

沖西佳雄\*  
大内丈士\*  
立花伸浩\*

# 耐衝撃性能を向上させた固定ドームカメラ

Fixed Dome Camera with Improved Impact Resistance Performance

Yoshio Okinishi, Takeshi Ouchi, Nobuhiro Tachibana

## 要旨

東京2020オリンピック・パラリンピックを見据えたセキュリティ強化のため、監視カメラシステムの需要が高まっている。監視カメラが、低い天井等の手の届く場所に設置される場合は、いたずらによる破壊が懸念されるため、強度、特に耐衝撃性能が求められる。

今回、三菱電機では耐衝撃性能を向上させた固定ドームカメラ(型名NC-6710, NC-8610)を開発した。次に述べる二つの方策によって耐衝撃性能50Jを実現した。

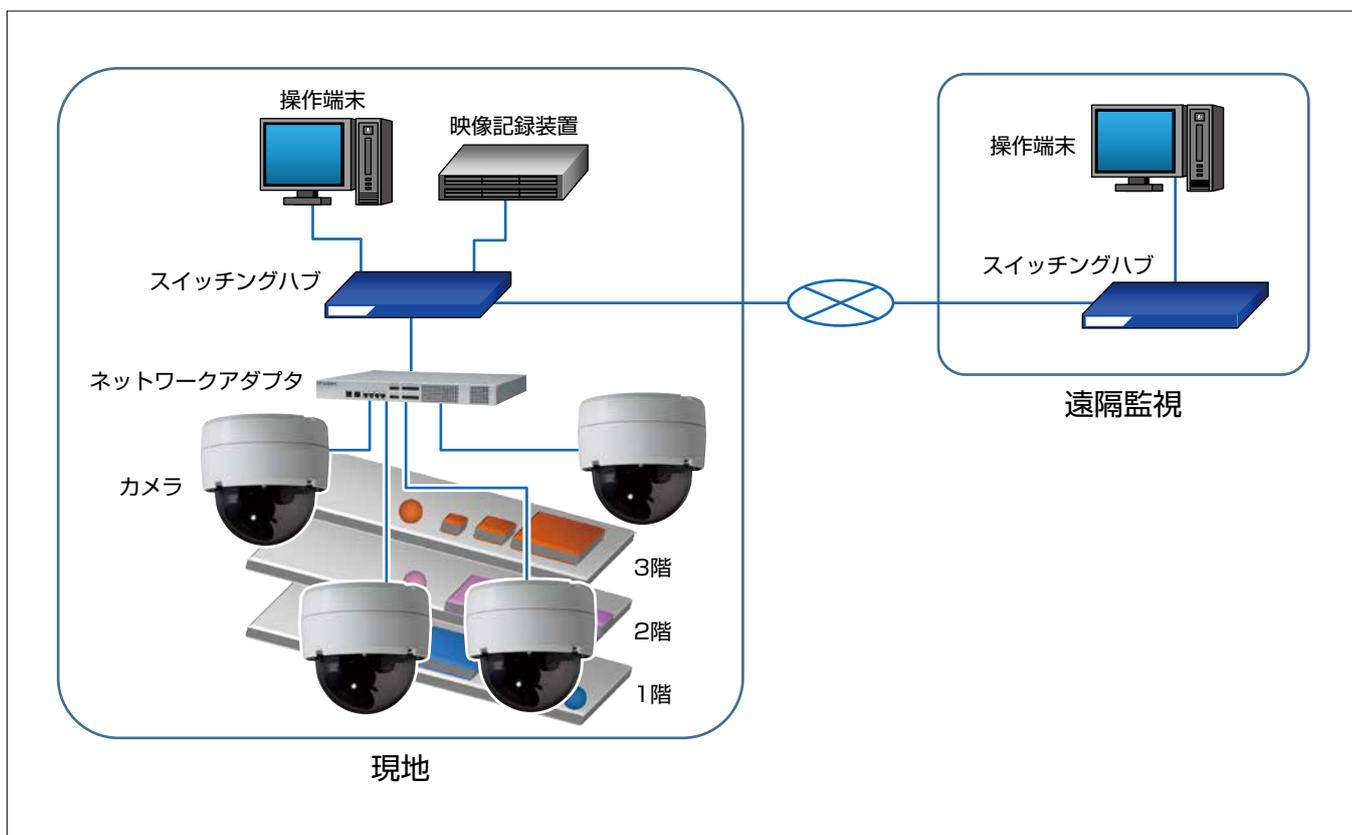
### (1) 耐衝撃性を確保するドームカバー肉厚の決定

耐衝撃性能を向上させるために、固定ドームカメラのレンズユニットを保護する半球状のドームカバーが衝撃印加時の瞬間的な変形時でもレンズユニットと接触しない材質と肉厚の必要条件を求めた。ドームカバーの肉厚を増すと、

肉厚内での屈折によってレンズに入射する各光線の光路差が大きくなり、焦点位置にずれが生じることで解像度が低下する。そこで、ドームカバーの曲率半径、肉厚等をパラメータとした光学解析によって、光学性能を満足する肉厚を求め、その上で耐衝撃性と光学特性を両立させ、かつ、生産性の観点からも優れた最適なドームカバーの肉厚を決定した。

### (2) 迷光現象の抑制と衝撃緩和構造

衝撃が伝わらないようにするためにレンズユニットとドームカバーのクリアランスを増すと不要な光がレンズに取り込まれ、ゴーストやフレアのような迷光現象が発生して映像品質が低下する。そこで光路解析で迷光現象発生光路を特定し、ゴム製の遮光フードをレンズ近傍に設けることによって迷光現象抑制と衝撃緩和を実現した。



## 固定ドームカメラを活用した監視カメラシステムのイメージ

建物などの天井や壁面に設置されたこのカメラによる撮影画像は、同軸ケーブル又はLANケーブルで上位装置であるネットワークアダプタ及びスイッチングハブを介して操作端末で監視され、映像配信データは映像記録装置に記録される。上図はこれらを実現する固定ドームカメラを活用した監視カメラシステムのイメージ図である。

