

動画像処理技術による映像監視の高度化

宮崎 敏彦

安全に対する社会的要求の高まりや治安の低下等により映像監視システムの導入が進んでいる。さらに、映像伝送のデジタル化とPC等の情報処理能力の進展により、動画像処理を応用した高度な監視システムへのニーズが高まっている。

映像監視における動画像処理の応用には2つの方向性がある。そのひとつは検知機能の高度化であり、他方は表示機能の高度化である。(MPEG4等の動画像符号化および伝送技術も動画像処理であり、監視システムへの応用も盛んであるが、本稿ではこれら映像伝送系の技術については割愛する。) 検知機能の高度化では、たとえば施設や特定の区域に侵入した人や車を自動的に検知し、監視員に通知したり、事象に合わせて選択的に映像を保存する等、人による監視業務を補助・代行する応用がある。また、いわゆる犯罪抑止的な応用だけでなく、道路上の落下物等を動画像処理によって自動検知し、近くを走行中の運転者に通知するといった安全性向上への応用なども始まっている。

表示機能の高度化では、監視員の視認性を向上させるために、パンチルトカメラ(可動式雲台をリモートで操作することにより上下左右にカメラを振ることができるカメラ)の映像から自動的にパノラマ画像を生成したり、ポケタ画像の鮮明度を向上させるなどの技術が開発されている。

本稿では、このような検知機能と表示機能の高度化を実現する動画像処理技術について、沖電気で取り組んでいる技術を中心に、その特徴と応用例を簡単に説明する。

検知機能の高度化への応用

最初に道路交通システムへの応用例を簡単に述べ、次に、その発展形である人物の追跡技術について説明する。

(1) 障害物検知技術

停止車両や落下物は通行車両にとって危険な存在である。カーブ区間のように、前方が見通せない箇所においては、カーブの先にそのような障害物があることを通行車両に

事前に知らせることができれば事故の抑制につなげることができる。このような目的で、監視カメラと自動的に障害物を検知する画像処理装置および道路上に設置する大型の表示板からなるシステムが既に実用化されている¹⁾。障害物検知の基本的な手法としては背景差分法が良く使われる。この手法では、道路上に何も無い状態の画像(これを背景画像と言う)を予め取得しておき、検知処理時には入力画像と背景画像の差を取ることで、監視領域内に新しく入ってきた物体を2つの画像の差分として抽出する手法である。停止車両や落下物が道路上に存在する場合、この差分領域が同じ位置に出続けることになり、障害物として検知することができる。

(2) 人物追跡技術

単なる侵入検知ではなく侵入物体の動きを追跡することによって、より高度な監視機能が実現できる。たとえば同一人物がドアの前を必要以上に行き来しているといった移動パターンによって不審な人物の存在を検知することができれば、単なる通行人と区別することができ、余計なアラームの発報を抑えることができる。また、駅のホームの監視を考えた場合、ホームの端を酔ってよろよろと蛇行しながら歩いている人を見付けることができれば、



