

ヘッド分離型 CMOS カラーカメラ IK-HR1H/IK-HR1CD

IK-HR1H/IK-HR1CD CMOS Full-HD Remote Head Color Camera System

大久保 正俊 篠崎 宏

■ OKUBO Masatoshi

■ SHINOZAKI Hiroshi

小型かつ高画質のビデオカメラを求める声は、ハイビジョン化が先行する放送業界だけでなく産業・医療用カメラでも高まっている。

東芝は小型、高画質でフルハイビジョン(1080p)対応のヘッド分離型CMOS(相補型金属酸化膜半導体)カラーカメラIK-HR1H/IK-HR1CDを開発した。カメラケーブルの信号線の削減と最適な熱設計によりカメラヘッドの小型化を図り、様々なシステムへ組み込めるようにした。カメラヘッドとカメラコントロールユニットの接続ケーブルには、映像信号の伝送レートが1.78 Gビット/sの高速デジタル伝送技術の採用により、最大10 mの伝送距離を確保した。当社は、様々な製品への組み込みや使用環境に対応するため、ビデオカメラの製品ラインアップを拡充している。

The demand for compact high-definition (HD) video cameras has been increasing not only in the broadcasting industry, which is the leader in HD technology, but also in the areas of industrial, medical, and scientific imaging applications.

Toshiba has developed a new full-HD remote head color video camera system, comprising the model IK-HR1H camera head equipped with a full-HD (1080p) complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) image sensor together with the model IK-HR1CD camera control unit, thereby strengthening our industrial camera lineup. The camera head achieves space saving by superior thermal design compared with existing products and can be mounted in a small space on equipment such as medical endoscopes and so on. Furthermore, with the use of a 10 m cable between the camera head and camera control unit employing high-speed digital transmission technology that can achieve a throughput of 1.78 Gbps, the system offers flexible installation and operation suitable for various forms of usage.

1 まえがき

放送業界では、アナログ放送からデジタル放送への移行に伴い、映像コンテンツやカメラシステム、記録装置など映像機器のデジタル化及びハイビジョン化が急速に進んでいる。また、民生用のデジタルカメラやビデオカメラ市場が牽引(けんいん)する形で撮像素子の高解像度化及び高画質化が進み、CMOS(相補型金属酸化膜半導体)センサの品質は年々向上している。CCD(電荷結合素子)センサに比べて高画素化や高フレームレート化に優位とされるCMOSセンサは、産業用途の市場にも進出し始めている。

東芝は、業務用ビデオカメラの分野で業界に先駆けてフルハイビジョン(1080p)出力に対応した一体型カメラIK-HR1シリーズを開発し、バイオサイエンス製品市場向けにDVI(Digital Visual Interface)出力の小型カメラIK-HR1Dを、放送用カメラ市場向けにHD-SDI(High Definition Serial Digital Interface)出力の小型カメラIK-HR1Sを2008年に商品化した。

業務用ビデオカメラの用途は、マシンビジョン、検査装置、工業用顕微鏡など工業用カメラを中心に展開してきたが、最近では、放送用、監視用、医療用システムとしても広く利用されている。工業用カメラとしては、カメラ単体としてだけでな



図1. 業務用ヘッド分離型CMOSカラーカメラ IK-HR1H/IK-HR1CD
— カメラヘッドを分離してよりいっそう小型化した。カメラコントロールユニットはDVI端子を搭載し、フルハイビジョン出力に対応している。
IK-HR1H/IK-HR1CD CMOS full-HD remote head color camera system

く、産業用ロボットや実装マシンのような工業用製品や装置に組み込まれたり、組み込み用のオプション機器として扱われることも少なくない。また、放送用カメラでは、天気予報や、生態観察、ゴールネット用などの据置きカメラから、ヘルメットカメラなど様々な利用形態がある。医療用カメラでも、診察機器や手術顕微鏡、硬性内視鏡といった製品に組み込まれる場合が多い。このように、様々な製品への組み込みやすさや使用環境に応じた形態のカメラシステムが求められている。

当社は、このような市場の要求に応えるため、IK-HR1シリーズをベースとして撮像部のカメラヘッドと映像信号の処理や制御を担うカメラコントロールユニットを分離するとともに、カメラヘッドをよりいっそう小型化したヘッド分離型CMOSカラーカメラIK-HR1H/IK-HR1CDを開発し、製品ラインアップに追加した(図1)。

