

L-018

モバイルエージェント技術を用いた人物追跡システム —複数システムを跨がった人物追跡手法の提案—

Human Tracking System across Systems based on Mobile Agent Technologies

野村 温[†]

Atsushi Nomura

高橋 健一[†]

Kenichi Takahashi

川村 尚生[†]

Takao Kawamura

谷川 浩三[‡]

Kozo Tanigawa

菅原 一孔[†]

Kazunori Sugahara

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センサを用いた監視システムである。監視カメラを用いたシステムを例に挙げると、監視員は複数のカメラ映像の中から不審な動作をしている人物を見つけ出し、その不審者を複数のカメラ映像を渡って追跡する必要がある。しかし、長時間に及ぶ不審者の追跡は監視員にとって大きな負担となり、また一人の不審者を追跡している間、他の人物の監視が行えないという問題がある。そこで本研究では、監視員の代わりにモバイルエージェントを用いて人物の追跡を行うことで監視の自動化を図っている [1]。モバイルエージェントは特徴データと呼ばれる、センサから取得できる人物の体格や服の色といった人物を特定するためのデータにより追跡人物の識別を行う。モバイルエージェントを用いる利点としては、エージェントを複数生成することで複数人物の同時追跡が可能になる点や、サーバに個人情報や蓄積させないことにより情報の大量流出が防げる点が挙げられる。また個々の追跡サーバが処理を行うことで負荷分散ができるという利点もある。

これまでの人物追跡システムでは、使用可能エリア外に移動した人物の追跡は継続不可能であった。しかし、システムの使用可能エリア外に移動した人物であっても追跡を継続したい場合がある。大規模な範囲を1つのシステムで管理することは装置の配置図を作成する上でも、エージェントの管理をする上でも大変である。また1つの装置の故障がシステム全体に影響を及ぼす恐れもある。そこで、大規模な範囲の人物追跡を小規模な範囲での追跡が可能なシステムの集合体により実現する。これを実現するためには、どのようにして複数のシステムを統合させるかという問題を考慮する必要がある。

またこれまでのシステムでは、すべての追跡サーバに同じセンサが接続されており、システム内で扱われる特徴データはすべて一様なものだった。そのため、移動先の追跡サーバで扱われる特徴データがどのようなものか気にする必要はなかった。しかしシステムの使用可能エリア外に移動した人物の追跡を行う場合、移動先のシステムで取得できる特徴データは移動元のシステムで用いられていた特徴データと同じとは限らない。たとえば、

ある敷地内において画像解析により得られる特徴データで追跡を行っていた人物が、電車を利用するため駅に移動し改札を通った場合、非接触方式ICカード等の情報から改札を通った場所や時間が分かる。非接触方式ICカードから得られる情報を特徴データとして用いることで、駅に移動した人物の追跡を継続して行うことができる。しかし、非接触方式ICカードの情報を最初からエージェントに持たせておくことは、追跡人物がどのシステムに移動するかが分かっていない追跡人物登録時には不可能なため、移動先のシステムで新たな特徴データとして追加する必要がある。

本論は以下の通りに構成される。第2章では複数システムを跨がった人物追跡を行う上での問題点とその解決案を述べる。第3章では単体システムでの人物追跡の流れと、複数システムを跨いだ人物追跡の流れについて説明する。第4章で関連研究について述べ、第5章でまとめる。

2 複数システムを跨がった人物追跡の課題と解決方法

人物の追跡を広範囲で行いたい場合、単純な方法としては、1つの人物追跡システムの使用可能エリアをできる限り広くすることが挙げられる。しかしこの方法では、多くの装置の配置を1つのファイルで管理する必要があり、1つの装置の故障がシステム全体に影響を及ぼす恐れがある。またエージェントの管理をする上でも、膨大な数のエージェントを一元管理することは困難である。

そこで、広範囲での人物追跡が行えるシステムを、小規模な範囲での人物追跡が行えるシステムの集まりによって実現する。これを実現するためには、まず複数のシステムをどのように結びつけるのかという問題を考慮する必要がある。また特徴データをどのようにして切り替えるのか、特徴データをどのようにして結びつけるのかといった問題も考慮する必要がある。これらの問題を解決することで、広範囲での人物追跡が容易に行えるようにする。

