

監視カメラ映像におけるGPS端末携帯ユーザの同定と追跡

谷口 英^{†,††} 西尾 修[†] 鳥山 朋二[†] 馬場口 登^{†,††} 萩田 紀博[†]

[†] ATR 知能ロボティクス研究所, 〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2-2

^{††} 大阪大学大学院工学研究科, 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

E-mail: [†] {suguru.t, nishio, toriyama, hagita}@atr.jp, ^{††} babaguchi@comm.eng.osaka-u.ac.jp

あらまし 我々は屋外に疎らに設置された監視カメラを用いて、犯罪に発展する可能性のある行動を検出し、潜在的被害者に通知することで未然に犯罪を防止するシステムの構築を目指している。しかし、監視カメラの映像情報のみからは個人の同定は困難であり、危機が検出されてもこれを通知することができない。そこで本稿では、ユーザにGPS端末を携帯させ、この情報を併用することでカメラ映像中の個人を同定・追跡する方法を提案する。

キーワード 広域屋外サーベイランス、監視カメラ、GPS、人物同定

Identification and Tracking of User Carrying Portable GPS Terminal in Surveillance Video

Suguru TANIGUCHI^{†,††}, Shuichi NISHIO[†], Tomoji TORIYAMA[†], Noboru BABAGUCHI^{†,††}, and

Norihiro HAGITA[†]

[†] ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories,
2-2 Hikaridai, Keihanna Science City, Kyoto, 619-0288, Japan

^{††} Graduate School of Engineering Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

E-mail: [†] {suguru.t, nishio, toriyama, hagita}@atr.jp, ^{††} babaguchi@comm.eng.osaka-u.ac.jp

Abstract Recent increase of criminals in outdoor scenes has grown strong interest in realizing automatic surveillance systems. Although numbers of researches have been conducted on detecting criminal or anomalous behaviors in a scene, the unsolved key issue, in preventing criminals, is a means to robustly identify people in surveillance camera images. In this paper, we propose a novel method for identifying people in outdoor camera images, utilizing the location information sent from the GPS receivers the user in the image is carrying. By means of additional information, and eliminating the requirements for image processing, we accomplished a high identification ratio under the severe outdoor conditions.

Key words Wide-area outdoor surveillance, human identification, tracking, GPS, data association

1. はじめに

近年の街頭犯罪の傾向として、自動車盗や車上ねらいのような物品に対する犯罪が減少傾向にあるのに対し、暴行や強盗など、人に対する犯罪件数が増加傾向にある [1]。特に児童を狙った誘拐・殺害事件の発生は記憶に新しく、学校や地域で様々な対策が取られ始めている。その一つに監視カメラの設置があるが、運用上二つの大きな問題がある。

(1) カメラ数が多くなると監視が追いつかない

(2) 犯罪行為を発見しても、画像中の人物が誰であるかわからないため、注意・警告ができない

特に (2) の問題は深刻であり、現状の監視システムは犯罪を

「防ぐ」システムではなく、犯罪発生後の捜査を進める材料となる、「検証」システムに留まっている。

これらの問題に対処するため、様々な研究が盛んに行われている。(1)への対処としては、映像からの行動認識や異常行動の識別に関する研究が盛んに行われており (例えば [2])、また (2)については、例えば顔画像による人物同定技術の適用が考えられるが、一般に監視カメラは画角が広く (即ち顔領域が小さく)、かつ顔認識には不利な上方からの映像であることが多いため、現状では実用化は困難である。また、近年、テロリストの発見などを目的とした、米国防省による "Human ID at a Distance" プログラムが実施され、歩行パターン等の各種指標を用いた遠距離からの人物同定に関する研究が盛んに行われ

ているが（例えば [3]）、実用的なレベルには未だ達していない。

ところが、テロリスト発見と犯罪の未然防止とを比べると、一つ明瞭な差があることに気がつく。それは、自らの素性を触れ回るテロリストはいないが、犯罪に遭遇したくない人は、その価値があれば自らの位置を公にすることを躊躇わないことである。この際、個人の行動が常時把握されることになるため、プライバシーの懸念があるが、最近の調査では、プライバシーに関する懸念を抱きつつも、それを遥かに上回る監視システムへの需要があるとの結果が出ている [4]。すなわち、犯罪防止システムについては、ユーザが補助的な位置情報発信装置を携帯している、との前提は十分に許容できるものである。

