

車載光ネットワーク用デバイス

尾崎 敏明

自動車では、車載される電子ユニット数がユーザーの安全性、利便性、快適性のニーズに応えるため、年々増加している。また、環境問題が注目される中、自動車も燃費の向上、排出ガスの低減等のために高度な電子制御がされるようになった。そのため、1980年代になり、自動車内の信号、電源の分配を行うW/H(wiring harness:自動車用組電線)の肥大化が問題視され、信号の多重通信が採用されはじめた。

最近では、国家的プロジェクトとして推進されているITS(intelligent transport systems:高度道路情報システム)のサービスが一部開始され¹⁾、VICS(vehicle information and communication system:道路交通情報通信システム)、ETC(electronic toll collection:ノンストップ自動料金収受システム)等が実用化されている。また、ナビゲーションの普及に伴い自動車内で扱う情報も大容量化してきた(地図データの記憶媒体もCD-ROMからDVD-ROMへと移行してきている)。そこで重要になるのが、情報のマネジメントとその大容量データを伝送するためのネットワーク技術である。

本稿では、車載ネットワーク技術を概説し、中でも最近大容量のデータ伝送手段として注目されている車載光ネットワークについて、その採用動向、および民生機器とは異なる自動車環境に起因する性能要求を解説し、光ネットワーク物理層の要素技術となる各コンポーネント(光ファイバー、光コネクタ)の現在の開発動向を述べる。

1. 車載ネットワークの概要

1.1 車載ネットワークとは

車載ネットワークは図1に示すように、ボディー系、制御系、情報系ネットワークの3つに大別される。これらの各ネットワークの手段として、それぞれ図2に示す通信方式がある。

ボディー系ネットワークは、ドア(電磁ロック、パワーウインドウ等)、インパネ(エアコン、メーター等)、灯火系(ヘッドライト、ウインカー、ストップランプ等)等の制御を行う。ボディー系ネットワークの通信速度は、10~100 kb/s程度である。通信方式としては、以前は各社独自の方式を採用していたが、欧州のメーカーでCAN(controller area network)が広く採用されたのに伴い、日米でも採用の動きがあり、デファクトスタンダードとなりつつある。また最近では、より低コストなLIN(local interconnect network)がサブシステム内接続用として検討されている。1980年代初頭には、このボディー系ネットワークにおいて光多重通信が採用され、W/Hの軽量化効果は認められたものの、高コストであることから広くは普及しなかった(1章3節参照)。

制御系ネットワークは、「走る・曲がる・止まる」という自動車の基本性能にかかわる、エンジン、ブレーキ、シャシーの制御に用いられ、通信速度としては数百kb/s~数Mb/sである。これもボディー系と同様にCANがデファクトスタンダードになりつつある。制御系においては、1995年ごろから電気自動車のモーター制御に光伝送が採用されている(1章3節参照)。これは、電気自動車におけるノイズ対策がもっとも大きな理由である。また最近では、Drive by Wireシステム向けに冗長性やリアルタイム性にすぐれたFlexRay(byteflight)やTTP/C(time triggered protocol/class C)が検討されている。中

矢崎総業(株)車載統合システム開発事業部(〒410-1194 裾野市御宿1500)
E-mail: ozaki-t@edsrd1.yzk.co.jp

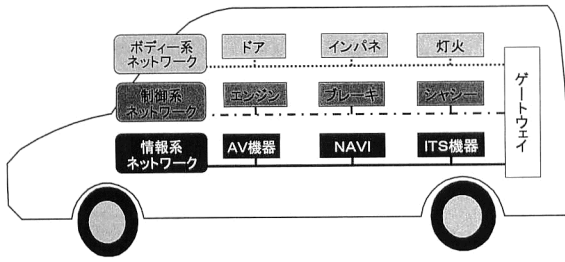


図1 車載ネットワークの構成。

でも, byteflight は, 通信速度が 10 Mb/s で POF (plastic optical fiber: プラスチック光ファイバー) を伝送媒体とした通信方式であり, 今後は制御系において, 光ファイバーを用いた通信方式の採用が増加すると考えられる。

情報系ネットワークでは, オーディオ・ビジュアル機器やナビゲーション, さらに最近では ITS の普及に伴い多くの情報関連機器が接続されるようになってきた。以前は, 各機器のコマンド・ステータス等の制御データの伝送のみを行う数十 kb/s 程度の通信手段が採用されていたが, 最近では CD, DVD 等のデジタルメディアを用いたナビゲーションやエンターテインメントシステムの普及に伴い, 制御データだけでなく, ソースデータも同時に伝送する高速な光通信方式が世界的に注目されるようになっている。

