ファイバオプティックス特集

光ファイバの市場動向

藤 原 健 司

光ファイバを伝送路とする光通信システムは、従来の銅線ケーブルに比べて情報を大量かつ高速で伝送できるため、各国で ISDN (Integrated Service Digital Network) の中心技術として急ピッチで採用され始めている。一方、各種の LAN (Local Area Network) などの中距離、更には、機器や移動体などの短距離の分野にも光伝送の応用が拡大し、各種の光ファイバの需要が著しい伸びをみせている。

本報告では、実用期を迎えた光ファイバ市場の現状と今後の動向についてマクロな立場から概観してみた。

1. 光ファイバの種類と応用分野

(1) 光ファイバの種類

現在、実用化または開発途上にある各種の光ファイバを種々の観点から分類してみる。分類の方法は、(i) 光ファイバの屈折率分布形状による、(ii) コア内を伝搬する光のモードの数による、(iii) 光ファイバを構成する材料による、(iv) 製造方法による、等が考えられる。

このうち主として光通信に用いられるファイバをその構成材料から分類すると石英系、多成分ガラス系、プラスチッククラッド系、プラスチック系の4種類に大別できる。表1にその特性を示す。光ファイバの伝送特性がきまる屈折率分布でみると、(i) 10 km を越す長距離大容量用の石英シングルモードファイバ (SM)、(ii) 中距離の通信用に使われる石英グレーデッド多モードファイバ (GI・MM)、(iii) 2 km 以下の距離で伝送容量も 20 MHz で十分な所に使われるステップ多モードファイバ (SI・MM) がその特性に応じた各分野で使用されている。

これらのファイバは伝搬光の強度だけを信号として使っているが位相や偏光も利用する高精度光計測やコヒーレント光通信用の偏波面保持ファイバも考案されている。一方より低損失の光伝送、温度計測、分析応用、エネルギー伝送などのために各種の赤外線伝送用ファイバが開発途上にあり、重金属酸化物ガラス、フッ化物ガラス、カルコゲナイドガラス、結晶ファイバなどが検討されて

表1 光ファイバの種類

種 類	材 料 成 分	屈折率分布 モード	コア/外径 (μm)	波長帯 (μm)	光損失 (dB/km)	帯域 (MHz・km)	NA
石 英 系	SiO ₂ + 各種ドーパ剤 (Ge, P, B, F 等)	SM	4~10/125	0.85 1.30	2.5~4 0.5~1.0	—	0.1
		GI・MM	50/125	0.85 1.30	2.6~4.0 0.7~1.0	200~1000	0.21
		SI・MM	80/125	0.85	3 ~ 5	> 20	0.21~0.24
多成分ガラス系	SiO ₂ , B ₂ O ₃ , Na ₂ O, CaO	SI・MM	100/140 200/250	0.85 0.85	12 15	> 10 > 5	0.28 0.5
プラスチック クラッド系	コア : SiO ₂ クラッド : シリコン	SI・MM	200/300	0.85	10	> 10~20	0.4
プラスチック系	コア : PMMA クラッド : フッ樹脂	SI・MM	238/250~ 970/1000	0.65	> 200	60	0.5

Market Trends for Optical Fibers

筆者紹介 KENJI FUJIWARA, NIPPON SHEET GLASS CO., LTD. Fiber Optics & Fine Glass Division, 日本板硝子(株)光ファイナガラス事業部 主幹技師, 工学修士

筆者は、ガラスの表面加工、微細加工が専門で、昭和58年から2年間、(財)光産業技術振興協会が光産業技術の調査・標準化活動に従事された。

本稿では、(財)光産業技術振興協会の調査結果をベースに光ファイバ実用化の現状と市場動向、今後の課題をまとめていただいた。

いる。

(2) 光ファイバ伝送の応用分野

光ファイバ伝送の応用分野は、公衆通信ネットワーク (INS など)、地域内ネットワーク (CATV など)、構内ネットワーク (LAN)、データ伝送、移動体、機器内などに区分される。伝送距離と伝送速度をパラメータに適用領域をみたものを図1に示す。

