

複数の全方位動画からの自由視点画像生成

石川 智也 山澤 一誠 横矢 直和

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

E-mail: {tomoya-i, yamazawa, yokoya}@is.naist.jp

あらまし 近年、複数台のカメラからの画像を統合し、自由な視点での画像を生成する研究が盛んに行われている。しかし、従来の手法では撮影環境が静的でなければならないことや、撮影対象がカメラを配置した内側に限られること等の問題点があった。本研究では、全方位カメラで撮影される画像を静的領域と動的領域に分離し、静的領域に対しては **Morphing** を行い、動的領域に対しては **Visual Hull** を用いてそれぞれ実時間で自由視点画像生成を行い、それらの画像を統合しユーザに提示する手法を提案する。さらに実験としてライブ映像を入力とした自由視点画像生成を行い、本手法が動的環境においても有効であることを示す。

キーワード 自由視点画像生成, **Morphing**, **Visual Hull**, 全方位カメラ

Novel View Generation from Multiple Omni-directional Videos

Tomoya ISHIKAWA, Kazumasa YAMAZAWA, and Naokazu YOKOYA

Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

8916-5 Takayama, Ikoma, Nara, 630-0192 Japan

E-mail: {tomoya-i, yamazawa, yokoya}@is.naist.jp

Abstract Recently, generation of novel view images from images which were acquired by multiple cameras has been investigated. It can be applied to telepresence effectively. Most conventional methods need some assumptions about the scene such as a static scene and limited positions of objects. In this paper, we propose a new method for generating novel view images of a dynamic scene with a wide view, which does not depend on the scene. The acquired images from omni-directional cameras are divided into static regions and dynamic regions. The novel view images are generated by applying a morphing technique to static regions and by computing visual hulls of dynamic regions. In experiments, we show that a prototype system can generate novel view images in real-time from live video streams.

Keyword Novel View, Morphing, Visual Hull, Omni-directional Camera

1. はじめに

近年、複数台のカメラからの画像を統合し、自由な視点での画像を生成する技術が盛んに研究されている[1,2,3,4,5]. この技術は遠隔地の情景等の現実環境を仮想環境に取り込み、ユーザに提示するテレプレゼンスにおいて、ユーザが視点位置を自由に変更できることから、より臨場感の高いテレプレゼンスを可能にする。

我々は、曲面ミラーを用いた全方位カメラや全方位マルチカメラシステムを環境中に配置し、その視点位置における情景を遠隔地で周囲 360 度を見回す事が可能なテレプレゼンスシステムを研究してきた[6,7,8,9]. これらのシステムにおいて視点移動を可能とするためには予め環境中のあらゆる経路において画像を取得しておくか、あるいはロボットや車両に全方位カメラを搭載し遠隔操作により視点位置を変更する必要があった。前者の方法は、広範囲の環境を撮影するためには時間的・人的コストが膨大となる。後者の方法は、ユ

ーザの視点位置の変更からその視点位置の画像提示までに機械的な遅延が生じる。また、一人の視点位置にしか対応できない。しかし、環境中に配置されたカメラからの画像を用いて、画像処理によって自由な視点位置における画像を生成すればこれらの問題は解決される。そこで、本研究は従来のシステムに自由視点画像生成の技術を導入し、自由な視点でのテレプレゼンスが可能のように拡張することを目標とする。

従来、自由視点における画像を生成する研究には、斎藤らによる室内に内向きに多数のカメラを配置した環境で自由視点画像を生成する手法[1]、稲本らや古山らによるサッカーシーンに適した自由視点画像生成手法[2,3]、Seitz らや冨手らの **Morphing** を用いた自由視点画像生成手法[4,5]等がある。斎藤らの手法[1]は配置されたカメラの内側の物体に対し、マルチベースラインステレオ法と視体積交差法を併用することで物体の三次元形状を復元し、高画質な自由視点画像が生成可

能である。精度良く物体の三次元形状を得るにはカメラを特定の領域を集中して撮影するように配置する必要があるため、周辺の環境を含めた撮影は困難となり周囲の環境については自由視点の画像を生成できないといった制限がある。稲本らの手法[2]は、サッカーフィールドやゴールポストは平面で構成されていることや遠景は平面と見做せることを利用し、サッカーフィールドとゴールポストに対しては Homography, 遠景に対してはモザイクと領域の切り出しを行い、それらの画像を合成することで高画質な自由視点画像生成を行っている。この手法では、撮影環境に強く依存するアプローチを取っており、サッカーシーン以外の撮影対象が比較的近距离にあり複雑な屋内環境などでは手法の適用は困難である。また、古山らの手法[3]はサッカープレイヤーと自由視点位置は離れているという仮定を利用し、平面に画像を投影することで近似的に自由視点画像を生成する。このため処理が高速であるが、稲本らの手法[2]同様、手法の利用シーンが限られてしまう。Seitz らの手法[4]は Morphing を用いるため自由視点画像を高速に生成できるが、画像間の対応を与えておく必要があり動的環境に適用するのは困難である。富手らの手法[5]は全方位カメラを用いて自由視点の全方位動画画像を生成するため、360度の周囲を見回すことが可能である。しかし、Seitz らの手法[4]同様画像間の対応が必要であり、動的な環境に適用困難である。

