

# 首振りカメラによる対象追跡映像からの仮想カメラワーク映像生成

東海 彰吾<sup>†</sup> 宮川 栄一<sup>†</sup>

映像において撮影対象を画面内のどのような位置・大きさととらえるかというカメラワークの要素は重要である。本研究では、首振りカメラで撮影した対象追跡映像から、抽出した対象領域の面積や重心位置の情報に基づいて、その対象を任意の画面構成でとらえたかのような仮想カメラワーク映像生成について述べる。首振り視点を前提とし、透視投影変換に基づく方法を用いる。まず、あらかじめ背景となるパノラマ画像を合成し撮影方位の情報を元に撮影画像をパノラマ画像上に投影し仮想的なパノラマ追跡画像を得る。さらに、カメラワークに対応した画面構成から決定した視線方向とズーム値で仮想撮影画像を抜き出し、最終的な仮想カメラワーク映像を得る。提案手法を実際の対象追跡映像に適用し良好な結果を得た。

## Generating Virtual Camerawork Image Sequence from a Tracking Sequence by an Active Camera System

SHOGO TOKAI<sup>†</sup> and EIICHI MIYAGAWA<sup>†</sup>

For all visual media, "camerawork" is very important factor. However, it is difficult to make useful cameraworks by real camera controls automatically. In this paper, we propose a method to generate tracking image sequences with arbitrary cameraworks virtually from a tracking sequence taken by an active camera system. We decide the virtual view based on the viewing direction of the real tracking image, position and area of a tracked object on it, and position and area of the object on the virtual camerawork image. We use fixed-viewpoint pan-tilt-zoom camera and perspective projection, and show several experimental results with this method.

### 1. はじめに

映像において、「対象を画面のどの位置にどの大きさでとらえるか」、「対象をどのようなカメラ操作でとらえるか」といったカメラワークの要素は、映像内容や制作者の意図を見る人に分かりやすく伝え、見飽きさせない映像とするためには不可欠であり、映画やテレビなどの映像作品では様々なカメラワークが駆使されている<sup>1)</sup>。このようなカメラワーク込みの映像(以下、カメラワーク映像)を計算機支援で容易に作成できれば、マルチメディアコンテンツの生成分野だけでなく、ホームビデオの効果的な編集など様々な分野での利用が考えられる。

従来から、コンピュータグラフィックスのシーンでのカメラワーク映像の自動生成法が提案されている<sup>2),3)</sup>。この場合は、シーンを観測する視点位置や視線方向の

操作の制約が少ないため、カメラワークの制御は比較的容易である。また、テレビ番組においてCGなどで作った仮想的なセットと出演者の映像とを、出演者を撮影するカメラの視点情報を元にクロマキ-合成する方法が報告されている<sup>4)</sup>。この場合、出演者は青い背景のスタジオなど特殊な環境化で撮影することが必要となり実世界での背景と対象によるカメラワーク映像を作るものではない。

一方、実世界でのカメラワーク映像の自動生成法として、固定カメラで撮影した映像から適切な矩形部分を抜き出してカメラワーク映像を生成する方法が提案されている<sup>5)</sup>が、実空間と画像との透視投影関係を考慮していないため、生成される映像は実際のカメラで撮影される映像とは異なるものであった。

本研究では、実際のシーンにおける撮影対象物に対して、計算機から視線方向などを制御可能な首振りカメラによって対象を撮影し、任意の画面構成になるようなカメラワーク映像の撮影、生成を考える。カメラで撮影された映像に基づいてカメラの視線を時々刻々制御しながら実時間で対象追跡を行う方法は報告され

<sup>†</sup> 福井大学工学部

Faculty of Engineering, Fukui University

現在、株式会社永和システムマネジメント

Presently with Eiwa System Management, Inc.

ている<sup>6)</sup>が、画面構成をふまえたカメラワーク映像を得るためには、単に対象を画面内にとらえながら追跡するだけでなく、対象の画面内での位置や大きさなどの画面構成による映像取得を同時に行う必要がある。さらに、計算機によるカメラの視線制御に適した映像と、人間への提示に適したカメラワーク映像とが必ずしも一致しないことを考えると、カメラワーク映像の生成は、計算機による実カメラの視線制御と分けて取り扱うことが有効と考えられる。

そこで本研究では、実カメラ操作に基づく対象追跡映像から対象を任意の位置や大きさでとらえた映像を合成することによる仮想カメラワーク映像の生成法を提案する。具体的には、撮影時の視線方向が同時記録された対象追跡映像から、追跡映像上の撮影対象領域の重心位置や面積を抽出し、想定された重心位置や面積でとらえたかのような仮想的な視野の映像を透視投影に基づく方法で作出すものである。さらに、設定される視野が撮影映像の外側の情報を必要とする場合に対応するため、事前に用意したパノラマ画像を用いて撮影視野の外側の部分を補完することで対応する。図1に本研究のシステムの概観を示す。

以下、本文では、まず2章で本研究で考えるカメラワーク要素について述べる。次に、3章で使用する首振りカメラの特性に基づく任意視野画像の生成法、4章で、投影後の面積と重心位置に基づいた仮想カメラのパラメータの算出方法について説明する。5章で実際に用いた実カメラ操作による対象追跡映像の取得方法と、得られた追跡映像から仮想カメラワーク映像を生成する方法について述べ、その実験結果を6章に示し、7章で本研究をまとめる。

## 2. カメラワーク

対象を撮影して映像化するとき、その対象や場面の状況を効果的に伝えるためにカメラワークが使われる。カメラワークには、対象の画面内の位置や大きさ、比率、その時間変化といった画面構成の要素、首振りによる視線方向変化やズーム変化、視点移動などのカメラ操作の要素、撮影対象とカメラの位置関係の要素、複数のカメラの切替えの要素、ワイプやディゾルブなどの映像効果処理の要素などがあり、実際のカメラワーク映像ではそれらの要素を相互に組み合わせながら状況に応じて適用されている。

