

街の安心安全を支援する 映像監視技術



西辻 崇 西川 博文

三菱電機 情報技術総合研究所

映像監視をとりまく環境

2020年の東京オリンピック・パラリンピックや観光ビジョン等を背景とした観光客の急増に伴う集中的な混雑の発生、世界各地で頻発する重大テロの増加は、公共空間における安心安全確保が最重要な社会課題であることを示している。本課題の有力な解決手段として期待される監視カメラは、世界規模で設置台数が増加傾向にある。矢野経済研究所の調査¹⁾では、世界市場での監視カメラの出荷台数見込を、2014年の2,545万台から2018年には約70%増の4,320万台に増加すると予測した^{☆1}。本調査結果からも、映像監視システムに対する期待の高さがかげえ、今後も監視カメラ市場の持続的な規模拡大が想定される。

映像監視システムは、ITの進化とともに、同軸ケーブルでの映像信号伝送と磁気記録媒体によるアナログ方式から、高能率符号化された映像データを伝送するIPネットワークとHDD等の大容量記憶装置から構成されるデジタル方式に急速な移行が進んだ。

映像監視システムのデジタル化は、IPネットワークを介した広域での映像収集や圧縮技術によるデータ容量の低減、高度な映像解析技術の適用を可能とし、アナログ方式と比べて大規模化や高精細映像の長時間記録、監視業務の効率向上等に貢献して

いる。さらに、近年の機械学習技術の進化と計算機性能の向上は、映像監視システムを防犯・防災等の従来用途から、混雑状況検出等の新たな価値を提供するサービス創出へと拡大させている。

本稿では、以降大規模な映像監視システムの構成と特徴、新たな研究動向、将来展望について順に紹介する。

映像監視システム

図-1に映像監視システムの基本構成を示す²⁾。映像監視システムは、コンビニ店舗や銀行向けの中・小規模型と、街や空港などの公共施設に向けた大規模型の2つに大別される。表-1にそれぞれの特徴を示す。大規模映像監視システムでは、広い監視範囲をカバーする必要性から、システムを構成するカメラ台数が多くなる。また、カメラ設置箇所と監視センタ等の監視業務を実施する場所までの距離が遠くなることから、大容量映像データの長距離伝送が必要になる。以上の要件を満たすため、大規模型映像監視システムでは、デジタル型監視カメラとIPネットワークを用いたシステム構成が多用されている。

街などを対象とする大量の監視カメラから構成される大規模映像監視システムでは以下の課題が発生する。

- ①監視業務負荷の増加
- ②プライバシー保護

☆1 予測値、見込値は2015年5月現在。

③カメラ設置の偏在

①は大量の監視カメラ映像を人間の目でモニタリングすることに起因している。大規模映像監視システムでは、一般に監視映像を監視センタに集約し、専門の監視員がライブ映像を見ながら監視業務を行うことが多い。そのため、映像数の増加は監視員の業務負担増に直結し、見逃しなど監視業務の劣化を引き起こす原因となり得る。

②はプライバシー保護と監視カメラの公共性の両立の難しさに起因している。本人同意が困難な状態で、個人情報である顔や行動を取得される倫理的問題がある一方、街の安心安全確保など公共の利益を目的とした映像取得の意義も高く、これらの両立は容易ではない。

③は監視カメラ設置場所が市街地や駅、空港などの公共施設に集中することに起因している。街の安心安全確保を映像監視システムで支援する場合、街のすべての個所を死角がないように監視カメラ設置することが理想である。しかし、映像監視システムの運用・設置コストの観点から、住宅街や郊外など、人の往来が比較的少ない場所への監視カメラの設置が不十分になりがちである。

これらの課題解決を目的として、監視カメラが自律的に移動・撮影・解析し、人間が介在せずに監視業務を機械が代替するシステムの検討も行われているが、近年の人工知能技術やドローン技術の発展を

もってしても、現状で監視業務のすべてを機械に委託するリスクはあまりにも大きい。そのため、人間が行う監視業務の負荷軽減や映像監視システムの設置コスト低減を目指す技術が広く研究・開発されている。

