

# 画像監視のための運動物体検出



久野 義徳\*

## Moving Object Detection for Visual Surveillance

**Key Words** : Computer vision, Surveillance, Optical flow, voting

### 1. はじめに

人間の眼の働きを計算機で実現しようというのがコンピュータビジョンと呼ばれる研究分野である。人間の視覚の重要性を考えると、「良い」コンピュータビジョンが実現できれば、幅広い応用があるのは理解していただけたと思う。人間の眼は、普通に生活していく上ではほぼ万能に近い働きをしてくれると人間自身は思っている。この機能全体を能力的にも経済的にも「良い」システムとして実現するのは困難である。そこで、機能を絞ったり、応用範囲を絞って、研究を進めることになる。

今回は、その応用の一つとして監視カメラの自動化を目指した研究について報告する。監視の目的にもいろいろあるが、ここでは侵入者の検出等を念頭においた、運動物体の検出技術を検討する。特に、風で揺れる木等がある屋外の複雑な背景下でも侵入してくる運動物体だけを確実に検出する方法について報告する<sup>1)</sup>。さら

に、それをDSP(Digital Singal Processor)を用いたマルチプロセッサシステムでリアルタイム処理を可能にしたことについても述べる<sup>2)</sup>。

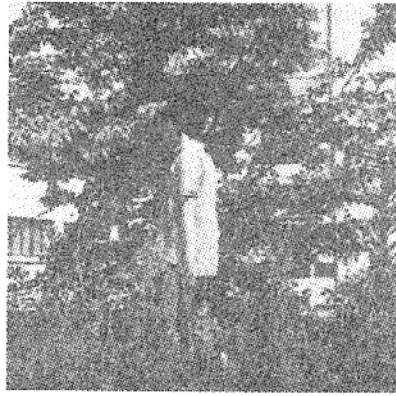
### 2. 対象のモデル化

先に述べたように人間の視覚は非常に優れている。ある程度の明るさがあれば、どのような背景であっても、そこで動いている物体を見つけられる。しかも、その物体が人間であるかどうかもほぼ確実に認識できる。しかし、このように柔軟で高度な能力をもつ視覚がどのようにして可能になっているのかは、まだ不明の点が多い。そこで、コンピュータビジョンの応用システムを開発する場合には、問題を単純化して考えることになる。監視の場合なら対象となる背景と検出対象物を目的に合う検出結果が得られる程度に簡単にモデル化する。人間とはどういふものかと知って認識するのが困難なので、画像の中に、ある条件を満たす部分が検出されたら、それを侵入者とするわけである。

最も簡単なモデルは、背景に動きがなく明るさも変化しない、そして検出対象物には背景と異なる明るさの部分があるというものである。このモデルに従うとすれば、背景だけの画像と現在の画像、あるいは近接する時点の画像間の差分を行い、差の大きいところがあれば侵入者が検出されたとすることができる。この方法に基づくものには市販装置もあるが、背景の仮定を満たす室内のような環境なら動作するが、今回目的としているような背景に風で揺らぐ木等

\*Yoshinori KUNO  
1954年4月13日生  
1982年東京大学大学院・工学系研究科・電子工学専攻・博士課程修了  
現在、大阪大学工学部、電子制御機械工学科、助教授、工学博士、コンピュータビジョン  
TEL 06-879-7332  
FAX 06-879-7247  
E-Mail kuno@mech.eng.osaka-u.ac.jp





(a) 原画像



(b) 差分結果

図1 複数変動背景

の運動物体がある屋外では動作しない。図1(a)は、このような屋外シーンの画像の例である。これに対して連続画像間の差分処理を行ったものが図1(b)である。対象となる人間は検出されているが、それ以外にも背景に多くの部分が検出されてしまっている。

これに対処する方法として、画像の各部分ごとに侵入者のいない定常状態での明るさの変動を確率モデル化する方法が提案された<sup>3)</sup>。例えば木のある部分なら明るさがどの程度変化するかを事前に調べておき、出現確率の小さい、すなわち通常あまり起こり得ない明るさが現れたら、侵入物体と判定する方法である。この方法によれば誤検出は減少するが、変動の大きい部分では対象の検出感度が低下してしまうことになる。

以上の問題を解決するために、ここでは明るさの変化ではなく、対象の運動をモデル化する方法を提案する。すなわち、数秒の間を考えると、侵入者はだいたい等速直線運動をしているのに対し、背景の木等はそのような動きをしていないという運動モデルを考える。このモデルを利用することにより、風で揺れ動く木があるようなシーンでも侵入者だけを検出することが可能になる。

