

複数システムを跨がった人物追跡手法の提案

Human Tracking across Heterogeneous Systems based on Mobile Agent Technologies

野村 温[†] 谷川 浩三^{††} 高橋 健一[†] 川村 尚生[†] 菅原 一孔[†]Atsushi Nomura[†] Kozo Tanigawa^{††} Kenichi Takahashi[†] Takao Kawamura[†] Kazunori Sugahara[†][†] 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

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とは、自律的にサーバ間を移動し、何かしらの処理をするプログラムのことである。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、サーバに個人情報を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。

これまでの人物追跡システムでは、追跡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、システムの追跡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。より広範囲に渡って人物追跡を行おうとした場合、大規模な範囲を1つのシステムで管理する方法が挙げられる。しかし、1システムの追跡可能エリアを拡大することには限界がある。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により実現する。この手法を用いることで、システム同士が受け渡す情報さえ統一しておけば、理論上はどこまでも人物の追跡を行うことができる。

本論は以下の通りに構成される。第2章ではモバイルエージェントを用いた人物追跡システムの概要について説明する。第3章では関連研究について述べる。第4章で複数システムを跨がった人物追跡の課題及び解決策について述べ、第5章でまとめる。

2 モバイルエージェントを用いた人物追跡システム

2.1 人物追跡システムの構成

モバイルエージェントを用いた人物追跡システムは、モバイルエージェント、追跡サーバ、センサ、監視端

末により構成されている。モバイルエージェントとはサーバ間を自律的に移動することのできるプログラムのことで、本研究では複数の追跡サーバを経由し、人物の追跡を行う。追跡サーバには人物を検出するためのセンサが接続されている。追跡サーバはセンサから取得したデータを解析し、特徴データと呼ばれる、人物を特定するためのデータを抽出する。モバイルエージェントはこの特徴データを用いて、追跡人物の認識を行う。監視端末は、監視員が追跡人物を登録するときに使用する。監視端末では、追跡人物を登録することで、追跡人物の特徴データを持つモバイルエージェントを生成する。

2.2 人物追跡の流れ

図1を用いて本システムでの人物追跡の流れを説明する。人物の追跡は、監視員が監視端末を用いて不審者を見つけ出し、追跡対象として登録することで開始される。このとき監視端末では、追跡人物の特徴データを持つモバイルエージェント（以下エージェント）が生成される。生成されたエージェントは、追跡人物が検出された追跡サーバに配布される。

追跡人物が移動した場合、エージェントも、次に追跡人物が検出されると予測される追跡サーバに移動する必要がある。そこで、(親)エージェントは移動先候補に自身の複製(子エージェント)を配布する。その後追跡人物が移動し他のセンサによって検出された場合、そのセンサが接続されている追跡サーバにいる子エージェントが追跡人物を捕捉する。追跡人物を捕捉した子エージェントは、自身が追跡人物を捕捉したことを親エージェントに伝える。通知を受け取った親エージェントは、追跡人物を捕捉していない他の子エージェントを削除した後、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。以上の流れを繰り返すことで、人物の追跡を行う。

3 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

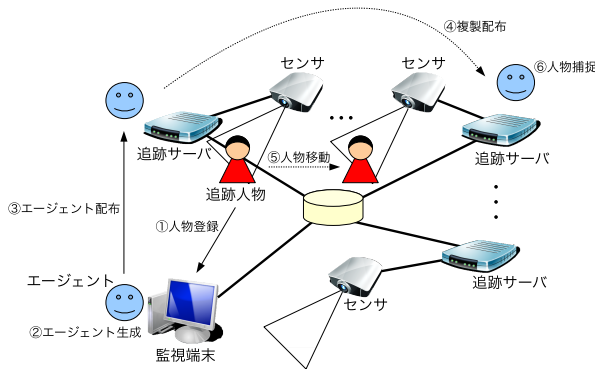


図 1: 人物追跡システムの構成及び追跡の流れ

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 [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、システムの追跡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エリアを離れた場合に追跡できない。そこで本論では、より広範囲に渡って人物が追跡できるシステムを実現させるための検討を行う。

4 複数システムを跨がった人物追跡

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追跡可能エリアをできる限り広くする方法が挙げられる。しかし、1システムの追跡可能エリアを拡大することは、多くの装置の配置を1つのシステムで管理する必要があり、またエージェントの管理をする上でも困難となる。

