

車載イーサネットの標準化と日本の活動状況

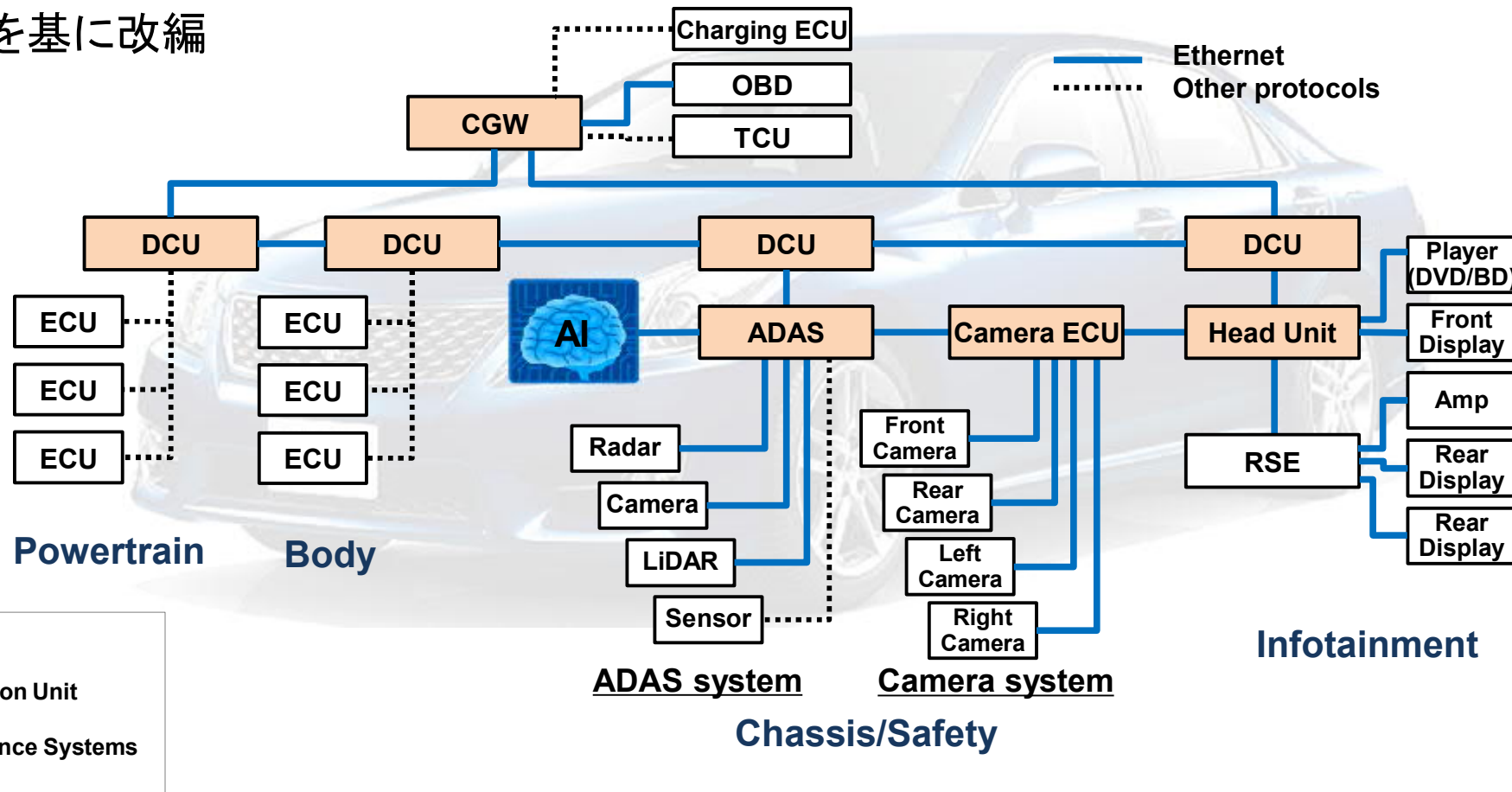
2020年12月17日(木)

名古屋工業大学
次世代車載ネットワーク研究所
各務 学



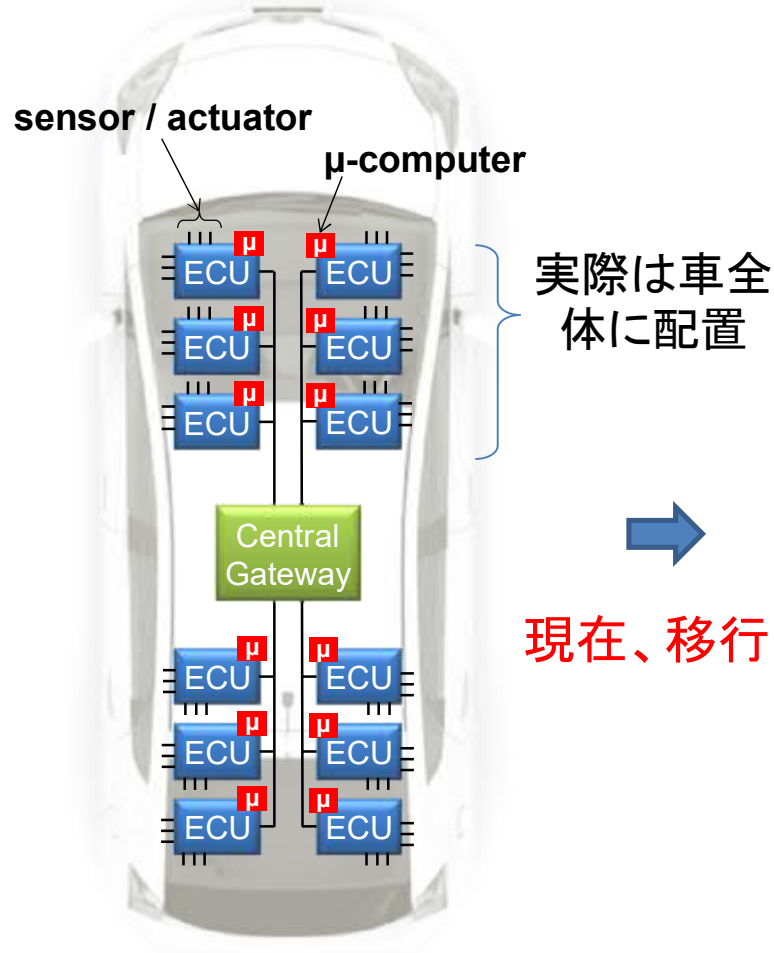
1. 背景
2. 車載イーサネットの標準化動向
3. 車載光イーサネット
4. 日本の活動状況と今後
5. まとめ

JasParユースケースを基に改編

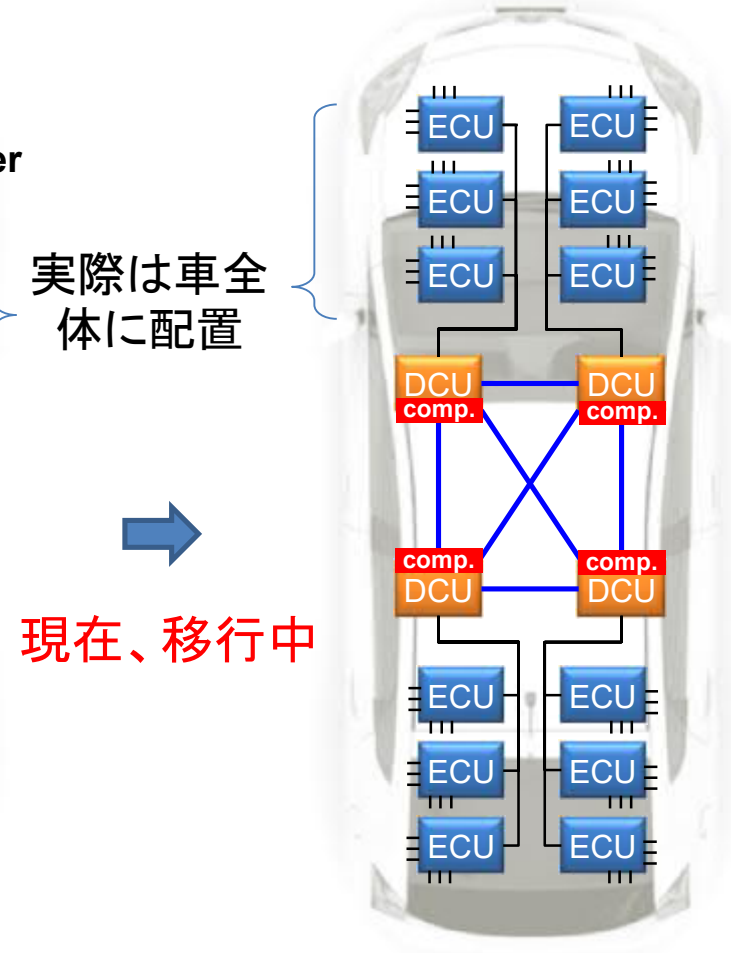


自動運転時代の車載ネットワークは、全ての機器に接続し、高速・高信頼性が要求される。車載Ethernetは日本ではJasParが、世界的にはOPEN Alliance SIGが標準化を主導。

【現在】ドメイン分離型

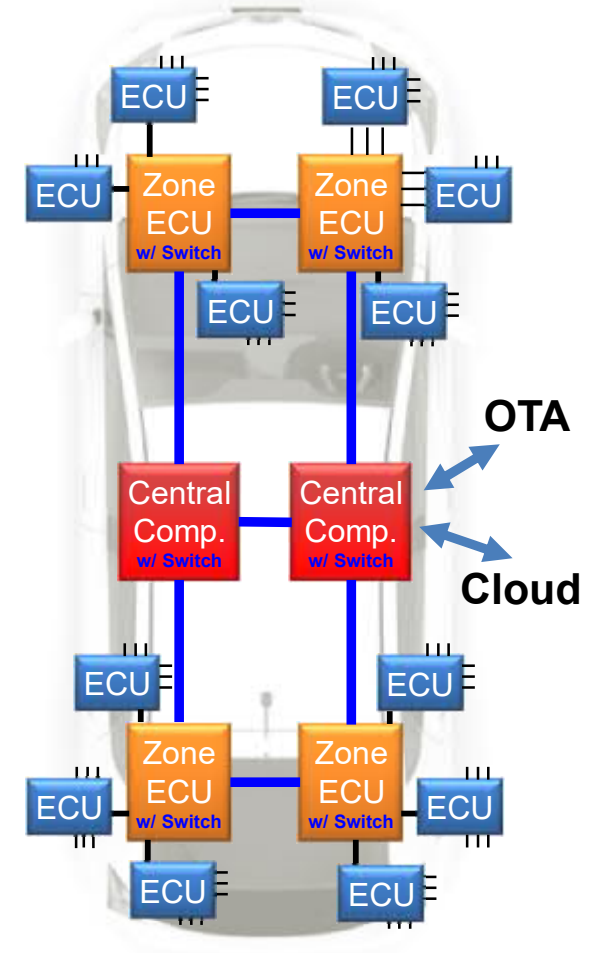


【次世代】ドメイン階層型



機能配置

【次々世代】ゾーン型



ゾーン配置

車載通信規格の多くがイーサネットに

システム	応用	規格名称	データレート(bits/s)	国際規格
ボディ系	Door, seat, lighting, air conditioner, HMI	CAN-B	10~125k	ISO 11898-3
		LIN	20k	ISO 17987
		CXPI	20k	ISO 20794
パワートレイン系	Engine, ABS, steering, brake, transmission, etc.	CAN-C	125k~1M	ISO 11898-2, -5, -6
		FlexRay	2.5~10M	ISO 17458
安全系	Air bag, collision sensor, field recognition cameras, radars	CAN	40k~1M	ISO 11898
		CAN FD	~8M	ISO 11898-1
		FlexRay	2.5~10M	ISO 17458
		LVDS	10M	----
		Ethernet	100M, 1G, 2.5~50G, 2.5~10G, 25~100G	ISO 21111-1~10
情報系	Navigation, Audio, RSE (Rear Seat Entertainment)	MOST	24.5M	(ISO 21806)
		HDMI	150M	----
		USB	480M	----
		HDBaseT	3.69G, 5G, 10G, 2~48G	----

