

TTC 標準

TTC STANDARD

JT-G957

S D H 多重系光インタフェース条件

Optical Interface for Equipments and Systems
Relating to the Synchronous Digital Hierarchy

第 3 版

2001 年 4 月 19 日制定

社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、(社)情報通信技術委員会が著作権を保有しています。

内容の一部又は全部を(社)情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

<参考>

1．国際勧告等との関連

本標準は、ITU-T勧告1999年版G.957に準拠したものであるが、この中から網間伝送方式の標準に必要な規定を抽出するとともに、国内の既存システムの光パラメータを追加し、再構成している。

2．上記国際勧告等に対する追加項目等

2.1 オプション選択項目

なし

2.2 ナショナルマター項目

なし

2.3 その他

- (1) 本標準は上記ITU-T勧告に対し、下記の項目を追加している。
 - (a) 既に運用されているシステム（アップグレードを考慮して設計されたシステム、50Mインタフェース）の光パラメータ等
- (2) 本標準は上記ITU-T勧告に対し、下記の項目についての記述を削除している。
 - (a) 測定用光受信器の詳細な特性記述
 - (b) 反射の測定方法
 - (c) 経年劣化の評価方法
 - (d) アップグレードの例

本項目を削除した理由は、これらが測定や評価方法を記述したものであり、本標準が対象とする国内電気通信網間の規定に直接関係しないためである。

2.4 原勧告との章立て構成比較表

上記勧告との章立て構成の相違を下表に示す。

T T C 標準	ITU-T 勧告	備 考
1章 本標準の規定範囲	1章	
2章 関連標準	2章	
——	3章	原勧告全文削除
3章 略号	4章	略号に関する一部の項目を削除
4章 光インタフェースの分類	5章	分類に既存システムを追加
5章 パラメータの定義	6章	
6章 SDHに適用する 光パラメータ	7章	既存システムの光パラメータの追加
7章 設計手法	8章	
付属資料1 使用波長の考察	ANNEX A	
付属資料2 光送信信号のパルス マスクの測定	ANNEX B	測定用光受信器の詳細な特性記述を 削除
——	APPENDIX	反射の測定方法に関する原勧告全文 削除
——	APPENDIX	接続工学に関する原勧告全文削除
——	APPENDIX	経年劣化の評価方法に関する原勧告 全文削除
——	APPENDIX	アップグレードの例を述べた原勧告 全文削除

3. 改版の履歴

版 数	制 定 日	改 版 内 容
第1版	1993年 4月27日	制 定
第2版	1996年 4月24日	適用距離の変更等、ITU-T勧告の改定に 伴う改版
第3版	2001年 4月19日	L-1.1仕様の変更等、ITU-T勧告の改定に 伴う改版

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTCホームページでご覧になります。

5. その他

- (1) 参照している勧告、標準等

TTC標準：JT-G707、JT-G958

目 次

1 . 本標準の規定範囲	1
2 . 関連標準	1
3 . 略 号	1
4 . 光インタフェースの分類	1
5 . パラメータの定義	3
5.1 使用波長範囲	3
5.2 送信器	4
5.2.1 通常発光源タイプ	4
5.2.2 スペクトル幅	4
5.2.3 平均光送出レベル	4
5.2.4 消光比	5
5.2.5 光パルスマスク	5
5.3 光 路	6
5.3.1 減衰量	7
5.3.2 分 散	7
5.3.3 反 射	7
5.4 受信器	8
5.4.1 最小受光レベル	8
5.4.2 最大受光レベル	8
5.4.3 反 射	8
5.4.4 光路ペナルティ	8
6 . S D Hに適用する光パラメータ	8
7 . 設計手法	15
7.1 前提条件	15
7.2 最悪値設計手法	15
7.3 統計的設計手法	15
7.4 アップグレードに対する考察	16
付属資料 1	17
付属資料 2	21

1. 本標準の規定範囲

本標準は、標準 J T - G 7 0 7 に記述されている同期デジタルハイアラキ (S D H) を使用し、シングルモードの光ファイバが接続される装置とシステムのための光インタフェースパラメータの規格を定めている。

2. 関連標準

本標準に関連する標準は以下の通りである。

J T - G 7 0 7	同期デジタルハイアラキの N N I
J T - G 9 5 8	S D H 多重系光伝送方式

3. 略号

E X	消光比	Extinction Ratio
M L M	マルチモード	Multi-Longitudinal Mode
O R L	光リターンロス	Optical Return Loss
S L M	シングルモード	Single-Longitudinal Mode
U I	ユニットインターバル	Unit Interval

4. 光インタフェースの分類

光ファイバは S D H を基本としたシステムに使用され、局間伝送および一つの局内の装置相互間を接続する局内伝送の両方に適用される。光伝送システムの光レベル配分は、さまざまな適用状況に対して、それぞれ損失 / 分散とコストを最適化したうえで、送信部と受信部の適切な組み合わせにより実現される。しかし、マルチベンダ混在システムの開発を容易にするためには、標準化を実施する応用分野と各光インタフェース仕様の種類を限定することが望ましい。

表 1 / J T - G 9 5 7 に示されているように、本標準は 3 つの大分類の適用領域を設けている。

- 距離約 2 k m 以内の局内
- 距離約 1 5 k m 以内の短距離局間
- 波長 1 3 1 0 n m で距離約 4 0 k m 以内ならびに波長 1 5 5 0 n m で距離約 8 0 k m 以内の長距離局間

それぞれの領域内で、1.3 μ m 零分散ファイバに適合する 1 3 1 0 n m の光源、または 1.3 μ m 零分散ファイバ、分散シフトファイバまたはカットオフシフトファイバに適合する 1 5 5 0 n m の光源の使用を考慮しうる。本標準は局間にはその両方を適用し、局内には 1 3 1 0 n m 光源のみを適用する。オーバオールシステムの特性や光パラメータの特性値は一般的にシステムの伝送速度によるため、本標準では表 1 / J T - G 9 5 7 に示されている適用伝送路コードによって S D H ハイアラキの光インタフェースを分類している。この適用伝送路コードは以下のように構成される。

[適用領域] - [S T M レベル] . [語尾番号]

適用領域が示すものは I (局内)、S (短距離)、L (長距離) であり、語尾番号は以下のもののどれかである。

- (空欄) または 1 は、1.3 μ m 零分散ファイバに適合する公称波長 1 3 1 0 n m 光源を示す。
- 2 は、短距離用の 1.3 μ m 零分散ファイバ、および長距離用の 1.3 μ m 零分散またはカットオフシフトファイバに適合する公称波長 1 5 5 0 n m 光源を示す。

- 3および4は、分散シフトファイバに適合する公称波長1550nmの光源を示す。

表1/JT-G957の適用伝送路コードを示すための距離は、今日の技術で可能な数値としておりネットワークの要求条件を満たすと考えられる。局内と短距離局間の適用コードは低コストの装置を実現できるよう考えられている。長距離の適用伝送路コードは今日の技術における最長の中継間隔が適用され、マルチベンダ互換を目標としている。提案されている距離は1550nmを利用することによって現在のシステムをアップグレードすることができる可能性がある。表1/JT-G957中の距離はおおよその最大中継間隔を表している。距離の限界値は、表2~5/JT-G957に示されている外部コネクタやマージンを含んだ損失の限界値にかかわり、それぞれの適用領域について表2~5/JT-G957の最大ファイバ損失と分散値から算出する。

表1/JT-G957* 適用領域に基づいた光インタフェースの分類とその適用伝送路コード
(ITU-T G.957)

適用領域		局内	局間					
			短距離		長距離			
光源公称波長(nm)		1310	1310	1550	1310	1550		
ファイバ種類		1.3μm 零分散	1.3μm 零分散	1.3μm 零分散	1.3μm 零分散	1.3μm 零分散 カットオフ	分散シフト	分散シフト
距離(km) (注1)		2 *(0.4) (注2)	~15		~40	~80		~80*
STM -N	STM-0*	I-0*	S-0.1*	S-0.2*	L-0.1*	L-0.2*	L-0.3*	L-0.4* (注3)
	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3	L-1.4* (注3)
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3	L-4.4* (注3)
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3	L-16.4* (注3)

