論　文

複数のカメラを用いた複数ユーザに対する講義の実時間映像化法

宮崎　英明[†]　　亀田　能成[††]　　美濃　導彦[††]

A Real-time Method of Generating Lecture Video for Multiple Users Using Multiple Cameras

Hideaki MIYAZAKI[†], Yoshinari KAMEDA[††], and Michihiko MINOH[††]

あらまし　講義室に配置された複数の首振りカメラの制御とそれらの映像の切替えにより，複数のユーザがそれぞれ望むように実時間で講義を映像化する方法について述べる．講義を映像化するとき，ユーザが見たい対象は講義の状況によって変わってくる．状況に応じて各ユーザが見たい対象や撮影の方法は変化するが，カメラ台数が限られているので，いくつかのカメラワークだけを選択する必要がある．次に，選択されたカメラワークで各カメラの制御と映像の切替を行うが，このときの映像の急激な変化の解消法について述べる．

キーワード　マルチユーザ，マルチカメラ，映像切替，カメラワーク，ルールの調停，実時間，講義ビデオ

1. はじめに

ある空間に人が集まって様々なイベントを行うことは，現代社会において一般的である．例えば，会議や講義，スポーツ，コンサートなどがこのような例に挙げられる．近年の計算機の高性能化や通信の高速化のおかげで，実際にイベントに参加している人以外でも，遠隔地からイベントに参加でき，そのイベントを実感できるようになりつつある．このためには，複数のカメラを用いて，多くの人にイベントを映像化して提供することが望まれている．このような取組みは，分散協調視覚の分野[1]で研究されている．

イベントを映像化するとき，その映像を見る人（ユーザ）が好む映像を提供する必要がある．ユーザの好みはそれぞれのユーザにより異なる．ユーザに提供する映像は，通信のコストを考えると1本の映像で十分である．よって，多くのユーザにそれぞれ望む1本の映像を提供できる方法を考える．

計算機による映像化の研究として，映画のシーンでよく用いられるカメラ制御，映像の切替えをＣＧアニメーションの生成に適用した文献[2][3]がある．これらの研究では，シーンごとの一連のカメラ制御をカメラワークとして記述している．このカメラワークは仮想世界を対象として記述されている．我々の場合はカメラワークを実現するのは仮想世界でなく，実世界であり，複数のユーザを想定する点に特徴がある．

本論文では，講義の映像化を例として，複数のカメラを用いて，複数のユーザが望む映像を実時間で同時に提供する手法を提案する．

講義を映像化する際，ユーザが見たい対象として，講師・黒板・生徒の3つの対象が考えられる．それらを撮影するカメラを設置できる場所は講義室では限られている．よって，講義室の全撮影対象を自由に撮影するために，パン・チルト・ズームが可能な複数の首振りカメラが必要である．

3つの対象のどれを見たいかは講義の状況（以下，講義状況と呼ぶ）によって変わってくる．例えば，「講師が黒板を書いている」という場合には，講師と黒板という2つの対象のどちらかをユーザは見ると考えられる．そこで，ユーザは講義中に発生しうる状況下で，どの撮影対象がどのように撮影されるべきかをカメラワークとして記述する．このように，各ユーザが講義状況それぞれに対して，撮影対象ごとに1つのカメラワークを記述したものをユーザの映像化ルールと呼ぶ．

カメラワークはテレビや映画においても文献[4],[5]に提案されている．文献[4]から，講義を撮影するという観点でカメラワークの要素を選択すると，カメラ

[†] 京都大学大学院工学研究科，京都府
Graduate School of Engineering, Kyoto University, Kyoto, 606–8501 Japan
[††] 京都大学総合情報メディアセンター，京都府
Center for Information and Multimedia Studies, Kyoto University, 606–8501 Japan

