

メルックDGⅡシリーズ向け旋回カメラ “NC-6500”

橋本充夫*
根本定征*
工藤慎也*

Pan-Tilt-Zoom Camera "NC-6500" for MELOOK DG II Series

Mitsuo Hashimoto, Sadayuki Nemoto, Shinya Kudo

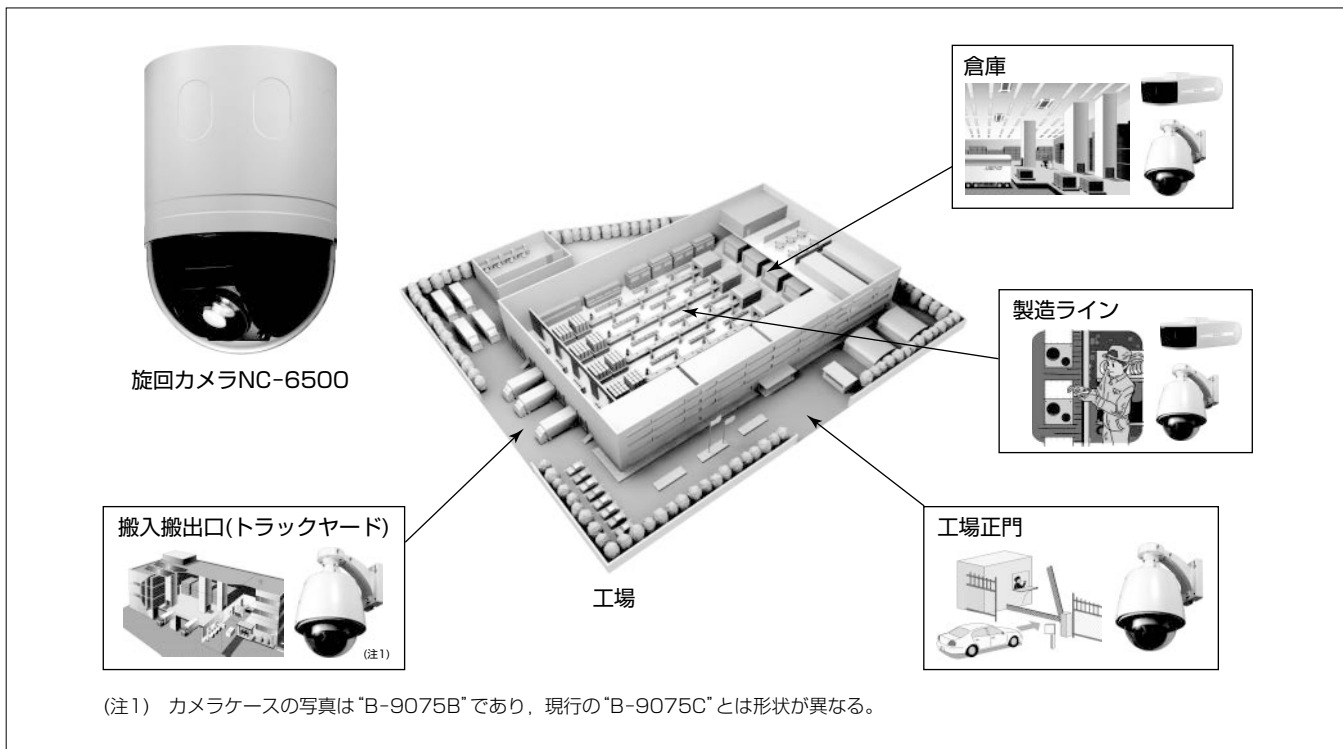
要旨

近年、防犯や犯罪における犯人検挙への有効性から公共交通機関などに監視カメラを設置する動きが加速している。一方、公共の場への監視カメラ設置については、個人情報保護法の施行もあり、プライバシー保護の観点から慎重に議論すべきとする意見も多い。このような環境の中にあつて、交通や金融、流通、工場等の分野では、単に人、物の出入りを映像で監視するだけでなく、プライバシーに配慮した監視ニーズが高まっている。

三菱電機では、小規模店舗向けに“メルックμⅡシリーズ(カメラ収容台数最大16台)”を、中・大規模店舗向けに“メルックDGⅡシリーズ(カメラ収容台数最大512台)”を販売している。今回、これらの市場要求に応えるため、メルックDGⅡシリーズ向けのラインアップとしてプライバシー保護機能を搭載した、高画質・高倍率・高機能・低消費電力の旋回カメラ“NC-6500”を開発した。