このような社会的背景の下に、我々は屋外での広域サーベイランスシステムの構築を目指している。多数の、疎に配置された監視カメラを用いて犯罪行動・予兆行動を自動検出し、警察、警備会社等に加え被害者本人にも通知し、未然の犯罪防止を目指すものである。この際、犯罪・異常行動の検出はカメラ映像を用いて行うが、前述のように映像のみでは被害者を特定することが困難であるため、補助的な装置をユーザが携帯することを前提とする。この装置情報の併用により、高速かつロバストに映像中の対象人物を同定することが本研究の目的である。具体的には、測位機能付き端末をユーザが携帯し、得られた位置情報の時系列（移動軌跡）を、監視カメラ映像の画像処理により得られる複数の人物移動軌跡と比較することで、映像中のどの人物が端末保持者であるかを特定する。この際、画像処理を簡易なものに限定することで高速性と結果の頑健性を高めていることも提案手法の特徴である。

以下、まず 2 章では補助機構として用いる測位システムの現状について概観する。3 章で提案方式の概要を述べ、4 章でその中核となるマッチングアルゴリズムについて説明した後、5 章で提案方式の有効性を検証するための実験とその結果について報告する。

2. 関連システム・研究

近年、人物の位置情報を用いた種々のサービスが考案されており、これに応える形で様々な測位システムが提案されている [5]。この中には赤外線や超音波を利用した、精度の高い室内や近距離での測定を前提とした方式から、衛星を利用した広域利用を前提としたものまで、様々な方式が存在する。我々の想定する犯罪防止システムでは、以下の条件を満たすことが必要である。

- (1) 使用機器が利用者に課す負担が軽微であること
- (2) 位置測定と共に識別情報が取得可能であること
- (3) 広域の屋外でも使用可能であること

これらの条件しうる代表的な測位システムとしては、RF(Radio Frequency)ID タグ/無線 LAN を用いた測位システムと GPS(Global Positioning System) [6] とが挙げられる。

RFID タグとは個別の識別信号を無線で発信するタグで、主に物流の識別・管理に用いられている [7]。RFID タグによる位置測定は、タグリーダで受信した電波の電界強度を測定することで行われる。受信可能距離が限定的であるため、主として

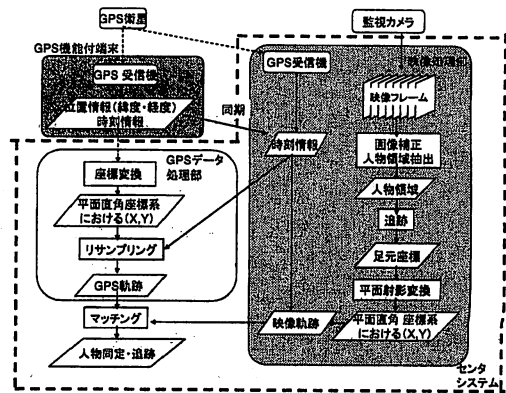


図 1 提案手法の処理フロー

屋内利用に適している。また、無線 LAN を用いた位置測定システムは、同じく電界強度を測定する方式とデータの受信時刻のずれを用いる方式とがある [8]。近年の無線 LAN の普及に伴い、屋内を主としてインフラは整いつつあるが、位置測定を行うには専用の受信装置が必要な場合が多い。RF タグ、無線 LAN を利用した測位は 3~10m 程度の誤差を有する。

一方、GPS [9] は、人工衛星を用いた電波測位システムである。受信機単独で衛星さえ捕捉できれば、地球上のどこでも測位することができるため、屋外での位置測位に広く利用されている。精度は前述の RF タグ等による方式と比べて悪く、数 m~数十 m 程度である。mm オーダの精度の出せるキネマティック GPS も存在するが、受信装置が高価・大きいことから、歩行者の携帯には適さない。また、携帯電話からの緊急通報に際して位置情報を発信できるようにする、いわゆる「日本版 E911」の実現にむけ、2007 年以降、すべての携帯電話に GPS 機能が装備されると思われる [10]。このような背景もあり、本研究では補助測位システムとして GPS を用いることとした。なお、GPS 自身には ID を発信する機能はないので、携帯電話のような、GPS 受信機能、通信機能及び ID 保持機能を有する端末を用いる。

