安全運転支援システムにおける拡張背景差分を用いた歩行者検出法

正 員 村中 徳明* 非会員 伊達 啓**
非会員 徳丸 正孝* 正 員 今西 茂*

The Pedestrian Detection Method Using an Extension Background Subtraction about the Driving Safety Support Systems

Noriaki Muranaka*, Member, Kei Date**, Non-member, Masataka Tokumaru*, Non-member, Shigeru Imanishi*, Member

In recent years, the traffic accident occurs frequently with explosion of traffic density. Therefore, we think that the safe and comfortable transportation system to defend the pedestrian who is the traffic weak is necessary. First, we detect and recognize the pedestrian (the crossing person) by the image processing. Next, we inform all the drivers of the right or left turn that the pedestrian exists by the sound and the image and so on. By prompting a driver to do safe driving in this way, the accident to the pedestrian can decrease.

In this paper, we are using a background subtraction method for the movement detection of the movement object. In the background subtraction method, the update method in the background was important, and as for the conventional way, the threshold values of the subtraction processing and background update were identical. That is, the mixing rate of the input image and the background image of the background update was a fixation value, and the fine tuning which corresponded to the environment change of the weather was difficult. Therefore, we propose the update method of the background image that the estimated mistake is difficult to be amplified. We experiment and examines in the comparison about five cases of sunshine, cloudy, evening, rain, sunlight change, except night. This technique can set separately the threshold values of the subtraction processing and background update processing which suited the environmental condition of the weather and so on. Therefore, the fine tuning becomes possible freely in the mixing rate of the input image and the background image of the background update. Because the setting of the parameter which suited an environmental condition becomes important to minimize mistaking percentage, we examine about the setting of a parameter.

キーワード : 安全運転支援, 移動物体認識, 背景差分法, 背景更新, 明度変化率

Keywords : Driving Safety Support, Movement Object Recognition, Background Subtraction Method, Background Update, Brightness Change Rate

1. まえがき

近年, 交通量の急激な増加に伴い, 交通事故が多発している。これら自動車交通問題の解決策として 1996 年 7 月から高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems :

ITS)が国家プロジェクトとして推進されている。これは, 最先端の情報通信技術により, 道路と車を一体のシステムとして構築し, モータリゼーションの著しい進展に伴う交通諸問題の解決を目指すものであり, 例として交通量計測^①や駐車状況計測^②, 車両の識別^③ など多くの研究報告がなされている。この ITS の中において, 警察庁の整備で進められている次世代交通管理システム (Universal Traffic Management Systems : UTMS) と呼ばれる, 光ビーコン (センサ) による個々の車両との双方向通信を行うことで, 交通の流れを積極的に管理するシステムがある。このサブ

* 関西大学工学部
〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35
Faculty of Engineering, Kansai University
3-3-35, Yamate-cho, Suita-shi, Osaka 564-8680

** 沖電気工業株式会社
〒108-8551 東京都港区芝浦 4-10-3
Oki Electric Industry Co., Ltd
10-3, Shibaura 4-chome, Minato-ku, Tokyo 108-8551

システムとして、現在はまだ研究開発段階だが、安全運転支援システム（Driving Safety Support Systems : DSSS）と呼ばれる、交通の弱者である歩行者を守ることを目的としたプロジェクトが存在する^{(4)~(6)}。また、高齢化社会の到来に備えて歩行者などに適時適切な情報を提供し、歩行者などの安全・安心・利便・快適な移動を支援すると共に高齢者や障害を持った人々の生活の向上を図ることを目的に、歩行者のための ITS を歩行者等支援情報通信システム（Pedestrian Information and Communication System : PICS）として開発が行われている。このことから、弱者保護を目的としたシステムの必要性が伺える。

また、交通事故のおよそ 6 割が交差点付近で発生し、その多くが歩行人と車両の人身事故であることが大きな課題となっている。最も事故が多く発生する交差点上での交通システムといえば、目の不自由な人のために、横断可能時間を音楽によって知らせるシステムや、一部の大型車が搭載している、“右へ曲がります”、“左へ曲がります”などといった音声で注意を促すシステムなどがあるが、これらはいずれも被害者である歩行者（横断者）側への注意喚起である。もちろんこれらは有効であり、今後必要であるが、歩行者がいくら注意していても、車両運転手の脇見や思いこみ、更には死角などが原因で歩行者を見落とし、事故を引き起こす場合が多く、事故件数が一向に減少しないというのが現状である。そこで我々は、更に事故を減少させるには、加害者である車両運転手側への注意喚起が不可欠であると考え、歩行者（横断者）の存在を知らせ、車両運転手に安全運転を促すことで、交通弱者である歩行者に対する事故を未然に防ぐことを目的とするシステムの提案を行った^{(7)~(9)}。