1.2 情報系ネットワークの国際標準化動向

情報系ネットワークの標準化は, 図3に示すように, 日米欧3極で協調しながら行われてきた。米国では1995年に SAE (Society of Automotive Engineers) において

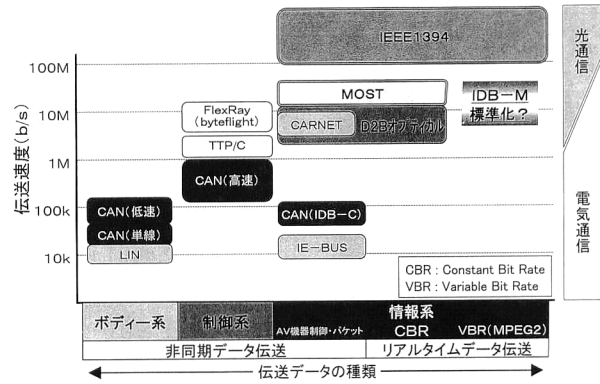


図2 車載 LAN マップ。

IDB (ITS Data Bus) 委員会が, アフターマーケット機器を含めたオープンかつセキュリティーを考慮した通信規格 IDB-T (telematics) の策定を開始した。1999年には, IDB Forum を設立し, IDB-T の普及活動と IDB-M (multimedia) の技術検討を行っている。欧州では, 1997年に ERTICO (European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization) において CMOBA (Car Multimedia Open Bus Architecture) がマルチメディア向けの高速バスの標準化活動を開始したが, ドイツカーメーカー数社が MOST (media oriented systems transport) の採用を表明し, 1998年に MOST Cooperation を設立, MOST でのシステム検討, 標準化を開始した。日本では, 1998年に自動車電子走行技術協会/自動車工業会による IDB タスクフォースが設立され, 欧米との協調を基本に, 情報系ネットワークの検討を行っ