3. カメラと GPS を用いた人物同定と追跡

本章では提案手法の概略を述べる。提案する人物同定・追跡のデータ処理の流れを図 1 に示す。大きく、GPS による移動軌跡の抽出、カメラ映像からの移動軌跡抽出と両者のマッチング、の 3 部に分かれる。以下、各部の処理手順について説明する。また、表記の簡略化のため以下、カメラ映像及び GPS から得られる移動軌跡をそれぞれ映像軌跡、GPS 軌跡と呼称する。

3.1 GPS 軌跡の抽出

(1) 位置・時刻の算出とセンタシステムへの送信

ユーザが携帯する GPS 受信モジュールつき端末にて、GPS 衛星からの信号を受け、各衛星との擬似距離を算出し、時刻及び位置の推定（緯度・経度）を行う [9]。緯度・経度への変換に際しては、後の直角座標系への変換のため、世界測地系 (ITRF、

WGS 84 もしくはその準拠座標系)を用いることを前提としている。以上は市販の GPS 受信装置に具備された機能にて行える。算出後、携帯端末は自らの ID と共に時刻・位置をセンタシステムへ送信する(図 1)。

(2) 緯度・経度の平面直角座標系への変換

端末にて求められた位置情報は緯度・経度により表現されており、後に平面座標で表現される映像軌跡と比較しにくい。そのため、センタシステムにて受信した緯度・経度を平面直角座標系 [11] に変換する。これは、地表面を GRS80 楕円体にてモデル化し、定められた原点・座標軸の平面にガウス・クリューゲル等角投影を行うものである。変換誤差は原点からの距離につれ増大するため、座標系として日本国内では 19 の座標系が設けられている。なお、この座標系は x 軸が原点において子午線に一致、真北に向かう値が正、 y 軸は真東に向かう値が正となっている。また単位は m (メートル)である。

3.2 映像軌跡の抽出

本節では監視カメラ映像からの人物軌跡の抽出処理について説明する。1 章で述べたように、我々の目的は屋外環境でロボストに動作するシステムを構築することであるが、現状の画像処理技術では天候や日照条件の変動が激しい屋外で安定した動作を実現することは困難である。そこで本研究では、画像処理としては極力簡易な解析・処理を行うに留め、動作の安定性と高速化を図ることとした。以下具体的な手順について説明する。

屋外で取得された画像の処理に関する研究は現在も盛んに行われているため、将来的にはそれらの成果を適用することでより良い結果が期待できる。

(1) 映像フレームの取得

カメラから映像フレームを取得し、タイムスタンプを付与する。なお、前述のユーザ端末から得られる位置情報との同期のため、センタシステムにおいても GPS 受信装置もしくは原子時計を設置し、時刻同期を行うことが必要である。

(2) 人物領域の追跡

事前のキャリブレーション [12] により求めた行列を用いてレンズ歪みを補正後、背景差分を取り [13]、得られた前景マスクから連結領域を抽出して人物領域の候補とする。この候補領域の集合から領域面積等に基づきノイズを除去後、各領域について前フレームでの人物領域との距離を求め、対応付けを行う。ここで、領域間の対応が 1:1 ではなく 1:n となったとき、オクルージョンが発生もしくは解消された可能性がある。一般に映像による人物追跡手法においては、このオクルージョンをどのように処理するかが研究テーマとなっており、しばしばオクルージョンの前後で誤った対応付けをしてしまうことがある。本稿の提案手法では、後述のように個々の映像軌跡はその持続時間における一人、もしくは映像中で隣接して移動する人物集合を表すものとして扱い、これに単一人物の軌跡であることが保証されている GPS 軌跡をマッチングさせる。この場合、オクルージョン処理での誤対応は、単一軌跡が表す人物集合の変化を意味するため、マッチングの成否に大きな影響を及ぼすことになる。このため、領域の結合・分離が発生し、オクルージョンが生じた可能性がある場合には、その時点で当該映像軌跡を

