

## 家庭で手軽に測れる 腕時計型睡眠センサ

### 眠りをチェックして 快適な睡眠を実現

自宅や出張先でも手軽に睡眠状態がチェックできる腕時計型の睡眠センサを開発しました。

ストレス社会の影響により5人に1人が睡眠に悩みを抱えていると言われています。しかし、現状は入院検査が必要で、気軽にチェックすることが困難でした。

このセンサは指先につけた脈波センサと手首の加速度センサにより、体動に対しても安定して自律神経活動を計測し、睡眠状態の変化を推定可能としました。このセンサと家電機器との連携で、快適な睡眠環境が実現できると考えられます。

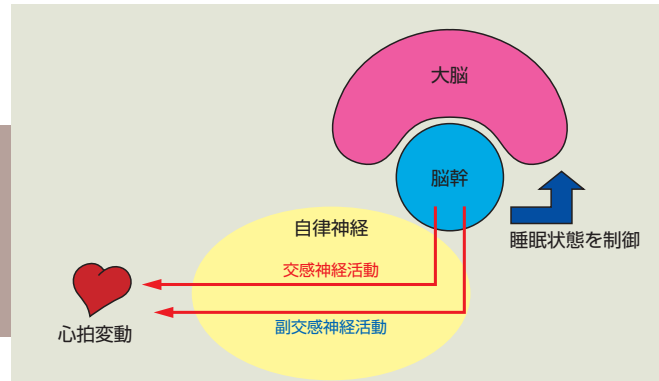


図1. 睡眠時の脳神経活動 — 睡眠時には、脳幹が脳の活動を制御し睡眠状態を変化させるとともに、自律神経活動も制御しています。

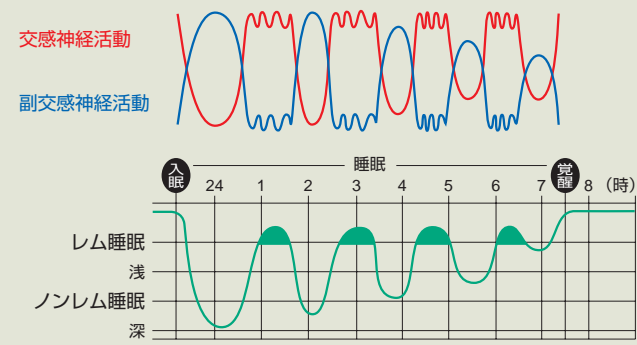


図2. 睡眠時の自律神経活動と睡眠状態の対応関係 — 睡眠の深さやレム、ノンレム睡眠といった質の違いに対応して自律神経活動も変動します。

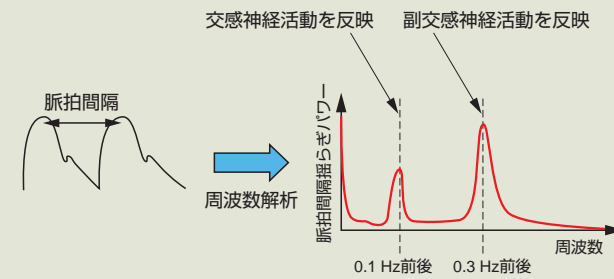


図3. 脈波からの自律神経指標の算出 — 脈波の間隔の揺らぎ成分を周波数解析した0.1 Hz前後、及び0.3 Hz前後のパワーがそれぞれ交感神経、副交感神経の活性度を反映します。



