

映像上での動きの直接描画によるサッカー映像検索

矢島 史[†] 角谷 和俊^{††} 田中 克己^{††}

我々はこれまで、移動体を映した映像に対して、GUI上でマウスなどを用いて移動体の移動軌跡を描くことにより、その描かれた軌跡と似た動きをする移動体を映している映像区間を検索するという方法を提案してきた。本稿では、映像上をキャンバスとして、その映像上で動きを描画することによる映像検索方法を提案する。また、本論文では、映像上での動きの描画による映像検索を、サッカー映像に適用したシステムについて述べる。サッカー中継で解説者が戦術を解説するために、画面上に白い線で描いたり、またホワイトボード上に描いたりといった放送をよく目にするが、画面上に描いた後すぐに描かれた動きを見せることができるといった機能を提供するシステムを我々は目指している。

Querying Soccer Video Data by Directly Drawing the Movement on a Video Screen

CHIKASHI YAJIMA,[†] KAZUTOSHI SUMIYA^{††} and KATSUMI TANAKA^{††}

Previously, we have proposed a query method that allows viewers to search video data based on the spatio-temporal relationships of moving objects by drawing moving object traces with a mouse or a pen on a GUI. The video data that we deal with captures multiple moving objects, for example, soccer video data. The user first draws a trace, and a search for video intervals that are similar to the drawn trace is performed. In this paper, we propose a way of querying soccer video data by directly drawing traces on a video screen which we refer to as a canvas. This makes it possible to search the video data for desired movements while viewing. Our goal is to develop a system that will enable viewers to watch video scenes that are similar to the movements that have been drawn on a whiteboard or a video screen by a sports commentator who is talking about a particular soccer strategy.

1. はじめに

近年、映像データに対する検索処理などの技術への要求が高まってきている。映像には様々な種類があるが、我々は、移動体映像に対する検索について考察する。ここで、移動体映像とは、時空間的に位置を変える移動体を映した映像である。つまり、複数の人、車、ボールなどの移動体を映し、その移動体の動きを主なコンテンツとする映像である。例としては、サッカー映像などのスポーツ映像や、交差点の車の流れを映した映像が挙げられる。そこで、本論文では、特にサッカー映像に注目し、その検索手法について考察を行う。

移動体映像に対する検索要求例として、「好きな選手のあのような動きが見てみたい」「あのような動き

のあった時の状況は？」などが考えられる。これらの検索を実現するためには、移動体の動きをどのように問合せるかが重要となる。ここで、そのための問合せ手法は、キーワードを用いた問合せや問合せ言語を用いた問合せが考えられる。キーワードによる問合せの問題点は、動きそのものに語彙が少ないために、映像中に起こるイベントをキーワードとして表現できない事である。動きを他人に説明する場合、上の検索要求例のように、「あのような」動きというように述べる場合が多い事からも分かる。また、問合せ言語により動きを記述する場合、時間と共に変化する複数の移動体の位置関係を記述しなければならないので、問合せ形成が複雑になってしまい、ユーザが簡単に問合せる事ができないだろう。

そこで、本研究では、移動体の移動軌跡を直接問合せに用いるのが直観的であると考え、要求する移動体の移動軌跡を GUI 上でマウス等を用いて描くことにより問合せを行う。そして、その描いた軌跡と類似した動きをする移動体を映している映像区間を出力結果として与えるといった、マウス操作のみを用いた問合せを

[†] 神戸大学大学院自然科学研究科情報知能工学専攻
Department of Computer and Systems Engineering,
Graduate School of Science and Technology, Kobe University

^{††} 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻
Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University

生成する方式を、我々はこれまで提案してきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。図1(a)は、我々が開発したプロトタイプシステムのデモンストレーションで、ホワイトボード上でペンにより問合せたい動きを描くことにより問合せの生成を行う。そして、描かれた軌跡と似た動きを映した映像区間を見ることができるのである。特に本論文では、以前¹⁾²⁾に提案した、“映像に直接描く問合せ”を拡張しサッカーに適用したシステムについて述べる。映像に直接描く問合せとは、映像上で軌跡を描き問合せを生成するといった方式であり、詳しく後述する。

