

# 「高精細・立体・臨場感コンテンツ技術の研究開発」

(財) NHKエンジニアリングサービス 小林 希一

Kiichi Kobayashi

## 1. 研究開発の概要

本研究開発は、立体物の実写映像を電子映像部品（立体映像部品）としてコンテンツ制作に利用することを目的としており、次の2研究開発課題から構成されている。

### ア. 「物体を立体映像情報として部品化する技術」

### イ. 「部品化した立体映像データと実写映像を合成するコンテンツ制作技術」

上記課題のア. は立体物の高精細実写映像からその形状データ（奥行き情報）、テクスチャデータ、表面反射特性データ等を抽出し、データ量を高度に圧縮して立体映像部品を作成する技術であり、イ. は圧縮された立体映像部品データから高精細でリアリティの高い映像を再構成して臨場感のあるコンテンツ制作に利用する技術である。

## 2. 研究開発の内容

### 2-1 研究開発の背景

衛星および地上放送のデジタル化、ネットワークやパッケージ系を介しての映像情報サービスの普及など、デジタルマルチメディアが急速に進展す

る中、サービスの内容、即ち、コンテンツの量的不足が大きな問題とされ、コンテンツを効率的かつ安価に制作、処理、流通させるための技術が極めて重要になってきている。

例えば、パーソナルコンピュータ上で実写に基いた立体映像部品とカメラの実写映像を違和感なく合成すること（高度仮想スタジオ）ができれば、誰もがどこでも自在にリアルなコンテンツを制作することができるようになる。また、大道具や小道具を必要とせず、制作スタジオも不要になって、コンテンツ制作のコストは著しく軽減される。

このような技術はゲームソフトやテレショッピング用のコンテンツの高画質化、制作の効率化、低コスト化につながり、服飾デザインやCAD用データの取得、さらには美術品等各種映像アーカイブへの応用など、極めて広範囲の応用が期待できる。また、将来的にはコンテンツ制作における新たな映像表現手法の開拓につながることも期待できる。

### 2-2 研究開発の目標と内容

本研究開発の目標と具体的な研究内容を表1に示した。

表1 研究開発の目標と内容

課題と目標	具体的開発内容
課題 ア. 物体を立体映像情報として部品化する技術 目標： 実写から得られた立体物の映像情報を、数MB程度にまで圧縮し、あたかも立体的な部品（立体映像部品）のように取り扱える映像処理技術の開発	<ul style="list-style-type: none"><li>・実写と同程度にリアルな立体物の映像を再構成できる立体映像部品作成のための撮像手法と形状計測技術の確立</li><li>・立体物映像データを、3次元形状データ、テクスチャデータ等を含めて数MB程度にまで圧縮・符号化した立体映像部品の作成</li><li>・立体物映像部品のデータ構造・記述法等の提案とデータベース化</li></ul>
課題 イ. 部品化した立体物映像データと実写映像を合成するコンテンツ制作技術 目標： 立体映像部品データと実写映像を合成し、誰もが容易な操作により、臨場感の高いコンテンツを自在に制作できる技術の開発	<ul style="list-style-type: none"><li>・立体映像部品から実写と同程度に高精細（1,000×2,000画素程度）で、任意の照明下で自然な色調やコントラストを持つ映像を再構成する技術の開発</li><li>・再構成映像と実写映像のリアルな合成を可能とし、コンテンツを自在に制作できる技術の開発</li></ul>

表1に示したように、本研究開発では立体物のモデリングの高精細化と、立体映像部品から任意の照明条件下の映像を再構成する技術の開発が第一の課題となる。前者についてはこれまで、接触型・非接触型形状計測技術を含めて多くの方法が提案されているが、画質的に実写映像と合成してコンテンツを制作できるレベルにない。また、後者に関しては研究例が少なく、実写映像との合成時における違和感が実用上の大きな問題として指摘されている。

本研究開発では前者について、連続する多数のフレーム画像を用いた多視点画像マッチング法を基本として形状計測の高精細化・高精度化を図る。また、後者については立体物の表面反射モデルの高度化とそのパラメータ取得法の改善、照明条件の排除法の検討等を行い、立体映像部品と実写映像との合成時における違和感の低減を図る。

### 3. 研究開発実績

平成11年度は上記2つの研究開発課題に対して、ア.の要素技術の構築に重点をおいて各種検討・実験・検証を進めた。この中で特に、本研究開発の出発点でもある立体物の形状計測技術については、提案の手法、即ち、連続するフレーム画像を用いた多視点画像マッチング法のアルゴリズムについて詳細な検討と検証実験を行い、高精細な形状計測が可能であるとの見通しを持つに至った。

