

[招待講演] 新しい FTV の構築原理を目指して

谷本 正幸[†] 黒川 弘国[‡]

[†]名古屋産業科学研究所 〒464-0819 名古屋市千種区四谷通 1-13 ノア四谷ビル 2F

[‡]会津大学大学院コンピュータ理工学研究科 〒965-8580 福島県会津若松市一箕町鶴賀

E-mail: [†] tanimoto@nagoya-u.jp, [‡] aiguo@u-aizu.ac.jp

あらまし 自由視点テレビ FTV (Free-viewpoint Television) は、ユーザが視点を自由に移動させて臨場感あふれる 3 次元シーンを見ることができる Immersive Media であり、世界の映像メディアの頂点に立つ。代表的な FTV の構成法として、実写画像を用いるイメージベース法と物体の 3D モデルを用いるモデルベース法がある。イメージベース法は写実性に優れているが、視域が狭い。一方、モデルベース法は視域は広いが、写実性に劣る。イメージベース法とモデルベース法の長所を併せ持つ新しい FTV の構築原理を目指し、光線から面を構築する手法を研究している。本稿では透視投影画像から面を検出する手法を報告する。

キーワード 自由視点テレビ, FTV, 光線空間, イメージベース, モデルベース

[Invited Talk] Toward New Principle for FTV

Masayuki TANIMOTO[†] Hirokuni KUROKAWA[‡]

[†] Nagoya Industrial Science Research Institute Noa Yotsuya Building 2F, 1-13 Yotsuya-dohri, Chikusa-ku, Nagoya, 464-0819 Japan

[‡] Graduate School of Computer Science and Engineering, University of Aizu, Tsuruga, Ikki-cho, Aizu Wakamatsu, Fukushima-ken, 965-8580 Japan

E-mail: [†] tanimoto@nagoya-u.jp, [‡] aiguo@u-aizu.ac.jp

Abstract There are two typical methods to synthesize free viewpoint images; one is image-based and another is model-based. These methods have complementary features. The advantage of the former is photo-realistic images and that of the latter is wide viewing zone. Aiming at a new principle for FTV with the advantages of both methods, we are developing a method to detect surface of objects from ray. In this paper, a new method to detect surface from perspective images.

Keyword Free-viewpoint Television, FTV, ray-space, image-based method, model-based method

1. まえがき

自由視点テレビ FTV (Free-viewpoint Television) [1]-[6]は、ユーザがあたかもその場にいるかのように、自由に視点を変えて遠隔地の情景を見ることができる映像メディアである。無限の視点を持ち、好きな位置に視点を置くことができる FTV は、臨場感あふれる 3 次元シーンを鑑賞できる究極の 3D (3 次元) テレビ、没入メディアであり、世界の映像メディアの頂点に立つ。

2001 年に FTV を MPEG に提案し、その標準化を推進してきた。これまでに FTV 第 1 フェーズ(MVC) [7] と第 2 フェーズ(3D Video) [8]の標準化を終了し、現在は第 3 フェーズ(MPEG-I) の標準化[9]-[11]を行っている。

代表的な FTV の構成法を図 1 に示す。光線を用いる

ものがイメージベース法、物体の 3D モデルを用いるものがモデルベース法である。我々は FTV をイメージベース法の光線空間法[12]-[15]を用いて構築した。イメージベース法は写実性に優れているが、視域が狭い。一方、モデルベース法は視域は広いが、写実性に劣る。両者の中間的な手法として、点をベースとする Point Cloud や MVD (Multi-View plus Depth)などがある。点をベースとする手法は奥行推定誤差の影響を受けやすい。

3D モデルから光線を生成することは容易であるが、その逆の光線から 3D モデルを生成することは困難である。イメージベース法とモデルベース法を統合する新しい FTV 構築法を目指し、光線から面を構築する手法[16]を研究している。

[17]-[19]では平行投影画像から面を検出する手法を

報告した．本稿では透視投影画像から面を検出する手法を報告する．

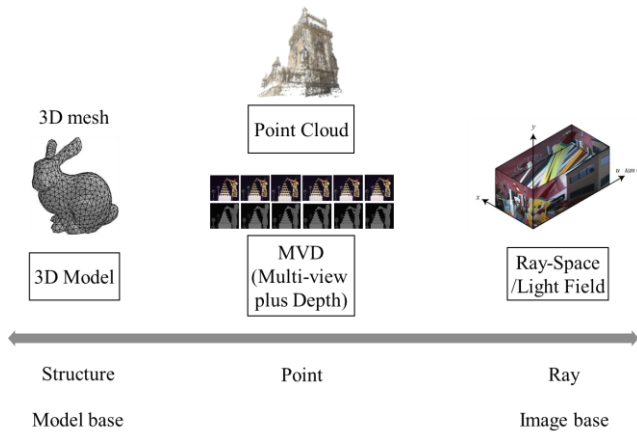


図1 代表的なFTVの構成法

2. 4D 極座標光線空間の構造

4D 光線空間は4パラメータ(ξ, η, θ, ϕ)を持つ。このうち、(ξ, η)は画像パラメータで、(θ, ϕ)は方向パラメータであるから、4D 光線空間はあらゆる(θ, ϕ)方向から見た(ξ, η)画像を呈示することによって、その構造を可視化できる。