ここで、従来の自由視点画像生成手法を我々の従来のシステム[6,7,8,9]に導入した場合に生じる制限についてまとめると、斎藤らの手法[1]は周囲の環境を見ることができない。稲本らや古山らの手法[2,3]は撮影シーンが限られてしまう。Seitz らや富手らの手法[4,5]は動的環境への適用が困難となる。これらの制限は従来のシステム[6,7,8]の有用性を廃するものである。そこで本研究では、従来のシステム[6,7,8,9]に大きな制限を生じさせることなく導入可能な自由視点画像生成手法を提案する。提案手法では、環境中に全方位カメラを複数台配置し、その環境中の静的領域については Morphing を用い、動的領域については Visual Hull を用いて自由視点画像生成を行い、それらを合成することで高速に動的環境の自由視点画像生成を可能とする。以下2章では、提案手法の処理について述べ、3章で提案手法により自由視点画像生成が可能なプロトタイプシステムとそのシステムを用いた実験について述べる。さらに実験では提案手法をライブ映像に適用し、実時間での自由視点画像生成を行い、動的環境下においても有効であることを示す。

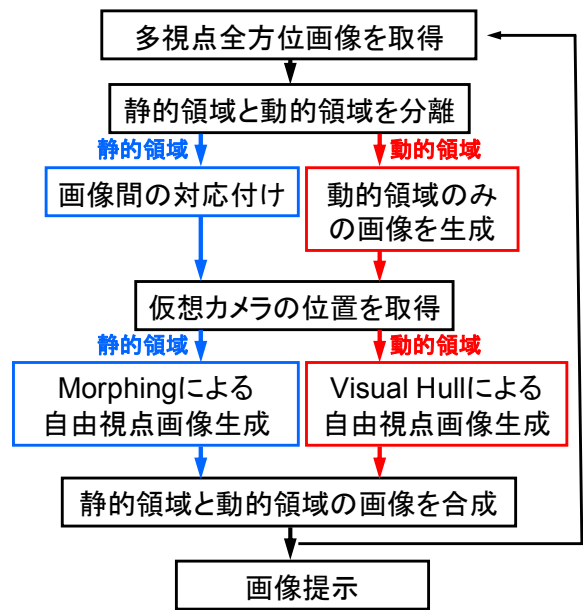


図1. 提案手法の処理の流れ

2. 自由視点画像生成

2.1. 処理の流れ

図1に提案手法の処理の流れを示す。本手法では環境中に全方位カメラを複数台配置し、それらのカメラから得られる動画画像を用いて自由視点画像生成を行う。まず、それぞれのカメラからの画像に対し、背景差分処理を行い、画像を静的領域と動的領域に分離する。背景差分処理では、長時間に渡って背景差分処理が続けられるよう、背景の輝度モデルを画像が入力される毎に更新する手法を用いる。静的領域と動的領域の分離後、静的領域に対しては Morphing, 動的領域に対しては Visual Hull を用いてそれぞれ自由視点での画像を生成し、それらを合成した画像を最終的な自由視点画像として提示する。また、本手法ではカメラは固定して設置されており、位置・姿勢は既知であるものとする。

2.2. 静的領域と動的領域の分離

まず、複数の全方位カメラで取得された画像それぞれに対して静的領域と動的領域を分離する処理を行い、動的領域のみが含まれる全方位画像を生成する。この処理を行うための基本的な戦略としては、予め動的領域の存在しない背景画像を撮影しておき、背景画像と入力された画像との差によって動的領域を検出し分離することが考えられる。ただし、この戦略では、照明変化やノイズに弱く長時間に渡っての背景差分処理は困難である。そこで本手法では、蛍光灯やCRTディスプレイのフリッカー、緩やかな照明変化、カメラに依存するノイズ等を考慮した背景差分処理の手法[9]を

