

# 高速 LAN 配線の最新動向

## Latest Trends in High-Speed LAN Cabling

河田 正義  
Masayoshi KAWATA

中村 雄一郎  
Yuuichirou NAKAMURA

鴨狩 之裕  
Yukihiro KAMOGARI

中村 雅弘  
Masahiro NAKAMURA

野呂 互  
Wataru NORO

浦 卓也  
Takuya URA

インターネットのブロードバンド（高速・大容量通信）が一般化して久しいが、5G（第5世代移動通信システム）やWi-Fi6の普及等により今後も通信量の増加が見込まれている。LAN（Local Area Network）配線についても通信量の増加に対応すべく進化を続けており、本報では様々な分野で利用されている高速LAN配線の最新動向について報告する。

Broadband (high-speed, large-capacity communication) on the Internet has been popular for a long time, but it is expected that the amount of communication will continue to increase due to the spread of 5G (5th generation mobile communication system) and Wi-Fi6. LAN (Local Area Network) cabling is also evolving to cope with the increase in communication volume, and this report reports on the latest trends in high-speed LAN wiring used in various fields.

### 1. はじめに

LAN配線には、光ファイバケーブルとメタルケーブル（ツイストペアケーブル）が使用されており、これらのケーブルを使用したデータ伝送方式は、有線LANの標準規格であるイーサネットが広く用いられている。

光ファイバケーブルはノイズの影響を受けず長距離伝送が可能、メタルケーブルは布設工事が容易で低コストと、それぞれに利点があり、使用環境や用途によって使い分けされている。

2章以降では、様々な分野で利用されている高速LAN配線についての規格、ケーブル種類、最新規格動向等を分野ごとに詳しく説明する。

### 2. LAN 配線市場

LAN配線は、これまで主にオフィスビルや学校、病院などの構内情報配線システムに使用されてきたが、近年では工場や製造現場等の産業用配線においても、オフィス環境と同様にネットワークの高速化・共通化志向が高まっており、データ伝送については、イーサネット伝送技術を用いたものに集約され、上位層から下位層までの全てがそれに置き換わる動きが加速している。

データセンター市場においては、近年の通信量増加によって更なる高速・大容量通信への対応が必須となっており、従来の1 Gbps伝送から10 Gbps、40 Gbps、100 Gbpsへ伝送へと高速化が進んでいる（表1）。

また、車載用ネットワーク配線についても、自動運転機能が進化していく中で通信データ量が増加するため、SPE（Single Pair Ethernet）ケーブルを使用した車載用イーサネットの規格化、高速化が進んでいる（表2）。

表1 LAN 伝送規格と適用ケーブル

伝送速度	伝送規格		適用ケーブル
	適用規格	名称	
1000 Mbps (1 Gbps)	IEEE 802.3ab	1000 BASE-T	ツイストペア
	TIA/EIA-854	1000 BASE-TX	ツイストペア
	IEEE 802.3z	1000 BASE-SX 1000 BASE-LX	光ファイバ
2.5 G/5 Gbps	IEEE 802.3bz	2.5 G/5 GBASE-T	ツイストペア
10 Gbps	IEEE 802.3an	10 GBASE-T	ツイストペア
	IEEE 802.3ae	10 GBASE-SR	光ファイバ
		10 GBASE-LR	
		10 GBASE-ER 10 GBASE-LX4	
25 G/40 Gbps	IEEE 802.3bq	25 G/40 GBASE-T	ツイストペア
	IEEE 802.3ba	40 GBASE-SR4 40 GBASE-LR4	光ファイバ
100 Gbps	IEEE 802.3ba	100 GBASE-SR10 100 GBASE-LR4 100 GBASE-ER4	光ファイバ
400 Gbps	IEEE 802.3bs	400 GBASE-SR16 400 GBASE-DR4	光ファイバ
		IEEE 802.3cm	

表 2 車載用ネットワークの伝送規格と適用ケーブル

伝送速度	伝送規格	
	適用規格	名称
100 Mbps	IEEE 802.3bw	100 BASE-T1
1 Gbps	IEEE 802.3bp	1000 BASE-T1
2.5 G/5 G/10 Gbps	IEEE 802.3ch	2.5 G/5 G/10 GBASE-T1