2.1. 方向を可視化する方位球

3D モデルでは物体の面を構築する必要がある。面の法線方向を(θ, ϕ)とすると、異なる法線ベクトル(θ, ϕ)を持つ全ての面を可視化するため、図2に示す方位球 directional sphere を定義した。方位球は、方向ベクトル(θ, ϕ)の終点に(θ, ϕ)を法線ベクトルとする面を配置したものであり、あらゆる方向を持った面を表示できる。方位球において、(θ, ϕ)は原点からの方向、球面上の点、及びその点の接平面を表す。

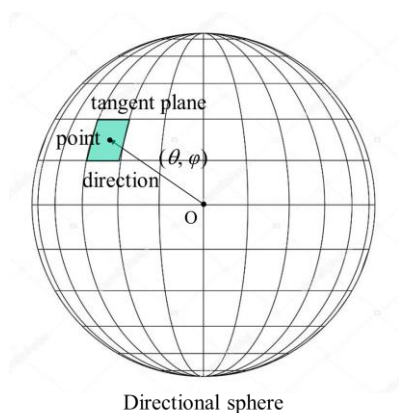


図2 異なる法線ベクトル(θ, ϕ)を持つ全ての面を表示する方位球

2.2. 4D 極座標光線空間の解析

方位球を用いて4D 極座標光線空間(ξ, η, θ, ϕ)の構造を解析した。4D 極座標光線空間の(ξ, η)画像は、点(θ, ϕ)における方位球の接平面を基準面としたときの正投影図である。

θ と ϕ を変化させるとき、方位球上の点が(ξ, η)画像中でどのように移動するかを調べた。 θ と ϕ を変化させると、基準面が方位球に沿って回転する。これは基準面が固定で、方位球が逆方向に回転することと等価である。したがって、方位球上の点は3D 空間で円を描く。これを(ξ, η)画像で見ると、図3のように楕円運動として観測される。(ξ, η)画像の楕円運動は、 ξ 軸と η 軸上では正弦波運動となる。このため、4D 極座標光線空間(ξ, η, θ, ϕ)は θ と ϕ に関して正弦波構造を持つことになる。

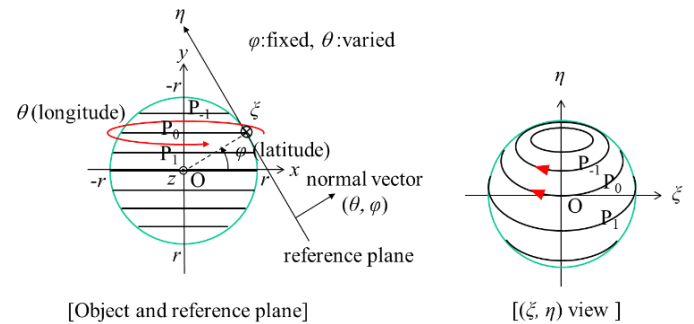


図3 物体の回転が(ξ, η)画像に楕円運動を生じる

物体が原点にない場合には正弦波チューブ構造が現れる。物体の位置と正弦波チューブの関係を図4、5に示す。図4は原点から物体までの距離が異なる場合、図5は物体の方向が異なる場合である。これらの図から、正弦波の振幅が距離を表し、位相が方向を表すことが分かる。

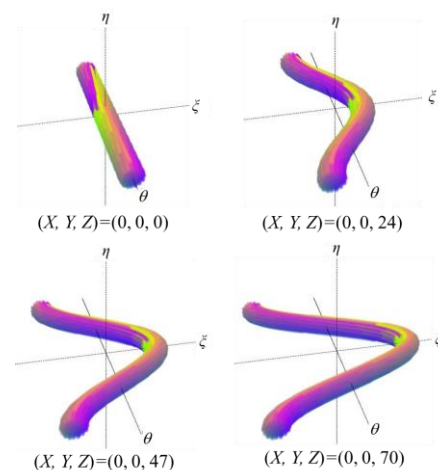


図4 物体までの距離と正弦波チューブの振幅の関係

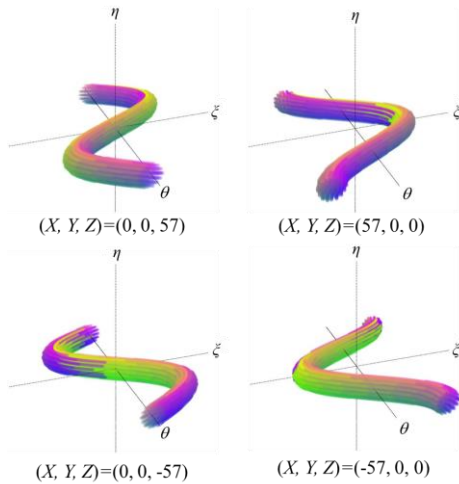


図5 物体の方向と正弦波チューブの位相の関係

物体が位置 (X_0, Y_0, Z_0) にあるとき、 (X, Y, Z) における ξ と η は(2)、(3)より以下の2項に分けられる。

$$\begin{aligned}\xi(X, Y, Z, \theta, \varphi) &= \xi(X-X_0, Y-Y_0, Z-Z_0, \theta, \varphi) + \xi(X_0, Y_0, Z_0, \theta, \varphi) \\ \eta(X, Y, Z, \theta, \varphi) &= \eta(X-X_0, Y-Y_0, Z-Z_0, \theta, \varphi) + \eta(X_0, Y_0, Z_0, \theta, \varphi)\end{aligned}$$

(1)