公衆通信ネットワークは交換局を中心に展開される加入者系と交換局相互間を結ぶ全国的な基幹伝送系、さらに長距離の海底光ファイバ通信に区分される。幹線系、海底用には SM 型ファイバが使用され、加入者系には GI 型石英ファイバが使用されている。今後進展が期待されているニューメディア都市や地域内における通信ネットワークは図の点線の領域にあり、一部 SM ファイバが使われるが GI ファイバが主流である。

構内ネットワークは、ファクトリオートメーション (FA)、オフィスオートメーション (OA) 等のシステム構築のために重要な技術であり、ネットワークの形状、アクセス方法、伝送速度、伝送距離等の項目に対して多種の方式が提案されている。従って、伝送媒体も同軸ケーブル、ツイストペア線と光ファイバとの競合が激しい分野である。光ファイバではシステムの拡張が容易なこと、画像伝送など大容量の通信が可能なことなどから利用が急速に増えている。この分野での光ファイバは、その伝送距離に応じて石英系 GI、多成分ガラス、プラスチックラッド、プラスチックの各ファイバが使い分けられる。

飛行機、船舶、自動車などの移動体内、機器内配線用などはさらに伝送距離、伝送速度が小さくなる分野である。

(3) バンドルファイバ

多数の光ファイバを束にしたバンドルファイバには、イメージを伝送するイメージファイバと光を伝送するだけのライトガイドがある。イメージファイバは内視鏡用の多成分系が中心であるが、高温用や耐放射線用などの分野では石英ファイバも伸びつつある。ライトガイドにはプラスチックファイバも用いられる。

2. 光ファイバ実用化の現状

(1) 公衆通信

NTT による光ファイバ通信システムの導入状況を表2に示す。局間中継系では 32 Mb/s、100 Mb/s のシステムが 1981 年から商用に入っている。また長距離幹線系では、旭川から鹿児島に至る INS の大動脈として SM ファイバを用いた 400 Mb/s (電話換算 5760 チャンネル) の大容量方式が 1985 年 2 月に全ルート運用開始された。現在 SM ファイバケーブル単体のコストは、従来の大容量方式に適用されていた同軸ケーブル以下となっている。また伝送装置類のコストは、光通信の方が割高になっているものの、中継器間隔が同軸の 1.5 km から 25 km と大幅に長くなり中継器数が少ないために光通信が経済的になっている。海底用光ファイバケーブルも 1983 年から実用化が始まり、1988 年に運用開始される太平洋横断光通信の準備も始まっている。

加入者系への導入は、画像伝送用に 1982 年に導入され、さらに 1984 年 9 月から武蔵野・三鷹地区でのモデルシステムに光ファイバが使われている。これによりテレビ電話、テレビ会議、高速ファクシミリ、映像回線用などの高速、広帯域系のサービスが行われている。

図1 光ファイバ伝送の応用分野

表2 光伝送システムの導入状況

光ファイバケーブル	伝送方式	商用年度				波長帯(μm)	発光素子	受光素子	中継距離(km)
		'81	'82	'83	'84				
中継	SM	F-400M			▲	1.3	InGaAsP-LD	Go-APD	25
	GI	F-100M F-32M	▲			1.3	InGaAsP-LD	Go-APD	10~25
		F-6M			▲	1.3/1.2 (波長多重)	InGaAsP-LD	Go-APD	15
海底	SM	F-400M			▲	1.3	InGaAsP-LD	Go-APD	50
	GI	FS-6M FS-1.5M			▲	1.3	InGaAsP-LD	Go-APD	40 45
加入者	GI	FV-4M-P FV-4M-A		▲		1.3 0.85	デジタル 90Mb/s の TV 伝送 アナログ 4MHz の TV 伝送		

