

部位追跡を併用した車椅子利用者の検出に関する検討

谷川 右京[†] 川西 康友[†] 出口 大輔^{††} 井手 一郎[†] 村瀬 洋[†]

川合 諒^{†††} 関谷 俊一^{†††}

[†] 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

^{††} 名古屋大学 情報戦略室 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

^{†††} 日本電気株式会社 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753

^{††††} 総合警備保障株式会社 〒107-8511 東京都港区元赤坂 1-6-6

E-mail: [†]tanikawau@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, [†]{kawanishi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,

^{††}ddeguchi@nagoya-u.jp, ^{††}r-kawai@az.jp.nec.com, ^{†††}sekiya-t@alsok.co.jp

あらまし 近年、車椅子利用者の自立を支援するため、監視カメラ映像を用いた車椅子利用者の自動検知への需要が高まっている。しかし、周囲に多数の歩行者が存在する混雑環境下では、車椅子利用者が歩行者によって遮蔽されるため、その検出は容易ではない。本報告では、遮蔽に頑健な車椅子利用者の検出手法の検討結果について報告する。提案手法では、検出器では車椅子利用者を検出できない場合に、部位間の位置関係と位置の変化に基づいた部位追跡を併用することで、部分的な遮蔽に頑健な車椅子利用者の位置推定を行なう。これにより、混雑環境における車椅子利用者の検出精度を向上させる。実験の結果、提案手法による車椅子利用者検出は、混雑環境において比較手法より高い精度が得られることを確認した。

キーワード 物体検出, 車椅子利用者, 混雑環境, 部位追跡

A Study on the Detection of Wheelchair Users Combined with Parts Tracking

Ukyo TANIKAWA[†], Yasutomo KAWANISHI[†], Daisuke DEGUCHI^{††},

Ichiro IDE[†], Hiroshi MURASE[†], Ryo KAWAI^{†††}, and Toshikazu SEKIYA^{††††}

[†] Graduate School of Information Science, Nagoya University

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

^{††} Information Strategy Office, Nagoya University

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

^{†††} NEC Corporation

1753 Shimonumabe, Nakahara-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa, 211-8666 Japan

^{††††} Sohgo Security Services Co., Ltd.

1-6-6 MotoAkasaka, Minato-ku, Tokyo 107-8511 Japan

E-mail: [†]tanikawau@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, [†]{kawanishi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,

^{††}ddeguchi@nagoya-u.jp, ^{††}r-kawai@az.jp.nec.com, ^{†††}sekiya-t@alsok.co.jp

Abstract In recent years, to support the self-support of wheelchair users, there has been an increasing demand for automatic detection of wheelchair users from a surveillance video. In a crowded scene where many pedestrians exist around, it is difficult to detect them because of occlusion by the pedestrians. In this report, we report on a detection method of wheelchair users robust to the occlusion. In case a detector cannot detect them, the proposed method estimates their location by combining it with parts tracking based on positional relation among parts and their trajectories. This improves their detection accuracy in a crowded scene. As a result of an experiment, the detection of wheelchair users with the proposed method achieved the highest accuracy in crowded scenes, compared with conventional methods.

Key words Object detection, wheelchair user, crowded scene, parts tracking

1. ま え が き

近年、我が国では在宅の身体障害者数や高齢者数が増加しており、これに伴い、車椅子の普及も進んでいる [1] ~ [3]。このような背景から、身体障害者などが積極的に参加できる共生社会の形成に向けて、さまざまな取り組みがなされている。その 1 つとして、車椅子利用者の自立支援を目的とした、民間施設や公共施設のバリアフリー化が挙げられる。しかし、人手による支援が必要である場面も依然として多く見られる。そのような場合に、必要に応じて適切な支援を提供するために、普及が進んでいる監視カメラにより撮影された映像を用いて、車椅子利用者の所在を自動で把握するシステムへの需要が高まっている。

しかし、鉄道駅などの実環境では、車椅子利用者の周囲に多数の歩行者が存在することが想定される。混雑環境において移動する車椅子利用者の例を図 1 に示す。このような混雑環境下では、他の歩行者による遮蔽によって車椅子利用者の全身が常に観測できるとは限らず、大きく遮蔽された場合検出精度が低下するという問題がある。そこで本報告では、混雑環境における車椅子利用者検出の高精度化を目的とし、周囲の歩行者などが原因となる遮蔽に対して頑健な車椅子利用者の検出手法について検討した結果を報告する。

