

複数の距離画像を用いた光線空間における欠損情報の補間

竹内 敬亮 金子 正秀 原島 博

東京大学大学院 工学系研究科 電子情報工学専攻

〒113 東京都文京区本郷7-3-1

Tel. 03-3812-2111 ext.6781

E-mail: takeuchi@hc.t.u-tokyo.ac.jp

あらまし 光線群に基づいた3次元情報記述により、多眼カメラやレンジファインダなど、各種入力デバイスからのデータを融合した仮想空間の構築が可能となる。レンジファインダを利用する場合にはテクスチャと距離情報を同時に取得できるが、オクルージョンや装置の原理的制約による情報の欠損が問題となる。この問題に対し、同一の被写体に対して位置や向きを変えて撮像した複数の距離画像を用いて3次元形状復元を行なう従来手法では、3次元モデルの厳密な統合が必要となる。これに対し、本稿では、複数の距離画像を光線群データに変換し、光線空間レベルで統合処理を行なう。これにより、厳密な統合処理を必要とせず、かつ統合に伴う情報量やレンダリング時の演算量の増加も抑えながら、欠損情報が補間された3次元画像を再現できる。

キーワード 3次元統合画像通信, 光線情報, 光線空間, 距離画像, イメージベースレンダリング

Interpolation of Missing Data in a Ray Space using Multiple Sets of Range and Texture Data

Keisuke TAKEUCHI Masahide KANEKO Hiroshi HARASHIMA

School of Engineering, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

Tel: +81-3-3812-2111 ext.6781

E-mail: takeuchi@hc.t.u-tokyo.ac.jp

Abstract Ray-based description of 3-D information enables to construct a virtual space with environment and objects, which are obtained from various kinds of input devices. A range finder gives both texture and range data of object, but a lack of data due to occlusion and constraint imposed by device itself will be a serious problem. To reduce this lack, some methods to integrate multiple sets of range and texture data obtained from the same object located on different positions, have been proposed. These methods aim at the reconstruction of 3-D structure, thus accurate integration and complex processing are required. In this paper, we propose a new algorithm to interpolate missing data. Multiple sets of range data are translated into ray information and are integrated using a method like "image-based rendering". Using this algorithm, we can obtain an interpolated object data, with neither complex processings nor increase of data and calculation.

key words Integrated 3-D Visual Communication, Ray Information, Ray Space, Range Data, Image-Based Rendering

1 はじめに

現在様々な入出力方式が提案されている3次元画像に対し、特定の入出力方式に依存しない形で記述・伝送を行なう、3次元統合画像通信の概念が提唱されている [1]。また、その要素技術となる、3次元情報の中立的な記述法として、実空間を伝搬する光線の情報に基づいた手法が検討されている [2]。

この手法では、実空間内のある基準面を通過する光線の情報を記録する。しかし、仮想空間の構築の際、ある1点において回りから飛来する光線を記録しただけでは、周囲を見渡すことはできても、空間内に配置されたオブジェクトの背後に回り込むことは不可能である。

この問題は、観察者を取り囲む風景と、空間内のオブジェクトとを別々に光線情報として記録し、それらを重ね合わせて仮想空間を構成するというアプローチにより解決できる。光線による記述が3次元情報の入力方式に依存しないという特徴を生かせば、様々な入力デバイスからのデータを融合することも可能である。例えば、CGで作成した風景と多眼カメラで撮影した実オブジェクトとの融合に関する研究も発表されている [4]。

ところで、レンジファインダは従来、主として3次元形状の計測に利用されてきた。しかし、計測結果として得られる距離画像とテクスチャデータ (以下、これらを距離画像と総称する) を光線情報に変換することにより、レンジファインダを仮想空間におけるオブジェクトの入力にも利用することができる。このような観点から、筆者らはこれまで、距離画像からの光線群データの取得に関して検討を行ってきた [5]。

レンジファインダによって距離画像を取得する場合、オブジェクトの種類や撮影条件によって、データが部分的に欠落することがある。このようなデータの欠損に対して、複数の距離画像を統合することにより、欠落部分を補間する試みがなされている [6][7]。ただし、従来の研究では、3次元形状復元を目的とし、3次元モデルに基づいた厳密なデータ統合を行なうため、複雑な処理を要する。

