

屋外監視カメラの耐環境技術

Environmental Resistance Technology of Outdoor Surveillance Camera

上村 隆哉
Takaya Kamimura

佐藤 泉
Izumi Satou

和田 穰二
Jouji Wada

内田 保
Tamotsu Uchida

直原 佑哉
Yuuya Jikihara

安田 秀樹
Hideki Yasuda

要 旨

比較的住環境に近い環境で使用される屋内モデルに対し、屋外に設置される監視カメラはさまざまな過酷な環境にさらされながらも映像を撮影し続けることが必要とされる。

本稿では-50℃～50℃の温度範囲での使用、50Jの衝撃、噴流を含む防水・防塵（ぼうじん）に対応したカメラの構造、その他、塩害、暴露、風雪、結露、水滴の付着、汚れによる画質劣化などの厳しい環境での使用を可能とした独自の機構技術とその評価方法について解説する。

Abstract

Security cameras installed in an outdoor environment are expected to keep capturing images even under tougher and more severe conditions than those faced by indoor cameras which are installed in areas closer to the living environment.

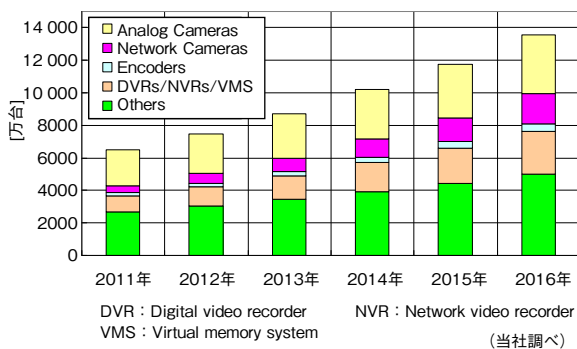
In this section, we will explain our original mechanism technologies which make it possible to use security cameras even under tough and severe conditions as follows, and we describe the process of evaluating each technology. These technologies include one that makes it possible to use the camera under a wide temperature range of -50 to +50 degrees centigrade; a technology to make the camera resistant to an impact of up to 50 joules; a mechanism to give it water resistance (can even withstand a powerful water jet) and dust resistance; and a technology to give the camera other types of robustness such as robustness against damage from salt, exposure, wind and snow, condensation, adhesion of water drops, and deterioration of image quality caused by soil.

1. はじめに

1.1 監視・防犯に関する市場トレンド変化

昨今の犯罪の増加や凶悪化に対し、全世界的に安心・安全な社会実現への関心が高まっている。第1図は当社調べの映像セキュリティ機器のグローバル販売台数であり、2011年から2016年の5年間で年率平均115%の成長が見込まれている。

そのなかでも、近年、街頭におけるテロや、犯罪が増加している社会的な背景から、従来主流だった屋内監視以上に、屋外監視の市場ニーズがより高まっている。



第1図 セキュリティ市場の伸び

Fig. 1 Growth of security business

1.2 技術トレンドの変化

屋外監視市場の伸びを後押ししている1つの要素として近年の技術進化がある。主要な進化点を以下に整理する。

①伝送技術、映像圧縮技術の進化

従来のアナログ伝送からIP (Internet Protocol) ネットワーク伝送が主流になったことにより、NTSC (National Television System Committee) やPAL (Phase Alternating Line) の映像規格の制約から離れ、H.264などのコーデック技術活用により監視カメラでもフルHD (High Definition) など高解像度の監視映像が実現できている。このことによって従来と同じ解像度ならより広い画角が見られるため、設置する監視カメラ台数を減らすことができるようになってきた。

②レンズユニットの進化による高倍率・高解像度化

屋外監視では遠距離を見る用途が多いため、高倍率時の画質が重要である。近年の光学設計や製造技術の進化によって、ズームレンズが高倍率・高解像度化し、かつ小型化している。これにより監視エリアの拡大化が可能である。また、さらなる高解像度の4K2K対応レンズも発売され始めている。

