



ARIB TR－B8

# 光ルーティングシステムの方式及び 相互接続に関する運用上のガイドライン

GUIDELINE FOR SYSTEM AND INTERCONNECTION  
IN THE OPTICAL ROUTING SYSTEM

## 技術資料

ARIB TECHNICAL REPORT

ARIB TR－B8 1.0版

平成10年7月21日 1.0版 策 定

社団法人 電 波 産 業 会

Association of Radio Industries and Businesses



## ま え が き

社団法人電波産業会は、無線通信機器製造者、放送機器製造者、電気通信事業者、放送事業者及びその他利用者の参加を得て、各種の電波利用の無線通信設備、放送送受信設備に関わる標準的な仕様等の基本的な技術条件を「標準規格」又は「技術資料」として策定している。

技術資料は、国の定める技術基準と民間の任意基準をとりまとめた標準規格を踏まえて、各種の無線通信設備、放送送受信設備の適正品質、互換性の確保を図るため、当該設備に関する測定法、試験法、その他の運用上のガイドラインを民間の規格として具体的に定めたものであり、策定段階における公正性及び透明性を確保するため、広く無線機器製造者、放送機器製造者、電気通信事業者、放送事業者、その他の利用者等の参加を得た当電波産業会の規格会議の総意により策定されたものである。

本技術資料は、放送局及びプロダクション等で使用される放送素材用信号分配装置である光ルーティングシステムの方式及び相互接続についてガイドラインを示すことを目的としたものである。

光伝送技術の進展に伴い、放送素材の分配を目的とした光ルーティングシステムが欧州の一部の放送局で採用され、国内でも複数の放送局で実用化されている。

更に、このシステムは、ITU-Rにおいてもユーザ要求や規格化が検討されており、今後広く利用されることが想定される。

このため、本技術資料では、既規格であるポイントツーポイントの光インタフェースとの関係やITU-Tの動向も考慮しながら、光ルーティングシステムに関するガイドラインをまとめた。

尚、光ルーティングシステムとしては、光スイッチで構成されるものや電気/光ハイブリッドスイッチも想定されるが、今回は、光波長多重方式の光ルーティングシステムについて検討した。

本技術資料が、無線通信機器製造者、放送機器製造者、電気通信事業者、放送事業者、およびその他の利用者に積極的に活用されることを希望する。



## 目 次

本 文	頁
まえがき	
第1章 一般事項	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
第2章 技術基準	2
2.1 モデルおよび参照点	2
2.2 システム間の規定	3
2.3 波長多重の規定	3
(1) 使用波長範囲	3
(2) 波長間隔	3
(3) チャンネル周波数	3
2.4 送受信端の規定	6
2.4.1 信号形式	6
(1) 最大伝送レート	6
(2) 光信号形式	6
2.4.2 送信端特性	6
(1) 送信出力	6
(2) 波長精度	6
(3) スペクトラム幅	6
2.4.3 受信端特性	6
(1) 受信フィルタ選択特性	6
(2) 受信品質	6
(3) 最小受光電力	7
2.4.4 コネクタとケーブル	7
(1) 光コネクタタイプ	7
(2) 光ファイバタイプ	7

## 【解 説】

技術規準関連	頁
2.1 モデルおよび参照点	8
2.2 システム間の規定	8
2.3 波長多重の規定	8
(1) 使用波長範囲	8
(2) 波長間隔	8
(3) チャンネル周波数	9
(4) 通信分野の状況	9
2.4 送受信端の規定	10
2.4.1 信号形式	10
(1) 最大伝送レート	10
(2) 光信号形式	10
2.4.2 送信端特性	11
(1) 送信出力	11
(2) 波長精度	11
(3) スペクトラム幅	11
2.4.3 受信端特性	12
(1) 受信フィルタ選択特性	12
(2) 受信品質	12
(3) 最小受光電力	12
2.4.4 HDTV光インタフェースとの関係	12
2.4.5 コネクタとケーブル	13
(1) 光コネクタタイプ	13
【参考】	14

## 第1章 一般事項

### 1.1 目的

この技術資料は、放送局及びプロダクション等で使用される放送素材用信号分配装置である光ルーティングシステムの方式及び相互接続の基本部分についてガイドラインを示すことを目的としたものである。本技術資料では、今後のシステム導入に役立つことを目的に、推奨値あるいは参考値としてできるだけ多くの具体的数値を記載した。なお、推奨値は入出力信号形式や相互接続等の観点から守るべき値を示すものであり、また参考値は機器の性能の目安として、すでに実用化されているシステムにおける実績値を参考的に示す値である。

### 1.2 適用範囲

本技術資料は、光波長多重技術を用いた光ルーティングシステムに適用する。

## 第2章 技術基準

## 2.1 モデルおよび参照点

図1に光ルーティングシステムの技術的条件を規定するための参照点を記したモデル図を示す。システム間接続の参照点(A1, A2)は光ルーティングシステムと外部システム(VTR、スイッチャなどの各種放送機器あるいは既存マトリックス装置等)との接続点であり、この点において相互接続のための技術的条件を規定する。波長多重の参照点(B)において、光信号の波長多重に関する技術的条件を規定する。また、送信端の参照点(C1)および受信端の参照点(C2)において、光ルーティングシステムの送受信端末に求められる技術的条件を規定する。

