

複数プレイヤーの操作感覚同期による ビデオゲーム体験への影響

橋浦 健太^{1,a)} 飯田 和也² 赤塚 翔太¹ 趙 勇氣² 神山 洋一³ 渡邊 恵太^{2,b)}

概要：ビデオゲームにおいて複数人が協力してプレイする場合でも、それぞれが独立したコントローラーで操作が行われてきた。本研究では、力覚フィードバックを用いた操作感覚の共有がビデオゲームのパフォーマンスに与える影響を評価した。その結果、全試行中で最速記録は感覚共有時に達成された一方、平均的なパフォーマンスは感覚共有時に低下した。これは、操作感覚の共有は操作を困難にする場合があるため、パフォーマンスを低下させる可能性を示唆している。

1. はじめに

Wii^{*1}や Nintendo Switch^{*2}をはじめとした家庭用ゲーム機では、1つの画面で複数人がゲームを楽しむことができる。これらのゲームでは、1人が1つのコントローラーを保持しながら、画面上で協力や競争を行う。このとき、コントローラーにはゲームの内容に基づいた触覚フィードバックが与えられることがある。これは、触覚フィードバックがゲーム体験を向上させるためである [1]。ただ、これらのフィードバックは常に与えられるわけではなく、ゲームの演出として一時的に使用されている。一方で、フライトシミュレーターやドライビングゲームにおいては専用の力覚フィードバックデバイスが用いられている。FLIGHT SEAT PRO^{*3}では実際の操縦に近い航空機の操作ができ、ロジカル G923 レーシングハンドル&ペダル^{*4}では車種や路面状況に応じたペダルの感触を再現している。これらのデバイスはゲーム体験の質に寄与しているが、複数人で協力するシナリオは考えられていない。

これまで2人が協力してタスクを行う協調行動の分野では、力覚や触覚によるフィードバックは協力をする上でパフォーマンスを向上させることで知られている。Ganeshらは、2人でカーソルをコントロールするタスクにおいて、



図 1 ゲームプレイの様子

力覚フィードバックがあるとパフォーマンスが向上することを明らかにした [2]。また Jung らは、触覚フィードバックが2人でのゲーム体験を向上させることを明らかにした [3]。

そこで本研究は、ビデオゲームにおいて力覚を用いた操作感覚の同期がゲームのパフォーマンスに影響を及ぼすのか調査した。我々の仮説として従来結果と同じく、力覚フィードバックはタスクのパフォーマンスが向上するとした。本研究の結果はビデオゲームにおける力覚フィードバックがゲームのパフォーマンスに対して影響することを示し、2人の協力をより強固にするための知見となる。

2. 実験環境

2.1 操作感覚共有コントローラー

我々は参加者間で操作感覚を共有することのできる力覚フィードバック型コントローラーを開発した (図 1)。このコントローラーは橋浦ら [4] の入出力が別々であったデバイス

¹ 明治大学大学院先端数理科学研究科

² 明治大学総合数理学部

³ シードルインタラクティブデザイン株式会社

a) cs212035@meiji.ac.jp

b) watanabe@fms.meiji.ac.jp

*1 <https://www.nintendo.co.jp/wii/>

*2 <https://www.nintendo.co.jp/hardware/switch/>

*3 <https://nextlevelracing.com/products/flight-seat-pro>

*4 <https://gaming.logicool.co.jp/products/driving/g923-trueforce-sim-racing-wheel.941-000203.html>

