

広域監視ネットワーク向け HD・IP複合一体型カメラ

笠井康行*
岸田孝敬*
沖西佳雄*

PTZ Camera with HD and IP for Wide Area Surveillance System

Yasuyuki Kasai, Yukinori Kishida, Yoshio Okinishi

要旨

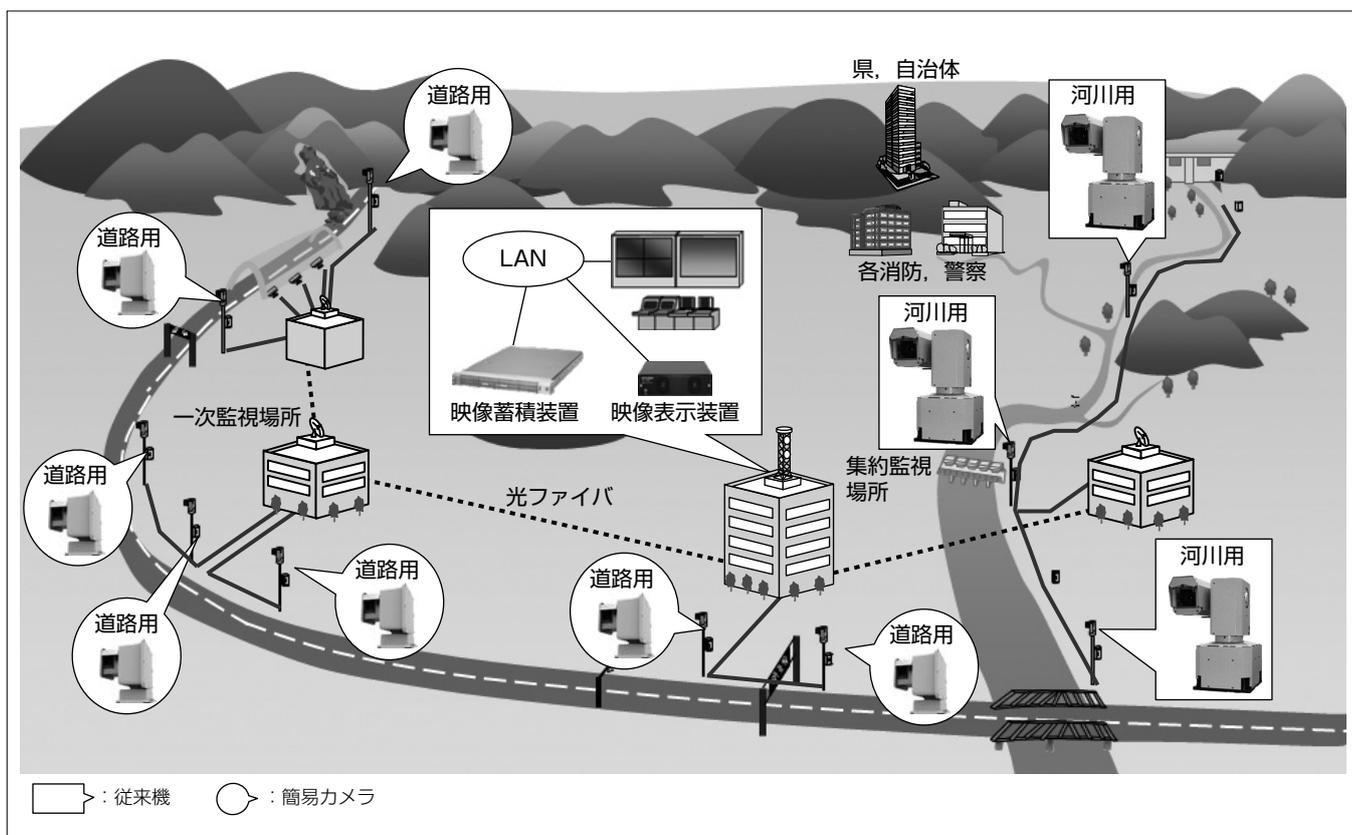
国土交通省(以下“国交省”という。)では、国土強靱(きょうじん)化や、より安全・安心な社会を目指すインフラ管理に向けて、広域監視カメラ配備の充実を図っている。その一環として、2020年の東京五輪開催も見据え、道路監視用途に特化した複合一体型カメラ(注1)(以下“簡易カメラ”という。)の配備が計画されている。

