



無意識情報が意思決定に与える影響

Effects of unconscious information on perceptual decision making

荒井奎甫¹⁾, 立花良¹⁾, 松宮一道¹⁾

Keisuke ARAI, Ryo TACHIBANA, and Kazumichi MATSUMIYA

1) 東北大学 大学院情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3-09, arai@cp.is.tohoku.ac.jp)

概要: 無意識に処理される視覚情報が意思決定に影響を与えることが報告されている。しかし、先行研究では知覚的意思決定時の無意識情報を十分に制御できていない可能性があった。本研究では、連続フラッシュ抑制と呼ばれる実験手法によって、バーチャルリアリティー環境で厳密に制御された無意識刺激を実現し、無意識刺激が意思決定に与える影響を調べた。結果から、無意識刺激は意思決定の精度に影響を与える一方、意思決定時の自信には影響がないことが明らかになった。これは、意識的に知覚可能な情報に対する意思決定の精度に無意識情報が影響を与えることを示した先行研究の結果を支持する。

キーワード: 知覚的意思決定、無意識情報、両眼視野闘争、ランダムドット刺激

1. はじめに

日常生活で我々は様々な意思決定を行う。風景や音など、意思決定の際に知覚する外的情報が無意識に意思決定の手がかりになると考えられる。こうした知覚的意思決定における外的な視覚情報の影響を検討するには、ランダムドットやグレーティングが視覚刺激として用いられる[1][2][3]。これらの刺激が用いられる理由は視覚刺激内の信号とノイズの比率を厳密に調整することができ、知覚的意思決定における視覚情報操作に有効なためである。

ランダムドット運動刺激を用いた研究では、意思決定の手がかり情報として実験参加者が蓄積したエビデンスの質や量が、意思決定の精度に影響を与えることを示している[4][5][6][7][8][9]。さらに、意思決定における自信の程度によって視覚処理プロセスが変化することから、実験参加者が意思決定に対して持つ自信の高さも、知覚的意思決定の重要な要素だといえる[10][11]。しかし多くの研究では、意識的に知覚できる視覚刺激の影響の検討に限定されており、意思決定時の自信の高さと決定精度における無意識情報の影響については未解明である。無意識に処理される視覚刺激が決定精度に影響を与える報告はあるが[12]、無意識情報を十分に制御できていない可能性がある。この研究では、両眼視野闘争による眼間抑制が弱い条件下で実験を行っており、ランダムドット運動刺激が頻繁に意識的に知覚されていた可能性がある。

本研究では、ランダムドット運動刺激が完全に無意識下で提示されるように、連続フラッシュ抑制と呼ばれる実験

手法を用い[13]、無意識に処理される視覚刺激をバーチャルリアリティー環境で厳密に構築し、知覚的意思決定の精度および自信の高さに無意識情報がどう影響するのかを検討した。具体的には、ランダムドット運動刺激を無意識下で呈示し、その後、ランダムドット運動刺激を意識的に知覚できるように呈示する。この無意識情報の効果を検討するために、無意識下で呈示されるランダムドット運動刺激の運動方向においてランダム条件とコヒーレンス条件を設定した。ランダム条件では、意識的に知覚できるランダムドット運動刺激の運動方向と関連がないが、コヒーレンス条件では、意識的に知覚できるランダムドット運動刺激の運動方向と同じ運動方向であった。もし無意識情報が意思決定に影響を与えるのであれば、ランダム条件よりもコヒーレンス条件において意識的に知覚できるランダムドット運動刺激の運動方向判断の精度や自信が向上することが予想される。

2. 実験方法

実験には4名が参加した。視覚刺激呈示装置として、ヘッドマウントディスプレイ (HTC Vive Pro, HTC Corporation; 90 Hz, 片目あたり 1440×1600 pixel) を用いた。ヘッドマウントディスプレイは固定台に設置され、実験参加者の頭部の動きを固定した。すべての視覚刺激は、仮想空間上で視距離 50cm の位置に呈示された。ヘッドマウントディスプレイの右眼用の画面にモンドリアン図形を、左眼用の画面にランダムドット運動刺激を呈示した。

左眼に呈示されたランダムドット運動刺激は、直径 8.2° の見えない円内に 100 個のドットで構成された。各ドットは、直径 0.6° の大きさ、白色、 2.0 cd/m^2 の輝度、 $6.0^\circ/\text{s}$ の速さで構成された。実験参加者が運動方向を判断するために用いられたランダムドット運動刺激のコヒーレンスレベル（同方向に運動するドットの割合）は、7.5%、15%、30%、60%の四種類であった。右眼に呈示されたモンドリアン図形は、100ms ごとにパターンが変更され、ランダムにフラッシュするパターンであった。このように連続的なフラッシュ刺激を右眼に呈示することで、左眼に呈示されたランダムドット運動刺激の意識的な知覚を効果的かつ長期間抑制することができる[13]。これによりランダムドット運動が実験参加者には意識的に知覚できないように制御した。

