

解説

能動視覚エージェント群による協調追跡

Cooperative Tracking by Communicating Active Vision Agents

松山 隆司* 浮田 宗伯* *京都大学大学院情報学研究所

Takashi MATSUYAMA* and Norimichi UKITA* *Graduate School of Informatics, Kyoto University

1. はじめに

我々は、能動カメラを備えた実時間画像処理システム(観測ステーション)を相互にネットワークで結合し、観測ステーション間の協調処理により、多様な状況・タスクに適応できる分散協調視覚システムの構成法に関する研究を行っている。

分散協調視覚システムは、動作の柔軟性、多角的観測結果の統合による頑健性など、多くの利点を備えており、実世界を対象とした様々な視覚システムの実現を可能とする。中でも、移動対象の追跡は、広域監視システム、ITS(Intelligent Transport System)といった応用システム実現のための重要な基盤技術の一つである。そこで我々は、移動対象の実時間追跡をタスクとして、実世界で有効に機能する分散協調視覚システムの実現法を研究してきた。

分散協調視覚システムの研究では、観測ステーションの持つ「視覚」「行動」「通信」の機能をいかに統合するかが主要な研究テーマになる。我々はこれまでに「視覚」と「行動」の統合方式に関する研究として、本特集記事の解説「能動カメラによる実時間対象追跡」で紹介した単一観測ステーションによる対象追跡法を提案してきた。

本稿では、観測ステーションの論理モデルとして「能動視覚エージェント」(Active Vision Agent, 略してAVA)を提案し、多数のAVAの協調動作によって複数対象を追跡する協調追跡システムを紹介する。

2. 協調追跡

これまでに我々が開発した協調追跡システム[1]は、以下に示す特性を持っている。

特性1 各AVAは1台の能動カメラを備えており、本特集「能動カメラによる実時間対象追跡」で紹介した対象の自律追跡が可能である。

特性2 複数のAVAがグループ(エージェント)を形成し

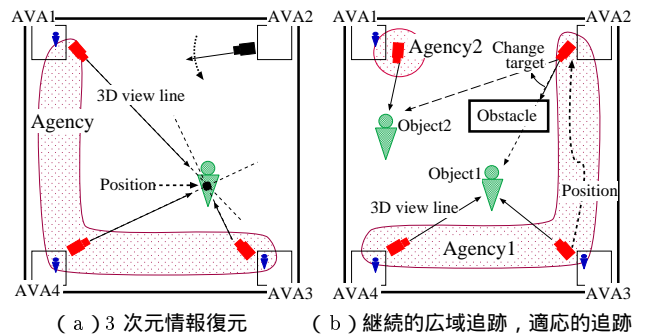


図1 AVA群による協調追跡(網掛け領域はエージェントを示し、同じ領域内のAVAは同一エージェントに属する。)

て、特定の移動対象を協調的に追跡する。

上記の特性を用いることにより、以下の機能が実現できる。

3次元情報復元 AVAの持つカメラの外部パラメータ(全カメラ間の相対的な位置関係)が較正済であれば、複数のAVAが観測した2次元の対象情報から対象の3次元位置・形状を復元できる。図1(a)の例では、同一エージェント中のAVA1,3,4の検出結果から三角測量の要領で対象の3次元位置を算出している。本特集「PCクラスタを用いた実時間多視点映像撮影・処理システム」で紹介した3Dビデオ撮影システムでは、この機能を使って移動対象の3次元形状を復元している。

継続的広域追跡 AVA間で対象情報を交換することにより、追跡対象が障害物の背後や観測可能範囲外に移動しても対象を見失うことなく追跡可能である。図1(b)の例では、AVA2は障害物に遮られて対象1を観測できないが、他のAVAから対象1の3次元位置を受信することにより、対象1の方向を注視することができる。

適応的追跡 追跡中の対象群の動きに応じて、各対象の追跡に適したエージェントを動的に編成することにより、追跡対象群の動きに柔軟に対応できる。図1(b)の例では、AVA2がエージェント1からエージェント2に移籍することにより、全ての対象が複数のAVAによって注視され、対象の3次元位置・形状を復元可能となる。