(1)の右辺の第1項は物体が $(0, 0, 0)$ にある場合の (ξ, η) 画像であり、第2項は点が (X_0, Y_0, Z_0) にある場合の (ξ, η) 画像である。物体が $(0, 0, 0)$ にある場合の (ξ, η) 画像は物体の形状情報を持ち、点が (X_0, Y_0, Z_0) にある場合の (ξ, η) 画像は物体の位置情報を持っている。このため、物体形状は物体を原点に移して解析できる。

(ξ, η) 画像の分割例を図6に示す。 $(57, 0, 0)$ にある正弦波チューブが $(0, 0, 0)$ にある直線チューブと $(57, 0, 0)$ にある正弦波に分割されている。直線チューブは物体の形状情報を持ち、正弦波は物体の位置情報を持っている。この分割は次章で用いられる。

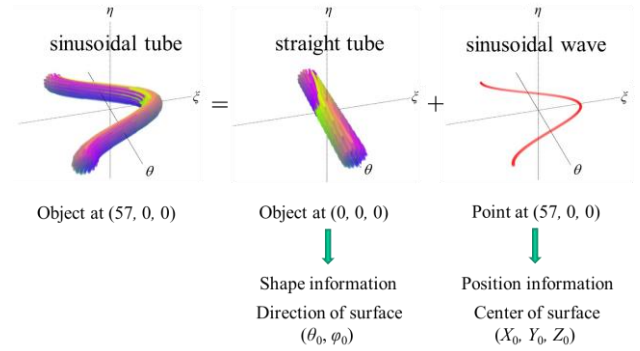


図6 (ξ, η) 画像の分割例

3. 平行投影画像からの面の検出

3.1. 光線空間からの3Dモデルの生成

光線空間から3Dモデルを生成する処理のフローチャートを図7に示す。まず、 (ξ, η) 画像を領域分割する。分割された領域は物体の面を表すと仮定し、各領域 S の形状と位置を別々の経路で求める。その結果をまとめて物体の面を3D空間に構築する。これは図8に示すように3台の平行投影カメラ画像から面を検出するものである。

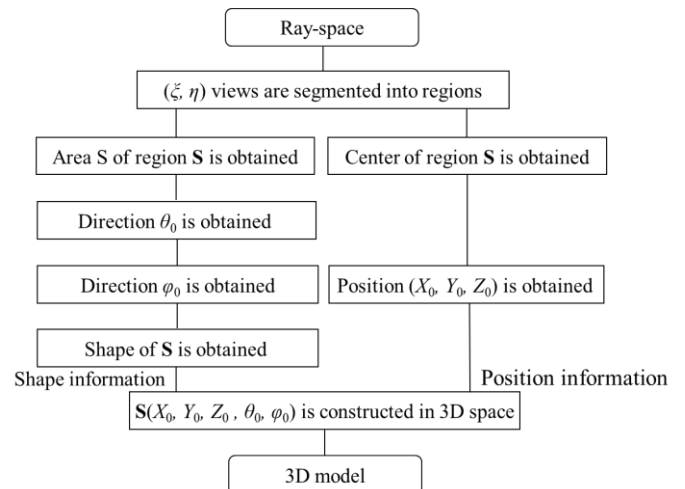


図7 平行投影画像から3Dモデルを生成するフローチャート

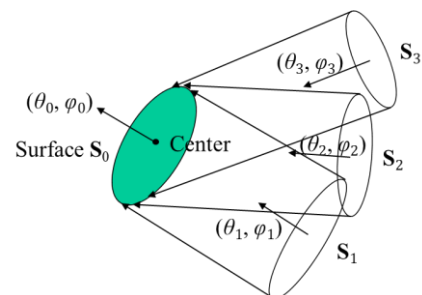


図8 3台の平行投影カメラによる面の検出

3.2. 面の法線方向の検出

物体の表面 S の方向を (θ_0, φ_0) 、位置を (X_0, Y_0, Z_0) とする。 θ と φ が変化すると、方位球の (θ_0, φ_0) の接平面 S が基準面に対して回転し、 (ξ, η) 画像での S の面積 S が変化する。 S は (θ_0, φ_0) 方向から見たときに最大値 $S(\theta_0, \varphi_0)$ をとる。

物体を見る方向を (θ_0, φ_0) から (θ, φ) に変化させると、 S の面積が $S(\theta_0, \varphi_0)$ から $S(\theta, \varphi)$ に減少する。このとき、 $S(\theta, \varphi)$ は次式で与えられる。

$$S(\theta, \varphi) = S(\theta_0, \varphi_0)(\cos(\theta - \theta_0)\cos\varphi\cos\varphi_0 + \sin\varphi\sin\varphi_0) \quad (2)$$

(2) は $\theta = \theta_0$ かつ $\varphi = \varphi_0$ のとき最大値 $S(\theta_0, \varphi_0)$ を取る。

3 方向 (θ_i, φ_i) ($i=1, 2, 3$) から見た (ξ, η) 画像に (2) を適用すれば、 θ_0 と φ_0 の値が求められる。 $S_i = S(\theta_i, \varphi_i)$ ($i=1, 2, 3$) と置くと、 (2) より (3) - (6) が導かれる。

