

光カメラリンクケーブル

新規事業推進センター 新井 義 則¹
光電子技術研究所 木村 直 樹²
光ファイバ・ケーブルシステム事業部 岡田 直 樹³
メタルケーブル事業部 舎川 亮 一⁴

Optical Camera Link Cable

Y. Arai, N. Kimura, N. Okada, and R. Tonegawa

カメラリンクは米国の Automated Imaging Association (AIA) が策定したデジタルカメラとフレームグラバとをつなぐインタフェース規格であり、工業用カメラに多く用いられている。画像データの伝送はパラレル方式が採用されており、各データチャンネル間の伝達遅延差によって伝送距離が制限される問題があった。そこで、われわれは独自の超小型光実装構造（マイクロコネクション）を採用することによりカメラリンクケーブルをアクティブ光ケーブル（AOC）化し、従来メタルケーブルの限界とされていた 10 m 以上の伝送を可能にした。

Camera Link, which has been standardized by Automated Imaging Association (AIA), is a communication interface between a machine vision camera and a frame grabber. It is being applied to many industrial cameras. As the high-speed data interface in a Camera Link cable consists of more than one parallel data stream, the cable skew limits the transmission length in many cases.

Therefore, we developed an active optical cable (AOC) for the Camera Link interface, in which our unique, ultra-miniature optical assembly structure has been applied. The optical Camera Link enables the transmission of a high-resolution image more than 10 m, which has been the maximum transmission length for conventional metal cables.

In this paper, we describe the optical Camera Link and its superior performance in detail.

1. ま え が き

FA 業界で用いられる各種製造装置、検査装置には多くの工業用カメラが採用されている。これらのカメラは高解像度化の要求とともにアナログ伝送方式からデジタル伝送方式へと移行が進んでいる。デジタル伝送方式にはカメラリンク、USB、IEEE 1394 などさまざまなものが存在し、ユーザは各インタフェースが持つ特性やコストによって使い分けている。本稿で取り上げたカメラリンクはFA市場に特化した固有のインタフェースを持ち、リアルタイム性に優れるため、FA市場で多く用いられている。しかし、映像データと、その同期クロックが並走するパラレル伝送方式であるためケーブルSkewの影響が顕在化しやすく、伝送速度と伝送距離がトレードオフの関係にある。そのため、長尺化が必要な用途では伝送速度を下げるなどの対処が必要だった。

この問題を解決するため、われわれはデータのシリア

ライズと独自の小型光実装技術を組み合わせ、更に高屈曲性を有するAOCを開発したので以下に報告する。

2. カメラリンク規格の概要

カメラリンクの伝送インタフェースは全てLVDSであ

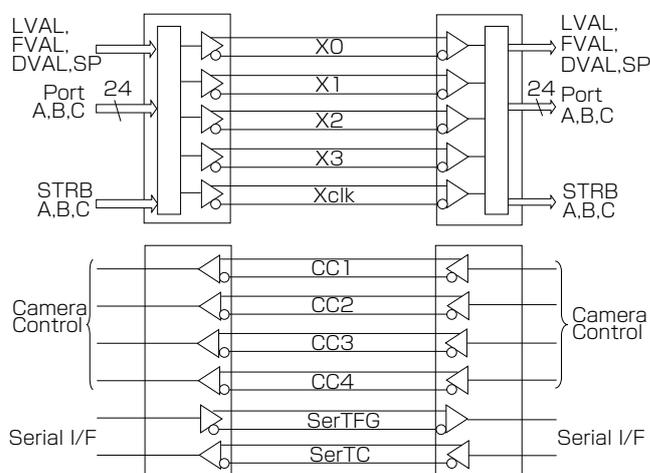


図1 カメラリンクのブロック図
Fig. 1. Block diagram of Camera Link.

