

大規模空間を対象とした自由視点映像生成のための 3次元形状表現手法

北原 格*¹ 大田友一*²

A 3D Video Display of Human Figures in a Large-scale Space Using Multiple Video Cameras

Itaru Kitahara *¹and Yuichi Ohta*²

Abstract – In this paper, we introduce our research for realizing a 3D video display system in a very large-scale space such as a soccer stadium, concert hall, etc. We introduce a method to describe the shape of a 3D object with a set of planes in order to synthesize a novel view of the object effectively. The most effective layout of the sweep-planes can be determined based on the relative location of the observer's viewing position, multiple cameras, and the 3D object. We introduce a method to control the LOD of the 3D shape model by adjusting the number of sweep-planes. The data size of the 3D model and the processing time can be reduced drastically. The effectiveness of our proposed methods was demonstrated by experimental results.

Keywords : Large-scale Space, 3D Video Display, Multiple Videos, Scalable 3D Model, Observer's View

1. はじめに

近年のコンピュータの処理能力やビデオ機器の発達にともない、3次元空間を様々な位置から撮影した多視点映像データをコンピュータ内部で融合し、その情報を用いて自由な視点位置からの見え方を生成・提示する研究が盛んに行われている。多視点映像データの融合には、3次元形状推定やモデリングといったコンピュータビジョン(CV)の技術が用いられ、自由視点映像の生成には、イメージベースまたはモデルベースのレンダリングに基づくコンピュータグラフィックス(CG)技術が用いられている[1][2][3][4][5]。

しかし、対象とする3次元空間が大きくなればなるほど、完全に同期した多視点映像の撮影や多視点カメラのキャリブレーションが困難になるため、ほとんどの研究は、数m四方の空間内でのイベントを対象に行われている。我々は、サッカースタジアムなどの大規模空間で行われる動きのあるイベントにこの技術を応用することを目的に、大規模空間に適した撮影システムやカメラキャリブレーション手法を開発し、現実の大規模空間に多数のカメラを設営する撮影実験を行っている[6][7]。また、“自由視点サッカー中継”や“自由視点リサイタルビデオ”の実現を目的に、大規模空

間における自由視点映像の生成・提示技術に関する研究にも取り組んでいる[8][9]。

本論文では、観察者視点、多視点カメラ、対象物体の相対的位置関係から、自由視点映像を生成するために必要な3次元形状データを効率的に生成し、対象空間の大規模化に伴う処理データ増加の問題を解決する手法を提案する。2.では、大規模空間における自由視点映像生成・提示システムと、処理データ量の問題を紹介し、観察者への提示を前提としてデータ生成処理を行う必要性について述べる。3.では、複数の平面上の形状(断面)で3次元形状を近似表現する手法、およびその平面上に入力多視点映像を2次元射影変換した結果から断面を推定する手法と、推定した断面を用いて自由視点映像を生成する手法について述べる。4.では、観察者視点、多視点カメラ、対象物体の相対的位置関係から平面を適応的に配置し、3次元形状データを効率的に生成する手法を提案する。最後に、現実の大規模空間(多目的ホール)に構築した多視点映像撮影システムを紹介し、それによって撮影したデータを用いて自由視点映像の生成実験を行い、提案手法の有効性を確認する。

2. 大規模空間における自由視点映像生成・提示

本研究で提案する、大規模空間における自由視点映像生成・提示システムを図1に示す。このシステムによれば、実際には時間・空間を隔てた場所にいる観察者でも、その大規模空間を自由な視点位置から観察することが可能になる。しかし、対象空間を大規模化す

*1: 筑波大学 先端学際領域研究センター

*2: 筑波大学 機能工学系

*1: Center for Tsukuba Advanced Research Alliance, University of Tsukuba

*2: Institute of Engineering Mechanics and Systems, University of Tsukuba

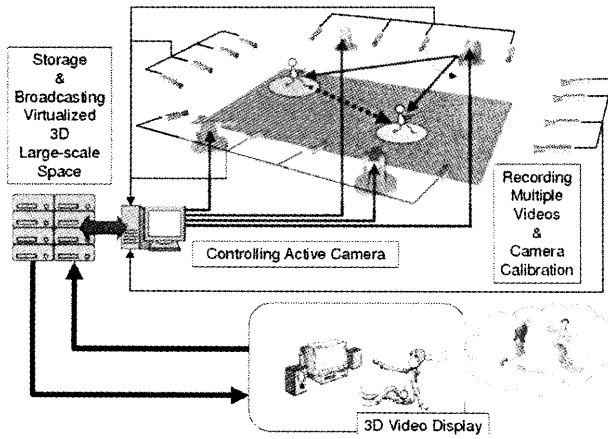


図1 大規模空間における自由視点映像生成・提示システム
Fig.1 A 3D Video Display in a Large-scale Space

ることにより、観察者視点の移動可能範囲もまた広大になる。その結果、自由視点映像上での対象物体の見え方は、図2に示すように、近距離で観察した高精細なものから遠距離で観察した低解像度のものまで幅広く変化する。