アングル，カメラレンジが挙げられる．本論文では，この組合せでカメラワークを記述する．

映像化ルールに基づいて映像を生成するとき，講義状況が必要となる．そこで，システムが講義を観測し，観測されたデータから講義状況を識別する．

本手法の映像化の過程は，(1) 講義の観測，(2) 観測データから講義状況の識別，(3) 講義状況に従って映像化ルールから各ユーザのカメラワークの要求，(4) カメラワークの要求に応じたカメラ制御，(5) 映像の切替え，となる．この過程において，2 つの問題が生じる．

1 つ目は，(4) の過程において，一般に 1 台のカメラにつき 1 つのカメラワークしか実行できないので複数のユーザが望む映像を同時に提供するためには，カメラワークの選択を行わなくてはならないという問題である．ある講義状況において，複数のユーザからそれぞれの映像化ルールに従って，多くのカメラワークが生じるが，カメラの制約のために実行できるカメラワークの数は限定される．そこで，我々は，この制約のもとで最も多くのユーザを満足させる (ユーザがそれぞれ映像化ルールで記述しているカメラワークの中から，少なくとも各ユーザにつき 1 つ以上を実現する) カメラワークの組合せを求める手法を提案する．これをカメラワークの調停と呼ぶ．

2 つ目は，(5) の過程で，カメラワークの調停により求められたカメラワークに応じてカメラの位置が変化するとき，ユーザの見ている映像が急激に変化する問題である．このような状況では，ユーザ自身がどのカメラから，どの撮影対象を見ているかを認識できなくなる可能性があるので，急激な映像変化を抑制しなければならない．そこで，映像間の距離を定義して，カメラの位置が変化するときの映像間の距離が小さい映像の切替え経路を選択するスムーズな映像の切替え方法を提案する．

以下，2.では，映像化ルールに基づいた映像化の方法について述べる．3.では，カメラワークの調停について述べる．4.では，スムーズな映像の切替えについて述べる．5.では，3.および 4.で提案した手法について実験およびアンケートによりその有効性を確認する．

2. 講義状況と映像化ルール

各ユーザごとがそれぞれの映像化方法の好みを映像化ルールとして記述する．ユーザの映像化の好みが講義状況により変化すると仮定し，まず，講義状況に対する定義とその識別法について述べ，そのあと，映像化ルールの記述単位であるカメラワークを定義する．

2.1 講義状況の定義

講義として種々の形態が考えられるが，ここでは典型的な講義として，講義室で講師が教壇に立ち，黒板に講義の内容を書きながら，その内容を生徒に説明する」という形態を考える．このような講義では，講師は 1 人で教壇付近に位置し，生徒は席についている．

映像化ルールで講義状況を記述するために，講義状況をいくつかに分離しておく必要がある．そこで，上記の講義形態に対して次のような 5 つの講義状況を定義する．

S1 講師が話している
S2 講師が黒板を用いて説明している
S3 講師が黒板に書いている
S4 生徒が反応している
S5 生徒が黙っている

S1～**S3** は講師が主体となり起こる状況，**S4**～**S5** は生徒が主体となり起こる状況である．講義状況は **S1**～**S3** のうちの 1 つと **S4**～**S5** のうちの 1 つが同時に起こる可能性がある．

2.2 講義状況の識別

ユーザの映像化の望みは，講義状況によって変化するので講義状況を識別しなければならない．そこで，講義状況を引き起こす主体である講師と生徒を観測する．

S1，**S2** の講師が話している状況は，講師に付けたピンマイクの音声レベルで検出する．**S2**，**S3** で講師が黒板を利用しているかは，講師の位置と顔の向きで検出する．

講師の位置と顔の向きは 2 台のカメラを用いて求める．講師を映したカメラの画像上で背景差分をとり，差分のある領域で肌色領域を求め [6]，それを顔領域とする．2 台のカメラそれぞれのカメラのパラメータと画像上の顔領域の位置から三角測量の原理で講師の位置を求める．また，顔領域の面積から顔の向きを求める．

S4 と **S5** の状況は，生徒の動きの量で検出する．生徒の動きの量は，生徒を映したカメラの画像上でフレーム差分をとり，その差分のある領域の面積がしきい値以上であるときは，生徒が反応している，そうでないときは黙っているとする．

表 1に観測結果から講義状況を識別する方法をまとめる．

表 1　講義状況の識別
Table 1　Discrimination of situation in a lecture.