2 概要

2.1 システム構成

今回開発したヘッド分離型カメラは、カメラヘッドIK-HR1HとDVI出力を備えたカメラコントロールユニットIK-HR1CDから構成される。カメラヘッドとカメラコントロールユニットを分離することでカメラヘッドを小型化できるため、狭小部への取付けが可能となる。このような形態のカメラには独自マウントを採用したマイクロカメラがあるが、今回、レンズマウントに汎用性の高いCマウントを採用し、ユーザーの用途により安価で様々な交換レンズを選択できるようにした。また、これによりHD画質にも対応できる。

カメラシステムのブロック図を図2に示す。カメラヘッドとカメラコントロールユニット間はシールドタイプのカメラケーブルで接続し、カメラヘッド用の電源、制御信号、及び映像信号を伝送している。ユーザーは、3 m、5 m、及び10 mの専用カメラケーブルから選択することが可能である。

カメラヘッドには撮像回路があり、撮像素子としてフルHDに対応した1/3型カラーCMOSセンサを採用した。CMOSセンサはプログレッシブスキャンで駆動し、映像出力モードに応じて1,920×1,080画素と1,280×720画素の出力を切り換えることができる。この映像信号は、デジタル信号のままインタ

フェース(I/F)回路を介してカメラコントロールユニットに送信される。

一方、カメラコントロールユニットでは、カメラヘッドからの映像信号がデジタル信号のまま映像信号処理エンジンに入力される。映像信号処理エンジンに実装された映像信号処理部は、画素情報の並べ替えと欠陥画素の補正処理を行った後、デモザイキング処理、ニー補正、ガンマ補正、ディテールやマトリクスといったエンハンス処理を行う。処理された映像信号は、アナログ及びデジタルのRGB(赤、緑、青)信号として映像出力回路から出力される。

2.2 機能

IK-HR1H/IK-HR1CDの仕様を表1に示し、主要な機能を以下に述べる。

2.2.1 ホワイトバランス ホワイトバランス(WB)は次の3モードを搭載しており、撮影シーンに合わせて使い分けができる。

- (1) 自動追尾ホワイトバランス(ATW) 被写体の照明条件が変化して色温度が変動する環境においても、カメラが自動的にWBを合わせる、屋外での撮影に有効な機能
- (2) オートホワイトバランス(AWB) ATWより精度の高いWB調整が可能で、測光エリア内にある白を基準にWBを合わせることができる。3,200 Kと5,600 Kの色温度切換えが可能
- (3) マニュアル Gレベルを基準にRレベルとBレベルをユーザーが設定できる。3,200 Kと5,600 Kの色温度切換えが可能

2.2.2 6色マトリクス R, G, B, Ye(黄), Cy(シアン), Mg(マゼンタ)の6色を映像から抽出し、それぞれの色相とゲインを調整できる。様々な撮影シーンに合わせて各色を