本研究では、設置位置を固定した1台の首振りカメラで撮影する状況を考える。この場合、カメラの視点位置の移動や、カメラの切替えによるカメラワーク要素は考えられないが、視線方向やズームを変化させて

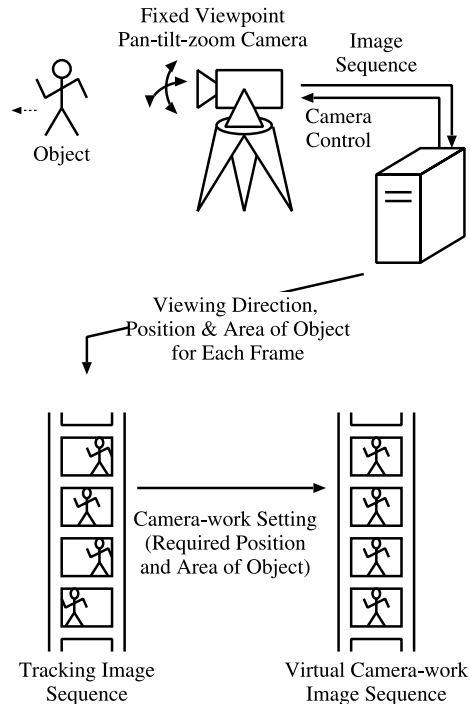


図1 仮想カメラワーク映像生成システムの概観

Fig. 1 Overview of virtual camerawork generating system.

撮影するカメラ操作の要素と、それにより対象を画面内のどの位置にどの大きさでとらえるかという画面構成の要素を考えることができる。このような要素では、変化のなめらかさや安定性が求められる。たとえば、なめらかなカメラ操作による自然な視線方向移動による映像、安定した画面構成で対象の位置や大きさが変化しない映像などである。

ここで、カメラ操作と画面構成の関係を考えてみると、カメラ操作の多くは、任意の画面構成での撮影を実現するために適用されると考えられる。そこで、以下の議論では、映像における画面構成の要素に注目し、映像内の撮影対象領域の重心位置と面積によってカメラワークを規定することとする。この場合、最終的映像において、撮影対象が画面内のどの位置のどの大きさでとらえた映像となっているか、その変化がなめらかであるかをカメラワークの良さの評価尺度とする。

## 3. 視点固定型首振りカメラによる任意視野生成

本研究では、対象を撮影する首振りカメラとして、視点固定型パン・チルト・ズームカメラ（以下、視点固定型首振りカメラ）を用いる。視点固定型首振りカメラは視線方向やズームを変えても、ピンホールカメ

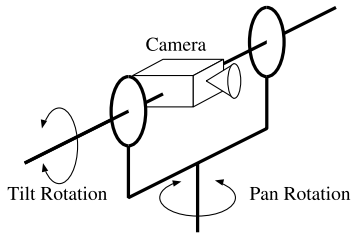


図2 想定するパン・チルト機構

Fig.2 Pan-tilt mechanism of an active video camera.

ラモデルを仮定した場合の投影中心の三次元位置が移動しないという性質を持つ．この性質より，視線方向やズームを変えて撮影した画像は，それらのパラメータに基づいて仮想的な画像平面に透視投影すると重なる部分は互いに一致する．さらに，得られた仮想画像から任意の視線方向や焦点距離で撮影したかのような任意視野画像を得ることができる<sup>7)</sup>．本研究では，基本的にこの方法に基づいた画像の合成処理を行う．

カメラの首振りのパン回転の軸とチルト回転の軸が図2のように直交するパン・チルト機構で，その2軸の交点とカメラの投影中心が一致するような視点固定型首振りカメラを考えると，カメラの視線方向とズームは，パン・チルトの2つの回転角  $\theta, \phi$  と焦点距離  $f$  で表すことができる．以下，これらを視野パラメータと呼ぶことにする．このとき，ある視野パラメータで撮影した画像上のある画素の世界座標系における3次元方位ベクトル  $\mathbf{p} = [p_x, p_y, p_z]^T$  は，画像上での画像座標系における画素位置  $(x, y)$  と，画像座標系の  $x$  軸， $y$  軸の世界座標での単位ベクトル  $\mathbf{i} = [i_x, i_y, i_z]^T$ ， $\mathbf{j} = [j_x, j_y, j_z]^T$ ，および，画像の原点  $\mathbf{o} = [o_x, o_y, o_z]^T$  を用いて，

$$\mathbf{p} = \mathbf{o} + x\mathbf{i} + y\mathbf{j} \quad (1)$$

と表現できる．ここで，

$$[\mathbf{o}, \mathbf{i}, \mathbf{j}] = R_{pan}(\theta)R_{tilt}(\phi) \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ f & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$R_{pan}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$R_{tilt}(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad (4)$$

である(図3)．

投影中心が同じで，異なるパン・チルト角と焦点距離を持つ2つの画像平面  $A, B$  を考えると，透視投影変換での対応画素の方位ベクトル  $\mathbf{p}_A, \mathbf{p}_B$  の間には，

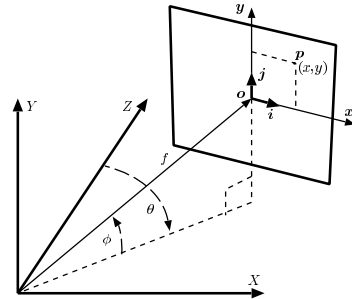


図3 撮影画像の3次元位置

Fig.3 Three dimensional position of image plane by camera rotations.