本稿では、レンジファインダを光線群により記述された仮想環境におけるオブジェクト入力に利用することを目的とし、厳密な形状復元を必要としない補間処理方法を提案する。具体的には、複数の距離画像から、形状モデルを介さずに光線情

報のレベルで欠損部分を補間する。本手法では、Image-Based Renderingのように、光線群データの変形と貼り合わせによって統合処理を行なうことができる。これにより、厳密な3次元形状情報の復元が不要となるため、モデルを利用する手法と比較して、補間処理が容易になることが期待できる。

2 距離画像

2.1 レンジファインダと距離画像

図1に、本研究で用いたレンジファインダである、Cyberware MODEL3030/PS 3次元デジタルカメラの外観を示す。



図1: レンジファインダ

この装置では、測定ヘッドが装置中央に置かれた物体の周囲を回転し、被写体表面におけるレーザー光の反射を利用して、各サンプル点における装置中心軸からの距離を測定する。サンプル点数は円周方向に1周512点、垂直方向に0.8mm間隔で512点となっており、各点につき1 μ mの解像度で距離情報が得られる。またこの装置は、距離データと同時に、各サンプル点における輝度値を、RGB各8bitで得ることができる。

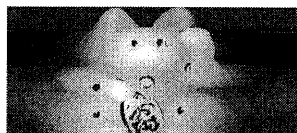


図2: 距離データの例

今回用いたレンジファインダにより得られる距離データの一例を図2に示す。縦軸が垂直方向の位置、横軸が経度に相当し、距離の値を最大値が

255となるように正規化して256階調グレイスケールの輝度値として表現してある。

2.2 距離画像における情報の欠損

距離画像においては、データが部分的に欠落することがある。その原因として、次のものが考えられる。

1. 被写体のテクスチャに起因する欠損
本装置では、赤色レーザー光の反射を利用するため、レーザー光の鏡面反射や吸収が生じる部分の距離計測は不可能である。
2. 被写体の構造に起因する欠損
オクルージョン部分には光線が到達しないため、距離情報・色情報ともに得ることができない。また本装置では、測定ヘッドから見て中心軸より奥の部分の距離情報は破棄する仕様になっている。

ここで挙げた要因の中には、本研究で用いた装置に固有の仕様もあり、別の装置を用いることで解決される可能性もある。しかし現状では、どのような装置を用いる場合でも、自動的にオブジェクト表面の情報を不足なく計測するのは不可能であると考えられる。

3 光線空間

3.1 光線群による3次元情報の記述

実空間(被写体空間)の座標を $O-X-Y-Z$ とし、実空間内の点 (X, Y, Z) を (θ, ϕ) 方向に伝搬する光線群を考える(図3)。光線の輝度(色)情報を表す

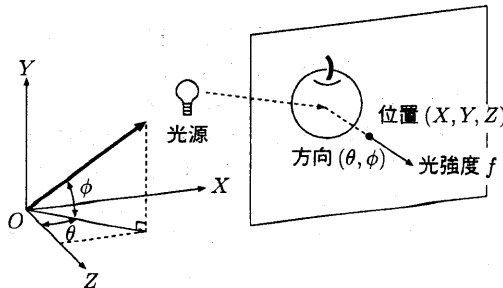


図3: 光線群による3次元情報の記述

関数を f とすると、この実空間の光線情報は

$$f(X, Y, Z, \theta, \phi) \quad (1)$$

と表すことができる。すなわち、3次元実空間の光線情報は5次元(光線の時間変化まで考慮すると6次元)の情報空間を有することになる。この5次元(6次元)空間を「光線空間」という。

画像情報は、1点(ピンホール)を通過する光線情報の集合と見做すことができる。したがって、カメラ位置 (X_0, Y_0, Z_0) において撮影された画像情報は、光線空間の部分空間

$$f(\theta, \phi) |_{X=X_0, Y=Y_0, Z=Z_0} \quad (2)$$

に記録すれば良い。一方、位置 (X_0, Y_0, Z_0) から実空間を眺めた画像の合成は、光線空間中の(2)式で表される部分に記録された光線情報の読み出しに相当する。

3.2 光線情報の球面記録

光線の伝搬に伴って生じる減衰等の変化が無視できると仮定すると、ある基準面上の光線情報のみで光線空間を記述することができる。この場合、光線空間は4次元空間となる。以下では、この4次元光線空間について考える。

