

# 鉄道車両向け車内防犯システム

In-vehicle Security System for Railroad Vehicles

## 要旨

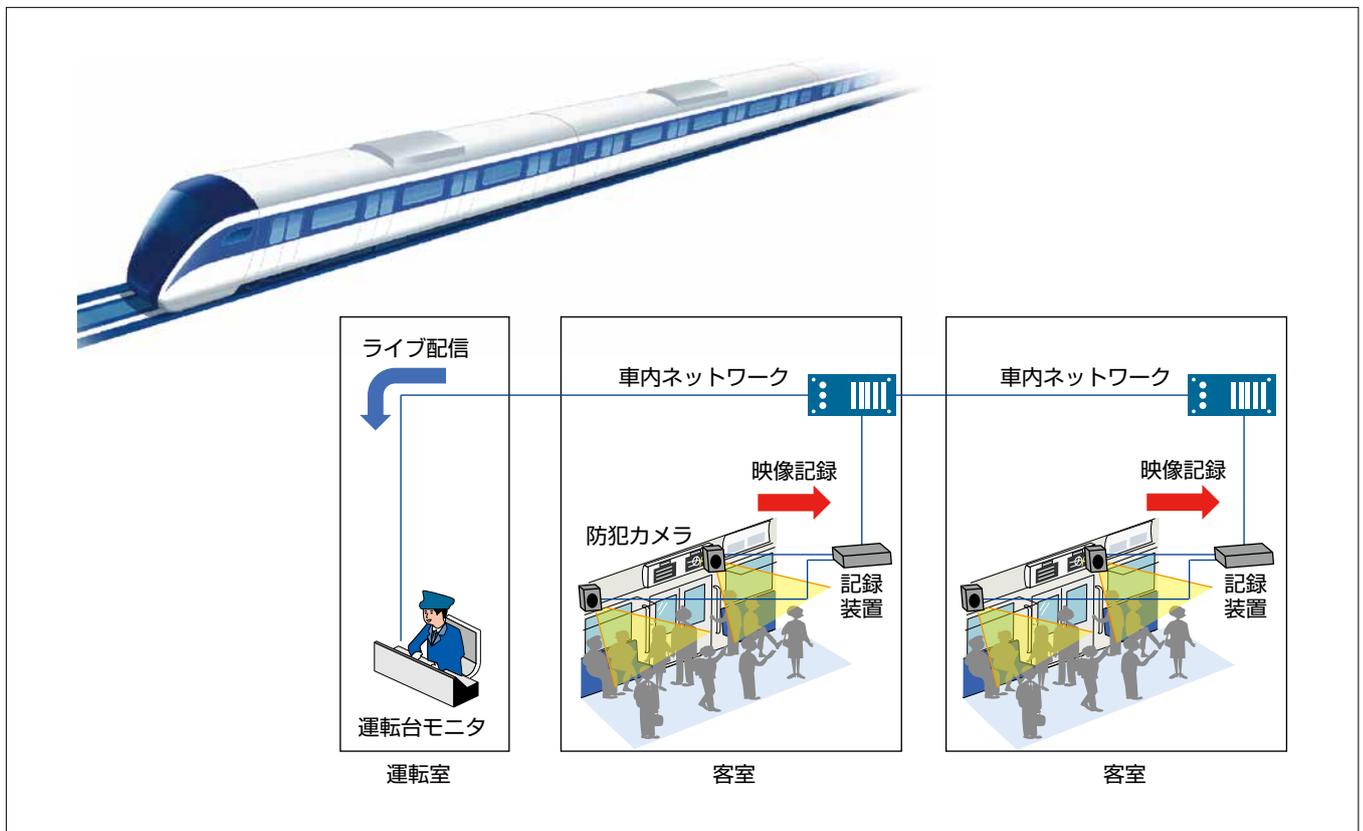
鉄道各社では、セキュリティ向上と犯罪抑止を目的に、車両内を撮影する防犯カメラと画像を記録する記録装置で構成する車内防犯システムの導入が一般的になりつつある。三菱電機では、2008年に新幹線向け、2009年に在来線向けの車内防犯システムを開発し、以降納入実績を伸ばしてきた。