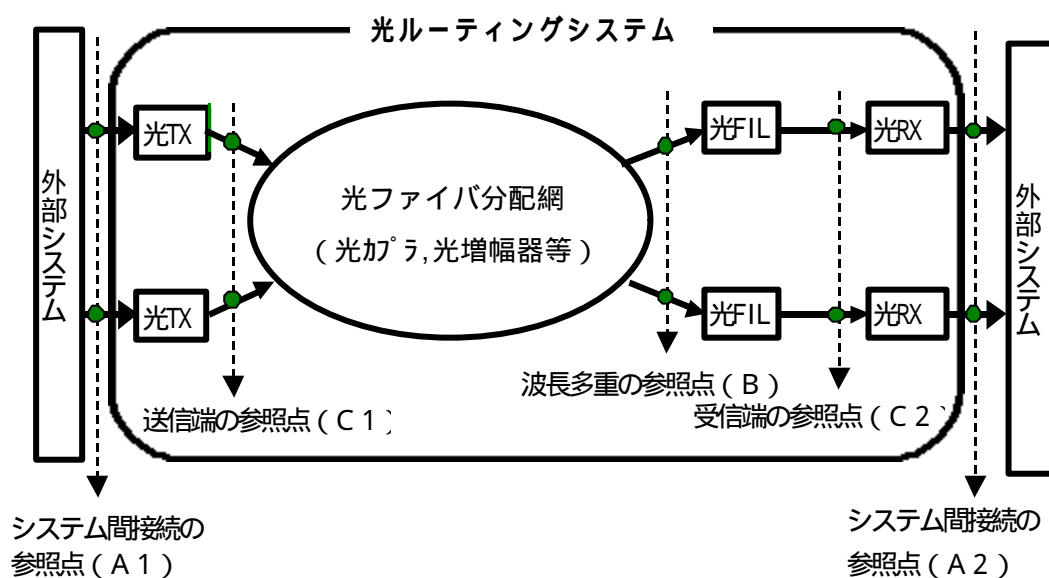


図1 光ルーティングシステムモデル図

## 2.2 システム間の規定

システム間の規定は、システムモデル図（図1）の参照点A1およびA2に適用する。

表1に外部システムと光ルーティングシステムとを接続するための推奨インタフェースを示す。

表1 推奨インタフェース

推奨インターフェース	用途	伝送レート	物理インタフェース仕様		
			より対線	同軸	光
BTA S004B/ SMPTE292M	HDTV 74.25MHzサンプル 74.25/1.001MHzサンプル	1.485Gb/s 1.485/1.001Gb/s	-		
SMPTE 259M	標準テレビ コンポジット(4fsc サンプル) コンポジット(13.5MHzサンプル) コンポジット(18MHzサンプル)	143Mb/s 270Mb/s 360Mb/s	-		SMPTE297M で規定
SMPTE 294M	525P (4:2:0P)	360Mb/s	-		SMPTE297M で規定
BTS 6431	標準テレビ コンポジット(4fsc サンプル)	157Mb/s	-		
ARIB STD-B17/ SMPTE 305M	各種圧縮信号 (SDTI)	143Mb/s 270Mb/s 360Mb/s	-		SMPTE297M で規定
ITU-R Rec.647-2	音声信号	3.072Mb/s		-	-

## 2.3 波長多重の規定

波長多重の規定は、システムモデル図（図1）の参照点Bに適用する。

### (1) 使用波長範囲

196.1THz (1528.77nm) ~ 192.1THz (1560.61nm) [推奨値]

### (2) 波長間隔

100GHz (約0.8nm)または約125GHz (1nm)の整数倍とする [参考値]

### (3) チャンネル周波数

100GHz及び200GHz間隔の場合は表2-1の値に、また1.0nm及び2.0nm間隔の場合は表2-2の値とする。 [参考値]

表 2 -1 100GHz間隔を基本とするチャンネル周波数 [参考値]

周波数 [THz]	波長 [nm]	波長間隔 100GHz(0.8nm)	波長間隔 200GHz(1.6nm)
196.1	1528.77	*	*
196.0	1529.55	*	
195.9	1530.33	*	*
195.8	1531.12	*	
195.7	1531.90	*	*
195.6	1532.68	*	
195.5	1533.47	*	*
195.4	1534.25	*	
195.3	1535.04	*	*
195.2	1535.82	*	
195.1	1536.61	*	*
195.0	1537.40	*	
194.9	1538.19	*	*
194.8	1538.98	*	
194.7	1539.77	*	*
194.6	1540.56	*	
194.5	1541.35	*	*
194.4	1542.14	*	
194.3	1542.94	*	*
194.2	1543.73	*	
194.1	1544.53	*	*
194.0	1545.32	*	
193.9	1546.12	*	*
193.8	1546.92	*	
193.7	1547.72	*	*
193.6	1548.51	*	
193.5	1549.32	*	*
193.4	1550.12	*	
193.3	1550.92	*	*
193.2	1551.72	*	
193.1	1552.52	*	*
193.0	1553.33	*	
192.9	1554.13	*	*
192.8	1554.94	*	
192.7	1555.75	*	*
192.6	1556.55	*	
192.5	1557.36	*	*
192.4	1558.17	*	
192.3	1558.98	*	*
192.2	1559.79	*	
192.1	1560.61	*	*