レンジデータには被写体全周の情報が記録されているため、光線記録を行なう際には、全周方向の光線が通過する基準面を設定する必要がある。従来は、レンジデータから得られる光線情報の記録には円筒記録方式を用いてきた[5]が、この方式では Y 軸に平行な光線の記録が不可能であるため、オブジェクトを真上もしくはそれに近い位置から眺めた様子を再現できないという問題がある。そこで本稿では、 Y 軸に平行な光線も含めた全方向の光線情報の記録が可能な手法である、球面記録方式を用いる。

図4のように、 (θ, ϕ) 方向に伝搬する光線に対して、光線に沿って R 軸をとり、 X 軸を Y 軸回りに θ だけ回転させた軸を P 軸、 Y 軸を P 軸回りに ϕ だけ回転させた軸を Q 軸とする。すると、先の仮定により、光線群の輝度値は R によらず一定となるため、光線空間は、位置座標の残りの2次元 P, Q と光線の伝搬方向 θ, ϕ を用いて、

$$f(P, Q, \theta, \phi) \quad (3)$$

と表すことができる。

このとき、 $\mathbf{X} = (X, Y, Z)^T$ と $\mathbf{P} = (P, Q, R)^T$ の間には、

$$\mathbf{R}(\theta, \phi)$$

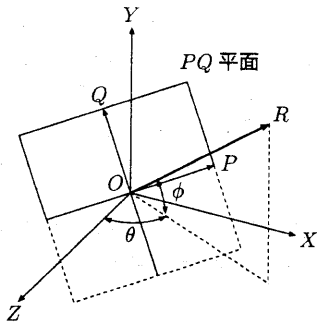


図4: 光線情報の球面記録におけるPQR座標系の定義

$$= \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ -\sin \theta \sin \phi & \cos \phi & -\cos \theta \sin \phi \\ \sin \theta \cos \phi & \sin \phi & \cos \theta \cos \phi \end{pmatrix} \quad (4)$$

として、

$$P = R(\theta, \phi)X \quad (5)$$

なる関係が成り立つ。

3.3 距離画像からの光線情報の取得

距離画像は、オブジェクト表面の3次元形状情報を有するため、容易に光線群データに変換することができる。具体的には、オブジェクト表面の各点の (X, Y, Z) の値を(5)式に代入して P, Q を計算し、輝度値 $f(X, Y, Z, \theta, \phi)$ を4次元光線空間内の点 (P, Q, θ, ϕ) に記録すれば良い。

今回用いたレンジファインダから得られるデータの場合は、装置の中心軸をY軸、経度 0° の方向の軸をZ軸とする座標系(以下これをレンジファインダ座標系と呼ぶ)において、経度 ψ 、高さYにおけるY軸からの距離 r が与えられているから、

$$X = r \sin \psi, \quad Z = r \cos \psi \quad (6)$$

と表される。これを(5)式に代入して書き下すと、

$$P = r \sin(\psi - \theta) \quad (7)$$

$$Q = Y \cos \phi - r \cos(\psi - \theta) \sin \phi \quad (8)$$

$$R = Y \sin \phi + r \sin(\psi - \theta) \cos \phi \quad (9)$$

となる。

そこで、全ての (ψ, Y) に対して、(7)~(9)式に基づいて P, Q, R を計算し、 (ψ, Y) における輝度値を点 (P, Q, θ, ϕ) に記録する。複数の (ψ, Y) から同じ (P, Q, θ, ϕ) が得られる場合には、 R の値が大きい点の輝度値を上書きする。以上により、4次元光線空間 $f(P, Q, \theta, \phi)$ が得られる。

4 複数の距離画像の統合による欠損情報の補間

4.1 従来法(3次元構造モデルの統合)

レンジファインダでは、前述のように情報の欠損が起こり得る。このうち、オブジェクトのテクスチャに起因する欠損に関しては、被写体表面にレーザ光が到達しても反射光が戻って来ないため、解決が不可能である。

一方、オブジェクトの構造に起因する欠損は、被写体表面にレーザ光が到達しないために生じる。従って、表面にレーザ光が到達するように、オブジェクトの位置や向き、あるいはレンジファインダの位置を変えれば、欠落した部分のデータを得ることができる。そこで、一つのオブジェクトを様々な位置から撮影して得たデータを統合し、1回の撮像だけではデータが不完全な部分もなるべく正確に再現しようとする試みがなされている。