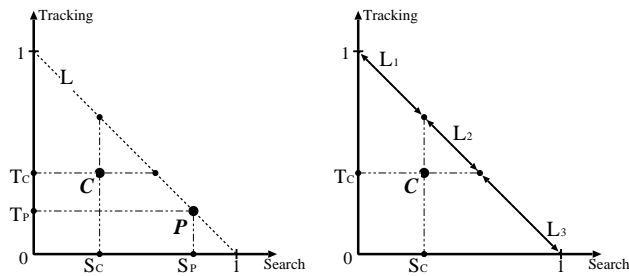
以下では、現在我々が研究を進めている複数対象を同時に追跡する協調追跡システムを紹介する。

原稿受付

キーワード: Tracking, Cooperation, Multi-Agents

*〒606-8501 京都市左京区吉田本町

*Yoshidahonmachi, Sakyo, Kyoto, 606-8501, Japan



(a) システム状態記述グラフ (b) 現在状態とタスク制約条件
図2 サーチとトラッキングによるシステムの動作記述

3. タスクの仕様記述

シーン中を移動する対象の情報を収集するために、対象追跡システムは、まず「シーン中のどこに対象が存在するか」を探索する必要がある。この役割をサーチと呼ぶ。そして、対象を発見すると「検出対象を注視して情報を収集する」。この役割をトラッキングと呼ぶ。また、複数の対象が検出された場合、与えられたタスクに対する各対象の重要度を判定し「情報を必要とする対象を重点的に注視する」という機能も求められる。

本システムでは、ユーザが追跡システムに与えるタスクを設定するために、以下の2種類のパラメータを用いる。タスク制約条件 サーチ、トラッキングそれぞれに割り当てる AVA 数を指定するパラメータ。

対象重要度 各対象の重要度を指定するパラメータ。

3.1 タスク制約条件

サーチを行う AVA をフリーランサと呼ぶ。フリーランサは、自律的にシーンの広範囲探索を行い、新たな対象を検出することを役割とする。また、トラッキングを行う AVA 群は、追跡対象に1対1に対応したエージェントと呼ぶグループを形成する。エージェントに所属する AVA をメンバと呼ぶ。

こうしたサーチとトラッキングの組み合わせによるシステムの多様な振る舞いを図2に示す2軸のグラフによって表現する。このグラフをシステム状態記述グラフと呼ぶ。横軸、縦軸が表すパラメータは、それぞれサーチとトラッキングに従事する AVA の数の割合を表しており、それぞれをサーチレベル、トラッキングレベルと呼ぶ。

定義1(サーチレベル,トラッキングレベル)

$$SearchLevel = \frac{\text{サーチ中の AVA 数}}{\text{動作中の AVA の総数}} \quad (1)$$

$$TrackingLevel = \frac{\text{トラッキング中 AVA の数}}{\text{動作中の AVA の総数}} \quad (2)$$

$$0 \leq SearchLevel \leq 1 \quad (3)$$

$$0 \leq TrackingLevel \leq 1 \quad (4)$$

$$0 \leq (SearchLevel + TrackingLevel) \leq 1 \quad (5)$$

システム状態記述グラフ上で、サーチ、トラッキングに関するタスク制約条件と現在状態を次のように定義する。定義2(タスク制約条件 $C(S_C, T_C)$) ユーザによりタスクにあわせて設定される定数であり、動作中にシステムが最低限確保すべきサーチレベル(S_C)、トラッキングレベル(T_C)を表す(図2(a)中の C)。

定義3(現在状態 $P(S_P, T_P)$) ある瞬間におけるシステム全体のサーチレベル(S_P)、トラッキングレベル(T_P)を表す。現在状態 P がとりうる値の範囲は、図2(a)中の直線 L 上に限られる。即ち、常に $(S_P + T_P) = 1$ である。

