

## 視点位置に応じて変形する3次元メッシュモデルを用いた 全方位動画像からの自由視点画像生成

越澤 広幸<sup>†</sup> 佐藤 智和<sup>†</sup> 横矢 直和<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 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: †{hiroyuki-k,tomoka-s,yokoya}@is.naist.jp

**あらまし** 本報告では、任意に設定した視点位置に応じて適切な形状に変形する三次元メッシュモデルを用いて全方位動画像を入力とした自由視点画像を生成する手法を提案する。提案手法では、仮想化現実空間を幾何学的に正しく描画可能である MBR 法を基礎とすることで、IBR 法の問題である視点移動に伴う生成画像上での幾何学的な歪みを抑制する。ただし、MBR 法のように単一のモデルを生成せず、視点位置に応じて変形する三次元形状モデルを逐次生成することで、MBR 法の問題であるモデル上の欠損を解消し、画質の向上を図る。実験では、全方位マルチカメラシステムによって実環境を撮影した全方位動画像を入力として用い、自由視点画像生成を行うことにより、撮影範囲に対して比較的広範囲な視点移動が可能な仮想環境内でのウォークスルーを実現できることを示す。

**キーワード** 自由視点画像生成, 全方位動画像, 奥行き画像

## Novel View Generation from Omni-Directional Videos Using Viewpoint-Dependent Deformable 3-D Mesh Model

Hiroyuki KOSHIZAWA<sup>†</sup>, Tomokazu SATO<sup>†</sup>, and Naokazu YOKOYA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology  
8916-5 Takayama, Ikoma, Nara, 630-0192 Japan  
E-mail: †{hiroyuki-k,tomoka-s,yokoya}@is.naist.jp

**Abstract** This report proposes a method to render free viewpoint images using a deformable 3-D mesh model and omni-directional videos. In the proposed method, the 3-D mesh is deformed by using the pre-estimated omni-directional depth maps that are selected based on the position and posture of the free viewpoint. Our approach is basically based on the MBR approach that can render the geometrically correct virtualized world. We do not use a single unified 3-D model but employ viewpoint-dependent deformable 3-D models to avoid the hole problem. In the experiment, free viewpoint images are generated from omni-directional images captured by an omni-directional multi-camera system to show the feasibility of the proposed method for walk-through applications in the virtualized environment.

**Key words** Novel view generation, Omni-directional video, Depth map

### 1. はじめに

実環境を仮想化し計算機上に再現する技術は仮想化現実 (Augmented Virtuality) と呼ばれ、遠隔テレプレゼンスや景観のデジタルアーカイブ、エンターテインメント等の様々な分野で応用が期待されている。このような応用分野において、ユーザは仮想空間内で自由に視点位置・視線方向を変えることによって、計算機上に再現された環境を仮想体験することができる。このような仮想化現実空間を構成するために、予め取得した画像群を利用する試みが多くなされている。

代表的な手法として、仮想化の対象となる実環境を多数の地点から撮影し、取得された画像群から三次元復元によって仮想環境を再現する Model-Based Rendering 法 (以下、MBR 法) [1], [2], [3], [4] と、取得された画像群から撮影環境を三次元復元することなく、画像の変形・合成により任意の視点の画像を直接生成する Image-Based Rendering 法 (以下、IBR 法) [5], [6] が研究されてきた。MBR 法では、復元した三次元空間内で視点・視線方向を自由に設定することができる反面、単一の三次元モデルとして再現することが難しい樹木のような複雑な形状を持つ物体の幾何情報を正確に再現できず、それに加えてオク

ルージョンにより遮蔽される領域にモデルの欠損が生じるため、写実性が損なわれるという問題がある。これに対して、IBR法では幾何情報を直接用いないため、複雑な形状の物体に対しても実物体に近い見え方を再現することが可能である。しかし、入力画像を変形させることで新たな視点の画像を生成するため、MBR法に比べて視点の移動に伴って発生する幾何学的な歪みが大きく、写実性を保ったまま自由に広範囲を移動するアプリケーションに応用することは難しい。

