

424 人間の視覚機能を模擬した監視カメラ用視覚システムの開発

○ 浅野貴正 (岐阜大学)
Takamasa ASANO, Gifu University
Yanagido 1-1, Gifu 501-1193

正 武藤高義 (岐阜大学)
Takayoshi MUTO, Gifu University
Yanagido 1-1, Gifu 501-1193

正 山田宏尚 (岐阜大学)
Hironao YAMADA, Gifu University
Yanagido 1-1, Gifu 501-1193

正 末松良一 (名古屋大学)
Yoshikazu SUEMATSU, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603

Key Words: *fovea, vision systems, optical flow, monitoring video camera*

1. はじめに

近年の社会状況を背景に、防犯機器に対するニーズが高まっている。その中でも、監視カメラシステムは、正確な状況判断と迅速な対応によって安全確保を支援するものとして、重要な役割を果たすようになった。こうしたシステムには、広領域を監視するための広い視野範囲、検知した侵入物の認識に耐えうる画像解像度、侵入者を追跡するための実時間処理が必要不可欠となる。このような用途として、広画角を有する市販の魚眼レンズを用いた監視カメラの研究が行われているが、必要な部分で十分な画像解像度を得ることができないなどの欠点がある。また、侵入検知の際は広視野、認識時にはズーム機構を用いて高解像度画像を得る研究例もあるが、ズーム時には視界が狭くなり、侵入物の検知困難となる。このように従来の視覚センサを用いたシステムでは、広視野、高解像度を同時に確保することは難しい。

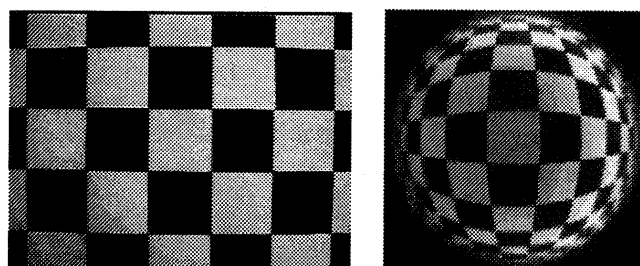
本研究では、人間の視覚が優れた特性を有し、上記のような問題に対して極めて有利に働いている事に着目し設計された特殊レンズ（中心窩レンズ）⁽¹⁾を用いた監視カメラシステムの開発を目的とし、その基礎的検討をおこなった。

2. 人間の視覚機能

人間の視覚は、約 120° の広い視野を持ち、その視力は視野の中心に対応する網膜上の中心窩と呼ばれる部分で最も高く、周辺部に行くに従って急激に低下する。このような視力分布を持つことによって、視野全体での情報量を大幅に削減し、広い視野範囲と注目点での高い視力を同時に確保し、時々刻々と変化する外界の状況にすばやく対応することができる。中心窩レンズは、人間の視力分布特性に近い拡大率変化を実現し、その優れた視覚特性を模擬した特殊レンズである。図1に標準レンズ付き CCD カメラで撮影した画像と、中心窩レンズで撮影した画像を示す。中心窩レンズで撮影した画像は、中心部分が大きく拡大され、周辺に行くに従って像は圧縮されて大きく歪んでいる。また標準レンズと比べ、広い範囲を捉えていることがわかる。

さらに眼球は、注目点を変えるために行う断続性運動(Saccade)と呼ばれる非常にすばやいステップ的な動きと、動く物体を追う比較的ゆっくりした随従運動(Smooth pursuit movement)と呼ばれる連続的な動きの二つの動きを必要に応じて行っている。本研究でも周辺視野領域で処理の対象となった情報を、空間分解能に優れた中心視野領域で処理す

るため、注視点移動をおこなう視覚システムの構築を目標とする。



(a) Image obtained from standard lens (b) Image obtained from foveated lens

Fig.1 Image obtain from standard lens and foveated lens (Checkered pattern)