このシステムを実現するには、横断歩道を横断する複数の歩行者の存在位置・大きさを検出・認識する必要があるため、抽出センサに画像センサを用いている。また、本研究では移動物体の動き検出に背景差分法⁽¹⁰⁾を用いている。背景差分法では屋外のあらゆる環境においてロバスト性が要求され、奥村らは、照明変動と影の影響を同時に抑えた移動物体の検出法⁽¹¹⁾としてカラーに拡張することにより明るさパラメータでの調整を可能にし、伊藤らは初期背景画像の作成を自動化⁽¹²⁾することにより更に効果を上げたが、人が通り過ぎた後の背景の推定の失敗を指摘している。関らは単独ブロックでの検出尺度に隣接ブロック間での共起性を加えて感度を向上させているが⁽¹³⁾、シーンが変われば、同条件で求まる次元数も変わり、シーンごとの次元特徴空間で画像パターンを学習し直す必要がある。松下らはイントリニック画像の 1 つである照明画像を利用してシーンの光源状況に依存する成分をモデル化し、これを用いて入力画像の照度を正規化する手法を提案しているが⁽¹⁴⁾、まだ実際の照明画像と完全に一致することは希であり、データベースに格納されている照明画像を更に密にする必要がある。太田らは 2 台のカメラを用いた歩行者の検出・追跡処理を提案し、照明条件の変化や影などに対して安定した結

果を得ているが⁽¹⁵⁾、検出対象は歩行者に限られていて、このままでは自動車やバイクに対応していない。

一方、S. Takaba らや谷寄らによって、背景の更新を外界の変化に追従して常時ダイナミックに更新することで、移動物体の抽出を行う手法が報告されているが⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾、差分処理の閾値と背景更新の閾値が同一であり、背景更新の入力画像と背景画像の混合割合が固定値であったので、天候等の環境変化に対応した微調整が困難であった。

そこで本研究では、推定の失敗を持続させない背景画像の更新を考える。画像処理で使用する画像の環境として、夜間以外の晴れ・曇り・雨・夕方、日照変化時の 5 つの場合について実験・比較検討を行う。特に背景の環境が変化している雨天時や日照変化時には、誤認識が起りやすいので、ロバストな背景の更新が行える新手法を提案する⁽¹⁸⁾。この手法は、天候・日照等の環境条件に適した差分処理の閾値と背景更新の閾値が別々に設定でき、背景更新の入力画像と背景画像の混合割合を自由に微調整が可能となる。ここで、誤認識率を最小にするには環境条件に適したパラメータの設定が重要となることから、パラメータの設定についても検討を行う。

2. 安全運転支援システム

〈2・1〉 システムの構成 本システムの処理全体の流れを図 1 に示す。ビデオカメラからの入力画像は、図 2 の

図 1 本システムの処理手順

Fig. 1. The procedure of this system.

図 2 歩行者検出用カメラ設置状況

Fig. 2. The camera installation situation for the pedestrian detection.

図3 動き検出例

Fig. 3. The example of the movement detection.

図4 移動物体の認識・判別例(I)

Fig. 4. The example (I) of the recognition and distinction of movement object.

ように横断歩道全体が捉えられるようビデオカメラ（155万画素）を高い場所に設置し、図3(a)のような画像（640×480 pixel）を3フレーム/秒ずつ入力画像（以下、 $f(x, y, t)$ ）として取り込む。次にこの $f(x, y, t)$ と図3(b)のような背景画像（以下、 $g(x, y, t-1)$ ）とで差分処理を行い、図3(c)のような差分画像（以下、 $p(x, y, t)$ ）を得て、動きの検出を行う。

検出された動きから図3(d)のようにプロジェクション画像⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾を用いて、図4(a)～(b)および図5(a)～(b)のような移動物体の領域をそれぞれ図4(c)および図5(c)のように特定し、特定された領域の移動方向により図4(d)、および図5(d)のように歩行者か車両かの判別を行い、歩行者の場合はその情報を車両運転手に報知（警告）し、違う場合は報知せず、最初の処理から繰り返す。このように、車両運転手に安全運転を促す（必要ならば歩行者にも注意を促す）ことで、交通弱者である歩行者に対する事故を減少できると考える。

図5 移動物体の認識・判別例(II)

Fig. 5. The example (II) of the recognition and distinction of movement object.

 図6 背景画像およびHVC 情報ごとの差分画像例
 Fig. 6. A background image and the subtraction image example every HVC information.