また、MBR法とIBR法を共に利用するHybrid Rendering法[7],[8],[9]も提案されている。文献[8]では、多地点で全方位画像を撮影し、それらの画像間に対応点を与えることで対象環境の疎な三次元形状を復元し、その形状に対応するテクスチャをモーフィングによって生成する手法を提案している。この手法は、あらかじめ複数の対応点を手動で与える必要があり、複雑で広域な屋外環境を対象として用いることは難しい。一方、文献[9]では対象環境の複雑さに応じて、IBR法とMBR法を切り替えて利用する手法を提案している。しかし、IBR法・MBR法のそれぞれの問題点は根本的には解決されておらず、また生成される画像の品質が利用する手法の切り替えによって不連続に変化してしまうという問題がある。

このような従来手法の問題に対して、本報告では、任意に設定した視点位置に応じて適切な形状に変形する三次元メッシュモデルを用いて自由視点画像を生成する手法を提案する。提案手法では、仮想化現実空間を幾何学的に正しく描画可能であるMBR法を基礎とすることで、IBR法の問題であった視点移動に伴う生成画像上での幾何学的な歪みを抑制する。また、MBR法のように単一のモデルを生成せず、視点位置に応じて変形する三次元形状モデルを逐次生成することで、MBR法の問題であったモデル上の欠損を解消し、画質の向上を図る。

図1に、提案手法による自由視点画像生成の処理手順を示す。本研究では仮想空間内での任意な見回しと視点位置に応じた最適な三次元モデルの生成を実現するために、実環境を全方位マルチカメラシステムを用いて撮影し、全方位カメラの運動パラメータと全方位画像に対する奥行き画像を既存の手法によって推定した後に入力として用いる。具体的には、撮影した画像群に対してStructure from Motion法[10](以下、SFM法)を適用することで全方位カメラの運動パラメータを推定し、さらにマルチベースラインステレオ法[11]を用いて各撮影画像に対応する奥行き画像を生成する。続いて、入力として用いる複数の画像に対してあらかじめ推定された奥行き情報の整合性に関するエネルギー関数を設定し、視点の前面に設定したメッシュモデルの各頂点を、エネルギーが最小となる地点に移動させることで、視点位置に応じた最適なモデルを作成する。最後に、生成したメッシュモデルに対して、適切に選択された画像をテクスチャマッピングすることで自由視点画像を生成する。

以下、2節では、視点位置に応じて変形するメッシュモデルを用いた全方位動画からの自由視点画像生成の手法について詳述する。3節では、提案手法を用いて、屋外環境において任意の視点の見回し・移動を行った際の自由視点画像の生成結果を示す。最後に4節で、本研究のまとめを述べる。

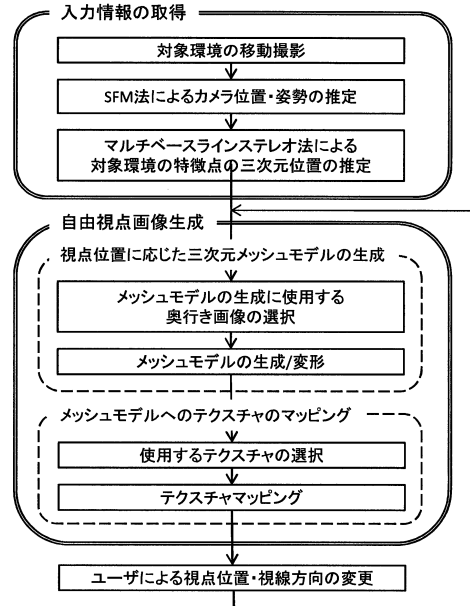


図1 自由視点画像生成の流れ

## 2. 視点位置に応じて変形するメッシュモデルを用いた全方位動画からの自由視点画像生成

図1に示すように、提案手法ではまず対象環境の情報を取得し、次に取得した情報を入力として、ユーザが設定した視点位置・視線方向に対する自由視点画像を生成する。以下では、まず入力情報の取得について述べ、エネルギー最小化によるメッシュモデルの生成方法、テクスチャのマッピングについて詳述する。

### 2.1 入力情報の取得

本研究では、自由視点画像生成の対象となるシーンを、全方位の情報を効率的に一度に取得可能な全方位カメラを用いて移動しながら撮影する。次に、撮影した全方位動画に対するSFM法[10]を用いて、取得した全方位動画から特徴点の三次元位置と撮影時のカメラ位置・姿勢を推定する。SFM法により全方位動画中の特徴点の三次元位置も推定できるが、SFM法により得られる特徴点の三次元位置は非常に疎なものである。そこで、SFM法により求めたカメラ位置・姿勢を用い、特徴点の数上げによるマルチベースラインステレオ法[11]を適用することで、より多くの特徴点に対して奥行き情報を得る。ただし、手法[11]では、画像特徴点以外の画素に対する奥行きは算出されない。そのため本手法では、奥行きが推定された全ての特徴点に対して、ドロネーの三角形分割法を用いて領域分割を行い、分割された領域内の奥行き値を線形補間することで密な奥行き画像を生成する。

