

カメラメタファーに基づく多視点映像の検索

中西吉洋[†] 廣瀬竜男[†]
秦淑彦[‡] 田中克己[†]

家庭用ビデオカメラの普及で、一般の人がスポーツやイベントを撮影する機会が増えてきた。会場で多くの人が撮影をしていた場合、同じ空間を様々な視点から撮影した映像が存在する。これらの映像からユーザが望む映像を抽出するために、本稿ではカメラメタファー操作によりユーザが指定した撮影範囲を問合せとした多視点映像に対する時空間検索の手法を提案する。まず、カメラメタファーの定義を行い、いくつかの具体的なアプリケーションを述べた後、その一つを例に取り、プロトタイプと検索アルゴリズムについて述べる。

Retrieval of Multiple Perspective Video by Camera Metaphor

YOSHIHIRO NAKANISHI[†], HIROSE TATSUO[†], TOSHIHIKO HATA[‡]
and KATSUMI TANAKA[†]

The widespread use of handy video cameras has increased the opportunities for the general public to film events. When a certain area is filmed by many people, video images of various viewpoints of the same space exists. In order to extract the video images which a user desires from these video images, this paper proposes a technique which space-time retrieves multiple perspective video with the photography range which the user specified by camera metaphor operation as query. After defining the camera metaphor, a few concrete applications are described, one of those applications is used as an example to examine the prototype and retrieval algorithm.

1. はじめに

デジタル映像技術の急速な進歩に伴い、多数のカメラで撮影され相互に時間同期した多視点映像を蓄積・検索・配信するシステムが注目され、TV中継や道路監視などの業務分野で既に導入が始まっている。一方、民生分野でも映像のデジタル記録・配信機能を備えた小型で安価なビデオカメラが登場し、モバイルを含む広帯域ネットワーク基盤の整備が進むと、近い将来、一般ユーザを対象とした多視点映像システムが実現されるであろう。例えば、スポーツ中継でプロカメラマンや一般カメラマンが色々な被写体を様々なアングルから撮影した多視点映像を蓄積し、ユーザが見たいシーンを検索するようなアプリケーションが考えられる。このような多視点映像アプリケーションに

おける技術課題の一つは、検索対象に関する十分な知識を持たないユーザに対し、何に興味があるのか、何を見たいのかといった問合せを自然に形成できる仕組みを提供することである。もう一つの課題は、観戦中に興味対象を見つけた際、その対象をユーザとは別の視点で撮影された映像、例えばズームアップした映像や反対側から撮った映像を探して表示する機能の実現である。

本研究ではこれらの課題に対して、カメラメタファーに基づく多視点映像の問合せ検索方式を提案する。まず、我々が慣れ親しんだカメラ操作を問合せ形成のためのメタファーとする検索カメラを考える。ユーザはこの検索カメラを用いて、ファインダーに写る被写体や事象を観察しながら、興味あるものを探して指定する。次に、興味対象を指定した際の検索カメラの撮影時刻と撮影範囲を問合せ情報として、撮影時刻と撮影範囲をメタデータとして有する多視点映像の時空間上で検索し、興味対象を写している映像区間の集合を得る。

以下、2章で関連研究を述べた後、3章でカメラメタファーによる情報検索を行う検索カメラを定義する。

[†] 神戸大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kobe University

[‡] 三菱電機(株)産業システム研究所
Industrial Electronics & Systems Laboratory, Mitsubishi Electric Corporation

さらに4章でこの検索カメラを用いた多視点映像の検索方式を提案し、5章で具体的な多視点映像検索システム、6章で撮影範囲に基づく映像区間の検索アルゴリズムについて述べる。

2. 関連研究

多視点映像の検索としては、メタデータを用いる方法やオブジェクト抽出による方法が提案されている。

文献¹⁾では多視点映像に付けられた撮影時刻、撮影範囲、イベント等のメタデータをユーザが直接指定することにより、見たい映像区間を獲得する問合せ検索を提案している。文献²⁾では映像区間に写っているオブジェクトやイベントの重要度から映像区間の重要度を計算し、重要な映像区間を選択して地図上に表示するスキミング方式を提案している。また、文献³⁾では移動する被写体を画像認識技術により抽出し、指定した被写体が写っている映像区間を検索する方式を提案している。