従来、鉄道各社では、客室で死角になって迷惑行為が多い特定場所や、新幹線や特急車等の優等列車へ車内防犯システムを導入してきたが、このような場所・列車以外への導入は限定的であった。しかし、東京2020オリンピック・パラリンピックの開催決定を契機に、更なる鉄道の安心・安全・安定輸送に向け、複数のカメラで客室内をくまなく

撮影する車内防犯システムの導入が急増している。

そこで、当社では、鉄道車両向け車内防犯システムに要求されるネットワーク最適化、省スペース化、高信頼性、高保守性を満足する形で、カメラと記録装置のプラットフォームを一新するとともに、新機能を採用して対応した。

当社従来装置に比べて小型化を図り、機能を集約するとともに、耐環境性向上、広視野、高画質化、交換作業の効率化を実現し、カメラレンズの自己点検機能や、CBM (Condition Based Maintenance) 機能等を採用して記録データの信頼性と保守性を高めた車内防犯システムを新たに開発した。



## 鉄道車両向け車内防犯システムの構成

鉄道車両向け車内防犯システムは、主に車両内をくまなく撮影するように設置した防犯カメラと、その映像を確認できる記録装置で構成している。

\*コミュニケーション・ネットワーク製作所 †同製作所(工博)  
‡通信システムエンジニアリングセンター

## 1. ま え が き

鉄道各社では、車両内での異常発生後に状況を速やかに把握して対応するため、防犯カメラ(以下“カメラ”という。)と記録装置で構成する車内防犯システムを導入することが一般的になっている。

従来、鉄道車両では犯罪多発箇所に集中してカメラを設置していたが、近年は更なるセキュリティ向上が求められており、車両内全てを死角なく監視できるようにカメラを配置し、映像を記録する記録装置を増設している。

今回、従来の車内防犯システムの機能と運用上の課題をフィードバックする形で、鉄道車両内に求められる新機能を搭載する車内防犯システムを開発した。このシステムのカメラと記録装置は、当社従来品に対して小型・低消費電力、高性能、高信頼性、高保守性を実現している。なお、この開発では、2015年に当社が市場投入して流通店舗や金融機関等の顧客から好評を得ている“MELOOK3ネットワークカメラ・システム”<sup>(1)</sup>のカメラ<sup>(2)</sup>と記録装置<sup>(3)</sup>の機能と性能を活用した。

## 2. 車内防犯システムの要求条件

車内防犯システムに対する要求条件は次のとおりである。

### (1) ネットワーク最適化

車内防犯システムの装置構成を図1に示す。カメラで撮影して、記録装置で記録する機能に加えて、運転台モニターでのリアルタイムの映像閲覧、記録映像の再生などのニーズも増加している。そのため、ネットワーク機能、映像配信の制御機能など多様な機能が求められている。

### (2) 省スペース化

鉄道車両では、限られたスペースの中に様々な機器が搭載されている。車内防犯システムでは、客室内を撮影するカメラはスペースが特に限られる鴨居(かもい)部(客室用扉上部のスペース)や、天井付近に設置される。記録装置は映像を保存する記録媒体の挿抜を考慮して、車両内から

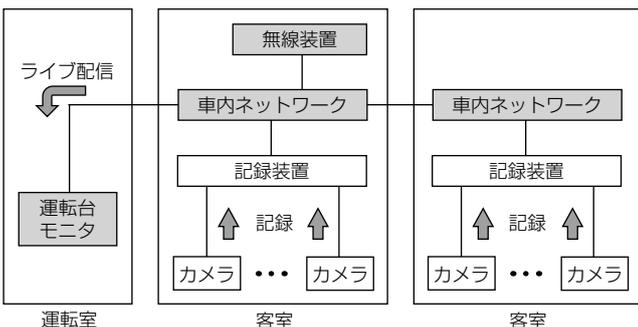


図1. 車内防犯システムの装置構成

アクセスしやすい場所に設置されるが、そのような場所は車内防犯システム以外の機器も多い。在来線列車は新幹線等優等列車以上に設置スペースが限られており、省スペース化のニーズは強い。

### (3) 高信頼性

車内防犯システムの普及に伴い、記録映像の持つ社会的な重要性は、犯罪捜査での活用の拡大等を背景として年々高まっている。そのため、システムの正常稼働はもちろんのこと、その正常性を確認するための機能も重要な要素の一つになっている。

