

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K14330

研究課題名（和文）映像教材視聴時の認知負荷操作とバイオフィードバックによるマインドワンダリング抑制

研究課題名（英文）Control of mind-wandering while viewing educational videos by adjusting cognitive loads and biofeedback operations

研究代表者

長濱 澄 (Toru, Nagahama)

東北大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：50779270

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）：本研究においては、映像教材の視聴時におけるマインドワンダリング（MW）を、認知負荷の操作、及び、バイオフィードバックによって抑制し、学習の効率化を目指した。具体的には、1)映像教材の視聴速度を適度に速めること、また、2)脳波と機械学習を用いてMWを検出し、バイオフィードバックを行うことによって、MWの抑制を図った。前者について、視聴速度の高速化と教材のセグメント化がMW抑制に効果的である可能性が示唆された。一方、後者について、本研究条件下におけるMWの検出精度には個人差が認められ、より個人に適應した検出手法を確立することが今後の課題である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、映像教材視聴時におけるマインドワンダリング（MW）について、映像教材の長さや視聴速度をコントロールすることで抑制できる可能性が示唆された。また、個人差は認められる一方で、映像教材の視聴時におけるMWは、視線の停留時間や後頭部左の波と正中前頭部の波によって説明できることが明らかになった。さらに、機械学習を通してMWを正確に検出できた場合にはそれに応じてバイオフィードバックを行うことで、MWのメタ的気づきが促される可能性が示唆された。本研究で得られた知見は、より学習者の個人特性に応じたMWの検出手法の確立や効率的な映像教材を活用した学習環境の構築に寄与する可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to suppress mind wandering (MW) during viewing of video materials by manipulating cognitive load and biofeedback to improve learning efficiency. Specifically, we aimed to suppress MW by 1) moderately increasing the viewing speed of video materials and 2) detecting MW using EEG and machine learning, and then providing biofeedback. In the former case, it was suggested that speeding up the viewing speed and segmentation of the video materials can be effective in suppressing MW. On the other hand, the accuracy of MW detection under the conditions of this study varied among individuals, and it is necessary to establish a detection method that can be adapted to each individual.

Translated with DeepL.com (free version)

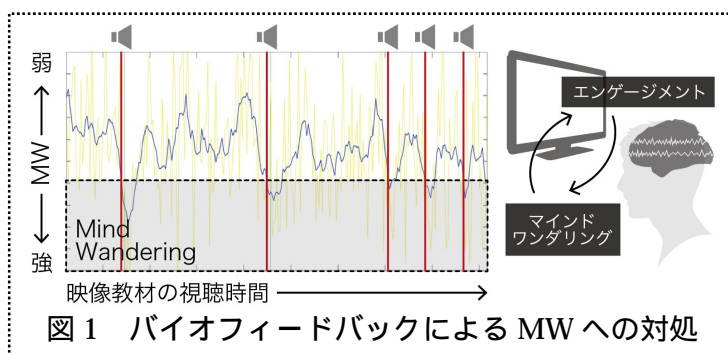
研究分野：教育工学

キーワード：マルチメディア 映像教材 バイオフィードバック マインドワンダリング 機械学習

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 世界における MOOC (大規模公開オンライン講座) の急速な普及に代表されるように、オンライン学習が隆盛している。オンライン学習の成果は、映像教材の視聴方法に大いに依存することから、効果的な映像教材の視聴法及び視聴環境が求められている (Kizilcec et al. 2013)。一方、映像教材の視聴時に、マインドワンダリング (Mind Wandering: MW)



を多く報告した学習者の理解度得点は、低くなること示されており、MW は学習の阻害要因となる可能性が指摘されている (Szpunar et al. 2006)。MW とは、現在取り組んでいる課題とは無関係な思考をしてしまう現象 (ぼーっとしてしまう現象) であり、無自覚のまま発生し進行するものである (Smallwood & Schooler 2006)。このことから、映像教材の視聴時に、MW が発生した場合、学習内容の見落としが生じる他、見落とし箇所を見直すのに時間がかかる等、学習の非効率化につながる可能性がある。

