

平成22年度 成果報告書
(一般型)

「高度画像監視センサネットワーク技術の研究開発」

目 次

1	研究開発課題の背景	2
2	研究開発の全体計画	4
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発目標	7
2-2-1	最終目標 (平成23年3月末)	7
2-2-2	中間目標 (平成21年1月末)	7
2-3	研究開発の年度別計画	9
3	研究開発体制	10
3-1	研究開発実施体制	10
4	研究開発実施状況	13
4-1	人の行動把握のための意味階層構造の構築	13
4-1-1	研究開発の概要	13
4-1-2	達成状況	13
4-2	人物行動データの収集および認識技術の開発 (フィールドデータ収集&実験)	24
4-2-1	研究開発の概要	24
4-2-2	達成状況	24
4-3	時空間MRFのズーム・パンニング対応への拡張技術の研究開発	26
4-3-1	研究開発の概要	26
4-3-2	達成状況	26
4-4	人物監視のための顔認識技術とトラッキング技術の融合	31
4-4-1	研究開発の概要	31
4-4-2	達成状況	31
4-5	人物監視のための画像センサネットワーク技術の開発	36
4-5-1	研究開発の概要	36
4-5-2	達成状況	36
4-6	総合評価 (フィールド評価実験)	50
4-6-1	総合評価の概要	50
4-6-2	達成状況	50
4-7	総括	60
5	参考資料・参考文献	62
5-1	研究発表・講演等一覧	62
5-2	出願特許一覧	64
5-2-1	特許出願数	64
5-2-2	公開特許一覧	64
5-2-3	登録特許一覧	64

1 研究開発課題の背景

① 社会的背景

安全・安心な社会の実現へ向けて、監視カメラの果たす役割の重要性が近年急速に高まっている。一般に「安全・安心」とは、自然災害・テロを含む犯罪等に対する「安全・安心」を意味するが、このうちテロを含む犯罪においては、監視カメラの果たす役割が特に大きい。

現在でも、犯罪の早期発見や犯罪発生後の捜査の目的で、多くの監視カメラが繁華街・鉄道駅・空港等の人々が往来する公共空間に設置されている。しかし、これらの画像のほとんどは、目視されずにいるか、記録されて一定期間保存された後に捨てられているのが現状である。カメラ監視を高度に利用する、安心安全な社会では、設置される監視カメラの数が膨大になり、目視チェックや記録・事後検証といった作業を全てのカメラ画像について行うことが益々困難になる。

そこで、これらの膨大な画像を効率的に情報処理し、人間による監視を補助または代替できるシステムの実用化が急務となっている。このようなシステムが実用化すれば、リアルタイムの監視が確実かつ効率的に行えるようになる。さらに、検出した特定事象の画像のみをシステムが自動選別して記録することで、全ての画像を記録する必要がなくなり、画像記録・保存の効率化も図られる。当該記録画像は、検証作業の確実化と効率化、記録画像の法的手続きへの証拠能力、犯罪捜査や事故原因の究明等に威力を発揮すると期待される。

② 技術的背景

この目的のため、画像認識技術の有用性に着目した研究が、従来から数多く行われてきた。しかし、人や車の往来が疎らな環境のみで適用可能なシステムがほとんどで、実運用に耐えるシステムは実用化されていない。

本研究では、移動物体のトラッキング技術として、弊社が交差点画像型車両感知器の商品化で利用した時空間 MRF 技術を基礎とする。時空間 MRF 技術とは、東京大学生産技術研究所の上條研究室で開発された技術で、画像を時系列に蓄積した時空間画像において錯綜して重なり合う複数の移動物体の領域を分割する確率モデルである。当該技術によれば、画像上で重なり合う（オクルージョン）複数の物体を分離して個別に追跡することができ、多数の移動物体が画像上で重なりながら往来する実環境での運用でも耐えうるシステム開発において優位性を発揮できるものと考えられる。

また、時空間 MRF 技術では、既存のトラッキングアルゴリズムと異なり、車や人といった移動物体固有の形状やエッジといった特徴量を用いていないため、車や人等の全く異なる形状をした物体を単一アルゴリズムで扱うことが可能である。これにより、シンプルかつ拡張性のあるシステムを構築できるという利点がある。さらに、その後の照度不変処理への改良を経て、屋外環境の評価によってもロバスト性が証明されている。

本研究では、こうした今までの研究・開発実績をもとに、人物監視技術の新たな価値創造のため、基礎研究からシステム開発まで一貫して遂行することを目的としている。

③ ネットワーク監視技術の重要性

人物監視においては、犯罪者やテロリスト等の追跡対象は、単独の監視カメラの画像範囲に留まることなく、複数のカメラ間を広域に移動する。したがって、ネットワーク化された監視カメラ群において相互連携的に画像処理・状態監視を行う自律・分

散協調型のシステムの研究開発が重要となる。広域で人物を追跡する技術を開発することには、監視員の手動によるカメラ切り替えを補助する意義と、広域での移動軌跡から人物の行動を認識する意義とがある。例えば、同じ場所を反復して往来するといった挙動は、単独のカメラの視野からは判断できず、ネットワーク監視を通して初めて判明する場合もあり得る。さらに、人物監視においては、トラッキングによる行動認識のみならず、犯罪者やテロリストのデータベースとの顔認識による照合が重要な技術となる。これには、カメラに写っている人物を特定する意義と、対象人物を広域に渡って見失わずに追跡するという意義とがある。

④ 自律・分散型システムの重要性

人物監視のシステムは、現在は全ての画像を監視室へ伝送し、監視員による目視と一部システム処理が行われている。しかし、近い将来カメラ設置が激増することで、光ファイバー網構築等の伝送設備の莫大な投資コストが、監視システムの普及にとって大きな障害となると予想される。この問題の解決には、センサ毎に分散して画像処理を行い、自律的に隣接センサとの連携を行うことが重要である。自律・分散型システムによれば、全ての画像を転送する必要がなく、特定の人物や事象が検出されたときにのみ低ビットレートの圧縮画像を監視室へ伝送する等の方式が可能になる。このため、監視員が任意サンプリングや対象をロックしての目視チェックを行う等、臨時の場合にのみ数チャンネル分の映像が伝送できる程度の伝送容量を確保すれば必要十分である。その結果、システム全体のコストが大幅に削減されることが期待される。そこで、本研究では、カメラ毎に接続された画像処理 PC 上で自律・分散的に動作するアルゴリズムを実装して、状態認識や隣接カメラ画像処理 PC との連携のための実験を行う。

一般に、 N 個の自律・分散システムでは、システム単体の検出率や誤報率等の性能が、システム全体の性能には N 乗として影響を及ぼす。したがって、トラッキング・顔認識・状態認識等の要素技術は、単体システムが高い技術レベルを有することが重要である。この点、本研究で基礎とする時空間 MRF 技術（東大）および弊社が保有している顔認識技術は、オクルージョン（他の物体との重なり）、屋内外の環境変化、画像の劣化に対して頑健であることが高く評価されている。本研究では、それらをさらに改良することにより、ネットワーク全体での実用レベルのパフォーマンスを達成することを目指す。

尚、実製品においては、カメラ一体でパッケージ可能な小型画像処理ボードが求められる。この点、現在既に弊社にて商品開発終了したソーシャルセンサユニットの画像処理ボードと PTZ カメラモジュールの組み合わせにて実現可能と考えている。

2 研究開発の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

(1) 社会的な位置づけ

安全・安心な社会の実現へ向けて、監視カメラの果たす役割の重要性が近年急速に高まっている。一般に「安全・安心」とは、自然災害・テロを含む犯罪等に対する「安全・安心」を意味するが、このうちテロを含む犯罪においては、監視カメラの果たす役割が特に大きい。現在でも、犯罪の早期発見や犯罪発生後の捜査の目的で、多くの監視カメラが鉄道駅・空港・繁華街等の人々が往来する公共空間に設置されている。しかし、これらの画像のほとんどは、目視されずにいるか、記録されて一定期間保存された後に捨てられているのが現状である。カメラ監視を高度に利用する、安心安全な社会では、設置される監視カメラの数が膨大になり、目視チェックや記録・事後検証といった作業を全てのカメラ画像について行うことが益々困難になる。さらに画像伝送のための伝送容量の問題も解決されなければならない重要な社会的な課題となっている。

そこで、これらの膨大な画像を効率的に情報処理し、人間による監視を補助または代替できるシステムが実用化すれば、リアルタイムの監視が確実かつ効率的に行えるようになる。さらに、検出した特定事象の画像のみをシステムが自動選別して記録することで、全ての画像を記録する必要がなくなり画像記録・保存の効率化も図られるとともに、画像の伝送のために必要となるネットワークの負荷の大幅な軽減も実現することができる。

本研究では、画像中人物をトラッキングし、その行動認識から異常事象を検出する技術を研究開発し、ネットワーク監視により行動認識を高度化する技術を研究開発することを目的としている。また、「その人物が誰であるか」といった情報が重要性を持つため、トラッキング技術と顔認識技術を融合する技術を研究開発し、新しい付加価値を創造することも目的としている。

さらに、行動監視のために必要な隣接するカメラ間での特徴データ（画像データを含む）の効率的な伝送の仕組みを構築することにより、次世代の高度監視システムで必要となる画像伝送機能の確立を目指すものである。

(2) 具体的な研究内容

以下に具体的な6項目の技術開発課題の概要を示す。

①人の行動把握のための意味階層構造の構築

弊社は、東京大学と共同で、時空間 MRF 技術を応用した交通事象認識アルゴリズムの研究を行い、既に交差点画像感知器として販売を開始している。ここでは、単独のカメラ画像中で車両トラッキングを行い、その軌跡を解析することで、交差点の分岐交通量を計測するというアルゴリズムを開発しており、意味階層構造と呼ばれる技術を応用している。意味階層構造とは、音声認識・自然言語処理から画像認識に至るまで広く使われている手法で、音声や画像の信号レベルから人間が理解できる意味論的形式までを階層的に構築することで柔軟な状態認識を行おうとする技術である。

従来の交通事象認識アルゴリズムでは、時空間 MRF から出力される領域分割マップおよび動きベクトルマップの低次情報（第1階層）から、個々の車両軌跡（第2階層）、車両挙動（第3階層）、交通事象（第4階層）というように高次情報へと順に状態認識階層を構築し、柔軟で高精度な交通事象認識を行っている。

人物の高度な行動把握においても、トラッキング結果から軌跡を抽出し、その軌跡の分類から行動を把握するという手法は全く同様であり、今まで弊社が行ってきた成果をベースに、特に、駅構内における人物の異常行動把握が、挙動把握（第3階層）＋事象

判定（第4階層）の組み合わせで判別可能かどうかの研究を行う。

本研究は、本テーマである高度画像監視ネットワークシステムを構築するための重要なサブテーマであるため、平成18年度と平成19年度の2年間で基本アーキテクチャの完成を目指す。

②人物行動データの収集および認識技術の開発(フィールドデータ収集&実験)

本研究では、まず「どのような行動を示す人物を認識対象とすべきか」を明らかにすることが重要なテーマの一つである。そこで、長期にわたる実フィールドでデータ収集を行い、これらの膨大な客観的データを目視で解析、認識対象事象を抽出することにより、人物行動(事象行動)ライブラリーを構築する。人物行動(事象行動)ライブラリーは、行動パターン毎に画像やトラッキングから得られた軌跡をデータベース化するものである。

そこで、本研究では、施設管理者様のご協力の下、施設構内に設置している監視カメラ画像を利用したデータ収集及び分析を行う。例えば、駅のホームでの転落の危険性のある乗客の検知や、駅構内にある禁止領域に入る従業員の統計的な動線と異なる動きをする等が挙げられる。これらの情報はトラッキング結果の軌跡を分類することにより得られ、本研究において通行人の軌跡を分類することによりこれらの行動のみを抽出する技術を開発する。特に、前述の①項で述べた基本的なアルゴリズムの有効性の最終的な検証も行う。

従って、本研究は、まず、中間目標を平成21年1月末に設定し、年間で10種類程度、述べ100件以上の人物行動(事象行動)ライブラリーの構築を目標にする。さらによりフィールドでの性能を向上させるため、本研究成果である最終年度(平成23年3月末)までには、500件以上の人物行動(事象行動)ライブラリーの構築を目指す。

③時空間 MRF のズーム・パンニング対応への拡張技術の研究開発

現在の時空間 MRF 技術においては、固定カメラによる画像を対象としていた。しかし、行動からターゲットとなる人物を検出した場合には、その人物にカメラのズーム・パンニングを行い、顔データベースをもとに顔認識を行うことも考えられる。また、当該人物が移動する際、追跡範囲を拡大する、対象を画像中心で捉える等の目的でカメラのパンニング(首を振ること)も必要となる。そこで、本研究では、時空間 MRF 技術に対してズーム・パンニングにおいても対象人物を正確にトラッキングできるようにするための研究を行う。

現在のアルゴリズムでは、固定カメラの背景画像と画素の差分が一定値以上の部分にのみ評価関数を適用し、領域分割のための ID 付与を行っていた。しかし、ズーム・パンニングの場合は、固定された背景画像が生成できない。そこで、固定カメラから背景画像が生成された後、画像がパンニング・ズームにより動いていることを検知した場合に、この背景画像を擬似移動物体と見なして領域 ID を付与し、本来の移動物体と同様にトラッキングすることで、動く背景と本来の移動物体との領域分割を行う手法の開発を進める。さらに、時空間 MRF 技術は、移動物体の領域が画素ブロックの集合として表されるため、遠近による移動物体の画像上での大きさの変化、移動物体の向きや形状の変化による画像上での変形等に対して柔軟に追従した領域推定を行う手法の研究も進める。

既存の関連技術の多くは、固定画像でのトラッキング、ズーム・パンニングのそれぞれに固有の手法を定義し、アドホックに組み合わせたものが多いが、時空間 MRF のズーム・パンニング対応への拡張は、現状の時空間 MRF が有する技術の延長であり、様々なシーンを統一的に扱うことが可能となり、機能の拡張性、実装のし易さ、システムの安定性等の様々な面で優位性が期待できると考えている。

本サブテーマは、高度画像監視のシステム性能への影響が高いため、まず、中間目標

として、疎らな環境では98%以上、混雑してオクルージョンが発生している環境条件下でも90%程度の性能を確保することを目指す。さらに、より実用に耐えうるシステムを実現するために、最終年度まで性能の向上を進める。

④人物監視のための顔認識技術とトラッキング技術の融合

犯罪・テロの防止においては、画像中から顔を認識することが不可欠であるが、膨大なカメラ画像からこれらを見つけることは不可能である。そこで、一般には、システムによる人物行動認識を行い、適宜ズームングを行うことで、システムおよび監視員が当該人物の顔認識を行い、画像を記録するといった技術が有用である。これにより、対象人物以外の画像を保存する必要がなくなれば、プライバシーの問題と両立するという付加価値も生まれる。

顔認識に関しては、弊社は1995年から顔画像センシング技術について研究開発を進め、以来、顔画像認識を利用した入退出管理システム、顔画像による携帯電話の個人認証ソフト、デジタル画像印刷における顔画像の自動明るさ補正ソフト等これまでに多くの実績を上げている。特に、監視カメラ向け実時間検出・認識システムの開発では、日本で初めてウォーク型顔認識技術を開発し、屋内での自動監視顔認識システムの実用化を行っている。本研究では、②項で開発する人物行動認識技術を用いて異常行動を検知した場合、その人物に対して③項で開発するズームングを行い、顔領域の検出およびデータベースとの認識照合による人物特定を行うための一連の技術連携に関する研究開発を行う。顔認識技術の開発課題としては、歩行中の人物の顔部分を抽出することが挙げられ、静止している人物に比べ、顔姿勢の安定した連続画像フレームを取得することが困難である。そこで、本研究では、多数の画像フレームから適切な画像を選択するアルゴリズムと最適な画像をアクティブに制御するカメラ制御アルゴリズムの研究開発を行う。尚、顔認識技術そのものの研究開発は、本研究範囲には含めず、弊社の技術本部で研究・開発中の成果を利用することとする。

本サブテーマは、中間目標として、ズームングした画像からの顔抽出精度で95%以上を目標とするが、本機能は、システム全体でのトラッキング性能UPのための手段であるため、最終目標としての個別（顔抽出）精度の目標値は定めないこととする。

⑤人物監視のための画像センサネットワーク技術の開発

人物セキュリティ監視の目的には、特定の人物に注目し広範囲で追跡することが必要である。しかし、単独カメラの画像範囲は限られているため、センサネットワークを連携させた追跡技術が不可欠となる。その最も簡単な例として、それぞれの画像がオーバーラップするように各カメラを配置することができれば、画像のオーバーラップ領域で人物の軌跡を接続することが考えられる。また、カメラを固定したままでは互いに画像がオーバーラップできないような設置条件でも、パンニングにより隣接カメラ間で互いの画像をオーバーラップさせることができれば、軌跡の接続が可能となる。これらは、いずれも意味階層構造における軌跡レベル（第2階層）における接続を意味する。

しかし、カメラの設置制約から、パンニングしても画像範囲をオーバーラップできない状況があり得る。この場合は、ある画像中で人物の顔・服装等の特徴を学習し、その隣接画像において学習した特徴に一致する顔・服装等の人物をパターン認識により検出することで、非オーバーラップ画像間で同一人物をつないでトラッキングすることが必要となる。このためには、各カメラ間での特徴量（画像データ含む）の高速なデータ転送の仕組みを構築することが不可欠となる。

また、このような高度な自律分散型画像センサネットワークを実現する技術課題としては、大きく分けて画像処理に係るカメラ制御に関する課題とネットワーク制御に関する課題があると考えている。このうち、ネットワーク制御に関する課題に関しては、顧客（鉄道事業者）の要求仕様により実現する全体システムを決定する必要があるため、

本研究テーマとは別に、商品化が正式にスタートした段階での開発を計画しているが、画像処理に関係するカメラ制御に関する課題は、主に、隣接するカメラへ対して、どのようなカメラ制御パラメータと特徴量を伝達すれば高度なトラッキング処理が可能かどうかという点である。このため、想定される色々なパターン（単独の人の侵入時、複数の人の侵入時、パンニング・ズームング時等）で、最適なロバストトラッキングが可能で、その特徴量をどのように画像認識に適応させていくかの研究開発を行う。またそのために必要となる隣接するカメラ間での高速なデータ転送の基本アーキテクチャの研究を進める。

本サブテーマの中間目標は、まずはオーバーラップした固定画像間での90%以上の人物トラッキング成功率を目標とし、最終的には、システム全体でのトラッキング成功率90%以上を目標とする。

⑥総合評価(フィールド最終評価実験)

最後に、本研究は、「どのような挙動を検出対象とすべきか」が重要な研究課題となっている。このような人物行動（事象行動）ライブラリーは、世の中に明確には存在しておらず、事象・画像・行動パターンデータ等をデータベース化したライブラリーを構築することは大変有意義である。また、実運用に耐えうるシステム開発を成就させるには、実フィールドから得られる膨大なデータの分析と、エキストラを用いたシステム評価を行う必要がある。

そこで、各フィールドアドバイザーの協力を得て、フィールド研究を長期間（3～4年）に渡って行うことを計画し、映像の目視チェックによる人物行動（事象行動）ライブラリー作成および研究開発した技術のフィールド評価を行い、フィールドアドバイザーと有効性の検証・検証を行う。

2-2 研究開発目標

2-2-1 最終目標（平成23年3月末）

①人物行動データの収集および認識技術の研究開発

多数の人が行き交うエリアにおけるカメラ画像から、複数台を選別し、年間延べ1500日程度の画像を目視チェックすることを目標とし、5年間で500件以上の人物行動（事象行動）ライブラリーを構築することを目標とする。

②画像センサネットワークの人物トラッキング技術の研究開発

（画像非オーバーラップ・顔学習と認識）

同一人物を見失わずにトラッキングを行うという成功率を90%以上とすることを目標とする。異なる人物へマッチングしてしまう失敗率を10%以下にすることを目標とする。

③人物監視技術の総合評価

約6ヶ月のフィールド実験を通して、異常事象の検出率を90%以上、誤報をセンサ毎に1件/1日以下にすることを目標とする。この実験は、本研究の総合評価実験であり、最終的には本システムの利用者となるアドバイザーの意見をもとに最終決定する。

2-2-2 中間目標（平成21年1月末）

①人物行動データの収集および認識技術の研究開発

多数の人が行き交うエリアにおけるカメラ画像から、複数台を選別し、年間延べ1500日程度の画像を目視チェックすることを目標とする。

尚、目視チェックにはDVDの早送り再生機能等を用いることにより、実時間より多くの画像をチェックすることが可能となる。

その結果、年間で10種類程度、延べ100件以上の人物行動（事象行動）ライブラリーを構築することを目標とする。

②時空間MRFのズームング・パンニング対応技術の研究開発

ズームング・パンニングにより、約90%以上の人物トラッキング成功率を得ること

を目標とする。オリジナルの時空間 MRF による固定画像用トラッキング技術は、疎らな環境では 98%以上、混雑してオクルージョンが起こる環境でも 90%以上の人物トラッキング成功率が過去の評価実験により得られている。この技術レベルは、実用システム構築にとって不可欠な数字であり、パンニングおよびズームングに対しても、このレベルを目標とする。

③人物へのズームング・パンニングと顔認識との連携技術の研究開発

ズームングした画像からの顔領域の抽出では 95%以上の成功率を目標とする。本研究の目的では、時空間 MRF 技術により人物の領域が抽出されることを前提としているため、顔領域は当該領域の上部に存在する等の情報を有効活用することを考えている。したがって、高い成功率が達成できるものと期待する。顔のデータベースとの認識照合は、判別しやすい画像を選択する技術を付加することにより、従来の技術レベルを保持することを目標とする。

④画像センサネットワークにおける人物トラッキングの研究開発

(パンニングによる画像オーバーラップ)

オーバーラップした固定画像間で、約 90%以上の人物トラッキング成功率を目標とする。尚、パンニングによるオーバーラップ領域の座標を正確に算出することで、トラッキング精度の低下を防ぐ。

2-3 研究開発の年度別計画

研究開発項目	年度別計画					計	金額は非公表
	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度		備考
①人の行動把握のための意味階層構造の構築	—	—	—			—	再委託先： 東京大学生産技術 研究所（上條研究室） 同上 同上 同上 同上
②人物行動データの収集および認識技術の開発（フィールドデータ収集&実験）	—	—	—	—	—	—	
③時空間 MRF のズーム・パンニング対応への拡張技術の研究開発		—	—	—	—	—	
④人物監視のための顔認識技術とトラッキング技術の融合	—	—	—	—	—	—	
⑤人物監視のための画像センサネットワーク技術の開発	—	—	—	—	—	—	
⑥総合評価（フィールド最終評価実験）		—	—	—	—	—	
間接経費額（税込み）	—	—	—	—	—	—	
合計	—	—	—	—	—	—	

