

快眠のための睡眠判定と睡眠モニタシステム

Evaluation of Sleep Quality and Sleep Monitoring System for Better Sleep

亀山 研一 鈴木 琢治 行谷 まち子

■ KAMEYAMA Kenichi ■ SUZUKI Takuji ■ NAMEGAYA Machiko

近年、ストレスや不適切な生活習慣、就業体系などのために睡眠に不満を持つ人が多いが、睡眠状況は千差万別であり、万人に共通する快眠術はない。より良い睡眠を取るには、毎日の睡眠状況を知り、それに合わせて睡眠のとり方や寝室環境を工夫する必要がある。

東芝が開発した睡眠モニタシステムは、単に睡眠状況のトレンドを分析するだけでなく、寝つき時間や睡眠リズム、眠りの深さなど睡眠指標を算出することによって、快眠のヒントを提供する。

Many people have been complaining about poor sleep in recent years, which may be attributable to such causes as mental stress, irregular lifestyles, or late shift work. Differences in people's sleeping styles mean that there is no common solution for everyone to enjoy good sleep at nights. In order to achieve better sleep, a person must understand their own sleep characteristics, improve their sleeping style, and create an agreeable bedroom environment.

Toshiba has developed a new sleep monitoring system that not only analyzes sleep trends, but also provides hints on how to obtain a good night's sleep in consideration of several sleep-related indexes such as sleeping time, sleep rhythms, and depth of sleep.

1 まえがき

厚生労働省の調査によれば、国民の5人にひとりが睡眠に何らかの不满を抱えており、かつその数は年々増加している。一方、良質の睡眠は心身をリフレッシュし、体の免疫力を高めるなどの効果もあるため、健康増進の観点からも快眠に対するニーズが高まっている。調査会社の(株)ヒューマンリネッサンス研究所によれば、「良い睡眠を心がける」は、「健康に関して日常生活で気を付けること」のうちの2位になっている。したがって、快眠の潜在市場は1~2兆円の規模に達するとも言われている。

ところで、快眠を得るにはどうすればよいのだろうか。厚生労働省が発表した「健康づくりのための睡眠指針~快適な

睡眠のための7箇条~」⁽¹⁾を表1に示す。

この中で快適な睡眠を取るには、生活習慣の見直しや自分なりのリラックス法を見いだすことの重要性が指摘されている。すなわち、万人に共通する快眠法はなく、各自が自分の睡眠状況を知ったうえで自分に適した方法を取るのが望ましい^{(2),(3)}。そのためには、毎日の睡眠状況を的確にとらえて記録できるような手軽な計測器と、快眠のために必要な情報を提示するシステムが必要である。

ここでは、東芝が独自に開発した睡眠モニタとそのシステムについて述べる。

2 睡眠モニタ

睡眠は一般に、大脳や身体の休息と定義できる。したがって、睡眠の客観的状況を正確に知る方法としては、睡眠時の脳波を中心に、筋電や眼電などを同時に計測して解析する睡眠ポリグラフ法が一般的となっている。しかし、この方法は、機器の操作やデータ判読に専門的知識が必要であり、自宅で手軽に睡眠を計測する目的には使えない。

そこで当社は、睡眠の深さや種類(レム睡眠とノンレム睡眠)と自律神経の活性状況との間に一定の相関があるという知見⁽⁴⁾を用いて、脈波^(注1)から睡眠状況を推定する手法を開

表1. 快適な睡眠のための7箇条

Seven items for better sleep from government guidelines for sleep

No.	内容
1	快適な睡眠でいきいき健康生活
2	睡眠は人それぞれ、日中元気はつらつが快適な睡眠のパロメーター
3	快適な睡眠は、自ら創(つく)り出す
4	眠る前に自分なりのリラックス法、眠ろうとする意気込みか頭をさえさせる
5	目が覚めたら日光を取り入れて、体内時計をスイッチオン
6	午後の眠けをやりすごす
7	睡眠障害は、専門家に相談

出典：厚生労働省「健康づくりのための睡眠指針検討会報告書」⁽¹⁾

(注1) 血液が心臓から押し出される際に、血管内の圧力変化が末しょう方向に伝わっていくときの波形。

発した^{(5),(6)}。自律神経の活性状況は本来、大脳活動とは別物であるため、この手法で推定した睡眠状況は、前述の睡眠ポリグラフ法で求めた睡眠判定の結果と完全に一致することはない。しかし、一般人の夜間の睡眠に限れば、睡眠の周期性などの特徴を利用することで判定結果を近づけることができる。また、小型の脈波センサは取扱いが容易であり、自宅でも外出先でも手軽に計測できる。特に腕時計型とすることで、ユーザーに負担をかけることなく長時間の連続計測が可能となる。