これらの方式の共通点は、ユーザは検索対象に関する知識を有しており、この知識を基に問合せを形成することができるという前提であり、本研究の狙いとは大きく異なる。

一方、情報検索にビデオカメラを用いる手法も、Augmented Realityの研究分野を中心に提案されている(文献^{4)~7)}。多くはGPSや方位計等のセンサからカメラやユーザの位置や視線方向を入力したり、バーコード等の目印を画像認識することにより、撮影された映像あるいはユーザが見ている空間に存在するオブジェクトを求め、そのオブジェクトに関する情報を映像上に重畳表示するものである。文献⁷⁾では重畳表示する関連情報として映像を含み、例えばユーザが現在見ているオブジェクトや空間に対し、それらを過去に撮影した映像を表示する応用を提案している。また文献⁶⁾では単に関連情報を重畳表示するだけでなく、カメラがズームアップするとより詳細な情報を表示したり、プライバシーを考慮してオブジェクトをぼかすなど、検索カメラとして興味ある機能を提案している。

しかし、これらの方式は映像に映るオブジェクトの関連情報が検索対象であるのに対し、本研究では検索カメラで捉えた興味対象を別の視点から写した多視点映像を検索対象としており、狙いも実現方式も異なる。

3. カメラメタファーによる問合せ検索

撮りたい被写体をファインダーで探し、構図を決め、焦点を合わせてシャッターを押し、出来映えを確認す

るといった我々が慣れ親しんだカメラ操作を利用して、色々な情報を検索するユーザインタフェースを本稿では情報検索のためのカメラメタファーと定義する。そして、図1のカメラメタファー機能を備えたシステムを検索カメラと呼ぶ。

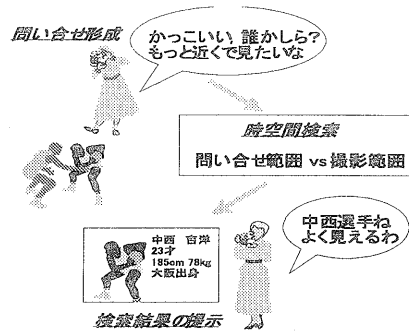


図1 検索カメラ

(1) 問合せ形成

カメラのファインダーを覗きながら、位置の移動、パン、チルト、ズームといったカメラ操作を使って被写体や事象などを観察し、興味ある対象を見つけるとズームとフォーカス機能で焦点を合わせ、シャッターや記録ボタンでその対象を明示的に指定する、あるいは一定時間その対象に焦点を当てつづけることにより暗示的に指定する。この過程において、ユーザはファインダーから見える多くの被写体や事象から興味あるものを探し、さらに興味対象を近くからあるいは別の角度から詳細に見たい、興味対象に関するプロフィール等を知りたいといったことを考える。これはまさにデータベースに対する問合せ、すなわち“Query by Camera”(QBC)であり、

- 慣れ親しんだ直感的な操作である
- 検索対象に関する知識がなくてもよい
- 問合せのための余計な操作が不要で、観察に集中できる

といった特長を有する。

以上の操作は興味あるものを探し、指定するための物理的なメタファーであるが、例えば、ズームインすると被写体がより大きく見えるだけでなく、より詳細な被写体の関連情報が表示される、あるいは位置を移動して別のアングルから撮ると被写体の見え方が変わるだけでなく、関

連情報も別の観点から整理されて表示されるなど、意味的なメタファーを使うこともできる。

(2) 検索

問合せ形成で得られる基本的な情報は、興味対象を指定した際の検索カメラの撮影時刻と撮影範囲、またはそれらの時系列集合である。検索カメラの撮影時刻を問合せ時刻、撮影範囲を問合せ範囲と呼ぶ。これら問合せ情報を入力として、興味対象を写す映像やプロフィール等の関連情報を時間的、空間的に管理するデータベースを時空間検索し、該当する映像区間や関連情報を結果として回答する。

(3) 検索結果の提示

検索結果をファインダーやビデオカメラの液晶ディスプレイに表示する。例えば、ファインダーに写る被写体に関連情報を重畳表示したり、別の角度から捉えた映像をピクチャー・イン・ピクチャー表示する。また、液晶ディスプレイにはビデオカメラの再生モードのメタファーを使って、検索結果の映像を対話的に再生する。