ID	講師位置	講師向き	講師音声	生徒動き
S1	-	生徒方向	有	-
S2	-	黒板方向	有	-
S3	黒板付近	黒板方向	無	-
S4	-	-	-	有
S5	-	-	-	無

表 2　カメラワーク
Table 2　Camera-work.

item	value
object	lecturer, student, black board
camera range	close up(0), close shot(1), midium shot(2), full shot(3), long shot(4)
camera angle	front(0°),right front(45°), right(90°), right back(135°), back(180°), left back (225°), left(270°), left front(315°)

2.3　カメラワークの定義

本手法では，映像化ルール中の映像化の望みをカメラワークという記述単位で表現する．そのカメラワークの要素を以下に挙げる (表 2参照)．

- 撮影対象
- カメラアングル ... 撮影対象に対してどの方向から撮影するか
- カメラレンジ ... 映像上の撮影対象の大きさ

講義における撮影対象としては，講師，生徒，黒板が挙げられる．

カメラアングルについては任意の方向から撮影することが考えられるが，講義室において撮影対象を真上や真下からとることはカメラを設置する上で困難である．そこで，本研究ではカメラのアングルを図 1に示す水平の 8 方向に制限する．離散値を用いるのは，カメラワークを用いてユーザが映像化ルールを記述することを考えたとき，連続的な数値より指定がしやすいと考えるからである．

カメラレンジは撮影対象によって取り得る値が変わる．撮影対象が 1 人の場合は図 2のように 5 つの値を記述する [4]．撮影対象が人物のグループや物体の場合は図 2 におけるフルショット，ロングショットの二つの値を記述する．

2.4　映像化ルールの基づく映像化

ユーザの映像化ルールは，講義状況とカメラワークを用いて，表 3のように記述できる．

ある講義状況にあるとき，各ユーザの映像化ルールからその講義状況に適合するすべてのカメラワークが

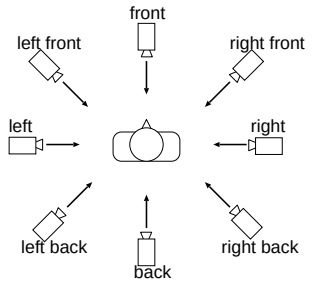

図 1　カメラアングル
Fig. 1　Camera angle.

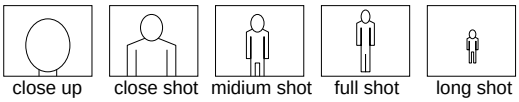

図 2　カメラレンジ
Fig. 2　Camera range.

表 3　あるユーザの映像化ルール
Table 3　An user's rule for imaging.

ID	camera-work(object, camera range, camera angle)
S1	C1(lecturer, front, close shot)
	C2(student, back, full shot)
S2	C3(lecturer, front, midium shot)
	C2(student, back, full shot)
	C4(black board, front, full shot)
S3	C5(lecturer, left, full shot)
	C4(black board, front, full shot)
S4	C6(student, right front, full shot)
S5	C7(student, left front, full shot)

発火する．例えば，表 3の映像化ルールにおいて講義状況 **S1** と **S4** のとき，カメラワーク C1，C2，C6 が発火する．

ユーザの満足する映像を提供するためには，発火したカメラワークすべてを実現する必要はなく，そのうち 1 つを実現すればよい．この例では，カメラワーク C1，C2，C6 のどれかがあるカメラで実現されれば，ユーザは満足するとする．

3.　カメラワークの調停

3.1　マルチユーザに対する映像化

ある講義状況で，複数のユーザの映像化ルールに記述された様々なカメラワークが発火する．これらのカメラワークを講義室に設置された数台のカメラに割り付けることでユーザの望む映像を提供する．