伝送媒体

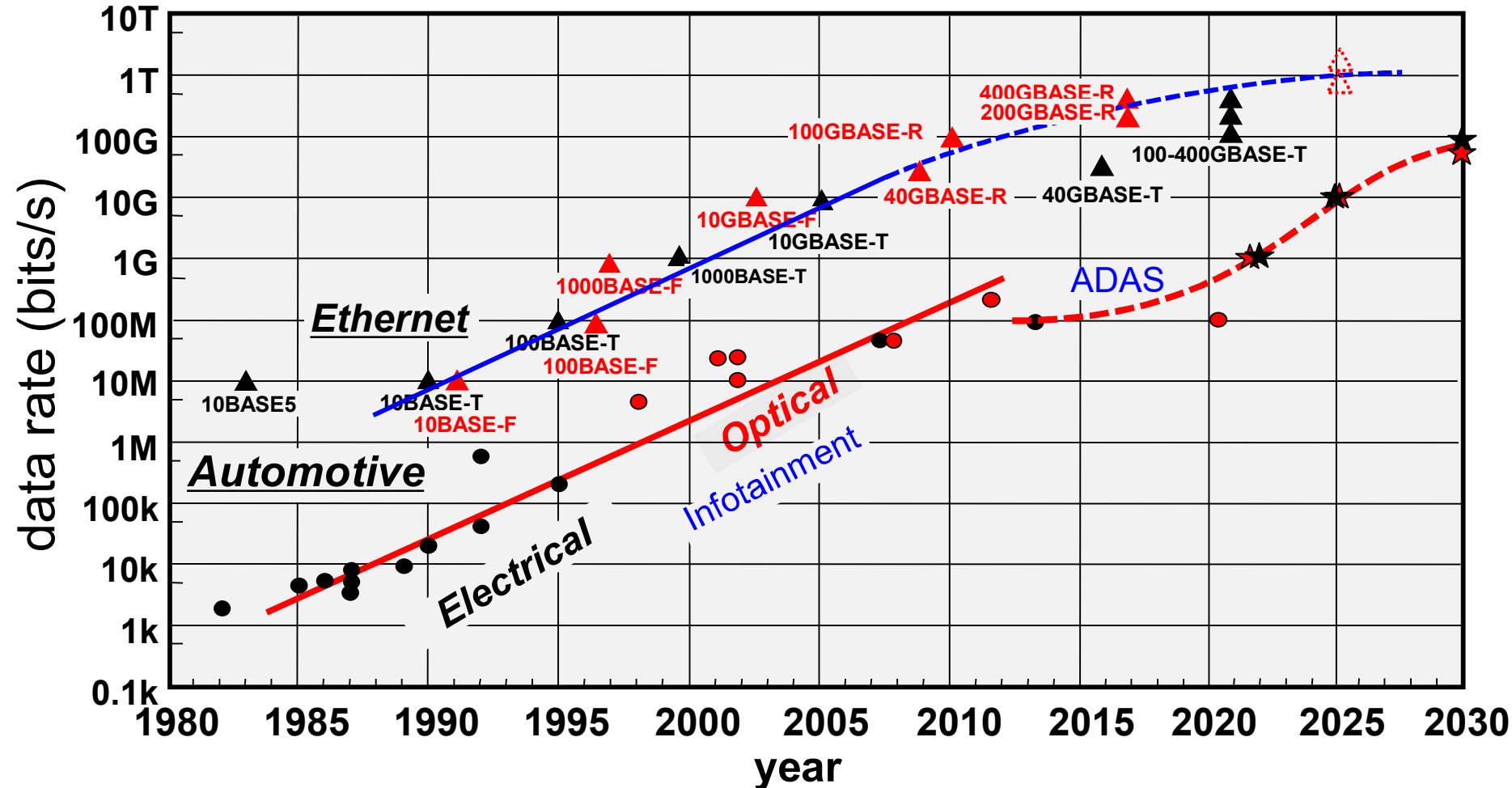
緑色: 銅線

赤色: 光ファイバ

破線は車載検討中または規格策定中

1. 背景
2. 車載イーサネットの標準化動向
3. 車載光イーサネット
4. 日本の活動状況と今後
5. まとめ

自動運転システムの神経網となる車載ネットワークが高速化。現在、50Gb/s以上(2030年に実車搭載と予測)の技術開発と標準化が併進中。



出典：各務、第19回EMCシンポジウムIIDA2018を元に改編

低速イーサネット(100/1000BASE-T1)



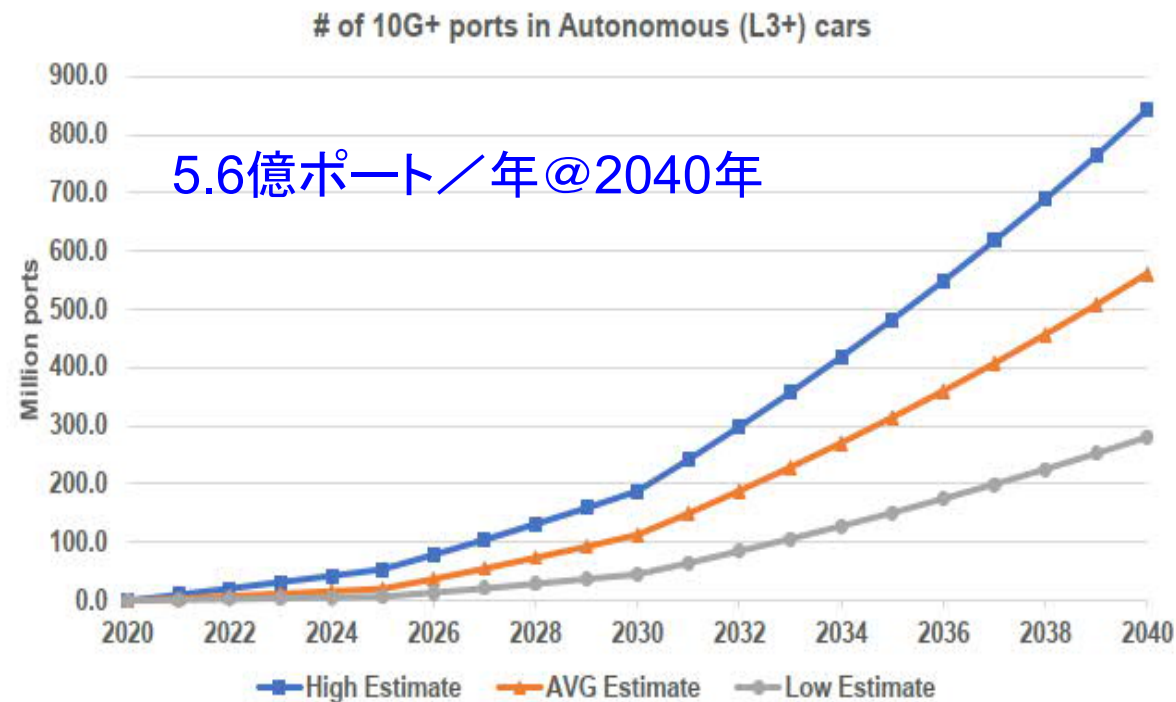
© 2014 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved.

1

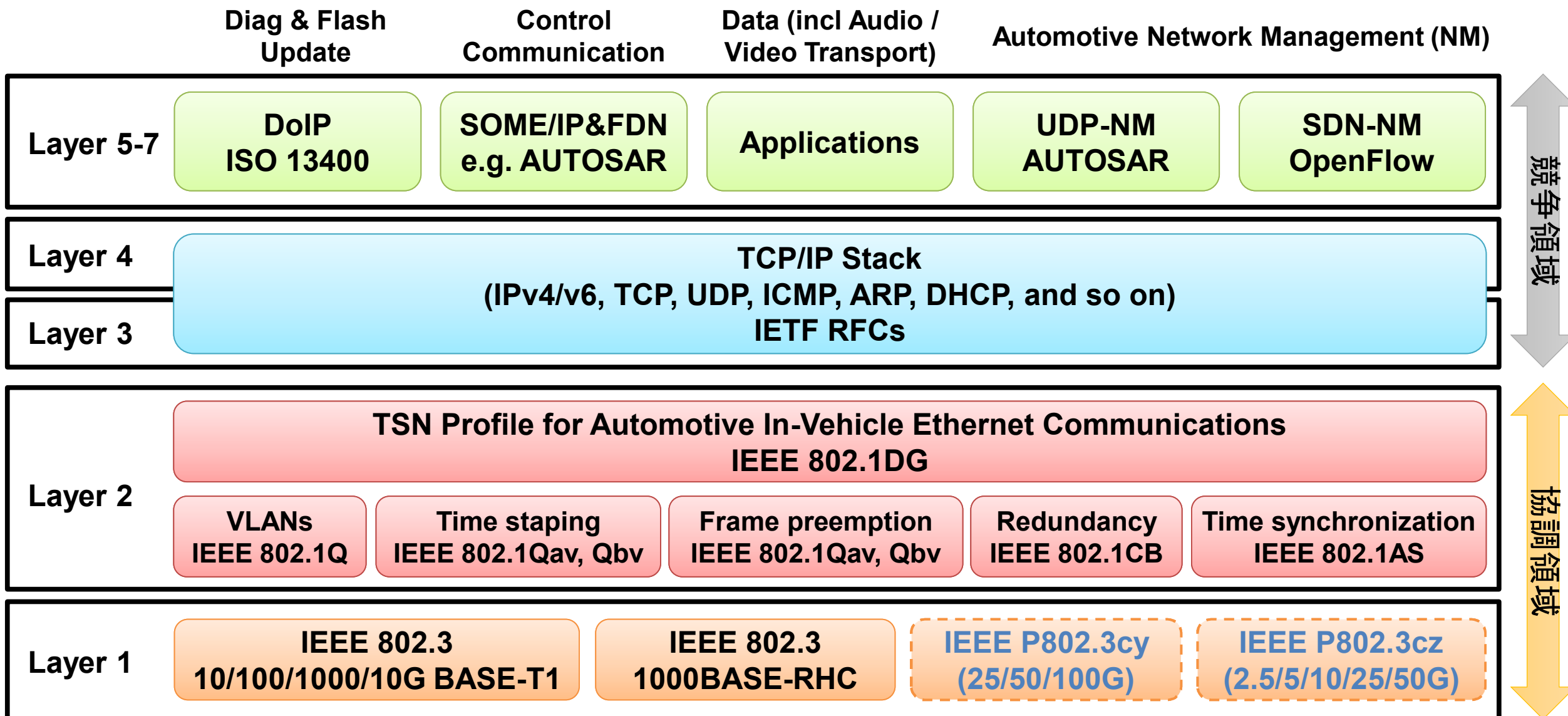
Gartner

出典: <http://www.opensig.org/about/market-forecast-gartner/>

高速イーサネット(10GBASE-T1、10G超)

