



VR 環境における相互作用可能な物体と 2 次元画像の フランカー干渉効果比較

Comparison of Flanker Interference Effects Between Glabbable Objects and 2-D Images in a VR Environment

水野桜¹⁾, 高橋達二²⁾

Sakura Mizuno, and Tatsuji Takahashi

1) 東京電機大学院 理工学研究科 (〒 350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂, mizzn.skr@gmail.com)

2) 東京電機大学 理工学部 (〒 350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂, tatsuji.takahashi@gmail.com)

概要: ヒトの脳は実物体や環境を知覚し相互作用することを通じて進化してきたと考えられる。Gomez らはフランカー課題における実物体は画像と異なる反応を引き起こすことを示し、行為者にとってのその物体の行為可能性 (アフォーダンス) が画像にはない重要な特徴であると指摘した。本研究では Gomez らの実験パラダイムを用いて、仮想現実環境でも現実環境と同様の行為可能性による反応差が見られるかを検討した。

キーワード: アフォーダンス フランカー課題 相互作用性

1. はじめに

ヒトや動物は、複雑で常に変化し多様な行動の機会を提供する環境を知覚し、絶え間なく相互作用することによって進化してきたと考えられる [1] [2]。しかし過去の研究において、物理的な行動をもたらすことのない二次元画像は実物体と同じ反応を引き起こすと仮定され用いられてきた。

近年ではこの仮定を否定する結果が多く示されており、実物体は二次元画像より識別されやすい [3]、記憶にも残りやすい [4] ことなどが明らかになった。したがって、ヒトや動物の認知過程を評価する場合には刺激として実物体を使用することが望ましい。

実物体が行為者に与えるその物体を操作する機会を行為可能性 (アフォーダンス) という。Gomez らは、実物体が持つ行為可能性は二次元画像が持たない重要な特徴であると指摘し、フランカー課題を用いた実験で、把持可能な実物体と二次元または三次元画像の間でフランカー干渉効果に有意な差があることを明らかにした。さらに、同じ実物体を手の届かない場所や透明な壁の向こう側に配置してフランカー干渉効果を比較したところ、これらの場合では二次元画像と同程度であることを示した。Gomez らは、参加者が実物体を掴むことができるかどうかという行為可能性の有無がこのような結果の要因であると考察している。

さて、近年の仮想現実技術の発展は目覚ましく、高い没入感を伴う体験が可能となった。かつてインターネットやコンピューター、モバイルアプリケーションの普及・発展により、遠隔地での Web テストや 1 日を通じた行動や反応のモニタリングが可能となり、認知科学研究は劇的に変化した。同様に仮想現実技術は次世代の認知評価をもたらすと期待されている。Hardiess らは「実験環境の高度な制御が

できる」ことや「物理的に不可能な環境でのテストができる」ことなどを認知評価における仮想現実技術の利点としてまとめている [5]。ヒトの反応が仮想現実環境と現実環境で同等であり、実物体と仮想現実オブジェクトと代替可能であることが確認できれば、その利便性はさらに広がると考えられる。また「現実との区別がつかないほどのリアルな体験」は、仮想現実技術が目指す到達点ともいえるため、一般的な認知タスクを仮想現実環境で行い検証することは重要である。

本研究では Gomez らの実験パラダイムを用いて、仮想現実環境における把持可能な物体と 2 次元画像の間のフランカー干渉効果を比較し、仮想現実環境でも現実環境と同様の反応が得られるか検討する。

2. 方法

本実験では、VR オブジェクトが実際に相互作用可能であると明示するための訓練段階を設け、その後フランカー課題を実施した。

2.1 実験参加者

18 ~ 24 歳の学生 21 人 (女性 4 人; 左利き 1 人) が実験に参加した。実験参加者の平均年齢は 21.62 歳 (SD = 1.60) だった。また VR の平均総利用時間は 14.43 時間 (SD = 47.77, Mdn = 0.00) だった。大多数は VR の利用経験がない一方、100 時間以上の利用経験がある人が 2 人含まれていた。

