

# Pick-up プロダクツ

## 高感度カメラと関連技術

株式会社ブルービジョン

工場検査において、高速に移動する被写体を撮像する手段として、高速度カメラ、高速シャッターカメラを使用することが多い。また、夜間の監視、光を照射することができない顕微鏡用途等、高感度カメラを求める市場は少なくない。本稿では、高感度カメラおよびペルチェ素子を使用した高感度化のための関連技術を紹介する。

### 1. 開発の経緯と技術的特長

高感度カメラとして供給されている製品として、イメージンテシファイヤーを使用したカメラ、EMCCD（電子増倍）を使用した固体撮像素子方式の高感度カメラなどがある。

イメージンテシファイヤーカメラは、結像された入射光を電子に変換したのち、MCP（Micro-Channel-Plate）にて電子増倍を行い、増倍された電子にて高感度蛍光画像を得ている。この蛍光画像をOptical FiberにてCCD等の固体撮像素子とカップリングし、高感度信号を得ている。EMCCD（Electron-multiplying CCD）は、CCD素子と読み出し回路の間に電子増倍機能をもつ高感度撮像素子である。何らかの方法で高感度を得るには、**表1**の方法が考えられる。弊社では、2つ

の視点から異なった高感度カメラを供給している。

弊社では、センサ自体が高感度である高感度カメラ「BV-C1800」(**写真1**)と、冷却素子を使用してCCD素子のノイズを抑え、結果として高感度を達成するカメラ「BV-C2800」(**写真2**)を販売および開発中である。

### 2. 高感度 CMOS カラーカメラ「BV-C1800」

「BV-C1800」は、低ノイズセンサの使用、大きな画素サイズの採用、Multi-Sampling技術にて高感度を達成している。**表2**は、本製品の仕様である。

被写体からの入射光はCMOSセンサに入射し、ピンフォトダイオードにて光子から電荷に変換される。変換された電荷はコラムADCにてデジタル変換される。このとき、Multi-Sampling処理を行

表1 高感度化の技術要素

高感度化技術	特長
高QE(量子効率)のセンサを用いる	裏面照射が増えている
大きな画素サイズのセンサを用いる	感度は画素の面積に比例
電子増倍	高価だが原理的には良い
Pixel Binning技術	画素間の電荷加算を行って感度を上げる
Multi-Sampling技術	1画素に対して複数回の読み出しを行いNoiseを低減する
露光時間を長く取る	暗電流の増加による画質の劣化
センサが発生するノイズを抑える	ペルチェ等の冷却デバイスの使用



写真1 BV-C1800 外観



写真2 BV-C2800 外観

表2 BV-C1800 製品仕様

項目	仕様
センサ	2/3-inch CMOS
Pixel size	7.1 $\mu\text{m}$ $\times$ 7.1 $\mu\text{m}$ 、1,280 $\times$ 1,024 pixels
同期	内部同期
出力	Digital: 720P (30/25)、1080P (30/25)、1080i (30/25) Analog: NTSC (59.95Hz)、PAL (50Hz)
最低実用照度	0.025lx (AGC ON)
マルチサンプリング	64回積算/フレーム: センサの機能
電子シャッター	Rolling Shutter: センサの機能
ADC	18BIT: センサの機能
S/N	52dB (感度upなし)
AGC	0 - 30dB
波長帯域	400nm ~ 950nm
機能	DCアイリス、オートホワイトバランス、ガンマ切り替え ダイナミックレンジ拡大機能、バックライト補償 自動露光補正
入力電圧	DC12V VV
サイズ(W $\times$ D $\times$ H)	63mm $\times$ 121mm $\times$ 56mm
レンズマウント	C mount

い、ノイズの低減を行って高感度を達成している。AD変換されたデジタル信号は専用DSPにて、ガンマ補正、ゲイン制御、色信号補正、バックライト補正、オートホワイトバランス補正、自動露光補正等がされ、HD-SDI信号、NTSC信号として出力する。

図1にセンサーの分光特性を示す。

## 2.1 高感度の要素

「BV-C1800」は、高感度を達成するために以下の手段を用いている。

- 大きな画素サイズの採用  
一般的な画素サイズが4  $\mu\text{m}$ 前後に対し、本センサは7.1  $\mu\text{m}$ である。感度が画素の面積に比例すれば、

$(7.1 \times 7.1) / (4 \times 4) = 3.15$  倍の感度である。

- Multi-Sampling 処理  
64回のMulti-Samplingは、その平方根の感度アップが期待できる。したがってMulti-Samplingによる感度アップ期待は8倍である。
- 専用DSPによる信号処理  
専用DSPによるデジタル色信号により、ノイズを抑えて輪郭補正を行っている。これらの効果により、一般的なCCDカメラに対して約10倍の感度向上を達成し、EMCCDに近い感度をもっている。

