

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19700166
 研究課題名（和文） 動画像のアピランスからの幾何構造抽出に基づく屋外シーンの柔軟な理解の実現
 研究課題名（英文） Flexible Scene Understanding Based on Geometric Structure Estimation from Appearance of Video Sequence
 研究代表者
 波部 斉（HABE HITOSHI）
 奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
 研究者番号：80346072

研究成果の概要（和文）：ビデオカメラを用いて撮影した屋外シーンの中に含まれる物体の検出・認識・追跡を精度よく行うことを最終目的とし、シーンの幾何構造、すなわち、地面や建物などの構造を利用する様々な手法を開発した。具体的には、（1）過去に人物が移動した軌跡から地面など人物がよく歩く部分を求める手法を開発し、それを用いて（2）蓄積した映像から人物の移動軌跡を精度よく求める手法を考案した。さらに、求めた移動軌跡を利用したより高度な処理を目指して、（3）人物間インタラクションの解析手法を提案した。

研究成果の概要（英文）：In order to detect and track pedestrians in an outdoor scene, we proposed the methods that exploit its geometric structure. For example, if we know where a road and a building are in the scene, it is possible to improve the performance of pedestrian detection drastically. Specifically speaking, we proposed the methods for (1) estimating prior probability of human existence and (2) obtaining accurate human motion trajectories. Additionally, in order to develop the new application area of pedestrian detection and tracking, we proposed a method that analyzes interaction between pedestrians and estimates their mutual relationship.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	0	1,000,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	660,000	3,860,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：アピランス，幾何構造，屋外シーン，長期映像，人物検出

1. 研究開始当初の背景

与えられた映像に含まれる物体の検出・認識・追跡は画像情報処理やコンピュータビジ

ョンの基本的問題である。現在まで数十年にわたる研究により様々な手法が提案されているが、特に屋外シーンを対象とした場合には満足できる結果が得られているとは言い

がたい。その原因としては、日照条件の変化を始めとする、屋外に現れる多種多様な変化が外乱として働くことがあげられる。

それに対し、シーンに含まれる物体の大まかな形状やその相互関係（以下、それらをまとめて幾何構造と呼ぶ）をあらかじめ求めておけば、処理の精度が飛躍的に向上することが報告され、屋外シーンに対する高精度な処理を実現するための有効な手段として注目されている。代表的な例としては米国カーネギーメロン大学の M.Hebert らがトップレベルの国際会議 CVPR2006 で発表し最優秀論文賞を受賞した「Putting Objects in Perspective」がある。そこでは下図のように、あらかじめ求めておいた観測対象シーンの幾何構造（物体表面の法線方向が同一である領域を同一の色で示している）から車両や人物の大きさ・方向などのパラメータが取りうる範囲を限定し、検出精度の向上を実現している。



このような幾何構造はシーンの「コンテキスト」と呼ばれ、この研究が契機となって多くの関連研究が行われてきた。

しかしながら、現実にはシーンの幾何構造を求めること自体が非常に困難であることが大きな問題となる。先述の Hebert らによる研究では、大量の画像に対してあらかじめ幾何構造のラベル付けを行なったデータベースを作成し、それを利用して未知の観測データの幾何構造を予測している。しかし、一般的なデータベースからの予測だけでは常に正確な結果が得るのは難しく、処理対象のシーンにおいて正しく幾何構造を求める手法の考案が必要とされていた。

2. 研究の目的

以上の背景をもとに、本研究課題においては、処理の対象とするシーンにおいて過去に観測されたデータを用い、それを解析してシーンの幾何構造を抽出し、画像情報処理の基本技術である、物体検出・認識・追跡処理の精度向上を図ることを目的とした。

3. 研究の方法

この目的を達成するために、本研究においては、具体的に以下の3つの課題に取り組ん

だ。

- (1) 過去の移動軌跡からの人物存在事前確率の獲得
- (2) 幾何構造を利用した高精度な人物移動軌跡の獲得
- (3) 人物移動軌跡の遷移点に着目した人物間インタラクションの解析