## 1. ま え が き

東京2020オリンピック・パラリンピックを見据えたセキュリティ強化のため、監視カメラシステムの需要が高まっている。

監視カメラは用途に応じて様々なところに設置され、その中でも低い天井や壁面等、手の届く場所に設置される監視カメラは、いたずら(傘による打撃)などによる破壊が懸念される。そのような破壊を防ぐため、特に耐衝撃性能を持つ監視カメラが求められている。

今回当社では、この要求に応えるために、耐衝撃性能を向上させた固定ドームカメラ(以下“耐衝撃性固定ドームカメラ”)を開発した。

## 2. 耐衝撃性固定ドームカメラ

### 2.1 仕 様

図1に耐衝撃性固定ドームカメラ外観を、表1に仕様を示す。



図1. 耐衝撃性固定ドームカメラ

表1. 仕様<sup>(1)</sup>

| 項目        | 仕様  |
|-----------|---|
| 撮像素子      | 1/3型 CMOS   |
| 有効画素数     | 約131万画素   |
| 画像サイズ     | ①SXVGA ②VGA ③QVGA                                   |
| ダイナミックレンジ | あり  |
| 電子増感      | 最大16倍   |
| 自動電子増感機能  | 自動/手動切換え  |
| デジタル増感    | 最大8倍  |
| 最低被写体照度   | スモークドーム装着時<br>標準時: 0.50ルクス<br>0.04ルクス<br>(電子増感16倍)  |
|           | クリアドーム装着時<br>標準時: 0.250ルクス<br>0.016ルクス<br>(電子増感16倍) |
| 耐衝撃性      | 50J (JIS C 60068-2-75準拠)                            |
| 使用温度・湿度   | -10℃~50℃, 80% RH以下<br>(ただし結露しないこと)                  |
| 外形寸法      | 約φ130×125(H)(mm)                                    |
| 質量        | 900g以下  |