従来の研究、例えば、Kanadeらの Virtualized Reality システムでは、3次元物体(人物)の形状を数万個の三角形ポリゴンで表現している[2]。このシステムのように、対象空間の大きさが直径5m程度であれば、対象物体数は高々1,2個に限られるため、十分に高精細な空間分解能を持つ3次元形状モデルを用意して、観察者の視点移動に対応することが可能である。しかし、大規模空間には、はるかに多くの物体が存在するため、それら全てを高精細3次元形状モデルで記述するためには、膨大な計算コストとデータ量が必要になる。一方、せっかく高精細3次元形状モデルを生成したとしても、観察距離が遠い場合には、その情報量のごく一部しか対象物体の見え方生成に利用されない。

最近のCV研究の流れとして、「CVシステムと外界との系の中に人間が必須の要素として加わった形で系全体を考える」ことが提唱されている[10]。この流れに沿って自由視点映像の生成を考えた場合、単に多視点映像を融合して3次元モデルを生成するだけではなく、最終的な情報の消費者である人間(観察者)への提示を前提として、データ生成処理を行う必要があると考えられる。我々は、観察者に提示する映像を生成するために必要な3次元情報について検討し、その一つの表現手法として、断面の集合で3次元形状を表現する手法を採用する。この断面群を観察者視点、多視点カメラ、対照物体の相対的な位置関係によって適応

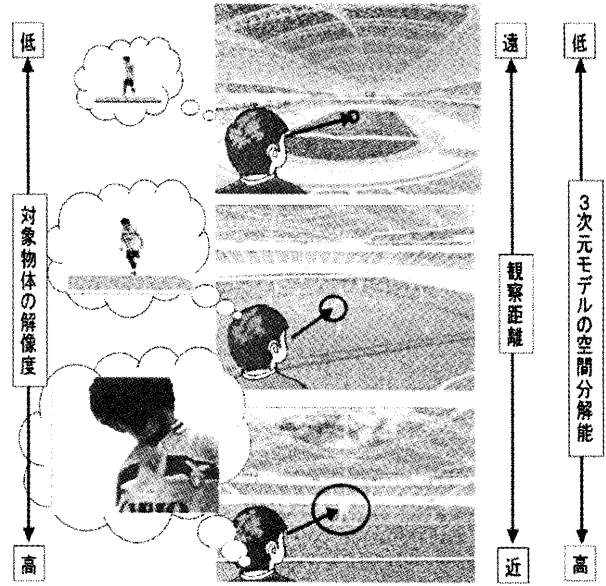


図2 観察距離と3次元モデルの精度の変化
Fig.2 The Observing Distance vs. The LOD of the 3D Model

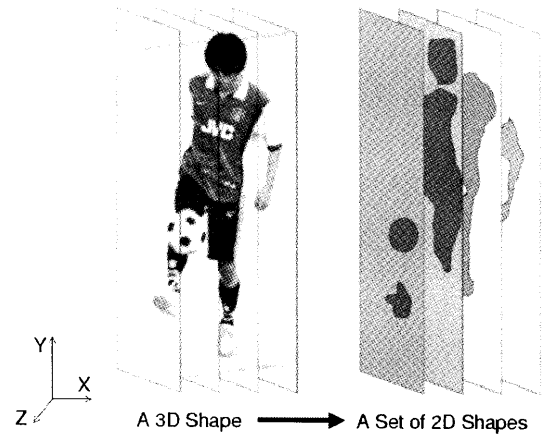


図3 断面集合による3次元形状表現
Fig.3 3D Modeling by Planes

的に配置することで、提示映像を生成するために必要な最小限のデータ量で3次元形状を表現することができ、無駄な計算コストやデータ量の削減が可能になる。

3. 断面集合による3次元形状表現手法

3.1 3次元形状表現手法

多視点映像から自由視点映像を生成する手法は、3次元形状を復元する手法としない手法とに分類することができる。3次元形状を復元しない手法は、多視点映像の内挿処理によって自由視点映像を生成するため[11]、観察者の視点移動の自由度が制限され、本研究のように、観察者が大規模空間内を自由に動きまわることが目的としたシステムへの適性は低い。一方、

完全な3次元形状を復元する手法は、観察者視点から見えない部分の形状まで復元するため、計算コスト、データ量に無駄が存在する。

本研究では、図3に示すように、断面の集合として物体の3次元形状を表現し、その復元を行う。3次元形状を復元するため観察者視点の移動の自由度が高く、さらに、断面を推定するための平面の空間分解能、及びそれらの間隔を適応的に設定することで、3次元形状データの冗長性を取り除き、観察者に提示する映像に対応した効率的な3次元形状表現が可能になる[12],[13]。また、多視点映像と3次元空間との座標変換を2次元射影変換で表すことが可能であり、処理の高速化が可能という特長がある[14]。

3.2 3次元形状推定手法

図4に示すように、カメラ n において撮影された入力多視点画像上の点 $I_n(u, v)$ と平面上の点 $S_d(i, j)$ の間に、式(1)に示すような2次元射影変換行列 P_n による関係が成り立っている場合($n = 1, \dots, N$, $d = 1, \dots, M$)、3次元物体の形状を断面の集合として推定する手法について説明する。この時、推定処理への入力として、多視点画像から背景領域を削除した前景領域画像を与える。

$$I_n(u, v) = P_n S_d(i, j) \quad (1)$$

まず、射影変換行列 P_n を用いて、平面 S_d の点 (i, j) が、 n 番目の多視点画像 I_n で観測される位置 (u, v) を求める[15]。この写像が背景領域に含まれている、つまりこの位置 (u, v) では物体が観測されていない場合、平面上の点 $S_d(i, j)$ には物体が存在しないと判断され断面領域から削除する。一方、写像が前景領域に含まれている場合には、平面上の点 $S_d(i, j)$ と画像上の観測位置 (u, v) を結ぶ直線上に物体が存在し、それがこの平面上である可能性があるため、断面領域の削除は行わない。平面 S_d に対する同様の処理を、多視点画像 I_n を順番に切り換えて行い、物体が存在しないと判断された領域を削除することで、3次元物体を平面 S_d でスライスした断面を推定する。

