

映像監視における CV 実用技術の現状と課題

橋本 学

三菱電機株式会社 先端技術総合研究所
email: Hashimoto.Manabu@wrc.melco.co.jp

あらまし

近年、安全・安心を目的として、防犯カメラを用いた映像監視が行われている。現在のところ、カメラの持つ抑止効果が奏功している例が増えているものの、今後さらに効果を上げていくためにはまだなお解決すべき問題がある。本稿では、侵入監視システム、およびエレベータ犯罪検知システムの 2 つの開発事例を紹介する。侵入監視の誤報低減のために、抽出された動き領域についてさらに詳細な動き解析をおこない、侵入者の真偽判定をおこなうことにより、誤報を 1/5 に低減した。エレベータ犯罪検知としては、動き解析により平常時と犯罪(あばれ動作)時を区別する手法を提案した。また、これらの事例に基づき、CV 技術とそれを取り巻く技術に関して、特に実用化開発上の課題をまとめた。また、これからの映像監視におけるニーズとして、人物混在判定、潜在意図推定、線・面による空間の防衛などを紹介した。

Current Status and Future Subjects of Practical CV Technologies in Visual Surveillance

Manabu HASHIMOTO

Advanced R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation
email: Hashimoto.Manabu@wrc.melco.co.jp

Abstract

Recently, visual surveillance using ITV cameras becomes much popular because the concept of "safe and relief" is strongly required. Some examples show that surveillance camera is effective to reduce crimes, however, problems are still remaining for future needs. In this paper, we introduce our latest two examples; an intruder detection system and violence detection system for elevator cars. Performance of our intruder detection algorithm has been improved by analyzing detailed motion information of extracted moving regions. The violence detection has also motion analysis module and it enabled to distinguish true crimes from usual human motions. Based on these two real examples, I summarized important problems in CV technologies and its related ones, especially in practical development. Also some future useful needs are suggested in this paper.

1. はじめに

安全・安心¹というキーワードが頻繁に語られるようになった。これは、セキュリティが、侵入者監視・防犯に代表される特定の工業施設内でのアプリケーションとしてではなく、住宅、学校、駅などにおける一般の市民生活に密着したものに变化してきたことを意味しており、その代表的なものが防犯用の監視カメラによる映像監視である。

映像情報を用いた監視は以下の特徴があるので、最もよく用いられている。

- ①画像から得られる情報量が多い。
- ②安価なカメラが普及してきた。

③画像情報は人間にとっても理解しやすい。監視カメラによって得られた画像は、集中監視センター等に伝送されて監視員が表示映像を確認する例も多いが、人間に代わって異常を発見するためのさまざまな画像認識技術が開発されており、機械による自動監視に対するニーズは極めて高い。

近年では、監視カメラおよび各種画像応用システムが着実に普及し、防犯効果を上げている例も増えているが、一方では予想通りの効果ではないとの評価が報道される場合もあり、現実にはまだ不十分な面があると思われる。存在する問題点としては、画像認識の技術的困難さに起因するものだけではなく、ユーザの運用上の制約に起因する問題や、そもそも画像情報を用いることの限界に起因する問題もある。本稿では、映像監視に関わる多様な課題を整理し、より実用性の高い映像監視システムのあり方を考察する。

映像監視システムの種類は非常に多岐にわたるため(1)(2)、本稿では、筆者らが最近実用化した事例として、監視カメラによる侵入者検知システム、およびエレベータ内の犯罪検知システムの2つを例示し、実用化段階で解決した課題および、今後の発展について述べる。

¹本稿では「安全・安心」という語順を用いる。ちなみに、文部科学省の第3期科学技術基本計画でもこの語順である(第2期計画では「安心安全」)。

2章では、監視カメラを用いた防犯の現状および今後求められる機能を概観し、3章では、開発事例として侵入監視システムと犯罪検知システムを紹介する。4章では、これらの実例をもとに映像監視システム実用化上の課題と今後の方向性を整理し、CV分野においてこれから重要になると考えられる研究カテゴリーについて述べる。

