

VRにおける前後移動と頭部方向を用いた 壁面サイズコンテンツとのインタラクション手法

皆川圭吾^{†1} 藤田和之^{†1} 小川郡平^{†1} 北村喜文^{†1}

概要: バーチャルリアリティ (VR) を用いることで、壁面サイズのコンテンツ (地図, ドキュメント, 壁画アートなど) のような従来の物理モニタでは実現できない巨大な 2D コンテンツとのインタラクションが可能になる. このようなコンテンツでは全体情報と詳細情報のそれぞれが意味を持ち, それらをシームレスに切り替えながらコンテンツを閲覧することが必要であるが, 特に VR のように一人称視点で壁面サイズコンテンツを閲覧する場合について, その方法は十分に検討されていない. 本研究では, 頭部方向によるカーソル操作と前後移動による壁面との距離の変化を用いて, VR 空間内に配置された壁面サイズコンテンツの全体情報と詳細情報をシームレスに行き来できるインタラクション手法を提案する.

1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) は, 新たな知的活動や創作活動の場として注目を集めている. 従来, 物理的なモニタやスクリーンに表示していたコンテンツを, VR では 3 次元空間中の任意の位置・大きさで表示することができるため, 物理的な制約に縛られずにコンテンツとインタラクションすることが可能である. 中でも, ドキュメントや地図, 壁画アートなど, 大きな面積の情報領域を持つ 2 次元コンテンツ (以下, 壁面サイズコンテンツ) を VR 空間内に配置することは, バーチャル会場内での巨大なアート作品の展示やポスター発表など, 様々な利用が考えられる.

しかし, 壁面サイズの大きなコンテンツを扱う場合, 特定のエリアを拡大すると全体の文脈が失われてしまうことから, 全体像と詳細情報をシームレスに切り替えて把握する必要がある[1]. このようなインタフェースは 2D ディスプレイを対象としたマルチスケールインタフェース[2]やナビゲーション技術[3]において活発に研究が進められてきたが, VR のような一人称視点ベースの環境においてはまだ検討が少ない.

現状の多くの VR アプリケーションでは, コントローラ等の特定の操作にカメラ視点操作をマッピングする方法 (以下, Flying インタフェース) が用いられている (e.g., Speed-Coupled Flying with Orbiting[4]). しかし, このような手法を一人称視点の VR で用いるうえでは, 視覚と体性感覚のずれが大きくなることから VR 酔いなどの悪影響が生じる可能性がある. また, Flying インタフェースについて特定のコンテンツの閲覧に特化した手法はいくつかみられる (e.g., Flying User Interface[5]) もの, VR 空間内の一般的な壁面コンテンツに対するナビゲーション手法の研究は少ない.

一方で, 最近ではユーザの位置・方向を 6 Degree of

Freedom (6DoF) で VR 空間にマッピングさせ, ユーザの物理的な移動により VR 空間内を探索する歩行型のインタフェース [6] (以下, Walking インタフェース) が普及しつつある. これを壁面サイズコンテンツ閲覧に適用すると, 現実で壁面コンテンツを見るときと同じようにユーザがコンテンツの特定のエリアに近づくことで詳細情報へアクセスしたり, 逆にコンテンツから離れ俯瞰することで全体像を把握したりすることができる. この方法では, 視覚と体性感覚が一致することから, 高い没入度と空間把握性能が期待できる[7]. しかし, Walking インタフェースは広い物理空間が必要といった物理的な制約や, ユーザの身長を上回る高い位置にあるコンテンツの閲覧が困難であるといった身体的な制約が生じる. また, コンテンツが大きくなるほど, 必要な移動距離が長くなるため, 詳細と全体を行き来するうえでの身体負荷が増大してしまう.

そこで本研究では, 物理空間内での前後移動と頭部方向によるカーソル操作を用いることで, VR 空間内で壁面サイズコンテンツの全体情報と詳細情報をシームレスに行き来できるインタラクション手法を提案する. 本手法では, Walking インタフェースのように前後に歩行してコンテンツとの距離を物理的に変化させることで全体と詳細を行き来することで, ナビゲーション時の視覚・体性感覚の一致度を向上させる. また詳細情報にアクセスする地点を頭部方向で指定し前後移動に合わせてその方向に視点を移動させることで, 物理的に到達するのが難しい遠く離れた地点や高い地点へのアクセスを可能にする. このように本手法は, 視覚・体性感覚の一致度が高いという Walking インタフェースの長所と, 物理的・身体的な制約にとらわれないという Flying インタフェースの長所を併せ持つインタフェースであり, 壁面サイズコンテンツを自然かつ高い空間的・時間的効率でナビゲーションすることができると期待される.