移動体の位置を示す時系列データをメタデータとする映像に対して、次のようなアプリケーションが想定される。1つは、ユーザが見たいシーンを描くことにより簡単に指定するといった、VOD(Video on Demand)アプリケーションの一種である。また、解析アプリケーションの一種としても用いることができる。サッカーについて言えば、サッカー中継で解説者が戦術を解説するために、画面上に白い線で描いたり、またホワイトボード上に描いたりといった放送をよく目にするが、画面上に描いた後すぐに描かれた動きを見せることができるシステムを我々は目指している。例えば、図1(b)では、サッカーのミーティングでコーチが選手に対して戦術を描くことにより、過去の映像から描かれた戦術に似ている映像を検索し選手達に見せるといったシステムを示している。

ここで、本研究で扱う映像データにはメタデータとして、映像に映っている各オブジェクトの位置を示す時系列データが付加されていると想定している。これは、近年における位置を計測するためのセンシング技術の発達により、小型センサ等を用いる手法で実現できる。また、複数のカメラにより撮影された映像データから被写体の位置を検出する等の手法もあり、将来的には可能であると考えられる。

本稿は以下のような構成になっている。2章では移動体映像に対する問合せ方式の概略、3章では映像上での問合せ形成、4章で種々のサッカープレイの検索について述べる。そして、5章で関連研究、6章でまとめを述べる。

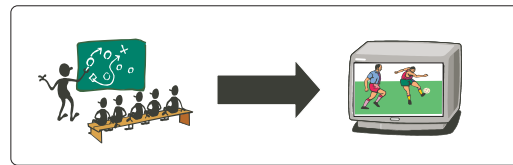
2. 動きの直接指定による移動体映像検索

我々は、動きの直接指定による移動体映像検索¹⁾²⁾³⁾⁴⁾をこれまで提案してきた。この章では、その概略と関連研究について述べる。

本研究で作成したプロトタイプを図2に示す。以下では、本研究で提案する問合せ方式をプロトタイプの操作方法と共に述べる。このプロトタイプの代表的な



(a)



(b)

図1 (a) プロトタイプシステムによるデモンストレーション (b) アプリケーション例



図2 プロトタイプシステムの画面例

コンポーネントはキャンバスであり、このキャンバス上で動きを描くことにより問合せを生成する。また、パレットを用いることで、どの移動体についての動きを描くかの指定をすることができ、問合せの種類の変更を行う。以下に問合せを行う手順を示す。

- 1) パレットにて問合せたい移動体を選ぶ。
- 2) キャンバス上で、指定した移動体の軌跡を描く。
- 3) 検索実行ボタンを押すと、検索結果をプレイヤーで見ることができる。

図2では、キャンバス上に描かれたボールの軌跡を問合せとして、その描かれた軌跡と類似した動きをするボールを映した映像区間をプレイヤーで再生している。

映像区間を検索するために、キャンバス上に描かれた軌跡(時系列データ)と、映像データに付加されてい

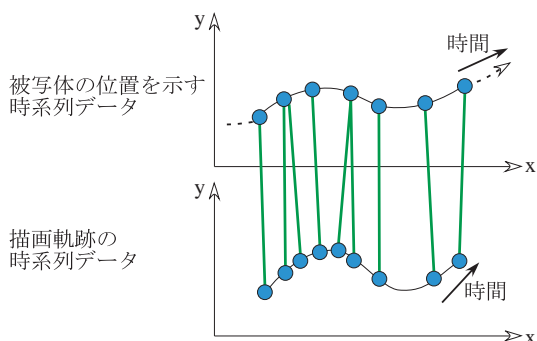


図 3 Dynamic Time Warping

る、移動体の位置を示す時系列データとの時系列マッチングを行う。我々が用いた時系列マッチングの手法は、Dynamic Time Warping¹³⁾¹⁴⁾である(図3)。この手法を用いることで、2つの時系列の系列長が異なっても系列距離を求めることが可能であり、問合せたい動きをしている移動体を映した映像区間を得ることができる。

複数の移動体の動きを問合せたい場合、キャンバスに複数の移動体の動きを描画する。この時、複数の移動体間の時空間的な同期関係を指定する必要がある。そこで、図4のようにタイムライン表示を行うことにより、視覚的に時空間的な同期関係を指定することができる。ここで、最下行はある時間における複数の移動体の位置関係を同時に示しており、行を左右にスクロールすることにより位置関係を調整する。

