

深層ニューラルネットを用いたヒト睡眠脳波における特徴波抽出

Feature Wave Extraction in Sleep EEG using Deep Neural Networks

堀江和正

計算科学研究センター

1. 研究目的

健康的な生活を送るうえで、睡眠は重要な要素の一つである。しかしながら、特に先進国では、多くの人々が睡眠に関する問題（慢性的な睡眠不足や睡眠障害など）を抱えており、健康や経済の面において悪影響があることが指摘されている。

これらの問題を解決するためには、「自身の睡眠状態を把握すること」が第一歩と考えられる。一般にヒトの睡眠は5つのステージ（状態、レム睡眠など）から構成されている。その割合や変遷を調べることでその人の睡眠の質を把握できるが、その検査（睡眠ステージ判定）には多くの時間と労力を必要としていた。

この問題を解決すべく、患者・被験者の生体信号（脳波・眼電位等）から睡眠ステージを判定する深層学習モデルが提案されている。しかし、従来のモデルでは、判定に至った「理由」を十分に提示することができず、臨床の現場で使用する医師・技師の信頼獲得には至らなかった。

そこで本研究では、高精度な睡眠ステージ判定と判定理由の提示機構を有する深層学習モデルの開発を目的とする。本判定理由提示においては、判定の根拠となった生体信号を示すとともに、それがどの睡眠特徴波（各睡眠ステージに固有の生体信号波形）であるかまで示すものを目指す。

2. 研究成果の内容

20年度の研究を通じ、新しい睡眠ステージ自動判定手法 Sleep-CAM の開発に至った。本モデルでは畳み込みニューラルネットと Class Activation Mapping（判定理由の提示機構）と呼ばれる2種類の深層学習技術を導入することで、高精度な判定と根拠提示を達成している。

簡易脳波計で生体信号を計測したケースでは、技師の判定との一致度 83.2%、K係数 0.77 を達成しており、技師間判定一致率 82.0%を上回った。臨床の現場においても問題のない判定精度を達成したと考えている。

一方、当初目標とした睡眠特徴波の判定はあまり良い成果が得られていない。特に覚醒反応と呼ばれる特徴波の検出が非常に困難であった。これは、睡眠が浅い方向に遷移する際に発生する脳波の周波数変調のことで、その瞬間の脳波形だけでなく、一連の睡眠状態まで考慮する必要がある。より長時間の生体信号の傾向まで加味した判断のできるモデルを開発する必要があることが分かってきた。

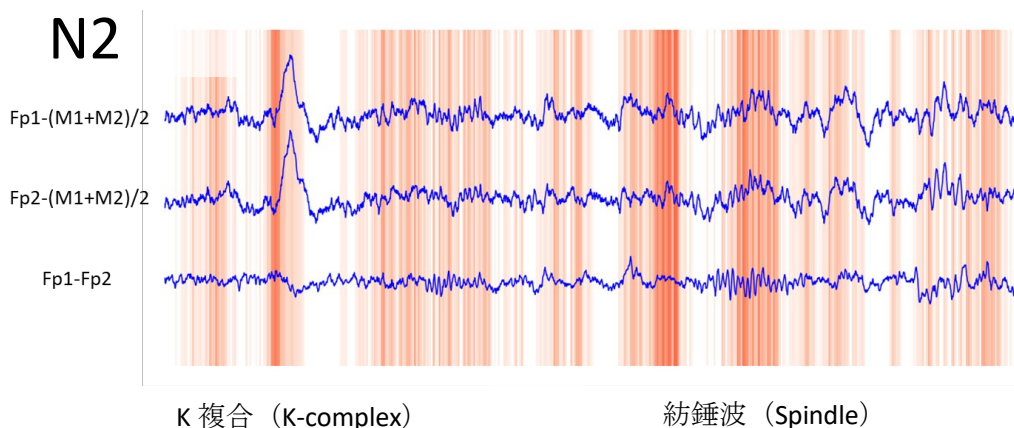


図 判定理由の提示例。青線は各生体信号を表す。背景色のオレンジが濃い領域ほど、判定に際して貢献が大きかった（判定の根拠たる）部分を示している。例では、K 複合波と紡錘波がみられることから、ステージ N2 であると思われるが、Sleep-CAM も同じ波形がある部分を判定に多く利用していることが見て取れる。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

本研究では、Cygnus を深層学習モデルの訓練等に使用した。畳み込みニューラルネットに代表される深層学習モデルは、訓練に多くのメモリと計算力を必要とする。Cygnus の計算能力が非常に有効に機能した。

4. 今後の展望

今後の方向性としては、上記の「覚醒反応」の検出に力を入れていく予定である。覚醒反応は睡眠特徴波の中でも特に臨床において重要な波形であり、いくつかの睡眠障害を診断する指標の一つとなっている。脳波の周波数成分に着目し、覚醒反応を上手に検出できるような深層学習のモデル構造を検討する予定である。

また、ここで得られた構造に関する知見は、ステージ判定においても有効である可能性が高い。さらなる精度改善を目指したいと思う。

5. 成果発表

(1) 学術論文

睡眠ステージ判定に関する論文 2 本を執筆中。21 年度中の公開を目指す。

(2) 学会発表

なし

(3) その他

なし

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	○	4800	
Oakforest-PACS			
※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。			