用いる。

この手法は、時系列に入力される画像の各画素について平均輝度値や分散値を保持し、現フレームの輝度値が与えられた背景画素の輝度値のモデルの範囲であれば背景とみなし、それ以外の場合は動的領域とみなす。さらに、動的領域と判断された領域に対してその領域が新たに加わった静的物体である場合を考慮して、ある程度時間が経つと背景と判断するよう背景画像の輝度値を変化させる。画像中の各背景画素の輝度 I を以下の式でモデル化する。

$$I = \bar{I} + \sigma \sin(2\pi\omega t) + k\zeta \quad (1)$$

\bar{I} は輝度の時間平均、 σ は輝度の振幅、 ω は輝度の周波数、 k は $-1 \sim +1$ までの値をとる係数、 ζ はカメラのみに依存した雑音を表す。 $\sigma \sin(2\pi\omega t)$ の項は蛍光灯や CRT ディスプレイなどのフリッカー、窓の外の樹木の揺らぎなどの影響を表し、 $k\zeta$ の項はカメラに依存するノイズを表す。このとき背景画素の輝度値 I は以下の範囲をとり得る。

$$\bar{I} - \sigma - \zeta \leq I \leq \bar{I} + \sigma + \zeta \quad (2)$$

入力画素の輝度が式(2)の範囲内であればその画素は背景画素とみなし、そうでなければ動的領域とみなす。以下に処理手順を示す。 ζ は予め動的領域の存在しない環境で測定しておく必要があるが、環境によって変更する必要はない。以下に時系列で入力される画像に対する処理手順を示す。

- ① N フレームまでは背景画像の生成を行う。N フレームまでの画像を用いて各画素の輝度の平均値と分散値を求め、背景画像とする。N は経験的に設定する値である。また、N フレーム目までは動的領域の検出処理は行わない。
- ② N+1 フレームからは動的領域の検出と背景画像の更新を行う。現フレームの各画素が式(2)の範囲内であれば背景画像の輝度の平均値と分散値を更新する。範囲外であればその画素は動的領域と判断し、現フレームの偏差に重みを加えて分散値のみを更新する。

以上の処理により、入力される画像から動的領域のみが含まれる画像を生成する。

2.3. Morphing

背景差分処理によって静的領域と判断された領域に対して自由視点画像生成を行う。本手法では、広視野の情景を撮影するために全方位カメラを使用する。そこで、静的環境を全方位カメラで撮影し、その画像に Morphing を適用することにより高速に自由視点全

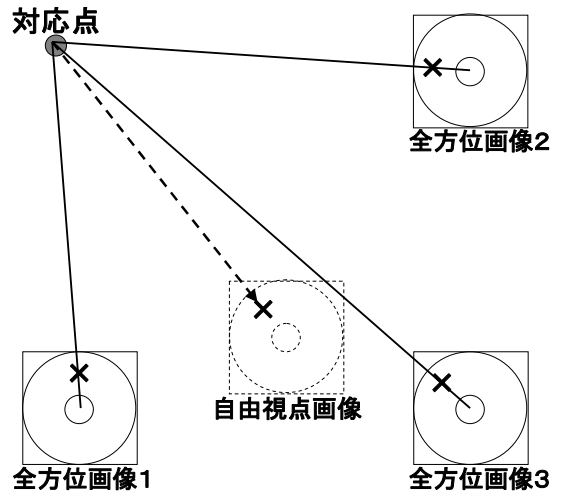


図 2. 対応点の自由視点画像への投影

方位画像を生成する冨手らの手法[5]を用いる。この手法は環境中の複数の地点で全方位画像を取得し、画像間の対応を与えることにより自由視点における全方位画像を生成する。以下にその手順を示す。なお、全方位カメラの位置、姿勢および入力画像間の対応点は既知とする。

- ① 入力画像上の各対応点の座標を入力とする全方位ステレオによって、その対応点の3次元位置を計算する。
- ② ①で得た3次元点を自由視点画像上に投影する(図2参照)。
- ③ 投影された点群に対してデローニー三角形分割を行い、三角形パッチを生成する。
- ④ ③で得た三角形パッチに対応する三角形の画像を各入力画像から切り出し、自由視点位置に基づいて算出される重みを用いてブレンドし、自由視点における全方位画像とする。

2.4. Visual Hull

動的領域に対する自由視点画像生成に Visual Hull を用いる。Visual Hull とは、多視点から撮影された物体のシルエットとカメラの光学中心によって形成される錐体の積集合空間を指す。この Visual Hull を表現する手法として視体積交差法[10]がある。しかし、視体積交差法では空間をボクセルの集合として表現するため、対象とする空間が広がるとそのデータ量と計算量が膨大となる。そこで、本研究では Visual Hull を表現する手法に Image-based Visual Hull[11]を用いる。この手法は自由視点における画像面の各画素に対して、仮想カメラの光学中心(自由視点)とその画素を結ぶ直線が Visual Hull を貫通するか否かを判定することにより

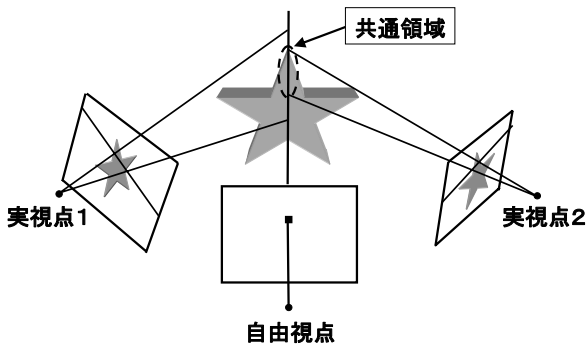


図3. 共通領域の有無の判定

自由視点画像を生成する. その手順を以下に示す. 本手法では, 全方位カメラからの全方位画像を用いて Image-based Visual Hull を行っているが, ここでは説明を簡単にするために一般的なカメラを用いた場合について述べる.

