



## モバイルデバイスを用いた縮退化 VR に関する研究

水口直哉<sup>1)</sup>, 吉田成朗<sup>1)</sup>, 鳴海拓志<sup>1)</sup>, 谷川智洋<sup>1)</sup>, 廣瀬通孝<sup>1)</sup>

1) 東京大学大学院 情報理工学系研究科

(〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, {mizuguchi, shigeodayo, narumi, tani, hirose}@cyber.t.u-tokyo.ac.jp)

**概要:** 主観的な体験を行うことができる VR は物事の理解を深めるため博物館展示などに活用されつつあるが、その体験には HMD を始め特殊なデバイスが必要であるため、一般の人々にまで普及しているとは言い難い。VR の普及のためには、場所・デバイスを問わず体験できることが必要である。そこで、人が VR 体験と感じる必要最小限の要素を抽出して一般に普及しているモバイルデバイス上に提示することで、場所・デバイスを問わず擬似的に VR 体験を行うことを考えた。本研究では、このように必要最小限の要素のみで構成された VR を縮退化 VR と呼称し、そのアプリケーションについて提案する。

**キーワード:** 縮退化 VR, モバイルデバイス, インタラクション, プレゼンス

### 1. はじめに

主体的な体験を行うことができる VR は、その体験を通じて物事の理解を深めることが知られており、博物館展示などに活用されつつある。Kondo らは、HMD を用いた展示において、恐竜の骨格標本に合わせて生きていた頃の姿を重畳して表示することで、恐竜の標本への理解が深まったことを示した [1]。また Narumi らは、HMD を用いた展示において、博物館内に展示されている文化財に、それが使われていた風景などの情報を付加することで、現在と過去の姿の違いへの理解が深まったことを示した [2]。

このように VR は物事の理解の大きな助けとなるが、上記の例に見られるように、VR を体験するためには HMD を始めとした特殊なデバイスが必要である。そのため、自宅などデバイスがない場所において VR を体験することができず、一般の人々が上記のような VR 体験のメリットを享受することは難しい。VR の普及のためには、場所・デバイスを問わず体験できるようになることが必要である。

人が VR 体験と感じる必要最小限の要素を抽出し、それを誰もが持っているデバイス上で提示することで、場所・デバイスを問わず擬似的に VR 体験を行うことを考えた。本研究では、このような必要最小限の要素により構成された擬似的な VR を、縮退化 VR と呼称する。

本研究では、このような縮退化 VR を行うデバイスとして、PC やモバイルデバイスを使用する。総務省の調査によると、2016 年における PC の世帯保有率は 73.0%、モバイルデバイスの世帯保有率は 94.7% であり、これらのデバイスは一般に十分普及している [3]。

縮退化 VR の実現にあたり、再現すべき VR の構成要素について考える。Zeltzer らは、VR は自律性 (Autonomy)・対話性 (Interaction)・臨場感 (Presence) の 3 要素からなる

と示した [4]。したがって、縮退化 VR では、この 3 要素を満たす必要があると考えられる。このうち、自律性は VR 空間の物理モデルを意味しており、PC やモバイルデバイスでも保持されていると考えられる。そこで本研究では、対話性および臨場感について論じる。

これまでの PC やモバイルデバイスを用いた VR 体験として、google street view やルーブル美術館の Virtual Tour などの WebVR によるウォークスルー型 VR がある。ウォークスルー型 VR では、撮影された映像の中を動き回ることができるが、その場にいる感覚が少なく、非没入的である。また、モバイルデバイスの一つであるスマートフォンを使用し、google 社の Day Dream などのゴーグルに入れて簡易的な HMD を作成し、VR を体験する手法がある。この簡易 HMD 型 VR では没入感が増しているが、見回し以外のインタラクションをすることが難しく、対話性に乏しい。その上、簡易 HMD 型 VR の体験には、ゴーグル等の特殊な機材が必要である。

このように、現状の PC やモバイルデバイスを用いた VR 体験では、対話性と臨場感の両者を同時に提示することは難しい。縮退化 VR は対話性と臨場感の両者を生起する必要がある。しかしながら、モバイルデバイスにおける入出力は限られているため、対話性と臨場感をそれぞれ完全に再現することは困難である。

そこで筆者は、以下のようにすることで、対話性と臨場感の獲得を目指している。対話性の獲得のために、低自由度のインターフェースの入力から、擬似的に高自由度の入力を受け取る手法を確立する。臨場感の獲得のために、低臨場感のディスプレイから、没入感をはじめとした様々な感覚を生起する手法を確立する (図 1)。そして、これらの機能を対話性と臨場感における必要最小限の要素とし、この 2 条件を満たすことができれば VR を縮退化できると考えた。