多くの場合，すべてのユーザから発火するカメラワークの数に対してカメラの台数は少ない，また，カ

メラワークによっては，カメラの位置やパン ・チルトの可動範囲の制限により実現できないことがある．よって，ユーザが望むすべてのカメラワークを実現するようなカメラワークの割付けは一般的に存在しない．

そこで，カメラに割り付けるカメラワークの組合せを求める必要がある．このとき，できる限り多くのユーザを満足するカメラワークの組合せを求めなくてはならない．これをカメラワークの調停と呼ぶ．

3.2 カメラワークの調停

ある講義状況 s において，u 人のユーザから $w(s)$ 種類のカメラワークが発火し，それを c 台のカメラに割り付けるときにできる限り多くのユーザを満足するカメラワークの組合せを考える (図 3)．

ユーザ iとカメラワークj間の発火の関係を表す発火行列$\boldsymbol{U}(s) = (u_{ij})$ とカメラワーク jとカメラ k 間の割付け可能性の関係を表す割付け行列$\boldsymbol{V}(s) = (v_{jk})$ を次のように定める $(i = 1, \cdots, u;\ j = 1, \cdots, w(s);\ k = 1, \cdots, c)$．

$$u_{ij} = \begin{cases} 1, & (\text{ユーザ } i \text{ のカメラワーク } j \text{が発火}) \\ 0, & (\text{そうでないとき}) \end{cases}$$

$$v_{jk} = \begin{cases} 1, & (\text{カメラワーク } j \text{がカメラ } k \text{に割付け可能}) \\ 0, & (\text{そうでないとき}) \end{cases}$$

すべてのカメラ kにカメラワーク $f(k)$ をそれぞれ割り付けたとき，満足しているユーザの人数 N は次のように表せる．

$$N = \sum_i g(i)$$

ただし，

$$g(i) = \begin{cases} 1, & (\sum_{f(k)} u_{if(k)} \geqq 1) \\ 0, & (\sum_{f(k)} u_{if(k)} = 0) \end{cases}$$

である．

よって，カメラワークの調停は，満足するユーザ数 Nを最大にするカメラ kに対するカメラワーク $f(k)$ の組合せを求める問題となる．

ただし，各カメラの能力から，

$$f(k) \in \{j | v_{jk} = 1\}$$

という制約がある．

この問題は普通の制約充足問題であり，様々な解法が存在する．

4. スムーズな映像切替え

4.1 映像切替えの問題

我々の映像化法では，カメラワークの調停により求められたカメラワークに応じてカメラパラメータの変更やカメラの切替えを行う．カメラに新しいカメラワークが割り付けられて，古いカメラワークから新しいカメラワークにカメラパラメータが移行している時間を割付け期間と呼ぶ．講義状況に応じた映像をユーザに提供するためには，すべてのカメラの割付け期間を短くすべきである．このため，カメラワークは，講義状況の変化を検知し調停が行われた後，すべて同時にカメラに割り付けられ実行される．

しかし，割付け期間中はユーザの見ている映像が急激に変化しうるため，ユーザ自身がどのようなカメラアングルからどの対象を見ているか認識できなくなる可能性がある．

本研究で提案する手法では，割付け期間にカメラワークの 3 要素である撮影対象 ・カメラアングル ・カメラレンジが変化する．この三つの変化を実現するために，

- カメラパラメータ (パン ・チルト ・ズーム) の変更
- 映像を提供するカメラの切替え

の二つの処理が実行される．カメラパラメータの変更では，割付け期間中にカメラレンジを変化させるためにズームを動かしたり，撮影対象を変化させるためにパン ・チルトさせる．この場合は，同じカメラからの映像が続くので，映像が連続的で，ユーザがどの対象を見ているかを比較的認識しやすい．

一方，カメラの切替えでは，撮影対象やカメラアングルを変化させるために映像を提供するカメラを変更する．このとき，カメラの位置が変わり，背景が変化することで，急激に映像が変化する．このため，ユー

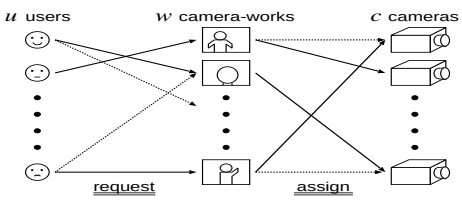

図 3 カメラワークの調停
Fig. 3 Camera-work mediation.