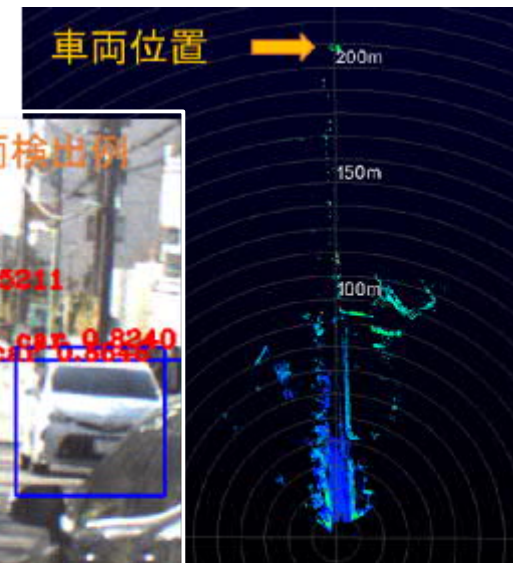


出典: http://www.ieee802.org/3/cfi/0319_1/CFI_01_0319.pdf



IEEE 802.3: ビットエラーレート、相互接続性

IEEE 802.1: 遅延管理、優先制御、パケットロス



共同実験： 豊田工業大学

実車搭載評価： 2種のカメラと3個のLiDARを用いてのセンサフュージョン

認識対象： 画素数を変化させ210m前方の車両検出

結果例： 間引きし416x416画素(20fps)で車両検出可能。センサ検出時間50ms、画像処理時間26ms。⇒通信遅延時間50msの伝送遅延であれば、リアルタイム処理が可能。

(現在、様々なユースケースを対象にデータ蓄積中) →IEEE802.1で報告

プロジェクト名(通称) ポート名	通信規格 物理層	標準化スケジュール												
		'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24
802.3bw (1TPCE) 100BASE-T1	100 Mb/s, single pair 15m: UTP, 40m: STP BER<10 ⁻¹⁰			3	8	1					現在			
802.3bp (RTPGE) 1000BASE-T1	1 Gb/s, balanced single pair, 15m: UTP, 40m: STP BER<10 ⁻¹⁰		5	11	1		4							
802.3bv (GEPOF) 1000BASE-RH	1 Gb/s, Optical fiber & LED, 15m: POF, 40m: POF, BER<10 ⁻¹²			3	5	1		3						
802.3cg (10SPE) 10BASE-T1S	10 Mb/s, single pair UTP, bus topology					7	11			11				
802.3ch (NGAUTO) 10GBASE-T1	2.5/5/10 Gb/s, STP, 10m PAM-4					11	1				6			
P802.3cy (B10GAUTO)	25, 50, 100 Gb/s, SPP(?)								3	5	7			Std! 12/2023
P802.3cz (OMEGA)	2.5, 5, 10, 25, 50 Gb/s, optical fiber & Laser(?)								7	9	7			Std! 12/2022

UTP: Un-shield Twisted Pair cable, STP: Shield Twisted Pair cable, POF: Plastic Optical Fiber, BER: Bit Error Rate, CFI: Call For Interest, SG: Study Group, TF: Task Force, Std! : 文書発行

March 2019 Plenary meeting @Vancouver, Canada

出席者239名(日本関係16名、6.7%)

TF&SG: 14プロジェクト(自動車関連2件、14%)

May 2019 Interim meeting @Salt Lake City, UT, USA

出席者87名(日本関係5名、5.7%)

TF&SG: 13プロジェクト(自動車関連3件、23%)

Nov 2019 Plenary meeting @Waikoloa, HI, USA

出席者170名(日本関係21名、12%)

TF&SG: 17プロジェクト(自動車関連4件、24%)

Jan 2020 Interim meeting @Geneva, Switzerland

出席者187名(日本関係19名、10%)

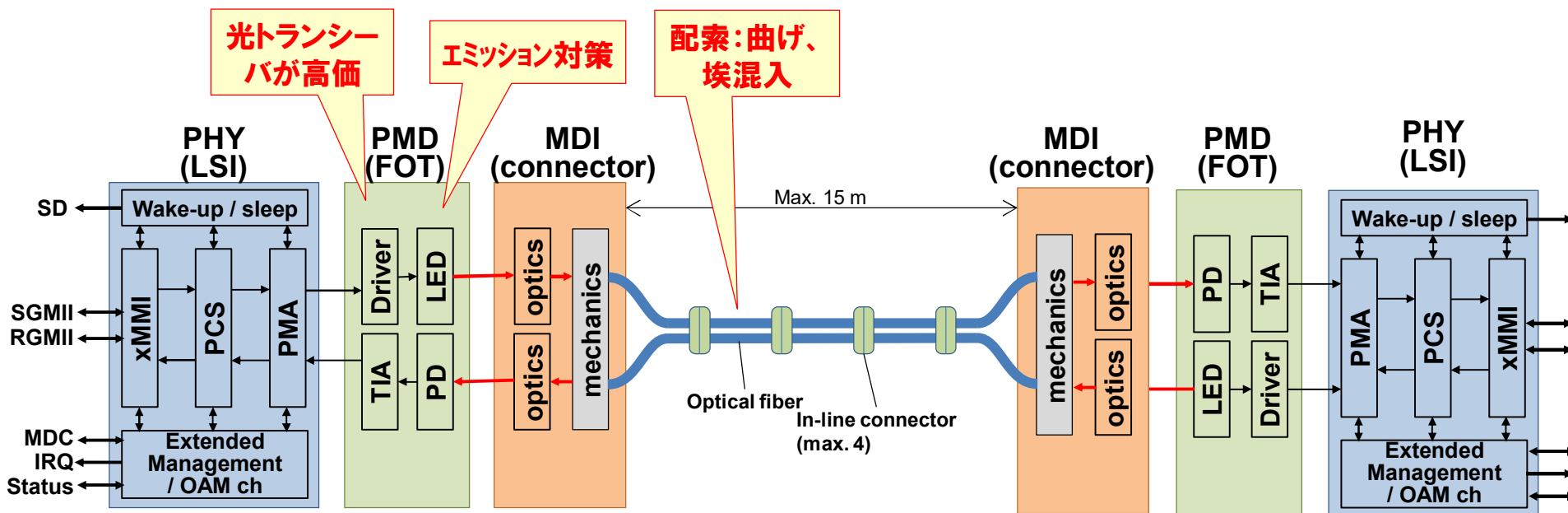
TF&SG: 16プロジェクト(自動車関連4件、25%)

(光50Gb/s規格に関し出席者45名中日本関係13名、29%)

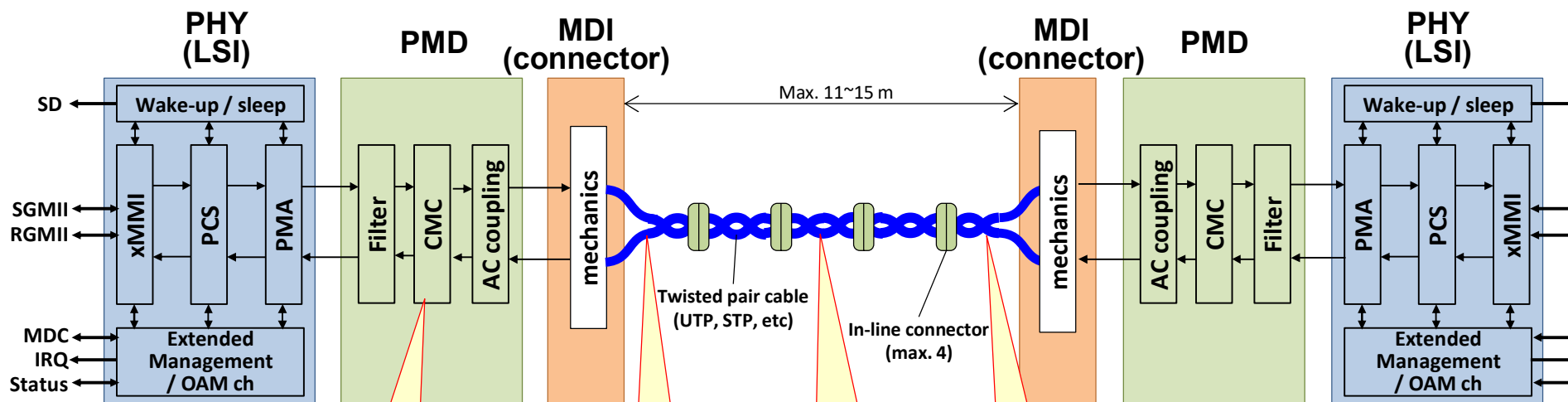


50G車載光イーサネット
の議論開始

光



電気



規格名	IEEE802.3bw	IEEE802.3bp	IEEE802.3ch
ポート名	100BASE-T1	1000BASE-T1	2.5G/5G/10GBASE-T1
データレート bits/s	100M	1G	2.5G/5G/10G
PCS符号化方式	4B3B	80B81B	64B/65B
変調	2D-PAM-3, 66.67MBaud	PAM-3, 750MBaud	PAM-4, 1406.25M/ 2812.5M/ 5625MBd
A/D変換	7bit@66.67MBaud	8 bit @750MBd	---
ケーブル(ペア数)	UTP/STP (1)	STP (1)	STP/SPP(1)
エラー訂正	なし	RS(450,406)	RS(360,326)
規格発行	2015年10月	2016年6月	2020年6月

10G超車載イーサネット規格比較 (2020年9月末時点暫定値)

