ピラミッド型ペッパーズゴーストを利用した空中像における3次元描画システムの提案

上嶋 歩夢　湯村 翼 *
(北海道情報大学)†

1　はじめに

空中像は，実際には存在しない位置に像が存在するように見せる映像表現であり，奥行きや立体感を感じられるように表現された像である．空中像を表示する方法には，POV（Persistence of Vision），ボルマトリクス，凹面鏡などさまざまなものがある．中でも、ペッパーズゴーストは古くから用いられる定番の手法である．

ペッパーズゴーストは，半透明の板に光を反射させることで空中に像を映し出す手法である．本研究では，アクリル板をピラミッド型に配置することで，前後左右の4方向から空中像を見られる構成とした．

空中像を利用したインタラクティブな作品には，鑑賞者の動作に応じて映像が変化するものがある．例えば，手を動かすことでCGがリアルタイムに変化する作品 [1] や，鑑賞者の移動によって見え方が変化する作品 [2] がある．これらは、鑑賞者が空中像の内容をリアルタイムに生成し，空中像へ追加できるものではない．

佐藤ら [3] は， ゲームコントローラ WiiRemote を用いて3次元空間内のオブジェクトを操作する手法を提案した．また，Masry ら [4] は，フリーハンドによるスケッチを用いて3次元オブジェクトを構築する手法を提案している．

これらの研究を踏まえ， 本研究では，鑑賞者の操作によって空中像内のオブジェクトに追加で描画を行えるシステム SteLine（ステライン）を開発する．鑑賞者ごとに異なるコンテンツを生成し，あらかじめ決められた映像を見るだけではできない体験の実現を目指す．

2　SteLine

SteLine は，空中像として表示されたオブジェクトに対して，鑑賞者が追加で線を描画できるシステムである（Fig.3）．空中像の表示には，ピラミッド型ペッパーズゴーストを利用する．液晶ディスプレイの上部にピラミッド型のアクリル板（Fig.2）を配置し，前後左右の4方向から空中像を鑑賞できる構成とした．

投影用映像の表示と，線の追加描画を行うソフトウェアとして SteLine Composer を開発した．SteLine Composer は 3D ゲームエンジン Unity を用いて実装した．投影用映像は，10 インチの液晶ディスプレイによって表示する．映像は，PC から HDMI で出力される．

SteLine Composer は，バーチャル空間に配置した4つのカメラで対象オブジェクトを撮影する．撮影された4つの映像を合成し，投影用映像を出力する（Fig.3）．

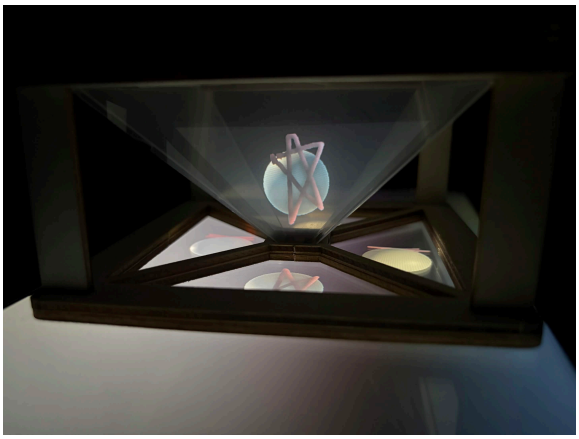


Fig. 1　SteLine による空中像投影.

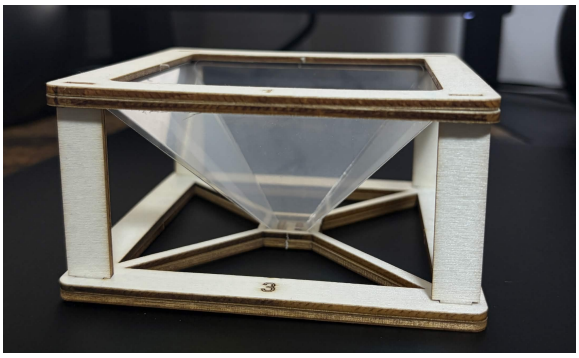


Fig. 2　ピラミッド型ペッパーズゴースト用の筐体.

3　実装

3.1　投影用映像の表示機能

投影用オブジェクトを中心として，その前後左右にカメラを配置し，それぞれの方向から見た映像を取得する（Fig.4）．各カメラで取得の映像を同一画面上に配置し，ディスプレイに表示する（Fig.5）．

3.2　線の追加描画機能

SteLine Composer では，マウス操作によって線の追加描画を行う．マウス移動の軌跡を線オブジェクトとして生成することで描画する．前後左右の4つの面のうち，ユーザが指定した1面を書き込み面として扱う．線オブジェクトは，投影オブジェクトとカメラの間に配置する．