以下の式が成り立つ．

$$\frac{\mathbf{p}_A}{|\mathbf{p}_A|} = \frac{\mathbf{p}_B}{|\mathbf{p}_B|} \quad (5)$$

このとき，それぞれの画像平面に対する  $(\theta_A, \phi_A, f_A)$ ， $(\theta_B, \phi_B, f_B)$  と，対応する画素位置  $(x_A, y_A)$ ， $(x_B, y_B)$  の関係を導くことで画像の透視投影変換を行うことができ，視線方向の異なる複数の画像から広角なカメラで撮影したかのごときパノラマ画像を得たり，パノラマ画像から任意の視線方向と焦点距離で撮影されたような任意視野画像を得たりすることができる(図4)．なお，以下の実験では撮影カメラの焦点距離は画素の一辺の長さを単位として  $f = 400$  とし，撮影画像と合成画像は  $320 \times 240$  画素，パノラマ画像は  $1,110 \times 770$  画素とする．画像の水平画角は撮影画像で約  $45^\circ$ ，パノラマ画像で約  $105^\circ$  である．

#### 4. 投影後の面積と重心位置に基づく視野パラメータの算出

このようなカメラを用いて，ある画面構成を実現するためには，最終的な映像上での対象領域の面積や位置について考える必要がある．ここでは，視野パラメータの異なる2画像間で，一方にとらえられた対象の領域と，もう一方への投影領域の面積と重心位置について説明し，それに基づく視野パラメータの算出方法について述べる．

投影元画像の視野パラメータを  $(\theta, \phi, f)$ ，投影先画像の視野パラメータを  $(\theta', \phi', f')$  とし，投影元画像上の対象領域  $X$  (画素数  $n$ )，領域内の各画素を  $p_k (k = 1, \dots, n)$ ，画像上での座標値を  $(x_k, y_k)$  とする．また，投影先画像上の対象領域を  $X'$ ， $X'$  内の  $p_k$  からの投影領域を  $p'_k$ ，その画像上での位置を  $(x'_k, y'_k)$  とする(図5)．このとき， $p_k$  と  $p'_k$  の視点から見た3次元方位には，式(5)の関係が成り立つ．

ここで，領域  $X$  の面積  $S$  は各画素  $p_k$  の面積

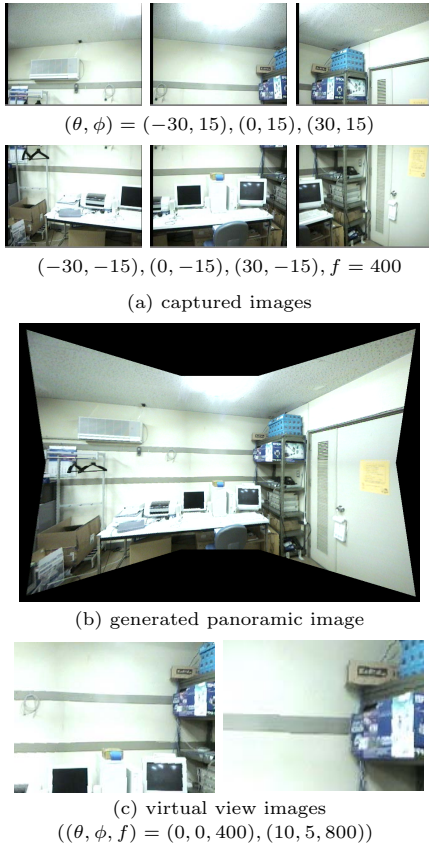


図4 パノラマ画像と任意視野画像の生成例

Fig. 4 Examples of generating a panoramic image and arbitrary views.

$\Delta S_k = 1$  の総和として,

$$S = \sum_{k=1}^n \Delta S_k = n \quad (6)$$

と求められ, 重心位置  $(c_x, c_y)$  は,

$$\begin{bmatrix} c_x \\ c_y \end{bmatrix} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta S_k \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix} \quad (7)$$

となる.

このとき, 視点から画像中心を向くベクトルと視点から画素  $p_k$  を向くベクトルのなす角  $\psi_k$  を用いれば, 各画素の立体角  $\Delta\omega_k$  は, 視点方向に向いた領域の見かけの面積  $\Delta S_k \cos^2 \psi_k$  を, 視点からの距離の二乗  $\frac{f^2}{\cos^2 \psi_k}$  で割ることで,

$$\begin{aligned} \Delta\omega_k &= \Delta S_k \cos^2 \psi_k / \frac{f^2}{\cos^2 \psi_k} \\ &= \frac{\cos^4 \psi_k}{f^2} \end{aligned} \quad (8)$$

となる. ただし,

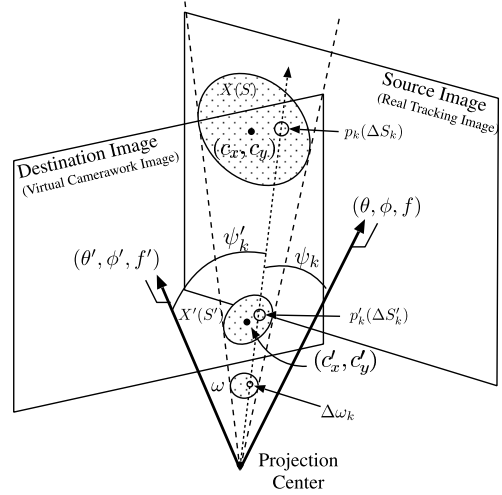


図5 2画像間の対象領域と立体角の関係

Fig. 5 Relation of regions and solid angle of object between two images.

$$\cos \psi_k = \sqrt{f^2 + x_k^2 + y_k^2} / f \quad (9)$$

である. このとき, 領域  $X$  全体の立体角  $\omega$  は,

$$\omega = \sum_{k=1}^n \Delta\omega_k = \sum_{k=1}^n \frac{\cos^4 \psi_k}{f^2} \quad (10)$$

となる.