- ① 仮想カメラの画像面のある画素について, 仮想カメラの光学中心とその画素を結ぶ直線を各実カメラの画像面上に投影する. 各実カメラの画像面上に投影された仮想カメラの光学中心がエピポール, 直線がエピポーラ線となる.
- ② 各実カメラに投影されたエピポーラ線が動的領域と交差する領域を調べ, 全てのエピポーラ線が動的領域と交差する領域 (共通領域) があるならば, 仮想カメラからの直線は Visual Hull を貫通する. 共通領域が無い場合は, Visual Hull を貫通しないと判断できる (図3参照).
- ③ 仮想カメラからの直線が Visual Hull を貫通する画素についてはその画素の色を決定するために, 共通領域への各実カメラからのベクトルと自由視点からの直線のベクトルを比較し, ベクトルの向きが近い実カメラの画素の色を対象としている画素の色とする.
- ④ ①~③の処理を自由視点画像上の全ての画素に対して行う.

以上の処理により動的領域に対する全方位の自由視点画像を生成可能である. しかし, 自由視点画像上の全画素について処理を行うと計算量が多く, 高速な画像生成は困難となる.

そこで, 計算量削減処理として予め動物体の環境中の位置を計算し, その位置を仮想カメラの画像面上に投影し, Visual Hull の計算が必要な領域を限定する. 動物体の位置の計算には寺沢らの手法[12]を用いる. 以下では, 説明を分かりやすくするためにカメラを2つ使った場合の動物体の位置推定について述べる.

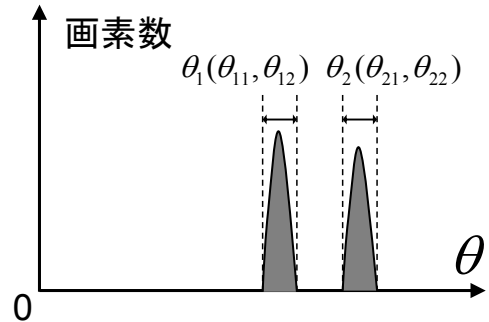
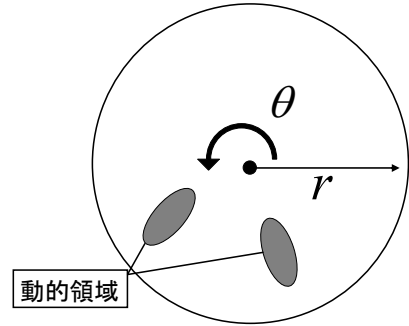


図4. 極座標変換によるヒストグラムの作成

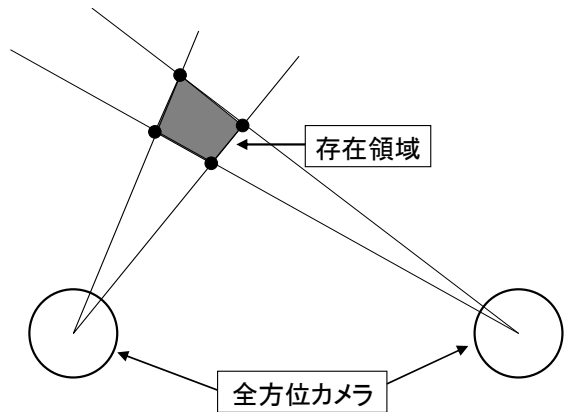


図5. 推定される存在領域

まず, 各実カメラからの動的領域のみが含まれる全方位画像に対して直交座標から画像の中心を原点とする極座標 (r, θ) に変換し, θ 軸方向に作成したヒストグラムから連続したある閾値より大きい値を持つ部分の画素領域の方位角範囲 $\theta_n(\theta_{n1}, \theta_{n2})$ を求める (図4参照).

