

令和 4 年 10 月 17 日現在

機関番号：14303

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K15351

研究課題名（和文）マインドワンダリングの客観的測定法の開発および脳内抑制機構の解明

研究課題名（英文）Decoding the state of mind wandering

研究代表者

梶村 昇吾（Kajimura, Shogo）

京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・助教

研究者番号：60802527

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：マインドワンダリングとは、目の前の課題とは無関連な思考に注意が逸れてしまう心理現象であり、本研究では脳情報を用いてその検出を目指した。検出に用いる脳活動データは、fMRIの高速撮像法であるマルチバンドシーケンスを導入することによって、従来の測定法ではアプローチが難しかった相対的に高い周波数帯(0.20Hz-)で機能する脳領域間ネットワークの情報まで利用できるようにした。その結果、0.30-0.40Hz帯の脳活動データで算出したマクロ指標を用いることで、従来のデータおよび脳活動を用いた方法よりも高い正答率でマインドワンダリングの検出が可能となった(従来:約60%, 本手法:約75%)。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、マインドワンダリング検出にかかる新しいアプローチを提案したのみならず、その過程で従来見過ごされてきた脳機能データの利用価値を示した点で、関連領域にとどまらず脳機能イメージング研究領域全体に対して大きな学術的意義がある。また、マインドワンダリングは目の前の課題とは無関連な思考に注意が逸れることで注意散漫の原因となることが知られているため、その検出・制御技術の確立につながりうる本研究成果は社会的にも大きな意義がある。

研究成果の概要（英文）：Mind wandering is a psychological phenomenon in which our attention is diverted to thoughts unrelated to the task at hand. In the present study, we aimed to detect the state of mind wandering by using brain information. Multi-band sequence, a high-speed fMRI scanning method, is used to detect brain activity data so that we can obtain a relatively high frequency range (0.20 Hz-) activity of the interregional brain networks. As a result, using brain activity data in the 0.30-0.40 Hz band, we detected mind wandering more accurately than traditional methods (traditional: about 60%, this method: about 75%).

研究分野：認知神経科学

キーワード：マインドワンダリング 脳機能イメージング 機械学習 注意 思考 fMRI

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

多くの人にとって、ひとつのことに集中し続けることは難しく、授業中や仕事、運転中などでさえ、いつの間にか余計なことに思いを巡らせてしまう。このような現象は、思考のさまよい＝マインドワンダリングと呼ばれ、近年になって、学習遅延や作業効率の低下、さらには交通事故などの原因となることが示されている (Smallwood & Schooler, 2015, *Annu Rev Psychol*)。さらに、マインドワンダリングと注意欠陥/多動性障害や不安障害などとの関連も示唆されていることから (APA, 2014, DSM-5), 過剰なマインドワンダリングを抑制するための方法が求められている。マインドワンダリングは、デフォルトモードネットワーク (DMN) と呼ばれる脳内ネットワークの活動によって生じることが示唆されているため (Christoff et al., 2016, *Nat Rev Neurosci*), ニューロフィードバックなどの応用脳科学的な技術によってマインドワンダリングを制御できる可能性がある。ニューロフィードバックは、脳活動計測により得られたデータに対して情報解析技術を適用することで、心理・脳機能の状態をリアルタイムでフィードバックする技術であり、フィードバックされた状態を制御できるようトレーニングすることで認知機能の向上が可能であることから、近年注目を集めている (Sitaram et al., 2017, *Net Rev Neurosci*)。これをマインドワンダリングの制御機能向上に適用するためには、フィードバックするためのマインドワンダリング状態を脳活動データから検出可能なシステムを構築する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、脳機能情報からマインドワンダリング状態を検出可能な方法を構築することを目指した。

