

## RIPS - ネットにおける光伝送路

矢田 光治\* 田中 隆\* 本多 正典\*\*

\* 電子技術総合研究所, \*\* 富士通株式会社

## 1. まえがき

光ファイバケーブルの特徴と活した利用が各方面で実施されるようになってきた。特に低損失・広帯域による長距離・大容量伝送と、電磁誘導雑音と受けないことによる高品質伝送への応用が目立っている。

筑波学園都市に構築されたコンピュータネットワークである“研究情報システム”(RIPS-ネット)では、この光ファイバケーブルの特長を最大限に利用した光伝送路が全面的に採用された。

ここでいう光伝送路とは、E/O(電気→光変換部)、光ファイバケーブル、とO/E(光→電気変換部)の3つで構成される系を指している。

RIPSで使用した光ファイバケーブルは、グレーデッド・インデックス型(GI)ファイバとステップ・インデックス型(SI)ファイバの2種類である。発光素子は、すべてLED(0.8μm帯)と、受光素子は、PIN・PDとAPD(アバランシ・フォトダイオード)を使用した。これはRIPSを構成する3つのネットワーク(共用ネットワーク、専用ネットワーク、ビデオネットワーク)のそれぞれの特性、特長を話けることと、経済性などと配慮し、使いわけることとに配慮したものである。

本論では、光伝送路の規模、特性、構成を述べると共に、工事工法等についても言及する。

## 2. 光伝送路の構築

## 2.1 光伝送線路の構成

光ファイバケーブルの布設ルートと、各研究所の所在位置を図1に示す。工業技術院に属する9つの研究所と1共同利用施設は、情報計算センタを中心に位置し、A、BとCの3ブロックに分かれている。各研究所も上記センタ間の光ファイバケーブルは、A-B間の一部を除くと、共同溝(電力線、電話線や上下水道管など)が布設されている地下トンネル)に布設されている。共同溝以外は管路となっている。これらのルートの中でA-B間が最もはなれており、センタと公算研を結ぶルートで約3.5Kmである。

光ファイバケーブルは、専用ネットワークおよびビデオネットワークに対しては、センタから各研究所へスター状に布設している。共用ネットワークに対しては、各研究所がセンタとそれぞれ独立のループを形成できるように、4心光ファイバケーブルを布設し後述する光接合盤でループを構成している。