次に, 投影先画像上の領域  $X'$  の領域  $p'_k$  の面積  $\Delta S'_k$  は, 必ずしも 1 でなく,

$$\begin{aligned} \Delta S'_k &= \Delta\omega_k \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'_k} \\ &= \frac{\cos^4 \psi_k}{f^2} \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'_k} \end{aligned} \quad (11)$$

となる. ただし,  $\psi'_k$  は投影先画像に式 (9) を適用したものである. 領域全体の面積  $S'$  は,

$$\begin{aligned} S' &= \sum_{k=1}^n \Delta S'_k \\ &= \sum_{k=1}^n \Delta\omega_k \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'_k} \\ &= \sum_{k=1}^n \frac{\cos^4 \psi_k}{f^2} \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'_k} \end{aligned} \quad (12)$$

であり, 重心位置  $(c'_x, c'_y)$  は,

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} c'_x \\ c'_y \end{bmatrix} &= \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n \Delta S'_k \begin{bmatrix} x'_k \\ y'_k \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n \frac{\cos^4 \psi_k}{f^2} \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'_k} \begin{bmatrix} x'_k \\ y'_k \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (13)$$

となる。

これらの関係式を見ると、投影後の画像上の対象領域の面積や重心位置は、投影の前後の対象領域の形状やその画面内での位置、つまり、各画素（領域）に対する  $\psi_k, \psi'_k$  のばらつきに影響されることが分かる。このため、投影元画像の視野パラメータ  $(\theta, \phi, f)$  と領域  $X$ 、および、想定する画面構成  $S', (c'_x, c'_y)$  を与えて投影先の視野パラメータ  $(\theta', \phi', f')$  を決定するためには複雑な方程式を解く必要がある。そこで、本研究では近似計算によって投影先画像のカメラパラメータ  $(\theta', \phi', f')$  を決定することを考える。

ここでは各画像上で求められる領域の重心の方位が等しく、さらに、画面上の対象領域の面積  $S$  が極端に大きくないと仮定する。これは、視点から画像中心と対象領域の重心にそれぞれ向かうベクトルのなす角を  $\psi, \psi'$  としたとき、 $\cos \psi_k = \cos \psi, \cos \psi'_k = \cos \psi'$  と見なすことにほかならない。このとき、式 (12) は、

$$\begin{aligned} S' &= \sum_{k=1}^n \Delta\omega_k \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'_k} \\ &\approx \sum_{k=1}^n \frac{\cos^4 \psi}{f^2} \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'} \\ &= S \frac{\cos^4 \psi}{f^2} \frac{f'^2}{\cos^4 \psi'} \end{aligned} \quad (14)$$

と簡単化される。なお、 $\cos \psi, \cos \psi'$  はそれぞれ、

$$\cos \psi = \sqrt{f^2 + c_x^2 + c_y^2} / f, \quad (15)$$

$$\cos \psi' = \sqrt{f'^2 + c_x'^2 + c_y'^2} / f' \quad (16)$$

である。さらに、重心の方位が変わらないという条件から

$$\begin{aligned} \frac{p}{|p|} &= \frac{o + c_x i + c_y j}{|o + c_x i + c_y j|} \\ &= \frac{o' + c'_x i' + c'_y j'}{|o' + c'_x i' + c'_y j'|} \end{aligned} \quad (17)$$

の関係が導かれる。ただし、 $o', i', j'$  は式 (4) に  $(\theta', \phi', f')$  を適用して同様に計算されるものとする。

この関係式では、式 (14) から  $f'$  が得られ、その値を用いて式 (17) を解くことで、 $(\theta', \phi')$  を容易に計算できる。

## 5. 仮想カメラワーク映像生成

### 5.1 追跡映像の撮影

カメラワーク映像を得るためには、まず、元になる対象追跡映像を獲得する。首振りカメラで対象を自動追跡する方法には様々なものがある。ここでは、色情報に基づいて撮影対象を検出し、得られた画面上での

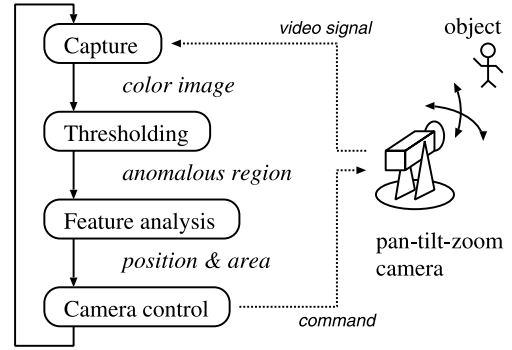


図6 対象追跡処理

Fig. 6 Process flow of object tracking.



(a) captured image

(b) extraction result

図7 対象抽出処理の例

Fig. 7 Example of object extraction for tracking control.

重心位置と面積に基づいてカメラの視線を制御して追跡映像を取得するという簡易な方法をとることにする。撮影対象は、ある単一色（実験では赤色）の物体とし、以下の4段階の処理を繰り返し行うことで、追跡映像を撮影する（図6）。

キャプチャ：ビデオカメラの撮影映像の各フレームを計算機に取り込む。以下の実験では、 $320 \times 240$ 画素の24bitカラー画像としている。

閾値処理：得られた撮影画像から色情報に基づいて対象の候補領域を抽出する。ここでは、RGBのそれぞれの要素に対して閾値処理を行い、その積領域の2値画像を得る。

ラベリングと特徴抽出：得られた2値画像にラベリング処理し、各連結領域の画素数（面積）を算出する。複数の連結領域の内最大面積を持つ領域を撮影対象領域と判断し、その画面上での重心位置を算出する。面積と重心位置は撮影時の視線情報とあわせて撮影画像とともに記録しておく。

カメラ制御：得られた重心位置を画面中心でとらえるようなパン・チルト回転角を求め、カメラに視線制御命令を出す。

後の実験で用いた追跡映像の1フレームの処理例を図7に示す。処理結果の図中の十字線が対象の重心位

置を表している。

## 5.2 カメラワーク映像生成処理

得られた対象追跡映像の各フレーム（以下、撮影画像）と、対象の位置や大きさによって規定された画面構成を入力として、想定する対象の位置や大きさでとらえたかのごとき仮想カメラワーク映像を生成する。なお、ここでは追跡処理性能が対象を完全に追跡映像内に含むように撮影されているとする。

前節の方法で得られた撮影画像には、

- 対象追跡映像撮影時のカメラの視線方向（パン・チルト角  $\theta, \phi$ ）とズーム値（焦点距離  $f$ ）
- 撮影画像における追跡対象領域の重心位置  $(c_x, c_y)$  と面積  $S$

