

RM-004

モバイルエージェントを用いた人物追跡システムの モニタとシミュレータの開発

Monitor and Simulator for Mobile Agent-based People Tracking System

岩崎 慎弥[†]

Shinya IWASAKI

清水 忠明[†]

Tadaaki SHIMIZU

柿内 博人[‡]

Hiroto KAKIUCHI

笹間 俊彦[†]

Toshihiko SASAMA

川村 尚生[†]

Takao KAWAMURA

菅原 一孔[†]

Kazunori SUGAHARA

1. はじめに

近年、個人情報保護法が制定され、情報の取り扱いが重視されている中、情報漏洩やセキュリティ事故が頻繁に起きている [1]。企業や研究機関は情報漏えいやセキュリティ事故を防ぐためにさまざまな対策をしている。

その対策のひとつとしてセキュリティシステムの導入が上げられる。監視カメラを使用した監視システムは、IC カードなどによる個人識別システムや人物の入退室システムと並んで使用されるセキュリティシステムのひとつである。しかし、この監視システムでは、監視員はシステムで使用しているすべての監視カメラの映像を目視し、どの監視カメラに監視対象の人物が存在するか判断する必要がある [2][3]。監視員は監視カメラの監視範囲外に人物が移動した場合も人物がどのカメラの監視範囲に移動したかを把握する必要があり、監視カメラの台数が多い場合や監視対象の人物が多い場合、すべての人物の監視を行うことは難しい。また、監視対象者を見失ってしまうと、過去の監視映像より監視対象者の行動履歴を調べる必要がある。

我々はこれらの問題を解決するため、モバイルエージェントを用いて自動的に複数のカメラを跨がって人物の追跡を行うシステムの開発を行っている。本システムにより、指定した人物全員を監視対象者として追跡し、必要に応じて監視対象者の検索、監視対象者の行動履歴を簡単に確認可能とすることを目標としている。本システムの開発にあたり、追跡を行うモバイルエージェントがどこで誰の追跡を行っているかを確認する必要がある。これにより、追跡アルゴリズムの動作の確認を簡便に行うことを期待している。そこで今回、人物を追跡しているモバイルエージェントの確認を行うモニタと、モバイルエージェントの追跡アルゴリズム開発に用いる映像解析シミュレータを開発する。

2. 人物追跡システム概要

2.1 システム概要

本システムの概要を図 1 に示す。

本研究の人物追跡システムは追跡エージェント、追跡サーバ、エージェント管理サーバ、映像録画サーバ、エージェント監視端末の 5 つの要素から構成されている。

追跡エージェントは追跡対象者と 1 対 1 の関係で存在し、追跡サーバの映像解析処理の出力を元に、追跡対象者を特定し追跡を行う。また、自身の現在位置や動作状況などの情報をエージェント管理サーバに逐次送信する。

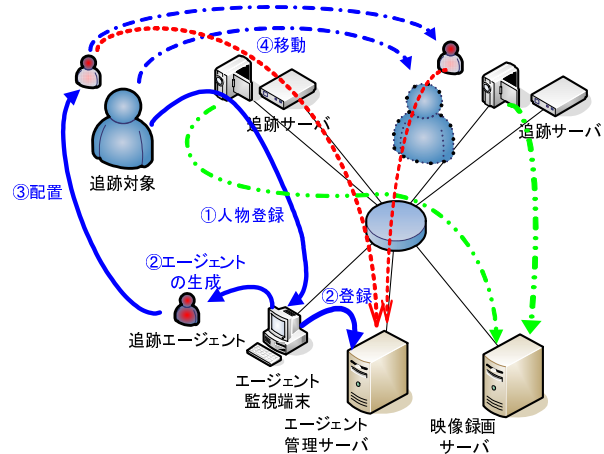


図 1: 人物追跡システムの概要図

追跡サーバには監視カメラが接続してあり、監視カメラの映像を解析し、人物の情報を抽出し、追跡エージェントに提供する。また、追跡サーバは映像録画サーバへ監視カメラの映像転送もする。追跡サーバは OSGi[4] フレームワークの TSUBASA[5] を用い実装している。

エージェント管理サーバは各追跡エージェントから送信されてきた情報を記録している。人物 1 人ごとに割り当てられた一意な人物 ID を元に追跡エージェントの情報を管理する。