本研究では、上記のようなシステムを開発するためのプ

Naoya Mizuguchi, Shigeo Yoshida, Takuji Narumi,  
Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose

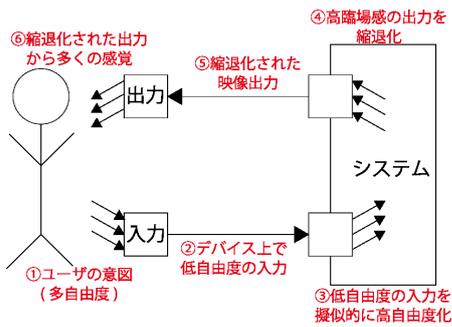


図 1: 縮退化 VR の概念図

ロトタイプとして、「2 自由度入力であるタッチスクリーンを入力として」「没入感がある」ウォークスルー型 VR システムを提案する。

## 2. 関連研究

### 2.1 擬似多入力インターフェース

低自由度のインターフェースから擬似的に多様な入力を実現している例を示す。

丹羽らは、2 本のバーを入力とし、人間の意図通りにロボットを動かすことができるつもり制御を考案した [5]。このシステムでは、2 自由度のバーを 2 本用いて、合計 4 自由度の入力から、それより大きい自由度を持つロボットを動かすことを可能にしている。一方、Sugiura の Walky は、スマートフォンのタッチスクリーンを入力としてロボットを操作するシステムである [6]。Walky では入力が指を足に見立てて行い、前進、回転、キックを行うことができる。

これらの例では、多自由度の動きを「前進」「キック」などの意味単位で分割し、低自由度の入力に対応付けることによって実現している。本研究では、タッチスクリーンに対し、「歩く」「回る」の動作を関連付け、入力することを行う。

### 2.2 没入感

まず、没入感の生起を実現している例を示す。

没入感は、立体感や質感などからなる「空間要素」、リアルタイム感、同時感などからなる「時間要素」、自己存在感、情動などからなる「身体要素」の感覚要素からなる複合感覚である [7]。今までの PC やモバイルデバイスを用いた VR 体験においては、「時間要素」「空間要素」の提示は可能であるが、自己運動感覚や身体感覚などの「身体要素」の提示は難しい。そのため、没入感の欠如が起こったと考えられる。よって、縮退化 VR における没入感の獲得のためには、時間要素や空間要素に加え、身体要素を提示することが必要であると考えた。

身体要素の一つである身体所有感は、「これが自分の身体である」という感覚のことである。Nojima らは、指で歩く動作と VR 空間での移動を同期させることによって、VR 空間内での身体所有感を感じることを示した [8]。この例では、指と足の構造的類似性を利用し、指の歩行を足の歩行のメタファとして使用している。また、ラバーバンドイリュージョンと呼ばれる錯覚では、ゴムの手を観察しているとき

に、自分の手とゴムの手に同時に刺激を与えるとラバーバンドに身体所有感を感じる事が知られている [9]。この例では、現実と同期させた刺激を提示することで身体要素を知覚させ、没入感を提示している。

本研究では、タッチ入力によるインターフェースに指の歩行動作を使用し、身体要素の提示を目指す。

## 3. 縮退化 VR の設計

本研究では、2 自由度入力であるタッチスクリーンを入力として、没入感のあるウォークスルー型 VR システムを提案する。このシステムにおける対話性と臨場感の提示は、図 2 のように行われる。歩きたい、回りしたい、などの意図をタッチスクリーンに入力し、ディスプレイに表示された結果から、動作の結果だけでなく、没入感を得ることを目指す。

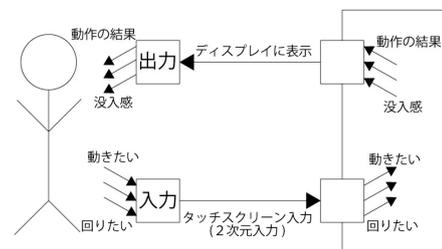


図 2: 提案手法の概念図

### 3.1 提案システム

どのデバイスでも体験可能のようにウェブブラウザ上で動くようにプロトタイプを作成した。このシステムは html + javascript で記述されており、node.js および three.js のライブラリを用いている。作成したプロトタイプは、図 3 のような。PC 画面を出力装置として使用し、モバイルデバイスを入出力装置として使用する (図では ipad を使用している)。図 3 のように、PC 画面を前面に、またモバイルデバイスを平面に置き、モバイルデバイス上で指の歩行を行う。低自由度の入力インターフェースとして、モバイル端末のタッチスクリーンを使用する。ユーザは、移動したい、回転したいという意図を元に、指の歩行動作によって、タッチスクリーンに指の歩行により入力を行う。PC の出力は視点に、モバイルデバイスの出力は地面に相当し、それぞれ対応するテキストチャを提示する。その入力はネットを介して同期され、システムにおいてユーザの入力を読み取り、それに応じてディスプレイに出力を行う。このとき、PC 画面およびモバイルデバイスにおけるテキストチャの移動をタッチ箇所の変位と一致させる。

