

TTC標準
Standard

JT-G693

局内システムのための光インタフェース

〔 Optical interfaces for intra-office systems 〕

第 1 版

2008 年 5 月 29 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。

目次

<参考>	4
1. 概要	5
2. 参考文献	5
3. 用語と定義	5
3.1 他の勧告の中で定義された用語	5
4. 略語と頭文字	5
5. 光インタフェースの分類	6
5.1 アプリケーション	6
5.2 専門語	7
6. パラメータ定義	10
6.1 システム運用波長の範囲	10
6.2 送信器	10
6.2.1 光源の種類	10
6.2.2 スペクトルの特性	10
6.2.3 最大平均出力パワー	11
6.2.4 最小平均出力パワー	11
6.2.5 消光比	11
6.2.6 アイパターンマスク	11
6.3 光パス	12
6.3.1 最大減衰量	12
6.3.2 最小減衰量	12
6.3.3 分散	13
6.3.4 反射	13
6.4 受信器	13
6.4.1 感度	13
6.4.2 過負荷	14
6.4.3 パスペナルティ	14
7. 光パラメータ値	14
8. 光工学アプローチ	21
付録I (参考) 光クロストークの影響	21
付録II (参考) この標準で定義されたアプリケーションを使用するシステム構成例	22
付録III(参考) JT-G693アプリケーションおよび等価なG.691とJT-G959.1コード間のパラメータ差分	23

<参考>

1. 国際勧告との関係

本標準は、ITU-T勧告G.693 (05/2006)に準拠したものである。

2. 上記国際勧告等との相違

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 追加項目

なし。

2.4 削除項目

本標準は上記ITU-T勧告に対し下記の項目を削除しているが、参考記述として標準本文中に記述している。

本参考記述部分は標準規定との区別のため(#)印を記述中、表中および図中に付加している。本ITU-T勧告規定を参考として記述した理由は、次の2点による。

- ・該項目が国内の網間接続においては当面利用されないが、将来の網間接続において利用される可能性があり標準を改訂する場合の利便をはかるため。
- ・ITU-T勧告における種々の規定追加/変更についてTTC標準としてフォローしておくため。

(a) ITU-T勧告G.655(非零分散シフトファイバ)に関する項目

単一チャネルの局内インタフェースにおいて、非零分散ファイバの使用は参考とする。

2.5 章立ての相違

なし

3. 改版の履歴

版数	発行日	改版内容
第1版	2008年5月29日	制定

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等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れます。

5. その他

(1)参照する勧告、標準など

ITU-T勧告 G.652, G.653, G.655, G.691, G.957

TTC標準 JT-G709, JT-G957, JT-G959.1

6. 標準作成部門

情報転送専門委員会

1. 概要

この標準の目的は、公称 10 Gbit/sおよび40 Gbit/s の総合したビットレートを、2 Kmまでの距離をリンクするための局内システムの横断的な (マルチベンダ) 互換性を可能にするために、光インタフェース仕様を提供することである。この標準は、ITU-T勧告 G.652、G.653およびG.655に従った、光ファイバを使用してリンクを定義する。

パラレルインタフェース仕様は将来の改訂で含まれる可能性がある。

2. 参考文献

次のITU-T勧告および他の参考文献は、このテキスト中の参照を通じて、この標準の規定を構成する規定を含んでいる。出版時に示された版は有効であった。全の勧告と他の参考文献は改訂版を条件とする。この標準のユーザーは、以下でリストされた勧告、及び、他の参考文献の最新版を適用することの可能性を調査することを奨励する。現在の有効な ITU-T勧告のリストは規則正しく出版される。この標準中のドキュメントの参照は、勧告の状態として、単独で使用するドキュメントを与えない。

- ITU-T Recommendation G.652 (2005), *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*. (単一モード光ファイバケーブルの属性)
- ITU-T Recommendation G.653 (2003), *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable*. (分散シフト単一モード光ファイバケーブルの属性)
- ITU-T Recommendation G.655 (2006), *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable*. (非零分散シフトの単一モード光ファイバケーブルの属性)
- ITU-T Recommendation G.691 (2006), *Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers*. (単一チャンネルの光インタフェースSTM-64とその他の光増幅器付SDHシステム)
- ITU-T Recommendation G.957 (2006), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy* (SDH多重系光インタフェース条件)
- TTC標準 JT-G709 (第1版), 2005/06/02, 光伝送網のインタフェース
- TTC標準 JT-G957(第3版), 2001/04/19, SDH多重系光インタフェース条件
- TTC標準 JT-G959.1(第1版), 2007/05/31, 光伝送網の物理インタフェース

3. 用語と定義

3.1 他の勧告の中で定義された用語

この標準は、JT-G709に定義された次の用語を使用する。

- 完全に標準化されたOTUk(OTUk)。

この標準は、JT-G959.1に定義された次の用語を使用する:

