

# 電子機器をつなぐ高速伝送ケーブル及び耐熱フレキシブル配線基板

根岸 亨 岩崎 とも子

近年、産業用電子機器では、生産工程の効率化や自動化の要求に対応するため、画像情報の利用が活発化している。特に画像検査の分野では不良個所の微小化と検査対象の大型化の2つが進行しており、高精細で大容量の画像データを短時間で取得、処理することが必要となる。

一方、照明や車載用部品、各種産業機器などの高温環境下で使用される機器についても、高密度配線化や省スペース化が要求されている。

本稿では、これらの市場要求に応じて当社が開発した最近の製品（高速伝送ケーブル、耐熱フレキシブル配線基板）について紹介する。

定可能である。また、画像データと電力供給の双方に同時に対応した次世代の高速インターフェースである。

表1 CoaXPress クラス

CoaXPress クラス	伝送速度 (Gbps)
CXP-1	1.250
CXP-2	2.500
CXP-3	3.125
CXP-5	5.000
CXP-6	6.250

## 高速伝送ケーブル

### (1) 製品概要

産業用の画像処理装置ではカメラと画像処理装置の接続に高速インターフェースケーブルが使われている。近年、カメラの高精細化と動作速度の高速化が進み、大容量の画像データを瞬時に画像処理装置に転送することが求められるようになってきている。また、検査対象の大型化（例：K液晶パネル基板サイズ3350mm×3950mmなど）に対応するため、伝送距離拡大（10m～15m以上）の要求も増加しており、新しい伝送方式が必要とされている。このため、伝送速度の高速化と伝送距離の増大に対応する新しい伝送方式としてCoaXPress<sup>®</sup>が標準化された。CoaXPressは同軸ケーブルで、高速・長距離伝送に対応した画像伝送方式で、ケーブル1本当たり最大6.25Gbpsの伝送速度を有し、ケーブル4心を使用することで最大25Gbpsを実現している。

CoaXPressではその高速性を利用し、広範囲を検査するためカメラを平面上で移動させる用途があり、これに合わせてケーブルについてもスライド動作する要求がある。

当社ではこのような高速・長距離伝送に対応し、可動用途でも安定して高速データ伝送することが可能なCoaXPressケーブルを開発し、販売している。

CoaXPressは表1に示すように伝送速度によるクラス分けがされており、用途により伝送速度と伝送距離を選

### (2) 特長

本製品の特長を以下に、製品外観を写真1に示す。

#### ①低減衰化と長距離伝送

長距離伝送を実現するためには低減衰化が必要である。ケーブル構造が同一の場合、絶縁体の誘電率を低減することで低減衰化が可能である。本ケーブルでは絶縁体を高発泡化することで誘電率の低減と、さらに、絶縁体押出方法の改善により、特性インピーダンスを安定させ、低減衰化を図っている。本方法によりCXP-6を4心使用することで25Gbps時で最大15mの伝送距離を実現している。液晶パネル検査装置などではパネルの大型化により、10m～15mの伝送距離が必要であり、15m伝送可能となるメリットは大きい。また、クラスを下げることで伝送距離の拡大が可能であり、CXP-1の場合、最大50mに対応する。

#### ②動性能

同軸ケーブルは固定部での使用を基本としたケーブルで可動用途には適していない。当社ではカメラの移動に合わせたケーブル部のスライド動作（摺動）に対応したケーブルを用意している。可動によるケーブル部の損傷を低減するため、導体を可動に適した細線導体とし、可動性に優れたケーブル構造とすることで対応している。また、4心同軸ケーブルでは外被内に内蔵された4心同軸ケーブル同士が可動時に滑ることで各同軸ケーブル内部の損傷を防止するため、同軸線の滑り性を改善している。

### ③細径化

当社のCoaXPressケーブルには1心同軸ケーブルと4心を1つにまとめた構造の4心同軸ケーブルがある。同軸ケーブル4心を一括構造とした場合、ケーブル外径が大きくなるなど、配線性と省スペース化の問題が生じる。従来は同軸ケーブルの外径は最小で4mm程度であったが、本ケーブルは2.6mmまで細径化を図っている。