### 2.2 エネルギー最小化によるメッシュモデルの生成

本手法では、図2に示すように、まず仮想視点位置の前面に三次元メッシュモデルを設定する。次に、メッシュモデルの各

頂点に対して、モデルの変形に用いる複数枚の奥行き画像を光線方向を考慮して選択する。最後に、入力として用いる複数の奥行き情報の整合性に関するエネルギー関数を設定し、設定されたメッシュモデルの各頂点をエネルギーが最小となる地点に移動させることで、視点位置に応じた最適なモデルを生成する。

### 2.2.1 エネルギー関数の定義

本手法では、図2に示す仮想視点位置  $\mathbf{v}$  に対して設定されたメッシュモデル上の  $i$  番目の頂点  $\mathbf{p}_i$  (カメラ座標系での三次元位置:  $(X_{p_i}, Y_{p_i}, Z_i)$ ) に対して、式(1)に示す奥行き画像の整合性に関するエネルギー  $E_i(d)$  を定義し、 $\mathbf{p}_i$  と  $\mathbf{v}$  を結ぶ直線  $r_i$  上でエネルギー  $E_i(d)$  が最小となる位置  $\hat{\mathbf{p}}_i(d) = (\frac{X_{p_i}}{Z_i}d, \frac{Y_{p_i}}{Z_i}d, d)$  に頂点  $\mathbf{p}_i$  を移動させることで、メッシュモデルの変形を行う。

$$E_i(d) = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} w_j(\hat{\mathbf{p}}_i(d)) D_{ij}(d)}{\sum_{j=0}^{N-1} w_j(\hat{\mathbf{p}}_i(d))} \quad (1)$$

$$D_{ij}(d) = \begin{cases} \{e(c_{ij}, \hat{\mathbf{p}}_i(d)) - |\hat{\mathbf{p}}_i(d) - c_{ij}|\}^2 & ; (e(c_{ij}, \hat{\mathbf{p}}_i(d)) > |\hat{\mathbf{p}}_i(d) - c_{ij}|) \\ 0 & ; otherwise \end{cases} \quad (2)$$

$$w(\hat{\mathbf{p}}_i(d)) = \begin{cases} \theta_{ij}(d)^{-1} = \arccos\left(\frac{(\hat{\mathbf{p}}_i(d) - c_{ij}) \cdot (\hat{\mathbf{p}}_i(d) - \mathbf{v})}{|\hat{\mathbf{p}}_i(d) - c_{ij}| |\hat{\mathbf{p}}_i(d) - \mathbf{v}|}\right)^{-1} & ; (e(c_{ij}, \hat{\mathbf{p}}_i(d)) > |\hat{\mathbf{p}}_i(d) - c_{ij}|) \\ 0 & ; otherwise \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $N$  は奥行き情報の判定に用いる奥行き画像 ( $DM_{i1}, DM_{i2}, \dots, DM_{iN}$ ) に対応する全方位画像の撮影地点 ( $c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{iN}$ ) の数である。 $e(c_{ij}, \hat{\mathbf{p}}_i(d))$  は図3に示すように、 $c_{ij}$  を中心とする奥行き画像上における三次元位置  $\hat{\mathbf{p}}_i(d)$  の方向に対応する奥行き値を表す関数である。

また、 $w(\hat{\mathbf{p}}_i(d))$  は頂点  $\mathbf{p}_i$  に対して選択された撮影地点  $c_{ij}$  に関する重みであり、 $c_{ij}$  と  $\hat{\mathbf{p}}_i(d)$  を結ぶ直線と光線  $r_i$  の成す角  $\theta_{ij}(d)$  の逆数として定義する。ここで、 $(e(c_{ij}, \hat{\mathbf{p}}_i(d)) > |\hat{\mathbf{p}}_i(d) - c_{ij}|)$  の時、すなわち、撮影地点  $c_{ij}$  から見てオクルージョンによって  $\hat{\mathbf{p}}_i(d)$  が遮蔽されている可能性がある場合には、地点  $c_{ij}$  の奥行きを整合性の判定に用いず、 $c_{ij}$  によるエネルギーを0として計算する。ただし、整合性の判定に用いる  $c_{ij}$  の数が一定数  $N_i$  以下となる奥行き値  $d$  に対しては、奥行き情報の整合性を正しく判定できない可能性があるため、エネルギー最小化による奥行き値の探索範囲から除外する。