一旦終了させ、新規に別の軌跡を発生させることとした。これにより、映像軌跡により人物を追跡し続けることはできなくなるが、映像軌跡が表す人物集合の一貫性は担保でき、総体としての追跡率は向上する。

(3) 移動軌跡の抽出

次に、前ステップで得られた人物領域から足元の点を抽出し、当該時刻において映像軌跡を構成する点とみなす。頭部や重心ではなく足元の点を利用するのは次ステップで地平面を用いて射影変換を行うためである。即ち、人の足が地面に接していると見なしている。

この位置の抽出は、単純に領域の最下点を求めることで行っている。具体的には領域の慣性モーメントを求めて、慣性主軸を人物の体軸とみなし、その最下点を足元座標とする。抽出領域に欠損があった場合は無論のこと、欠損が無くとも厳密にはこれは地平面に接する点ではないが、差は検出ノイズとして許容することとした。

(4) 平面射影変換

以上の手順で得られた軌跡は、撮影画像平面上の軌跡であるため、次章の照合のためには、前述の GPS 軌跡を射影した平面上に射影する必要がある。ここで、撮影範囲の地面を平坦と見なし、平面射影変換により変換する [14]。具体的には、事前にマーカを 4 つ以上撮影エリアに配置し、その位置を GPS 等で計測し、射影変換行列を求めておく。

ただし後述のように、本稿での提案方式においては速度ベクトルのみを用いているため絶対座標は不要であり、GPS と映像とで座標系の原点位置が並行移動の関係にあっても問題はない。また、前述のように GPS 軌跡を射影する直角座標系の単位が m (メートル)であるため、マーカの配置を真南北・東西などに整列させて座標系の方位さえ合わせておけば、後はマーカ間の距離を測定しておくことで作業を簡易化でき、厳密な位置測定を行う必要はない。

4. GPS 軌跡への映像軌跡のマッチング

本章では、前章にて得られた GPS 軌跡・映像軌跡のマッチングを行い、GPS 端末保持ユーザの映像軌跡を検出する方法について説明する。まず測定周波数の低い GPS 軌跡をリサンプリングし、その後軌跡間の類似性の指標を用いて対応付けを行う。

4.1 GPS 軌跡のリサンプリング

GPS/映像軌跡間の類似性を求めるに際して、まず両軌跡のサンプリング時刻を合わせる。一般的な NTSC ビデオカメラでは約 30Hz で映像フレームが得られるのに対して、市販の GPS 受信機では 0.5~4Hz 程度の周波数でしか測位できない。後述の軌跡間距離を求めるためには対象となる軌跡のサンプリング時刻が同期している必要があるため、GPS 軌跡を映像のサンプリング時刻に合わせてリサンプリングを行う。

4.2 GPS/映像軌跡間距離の算出

GPS の単独測位から得られた位置情報には数メートルから数十メートルの誤差が含まれる [9] ため、複数の撮影エリアがある場合に、対象ユーザがどの撮影エリアの周辺にいるかとい

た程度の判断には利用できるが、映像から抽出された位置と同等の精度はない。

この測位誤差の要因としては電離層の影響等様々なものがあるが、今回のように人がGPS端末を携帯して移動する場合に特に問題となるのは、壁や樹木などによるマイクロ波の遮蔽と反射(マルチパス)である。GPSでの測位精度は原理上、利用可能なGPS衛星の天空上での分散状態に強く依存し、特に水平方向の位置精度については、水平線近くの衛星も含めて利用できる状況において高くなる。従って、周囲を建造物や樹木で覆われた環境では必然的に精度は不安定になる。

例として、後述の実験の際のGPS軌跡と実際の行動軌跡を図5に示す。このように、GPSからの位置情報は比較的精度が良いこともあれば、悪いこともあり、変動が激しい。このため、単純に位置情報同士でマッチングを行っても正しい結果を得ることは出来ない。しかし、GPS軌跡を更に検分すると、移動の速度・方向や、進行方向が変化するタイミングは実際の移動と比較的によく合致していることがわかった。そこで、映像/GPS軌跡間の類似度を測る特徴量として、位置ではなく速度ベクトルを用いることとした。