同軸ケーブルで導体径が同一の場合、絶縁体の誘電率が低いほど絶縁体外径を細径化可能なため、絶縁体を高発泡化することで誘電率を低減し、細径化を図った。

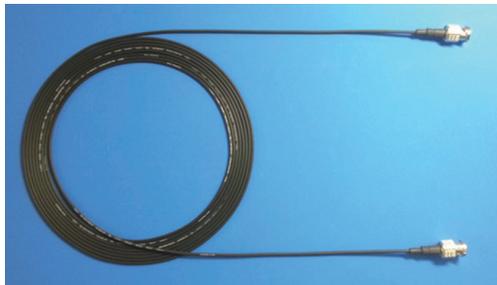


写真1 可動用 CoaXPress ケーブル

### (3) 仕様

CoaXPressケーブルの主な仕様を表2に示す。

当社のCoaXPressケーブルは用途に応じて1心タイプと4心タイプを用意している。それぞれについて、固定用と可動用の2つがあり、さらに、伝送距離により細径タイプ（伝送距離5m）と標準タイプ（伝送距離15m）を用意しており、用途に応じた選定に対応している。

なお、伝送距離は最大伝送速度に対応するCXP-6の場合を記しており、クラスを下げることで伝送距離の拡大に対応している。

表2 CoaXPress ケーブル仕様

対応規格	CoaXPress CXP-6							
	1心				4心			
心数	1心				4心			
用途	固定用		可動用		固定用		可動用	
伝送速度	6.25Gbps/レーン				25Gbps/4レーン			
ケーブル外径(mm)	細径	標準	細径	標準	細径	標準	細径	標準
	2.6	3.9	2.6	4.5	6.5	9	6.5	11
ケーブル長(m)	5	15	5	15	5	15	5	15
可動性能	-				1000万回以上			
コネクタ	両端BNC、両端DIN、片端BNC/片端DIN							

### (4) 可動性能

本ケーブルは曲げ半径30mmでケーブル部をスライド移動させる摺動動作では、回数1000万回以上の優れた耐久性がある。伝送性能を維持する上で重要な特性

である減衰量は1000万回摺動後でもほとんど変化せず、安定した信号品質を確保している。摺動による減衰量変化を図1に示す。

同軸ケーブルでありながらこの優れた可動耐久性は、可動に強い材料及び構造の工夫など、長年にわたり当社が蓄積してきたデータとノウハウにより、実現している。

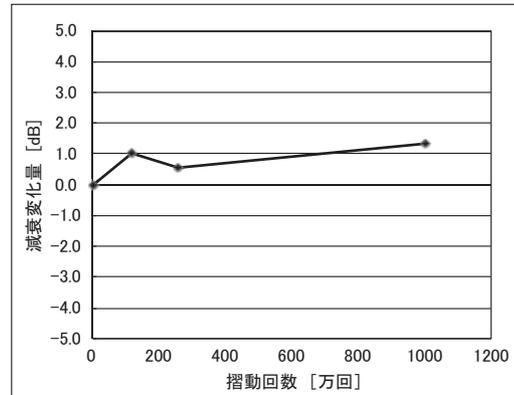


図1 摺動による減衰変化

### (5) コネクタ

CoaXPressでは75Ω系BNCとDINコネクタが使用されている。写真2にコネクタの外観写真を示す。

同軸コネクタは適合可能なケーブルの絶縁体外径が標準化されており、細径化した本ケーブルをコネクタにそのまま接続した場合、絶縁体とコネクタの絶縁体挿入部に空隙が生じ、特性インピーダンスが上昇、不整合による伝送信号の反射が増大するため、CoaXPress規格に適合できない。

このため、同軸コネクタと本ケーブル絶縁体との間に生じる空隙に金属部品を配置することで特性インピーダンスを低減、整合させることで反射特性を改善し、細径ケーブルでありながら、CoaXPress規格に適合している。



写真2 BNC コネクタ

写真3 DIN コネクタ

### (6) まとめ

CoaXPressケーブルは高速で高精細の画像伝送を行い、可動頻度が高く、長距離伝送を必要とするユーザがより一層安心して使用できる商品であり、今後、多くの産業用装置への採用が見込まれる。

## 耐熱フレキシブル配線基板

### (1) 製品概要

フレキシブル配線基板（以降FPC）（写真4）は高密度配線・一括接続・高柔軟性・軽薄性に優れており、現在スマートフォンをはじめ特に電子機器内の省スペース化配線材や可動部配線材、基板として幅広い分野で使用されている。

そして近年、照明や車載用部品、各種産業機器などの高温環境下で使用される機器についても高密度化や省スペース化が進んでいる。このような機器においても配線材としてFPCの活用が期待されているが、従来のFPCでは通常使用する温度の上限は100℃程度で、多様化するニーズに対応仕切れないという課題があった。