2.1 汎用 LAN 配線市場（メタルケーブル）

オフィスビルや学校、病院などの構内情報配線は、これまで1 Gbpsに対応した Cat.5e ケーブルが主に使用されてきたが、近年の情報通信トラフィック量の大幅な増加に伴い、上位カテゴリである Cat.6 や Cat.6A の採用が増加している。表3は、伝送速度とそれに対応するケーブルカテゴリ、図1は、2020年度のカテゴリ別使用状況（当社出荷比）を示したものである。

表 3 伝送速度と対応カテゴリ

伝送速度	規格名称	対応カテゴリ
1 Gbps	1000 BASE-T	Cat.5e 以上
2.5 Gbps	2.5 GBASE-T	Cat.5e 以上 (新規配線は Cat.6A を推奨)
5 Gbps	5 GBASE-T	Cat.6 以上 (新規配線は Cat.6A を推奨)
10 Gbps	10 GBASE-T	Cat.6A 以上 (37 m 未満は Cat.6 でも可)

■ Cat.5e   ■ Cat.6   ■ Cat.6A

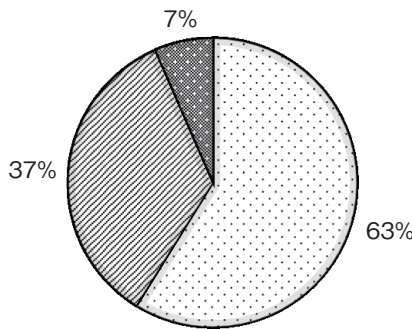


図 1 カテゴリ別使用状況

近年は、オフィスビルや学校では無線 LAN の採用が進んでおり、無線 LAN の高速化に伴ってアクセスポイント (AP) まで配線する LAN ケーブルについても、高速化に対応すべく、上位カテゴリのケーブルを採用する必要がある。2019年12月に文部科学省が打ち出した GIGA スクール構想（児童生徒向けの1人1台の学習用端末と高速大容量の通信ネットワークを一体的に整備するという国の構想）では、学校内の無線 LAN 環境を構築するために無線 AP まで配線する LAN ケーブルのカテゴリに 10 Gbps 伝送に対応した Cat.6A を指定した結果、これまで2%程度であった Cat.6A の採用が7%と大幅に増加し、Cat.6A 普及の大きな引き金となった。

Cat.6A ケーブルでは、Cat.5e や Cat.6 では規定されていなかったエイリアンクロストークという特性が追加されて

いる。エイリアンクロストークとは、隣接する他のケーブルから受ける漏話であり、複数のケーブルを平行に布設した場合に影響を受ける。今までは、4対のケーブル内部での漏話の規格値は規定されていたが、10 Gbps 伝送では、500 MHz という高周波帯域が必要であるため、送信信号の減衰が大きくなると共に高周波ではノイズが増すことから、安定した伝送を実現するために、隣接するケーブルの影響まで考慮することが必要となったのである。そのため、現在採用されている Cat.6A ケーブルは、遮へい等を実施しエイリアンクロストークを抑制する構造が主となっている（図2）。

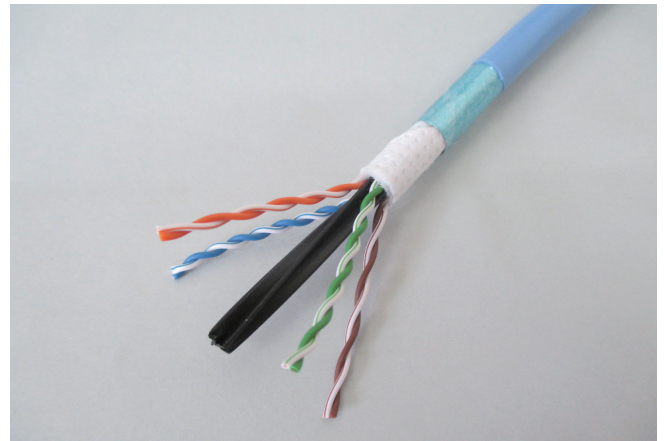


図 2 Cat.6A 対応ケーブル  
[型名: TPCC® 6A 23 AWG x 4P]