図2は、一般的なCCDカメラと「BV-C1800」の比較画像である。

撮像条件：シャッタ OFF  
 Gain Max. 30dB  
 レンズFNo. 1.2  
 被写体照度 0.11lx

図3は、ほぼ同じ条件にて20：00頃、横浜事務所から屋外を撮像した比較画像である。

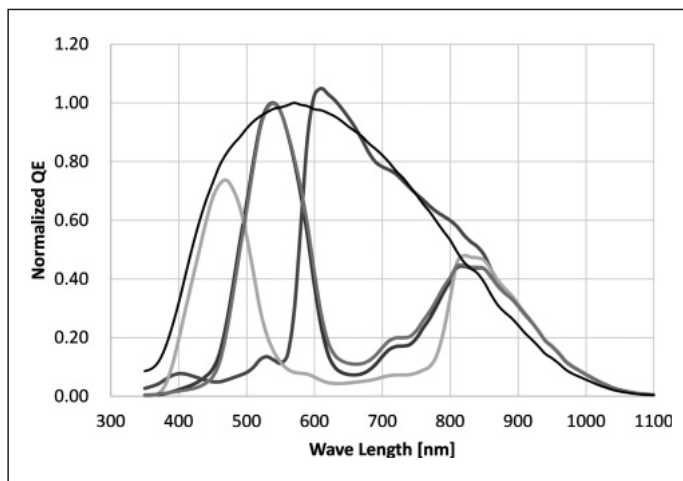


図1 センサの分光特性



図2 「BV-C1800」の画像(左)と一般的なCCDカメラの画像(右)

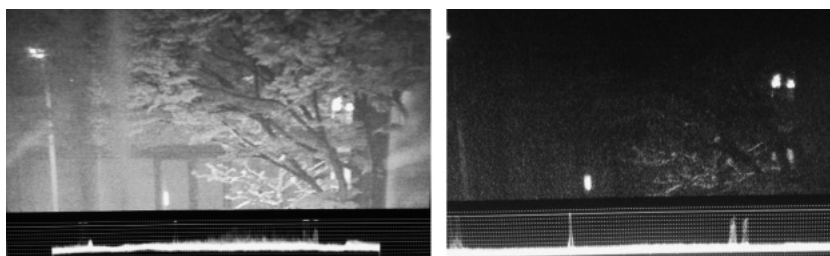


図3 夜間の画像「BV-C1800」(左)と一般的なCCDカメラ(右)

### 3. 冷却式高感度カメラ 「BV-2800」(白黒)

「BV-C2800」は、CCDセンサ裏面をペルチェ素子にて冷却することにより、高感度を達成している。図4は、カメラがもっているノイズを模式化している。一般的にビデオカメラがもっているノイズ成分として次が挙げられる。

#### Shot Noise :

入射光の光子の総数の平方根に比例して増える量子ノイズでランダムノイズである。

#### リセットノイズ:

センサ内部において1画素単位で電荷をリセットするときに発生するノイズである。理論的にはCDS(相関2重サンプリング処理)にて補正できるノイズである。

**暗電流：**

暗電流とは、熱エネルギーで励起された電子が誘起する画素単位で発生する固有のノイズである。熱エネルギーに依存するノイズであり、温度依存性及び露光時間に比例して増大する特徴がある。

**回路系のノイズ：**

CDS、Gain回路、電源等にて発生するランダムノイズの総和である。

「BV-C2800」は、温度依存性のある暗電流を軽減する目的で開発された。なぜなら、暗電流は使用温度、露光時間が一定であれば補正が可能である。しかし、実際の使用時に温度環境、露光時間を一定にすることは困難である。これを解決する

には、CCD素子を冷却して使用することである。CCD素子を冷却する効果としては、暗電流の軽減と画素傷の温度上昇による軽減も可能である。図5に暗電流とセンサ温度の関係をしめす。高温になると大きな暗電流が発生していることがわかる。

**3.1 ペルチェ素子**

ペルチェ素子とは、2極の電極をもったサーモジュールである。直流電流を流すと、ペルチェ素子の1面が冷却されると同時に、反対の面は加熱される。図6は、ペルチェ素子に流れる電流と冷却能力の関係を示している。具体的には図7のようにCCD素子の裏面にペルチェ素子を接着し、CCDの裏面から冷却を行っている。

