

手荷物の種類と向きを考慮した人物画像からの 手荷物の所持判定に関する検討

浅井 康博[†] 高橋 友和^{††} 出口 大輔^{†††} 井手 一郎[†] 村瀬 洋[†]

[†]名古屋大学 大学院情報科学研究科, 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

^{††}岐阜聖徳学園大学, 〒500-8288 岐阜県岐阜市中鶉 1-38

^{†††}名古屋大学 情報連携統括本部, 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

E-mail: †asaai@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ††ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp, †††ddeguchi@nagoya-u.jp,

††††{ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp

あらまし 近年、公共空間への監視カメラの設置が進められている。捜査などで監視カメラ映像を利用するにあたり、膨大な映像中から対象の人物を探す作業が必要となる。しかし、人手によるこれらの作業は膨大な時間と労力を要するため、画像処理により人物検索を支援する技術が求められている。そこで我々は人物画像から手荷物所持の有無を判定することにより人物絞り込みの支援を行なうことを目的としている。本報告では向きと種類を考慮した手荷物の所持判定手法を提案する。手荷物の向きを考慮するだけでなく、手荷物の種類によって有効な特徴量が異なることを利用して判定精度の向上を実現した。また、実際の監視カメラ映像の利用を想定し、実画像として iLIDS データセットを利用して判定精度の検証を行った。

キーワード 監視カメラ, 手荷物, 所持判定

A study on detection of belongings from a human image using their category and direction

Yasuhiro ASAI[†], Tomokazu TAKAHASHI^{††}, Daisuke DEGUCHI^{†††},

Ichiro IDE[†], and Hiroshi MURASE[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8601 Japan

^{††} Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University

Nakauzura 1-38, Gifu-shi, Gifu, 500-8288 Japan

^{†††} Information and Communications Headquarters, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8601 Japan

E-mail: †asaai@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ††ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp, †††ddeguchi@nagoya-u.jp,

††††{ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp

Abstract Recently, surveillance camera in public space is increasing. We need to search a target person in an enormous amount of data. However, manual search consumes a lot of time and labor. Thus, image processing technology which supports manual search is required. Therefore, we aim at the detection of belongings from a human image so that human operators can filter specific persons. In this report, we propose a method for the detection of belongings from a human image using image features effective for their category and the position of the belongings. In addition, we applied the proposed method to actual surveillance camera images to evaluate its effectiveness.

Key words Surveillance camera, belongings, detection of belongings

1. まえがき

近年、防犯意識の高まりから、公共空間への監視カメラの設置が進められている。監視カメラは犯罪の防止や事件解決の糸口として期待されており、実際に犯人の特定や逮捕のきっかけとなった事件も多い。その際には、目撃情報などを手がかりとして、大量の監視カメラ映像の中から捜査対象の人物を探す作業が必要だが、人手による作業には膨大な時間と労力を要するため、画像処理により人物検索を支援する技術が求められている。

性別や年齢などとともに、手荷物の情報は目撃情報などにもよく使われる属性で、人物検索の重要な手がかりになると考えられる。たとえば、監視カメラ映像に映った大勢の人物のうち、リュックサックやキャリーバッグなど、特定の種類の手荷物を所持する人物のみを絞り込むことができれば、人物検索のコストを大幅に削減することができる。実際に、2013年のポストン・マラソン爆発事件では、監視カメラ映像と手荷物の情報が事件の早期解決の手がかりになっている [1]。

手荷物の種類による人物の絞り込みが実現できた際の効果を検証するために、手荷物に関する簡単な統計情報調査を実施した。中部国際空港において、2013年5月6日午前11:30から11:45までの15分間、延べ198人の手荷物について調査した。この調査により、図1のような結果が得られた。このグラフからわかるように、手荷物の種類を限定するだけで人物の絞り込みの大幅なコスト削減が期待できる。

従来研究として、手荷物に関する研究は多くなされている [2] [3] [4]。Dimaら [3] は carrying objects の検出として姿勢検出や歩容認識に用いられる Temporal template を用いて人物シルエットから突出した部分を手荷物として検出している。このため、服装による突出と区別ができないという問題点がある。また、映像中から手荷物が所有者から一定の距離以上離れたことを検出する置き去り検出に関する研究は盛んである [5] [6] [7]。Smithら [7] は置き去りにされた手荷物は動かない、人物より見た目が小さいといった情報を利用している。そのため、手荷物の情報を用いた人物の絞り込みには適用できない。