このうち、(1)と(2)は本研究の着想当初に計画していた、幾何構造の獲得とその利用を行うためのものである。(1)では、過去に観測された人物の移動軌跡を利用して、観測シーンの中で人物が移動する領域を求める。その結果を利用して、(2)では、観測データに含まれる局所的な情報と大局的な情報を統合的に解析し、高精度な人物移動軌跡を得る。

これに対して、(3)は本研究課題を行っていく中で新たに着想した研究テーマである。(1)と(2)のような手法によって高精度な人物移動軌跡が獲得できた後には、それを利用した新たなサービスの提案が必要になる。現状では、通過人数のカウントなどは可能となってきているが、それだけでは我々が映像を見たときに理解する情報にはほど遠い。

例えば、その映像の中に映っている人が不審な動きをしているかどうか、また、どんな属性の人々が多く通行しているか、などより高次元な情報を理解することができれば、様々なサービスへの展開が期待できる。また、我々がどのように高次元な情報を理解しているのか、という根源的な問いに答えるための一助になるとも考えられる。

そこで、シーン中を歩いている人物間の関係推定や異常状態の検出を目的とし、そのためのインタラクション解析手法を(3)において提案した。

4. 研究成果

前項において述べた各研究テーマについての成果を以下に示す。

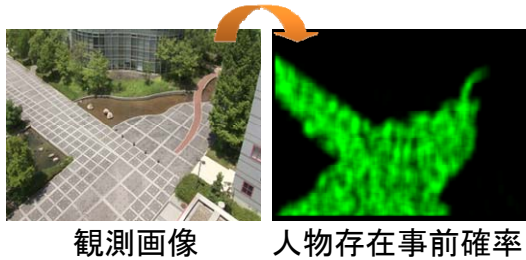
- (1) 過去の移動軌跡からの人物存在事前確率の獲得

冒頭より述べているとおり、画像から精度良く人物検出を行うためには、人物が存在し得る領域を事前に求めておくことが有効である。そこで、過去の人物移動軌跡と画像の色情報を利用することにより、人物存在事前確率を獲得する手法を提案した。

過去に人物が存在した領域には再度人物が出現する確率が高くなるが、過去の履歴を参照するだけでは効率が悪い場合がある。そ

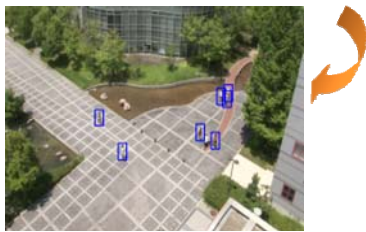
ここで、シーンの構造を特徴付ける色情報にも着目し、過去の軌跡とその周囲で似通った色を持つ領域に高い事前確率を与える。

事前確率獲得にはパーティクルフィルタの枠組みを利用し、複雑な事前確率を効率良く表現・獲得する。これによって得られた人物存在事前確率の例を下図に示す。これをみてもわかるように、事前確率分布は対象シーンのもっている幾何構造を間接的に示している。



観測画像

人物存在事前確率



精度の高い人物検出

上図にも示しているように、この事前確率を用いると、建物の壁などの本来人物が存在しない領域での誤検出を低減でき、人物検出の高精度化が期待できる。

本手法で得られた事前確率分布の妥当性を検証するために、均一な事前確率分布を用いる場合、色情報を用いず軌跡だけを用いた場合、そして、提案手法によって求めた事前確率分布を用いた場合、の3つの場合について、人物検出の精度を求めた。その一例を下表に示す。