(注1) ここで示されている距離は分類のために使われるもので、規格ではない。

(注2) *国内での局内伝送距離は一般的に400mまでとされている。

(注3) *アップグレードを考慮して設計され、国内で使用されているシステムの規格である。

5 . パラメータの定義

光伝送システムのインタフェースは図1 / J T - G 9 5 7で表すことができる。この標準の規格をSDHを基本とした実際の光伝送システムに関係づける更に詳細な参照構成は標準J T - G 9 5 8に含まれる。図1 / J T - G 9 5 7において、Sは送信側の光コネクタ(C_{TX})の直後の光ファイバ上の参照点であり、Rは受信側の光コネクタ(C_{RX})の直前の光ファイバ上の参照点である。配分架を使用する場合、追加されるコネクタはファイバリンクの1部であり、参照点S、R間に位置するものと見なされる。この標準では、光パラメータは、送信側は参照点Sで、受信側は参照点Rで、光路は参照点S、R間で規定される。

規定される全てのパラメータの値は、標準的な動作条件の範囲内(例えば、温度、湿度の範囲)における最悪値であり、それらは経年劣化の影響を含んでいる。これらの条件と影響は今後の検討課題である。パラメータは、表1 / J T - G 9 5 7の各々の適用において、光伝送区間の符号誤り率(BER)が光路の損失や分散が最悪条件においても、 1×10^{-10} 以下となる設計目標で規定される。符号誤り率特性を向上(例えば 1×10^{-12} 以下)させたシステムには、受信器の感度の向上、減衰量範囲を狭めることが要求される可能性がある。

光伝送路の符号則は全てのシステムのインタフェースに対し、標準J T - G 7 0 7に従ってスクランブルされたNRZである。

5.1 使用波長範囲

マルチベンダ互換性を有するシステムを導入する場合の柔軟性を確保し、また、将来の波長分割多重(WDM)の使用のため使用波長範囲を可能な限り広くしておくことが望ましい。表1 / J T - G 9 5 7の各々の適用に対する使用波長範囲の選択は、ファイバのタイプ、光源の特性、システムの許容損失範囲、光路の分散特性といった幾つかの要因に依存する。次の一般的な考察は、使用波長範囲の規格に影響を与える。使用波長範囲の要求条件を決定するのに用いられる更に詳細な記述は付属資料1に含まれている。

使用波長範囲は、光源波長の最大許容範囲である。各国のファイバ関連の損失のために、光源波長はこの範囲内で選ぶことができる(各国へのアンプの適用も含む)。受信器は、光源波長の最大許容範囲に対応する最小使用波長範囲を持っていないなければならない。

光ファイバアンプを使用するSDHネットワークでは、使用波長を制限する可能性がある。

システムの動作を保証する波長領域は部分的にはファイバのカットオフ波長で決定される。1.3 μ m零分散ファイバや分散シフトファイバのカットオフ波長は、幾つかの機関では1260nmを許容しているが、1270nm以上でファイバがシングルモードで動作するように選ばれてきた。カットオフシフトファイバについては、カットオフ波長はシングルモード動作のため1530nmが提案されている。

許容される波長領域は更に、ファイバの損失により決定される。散乱損失は一般に波長が長くなると減少するがOH基の吸収損失が1385nm近辺で、また少ないものの1245nm近辺で現れる。これらの吸収のピークとカットオフ波長は波長領域を1310nmあたりを中心に決定する。1.3 μ m零分散ファイバは、この波長領域での使用が最適となっている。更に長波長では、曲げ損失の影響が大きくなり、1600nm以上で赤外線吸収が起きる。これらの損失と1385nmのOH基の吸収損失は2番目の波長領域を1550nm近辺に決定する。カットオフシフトファイバはこの領域で損失が最適化されている。1.3 μ m零分散ファイバと分散シフトファイバは、いずれもこの範囲で使用される。

使用波長範囲はカットオフ波長と損失以外に、ファイバ分散と光源のスペクトル特性を考慮して決定される。この範囲の部分は、損失により決定される波長範囲の内または外に位置する。2つの範囲の重なり部分がシステム動作を保証する波長範囲である。

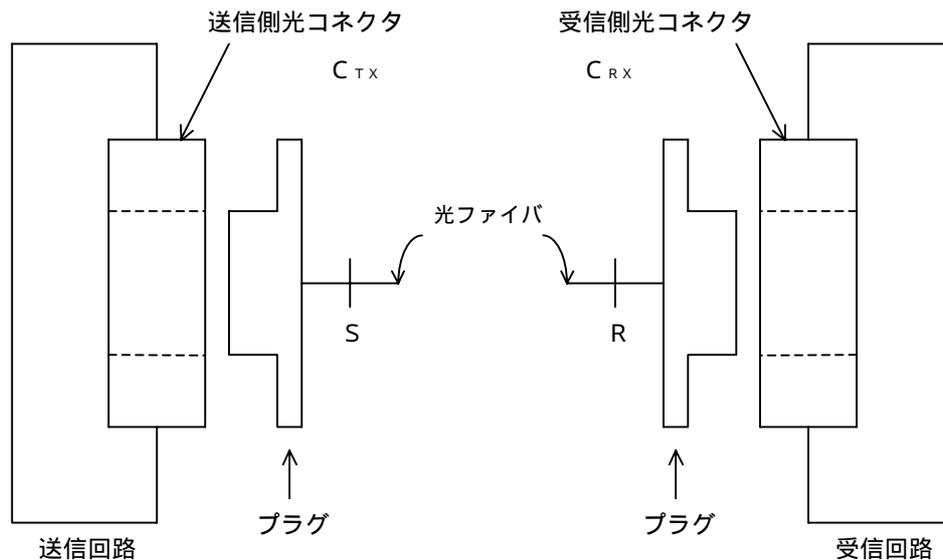


図1 / JT - G 9 5 7 光伝送システムのインタフェース参照点
(ITU-T G.957)

5.2 送信器

5.2.1 通常発光源タイプ

損失 / 分散特性および表1 / JT - G 9 5 7における各適用領域の階層レベルに応じて適切な送信素子は、発光ダイオード (LED)、マルチモード (MLM) レーザ、シングルモード (SLM) レーザである。それぞれの適用領域に対して、本標準は光源のタイプを指定する。本標準の光源指定は要求規定ではなく、LEDやMLMレーザが指定されているどの適用領域でも、システム特性を損なうことなくSLMレーザが代替使用可能であり、LEDが指定されているどの適用領域でも、システム特性を損なうことなくMLMレーザが代替使用可能である。

5.2.2 スペクトル幅

LEDとMLMレーザに対しては、スペクトル幅は通常動作状態における最大自乗平均 (RMS) 幅で規定される。RMS幅は、スペクトル分布の標準偏差 () を意味する。RMS幅の測定法は、ピークモードに対して - 20 dB に達しないすべてのモードを考慮に入れるべきである。

SLMレーザに対しては、最大スペクトル幅は、通常動作状態において中心波長最大振幅から 20 dB 減衰したところで測った中心波長ピークの最大幅で規定される。さらに、SLMシステムのモード分配雑音を制御するために、レーザサイドモード抑圧比の最小値も規定する。

これまでのところ、SLMレーザにおけるレーザチャープやサイドモード抑圧比による分散ペナルティを評価する信頼性の高い方法は合意されていない。このため、L - 4.2、S - 16.1、S - 16.2、L - 16.1、L - 16.2、L - 16.3 の適用領域に対する SLMレーザのスペクトル幅とファイバ分散の最大値は検討中である。この検討が完了するまでは、これらのシステムについてのマルチベンダ互換性は保証の限りでない。

光ファイバアンプを使用するSDHネットワークでは、表1 / JT - G 9 5 7の距離以上の適用距離を実現するため適切なスペクトル幅を有する送信器が必要である。

5.2.3 平均光送出レベル

参照点Sにおける平均光送出レベルは、発光素子がファイバに送出する疑似ランダム系列に対する平均光レベルである。これは、コスト最適化が可能であるように、また標準的な動作環境での許容度、送信器

のコネクタでの劣化、測定余裕、経年劣化をカバーするように、幅を持たせた値で与えられる。これらの値は、参照点 R での受信器の最小受光レベルと最大受光レベルの計算を可能にする。