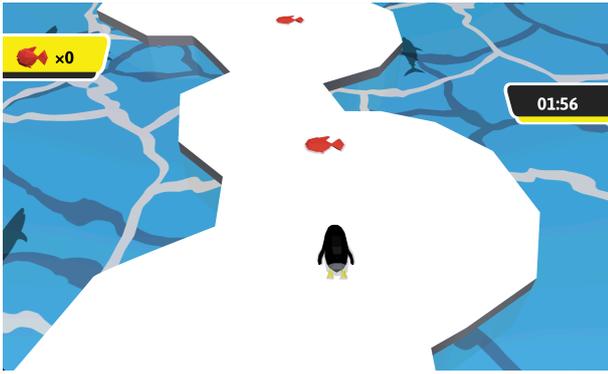


図 2 Sliding Penguin のゲーム画面。ペンギンを操作し、ゴールを目指す。

を 1 つに統合した。コントローラは xy 方向に対して自由に動かすことが可能である。操作感覚が共有されている状態では、パートナーのジョイスティック操作が伝送され、参加者側のモーターが駆動することによって力覚的に操作方向、操作速度が再現される。このとき、モーターの力によって操作が難しくなるものの、コントローラの操作を行うことは可能である。パートナーと同一方向に倒す場合、参加者はほとんど力を入れずにコントローラが操作ができる。一方で、パートナーと反対方向に倒す場合、強い抵抗感を受けながら操作することになる。

2.2 Sliding Penguin

Sliding Penguin とはオープンビデオゲームライブラリ^{*5}で提供されている研究用ゲームの一つである [5]。プレイヤーは氷上を滑るペンギンを操作し、海に落ちずにゴールを目指す。ペンギンの操作には、 xy 方向を表す 2 次元データを利用する。このデータは加速度として利用され、同一方向へのベクトルが大きくなると加速していく。そのため、加速中に急に方向を変えようとする、慣性の影響でコントロールを失い、海に落下する可能性が高まる。ゴールまでの道中に 15 匹の魚が配置されている。ペンギンが魚と接触するとスコアが加算されるが、今回の実験では到着時間のみをゲームのパフォーマンスとして定義したため、特に取るように指示しなかった。制限時間は 2 分であり、海に落ちると初期位置に戻る。本実験ではこのゲームを OSC で操作できるように一部改変し、操作感覚共有コントローラを用いて操作できるよう設計した。

3. 実験

3.1 参加者

4 組 8 名 (男性 6 人, 女性 2 人, 20~23 歳, 平均年齢 21.12 歳, 右利き 8 人) が実験に参加した。各参加者は利き手でコントローラを操作した。

3.2 実験条件

実験は以下の 2 条件を参加者内計画で実施した。

- 独立条件：それぞれの参加者は自由に操作する
- 共有条件：それぞれの参加者は相手の操作感覚が伝えられている状態で操作する

3.3 実験手順

実験は 2 名 1 組ずつ行った。参加者にはペンギンを協力しながら操作し、なるべく早くゴールするよう説明を行った。参加者はペンギンの操作を 50% ずつ担当した。ゲーム内では氷上に 15 匹の魚が配置されているが、特に取るように指示しなかった。実験試行は 20 試行行われる。実験の途中で 3 分の休憩を挟んだ。共有条件と独立条件の提示順番が影響を与えないように、半分の参加者には先の 10 試行で共有条件を提示し、残りの半分の参加者には後の 10 試行で共有条件を提示した。

4. 結果

本実験における解析は多重検定を避けるため、サンプルサイズが同じだった場合は対応あり t 検定を実施し、異なる場合は welch の t 検定を実施した。有意水準は 5% とした。

4.1 タスクパフォーマンス

図 3 は操作感覚共有の有無における 1 試行にかかった時間をバイオリン図でプロットしたものである。120 秒以内にゴールできなかった試行はすべて 120 秒として扱った。その結果、独立条件は平均 53.20 秒でゴールし、共有条件は平均 68.14 秒でゴールした。これらの結果を対応あり t 検定をしたところ、共有条件が有意にゴールまでの時間が増えた ($t=2.795$, $p=0.008$)。一方で、ゴールできなかった試行を除外した条件で welch の t 検定をしたところ、有意でなかった ($t=1.745$, $p=0.086$)。