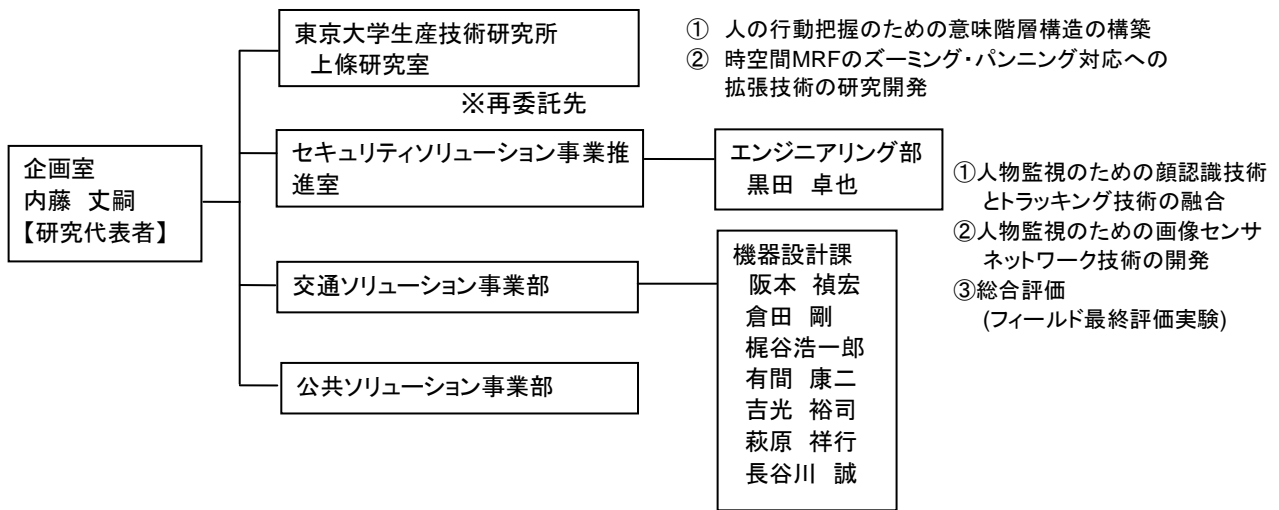
3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制

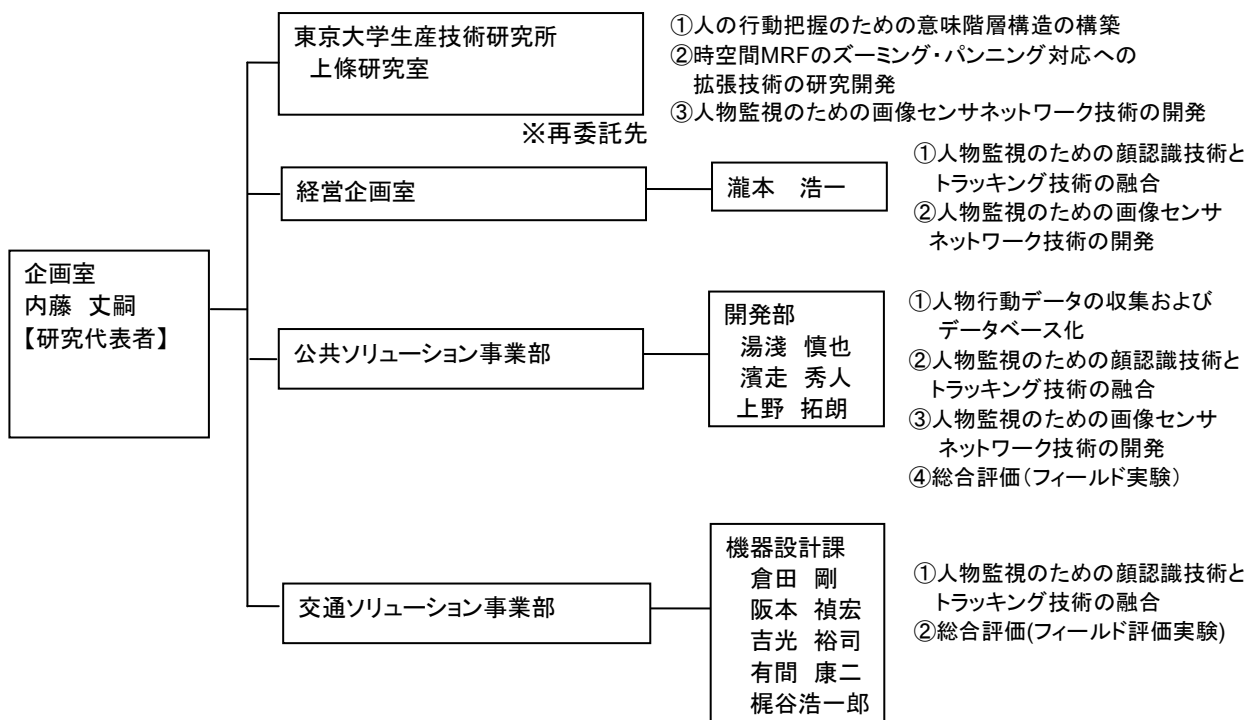
本研究開発の拠点として、オムロン（株）草津事業所内に、ソーシャルシステムズ・ソリューション&サービス・ビジネスカンパニーに各事業部の開発部門からメンバを集めた組織にて研究開発を進めた。

また、東京大学生産技術研究所／上條研究室に、開発内容の一部を再委託した。以下に各年度の実施体制図を示す。

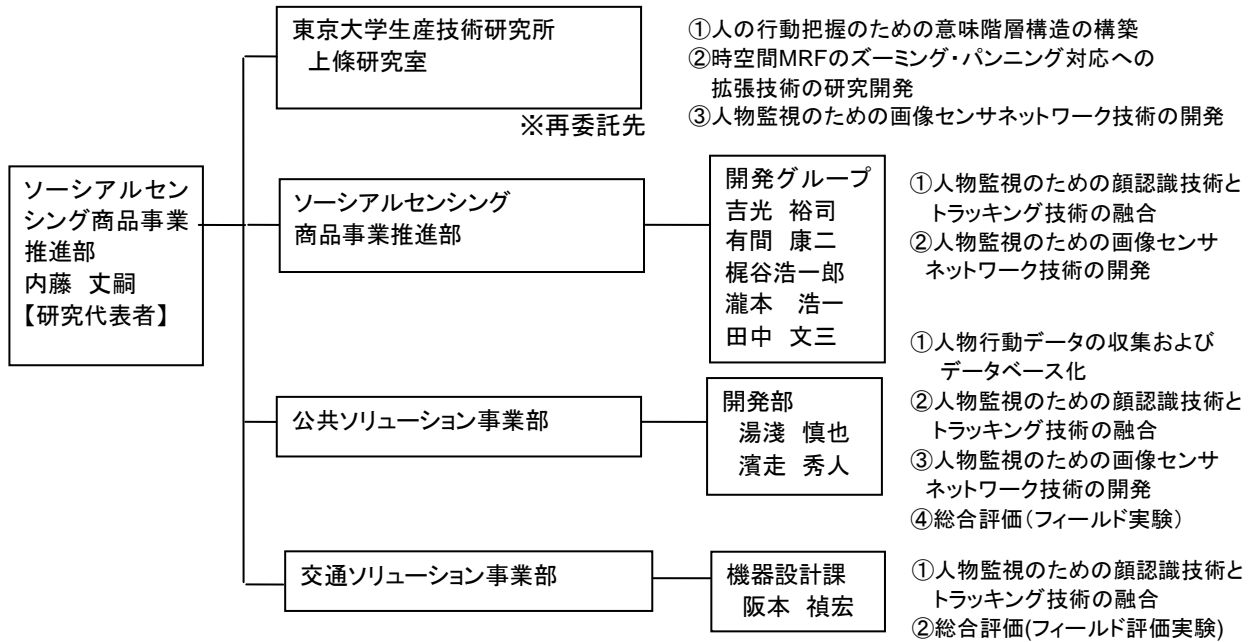
<平成18年度の体制>



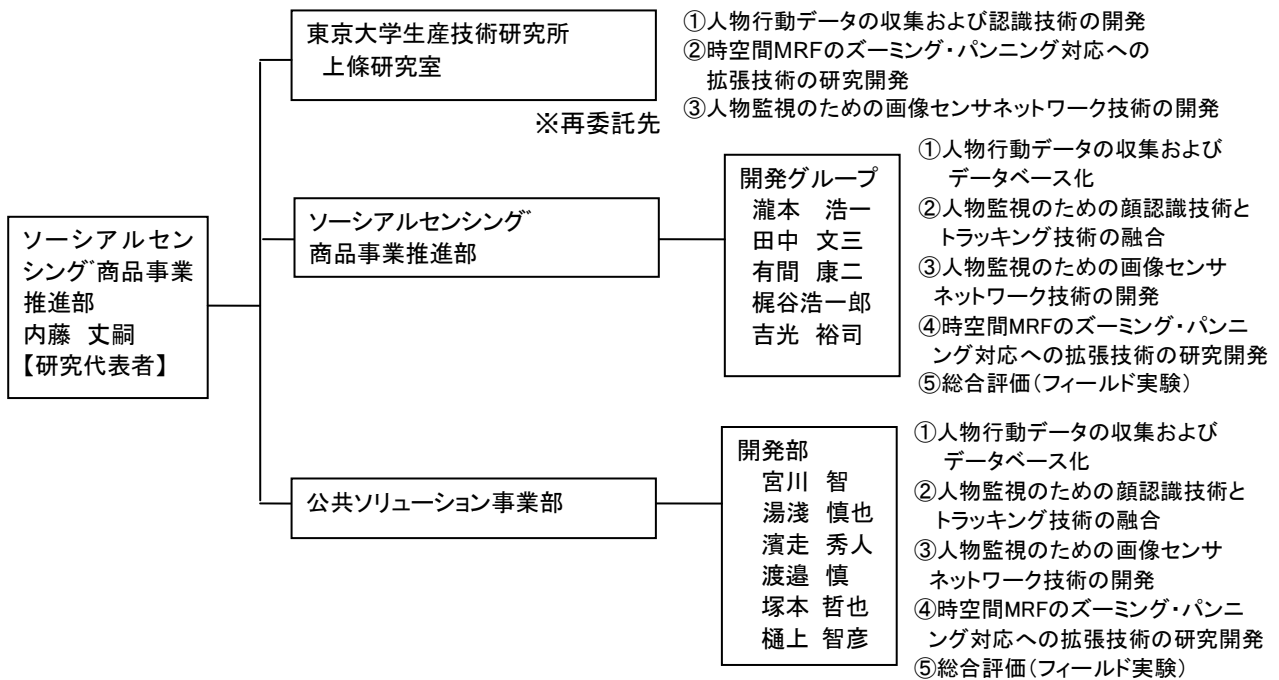
<平成19年度の体制>



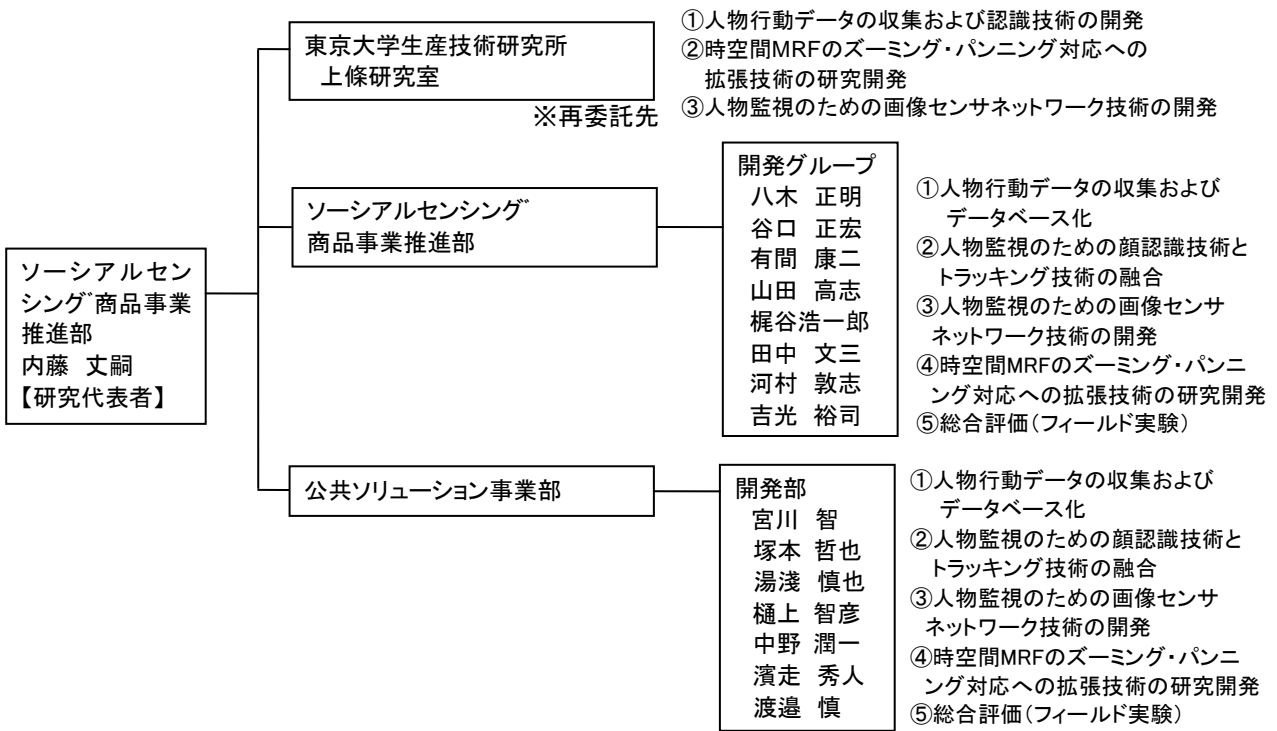
<平成20年度の体制>



<平成21年度の体制>



<平成22年度の体制>



4 研究開発実施状況

4-1 人の行動把握のための意味階層構造の構築

4-1-1 研究開発の概要

本研究開発では、時空間 MRF と物体形状を参照したアルゴリズムの階層間協調を行うことにより人の行動把握を実現することを目的とし、以下のステップで研究を進めた。

- ① 時空間 MRF から出力される領域分割マップおよび動きベクトルマップの低次情報（第1階層）から、個々の人物の軌跡抽出（第2階層）、挙動把握（第3階層）、事象判定（第4階層）のように高次情報へと順に状態認識階層を構築。
- ② 挙動把握（第3階層）と事象判定（第4階層）との組み合わせで、人の行動を把握するアルゴリズムを構築。
- ③ より詳細な行動把握を行うために、それまでの時空間 MRF の出力情報に加え、シルエット画像解析から得られる情報を併用するアルゴリズムを構築。

4-1-2 達成状況

時空間 MRF による出力情報とシルエット画像解析による情報を併用した人物行動把握を開発した。その手法における意味階層（アルゴリズム階層）構造を図 4-1-1 に示す。

事象認識アルゴリズムの階層構造は、通常、低次階層と高次階層とに大きく2階層に分けられる。低次階層は信号処理層と呼ぶことができ、画像処理により移動物体の領域抽出・軌跡抽出・物体の分類等を行う。高次階層は意味論層と呼ぶことができ、信号処理層から抽出された移動物体の軌跡や物体分類情報を分析して事象認識を行う。

人物行動把握においては意味論層の定義が重要となる。意味論層は挙動把握（第3階層）と事象判定（第4階層）とに細分することができる。このアルゴリズム階層を時空間 MRF の出力 に対して適用すると、信号処理層で得られる出力情報を挙動把握層で分類し、事象判定層で分類情報を解析することにより、人物の行動把握を行うことができる。

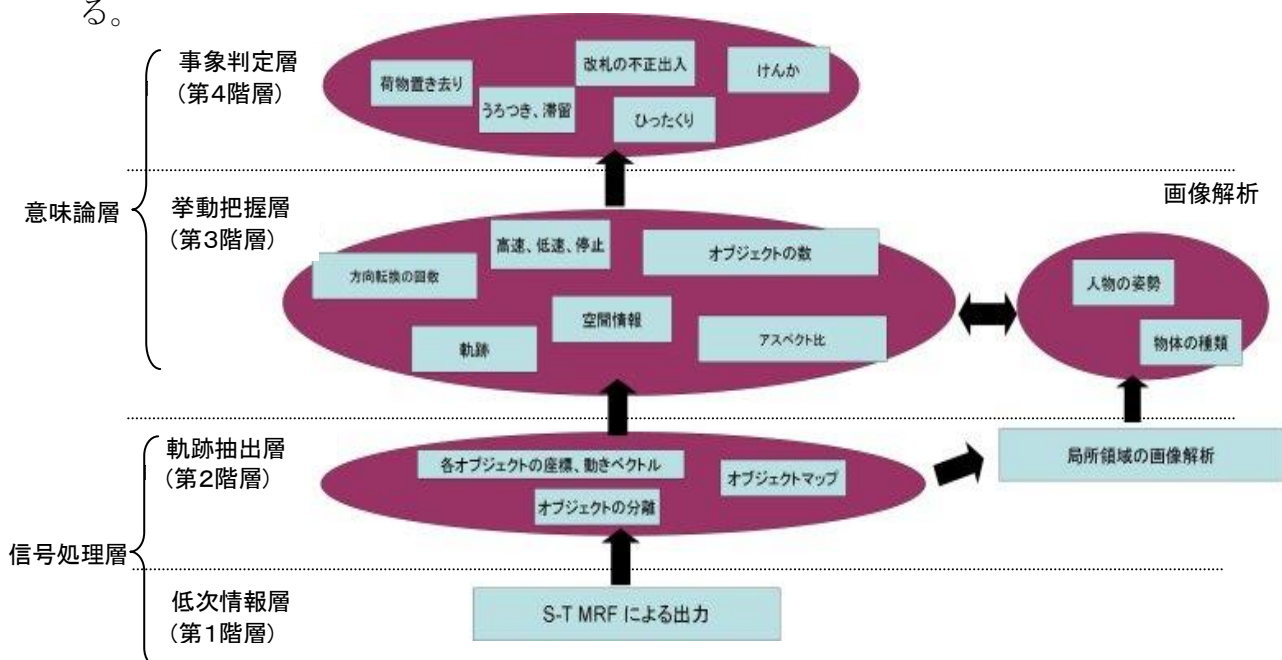


図 4-1-1 行動把握のための意味階層構造

挙動把握層でのアルゴリズム概要は以下の通りである。

まず、時空間 MRF の出力情報（オブジェクトの座標・軌跡、速度、形状）に意味づけを行う。具体的には、座標・軌跡情報から他のオブジェクトとの接近の有無や検知対象領域への出入、速度情報から高速・低速・停止の意味づけや方向転換の回数、形状情報から物体の分類や基本姿勢の特定を行う。

さらに、オブジェクトの形状においては時空間 MRF の情報を参照した局所領域において画素レベルでのシルエット画像解析を行うことで、詳細なオブジェクトの種類（単独の人物、集団、持ち物など）の分類や、人物の姿勢認識を行う。

シルエット画像解析においては、まず、時空間 MRF の出力による ROI（Region of interest：オブジェクトの外接矩形）領域内において、背景差分法によりシルエットをとる。

次に、得られたシルエットを水平軸および垂直軸に対して射影し、ヒストグラムを生成する。ROI のアスペクト比・大きさによりオブジェクトの種類の候補を絞り、ヒストグラムを解析することでオブジェクトの種類の分類や人物姿勢の解析を行うことができる。例えば、オブジェクトが縦長である場合、大きさ情報から直立した単独の人物と認識する。

その後、水平軸に対する射影ヒストグラムの頂点を求めることで頭部を検出し、シルエットの輪郭線と、頭部を通る垂直軸・重心からの距離を用いることで手や足などの各部位を検出した後、その相対的な関係から姿勢認識を行う（図 4-1-2）。

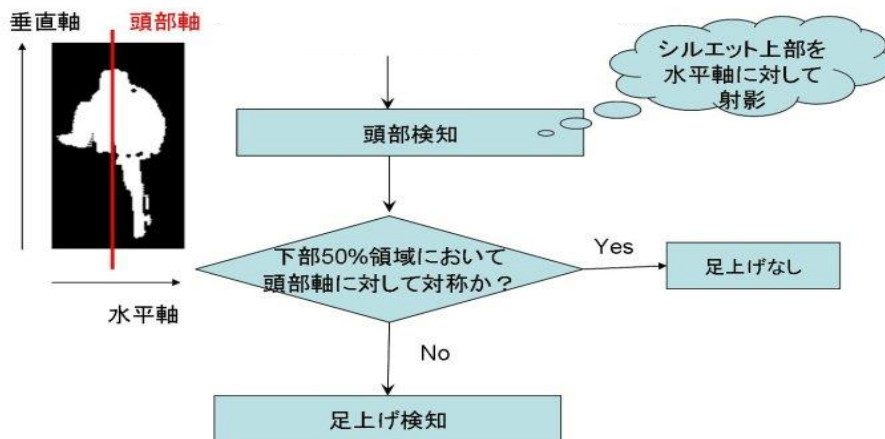


図 4-1-2 シルエット画像解析

次に、事象判定層でのアルゴリズムの概要を以下に示す。

事象判定層においては、挙動に対してより高次の空間情報・時間情報を付加し、組み合わせることで事象を判定する。具体的には、時間とともに姿勢（シルエット）が変化し、また、対象人物の位置情報も変化する。どの位置でどのような姿勢の変化があったかについてシーケンス解析を行ない、その挙動を判断するものである。

図 4-1-3 に改札不正通過の例を示す。柵に向かって歩行する人物が、柵の位置で立ち、足を上げ、屈み込んだ後、柵から離れていく。このような時系列の状態変化から、柵を乗り越えた改札の不正通過であると判断している。このように、行動把握のための意味階層構造における意味論層において、人物の場所情報を加味することにより、より正確に異常行動を検出することができる。