システムの現在状態とタスク制約条件の関係に対して、以下に示す3つの状態が存在する。

サーチ欠如状態 $T_C < T_P$ 、且つ $S_C > S_P$ の状態。即ち図2(b)中の線分 L_1 上に現在状態 P が存在する時。

タスク充足状態 $T_C \leq T_P$ 、且つ $S_C \leq S_P$ の状態。即ち図2(b)中の線分 L_2 上に現在状態 P が存在する時。

トラッキング欠如状態 $T_C > T_P$ 、且つ $S_C < S_P$ の状態。即ち図2(b)中の線分 L_3 上に現在状態 P が存在する時。

システムがタスク充足状態以外の場合、各 AVA は現在状態がタスク制約条件を満たすように、役割をサーチとトラッキングの間で動的に変化させる。

3.2 対象重要度

本システムでは、AVA とエージェントの対象同定能力により判別可能な対象のクラス毎に、対象重要度を指定する。定義4(対象重要度) 各クラスに属する対象の重要度を表す尺度で、0以上1以下の定数である。AVA 群は対象重要度が大きい対象を集中的に追跡するように振る舞う。

4. 協調追跡のための動的インタラクション

本システムでは、複数の自律的な処理主体が動的にインタラクションを行いつつ協調的に動作することにより、システム全体が一つの追跡システムとして振る舞う。

このように、システムを多数の自律的な処理主体の集合として構成することにより、システム全体の複雑な動作を各処理主体のインタラクションにより表現可能である。その結果、システム全体の設計を各処理主体毎の設計へと単純化できる。また、各処理主体の動的なインタラクションによって創発されるシステム全体の状態数、制御フローの分岐数は組合わせたに増大する。この性質を利用することにより、実世界の多様、且つ複雑な状況に対応可能な柔軟なシステムを構築可能であると考えられる。

4.1 システムの階層

対象追跡を行うためには、各カメラによって観測された対象情報を時間的・空間的に対応付ける、即ち対象同定を安定に継続する必要がある。本システムでは、対象同定のために行われる動的インタラクションを、処理主体や交換される情報の種類によって3つのレベルに分ける(図3)。

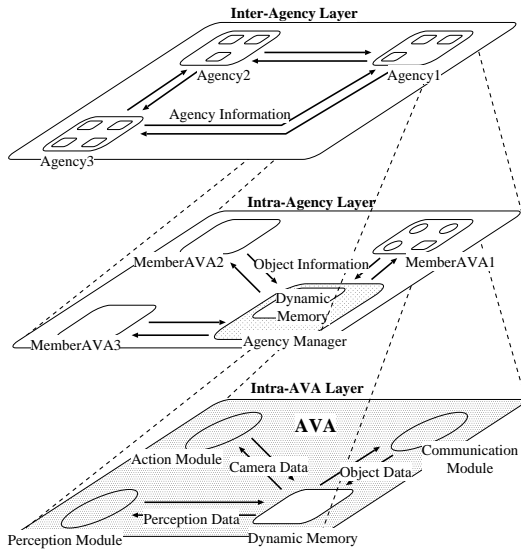
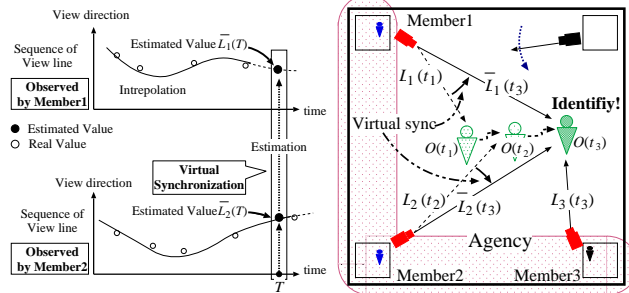


図 3 システム内の 3 つの階層



(a) Intra-Agency ダイナミックメモリ (b) 空間的対象同定

図 4 AVA 間対象同定のための仮想同期

各レベルでは、交換される情報の種類に応じた対象同定が実行され、その対象同定の成否に応じて、複数対象の協調追跡を実現するためのプロトコルが起動される。

以下では、各レベルでのインタラクションについて述べる。

4.2 Intra-AVA: AVA 内インタラクション

図 3 中の最下層 (Intra-AVA 層) では、AVA を構成する視覚、行動、通信の各モジュールがインタラクションを行い、その結果として AVA の動作が発現する。