### (4) 高保守性

カメラは撮影不可になる状況を避けるため、導入時に一般的な機器で行う電氣的、機械的性能確認に加えて、撮影画角やレンズ異常等の確認が必要であるが、従来は目視点検に頼る作業が多く、カメラ台数の増加に伴って作業量が増大していた。そのため、目視点検作業の効率化が必要になっている。

## 3. 車内防犯システムの開発

この章では、2章で述べた要求条件を満足させるための課題を抽出し、それらの課題をいかに解決したかについて述べる。

### 3.1 ネットワーク最適化の課題と解決策

鉄道車両では大容量の車両間通信に、保守性の観点からLANケーブルを用いた100BASE-TX Ethernet<sup>(注1)</sup>を採用している。高解像度化が進むカメラ映像は、カメラ1台当たり1~4Mbpsのデータ通信量が必要になっている。1編成のカメラが20台を超える場合、通信の安定化のためには全カメラ映像を配信するのではなく、運転台で閲覧するカメラ映像だけを配信する機能が必要である。

今回、図1に示すように、運転台モニターで閲覧するカメラを選択し、選択されたカメラの映像を記録装置が再配信することで、必要なカメラの映像だけを配信可能にした。この機能によって、例えばカメラが20台設置された列車の中からカメラ4台を同時に閲覧する場合、従来と比較して必要なデータ通信量は約1/5に削減可能になった。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

### 3.2 省スペース化の課題と解決策

#### 3.2.1 カメラの小型化

車両内の鴨居部や壁面スペースに収容可能にするために、次のような解決策によって従来機種に対して体積比約36%削減と大幅な小型化を達成した。

(1) 小型レンズの採用

レンズはカメラでサイズが最も大きい部品の一つである。このカメラは小型であることが要求されることから、従来カメラで採用したバリフォーカルレンズではなく、サイズの小さい固定焦点レンズを採用した。固定焦点レンズは焦点距離変更による画角調整ができないものの、単純構造のためレンズ本体のサイズを小さくできる上に、カメラ据付け時の画角調整作業が不要なため、工事を簡素化できるメリットがある。

(2) 基板サイズの縮小

本体の小型化に伴って基板サイズの縮小が必要になる。このカメラでは新プラットフォームとして映像処理LSIを採用しており、従来複数のデバイスを実装することで実現していた映像処理、符号化伝送処理等の各処理を1チップへ統合した。また、更なる小型化実現策として、プリント基板の多層化、採用部品の小型化、部品実装の高密度化、電源回路のコンパクト化を適用し、小型筐体(きょうたい)へ収容可能なサイズを実現した。

3.2.2 記録装置の小型化

記録装置も車両内のデッキや車両連結部の限られたスペースに収納するため、次のような解決策によって小型化を推進し、従来機種に対して体積比約27%削減を達成した。

(1) 内部構造の見直し

記録装置では記録媒体のSSD(Solid State Drive)が最も大きい部品の一つである。この装置では画像の高解像度化に伴うデータ容量増への対応と、データ保持の信頼性を確保するため、SSDを2台(従来は1台)搭載する必要があった。内部構造を抜本的に見直し、基板配置や放熱を最適化することでSSDを2台搭載可能にするとともに、装置全体の小型化を実現した。

(2) 基板サイズの縮小

装置全体の小型化のために、CPUボードや電源の新規カスタム開発を行った。また、従来記録装置では電源断時のSSDデータ保護機能として大容量キャパシタによる電源バックアップ機能を備えている。この装置では大容量キャパシタ基板の新規開発によって、SSD2台分の電源バックアップに対応し、基板サイズの拡大を抑えた。

3.3 高信頼性の課題と解決策

3.3.1 カメラの広画角化

車内防犯システムでは、セキュリティ確保のためカメラ死角を可能な限り削減する必要がある。一方、カメラ台数を増加させると、システムが高負荷になって映像伝送の信頼性を損なうだけでなく、運用保守コストにも影響を及ぼす。そこで今回、広角の固定焦点レンズを採用してカメラを広画角化し、従来カメラと比較してより少ないカメラ台数で死角のない監視を可能にした(図2)。

従来カメラの画角は水平95°/垂直70°であったが、1台でより広域の監視エリアをカバーするため、水平140°/垂直106°の画角を持つ広角レンズを採用した。さらに、新規レンズに対応したレンズ支持部品を開発して形状を最適化し、広範囲の撮影を可能にした。また、レンズは広角になるほど被写界深度(フォーカスの合う範囲)が深くなることから、客室のような奥行きのある被写体に対して広角レンズの採用は有効である。