5.2.4 消光比

光論理レベルは、論理“1”で発光、論理“0”で非発光である。

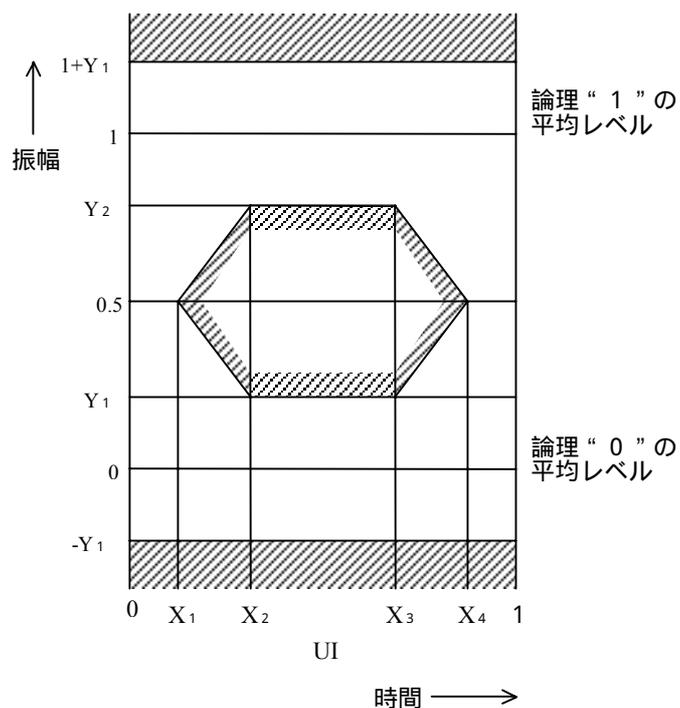
消光比 (E X) は、次式で定義される。

$$E X = 10 \log_{10} (A / B)$$

ここで、A は論理“1”に対する平均発光レベルで、B は論理“0”に対する平均発光レベルである。

5.2.5 光パルスマスク

本標準では、一般的な送信器パルス波形特性は参照点 S における送信光パルスマスクで規定される。受信器における最小受光レベルの過度の劣化を防ぐためには、立上り時間、立下り時間、パルスオーバシュート、パルスアンダシュート、リングングを制御する必要がある。送信信号の評価の目的のためには、アイの開きだけでなく、オーバシュート/アンダシュート限界も考慮することが重要である。送信光パルスマスクを規定するパラメータを図 2 / J T - G 9 5 7 に示す。付属資料 2 では、光パルスマスクを決定する測定系構成について考察している。



	STM-0* / STM-1	STM-4(注1)	STM-4(注2)*		STM-16
X_1 / X_4	0.15 / 0.85	0.25 / 0.75	0.25 / 0.75	$X_3 - X_2$	0.2
X_2 / X_3	0.35 / 0.65	0.40 / 0.60	0.40 / 0.60	Y_1 / Y_2	0.25 / 0.75
Y_1 / Y_2	0.20 / 0.80	0.20 / 0.80	0.22 / 0.78		

注1* : I - 4、S - 4.1、S - 4.2、L - 4.1、L - 4.2、L - 4.3 に適用する。

注2* : L - 4.4 に適用する。

STM - 16については、パルスマスクの X_2 と X_3 は、0 UIと1 UIの位置の垂直座標軸に対して等間隔の位置にある必要はない。この偏差の程度は今後の検討課題である。

図2 / JT - G 9 5 7 * 光送信号に対するパルスマスク
(ITU-T G.957)

5.3 光路

表1 / JT - G 9 5 7 で考慮されたそれぞれの適用領域のシステム特性を保証するために、参照点SとRの間の光路の損失特性と分散特性を規定することが必要である。

5.3.1 減衰量

この標準の中で、それぞれの適用領域の減衰量が表 1 / J T - G 9 5 7 の中で示されている広義の適用領域の伝送距離の特性と同様な分類で規定されている。しかし、マルチベンダ互換性のあるシステムを使用する際に柔軟性を与えるために、局内の適用領域と短距離局間の適用領域の間、短距離局間の適用領域と長距離局間の適用領域の間での減衰量の範囲のオーバーラップが認められている。減衰量規格は融着接続点、コネクタ、光減衰器（もし使われているなら）あるいは他の受動光素子、また以下の許容差を包含する付加的なケーブルマージンによる損失を含む最悪値とされている。

- 1) ケーブル形状の将来の変更（融着接続点の追加、ケーブル長の増大等）
- 2) 環境要因によるファイバケーブルの特性の変化
- 3) S 点と R 点の間のコネクタ、光減衰器または他の受動光素子の劣化

5.3.2 分散

分散で制限されるシステムは、表 2 ~ 5 / J T - G 9 5 7 の中で規定された分散の最大値をもつ。これらの値は、規定された最大光路ペナルティと整合している。（すなわち、L - 16.2 に対し 2 d B、他のすべての適用領域に対し 1 d B）これらは規格化された送信器と使用波長範囲のファイバ分散係数を考慮にいれている。

損失で制限されるシステムの最大分散値は規定されない。

5.3.3 反射

反射は光路上での屈折率の不連続性により起こる。もし制御されなければ、レーザの動作を妨げる影響や受信器での雑音を導く多重反射によってシステム性能を劣化させる。この標準の中で、光路での反射は次のことを規定することにより制御される。

- コネクタを含む S 点でのケーブル設備の最小光リターンロス
- S 点と R 点の間の不連続による最大反射

方向性結合器を用いる場合に生じる反射の影響は、この標準では考慮されておらず、今後の検討課題とする。

光路（たとえば配分架、波長分割多重（WDM）構成部分）に含まれているコネクタあるいは他の不連続反射点の最大数は、規定された総合光リターンロスを許容しなければならない。表 2 ~ 5 / J T - G 9 5 7 で引用されている不連続による最大反射に適合するコネクタが使用できない場合には、コネクタの数を制限すること、または多重反射による特性劣化を避けるために反射性能を改良したコネクタを使用することが必要である。このような効果は S T M - 1 6、S T M - 4 の長距離システムにおいて特に重要である。

表 4 ~ 5 / J T - G 9 5 7 における S 点と R 点間の不連続による最大反射の値 - 2 7 d B は多重反射の影響を最小にするよう意図されている。表 4 ~ 5 / J T - G 9 5 7 における R 点での最大反射 - 2 7 d B は、複数のコネクタ等を含むすべてのシステム構成に対し、多重反射によるペナルティを保証する。コネクタの数が少ないシステムあるいは高い性能のコネクタを使用しているシステムで生じる多重反射は小さい。その結果、反射の大きい受信器を許容することができる。極端な例として、もし単に 2 個のコネクタだけがシステムの中に存在するならば、1 4 d B の受信リターンロスが容認される。

反射の影響がシステム性能を制限していないシステムに対しては、対応する反射パラメータに対する値が規定されていない。しかし、特別な適用領域のためにこの標準を用いる場合、あるいはより厳しい要求

条件をもつ他の適用領域へのアップグレードを考慮する場合は、より厳しい要求条件が使われることに注意すべきである。

表 2 ~ 5 / J T - G 9 5 7 の適用領域に対する最悪ケースの光リターンロスの状態下での送信器の信号対雑音比の特性を規定する必要性は継続検討とする。

5.4 受信器

システムが正常に動作するためには最小受光レベルと最大受光レベルについて規定を満たす必要がある。これらは各適用領域により規定される平均送出レベル範囲と減衰量範囲と同じである。

5.4.1 最小受光レベル

最小受光レベルは参照点 R において B E R が 1×10^{-10} を満たす平均受光レベルの最小許容値として規定される。この規定ではパワーペナルティについて通常の条件下で使用した場合の送信器の消光比、パルスの立ち上がり立ち下がり時間、参照点 S における光リターンロス、受信器のコネクタの劣化と測定余裕における最悪値を考慮しなければならない。最小受光レベルは分散、ジッタ、または光路からの反射（これらの要因は最大光路ペナルティに含まれ個々に規定される。）をパワーペナルティの一部に含まない。

エージング効果は通常、ネットワーク供給者と設備メーカー間の問題であるため、別々には規定されない。
名目上の温度における受信器の初期と末期の間の一般的なマージンは最悪に相当するものとして 2 ~ 4 d B の範囲内にあることが望まれる。表 2 ~ 5 に示す値は最悪値、末期の値である。

#

5.4.2 最大受光レベル

最大受光レベルは参照点 R において B E R が 1×10^{-10} を満たす平均受光レベルの最大許容値である。

5.4.3 反 射

受信器のケーブルからの反射は参照点 R を基準とする受信器で測定した最大許容反射により規定される。

5.4.4 光路ペナルティ

受信器は反射、符号間干渉、モード分配雑音、レーザチャープによる総合劣化の評価として許容光路ペナルティが 1 d B (L - 1 6 . 2 の場合は 2 d B) を越えないように要求される。

6 . S D H に適用する光パラメータ

表 1 / J T - G 9 5 7 の各々の適用伝送路コードに対する光パラメータを表 2 / J T - G 9 5 7、表 3 / J T - G 9 5 7、表 4 / J T - G 9 5 7、表 5 / J T - G 9 5 7 に示す。図 2 / J T - G 9 5 7 に参照点 S での各同期デジタルハイアラキレベルの送信光パルスマスク規定値を示す。図 3 / J T - G 9 5 7 に伝送試験におけるファイバの特性を示す。また図 4 / J T - G 9 5 7 に光路の分散の波長特性を示す。各ビットレートに対し表内の複数の伝送路コードを使ったシステムを構成することは許容される。

