの床の上に直接布団を敷く方法であった。寝衣および掛布団の規制は行っていないが、この実験期間では同一である。

(3) 身体活動の測定

就寝時の身体活動の測定には、A.M.I.社製マイクロミニ型アクティグラフを用いた。軽量腕時計型のセンサーで、全方向の微細な動きを検知することがこの装置の原理である。この装置の身体活動の検出感度は、0.01G (G:重力加速度)である。つまり1秒間に9.8m/sec以上の速度変化が装着した腕にあると、体動スコア1回と数える。

2.2. パワースペクトル解析

アクティグラフによって得られる信号は、非連続的な離散特性を有しているが、これを連続的な周波数成分を有する時系列データと見なすことにより、パワースペクトル解析を行った。解析によって得られるスペクトル密度は確率過程の周波数要素を抽出するものであり、対象となる時系列データの周期性を識別するのに有用である。

スペクトル密度の近似を求める方法としては、フーリエ変換あるいはウェルチ法が知られているが、本研究では市販アプリケーションソフトMemCalcを用いて最大エントロピー法により解析した²⁰⁾。

3. 実験結果および考察

3.1. アクティグラフの時系列データ

図1には、睡眠時と判定された期間におけるアクティグラフによるスコアの時系列変化を示した。アクティグラフでは0.1秒間隔で前述した圧電素子からの信号が閾値レベルであるかの有無を検出して60秒間ごとの積算数が表示されている。

従来の結果では、覚醒時のレベルは頻繁200程度まで達することが報告されているが、本研究では睡眠時での結果を対象としており1分間、つまりこの装置に付随されているソフトでは1epoch、でのスコアは、最大で30~40程度となっている。妥当な結果と言いうる。

なお、本研究ではColeらの睡眠・覚醒判定のアルゴリズムにより入眠時の開始および終了とみなし睡眠時のデータのみを検討対象として用いた。

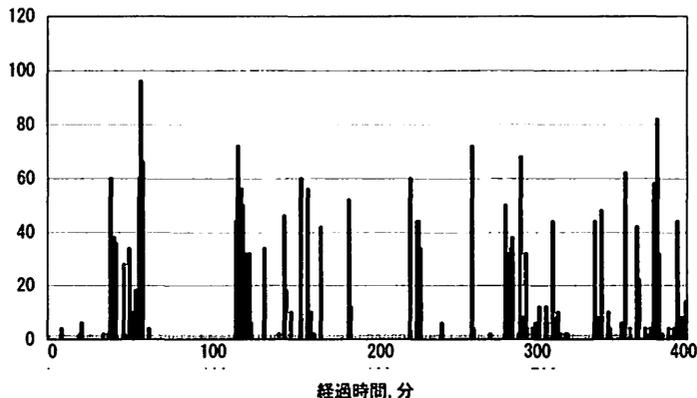


図1 アクティグラフによる時系列データ

3.2. アクティグラフによるデータの規格化

本研究は、寝ごちの良否をアクティグラフによる信号により検討するものである。その際に実用の敷布団における就寝条件から判断することに研究の特質がある。規制された実験室による限定的な就寝時間データではなく、日常の寝室環境における繰返し実験による就寝データに基づき解析しようとしている。生活者の日常の就寝であるから就寝時刻も起床時刻も日によって異なる。温度、湿度を一定に保持することなど到底不可能である。しかし、それが生活者の日常の就寝環境であり、就寝実態である。そうした条件でも、寝ごちの良い敷布団で得られる信号と、寝ごちの悪い敷布団で得られる信号とでは、総体として異なるはずであろうし、異ならなければ寝具実験データとしていかほどのかの意味があるのかというのが本研究が立脚する観点である。

本研究では、単一の被験者により、2種類の敷布団（薄め・堅めおよび厚め・柔らかめ）による繰返し実験を各7回、合計14回の就寝実験を行い、アクティグラフ・データを得た。就寝前後のアクティグラフ判定により覚醒状態ではなく睡眠状態にあるとの因子以外に共通する条件にはない。睡眠時間はすべて異なり、アクティグラフからの体動スコア数も実験回数ごとには、同じレベルにはない。

本研究では、まず、睡眠時間の規格化を考案した。各実験ごとの合計睡眠で睡眠経過時間を除して就寝経過時間比率を求めた。睡眠時間の長短を考慮しない共通の経過時間軸で検討を進める観点である。