同様の処理を平面の位置を移動させながらくり返すことで、断面の集合として3次元全体の形状を推定する。平面同士を平行に設置した場合には、平面と多視点画像間の2次元射影変換処理を他の平面上の写像の拡大縮小と平行移動により行うことができ、処理の高速化が可能である。

3.3 自由視点画像生成手法

獲得した3次元モデルを用いた自由視点画像 I_v 上の点 $m_v(u_v, v_v)$ の見え方の生成手法について述べる。図5に、3次元空間中の奥行き d に設置した平面 S_d 上の注目点 $S_d(i, j)$ と、入力多視点画像 I_n 、自由視点

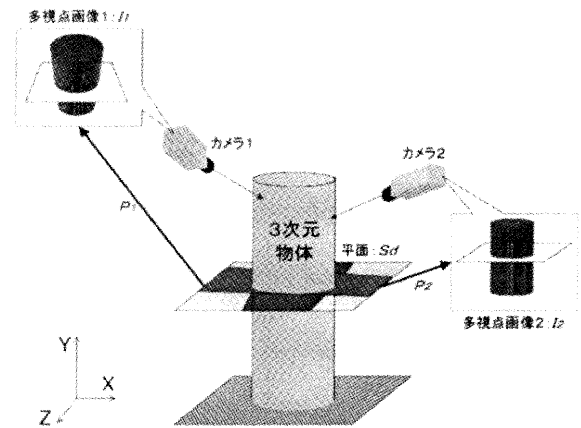


図4 3次元形状推定手法
Fig. 4 3D Shape Estimation

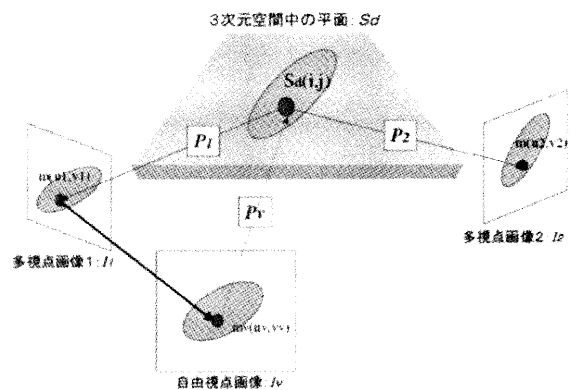


図5 自由視点画像の生成
Fig. 5 Synthesis of Novel View

画像 I_v の幾何的關係を示す。

まず、 d を増やしながらか平面上の点 $S_d(u_v, v_v)$ に物体形状が存在するか否かを調べていき、最初に物体形状であると判断された奥行き d を点 $m_v(u_v, v_v)$ の奥行きとする。次に、奥行き d から求められる注目点 $S_d(u_v, v_v)$ の3次元位置情報と、カメラキャリブレーションによって与えられる多視点画像 I_n の射影変換行列 P_n から、多視点画像における注目点の観測位置 $m(u_n, v_n)$ とその観測カラー情報 $I_n(u_n, v_n)$ を見え方候補として獲得する。

複数の見え方候補が存在する場合、まず、撮影された位置が観察者視点から近い順番に見え方候補をソートする。そして、近い方から順に、注目点 $S_d(u_v, v_v)$ が他の3次元物体による隠れの影響を受けずに撮影されているかを調べ、隠れが発生している場合、見え方候補から除外する。次に、注目点 $S_d(u_v, v_v)$ が存在する物体表面の法線ベクトルを計算し、見え方候補が撮

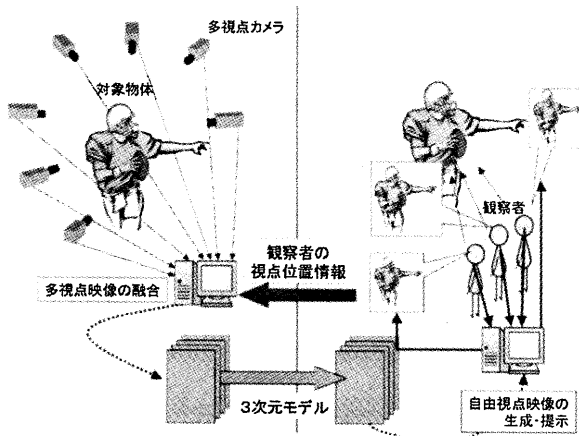


図6 観察者視点位置を考慮した自由視点映像生成方式
Fig. 6 3D Video Display System (Interactive)

影されている画面となす角度を求める。撮影位置が観察者視点から近く、かつ、この角度が最も小さい見え方候補を観察者視点画像上の観測位置にマッピングする。撮影された位置が観察者視点から近い見え方候補を優先することで、ハイライトのような急激な明るさの変化の再現が可能であり、隠れの影響を考慮することで、自然なテクスチャマッピングが実現できる。また、物体表面をできるだけ正面から撮影したテクスチャを利用することにより、より高解像度な見え方の再現が可能になる。