表2-2 1.0nm間隔を基本とするチャンネル周波数〔参考値〕

周波数 [THz]	波長 [nm]	波長間隔 1.0nm(125GHz)	波長間隔 2.0nm(250GHz)
196.2	1529.00	*	
196.1	1530.00	*	*
196.0	1531.00	*	
195.8	1532.00	*	*
195.7	1533.00	*	
195.6	1534.00	*	*
195.4	1535.00	*	
195.3	1536.00	*	*
195.2	1537.00	*	
195.1	1538.00	*	*
194.9	1539.00	*	
194.8	1540.00	*	*
194.7	1541.00	*	
194.6	1542.00	*	*
194.4	1543.00	*	
194.3	1544.00	*	*
194.2	1545.00	*	
194.0	1546.00	*	*
193.9	1547.00	*	
193.8	1548.00	*	*
193.7	1549.00	*	
193.5	1550.00	*	*
193.4	1551.00	*	
193.3	1552.00	*	*
193.2	1553.00	*	
193.1	1554.00	*	*
193.0	1555.00	*	
192.9	1556.00	*	*
192.7	1557.00	*	
192.6	1558.00	*	*
192.4	1559.00	*	
192.3	1560.00	*	*

## 2.4 送受信端の規定

### 2.4.1 信号方式

信号方式の規定は、システムモデル図（図1）における送信端の参照点（C1）および受信端の参照点（C2）に適用する。

#### (1) 最大伝送レート

規定しない。

#### (2) 光信号形式

2.2で規定した信号形式をそのまま、あるいは時分割多重した信号形式とする。

### 2.4.2 送信端特性

送信端特性の規定は、システムモデル図（図1）における送信端の参照点（C1）に適用する。ただし、下記の各値は既に実用化されているシステム（最大伝送レート2.5Gb/s程度）の実績値を参考値として記している。

#### (1) 送信出力

+2dBm ~ -6dBm（平均電力） 〔参考値〕

#### (2) 波長精度

波長間隔の±10%以内 〔参考値〕

#### (3) スペクトラム幅

波長間隔の5%以内（-3dB帯域幅） 〔参考値〕

### 2.4.3 受信端特性

受信端特性の規定は、システムモデル図（図1）における受信端の参照点（C2）に適用する。ただし、下記の各値は既に実用化されているシステム（最大伝送レート2.5Gb/s程度）の実績値を参考値として記している。

#### (1) 受信フィルタ選択特性

挿入損5.5dB以下、隣接波長における抑圧比を15dB以上 〔参考値〕

#### (2) 受信品質

受信ビット誤り率  $10^{-10}$ 以下 〔参考値〕

**(3) 最小受光電力**

O/E変換モジュール入力において-30dBm [参考値]  
(ビット誤り率 $10^{-10}$ 、平均マーク率50%のデータにおける平均光電力)

**2.4.4 コネクタとケーブル**

システムモデル図(図1)の送信端の参照点(C1)および受信端の参照点(C2)に適用する。

**(1) 光コネクタタイプ**

SC/PC型 (JIS C 5973に準拠) [推奨値]

**(2) 光ファイバタイプ**

シングルモード光ファイバ [推奨値]

## 【解 説】

### 技術規準関連

#### 2.1 モデルおよび参照点

光ルーティングシステムの技術的条件を規定するために、参照点を記したモデル図を定義した。

- A 1、A 2：光ルーティングシステムと外部システム（VTR、スイッチャなどの各種放送機器あるいは既存マトリックス装置等）との相互接続の技術的条件を規定する。なお、A 1とA 2間の距離はユーザー要求により2kmとした。
- B：光カプラや光増幅器等で構成される光ファイバネットワーク上での光信号の波長多重に関する技術的条件を規定する。
- C 1：光ルーティングシステムの送信端末に求められる技術的条件を規定する。
- C 2：光ルーティングシステムの受信端末に求められる技術的条件を規定する。

#### 2.2 システム間の規定

外部システムとの接続インタフェースについては、放送局で現在あるいは将来、広く使用される可能性の高いシリアルデジタルインタフェース規格を推奨インタフェースとした。

#### 2.3 波長多重の規定

##### (1) 使用波長範囲

使用波長範囲は通信分野で使用されるデバイスとの互換性を考慮し、ITU-Tの規格値と同様の196.1THz(1528.77nm)～192.1THz(1560.61nm)の値を推奨値とした。

##### (2) 波長間隔

ITU-Tに準じた値である100GHz(約0.8nm)の整数倍、およびそれより若干広い1nm(約125GHz)とした。

波長間隔による主な違いは以下の通りである。

##### (a) 伝送容量

伝送可能な映像信号の数は波長多重数及び時分割多重の多重数によって決定される。現在、波長多重用として利用できる波長範囲は約32nm程度であり、波長間隔が100GHz(0.8nm)の場合最大40波長、1.0nm(約125GHz)の場合最大32波長の多重が可能となる。

**(b) チューナブル波長フィルタ**

受信側のチューナブルフィルタは、波長間隔が狭いほど急峻な特性が必要となる。波長間隔を広くとることにより、波長精度や信号間レベル差等の技術的条件が若干緩和される。

**(c) 固定波長フィルタ**

信号選択機能を必要としない部分については固定波長フィルタを用いることも可能である。この様な用途には、波長間隔を100GHzとすることにより通信と同じデバイスを使用することができる。