さらに、体動に関わるスコア数についての同様の規格化を行った。すなわち、各実験ごとの合計体動スコアで就寝経過時間比率における累積体動スコアを除いてパーセント表示の体動数比率を得た。こうした睡眠時間および体動スコアを規格化してアクティグラフ・データを検討した先行研究は報告されていない。しかし、前述したとおり、実用の使用条件での寝具の寝ご

ちを比較するための手法としては、有用と考えられる。その観点から以下の検討を進めた。

3.3. 柔らかく・厚い敷布団における就寝特性

図2は、同一被験者による柔らかく・厚い敷布団における就寝特性である。これまで述べてきたとおり就寝時間および体動数は規格化されており、横軸はパーセント表示の就寝経過時間、縦軸は同様の体動数比率である。図中に実際の睡眠時間はTotal epoch(分)、体動スコア総数は、Total score(count)として表示されている。

ここで見られる特徴は、就寝経過時間につれて体動スコアはほぼ一様に増加していることである。柔らかく・厚い敷布団を使用したときの状態を表すものがこの一様な特性と言える。当然ながら、アクティグラフを介して被験者の発する信号は、刻々とことなり、同一のパターンとはなりえていない。しかしながら、図中に示されている回帰式に見られるようにその傾きは 1.10 ± 0.15 と比較的狭いレンジに収まっていることが認められる。また、決定係数 r^2 は、0.962-0.983と受容しうるレベルの値となっている。

以上の結果には、アクティグラフによって得られる体動スコアの特徴のひとつが現れていると見られる。すなわち、柔らかく・厚い敷布団を使用した場合には、体動スコアの時間変化は睡眠期間全体としては、ほぼ一定の割合となると言いうる。

3.4. 堅く・薄い敷布団における就寝特性

図3は、図2と同一の被験者による堅く・薄い敷布団における就寝特性である。図2と同様にデータは規格化して示されている。

この敷布団による結果の大きな特徴は、体動スコアの変動が就寝期間で一様とはみなせないことである。就寝時の前半と後半（必ずしも就寝時間の半ばとは言えないが）の経過時間の途中から時間に対する体動スコアは上昇していると考えうる。これは、図2に示した柔らかく・厚い敷布団での結果とは大きく異なる。柔らかく・厚い敷布団では就寝時にはほぼ一様に体動が発