2.1 複数システムの結合

複数システムを跨がった追跡を行うためには、他のシステムの追跡サーバの配置を知り、他のシステムで人物が検出される場所を推測する必要がある。そのためには、何かしらの通信経路を設けて、他のシステムの追跡サーバの配置図を取得する必要がある。そこで、各システム

[†]鳥取大学大学院 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻

[‡]メルコ・パワー・システムズ株式会社

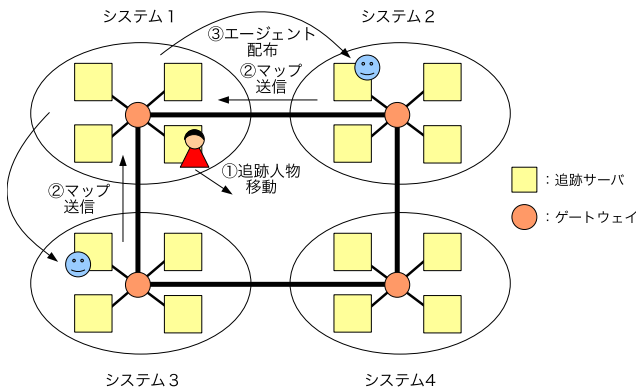


図1: ゲートウェイを用いた複数システムの結合

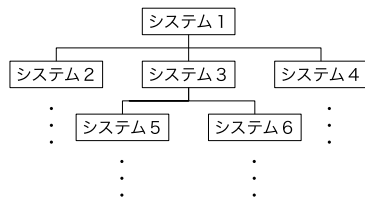


図2: マップの階層管理

に1台ずつゲートウェイを設置し、ゲートウェイを介して他のシステムの追跡サーバの配置図の取得及び追跡人物が移動したことの通知を行う。

ここで図1を用いて、複数システムを跨いだ人物追跡時におけるゲートウェイの役割を述べる。追跡人物がシステム1の使用可能エリアを離れたとき、ゲートウェイ同士の接続状態から追跡人物の移動先候補はシステム2とシステム3になる。このとき、人物追跡を行っていたシステム1ではゲートウェイを用いて、システム2とシステム3のゲートウェイから追跡サーバの配置図を受け取り、その配置図から、システム2とシステム3において追跡人物が捕捉される可能性のある追跡サーバを導出する。その後、システム2とシステム3において次に追跡人物が捕捉される可能性のある追跡サーバにエージェントを配布する。これにより、システム間を移動した人物であっても追跡を継続して行うことができる。

また追跡サーバの隣接関係が書かれた配置図は、各システムのゲートウェイが持つ。以後この配置図のことをマップと呼ぶ。追跡人物の移動先システムの候補が複数存在する場合、それらのシステムのゲートウェイすべてにマップ取得の要求を出す必要がある。そこでこの手間を省くために、複数システムのマップを階層構造で管理する（図2）。他のシステムの追跡サーバの配置を知りたい場合、1つ上の階層のシステムに問い合わせることで、そのシステムが管理するすべてのシステムのマップを取得することができる。例えば、システム2がシステム3とシステム4の追跡サーバの配置を知りたい場合、システム1にマップ取得の要求を出すことで、システム3とシステム4のマップを取得することができる。

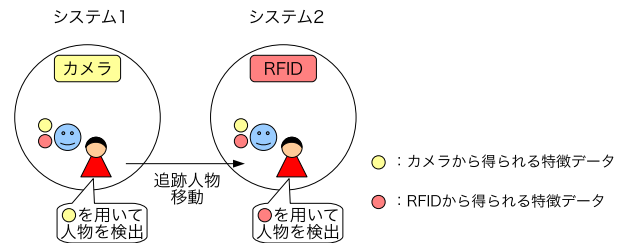


図3: 人物追跡時の特徴データの切り替え

2.2 システムを跨った追跡時における特徴データの切り替え

複数システムを跨った人物追跡時の特徴データの切り替えについて、図3を用いて説明する。各システムでは、それぞれが異なるセンサを用いて人物の追跡を行っている。そのため人物追跡を行うエージェントがシステム間を移動した場合、移動先のシステムで使用しているセンサから取得できる特徴データを用いて追跡を行えるように、追跡人物を検出する際に用いる特徴データを切り替える必要がある。

