

## WATARI システムにおける 3D 空間移動に適した インタラクションの検討

岩本 和也<sup>†</sup> 吉本 祐介<sup>‡</sup> 木村 朝子<sup>†</sup> 柴田 史久<sup>†</sup> 田村 秀行<sup>†</sup>

### Consideration of Suitable Interaction for Movement of 3D Space on the WATARI System

Kazuya Iwamoto<sup>†</sup>, Yusuke Yoshimoto<sup>‡</sup>, Asako Kimura<sup>†</sup>, Fumihisa Shibata<sup>†</sup>, Hideyuki Tamura<sup>†</sup>

**Abstract** – We have promoted the development of WATARI (Wall & Tabletop-based Reconfigurable Interaction) system that is the electronic work space that uses both table and wall. In this paper, we propose two kinds of effective camera control techniques on the system that displays a 3D space (Google Earth) on the wall and a 2D map (Google Maps) on the table with WATARI system. Then, we show the result of a case study. Finally, we describe the problems, solutions, and future works.

**Keywords:** Post-WIMP User Interface, Table-top System, Wall-Projection, 2D Map, 3D Space

#### 1. はじめに

我々は映像投影した卓上面と壁面を利用することで複数の作業領域を使い分け、ハンドジェスチャや実物体による直観的な操作で効率的な電子作業を実現する WATARI (Wall & Table-based Reconfigurable Interaction) システム[1]を提案している。そして、このシステムの応用事例として、卓上面には 2D のマップを、壁面には 3D マップを投影し、それらを連動させて操作することができるシステムを構築した[2]。ここではハンドジェスチャと対話型デバイスを併用し、2D/3D マップ上での移動、ズームイン・ズームアウト、回転などを実現している。

本稿では、その中でも 3D 空間を移動するための効果的なインタラクション方法の設計、実装について説明するとともに、その運用結果から得られた考察をもとに、今後の改善策について述べる。

#### 2. 関連研究

3D 空間の移動に関する研究は、これまでも活発に行われてきた。その移動方法は大きく 2 つに分類することができ、それぞれ「物理的テクニック」「仮想テクニック」と呼ばれる[3]。物理的テクニックとは、ユーザが物理的に移動・回転したり、何らかの物体を手を持ち、動かすことで、その動き通りに 3D 空間を移動・回転する操作方法である。一方、仮想テクニックとは、アナログスティックやマウスのような間接操作が可能なデバイスを利用し、システムからパラメータを割り当てられることで 3D 空間の移動・回転を行う操作方法である。

物理的テクニックの例として、Ware ら[4]は磁気センサ

を手持ちのカメラモジュールに見立て、その位置姿勢を卓上モニタに表示された 3D 空間に対するカメラ視点に反映させている。この方法では、磁気センサを動かすと、その動きに合わせて表示されている風景が動き、あたかも現実の作業空間内にミニチュアの仮想世界が存在するかのよう感じる事ができ、3D 空間内をスムーズに移動できる。しかし、この手法では対象とする世界の全体像を視認できないため、そのスケールや、どこに何が あるか、センサをどの程度動かすと視点がどの程度動くかなどを把握するのが困難である。

仮想テクニックの例には、Google Earth がある。Google Earth では緯度・経度方向への移動は、マウスで地球の画像を左クリックし移動方向にドラッグする動作で、高さ方向への移動は、マウスホイールを回転させることで実現している。その他、右クリックや Shift キーなどを用いて複雑な視点の移動も可能である。より直観的な 3D 空間移動を実現する対話デバイスとして、手元の 6 自由度の動きを取得可能な 3D マウス (図 1) などもある。

以上の先行研究や既存の技術を踏まえ、本研究では卓上面の 2D のマップと壁面の 3D マップを併用することを前提に、効果的で直観的な 3D 空間移動方法を検討する。

卓上と壁面という広い作業空間において、2D/3D マップの両方を使って、3D 空間を移動するという研究例はあまりない。Ajaj ら[5]は、壁面に部屋の 3D モデル、テーブル型のタッチパネルにはその俯瞰図と現在の視点位置を表示し、タッチパネルを操作することで 3D 空間内を



X軸	Y軸	Z軸
Roll	Pitch	Yaw

図 1 3D マウスとその操作方法 (3Dconnexion 社製)

<sup>†</sup>: 立命館大学大学院理工学研究科

<sup>‡</sup>: 立命館大学情報理工学部

<sup>†</sup>: Graduate School of Sci. and Eng., Ritsumeikan University

<sup>‡</sup>: College of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University.