これまでも同様の簡易睡眠推定法が提案されているが、基本的には心拍間隔や呼吸周期をセンサでとらえ、自律神経の活性指標を求めるものである。センサには、心拍や呼吸に伴う体の動きを計測するマット型圧力センサ⁽⁷⁾と、心電を計測する心電センサがある。また、自律神経の活性指標を求める方法でも、後述する周波数解析による方法以外に、心拍数のばらつきから睡眠状態を推定する方法もある⁽⁸⁾。

以下に、開発した睡眠モニタと睡眠解析方法について述べる。

2.1 睡眠モニタの仕様

センサモジュールの外観を図1に、その仕様を表2に示す。脈波は、反射式の光電式センサを用いて、皮膚近くにある毛細血管の動脈流を指の手のひら側で計測する。また、モジュール本体には3軸の加速度センサが内蔵され、手の動き

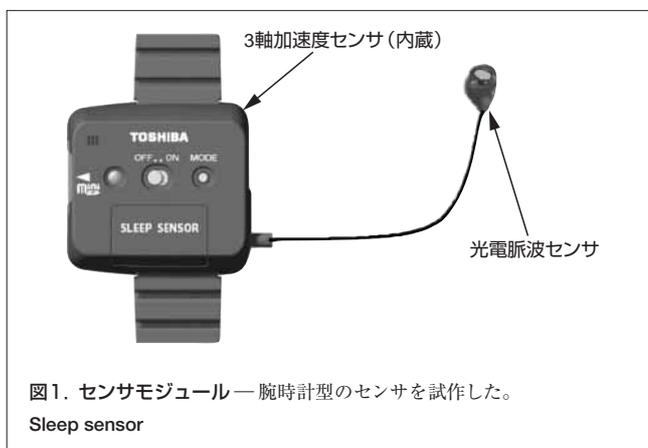


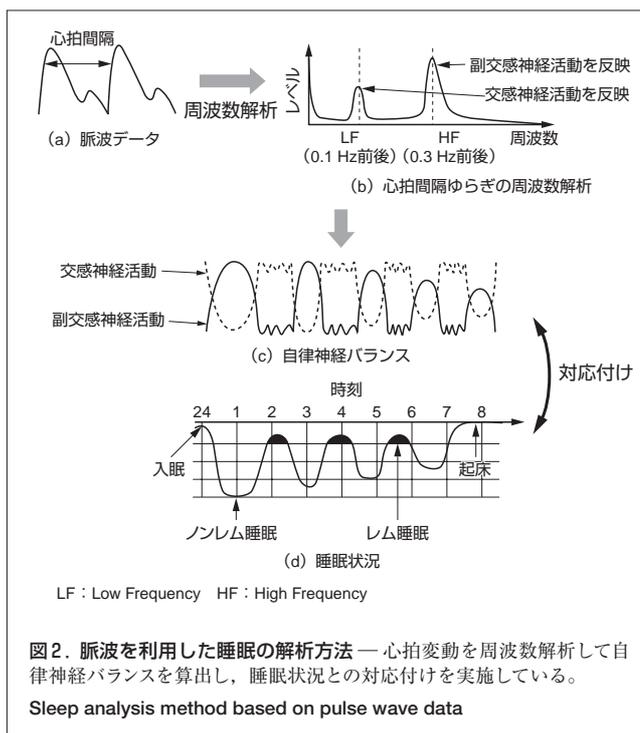
表2. センサモジュールの仕様
Specifications of sleep sensor

項目	仕様
動作電圧	3.3 V
搭載センサ	光電脈波センサ 3軸加速度センサ
外部インタフェース機能	miniSDカードスロット
連続動作時間	50 h
サイズ(本体)	46 × 50 × 13 mm
質量(本体)	68 g

を計測する。微妙な手の動きは、覚醒(かくせい)と就寝の判定に使用する⁽⁹⁾のと同時に、脈波に混入する体動の影響を除去するのにも用いている。計測データはminiSDカードに記録される。データのサンプリング周期は20 Hzほどで、収集可能な時間は約50時間である。