(2) MW の発生は、課題に必要とされる認知資源量に影響を受けることが報告されている。具体的には、課題の認知負荷が小さい場合、課題に必要とされる認知資源量が減少し、MW のための余裕ができるとされる (飯島・丹野 2012)。一方、MW について自覚がつか (メタ的気づき) ことによって、課題中の MW の発生回数を減少させることができるとされる (Seli et al. 2016)。これらのことから、MW への対処として、認知負荷を操作するアプローチ、及び、メタ的気づきを促すアプローチが挙げられる。

(3) まず、MW に対し認知負荷を操作するアプローチについて、映像教材の視聴速度を適度に速めることが挙げられる。長濱ほか (2018) は、理解が容易な学習テーマを扱った映像教材を大学生に対し、オリジナルな視聴速度 (等倍速条件) と高速化した視聴速度 (高速条件) において視聴させた。その結果、両条件において同等の学習効果が得られたこと、また、学習者は、高速条件において、より集中して学習できた可能性があること、さらに、プローブ刺激に対する脳電位 (P300 の振幅) をエビデンスに、視聴速度の高速化によって映像教材の視聴に費やす認知資源量が増加したことを明らかにした。これらのことから、映像教材の視聴時に、視聴速度を適度に高速化 (視聴速度の操作) することによって、課題に必要とされる認知資源量が増加し、MW のための余裕ができず、その結果、MW を抑制できると考えられる。

(4) 次に、MW に対しメタ的気づきを促すアプローチについて、アラームなどの外的刺激を呈示することで、MW を学習者自身に気づかせることが有効である (大塚・関口 2016, 服部・池田 2016)。MW の検出に関して、Kawashima & Kumano (2017) は、脳波と人工知能 (機械学習) を用いて課題中の任意の時点における MW の強さを数値化する手法を開発した。この手法を用いることで、映像教材の視聴中における学習者の MW を高い時間分解能で観察することが可能である。これらのことから、映像教材の視聴時に、学習者の脳波により MW を検出し、アラームを呈示することで、MW を学習者に自覚させる手法 (バイオフィードバック) は、メタ的気づきを促す方法として有効であると考えられる (図 1)。

2. 研究の目的

本研究では、映像教材の視聴時における MW を、認知負荷の操作、及び、バイオフィードバックにより抑制し、学習の効率化を実現することを目的とする。具体的には、以下に示すリサーチクエッション (RQ) をもとに各研究を進める。

<研究 1>

RQ: 映像教材の認知負荷の操作によって MW が抑制されるか、また、映像教材の提示方法や視聴環境によって、MW の発生度合いは異なるのか。

<研究 2>

RQ: 学習者個人に応じて機械学習を用いることで MW を検出することはできるか、また、MW の検出に対してリアルタイムにバイオフィードバックすることによって MW が抑制されるか。

3. 研究の方法

<研究 1>

研究 1 では、認知負荷の操作にあたり、自認した教材の難易度 (主観的難易度) を映像教材の

タイムライン上にタグ付けする（タギング）機能を有する視聴環境において、MW の発生と各視聴操作の関連性について試行的に検討した。

実験参加者は、映像教材を用いた学習経験を有する都内私立大学に通う大学生 60 名（男性 36 名、女性 24 名）であった。平均年齢 21.63 歳（SD=1.10）であった。