$$\tan\theta_0 = -\frac{A_1 + A_2 + A_3}{B_1 + B_2 + B_3} \quad (3)$$

ここで

$$\begin{aligned} A_1 &= S_1(\sin\varphi_3\cos\theta_2\cos\varphi_2 - \sin\varphi_2\cos\theta_3\cos\varphi_3) \\ A_2 &= S_2(\sin\varphi_1\cos\theta_3\cos\varphi_3 - \sin\varphi_3\cos\theta_1\cos\varphi_1) \\ A_3 &= S_3(\sin\varphi_2\cos\theta_1\cos\varphi_1 - \sin\varphi_1\cos\theta_2\cos\varphi_2) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} B_1 &= S_1(\sin\varphi_3\sin\theta_2\cos\varphi_2 - \sin\varphi_2\sin\theta_3\cos\varphi_3) \\ B_2 &= S_2(\sin\varphi_1\sin\theta_3\cos\varphi_3 - \sin\varphi_3\sin\theta_1\cos\varphi_1) \\ B_3 &= S_3(\sin\varphi_2\sin\theta_1\cos\varphi_1 - \sin\varphi_1\sin\theta_2\cos\varphi_2) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\tan\varphi_0 = -\frac{S_1\cos(\theta_2 - \theta_0)\cos\varphi_2 - S_2\cos(\theta_1 - \theta_0)\cos\varphi_1}{S_1\sin\varphi_2 - S_2\sin\varphi_1} \quad (6)$$

S_i ($i=1, 2, 3$) が測定されれば、まず (3) - (5) より θ_0 が求まり、次にその値と (6) より φ_0 が求まる。

本手法で (θ_0, φ_0) を求めて面の形状を生成した例を図 9 に示す。同図(a)は法線方向から離れた方向から見た面の形状、(b)は法線方向 (θ_0, φ_0) から見た面の形状を(a)から生成したもの、(c)は(a)とは異なる方向から見た面の形状、(d)は法線方向 (θ_0, φ_0) から見た面の形状を(c)から生成したものである。生成に用いた形状は(a)と(c)では全く異なっているが、生成画像は(b)、(d)に示すように同じ形状となっている。

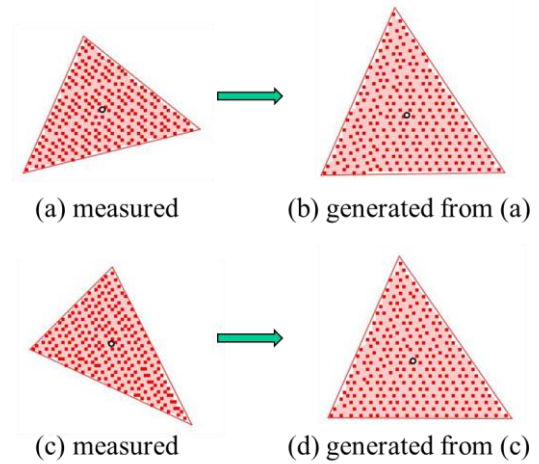


図 9 面の形状の生成例

4. 透視投影画像からの面の検出

図 10 に示すように 3 台の透視投影カメラ画像 W_1, W_2, W_3 から面 S_0 の方向 (θ_0, φ_0) と距離を検出する。そのフローチャートを図 11 に示す。面の法線方向と面までの距離が分かれば、カメラ画像毎に面の面積 S_{01}, S_{02}, S_{03} が求められる。この S_{01}, S_{02}, S_{03} が一致するように方向 (θ_0, φ_0) と距離を求める。フローチャート中の Method2-4 を次節で説明する。

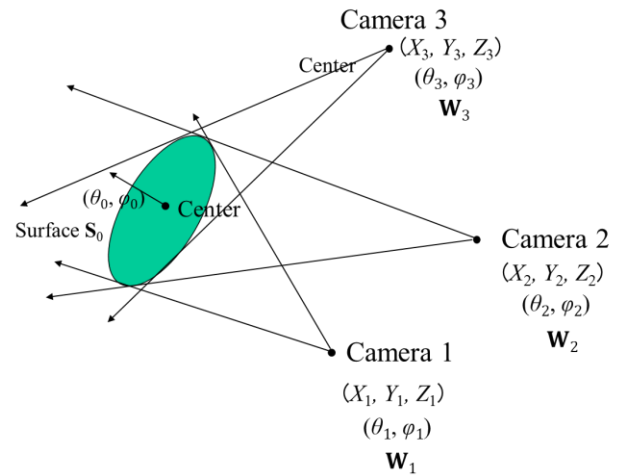


図 10 3 台の透視投影カメラによる面の検出

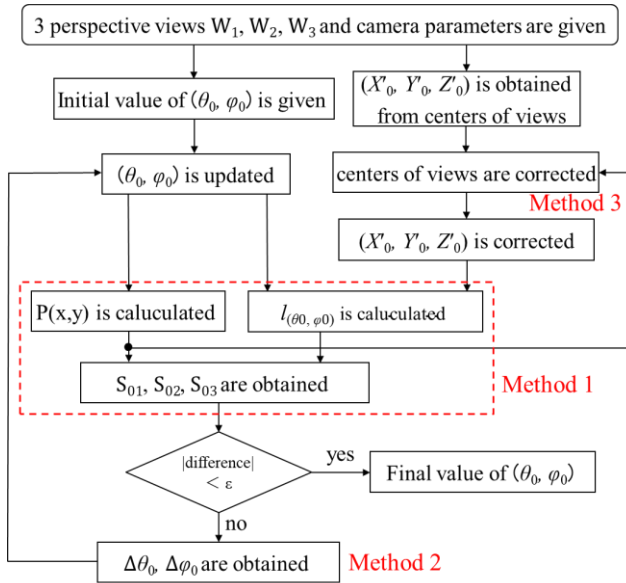


図 1 1 透視投影画像から面を検出するフローチャート

4.1. Method1: 透視投影画像の面積から面の面積を求める

カメラが面を正面から見ていないとき、撮影した画像の面積と面の実際の面積は異なる。Method 1 は、図 1 2 に示すように面の法線方向 (θ_0, φ_0) と重心の位置 (X_0, Y_0, Z_0) 、及びカメラの方向 (θ_1, φ_1) が与えられたとき、透視投影カメラ画像 $\mathbf{W}_1$ の面積 W_1 から面 $\mathbf{S}_0$ の面積 S_0 を求める方法である。面の方向は次節の Method2 で求める。