3.3　操作方法

ユーザはマウスを動かすことで線を描画する．書き込み面は，キーボードの 1,2,3,4 キーの押下で変更する．描

* yumu@yumulab.org
† 江別市西野幌 59-2

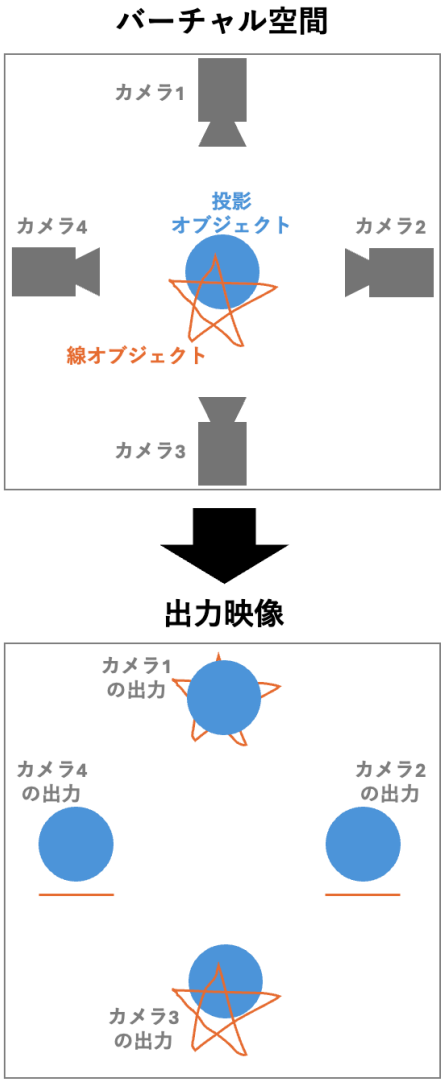


Fig. 3 SteLine Composer の基本原理.

画した線は，Delete キーの押下により消去できる．Undo 機能も実装し，Ctrl+z の押下で直前に描画した線を消去できる．

4 おわりに

本研究では，ピラミッド型ペッパーズゴーストを利用した空中像において，鑑賞者がオブジェクトへ追加で描画できるシステム SteLine を開発した．Unity 上に 3D オブジェクトを配置し，その前後左右にカメラを配置することで，4 方向から空中像を表示する構成とした．また，マウスの軌道に沿った線のオブジェクトを生成することで，空中像内のオブジェクトへの追加描画を実現した．

今後は展示を行い，アンケートによってシステムを評価する．評価項目には，操作性，立体感，インタラクティブ性を設定する．操作性では，直感的に描画できたか，意図した位置に表示されたかを評価する．立体感では，描いた絵に立体感を感じたか，横から見たときに見え方が異なるかを評価する．インタラクティブ性では，自分で操作して描画しているという感覚があるかを評価する．

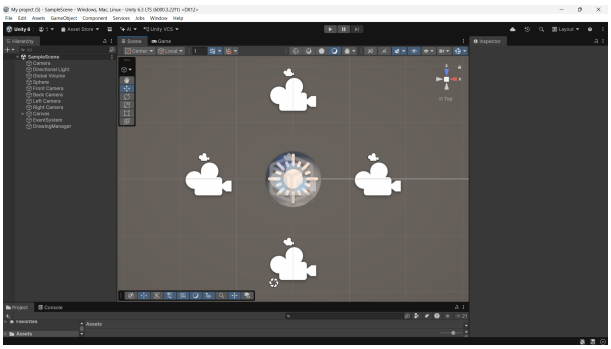


Fig. 4 4 方向に配置されたカメラ.

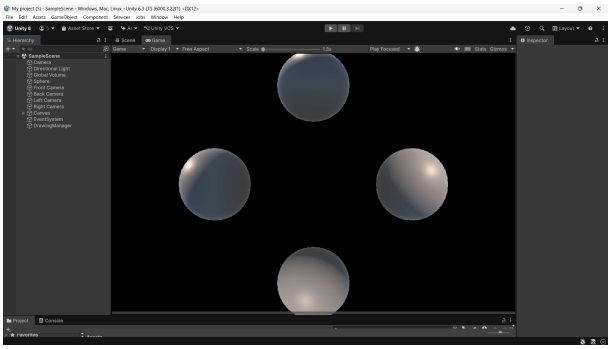


Fig. 5 SteLine Composer の出力画面.

また，入力方法については，今後 Leap Motion を利用し，マウスではなく指の軌道による描画を可能にする予定である．

参考文献

[1] Kim, B., Gurari, D., HoughO ’ Donnell, Betke, M.Interactive Art System For Multiple Users Based On Tracking Hand Movements, *IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction 2011*, pp. 177–184 (2011).

[2] Luo, X., Lawrence, J., Steven M.Seitz：Pepper’s Cone: An Inexpensive Do-It-Yourself 3D Display, *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 623–633 (2017).

[3] 佐藤康明，渡邉優太，坂下善彦：3 次元仮想空間内に描画されたオブジェクトの操作方法，第 75 回全国大会講演論文集， Vol. 2013, No. 1, pp. 145–146 (2013).

[4] Masry, M., Kang, D., H.Lipson：A freehand sketching interface for progressive construction of 3D objects, *Computers & Graphics*, Vol. 29, No. 4, pp. 563–575 (2005).