式(1)で定義したエネルギー  $E_i(d)$  はオクルージョンとなる地点を除いた  $Q$  地点 ( $Q \leq N$ ) の撮影地点 ( $c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{iQ}$ ) に対応する奥行き画像 ( $DM_{i1}, DM_{i2}, \dots, DM_{iQ}$ ) から得られる三次元モデルと頂点  $\mathbf{p}_i$  の移動先  $\hat{\mathbf{p}}_i(d)$  との距離の総和が最も小さい時に最小となる。従って、メッシュモデルの各頂点  $\mathbf{p}_i$  に対してエネルギーを最小化する地点  $\hat{\mathbf{p}}_i(d)$  に頂点を移動することで、各撮影地点から推定された奥行き情報に対して幾何学的な整合性が取れたメッシュモデルを生成することができる。

### 2.2.2 奥行き画像の選択

ここでは、メッシュモデルの各頂点に対するエネルギー  $E_i(d)$  の算出に用いる奥行き画像 ( $DM_{i1}, DM_{i2}, \dots, DM_{iN}$ ) と、それ

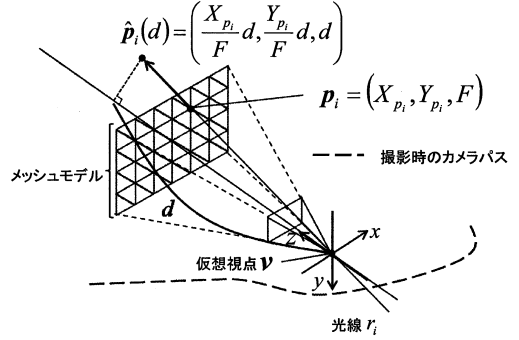


図2 メッシュモデルの各頂点の座標

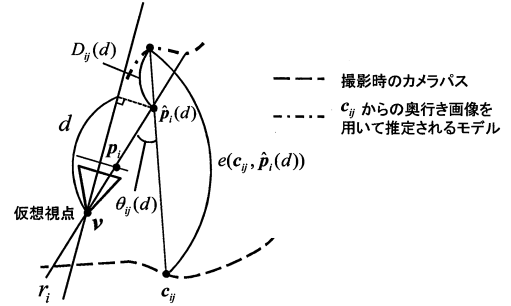


図3 エネルギーの算出に用いる変数

に対応する全方位画像の撮影地点 ( $c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{iN}$ ) の選択方法について述べる。本手法では、メッシュモデルの各頂点  $\mathbf{p}_i$  に対し、移動先となる座標  $\hat{\mathbf{p}}_i(d)$  の奥行き値  $d$  を決定する上で、 $\hat{\mathbf{p}}_i(d)$  に対する奥行き情報の信頼度の高い複数の撮影地点を選択する。ここでは、頂点  $\mathbf{p}_i$  と仮想視点位置  $\mathbf{v}$  を結ぶ光線  $r_i$  との距離  $l$  が近い撮影地点ほど他の物体等の遮蔽による影響を受けにくいため、信頼度が高いものとする。具体的には、図4に示すような、メッシュモデルの頂点  $\mathbf{p}_i$  に関する光線  $r_i$  と、SFM法によって推定された各カメラ位置  $c_{ij}$  との距離  $l_{ij}$  を算出し、 $l_{ij}$  が小さい順に  $N$  個の撮影カメラ位置 ( $c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{iN}$ ) とそれに対応する奥行き画像 ( $DM_{i1}, DM_{i2}, \dots, DM_{iN}$ ) を選択する。選択された  $N$  個の撮影地点は、奥行き値  $d$  の探索時において、光線方向  $r_i$  と奥行き情報に対する光線との角度差が少ないため、遮蔽の影響が小さく、後述するテクスチャマッピングにおいても仮想視点位置と見え方が近いテクスチャを利用することができる。