### 3. 運動物体の検出法

様々な動きの物体が写っている画像から等速直線運動をしている物体の部分だけを以下の方

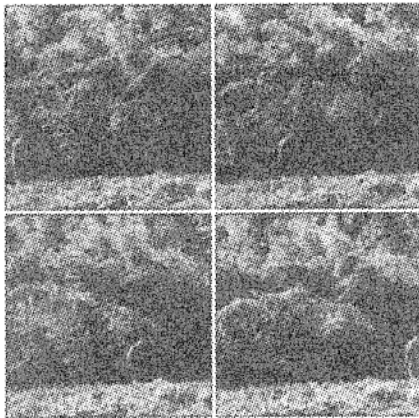
法で検出する。

はじめに画像の各点についてオプティカルフローを計算する。オプティカルフローというのは画像の各点がどちらの方向へどれぐらいの速さで動いているかという画像上での見かけの速度である。ここでは現在の画像と次の時点の画像から勾配法でオプティカルフローを計算する<sup>4)</sup>。

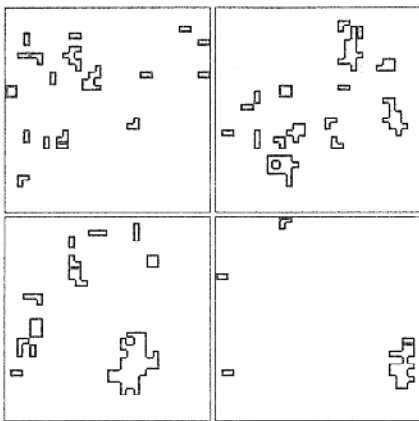
オプティカルフローは一つの運動物体に対応する部分では類似した値をもつと考えられる。そこで、画像の隣接する点で類似したフローをもつ部分をまとめて取り出し、運動物体の候補とする。図2(a)は風で揺れる竹林の前を人が横切っているシーンの画像である。5秒くらいの動画のうち、4時点の画像を左上から右下に時間順に表示している。これからオプティカルフローを計算し、類似したフローをもつ部分を候補領域として取り出した結果が図2(b)である。人間に対応する部分は検出されているが、竹林の動きにより他にも多くの候補領域が出てしまっている。また、人間の部分は検出されているが、必ずしも1人の人間に対応する部分が1つの領域になるとは限らず、いくつかに分かれたり検出できない部分があるのが分かる。

このような候補領域から等速直線運動していると考えられる部分だけを以下に述べるような投票法で検出する。まず、現在から将来の数10フレームの候補領域の位置を書き込める記憶領域(投票空間と呼ぶ)を用意する。各候補領域は等速直線運動をするなら、画像上をほぼ領域内

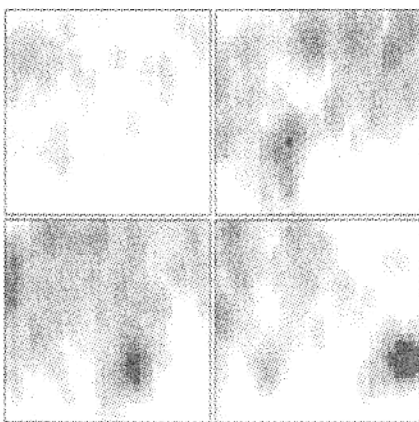
のオプティカルフローの平均値の速さでフローの方向に進んでいくと考えられる。そこで、将



(a) 原画像



(b) 候補領域



(c) 投票結果

図2 等速直線運動物体の検出

来の候補領域の予測位置を求め、その位置を投票空間に書き込む。投票空間はリングバッファになっており、次の時点では、投票空間を1単位時間ずらし、前の時点の「現在」に対応する部分を、一番先の未来用に用いる。そして、同様に将来の位置を予測して投票を行う。ここで、もし候補領域が等速直線運動をしているとすれば、各時点で予測した位置が一致し、投票空間のその位置への投票が累積してくるはずである。実際には、新しく「現在」になった投票空間の断面を見て、過去からの予測が累積した部分があれば、そこに等速直線運動をしている物体があることが分かる。その位置にさらに「現在」の時点で候補領域が検出され、その結果を投票することにより、投票の累積値が所定のしきい値を越えたならば、侵入物体があったと判定できる。図2(c)は、各時点における「現在」の投票空間断面を示したものである。この図では投票値が多くなるほど黒く表示しているが、時間がたつにつれ、人間に対応する部分の投票値が増えていく様子が分かる。3つ目の時点(左下)で人間は確実に検出され、その後も続けて検出されている。それに対し、等速直線運動の仮定を満たさない竹林の動きに対応する部分では、投票が集まることはない。従って、変動する背景でも侵入者だけを検出できることが分かる。

