

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：94301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K13332

研究課題名（和文）脳波と人工知能を用いた条件づけによるマインドワンダリングへのメタ的気づき能力上昇

研究課題名（英文）Pavlovian-based neurofeedback enhances meta-awareness of mind-wandering

研究代表者

川島 一朔（Kawashima, Issaku）

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報通信総合研究所・研究員

研究者番号：90773292

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：マインドワンダリング（Mind-Wandering; MW）とは、現在取り組んでいることに注意を払わず、自身の過去や未来についてなど、内的な事柄について考えてしまうことを指す。MWは無自覚なまま発生し、進行する。MWの存在へ自ら気がつく能力を、MWへのメタ的気づき能力と呼ぶ。近年、MWへのメタ的気づき能力は、MW傾向の悪い側面を抑えつつ、良い側面をより上昇させる変数として注目されている。本研究は、脳波とAIを用いた古典的条件づけを用い、MWへのメタ的気づき能力を実験操作する手法を初めて開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

MWへのメタ的気づき能力が人の精神的健康や創造性に与える影響については、多くの先行研究で言及されている。しかし、メタ的気づき能力を操作する手法が存在しなかったために、その科学的解明は進んでいなかった。本研究計画によって得られた成果は、メタ的気づきに関する研究のブレイクスルーとなりうる。本研究成果についてプレスリリースを出したところ、国内外のメディア（Daily Mail, New York Post, 産経新聞など）に、成果についての記事が掲載された。このことから、社会に対して強いインパクトをもった研究成果であったといえる。

研究成果の概要（英文）：Absorption in mind-wandering (MW) may worsen our mood and can cause psychological disorders. Researchers indicate the possibility that meta-awareness of MW prevents these mal-effects and enhances favorable consequences of MW, such as boosting creativity; thus, meta-awareness has attracted psychological and clinical attention. However, few studies have investigated the nature of meta-awareness of MW, because there has been no method to isolate and operate this ability. Therefore, we propose a new approach to manipulate the ability of meta-awareness. Our novel classical conditioning is expected to contribute to future research on the modulation effect of meta-awareness on MW.

研究分野：臨床心理学

キーワード：マインドワンダリング メタ的気づき ニューロフィードバック 機械学習

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

マインドワンダリング (Mind-Wandering: MW) とは、現在取り組んでいることに注意を払わず、自身の過去や未来についてなど、内的な事柄について考えてしまうことを指す。日常生活において MW に陥る傾向の強さには、良い側面と悪い側面がある。様々な思考を結びつけ、創造性を高める (Leszczynski et al., 2017) と考えられている一方、抑うつをはじめとした様々な精神疾患症状の原因になる (Sood & Jones, 2013) とも考えられている。

MW は無自覚なまま発生し、進行する。MW の存在へ自ら気がつく能力を、MW へのメタ的気づき能力と呼ぶ。近年、MW へのメタ的気づき能力は、MW 傾向の悪い側面を抑えつつ、良い側面をより上昇させる変数として注目されている (Seli et al., 2016; Zedelius & Schoole, 2016)。うつ病を予防・改善し、創造性を高めうる重要な特性であるメタ的気づき能力を高める方法を検討する意義は大きい。

### 2. 研究の目的

現在、MW へのメタ的気づき能力を実験操作する妥当な手法は存在しない。メタ的気づき能力を高める方法として唯一知られているのが、マインドフルネス瞑想と呼ばれる心理訓練法である (Smallwood et al., 2011; Vago and Zeidan, 2016)。しかし、マインドフルネス瞑想は MW へのメタ的気づき能力のほか、多岐にわたる心理変数を変化させる (Good et al., 2016)。そのため、メタ的気づき能力という単独の変数を操作するためにマインドフルネス瞑想を使用することは不適切である。そこで本研究は、メタ的気づき能力のみを操作するための手法を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