映像録画サーバは各追跡サーバから送られてくる映像をすべて録画し、エージェント監視端末の要求に応じ、録画済みの映像をエージェント監視端末へ提供する。

エージェント監視端末では追跡対象者の登録、人物 ID を用いた追跡対象者の現在位置、監視カメラの映像、追跡記録の閲覧を行う。

人物の追跡は以下のように行う。追跡対象者をエージェント監視端末で人手により登録する。追跡対象者を登録した時に、追跡エージェントが生成され、カメラ映像からの追跡対象者の特徴抽出と一意な人物 ID の割り当てが同時に行われる。追跡を行っている追跡エージェントは、保持する追跡対象者の特徴データと追跡サーバで映像解析処理により抽出された複数人の人物の特徴データを比較し、追跡対象者の捕捉を行う。また、追跡エージェントが捕捉に成功した時、エージェント管理サーバに追跡対象者の位置、その時のカメラ映像の再生位置を通知する。エージェント監視端末では、人物 ID を指定し追跡対象者を捕捉している監視カメラの映像の閲覧を行える。

[†]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

2.2 システムにモバイルエージェントを用いる利点

現状の監視システム [2][3] は中央サーバですべて管理しており、中央サーバが動作しなくなると監視システムが機能しなくなってしまう。しかし、本システムはモバイルエージェントが移動し人物の追跡を行うため、一つの追跡サーバが停止したとしても、迂回することにより追跡を継続することができるため、本システムの人物追跡機能が停止することはない。

モバイルエージェントは、システム全体の追跡サーバの台数を意識せず動作するため、追跡サーバの追加、削除が簡単に行える。

また、モバイルエージェントは移動先の追跡サーバで、人物の特徴データの取得などの動作をするため、中央サーバ上での処理が個々の追跡サーバ上に分散され、サーバの負荷が分散される。

2.3 追跡エージェントの移動先について

本システムは、図2のようなビルの屋内などの建物内で使用することを考えている。したがって、監視カメラの監視範囲から人物が移動し、入ることのできる別の監視カメラの監視範囲の数は限られる。そこで、各追跡サーバは自サーバの監視範囲から移動可能な追跡サーバの情報を保持する。また、自サーバの監視範囲から移動可能な追跡サーバを近傍ノードと呼ぶ。追跡エージェントは近傍ノードを移動し、追跡を行う。

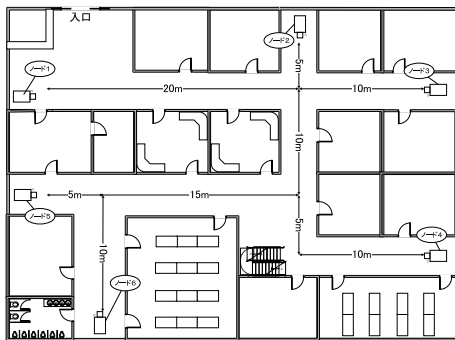


図 2: 建物の図面の例

図2のような建物で各カメラの監視距離を8mと考えた場合の各追跡サーバの近傍ノードを図3に示す。図3では、ノード1の近傍ノードはノード2というように各追跡サーバの近傍ノードを線で繋げて表している。

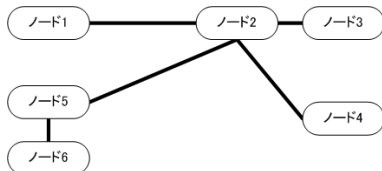


図 3: 図2の近傍ノード

2.4 モバイルエージェントによる人物追跡

追跡エージェントはエージェント監視端末上で監視員が追跡対象者を登録することで生成され、生成される際に追跡対象者の特徴データと人物IDを受ける。生成された追跡エージェントはまず、登録時に追跡対象者が映っ

ていた映像を送った追跡サーバへ移動し、人物を自動的に追跡する。

追跡を行う際、追跡対象者はどのタイミングでどの近傍ノードのカメラの監視範囲へ移動するかわからないため、追跡エージェントは追跡サーバから得た近傍ノードへ自身の複製を配布し、追跡対象者の移動先を特定し、追跡を行う。また、自身の複製を無限に配布すると、不要な資源の消費や映像解析がうまくいかなかった場合の誤検知が起こるため、エージェントの削除をする必要がある。本システムの追跡エージェントの人物追跡は2種類の追跡方式と2種類の削除方式を組み合わせた4種類の方法を考えている。