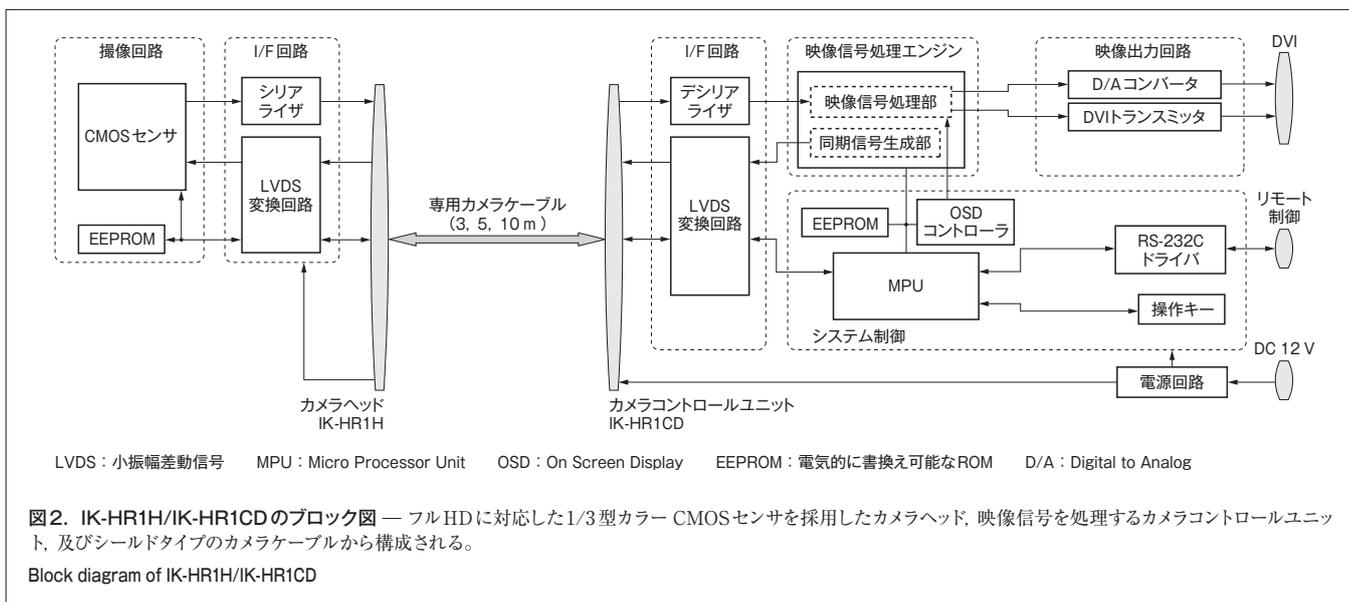


表1. 製品仕様

Specifications of IK-HR1H/IK-HR1CD

項目	仕様	
カメラ (IK-HR1H)	撮像素子	1/3型カラーCMOSセンサ (プログレッシブスキャン)
	有効画素数	水平：1,920画素 垂直：1,080画素
	レンズマウント	Cマウント
	動作周囲温度	0～40℃
	動作周囲湿度	90%以下
	質量	約48g (カメラ取付金具、ねじは除く)
外形寸法	30 (幅) × 35 (高さ) × 36 (奥行き)mm (突起部を除く)	
カメラ (IK-HR1CD)	信号フォーマット	1080/59.94p, 1080/50p, 1080/59.94i, 1080/50i, 720/59.94p, 720/50p
	走査周波数	水平：67.43 kHz 垂直：59.94 Hz (1080/59.94p 設定時)
		水平：56.25 kHz 垂直：50 Hz (1080/50p 設定時)
		水平：33.72 kHz 垂直：59.94 Hz (1080/59.94i 設定時)
		水平：28.13 kHz 垂直：50 Hz (1080/50i 設定時)
		水平：44.96 kHz 垂直：59.94 Hz (720/59.94p 設定時)
	水平：37.50 kHz 垂直：50 Hz (720/50p 設定時)	
	映像出力	DVI-I端子 (デジタルRGB, アナログRGB)
	感度	F4標準 (2,000 lx, 3,000 K)
	最低被写体照度	8 lx 標準 (50%映像レベル, F 1.4, ゲイン + 18 dB, ガンマ設定オン, 3,000 K)
	SN比	54 dB 標準 (ゲイン 0 dB, Y 換算)
	ホワイトバランス	自動追尾ホワイトバランス オートホワイトバランス マニュアル
	ゲイン	マニュアル (0～18 dB) / オフ (0 dB)
	シーンファイル	A, B, C, D, E
	リモート制御	シリアルデータ インタフェース (RS-232C 準拠)
	電源	DC12V ± 10%
消費電力	約6.2W (カメラヘッドを含む)	
動作周囲温度	0～40℃	
動作周囲湿度	90%以下	
質量	約138g	
外形寸法	44 (幅) × 44 (高さ) × 77.4 (奥行き)mm (突起部を除く)	
専用 カメラケーブル (別売品)	EXC-HR03 (約3m) EXC-HR05 (約5m) EXC-HR10 (約10m)	