2. 映像監視の現状

我々の身近には様々な監視カメラが存在している。一般の街頭監視カメラの他に、“スーパー防犯灯”と呼ばれる街灯に監視カメラを内蔵することにより犯罪の危険を感じた場合などに市民が緊急警報しやすくするシステムや、Nシステムと呼ばれる自動車の監視システムもある。屋内用としては、通常の防犯カメラの他、110度以上の広い画角を持つエレベータ内設置用のカメラや、映像信号を無線や汎用LANを通じて伝送するもの、またそれと気づかせずに設置するためにスピーカや照明装置、火災報知器に似せたカメラもある。最近では、エアコンにカメラを搭載した製品もあり、留守中の自宅を見守るために室内映像を携帯電話に伝送するサービスが始まっている。

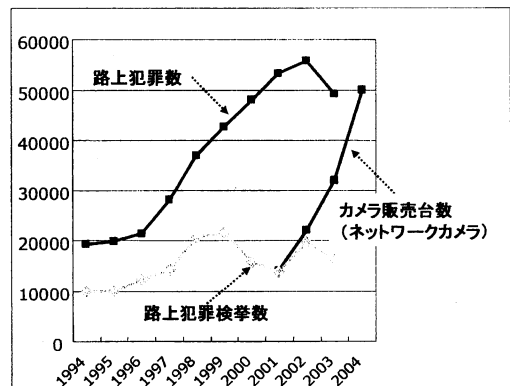


図1. 路上犯罪と監視カメラとの関係

図1に示したのは、路上犯罪(路上強盗および路上ひったくり)と監視カメラ販売台数との関

係である。監視カメラとしてはネットワーク機能を持つカメラが主流であることから、ネットワークカメラ全体の販売台数を集計した。図からわかるように、路上犯罪件数は年々増加の一途をたどっており(2003年にはやや減少がみられる)、しかも路上犯罪の検挙率が横ばいであることを考慮すると、カメラの普及の効果はまだ不十分である。

一般に、カメラ監視に期待される効果は次の3つがある。

- (1) 犯罪行為の抑止(心理的效果)
- (2) 犯罪行為の発見(未然に防止)
- (3) 犯罪者の発見(迅速な検挙)

このうち(1)と(2)は主としてユーザ(一般市民)や施設の管理者にとっての利点であり、(3)は主として犯罪者を検挙する立場である公安・警察にとっての利点である。監視カメラの実際の効果として、国内では東京歌舞伎町に50台の街頭カメラ設置された事例が有名である。しかし、設置前の2001年に1800件犯罪が認知されていたものが、設置初年の2002年の犯罪数は2100件超となり、逆に増加、その後も犯罪件数は増加しており、犯罪総数としては明確な抑止効果は認められていないとの報告もある。世界的には、イギリスでは年間2200万ドルの政府補助により、ロンドン市内を中心として約300万台が設置されている例が著名である。この台数は、世界の監視カメラの約10%に相当すると言われている。しかし、イギリスでも監視カメラの設置による犯罪の減少は4%にとどまっており、内訳を見ると、暴力事件は減少したが、窃盗、夜盗には効果が少なく、カメラ非設置箇所での犯罪は却って増加したとの報告がある。これらのことから、カメラ監視は、ユーザのニーズが年々増加しているものの効果はまだ限定的な場合があるといわざるを得ない。

図2に示したように、映像監視システムは3つの本質的な要素から構成されている。すなわち、画像入力(撮影)、伝送・蓄積、分析である。このうち、画像入力については、最近の技術進歩により、高解像度、高リアリティのカメラが比

較的容易に入手できるようになっている。また、映像伝送・蓄積についても、高レート圧縮技術が進歩するとともにブロードバンド通信のインフラが着実に普及しており、さらに最近では家庭用を中心とする大容量ハードディスク映像記録装置が普及している。しかし、映像情報を分析する技術が十分ではないために、これら膨大な映像データ(Media Asset)が活用されていないという現状がある。

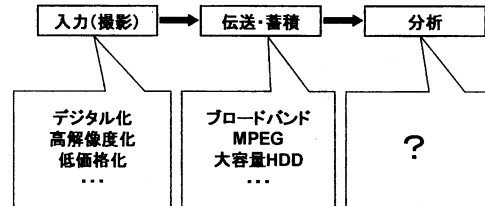


図2. 映像監視システムの3要素

そこで、監視員の代わりに映像を分析したり、監視員の作業を支援することができれば、カメラ設置の効果が大きく向上すると考えられる。

3. 監視カメラ画像処理の実用化事例

本章では、監視カメラ画像処理の実用化事例として、侵入監視システム(3)とエレベータ犯罪検知システム(4)を紹介する。

3-1. 侵入監視システム

分類	①立ち入り禁止	②許可された人間のみの立ち入り可能	③誰でも自由に立ち入り可能
例	原子カプラント、浄水場、重要施設...	オフィス、学校...	駅、空港ロビー、店舗...
セキュリティの形態	厳しい監視 侵入者検知	IDカードや生体認証によるアクセス制限	ゆるやかな監視 不審行動認識