2021年5月には、構内で使用する情報配線システムについて規定した日本産業規格 JIS X 5150-2016 構内情報配線システムが改正され、JIS X 5150-1:2021 汎用情報配線設備-第1部:一般要件と JIS X 5150-2:2021 汎用情報配線設備-第2部:オフィス施設の2部構成となった。

JIS X 5150-2 は、オフィスビル内及びオフィス間の汎用配線設備、又はオフィスビル以外のビルのオフィス空間における汎用配線設備について規定しており、オフィスの水平配線設備では、最低でも Cat.6 以上の性能を提供しなければならない、データ転送速度が 1 Gbps を超えるアプリケーション (2.5 Gbps, 5 Gbps, 10 Gbps) では Cat.6A 以上が望ましいと規定している。

今回の規格改正により、オフィス施設では、これまでの主流であった Cat.5e ケーブル及び部材を使用した場合、JIS 規格に適合しないこととなり、今後は、配線部材に Cat.6 以上を使用する必要がある。

また、LAN ケーブルを使用して機器に電力供給を行なう PoE (Power over Ethernet) 技術についても、ネットワークカメラや無線 LAN アクセスポイントの電力供給に使用されており、電力供給量を増加させた伝送方式 (4PPoE) が規格化され、今後益々採用が広がることが予想される (表4)。

表4 PoE規格一覧

	PoE	PoE Plus	4PPoE	
	802.3af Type1	802.3at Type2	802.3bt Type3	802.3bt Type4
IEEE規格	802.3af Type1	802.3at Type2	802.3bt Type3	802.3bt Type4
供給電力	15.4 W	30 W	60 W	90 W
最大電流	350 mA/1P	600 mA/1P	600 mA/1P	960 mA/1P
使用ペア数	2P	2P	4P	4P

4PPoEでは、1P当たりの電流値が高くなるため、ケーブルの発熱が懸念される。ケーブル温度が上昇すると、導体抵抗、挿入損失の増加や長期信頼性低下の恐れがあり、温度上昇を低く抑えるには、Cat.6Aなどの上位カテゴリを使用することが有効である。

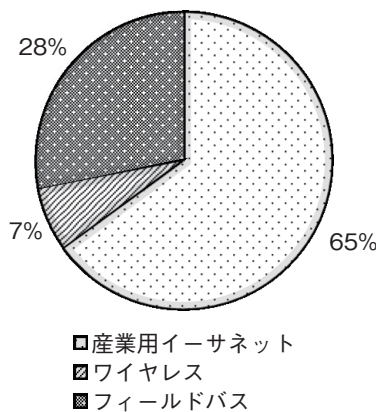
このような背景から、汎用LAN配線市場は、今後の更なる情報通信トラフィック量の増加に対応すべく、Cat.5eからCat.6、Cat.6Aの上位カテゴリへの移行が進んでいくと予想される。

Cat.6Aの上位カテゴリとして25 Gbps、40 Gbpsに対応したCat.8が規格化されているが、これはデータセンタ用の規格であり、本特集の別論文(Cat.8対応LAN「FS-TPCC® 8」の開発)で詳しく説明する。

## 2.2 産業用LAN配線市場

近年、IoT (Internet of Things) やDX (デジタルトランスフォーメーション)、ローカル5Gが推進され、工場内で使用される産業用ネットワーク市場においてもオフィス環境と同様な伝送方式(イーサネットシステム)の採用が増加しており、産業用LANケーブルの需要も年々増加している。

2021年現在、グローバル市場から見た産業用イーサネットは、参考文献4)によると、産業オートメーション分野における新規設置ノード(ネットワーク構成機器)において、65%を占めており、今後も産業用LANケーブル需要の増加が見込まれる(図3)。

図3 産業用ネットワーク市場シェア<sup>4)</sup>

産業用LANケーブルは、工場内での過酷な使用環境下においても正常な通信が可能となるよう、産業用特有の下記①~④のような要求に対応する必要がある。

要求事項に応じた当社のラインアップを示す(表5)。

### ①高遮へい

工場内、機械周りではノイズ発生が想定されるため、遮へい付ケーブルを推奨。特にノイズが多いと思われる場合は「銅編組+アルミ箔貼付プラスチックテープ」の二重シールド構造。