2.2 実験装置と環境

仮想現実環境は Unity 2021.3.12f1 LTS を用いて構築し、以下の主要パッケージを用いて実装した。使用した HMD は Meta Quest 2 で、コントローラーには Meta Quest 2



図 1: 実験で用いた仮想現実環境

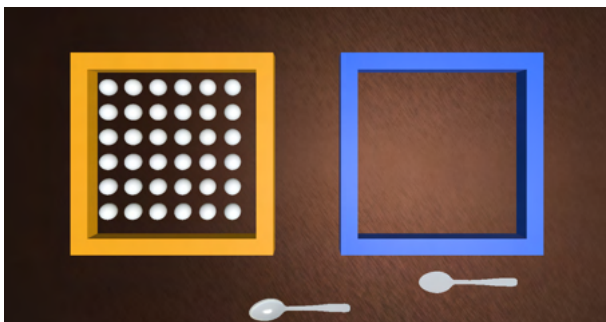


図 2: 訓練環境

Touch コントローラーを用いた。また、スタンドアロンで実行された。

- XR Plugin Management 4.4.0
- Meta XR Core SDK 64.0.0
- Meta XR Interaction SDK 64.0.0
- Oculus XR Plugin 4.2.0

作成した仮想現実環境は、幅 500cm × 奥行き 500cm × 高さ 400 cm のドアが付いた小部屋であり、室内中央付近には幅 83cm × 奥行き 83 cm × 高さ 72 cm のテーブルを配置した (図 3)。前方の壁高さ 80 cm には、幅 160cm × 高さ 80 cm 仮想ディスプレイを 2 枚設置し、実験の進行状況を表示した。床にはタイル模様テクスチャ、壁面にはレンガ模様テクスチャを適用した。光源には、Unity 標準の Directional Light を rotation (50°, -30°, 0°) で設定し、刺激を斜め上から均一に照らすよう設定した。参加者の視点の初期位置は小部屋の中心で高さは実際の床から HMD までの距離であり、仮想ディスプレイを設置した壁を正面とした。サムスティックによる視点移動は不可能だった。

現実環境には椅子のみが設置され、参加者は座って実験を行った。

2.2.1 訓練環境

訓練環境では、机の上に幅 24cm × 奥行き 24cm × 高さ 2 cm の枠を 2 つあり、一方の枠内には、直径 2cm の球を 36 個設置した (図 2)。また、机の手前中央には VR オブジェクトのスプーンを、右側には二次元画像のスプーン

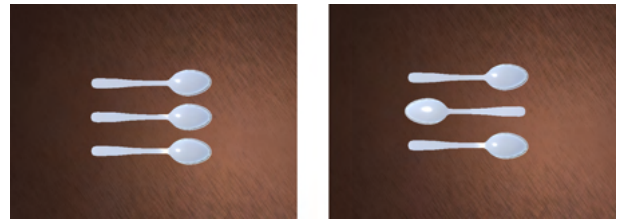


図 3: 刺激例 (左：一致条件, 右：不一致条件)