図3. 監視エリアの分類

図3に示したのは監視エリアの分類であり、エリアの特性によって監視方法が異なる。

- ① 原子カプラントや浄水場など狙われやすい重要インフラ施設については、フェンスなどで物理的に遮蔽されている立ち入り禁止エリアと考えることができる。この場合は、侵入

者はすなわち不審人物として扱われるため、画像認識技術としては人物の安定的発見が課題となる。

- ② オフィスや学校など、許可された人物のみ立ち入り可能なエリアについては、一般的にはIDカードや生体認証によるアクセス制限がおこなわれるが、カードを確実に持たせることが困難な場合や、生体情報の管理など新たな課題も発生する。
- ③ 駅、空港ロビー、商業施設、店舗など、不特定多数の人間が存在する空間では、一般にはIDカード所持を義務づけることが困難なため、カメラによる監視が行われ、画像認識技術としては画像情報からの不審者の発見が課題となる。

このように、①および③の空間において、監視カメラによるセキュリティが特に有効となる。侵入監視システムは以下の3つの要素から構成される。①については主に(a)により実現されるが、③についてはさらに(b)および(c)の技術が必要となる。

- (a) 人間と背景との分離
- (b) 人間の移動経路の追跡
- (c) 移動経路の解釈・判断

領域内の動き分布				
領域の平均的動き	動きあり	動きあり	動きゼロ	動きゼロ
平均的な動きの時間的分布	一方向に連続運動	ランダムに運動	動きゼロ	動きゼロ
対象の分類	A 侵入者および車両、小動物、虫・鳥の一部	B 草木、影の揺れ、光の反射、ヘッドライトの一部	C 水面の揺らぎ、高層、光輪、ヘッドライト、レンズ画の水漬	D 日照変動および影の出現と消滅

図4. 動き情報に基づく人の安定的抽出(文献3)

(a)に関する技術としては、予め記憶した背景画像と入力画像との差を求める背景差分技術が基本的かつ重要な技術であるが、画像上で動きのある領域がすべて侵入者ではないため、車両、小動物、草木や影の揺れ、水面の揺らぎ、日照変化などさまざまな動き領域を区別する必要がある。近年、屋外環

境での変化しやすい照明条件へのロバスト化技術(5)(6)も研究されている。

図4は、検出すべき侵入者と、それ以外の移動体とで、動きベクトルの分布、平均的動き、動きの時間分布の3つのパラメータによって分離する原理を示している。動きのある領域に対して、領域内の動きベクトルの一様性、平均動きの有無、平均動きの時間的分布を計測し、それらの組み合わせにより侵入者による動きか、その他の要因による動きであるかを判別している。この技術により、表1のように誤検出率を低減させることができた。

表1. 動き情報を用いた侵入者検知の性能(文献3)

評価シーン	フレーム数	従来手法 (背景差分)	提案手法 (+動き解析)
日照変動	450	1	0
車のヘッドライト	653	17	2
木の影の揺れ	449	13	1
水たまりの乱反射	512	14	2
西日の直接光や光輪	512	1	0
カメラケースの水漬	375	28	3
犬猫などの小動物	99	11	3
虫、鳥	99	11	3
成長した草木	215	8	2
合計	3364	104	16
1シーンあたりの平均		11.5	1.8

さらに、画面内に複数の人物が同時に動き回る状況下では、それぞれの人物の位置を3次元的に認識する手法としてステレオ視による人物追跡が有効である(7)。また、認識すべきエリアが広域の場合には、複数のカメラや首振りカメラの利用も効果を実証されている。