CMOS : Complementary Metal Oxide Semiconductor  
 VGA : Video Graphics Array  
 SXVGA : Super eXtended VGA  
 QVGA : Quarter VGA  
 RH : Relative Humidity

## 2.2 特 長

耐衝撃性固定ドームカメラの特長は、次のとおりである。

- (1) 破壊防止のための耐衝撃性向上  
ハンマー試験(JIS C 60068-2-75)耐衝撃性50Jを実現
- (2) 解像度の確保  
ドームカバーの解像度200万画素を確保
- (3) 迷光現象の抑制  
画角外からの入光による映像品質低下を軽減

## 3. 開発内容

### 3.1 課題と解決方法

図2に開発フロー及び課題と解決方法を示す。

### 3.2 耐衝撃性仕様と試験規格

#### 3.2.1 耐衝撃性仕様

固定ドームカメラの市場では、耐衝撃性仕様は、欧米向けのIEC62262に基づく衝撃エネルギー“20J”と日本国内向けのJIS C 60068-2-75に基づく衝撃エネルギー“50J”に大別される。

当該ドームカメラでは、業界最高水準のJIS C 60068-2-75に基づく衝撃エネルギー“50J”を採用した。

#### 3.2.2 試験規格

耐衝撃性能“50J”とは、ハンマー試験規格の衝撃エネルギー値50J(最大)である。この試験は、図3に示すとおり、10kgのハンマーを0.5mの高さから振り子を用いて供試品を3回打撃するものである。

### 3.3 開発内容

固定ドームカメラの構成を図4に示す。内部部品であるカメラユニットとレンズユニットは、ケースによって固定され、透明なドームカバーで保護される構造である。今回

#### 【開発フロー】

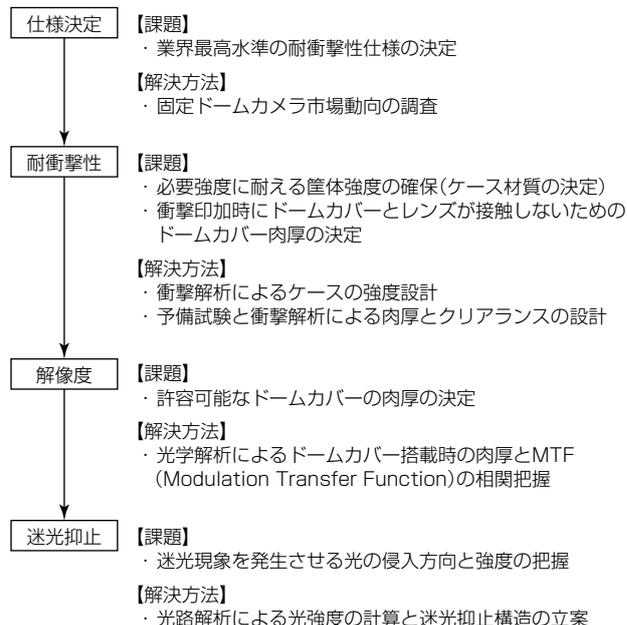


図2. 開発フロー及び課題と解決方法

開発した耐衝撃性固定ドームカメラは、カメラユニットとレンズユニットを既存製品から流用し、ケース及びドームカバーを新規開発することで、製品外部からの衝撃をケース及びドームカバーで吸収するとともに、衝撃緩和構造のゴム製遮光フードをレンズの近傍に設けることで耐衝撃性50Jを実現した。

これまで述べてきた設計を行うことによって、光学性能を満たしつつ、耐衝撃性50Jを満足する固定ドーム型カメラの製品化を実現した。

### 3.3.1 耐衝撃性を確保するドームカバーの肉厚<sup>(2)(3)(4)</sup>

#### (1) ケース材質の変更

ドームカバーに印可される衝撃はケースに伝達されるため、ケースは十分な強度を持っている必要がある。そこで、ケースの材質を既存製品の樹脂からアルミダイカストに変更した。