③撮像素子やDSP (Digital Signal Processor) の進化による高感度性能向上

撮像素子やDSP信号処理の進化により監視カメラの感度性能が向上し、従来は三板型カメラでなければ対応が難しかった夜間の屋外監視用途に対して、一般的な単板型カメラでも十分な屋外監視性能が得られるようになった。

④ブロードバンド回線のエリア拡大、低価格化

多くの国々で公衆ブロードバンド回線が一般化し、エリア拡大とともに運用コストが大幅に低下。今後も無線ネットワークの高速化の流れにより、さらに拡大の見込みである。

屋外監視の主な用途とその狙いは下記が代表的である。

- 1) 駐車場や建物入り口監視
- 2) 市中監視
- 3) 道路交通監視、鉄道路線監視
- 4) 発電所など大規模プラント監視
- 5) 空港監視（空港内・空港外周）

1.3 屋外用監視カメラが備えるべき性能・条件

上記の代表的用途からわかるように、屋外監視用途は一面では社会インフラ的な位置づけであり、その性質上、常に鮮明な監視映像を映し出し、記録し続けることが求められる。

屋外設置の場合は屋内に設置される機器に比べ、非常に厳しい環境下に置かれることとなり、機器の機能、信頼性としては屋内機器とは違った観点で品質を作り込む必要がある。また、高所へ設置されることが多いため、故障発生時は修理対応に大きな費用、日数が必要となる。このため過酷な屋外設置環境で障害なく使うための機能や、信頼性の確保が大変重要な要素となる。

① 屋外用カメラに対する顧客ニーズ

- より遠くが見える・・・高い光学ズーム倍率
- はっきり見える・・・高い解像度
- どんなときでも見える・・・雨天時、夜間
- 壊れない・・・厳しい屋外環境で故障しない
・・・破壊行為に耐える（北米）

② 屋外機器の信頼性・機能を損なう要素

- 降雨、台風、雷、降雪
- 気温変化
- 太陽光、塩害、酸性雨
- 粉塵（ふんじん）・汚れ
- 昆虫・動物

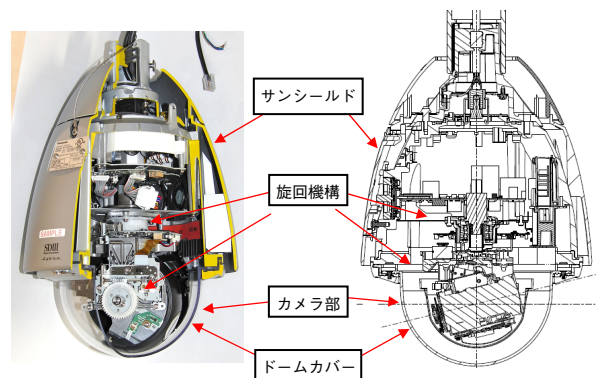
本稿では、前述の「屋外用カメラに対する顧客ニーズ」を実現し、かつ「屋外機器の信頼性・機能を損なう要素」を排除し、さらに「鮮明な画像の撮影を続ける」ことにこだわった当社独自の機構技術について述べていく。

2. 屋外PTZカメラとその環境対策技術

代表的な屋外カメラである屋外PTZ（Pan-Tilt-Zoom）カメラの構造とその課題を説明する。そして、課題に対するアプローチについて説明する。

第2図が屋外用監視カメラの代表的な形状である。

透明なドームカバーを配置する構造上、光学解像度・雨粒などによる光学特性の劣化への対策や、昼夜通しての長期間連続動作のための工夫が盛り込まれている。以下、各項目について詳細に説明する。



第2図 屋外PTZカメラ

Fig. 2 Outdoor PTZ camera

2.1 屋外PTZカメラの水平画質での課題とその対策

屋外PTZカメラはドームカバー内部に高倍率のズームレンズを付けたカメラ部と、そのカメラを高速かつ正確に回転させることができるメカニズムをもち、屋外にある遠距離の対象物まで監視することができる。

このようなカメラで、水平方向を監視する際、光軸がずれたときに発生するドームカバーによる光学劣化を最小に抑え、最良の光学性能を得るためには、ドームカバー中心とレンズ中心を一致させる必要があるが、この場合カメラ上方の視野が限られてしまうという課題がある。