今回、三菱電機ではこの需要に応えるため、広域監視ネットワーク向けHD(High Definition)・IP(Internet Protocol)複合一体型カメラ“デジタルRoboty HM-7000”を開発した。デジタルRobotyは、従来の複合一体型カメラで使用している各種技術を踏襲すると同時に、民需用カメラ向けとして新規採用した配信性能に優れた信号処理LSIを組み合わせて、インナーフォーカスレンズ制御などの

新技術を導入して開発した製品である。主な機能と特長を次に示す。

- (1) 施工性を考慮した小型化の実現
- (2) 従来機からの更なる耐環境性能向上
- (3) 国交省簡易カメラ仕様に準拠
 - ①フルHD(1920×1080ピクセル)
 - ②最低被写体照度0.5ルクス
 - ③画像圧縮方式H.264、多重化方式TS(Transport Stream)／TTS(Timestamped TS)
- (4) 広範囲な監視エリアを確保するための水平360度エンドレス、垂直±90度旋回

(注1) 国交省の名称は“巡回式簡易カメラ装置”



広域監視ネットワークのイメージ

現場に設置されたカメラで符号化された映像ストリームは、光ファイバで集約監視場所に配信される。集約監視場所では目的に合わせた映像蓄積や映像表示を行い、現場状況の迅速な把握や住民サービスの向上に利用している。

1. ま え が き

国交省では豪雨などによる自然災害に対し初動迅速化が喫緊の課題であり、被災状況を正確に把握するために監視映像のハイビジョン化を推進しており、カメラにおけるアナログからデジタルへの置き換え、伝送装置におけるMPEG-2からH.264への置き換えが進んでいる。また東京五輪に向けた監視強化の一環として、一般国道や有料道路へのカメラ追加を行うために、簡易カメラ導入の方針を打ち出した。簡易カメラは標準仕様が2016年3月に決定され、調達に向けた準備が進められている。性能の基準となる最低被写体照度を道路用途に合わせて見直すことによる調達コストの低減を図っている。

当社では早くから簡易カメラについて市場調査を行っており、求められる機能・性能・価格を分析し、新製品の開発が必要であると判断した。図1に製品マップを示す。簡易カメラは製品マップの中央のゾーンに該当する。このゾーンは従来の複合一体型カメラから仕様は制限されているものの、価格が民需製品に近い。屋外カメラケースに実装したドーム型カメラが考えられるが、ドーム型カメラはワイパーがないため雨天時の視認性が悪く、垂直旋回範囲も限定されるという問題があった。

これらの状況から当社では、従来の複合一体型カメラに使用している耐環境性(ワイパー)や旋回動作(垂直±90度)などの各種技術と、民需向けで採用したカメラ信号処理LSIを組み合わせて、インナーフォーカスレンズ制御などの新技術を導入したデジタルRoboty HM-7000をラインアップに加えるため開発した。

