

## 仮想講義空間共有型遠隔講義システムにおける臨場感向上手法

4S-3

芝原康弘\*、平井伸幸\*、清水敏夫\*\*

(\*通信・放送機構 奈良リサーチセンター、

\*\*通信・放送機構 奈良リサーチセンター/松下電器産業(株) マルチメディア開発センター)

### 1. はじめに

奈良リサーチセンターでは、3次元CGを利用した仮想講義空間生成技術とインターネット等を用いた多地点での情報共有技術を組み合わせた仮想講義空間共有型遠隔講義システムの開発・研究を進めている<sup>1)</sup>。本システムは、講師を撮影したカメラ映像とそのカメラ操作に連動したCG仮想講義室とのリアルタイム合成を行うことにより、講師があたかも仮想講義室に入り込み講義を行っているかのような臨場感あふれる仮想講義空間を生み出す。さらにさまざまな場所にいる受講生の理解度などの情報をインターネットを介して取得・共有し、それら情報を仮想講義空間に時々刻々反映するなど、多地点間での情報共有を特長とするものである。

本稿では、本システムの臨場感をより向上させるための手法について述べる。臨場感をもたせるためには、まず第1に人物や物を撮影するカメラ(実写カメラ)の動き(ズーム、フォーカス、パン、チルト)に正確に連動したコンピュータ上の仮想的なカメラ(仮想カメラ)によるCG仮想講義室生成が必要である。そのための仮想カメラと実写カメラとの特性整合方式について報告する。第2に実写人物とCG仮想講義室とを合成する際の奥行き整合も重要なポイントであり、この実写・CG画像の奥行き整合方式についても報告する。

### 2. 実写カメラと仮想カメラの特性整合方式

本システムでは、講師などの実際に存在する人物や物を撮影するカメラ(実写カメラ)と、3次元CGを利用して作成するCG仮想講義室を撮影するためのコンピュータ上の仮想的なカメラ(仮想カメラ)の2種類を用意する。この2種類のカメラの映像を合成し、仮想講義空間を生成するが、仮想カメラ情報が実写カメラおよびレンズの振舞いと正確に一致していない場合、実写カメラをパン、チルト、ズーム等した際に、実写カメラ映像と仮想カメラ映像が正しく連動せず、実写人物の足元が滑っているように見えるなど合成映像に大きな違和感が生じ、臨場感を損ねることとなる。

通常、仮想カメラはカメラの位置、方向ベクトル、上方ベクトルと画角で定義でき、これらが実写カメラと一致すべき特性である。この内、方向ベクトル及び上方ベクトルは、実写カメラの雲台に取り付けたロータリーエンコーダによって撮影時に算出することができる。以下では、仮想カメラの位置整合方式と簡便かつ高精度な画角整合方式について述べる。

### 2.1 仮想カメラ位置整合方式

図1は、実写カメラレンズ概念図を示す。実写カメラレンズは、通常多数のレンズ群から構成されているが、光学的な作用は原理的に見れば1枚のある厚みを持った凸レンズの働きと等価である。また、ズーム、フォーカスを操作することによりこの厚みも変化する(これによりCCD撮像面に写し込まれる範囲、すなわち画角 $\theta$ が変化する)。このような特性を持つレンズのどの位置を仮想カメラ位置と対応付けるかという問題がある。従来、仮想カメラ位置を実写カメラのある位置、例えば、レンズ筒中心に固定して対応付けている場合が見られるが、ここでは実写カメラレンズ位置と仮想カメラ位置が正確に一致していないため、実写カメラをパン、チルトした場合、実写カメラ映像と仮想世界が正しく連動しなくなり、いわゆるすべり状態が生じ、合成映像は臨場感に欠けてしまう。

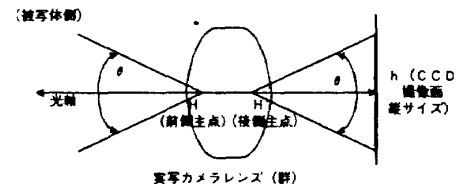


図1 実写カメラレンズ概念図

そこでわれわれは光学理論に従い前側主点Hと呼ばれる位置を仮想カメラの位置とした。この前側主点H情報は、ズーム、フォーカスにより変化するためレンズメーカーに測定を依頼し、その結果を用いることとした。

