

“MELOOK 3” カメラ

蓬田 仁*
 山下孝一**
 小川吉大***

Network Camera “MELOOK3”

Hitoshi Yomogida, Koichi Yamashita, Yoshihiro Ogawa

要 旨

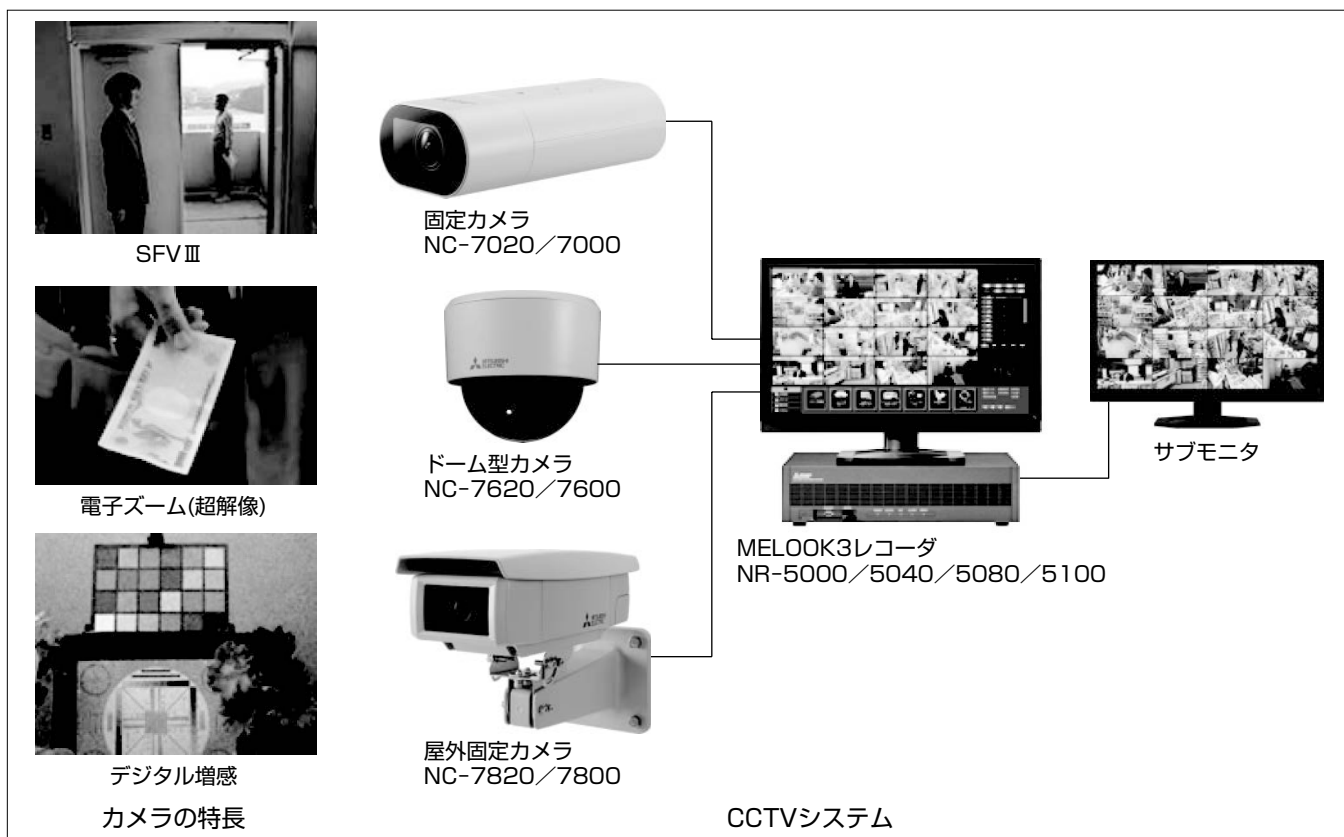
近年、安心・安全に対する社会的関心の高まりによって、CCTV(Closed Circuit Television)システムに対する高画質化、高機能化のニーズは、強くなってきている。