従来この種の研究は、3次元形状復元を目的として、3次元モデルを用いたものが殆んどである[6][7]。しかし、レンジファインダは撮影の度に被写体表面の異なるサンプル点を計測するため、異なるモデルが得られることになる。これらを統合して、新たなモデルを矛盾なく再構成するために、適当に設定した領域[6]あるいは三角パッチ[7]を単位として特徴量を計算し、マッチングを行なうといった、複雑な処理を必要とする。また、複数データの統合により、モデルを構成する頂点数が増加するため、それに伴いデータ量やレンダリング時の計算量も増加することになる。

4.2 光線空間ベースの統合

一方、3次元情報を全て光線情報として扱う立場では、距離画像から得られる光線群データは、ある基準面を通過する光線群の一部を記録したものに相当する。よって、複数の距離画像から得られる光線群データは、光線空間の異なるサンプルパターンと見做すことができ、それらを単純に重ね合わせることで、より多くの光線情報が記録されたデータを得ることができる。

この手法を利用することで、光線空間の中の情報が欠落した部分の補間も可能となる。図5は、複数の光線群データを用いた、光線空間の補間処理の考え方を、PQ平面(オブジェクトの正投影画像に相当)を例にとり示したものである。球面記録

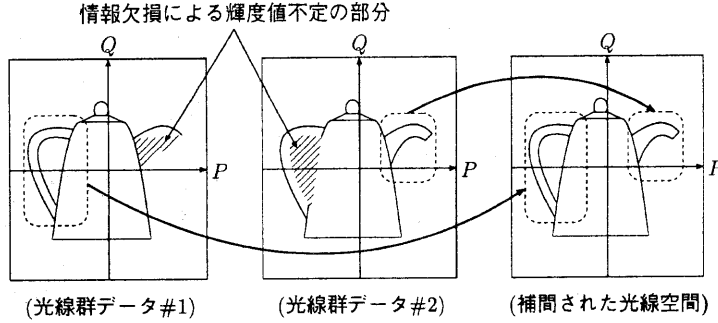


図5: 複数の光線群データを用いた補間処理の概念 (PQ 平面の場合)

された光線空間の PQ 平面を見ると、二つのデータは互いに異なる箇所の情報が欠けている。しかし、各々のデータから輝度値情報が得られている部分だけを取り出し、それらを貼り合わせる操作を、 P, Q, θ, ϕ の各軸方向について行なうことにより、欠損のない光線空間が得られる。

ただし、距離画像から得られる光線群データは、被写体の位置・向きを変えらることによって変化するため、それを補正することが必要となる。本手法は、異なるカメラ位置で撮影した画像を、位置情報に基づいて変形を加えて貼り合わせ、他の視点での画像を合成する、Image-Based Rendering を4次元に拡張したものに相当する。

光線空間においては、複数のデータを統合した場合、光線空間中の輝度値情報が記録される点の数が増加するだけである。3次元モデルを用いた場合のような、情報量や演算量の増加はないため、必要な解像度の範囲で効率的に再生品質を改善することができる。

4.3 オブジェクトの位置・向きの変化の補正

本節では、オブジェクトの位置や向きの変化として、平行移動と水平面内での回転の組合せを考え、このときの光線群データの補正について述べる。

ある XYZ 座標系において、オブジェクトの平行移動量を $\Delta \mathbf{X} = (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)^T$ 、回転量を $\Delta \theta$ とする (図6)。このとき、点 $\mathbf{X} = (X, Y, Z)^T$ が移動する先を $\mathbf{X}' = (X', Y', Z')^T$ とすると、 \mathbf{X}' は、(4) 式の行列 \mathbf{R} を用いて、

$$\mathbf{X}' = \mathbf{R}(-\Delta\theta, 0)\mathbf{X} + \Delta\mathbf{X} \quad (10)$$

と表される。よって、オブジェクトに移動、回転を施す前後の光線空間をそれぞれ $f(P, Q, \theta, \phi)$ 、 $f(P', Q', \theta, \phi)$ とすると、 $\mathbf{P} = (P, Q, R)^T$ と $\mathbf{P}' =$