2. デジタルRoboty

2.1 仕様

表1にデジタルRobotyの仕様を示す。

2.2 特長

(1) 小型化

図2にデジタルRobotyの外観、図3に従来のIP複合一体型カメラとの外形比較を示す。

デジタルRobotyは市場での施工性を考慮し、小型化を実現した。次に挙げる部品の採用によって、当社従来のIP複合一体型カメラと比較して容積66%削減、質量60%



図2. デジタルRoboty

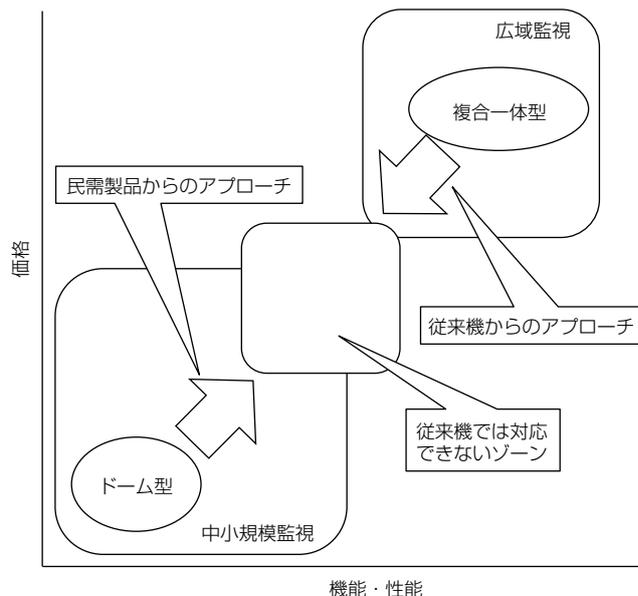


図1. 製品マップ

表1. 仕様

項目	仕様
型名	HM-7000
撮像素子	1/2.8型CMOSセンサ, 208万画素
最低被写体照度	0.5lx(電子増感OFF時)/0.03lx(電子増感16倍)
有効画素数	1920(H)×1080(V), 有効208万画素
焦点距離/最大口径	f=4.5~135.0mm/F=1.6~4.4
ズーム倍率	光学30倍/電子ズーム16倍
白黒切替え	あり
オートフォーカス	あり
旋回範囲	水平360度エンドレス, 垂直±90度
最大旋回速度	水平180度/s, 垂直90度/s
ワイパー	あり
デフロスター	あり
画像圧縮方式	H.264
多重化方式	MPEG-2 TS/ARIB STD-B24 TTS
文字表示機能	あり(英数かな)
設置状態	据置き/天吊
温度・湿度	-20~+40℃, 90%RH以下
耐風強度	動作可能 ^(注2) 40m/s以下/非破壊 ^(注3) 60m/s以下
防水性・防塵性	IP66
外形寸法	308(W)×338(H)×294(D)(mm)
質量	12kg以下

(注2) 正常動作する保証範囲上限風速
 (注3) 機器が破損しない保証範囲上限風速
 CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor

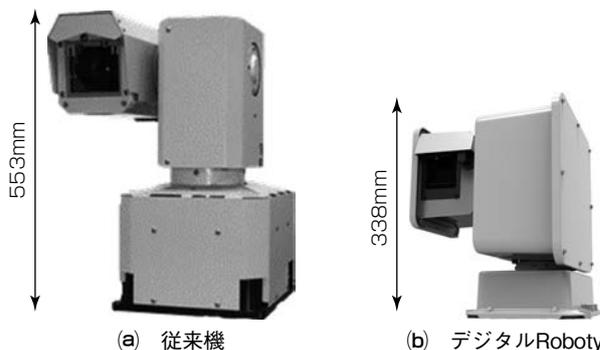


図3. 従来機との外形比較

削減を達成した。

- ①インナーフォーカスレンズの採用
- ②1チップLSIの採用
- ③小型モータの採用
- ④汎用スリップリングの採用

(2) 耐環境性能

デジタルRobotyは市場での設置環境を考慮して次に挙げる耐環境性能向上を実現した。

- ①防水性能IP66の確保
- ②耐風強度(非破壊) 60m/sの確保
- ③高温環境に耐えうる放熱構造

(3) その他特長

- ①水平360度エンドレス、垂直±90度で旋回してドーム型では困難な水平から上方向監視が可能
- ②ワイパーやデフロスターを搭載し悪天候下での監視が可能
- ③H.264方式でフルHD(2~12Mbps)の映像伝送が可能
- ④国交省映像ストリームに準拠し、TS伝送/TTS伝送の切り替えにも対応
- ⑤カメラ制御コマンドは国交省“CCTV(Closed Circuit TeleVision)設備制御インタフェース仕様書(案)”に準拠
- ⑥カメラ地点名など、映像への文字重畳が可能(英数/記号/かな/カナ/JIS第一/第二に対応、最大4行)
- ⑦設置環境に応じ、据置き/天吊両方の設置が可能

3. 開発内容

3.1 開発要素

表2に開発要素と実現方法を示す。

3.2 小型化

(1) インナーフォーカスレンズの採用

カメラ部で最も大きな部品はズームレンズである。従来機では明るさに優れたフロントフォーカス方式のズームレンズを採用しているが、デジタルRobotyではインナーフォーカスレンズを採用する。一般的なレンズの内部構成を図4に示す。

フォーカスを合わせる際、フロントフォーカス方式はフロントレンズが移動するため、レンズ全長が変化する。イ

ンナーフォーカス方式はインナーレンズが移動するため、レンズ全長が変化しないことから、小型化が可能となっている。ただし、インナーフォーカス方式はズーム時にフォーカス位置が変わることから、ズーム倍率に応じたフォーカス位置補正(ズームトラッキング制御)が必要で制御が複雑になる問題があった。そこで制御反応速度維持のため、独立したCPUを搭載して、ズームトラッキング制御をメインCPUから分離し、メインCPUの処理が複雑になる問題を解決した。従来機のレンズと比較して容積74%、質量80%削減した。