プライバシー保護機能の強化として、固定カメラで実現していた固定マスキング機能を拡張し、旋回カメラのカメラ動作(水平・垂直旋回、ズーム)に連動するマスキング技術を開発した。また、高画質化・高倍率化では、従来機種を上回る高い解像力を誇るクリアドームを新規に開発することで、131万画素の撮像素子(Complementary Metal Oxide Semiconductor: CMOS)と光学36倍の高倍率ズームレンズの採用を可能とした。さらに、低消費電力化に取り組み、旋回動作時の制御を見直し、ステッピングモータの加減速制御に変形正弦(MS: Modified Sine)曲線を適用することで、旋回時の消費電力を約250mW(従来機種比16%)削減した。

その他、ズームレンズ制御時間短縮、動き検知時の誤発報抑制、録画バックアップ機能の実装等、監視システムとしての高機能化を実現した。



工場を例にした旋回カメラ“NC-6500”の設置イメージ

製造業向けの旋回カメラの用途には、①製造ラインの作業状況を確認、②製造ラインの異常を即座に確認してトラブルを早期に解決、③薄暗い倉庫内や夜間外周の状況確認、④食品工場などの異物混入抑止・不具合早期発見・生産状況監視をサポート、⑤入退室管理システムと連携して工場敷地・倉庫・重要エリアの出入りを確認等が考えられる。

1. ま え が き

近年、交通や金融、流通、工場等の分野で、監視カメラに対して、①プライバシー保護機能強化、②高画質化・高倍率化、③省電力化、④セキュリティ性能向上等の要求が増えている。このような要求に応えるため、旋回カメラ“NC-6500”を開発した。NC-6500は回転台・カメラケース・高倍率ズームレンズを一体化した旋回カメラであり、“メルックμシリーズ”から続く“高画質・高機能”の設計思想を受け継ぐカメラである⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。個人情報保護法の施行もあり、プライバシー保護に関する市場要求も高まっていることから、カメラの旋回動作に連動して映像に映ると問題があるエリアをマスキングする機能を新規開発した。また、旋回動作時の制御を見直すことで消費電力を削減するとともに、セキュリティ対策として、人や物の出入りを検出して発報するMD(Motion Detect)機能を向上させた。

本稿では、“NC-6500”の製品概要を述べるとともに、今回開発したプライバシー保護機能強化、高画質化、省電力化等の主要技術について述べる。

2. 製品概要

2.1 主要諸元

今回開発した旋回カメラの主な仕様を表1に、また、外観を図1に示す。

2.2 システム構成

今回開発した旋回カメラを含むシステムの構成を図2に示す⁽⁴⁾。旋回カメラを含むネットワークカメラは撮像した画像を符号化(H.264/モーションJPEG)した後、LANを介して操作パソコン、ネットワークレコーダ、ネットワークマルチビューアに配信する。操作パソコンは1台で最大512台のネットワークカメラと最大255台のネットワークレコーダを制御可能であり、ライブ画像と記録画像をともに表示することができる。ネットワークマルチビューアは最大256台のネットワークカメラからのライブ画像を表示可能であり、ライブ画像の選択は操作パソコンから行う。また、選択したライブ画像を4分割画面や単画面で表示することができる⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

3. 主要技術

3.1 プライバシー保護機能強化

監視カメラシステムのプライバシー対策として、映像に映った建物の窓から見える室内の様子や、銀行ATM(Automated Teller Machine)の暗証番号入力画面等、映像に映ると問題があるエリアをスーパーインポーズ処理によってマスキングし、見えなくする機能がある。この機能はこれまでの固定カメラでも搭載されていたが、旋回カメラでは、一度マスキングしても、水平旋回(パン)・垂直旋

回(チルト)・ズーム動作を行うことでマスキング位置がずれて、隠したいエリアが見えてしまうという問題があった。そのため、カメラのパン・チルト・ズーム動作に連動し、撮像したくないエリアを追従してマスキングする機能(旋回連動マスキング)が必要となった。図3に旋回連動マスキング機能を示す。