このシステムは、Sugiura ら [6] や Nojima ら [8] の指の歩行インターフェースと比較して、視点と地面のテキストチャが同時に表示されており、その上を指で歩くように操作することができる。それにより、実際に VR 空間に入ったという感覚が生起され、没入感が上がると考えた。

このシステムにおいてできる行動は、(1) 前進 (2) 回転の2種類である。それぞれについて説明する。



図 3: 縮退化されたウォークスルー型 VR システムのプロトタイプ

### 3.1.1 前進

モバイルデバイスにおけるタッチ操作のうち、スワイプ操作を行った際に、そのインプットの大きさに応じて前進を行う。移動量は、指のテクスチャ上での動きに比例させ、指の歩行と視点の移動が同期するようにした。そうすることで、指の歩行動作と視点の動きが一致し、没入感が向上すると考えた。

### 3.1.2 回転

モバイルデバイスにおけるタッチ操作のうち、回転操作を行った際に、そのインプットの大きさに応じて視線を回転させる。この際、視線の回転は PC 画面のみで行った。これは、人間が歩行中に周りを見渡す際には視線のみが動き、身体は正面を向いていることを表している。そして、身体方向と視線方向が異なる方向へ進むとき、地面のテクスチャを回転するようにした。これにより、人間の歩行とシステムの挙動が一致し、没入感が向上すると考えた。

### 3.2 まとめ

このシステムにより、ユーザはウォークスルーをするのに十分な行動を行うことができると考えた。また、地面のテクスチャが貼られたモバイルデバイス上を指で歩行し、視点を変えろという体験から、実際に VR 空間に入ったという感覚が生起されると考えた。

## 4. まとめと今後の展望

本研究では、VR 体験を縮退化し、一般に普及しているデバイスで体験することを目的とし、縮退化 VR システムの提案を行った。縮退化 VR の実現のために必要な要素を対話性と臨場感と定め、対話性の獲得のために、低自由度の入力から擬似的に高自由度の入力を受け取ることを、臨場感の獲得のために、低臨場感のディスプレイから没入感を始めとした様々な感覚を生起することを目指した。そしてプロトタイプとして、指の歩行動作を入力とするインターフェースを構築し、2 自由度入力であるタッチスクリーンを

入力として、没入感のあるウォークスルー型 VR システムを提案する。

今後は、移動・回転以外の動作を導入することによる対話性の向上や、没入感以外の感覚の提示による臨場感の向上など、システムの改良に努めたい。また、意図通りの入力を受け付けられているか、臨場感は向上しているかをユーザ評価を元に検証することも今後の展望である。

謝辞 本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (A) (16H01762) の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] Kondo, Tomotsugu, et al. "Practical uses of mixed reality exhibition at the national museum of nature and science in tokyo." Joint Virtual Reality Conference of EGVE-ICAT-EuroVR. (2009).
- [2] Narumi, Takuji, et al. "Digital diorama: AR exhibition system to convey background information for museums." International Conference on Virtual and Mixed Reality. Springer, Berlin, Heidelberg, (2011).
- [3] 総務省「統計調査データ: 通信利用動向調査」(最終閲覧日: 2018 年 7 月 28 日) <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>
- [4] Zeltzer, David. "Autonomy, interaction, and presence." Presence: Teleoperators & Virtual Environments 1.1 (1992): 127-132.
- [5] 丹羽真隆, 飯塚博幸, 安藤英由樹, 前田太郎. "つもり制御: 人間の行動意図の検出と伝送によるロボット操縦特集 テレグジスタンスのためのロボティクス・グラフィクス・インタフェース". 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 17.1 (2012): 3-10.
- [6] Sugiura, Yuta, et al. "An operating method for a bipedal walking robot for entertainment." ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Art Gallery & Emerging Technologies: Adaptation. ACM, (2009).
- [7] 安藤広志. "2. 人が感じる臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術." 映像情報メディア学会誌 63.12 (2009): 1727-1730.
- [8] Nojima, T., D. Reiners, and O. Staadt. "Interpretation of tactile sensation using an anthropomorphic finger motion interface to operate a virtual avatar." (2014).
- [9] Costantini, Marcello, and Patrick Haggard. "The rubber hand illusion: sensitivity and reference frame for body ownership." Consciousness and cognition 16.2 (2007): 229-240.