

分散全方位視覚システムの研究

十 河 卓 司[†] 石 黒 浩^{††}

複数の全方位カメラを用いた視覚システムの特徴は、環境をすべてのカメラから観測できることである。このような冗長な観測は、カメラや観測対象の位置決めと同定において多くの利点をもたらす、さらにこのような観測によって、頑強で実時間処理可能な視覚システムを構成することができる。本稿では、カメラや観測対象の種々の位置決めと同定手法について述べ、さらにこれらの基本技術に基づいた応用システムを紹介し、分散全方位視覚システムに関する一連の研究を議論する。

Studies on Distributed Omnidirectional Vision Systems

TAKUSHI SOGO[†] and HIROSHI ISHIGURO^{††}

The vision system using multiple omnidirectional cameras observes the environment by all of the cameras. This redundant observation provides merits for localization and identification of the cameras and targets, and realizes robust and real-time vision systems. This paper discusses various methods for localization and identification of the cameras and targets, and introduces vision systems, which have been developed in a series of studies on distributed omnidirectional vision systems.

1. はじめに

分散全方位視覚システム(図1)とは、多数の全方位カメラ¹⁾を用いた視覚システムである。近年、多数のカメラを用いたモニタリングシステム²⁾やモデリングシステム³⁾が開発され、複数カメラシステムの応用が模索されている。分散全方位視覚システムとそれら通常のカメラを用いたシステムとの違いは、視野の広い全方位カメラを用いることに加え、通常のカメラを用いたシステムが比較的狭い場所を多数のカメラで観測するのに対して、分散全方位視覚システムは、少ないカメラでより広い範囲を観測するという点である。

全方位カメラの最も大きな特徴はその広い視野であるが、これを多数用いることにより、単に広い範囲を見渡すのに便利であるという以上の利点が生まれる。たとえば、全方位カメラが比較的狭い場所に分布する場合は、全方位カメラは互いに観測しあうことができ、カメラの相対的な位置決めが可能である。また、全方位カメラが小型で互いの投影が小さい場合でも、FOE

制約などを用いて相対的な位置決めが可能である。さらに、環境中の物体を複数の全方位カメラでさまざまな方向から同時に観測できるため、非常に頑強な処理や認識が可能となる。

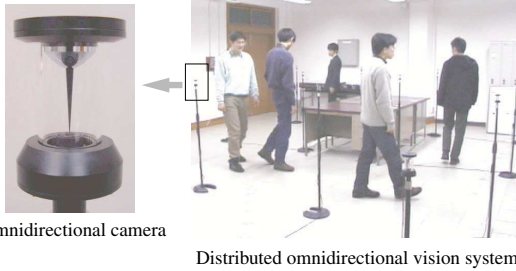
本稿では、これらの特徴をもとに、全方位カメラの配置の問題から物体認識まで、筆者らがこれまでにやってきた研究を順序立てて説明する。分散全方位視覚システムについてこれまでに培った技術は、主に以下の7項目に分類される。

- (1) カメラどうしの観測に基づく複数全方位カメラの同定と位置決め⁴⁾
- (2) 環境の観測に基づく複数全方位カメラの位置決め⁵⁾
- (3) 動物体の観測に基づく複数全方位カメラの同定と位置決め
- (4) 動物体の観測に基づく複数全方位カメラの位置決め(定性的手法)⁶⁾
- (5) 動物体の実時間追跡⁷⁾
- (6) 環境のモニタリング⁸⁾
- (7) 動物体の認識⁹⁾

(1)~(4)の一連の研究は、分散全方位視覚システムにおける基本技術である、カメラや物体の同定・位置決め手法であり、さまざまな観測条件の違いなどを想定したものである。すなわち、(1)は全方位カメラが互いに直接観測できる場合のカメラの同定・位置決

[†] 日本電気株式会社インターネットシステム研究所
Internet Systems Research Laboratories, NEC Corporation

^{††} 和歌山大学システム工学部情報通信システム学科
Department of Computer & Communication Sciences,
Wakayama University



Omnidirectional camera

Distributed omnidirectional vision system

図1 全方位カメラと分散全方位視覚システム

Fig.1 Omnidirectional camera and distributed omnidirectional vision system.