このため、ドームカバーの中心とレンズ中心とをオフセットさせたり、ドームカバーの一部に円筒形状の部分の設けたり、視野を広げる対策をとる場合が多い。しかし、その弊害として特に望遠端付近での光学性能が大幅に劣化し、解像性能を大幅に低下させ、画像ボケを大きくしてしまう。

この原因はドームカバーの焦点距離が、垂直面と水平面の差異による焦点距離分布が発生するためである。

Δf : 画質劣化要因, f_t : 合成焦点距離とすると,

$$f_t = (f_1^{-1} + f_d^{-1})^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

f_1 : レンズの焦点距離

f_d : ドームカバーの焦点距離

$$\Delta f = f_1 - f_2 \dots\dots\dots (2)$$

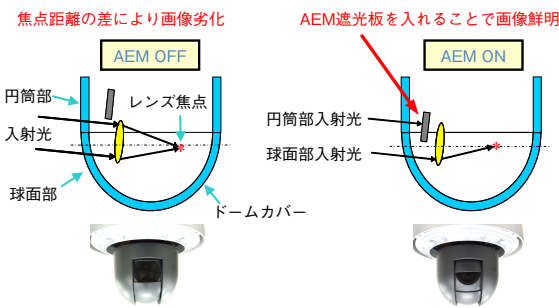
一般的な光学20倍のズームレンズは、広角端と望遠端で焦点距離は約20倍の差がある。ドームカバーの焦点距離はレンズカバーの焦点距離の約50倍をもつため、望遠端で焦点距離への影響がその分だけ大きくなる。

〔1〕「自動遮光機構」の開発

自動遮光機構（Auto Eyelid Mechanism：AEM）実現の具体構造を考案し、ドームカバーの中心とレンズ中心とをオフセットさせ、ドームカバーの一部に円筒形状の部分を受け視野角拡大しながらも画質劣化を最小に抑制し、高倍率化と高視野角確保の光学性能を両立させた。

〔2〕自動遮光機構の具体的構造

レンズ前部に可動の遮光板を設け、この遮光板は望遠時でかつ水平近辺時のみレンズ前球の一部を遮光し、ドームカバー円筒を通る光を必要最小限に抑制することを基本機能としている。遮光板の位置はレンズの角度、ズーム倍率（画角）、照度、絞り値などに応じて最適に制御することで光学性能を良好させている（第3図）。

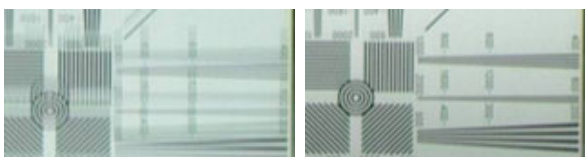


第3図 自動遮光機能実施例

Fig. 3 Example of auto eyelid mechanism

第4図に自動遮光機構による実際の改善事例の画像を示す。

この製品の例では、自動遮光機構OFFの状態での垂直解像度300TV本が自動遮光機構ONでは800TV本へと大幅に改善できた。



自動遮光機能なし
None of auto wink function

自動遮光機能あり
Effect of auto wink function

第4図 自動遮光機能効果

Fig. 4 Effect of auto wink function

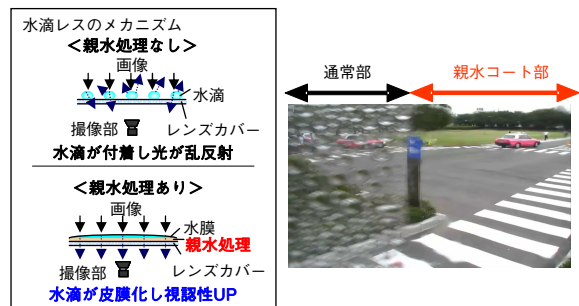
2.2 雨天時の画質課題とその対策

雨天時に監視カメラのドームカバー表面に雨粒が付着すると表面張力により水滴となり、光が水滴表面で乱反射し非常に見づらい映像となる。

この課題に対し、筆者らはドームカバー表面に親水コーティングを施して雨粒を薄膜化させ、画像光の乱反射を抑えるアプローチを取っている（水滴レス効果）。

一般的に、親水コート剤としては、建物外壁の防汚などに用いられる光触媒がよく知られているが、ドームカバー（樹脂素材）への直接塗工が困難であるという点と親水性の発現には光を必要とするなどの点で、屋外監視カメラの用途へは適しない。一方、非光触媒系の親水コート剤は、特に屋外監視カメラのような過酷な使用環境では、耐久性が十分でなく、今まで量産化に至らなかった。