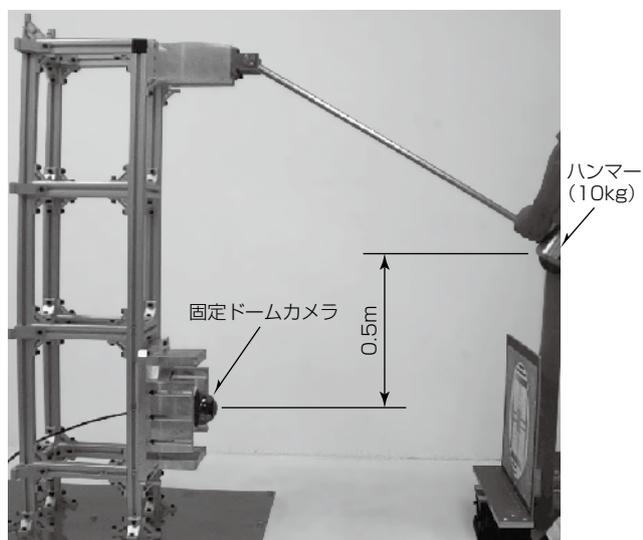


図3. ハンマー試験の様子

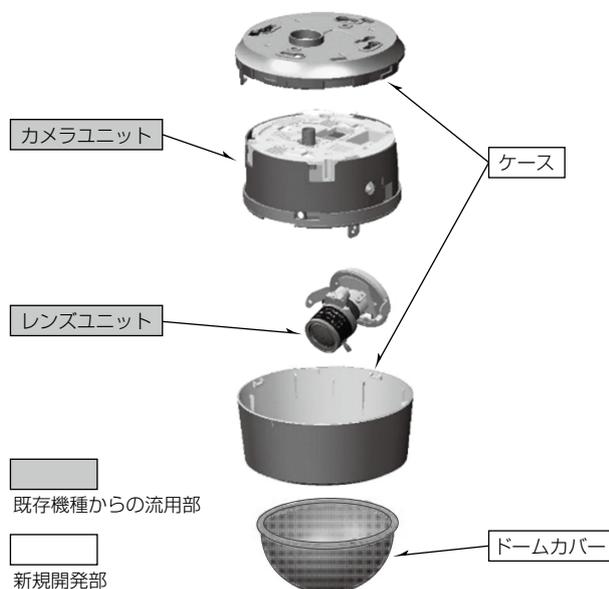


図4. 固定ドームカメラの構成

#### (2) ドームカバーの耐衝撃性設計

ドームカメラ内部のレンズユニットは半球状のドームカバーで保護される構造である。このドームカバーに衝撃が印加されると、ドームカバーが瞬間的に変形してレンズユニットに接触することで、レンズユニットが破壊されるおそれがある。これを避けるためには、ドームカバーが変形してもレンズユニットに直接衝撃が加わらないよう、ドームカバーの肉厚と、ドームカバーとレンズユニットのクリアランスを確保する必要がある。一般に、ドームカバーの肉厚を増せば衝撃を受けた時の変形量は小さくなるが、ドームカバーの肉厚は後述の3.3.2項に示す制約があり、最適化が必要である。衝撃解析による衝撃印加時のドームカバー変形量の算出に加え、予備試験を行うことでばつきを把握するとともに解析値の誤差を補正する係数を求めた。これによって設計精度を高めた。

求められた補正係数を用いてドームカバーの曲率半径、肉厚等をパラメータとして図5に示す衝撃解析を行うことで、レンズとドームカバー間のクリアランスに対し、ドームカバーが瞬間的に変形した際にレンズには接触しないドームカバー肉厚の必要条件(Amm以上)を求めた。