**(3) チャンネル周波数**

波長間隔100GHzの場合には、通信とのデバイス互換性を考慮しITU-Tに準じた値である表2-1の値とした。また、それより若干広い1nm (約125GHz)の場合には表2-2の値とした。

**(4) 通信分野の状況**

波長多重に関する標準化は通信分野が先行しており、これに向けたデバイスの製品化、開発が行われている。以下に通信における波長多重規定の状況および波長多重用デバイスの開発状況を記す。

**(a) 通信における波長多重規定の状況**

通信における波長多重技術を含む光通信の標準化はITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication standardization sector) のSG15で検討されている。

SG15,WP4では光ファイバ、光海底ケーブルシステムなど光通信全般を検討している。光波長多重技術に関しては勧告G.692において、複数の光増幅器、複数の波長を用いた光通信システムのインタフェースについて規定している。

G.692での検討項目の中で、特に光ルーティングシステムと関係があると思われる項目について記す。

**Channel Spacing (波長間隔)**

波長多重における波長間隔の規定であり、100GHz(0.8nm)間隔となっている。

**Central Frequency (チャンネル周波数)**

波長多重における使用波長の範囲を規定している。光増幅器の波長帯域を参考にして定められており、使用波長範囲は196.1THzから192.1THzである。この範囲については将来の光増幅器の開発状況によりさらに広がる可能性がある。中心周波数は193.1THz(1552.52nm)

である。波長間隔が100GHz以上である、200GHz, 400GHzなどの場合における推奨される使用波長の規定も行われている。

(b)波長多重用デバイスの開発状況

ITU-Tにおいて波長多重システムの標準化が進むに従い、その標準化にそった波長多重用デバイスの製品化が行われている。送信に用いる半導体レーザに関しては、国内外のメーカーよりITU-T規格の波長間隔100GHzで波長多重用レーザがラインナップされている。また、その絶対波長値もITU-Tの規格に準じている。固定波長フィルタに関するもITU-Tの波長間隔、絶対波長値に準じた製品が、数社のメーカーより出されている。

(c)光ルーティングシステム間の相互接続性

相互接続性は、ルーティングシステム間及びネットワーク間が想定される。同一局内でのルーティングシステム相互の接続では、波長間隔およびチャンネル周波数を同一とすることにより可能となる。また将来的に外部通信ネットワークへの光による直接接続が予想される場合には、ITU-Tに準じた0.8nmの波長間隔が有利になる。

## 2.4 送受信端の規定

### 2.4.1 信号方式

#### (1) 最大伝送レート

現在、放送局で使用される信号（時分割多重化された信号も含む）の伝送レートおよび一般に入手できる光デバイスの技術的性能を考慮すると、現時点では2.5Gb/s程度が目安となる。今後、更に高速なデジタルインタフェースや時分割多重（TDM）信号を導入する可能性もあるため、伝送レートの上限は規定しないこととする。

#### (2) 光信号形式

最大伝送レートを有効に利用する方法として、光送受信端末の前後に多重/分離回路を設置し、低伝送レートの信号を時分割多重した形でルーティングする方法も考えられる。

#### (a) 音声信号を映像信号中に多重する方法

HDTVの場合：ARIB標準規格BTA S-006BおよびSMPTE 299M

標準TVの場合：ARIB技術資料BTA F-1002およびSMPTE 272M

等の既に標準化されている方式が望ましい。

#### (b) 複数の映像信号の時分割多重例

各放送局の運用形態に依存するため特に規定しないが、既に設備を導入し運用している放送局ではビット多重方式により標準TV信号を数CH多重して伝送している例がある。

この場合、1波長における伝送レートは約2.5Gb/sに設定されており、この近傍のビットレートになるよう時分割多重を行ったのちレーザーの変調を行う。多重方式として単純なビット多重方式を採用しているため、多重分離処理時間が小さくかつ遅延時間が固定されているという特徴がある。

##### 例1 標準TV（コンポジット方式）の多重

1映像信号あたりのビットレートは143Mb/sであり、これを16ch時分割多重することにより2.29Gb/sの信号を生成する。但し、この中の1chはフレーム同期として使用される。

##### 例2 標準TV（コンポーネント方式）の多重

1映像信号あたりのビットレートは270Mb/sであり、これを8ch時分割多重することにより2.16Gb/sの信号を生成する。但し、この中の1chはフレーム同期として使用される。

### 2.4.2 送信端特性

#### (1) 送信出力

平均マーク率50%のデータにおける平均送出光電力にて光出力レベルを定義する。

2.5Gb/s用の半導体レーザーの光出力は、およそ0dBm(1mW)近傍のものが多い。半導体レーザーの出力は、波長制御用のモニタなどに分岐されるため、送信端の出力としては-2dBm程度となる。送信出力の範囲としてはこれを中心に $\pm 4$ dBの幅をもたせた。