1 クラウドコミュニケーションズ事業推進室
2 応用電子技術研究所
3 光ケーブル開発部部長
4 技術部グループ長

略語・専門用語リスト		
略語・専門用語	正式表記	説明
AOC	Active Optical Cable	電気信号を内部で光に変換して伝送するケーブル
Skew		信号の到達遅延差
LVDS	Low Voltage Differential Signaling	差動信号形式の一種
フレームグラバ	Frame Grabber	カメラ信号を取り込むパソコンの拡張ボード
シリアライズ	Serialize	複数本のデータを時間多重して1本にまとめる方式
OE変換部		光信号を電気信号に変換する機能ブロック
EO変換部		電気信号を光信号に変換する機能ブロック
FA	Factory Automation	工場における生産工程の自動化を図るシステム
VCSEL	Vertical Cavity Surface Emitting Laser	半導体基板と垂直に光が表面から取り出せるように考えられた半導体レーザーの一種
PIN-PD	PIN Photodiode	P型、N型層の間に真性半導体層（I層）をもった光半導体検出器
TIA	Trance Impedance Amplifier	PIN-PDから入力された電流信号を電圧に変換するアンプ
PoCL	Power over Camera Link	カメラリンクでコネクタピンを介しフレームグラバからカメラ電源を供給するしくみ

る。図 1¹⁾ に示すように、送信側はデジタルカメラから 24 ビットの画像データと 3 ビットの制御信号、および同期クロックを取り込み、X0～X3 と呼ばれる画像信号と Xclk と呼ばれるカメラクロックに変換して出力する。出力データの構成は図 2 の通りである。受信側は Xclk から同期クロックを再生し、受信した X0～X3 を元の画像データと各種制御信号に戻す。なお、Xclk の周波数範囲は 20 MHz～85 MHz である。

CC1～CC4 はフレームグラバからのカメラコントロール信号である。用途に対する規定はないが、主にシャッター信号などに使われる。SerTC および SerTFG は非

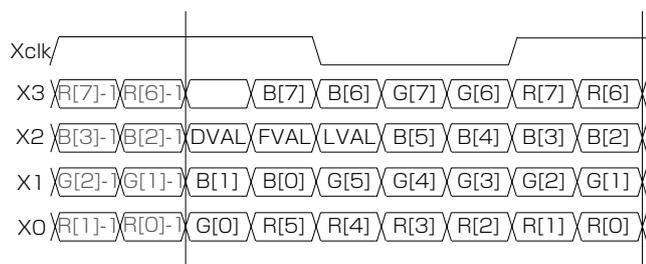


図 2 カメラからの出力データの構成
Fig. 2. Data mapping of camera interface.

同期のシリアル通信ラインでカメラとフレームグラバの初期設定などに使われる。

3. カメラリンクの問題点

3.1 伝送距離

現状のカメラリンクケーブルによる画像データの伝送可能距離は、カメラクロックの周波数が高くなるほど短くなる。これは画像データとカメラクロックの Skew によるものである。Skew がある限度を超えると、フレームグラバに実装されたレシーバがデータを取り込めなくなり伝送エラーを生じる。カメラクロックが仕様の上限である 85 MHz の場合を例にとると、伝送距離の限界、すなわち最大ケーブル長は計算上 5.8 m となる。逆にケーブル長を 10 m まで伸ばしたい場合にはカメラクロックの周波数を 40 MHz 程度に下げなければならない。¹⁾ また、産業用ロボットなど屈曲を繰り返す装置に搭載した際、屈曲による特性インピーダンスの変動で Skew が増大すると、伝送距離は短くなる。

一方で、近年の装置の大型化に伴って高解像度のデータを 10 m 以上伝送できるケーブルに対するニーズが高

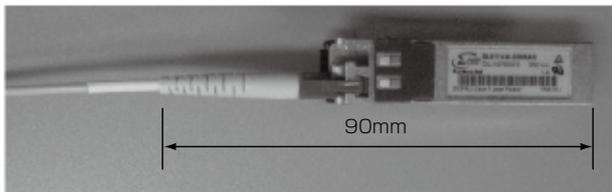


図3 SFP光トランシーバ
Fig. 3. SFP optical transceiver.

