

# 軽睡眠期における聴覚刺激前の固有神経時間スケールと K 複合波の惹起の有無の関連

1250312 北岡 波琉

【 認知神経科学研究室 】

## 1 はじめに

睡眠時に感覚入力を与えられた際、K 複合波と呼ばれる神経応答が出現し、これにより大脳皮質の活動が抑制され睡眠からの覚醒を抑制すると考えられている。しかしながら、感覚入力を与えられた際に K 複合波が出現せず覚醒が抑制される場合も存在するため、覚醒を抑制する別のメカニズムが存在すると考えられる。

近年、神経集団の活動の持続性を表す指標である固有神経時間スケール (Intrinsic Neural Timescales, INTs) は睡眠が深くなるにつれて長くなり、この変化が感覚刺激への反応性の消失に関連している可能性が示唆された [1]。このことから、INTs の長さの変化が睡眠からの覚醒を抑制する新しいメカニズムである可能性が考えられた。具体的には、「感覚入力前の聴覚野の INTs の長さが十分長ければ聴覚野で覚醒が抑制され K 複合波は出現せず、聴覚野の INTs が比較的短い場合、感覚入力が高次脳領域に伝達され K 複合波が出現する」という 2 段階の覚醒抑制モデルを考えた (図 1)。本研究ではこの仮説モデルを検証するために夜間睡眠中に音刺激が呈示される脳波実験を行った。

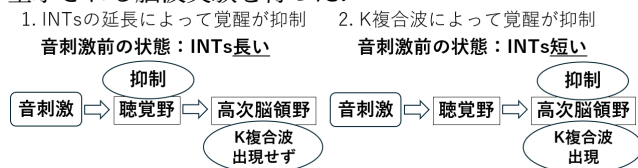


図 1 2 段階の覚醒抑制モデル

## 2 実験方法

### 2.1 実験参加者

実験参加の同意を得られた高知工科大学の男子学生 4 名 (20~22 歳, 左利き 1 名) が参加した。

### 2.2 実験手順

本研究では参加者にシールドルーム内にて 8 時間の夜間睡眠を 2 夜続けて取ってもらった。睡眠中の脳波の計測には 128 電極の脳波計システム (Brain Products 社製 BrainCap) を使用した。睡眠中は実験者が脳波を判読し、N2 睡眠段階に移行したと判断した際に音刺激 (70 dB, 1000 Hz, 50 ms) の呈示を開始した。1 日目のみ脳波計装着前に 3T MRI (SIEMENS 社製 Prisma) による脳構造画像の撮像を行った。

### 2.3 解析

本研究では実験 2 日目のデータを解析した。前処理後、脳波の陰性の頂点振幅と陽性の頂点振幅の差に基づ

いて、各試行を K 複合波が出現した試行としなかった試行の 2 つに分類した。また、beamformer 法により頭皮上の電極データから脳表上の各地点 (vertex) における活動波形を推定した。その後、音刺激呈示前 1 秒間の波形から自己相関関数を求め、指数関数を当てはめることで INTs を推定した。

### 2.4 統計検定

Human Connectome Project の脳領域ラベル [2] を使用し、脳領域毎に検定を行った。統計検定には線形混合モデルを採用した。従属変数には INTs、固定効果に K 複合波の出現の有無、ランダム効果に参加者 ID と vertex 番号を設定した。最後に多重比較補正 (False Discovery Rate の調整) を行った。

## 3 実験結果

解析の結果、左聴覚野の一部で有意差が認められた ( $p = 0.03$ )。図 2 に聴覚野の位置 (白) 及び K 複合波の出現の有無それぞれの場合の INTs の平均 (白丸) を示す。また、聴覚野だけでなく前帯状皮質や補足眼野など 11 の領域においても有意差が認められた ( $p < 0.05$ , corrected)。いずれの領域についても、音刺激後に K 複合波が出現した試行に比べて出現しなかった試行の INTs の長さの方が有意に短いことが示された。

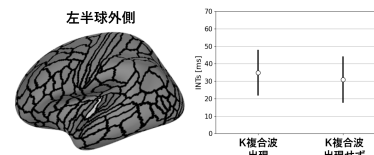


図 2 聴覚野における条件間の INTs の長さ

## 4 まとめ

仮説通り音刺激後の K 複合波出現の有無に関連して聴覚野の刺激前の INTs の長さが異なったが、その長さは K 複合波が出現しない場合で短かった。また、聴覚野以外の領域でも K 複合波が出現しない場合で INTs の長さが有意に短くなっていた。このうち前帯状皮質は K 複合波の発生源と考えられていることから [3]、聴覚野だけでなく K 複合波の発生源の刺激呈示前の INTs の変化も覚醒の抑制に関わっている可能性が示唆された。

## 参考文献

- [1] Zilio et al., 2021, NeuroImage
- [2] Glasser et al., 2016, Nature
- [3] Ioannides et al., 2019, Front. Neurosci.