

平成 29 年 5 月 20 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26590149

研究課題名(和文)自動的エラーモニタリングの眼球運動プロセス

研究課題名(英文)Eye movement processes in automatic error monitoring.

研究代表者

岡本 真彦 (Okamoto, Masahiko)

大阪府立大学・人間社会システム科学研究科・教授

研究者番号：40254445

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、認知課題遂行中の自動的エラーモニタリングとそれに伴う眼球運動プロセスを明らかにするために行われた。具体的には、 $[1+4=5\ 6]$ のような刺激を提示し、左端の数字「1」と答え「5」を加えると右端の数字「6」と等しいかどうかを判断することが求められると、 $1+4=5$ という足し算が間違っているにもかかわらず、課題に要する時間に遅延が生じた。また、誤答式が含まれる左方向への眼球運動の広がりが見られた。これらの結果は、誤答式を見ただけで自動的にエラーモニタリングが駆動している可能性を示している。ただ、再実験では異なったデータが得られており、さらに検討が必要である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to explore automatic error detection processes and those eye movement processes. Subjects were asked to judge whether the sum of underlined two numbers is congruent with a right end number when a numerical expression, e.g. " $1+4=5\ 6$ ", was presented. * showed underlined numbers. The results showed a significant delay for the expression included incorrect formula, " $1+4=6\ 7$ ", but not for the expression included correct formula. These results suggested that the delay was caused by the incorrect formula and automatic error monitoring process was driven by the incorrect formula.

研究分野：教育心理学

キーワード：モニタリング メタ認知 非意識

1. 研究開始当初の背景

(1)メタ認知と意識性

メタ認知とは、自分自身の思考についての思考である (Flavell, 1979) と定義され、認知をその一つ上位でモニタリングし、コントロールする過程がメタ認知であると考えられてきた。また、メタ認知はその概念的起源から、意識的な過程であるという前提の基に研究が進められてきた。実際、これまでのメタ認知研究では、メタ認知の指標として、言語報告や確信度判断などの言語指標が用いて研究が行われることが多かった。

しかしながら、最近では、メタ認知は必ずしも意識的な過程ではなく、非意識的なメタ認知過程が存在するのではないかと考えられるようになってきた。そこで、反応時間や視線運動などの非言語的なメタ認知指標を用いて検討が進められている。これらの研究ではメタ認知の言語的指標と非言語的指標との間に乖離が報告され、モニタリングの意識性の仮定に疑問がもたれるようになってきた (Reder, 1996)。というのも、もしメタ認知が意識的プロセスならば、それらは正確に言語報告可能であり、非言語的指標とも一致するはずである。しかし、実際の実験データにおいては、しばしばメタ認知の言語報告と非言語的指標の乖離が見られており、これらの指標間のズレは、言語報告できない非意識的、あるいは潜在的なメタ認知プロセスがあることを示唆している。

(2)非意識的なメタ認知過程を検討するための実験パラダイム

もし、潜在的なメタ認知モニタリングの過程が存在するとすれば、それはどのようなパラダイムで測定可能だろうか。

この問題について、Okamoto & Amano (2012) は、潜在的なモニタリングを検討するための実験パラダイムを用いて探索的に検討している。彼らは、図1に示したような数式を提示し、下線部が引かれた2つの数字 (cue) を足し合わせた数と右端の数字 (target) が一致しているか、すなわち、右端の数字が下線の引かれた2数の合計となっているかどうかを判断するように求めた。

$$\underline{1} + \underline{4} = \underline{5} \ 6$$

図1 Okamoto & Amano (2012)で用いられた課題

また、cue が含まれている加算式には、正しい式と間違っただけの2つのタイプが含まれていた。この課題において、参加者に求め

$$\begin{array}{l} \text{正しい式：} \\ \underline{1} + \underline{4} = \underline{5} \ 6 \\ \text{間違っただけの式：} \\ \underline{1} + \underline{4} = \underline{6} \ 10 \end{array}$$

