

# 眼球運動特性を用いたマインドワンダリングの判別 The detection of mind wandering with eye movements.

吉村 直己<sup>‡</sup>, 牧岡 省吾<sup>†</sup>

Naomi Yoshimura, Shogo Makioka

大阪府立大学 人間社会学研究科 人間科学専攻

Department of Human sciences, Graduate School of Humanities and Social Sciences, Osaka Prefecture University

<sup>‡</sup>sv502087@edu.osakafu-u.ac.jp

<sup>†</sup>makioka@hs.osakafu-u.ac.jp

## Abstract

We examined the characteristics of eye movements during mind wandering and developed a model to discern whether mind wandering is occurring. We recorded eye movements by an eye tracker during participants executed an n-back task. A discriminant analysis showed the pattern of eye movements can predict the occurrence of the mind wanderings. The participants tended to report the mind wanderings when their gaze were located on the right side of the display.

**Keywords** — mind wandering, eye movements, eye tracker, discriminant analysis

## 1. はじめに

講義中や運転中など、何かに集中しないといけないうちにそれとは別の事を考えてしまい注意がそれてしまう経験をした事はないだろうか。このように注意が外部環境(課題)から内的な表象(課題無関連思考)に逸脱する現象をマインドワンダリング(mind wandering)と呼ぶ (Smallwood & Schooler, 2006)。認知課題遂行中にマインドワンダリングが生じると課題遂行成績が低下する(Mooneyham & Schooler, 2013)といったネガティブな側面があることはよく知られている。マインドワンダリングは課題の難易度が低い時により多く生起し、未来方向の思考は記憶を再構成するための認知資源を要するため、課題の難易度が低い時は未来方向のマインドワンダリングの生起頻度が多く、課題の難易度が高い時は未来思考が抑制されて過去方向のマインドワンダリングの生起頻度が多くなる (Smallwood, J., Nind, L., & O'Connor, R.C., 2009)。また Mason, Norton, Van Horn, Wegner, Macrae (2007) は、認知負荷がマインドワンダリングの発生を抑制していることを示した。

マインドワンダリング研究で使われる課題無関連思考の測定は自己報告測定とプローブ報告測定に大別される (Smallwood & Schooler, 2006)。自己報告測定は課題中すべての思考を抽出したり参加者がマインドワンダリングを認めた時に報告したりする方法で、プローブ報告測定は課題中に割り込む形で参加者の思考を抽出する方法である。

本研究では眼球運動に注目し、マインドワンダリングが生じたことを眼球運動から識別できるかどうか検討した。眼球運動については、そのパターンから個人を識別可能 (白間, 小泉, 北川, 2012) など様々な研究があるが、眼球運動とマインドワンダリングの関係は充分理解されていない。

本研究は眼球運動とマインドワンダリングの関係を調べることを目的とし、飯島・丹野 (2012) の実験を追試しながら眼球運動を測定し、マインドワンダリング時の眼球運動特性を用いて判別分析を行う事で眼球運動からマインドワンダリングを判別可能かどうか検討する。

## 2. 方法

### 2.1 実験参加者

実験参加者は大阪府立大学で心理実験を1回以上経験している第2学年以上の学生29名(女性20名, 男性9名)で、平均年齢は20.4歳(標準偏差0.9)であった。

### 2.2 アイトラッカー

眼球運動を測定するアイトラッカーは Tobii Technology 社製品 Tobii Pro X2-60 を使用し、制御には同社の Tobii Pro Analytics SDK を用いて MathWorks 社の MATLAB<sup>®</sup> で制御した。この装置は 500mm(幅) × 360mm(高さ) で動作距離

400mm~900mm の頭部動作補正があるので、本研究ではアゴ台等による身体の固定は行わなかった。なお実験参加者には頭は大きく動かさないように教示した。ディスプレイは Iiyama PLG2488H (24 インチ 1920×1200 pixel)を使用した。