各研究項目毎の研究開発実績は以下の通り。

#### ア.「物体を立体映像情報として部品化する技術」

##### アー1 要求条件

立体映像部品の具体的な応用例としてハイビジョンバーチャルスタジオでの使用を想定し、そこで満たすべき立体映像部品の基本的要件を検討した。そして、立体物の形状計測の精細度、圧縮可能なデータ量等について、実現可能性を含めて検討し、目標値を定めた。この中で形状計測の精細度については、人間の視覚特性に関する主観評価実験の結果[1]を参考とし、被写体を1.3mの距離から撮影している本実験装置の場合、正対時の外形エッジの計測誤差として0.4画素以下を目標とすることとした。

##### アー2 立体物撮像手法

前年度導入した実験用撮像機構を用い、陶器製の一輪挿しなどを被写体サンプルとして、形状計測の検討・実験を進めながら撮像手法の検討を行った。その結果、撮像系のキャリブレーション、即ち、ロ

ーターテーブルの回転座標系とカメラ座標系の整合のとり方が、形状計測時のブロックマッチングにおける評価関数の特性に影響を与えることが明らかになり、整合をとるための具体的手法を構築した。

また、照明条件やカメラパラメータ、レンズパラメータとブロックマッチングの良否について実験・検証を行い、マッチングの取れやすい撮像条件を明らかにした。

一方、リアリティの高い再構成画像を得るためには、被写体表面の反射モデルの高度化、モデルパラメータの正確な取得が極めて重要となる。これらに関する基礎的検討を行うため、幾何光学系の設計、計測用治具の製作、撮像機構制御プログラムの作成などを進め、データの収集に着手した。これまでの結果によれば、被写体の材質によっては従来の二色性反射モデルでは不十分で、改良の必要があることが明らかとなった。

その他、被写体撮像時におけるレンズパラメータの値など、撮像条件に関するデータの取得と確実な管理を目的として、装置の製作・導入を図った。

#### アー3 3次元画像解析

多視点のフレーム画像を用いた立体物の3次元形状の計測アルゴリズムについて検討・実験検証を進め、一定の信頼度で精細な形状計測を可能とするアルゴリズムを構築した。主な手順は以下の通り。

- ① 多視点の画像全体のマッチング法として2段階ブロックマッチング法を採用することとし、入力画像データは図1に示す通り、 $\pm 10^\circ$ の範囲から取得する。

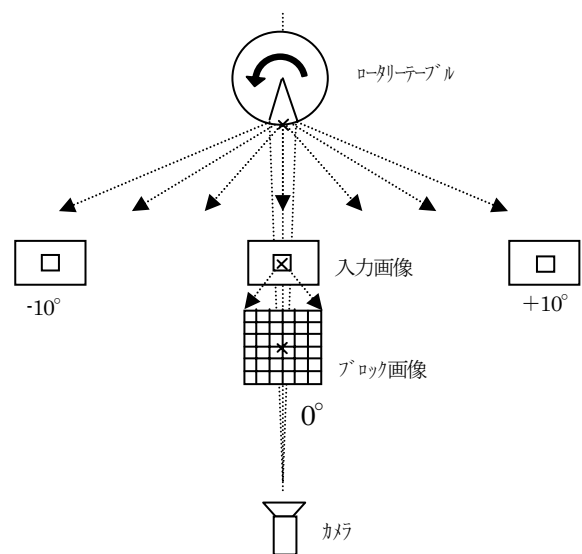


図1 画像データ取得法

② 1次マッチングでは、回転角 $2^\circ$  毎の画像1枚を使い、最端画像の中央画像からのシフト量を $\pm 1$ ピクセルの精度で求める。具体的には上記シフト量を仮定して各画像からブロック画像を作成し、複数のブロック画像全体のマッチングの評価関数を計算する。評価関数は、N枚の画像から任意に2枚の画像を選ぶ組み合わせ全てについての2画像間の相関係数の総和、即ち、(1)式を用いる。そして、シフト量を変数として上記を繰り返し、評価関数のピーク値からマッチング時のシフト量を求める。

$$E = \sum_{i=0}^{N-2} \sum_{j=i+1}^{N-1} cor(Block_i, Block_j) \cdots (1)$$

③ 2次マッチングでは、 $\pm 10^\circ$  内の画像N枚から縦横4倍の拡大画像を作成して1次マッチングと同様に評価関数を計算する。シフト量の探索範囲は1次マッチングで得られた結果の $\pm 2$ ピクセルの範囲とする。この時のサンプリング間隔は原画像の0.25ピクセルである。この評価関数のピーク値近傍の1次微分結果を直線近似し、そのゼロクロス点からマッチングシフト量を求める。