4.3 軌跡間距離

取得された映像軌跡を $\{Traj_i^I\} (i=1,2,\dots,N)$ 、また検出対象ユーザのGPS軌跡を $Traj^G$ とする。 $Traj_i^I$ の時刻 $t=\tau$ での位置を $P_{i,\tau}^I=(x_{i,\tau}^I, y_{i,\tau}^I)$ とするとき、 $t=\tau$ のときの映像軌跡の速度ベクトルを以下のように求める。

$$v_{i,\tau}^I = \left(\frac{x_{i,\tau}^I - x_{i,\tau-\Delta t}^I}{\Delta t}, \frac{y_{i,\tau}^I - y_{i,\tau-\Delta t}^I}{\Delta t} \right)$$

同様に、GPS軌跡 $Traj^G$ の時刻 τ の速度ベクトルを以下のように求める。

$$v_{\tau}^G = \left(\frac{x_{\tau}^G - x_{\tau-\Delta t}^G}{\Delta t}, \frac{y_{\tau}^G - y_{\tau-\Delta t}^G}{\Delta t} \right)$$

ただし、 Δt は映像のサンプリング間隔である。

ここで、 $t=\tau$ における $Traj_i^I$ と $Traj^G$ の距離として、両軌跡における速度ベクトルの差の大きさをを用いる。

$$dv_{i,\tau} = |v_{i,\tau}^I - v_{\tau}^G|$$

ただし、この距離、即ち映像/GPS軌跡の速度ベクトルの個々の時刻における比較だけでは、瞬間的な測定ノイズや、映像中の他の人物が似通った動きをした場合に対応できない。そのため、個々の時刻での類似性ではなく、過去の変化を含めた軌跡としての類似性を求めて指標とすることとした。

4.4 適合判定指標

軌跡の類似性を求める手法は、主としてデータベースから類似度の高い部分列を求める問題として様々な手法が考案されている(例えば[15])。本研究では、一般の問題とは異なり、照合対象の開始時刻とスケールが既知であるため、最も単純な方法である、時系列の各点での距離の平均を指標として用いる。即ち、映像軌跡 $Traj_i^I$ の開始時刻 $t_{0,i}^I$ から判定時刻 τ までの区間における各サンプリング点でのGPS軌跡 $Traj^G$ との距離 $dv_{i,t}$ の平均を、適合判定指標値 $D_{i,\tau}$ と定義する。

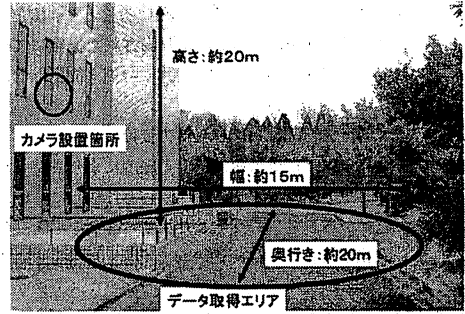


図2 実験環境

$$D_{i,\tau} = \frac{\sum_{t=t_{0,i}^I}^{\tau} dv_{i,t}}{(\tau - t_{0,i}^I)/\Delta t}$$

4.5 マッチング

この適合判定指標を用いて、各GPS軌跡に適合する映像軌跡を求める。対象とするGPS軌跡 $Traj^G$ と同時刻に検出されている映像軌跡集合 $\{Traj_i^I\}$ の各々について $D_{i,\tau}$ を求め、 $D_{i,\tau} < D_{Th}$ たる $Traj_i^I$ の中で最も $D_{i,\tau}$ が小さいものを時刻 τ において当該GPS軌跡に適合していると判定する。ここで、 D_{Th} は閾値である。

閾値 D_{Th} を下回る $D_{i,\tau}$ とする $Traj_i^I$ が存在しない場合は適合なしと判定する。これは、映像内に当該GPS保持者が映っていない(視野外にいる)、もしくは映像軌跡の抽出に失敗していることを意味する。