図4. 腕時計型睡眠センサ — 腕時計本体に3軸加速度センサを内蔵し、指先のセンサヘッドに光電脈波センサを内蔵します。

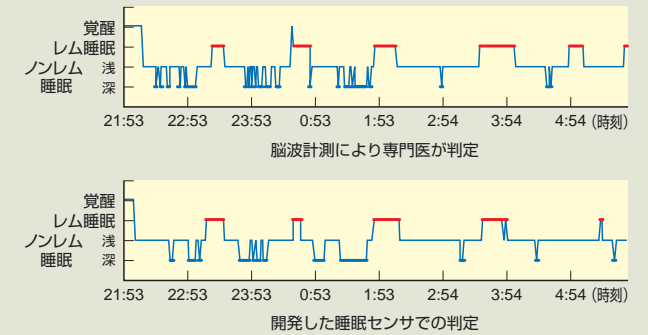


図5. 睡眠状態判定結果の一例 — 脳波などを基に専門医が判定した結果と睡眠センサにて判定した結果の一致度は70%以上に達しています。

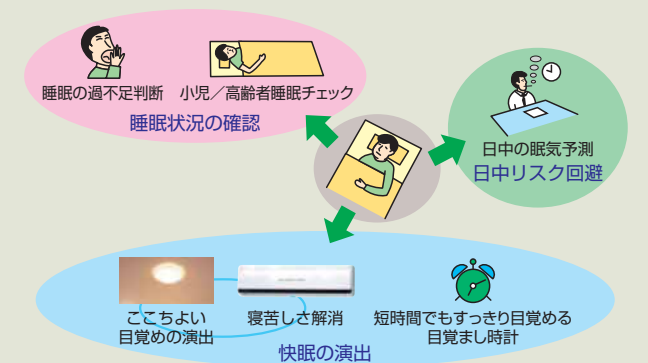


図6. 睡眠センサのアプリケーション例 — 睡眠状態のセルフチェックや日中眠気予測だけでなく、家電機器との連携による快眠演出なども考えられます。

### 自律神経活動を用いた 睡眠計測の原理

従来の病院での睡眠検査では、睡眠ポリグラフと呼ばれる装置を使用し、多数の電極を頭部に装着して脳波、眼球運動など、睡眠状態の変化を直接反映する指標を計測します。慣れのために2泊3日の入院も必要となります。このように検査に大きな負担がかかるため手軽な計測装置が求められています。

睡眠とは脳と体の休息が目的と言われる、記憶を整理されると言われるレム睡眠、脳の休息状態と言われるノンレム睡眠といった状態をおよそ90分のリズムで繰り返しながら変化しています。そのため従来は、脳活動を直接計測する手法がとられていました。一方、睡眠状態と自律神経の活性状況に関連があ

ることが知られています。睡眠状態の変化は脳幹と呼ばれる部位が制御しており、脳幹はまた自律神経も制御しています(図1)。例えば、ノンレム睡眠で特に深い眠りのときには副交感神経が優位になります(図2上の青線)。また、レム睡眠の時には“自律神経の嵐”と言われるように大きく乱れます(図2上の赤線)。これにより、自律神経変化の状態を測ることで間接的に睡眠の状態をとらえることができます(図2下の緑線)。

自律神経の活性状況は、脈拍間隔の揺らぎ成分から計測することができます。図3のように脈拍の間隔を計測し、その揺らぎ成分を周波数解析し得られたパワースペクトルの0.1 Hz前後、及び0.3 Hz前後のピークそれぞれが交感神経、副交感神経の活性度に対応します。以上により、心拍を計測するだけ

で手軽に自律神経活動を把握できます。

### 体動に対して安定な睡眠センサ

今回開発した腕時計型の携帯型センサは、指先に装着する光電脈波センサと3軸加速度センサを内蔵する本体により構成されます(図4)。従来の自律神経解析では、心電図から得られる心拍変動を用いる場合が一般的です。しかし、複数の電極を使用するため日常での使用を考えた場合、装着が非常に煩わしくなります。光電脈波は、LED(発光ダイオード)光源と皮膚からの反射光計測のための光電センサを一体化したヘッドを装着するだけなので簡便です。ただし、脈波は心電図に比べ寝返りなど体動の影響を受けやすいため、その影響を除去する必要があります。このセンサでは、内蔵する加速度セン

サを用いて脈波計測と同時に体動を測定し、体動発生時の脈拍データを削除し前後のデータを用いて補間処理を行うことで、その影響を除去し安定的な自律神経解析を可能としました。

### 睡眠時の自律神経状態の変動 特性を考慮した睡眠状況判定

昭和大学医学部精神医学教室、及び(財)労働科学研究所の協力のもとに、睡眠時におけるこのセンサと脳波との同時計測実験を100例以上行いました。その結果、睡眠中の自律神経状態は睡眠状態の変化に対応する変化に、一日の周期の変化(サーカディアンリズム)が重畳していることがわかりました。この結果を基に、サーカディアンリズムの影響を低減して睡眠状況の判定精度を向上するアルゴリズムを

構築しました。この結果、図5のように、脳波を用いた睡眠計測と比較してもほぼ同等なレベルで睡眠状況判定が実現しました。被験者10人での専門医の判定結果の一致度は平均74.3%を達成しました。

### 睡眠センサの利用形態

このセンサは、日常生活にて手軽に睡眠状況を計測できるので、これを利用して図6のような様々なアプリケーションが考えられます。

例えば、睡眠の過不足、睡眠のリズム、夢見の多さなどの状況がわかるため、ユーザーは睡眠状態のセルフチェックとしてその結果を見て行動を変えたり、日中の眠気を予測したりできます。また、睡眠のリズムに合わせて目覚まし時計を駆動することで快適な目覚め

を実現することも考えられます。

更に、このセンサは無線モジュールとしてBluetooth™を内蔵しており、睡眠状況などのデータをパソコンやホームサーバにリアルタイムに無線伝送することができます。これにより将来的には睡眠の状況に合わせて、例えばエアコンや照明などの家電機器を制御することで、図6のように快適な睡眠環境を作ることができると考えられます。

今後は、睡眠センサを利用して、ユーザーが機器を制御するのではなく、機器がユーザーに合わせてくれるような“気の利いた”情報家電ネットワーク機器を実現したいと考えています。

鈴木 琢治

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