

## 遠隔教育用カメラ遠隔制御支援方式の検討

Aiguo He<sup>†</sup> 程 子 学<sup>†</sup> 趙 悦<sup>††</sup>

リアルタイムの遠隔講義などでは教師側から遠隔教室側のカメラを遠隔操作することが望ましいが、現在のカメラ遠隔制御システムのユーザインタフェースはボタンが羅列されているコントローラやコンピュータの制御画面のみであり、操作しにくく、講義の進行に影響を与える。

本研究は、コンピュータを利用して少ない操作でカメラの遠隔制御などを実現する方法について提案する。本論文は提案の原理および制御システムの外部設計についてのべる。

### A Camera Remote Control Technique for Distance Education

AIGUO HE,<sup>†</sup> ZIXUE CHENG<sup>†</sup> and YUE ZHAO<sup>††</sup>

In realtime distance education environment, it is preferable for the lecturer to remotely control the cameras located in remote classroom. But most present camera remote control systems only provide simple user interface: a panel or a window on computer screen, with buttons on it. Such kind of user interface is not easy to use in an actual distance lecture class. We propose a technique, by which the remote control is simple. This paper describes the principle of the proposal technique and external design of the control system.

#### 1. はじめに

ネットワークのブロードバンド化と通信設備の高性能化に連れリアルタイムで双方向の遠隔教育活動（遠隔講義や遠隔ゼミなど）が盛んになっているが、遠隔教室の撮影手段が不可欠であり、撮影カメラの運用が重要である。

特に教室側のカメラの使用目的としては「教室全体の動きの把握」と「討論時の会話相手の反応の把握」のほか、「講師から特定の会話相手の指定」が挙げられる。これらを実現するために講義中のカメラ操作が必要であるが、遠隔教室側のカメラワークスタッフは必ずしも講師の意思通りに操作するとは限らない。またカメラワークスタッフの存在が教室の雰囲気に影響を与える恐れがある。このためサイト間のカメラ遠隔操作が望ましい。

カメラの遠隔操作はテレビ会議システムなどで提案されている<sup>1)</sup>。既存の遠隔教育システムにも遠隔操作カメラが導入されている例がある<sup>2)</sup>。また遠隔操作を想定したネットワークカメラ<sup>3)</sup>や映像音声転送装置<sup>4)</sup>

が市販されている。ネットワークカメラには通常、パーソナルコンピュータ（以降PC）上で作動する遠隔操作ツールやC言語のカメラ制御APIを提供している。

しかし既存のカメラ遠隔制御システムやツールではズーム、パン(pan)、チルト(tilt)といった、カメラの基本操作のみが考慮されている。このため実際のカメラ操作はこれらの基本操作の組み合わせとなり、複雑である。例えばアングル操作（パンとチルト）を行うと撮影方向が変わりかつ対象物とカメラ間の距離も変わるため、アングル操作後のズーム調整が必要となる。また、アングル速度が常に一定であるため、ズーム量が大きいほどアングル操作の時に映像中の物体の見かけ上の移動速度が速くなり、カメラの動かしすぎが生じやすくなる。このように遠隔授業中の講師にとってカメラの遠隔操作の操作性が問題となる。

また操作性向上のためのアングル、ズームをセットにしたプリセット機能を提供するシステムもあるが、座席の使用状況が常に変化するような遠隔授業には不向きである。

一方、遠隔教育活動でのカメラ使用には以下の特徴がある。

- カメラの位置が固定である。
- 撮影対象（教室や講堂、会場など）の3次元情報は把握可能である。

以上の特徴を考慮して、既知のカメラ位置情報や撮

<sup>†</sup> 会津大学コンピュータ理工学部

Department of Computer Software, University of Aizu

<sup>††</sup> 広島国際学院大学 情報工学部

Department of Computer Science, Hiroshima Kokusai Gakuin University

影対象に関する3次元情報を利用した、より操作性の良い制御方法が考えられる。

本論文は上記の観点から遠隔教室側のネットワークカメラの自動補正制御を提案する。提案システムは筆者らが提唱しているリアルタイム双方向遠隔教育支援環境 RIDEE<sup>5)</sup> の一サブシステムとして位置づける。

以下、第2章では自動補正制御の詳細について述べ、第3章では制御システム実装のための設計について述べる。

## 2. 自動補正制御

自動補正制御は以下のような条件でのネットワークカメラ使用を想定している。

- カメラの遠隔制御はPCによる実現される。
- カメラの位置情報や撮影対象（教室や講堂、会場など）の三次元情報が既知でかつ数学的に抽象化可能であり、それによりカメラから撮影対象までの距離が常に近似的に計算可能である。