### ②耐油

機械周り配線の場合、耐油性を考慮した外被のケーブルが必要。

### ③耐屈曲

可動部に使用する場合には必須。

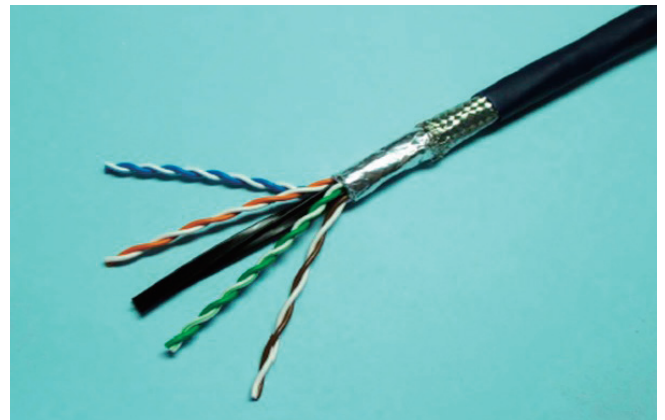
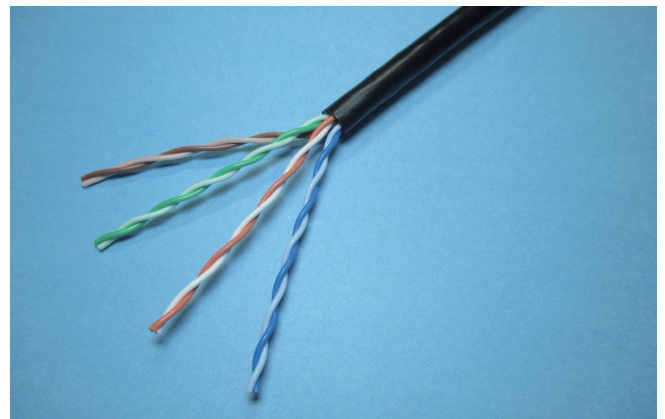
(試験例：左右屈曲、U字折り返し、捻回)

### ④耐熱

高温環境下で使用する場合には必須。

表5 産業用LANケーブルラインアップ

	種類	型名
	Cat.5e	高遮へい・耐油
高遮へい・耐油・耐屈曲		HFS-TPCC® 5 PATCH-FA
125°C耐熱		H12-TPCC® 5 (図5)
125°C耐熱(超細径)		H12-TPCC® 5 (S)
Cat.6A	高遮へい・耐油	HFS-TPCC® 6A (図4)
	高遮へい・耐油・耐屈曲	HFS-TPCC® 6A PATCH-FA

図4 高遮へい付きCat.6A対応ケーブル  
[型名：HFS-TPCC® 6A 0.5 mm × 4P]図5 125°C耐熱LANケーブル  
[型名：H12-TPCC® 5 0.5 mm × 4P]



現状の産業用ネットワークでは、1 Gbps 伝送が主流であり、産業用 LAN ケーブルのカテゴリも Cat.5e が主であるが、今後は、オフィスビルなどの汎用 LAN 配線市場と同様に情報トラフィック量が増加していくことが予想され、Cat.6, Cat.6A の上位カテゴリが必要になってくるものと考えられる。

2.3 データセンタ向け LAN 配線市場

データセンタ (DC) は 5G の普及や IoT の発展に伴う SNS や動画共有サービス (クラウドサービス) 活用などによる通信量の飛躍的増大に対応した高速・大容量化が必須となっている。この高速・大容量化の要求に伴い、伝送規格も 10 Gbps, 40 Gbps, 100 Gbps, 400 Gbps へとより高速化へシフトして来ている。現在の DC ネットワークは 100 Gbps 伝送が主流になりつつあるが、より高速・大容量の要求に対応すべく 400 Gbps 伝送の導入も進んで行くと考えられている (表 6)。

また 2000 年代に建設された DC 老朽化に伴う更新や移設集約によるハイパースケールデータセンタ (HSDC) の新設も進んできている。このように DC 市場は年々拡大することが見込まれている (図 6)。