事前に検出対象について学習した検出器を用いる手法では、車椅子利用者の全身が観測できることを仮定しており、遮蔽があるフレームにおいて検出が困難である。その場合には、過去のフレームにおいて検出に成功した車椅子利用者に対して物体追跡を行なうことで、そのフレームにおける検出対象の位置を推定することができる。しかし、遮蔽されている状況では、追跡精度が低下するという問題がある。そこで本研究では、一般に車椅子利用者の横幅や奥行は歩行者より大きく、全身が観測できない場合であっても一部であれば観測できる可能性が高い点に着目する。これをもとに、事前に構築した検出器による車椅子利用者の検出に加え、その部位ごとの追跡を併用し、各部位の追跡結果から車椅子利用者の位置を推定する手法を提案する。

部位ごとの追跡において、部位の見えに基づき追跡した場合、その部位が遮蔽された時に正しく追跡できなくなる可能性が高い。そこで提案手法では、まず追跡対象の部位ごとに遮蔽されているか否かの判定をする。遮蔽されていないと判定された部位については、部位の見えに基づき追跡を行なう。遮蔽されたと判定された部位については、遮蔽されていないと判定された部位との間の位置関係と、過去の位置の変化に基づきその位置を推定する。これにより、遮蔽に頑健な車椅子利用者の検出を実現する。

以降、2 節では本研究の関連研究について述べる。3 節では、提案手法である部位追跡を併用した車椅子利用者の検出手法について説明する。つづく 4 節では、提案手法の有効性について検証するために行なった評価実験とその結果について述べる。最後に 5 節で、まとめと今後の課題について述べる。

2. 関 連 研 究

代表的な一般物体検出手法として、Dalal らが提案した His-



図 1 混雑環境において移動する車椅子利用者の例

togram of Oriented Gradients (HOG) 特徴を用いた手法が挙げられる [4]。HOG 特徴量には、物体の局所的な形状変動や照明変動、影の影響に頑健であるという特長がある。識別器には、学習においてクラス間のマージンが最大となるように識別境界を決定する Support Vector Machine (SVM) [5] が用いられる。しかし HOG 特徴量は、物体の大きな姿勢変動にうまく対応することができない。これに対して、Felzenszwalb らは、物体のモデルを部位の集合として表現した Deformable Part Models (DPM) を用いた物体検出手法を提案している [6]。DPM は物体の各部位の詳細な形状や位置を考慮することにより、姿勢変動に頑健な物体検出を実現している。物体の各部位の位置と形状は潜在変数として扱われ、Latent SVM を用いて自動的に学習される。しかし DPM には、検出対象の部位が遮蔽された場合に検出精度が低下するという問題がある。

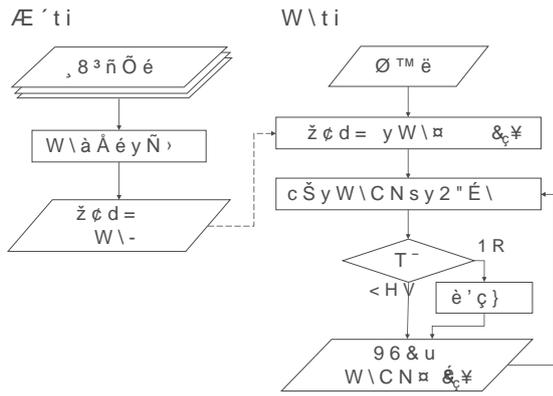
車椅子利用者に特化した検出手法として、Myles らは車椅子の車輪と利用者の顔検出に基づいた車椅子利用者検出手法を提案している [7]。この手法では、Hough 変換を用いて車椅子の車輪を、色特徴を用いて車椅子利用者の顔をそれぞれ検出し、車椅子利用者の 3 次元姿勢情報を構築する。しかし、事前にカメラキャリブレーションを正確に行なう必要があり、キャリブレーションされていない環境では利用することができない。Huang らは、単一の固定カメラにより撮影された映像から局所特徴を用いて車椅子利用者を検出する手法を提案している [8]。この手法では、特徴量は HOG 特徴量と Contrast Context Histogram 特徴量を、識別器にはカスケード化した AdaBoost による識別器を用いる。しかし、この手法は車椅子利用者の遮蔽を考慮していないため、混雑環境では高精度に検出することができない。

Zhang らは、事前に構築した検出器による人物検出と物体追跡を併用した複数人物追跡手法を提案している [9]。この手法では、追跡対象の見えを検出器による検出結果から収集したテンプレートの集合により表現し、mean-shift 法と Kalman フィルタを組み合わせて人物を追跡する。しかし、この手法は追跡対象の遮蔽を考慮しておらず、混雑環境において追跡精度が低下するという問題がある。