上記条件は通常の遠隔教育環境では一般的に満足されている。

自動補正制御はカメラの基本制御機能の組み合わせにより、以下の処理を実現し、カメラの制御操作を簡単化する。

**擬似速度の安定** 擬似速度は、カメラの角度操作（パン、チルト）で生じる、映像中物体の見かけの移動速度を指す。角度動作の速度が一定の場合は、ズーム量が大きいほど擬似速度が大きくなる。自動補正制御はズーム量の変化による擬似速度の変化を打ち消すためにズーム量にあわせて角度速度を自動的に調整する。

**レンジの安定** レンジは、カメラを通して実際に見ている範囲を指す。遠隔教育でよく使用するレンジは「個人」、「グループ」および「全体」である。一般的に個々の撮影対象（受講生）がカメラからの距離が異なるため、角度操作で撮影対象を切り替えたとレンジの変化が生じる。この変化を打ち消すために角度操作の後にズームの調整が必要となる。自動補正制御は角度動作によるレンジの変化を自動的に調整し、見かけ上の拡大率を一定に維持する。

**2.1 制御システム構成**

図1は、制御システムの構成を示す。

操作制御PCは、ユーザのカメラ操作入力を受け取り、それを制御情報としてカメラ制御PCに送信する。カメラ制御PCは制御情報に従いカメラの制御を実行し、制御の結果およびカメラが撮影した映像を操作制御PCに送信する。

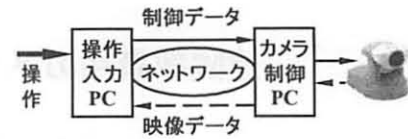


図1 制御システム構成  
Fig.1 Camera control system

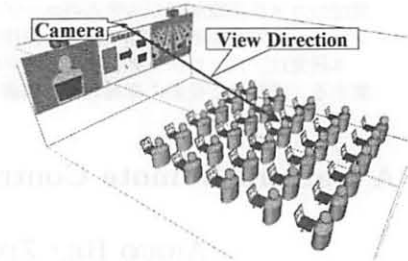


図2 遠隔教室の一例  
Fig.2 An example of classroom for distance lecture

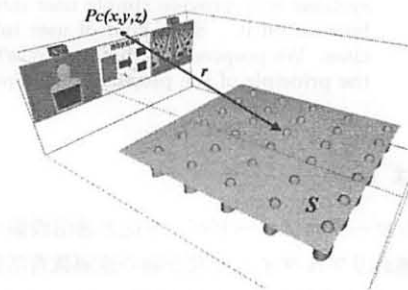


図3 撮影対象曲面  
Fig.3 Subject surface

自動補正を実現するために、カメラ制御PCはカメラ位置の情報および撮影対象の三次元情報を内蔵する。

### 2.2 撮影対象の情報化

遠隔教育に用いられる教室や講堂、会場は規則性のある幾何形状を持っている。図2は平面的で長方形の遠隔授業用教室の一例である。教室の前方には教師映像、自教室の映像および教材を投影するスクリーンが設置され、カメラは中央のスクリーンの上方に固定される。

撮影対象は基本的に人の顔とその近傍であるため、これらの撮影対象の集合で近似的に一つの曲面（撮影対象曲面）を構成することができる。図3は図2の場合の撮影対象曲面を示す。

### 2.3 制御モデル

ここでは撮影対象曲面をSとし、またカメラから撮影方向に向かって曲面Sとの交点までの距離をrとすると、rは次の式で表すことができる。

$$r = fr(Pc, S, \alpha, \beta) \quad (\text{式1})$$

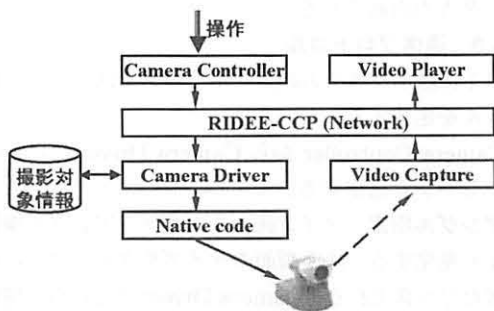


図4 ソフトウェアのアーキテクチャ  
Fig. 4 Software architecture

但し  $P_c$  はカメラの位置であり、 $\alpha$  はカメラのパン角度、 $\beta$  はカメラのチルト角度である。

アングル操作で  $\alpha$ 、 $\beta$  が変わると  $r$  が変わり、即ちレンジの変更が生じる。レンジの安定性を維持するには、カメラのズーム量  $z$  を  $r$  の変化に従い調整する必要がある。レンジ安定のためのズーム量  $z$  は下の式で与えられる。

$$z = fz(r) = kz \cdot r + z_0 \quad (\text{式 } 2)$$

$kz$  および  $z_0$  は定数であり、指定されたアングル値とカメラ位置で計算される距離  $r$  と、その時のレンジを実現したズーム量  $z$  が既知であれば決定できる。