建物間を結ぶべきルートに光ファイバケーブルには、GI型を用い、システムなどの変更柔軟に対応できるようにした。

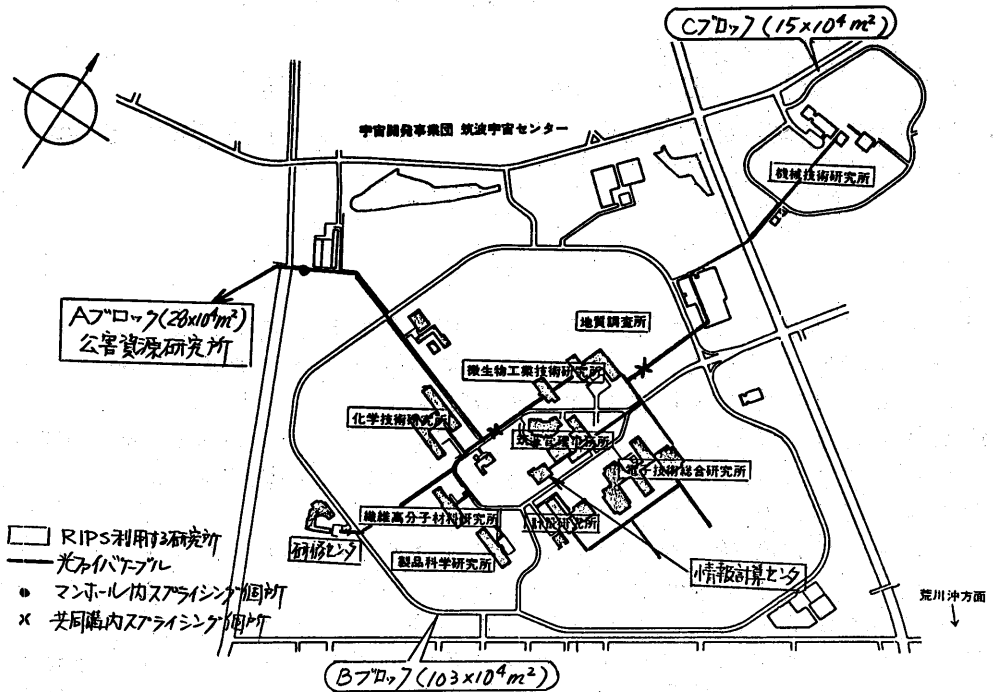


図1. 各研究所所在位置と光ファイバケーブル布設ルート

これらの屋外に布設した光ファイバケーブルと、図2に示すように共同溝から各研究所の本館（各研究所は本館と別棟（実験棟で構成されている）への導入部に設置されている光接続盤（Aタイプ）で終端した。但し光接続盤は本館にのみ設置し、別棟は光接続箱で代用した。屋外では、電気シャフトおよび天井裏のケーブルラックに光ファイバケーブルを布設した。また屋外用光ファイバケーブルと屋内用光ファイバケーブルとの接続部は、後述する光接続箱に收容した。これらの屋内用光ファイバケーブルはすべてG型であり、S型は共用ノード（共用ネットワークにおいてループを構成するノードの一つで、端末およびサブノードと接続することができる）とサブノード間のみ使用した。これは、共用ノード-サブノード間の伝送距離は、せいぜいKmまでであること、伝送速度も将来のシステムの拡張を考慮しても数Mbps程度であること、光源にLEDを使用していること等からである。このサブノードは、各研究室や実験室に設置されており、電気残渣室に集中設置されている共用ノードとスター状に接続されている。

別棟と本館とはG型光ファイバケーブルで接続し、別棟内は上述の屋内構成と同様とした。

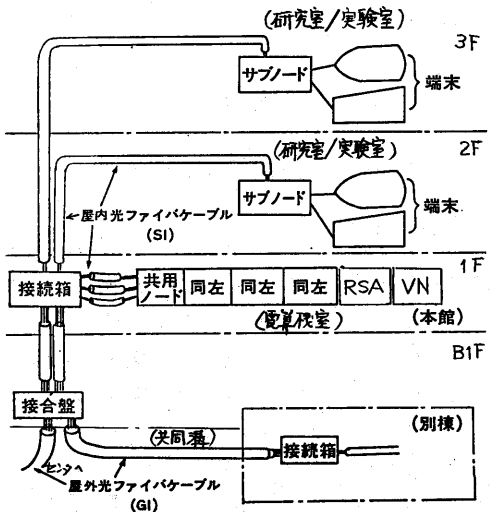


図2 光ファイバケーブル布設概念図

## 2.2 光伝送路の設計

各ネットワークの光伝送路の設計値と表1に示す。損失は、図2の光伝送路の構成に基づいており、光ファイバケーブルの伝送損失、光コネクタおよびスプライシングの結合損失の合計である。ただし伝送路長は、3.5 Km (屋外: 3.35 Km 屋内: 0.15 Km) とし、屋外/屋内光ファイバケーブルの単位 Km 当りの損失は、2.3 項で表す値と決った。また光コネクタの結合損失には、光源の高次モードによる損失も含まれている。スプライシング1ヶ所当りの損失は 0.3 dB とした。

一方利得は、通信用に特に用済された高信頼度 GaAlAs-LED の光出力レベルと、符号誤り率 =  $1 \times 10^{-9}$  を示す光受信レベルとの差である。

マージンとして、光ファイバケーブルの伝送損失や各接続部の環境条件による変動、光出力/光受信レベルの温度による変動、その他不確定要因による損失変動を経時変化、更にはルート変更などに伴う損失増加を見込んで、十分な伝送品質を確保できるようにした。

