

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650392

研究課題名(和文)脳内情報処理における予測的知覚機能の潜在性に関する研究

研究課題名(英文)Exploring nonconscious nature of information processing in anticipatory perception

研究代表者

今中 國泰(Imanaka, Kuniyasu)

首都大学東京・人間健康科学研究科・教授

研究者番号：90100891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、移動刺激の将来位置の予測的知覚を示す表象的慣性(representational momentum、RM)が無意識下の刺激でも生じるか否かについて、移動刺激の最終部分(prime刺激)に逆向マスクングを適用し、見えないprimeによってRMが生起するか否かを実験的に検討した。実験1の結果、見えないprime刺激でもRMが生じる傾向がみられたが、統計的な有意性には至らなかった。実験2、3では、見えないprimeによるRMが顕著に認められた者と全く見られない者が混在し、個人差が大きかった。今後の課題として、移動刺激に対する逆向マスクングの効果的な方法の再検討の必要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The present study examined whether the representational momentum (RM), that is, a type of visual spatiotemporal illusion in anticipatory visual perception of a moving object, occurred with a prime stimulus (the last short part of the moving object) even when the perception of the prime stimulus was masked under backward masking. Experiment 1 showed that a masked prime stimulus induced a slight RM, although this did not reach statistical significance. Experiments 2 and 3 showed that a typical RM occurred with a masked prime stimulus under backward masking in some participants, whereas this was not the case for others. This suggested that occurrence of RM in terms of an invisible moving object under backward masking may well be subjected to individual differences. These results indicated that further studies will be needed to elucidate an efficient experimental methods for inducing visual backward masking of a moving object in RM experiments.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：予測的知覚 表象的慣性 潜在性 逆向マスクング

### 1. 研究開始当初の背景

知覚・認知に關与する感覚入力の脳内情報処理は、僅かではあるが一定の処理時間を要する。これは脳の知覚認知処理が環境事象と同時に起こっているのではなく、実環境のタイミングより僅かに遅れて生起していることを意味する。つまり環境のあらゆる事象の脳内処理は、少なくともその処理時間分だけ遅れており、実環境の事象と同時進行ではない。

一方、移動刺激はその実際の位置が知覚されるのではなく、数十、百数十ミリ秒将来の位置が知覚されることが知られている。その例として、表象的慣性 representational momentum (RM, Freyd & Finke, 1984) や flush-lag effect (FLE, Nijhawan, 1994) などの時空間的錯視現象が報告されている。これらの現象は、環境の動きの知覚は、環境事象がそのまま忠実に脳内で再構成されるのではなく、近い将来の状況が予測的事象として再構成されることを示している。

このように、RM や FLE など移動刺激の予測的知覚は、視覚入力を手掛かりに、その直後に起こる将来状況が脳内で表象化されることを意味する。脳内の処理過程の必然的遅延を考慮すると、予測的知覚はその必然的遅延を補てんし、実環境との時空間的整合性の維持に貢献していると考えることが可能である。したがって、予測的知覚は脳内処理遅延の補てん機能を有しているといえる (Hubbard, 2013)。

RM や FLE の予測的知覚には、低次・高次の情報処理過程が關与している。低次知覚処理については、刺激の速度、眼球運動、視野、参照点の有無、感覚モダリティ間の連関、環境 - 視標座標系などの要因により RM や FLE が大きく影響を受け、高次処理過程では、注意や手がかり、刺激の概念、観察者による刺激の制御・予測可能性、熟練などの要因の關与が報告されている。このように、予測的知覚には低次・高次のさまざまな処理過程が關与している。

本研究では、予測的知覚 RM を脳内処理遅延の補てん機能の表出として捉え、それが無意識下でも生じるか否かを実験的に検討した。もし RM が無意識下でも生じるのであれば、予測的知覚は高次認知機能ではなく、基盤的・原始的視覚機能として理解することが可能となる。