ザがどこから，どの対象を見ているかを認識出来なくなると考えられる．

そこで，カメラの切替えに際して，急激な映像変化を抑制することを考える．そのために，映像間の距離を定義し，カメラ切替えのときの映像間の距離が小さくなるような切替えの経路を求める方法を述べる．

4.2 映像間の距離

カメラの位置ベクトル$\vec{v}_0$，カメラワーク$C_0(obj0, rng0, ang0)$の映像とカメラの位置ベクトル$\vec{v}_1$，カメラワーク$C_1(obj1, rng1, ang1)$の映像の距離D_{img}を考える．D_{img}は，4.1での考察に基づいて，カメラの切換えによる距離$D_{sw}(\vec{v}_0, \vec{v}_1)$とカメラパラメータの距離$D_{par}(C_0, C_1)$との和で表す．

$$D_{img} = D_{par} + D_{sw}$$

カメラパラメータの距離D_{par}は次のように求める．カメラレンジとカメラアングルの値は表2に示すものを用いる．

$$D_{par}(C_0, C_1) = \begin{cases} \infty, & (obj0 \neq obj1) \\ \dfrac{1}{2}(D_{rng}(C_0, C_1) + D_{ang}(C_0, C_1)), & (obj0 = obj1) \end{cases}$$

ただし，

$$D_{rng}(C_0, C_1) = \frac{|rng0 - rng1|}{4}$$

$$D_{ang}(C_0, C_1) = \begin{cases} \dfrac{|ang0 - ang1|}{180°}, & (|ang0 - ang1| < 180°) \\ \dfrac{(360° - |ang0 - ang1|)}{180°}, & (|ang0 - ang1| \geq 180°) \end{cases}$$

である．

カメラの切換えによる距離D_{sw}は，撮影対象（位置ベクトル$\vec{b}_i$）を撮影するときのカメラアングルの角度差で表す．

$$D_{sw}(\vec{v}_0, \vec{v}_1) = \frac{\left|\cos^{-1}\left(\dfrac{(\vec{v}_0 - \vec{b}_0)\cdot(\vec{v}_1 - \vec{b}_1)}{|\vec{v}_0 - \vec{b}_0||\vec{v}_1 - \vec{b}_1|}\right)\right|}{180°}$$

4.3 映像の切替え経路の選択

本システムでは，新しいカメラワークへの移行を割付け期間に行う．ユーザから見た場合，映像の切換え経路として2種類が考えられる（図4参照）．

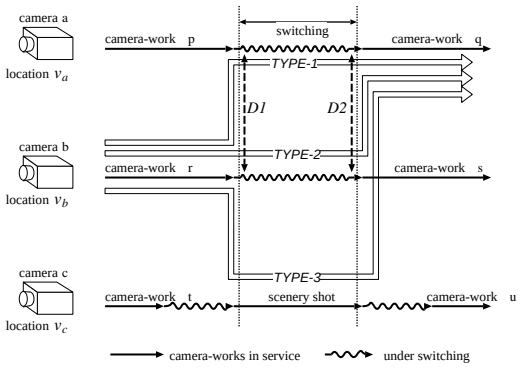

図4 映像切換えの経路
Fig. 4 Pathes on video switching.