の情報が付加されている。さらに、最終的な出力としてのカメラワーク映像の画面構成として、

- 出力画像上で想定する対象の重心位置  $(c'_x, c'_y)$  と面積  $S'$

を設定する。この画面構成がカメラワークの設定となる。 $(c'_x, c'_y)$ 、 $S'$  を定数値に設定すれば、出力映像として対象を決まった位置に決まった大きさでとらえた、画面構成としては静的な映像化が行われ、 $(c'_x, c'_y)$ 、 $S'$  の時間変化を設定することで、画面上の位置や大きさが変化するような動的なカメラワークも規定できる。

入力となる  $(\theta, \phi, f)$ 、 $(c_x, c_y)$ 、 $S$ 、および、 $(c'_x, c'_y)$ 、 $S'$  の値から、前述の方法で出力画像での視線方向とズーム値、すなわち、パン・チルト角と焦点距離  $(\theta', \phi', f')$  を求め、最終的な仮想カメラワーク画像を得る。しかし、撮影画像だけの情報から仮想カメラワーク画像を作る場合、撮影された視野以外の情報が不足するので、あらかじめ作成した背景となるパノラマ画像を用いて補完することとする。具体的な手順を以下に示す。

パノラマ背景画像生成： あらかじめシーンに追跡対象が含まれない状況で視線方向を変え撮影した複数の画像からパノラマ背景画像を作成しておく。視点固定型の特徴を利用することで、対象追跡映像と同一の視点からのパノラマ画像となっている。

パノラマ追跡画像生成： 撮影画像を撮影時の視線情報  $(\theta, \phi, f)$  に基づいて透視投影変換することで、パノラマ背景画像に上書きし、仮想的なパノラマ追跡画像を生成する。

仮想視野の決定： 撮影画像上の対象位置  $(c_x, c_y)$  と面積  $S$ 、および、想定する画面構成での画像上の対象位置  $(c'_x, c'_y)$  と面積  $S'$  から、出力画像のための仮想的な視線方向とズーム値  $(\theta', \phi', f')$  を決定する。

仮想視野画像の抽出： 得られた  $(\theta', \phi', f')$  に基づいてパノラマ追跡画像から透視投影変換で画像を抽出することで、最終的なカメラワーク画像を得る。

全体の処理の流れを図 8 に示す。撮影画像のすべてのフレームに対してこれらの処理を施すことで、仮想カメラワーク映像を得る。

## 6. 実験結果

まず、仮想カメラワーク生成処理の元になる追跡映像の例を図 9 上段に、対象の画面内位置、面積の変化を図 9 下段の左右にそれぞれ示す。比較的単純な対象追跡処理を行っているため、撮影対象への追従性能は悪い。首振りカメラは対象を画面中央でとらえるように制御しているものの、時間遅れの要素などが影響し、実空間中ではそれほど急激な動きではない対象の画像上での位置はフレームごとに異なる映像となっていることが分かる。このような映像は画面構成の安定性の点からカメラワーク映像としては不適切である。以下の実験では追跡映像として 100 フレームの画像を用い、画像サイズは  $320 \times 240$  とする。

次に、対象位置を画面中央に、面積を画面の 30 分の 1 の面積でとらえるように設定した画面構成で作成した仮想カメラワーク映像と対象の重心位置、面積の変化を図 10 に示す。具体的な設定値は  $(c'_x, c'_y) = (0, 0)$ 、 $S' = 2500$  である。実カメラ操作による追跡映像で十分追従できていなかった対象物を画面中央で同じ大きさにとらえた映像表現となっていることが分かる。また、背景パノラマ画像による撮影視野外の補完が効果的に機能していることが分かる。近似計算を用いているため、結果映像で設定値から逸脱している部分が存在するが、十分に安定した画面構成での映像化が実現されているといえる。

さらに、異なる画面構成として、仮想ズーム操作（拡大 縮小 拡大）に相当する映像例、および、対象が画面の左側から入り、右側から出ていく映像例と対象の重心位置、面積の変化を、それぞれ、図 11、図 12 に示す。両者とも、 $(c'_x, c'_y)$ 、および、 $S'$  を映像の時間進行に合わせて変化させて最終映像を得ている。図 12 の例では、実カメラ操作では対象を確実に視野に納めているにもかかわらず、仮想カメラワーク生成処理では、対象が映像に含まれないような表現も可能であることが分かる。ただし、首振りカメラの撮影可能視野を大きくこえる視野設定となっているため、背景パノラマ画像の補完だけでは対応できない部分が生じている（図の黒色部分）。このような部分は、最終的映像



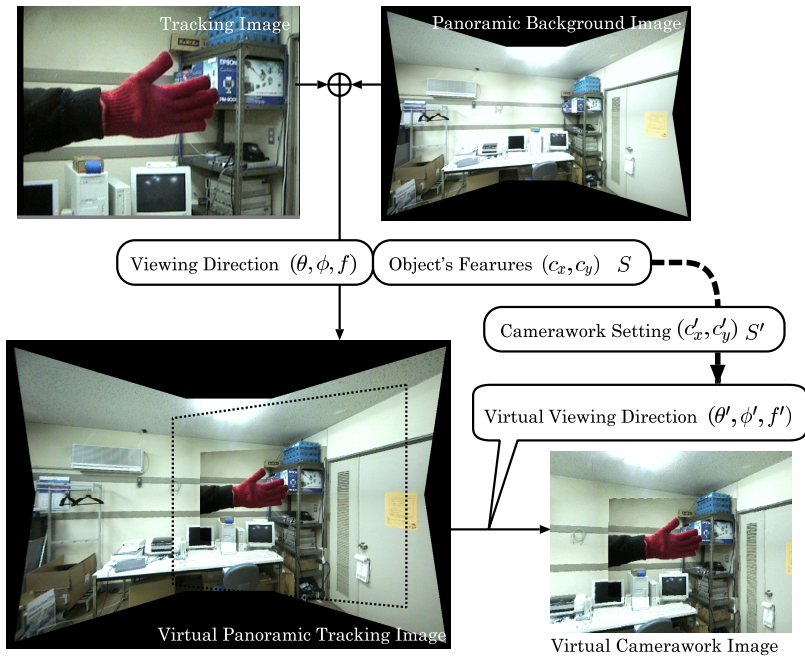


図 8 仮想カメラワーク生成処理の流れ

Fig. 8 Process flow of virtual camerawork generation.