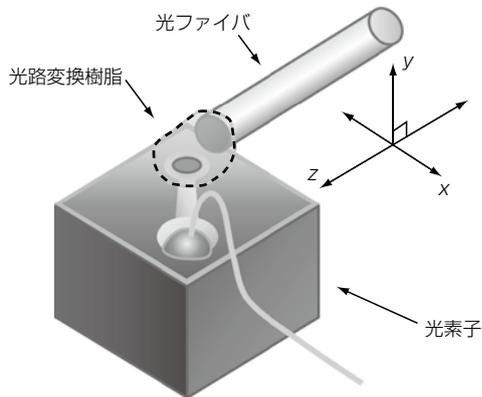


図4 マイクロコネクション
Fig. 4. Microconnection.

まっている。われわれはカメラリンクの優位性を損なわずに市場要求に応えるには、画像データとカメラクロックをシリアル化して光伝送するAOC構造が最適と考えた。

3.2 光結合構造

AOCは電気信号と光信号を変換する機能をケーブル端末部に収納させる必要がある。そのため、ケーブル端末部の全長が長くなってしまいう課題があった。図3に一般的なSFP²⁾光トランシーバの外観を示す。ブーツを含んだ全長は90mmとなり、市場要求である60mm以下を満足することは難しい。

そこでわれわれは、発光素子もしくは受光素子と光ファイバとを直接樹脂で繋げた超小型の構造、「マイクロコネクション」を開発することで端末部の小型化に成功した。マイクロコネクションは発光素子として発振波長850nmのVCSELを用い、受信側はPIN-PDを使用し、光ファイバにはマルチモード光ファイバを用いた。

図4にマイクロコネクションの外観を示す。マイクロコネクションは、光素子から光ファイバまでの大きさが、縦、横、高さとも0.5mm以下であり、光ファイバの固定部まで含めた構造全体の大きさも数mmと、従来に比べて劇的に小型化した。

マイクロコネクションは、光送受信で最低限必要な光素子（送信側はVCSEL、受信側はPIN-PD）と光ファイバと光路変換用の樹脂から構成され、その結果、小型化および低背化が可能となる。

表 主要諸元
Table. Main specification.

機 械 的 特 性	
ケーブル長	最長 30 m
コネクタ形状	カメラリンク規格準拠 26ピンコネクタ
電 気 的 特 性	
電源電圧	+12 V ± 10% (PoCL)
消費電力	0.82 W(Typ)
環 境 特 性	
動作周囲温度	-10°C ~ 50°C
動作周囲湿度	最大 90% RH
耐屈曲性能 (U字屈曲)	1000 万回以上
対 応 カ メ ラ 仕 様	
カメラクロック周波数	20 MHz ~ 85 MHz
接続形態	Base Configuration

4. 光カメラリンクケーブルの仕様

4.1 主要諸元

主要諸元を表に示す。カメラリンクBase Configurationに対応した機器との接続を可能にしている。

4.2 データ伝送方式

図5は光カメラリンクケーブルのブロック図である。PoCL機能のためにフレームグラバに用意された+12Vを各々の端末部内で降圧することによって、必要な電源を生成している。カメラ側ケーブル端末部ではXclkをトリガとしてX0~X3をシリアル化し、これを光信号に変換した後グラバ側ケーブル端末部に送る。伝送レートはXclkが85MHzの場合、2.38Gb/sとなる。一方、グラバ側ケーブル端末部は受信した光信号を電気信号に変換し、デシリアライザによって元の平行信号に戻し、フレームグラバに伝える。なおCC1~CC4およびSerTC、SerTFGはリアルタイム性と端末の小型化を目的に光化の対象外としている。

上記端末部にはカメラリンク規格に基づく26ピンのコネクタが取り付けられ、金属性のシェルに実装される。また、ケーブルには新たに開発した光・電気複合ケーブルを採用した。このケーブルは光ファイバ、ツイストペア線、電源線、編組によって構成されており、FA環境に配慮し、高い耐ノイズ性と耐屈曲性を有している。

5. 性 能

5.1 外 観

図6に開発した光カメラリンクケーブルの外観を示す。ケーブル端末部はアルミ製の金属シェルであり、ケーブル外径8.9mmでメタル線と光ファイバを複合した構造となっている。また、図7に示すとおりケーブル端末部の全長は市場要求である60mm以下を満足する54mmを実現した。