また、複数のGPS軌跡が単一の映像軌跡に適合していると判定された場合は、これを許容する。これは、複数のGPS保持ユーザが近接して歩行しており、映像軌跡として分離できなかった場合と解釈できる。

5. 実験結果と考察

提案手法の有効性を確認するため、実験を行った。

5.1 使用機器

映像撮影はUSB接続のCCDカメラ(Lumenera社製Lu075C)を用い、解像度 640×480 ピクセル、ノンインタレース、30フレーム/秒のカラー動画を取得した。またGPS受信機として、San Jose Navigation社製のアンテナ・受信機一体型装置GM-48ATを用いた。これを観測者の背負うバックパックの上部にマグネットで固定し、4Hzで測位を行った。今回は提案手法の有効性の評価が主目的であるため、個々の装置でデータの記録を行い、マッチング処理はオフラインで行った。

5.2 実験環境

前述のとおり、GPSにより得られる位置精度には測定箇所の周囲状況が大きく影響する。これは、位置情報と比べ度合いは少ないとはいえ、本手法で用いる速度ベクトルの精度に関しても同様である。そこで、比較的測定誤差が大きい場所で実験を行い、性能を評価した。

実験は、東側が四階建ての建物(高さ19.95m)に遮られ、西

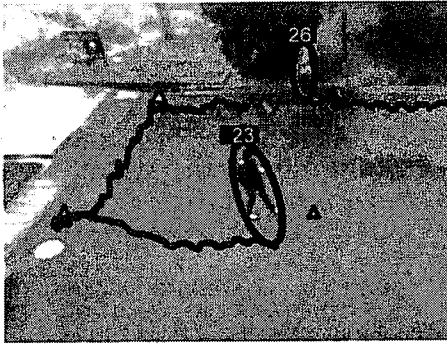


図3 ケース1(2名歩行時)の映像軌跡の例(△印はマーカを表す)

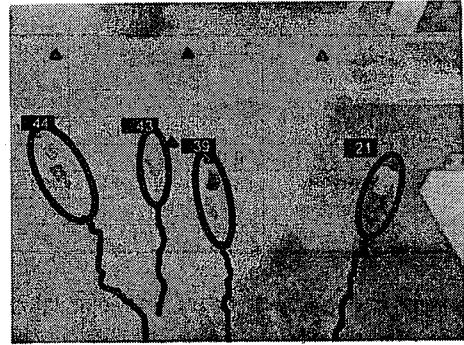


図4 ケース2(4名歩行時)の映像軌跡の例(△印はマーカを表す)

側には森がある、GPS衛星からの電波受信が比較的難しいと思われる場所に行った(図2)。実験に先立ち、カメラ映像の座標を射影するための変換行列を求めるために、9つのマーカを地面に升目状に配置し、マーカ間の距離を測定した。この際、マーカがほぼ真北・真東に整列して配置されていることを、GPSによる方位測定を行って確認し、GPSでの直角座標系と方位が合うようにマーカ座標を記録した。

撮影時の天候は冬の晴れた日であった。風が強く、雲によって日光が遮られることも度々あり、結果として得られた画像中ではコントラストの強い影や、照度に大きな時間変化が見られた。

今回の実験では、2つのサンプルを取得・解析した。

(1) 人物動作の差が明確である例として、2名の人物が整然と歩行している場合(計9,494フレーム、約5分間)

(2) より実際の状況に近いケースとして、4名が入り混じって歩行している場合(計4,397フレーム、約2分半)

いずれのケースにおいても、2名の者がGPS受信機を携帯した。なお、いずれのケースにおいても、実験参加者は本稿の著者及びその同僚であり、実験の趣旨と取得データの扱いを説明した上で参加を依頼し、承諾を受けている。

5.3 結果

実験により得られた映像及びGPSデータに関し、3章の手順に従い解析を行った。それぞれのケースでの映像軌跡抽出後の画像及び軌跡の例を図3及び図4に示す。

映像から抽出された軌跡のうち、GPS端末保持者に対応するものを目視により選択し、正解データとした。図5にケース(1)でのGPS携帯者の正解軌跡と、対応する映像軌跡・GPS軌跡の一部を示す。