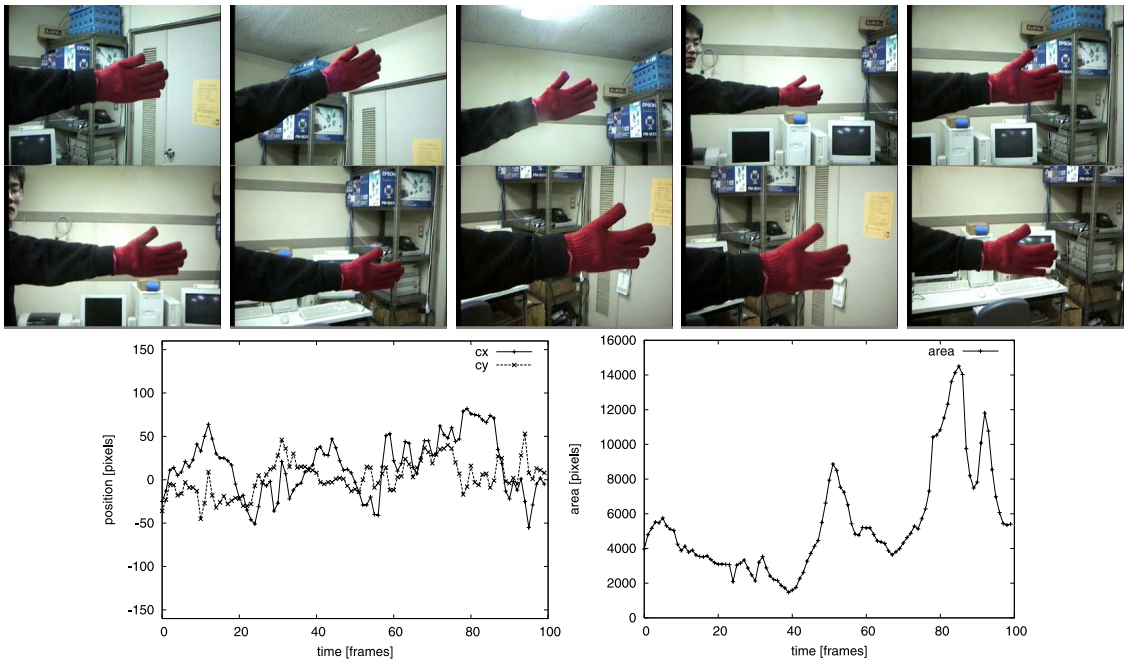


図 9 実カメラ操作による対象追跡映像と対象の重心位置と面積の変化

Fig. 9 Real tracking image sequence by an active camera and transition of center position and area.

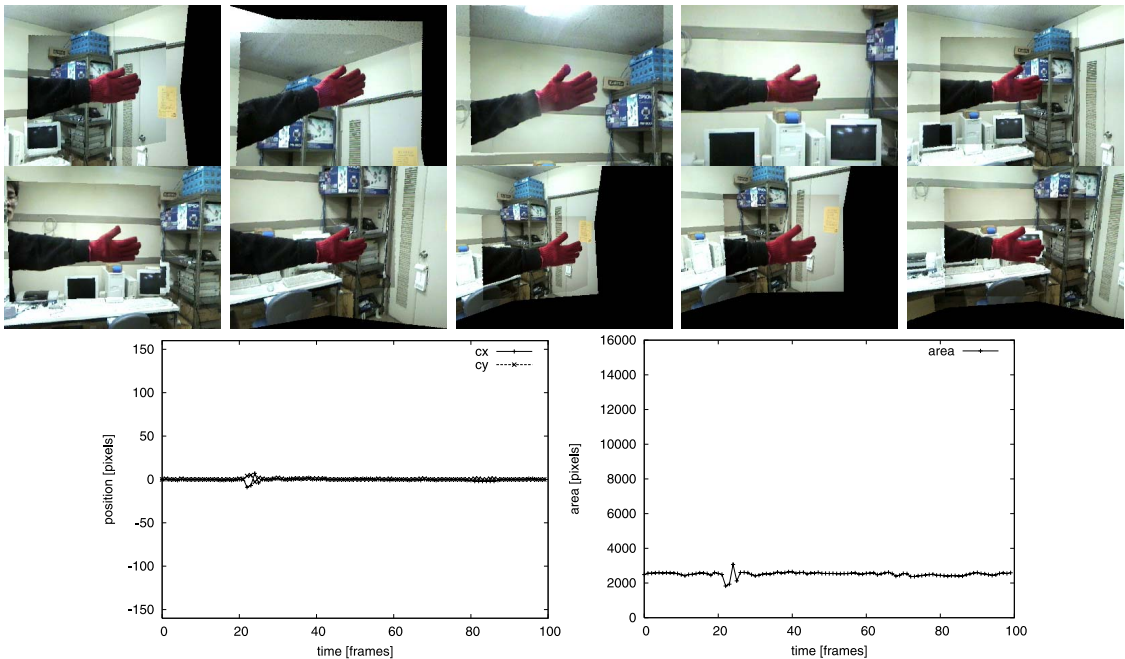


図 10 仮想カメラワーク映像例 1

Fig. 10 Virtual camerawork video sequence No.1, where  $(c'_x, c'_y) = (0, 0)$ ,  $S' = 2500$ .