また、実現のためには近年強くなる高画質化への要求に対し、いかに画質を劣化させることなく、半球状のドームカバーに均一にコーティングを行うかも非常に重要なポイントである。



第5図 親水コーティングの原理と効果

Fig. 5 Principle of rain wash coat and the effect

今回筆者らは、安定性に優れた親水コート剤と前処理工程の導入により親水コーティングの耐久性を大幅に向上させ、屋外使用7年の寿命を実現している（当社評価方法による）。また、独自の塗布工法開発によりドームカバー表面への均一塗布を実現し、コーティングによる画質の劣化も防ぐことができる。

さらに、筆者らが採用した親水コート剤がもつもう1つの効果として、ドームカバー表面の汚れの下に雨水が入り込み汚れを浮かし、雨で落としやすくするセルフクリーニング作用がある。ドームカバー表面の汚れは映像の解像度低下やコントラスト低下につながるため、この防汚効果は土ほこりなどが多い環境での画質維持に効果を発揮する。

2.3 昼夜撮影での課題とその対策

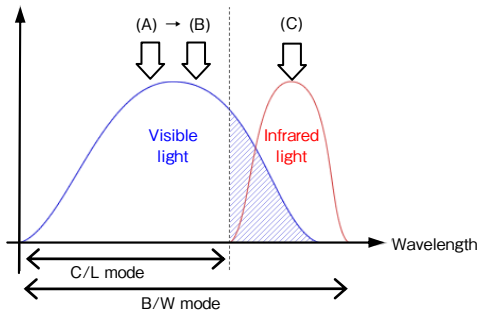
〔1〕デイト機能の仕組みと課題

現在の屋外用監視カメラは夜間での撮影能力（感度）が

重要であり、そのために、撮像素子の前面にあるIR (InfraRed) カットフィルタと素ガラスとを切り替える機構「デイナイト機能」をもつ機種が多い。

その仕組みとしては、日中の照度が高い環境ではIRカットフィルタを使い（カラーモード：C/L Mode）、夜間など、照度が低い場合は素ガラスに切り替えることによって近赤外線域までの光を取り込むことによって感度を上げる仕組みである（白黒モード：B/W Mode、同時に画像の白黒切り替えも行う）。

この「デイナイト機能」は既に一般的であるが、課題として白黒モード切り替え後に画像のボケが発生してしまうことがある。この原因は、白黒モード時は近赤外領域も使用するため、平均波長がシフト（A→B）し、さらに赤外照明があると照明波長にシフト（B→C）するためレンズの合焦位置がずれてしまうことによる。