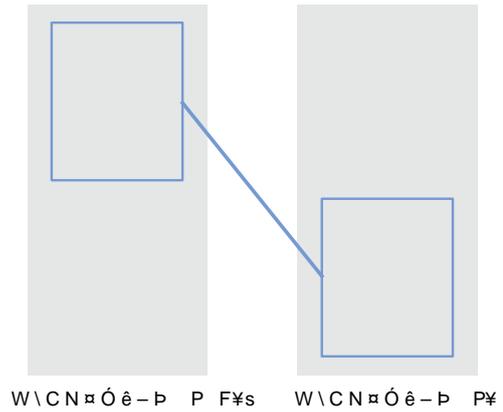
このように従来手法には、検出対象や追跡対象が遮蔽された場合に検出精度や追跡精度が低下するという問題がある。

3. 部位追跡を併用した車椅子利用者の検出手法

本手法では、検出対象の車椅子利用者が遮蔽された場合に、



§ 2 Š O wr g q



§ 4 Ñ è"Ü tSZ"UZALw0 ÇZw«

$$(d_{tS_1}^{(i)}, d_t^{(j)}) = \frac{|d_{tS_1}^{(i)} d_t^{(j)}|}{|d_{tS_1}^{(i)} d_t^{(j)}|} \quad (1)$$

Ñ è"Ü tŠ1 tSZ"UZAL d_{tS₁}⁽ⁱ⁾ qÑ è"Ü t tSZ"UZAL d_t^(j) w" ÅS S(d_{tS₁}⁽ⁱ⁾, d_t^(j)) xŽ < wÜ p^-^•"

$$S(d_{tS_1}^{(i)}, d_t^{(j)}) = \begin{cases} (d_{tS_1}^{(i)}, d_t^{(j)}) & \text{if } (d_{tS_1}^{(i)}, d_t^{(j)}) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

§ 3 DPM t"UZALw«

fwæ•]qtâ{ }æso\qp•"}* b"} Š O wr g q>\$ 2tÔb)Ä²rgq`o| œ b; wUZBĀç>İ™b"}UZrgpx|İ™`hUZBĀç>; Mo|Ö—éþwαÑè"ÜT' œ b; }UZb"}Í t|αÑè"ÜtSZ"UZAL>Ñè"Ü p0 ÇZ`| %°0Ā>â{b"}\|p|0 ÇZtæ `h0ĀtmM oæ•â{ }%•`|f•Žñwâ{0Āw•"}* b"} 3.1 œ b; wUZ

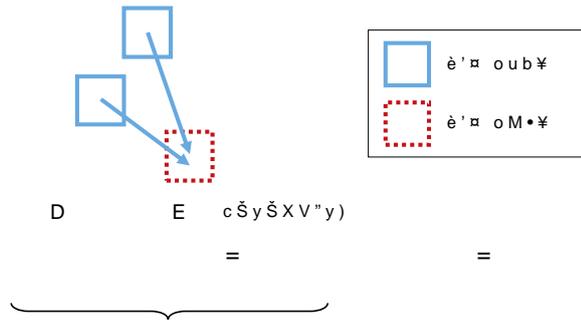
Š OpX|Ö—éþwαÑè"ÜtSMo| œ b; w¶ wUZq|fwæ•wUZ>æso}ŠØpx|\$ w'Ot f•'}%İtæQ" DPM }>M"} Ä²rgq`o| œ b; hþçYĀ«£q‡ œ b; hþçÛĀ«£>; Mo DPM w¶6>æsm| œ b; UZ+>İ™b"}UZrgpx|İ™`hUZ+>; Mo| Ö—éþwαÑè"ÜtmMo œ b; wUZ>æso}

3.2 UZALw0 ÇZt"â{ Ö—éþwαÑè"Üt0`o| œ b; wUZAL>Ñè"Ü p0 ÇZ" \qp| %°0Āwâ{ }æso}‡c|Ñè"Ü tŠ1 tSZ"74\$ sUZAL D_{tS₁} = {d_{tS₁}⁽¹⁾, d_{tS₁}⁽²⁾, ..., d_{tS₁}⁽ⁿ⁾} q|Ñè"Ü t tSZ"¶ wUZAL D_t = {d_t⁽¹⁾, d_t⁽²⁾, ..., d_t^(m)} T'f•g• 1 mcm=œ p^R`hαÊç d_{tS₁}⁽ⁱ⁾, d_t^(j) £tmMo" ÅS>%Zb"}Š OpX|â{0ĀU 1 Ñè"Üw t ^b" 'mx-^M q> `|`ÅSq`oÛç 1£p [^•"UZALwÊç d_{tS₁}⁽ⁱ⁾, d_t^(j) £wOs"p>;M"} 3