認識された移動経路情報の利用としては、マーケティング情報を得るための店舗内の顧客の導線認識や、セキュリティ用途への応用が最も活発である。

なお、これら人物の発見および追跡技術に関する関連技術のサーベイとしては、文献(8)(9)に詳しく述べられている。

次に、(c)のための技術として、人物の移動(歩行)というレベルで、予め規定された行動(特定行動)をおこなった人物を検索する技術を紹介する(10)。アルゴリズムとしては、動きのある人物領域の検出・追跡を行い、その人物の行動に関する特徴量をメタデータとして人物単位に保持した上で、指定した条件に合う人物の検索を行うという手順である。例えば、

建物の玄関付近を撮影した映像において，“入館者”，“徘徊者”，“芝生侵入者”といった特定行動を定義し，ビデオ映像のなかから目的のシーンを検索する。図 5 に人の特定行動の例を示す。特定位置での出現・消失，非直線的な移動軌跡，特定領域での滞留時間等の情報により，特定行動を定義している。この技術は映像レコーダの事後解析として利用できる他，リアルタイム映像監視システムにおける不審者早期発見のような目的にも利用することが可能である。

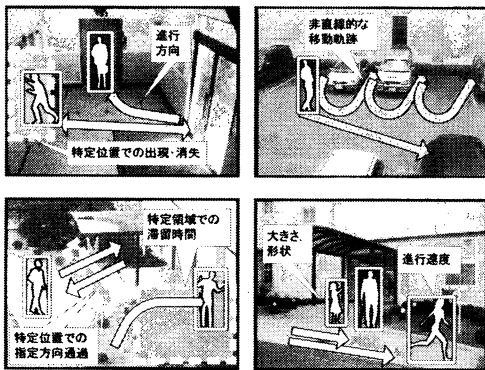


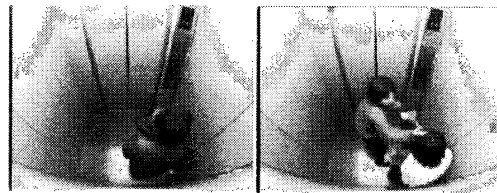
図 5. 人の特定行動の例(文献 10)

3-2. エレベータ犯罪検知システム

本節では，人物が滞留している状態での挙動分析事例の一例として，犯罪検知システムの実用化例を紹介する。犯罪事例(11)の分類結果によれば，全犯罪件数のうち加害者が殴る／蹴るなどの暴力をふるったり被害者が抵抗した事例が多いため，これら当事者の動きを検出する技術を開発した(4)。図 6 は，エレベータ内に設置された防犯カメラの画像例である。エレベータの乗客は平常時でも完全に静止しているわけではないので，平常時の動きと犯罪時の動きの分離が課題となる。

動画像からの人物動作分析に関する従来の研究としては，人物に取り付けたマーカや身体の一部を特徴点として検出・追跡するアプローチや，ステレオ視を利用して人物の服装や照明条件への頑健性を高めた研究がある。しかし，不特定多数の人物にマーカを取り付けたり，狭

いエレベータ内で特定部分が常に見えるようなカメラ配置は容易ではない。そこで本手法では，動きの統計量として，画像全点で求めた動きベクトル(フロー)の向きと大きさのばらつき，個数をマクロ的に評価し，あばれ動作か否かの2クラス識別問題を解く。実際のエレベータにおいては，屋外に比べると環境が安定している，人物の移動範囲が狭い，出現者数が少ないという条件が満たされるため，このような簡便なパラメータであれば検知が可能になる。



(a)平常時 (b)犯罪発生時

図 6. エレベータ内防犯カメラの画像

画像中のフローとは，画像上の各点におけるみかけの移動量と方向であり，時間的に連続した画像間の対応点を探索することで算出される。対応点計算には高速処理が可能な SAD(Sum of Absolute Difference)ブロックマッチングを用い，フローの向き(8 方向)と大きさ(4 段階)のヒストグラムを求める。図 7 は，エレベータ内の平常時とあばれ状態時の代表的なフロー分布であり分布のばらつき度合いが異なることがわかる。

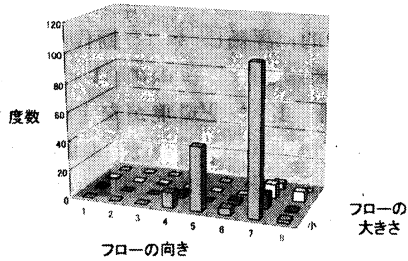
あばれ状態認識は，平常時の動きベクトル分布を記憶する学習フェーズと，それを用いてあばれ状態を認識する識別フェーズの 2 つからなる。学習フェーズでは，扉開閉状態別にフローの状態をモデル化する。アルゴリズムを以下に示す。