表 6 LAN 伝送規格, 適用ケーブルと伝送距離

伝送速度	伝送規格 適用規格	適用ケーブルと伝送距離		
		名称		
10 Gbps	IEEE 802.3an	10 GBASE-T	メタル Cat.6A 以上	~ 100 m
		10 GBASE-SR	光 OM1 ~ 4	~ 550 m
	IEEE 802.3ae	10 GBASE-LR	光 OS1, 2	~ 10000 m
		10 GBASE-ER	光 OS1, 2	~ 40000 m
		10 GBASE-LX4	光 OS1, 2 光 OM1 ~ 4	~ 30000 m ~ 300 m
25/40 Gbps	IEEE 802.3ba	25 G/ 40 GBASE-T	メタル Cat.8	~ 30 m
	IEEE 802.3ba	40 GBASE-SR4	光 OM3, 4, 5	~ 150 m
		40 GBASE-LR4	光 OS1, 2	~ 10000 m
100 Gbps	IEEE 802.3ba	100 GBASE-SR10	光 OM3, 4, 5	~ 150 m
		100 GBASE-LR4	光 OS1, 2	~ 10000 m
		100 GBASE-ER4	光 OS1, 2	~ 40000 m
400 Gbps	IEEE 802.3bs	400 GBASE-SR16	光 OM3, 4, 5	~ 100 m
		400 GBASE-DR4	光 OS1, 2	~ 500 m
	IEEE 802.3cm	400 GBASE-SR4.2	光 OM4, 5	~ 150 m
		400 GBASE-SR8	光 OM5	~ 100 m

DC 内でのデータ伝送方式は主にイーサネットが活用され、配線にはメタルケーブルと光ファイバケーブルが使用される。

メタルケーブルは、2.1 項でも述べたとおり、高速・大容量化に伴い、高周波帯域での特性が必要となるため、エイリアンクロストークを抑制する構造が主流となっている。DC 内の配線では伝送速度 10 Gbps から更に高速化が進んでおり、25/40 Gbps では Cat.6A の上位カテゴリとなる Cat.8 が採用されている。

Cat.8 は、2 GHz までの周波数特性を有する一括フォイルシールド (F/UTP) 構造となっており、今後、短距離用途に適用されていくとみられる (図 7)。

光ファイバケーブルは、メタルケーブルの伝送距離を超える中短距離用 (OM3 ~ 5) または、長距離用 (OS1, 2) として使用される。

高速・大容量化が進むにつれ、データ伝送方式は、従来の 2 心双方向の他、複数の光ファイバに伝送を分散しトータルで高速化に対応する方式や 1 心の光ファイバに波長多重する方式などが導入されるようになった。

中短距離ではマルチモードファイバ (OM5) を適用し波長多重方式で 1 心 100 Gbps (25 Gbps 伝送 × 4 波長) 伝送も可能となっている。今後の 400 Gbps 伝送にも適用が進んで行くと考えられる。

ケーブル構造としては、従来の 2 心平型光ケーブルの他、12, 24 心ラウンドコード (図 8)、多心-単心変換用のトランクケーブルなどが使用されるようになっている。

光トランシーバに使用されるコネクタについても LC コネクタだけでなく多心 MPO コネクタの使用が増えている。

HSDC では、建屋間の接続が必要となり、既設管路など限られた狭い空間内に大量の光ファイバを布設するため細径・高密度な超多心ケーブルが主流になってきている。

細径・高密度化には、単心光ファイバのように変形しやすい柔軟な特性を維持しつつ、多くの光ファイバが精密に連結したローラブルリボンを実装することが有効であり、現在 DC 向けローラブルリボンケーブルの使用が拡大している (図 10)。

