

## 人物追跡システムの相互運用に向けた研究

野村 温<sup>†a)</sup> 四元 辰平<sup>††</sup> 谷川 浩三<sup>††</sup> 高橋 健一<sup>†</sup>  
川村 尚生<sup>†</sup> 菅原 一孔<sup>†</sup>

A Study on Interoperability of Human Tracking Systems

Atsushi NOMURA<sup>†a)</sup>, Tappei YOTSUMOTO<sup>††</sup>, Kozo TANIGAWA<sup>††</sup>,  
Kenichi TAKAHASHI<sup>†</sup>, Takao KAWAMURA<sup>†</sup>, and Kazunori SUGAHARA<sup>†</sup>

あらまし 監視システムは、私たちの日常生活において様々な形で広く使用されている。しかし、従来の監視システムでは常に監視員が監視モニタを見続ける必要があり、監視員に掛かる負担が大きかった。そこで、人物を自動で追跡する監視システムの研究が行われている。これらのシステムでは、限られた一定の範囲内の監視のみを想定している。しかしながら、人物の追跡を行っていく上で、より広範囲に渡る追跡を行いたい場合が考えられる。そこで、小規模なシステムを接続することで、広範囲に渡る人物追跡を実現することを考える。このことを実現するためには、人物追跡システムを相互運用するための仕組みが必要となる。そこで、人物追跡ネットワークにシステムを接続すること、追跡を継続できるシステムを見つけること、要求先のシステムにおいて対象を追跡することを検討し、人物追跡システムの相互運用を図ることで、広範囲に渡る人物追跡の実現を目指す。

キーワード 人物追跡, 相互運用, 監視センサ, ネットワーク

### 1. はじめに

監視システムは、私たちの日常生活において様々な形で広く使用されている。その中でも特に普及しているのが監視カメラを用いたシステムである。このようなシステムでは、監視員は人物を追跡するために複数のカメラ映像を見続ける必要がある。しかしながら、長時間に及ぶ追跡は監視員に過度な負担を与えてしまう。

そこで、人物を自動で追跡するための研究が行われている。[1]では、部屋内の構造を記述した座標テーブルを準備し、それを用いることで、人物が映らない場所を考慮した人物追跡を実現している。[2]では、歩容特徴という個人性にに基づいた行動特徴を利用することで人物の追跡を行っている。[3]では、複数のカメラから取得した画像データをカルマンフィルタにより統合し人物追跡を効率的に行うシステムが提案されている。また、[4]では、同一対象を観測するエージェントが追跡対象の特徴情報を元に「エージェント」と呼ばれるエージェントのグループを生成することで人物追跡を実現している。[5]では、エージェントが人物の移動に合わせてカメラ間を移動することで、監視サーバの負荷を軽減することを提案している。

しかし、これらのシステムで追跡可能な範囲は、そのシステムの監視範囲内に限られる。このため、広範囲での人物追跡を行いたい場合、人物を検出するためのセンサを増

設し、監視範囲を広げなければならない。しかしながら、1システムの監視範囲を拡大すると、センサの設置コスト、システムの管理コスト、データ処理のコスト等が増加する。さらに、公共トイレや他社の敷地内、管理者が異なるエリア等では、センサの設置ができない可能性がある。このため、1つの監視システムだけで広範囲なエリアをカバー可能な人物追跡システムを実現することは難しい。

そこで、人物追跡システムを相互運用することを検討する。異なるシステムを相互運用するための技術や研究[6]はいくつか存在する。例えば、複数のWebサービスを連携させることで、複雑なプロセスフローを定義することができるBPEL (Business Process Execution Language)[7]や、複数NAS間でのデータの相互運用を容易に行えるシステムの提案[8]、防災・減災のための情報通信システムの相互運用の研究[9]等が行われている。しかし、人物追跡の相互運用を目指した研究は見つからない。

そこで、異なる人物追跡システムの相互運用を目指す。異なる人物追跡システムの相互運用を実現し、システムを跨がった人物追跡を行うためには、複数の人物追跡システムによって形成されるネットワークに参加し、人物追跡の継続要求先のシステムを決め、追跡に必要な情報をそれらのシステムに渡す必要がある。本稿では、このことを実現するための仕組みについて検討する。これにより、システムの相互運用を可能とし、広範囲に渡った人物追跡の実現を目指す。

