



未来潜影 ～宝を拾ったら太陽を操れる最強ハンターになった件～

司城勝樹¹⁾、岩城勇太¹⁾、及川桜花¹⁾、門真菜巳¹⁾、近藤耀¹⁾、酒井優輝¹⁾、廣野一也¹⁾、堀彰悟¹⁾、劉翔宇¹⁾

Katsuki SHIJO、Yuta IWAKI、Sakura OIKAWA、Manami KADO、Akira KONDO、Yuki SAKAI、Kazuya HIRONO、Shogo HORI、Shoyu LIU

1) 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 (〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1, {s2410069,s2410011,s2410019,manami.k,s2410057,s2410059,s2410152,s2410170,s2410211} @jaist.ac.jp)

概要：本企画では、仮想空間上において物体の影の中のみを高速移動する体験システムを提案する。仮想空間上では、体験者がハンドトラッキングにより太陽を自在に動かし、オブジェクトが投影する影の形状を変化させる。自身の足元にオブジェクトの影が到達したとき、特定のポーズをとることで、そのオブジェクトにむかって影の上を高速移動する。移動時にはハプティックフィードバック（エアブローによる風力と振動子による衝撃）を提示し、運動感覚の増強を図る。これにより、視覚情報と身体感覚の統合による高度な没入感を実現する。

キーワード：影、VR、撃力提示、風力提示

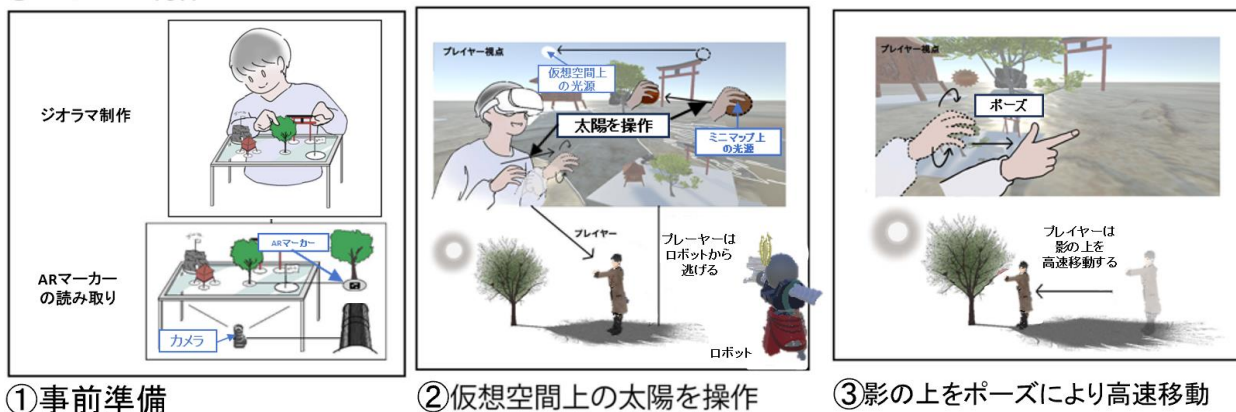


図 1. 体験の流れ

1. 企画目的

本企画では、仮想空間上で太陽を自在に動かし、影の向きや形を変化させ、影の上を高速移動する体験を提供する。体験者は、荒廃した世界を旅するトレジャーハンターとなり、神殿から太陽を操作できるグローブと影の上を高速移動できる靴を盗み出した際に、神殿を守るロボットに追われる。ロボットは影の中の人物を認識できない特性もっている。盗んだグローブと靴を装備し、太陽を操作して影を変化させ、影に隠れながらオブジェクト間を高速移動することで、追手のロボットから潜みながらゴールであるアジトを目指し逃げ切ることを目指す。

2. 体験の流れ

本章では体験の概要について述べた後、実空間でジオ

ラマ制作を行う事前準備、仮想空間内で制作したジオラマに入り、トレジャーハンターになり太陽を動かし、ゴールを目指す主体験について述べる。

2.1 体験の概要

本企画では事前準備のパートで実空間にてジオラマ設計を行い主体験のパートで仮想空間にてトレジャーハンターになって追手のロボットから逃走する。主体験パートでは、事前準備で設計したジオラマに入り込み仮想空間内で太陽を操作することで影の上を高速移動し体験者が設定したスタート地点からゴール地点であるアジトを目指す。体験の流れを図 1 に示す。①体験者が事前準備で実空間にてジオラマを制作する。②HMD (Head Mounted Display) を装着し、制作したジオラマを再現した仮想空間内の世界に入り込む。ハンドトラッキングにより、仮想空間上の太