第6図 波長シフト

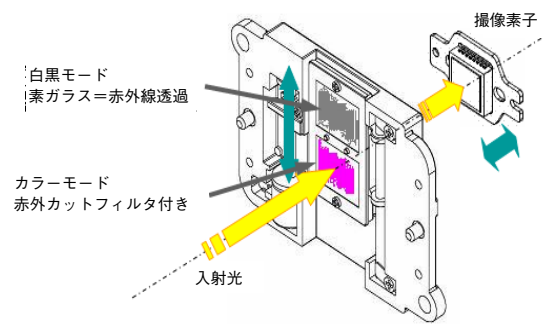
Fig. 6 Shift of Wavelength

〔2〕自動バックフォーカス調整機構の開発

筆者らは 業界に先駆けてこの課題を解決した自動バックフォーカス調整機構（Auto Back Focus）を開発し、上記課題を解決している（第7図）。

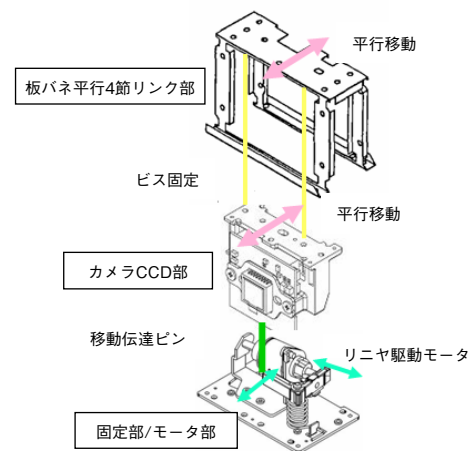
自動バックフォーカス調整機構の開発に当たっての機能要件は、以下の3点である。

- ① 焦点補正をさせるために一般的には撮像素子面を基準として精度良く固定すべき撮像素子をあえて光軸方向に可動にさせる構造
- ② レンズによらずに実現させるためにカメラ側に機能を内蔵
- ③ デイナイト動作に同期して、あらかじめプリセット設定した位置に正確に撮像素子を移動させる位置精度
要求精度の実現のために可動機構は、がたつきのないこと、摩擦/磨耗のないこと、ヒステリシスのないことが必要で、その実現策として板バネの可撓（かとう）性を活用した“板バネヒンジ平行4節リンク機構”を開発している（第8図）。



第7図 自動バックフォーカス調整機構構造

Fig. 7 Mechanism of auto back focus

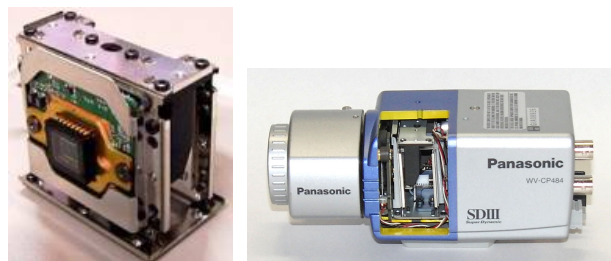


第8図 自動バックフォーカス調整機構板バネ構造図

Fig. 8 Mechanism of plate spring type auto back focus

リンクの固定部に対抗する部位に可動させる撮像素子を接合し、リンク機構の平行変形により平行移動を実現させる。板バネの可撓部は、耐久性、位置再現性、および曲げ反力の最適化を図り、形状決定している。

第9図に搭載例を示す。



第9図 自動バックフォーカス調整機構搭載例

Fig. 9 Implementation of auto back focus

板バネヒンジにより円滑な光軸方向の移動が実現し、焦点深度内への位置再現性と耐久性を実現し、箱型監視カメラ

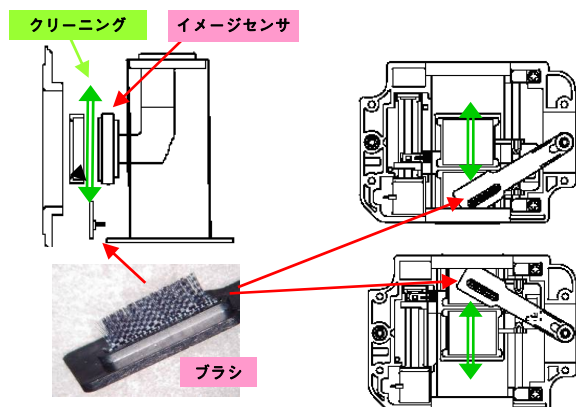
ラとして多種のレンズに対応して自動バックフォーカス調整機能を発揮させることが可能である。

2.4 自動クリーニング機構

高感度監視カメラはその性能から明るい撮影場所ではレンズが絞られて焦点深度が深くなり、撮像素子面のゴミが目立ちやすくなるためゴミ防止策が必要になる。また、撮像素子のキズ補正を有するカメラとして補正時に遮光する必要がある。ここから自動バックフォーカス調整機構は進化して、次に述べる自動クリーニング機構を備えるようになった。