本項ではこの度沖電線が開発した高温環境下でも使用可能な「耐熱FPC」について紹介する。

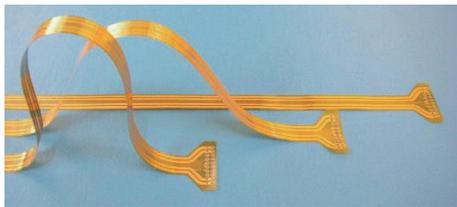


写真4 フレキシブル配線基板

### (2) 特徴

#### ① 高温負荷時における絶縁被覆密着強度の向上

一般的なFPCは熱に強く柔軟なポリイミドフィルムに銅箔を貼付して、回路を形成し、同じくポリイミドフィルムに接着剤用途の樹脂を塗布した被覆材（以降カバーレイ）で導体を絶縁被覆した構造を持つ（図2）。

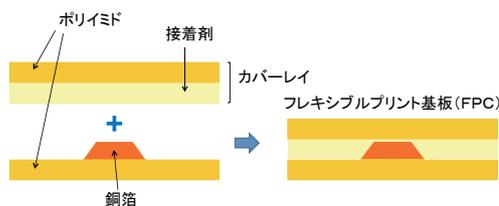


図2 一般的なFPCの構造

一般的なFPCは高温に長時間晒されることで絶縁被覆部の接着剤劣化が進み、絶縁被覆の密着強度が低下する。特に銅箔上の密着強度が低下する傾向がある。

沖電線の耐熱FPCは接着剤層の材料を見直し耐熱性をあげ、かつ銅箔表面に独自に処理することにより絶縁被覆部の密着強度向上をはかった。これにより150℃の高温下に1000時間放置した後も絶縁材の密着強度（JPCA規格：3.4N/cm以上）を維持することが可能になった（図3）。

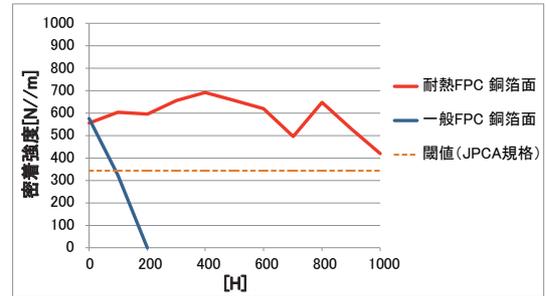


図3 高温負荷時(150℃)での絶縁被覆 - 銅箔面間の強度比較

#### ② 高温負荷時の電気特性確保（カバーレイ被覆）

耐熱FPCは高温環境下でも電気特性を維持する。

カバーレイを用い被覆した構成の耐熱FPCは150℃の高温下に1000時間放置した後も耐電圧、絶縁抵抗値はJPCA規格値を満足する（表3）。

また表裏2層を用い配線する両面構造の耐熱FPCでは、上記高温負荷に晒した後も表裏導体を層間接続するスルーホール部（以降TH）の抵抗変化率はJPCA規格値を満足する（図4、図5）。

更に85℃85%RHの高温高湿下での電気特性についても耐電圧、絶縁抵抗、マイグレーション、TH抵抗変化率いずれも一般FPC同様優れた特性を持っている。

表3 高温負荷時の電気特性（カバーレイ）

試験条件	項目	特性
	耐電圧	フラッシュオーバーなし
	絶縁抵抗	$\geq 10^5 \text{M}\Omega$
TH接続信頼性	抵抗上昇率 $\leq 5\%$	

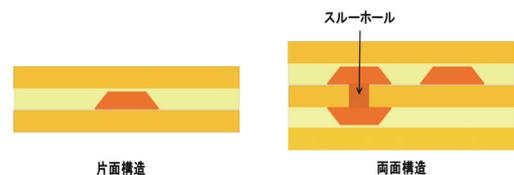


図4 FPCの片面構造及び両面構造

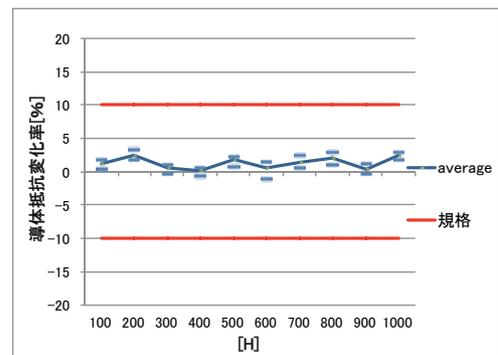


図5 高温負荷時(150℃)でのスルーホール導体抵抗変化率(カバーレイ)