手荷物を対象とした研究は数多く存在するが、多くは手荷物の検出に関連したものであり、種類を判別するという研究は少ない。そこで、我々は手荷物の種類を含めた所持判定の実現に取り組んでいる。図2にここで、図2(a)(b)のように、種類によって手荷物の位置や大きさは変化する。そのため我々は手荷物の種類に着目して判定精度の向上を図った [8]。さらに、図2(b)(c)のように、撮影方向によっても位置や大きさが変化する。ことから、本稿では手荷物の種類と撮影方向の両者を考慮した手荷物の所持判定手法を提案する。これまでキャリーバッグとリュックサックのみを対象としてきたが、図1から、ショルダバッグについても高い割合を占めていることから、本稿では図2(d)(e)のようなショルダバッグも対象に含める。本稿では以降、図2(d)のような斜め掛けのショルダバッグをショルダバッグ(斜)、図2(e)のような片方の肩に真っ直ぐかけたものをショルダバッグ(直)として表記する。

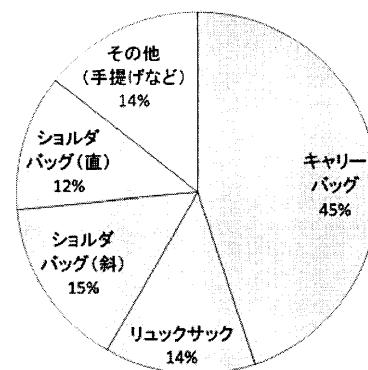


図1 各手荷物の全体に占める割合

2. 手荷物の所持判定手法

ここでは、本稿で提案する手荷物の所持判定手法について述べる。図3に提案手法の処理の流れを示す。本手法は、(1) 判定対象領域の設定、(2) 識別器の学習、および(3) 手荷物の所持判定の3つの処理に分けられる。このうち、(1)、(2)は事前処理である。各処理における具体的な処理は以下のとおりである。

2.1 判定対象領域の設定方法

手荷物を所持した人物画像を多数集め、手荷物の種類ごと、撮影方向ごとに所持判定の対象領域を設定する。そのために、各画像中の人物領域と手荷物領域の相対的な位置と大きさの情報を利用する。そこでまず手荷物を所持した人物画像を多数用意する。次に、これらの画像中の人物の大きさを正規化する。最後に、正規化した人物領域を基準として、全画像中の手荷物領域を包含するような領域を求め、これを判定対象領域とする。判定対象領域は手荷物の種類ごと、撮影方向ごとに独立して設定する。

図4に手荷物の種類がキャリーバッグ、向きが -180 度の場合の判定対象領域の決定方法に関する具体的な処理の流れを示す。実線枠が人物領域、破線枠が手荷物領域、点線枠が判定対象領域である。ここでは簡単化のために4枚の画像を使って説明する。まず最初に人物領域の大きさの正規化を行なう。ある1枚を基準として、その残りの3枚の人物領域を人物のアスペクト比が変わらないようにリサイズする。次に、リサイズした人物領域を基準としてそれぞれの手荷物の人物領域に対する相対的な領域を包含するような領域を判定対象領域として設定する。

2.2 識別器の構築

学習用画像を用いて手荷物の種類ごと、撮影方向ごとに識別器を学習する。すなわち、(手荷物の種類数 \times 撮影方向数) 個の識別器を構築する。学習用画像として、Positive sample (判定対象となる手荷物を所持している人物画像) と Negative sample (判定対象となる手荷物を所持していない人物画像) を用意する。これらの画像に対して、判定対象となる手荷物の種類と撮影方向に応じた判定対象領域から画像特徴量を抽出し、それらを用いて識別器を学習する。