(2) 1チップLSIの採用⁽¹⁾

従来機では、IP伝送処理を行うためにIP伝送用の専用基板を搭載しており、小型化が困難であった。デジタルRobotyでは、カメラ信号処理とIP伝送処理を1チップ化したLSIを採用した。その結果、IP伝送用の専用基板が不要となり、IP伝送部の容積を86%削減した。また、映像信号処理の回路規模も削減され、これらのインナーフォーカスレンズの採用と合わせてカメラ部の容積を65%削減した。

(3) 小型モータの採用

従来機のカメラ部のサイズと質量では旋回に大きなトルクが必要であり、大型モータを採用している。デジタルRobotyではカメラ部の小型化を実現したことによって、旋回に必要なトルクを減少させたことで、従来機より小型なモータの採用が可能となり、回転部の容積を26%削減した。

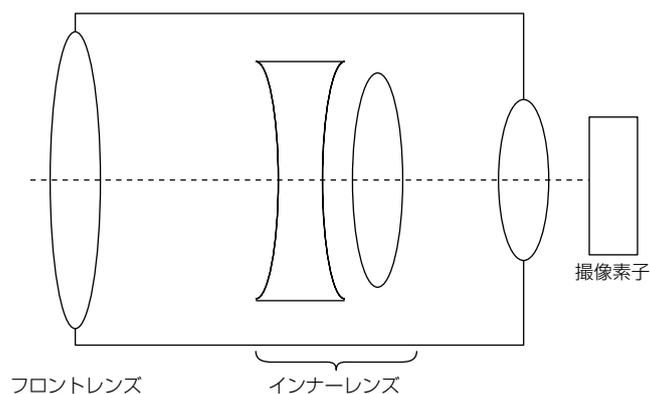


図4. レンズの内部構成

表2. 開発要素と実現方法⁽²⁾

特長	従来機種(HM-3000)	デジタルRoboty(HM-7000)	実現方法
小型化	フロントフォーカスレンズ	インナーフォーカスレンズ	レンズ制御用CPUによるトラッキングカーブ制御
	カメラ信号処理とIP伝送処理が独立	1チップ化LSIの採用	カメラ信号処理とIP伝送処理の統合
	大型モータ	小型モータ	カメラ部小型化による必要トルクの減少
	カスタムスリップリング(□50×107)	汎用スリップリング(φ44.5×42.9)	伝送電力削減
耐環境性能向上	防水性・防塵性 IP65(JIS C 920)防噴流形、防塵形	防水性・防塵性 IP66(JIS C 920)耐水形、耐塵形	防水部品の見直し
	防雪フード	防雪フード(耐風強度を風速比で50%向上)	構造シミュレーションによる保持構造の見直し
	温度仕様40℃(日除け板あり)	温度仕様40℃(日除け板なし)	熱流体シミュレーションによる部品配置最適化

(4) 汎用スリップリングの採用

複合一体型カメラでは、360°エンドレス旋回を実現するため、IP伝送部と回転部の接続にスリップリングを採用している。スリップリングは、ブラシの接触で信号や電力を伝送することによって、伝送を維持したまま回転を実現した部品である。従来機のスリップリングは大型なカスタム品を採用していたが、デジタルRobotyでは伝送電力を従来機より30%以上削減したことによって、小型で安価な汎用品の採用が可能となった。

これら小型化を実現することによって、デジタルRobotyとして従来機と比べ容積を66%削減し、質量を60%削減した。

3.3 耐環境性能の向上

デジタルRobotyでは、耐環境性能の向上として防水性能の向上、耐風強度の確保、高温環境に耐える放熱構造実現を図った。次にそれぞれの項目に対する取組みを述べる。

(1) 防水性能IP66の確保

防水性能を従来機のIP65からIP66に上げると、12リットル/分から100リットル/分に水量が増加する(注4)。そのため、可動部の防水部品に水が直接かからない構造であっても、筐体(きょうたい)に当たった噴流水が跳ね返り、防水部品を配置している部位まで水がまわり込むことになる。この水のまわり込みに対して長期にわたり防水性能を確保するためには、従来機以上に防水部品の摺動(しゅうどう)面の信頼性を高めておく必要がある。特に次に述べる耐オゾン性に対して十分に備えを行うことが重要である。