^{†1} 東北大学電気通信研究所

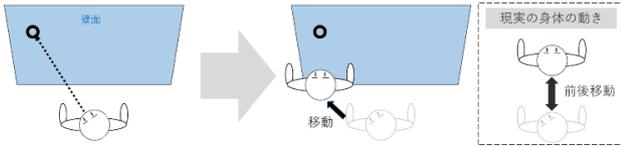


図 1 提案手法の基本アイデア。ユーザは詳細情報を確認したい地点に頭部を向け、その状態で前方に移動することで詳細情報にアクセスする。後方に移動することで、再びコンテンツの全体像を把握することができる。

2. 提案手法

2.1 概要

本研究では、VR 空間内での壁面サイズコンテンツの閲覧において、全体情報と詳細情報をシームレスに行き来するインタラクション手法を提案する。図1に本手法の概要を示す。本手法では、壁面から離れた状態、すなわち全体情報が見えている状態と、壁面に近づいている状態、すなわち壁面の一部が拡大され詳細情報が見えている状態を、実際に前後に歩行して壁面との距離を物理的に変化させることで行き来する。拡大する箇所は頭部方向で指定され、これによりハンズフリーでのシームレスなインタラクションを可能とする[8]。

2.2 設計

本手法を設計するうえで、以下の2要件を満たすように手法を設計した。

1. コンテンツの全体が視野に収まる地点までコンテンツから離れることができること
2. ユーザが前後移動の途中の任意の拡大率でコンテンツを閲覧できること

1つ目の要件は、アート作品のように全体を把握することに大きな意味を持つコンテンツの閲覧を想定し設定した。2つ目の要件は、コンテンツの種類やコンテンツ内の要素のサイズ・配置により適した拡大率が異なるため、前後移動の途中である最大・最小以外の拡大率においてもコンテンツを閲覧できることが必要であると考へ設定した。

以上の2要件それぞれに対し、本研究では以下のようなアプローチで手法を設計した。まず1つ目の要件に対しては、利用できる物理空間 (i.e., 実際に前後に移動できる距離) が狭い場合でも VR 空間内ではコンテンツと十分離れることができるよう、ゲイン操作 [9] によりユーザの物理的な歩行距離を増幅して VR 空間内で提示する。2つ目の要件に対しては、視点をユーザの現在位置とカーソル位置を結ぶ直線上で移動させ、その移動量を物理的な前後移動量と対応付けることで、任意の拡大率で移動を止めることができるようにする。以下では各アルゴリズムの詳細な実装について述べる。

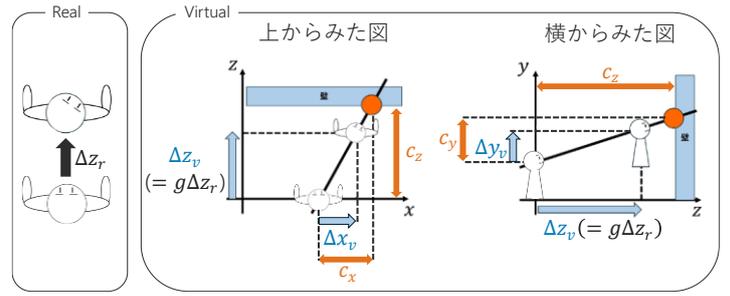


図 2 実装における各変数の対応関係。

2.3 実装

本手法では以下のようにユーザの視点位置を移動させる。物理空間内でのユーザの変位量 (Z 方向) を Δz_r 、VR 空間内での X, Y, Z 方向への視点の変位量をそれぞれ $\Delta x_v, \Delta y_v, \Delta z_v$ とおく。また、現在のユーザの視点位置から見た壁面コンテンツ上のカーソルの相対位置を、X, Y, Z 方向に対してそれぞれ c_x, c_y, c_z とおく (図 2)。まず要件 1 から、VR 空間内での前後 (Z) 方向への移動は、物理空間内での移動量 Δz_r に一定の倍率 (ゲイン) g をかけて提示する。したがって Z 方向への視点移動量は $\Delta z_v = g\Delta z_r$ となる。このとき、VR 空間内では Z 方向にカーソル (壁面) との残距離 c_z に対して $g\Delta z_r/c_z$ の割合だけ移動することになる。この割合を X 方向, Y 方向の視点移動にも適用することで、視点をカーソルに向かって直線的に移動させる。まとめると、VR 空間内での各方向への視点の変位量は以下のような式で表せる。

$$\begin{cases} \Delta x_v = \frac{g\Delta z_r}{c_z} c_x \\ \Delta y_v = \frac{g\Delta z_r}{c_z} c_y \\ \Delta z_v = g\Delta z_r \end{cases}$$