本稿は以下のように構成されている。2章では、複数システムを跨がった人物追跡手法について述べる。人物追跡システムの相互運用を実現するための仕組みを3章で検討

<sup>†</sup> 鳥取大学大学院 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻  
Department of Information and Electronics, Graduate School of  
Engineering, Tottori University

<sup>††</sup> メルコ・パワー・システムズ株式会社  
Melco Power Systems Co., Ltd.

a) E-mail: s092047@ike.tottori-u.ac.jp

し、4.章で本稿の結論を述べる。

## 2. 複数システムを跨がった人物追跡

人物追跡システムにおいて、追跡可能な監視範囲はセンサの数や設置位置によって決まる。このため、システムが人物を追跡可能な範囲は一定の範囲に限られる。そこで、様々な場所に存在する小規模なシステムを繋ぎ合わせるにより、より広範囲な領域での人物追跡を可能とすることを目指す。

今日では、人物追跡が可能なシステムが数多く設置されている。例えば、電車の乗降時に用いるプリペイド電子マネーカード [10] [11] では、いつ、誰が、何処で乗降したのかが分かる。スーパーマーケット内に設置されているカメラでは、店内での人々の行動が録画される。これらのシステムを相互運用することができれば、1つのシステムの監視範囲内だけでなく、他のシステムの監視範囲内でも追跡を行うことが可能となる。このことを実現するために考慮すべき課題を図1に示す。

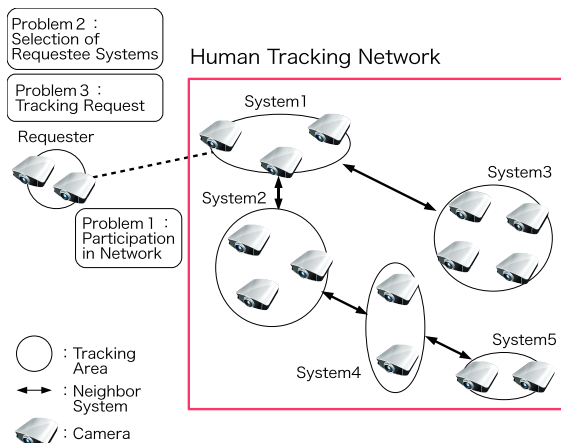


図 1 複数システムを跨がった人物追跡の課題  
Fig.1 Problems for Interoperability of Human Tracking Systems

### 課題1 人物追跡ネットワークへの参加

人物追跡システムの相互運用を実現するためには、個々の人物追跡システムがお互いの存在を認識する必要がある。そこで、人物追跡の継続を要求するための人物追跡ネットワークを形成する。個々のシステムの管理者にはネットワーク参加前に人物追跡ネットワークに参加しているシステムのIPアドレスリストを与える。与えられたIPアドレスに対して参加要求を送ることで、人物追跡ネットワークに参加する。

### 課題2 要求先システムの決定

システムの監視範囲から追跡対象が離れたとき、システムは人物の追跡を継続できない。そこで、追跡を継続するために、他システムに追跡の要求を出す。もっとも単純な方法は、人物追跡ネットワーク内の全てのシステムに追跡の継続を要求することである。しかしこれは過度のネットワーク通信量と計算負荷が掛かり現実的ではない。また、追跡対象が移動する可能性が極めて低いシステムに追跡の

継続を要求することは無駄となる。このため、要求を出すシステムを決定するための仕組みを検討する。

### 課題3 人物追跡の継続要求

人物の追跡を継続するためには、まず、追跡対象の人物の特徴情報を送り、人物の追跡を要求する必要がある。また、追跡対象が移動する可能性があるシステムは一つとは限らない。そこで、あるシステムで追跡対象が検出された場合、他のシステムへの追跡要求を取り消すための仕組みが必要となる。さらに、要求先のシステムで追跡対象が検出されたとしても、人物の移動により追跡対象が要求先の監視範囲から離れ、要求先でも追跡できなくなる。このため、要求先の監視範囲から追跡対象が離れたことを確認し、追跡を継続するための仕組みが必要となる。