#### (2) 波長精度

波長の変動は受信端における隣接信号のクロストークの要因となる。波長誤差に起因するパワペナルティーを1dB以下にするために波長誤差を波長間隔の10%以下とした。

#### (3) スペクトラム幅

光ルーティングシステムにおける伝送距離は最大でも2km程度であり、通信系のような超長距離伝送性能は要求されない。従って通信系に用いられるデバイスと同等、あるいは若干広いスペクトラム幅でも使用できる。2.5Gb/sの通信に用いられている半導体レーザーのスペクトラム幅は4GHz(-3dB帯域幅)程度であるので、それよりも若干広い値とした。

### 2.4.3 受信端特性

#### (1) 受信フィルタ選択特性

光フィルタのクロストークに起因するパワーペナルティを1dB以下とするため、隣接波長における抑圧比を15dB以上としている。

#### (2) 受信品質

HDTVの場合には、BTA-S004Bにおいて所要ビット誤り率は $10^{-10}$ 以下が目安とされている。標準TVの所要ビット誤り率については既存の規格では規定されていないが同様の値が満足されれば十分と考えられる。

#### (3) 最小受光電力

光ルーティングシステムでは多数の受信端末へ光信号分配を行うため、各受信端に分配される光電力は小さくなる。そのため受信感度の高いAPD(アバランシェフォトダイオード)を用いたO/E変換器を用いることが必要となる。このタイプのO/E変換器を用いた場合の性能として、-30dBm(ビット誤り率 $10^{-10}$ 、平均マーク率50%のデータにおける平均光電力)とした。

ただし、小規模システム等で受信機における受光電力をある程度大きくできる場合には、HDTV光インタフェース規格で採用されているような安価なPINフォトダイオードを使用したO/E変換器を使用することも考えられる。

### 2.4.4 HDTV光インタフェースとの関係

BTA S004Bで規定されているHDTV光インタフェース規格では、送信端の光源の光波長として $1.3\mu\text{m}$ 帯を使用している。このため、本技術資料で規定している光ルーティングシステムの送信機として使用することはできない。ただし、受信端に用いられている受光素子は $1.55\mu\text{m}$ 帯においても感度を有しており、制限された受信条件下でBTA S004B仕様の受信機を光ルーティングシステムの受信機として用いることは技術的には可能である。このための受信条件を下記に記す。

光ルーティングシステムで伝送している信号フォーマットがHDTVのシリアルフォーマットと同一であること

光フィルタで分離された後の光信号を入力とし、かつHDTV光インタフェース規格(-7.5~-20dBm)の範囲内であること

ただし、光ルーティングシステムの分配数が多い場合には分配光のレベルは低く、システム設計上この条件を満たすことは難しくなる。分配数を減らすか光増幅器を増設する必要があるなど、システム的な負担が大きくなることが予想される。

#### 2.4.5 コネクタとケーブル

##### (1) 光コネクタタイプ

ARIBで既に標準化されているHDTV信号のビット直列インタフェース規格(BTA S004B)での採用実績をふまえ、SC/PC型(JIS C 5973に準拠)とした。

## 【参 考】

## 1. 光ルーティングシステムへの要求条件

参考表 1 光ルーティングシステムに対する要求条件

項 目	要求条件	備 考
一般	<ul style="list-style-type: none"> <li>・信号品質が確保されていること。</li> <li>・高信頼性 / 高安定性を実現すること。</li> <li>・運用性 / 保守性が考慮されていること。</li> <li>・柔軟性 / 拡張性が確保されていること。</li> <li>・電磁誘導の影響を受けないこと。</li> <li>・システムのコンパクト化が図られていること。</li> <li>・温度変化に対してシステムの動作が安定なこと。</li> <li>・システム全体の経年変化が少ないこと。</li> <li>・敷設工事が容易であること。</li> <li>・低コストであること。</li> </ul>	
規模	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ルーティングシステムの構成に関して、それぞれの用途に応じた規模のルーティングシステムが構成できること。</li> <li>・ルーティングシステムの構成に関して、規模に共通のデバイスを用い、その組み合わせでルーティングシステムが拡張構成できること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在運用されているものとしては、512×512，256×256，128×128，64×64，32×32，16×16等がある。(規模を明示しているものでありその数字そのもので運用している訳ではない。)</li> </ul>
伝送距離	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最大伝送距離は、2km程度であること。</li> </ul>	
伝送品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存システムと同等以上で劣化のないこと。</li> </ul>	誤り率 $10^{-10}$ 以下
切り替え	<ul style="list-style-type: none"> <li>・輻輳に際しても接続が確保されること。(ノンブロッキングであること)</li> <li>・切り替え時間は、できるだけ短いこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・波長選択速度が速いこと。</li> </ul>
多重 / 制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ルーティングシステムは、映像 / 音声 / ID信号等の伝送が考慮されていること。</li> <li>・ルーティングシステム内の監視 / 制御情報の伝送が可能なこと。</li> <li>・ルーティングシステム用の運用情報の伝送が可能なこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多重化される信号とは、ビデオ、オーディオ、制御(コマンドやステータス)、タリ-情報、連絡電話回線等が想定される。ただし、一部これらの制御情報は、光ルーティングシステムと併行して設備されるネットワークで統合的に扱うことでもよい。</li> </ul>
操作 / 監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作 / 監視を行う監視卓や端末制御は、フレキシブルな機能持つこと。</li> </ul>	
運用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・信号切り替え制御に関して、フレキシブルな運用ができること。</li> <li>・集中型ルーティング運用が可能なこと。</li> <li>・分散型ルーティング運用が可能なこと。</li> <li>・集中 / 分散(ハイブリット)併用ルーティング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中型ルーティング運用とは、局内回線のトラフィックを大規模単一のルーティングシステムで行う運用又は集中</li> </ul>