デジタルRobotyが設置される工場地帯や自動車の交通量が多い地域では、窒素酸化物が排出されており、窒素酸化物の光化学反応によってオゾンが生成される。防水用ゴム材には分子構造に二重結合を持つ材料を使用することが一般的である。その場合、材料に応力が生じ、長期間オゾンが作用すると亀裂が発生する可能性がある。可動部の防水部品にはゴム材を使用しており、亀裂が発生すると亀裂部から微小な塵(ちり)が侵入して製品動作時に塵を巻き込み、可動部の摺動面を防水する部位に微小な傷が生じる。塵を巻き込んだ状態で旋回動作を繰り返すと傷が拡大して装置内部に水が浸入する。

デジタルRobotyでは、長期間の装置運用に耐えうる防水部品材料を複数候補の中から選定している。その選定方法としてオゾン濃度をストレスとしたアイリングモデルによる寿命推定試験を実施した。図5は今回採用した防水部材の寿命推定の概念図である。濃度の異なるオゾン環境に一定の応力を加えた材料を投入して亀裂発生時間を確認し、外挿によって期待寿命を確認した結果、製品寿命以上であることが分かった。オゾン耐性が優れている要因を調査したところ、防水部品表面にある保護膜がオゾン環境に暴露されることを防いでいるためであることが分かった。

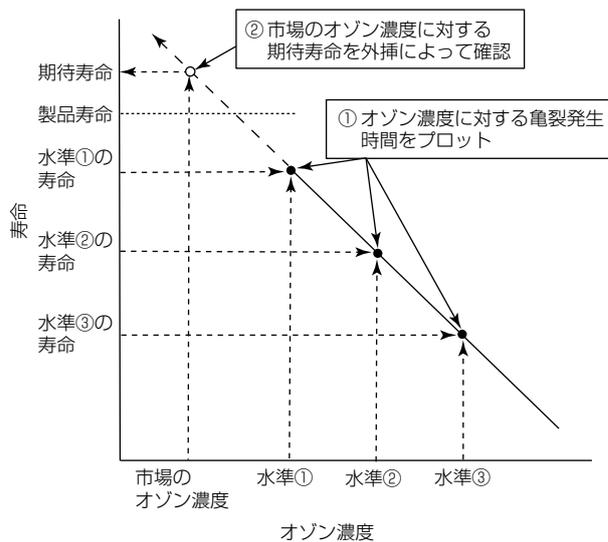


図5. 耐オゾン環境での防水部材寿命推定の概念図

選定した材料で防水部品の形状に成形し、高濃度のオゾン環境下に暴露した状態で旋回耐久試験を行い、試験後の防水性能を確認している。

なお、低温環境では防水部品の硬度が高くなる。その結果、摺動部の摩擦トルクが大きくなり、防水性能に影響する。これに対して選定部品は製品使用環境以下の温度条件で旋回耐久試験を行い、試験後の防水性能に問題がないことを確認している。

(注4) 電気機械器具の外郭による保護等級(JIS C 0920)で指定された水量を示す。

(2) 耐風強度(非破壊) 60m/sの確保

デジタルRobotyは積雪地域に設置する場合に備え、防雪フードを取り付け可能な構成としている。この防雪フードは最も面積の大きい側面から受風した際に大きな荷重を受けるため、耐風強度の確保が課題であった。

この課題を解決するため、強度設計検証技術(3)を複合一体型カメラへ適用して検討した。強度設計検証技術は、計算精度を向上させるために必要な解析モデルの作成ルールや各種物性値のデータベースなどで構成されており、ものづくり前に製品の強度を検証することが可能である。

図6中央に示すとおり、従来型構造は、類似機種(3)の防雪フード構造を参考にして保持フレームと防雪フードが長手方向に平行する構造にしていた。この構造は、構造シミュレーションによる強度確認の結果、デジタルRobotyのサイズでは、仕様(耐風強度)に対するマージンが小さい結果となった。そこで開発構造(図6右)では、受風面に対して直行する保持フレームを構成して、風荷重に対する剛性を高めた。図7に示すとおり、保持フレームと側面板金の接合点が最大応力を示すが、仕様(耐風強度)に対するマージンを確保することができた。