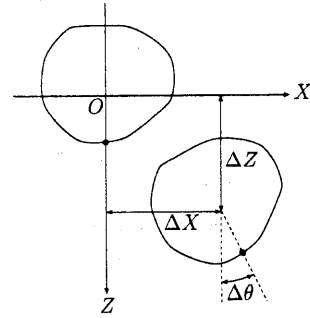


図6: オブジェクトの位置・向きを変えた様子

$(P', Q', R')^T$ の間には、

$$\begin{aligned} \mathbf{P}' &= \mathbf{R}(\theta, \phi)\mathbf{X}' \\ &= \mathbf{R}(\theta, \phi) \{ \mathbf{R}(-\Delta\theta, 0)\mathbf{X} + \Delta\mathbf{X} \} \\ &= \mathbf{R}(-\Delta\theta, 0)\mathbf{P} + \mathbf{R}(\theta, \phi)\Delta\mathbf{X} \end{aligned} \quad (11)$$

なる関係が成り立つ。ここで、

$$\Delta\mathbf{P} = \begin{pmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \\ \Delta R \end{pmatrix} = \mathbf{R}(\theta, \phi)\Delta\mathbf{X} \quad (12)$$

とおくと、

$$\mathbf{P}' = \mathbf{R}(-\Delta\theta, 0)\mathbf{P} + \Delta\mathbf{P} \quad (13)$$

となる。

ここで、 XYZ 座標系をレンジファインダ座標系とする。このとき、オブジェクト表面上の各点の位置は (6) 式のように円筒座標表示により与えられるから、 P, Q について書き下すと、

$$P = \Delta P + r \sin \{ \psi - (\theta - \Delta\theta) \} \quad (14)$$

$$Q = \Delta Q + Y \cos \phi - r \cos \{ \psi - (\theta - \Delta\theta) \} \sin \phi \quad (15)$$

$$R = \Delta R + Y \sin \phi + r \cos \{ \psi - (\theta - \Delta \theta) \} \cos \phi \quad (16)$$

すなわち、4次元光線空間 $f(P', Q', \theta, \phi)$ は、移動および回転を施す前のオブジェクトについての光線空間 $f(P, Q, \theta, \phi)$ を、 P, Q, θ 軸方向にそれぞれ $\Delta P, \Delta Q, \Delta \theta$ だけ移動したものに相当する。

よって、レンジファインダ座標系におけるオブジェクトの移動量および回転量が分かっていると仮定すると、位置や向きを変えて撮影したレンジデータから、以下の手順により、移動および回転を施す前のオブジェクトの光線群データを得ることができる。

1. 移動・回転を施したオブジェクトの距離画像を用い、(7), (8)式に基づいて光線群データを得る。
2. オブジェクトの移動量と回転量から、 $\Delta P, \Delta Q, \Delta \theta$ を計算する。
3. 1.で得られた光線群データを、 P, Q, θ 軸方向にそれぞれ $-\Delta P, -\Delta Q, -\Delta \theta$ だけ移動する。

5 実験

以上論じてきた手法の有効性を確認するため、図1の装置を用いて、位置と向きの異なる二つの距離画像を撮影し、それから得られる光線群データの統合処理の実験を行なう。ここでは、オブジェクトは水平方向にのみ移動すると仮定する。



図7: 実験に用いたオブジェクト

被写体としたオブジェクトを図7に示す。この被写体の構造的な特徴としては、耳の部分でオクルージョンが発生しやすい点、あまり大きくないため、設置場所を微妙に調整しないと、頭部が装置中心から奥に外れ、距離情報が欠落しやすい点が挙げられる。

なお、金色や黒色の部分では、レーザー光の鏡面反射や吸収が生じるため、距離情報が正しく測定できないが、そのような部分の補間については本稿では特に考慮しない。



(a)



(b)

図8: 図7のオブジェクトから得た距離データ (欠落部分あり)

図7のオブジェクトを撮影して得られた二つの距離データを図8に示す。この画像で黒く示されている部分が、データが欠落している箇所である。

5.1 オブジェクトの位置と向きの測定

まず、レンジファインダのステージに方眼紙を貼り、原点と x 軸、 z 軸を定める。オブジェクトの側には、基準点を2点設けておき、これらの点の位置を方眼紙から読み取るにより、原点からの移動量、および向きの変化を求める。

オブジェクトの向きに関しては、 z 軸とのなす角が分かれば、 xxz 座標系とレンジファインダ座標系の間での座標軸の向きの違いは関係ない。単にオブジェクトの二つの基準点を通る直線の傾きを計算するだけで良い。

