

指向性ボリュームディスプレイにおける人物追跡機能の実装 Implementation of Person Tracking System on Directional Volumetric Display

馬場 充¹⁾ 干川 尚人²⁾ 平山 竜士³⁾⁴⁾ 中山 弘敬⁵⁾ 下馬場 朋禄¹⁾
Mitsuru Baba Naoto Hoshikawa Ryuji Hirayama Hirotaka Nakayama Tomoyoshi Shimobaba
伊藤 智義¹⁾ 白木 厚司¹⁾⁶⁾
Tomoyoshi Ito Atsushi Shiraki

1 はじめに

近年、現実空間に仮想的な視覚情報を重畳して表示することで実際に存在するかのように知覚させる拡張現実 (Augmented Reality), コンピュータ中に構築された仮想空間に実際に存在するかのように知覚させる仮想現実 (Virtual Reality) など、平面だけでなく空間に映像提示することが可能なディスプレイが注目されている。

我々の研究グループでは、複数の画像を同一空間上に記録する技術を用いて、観察方向によって異なる映像を提示可能な 20×20 本の糸で構成された指向性ボリュームディスプレイの研究が行われた [1]。指向性ボリュームディスプレイの概要を図 1 に示す。指向性ボリュームディスプレイは、あらかじめプログラム上で指定した方向へ映像提示が可能であり、提示方向以外の面では情報を得ることができない秘匿性を持つため、人物の位置に応じた映像提示が可能であれば、より実用的なエンターテインメント性のあるディスプレイとしての活用が期待される。

そこで、本研究では、指向性ボリュームディスプレイのメディア応用を目的とし、モーションキャプチャを用いた人物追跡を実現し、特定の人物に追従して映像と音声を発信するシステムの実装と検証を行う。

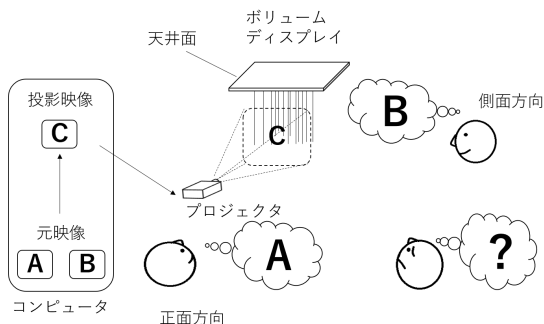


図1 指向性ボリュームディスプレイの概要

- 1) 千葉大学工学研究院, Graduate School of Engineering, Chiba University.
- 2) 国立高等専門学校機構 小山高専, National Institute of Technology, Oyama College.
- 3) 東京理科大学, Faculty of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science.
- 4) 日本学術振興会特別研究員, Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science, Japan.
- 5) 国立天文台, Center for Computational Astrophysics, National Astronomical Observatory of Japan.
- 6) 千葉大学統合情報センター, Institute of Management and Information Technologies, Chiba University.

2 指向性ボリュームディスプレイ

2.1 投影画像生成

図 1 における投影画像 C を生成する手法として、図 2 のような大きさ $P \times Q \times R$ の仮想的な立体を考える。 $I_1(u_1, v_1)$, $I_2(u_2, v_2)$ をそれぞれ 1 番目, 2 番目の原画像における画素値とすると、座標 $(X, Y, Z) = (x, y, z)$ におけるボクセル値 $V(x, y, z)$ は式 (1) から求められる。ここで、 $I_1(u_1, v_1)$ と $I_2(u_2, v_2)$ のなす角を θ とすると、座標系はそれぞれ $(u_1, v_1, w_1) = (X, Y, Z)$, $(u_2, v_2, w_2) = (X \cos \theta + Z \sin \theta, Y, -X \sin \theta + Z \cos \theta)$ と表現される。よって、任意方向のボクセル値は式 (2) から算出される。 λ はボクセル値 $V(x, y, z)$ を正規化するための定数である。