このような検索カメラは、カメラの位置、撮影方向、被写体までの距離などを計測するセンサや、映像データベースにアクセスするためのネットワーク機能などを実際のカメラに付加することにより実現できる。例えば、モーションキャプチャ用カメラの中には、通常の雲台付きカメラと同様な操作をしながら、パン、チルト、ズーム等の値を出力できるものがある⁸⁾。ある程度の誤差を許容できるならば、GPS (Global Positioning System) と方位計を使って雲台のないハンディな検索カメラも実現できる。また、被写体までの距離計測には、レーザ計測技術を用いた距離センサ等が利用できる。

一方、コンピュータ上での GUI (Graphical User Interface) としてカメラメタファー操作を実現することもできる。例えば、空間全体を鳥瞰図的に高解像で撮影した問合せ用映像の上でマウスを使って興味対象を指示したり、色々な位置やアングルから撮影した多数のカメラ映像による3次元空間をコンピュータ上に生成し、この3次元空間上をウォークスルーしながら自分の興味あるものを探し焦点をあてる方法などが考えられる。

4. 多視点映像に対するカメラメタファー検索

上述の検索カメラを用いて多視点映像を検索する方法を提案する。多視点映像について説明した後、検索の基本方式とそのバリエーションを述べる。

4.1 多視点映像

本稿で扱う多視点映像とは、競技場、コンサートホール、都市などの空間を数十から数百という多数のカメラで撮影したライブ映像および蓄積映像である(図2)。多視点映像は映像実体データ以外に、以下

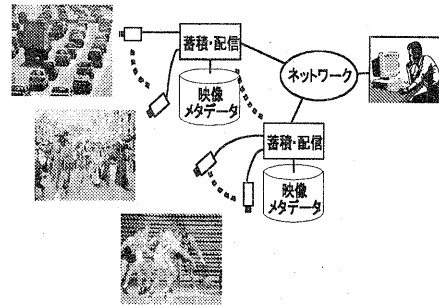


図2 多視点映像

に示すメタデータを有する

- 撮影時刻: 映像ストリームの各フレームがいつ撮影されたかを示すタイムスタンプ。
- カメラと撮影範囲: 撮影したカメラの識別子とカメラの位置や方向等の撮影範囲データ。撮影範囲は外部制御可能な首振りカメラや GPS, ジャイロ等のセンサから得られる。
- 注釈: 注釈とは、被写体の行動や状態変化を示すイベント、被写体やイベントに対する解説などである。例えば、“選手 A がヘディングシュートをした”、“選手 A のフェイントは切れがある”などである。注釈情報はキーボードや音声認識装置等の入力装置を用いて生成される。

4.2 多視点映像の検索

メタデータを有する映像区間の集合から構成される多視点映像データベースに対し、検索カメラより得られた問合せ時刻および問合せ範囲を検索パラメータとして入力する。この入力パラメータと多視点映像のメタデータである撮影時刻および撮影範囲を比較し、時空間上で近い範囲を撮影していた映像区間を抽出し、メタデータを含む映像区間情報を検索結果として回答する。

$$Q(q) = \{v | D(cf, qf) \leq L\}$$

- q : 問合せ情報

$$q = \{qf(t) | t_{qs} \leq t \leq t_{qe}\}$$

- $qf(t)$: 時刻 t における問合せ範囲
- t_{qs}, t_{qe} : 問合せの開始時刻と終了時刻
- v : 映像区間
 - $$v = \{cid, \{cf(t)|t_s \leq t \leq t_e\}, \{vf(t)|t_s \leq t \leq t_e\}\}$$
 - cid : カメラ ID
 - $cf(t)$: 時刻 t における撮影範囲
 - $vf(t)$: 時刻 t における映像フレーム
 - t_s, t_e : 撮影の開始時刻と終了時刻
- D : 時空間上における2つの範囲の距離計算
- L : 時空間上で近いかな否かを定める閾値

ここで、問合せ範囲に近いと判定された映像区間は問合せにおける興味対象を撮影している、あるいは撮影している可能性が高いといえる。従って、検索結果は興味対象を別の視点から撮影した映像区間の集合と考えることができる。