3. 中心窩レンズを用いた侵入者追跡手法

本章では、中心窩レンズを用いた監視カメラシステムにおける画像処理プロセスについて述べる。

3.1 中心視と周辺視

中心窩レンズから得られる画像は、中心部分では高解像度、周辺部分では低解像度となっている。このため中心視野領域では解像度を必要とする高レベルな処理、周辺視野領域では解像度を必要としない低レベルな処理をおこなうといった処理の分担が考えられる。またその拡大率特性により周辺部分の歪みが大きくなるため、周辺視野領域でおこなう処理は歪みの影響を受け難い処理である必要がある。本システムでは、周辺視野領域で侵入者の検知をおこない、侵入者ありと判断された場合は視野の中心で侵入者を捉えるよう注視点移動をすることを前提とする。さらに中心視野領域に侵入者を捉えている場合は安定した追跡をするために、侵入者の位置情報と同時に、速度情報の推定をおこなう。

3.2 侵入者の検知

侵入の検知は、画像内での動きを検出することで実現できる。動きの検出に用いられる代表的な手法としてフレーム間差分法と背景差分法がある。前者は連続したフレーム間の濃度値の差を求め、その差が閾値より大きい領域を動きのある領域とするもので、後者はあらかじめ撮影した背景画像を用いて、動きの検出をおこなうものである。視点移動をおこなう視覚システムに背景差分法を用いる場合、全方位の背景画像データベースを作成し、入力画像との差分をとる必要がある。しかし、中心窩レンズから得られる

画像は周辺部分の歪みのため、歪み補正処理が必要となり、実時間で検出が難しくなる。よって今回はフレーム間差分法を用いた。ただし画素単位での検出をおこなうと画像ノイズ等の影響を受け易いため、画像を 8×8 画素のサブブロックに分割し処理する。図2にフレーム間差分法を用いた、周辺視野領域における侵入者の検出の処理例を示す。入力画像は侵入者が画面左から右に移動している動画である。図2(a)がその入力画像であり、その一部を拡大したものが同図(b)である。同図(c)がフレーム間差分法の計算結果である。差分画像に閾値を用いて二値化処理をした画像が同図(d)で、この画像をマスク画像として侵入者の切り出しをおこなった画像が同図(e)である。画面左端の周辺視野領域に映っている侵入者を正しく検出できていることがわかる。

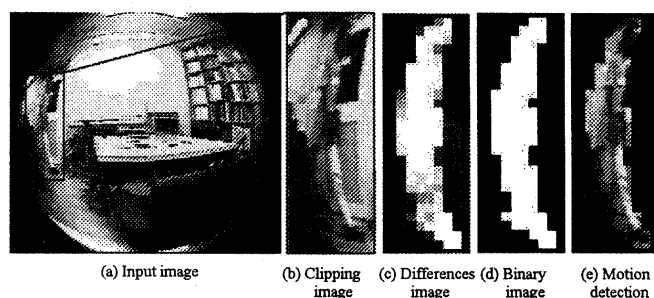


Fig.2 Example of motion detection (Peripheral vision)

3.3 侵入者の追跡

追跡は周辺視野領域で検出した侵入者の位置情報を用いて、侵入者を中心視野領域で捉えるようにカメラの視点移動をおこなうことによって実現する。しかし中心視野領域で安定して侵入者を捉え続けるには、位置情報だけでなく、速度情報も必要になる。そこで侵入者の移動速度を推定するため画像からオプティカルフローを計算する。オプティカルフローとは、画像上の見かけの速度ベクトルのことである。オプティカルフローの計算法には相関法と勾配法があるが、本研究では比較的演算量の少ない勾配法を用いた。勾配法にも数多くの手法があるが、今回は Lucas-Kanade 法⁽²⁾を用いる。