図6に、ケース2でのGPS軌跡の一つに対する適合判定指標値の時間推移の一部を示す。図中、IDは映像軌跡の識別番号を示している。このうち、太線で示したID=56及びID=59が当該GPS軌跡に対応する映像軌跡、即ち正解軌跡である。ID=59は、ID=48とID=56(正解)に対応する人物のオクルージョンが生じたため、映像中の人物領域が一つに結合されたため発生したものである。

なお、全体を通じた正解率は61.4%であった。この場合の

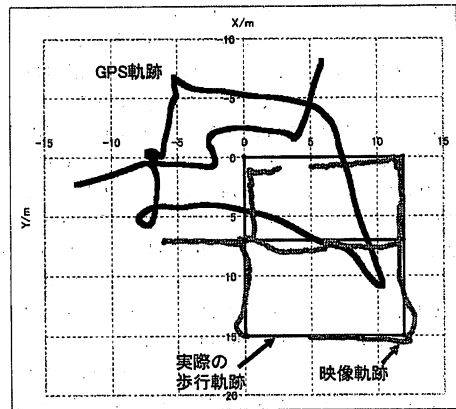


図5 ケース1での正解軌跡と実測軌跡の例

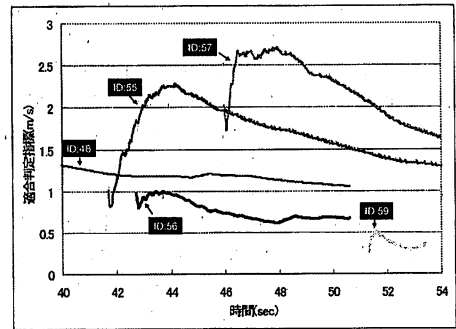


図6 ケース2での適合判定指標値の時間推移(一部)

「正解」とは、次の3つの場合を含んでいる。(1) 識別対象人物の映像軌跡の抽出と判定に成功した場合、(2) 映像軌跡の抽出に失敗したが、他の映像軌跡を正しく reject した場合、そして(3) 対象人物が映像中に存在せず、他の映像軌跡を正しく reject した場合。これらを場合わけした正解率を表1に示す。

5.4 考察

GPS軌跡に対応する映像軌跡が抽出できた場合、マッチング

表 1 条件別の正解率

ケース	映像内での 正解人物の有無	正解率	映像軌跡の抽出	正解率
1	あり (94.6%)	63.7%	成功 (70.9%)	80.7%
	なし (5.4%)	0.1%	失敗 (29.1%)	25.5%
2	あり (79.4%)	68.4%	成功 (72.9%)	79.1%
	なし (20.6%)	45.9%	失敗 (27.1%)	47.6%

正解率は約 8 割と、高い値が得られた。今回の実験環境では、建物から 5m 以内に近づいたときの GPS の測位精度が悪く、その領域においてマッチングの失敗が多発していた。

利用した判定指標の特性として、似た速度・方向へ複数の人物が移動する場合のマッチングが難しいと考えられたが、やはり同定対象が頻繁に入れ替わるケースが数多く発生していた。これは、本稿で提案した手法では GPS 軌跡の位置情報は用いていないことに原因がある。前述のように、GPS の単体測位より求められた位置は誤差が大きく、そのままでは使用できない。ただし、一旦映像軌跡とのマッチングが成功できた場合には、映像から得られた位置を用いることで、GPS の測位位置を補正し、精度の向上を図ることができる可能性がある。

図 6 の結果では、対象となる GPS 受信機保持者の映像軌跡が抽出できている場合には、正確にマッチングが成功していることがわかる。しかし、対象としているユーザの映像軌跡の抽出に失敗した場合（図中 $t=40\sim 42$ msec の区間など）、本来は "reject" すべきところを、異なる人物の映像軌跡にマッチしてしまっている区間もあることがわかる。表 1 の正解率を見ると、実際、「reject」が正解である場合（映像内に正解人物がないとき、もしくは正解人物の映像軌跡の抽出に失敗しているとき）の正解率が低いことがわかる（0.1%～50%弱）。この "reject" はマッチングアルゴリズムのうち、閾値を用いて行われている部分である。正解人物の軌跡が抽出された場合、即ち選択候補中に存在する場合の正解率は高いため、類似性の指標は有効に動作しているが、閾値による判断の部分の有効性が低い。今後この部分を改良する必要がある。