としては望ましくない。仮想カメラワークにおける視野が実カメラの撮影可能範囲内になるように仮想カメラワークを制御する方法や、首振り撮影の可能範囲が広いカメラを利用して背景パノラマ画像を獲得する方法での対応が考えられる。

ところで、本実験結果には、画像合成の際に幾何学的、光学的な不整合が生じている個所がある(たとえば、図 10 左上)。幾何学的な不整合は、カメラ制御の命令値と実際のカメラの撮影方位の誤差によるものであり、撮影映像の対象以外の部分で背景画像との位置照合を行う方法や、カメラの動特性をモデル化して、カメラ制御の命令値からカメラの撮影方位を推測する方法で正確なパラメータを求めることで対処できると考えられる。

光学的な不整合については、レンズの口径喰による明度低下と、影の発生など対象が存在することによる背景の明度変化が原因と考えられる。口径喰の影響は、あらかじめ均一な明度の対象を撮影して作成した明度テーブルを用いた補正が考えられる。また、背景部分の明度変動については、撮影視野内で発生した明度変動が境界で極端に不連続にならないように背景画像側の明度を調整する方法が有効と思われる。

なお、本実験では首振りビデオカメラとして Sony 製 EVI-G20 を用い、CPU が Pentium III 600 MHz の計算機でカメラ制御と映像処理を行った。実カメラ操

作での追跡映像取得では、およそ、秒 3 フレームでの撮影を行った。取得映像をいったんファイルとして保存し、仮想カメラワーク生成処理はオフラインで行った。100 フレーム(約 30 秒間)の映像での処理時間はおよそ 30 秒である。

## 7. まとめ

本研究では、実カメラ操作による対象追跡映像から任意の画面構成のカメラワークでとらえた映像を生成する方法として、視点固定型の首振りカメラの特性を利用し、撮影画像と事前に得ておいたパノラマ画像とを合成し、さらに、設定した画面構成に従うように画像を切り出す方法について述べた。この方法は、全方位を同時撮影可能な撮像装置にも適用可能であるが、単一のカメラと特殊な光学系を用いて広範囲を同時に撮影する文献 8) の方法に比べて解像度が高いという点で、また、複数のカメラで全方位を同時に撮影する文献 9) の方法に比べて装置規模が小さいという点で本手法は優位である。

提案手法では、追跡処理のための映像と人間に提示するための映像をそれぞれ区別して考えることができ、対象が画面に入ってくるような実際のカメラ制御だけでは生成困難な映像も生成可能となった。このことから、実カメラ操作では対象を見失わないなどの頑健な対象追跡の実現を、仮想カメラワーク生成では多様で



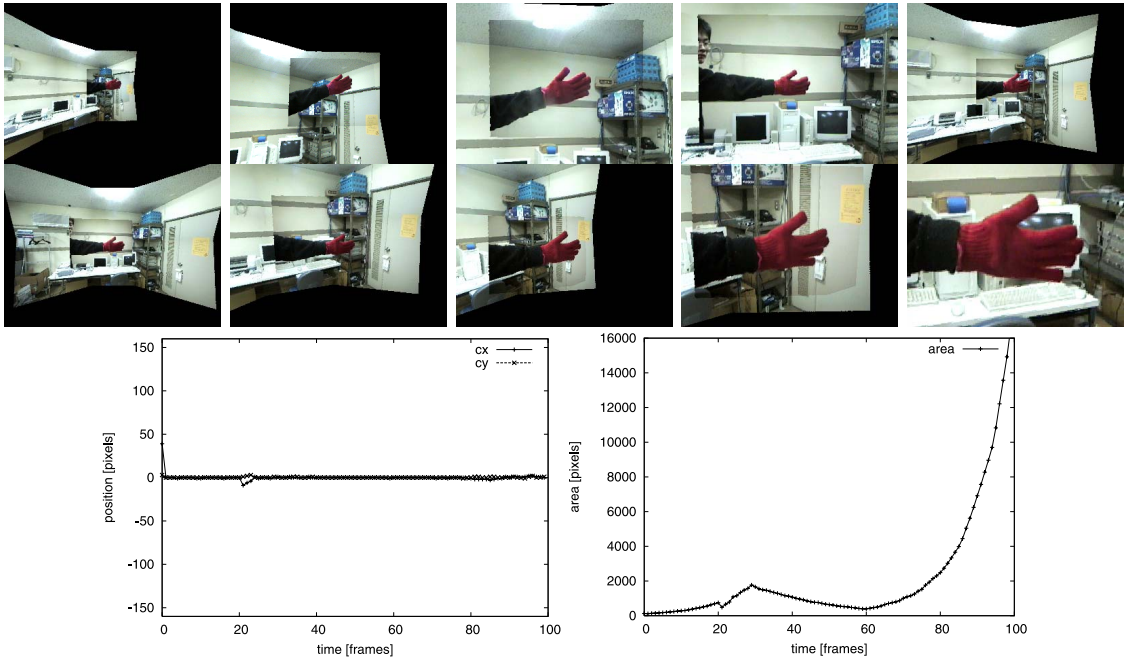


図 11 仮想カメラワーク映像例 2 (対象：中央，面積：拡大 縮小 拡大)

Fig. 11 Virtual camerawork video sequence No.2, where  $(c'_x, c'_y) = (0, 0)$  and  $S'$  is variable as scaling up-down-up.

