

立体視ディスプレイとタブレット PC による 3次元可視化の遠隔操作手法の提案

橋場 大晟¹ 伊藤 正彦^{1,a)}

概要：可視化結果を用いてプレゼンテーションや議論を交わす場では、可視化結果の操作が難しいデバイスを用いることがある。3次元の可視化結果を用いる場合も少なくない。3次元モデルを多数の人に向け、特殊なデバイスを装着せず立体表示する手段として立体視ディスプレイが普及している。本研究では、立体視ディスプレイとして Looking Glass を用いて、立体視ディスプレイとタブレット PC で可視化資料の操作を無線通信で連携することで、立体視ディスプレイに表示された3次元可視化結果をタブレット PC で遠隔操作できるシステムを開発する。立体的に表示されるため、プレゼンテーションや議論において聞き手は複雑な3次元グラフを理解しやすくなり、より円滑に議論を進めるようになることが期待できる。

1. はじめに

可視化結果を用いてプレゼンテーションや議論を交わす場では、可視化結果の操作が難しいデバイスを用いることがある。例えば、スクリーンにプロジェクターで投影する場合、多数の聞き手に向けて情報を提示することはできても説明箇所の指示、複数人で指摘しあうこと、データの操作・探索を交えた発表者と聞き手による話し合いを行うことが難しい。可視化結果を用いて議論を行う際にはデータの探索操作を行うことがあるが、場合により複数人で行うこともある。その場合、データの探索操作に使用するデバイスを複数用意する必要がある。

プレゼンテーションや議論に3次元の可視化結果を用いる場合も少なくない。3次元のグラフを視覚的にわかりやすくとらえるためには、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) など立体表示が可能なデバイスを用いることが多い。HMD はゲームなどで世間に広く普及しているが、一対多数を想定したプレゼンテーションや議論には不向きである。聞き手の数に合わせて HMD を最適な数用意しなければならないうえに、聞き手に対し、頭部に重量のあるデバイスを装着するという負担を強いることになる。そのため、据え置き型の裸眼立体視ディスプレイを用いることは有効な手段の一つである。

裸眼立体視ディスプレイとは、3D モデルを立体表示することで、様々な角度から裸眼でも立体的に見ることができると据え置き型ディスプレイである。多数の人々が、同時に

3D モデルを立体的に見ることができるとして普及しており、裸眼立体視ディスプレイを用いることで、平面ディスプレイに比べて 3D モデルの表示において、高い没入感を得ることができる [1]。本研究では、裸眼立体視ディスプレイとして、Looking Glass(図 1) [2] を用いる。Looking Glass ならば、HMD のような特殊なデバイスを装着することなく、裸眼で 3次元モデルを見ることができると、聞き手の負担が少なくなる。さらに、据え置き型のため、聞き手の人数分のデバイスを用意することなく多数の聞き手が可視化結果を見ることができると、

3次元のグラフを用いたプレゼンテーションや議論において、立体視ディスプレイを用いることは有効な手段の一つである。立体視ディスプレイは操作が難しい場合が多く、ジェスチャーを用いた操作など様々な方法が提案されている。しかしながら、現在のところ、立体視ディスプレイを別のデバイスで遠隔操作するためのシステムに関する研究は少ない。

本研究では、立体ディスプレイとして Looking Glass を用い、立体視ディスプレイとタブレット PC を連携することで、立体視ディスプレイに表示された3次元可視化結果を用途に合わせてタブレット PC で操作できるシステムを開発する。

2. 関連研究

2.1 複数デバイスを用いた可視化

VISTILES [3] は、スマートフォンやタブレットといった小型のモバイルデバイスを複数用いた多変量データ探索が可能なシステムである。このシステムは可視化データを

¹ 北海道情報大学

a) imash@do-johodai.ac.jp



図 1 Looking Glass [2]

用いた議論，データ探索を補助するシステムである。モバイルデバイスを並べて配置することで可視化領域の拡張や関連性のあるグラフの比較が可能になる。

Gottsacker [4] らは、金融データに基づいた魅力的な没入型のプレゼンテーションを行うためのシステムを開発している。このシステムは、タブレットを通じてプレゼンテーションの流れを制御するプレゼンターと AR デバイスを通じてプレゼンテーションコンテンツを体験する聴衆の 2 つの要素で構成されている。AR のような没入型環境は、複雑な情報をわかりやすく視覚的に提示できるため、専門知識がない人でも理解しやすく、意思疎通がスムーズにできる。