個別のデータで見ると、独立条件で最速は 34.44 秒であり、共有条件で最速は 32.06 秒だった。ゴールしたなかで最も時間がかかったのは、独立条件で 91.08 秒、共有条件で 110.59 秒だった。

図 4 は 1 試行にかかった時間の推移である。共有条件がほとんどの時間で独立条件より時間がかかった。それぞれの条件の前半と後半でかかった時間に変化があったのか対応あり t 検定を行ったところ、独立条件 ($t=0.335$, $p=0.739$)、共有条件 ($t=1.825$, $p=0.076$) ともに有意でなかった。

4.2 進行ルート

図 5 はそれぞれの条件における軌道をプロットしたものである。独立条件は開始から終了まで安定して操作が行わ

*5 <https://openvideogame.cc/>

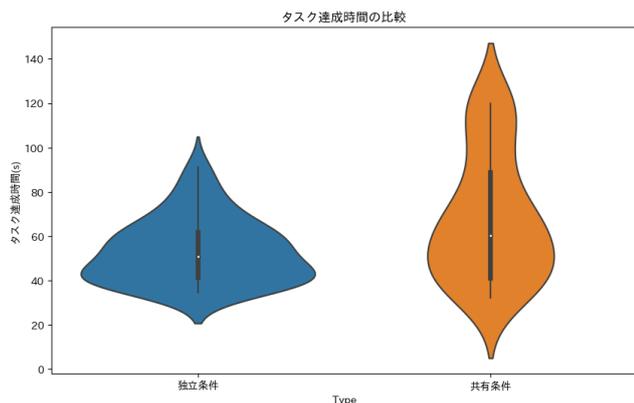


図 3 1 試行にかかった時間を比較 (青) 独立条件, (橙) 共有条件

れていた。一方で共有条件は開始時点の操作が不安定であり、後半から安定して操作が行われた。

今回の実験においては魚を取るように指示しなかったものの、魚を獲得するように試みるが多かった。独立条件では平均 14.43 匹, 共有条件では平均 13.58 匹獲得した。これらの結果を対応あり t 検定をしたところ, 独立条件が有意に魚を獲得する回数が多かった ($t=-2.144, p=0.038$)。

4.3 口頭アンケート

実験後に口頭アンケートを設けた。操作に関してはそれぞれのペアによって意見が異なった。2 組は共有条件の方が操作が難しかった/しづらかったと回答したが, 1 組はどちらも操作が難しかった, 別の 1 組は変わらない/操作しやすかったと回答した。全員が共通した意見として, 共有条件は相手の存在感を強く感じる事が挙げられた。独立条件のときは自分の思い通りいかないことやコンピュータと一緒にやっているように感じたなどの意見があった。

5. 考察

本結果は事前の仮説と反し, 共有条件の方がタスクのパフォーマンスが低下した。この理由には 2 つの可能性がある。1 つ目は, これまでの協調行動では, 自分とパート