2.2 睡眠解析方法

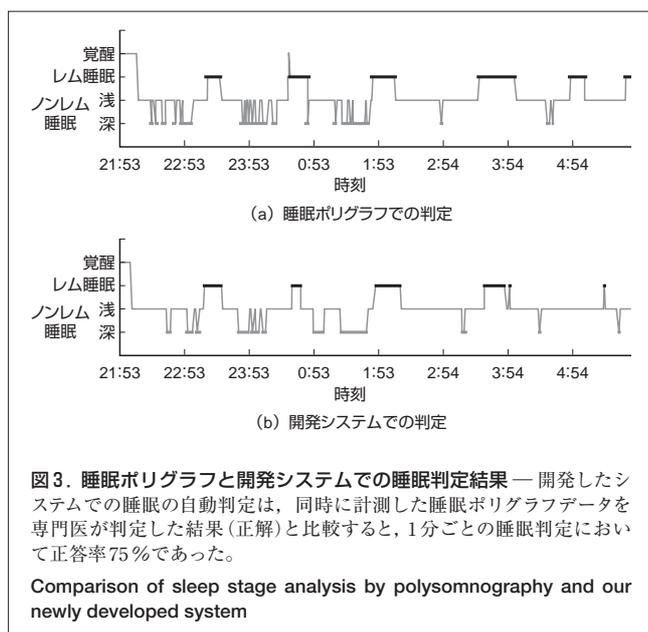
自律神経の活性状況は、脈拍間隔の揺らぎ成分から算出する。そのために、図2に示すように、まず計測した脈波データから脈拍の間隔を取得し、その揺らぎを周波数解析することで、交感神経及び副交感神経の活性度を反映する周波数成分(0.1 Hz前後及び0.3 Hz前後)のレベルを求めればよい。この方法の場合、体動により脈波データが乱れると算出結果に大きく影響する。そこで、一定の大きさ以上の体動があった場合の脈波データは不良とみなし、周波数解析は行わないことにした。大きな体動が連続する場合は覚醒と考えられるので、この方法でも睡眠の解析精度には影響しない。単発的な体動に関しては、脈波は緩やかに変動すると仮定して、その影響を除去している。



一方、自律神経の活性状況は、前述のように睡眠段階と関係がある。一般的には、副交感神経成分が優位であるときはノンレム睡眠で、交感神経成分が優位あるいは脈波が乱れるときはレム睡眠であることが多い。しかし、自律神経の活性状況には個人差や個人内でのばらつきがあるため、固定のしきい値で睡眠段階を区切る方法では睡眠の解析精度が安定しない。

そこで、自律神経の活性状況が、レム睡眠とノンレム睡眠の約90分の周期に合わせて変動する機会が多いことに注目した。すなわち、この1周期を十分含む範囲にある自律神経の活性指標データ内には、レム睡眠状態あるいはノンレム睡眠状態が必ず含まれるはずである。統計的手法により、それぞれの睡眠状況に対応した自律神経の活性指標を用いることで、前述の個人差や個人内での精度のばらつきを抑えられるようになった。

20歳代から70歳代までの男女約80名の健康者(本人申告による)を対象に、延べ100夜以上でこの方法を適用し、その結果を睡眠ポリグラフ法により同時に計測した睡眠判定の結果と比較した。結果の一例を図3に示す。一般的に睡眠段階はレム睡眠、ノンレム睡眠4段階、及び覚醒の六つの状態に分けるが、ここでは、浅いノンレム睡眠の睡眠段階1と2を合わせ、また深いノンレム睡眠の睡眠段階3と4を合わせてノンレム睡眠を2段階とした。1分ごとの睡眠判定の結果を比較すると、正答率は約75%であり、脳波の自動判定精度と比較しても遜色ないものとなった。また、深いノンレム睡眠だけで精度を比較した場合でも、正当率は72%であった。



3 睡眠モニタシステム

睡眠の計測・解析による快眠サポートは、睡眠に対する不満点を指標化し、これをユーザーにフィードバックすることで実現する。ユーザーは自分の睡眠のどこに課題があるかを明確に知ることで、快眠のためのヒントを得ることが可能になる。