実験において、まず、被験者の学習前の既有知識を確認するために、事前テストを実施した。次に、事前テストの結果を基に、被験者 60 名について、タギング機能を活用する群（以下、タギング群と呼ぶ）とタギング機能を活用しない群（以下、統制群と呼ぶ）に、それぞれ、30 名ずつ振り分けた。次に、被験者が視聴環境に十分に慣れるまで、練習用映像教材を視聴させ、操作練習を行わせた。また、視聴する上で最適な再生速度を選択させた。続いて、実験用映像教材を視聴させた。その際、練習時に選択させた再生速度で視聴を開始させた。また、学習内容が十分に理解できるまで、繰り返し視聴させ、その様子をビデオカメラで記録した。続いて、学習効果を測定するため、事後テストを実施した。続いて、主観的難易度調査を実施した。最後に、被験者に記録した映像を提示しながら、各視聴操作を行った理由について、インタビュー形式で答えさせた。

分析では、映像教材のシーンごとに、主観的難易度得点を算出し、主観的難易度得点と視聴操作、ひいては MW の発生の度合いの関連性について検討した。また、タギング機能が MW の抑制にどのような影響があるかについて検討した。

<研究 2>

研究 2 では、MW に対するバイオフィードバックによる抑制にあたり、MW の検出手法について検討した。

実験参加者は、教育ビデオを用いた学習経験のある大学生 10 名（平均年齢 22.9 歳、SD=1.30、男女各 5 名）である。実験では、研究倫理に関する複数の映像教材を、実験条件と対照条件の 2 つの提示条件で 20 分間視聴させた。その際、順序効果を相殺するためにカウンターバランスをとった。その後、アンケートとインタビューを行い、各条件を主観的に評価した。

提示条件については、実験条件では、川島・熊野（2017）が提案した方法を用い、映像教材を視聴中の各参加者の脳波から、あらかじめ用意した機械学習推定モデルを適用し、MW 検出時にピープ音を呈示した（バイオフィードバック）。対照条件では、参加者が映像教材を視聴している間、ランダムなタイミングにおいてピープ音を呈示した。参加者は事前に、ピープ音が聞こえたら映像教材に集中するよう教示された。

アンケートは、眠気、集中力、注意力などの項目を含む 6 段階（1：強く反対-6：強く賛成）の 7 つの質問から構成された。分析では、肯定的な回答（ややそう思う、そう思う、強くそう思う）と否定的な回答（ややそう思わない、そう思わない、強くそう思わない）の数を参加者ごとに質問ごとに集計し、参加者数の偏りについて直接確率（両側検定）を算出した。

インタビューでは、実験条件と対照条件の両方で導入されたピープ音のタイミングについて質問した。分析では、すべての回答を肯定的印象と否定的印象に分類し、結果を集計した。

表 1 パート別各操作の発生回数（SD）

	前半	後半	F 値	効果量 <i>f</i>
再生	0.07 (0.12)	0.28 (0.31)	27.29 **	0.68
停止	0.06 (0.13)	0.31 (0.32)	39.44 **	0.82
送り	1.07 (1.54)	1.14 (1.35)	0.45 <i>ns</i>	0.09
戻し	0.49 (0.56)	0.62 (0.77)	1.57 <i>ns</i>	0.16
スキップ	1.39 (2.37)	1.09 (1.77)	2.90 +	0.22
バック	0.11 (0.35)	0.68 (1.42)	12.50 **	0.46
高速化	0.14 (0.22)	0.03 (0.10)	17.26 **	0.54
低速化	0.05 (0.11)	0.04 (0.12)	0.02 <i>ns</i>	0.02

**： $p < .01$, *： $p < .05$, +： $p < .10$

<対実験>

研究 2 では、MW の検出精度に課題がみられた。そこで、対実験では、MW の検出方法を変更し、MW への具体的な対処として分割動画の効果を実験的に検討した。具体的には、実際に MOOC 上に公開されている 2 つの映像教材（映像教材 1 および映像教材 2）を視聴させ、脳波や視線などの生体情報から MW に検出した。