4. 平面の適応的配置手法

観察者視点の位置に関係なく多視点映像を融合する場合、あらゆる視点からの見え方を再現することが可能な3次元モデルを生成せざるを得ず、膨大な計算コストやデータ量が必要となる。本節では、図6に示すように、映像を提示する観察者視点、多視点カメラ、対象物体の相対的位置関係を考慮して平面を適応的に配置し、それらを用いて3次元形状推定を行うことで、自由視点映像の生成に必要な3次元モデルを効率よく生成する手法を提案する。

4.1 平面の向き

観察者視点画像上の点 m_v で観測される3次元空間中の点 T_g は、観察者視点 V_v と点 m_v とを結ぶ半直線上に存在する。一方、点 T_g の3次元座標が既知であれば、その点を多視点画像上に投影し、観測位置を計算することで、見え方(カラー情報)を求めることができる。つまり、観察者視点 V_v から点 T_g までの奥行き情報が与えられれば、多視点画像から点 m_v の見え方を取得することが可能である。観察者視点からの奥行き情報を表現するためには、平面は観察者視点画像面に対して平行に配置するのが適切である。

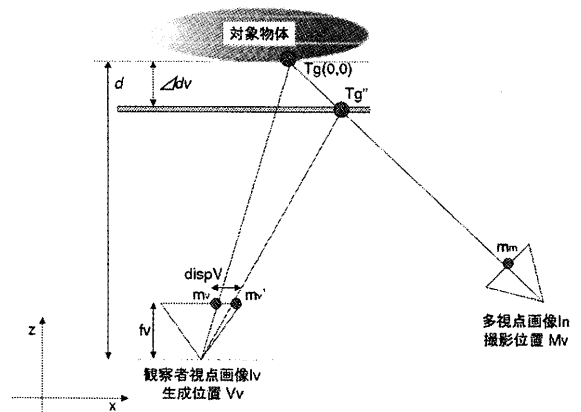


図7 平面間隔による観察者視点画像上での観測形状の歪み
Fig.7 The Distortion of 3D Shape on Observer's View

4.2 平面の空間分解能

平面の空間分解能とは、3次元形状を表現する平面を格子状に分割した各格子の大きさである。格子数と観察者視点画像の画素数が同じになるように分割を行うことで、観察者視点画像を生成するために必要な平面の空間分解能を求めることができる。つまり、奥行き d に設定された平面の格子の大きさ C_s は、式(2)のように表現される。このとき、 f_v は観察者視点画像の焦点距離、 P_{sv} は1画素の大きさを表す。

$$C_s = \frac{d}{f_v} \times P_{sv} \quad (2)$$

4.3 平面の間隔

平面の間隔を設定することは、観察者視点からの奥行き量子化を意味する。この量子化幅が小さいほど、正確な奥行き表現が可能になるが、必要以上に小さな平面間隔は、無駄な計算コスト・データ量の原因となる。一方、この量子化された奥行きと、実際に対象物体が存在している奥行きとが異なる場合には、多視点画像から観察者画像への射影関係に誤差が発生する。本節では、生成する自由視点映像の画質に影響を及ぼさない範囲にこの誤差を抑える平面間隔(量子化幅)の推定手法について説明する。簡単化のため、垂直成分を除去した XZ 空間において説明を行うが、3次元空間への拡張は同様の処理で行うことが可能である。

観察者視点画像上での観測形状の歪み

観察者視点画像 I_v 上の点 m_v で観測される対象物体上の点 T_g の3次元形状復元処理を考える。図7に示すように、この T_g が実際に存在する奥行き d に平面が配置されている場合、点 T_g の3次元形状は多視点画像 I_n 上の点 m_m での形状情報から正確に復元することができる。しかし、量子化により Δd_v だけ異なる

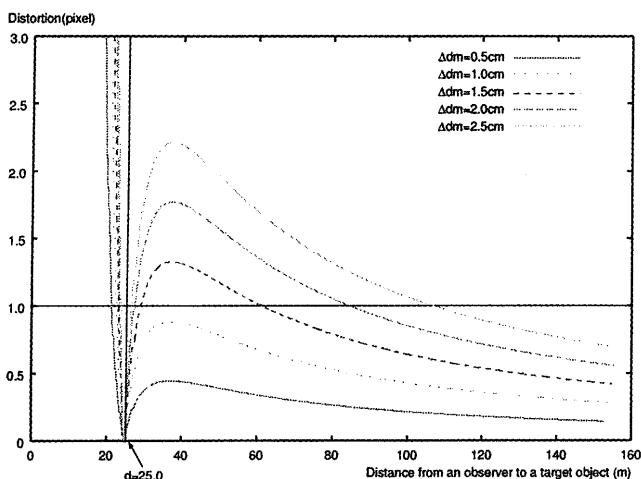


図8 観測形状の歪みの変化
Fig. 8 The Observing Distance vs. The Distortion of 3D Shape on Observer's View