	適合率	再現率	F値
均一事前確率	0.63	0.83	0.72
軌跡のみを参照	0.89	0.60	0.72
提案手法	0.95	0.90	0.93

この表をみても分かるように、提案手法を用いることで、人物検出精度を飛躍的に向上させることができた。

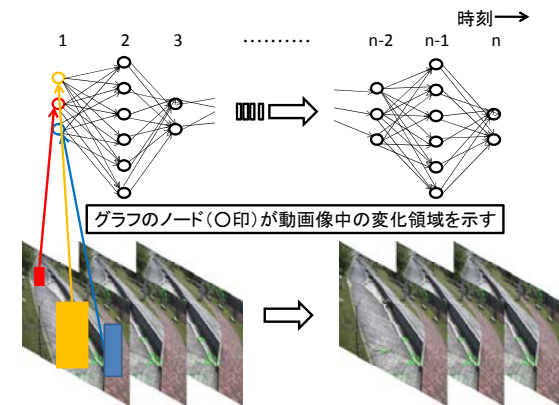
この結果は、日本国内で最大規模の画像処理・コンピュータビジョン研究の会議である、画像の認識・理解シンポジウムにおいて、口頭発表に採択されるなど、高い評価を受けた。また、現在学術論文誌へ投稿して条件付き査読の判定を受けており、学術論文としても公表できる見込みである。

(2) 幾何構造を利用した高精度な人物移動軌跡の獲得

(1)の最後に示した人物検出結果は、1枚の画像に対して処理を行ったものである。実応用においては、時系列で得られた画像から一連の軌跡として人物の位置を求める必要がある。

そのためには多くの手法が既に提案されているが、ここでは、カメラで蓄積された映像をオフラインで解析し、高精度な人物移動軌跡を得る手法を提案する。具体的には、各フレームでの人物検出結果やフレーム間の見えの類似性などの局所的な特徴と、人物消失位置や移動軌跡の一貫性などの大局的な特徴を統合的に解析し、高精度な人物移動軌跡を得る。

下図に示すように、提案手法では、動画上で人物が存在する位置をグラフのノードで表現し、人物移動軌跡候補をグラフ上の経路で表現する。



これによって、人物移動軌跡の獲得はグラフ上の探索問題に帰着される。提案手法では探索を行う際に、空間的・時間的に局所的な情報と、大局的な情報を統合的に解析し、最終的な正しい軌跡を獲得する。

この手法の有効性を確認するため、屋外における様々なシーンの映像を用いて評価実験を行ったところ、下表に示す結果が得られた。

比較シーン	提案手法	HOG+NN法	HOG+CamShift	局所的特徴のみ
単独人物(屋外)	0.96	0.85	0.56	0.90
激しい照明変化(屋外)	0.70	0	0	0.04
通常シーン(PETS)	0.78	0.74	0.69	0.65
すれ違いのある場合(PETS)	0.77	0.64	0.49	0.60

これらの結果をみると、いずれも提案手法での精度が最良となっており、その有効性が確認できた。本手法はこの研究課題の最終年度に着手したものであり、閾値の調整など実用に向けてのいくつかの課題を解決する必

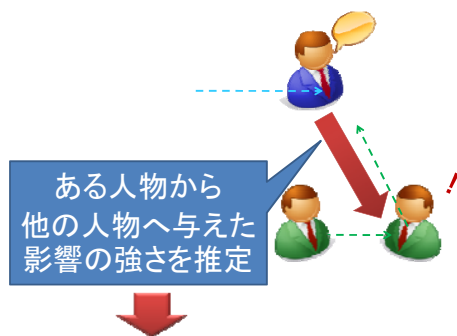
要がある。今後もそれらについて検討を継続していく予定である。

(3) 人物移動軌跡の遷移点に着目した人物間インタラクションの解析

先に述べたように、獲得された人物移動軌跡を用いたより高次の情報の抽出を最終目標とし、人物間の関係や異常状態検出を具体的なタスクとして、センサで得られた人物の移動軌跡から人物間のインタラクションを解析する手法を考案した。

ここでのインタラクションとは歩行中の人物同士で互いに与えあう影響が軌跡に現れたものであり、知人関係にある人物間ではインタラクションが頻繁に発生していると考えられ、また、異常時には非常に大きなインタラクションが発生していると考えられる。