表1. NC-6500の主要諸元

項目	仕様
撮像素子	1/4型CMOSセンサ
最低被写体照度	標準時：0.5lx, 0.03lx 白黒時：0.05lx, 0.003lx ※ともに電子増感16倍のとき
有効画素数	1280(H)×1024(V) 有効131万画素
焦点距離/最大口径	F=3.3~119.0mm/F=1.4
ズーム倍率	光学ズーム36倍/電子ズーム16倍
デジタル増感	最大8倍
MD機能	あり
画像圧縮方式	H.264/モーションJPEG
最大旋回角度	パン：360°エンドレス、チルト：15°~+195° (オートチルト時)
最大旋回速度	パン：540°/s、チルト：270°/s
消費電力	16W以下(DC24V入力時)/12.95W以下(PoE入力時)
外形寸法	Φ130×196(H)mm
質量	1.9kg以下

JPEG：Joint Photographic Experts Group
PoE：Power over Ethernet



図1. 旋回カメラNC-6500

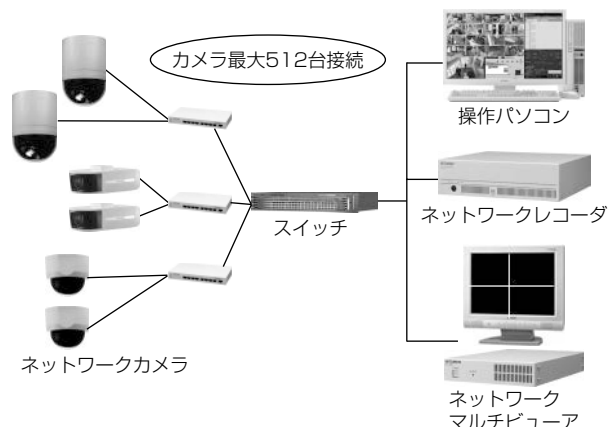


図2. システム構成

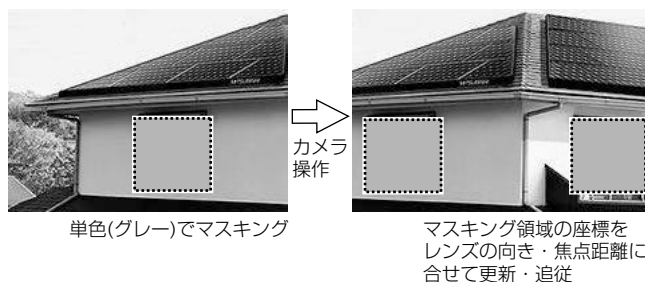


図3. 旋回連動マスクング機能

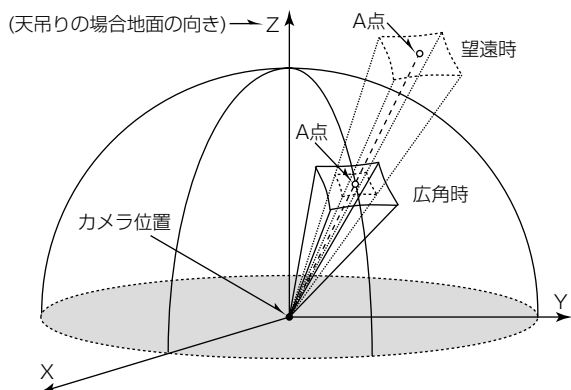


図4. マスクングエリアの概念図

旋回連動マスクング機能は、あらかじめ登録したマスクングエリアが、パン・チルト・ズーム動作後にどこに移動するかを計算し、その都度マスクングし直すことで実現した。パン・チルト動作を行う回転台にはステッピングモータが搭載され、1ステップあたり0.1°の細かい角度調整ができるほか、角度情報を取得できるようにした。ズームレンズにもステッピングモータが搭載されており、焦点距離情報が取得可能である。

図4にマスクングエリアの概念を示す。図中のA点がマスクングの中心座標であり、3軸の中心がカメラ位置である。あらかじめマスクングエリアを登録する際は、図のようなカメラ位置を中心とした三次元XYZ座標空間で記録する。XYZ座標はパン・チルト角度、焦点距離情報によって与えられる。パン・チルト・ズーム動作後のマスクングの中心座標はA点が移動する先の三次元XYZ座標を算出することで得られる。マスクングエリアの大きさは、ズームレンズからの焦点距離情報をもとに決定し、焦点距離が短い(広角)ほどマスクングエリアを小さく、長い(望遠)ほどマスクングエリアを大きくする。

旋回連動マスクング機能を実現するに当たり、先に述べた座標計算処理を毎フレーム行う必要がある。しかし、この機種はCPU負荷が既に飽和状態にあり、CPUの最大負荷を現状から増やさずにこの機能を追加することが課題となった。