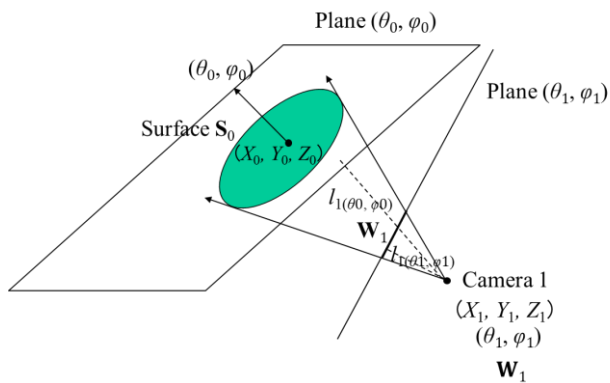


図 1 2 カメラ毎に $\mathbf{W}_1$ から $\mathbf{S}_0$ を求める

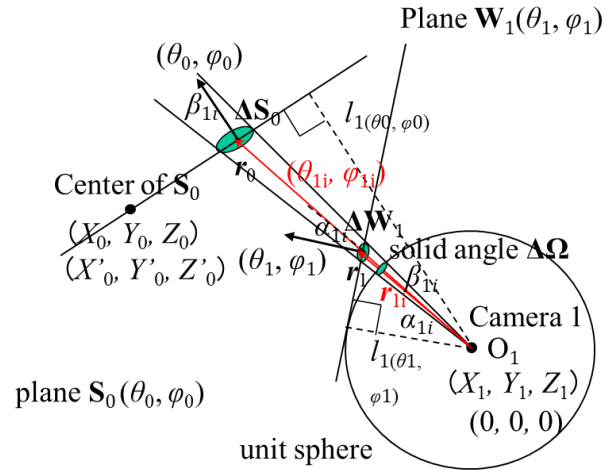


図 1 3 $\Delta \mathbf{W}_1$ と $\Delta \mathbf{S}_0$ の関係

面の微小部分 $\Delta \mathbf{S}_0$ と画像の微小部分 $\Delta \mathbf{W}_1$ との関係を図 1 3 に示す。

$\Delta \mathbf{S}_0$ と $\Delta \mathbf{W}_1$ の立体角を $\Delta \Omega$ とすると

$$\begin{aligned}\Delta \Omega &= \frac{\cos \alpha_{li}}{r_1^2} \Delta W_1 \\ \Delta \Omega &= \frac{\cos \beta_{li}}{r_0^2} \Delta S_0\end{aligned}\quad (7)$$

が成り立つ。これから

$$\Delta S_0 = \frac{\cos \alpha_{li}}{\frac{\cos \beta_{li}}{r_0^2}} \Delta W_1 = \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2 \frac{\cos \alpha_{li}}{\cos \beta_{li}} \Delta W_1 \quad (8)$$

ここで、

$$\frac{r_0}{r_1} = \frac{\cos \alpha_{li}}{\cos \beta_{li}} \frac{l_1(\theta_0, \varphi_0)}{l_1(\theta_1, \varphi_1)} \quad (9)$$

$$l_1(\theta_1, \varphi_1) = 1 \quad (10)$$

であるから

$$\Delta S_0 = \left(\frac{\cos \alpha_{li}}{\cos \beta_{li}}\right)^3 (l_1(\theta_0, \varphi_0))^2 \Delta W_1 \quad (11)$$

が得られる。これを $\mathbf{W}_1$ 内の全ての画素について加算すると、 $\mathbf{W}_1$ と $\mathbf{S}_0$ の関係が

$$S_0 = \frac{\sum_{i=1}^N (\mathbf{P}(x,y))^3}{N} \left(\frac{l_1(\theta_0, \varphi_0)}{l_1(\theta_1, \varphi_1)}\right)^2 W_1 \quad (12)$$

と求められる。ここで、 (x, y) は画像 $\mathbf{W}_1$ の画素であり、

$$\mathbf{P}(x,y) = \frac{\cos \beta_{li}}{\cos \alpha_{li}} = \mathbf{A}x + \mathbf{B}y + \mathbf{C} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} A &= \sin(\theta_0 - \theta_1) \cos \varphi_0 \\ B &= \cos(\theta_0 - \theta_1) \sin \varphi_1 \cos \varphi_0 - \cos \varphi_1 \sin \varphi_0 \\ C &= \cos(\theta_0 - \theta_1) \cos \varphi_1 \cos \varphi_0 + \sin \varphi_1 \sin \varphi_0 \end{aligned} \quad (14)$$

$$l_{1(\theta_0, \varphi_0)} = X'_0 \sin \theta_0 \cos \varphi_0 - Y'_0 \sin \varphi_0 + Z'_0 \cos \theta_0 \cos \varphi_0 \quad (15)$$

$$X'_0 = X_0 - X_1 \quad Y'_0 = Y_0 - Y_1 \quad Z'_0 = Z_0 - Z_1 \quad (16)$$

である。

4.2. Method2: 3枚の透視投影画像から面の方向を検出

(θ_0, φ_0) を与えて Method 1 によって3台の透視投影カメラ画像の面積の各々から面の面積を求めるとき、 (θ_0, φ_0) の値が真値でなければそれらの値が一致しない。Method 2 ではこれらの値が一致するように (θ_0, φ_0) を定める。