〈2・2〉 動き検出 動き検出の手法には、オプティカルフロー⁽²¹⁾⁽²²⁾ やブロックマッチング⁽²³⁾⁽²⁴⁾ による手法があるが、計算量が多いことが問題点として挙げられている。一方、差分による手法は雑音に弱いなどの欠点があるが高速に処理が行える。差分にはフレーム間差分や背景差分などが用いられるが、フレーム間差分法では止まっている物体の検出を行うことができない。これは横断者認識において致命的な欠点である。そこで本研究では、背景差分法を用い、背景画像 $g(x, y, t-1)$ と 入力画像 $f(x, y, t)$ とで、逐次画素単位での差分を行う。ただし、 $g(x, y, 0)$ は横断歩道上に移動物体の存在しない初期背景画像とする。

背景差分法の差分には一般に明度値が用いられているが、色相、明度、彩度のいずれの情報も本当に有効か確認を行う。図6(a)の画像を背景画像とし、3フレーム後の画像

図7 閾値と動き検出画素数の関係

Fig. 7. The relation between the threshold value and the number of movement detection pixels.

との色相，明度，彩度のそれぞれについて差分を取った結果例を図6(b)，(c)，(d)に示す。更に，閾値を変化させたときの動き検出画素数を図7に示す。この結果から，明度情報の有効性が確認されたので，以降の差分は明度値で行う。

従来の背景差分法（従来法）⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾では，(処理1)のように横断歩道上の範囲で動きのある部分を黒画素（以下，動画素領域： $p=1$ ），動きのない部分を白画素（以下，背景画素領域： $p=0$ ）の2値画像で表し，更新背景画像（ $g(x, y, t)$ ）は(処理2)のように背景画素領域のみ更新する。

<従来法>

(処理1)

$$\left. \begin{array}{l} h(x, y, t) = f(x, y, t) - g(x, y, t-1) \\ \text{if } |h(x, y, t)| \leq h1 \text{ then } p(x, y, t) = 0 \\ \text{else } p(x, y, t) = 1 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

(処理2)

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } |h(x, y, t)| \leq h1 \text{ then} \\ \quad g(x, y, t) = \alpha f(x, y, t) + (1 - \alpha) g(x, y, t-1) \\ \text{else } g(x, y, t) = g(x, y, t-1) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

x, y は画像上の位置座標， t はフレーム順序， $h1$ は差分閾値を示す。 α は更新比率で， $0 < \alpha < 1$ の値である。

この手法は，式(2)で示されるように新しい背景画像を背景フレームと処理フレームを用いて更新する手法であり，背景画像に処理フレームの情報が反映される。

<2・3> 更新閾値の設定 ここで従来法を用い，図8(a)～(e)の入力画像のような曇りから晴への日照変化時において背景差分処理を行った場合の処理結果例を図8(a1)～(e1)に示す。従来法では背景の更新が急激な明度変化に対応できず，図8(e1)のように大きな雑音（ここでは変化部が更新されず残る残骸をいう）として残り，2台の車を1台として特定してしまう場合がある（ $h1=20$ ， $\alpha=0.5$ ）。 $h1$ を30，40に引き上げた場合の処理結果例を図9(b2)～(e2)および図9(a3)～(e3)に示す。

$h1$ を引き上げることで式(2)の(更新処理)を行える画素が増え，図9(e2)および図9(e3)のように変化した環境に応じた背景の更新が行えるが，移動物体の差分情報が欠落し，図9

図8 入力および従来法の処理結果例（曇り→晴）

Fig. 8. Input images and the processing result example by the usual method (cloudy → sunshine).

(a3)および図9(b2)のように分割されてしまう場合がある。

そこで，図10のように更新のための閾値を新たに設け(以下， $h2$)，移動物体の抽出と背景画像の更新を分離(拡張)して，提案法1⁽¹²⁾の処理を行う。

<提案法1>

(処理1)は同じ

(処理2)'

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } |h(x, y, t)| \leq h2 \text{ then} \\ \quad g(x, y, t) = \alpha f(x, y, t) + (1 - \alpha) g(x, y, t-1) \\ \text{else } g(x, y, t) = g(x, y, t-1) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

図 9 従来法の処理結果例(I)
Fig. 9. The processing result example (I) by the usual method.

図 10 $h(t)$ と $\alpha h(t)$ の関係
Fig. 10. Relation between $h(t)$ and $\alpha h(t)$.

図 11 提案法 1 および提案法 2 の処理結果例(I)
Fig. 11. The processing result example (I) by the proposal method 1 and proposal method 2.

この手法は、差分画像を作成するのに用いる差分閾値と背景更新対象となる領域を決める閾値（以下、更新閾値）を別々に設けることで、急激な日照条件の変化に対して背景の更新が上手く行われていなかった問題に対処できる。

従来法において背景の更新対象領域は、差分閾値であった $h1$ までしか更新が行えなかったのに対し、提案法 1 においては、更新閾値 $h2$ を新たに設けたことにより、差分閾値は従来のままの値で、更新対象領域を広げることができる。

提案法 1 ($(h1, h2 = 20, 40), \alpha = 0.5$)で行った処理結果例を図 11(a4)～(e4)に示す。提案法 1 では図 11(e4)のように生じる雑音が減少し、2 台として認識できている。これは $h1$

図 12 入力および従来法の処理結果例(II)
Fig. 12. Input images and the processing result example (II) by the usual method.