本ボリュームディスプレイは、正面と側面方向から観察したときに糸が重ならないこと、プロジェクトの光線と糸が $1:1$ 対応すること、空間内に糸が偏りなく配置されることを条件に配置場所を決定する。また、糸の奥行を考慮して各光線の高さを調節した投影画像 C を生成する [1]。

$$V(x, y, z) = \lambda I_1(u_1, v_1) I_2(u_2, v_2) \quad (1)$$

$$V(x, y, z) = \lambda I_1(x, y) I_2(x \cos \theta + z \sin \theta, y) \quad (2)$$

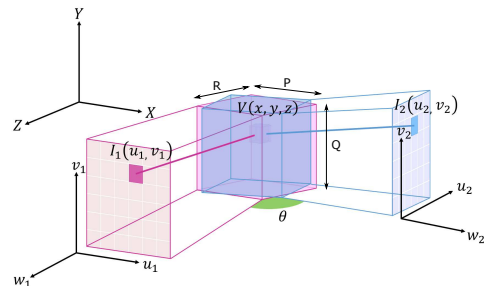


図2 画像を記録する仮想立体

2.2 人物追跡

Microsoft 社の Kinect v2 センサを用いて、人物追跡のアルゴリズムを実装する。その過程を図 3 に示す。Kinect に認識されている人物の中で、初めに両手を挙げた人物を追跡対象とみなし、取得した骨格情報、Kinect からユーザーまでの距離情報を次フレームと比較して追跡対象を決定する。また、Kinect と追跡対象のなす角 θ をボクセル値の算出、移動位置への映像表示、および音声伝達に用いる。

2.3 音声伝達

音声伝達は、一定方向のみに音声伝達可能なパラメトリックスピーカとターンテーブルの制御を行うことで実現する。また、指向性ボリュームディスプレイは大型装置であり、展示することを考慮して、スピーカとターンテーブルの制御は無線通信で行う。ターンテーブルの制御には Zigbee 通信規格を持つ XBeeS2C モジュール

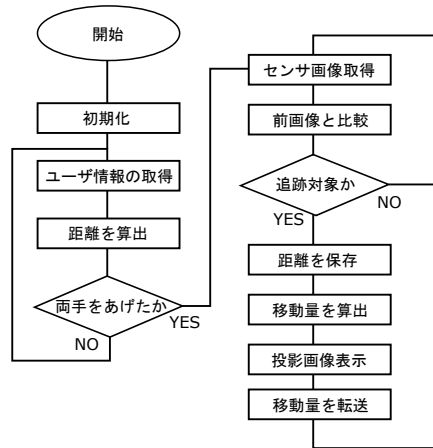


図 3 人物追跡のフローチャート

を搭載した Arduino Uno を 2 台用いる。図 4 に音声伝達のシステム概要を示す。1 台目の PC と接続されている Arduino に Kinect が取得した角度情報をシリアル通信を用いて転送し、ターンテーブルと接続されている 2 台目の Arduino へ角度情報を無線通信で転送する。その後、受信した角度情報をもとにターンテーブルに接続されているステッピングモータを追跡対象の移動位置へ回転させることで音声伝達を行う。

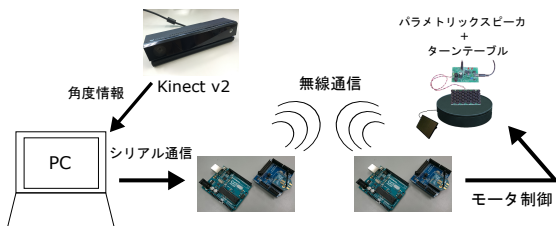


図 4 音声伝達のシステム概要

2.4 システム構成

構築したシステムの外観を図 5 に示す。本研究で構築した指向性ボリュームディスプレイは、大きさが縦 0.95m、横 0.95m、高さ 1.87m である。また、映像を投影するプロジェクタは、本ディスプレイとの距離 1.05m、高さ 0.70m の位置に配置し、Kinect およびパラメトリックスピーカとターンテーブルは、本ディスプレイの正面方向 0° から反時計回りに 90° 回転させた中心部に設置した。本システムは、投影映像を異なる 2 種類の画像を基に生成し、正面方向 0° および側面方向 90° にそれぞれ異なる映像を表示する。その後、側面方向に存在する Kinect を用いて、初めに両手を挙げた人物を追跡対象とし、人物の移動に同期して側面方向のみ映像と音声を追従させる。