映像監視システムの研究動向

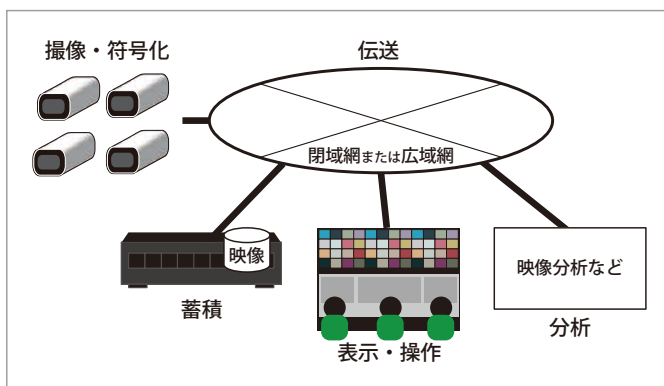
ここでは、前章に示した3つの課題解決を目指す研究開発内容について、各々詳細に解説する。

監視業務の負荷軽減

映像解析技術（群集行動解析）

遠隔地に設置されたカメラ映像の監視業務は、事件・事故の予兆を判断する等の重要な意味を見出す一方で、映像を見続ける監視員の負担が大きい。映像解析技術は、映像に含まれる多くの情報から監視業務に有用な情報を抽出することで監視業務の負荷軽減手段としても活用可能であり、今日では多くの映像監視システムに採用されている。そのため、映像解析技術は、従来の高画質化、高精細化、長時間録画に加えて映像監視システムの新たな競争軸となっており、監視目的に応じたさまざまな種類の解析技術が開発されている。

大規模映像監視システムが対象とする街などの不特定多数の人が往来する公共空間では、不審者や不



■図-1 映像監視システムの基本構成

■表-1 映像監視システムの特徴

	中・小規模	大規模
カメラ台数	数十台	数百台
監視範囲	狭い	広い
映像伝送距離	短い	長い
適用先	コンビニなど	駅、空港など

審物、火災など、安心安全を脅かすさまざまな事象に対する検知や予兆発見への需要が高い。とりわけ、駅・空港やイベント会場など、多くの人が集まるエリアでは、事件・事故発生時の被害規模の大きさから、安心安全の確保に向けた対策は急務である。従来は警備員の増員や監視カメラの追加など、監視機会を増やす対策がとられてきたが、昨今の人材不足やコストの問題から、映像解析技術を活用した監視品質の向上に対策の潮流が移っている。

このような環境下では、突発的な地震や火災、不審者やテロなどの外的要因による事故・事件発生への即時対応のみならず、その場に居合わせた人々の行動が要因となる雑踏事故を予防する群集行動解析も重要である。群集の過度な密集やパニックによる逃避行動によって、多くの死傷者を出す将棋倒しを誘発する雑踏事故が幾度となく発生してきた。日本国内では、2001年に兵庫県明石市で発生した明石歩道橋雑踏事故が記憶に新しい。花火大会に集まった約8万人の来場者が会場間をつなぐ歩道橋に押しかけた結果、複数の死傷者を出し、雑踏事故に対する対策や研究が進む契機となった事故である³⁾。これらの被害を最小にするべく、群集行動解析は映像解析技術の中でも重要な技術として多くの研究がなされている。

雑踏事故の主要因は群集の高密度化といわれる。貝辻らの研究³⁾によれば、群集密度が2人/m²を超えると群集の移動速度は急激に低下、滞留状態が発生し、将棋倒しのような雑踏事故のリスクが高まる。そのため、群集密度や移動速度の計測が雑踏事故の予兆検知に有効な手段と考えられている。

計測対象となる人の体格の多様性や群集を構成する人の数が非常に多いことから、一人ひとりを識別する人数カウントによる群集密度計測は現実的ではなく、移動速度の計測による密度推定が合理的である。

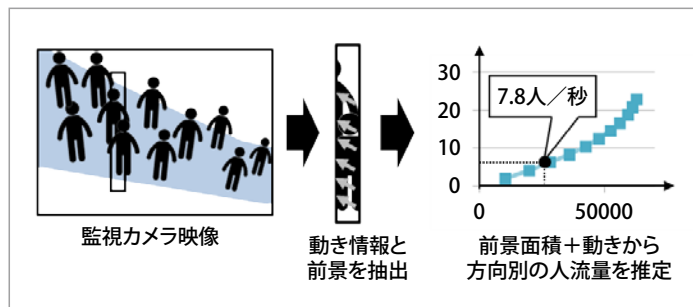
一例として、筆者らは行列状態にある群集の監視映像より抽出した動き情報（オプティカルフロー）から、群集移動速度と相関のある人流量を計測し、群集密度の推定手法を開発した（図-2）。