実験課題は、ランダムドットの運動方向判断とその自信を回答することであった。実験手続きを図 1 に示す。実験手続きでは、始めに画面中央に固視点が参加者に呈示された。次に、400 ミリ秒間、右眼に連続フラッシュ抑制刺激が呈示され、左眼にランダムドット運動刺激が呈示された（無意識刺激呈示）。その後、300 ミリ秒間、両眼にランダムドット運動刺激が呈示された（意識刺激呈示）。刺激呈示後、ランダムドット運動刺激の運動方向が左右どちらであったかをテンキーボードを使って応答した。応答後、両眼視野闘争が正常に起こったかの回答（2 件法）と、運動方向の判断に対する自信（7 件法）を参加者は回答した。

実験条件は 2 条件であった。無意識刺激呈示時のランダムドット運動刺激のコヒーレンスが 0% であるランダム条件、無意識刺激呈示時のランダムドット運動刺激のコヒーレンスが 7.5%、15%、30%、60% のいずれかであるコヒーレンス条件であった。

本研究は、東北大学大学院情報科学研究科の倫理委員会により承認された。

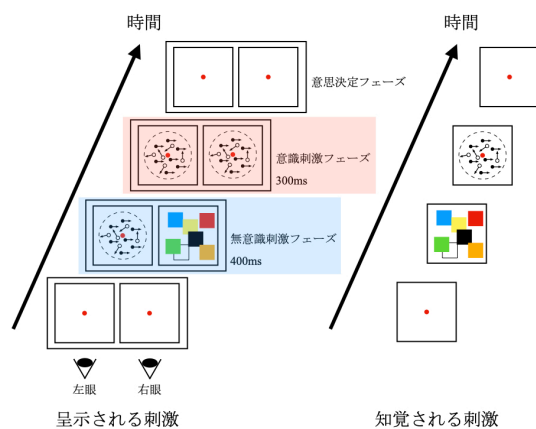


図 1. 実験試行の流れ。始めに画面中央に固視点が呈示された。次に、400 ミリ秒間、右眼に連続フラッシュ抑制刺激、左眼にランダムドット運動刺激が呈示された（無意識刺激呈示）。その後、300 ミリ秒間、両眼にランダムドット運動刺激が呈示された（意識刺激呈示）。

3. 実験結果

3.1 決定精度

図 2 は実験参加者一名に対する意識刺激のコヒーレンスの変化と正答率の関係を表す。横軸が意識刺激呈示時のランダムドット運動刺激のコヒーレンス、縦軸が運動方向判断の正答率を表す。図中の実線の色が無意識刺激の呈示条件を表し、赤色の実線がランダム条件、青色の実線がコヒーレンス条件を表す。実験参加者 4 名の結果を用いた分析より、無意識刺激呈示におけるランダム条件とコヒーレンス条件の正答率の間に有意な差があった ($F(1,3)=23.04, P < 0.05$)。また、意識刺激呈示におけるランダムドット運動刺激のコヒーレンスが高くなるほど正答率が高くなった ($F(3,9)=22.85, P < 0.01$)。また、無意識刺激の呈示条件と意識刺激のコヒーレンスの交互作用は見られなかった。