視覚 画像の観測と観測画像中の対象検出を行う。そして、注視対象を追跡するために、時刻 t における追跡対象の方位角 (カメラと検出対象を結ぶ 3 次元直線) $\hat{L}(t)$ と、時刻 $t+1$ において検出された対象 $1, \dots, N$ の方位角 $L^1(t+1), \dots, L^N(t+1)$ を比較し、 $\hat{L}(t)$ との角度差が最小である $L^x(t+1)$ 方向に存在する検出対象 x を時刻 $t+1$ における追跡対象と見なす。即ち、時刻 $t+1$ における追跡対象の方位角 $\hat{L}(t+1) = L^x(t+1)$ 。

行動 視覚モジュールが検出した追跡対象の方位角 $\hat{L}(t+1)$ 、または通信モジュールが受信した追跡対象の 3 次元位置 $\hat{P}(t+1)$ (後述) に基づいて、追跡対象を注視するようにカメラをコントロールする。

通信 必要に応じて、視覚モジュールの検出結果 $L^1(t+1), \dots, L^N(t+1)$ を他の AVA やエージェントに送信する。また、逆に他の AVA やエージェントから通知される追跡対象情報 $\hat{P}(t+1)$ の受信も行う。

協調して一つの AVA として働くために、視覚、行動、通信の各モジュールはそれぞれの持つ時系列情報 (即ち、視覚: 検出した対象の方位角, 行動: カメラの視線方向・ズーム, 通信: 受信した対象の 3 次元位置) を動的に交換する必要がある。この情報交換は、AVA 内にあるダイナミックメモリを利用して行われる。本特集「能動カメラによる実時間対象追跡」において説明したように、ダイナミックメモリを用いることによって、各モジュール間で任意のタイミングで非同期に情報交換することが可能となる。

4.3 Intra-Agency: エージェント内インタラクション

図 3 中の中間層 (Intra-Agency 層) では、同一エージェントに所属するメンバが対象検出結果を交換し、追跡対象の同定を行う。Intra-Agency 層で行う必要がある対象同定には以下の 2 種類が存在する。

空間的対象同定 エージェントのメンバ $1, \dots, M$ が、それぞれ時刻 t_1, \dots, t_M において画像観測を行った場合、各メンバが検出した対象群の方位角 $\{L_1^i(t_1) | i = 1, \dots, N_1\}, \dots, \{L_M^i(t_M) | i = 1, \dots, N_M\}$ の間で、同一対象を表す方位角同士を対応付け、各対象の 3 次元位置を求める。但し、 $\{L_m^i(t_m) | i = 1, \dots, N_m\}$ は、メンバ m が時刻 t_m において検出した対象群 $1, \dots, N_m$ の方位角の集合である。

時間的対象同定 追跡対象の注視を続けるために、時刻 t における追跡対象の 3 次元位置 $\hat{P}(t)$ と、時刻 $t+1$ における検出対象の 3 次元位置 $\{P_i(t+1) | i = 1, \dots, N\}$ を比較し、 $\hat{P}(t)$ との距離が最小である $P_x(t+1)$ に追跡対象が存在すると見なす。即ち、時刻 $t+1$ における追跡対象の 3 次元位置 $\hat{P}(t+1) = P_x(t+1)$ である。

4.3.1 空間的対象同定のための仮想同期

各 AVA は自律的に画像撮影を行っているため、空間的対象同定に使用される検出対象情報 $\{L_m^i(t_m) | i = 1, \dots, N_m\}$ は、それぞれ異った時刻における対象の方位角を表している (即ち、 $t_m \neq t_n$)。よって、各 AVA が検出した対象情報をそのまま AVA 間で比較してしまうと、対象同定の結果が不安定になってしまう。

この問題を解決するためには、Intra-AVA 層と同様に Intra-Agency 層にもダイナミックメモリを用意し、メンバの対象検出結果を時系列データとして記録すれば良い。即ち、ダイナミックメモリを使えば、記録した時系列データから任意の時刻 t における値を推定できるため、非同期に観測された複数の時系列データから同一時刻の値を求め、それらの値を比較すれば良い。この機能を仮想同期と呼ぶ。

例えば図4(a)の例では、メンバ1, 2の対象検出結果(図中の白点)が共通のダイナミックメモリに記録される。時刻 T において空間的对象同定を行うには、 $t = T$ としてダイナミックメモリからメンバ1, 2の方位角データを読み出せば良い。即ち、この時刻指定読み出しによって、同一時刻の対象方位角が得られ、それらを用いて対象同定を行えば良い。