そのほかにも、雑踏事故の一因であるパニックの予兆発見を目的として、急病人発生時など群集がイレギュラーに集まる状態（蝟集）や、暴漢などから逃げ惑う状態（拡散）の検知も有効である。NECは、深層学習（Deep Learning）に基づく手法により、これらの検知を実現している⁴⁾。

映像表示技術

監視業務の負荷軽減には映像解析技術が有効である一方で、監視映像を人間の目で見たいという需要は根強く存在する。これは、実際の監視業務では、映像解析技術で検知可能な項目だけでなく、監視員が監視カメラ映像から得られる情報を総合的に判断し、臨機応変な対応が求められるケースが想定されるからである。たとえば、不審者検知など、定義が曖昧で映像解析精度が十分でない監視項目に対しては、監視員が不審候補者の外見や行動、移動経路や周囲の状況を総合的に判断し、対処要否を判断する必要がある。現在の映像解析技術はこのような定義が困難で複雑な事象の判断精度は実用レベルには達していない。そのため、監視映像の情報を減らすことなく業務負荷軽減を図る必要があり、映像表示方法の工夫は有効な手段である。

多くの映像監視システムでは、図-3のように、接続されたカメラ映像を格子状に並べ、複数カメラ



■ 図-2 群集行動解析技術（人流量推定）

映像の同時監視を可能にしている。本監視画面表示の問題は大きく2つある。

- ①映像の表示数に起因する情報量の多さ
- ②カメラ間の関係性の分かりにくさ

複数カメラ映像の位置や重複等のカメラ間の関係を考慮しながら本画面を長時間集中して監視する作業者の精神的・身体的負担はきわめて大きいと想像できる。

また②の解決は街の安心安全の確保を考える上で重要である。カメラ映像の位置関係を一目で理解することは、災害時の避難誘導や不審者の追跡など広域での状況把握が必要なケースで、迅速かつ適切な指示が可能になることを意味する。

上記2つの課題解決方法として、監視映像の俯瞰合成技術への取り組みがある⁵⁾。俯瞰合成技術の概

要を図-4に示す。俯瞰合成技術は、カメラごとの設置位置や画角・俯角を用いて真上から見下ろす映像に変換し、変換した複数のカメラ映像から広範囲を映し出す大きな1つの映像に合成する技術である。合成映像は、広い空間の直感的な把握やカメラ間の位置関係を明確にし、誘導などに必要な映像内の位置把握が格段に容易となる。しかし、街区など数百台規模の監視カメラが設置される環境への適用には、変換・合成に必要な計算処理負荷軽減などの課題があり、今後の技術発展に期待したい。

プライバシー保護

監視映像の蓄積・表示において、プライバシー保護は長く議論されてきた問題である。特に、道路や河川を監視するライブカメラ映像のインターネット配信や、エレベータ内カメラ映像のエレベータフロアでのモニタ表示など、公共・施設での安心安全の確保を目的に監視映像を不特定多数に表示するケースにおいて、プライバシー保護と公共の利益の両立は複雑困難な問題である。

解決に向けた取り組みの一つとして、映像解析技術を用いて人を認識し、人型の図形を実映像の代わりに合成表示することで、プライバシーと公共の利益を両立させる試みがある。東急電鉄では、駅構内に設置された監視カメラ映像に対し、人が写っている個所を人型の図形で置き換えて配信することで、プ