ここでは、移動先のシステムで使用しているセンサから得られる特徴データと同種の特徴データを、あらかじめエージェントが所持しているものとする。追跡人物が移動した先のシステムにエージェントが移動したとき、エージェントは自身が所持している全ての特徴データを追跡サーバに渡す。追跡サーバはエージェントから受け取った特徴データの中から、センサから得られる特徴データと同種の特徴データを見つけ出す。移動先のシステムでは、この特徴データを用いて追跡人物の検出を行う。これにより、移動元のシステムと移動先のシステムで使用しているセンサが異なる場合でも、人物の追跡を継続して行うことができる。

また1つのシステム内で複数のセンサを使用している場合は、センサに優先度を付け、優先度が高いセンサを用いて追跡を行う。例えば、あるシステムでは人物を検出するセンサとして監視カメラとRFIDリーダを使用しており、人物がICタグを所持していることを前提とした場合、監視カメラよりも検出率が高いという理由からRFIDリーダの方がセンサの優先度は高く設定されている。このシステムにエージェントが移動してきた時、エージェントは優先度の高いRFIDリーダを用いて人物の追跡を行う。ただし、追跡人物がICタグを所持していない場合は、監視カメラを用いて人物の追跡を行う。

2.3 システムを跨った追跡時における特徴データの結びつけ

追跡人物が移動した先のシステムにおいてセンサから取得できる特徴データと同種のデータを既にエージェントが所持しており、且つ別のセンサから追跡人物の特徴データを取得できる場合、それらの特徴データを結びつけて、以後の人物追跡に利用する。

図4を例に説明すると、システム1において監視カ

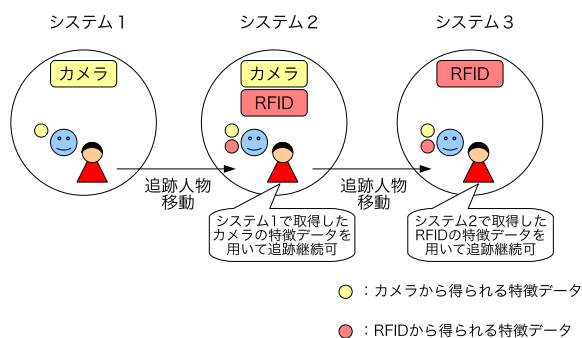


図4: 人物追跡時の特徴データの結びつけ

メラから取得できる特徴データを用いて、エージェントが人物の追跡を行っている。その後追跡人物がシステム2に移動したとき、システム2では監視カメラとRFIDリーダの2つのセンサを使用しているため、監視カメラから得られる特徴データを用いて人物の追跡を継続することができる。また、追跡人物を検出するための新たな特徴データとしてRFIDリーダから取得できる特徴データをエージェントに追加で持たせる。このときエージェントが持つ2つの特徴データを結びつけることで、追跡人物がシステム3へ移動し、追跡人物を検出するためのセンサがRFIDリーダのみの場合でも、エージェントはシステム2で結びつけた特徴データを用いて追跡を継続して行うことができる。

2.4 センサから取得できる特徴データに対応していない場合の対策

追跡人物が移動した先のシステムで、エージェントが所持する特徴データと同種の特徴データを取得できない場合、移動先のシステムでは追跡人物の検出を行うことができない。そこで、移動先のシステムで検出できる人物すべてをエージェントの複製に追跡させる。その後、人物がシステムを移動し、そのシステムのセンサから得られる特徴データにより追跡人物であると判断できれば、その人物の追跡のみ継続して行う。