3.3.2 自動時刻補正機能の採用

記録装置は起動ごとに列車統合管理装置との時刻同期を行う自動時刻補正機能を備えており、精度の高い時刻を維持できる。これによって、記録映像の撮影時刻精度が向上

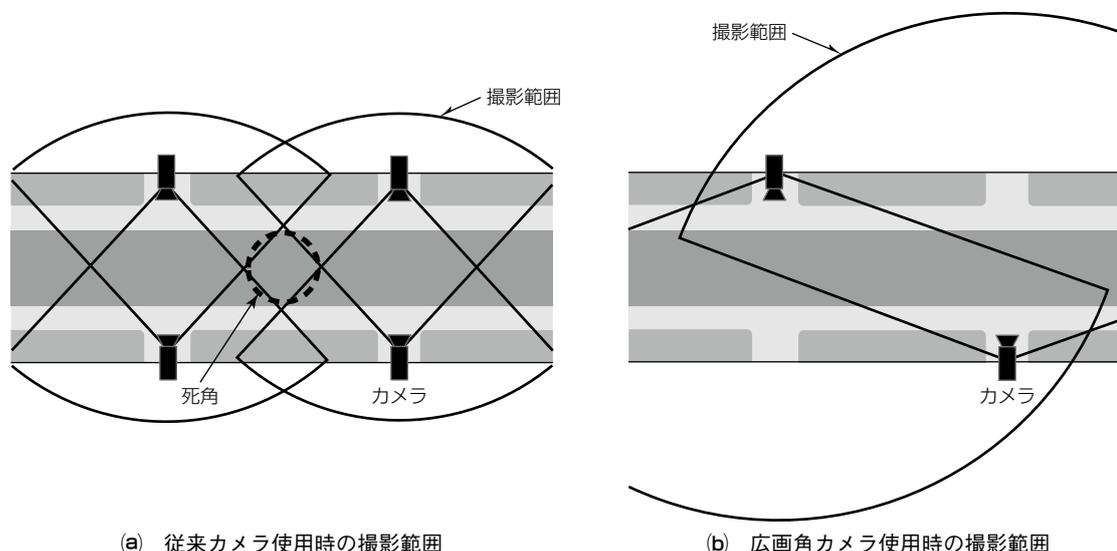


図2. カメラの広画角化

し、有事の際の証拠能力に高い信頼性をもたらすとともに、保守時の手動での時刻調整作業も省力化可能である。

### 3.3.3 放熱設計と難燃性

カメラと記録装置の小型化によって単位面積当たりの発熱量が増えるため内部温度が上昇しやすくなる。内部温度の上昇は製品寿命を縮める要因であるため、放熱対策が必須である。

今回開発した車内防犯システムでは、内部で発生した熱を効率的に放熱するために、カメラ、記録装置共に金属筐体を採用した。発熱部品を熱伝導材と内部板金を介して金属筐体に接触させることで熱を外部に放出する構造にしている。

さらに、間隙を最小化した金属筐体によって、鉄道車両機器で要求される防塵(ぼうじん)性と難燃性の強化も両立させるとともに、車体メンテナンス時の予期せぬ水・塵埃(じんあい)の浸入が想定されるカメラは、IPX2相当の防滴性能とIP5X相当の防塵性能を確保し、より堅ろうな車内防犯システムの構築を可能にした。

## 3.4 高保守性の課題と解決策

### 3.4.1 ホットプラグイン機能

万一カメラが故障して交換を要する際、交換するカメラに対する手動での設定作業を不要にした。設置されているそれぞれのカメラは記録装置の接続ポートと1対1の関係になっている。記録装置でカメラが(交換直後で)その設置

場所に対する設定がなされていないと判断すると、自動的に再設定を行うホットプラグイン機能を実装し、保守作業の効率化が可能になっている。

### 3.4.2 カメラレンズの自己点検機能

カメラレンズ異常等によって撮影映像に問題(映像が著しく暗い等)が生じた場合、この事象を速やかに発見して解消しなければならない。しかしながら、多数の車両に分散しているカメラの撮影状態を目視で個々に確認するには、多大な時間と労力を要する。さらにこのような目視点検作業は、運行時間外の車庫入庫時や定期点検時に限られるため、撮影映像欠落の発見が遅延するリスクがある。