図1 監視映像の例

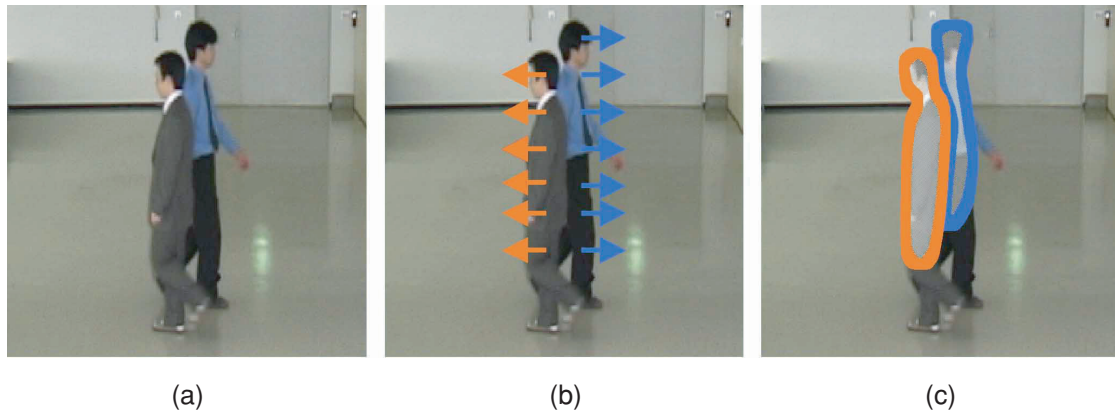


図2 オプティカルフローと人物候補領域の例

転落の可能性をいち早く駅員に通知することができる。

監視領域内を移動する人物の動きを追跡する方式にはさまざまなものが提案されているが、基本的には動画像の各フレームに対し、次の2つのステップを繰り返すことによって実現される。

Step1: 現在の入力画像から人物候補領域を抽出する。

Step2: 過去の人物候補領域と現フレームの人物候補領域を対応付ける。

人物候補領域の抽出方法の代表的な手法は、背景差分法とフレーム間差分法（以下、単に差分法と呼ぶ）である。これらの手法は2つの画像を比較し、両画像間で差のある領域を人物候補領域として抽出する方法であり、演算量が少なく実時間処理に適していることから一般的に良く用いられている。しかし、図1の画像のように、人物同士の重なりが度々発生するような映像を対象とした場合、重なった人物が一つの領域として抽出されてしまい、逆に、抽出された領域内に何人の人物が含まれているかを判別することが困難であることから、正しい追跡結果が得られない場合が多くなる。したがって、差分法は、基本的には監視領域内を通過する人や物が少ない場合（たとえば立ち入り禁止区域のような場所の監視）に有効と言える。

一方、差分法では追跡が困難な人通りの多い場所を対象として、ある程度正確な追跡結果が得られる人物領域抽出方法としてオプティカルフローを用いた手法がある²⁾。オプティカルフローとは、時間的に連続する数フレームの画像から、画像中の各画素が時間的にそれぞれどの方向に動いたかを求めたものである。2人の人物が左右から歩いて来た後、交錯した場合の例を図2に示す。図2において、(a) は入力画像であり、(b) はその入力画像に対して求めたオプティカルフローを模式的に示している。

(b) 中の各矢印は、矢印の起点の画素がどの方向に動いているかを表している。人物候補領域は、それぞれのオプティカルフローを、その動き方向に応じてグループ化することによって求められる。図2の(c) に抽出された人物候補領域を示す。このように、動き情報を基に人物領域を推定しているため、比較的人物の重なりにも強い方法と言えるが、オプティカルフローを求める演算量は先の差分法に較べると大きく、実時間処理するためには専用ハードウェアが必要であったり、入力画像の大きさを制限する等といった制約が生まれる。

人物追跡の次のステップは、求めた人物候補領域が、以前のフレームのどの位置から移動してきたかを求めることであるが、これは過去のフレームの人物候補領域と現フレームの人物候補領域との対応付けを取ることで実現される。対応付けの方法にも色々な工夫があるが、人物追跡の場合、連続的な動きが仮定できるため、移動方向が過去の移動方向と概ね一致し、領域の重なり度合いがより大きな領域同士を対応付けることによって実現される。

図3は沖電気で開発している人物追跡技術を使って駅のコンコースを歩く人の流れを約10秒間解析した結果である。個々の人物から繋がる白い曲線が、プログラムによって自動抽出されたその人物の移動経路である。移動経路が交錯し、人物が重なって見える場合でもほぼ正確に追跡できている。

表示機能の高度化への応用

(1) パノラマ画像作成技術

監視範囲を広くするためにパンチルトカメラを使ったり、多数のカメラを設置するなどの方法が取られるが、個々の視野の映像をそれぞれ個別のモニターで（あるいは表示を切り替えて）見ているだけでは全体的な状況を把握することが困難である。そこで、異なる視野の画像を



図3 追跡結果

合成し、広い視野の一枚の画像を作成する技術（パノラマ画像作成技術）が開発されている。パノラマ画像作成技術自体は古くから知られている技術ではあるが、PC等の処理能力の向上と監視映像のデジタル化により、ソフトウェア処理でリアルタイム合成が可能となり、今後システムへの組込が進むものと思われる。