Lucas-Kanade 法は、計算点の近傍において、オプティカルフローが一定であると仮定し、最小二乗法によって計算する手法である。画像上の位置 (x_i, y_i) における濃度値の空間微分、時間微分を (E_{xi}, E_{yi}, E_{ti}) とするとオプティカルフローの最小二乗推定値 $\mathbf{v} = (u, v)^T$ は次式で計算される。

$$\mathbf{v} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b} \quad (1)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} w_1 E_{x1} & w_1 E_{y1} \\ \vdots & \vdots \\ w_i E_{xi} & w_i E_{yi} \end{pmatrix}, \mathbf{b} = \begin{pmatrix} -E_{t1} \\ \vdots \\ -E_{ti} \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで w_i はオプティカルフロー計算点を中心に空間的な広がりをもった重みである。図3に中心視野領域内の侵入者のオプティカルフロー計算結果を示す。図3(a)が入力画像、同図(b)がフレーム間差分法を用いて侵入者の検出を行った画像である。同図(c)は検出した侵入者のオプティカルフロー

の計算結果である。侵入者は画面左から右へ移動しているため、ほぼ一様な右向きのオプティカルフローが計算されるはずであるが、正しく計算できていない箇所がみられる。これは侵入者の一部分に濃度値変化の少ない領域があるためと考えられる。一般的に、相関法、勾配法に関わらず画像すべての領域でオプティカルフローを正確に計算することは困難である。そのため、計算したオプティカルフローの精度を評価し、信頼性の低いオプティカルフローは取り除く必要がある。同図(d)に信頼性のあるオプティカルフローのみ選択した結果を示す。評価量には最小二乗推定値 $\mathbf{v}$ の分散を用いた⁽³⁾。図より誤って計算されたオプティカルフローが取り除かれていることがわかる。今後は上記の手法を用いて信頼性のあるオプティカルフローの平均を求め、侵入者の移動速度を推定し、追跡に用いる予定である。

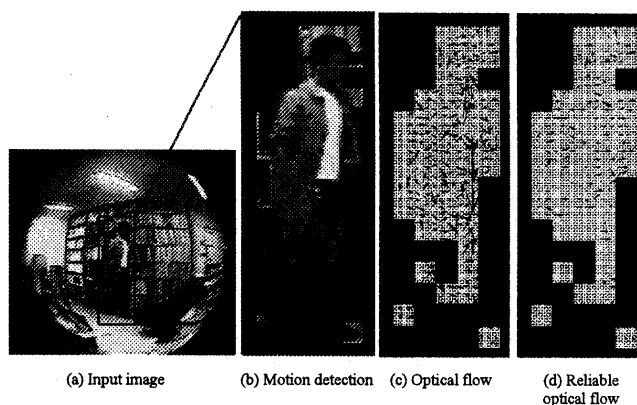


Fig.3 Estimation of Optical flow (Central vision)

4. まとめ

本稿では、人間の視覚機能を模擬した監視カメラ用視覚システムを構築するため、その特性を生かした侵入者の検知・追跡手法の基礎的検討をおこなった。特殊な拡大率特性を持つ中心窩レンズの受像画像を中心視野領域と周辺視野領域に分け、それぞれの領域に適したタスクを組み合わせ、視点移動を行いながら侵入者を追跡する手法を提案した。

今後の課題としてはまず、位置・速度制御が可能なカメラ旋回台を本システムに実装し、提案手法を用いて実時間追跡をおこない本手法の有効性を確認する必要がある。また本手法では画像入力時に、一度カメラを停止させ処理をおこなっているが、さらに安定した追跡を実現するためには、画像入力時もカメラを停止させずに追跡可能な手法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 末松, 山田: 中心窩を有する新しい視覚センサの開発, 自動制御学会論文集, vol.31,no.10,pp.1556-1563 (1995)
- [2] J.L.Barron, D.J.Fleet and S.S.Beauchemin: Performance of Optical Flow Techniques, International Journal of Computer
- [3] 太田, 斎藤: オプティカルフローの再検出による高精度な形状復元, 電子情報通信学会論文誌, vol.J81-D-II, no.6,pp.1123-1131 (1998)