(2) 特定ユーザ光通信システム

光通信システムのユーザ分野別設置数の年次推移を図2に示す。システムの設置数は、昭和59年度にはわずかに50件であったが、59年度には467件と急成長している。導入の初期には、光伝送の特徴である耐電氣的干渉を重視した電力、鉄道、鉄鋼分野や国のプロジェクト的な分野での導入が主体であった。その伝送システムも点と点を結ぶデータ伝送、ITV、テレメータコントロールが多かった。しかし、最近では化学、電気、機械などの多業種にわたって採用されつつある。また、データ伝送、FA、OA用にLANの分類に入るシステムが増えている。その結果ルート長1~3kmのシステム数の伸びが大きくなっている。LANは、わが国では10Mb/s程度を境として高速に光ファイバ、低速に同軸ケーブル、ツイストペア線という使いわけがされており、光LANは8~32Mb/sの範囲が多い。しかし、100Mb/s以上の高速のものも重要視されつつある。一方、光伝送システムの価格低下と共に低速の分野でも光LANの採用が増えている。欧米では、日本に比べてFA分野での光LANの導入は遅れているが軍事用、コンピュータリンク等を中心に導入が急ピッチである。

地域内ネットワークとしてCATVの導入が期待されているものの光ファイバは、本質的にアナログ伝送に適さず、経済性的問題からも一部の幹線を除き全面的導入は難しい状況にある。しかし、多チャンネル化、双方向伝送化による加入者応答サービスなどCATVの多機能化への対応には、光伝送の特質が必要である。このため

図2 特定ユーザー光通信システム数の推移

CATV というよりも光加入者系として、電話、データ、双方向テレビが通信と放送の融合したシステムとして考えられる。このため INS のモデルシステム、フランスの Biarritz、西ドイツの BIGFON など世界各国で実験システムでの検討が進められている。

(3) デジタル伝送用簡易型リンク

この製品は、発光および受光素子をモジュール化して、これに光ファイバを付け、一般にリンクと呼ばれデータ

伝送に使われている。1984年度には50万セットの国内需要があり、前年の10倍と急成長した。応用は、ロボット、NC装置の制御などFA分野が中心となっている。この分野では、伝送距離は短く、伝送容量も小さくて十分である。伝送距離が1km以上になると石英GIファイバが用いられるが、これ以下ではプラスチックラッドや多成分ガラスファイバが用いられる。50m以下ではプラスチックファイバが主体になりこれが全需要の80%を占めると推定されている。簡易リンクでは、光源として一般のLEDでも十分使えるなどコネクタ、ファイバ等の部品も含めコストパフォーマンスが急激に向上してきたので今後多様な分野での利用が進むと考えられる。

航空機、船舶、自動車などの移動体での光伝送は、まだ実用期を迎えていない。しかし、自動車では急増する車載電子機器のために必要性が高まってきている。プラスチックファイバが、自動車応用に適した特性が多いがエンジンルームでの耐熱性や耐久性に関する問題を解決するには、新材料の開発が必要である。併せて、コストの大幅な低減が大きな課題である。

3. 光ファイバの需要

(1) 生産額

わが国の光ファイバ生産金額(ケーブルを含む)の年次推移と予測を表3に示す。

光ファイバ全体では、1980年度の64億円が1985年度(見込み)には638億円の規模になっている。石英系ファイバは、52億円から610億円になっている。1982年までは、石英ファイバの中でGIファイバが主流であったが、1983年以降は完全にSMファイバが主流になり

石英系生産金額の2/3程度を占めるようになってきている。一方、非石英系ファイバは1980年度の12億円から1985年度の28億円へと伸びは小さい。これには、多成分ガラスファイバ、プラスチックファイバ、バンドルファイバを含んでいる。

今後の生産規模をみると1990年には、光ファイバ全体で1420億円、2000年には1兆円を超えるものとみられている。主流は石英系ファイバであることに変化はないが、プラスチックファイバの伸びも大きいとみられる。

(2) 国内需要

表4に光ファイバの種類別国内需要数量の年次推移を示す。通信用光ファイバは、1980年の9千kmから1984年には104千kmになっている。このうち最大の伸びを示したものは、SMファイバである。1984年の内訳をみると、SMファイバが60%、石英系GIが30%、石英系SI 5.8%、多成分が3.8%の順になっている。なお、表4には含まれていないがプラスチックファイバも1984年の需要規模は5千km程度と思われる。