### 2. 研究の目的

本研究では、予測的知覚を示す RM を脳内情報処理の遅延補てん機能として捉え、逆向マスクングによる閾下刺激で予測的知覚 RM が生じるか否かを検討した。もし予測的知覚 RM が潜在的に生じるのであれば、人の知覚系には脳内処理の遅延を補てんする基盤的機能が組み込まれている可能性がある。この可能性検証のため、単純移動刺激を逆向マスクングにより知覚的にマスクし、見えない移動刺激でも予測的知覚が生じるのか否かを実験的に検討した。

### 3. 研究の方法

全体の実験方法は図 1 に示すとおりである。モニター画面上を水平に移動する刺激を用い、

移動の最終ステージでさらに追加刺激 (prime) を短時間・短距離移動させ、それをマスク刺激 (mask) で見えないようにする状況を設定した。prime 刺激消失後、テスト刺激として縦バーを移動刺激消失点の前後いずれかに呈示し、テスト刺激が移動刺激の消失位置より前方か後方を強制選択させた。このような方法で、逆向マスクング下で見えない prime によって RM が影響を受けるか否かを検討した。

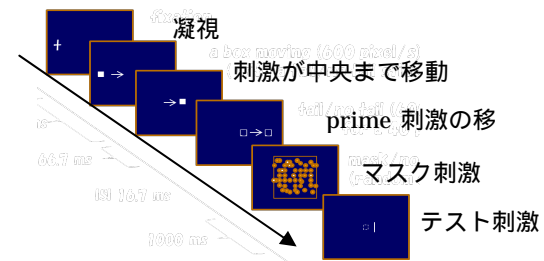


図 1 実験手順

本研究では、逆向マスクングを生起させることが必須となるため、まず prime 刺激を mask 刺激により逆方向的にマスクする効果の方法を模索し、その結果得られた見えない prime 刺激による RM への影響を一連の 3 つの実験により検討した。すべての実験で以下の 2 ステップを共通して用いた。(1) 実験参加者ごとに、逆向マスクングが効果的に生じる prime 刺激の感覚閾値 (明るさ) の同定、及び (2) 確定した明るさの prime 刺激を用いた RM 実験の実施。

### 4. 研究成果

#### (1) 実験 1

参加者は 12 名の大学生、大学院生。実験装置は、LCD モニター、パソコン、Presentation 言語による実験プログラム、及び参加者の応答に用いるキーボード、マウスで構成された。

刺激は、凝視点、移動刺激、prime 刺激、mask 刺激、及びテスト刺激 (鉛直方向の短い縦バー) であった。実験に先立ち、prime 刺激の知覚を mask 刺激により逆方向的にマスクするため、prime の明るさを上下法により下降・上昇させ、prime 検出率 50% 付近となるとき prime の明るさを決定した。その後、その prime 刺激を用いた検出課題を 40~50 試行実施し、正確な prime 検出率を測定した。このような手順で prime の感覚閾値相当の明るさを参加者ごとに決定した。その後、RM 測定を含む実験を実施した。

RM 実験では、LCD モニター (27inch, 1280 x 800 ピクセル, 60Hz, brightness10%, contrast50%) の画面縦方向中央の左端または右端に凝視点 (+) を呈示し、その直後、凝視点上下に近接して並べた 10 x 10 ピクセルの白色正方形の移動刺激を 10 ピクセル/フレーム (16.7ms) の速度で画面中央まで移動させた。引き続き上下どちらかの正方形刺激をさらに 4 フレーム分移動させ、prime 刺激とした。比較のため、凝視点上下いずれにも prime 刺激を呈示しない no-prime 条件を設定した。移動刺激または prime 刺激消失の 1 フレーム後に mask 刺激 (ランダムドットパターン) を呈示して

prime の知覚をマスクする mask 条件、mask 刺激を呈示しない no-mask 条件を設定した。移動刺激が消失した後 700ms の時点でテスト刺激として 40ピクセル長の縦バーを呈示した。縦バー呈示位置は no-prime 条件における移動刺激消失位置を基準(0)に 10ピクセル間隔 11ヶ所とし、縦バーが移動刺激の消失位置より右か左かを強制選択法で回答(キー押し)させた。