Method 1 で 3 台の透視投影カメラ画像の面積 W_1, W_2, W_3 から面の面積 S_0 を求めたものをそれぞれ S_{01}, S_{02}, S_{03} とする。このとき、 S_{01} は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} S_{01} &= Q_1(\theta_0, \varphi_0) W_1 \\ S_{02} &= Q_2(\theta_0, \varphi_0) W_2 \\ S_{03} &= Q_3(\theta_0, \varphi_0) W_3 \end{aligned} \quad (17)$$

ここで

$$Q_1(\theta_0, \varphi_0) = f_1(\theta_0, \varphi_0) g_1(\theta_0, \varphi_0) \quad (18)$$

$$f_1(\theta_0, \varphi_0) = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{P(x,y)} \right)^3}{N} \quad (19)$$

$$g_1(\theta_0, \varphi_0) = \left(\frac{l_{1(\theta_0, \varphi_0)}}{l_{1(\theta_1, \varphi_1)}} \right)^2 \quad (20)$$

などで与えられる。

次に (θ_0, φ_0) の値を $\Delta \theta_0, \Delta \varphi_0$ だけ修正した $(\theta_0 + \Delta \theta_0, \varphi_0 + \Delta \varphi_0)$ において S_{01}, S_{02}, S_{03} の値が一致するようにすると、

$$\begin{aligned} S_0 &= Q_1(\theta_0 + \Delta \theta_0, \varphi_0 + \Delta \varphi_0) W_1 \\ S_0 &= Q_2(\theta_0 + \Delta \theta_0, \varphi_0 + \Delta \varphi_0) W_2 \\ S_0 &= Q_3(\theta_0 + \Delta \theta_0, \varphi_0 + \Delta \varphi_0) W_3 \end{aligned} \quad (21)$$

(21)の各式の右辺を (θ_0, φ_0) の回りに展開して $\Delta \theta_0, \Delta \varphi_0$ の1次の項まで取り、(17)の関係をを用いる

と、差分 $\Delta \theta_0, \Delta \varphi_0$ は下記の(22)より求められる。

$$\begin{pmatrix} C_1 & C_2 \\ C_3 & C_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta \theta_0 \\ \Delta \varphi_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{02} - S_{01} \\ S_{03} - S_{02} \end{pmatrix} \quad (22)$$

ここで

$$\begin{aligned} C_1 &= \left\{ \frac{\partial f_1}{\partial \theta_0} g_1 + f_1 \frac{\partial g_1}{\partial \theta_0} \right\} W_1 - \left\{ \frac{\partial f_2}{\partial \theta_0} g_2 + f_2 \frac{\partial g_2}{\partial \theta_0} \right\} W_2 \\ C_2 &= \left\{ \frac{\partial f_1}{\partial \varphi_0} g_1 + f_1 \frac{\partial g_1}{\partial \varphi_0} \right\} W_1 - \left\{ \frac{\partial f_2}{\partial \varphi_0} g_2 + f_2 \frac{\partial g_2}{\partial \varphi_0} \right\} W_2 \\ C_3 &= \left\{ \frac{\partial f_2}{\partial \theta_0} g_2 + f_2 \frac{\partial g_2}{\partial \theta_0} \right\} W_2 - \left\{ \frac{\partial f_3}{\partial \theta_0} g_3 + f_3 \frac{\partial g_3}{\partial \theta_0} \right\} W_3 \\ C_4 &= \left\{ \frac{\partial f_2}{\partial \varphi_0} g_2 + f_2 \frac{\partial g_2}{\partial \varphi_0} \right\} W_2 - \left\{ \frac{\partial f_3}{\partial \varphi_0} g_3 + f_3 \frac{\partial g_3}{\partial \varphi_0} \right\} W_3 \end{aligned} \quad (23)$$

である。

4.3. Method3: 画像と面の重心の補正

面を法線方向以外から見るときには画像の重心と面の重心は異なるので、 W_1, W_2, W_3 の重心は一致しない。このため画像の重心から求めた面の位置は正確でない。そこで、面の法線方向 (θ_0, φ_0) が更新される毎に、図13に示すように画素の位置の重み付け平均を求めて重心の補正を行う。

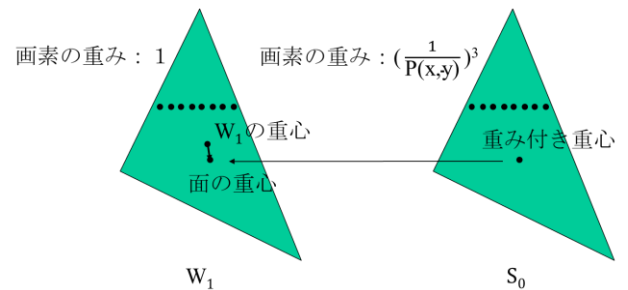


図13 画像 W_1 と面 S_0 の重心の補正

5. 実験

面を3方向から撮影し、画像から面の法線方向 (θ_0, φ_0) を検出する実験を行った。図14はカメラと面の3次元配置、図15は方位球上でのカメラと面の方向、図16は方位球上での (θ_0, φ_0) の軌跡である。カメラの方向は、カメラ1が $(\theta_1, \varphi_1) = (20^\circ, -20^\circ)$ 、カメラ2が $(\theta_2, \varphi_2) = (-45^\circ, 0^\circ)$ 、カメラ3が $(\theta_3, \varphi_3) = (0^\circ, 45^\circ)$ である。面の法線方向は $(\theta_0, \varphi_0) = (0^\circ, 0^\circ)$ である。

