

# M12 X code コネクタ付き Cat.6A LAN ケーブルの開発

## Development of LAN Cable with M12 X Code Connector

田所 弘 圭  
Hiroyoshi TADOKORO

丸尾 久 雄  
Hisao MARUO

三 沢 満  
Mitsuru MISAWA

浦 卓 也  
Takuya URA

今 井 リ サ  
Risa IMAI

藤 田 道 朝  
Michitomo FUJITA

産業用 LAN の普及に伴い、コネクタについても高い接続信頼性が要求されてきている。近年では、従来の RJ45 ではない産業用コネクタも市場に出回り始めている。この中で、高い接続信頼性を誇り、防塵防水性を有する M12 X code コネクタを高遮へい・耐油・耐屈曲の産業用 LAN ケーブルと組合せ、Cat.6A の特性を満足させることに成功した。

With the spread of industrial LAN, high connection reliability is also required for connectors. In recent years, industrial connectors other than the conventional RJ45 have also begun to appear on the market. Among these, we succeeded in satisfying the characteristics of Cat.6A by combining the M12 X code connector, which boasts high connection reliability and is dustproof and waterproof, with an industrial LAN cable with high shielding, oil resistance, and bending resistance.

### 1. はじめに

昨今、少子高齢化に伴う社会課題解決手段として、介護ロボットの開発やコロナ禍の中、遠隔地での医療ロボット等、様々な分野において、産業用ロボット、AI (Artificial Intelligence 人工知能)、IoT (Internet of Things) のニーズの高まりに伴い、高速化・過酷環境への機能向上が産業用 LAN ケーブル及びコネクタに求められている。

一方、産業用 LAN ケーブルは、既に上市し、需要も年々急速に伸びているが、端末のコネクタ部は、従来の RJ-45 コネクタをマイナーチェンジした防塵・防水機能を付加したコネクタで対応していたが、可動部による引張力には限界があった。

本報では、その課題を解決した M12 コネクタ付きケーブルの開発について報告する。

### 2. 産業用ネットワークの動向

産業用ネットワークの動向として、フィールドバス方式からイーサネット方式への転換が、2018 年に逆転したことが、イーサネットシェア推移で分かる (図 1, 参考文献 2))。

ドイツ起点に提唱されたインダストリー 4.0 による工場 IT 化が進んだことが要因と言われている。

イーサネット方式は、米国 IEEE802.3 委員会で標準化された世界的に最も普及した伝送方式であり、年々高速化への技術開発も凄まじい発展を遂げている。一方、フィールドバス方式は、FA (Factory Automation) 導入の工場や

IoT 対応の機器使用の工場で代表的に使用されている方式であり、様々な会社や団体から提供されているが、通信速度の限界が課題となっていた。

工場ネットワークは、大きく 4 つに分類されるが、接続の中間地点であるコントロール系に近年、産業用イーサネットが採用され、過酷な環境下における高速化・大容量化を実現している (表 1, 図 2)。