5.2 伝送性能の比較

AOCと通常のメタルケーブルでの伝送性能を比較し

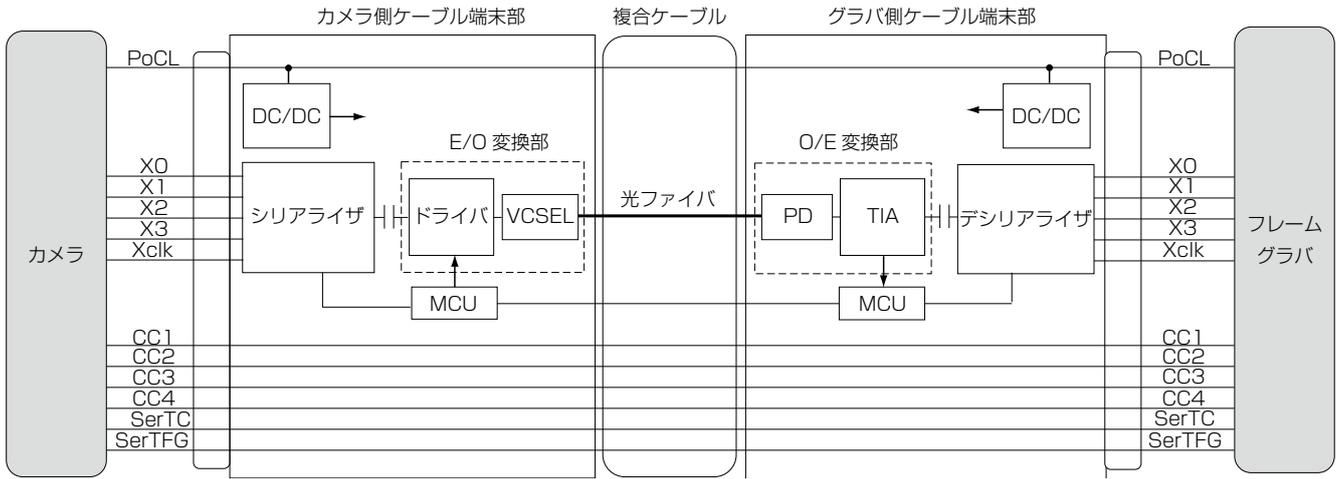


図5 光カメラリンクケーブルのブロック図
Fig. 5. Block diagram of optical Camera Link cable.



図6 光カメラリンクケーブルの外観
Fig. 6. Optical Camera Link cable.

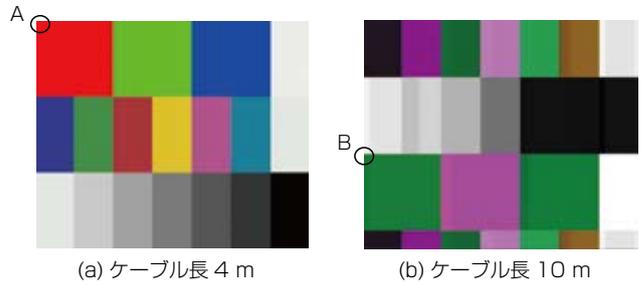


図8 メタルケーブルを用いた映像信号の伝送試験結果
Fig. 8. Test result of image data transmission by metal cable.

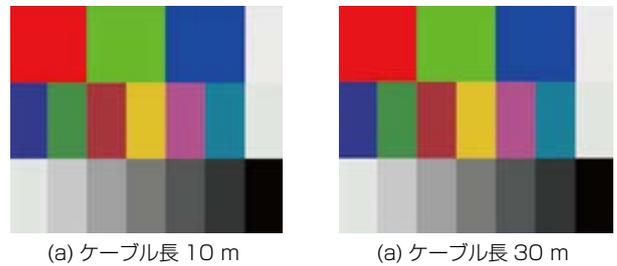


図9 AOCを用いた映像信号の伝送試験結果
Fig. 9. Test result of image data transmission by AOC.