今回、これら監視カメラに求められるニーズに対応するため、“MELOOK μ II”カメラの後継として、“MELOOK 3”カメラを開発した。

MELOOK 3カメラは、市場の高画質化の要求にこたえるため、最大解像度をMELOOK μ IIカメラのSXVGA(Super eXtended Video Graphics Array)(1280×960)から、フルHD(High Definition)(1920×1080)とし、さらにMELOOK μ IIカメラに搭載していたデジタル増感、スーパーファインビュー(SFV)の性能向上を図った。また、新たに電子ズームへ超解像技術を適用するとともに、複数

の解像度の映像を同時出力可能とするマルチストリーム機能も搭載した。特に電子ズームへ適用した超解像技術は、三菱電機独自のアルゴリズムを用いることで、電子ズーム時の画質を大幅に改善している。MELOOK 3カメラでは、これらの機能を実現するため、新規開発LSI(イメージングプロセッサ)を採用している。このLSIは、監視カメラに必要とされる映像処理、符号化伝送処理を一体化したものであり、超解像技術も搭載した。

このMELOOK 3カメラと同時開発したMELOOK 3レコーダも性能・機能向上を図っており、MELOOK 3シリーズとして、MELOOK μ IIシリーズからの特長である“くっきり”、“なめらか”をさらに進化させている。



MELOOK3カメラを含むCCTVシステムの構成とカメラの特長

MELOOK3カメラを含むCCTVシステムの構成を示す。今回開発したカメラ(固定カメラ、ドーム型カメラ、屋外固定カメラ)は、MELOOK3レコーダNR-5000シリーズと組み合わせる。また、カメラはスーパーファインビューⅢ(SFVⅢ)、電子ズーム(超解像)、デジタル増感などの機能を搭載した(図は効果のイメージ)。

1. ま え が き

近年、安心・安全に対する社会的関心の高まりによって、CCTVシステムに対するニーズは、高画質化、高機能化してきている。また、デジタル化が全世界で進んでおり、日本市場でも2014年度にデジタルカメラの需要がアナログカメラを上回り、2016年度にはカメラの75%がデジタル化されると予測されている。

このような市場動向を背景とし、今回、MELOOK μ IIカメラの後継機種としてMELOOK 3カメラをレコーダとともに開発した。MELOOK 3カメラは、“MELOOK μ ”，“MELOOK μ II”，同軸ケーブル対応の“MELOOK 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⁾。これらMELOOKシリーズは、コンビニエンスストアなど流通店舗や金融機関等で多数利用されている。

MELOOK 3カメラは、市場の高画質化の要求にこたえるため、最大解像度をMELOOK μ IIカメラのSXVGA (1280×960)から、フルHD (1920×1080, 2.0メガピクセルタイプの場合)とし、デジタル増感、スーパーファインビューⅢ (SFVⅢ)、当社独自のアルゴリズムによる超解像技術などを搭載した。

本稿では、MELOOK 3カメラの製品概要とともに、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MELOOK 3カメラは、固定、ドーム型、屋外固定の3形状があり、基本的な機能は同一である。画素数は、2.0メガピクセルタイプ“NC-7x20”と1.3メガピクセルタイプ“NC-7x00”の2つを開発している。表1に代表機種としてNC-7020 (2.0メガピクセル固定カメラ)の主要諸元を示す。また、カメラの外観を図1、図2、図3に示す。

表1. NC-7020の主要諸元

項目	仕様
形状	屋内固定型
撮像素子	1/2.8型CMOSセンサ / 209万画素
最低被写体照度	0.03lx 0.002lx (電子増感16倍)
有効画素数	1,920 (H) × 1,080 (V) 有効208万画素
焦点距離 / 最大口径	f=3.0mm~9.0mm / F=1.4
ダイナミックレンジ	SFVⅢ機能
ズーム倍率	電子ズーム16倍 (超解像搭載)
デジタル増感	最大16倍
MD機能	あり
いたずら検知	あり
画像圧縮方式	H.264 / モーションJPEG
消費電力	PoEクラス2
外形寸法	80 (W) × 159 (D) × 48 (H) mm
質量	320g以下

CMOS : Complementary Metal Oxide Semiconductor,
MD : Motion Detect, JPEG : Joint Photographic Experts Group,
PoE : Power over Ethernet