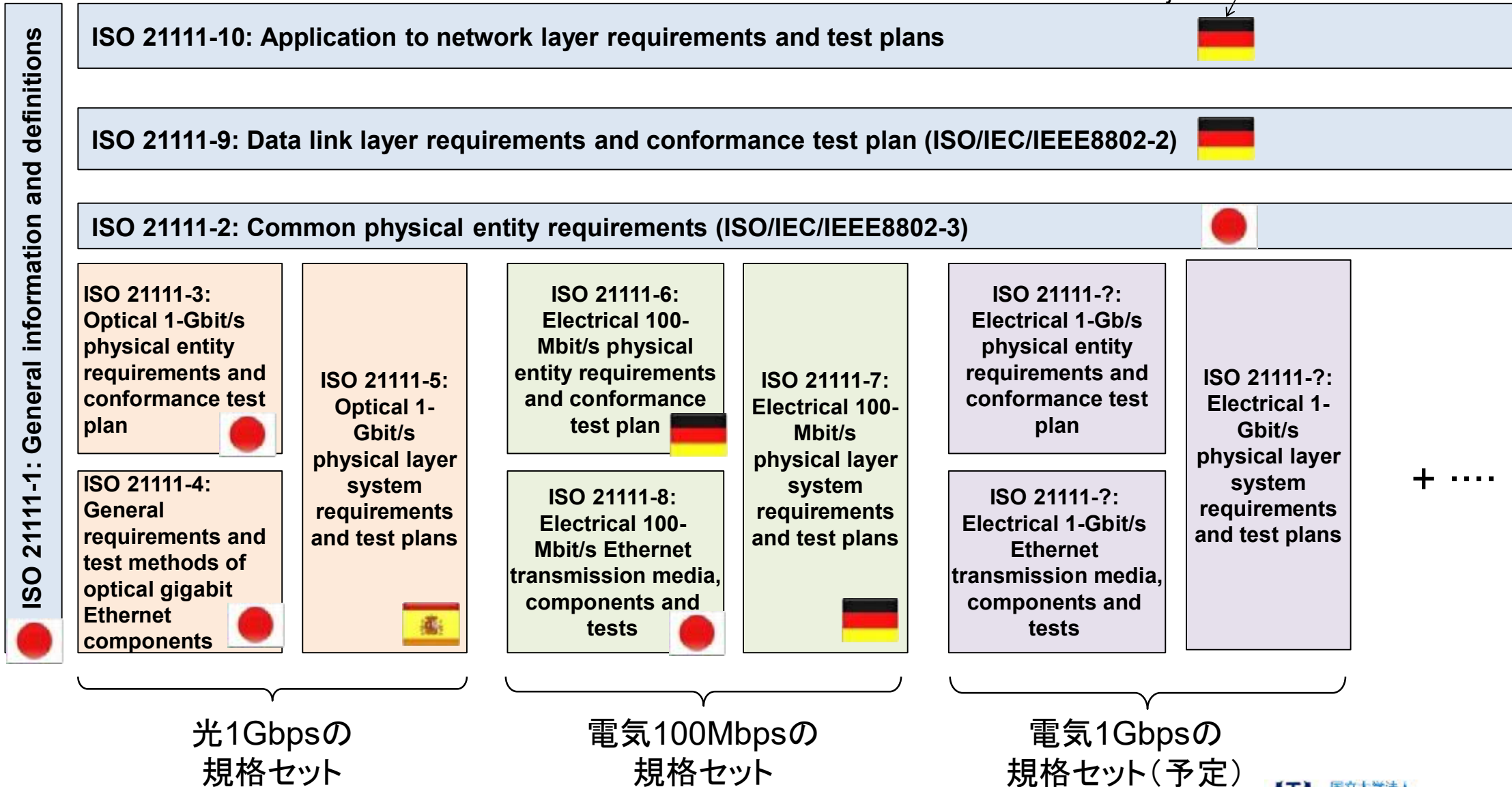
	IEEE P802.3cy (B10GAUTO)	IEEE P802.3cz (OMEGA)
スタートアップ時間	100ms	100ms
通信速度(bits/s)	25G, 50G and 100G	2.5G, 5G, 10G, 25G and 50G
動作環境	車載環境(EMC, 温度、等)	車載環境(EMC, 温度、等)
伝送媒体	未定(シールド付きバランスド・ペア線、等)	未定(OM3, GI-POF、等)
リンクセグメント	中間コネクタ最大2個挿入し11m以上の伝送長	中間コネクタ最大2個挿入し40m以上の伝送長 (50Gb/sの場合は15m)
通信仕様	議論中	議論中
ビット誤り率	10 ⁻¹² 以下(MAC/PLCポイントにおいて)	10 ⁻¹² 以下(MAC/PLCポイントにおいて)
規格発行予定日	2023年12月	2022年12月
日本サポータ比率	2%(53人中1人)CFI時において	50%(62人中31人)CFI時において
TFでのプレゼン件数	8件(2020年6月~9月)	13件(2020年6月~9月)
主なプレゼン機関	GM, Marvell, Ford, TE connectivity, Aptiv, Molex	KDPOF, Panduit, アダマンド並木宝石、Corning, ofs, 日東電工、AGC、矢崎、住友電工、Volvo

L. 3~7

L. 2
データリンク

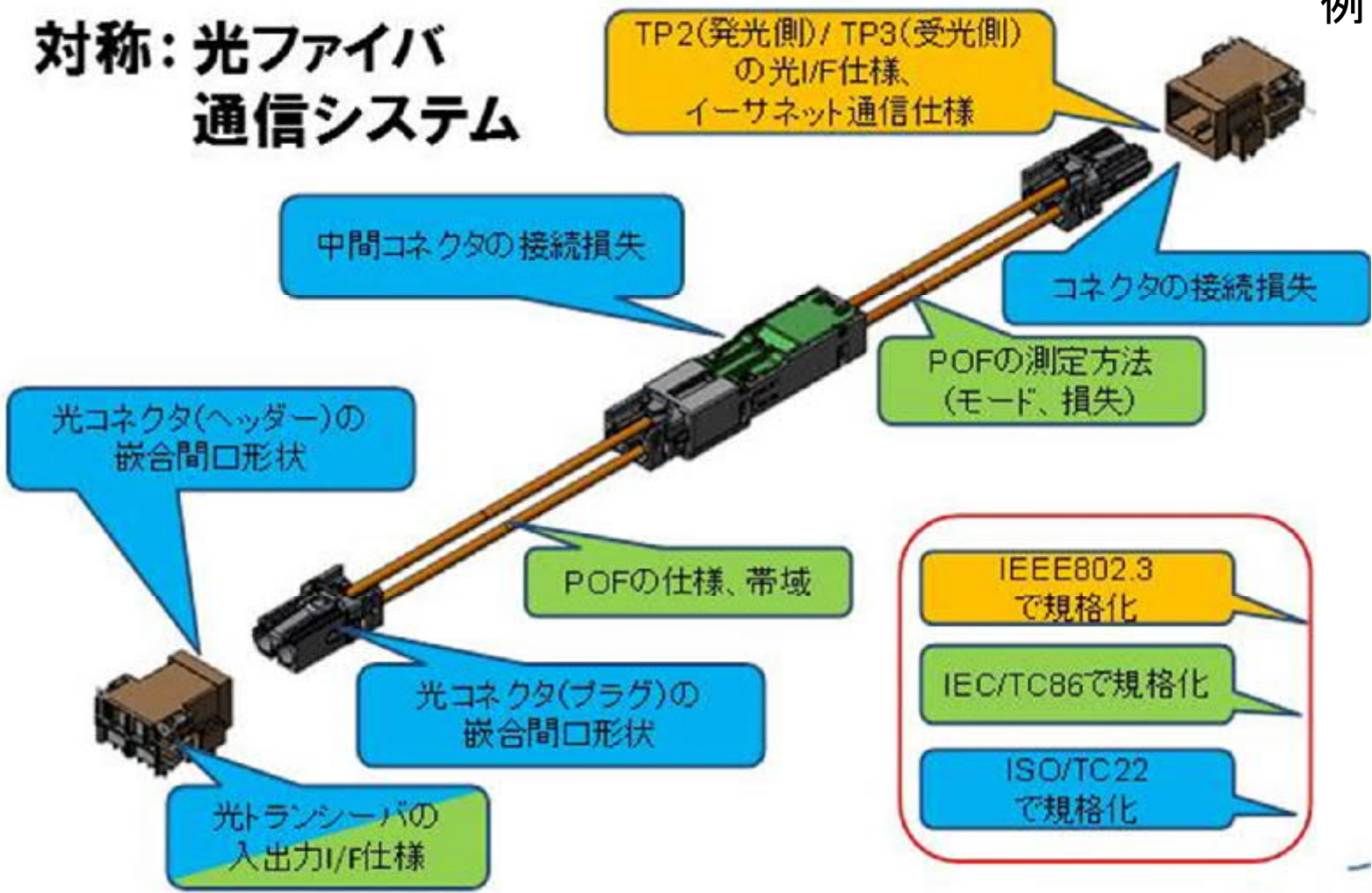
L. 1
物理層

Project Leader



1. 背景
2. 車載イーサネットの標準化動向
- 3. 車載光イーサネット**
4. 日本の活動状況と今後
5. まとめ

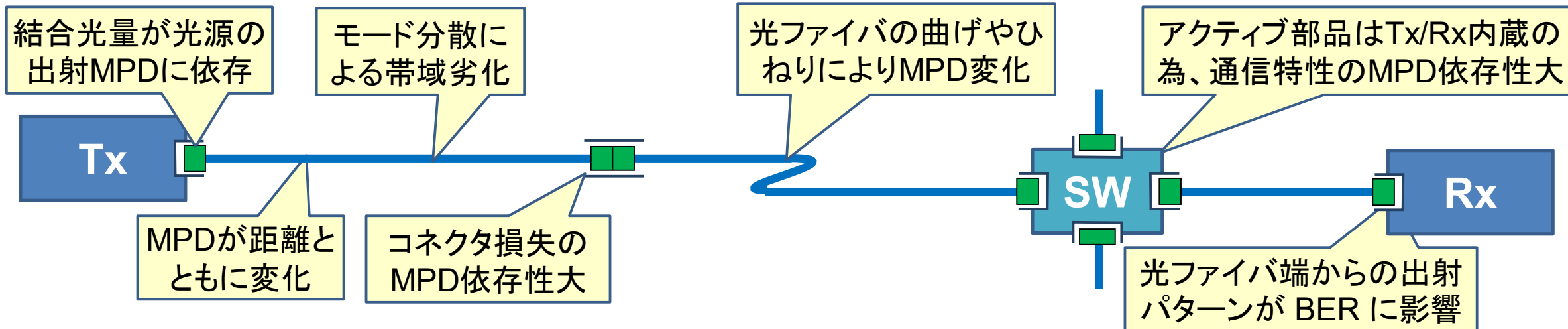
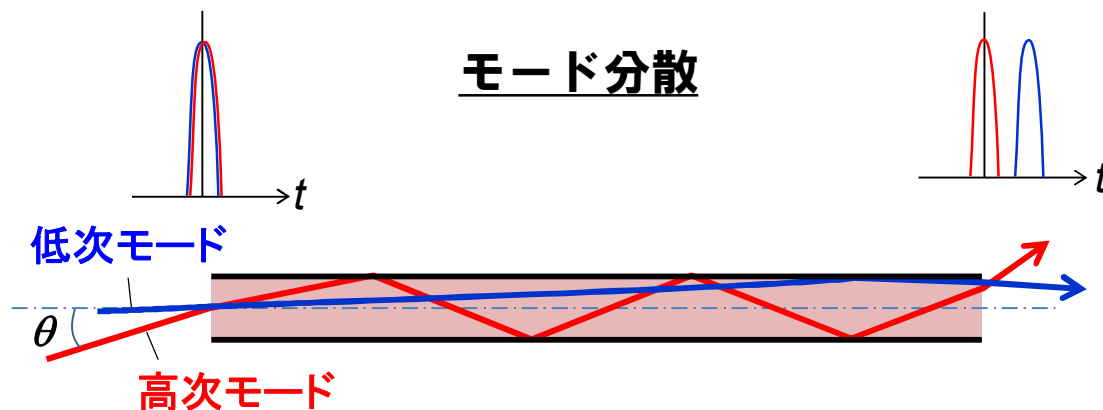
例: IEEE 802.3bv