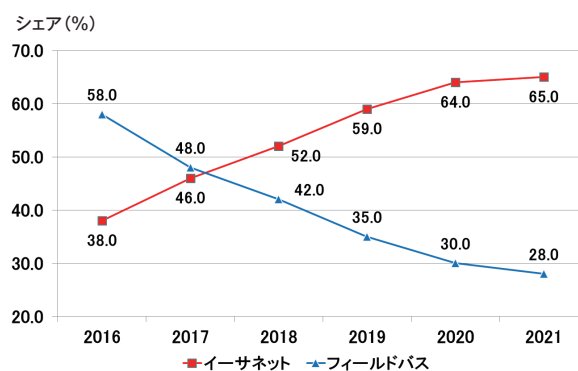


図 1 イーサネットシェア

表 1 工場ネットワークの分類

ネットワーク分類	名称	サイト
情報系	イーサネット	事務所
コントロール系	イーサネット (産業用) フィールドバス	工場内
フィールド系		設備内
センサ系		

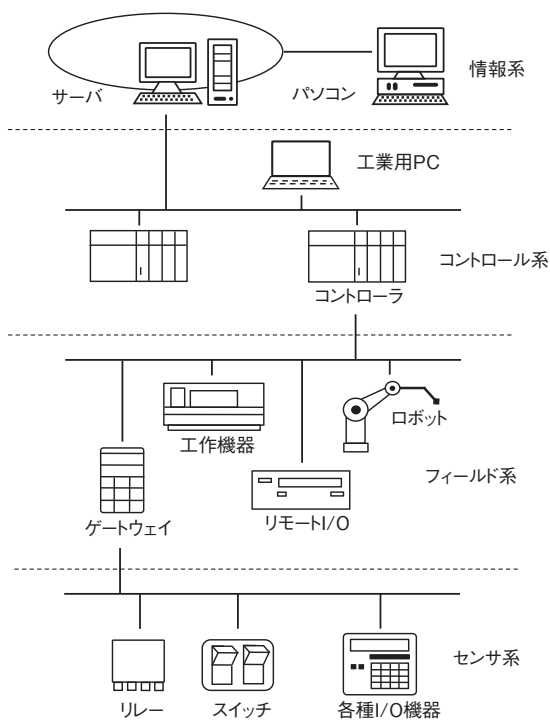


図2 工場ネットワークの構造

### 3. コネクタ種類

LAN用コネクタは、RJ-45 (Registered Jack) が一般的に普及しており、8極8心接続できるタイプである。ISO 8877にてサイズ等が標準化されている。また、電話用のRJ-11 (6極) と構造が酷似しており、接続や加工の容易さから広く普及している。

一方、オフィス、マンション、家庭環境で使用されることを想定した構造のため、RJ-45コネクタでは、防水性がなく屋外や過酷な条件下での使用には不向きであるため、RJ-45に代わるコネクタの採用が急務であった。

その対応として、産業用として広く使われているねじ込み式の丸形コネクタであるM12コネクタに着目した。

M12コネクタには、codeごとに使用用途が異なり、A codeでは、DC電源で動作するセンサやその他の小型デバイス用、B codeでは、プロフィバス (フィールドバスの一種) で使用されるのが一般的である。

イーサネットでは、長らく4極のD codeによるCat.5eが主流であったが、Cat.6以降の情報伝送量の増大に対応すべく、2014年にM12 X code (IEC61076-2-109) が規格化され、海外メーカーがこぞって製品化を行った (表2)。

当社においても開発が完了していた高遮へい型Cat.6Aケーブルと組立型M12 X codeコネクタとの組み合わせを検討し、問題の無いことを確認する中で、より小型軽量、安価なモールド型への方向転換を行った。

表2 M12コネクタ種類

M12 code種類	使用用途	備考
A code	DC電源センサ	
B code	プロフィバス	
D code	4極 Cat.5e	100 Mbps
X code	8極 Cat.5e ~ Cat.6A	1 Gbps ~ 10 Gbps

### 4. M12 X code コネクタの特徴

M12 X codeコネクタは、鉄道及び、産業機器用向けとして開発されており、高速通信対応 (10G Cat.6A) で、耐振性、防塵防水性 (IP67) といった高い接続信頼性を有しながら容易に脱着することが可能である。また、組立型、モールド型といった2種類のタイプがあり、組立型は現地施工が容易に行え、同じ導体サイズであれば、何度か成端し直すことができる一方、コネクタ単体が比較的高価であり加工時の量産性がモールド型と比較し劣る。モールド型は、現地施工ができない代わりに、組立型より比較的安価で量産対応ができ、小型軽量化できる点が優れている (表3)。

表3 組立型とモールド型の違い

	現地施工	価格	量産性	大きさ
組立型	○	△	△	△
モールド型	×	○	○	○

### 5. M12 X code コネクタとケーブル接続加工

#### 5.1 ケーブル

ケーブルは、高遮へい型Cat.5e (適用周波数帯域100 MHz) と高遮へい型Cat.6A (適用周波数帯域500 MHz) を用いた (表4, 図3, 図4)。

ケーブル構造の大きな違いは、Cat.6Aケーブルは適用周波数が高いため、伝送特性を満足させるため、中心に十字型の介在が配置されていることである。尚、この構造の違いは、コネクタ接続の際にも注意を要するポイントであり、如何に4対の形状を維持した状態で加工するかということになる。

表4 ケーブル種類

ケーブル型名	サイズ×対数	性能	備考
HFS-TPCC® 5 PATCH-FA	26 AWG × 4P	Cat.5e	~ 100 MHz
HFS-TPCC® 6A PATCH-FA	26 AWG × 4P	Cat.6A	~ 500 MHz



図3 HFS-TPCC® 5 PATCH-FA (Cat.5e)



図4 HFS-TPCC® 6A PATCH-FA (Cat.6A)