表 2 / J T - G 9 5 7 S T M - 0 光インタフェースのパラメータ

	単 位	規 定 値		
デジタル信号 公称ビットレート	kbit/s	STM-0(JT-G707, JT-G958 による) 51840		
適用伝送路コード (表 1/JT-G957)		I-0	L-0.1	L-0.4
波長範囲	n m	1260-1360	1280-1335	1290-1330
送信器 (参照点 S)				
光源		MLM	MLM SLM	MLM SLM
スペクトル特性				
最大 RMS 幅 ()	n m	40	4 -	(注 1) -
最大 - 20 dB 幅	n m	-	- 1	- (注 1)
最小サイドモード 抑圧比	d B	-	- 30	- (注 1)
平均送出レベル				
最大	d B m	-8	0	+3
最小	d B m	-15	-5	-3
最小消光比	d B	8.2	10	13
光路 (S ~ R 間)				
減衰量範囲	d B	0-6	10-28	20-31
最大分散	ps/nm	18	185/ -	(注 2)
布設・コネクタ接続 による S 点での最小 光リターンロス	d B	-	-	-
S ~ R 間の不連続に よる最大反射	d B	-	-	-
受信器 (参照点 R)				
最小受光レベル	d B m	-23	-34	-35
最大受光レベル	d B m	-8	-10	-17
最大光路ペナルティ	d B	1	1	1
R 点での最大反射	d B	-	-	-

(注 1) 図 3 / J T - G 9 5 7 参照。

(注 2) 図 4 / J T - G 9 5 7 参照。

表3 / JT - G 9 5 7 * STM - 1 光インタフェースのパラメータ
(ITU-T G.957)

	単 位	規 定 値										
デジタル信号 公称ビットレート	kbit/s	STM-1 (JT-G707, JT-G958 による) 155 520										
適用伝送路コード (表 1/JT-G957)		I-1	S-1.1	S-1.2		L-1.1	L-1.2	L-1.3		L-1.4*		
波長範囲	n m	1260-1360	1261- 1360	1430- 1576	1430- 1580	1280-1335 (注 3*)	1480- 1580	1534- 1566/ 1523- 1577	1480- 1580	1530-1570		
送信器 (参照点 S)		MLM	LED	MLM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	MLM	SLM	SLM
光源		MLM	LED	MLM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	MLM	SLM	SLM
スペクトル特性												
最大 RMS 幅 ()	n m	40	80	7.7	2.5	-	4	-	-	3/2.5	-	-
最大 - 20 dB 幅	n m	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	(注 1*)
最小サイドモード 抑圧比	d B	-	-	-	-	30	-	30	30	-	30	(注 1*)
平均送出レベル												
最大	d B m	-8	-8	-8	-8	-	-0	-	-0	-0	-	+3
最小	d B m	-15	-15	-15	-15	-	-5	-	-5	-5	-	-3
最小消光比	d B	8.2	8.2	8.2	8.2	-	10	-	10	10	-	13
光路 (S ~ R 間)												
減衰量範囲	d B	0-7	0-12	0-12	0-12	0-12	10-28	10-28	10-28	10-28	10-28	20-31
最大分散	ps/nm	18 25	96	296	296	-	185 (注 3)	-	246/ -	246/ -	296	(注 2*)
布設・コネクタ接続 による S 点での最小 光リターンロス	d B	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
S ~ R 間の不連続に よる最大反射	d B	-	-	-	-	-	-	-	-25	-	-	-
受信器 (参照点 R)												
最小受光レベル	d B m	-23	-28	-28	-28	-28	-34	-34	-34	-34	-34	-35
最大受光レベル	d B m	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-10	-10	-10	-10	-17
最大光路ペナルティ	d B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 点での最大反射	d B	-	-	-	-	-	-	-	-25	-	-	-

(注 1*) 図 3 / JT - G 9 5 7 参照。

(注 2*) 図 4 / JT - G 9 5 7 参照。

(注 3*) ユーザ系システムへの適用を考慮する場合は、波長範囲：1263-1335nm，最大分散：246ps/nm を規定することを許容する。

表4 / JT - G 9 5 7 * STM - 4光インタフェースのパラメータ
(ITU-T G.957)

	単 位	規 定 値								
デジタル信号 公称ビットレート	kbit/s	STM-4(JT-G707, JT-G958 による) 622 080								
適用伝送路コード (表 1/JT-G957)		I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1		L-4.2	L-4.3	L-4.4*	
波長範囲	n m	1261-1360	1293-1334/ 1274-1356	1430- 1580	1300-1325/ 1296-1330	1280-1335	1480- 1580	1480- 1580	1530-1570	
送信器 (参照点 S)		MLM	LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	SLM	
光源										
スペクトル特性										
最大 RMS 幅()	n m	14.5	35	4/2.5	-	2.0/1.7	-	-	-	
最大 - 20 d B 幅	n m	-	-	-	1	-	1	<1(注 3)	1 (注 1*)	
最小サイドモード 抑圧比	d B	-	-	-	30	-	30	30	30 (注 1*)	
平均送出レベル										
最大	d B m	-8	-8	-8	-8	+2	+2	+2	+3	
最小	d B m	-15	-15	-15	-15	-3	-3	-3	-3	
最小消光比	d B	8.2	8.2	8.2	8.2	10	10	10	13	
光路 (S ~ R 間)										
減衰量範囲	d B	0-7	0-12	0-12	0-12	10-24	10-24	10-24	20-31	
最大分散	ps/nm	13 14	46/74	-	-	92/109 -	(注 3)	-	(注 2*)	
布設・コネクタ接続 による S 点での最小 光リターンロス	d B	-	-	24	24	20	24	20	20	
S ~ R 間の不連続に よる最大反射	d B	-	-	-27	-27	-25	-27	-25	-25	
受信器 (参照点 R)										
最小受光レベル	d B m	-23	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-35	
最大受光レベル	d B m	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-17	
最大光路ペナルティ	d B	1	1	1	1	1	1	1	1	
R 点での最大反射	d B	-	-	-27	-27	-14	-27	-14	-14	

(注 1 *) 図 3 / JT - G 9 5 7 参照。

(注 2 *) 図 4 / JT - G 9 5 7 参照。

(注 3) 5.2.2 / JT - G 9 5 7 参照。

表5 / JT - G 9 5 7 * STM - 1 6 光インタフェースのパラメータ
(ITU-T G.957)

	単 位	規 定 値						
デジタル信号 公称ビットレート	kbit/s	STM-16(JT-G707, JT-G958 による) 2 488 320						
適用伝送路コード (表 1/JT-G957)		I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3	L-16.4*
波長範囲	n m	1266-1360	1260-1360	1430-1580	1280-1335	1500-1580	1500-1580	1530-1570
送信器 (参照点 S)								
光源		MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
スペクトル特性								
最大 RMS 幅 ()	n m	4	-	-	-	-	-	-
最大 - 20 dB 幅	n m	-	1(注 3)	<1(注 3)	1(注 3)	<1(注 3)	<1(注 3)	(注 1*)
最小サイドモード 抑圧比	d B	-	30	30	30	30	30	(注 1*)
平均送出レベル								
最大	d B m	-3	0	0	+3	+3	+3	+8
最小	d B m	-10	-5	-5	-2	-2	-2	+2
最小消光比	d B	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	13
光路 (S ~ R 間)								
減衰量範囲	d B	0-7	0-12	0-12	10-24(注 5)	10-24(注 5)	10-24(注 5)	18-31
最大分散	ps/nm	12	-	(注 3)	-	1200	(注 3)	(注 2*)
布設・コネクタ接続 による S 点での最小 光リターンロス	d B	24	24	24	24	1600(注 3,4) 24	24	24
S ~ R 間の不連続に よる最大反射	d B	-27	-27	-27	-27	-27	-27	-27
受信器 (参照点 R)								
最小受光レベル	d B m	-18	-18	-18	-27	-28	-27	-30
最大受光レベル	d B m	-3	0	0	-9	-9	-9	-12
最大光路ペナルティ	d B	1	1	1	1	2	1	1
R 点での最大反射	d B	-27	-27	-27	-27	-27	-27	-27