3. 映像上での直接描画による問合せ方式

近年のデジタル放送の進展に伴って、従来のリアルタイムによるテレビの視聴形態だけでなく、蓄積型視聴及びノンリアルタイム視聴形態が可能となる。また、映像のメタデータまでもが配信されるようになると、様々なアプリケーションが考えられる。そこで、この章では、動きの直接描画による映像検索を生かした手法について考察する。また、サッカー映像の視聴時に、映像上で動きを描くことにより問合せを形成する方式について述べる。

3.1 映像上での動きの直接描画によるサッカー映像検索の概要

次のようなサッカーにおける例(図5)を考える。ある選手がゴール前でパスを受けシュートを放ったが得点は入らなかった。ここで、「もしシュートを放たずに、近くの選手にパスをしていたらどうなっていたんだろう?」というように我々はよく思うことである。そこで、映像を一時停止して、問合せたい動き(この例では、近

(1) 複数の移動軌跡を描く



(2) 複数の移動体間の時空間関係を指定する



ボールの動きを示す行に対してドラッグした場合



図 4 タイムラインによる複数の移動体間の時空間関係の指定

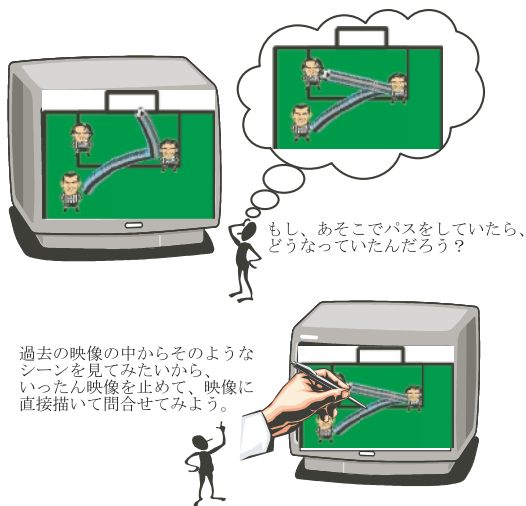


図 5 映像上での直接描画による検索のイメージ

くの選手へのパス)を映像に直接描くことにより検索を行う方式を提案する。この問合せに対する検索結果は、過去の映像群から検索を行い、一時停止時のシーンに類似したシーン以後、近くの選手へのパスをしていたシーンが答えにならなければならない。

この問合せ方式を用いれば、次のようなアプリケー

ションが考えられる。サッカー中継で解説者が戦術を解説するために、画面上に白い線で描くといった放送をよく目にする。この時に我々の問合せ方式を用いれば、画面上に描かれてすぐに描かれた動きを見せることが可能である。また、サッカーのミーティングでコーチが選手に対して戦術を描くことにより、過去の映像から描かれた戦術に似ている映像を検索し選手達に見せるといったシステムも考えられる。

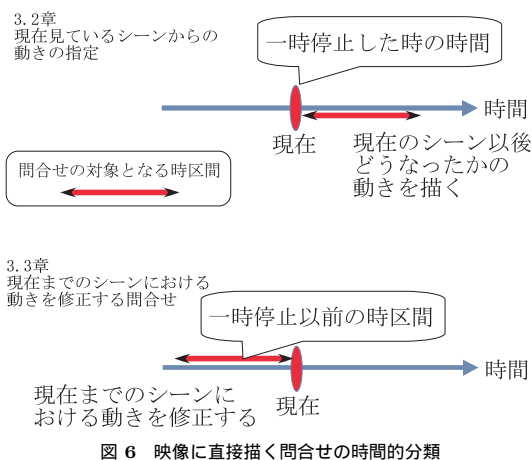


図 6 映像に直接描く問合せの時間的分類

映像上での直接描画による問合せには、時間的な概念に分けて、次の2種類について考察を行った(図6)。ここで、現在見ている静止画像である、一時停止した時間を、“現在”と便宜上呼ぶことにする。

- 問合せの対象区間が現在以後 (3.2章)
上で述べた例(図5)のように、現在見ているシーン以後、どのように動いて欲しいかを描く問合せである。検索結果としては、現在見ているシーンに類似するシーン以後、描かれた動きが映っている時区間が選ばれる。
- 問合せの対象区間が現在以前 (3.3章)
現在まで見ていたシーンにおける、ある移動体の位置を示す履歴情報を映像上に表示して、その表示された動きを修正することによる問合せである。例えば、現在からある程度前までの時区間において、ボールの動いてきた軌跡が描画され、それをドラッグなどにより軌跡を変更することにより問合せを形成する。