具体的な空間的对象同定は以下のように行われる。まず、各エージェンシの形成(4.3.3節で述べる)と同時にエージェンシマネージャが生成される。エージェンシマネージャは、エージェンシを代表する自律主体としてAVAとは独立に専用のサーバ上で実行されるプロセスであり、1) エージェンシ毎に用意されるIntra-Agency層のダイナミックメモリの管理、2) AVAや他のエージェンシとの情報交換、3) エージェンシの動的な再編成(詳細は後述)を行う。エージェンシマネージャは、各メンバから検出対象情報 $\{L_m^i(t_m) | i = 1, \dots, N_m\}$ を受信すると、その値をダイナミックメモリに記録する。空間的对象同定を行う際、エージェンシマネージャは全メンバの観測結果を仮想同期した結果 $\{\bar{L}_1^i(T) | i = 1, \dots, N_1\}, \dots, \{\bar{L}_M^i(T) | i = 1, \dots, N_M\}$ を比較し、 $\bar{L}_p^i(T)$ と $\bar{L}_q^j(T)$ が3次元空間中で交差する場合、メンバ p の検出対象 i とメンバ q の検出対象 j は同一対象 x に対応すると見なす。また、 $L_p^i(T)$ と $L_q^j(T)$ の交点 $P_x(T)$ を時刻 T における対象 x の3次元位置と見なす。

図4(b)の例では、時刻 t_3 にあわせてメンバ1, 2, 3の検出結果を仮想同期させた値 $\bar{L}_1(t_3)$, $\bar{L}_2(t_3)$, $\bar{L}_3(t_3)$ を比較することにより、安定な対象同定が実現できている。

4.3.2 時間的对象同定のための仮想同期

時間的对象同定のためには、時刻 t における追跡対象の3次元位置 $\hat{P}(t)$ と時刻 $t+1$ における検出対象 $1, \dots, N$ の3次元位置 $\{P_i(t+1) | i = 1, \dots, N\}$ の比較が必要になる。しかし、各値をそのまま比較すると異なる時刻 t と $t+1$ における対象情報の比較になってしまい、対象同定結果は不安定となってしまう。

この問題も、エージェンシマネージャが追跡対象の3次元位置 $\hat{P}(t)$ をダイナミックメモリに記録しておくことにより解決できる。ダイナミックメモリに記録された追跡対象の3次元位置の時系列データから、時刻 $t+1$ における追跡対象の3次元位置の推定値 $\bar{P}(t+1)$ を算出し、この値を検出結果 $\{P_i(t+1) | i = 1, \dots, N\}$ と比較する。そして、 $\bar{P}(t+1)$ との距離が最小となる $P_x(t)$ を追跡対象の3次元位置と見なすことにより、時間的对象同定も安定化できる。

