

アイトラッカーを用いたクレペリン作業中における回答時間の分析 Analysis of Working Times during Kreperin Test using Eye Tracker

渡邊 博之[†]
Watanabe Hiroyuki

1. はじめに

数学一般や演習問題の回答に比べ、個人の興味や能力に依らないモデルとして、クレペリン作業がある。作業量である回答時間の「読み」「書き」「計算」の各時間を分析するには良いモデルとなる。従来の研究では、アイトラッカーを用いて視機能評価や生体反応測定などが行われているが、学習過程のメカニズム解明へ適用した報告は少ない。クレペリン作業中における眼球運動から、回答時間の長い人と短い人では停留時間にどのような特徴や共通点が見られるかを「書き」と「書き以外」の時間に分けた報告はある[1]。しかし、「書き以外」を「読み」と「計算」に分けた「書き」を含む 3 要素では検討していない。3 要素の中で回答時間に最も関わる要素を明らかにできれば、学習や作業量の向上に貢献できる。

本研究ではクレペリン作業をモデルとして、アイトラッカーを用いて 3 要素を分析すると共に、回答時間に最も関わる要素を明らかにし、回答時間の長い人と短い人の特徴や共通点を明らかにしている。

2. 実験方法

図 1 は測定方法と使用装置を示している。①はアイマーカーレコーダー EmR-9、②はヘッドユニット(グラスタイプ)、③は顎台である。クレペリン作業の回答時間は 60sec である。レコーダーで得られるデータは、視野カメラの録画映像、左右カメラの眼球の座標である。データを 3 要素に分けるため、まず録画映像のフレームから数字の「書き」の時間を求める。次に、書きと次の書きの間の時間を対象に、座標から「読み」と「計算」の各時間に分ける。

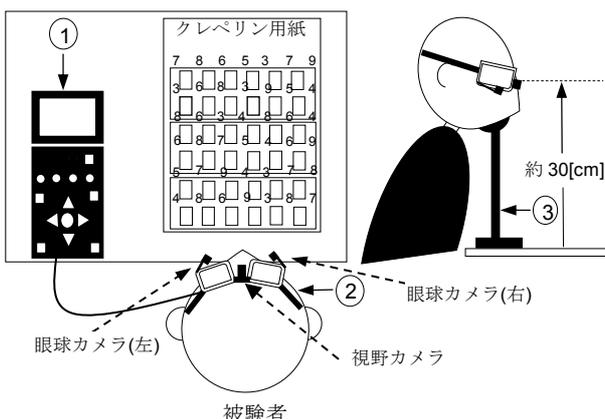


図 1 測定方法と使用装置

3. 結果

クレペリン作業の回答時間には「書き」「読み」「計算」の 3 要素が含まれている。各要素の時間がどの程度か、総回答数に最も寄与するのはどの要素かを調べる。さらに、

20 人の中で回答時間の長い人、普通の人、短い人の特徴や共通点を明らかにする。

3.1 数字ごとの時間と標準偏差

表 1 は 1 問に要する数字ごとの書き、読み、計算の各時間 (60sec 間の総回答数[問]における各数字の 20 人の平均値) を示している。「1」は誰でも短時間 (0.09sec) に書いている。「4」や「5」のように 2 画の数字は比較的長時間 (0.38sec) かかっている。すなわち、「書き」は個人差が少ない (標準偏差 0.05) が、個々の数字による差は大きく、数字の書き方によって時間短縮ができるといえる。左と右の数字の「読み」は、個人差がやや大きい (標準偏差 0.09) が、数字ごとの時間差は少ない。「計算」は、計算結果が「4」や「6」となる場合に時間が長い。問題の左右どちらか一方に「7」や「8」の数字がある場合 (7+9 や 8+6) の時間は長いため、「7」や「8」は鬼門の数字といえる。この傾向は、特に回答時間の長い人 (総回答数の少ない人) に多い。すなわち、計算は個人差と個々の数字による差との両方が大きい。また、平均値 μ と標準偏差 σ の中で、計算は $0.40 \pm 0.19 \text{sec}$ で、ばらつきが一番大きい。回答時間は計算に左右されることが明らかである。

表 1 数字ごとの時間 単位は[sec]