TYPE-1 割り付け期間前にカメラの切換え
TYPE-2 割り付け期間後にカメラの切換え

図4はカメラbに割り付けられたカメラワークrの映像からカメラaに割り付けられるカメラワークqの映像に切り替わるユーザの例である．カメラaはカメラワークpからカメラワークqへ，カメラbはカメラワークrからカメラワークsへ変わるとする．

*TYPE-1*では，(カメラb，カメラワークr)の映像から（カメラa，カメラワークp）の映像に移行するときに，*TYPE-2*では，(カメラb，カメラワークs)の映像から（カメラa，カメラワークq）の映像に移行するときにカメラ位置の変更による急激な映像変化が起きる．そこで，*TYPE-1*，*TYPE-2*でカメラ位置が変更されるときの映像間の距離$D1$，$D2$を求め，$D1 < D2$のときは*TYPE-1*の切換え経路を，そうでないときは*TYPE-2*の切換え経路を選択することで急激な映像変化を抑制する．

ところで，上述の例でカメラワークrとカメラワークpの撮影対象が異なり，またカメラワークsとカメラワークqの撮影対象も異なるとき，$D_{par}(p, r) = \infty$，$D_{par}(q, s) = \infty$のために$D1 = \infty$，$D2 = \infty$となり，*TYPE-1*，*TYPE-2*のどちらを選択しても映像が急激に変化する．

これを解消するためにシーナリーショットを導入する．シーナリーショットとは，講義におけるすべての撮影対象を撮影した映像である．シーナリーショットと他のあらゆるカメラ，カメラワークの映像間の距離は∞とならない．このシーナリーショットを用いると，第3の切換え経路が次のように定義できる（図4参照）．

TYPE-3: カメラワーク割り付け期間中にシーナリーショットを用いる

これらの 3 種類の切換え経路における映像間の距離を比較し，最小距離を与える経路を選択する．

5. 実　　験

本手法を実装し，カメラワークの調停とスムーズな映像切換えに関して実験を行った．

5.1 システム概要

本システムは，観測サブシステム，撮影サブシステム，調停サブシステムの 3 種類のサブシステムからなる．

観測サブシステムは，講義状況を識別するために，講師を観測する講師観測サブシステムと生徒を観測する生徒観測サブシステムの二つからなる．

撮影サブシステムは，撮影カメラごとに設置され，カメラワークが与えられるとそのカメラワークに従った映像を提供するために撮影カメラを制御する．

調停サブシステムは，観測されたデータから講義状況を識別し，状況に従って発火するユーザのカメラワークを調停し，選択されたカメラワークを撮影サブシステムに伝える．また，各ユーザに映像を提供するカメラが切り替わる場合に，それに合わせて映像の切換えも行う．

5.2 実 験 環 境

実験は，図 5に示すような京都大学情報工学教室第二講義室で行った．図 5に示すような位置に 8 台のカメラを設置した．講義室の角にある 4 台は SONY EVI-G20 を用い，他の 4 台は SONY HandyCam をパンチルトが可能な雲台に搭載したものを用いた．

教室後方の角にある 2 台のカメラは，講師観測サブシステムが講師の位置や顔の向きを検出するために用いる．教室前方の角にある 2 台のカメラは，生徒観測サブシステムが生徒の動きを検出するため用いる．残りの 4 台のカメラは，撮影サブシステムがユーザに提供する映像を生成するため用いる．

5.3 カメラワークの調停に関する実験

16 人のユーザがそれぞれ異なる映像化ルールを指定した状況下で，8 分 30 秒の講義映像を提供する実験を行った．

まず，本手法で識別された講義状況の移り変わりを図 6 に示す．横軸は時間経過，縦軸は講義状況の識別番号を示す．本実験での講義状況分布に対して，最適な映像化ルールの調停を 全解探索によって求めた

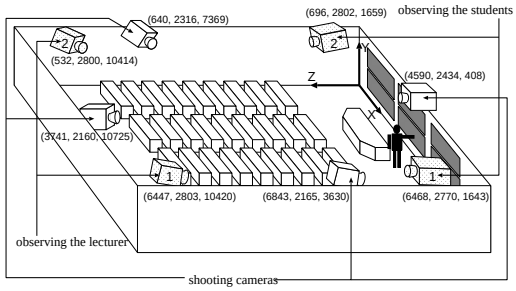

図 5　講義室のカメラ配置
Fig. 5　The camera placement in the lecture room.