追跡方法は先回り追跡方式と同時追跡方式の2種類を考えている。各追跡方式の概要を図4に示す。

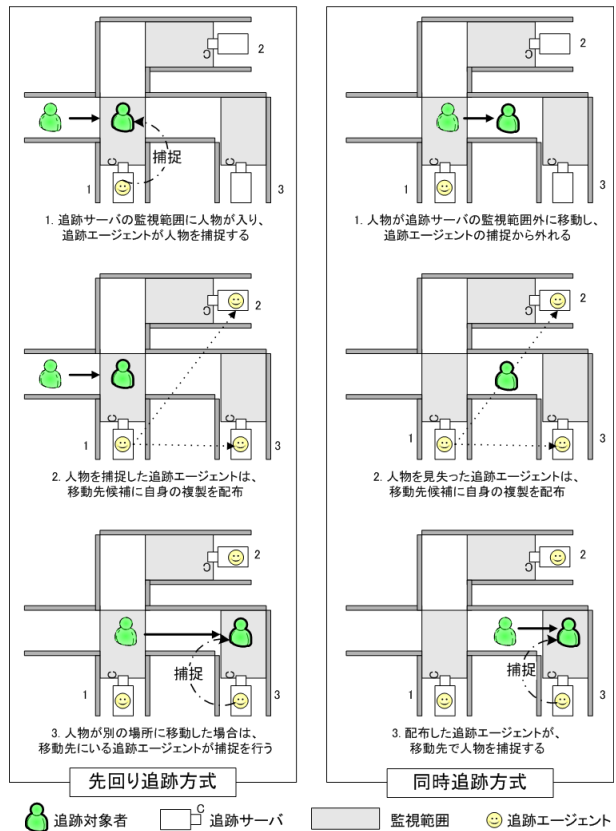


図 4: 追跡エージェントの追跡方式

先回り追跡方式の動作は、追跡サーバ1で追跡エージェントが追跡対象者の捕捉を行うと、追跡サーバ1の近傍ノード(追跡サーバ2, 追跡サーバ3)へ自身の複製を配布する。追跡対象者が追跡サーバ3へ移動すると、追跡サーバ3上の追跡エージェントが追跡対象者を捕捉する。このようにあらかじめ近傍ノードへ自身の複製を配布し、待機させる。同時追跡方式の動作は、追跡サーバ1の監視カメラの監視範囲外に人物が移動し、追跡エージェントが追跡対象者を捕捉できなくなると、追跡エージェントは近傍ノードへ自身の複製を配布する。追跡対象者が追跡サーバ3に移動すると、追跡サーバ3上の追跡エージェントが追跡対象者を捕捉する。このように追跡エージェントが追跡対象者を見失った時に、近傍ノード

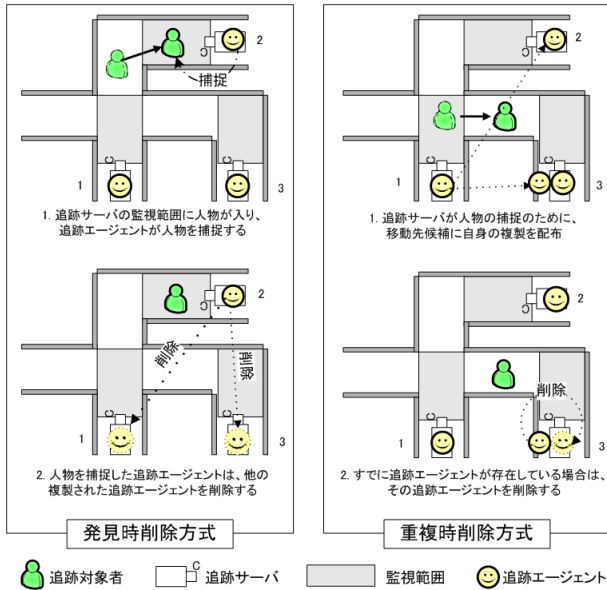


図 5: 追跡エージェントの削除方式

ドへ自身の複製を配布する。

削除方式は発見時削除方式と重複時削除方式の2種類を考えている。各削除方式の概要を図5に示す。

図5で示すように、発見時削除方式は追跡対象者が監視カメラの監視範囲に入り追跡エージェントに捕捉されると、近傍ノードに存在している他の複製された追跡エージェントを削除する。重複時削除方式は追跡エージェントが追跡対象者が捕捉できなくなった時近傍ノードへ自身の複製を配布し、配布先の近傍ノードにすでに自身の複製が存在していた場合、近傍ノードに存在する追跡エージェントを削除する。