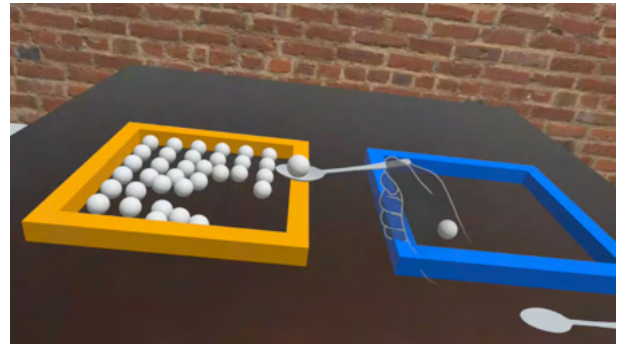


図 4: 訓練の様子

を設置した。これらは後述の刺激として使用したスプーンと同一のモデルである。

2.3 刺激

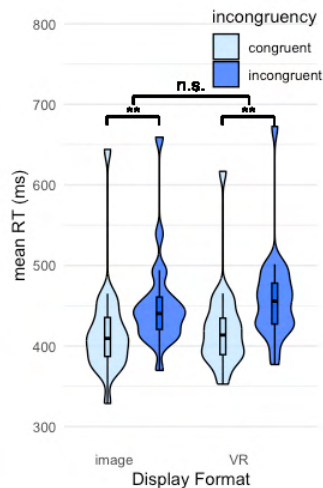
本実験では、把持可能な仮想現実オブジェクト (VR オブジェクト) と二次元画像という 2 つの異なる表示形式の刺激によって引き起こされる反応時間 (RT) を比較した。VR オブジェクトとしての刺激は、3 つのスプーンであった。スプーンモデルとして、Unity Asset Store から購入した “Cutlery Silverware PBR” (devotid, Version 1.0) を用いた。インポート時のスケールファクターはデフォルトのままであり、長さが 12.2cm、最も太い幅が 2.6cm になるようスケールを調整した。1 つのスプーン (ターゲット) は参加者の視点の初期位置から 60cm 離れた机の上にターゲットのスプーンが設置され、2 つのスプーン (ディストラクター) はターゲットの前後 3.5cm の距離に設置された。

全試行の半分では、ターゲットのスプーンは柄の部分が右を向き、残りの半分の試行では左を向いていた。また全試行の半分ではターゲットとディストラクターの柄は同じ方向を向き (一致条件)、残りの半分での試行ではディストラクターの柄はターゲットと反対方向を向くようにした (不一致条件)。つまり各ターゲットの柄の向きとディストラクターの柄の向きの組み合わせにより、4 種類の構成が得られ刺激として使用された。

二次元画像による刺激は、VR オブジェクトの刺激として使われたスプーンモデルを Z 軸方向に 0.001 倍のスケールで圧縮したものを使用した。

2.4 手続き

実験参加者は HMD を装着し、実験環境アプリケーションを起動した。訓練段階では、実験参加者はコントローラーを持たず、ハンドトラッキングを用いて VR オブジェクト

図 5: 平均 RT データ (** $p < .01$)

スプーンを操作し、10 個の球をもう一方の枠に移すことを求められた (図 4)。その後、二次元画像のスプーンは操作可能でないことを確認し、訓練段階を終了した。

課題を行う前に、実験参加者は刺激に対する回答方法の説明を口頭で受け、20 試行の練習を行った。練習で使われた刺激は、VR オブジェクトまたは二次元画像のどちらか一方であり、実験参加者間でカウンターバランスした。

各試行中、実験参加者は中央のターゲットの向きを「できるだけ速く、できるだけ正確に」回答するように求められた。コントローラーの右または左トリガーの押下を通じて回答させた。誤った回答にはエラー音でフィードバックが行われた。実験参加者の回答の後、1 秒間視界が黒く覆われ、次の試行に進んだ。

実験参加者は 2 つの表示形式により 2 ブロックの試行を行った。各ブロックの間には 10 秒のインターバルを設けた。各構成の刺激は 20 回呈示され、2 つの表示形式と 4 つの構成により、合計 160 回の試行が行われた。ブロックの順番と刺激が呈示される順番はランダムであった。

3. 結果

RT が平均値から 2SD 以上離れた試行と各ブロック 1 回目の試行は、各表示形式と不一致条件から除外され、分析ではそれ以上考慮されなかった。また RT の分析には、正解した試行のみが入力された。

3.1 RT

平均 RT データは、表示形式とディストラクターの向き (一致・不一致) を因子とする Repeated Measures ANOVA を用いて分析した。この結果を図 5 に示す。これまでのフランカー課題を用いた研究と同様に、一致・不一致間の有意差が見られた。表示形式による有意差は見られなかった ($F(1, 20) = 0.24, p = 0.63, \eta_p^2 = 0.003$)。

3.2 フランカー干渉効果

フランカー干渉効果は次の式で定義される。

$$\text{Interference} = \frac{RT_I - RT_C}{RT_I + RT_C} \times 100 \quad (1)$$

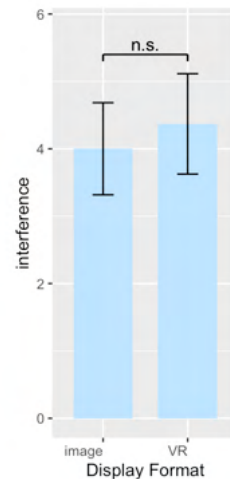


図 6: フランカー干渉効果

ただし RT_I は不一致条件で得られた平均 RT であり、 RT_C は一致条件で得られた平均 RT である。フランカー干渉効果が正のとき、一致条件より不一致条件のほうが反応に時間がかかることを示し、負のときはこの逆を表す。0 付近の値はディストラクターによる効果がほとんどないことを表す。