### 2.2.3 メッシュモデルの初期化

自由視点画像生成の初回には、初期値として利用できるメッシュモデルが存在しないため、奥行き値  $d$  の全探索によりメッシュモデルの初期化を行う。まず、メッシュモデル初期化の前準備として、図4に示すようにユーザが設定した初期仮想視点位置の前面の一定の奥行き値のところで平面状の三次元メッシュモデルを設定する。次に、各頂点  $\mathbf{p}_i$  をそれぞれエネルギー  $E_i(d)$  が最小となる座標へ移動させる。具体的には、 $\mathbf{p}_i$  に対して光線  $r_i$  上で仮想視点位置からの距離  $d$  を  $d_{min}$  から  $d_{max}$  の範囲内

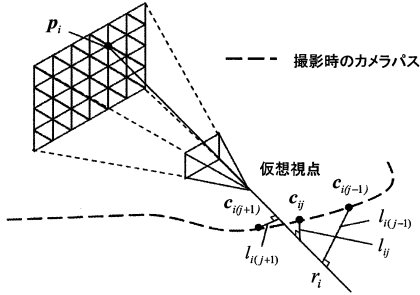


図4 各頂点に対する光線と撮影カメラ位置からの距離

で変化させ、エネルギー  $E_i(d)$  が最小となる距離  $d_{E_{MIN}}$  を決定する。すなわち、各頂点に対して以下の式を満たす  $d_{E_{MIN}}$  を決定し、 $p_i$  を  $(\frac{X_{P_i}}{Z_i} d_{E_{MIN}}, \frac{Y_{P_i}}{Z_i} d_{E_{MIN}}, d_{E_{MIN}})$  に移動することでメッシュを变形する。

$$d_{E_{MIN}} = \underset{d_{min} < d < d_{max}}{\operatorname{argmin}} E_i(d) \quad (4)$$

### 2.2.4 エネルギー最小化によるメッシュモデルの変形

ユーザの操作による視点移動・視線方向の変化量は生成されるフレーム間で微小であるという仮定の下で、移動前の仮想視点に対して生成されたメッシュモデルを初期値として用い、限定された探索範囲内でのエネルギー最小化処理を行うことで、視点移動時のメッシュモデルの生成処理の高速化および視点移動・視線方向の変化に伴う急激なモデルの変化を抑制する。

### 2.3 メッシュモデルへのテクスチャマッピング

ここではまず、2.2.2 項で述べた手法により選択した全方位画像の撮影位置  $c_{ij}$  および各頂点においてエネルギーが最小となった時の重み  $w(\hat{p}_i(d))$  を用いて、テクスチャマッピングに用いる画像の候補を選択する。次に、候補の中から最も優先度の高い画像を選択し、テクスチャマッピングを行う。具体的には、まず注目する三角形パッチ  $\Omega$  の各頂点  $k(k \in \Omega)$  に対して、奥行き値  $d$  の決定時に  $N$  枚ずつ選択された撮影地点に対応する合計  $3N$  枚の入力画像を選択する。ここで、選択された  $3N$  枚の画像のフレーム番号を  $\phi = (g_1, g_2, \dots, g_{3N})$  とおく。これらの画像に対して、式 (5) に示す第  $f$  フレームのテクスチャの優先度  $R_f$  を算出し、優先度  $R_f$  の最も高いフレームのテクスチャを選択し、パッチ  $\Omega$  にマッピングする。

$$R_f = \sum_{n=1}^{3N} \begin{cases} w_{g_n}(\hat{p}_i(d)) & ; (g_n = f) \\ 0 & ; \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$3N$  枚の画像中には、同一の撮影地点から撮影された画像が含まれる場合があり、そのようなテクスチャについては優先度  $R_f$  は高くなる。また、 $g_n$  フレームにおける撮影地点  $c_{ij}$  の重み  $w_{g_n}(\hat{p}_i(d))$  が大きいほど優先度  $R_f$  が高くなる。

## 3. 実験

提案手法により、視点位置に応じて適切に変化する三次元メッシュモデルを用いて、全方位動画画像から自由視点画像を生成できることを検証するために、屋外実環境を対象とした自由