マルチモード伝送系は『損失』と『帯域』の確保が必須 ← MPDに強く影響

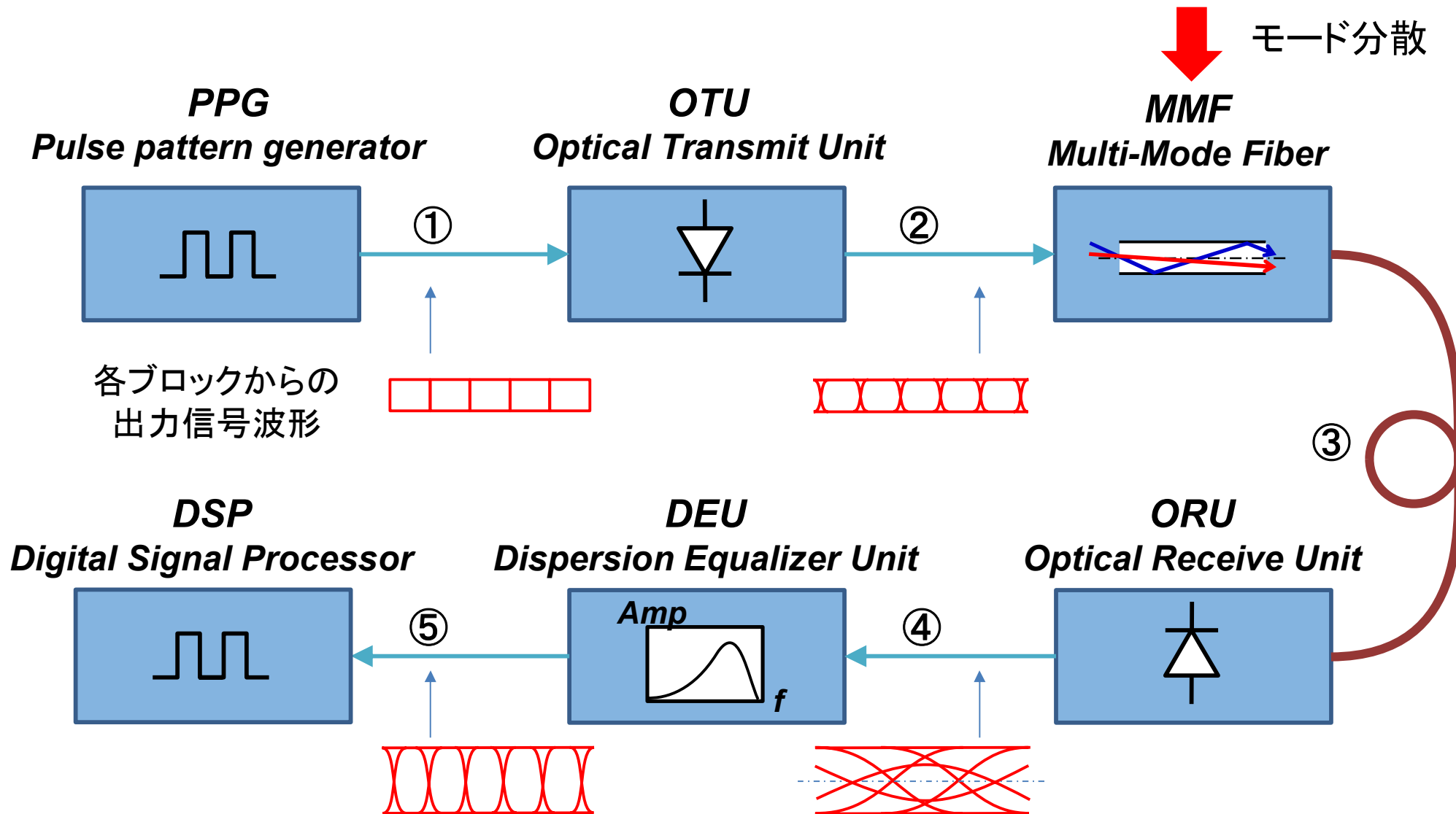
MMF中の光信号は伝搬角の異なる様々なモード光にパワーを分配して伝搬する。この分配は帯域に大きく影響する。分配を伝送モード分布(MPD)と定義されている。

MPD: Modal Power Distribution



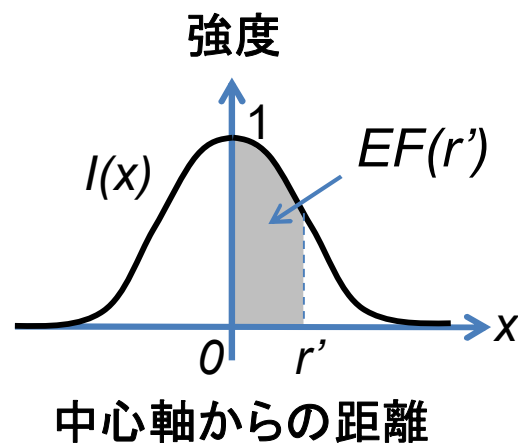
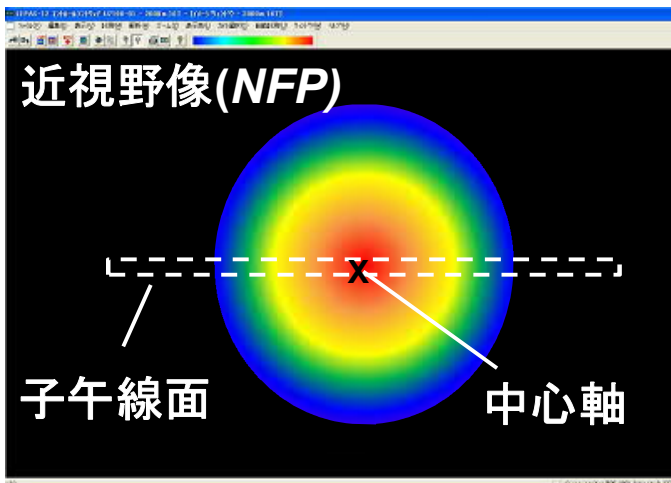
課題: 各光部品 の通信仕様や接続条件にMPDに関する規定や前提が定義されていない。

標準化の狙い: MPDの測定法・表記法を規定し、光通信部品の仕様にMPDを盛り込むことにより **“Total MPD management”**を可能とする。



EF (Encircled Flux)

国際規格: IEC 61300-1 ed.4

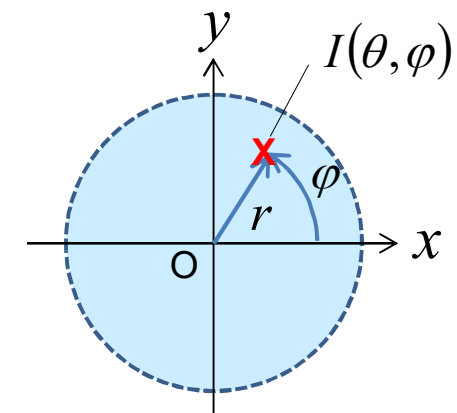
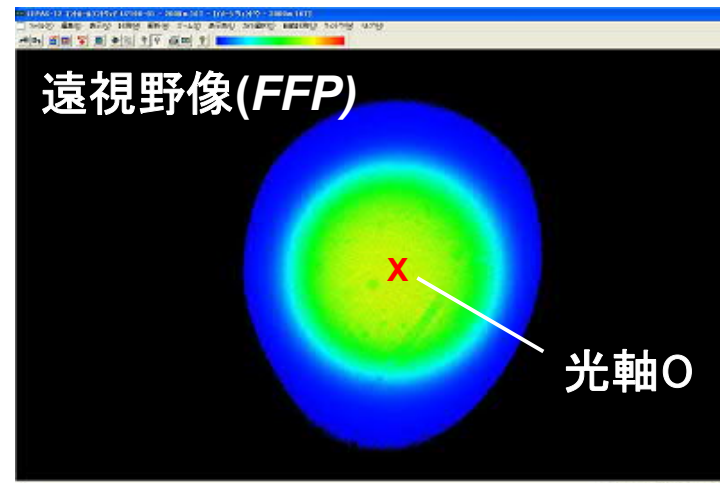


- 子午線面上の1次元光強度分布 $I(x)$ を測定
- EFは半径 r' 内を伝搬する光束の相対パワーを定義
- 主としてGI-MMFで使用。

$$EF(r') = \frac{\int_0^{r'} I(x) \cdot x \cdot dx}{\int_0^{r_{max}} I(x) \cdot x \cdot dx}$$

EAF (Encircled Angular Flux)

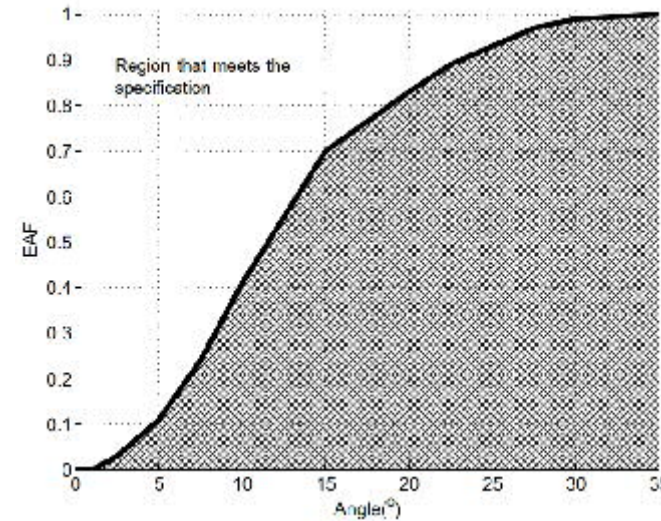
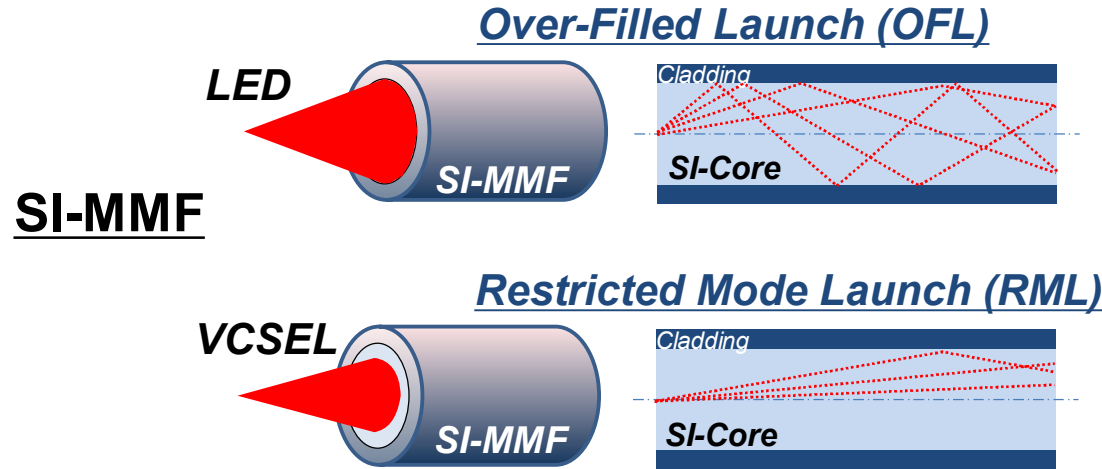
国際規格: IEC 61300-3-53 ed.1



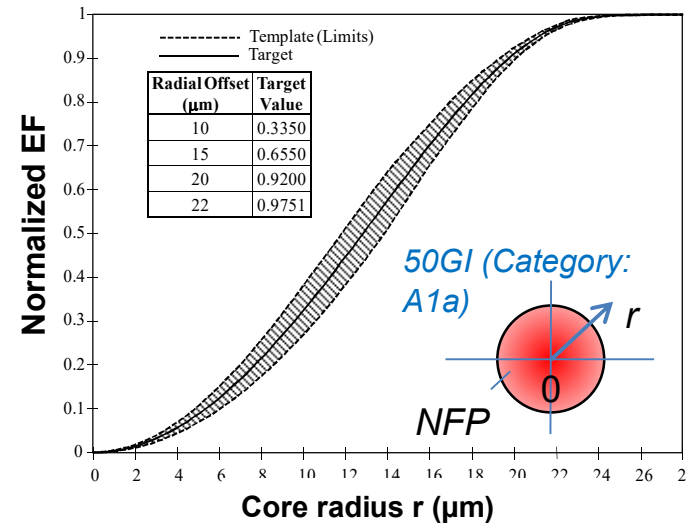
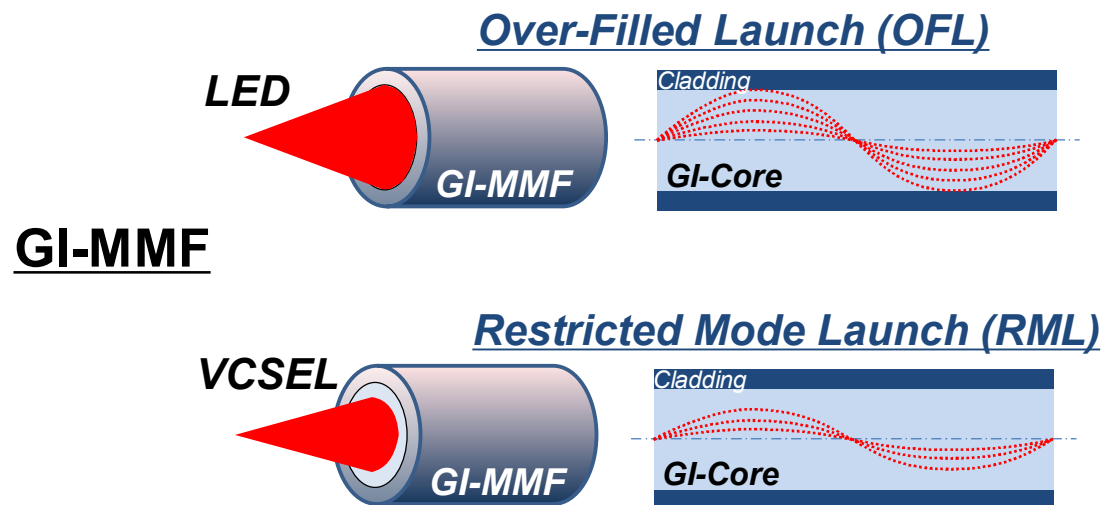
- 遠視野像上の2次元光強度分布 $I(\theta, \varphi)$ を測定
- EAFは放射コーン θ' 内を伝搬する光束の相対パワーを定義(θ' は出射角)
- 主としてSI-MMF使用