(step1)学習画像の全点で，SAD ブロックマッチングによりフローベクトルを求める。

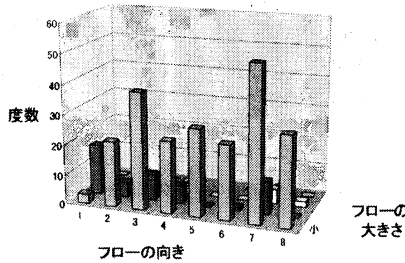
(step2)各フローベクトルに対し，向きのばらつき D ，大きさのばらつき M ，個数 Q を計算する。

(step3)全学習画像にて(1)と(2)を計算し， D ， M ， Q の平均値 D_m ， M_m ， Q_m ，および標

準偏差 σD , σM , σQ を平常時のフローモデルとして保持する。



(a) 平常時のフローのヒストグラム



(b) あばれ状態時のフローのヒストグラム
図 7. フローヒストグラムの例

一方、識別フェーズでは、未知画像に対して D , M , Q を計算し、学習済のフローモデルにより次式により正規化する。

$$Pd = (D - D_m) / \sigma D$$

$$Pm = (M - M_m) / \sigma M$$

$$Pq = (Q - Q_m) / \sigma Q$$

正規化された統計量 Pd , Pm , Pq がそれぞれ一定のしきい値より大きくなった場合に、あばれ状態とみなす。

提案手法の性能を、意匠の異なる 5 種類のエレベータの 2 箇所からそれぞれ撮影された 1 名から数名の人物が存在する平常時の 11 シーンと、専門の役者によって再現された典型的な 11 種類の犯罪シーン(表 2)から構成される実画像を用いて評価した。なお、オプティカルフローは、入力画像を 256 階調の濃淡画像に変換し、80x60 画素サイズに縮小した後、SAD プロ

クマッチングにより求めた。

図 8 に示したのは、平常時とあばれ状態時における動きベクトルの大きさと向きのばらつき度合いの分布である。このように、あばれ状態が発生することにより、大きさ、向きのばらつき値が大きくなることから、適切な判定曲線を設定することにより、あばれ検知が可能となる。

表 2. 犯罪模擬映像の内容

	模擬映像の内容
1	鞆をひったくる。
2	素手で殴りかかり、鞆を奪う。
3	ハンマーで殴りかかり、鞆を奪う。
4	ナイフを突きつけて脅迫し、鞆を奪う。
5	ナイフで切りつけ、鞆を奪う。
6	羽交締めにし、鞆を奪う。
7	口論になり、殴りあいの喧嘩になる。
8	鞆を奪おうとするが手放さず、諦めて逃げる。
9	脅迫時に護身スプレーをかけられ逃げ出す。
10	脅迫するが、鞆を振り回され、逃げ出す。
11	脅迫するが、携帯ベルを鳴らされ、逃げ出す。

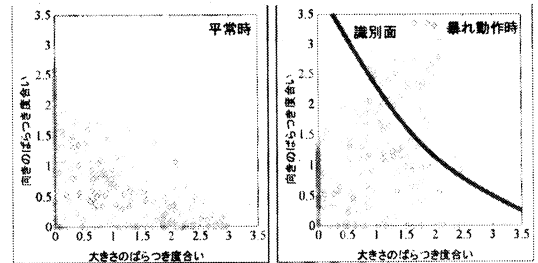


図 8. 平常時・あばれ時のフロー分布

提案手法では、過剰検出 6%のもとで、80%のあばれが正しく検出できることが確認され、動きの少ない脅迫強盗は検出しにくいのが、暴力強盗はほぼ検出できることがわかった。本技術をエレベータ監視カメラに適用することにより、あばれを伴う犯罪が発生している箇所を自動的に抽出することができ、ビデオ分析を容易におこなったり、オンライン犯罪検知が可能となる。

4. 映像監視の課題と今後の方向性

4-1. 実用化上の課題

経営学分野では、研究アイデアをもとに開

発した製品を市場に投入してビジネスとして成功するまでの間には、図 9 に示すような、魔の川、死の谷、ダーウィンの海と呼ばれる3つの難関を越えなければならないと言われている。