(θ_0, φ_0) の初期値を与えて(22)より $\Delta \theta, \Delta \varphi$ を求め、初期値にこれを加えた $(\theta_0 + \Delta \theta, \varphi_0 + \Delta \varphi)$ で (θ_0, φ_0) の値を更新する。これを繰り返して、 (θ_0, φ_0) が収束する様子を方位球上で調べた。様々な初期値に対する (θ_0, φ_0) の軌跡を図16に示す。初期値が (θ_0, φ_0) の真値である $(0^\circ, 0^\circ)$ から大きく離れていても、 (θ_0, φ_0) の軌跡は真

値に収束していくことが分かる．

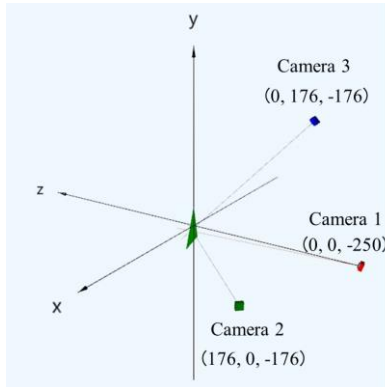


図 1-4 カメラと面の 3 次元配置

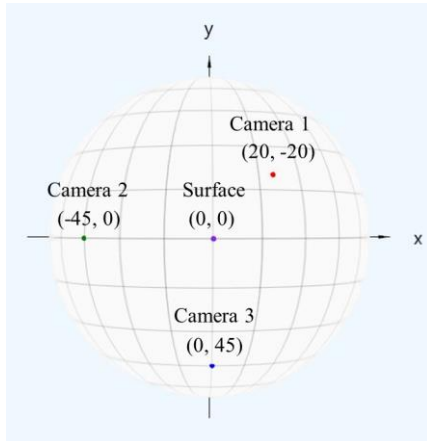


図 1-5 方位球上でのカメラと面の方向

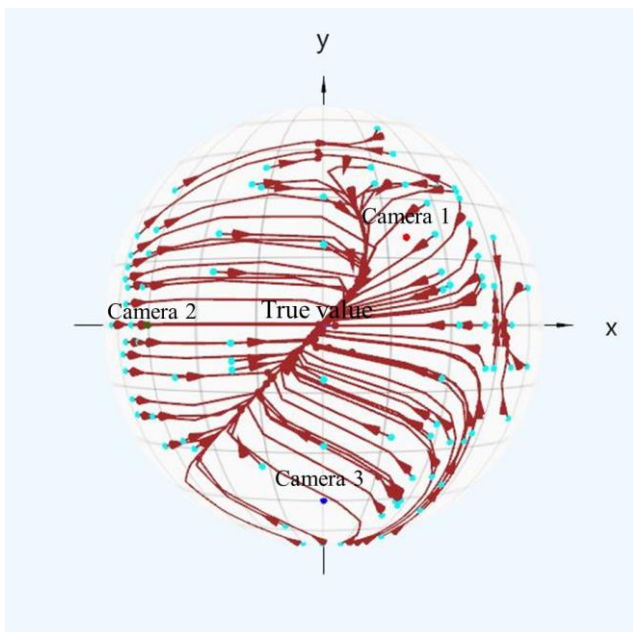
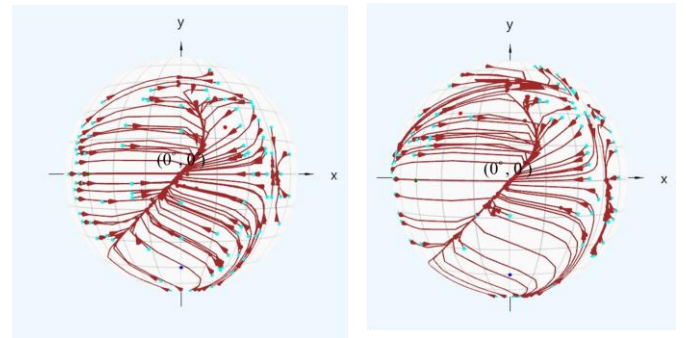


図 1-6 面の方向 (θ_0, φ_0) の初期値からの軌跡

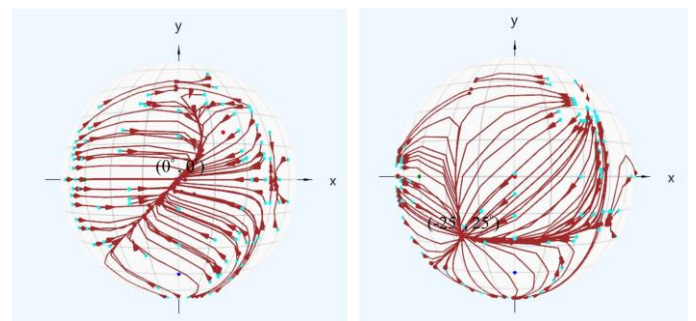
図 1-7 はカメラ 1 の方向 (θ_1, φ_1) が異なる場合の (θ_0, φ_0) の軌跡である．(a) は $(\theta_1, \varphi_1) = (20^\circ, -20^\circ)$ ，(b) は $(\theta_1, \varphi_1) = (-25^\circ, -30^\circ)$ の場合である． (θ_0, φ_0) の収束の仕方はカメラの方向に依らずほぼ同じである．