フランカー干渉効果による結果を図 6 に示す。エラーバーは 95% 信頼区間である。表示形式において、フランカー干渉効果に有意差は認められなかった ($F(1, 20) = 0.58, p = 0.45, \eta_p^2 = 0.01$)。

4. 考察

図 5, 6 より、本実験では行為可能性の有無による有意差は見られなかった。この結果にはいくつかの要因が考えられる。

第一に、本実験の実験参加者の多くが VR HMD の使用経験がないことである。本実験では VR オブジェクトが把持可能であることを明示するために訓練を実施したが、簡単で短時間なものであり、使用状況も日常的とはいえない。このため、本実験の訓練では VR オブジェクトのスプーンの使用が実際のスプーンの使用経験と結びつかず、行為可能性がないと判断された可能性がある。

また本実験の訓練では、実際のスプーンが存在せずスプーンを「握る」という動作の視覚的なフィードバックのみであり、スプーンの手触りや輪郭といった触覚フィードバックがなかった。訓練で呈示された仮想的な手は半透明だったため、触覚フィードバックの欠如とも重なり、実験参加者に自身の手であると身体所有感を十分に感じさせなかったかもしれない。ヒトの行為可能性の学習は、視覚フィードバックだけでなく触覚を含む多感覚の統合や身体所有感を通じて行われている可能性も考えられる。

さらに、仮想現実環境を継続利用することによる影響も検討する必要がある。現在、VR デバイスには触覚フィードバックが装置がなく、視覚的なフィードバックしか行われないことが一般的である。触覚フィードバックがなくて

も、仮想現実環境を長時間利用することで現実の行動経験と VR デバイスによる仮想的な行動経験が結びつき、RT やアフォーダンス判断に影響を及ぼすかもしれない。どの程度の継続利用で現実環境との反応の差異が小さくなるかを検討することも、認知評価に仮想現実環境を用いるうえで重要となる。

5. むすび

本研究では、実物体が持つ行為可能性の重要性を指摘する Gomez らの実験パラダイムを仮想現実環境に適用し、把持可能な VR オブジェクトと二次元画像での RT を比較した。その結果、行為可能性の有無による RT 差は認められなかった。これは触覚フィードバックや身体所有感、VR デバイスの使用経験の欠如が影響した可能性があり、VR HMD を装着しただけでは行為可能と判断されないことを示唆している。今後、触覚フィードバックの導入や事前訓練の補強、VR デバイ스에習熟した集団との比較などを通じた研究は、認知評価における VR デバイスの利便性・信頼性を高めるとともに、より高い実在感を引き起こす仮想現実技術の向上に繋がると考えられる。

参考文献

- [1] James J. Gibson. A theory of pictorial perception. *Audiovisual communication review*, Vol. 2, No. 1, pp. 3–23, December 1954.
- [2] Paul Cisek and John F. Kalaska. Neural mechanisms for interacting with a world full of action choices. *Annual Review of Neuroscience*, Vol. 33, pp. 269–298, 2010.
- [3] H. Chainay and G. W. Humphreys. The real-object advantage in agnosia: Evidence for a role of surface and depth information in object recognition. *Cognitive Neuropsychology*, Vol. 18, No. 2, pp. 175–191, March 2001.
- [4] Jacqueline C. Snow, Rafal M. Skiba, Taylor L. Coleman, and Marian E. Berryhill. Real-world objects are more memorable than photographs of objects. *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 8, p. 837, 2014.
- [5] Gregor Hardiess, Hanspeter A. Mallot, and Tobias Meilinger. Virtual Reality and Spatial Cognition. In James D. Wright, editor, *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*, pp. 133–137. Elsevier, Oxford, January 2015.