め手法であり、(2)~(4)はそのように直接観測できない場合の同定・位置決め手法である。特に(2)では環境を、(3)および(4)では動物体を観測することで、全方位カメラや物体の同定・位置決めを行う。一方(5)~(7)では、これらの基本技術をもとにした、分散全方位視覚システムのさまざまな応用について研究を行っている。

以下では、上記の各項目について、まず分散全方位視覚システムの基本技術である同定・位置決め手法である(1)~(4)について説明し、次に応用システムである(5)~(7)について述べる。

2. 分散全方位視覚システムにおける同定と位置決め手法

分散全方位視覚システムは多数の全方位カメラを用いることを想定しているが、それらをすべて正確に位置決めするのは非常に手間がかかり、カメラが増えれば増えるほど現実的でなくなる。したがって、観測に基づいてカメラを位置決めする手法が重要となる。また、環境中に複数の物体が存在するとき、複数のカメラに複数の物体が投影されるが、カメラ間でそれらを同定する手法も必要である。以下では、非常に広い範囲を観測できるという分散全方位視覚システムの特徴を生かした、カメラや物体の同定および位置決め手法について述べる。

なお、分散全方位視覚システムでは、図1に示すようにカメラは2次元平面上に観測対象と同じ高さに設置されていると仮定している。また、以下の手法で位置決めを用いるものは主にカメラや物体の方位角であるため、全体のスケールを決定することはできない。したがって、ここでの位置決めとは、2次元平面におけるカメラの相対的な位置(スケールおよび全体の定位を除く位置関係)を求めることをいう。

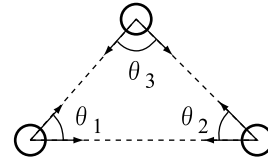


図2 三角制約

Fig.2 Triangle constraint.

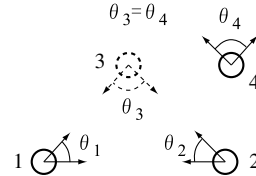


図3 カメラの誤対応

Fig.3 Wrong correspondence of the cameras.

2.1 カメラどうしの観測に基づく複数全方位カメラの同定と位置決め

ここでは、全方位カメラが比較的密集して配置されており、他のカメラを直接観測できるが、それらを見かけで区別することは難しいという場合に、カメラを同定し、さらに位置決めを行う方法を示す。

すべての全方位カメラを1つの水平面上、すなわち同じ高さに配置した場合、全方位カメラからは他の全方位カメラがどの方位に分布しているかという情報が得られる。この方位情報を集めれば、三角制約を用いて、すべての全方位カメラを同定することができる。すなわち、あるカメラに映るカメラが他のカメラで見たどのカメラであるかを定めることができる。手順は以下のとおりである。

- (1) それぞれのカメラにおいて、他のカメラの観測方位間の角度をすべて測定する。
- (2) (1)の角度情報をすべてのカメラから集め、3つのカメラからの角度の和が180度になる角度の組合せを見つける(三角制約、図2参照)。

各カメラで観測した角度がすべて異なる場合は、手順(2)において三角形を構成する3つのカメラは一意に定まる。しかし観測には誤差がともない、同一の角度が複数のカメラで観測される可能性がある。たとえば図3の場合は、カメラ3で観測した角度 θ_3 とカメラ4で観測した角度 θ_4 が同じ角度になっており、カメラ1, 2, 4で観測した角度 $\theta_1, \theta_2, \theta_4$ で、これらのカメラを頂点とする三角形が構成できるという、誤った推定が行われる。

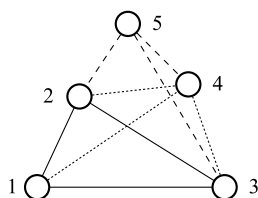


図 4 三角制約の伝搬

Fig. 4 Propagation of triangle constraints.

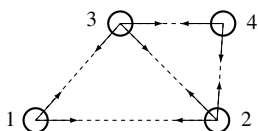


図 5 検証できない三角形

Fig. 5 Triangles that cannot be verified.