これに対して図 1-8 は面の方向の真値が異なる場合の (θ_0, φ_0) の軌跡である．(a) は真値が $(\theta_0, \varphi_0) = (0^\circ, 0^\circ)$ ，(b) は $(\theta_0, \varphi_0) = (-25^\circ, 25^\circ)$ の場合である．いずれの場合も，初期値が真値から大きく離れていても， (θ_0, φ_0) の軌跡は真値に収束していくことが分かる．



(a) $(\theta_1, \varphi_1) = (20^\circ, -20^\circ)$ (b) $(\theta_1, \varphi_1) = (-25^\circ, -30^\circ)$

図 1-7 カメラの方向 (θ_1, φ_1) が異なる場合の (θ_0, φ_0) の軌跡



(a) $(\theta_0, \varphi_0) = (0^\circ, 0^\circ)$ (b) $(\theta_0, \varphi_0) = (-25^\circ, 25^\circ)$

図 1-8 面の方向 (θ_0, φ_0) の真値が異なる場合の (θ_0, φ_0) の軌跡

6. むすび

光線を用いるイメージベース法と物体の 3D モデルを用いるモデルベース法は相補的な特徴を持っている．イメージベース法は写実性に優れているが，視域が狭い．一方，モデルベース法は視域は広いが，写実性に劣る．

イメージベース法とモデルベース法の長所を併せ持つ新しい FTV の構築原理を目指し，光線から面を構築する手法を研究した．透視投影画像の光線を分析し，

3方向から撮影した透視投影画像から面を検出する手法を導いた。シミュレーション実験により、本手法の有効性を示した。

文 献

- [1] Masayuki Tanimoto, Mehrdad Panahpour Tehrani, Toshiaki Fujii, Tomohiro Yendo, “Free-Viewpoint TV”, IEEE Signal Processing Magazine, vol.28, no.1, pp.67-76, January 2011.
- [2] Masayuki Tanimoto, Mehrdad Panahpour Tehrani, Toshiaki Fujii, Tomohiro Yendo, “FTV for 3-D Spatial Communication”, Proceedings of the IEEE, Vol. 100, No. 4, pp. 905-917 (April 2012). (invited paper)
- [3] Masayuki Tanimoto, “FTV: Free-viewpoint Television”, Signal Processing : Image Communication, Vol. 27, Issue 6, pp. 555-570 (June 2012). doi:10.1016/j.image.2012.02.016 (invited paper)
- [4] Masayuki Tanimoto, “FTV (Free-viewpoint Television)”, APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, Vol. 1, Issue 1, e4 (14 pages) (August 2012). doi: 10.1017/ATSIP.2012.5 (invited paper)
- [5] Masayuki Tanimoto, “FTV Technologies and Standards”, IEEE COMSOC MMTTC E-Letter, Vol.10, No.2, pp.7-10, March 2015.
- [6] Masayuki Tanimoto, “FTV (Free-viewpoint Television) and its International Standardization”, IEIE Transactions on Smart Processing and Computing, vol. 6, no. 6, pp.415-427, December 2017. (Invited paper)
- [7] “Introduction to Multi-view Video Coding”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N7328, July 2005.
- [8] “Introduction to 3D Video”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N9784, Archamps, France, May 2008.
- [9] M. Tanimoto, T. Senoh, S. Naito, S. Shimizu, H. Horimai, M. Domański, A. Vetro, M. Preda and K. Mueller, “Proposal on a New Activity for the Third Phase of FTV”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2013/M30229, Vienna, Austria, July 2013.
- [10] “Use Cases and Requirements on Free-viewpoint Television (FTV) v.3,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2016/N16130, San Diego, USA, February 2016.
- [11] “Summary on MPEG-I Visual Activities,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2018/N17717, Ljubljana, Slovenia, July 2018.
- [12] T. Fujii, “A Basic Study on Integrated 3-D Visual Communication”, Ph.D dissertation in engineering, The University of Tokyo, 1994 (in Japanese).
- [13] T. Fujii, T. Kimoto, M. Tanimoto, "Ray Space Coding for 3D Visual Communication", Picture Coding Symposium '96, pp. 447-451, Mar. 1996.
- [14] M. Tanimoto, A. Nakanishi, T. Fujii, T. Kimoto, "The Hierarchical Ray-Space for Scalable 3-D Image Coding", Picture Coding Symposium 2001, pp.81-84, April 2001.
- [15] Toshiaki Fujii, Masayuki Tanimoto, "Free-Viewpoint TV System Based on Ray-Space Representation", SPIE ITCOM 2002, Vol. 4864-22, pp.175-189, Aug. 2002.
- [16] M. Tanimoto and Hirokuni Kurokawa, “New Framework of FTV,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2016/M38547, Geneva, Switzerland, May 2016.
- [17] Masayuki Tanimoto and Hirokuni Kurokawa, “Integration of Image-Based and Model-Based Methods for FTV”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2019/N49154, Gothenburg, Sweden, July 2019.
- [18] 谷本 正幸, 黒川 弘国, "FTVのためのイメージベースとモデルベースの統合", 映像情報メディア学会技術研究報告, Vol. 43, No. 30, ME2019-113, pp.45-51, 2019年9月. (招待講演)
- [19] 谷本 正幸, 黒川 弘国, "空中立体像FTVを目指して", 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 323, CS2019-79 IE2019-59, pp. 69-74, 2019年12月. (特別招待講演)