### 2.2 仮想カメラ画角整合方式

仮想カメラの画角については、レンズメーカーから提供されるレンズデータ等から理論値画角を求め、これを利用することが考えられる。図2は、あるレンズ(品番:FUJINON A14 X 8BERM)の理論値画角とこれと同じ品番である3つの実際のレンズに対する画角調整(キャリブレーション)を行なった結果を示す。

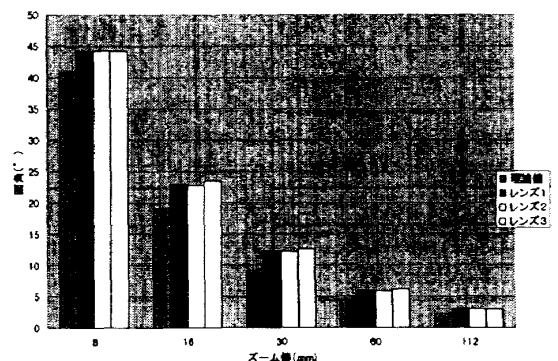


図2 レンズキャリブレーション結果(フォーカス 5m)

Methods of Improving Presence on Remote Lecture System with Shared Virtual Lecture Space

Yasuhiro Shibahara\*, Nobuyuki Hirai\*, Toshio Shimizu\*\*

\*Telecommunications Advanced Organization of Japan Nara Research Center

\*\* Telecommunications Advanced Organization of Japan Nara Research Center/Matsushita Electric Industrial CO.,Ltd

図2から、理論値画角はあくまで理論値であり、実際のカメラレンズ画角とはズームによる傾向こそ同じであるが、かなり異なっていることがわかる。また、同一レンズ品番のレンズであっても、レンズの加工精度等により個体差があるため、キャリブレーション後の画角はレンズ毎に微妙に異なることを示しており、レンズ個々にキャリブレーションする必要があることがわかる。これらの結果から、簡便で精度の良い画角整合方式の確立が重要となる。われわれは、図3に示すようなキャリブレーション環境を構築した。

キャリブレーション環境において、キャリブレーション用チャート紙を実写カメラで撮影し、仮想カメラでもキャリブレーション用チャート紙と同じ寸法のCGチャートを画像生成し、これら2つの映像を合成する。実写カメラには、アナログ信号でレンズのズーム、フォーカスを制御できる機構があることを利用し、キャリブレーションPCにより、あらかじめ決めておいた画角サンプリングのためのズーム、フォーカス値（通常、レンズ筒に示された目盛り値）にレンズ状態を自動設定し、その時点で実写チャート紙とCGチャートがちょうど重なるように仮想カメラの画角を調整する。レンズのズーム、フォーカス設定を自動化することにより、微調整を行なう際、正確に以前のズーム、フォーカス値を再現することが出来、キャリブレーション作業が効率よく行なえることとなる。

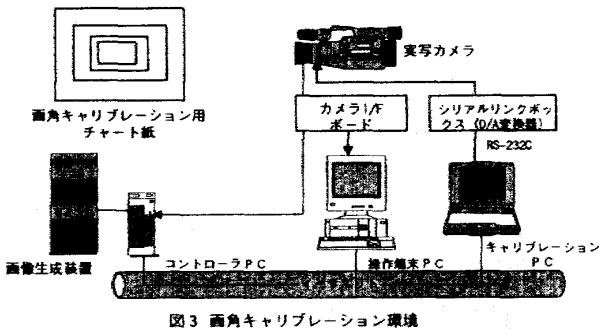


図3 画角キャリブレーション環境

### 3. 実写・CG画像の奥行き整合方式

いかにも実写人物がCG仮想講義室に入り込んだ映像を作り出すための奥行き整合方式は臨場感を高める上で非常に重要である。撮影した実写画像は2次元画像であるが、3次元CGによる仮想講義室映像の各画素は奥行き値も含め3次元情報を持つことが出来る。あらかじめ実写画像に与えた一定の奥行き値とCG画像生成時に得られる仮想講義室映像の各