陽を操作する。③自分の足元にオブジェクトの影がつながったとき、手で指差しポーズを行うと、自分が向いている方向線上でオブジェクトと接する点まで高速移動する。この②③の操作を繰り返すことで、事前に設定されたスタート地点からゴール地点を目指す。

2.2 ステージデザイン

体験者は、実空間において、荒廃した世界を表現する崩れたビルや壊れた車などのオブジェクトを用いて自身が入り込むジオラマを制作する。VR に慣れていない人にとって、仮想空間でジオラマを制作する操作は難しいため、ジオラマ制作は実空間で行う。図 2 のように AR マーカを付けたジオラマのオブジェクトの位置と種類を、マークを読み取ることで認識し、体験空間を自動生成する。

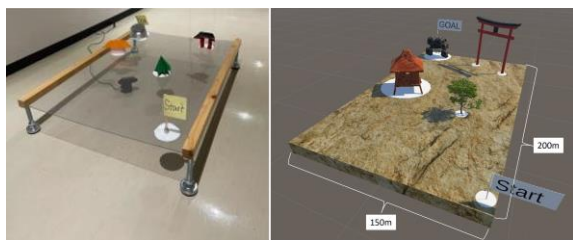


図 2. 実空間のジオラマ(イメージ)と仮想空間のジオラマ

2.3 主体験

体験者は HMD を装着し、事前準備で制作したジオラマのマップに入り込む。図 3 の①のように、仮想空間内において、体験者の視界にマップ全体を縮小したミニマップが表示され体験者の視界の正面に固定される。ミニマップ上の視点自体は固定されており、体験者の仮想空間内での移動に応じて変化することはない。図 3 の②のようにミニマップ上の太陽のアイコンを動かすと、それに連動して仮想空間上の実際の太陽が同一方向に移動する。これにより、仮想空間内のオブジェクトが投影する影の形状を変化させる。

影を変化させ、次に進みたいオブジェクト(以降、他オブジェクト)の影が自分の足元につながるとき、他オブジェクトまで影の上を移動できる(図 4)。ただし、体験者は前方の現状で向いている方向のみ進むことができる。この時、指で決められたポーズをとることで、体験者は立った状態で、仮想空間内を高速移動する。指のポーズは Oculus Quest2 のハンドトラッキングにより認識する。高速移動時には、3.3 で後述する機構により、風覚と触覚のフィードバックが行われる。体験者は光に当たっている間、秒速 8m で移動するロボットに追跡され、捕獲されると体験を終了とする。