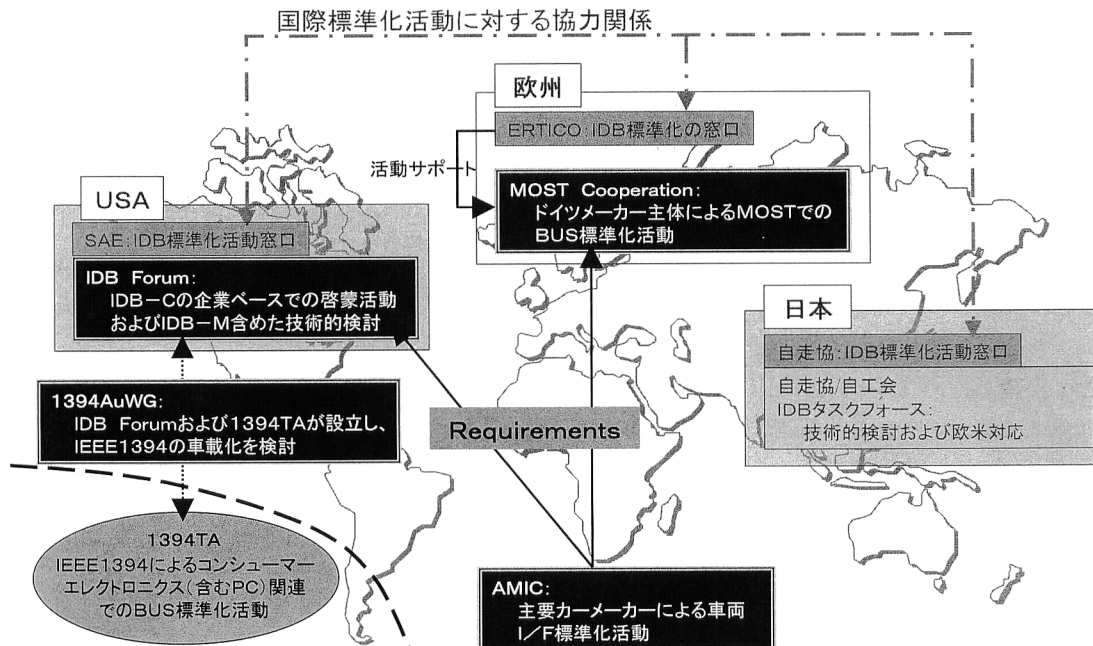


図3 情報系ネットワーク標準化活動。

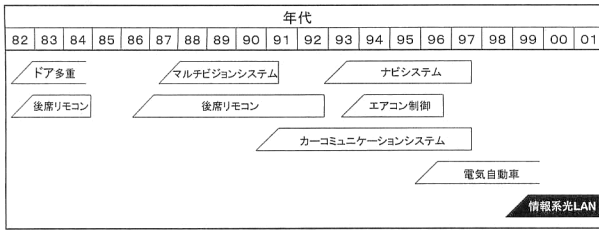


図4 光伝送車載実績。

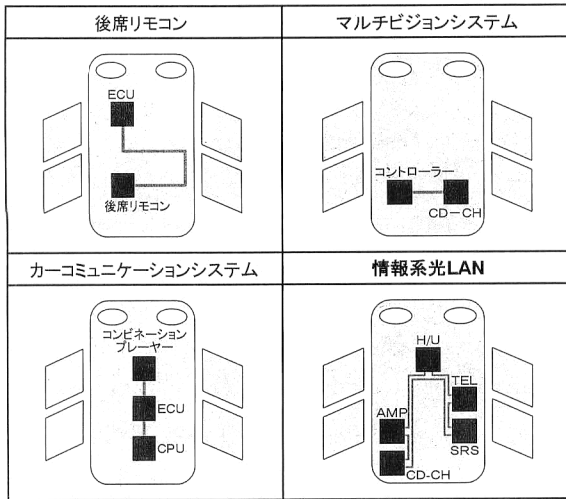


図5 車載光伝送システムブロック例。ECU: electronic control unit, CPU: central processing unit, CD-CH: CD changer, H/U: head unit, TEL: telephone, AMP: amplifier, SRS: speech recognition system.

てきた。また、これら日米欧3極の活動とは別に、カーメーカー主体のAMIC (Automotive Multimedia Interface Collaboration) が、1998年に設立され、自動車用マルチメディア機器のための標準化検討を開始した。

現在では、日米欧3極による活動から、IEEE1394の車載化検討を目的にIDB ForumとIEEE1394の標準化団体である1394 TA (Trade Association) がジョイントして設立した1394 AuWG (Automotive Working Group) とMOSTの車載化検討を行うMOST Cooperationの2つの活動が中心になっている(図3)。そのため、国際標準化の流れとしては、IEEE1394 (IDB-1394) とMOSTの2つが有力な候補となっている。AMICにおいても、MOSTを推進する欧州メーカーとIEEE1394を推進する日米メーカーとに2極化しつつある。

1.3 車載光伝送の歴史

自動車への光伝送(POFによる多重通信)の採用は1982年に遡る(図4)²⁾。まず、ボディー系のシステムであるドア多重システム、後席リモコンで採用され、その後、情報系に属するCD-ROMデータ伝送用にナビゲーション

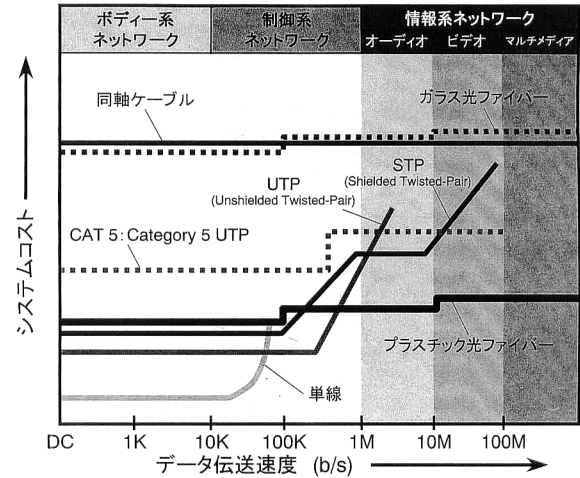


図6 伝送媒体の違いによるデータ伝送速度とコスト比較。

システム等で採用された。また、高電圧系でノイズ環境の厳しい電気自動車のモーター制御への採用があった。しかしながら、いずれも機器間のpoint to point接続に限られ、また伝送媒体となる光コンポーネントの取り扱い性の悪さ、電線と比較してコストが高いため広くは普及しなかった。ところが、1998年にBENZ S-Classに、量産車で初めて情報系の機器をすべて接続する情報系光ネットワークとしてD2 B オプティカル (digital data bus) が採用されたことで、車載光伝送が自動車業界で注目されるようになった。図5に車載光伝送システムブロックを示す。