	運用が可能なこと。	<p>型制御で行う運用のこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>分散型ルーティングシステム構成とは、大規模システムを各所から分散制御する運用又は局内回線のトラフィックをそれぞれオペレーションルーム（VTR, CG, 回線等）ごとに設置された分散配置のルーティングシステムで行う運用のこと。</li> <li>ハイブリッドルーティング運用は、集中型と分散型ルーティング運用の併用。</li> </ul>
信号形式	<ul style="list-style-type: none"> <li>ルーティングシステムに入力される信号は、マルチフォーマット対応であること。</li> <li>伝送信号形式の変更が容易であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>非圧縮信号として、143Mbps（NTSCコンポジット）、270Mbps（コンポーネント）、360Mbps、1.5Gbps（HDTV）等を考慮すること。</li> <li>圧縮信号として、MPEG-TS等の圧縮形式を考慮すること。</li> </ul>
入力 I / F	<ul style="list-style-type: none"> <li>次の信号がルーティングできること。</li> <li>SDTV / HDTVアナログ信号</li> <li>HDTVデジタル信号（ITU - R BT.1120）</li> <li>SDTVコンポジットデジタル信号（SMPTE259M及び10B1C）</li> <li>SDTVコンポーネントデジタル信号（ITU - R BT.656）</li> <li>音声信号（SMPTE272M）</li> <li>圧縮映像信号（MPEG2-TS等）</li> </ul>	
外部の光システムとのインタフェース	<ul style="list-style-type: none"> <li>既に規格化されている光 I / F との接続を考慮すること。</li> <li>今後、規格化される光 I / F との接続を考慮すること。</li> <li>通信事業者の回線との関係を明示すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポイントツーポイントの光インタフェース（SMPTE297M:SDTV, SMPTE292M:HDTV）との接続を考慮すること。</li> <li>SDTI（SMPTE305M）との接続を考慮すること。</li> <li>SDHフレームとの関係を明示すること。</li> </ul>
構成要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>光部品については、低コスト及び安定供給の面からITU-Tの動向を十分考慮すること。</li> </ul>	

## 2. 光波長多重と電気マトリックスの比較

ユーザ要求条件に基づき光ルーティングシステムと電気マトリックスの以下に比較を行った。

参考表2 光ルーティングシステムと電気マトリックスの比較

		光	電気	コメント
規模	16×16 ～ 512×512			規模拡大方法 ・光の場合：ファイバ数と波長多重数 ・電気の場合：ケーブル数とSW数
切り替え	ノンブロッキング			構成方法に依存する
	同期切り替え			・光の場合：受信機の構成により対応可能 ・電気の場合：基本的に同期切り替え可能
多重/制御	ビデオ			映像データに多重
	オーディオ			
	ID			
	タイムコード			
	タリ-			別ネットワークで対応
	連絡電話	×	×	
その他制御				
運用	集中型			大規模マトリックス構成が基本。電気の場合、大規模による設備増大が課題
	分散型			小規模マトリックスの分散配置又は、大規模マトリックスの分散制御。前者は電気、後者は光が有利。
	ハイブリッド			集中と分散の併用。運用の複雑さは、両者同様。
	イコライジング			伝送路を光とした場合は不要。
	同一素材分配			光は基本機能。
信号形式	マルチフォーマット			光の場合：基本的にフォーマットフリーである。 電気の場合：SWの構成方法による
入力I/F条件	HDTV			光の場合：同一システムでの対応が可能。ただし、波長に多重する部分が課題。 電気の場合：基本的にはI/Fごとに設備を構築又は事前に割り付ける。このため、I/Fは単純。
	SDTV (コンポジット)			
	SDTV (コンポーネント)			光の場合、音声単独伝送はコストが課題。
	音声			
外部光システムとのI/F	SDTI			I/FをSMPTE259Mとした場合
	Fibre Channel			物理レイヤーに近いところでのI/Fは光が有効。 上位レイヤーでは両者I/F可能
	ATM		×	
	SDH			

## 4. 波長多重用各構成技術の説明

### 4.1 波長多重関連（一般）

#### (1) 波長間隔

使用できる波長範囲は光増幅器の帯域幅により、約32nm程度に制限される。波長間隔を狭くすることにより、波長多重数を増やすことが可能である。ただし、波長間隔は受信端末側で波長を分離するために用いる光フィルタの波長分離特性で制限され、現在実用レベルの光フィルタで実現可能な波長間隔は0.8nm程度である。波長間隔を狭くするためには、隣接波長のクロストークを抑えるために急峻な特性が必要となる。

また、送信側の波長誤差が大きくなると隣接光信号との間隔が狭くなるため、光フィルタにおけるクロストークが増大することになる。このため、送信側の波長誤差についても小さく制限する必要がある。

#### (2) 隣接波長間レベル差

波長多重後の各光信号レベルのばらつきは光フィルタ出力のクロストーク要因となるため、各レベルはそろっていることが望ましい。送信側で波長毎に光増幅器を使用したシステムでは光増幅器自体が光出力を一定にする機能を有しているため、通常隣接波長のレベル差は数dB以下になると考えられる。