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を行うシステムの集合によって実現する。このシステムを実現するためには、解決すべき課題が2つある。1つ目の課題は、複数のシステムをどのようにして結びつけ、人物の追跡状況をシステム間で共有するのかという課題である。2つ目は、追跡人物が移動した先のシステムでどのようにして同一人物であると判断するのかという課題である。各システムは異なる管理者によって管理されているため、それぞれのシステムで使用しているセンサが異なる場合が考えられる。このような環境で継続した人物の認識を行うためには、エージェントが人物判定時に用いる特量データの切り替え及び結びつけを行う必要がある。これらの問題を解決することで、広範囲での人物追跡が行えるシステムを実現する。

4.1 複数システムの結びつけ

図2を用いて、複数システムの結びつけ方法について説明する。複数のシステムを跨がった追跡を行うためには、追跡人物の移動元のシステムから移動先のシステムへ、人物追跡を継続するための情報を送る必要

がある。そこで、システム間で追跡人物の情報を受け渡すようにするため、各システムに通信サーバと呼ばれるサーバを1台ずつ設置する。各システムは通信サーバを用いて人物の追跡状況の共有を行い、システムを跨がった人物追跡を行う。

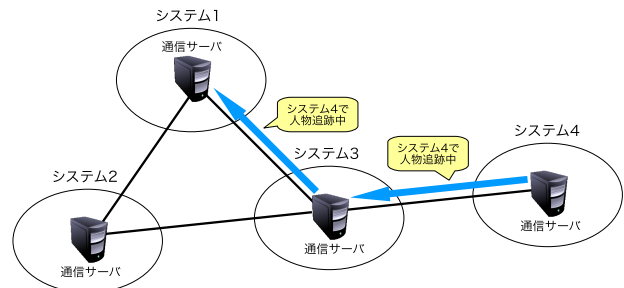


図 2: 通信サーバを用いた複数システムの結びつけ

システムを跨がった人物追跡を行う上で必要な情報は、追跡人物の移動先のシステムの情報である。これは各システムの通信サーバに、隣接システム情報ファイルとして準備する。隣接システム情報ファイルに記述されている情報としては、システムを離れた人物が次に移動すると予測されるシステムの通信サーバのアドレスと、通信サーバが他システムから人物追跡継続の要求を受け取った場合、自システムのどの追跡サーバにエージェントを配布すればよいかという情報の2つである。これらの情報を用いた人物の追跡方法について、図3を用いて説明する。まずシステム1内のあるセンサにより追跡人物が検出されており、追跡人物がエージェントにより捕捉されている状況を想定する。このとき追跡人物を捕捉しているエージェントは、移動先候補に子エージェントを配布する。移動先候補の中にシステムの出入り口1が含まれていることから、システム1の通信サーバは隣接システム情報ファイルを用いて、追跡人物が移動する可能性のあるシステム2の通信サーバに対して追跡継続の要求を出す。追跡継続の要求を受け取ったシステム2の通信サーバは、自身が持つ隣接システム情報ファイルを用いて追跡人物の移動先候補を割り出し、その移動先候補にエージェントを配布し待機させる。これにより追跡人物が他システムへ移動した場合においても、人物追跡を継続して行うことができる。

4.2 システムを跨がった際における特徴データの切り替え

各システムはそれぞれが異なる管理者によって管理されているため、システム内で使用しているセンサが異なる場合が想定される。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(図4)。ここでは前提条件として、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