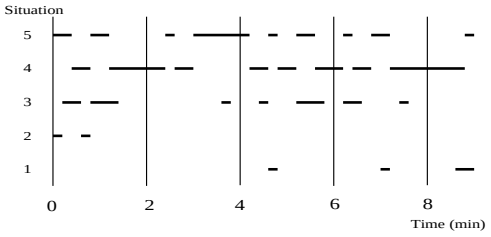

図 6　講義状況の遷移
Fig. 6　Transition of lecture situations.

場合，ユーザ満足度の理論上最大値は時間比率にして 70.9% であった．しかしながら，最適な調停を求めるための全解探索にかかる時間は SUN 社製 Ultra1 ワークステーション (167MHz) を用いて 1 回あたり平均 1.033533 秒を要した．本システムは実時間でカメラワークを各カメラに割り付け，かつ映像切換えを行うので，調停に 1 秒以上かかると映像中に対象物体が移動するなどの問題が発生する．

そこで，本研究ではカメラワークの調停についてより高速に解を求めるため，近似解法である欲張法を用いた．本手法による各時間での各ユーザの満足度を図 7に示す．この場合，調停に要する時間は 3.51×10^{-4} 秒であり，これは実時間処理に十分な値であった．また，このときのユーザ満足度は 65.5%であり，理論最大値に対して遜色のない結果を得た．

以上の結果から，カメラワークの調停について実時間でほぼ最大のユーザの満足度を得られることが示せた．

5.4 スムーズな映像切換えに関する実験

4.3で提案した映像間の距離に基づく映像切換え経路の選択における

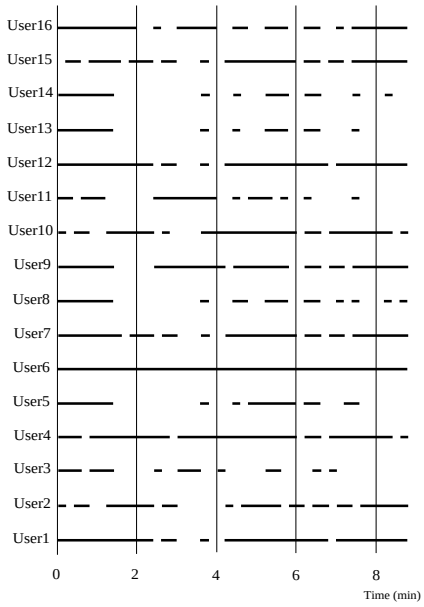

図 7　ユーザの満足度の遷移
Fig. 7　Transition of users' satisfaction.

図 8　映像間の距離に基づく経路の選択の実験
Fig. 8　Experiment of selecting path based on proposed distance.

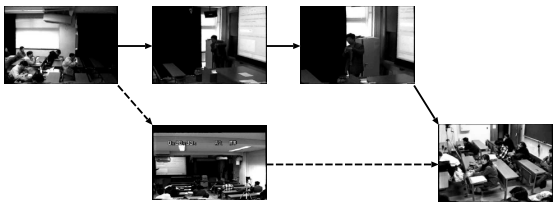

図 9　シーナリーショットについての実験
Fig. 9　Experiment for scenery shot.

(1) 映像間の距離に基づく経路の選択の有効性
(2) シーナリーショットの有効性
の 2 つをアンケートにより主観的に評価した．

質問の内容は，2 つの切換え経路の映像をユーザに提示し，どちらが見やすい映像かという質問を 9 人に対して行った．(1) に関しては，*TYPE-1* と *TYPE-2* の切換え経路の映像をユーザに提示し，映像間の距離に基づく切換え経路の選択とユーザの選択を比較する．この質問では 3 つの映像の組合せをユーザに提示した．その 1 つを図 8 に示す．(2) に関しては，映像間の距離が ∞ となる切換え経路 *TYPE-2* とシーナリーショットを経由する切換え経路 *TYPE-3* をユーザに提示し，シーナリーショットが有効であることを確かめる．この質問は図 9 に示すような映像の組合せを提示した．