3 人物追跡機能の実装結果

投影映像として、電車内のアナウンスをテーマとした映像を投影し、追跡対象の移動に同期して映像と音を追従させた結果について述べる。投影映像には、正面方向 0° に日本語と英語、側面方向 90° に中国語と韓国語に翻訳した文字列「次の駅は千葉です。」を表示し、側面方向にあるスピーカから中国語と韓国語の音声出力を行った。

図 6 に映像の 1 フレームを抽出した元画像、図 7 に追跡開始前の投影結果を示す。正面方向 (a) では日本語と

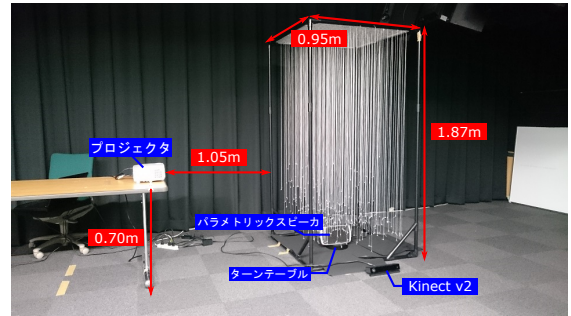
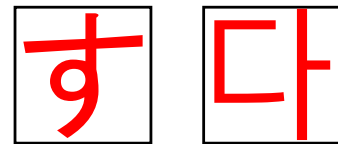


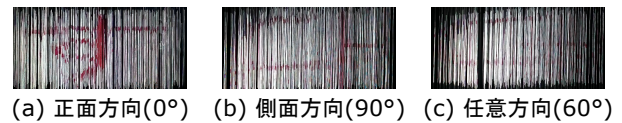
図 5 システム外観

英語の文字列、側面方向 (b) では中国語と韓国語の文字列を確認でき、それ以外の任意方向 (c) からは使用した映像情報を確認できなかった。図 8 に追跡時の投影結果を示す。正面方向 (a) および追跡位置 (c) では文字列を確認でき、それ以外の任意方向 (b) からは使用した映像情報を確認できなかった。また、追跡時に人物の移動に同期してスピーカを追従させ、追跡位置にのみ音を出していることを確認した。



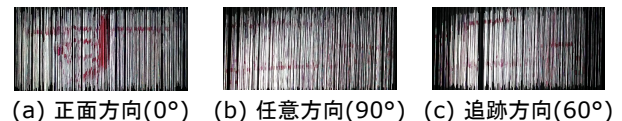
(a) 正面方向 (b) 側面方向

図 6 元画像



(a) 正面方向(0°) (b) 側面方向(90°) (c) 任意方向(60°)

図 7 追跡開始前



(a) 正面方向(0°) (b) 任意方向(90°) (c) 追跡方向(60°)

図 8 追跡時

4 まとめ

指向性ボリュームディスプレイのメディア応用を目的として、モーションキャプチャを用いた人物追跡を実現し、特定の人物に追従して映像と音を発信し続けるシステムの実装と検証を行った。本研究により、特定の人物にのみ映像と音の発信が可能となり、マルチメディアシステムとして情報提示が可能となった。

今後の課題として、GPU による投影画像生成の高速化およびリアルタイム処理、複数方向からの映像と音声発信の実装を行っていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (18K11599) の助成を受けたものである。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] A. Shiraki, M. Ikeda, H. Nakayama, R. Hirayama, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, "Efficient method for fabricating a directional volumetric display using strings displaying multiple images", Applied Optics, Vol. 57, Issue 1, pp. A33-A38, 2018.