監視用途で用いるパノラマ画像作成技術では、①複数の画像間的高速な位置関係の推定、②歪みや明るさといった画像の補正が重要である。複数の固定カメラの画像を合成する場合は、実行時に毎回画像間の位置関係を求める必要は無いが、図4に示すような非常に広い領域を監視

対象としている場合もあり、実地計測することなく、取得した映像のみで簡単にカメラ間の位置関係を推定するための技術（カメラ間キャリブレーション）が重要である。

図4は沖電気で製品化しているパンチルトカメラとMPEG4映像伝送装置および画像蓄積/配信サーバを使った遠隔映像監視システム³⁾に、パノラマ画像作成技術を適用した場合の構成例である。図のようにIPネットワークを使った監視システムは、ブロードバンドIPネットワークの低価格化によって徐々に普及しており、業務用の監視システムだけでなく、たとえば旅行者が遠隔地から現地の状況を見るなど、一般ユーザーへのサービスも開始されている。このような場合、現地をあまり知らない人が映像を見ることになり、広い視野の画像が提供できることは今後重要性が増すと思われる。

(2) 画質の改善技術

監視映像の一部をより詳しく鮮明に見たいというニーズがあるが、デジタルズームによって単純に画像を拡大しただけでは画素が粗くなり、かえって見難い画像になる場合もある。また拡大による画質の劣化だけでなく、霧や大気の不透明度の低下、カメラ自体の振動といった撮影環境により画像がボケてしまう場合もある。図5(a)は遠くの壁に貼ってあるポスターをデジタルズームで撮影した画像の拡大図である。解像度不足により文字が潰れて読めなくなっている。このような画像の画質を改善する技術の一つに、超解像と呼ばれる技術がある。これは、同一の対象を連続して撮影した複数の画像列を統合し、

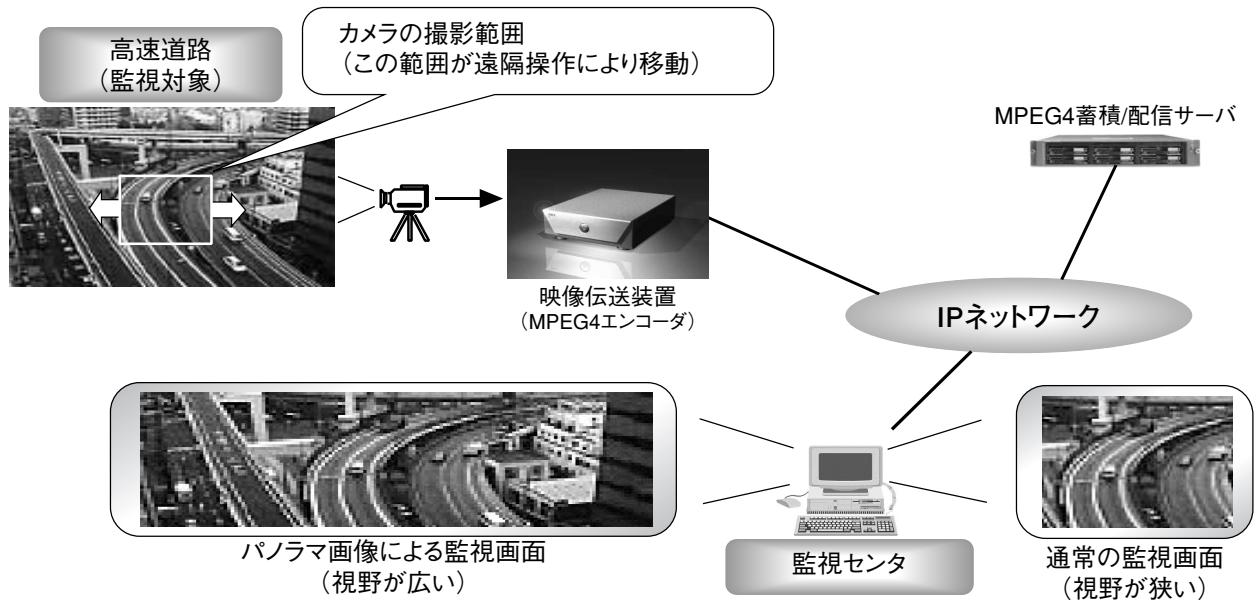
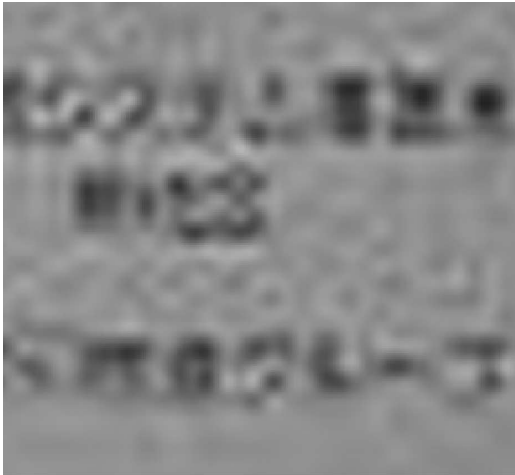
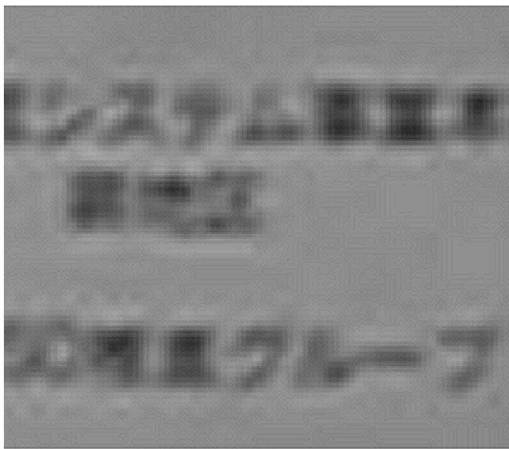