## 2.3 光ファイバケーブル

光ファイバケーブルとして、屋外用と屋内用の2種類を使用し、前者はすべて GI 型とし、光ファイバケーブルは金属をい、さい用いていない無金属化ケーブルとした。また耐候性を考慮して、高密度ポリエチレンをベース材として採用した。抗張力体としては、FRP ロッドを2本シース中に埋め込み、布設時の張力と曲げに耐えられるように図った。

一方屋内用光ファイバケーブルは、GI 型と SI 型を用いたが、いずれも無金属化ケーブルとした。この光ケーブルは、装置内へ直接引込むため、作業性も配慮し、光ファイバコードの集合体構造とし、フレキシビリティを高める。またシース材料に塩化ビニール (PVC) を採用して、難燃化を図った。

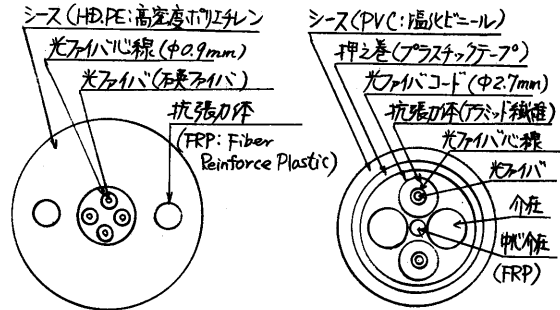
屋外用および屋内用光ファイバケーブルの特性と構造を表2および図3に示す。

表1. ネットワークの光伝送路の設計値

項目	ネットワーク			
	ループ	TN-SN	環状ネットワーク	ビームネットワーク
発光素子	LED	LED	LED	LED
受光素子	APD	PIN-PD	APD	APD
伝送速度	16.9 Mbit/s	0.78 Mbit/s	33.3 Mbit/s	6 Mbit/s
光ファイバケーブル	GI	SI/GI	GI	GI
利得 (dB)	39.3	29.0	36.3	24.0
損失 (dB)	24.0	16.1	24.0	20.7
マージン (dB)	15.3	12.9	12.3	3.3

\* TN: 共用ポート, SN: サブポート

図3. 光ファイバケーブルの構造



屋外用光ファイバケーブル

屋内用光ファイバケーブル

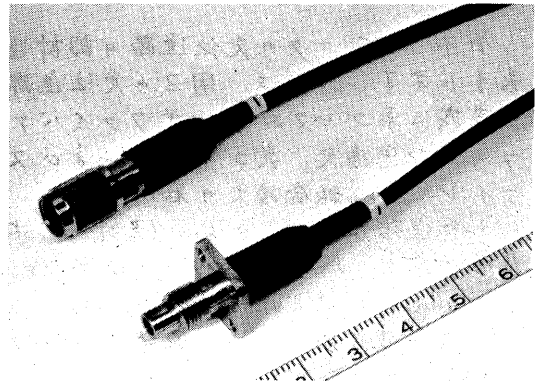
表2. 光ファイバケーブルの設計値 \* 波長: 0.83μm

項目	種類	単位	設計値		
			屋外用		屋内用
ケーブル	外径	mm	17		10
	許容張力	Kg	200		50
	許容曲げ半径	mm	100		60
	光ファイバ心数	心	2	4	2
光ファイバ	プロファイル	—	GI	GI	SI
	コア径/クラッド径	μm	50/125	50/125	62.5/125
	伝送損失*	dB/km	≤ 4	≤ 6	≤ 6
	伝送帯域	Mbit/Km	≥ 200	≥ 200	≥ 30

## 2.4 光コネクタ

図4 OF-3型光コネクタ

機房と光ファイバケーブルおよび光接合盤内の接続に光コネクタを用いた。この光コネクタは、OF-3型といい、中子（ファイバ整列部材）を精密スリーブ内で突合せで行う方式から無調整式の構造を有している。この中子は、外径に對して2.5mm、中心穴位置に對して3mm以下の精度を有し、1dB以下の結合損失で設計されている。中子端面には光ファイバ表面の保護および損失変動と低減を目的とする凹凸の環状の凹みと施した。