以上の対象同定の成否に応じて、以下の3種類のプロトコルで定義されるインタラクションが起動される。

4.3.3 Agency Formation

フリーランサによるエージェンシの生成、フリーランサのエージェンシへの参加を定義するプロトコル。

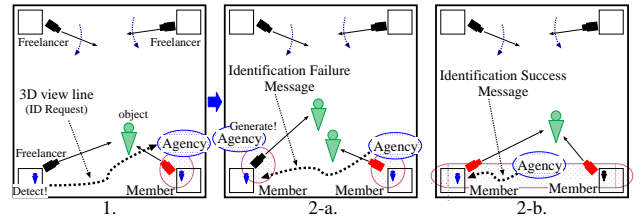


図5 Agency Formation

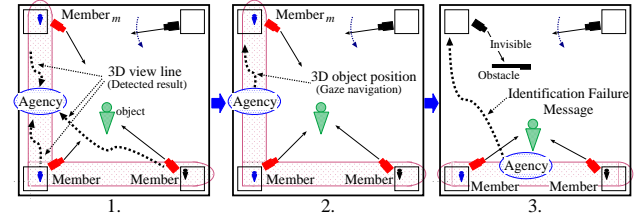


図6 Agency Maintenance

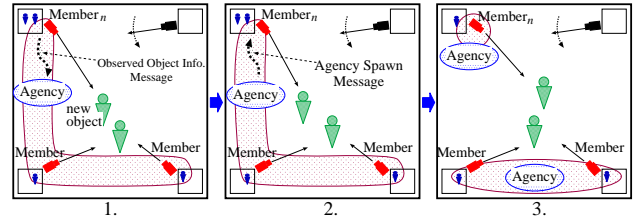


図7 Agency Spawning

システムの初期状態において、全AVAはフリーランサとして自律的に対象探索を行う。フリーランサが新たに対象を検出すると、その検出対象と既存のエージェンシの追跡対象間で対象同定が行われ(図5, 1.), その成否に応じてフリーランサは以下のように振る舞う。

同定が成功したエージェンシが存在しない場合 検出対象を追跡するエージェンシマネージャを起動し、そのエージェンシに加わる(図5, 2-a.)。

同定が成功したエージェンシが存在する場合 フリーランサは同定が成功したエージェンシに加わる(図5, 2-b.)。

4.3.4 Agency Maintenance

エージェンシからのメンバの脱退、エージェンシの消滅を定義するプロトコル。

エージェンシ形成後、エージェンシマネージャは対象の同定と3次元位置計算のため、メンバが検出した対象の空間的・時間的对象同定を繰り返す(図6, 1.)。この対象同定が失敗した場合(メンバ m が追跡対象を見失ったり、別対象を追跡している場合)、エージェンシマネージャは追跡対象の3次元位置をメンバ m に送信し、メンバ m の視線を追跡対象に向けて誘導する(図6, 2.)。また、この同定失敗が一定時間以上続いた場合、メンバ m をエージェンシから除く(図6, 3.)。

また、時間的对象同定の結果、全メンバが追跡対象を観測できていない場合、このエージェンシは消滅する。

4.3.5 Agency Spawning

既存のエージェントから新たなエージェントを生成する方法を定義するプロトコル。

空間的対象同定の結果、メンバ n の検出対象群中に追跡対象以外の対象が存在した場合 (図 7, 1.), エージェントマネージャは他のエージェントに対して、この新検出対象と各エージェントが追跡している対象との間で対象同定を依頼する。この対象同定が失敗した場合、即ちこの新検出対象に対応するエージェントが存在しないと判定された場合、メンバ n は新たなエージェントを生成する (図 7, 3.)。

4.4 Inter-Agency: エージェント間インタラクション

各エージェントは、それぞれの追跡対象の協調追跡を継続することを基本とするが、対象の多様な行動に適応して追跡を継続するには、対象の移動やメンバの能力を考慮にいれ、エージェント間でメンバを交換する必要がある。こうした動的なエージェントの再編成を効率的に実行するため、エージェント間で 1) 追跡対象情報 (3次元位置, 対象重要度), 2) メンバ情報, が相互に交換される。他エージェントからメッセージを受信したエージェントマネージャは、受信した追跡対象と自身の追跡対象の3次元位置を比較して空間的対象同定を行う。

この3次元位置の比較による対象同定は、3次元位置が計算された時刻が異ると不安定になってしまう。しかし、この問題も Intra-Agency 層における対象同定と同様、仮想同期により解決できる。即ち、エージェントマネージャは、ダイナミックメモリに記録している自身の追跡対象の3次元位置の履歴を参照して、受信した追跡対象と自身の追跡対象の3次元位置を仮想同期することが可能である。この仮想同期の結果に基づいて空間的対象同定を行うことにより、エージェント間の対象同定を安定化することができる。

この対象同定の成否に応じて、以下の2種類のプロトコルで定義されるインタラクションが起動される。

4.4.1 Agency Unification

両エージェント間の対象同定が成功した場合に実行される。同一対象を追跡していると判断されたエージェント同士の統合を定義するプロトコル。実行例を図 8 に示す。

Agency Unification が発生する具体的なケースとして、以下の例が挙げられる。

- 複数対象が近接した結果、エージェントによる対象識別が失敗し、複数対象を単一対象であると判断した場合。
- 実際は単一対象であるが、対象同定の失敗のせいで単一対象に対して複数のエージェントが生成された場合。