[1] 自動クリーニング機構の具体的構造と動作

デイナイト機構が光軸に対して垂直に移動する構造であることに対し自動バックフォーカス調整機構は光軸方向の移動機構なので、この2軸の動作を連動させることにより撮像素子に付着したゴミの除去ができる機構を実現させている（第10図）。



第10図 自動クリーニング機構
Fig. 10 Mechanism of auto cleaning

具体的には、デイナイト機構の動作に連動したブラシアームを設けて、撮像素子のクリーニング時は、自動バックフォーカス調整機構により撮像素子をブラシに接触するように接近させて、この状態でデイナイト機構が稼動し、合わせてブラシアームのブラシが撮像素子表面をこするように移動する。

ゴミの再付着を防止するためクリーニング方向は一方にして逆移動時は自動バックフォーカス調整機構により撮像素子を退避させブラシの接触を防いでいる。

さらにこのブラシアームは十分に遮光できる面積をもたせてあり、デイナイト機構の動作制御により中央部で停止させると、遮光板としての機能を発揮させることができ、遮光時の信号との差分を取ることで自動キズ補正を行うことが可能になる。

[2] クリーニング効果の確認

塵埃（じんあい）除去の性能として、8 μm の塵埃であれば1回の動作で、1.5 μm の微粒子でも3回の動作で塵埃除去の効果が得られ、再付着も見られなかった。今回の開発により、特に高感度カメラにおいて懸案であった塵埃付着課題を解決している。

2.5 バンダルプルーフカメラ

[1] 堅ろう性の実現

前章で述べたように、屋外用監視カメラの市場ニーズの1つとして、カメラへの破壊行為にも耐える堅ろう性（特に北米市場）が挙げられる。例えば野球のバットでたたかれても壊れないような監視カメラのことである。このような仕様のカメラを、「バンダルプルーフカメラ」と呼び、一般的に、ポリカーボネート樹脂製の肉厚のドームカバーとアルミダイキャスト筐体（きょうたい）で構成されている。

バンダルプルーフカメラには、堅ろう性を表す業界規格があり、構造的に最も弱いドームカバー部に、5 kgの鋼球を1 mの高さから自由落下させて50 Jの衝撃を加え、カメラが破損しないか確認するものである。

通常、ドームカバーに50 Jの衝撃が加わると、力を受けた部分が一時的に十数mm陥没する。

カメラ内部の構造にもよるが、ドームカバーの変形量が大きく、レンズユニットにぶつかると、レンズが破損する可能性がある。この問題を防ぐためには、ドームカバーの厚さを増やすことや、ドームカバー内側とレンズとの距離を十分に離すなどの対策が考えられるが、それによる光学性能の劣化、使用可能なレンズの制限、視野角の減少、映り込みの悪化など弊害も多い。

筆者らは堅ろう性と高い光学性能とを両立させるべく、新規構造を開発し商品搭載を実現している。

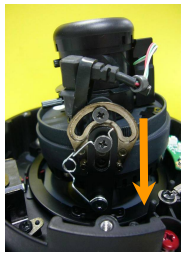
[2] レンズ保護のためのサスペンション構造

前項で述べた課題を解決したのが、レンズ部のサスペンション構造である。第11図がバンダル機構の写真で、この構造は、レンズ部をバネで支え、常にバネ圧で付勢された状態とし、衝撃が加わった瞬間のみ、カメラ部が矢印の方向へ逃げて衝撃を軽減する構造である。

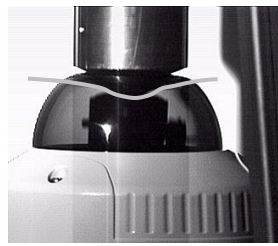
レンズの移動量の設定は、ドームの座屈量およびドーム部とレンズ部の距離で最適化を図っている。このサスペンション構造の採用により、バンダルプルーフカメラに求められる堅ろう性と高い光学性能とを両立させている。