2.2 システム構成

今回開発したカメラを含むCCTVシステム構成を図4に示す。MELOOK 3カメラは、同時に開発したMELOOK 3レコーダ“NR-5000シリーズ”とシステム構築が可能である。カメラは撮像した画像を符号化(H.264/JPEG)した後、ネットワーク (LAN) を介してMELOOK 3レコーダへと送信する。MELOOK 3レコーダは、最大32台のカメラが接続可能 (17台以上は別途PoE HUBが必要)であり、内蔵HDD (Hard Disk Drive) 又は内蔵HDD + 外付けHDDへの記録



図1. 固定カメラNC-7020/7000



図2. ドーム型カメラNC-7620/7600



図3. 屋外固定カメラNC-7820/7800

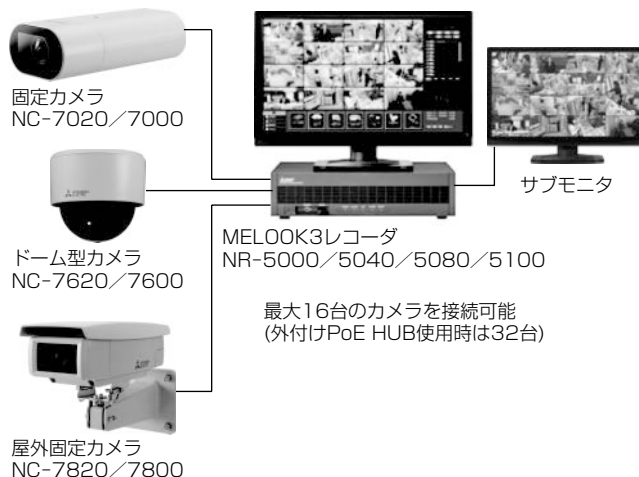


図4. CCTVシステムの構成

が可能である。また、システムとしての性能向上を図り、単画面表示/4分割表示時に加え、9/16分割表示時でも各30fpsでライブ映像を表示することが可能となり、MELOOK μ IIシリーズからさらに滑らかなを進化させた。

2.3 MELOOK 3 カメラの特長

MELOOK 3 カメラの特長を従来機種(MELOOK μ IIカメラ)との比較で述べる。

- (1) カメラの最大解像度を、従来機種のSXVGA (1280×960)から、フルHD (1920×1080, 2.0メガピクセルタイプ)に向上させ“くっきり”をさらに進化させた。
- (2) 高感度CMOSセンサの採用とデジタル増感(暗い画像を明るく見やすくするデジタル処理)の最大倍率を従来機種の8倍から16倍にすることで、最低被写体照度0.03lx(電子増感なし)を実現した。この感度向上によって、従来機種(0.25lx)と比較して、より暗い場所での監視が可能となった。また、デジタル増感は、スローシャッター(一般的には1/30秒より長時間のシャッター)を用いて感度を上げる電子増感と異なり、シャッタースピードは1/30秒のままで増感を行うため、動きのある被写体に対しても残像やぶれを抑えた映像で監視をすることが可能である。
- (3) スーパーファインビュー(SFV)とは、カメラが、明るい被写体用と暗い被写体用それぞれに異なるシャッタースピードで撮像した画像を合成し、明るい部分と暗い部分をそれぞれ適正な明るさにする機能である。スーパーファインビューⅢ(SFVⅢ)は、MELOOK μ IIカメラのスーパーファインビューⅡ(SFVⅡ)に対して、シャッタースピードの可変範囲を拡大することで、ダイナミックレンジの拡大を図った。また、処理フレーム数の向上も同時に行い、動く被写体に対する追従性を向上



図5. SFVⅢの効果イメージ



図6. 超解像の効果イメージ

させた。これによって、従来機種よりも逆光の出入口などの環境下で、背景と人物をより自然な映像で監視することが可能となった。図5にSFVⅢの効果イメージを示す。

- (4) 電子ズームは、従来機種の最大8倍から最大16倍とし、さらに超解像技術を採用した。これによって、電子ズーム拡大時の画質劣化を従来機種と比較して大幅に改善した。図6に超解像の効果イメージを示す。
- (5) 従来機種は、異なる解像度の複数ストリームの出力が不可能であったが、MELOOK 3カメラでは、目的に応じた複数解像度の映像を最大5本まで同時出力可能とした(マルチストリーム機能)。これによって、例えばローカル監視では、フルHDを用いた高画質なライブ監視や記録を実施しながら、低解像度画像(320×180等)を遠隔監視用に配信するなど、従来機種より柔軟なシステム構築が可能となった。