3.2 現在見ているシーンからの動きの指定

次のような手順で問合せ形成を行う。

- (1) 問合せを行いたい時に、描画モードボタンを押す(映像は一時停止される)。
- (2) パレット(図2)で問合せたい移動体を選択する。



図 7 映像上での直接描画による問合せ

- (3) 図7のように問合せたい移動体の軌跡を描画する。

- (4) 検索を行うボタンを押す。

映像を再生するプレイヤーは、一時停止するとキャンバスにも成り得る機能により、映像に直接描く問合せを実現しているのである。

検索処理を行うために必要な情報は、以下の2つである。

- 一時停止を行った時の各移動体の位置情報
- 描画軌跡(時系列データ)

なお、我々が対象とする映像にはメタデータとして移動体の位置情報が付加されており、映像の画面座標と各移動体の位置座標はマッピングされている。よって、あらかじめ描く移動体を選択しなくても、映像に映っている移動体をクリックするだけで、どの移動体の描画を行うかを定めることができる。問合せたい映像区間を求める手順は、次の通りである。

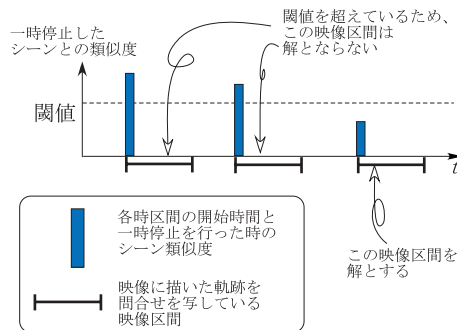


図 8 映像に直接描画を行うことによる映像区間の検索

- (1) 一時停止を行った時(t_s とする)の映像に映っている全ての移動体(この時の移動体の数を m とする)を求める。そして、これらの移動体について、時刻 t における位置座標の集合を

$P(t) = \{p_1(t), p_2(t), \dots, p_m(t)\}$ とする.

- (2) 映像に描画された軌跡を問合せとして検索処理を行って得られる映像区間集合 I から、各々の映像区間の開始時間の集合を $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ とする.
- (3) 次の2つの系列 $P(t_s)$ と $P(t_k)$ ($1 \leq k \leq n$) のユークリッド距離 d を求め、その値がある閾値以下なら、このときの t_k を開始時間とする映像区間を答えとする (図 8 参照).

上の手順における $P(t)$ は、時刻 t における位置座標の集合であるが、実際には、時刻 t を中心としたある時間幅における位置座標の平均値の集合で定義している.

3.3 現在までのシーンにおける動きを修正する問合せ

3.2 節の問合せに対して、ここで説明する問合せでは、動きを描画する時区間の対象が一時停止以前となる。問合せの手順は以下のとおりである。

- (1) 問合せを行いたい時に、描画モードボタンを押す (映像は一時停止される).
- (2) パレット (図 2) で問合せたい移動体を選択する.
- (3) 巻き戻しボタンを押す (一時停止以前のある時区間の移動履歴が映像上に描画される).
- (4) 図 9 のように、描画されている軌跡に対して、修正を行う.
- (5) 検索を行うボタンを押す.

この問合せ方式の手順 (3) では、巻き戻しボタンを押すと、一時停止以前のある時区間の移動履歴が自動的に映像上に描画される。ここで、どれだけ巻き戻されるかについては、あらかじめ定められている。しかし、キャンパスの下に付いているスライダー (図 9) を用いると、すでに描画された移動履歴に対して、スライダーを左に動かした分だけ過去の履歴情報を描画することができる (時間が戻ることを意味する)。つまり、このスライダーを左右に動かすことにより (時間軸の流れと同様に) 描かれた描画軌跡の履歴量をコントロールできるのである。

図 9 左の例では、すでに描かれている軌跡に対して、ドラッグすることで軌跡を変形させている。図 9 右の例では、描かれている軌跡のある部分を消し、新たな軌跡を描いている。履歴情報から描画された軌跡の修正とは、“今見ていたシーンで、もしこのような動きをしていた場合、どのようなシーンになるんだろうか” という問合せである。