4.4.2 Agency Restructuring

両エージェント間の対象同定が失敗した場合に実行される。各エージェントの 1) 追跡対象の位置・重要度, 2) メンバの数・能力, を考慮にいれ、相互の負荷バランスを平均化するために必要なメンバの再編成を定義するプロトコル。

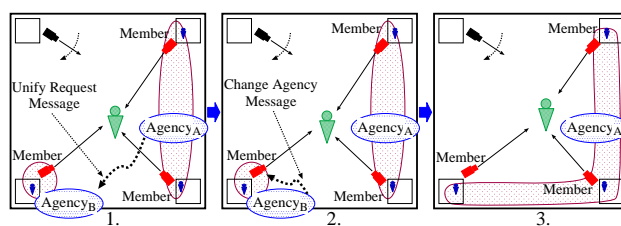


図 8 Agency Unification

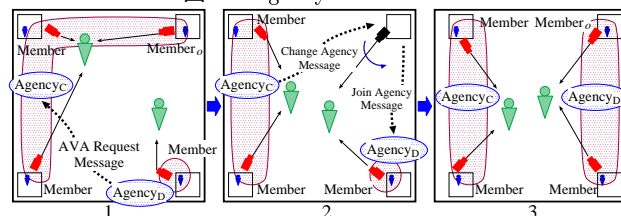


図 9 Agency Restructuring

エージェント間の対象同定に失敗した場合、まず各メンバがそれぞれの追跡対象を観測するのどの程度適しているかを調べる。その結果、現在所属するエージェントの追跡対象より、もう一方のエージェントの追跡対象の注視に適しているメンバが存在する場合、このメンバはもう一方のエージェントに移籍する。

実行例を図 9 に示す。この例では、エージェント D がエージェント C のメンバ o を要求し、その結果メンバ o がエージェント D に移籍している。

5. 実験

本システムの有効性を検証するため、以下の実験を行った。実験は、5[m]×6[m]の室内に設置された10台のAVAを用いて行った。各AVAは、PC (PentiumIII, 600MHz×2) と視点固定型カメラ (SONY EVI-G20) により構成され、全てのPCはネットワークによって接続されている。この実験環境下で、対象1, 2が順に入室して、自由に移動する。

本実験では、システムの振り舞いを指定するパラメータとして、以下のパラメータを与えた。

タスク制約条件 サーチレベル0.3, トラッキングレベル0.7. 対象重要度 対象1に1.0, 対象2に0.5をそれぞれの対象重要度として与える。

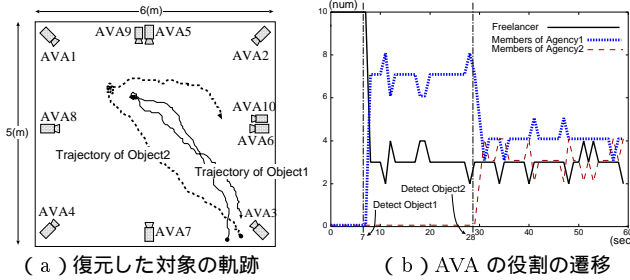
各AVAは、画像撮影、対象検出の視覚サイクルを平均10 (frame/sec) で実行し続ける。観測画像系列の一部を図10に示す。同じ列の画像は、各AVAによりほぼ同時に撮影された画像である。観測画像中の白、灰色で囲まれている領域は、それぞれ対象1, 2の検出領域を表している。

図11(a)は、エージェントによって復元された追跡対象の床面上での移動軌跡を示している。

図11(b)は、フリーランサと、対象1, 2を追跡しているメンバの数の遷移を示している。横軸は経過時間、縦軸はそれぞれの時刻において各役割を実行中のAVA数を表



図 10 観測画像系列の一部 (左から右へ 1 秒間隔の撮影画像)



(a) 復元した対象の軌跡

(b) AVA の役割の遷移

図 11 実験結果

す。図 11 (b) 中の各グラフの凹凸は、対象の移動にあわせて各 AVA が役割を変更している瞬間を表している。即ちこの図から、各 AVA が動的に役割を変化させることにより、システム全体としてシーンのダイナミクスに適応して動作している様子を確認できる。