検討の結果、この機能の実現には7%のCPU負荷の削減が必要であることが判明したため、対策としてマスクン

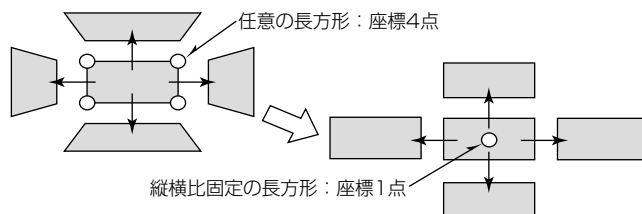


図5. マスクングアルゴリズムの簡略化

グアルゴリズムの簡略化を実施した。

任意の矩形(くけい)を設定する方法では座標が4点必要となるのに対し、この方式ではマスクングの形状を縦横比固定の矩形に限定することで、座標が1点だけで済み、計算量を1/4に削減することができた(図5)。それによってマスクング形状は限定されるが、例えば細長い被写体をマスクングしたい場合には、複数個のマスクを並べることで対応可能となる。さらに、マスクング描画方式の効率化とフローチャートの分岐削減、ループ回数の削減を行い、結果としてCPU負荷を7%削減でき、旋回連動マスクング機能を実現できた。

3.2 高画質化

ドームカメラや旋回カメラでは、汚れからカメラ部を保護したり、監視カメラの存在を意識させないようにする目的で透明なお椀(わん)型のカバー(クリアドーム)が使われる。当初、このクリアドームに従来品を使用し、メガピクセルの撮像素子(CMOS)及び光学36倍の高倍率ズームレンズと組み合わせたと、望遠時に画像がぼやける問題が顕在化した。これは、レンズの高倍率化によって、被写体像がクリアドームを通過する際に、わずかな肉厚の反りや面の歪(ひず)みであっても、それが強調されて画像が劣化してしまうことが原因である。そのため、解像力が高いクリアドームの開発が課題となった。これを解決するために、金型に樹脂を流し込む際の流動解析を行い、最適なドーム形状と製造条件を検討した。また、ドーム形状の成型のしやすさと、最良の光学性能を得るためのレンズとの配置を考慮しながら肉厚の最適化、並びに表面の面粗度改善を実施した。さらに、樹脂温度、金型温度を最適化し、映像に影響を及ぼす残留歪み(反り、面の歪み等)を軽減した。

検討の結果、

- (1) 肉厚を頂点から側面にかけて、20%薄くなるように変化させる。
 - (2) 内径が外径より2.5%小さい球体とする。
- を導き出し、この条件で射出成形時の調整を実施した。

この結果、平均58%(従来のクリアドームは平均44%)のMTF(Modulation Transfer Function)値を確保し、最大光学倍率で25m先の顔が認識可能となった。MTF値とは被写体の持つコントラストの再現率(%)を数値化したものであり、数値が大きいほど細部まで解像することができる。

図6に70lp/mmの評価チャートを測定したMTF特性を示す。天吊(づ)り状態のカメラを水平から6度下方に向け、ゲート位置を±0%とし、時計と反対方向に360°回転させたときの特性であり、クリアドームなしの状態のMTF値を100%としている。カメラの角度によるMTF値のばらつきがなく、360°どの角度でも等しいMTF値が得られた。

3.3 省電力化

この機種は、従来の回転カメラに比べ、機能追加に伴う部品点数の増加や画像処理の負荷上昇のため、消費電力の増加は避けられない。一方、PoEの供給電力の上限はIEEE802.3af規格によって、受電側で最大12.95Wと定められている。そのため、消費電力を12.95W以下に削減することが課題となり、パン・チルト用モータ駆動時の電力が削減対象となった。ここでは、回転時のステッピングモータ制御における消費電力の削減策について述べる。

3.3.1 従来機種のモータ制御

カメラの回転駆動にはステッピングモータを使用しており、モータ制御用のCPUから指定したパルスの数に応じた角度だけモータを回転させることができる。角速度についても、指定したパルスの間隔によって制御する。カメラ回転時は、モータの角速度を徐々に上げていき、目標角速度で定速回転した後、停止位置が近づいてきたら徐々に角速度を下げてから停止させる。角速度(パルス間隔)の制御は加減速用のテーブルを用いてモータ制御用のCPUから行う。従来機種では、加速開始直後と停止直前以外は、目標角速度まで直線的に加減速させる(角加速度一定)制御方法を適用していた。