次に各実カメラから得られた方位角範囲から動物体の存在領域を推定する. 図5より, 動物体の存在領域は方位角範囲 $\theta_n(\theta_{n1}, \theta_{n2})$ の各ベクトルの交点から計算できる. 各ベクトルの交点座標は, 世界座標系でのカメラの位置ベクトルと方位角範囲の両端の角度に対応する単位ベクトル及び媒介変数を用いて以下の式で求めることができる.

$$\begin{aligned} (\text{交点座標}) = \\ (\text{カメラの座標値}) + (\text{単位ベクトル}) \times (\text{媒介変数}) \end{aligned}$$

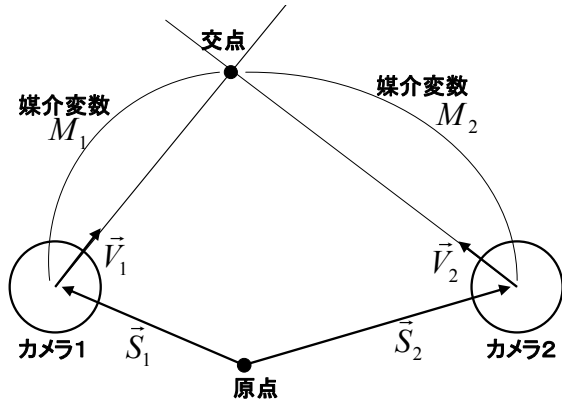


図 6. 直線の媒介変数表示

よって 2 つの直線の交点の座標値は、直線を延ばしたカメラの位置ベクトルをそれぞれ $\vec{S}_1(S_{1x}, S_{1y})$, $\vec{S}_2(S_{2x}, S_{2y})$, 直線の単位ベクトルをそれぞれ $\vec{V}_1(V_{1x}, V_{1y})$, $\vec{V}_2(V_{2x}, V_{2y})$, 媒介変数をそれぞれ M_1 , M_2 とすると、以下の式で表せる。

$$\begin{aligned} (\text{交点の}x\text{座標}) &= S_{1x} + V_{1x} \times M_1 \\ &= S_{2x} + V_{2x} \times M_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{交点の}y\text{座標}) &= S_{1y} + V_{1y} \times M_1 \\ &= S_{2y} + V_{2y} \times M_2 \end{aligned}$$

以上の式より、各媒介変数は以下の式で求めることができる (図 6)。

$$M_1 = \frac{(S_{2x} - S_{1x}) \times V_{2y} - (S_{2y} - S_{1y}) \times V_{2x}}{V_{1x} \times V_{2y} - V_{1y} \times V_{2x}}$$

$$M_2 = \frac{(S_{1x} - S_{2x}) \times V_{1y} - (S_{1y} - S_{2y}) \times V_{1x}}{V_{2x} \times V_{1y} - V_{2y} \times V_{1x}}$$

各カメラからのばした全ての 2 直線について以上の処理を行い、動物体の位置推定する。動物体の存在領域が分かれば、その領域を仮想カメラの画像面上に投影し、投影された範囲の画素に対してのみ Image-based Visual Hull の処理を行う。

2.5. 静的領域と動的領域の自由視点画像の合成

2.3.2.4 項の処理により、ある自由視点位置における静的領域の全方位画像と動的領域の全方位画像が得られる (図 7 参照)。この 2 つの自由視点画像を合成し、最終的な自由視点画像とする。

静的領域と動的領域の自由視点画像は別々の手法により生成されるが、静的領域に対して用いる自由視点画像生成手法は、環境の三次元形状を疎に持っているものと考えられる。また、動的領域に対して用いる自由視点画像生成手法は自由視点位置から物体までの距離を推定していることと等価である。