### ③高温負荷時の電気特性確保（レジスト被覆）

高密度に部品実装する場合、FPCでも被覆材として通常の配線基板と同様にレジストインクを用いることがある。

耐熱FPCはレジストインクも被覆材として展開しており、カバーレイと同様に高温時での密着強度及び電気特性を維持している（表4、図6）。

同じく85℃85%RHの高温高湿下での電気特性についても一般FPC同様優れた電気特性を持っている。

表4 高温負荷時の密着強度及び電気特性（レジスト）

試験条件	項目	特性
150℃ 1,000時間後	基盤目評価	1mm100マス基盤目にて剥がれ等異常なし
	耐電圧	フラッシュオーバーなし
	絶縁抵抗	≥10 <sup>5</sup> MΩ
	TH接続信頼性	抵抗上昇率≤5%

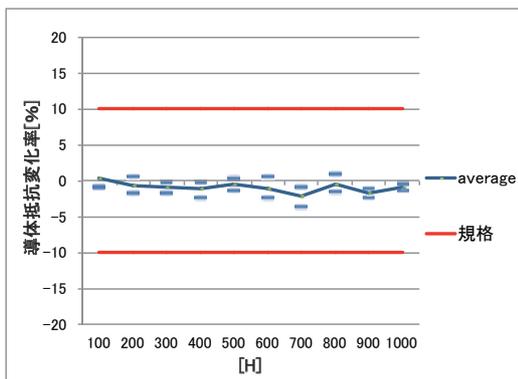


図6 高温負荷時(150℃)でのスルーホール導体抵抗変化率(レジスト)

### (3) 基板設計ルール

耐熱FPCは一般FPCの配線のピッチや形状、幅をそのまま利用できるため、従来とまったく変わらずに設計することができる。既製品を設計変更なしでそのまま耐熱FPCへ移行することも可能である（写真5）。

片面板、両面板に対応し、また製品仕様に合わせ被覆材のバリエーションとしてカバーレイとレジストインクの2種を使い分けることも可能である（表5）。

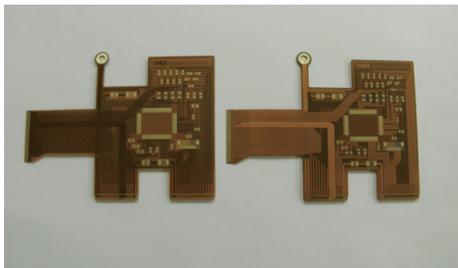


写真5 耐熱FPC（左）と一般FPC（右）外観

表5 耐熱FPC製品仕様

項目	仕様
層数(配線)	1層(片面)および2層(両面)
被覆	カバーレイ
	レジストインク
FPC幅	≤230mm
FPC長	≤450mm
層間接続	スルーホール(φ100μm≤)

### (4) まとめ

「耐熱FPC」は、従来困難とされてきた高温下での使用を可能とし、FPC本来の高密度配線・一括接続性・軽薄性の特徴を生かすことで、医療、照明、産業機器などの分野で新たな配線スタイルに貢献する。

### おわりに

産業用の電子機器や自動化機器で使用されるケーブルでは可動耐久性や高速伝送性能、耐ノイズ性、省スペース化などの多くの要求がある。また、FPCのより厳しい環境下での使用要求も高まっている。ここではこれらの市場要求に応じて開発した最近の新製品を紹介した。さらに高性能化の要求にも対応可能な製品を今後も開発していく所存である。◆◆

### 参考文献

1) CoaXPress規格：JIIA CXP-001-2013 CoaXPress Standard Ver1.

### ●筆者紹介

根岸亨：Tooru Negishi. 沖電線株式会社 電線事業部  
岩崎とも子：Tomoko Iwasaki. 沖電線株式会社 FPC事業部

## TiPO 【基本用語解説】

#### マイグレーション

湿度が高い環境下で二つの離れた配線間に電圧印加した場合に短絡が生じる現象

#### フラッシュオーバー

配線間に過剰の電圧が印加されることにより放電を生じる絶縁破壊現象

#### レジストインク

回路パターンを絶縁保護するインク。高密度部品実装部に多く使われる。