(注 1*) 図 3 / JT - G 9 5 7 参照。

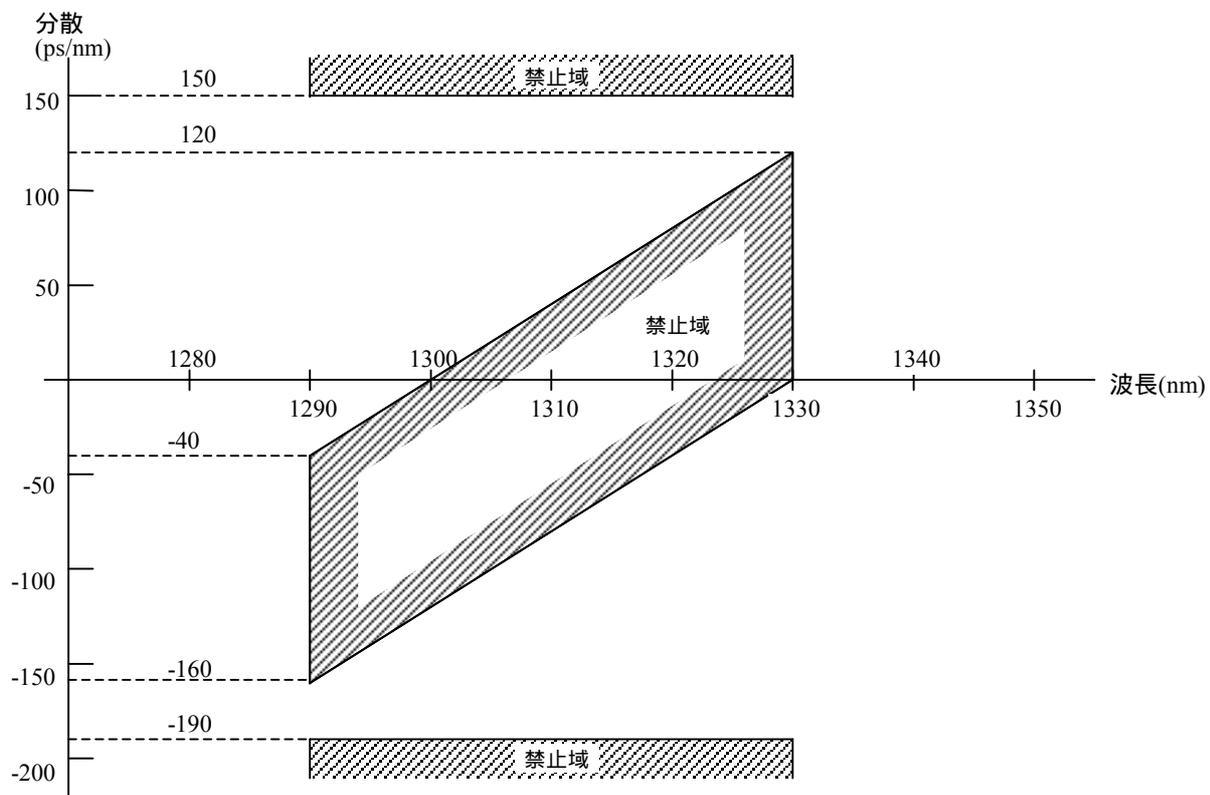
(注 2*) 図 4 / JT - G 9 5 7 参照。

(注 3) 5.2.2 / JT - G 9 5 7 参照。

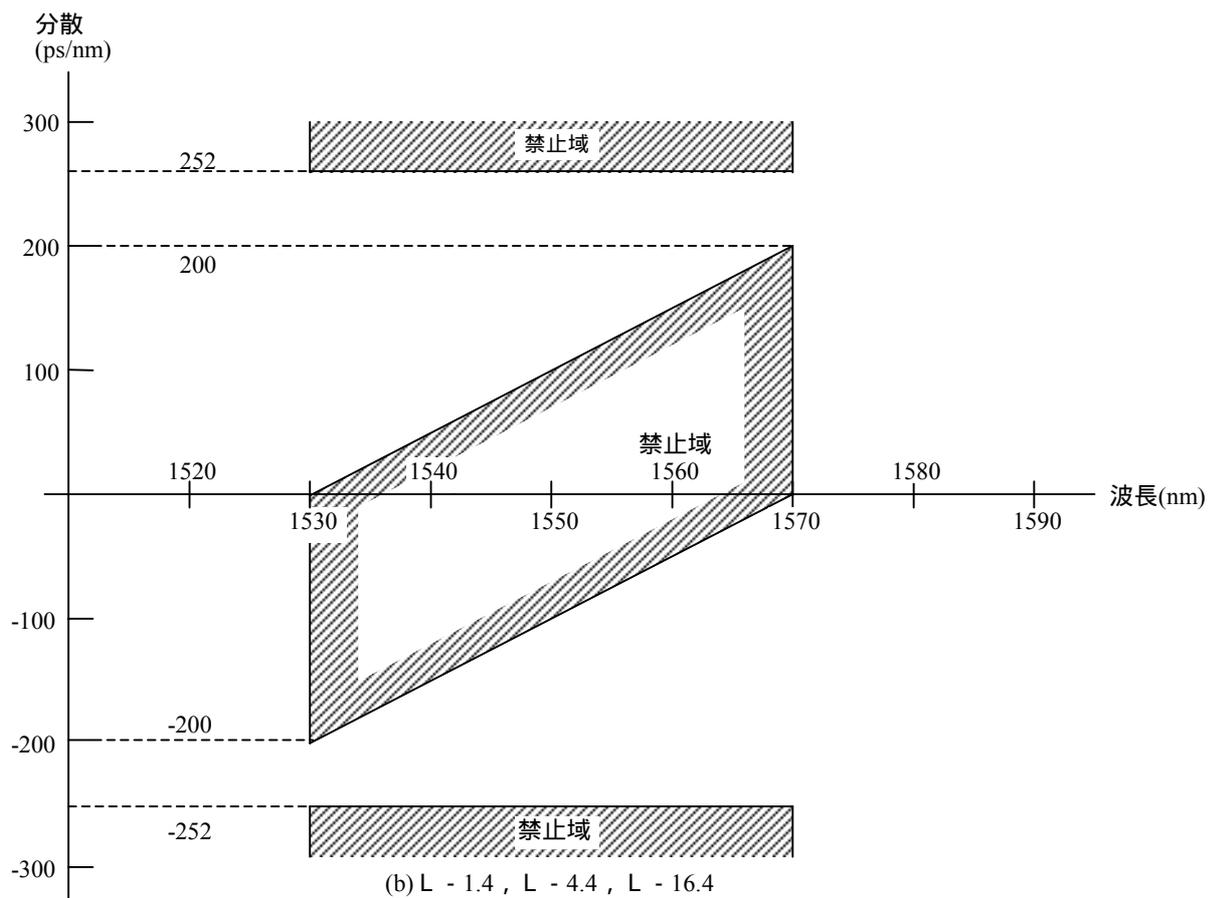
(注 4) 波長範囲 1500-1580nm において、80km の 1.3 μm 零分散ファイバ¹⁾、カットオフファイバ²⁾ のほぼ最悪の分散に対応している。

ヘッダは適用距離 80km において正常な動作を保證するための十分なマージンを確保すべきである。

(注 5) 最小減衰量を 12dB ではなく、10dB に適合させるため、送出レベルの減少、最大受光レベルの増加、光減衰器の使用又はそれらを組み合わせる必要がある。