同様、擬似速度不変を実現するには、アングル速度  $v$  をズーム量  $z$  の関数にする必要がある。擬似速度安定のためのアングル速度  $v$  は下の式で与えられる。

$$v = fv(r) = kv/z + v_0 \quad (\text{式 } 3)$$

但し  $kv$  と  $v_0$  は、2つの既知のズーム量（例えば最大ズームと最小ズーム）時のアングル速度が既知であれば決められる。

カメラのズーム量とアングル速度はコンピュータからの制御コマンドで指定できるため、カメラ操作により変動する  $r$  の値が計算できれば、 $z$  と  $v$  の値を上記式で計算できる。

尚、上記制御は、カメラのズーム範囲とアングル速度の範囲内で成立するものとする。

### 3. 制御システムの設計

#### 3.1 ソフトウェアアーキテクチャ

図4は、制御システムのソフトウェア・アーキテクチャを示す。

自動補正制御は以下のコンポーネントの協同動作により実現される。

**Camera Controller** ユーザのカメラ制御入力を受け付け、また自動補正制御用の定数の設定などを支援する。

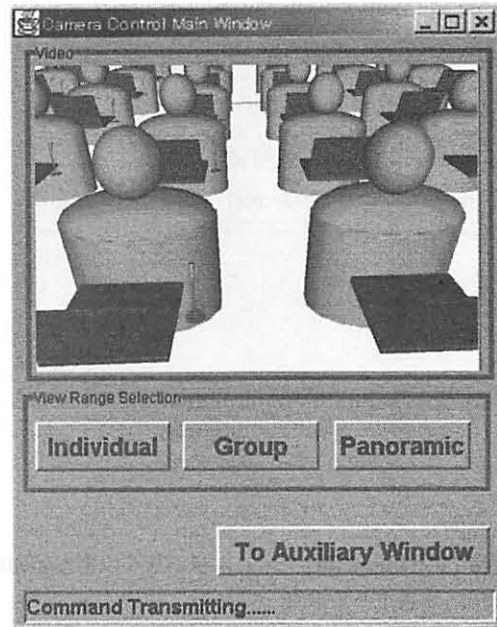


図5 メイン操作画面  
Fig. 5 Main window

**Camera Driver** 撮影対象の3次元情報を内蔵し、Camera Controllerからの要求に基づき自動補正制御の計算処理とカメラの駆動制御を行う。

**Video Capture** カメラからの映像を入力し、Video Playerに送信する。

**Video Player** 受信したビデオデータをPC画面に表示する。

これらのコンポーネントは筆者ら提案したオブジェクト分散通信環境 RIDEE-CCP<sup>6)</sup> を介して相互通信を行う。

#### 3.2 GUI

Camera Controller と Video Player が GUI を持つ。

##### 3.2.1 メイン操作画面

メイン操作画面は通常運用時の画面である。図5に示す。

カメラからのライブ映像は常に表示される。カメラのアングル操作はマウスで行う。即ち表示中の映像にマウスでクリックすると、クリックされた映像の点が中心になるように、カメラのアングルが自動的に調整される。また、アングル動作前後のレンジがほぼ同じになるように、ズームの調整を行う。