### 2.3 認知的負荷課題

認知負荷課題は飯島・丹野（2012）を倣って行った。黒色文字の 1 から 8 までの整数および、緑色文字の 1 から 8 までの整数が刺激である。数字はひとつずつ呈示されるが、緑色の整数が呈示されたときに、 $n$  回前 ( $n=0,1,2$ ) に呈示された整数が偶数か奇数かの判断を求めた。反応は、参加者の回答は、参加者の正面に置かれたボタンが白、赤、緑の 3 つだけのキーボックスを用いて取得した。偶数なら白ボタン、奇数なら緑ボタンを数字の呈示から 2 秒以内に押すように求めた。2 秒を超すと自動的に次の試行に進んだ。 $n=0$  のときの 0 バック条件、 $n=1$  の 1 バック条件、 $n=2$  の 2 バック条件の合計 3 条件を被験者内計画で行った。刺激が呈示される前に画面中央に注視点を 1000msec 呈示し、刺激の整数を 2000msec 呈示し、何も提示されないブランク(白い画面)を 250msec おいた。各条件において、緑色の整数は 24 回 (1 から 8 までの整数が 3 セット)、黒色の整数は 152 回 (同 18 セット) で、緑色の整数が次の緑色の整数のターゲットとならないようにセミランダムで呈示さ

れた。また全条件で最初の 3 試行以前に緑の整数が呈示されないように行った。課題の概要を Figure1 に示した。

### 2.4 思考サンプリング

思考サンプリングも飯島・丹野（2012）を倣って行った。思考サンプリングは認知的負荷課題をしているときのマインドワンダリングの有無を測定するために行った。ブランクの後に青い背景に黒い文字で「いまあなたは何を考えています？選択肢から選んで回答してください。」と表示して、過去のときは白、課題そのもの(現在)のときは赤、未来のときは緑のボタンを押すように求めた。思考サンプリングは認知的負荷課題中に行われ、各条件 5 回ずつ、その間隔は刺激呈示 20 個以上あけるようにセミランダムに行った。思考サンプリングの制限時間は設けなかった。

### 2.5 手続き

まず実験参加者ごとアイトラッカーのキャリブレーションを行った。画面上の 5 ケ所にランダムに呈示される青い点を身体を動かさずに目だけで追うように求めた。キャリブレーションの成否は Tobii Pro Analytics SDK のプログラムで自動的に判定され、できなかった参加者にはもう再度キャリブレーションを行うように求め、すべての参加者が 3 回以内にキャリブレーションに成功した。次に認知的負荷課題の説明文を画面に呈示して、