3. モニタとシミュレータ

3.1 追跡エージェント確認モニタ

人物追跡システムにおいて追跡エージェント確認モニタは、エージェント管理端末で用いる追跡エージェントの配置、追跡エージェントの確認を行うツールである。モニタ上では、追跡サーバをノードと呼ぶようにしている。

追跡エージェント確認モニタの機能は、追跡エージェントの配置、表示、ログの表示、ノードの設定、カメラ配置図の作成、シミュレートデータの作成である。

追跡エージェントの配置は、追跡エージェントを生成し、指定の追跡サーバへ追跡エージェントを配置する機能である。処理としては、人物の特徴データ、追跡エージェントの配布先の追跡サーバを指定し、追跡エージェントに人物の特徴データ、人物IDを割り当て、配置先の追跡サーバへ追跡エージェントを移動させる。

追跡エージェントの表示は、現在追跡を行っている追跡エージェントを表示させる機能である。表示は、追跡エージェントが存在する追跡サーバ、追跡エージェントの動作状態、追跡エージェントが保持する人物IDがわかるように表示をする。追跡エージェントの動作状態を以下に示す。また、図6に動作状態の遷移図を示す。

init 追跡サーバへ到着した状態

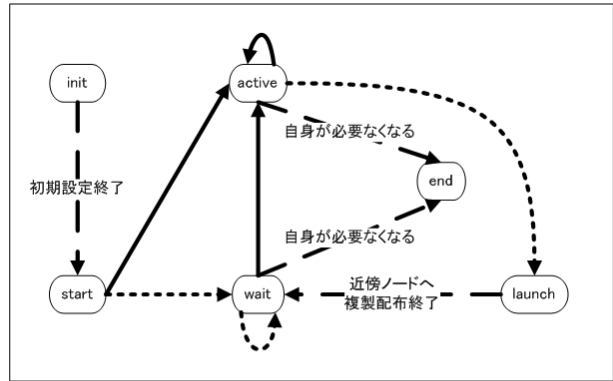
start 動作し始める状態

active 追跡対象者を捕捉している状態

wait 追跡対象者を探している状態

launch 近傍ノードへ自身の複製を送っている状態

end 自身が消える前の状態



→ 追跡対象者が見つかる
 - - - - - 追跡対象者が見つからない
 - - - - - 指定処理後遷移

図 6: 追跡エージェントの動作状態遷移図

ノードの設定は、使用する追跡サーバの設定を行う機能である。設定項目は、追跡サーバにつける一時的な名前と追跡サーバのアドレス、近傍ノードである。

カメラ配置図の作成は、カメラの配置を入力しカメラ配置図を作成する機能である。また、カメラ配置図から近傍ノードの設定や人物の移動経路をカメラ配置図上で入力し、シミュレートデータの作成もを行うことができる。

シミュレートデータの作成は、映像解析シミュレータで使用するシミュレートデータの作成を行う機能である。データは各追跡サーバごとに作成し、グラフで表示するようにする。

追跡エージェントのログ表示は、追跡エージェントの状態と取得した時間を保持し、ログを表示する機能である。また、保持しているログから、指定した時間のシステム上での過去の追跡エージェントの状態を表示できる。時間の指定は、直接入力する他に指定時間の前または次に追跡エージェントの状態が変化した時間に設定することもできる。

3.2 映像解析シミュレータ

人物追跡システムを開発するにおいて、実際に監視カメラを使用しながら追跡アルゴリズムの開発を行うことは難しい。また、追跡サーバ上の映像解析処理部分はSIFT[6]の特徴量を用いて人物の特徴データの抽出を行うものを開発中である。そこで、映像解析シミュレータを作成し、人物追跡システムの追跡アルゴリズム開発に使用する。