ところで光コネクタの組立て作業は、これまでは工場内で行っていたが、今回作業の能率を考慮し、小形研磨機および簡易組立て治工用を用いて行い、光コネクタの組立てを現地で行った。図4に光コネクタの概外を示す。

## 2.5 光接合盤・光接続箱

表3. 光接合盤・光接続箱の主要諸元

光接合盤は、ループの組替を、増設などを現用システムへの影響を最小限にして行うために開発されたものである。2種類の光接合盤を開発した。Aタイプは各研究所の本館に設置し、光ファイバケーブルに取り付けられた光コネクタ（プラグとジャック）で接続を行う。一方Bタイプは専用の光パッチコードで接続を行うもので、組替作業のひん度とシステムの構成上から情報計算センターに設置した。

項目	光接合盤		光接続箱
	Aタイプ	Bタイプ	
収容方式	カセット形		
ポート数	最大8ポート		最大4ポート
接続収容数	最大48/光接合盤(プラグとジャックで接続)	最大96/光接合盤(パッチで接続)	最大48ポート/ポート
環境条件	温度-10~+50℃	湿度10~90%RH	
設置場所	各研究所本館	情報計算センター	電算研室など

光接続箱は、屋外用と屋内用光ファイバケーブルの永年接続や、G型とS型光ファイバケーブルの永年接続の収容に利用した。光接合盤および光接続箱の主要諸元を表3に示す。また図5は情報計算センターに設置したBタイプ光接合盤の扉およびワイヤリングダクトのカバーをはずした写真である。光ファイバケーブルは下部のフリーアクセスから立ち上げ、接続部の上下に余長を収容できるようにした。

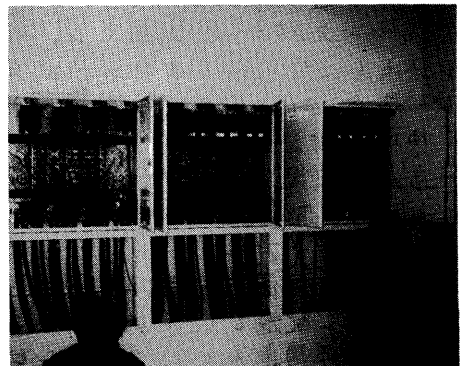


図5. センタに設置した光接合盤(Bタイプ)

## 2.6 光ファイバケーブルの布設と機器の設置工事

光ファイバケーブルは、共同溝、管路および電気シャフト（屋内）に布設される。共同溝では、光ファイバケーブルと点検孔から吸引工フレックスと介して引込み、コーナーには4号曲り金車を配して、手引きで延線した。光ファイバケーブルのピース長を最長1.2kmとしたため、図1に示す箇所（○印と×印）でスポットライジングを行った。

共同溝から建屋内あるいは建屋内の防火壁と光ファイバケーブルと導入あるいは貫通させる場合には、建設者の電気設備共通仕様書に準拠した防火処理を施した。

一方室内へ光ファイバケーブルを引込み、機器へ接続するためには、ケーブルラックやワイヤリングダクトを用いたが、ケーブルの条数が少ない時は、メタルモールを用いた。

光ファイバケーブルのスポットライジングは熱融着法で行った。一方光コネクタは前述のとおり初めて現地組立を行った。これらスポットライジングと光コネクタの損失の一例のヒストグラムを図6および図7に示す。スポットライジングの平均損失は0.18dB、光コネクタのそれは0.85dBであった。ただしこれらの損失の測定には、モードスクランブラ付のLED標準光源を用いた。従ってこれらの損失の主な要因としては、①コア径/クラッド径のバラツキ（最大±3μm）、②開口数のバラツキ（最大±0.01）、③光コネクタの機械精度などが考えられる。