を低く設定することで従来法と同様に移動物体の差分情報が増加し、雑音が出やすくなるが、 h_2 を高く設定することで背景更新を行わない部分を必要最小限に押さえているからである。また、図 11(a4)および図 11(b4)においても、 h_1 を低く設定することで移動物体の差分情報が増加し、分割されていないのわかる。更に、図 12(a)~(c) の入力画像のようなまったく環境の違う場所における同処理結果例を図 12(a1)~(c1)に示す。以上のことから、提案法 1 を用いることで環境の変化に対してロバストな背景更新(処理 2')が行えていることが確認できる。

〈2・4〉 雑音部分の背景更新 式(1)において、入力画像における移動物体画素の一部が背景画素として処理された場合、式(3)から不必要に背景画像が更新され、次の処理で動画領域となり背景画像の更新対象とならず、雑音が残り続けてしまう場合が出てくる(図 11(d4))。そこで更に、次の処理 3 を提案法 1 に追加して雑音の発生を抑える。この処理を提案法 2⁽¹⁸⁾ と呼ぶ。

〈提案法2〉

提案法 1 の(処理 1)、(処理 2')に加えて、背景画素領域および次の(条件 1)を満たす動画画素領域に対しても、以下の背景画像更新処理(処理 3)を行う。

(条件1) 移動物体領域を特定し、特定領域以外の動画画素の 8 近傍に背景画素が特定画素数(閾値)以上存在する。

(処理3) (条件1)を満たした動画画素は、雑音の可能性が高いので、その画素の背景画像を入力画像に更新する。

図 13 提案法 1 および提案法 2 の処理結果例(II)
Fig. 13. The processing result example (II) by the proposal method 1 and proposal method 2.

図 14 処理 3 の説明

Fig. 14. The explanation of processing 3.

(処理 3)で使用する特定画素数は、8 近傍の 5 (3~5 で比較) のときに最もよい結果が得られたので、ここでは 5 に設定する。図 14(a)に黒(B)を白(W)に置換する場合(特定画素数=5)、図 14(b)に黒(B)を白(W)に置換しない場合(特定画素数=3)の例を示す。

図 15(a)および(b)の入力画像に提案法 1 と提案法 2 を用いた場合の処理結果を図 15(a4)および(b4)と図 15(a5)および(b5) ($h_1, h_2 = 20, 40$, $\alpha = 0.5$)に示す。図 15(a5)および(b5)

図 15 提案法 1 および提案法 2 の処理結果

Fig. 15. The processing results by the proposal method 1 and proposal method 2.

の処理結果からも、処理3（提案法2）を用いることで雑音の発生を大きく抑えられているのがわかる。

〈2・5〉 パラメータの検討 本研究で横断歩道の処理画像として、①晴れ・②曇り・③夕方・④雨天・⑤日照変化時の 5 つの場合において、移動物体が横断歩道を横断している場面をそれぞれ 4 パターン用意した。日照変化時とは、晴れ→曇り、曇り→晴れと大きく明度が変化する場合を指している。図 16 に晴れ・曇り・夕方・雨天の場合の画像例を示す。日照変化時（曇り→晴れ）の画像例は図 8(a)～(e)および図 12(a)～(c)で既に示している。

図 8(a)～(e)および図 12(a), (b)においてなかった建物や木の影が図 8(d), (e)および図 12(c)で表れているのがわかる。これらの画像で背景差分法を用いて移動物体の動きを検出するのに、重要なパラメータとして α , $h1$, $h2$ の 3 つが挙げられるが、5 つの全ての場合において正確に移動物体の認識ができるパラメータ値があるか検討を行った。まず始めに ($h1$, $h2=20$, 40) で固定し、最適な α を見つけ出すために α を 0.1 から 0.2 ずつ変化させ 0.9 までとった結果、表 1 を得た。移動物体を認識する処理において、表 1 は誤認識をしたフレーム数、表 2 は見落とし認識をしたフレーム数の全フレーム数（晴れ 194, 曇り 188, 雨天 209, 夕方 214, 日照変化時 160）に対する割合を示している。ここで誤認識とは、図 17(c)のように雨の反射や急激な日照変化などによる路面に残る雑音により移動物体の大きさを正確に捉えることができない場合を指している。また、見落とし認識

図 16 ①～④の場合の画像例

Fig. 16. The image example in case of ①～④.

表 1 誤認識の割合

Table 1. The rate of the mistake recognition.

表 2 見落とし認識の割合

Table 2. The rate of the overlooking recognition.