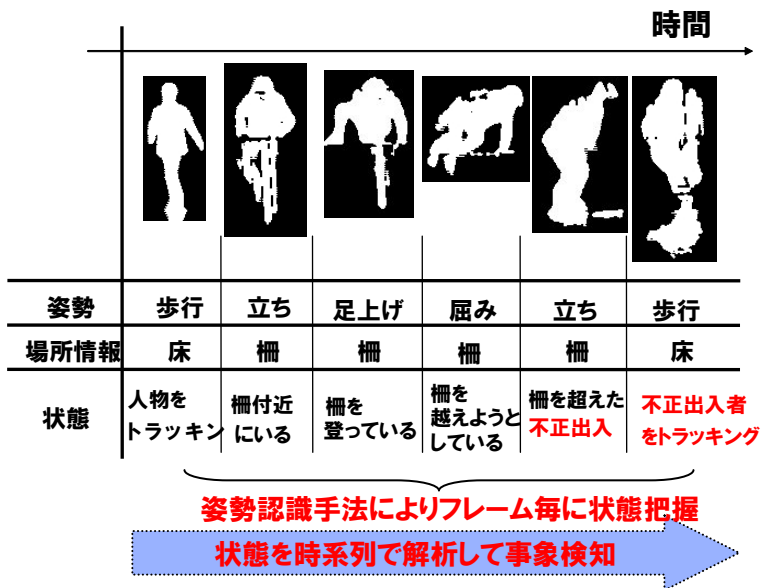


図 4-1-3 改札不正通過の例

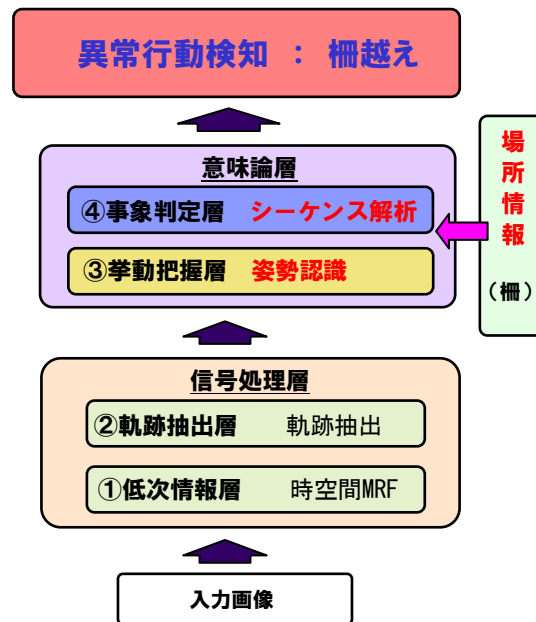


図 4-1-4 意味階層による異常行動把握

また、4-2項に示すサブテーマ「人物行動データの収集および認識技術の開発」で収集した実フィールドにおける人物行動データと、鉄道事業者から要望の強い認識対象事象の洗い出しの結果、駅構内における人物行動を画像認識する上では、以下の2種類に分類することが効果的であることがわかった。

(a) 単独オブジェクト (Single object) の行動把握

改札不正侵入 (しゃがみ込み、柵越え)、徘徊、座込み、倒れ込み、滞留、酔客等

(b) 複数オブジェクト間 (Multiple objects interaction) の行動把握

改札不正侵入 (共連れ)、不審物置き去り (所有者含む)、持去り、ゴミあさり、口論、喧嘩、騒乱、付きまとい、キャッチ、通り魔等

また、先に述べた柵の乗り越えの事象のように、多くの事象は、時空間 MRF から得られるオブジェクトの物理的な位置、状態推移の他に、意味的な位置 (ロケーション) に関係していることが画像解析の結果から判明している。

以上のことより、時空間 MRF から得られる ROI の情報、そのオブジェクトの存在するロケーション情報、および他のオブジェクトの相関情報を組み合わせた人物行動把握のフレームワークを構築した。

本フレームワークの概念図を図 4-1-5 に示す。

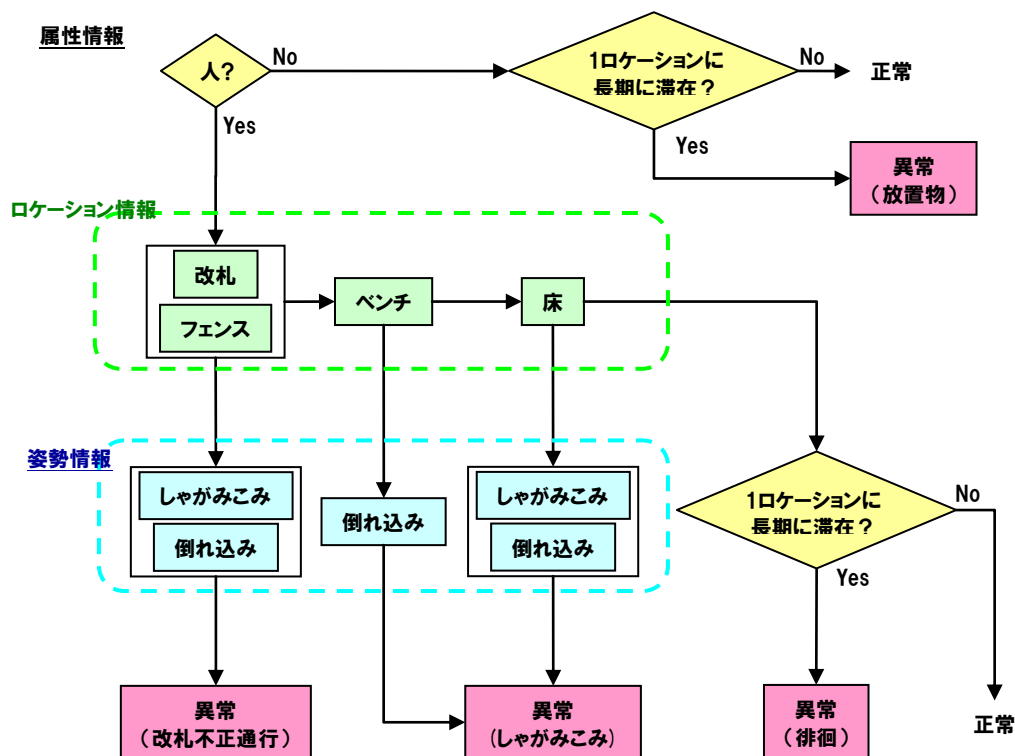


図 4-1-5 異常行動検知フレームワーク

構築したフレームワークでは、時空間 MRF から得られた ROI の情報から、そのオブジェクトが人か物かを示す属性 (Attribute)、姿勢 (Pose)、位置情報と軌跡情報に紐付けされるロケーション情報 (Location) を求め、そのオブジェクトと他のオブジェクトとの相関情報に関する時系列データを形成する。各オブジェクトの時系列データを組み合わせ、行動把握アルゴリズムを適用することで、総合的に人物行動把握処理を行う。以下にフレームワークを構成する要素について述べる。

(1) 時空間 MRF による ROI の抽出

時空間 MRF モデルにより、オクルージョンが発生する状況においても、オブジェクトの ROI をトラッキングすることが可能である。しかし、ロケーションの判定や複数のオブジェクト間の相関を考慮する等の高度な処理を行う際には、オクルージョンを解決するだけでなく、隠れたオブジェクト (歩行者) の ROI の足元位置を正確に求めることが必要である。

本フレームワークでは、あらかじめ画像上における歩行者の大きさを学習データとして保持し、時空間 MRF により抽出されたオブジェクトの ROI の高さがその学習データのものよりも一定以上低い場合にオクルージョンの判定を行い、もしオクルージョンにより ROI の高さが縮小されていると判断した場合には、その高さを補正する処理を導入した。

図 4-1-6 (a) に駅改札シーンにおけるオブジェクトの抽出結果を示す。前述のオクルージョン発生時におけるオブジェクトの高さ補正により、他の歩行者により足元が隠れてしまっている歩行者の ROI が正確に抽出され、オブジェクトの動線軌跡が精度よく現されていることがわかる。

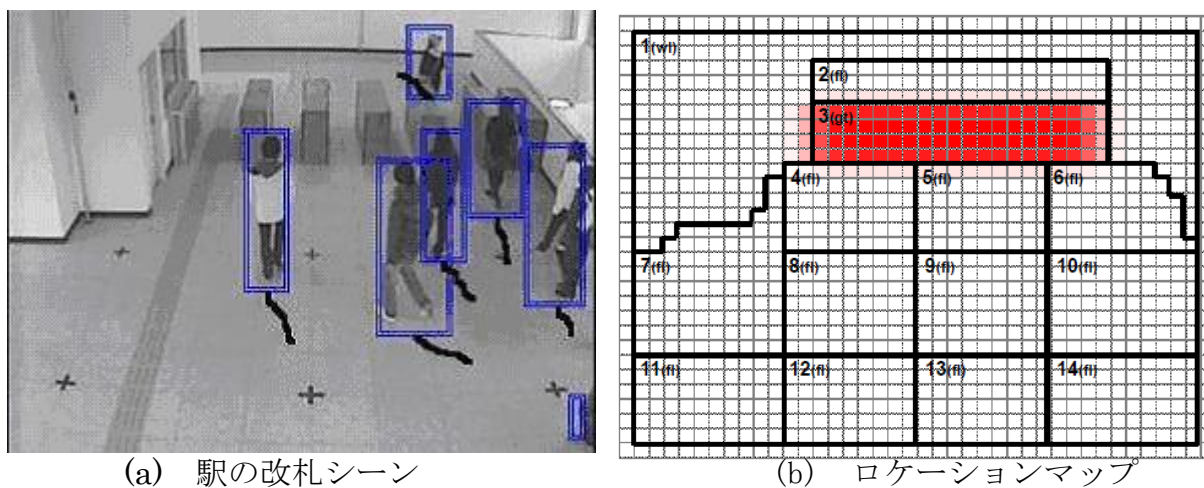


図 4-1-6 時空間 MRF による ROI の抽出とロケーションマップ

(2) 属性情報

(1) の ROI の抽出により、オブジェクトの高さ・幅・位置 (X, Y) の情報が得られた際に、そのオブジェクトが「人」か「物」かを判断し、属性を決定する。属性の決定はそのオブジェクトの高さ・幅・位置の過去の時系列データを参照し、それらのデータに一定期間変化がない場合は、そのオブジェクトが「物」と判断する。

(3) 姿勢情報

(2) において属性が「人」と判定されたオブジェクトに関して、そのオブジェクトの姿勢 (Pose) を判定する。本フレームワークでは、式 (I) のように、オブジェクトの高さ (H) と幅 (W) の情報からアスペクト比を算出し、単純にその「人」が倒れこんでいる状態か、しゃがみ込んでいる状態か、立っている状態かを判断している。

$$\text{aspect ratio} = W / H \quad \dots \quad (I)$$

例として図 4-1-7 に、しゃがみ込んで駅改札を通過しようとする人と歩いている人のアスペクト比の違いを示す。

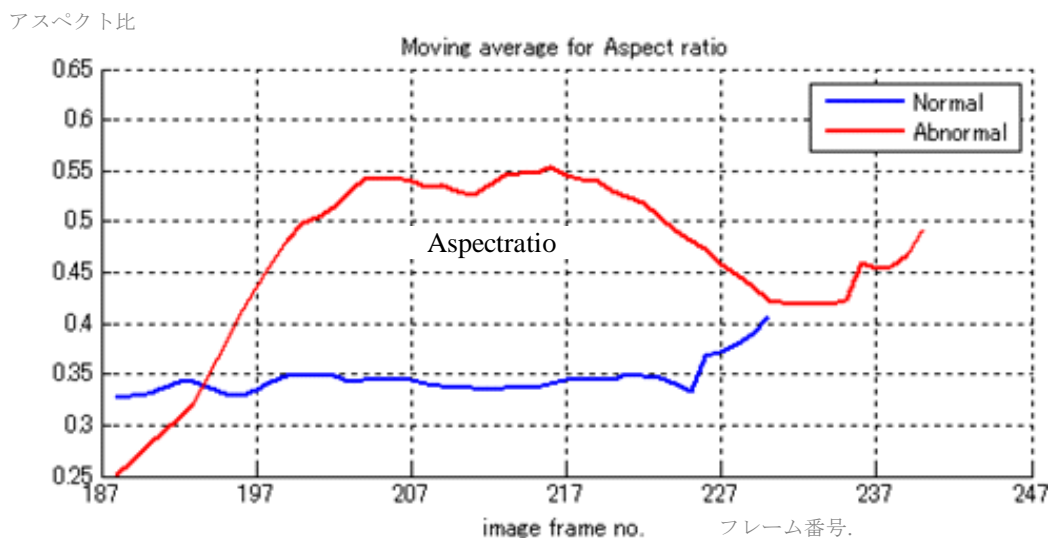


図 4-1-7 アスペクト比による人の姿勢判定例

そこで、立ち状態の判定閾値 TH_S およびしゃがみ込み状態の判定閾値 TH_L を実験的に求めることで、式 (II) のように歩行者の姿勢を容易に判定することが可能である。

$$pose = \begin{cases} 0 & \text{if aspect ratio} < TH_S \quad (\text{standing}) \\ 1 & \text{if } TH_S \leq \text{aspect ratio} \leq TH_L \quad (\text{crawling}) \quad \cdots \quad (\text{II}) \\ 2 & \text{if aspect ratio} > TH_L \quad (\text{lying}) \end{cases}$$

(4) ロケーション情報

オブジェクトの位置情報は、画像上の座標と地理的な意味を組み合わせることで表現される。構築したフレームワークでは、図 4-1-6 (b) のように、各シーンに対応したロケーションマップを用意する。ロケーションマップは、座標情報よりも粒度の荒い領域を定義し、その画像上の領域の固有番号と地理的な意味を対応付けている。

例えば、駅のシーンにおいては、通常の歩道 (floor)、改札口 (gate)、柵 (fence)、ベンチ (bench)、壁 (wall)、ゴミ箱 (garbage box)、障害物 (obstacle)、階段 (stairs) など様々な意味を持つ位置 (ロケーション) が想定される。このロケーションマップ上の座標とオブジェクトの足元の位置座標を対応させることで、そのオブジェクトの存在するロケーションを決定する。

図 4-1-6 (b) は駅構内における領域とロケーションの設定例を示している。各ブロックにおけるロケーションは、その定義されたブロックを基点として、ガウス分布に従う確率的な広がりを持つものとする。図 4-1-6 (b) の赤色の領域は改札口のロケーションの確率的な広がりを示している。ロケーションは確率的な広がりを持つため、各ブロックではロケーションベクトルが生成される。例として、中心の位置座標が (x_m, y_m) であるブロック (m, n) におけるロケーションベクトル $l(x, y; m, n)$ は、以下の式 (III) (IV) で構成される確率的な分布を持つ。なお、 $q(m, n)$ は、位置 (m, n) のブロックにおけるロケーション情報を示す 5 次元 (各次元はそれぞれ Floor, Gate, Fence, Bench, Stairs に相当) のベクトルである。

$$l(x, y; m, n) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\frac{\sigma_y^2(x-x_m)^2 + \sigma_x^2(y-y_m)^2}{2\sigma_x^2\sigma_y^2}} \cdot \mathbf{q}(m, n) \quad (\text{III})$$

$$\mathbf{q}(m, n) = \begin{cases} (1,0,0,0,0) & \text{Floor} \\ (0,1,0,0,0) & \text{Gate} \\ (0,0,1,0,0) & \text{Fence} \\ (0,0,0,1,0) & \text{Bench} \\ (0,0,0,0,1) & \text{Stairs} \end{cases} \quad (\text{IV})$$

このとき、各ブロック (x, y) におけるロケーションの状態確率は、式 (V) のように画像上のすべてのブロックにおけるロケーションベクトルの総和を正規化したもので表現される。

$$\mathbf{L}(x, y) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N l(x, y; m, n) \quad (\text{V})$$

最終的には、画像上のすべてのブロックにおけるロケーションの状態確率が計算され、その結果はロケーション状態確率マップとして保持される。これは、各ブロック

が確率的にどのロケーションに属しているかを示している。

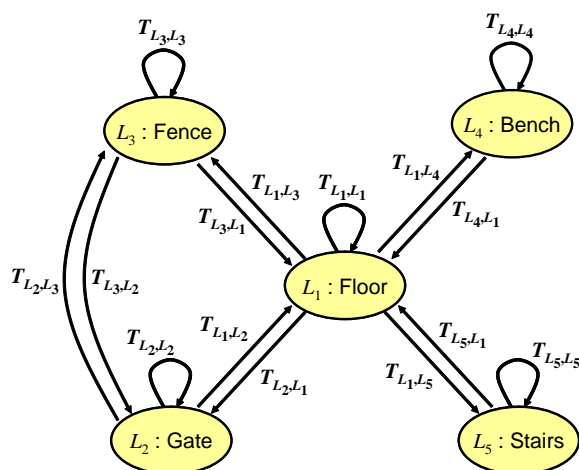
人物が位置する尤もらしいロケーションの検出は、トレリス符号化的に行われる。オブジェクトのロケーションの経路は過去にそのオブジェクトが通過した経路上におけるロケーション状態確率 $L(x, y)$ と、各ロケーション間の状態遷移確率 T から求められる。

例として、オブジェクトの経路が X (ロケーションの遷移を $L(t)$ 、状態確率を $S(t)$ とする ($0 \leq t \leq t_c$)) である確率 $P(L|X)$ は、式 (VI) のように表される。式 (VI) の $T_{L(t)L(t+1)}$ はロケーション $L(t)$ から $L(t+1)$ への遷移確率である。

$$P(L|X) = \prod_{t=0}^{t_c} T_{L(t)L(t+1)} S(t) \quad (VI)$$

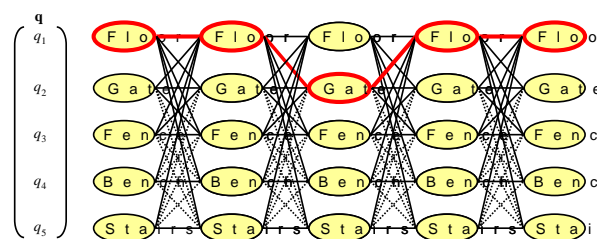
上記の経路確率計算を過去のロケーション遷移に関するすべての経路について行い、最大経路確率を持つ経路を最終的にそのオブジェクトが通過した経路であると確定する (式 (VII))。

$$\hat{X} = \arg \max_X P(L|X) \quad (VII)$$



(a) 状態遷移図

	$t-4$	$t-3$	$t-2$	$t-1$	t
L_1	0.7	0.4	0.2	0.6	0.9
L_2	0.2	0.4	0.6	0.3	0.1
L_3	0.1	0.2	0.2	0.1	0
L_4	0	0	0	0	0
L_5	0	0	0	0	0



(b) 経路決定

図 4-1-8 トレリス符号化的ロケーション推定

表 4-1-9 状態遷移確率 (From S(t) to S(t+1))

		S(t+1)				
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
S(t)	L_1 : Floor	0.4	0.15	0.15	0.15	0.15
	L_2 : Gate	0.3	0.4	0.3	0	0
	L_3 : Fence	0.3	0.3	0.4	0	0
	L_4 : Bench	0.3	0	0	0.7	0
	L_5 : Stairs	0.5	0	0	0	0.5

仮に、駅構内における状態遷移図を図 4-1-8 (a)のように定義し、その遷移確率を表 4-1-9とした場合、移動オブジェクトを推定し、オブジェクトのロケーション経路を図 4-1-8 (b)と決定する。

(5) 複数オブジェクトの相互関係情報

(1)～(4)では、単独オブジェクトに関するフレームワークの要素について説明を行った。しかし、実際のシーンでは、単独のオブジェクトの情報のみでは完全に把握することができない事象も存在する。例えば、不審物検知では、どの歩行者がその不審物を置き去りにしたのかが問題となる。また、ある歩行者が倒れこんだ場合には、その他の歩行者がその倒れこみに関係している可能性もある。

構築したフレームワークでは、このような複数のオブジェクト（歩行者）間における行動把握を可能にするために、図 4-1-10のような各オブジェクト間における近接情報を時系列データとして保持する Multiple objects interaction map を用いる。前述の(4)までのオブジェクトの各要素とこのマップによるオブジェクト間の相関情報を同時に考慮することで、複数オブジェクト間における人物行動把握が可能となる。

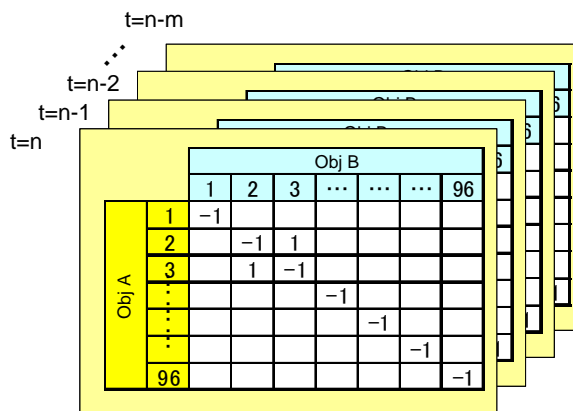
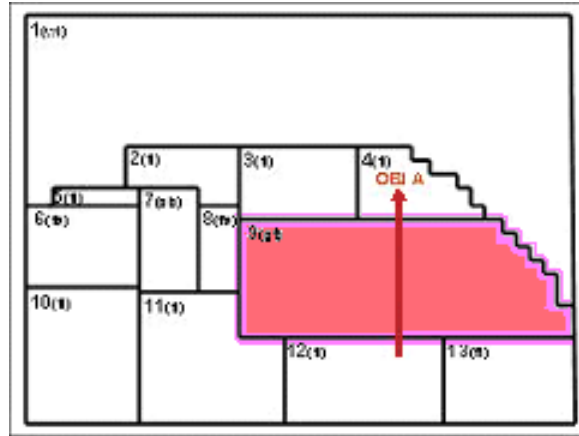


図 4-1-10 Multiple objects interaction map

以上の(1)～(5)の要素を組み合わせた人物行動把握フレームワークにより、検出する事象が定義される。

単独オブジェクトの行動把握は、オブジェクトの属性 (Attribute)、姿勢 (Pose)、ロケーション (Location)、を組み合わせ判断される。単独歩行者の行動把握例として、駅改札シーンにおける改札不正侵入 (しゃがみ込み) 行動の把握例を図 4-1-

1 1 に、徘徊行動の把握例を図 4-1-1 2 に示す。



(a) ロケーションマップ

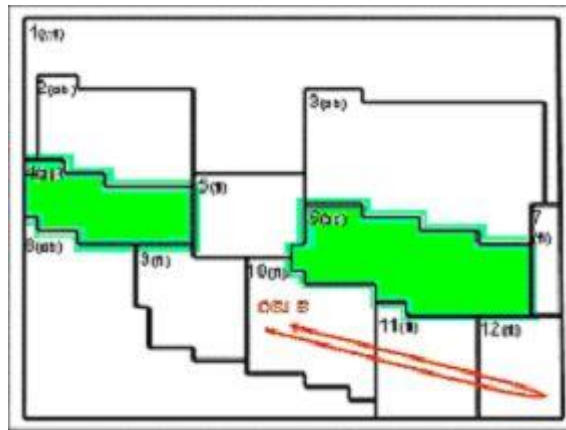
OBJ A

Attribute	Pose	Location	Interaction
Pedestrian	Standing	12:Floor	-
Pedestrian	Standing	9:Gate	-
Pedestrian	Crawling	9:Gate	-
Pedestrian	Standing	4:Floor	-

Illegal gating

(b) シーケンス

図 4-1-1 1 単独オブジェクトの行動把握例 (改札不正侵入)



(a) ロケーションマップ

OBJ B

Attribute	Pose	Location	Interaction
Pedestrian	Standing	10:Floor	-
Pedestrian	Standing	11:Floor	-
Pedestrian	Standing	12:Floor	-
Pedestrian	Standing	11:Floor	-
Pedestrian	Standing	10:Floor	-