実際の計測においては、入力画像にテクスチャの特徴が少ない場合、鏡面反射領域が多い場合、輝度信号レベルの変化がノイズに対して小さい場合等においてマッチングが困難となる。特に、1次マッチングの信頼度が低い場合には2次マッチングで良好な結果が得られない。このため、ロバストな1次マッチングのアルゴリズムを検討・構築した。

図2はその一例であり、相関係数に窓関数を乗じ

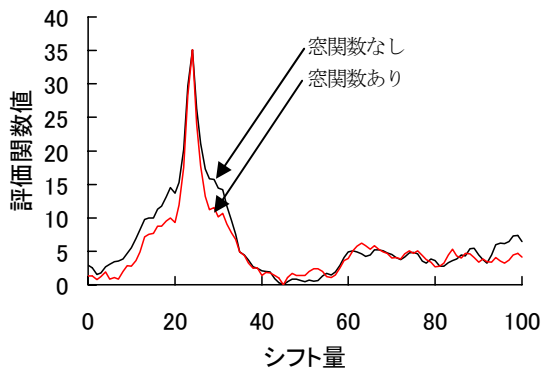


図2 1次マッチングの結果例

た後、評価関数を計算したもので、1次マッチングの選択性を改善している。この他、評価関数のピークの信頼度の評価、周辺のマッチングシフト量を参

照したシフト量探索など、マッチングシフト量の決定手順にも工夫を施している。

また、2次マッチングにおいては、より少ない画像数で計測誤差を小さくするための新しい計測アルゴリズムを考案した。これは奥行き計測の誤差が画像間の距離、即ち、ステレオマッチングにおける基線長に反比例して小さくなることを利用し、相関係数に画像間距離に応じた重み係数を乗じた後、評価関数を計算する手法である。これにより、計測誤差は $1/\sqrt{N}$ から $1/N$ に改善される。

図3に2次マッチングの結果例を示す。

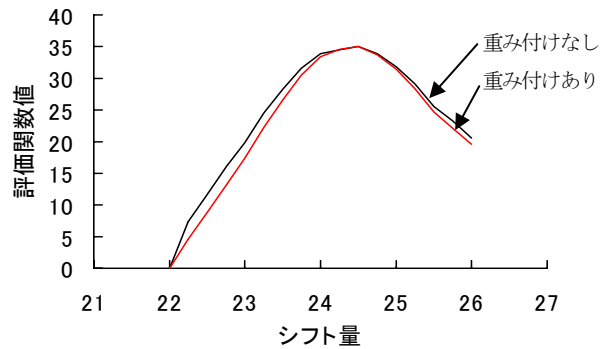


図3 2次マッチングの結果例

上記計測アルゴリズムによる計測実験結果の一例を図4から図7に示す。



図4 原画像

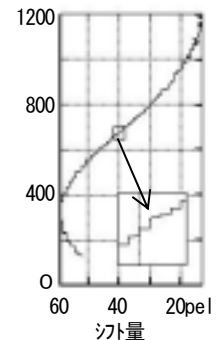


図5 1次マッチング結果

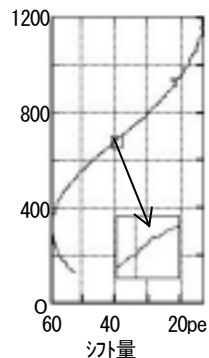


図6 2次マッチング結果



図7 ボクセル投影図

以上詳細に記述したように、実用上、目標の精細度で立体物の形状計測が可能な方法を構築するに至ったが、本提案手法は基本的にはブロックマッチングに基づくものであり、ブロック画像内に特徴点が無い場合、あるいは隠面部分の計測等には適用が困難である。その場合の一方策として、他の計測方法による計測結果とデータをマージすることが考えられ、その基礎的検討を開始した。

#### アー4 3次元モデリング

立体映像部品への応用を目指した3次元モデルとしては、任意視点の映像が再構成可能であると同時に、任意の照明条件下での映像が再構成できることが重要な条件であり、この点から本研究開発では従来のモデリング (Image-Based Modeling) 技術の高度化を図ることにより、リアルな映像の再構成を目指すこととした。