*仕様はIK-HR1HとIK-HR1CDの組合せによる

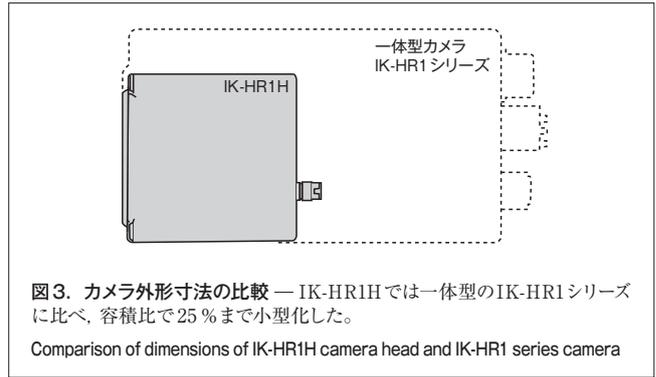


図3. カメラ外形寸法の比較 — IK-HR1Hでは一体型のIK-HR1シリーズに比べ、容積比で25%まで小型化した。

Comparison of dimensions of IK-HR1H camera head and IK-HR1 series camera

φ25.4 mm)とほぼ同一となる外形寸法 (30 (幅) × 35 (高さ) × 36 (奥行き) mm) を実現し、容積比で25%まで小型化した (図3)。

CMOSセンサからの映像信号がデジタル出力であることは、伝送経路における画質劣化が生じないという点ではCCDセンサのアナログ出力より有利であるが、カメラヘッドを小型化するうえでは、以下に述べる二つの技術課題を解決する必要があった。

一つ目は、カメラケーブルの信号線数の制約から、映像信号の帯域を確保しながらバス幅を削減する必要があること、二つ目は、高い周波数で駆動する部品からの発熱対策である。

3.1 信号線数の削減

CMOSセンサ内で光電変換後にデジタル化された映像信号は、12ビット×2チャンネルのデジタル信号として出力される。一体型のIK-HR1シリーズでは、このままのバス幅で映像信号処理部に入力することができたが、ヘッド分離型のIK-HR1Hでは、カメラケーブルを介してIK-HR1CDと接続する必要があり、カメラケーブルには、10 mまでの長さとし、扱いやすくするために太すぎず柔らかいことが求められる。

そこで、映像信号の伝送距離を確保し、かつカメラケーブルの信号線数の削減を実現するため、図2に示すようにシリアルライザとデシリアルライザを採用した。この伝送システムでは、最大74.25 MHzの平行データを差動信号で構成されるシリアルデータに変換しており、映像信号の伝送レートは約1.78 Gビット/sである。また、複数系統ある制御線を1系統にする回路をカメラヘッド内に実装することで、制御信号の本数も削減した。これらにより、電源とGND (グランド) ラインを除き、11ペア (22本) まで信号線を削減することができた。

また、伝送距離に対する性能を確保するため、カメラケーブルには配線遅延に対してスキュー性能に優れたものを採用した。しかし、柔らかいケーブルは銅線1本当たりの直径が細く、ケーブルの周波数特性の影響も受けることから、高速差動信号の振幅減衰や波形が鈍る現象が現れる。対策として、カメラヘッド側で伝送信号の特定の周波数成分を強調するプリエンハンス処理を行って10 mの伝送距離を確保した。

独立して調整することで、より豊かな色彩を表現することが可能である。例えばバイオ顕微鏡のように、細胞や赤血球などの忠実な色再現性が求められるケースで活用することができる。

2.2.3 測光エリア オート電子シャッター (AES) 機能及びAWB機能における測光エリアを、あらかじめ用意された5種類のパターンから選択できる。これにより、撮影シーンに合わせて最適な測光エリアを選択することができる。

3 カメラヘッドの小型化

このカメラの特長は分離したカメラヘッドの小型化にある。一体型カメラIK-HR1シリーズの外形寸法は44 (幅) × 44 (高さ) × 78 (奥行き) mmと、Cマウント対応のハイビジョンカメラとしては小型であるが、更に小さいカメラが必要となる分野をターゲットとしており、IK-HR1Hでは幅がCマウント (内径