この問合せに対して、映像区間を求める手順は以下のとおりである。

- (1) 一時停止を行って描画された軌跡において、そ

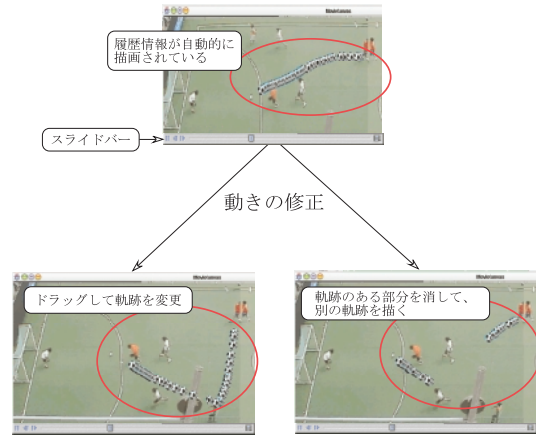


図 9 位置の履歴情報を修正することによる問合せ

の軌跡の始点を示す時刻を t_s とする。時刻 t_s における、映像に映っている全ての移動体 (この時の移動体の数を m とする) を求める。そして、これらの移動体について、時刻 t における位置座標の集合を $P(t) = \{p_1(t), p_2(t), \dots, p_m(t)\}$ とする。

- (2) 映像上で修正された軌跡を問合せとして検索処理を行って得られる映像区間集合 I から、各々の映像区間の開始時間の集合を $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ とする.
- (3) 次の2つの系列 $P(t_s)$ と $P(t_k)$ ($1 \leq k \leq n$) のユークリッド距離 d を求め、その値がある閾値以下なら、このときの t_k を開始時間とする映像区間を答えとする.

4. 種々のサッカープレイの検索

我々は、サッカー解説者がホワイトボードや映像上に動きを描いた時に、その描かれた動きと類似したシーンを検索することのできるシステムを目指している。この章では、ホワイトボード上での描画による検索と映像上での描画による検索について考察を行う。

これまで述べた問合せ方式では、複数のオブジェクトの動きを指定する場合、

- (1) 個々のオブジェクトに対して軌跡を描き、
 - (2) オブジェクト間の時空間関係を指定する.
- という方式であった (図 4)。これに対して、個々のオブジェクトではなく、あるグループに対する動きを指定する場合、グループの形 (範囲) の時空間的な変化をどのように問合せるかが問題となるが、ここではグループの形は不変とし、基本的なグループの動きの問合せについて考察を行う。

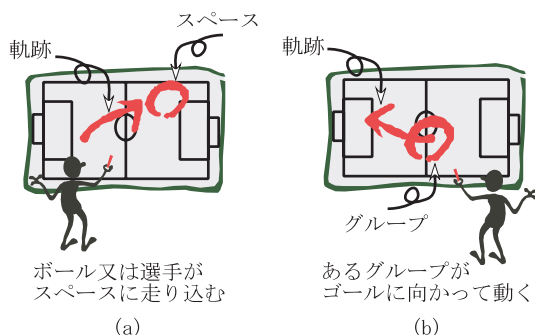


図 10 ホワイトボード上での描画

4.1 ホワイトボード式の描画による問合せ

ホワイトボード式の描画による検索とは、映像上に描く問合せの事ではなく、単にサッカーグラウンドが描かれたキャンバスに描く問合せの事である。図 10 は、ホワイトボード上でのサッカー戦術の描画を示している。ここで、サッカー解説者が図 10(a) のように描いた時、“スペースにボール又は選手が走り込む”というシーンを表す。図 10(b) のような場合であれば、“あるグループが群れを成したままゴールに向かって動く”といったシーンを表す。このようにホワイトボード上で戦術を描く場合に用いられる表現は、軌跡、グループ、スペースが主に用いられる。

軌跡、グループ、スペースのどれを描くかについては、図 2 のパレット上で指定する。そして、図 10 のように描くことにより問合せを生成する。これにより、複数の選手がライン上に形成し同方向に動き出す（オフサイドトラップ）といったグループの動きも問合せることができる。