る奥行きで T_g が表現される場合、多視点画像 I_n 上の点 m_m での形状情報により復元される3次元形状は点 T'_g の位置になってしまう。この誤差を含む復元結果の点 T'_g は、観察者視点画像 I_v 上の点 m'_v に射影され歪んだ形状が観測される。この観測形状の歪み $distV$ は、式(3)によって表される。このとき、観察者視点画像の焦点距離を f_v 、1画素の大きさを P_{sv} とし、観測点 m_v は画像中心から数えて k 番目の画素であるとする。また、多視点画像 I_n の撮影位置は、観察者視点位置から $T(tx, tz)$ だけ離れているものとする。

$$distV = \frac{\Delta d_v f_v}{d - \Delta d_v} \left(\frac{-1}{d - t_z} \left(\frac{d}{f_v} P_{sv} k - t_x \right) + \frac{1}{f_v} P_{sv} k \right) \quad (3)$$

0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5(cm) の5通りの Δd_v を設定し、観察者を移動させた場合の、観測形状の歪み $distV$ の変化を図8に示す。このとき、観察者視点は Z 軸上を5mから150mの範囲で移動し、多視点画像は $(0, 25m)$ において撮影されている。また、観察者画像と多視点画像の焦点距離、1画素の大きさは等しいものとする。

式(3)、図8より、観測形状の歪み $distV$ は、観察者視点から多視点画像撮影位置までの距離が小さいか、観察者視点から対象物体までの距離 d が大きくなるか、量子化誤差 Δd_v が0に近いと小さくなることがわかる。このうち、観察者視点から多視点画像撮影位置までの距離に関しては、観察者視点画像面と平行な X 方向成分 t_x が大きくなると大きくなり、観察者視点画像面と垂直な Z 方向成分 t_z が大きくなると小さくなるという特徴がある。この歪み $distV$ が、観察者視点画像の1画素の大きさ P_{sv} 未満になるように量子化誤差 Δd_v を設定することで、量子化による影響の

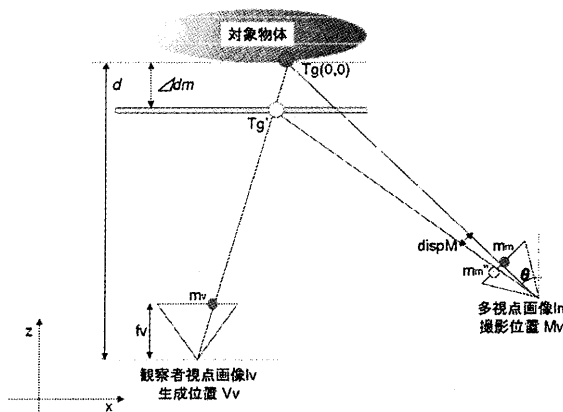


図9 平面間隔による多視点画像上での見え方の誤差
Fig. 9 The Re-sampling Error on Multiple Images

ない3次元形状復元処理を行うことが可能になる。

多視点画像上での見え方の誤差

観察者視点画像 I_v 上の点 m_v で観測される対象物体上の点 T_g の見え方推定処理を考える。図9に示すように、対象物体上の点 T_g の正確な奥行き d が与えられた場合、観察者視点画像 I_v 上の点 m_v では、多視点画像 I_n 上の点 m_m のカラー値が観測される。しかし、 T_g が量子化により Δd_m だけ異なる奥行きで表現される場合、観察者視点画像 I_v 上の点 m_v では、多視点画像 I_n 上の点 m''_m のカラー値が観測されてしまい、見え方に誤差が発生する。この見え方の誤差 $distM$ は、式(4)によって表される。このとき、観察者視点画像の焦点距離を f_v 、1画素の大きさを P_{sv} 、多視点画像の焦点距離を f_m 、1画素の大きさを P_{sm} とし、観測点 m_v は画像中心から数えて k 番目の画素であるとする。また、多視点画像 I_n は、観察者視点位置から $T(tx, tz)$ 平行移動し、 θ 回転した位置において撮影されているものとする。

$$distM = \frac{f_m}{P_{sm} \times S} (t_z(\alpha \sin \theta + \Delta d_m \cos \theta) - t_x(\alpha \cos \theta - \Delta d_m \sin \theta)) \quad (4)$$

ただし、 $S = (X \sin \theta + d \cos \theta + t_z)((X - \alpha) \sin \theta + (d - \Delta d_m) \cos \theta + t_z)$ 、 $X = \frac{d}{f_v} P_{sv} k$ 、 $\alpha = \frac{\Delta d_m}{f_v} P_{sv} k$ とする。

0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5(cm) の5通りの Δd_m を設定し、多視点画像撮影位置を移動させた場合の、見え方の誤差 $distM$ の変化を図10に示す。このとき、観察者視点は Z 軸上を5mから150mの範囲で移動し、多視点画像は $(0, 25m)$ において撮影されている。また、観察者画像と多視点画像の焦点距離、1画素の大

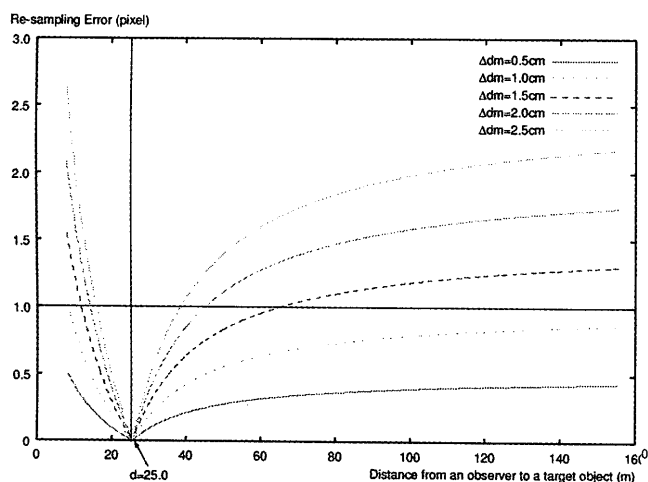


図 10 見え方の誤差の変化
Fig. 10 The Observing Distance vs. The Re-sampling Error on Multiple Images