とは図 18(d)のように小さすぎて移動物体として捉えることができない場合を指している。

表 1, 表 2 の結果から、5 つの全ての場合において正確な認識 (0%) を行う最適な α を定めることは、非常に困難で

あり、 α 以外のパラメータを検討する必要がある。ここで、表2において認識をしなかった場合は、すべて図13(d)のように移動物体が横断歩道の奥に位置することから差分情報の不足によるものである。しかし、横断歩道の手前から中央過ぎまでは100%の認識率であったので、カメラを横断歩道の中央に設置するか、横断歩道の逆方向にもう一台設置することで、カバーできる（後に、青信号では左折、右折の車両を対象としているので、横断歩道の中央過ぎ以降が重要であり、実験ではカメラ位置が逆であったことが判明。したがって図2のように一台設置することで解決できる）。そこで、本論文では誤認識をなくすためのパラメータについて検討を行う。

図17(a)の入力画像に対する誤認識は、図17(c)のように雑音が原因であるので、 α 以外に差分閾値 $h1$ の検討を行った。ただし、更新閾値 $h2$ は40のままとする。①～⑤のそれぞれの場合において、誤認識率が0%となったパラメータは、

図17 誤り認識と見落とし認識の具体例

Fig. 17. The actual example of the mistake recognition and the oversight recognition.

図18 各場合における明度変化の累積結果
Fig. 18. The accumulation result of the brightness change in each case.

- ① $h1=20$, $\alpha=0.2\sim0.5$ ② $h1=20$, $\alpha=0.2\sim0.3$
③ $h1=20$, $\alpha=0.2\sim0.4$ ④ $h1=30$, $\alpha=0.3\sim0.4$
⑤ $h1=46$, $\alpha=0.5$

となり、①～③の場合は $h1=20$, $\alpha=0.2\sim0.3$ で統一でき、①～④の場合は $\alpha=0.3$ で統一できる。一方、⑤の日照変化時のパラメータ $h1=46$ が他の場合と比べて大きくかけ離れてしまっていることから、すべてに適したパラメータ($\alpha, h1$)を求めることは非常に困難である。そこで、①～④の場合と⑤の場合を分類するために明度変化率を用いる。

〈2・6〉 明度変化率による場合分け 〈2・5〉では、ある一つの最適なパラメータを決定することが出来なかったことから、逆に次の提案法3を用いて、パラメータに合った場合分けを行う。

〈提案法3〉

明度変化率を(処理4)のように求め、状況に応じたパラメータを決定する。

(処理4)

$f(x, y, t)$ における横断歩道領域内において、縦10、横10画素間隔でポイント $R(x, y, t)$ を設け、以下の(条件2)の $p=0$ に当てはまるポイントの明度情報の総和 $M(t)$ を求め、 $M(t-1)$ との比を処理フレームにおける明度変化率とする。

(条件2)

$f(x, y, t)$ と $g(x, y, 0)$ の背景差分処理を行い、 $p(x, y, t-1)=0$ かつ $p(x, y, t)=0$ の場合のみ、背景画素領域 $p=0$ とする。

ここで、日照変化時が最も変化の割合が大きいので、これ以外の場合における明度変化率の取りうる値を求めた結果、図18のような結果が得られた。

この結果から、明度変化率が0.996～1.004以外の値をとる場合を日照変化時とし、パラメータとして($\alpha, h1, h2 = 0.5, 46, 40$)を採用した。それ以外の場合は同じパラメータが使えるように、最も厳しい条件の④雨天時における最適値($\alpha, h1, h2 = 0.3, 30, 40$)を採用した。

3. 実験結果と考察

提案法2で用いた画像に対して、提案法3(明度変化率による場合分け)の処理を行う。この処理結果および比較のために表2で最もよかった $\alpha=0.3$ の結果を表3に示す。

表3より、提案法3を用いて各場合に適したパラメータに変更する((1)と(2)を切り替える)ことで、変更しない場合(3)より誤認識が大幅に減っているのがわかる。

表3 誤認識の割合2

Table 3. The rate 2 of the mistake recognition.

	sunshine	cloudy	rain	evening	change
■ (1) 0.3,30,40	0%	0%	1%	0%	
■ (2) 0.5,46,40					2%
■ (3) 0.3,20,40	0%	0%	9%	0%	10%