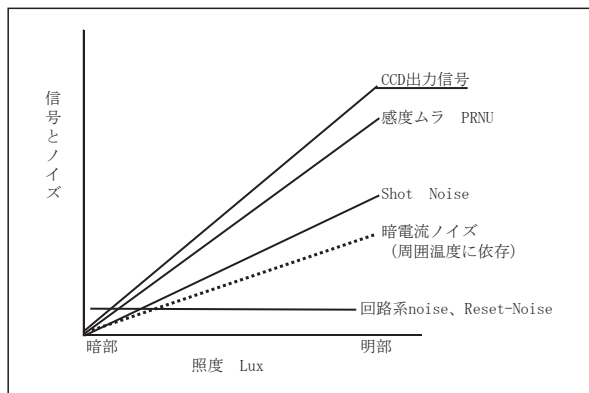


図4 カメラがもっているノイズ

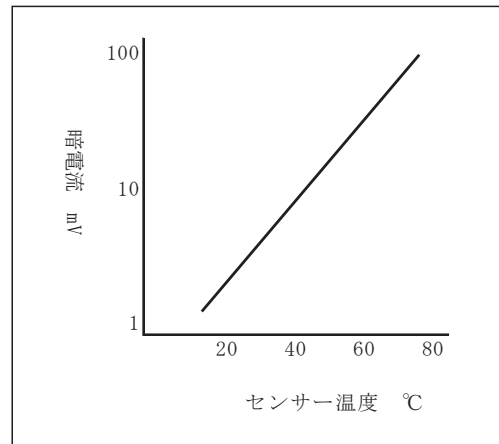


図5 暗電流と温度関係

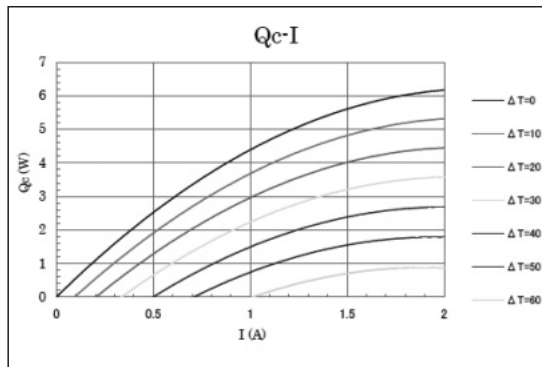


図6 電流と冷却効果  
(Y軸：熱吸収能力/X軸：電流)

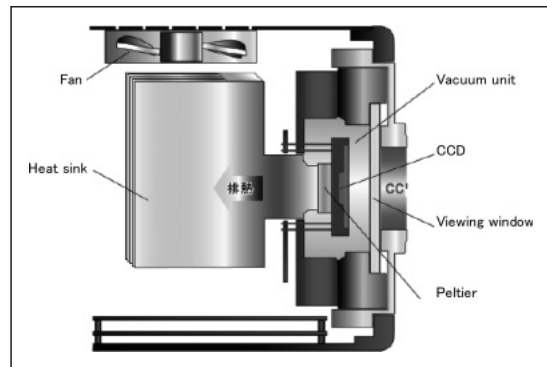


図7 CCD素子とペルチェ素子の関係

表3 「BV-C2800」 試作機仕様

(メモ: 本製品は、新潟市に本社を置く、株式会社マイクロビジョンとの共同開発プロジェクトの成果である)

項目	仕様
センサ	2/3型 CCD
Pixel size	4.54 $\mu$ m $\times$ 4.54 $\mu$ m、 1,990H $\times$ 1,460V pixels
フレーム数	1CH:18FPS 2CH:30FPS
トリガ入力	外部トリガ/S/Wトリガ
出力	CL: Camera-Link
冷却方式	ペルチェ素子 センサ裏面を0°Cに冷却
電子シャッタ	2時間 $\sim$ 1/10,000 グローバルシャッタ
S/N	55dB (感度upなし)
Gain	0 $\sim$ +12dB
波長帯域	400nm $\sim$ 900nm 白黒
機能	シェーディング補正、テストパターン、Binning、高速読み出し、低速読み出し
入力電圧	DC12V VV
サイズ(W $\times$ D $\times$ H)	95mm $\times$ 130mm $\times$ 95mm
レンズマウント	C mount

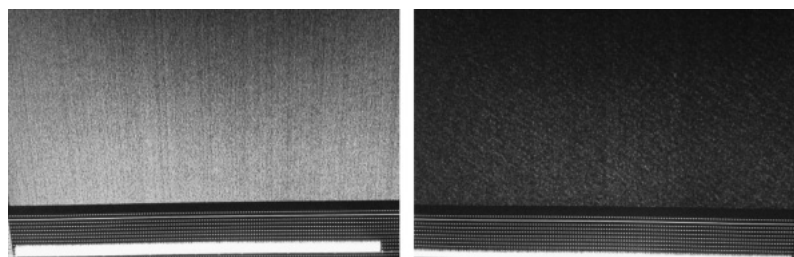


図8 40°C(左)と0°C(右)におけるノイズの比較

表3は、本製品の仕様である。

図8は、センサ周辺が0°Cのときの暗画面と40°Cの時の暗画面を撮像している。40°Cの画面では、暗電流、画素傷による画面のムラが大きくなっている。温度はセンサ裏面の温度であり、センサ内部の温度はより高い。

へのOEM供給も視野に入れている。今後、分光カメラとカメラの高感度化を両立した製品の開発に注力していく所存である。

#### 4. 今後のロードマップ

当社の特長は光学分光を用いた特殊カメラの開発、製造である。これを充実させるために高感度センサを用いたカメラおよびセンサ冷却型のカメラの供給は市場性があると考えている。特に光源の使用できない市場での貢献が可能と考える。冷却技術は、多種のセンサに応用が可能であり、ユーザ

☆(株)ブルービジョン

E-mail : sales@bluevision.jp

http://www.bluevision.jp/

■販売・お問い合わせ先

ダイトエレクトロン株式会社

画像機器グループ

TEL.03-3264-0326 FAX.03-3261-3984

E-mail : camera-info@daitron.co.jp

http://www.daitron.co.jp/