レンジは以下の3種類である。

**個人 (Individual)** 1人分の様子がわかるような撮影範囲

**グループ (Group)** 2人分の様子がわかるような

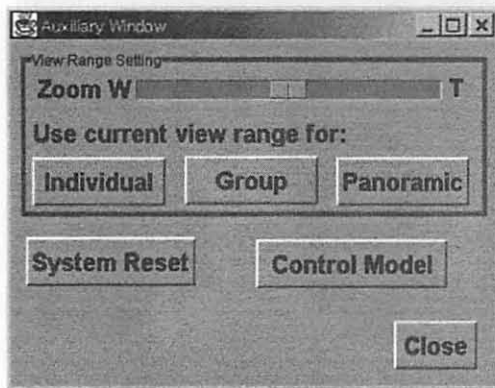


図 6 メイン操作画面  
Fig. 6 The main window

#### 撮影範囲

**全体 (Panoramic)** ズーム量が最小 (撮影範囲が最大) になるような状態

画面上のレンジボタン (Individual, Group, Panoramic) を押すと、カメラはアングル状態と関係なし常に指定されたレンジを維持する。

この画面はまた以下の機能を有する。

**状態表示** 操作入力からカメラの動作制御が完了までの状態 (通信中、カメラ制御中、制御完了など) を表示する。

#### 3.2.2 補助操作画面

これは制御用の各種パラメータを設定するための画面である。図 6 に示す。補助操作画面は主に以下の機能を有する。

**レンジ設定** メイン画面で使用される各種のレンジに対応するズーム量を設定する。

まずはスライダー式のズーム変更ボタンでレンジの大きさを手で調整し、そしてズーム変更ボタン下部のレンジ設定ボタン (Individual, Group, Panoramic) の 1 つを押すと、表示中の画面範囲がレンジ設定ボタンで指定したレンジとなる。尚、式 (2) 中の定数を推定するために最初は異なる撮影対象を利用し同一レンジを 2 回設定する。

**撮影対象形状の選択** 撮影対象の 3 次元形状指定する。通常と考えられる形状は「長方形」や「円形」、「扇型」などである。

**カメラ位置設定** 撮影対象に対するカメラの位置情報を設定する。

**システムのリセット** 制御系をエラー状態から回復させるための操作である。

#### 3.2.3 撮影対象情報設定画面

撮影対象の 3 次元情報を定義するための詳細パラ

メータ入力画面である。

#### 3.3 通信プロトコル

以下には本システムのコンポーネント間の通信プロトコルを定義する。

Camera Controller から Camera Driver に以下のメッセージを送信する。

**アングル指定** メイン画面上的カメラアングル操作により発生する。映像画面のサイズやクリックされた位置などが含まれる。Camera Driver はこれらの情報からカメラのアングル (パン角度とチルト角度) を計算する。

**レンジ選択** メイン画面上的レンジボタンが押されるときに発生する。レンジを表す番号が含まれる。Camera Driver はこの番号で指定されるパラメータを利用してズーム量を計算する。

**手動ズーム操作** 補助操作画面上でのズーム操作により発生する。スライダー位置情報が含まれる。Camera Driver はこの位置情報でズーム量を計算する。

**レンジ設定** 補助操作画面上でのレンジ設定ボタン操作により発生する。レンジを表す番号が含まれる。Camera Driver は現在のズーム量やカメラから撮影対象曲面までの距離を利用してズーム計算用パラメータを推定し、レンジ番号で指定されたパラメータを更新する。

**カメラ位置情報** カメラの位置を通知する。

**撮影対象情報** 撮影対象の形状と各種パラメータを送信する。

**リセット** 制御システムの状態をリセットする。

**制御開始** 制御システムの状態を初期化する。

**制御終了** 制御を停止する。

Camera Driver は Camera Controller に以下のメッセージを送信する。

**制御実施結果** Camera Controller からの制御要求に対し、制御実施の結果 (成功、失敗) を返す。

Video Capture は Video Player に以下のメッセージを送信する。

**ビデオデータ** カメラからのビデオデータ。

#### 4. おわりに

リアルタイム双方向遠隔教育環境のためのカメラ遠隔操作支援方法について提案した。

今後は以下のような手順で提案システムの有効性を検証する予定である。

- 制御モデルに基づく計算機シミュレーション
- 制御システムの詳細設計および実装
- 実際の遠隔授業への応用とそれによる評価

また、制御システム開発に当たっては次の基本課題を予想しており、その解決法を検討していく予定である。

- カメラ制御装置の非線形誤差の影響
- 撮影対象の3次元モデル定義方法と定義データの精度や誤差が制御に与える影響
- 通信遅延を含むカメラの機械遅延など、システム全体の遅延が制御に与える影響

#### 参 考 文 献

- 1) "A far end camera control protocol for video-conferences using H.224", ITU-T Recommendation H.281
  - 2) <http://www.isc.kyutech.ac.jp/scs/index.html>
  - 3) <http://cweb.canon.jp/Product/vsl-com/vbc10.html>
  - 4) <http://www.polycom.co.jp/>
  - 5) A. He: "RIDEE: a Realtime and Interactive Distance Education Support System," Proceedings of The International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2003), pp.775-781 (March, 2003))
  - 6) Aiguo He ほか: リアルタイム遠隔教育環境の通信制御プラットフォームの設計, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol.2001, No.13, pp.231-218(2001).
-