(a) $L = 0.1$



(b) $L = 1.4, L = 4.4, L = 16.4$

[記事] 本図の特性を満たすファイバを用いて伝送試験を行い、その時のパワーペナルティが 1 dB 以下になること。

図 3 / JT - G 9 5 7 伝送試験におけるファイバの特性

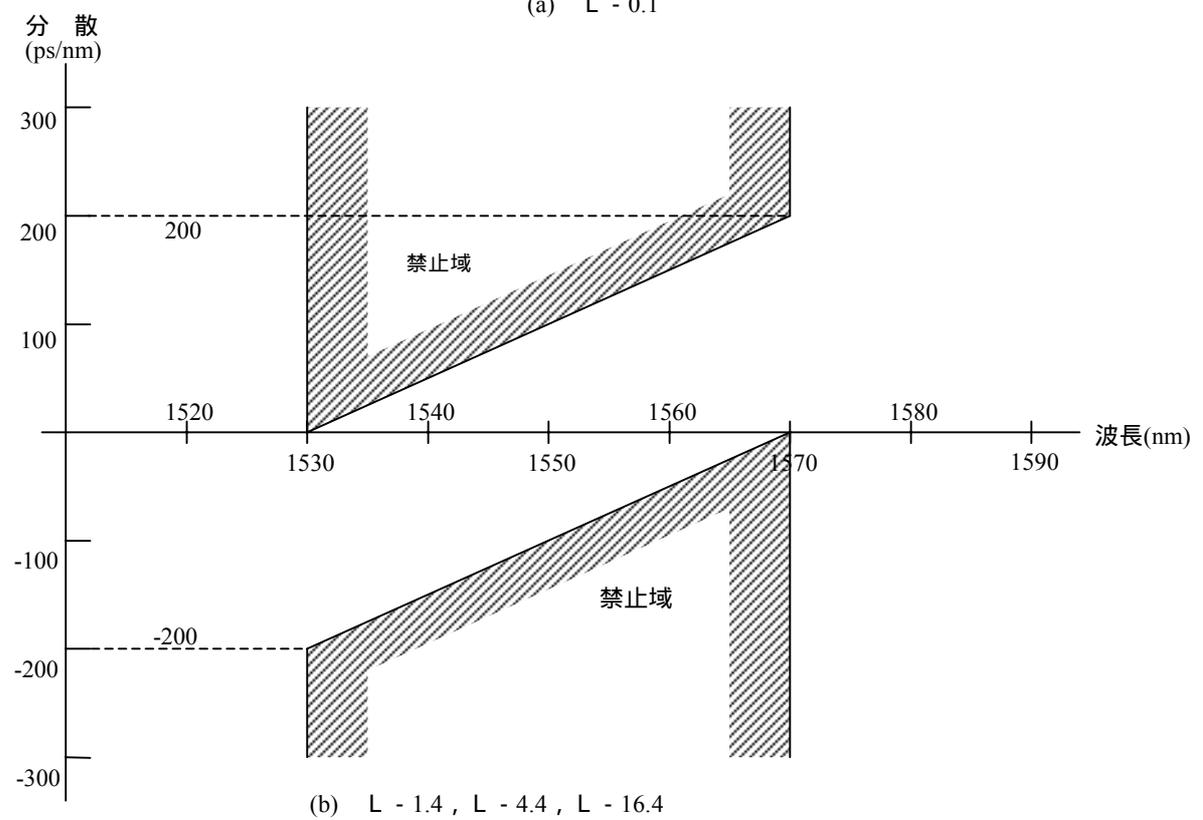
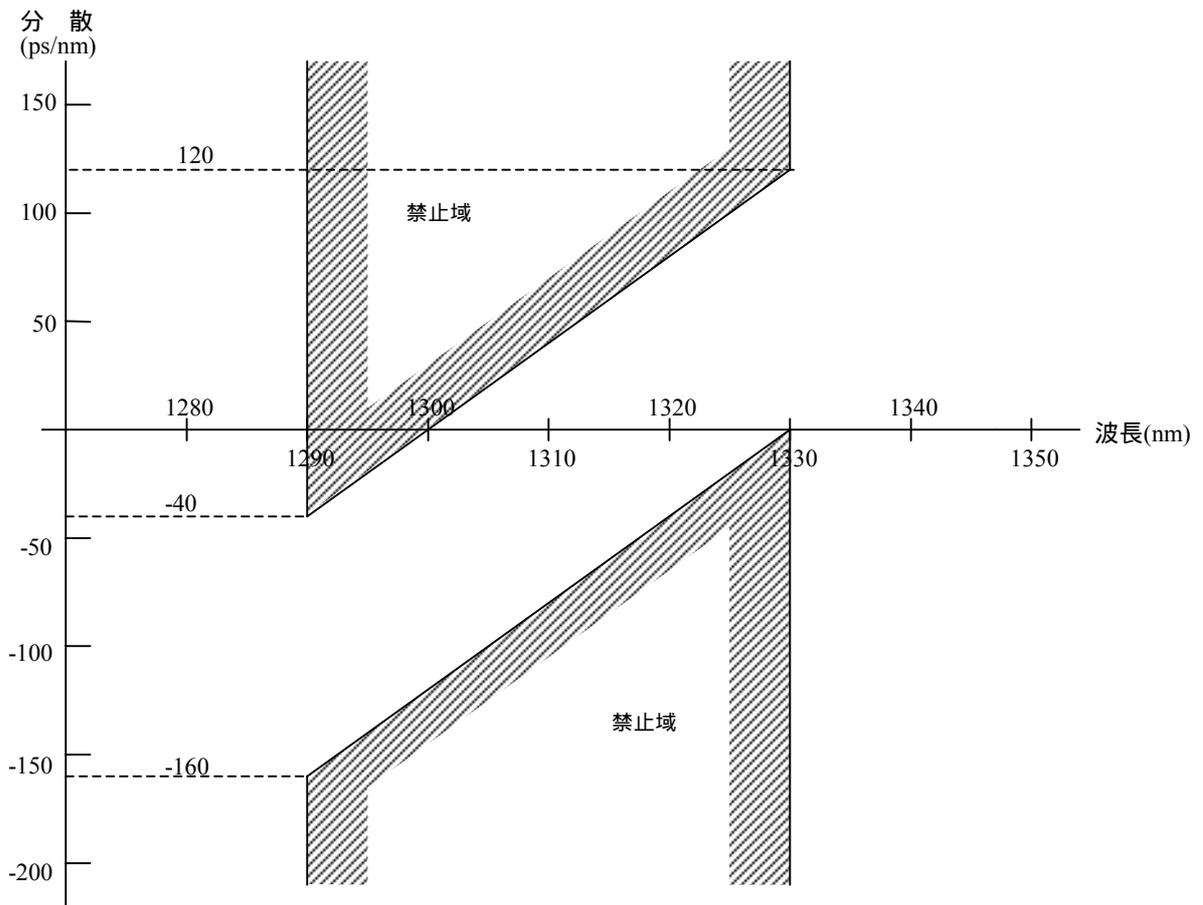


図 4 / J T - G 9 5 7 光路の分散の波長特性

7. 設計手法

本標準に記載されるアプリケーションおよび光パラメータ群は、同期デジタルハイアラキを利用したマルチベンダ互換が可能になるように、経済および技術両面のバランスを反映するよう選ばれた。本章ではSDH光伝送区間の共通的なシステム設計にあたって、表2～5/JT-G957のパラメータの利用法について記述する。

7.1 前提条件

最少のインタフェース構成仕様で最多の適用要求に適合するために、3種類の適用領域をSDHハイアラキの各レベルで規定する。これらは明らかな距離的制約条件ではなく、減衰量・分散の違いにより区別されることで種々の適用領域で技術・價格的制約を受ける面もあるが、ネットワーク設計に融通性をもたせている。

最悪経年劣化を含むパラメータは、本標準では、通信事業者にとっては簡単なガイドラインとなり、製造者にとっては明確な構成仕様を提供するものとして記されている。結果として、未割当のシステムマージンも機器マージンのどちらも記載されておらず、送信器、受信器、そして光ケーブルはそれぞれ標準使用条件において仕様に見合うものと仮定されている。しかし、時には、光伝送区間の共同設計、統計的取組み、標準使用条件よりも制約された適用条件や環境条件などを総合して得られたものより安全側の設計に終ることもある。

7.2 最悪値設計手法

最悪値設計手法については図5/JT-G957に示されるとおり、表2～5/JT-G957の光パラメータが関係している。損失に制限のある適用領域ではシステム設計者が初めに光路減衰量を決定することで適切な適用伝送路コードとそれに対応する光パラメータを決定することがある。これには光電力の損失およびシステム設計者による回線設計のマージンの全要因が含まれる。システム減衰量が2種の適用領域に重複する減衰量の範囲になる場合は、どちらの光パラメータも適用される。最も経済的な設計は、一般に減衰量の範囲が狭い適用伝送路コードにおいて行われる。どの設計においても、分散および反射の劣化を含む最大光路ペナルティは値が高くなると、システムの性能に急速な劣化をもたらすため、5.4.4項並びに表2～5/JT-G957に示される値を超えることはない。

分散に制限のあるシステムについては、設計される光ケーブル区間に期待される分散値(ps/nm)を決めることで適当な適用伝送路コードとそれに対応する光パラメータを設計者が選び出す。一般的にシステムの設計の分散値と許容する適用領域の内、最大分散の最小値を与えるものが最も経済的である。最大光路ペナルティについては前述の通りである。

7.3 統計的設計手法

統計的手法を用いると最悪時の設計で得られる区間長を超えることが可能である。参照点Sと参照点R間の減衰量又は分散が、決められたシステム値より大きかったり、あるいはマルチベンダ互換ができないといった可能性を考慮すると、コストの節約は中継器数を減らすという長距離高ビットレート光システムの形で実現されると考えられる。