古典的条件づけの原理 (“パブロフの犬”の例: 犬にエサをやる前にベルを鳴らすと、そのうち犬はベル音を聴くだけで唾液を出すようになる) を用いることで、MW へのメタ的気づき能力を操作することを試みた。実験では、脳波と AI (機械学習) を用いて MW の発生をリアルタイムに検出した。そして MW が検出される度に外部刺激を呈示し、刺激への注意を喚起した。これにより「MW を始める度に、注意が外に向く」という条件づけを試みた。注意が外に向き MW が一時中断されると、その瞬間 MW へのメタ的気づきが得られる。すなわち、「古典的条件づけによりメタ的気づき能力が高められる」と仮説づけられる (図 1)。この仮説を検証するために、以下の手続きによって実験を行なった。

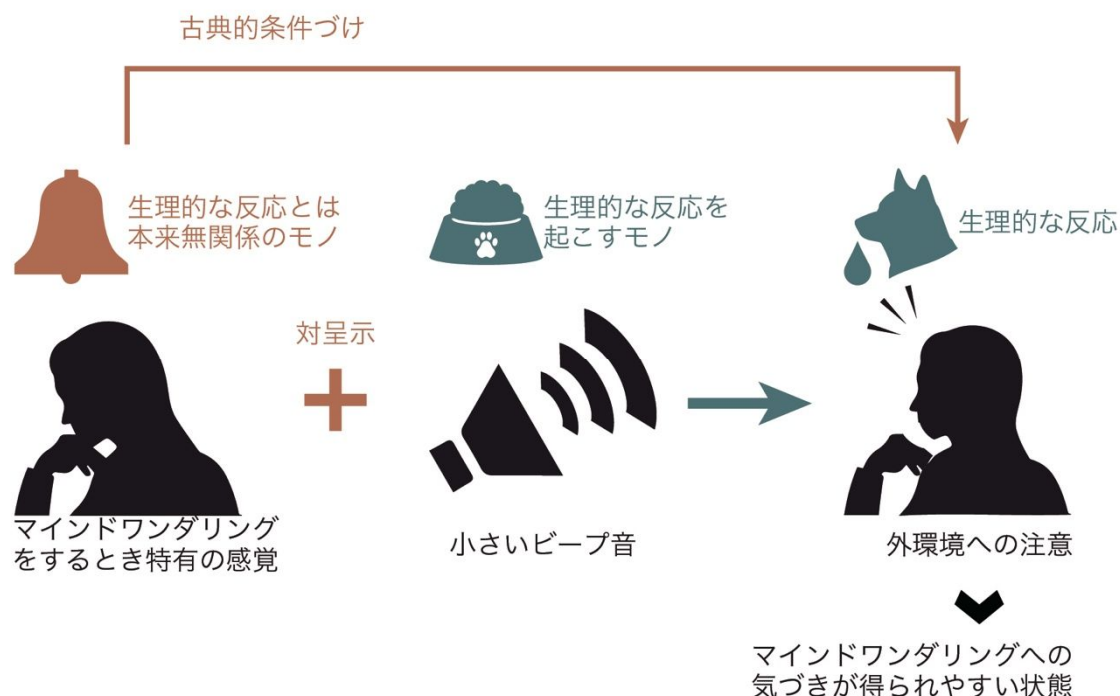


図 1. 実験で仮定した古典的条件づけ。申請者によるプレスリリース (後述) から抜粋

**手続き (図 2):** 被験者 36 名を実験群と対照群に振り分けた。まず、MWをしているときに特徴的な被験者ごとの脳波パターンを、機械学習によってモデル化した。学習したモデルを用いて条件づけを行うとともに、その前後でメタ的気づき能力を測定した。条件づけにおいては、簡単な認知課題を被験者に実施させた。その間の脳波を取得し、リアルタイムに機械学習モデルによる MW 検出を行った。実験群では、MW が検出される度に外部刺激としてピープ音 (情動的に中性的な音) を提示した。対照群においても同様に脳波計測を行ったが、ランダムなタイミングでピープ音を呈示した。対照群と比べ、実験群においてメタ的気づき能力が有意に高まることを確認して、「古典的条件づけによりメタ的気づき能力が高められる」という仮説を検証した。条件づけ実施前後におけるメタ的気づき能力の測定は、先行研究で一般的に用いられる方法を使った (Bastian et al., 2017)。被験者に自分の呼吸に集中し続ける課題を実施させ、メタ的気づき能力の影響を強く受ける「自ら MW に気づき報告する」回数と、影響を受けにくい「ランダムなタイミングで尋ねられて MW を報告する」回数の比を能力の指標とした。