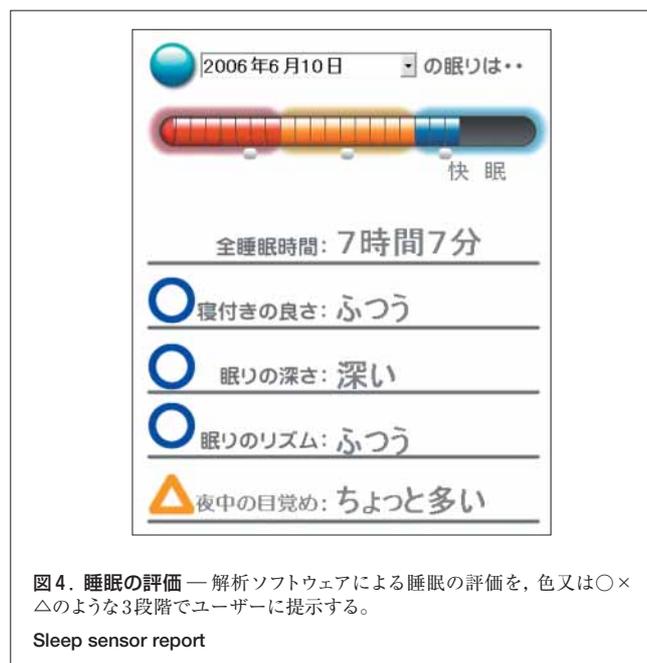
快眠ニーズには、例えば、次のようなものがある。

- (1) 寝つきを良くしたい
- (2) ぐっすり眠りたい
- (3) 効率良く眠りたい
- (4) すっきり目覚めたい

また、日中に強い眠けに襲われないようにすることも重要である。計測によって把握可能な項目でこのニーズに関連するのは、寝つきの良さ、眠りの深さ、夜中の目覚め、及び眠りのリズム性である。そこで、寝つきの良さは、就寝してから実際に寝入るまでの時間、眠りの深さは深睡眠と推定された時間の合計、夜中の目覚めは覚醒時間の合計を指標とする。また、目覚め感に関連する眠りのリズム性は、レム睡眠とノンレム睡眠の入替り周期の規則性を指標とする。ただしユーザーへは、指標を数値データとしてではなく、良しあしの目安を色又は○×△のような3段階の評価で表現して提示する(図4)。評価は、本人あるいは標準的な人の平均との比較で決定する。また、一晚の睡眠全体の良しあしの目安として、総合の評価結果も表示する。

これらの結果から、例えば、寝つきに時間がかかる場合が多ければ、就寝前にリラックスできる雰囲気を作ったり、夜中に覚醒する場合は多ければ、寝室の温・湿度環境や寝具を工夫したりするなどの対策が考えられる。

日中の強い眠けには様々な原因があるが、健康な人の場合は睡眠が不十分であったり、時差ぼけのように体内時計が生活時間と合わなかったりするケースが多い。したがって、睡眠時間とともに眠りの深さが十分であったか、また、全睡眠の前半に深睡眠が集中し、睡眠と体内時計が合っているかを客観的に見られれば、自分の状況を把握できる。この目的には、一晚の睡眠状況の変化図が適している(図5)。



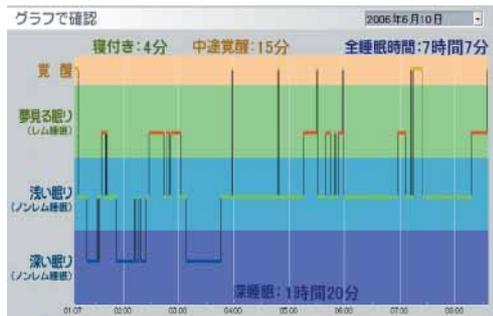


図5. 一晩の睡眠状況の変化—寝つき、覚醒、及び睡眠深さの経時変化がグラフ形式で確認できる。

Overnight sleep conditions

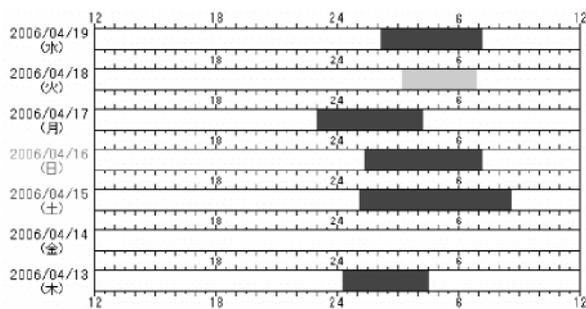


図6. 日々の睡眠の比較—7日分の就寝・起床時間と睡眠時間がグラフ形式で比較できる。

Report on weekly sleeping trend

また、快眠を続けるためには、休日か平日かを問わず起床時刻を一定にするのが望ましいとされている。そこでこのシステムでは、日々の就寝・起床時間を一覧できるようにした(図6)。

