

令和8年2月5日

分野：医療データサイエンス、デジタルヘルス、睡眠医療 キーワード：睡眠、眼電図 (EOG)、ウェアラブル、AI、デジタルヘルス

単一センサーで高精度な睡眠段階推定を実現  
眼電図 (EOG) を用いたウェアラブル睡眠モニタリング技術を開発  
— 日常生活環境での連続的な睡眠評価に道 —

星薬科大学の児玉耕太教授らの研究グループは、奈良先端科学技術大学院大学、名古屋市立大学、深圳先進技術研究院（中国科学院）などとの共同研究により単一チャンネルの眼電図 (EOG) 信号のみを用いて、睡眠段階を高精度かつ安定的に推定する新たなアルゴリズムを開発しました。

睡眠の質は、心身の健康や生活習慣病の予防と深く関係しています。現在、睡眠評価の標準手法である睡眠ポリソムノグラフィ (PSG) は、脳波や心電図など複数のセンサーを必要とし、日常生活での継続的な利用は困難です。

本研究では、ウェアラブル機器に容易に組み込める眼電図 (EOG) に着目し、最小限のセンサー構成で信頼性の高い睡眠段階推定を可能とする AI アルゴリズムを提案しました。

公開睡眠データベースを用いた検証の結果、従来の EOG ベース手法と比較して、睡眠段階推定の精度と安定性が向上することを確認しました。

本研究成果は、IEEE の国際学術誌『IEEE Transactions on Consumer Electronics』に掲載されました。

【研究成果のポイント】

- 脳波 (EEG) を用いず、**眼電図 (EOG) 1 チャンネルのみ**で睡眠段階 (覚醒、浅睡眠、深睡眠、レム睡眠) を推定する手法を開発しました。
- 周波数特性の「形状変化」に着目した**新しい信号表現**と、情報ボトルネック理論に基づく AI 手法を組み合わせることで、**ノイズや個人差に強い睡眠解析**を実現しました。
- 特に推定が難しいとされる**浅い睡眠 (N1) や深睡眠 (N3)、レム睡眠 (REM) において従来法を上回る性能**を示しました。
- 計算量と消費電力を抑えた設計により、**スマートウォッチや家庭用デバイスへの実装が可能**であることを示しました。

## 【概要】

星薬科大学薬学部医療データサイエンス研究室の児玉耕太教授と奈良先端科学技術大学院大学、名古屋市立大学、深圳先進技術研究院（中国科学院）などとの共同研究により単一チャンネルの眼電図（EOG）信号のみを用いて、睡眠段階を高精度かつ安定的に推定する新たなアルゴリズムを開発しました。

睡眠の質は、心身の健康や生活習慣病の予防と深く関係しています。現在、睡眠評価の標準手法である睡眠ポリソムノグラフィ（PSG）は、脳波や心電図など複数のセンサーを必要とし、日常生活での継続的な利用は困難です。

本研究では、ウェアラブル機器に容易に組み込める眼電図（EOG）に着目し、最小限のセンサー構成で信頼性の高い睡眠段階推定を可能とするAIアルゴリズムを提案しました。

公開睡眠データベースを用いた検証の結果、従来のEOGベース手法と比較して、睡眠段階推定の精度と安定性が向上することを確認しました。

本研究成果は、IEEEの国際学術誌『IEEE Transactions on Consumer Electronics』に掲載されました。

---

## 【研究の背景】

スマートウォッチや指輪型デバイスなど、消費者向けウェアラブル機器による睡眠計測は急速に普及していますが、これらは主に体動や心拍に基づく簡易的な評価にとどまっており、医療的に重要な睡眠段階の詳細な推定には限界があります。

眼電図は、レム睡眠を特徴づける眼球運動を直接捉えられる一方、ノイズや個人差の影響を受けやすいという課題がありました。本研究では、こうしたEOG信号の特性を踏まえ、生理学的に意味のある情報を抽出できる解析手法の開発に取り組みました。

## 【本研究の成果】

本研究では、EOG信号の周波数特性を微分的に捉えることで、信号の振幅そのものではなく「変化の形」に着目した特徴抽出を行いました。これにより、装着位置のずれや個人差、ノイズの影響を受けにくい睡眠段階推定が可能となりました。

さらに、情報ボトルネック理論に基づく学習手法を導入することで、睡眠段階ごとの特徴を適切に分離し、推定結果の信頼性を高めることに成功しました。

## 【今後の展望および波及効果】

本研究成果は、家庭環境での連続的な睡眠モニタリングや、睡眠障害の早期発見、個別化ヘルスケアへの応用が期待されます。

今後は、実デバイスへの実装や長期的な実証研究を通じて、デジタルヘルス分野における社会実装を進めていく予定です。

---

## 【論文タイトル】

Minimal-Sensor Sleep Monitoring for Consumer Devices via Robust EOG Encoding and Adaptive Calibration

堅牢な EOG エンコーディングと適応型キャリブレーションによる消費者向けデバイス向け  
最小センサー睡眠モニタリング

【著者】

Ming Huang, Bin Huang, Osuke Iwata, Kiyoko Yokoyama, Kota Kodama

Ming Huang, Bin Huang, 岩田 欧介, 横山清子, 児玉耕太 (星薬科大学)

【掲載誌】

学術誌『**IEEE Transactions on Consumer Electronics**』

URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/11370929>

doi : 10.1109/TCE.2026.3660871

【用語説明】

注1) モバイルヘルス

ヘルスケアをサポートするために利用されるモバイルアプリケーションの総称。健康増進に用いられるものから治療に用いられるものまであり、家庭用のものから医療機器として規制されるものまでである。歩数、体動、心拍数、心電図、体温、呼吸などの生理的データを取得するウェアラブルデバイスと、データ処理・蓄積または転送デバイスを構成要素に持つ。後者についてはスマートフォンを利用するものもある。

**【問い合わせ先】**

〈研究に関すること〉

星薬科大学薬学部・医療データサイエンス研究室

教授 児玉 耕太 (KODAMA Kota)

E-mail : kodama.kota@hoshi.ac.jp

〈報道に関すること〉

星薬科大学イノベーションセンター

部長 吉田秀保

〒142-8501 東京都品川区荏原 2-4-41

E-mail : h-yoshida[at]hoshi.ac.jp