探索する方法を提案している。タッチパネルによる操作は平面的な移動には適しているが、2次元拘束がある中で立体的な動きを入力することは難しい。

そこで本研究では、より直観的な3D空間移動を実現するために、タンジブルな対話デバイスを導入する。

### 3. 3D空間移動方法の設計・実装

#### 3.1 操作方法の設計

卓上面に2Dマップを、壁面に3Dマップを投影し、それらを連動させて地図操作を行うシステムにおいて、3D空間を効果的に移動・回転する方法について検討する。WATARIシステムではハンドジェスチャや実物体の3D位置姿勢の取得が可能であるので、まずは前者を利用した移動・回転について検討した。

手を図2に示す形で動かすと、ジェスチャを開始した位置姿勢からの相対的な移動量と回転量に応じて壁面に表示された3D空間の視点が移動及び回転する。この操作方法を数名に体験させたところ、「ジェスチャを維持しながら手を動かすのが疲れる」「手首の可動範囲が向きによって違うので、視点を回転させにくい方向がある」などのコメントが得られた。

そこで、手ではなく、図3のような前後・上下・左右が見た目から分かりやすいハンググライダー型の模型に、マーカを取り付けたものを対話型デバイスとし、手に持って動かすことで操作性の向上を図る。こうすることで、デバイスの持ち方を変えるだけで容易に回転操作が可能となり、入力時の負担が減ると考えた。

そこで、このハンググライダー型のデバイスを用いた、物理的テクニック、仮想テクニックによる2種類の3D空間移動方法を考案する。

##### (1) 物理的テクニック

卓上面に投影した2Dマップを地表に見立て、それに



図2 3D空間を移動するジェスチャ

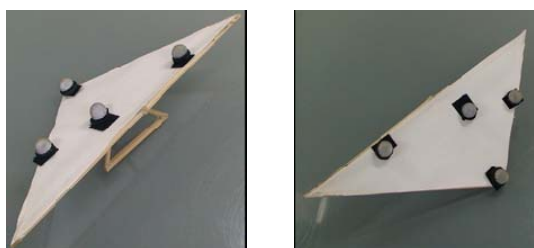


図3 ハンググライダー型デバイス

対するデバイスの位置姿勢を緯度、経度、標高に置き換えて壁面の視点にそのまま反映する(図4)。このことから、ユーザはあたかもハンググライダーから3D空間を見ている感覚が得られ、直観的な操作が可能になると思われる。また、卓上と壁面が連動しているので、現在位置を見失うことも少ないと思われる。

##### (2) 仮想テクニック

3Dconnexion社製の3Dマウスの操作方法(図1)を模倣し、移動・回転動作を行わないホームポジションからのデバイスの距離を移動速度、デバイス本体の姿勢を視点の回転速度に割り当てる(図5)ことで、小さな動作で移動操作を可能とした。なお、デバイスを卓上面に水平に向けている姿勢では、視点の回転は行われず、ホームポジションとなる卓上の一部の領域では、視点が移動しないものとした。この方法では、移動や回転のために2Dマップを見る必要がなく、3Dマップ内の移動に関しては、壁面を中心とした操作のみで実現できる。

#### 3.2 実装

ハンググライダー型デバイスおよびモーションキャプチャシステムより得られる入力値としては図6に示すように、x軸、y軸、z軸方向への入力と、pitch方向とyaw方向への回転があり、各操作方法でこの値を利用して3D空間内の移動及び回転を実現する。