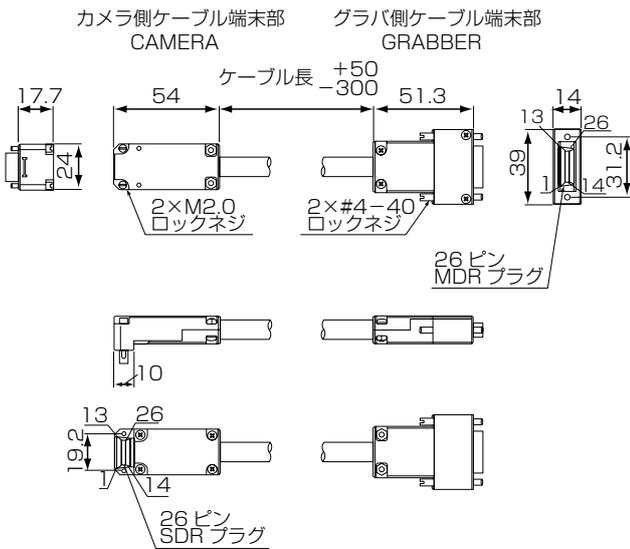


図7 光カメラリンクケーブルの外形寸法
Fig. 7. Dimension of optical Camera Link cable.

た。図8と図9は80MHzのカメラからのカラーバー信号を各々のケーブルにて伝送した後に、画面表示さ

せた時の画像である。

従来のメタルケーブルではケーブル長が4mと10mの時に明らかな違いが見られ、ケーブル長が10mの時に同期の乱れや画質の劣化が発生した。図8の例では本来(a)のA点にあるべき原点座標が(b)のB点にずれており、配色の乱れも確認できる。一方、AOCを用いた時は図9に示すとおりケーブル長に関係なく映像の乱れやノイズがなく、30mにおいても安定して画像を伝送していることを確認した。この違いは前記3.1項にて述べたメタルケーブルのSkewによるものである。

5.3 マイクロコネクションの信頼性

マイクロコネクションは、3.2項にて述べた通り受発光部面と光ファイバ端面とを光路変換用の樹脂を用いて

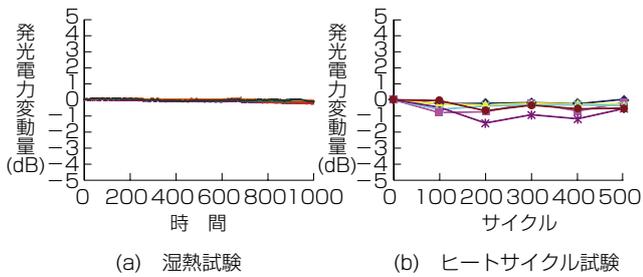


図 10 環境試験結果例

Fig. 10. Test result of environmental testing.

結合する構造となっており、気密構造をとっていない。そのため、マイクロコネクションには厳しい耐環境性能が求められる。われわれは、VCSELおよび樹脂などの材料選定と構造の最適化を行った。その結果、Telcordia規格³⁾に準拠した試験条件をクリアし、市場要求の信頼性水準に対して十分なマージンを有することを確認した。

図 10 は環境試験における送信側光出力の変動を示したものである。図 10 (a) は 85℃、85% RH 雰囲気下における 6.0 mA の定電流駆動の湿熱通電試験結果を、図 10 (b) は -40℃～+85℃ ヒートサイクル試験結果を示す。結果、全てのサンプルにおいて光ファイバ結合後の光量変動が 2.0 dB 以下となった。

6. むすび

われわれはシリアライズと小型光実装構造の組み合わせにより、ケーブル端末部が小型でかつ高解像度の映像信号を最長 30 m 伝送するカメラリンクケーブルを開発した。また、小型光実装構造は仕様環境下で十分な信頼性を有していることも確認できた。今後は、コネクタ形状などの多品種化と更なる長尺化を予定している。

参 考 文 献

- 1) AIA: "Camera Link Specification", Version 1.2, pp.13, pp.58-59
- 2) SFF Committee: "INF-8074i Specification for SFP (Small Formfactor Pluggable) Transceiver", Rev 1.0 May 12, 2001
- 3) Telcordia Technologies Generic Requirements GR-468-CORE Issue 2, September 2004