このような場合、以下のようにして正しい組合せを検証することができる。手順 (2) で発見された 3 つの全方位カメラからなる三角形の一边を含む、別の 3 つの全方位カメラの組合せを探し、三角形をその周囲につなげていく (三角制約の伝搬)。たとえば図 4 では、まず三角形 (1, 2, 3) を基準とし、隣接する三角形 (1, 2, 4) と (1, 3, 4) を用いてカメラ 1~4 の位置を検証する。次に三角形 (2, 3, 4) を基準として三角形 (2, 3, 5) と (3, 4, 5) を用いてカメラ 2~5 の位置を検証する。このようにして正しい角度を順に検証し、最終的にすべてのカメラを含めることができれば、矛盾する角度情報がないということであり、カメラの同定が行えたことになる。

誤差や部分的な観測の欠落があると、三角制約の伝搬においてすべてのカメラを含めることができない。たとえば図 5 の場合、カメラ 1 と 4 が互いに観測できていないため、これらの三角形を検証することができない。このような場合は、最も多くのカメラを含むものを解とする。

三角制約の伝搬を正確に行うには、伝搬結果をもとにそのつどカメラの位置決めを行い、位置決め結果も利用したカメラの同定を行うのがよい。すなわち、最初の 3 つのカメラで作られる三角形にもう 1 つの三角形を追加するとき、角度情報をもとにカメラの相対的な位置を最小自乗法で決定する。この方法ではカメラの同定と位置決めが同時に行われる。

2.2 静的環境の観測に基づく複数全方位カメラの位置決め

2.1 節の手法は、カメラが互いに観測できるということを前提にしている。しかし、非常に小型のカメラを用いる場合や、カメラ間の距離が離れている場合は、

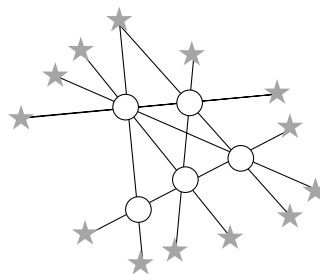


図 6 FOE 制約

Fig. 6 FOE constraint.

互いのカメラを観測することが難しい。その場合には、全方位視覚の FOE 制約を用いて位置決めを行うことができる。

FOE 制約とは、異なる 2 つのカメラで環境を観測したとき、ともに 180 度の間隔で一对のパターンが存在する場合、一方のカメラにおいて、その一对のパターンが示す方向に他方のカメラが存在することを示している (図 6 参照)。このようにして、環境の構造によらずカメラの基線を求めることができる。すべての全方位カメラ間で FOE 制約、すなわち基線を求めれば、2.1 節の手法と同様に三角制約を適用することができ、カメラの相対的な位置を決定できる。

FOE 制約は 2 つの全方位画像間をテンプレートマッチングなどによって探索することによって求めるが、そのためにはテンプレートマッチングなどで同定可能な視覚的特徴がカメラの基線方向に存在することが前提となる。しかし、そのような特徴がないために一部の FOE 制約が得られない場合でも、2.1 節の手法と同様に三角制約によってカメラの位置を決定できる。

2.3 動物体の観測に基づく複数全方位カメラの位置決めと動物体の同定

環境内に動物体が複数存在し、それを複数のカメラで観測する場合、統計的な手法によってカメラの基線の検出と動物体の同定を行うことができる。この方法は以下のように 2 つに分けられる。

2.3.1 基線の検出

環境内で物体が動き回っているとき、その物体の方位角を複数の全方位カメラで同時に観測する場合を考える。図 7 に示すように、ある 2 つのカメラに注目すると、それらの基線上に物体が位置する場合は、基線上のどの位置に物体がきても、それらのカメラで同時に観測した物体の方位角の組はつねに同一となる。一方、物体が基線上に位置しない場合は、2 つのカメラで観測される方位角の組は物体の位置によって異なる組合せとなる。

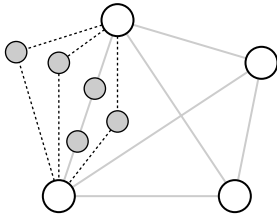


図7 統計的手法による基線の発見

Fig. 7 Statistical detection of the baselines.

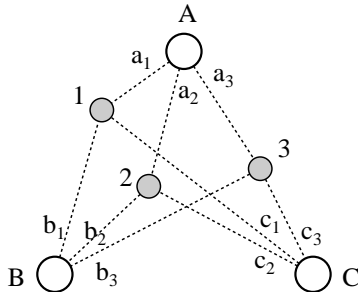


図8 統計的手法による物体同定

Fig. 8 Statistical identification of objects.