この検索方式を基本として、以下の観点から幾つかの検索バリエーションが考えられる。

- 検索対象: 同期映像 or 非同期映像
問合せ時刻と同じ撮影時刻を有する映像区間を検索対象とする同期映像の検索と、問合せ時刻とは異なる撮影時刻を有する映像区間を検索対象とする非同期映像の検索がある。
- 問合せとその応答: 実時間 or 非実時間
アプリケーションを考えたとき、カメラメタファー操作で問合せを行いながら実時間で検索を行なう場合と、問合せを一定時間行なった後に検索結果を行う場合が考えられる。
- 検索結果: 単一ストリーム or 複数ストリーム
検索結果は時空間的に近い映像区間の集合であるが、同じ撮影時刻には一つのカメラで撮影した映像区間しか存在しない単一ストリームの検索結果と、同じ撮影時刻に異なるカメラで撮影した複数の映像区間が存在する複数ストリームの検索結果が考えられる。
- 問合せ対象: 映像区間 or 注釈等の情報
映像区間はメタデータとして注釈を有するので、検索結果である映像区間につけられた注釈を興味対象の関連情報として表示することができる。

検索の具体例を以下に示す。

- (1) 非実時間で同期映像を検索
例えば図3のように、バスケットボール観戦において検索カメラを用いて自分の見たいシーン

を撮影する。撮影終了後、撮影区間の問合せ情報をパラメータとして他の人が撮影した映像を検索し、自分とは異なるズームや位置、アングルから同じ対象を撮影した映像区間の集合を複数ストリームの映像として得る。自分が撮影した映像を再生しながら、反対の方向から見たい、アップで見たい、全体を見たいなどの要求を対話的に指定しながら、検索結果の映像区間から適切なものを選択する。この例は、同期映像、非実時間、複数ストリームの検索である。さらには、“対象を最も近くで撮影しているカメラの映像”といった検索条件を加えて、検索結果を単一ストリームとして回答することも可能である。

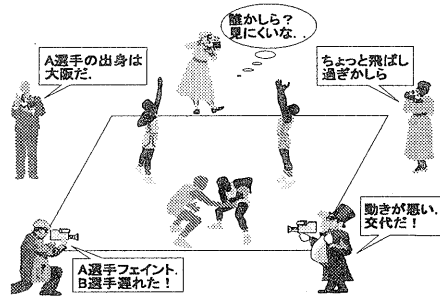


図3 検索例1

- (2) 実時間で非同期映像を検索
例えば図4のように、丘の上から町並みを撮影していたがあいにくの雨なので、快晴の景色が見たいと検索カメラに指示する。検索カメラは別の旅行者が快晴の日と同じ場所から撮影した映像を検索し、ファインダーにその映像を表示する。この検索では、検索カメラを操作している間に該当する映像区間を探す実時間タイプで、検索対象は過去の非同期映像である。撮影した映像を数年後に再生し、最近の風景を見たいと思えば、同様に他の人が撮影した新しい映像を検索することもできる。
- (3) 実時間で関連情報を検索
図3の例で、注目した選手の名前や調子の良い悪いなどを他の撮影者の注釈を検索してファインダーに実時間で表示する。

5. 多視点映像検索システム

この章では、これまでに述べたカメラメタファーに



図4 検索例2

よる検索の評価を行うために、多視点映像をカメラメタファーに基づき検索するプロトタイプについて述べる。

検索システムのタイプとして、4章で挙げた非実時間で同期映像を検索する例を考える。カメラメタファーを問合せとする方法は、実際の撮影現場で検索カメラを用いる方法と、コンピュータ上でGUIにより操作する方法を考える。どちらも撮影終了後のカメラメタファーを用いて検索を行う。

多視点映像の撮影に使用する全てのカメラは、パン、チルト、ズームの値を取得できるものを使用する。また、撮影範囲を絞り込むために、カメラにレーザを用いた測距装置を組み込む。この装置ではカメラから被写体までの距離とカメラの撮影中心軸からの角度を測定することができる。このようなカメラから得られる情報を基にしてカメラメタファーによる検索を行う。

5.1 カメラメタファー

システムではカメラメタファー情報として、撮影したい場所とズーム値を用いて検索を行う。

実際に検索カメラを用いる方法と、GUIを用いる方法それぞれについてカメラメタファーを以下に示す。

● 検索カメラを用いる方法

検索カメラは多視点映像を撮影するカメラと同じように、カメラ情報を取得でき、測距装置を組み込んだものを使用する。実際の撮影現場において、検索カメラを用いて以下の操作を行う。

- 撮影したい対象を、パン・チルトなどのカメラ操作で画面に捉える。
- カメラのズーム率を性能の限界以上に拡大・縮小したい場合に、さらに拡大・縮小したいという意図をカメラメタファーとして記録する。

