

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：32660

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19826

研究課題名（和文）視覚ミスマッチ反応に着目した「視覚的意識へのアクセス」に関わる脳内活動動態の解明

研究課題名（英文）Investigation of early neural processing which promotes access to visual consciousness

研究代表者

浦川 智和（Urakawa, Tomokazu）

東京理科大学・理学部第一部応用物理学科・講師

研究者番号：80586644

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）：本研究課題では、無意識下にある視覚情報が意識上で知覚される（視覚的意識へアクセスされる）までの早期の脳活動動態を明らかにすることを目標とした。ここでは、視覚ミスマッチ処理と呼ばれる画像呈示後200ミリ秒以内に進行する脳情報処理（視覚刺激の時間的規則性の逸脱を自動的に検出する情報処理）に着目して脳波実験を行って検討したところ、この視覚ミスマッチ処理が「視覚的意識へのアクセス」に関与していることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

目には入ってはいるものの意識的には見えていない視覚情報が、どのような脳内機序を経て意識に上って見えるようになる（視覚的意識へアクセスする）のだろうか？このことを明らかにすることは、ヒトを対象とする認知神経科学の重要な課題の一つである。とりわけ、無意識下に呈示する画像が意識へ上る脳情報処理の“早期の”動態については、まだ殆ど解明が進んでいない。本研究は、無意識下に画像を呈示した後、200ミリ秒以内に駆動される視覚ミスマッチ処理とよばれる脳情報処理に着目し、この視覚ミスマッチ処理が「視覚的意識へのアクセス」に関与していることを見出した。

研究成果の概要（英文）：This research project attempted to trace early visual processing which renders an invisible visual image visible (access processing). We found that visual mismatch process, which reflects automatic detection of a visual change in relation to a preceding sequential regularity of visual events, is relevant to the access processing.

研究分野：認知科学

キーワード：意識 脳波 視覚ミスマッチ陰性電位

1. 研究開始当初の背景

私たちは日常生活において、様々なモノを見ている。これら視覚的に見ていると思っているものは、果たして外界から脳が受け取った視覚情報の全てなのだろうか？たとえ見ているモノが何なのか分からない条件下（無意識下で呈示される視覚画像）であっても、この見えないモノに対する脳内情報処理は時々刻々と進行し、この少なくとも部分的に処理された視覚情報の一部が意識上へのぼっていった結果（視覚的意識へアクセスすることで）、我々はモノを見ていると認識する。しかしながら、無意識下の視覚情報がどのような脳内情報処理を経て実際に意識上へとアクセスしているのか、その脳内活動動態、とりわけ感覚入力後200ミリ秒以内の早期の脳内情報処理段階での脳活動動態については、まだ解明が進んでいない。

本研究課題では、上記脳活動動態の解明に向けて、視覚ミスマッチ処理と呼ばれる脳情報処理に新たに着目した。視覚ミスマッチ処理とは、視覚刺激の時間的規則性が破られる場合に（例：AAAAB）、この破れ（DEV）の自動検出を反映する脳情報処理のことで、DEV呈示後150ミリ秒以内に発生する視覚ミスマッチ陰性電位（visual mismatch negativity, vMMN）と呼ばれる脳活動に反映される。これまでに代表者らの研究グループでは、物理的には同一だが複数の知覚を誘引する曖昧画像（多義画像）とDEV（意識上に呈示）を同時に呈示する実験を行ったところ、このDEVによって誘発されるvMMNが増大していくのに伴って、DEV呈示前後での多義図形に対する知覚変化が促進されることを報告してきた[1,2]。本研究課題ではこの先行研究を更に進展させて、多義的知覚をもたらす視覚刺激が誘引しうる複数の知覚の内、無意識下にある視覚情報がDEVになる設定を試みた。こうすることで、この無意識下のDEVにより誘発されるvMMNの増大とDEVが意識上へアクセスする度合を共に実験的に評価することが可能となり、先行する前述の研究成果同様にvMMN増大と知覚変化の促進（無意識下の画像が意識へアクセスしたことを反映）との対応関係が存在すれば、vMMNに反映されている早期の脳情報処理である「視覚ミスマッチ処理」が「視覚的意識へのアクセス」に関与していることを見出せるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