Grasp [5] は、ウォール型のディスプレイとモバイルデバイスを組み合わせて可視化を用いた議論をサポートするシステムである。操作のしにくいデバイスに表示された可視化結果を手元のスマートフォンのような操作しやすいデバイスでも操作することが可能なため、複数人での作業に有効である。結果、このシステムが様々なインタラクションシーケンスや複合技術に対応できることがわかった。

このように複数のデバイスを組み合わせたプレゼンテーション、議論補助のシステムに関する先行研究はいくつか存在するが、本研究のように立体視ディスプレイに対して複数人で探索操作可能な仕組みを提供している研究は著者らの知る限り存在しない。

2.2 立体視ディスプレイ

立体視ディスプレイとして、両眼視差を用いたものが既に多く普及している。また、Sony ELF-SR2 [6] のように視線認識により画像の表示角度を決定し立体的に見せかけるディスプレイなども製品化されている。これらのデバイスは、通常のディスプレイと同様に操作が可能な場合が多い。

一方、実際の 3 次元の物体を 2 次元画像の積層で再現することによる体積表示のディスプレイも、Actuality Systems の Perspecta [7] や LightSpace の Depth Cube Z1024 3D などのように製品化されてきた。Sony の 360 度ライトフィールドディスプレイや LookingGlass などもこれに相当し、今後さらに普及していくことが期待される。これら

は実際に奥行きのある空間にオブジェクトが表示され、特殊なデバイスを用いることも多く、操作が難しいという欠点がある。

同様に、再帰透過や再帰反射などの光学素子を用いて光源となるディスプレイの映像を空中に実像として結像する光学系の空中像表示の方式も提案されているが、これらの手法も操作が難しいという欠点がある。

2.3 立体視ディスプレイの操作

Grossman [8] らは、3D Volumetric Displays において、リアルタイムモーションキャプチャを用いたジェスチャー操作が可能な技術を提案した。この技術では、手の動きを利用して 3D 空間内のオブジェクトの操作が可能なほか、ディスプレイの 360° の視野を活かし、3D の環境において複数人での共同作業が可能である。

内藤 [9] らは、円筒型マルチタッチインタフェースにおける、複数人で同時に操作できる 3D ポインティング手法と 3D オブジェクトの閲覧手法を提案し、この操作手法を利用した 3D オブジェクトブラウザを開発した。

Grossman [10] らは、共同で作業が可能な 3D モデル表示アプリケーションのプロトタイプを開発することで、生じる問題点を調査した。アプリケーションの専門家とのインタビューの結果、この技術が将来、ポリユーメティック・ディスプレイ用の協調アプリケーション設計の基本として役立つことを示した。

このように立体視ディスプレイで 3D オブジェクトを操作する手法に関する先行研究はいくつか存在するが、本研究のように 3 次元可視化が可能な裸眼立体視ディスプレイに対して複数人で遠隔での操作可能な仕組みを提供している研究は著者らの知る限り存在しない。Looking Glass はもともと、Leap Motion によるジェスチャー操作を想定しているが、ジェスチャーによる操作は感覚に頼る部分が多く難しい。

3. 提案手法

3.1 システムの概要

本研究では、多人数でのプレゼンテーションや議論をする際、3 次元の可視化結果を立体描画するデバイスを用いたデータ探索システムが少ないことに着目した。そこで、データ探索や多人数でのプレゼンテーションや議論の補助を目的とした、立体ディスプレイとタブレット PC を連携したデータ探索システムを開発する。

システム構成は図 2 の通りである。本システムは、(1) グラフの操作を行うデバイス、(2) 映しだすグラフを構築するデバイス、(3) グラフの立体表示に用いる裸眼立体ディスプレイの 3 種類のデバイスを使用する。(1) では、タブレット PC を使用し、(3) に表示するグラフの操作を行う。操作には使用者の PC 及びタブレット PC を使用する。(3)