● GUIを用いる方法

GUIを用いる方法として、撮影空間全体を撮影している鳥瞰映像を用いて、興味ある対象を指定

する方法を用いる。ユーザは鳥瞰映像を再生しながら、以下の操作を行う(図5)。

- 興味ある対象の位置をマウスポインタで指定。
- 興味ある対象の範囲の大きさをマウスポインタの大きさなどで指定。

位置座標と範囲は座標変換により、実空間の値にそれぞれ変換される。

5.2 システム構成

システムの構成を図6に示す。カメラで撮影された映像やメタデータはVTRやハードディスク等の記録装置に蓄積される。それぞれのカメラの映像とメタデータをネットワークやテープから取得し、データベースに保存する。そして検索カメラもしくはGUI操作で得られたカメラメタファー情報を用いて検索を行う。



図5 GUIによる検索

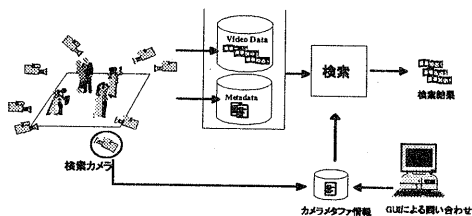


図6 システム構成

6. 撮影範囲に基づく映像区間の検索

6.1 検索アルゴリズムの概要

ユーザが使用するカメラは5章で述べたように、パン・チルト、ズーム、カメラと被写体の距離というカメラメタデータが測定できる。この章ではこれらのデータからカメラの撮影範囲を求め、映像区間を検索する手法を述べる。カメラの撮影範囲を求めることで、注

目している被写体が分かり、カメラが異なっても同じ範囲を撮影していれば同じ被写体を撮影していると判断できる。よって撮影範囲を問合せとすることで、他のカメラで同じ被写体を撮影している映像を検索することができる。ここでユーザがカメラで注目している被写体は、

- カメラ撮像面, すなわち映像の中心にある
ユーザは普通注目する被写体を映像の中心に映す。これを用いた撮影範囲の計算を 6.2 で述べる。
- 映像に大きく映っている
ユーザは注目する被写体を映像に大きく映るように撮る。被写体がカメラ撮像面に映る大きさは、カメラと被写体の距離、ズーム値より計算できる。
- ある程度の時間連続して映っている
注目している被写体は、ある程度の時間幅を持って撮影されている。そこで微小時間での撮影範囲のマッチングを判定した後、時間区間を広げた映像区間の抽出を行う (6.3, 6.4)。
- その他焦点が合っている等

と考える。まず、注目している被写体は映像の中心に映っていること、ある程度の時間連続して映っていることから、撮影範囲の計算やマッチング、映像区間の検索を考える。

6.2 撮影範囲の計算

ユーザは映像の中心に映した被写体に注目しているので、以下の方法でカメラの撮影範囲を計算する。

- (1) カメラの撮影中心軸からの角度が最も小さい (図 7 の θ_1) 被写体の座標 (X, Y) を求める。その角度が同じならば、カメラとの距離が近いほうを選ぶ。カメラの座標を (X_c, Y_c) 、パン値 (基準に対するカメラの撮影角度) を θ_0 、カメラと被写体の距離を l とすると、 X, Y は以下のようなになる (図 7)。

$$\begin{aligned} X &= X_c + l * \cos(\theta + \theta_0) \\ Y &= Y_c + l * \sin(\theta + \theta_0) \end{aligned}$$

- (2) 次にカメラの撮影中心軸にその点を射影し、射影された点 (以後、中心点) を中心として、半径 r の円を撮影範囲とする。カメラから中心点までの距離を L 、カメラの撮影範囲角度を θ_1 とすると半径 r は次のように求まる (図 8)。よって中心点と半径より撮影範囲が求まる。