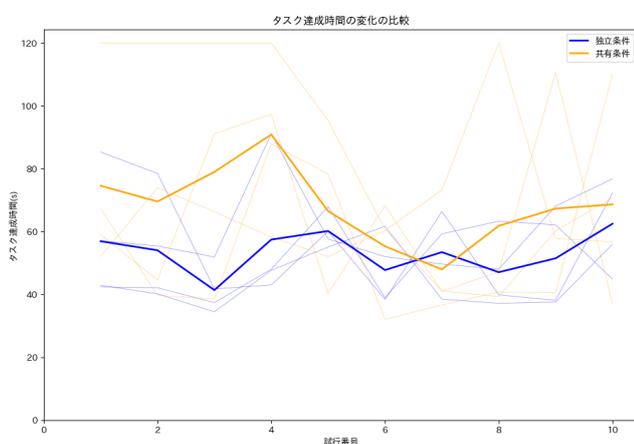


図 4 1 試行にかかった時間の遷移 (青) 独立条件, (橙) 共有条件

ナー以外の変数が影響を及ぼさなかったことである。本実験においては 2 人は完全にペンギンを制御できたわけではなく, ペンギンの加速度を制御していた。そのため, ペンギンが参加者たちの想定より加速し, そのまま海に落下することが見られた。これまでの協調行動ではパートナーの入力がわかることで, 自分がどれほど動かせばよいか調整ができていたが, 本実験では, パートナーの入力はペンギンを操作する上では変数の 1 つにすぎず, ペンギンの動きを予測するのに効果的でなかった可能性がある。2 つ目は, コントローラに対して力覚フィードバックを返していたことである。今回のコントローラはジョイスティックの下にモーターを搭載していた。そのため, 自分が考えている入力を実現させるためには, 相手の操作次第で力の入れ具合を変化させる必要があった。これは, 参加者に対して余計に認知的負荷を増やし, パフォーマンスを低下させた可能性がある。Batson らは, 力覚的なフィードバックよりも触覚的なフィードバックの方がパフォーマンスを向上する要因となり得ることを明らかにしている [6]。このことから, 操作に影響を及ぼさない別の部分に対して力覚フィードバックを返した場合, 異なる結果となる可能性がある。一方で, すべての試行で最速の結果が出たのは共有条件であった。これは, これまでの協調行動の研究結果通りにタスクパフォーマンスが向上していることを示唆している。この結果から, 共有すること自体がパフォーマンスの低下を招くわけではなく, 参加者にとって適切なフィードバックではなかった場合にパフォーマンスの低下を招く可能性がある。

ペンギンの軌道は独立条件, 共有条件ともに魚が設置してある場所を通過しながら, ゴールへ向かうが多かった。これは, 両者がどの方向へ進むか合意形成を行うために短期目標として機能していた可能性がある。共有条件の場合, 力覚フィードバックが操作を阻害していた可能性があり, 軌道を安定させるのが困難であったことが図 5 より示唆される。

口頭アンケートでは共有条件は相手の存在感を強く感じることを全員の参加者が挙げた。これは, これまでの結果と同様であり, 力覚フィードバックは協力してプレイする感覚を高めることが示唆される。一方で独立条件においてコンピュータと一緒にやっている感覚があるといった意見が挙げられた。これは, 力覚フィードバックがなくなったことによる存在感の喪失が人間と協力していない感覚を想起させた可能性がある。このように力覚フィードバックは, 他者と協力している感覚を抱かせたいときに活用できる可能性がある。