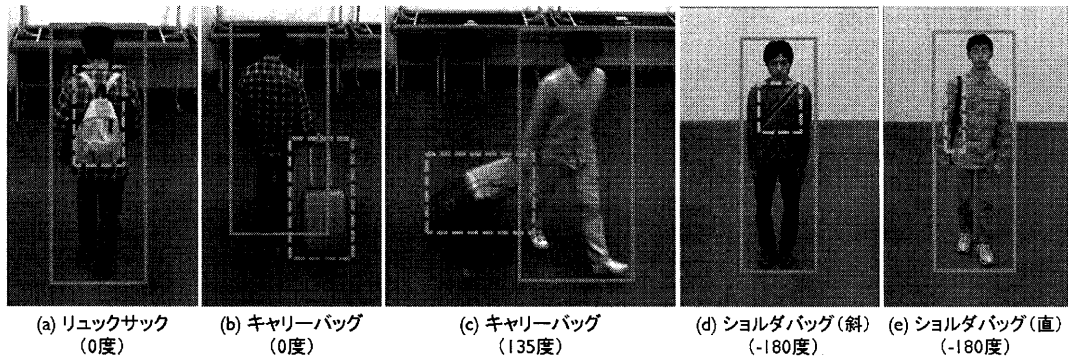


図 2 手荷物領域の種類と撮影方向による違い

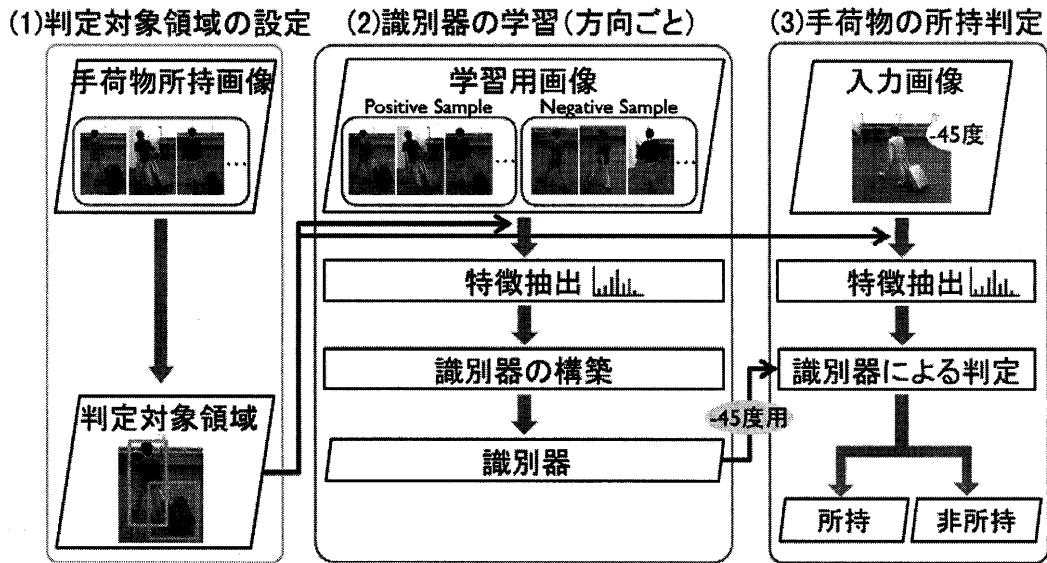


図 3 提案手法の処理の流れ (-45 度のキャリーバッグを対象とした場合)

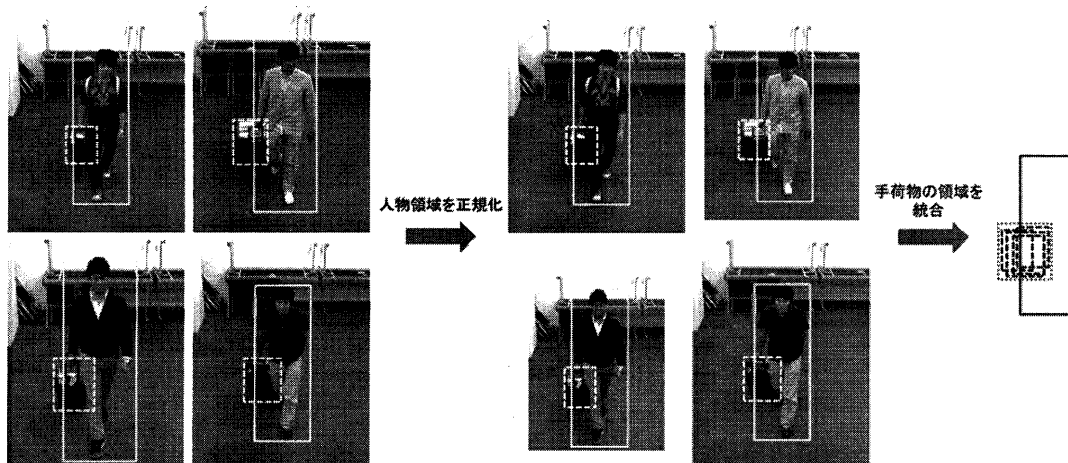


図 4 判定対象領域の設定の流れ (-180 度のキャリーバッグを対象とした場合)