図2 Okamoto & Amano (2012)で用いられた2つのタイプの式

られるのは、下線部の2つの数を足して、右端の cue と同じかどうかを判断することであり、この判断に、左の加算式が正しいか誤っているのか情報は必要ないものである。もし我々が、加算式が正しいか、間違っているかは不要な情報であるとして認知せずに、課題で求められている判断だけを行うとしたら、左の加算式が正しい場合でも、間違っている場合でも判断時間は等しくなる。一方で、我々が課題で求められている判断を行っている最中に、同時に、左の加算式が正しいか、間違っているかを潜在的にモニタリングしているとすれば、その潜在的モニタリングに認知資源を要するので判断時間は遅くなる。

実際、Okamoto & Amano (2012)では、計算課題遂行中に計算には無関連な誤答が含まれている場合に、判断時間に遅延が見られ、自動的にエラーモニタリングが駆動される可能性を明らかにした。

ただ、Okamoto & Amano (2012)で用いられた式を再検証した結果、遅延が生じた場合に、特定のタイプの数式が多く含まれていることがわかったので、これらの問題を解消した新しい実験パラダイムが必要であることがわかった。

(3)非意識的メタ認知とその個人差

非意識、潜在的なメタ認知過程の研究が徐々に進み始めたが、それらの非意識的メタ認知過程が、その後の学習過程に影響することや個人差が存在することを報告する研究が見られるようになって来ている。例えば、天野 & 岡本 (2013)は、学習項目への関与単純接触が、学習時間への配分を短くするという結果を報告しており、非意識的なメタ認知モニタリングが学習のコントロールに関与している可能性を示した。

加えて、Fleming, Weil, Nagy, Dolan, & Rees (2012) は、新しい知見として、意図的に行わせたメタ認知判断に個人差があることや、メタ認知の個人差が特定の脳部位と関係していることを報告している。しかしながら、それらの個人差が非意識的なメタ認知においても存在するかどうかは明らかではなく、検討する必要がある。

2. 研究の目的

以上のことより、本研究の目的をまとめる

と、以下ようになる。

- (1)潜在的エラーモニタリングの認知過程を検討するための実験パラダイムを開発する。
- (2)潜在的エラーモニタリングに駆動に伴ってみられる眼球運動プロセスを明らかにする。
- (3)潜在的エラーモニタリングの個人差を測定する方法を発見する。

3. 研究の方法

(1)参加者

大学生 22 名が参加者であった。いずれの参加者も裸眼、あるいは矯正して正常な視力を有していた。

(2)潜在的エラーモニタリングパラダイム

本研究において、潜在的エラーモニタリング過程を検討するために用いたのは、Okamoto & Amano (2012)で用いられた実験パラダイムである。このパラダイムでは、図 1 に示したような加算式と数字が提示され、下線が引かれた 2 数の合計が右端の数字と一致するかどうかを判断することが求められる。課題では、この判断には直接関係しない加算式の正誤を実験要因として操作し、この操作が課題で求めた判断に影響するかどうかを調べることで潜在的エラーモニタリングが駆動したかどうかを検討する。

(3)刺激

問題の式の 左辺側の Cue を Cue 1、右辺側の Cue を Cue 2 と呼ぶ。Cue1 の数字は左辺の第 1 項にでる場合と第 2 項目にでる場合があり、Cue2 は常に式の答えの場所に呈示された。Cue 1 の数字には 1 から 4 が、Cue 2 の数字には 5 から 9 が使われた。式の正誤は左辺の Cue 1 ではない方の数で課題の難易度と条件が交絡しないように操作された。

問題の総数は Cue 1 (4: 1~4) × Cue 1 の位置 (2: 第 1 項・第 2 項目) × Cue 2 (5: 5~9) × 式 (2: 正・誤) × ターゲット (2: 一致・不一致) の計 160 問であった。