まず、映像教材 1 について、映像教材を分割し提示する条件（実験条件）と分割をせずに提示する条件（統制条件）で提示した。その際、映像教材視聴時における脳波と視線を計測した。次に、映像教材における各パートの主観評価（MW）について質問紙調査を行った。続いて、映像教材 2 について、対照条件で提示し、映像教材 1 と同手順を繰り返した。その後、映像教材の提示条件に関わらず映像視聴中の生体情報と MW の関連を把握することを目的に、基準となる別の映像教材を視聴させた。その際、DongMin ら（2020）を参考に、MW を自覚することにマウスをクリックさせるクリック課題を課した。

分析では、脳波データについて数値解析ソフ

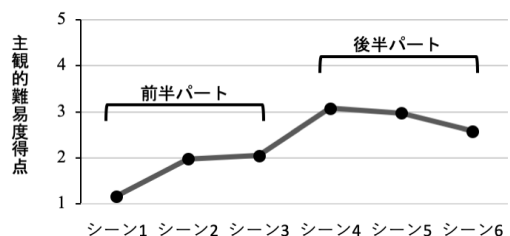


図 2 各パートの主観的難易度得点

トウェア MATLAB 上のツールボックス (EEGLAB) を用いて分析した。また、視線データについて視線解析ソフトウェアの Tobii Pro Lab を用いた。

4. 研究成果

<研究 1>

映像教材における主観的難易度が低かった前半と、主観的難易度が高かった後半 (図 2) において、各視聴操作に関して分散分析を実施したところ、再生のためのクリック (再生) 数、停止のためのクリック (停止) 数、動画を巻き戻しするためのクリック (バック) 数において、前半に比べて、後半のクリック数が有意に多いことが明らかになった。また、視聴箇所をとばすためのクリック (スキップ) 数と視聴速度を高速化するクリック (高速化) 数において、前半に比べて、後半のクリック数が有意に少ないことが明らかになった (表 1)。このことから、主観的難易度の高いシーンにおいては、再生や停止に加え、バック操作を行われる一方で、主観的難易度の低いシーンにおいては、スキップや高速化の操作が行われる可能性が示唆された。また、主観的難易度の低いシーンにおいては、MW を感じる度合いが高かったことから、学習者において、視聴速度を高速化したり、簡単なシーンをスキップしたりすることで、MW に対処する可能性が示された。

また、タギング機能が実装された視聴環境において映像教材を視聴したタギング群 30 名については、見たい箇所を探すために再生箇所を移動させる頭出し操作にかかる操作が、統制群に比べて有意に短くなることが明らかになった。このことから、主観的難易度をタギングできるような機能が実装された視聴環境では、映像教材の視聴の効率化が進み、MW 抑制に役立つ可能性が示唆された。

<研究 2>

アンケートの結果 (表 2)、実験条件では、「映像教材を見ながら眠くなった」、「映像教材を見ながらぼーっとした」という質問について、肯定的な回答数が否定的な回答数に比べて、有意に多かったのに対し、統制条件ではこれらの質問項目について、回答者数に有意な偏りは見られなかった。このことから、バイオフィードバックによって、MW を一定程度抑制できる可能性が示唆された。一方、インタビューの結果 (表 3) から、課題とは違うことを考えているときにピープ音が聞こえた、「MW しているときにピープ音が聞こえた」、「眠いときにピープ音が聞こえた」、「集中しているときにはピープ音はならなかった」といった MW の抑制に関して、システムが一定程度機能したことを裏付けるコメントが得られた。しかしながら、個人によっては、「集中しているときにもピープ音がした」、「(集中して) 文章を読んでいるときにピープ音がした」、「定期的にピープ音がした」といったシステムの改善の必要性を示すコメントが得られた。以上のことから、MW を正確に検出できるかどうかによって、システムの効果が大きく異なる可能性が示唆された。