これまでに解明が進んでこなかった脳内における「視覚的意識へのアクセスの早期段階」に、視覚ミスマッチ処理が関与しているのか明確にする。

3. 研究の方法

① 研究で用いた視覚画像とその呈示方法の概要

両眼視野闘争と呼ばれる現象を生じさせる刺激呈示法を用いて、左目と右目のそれぞれに色の異なる正弦波刺激（赤または青）を被験者に呈示した。この際、両目に呈示される2種の正弦波刺激は、呈示タイミングを同期させて間欠呈示した。ここでは、無意識下にある方の正弦波刺激の方向を90度変化する刺激（Uncon-DEV）呈示する条件（Uncon-DEV条件）と、意識下にある刺激を同様に変化する刺激（Con-DEV）を呈示する条件（Con-DEV条件）を作成し、更に統制条件として、両眼の刺激の方向が全く変化しない刺激（STD刺激）を呈示する条件（STD条件）の計3条件を設定した。

② データの取得と解析方法の概要

上記3種類の刺激呈示前後で、知覚変化（知覚交代）の割合を計測し、無意識下の刺激が意識へアクセスしているのか評価した。刺激呈示中の被験者の脳活動については脳波で計測し、Uncon-DEVにより誘発されるUncon-vMMN（Uncon-DEVに対する誘発電位からSTDに対するそれを引き算して求める）、およびCon-DEVにより誘発されるCon-vMMN（Con-DEVに対する誘発電位からSTDに対するそれを引き算して求める）を算出した。取得したデータの個人差に着目する解析手法[3]に準拠して、視覚的意識のアクセスの促進とUncon-vMMNの増大との間に有意な相関が認められるのか検討した。また、視覚的意識のアクセスの促進とUncon-vMMNの増大との間に有意な相関関係が存在した場合、それが無意識下から生じる情報処理を反映していると言えるのかどうか更に検討する為、視覚的意識のアクセスとCon-vMMNの指標間においても同様の解析を行って比較・検討した。

4. 研究成果

① 行動指標を解析した結果、Uncon-DEV刺激はSTD刺激に比べ、視覚的意識へのアクセスを統計的に有意に促進させることが明らかになった。一方で、Con-DEV刺激は、視覚的意識へのアクセスの促進をもたらさなかった。このことから、視覚ミスマッチ処理を駆動させる視覚刺激を無

意識下で呈示すると、視覚的意識へのアクセスを駆動・促進させることができると考えられる。

② 脳波データの解析の結果、今回用いた視覚刺激呈示により、Uncon-vMMN および Con-vMMN が誘発されていることを確認した。いずれの脳反応も、DEV 刺激呈示後 150 ミリ秒以内に誘発されていることを確認した (図 1)。また、「Uncon-vMMN の増大」と「視覚的意識へのアクセスの促進」との間に有意な相関が認められた (図 2)。一方で、Con-vMMN に関しては、視覚的意識へのアクセスに影響を与えなかった。これらの結果は、視覚ミスマッチ処理が視覚的意識へのアクセスに関与していることを示している。

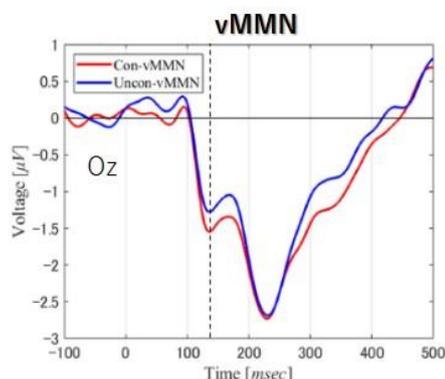


図 1 視覚ミスマッチ陰性電位

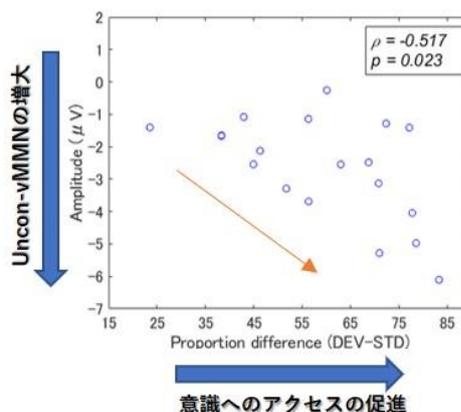


図 2 視覚ミスマッチ陰性電位と意識へのアクセスとの相関

本研究課題のこれまでの成果から、「視覚的意識へのアクセスの早期段階」に視覚的ミスマッチ処理が関与していることが明らかになった。また今回の結果は、視覚ミスマッチ処理が脳内で果たす役割を視覚的意識へのアクセスの観点から拡張させるものである。

