

K-098

## 高解像度全天球動画像と歩行装置を用いた没入型テレプレゼンスシステム Immersive Telepresence System Using High-resolution Omnidirectional Movies and a Treadmill

池田聖  
Sei IKEDA

佐藤智和  
Tomokazu SATO

神原誠之  
Masayuki KANBARA

横矢直和  
Naokazu YOKOYA

### 1. はじめに

遠隔地の仮想的な体験を可能とする技術はテレプレゼンスと呼ばれる。現実環境の映像をインタラクティブに提示することによりテレプレゼンスを実現するシステムは、エンターテインメントや教育、医療などの幅広い分野での応用が期待されている。このようなシステムにおいて高い臨場感を実現するためには、高解像度な実画像提示、身体動作と提示画像の空間的な連動、自由な視点移動及び視線変化が出来ることが必要である。しかし、従来提案されている多くのシステム[1, 2]では、これらの機能を全て満たすものは存在しない。

本稿では、高解像度な没入型ディスプレイと歩行装置を入出力装置とした新しいテレプレゼンスシステムを提案する。提案システムでは、三次元位置センサを用いて利用者の歩行動作を検出し、検出された歩行動作による移動量に応じ、全方位型マルチカメラシステムにより取得した高解像度な全天球動画像 [3] を没入型スクリーンに投影する。これにより、提案システムは利用者の視点移動が1自由度であることを除き、上記の機能全てを実現する。

### 2. 提案システム

図 1 に示すように、提案システムは、(a) 歩行動作インターフェース、(b) 描画用 PC クラスタ、(c) 没入型ディスプレイにより構成される。歩行動作インターフェースは、利用者の歩行動作による移動量を検出し、利用者の移動量情報を描画用 PC クラスタに送信する。PC クラスタの各 PC は、入力動画像の中から歩行量に応じて適切なフレームを選択し、ディスプレイに描画する。これにより利用者は、歩行装置の上で歩行するだけで、自由に環境を見回しながら前後方向に視点移動することができる。以下に各装置の詳細を述べる。

#### (a) 歩行動作インターフェース

図1(a)に示すように、歩行動作インターフェースは歩行装置 (WalkMaster)[4]、三次元位置センサ (Polhemus Fastrak)、制御用 PC A (Intel Pentium 4 2.4 GHz) により構成される。利用者の歩行動作は、両足に固定された 2 つの三次元位置センサにより検出される (図 1 中(1))。歩行装置は、センサからの位置情報を基に PC A により制御される

奈良先端科学技術大学院大学  
Nara Institute of Science and Technology(NAIST)

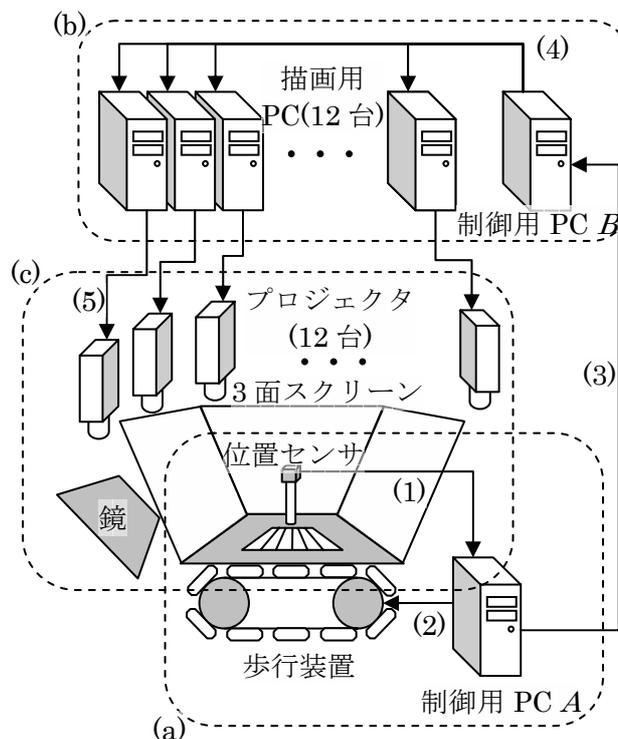


図 1. 提案システムの機器構成

(図 1 中(2)). 歩行装置のベルトは利用者の両足に固定された 2 つのセンサの重心位置がベルト領域の中央に位置するように自動的に回転する。この歩行装置では、利用者は任意の方向に歩行することが可能であるが、現状のシステムでは前後方向の移動量のみを使用している。PC A によって算出された利用者の歩行移動量は逐次、描画用 PC クラスタに送信される (図 1 中(3)).