今後高速通信では、ノイズ、軽量化、コストメリット(図6)³⁾からPOFによる光伝送が主流になっていくと考えられる。

2. 車載光ネットワークシステムへの性能要求

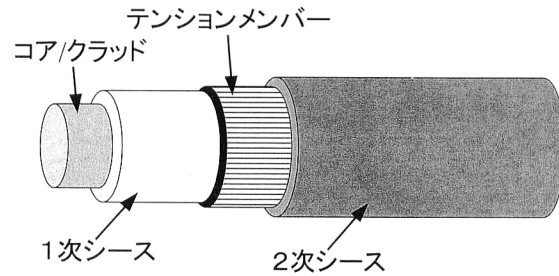
光ネットワークを自動車へ広く普及させるためには、使用される光コンポーネントを車載環境へ適合させなければならない。通信性能が十分に確保されていることはいうまでもなく、さらに既存の電線による車両W/Hと同等な扱いができる機械的強度・信頼性が求められる。具体的には以下の要求項目が挙げられる⁴⁾。

- 動作温度範囲が広いこと
- 耐久性にすぐれていること (高信頼性)
- コネクター寸法精度が比較的低くてもよいこと (一般コネクターなみ)
- ラフな取り扱いに耐えること (機械的強度)
- EMC (electromagnetic compatibility) 特性にすぐれていること
- 伝送速度が高く、誤り率が低いこと

表1 光データリンク設計目標.

項目	設計目標値
動作温度	-40~+85°C
保存温度	-40~+85°C
伝送速度	通信プロトコルによる ・D2B Optical : 12 Mb/s ・MOST : 45 Mb/s ・IEEE1394 : 125, 250 Mb/s
ビット誤り率	$\leq 10^{-9}$
ファイバー径	$\phi = 1.00 \text{ mm}$
引張り強度	$\geq 100 \text{ N}$
開口数(NA)	0.5~0.6
ファイバー伝送損失	$\leq 0.3 \text{ dB/m}$ ($\lambda_p = 650 \text{ nm}$)
コネクタ保持力	$\geq 100 \text{ N}$
ファイバー保持力	$\geq 100 \text{ N}$
コネクタ挿入力	$\leq 75 \text{ N}$
通信波長	$\lambda_p = 650 \text{ nm}$
耐 EMS 強度	$\geq 200 \text{ V/m}$ (G-TEM CELL)

EMS: electromagnetic susceptibility



構成	直径(mm)	材質
コア	0.73	PMMA
クラッド	0.75	フッ素樹脂
1次シース	1.5	PE
テンションメンバー		ケブラー
2次シース	2.6	PVC

図8 従来の車載用 POF.

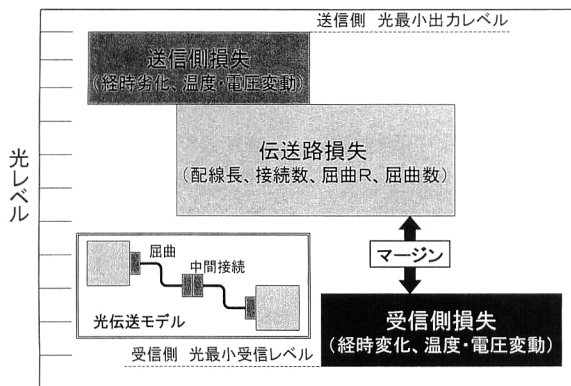
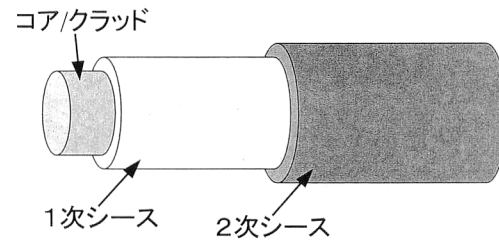


図7 車両配策上での光レベルダイアグラム.



構成	直径(mm)	材質
コア	0.98	PMMA
クラッド	1.0	フッ素樹脂
1次シース	1.5	PA12
2次シース	2.3	ソフトPA

図9 新規開発の車載用 POF.

- ・伝送ロスが少ないこと
- ・伝送フォーマットを制限しないこと
- ・小型軽量であること
- ・可撓性に富むこと
- ・ローコストであること
- ・発光状況が目視できること (可視光)

以上の要求項目に基づいた設計要素をみると表1に示す設計目標値となる.