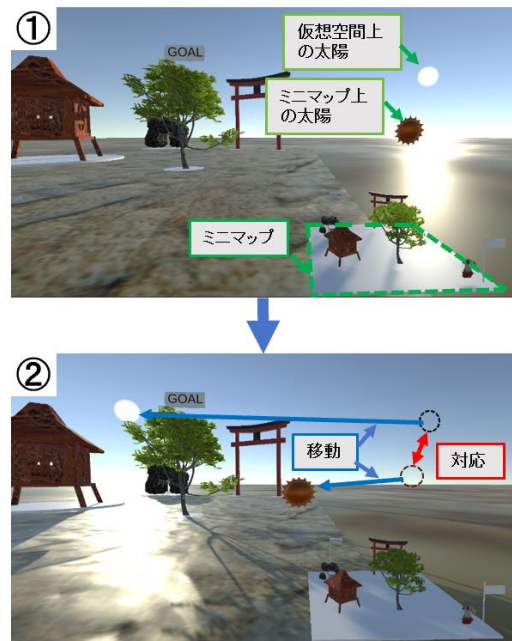


図 3. 各要素の名前、太陽の対応関係と太陽の移動の連動

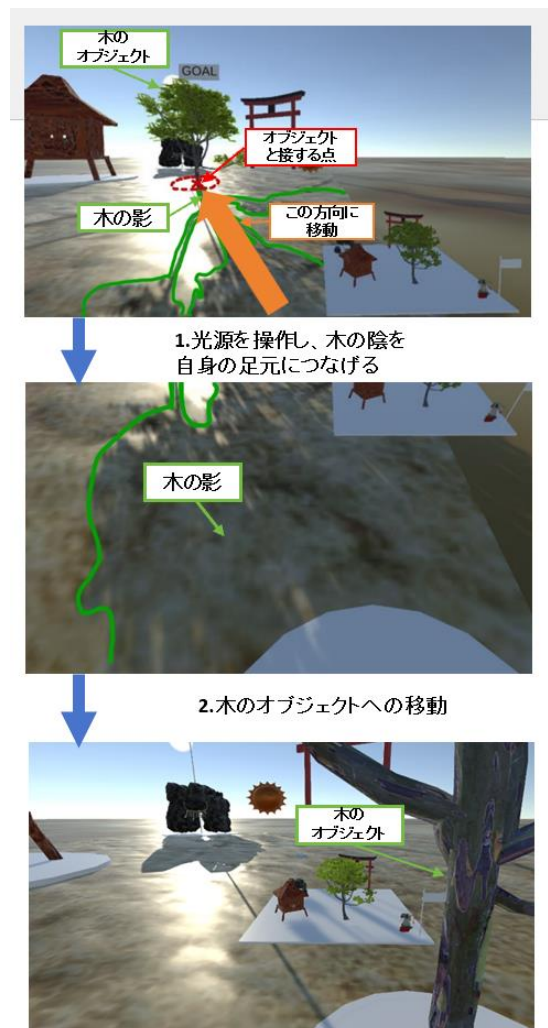


図 4. 影の上の移動

3. 提案システム

本章では全体外観・構成について述べた後、実空間で行うジオラマ制作、仮想空間内で影の上を高速移動する際のフィードバック、またシステムの安全性について述べる。

3.1. システムの全体構成

システムの全体構成を図 5 に示す。制作したジオラマ内の映像が HMD を通して体験者に提示される。Oculus Quest2 で体験者の手の動き及びポーズを認識する。体験者が片手で太陽のアイコンを動かす動作を行うと、Oculus Quest2 がこれを認識して太陽操作の信号を送信する。その後、体験者が同じ手で特定のポーズを形成すると、Oculus Quest2 はこれを検出し、高速移動の信号を送信する。これらの操作において、体験者は左右いずれの手を使用しても良いものとする。影の上の高速移動の様子をコマンドとして Unity から ESP32 へ送信する。コマンドを受信した ESP32 は高速移動を表現する風力と撃力を高速移動システムから体験者に与える。

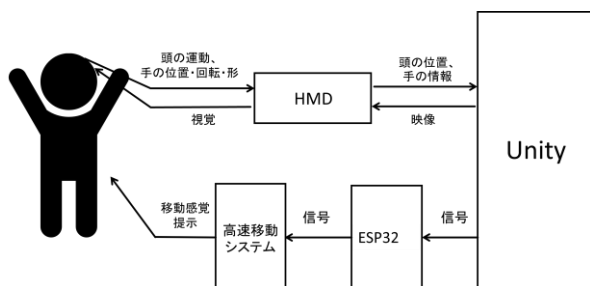


図 5. システムの全体構成

3.2. ジオラマ設計システム

実空間で制作したジオラマを仮想空間にマッピングするシステムを、図 6 に示す。ジオラマの構成要素であるオブジェクトの下面に AR マーカを貼付する。実空間のオブジェクトは、荒廃した世界を表現する崩れたビルや壊れた車などを 10 個用意する。体験者はこれらのオブジェクトの中から 5 個選び、A3 サイズの台の上の亚克力板にオブジェクトを配置しジオラマを制作する。台の下には PC と接続したカメラを設置し、体験者が 5 個のオブジェクトを置き終え、PC のトリガーボタン（スペースキー）を押すと台の下から画像を取得する。取得した画像に写る AR マーカを Python の AR ライブラリを用いて認識することでオブジェクトの種類と位置を検出し、オブジェクト名と位置データを外部ファイル経由で Unity で読み込み、仮想空間内のジオラマを構築する。

