

## 高機能計算機と機械学習を用いた睡眠支援システムの開発

### Development of sleep-support systems using machine-learning techniques and a high-performance computer

堀江 和正

計算科学研究センター 計算情報学研究部門 データ基盤分野

#### 1. 研究目的

睡眠は日々を健康的に過ごすための重要な要素の一つである。しかしながら、社会の複雑化、多様化に伴い、睡眠にかかわる障害、トラブル、不安などが増加している。これらの現状を踏まえ、本研究プロジェクトでは、下記の3点を中心に、深層学習を中心とする睡眠支援に関する技術開発を目的としている。

- 1) 家庭用睡眠計向け睡眠ステージ自動判定手法のさらなる改善
- 2) 睡眠イベント（覚醒反応・無呼吸）の検出手法の開発
- 3) 生体信号の標準化手法の開発

#### 2. 研究成果の内容

- 1) 家庭用睡眠計向け睡眠ステージ自動判定手法のさらなる改善

被験者の年齢や病状（睡眠時無呼吸症候群など）に影響を受けない睡眠ステージ判定手法を開発すべく、若年健康・高齢健康・睡眠時無呼吸症候群の各グループに特化した小判定モデルを組み合わせる手法の開発を行った。また、単純に属性合わせて使い分けを行うだけでなく、各小モデルの判定結果を基に、学習サンプルの再グルーピングを行うことで全体の精度を向上できることを確認した。

また、睡眠時無呼吸症候群の別の対策として、被験者・患者が無呼吸になっているときは、それに特化したモデルに切り替える機構を開発・検討した。

- 2) 睡眠イベント（覚醒反応・無呼吸）の検出手法の開発

U-net をベースに、睡眠ステージ判定と覚醒反応の検出を同時に行うモデルを開発した。ステージと覚醒反応は互いに関連があり、これを同時に推定することで両者の判定精度向上を目指したが、まだ臨床可能なレベルに達していない。

- 3) 生体信号の標準化手法の開発

オートエンコーダをベースとした生体信号の標準化（ノイズや個人差による波形差の除去）モデルの開発・検討を行った。本手法は、生の睡眠時脳波を各波形に対応する複数の潜在表現時系列ベクトルに変換、復元の際に「睡眠ステージ判定に不必要なベクトル」を0に置き換えることで標準化を行っている。生体信号の場合ノイズや個人差の影響そのも

のを計測するのは困難であるため、事前知識が豊富で計測がたやすい特徴波（ステージ判定の根拠となる生体信号波形のこと）を基準とすることで様々なノイズに対応しようとしている。

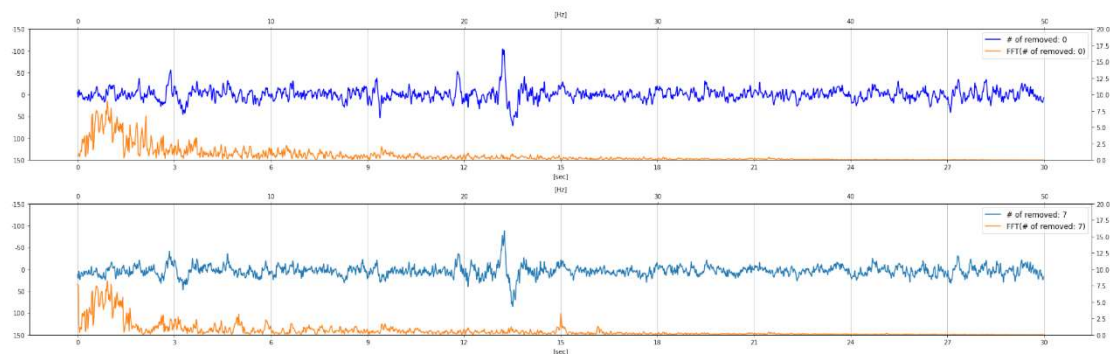


図. オートエンコーダベースモデルを用いたノイズ除去の例（上）ノイズ除去前の信号とその周波数成分，（下）ノイズ除去後の信号とその周波数成分

図は被験者がステージ N2（ノンレム睡眠の一種）の時の脳波の例である。N2 の判定根拠はいくつかあるが、この例では中央に見える K 複合波（特徴波の一種、大きな陰性鋭波とそれに付随する陽性成分からなる）からステージ N2 であることが分かる。この例を見ると、K 複合波の形状を大きく損ねることなく、周辺の「判定に不必要な波形」の振幅が抑えられていることが分かる。

### 3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

学際共同利用プログラムから提供いただいたバジェットを利用し、1)～3)における複数の深層学習モデルの学習を実行した。特に1)の小モデルアンサンブル手法の開発において、小モデル学習の並列数を増やすことができ、研究全体の効率化につながった。

### 4. 今後の展望

2022 年度の研究により、睡眠自動診断・支援システムに関する認識精度・有用性向上を達成したものの、論文化するための十分な検討がなされていない。2023 年度は開発した深層学習モデルを多様なデータセット・条件で適用し、その有効範囲を検討する予定である。

また現在、睡眠の基礎研究において、リアルタイムな睡眠ステージ自動判定の需要が高まっている。1)にて開発した睡眠ステージ判定システムを基に、これらシステムの開発を進める予定である。

### 5. 成果発表

(1) 学術論文 1 本採択, 1 本投稿中

(2) 学会発表 3本

(3) その他

使用計算機	使用計算機に ○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	3,780	
Wisteria/BDEC-01			
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			