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | $\mu \pm \sigma$ |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| 書き | 0.24 | 0.09 | 0.26 | 0.31 | 0.38 | 0.38 | 0.25 | 0.37 | 0.31 | 0.33 | 0.30 ± 0.05 |
| 読み | 0.24 | 0.27 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.22 | 0.27 | 0.28 ± 0.09 |
| 計算 | 0.33 | 0.42 | 0.47 | 0.44 | 0.51 | 0.47 | 0.51 | 0.35 | 0.28 | 0.40 | 0.40 ± 0.19 |

3.2 「書き」「読み」「計算」の各時間

図 2 は 20 人の書き・読み・計算の各時間を示している。「書き」の個人差は小さい ($\sigma=0.05$) ため、標準値を 0.30sec とすると、標準的な人は「書き」に 0.30sec 、(「読み」+「計算」) に 0.68sec で、1 問を約 1sec で回答している。また、回答時間が短い人 (○) は (「読み」+「計算」)/「書き」= $0.35/0.30 \approx 1$ 倍、標準的な人 (△) は $0.68/0.30 \approx 2$ 倍、長い人 (□) は $1.0/0.30 \approx 3$ 倍となっている。黒いプロット (■と▲) は、回答時間の長い人 (1 人) が、回答時間を短縮した例である。「書き」よりは (「読み」+「計算」) による時間短縮が大きい。

3.3 総回答数と回答時間との関係

図 3 は総回答数と回答時間との関係を示している。(「読み」+「計算」)/「書き」に対して、総回答数は負の直線近似を示している。黒いプロットの 1 回目は 30 問/分、2 回目に標準的な 60 問/分となり、3 回目では総回答数 70 問/sec となっている。「書き」は 1 回目に 0.36sec 、2 回目に 0.32sec 、3 回目に 0.30sec であり、ばらつきが小さい。「読み」は 0.42sec 、 0.23sec 、 0.21sec であり、1 回目と 2 回目にばらつきがある。「計算」は 0.78sec 、 0.43sec 、

[†] 日本大学工学部

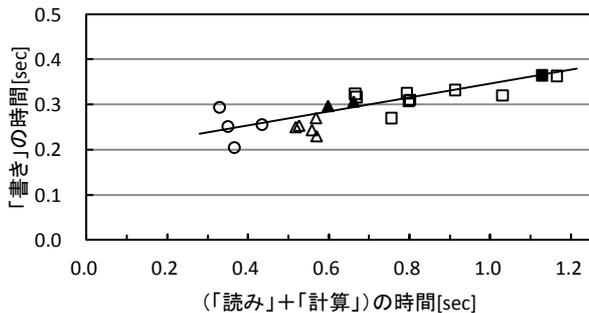


図 2 書き・読み・計算の各時間

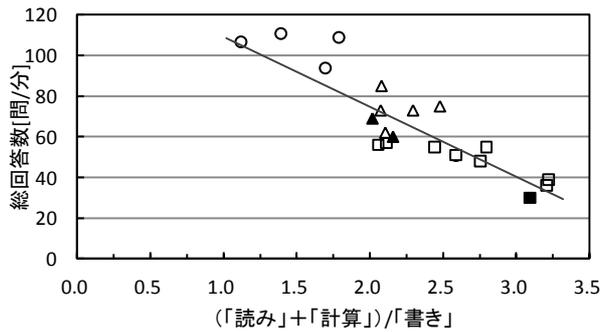


図 3 総回答数と回答時間との関係

0.39sec であり、計算は書きや読みと比較して、1 人の中でもばらつきが大きい。このことから、総回答数は計算に大きく左右され、回答時間の長い人は計算時間の短縮によって総回答数が増加したといえる。

4. 考察

3.では総回答数は 3 要素の中で「計算」に左右されることを示した。本章では 2.で得られた座標データを用いて、回答時間の長い人、標準的な人、短い人の特徴を考察する。

4.1 回答時間の長い人

図 4 は回答時間の長い人の視線運動 (9+4=3) を示している。△が開始で▲が終了、1 個の○は 1/60sec である。○の個数は読みが 21、計算が 42、書きが 21 で、合計 84 個で 1.4 sec である。(a) から「読み」は左右の順番となっている。「計算」は回答時間の 50%を占めている。(b)から「書き」の作業中に読み返しがある。すなわち、書きながら再確認の作業が含まれるため、総回答数が 39 問/分と少ない。