$$r = L * \sin\theta_1, (L = l * \cos\theta)$$

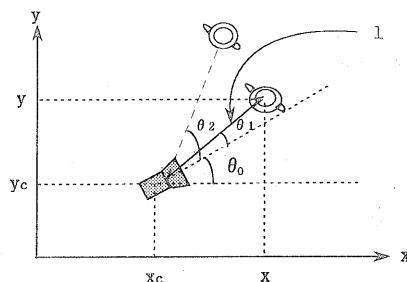


図 7 注目対象の座標

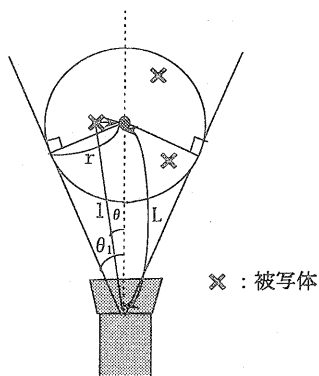


図 8 撮影範囲

6.3 問合せ範囲とのマッチング

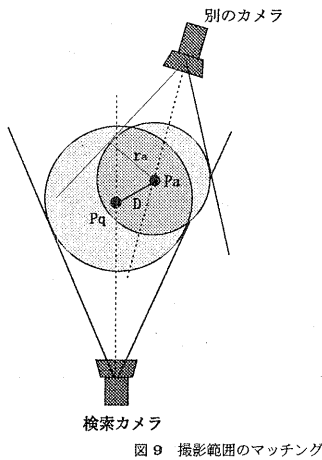
検索の目的は、検索カメラで注目している被写体を撮っている他のカメラの映像区間を求めることである。検索カメラと同じ範囲を撮っているカメラは同じ被写体を撮っていると考え、まず微小区間 Δt において検索カメラの撮影範囲 (問合せ範囲) とのマッチングを判定する。ここで、同じ範囲を撮っているカメラとは、問合せ範囲の中心点をそのカメラの撮影範囲に含んでいるものと定義する。以下にマッチングを判定する式を示す。

検索カメラの中心点の座標を $P_q(X_q, Y_q)$ 、他のカメラの中心点の座標を $P_a(X_a, Y_a)$ とすると (図 9)、中心点間の距離 D は以下ようになる。

$$D = \sqrt{(X_q - X_a)^2 + (Y_q - Y_a)^2}$$

よって、他のカメラの撮影範囲が問合せ範囲とマッチしている条件は次のようになる。

$$D \leq r_a (\text{他のカメラの撮影範囲半径})$$



6.4 映像区間の抽出方法

ユーザが注目している被写体はある程度長い時間撮影されている。そこで微小時間 Δt でマッチング判定をした結果を、時間幅を拡張して行う必要がある。

そこで、微小区間 Δt でのマッチング判定を連続して行ない (図 10)、撮影範囲がマッチしている映像区間を抽出する。

微小区間 Δt で判定を行なっていく、 j 回以上連続してマッチする区間を選ぶ。このとき、マッチしない微小区間が連続 k 回以下なら、それはノイズとみなし、映像区間を含める。しかし、マッチしない微小区間が連続して k 回より多く出現すれば、 k 回前の微小区間までが一致した映像区間とする。

本稿では注目する対象が映像の中心に撮影されていることを前提とした。ユーザが注目対象を漠然と撮影する場合の撮影範囲の計算や映像区間の検索に関しては、今後の課題である。

6.5 映像の適合度

6.4 で得られた映像区間群は、単に検索カメラで注目している被写体が映っている映像である。そのため、検索結果としてユーザが望まない映像も含まれる可能性がある。

ユーザは状況や好みに応じて、

- (1) 注目している被写体をより大きく映している
- (2) 問合せ範囲よりも広い範囲を映している
- (3) 問合せ範囲と同じ範囲を映している

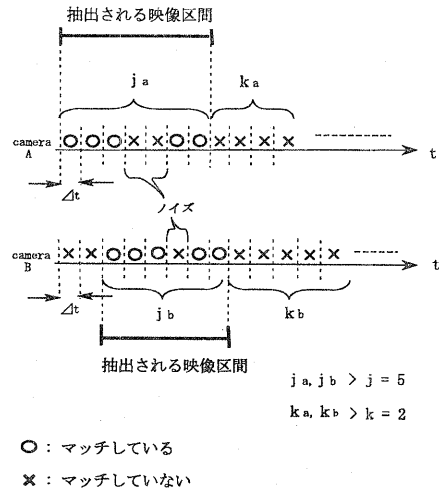


図 10 映像区間のマッチング

という 3 つのパターンの映像を望む。そこでこの 3 パターンを表す測度として“適合度”を定義し、検索結果に反映させる。適合度を定める要素として、“範囲一致度”と“半径比”を定義する。

