

うつ傾向に関係する脳波同期ネットワーク

相場 邦宏[†] 宮内 英里^{††} 川崎 真弘^{††}

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科

^{††} 筑波大学システム情報系知能機能工学域

1. はじめに

現在、うつ病などの気分障害に対する治療法が確立されていないことが大きな社会問題となっている[1]. うつ病に対し、近年新しい治療法としてNeurofeedback(以下NF)という手法を用いた治療法が考案されているが、そのほとんどが有意な結果を示すことができておらず、長期的な症状の改善には至っていない. 本研究では、うつ病に対する認知脳科学的治療法の開発を目指し、脳波計を用いたうつ病のフィードバック指標の特定を目的とした. 特に、うつ病との関係が深いとされる default mode network (DMN) から実行系のネットワークへの切り替えに注目し、脳波位相同期を用いた解析を行った.

2. 方法

2.1 実験 16名の被験者(18-22歳、男性10名、女性6名、右利き)が、筑波大学システム情報系研究倫理委員会承認の同意書に記入後、脳波測定実験に参加した. 脳波データは閉眼安静条件と閉眼聴覚刺激条件の2条件でそれぞれ3分間測定した. 両条件ともに、被験者はイヤホンとアイマスクをつけた状態で実験を行った. 安静条件では音を出さず、聴覚刺激条件ではイヤホンから一定リズム(1Hz)で音階「ド」の音を流した. うつ傾向の指標は抑うつ尺度である Self-rating Depression Scale (SDS) の日本語訳版のスコアを用いた. 本研究では SDS45 点を超えた4名をうつ傾向群とし、他12名を健常群とした. 脳波データは電磁シールドルーム内で64個の電極から取得し、SynAmps2で増幅、Neuroscanで記録した.

2.2 解析 脳波は各条件ともに計測開始30秒後から2分間のデータを1000ms毎の120エポックに分割し解析した. 脳波データには2-30Hzのバンドパスフィルターをかけてノイズ処理を行った. 脳波の位相ネットワークを分析するため、脳波位相同期を表す Phase Synchronization Index(PSI)と、情報の流れを推定する Transfer Entropy(TE)を解析に用いた. TEは(1)のように定義され、データYのある時点の情報が τ 後のデータXへ与える影響を評価している.

$$TE_{Y \rightarrow X} = \sum_{x_{t+\tau}, x_t, y_t} p(x_{t+\tau}, x_t, y_t) \log_2 \left(\frac{p(x_{t+\tau} | x_t, y_t)}{p(x_{t+\tau} | x_t)} \right)$$

また、各データには Current Source Density (CSD) を適用し、体積伝導の影響を低減した.

3. 結果

3.1 位相同期解析 安静時と聴覚刺激時を比較した際、うつ傾向群では有意な差はみられなかった. 健常群においては、ベータ波(12-30Hz)に属する周波数帯域にて、安静時と聴覚刺激時を両側2標本t検定で比較したところ、聴覚野付近、さらに前頭と頭頂付近の大域的な PSI の有意な上昇がみられた($p < 0.01$, Bonferroni 補正あり).

3.2 移動情報量解析 大域的な同期量の増加を示した18Hzでの結果を受け、実行系のネットワークをなす領域に属する前頭 AF3 と後頭 P4 に対し、TE を用いて情報の流れを検討した. t を刺激後 0ms から 200ms まで動かし、 τ を 0ms から 100ms まで 10ms 刻みで変化させ、各 τ に対する $TE_{AF3 \rightarrow P4}$ と $TE_{P4 \rightarrow AF3}$ の値を有意水準1%の両側2標本t検定で比較した. その結果、健常群でのみ、 $TE_{AF3 \rightarrow P4} > TE_{P4 \rightarrow AF3}$ となる有意な差が表れた($p < 0.01$, Bonferroni 補正あり). その結果を図1に示す. 図中の赤下線部が有意となった τ の値である.

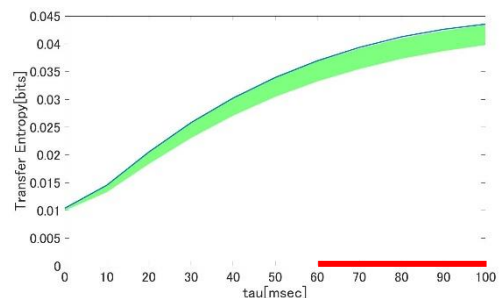


図1. 健常群における聴覚刺激条件18Hzでの $TE_{AF3 \rightarrow P4}$ 平均値(青線)と $TE_{P4 \rightarrow AF3}$ 99%信頼区間(緑領域)

4. 考察・まとめ

本実験では、聴覚刺激を与えた際、健常群では実行系のネットワークに顕著な信号伝達を確認し、うつ傾向群ではみられないことが示された. これは fMRI を用いた多くの先行研究にみられるうつ病患者のネットワーク切り替え不全に即した結果である[2]. 本実験では脳波計でその特徴を計測、TE を用いることで定量的に評価可能とし、さらにその信号伝達方向を特定した.

参考文献

- [1] 厚生労働省. "平成26年患者調査の概況"(2015)
- [2] Marchetti Igor., et al. "The default mode network and recurrent depression: a neurobiological model of cognitive risk factors." *Neuropsychology review* 22.3 (2012): 229-251.