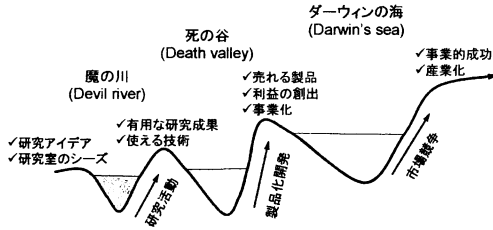


図 9. アイデアを事業化するまでの3つの難関

最初の難関は、発想された研究アイデアのなから将来につながるものを発掘し、有用であることを実証するときに越えるべき魔の川である。使える技術に高めるためには実用レベルを知っておく必要がある。次に、研究成果を経済的に見合う製品に仕上げる段階でも死の谷と呼ばれる難関を越えなければならない。この段階では、技術的な完成度だけではなく、コストや大きさ、メンテナンスの容易さ、汎用性など、ユーザが対価を支払うに足る要件をすべて満たす必要がある。最後の難関は製品化したものをコンペティタとの激しい市場競争に勝ち残れるレベルに高めるために越えるべきダーウィンの海と呼ばれるものである。

ここで、これらの難関、特に最初の2つを越えるためには高度な研究と技術力が不可欠であるという点が重要である。研究段階とは、少なくとも死の谷の先に到達するまで継続すると考える。これには、大学と企業との一層密な協業体制が不可欠であると思われる。

表 3 に示したのは、映像監視システムがこの到達点に達するまでに解決しなければならない課題と、その難しさを整理したものである。例えば、我々の開発事例においては、侵入監視装置の誤報許容率を1日3件と設定し、検出された動領域候補に対して再度動き情報を詳細に解析することにより誤報を低減することに成功した。また、エレベータ犯罪検知においては、最

近の多様なエレベータ意匠(鏡張り, ガラス張り等々)に対応するために、品種ごとに容易に検知しきい値設定する方式を開発したり、組込用CPUの選定においては取り込みレートと認識率との関係进行评估したり、あるいは最終性能評価のためのデータを取得するために現実の犯罪事例をもとに模擬映像データベースを製作するなどの方策を講じることで、実用的性能に達した。

表 3. 映像監視システムの課題

解決すべき課題	課題の難しさの原因とその例
1 人物発見率、および発報率等の基本性能の実証	<ul style="list-style-type: none"> 市場が許容する誤報率を予め想定しにくい。 例) 監視形態により虚報の影響度合いが異なる。 性能評価のための大量データ入手が困難。 例) 不審者、異常状況はめったに発生しない。 性能評価に膨大な時間がかかる。 例) 誤報率3件/日を実証するには、多くのグラントツールも必要。
2 性能が汎用的であることの実証	<ul style="list-style-type: none"> システムの使用環境を予め想定しにくい。 例) 季節や納入地気候による環境変動が大きい。 ハードウェアの再設計は簡単ではない。 例) 設計コストや品質保証コストが相対的に大。
3 コストや装置サイズなどが市場要求を満たすことを確認	<ul style="list-style-type: none"> 低コスト化と性能低下との妥協点が必要。 例) PC一組込化により動画処理レートが落ちる。 他の代替手段の進歩の予測が難しい。 例) 長距離無線電源RF-IDタグが出現すれば位置追跡の形態が変わる。
4 品質維持、メンテナンス、現地調整の経済性の確認	<ul style="list-style-type: none"> 特に屋外環境でのメンテナンスフリーが困難。 例) カメラレンズの汚れ、雨滴付着。 調整期間内に現れる環境バリエーションが少。 例) 夏に納入すると冬の雪の影響が予測困難。

このように、基本性能確認後にも、性能評価、改善、現地調整等多くのステップをクリアする必要があり、すべてに開発コストがかかる。したがって、研究の初期段階よりこれらのコストを含めたトータルコストを想定した方式を選定したり、あるいは逆に、低コストで評価・調整ステップを実行可能な方法を考案すること自体が研究対象となると考えている。

4-2. 映像監視におけるこれからのニーズ

監視カメラのための画像認識技術としては、今後以下のような機能が求められるとともに、新しい挑戦的な技術開発課題が設定されていくものと予想される。

(1) 個別判定→混在判定

立ち入り禁止区域への侵入では、侵入行動はすべて不審行動と見なすことができた。今後は、空港ロビーなど、大多数の善良な人物の中

に混在しているごく少数の不審者を発見することが求められる。そのためには、不審者を予め特定のルールで表現するだけでなく、学習した平常時の状況から非定常行動を定義するための技術も必要であろう。