Loitering

Duration > T_L

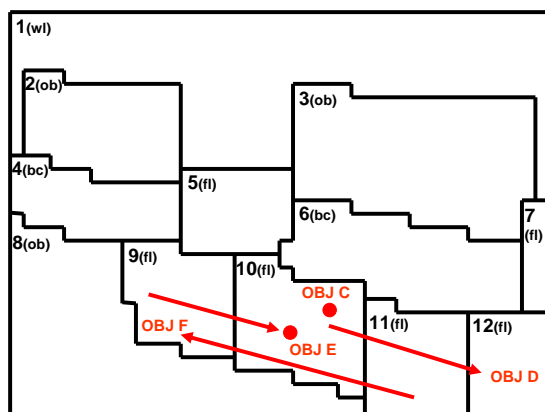
(c) シーケンス

図 4-1-1 2 単独オブジェクトの行動把握例 (徘徊)

一方、複数オブジェクト間の行動把握は、上記の要素群にさらにオブジェクト間の相関を組み合わせて判断される。

複数オブジェクト間の行動把握では、不審物の検知や人物の横たわりが検出された際に、過去にさかのぼってそれらのオブジェクトに相関していたオブジェクトが存在していたかどうかを判定する。存在していた場合は、それらのオブジェクトも同時に不審物の所有者や倒れこみの原因となった人物などとして検出される。

図 4-1-13 に複数オブジェクト間の行動把握の例を示す。



(a) ロケーションマップ

OBJ E			
Attribute	Pose	Location	Interaction
Pedestrian	Standing	9:Floor	-
Pedestrian	Standing	10:Floor	F
Pedestrian	Crawling	10:Floor	-
Pedestrian	Lying	10:Floor	-

→ Lying down

OBJ F			
Attribute	Pose	Location	Interaction
Pedestrian	Standing	11:Floor	-
Pedestrian	Standing	10:Floor	E
Pedestrian	Standing	9:Floor	-

→ Suspicious Pedestrian

(b) 喧嘩による倒れこみの検出例

OBJ C			
Attribute	Pose	Location	Interaction
Object	-	10:Floor	D
Object	-	10:Floor	-
Object	-	10:Floor	-
Object	-	10:Floor	-
Object	-	10:Floor	-

→ Abandoned object

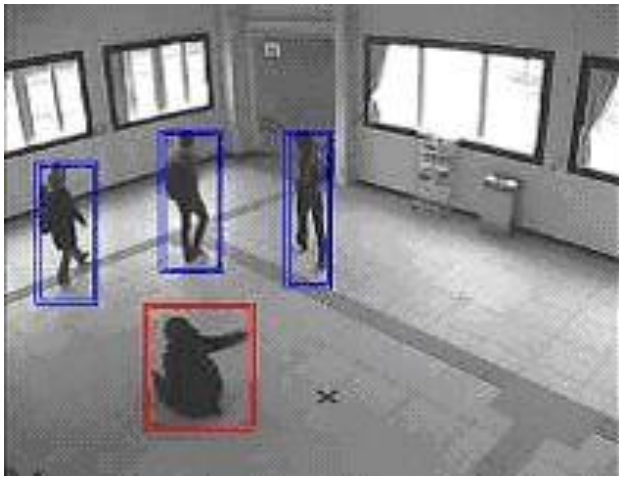
OBJ D			
Attribute	Pose	Location	Interaction
Pedestrian	Standing	10:Floor	C
Pedestrian	Standing	11:Floor	-
Pedestrian	Standing	12:Floor	-

→ Owner of the abandoned object

(c) 不審物置き去りの検出例

図 4-1-13 複数オブジェクト間の行動把握例

図 4-1-14 に行動把握フレームワークに基づいた駅構内における異常行動検出の検証例を示す。(赤枠が異常行動として検知した人物であることを示す。)



(a) 酔客の座り込み (しゃがみ込み)



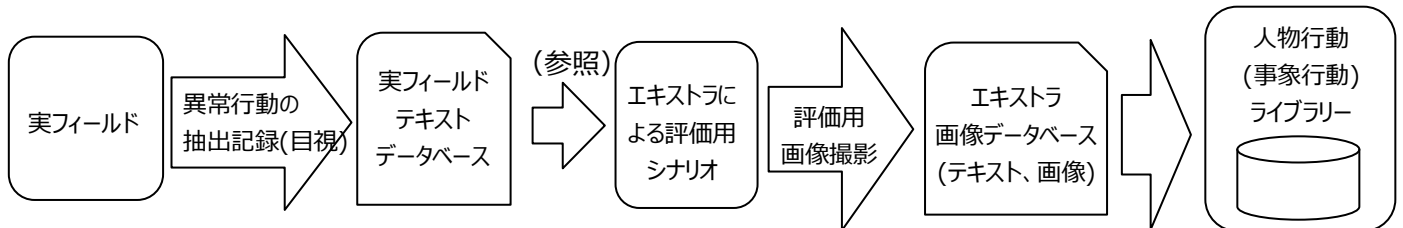
(b) 2人の酔客の滞留

図 4-1-14 複数オブジェクト間の行動把握検証例

4-2 人物行動データの収集および認識技術の開発（フィールドデータ収集&実験）

4-2-1 研究開発の概要

「どのような行動を示す人物を認識対象とすべきか」を明らかにするため、長時間にわたり実フィールドでの異常行動事象を抽出する。さらに、抽出結果を参照し、社外の駅シミュレート施設を利用して、エキストラに実際の行動シーンを演じさせ映像を撮影する。この撮影した映像に対し、人手により人物軌跡情報や行動情報の付与を行うことで人物行動（事象行動）ライブラリーを構築する。図4-2-1に、人物行動（事象行動）ライブラリー構築のプロセスを示す。



実フィールドテキストデータベースを作成するための画像情報の取扱いが不適切であったため、平成27年から28年にかけて実フィールドを目視で観察した。さらに目視記録から異常行動を抽出し、実フィールドテキストデータベースを再構築した。

図4-2-1 人物行動(事象行動)ライブラリー構築プロセス

4-2-2 達成状況

4-2-2-1 人物行動(事象行動)ライブラリーの構築

表4-2-1の通り、実フィールドにおいて異常行動を目視にて収集した。

表4-2-1 実フィールドにおける異常行動の収集

収集場所	事象	時間
鉄道施設	改札不正通過、改札混雑、放置物、滞留、喧嘩、うろつき・徘徊、しゃがみ込み、ゴミ箱あさり	4692 時間
商業施設	放置物、滞留、うろつき・徘徊、しゃがみ込み	120 時間
自社施設	滞留	45 時間
合計		4857 時間

目視記録したテキストデータから構築した実フィールドテキストデータベースの内訳を、表4-2-2 構築したデータベース(a)実フィールドテキストに示す。

実フィールドテキストデータベースは途中生成物である。次に実フィールドテキストデータベースを参照した上、技術者知見を加えて実際のフィールドで発生するシーンを想定し、エキストラに演じさせる評価用シナリオを作成した。

この評価用シナリオに基づいて、外部施設で構築した実験環境(模擬駅)にて、エキストラに異常行動を演じさせて、エキストラ画像データベース(表4-2-2(b))を作成した。

最終成果物である人物行動(事象行動)ライブラリーは、このエキストラ画像と、エキストラ画像上の人物がどのような動きを行っているかを1フレーム(動画を構成する個々の静止画)ごとに人物の座標と座標の移動情報を手入力した行動軌跡データで構成されたものとなる。

表 4-2-2 構築したデータベース

(a) 実フィールドテキスト

事象	データベース件数
改札不正通過	17
改札混雑	480
放置物	8
滞留	127
喧嘩	3
うろつき・徘徊	78
しゃがみ込み	12
ゴミ箱あさり	4
合計	729

(b) エキストラ画像

事象	データベース件数
改札不正通過	70
改札混雑	22
放置物	182
滞留	131
喧嘩	25
うろつき・徘徊	36
しゃがみ込み	21
ゴミ箱あさり	19
ひったくり	20
寝そべり	109
走行	62
避難	26
酔客	24
合計	747

4-3 時空間 MRF のズーミング・パンニング対応への拡張技術の研究開発

4-3-1 研究開発の概要

固定カメラの時空間 MRF アルゴリズムでは、固定カメラの背景画像と画素の差分が一定値以上の部分にのみ評価関数を適用し、領域分割のための ID 付与を行っている。しかし、ズーミング・パンニング画像の場合は、固定された背景画像が生成できない。そこで、固定カメラから背景画像が生成された後、画像がパンニング・ズーミングにより動いていることを検知した場合に、この背景画像を擬似移動物体と見なして領域 ID を付与し、本来の移動物体と同様にトラッキングすることで、動く背景と本来の移動物体との領域分割を行う手法の開発を行った。

既存の関連技術の多くは、固定画像でのトラッキング、ズーミング・パンニングのそれぞれに固有の手法を定義し、アドホックに組み合わせたものが多いが、時空間 MRF のズーミング・パンニング対応への拡張は、現状の時空間 MRF が有する技術の延長であり、様々なシーンを統一的に扱うことが可能となり、機能の拡張性、実装のし易さ、システムの安定性等の様々な面で優位性がある。

4-3-2 達成状況

時空間 MRF をズーミング・パンニングに対応し、さらに、より長時間のトラッキングを可能にするため、動的輪郭法 Snakes との協調トラッキングアルゴリズムを開発した。

動的輪郭法 Snakes とは、画像平面 (x, y) 上で媒介変数表現されたスプライン (制御点の集合) の閉曲線 $v(s) = (x(s), y(s)) (0 \leq s \leq 1)$ 上で、式 (I) で定義されるエネルギー関数を最小するように閉曲線の形状を順次変形し、対象物の形状を求める輪郭抽出モデルである。

$$E_{snake} = \int_0^1 (E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s))) ds \quad (I)$$

式 (I) の第一項 E_{int} は内部エネルギーと呼ばれ、これにより、Snakes のスプラインが凸型に滑らかに収縮する性質をもつ。理論上の定義は式 (II) で表され、式 (II) における第一項によりスプラインが凸型に滑らかになり、第二項によりスプラインが収縮する性質をもつ。

$$E_{int}(v(s)) = \frac{1}{2} \left\{ \alpha \left| \frac{\partial}{\partial s} v(s) \right|^2 + \beta \left| \frac{\partial^2}{\partial s^2} v(s) \right|^2 \right\} \quad (II)$$

式 (I) の第二項 E_{image} は画像エネルギーと呼ばれ、スプライン全体として、エッジ (輪郭などの輝度の勾配が大きい箇所) 上に存在する割合が大きいほど、その値が小さくなるという性質をもつ。本エネルギーは画像の輝度 $I(v(s))$ により次 (III) で定義する。

今回、照度によらず安定して輪郭エッジを抽出するために、これまで我々が開発してきた照度不変フィルタ画像を画像エネルギーとして用いた。

$$E_{image}(v(s)) = -\frac{1}{2} \gamma |\nabla I(v(s))|^2 \quad (III)$$

式 (I) の第三項 E_{con} は外部エネルギーと言われ、Snakes に外部から強制的に力を働かせる場合に用いる。このエネルギーは必要に応じて定義できる。今回は、内部エネルギーに用いられる E_{int} の影響で抽出が困難であった凹形状の輪郭抽出用に提案され

た面積項を外部エネルギーとして定義した。面積項 E_{area} は次式で導出される。

$$E_{area} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [x_i(y_{i+1} - y_i) - (x_{i+1} - x_i)y_i] \quad (IV)$$

時空間 MRF をこの動的輪郭法 Snakes に協調させた例を図 4-3-1 に示す。まず、輪郭を抽出したい対象の周囲に、初期制御点を配置する (図 4-3-1 (a))。次に、Snakes は収縮を始め (図 4-3-1 (b))、最後に輪郭線付近で収縮が止まる (図 4-3-1 (c))。

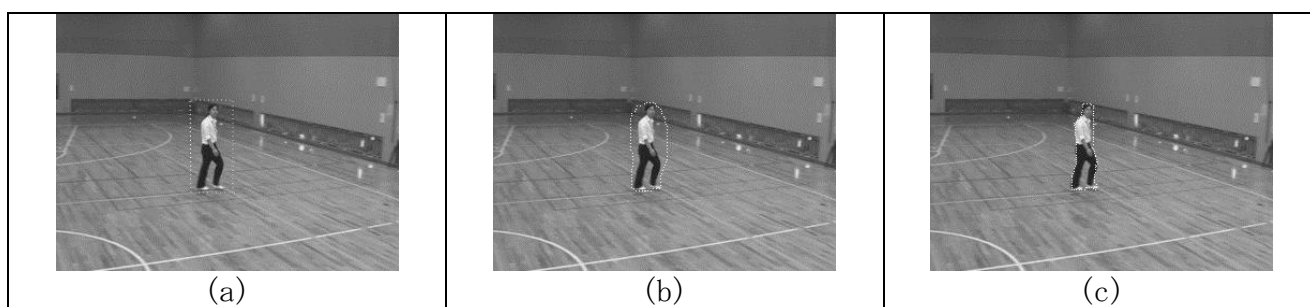


図 4-3-1 Snakes 実行結果

この動的輪郭法 Snakes を時空間 MRF と協調させる際のポイントは以下のとおり。

- ① 背景エッジが多く含まれる場合、初期制御点を輪郭から離れた場所に配置すると、スプラインがオブジェクトの輪郭線に収束する前に背景エッジに捉われ、エネルギーが極小状態になり、オブジェクトの輪郭線抽出に失敗してしまうことがある。そのため、初期制御点をある程度オブジェクトの輪郭付近に配置する必要がある。
- ② 時空間 MRF で得られる人物の局所領域は、パンニング中は背景オブジェクトと人物オブジェクトの境界が曖昧になるケースが見受けられるため、より確実に人物オブジェクトと背景オブジェクトを分離する必要がある。

そのために、オブジェクトマップによって得られる人物オブジェクトの周辺矩形内におけるエッジ分布 (照度不変フィルタ画像の 2 値分布) の解析により人物領域を推定し、その周囲に初期制御点を配置することで輪郭抽出の精度向上を図った。エッジ分布の解析は、水平軸、鉛直軸にそれぞれ射影し、ヒストグラムを生成することで解析を行っている (図 4-3-2)。

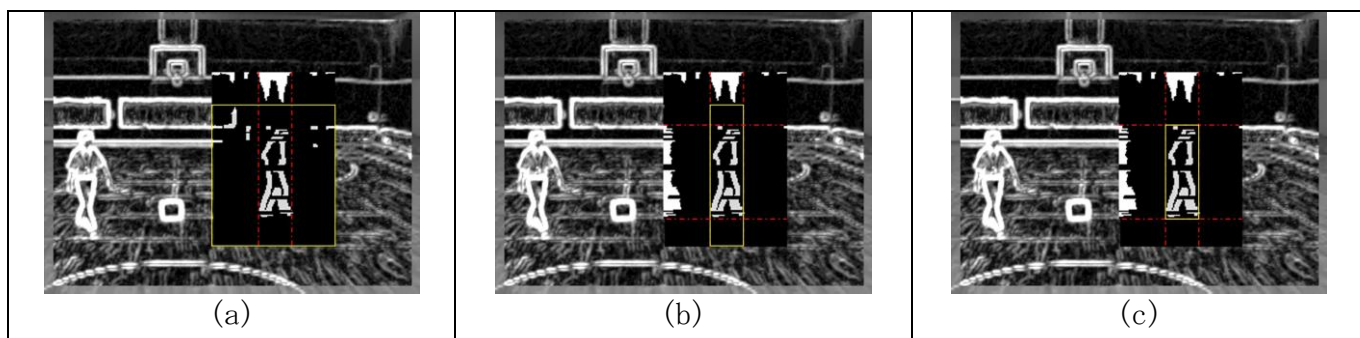


図 4-3-2 エッジ分布解析

以下に詳細な処理フローを示す。

① STEP1 [エッジ分布の前処理] :

エッジ画像をラベリングし、面積の小さいものをノイズとして除外する。

② STEP2 [水平軸ヒストグラム解析] :

STEP1 で得られたエッジ分布から水平軸ヒストグラムを生成する。人物は縦に連続する長いエッジを持つことから、縦方向の連続性の弱いエッジを除去した後、一度水平軸に正射影し、縦方向の強い分布から人物の水平領域を絞る。その後、絞られた領域内において、得られたエッジ分布を水平軸に射影し、ヒストグラムを生成する。そして、得られた水平軸ヒストグラムにおいてウインドウをスキャンし、連続して分布する領域を求めることで、水平成分における人物エッジの分布領域の推定を行う (図 4-3-2 (a))。

③ STEP3 [鉛直軸ヒストグラム解析] :

STEP1 で得られたエッジ分布から鉛直軸ヒストグラムを生成する。人物は横方向にもある程度長い連続エッジを持つことから、横方向の連続性の弱いエッジを除去した後、一度鉛直軸に射影し、横方向の分布から人物の鉛直領域を絞る。

その後、絞られた領域内において、エッジ分布を鉛直軸に射影し、ヒストグラムを生成する (図 4-3-2 (b))。

そして、得られた水平軸ヒストグラムにおいて連続して分布する領域を求めることで、水平成分における人物エッジの分布領域の推定を行う (図 4-3-2 (c))。

鉛直軸ヒストグラムは、STEP2 で狭められた局所領域内のエッジ分布から生成することもできる。

以上のステップにより、図 4-3-3 に示すような人物と背景が分離しにくいようなケースにおいても、エッジの分布情報を参照することで、より正確な人物の外接矩形領域を得ることができる。

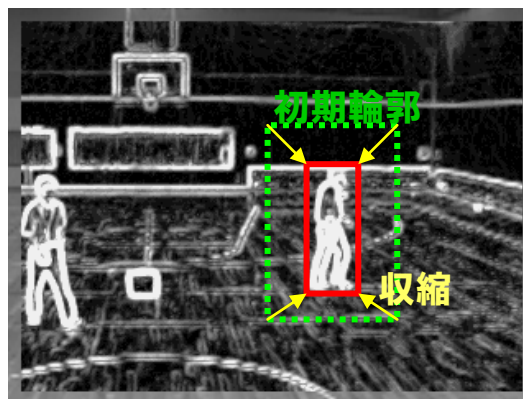


図 4-3-3 人物の ROI (外接矩形領域) の抽出

次に、時空間 MRF と Snakes との階層間協調によるトラッキング処理ステップを述べる。

<Snakes によるオブジェクトマップの修正 (オクルージョンなし) >

① STEP1 :

時空間 MRF の出力として、オブジェクトマップを受け取り、各オブジェクトにおける外接矩形領域の情報を得る。

② STEP2 :

各オブジェクトにおいて、STEP1 で得られた局所領域においてエッジの分布解析を行い、オブジェクトの輪郭周辺に Snakes の初期制御点を配置する。

③ STEP3 :

各オブジェクトにおいて、Snakes を実行する。STEP1 で得られた外接矩形の大きさと比較し、スプラインが収縮しすぎてしまったオブジェクトに関してはオブジェクトマップを修正せず、それ以外のオブジェクトに対しては Snakes の処理結果を反映し、オブジェクトマップを修正する。

<Snakes によるオブジェクトマップの修正（オクルージョンあり）>

① STEP1 :

時空間 MRF の出力として、オブジェクトマップを受け取り、各オブジェクトにおける外接矩形領域の情報を得る。オクルージョンが検知された（他のオブジェクトの外接矩形と重複領域をもつ）オブジェクトに対しては、オクルージョンし合っているものを一つのグループとして外接矩形領域を求める。

② STEP2 :

STEP1 で得られた局所領域においてエッジの分布解析を行い、オブジェクトの輪郭周辺に Snakes の初期制御点を配置する。

③ STEP3 :

Snakes を実行する。STEP1 で得られた外接矩形の大きさと比較し、スプラインが収縮しすぎてしまったオブジェクトに関してはオブジェクトマップを修正せず、それ以外のオブジェクトに対しては Snakes の処理結果を反映し、オブジェクトマップを修正する。

その際、各オブジェクトの外接矩形領域内の ID 番号のラベリングにおいては、非重複領域はそのオブジェクトの ID 番号、重複領域に関しては時空間 MRF の出力結果によりラベリングを行う。

図 4-3-4 に Snakes によるオブジェクトマップの修正例を示す。図 4-3-4 (1-a) と (1-b) はオクルージョンのない場合の例、図 4-3-4 (2-a) と (2-b) はオクルージョン時の例である。図 4-3-4 (2-a) と (2-b) では、一度 ID 番号 6 と ID 番号 7 の人物を一つのグループとし、Snakes によりグループの輪郭線（背景と人物との境界）を求めている。そして、グループ内の領域分割は、時空間 MRF による出力情報を反映している。

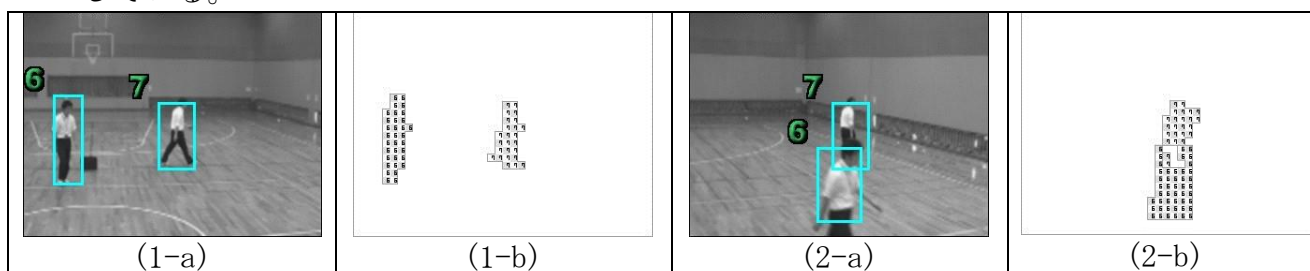


図 4-3-4 Snakes によるオブジェクトマップの修正

追跡の事例を図 4-3-5 および図 4-3-6 に示す。また、追跡性能の評価結果を表 4-3-1 に示す。目標性能である閑散時 98%以上、混雑時 90%以上を満たしている。（評価方法の詳細は 4-6 項「総合評価」を参照）



図 4-3-5 人物追跡事例（1）



図 4-3-6 人物追跡事例（2）

表 4-3-1 パンニング時のトラッキング結果

状態	母数	成功		未検知		誤追跡 人数
		人数	率	人数	率	
閑散時	55	54	98.2%	1	1.8%	0
混雑時	43	39	90.7%	4	9.3%	0
合計	98	93	94.9%	5	5.1%	0

4-4 人物監視のための顔認識技術とトラッキング技術の融合

4-4-1 研究開発の概要

4-3項で示すサブテーマで開発するズーミング・パンニングによる人物追跡技術と顔領域の検出およびデータベースとの認識照合による人物特定を行うための一連の技術の連携に関する研究開発を行う。

顔認識技術の開発課題としては、歩行中の人物の顔部分を抽出することが挙げられ、静止している人物に比べ、顔姿勢の安定した連続画像フレームを取得することが困難である。そこで、本研究では、多数の画像フレームから適切な画像を選択するアルゴリズムと最適な画像をアクティブに制御するカメラ制御アルゴリズムの研究開発を行う。

4-4-2 達成状況

安定して顔検出を行うためには、顔のサイズを大きく撮影することが望ましい。しかし、顔を大きく撮影した画角では、画像中における人物の移動量が大きくなるため、ターゲットの人物をトラッキングする処理が追いつかず、フレームアウトしやすくなる。