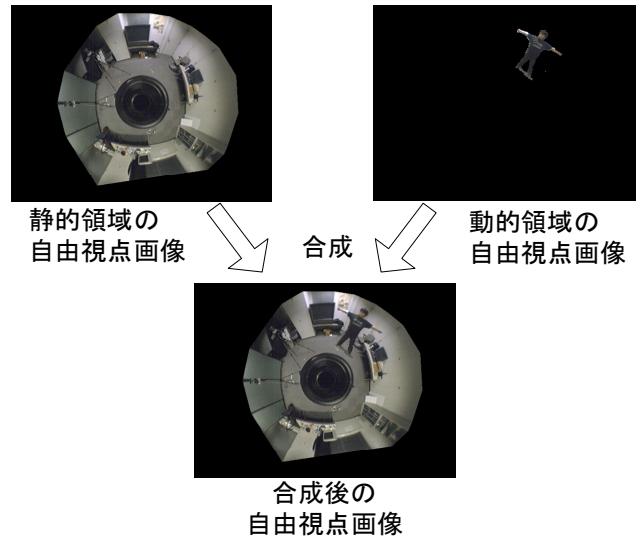


図 7. 静的領域と動的領域の自由視点画像の合成

よって、3DCG オブジェクトを配置するかのように二つの全方位画像を合成しても環境中の物体の位置関係に違和感を与えることはない。

3. 実験

提案手法により自由視点画像を生成するプロトタイプシステムを構築し、ライブ映像を入力とした実時間自由視点画像生成を行った。システムの概要を図 8 に示す。IEEE1394 で接続可能な全方位カメラを 3 台設置し、それらをすべて 1 台の画像取得・生成用 PC に接続した。使用した全方位カメラは、640×480 の解像度の全方位画像を最高 15fps で取得可能であり、その視野は、垂直方向には仰角 12 度、俯角 50 度、水平方向には 360 度である。これらの全方位カメラからの入力されるライブ映像を入力として自由視点画像生成を行った。また、システムの初期入力として、動物体が存在しない実験環境を撮影した背景画像と、それらの画像間の対応点の座標を与えた。今回の実験では、静的領域の自由視点画像生成に用いる画像間の対応点は、初期入力の対応点の座標を使用し続け、更新は行わない。全方位カメラからの画像取得からユーザへの自由視点画像提示まですべて 1 台の PC で行う。入力された画像に対して背景差分処理を行った後、静的領域と判断された領域は前フレームの静的領域の画像に上書きし、更新する。動的領域と判断された領域は動的領域のみが含まれる画像を生成し、以降の処理を行う。仮想カメラの位置設定は、ユーザがキーボード操作により行い、マウス操作により視線方向を変更する。静的領域の自由視点画像生成は、Morphing による制限から仮想カメラの位置を設定できる範囲は各実カメラを

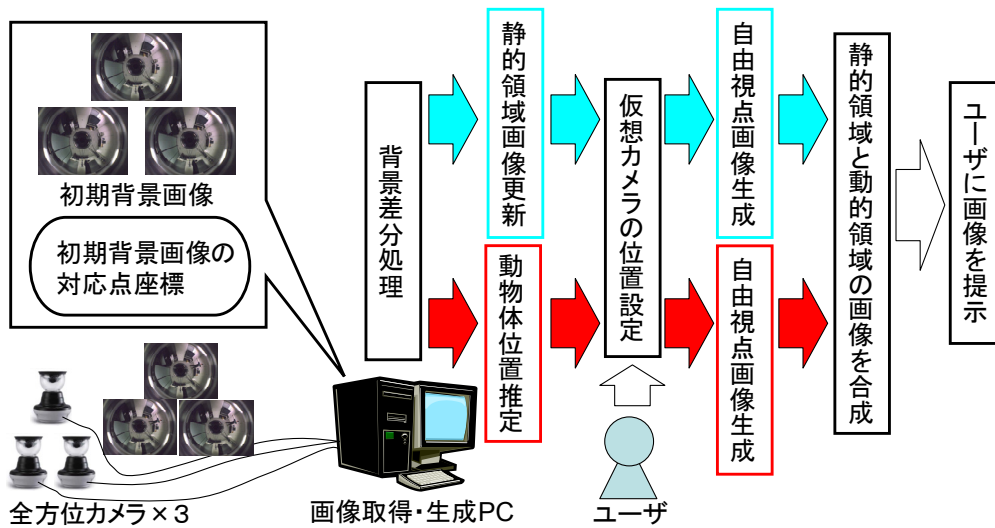


図 8. システムの概要

結ぶ平面上に限定した．動的領域の自由視点画像生成では，前節で Image-based Visual Hull の計算量削減について述べたが，その計算量削減処理に加えて，ユーザが見ている範囲の画像のみを処理することとしている．全方位カメラを使用する利点として，同じ全方位画像を用いて複数のユーザがそれぞれ別の方向を見ることができるということが上げられるが，自由視点でのテレプレゼンスにおいては，それぞれのユーザがそれぞれ違う視点位置から見るのが想定されるため，ユーザが見ている範囲のみの自由視点画像を生成することは妥当だと考える．また，動的領域の自由視点画像については穴の除去のためにメディアンフィルタを適用している．最後に，2つの自由視点画像を合成し，生成した全方位画像からユーザの視線方向に対応する画像を平面透視投影変換により生成し，ユーザに提示する．

図 9 に示す室内環境で実験を行った．今回実験を室内で行ったのは，床面がほぼ平面と考えることができるため，位置・姿勢の計測が容易であるためである．室内環境では，撮影対象が屋外環境に比べカメラに近く，カメラ間の距離を広くするとオクルージョンが発生し易くなり，静的領域の自由視点画像生成に必要な対応点を与えることが困難となる．また，対応点が少ない場合，自由視点画像に歪みが発生する．そのため，各全方位カメラ間の距離は 1m とした．図 10 に実験環境の様子と自由視点位置における生成画像を示す．図 10 は左から仮想視点位置と視線方向，実験環境の様子，自由視点全方位画像，自由視点全方位画像を平面透視投影変換した画像である．画像取得・生成用 PC は Pentium4-3.2GHz を搭載した PC を用いて各自由視点画像を約 200ms で生成することができた．