ここで、雨天時において誤認識が1%残っているのは、日照変化時として扱われたためである。これは、雨天時に算出された明度変化率が0.996~1.004の間に収まらない割合が10%あることが原因と考えられる。すなわち、日照変化時として扱われた場合、差分閾値が大きくかつ α が高く設定され、差分情報が減少し、移動物体の特定領域が小さく、あるいは取れなくなってしまう。移動物体が特定領域から外れると、式(4)により移動物体の明度情報が背景情報として更新され、雑音が発生し、誤認識される。逆に、日照変化時において誤認識が2%残っているのは、逆の理由によると思われるが、明度変化率が日照変化時の検出に有効であることが示せた。また、横断歩道上の移動物体の認識は時間的連続性（突然ワープしたり大きくならない）をうまく利用すれば、この程度の誤認識は吸収することができると思われる。更に、誤認識の割合を0%に抑えるには、①~⑤のそれぞれの場合を正確に検出して、前述の誤認識率が0%となったパラメータを用いる必要があり、検出精度を上げるためには、明度変化率の精度の向上が必要である。明度変化率は認識対象領域を人が歩ける横断歩道付近と限定すれば、観測の環境が変化しても、この性質は大きく変わらないので、十分汎用性はあると考えられる（図12および図13参照）。ただし、横断歩道の白線などのマーカーを無視するために、初期背景画素は当然設置場所で入手する必要があり、どの5つの場合の背景画素を初期背景画素に選ぶか（本システムでは図3(b)の晴の場合であり、平均画像も考えられる）で多少修正が必要と思われる。また、これらの誤認識は大きく捉え過ぎたり、影などが残った場合で、いずれも歩行者・車両が存在しているので、過認識（誤っていない）といえる（今後、歩行者・車両が存在する場合としない場合の区別が必要）。更に、本システムを24時間連続で動作させるには、悪条件である大雨（路面に水たまりやしぶきがある）や雪（路面が真っ白か泥でまばらになる）や夜間（歩行者に照明やヘッドライトが当たれば認識率は上がる）の場合などの検討が必要である。

4. むすび

本研究では更新閾値 h_2 を新たに設けることにより、背景更新を差分画像と切り離して考えることができ、環境変化に合わせて微調整が可能となった。このため、移動物体の認識を行うためのパラメータを、明度変化率で場合分けすることにより、状況に応じた値が選択でき、場合分けしない場合と比べて誤認識率を大幅に減少させることができた。また、複雑化を避けるために h_2 を経験的に求めた値40に固定し、 α と h_1 を変化させて実験を行ったにもかかわらず、充分実用可能な実験結果が得られている。更に、場合分け（①~④）を行うことにより、それぞれの状況に適したパラメータを選択することができ、精度の向上が図れると考える。また、 h_2 を入力画像に合わせて最適化することにより、夜間などの悪条件にも対応できるものとする。

今後のシステムの展望であるが、移動物体の認識が正確

に行えるようになった次の段階として、どのようにその情報を車両運転手に知らせるかが問題となってくる。考えられる手段として、車両に直接情報を送り何らかの端末を通して情報を車両運転手に直接知らせる方法がある。この場合、車両側で情報を受け取り、その情報を知らせるための装置が必要となる。そこで本研究では、今日多くの車両に搭載されているカーナビゲーションに注目し、カーナビゲーションを通じて、音声または画像によって運転手に情報を伝えることが出来ると考えており、現在検討を行っている。また、横断歩道上における歩行者の情報は、横断歩道を通過しようとしている車両運転手のみに必要な情報であり、正確に対象車両にのみ情報を送ることができなければ交通に混乱を生じさせてしまう。このことから、交差点付近に存在する多くの車両から、いかに正確に対象車両（横断歩道を通過しようとしている車両）のみを選別するのかといった問題があり、今後、光ビーコンの双方向通信機能と走行車両の存在を感知する機能の利用も検討課題である。