したがって、顔撮影に最適なタイミングにのみ、顔検出に最適な大きさにズームアップする必要がある。そこで、ズーミングに最適なタイミングを求め、ズーミングの頻度を削減することを目的に、図 4-4-1 に示す処理フローを実現するカメラ制御アルゴリズムを構築した。

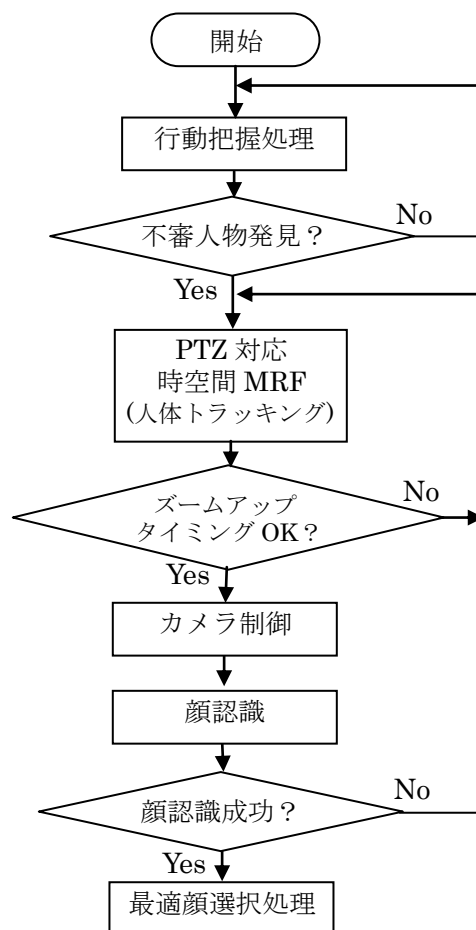


図 4-4-1 トラッキングと顔の認識技術融合 処理フロー

まず、ズームングの頻度を削減するためには、ズームアップした際には確実に最適な顔画像を撮影する必要がある。

このため、人物がカメラに向いていることを確実に認識できることが望ましいが、トラッキングをしている状態では、通常カメラは広角側で撮影をしているため解像度が小さく、撮影した画像から顔が正面を向いていることを判断することは難しい。

そこで、トラッキング対象がどのような動線を描いて移動しているかを元に、顔向きを推定することで、その人物にズームをすべきかそうでないかを判断することとした。

今回構築した手法は、トラッキング対象人物の動線が、

- ① カメラの光軸の俯角が小さい（概ね 30 度以下）
- ② カメラに向かって真っ直ぐ動いている（光軸上を動いている）

という条件を満たしている時に、対象人物が正面を向いて近づいていると判断し、ズームアップを開始し顔認識を行うこととした。

なお、①項は、PTZ カメラのチルト角度より容易に判断することができ、また②項は、以下の A、B の手順で判断するものとした。

A. パン角度を経度、チルト角度を緯度と見立て、メルカトル図法の手法を用いて、光軸の指し示す点を平面に展開する。このとき、展開された平面は長方形となり、パン角度が同一の点は縦方向の直線（経線に相当）、チルト角度が同一の点は横方向の直線（緯線に相当）となる。

B. 展開された平面では、カメラに対して真っ直ぐ向かってくるトラッキング対象人物の軌跡は、経線上を下方向に動くという性質から、平面上でトラッキング対象人物の動きを表すベクトルの向きが、経線下向きを中心にある一定の範囲（±30 度程度）にあるときは、カメラの光軸に対して真っ直ぐに動いているものとみなす。

以上に述べたズームタイミングの判定処理の流れを図 4-4-2 及び図 4-4-3 に示す。図 4-4-2 において、実空間上で①→②→③→④と動作する人物を、時空間 MRF を用いたトラッキング手法により PTZ カメラの光軸を変化させ、対象人物の中心が画面の中心にくるようにトラッキングしているものとする。

このときのトラッキング対象人物の軌跡を、前述の方法を用いて平面状にあらわしたものが図 4-4-3 である。①→②→③の動作では、経線に対してほぼ垂直（緯線に対してほぼ平行）に動作しているため、光軸に対して向かって動いているとは判断されない。

これに対して、③→④では、動線が、経線に対して平行で下向きに動いているために、カメラに対して真っ直ぐ動作しているとみなされる。ここで、カメラの俯角（チルト角度）があらかじめ定めた値より小さければ、顔の画像を撮影するのに適しているとみなされ、カメラのズームアップを開始する。

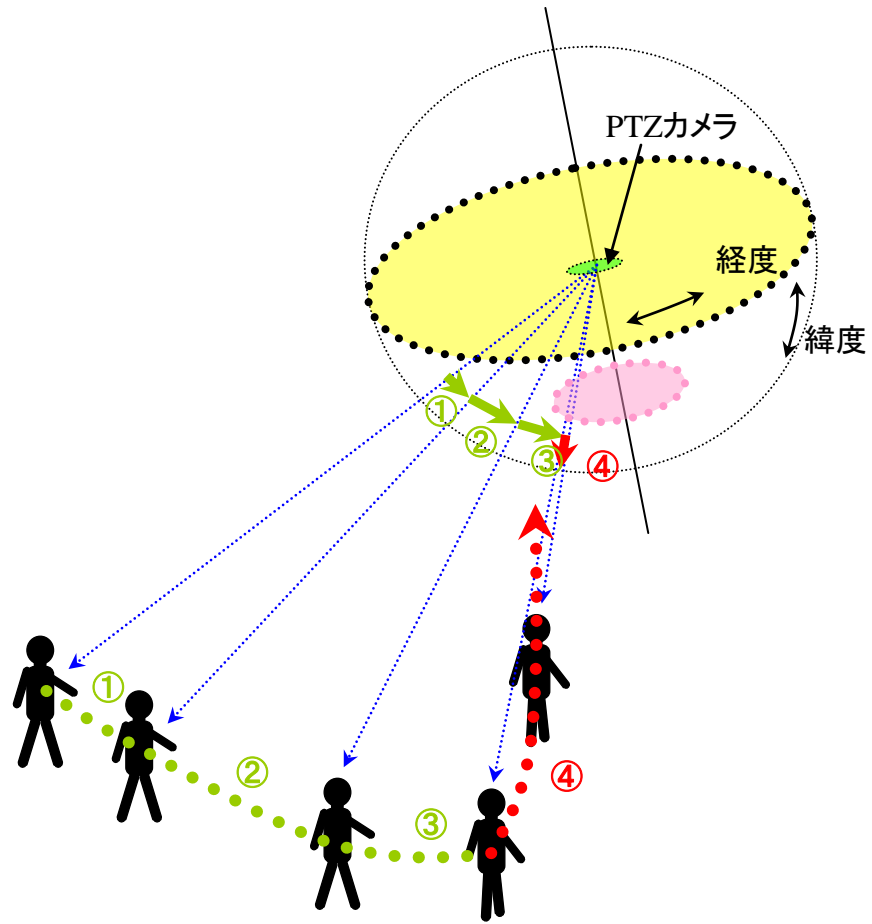


図 4-4-2 トラッキング対象人物の移動による PTZ カメラの光軸の変化

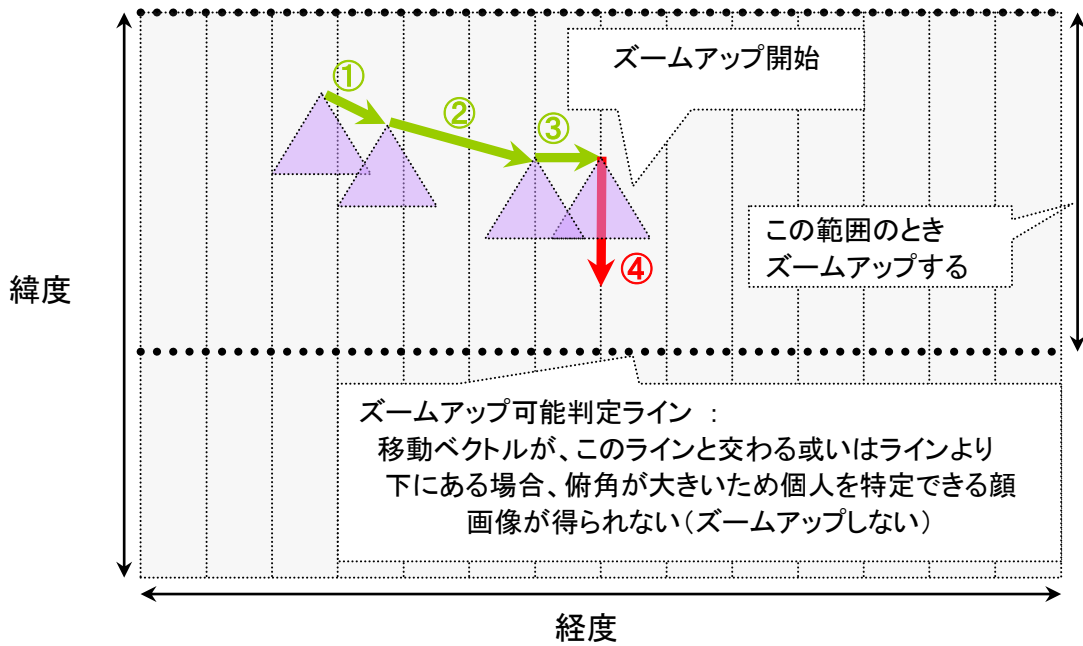


図 4-4-3 メルカトル図法の手法を用いたトラッキング対象人物の移動軌跡

開発した PTZ カメラ制御処理手法にて動作検証を行った。その事例を図 4-4-4 および図 4-4-5 に示す。

図 4-4-4 では、視野の左から右に向けて直線的に歩行した例である。このケースにおいては、カメラの光軸方向に顔を向けることがないため、顔部分をズームアップすることはない。

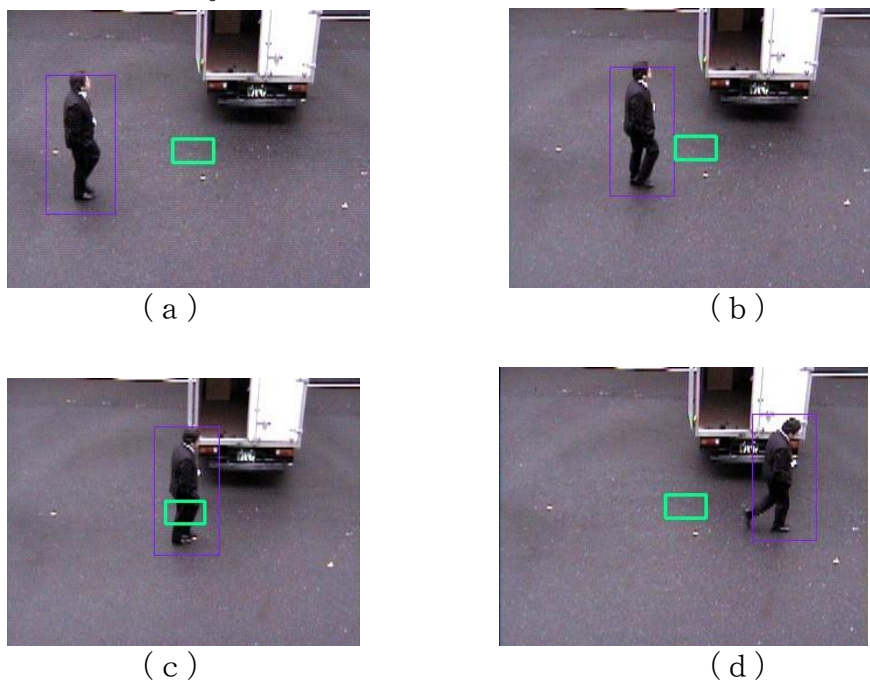


図 4-4-4 視野横断方向に歩行するケース

図 4-4-5 は、カメラの光軸を横切る方向の歩行 ((a), (b)) から光軸方向への歩行 ((c), (d), (e), (f)) に変わったケースである。このケースにおいては、カメラ光軸方向への移動を検知したので、顔をズームアップする制御が働いている ((e), (f))。

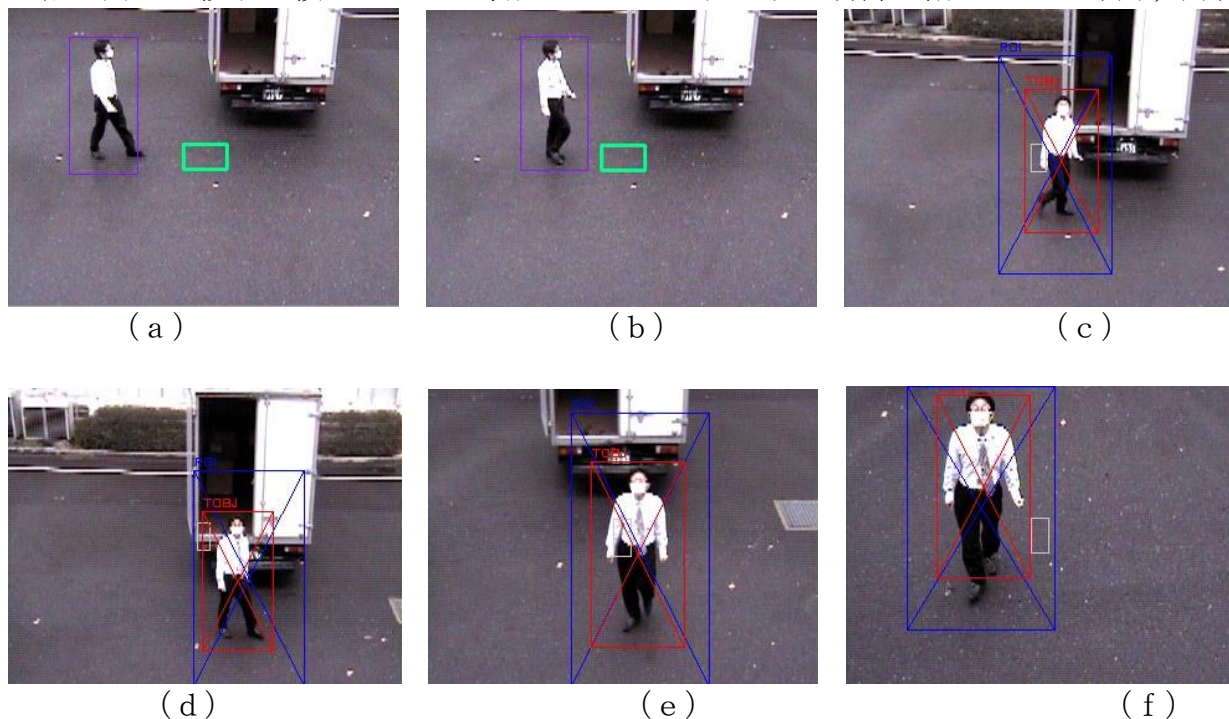


図 4-4-5 カメラ光軸方向に歩行するケース

このアルゴリズムを用いた顔検知性能の評価結果を表 4-4-1 に示す(評価方法の詳細は、4-6 項を参照)。目標性能である顔検知性能 95%以上を満足している。

表 4-4-1 顔検知性能評価結果

	母数	成功		未検知		誤検知
		人数	率	人数	率	人数
閑散時	244	235	96.3%	9	3.7%	0
混雑時	221	215	97.3%	6	2.7%	0
合計	465	450	96.8%	15	3.2%	0

4-5 人物監視のための画像センサネットワーク技術の開発

4-5-1 研究開発の概要

2台の固定カメラもしくはPTZカメラの視野をオーバーラップさせ、そのオーバーラップ領域において人物同定を行うことにより、カメラ間で連携して人物トラッキングを行うことを目的とする。

合わせて、複数のセンサ(カメラ)間のデータをやりとりする自律分散型ネットワークとして、保守性、柔軟性の高いネットワークを実現するため、セミアドホック型のネットワークシステムの実現を目指す。

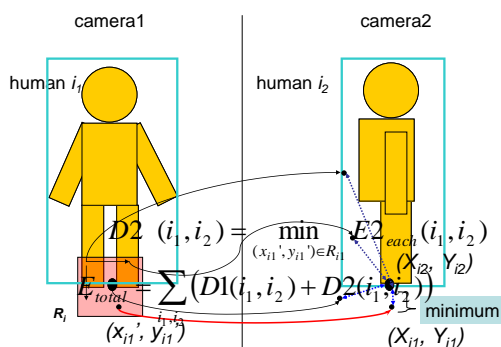
4-5-2 達成状況

4-5-2-1 2台のカメラ間での人物同定

カメラ1 (xy 座標系)、カメラ2 (XY 座標系)における人物の状態をそれぞれ i_1 、 i_2 とし、人物 i_1 の位置を (x_{i1}, y_{i1}) 、人物 i_2 の位置を (X_{i2}, Y_{i2}) で表す。2カメラ間において、人物 i_1 と人物 i_2 のマッチングを行う。

この人物をマッチングする指標として、2カメラ画像間の相対的な距離を用いるが、そのために地上に予めマーキングしておいた4点から座標変換関数を求めるという、きわめて単純なキャリブレーション方法をとる。

そして、距離エネルギーを計算し、距離エネルギーの総和を最小化するペア (i_1, i_2) の集合を求める (図 4-5-1)。



$$E1_{each}(i_1, i_2) = (x_{i1} - x_{i2})^2 + (y_{i1} - y_{i2})^2$$

$$D1(i_1, i_2) = \min_{(X_{i2}, Y_{i2}) \in R_{i2}} E1_{each}(i_1, i_2)$$

$$E2_{each}(i_1, i_2) = (X_{i2} - X_{i1})^2 + (Y_{i2} - Y_{i1})^2$$

図 4-5-1 人物マッチングアルゴリズムの評価関数

本アルゴリズムにおける課題およびその対応策を以下に示す。

(1) オクルージョン対応

オクルージョンが発生している場合、距離エネルギーが大きな値となり、人物のマッチングが正しく行われないう可能性がある。

そこで、オクルージョンが検知された物体の足下の位置を推定することにより距離エネルギー計算の最適化を行い、オクルージョンのある場合でもペアの識別を可能とした。

ここでいうオクルージョン検知とは、下方に他のオブジェクトが接しているオブジェクトにおいて、高さ(外接矩形の縦の長さ)が頭部から計算される高さの学習値よりも一定以上小さい場合のことをいう。また、足下の位置の推定とは、頭部の位置と頭部から計算される高さの学習値を用いて行っている。(図 4-5-2)。

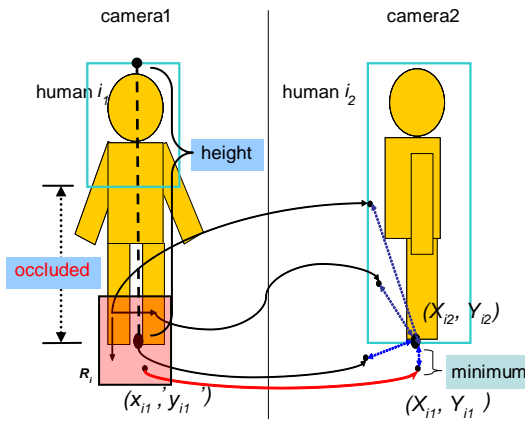


図 4-5-2 オクルージョンのある人物の位置補正

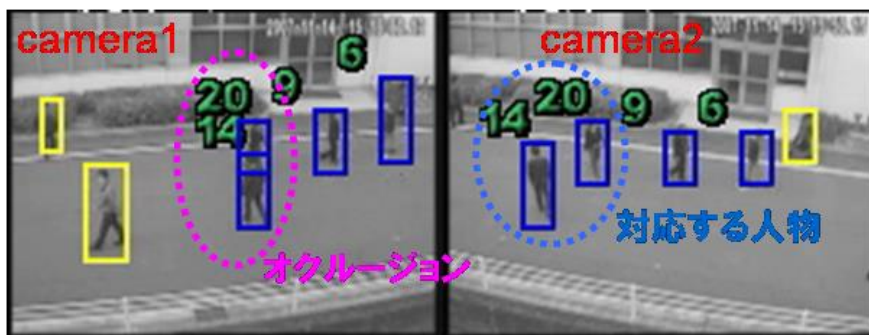


図 4-5-3 オクルージョンのある場合の人物同定例

(2) マッチング処理速度

人物のマッチングにおいては、それぞれのカメラ画像中に存在する人物に対して完全二部グラフを生成し、距離エネルギーの総和を全ての組合せにおいて計算し、距離エネルギーの総和の最小値を求める必要がある。

したがって、画像中に人物の数が増加した場合、計算量が著しく増加するという問題がある。そこで、オーバーラップ領域を分割することで、 E_{total} の最小化における計算量を抑制した。

図 4-5-4 にオーバーラップ領域を 2 分割する例を示す。領域 1 と領域 2 (これらをサブ領域と呼ぶ) を合わせた領域が、もとのオーバーラップ領域である。例えば、カメラ 1 において、領域 1 に 4 人、領域 2 に 4 人の人物がいた場合、もとのオーバーラップ領域には人物が 8 人いることになる。このとき、もとのオーバーラップ領域でマッチング処理を行うと、距離エネルギーの総和 E_{total} は $8! = 40320$ 通りの組合せがあり、最小化における探索空間は著しく大きい。

そこで、各サブ領域において探索を行うことで計算量を抑制する(図 4-5-5)。各サブ領域における E_{total} の組合せはそれぞれ $4! = 24$ 通りの計 48 通りであり、その探索量を大幅に軽減できる。ここで、境界を新たに設けることで、人物位置の定義上、境界付近にいる人物のみ、カメラ 1 においては領域 1、カメラ 2 においては領域 2 にいるといった割り振られ方をすることがある。しかし、提案アルゴリズムでは、このような人物は、大きな距離エネルギーを持つ(除外ペア)か、該当ペアなし(非ペア)と識別されるため、マッチングされない。このような場合は、後段のグローバルなオーバーラップ領域における探索対象として登録され、再度マッチング処理をかけること