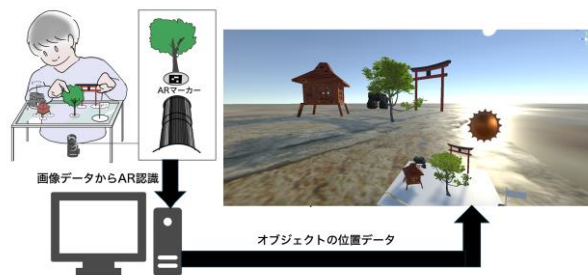


図 6. 3D モデル作成の流れ

3.3. 高速移動感覚提示システム

仮想空間のサイズは 200m×150m である。まず、体験者がオブジェクトの影を操作して自分の足元につなげ、特定の移動ポーズをとる。これをトリガーとし、影の上を高速で移動する体験が始まる。移動速度は秒速 25m と設定し、エアブローの風力を十分に提示するため、各移動にかかる時間は 2 秒以上とする。つまり、1 回の移動で最低 50m 進むことになる。この設定により、ジオラマを横断するには 4 回以上の移動が必要となる。

エアブローを用いて仮想空間での高速移動時の向かい風を表現する。追手のロボットがいる方向を後方、ロボットがいない方向を前方として、後方への高速移動はしないことを前提に、3 台のエアブローを制御して高速移動時の被験者の向きに応じて風を提示する。エアブローは床に固定し、エアホースを接続する。ゲーム開始時の被験者の正面方向を 0°としたとき、-60°、0°、60°の方向から送風できるように、エアホースを設置する(図 7)。体験者の首元や顔に風を吹きあてるため、調整可能な高さの台にホースを取り付ける。この台は 1 辺 36cm の正方形の板 6 枚から組み立てられる立方体の箱を基本単位としている。これは、市販で手に入りやすい組み立て家具のサイズである。この構造により、体験者の身長に合わせて適切な高さに調整することが可能である。

エアブローの制御は、リレースイッチと ESP32 を用いて on/off を切り替えることで行う。高速移動開始時点での被験者の正面方向に最も近い方向にあるエアホースと接続されたエアブローの電源を on にして向かい風を提示する。予備実験より、上記の配置および制御方法により、体験者は向かい風を知覚できることが確認済みである。エアブローの制御は ESP32 を用いて行い、体験者が移動する際に、移動に合わせてエアブローのスイッチが入るように制御する。

撃力では、渡辺ら[1]の貫通感覚提示システムを参考にする。体験者の体の前側と後側に取り付けた振動子を順番に振動させ、体内を貫通する運動感覚を再現する。本企画では、体験者は前側と後側に振動子を取り付けたベルトを装着し、後側、前側の順番に異なる時間差で振動子を振動させることで、移動時の後ろから前に体を突き抜けたような感覚を提示し前に進む移動感覚を体験者に提示する。特に移動感覚の有効性は予備実験で確認済みである。

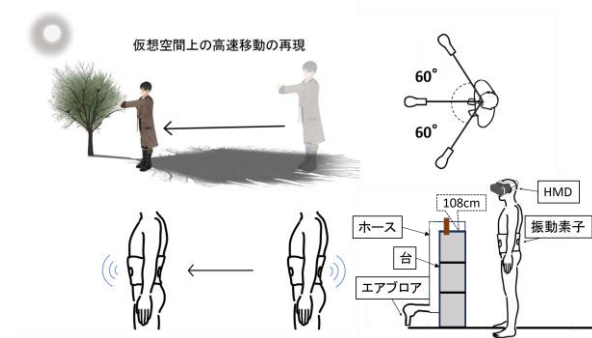


図 7. 高速移動システム

3.4. システムの安全性

・安全を第一に考え、エアブロー、機材や仕組み自体を変更する必要がある。

・体験中に気分が悪くなった、または不快な症状を感じた場合は、挙手をしてもらい、直ちに体験を中止する。

4. まとめ

本研究では、VR による新しい表現や体験として、ステージの太陽を自在に操作し、影の動的変化を利用した新たな移動体験を提示した。ハンドトラッキングを用いることで、体験者が太陽を操作し、影を変化させることができ、その影を利用して高速移動を実現した。このシステムは、現実世界の枠を超えたインタラクティブな体験を提供する可能性を示した。

参考文献

- [1] 渡邊淳司, 福沢恭, 梶本裕之, 安藤英由樹: 腹部通過仮現運動を利用した貫通感覚提示, 情報処理学会論文誌, vol. 49, no. 10,