図4 ネットワークを使った映像監視システム構成例



(a) 元画像



(b) 画質改善後の画像

図5 画質の改善例

より鮮明な画像を得る技術である。図5 (b) は40枚の画像列を使って画質を改善した結果である。比較的密度の薄いカタカナの部分は読み取れるようになっている。(密度の高い漢字の部分は、この撮影画像の場合、ここで適用した手法の鮮明化限界であり、読み取れるところまでは改善されていない。)

このような画質改善技術は、比較的演算量が多く、撮影環境や写っている対象物によって有効なアルゴリズムが異なるなど、現状の画像処理技術ではどのような場合にも使えるというわけではないが、映像監視のデジタル化が進んでいる現状では、監視映像の表示プログラムに画質改善機能を組込むことが容易になっており、今後の発展が期待される技術である。

あ と が き

動画処理技術による映像監視の高度化について、検知機能と表示機能という2つの観点から、当社の取り組みを中心に説明した。動画処理技術はまだ発展途上であり今後も引き続き研究開発が必要ではあるが、応用範囲や利用条件を限定すれば十分実用が可能であり、今後大いに普及すると思われる。

なお、本稿では触れていないが、MPEG4やMotionJPEGを使った映像通信・蓄積技術も動画処理技術の一部であり、沖電気が注力して技術開発している分野である。今後はこのようなデジタル動画通信と人物追跡等の検知機能を融合し、より高度な映像監視システムの開発を進めていく予定である。 ◆◆

参考文献

- 1) 松本浩司 他：見通し不良区間安全走行支援システム，沖テクニカルレビュー187号，Vol.68 No.3，2002年7月
- 2) 山下正人 他：動画像中における複数歩行者の追跡技術の開発，画像電子学会研究会予稿01-07-08，2001年
- 3) 沖電気工業株式会社：VisualCast，月刊ニューメディア9月号，p.45，2002年

筆者紹介

宮崎敏彦：Toshihiko Miyazaki. 金融ソリューションカンパニー ITインキュベーション本部 画像ソリューション開発部