映像解析シミュレータは、シミュレートデータから人物の特徴データの出力を行う。特徴データの算出から追

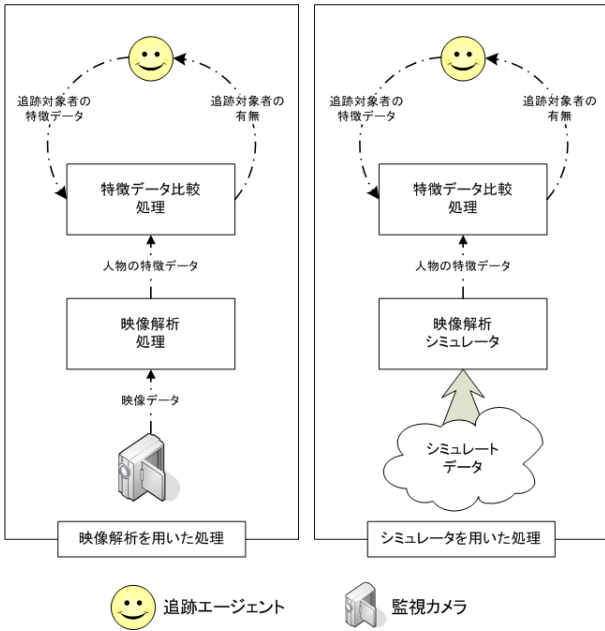


図 7: 追跡エージェントが追跡対象者を発見するまでの処理

追跡エージェントが追跡対象者を発見するまでの流れを実際に映像解析処理を行う場合と映像解析シミュレータを用いた場合の概要を図 7 に示す。

映像解析処理を行う場合は、映像解析処理により監視カメラの映像データから人物の特徴データを出力し、特徴データの比較処理により追跡エージェントへ追跡対象者の存在有無を知らせる。

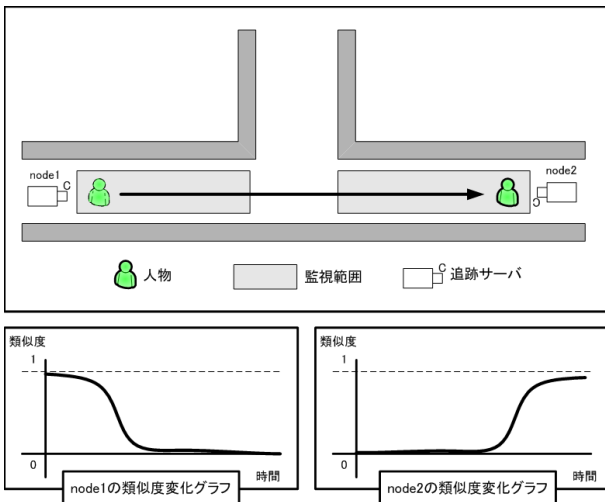


図 8: 類似度の変化例

映像解析によって取得できる人物の特徴データは、人物が監視カメラの監視範囲内に存在し、人物と監視カメラの距離が短いとき、実際の人物の特徴データに似たデータとなり、人物と監視カメラの距離が長いとき、実際の人物の特徴データと異なったデータとなると考えられる。そこで、映像解析シミュレータでも人物と監視カメラの距離により出力する人物の特徴データを変化さ

せる。

シミュレートデータは人物の特徴データと時間当たりの類似度とし、人物と監視カメラの距離が短いと、類似度は小さい値となり、人物と監視カメラの距離が長いと、類似度は 1 に近い値をとる。また、人物が監視カメラの監視範囲にいない時は、類似度は 0 となる。図 8 に人物の移動した際の類似度の変化例を示す。