きさは等しいものとする。

式(4), 図10より, 見え方の誤差 $distM$ は, 観察者視点から多視点画像撮影位置までの距離が小さいか, 量子化誤差 Δd_m が0に近いと小さくなるのがわかる。また, 観察者視点から多視点画像撮影位置までの距離に関しては, 図9に示すように, 両方の画像で対象物体が観測されるように回転角 θ が設定されている場合, 観察者視点画像面と平行な X 方向成分 t_x が大きくなると大きくなり, 観察者視点画像面と垂直な Z 方向成分 t_z が十分に大きくなると, 一定値に収束するという特徴がある。この見え方の誤差 $distM$ が, 多視点画像の1画素の大きさ P_{sm} 未満になるように量子化誤差 Δd_m を設定することで, 量子化による影響のない自由視点画像のレンダリング処理が可能になる。

以上のように, $distM$, $distV$ に対して平面間隔 Δd_m , Δd_v が求められる。 $\Delta d_m < \Delta d_v$ のときに, 間隔 Δd_m で平面を配置した場合, この平面間隔は観察者視点画像を生成するためには必要以上に細かすぎ, 冗長な処理の原因となる。このことから, より大きい平面間隔を選択することでこのような冗長性を除去し, 自由視点映像の生成に必要な3次元モデルを効率よく表現することが可能になる。

5. 実験

図11に示す大規模空間(大分県ビーコンプラザ)において, 空間をとり囲むように壁に16台, 天井に2台, 計18台の多視点カメラを設置して撮影実験を行った。図12に撮影した多視点映像の一例を示す。これら約25mの距離から撮影した多視点映像を用いて3次元形状推定及び自由視点映像の生成実験を行った。このとき, 多視点映像上の1画素の空間分解能は約0.7cm

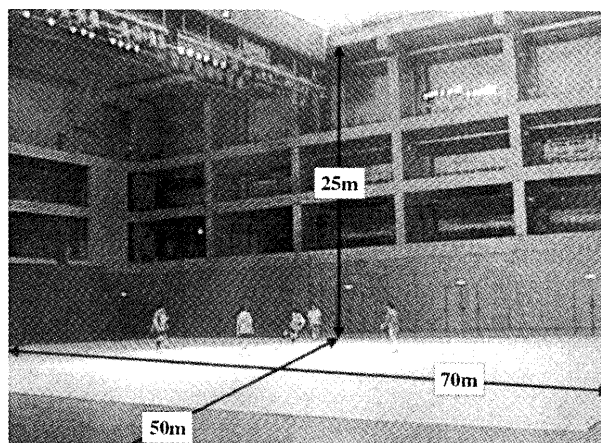


図 11 撮影実験会場: 大分県ビーコンプラザ
Fig. 11 B-con Plaza, Oita

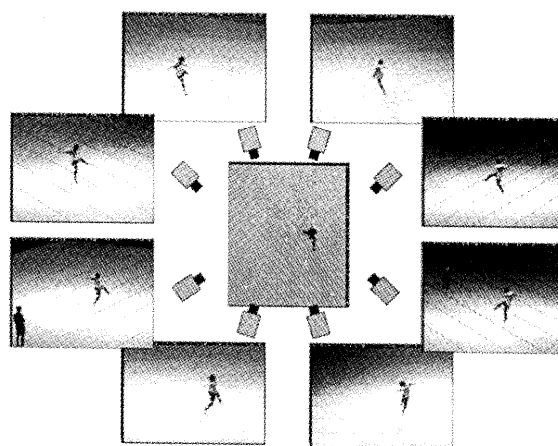


図 12 撮影した多視点映像例
Fig. 12 An Example of Captured Videos

であった。

観察距離が5mから150mまで変化するように観察者視点を移動させ, 各視点位置において, 観察者視点画面上での観測形状の歪みと, 多視点画像上での見え方の誤差が, 1画素以内になるように平面間隔を設定したときの3次元モデルの平面間隔とデータ量の変化を図13に示す。また, このときの観察者視点, 多視点カメラ, 対象物体の位置関係を図14に示す。データ量は, 対象空間を量子化するために必要な情報量であり, 断面枚数と各断面に含まれる格子数の積によって求められる。この結果から, 遠距離から観察を行う場合は, 生成画質を維持しつつ, 大幅なデータ量の削減が可能になることがわかる。

観察距離が25mのとき, 観察者視点と多視点カメラが最も近づくため, 4.節で述べたように, その付近では, 観察者視点画面上での観測形状の歪みと多視点画像上での見え方の誤差が小さくなる。平面間隔が急