これらの仕組みを定義することで、異なるシステムを跨がり、追跡対象を追跡可能な仕組みを実現する。

## 3. 人物追跡システムの相互運用

本章では前述した項目ごとの仕組みを検討する。

### 3.1 人物追跡ネットワークへの参加

人物追跡ネットワークの参加のために、参加の要請とそれを許可するための仕組みを実現する。

個々のシステムは、各マシンが知っているネットワークに参加しているシステムのIPアドレス(ゲートウェイリスト)を持つ。参加の要請と許可は、*join*メッセージと*ack*メッセージで実現する。*join*メッセージは、ネットワークへの参加を要請するためのメッセージであり、ゲートウェイリストにあるIPアドレスに向けて送られる。*ack*メッセージは*join*メッセージへの返信として用いる。追跡ネットワークへの参加の流れを図2に示す。

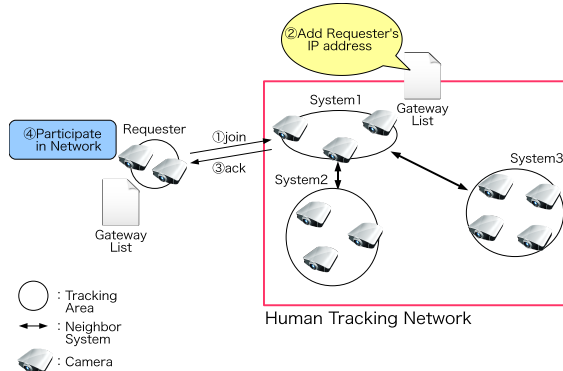


図 2 人物追跡ネットワークへの参加  
Fig. 2 Participation in Human Tracking Network

要求元システムが管理者によって起動されたとき、要求元は初めに*join*メッセージをゲートウェイリストに定義されたIPアドレスに送る。*join*メッセージを受け取ったシステムは、要求元システムのIPアドレスを自身のゲートウェイリストに追加し、自身のIPアドレスを*ack*メッセージで返す。これにより、システムは人物追跡ネットワークに参加する。

### 3.2 要求先システムの決定

追跡対象が個々のシステムの監視範囲から出て行くとき、追跡を継続するためには、他のシステムに追跡対象の

追跡を要求する必要がある。しかしながら、全てのシステムに要求を出すことは人物追跡ネットワークに大きな負荷を与える。そこで、追跡要求を出す先のシステムを見つけるための仕組みを検討する。

個々のシステムは、最初、ゲートウェイリストに記載されているシステムしか知らない。そこで、ゲートウェイリストに記載されているシステムに対して、そのシステムの監視範囲、および、その近隣を監視範囲とするシステムを問い合わせる。問い合わせ先のシステムは、自身の監視範囲と共に、近隣のシステムのIPアドレスを返す。要求元は、返されたIPアドレスのシステムに対して同様の問い合わせを行う。これにより、最初に問い合わせたシステムの監視範囲、および、その近隣を監視範囲とするシステムの監視範囲を得る。要求元は、これらの監視範囲の中から、自身が次に追跡継続要求を出すシステムとして、よりふさわしいシステムを選択する。ここで、その選択は要求元に任される。例えば、追跡対象を追跡するシステムがビル内にあり、要求元のシステムが通路マップの情報から追跡対象が次に現れるであろうシステムを推測できれば、それによって、自身が次に追跡継続要求を出すシステムを選択する。一方、そのような選択が出来なければ、システム間の距離等を用いて次に追跡対象が現れるであろうシステムを選択する。選択されたシステムに対して、再び、そのシステムの監視範囲、および、近隣を監視範囲としているシステムを問い合わせる。これを繰り返すことで、追跡要求を出すことに最も適したシステムを見つける。

このことを実現するために、システムの監視範囲および近隣のシステムを尋ねる *area* メッセージを定義する。また、このメッセージの返信として、*area-rep* メッセージを定義する。*area-rep* メッセージは、パラメータとして、監視範囲を表す *tracking area* と、近隣システムのIPアドレスを示す *neighbor address* を持つ。要求先システムの決定は以下の手順で実現する(図3)。