4. 実装

追跡エージェント確認モニタの追跡エージェントの表示機能の実装を行うため、エージェント管理サーバから送られてきた追跡エージェントの情報を保持する機能を実装した。

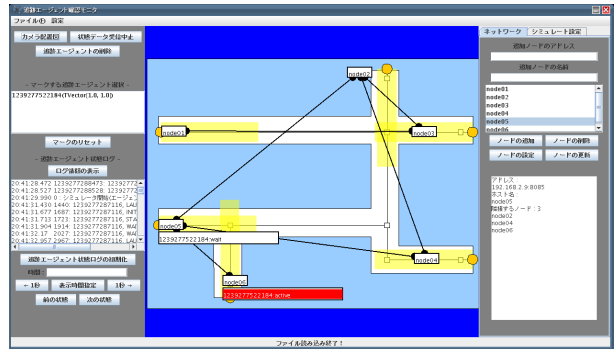


図 9: 追跡エージェント確認モニタ

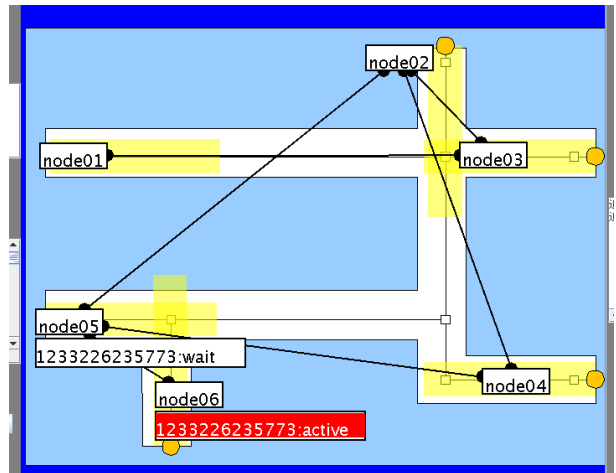


図 10: 追跡エージェント確認モニタ中央部分

実装した人物追跡エージェント確認モニタの外観を図 9 を示す。モニタの左側で追跡エージェントの状態のログの表示、現在のエージェントの状態表示と指定時間のエージェントの状態表示の切り替え変更、表示時間の指定、中央部分で追跡エージェントの表示、右側でノードの設定、追跡エージェントの配布、シミュレートの開始を行うことができる。追跡エージェントの表示を行う中央部分を拡大し見やすくしたものを図 10 に示す。また、図 11 にカメラ配置図作成画面の外観を、図 14 にシミュレートデータ作成画面の外観を示す。

図 10 に表示されている長方形のオブジェクトは追跡サーバを示し、オブジェクト内の文字列はノードの名称

を表示している。各ノードの近傍ノードは線でつなげて表示している。ノードの下に表示されているオブジェクトは追跡エージェントを示し、オブジェクト内の文字列は、追跡対象者の人物 ID と追跡エージェントの動作状態を表示している。また、追跡対象者を捕捉している追跡エージェントはオブジェクトの背景を赤色とし表示される。背景に作成したカメラ配置図が表示されるようになっている。

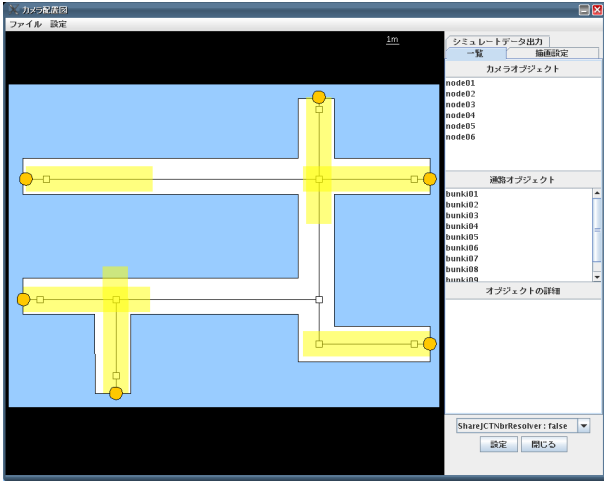


図 11: カメラ配置図作成画面

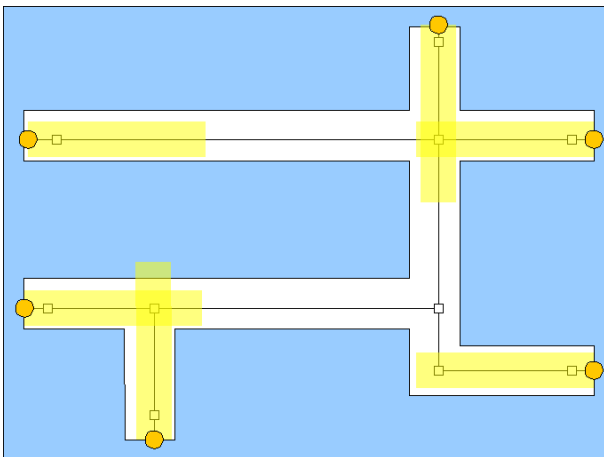


図 12: カメラ配置図部分

カメラ配置図作成画面は、カメラ配置図表示部分と、配置図上に設置したオブジェクトの情報表示やカメラ配置図の設定、カメラ配置図からシミュレートデータを作成する際の設定を行う左側のパネルで構成している。図 11 のカメラ配置図部分を図 12 に示す。図 12 の円オブジェクトはカメラを、長方形オブジェクトはカメラの監視範囲を、正方形オブジェクトは通路オブジェクトを表している。背景には使用する建物の図面を読み込ませることができる。