図7は加減速制御の角速度、角加速度特性を図示したものであり、図8がその際の仕事率特性を図示したものである。従来機種のモータ制御特性は図7(a)で表され、動き出し時を除いて直線的に加速しており、図8(a)に示す仕事率もピーク角速度まで直線的に増加している。

3.3.2 モータ制御の改善による消費電力削減

モータの消費電力を削減するには、必要とするトルクを

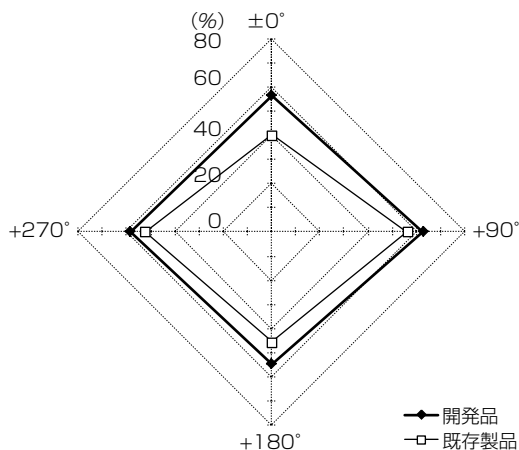
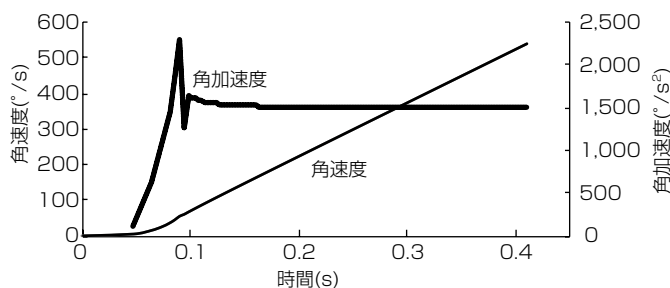
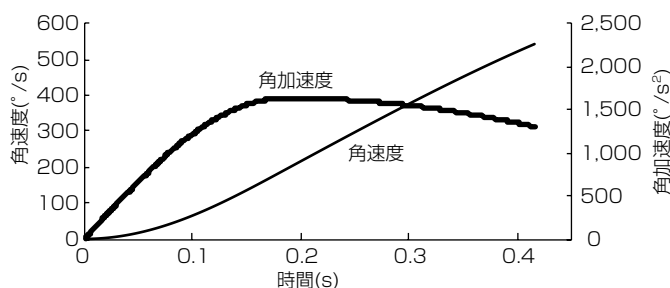


図6. MTF特性

減らす必要がある。そのための策として、変形正弦(MS)曲線を適用した。MS曲線は、標準的なカム曲線の一つで、最大角速度やカム軸トルク係数が小さく、角加速度も比較的小さいという特長がある。図7(b)はMS曲線を適用したこの機種のモータ制御特性である。加速の後半で角加速度を落とすカーブにすることで、図8(b)に示すように、仕事率を等角加速度の場合と比較して最大約13%減らすことに成功した。また、MS曲線の適用は、ソフトウェアが使用している加減速用のテーブルを差し替えることで、ソフトウェアの基本アルゴリズムに変更なく実現できるため、ソフトウェアの変更量を最小に抑えることができた。

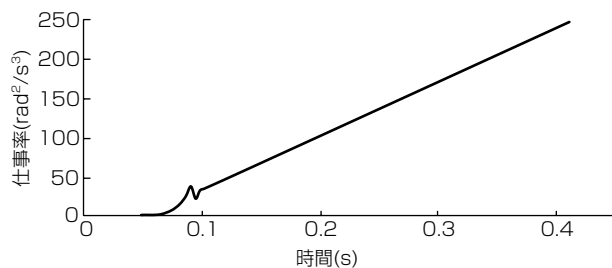


(a) 等角加速度制御

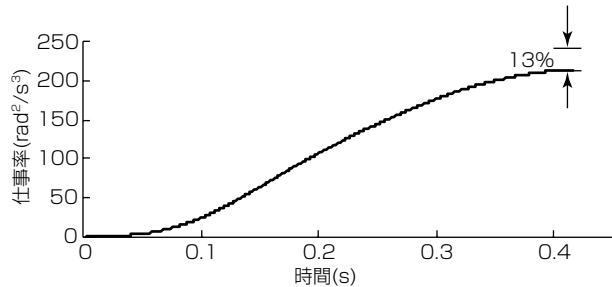


(b) MS曲線適用制御

図7. 加減速制御の角速度/角加速度特性



(a) 等角加速度制御



(b) MS曲線適用制御

図8. 加減速制御の仕事率特性

3.3.3 消費電力の削減効果

カメラが停止時、旋回動作時それぞれの状態で、等角加速度特性を用いたモータ制御と、MS曲線を用いたモータ制御、双方の平均電流値を測定した。その結果、MS曲線を用いたモータ制御を行うことで、平均電流値を約10.6mA (24V換算で254.4mW)削減でき、目標とした消費電力12.95W以下を実現した。