したがって、環境内を動き回る物体の投影方位を繰り返し記録し、一方のカメラで特定の方位に物体を観測した場合に、他方のセンサでもつねに特定の方位に物体を観測しているような場合を統計的に調べることで、基線の方向が検出できる。さらに 2.1 節に述べた三角制約によって、得られた基線から全方位カメラの位置を決定することができる。

2.3.2 物体の同定

3つ以上のカメラで観測した方位角に注目すると、前項と同様にして物体の対応問題が解決できる。環境内に1つの動物体しかない場合、ある瞬間、3つのカメラからその動物体を観測して得られる3つの方位角の組合せは、その物体の位置に対して一意に定まる。たとえば図8のように、観測を繰り返してさまざまな位置にある動物体を観測すれば、その位置に応じて (a_1, b_1, c_1) , (a_2, b_2, c_2) などという3つの方位角の組合せが一意に定まる。

環境に複数の動物体がある場合は、それぞれのカメラには複数の動物体の投影が映し出されるが、先に述べたように、3つのカメラの方位角の特定の組合せが特定の動物体に対応するため、この場合も観測を繰り返して特定の組合せを統計的に発見することにより、物体の同定問題を解決することができる。

2.4 動物体の観測に基づく複数全方位カメラの位置決め(定性的手法)

これまでに述べた研究は、正確な方位角情報に基づ

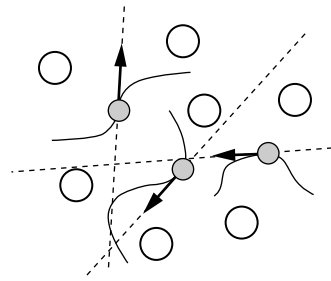


図9 全方位カメラの定性的位置決め

Fig. 9 Qualitative localization of omnidirectional cameras.

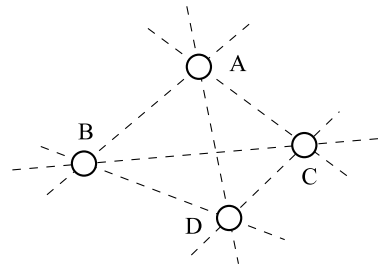


図10 定性的位置の表現

Fig. 10 Representation of qualitative positions.

いて正確な位置決めを行おうとする、いわば定量的な方法である。これに対し、分散全方位視覚システムでは定性的な手法も考えることができる。この手法で利用する視覚情報は、動物体が右に動いたか左に動いたかという定性的な情報のみであり、その定性的な視覚情報から定性的な位置情報を得るという意味でも、従来にない試みである。

基本原理は次のとおりである。まず、動物体の一瞬の運動を右向きまたは左向きの動きとして複数のカメラで同時に観測し、観測した移動方向に基づいてカメラを2通りに分類する。これは、動物体の瞬間的な移動方向を表す直線によって、カメラを空間的に2つに分類したことになる。このような分類を繰り返すと、図9に示すようにカメラの存在位置が徐々に限定されていくことが分かる。なお、環境に複数の動物体が存在する場合は、視覚的特徴などに基づいてあらかじめ同定しておく必要がある。

このようにして分類されたカメラの位置は、図9のように物体の移動方向を表す直線を基準にして定性的に表現されたものであるが、ここではより一般的な表現として、あるカメラが、その他の任意の2つのカメラの基線のどちら側に存在するかという定性的な位置関係を求める(図10参照)。たとえば、カメラAはカメラB, Cの基線の上部に位置しているが、この位置関係を3つのカメラの並ぶ順序として定性的に表現す

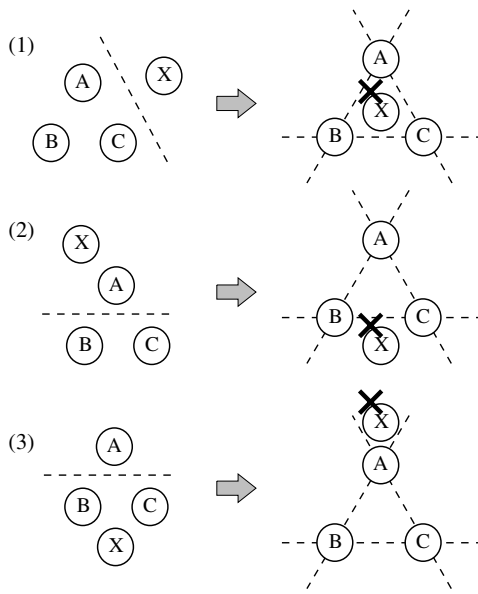


図 11 三点制約

Fig. 11 Three point constraints.