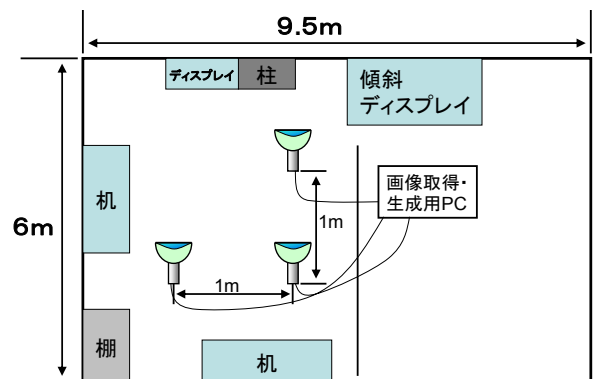


図 9. 実験環境

内訳は，同期した画像の取り込みと背景差分処理に約 50ms，静的領域の自由視点画像生成に約 50ms，動的領域の自由視点画像生成とメディアンフィルタに約 100ms となっていた．生成した自由視点画像について，動的領域に対してはユーザが見ている範囲のみ計算するため，生成した全方位画像には視線方向にいる人以外は映っていない．現実環境と生成した自由視点画像を比較すると，動物体の位置が約 50cm 程度ずれていた．これは全方位カメラを設置した際の位置・姿勢のずれや静的環境の対応点数が少ないために **Morphing** によって生成した画像に歪みを生じていることが原因として考えられる．同様に，オクルージョンの影響により対応点を与えられなかった領域については画像の歪みが大きかった．また，今回の実験環境ではカメラ間の距離が狭く，相互のカメラが画像上に大きく写ってしまいオクルージョンとなり，動的領域を正しく検出できない場合があった．本手法では，背景輝度を更新していく背景差分処理を行っており，環境中に加わ

り動きのない動的領域は時間が経つと静的領域と判断されるようになる。その際、静的領域に物体が追加されるが、対応点の追加を行っていないため Morphing によって生成した画像は物体が複数重なり合ったように表示されてしまい画質の劣化が感じられた。

