



# 実物体と仮想物体のインタラクションを用いた MR コンテンツの提案

田中 昂<sup>1)</sup>, 橋口 哲志<sup>1)</sup>

Subaru TANAKA, and Satoshi HASHIGUCHI

1) 龍谷大学大学院 理工学研究科 (〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5)

**概要**: 現実空間と仮想空間を融合させる複合現実 (MR) は仮想と現実を同時に認識できることから高い情報提示能力や表現能力を有している. この MR の強みを活かす表現はこれまでも多く試行されており, アート・エンターテインメント分野のみならず建設業, 製造業など多くの分野で注目を集めている. そこで, 本研究では MR の表現方法を一事例として, 現実と仮想の間で相互に通信により, 互いの状態に応じて制御し合うシステムを提案する.

**キーワード**: MR, 作業支援

## 1. はじめに

複合現実感 (Mixed Reality; MR) では, 現実空間と仮想空間を継ぎ目なく融合させることで現実もしくは仮想空間だけでは起こりえない新しい体験を提供できる. 特に MR 空間では各種センサを活用して両空間を認識することで, 高い情報提示能力や表現能力を発揮できる. この MR の強みを活用する表現はこれまでも試行錯誤されており [1], アート・エンターテインメントの分野のみならず, 建設業, 製造業など多くの分野で注目を集めている.

そこで, 本研究では MR 表現の一事例として, 現実空間で空間認識に優れて移動できるドローンと仮想空間を組み合わせた手法を試行する. ドローンは搭載カメラなどから位置情報を取得して操作できることから, 様々なコンテンツに活用されている. そこに仮想空間での演出を加えることで表現力の向上を目指す.

よって, 本稿ではまずドローンと仮想空間の位置情報を相互通信により把握し, 互いの状態に応じて制御するシステムを試作した. また, ドローンの移動に追従して仮想物体の演出を加える場合, 移動速度や仮想物体が追従した場合には操作性に影響を与える可能性がある [2]. 例えば, PC でのマウス操作同様に操作した物体の反応が遅いと重さを感じてしまう. 主に視覚的な表現の MR 空間でこのような触力覚的要素である重さの表現が可能であるかを基礎実験から検証する.

## 2. 実験システム

**【システム概要】** 本システムではビデオシースルー型 HMD (VIVEPro2, HTC) を用いて MR 空間を構築し, その空間内をドローン (Tello EDU, DJI) が飛行する (図 1). ドローンと MR 空間の相互制御は PC とドローン間でド

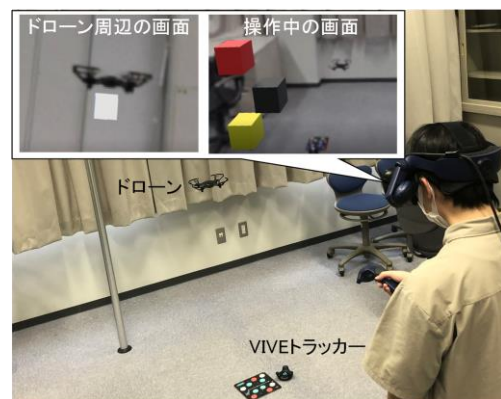


図 1 仮想とドローンの相互制御システム

ローンの位置情報, 飛行命令を UDP 通信を介してやり取りすることで実現している. また, ドローンの位置情報の取得には特定の画像に対する位置推定を利用している.

**【操作方法】** 本システムでは画像による位置推定を用いているため認識画像から離れてしまうと取得する位置情報が大きくずれてしまう. そのため, ドローンに対して行う飛行命令は飛行開始, 上昇, 下降のみとした. 操作中の画面は図 1 上部のようになっており, MR 空間内の UI を使用して操作を行う. それぞれ赤が上昇, 黄が下降, 黒が飛行開始となっており, これらの UI に対して, コントローラを接触させることでドローンが飛行する.

## 3. 実験 1: ドローンの移動速度が重さ知覚に与える影響

**【実験目的】** 本実験では制作したシステム内でドローンの移動速度を変更することで重みを知覚するかを検証する.

**【実験内容】** 評価方法は, Scheffé の一対比較法 (浦の変法) を用いてデータを取得し, Scheffé 法を用いて検定を行った. 2 種類の提示パターンを比べ, 感じた重みについて 7 段階 (後者がとても軽い, 後者が軽い, 後者が少し軽

い、同じ重さ、後者が少し重い、後者が重い、後者がとても重い)で回答する。この実験ではドローンの飛行速度を遅い(20cm/s)、普通(40cm/s)、速い(60cm/s)とした3パターン設定し、これらのパターンの組み合わせがすべて終わるまで試行する。各試行パターンでは初めに前者のパターンを自由に操作して感覚を覚えてもらう。その後、後者のパターンを操作させて、感じた重みについて比較させた。これらを全ての提示パターンについて比較を行い、各条件で被験者が知覚する重みの心理尺度を算出した。被験者は成人7名(男性5名、女性2名)参加し、試行回数は ${}_3P_2 = 6$ 回である。実験は以下の手順で行った。