実験試行は、縦バー位置 11ヶ所で各 10 試行、prime 刺激の有無(prime, no-prime)、mask 刺激の有無(mask, no-mask)による 4 条件をランダム呈示し、計 440 試行を実施した。

prime 検出率(prime, no-prime 条件の識別率、図 2)は、mask 条件で 0.510 (SD=0.079)、no-mask 条件では 0.871 (SD=0.063)を示し、mask 条件では prime が見えていなかったことが確認された。

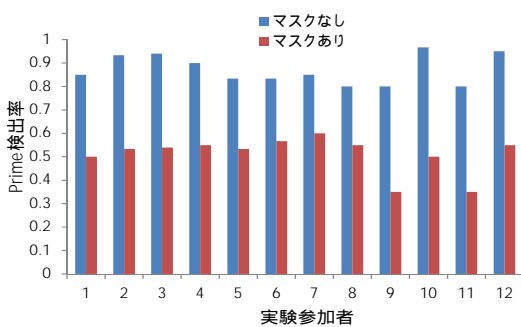


図 2 prime 検出率

図 3 は、11ヶ所の縦バー位置ごとの消失点判断結果の 12 名の平均値を示したものである。縦軸は、テスト刺激の位置が消失点より右と答えた回答数(各縦バー位置 10 試行中の回答数)、横軸は 11ヶ所の縦バー位置(ピクセル)を示している。実線は no-mask、破線は mask 条件、青は prime、赤が no-prime 条件である。

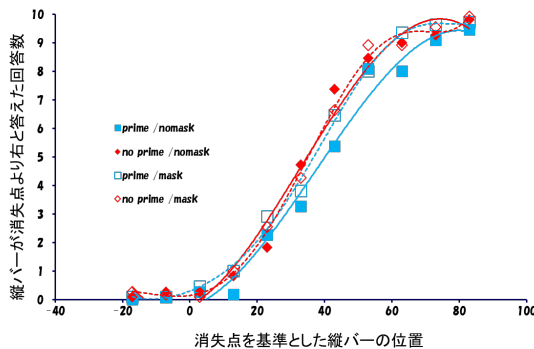


図 3 消失点 - テスト刺激の位置判断 (実験 1)

図 3 と同様のグラフを参加者ごとに描き、縦軸の回答数 5(左右の回答数が同数)に相当する縦バー位置(横軸)を各参加者の RM サイズ(知覚した消失位置の実際の消失位置からの偏倚)とし、12 名の平均値を求めた(図 4)。

分散分析の結果、prime の有無に有意な主効果( $p < .05$ )が認められ、prime 条件が no-prime 条件より有意に大きい RM を示した。しかしそれは no-mask 条件( $p < .05$ )のみであり、mask 条件では有意ではなかった( $p > .3$ )。mask 条件の

RM サイズをみると、no-mask 条件と同様、prime 条件の方が no-prime 条件より大きかったことから、有意性には達しなかったものの、prime 刺激が見えなくてもその prime が将来位置の知覚を促進させ RM が増大したものと推察された。

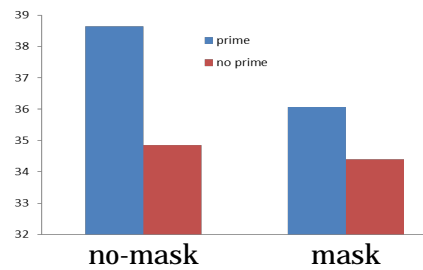


図 4 RM サイズ

マスキング(mask)条件下の prime、no-prime 条件の RM サイズ差が有意に達しなかった理由として、参加者の消失位置判断が、prime の消失位置ではなく(より明るい)移動刺激の最終位置(つまり prime に切り替わる位置)を基準に判断していた参加者がいた可能性が考えられた。そのため、実験 2 ではこの点についてさらに効果的な実験操作を試みることにした。