### 4.2 送信端特性関連（一般）

#### (1) 送信出力

送信出力レベルに関しては、最終的に各受信端で所要光受信レベルを満足すること、および波長多重後の各光信号レベルが均等になるよう設定することが必要となる。このため、各光源の出力レベルを一定値にすることに加え、光増幅器や光減衰器を用いて出力レベルの調整を行う。

#### (2) 波長精度

半導体レーザの光波長は、およそ0.1nm/ の温度係数をもつために10 の温度変化で1nm程度の波長のずれが生じてしまう。このような波長のずれを補償するため、波長多重用に用いられる半導体レーザ素子にはサーミスタ（温度センサ）とペルチエ素子（電子冷却素子）が内蔵されており、これらを利用して温度調整回路により半導体レーザチップの温度が一定になるように制御を行う。また、長期間にわたってより高い波長安定度が要求される場合には波長標準器を利用した波長の安定化が行われる。

(3) スペクトラム幅

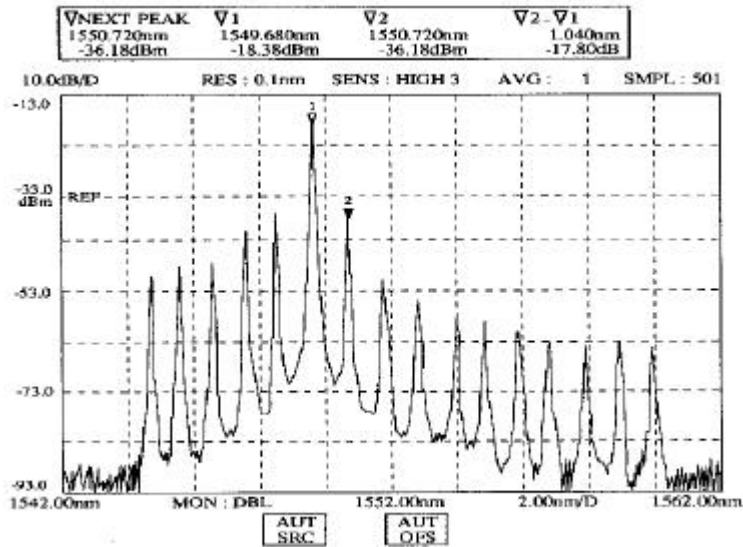
光源のスペクトラム幅が広がると、光フィルタによる波長分離時にこのスペクトラムが切り取られることにより、エラーレートが悪化する場合がある。これを避けるため、スペクトラム幅は、波長分離時にスペクトラムが切り取られない幅であることが必要となる。

4.3 受信端特性関連（一般）

(1) 受信フィルタ選択特性

光フィルタの選択特性は、中心波長と隣接波長における光の通過減衰量の比で規定する。たとえば、波長間隔が0.8nmのシステムの場合、中心波長と0.8nm離れた隣接波長でのレベル比を15dB程度とることにより、誤り率特性の劣化がほとんど無い状態で受信することが可能となる。一方、パワーペナルティをある程度許容する（光受信レベルを高く設定する）ことができれば光フィルタの選択特性をある程度緩くした構成も可能である。

参考図1は、光フィルタの出力スペクトラム例である。中心波長と隣接波長では17.8dBのレベル差が得られている。



参考図1 光フィルタ出力スペクトラム例

この場合の受信ビット誤り率特性を参考図2に示す。このときのパワーペナルティは0.2dB程度の劣化になっている。



## 5. 回線設計

### 5.1 分配系における光減衰の各種要因

光送信機から送出された光信号は光受信機に到達する間に各種の光コンポーネントを通過することにより減衰する。この主要な要因を下記に説明する。

#### (a) スターカプラ

機能 : 波長混合および分配

パラメータ : 入力数、分配損、挿入損ばらつき

スターカプラの入力数は波長多重を行う波長数により決定される。分配損は、光出力を分配することにより出力が小さくなることを示す。たとえば分配数が2倍になると光出力レベルは1/2になる。この時、分配損が3dB増加したとの表現もできる。

挿入損失ばらつきは、スターカプラ出力の光出力レベルのばらつきを示す。

#### (b) 光分岐器

機能 : 光分配

パラメータ : 分配損、挿入損ばらつき

光信号を複数の出力に分岐するもの。スターカプラ出力を更に分配する必要がある場合に使用する。

#### (c) 光スイッチ

機能 : 複数系統の光入力の切替

パラメータ : 挿入損

挿入損は、光が光SWを通過する際に受ける損失を示す。一般には数dB程度の損失がある。

#### (d) 光フィルタ

機能 : 波長多重光からの単一波長の分離

パラメータ : 挿入損

挿入損は、所望の光信号を選択する際の光信号の減衰量であり、一般に数dBの損失があ

る。また、波長間隔が狭い程、挿入損も大きくなる。

(e) シングルモード光ファイバ

機能 : 光伝搬  
パラメータ : 伝送損失

1.55  $\mu$ m帯における光の伝送損失は0.2dB ~ 0.5dB/km程度であり、局内における敷設長では光ファイバ自体の伝送損失は問題にならない。

(f) 光コネクタ

機能 : 光ファイバの接続  
パラメータ : 接続損

光ファイバを接続する際には光コネクタが使用される。コネクタの種類によっても若干異なるが、通常使用されるSCコネクタでは0.2 ~ 0.5dB/個程度の損失を生じる。分配系において、光コネクタを多数通過する場合にはその損失を考慮する必要がある。