3. 主要技術

3.1 新イメージングプロセッサLSI

MELOOK 3カメラでは、監視カメラに必要とされるカメラ映像処理、符号化伝送処理を一体化したイメージングプロセッサ(新規開発LSI)を搭載した。

超解像技術を始めとする各種機能の搭載に加え、様々なカメラ性能に応じた動作周波数の設定や接続DRAM(Dynamic Random Access Memory)数の変更を可能としている。表2に新規開発LSIの主要諸元を示す。

表2. 新規開発LSIの主要諸元

項目	仕様
CPU	・ ARM Cortex ^(注1) - A5 MP 400MHz
接続センサ仕様	・ subLVDS 12lane+3clk 800Mbps/lane
ネットワーク仕様	・ TCP/IP, RTP/UDP/IPオフロードアシスト ・ プロトコルスタック, オフロードエンジン
インタフェース仕様	・ HDMI up to FHD@30fps ・ DRAM 16bit×3ch-DDR3@1600Mbps, DDR3L@1066~1333Mbps ・ RGMII 1 Gbps ・ USB2.0 Host or USB2.0 Device ・ SDメモリーカード(SDHC/SDXC対応)
画像処理性能	・ センサ補正処理 594Mp/s ・ Bayer→YCC生成 400Mp/s ・ H.264動画Codec FHD@60fps ・ Multi Encoding 最大5ストリーム
画像処理IP	・ 超解像電子ズーム機能 ・ デジタル増感機能 ・ デジタルノイズリダクション機能 ・ ダイナミックレンジ拡大機能
パッケージ	FCBGA-853(23×23(mm))

LVDS: Low Voltage Differential Signaling,
 TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol,
 RTP: Real-time Transport Protocol, UDP: User Datagram Protocol,
 HDMI: High Definition Multimedia Interface,
 FHD: Full High Definition, DDR3L: Double Data Rate 3 Low voltage,
 RGMII: Reduced Gigabit Media Independent Interface,
 SDHC: SD High Capacity, SDXC: SD eXtended Capacity,
 YCC: Y(輝度信号), C(色差信号),
 FCBGA: Flip Chip Ball Grid Array

(注1) Cortexは、ARM Ltd.の登録商標である。

3.2 超解像技術

今回、新たに搭載した新技術の中から超解像技術について述べる。画像を構成する画素の数が少ない画像(低解像度画像)から、高周波成分を推定し、画素を補完することで高解像度画像を生成する技術を超解像技術という。

画像を単純に拡大すると元画の画素構造がそのまま大きくなってモザイク状に見える。また、サンプリング定理に基づく補間フィルタで画素を補って拡大すると、モザイク状の画素構造は見えなくなるものの、境界が鈍ってぼやけた画像になる。どちらの拡大手法でも、画像を構成する画素の数は増えるが高解像度画像にはならない。サンプリング定理によると、撮影被写体に含まれる画素間隔よりも細かい模様は再現できないとされており、高解像度画像の生成には、低解像度画像の画素サンプリング時に欠落してしまっている情報の復元を必要とする。

一次元の信号波形を例に、超解像の原理を述べる。図7は、撮影被写体の例えば水平方向の輝度変化を表す信号波形である。

図7のような撮影被写体の輝度変化波形を間隔Tでサンプリングすると、図8のように★部分の凹み情報(高周波成分に相当する情報)が失われて標準化される。

例えば、画素を2倍に増やすに当たり、間隔T/2でサンプリングして線形フィルタによる画素補間で復元画素(○)