謝 辞

本研究の一部は、平成14、15年度関西大学学術フロンティアセンターの研究費の交付を受けている。

（平成15年2月24日受付、平成16年3月30日再受付）

文 献

- (1) H. Kuboyama and S. Ozawa : "Measurement of Heavy Traffic in a Tunnel from Image Sequences", *IEICEJ Trans. D-II*, Vol.J85-D-II, No.2, pp.210-218 (2002-2) (in Japanese)
久保山英生・小沢慎治:「連続画像からのトンネル内における重交通流計測」, 信学論(D-II), J85-D-II, 2, pp.210-218 (2002-2)
- (2) T. Hasegawa and S. Ozawa : "Counting Cars by Tracking of Moving Object in the Outdoor Parking Lot", *IEICEJ Trans. D-II*, Vol.J76-D-2, No.7, pp.1390-1398 (1993-7) (in Japanese)
長谷川為春・小沢慎治:「移動物体追跡を利用した屋外駐車場における車両計測」, 信学論(D-II), J76-D-II, 7, pp.1390-1398 (1993-7)
- (3) H. Oyama and S. Murakami : "A Study on Automatic Classification of Traffic Vehicles", *IEICEJ Tec. Rep.*, IE95-85, pp.1-8 (1995-11) (in Japanese)
大山 宏・村上伸一:「交通車両の車種自動識別法に関する一検討」, 信学技報, IE95-85, pp.1-8 (1995-11)
- (4) 社団法人 交通工学研究会 : ITS-インテリジェント交通システム, 丸善 (1997-9)
- (5) 倉沢鉄也 : テクノ図解 ITS 高度道路交通システム, 東京経済新聞社 (2000-11)
- (6) 警視庁, (財)日本交通管理技術協会 : 交通管理システムの技術と実際-21世紀における警察のITS, オーム社 (2002-5)
- (7) T. Fujimoto, N. Muranaka, and S. Imanishi : "Watch of Crosswalk by Image Processing", *IMPS 1997*, I-5.9, pp.73-74 (1997-11) (in Japanese)
藤本智之・村中徳明・今西 茂:「画像処理による横断歩道の監視」, 映像メディアシンポジウム, I-5.9, (IMPS97), pp.73-74 (1997-11)
- (8) K. Date, S. Kawahara, M. Tokumaru, N. Muranaka, and S. Imanishi : "Watch of Crosswalk by Image Processing Part II", *IMPS 2000*, I-P2.14, pp.79-80 (2000-11) (in Japanese)
伊達 啓・川原 昇・徳丸正孝・村中徳明・今西 茂:「画像処理による横断歩道監視システムII」, 映像メディアシンポジウム, I-P2.14 (IMPS2000), pp.79-80 (2000-11)
- (9) K. Date, M. Tokumaru, N. Muranaka, and S. Imanishi : "A Driving Support System at the Crosswalk Using the Image Processing", 2001 Kansai-Section Joint Convention of IEEE, Japan, G-17-13, G363 (2001-11) (in Japanese)

- 伊達 啓・徳丸正孝・村中徳明・今西 茂：「画像処理を用いた横断歩道における安全運転支援システム」, 平 13 関西連大, G-17-13, G363 (2001-11)
- (10) N. Amamoto and K. Matsumoto : "Obstruction Detector by Environmental Adaptive background Image Updating", *Proceedings of ITS'97* (1997)
- (11) A. Okumura, Y. Iwai, and M. Yachida : "Detection of Moving Objects Outdoors -Measure to illumination change and shadow-", *IPSSJ Symp. MIRU 2000*, pp.307-312 (2000-7) (in Japanese)
奥村晃弘・岩井儀雄・谷内田正彦：「屋外における移動物体の検出－照明変動と影への対策－」, *MIRU2000 画像の認識・理解シンポジウム講演論文集II*, pp.307-312 (2000-7)
- (12) R. Ito, N. Iwai, and M. Yachida : "Object Detection Method Insensitive to Illumination Change and Shadow", *IPSSJ Tec. Rep.*, CVIM 127-17, pp.119-126 (2001-5) (in Japanese)
伊藤竜之介・岩井儀雄・谷内田正彦：「照明変動と影の影響を抑えた移動物体の検出」, 情報処理学会, *CVIM 127-17*, pp.119-126 (2001-5)
- (13) M. Seki, T. Wada, H. Fujiwara, and K. Sumi : "Background Subtraction based on Cooccurrence of Image Variations", *IPSSJ Symp. MIRU 2002*, pp.159-166 (2002-7) (in Japanese)
関真規人・和田俊和・藤原秀人・鷺見和彦：「背景変化の共起性に基づく背景差分」, *MIRU2002 画像の認識・理解シンポジウム講演論文集II*, pp.159-166 (2002-7)
- (14) Y. Matsushita, K. Nishino, K. Ikeuchi, and M. Sakauchi : "Illumination Eigenspace and its Application for Robust Video Surveillance", *IPSSJ Symp. MIRU 2002*, pp.253-260 (2002-7) (in Japanese)
松下康之・西野 恒・池内克史・坂内正夫：「照明固有空間と頑健なビデオサーベイランスへのその応用」, *MIRU2002 画像の認識・理解シンポジウム講演論文集I*, pp.253-260 (2002-7)
- (15) N. Ohta and K. Yoshikawa : "Pedestrian Tracking using Two Cameras", *IPSSJ Symp. MIRU 2002*, pp.273-278 (2002-7) (in Japanese)
太田直哉・吉川健一：「2台のカメラを用いた歩行者追跡」, *MIRU2002 画像の認識・理解シンポジウム講演論文集I*, pp.273-278 (2002-7)
- (16) S. Takaba, M. Sakauchi, T. Kaneko, B. W. Hwang, and T. Sekine : "Measurement of traffic flow using real time processing of moving pictures", *Proc.32nd IEEE, Conf. on Vehicle Technology San Diego U.S.*, pp.488-494 (1982)
- (17) T. Iwasaki, K. Ueda, and K. Iketani : "A Detection of Web Condition on Read Using a Background Image Renewal Processing", *IEICEJ Trans. D-II*, Vol.J80-D-II, No.9, pp.2270-2277 (1997-9) (in Japanese)
谷崎徹也・上田浩次・池谷和夫・堀場勇夫：「背景画像更新処理を用いた路面湿潤状況の検出」, 信学論(D-II), J80-D-II, 9, pp.2270-2277 (1997-9)
- (18) K. Date, M. Tokumaru, N. Muranaka, and S. Imanishi : "A Safe Driving Support System at Crosswalk -The Optimizing of the Parameter for the Background Difference-", *IEICEJ Tec. Rep.*, WIT-42, pp.23-28 (2002-3) (in Japanese)
伊達 啓・徳丸正孝・村中徳明・今西 茂：「横断歩道における安全運転支援システム-背景差分法を用いたパラメータの最適化」, 信学技報, WIT-42, pp.23-28 (2002-3)
- (19) T. Saito, H. Sato, and S. Ozawa : "Motion Blur Correction of License Plate Images on Running Vehicle", *IEEE, RTA-96-8*, pp.67-69 (1996-8) (in Japanese)
佐藤徹也・斉藤英雄・小沢慎治：「走行車両ナンバープレート画像のブレ補正」, 電気学会, 道路交通研究会報告, RTA-96-8, pp67-69 (1996-8)
- (20) R. Ohlander, K. Price, and D. R. Reddy : "Picture Segmentation Using A Recursive Region Splitting Method: "Computer Graphics and Image Processing, Vol.13, pp.222-241 (1980)
- (21) E. J. Gibson, J. J. Gibson, O. W. Smith, and H. Flock : "Motion Parallax as Determinant of perceived depth", *Journal of Experimental Psychology*, Vol.8, No.1, pp.40-51 (1959)
- (22) S. S. Beauchemin and J. L. Barron : "The Computation of Optical Flow", *ACM Computing Surveys*, Vol.27, No.3, September, pp.433-467 (1995)