アクティグラフによる就寝時の快適性評価

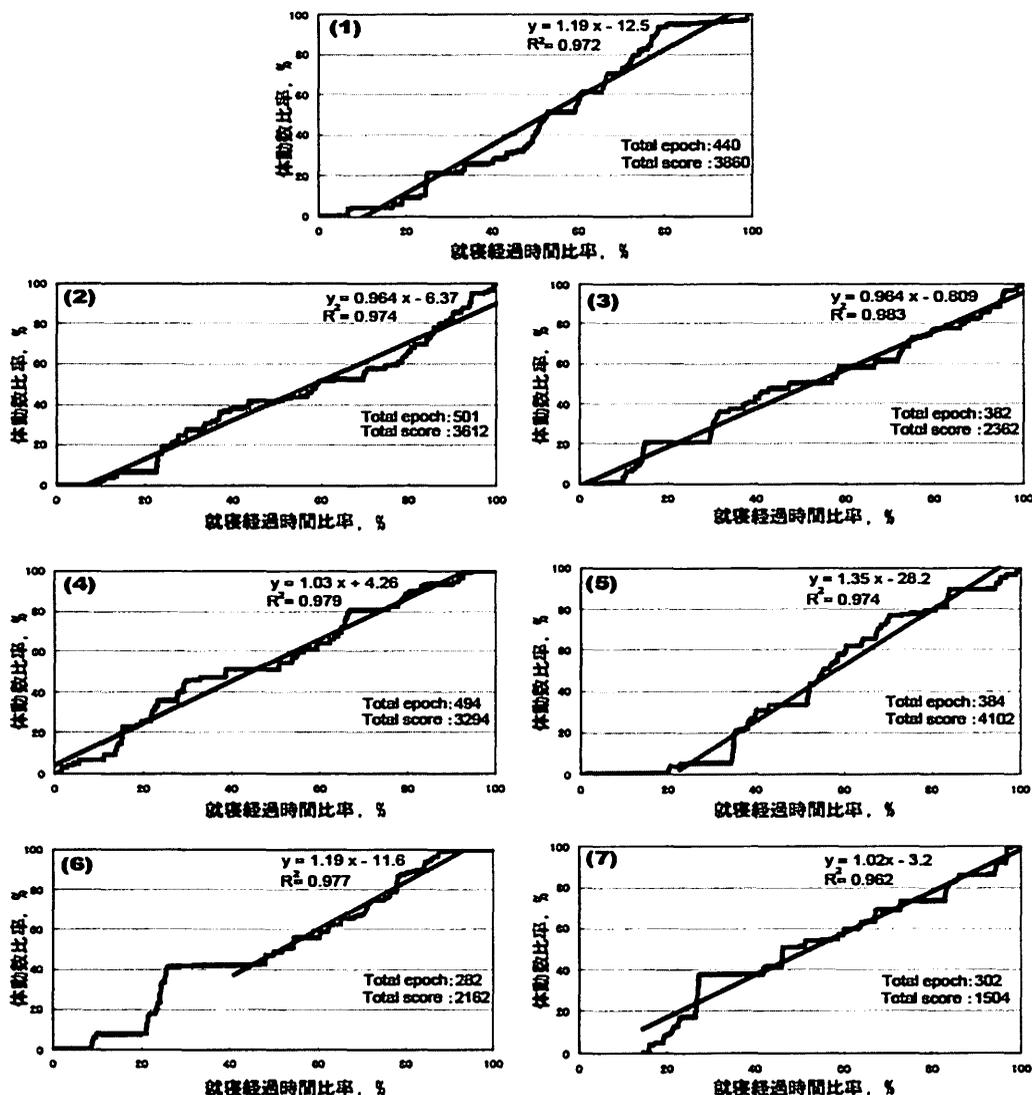


図2 柔らかく・厚い敷布団使用時におけるアクティグラフによる体動数比率の就寝経過時間比率に対する変動特性

生したが、堅く・薄い敷布団では、おおよそ後半部分では、体動が増加する傾向にあると言える。しかし、体動が多いからと言って覚醒状態にあるわけではない。Coreらの判別式で睡眠状態にあると判定されたデータ区間のみを本研究では検討対象としているからである。

図3と図2の比較から言いうることは、就

寝時間のおおよそ前半では、堅く・薄い敷布団でも柔らかく・厚い敷布団においても比較的体動スコアの少ない状態が続くことが認められる。これら期間では良好な就寝状態が達成されていると言える。しかし、堅く・薄い敷布団ではおおよそ後半部になると体動スコアは明らかに上昇傾向に転じることが認められる。この意味