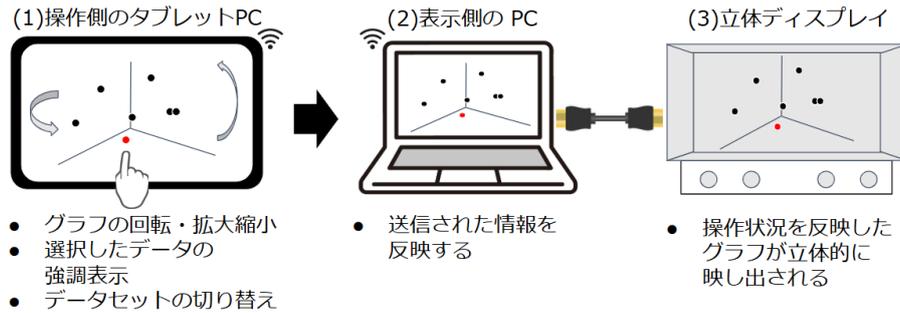


図 2 システム構成図



図 3 Looking Glass に 3 次元散布図を表示

に表示するグラフの回転・拡大縮小やその他のデータセットの切り替えに加え、強調したいデータを選択すると色が変わり、目立って表示される選択ハイライト機能などの操作を行う。これによるグラフの操作情報を無線通信で (2) に送信し、使用中のデータセット、グラフの映り方、強調されている点などの情報を反映する。そして、(2) のグラフを有線接続した (3) に表示する (図 3)。

3.2 実装方法と機能の詳細

システムの開発には Unity を用いる。プロジェクトは (1) 操作用と (2) 表示用の 2 つ用意する。

3.2.1 (1) 操作用のタブレット PC

使用機器は主にタブレット PC、タブレットである。(1) の PC では説明したいユーザーが離れた場所から可視化結果を操作する。例えば、聞き手がディスプレイの前で可視化結果を閲覧し、説明したいユーザーが聞き手の邪魔にならない立ち位置で、可視化結果を操作しながら説明するなどである。現在想定している機能は以下の 6 つである。

- 1 データセットの選択
 - 2 可視化手法の選択
 - 3 使用するデータの属性の選択
 - 4 グラフの軸への属性の割り当て
 - 5 タッチ操作によるグラフの回転、拡大縮小
 - 6 タッチしたデータの色変更による強調表示
- 2 の可視化手法の選択はグラフを散布図か棒グラフにする

かなどを決定する。3 及び 4 の機能は、ペンギンの身体特徴を 3 次元散布図で可視化する場合、グラフの X 軸にペンギンの体長、Y 軸にペンギンの体重、Z 軸にくちばしの長さを割り当てるといったものである。5 はグラフをタッチ操作で様々な角度やサイズで閲覧できる機能である。6 は発表者が聞き手に対し、特に強調したいデータが存在する際に用いる。これらの機能をもとにグラフを生成、操作する。

以上の 6 つの機能により生成されたグラフの情報を無線通信で (2) のデバイスに送信する。

3.2.2 (2) グラフ構築の PC

使用機器は WiFi に接続可能であり、unity のプロジェクトを起動可能なものであれば指定はない。こちらでは (1) から送信されたデータセット、可視化手法、属性の割り当て、メインカメラの動作情報、データの色情報をもとにグラフを生成し、毎フレーム更新、反映する。プロジェクト間の通信は Open Sound Control(OSC) で行う。OSC とは、音楽演奏データをネットワーク経由でリアルタイムに共有するための通信プロトコルである。通信を行うためには (1) と (2) のデバイスが同じ Wifi に接続されている必要がある。ライブラリは unityOSC^{*1}を用いる。

3.2.3 (3) 表示用の立体ディスプレイ

このシステムでは 3 次元グラフの立体表示をする手段として、裸眼立体ディスプレイの Looking Glass 15.6" (gen1) を用いる。Looking Glass は Looking Glass Factory が開発した立体的な 3D 映像をディスプレイ上に表示するホログラフィックディスプレイの製品群である。閲覧者は裸眼で複数人同時に 3D 映像を閲覧することができる。Looking Glass は 3D モデルを様々な角度からレンダリングし、数十パターンの視点映像として生成する。この視点画像を数パターン同時に表示しながら徐々に変えていくことで滑らかに映り方が変化する [11]。

4. 実行例

図 4 はタブレット PC で操作した 3 次元散布図が Looking Glass に映しだされている様子である。操作側のタブレット PC と表示側の PC は無線で通信を行うため、コードや

*1 <https://github.com/jorgegarcia/UnityOSC>

立ち位置を気にせず、システムを使用することが可能である。立体視ディスプレイを表示に用いることで3次元グラフを理解しやすくなることが主な利点である。しかし、立体視ディスプレイは視野角が狭く、複数人が同時に動きまわりながら見るには限界があるという問題がある。この問題は、Looking Glass ならばある程度大きいサイズを利用すれば解決可能である。システムにおいては、図4のようにデータを一つ一つタッチして強調表示をする関係上、データ数が多くなるほど操作がしづらくなってしまいうことも課題である。これは、操作側を2次元の可視化にすることでデータの選択をしやすくするなどのような処置が考えられる。