なお、ここで用いた検出のしきい値は、シーン内で対象が最低限等速直線運動していなければならない時間に対応する。これは侵入者のいないときの変動背景部分に対する投票値の累積値より大きな値にすればよいわけで、シーンを事前に観察することにより自動的に決定できる。また、この方法では未来を予測する方式をとることにより、ある時間間隔にわたるデータの処理を各時点で過去のデータを調べにいかなくても実質的に行っていることになる。従って、監視システムに要求される連続運転に適している。複雑変動背景への対応とともに、以上の点も提案方法の特長である。

#### 4. リアルタイム処理システム

前節で述べた処理を通常のワークステーショ

ン(Sun Microsystems SPARCstation 20)で実行すると1フレームの処理に20秒程度必要であった。監視システムの自動化のためには、リアルタイムで処理する必要がある。そこで、DSPによる画像処理システム<sup>5)</sup>を用いて、リアルタイム処理を実現した。このシステムでは1つのDSP(Texas Instruments TMS 320C40)が載ったボードを処理に応じて複数組合せ、DSPを直列(パイプライン)にも並列にも接続できるようになっている。ここでは、図3のように9枚のDSPボードを接続してシステムを

構成した。これにより、毎秒15フレームの処理が可能になり、リアルタイムに連続して運動物体の検出を行うことができるようになった。

### 5. おわりに

複雑に変動する背景下でも侵入者を検出できるリアルタイム処理システムを実現した。風で揺れる木の他にも、噴水、旗、湖面等を背景にしたシーンで有効性を確認した。今回は動きをモデル化しただけだが、さらに他の属性についても調べ、より正確な検出ができるシステムの実現を目指していきたい。

### 参考文献

- 1) 長井 敦, 久野義徳, 白井良明, “複雑変動背景下における移動物体の検出”, 電子情報通信学会論文誌, vol.J80-D-II, no.5, pp.1086-1095, 1997.
- 2) 池谷彰彦, 久野義徳, 白井良明, “変動背景下における実時間監視システム”, 第3回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp.213-218, 1997.
- 3) H. Nakai, “Non-parameterized Bayes decision method for moving object detection”, Proc. ACCV'95, pp.447-451, 1995.
- 4) M. V. Srinivasan, “Generalized gradient schemes for the measurement of two-dimensional image motion”, Biol. Cybern., vol.63, pp.421-431, 1990.
- 5) 佐々木繁, 塩原守人, “動画画像処理プロセッサ ISHTAR によるリアルタイム・オプティカル・フロー抽出”, 日本ロボット学会誌, vol.13, no.3, pp.331-334, 1995.

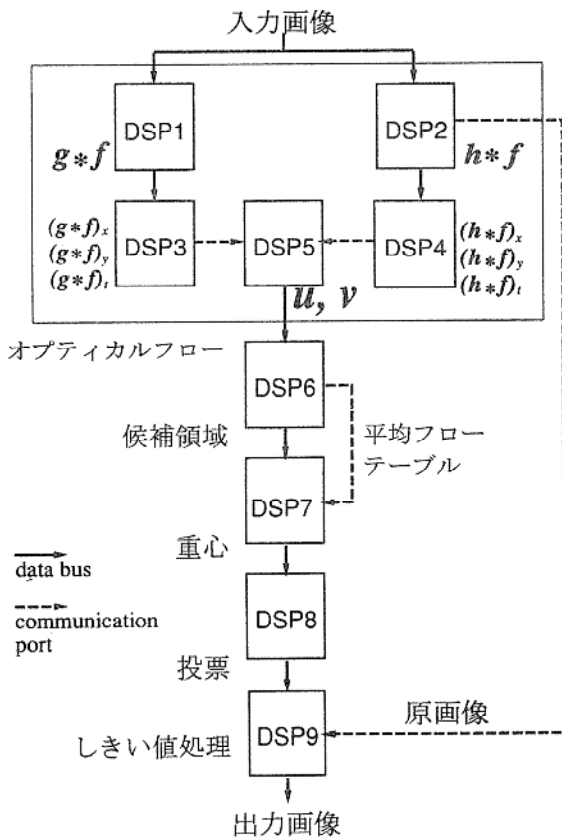


図3 リアルタイム処理システム構成