4.2 回答時間の短い人

図 5 は回答時間の短い人の視線運動を示している。○の個数は読みが 9、計算が 16、書きが 13 で、合計 38 個で 0.63 sec である。(a)から「読み」は右左の順番となっている。(b)から「書き」の作業中、RX 方向に 10pix (クレペリン用紙の数字記入の横幅) 以上移動しているため、次の問題の数字を読み始めていることが明らかである。読みは個人差がやや大きいため、回答時間の短い人が必ずしも読みが短いわけではない。しかし、書きながら次の問題の数字の読みを行うため、総回答数が 94 問/分と多い。

なお、回答時間が長い人、標準的な人、短い人に共通するのは、計算結果で「1」を書くときは、次の問題の数字を読む作業が含まれないことである。これは数字の「1」の書きは単純作業で、一時リセットするためと考えられる。

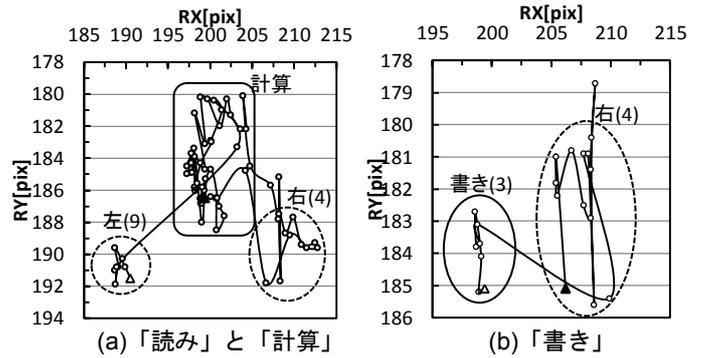


図 4 回答時間の長い人 (9+4=3)

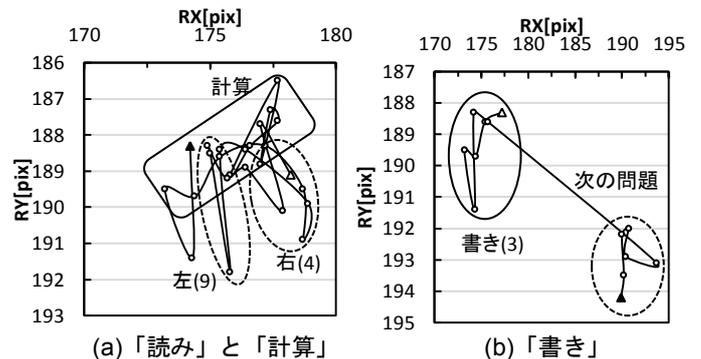


図 5 回答時間の短い人 (9+4=3)

5. おわりに

クレペリン作業をモデルとして、回答時間を分析した結果、「書き」は個人差が少ないが、個々の数字による差が大きい。「読み」は個人差がやや大きい、数字ごとの差は小さい。「計算」は個人差と数字による差の両方が大きく、ばらつきが最も大きいことを明らかにした。また、1 問に対する回答時間は、標準的な人で「書き」が 1/3 で、「読み」が約 1/3、「計算」が約 1/3 の時間配分で、1sec となることを示した。「書き」に対する (「読み」+「計算」) の関係は相関係数 $\gamma=0.69$ で、直線近似であることを示した。総回答数に対する (「読み」+「計算」)/「書き」の関係は相関係数 $\gamma=-0.82$ で、回答時間が短い人を 1 としたとき、標準的な人は 2 倍、長い人は 3 倍であることを示した。さらに、総回答数は「計算」に大きく左右され、回答時間の長い人は慣れによる計算時間の短縮によって、総回答数が増加できることを明らかにした。

回答時間の長い人は計算結果の戸惑いによる再確認があり、回答時間の短い人は書きの作業中に次の問題の数字を読むため、総回答数に違いがあることを明らかにした。本結果は、学習や作業量の向上に基礎的資料を与えるのに極めて有意義であると考えられる。

今後、数学一般などの回答でも、「書き」では次の作業を考えながら行うことが、「読み」では読解力や理解力を増すことが、「計算」では記憶力と処理能力の向上が作業時間の短縮に繋がると考えられる。特に、計算は時間短縮の大きな要素であり、繰り返し学習 (作業) によって処理能力の向上が期待できる。

参考文献

[1] 佐々木優, 渡邊博之, “クレペリン作業中における眼球運動の停留時間に関する分析”, 信学大全, A-11-1, p106 (2018-03-20).