## 5.2 コネクタ

コネクタは M12 X code コネクタ（モールド型）を施す（図5）。

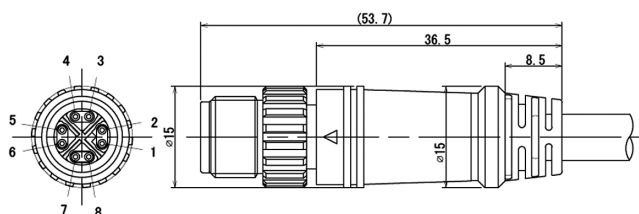


図5 M12 X code コネクタ（モールド型）

## 5.3 加工時の課題と対策

加工時の課題としては、モールド加工を施す際の射出成型機による樹脂圧力がケーブル内構造にどのような影響を及ぼすかであり、下記に主な2点を挙げた。

（モールド加工時課題）

- ・ 撚り状態の維持（対撚りの乱れ、潰れ等）
- ・ 伝送特性の維持（高周波帯域における性能確保）

上記課題を鑑み、実験を重ねながら、射出成型による樹脂圧力を分散させる為、モールド内の下処理設計を見直し条件確立することで本課題は解決に至った。（特許出願中）

## 6. 実験結果（構造、伝送特性）

モールド型の M12 X code コネクタ（改善前）と当社の産業用 LAN ケーブルと組合せ、特性の確認を行った。基本特性の評価結果を表5に示す。

Cat.5e ケーブルとの組合せでは良好な結果を得たが、Cat.6A ケーブルでは NEXT（近端漏話減衰量）、RL（反射減衰量）共に不合格となった。この差は、当然 Cat.6A が Cat.5e に対し、カバーする周波数帯域の差（Cat.5e：100 MHz、Cat.6A：500 MHz）もあるが、閾値が厳しいこともある（図6）。

表5 M12 コネクタ付きケーブルの特性（改善前）

LAN ケーブル	バッチコード試験		絶縁抵抗	耐電圧	備考
	NEXT	RL			
HFS-TPCC® 5 PATCH-FA	○	○	○	○	Cat.5e
HFS-TPCC® 6A PATCH-FA	×	×	○	○	Cat.6A

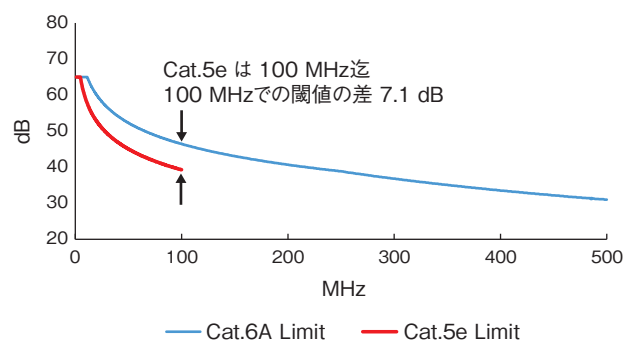


図6 Cat.6A と Cat.5e との閾値の差（NEXT）

Cat.6A 性能を満足させるためには、5.3 項で述べた課題を解消させる必要があり、その改善前後の状態を X 線写真にて確認した。

図7は改善前の状態であり、モールド内の配線の乱れ、偏りが確認できる。この現象は、射出成型時の樹脂圧による影響であり、高周波帯域での特性劣化の原因となる。

一方、図8に改善後の状態があるが、各対間の距離が均等な状態を維持しており、射出成型時の樹脂圧の影響を受けても、配線の乱れ、偏りを最小限に抑えられていることが解る。



図7 X線写真（対撚りの乱れ、偏り）

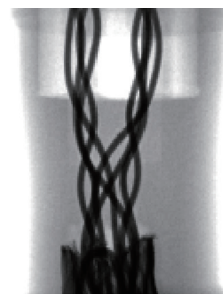


図8 X線写真（特性改善後）



次に、改善前後の伝送特性の確認結果を図9に示す。

NEXTについて改善前では、全周波数帯域にて閾値を超えることが出来なかったが、改善後では、全周波数帯域にて十分なマージンを確保できている。また、改善前のRLは、特に250 MHz付近～400 MHz付近にて閾値を超えられていなかったが、改善後では、NEXTと同様に全周波数帯域にて十分なマージンを確保することができた。