4 あとがき

日常の睡眠を手軽に評価できるシステムを開発した。例えば、睡眠の過不足や睡眠のリズム、夢見の多さなどの状況を起床直後に知ることができるため、ユーザーはその結果を見て、日中の眠けを予測したり行動パターンを変えたりすることが可能になる(図7)。

また、将来的には、睡眠状況を実時間で解析し、レム睡眠や深いノンレム睡眠などの状況に合わせて、寝室内のエアコンや加湿器、照明などの家電機器を的確に制御することも可能になる。

文献

- (1) 厚生労働省. “健康づくりのための睡眠指針検討会報告書”. 厚生労働省ホームページ. <<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2003/03/s0331-3.html>>, (参照2006-07-11).

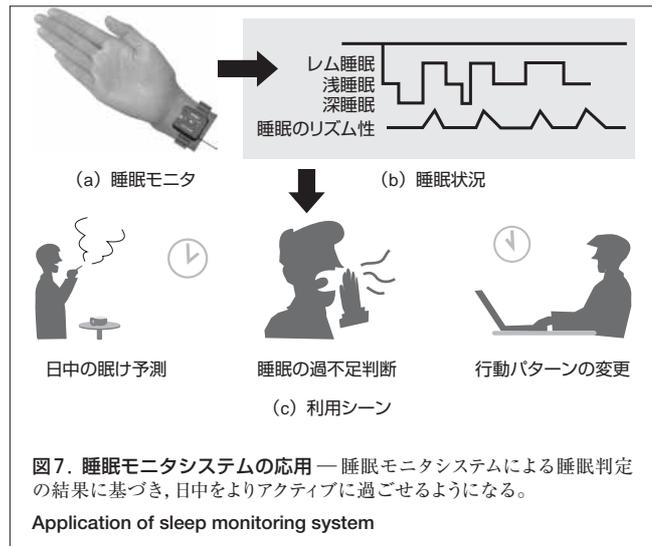


図7. 睡眠モニタシステムの応用—睡眠モニタシステムによる睡眠判定の結果に基づき、日中をよりアクティブに過ごせるようになる。

Application of sleep monitoring system

- (2) 井上昌次郎. ぐっすり眠ってスッキリ起きる「快眠」最強の知恵. すばる舎, 2005, 207p.
- (3) 白川修一郎, ほか. 最強の睡眠法. 小学館, 2005, 253p.
- (4) Baharav A, et al. Fluctuations in autonomic nervous activity during sleep displayed by power spectrum analysis of heart rate variability. *Neurology*. **45**, 6, 1995, p.1183-1187.
- (5) 鈴木琢治, ほか. “心拍変動を用いたウェアラブル睡眠センサの開発”. 第二回 生体医工学シンポジウム予稿集. 札幌, 2004-09, 日本エム・イー学会. p.339.
- (6) 森屋彰久, ほか. “自律神経解析によるREM睡眠検出とその応用”. 第19回 生体・生理工学シンポジウム論文集. 大阪, 2004-11, 計測自動制御学会システム・情報部門. p.207-208.
- (7) 毎日コミュニケーションズ. “快眠環境を部屋ごと提供—松下電工が「快眠システム」の受注を開始”. MYCOMジャーナル. <<http://journal.mycom.co.jp/news/2006/02/27/007.html>>, (参照2006-07-11).
- (8) 道盛章弘, ほか. 心拍変動解析による睡眠モニタリングシステム. 松下電工技報. **82**, 2003, p.29-33.
- (9) Sadeh A, et al. Actigraphically based automatic bedtime sleep—wake scoring: validity and clinical applications. *JAmb Monitoring*. **2**, 3, 1989, p.209-216.



亀山 研一 KAMEYAMA Kenichi

研究開発センター ヒューマンセントリックラボラトリー主任研究員。生体計測、睡眠モニタの研究・開発に従事。ヒューマンインタフェース学会、映像情報メディア学会、情報処理学会会員。Toshiba Consumer Marketing Corp.



鈴木 琢治 SUZUKI Takuji

研究開発センター ヒューマンセントリックラボラトリー研究主務。生体計測、睡眠モニタの研究・開発に従事。日本生体医工学学会、日本睡眠学会、ヒューマンインタフェース学会会員。Human-Centric Lab.



行谷 まち子 NAMEGAYA Machiko

東芝コンシューママーケティング(株)商品開発センター主務。睡眠モニタの開発に従事。Toshiba Consumer Marketing Corp.