さらに、マイクロステート C と呼ばれる、MW への気づきが生じた際に現れると考えられる脳波パターンの出現頻度を、メタ的気づき能力の神経科学的指標とした。

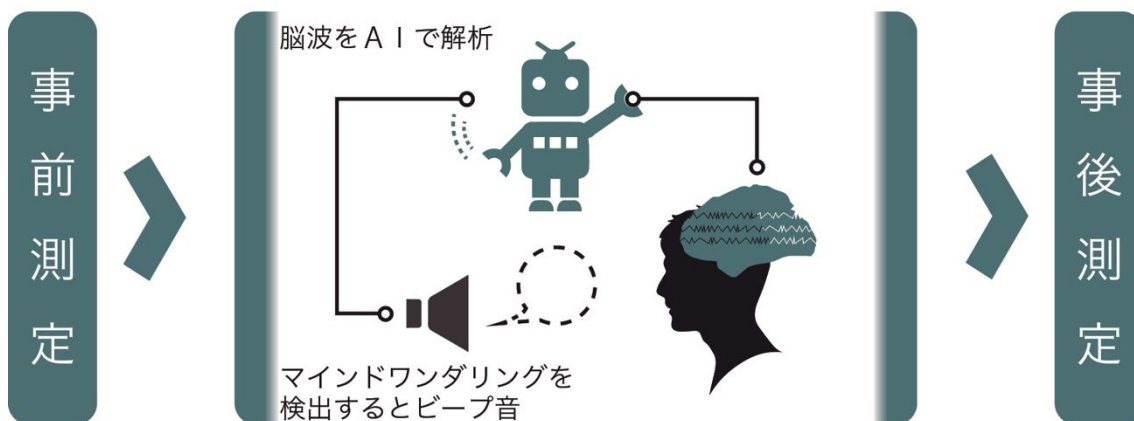


図 2. 実験手続き。申請者によるプレスリリース (後述) から抜粋

#### 4. 研究成果

##### (1) 本研究の主要な成果

メタ的気づき能力の行動的・神経科学的指標について、群 (事件群・対照群) と時期 (介入前・介入後) の二要因分散分析を行なったところ、それぞれ有意な交互作用が得られた。このことから、「古典的条件づけによりメタ的気づき能力が高められる」という仮説は実証された。メタ的気づき能力という重要な変数を実験操作する手法を初めて開発したことが本研究課題の主な成果である。

##### (2) 得られた成果の位置づけとインパクト

本研究成果の一部について、公益社団法人日本心理学会から、学術大会優秀発表賞を受賞した。さらに、本研究成果をまとめた原著論文は、神経科学分野におけるハイインパクトジャーナルである *Neural Networks* に掲載された。この原著論文についてプレスリリースを出したところ、国内外のメディア (Daily Mail, New York Post, 産経新聞など) に、成果についての記事が掲載された。このことから、社会に対して強いインパクトをもった研究成果であったといえる。

##### (3) 今後の展望

今後の展望として、条件づけを用いた介入を日常生活へ汎化させることが考えられる。本研究で用いた条件づけの効果は、実験終了後ただちになくなり、日常生活における特性に影響を及ぼすことはなかったと考えられる。本研究の目的はメタ的気づき能力の実験的操作方法を開発することであったため、実験終了後に操作の影響がなくなることはむしろ望ましい。しかし、本成果で開発された条件づけの効果を生きた日常生活へ汎化させることが可能になれば、創造性の向上や精神疾患症状の緩和などを介して、直接的に社会に便益を与えられる可能性がある。