4.2 映像上での描画による動きの問合せ

映像上での描画によりグループの動きの問合せを行うことを考える。次のような手順で問合せを行う。

- (1) 一時停止された映像（描画モード）に対して、図 11(上) のように、グループとしたい複数の移動体を線で囲む。この時、この囲まれた領域そのものを描くことができる。
- (2) 図 11(下) のように、問合せたいグループの動きを描画する。

これまでの問合せではボールやある選手を描いていたが、ここでは囲まれた領域を描くことになる。図 11 の例では、2 人の選手がグループとして囲まれ、その 2 人がグループとなって動く問合せを表している。

次に、映像上でのスペースの描画について考える。サッカー中継の解説時にも、映像上でスペースの描画を行うシーンをよく見ることができる。つまり、そのサッカー中継で行われる事を、そのまま問合せとして

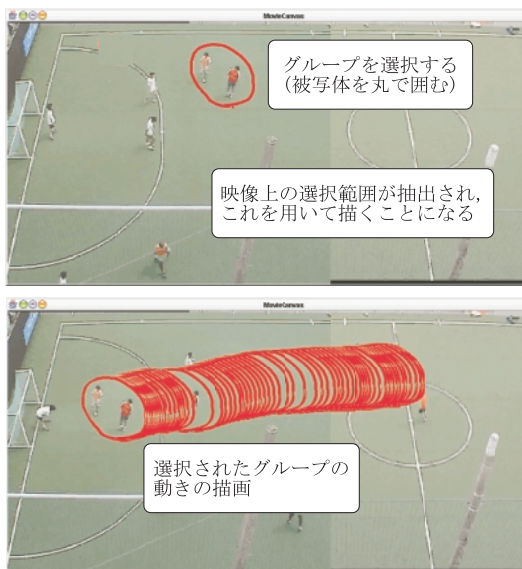


図 11 映像上におけるグループの動きの描画

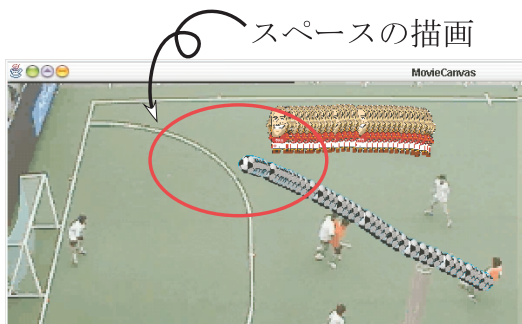


図 12 映像上のスペースの描画

利用するといったことである。図 12 では、スペースにボールとある選手が走り込むシーンの問合せを示している。

5. 関連研究

ビデオデータを検索する手法として最も知られているのは、キーワードによる問合せである。キーワードで問合せを行う場合、ビデオ中に起こる事象などをキーワードとしてメタデータとして用意することで検索を行う⁵⁾⁶⁾⁷⁾。これに対して、我々の研究では、キーワードではなく被写体の位置情報をメタデータとし、移動体の軌跡を描くことで問合せを行う。これは、移動体映像に対して検索を行いたい場合、動きを表す語彙が少ないため、キーワードで表現しづらいためである。

我々の研究は、2 つの分野に分割できると考えられる。1 つ目は、上で述べたように、ビデオデータベースに

関連する分野である。2つ目は、時空間データベースに属するムービングオブジェクトデータベース (MODB) に関連が深いと我々は考える。MODB は、絶えず位置を変える空間オブジェクトを扱うためのデータベースであり、すでに多くの研究者が従事している⁸⁾⁹⁾。Forlizzi らは、MODB を様々な既存の DBMS で扱えるようなデータの型とデータモデルを定義した。また、このモデルは、Erwig ら¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾ によって提案された抽象モデルを実装したものである。MODB の構築のために、Erwig らが提案した抽象モデルでは、複数の移動体間において、言葉で表現しうる関係を記述するための述語が定義されている。我々が移動体間の絶対的な位置関係を指定する方法を提案しているのに対し、彼らは移動体間の相対的な位置関係 (離れている、出会うなど) を問合せる方式について述べている。