M12 X codeのモールド型は、組立型に対し、約45%の小型化に成功した(図10)。



図10 組立型(上) モールド型(下) 比較

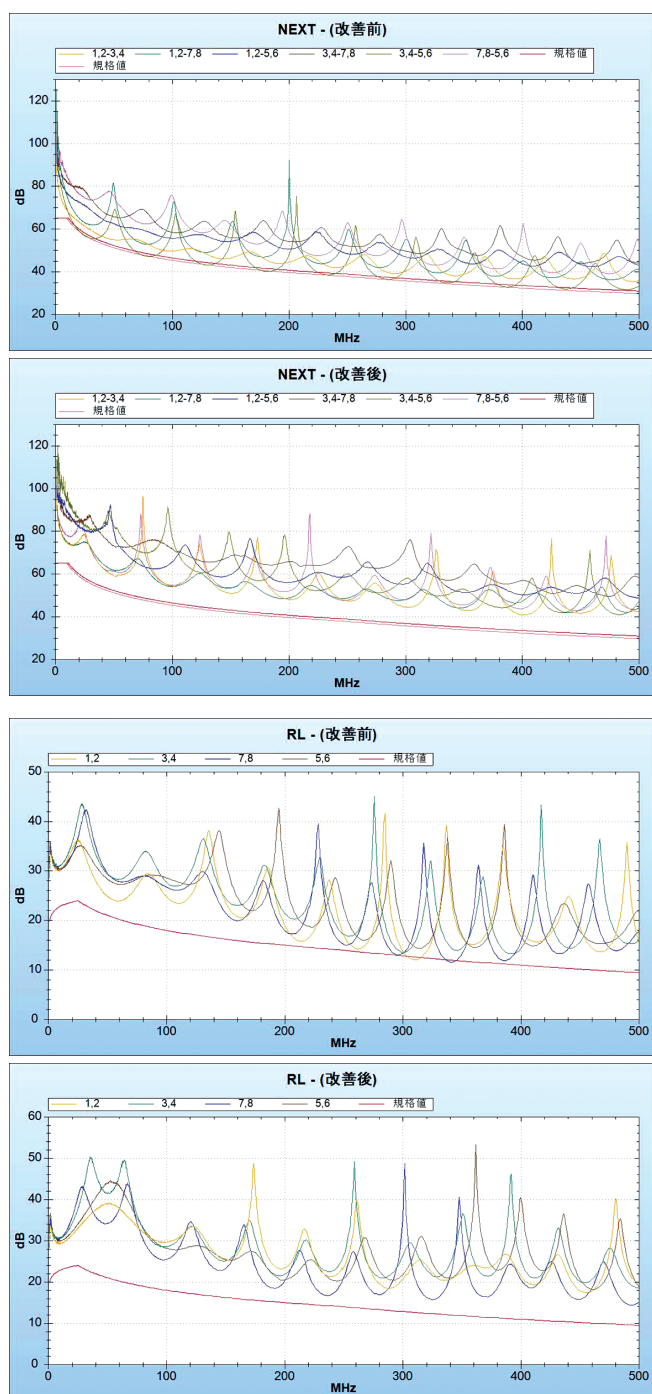


図9 NEXT, RL 特性改善結果

## 7. 信頼性評価

M12 コネクタ付き Cat.6A ケーブルの信頼性評価試験の結果を表6に示す。試験は、IEC 61076-2-109 からコネクタとケーブルとの組合せによって影響の出る項目を重視し選定、また使用環境を想定した項目について追加、評価を実施した。M12 X code コネクタの特徴である、接続信頼性確認試験の正弦波振動試験、衝撃試験において、瞬断無く問題がなかった。もう一つの特徴である、防塵防水性の確認においても、IP6X 試験、IPX7 試験共に問題ない事を確認した。

表6 信頼性評価結果(抜粋)

試験項目	試験規格 (IEC)	結果	可否
遮へい特性	61196-1	ケーブル同等	○
IP 保護等級	60529	IP67	○
機械的動作	60512-9-1	試験後 初期特性を満足	○
正弦波振動	60512-9-1	1 $\mu$ s以上の瞬断無き事	○
衝撃	60512-9-1	1 $\mu$ s以上の瞬断無き事	○
コンタクトディスターバンス	60512-2-5	2.5 $\mu$ s 以上の瞬断無き事	○
混合ガス流腐食	60068-2-60	試験後 初期特性を満足	○
高温	60512-11-9	試験後 初期特性を満足	○
低温	60512-11-10	試験後 初期特性を満足	○

## 8. まとめ

近年の、産業機器のイーサネット化に対応するため、M12 X code コネクタ付き LAN ケーブルを開発した。本開発品はモールドタイプであるため、現場施工が不要であり、従来の組立型と比較し小型軽量であることが特徴であり、今後は、上市に向けた量産性確認等を進めていく。

## 参考文献

- 1) 国際電気標準会議：IEC 61076-2-109：2014 CONNECTORS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT -PRODUCT REQUIREMENTS - Part 2-109: Circular connectors - Detail specification for connectors with M 12 x 1 screw-locking, for data transmission frequencies up to 500 MHz
- 2) Thomas Carlsson：産業用ネットワーク市場シェア動向 2021 (2021.3.31 HMS Networks 統計)

「TPCC」は富士電線株式会社の登録商標です。

---

富士電線(株)  
田所 弘圭 (たどころ ひろよし)  
光・加工品課  
加工品の設計・開発に従事

富士電線(株)  
丸尾 久雄 (まるお ひさお)  
光・加工品課  
加工品の設計・開発に従事

富士電線(株)  
三沢 満 (みさわ みつる)  
光・加工品課 課長  
加工品の設計・開発・製造に従事

富士電線(株)  
浦 卓也 (うら たくや)  
取締役 生産本部長

昭和電線ケーブルシステム(株)  
今井 リサ (いまい りさ)  
技術開発センター 先行技術開発課  
先行技術開発・商品開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
藤田 道朝 (ふじた みちとも)  
技術開発センター 先行技術開発課 課長  
先行技術開発・商品開発に従事