3. 研究の方法

申請者は、医学的な意識レベルを数値化するために新しく提案された統合情報量 (図 1 左) を応用し、脳活動データの持つ情報を効率的に圧縮することで、大量の教師データに依らずマインドワンダリング状態の検出が可能になると考えた。統合情報量とは、ある統合されたシステムを2つに分断した際にどれだけの情報が失われるかを数値化することによって、システムの統合レベルを評価するものである。現状では基本的に意識の理論研究において用いられている指標であるが、原理的には2つ以上のシステムが相互作用することによって生じる現象であれば、統合情報量を用いてシステム間相互作用の大きさを評価することによって、現象の生起レベルを評価することが可能である。マインドワンダリングは、DMN・体性感覚・言語・実行制御ネットワーク等の脳内ネットワーク間相互作用によって生起することから、それらネットワーク間の統合情報量を数値化することで、マインドワンダリング状態を検出することが可能になると考えた (図 1 右)。

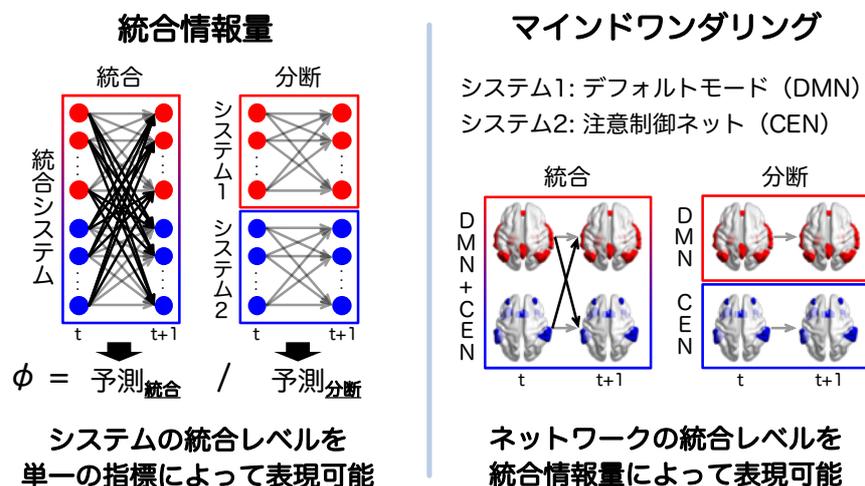


図 1. 統合情報量の概要およびマインドワンダリング測定への適用

4. 研究成果

(1) まず、ネットワーク統合情報量とマインドワンダリングとの関連について検討したところ、DMN を含む 17 の脳内ネットワーク (Yeo et al., 2011, *J Neurophysiol*) の間の統合情報量を特徴量として機械学習を実施することで、DMN 内、および DMN と体性感覚・実行制御ネットワークの統合情報量と注意課題中のマインドワンダリングの発生とが正の関連を示し、視覚・注意ネットワークなど外界情報を処理するネットワーク間の統合情報量とマインドワンダリングの発生とが負の関連を示すことが明らかとなった (図 2)。本結果より、ネットワーク統合情報量は脳活動データのもつ情報を効率的に集約しており、機械学習の特徴量として高い適性をもつことが示された (Kajimura & Smallwood, in prep)。