(1) の質問の結果，映像間の距離に基づく切換え経路の選択と一致したユーザの割合は，70.9%となった．また，(2) の質問で，シーナリーショットを選択したユーザの割合は 55.5%となった．

(1) の結果から，本手法の切換え経路の選択が有効であることが示せた．本手法と逆の選択をしたユーザの意見には，カメラのパンが早いので切換えが急激に見えるといった意見があり，急激な映像切換えには他の要因があることがわかった．

(2) で，シーナリーショットを選択しなかったユーザの意見としては，シーナリーショットがどの撮影対象を撮影しているのか分かりにくいため，どちらの映像の切換え経路でもよいという意見が多かった．シーナリーショットを選択したユーザからは，予想通りシーナリーショットの経路の方が映像が急激に変化しないという意見を得た．

このように，シーナリーショットに対してはユーザの嗜好性があるものの，映像の急激な変化が本手法により軽減されることが示された．

6. おわりに

本研究では，講義を映像化するために複数のカメラを用いて，複数のユーザが望む映像を実時間で同時に提供する手法を提案した．本手法による映像化において，特に重要となるカメラワークの調停とスムーズな映像切換えの方法について述べた．また，本手法を実装し，実験によりそれぞれ提案した方法の有効性を確かめた．

今後の課題としては，映像の切換えでは，急激な映像変化の要因をさらに分析するとともに，ユーザの嗜好性を取り入れた映像化法の記述を考えていく必要がある．

謝辞　本研究は，日本学術振興会未来開拓学術研究

推進事業「分散協調視覚による動的３次元状況理解」プロジェクト（JSPS-RFTF 96P00501）の補助を受けて行った．

文　献

[1] T. Matsuyama, "Cooperative distributed vision — Dynamic integration of visual perception, action, and communication —," Proc. of Image Understanding Workshop, Monterey CA, Nov, 1998.

[2] D.B. Christianson, S.E. Anderson, L. He, D.H. Salesin, D.S. Weld ,M.F. Cohen, "Declarative camera control for automatic cinematography," Proceedings of AAAI '96, pp. 148–155, 1996.

[3] L. He, M.F. Cohen, D.H. Salesin, "The virtual cinematographer: A paradigm for automatic real-time camera control and directing," SIGGRAPH '96, pp.217–224, 1996.

[4] D. Arijon, Grammar of the Film Language, Communicaion Arts Books, 1976.

[5] 守田 敏夫, 伊藤 清次, テレビ番組の製作技術, 兼六館出版, 1991.

[6] 船山 竜士, 横矢 直和, 岩佐 英彦, 竹村 治雄, "複数の動的な網のモデルの協調とその顔部品抽出への応用", 信学技報, **PRU**, 95-179, pp. 15–22, 1995.

（平成 11 年 3 月 1 日受付，6 月 22 日再受付）

宮崎　英明

平 9 京大・工・情報卒．平 11 同大大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了．在学中，分散協調視覚の研究に従事．

亀田　能成

平 3 京大・工・情報卒．平 8 同大大学院工学研究科情報工学専攻博士後期課程単位取得退学．平 10 年より京都大学総合情報メディアセンター助手．画像処理，人体を対象とするモデルベースドビジョン，分散協調視覚，及びマルチメディアの研究に従事．工博．IEEE，情報処理学会各会員．

美濃　導彦　（正員）

昭 53 京大・工・情報卒．昭 58 同大大学院博士課程了．同年工学部助手，昭 62 年～63 年マサチューセッツ州立大学客員研究員，平 1 京都大学工学部附属高度情報開発実験施設助教授，平 7 同教授，平 9 京都大学総合情報メディアセンター教授．画像処理，人工知能，知的コミュニケーション関係の研究に従事．工博，ＩＥＥＥ，ＡＣＭ，情報処理学会，電子情報通信学会，画像電子学会，日本ロボット学会各会員．