##### (1) 物理的テクニック

卓上面の2Dマップにおけるデバイスの中心座標を3D空間中の緯度・経度・標高にそのまま変換する。この移動方法では2Dマップの縮尺により、デバイスを移動させた時に壁面に投影される映像が動く速度も変わる。また、視点の回転も可能で、yaw方向には360deg、pitch方向には180deg(卓上面の水平方向に対して±90deg)回転できる。

##### (2) 仮想テクニック

まずホームポジション(卓上のハンググライダー型デバイスを動かしても視点が移動しない領域)中(図7)の直方体で囲まれた縦20cm×横30cm×高さ15cmの領域からなり、デバイスがこの範囲外に出ると、ホームポジションからの方向・距離に応じて連続的に加減速を行なう。例えば、前進したい場合はデバイスを壁面方向へ動かすと、現在向いている方向へ連続的に視点が移動し、デバイスの位置がホームポジションから離れるほど、その移動速度は速くなる。また、視点の回転(pitch方向、yaw方向)に関しても基準の角度から、±30deg、±50deg、±75degと段階的に回転の速度を上げる。

### 4. 運用

本研究で実装した2種類の3D空間移動方法を数名に体験させた(図8)。各体験者には最初にハンググライダー型デバイス操作方法を実際に動かしながら練習させた。

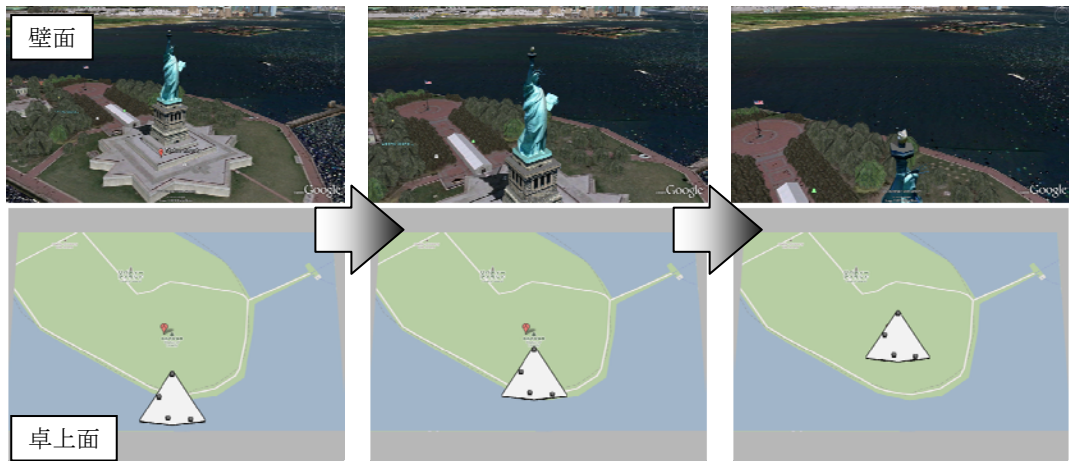


図4 物理的テクニックでの移動

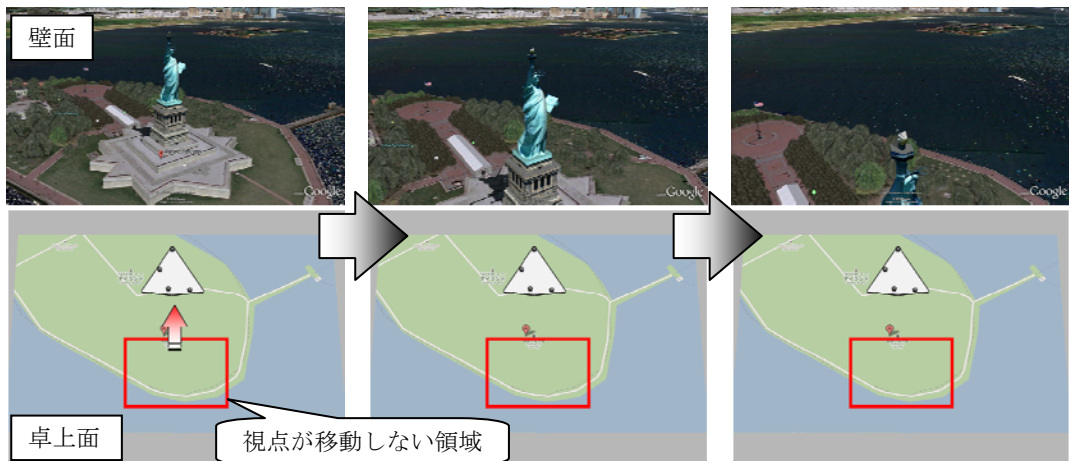


図5 仮想テクニックでの移動

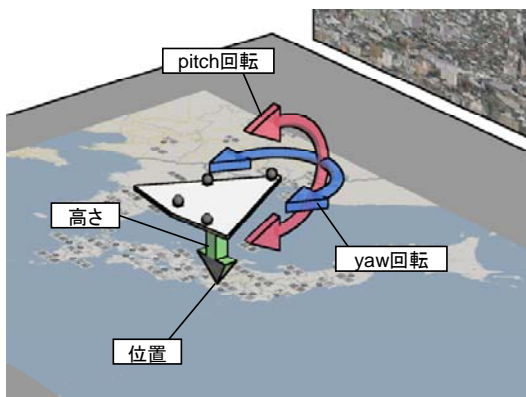


図6 デバイスが入力可能な値



図8 体験風景

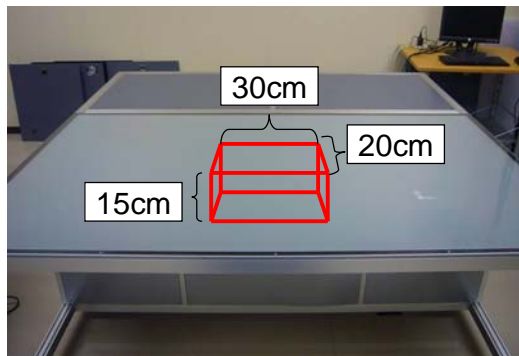


図7 仮想テクニックでの基準の位置

操作に慣れた後、自由に 3D 空間内を移動させ、コメントを得た。それぞれの操作方法についての体験者の様子やコメント、課題について以下に記す。