今回用いた適合判定パラメータは GPS で位置がまったく測位できない状態が長く続かない（数秒程度）環境を想定しており、頻繁に測位できなくなるような環境では対応できなくなると考える。対応策として、現在の指標が映像軌跡の開始からすべてのサンプリングポイントでの評価値を用いているのに対し、より短い期間の評価値のみを用いた、新たな指標もを用意して、2つの指標を組み合わせることで、長期変動と短期変動の双方を考慮に入れたマッチングを行うことが考えられる。

6. おわりに

本稿では、カメラ映像と GPS 受信端末を併用することで、屋外環境にてロバストに映像中の人物識別を行う手法を提案した。提案手法は限定的な条件下では高い正解率を示したが、同時に改良の余地が多分にあることも判明した。今後は問題点の

改良を行い、正解率の改良を進めると共に、GPS 以外の測位方式へも拡張することで、屋内外など様々な環境においてシームレスに映像中の人物同定を行う方式を確立していきたい。

謝 辞

実験に協力してくれた ATR 学外実習生の諸君に感謝します。本研究は情報通信研究機構 (NICT) の研究委託「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発」により実施したものである。

文 献

- [1] 警察庁, “平成 17 年上半期の犯罪情勢,” Aug. 2005.
- [2] 南里, 大津, “複数人動画からの異常動作検出”, 信学技報 PRMU2004-77, Vol.104, No. 291, pp. 9-16, 2004
- [3] Nixon, M., Carter, J., “Advances in Automatic Gait Recognition,” in *Proc. Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR 2004)*, pp. 139-146, 2004.
- [4] 富士総合研究所, “「治安および公的空間の防犯に関する生活者の実態と意識」調査報告書”, 2004.
- [5] Hightower, J., Borriello, G., “Location Systems for Ubiquitous Computing,” *IEEE Computer*, Vol. 34, No. 8, pp. 57-66, Aug. 2001.
- [6] ARINC Research Corporation, “NAVSTAR GPS Space Segment/Navigation User Interfaces(ICD-GPS-200),” 1993.
- [7] 田中 完爾, 木室 義彦, 山野 健太郎, 平山 満, 近藤 英二, 松本 三千人, “RFID システムによる自己位置推定とタグ配置作業,” 信学論 (D-II) Vol.J88-D-II, No.9, pp.1759-1770, Sep. 2005.
- [8] 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃, “無線 LAN を用いた屋内向けユーザ位置測定方式 WiPS の実装,” 情報処理学会論文誌, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集, pp.349-352, Jul. 2004.
- [9] Misra, P., Enge, P. (日本航海学会 GPS 研究会訳), “精読 GPS 基本概念: 測位原理・信号と受信機,” 正陽文庫, Dec. 2004.
- [10] 情報通信審議会情報通信技術分科会緊急通報機能等高度化委員会, “「携帯電話からの緊急通報における発信者位置情報通知機能に係る技術的条件」報告書案”, 2004
- [11] 測量法, 第 11 条第 1 号 (平成 14 年 1 月 10 日改正), 2002
- [12] Zhang, Z., “A Flexible New Technique for Camera Calibration,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 11, pp. 1330-1334, 2000.
- [13] KaewTraKulPong, P., Bowden, R., “An Improved Adaptive Background Mixture Model for Real-time Tracking with Shadow Detection,” *VIDEO BASED SURVEILLANCE SYSTEMS: Computer Vision and Distributed Processing*, Kluwer Academic Publishers. pp. 135-144, Nov. 2001.
- [14] 佐藤, “コンピュータビジョン”, コロナ社, 1999
- [15] Agrawal, R., et al., “Efficient similarity search in sequence databases,” in *Proc. 4th Int. Conf. Foundations of Data Organization and Algorithms*, pp. 69-84, 1993.