る．たとえば，反時計回りを $+$ と表現すれば，図 10 のカメラの定性的な位置関係は $ABC=+$ ， $ABD=+$ ， $ACD=-$ などと表現できる．

本研究では，前述のカメラの分類に基づいてこのような定性的な位置関係を求めるため，三点制約という任意の 3 つのカメラを基準とした定性的位置表現への変換方法を考案した（図 11 参照）．たとえば 4 つのカメラが図 11 (1) の左のように分類されたとき，カメラ X は 3 つのカメラ ABC の内側の領域に存在しないことが分かる．任意の 4 つのカメラについて図 11 (1)～(3) に示す 3 通りの分類を行い，動物体のさまざまな運動（移動方向）を観測することによって，カメラの相対的な存在位置を徐々に限定していくことができ，最終的には図 10 のような定性的な位置関係を求めることができる．さらに，このようにして得られた三点制約を伝搬させることによって，効率的に定性的位置決めを行うことができる．

3. 分散全方位視覚システムの応用

これまでに紹介した手法により，分散全方位視覚システムにおけるカメラの位置決め，カメラの同定，観測対象の同定という 3 つの基本となる問題を，全方位カメラの広い視野を生かして比較的容易に解決できる．この基本技術をもとに，分散全方位視覚システムのさまざまな応用を考えることができる．以下では，本システムのいくつかの応用例として，動物体の実時間追跡，環境のモニタリング，動物体の認識について紹介

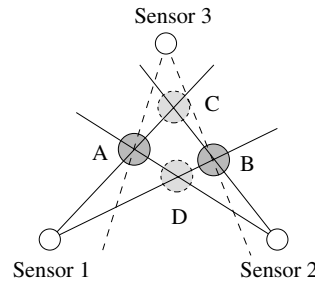


図 12 物体の誤対応の検証

Fig. 12 Verification of false matches.

する．

3.1 動物体の実時間追跡

全方位カメラを部屋の中で 2～3 m の間隔で複数台配置すると，各々のカメラは部屋全体を観測できる．すなわち，すべてのカメラの視野が重なるため，広い範囲で複数のカメラを用いたステレオ視が実現でき，部屋の中のあらゆる場所にある動物体の位置決めを行うことができる．一方で，このような複数の全方位カメラを用いたステレオ視では，次のような問題も考慮する必要がある．

位置決め精度 一般に全方位カメラを用いたステレオ視においては，カメラの基線方向に近い物体の位置決め精度が悪くなるという性質がある．そこで，位置決め精度の良いカメラを優先的に選択したり，観測誤差の補正を行ったりすることで，よりロバストな位置決めが可能となる．

物体の対応問題 一般のステレオ視と同様に，本システムでも物体の対応問題を解決する必要があるが，全方位カメラどうしがある程度離れているため，それぞれのカメラで観測した物体は見え方が大きく異なることがあり，あらゆる場所に存在する動物体の位置を求める場合は，画像特徴を用いて対応問題を解決できないことがある．しかし，3 台以上のカメラを用いることで，画像特徴を用いることなく対応問題を解決できる．たとえば図 12 では，実際の物体 A，B に対して C，D という誤対応が発生するが，3 台目のカメラを用いることにより，これらの誤対応を取り除くことができる．

以上のような問題を考慮した N 眼全方位ステレオ視に基づき，さらに上から見たときに大きさが一定の円で表されるという単純な人間のモデルを組み合わせることで計算量を減らすことにより，複数の人間を実時間でロバストに追跡可能な実時間人間追跡システムを開発した．試作したシステムは全方位カメラ 4 台と，市販の PC 1 台で構成されており，3 人程度の人間であれ