図5を例に、この手法についての詳細を述べる。なお全ての人物がICタグを所持していることを前提とする。システム1では監視カメラから得られる特徴データを用いて、エージェントは人物の追跡を行う。その後、追跡人物がシステム2へ移動し、エージェントもシステム2へ移動する。しかし、システム2では監視カメラを使用していないため、監視カメラから取得した特徴データのみを所持しているエージェントでは追跡人物の検出を行うことができない。そこで、エージェントはRFIDリーダから取得できる特徴データを用いて、システム2内にいる全ての人物を自身の複製に追跡させる。その後追跡人物が監視カメラを使用しているシステム3へ移動したとき、エージェントはシステム1の監視カメラから取得した特徴データを用いて追跡人物を特定することができる。このとき追跡人物を捕捉したエージェントは、追跡対象でない人物を追跡しているエージェントの複製に対

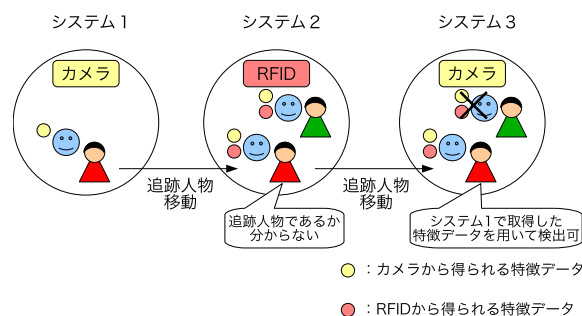


図5: 追跡人物が検出不可能な場合の対策

して、自身が追跡人物を捕捉したことを通知すると共に、それらの複製を削除する命令を出す。

3 複数システムを跨がった人物追跡システム

複数システムを跨がった人物追跡を実現するために、まず小規模な範囲での人物追跡が行えるシステムの設計について考える。これらの小規模な範囲での人物追跡が行えるシステムの集合体として、複数システムを跨がった人物追跡システムを実現する。

3.1 単体での人物追跡システム

本システムでは、モバイルエージェントという自律的にサーバ間を移動することができるプログラムを用いて人物の追跡を行う。モバイルエージェントを用いることで、コンピュータ間通信の削減、非同期実行、通信が切断された場合の継続処理、複数のエージェントに処理を並列して実行させることによる負荷分散が実現できる。またエージェントの数を増やすことで、複数人物の同時追跡も可能となる。

モバイルエージェントを用いるためには、モバイルエージェントが移動するためのサーバを用意する必要がある。また追跡人物を検出するためのセンサ及びそのセンサから得られるデータを用いて追跡人物を登録するためのインタフェースが必要となる。そこで上記の要件を考慮したシステムをエージェント、追跡サーバ、センサ、監視端末により実現する。システムの構成及び追跡の流れを図6に示す。

エージェントは、追跡サーバ間を移動することで人物の追跡を行う。追跡サーバは、繋がっているセンサから人物の特徴データを取得し、エージェントが持つ特徴データとの類似度を計算する。エージェントは追跡サーバが計算した類似度から、センサが捕えている人物が追跡人物であるかどうかの判断をする。監視端末では、エージェントのモニタリング、及び追跡人物の登録を行う。

人物の追跡は、監視員が追跡する人物を指定することにより開始される。監視端末は追跡人物の特徴データを取得し、その特徴データを持たせたエージェントを生成する。このとき生成されたエージェントは、追跡人物を捕捉した追跡サーバに配布される。このエージェントを親エージェントと呼ぶ。また、次に追跡人物が移動する可

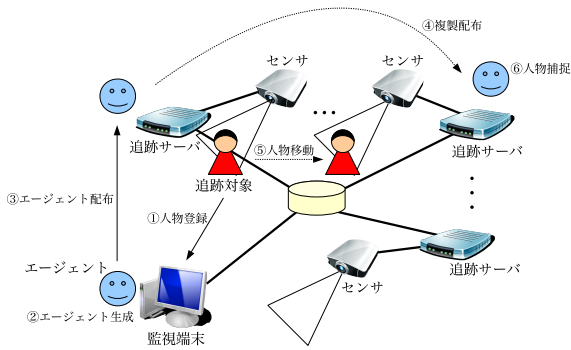


図6: 単体システムでの人物追跡

能性のある追跡サーバを移動先候補と呼ぶ。親エージェントは、移動先候補に自身の複製を配布する。この複製を子エージェントと呼ぶ。子エージェントが追跡人物を捕捉した場合、そのことを親エージェントに通知する。親エージェントは、追跡人物を捕捉した子エージェント以外を削除した後、自身を削除する。追跡人物を捕捉した子エージェントは、親エージェントとなり、移動先候補に子エージェントを配布する。上記の流れを繰り返すことで、人物の追跡を行う。