統計的方法により、光システムを構成する各部のパラメータは統計的分布の観点によって表され、数値的(例えばモンテカルロ法)に、あるいは解析的(例えばガウス分布における平均と標準偏差)に処理が可能である。

次のパラメータは性質上、統計的であると考えられる例である。

- ファイバ減衰量
- ファイバの零分散波長と零分散波長特性
- 融着接続点あるいはコネクタの損失
- 光源のスペクトル特性（中心波長、スペクトル幅等）
- 参照点 S と参照点 R の間のシステム利得（例えば、参照点 S における光送出レベルと参照点 R における最小受光レベル。これらのパラメータはマルチベンダ互換を得るために別々に考慮する必要がある。）

7.4 アップグレードに対する考察

システムのアップグレードには2つの可能性がある。

- (1) 現状のレジオクロナスシステムからSDHシステムへのアップグレードを要求される場合。
- (2) あるSDHハイアラークレベルから他のレベルへのアップグレードを要求される場合。（たとえば、STM-1からSTM-4へのアップグレード）

長距離伝送への適用の可能性と、システムのアップグレードに対してとられるべき最適な解決方法についての異なる意見を同時に満足させることが常にできるわけではない。

付属資料1 (標準 J T - G 9 5 7)

使用波長の考察

この付属資料は、表 2 ~ 5 / J T - G 9 5 7 に規定された使用波長範囲の選択に関し、更なる情報を提供する。

1 . ファイバ減衰量により決定される使用波長範囲

この標準で使用される布設されたファイバの一般的な減衰量特性を図付属 1 - 1 / J T - G 9 5 7 に示す。これには、導入時の融着接続点、修理時の融着接続点、動作温度による損失が含まれる。1 3 1 0 n m の領域において 0.3 ~ 0.4 d B / k m の範囲、1 5 5 0 n m の領域において、0.15 ~ 0.25 d B / k m の範囲の減衰量が得られている。

表 2 ~ 5 / J T - G 9 5 7 に示された波長範囲はケーブル化、導入時の融着接続点、修理時の融着接続点、動作温度による損失を全体のマージンとして加えたファイバ製造者からのデータにより確認されており、以下の最大ファイバ損失の値は適切である。局内の場合 ; 3.5 d B / k m、短距離の場合 ; 0.8 d B / k m、システム設計計算用として、1 3 1 0 n m 長距離 ; 0.5 d B / k m、1 5 5 0 n m 長距離 ; 0.33 d B / k m。これらの値を用いることで、表 1 / J T - G 9 5 7 の最大目標距離が得られる。

2 . ファイバの分散により決定される使用波長範囲

1.3 μ m 零分散ファイバの零分散波長は 1 3 0 0 n m から 1 3 2 2 n m の間にあり、ファイバは 1 3 1 0 n m 領域で分散に対して最適化されている。これらの波長と対応する零分散波長特性への要求は図付属 1 - 2 (a) / J T - G 9 5 7 に示す許容される最大のファイバ分散係数の絶対値(最小又は最大零分散波長を有するファイバにより決定される)を決定する。しかしながら、1.3 μ m 零分散ファイバは 1 5 5 0 n m の領域でも使用可能であり、その最大分散係数は図付属 1 - 2 (b) / J T - G 9 5 7 に示すように比較的大きい値となる。

分散シフトファイバは、零分散波長が 1 5 0 0 n m から 1 6 0 0 n m の間にあり、ファイバは 1 5 5 0 n m 領域で分散が最適化されている。ファイバ分散係数に対する解析結果では、図付属 1 - 3 / J T - G 9 5 7 に示す許容最大値を示す。分散シフトファイバは、1 3 1 0 n m 領域でも使用可能で、その場合、最大分散係数は比較的大きいものとなる。しかし、この適用については、現在、標準 J T - G 9 5 7 では考慮されていない。

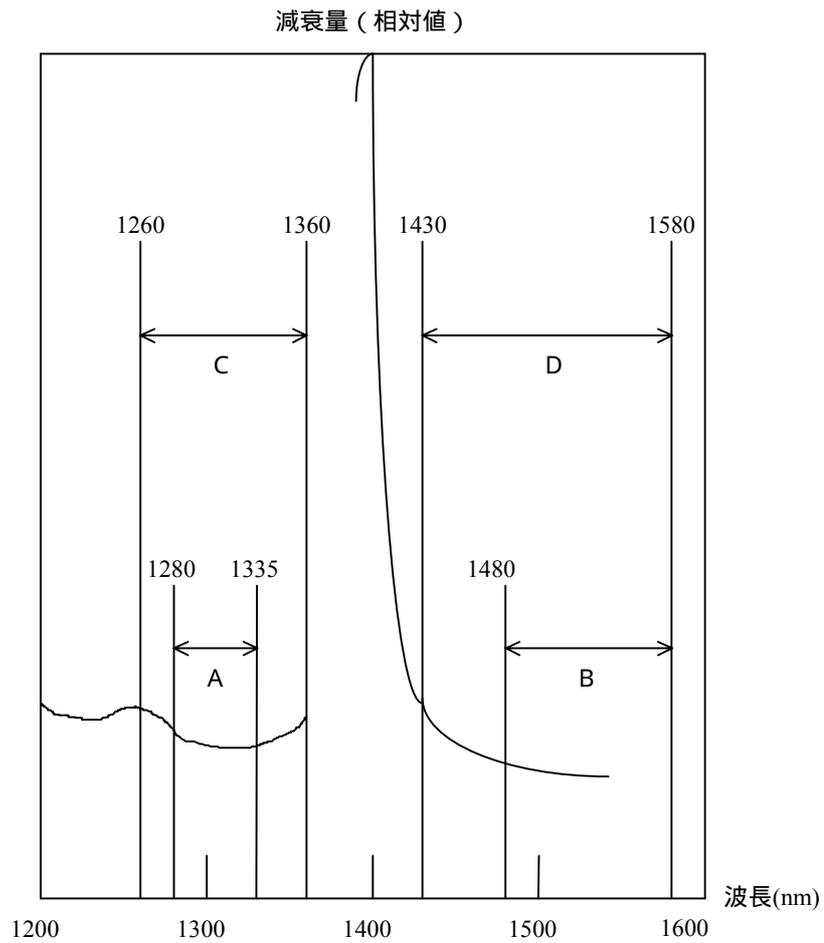
1 5 5 0 n m 領域におけるカットオフシフトファイバは、ファイバ分散係数が 1.3 μ m 零分散ファイバよりも少し大きいものの類似した特性となっている。これは検討中であり、表 2 ~ 5 / J T - G 9 5 7 では考慮されていない。

1 3 1 0 n m 領域における 1.3 μ m 零分散ファイバおよび 1 5 5 0 n m 領域における分散シフトファイバにおいて、分散制限波長範囲は、ファイバ分散係数の絶対値がほぼ等しくなるよう選択される。図付属 1 - 2 (a) / J T - G 9 5 7 および図付属 1 - 3 / J T - G 9 5 7 のグラフの形で見ると、絶対分散値は使用波長範囲で小さい値となる。

カットオフシフトファイバおよび 1 5 5 0 n m 領域の 1.3 μ m 零分散ファイバに関して、図付属 1 - 2 (b) / J T - G 9 5 7 は損失が下限の使用波長を、分散が上限の使用波長を与えることを示している。

光源とファイバ間の接続特性はパラメータ “ ” により説明される。それは、 10^{-6} × ビットレート (Mbit/s) × 分散 (ps/nm) × RMS スペクトル幅で定義される。分散による 1 dB のパワーペナルティに対して、 は最大値をとる。符号間干渉のみに対しては、値として 0.306 が LED と SLM レーザに適用される。SLM レーザに対する 20 dB 幅は RMS 幅を 6.07 倍したものである。(L - 16.2 では、2 dB のパワーペナルティに対応して を 0.491 に上げる必要がある。)符号間干渉にモード分配雑音を加えたものに対し SLM レーザに最大値 0.115 が適用される。(I - 1、I - 4 では広いスペクトル幅はめったに起こらないが、コスト低減のためここでは許容される。) レーザチャープに対し、SLM レーザに適用される値は未知である。

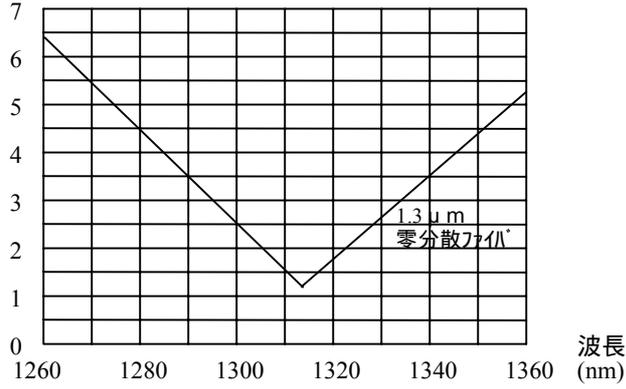
特定のスペクトル幅に対し、光路の分散は特定の適用伝送路コードに対し規定される。表 1 / J T - G 9 5 7 から、適当な光路の距離で許容される最大分散係数が決まる。分散係数のスペクトル依存性は分散が制限された波長領域を決定する。