$$EAF(\theta') = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\theta'} I(\theta, \varphi) \cdot \frac{\sin(\theta)}{\cos^3(\theta)} \cdot d\theta d\varphi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_{max}} I(\theta, \varphi) \cdot \frac{\sin(\theta)}{\cos^3(\theta)} \cdot d\theta d\varphi}$$

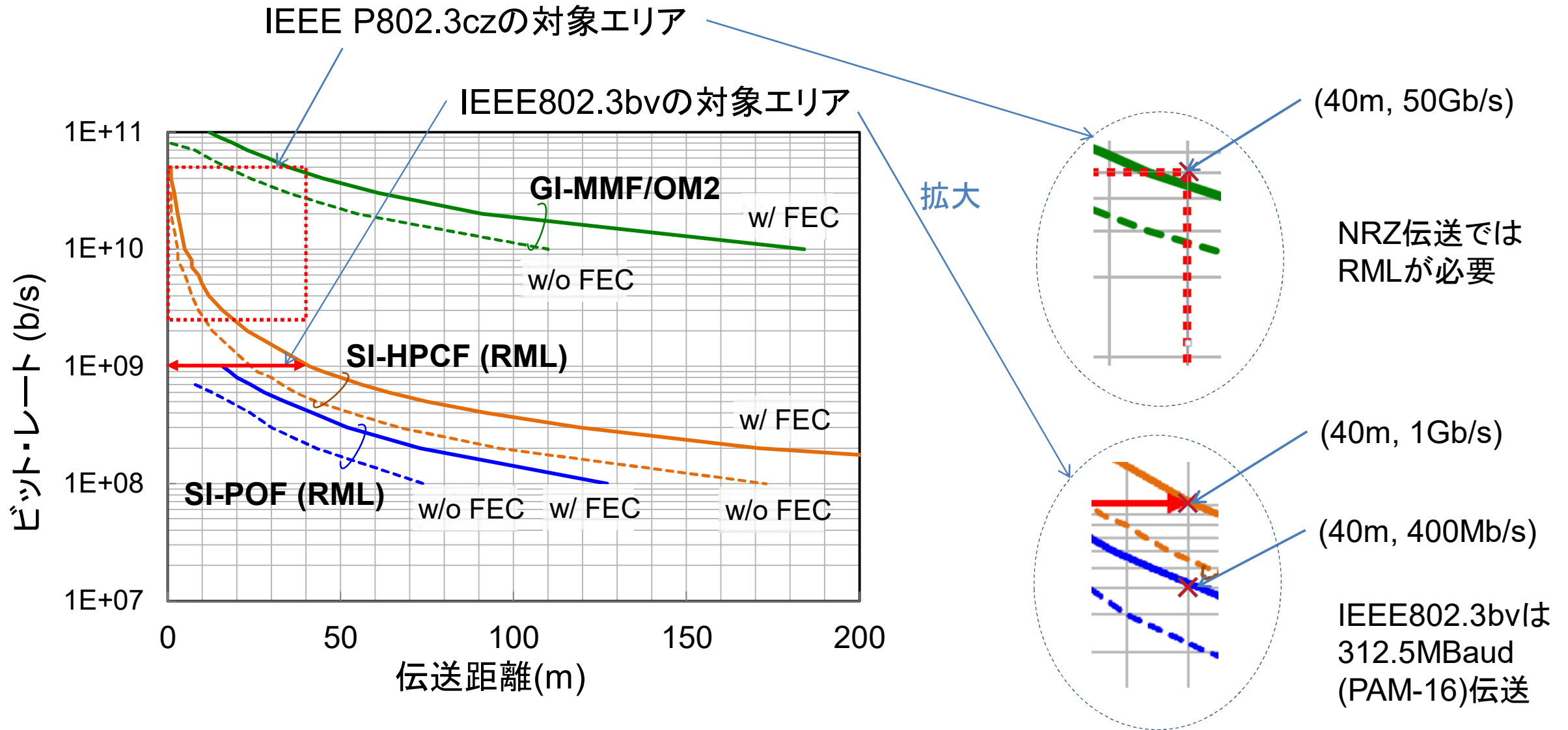
モード分散による帯域劣化を抑制するために入射モード分布を狭くする



対象:
SI-POF(NA0.5、 Φ 980 μ m)
出典:
IEEE Std 802.3bv

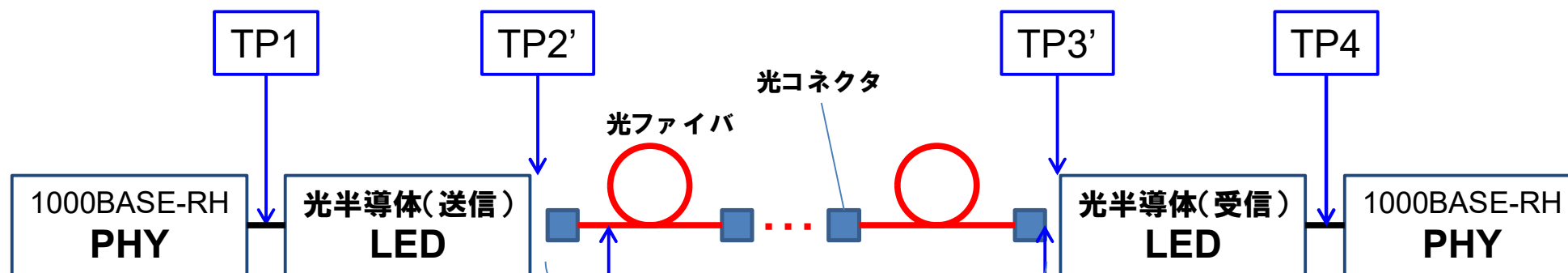


対称:
GI50(NA0.5、 Φ 50 μ m)
出典:
IEC 61280-1-4 ed.2

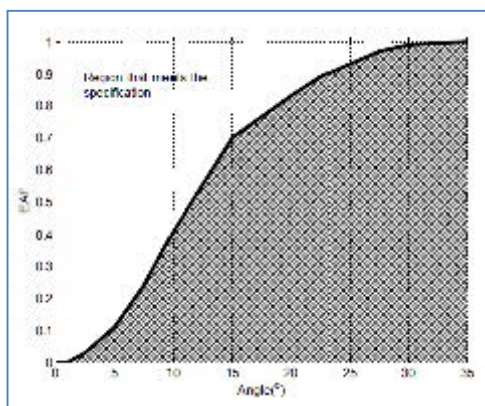


各種MMFでのNRZ信号伝送帯域限界シミュレーション
FEC: 前方エラー訂正、RML: 限定モード励振

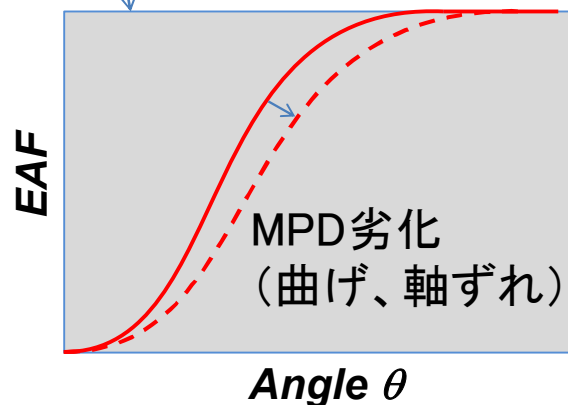
IEEE P802.3bv: LEDとPOFでの1 Gb/s通信規格 (TP1~TP4)を規定。