#### 4.1 物理的テクニックの運用結果と考察

この操作方法では体験者はすぐに操作方法を覚え、見たい地点へ難なく移動することが出来ていた。これは卓上面に投影された 2D マップを 3 次元模型に見立てて操作することが可能であり、尚且つ現在地がその地図上に

表示されていることが要因として挙げられる。体験者は今どの辺りにいて、どの方向を向いているかを常に確認することができ、適切な操作が出来ていた。体験者からは、「視点の移動が直観的で解り易い」「卓上面と壁面が連動しているので素早く目的地に辿りつける」などのコメントが得られた。

一方、「ある1点を注視したい場合に、視点を静止させることが難しい」というコメントを得た。これは、ハンググライダー型デバイスの位置姿勢を、常にカメラ視点の位置姿勢として反映させているため、視点を静止させるためにはデバイスも同様に静止させる必要があることが原因である。特に、卓上面の2Dマップの縮尺が小さい場合に少しの移動で壁面の映像が大きくぶれてしまい、この静止操作が難しくなることがわかった。また、手の可動範囲には限界があるため、思い通りの移動・回転を実現するために、必要に応じて両手を使うことがしばしば見られた。

このような問題点から、視点を動かしたい時だけ動かせるようにする機構が必要であると考えられる。移動操作のトリガとして、デバイスに押しボタンを搭載したり、あるいは何らかのハンドジェスチャを併用するなどの工夫が有効であると考えられる。

#### 4.2 仮想テクニックの運用結果と考察

体験者は最初、どの程度ハンググライダー型デバイスを動かすと、どの程度3D空間内で動くのかを把握していないため、慣れるまでに多少の時間を要した。しかし、数分で操作の加減ができるようになり、うまく操作していた。物理的テクニックでは欠点であった手の可動範囲の制限による操作の不自由はなく、「小さい動作で3D空間内の移動や回転が可能であった」というコメントが得られた。また、「肘を付いたまま操作が可能であることから疲れにくい」や「広い空間を飛び回り、情報を集める作業には向いている」という、3D空間を主体とした作業に向いているというコメントもあった。