以上の対策により、柔軟かく扱いやすいカメラケーブルを提供するとともに、カメラヘッドの小型化と最大10 mでの伝送性能の両立を実現することができた。

3.2 熱対策

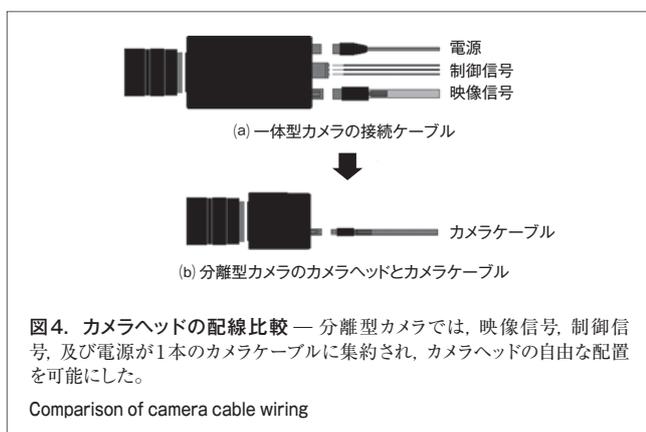
従来のカメラで採用してきたCCDセンサの場合、出力信号は振幅の小さいアナログ信号であり、カメラコントロールユニット内の映像信号処理部前段でA/D (Analog to Digital) 変換していたため、カメラヘッドの発熱箇所はCCDセンサとセンサ駆動回路だけであった。

これに対して、CMOSセンサは多機能を集積したSoC (System on a Chip) であり、映像信号もデジタル信号であることから、3.1節で述べたようにパラレルデータをシリアルデータに変換する必要があった。これにより、カメラヘッド内の消費電力の大きい部品はCMOSセンサとシリアライザになる。

IK-HR1Hでは、これら二つの部品を別基板に実装して、それぞれ放熱に最適な位置になるよう部品を配置することで放熱効率を高めた。特に、CMOSセンサについては固定金具に放熱機能を持たせ、筐体(きょうたい)へ直接放熱できる構造とした。また、搭載している電源回路を高効率化してカメラヘッドの発熱量を最小限に抑える設計にしたことで、高品位な画質を実現することができた。

4 製品の適用分野

ヘッド分離型カメラの優位性は、カメラヘッドが小型であることに加え、カメラヘッド背面の配線がシンプルなことである。カメラケーブルは、映像信号、制御信号、及び電源が1本でまとめられており、図4に示すように、複数のケーブルから成る一体型カメラに比べて設置場所での配線の取回しが容易である。電子顕微鏡を例にとると、接眼部付近にIK-HR1Hを配置しても操作の邪魔にならず、電源供給部やモニタ・記録装置に接続されるケーブル類は、IK-HR1CDとともに製品の目立たない場所に配置し、組み込むことができるため、電子顕微鏡の製品デザインに干渉しない。



手術顕微鏡の分野では、脳外科用の高性能で高価な手術顕微鏡からハイビジョン化が浸透し始めており、今後は、眼科用、形成外科用、歯科用、耳鼻科用と徐々に小型で低価格帯の手術顕微鏡にもハイビジョン化が広まっていくと思われる。高価で大型の脳外科用ではカメラ取付けにより接眼レンズ付近の可動部分の動きを妨げないことが望ましく、一方、眼科用や歯科用では手術顕微鏡自体が少し小さくなることから、いずれの場合もカメラヘッドの小型・軽量化は重要である。大規模な医療機関で導入されるような機器ではなく、開業医が使用する医療機器やバイオサイエンス分野で利用される電子顕微鏡などでは、高画質で安価なカメラシステムが要求されることから、IK-HR1H/IK-HR1CDのような単板でフルハイビジョン対応のヘッド分離型カメラが期待されている。

5 あとがき

今回開発したIK-HR1H/IK-HR1CDはDVI出力であるが、一体型カメラと同様に、放送市場向けにHD-SDI出力の製品を開発している。放送制作現場では、スタジオカメラや記録用の高品位カメラだけでなく、用途に応じてマイクロカメラや民生用カムコーダなども活用されている。DVI出力とHD-SDI出力への対応、及び一体型とヘッド分離型という4タイプの比較的低価格な製品をラインアップすることで、医療用、放送用、工業用カメラとして適用分野のすそ野を広げることを期待している。

今後も、利用形態にマッチする製品ラインアップを継続的に強化し、当社の業務用カメラのブランドイメージと認知度を向上させて社会に貢献できる製品の開発を進めていく。



大久保 正俊 OKUBO Masatoshi

デジタルメディアネットワーク社 業務用カメラ部 業務用カメラ設計担当主務。業務用カメラの開発・設計に従事。映像情報メディア学会会員。

Industrial Camera Systems Dept.



篠崎 宏 SHINOZAKI Hiroshi

デジタルメディアネットワーク社 業務用カメラ部 業務用カメラ設計担当主務。業務用カメラの開発・設計に従事。

Industrial Camera Systems Dept.