- (1) 3種類の提示パターンの中から2種類を選択
- (2) 1つ目のパターンで感覚を覚えるまで操作
- (3) 2つ目のパターンで感覚を覚えるまで操作
- (4) どちらがより重く感じたかを回答
- (5) (1) ~ (4) をすべての組み合わせが終わるまで繰り返す

**【実験結果・考察】** 実験結果を図2に示す。図中の数直線はそれぞれの提示パターンにおける重さの心理尺度を表す。数値が大きいほど被験者は重く感じていることになる。この結果より、移動速度が遅いパターンでは速度が速いパターンよりも重く感じる傾向があることがわかる。この結果は、Scheffé法により各条件に対してp値0.01未満で有意差が認められた。この結果はドローンの速度を遅くすることによって感じる重さが増加することを示唆している。これは既存の疑似触覚の知見と一致している。そのためドローンの飛行速度を変更することで疑似的に重みを感じさせるコンテンツの実装が可能であると考えられる。

#### 4. 実験2: 追従する仮想物体の大きさが重さ知覚に与える影響

**【実験目的】** 本実験では制作したシステム内でドローン下の位置に仮想物体を追従させ、その大きさの変更をすることで重さの差異を知覚するかを検証する。

**【実験内容】** 評価方法は、実験1と同様の方法で行った。図3のように大(7.5cm)、中(5.0cm)、小(2.5cm)に設定したオブジェクトを追従させる。被験者は成人7名(男性5名、女性2名)参加し、試行回数は ${}_3P_2 = 6$ 回である。実験は以下の手順で行った。

- (1) 3種類の提示パターンの中から2種類を選択
- (2) 1つ目のパターンで感覚を覚えるまで操作
- (3) 2つ目のパターンで感覚を覚えるまで操作
- (4) どちらがより重く感じたかを回答
- (5) (1) ~ (4) をすべての組み合わせが終わるまで繰り返す

**【実験結果・考察】** 実験結果を図4に示す。図中の数直線はそれぞれの提示パターンにおける重さの心理尺度を表す。数値が大きいほど被験者は重く感じていることになる。この結果はScheffé法より仮想物体の大きさと小の関係の有意差のみ、p値0.05未満で認められた。このことから、仮想物体が小さい場合と比較して大きい方が操作中に重さを感じる傾向があることがわかる。このことから、追従させた仮想物体の大きさが感じる重さに影響を与える

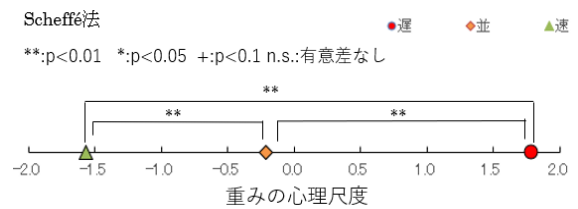


図2 速度に対する重みの心理尺度



図3 追従オブジェクト(左から小, 中, 大)

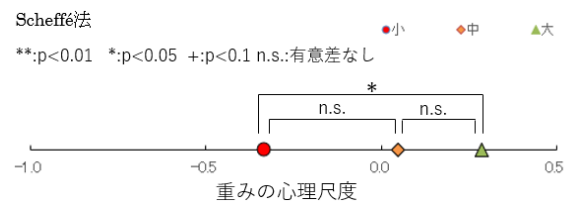


図4 追従オブジェクトに対する重みの心理尺度

可能性がある。また、中と小、大と中の組み合わせで有意差が出なかった理由として、中の大きさでは十分な重さの差異を感じるほどの影響がみられず、最低限重さの差異を表現するには小と大の大きさ程度が必要であることを示唆した。また、位置情報の推定が1cm単位でしか反映されず、ドローンとオブジェクトの一体感が感じにくかった。そのため、より正確な結果を得るためにはドローンの位置情報の推定精度の向上が必要であると考えられる。

#### 5. むすび

本稿ではMR表現の一事例として、現実空間で空間認識に優れて移動できるドローンと仮想空間を組み合わせた手法を提案した。その中でもドローンの移動速度や追従する仮想物体の大きさに応じて、疑似的な重さを感じることがわかった。このことから、仮想と現実が相互に影響しあうことで視覚のみではない触力覚的要素である重さが表現できることを示唆された。

今後はドローンの位置精度の向上とともに速度と大きさの相互効果についての検証を行い、効果的な表現方法を検討していく。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費21K11947の助成による。

#### 参考文献

- [1] 平田遼太郎, 石橋朋香果, チェカネイ, 森尚平, 池田聖, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: “DOMINO Toppling:実物体と仮想物体のシームレスな遷移を可能にしたMRアトラクション”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 21, No. 3, pp. 463 - 472, 2016.
- [2] 多田祥起, 小川剛史: “ユーザ視点移動による疑似抵抗感・吸引感生起に関する一検討”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp. 60 - 67, 2020.