## (2) 実験 2

参加者は成人 4 名、LCD モニター(120Hz, 1920x1080ピクセル, brightness10%, contrast50%)に実験 1 と同様の正方形の移動刺激上下ペアを左右いずれかの画面端から画面中央に向けて移動させた。視標の移動速度は、視覚的な追従を容易にするため、低速から開始しトップスピード 20ピクセル/フレーム(8.3ms)に至るまで加速させ、その後その速度を維持した。prime 刺激は最終 2 フレーム、40ピクセル長の距離とした。これは prime 長を実験 1 と同一にするためであったが、prime 呈示時間は 16.7ms と短く、より効果的な逆向マスキングが得られることが期待された。テスト刺激の縦バー位置の間隔は、参加者ごとに事前測定した暫定的 RM サイズを考慮し 30 ~ 40ピクセルに設定し、11ヶ所にランダム呈示した。

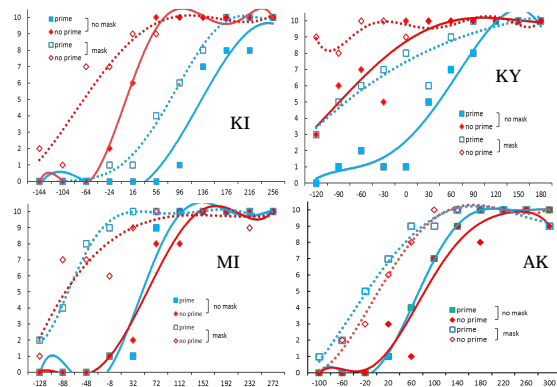


図 5 消失点 - テスト刺激の位置判断 (実験 2)

図 5 は 4 名の結果である。実線は no-mask、破線は mask、青は prime、赤は no-prime の各条件を示している。KI (prime 長 60ピクセル、縦バー間隔 40ピクセル)の結果をみると、mask、no-mask 条



件いずれも prime 条件の曲線が no-prime 条件よりも前方に 100 ピクセル以上偏倚しており、prime が見える (no-mask 条件)・見えない (mask 条件)にかかわらず prime 刺激の消失位置が将来方向に偏倚して知覚されていたことがわかる。すなわち mask 条件では、prime はマスクされて見えないはずであったがそれが顕著な RM を生じさせていたものと思われる。KY (prime 長 40 ピクセル、縦バー間隔 30 ピクセル) についても、mask、no-mask 条件いずれも prime 条件の RM が no-prime 条件より将来方向に大きく偏倚していた (mask 条件では全体的に判断結果がスケールから外れているため明確な結果とは言えない)。他方、MI、AK (prime 長 40 ピクセル、縦バー間隔 40 ピクセル) では prime 長と縦バー間隔が等しく、prime が呈示されてもそれが縦バー間隔に埋没したため RM に prime の有無が影響しなかったものと思われる。縦バー間隔が prime 長より小さかった KI、KY では、見えない prime が明確に RM に影響を及ぼす傾向がみられたことから、さらに実験条件を修正し、実験 3 を実施した。

### (3) 実験 3

参加者は成人 4 名。実験 1、2 の結果、120Hz モニターを使用する利点がありなかったことから、実験 1 と同様の LCD モニター (60Hz、1920 x 1080 ピクセル、brightness 10%、contrast 50%) を刺激呈示用モニターとして用いた。移動刺激は、実験 1、2 と同様、上下ペアの正方形刺激とし、それを左右いずれかの方向に移動させた後、prime を呈示・非呈示した。prime 刺激の長さは 40 ピクセル (最終 2 フレーム、33.4ms)、縦バーの呈示間隔は 2/3 prime 長 (26.7 ピクセル) とした。実験 2 で生じたスケールアウトを回避するため、実験開始に先立ち各参加者、各条件で暫定 RM サイズを測定し、その暫定 RM を各条件の縦バー中央位置とし、計 11 ヶ所にテスト刺激を呈示した。他の実験的操作は実験 1、2 に準拠した。