今後の予測として、1989年でみた光通信用ファイバの国内需要規模は、133万kmとなる。最も成長率が高くかつ需要規模も大きいのは、石英系GIファイバである。この需要は、現在すでに進みつつある企業向け専用回線が本格化し、一般加入者系にも導入が始まり、GIファイバが使用されるとして得られた値である。この時点では、GIファイバよりもSMファイバの方が、安価になっている可能性が大きい。接続のし易さや、コネクタ価格等を考えるとGIが経済的と考えられる。しかし、導入時期が遅れるとSMファイバが加入者系に初期から導入される可能性もある。また、1km以上のデータ

表3 光ファイバの生産額

(年度、億円)								
	1980	1981	1982	1983	1984	1985 (見込み)	1990	2000
石英系	52	86	126	376	482	610	1,220	12,100
非石英系	12	11	25	23	23	28	200	700
合 計	64	97	151	399	505	638	1,420	12,800

表4 光ファイバの国内需要推移

	(年、km・心)					
	1980	1981	1982	1983	1984	1989
石英 SI	1,000	2,250	2,500	4,000	6,000	30,000
石英 GI	7,000	15,000	22,500	24,000	32,000	1,000,000
石英 SM	500	1,500	3,000	44,000	62,000	250,000
多成分 SI	1,000	1,500	4,000	5,000	4,000	50,000
合計	9,500	20,250	33,000	77,000	104,000	1,330,000

表5 石英ファイバの国別需要推移

(1,000 km)						
	1981	1982	1983	1984	1989	年平均成年率(84~89)
日 本	19.0	30.0	72	100	1,280	67
米 国	80.0	270.0	320	600	4,000	46
カ ナ ダ	4.0	8.0	19	28	100	29
イギリス	8.6	13.0	30	45	200	35
西ドイツ	1.2	3.4	11	20	240	64
フランス	4.0	8.2	16	28	260	56
合 計	116.8	332.6	468	821	6,080	49

伝送、LANにはGIが使われる。SMファイバは、NTT以外にも日本テレコム、日本高速通信や電力会社系などのネットワークの幹線系が引続き需要の大口を占めるが、現在GIが使われている鉄道、道路などの2次需要や特殊な加入者系にも使われるであろう。さらに、衛星と並んで国際通信の主力になる海底光ケーブルの需要も第三太平洋横断ケーブルに続く大型プロジェクトが期待される。

石英系SIと多成分SIは、共に現在と同様、中距離リンクに使われるがプラスチックラッドとの競合は、より激しくなると思われる。さらに短距離のOA・FA分野、移動体、機器内配線などでは、プラスチックファイバが強いと思われる。

バンドルファイバでは、イメージファイバの伸びは小さいが、ライトガイドの伸びが大きいとみられる。多成分ガラスファイバが主力となるが一部にはプラスチックのバンドルファイバも利用されるであろう。

(3) 海外の光通信市場

表5に、石英ファイバ総計(SM+GI)の主要6ヶ国の国別需要推移の推定実績と予測を示す。

6ヶ国の1984年の総需要量は、82万kmに達し、前年比75%の高い伸率を示している。今後5年間も年平均成長率は49%と需要は拡大し、1989年には、600万kmの規模が見込まれる。

国別にみると米国が2/3以上を占め最大の市場になっている。米国では1984年のAT & Tの分割以降、長距離回線に新規参入企業を含めて、光通信網が全米に広がろうとしている。また、CATV、ビデオテクス、VAN、LANなどのニューメディアの面では日本に比べて進んでいるもののこの分野では光ファイバの実用化は未だ少ない。この結果、1984年の光通信の市場構造は、電話72%、コンピュータ接続8%、軍事用14%、画像系6%と云われている。従って、長距離用SMファイバの比率が高い。今後は、加入者系への光通信導入が進み、電話系と画像系が統合され、光通信がその基盤となる。

イギリス、カナダも長距離中心でSMファイバの需要比率が高い。加入者系やLANなどへの光ファイバの導入には時間がかかるとみられている。これに対して、西ドイツ、フランスでは、長距離幹線へのSMファイバの導入は進むものの画像系を中心とした加入者系光ファイバの導入を重点的に進めておりGIの比率が高い。