(4)手続き

実験開始前に、参加者は視線情報の取得のために Tobii x-60 によるキャリブレーションを行った。Tobii x-60 は非接触型のアイトラッカーであるため、参加者のパフォーマンスへの影響はなかったものと考えられる。キャリブレーションの後、参加者は 16 試行からなる練習課題を行った。練習試行には、式が誤っている問題は含まれていなかった。練習試行の後、参加者は 80 試行 2 ブロックの計算課題を行った。160 刺激の呈示順はランダムであった。

4. 研究成果

(1)潜在的エラーモニタリングの駆動

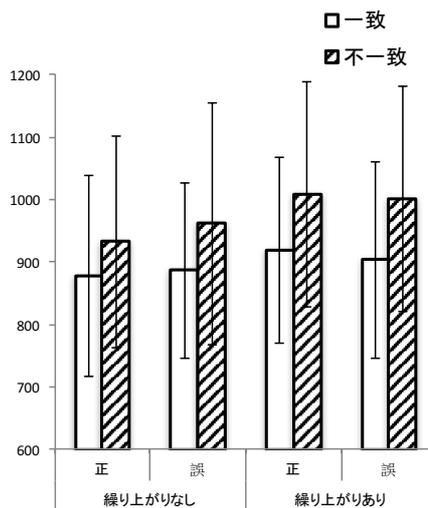


図3 条件ごとの平均反応時間 (ms)

潜在的エラーモニタリング課題の反応時間を図 3 に示した。試行の種類によって反応時間が異なるか、3 要因の分散分析 (繰り上がりの有無 × 式の正誤 × ターゲットの一致・不一致) を行った。結果、繰り上がりの有無とターゲットの異同の主効果が有意であった ($F(1, 19) = 15.29, p < .01$; $F(1, 19) = 43.09, p < .01$)。交互作用は、繰り上がりの有無 × 式の正誤 ($F(1, 19) = 4.66, p < .05$) と 繰り上がりの有無 × ターゲットの異同 ($F(1, 19) = 5.46, p < .05$) が有意であった。繰り上がりの有無 × 式の正誤

(Fig. 3) において単純主効果の検定を行ったところ、繰り上がりなしにおける式の正誤の単純主効果が有意であったが ($F(1, 19) = 14.64, p < .01$)、繰り上がりありにおいては効果が見られなかった ($F(1, 19) = 1.00, n. s.$)。

潜在的モニタリングのプロセスを取り出すために、計算課題中に誤った式を見せて、潜在的モニタリングが自動的にエラーを検出するのかどうかを調べた。結果、繰り上がりのない問題では、誤った式を見ることで反応時間が遅延し、繰り上がりのある問題では、式の正誤の効果は見られなかった。このことから、繰り上がりのない問題においては、計算遂行中に目にした等式の誤りが自動的に検出されたものと考えられる。繰り上がりのある試行で式の正誤の影響が見られなかった事については 2 つの可能性が考えられる。1 つは、繰り上がりのある計算では繰り上がりのない計算に比べて認知負荷が高いため、潜在的モニタリングを駆動させるための資源の余裕がなかったという可能性である。この場合、繰り上がりありの問題では潜在的モニタリングは働いていなかったと考えられる。もう 1 つの可能性は、繰り上がり計算においては式の正誤にかかわらず常に意識的モニタリングが働いていたというものである。この場合は、繰り上がりの有無 × 式の正誤の 4 水準の中で、繰り上がりがなく式が

正しい条件以外では潜在的にせよ意識的にせよモニタリング行われていたため、練り上がりがなく式が正しい条件でのみ反応時間が短くなったと考えられる。本稿の分析から、この二つの可能性を検証する事はできないが、アイトラッカーから得られたデータを分析することで検証できると思われる。近年、視線の運動は人間のメタ認知活動の指標として扱われており (Paulus & Proust, 2013)、本課題でも視線の動きや注視時間に変化でモニタリングの生起を検出できるかもしれない。また、視線情報を分析することで、意識的なモニタリングと非意識的なモニタリングの質的な違いを取り出せることも期待できるだろう。

(2) 潜在的エラーモニタリングに伴い眼球運動プロセス

反応時間の分析からは、潜在的エラーモニタリングが駆動されたと言えるが、もしそうだとすれば、間違った式になっているかどうかを検証するために、余分な眼球運動が生起しているはずである。