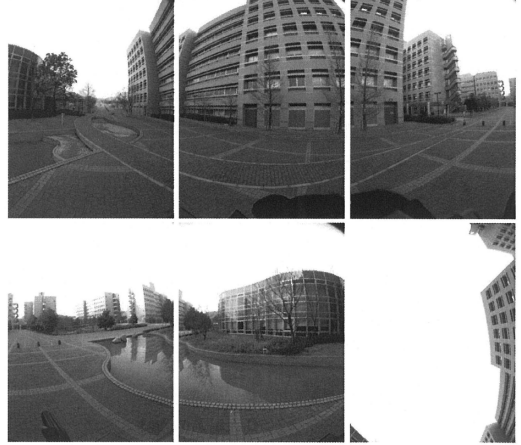


図5 入力として用いた全方位動画画像の1フレーム

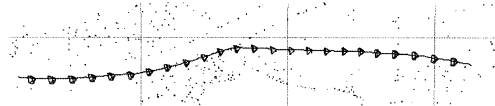


図6 SFM法によって推定されたカメラ位置・姿勢(上空から)

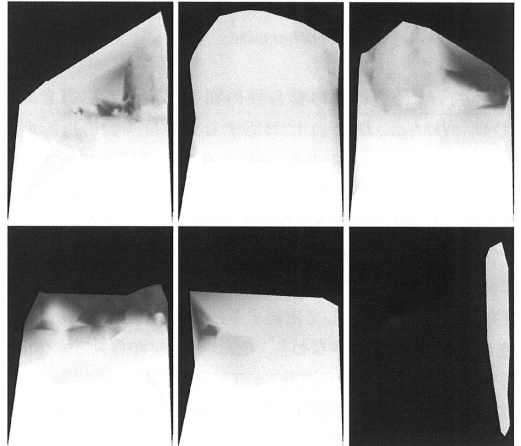


図7 生成された全方位奥行き画像の一例

視点画像生成実験を行った。

### 3.1 入力情報の取得

全方位動画画像を取得するカメラとして、複数のカメラを外向きに配置した Point Grey Research 社製の全方位型マルチカメラシステム Ladybug を用いた。Ladybug では横 768 画素、縦 1024 画素の画像を水平方向 5 台および真上方向 1 台の計 6 台の CCD カメラで同期して取得する。また、全方向の約 75% 以上の領域を 30fps の動画画像として取得することが可能である。

本実験では、Ladybug を用いて移動しながら屋外環境を撮影した全方位動画画像 (500 フレーム、3000 枚) を入力として用いた。図 5 は本実験で入力として用いる全方位動画画像の 1 フレームである。ここではまず、この全方位動画画像に対して SFM 法を適用することで、図 6 に示す全方位カメラのカメラ位置・姿

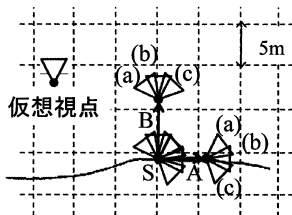


図 8 自由視点画像生成の視点位置・視線方向

表 1 本実験のパラメータ

自由視点画像の解像度	横 800[画素] 縦 800[画素]
メッシュモデルの頂点数	961 点 (横 31 点×縦 31 点)
奥行き画像の選択枚数 $N$	5 枚
奥行き値の整合性の判定に必要な奥行き画像の枚数 $N_i$	2 枚

勢を推定した。次に、マルチベースラインステレオ法を適用することで、特徴点の奥行き値を算出し、ドローネーの三角形分割法を用いた上で特徴点の間の奥行き値を補間した奥行き画像を図 7 に示す。以下では、これら全方位動画像、それに対応する全方位奥行き動画像、カメラ位置・姿勢を入力として用い、自由視点画像生成を行う。

### 3.2 自由視点画像生成

3.1 項で示した全方位動画像と推定されたカメラパラメータ、全方位動画像に対応する全方位奥行き画像群を入力として、表 1 に示すパラメータを用いて自由視点画像を生成した。ここでは、図 8 に示すように、入力画像取得時のカメラパス沿いに直線的に移動する A ルートと、カメラパスから離れるように移動する B ルートの二つのルートに対して、それぞれ地点 S から 2[m] おきに進行方向 (b) と進行方向に対して  $30^\circ$  視線方向を回転させた方向 (a)(c) の三方向の自由視点画像を生成した。