また、サッカー関連の研究においては、様々な研究¹⁵⁾¹⁶⁾ が成されているが、ここでは、四十物ら¹⁶⁾ の研究を紹介する。彼らは、複数のオブジェクトが共存する時空間を対象として、ある局面でオブジェクトが動ける範囲の系列を使って検索するための時空間セルという概念を提案した。これにより、局面の特徴を記述することによって、該当するパターンの局面を複数の移動体の位置関係やその時間的推移を用いて検索することができる。しかし、局面の記述に問合せ言語を用いているため、一般ユーザが問合せるには手間がかかると思われる。

6. ま と め

本稿では、サッカーを始めとする移動体映像に対して、動きを描画することによる問合せることができるインタフェースを考案した。特に、映像上での動きの直接描画について考察を行った。

今後の課題としては、多視点映像による検索結果の提示を考えている。

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) C. Yajima, Y. Nakanishi and K. Tanaka, "Querying Video Data by Spatio-Temporal Relationships of Moving Object Traces", Proceed-

ings of The 6th IFIP 2.6 Working Conference on Visual Database Systems (VDB6), Brisbane, Australia, May 29-31, 2002. (to appear)

2) 矢島 史, 中西 吉洋, 田中 克己, "動きの直接指定と時間関連指定による移動体映像検索", 情報処理学会研究報告, Vol.125, No.87 (DBWS2001), 2001年7月.

3) 中西 吉洋, 矢島 史, 廣瀬 竜男, 秦 淑彦, 田中 克己, "軌跡と範囲の直接指定による移動体映像問合せ", 第12回データ工学ワークショップ (DEWS2001), 2001年3月.

4) 矢島 史, 中西 吉洋, 廣瀬 竜男, 秦 淑彦, 田中 克己, "移動オブジェクトデータベースにおける複数の移動体に関する映像問合せ方式", 情報処理学会第62回全国大会 公演論文集 (分冊3) p.p. 27-28, 2001年3月.

5) E. Oomoto and K. Tanaka, "OVID: Design and Implementation of a Video-Object Database System", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 5(4):551-563, August, 1993.

6) E.J. Hwang and Y.S. Subrahmanian, "Querying Video Libraries", *Journal of Visual Communications and Image Representation*, 7(1):44-60, March, 1996.

7) H. Wactlar, T. Kanade, M. Smith, and S. Stevens, "Intelligent Access to Digital Video: Informedia Project", *IEEE Computer*, 29(5):46-52.

8) L. Forlizzi, R.H. Güting, E. Nardelli, and M. Schneider, "A Data Model and Data Structure for Moving Objects Databases", *SIGMOD Record*, 29(2):319-330, June 2000.

9) M. Nabil, A.H.H. Ngu, and J. Shepherd, "Modeling Moving Objects in Multimedia Database", *The 5th Conference on Database Systems for Advanced Applications, Melbourne, Australia, 1997*.

10) M. Erwig, R.H. Güting, M. Schneider, and M. Vazirgiannis, "Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases", *GeoInformatica*, 3(3):269-296, 1999.

11) R.H. Güting, M.H. Böhlen, M. Erwig, C.S. Jensen, N.A. Lorentzos, M.Schneider, and M. Vazirgiannis, "A Foundation for Representing and Querying Moving Objects", *ACM Transaction on Database Systems*, 25(1), 2000.

12) M. Erwig and M. Schneider, "Query-By-Trace: Visual Predicate Specification in Spatio-Temporal Databases", *The 5th IFIP Conference on Visual Database Systems (VDB5), 2000*.

13) D.J.Berndt and J.Clifford, "Finding Patterns

- in Time Series: A Dynamic Programming Approach”, *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, pp.229-248, 1996.
- 14) B. Yi, H.V. Jagadish, and C. Faloutsos, “Efficient Retrieval of Similar Time Sequences Under Time Warping”, *The 14th International Conference on Data Engineering (ICDE'98)*, pp.201-208, *IEEE Computer Society Press*, Feb. 1998.
 - 15) 橋本 隆子, 白田 由香利, 飯沢 篤土, “時空間情報を利用したサッカー番組のダイジェスト作成方式”, 第 12 回データ工学ワークショップ (DEWS2001), 2001 年 3 月.
 - 16) 四十物 祐司, 坂木 和則, 鬼束 郷, 富井 尚志, 有澤 博, “時空間 MMDB におけるサッカーの戦術記述と ad-hoc 検索”, 情報処理学会研究報告 Vol.125, No.10 (DBWS2001), 2001 年 7 月.
-