4. その他の技術

4.1 高倍率化

この開発で採用したズームレンズは、前機種の旋回カメラ“NC-4085”比で焦点距離が24.5mm長いこと、前機種と同じレンズ制御方法では広角端から望遠端までのレンズ移動時間が前機種より長くなり、操作性が劣る。そのため、移動時間の短縮とズームレンズ静止時の違和感の排除を目的としてステッピングモータに対する加減速特性を見直し、最高速で動く期間が長くなるように制御することによって前機種と同等の性能(4.2秒)を実現した。

4.2 セキュリティ性能向上

侵入者の検知機能であるMDはセキュリティ対策として有効かつ、重要であると言える。カメラが撮像する画面内に動きがあれば、それを検知して後段のシステムにアラームを発報することで、ユーザーに不審者の侵入を伝達したり、アラームをトリガーに録画を開始する使い方も可能で、このように使うことでレコーダのハードディスク使用容量をセーブすることができる。一方、MD機能で、照明の反射やチラつきが原因で誤発報する課題があった。今回の開発でこの課題を解決するため、

- (1) ソフトウェアを改善し、エリア(48カ所)ごとに動きを検知するしきい値を重み付けして設定。
- (2) 連続フレーム(最大24)数間で、輝度値などの差分情報をもとに連続性を判定するアルゴリズムを採用し、連続性のない動きは検出対象から除外。

を実施し、問題となっていた誤発報を抑制した。

4.3 保守機能強化

従来はLink断時やレコーダ故障時には映像配信が止まることによって、重大な場面を記録できないことがあった。NC-6500ではカメラ本体にSDメモリを搭載することによって、映像をカメラ外部へ配信できなくなっても記録を継続できるよう、デジタルメルックシリーズ初となるバックアップ記録機能を実現した。

5. むすび

メルックDG IIシリーズ及びメルック μ シリーズからの高機能・高性能化の流れを継承しつつ、顧客からの要望が多いプライバシー保護に配慮した、高画質・高倍率な旋回カメラを開発した。これらによって、導入コストを抑えながら広大なエリアを対象とした人、物の監視が可能となった。

具体的には、従来機種を上回る高い解像力を誇るクリアドームを新規に開発し、131万画素の撮像素子(CMOS)、光学36倍の高倍率ズームレンズの採用を可能とした。また、プライバシー保護に配慮した機能として、CPU負荷上昇を抑えながら、旋回連動のマスキング機能を実現させた。その他、消費電力削減として、MS曲線を適用したモータ制御を行うことで、旋回時の消費電力を従来機種比で16%低減できた。さらに、照明の反射やチラつきが原因の誤発報を抑制した。

今後も小型・低消費電力化に加え、顧客から要望の多い高機能・高性能化を進め、犯罪の抑止効果を上げることで安心な社会の実現に寄与できる映像監視カメラ開発を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 前田卓志, ほか: 三菱電機トータルセキュリティソリューション“DIGUARD”システムの展開, 三菱電機技報, **82**, No.9, 548~552 (2008)
- (2) 竹田昌弘, ほか: 三菱電機トータルセキュリティソリューション“DIGUARD”, 三菱電機技報, **82**, No.4, 245~248 (2008)
- (3) 近澤 武, ほか: 次世代ネットワークにおけるセキュリティ技術, 三菱電機技報, **82**, No.2, 147~150 (2008)
- (4) 岡部正治, ほか: デジタルCCTVシステム, 三菱電機技報, **85**, No.6, 357~360 (2011)
- (5) 上田智弘, ほか: 三菱デジタルCCTVシステム“MELOOK μ ”, 三菱電機技報, **82**, No.9, 557~560 (2008)
- (6) 上田智弘, ほか: 進化するネットワーク技術“メルック μ IIシステム”, 三菱電機技報, **86**, No.6, 331~334 (2012)
- (7) 寺内弘典, ほか: “メルック μ +”システム, 三菱電機技報, **87**, No.5, 285~288 (2013)