#### (b) 描画用 PC クラスタ

図 1(b)に示すように、描画用 PC クラスタは、12 台の描画用 PC (CPU: Intel Pentium 4 1.8 GHz, Graphics Card: Geforce4 Ti4600) と 1 台の制御用 PC B (Intel Pentium 4, 1.8 GHz) により構成される。描画用 PC と制御用 PC B の間は、100Mbps の LAN により接続され、ネットワークを介して PC B が描画用 PC を制御する。PC B は 12 台の PC に UDP プロトコルを用いて描画すべき画像のインデックスを同期信号として送り (図 1 中(4)), 各 PC は制御用 PC A から送信される利用者の視点移動量に対応した各方向の画像を描

画する(図1中(5)). ただし, 描画される動画は, 予め各描画用 PC のハードディスクに蓄積されておりネットワーク上には画像のインデックスのみが送信される.

### (c) 没入型ディスプレイ

図1(c)に示すように, 没入型ディスプレイ(Solidray VisualValley)は高解像度な画像を提示するために, 3つの傾斜型平面スクリーンと12台のプロジェクタにより構成される. 4つプロジェクタからの映像が反射鏡を介して1つのスクリーンに背面投影され, 高解像度な画像が利用者に提示される. 利用者に広い視野を提供するために, スクリーンは利用者の前面及び左右に配置されている. 各プロジェクタの解像度は1024×768(XGA)である. ただし, 複数のプロジェクタから1つのスクリーンに重複部分を持って画像が投影されるため, 各スクリーンの解像度は, 実質200万画素程度である.

## 3. 実験

図2に示すような試作システムを用いて, 主観評価実験を行った. 実験に使用した全天球動画は, 一定の速度で走行する自動車に固定された全方位型マルチカメラシステムLadybugにより取得した[3]. 図3は, 各プロジェクタにより投影される入力動画の1フレームを示しており, 各入力画像の解像度は1024×768である.

本実験から, 提案システムを用いることで, 仮想的な遠隔地の歩行体験において, 高い臨場感を実現することが可能であることを確認した. また, 複数のプロジェクタにより重複して画像投影される領域における提示画像の不連続や同期ずれによる提示画像の不連続は知覚出来なかった. しかし, マルチカメラシステムが単一視点制約を満たさないことによる近接シーンの不連続性が存在する. 利用者の視点移動が前後方向のみであるという制限から違和感が感じられた. 利用者が意図した方向に視点移動されない場合や, 頭部の運動に関わらず画像が提示される場合に違和感が生じると考えられる. また, 利用者が歩き始める瞬間及び立ち止まる瞬間において歩行装置のベルトの回転制御に不自然さが感じられた. これは本システムが, 歩行装置の制御において利用者の上半身の動きや体重移動などが考慮されていないためであると考えられる.

## 4. まとめ

本稿では, 高解像度な全天球動画と歩行装置を用いた新しいテレプレゼンスシステムを提案した. 本システムでは, 歩行装置によって検出した利用者の歩行量に応じて動画を提示することで, 自然な視点移動を可能とし, 画像提示装置として没入型ディスプレイを使用することで自然な視線変



図2. テレプレゼンスシステムの外観



図3. 入力動画の1フレーム

化を可能とする. さらに全方位型マルチカメラシステムを用いて生成した高解像度な全天球動画を使用することにより臨場感の向上を図っている. 実験では, 実際に試作システムを用いることで仮想的な遠隔地の歩行体験において高い臨場感を実現できることを確認した.

今後の研究課題として, 歩行装置のベルトの回転量制御の改良および視点移動に関する制約の緩和が挙げられる. 前者は, より自然なインターフェースを実現するために, 両足の位置だけでなく, 両足や上半身の動きも考慮した歩行動作検出手法についての検討が必要である. また後者に関して, 現在は, 移動しながら撮影した動画を用いるため, 視点移動は撮影した経路上に限定されるが, 今後は, 三次元モデルの使用やイメージベースドレンダリングなど, より自由度の高い視点移動の実現手法について検討する.

## 参考文献

- [1] Y. Onoe, K. Yamazawa, H. Takemura, and N. Yokoya, "Telepresence by Real-time View-dependent Image Generation from Omnidirectional Video Streams", *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 71, No. 2, pp. 154-165, 1998.
- [2] H. Noma and T. Miyasato, "Design for Locomotion Interface in a Large Scale Virtual Environment, ATLAS: ATR Locomotion Interface for Active Self Motion", *Proc. ASME-DSC*, vol.64, pp.111-118, 1998.
- [3] S. Ikeda, T. Sato and N. Yokoya, "A Calibration Method for an Omnidirectional Multi-camera System", *Proc. SPIE*, vol. 5006, pp. 449-507, 2003.
- [4] H. Iwata, "Walking About Virtual Environments on an Infinite Floor", *Proc. IEEE Virtual Reality '99*, pp. 286-293, 1999.