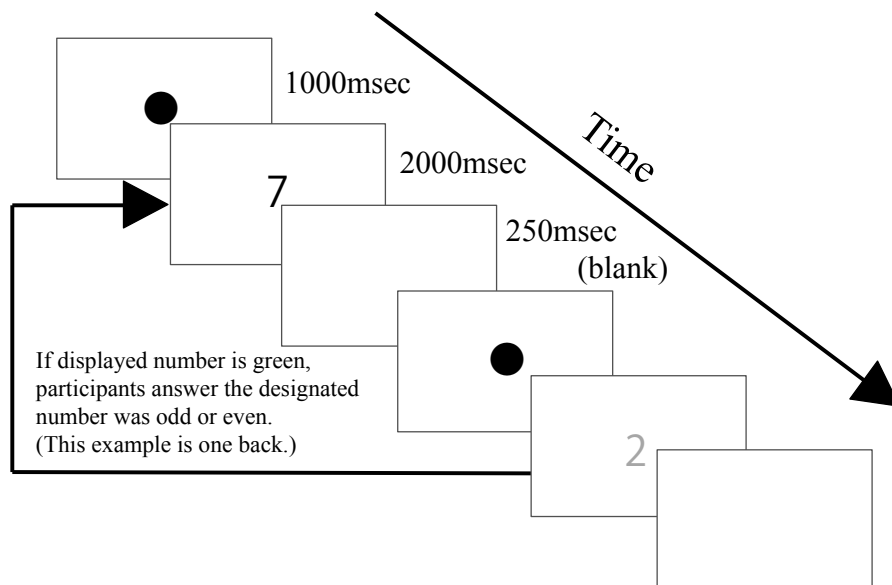


Figure 1. 認知的負荷課題の概要

参加者の任意のタイミングで課題を実行するように求めた。練習試行を5試行行った後に本試行を行った。実験条件(0,1,2 バック)の実施順序はカウンターバランスを取り、各条件の間には30秒の休憩をおいた。

### 3. 結果

課題中にプログラムが停止しデータを取る事ができなかった2名を分析から除外し、27名のデータを分析に用いた。課題の条件ごとの正答率は0バック条件 0.85, 1バック条件 0.87, 2バック条件 0.82 で有意な主効果はみられなかった( $F(2,52)=0.89, n.s.$ )。次にマインドワンダリングの発生頻度について検討するため時間(過去・未来)×実験条件(0,1,2 バック)の被験者内2要因計画で分散分析した結果、実験条件に主効果はなく( $F(2,52)=0.739, n.s.$ )、交互作用が有意であった( $F(2,52)=7.89, p<.01$ )。Ryan法による多重比較の結果、未来方向では0バックより2バック、1バックより2バックの方がマインドワンダリング発生頻度が5%水準で有意に低かった。これはSmallwood et al.(2009)の課題が困難になると未来思考が抑制されるという結果と一致する。なお全体のマインドワンダリングの発生頻度は0.549であった。Figure2に過去、課題種集中、未来の思考の生起頻度と分析結果を示した。

眼球運動データについて、生データを凝視クラスターとサッケードに分ける変換作業を行った。変換にはMATLAB®上で動くEyeMMV toolbox (V. Krassanakis, V. Filippakopoulou & B. Nakos, 2014)を利用した。変換過程において実験者はt1, t2, Minimum Duration (MD), 思考サンプリングから何 msec の眼球運動データを用いるのか(Time)を任意に決定しなければならない(t1, t2, MDの詳細についてはKrassanakis et al.(2014)を参照の事)。そこで上記4変数について、それぞれt1(50, 150, 300), t2(40, 120, 240), MD(30, 90, 180), Time(2500, 5000, 10000)の3値を設定し81通りを検討した。なお変換後の結果凝視クラスター総数が100以下になるような組み合わせは、眼球運動のデータとして少ないので除外した。

変換後に出力されるデータは7つあり、原点をディスプレイ左上とした各凝視クラスターの重心ユークリッド X,Y 座標[pixel](V1)(V2)、変換の最終過程で削除される前のデータの個数(V3)、削除後のデータの個数(V4)、凝視の開始時間[msec](V5)、凝視の終了時間[msec](V6)、凝視の継続時間[msec](V7)である。V3, V4は凝視の回数であり、これらが多いとよく目が動いている事を表す。これら7変数に加えて、画面に呈示されている数字の大きさの範囲に各凝視データの重心が有るか無いか[0 or 1](V8)、各凝視データの重心が画面の範