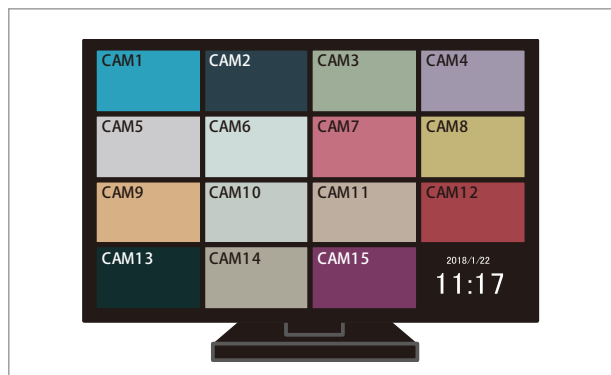


図-3 映像監視システムの画面例

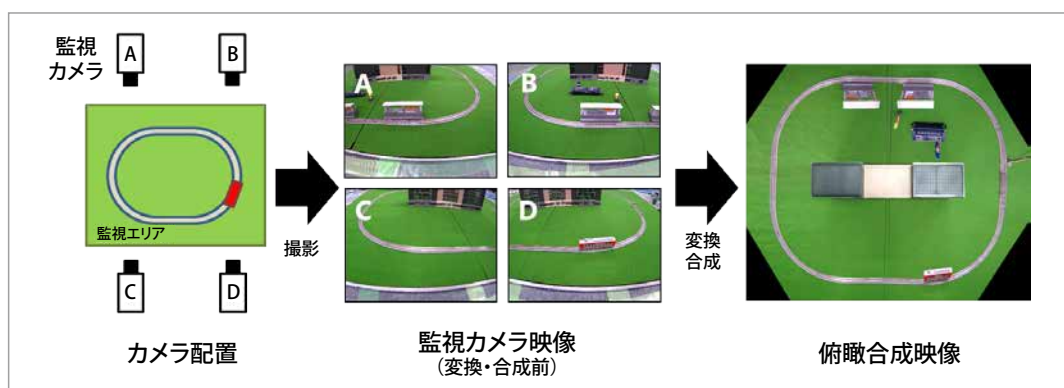


図-4 俯瞰合成技術の概要

ライバシを保護しながら駅の混雑状況をスマートフォン等で確認可能なサービスを提供している。

街の死角を減らす取り組み

監視カメラを用いて街の安心安全向上を目指す場合、撮影範囲の死角がなくなるように密なカメラ設置を行うことが理想である。しかし、カメラ設置やシステム構築コスト、映像伝送に必要なネットワーク帯域確保が制約となり現実的ではない。

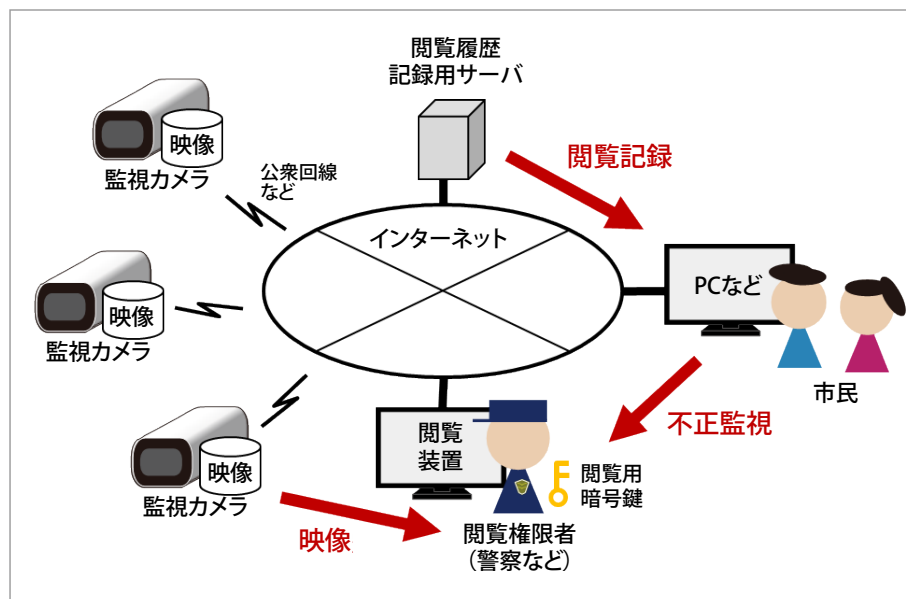
冒頭で述べたとおり、監視カメラの設置台数は世界的に増加傾向にあるが、その設置目的は設置主体によって異なり、監視カメラ台数の増加は、街の安心安全確保には必ずしも直結しない。たとえば、道路などの公共エリアに設置される監視カメラは、街の安心安全確保や施設の状態監視を目的として、マンションや商業施設などでは、施設の安心安全や状態監視を主目的として設置される。さらに、事件・事故や災害時の被害想定規模が大きい市街地や駅・空港などの公共施設ではカメラ設置密度は高くなるものの、それ以外では低くなる。そのため、街の安心安全向上には、住宅地や郊外など監視カメラが密

に設置されていない地域への監視カメラ設置を容易にする取り組みが必要である。

この問題に取り組んでいるのが、NPO 法人 e-自警ネットワーク研究会⁶⁾である。本研究会では、行政主体で住宅地などへの高密度な監視カメラ設置を実現するため、安価かつプライバシー保護に考慮した映像監視システムの開発と実証実験を進めている。