#### 3.3.2 解像度を確保するドームカバーの肉厚

ドームカバーの肉厚を増すと、屈折による光路差が大きくなるため、レンズの集光性能に影響して解像度を低下させてしまう。解像度が確保可能かを確認するため、ドームカバーの曲率半径、肉厚等をパラメータとして光学解析を行い、ドームカバーの肉厚を決定した。図6は光学解析のモデルである。無限遠からドームカバーに入射した光がレンズで集光されてCMOSが受光した際の焦点ずれ量を計算しており、解像度の指標としてMTFが求められる。図7は、光学解析の結果から求められたMTFとドームカバーの肉厚の相関をまとめたものである。この結果を基にMTF基準値を満足するドームカバー肉厚の必要条件をBmm以下が求められ、3.3.1項(2)で求めた耐衝撃性を確保する必要条件である肉厚Amm以上の条件から、ドームカバーの肉厚はA~Bmmとする必要があることが分かった。ドーム

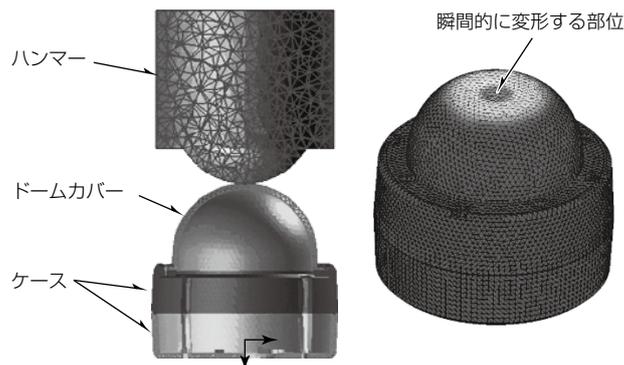


図5. 衝撃解析の結果

カバーの肉厚は、成形性(ヒケ等の外観不良)や材料強度(脆性(ぜいせい))を考慮すると薄肉の方が低リスクであることから耐衝撃性と解像度を両立できる肉厚Ammをドーム肉厚として決定した。

3.3.3 迷光現象の抑制

レンズユニットとドームカバーのクリアランスを増すと迷光現象が発生しやすくなり、映像品質が低下する。この迷光現象による映像品質の低下を抑制するため、光路解析によって迷光を発生させる光線経路を特定し、光の侵入を遮蔽するフードを設けることで迷光を抑制するとともに遮光フードをゴムで構成した衝撃緩和構造を持たせることで耐衝撃性も合わせて確保した。

(1) 迷光現象

迷光現象は光学機器の鏡筒内部などで発生する不必要な光の散乱のことであり、監視カメラの場合はレンズ画角外からの光がレンズへ不要に反射・屈折して画像に取り込まれ、画角内には存在しない被写体が映像として映し出される現象のことである。図8は迷光現象が発生した事例であり、レンズ後方などから侵入した蛍光灯などの光がドームカバーなどに反射して映像にフレアとして写り込んでいることが分かる。