一方、相対位置は、レンジファインダ座標系で表現する必要がある。そこで、方眼紙で読み取った位置から、レンジファインダ座標系での相対位置が算出できるよう、座標系の較正を行なう。

較正用の被写体には、回転の影響をなくすため、円錐や円筒などを用い、中心軸が z 軸上に載るようにして、2箇所距離画像を撮影する。得られた二つの距離画像から、各々の中心軸の X, Z 座標を求めることで、 z 軸がレンジファインダ座標系の Z 軸となす角 $\Delta \psi$ が得られる。

xxz 座標系での相対位置が $(\Delta x, \Delta z)$ のとき、レ

レンジファインダ座標系での相対位置 ($\Delta X, \Delta Z$) は、

$$\Delta X = \Delta x \cos \Delta\psi + \Delta z \sin \Delta\psi \quad (17)$$

$$\Delta Z = -\Delta x \sin \Delta\psi + \Delta z \sin \Delta\psi \quad (18)$$

により与えられる。よって、方眼紙から読み取った座標値と、較正の結果得られた $\Delta\psi$ を用いて、オブジェクト側の二つの基準点の midpoint の xz 座標系の原点からのずれをレンジファインダ座標系で表現した値が得られる。

5.2 光線群データの取得

レンジファインダから得られたデータから、第4.3節で述べた手法に基づき、オブジェクトの位置や向きの変化による影響を補正した光線群データを得る。計算機のメモリ容量、ディスク容量の都合により、光線空間の各パラメータの解像度を以下のように設定する。

表 1: 光線空間パラメータの解像度設定

P	Q	θ	ϕ
1mm/pixel 256pixel	1mm/pixel 180pixel	3°/pixel 120pixel	3°/pixel 30pixel

各々の距離画像から得られた光線群データ ($P\theta$ 平面) の一部を図 9, 10 に示す。光線群データ #1, #2 はそれぞれ、図 8 の (a), (b) から得られたデータである。図で横軸は P 、縦軸は θ を表す。

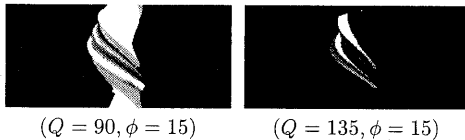


図 9: 光線群データ #1 ($P\theta$ 平面)

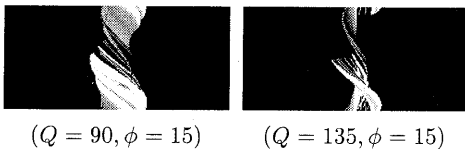


図 10: 光線群データ #2 ($P\theta$ 平面)

5.3 光線群データの統合

各距離画像から上記の手順により光線群データを取得した後、これらを統合する。図 5 のように、各々の光線群データから正しい輝度値情報を取り出し、それらを貼り合わせることににより、欠落部

分が補間されたデータを得る。ただし、図 5 では領域単位で処理を行なう様子を示しているが、実験では領域ではなくピクセル単位で処理を行なう。

二つの光線群データ #1 と #2 のいずれか一方にしか輝度値情報が記録されていない点については、その記録されている値を用いる。また、#1 と #2 の両方に輝度値情報が記録されている点には、#1 の値を記録することにする。

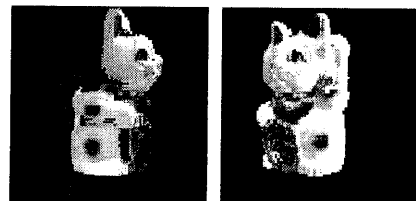
二つの光線群データを統合して得られたデータを図 11 に示す。図 9, 10 と比較して、統合前の各データの欠落部分が補間されていることが分かる。



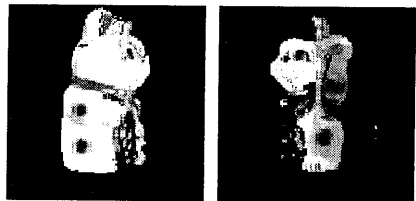
図 11: 統合後の光線群データ ($P\theta$ 平面)

5.4 任意視点画像の合成

統合前と統合後の光線群データを用いて、任意の視点位置からオブジェクトを眺めた画像を合成する。以下に示す結果は、光線空間の解像度が表 1 に示すように十分ではないため、情報欠落とは関係なく画質が劣化していることを予め断っておく。