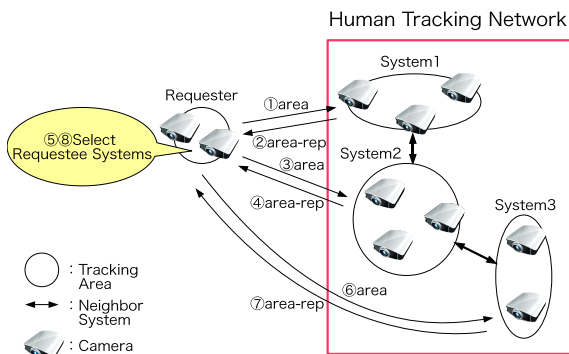


図3 要求先システムの選定  
Fig. 3 Selection of Requestee Systems

(1) 要求先システムを探す人物追跡システム(要求元)は、人物追跡ネットワークへの参加の許可を得たシステムに対して *area* メッセージを送信する。

(2) *area* メッセージを受信したシステムは、*tracking area* パラメータと *neighbor address* を *area-rep* メッセージ

として返す。

(3) 要求元は、受け取った *neighbor address* に格納されたシステムに対して *area* メッセージを送信する。

(4) 要求元は *area-rep* メッセージを受け取る。

(5) 手順2と4で受け取った、それぞれの *tracking area* パラメータを比較し、追跡の継続要求を出すのに相応しい近隣のシステムを選択する。

(6) 手順5で *area* メッセージを未送信な新たなシステムがあれば、それらのシステムに *area* メッセージを送信し、手順2へ。

(7) 収集した監視範囲の中から、追跡の継続要求を出すのに相応しい近隣システムを選択する。

要求元が要求先のシステムを見つけ出す例を図4に示す。図中の円は各システムの監視範囲を表し、システム間の線はそれぞれの近隣システムを表す。また灰色の枠は通路を表し、通路により追跡対象の移動が制限される。

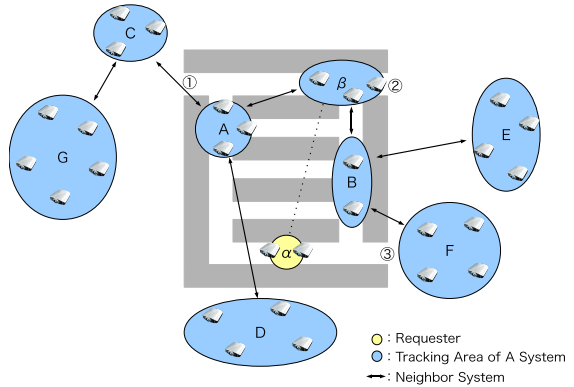


図4 要求先システムの選定例  
Fig. 4 An Example of the selection of Requestee Systems

要求元は最初システムのみを知っているものとする。このため、要求元はシステムに *area* メッセージを送り、システムからの *area-rep* メッセージにより *tracking area* パラメータと *neighbor address* パラメータを取得する。この時、*neighbor address* がシステムAとシステムBであるため、要求元はこれらのシステムに対して *area* メッセージを送り、各システムから *area-rep* メッセージを受け取る。取得したシステム A, B の *tracking area* パラメータから、人物追跡の継続要求を出すに相応しいシステムを選択する。ここでは、追跡対象がシステムに移動する前にシステムAがBで検出される可能性が高いため、要求を出すのに相応しいシステムとしてシステムAとBを選択する。

次に、システムAの *neighbor address* はシステムCとD、システムBの *neighbor address* はシステムEとF、であるため、要求元は既に監視範囲を確認済みのシステムを除いた、システムC, D, E, Fに対して *area* メッセージを送る。*area* メッセージを受け取ったそれらのシステムは、要求元に *area-rep* メッセージを返信する。各システムから取得した *tracking area* パラメータから、要求元は要求を出すのに相応しいシステムを選択する。追跡対象が出口③から出て行く場合、高い確率でシステムFの監視範