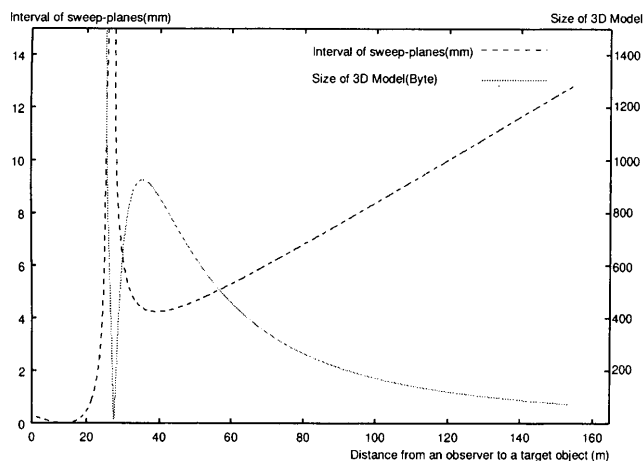


図13 観察距離と平面間隔，データ量の関係
Fig.13 The Observing Distance vs. Interval of planes and DataSize

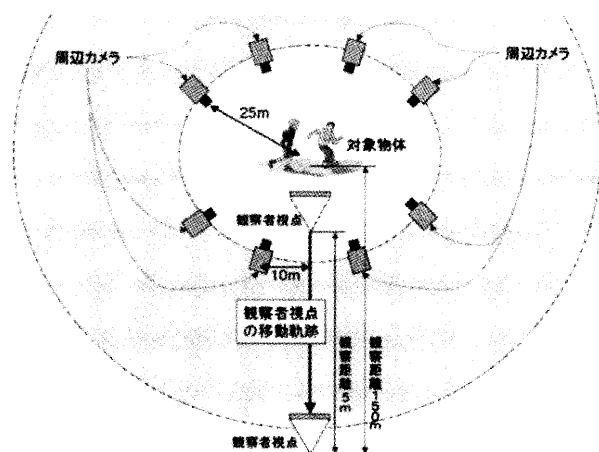


図14 観察者視点，多視点カメラ，対象物体の位置関係
Fig.14 The Relative Location of an Observer's Viewpoint, Multiple Cameras and A Target Object

激に増加し，データ量が急激に減少しているのはそのためである．観察者視点と多視点カメラの位置が完全に一致した場合，3次元形状は1枚の平面で表現することが可能になるので，平面間隔は無限大となる．

25m, 50m, 150mの観察距離を想定して生成した3次元モデルを用いて生成した自由視点画像を図15に示す．図の上段は，25m離れた観察者に提示することを前提として生成した3次元モデルを用いてレンダリングした画像であり，中段は50m，下段は150mの観察距離を前提としたものである．また，左から順に150m, 50m, 25m離れた視点においてレンダリングした自由視点画像になっている．各観察距離に対して適切な3次元モデルが生成され，ひずみのない良好な画像が生成されていることがわかる．

6. まとめ

大規模空間で行われる動きのあるイベントの自由視点映像生成・提示を目的とした我々の取り組みを紹介した．大規模空間に適した3次元形状データの表現手法について考察を行い，「観察者への提示を前提とする」という最近のCV研究の流れに沿って3次元モデル生成を再考した．3次元形状データを断面の集合によって表現する手法を採用し，その断面群を観察者視点，多視点カメラ，対象物体の相対的な位置関係から適応的に配置することで，大規模空間における自由視点映像を生成するために必要な3次元形状データを効率的に表現する手法を提案した．また，これらの平面を中間媒体として3次元形状を推定する手法と，推定した3次元形状を用いて自由視点映像を生成する処理について述べた．最後に，現実の大規模空間（大分県ビーコンプラザ）で行った多視点映像撮影実験によって獲得したデータを用いて自由視点映像の生成実験を行い，提案手法の有効性を確認した．

謝辞

本研究の一部は，通信・放送機構からの受託研究「仮想化現実技術による自由視点3次元映像スタジオ通信の実証研究」による．大分県での撮影実験を共同で行った，研究コンソーシアムの方々に感謝する．

参考文献

- [1] 北原，佐藤，大田，“多眼ステレオ法を用いた運動視差の再現可能な3次元画像表示-表示画像の生成と評価-”，テレビジョン学会誌，Vol.50，No.9，pp.68-76，(1996)
- [2] T.Kanade, P.W.Rander, P.J.Narayanan, “Virtualized Reality: Constructing Virtual Worlds from Real Scenes”, IEEE Multimedia, Vol.4, No.1, pp.34-47, (1997)
- [3] H.Saito, T.Kanade, “Shape Reconstruction in Projective Grid Space from Large Number of Images”, Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'99), pp.49-54, (1999)
- [4] S.Moezzi, A.Katkere, D.Y.Kuramura, R.Jain, “An Emerging Medium: Interactive Three-Dimensional Digital Video”, Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'96), pp.358-361, (1996)
- [5] W.Matusik, C.Buehler, R.Raskar, S.J.Gortler, L.McMillan, “Image-Based Visual Hulls”, ACM SIGGRAPH 2000, pp.369-374, (2000)
- [6] I.Kitahara, Y.Ohta, H.Saito, S.Akimichi, T.Ono, T.Kanade, “Recording of Multiple Videos in Large-scale Space for Large-scale Virtualized Reality”, Proceedings of International Display Workshops (AD/IDW'01), pp. 1377-1380, (2001)
- [7] I.Kitahara, H.Saito, S.Akimichi, T.Ono, Y.Ohta, T.Kanade, “Large-scale Virtualized Reality”, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2001) Technical Sketches, (2001)
- [8] 北原，大田，“多視点映像の融合によるスポーツシーンの自由視点映像生成-3次元形状表現用平面の適応的