今回開発したカメラでは、撮影映像の平均輝度値とオートフォーカス調整値を定期的に監視し、撮影映像に問題が生じたと判断した場合に、異常通知を行う機能を搭載した。カメラ制御で使用するパラメータだけを使用して実現したため、新規センサの取付け等は行わずにシステムコストの上昇を回避した。カメラ異常通知は記録装置に集約後、LED点滅で可視化するとともに、列車統合管理装置で通知され、運転台モニタへ即座に表示する(図3)。この機能によって、保守作業員はカメラ異常を速やかに発見・解消できるため、点検作業の時間短縮が可能になる。

### 3.4.3 状態監視機能

記録装置では、従来SSD故障時に内部に記録されている稼働状態を事後解析していたが、リアルタイムでの解析を可能にするよう改善した。記録媒体故障時には、従来の

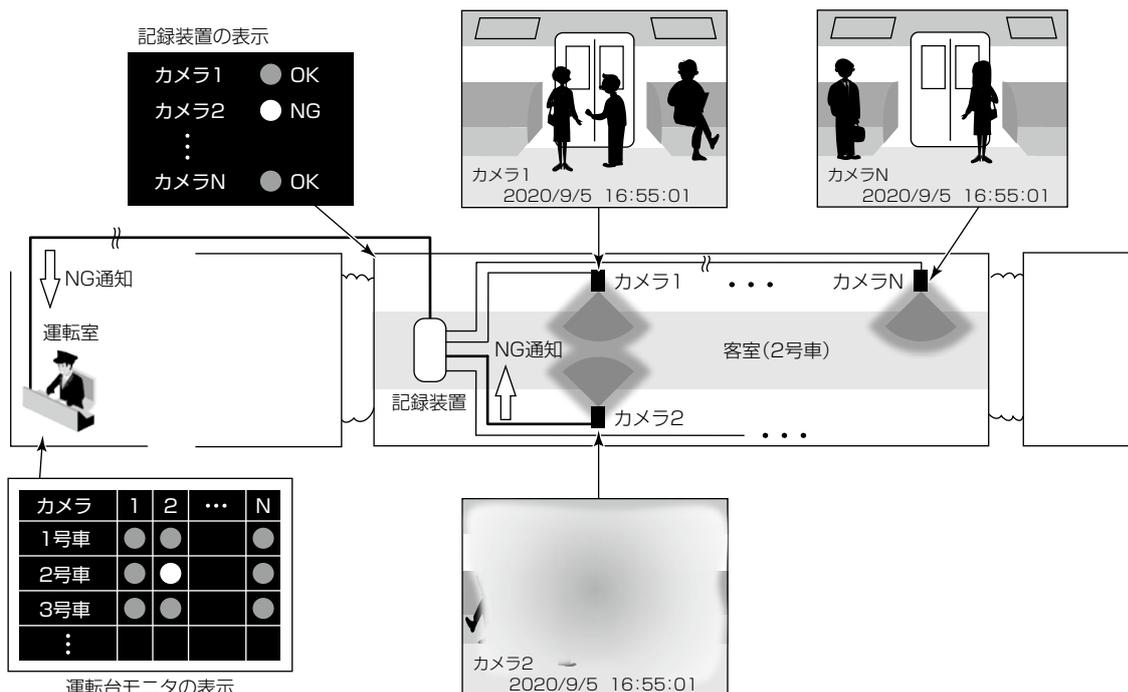


図3. カメラレンズの自己点検機能と異常通知イメージ

記録装置前面LEDでのエラー状態表示に加えて、列車統合管理装置へ記録装置から故障が通知され、乗務員や保守作業員は異常を把握できる。また、記録媒体交換等によって復旧するまで映像が記録できない期間が発生する課題に対しては、SSDの状態(書き込みデータ量や不良セクタ数等に基づく残寿命)を監視し、SSDが故障して記録停止する前にその異常を管理装置側に通知することで解決を図った。これによって、故障前にSSD交換を保守作業員に促すというCBM機能を実現し、映像が記録できない期間の発生を防いでいる。