[3] ドームカバーに起因するフォーカスポケ改善

バンダルプルーフカメラは衝撃時の陥没量を低減するため、ドームカバーを厚肉にしている。このためドームカバーは一種の凹レンズとしての光学的特性を有している。



衝撃を回避するカメラ内部構造



錘がドームに当たりドームが座屈した瞬間の画像

第11図 バンダル機構

Fig. 11 Mechanism of vandal proof

ドームカバーの光学特性は、直径、板厚、材質などにより決まるが、ドームカバー材質は耐衝撃性に優れたポリカーボネート樹脂となるため、主にドーム直径と板厚に依存し、ドーム直径が小さいほど、板厚は厚いほど光学性能は悪くなる。

よってバンダルブルーフカメラの場合、設置時にドームカバーを外した際と、最終的に装着した後ではレンズのフォーカスがシフトし、フォーカスポケが発生してしまうことになる。この現象は、ドームカバーの要素だけでなく、カメラ自体の解像度、およびレンズの焦点距離 f 、Fナンバーにも依存し、大きく変化する。

このフォーカスポケ発生を防止するために、大きく2つの機能をカメラに実装している。以下に詳述する。

① 自動バックフォーカス調整機構やレンズのオートフォーカス機能でフォーカスずれを補正する技術

自動バックフォーカス調整機構とは2.3節〔2〕項で述べたとおり、バリフォーカルレンズや固定焦点レンズに対して、撮像素子自体が平行移動し、フォーカスを調整する技術である。この機能とカメラ内部のタイマー機能を連動させることにより、施工者がフォーカスを粗調整し、ドーム部を被せた後、遠隔操作またはタイマー起動でこれら機能を起動させることでドームカバーによるフォーカスポケを解消することができる。

② 擬似ドームカバー

施工者が自動バックフォーカス調整機構を有しないモデルのフォーカスを調整する際のために、局所的な擬似ドームカバーを製品に添付し、それをレンズの前に付けて、レンズのフォーカスを調整する方法である。

上記の2つの技術により、バンダルブルーフカメラはドームカバーによるフォーカスポケの課題を解決している。

3. まとめ

「屋外用監視カメラに対する顧客ニーズ」「屋外用監視カメラに必要な信頼性」に関し、独自の機構技術を導入す

ることで、それらの課題を解決してきた。

自動遮光機構によりドームカメラの上方視野と画質改善の両立を実現した。

親水コートにより雨天時の視認性向上を実現した。

自動バックフォーカス調整機構によりデナイト機構やドームによる焦点移動の補正を自動で行えるようにしたことで、高画質の画像を撮り続けることが可能となった。

さらに、高画質画像を維持しつつ、カメラ破壊行為にも耐えるバンダルブルーフ構造を業界に先駆けて実現した。

これからもお客様の要望である「どんな環境でも鮮明な画像が見たい」にこたえるため、新しい機構技術を開発していく所存である。

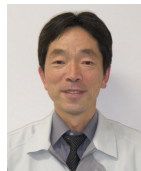
執筆者紹介



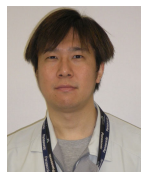
上村 隆哉 Takaya Kamimura
パナソニック システムネットワークス (株)
セキュリティシステム事業部
Security Systems Business Div.,
Panasonic System Networks Co., Ltd.



佐藤 泉 Izumi Satou
パナソニック システムネットワークス (株)
セキュリティシステム事業部
Security Systems Business Div.,
Panasonic System Networks Co., Ltd.



和田 穰二 Jouji Wada
パナソニック システムネットワークス (株)
セキュリティシステム事業部
Security Systems Business Div.,
Panasonic System Networks Co., Ltd.



内田 保 Tamotsu Uchida
パナソニック システムネットワークス (株)
セキュリティシステム事業部
Security Systems Business Div.,
Panasonic System Networks Co., Ltd.



直原 佑哉 Yuuya Jikihara
パナソニック システムネットワークス (株)
セキュリティシステム事業部
Security Systems Business Div.,
Panasonic System Networks Co., Ltd.



安田 秀樹 Hideki Yasuda
パナソニック システムネットワークス (株)
セキュリティシステム事業部
Security Systems Business Div.,
Panasonic System Networks Co., Ltd.