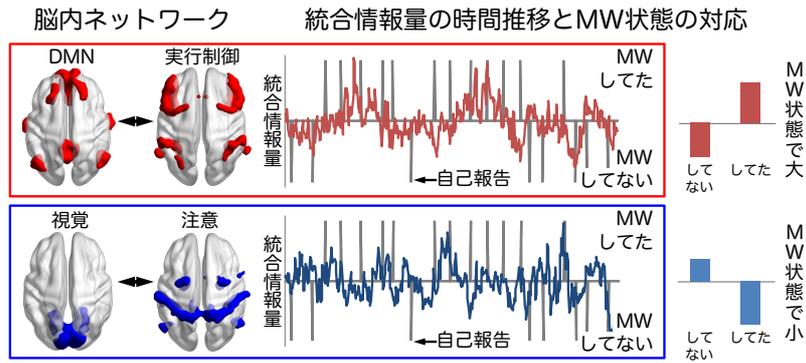


図2. ネットワーク統合情報量とマインドワンダリング (MW) 状態との関連

(2) 上記の結果、および脳活動が周波数帯ごとに特異的な処理を行っていることを示唆する研究報告 (Aru et al., 2015, Curr Opin Neurobiol など) を踏まえ、機能的 MRI で計測可能な周波数帯を4つに分割し (0.01-0.1Hz, 0.1-0.2Hz, 0.2-0.3Hz, 0.3-0.4Hz)、各周波数帯において (1) と同様の方法により統合情報量を算出し、マインドワンダリング状態の有無について機械学習による判別を行ったところ、これまで利用されてこなかった周波数帯 (0.3-0.4Hz) で最も高い判別能を示した (75%)。これは従来利用されてきた周波数帯 (0.01-0.1Hz) での判別能 (60%) よりはるかに高いことから、マインドワンダリング状態の判別において当該周波数帯データが有用であることが示された (Kajimura & Smallwood, in prep)。

(3) 上記の研究では、従来の周波数帯データ (0.01-0.1Hz) によって同定された脳内ネットワーク構造をテンプレートとしてネットワーク統合情報量を計算していたが、ネットワーク統合情報量によるマインドワンダリングの検出可能性を高めるためには、「適切なネットワーク構造の同定」が重要である。本研究では、脳活動計測と同時に生体活動計測を行い、高周波数帯に含まれるノイズを除去することで、これまで困難であった高周波数帯のネットワーク構造まで包括的に同定することを試みた。その結果、低周波数帯で細分化されていたネットワークは高周波数帯で統合される構造を示し (図3)、特定の周波数帯に情報が集約されること、さらに周波数帯内・外のネットワーク間相互作用のパターンがIQを含む認知機能の個人差に関する情報を表現していることが初めて明らかとなった (Kajimura, Margulies, Smallwood, in prep)。

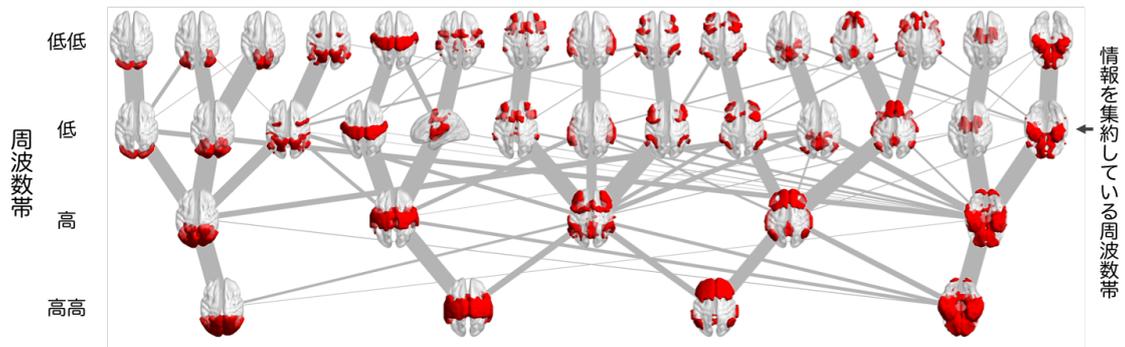


図3. 多周波数帯ネットワーク構造

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 梶村昇吾, Jonathan Smallwood, 松元健二
2. 発表標題 Frequency-specific brain network
3. 学会等名 Neuro2019 (神経科学学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shogo Kajimura, Kenji Matsumoto, Jonathan Smallwood
2. 発表標題 Frequency-dependent brain network and its integration
3. 学会等名 2019 Organization for Human Brain Mapping Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Shogo KAJIMURA Research Information https://sites.google.com/site/shogokajimura/home
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------