(データ #1 から合成した結果)



(データ #2 から合成した結果)

図 12: 統合前の光線群データを用いて合成した任意視点画像の例

図 12 は、統合処理前の光線群データ #1, #2 を単独で用いて、同じ視点位置からオブジェクトを

眺めた画像を合成した例である。統合処理前の光線群データには情報が欠落した部分があるため、これを用いて画像を合成すると、視点位置によっては一部が欠けてしまう。

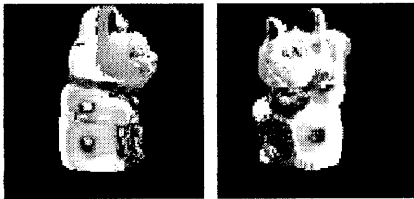


図 13: #1, #2 を統合した光線群データを用いて合成した任意視点画像の例

一方、図 13 は、二つの光線群データを統合したデータを用いて、図 12 と同じ視点位置での画像を合成した結果である。二つのデータの統合により、どの視点位置でも、図 12 で欠けていた部分が(完全ではないが)補間されていることがわかる。

なお、ここでは、元の距離画像を得る際、オブジェクトの位置を変えたことに伴う照明条件の変化は考慮せず、記録されている輝度値をそのまま用いている。しかし実際には、二つの距離画像で照明条件が変化しているため、輝度値がずれており、継ぎ目が目立ってしまっている。

6 まとめ

6.1 本研究の成果

距離画像を光線群データに変換し、光線空間レベルで複数のデータの統合処理を行なうことにより、欠損部分の補間が容易に行なえるようになった。これに伴い、データ欠落を起こさないための、シビアなオブジェクト位置調整も不要となる。

本稿で述べた手法を応用することで、オブジェクトを傾けたり横倒しにしたりして撮影したデータの統合処理を行なうことも可能である。これにより、本研究で用いたレンジファインダのように、オブジェクトの真上には回り込めない装置を用いて、真上から眺めた様子を再現することもできるため、仮想空間構築におけるレンジファインダの利用度も高まると考えられる。

6.2 今後の課題

Image-Based Rendering においては、同じ部分の明るさが複数の画像間で異なっていると、継ぎ

目が目立つため、照明条件を均一にして、ハイライトや陰影が生じないようにすることが課題であり、本手法においても同様のことがいえる。加えて、仮想空間にオブジェクトを配置した時に、周囲の環境とオブジェクトとで陰影の付き方が異なると、違和感を生じることになる。

本稿では複数データを用いた補間に主眼を置き、照明条件については特に考慮しなかったが、上に述べた理由から、照明条件の均一化、あるいはハイライトや陰影の分離を行なう必要がある。また、撮像方法も、本稿のような装置固定でオブジェクトを移動する方法ではなく、オブジェクトを固定し装置を移動させた方が、照明条件の影響を軽減できると考えられる。

また本稿では、オブジェクトの位置や向きは既知であると仮定し、実験はこれらの値を距離画像の撮影時に予め測定して行なった。しかし、撮影の度に位置測定や座標軸の較正を行なうのは、ユーザにとって煩雑である上、目視での測定によって誤差を含む可能性が高いため、これらの作業を省くことが望ましい。そのためには、複数の光線群データを比較してオブジェクトの位置や向きの変化を推定し、自動的に変化が補正された光線群データを生成するシステムを開発する必要がある。

参考文献

- [1] 原島, 他: “三次元統合画像通信の構想”, 信学技報, HC92-58 (1993).
- [2] 藤井: “3次元統合画像符号化の基礎検討”, 東京大学博士論文 (1995).
- [3] 苗村, 他: “光線情報による3次元実空間の効率的記述へ向けた光線空間射影法”, 信学技報, IE95-119 (1996).
- [4] 内山, 他: “光線空間理論に基づく実写データとCGデータを融合した仮想環境の実現”, 3次元画像コンファレンス'96, 1-3 (1996).
- [5] 竹内, 他: “レンジデータに基づく3次元物体の光線情報の取得”, PCSJ'96, P-3-22 (1996).
- [6] 河井, 他: “多視点レンジデータからの3次元形状復元”, 信学論, Vol. J75-D-II, No.4, pp.737-748 (1992).
- [7] R. Pito: “Mesh Integration based on Co-measurements”, Proc. of ICIP'96, Vol.II, pp.397-400 (1996).