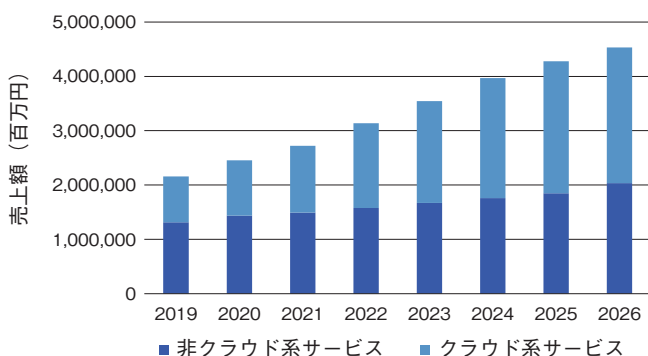


図 6 国内 DC 市場 売上額予測<sup>5)</sup>



図 7 Cat.8 ケーブル プラグ加工品  
(ケーブル: FS-TPCC® 8)  
(プラグ: テレガードナー社製 J00026A5007)



図8 MPO コネクタ付き光ラウンドコード

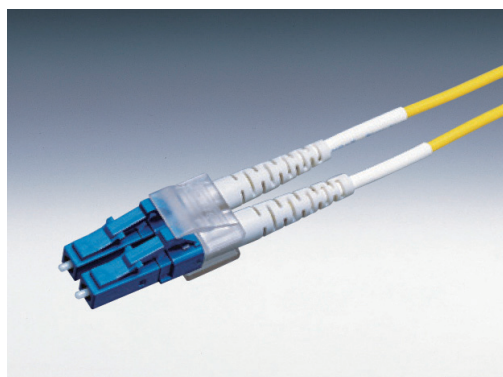


図9 2連LC コネクタ付き光コード

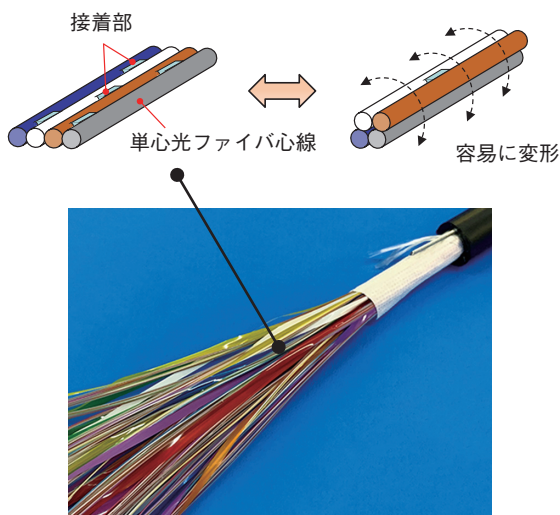


図10 ローラブルリボン (e-Ribbon®) とローラブルリボンケーブル

また、細径・高密度なローラブルリボンは配線工事コストを大幅に低減させることが可能であり、今後ローラブルリボンケーブルがDC内の光線路の主流になっていくものと考えられる。

#### 2.4 車載 LAN 市場

自動車にはセンサや制御装置など多くの電子機器が搭載されており、それを結ぶために多数の配線が必要となって

いる。多数の配線による重量増を解消するため、配線を単純化し軽量化が可能になるよう車内配線のネットワーク化が進んできた。車載ネットワークの主な通信規格として、CAN, LIN, FlexRay, MOST, Ethernet などがある (表7)。近年では通信データ量が飛躍的に増加しているため、Ethernet が注目されており、情報系や制御系への適用が進んでいる。

表7 主な車載ネットワーク

通信規格	アプリケーション		伝送速度
	系統	主な用途	
CAN	制御	エンジン ブレーキ	~数百 kbps
LIN	制御	ドアミラー ウィンドウ	20 kbps
FlexRay	制御	エンジン ブレーキ	~ 10 Mbps
MOST	情報	ナビゲーション ビデオ	~ 125 Mbps
Ethernet	制御・情報	カメラ, センサ バックボーン	100 Mbps ~ (表8)

今後の自動車業界はCASEをキーワードとした技術変革が進むと言われている。CASEとは、Connected (コネクテッド), Autonomous (自動運転), Shared (シェアリング), Electric (電動化) の頭文字を取った言葉であり、その中でも、自動車の状態や交通状況のデータを外部と送受信するConnectedや、センサやカメラから得る情報を元に運転を自動で行うAutonomousについては車載ネットワークの高度化に大きな影響を与える。

今後自動運転のレベルが上がっていくにつれ、車にはますます多くのセンサやカメラが搭載され、カメラの高精細化が進み、カメラが受信する膨大なデータを瞬時に制御機器に伝送することが必要となる。そのため車載ネットワークの高速化が必要となってくる。