また、車載時の光通信を成立させるためには、図7に示すように、種々の要因による伝送損失を考慮した上で、十分なマージンを確保する必要がある.

3. 光ファイバー開発動向

従来の車載用 POF の例を図8に示す⁴⁾. 引張り強度を上げるためにテンションメンバーとしてケブラーを採用し、電線と同等の強度を得ている. また、1次シースに PE (polyethylene) を被覆することでファイバーの耐熱

性、耐油、耐溶剤性を向上させている. 2次シースは非移行性の PVC (polyvinyl chloride) を採用している. ただし、従来はファイバーの曲げによる伝送損失を懸念し、小径Rの配索に対する防護策としてPVCチューブまたはコルゲートチューブによるファイバーの保護を行っていた.

それに対し、図9に示した新たに車載用として開発した POF では、2次シース材としてソフト PA (polyamide) を使用することで、テンションメンバーを廃止して低コスト化を図った. この2次シースの補強により、従来の電線なみの引張り強度を確保している. また、車載では配策長が最大でも 10 m 程度であるため、長距離での伝送特性よりも屈曲による損失特性を向上させるために開口数 (NA) が 0.5~0.6 の高 NA のファイバーを使用している. 屈曲による損失特性を図10に示す.

新規に開発した高 NA の POF の通信限界は 10 m で 170 MHz 程度である. したがって、IEEE1394 の S200 までは十分対応可能であるが、それ以上 (S400~) への対応は難しくなる. そのため、今後は車載向けの低 NA の

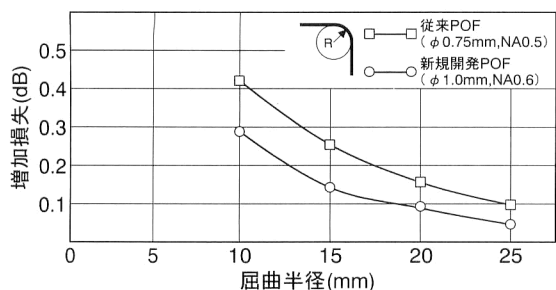


図10 POFの屈曲による損失特性.

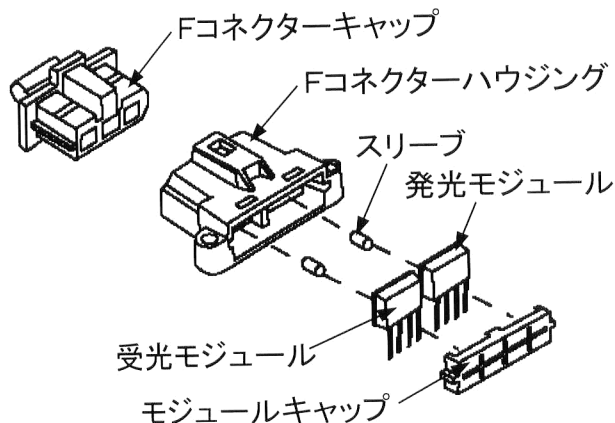


図11 車載用光コネクタ構造.

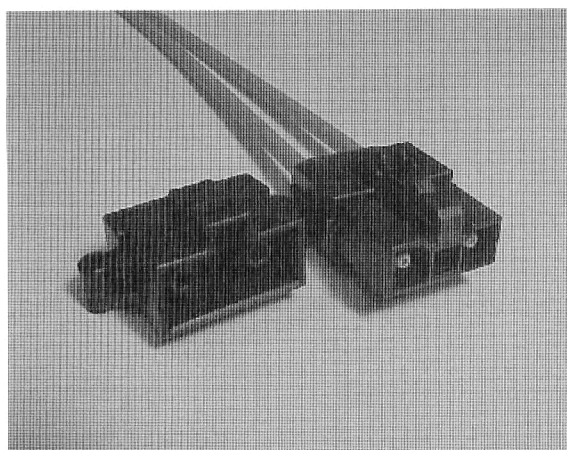


図12 車載用光コネクタ外観.