IEEE P802.3bvから抜粋

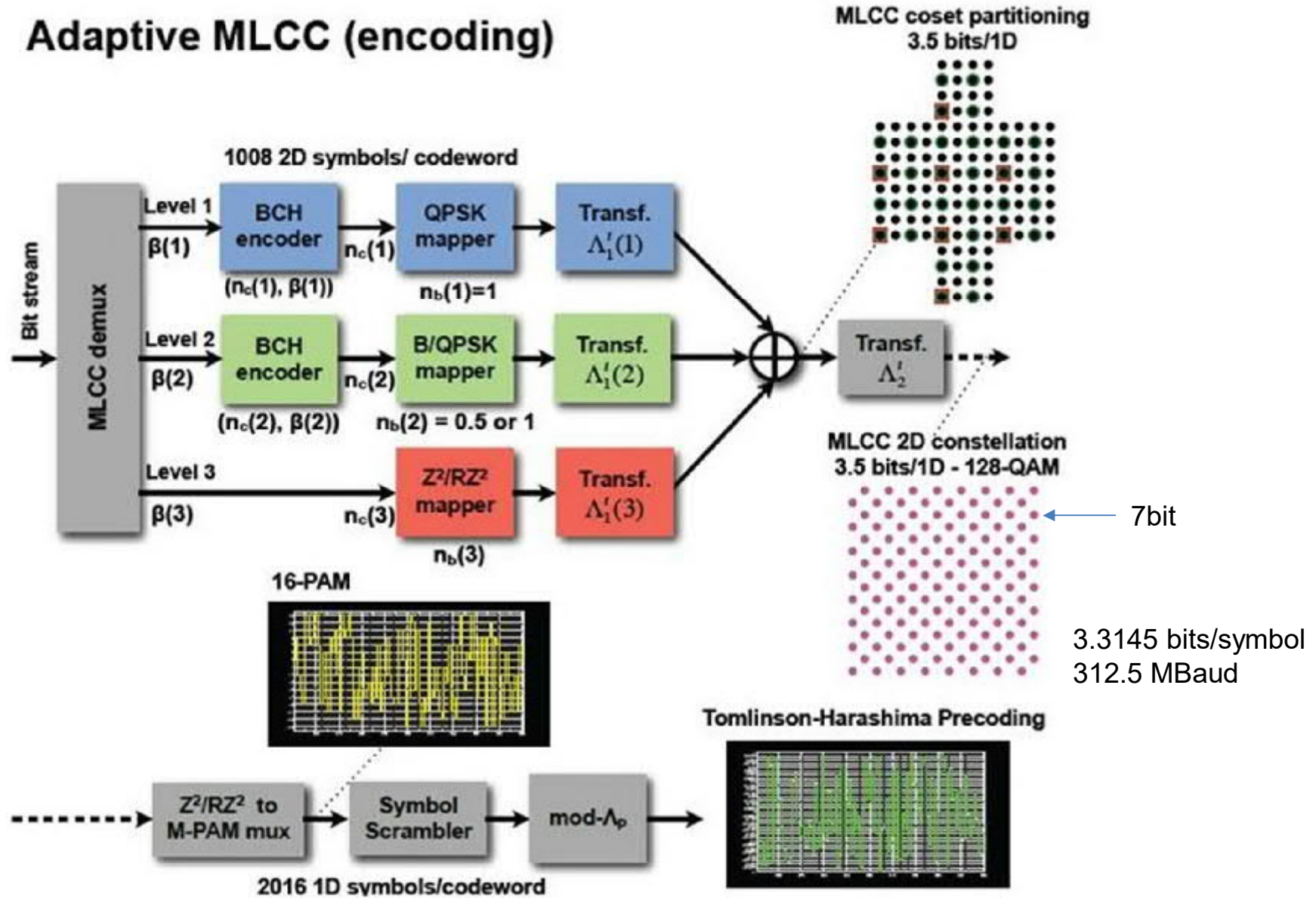


入射するMPDを規定

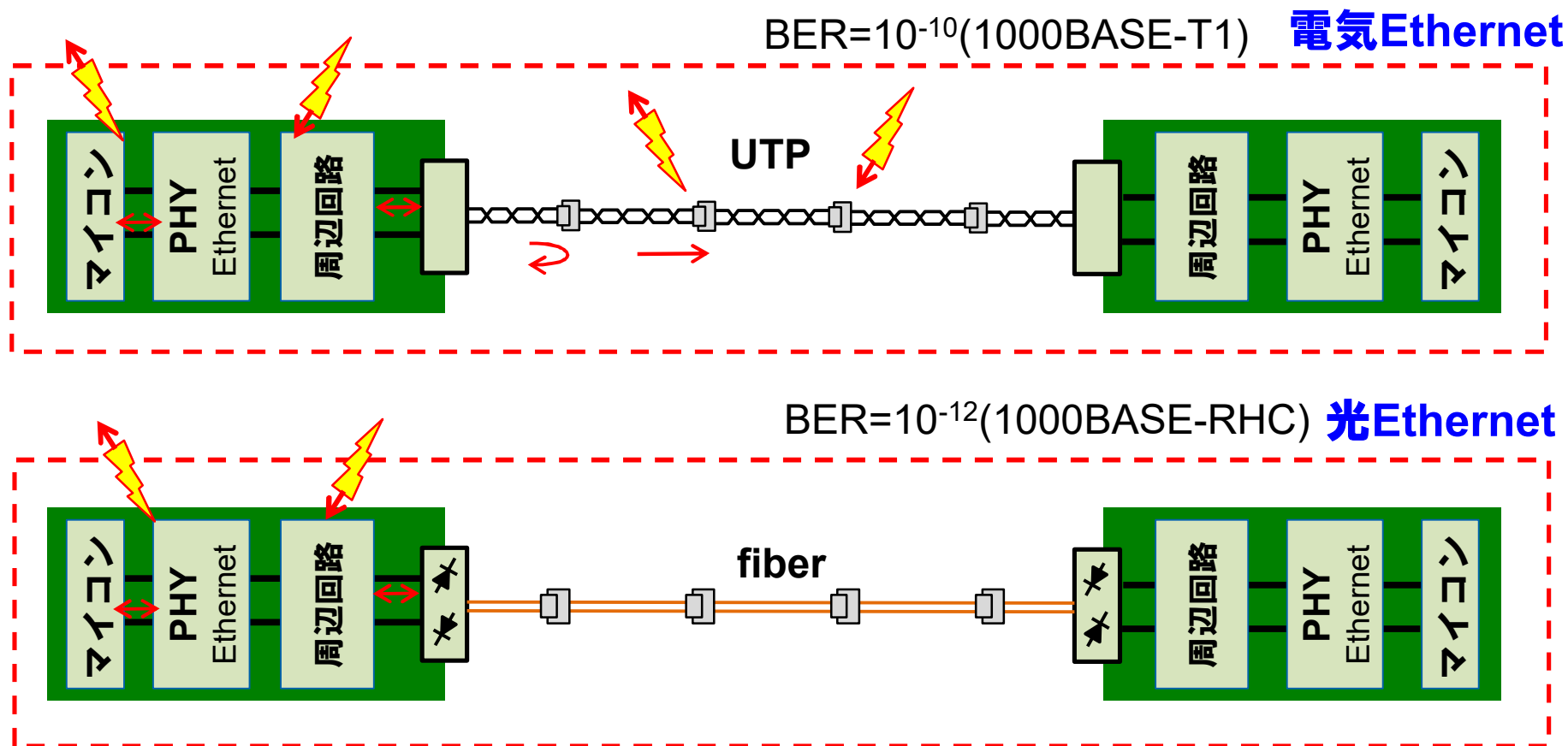


ISO 21111-4(光通信部品)では
MPD最大変動量を考慮して規定

Adaptive MLCC (encoding)



半導体のEMC (IEC62228-X)、車載機器のEMC (ISO 11452-X)を策定中。JASPARでは1Gb/s通信ボードを用いてEMC試験比較を実施。光はイミュニティで、電気はエミッションで優位(一次試作機)¹⁾。



1) 河淵、「JASPARが進める1Gbit/s Ethernetの実装に向けた取り組み」、日経Automotiveセミナー(2018年6月)

**IEEE 802.3 1000BASE-RH
(ISO/IEC/IEEE 8802-3)**
Automotive Ethernet interface specification

ISO 21111-4 光部品仕様
• 1000BASE-RH Component specification
• Test methods

光ファイバ評価法
IEC 61300-3-53
• EAF (MPD evaluation method) measurement

光ファイバ製品仕様
IEC 60793-2-40
• Product specification for category A4 MMF

ISO 21111-2 第2層インターフェイス
• Wakeup general part
• MAC-Interface (s)

車載イーサ追加仕様
ISO 21111-3
• Wakeup/Sleep specification and conformance test plan

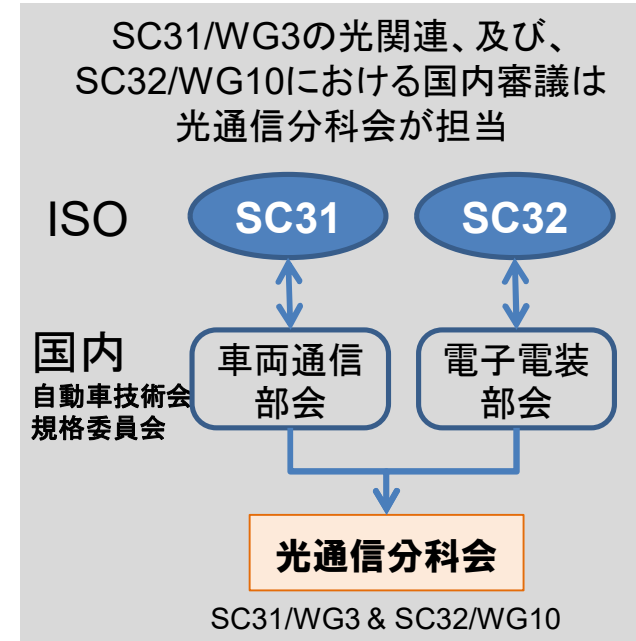
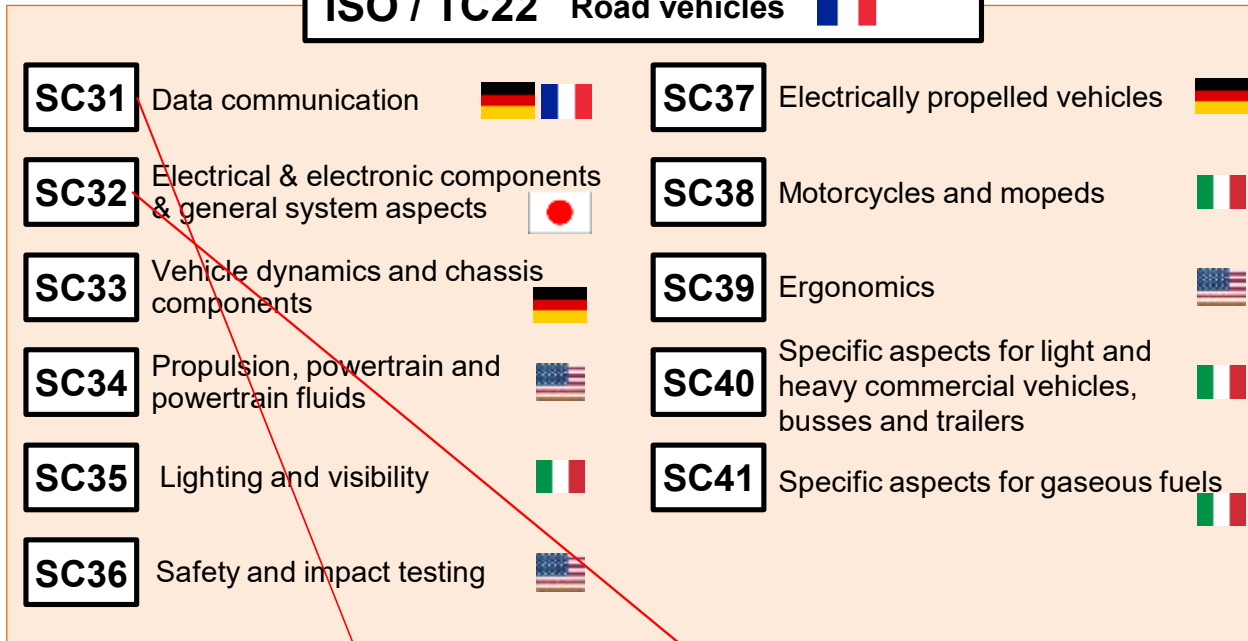
相互接続性
ISO 21111-5
• 1000BASE-RH inter-operability test specification
• System/Device level conformance test

車載半導体のEMC
IEC 62228-5
• Automotive Ethernet EMC test specification for PHYs (all speeds)