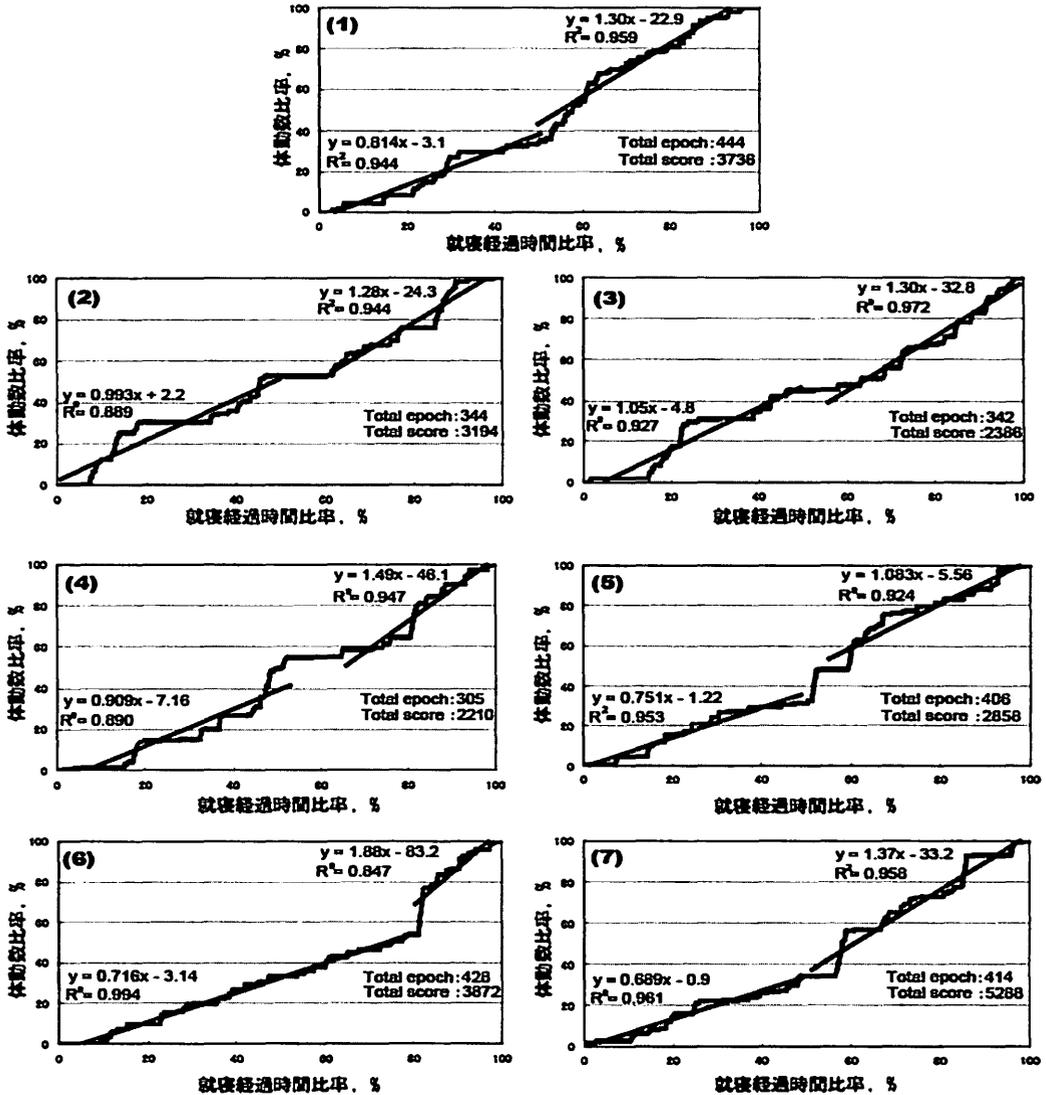


図 3 堅く・薄い敷布団使用時におけるアクティグラフによる体動数比率の就寝経過時間比率に対する変動特性

することは、被験者の初期の熟眠感が薄れると敷布団の使用感が影響を与えて体動が活発になったと言えることである。すなわち、堅く・薄い敷布団では寝ごちが相対的には悪いことがアクティグラフのデータから結論される。

表 2 は上述の関連を数的に整理したものである。図 2 および図 3 に示した回帰式の傾

きを数値として示してある。それぞれ条件における傾きの平均値が標準偏差と共にまとめられている。さらに統計的有意性について検討したのが表 3 である。堅く・薄い敷布団における就寝時間の前半および後半における傾きの平均値について有意差を t 検定したところ 0.1% 水準で差のあることが認められた。

アクティグラフによる就寝時の快適性評価

表 2. 就寝経過時間に対する体動数比率の変動割合への敷布団構成による影響

| | 柔らかく・厚い敷布団 | 堅く・薄い敷布団 | |
|------|------------|-----------|-----------|
| | 全経過時間 | 経過時間およそ前半 | 経過時間およそ後半 |
| | 1.19 | 0.814 | 1.30 |
| | 0.964 | 0.993 | 1.28 |
| | 0.964 | 1.05 | 1.30 |
| | 1.03 | 0.909 | 1.49 |
| | 1.35 | 0.751 | 1.08 |
| | 1.19 | 0.716 | 1.88 |
| | 1.02 | 0.689 | 1.37 |
| 平均 | 1.10 | 0.846 | 1.39 |
| 標準偏差 | 0.145 | 0.141 | 0.250 |

表 3. 堅く・薄い敷布団における体動数比率回帰式傾きの経過時間による平均値の有意差検定

| | 経過時間およそ前半 | 経過時間およそ後半 |
|---------------|-----------|-----------|
| データ数 | 7 | 7 |
| 平均 | 0.846 | 1.39 |
| 分散 | 0.0198 | 0.0625 |
| t 値 | | 4.98 |
| t 値境界値 (0.1%) | | 3.25 |

3.5. パワースペクトル解析

アクティグラフのデータは基本的には、0.1 秒間おきに設定閾値に基づく 01 時系列データである。これを 60 秒間ごとにパンチングした時系列データが、デジタルデータとしてアクティグラフ・ユーザーに与えられるのがこのシステムの特徴である。