ところでこのネットワークを構成する機器（各種ノード）の設置には、特に耐震性を配慮し、フリーアクセスの下に架台を取り付け床に固定した。また各研究所における共同利用のノード例には共用ノードやRSAは各研究所の専用機器

図6 スポットライジング損失のヒストグラム

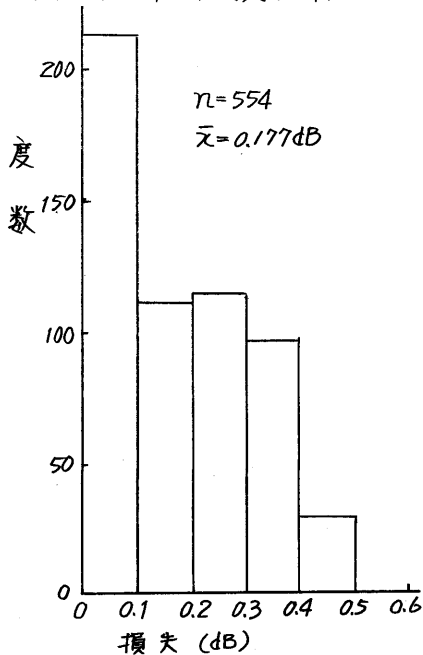
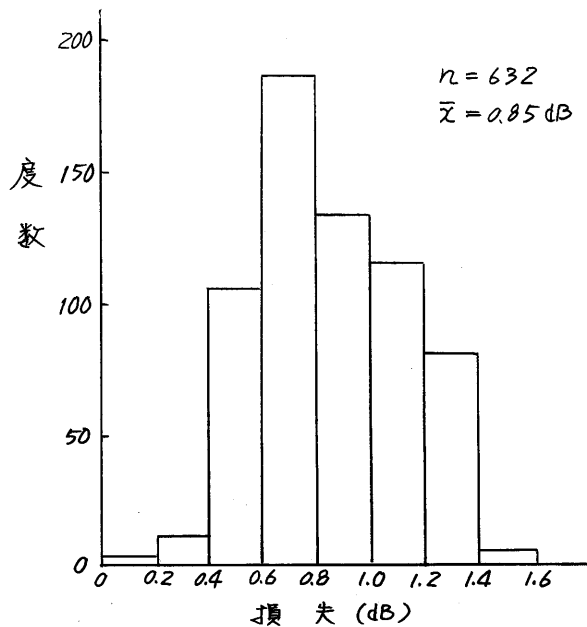


図7 光コネクタ結合損失のヒストグラム



に集中設置し、電源も専用分電盤から供給し、各種ノードの各研究所における管理・運用と容易に出来るようにした。

またマン・マレインインターフェイスであるサブノードについては、送受信器の利用のしやういことと端末との接続の便宜と考へ、和工あるいは壁かけとした。

### 3. ちりび

光ファイバケーブルの特質を活かしたコンピュータネットワークにおける伝送路について述べた。本システムの昨年12月における規模を表4に示す。これだけの規模のコンピュータネットワークの実用化は国内外で初めてと思われたが、各ネットワークに期待されている特性を実現するための光伝送路としての残機は、光学的特性の検討、短い工期での工事とその工法など難しい諸問題に於いて、新しい技術の開発と、利用者の方々のご協力により完成することになった。

これらの貴重な経験と基に、技術・特性の改良と更に加えて、信頼性のより高い、柔軟性に富んだ使いやういシステムの構築を進めていく所存である。

表4 RIPSの規模 (1980年12月現在)

項目	内容
光ファイバ布設接続数総面積	約3.7Km <sup>2</sup>
残機設置機数	約60機
据付け機数(ノード)	約300台
LED総数	約550個
APDおよびPIN・PD総数	約550個
光ファイバ線路の総延長	約360Km
共用ネットワーク	197Km
専用ネットワーク	136Km
ビデネットワーク	27Km
光ファイバ接続の総数	約2800箇所
光コネクタ	2000接続
スプライジング	800接続