MW へのメタ的気づき能力を日常生活に汎化させる研究を行ううえでは、日常生活における MW を評価する手法が欠かせない。日常生活における MW の頻度や、その性質を測定するために、Ecological Momentary Assessment (EMA) と呼ばれる技法が先行研究においてしばしば用いられる。この手法は、被験者に通常の日常生活を送らせ、ランダムなタイミングで、その瞬間の状態について報告を求めるものである。EMA を実施するためには、一日に送る質問の数など、

いくつかの実験パラメータを設定する必要がある。しかし、先行研究で用いられる実験パラメータは統一化されておらず、それをまとめた研究もない。また、実験パラメータの違いが、MWの報告に影響を及ぼす可能性についても調べられていない。そこで、先行研究において用いられたパラメータの代表値を調査するとともに、結果へバイアスを及ぼす可能性のある実験デザインを調査した。EMAによるMW研究を系統的に収集し、システマティックレビューとメタ解析を行った。メタ解析の結果、実験期間や質問を送る頻度など、いくつかの実験パラメータがMW報告にバイアスを及ぼす可能性が示された。今後の展望を踏まえて実施されたこの研究については、Scientific Reports に原著論文が掲載された。今後の研究では、EMAを用いて、メタ的気づき能力を高める条件づけの日常生活における汎化性が検討されることを期待する。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Kawashima Issaku, Takahashi Toru, Kikai Tomoki, Sugiyama Fukiko, Kumano Hiroaki   | 4. 巻<br>15          |
| 2. 論文標題<br>A method of measuring the ability of disengagement from mind-wandering using electroencephalogram and its relationship to mindfulness and depressive symptoms. | 5. 発行年<br>2022年     |
| 3. 雑誌名<br>Psychology & Neuroscience   | 6. 最初と最後の頁<br>14-27 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1037/pne0000285   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-           |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>川島一朔・熊野宏昭                    | 4. 巻<br>34            |
| 2. 論文標題<br>マインドワンダリングと脳波               | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>精神科                          | 6. 最初と最後の頁<br>132-137 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし          | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著<br>-             |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Kawashima Issaku, Nagahama Toru, Kumano Hiroaki, Momose Keiko, Tanaka Saori C. | 4. 巻<br>158           |
| 2. 論文標題<br>Pavlovian-based neurofeedback enhances meta-awareness of mind-wandering       | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>Neural Networks  | 6. 最初と最後の頁<br>239-248 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1016/j.neunet.2022.11.024                                  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）  | 国際共著<br>-             |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Kawashima Issaku, Hinuma Tomoko, Tanaka Saori C.  | 4. 巻<br>13         |
| 2. 論文標題<br>Ecological momentary assessment of mind-wandering: meta-analysis and systematic review | 5. 発行年<br>2023年    |
| 3. 雑誌名<br>Scientific Reports  | 6. 最初と最後の頁<br>2873 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1038/s41598-023-29854-9   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）   | 国際共著<br>-          |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>川島一朔・熊野宏昭                    | 4. 巻<br>46            |
| 2. 論文標題<br>精神療法と脳科学の共発展                | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>精神療法                         | 6. 最初と最後の頁<br>239-248 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし         | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著<br>-             |