本研究では活用事例として、多人数を相手にした可視化資料の操作によるプレゼンテーションや議論の補助、データの操作探索を挙げている。だが、可視化資料の操作に限らず、野外出店している飲食店の食品サンプルを表示、博物館の展示物を3Dモデルとして閲覧させるなど、3Dモデルを人々に見せる用途にも使用できる。

5. まとめ

本研究では、情報可視化を用いた議論やプレゼンテーションでの資料操作を補助する新たなシステムとして、タブレットPCと立体視ディスプレイを連携し、タブレットPCで操作した可視化結果を立体視ディスプレイに表示することで、多数の聞き手を相手にした可視化を用いた議論やプレゼンテーションができるシステムを提案した。

今後の課題としては、提案したシステムの有用性を確認するためのユーザー評価を行う。まず、適当なサンプルデータを用意し、タブレットPC 1人とそれ以外2人以上で議論を交わしてもらおう。この評価を通して、使いやすさやシステムに求められている機能や改善点を洗い出そうと考えている。特に立体ディスプレイでのオブジェクトの見易さと、どの程度の人数規模が適切かどうかを明らかにする必要がある。現在実装している可視化手法は散布図のみであるが、実装を予定している複数のタブレットPCで同時操作できる機能と合わせて、棒グラフや折れ線グラフなど異なる手法でも検証したいと考えている。

参考文献

- [1] Davi Lazzarotto, Michela Testolina, Touradj Ebrahimi, On the Impact of Spatial Rendering on Point Cloud Subjective Visual Quality Assessment, 2022 14th International Conference on Quality of Multimedia Experience, 2022
- [2] Looking Glass Factory, "16" Spatial Display", Looking Glass Factory, <https://lookingglassfactory.com/16-spatial-oled>, (参照 2024-12-20)
- [3] Ricardo Langner, Tom Horak, Raimund Dachselt, VIS-TILES: Coordinating and Combining Co-located Mobile Devices for Visual Data Exploration, IEEE Transactions

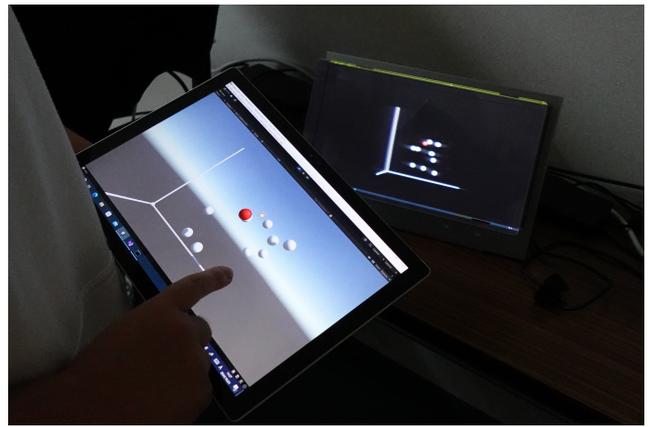


図4 Looking Glass に表示された可視化結果をタブレットで操作する様子

- on Visualization and Computer Graphics, 2018.
- [4] Matt Gottsacker, MengyuChen, David-Saffo, FeiyuLu, BlairMacIntyre, Asymmetric immersive presentation system for financial data visualization, IEEE VIS 2023, 2023.
- [5] U. Kister, K. Klamka, C. Tominski, R. Dachselt, Grasp : Combining spatially-aware mobile devices and a display wall for graph visualization and interaction, Eurographics Conference on Visualization 2017, 2017.
- [6] Sony Marketing Inc., "ELF-SR2 — 空間再現ディスプレイ (Spatial Reality Display) — ソニー", ソニーストア, <https://www.sony.jp/spatial-reality-display/products/ELF-SR2/>, (参照 2024-12-20)
- [7] Favalora, G. (2005). Volumetric 3D Displays and Application Infrastructure. IEEE Comp. 38(8): p. 37-44.
- [8] Tovi Grossman, Daniel Wigdor, Ravin Balakrishnan, Multi-Finger Gestural Interaction with 3D Volumetric Displays, Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2004.
- [9] 内藤 真樹, 志築 文太郎, 田中 二郎, 円筒型マルチタッチインタフェースにおける公共施設向け 3D 操作手法, 情報処理学会 インタラクシオン 2010, 2010.
- [10] Tovi Grossman, Ravin Balakrishnan, Collaborative Interaction with Volumetric Displays, CHI 2008 Proceedings · Collaborative User Interfaces, 2008
- [11] Looking Glass Factory, "How does Looking Glass Work?", Looking Glass Documentation, <https://docs.lookingglassfactory.com/keyconcepts/how-it-works>, (参照 2024-12-20)