ところで、あらゆる生体データはその素過程までにたどれば 01 時系列に行き着く。例えば脳波も元をたどれば各シナプスにおける励起の有無、すなわち 01 データに他ならない。アクティグラフのデータは、本質的に不等間隔に発せられる離散データの時系列である。

本研究ではこうした特性を有するアクティグラフ・データに対して市販アプリケーションソフト Memcalc を適用してパワースペクトル解析を行った。図 4 は、それらの解析例である。図 4 (1) では、周波数 0.01193 (1/分) に、

図 4 (2) では周波数 0.01274 (1/分) にピーク値が認められた。こうした結果それぞれパワースペクトル分布において 83.8 分間ごとおよび 78.5 分間ごとに体動シグナルが観測されることを示している。従来、人体は約 90 分間ごとに REM-NONREM の睡眠段階を繰返すと言われている。これらのピークは、こうした特性に対応する可能性がある。本研究では必ずしも系統的にこうした特性が明瞭に示されたわけではない。しかし、こうした解析の重要性を本研究で提ことの示した意義は少なくないと考える。

4. 総括

本研究では、アクティグラフにより得られる体動信号を解析して、寝具の寝ごちを評価した。本研究の目指すところは、睡眠と判定される経過時間における体動の特性を明らかにし

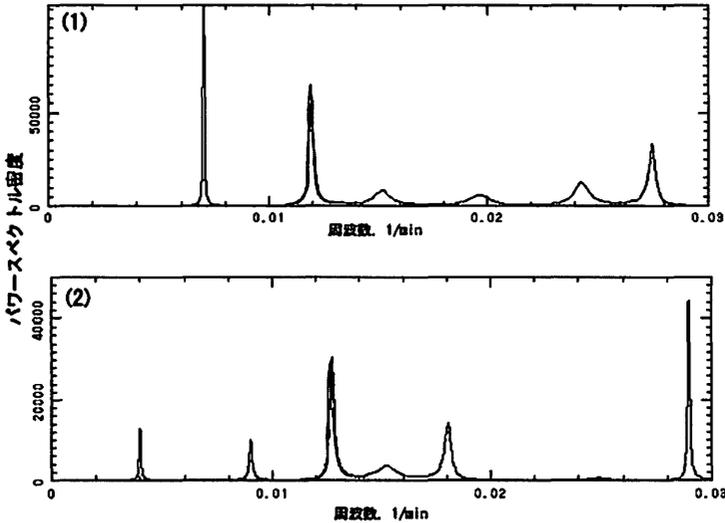


図 4 アクティグラフ信号のワースペクトル解析
 (1) 図 2 の(6)に対応 (2) 図 2 の (3) に対応

て、良好な寝具の評価に有用な情報を集積することである。

そのために 2 種類の試験用敷布団を用いた。厚めの敷布団ではプロファイル加工がなされたウレタンフォームを薄めの敷布団では、平板の形状のものを用いた。その手触り感は、前者は柔らかく、後者では硬めであった。これらをポリエステル製ワタをキルティング加工した巻きワタで包み、敷布団が構成されている。

被験者は 1 名である。同一の敷布団について 7 回の繰り返し実験を行った。合計 14 回の就寝実験を実施した。

そうした条件に基づき以下の解析が実施された。

1) アクティグラフによるデータの規格化して検討が進められた。日常の寝室環境における繰り返し実験による就寝データに基づき解析したので睡眠時間はすべて異なり、アクティグラフからの体動スコア数も実験回数ごとには、同じレベルにはなかった。こうした特性に対応するために、睡眠時間および体動に関わるスコア数の規格化を考案し解析した。

2) 柔らかく・厚い敷布団を使用した場合には、体動スコアの時間変化は睡眠期間全体としては、ほぼ一定の割合となることが判明した。

3) 強く・薄い敷布団を使用した場合には、体動スコアの変動が就寝期間で一様とはみなせないことが判明した。すなわち、就寝時の前半と後半の経過時間の途中から時間に対する体動スコアは上昇することが明らかとなった。

4) 強く・薄い敷布団のほうが寝ごこちが良いと言えた。本研究の手法により寝ごこちの評価が可能であると結論さる。

5) アクティグラフによる離散データに対して市販アプリケーションソフトを用いてワースペクトル解析が試みられ、その有用性について論じられた。

参考文献

- 1) 楠 幹江 :Body movements during sleep as an indicator of comfort, 日本衛生学雑誌, 39, 886-893, 1985.
- 2) 楠 幹江 :体動を指標とした寝具良否の判定について, 広島大学医学雑誌, 33, 845-