現在までに得られた結果は英文原著論文にまとめて現在査読中である。今後は、コロナ感染症の動向を見ながら研究を更に進めていき、時間周波数解析や電極間の機能的結合を適用することで、視覚的意識へのアクセスに関わる脳活動動態についてより詳細に検討していく予定である。

<引用文献>

- [1] Urakawa, T., Bunya, M. & Araki, O. Involvement of the visual change detection process in facilitating perceptual alternation in the bistable image. *Cogn. Neurodyn.* 11, 307-318 (2017).
- [2] Urakawa, T., Nagano, K., Matsumoto, Y. & Araki, O. Enhancement of a genuine visual mismatch negativity correlates with the facilitation of perceptual alternation of a bistable image. *NeuroReport* 29, 1104-1108 (2018).
- [3] Vogel, E. K. & Awh, E. How to exploit diversity for scientific gain. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 17, 171-176 (2008).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Araki Osamu, Tsuruoka Yuki, Urakawa Tomokazu	4. 巻 14
2. 論文標題 A neural network model for exogenous perceptual alternations of the Necker cube	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cognitive Neurodynamics	6. 最初と最後の頁 229 ~ 237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11571-019-09565-6	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 Urakawa Tomokazu, Nagano Kazuma, Matsumoto Yuki, Araki Osamu	4. 巻 29
2. 論文標題 Enhancement of a genuine visual mismatch negativity correlates with the facilitation of perceptual alternation of a bistable image	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 NeuroReport	6. 最初と最後の頁 1104 ~ 1108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/WNR.0000000000001079	査読の有無 有
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10件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Yuki Kurita, Tomokazu Urakawa, Osamu Araki.
2. 発表標題 Involvement of visual mismatch negativity in access to visual consciousness.
3. 学会等名 The 15th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Takahashi, Tomokazu Urakawa, Yuki Kurita, Osamu Araki
2. 発表標題 ON response does not reflect access to visual consciousness: A VEP study.
3. 学会等名 The 15th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浦川智和、栗田佑騎、高橋恵里香、荒木修
2. 発表標題 vMMN は視覚的意識へのアクセスに関する
3. 学会等名 第49回日本臨床神経生理学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浦川智和
2. 発表標題 不完全な視覚情報の脳内補完とvMMN研究の新しい展開
3. 学会等名 第1回心理神経科学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂光，浦川智和，田中元善，栗田佑騎，荒木修
2. 発表標題 視覚的意識Gatingに関わる脳活動の時間的動態
3. 学会等名 脳と心のメカニズム 第19回冬のワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田佑騎，浦川智和，荒木修
2. 発表標題 視覚ミスマッチ処理が視覚的意識に与える影響
3. 学会等名 脳と心のメカニズム 第19回冬のワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中元善, 浦川智和, 鈴木裕太, 荒木修
2. 発表標題 RB効果の減弱に関わる早期脳活動の解明
3. 学会等名 脳と心のメカニズム 第19回冬のワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢泰地, 浦川智和, 廣木茜, 荒木修
2. 発表標題 vMMNには被験者の不安特性が反映されるのか
3. 学会等名 脳と心のメカニズム 第19回冬のワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤裕樹, 浦川智和, 高橋恵里香, 栗田佑騎, 今仁拓也, 荒木修
2. 発表標題 顔感情が視覚的意識へのアクセスに与える影響
3. 学会等名 第20回脳と心のメカニズム 冬のワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白石宗太, 浦川智和, 今井謙太郎, 鈴木裕太, 今仁拓弥, 荒木修
2. 発表標題 外因性知覚交代をもたらす早期視覚情報処理の検討
3. 学会等名 日本視覚学会2021年冬季大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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