本年度はそのための要素技術について総合的に調査・検討を進めた。また、典型的な被写体サンプルを想定し、高画質な画像再構成を可能とするためのデータ量が、形状データ、テクスチャデータ、反射特性データ等を含めてどの程度になるか、また、データ圧縮によりどの程度までデータ量を低減することが可能かを検討した。その結果、トータルで数MB程度のデータ量 (目標値) に圧縮することは実現可能であるとの見通しが得られた。

#### アー5 データベース化

近年、各種映像アーカイブの構築やインターネットを介しての各種映像サービスの提案等が盛んに行われている。しかしながら、立体物の映像を部品化し、それをデータベース化してコンテンツ制作に利用する技術の開発は進んでいない。今後、そのデータベース化について具体的な検討を進める。

### イ. 「部品化した立体映像データと実写映像を合成するコンテンツ制作技術」

#### イー1 要求条件

バーチャルスタジオのハイビジョン化の動きや、例えばOrad社のバーチャルスタジオ用ビジュアルシステム等、関連先端技術の動向調査を進めた。また、再構成画像と実写映像との合成において違和感を少なくするための条件や、バーチャルスタジオでの映像デザインについて、放送局の番組制作担当者からの意見を聞くなどして調査・検討を行った。

その結果、いわゆるポストプロダクション処理と

の棲み分けを考慮してシステム設計することが重要であるとの知見が得られた。

#### イー2 映像再構成技術

立体映像部品から任意照明下で自然な色調やコントラストを持つ高画質な映像を再構成する技術は、立体映像部品の作成技術と密接な関係があり、研究開発課題ア. の3次元モデリング技術の検討と併せて基礎的な検討を進めた。

具体的には、撮像時の照明条件を排除したテクスチャ取得法、ポリゴン数と画質の関係、テクスチャマッピング法、表面反射特性のモデル化とパラメータの取得法などについて一部実験を含めて検討を進めた。なお、よりリアルな画像再構成のためのディテール再現法、シャドウ発生法、エイリアス削減等の技術は今後の検討課題としている。

#### イー3 実写映像との合成技術

ハイビジョン番組制作におけるCGの利用状況や、CG制作ソフトウェアのリアリティ向上に向けた動きなどの調査・検討を進めるとともに、立体映像部品からの再構成映像と実写映像とを合成するための実験システムについて、その構成等を検討した。

### 4. まとめ

平成11年度は研究開発課題ア. の要素技術の構築に重点をおいて各種検討と実験・検証を進め、立体物の形状計測技術については、提案の手法、即ち、連続するフレーム画像を用いた多視点画像マッチング法で高精細な形状計測が可能との見通しを得るに至った。また、研究開発課題イ. の高画質な映像再構成法については、3次元モデリングの検討と併せて、例えば撮像条件を排除したテクスチャデータの取得法等、モデルデータの取得法を中心に具体的な検討を進めた。

(参考文献)

- [1] 蓼沼他, “立体画像における奥行き情報の擾乱と画質の関係”, 1998年映像情報メディア学会年次大会予稿, 14-6
- [2] 米国におけるデジタルアニメーションに関する調査、(財)新映像産業推進センター開発委員会 (1999. 8)
- [3] マルメディア白書1999: 通産省機械情報産業局監修 (1999. 7)
- [4] B. Lichtenbelt et. al. : Introduction to Volume rendering, Hewlett Packard (1998)
- [5] 三谷政昭: デジタルフィルデザイン, 昭晃堂 (1996)

研究者一覧

所 属	氏 名
財団法人 NHKエンジニアリングサービス	
リサーチ・テストセンター 次世代コンテンツ研究室	小林 希一
先端技術開発部	石田 順一
先端技術開発部	山口 孝一
マルチメディア開発部	長谷川 健
マルチメディア開発部	野尻 裕司

研究委員会委員

所 属	氏 名
財団法人 NHKエンジニアリングサービス	
リサーチ・テストセンター 次世代コンテンツ研究室	小林 希一
先端技術開発部	石田 順一
先端技術開発部	山口 孝一
マルチメディア開発部	長谷川 健
マルチメディア開発部	野尻 裕司
NHK放送技術研究所	
(マルチメディアサービス)	下田 茂
(マルチメディアサービス)	井上 誠喜
(マルチメディアサービス)	三ツ峰秀樹
(次世代符号化)	蓼沼 眞
三洋電機株式会社	
東京情報通信研究所 新情報処理研究室	北村 徹
東京工業大学	
情報理工学研究科計算工学専攻	中嶋 正之
精密工学研究所	齋藤 豪