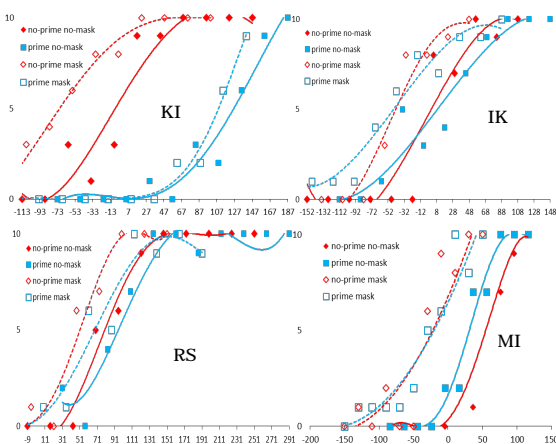


図 6 消失点 - テスト刺激の位置判断 (実験 3)

図 6 は 4 名の実験結果である。横軸には移動刺激消失位置を基準 (0) とするテスト刺激呈示位置を、縦軸には 10 試行中、テスト刺激が消失点を超えたとする回答数を示している。参加者 KI については mask、no-mask 条件いずれも、

prime 刺激を反映した RM が生じている。すなわち、prime が見えなかった mask 条件 (青の破線) でも prime が見えた条件 (青の実線) とほぼ同様、prime の消失位置が no-prime 条件より 140 ピクセル以上将来の方向に偏倚する結果となった。mask 条件における prime、no-prime の条件差 (破線の青 - 赤の差) は、no-mask 条件の prime、no-prime 差 (実線の青 - 赤の差) と類似しており、prime の見えにかかわらず prime が RM に影響を及ぼしたといえる。参加者 RS にも、RM サイズこそ小さいものの、類似の傾向がみられ、mask 条件下の prime が RM に影響を及ぼしていると推察された。他方、参加者 IK、MI では、mask 条件下の prime、no-prime 条件にはほとんど差がなく、prime が呈示されていてもそれが見えない mask 条件 (青の破線) では prime が RM に影響を及ぼさなかった。しかし no-mask 条件においても prime、no-prime 条件 (青、赤の実線) にほとんど差がみられなかったことから、彼らの消失点判断には移動刺激後の prime 部分が反映されておらず、prime 刺激が無視され、それ以前の移動刺激 (prime より明るい) により消失点を判断していた可能性がある。

実験 3 の結果から、マスクされた (はずの) prime による RM への影響は、個人差が非常に大きいものと推察された。参加者 KI、RS の結果は、prime 刺激が見えなくても prime の網膜入力が RM を生じさせたと解釈することが可能である。しかし、実験が進むうちに prime の感覚閾値が徐々に下がり prime が見えるようになっていた可能性も否定できない。すなわち、mask 条件下でも prime が見えていたため、その見えていた prime の消失位置が RM に反映されたと解釈することも可能である。しかしながら、実験中の感覚閾値測定は実施してなかったため、この真否は不明である。

### (4) まとめ

実験 1 ~ 3 を通して、mask 条件下の prime 刺激による RM への影響には大きな個人差があることが示された。個人差の背景には、参加者によっては、実験が進むにつれて prime 刺激の感覚閾値が低下し検出率が高くなり、mask 条件下でも prime が見えるようになっていた可能性も考えられる。もしそうであれば、mask 条件下で prime が RM に反映されたのは、見えない prime によるのではなく prime が見えていたからである、ということになる。この真否は不明であるが、見えない移動刺激の予測的知覚への関与については、今後さらに検討すべき点が残された。

### (5) 今後の展望

本研究では、参加者によっては逆向マスクング下の prime 刺激による RM が顕著にみられる結果が得られたが、実験中の全試行を通して、確実に prime 刺激がマスクされていたことを保証するデータは収集してない。今後は、実験試行の開始から終了までを通して、逆向マスクングが効果的に生じていることを保証する実験操作や実験手順の工夫が必要と思われる。そのため、

実験中、prime 刺激検出率の測定を継続的に実施し、実験を通して移動刺激のマスク効果を確認することが極めて重要となる。

移動刺激に対する逆向マスクングの効果的な方法については、先行研究による報告が皆無であり、未だ効果的な方法は確立されていない。したがって、RM 実験への適用を視野に入れながら、移動刺激に対する逆向マスクングの効果的な方法を再検討することが、今後の重要課題として残された。