6. 関連研究

本プロジェクトでは、ここで紹介したシステムの他にも以下のような協調追跡システムを開発してきた。

文献 [2] では、自然環境下でのロバストな顔認識を実現するために分散協調追跡システムを利用している。このシステムでは、1) 時系列画像間での顔領域の対応付け、2) 推定した追跡対象の 3 次元位置、の 2 つの情報を統合して、安定な顔領域追跡・登録を実現している。

文献 [3] では、通信・視覚機能を有する観測ステーションを複数台用いて、複数人物を同時に観測するための分散協調追跡システムが提案されている。各観測ステーションは、1) 人物領域を近似した 3 次元楕円体モデルを利用した人物追跡法と、2) 観測画像上の対象領域から抽出した色情報、の 2 つの情報を利用して、対象同定を行う。

文献 [4] は、分散センサ網による分散協調型の複数移動体追跡のためのソフトウェアシステムを提案している。このシステムでは、複数のセンサで検出された対象情報から、対象同定と対象の移動軌跡の推定を同時に行うために、各情報をエージェント群で分散協調的に統合・処理することにより、効率と推定精度の改善を実現している。

7. まとめ

本稿では、我々が研究を進めてきた分散協調視覚システ

ムによる複数対象の協調追跡システムを紹介した。

本システムは、以下のような特徴を持つ。

- 複数の自律的な処理主体が動的にインタラクションを行うことにより、システム全体が一つの追跡システムとして振る舞う。
- 協調追跡を行うために必要な動的インタラクションの種類によって、システムを 3 つのレベルに分ける。

Intra-AVA 視覚、行動、通信モジュールがインタラクションを行い、一つの AVA として振る舞う。

Intra-Agency 同一エージェントに属する AVA 群が、特定の対象を追跡するために対象情報を交換する。

Inter-Agency 対象の動きに合わせて適応的にエージェントを再編成するために、エージェント群がエージェント情報を交換する。

- ダイナミックメモリの利用により、各レベルのインタラクションを同期に伴う待ち時間無しに行うことができ、システムとして高い実時間性・即応性を備える。

これらの特徴を利用して、実世界の複雑、且つ多様な状況に適応可能システムが構成できることを示した。

参考文献

- [1] 松山隆司, 和田俊和, 丸山昌之: “能動視覚エージェントによる移動対象の協調的追跡”, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU'98) 予稿集, Vol.1, pp.365-370, 1998.
- [2] T. Kato, Y. Mukaigawa, T. Shakunaga, “Cooperative Distributed Tracking for Effective Face Recognition”, Proc. of MVA2000, Tokyo, Japan, Nov. 2000, pp.353-358.
- [3] 中澤篤志, 日浦慎作, 加藤博一, 佐藤宏介, 井口征士, “分散観測エージェントによる複数人物の追跡”, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2000) 予稿集, Vol.1, pp.15-20, 2000.
- [4] N. Yoshida, T. Fuki: “Target Tracking Using Tuple-Space-Based Mobile Agents”, Proc. of 19th IASTED Int. Conf. on Applied Informatics, to appear, Innsbruck, Austria, Feb. 2001.

松山 隆司 (Takashi MATSUYAMA)

1976 年京大大学院修士課程修了。京大助手、東北大助教授、岡山大教授を経て 1995 年より京大大学院電子通信工学専攻教授。現在同大学院情報学研究科知能情報学専攻教授。工博。画像理解、人工知能、分散協調視覚の研究に従事。1980 年情報処理学会創立 20 周年記念

論文賞、1990 年人工知能学会論文賞、1993 年情報処理学会論文賞、1994 年電子情報通信学会論文賞、1995 年第 5 回国際コンピュータビジョン会議 Marr Prize、1996 年国際パターン認識連合 Fellow、1999 年電子情報通信学会論文賞、2000 年画像センシングシンポジウム優秀論文賞。人工知能学会評議員、情報処理学会理事、同学会フロンティア領域委員会委員長。

浮田 宗伯 (Norimichi UKITA)

平 8 岡山大工学部卒業。平 10 同大学院大学院工学研究科修士過程修了。現在、京都大学大学院情報学研究科博士後期過程在学中。コンピュータビジョン、分散協調処理に関する研究に従事。1999 年電子情報通信学会論文賞。