

## 深層ニューラルネットによるヒト睡眠ステージ自動判定手法の開発

### Development of Automated Sleep Stage Scoring Method using Deep Neural Networks

堀江和正

筑波大学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、睡眠をきちんととることが重要である。しかし、生活習慣上満足な睡眠をとることができない人や、睡眠障害を抱えた人も多く、社会的な問題となっている。

RAND Corporationの調査(2016)によると、日本ではこれら睡眠の問題に由来する経済的な損失がGDP比2%を超えることが示唆されている。自身の睡眠の問題を見直し、解決することが健康面・経済面において重要である。

自身の睡眠状態を把握する方法の一つとして、「睡眠ステージ判定」がある。これは、ヒト睡眠の構成要素である5つの状態(ステージ、レム睡眠など)を生体信号の特徴波形から把握するという検査で、その人の睡眠の過不足や睡眠障害の有無の判断基準として行われている。

しかし、睡眠ステージは専門技師が生体信号を目視で判断する必要があることから、時間や労力のコストが大きく、臨床のボトルネックとなっていた。睡眠に興味を持ち、自身の睡眠状態を把握したいと思っても、供給側が対応できないという状態だった。

この問題を解決すべく、すでに様々な自動判定手法が開発・提案されている。これらは一定の精度を達成しているものの、実際に臨床の場で利用できる手法はいまだに登場していない。特に、睡眠障害や投薬中の被験者を扱うことができない、ステージ判定理由を十分説明できないといった問題を抱えており、医師・技師の信頼を十分に獲得できていないのが現状である。

本研究では、畳み込みニューラルネットとClass Activation Map用いた自動睡眠ステージ判定手法の開発を行う。これらは、生体信号中の各ステージに固有の波形を把握・検出したり、判定理由の提示を行う深層学習技術であり、これにより十分な精度と信頼性を兼ね備えた手法が開発できると思われる。

#### 2. 研究成果の内容

本年度は、当初の予定通り、畳み込みニューラルネットとGlobal Average Pooling用いた自動睡眠ステージ判定手法の開発並びに、その精度評価実験を行った。本文書では、(1)ステージ判定とその精度、(2)判定理由の提示の2点に分けて説明する。

##### (1) ステージ判定とその精度

被験者 59 名分の睡眠時生体信号と、技師によるステージ判定結果を使用し、作成した深層学習モデルの訓練と評価を行った。結果としては、技師との判定一致率が平均

88.1%, K 係数 0.83 であり, 技師間の判定一致率 82%と比較してもかなり高い結果が得られた. 技師内の判定一致率は約 90%であることからまだ改善の余地があると思われるものの, 臨床上十分な精度が得られたと考えられる.

## (2) 判定理由の提示

モデルの構造を, ある瞬間の各ステージらしさを計算した後, 時間軸方向に平均値をとる **Global Average Pooling** 層を導入することで, 最終的な判定結果を信号のどの部分を元に判断したのか提示できるようになった (図 1).

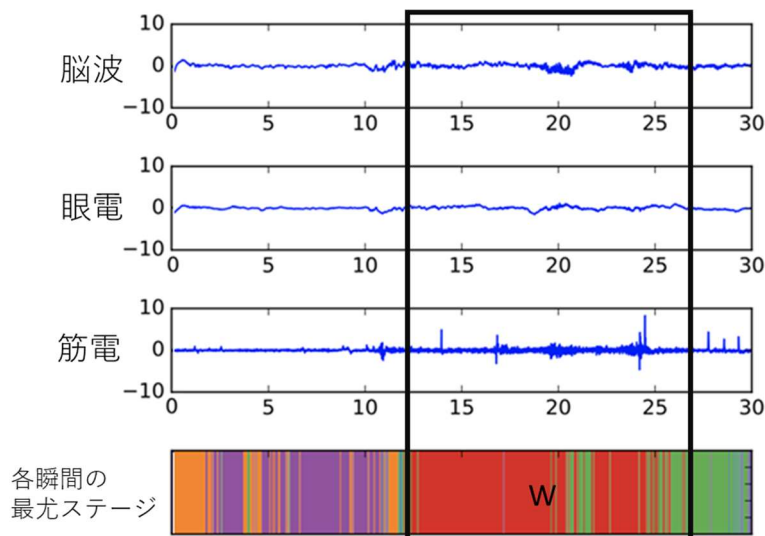


図 1. 判定理由箇所の提示例,

本区間は, 筋電位が増加していることからステージ W (覚醒) と判断できる. システムが表示する, 「各瞬間の最尤ステージ」においても, 図中赤色で表される W が筋電位の増加に伴い出現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

学際共同利用では, **Cygnus** を利用した. 本研究で利用した深層学習モデルは, その訓練に多大な学習サンプルと計算コストを必要としている. この計算処理に **Cygnus** が有効に機能した.

最近の深層学習技術の発展・応用の広がりを鑑みると, 深層学習モデルの学習に **Cygnus** を用いたいというケースは増えると思われる. 今回, 私たちが **Cygnus** でそれを実行したという事実は, 先例として意義のあるものとする.

## 4. 今後の展望

今後の課題としては, 判定理由提示の詳細さが挙げられる. 本研究で作成した手法では, 生体信号のどの部分を元にステージを決定したのかは説明できるものの, その部分をどの特徴波形と捉えたのかという情報が欠落している. この部分を補う手法を開発できれば, より使いやすい判定手法になると思われる.

## 5. 成果発表

現在本研究内容を **Scientific Report** への投稿すべく，論文執筆中です。

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	○	3840	
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。			