また、カメラからの伝送異常が検知されず、記録できない期間が長期発生する課題に対して、その期間を極力短くするために、記録装置はカメラとの伝送が正常かどうかを定期的に監視する。カメラの故障、又は車両内ネットワーク異常等によるカメラとの伝送の切断時には、SSD故障と同様に管理装置側にカメラ故障を通知し、短時間でカメラの故障をシステムとして検知できる機能も備えている。

### 3.4.4 ワンタッチロック式コネクタの採用

当社の従来機種では、カメラと記録装置間の接続コネクタは、DE-9コネクタ(D-sub 9pin)に代表されるねじによる嵌合(かんごう)の固定が主流であった。今回のカメラと記録装置は鉄道車両向け規格に準拠したワンタッチロック式コネクタを採用し、作業性を高めている。

### 3.4.5 交換作業の省力化

記録装置では、新規開発した大容量キャパシタ機構を採用し、車両内環境下で、想定する装置寿命までキャパシタの交換作業が不要である。またファンレス構造にしたことから、ファンの交換作業も不要である。定期的に交換が必要なのは、映像が記録できないことに直結するSSDだけにとどめており、交換作業の省力化に貢献している。

## 4. 主要諸元

今回開発した車内防犯システムのカメラの主要諸元を表1に示し、記録装置の外観と主要諸元を図4と表2に示す。

## 5. むすび

MELOOK3ネットワークカメラ・システムに、2008年に開発した車内防犯システムの機能と運用上の課題をフィードバックする形で開発した鉄道車両向け車内防犯シ

表1. カメラの主要諸元

| 項目     | 諸元                     |
|--------|------------------------|
| 撮像素子   | 1/3型CMOSセンサ            |
| 有効画素数  | 1280(H)×960(V)         |
| デジタル増感 | 最大16倍                  |
| WDR機能  | SFVⅢ                   |
| 使用レンズ  | 固定焦点レンズ                |
| 画角     | 水平：140°、垂直：106°        |
| 電源     | PoE                    |
| 防滴性能   | IPX2                   |
| 防塵性能   | IP5X                   |
| 外形寸法   | 51(W)×56(D)×78(H) (mm) |
| 鉄道規格   | JIS E 4031 区分1 等級B 準拠  |

CMOS：Complementary Metal Oxide Semiconductor  
 WDR：Wide Dynamic Range  
 SFV：Super Fine View  
 PoE：Power over Ethernet

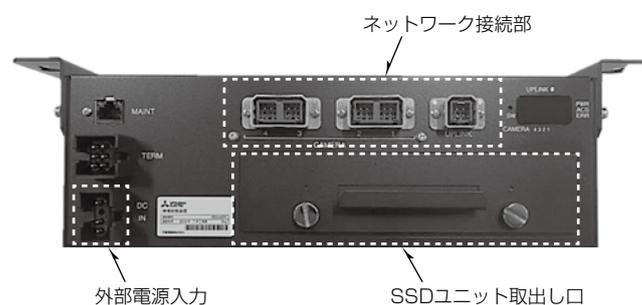


図4. 記録装置

表2. 記録装置の主要諸元

| 項目       | 諸元                       |
|----------|--------------------------|
| 記録媒体     | SSD                      |
| ネットワーク接続 | 100BASE-TX               |
| 冷却方式     | 自然空冷(ファンレス)              |
| 電源断保護機構  | 大容量キャパシタ                 |
| 外形寸法     | 300(W)×170(D)×99(H) (mm) |
| 鉄道規格     | JIS E 4031 区分1 等級B 準拠    |

ステムについて述べた。カメラ、記録装置共に鉄道車両向けで要求されるネットワーク最適化、省スペース化、高信頼性、高保守性を満足する形で従来機種から機能向上を図り、より運用しやすい車内防犯システムにしている。

今回開発した鉄道車両向け車内防犯システムをベースに今後は仕様やニーズが異なる鉄道事業者向けに柔軟に対応していく。

### 参考文献

- (1) 三菱電機(株)：三菱ネットワークカメラ・システム MELOOK3 <http://www.mitsubishielectric.co.jp/nwcamera/melook3/>
- (2) 蓬田 仁, ほか：“MELOOK3”カメラ, 三菱電機技報, 89, No.6, 343~347 (2015)
- (3) 辻 亮宏：“MELOOK3”レコーダ, 三菱電機技報, 89, No.6, 348~352 (2015)