で人物マッチングが行われる。以上の処理により、多くの場合において計算量を抑制することができる。

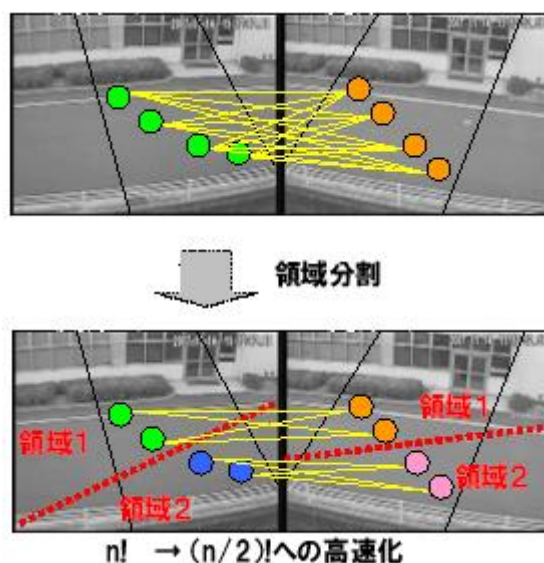


図 4-5-4 マッチング処理の高速化

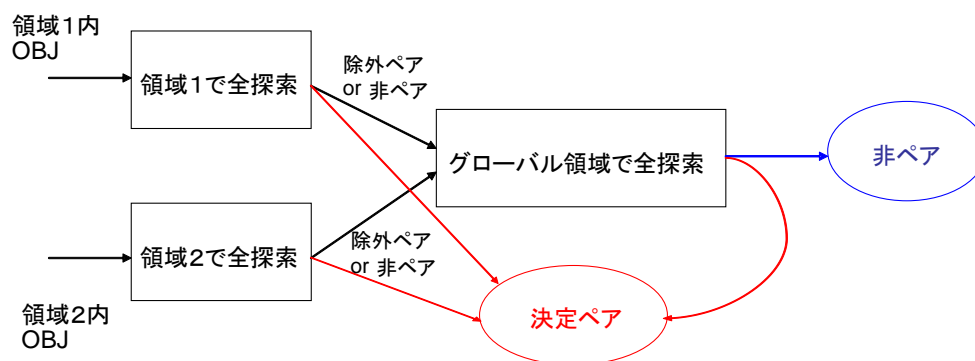


図 4-5-5 マッチング処理高速化フロー

ここまでは、固定の2カメラにおける人物の同定方法について記載したが、2台のカメラの一方あるいは両方がPTZカメラの場合でも、本技術の活用が可能である。

ただし、この際、2台のカメラのオーバーラップ領域はあらかじめ決められている必要がある。

以下に、カメラ1がパンニングしながら人物を追跡し、その後、隣接するカメラ2にどの人物の同定を行うケースについて説明する。

[パンニング開始から人物マッチングまでの処理]

① STEP1 :

外部入力インターフェイスによりカメラがパンニング信号を受け取り、時空間MRFがパンニングモードに切り替わり、パンによるトラッキングが開始される。

② STEP2 :

パンニングを行っているカメラが、予め登録されているカメラ角度までパンしたという信号を受け取る。

③ STEP3 :

時空間 MRF を固定カメラモードに切り替え、人物マッチングアルゴリズムの処理を行う。

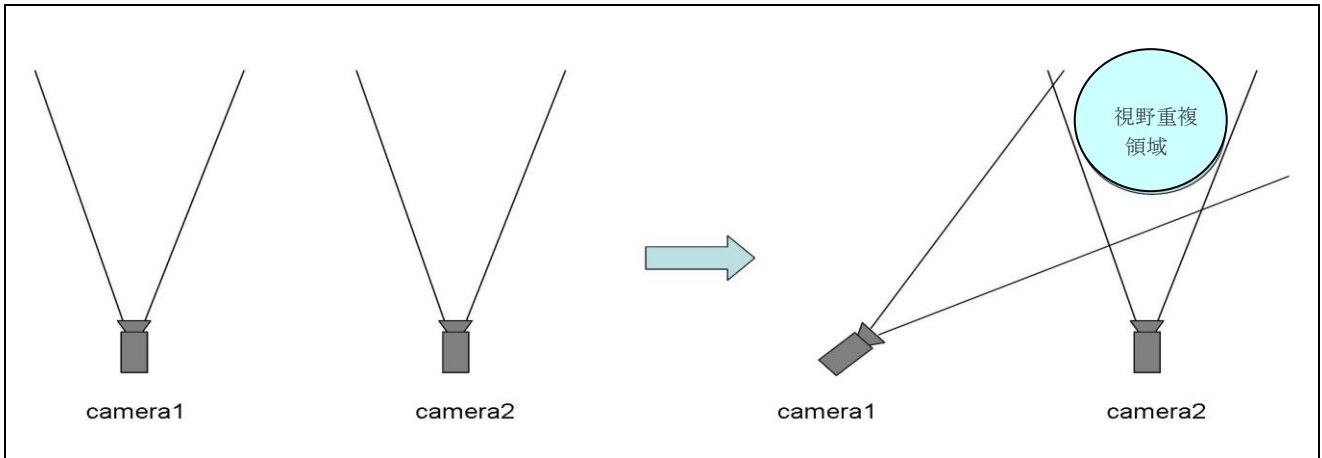


図 4-5-6 パンによる受け渡し

図 4-5-6 にパンによる受け渡しのイメージを示す。

まず、それぞれのカメラが固定カメラモードで人物トラッキングを行っている。次に、カメラ1において、不審挙動を検知し、不審挙動を行った人物をパニングにより追跡する（この不審人物をターゲットと呼ぶ）。ここで、カメラ2は固定カメラモードを保持し続けることに注意する。ターゲットがカメラ1とカメラ2の視野重複した領域に侵入し、マッチングを行うためにあらかじめ登録しておいた角度までパニングしたという信号を受け取る。この信号によりカメラ1はパンを停止し、カメラ1とカメラ2の間でマッチング処理を開始することで、ターゲットの情報をカメラ2へ受け渡し、両カメラによりトラッキングし続ける。

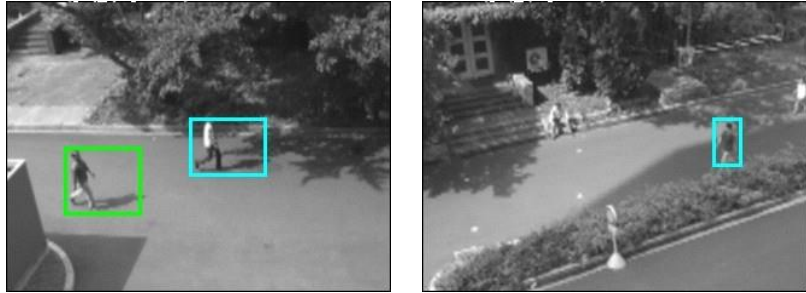
図 4-5-7 に処理結果を示す。左側がカメラ1の画像、右側がカメラ2の画像であり、カメラ2はこの間固定モードのままである。

図 4-5-7 (a) では、2台のカメラが固定モードでトラッキングを行っている。次にカメラ1がパニングを開始する。(図 4-5-7 (b), (c))

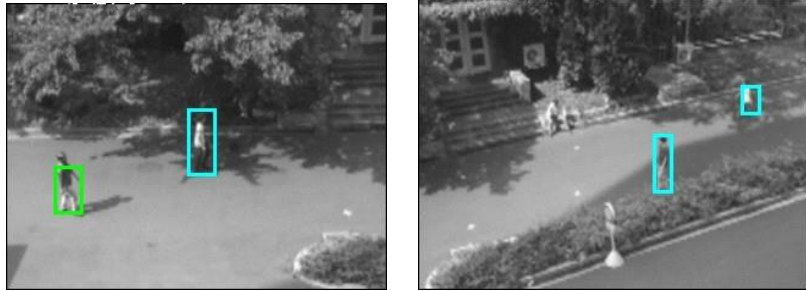
最後に、カメラ1があらかじめキャリブレーションした角度までパニングした後固定カメラモードの信号を受け取り、マッチング処理を行う。画像中に割り振られたID番号が同一人物としてマッチングした結果である。

カメラ 1

カメラ 2



(a) カメラ 1 にて中央に撮影している人物の追跡を開始



(b) カメラ 1 にてパンしながら中央の人物を追跡



(c) カメラ 1 にてパンしながら中央の人物を追跡



(d) カメラ 1 にてパンしながら追跡した中央の人物 (ID6) をカメラ 2 に受け渡し

図 4-5-7 パンによる受け渡し処理結果

開発したアルゴリズムの評価結果を表 4-5-1 に示す (評価方法の詳細は、4-6 項参照)。目標性能である 90% 以上をクリアしている。

表 4-5-1 固定カメラ間人物マッチング評価結果

状態	母数	成功		未検知		誤追跡 人数
		人数	率	人数	率	
閑散時	79	79	100%	0	0%	0
混雑時	72	70	97.2%	2	2.8%	0
合計	151	149	98.7%	2	1.3%	0

4-5-2-2 セミアドホック型ネットワークの構築

大規模なカメラシステムにおいて、カメラ間連携を低コストに実現するためには、無線ネットワークが有用である。また、分散配置されたカメラ間の通信には、アクセスポイントに負荷が集中するインフラ型ネットワークよりもカメラ間で直接通信を行うメッシュ型ネットワークが有利であり、効率的なネットワーク構築が可能となる。

図 4-5-8 にインフラ型ネットワークとメッシュ型ネットワークのトポロジを示す。インフラ型では、ノード (N1~) 間の通信はアクセスポイント (AP) を介する構成となる。対して、アドホックメッシュ型ではノード間が個々にリンクを張り通信を行う構成となる。インフラ型では、アクセスポイントが故障した場合、ネットワークが成り立たなくなるが、メッシュ型は、一つのノードが故障しても迂回経路を再生成し、ネットワーク全体の機能は維持することができるため、システムの堅牢性が高い。(図 4-5-9)

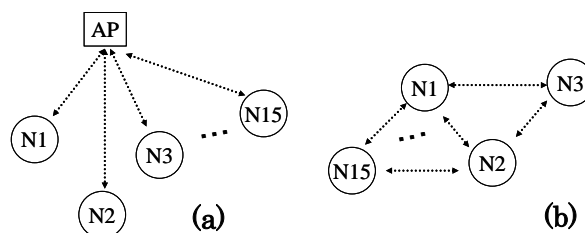


図 4-5-8 インフラ型ネットワーク(a)とメッシュ型ネットワーク(b)

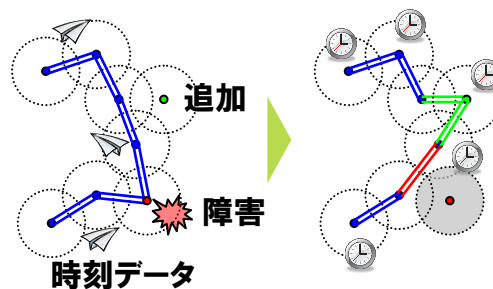


図 4-5-9 アドホックメッシュ型ネットワークにおける障害耐性

このアドホック無線メッシュネットワークでのプロトコルに実装する機能は、従来のプロトコルと同様に人物セキュリティ監視を目的とした、カメラのネットワークへの追加・削除、カメラリンクの管理 (ヘルスチェック)、カメラ間における人物同定および異常検知情報伝送、およびカメラ間の時刻同期である。

これらの中で、カメラの追加・削除、カメラリンクの管理等の機能は、従来のアドホックネットワークの手法で対応が可能であるが、特に各カメラ間における異常検知時や人物同定時の情報の一意性の確保や、各カメラ間の時刻同期を保障する手法が必要であるため、これらについて検討を進めた。

また、時刻同期の誤差や通信遅延が人物同定処理時に各カメラで参照されるオブジェクトマップの時間的なずれにつながり、人物同定の精度を悪化させる可能性がある。これに対処するために、オブジェクトマップのバッファリング機能を各カメラに実装した。

異常検知時や人物同定時の情報の一意性の確保に関して、従来のインフラ型のマスタ・スレーブ方式の手法では、追跡人物の ID 特定および紐付けの情報をセンターサーバが集中して管理していた (集中制御型 ID 特定手法) ため、各カメラ間における情報

の一意性を確保することが容易であったが、サーバが機能しない場合には、各カメラ間を移動する人物の追跡が不可能になる問題が生じる。そこで、追跡人物の ID 特定を各カメラが自律分散的に行い、トラブルに対して柔軟に対処可能な手法を考案する（自律分散型 ID 特定手法）。これは、各カメラに分散型 ID 特定テーブルを実装することで実現した。分散型 ID 特定テーブルは以下のような場合に更新する。

- ① オブジェクトがカメラ領域に侵入した場合（追跡 ID 発生）
- ② 他カメラからの分散型 ID テーブルを受信した場合
（重複カメラ間の ID の一致確認）
- ③ オブジェクトがカメラ領域より消失した場合（追跡 ID 消失）

図 4-5-10 に分散型 ID テーブルの更新の流れを示す。なお、本検討においては、各画像センサにおける IP アドレス等のノード識別子、および各隣接画像センサ間のキャリブレーション情報等の個別情報は、各画像センサにおいて既知であることを前提としている。

カメラ①はカメラ②およびカメラ③とオーバーラップしており、カメラ②はカメラ③とオーバーラップ（カメラ③はカメラ①、カメラ②とオーバーラップ）している。この状況において、ある人物がカメラ①の画像領域に進入し ID が特定される。この人物はカメラ②およびカメラ③（それぞれカメラ①と画像領域がオーバーラップしている）の画像領域を通過する際に、各カメラ間でのオブジェクトマップと分散型 ID テーブルの相互交換により図 4-5-10 に示す ID の紐付けを行ない、人物オブジェクトの橋渡しが可能となる。

オブジェクトの追跡時間を考慮したフローを図 4-5-11 に示す。各カメラ間における人物同定の処理では、通信によって得られた他カメラのオブジェクトマップを参照し、自カメラのオブジェクトマップと比較することで追跡人物のカメラ間の一致を検出するが、時刻同期のずれや通信環境に起因する通信遅延により、比較するオブジェクトマップの時間的なずれが人物同定の精度に影響を及ぼす。

そこで各カメラに自カメラと他カメラのオブジェクトマップにタイムスタンプを付加したバッファを設け、適切なオブジェクトマップ同士を比較することで人物同定の精度向上を行った。

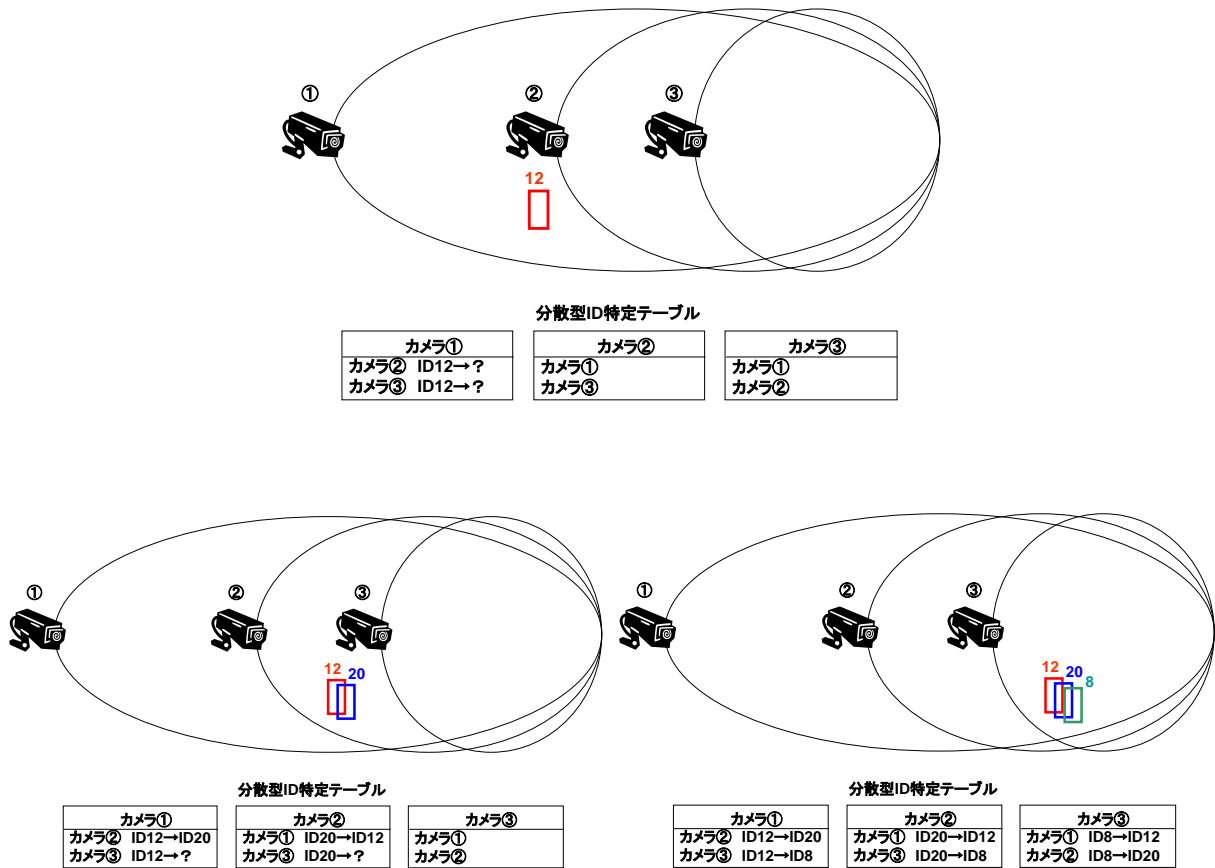


図 4-5-10 分散型 ID テーブルの更新の流れ

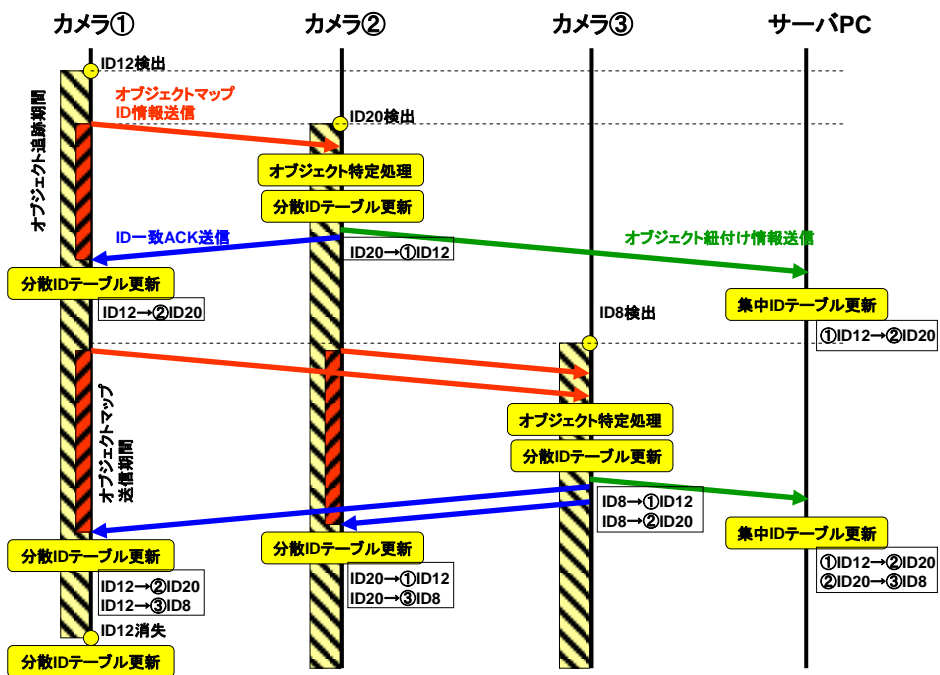


図 4-5-11 分散型 ID テーブルの更新の流れ (フロー)

図 4-5-1 2 にオブジェクトマップのバッファリングについて示す。各バッファ内においてタイムスタンプが近いもの同士を選択することで、適切なオブジェクトマップの選択を行っている。

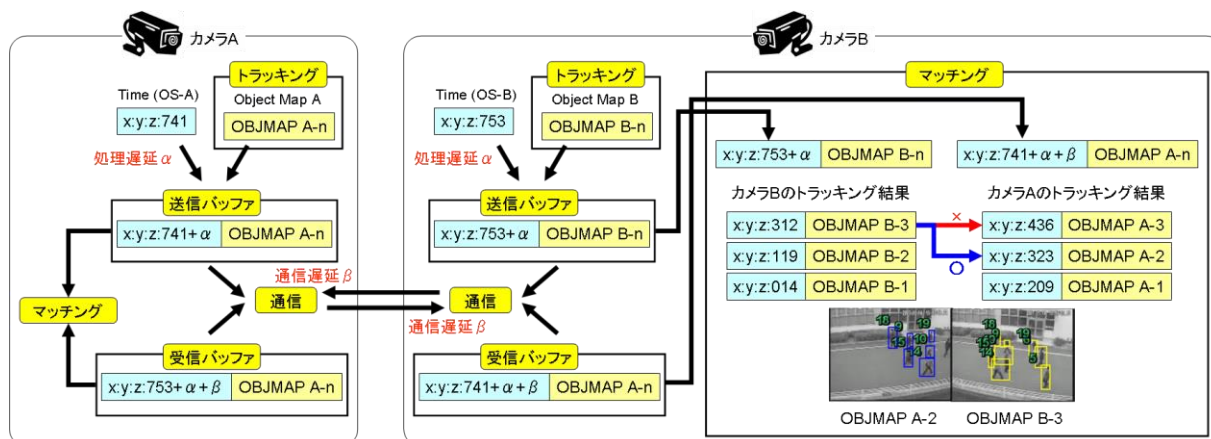


図 4-5-1 2 オブジェクトマップのバッファリング

上記のアドホック型のプロトコルを検証するために、通信評価用シミュレータ NS-2 によるネットワークの評価実験を行った。なお、実験条件として、物理層およびデータリンク層は本プロトコルで想定している IEEE802.11b とし、アドホック型に関するルーティングプロトコルは AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector : アドホックオンデマンド距離ベクトル) とし、これらの上位層のプロトコルとしてカメラ間リンクプロトコル (インフラ型およびアドホック型) を実装した。

また、シミュレーションにおけるネットワークトポロジを図 4-5-1 3 に示す。図 4-5-1 3 においてインフラ型のプロトコルの場合は 0 番のノードがサーバの役割を担うものとし、この 0 番ノードに対して通信時のパケット損失率を解析した。

図 4-5-1 4 に本実験結果を示す。図 4-5-1 4 (a) と図 4-5-1 4 (b) はそれぞれカメラリンクの管理 (ヘルスチェック) の機能およびカメラ間における人物同定の機能をインフラ型およびアドホック型のプロトコル上で動作させた場合のパケット損失率を示している。

これらの結果より、通信データ量の少ない (20bytes 程度) カメラリンクの管理機能に関してはインフラ型とアドホック型の各プロトコル間における通信性能の差はほとんどないといえる。

しかし、画像データやオブジェクトマップ等の通信データ量の多い (19.2kbytes 程度) 人物同定の機能に関しては、通信間隔にも依存するが、アドホック型のプロトコルのパケット損失率が低い。これは、インフラ型のプロトコルの場合ではデータ通信がすべてサーバ (図 4-5-1 3 における 0 番のノード) を経由するのに対して、アドホック型のプロトコルの場合は各カメラ (ノード) が自律的に通信相手のみとのやり取りを行うことで通信負荷が軽減されているためである。

この点で、製品化されているインフラ型のカメラネットワークに対して、本プロトコルのアドホック型のカメラリンクプロトコルはネットワークの構築の柔軟性に優れているといえる。