デジタルRobotyでは従来機に対して耐風強度を風速比で50%向上させた。

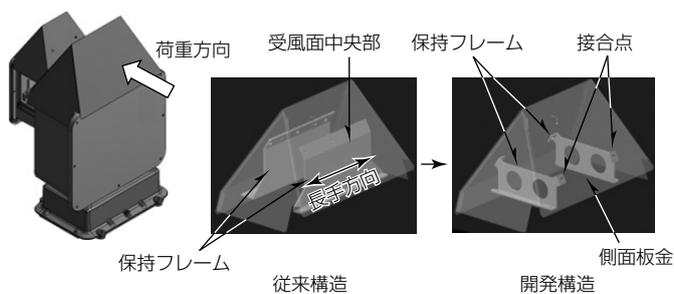


図6. 防雪フードの保持構造

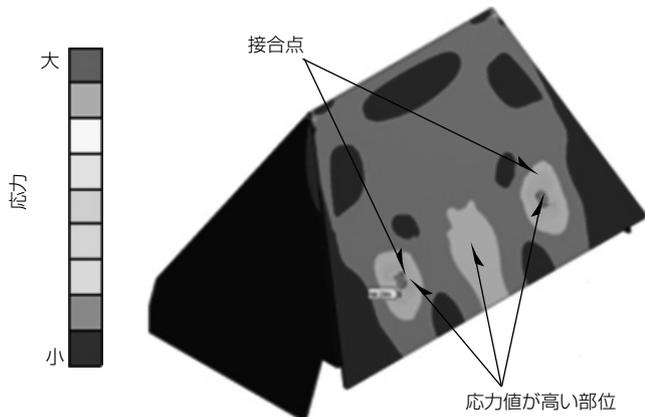


図7. 構造シミュレーション

(3) 高温環境に耐えうる放熱構造

デジタルRobotyでは小型化のため、従来機に設けられている日除けフード全廃と放熱フィンのような熱対策部品を用いない構造を実現した。日除けフードを全廃すると日光によって筐体が温められ、筐体内温度が上昇する。したがって、筐体内温度上昇に影響されにくい部品配置の設計が求められる。

この開発の設計段階で精度の高い熱流体シミュレーションを行うため、放熱設計検証技術⁽¹⁾を複合一体型カメラに適用して検討した。この放熱設計検証技術は、(2)と同様にものづくり前に製品の放熱性能を検証することが可能となっている。

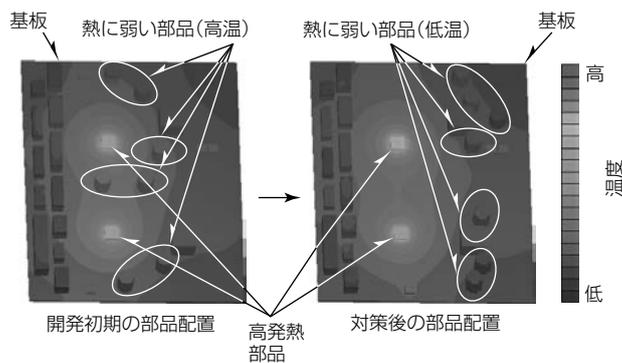


図8. 基板の熱流体シミュレーション

図8に、対策前後の基板の熱流体シミュレーションの結果を示す。開発初期の部品配置では高温部品の近傍に熱に弱い部品を複数配置しており、同部品が基板からの伝熱によって熱的な影響を受けていることが分かる。一方、対策後の部品配置では、高発熱部品と熱に弱い部品の距離を離すことで部品温度を低減している。

4. むすび

今回開発したデジタルRoboty HM-7000によって、道路監視用途に特化した安価な屋外旋回カメラ(簡易カメラ)分野で、更なる安心・安全の追求に貢献する。また今回開発したレンズ制御や回転台制御技術を民需製品にも展開して製品ラインアップ強化を図り、社会全体のインフラ整備を支えていく。

参考文献

- (1) 蓬田 仁, ほか: “MELOOK3”カメラ, 三菱電機技報, 89, No.6, 343~347 (2015)
- (2) 田村 聡, ほか: HD対応広域CCTV監視システム, 三菱電機技報, 89, No.6, 353~357 (2015)
- (3) 吉沢二郎, ほか: 制御盤の放熱・耐震設計検証技術, 三菱電機技報, 87, No.4, 244~248 (2013)