## 5.2 光増幅器を用いた光レベルの補償法

上述したように、光信号は光送信機から光受信機までの伝送系での各種コンポーネントにより減衰する。分配後の光レベルが光受信機の最小受信感度以下になる場合には、途中で光信号を増幅することが必要になる。現在主に使用されているのはEDFAと呼ばれる光ファイバ型の増幅器で、1.55  $\mu$ m帯の光信号を直接増幅することができる。光ルーティングシステムにおける光増幅器の利用形態としては、ポストアンプ、ブースタアンプ（共通増幅器）およびプリアンプの三つが挙げられる。

機能 : 光信号の増幅  
パラメータ : 入力レベル、出力レベル、利得、動作帯域幅、雑音指数

### ポストアンプ

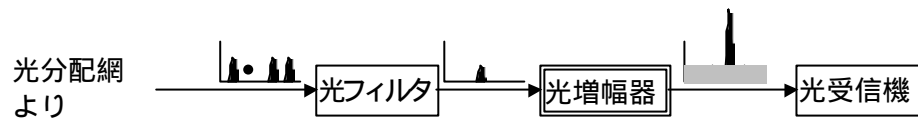
送信レーザ出力を高出力化するために、光増幅器を光送信機の直後に置いて使用する方法。通常、光増幅器への入力レベル（レーザ出力レベル）のばらつきを補償するために、光出力レベルを一定に制御する方式が採られる。入力レベルは比較的大きいため、低雑音



### プリアンプ

光カプラや光フィルタ通過後の微弱になった光信号を、光受信機の直前で増幅する方法。低雑音性が要求される。光増幅器を受信機ごとに必要とするため、受信機数が多い場合にはコスト高となる。

光増幅器特性例：入力レベル	-45dBm以上
出力レベル	-20dBm以上
雑音指数	7dB以下



参考図3.3 プリアンプとしての使用例

5.3 回線設計例

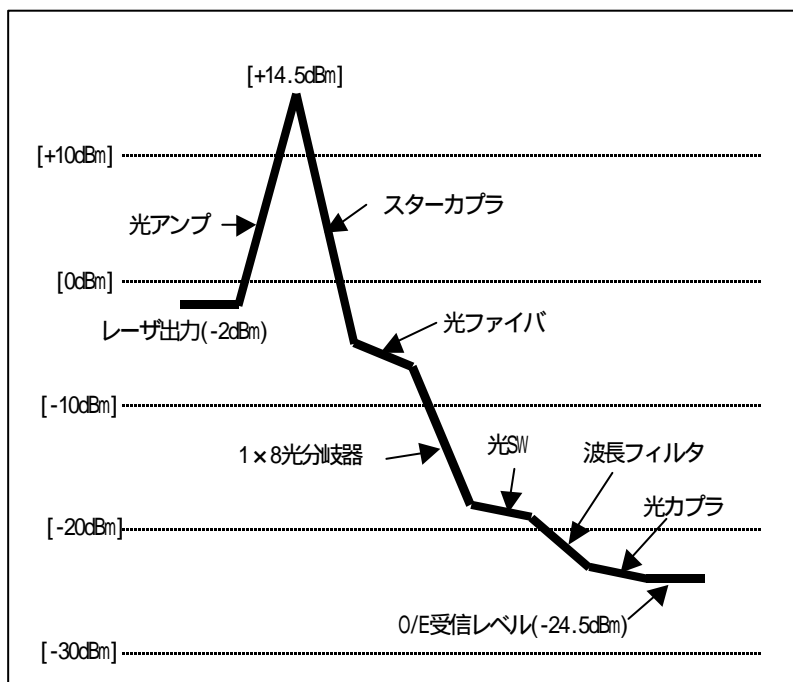
波長多重数を16、分配数を512とし、光増幅器をポストアンプとして使用した場合の回線設計例を下記に示す。

送受間許容損失

光増幅器出力 (dBm)	+14.5
O/E最小受光レベル (@ $10^{-10}$ BER)	-30.0
許容損失 (dB)	44.5

光損失 (dB)

16×64スターカプラ	20.0
2km光ファイバ (コネクタ損含む)	2.0
1×8光分岐器	11.0
1×2光スイッチ	1.0
波長フィルタ	4.0
1×2光カプラ (1:10)	1.0
パワーペナルティー (dB)	
光増幅器雑音	0.0
波長チャンネル間クロストーク	0.5
合計 (損失+パワーペナルティー、dB)	39.5
システムマージン (dB)	5.0



参考図4 レベルダイアグラム例

---

光ルーティングシステムの方式及び  
相互接続に関する運用上のガイドライン  
技 術 資 料  
ARIB TR-B8 1.0版

---

平成10年7月 1.0版 策定

発 行 所

社団法人 電 波 産 業 会  
〒100-0013 東京都千代田区霞が関1-4-1  
日土地ビル14階

電 話 03-5510-8590  
F A X 03-3592-1103

---