このような背景から車載Ethernetも規格の高速化が進み、従来の100 Mbps, 1 Gbps 伝送規格から、2020年に伝送速度2.5 Gbps・5 Gbps・10 GbpsのIEEE802.3chが制定された。現在ではさらに伝送速度が高速な25 Gbps・50 Gbps・100 GbpsのIEEE802.3cyが検討されており、2023年以降に制定される見込みとなっている (表8)。

表8 車載用 Ethernet 伝送規格 最新動向

伝送速度	伝送規格	
	適用規格	名称
100 Mbps	IEEE 802.3bw	100 BASE-T1
1 Gbps	IEEE 802.3bp	1000 BASE-T1
2.5 G/5 G/10 Gbps	IEEE 802.3ch	2.5 G/5 G/10 GBASE-T1
25 G/50 G/100 Gbps	IEEE 802.3cy	策定中

### 3. まとめと今後

以上、ネットワークの高速・大容量化及び高度な技術革新に伴い、当社グループでは、その高まるニーズに対応すべく、LAN用ツイストペアケーブルや光ファイバケーブル

ルの研究・開発に継続邁進しており、今後は、オフィスネットワークのみならず、市場拡大が大いに予想される FA 分野、DC 分野、車載用高速伝送等の新市場へ事業を発展させ、変化が激しい情報通信の世界で、コミュニケーションの新たな価値創出へ挑んでいく。

当社グループではこの新たな挑戦に向けて、新ブランド (FLANTEC<sup>®</sup> (フランテック)) 戦略導入によりグループ総力を挙げた自由な市場への拡販を加速させ、事業拡大を目指していくものとする (図 11)。

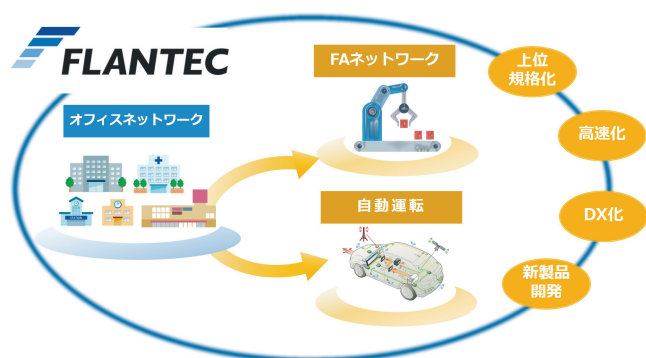


図 11 新たな市場への事業拡大イメージ図

## 参考文献

- 1) 河田正義, 他: LAN 用ツイストペアケーブルの現状と今後の展望, 昭和電線レビュー, Vol.58, No.1, p.44 (2008)
- 2) 河田正義, 他: 特性を満たすための構造と施工, 電設技術, 平成 29 年 8 月号, p.116
- 3) 日本産業規格: JIS X 5150-2: 2021 汎用情報配線設備 - 第 2 部: オフィス施設
- 4) 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)
- 5) 野村総合研究所: IT ナビゲーター 2021 年版, 2020 年 12 月 31 日発行, p.154

「TPCC」は富士電線株式会社の登録商標です。

「e-Ribbon」は昭和電線ケーブルシステム株式会社の登録商標です。

「FLANTEC」は富士電線株式会社の登録商標です。

富士電線(株)  
河田 正義 (かわた まさよし)  
甲府工場 工場長  
通信用ケーブルの設計・開発に従事

富士電線(株)  
中村雄一郎 (なかむら ゆういちろう)  
甲府工場 通信技術課 課長  
通信用ケーブルの設計・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
鴨狩 之裕 (かもがり ゆきひろ)  
通信ケーブル部 技術課  
光ケーブルの開発・設計業務に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
中村 雅弘 (なかむら まさひろ)  
新事業開発部 マーケティング G  
新製品のマーケティング・拡販業務に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
野呂 互 (のろ わたる)  
通信ケーブル部 技術課課長  
光ケーブルの開発・設計業務に従事

富士電線(株)  
浦 卓也 (うら たくや)  
取締役 生産本部長