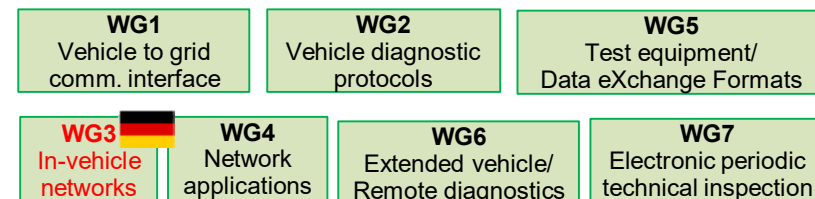
車載機器のEMC

ISO 11452-X
• EMC test specification for automotive components

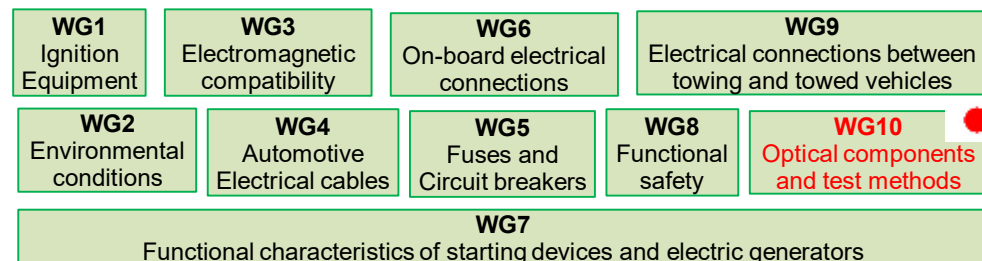
ISO / TC22 Road vehicles



SC31 Data communication



SC32 Electrical & electronic components & general system aspects

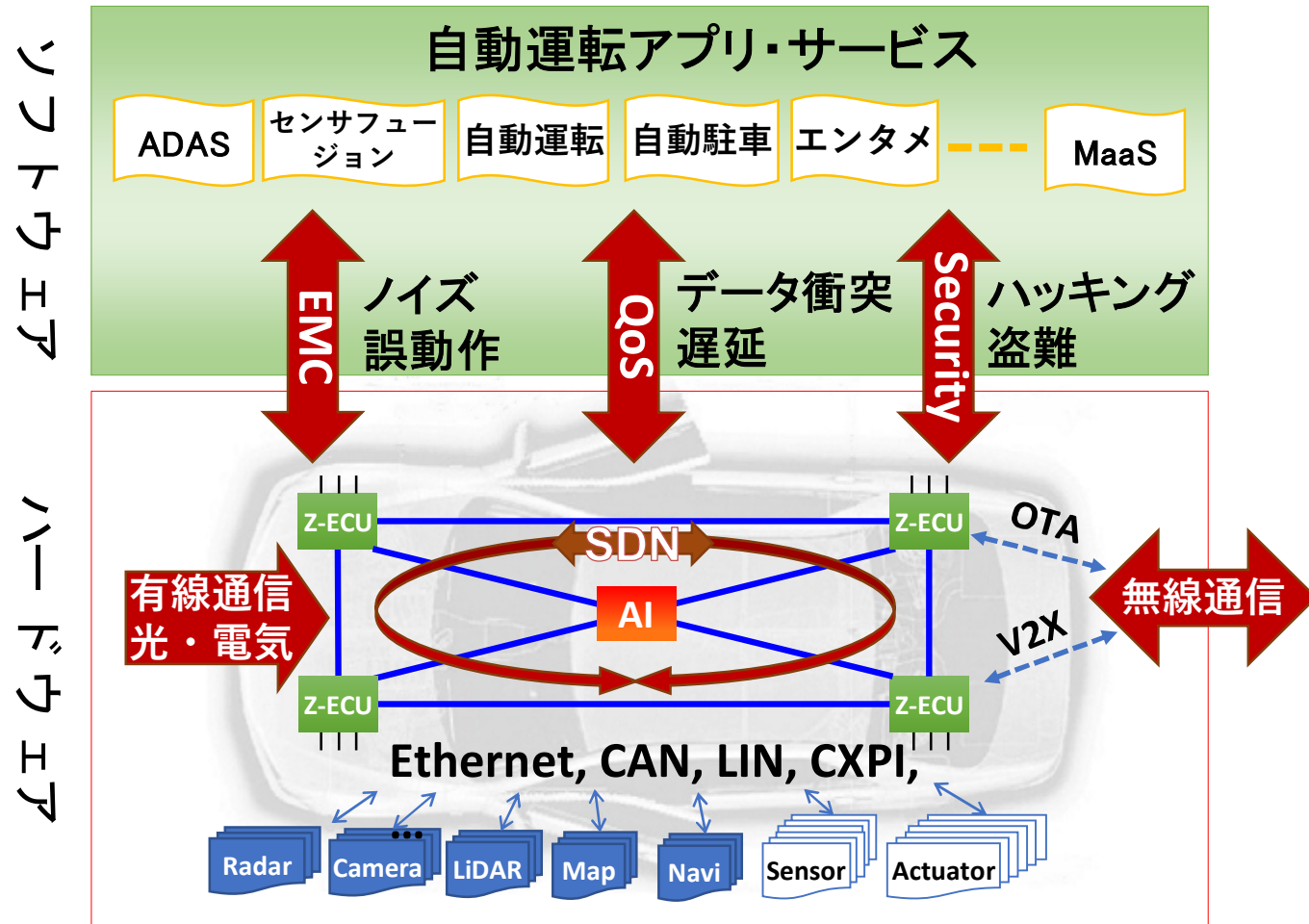
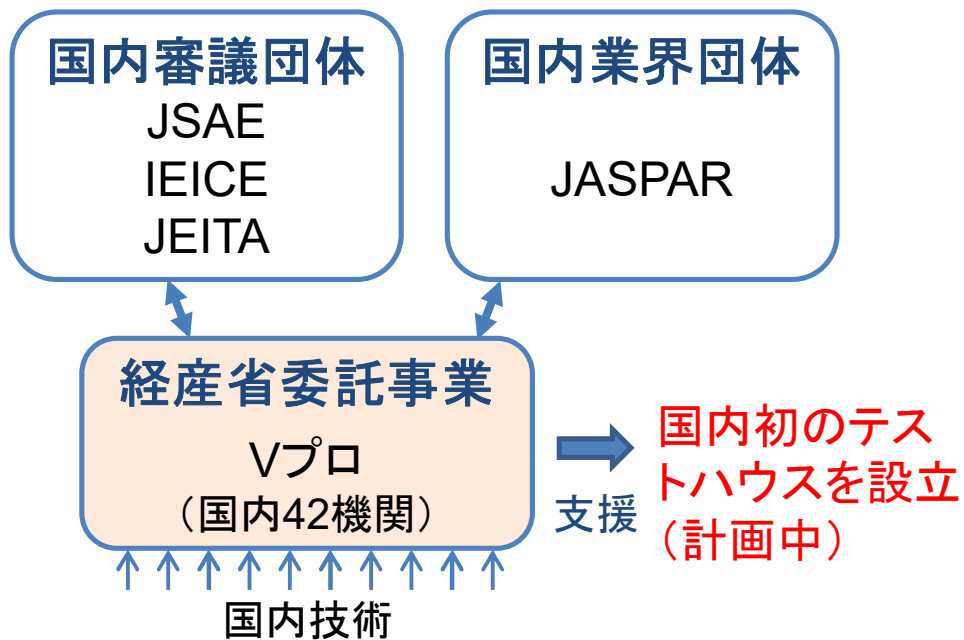


1. 背景
2. 車載イーサネットの標準化動向
3. 車載光イーサネット
4. 日本の活動状況と今後
5. まとめ

システム完全性

機器が相互接続され近接配置されるなかで、
システム全体の機能を保持(日本品質)

信頼性3本柱を軸に業界横串活動中
EMC, QoS, Security



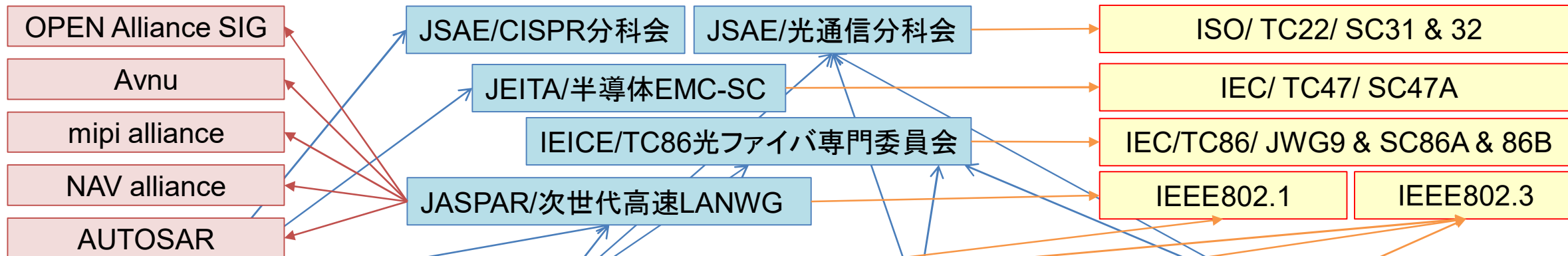
有線と無線による通信がSDNを介して高速・高信頼に繋がる

「車載イーサネットのシステム完全性に関する国際標準化」(Vプロ4) 令和02~04年度

海外フォーラム

国内審議団体、等

国際標準化団体、等



EMC試験規格策定
車載ネットワーク
EMC委員会
(京都大)

システム信頼性評価
車載通信システム評
価委員会
(名工大)

光通信部品規格策定
光ハーネス委員会
(宇都宮大)

全体戦略
国際標準開発委員会
(光協会)

テストハウス
2023年度末までに設置
車載イーサネット
他

- 規格適合試験技術
- ▶ トランシーバICのEMC評価方法
 - ▶ EMC対策半導体部品の評価方法
 - ▶ 車載通信ボードのEMC試験方法

- ▶ 車載イーサネットIEEE P802.3cz
- ▶ 車載TSN IEEE P802.1DG
- ▶ QoSに関する試験評価法を構築
- ▶ SDNとコネクテッド連携調査

- ▶ 高速100Gb/s光ハーネス部品規格
- ▶ 車載光MGBE通信・部品規格
- ▶ GIMMF中の光伝搬状態評価法
- ▶ 光配線板評価法

- ▶ 光技術普及戦略立案
- ▶ 国内審議団体横串、省庁連携
- ▶ 分野間連携戦略立案
- ▶ 規格関連情報収集

42機関から79名が委員参加中

JASPARと連携し3つの規格審議委員会での規格策定を必要に応じて国内委員会新設またはリエゾン構築により戦略的に行う。

国内審議団体

- 光通信: IEC/TC86: 電子情報通信学会 (IEICE)
- 半導体EMC: IEC/SC47A: 電子情報技術産業協会 (JEITA)
- 車載通信: ISO/TC22/SC31: 自動車技術会 (JSAE)車両通信部会
- 車載部品: ISO/TC22/SC32: 自動車技術会 (JSAE)電子電装部会

個人参加

- イーサネット物理層規格: IEEE802.3委員会

➤ 縦割りだった国内審議団体にVプロが横串的役割を果たした。



次世代車載ネットワーク研究所

- ハードウェアに立脚した信頼性3本柱に係る研究、評価技術開発、および国際標準化を推進。学外識者も含めて運営(2019/8～)
- 車載イーサネット(電気/光)に関わる各種試験(規格適合、レベル試験、等)サービス立ち上げ(準備室2021年2月予定)
- 問合せ: automotive [at] en.nitech.ac.jp

車載ネットワーク研究コンソーシアム

[at]を@に変更ください

- トップ研究者による研究会、規格学習講座、測定技術講座(実機利用)、規格適合対策講座等を推進(2021年4月発足予定)。無償メルマガ配信中
- <https://sanren.web.nitech.ac.jp/sangaku/consortium/venel/>
- 問合せ: venel-conso.office [at] adm.nitech.ac.jp

<https://www.nitech.ac.jp/research/project/aning/index.html>

- 自動運転時代に向け、高感度／高解像度センサの増加、V2X通信拡大、ドメイン間通信容量の増大(～100Gb/s)と急展開している。
- 車載環境下で高速＆高信頼通信を実現するために、電気および光通信が競合し、安価な物理層を用いたDSPリッチな通信規格提案が相次いでいる(IEEE802.3委員会)。
- IEEE規格は欧米のLSIメーカーが主導しているが、日本は部品レベルの提案／標準化でプレゼンスを出している(特に光通信)。
- 詳細な規格はISO/TC22、IEC/TC86、およびIEC/TC47で規定。現在、日本の主戦場はこれらの国際規格になっている。
- さらにネットワーク層(802.1委員会)や5G(802.11委員会)との規格連携議論が始まった。今後、日本の良い技術を分野を跨いで戦略的に策定するルール形成活動が重要。

謝辞 本研究は「省エネルギーに関する国際標準の獲得・普及促進事業(経済産業省)の委託により実施したものであり、ご支援心より感謝いたします。