4. 今後の課題

(1) 光ファイバの低価格化

すでに幹線系では、光ファイバシステムは品質的にも経済的にも従来のメタルケーブルに比べ有利と判断され実用化の時期に入った。しかし、加入者系(INS)や分配系(CATV)が光ファイバの大きな市場として期待されているもののその価格(コスト)が低減しないと需要が喚起されない。勿論、光ファイバだけでなく発受光素子モジュール、接続コストなど全てのコストが低減することが必要である。

光ファイバの価格は、特性や構造によって異なるが、

実線：ニューメディア加入者系の推定
点線：全米の光ファイバケーブル需要と価格予想
(Gnostic Concept社、84年)

図3 光ファイバケーブルの需要と価格関係の予測

需要と価格の関係の予測の一例を図3に示す。

加入者系のコストで最も大きな比重を占めるのが、多心の線ケーブルと配線ケーブルである。現在 (i) 伝送特性の経済化、(ii) ケーブル構造の経済化—布設工事と接続の容易さを勘案したケーブル構造の最適化、(iii) 光ファイバ生産性の向上—歩留りの向上と生産速度の向上、などの観点から活発な開発が進められている。

(2) 光ファイバケーブルの標準化

光通信システムを構成する上で光ファイバの標準化は重要であり、また標準化による経済化の寄与も大きい。そこで国際規格はIEC (国際電気標準会議) およびCCITT (国際電信電話諮問委員会) で、一方、JISは光産業技術振興協会が数年前から検討されている。

IECでは、TC86—ファイバオプティクス、TC86A—オプトファイバとケーブル、TC86B—相互接続と受動部品。CCITTでは、SGV—ケーブル経路の施設設計、SGX—国際的インターフェースなどの委員会がある。

JISでは、試験法の一部、石英MM、SM、多成分プラスチックラッドファイバ素線、ポリアミド被覆心線の素案が公表され、コードやプラスチックファイバ、加入者系ファイバが検討されている。

(3) 開発課題

光通信分野では、コヒーレント通信用の偏波面保持ファイバの高性能化や2~5 μ mの波長域での超低損失フ

ァイバであるフッ化物ガラスファイバなどの検討が長期課題として行われている。

光計測が今後進展するために、これに適したファイバとして、光機能ファイバ、赤外線ファイバ、高NA・低NAファイバ、高安定偏波面保持ファイバなどの必要性が高まっている。

また、自動車にはプラスチックファイバの耐熱性の向上と施工性の改良が課題である。

以上、実用期を迎えた光通信を中心に光ファイバの現状と今後の動向をみてきたが、さらに新しい技術開発の積み重ねで光ファイバの応用分野が拡がり“ファイバオプティクスの時代”が本格化するものと思われる。

参 考 文 献

- (財) 光産業技術振興協会、「光産業の動向」(昭和60年3月)
- (財) 光産業技術振興協会、「わが国の光応用システムの現状に関する調査研究」(昭和60年3月)
- 日経エレクトロニクス(1985, 4. 8)
- Proceeding of the Newport Conference on Fiber-optic Market (Oct. 1984)
- 光部品・製品活用事典(昭和60年9月)、オプトロニクス社
- (財) 光産業技術振興協会、「光産業の将来ビジョン」(昭和57年3月)

(昭和61年2月4日受理)

日本化学会第53秋季年会(含連合討論会) 化学関係学協会連合協議会研究発表会 中部化学関係学協会支部連合協議会秋季大会 合 同 大 会

会 期 10月16日(木)~19日(日)

会 場 名古屋大学東山キャンパス(名古屋市千種区不老町)および名古屋工業大学鶴舞キャンパス(名古屋市昭和区御器所町)

シンポジウム応募講演および一般研究発表
の講演申込要項

標記合同大会は下記により開催を予定しておりますので、お申し込み下さい。

講演申込締切 5月31日(土) 12時

予稿原稿締切 7月31日(木) 17時

申込方法 講演申込希望者は、化学と工業はさみ込みの講演申込用紙、講演申込予稿集用原稿をご利用のうえ、それぞれの締切日までにお送り下さい。なお、講演申込用紙などご希望の方は、下記あてお申し込み下さい。

講演申込先・講演申込用紙請求先

101 東京都千代田区神田駿河台1-5 日本化学会第53
秋季年会係(電話 03-292-6169)