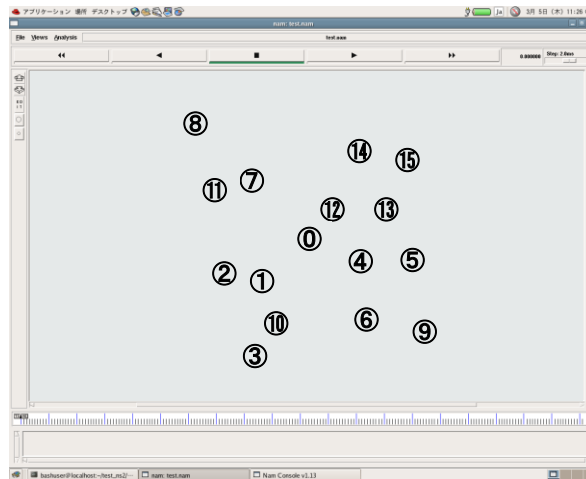


図 4-5-13 シミュレーションにおけるノードの位置関係

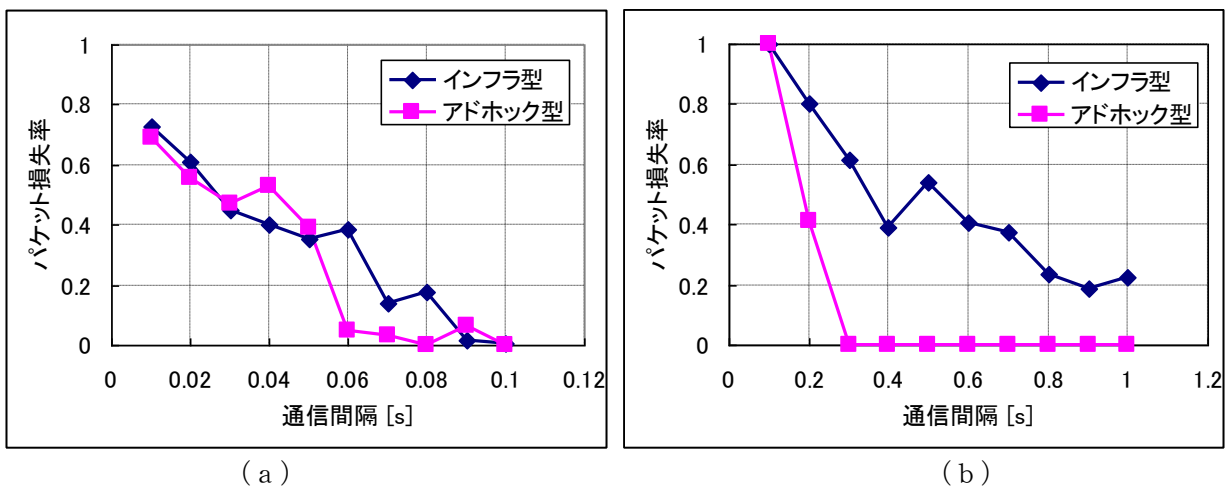


図 4-5-14 シミュレーション結果

アドホック型のネットワークでは、サーバを用いるインフラ型のネットワークと異なり、ネットワーク全体での時刻同期が保障されない。そこで、各カメラがネットワーク内の近隣のカメラと情報通信を行うことで、サーバを介さずに自律的に時刻同期を行うアルゴリズムを導入した。本アルゴリズムの流れを以下に示す。

- ① 各ノードの時計において、決められた時刻になったとき、隣接ノードへ時刻系列データの転送を開始する。
時刻系列データには、転送ステップ番号が1の欄に、自己のノード番号と現在時刻を記す。ノード状態管理テーブルには、各ノードの valid フラグとデータ経路回数が記されている。転送は、データ経路回数が最も少ない（隣接とは限らない）ノードの中からランダムに設定されたノードを Destination に指定して行われる。Destination ノードの番号は転送データ中に記され、途中で経由するノードの各々で、最短ルートを選択して転送される。Destination ノードの番号は、当該 Destination ノードに到着するまで有効であり、到着後は新たに設定される。
- ② データの被転送ノードは、時刻系列データの次の転送ステップ番号の欄に、自己のノード番号と現在時刻を記す。
- ③ あるノードに存在する時刻系列データについて、2 回以上の経路回数を持ち、最初の転送ステップ番号と最後の転送ステップ番号の差が閾値以上であるよう

なノード（原点時刻算出可能なノード）の数が閾値を超えたとき、平均原点時刻と平均転送遅延を算出する。平均算出では、原点時刻算出可能な全てのノードの平均を取ることとする。算出した平均原点時刻と平均伝送遅延から、現ステップにおける自己ノードの現在時刻を推定する。

- ④ 現ステップにおいて時刻系列データに記した自己ノードの時刻（旧原点時刻が基準）と、③で推定された自己ノードの現在時刻との差分を求める。この差分に基づき、自己ノードの現在時刻を調整する。
- ⑤ ④で新原点時刻の調整が行われた場合、算出に使用した時刻系列データを消去する。時刻調整が行われなかった場合は、Destination ノードへ向けてデータを転送する。
- ⑥ 既に新原点時刻を調整済みのノードがデータを受け取った場合は、上記2)～5)を適用しない。時刻系列データの次の転送ステップ番号の欄に自己のノード番号と現在時刻（旧原点時刻を基準）を記入し、ノード状態管理テーブルの現ノードの欄に時刻決定済みであることを示すフラグを記す。その後、Destination ノードへ向けてデータを転送する。
- ⑦ 通信不能なノードに対する通信を試みて失敗した場合、その情報は時刻系列データを最初に生成したノードに通知され、情報がリセットされた後に改めてデータの転送が開始される。その際、ノード状態管理テーブルの当該通信不能ノードの欄に通信不能であることを示すフラグを記す。（通信の再試行が、通信遅延を著しく増大させることを避ける。）
- ⑧ 全てのノードが通信不能または時刻決定済みであることが検出された場合、その時刻系列データを消去する。（時刻調整開始後に通信不能となるノードが存在する場合に、データが無期限に転送され続けることを避ける。）
- ⑨ 時刻調整は、全ての時刻系列データが消滅した時点で、自然に終了する。

本時刻同期アルゴリズムの動作検証および性能評価を行うために、シミュレーションを行った。シミュレーションはノードの位置関係を考慮せずにすべてのノードが相互に接続が可能な状態を仮定し、図 4-5-13 に示す条件の下で行った。

その結果を図 4-5-15 に示す。通信遅延回復量は初期の時刻誤差の偏差によらずおよそ 20~25msec となり、回復にかかる所要時間はおよそ 200msec となった。

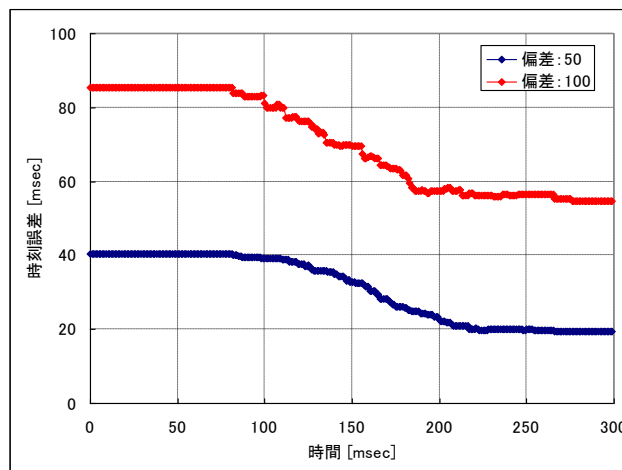


図 4-5-15 時刻同期のシミュレーション結果

セミアドホック型のカメラネットワーク用の通信端末として、IEEE802.11g に準拠した 2.4GHz 帯の周波数 13 チャンネルと IEEE802.11j に準拠した 5GHz 帯の周波数 4 チャンネルの二つの周波数帯に対応し、無線環境に応じて選択が可能な画像監視無線メッシュ端末を開発した (図 4-5-16)。



項目	仕様	
規格	802.11b/g	802.11j
周波数	2.4GHz(13ch)	5GHz(4ch)
見通し通信距離	240m	240m
スループット	12Mbps	12Mbps
最大連結数	3(6Mbps)	4(6Mbps)

図 4-5-16 開発した画像監視無線メッシュ端末

端末サイズ 155×120×32mm に無線モジュールを 2 系統実装し、最大 2 チャンネルの無線周波数を独立に割り当てることができる。通信の多重化による干渉の低減や、外来電波に対する安定性をコンパクトなサイズで実現した。

図 4-5-17 は、端末の通信距離に対するスループットの測定結果を示す。2.4GHz, 5GHz 帯の両周波数とも、平面アンテナを用いることで、200m の距離まで 15Mbps を超えるスループットを実現できている。

また、図 4-5-18 は、マルチホップ伝送環境における端末の連結数に対するスループットの測定結果である。5 端末まで連結させマルチホップ伝送させても 3Mbps 以上のスループットを実現している。これにより、符号化した情報対象の情報と動画データを同時に伝送可能なネットワークを広範囲に構築することができる。

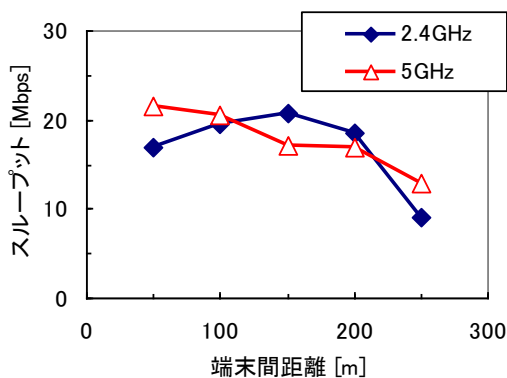


図 4-5-17 端末距離とスループットの関係

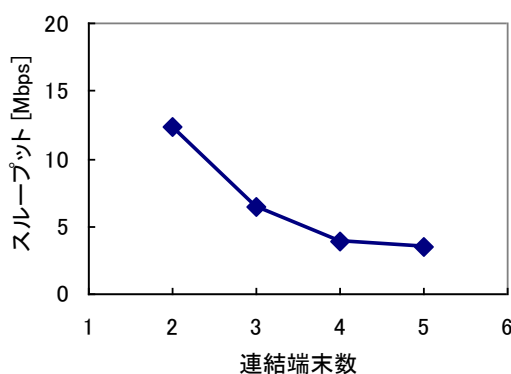


図 4-5-18 連結端末数とスループットの関係

今回、IEEE802.11gの規格の無線LANでセミアドホック型ネットワークを構築し、検証を行った。この環境では、2.4GHz帯の周波数を使用するため、使用できる周波数帯域が狭く電波干渉が起こりやすい状況にある。よって、駅での使用を考えた場合は屋外対応が必要となるので、スループットと法令順守の観点からIEEE802.11jに準拠したセミアドホック型の無線モジュールの開発が必須であるという知見を得た。

一方、セミアドホック型のAODV拡張方式では、自律分散によるネットワーク経路生成が可能となるため、柔軟なネットワーク構成が可能となる。また、本ネットワークは自己修復機能を有するため、あるノードに障害が発生した場合でも代替経路を生成し、信頼性の高いネットワークを構築できることを確認した。

また、セミアドホック型ネットワークを構築する課題抽出のために、スループットと経路再生のための時間について検証を行い、以下に示すような駅においてセミアドホック型ネットワークを構築する上で重要な基礎データを導くことができた。

① 無線モジュールの設置距離

セミアドホック型ネットワークではスループットを確保するために必要なRSSI(Received Signal Strength Indication: 受信信号強度)は26以上である。今回使用した平面アンテナでは、120m離れた距離においても40程度を確保できていることを確認している。よって、今回検証に用いた平面アンテナを用いることにより、駅のホームにおいて、図4-5-19のように十分な距離を離して無線モジュールを設置することが可能である。

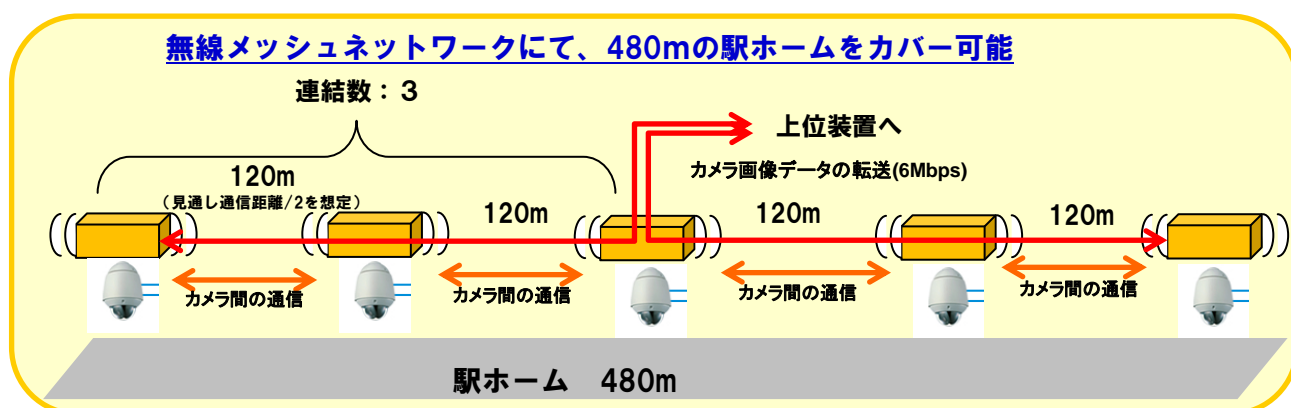


図 4-5-19 駅ホームにおける無線モジュールの配置例

② 動作可能なノード数

ホップ数を3とした場合、必要なスループット2.5Mbpsに対し、測定結果では双方向通信で3Mbpsを確保できている。しかし、ホップ数4の場合は、必要なスループット5Mbpsに対し、測定結果では双方向通信で2Mbpsである。よって動作可能なホップ数は3以下である。

駅のホームのような環境においては、ホームの方向に一直線でノードを設置することになることから、ホップ数3でセミアドホック型ネットワークを構築することが可能と考える。

③ 電波干渉の低減によるスループットの改善

各ノードをジグザグに配置することにより、電波干渉や通信チャネルの分割を行うことで、セミアドホック型ネットワークの高信頼性、柔軟性は低下するものの、スループット改善を行うことができる。

さらにスループットをあげるためには、受信信号強度を上げるために適切なアンテナの選択と設置調整の実施、通常運用時の適切な経路生成を行うことが必要となる。

④ バッファリング容量

経路の再生成に関する検証実験にて、セミアドホック型ネットワークを構成する無線モジュールのカメラリンクプロトコルのバッファリング容量を10秒とすることにより、無線モジュールの障害発生時においても人物同定が可能である。

4-6 総合評価（フィールド評価実験）

4-6-1 総合評価の概要

サブテーマ1から5の研究開発成果（アルゴリズムやカメラ間ネットワーク）を結合して、鉄道総合研究所の実験環境（模擬駅）においてシステムを構築し、総合的な検証を行った。また実際の駅において鉄道事業者様が要望する異常行動の検知について実証実験を行った。

これらの総合的な評価を通じて、本研究開発終了後の商品化に向けた実用性や課題を確認した。

4-6-2 達成状況

4-6-2-1 検証方法

(1) 実験環境(模擬駅)における検証実験

総合的なシステム検証実験については鉄道総合技術研究所が保有する駅シミュレーション施設を活用した。

この駅シミュレーション施設は、実際の駅と同じ構造で作られている。この駅シミュレーション施設にエキストラを動員して実際の駅を再現した。

なお、異常行動をとる人や通行人などのエキストラは全て俳優であり、本環境にて実際の駅に極めて近い状況を再現したものである。

図4-6-1に 鉄道総合技術研究所に設置したカメラの配置図を示す。

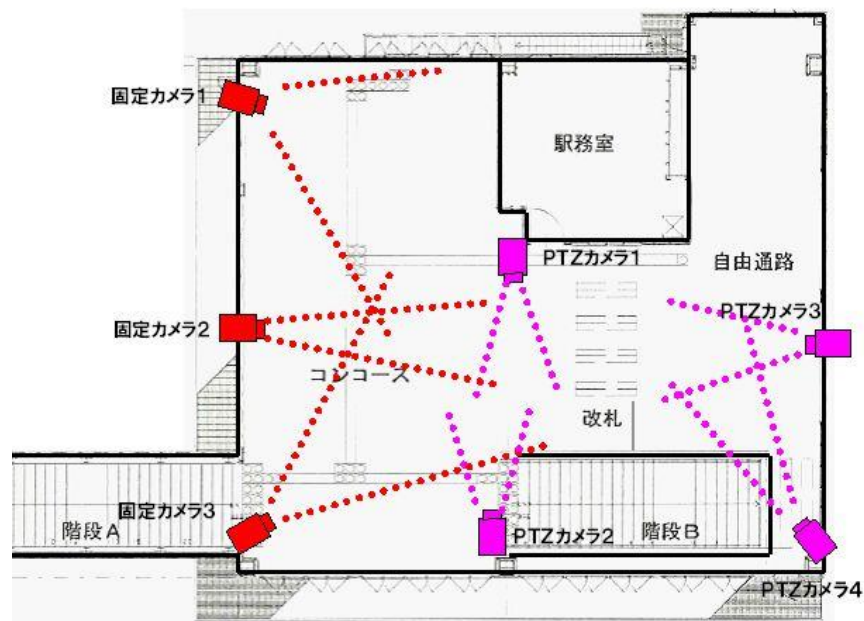


図 4-6-1 カメラ配置図（各カメラ設置高さ：約4m）

本駅シミュレーション施設を利用し、駅のコンコース、あるいは改札で発生した異常行動を検知し、その人物を自由通路あるいは階段付近まで追跡するシステムとして

の検証実験を行った。なお、検証する異常行動は、鉄道事業者様との意見交換を行なった結果、表4-2-2に示した人物行動(事象行動)ライブラリーのうち、特に鉄道事業者様からの要望の強い以下の事象を検知対象とした。

＜検知対象事象＞

- (a) 寝そべり
- (b) しゃがみ込み
- (c) 放置物
- (d) ゴミ箱あさり
- (e) 改札不正通過

このシステム検証実験での例を以下に示す。

＜例1：コンコースにおける不審者検知および追跡＞

- ① 固定カメラ1にて不審物を起こした人物を検知する。
異常行動として、以下のパターンをそれぞれ実施する。
 - (a) 寝そべり
 - (b) しゃがみ込み
 - (c) 放置物
 - (d) ゴミ箱あさり
- ② 固定カメラ1にて検知した不審物を固定カメラ3へ人物同定し、引き渡す。
- ③ 固定カメラ3はPTZカメラ3およびPTZカメラ4それぞれへ人物同定し、引き渡す。
- ④ PTZカメラ3にて不審人物の顔検出を行う。
- ⑤ PTZカメラ4にて自由通路の奥(図4-6-1の右上方)までパン・チルトを行いながら追跡を行う。

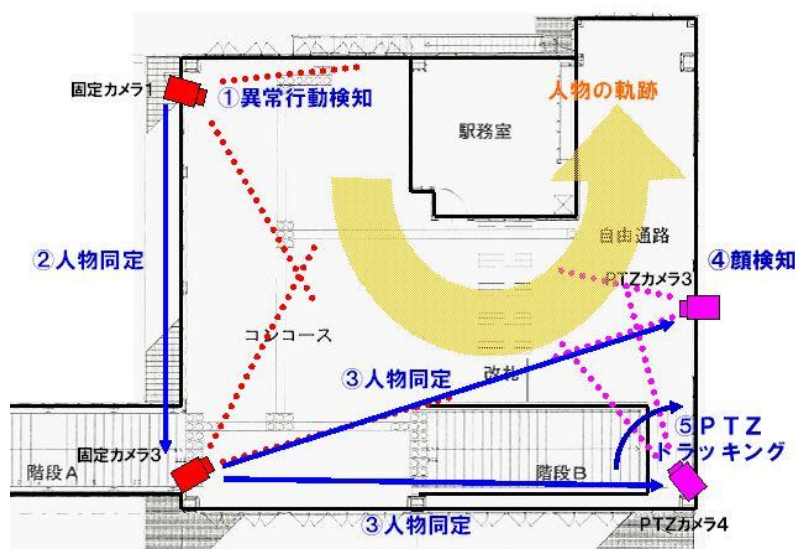


図 4-6-2 コンコースにおける異常検知・追跡実験

＜例2：改札付近における異常行動の検知および追跡＞

- ① 固定カメラ2にて異常行動を検知する。検知する異常行動は以下のとおり。
 - (e) 改札不正通過
- ② 固定カメラ2は、PTZカメラ3およびPTZカメラ4それぞれへ人物同定し、引き渡す。

- ③ 階段A方向に逃走した場合はPTZカメラ1、コンコース奥(図4-6-1の左上方)に逃走した場合はPTZカメラ2にて、パン・チルトを行いながら追跡を行う。

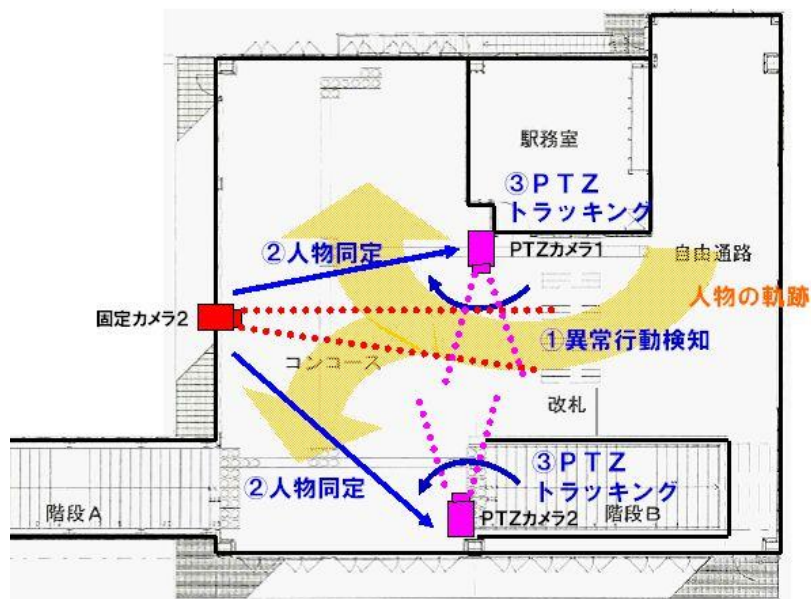


図 4-6-3 改札付近における異常行動検知・追跡実験

(2) 実際の駅における実証実験

実際の駅において鉄道事業者様が要望する異常行動の検知について、以下に示すとおりの実証実験を行った。

目的： 駅ホームにおける異常行動を検知し、その性能を検証する。
(エキストラによる検証)

場所： 無人駅

期間： 2010年12月～2011年3月（2011年6月まで実験継続予定）

検知対象：(a) 寝そべり
(b) しゃがみ込み
(c) 放置物

4-6-2-2 検証結果

4-6-2-1項で示した検証実験にて、各サブテーマにおける性能検証を行った。サブテーマ1「人の行動把握のための意味階層構造の構築」およびサブテーマ2「人物行動データの収集および認識技術の開発」については、性能評価項目がないため、サブテーマ3からサブテーマ6についての性能検証結果を以下に示す。