(2) 光路解析の実施

(1)の迷光現象の発生を抑制するため、今回の固定ドーム

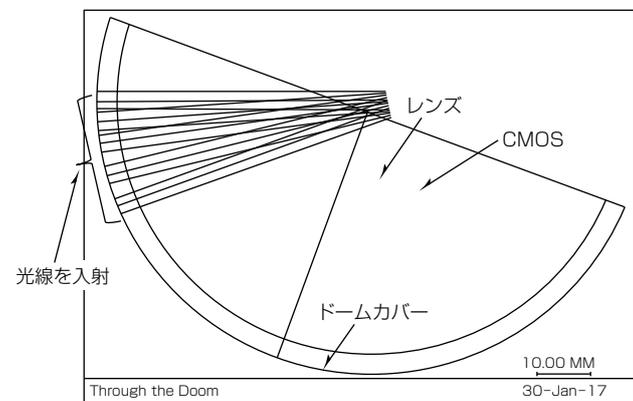


図6. 光学解析モデル

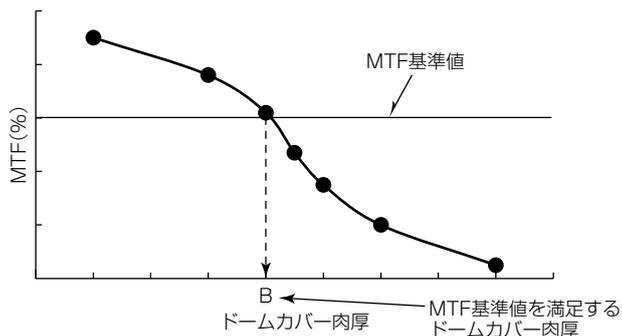


図7. 光学解析の結果

カメラ開発では、光路解析を活用してレンズ部を通過する光の経路と強度を計算によって把握した。図9は光路解析結果で、①レンズ後方からの光がドームカバー内面に反射してレンズに入射した場合と②レンズ側面からの光がレンズの縁とドームカバー内面に反射してレンズに入射した場合に迷光現象が発生することが判明した。

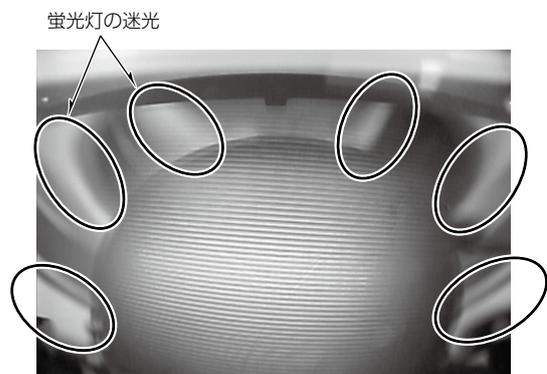
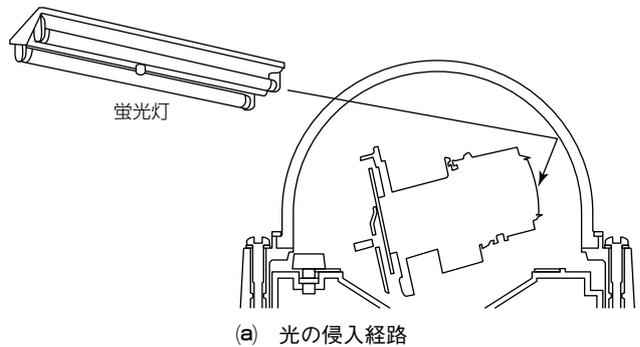


図8. レンズへの光の侵入経路と迷光現象の発生事例

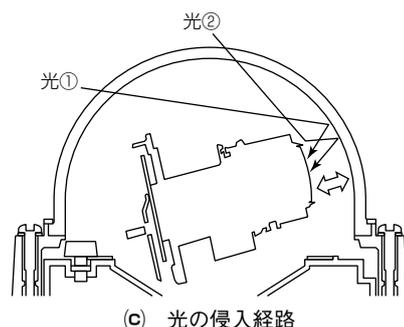
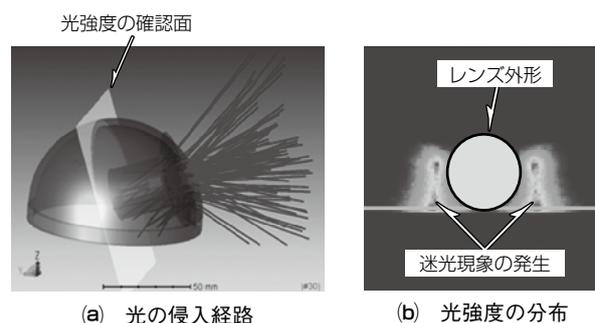
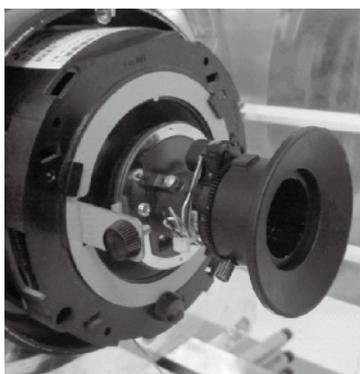
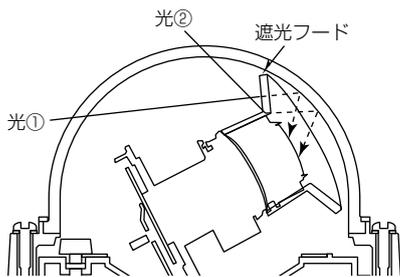