<研究 3>

まず、MW 回数 (マウスクリック数) を目的変数、と生体情報 (脳波データ: 5ch における波及び 波、視線データ: 瞳孔径、停留時間及び回数、サッケード回数) を説明変数とし、重回帰分析を行った。強制投入法にて、自由度調整済み決定係数を減少させる説明変数を削除した。その結果、重回帰式は “MW 回数 = 停留時間 + 後頭部左の 波 + 正中前頭部の 波” になった ($R^2=.69$, $\Delta R^2=.60$, $p<.05$)。停留時間 ($\beta = .53$, $p<.05$)、後頭部左の 波 ($\beta = .49$, $p<.05$) と正中前頭部の 波 ($\beta = -.40$, $p<.05$) の 3 項目において、MW 回数に対する標準偏回帰係数が有意であると明らかになった。次に、MW 回数と MW に関する主観評価得点 (MW 得点) について、相関分析を行なったところ、相関係数が有意であった ($r = .66$, $p<.05$)。

上述の結果から、MW 合成得点を指標に実験条件及び統制条件の分析を行った。その際、キャリアレーション等による交絡を考慮し、実験条件における再生直後に該当するパートを除外して、前半及び後半における MW 得点が最大となるパートを特定した。その後、パートごとに、停留時間、後頭部左の 波と、正中前頭部の 波の平均値を比較した。その結果、停留時間に関して、映像教材 1 において、実験条件では減少したのに対し、統制条件では増加した。後頭部左の 波に関しては、映像教材 2 において、実験条件で増幅したのに対し、統制条件では減衰した。正中前頭部の 波に関しては、映像教材 1 において、実験条件で減衰したのに対し、統制条件では増幅した。このことから、研究 3 では、映像教材視聴における MW は停留時間、後頭部左の 波と正中前頭部の 波によって説明できる可能性が明らかになった。また、映像教材を分割して提示することによって、MW を抑制できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 長濱 澄, 大出 香菜子, 宮西 祐香子, 加藤 一聖, 丸井 朱里, 森田 裕介	4. 巻 43(Suppl.)
2. 論文標題 映像教材における教材の難易度が生体情報に与える影響についての分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 145-148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S43088	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 長濱 澄, 浅見 隆平, 宮西 祐香子, 奥本 隼, 森田 裕介, 堀田 龍也	4. 巻 47
2. 論文標題 スライド型映像教材の視聴時における主観的難易度に関するタギング効果の一検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 253 ~ 256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S47134	査読の有無 無
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Kawashima Issaku, Nagahama Toru, Kumano Hiroaki, Momose Keiko, Tanaka Saori C.	4. 巻 158
2. 論文標題 Pavlovian-based neurofeedback enhances meta-awareness of mind-wandering	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 239 ~ 248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2022.11.024	査読の有無 無
オープンアクセス 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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Toru Nagahama, Naoki Nose, Issaku Kawashima, Yusuke Morita
2. 発表標題 A Trial Study on Restraint of Mind-Wandering while Viewing Educational Videos by Adjusting Biofeedback Operations
3. 学会等名 29th International Conference on Computers in Education Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長濱澄, 浅見隆平, 奥本隼, 宮西祐香子, 森田裕介
2. 発表標題 スライド型映像教材視聴時におけるタグ付与機能に関する一検討
3. 学会等名 日本教育工学会2020年秋季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長濱 澄, 野瀬 直生, 川島一朔, 森田 裕介
2. 発表標題 バイオフィードバックを用いた映像教材視聴時における マインドワンダリング抑制に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本教育工学会春季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toru Nagahama, Jefferey S. Cross
2. 発表標題 A Case Study on the Effect of Split Video Materials in MOOC Revision
3. 学会等名 EDULEARN24
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Toru Nagahama, Naoki Nose, Issaku Kawashima, Yusuke Morita: 2021.12 A Trial Study on Restraint of Mind-Wandering while Viewing Educational Videos by Adjusting Biofeedback Operations. International Conference on Computers in Education (ICCE).の発表においては, Best Poster Design Awardを受賞した.

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
---------	---------