## 5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 6 件)

Nakamoto, H., Mori, S., Ikudome, S., Unenaka, S., & Imanaka, K. (2015). Effects of sport expertise on representational momentum during timing control. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(3), 961- 971. DOI 10.3758/s13414-014-0818-9.(査読あり)

Seya, Y., Ishihara, M., & Imanaka, K. (2015). Up-down asymmetry in vertical induced motion and optokinetic nystagmus. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(1), 220-233. DOI 10.3758/s13414-014-0734-z. (査読あり)

Imanaka, K. (2014). Facilitatory effects and behavioral benefits of nonconscious perception on human motor actions. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 3(2), 255-259. DOI:10.7600/jpfsm.3.255.(査読あり)

Sakurai, R., Fujiwara, Y., Sakuma, N., Suzuki, H., Ishihara, M., Higuchi, T., & Imanaka K. (2014). Influential factors affecting age-related self-overestimation of step-over ability: Focusing on frequency of going outdoors and executive function. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59, 577-583, doi:10.1016/j.archger.2014.07.017 (査読あり)

Rutiku, R., Einberg, A., Imanaka, K., & Bachmann, T. (2013). The effect of task-irrelevant visual backgrounds on human transcranial magnetic stimulation-evoked electroencephalography responses and cortical alpha activity. *European Journal of Neuroscience*, 38(12), 3768-3777. Doi: 10.1111/ejn.12374. (査読あり)

今中 國泰 (2013). スピードと神経制御 - 運動反応の素早さと無意識的過程 -. *体育の科学*, 63(7), 527-532. (査読なし)

[学会発表](計 7 件)

Imanaka, K. (2014). Facilitatory effects and behavioral benefits of nonconscious perception on human motor actions. Guest Seminar, Laboratory of Kinesiology, Sport Psychology and Physiotherapy, Univ of Tartu, Tartu (Estonia), September 16.

Imanaka, K. (2014). Seeing another person's

fast action speeds up one's own ongoing action: Is there an interaction with hearing? Invited talk at the symposium, "The bidirectional influences between action and perception," 7<sup>th</sup> Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress 2014, National Olympics Memorial Youth Center, Tokyo (Japan), August 7-10.

Imanaka, K. (2014). Speed contagion effects of another person's action on one's own action: Is it vision and/or audition specific? Asian Conference for Physical Education & Sports Science 2014, Singapore (Singapore), July 7-9.

Imanaka, K. (2014). Nonconscious perception facilitates motor responses: A behavioral and EEG study of somatosensory and visual reaction times under backward masking. Guest Seminar, Physical Education and Sport Science, Nanyang Technological University, Singapore (Singapore), March 26.

Rutiku, R., Einberg, A., Imanaka, K., & Bachmann, T. (2013). The contents of a steady visual background have an effect on TMS-evoked EEG perturbation: natural scenes compared to scenes with man-made environments increase EP slow negativity. 5th International Conference on Non-invasive Brain Stimulation 2013, Leipzig (Germany), March 19-21.

Imanaka, K. (2013). Individual sport/exercise history and MSRS using factor analysis; A tentative report of the effects of backward masking on representational momentum. Institute of Human Performance, The University of Hong Kong, Hong Kong (China), March 6-7.

Imanaka, K. (2012). Perceptual inputs with unawareness facilitate motor response: A behavioural and EEG study of visual and somatosensory reaction times under backward masking. Guest Seminar, Bachmann Lab, Estonian Center for Behavioral and Health Sciences, The University of Tartu, Tallinn (Estonia), September 29.

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

今中 國泰 (IMANAKA, Kuniyasu)  
首都大学東京・人間健康科学研究科・教授  
研究者番号：90100891

### (2)研究分担者 なし

### (3)連携研究者

石原 正規 (ISHIHARA, Masami)  
首都大学東京・人文科学研究科・准教授  
研究者番号：60611522