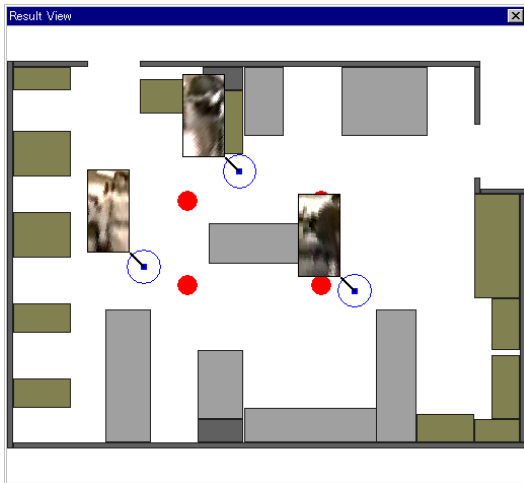


図 13 実時間人間追跡システム

Fig. 13 Real-time human tracking system.

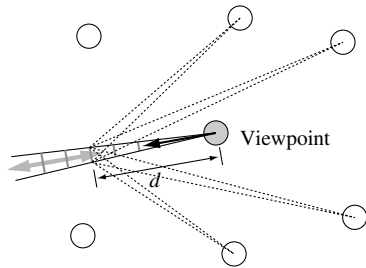


図 14 仮想的な視点からの対応点探索

Fig. 14 Range space search at a virtual viewpoint.

ば、背景差分などの画像処理を含め、毎秒 30 フレームで同時に追跡することが可能である。図 13 は部屋を上から見たところで、追跡中の 3 人の人間の位置が示されている。さらに図のように、推定した位置に基づいて全方位カメラに映っている人間を画像中から切り出し、表示することもできる。

3.2 環境のモニタリング

分散全方位視覚システムは、物体を追跡するだけでなく、その豊富で冗長な視覚情報をもとに、全方位カメラが存在しない、仮想的な視点から見た画像を近似的に作り出すこともできる。物体の追跡と同様にステレオ視の原理に基づく方法であるが、全方位カメラの広い視野を利用し、より適切な視点からの画像を用いることで、比較的ゆがみの少ない画像を合成できる。

基本原理を図 14 に示す。仮想的な視点から見た画像を合成するには、原理的にはその仮想視野上の各点に投影される画像を、次のような対応点探索により求めればよい。いま、視点から d だけ離れた位置に存在する物体が仮想視野に投影されていると仮定すれば、各全方位カメラの視野上の特定の場所（視線の方向と

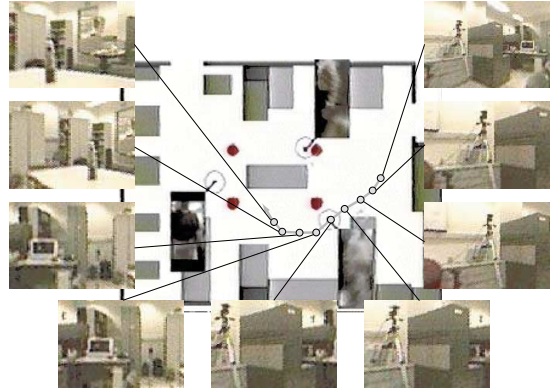


図 15 仮想的視点から見た合成画像列

Fig. 15 Synthesized image sequence.

d により一意に定まる) に同じ画像が映っているはずである。距離 d を変化させながら、各全方位カメラに映る画像が最もよく一致する d を求め、そのときの画像を、仮想視野上に映る画像とする。この仮想視野上での対応点探索においては、通常よりやや大きなテンプレートを用いることで、より頑強な対応点探索を行うことができる。

図 15 は、図 13 と同じ環境において、全方位センサが設置されていない場所から見た画像を合成した例である。前節で述べた実時間追跡システムとこの手法を組み合わせることで、実時間追跡システムで得られた物体の位置情報をもとに、追跡されている人間や動物物をつねに好みの視点から観測したり、それが見えているものを再現したりするモニタリングシステムが実現できる。