- (23) A. Nagai, Y. Hisano, and Y. Shirai : "Detection of Moving Objects in Changing Background", *IEICEJ Trans. D-II*, Vol.J80-D-2, No.5, pp.1086-1095 (1997-5) (in Japanese)
長井 敦・久野義徳・白井良明：「複雑変動背景化における移動物体の検出」, 信学論(D-II), J80-D-II, 5, pp.1086-1095 (1997-5)
- (24) T. Murakami and G. Kikuchi : "Intruder Detection Equipment using Image Processing-MP30", *IEICEJ Tec. Rep.*, OFS95-19, IE95-51, pp.1-8 (1995-9) (in Japanese)
村上卓也・菊池仁一：「画像処理を用いた侵入者検知装置-MP30」, 信学技報, OFS95-19, IE95-51, pp.1-8 (1995-9)
- (25) T. Shindoh and S. Murakami : "A Study on Motion Recognition of Persons", *IEICEJ Tec. Rep.*, OFS95-19, IE97-88, pp.33-38 (1997) (in Japanese)
新藤智彦・村上伸一：「人物の運動認識に関する一検討」, 信学技報, IE97-88, pp.33-38 (1997)

村 中 徳 明

(正員) 1949年12月17日生。1972年3月関西大学工学部電子工学科卒業。1974年3月同大学大学院工学研究科修士課程電気工学専攻修了。同年同大学工学部電子工学科助手。専任講師を経て、現在、同大学助教授。主に、多値・ファジィ論理回路、VR技術の応用、画像処理に関する研究に従事。工学博士。電子情報通信学会、情報処理学会、システム制御情報学会、

伊 達 啓

(非会員) 1976年10月20日生。2000年3月関西大学工学部電子工学科卒業。2002年3月同大学大学院工学研究科博士課程前期課程電子工学専攻修了。在学中、移動物体の検出、画像情報処理に関する研究に従事。同年沖電気工業(株)入社。

徳 丸 正 孝

(非会員) 1972年9月22日生。1995年3月関西大学工学部電子工学科卒業。1997年3月同大学大学院工学研究科博士課程前期課程電子工学専攻修了。同年同大学工学部電子工学科助手に就任、現在、専任講師。工博。主として、ファジィ推論、ニューラルネットワークを用いた感性情報処理の研究に従事。日本ファジィ学会、情報処理学会、日本感性工学会各会員。

今 西 茂

(正員) 1934年4月20日生。1958年3月大阪市立大学理工学部電気工学科卒業。1960年3月同大学大学院理工学研究科修士課程電気工学専攻修了。同年関西大学工学部助手、専任講師および助教授を経て、現在、電子工学科教授。主に、論理回路、符号化回路、ファジィ論理回路、マルチマイクロプロセッサシステムなどの研究に従事。著書「電子計算機基礎論」, 「マイコンインターフェイスのための電子回路」, 訳書「デジタル回路入門」: (以上分担)。工学博士。電子情報通信学会、情報処理学会、システム制御情報学会、映像情報メディア学会、IEEE 各会員。