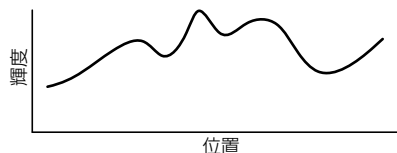


図7. 被写体の輝度変化波形

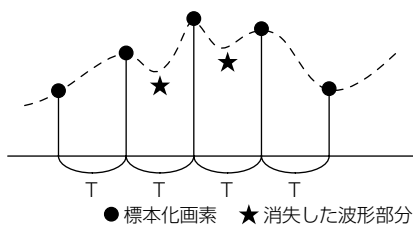


図8. 間隔Tでの標準化

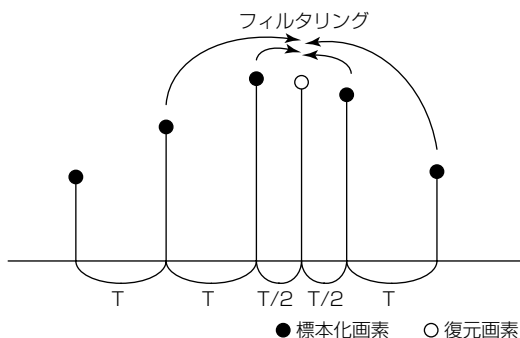


図9. 線形フィルタでの画素補間

を生成する様子を図9に示す。また、図10には、線形フィルタによる画素補間では、間隔T/2の画素を、隣接する2点間の線形補間値で補うため、間隔Tでのサンプリング時に欠落した★部分の凹み情報がくぼまず滑らかにつながれてしまう様子を示す。この場合、凹み部分の被写体がぼやけた画像になってしまう。

図11は、超解像による復元画素の生成を示している。間隔Tで標準化された入力画素(●)の間隔に入る間隔T/2の画素(○)に着目し、周辺画素の情報からその隙間画素を導き出す。周辺画素とは、図の一次元方向に隣り合う画素だけでなく二次元方向の画素を含む周辺の情報も対象としている。

超解像で復元画素を生成した場合、間隔Tでのサンプリング時に欠落した★部分の凹み情報がくぼみとして復元される様子を図12に示す。

当社は、独自アルゴリズムを用い、低解像度画像の画素サンプリング時に欠落してしまっている情報を復元する超解像技術を開発した。この技術によって、電子ズーム時の画質を大幅に改善した。