3.3 動物物の認識

3.1 節に示した動物物の実時間追跡システムは計算量が少なく、実時間で非常にロバストに動作するため、その上にさらにシステムを積み重ね、より複雑なシステムを構築することが可能である。たとえばジェスチャ認識の機能を付加すれば、人間の位置や向きに依存しないジェスチャ認識システムが実現できる。図 16 にそのシステムの出力画面を示す。右上のウィンドウはシステムに入力された全方位画像を、左側のウィンドウは人間の追跡結果を、下側のウィンドウはジェスチャ認識の結果をそれぞれ示しており、実時間で動作する。

このシステムでは、あらかじめ複数の全方位カメラでジェスチャを観察し、新しく考案したモデ

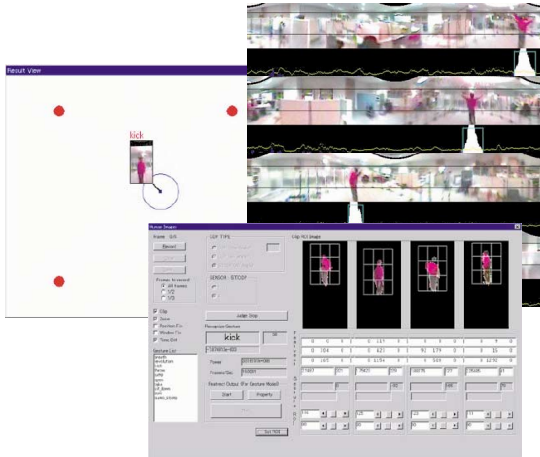


図 16 ジェスチャ認識システム

Fig. 16 Gesture recognition system.

ルである View and Motion-based Aspect Model (VAMBAM) を作成しておく。このモデルが従来のものと大きく異なるのは、一方向から見た人間の動作だけでなく、複数の全方位カメラを用いてさまざまな方向から見た人間の動作を同時に記憶する点である。人間の動作をモデル化する場合、その動作によってはたとえば正面よりも側面から見た方が情報量が多いこともあるため、この手法では、従来の手法と比較して、より適切に人間の動作をモデル化することが可能である。

認識の段階では、まず追跡システムで人間を追跡して位置を推定し、複数の全方位カメラで人間の動作を観測する。このとき、カメラに映る人間の大きさは、位置情報をもとに正規化しておく。さらにその位置情報とカメラの位置関係からカメラと人間の向きを推定し、時空間連続 DP によって、複数のカメラで得られた人間の動作と記憶してあるモデルとの比較を行う。このように、ジェスチャ認識と分散全方位視覚システムを組み合わせ、さらに動作を記憶するときも認識するときも、複数の全方位カメラを用いてさまざまな方向から人間を同時に観測することで、人間の位置や向きに依存しない頑強な認識が可能となる。

4. おわりに

本稿では、多数の全方位視覚センサを用いた視覚システムである分散全方位視覚システムに関して、筆者らがこれまでに行ってきた研究を紹介した。分散全方位視覚システムにおける基本技術となる一連の同定・位置決め手法は、カメラが互いに観測可能であるかどうかなど、さまざまな観測条件の違いなどを想定した

ものであるが、特に三角制約や FOE 制約を用いたカメラの位置決めや同定手法は、複数のカメラで全方位が同時に観測できるという分散全方位視覚システムの特徴を生かした手法となっている。また、統計的手法や定性的手法によるカメラの位置決めは、そのような分散全方位視覚システムの特徴を生かすだけでなく、従来のステレオ視による位置決め手法や同定手法とはまったく異なるアプローチをとっているという特徴がある。

分散全方位視覚システムの研究は、実世界に埋め込まれた、知覚能力を持つ多数の計算機が接続されたネットワーク、すなわち知覚情報基盤 (PII: Perceptual Information Infrastructure) の研究¹⁰⁾から発展してきたものでもある。知覚情報基盤とは、街などの屋外環境を含む実世界で、人やロボットなどの活動を支援する情報基盤である。そのため筆者らは、屋内環境だけでなく、非常に複雑な屋外環境でも適用可能な、環境の観測に基づく頑強な位置決め手法や、それらを用いた応用システムを開発するという方針で研究を行っている。本稿で述べた手法や応用システムは、そのような過程で提案されてきたものである。