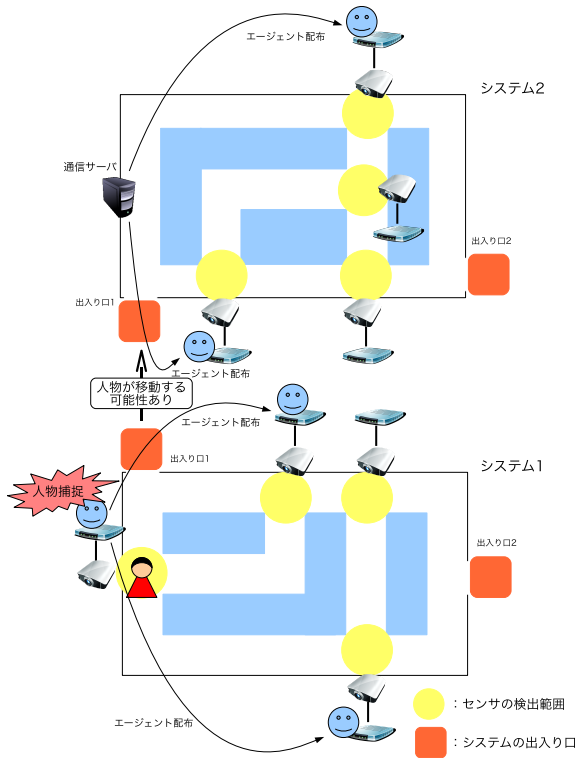


図 3: 複数システムを跨がった際の移動先候補

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ための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する。このとき、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ものとする。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。

4.3 システムを跨がった際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

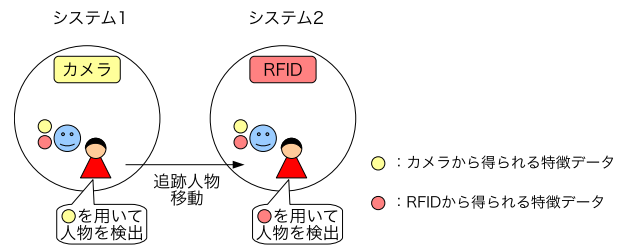


図 4: 人物追跡時の特徴データの切り替え

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。人物追跡時の特徴データの結びつけについて、図5を用いて説明する。システム1では監視カ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。このとき追跡人物がICタグを所持している場合、RFIDリーダから新たな特徴データが取得できる。この特徴データを、追跡人物を特定するためのデータとして、エージェントに追加で所持させる。これを特徴データの結びつけという。特徴データの結びつけを行うことで、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。

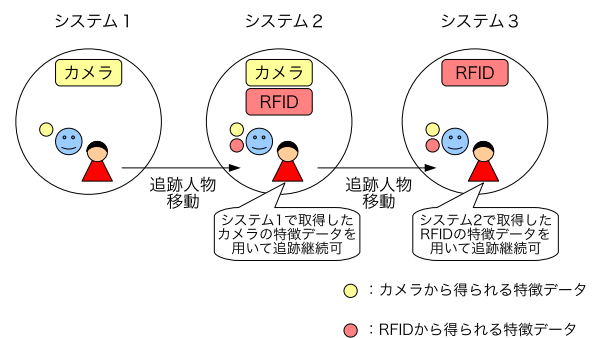


図 5: 人物追跡時の特徴データの結びつけ

4.4 追跡人物を検出できない場合の対策

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、複製を削除する。

移動先のシステムで追跡人物を検出できない場合の対策例を、図6で説明する。ここでは前提条件として、

全ての人物がICタグを所持していることとする。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へ移動するため、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では監視カメラを持たないため、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。これにより一旦追跡人物を見失ったとしても、移動先のシステムで再度追跡人物の検出を行うことができる。

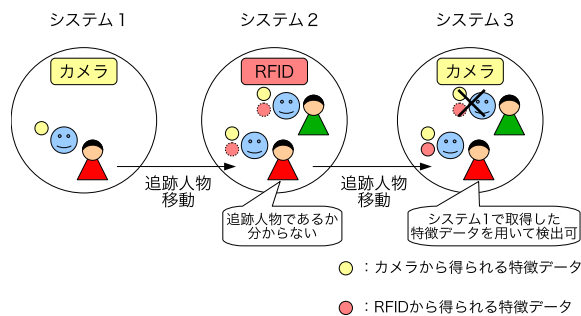


図 6: 追跡人物が検出不可能な場合の対策

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びつけ方法、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の実現を目指す。

参考文献

- [1] Hiroto Kakiuchi, Kozo Tanigawa, Takao Kawamura, and Kazunori Sugahara. A Construction Method for Automatic Human Tracking System with Mobile Agent Technology. *Recent Developments in Video Surveillance*, pp. 21–38, 4 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, Vol. 42, No. 11, pp. 2699–2710, 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, Vol. 101, No. 558, pp. 7–12, 2002.