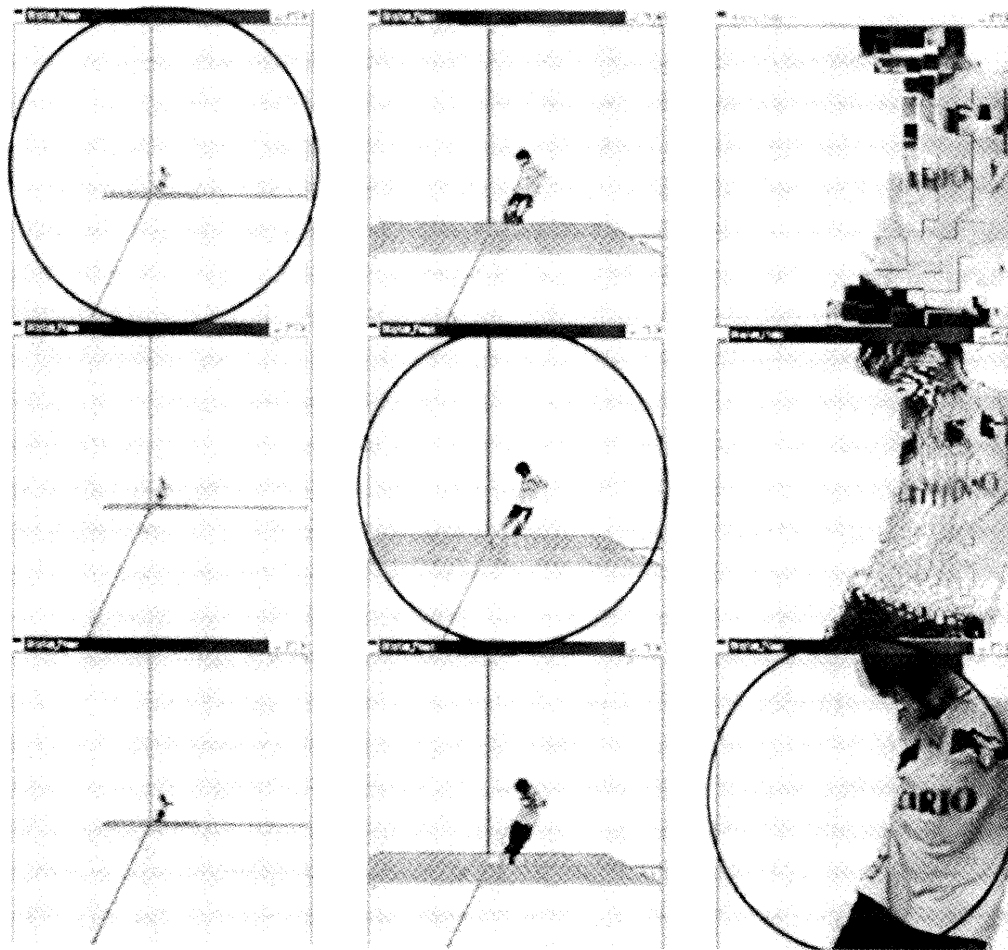


図 15 自由視点映像生成結果
Fig. 15 Observer's View Images

- 配置”, 信学技法 PRMU2000-189, pp.23-30,(2001)
- [9] 石川, 北原, 大田, “規模空間の多視点映像を用いた運動視差の再現可能な自由視点映像提示”, 信学技法 PRMU2000-190, pp.31-38,(2001)
- [10] 大田, “3次元画像メディアとコンピュータビジョン-ロボット技術としての CV からメディア技術としての CV へ”, 情報処理学会誌, Vol.37, No.11, pp.981-986,(1996)
- [11] S.M.Seitz,C.R.Dyer, ”View Morphing”, ACM SIGGRAPH 96,pp.21-30,(1996)
- [12] 北原, 大田, “大規模空間の多視点映像を用いた自由視点映像生成・提示～3次元表現用モデルの適応的切替え～”, 3次元画像コンファレンス 2001, pp.37-40,(2001)
- [13] 北原, 大田, “多視点映像の融合による大規模空間中の人物像の自由視点映像生成-観察距離に対して適応的に変化する3次元形状表現モデル-”, 日本 VR 学会第 6 回大会,pp.231-234,(2001)
- [14] R.T.Collins, “A Space-Sweep Approach to True Multi-Image Matching”, Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '96), pp.358-363,(1996)
- [15] R.Szeliski, “Image Mosaicing for Tele-Reality Applications”, Digital Equipment Corporation Cambridge Research Lab Technical Report,(1994)

[著者紹介]

北原 格 (正会員)



1996 年筑波大学大学院理工学研究科了。シャープ株式会社 技術本部映像メディア研究所を経て、2000 年筑波大学先端学際領域研究センター助手。コンピュータビジョン、複合現実感に関する研究に従事。2001 年電子情報通信学会学術奨励賞受賞。

大田 友一 (正会員)



1977 年京都大学大学院博士課程了。京都大学情報工学科助手、筑波大学電子・情報工学系講師、カーネギーメロン大学計算機科学科客員研究員、筑波大学電子・情報工学系助教授を経て、1992 年同教授、1999 年より、同大学機能工学系教授、工学博士、画像情報処理、コンピュータビジョン、知能情報メディア、複合現実感の研究に従事。

(2002 年 1 月 31 日受付)