(2) 顕在行動の発見→潜在意図の推定

現状では、不審者が明確な非定常行動をとることを前提としているが、今後は表面に現れたごく微小な不審状況を着実に検知するための精密で高信頼の画像認識が必要となろう。これはいわば「善人の群集のなかから善人の外見を持つ悪人(犯罪者)を検出する」という課題である。例えば、目や頭の動き、移動経路のゆらぎなど、わずかな手がかりの計測が重要になると考えられる。

(3) 点による防衛→線・面による空間の防衛

本稿の主題でもある、「広域化」である。生体認証を用いた入退室管理装置の目的は侵入ルート上に不審者を拒絶するポイントを設置することであった。今後は、地域、都市といった広域空間を外部から守るため、目に見えない防衛線、防衛面を構築して空間をまるごと防衛することが求められる。そのためには、画像認識技術に加え、電波・光センサなどの技術との融合や、広域情報を瞬時に収集・処理するためのネットワーク技術、日本版 E911 に代表されるような使いやすいう GPS 測位技術が重要になるとともに、快適性の維持やプライバシーとの両立も取り組むべき重要な課題である。

5. おわりに

本稿では、カメラ監視による安全・安心技術として、監視カメラによる侵入監視システムとエレベータ犯罪検知システムを取り上げ、技術内容を紹介するとともに、映像監視システムにおける課題を整理した。近年、本分野の重要性はますます高まっており、他のセンサとの融合を含めて、新手法の開発と充実が期待されている。また、効率のよい開発体制のために、大学等の基礎研究機関と企業との協業もますます必要性が高まっており、その形態も継続的に最適化

されなければならないと考える。

謝辞: 本稿の執筆にあたっては、笹川耕一氏、羽下哲司氏、佐藤和也氏、林健太郎氏、関真規人氏、Fatih Polikli 氏らにご協力をいただきました。深く感謝いたします。

文 献

- (1) 橋本学, “監視カメラ画像処理技術の展開”, 第 11 回画像センシングシンポジウム(SSII)講演論文集, pp.35-40, 2005.
- (2) 橋本学, “人の行動の認識技術と応用”, 精密工学会誌, Vol.71, No.2, pp.172-175, 2005/2.
- (3) 羽下哲司, 鷺見和彦, 八木康史, “変化領域内の動きの時空間特徴に着目した屋外情景における歩行者の検出”, 電子情報通信学会論文誌, vol. J87-D-II no.5, pp.1104-1111, 2004.
- (4) 関真規人, 林健太郎, 谷口博康, 橋本学, 笹川耕一, “リアルタイム人物暴れ検出システム”, SSII2004, pp.273-278, 2004.
- (5) 松山隆司, 和田俊和, 波部斉, 棚橋和也, “照明変化に頑健な背景差分”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-II, No.10, pp.2201-2211, 2001.
- (6) 関真規人, 和田俊和, 藤原秀人, 鷺見和彦, “背景の共起性に基づく背景差分手法”, 情報処理学会 CVIM 論文誌, No.6, 2003.
- (7) Kentaro Hayashi, Manabu Hashimoto, Kazuhiko Sumi, and Koichi Sasakawa, “Multiple-person tracker with a fixed slanting stereo camera”, Proc. of 6th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR2004), pp. 681-686, 2004.
- (8) 鷺見和彦, 関真規人, 波部斉, “物体検出—背景と検出対象のモデリング—”, 情処研報 CVIM, Vol.2005, No.88, 2005-CVIM-150 pp.79-98, 2005.
- (9) 加藤丈和, 深尾隆則, 羽下哲司, “対象追跡—フレーム間差分の類似度に着目した手法から動きのモデルに着目した手法まで—”, 情処研報 CVIM, Vol.2005, No.88, 2005-CVIM -150, pp.185-198, 2005.
- (10) 佐藤和也, 熊野眞, “不審者検知技術”, 三菱電機技報, Vol.78, No.8, pp.43-46, Aug.2004.
- (11) 社団法人日本エレベータ協会 Web サイト <http://www.n-elekyo.or.jp/>