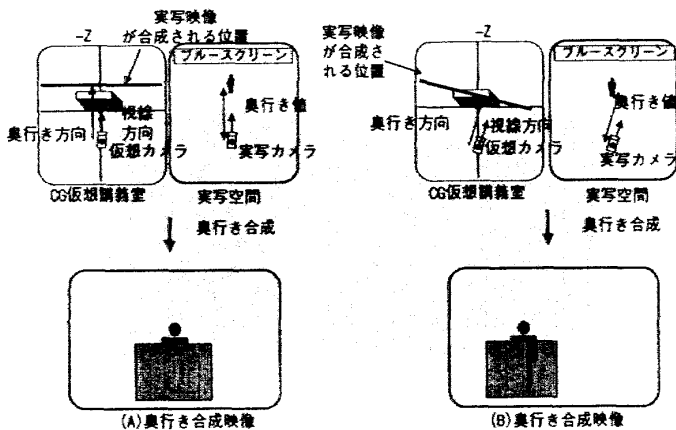


図4 視線方向奥行き合成方式

画素毎の奥行き値を比較することにより、奥行き合成を実現する。

従来のシステムでは、通常のCG画像生成アルゴリズムでの考え方にに基づき、図4(A)に示すように、仮想カメラの視線方向（これは実写カメラの視線方向に運動している）に沿って仮想講義室映像の各画素の奥行きを求める方式（視線方向奥行き合成方式）をとっている。ところが、この方式で実写映像と仮想講義室映像の合成を行った場合、視線方向によっては臨場感を損なう場合がある。

例えば、図4(B)に示すように、カメラの視線方向が鉛直方向より右にパンした場合、実写映像の一部が仮想講義室内の3次元CG内の物体より手前になった映像となり、意図する映像とは異なったものになってしまう。この現象は、カメラを左にパンした場合や上下にチルトした場合も生じ、臨場感を著しく低下させることとなる。そこで、この問題を解決するため、われわれは新たに固定方向奥行き合成方式を提案し、本システムに実装した。

### 3.1 固定方向奥行き合成方式

図5に固定方向奥行き合成方式の概念図を示す。仮想講義室の各CG物体は、実写空間のブルースクリーンに平行に置かれることが多いことと実写カメラは基本的にブルースクリーン方向を向いていることを利用し、常に仮想カメラの位置から仮想講義室座標系のZ軸方向（実写空間のブルースクリーンに対して鉛直方向を意味する）に沿って仮想講義室映像の各画素の奥行きを計算する。これにより、カメラのパン、チルト操作を行なっても実写人物が不自然に見え隠れすることがなくなり、自然な合成映像を作りだすことが出来る。

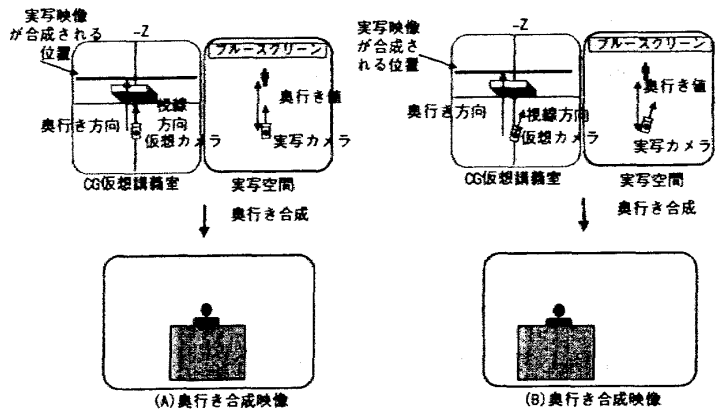


図5 固定方向奥行き合成方式

### 4. まとめ-今後の課題-

実写カメラと仮想カメラの特性整合方式に関しては、画角キャリブレーション環境を構築したが、一部人手（目）を介することがあるため簡便性や精度の点で十分とは言えない。今後は、コンピュータビジョン、画像処理技術を適用した画角キャリブレーション環境を検討する。また、実写・CG画像の奥行き整合方式についても、現状では、実写映像に対する奥行き値が一つだけであるため実写人物がCG物体を抱きかかえるような映像ができないなど課題が多い。まず、実写映像の複数奥行き値対応の検討を進めていく。

### ・参考文献

[1] 平井他: 仮想講義空間共有型遠隔講義システムに関する一考察、情処第54回全国大会、5P-7(1997)