2.3 手荷物の所持判定

学習した識別器を用いて入力画像中の人物が判定対象の手荷物を所持しているか否かを判定する。ここで、人物の撮影方向は既知であるとして、その撮影方向に対する識別器を用いる。まず、識別器の学習と同様に、判定対象領域から画像特徴量を抽出する。次に、その特徴量を識別器に入力することで、手荷

物所持の有無を判定結果として得る。

2.4 画像特徴量と識別器

本手法では手荷物としてキャリーバッグ、リュックサック、ショルダバッグ (斜)、ショルダバッグ (直) の 4 種類を想定する。手荷物の種類により有効な画像特徴量が異なると考えられる。ただし、どの手荷物についても人物および手荷物の輪郭に最も

表 1 提案手法と比較手法の違い

手法	手荷物の種類の考慮	撮影方向の考慮	特徴量の考慮
比較手法 1	-	-	-
比較手法 2	✓	-	-
比較手法 3	✓	✓	-
提案手法	✓	✓	✓

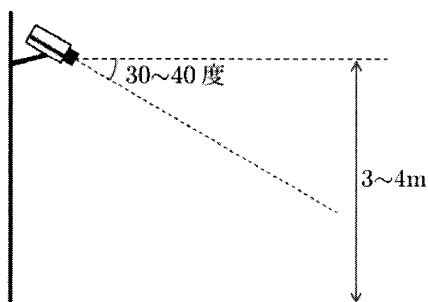


図 5 カメラの設置条件

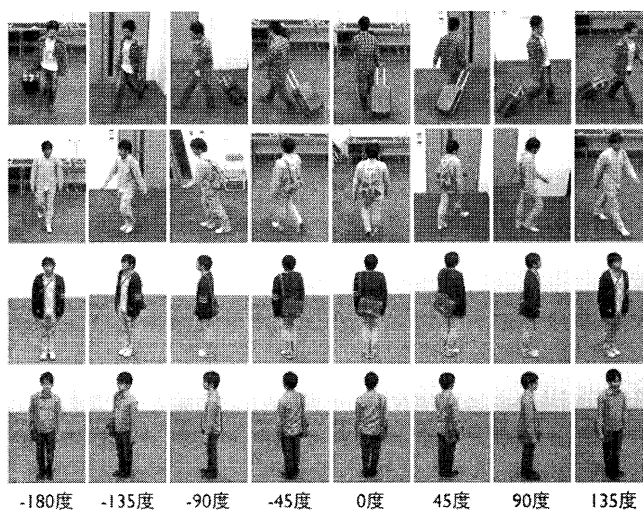


図 6 データセット中の画像の例

特徴が表れやすいと考えられるので、エッジ特徴を利用する。キャリーバッグとリュックサックについては、持つ人や手荷物の大きさの違いにより、位置のばらつきが大きいと考えられる。そこで、位置ずれを吸収するために局所特徴としてエッジ特徴である HOG (Histograms of Oriented Gradients) [10] を用いた BoF (Bag of Features) [11] を特徴量として採用する。BoF はベクトル量子化された局所特徴を用いることで画像を局所特徴の集合として考えるものである。ショルダバッグでは紐のラインが最もショルダバッグらしい特徴が出ると考えられる。また、人体領域を基準とすれば持つ人による位置ずれが発生しにくい。これらの理由により HOG 特徴を採用する。

識別器には、一般に 2 クラス識別問題に対して高い性能を持つとされる SVM (Support Vector Machine) 識別器を用いる。

3. 手荷物の所持判定実験

提案手法の有効性を確認するためにキャリーバッグ、リュックサック、ショルダバッグ (斜), ショルダバッグ (直) それぞれの所持判定実験を行なった。

3.1 実験条件

実験を行なうにあたり、データセットを作成した。駅等にある一般的な監視カメラは、図 5 に示すように、3~4m の高さの場所に、30~40 度の俯角で設置されている。本実験で作成したデータセットにおいても、監視カメラ映像の利用を想定して、同様の条件になるようにカメラを設置し撮影した。手荷物の種類としてキャリーバッグ、リュックサック、ショルダバッグ (斜), ショルダバッグ (直) の 4 種類を用意し、これらの手荷物の所持の有無、人物、撮影方向を変えながら、合計 2,112 枚の画像を撮影した。図 6 にデータセット中の画像の例を示す。上から順にキャリーバッグ、リュックサック、ショルダバッグ (斜), ショルダバッグ (直) である。これらの画像に対して、人手で手荷物所持の有無、人物領域と手荷物領域の位置、人物 ID、撮影方向の情報を付与した。なお、手荷物領域は図 2 の破線に示されるような領域とする。ショルダバッグについては紐のラインが本体部分の形によらず最もショルダバッグらしい特