カメラ配置図は、カメラオブジェクトと通路オブジェクトを設置し作成する。各オブジェクトの追加は、カメラ配置図上で右クリックし追加を行う。カメラオブジェクトの設定は、オブジェクト名、監視距離、カメラの向

き、追跡サーバのアドレスを設定する。通路オブジェクトの設定は、オブジェクト名のみを設定する。カメラオブジェクトの位置の変更はマウスのドラッグ&ドロップで行えるが、通路オブジェクトは、位置の変更はできないため、一度削除し、再び追加する必要がある。

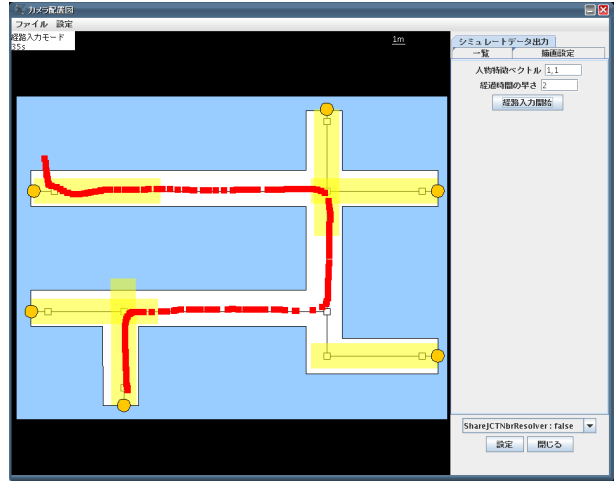


図 13: カメラ配置図上で移動経路入力

また、カメラオブジェクトに人物の移動経路を入力している状態を図 13 に示す。入力はマウスのドラッグで行い、移動経路は赤色で表示され、ドラッグを終了すると移動経路の表示は消える。また、入力中左上にシミュレート時間が表示される。

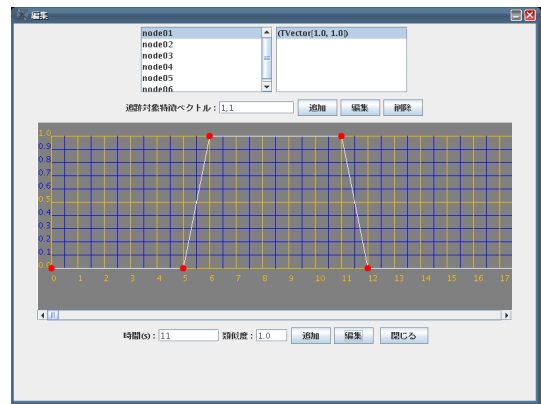


図 14: シミュレートデータ作成画面

シミュレートデータ作成画面は、人物の特徴データを追加する上部分と指定した人物のシミュレートデータを入力を行う下部分で構成されている。シミュレートデータの inputs は数値入力とグラフ上から入力を行えるようになっている。また、シミュレートデータの編集、削除もグラフ上から行える。データグラフは縦軸が類似度、横軸が時間となり、データは赤円で表示される。

映像解析シミュレータは、OSGi[4] フレームワークの仕様に準拠したバンドルとして実装した。バンドルとは、OSGi フレームワーク上でのアプリケーションであり、OSGi フレームワークにインストール、起動し使用する。追跡サーバは、OSGi[4] フレームワークの TSUBASA を

用いて実装し、バンドルとして実装し、映像解析シミュレータを追跡サーバへ導入する処理を簡単にした。

今回実装した映像解析シミュレータは、シミュレート時、人物の特徴データは変化せず、シミュレート可能な人物は一人のみとした。シミュレーションの開始は、追跡エージェント確認モニタ上で行うようにした。

5. 実験

まず、図15のような通路、カメラ配置を想定し、映像解析シミュレータによりシミュレートし、追跡エージェントにより人物追跡を行った。シミュレートには、二次元ベクトルを人物の特徴データとして使用した。