本稿では、分散全方位視覚システムの応用をいくつか紹介したが、これらのシステム以外にも、互いのセンサや環境中の物体をさまざまな方向から同時に観測できるため、たとえばジェスチャ認識以外の種々の物体の認識などにおいても、同様に従来の視覚システムには見られない特徴的な処理を行うことができる。また、これらのシステムを組み合わせることにより、さらに高度なシステムへと発展させることも考えられる。たとえば、動物体の実時間追跡によって長時間にわたり環境内の人間のさまざまな移動軌跡を記録することができ、これに基づいて定量的な行動の分析が可能となる。また、ジェスチャ認識などによる人間のいわばマイクロな行動の認識結果とあわせれば、知覚情報基盤として、より深い環境の認識が可能になるであろう。

参考文献

- 1) Ishiguro, H.: Development of low-cost and compact omnidirectional vision sensors and their applications, *Proc. Int. Conf. Information Systems, Analysis and Synthesis*, pp.433-439 (1998).
- 2) Jain, R. and Wakimoto, K.: Multiple perspective interactive video, *Proc. Int. Conf. Multimedia Computing and System* (1995).
- 3) Narayanan, P.J., Rander, P.W. and Kanade, T.: Constructing virtual world using dense

stereo, *Proc. ICCV*, pp.3-10 (1998).

- 4) Kato, K., Ishiguro, H. and Barth, M.: Identifying and localizing robots in a multi-robot system, *International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.966-972 (1999).
- 5) Ishiguro, H., Yamamoto, M. and Tsuji, S.: Omni-directional stereo, *IEEE Trans. PAMI*, Vol.14, No.2, pp. 257-262 (1992).
- 6) Sogo, T., Ishiguro, H. and Ishida, T.: Acquisition and propagation of spatial constraints based on qualitative information, *IEEE Trans. PAMI*, Vol.23, No.3, pp.268-278 (2001).
- 7) Sagawa, R., Ishiguro, H. and Ishida, T.: Real time tracking of human behavior with multiple omni-directional vision sensors, *4th Symposium on Sensing via Image Information*, pp.179-184 (1998).
- 8) Ng, K.C., Ishiguro, H., Trivedi, M. and Sogo, T.: Monitoring dynamically changing environments by ubiquitous vision system, *Workshop on Visual Surveillance*, pp.67-73 (1999).
- 9) Ishiguro, H. and Nishimura, T.: VAMBAM: View and motion-based aspect models for distributed omnidirectional vision systems, *Proc. IJCAI*, pp.1375-1380 (2001).
- 10) Ishiguro, H.: Distributed vision system: A perceptual information infrastructure for robot navigation, *Proc. IJCAI*, pp. 36-41 (1997).

(平成 13 年 5 月 8 日受付)

(平成 13 年 9 月 12 日採録)

(担当編集委員 八木 康史)



十河 卓司(正会員)

1997年京都大学工学部情報工学科卒業, 1998年同大学大学院修士課程修了, 2001年同大学院情報学研究科社会情報学専攻博士後期課程修了, 同年日本電気(株)入社。この間, 1999年より日本学術振興会特別研究員。2000年9月より5カ月間, 米国SRI Internationalに滞在。視覚移動ロボット, 分散全方位視覚の研究に従事。日本ロボット学会論文賞受賞(2001年)。博士(情報学)。人工知能学会, 日本ロボット学会, IEEE各会員。



石黒 浩(正会員)

1986年山梨大学工学部計算機科学科卒業, 1988年同大学大学院修士課程修了, 1991年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻修了。同年山梨大学工学部情報工学科助手, 1992年大阪大学基礎工学部システム工学科助手, 1994年京都大学大学院工学研究科情報工学専攻助教授, 1998年同大学院情報学研究科社会情報学専攻助教授, 2000年和歌山大学システム工学部情報通信システム学科助教授。現在, 同大学教授。1998年より1年間, カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員。1999年より, 科学技術振興事業団さきがけ21研究員。ATR知能映像研究所客員研究員(株)Vstone取締役総理事。視覚移動ロボット, 能動視覚, パノラマ視覚, 分散視覚に興味を持つ。日本ロボット学会論文賞受賞(2001年)。工学博士。日本ロボット学会, 人工知能学会, 電子情報通信学会, IEEE, AAAI各会員。