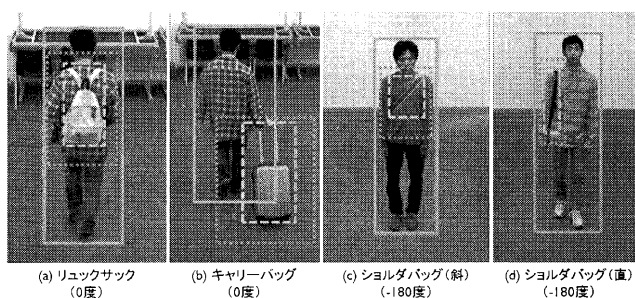


図 7 判定対象領域の例

徴が出やすいと考えられるため、紐の部分のみを対象とした。

人物画像からキャリーバッグ、リュックサック、ショルダバッグ (斜), ショルダバッグ (直) の所持の有無を判定する実験を行なった。実際の判定対象領域の例は図 7 (点線) に示したとおりである。ここでは 3 つの手法と比較した。表 1 に各手法の違いをまとめる。比較手法 1 では手荷物の種類や撮影方向の違いを考慮せず、すべて同じ判定対象領域を利用した。ここでの判定対象領域は、傘やかばんなどの一般的な手荷物を包含するような領域を設定した。識別器についても手荷物の種類に関係なく 1 つの識別器を学習し、判定に使用した。比較手法 2 は手荷物の種類のみを考慮し、種類ごとに判定対象領域を設定した [8]。比較手法 3 は手荷物の種類と撮影方向の両方を考慮しているが特徴量については種類ごとには考慮していない [9]。なお、比較手法 1~3 では特徴量として HOG 特徴量を使用した。

3.2 実験結果および考察

表 2 に各手法の手荷物の所持判定の正解率の比較を示す。比較手法 3 および提案手法における各手荷物の判定正解率は 8 方向の判定正解率の平均値とした。提案手法による判定正解率が最も高く、その有効性を確認した。また、ショルダバッグ (斜) で 84.4%、ショルダバッグ (直) で 83.9% の正解率となった。

次に、撮影方向の違いを考慮した提案手法の有効性を確認するために、キャリーバッグとリュックサックを所持する場合について、撮影方向により詳細に比較する。図 8、図 9 にそれぞ

表 2 判定正解率 [%] の比較

手荷物の種類	比較手法 1	比較手法 2	比較手法 3	提案手法
キャリーバッグ	70.1	79.2	93.0	93.7
リュックサック	68.9	71.8	82.7	88.0
ショルダバッグ (斜)	-	-	-	84.4
ショルダバッグ (直)	-	-	-	83.9

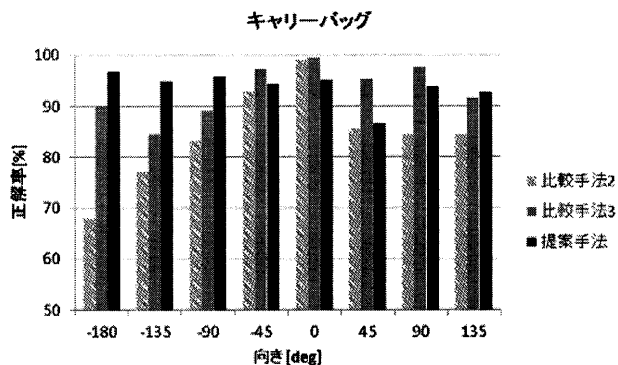


図 8 撮影方向別の判定正解率の比較 (キャリーバッグ)