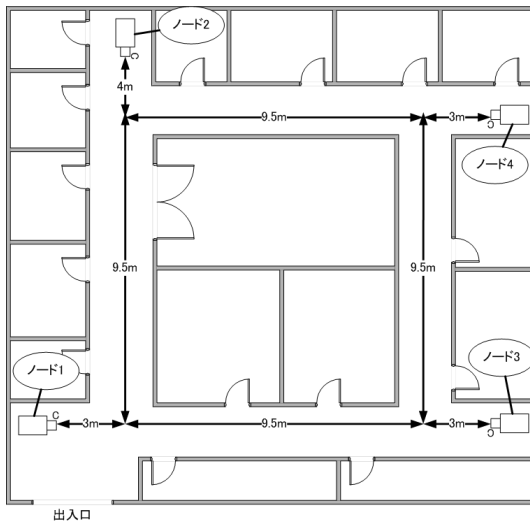


図15: 試験で使用する通路およびカメラ配置

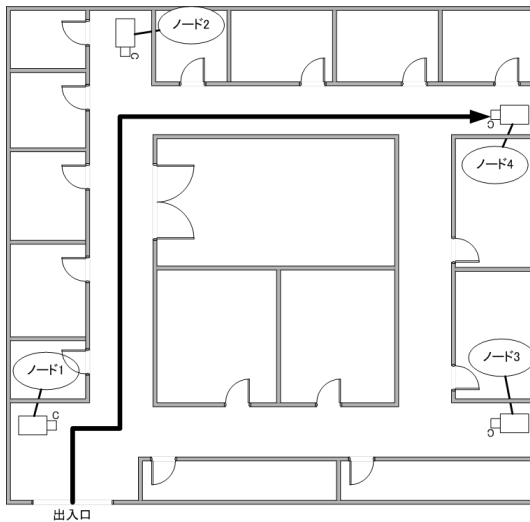


図16: シミュレートデータとして設定する人物の移動経路

シミュレートデータは図16の矢印が示すように人物が移動するように作成した。追跡手法は、先回り追跡方式と同時追跡方式、発見時削除方式と重複時削除方式を組み合わせた4つの手法を使用したところ、すべて追跡手法での追跡に成功した。また、モニタ上で追跡エージェ

ントが人物の捕捉を行う追跡サーバの順番とシミュレートデータで設定した類似度が1に近くなる追跡サーバ順番が、ノード1、ノード2、ノード4と一致し、映像解析シミュレータが正しく動作していた。

また、実際に監視カメラを使用し、実験を行った。今実験では、映像解析部分を簡易な色判別により人物の特徴データを算出するものとした。監視カメラを3台直線にならべ、その前を色判別が行いやすい服を着た人物が通り、その人物を追跡する実験を行った。その結果、追跡エージェントにより人物の追跡が行えたことを確認した。

6. おわりに

本研究では、本論文で提案した自動で人物追跡を行うシステムを開発するために用いる追跡エージェントの確認を行うためのモニタと映像解析処理の代わりとなる映像解析シミュレータを開発した。また、追跡エージェントの確認を行うためにエージェント管理サーバの追跡エージェントから送られる情報を保持する機能を実装した。

今後の課題としては、映像録画サーバの開発、エージェント管理サーバの他の機能の開発、モニタでの監視カメラの映像、過去の追跡情報の閲覧、映像解析シミュレータでの多数でのシミュレート機能の実装が挙げられる。また、現在のシミュレートは人物の特徴抽出時の誤差を考慮していないため、シミュレート時の人物特徴抽出時の誤差設定を行えるようにすることで、より現実に近いシミュレートが行えるように目指す。

謝辞

本研究を行うにあたってご協力いただいた平成20年度鳥取大学大学院工学研究科修了の浜田祐介様に感謝致します。

参考文献

- [1] 大谷尚通ほか: 2007年度情報セキュリティインシデントに関する調査報告書 Ver.1.5, NPO 日本ネットワークセキュリティ協会 セキュリティ被害調査ワーキンググループ (2008).
- [2] 三洋電機株式会社: CCTV / セキュリティシステム, <http://www.sanyo-cctv.net/> (2009).
- [3] パナソニック株式会社: 監視・防犯システム, <http://panasonic.biz/security/> (2009).
- [4] OSGi Alliance: OSGi Alliance Specifications OSGi Service Platform Release1, <http://www.osgi.org/Specifications/HomePage> (2008).
- [5] メルコ・パワー・システムズ株式会社: TSUBASA, <http://www.mps.co.jp/business/tsubasa.html> (2008).
- [6] D.Lowe: "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", "Proc. of International Journal of Computer Vision (IJCV)", 60(2), pp. 91-110 (2004).