提案手法では、下図に示すように、人が移動速度や進行方向といった歩行パターンを変化させた点でインタラクションが顕在化しているとし、歩行パターン変化点での時間的・空間的な距離を解析して人物間の「影響の強さ」を定量化する。



人物間のインタラクションを解析

友人同士？ 異常事態が発生？

この「影響の強さ」は、友人同士が歩いている場合には、他人同士に比べて大きくなることが期待される。また、暴漢に襲われるなどの異常時には非常に大きな値になることが考えられる。

このうち、友人・知人について実データを解析したところ、下表に示すように、歩行パターン変化に着目した解析を行うことで、精度良く関係を識別できることがわかった。

手法	変化点を利用	距離を利用	両者を統合
精度 (%)	93.93	97.02	98.79

また、異常事態についてもいくつかの模擬映像を用いて評価実験を行ったところ、想定したとおり、通常時に比べて非常に大きな「影響度」が得られていることが分かった。このように、人物関係推定や異常事態の検出

において提案手法が有効であることが確かめられた。

この成果をまとめた論文を国際会議 ICDSC2009 に投稿したところ、口頭発表に選ばれた。今後はより多くのデータによる解析を行って、手法の改良と新しい応用の開拓を行っていく。

以上、本研究課題においては、当初予定していた幾何構造獲得による精度の高い人物検出・追跡のみならず、今後の展開を見据えた高次情報の抽出手法についても取り組んだ。いずれについても、基本的な有効性を確認することができ、学会発表においても高い評価を得ることができた。

しかし、映像からの人物検出・追跡は決して簡単な問題ではなく、広く実用に応用できる技術を確認するためには、まだ数多くの課題を克服する必要がある。ここで得られた成果を元に、それらの課題に挑んでいく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 8 件)

- [1] 西行健太, 波部 齊, 木戸出正繼: 局所的な特徴と大局的な特徴の統合による蓄積映像からの人物移動軌跡の獲得, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 鹿児島, 2010. 3. 15
- [2] Hitoshi Habe, Kazuhisa Honda, Masatsugu Kidode: Human Interaction Analysis Based on Walking Pattern Transitions, Third ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras (ICDSC 2009), Como, 2009. 9. 1
- [3] 中河秀仁, 波部 齊, 木戸出正繼: 人物の移動軌跡と画像の色情報を用いた人物存在事前確率の効率的な獲得, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2009), 松江, 2009. 7. 22
- [4] 波部 齊, 本田和久, 木戸出正繼: 歩行パターン変化に着目した人物間インタラクションの解析. 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2009), 松江, 2009. 7. 21
- [5] Hitoshi Habe, Hidehito Nakagawa, Masatsugu Kidode: Efficient Acquisition of Human Existence Priors from Motion Trajectories, Workshop on Visual and Contextual Learning from Annotated Images and Videos, Miami Beach, 2009. 6. 25
- [6] 中河秀仁, 波部 齊, 木戸出正繼: 人物の

移動軌跡と画像の色情報を用いた人物
存在事前確率の効率的な獲得, 情報処理
学会研究報告 CVIM, 仙台, 2009. 3. 14

- [7] Hitoshi Habe, Kazuhisa Honda,
Masatsugu Kidode: Extracting Mutual
Relationship between Pedestrians from
their Motion Trajectories,
International Workshop on "Sensing
Web", Tampa, 2008. 12. 7
- [8] 波部 齊, 中河秀仁, 本田和久, 木戸出正
継: 対象シーンの高次情報に着目した柔
軟・頑健なビジュアルサーベイランスの
実現に向けて, 電気学会一般産業研究会,
大分, 2008. 11. 29

[その他]

研究紹介ホームページ

(研究成果の論文などを公開)

<http://ai-www.naist.jp/people/habe/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

波部 齊 (HABE HITOSHI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研
究科・助教

研究者番号: 80346072