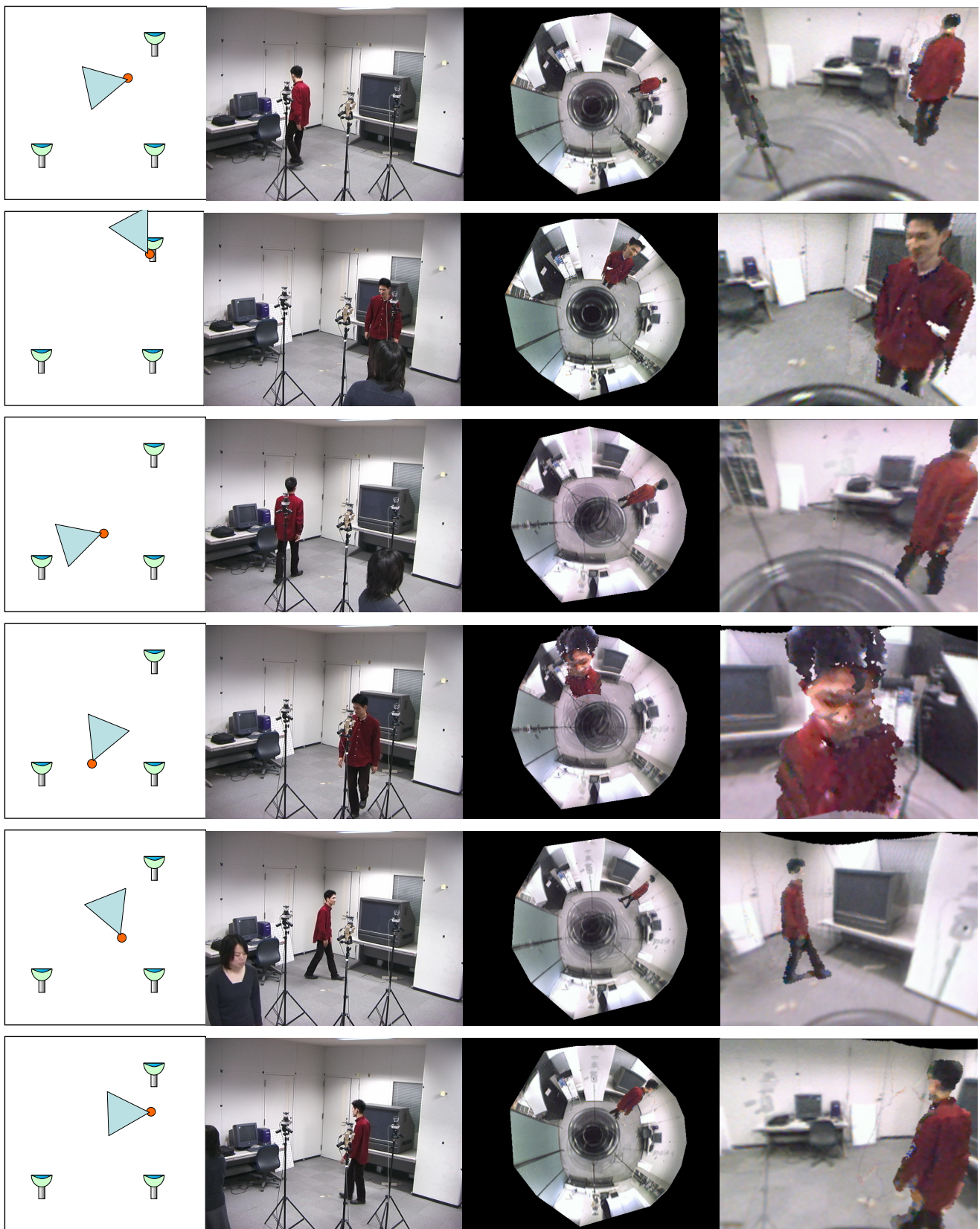
4. まとめと今後の課題

本稿では, Morphing と Visual Hull を用いることで撮影シーンを特定せず動的環境に適用可能な自由視点画像生成手法を提案した。さらに, 自由視点画像生成の計算処理を削減することによりライブ映像を用いた実時間自由視点画像生成が可能であることを実験により示した。

今後は, 実環境と生成した自由視点画像との位置ずれの軽減や生成する画像の画質向上のためにカメラのキャリブレーション及び全方位型マルチカメラシステムの使用について検討を行う。また, 今回は予め手動で行った実カメラの背景画像間の対応付けの自動化を行う。環境中に加わった静的領域についても対応点を自動的に与え, 画質の劣化を抑えられるよう改善を行う。さらに, より多くのカメラを環境中に配置し, それらのカメラからの画像を用いて環境中をウォークスルーできるようにシステムを拡張する。その際, 自由視点位置に依存せず, 並列に処理可能な背景差分処理や動的領域の位置推定などと, 各ユーザの自由視点位置に依存する画像生成処理などを別々の PC で行うことにより, 複数人が同時に別々の自由視点画像を見ることが可能なシステム構成にする予定である。また, 環境中に複数配置しても問題にならないようなカメラの選択や, 問題にならないような配置を行った場合にも自由視点画像生成が行えるよう, 手法を改善していく予定である。

文 献

- [1] H.Saito, S.Baba, and T.Kanade, "Appearance-Based Virtual View Generation from Multicamera Videos Captured in the 3-D Room", IEEE Trans. On Multimedia, Vol.5, No.3, pp.303-316, 2003.
- [2] 稲本奈穂, 齊藤英雄, "視点位置の内挿に基づく3次元サッカー映像の自由視点鑑賞システム", 映像情報メディア学会誌, Vol.58, No.4, pp.529-539, 2004.
- [3] 古山孝好, 北原格, 大田友一, "仮想化現実技術を用いた大規模空間自由視点映像のライブ配信と提示", 電子情報通信学会 技術研究報告 PRMU2003-22, pp.61-66, 2003.
- [4] S.M.Seitz and C.R.Dyer, "View Morphing", ACM SIGGRAPH'96, pp.21-30, 1996.
- [5] 富手要, 山澤一誠, 横矢直和, "複数の全方位画像を用いた広範囲なウォークスルーの実現", 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2002)講演論文集, Vol. II, pp.353-358, 2002.
- [6] Y.Onoe, K.Yamazawa, H.Takemura, N.Yokoya, "Telepresence by real-time view-dependent image generation from omni-directional video streams", Computer Vision and Image Understanding, Vol.71, No.2, pp.154-165, 1998.
- [7] 池田聖, 佐藤智和, 横矢直和, "全方位マルチカメラシステムを用いた高解像度な全天球パノラマ動画の生成とテレプレゼンスへの応用", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.443-450, 2003.
- [8] 石川智也, 山澤一誠, 佐藤智和, 中村豊, 藤川和利, 砂原秀樹, 横矢直和, "全方位カメラと Web ブラウザを用いたネットワークテレプレゼンス", 第1回デジタルコンテンツシンポジウム講演予稿集, 6-1, 2005.
- [9] 森田真司, 山澤一誠, 横矢直和, "全方位画像センサによるネットワークを介したテレプレゼンスシステムと遠隔監視システム", 電子情報通信学会 技術研究報告 PRMU2002-83, 2002.
- [10] H.Baker, "Three-dimensional Modeling", Proc. the 5th Int. Conf. on Artificial Intelligence, Vol.27, No.4, pp.649-655, 1997.
- [11] W.Matusik, C.Buehler, R.Raskar, S.Gortler, and L.McMillan, "Image Based Visual Hulls", ACM SIGGRAPH2000, pp.369-374, 2000.
- [12] 寺沢征彦, 山澤一誠, 竹村治雄, 横矢直和, "複数の全方位画像センサを用いた遠隔監視システムにおける複数移動物体の存在領域推定", 電子情報通信学会 技術研究報告, PRMU2000-195, 2001.



自由視点位置

実験環境の様子

自由視点全方位画像

平面透視投影変換画像

図 10. 実験環境の様子と生成された自由視点画像