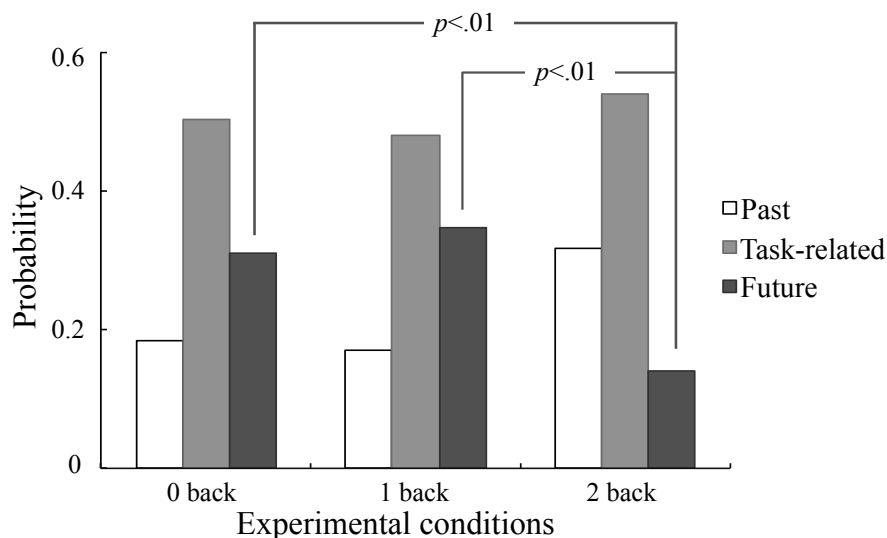


Figure 2. 条件と思考方向ごとの頻度

Table 1. 組み合わせごとの標準判別係数

| Combinations<br>(Time-t1-t2-MD) | V1    | V2   | V4    | V6    | V7    | V8    | V9    | Coefficients of<br>Discriminants |
|---------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|
| 5000-300-240-90 (n=166)         | -0.88 | 0.34 | 0.20  | -0.63 | 0.02  | 0.14  | -1.06 | 0.687                            |
| 5000-300-120-30 (n=196)         | -0.59 | 0.08 | -0.02 | -0.70 | 0.32  | 0.61  | -0.84 | 0.668                            |
| 5000-300-240-30 (n=202)         | -0.61 | 0.25 | 0.05  | -0.68 | 0.32  | 0.60  | -0.52 | 0.668                            |
| 5000-300-240-180 (n=140)        | -0.93 | 0.15 | 0.30  | -0.59 | -0.13 | -0.16 | -0.70 | 0.664                            |
| 5000-300-40-30 (n=153)          | -0.60 | 0.19 | 0.22  | -0.67 | 0.14  | 0.23  | -1.51 | 0.660                            |

囲の中に収まっているのか[0 or 1](V9)を加えた。  
上記9つを説明変数とする判別分析を行うが、V3  
と V4 の相関が.94( $p<.01$ )、V5 と V6 の相関  
が.99( $p<.01$ )強く、多重共線性をさけるため V3 と  
V5 は判別分析の説明変数から除外した。

マインドワンダリングの有無を目的変数、上記  
7変数を説明変数として R Ver3.1.1\*を用いて判別  
分析を行った。正しく判別できた率を判別率とし  
て、判別率の信頼性を検討するために凝視データ  
を半分に折半し、一方をサンプル群もう一方をテ  
スト群にして t1-t2-MD-TIME の組み合わせごとに  
判別分析を 100 回繰り返して判定率の標準偏差を  
算出した。最も判別率が高かった組み合わせは  
t1:300, t2:240, Minimum Duration:90, Time:5000  
の時で、判別率は 0.687(標準偏差 0.046)であった。  
判別率上位 5 組の判別係数を Table1 に示した。  
Table 1 より、V9, V1, V6 の順に影響力が強く、  
V4 と V7 の影響力が弱い傾向が見られた。

#### 4. 考察

本研究の目的は眼球運動とマインドワンダリング  
の関係を調べ、眼球運動からマインドワンダリン  
グの有無の判別が可能か検討する事であった。ま  
ず後者については、ある程度高い判別率が得られ  
たことから、判別できる可能性が示唆された。今  
後は実際に参加者の眼球運動データを取りながら  
リアルタイムでマインドワンダリング生起を検知  
するような実験で判別式が機能するのか検討を進  
めていきたい。