POF, GI (graded index) 型の POF⁵⁾ や HCS (hard clad silica) 等の検討が必要と思われる。ただし、低 NA の POF では、屈曲による伝送損失の増加が考えられるので、W/H との別体配策等を考えなければならない。また、HCS ではコア径が 200 μm と小径になるので接続損失の低減が課題となる。さらに、GI 型の POF はまだコストが高いという問題があり、いずれのファイバーも車載化に向けて解決しなくてはならない課題が数多くある。

また、現在 POF の使用部位は車室内に限定されているが、今後光通信の適用部位が拡大してくると、エンジンル

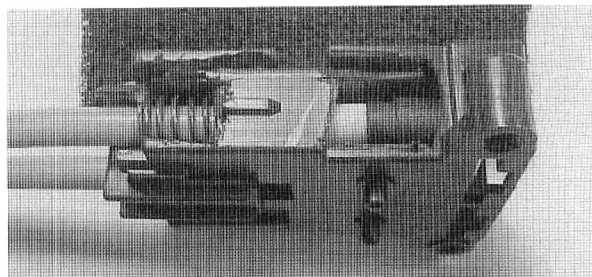


図13 車載用光コネクタ内部構造.

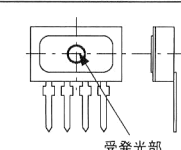
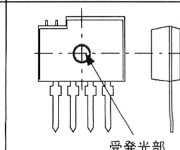
	従来品	新規開発品(D2Bオプティカル用)
構造	 受発光部	 受発光部
パッケージ	セラミック	プラスチック
ダイナミックレンジ	13dB	約20dB
発光波長	660nm	650nm
通信速度	DC~3Mb/s	4~12Mb/s

図14 FOTの開発動向.

ーム内等のさらなる耐環境性(耐熱温度)が要求される部位での使用が予想される。耐熱 POF は、いくつかのプラスチック材料をベースに検討されているが⁶⁾、現在の PMMA (polymethyl methacrylate: アクリル樹脂) をベースとした POF と比較して、可視域での伝送損失が大きいという問題がある。

4. 光コネクタ (FOT) 開発動向

車載用光コネクタは、車載環境に対応させるとともに、低コスト化を図る開発が行われている。新規に開発された光コネクタの構造を図11、外観を図12に示す。新規開発品では部品数を削減することで低コスト化を実現している。ハウジングの樹脂材料についてもカーボンを混入させることでシールド化している。また、従来品も同様であるが、車載光コネクタでは組み付け時のファイバー端面のきず、汚れを防止するため、ファイバー端面をコネクタハウジングから突出させない構造としている。そのため、ファイバー端面が受発光素子に到達できるよう短尺の導光部品(スリーブ)を設けている。さらに、図13に示すようにスプリングによりファイバー先端とスリーブを一定に加圧することで、接続による損失を低減させている。

各端末機器に搭載されるコネクタでは、内部に受発光素子(FOT: fiber optics transceiver)が設置され、光/電気信号の変換を行っている。D2Bオプティカル用に開発したFOT例を図14に示す。従来品では耐熱性、耐湿性を考慮してセラミックパッケージが使用されていたが、耐

熱性，耐湿性にすぐれた透明樹脂が開発され，プラスチックパッケージ化による低コスト化が図られた．また併せて広ダイナミックレンジ化により，車載配策時の伝送損失を十分カバーできる通信性能を確保している（図7）．

近年，民生機器（情報家電）が自動車へ搭載されるまでの期間が短縮され，CDやMD等は標準搭載される車種が増加している．また，DVDは映像メディアとして家庭に普及するよりもカーナビゲーションの記録媒体として自動車への普及のほうがかつたという例もある．このような状況の中，今後ますます通信の高速化ニーズが高まり，それに対応して車載情報系（エンターテイメント系）BUSの標準化が世界的に進められ，自動車への光ネットワークの採用が加速されてくるものと考えられる．その際，光ネットワークの構成部品となる物理層（光コンポーネント）においては，通信の基本性能を満足することは当然である

が，民生機器よりも厳しい車載環境をクリアし，さらに低コスト化を図ることが，今後の開発課題となる．

文 献

- 1) 財団法人道路新産業開発機構：*ITS HANDBOOK 1999-2000* (2000)．
- 2) 大塚立躬：“移動体における光技術”，*オプトロニクス*，**14** (1995) 140-146．
- 3) 田野倉保雄：“光が開くクルマ市場”，*日経エレクトロニクス*，No. 741 (1999) 107-122．
- 4) H. Ueda and A. Yamaguchi: “A plastic fiber data link for automotive application,” *SAE International Congress and Exposition* (Detroit, 1990)．
- 5) POF コンソーシアム編：プラスチック光ファイバー（共立出版，1997）pp. 53-75．
- 6) POF コンソーシアム編：プラスチック光ファイバー（共立出版，1997）pp. 78-120．

(2001年1月10日受理)