図 9、図 10 にルート A, B に対応する自由視点画像の生成結果と方向 (b) に対応する奥行き画像をそれぞれ示す。PC(Intel(R) Core(TM)2 Duo E8600 3.33GHz, メモリ 16GB) を使用した場合、1 枚の自由視点画像の生成に平均約 6.5 秒を要した。図 9、図 10 より、提案手法を用いることで欠損のない自由視点画像が生成できていることが確認できる。また、ルート A に対する生成結果(図 9)より、入力画像を取得した経路に沿って直線的に移動しながら自由視点画像を生成した場合には、品質の高い画像を生成できていることが分かる。しかし、一部の地点において地面のテクスチャに不連続な部分が見られる。この原因としては、生成されたメッシュモデル上で隣り合う三角形パッチにマッピングされるテクスチャの取得フレームが異なるためであると考えられる。これを解決するためには、複数フレームのテクスチャをブレンドして用いるなどの工夫が必要である。また、ルート B に対する生成結果(図 10)より、この実験環境では撮影地点から 2m 以内の範囲であれば、大きな違和感のない画像が生成できていることが分かる。しかし、撮影地点から 4m 離れた場合には、樹木がある領域の歪みが大きく違和感のある画像が生成されている。これは、図 10 における奥行き画像から分かるように、生成に用いたメッシュモデルの分

割数が少ないことに起因して、建物のテクスチャが樹木に対応する奥行き位置にマッピングされているためである。これを解決するためには、対象環境の複雑さを考慮してメッシュの分割数を適応的に変化させることが考えられる。

一方、処理時間について、現時点ではメッシュモデルの変形に約 1.2 秒、テクスチャマッピングに約 5.3 秒を要している。今後実時間処理を達成するためには、マルチスレッド処理や使用するテクスチャを予め VRAM 上に読み込んでおくなどの実装上の工夫が必要である。

## 4. まとめ

本報告では、単一の三次元モデルを生成せず、視点位置・視線方向に応じて適切な三次元メッシュモデルを逐次生成することで、自由視点画像を生成する手法を提案した。実験では、屋外環境を対象として自由視点画像の生成を行うことにより、撮影経路付近において視点移動が可能な仮想環境内でのウォークスルーが実現できることを示した。

今後の課題として、生成される自由視点画像の品質を向上させるために、メッシュの分割数を適応的に変化させることや、テクスチャのブレンドを行うことなどが必要である。また、処理速度の向上のために、実装上の工夫が必要である。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金(基盤研究(A), No.19200016)による。

## 文 献

- [1] 浅井俊弘, 神原誠之, 横矢直和: “全方位距離画像と全方位カラー画像の統合による屋外環境の三次元モデル化”, 画像電子学会誌, Vol. 34, No. 5, pp. 529-538, 2005.
- [2] W. Niem and J. Wingbermuehle: “Automatic Reconstruction of 3D Objects using a Mobile Monoscopic Camera”, Proc. Int. Conf. on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling, pp. 173-180, 1997.
- [3] M. Goesele, N. Snavely, B. Curless, H. Hoppe and S. M. Seitz: “Multi-View Stereo for Community Photo Collections”, Proc. Int. Conf. on Computer Vision, 2007.
- [4] 山下淳, 林本悦一, 金子透: “全方位カメラ搭載移動ロボットによる Structure from Motion を用いた 3 次元環境モデリング”, 日本機械学会論文集, Vol. 73, No. 726, pp. 512-519, 2007.
- [5] S. M. Seitz and C. R. Dyer: “View Morphing”, Proc. SIGGRAPH'96, pp. 21-30, 1996.
- [6] 山口晃一郎, 山澤一誠, 竹村治雄, 横矢直和: “全方位動画像を用いた両眼ステレオ画像の実時間生成によるテレプレゼンス”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 84, No. 9, pp. 2048-2057, 2001.
- [7] I. Kitahara and Y. Ohta: “Scalable 3D Representation for 3D Video Display in a Large-Scale Space”, Proc. Virtual Reality'03, pp. 45-52, 2003.
- [8] 冨手要, 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 講演論文集, Vol. II, pp. 353-358, 2002.
- [9] 篠原秀俊, 八木康史, 谷内田正彦: “IBR と MBR を併用した空間モデリングとウォークスルー環境”, 情報処理学会 研究報告, No. 2, pp. 147-154, 2003.
- [10] 佐藤智和, 池田聖, 横矢直和: “複数動画像からの全方位型マルチカメラシステムの位置・姿勢パラメータの推定”, 信学論, Vol. J88-D-II, No. 2, pp. 189-196, 2005.
- [11] 佐藤智和, 横矢直和: “画像特徴点の数え上げによるマルチベースラインステレオ法”, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. SIG16, pp. 25-37, 2007.