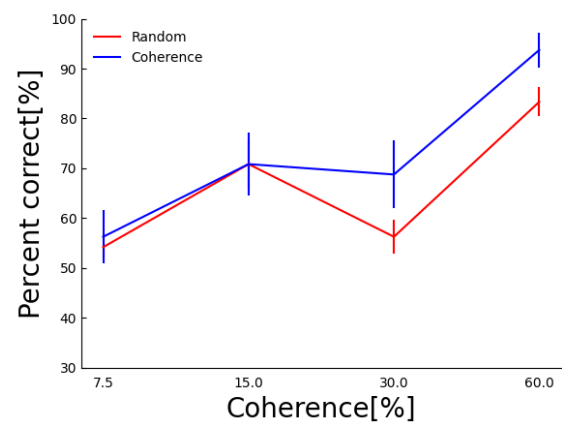


図 2. ランダムドット運動刺激の運動方向判断の正答率 (%). 実線の色が無意識刺激の呈示条件を表す。

3.2 自信に対する影響

図 3 は実験参加者一名に対する意識刺激のコヒーレンスの変化と自信の関係を表す。横軸が意識刺激呈示時のラン

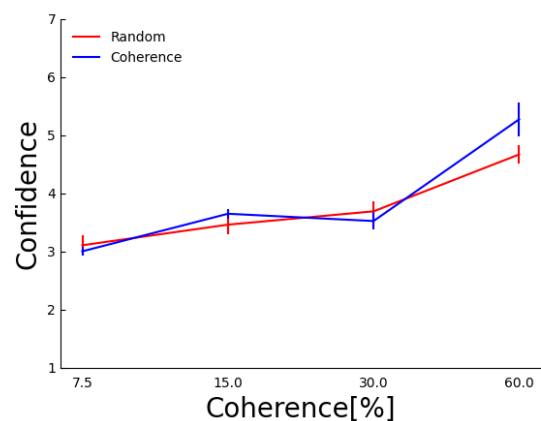


図 3. ランダムドット運動刺激の運動方向判断の平均自信評定値。実線の色が無意識刺激の呈示条件を表す。

ダムドット運動刺激のコヒーレンス、縦軸が自信を表す。赤色の実線がランダム条件、青色の実線がコヒーレンス条件を表す。実験参加者4名の結果を用いた分析より、無意識刺激呈示におけるランダム条件とコヒーレンス条件の自信の間には統計的に有意な差はなかった。しかし、意識刺激におけるランダムドット運動刺激のコヒーレンスが高くなるほど自信は高くなった ($F(3,9)=24.68, P < 0.01$)。また、無意識刺激の呈示条件と意識刺激のコヒーレンスの交互作用は見られなかった。

4. むすび

本研究は、無意識に処理される視覚刺激が意思決定の精度および自信の高さに与える影響について調べた。その結果、無意識刺激呈示のランダム条件よりもコヒーレンス条件で、意思決定の精度は向上するが、自信の高さには有意な変化がないことが示された。無意識情報と意思決定の関係を調べた先行研究は、無意識情報が十分に制御されていない可能性があった [12]。しかし、本研究は、連続フラッシュ抑制刺激を用いることで、視覚刺激が完全に無意識下で呈示される実験環境を構築した。従って、本研究の結果は、無意識情報が意思決定の精度に影響を与え、自信には影響を与えないという先行研究の考えを支持する。

一方で、意思決定の精度および自信は、意識的に知覚できるランダムドット運動刺激のコヒーレンスレベルに応じて向上し、この傾向は無意識刺激のランダム条件とコヒーレンス条件の両方で得られた。これらの結果は、無意識刺激呈示後に呈示された意識的に知覚できる手がかり情報の蓄積によって意思決定の精度と自信の両方が向上したことを示唆しており、無意識情報と意思決定の関連を扱っていない過去の研究と首尾一貫している[2][3][10][11]。

無意識刺激のランダム条件と比べてコヒーレンス条件で意思決定の自信が向上しなかったのは、無意識刺激による手がかり情報の蓄積が十分でなかったためかもしれない。本研究では、無意識刺激の呈示時間を400ミリ秒に固定していたため、無意識情報の呈示時間の変化が意思決定に与える影響は未検討である。今後の研究課題として、無意識刺激の呈示時間の変化が意思決定精度および自信に与える影響を調べる必要がある。

参考文献

[1] Britten, K. H., Shadlen, M. N., Newsome, W. T., & Movshon, J. A. (1992). The analysis of visual motion: a

comparison of neuronal and psychophysical performance. *Journal of Neuroscience*, 12(12), 4745-4765.

[2] Shadlen, M. N., & Newsome, W. T. (2001). Neural basis of a perceptual decision in the parietal cortex (area LIP) of the rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*, 86(4), 1916-1936.

[3] Kiani, R., Corthell, L., & Shadlen, M. N. (2014). Choice certainty is informed by both evidence and decision time. *Neuron*, 84(6), 1329-1342.

[4] Diederich, A. (1997). Dynamic stochastic models for decision making under time constraints. *Journal of Mathematical Psychology*, 41(3), 260-274.

[5] Leite, F. P., & Ratcliff, R. (2010). Modeling reaction time and accuracy of multiple-alternative decisions. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(1), 246-273.

[6] Ratcliff, R., & McKoon, G. (2008). The diffusion decision model: theory and data for two-choice decision tasks. *Neural Computation*, 20(4), 873-922.

[7] Ratcliff, R., & Rouder, J. N. (1998). Modeling response times for two-choice decisions. *Psychological Science*, 9(5), 347-356.

[8] Smith, P. L., & Vickers, D. (1988). The accumulator model of two-choice discrimination. *Journal of Mathematical Psychology*, 32(2), 135-168.

[9] Usher, M., & McClelland, J. L. (2001). The time course of perceptual choice: the leaky, competing accumulator model. *Psychological Review*, 108(3), 550.

[10] Samaha, J., Switzky, M., & Postle, B. R. (2019). Confidence boosts serial dependence in orientation estimation. *Journal of Vision*, 19(4), 25-25.

[11] Balsdon, T., Wyart, V., & Mamassian, P. (2020). Confidence controls perceptual evidence accumulation. *Nature Communications*, 11(1), 1-11.

[12] Vlassova, A., Donkin, C., & Pearson, J. (2014). Unconscious information changes decision accuracy but not confidence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(45), 16214-16218.

[13] Tsuchiya, N., & Koch, C. (2005). Continuous flash suppression reduces negative afterimages. *Nature Neuroscience*, 8(8), 1096-1101.