本研究は飯島・丹野 (2012) の実験を追試した。  
Figure2 より、課題の難易度が高い 2 バック条件で

未来方向のマインドワンダリングが抑制され  
Smaliwood et al.(2009)の説を支持する結果が得ら  
れた。しかし飯島・丹野 (2012) の結果とは違い、  
本研究では 2 バック条件の時に過去方向のマイン  
ドワンダリングが有意ではないが増加していた。  
Smaliwood et al.(2009)は未来方向の思考では認知的  
負荷の影響を受けると述べてはいるが、過去方  
向の思考には触れられてはいない。Marson et al.  
(2007)の認知負荷が増えるとマインドワンダリン  
グが抑制されるという結果は、未来方向の思考だ  
けが強く抑制されたことによって、全体としてマ  
インドワンダリングが減少したのかもしれない。  
そうすると、本研究で過去方向の思考が増加した  
事がこれまでの研究と矛盾する事にはならず、む  
しろ未来思考が強く抑制されるという事で  
Smaliwood et al. (2009)の仮説をより強く支持する  
可能性がある。ただし本研究ではそれを明らかに  
する根拠は充分ではなく、これから検討する必要  
があると考え。

眼球運動とマインドワンダリングの関係につい  
て、判別分析では V9 (各凝視データの重心が画面  
の範囲の中に収まっているのか) の影響が大きか  
った。これは視線が画面外に向けられている状態  
なので課題から注意が逸脱していると言える。V1  
(各凝視クラスターの重心の X 座標) が負の値を  
取っているという事は、画面の右側を見ているほ  
どマインドワンダリング傾向が高いということだ  
である。またどの組み合わせでもその傾向が一貫し  
ており、マインドワンダリングと視線方向の関係  
が示唆される。V2 (各凝視クラスターの重心の Y  
座標) は V1 ほど影響力はなかった。V6(凝視の終

了時間)はすなわち実験開始から時間が経過した方がマインドワンダリング傾向が高くなるという事である。これは課題に慣れて認知負荷が下がったためだと考えられ、これは Marson et al.(2007)が認知負荷が低い課題は高い課題よりマインドワンダリングを生じやすといった事に一致する。一方で V4(凝視変換過程を経て削除された後の生データの個数)、V7(凝視の継続時間)の影響力は低かった。つまりある区切りの時間内では凝視の長さは影響しないという可能性がある。つまりマインドワンダリング中であっても凝視が長くなる事も短くなる事もないという事である。

以上をまとめると、マインドワンダリング中の眼球運動は激しくも沈黙もせず、課題から目が逸れており、特に右側を見ている状態であると考えられる。本研究では利き手の調査を行わず、ボタンを押す手の指定をしなかった。日本人の多くが右利きであり、ボタンを右手で扱っていたと推測される。実験中は実験者は退室しており、実験室には本研究で使用しているパソコン以外の動くものや課題実行中に目につくようなものは置かれていないが、参加者の右手が参加者から見える唯一の動いているものであり、それがマインドワンダリング中の視線を引きつけたという事が考えられる。この仮説は本実験だけでは立証できず、今後検討していく事になる。また本研究では眼球運動によるマインドワンダリング判別の可能性が示された。今後は眼球運動によるマインドワンダリング判別法の精緻化を図っていく事が望まれる。

## 5. 参考文献・資料

- 飯島 雄大, 丹野 義彦.(2012) “認知的負荷がマインドワンダリングの時間方向に及ぼす影響”. 心理学研究, 83, 232-236
- Mason, M. F., Norton, M. I., Van Horn, J. D., Wegner, D. M., Grafton, S. T., & Macrae, C. N. (2007). “Wandering minds: The default network and stimulus-independent thought.” *Science*, 315, 393-395.
- \* R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- 白間 綾, 小泉 愛, 北川 智利. (2012). “発話中の眼球運動に現れる個性”. 電子情報通信学会 信学技報 19-24
- Smallwood, J., Nind, L., & O'Connor, R. C. (2009). “When is your head at? An exploration of the factors associated with the temporal focus of the wandering mind”. *Consciousness and Cognition*, 18, 118-125.
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2006). “The restless mind”. *Psychological Bulletin*, 132, 946-958.