図付属 1 - 1 / JT - G 9 5 7 参照点 S , R間のファイバ減衰量特性
(ITU-T G.957)

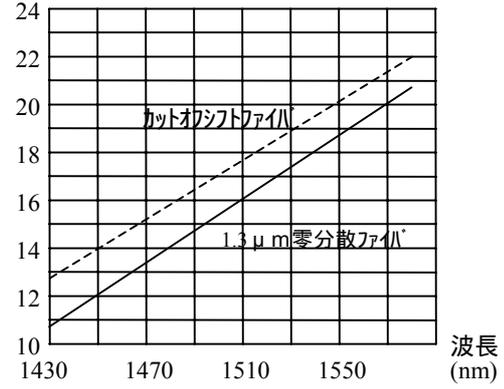
〔記事〕 AとBは長距離、CとDは短距離および局内への適用が適切である。

分散係数
(ps/nm-km)



(a) 1310 nm領域

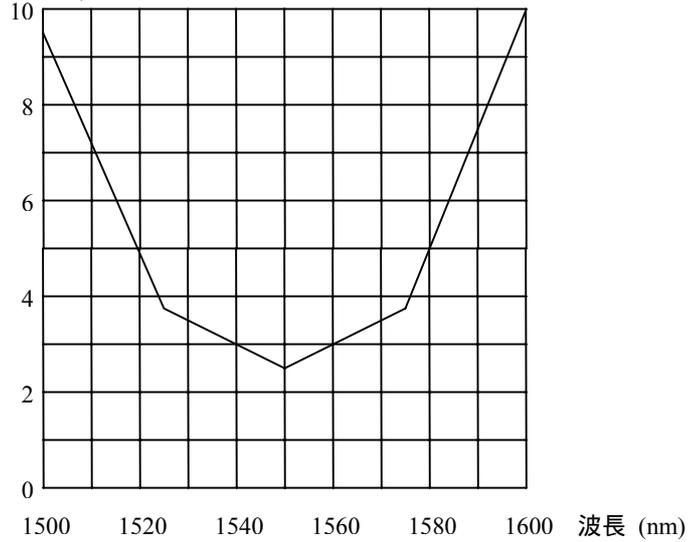
分散係数
(ps/nm-km)



(b) 1550 nm領域

図付属 1 - 2 / JT - G 9 5 7 1.3 μm 零分散ファイバとカットオフシフトファイバの
(ITU-T G.957) 最大分散係数 (絶対値)

分散係数
(ps/nm-km)

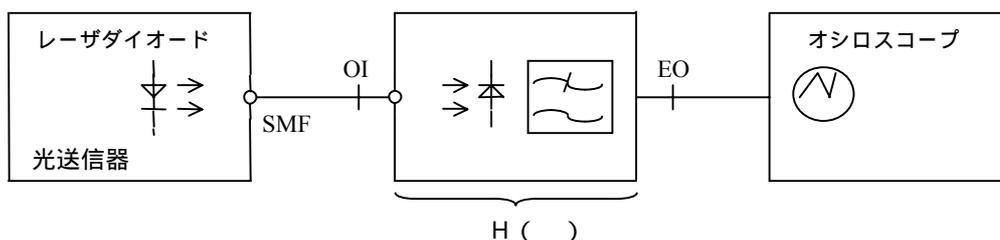


図付属 1 - 3 / JT - G 9 5 7 分散シフトファイバの最大分散係数 (絶対値)
(ITU-T G.957)

光送信信号のパルスマスクの測定

1 . 測定系構成

受信器の特性に対して光送信信号が適切であることを保証するため、送信光信号のパルスマスクに対して図付属 2 - 1 / J T - G 9 5 7 による測定系構成が推奨される。参照点 O I でのレベル整合のためには、光減衰器が使用される。参照点 E O でのレベル整合のためには、電気増幅器が使用される。図 2 / J T - G 9 5 7 のパルスマスクの値は、サンプリングオシロスコープの雑音や、低域通過フィルタの製造のばらつきによる測定誤差を含んでいる。測定用光受信器の公称伝達関数は、4 次または 5 次のベッセル・トムソン応答が使用される。



H () : 光検出器および電気低域通過フィルタの伝達関数を含めた、測定用光受信器の伝達関数

SMF : 10 m以下の光ファイバ

O I , E O : 光入力 (O I) および電気出力 (E O) の参照点

図付属 2 - 1 / J T - G 9 5 7 送信パルスマスクの測定系構成
(ITU-T G.957)

第3版作成協力者(2001年1月24日現在)

第一部門委員会

委員長	菅 俊直	(株)ディーディーアイ
副委員長	和泉 俊勝	日本電信電話(株)
副委員長	新保 勲	(株)日立製作所
委員	今成 浩巳	東京通信ネットワーク(株)
委員	山口 健二	日本電気(株)
委員	坪井 洋治	WG1-1委員長・富士通(株)
委員	片野 俊樹	WG1-1副委員長・日本電信電話(株)
委員	大塚 宗丈	WG1-2委員長・日本電信電話(株)
委員	平野 郁也	WG1-2副委員長・日本無線(株)
委員	堀口 勇夫	WG1-2副委員長・沖電気工業(株)
委員	竹原 啓五	WG1-3委員長・(株)ディーディーアイ
委員	菅原 昌久	WG1-3副委員長・東日本電信電話(株)
委員	川西 素春	WG1-3副委員長・沖電気工業(株)
委員	高瀬 晶彦	WG1-4委員長・(株)日立製作所
委員	奈須野 裕	WG1-4副委員長・日本テレコム(株)
委員	中島 賢二	WG1-4副委員長・東日本電信電話(株)
委員	長山 和弘	IN委員長・日本電信電話(株)
委員	鈴木 茂房	UPT委員長・日本電信電話(株)
委員	吉田 龍彦	TMN委員長・日本電信電話(株)
委員	益田 淳	TMN副委員長・(株)ディーディーアイ

(注) WG1-xx : 第一部門委員会 第xx(xx特別)専門委員会

第一部門委員会 第二専門委員会

委員長	大塚 宗丈	日本電信電話(株)
副委員長	堀口 勇夫	沖電気工業(株)
副委員長	平野 郁也	日本無線(株)
委員	寺島 宣彦	ケーブルアンド・ワイヤレス・アソシエーション(株)
委員	古立 務	(株)ディーディーアイ
委員	猪狩 幸一	(株)ディーディーアイ
委員	松村 宜久	東京通信ネットワーク(株)
委員	片山 武彦	日本テレコム(株)
委員	小林 正人	SWG1リーダ・日本電信電話(株)
委員	石山 幸司	大阪メディアポート(株)
委員	吉田 正典	アンリツ(株)
委員	山崎 恭之	大倉電気(株)
委員	福田 晃	住友電気工業(株)
委員	土橋 恭介	(株)東芝
委員	渡辺 孝	日本ルーセント・テクノロジー(株)
委員	進 京一	日本電気(株)
委員	森 隆	SWG3リーダ・(株)日立製作所
委員	篠宮 忠直	SWG2リーダ・富士通(株)
委員	上村 有朋	三菱電機(株)

事務局

TTC 第1技術部

J T - G 9 5 7 検討グループ (S W G 1)

リーダー	小林 正人	日本電信電話 (株)
委員	寺島 宣彦	ケーブル・アンド・ワイヤレス・アイティーン (株)
委員	猪狩 幸一	(株) ディーディーアイ
委員	古立 務	(株) ディーディーアイ
委員	松村 宜久	東京通信ネットワーク (株)
特別専門委員	島林 靖	日本テレコム (株)
特別専門委員	目黒 裕樹	安藤電気 (株)
委員	山崎 恭之	大倉電気 (株)
委員	堀口 勇夫	WG12副委員長・沖電気工業 (株)
委員	福田 晃	住友電気工業 (株)
委員	土橋 恭介	(株) 東芝
特別専門委員	中島 英規	日本ルセント・テクノロジー (株)
委員	進 京一	日本電気 (株)
特別専門委員	中村 憲昭	日本無線 (株)
委員	上村 有朋	三菱電機 (株)