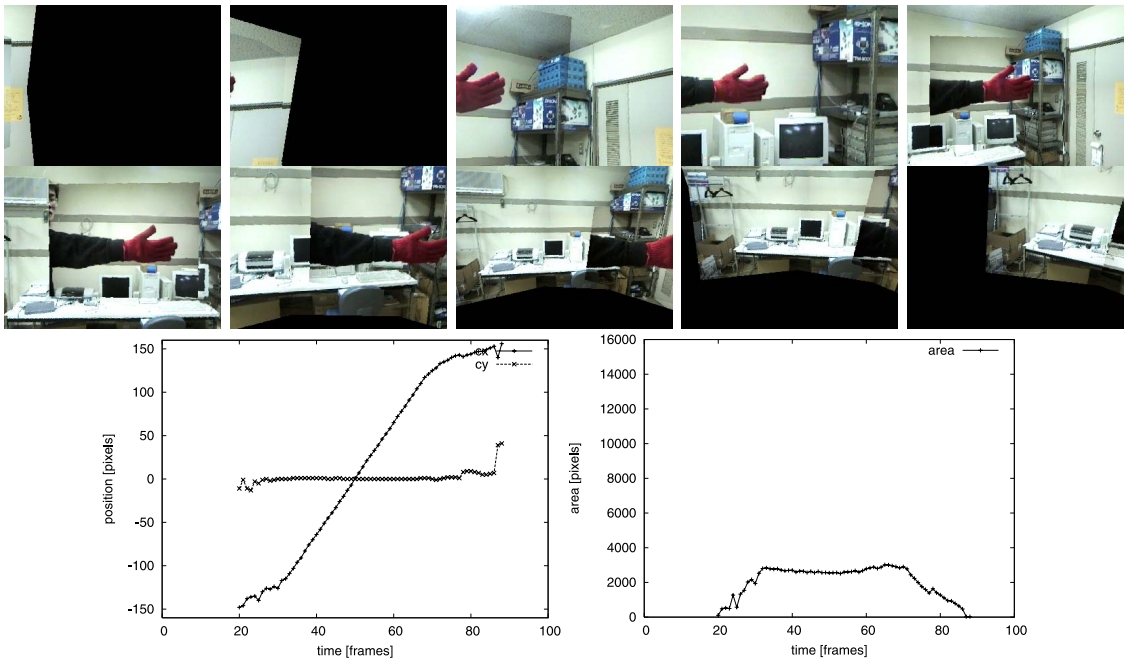


図 12 仮想カメラワーク映像例 3 (位置：左から登場 右へ退場)

Fig. 12 Virtual camerawork video sequence No.3, where  $S' = 2500$ ,  $c'_y = 0$  and  $c'_x$  is decided as the object is framed-in from the left side of the image and framed-out to the right side of the image.

柔軟なカメラワークによる映像表現の実現をそれぞれ目指すことで、結果として、より実用性の高いカメラワーク映像の撮影・提示システムが実現できると考えられる。

本研究では、画面内の撮影対象の重心位置と面積変化の安定をカメラワークの良さの基準とした。しかし、実際の映像作品などでは必ずしもこれらの条件を満たしていない。人に見せるためのカメラワークがどのようなものであるべきかは、今後の大きな検討課題である。映像化するシーン状況に応じて、注目対象だけでなく背景や他の対象物との関係を考慮したカメラの視野決定法や、複数カメラの利用とそれらの映像の切替えによる映像化法を、実際の映像作品におけるカメラワークやその効果と関係付けながら検討すべきである。

さらに、今後の課題として、実験時に問題となった合成時の幾何学的、光学的不整合の問題の解決、より高性能な追跡処理の導入による実用的な撮影の実現、全体の処理の高速化による実時間で撮影・提示システムの構築があげられる。また、対象追跡が対象に追従しきれなかった場合、実カメラでの追跡映像で対象が画像からはみ出してしまうことで、最終映像で対象の部分が欠けることが考えられ、その時点で欠けた部分をすでに撮影した映像から得た対象の形状や見え方のモデルに基づいて補充し、対象全体を含むような違和感のない最終映像を得ることが考えられる。

### 参 考 文 献

- 1) ダニエル・アリホン (著), 岩本憲児, 出口丈人 (訳): 映画の文法 実作品にみる撮影と編集の技法, 紀伊國屋書店 (1980).
- 2) He, L.-W., Cohen, M.F. and Salesin, D.H.: The Virtual Cinematographer: A Paradigm for Automatic Real-Time Camera Control and Directing, *Proc. SIGGRAPH '96*, pp.217-224, ACM (1996).
- 3) 太田篤史, 田中敏光, 大西 昇: 三次元 CG におけるカメラワークの自動生成, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol.121-C, No.12, pp.1834-1843 (2001).
- 4) 山内結子: 実写ベースバーチャルスタジオ—より豊かな映像表現をめざして, NHK 技研 R&D, No.68, pp.38-45 (2001).
- 5) 大西正輝, 泉 正夫, 福永邦雄: デジタルカメラワークを用いた自動映像生成, MIRU2000 画像の認識・理解シンポジウム講演論文集 I, pp.331-336 (2000).
- 6) 松山隆司, 和田俊和, 物部祐亮: 視点固定型パン・チルト・ズームカメラを用いた実時間対象検出・追跡, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.8, pp.3169-3178 (1999).
- 7) 和田俊和, 浮田宗伯, 松山隆司: 視点固定型パン・チルト・ズームカメラとその応用, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J81-D-II, No.6, pp.1182-1193 (1998).
- 8) 山澤一誠, 尾上良雄, 横矢直和, 竹村治雄: 全方位画像からの視線追従型実時間画像生成によるテレプレゼンス, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J81-D-II, No.5, pp.880-887 (1998).
- 9) 山本和彦, 棚橋英樹, 桑島茂純, 丹羽義典: 実環境センシングのための全方向ステレオシステム (SOS), 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol.121-C, No.5, pp.876-881 (2001).

(平成 14 年 9 月 2 日受付)

(平成 15 年 3 月 28 日採録)

(担当編集委員 斎藤 英雄)



東海 彰吾 (正会員)

1968 年生。1991 年名古屋大学工学部情報工学科卒業。1996 年名古屋大学大学院工学研究科博士課程情報工学科専攻修了。同年京都大学大学院工学研究科助手。同大学院情報学研究科助手を経て、2000 年より福井大学工学部講師。映像の撮影・編集・生成処理に関する研究に従事。博士 (工学)。



宮川 栄一

1978 年生。1999 年福井工業高等専門学校電子情報工学科卒業。2001 年福井大学工学部情報工学科卒業。2003 年福井大学大学院工学研究科情報工学科専攻修了。現在は株式会社永和システムマネジメント勤務。計算機による映像生成処理に関する研究に従事。