

訪問履歴が可視化される VR 向けマルチウィンドウ Web ブラウザ

江川 楽* 井尻 敬*

概要. 本研究では、バーチャルリアリティ(VR)環境において訪問した全てのページとそのリンク構造を可視化するマルチウィンドウ Web ブラウザシステムを提案する。VR 空間を利用することで、視認性を維持したまま多くのページとそれらの関係を可視化できる。提案システムの有用性を評価するため、従来の単一ウィンドウのブラウザとの比較実験を行った。その結果、複数の Web ページを比較するタスクにおいて、提案システムは訪問操作回数と操作時間を短縮できることが確かめられた。

1 研究背景

消費者向けの安価な Head Mounted Display デバイスが普及し、これに伴い Virtual Reality (VR) 環境に特化した Web ブラウザの需要が増している。実際、仮想空間に複数のウィンドウを配置可能な Oculus Browser [5] や VRrowser [9] などが、研究・開発されている。しかし、これらのブラウザで開かれるウィンドウはそれぞれが独立しており、ウィンドウの関係の可視化は考慮されていない。

Web ページ間のリンク構造や訪問履歴の把握を支援するため、ツリー構造を用いた可視化手法が研究されている。例として、2D 表示を利用した WebMap [3], MozaicG [1], Pad++ Web browser[2], 3D 表示を利用した WebPath [6], WWW3D [8] が挙げられる。しかし、これらの手法は表示領域が限られた 2D モニタを想定して設計されており、各ページは円や球といったアイコンや小さなサムネイルとして表示されてしまうという課題がある。

そこで本研究では、訪問履歴を効率的に探索できる Web ブラウザを実現することを目的とし、訪問した全ページとそのリンク構造を VR 空間内に可視化するブラウザを提案する。広大な VR 空間を利用することで、視認性を維持したまま多くのページを表示することが可能になる。また、訪問履歴とリンク構造の可視化により、訪問済みのページを容易に再訪問することが可能となる。なお、本デモ発表は、既発表システム [4] に対し実用上必要な改良を加えたブラウザシステムを紹介するものである。

2 提案システム

提案システムの概要を図 1a に示す。提案システムでは、VR 空間上に配置されたウィンドウに Web ページが表示される。ユーザがページ上のリンクを



図 1. 提案システムでは訪問したページとそのリンク構造が VR 空間に可視化される (a). ウィンドウは U 字曲面上に配置される (b). ユーザスタディにおいて参加者は物件紹介サイトを探索する (c).

VR コントローラでポインティングしてクリックすると、リンク先のページが新しいウィンドウとしてリンク元ページの右側に開かれる。その際、ウィンドウとその親が白いエッジで繋がれ、リンク構造が可視化される。あるページから複数のリンクを開くと、そのページの右側に上下に枝分かれするように複数のウィンドウが開かれる。これにより、ユーザは、従来のブラウザでは可視化されない訪問履歴とそのリンク構造をひと目で確認できる。

前述の通り、提案システムは複数のウィンドウをユーザに提示する。その際、ユーザが注目するページは詳細を確認できるよう大きく表示する必要がある一方で、注目ページから離れたページは大まかな情報のみ提示すればよいと考えられる。そこで提案システムでは、ウィンドウをユーザの周囲の U 字曲面に沿って配置する (図 1b)。これにより、ユーザの正面にあるウィンドウは大きく、遠くにあるウィ

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 芝浦工業大学

ンドウは小さく表示される。ユーザは、VRコントローラのスティック入力によりウィンドウ全体を縦横にスクロールすることができる。また、ウィンドウ右上の×ボタンをクリックしてウィンドウを閉じることができる。

3 ユーザスタディ

提案システムの有用性を評価するためユーザスタディを実施する。ここでは、『シングルウィンドウ条件：VR空間にて単一ウィンドウでブラウジングする』と『マルチウィンドウ条件：提案手法によるブラウジング』を比較する。ユーザは、リンククリックと、戻る・進むボタン(シングルウィンドウ条件のみ)を利用してWebページの探索を行う。

タスク。各参加者は、2つのブラウジング手法を用いて、実験用に作成した物件紹介サイトを閲覧しながら質問に答える評価タスクを行う(図1c)。システムは質問とその選択肢を非利き手上のパネルに提示し、参加者はサイト内を自由に探索して質問に答える。6問の練習問題の後、パラメータを変えて9問の本番問題を実施する。評価タスク終了後、NASA-TLX[7]による主観的作業負荷評価を行う。順序効果を考慮し、2手法の実施順序は参加者ごとに变化させた。

実験で使用した物件紹介サイトには、3つの物件の情報が掲載されており、このサイトは、物件一覧ページ・物件概要ページ・物件詳細ページの3階層から構成される。また、評価タスクで行った質問は次の2種類に分けられる。ひとつ目は、1つのページから答えを得られる単純な質問(例:「Q. セゾン豊洲の部屋数は? A. 2部屋/3部屋/4部屋」)であり、ふたつ目は、3つのページを比較する必要がある複雑な質問(例:「Q. 築年数が最も浅いのは? A. セゾン豊洲/ラク豊洲/コート豊洲」)である。

結果と考察。実験参加者7名の協力の下、前述のユーザスタディを実施し、各質問における訪問操作の回数と回答時間を測定した。この訪問操作には、リンクのクリックと、戻る・進むボタンの押下(シングルウィンドウ条件のみ)が含まれる。