6. まとめ

本研究は, ビデオゲームにおいて力覚フィードバックを

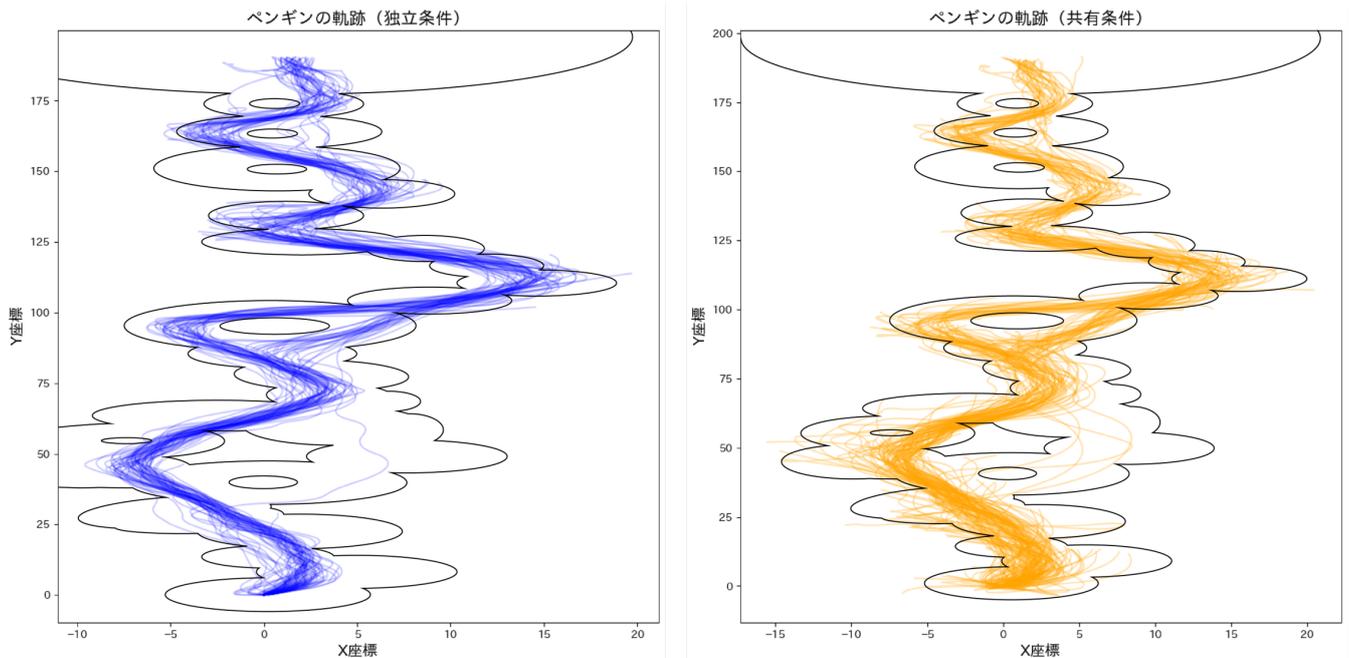


図 5 各条件で進んだルート (青) 独立条件, (橙) 共有条件

用いた操作感覚の同期はゲームのパフォーマンスを向上するか調査した。その結果、平均的にパフォーマンスが低下した。一方で、すべての試行で最速の結果が出たのは同期した場合であった。そのため、共有すること自体がパフォーマンスの低下を招くわけではなく、参加者にとって適切なフィードバックではなかった場合にパフォーマンスの低下を招く可能性がある。操作の取り組み方やフィードバック方法を模索し、どのような力覚フィードバックがパフォーマンスを向上させるのか明らかにすることを目指す。

参考文献

- 1) Tanay Singhal and Oliver Schneider. Juicy haptic design: Vibrotactile embellishments can improve player experience in games. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, No. Article 126 in CHI '21, pp. 1–11, New York, NY, USA, May 2021. Association for Computing Machinery.
- 2) G Ganesh, A Takagi, R Osu, T Yoshioka, M Kawato, and E Burdet. Two is better than one: physical interactions improve motor performance in humans. *Sci. Rep.*, Vol. 4, p. 3824, January 2014.
- 3) Sungchul Jung, Yuanjie Wu, Ryan McKee, and Robert W Lindeman. All shook up: The impact of floor vibration in symmetric and asymmetric immer-sive multi-user VR gaming experiences. In *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 737–745, March 2022.
- 4) 橋浦健太, 神山洋一, 谷地卓, 柴崎美奈, 犬飼佳吾, 南澤孝太. チキンゲームにおける触覚共有が意思決定に与える影響の検討. 第 27 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 1–3, 2022.
- 5) 岡拓也, 川島拓也, 林大智, 渡邊恵太. 研究利用しやすく標準性を旨としたビデオゲームの設計と開発. エンタテ

インメントコンピューティングシンポジウム論文集, pp. 181–186, August 2021.

- 6) Josiah P Batson, Yasuhiro Kato, Kathleen Shuster, James L Patton, Kyle B Reed, Toshiaki Tsuji, and Domen Novak. Haptic coupling in dyads improves motor learning in a simple force field. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, Vol. 2020, pp. 4795–4798, July 2020.