3.2 複数システムを跨がった人物追跡システム

追跡人物がシステムの使用可能エリアを離れた場合、他のシステムに追跡人物の情報を持たせたエージェントを配布することで、人物の追跡を継続して行う。複数システムを跨がった人物追跡システムの概要を図7に示す。また、複数システムを跨がった人物追跡の流れを以下に示す。

1. 追跡人物がシステムの使用可能エリアを離れる
2. 移動元のシステムは、追跡人物が次に移動する可能性のあるシステムから追跡サーバの配置図を受け取る
3. 受け取った追跡サーバの配置図から、次に追跡人物が捕捉される可能性のある追跡サーバを割り出す
4. 次に追跡人物が捕捉される可能性のある追跡サーバに、追跡人物の特徴データを持たせたエージェントを配布する
5. 追跡人物が移動先のシステムにいるエージェントに捕捉される
6. 他の移動先候補のシステムにいるエージェントを削除する

上記の流れを繰り返すことで、複数システムを跨がった人物の追跡を行う。

4 関連研究

モバイルエージェントを用いた人物追跡システムの関連研究としては、エージェントの集合により人物を追跡

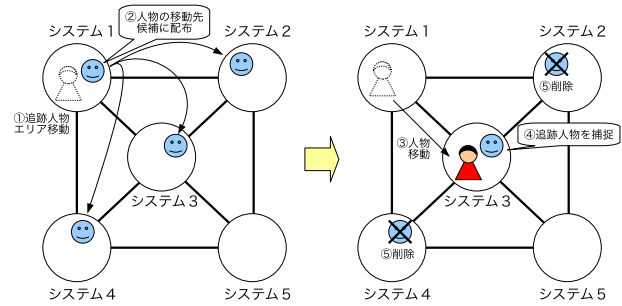


図7: 複数システムを跨がった人物追跡

するシステム [2] や、障害物の多い場所でも使用することができるシステム [3] が提案されている。エージェントの集合により人物を追跡するシステム [2] では、観測ステーション（本研究での追跡サーバ）間での追跡対象の対応付けを、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基に「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実現している。また、障害物の多い場所でも使用することができるシステム [3] 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。これらのシステムでは、システムの使用可能エリア外に追跡人物が移動した際の対応までは考慮していないため、追跡人物がシステムの使用可能エリアを離れた場合に追跡できない。

5 おわりに

複数システムを跨がった人物の追跡を行えるように、複数のシステムの結合方法、システムを跨がった際の追跡人物の特徴データの切り替え方法、また、特徴データの結びつけ方法を検討した。今後は本システムを用いた人物追跡の実験を行うことで、今回検討した手法で人物の追跡が行えることを確認すると共に、実環境で利用できるシステムを目指す。またシステムの課題としては、複数のセンサを同時に用いることで人物の検出精度を上げることが挙げられる。

参考文献

- [1] Kakiuchi, H., Tanigawa, K., Kawamura, T. and Sugahara, K.: A Construction Method for Automatic Human Tracking System with Mobile Agent Technology, *Recent Developments in Video Surveillance*, pp. 21–38 (2012).
- [2] 中澤篤志, 日浦慎作, 加藤博一, 井口征士: 分散視覚エージェントを用いた複数人物追跡システム, *情報処理学会論文誌* (2001).
- [3] 西郡豊, 田口陽一, 江島公志, 小松尚久: 分散協調処理による人物追跡システムに関する検討, *電子情報通信学会技術研究報告.IN, 情報ネットワーク* (2002).