まず問合せ範囲とマッチした映像の“範囲一致度”を計算し、問合せ範囲と他のカメラの撮影範囲がどれくらいの割合で一致しているかを求める。問合せ範囲を Q 対象とするカメラの撮影範囲を A とすると、以下の式より求まる。

$$a = \frac{Q \cap A}{Q \cup A}$$

次に、“半径比”を計算し、他のカメラの撮影範囲が問合せ範囲よりも大きい小さいかの判断を行なう。他のカメラの撮影範囲半径を r_a 、問合せ範囲の半径を r_q とすると、以下の式より求まる。

$$b = \frac{r_a}{r_q}$$

この 2 式の値を用いて、3 つのパターンの適合度を定義する。

- (1) 注目している被写体をより大きく映している映像を望む場合
 - (a) 範囲一致度が小さい
 - (b) 半径比が小さい

$$v_1 = f(a, b) = \frac{1}{a * b}$$

- (2) 問合せ範囲よりも広い範囲を映している映像を望む場合

- (a) 範囲一致度が小さい
- (b) 半径比が大きい

$$v_2 = f(a, b) = \frac{b}{a}$$

- (3) 問合せ範囲と同じ範囲を映している映像を望む場合

- (a) 範囲一致度が大きい

$$v_3 = f(a, b) = a$$

以上の計算を微小時間 Δt で求め、それを時間的に加算していくことで、映像区間の適合度を求めることが出来る。

$$V = \int v dt$$

検索結果の表示に関して、例えば微小区間 Δt より長い時間 ΔT で、得られた映像区間を区切り（以下単位時間区間と呼ぶ）、その単位時間区間 ΔT の中で適合度を計算する（図 11）。そして、単位時間区間ごとに適合度の高いカメラの映像を選出することで、ユーザの望む映像を抽出することができる等が考えられる。

その他、映像の切り替えや映像シーン長さを考慮して得られた映像区間をシリアルライズするなど、検索結果の表示方法についてはこれからの課題である。

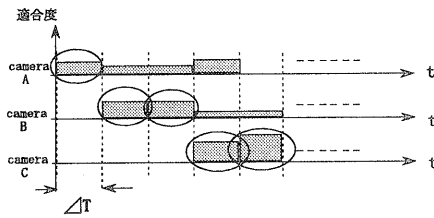


図 11 適合度

7. おわりに

本稿ではカメラメタファーを定義し、そのカメラメタファーに基づく多視点映像の検索手法を提案した。また、この検索手法を評価するプロトタイプと撮影範囲に基づく映像区間の検索アルゴリズムを述べた。今後、プロトタイプを用いてこの検索手法を評価すると共に、検索結果の表示方法について検討を行う。

謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究」(プロジェクト番号 JSPS-RFTF97P00501) によっております。ここに記

して謝意を表すものとします。

参 考 文 献

- [1] 秦 淑彦, 塚田 晶宇, 尾崎 稔, 坊 覚, “分散型履歴映像データの効果的検索・再生方式と実装”, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol. J82-D-1, No. 1, pp.234-246 1999.
- [2] T. Hata, T. Hirose, K. Tanaka, “Skimming Multiple Perspective Video Using Temporal Importance Measures”, IFIP 2.6 5th Working Conference on Visual Database Systems, pp.219-238 2000
- [3] A. Katkere, J. Schlenzig, A. Gupta, R. Jain, “Interactive Video on WWW: Beyond VCR-like Interfaces”, Fifth International World Wide Web Conference, Computer Networks and ISDN Systems, Vol.28, pp.1559-1572, 1996.
- [4] J. Rekimoto, K. Nagao, “The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments”, User Interface Software and Technology, ACM Press 1995
- [5] R. Shibasaki, A. Takuma, M. Fujii, H. Zhao, C. Tianen, “Development of a New User Interface for 3D-GIS by Fusing Real Landscape Image”, International Conference on GIS and Environmental Modeling, 1998
- [6] M. Murao, M. Arikawa, “Networked Augmented Spatial Hypermedia System on Internet”, IFIP 2.6 5th Working Conference on Visual Database Systems, pp.239-253 2000
- [7] Tobias Hollerer, Steven Feiner, John Pavlik, “Situating Documentaries: Embedding Multimedia Presentations in the Real World”, Proc.ISWC'99, San Francisco, CA, pp. 79-86, 1999
- [8] http://www.imagica.com/dic/m/magnetic_motion_capturing_system.html