図9. 光路解析の結果

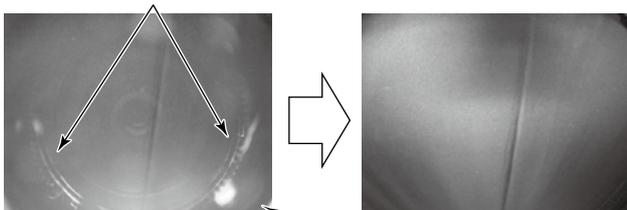


(a) 遮光フード



(b) 遮光フードによる光の侵入遮断

レンズが映像に映り込んでいる。



遮光フード：なし 蛍光灯の映り込み 遮光フード：あり

(c) 改善効果

図10. 迷光抑制構造と改善効果

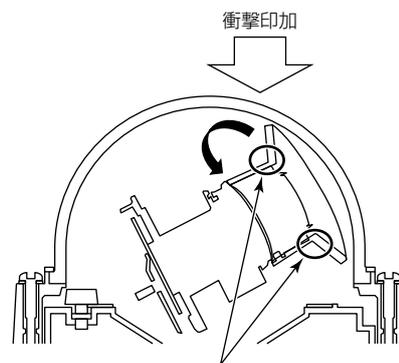
(3) 迷光抑制構造

(2)の光路解析の結果から図9に示す2経路によって迷光現象が発生することが明らかとなったため、光の侵入を遮断するフードを追加し、迷光現象を抑制することにした。図10(c)は対策前後の映像である。対策前の映像ではドームカバーにレンズが映り込んでいるが、対策後では改善していることが分かる。

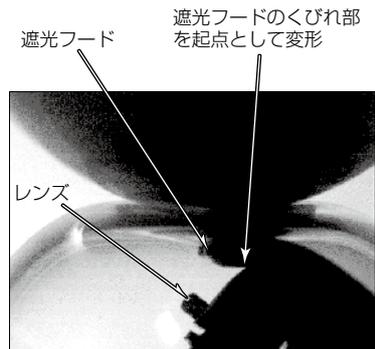
3.3.4 衝撃緩和構造

先に述べたとおり、迷光現象を抑制するために遮光フードをレンズ近傍に追加したことからドームカバーに受けた衝撃をレンズが受けやすい構造となった。そのため、遮光フードで以下の二つのことを行うことで製品外部からの衝撃を吸収する構造にした(図11)。

- (1) 遮光フードの材質をゴム材料で構成
- (2) 遮光フード根元にくびれ構造を設け変形の起点とした



遮光フードをゴム材料で構成し、くびれ部を設けて変形の起点とし、レンズユニットへの衝撃を緩和



衝撃印加時のフード変形状態

図11. 衝撃緩和構造

4. む す び

今回開発した耐衝撃性能を向上させた固定ドームカメラ(型名NC-6710, NC-8610)によって、既設監視カメラシステムの同軸/LANケーブル網を最大限活用可能な状態で破壊防止のための耐衝撃性能を向上させることを実現した。今後とも引き続き製品ラインアップの強化を図り、社会インフラ整備を支えることで安心・安全な社会の実現に貢献していく。

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/support/catalogue.html>
- (2) 笠井康行, ほか：広域監視ネットワーク向けHD・IP複合一体型カメラ, 三菱電機技報, 90, No.6, 357~361 (2016)
- (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)
- (4) 谷 則之, ほか：大型板金筐体の落下衝撃強度検証技術, 三菱電機技報, 84, No.12, 681~684 (2010)