図13に超解像拡大の処理画像例を示す。被写体に自動車の後部が写った風景から、ナンバープレート部分を従来

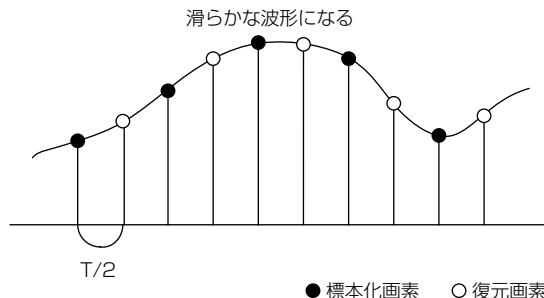


図10. 線形フィルタでの補間結果

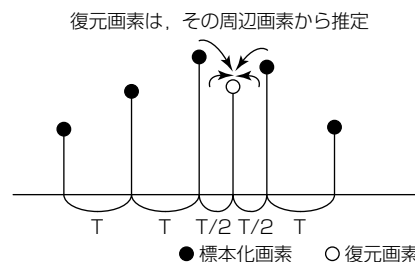


図11. 超解像による画素生成

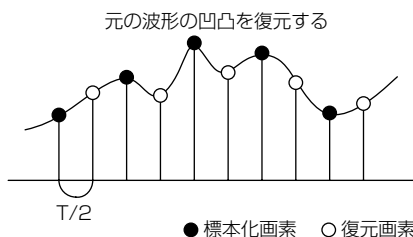


図12. 超解像による波形の復元

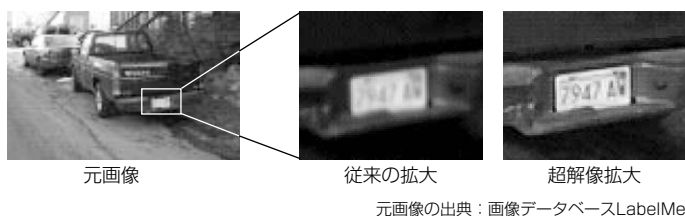


図13. 超解像拡大の例

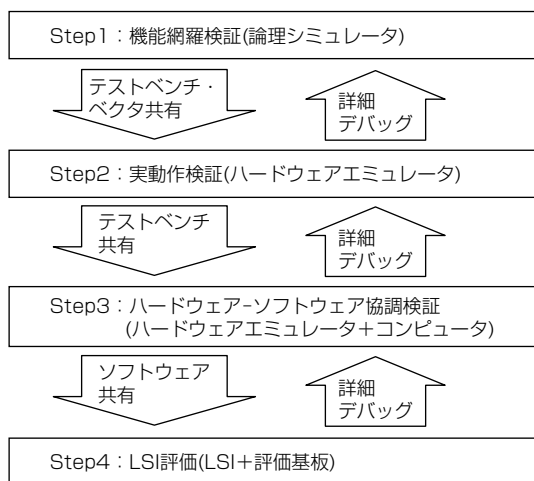


図14. 段階的な検証のフロー

方式によって拡大した場合は、画像の高周波成分が失われたばやけた画像となる。超解像によって拡大した場合は、高周波成分の復元によって細部まで視認可能な画像となる。

3.3 その他(新LSIの検証技術)

今回開発したLSIでは、検証品質を確保するために、ブロックレベルの網羅的な検証からソフトウェアとハードウェアが協調して動作するシステムレベル検証まで、ボトムアップアプローチで品質を作り込む方法を適用した。

論理シミュレータを用いた機能網羅性の高い検証と、ハードウェアエミュレータの高速性を生かした実動作検証を組み合わせた段階的な検証を行い、さらに検証環境間でテストベクタ、テストベンチ、及びソフトウェアを共有することで、次ステップの検証環境の信頼性向上と構築期間の短期化と、不具合発生時のデバッグバリエーション向上を可能とした。図14に段階的な検証のフローを示す。

ハードウェア-ソフトウェア協調検証環境では、CPUをホストコンピュータ上のプロセッサで置換し、ハードウェアエミュレータと連携させる方法によって、当社技術である超解像技術のIP検証で、CPU実装を不要とし、かつ実

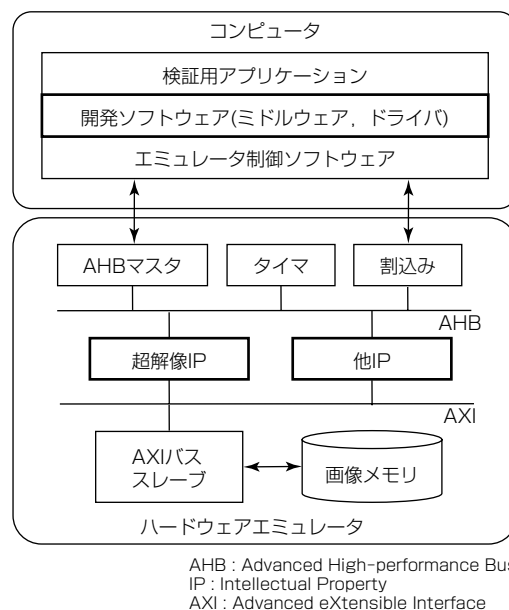


図15. ハードウェア-ソフトウェア協調検証環境の構成

行速度の速いハードウェアとソフトウェアの連携動作検証環境構築を可能とした。図15にハードウェア-ソフトウェア協調検証環境の構成を示す。

4. む す び

MELOOK 3 カメラは、フルHD(1920×1080)、デジタル増感、スーパーファインビューⅢ(SFVⅢ)などの性能向上を実現した。

また、当社独自のアルゴリズムによる超解像技術を採用し、電子ズーム拡大時の画質劣化を従来機種より大幅に改善した。

新規開発したイメージングプロセッサのLSIは、外部インターフェースを活用することで、機能拡張を図ることが可能である。この新LSIを活用し、さらに性能、機能向上を図ったカメラ開発を今後も進めていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 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)
- (2) 上田智弘, ほか: “メルック μ II”システム, 三菱電機技報, 86, No. 6, 331~334 (2012)