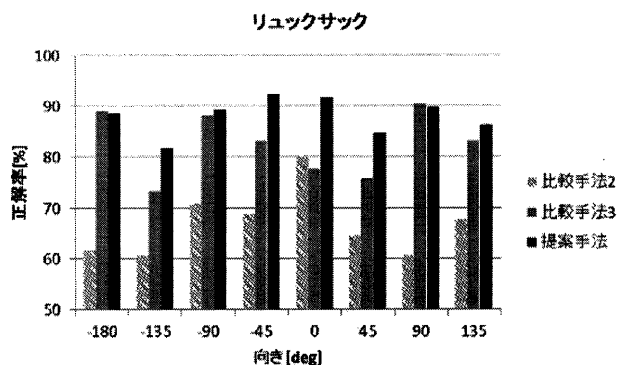


図 9 撮影方向別の判定正解率の比較 (リュックサック)

これらの撮影方向別の判定正解率を示す。このグラフから、撮影方向においても提案手法の判定正解率が比較手法 2 を上回っており、撮影方向の違いを考慮することの有効性を確認した。撮影方向の違いにより、判定正解率に大きな差が見られる場合がある。これは撮影方向によっては手荷物が体の陰に隠れる場合があり、その見えが大きく変化するためであると考えられる。図 10 は判定を誤った画像の一例である。手荷物が体の陰に隠れてしまう場合に誤判定されてしまうことが多かった。この場合、単一フレームからでは判定が難しいので、複数フレームを使うことで人物の陰に隠れた手荷物が見え、精度を上げることができる場合があると考えられる。また、リュックサックやショルダバッグでは紐のエッジが服装の色やテクスチャに埋もれてしまい、誤判定されたと考えられる。

3.3 実画像への適用

実際の監視カメラ映像において手荷物の所持判定を行なう場合、解像度の低さや照明変動、人混みによるオクルージョン等、精度を低下させる様々な要素が存在する。そこで実際に監視カメラ映像の利用を想定して、iLIDS (Imagery Library for Intelligent Detection Systems) データセット [12] を利用し、

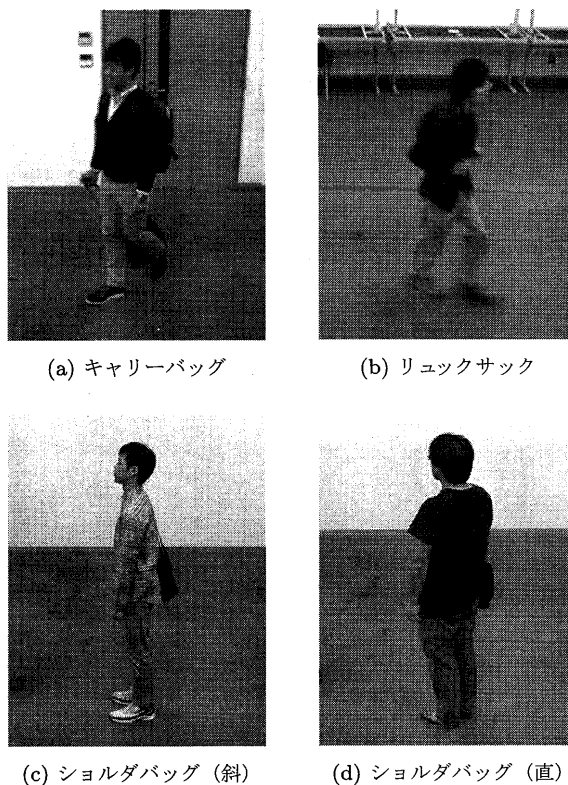


図 10 誤判定の一例

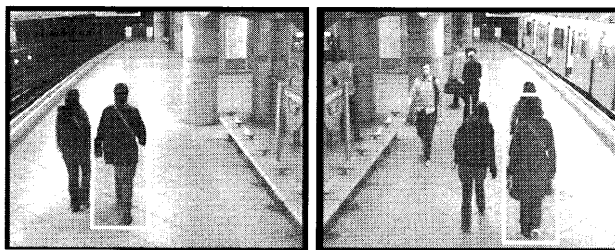
表 3 手荷物ごとの正解数

手荷物の種類	正解数 / 枚数
キャリーバッグ	10 / 10
リュックサック	8 / 10
ショルダバッグ (斜)	6 / 10
ショルダバッグ (直)	8 / 10

このデータセットに対して提案手法を適用した。データセット中から所持判定対象とする人物領域を人手により指定した。使用した画像はそれぞれの手荷物ごとに 10 枚ずつの計 40 枚である。表 3 に提案手法をこのデータセットを適用した結果を示す。また、図 11 に誤判定した例を挙げる。平均で 80% の正解率であった。ショルダバッグでは特に正解率が低くなっているが、これは紐の部分が体に密着しており、服装の影響を受けやすいためであると考えられる。データセットの規模を大きくして、様々な手荷物や服装のデータを使うことにより、誤判定を軽減できる可能性がある。