これにより、X, Y, Z いずれの方向への視点移動も物理空間内での移動量 Δz_r と比例し、要件 2 を満たすことができる。さらに、この操作により移動の途中でユーザが視点を変更した場合でも、その新しい頭部方向に沿って進むことが可能であるため、動的な目的地変更にも対応できる。尚、今回の設計では、後退時には初期視点の位置に戻る仕様となっている。この仕様は、意図しない挙動を防ぐためである。

2.4 プロトタイプ

全体情報と詳細情報を行き来しながら情報を探索するコンテンツの例として、14m×25m の世界地図を対象としたプロトタイプを実装した。実装に際し HMD として Meta Quest 2 を用い、ソフトウェア開発には Unity 2022.3.15f1 と

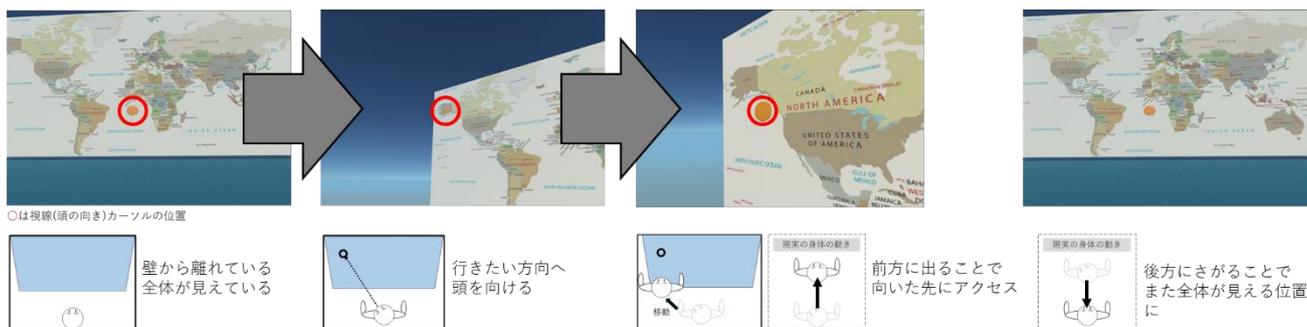


図 3 実装したプロトタイプ。ユーザは異なるスケールをシームレスに行き来して各国の位置関係を把握できる。

OpenVR を用いた。ユーザはまず世界地図全体を把握し、閲覧したい地点に頭部を向けながら前に移動することでその地点の拡大図にアクセスすることができる。壁面との距離（前後移動量）を調整することで、世界スケール・大陸スケール・地域スケールといった異なるスケール間をシームレスに行き来することができる。

3. おわりに

本稿では、現実空間内での前後方向への歩行動作を用いて、壁面コンテンツの全体情報と、頭部方向により指定される位置の詳細情報とをシームレスに行き来するナビゲーション手法を提案し、その実装について述べた。今後は、本手法を他のマルチスケールナビゲーション技術[2]とタスク完了時間、作業負荷 (NASA-TLX [10]), 映像酔い (SSQ [11]) 等の観点で比較し評価するためのユーザスタディを実施する予定である。

参考文献

- [1] Jock D. Mackinlay, George G. Robertson, and Stuart K. Card. The perspective wall: detail and context smoothly integrated. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (1991).
- [2] Emmanuel Pietriga, Caroline Appert, and Michel Beaudouin-Lafon. Pointing and beyond: an operationalization and preliminary evaluation of multi-scale searching. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (2007).
- [3] Andy Cockburn, Amy Karlson, and Benjamin B. Bederson. A review of overview+detail, zooming, and focus+context interfaces. ACM Comput. Surv (2009).
- [4] Desney S. Tan, George G. Robertson, and Mary Czerwinski. Exploring 3D navigation: combining speed-coupled flying with orbiting. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (2001).
- [5] Pramod Verma. Flying User Interface. In Adjunct Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (2016).
- [6] Mel Slater, Martin Usoh, and Anthony Steed. Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality. ACM Trans. Comput.-Hum (1995).
- [7] Lee, Jiwon and Kim, Mingyu and Jinmo, Kim.. A Study on

Immersion and VR Sickness in Walking Interaction for Immersive Virtual Reality Applications (2017).

- [8] D. Yu, H. -N. Liang, X. Lu, T. Zhang and W. Xu, "DepthMove: Leveraging Head Motions in the Depth Dimension to Interact with Virtual Reality Head-Worn Displays," IEEE International (2019)
- [9] Victoria Interrante, Brian Ries and Lee Anderson, "Seven league boots: A new metaphor for augmented locomotion through moderately large scale immersive virtual environments" in 3D User Interfaces (2007).
- [10] Hart SG, Staveland LE, Development of NASATLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Human Mental Workload. Advances in Psychology volume 52 (1988).
- [11] Kennedy, S.R., Lane, E.N., Berbaum, S.K. and Lilienthal, G.M.: Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International Journal of Aviation Psychology (1993),