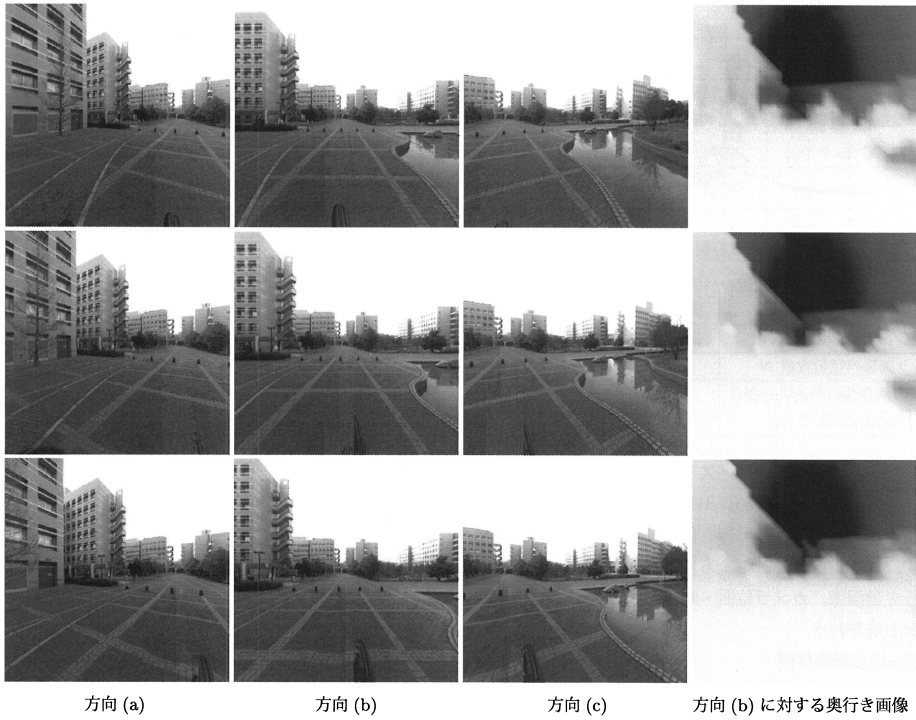


図 9 ルート A における自由視点画像と奥行き画像  
(上から順に地点 S から 0m,2m,4m 離れた地点)

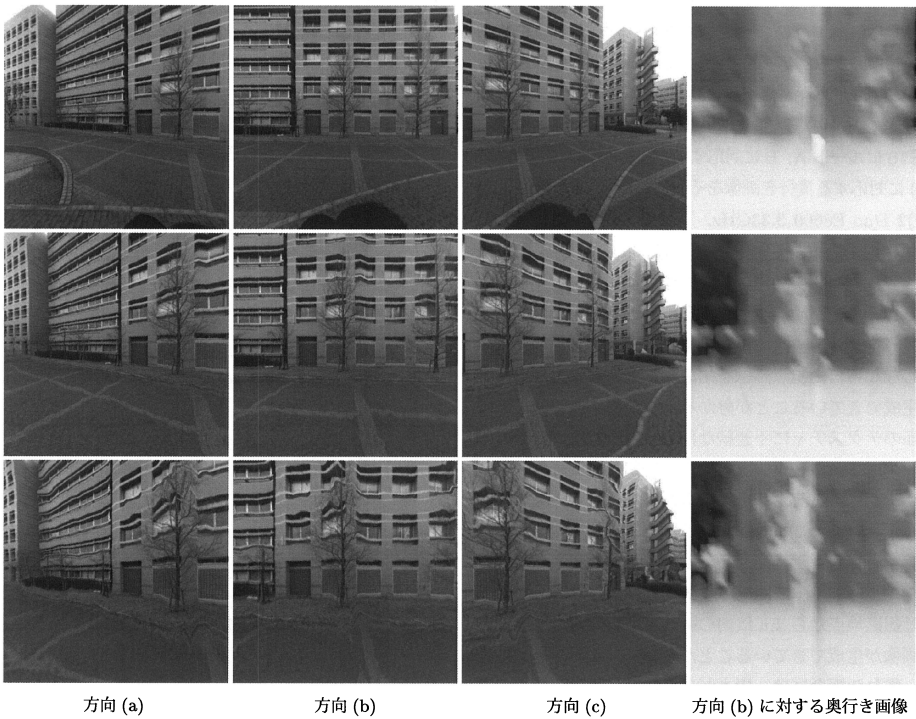


図 10 ルート B における自由視点画像と奥行き画像  
(上から順に地点 S から 0m,2m,4m 離れた地点)