各質問における訪問操作回数を図2aに示す。ここで、誤回答や不備のあった試行3件を集計結果から除外した。複雑な質問(質問2, 4, 6, 8)に注目すると、平均操作回数はシングルウィンドウ条件で10.19回、マルチウィンドウ条件で0.57回となった。提案システムは戻る・進むボタンによるページ遷移を必要としないため、訪問操作回数が大幅に減少したと考えられる。また、マルチウィンドウ条件では、質問4以降、訪問操作回数が0回となった。これは、質問4の時点でサイト内のすべてのページが開かれ、それ以降は配置済みのページを比較するのみで済んだためである。一方、シングルウィンドウ条件では、全ての質問について訪問操作が発生した。

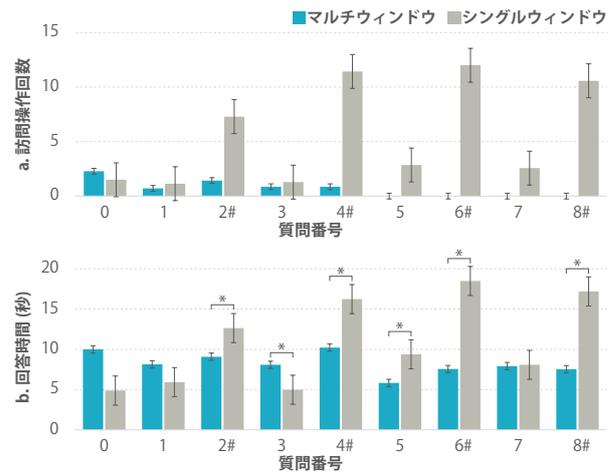


図 2. ユーザスタディの結果。各質問における訪問操作回数 (a) と回答時間 (b)。質問 0, 1, 3, 5, 7 は単純な質問, 質問 2, 4, 6, 8 は複雑な質問。*は対応のある t 検定により確認された有意差を示す ($p < 0.05$)。

各質問に対する回答時間を図2bに示す。複雑な質問の全てについて、マルチウィンドウ条件のほうがシングルウィンドウ条件より回答時間が有意に短いことが確かめられ ($p < 0.05$)、提案システムは複数のページを効率的に比較できることが示された。一方、単純な質問のうち、手法間で回答時間に有意差があったのは質問3と5であった ($p < 0.05$)。特に質問3ではマルチウィンドウ条件で回答に時間がかかる結果となった。これは、質問3では新しいページを開く必要があるため、提案システムで新しいページを開いた際に発生する視線移動がオーバーヘッドとなった可能性が考えられる。

また、NASA-TLXを用いて各手法の主観的な作業負荷を測定した。作業負荷を表すWWL得点は、マルチウィンドウ条件で31.61、シングルウィンドウ条件で51.52となり、マルチウィンドウ条件のほうがシングルウィンドウ条件より有意に作業負荷が低いことが確かめられた ($p < 0.05$)。

4 まとめ

本研究では、閲覧した全てのページとそのリンク構造をVR空間で可視化するマルチウィンドウWebブラウザを提案した。ユーザスタディを実施し、従来のシングルウィンドウのブラウザと比較した。その結果、複数のWebページを比較するタスクにおいて、提案手法は訪問操作回数と回答時間を短縮できることを確認した。さらに、NASA-TLXを用いた評価から提案手法は作業負荷の低さに優れることが確かめられた。今後の課題として、提案システムを長時間利用した場合や大規模なウェブサイトの閲覧を行った場合のユーザビリティ調査が挙げられる。

参考文献

- [1] E. Z. Ayers and J. T. Stasko. Using Graphic History in Browsing the World Wide Web. In *Proceedings of The Fourth International World Wide Web Conference*, Boston, 1995.
- [2] B. B. Bederson, J. D. Hollan, J. B. Stewart, D. Rogers, A. Druin, and D. Vick. Zooming Web browser. In *Proceedings of Multimedia Computing and Networking 1996*, Vol. 2667, pp. 260 – 271. International Society for Optics and Photonics, SPIE, 1996.
- [3] P. Dömel. WebMap: A Graphical Hypertext Navigation Tool. *Computer Networks and ISDN Systems*, 28(1–2):85–97, 1995.
- [4] R. Egawa and T. Ijiri. Multi-Window Web Browser with History Tree Visualization for Virtual Reality Environment. In *Proceedings of The Adjunct Publication of the 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, p. 32–34, New York, 2021.
- [5] Facebook Technologies, LLC. Oculus Browser on Oculus Quest 2 | Oculus. <https://www.oculus.com/experiences/quest/1916519981771802>, 2019. 2021 年 11 月 16 日閲覧.
- [6] E. Frecon and G. Smith. WEBPATH - a three dimensional Web history. In *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization*, pp. 3–10, 1998.
- [7] S. G. Hart and L. E. Staveland. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock and N. Meshkati eds., *Human Mental Workload*, Vol. 52 of *Advances in Psychology*, pp. 139 – 183. North-Holland, 1988.
- [8] D. Snowdon, S. Benford, C. Greenhalgh, R. Ingram, C. Brown, D. Lloyd, L. Fahlh, and M. Steinius. A 3D Collaborative Virtual Environment for Web Browsing. In *Proceedings of Virtual Reality Universe'97*, Santa Clara, 1997.
- [9] S. Toyama, M. Al Sada, and T. Nakajima. VRowser: A Virtual Reality Parallel Web Browser. In *Proceedings of Virtual, Augmented and Mixed Reality: Interaction, Navigation, Visualization, Embodiment, and Simulation*, pp. 230–244, Cham, 2018.