一方、欠点として「卓上面に現在位置の確認以外の用途がほとんどない」「移動・回転速度を思い通りに調整することが難しく、思ったよりも速く／遅く動いてしまう」といったコメントが得られた。前者については、体験の様子から、この操作方法における卓上面の主な役割は、3D空間で迷子になった際の現在地とデバイスの向きの確認であり、重要ではあるが使用頻度が少ないためと考えられる。また、後者に関しては、移動したい量、回転したい量に個人差がある為だと考えられる。

今回実装した、ある領域からの距離を利用した移動・回転は慣れると操作が容易になるものの、長距離の移動が必要な場合に、疲れたり、時間がかかってしまう場面が多く見られた。そこで、この操作方法でもデバイスにボタンを搭載したり、ジェスチャをトリガとして移動を開始することで、ユーザにとって負担の少ない操作方法

を実現できるのではないかと考えられる。また、移動量・回転量についてもユーザがカスタマイズ可能な機能を導入することで解決されるのではと考える。

#### 4.3 議論

今回実装した、ハンググライダー型デバイスを利用した3D空間移動方法は、物理的テクニック、仮想テクニック共に容易に操作可能であった。しかし、運用してみると、物理的テクニック、仮想テクニックで作業領域の使い方が大きく違うことがわかった。

物理的テクニックでは、ハンググライダー型デバイスの位置姿勢がそのまま3D空間の視点に反映されるため、位置の確認には卓上面を、姿勢の確認には壁面を使う傾向が見られた。その結果、ミニチュア世界をカメラで撮影している感覚で、素早く思い通りの場所を見ることが容易であった。また、そのような目的には、こちらの方法が適しているという評価を得た。

仮想テクニックではデバイスの位置姿勢が移動・回転速度に割り当てられ、まさにハンググライダーを操縦している感覚で操作を行うため、卓上面はほとんど利用されず、主な作業領域は壁面であった。しかし、3D空間の細かな移動・回転に関してはこちらの方が高い評価を得た。

以上の特徴を踏まえると、どちらか一方の手法が有効というよりも、目的に応じてこれらの操作方法を使い分けることで、WATARIシステムにおける効果的な3D空間内での作業が実現可能であると考えられる。

### 5. むすび

WATARIシステムにおいて、卓上面と壁面を併用した2D/3Dマップ操作システムの効果的な3D空間移動方法を2種類検討・実装し運用を行った。どちらの操作方法にも問題は残っているものの、手に持って操作が可能なハンググライダー型デバイスを利用したインタラクション方法には概ね好意的な意見が得られた。今後は得られた知見を活かし、3D空間内で行なう想定作業を検討し、実現した移動方法の評価も行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 木村朝子, 藤田誠司, 岩本和也, 柴田史久, 田村秀行: “壁面と卓上面を併用する電子作業空間 WATARI システムのデザインスキームと実現例”, 日本 VR 学会論文誌, Vol. 15, No. 2, pp. 191 - 201, 2010.
- [2] 吉本祐介, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: “WATARI システムを利用した 2D/3D マップ操作システムの実現”, 本シンポジウム, 2010.
- [3] D. A. Bowman, E. Kruijff, J. J. LaViola, Jr, I. Poupyrev 著, 松田晃一, 細部博史, 由谷哲夫 訳: “3D ユーザインタフェース”, 丸善株式会社, 2005.
- [4] C. Ware, S. Osborne: “Exploration and Virtual camera control in virtual three dimensional environments,” Proc. I3D 1990, pp. 175 - 183, 1990.
- [5] R. Ajaj, F. Vernier, C. Jacquemin: “Navigation modes for combined table/screen 3D scene rendering,” Proc. ITS 2009, pp. 141 - 148, 2009.