この点について検証するために、Tobii x-60 を用いて計測した視線データを元に、滋基式のどの部分を多く見ているのかのヒートマップを作成した。図3に加算式が正しい場合のヒートマップ、図4に加算式が間違っている場合のヒートマップを示した。

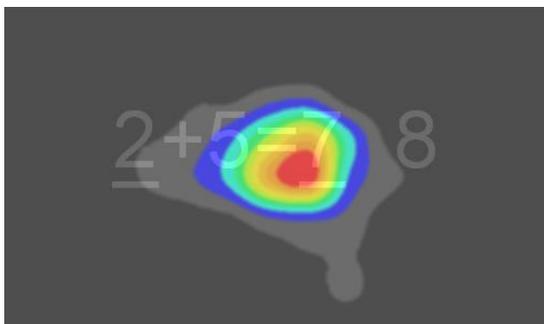


図3 加算式が正しい場合の眼球運動のヒートマップ

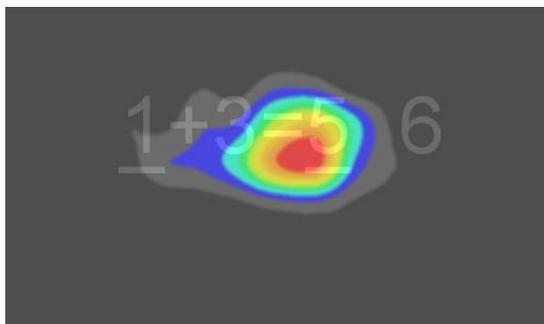


図4 加算式が間違っている場合の眼球運動のヒートマップ

これらのヒートマップからは、加算式が間違っている場合に、画面の左方向への視線の広がりが分かる。すなわち、加算式が間違っている場合に、参加者はそれを確認するため

に、左方向に注視を移動させていたと考えられる。すなわち、この眼球運動の分析からも潜在的エラーモニタリングが駆動していた可能性が示されたと考えられる。

(3) 潜在的エラーモニタリングの個人差測定法

潜在的エラーモニタリングパラダイムを用いた検討は、我々の研究が初めて試みであった。そこで、我々が得たデータに再現性があるかどうかを検証する必要がある。そこで、2016年度の再度、同じパラダイムを用いて、異なる参加者を対象として再実験を行なったが、一貫した結果が得られず、パラダイムの有効性が確認できなかった。したがって、今回の科研の期間中には、個人差の測定まで到達することができなかった。

<引用文献>

- ① Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- ② Fleming, S. M., Weil, R. S., Nagy, Z., Dolan, R. J., & Rees, G. Relating introspective accuracy to individual differences in brain structure. *Science* 329 (5998), 1541-1543.
- ③ Nelson, T. O. & Narens, L. (1990). Metamemory: A Theoretical framework and new findings. *The Psychology of Learning and Motivation*. Vol. 26, 125-141.
- ④ Okamoto, M., & Amano, S. (2012). *Has the error detection automatically driven in the calculation?* 5th Biennial Meeting of the EARLI Special Interest Group 16 Metacognition, Milan, Italy.
- ⑤ Paulus, M., Proust, J., & Sodian, B. (2013). *Examining implicit metacognition in 3.5-year-old children: an eye-tracking and pupillometric study.* *Cognition*, 4, 145.
- ⑥ Reder, L. M. (1996). *Implicit Memory and Metacognition*. Psychology Press.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 1 件)

- ① 天野祥吾・岡本真彦、潜在的モニタリングによる足し算遂行中のエラーの自動検出、第17回認知・発達フォーラム、2015年8月1日、広島大学 (広島県・東広島

市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ess.osakafu-u.ac.jp/human/okamoto/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本真彦 (OKAMOTO, Masahiko)
大阪府立大学・人間社会システム科学研究
科・教授
研究者番号：40254445

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

森兼隆 (MORI, Kanetaka)
天野祥吾 (AMANO, Shogo)