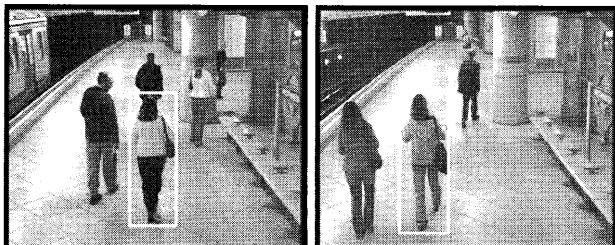
4. ま と め

本稿では、監視カメラ映像中の人物検索を支援することを目的として、画像処理により人物画像から特定の手荷物の所持の有無を判定する手法を提案した。自作のデータセットを用いて、人物画像からキャリーバッグ、リュックサック、ショルダバッグ (斜)、ショルダバッグ (直) の所持の有無を判定する実験を行ない、その結果から提案手法の有効性を確認した。具体的には、手荷物の種類と撮影方向の両者を考慮することにより、人物の撮影方向が既知の場合に判定正解率が向上することを確認した。また、実際の監視カメラ映像の利用を想定し、iLIDS デー



(a) ショルダバッグ (斜)

(b) ショルダバッグ (斜)



(c) ショルダバッグ (直)

(d) ショルダバッグ (直)

図 11 誤判定の一例

タセットに提案手法を適用した実験により、実画像に対しても平均で 80% の正解率を出すことができた。

今後の課題として、人物の撮影方向を推定する手法の導入や、手荷物の色情報などのさらに詳細な情報による検索、実環境での精度向上、などがあげられる。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省先導的創造科学技術開発費補助金、および科学技術研究費補助金による。

文 献

[1] Arsenault, Mark; Bender, Bryan; Valencia, Milton J; Cramer, Maria, "Edging toward normal with healing still to do: FBI was warned 2 years ago of alleged bomber's radical shift," Boston Globe, 参照 21 Apr. 2013.
 [2] 松濤智明, 山崎俊彦, 相澤清晴, "天井カメラ映像を用いた公共空間の人物属性解析," 信学技報, PRMU2010-229, Feb. 2011.

[3] D. Damen and David Hogg, "Detecting carried objects in short video sequences," Proc. 10th European Conf. on Computer Vision (ECCV 2008), Part III, Lecture Notes in Computer Science, vol.5304, pp.154-167, Oct. 2008.
 [4] T. Senst, A. Kuhn, H. Theisel and T. Sikora, "Detecting people carrying objects utilizing Lagrangian dynamics," Proc. IEEE 9th Int. Conf. on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS), pp.398-403, Sept. 2012.
 [5] H.-H. Liao, J.-Y. Chang, and L.-G. Chen, "A localized approach to abandoned luggage detection with foreground-mask sampling," Proc. IEEE 5th Int. Conf. Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), pp.132-139, Sept. 2008.
 [6] M.-S. Dao, R. Mattivi, F.G.B.D. Natale, K. Masui and N. Babaguchi, "Abandoned object's owner detection: A case study of hybrid mobile-fixed video surveillance system," Proc. IEEE 9th Int. Conf. Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS), pp.404-409, Apr. 2012.
 [7] K. Smith, P. Quelhas and D. Gatica-Perez, "Detecting abandoned luggage items in a public space," Proc. 9th IEEE Int. Workshop on Performance Evaluation in Tracking and Surveillance (PETS '06), pp.75-82, Jun. 2006.
 [8] 浅井康博, 出口大輔, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, "監視カメラによる人物画像からの手荷物認識に関する検討," 2013年電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-12-19, p.112, Mar. 2013.
 [9] 浅井康博, 出口大輔, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, "人物の向きを考慮した人物画像からの手荷物の所持判定に関する検討," 第16回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2013), SS3-28, Jul. 2013
 [10] N. Dalal and W. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," Proc. 2005 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp.886-893, Jun. 2005.
 [11] G. Csurka, C. Bray, C. Dance and L. Fan, "Visual Categorization with Bags of Keypoints," Proc. ECCV Workshop on Statistical Learning in Computer Vision, pp.59-74, May. 2004.
 [12] iLIDS dataset
<https://www.gov.uk/imagery-library-for-intelligent-detection-systems#i-lids-datasets>