(1) サブテーマ3「時空間 MRF のズーム・パンニング対応への拡張技術の研究開発」

4-3項に示すサブテーマで構築したズーム・パンニング画像における人物追跡について、4-6-2-1(1)項のシステム検証実験における PTZ カメラでの追跡をもとに、その性能を確認した。その結果を表 4-6-1 に示す。目標性能である閑散時 98%以上、混雑時 90%以上をクリアしている。

なお、評価においては、PTZ カメラにターゲット人物の情報が引き渡された後、その人物が図 4-6- および図 4-6- に示すターゲット人物の動線における最終地点に到着するまで、見失うことなく追跡できた場合を成功としている。検証した事例を図 4-6-1 に示す。

表 4-6-1 ズーム・パンニングによる人物追跡 検証結果

状態	場所	母数	成功		未検知		誤追跡
			人数	率	人数	率	人数
閑散時	自由通路	24	23	25.7%	1	4.3%	0
	コンコース奥	13	13	100%	0	0%	0
	コンコース階段前	18	18	100%	0	0%	0
	小計	55	54	98.2%	1	1.8%	0
混雑時	自由通路	26	23	88.5%	3	11.5%	0
	コンコース奥	9	9	100%	0	0%	0
	コンコース階段前	8	7	87.5%	1	12.5%	0
	小計	43	39	90.7%	4	9.3%	0
合計		98	93	94.9%	5	5.1%	0

*誤検出の件数は、追跡対象ではない人物を追跡した件数を示す。

<例1>本来の追跡対象者を追跡せずに違う人物を追跡した場合、「未検知」を1件、「誤追跡」を1件カウントする。

<例2>実験中に追跡対象者以外の人物も追跡した場合、母数には含めずに、別途「誤追跡」を1件カウントする。

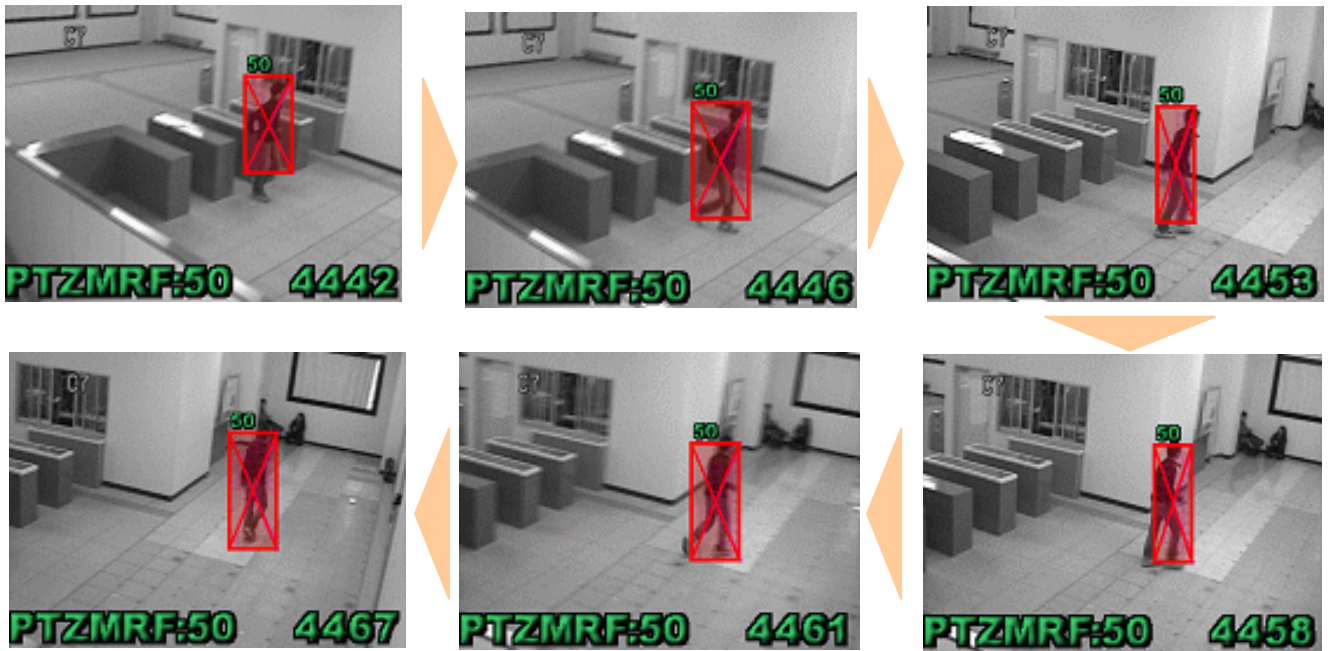


図 4-6-1 ズーミング・パンニングによる人物追跡 検証事例

(2) サブテーマ4「人物監視のための顔認識技術とトラッキング技術の融合」

4-4項に示すサブテーマで構築したズーミング・パンニングと顔検出技術の融合について、4-6-2-1(1)項のシステム検証実験における顔検知をもとに、その検知性能を確認した。その結果を表4-6-2に示す。また、評価した事例を図4-6-2に示す。

表 4-6-2 顔検知性能 検証結果

	母数	成功		未検出		誤検知
		人数	率	人数	率	人数
閑散時	244	235	96.3%	9	3.7%	0%
混雑時	221	215	97.3%	6	2.7%	0%
合計	465	450	96.8%	15	3.2%	0%

* 誤検出の件数は、対象人物以外を検知した件数を示す。

<例1> 本来の対象者を検知せず違う人物の顔を検知した場合、「未検出」を1件、「誤検知」を1件カウントする。

<例2> 実験中に対象者以外の人物や物体を対象人物の顔として検知した場合、母数には含めずに、別途「誤検知」を1件カウントする。

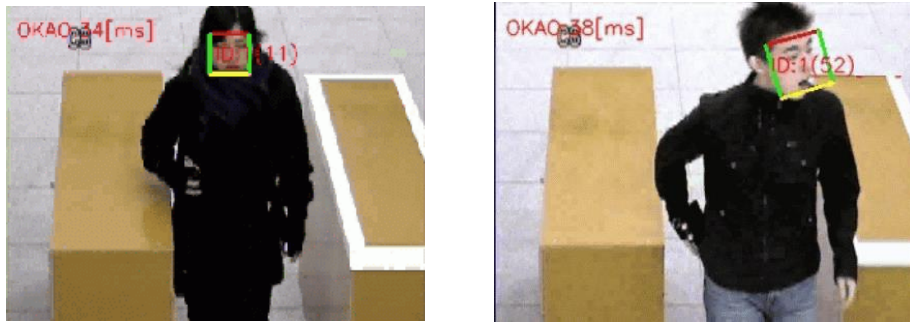


図 4-6-2 顔検知 評価事例

評価においては、「うつむいている」「帽子を深くかぶっている」など、人物の顔が見えないケースを除外している。

閑散時、混雑時ともに目標性能の 95%を超える検知率が得られている。混雑時においても、閑散時と同程度の検知性能が得られているのは、混雑時においても顔の部分まで他の人物と重なることがないためと考える。

(3) サブテーマ5 「人物監視のための画像センサネットワーク技術の開発」

4-5項に示すサブテーマで構築したカメラ間連携における人物同定について、4-6-2-1(1)項のシステム検証実験におけるカメラ間の人物同定をともに、その性能を確認した。その結果を表 4-6-3に示す。また、評価事例を図 4-6-3に示す。閑散時、混雑時ともに目標性能の 90%以上をクリアしている。

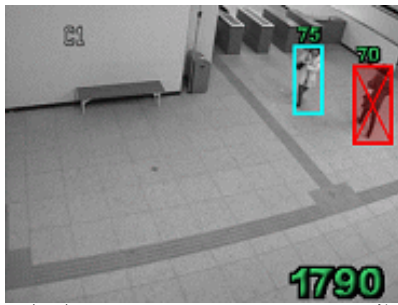
表 4-6-3 人物同定検証結果

状態	場所	母数	成功		未検知		誤追跡 人数
			人数	率	人数	率	
閑散時	カメラ1→カメラ3	24	24	100%	0	0%	0
	カメラ3→カメラ7	24	24	100%	0	0%	0
	カメラ2→カメラ4	13	13	100%	0	0%	0
	カメラ2→カメラ5	18	18	100%	0	0%	0
	小計	79	79	100%	0	0%	0
混雑時	カメラ1→カメラ3	28	27	96.4%	1	3.6%	0
	カメラ3→カメラ7	27	26	96.3%	1	3.7%	0
	カメラ2→カメラ4	9	9	100%	0	0%	0
	カメラ2→カメラ5	8	8	100%	0	0%	0
	小計	72	70	97.2%	2	2.8%	0
合計		151	149	98.7%	0	1.3%	0

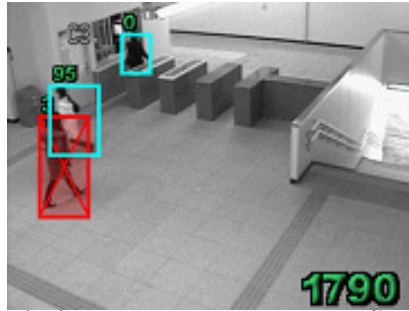
*誤追跡の件数は、対象人物以外を追跡した件数を示す。

<例1>本来の追跡対象者を追跡せずに違う人物を追跡した場合、「未検知」を1件、「誤追跡」を1件カウントする。

<例2>実験中に追跡対象者以外の人物や物体を追跡した場合、母数には含めずに別途「誤追跡」を1件カウントする。



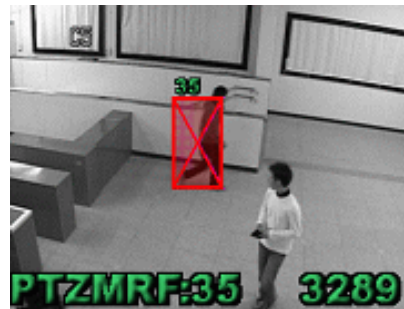
(a) シーン1 カメラ1映像



(b) シーン1 カメラ3映像



(c) シーン2 カメラ1映像



(d) シーン2 カメラ3映像

*赤枠がカメラ1映像とカメラ3映像において同定された人物であることを示す。

図 4-6-3 人物同定 評価事例

(4) サブテーマ6「総合評価」

総合評価として、異常行動の検知率および誤報の発生頻度を検証した。

なお、4-6-2-1 (2) 項に示す実フィールドにおける検知性能の検証においては、評価期間中には異常行動が発生しなかったため、誤報の発生頻度について検証を行い、検知率については、4-6-2-1 (1) 項に示す実験環境(模擬駅)で検証を行った。

それぞれの検証結果を以下に示す。

(ア) 異常行動の検知率

4-6-2-1 (1) 項のシステム検証実験における異常検知をもとに、その検知性能を確認した。その結果を表 4-6-4 に示す。また、検証事例を図 4-6-4 に示す。

表 4-6-4 異常行動検知性能評価結果

事象	母数	成功		未検知		誤検知 件数
		件数	率	件数	率	
寝そべり	42	40	95.2%	2	4.8%	7
しゃがみ込み	32	30	93.8%	2	6.2%	1
放置物	28	26	92.8%	2	7.1%	1
改札不正通過	36	34	94.4%	2	5.6%	1
ゴミ箱あさり	34	32	94.1%	2	5.9%	7
合計	172	162	94.2%	10	5.8%	17

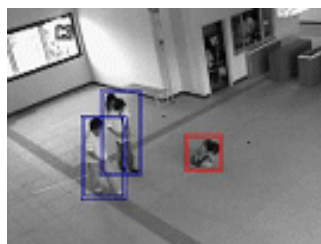
*誤検出の件数は、誤ってその事象が発生したと判断された件数を示す。

<例1> 「しゃがみ込み」を「ゴミ箱あさり」として検出した場合、「しゃがみ込み」の未検出が1件、「ゴミ箱あさり」の誤検出を1件カウントする。

<例2> 実験中に単なる歩行者を「しゃがみ込み」として検知した場合、母数には含めずに、別途「しゃがみ込み」の誤検出を1件カウントする。



(a) 寝そべり



(b) しゃがみ込み



(c) 放置物



(d) 改札不正通過



(e) ゴミ箱あさり

*赤枠が検知した異常行動であることを示す。

図 4-6-4 異常行動検証事例

上記結果により、異常行動の検知率の目標性能の90%をクリアしている。なお、「寝そべり」と「ゴミ箱あさり」で誤検知が多くなっているが、これらの事象については、駅係員の早急な対応が必要な事象ではないため、異常行動として認知するための継続時間を長くする対応により、誤検知を削減することが可能である。

(イ) 誤報発生頻度

4-6-2-1 (2) 項の実際の駅における異常検知実証実験をもとに、その検知性能を確認した。その結果を表 4-6-5 に示す。

表 4-6-5 実際の駅における検証結果

場所	天候条件	時間	異常発生件数	異常検知件数	
					うち誤検知
ホーム	晴れ	24 時間	0	2	2
ベンチ	晴れ	24 時間	0	2	2
トイレ前	晴れ	24 時間	0	1	1
ホーム	曇り	24 時間	0	1	1
ベンチ	曇り	24 時間	0	0	0
トイレ前	曇り	24 時間	0	0	0
ホーム	雨	24 時間	0	1	1
ベンチ	雨	24 時間	0	1	1
トイレ前	雨	24 時間	0	0	0
合計		216 時間	0	8	8
					0.89 件/日

実際に検知対象となる異常行動が発生することはなく、検知したケースは全て誤報である。晴れた日に太陽光の影響により誤検知が増加するが、平均すると誤報は1日1件以下で、目標をクリアしている。

なお、評価期間中に異常行動は発生しなかったが、エキストラを用いて異常行動を起こしたところ、「寝そべり」「しゃがみ込み」「放置物」いずれにおいても表 4-6-4 と同程度の検知性能が得られることを確認している。

4-7 総括

平成 18 年の下期に開始した本研究開発において、まずは要素技術開発ステージとして、各サブテーマにてオフラインのシミュレーション環境で各アルゴリズムの構築を行った。

その後、平成 20 年度からは商品化に向けた技術開発ステージへ移行し、オフライン環境で構築した各サブテーマのアルゴリズムをオンラインシステムに組み込み、実験環境下で動作検証を経て、実フィールドでの総合評価を実施した。

総合評価の結果、各サブテーマで設定した個々の要素技術の目標性能および最終評価としてのシステムの目標性能をクリアするとともに、実用化が可能であることを確認した。

次年度以降、本研究開発の成果をもとに市場に展開するシステムの仕様を明確にし、商品化を進める予定である。

各サブテーマにおける目標およびその成果を表 4-7-1 に示す。

表 4-7-1 各サブテーマの目標および成果

項目	目標	成果	
1	人の行動把握のための意味階層構造の構築	アーキテクチャ構築完了	アーキテクチャ（異常行動検知フレームワーク）構築完了
2	人物行動データの収集および認識技術の開発	人物行動(事象行動)ライブラリー構築数：500 件以上	人物行動(事象行動)ライブラリー構築数：747 件
3	時空間 MRF のズーム・パンニング対応への拡張技術の研究開発	トラッキング性能 閑散時：98%以上、 混雑時：90%以上	トラッキング性能 閑散時：98.2% 混雑時：90.7%
4	人物監視のための顔認識技術とトラッキング技術の融合	顔領域の抽出：95%以上	顔領域の抽出 96.8%
5	人物監視のための画像センサネットワーク技術の開発	トラッキング性能：90%以上	トラッキング性能：98.7%
6	総合評価	異常事象の検出率：90%以上 誤報：1 件/日以下(カメラ毎)	異常事象の検出率：94.2% 誤報：0.89 件/日/カメラ

サブテーマ①「人の行動把握のための意味階層構造の構築」では、時空間 MRF と物体形状を参照したアルゴリズムとの階層間協調を行うことにより、人の行動把握を実現することを目的とし、時空間 MRF の出力情報に加えて、シルエット画像解析から得られる情報を併用するアルゴリズムを構築した。

また、サブテーマ②「人物行動データの収集および認識技術の開発」で構築した人物行動（事象行動）ライブラリーを行動把握アルゴリズムの教師データとして用いることにより、アルゴリズムとして強固なものとした。

サブテーマ②「人物行動データの収集および認識技術の開発」では、鉄道施設や商業施設、自社施設における異常行動の目視記録から抽出、作成した実フィールドテキ

ストデータベースを参照することだけでなく、施設管理者ヒアリングや自社の技術者知見も加えて、人物行動(事象行動)ライブラリーを構築した。

サブテーマ③「時空間 MRF のズーム・パンニング対応への拡張技術の研究開発」では、ズーム・パンニングしながらの人物追跡を実現し、固定カメラの視野範囲を超えた人物の追跡を可能とした。

サブテーマ④「人物監視のための顔認識技術とトラッキング技術の融合」では、カメラに向かって歩行している状態を検知し、その際にズームを行うことで最適な顔を撮影するカメラ制御アルゴリズムを構築し、ターゲットの人物が歩行する中でも顔認証に最適な画像の捕捉を可能とした。

サブテーマ⑤「人物監視のための画像センサネットワーク技術の開発」では、2台のカメラ間の人物同定を実現し、複数カメラが連携することにより、広範囲で人物を追跡するシステムを実現した。

また、このカメラ間のデータにおけるカメラ間リンクプロトコルの開発に関しては、自律分散型のプロトコルを実フィールドで活用するために、OSI のネットワーク層にあたるセミアドホック型通信を構築し、セミアドホック型の無線ネットワークを実現する無線メッシュネットワーク端末の試作機を製作した。

サブテーマ⑥「総合評価(フィールド評価実験)」では、実際の駅や外部施設で構築した実験環境(模擬駅)を利用して各サブテーマで開発したアルゴリズムの検証、およびこれらのアルゴリズムや通信プロトコルを結合して、総合的なシステム検証を行い、開発の目標をクリアしている。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

番号	発表方法	発表雑誌名、講演会名、学会名等	著者	発表タイトル	場所、発表日
20-001	収録論文	画像センシングシンポジウム	兵動靖英, 藤村嘉一, 湯浅慎也, 内藤丈嗣, 上條俊介	人物セキュリティのためのオクルージョンに頑健な人物追跡アルゴリズム	パシフィコ横浜 2008年6月11日～13日
20-002	収録論文	電子情報通信学会 ITS 研究会	兵動靖英, 藤村嘉一, 湯浅慎也, 内藤丈嗣, 上條俊介	複数カメラによるオクルージョンに頑健な人物追跡	横須賀リサーチパーク 2008年5月22日
20-003	外国発表	IEEE/SMC	Y Hyodo, S Yuasa, K Fujimura, T Naito, S Kamijo	Pedestrian Tracking through Camera Network for Wide Area Surveillance	シンガポール 2008年10月12日～15日
20-004	収録論文	パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU)	兵動靖英, 藤村嘉一, 湯浅慎也, 内藤丈嗣, 上條俊介	カメラネットワークによるオクルージョンに頑健な複数人物追跡	慶応大矢上キャンパス 2008年9月5日～6日
20-005	収録論文	第七回 ITS シンポジウム	兵動靖英, 藤村嘉一, 湯浅慎也, 内藤丈嗣, 上條俊介	カメラネットワークによる広域的な複数人物追跡	日大津田沼キャンパス 2008年12月4日～5日
21-001	収録論文	画像センシングシンポジウム (SSII) 2009	兵動靖英, 藤村嘉一, 湯浅慎也, 内藤丈嗣, 上條俊介	階層間協調アルゴリズムによるパンニングカメラ人物追跡手法	パシフィコ横浜 2009年6月10日～12日
21-002	外国発表	World Congress on ITS	Yasuhide Hyodo, Kaichi Fujimura, Shinya Yuasa, Takeshi Naito, Shunsuke Kamijo	Pedestrian Tracking across Panning Camera Network	ストックホルム 2009年9月21日～25日
21-003	外国発表	IEEE ITSC	Yasuhide Hyodo, Kaichi Fujimura, Takeshi Naito, Shunsuke Kamijo	Pedestrian Tracking across Panning Camera Network	セントルイス 2009年10月4日～7日
21-004	収録論文	ITS シンポジウム 2009	藤村嘉一, 兵動靖英, 内藤丈嗣, 上條俊介	Motionと形状認識によるパンニングカメラ人物追跡手法	広島市立大 2009年12月10日～11日
21-005	研究論文	International Journal on Intelligent Transportation Systems	Yasuhide Hyodo, Kaichi Fujimura, Takeshi Naito, Shunsuke Kamijo	Pedestrian tracking across Panning camera network	2010年1月
21-006	収録論文	情報処理学会全国大会	ティティズイン, 上條 俊介	駅改札シーンにおける人物行動把握のフレームワーク構築	東大本郷キャンパス 2010年3月8日～12日

21-007	収録論文	情報処理学会全国大会	上條俊介, 藤村嘉一	HOG 特徴量探索と時空間 MRF の連携による人物トラッキング	東大本郷キャンパス 2010年3月8日~12日
21-008	外部機関誌論文	日本サイバネティクス協議会	湯淺慎也, 上條俊介	駅空間における画像センサネットワークの開発	2010年1月
22-001	外国発表	2010 IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems	K. Fujimura, Y. Yoshimitsu, T. Naito, S. Kamijo	Behavior Understanding at Railway Station by Postures and the Pseud-Trellis Analysis of Trajectories	ポルトガル 2010年9月19~22日
22-002	外国発表	2010 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics	Yuji Yoshimitsu, Takeshi Naito, Kaichi Fujimura, Shunsuke Kamijo	Behavior understanding at railway station by association of locational semantics and postures	イスタンブール 2010年10月10日~13日
22-003	収録論文	Vision Engineering Workshop 2010	河村 敦志, 吉光裕司, 梶谷浩一郎, 内藤文嗣, 藤村嘉一, 上條俊介	高度画像監視センサネットワークシステム	パシフィコ横浜 2010年12月9日~10日
22-004	収録論文	ITS シンポジウム 2010	藤村 嘉一, 上條 俊介	姿勢・位置情報に基づく駅構内における人物行動把握	京都大吉田キャンパス 2010年12月10日
23-001	収録論文	電子情報通信学会 ITS 研究会	Kaichi Fujimura, Yuji Yoshimitsu, Takeshi Naito, Shunsuke Kamijo	Behavior Understandings Based on State Transition of Postures and Locations by Camera Fusion at Railway Station	2011年4月予定
23-002	外国発表	2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics	Atsushi Kawamura, Yuji Yoshimitsu, Koichiro Kajitani, Takeshi Naito, Kaichi Fujimura, Shunsuke Kamijo	Smart camera network system at railway stations	2011年10月予定
23-003	収録論文	ITS シンポジウム 2011	藤村 嘉一, 上條 俊介	姿勢・位置情報に基づく駅構内における人物行動把握	2011年12月予定

5-2 出願特許一覧

5-2-1 特許出願数

国内出願 14件 国際出願 6件

5-2-2 公開特許一覧

公開日	公開番号	発明の名称	実施状況
2010/10/28	特開 2010-244207(日本)	移動物体追跡装置、移動物体追跡方法および移動物体追跡プログラム	自己実施

5-2-3 登録特許一覧

該当なし