- 849, 1985.
- 3) 楠 幹江寝具の堅さ・柔らかさに関する研究 - 体動面からのアプローチ, 広島大学医学雑誌, 33, 851-855, 1985.
 - 4) 嶋根歌子, 藤原和歌子暑熱環境下の睡眠に関する研究 - ビデオ記録による寝姿勢の観察, 和洋女子大学紀要. 家政系編, 40, 217-227, 2000.
 - 5) 新小田春美, 朴盈満, 松本一弥: 手首アクティグラフから見た人の動作と睡眠・覚醒判定に関する基礎的検討, 労働科学, 74, 225-265, 1998.
 - 6) Sadeh, A., Alster, J. Urbach, P.Lavie D. :Actigraphically based automatic bedtime sleep-wake scoring:Validity and clinical applications, Journal of Ambulatory Monitoring, 2, 209-216, 1989.
 - 7) Webster, JB, Daniel F., Messin, S., Daniel Mullaney, J., Wyborney, G. :An Activity-Based Sleep Monitor System for Ambulatory Use, Sleep, 5, 389-399, 1982.
 - 8) Mullaney, J., Messin, S. :Wrist-Actigraphic Estimation of Sleep Time, Sleep, 3, 83-92, 1980.
 - 9) Bauldoff GS, Ryan-Wenger NA, Diaz PT:Wrist Actigraphy Validation of Exercise Movement in COPD.West J Nurs Res, 29(7), 789-802, 2007.
 - 10) Harris J,Lack L,Wright H,Gradisar M,Brooks A.:Intensive Sleep Retraining treatment for chronic primary insomnia: a preliminary investigation,J Sleep Res, 16 (3) , 276-284, 2007.
 - 11) Pedlar CR,Lane AM, Lloyd JC,Dawson J,Emegbo S, Whyte GP,Stanley N.:Sleep profiles and mood states during an expedition to the South Pole,Wilderness and Environmental Medicine, 18 (2) , 127-132, 2007.
 - 12) Lee KA, Beyene Y, Paparrigopoulos TJ, Dikeos DG, Soldatos CR.:Circadian rhythms and sleep patterns in urban Greek couples. Biological Research for Nursing, 9 (1) , 42-48, 2007.
 - 13) Carvalho-Bos SS, Riemersma-van der Lek RF, Waterhouse J, Reilly T, Van Someren EJ.: Strong association of the rest-activity rhythm with well-being in demented elderly women. Am J Geriatr Psychiatry, 15 (2) , 92-100, 2007.
 - 14) Todder D, Caliskan S, Baune BT.:Night locomotors activity and quality of sleep in quetiapine-treated patients with depression. J Cline Psychopharmacology, 26(6), 638-642, 2006.
 - 15) Grandner MA, Kripke DF, Langer RD.:Light exposure is related to social and emotional functioning and to quality of life in older women. Psychiatry Res, 143 (1) , 35-42, 2006.
 - 16) Hoekert M, der Lek RF, Swaab DF, Kaufer D, Van Someren EJ. Comparison between informant-observed and actigraphic assessments of sleep-wake rhythm disturbances in demented residents of homes for the elderly.Am J Geriatr Psychiatry, 14 (2) , 104-111, 2006.
 - 17) Pallesen S, Nordhus IH, Skelton SH, Bjorvatn B, Skjerve A.:Bright light treatment has limited effect in subjects over 55 years with mild early morning awakening.Percept Mot Skills, 101 (3) , 759-770, 2005.
 - 18) Blackwell T, Ancoli-Israel S, Gehrman PR, Schneider JL, Pedula KL.:Actigraphy scoring reliability in the study of osteoporotic fractures.Sleep, 28(12), 1599-1605, 2005.
 - 19) Liu L, Marler MR, Parker BA, Jones V,

Johnson S, Cohen-Zion M, Fiorentino L, Sadler GR, Ancoli-Israel S.: The relationship between fatigue and light exposure during chemotherapy, Support Care Cancer, 13(12), 1010-1017, 2005.

20) 大友詔雄, 田中幸雄: 最大エントロピー法による時系列解析の最近の進歩-医学・生物学への適用-時系列解析研究会誌, 北海道大学図書刊行会刊, 1994.