図-5 にシステムの概要を示す。映像監視システム構築時には、ネットワーク設備の敷設が設置コストの多くを占める。本システムの監視カメラは街路灯との一体化とネットワークの無線化により、設置の自由度と低コスト化を実現している。また、映像はカメラ内のメモリに暗号化して記録し、警察や行政などに限定した閲覧権限を与えると同時に、閲覧履歴を一般公開することで、プライバシーの保護と閲覧権限の濫用を防いでいる。

同様の取り組みは自治体でも進んでいる。千葉県松戸市では2013年度より「市民参加型街頭防犯ネットワークカメラ事業」として、民家や企業事務所の軒先に、設置先の費用負担によりカメラを設置し、市民が積極的に関与して街全体の安心安全を向上す



■ 図-5 e-自警ネットワークの概要

る試みを行っている。また、コンビニの店内設置カメラの一部を窓外に向け、地域防犯の貢献を図っているケースも見られる。

このように、街の安心安全を目的として監視カメラ設置数を増加させる場合、安心安全確保という公共利益と、設置コスト低減や設置エリアにおける住民の理解とのトレードオフを考慮する必要がある。

今後の展望

映像監視システムは、アナログからデジタルへの移行の中で、広域を大量のカメラでカバーする大規模映像監視システムを実現した。さらに単なる映像の蓄積・再生システムから、機械学習をはじめとした映像解析技術の急速な発展により映像の意味を理解するシステムに変貌しつつある。これは大規模化による大きな課題であった監視業務の作業負荷の低減にとどまらず、マーケティング、生産性・快適性向上等へも活用され、社会システムを構成する必須要素となるだろう。このような未来社会構築には、膨大なカメラ映像データの効率処理、プライバシー保護等、解決すべき課題も多い。我々は、映像監視システムにより来るべき未来社会にさらなる貢献が可能となるよう、新たな技術開発、システム提案を今後も実施していく。

参考文献

- 1) 矢野経済研究所：監視カメラ世界市場に関する調査結果 2015, (2015 年 8 月 7 日発表)。
- 2) 小島洋之, 神田英伸, 浅井光太郎, 西川博文: 映像セキュリティシステムの動向 映像によるセキュリティから映像の利活用へ, 画像ラボ 2017 年 4 月号, pp.1-8 (2017)。
- 3) 貝辻正利: イベントを安心して楽しんでもいただくために, 講談社エディトリアル (2014)。
- 4) 宮野真次, 宮野博義, 池田浩雄, 大網亮磨: 群衆行動解析技術を用いた混雑推定システム, NEC 技報, Vol.67, No.1, pp.82-85 (2014)。
- 5) Okahara, K., Fukasawa, T., Furuki, I. and Abe, H: Efficient Implementation of Top-view Surveillance System using Multiple Cameas, Proc. Of IEVC2017 (2017)。
- 6) Fujii, Y., Maru, K., Kobayashi, K., Yoshiura, N., Ohta, N., Ueda, H. and Yupapin, P.: e-JIKEI Network using e-JIKEI Cameras: Community Security using Considerable Number of Cheap Stand-alone Cameras, Safety Science, Vol.48, pp.921-925 (2010)。

(2017 年 11 月 7 日受付)

西辻 崇 (正会員)

Nishitsuji.Takashi@dr.MitsubishiElectric.co.jp

2013 年, 千葉大学大学院工学研究科博士前期課程修了, 同年, 三菱電機 (株) 入社, 情報技術総合研究所にて, 監視カメラを中心とした広域監視技術の研究開発に従事。2016 年, 千葉大学大学院博士後期課程修了。博士 (工学)。日本光学会ホログラフィック・ディスプレイ研究グループ幹事。

西川博文 (正会員)

Nishikawa.Hirofumi@cs.MitsubishiElectric.co.jp

1989 年, 北海道大学工学院工学研究科修了。同年, 三菱電機 (株) に入社。映像符号化・伝送技術, 映像監視システムの研究開発, ISO/IEC (MPEG) 標準化活動に従事。情報規格調査会 JTC1/SC29/WG11 MPEG-7SG 幹事。2016 年から大阪大学産業科学研究所招聘准教授として映像活用の産学連携を推進。