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>川島一朔, 田中沙織                     |
| 2. 発表標題<br>合間のない持続的注意を課すマインドワンダリング計測課題の作成 |
| 3. 学会等名<br>日本心理学会第85回大会                   |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Issaku Kawashima , Toru Nagahama , Hiroaki Kumano , Keiko Momose , Saori C. Tanaka |
| 2. 発表標題<br>Pavlovian Neurofeedback Enhances Meta-Awareness of Mind-wandering                  |
| 3. 学会等名<br>The 32nd International Congress of Psychology (国際学会)                               |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>川島 一朔, 長濱 澄, 熊野 宏昭, 百瀬 桂子, 田中 沙織              |
| 2. 発表標題<br>マインドワンダリングへの気づきやすさを操作する古典的条件づけを用いたニューロフィードバック |
| 3. 学会等名<br>日本心理学会第84回大会                                  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>川島一朔, 田中沙織                     |
| 2. 発表標題<br>マインドワンダリングとEEG Microstate Cの関連 |
| 3. 学会等名<br>第30回日本神経回路学会全国大会               |
| 4. 発表年<br>2020年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>川島一朔  |
| 2. 発表標題<br>Pavlovian-based neurofeedback enhances meta-awareness of mind wandering |
| 3. 学会等名<br>2020年度第10回認知神経科学セミナー（招待講演）  |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Issaku Kawashima, Toru Takahashi, Tomoki Kikai, Fukiko Sugiyama, Hiroaki Kumano                        |
| 2. 発表標題<br>A Novel Method to Measure Flexibility of Mind-Wandering and Its Relation to Mindfulness and Depression |
| 3. 学会等名<br>Neuroscience of Mindfulness Conference 2019 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Issaku Kawashima   |
| 2. 発表標題<br>Neurofeedback Enhancing Awareness of Mind-Wandering: Based on Pavlovian Conditioning |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on Neurotechnology & AI at RIKEN AIP (国際学会)                   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|                                |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名<br>川島一朔                |
| 2. 発表標題<br>マインドワンダリングとマインドフルネス |
| 3. 学会等名<br>第11回多感覚研究会（招待講演）    |
| 4. 発表年<br>2019年                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Kawashima, I., Takahashi, T., Kikai T., Sugiyama, F., Kumano H.                                    |
| 2. 発表標題<br>Investigation of Mindfulness Mechanism via Estimation of Mind-Wandering using Electroencephalogram |
| 3. 学会等名<br>第57回日本生体医工学会大会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>高村真広, 横山仁史, 川島一朔, 高岡昂太, 浅川伸一, 国里愛彦 |
| 2. 発表標題<br>心理学における機械学習アプローチの可能性（シンポジウム）       |
| 3. 学会等名<br>日本心理学会第82回大会                       |
| 4. 発表年<br>2018年                               |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Issaku Kawashima  |
| 2. 発表標題<br>Mindfulness and the flexibility of mind-wandering                     |
| 3. 学会等名<br>International Symposium on Clinical Neuroscience of Mindfulness（国際学会） |
| 4. 発表年<br>2018年  |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>川島一朔, 樋沼友子, 田中沙織                       |
| 2. 発表標題<br>経験サンプリング法によるマインドワンダリング研究: 系統的レビューとメタ解析 |
| 3. 学会等名<br>日本心理学会第86回大会                           |
| 4. 発表年<br>2022年                                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>川島一朔                            |
| 2. 発表標題<br>マインドワンダリングへの気づきを操作するニューロフィードバック |
| 3. 学会等名<br>日本認知療法・認知行動療法学会第22回大会           |
| 4. 発表年<br>2022年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>川島一朔・熊野宏昭                     |
| 2. 発表標題<br>生理データから認知プロセスを推定し、セルフケアに活かす試み |
| 3. 学会等名<br>日本心理医療諸学会連合 (UPM) 第34回大会      |
| 4. 発表年<br>2023年                          |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Issaku Kawashima, Saori C. Tanaka                                   |
| 2. 発表標題<br>Heartbeat-evoked potential correlates with mind-wandering intensity |
| 3. 学会等名<br>第45回日本神経科学大会 (Neuro2022)  |
| 4. 発表年<br>2022年  |

〔図書〕 計1件

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>川島一朔・高橋徹・熊野宏昭                                | 4. 発行年<br>2019年 |
| 2. 出版社<br>新興医学出版社                                      | 5. 総ページ数<br>15  |
| 3. 書名<br>マインドフルネス精神医学 (Chapter 2 可塑性と統合：マインドフルネスの精神科学) |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 |
|---------|---------|
|---------|---------|