UZALwαÊtmMo|`ÅSUGVsÊT'qt-R`o MX\qp|UZALw0 ÇZ>æso}hi`|`ÅSU 0wÊtmMox0 ÇZ>æ~sM}UZAL>0 ÇZh «>\$ 4tÔb}

3.3 œ b; wæ•â{ ¶ wUZAL>0 ÇZoâ{ }æsoM|* "w2æ t" srUj¼qs"|Ñè"Ü t tSMoK"â{0 ĀT_i }UZpVsMÔùUK"}\wqV|Ñè"Ü tŠ1 tSZ"â{0Ā T_i w•"}s8•"q`oæ•â{ }æsm| ^•oMsMæ•w•"q\•‡pw•"w! => b; ` oÑè"Ü t ŽñtSZ"â{0Ā T_i w•"}* b"}s S|æ•â{ }%•b"0Āx|UZALw0 ÇZtæ ` hâ{0Āwoj|È `oUZ`hs:U`VM< d ŽÍ pK"<wtv b"}\•t" |iUZ`hâ{0Ā>æ •â{b" \qt" ;UZw!G>HMB"} 3.3.1 æ•wâ{

0 ÇZtæ `hâ{0Āwæ•>|â{tSMoâ{ 0Āw w Ā>Q b" \qUpV" Kernelized Correlation Filter[10] çKCF £>; Moâ{b"} KCF x\$ "Éç æž's<t,nXâ{ OpK"|i Ñÿç>t"â{ O [11] w° pK" \qUÔ^•oM"}i Ñÿç>» ;Mhú.â{px|hþtÑÿç>» P^ œp~h t Ú¿ÓtSZ"Đ" «w|* "t0b"i0\$ s\$^`-b Peak-to-Sidelobe Ratio çPSR £>%Z`|`VM<rgb" \qpâ{0ĀU ^•oM" TqTQ b" \qUpV " [11]}â{ }%•b" Mwæ•ws8â tx| 3.1 p\ ,hæ•UZwAL>;M"} â{0Āwæ•>â{b" M|‡cæ•]qt KCF w tÚ¿Ó>- %b"}Ít|-%`h tÚ¿ÓT' PSR >



\$ 5 $\wedge \cdot h \cdot \text{æ} \cdot w \cdot t \cdot b \cdot \mu \cdot \check{z}$

$\%_0 Z \setminus | \text{PSR } U \setminus V M \langle \text{PSR } \check{Z} \langle p K \text{æ} \cdot \rangle \wedge \cdot o M$
 $\text{"qQ b"} \} \check{S} Z \in p x | t \acute{U} \acute{z} \acute{O} t S Z \text{" sideloobe } |$
 $t \acute{U} \acute{z} \acute{O} t 0 \setminus o \text{Ð} \text{" « w * \% 15 \% \rangle \dagger M h - \neg q \setminus h \}$
 $\wedge \cdot o M s M q Q \wedge \cdot h \text{æ} \cdot t m M o x | \text{KCF } t \text{'}$
 $\text{"\acute{a} \{ A L \rangle > ; b \} \circ M | \wedge \cdot o M \text{"qQ \wedge \cdot h \text{æ}$
 $\cdot t m M o x | Y \setminus M \cdot \text{"} \rangle \sim \cdot \text{"} \cdot o M \text{"D \acute{o} Q x \check{y} M \} f \setminus$
 $p | \wedge \cdot o M s M \text{æ} \cdot q w \cdot \text{" } q | \setminus \cdot \ddagger p w \cdot \text{"}$
 $w != t, n V f w \cdot \text{"} \rangle * b \text{"} \} \acute{a} \{ 0 \acute{A} w \text{æ} \cdot \rangle p^{(i)} \text{¢}$
 $i = 1, \dots, n \text{£} | \wedge \cdot h \text{æ} \cdot w B \acute{u} \rangle P_o | \wedge \cdot o M s M$
 $\text{æ} \cdot w B \acute{u} \rangle P_v q b \text{"} \} h i \setminus | |P_o| + |P_v| = n p K \text{"} \} \text{æ}$
 $\cdot p^{(i)} w \text{æ} \acute{u} \cdot \text{"} \rangle x_t^{(i)} = (x_t^{(i)}, y_t^{(i)})$