- 光トリビュタリ信号NRZ10Gクラス(NRZ 10G)。
- 光トリビュタリ信号NRZ40Gクラス(NRZ 40G)。

4. 略語と頭文字

この勧告は次の略語を使用する。

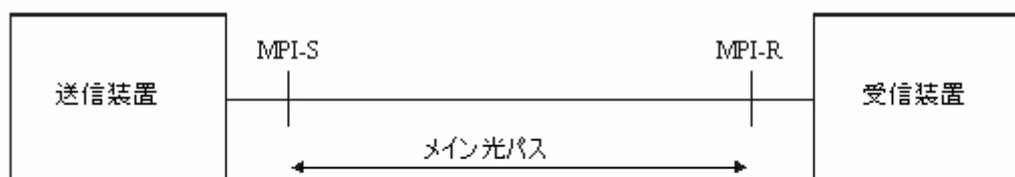
ASE	Amplified Spontaneous Emission	自然放出光
BER	Bit Error Ratio	符号誤り率
DGD	Differential Group Delay	群遅延時間差
EX	Extinction ratio	消光比

FEC	Forward Error Correction	前方誤り訂正
ffs	For Further Study	今後の課題
MLM	Multi-Longitudinal Mode	マルチモード
MPI	Main Path Interface	メインパスインタフェース
MPN	Mode Partition Noise	モード分配雑音
NA	Not Applicable	適用なし
NRZ	Non-Return to Zero	NRZ(NRZ符号形式)
ORL	Optical Return Loss	光リターンロス
PMD	Polarization Mode Dispersion	分極モード分散
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence	擬似ランダムバイナリシーケンス
RMS	Root Mean Square	実効値
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同期デジタルハイアラキー
SLM	Single-Longitudinal Mode	シングルモード
SMSR	Side Mode Suppression Ratio	サイドモード抑圧比
VSR	Very Short Reach	超短距離
WDM	Wavelength Division Multiplex	波長分割多重

5. 光インタフェースの分類

5.1 アプリケーション

この標準は、2kmまでの距離のリンクの単一チャンネル局内システムのための光インタフェースを定義する。これらのインタフェース記述は、横断的(マルチベンダ)互換性を可能にするように意図される。図1は、この標準中で検討されたタイプのシステムを示し、光インタフェースパラメータを指定するために使用される参照点を示す。



注-メイン光パスはファイバとコネクタを含み、光クロスコネクタのような受動光デバイスを含んでもよい。

図1 /JT-G693 この標準の中で定義された参照点を示している光リンクの例 (ITU-T G.693)

パラメータはMPI-S点における送信のため、MPI-R点における受信のため、MPI-S点とMPI-R点の間のメイン光パスのため、に指定される。

この標準中のG.652ファイバアプリケーションに対する波長分散の最大値は、図付属1-2/JT-G957を使用し、目標距離と運用波長範囲から得られる。G.653ファイバアプリケーションに対するクロマティック分散の極大値は、VSR2000-2L3適用を除き、目標距離及び3.3ps/nm·kmの製品として計算される。ここで値は、VSR2000-2L2アプリケーションと同じ値に設定される。G.655ファイバアプリケーションに対するクロマティック分散の極大値は、VSR2000-2L5アプリケーションを除いて、相互アプリケーションの目標距離を使用し、ITU-T勧告G.655から導出される。ここで、値は、VSR2000-2L2アプリケーションに同じ値に設定される。

この標準に記述されたシステムのためのメイン光パスは受動光装置、例えば、重要な減衰を導く光クロスコネクトを含むかもしれない。これより最大の減衰の値は、アプリケーションの目標距離から推論されないかもしれない。この標準では、減衰分類は、同じ光源およびファイバの種類および目標距離を持つが、最大の減衰の異なる値を持つアプリケーションを区別するために使用される。4つの減衰分類が、それぞれ4 dB、6 dB、12 dB、16 dBの最大の減衰値で定義される。H分類によって提供される最大の減衰値は低すぎるので、適用をすべてカバーすることができない場合、5番目の分類は定義されます(最大の減衰値は課題である)。H分類によって提供される最大の減衰値は低すぎるので、アプリケーションをすべてカバーすることができない場合、5番目のカテゴリが定義される(最大の減衰値は今後の課題)。

付録IIは、この勧告の中で定義されたアプリケーションを使った、システム構成の例を示す。

5.2 専門語

この標準中のアプリケーションはアプリケーションコードによって識別される。各コードは目標距離、提供される光トリビュタリ信号の最高クラス、減衰カテゴリ、関連するアプリケーションの光源およびファイバの種類を示す、アプリケーションコードは次の構造を持っている。

– W-yAz

ここでWは、目標距離を示す。

– 0.6km、1kmおよび2kmの目標距離をそれぞれ示す、VSR600、VSR1000およびVSR2000。

yは光トリビュタリ信号がサポートする中の最高クラスを示す：

– 2はNRZ 10Gを示す。

– 3はNRZ 40Gを示す。

Aは減衰量カテゴリを示す。

– Rは4dBの最大減衰量を示す。

– Lは6dBの最大減衰量を示す。

– Mは12dBの最大減衰量を示す。

– Hは16dBの最大減衰量を示す。

– Vは今後の課題dBの最大減衰量を示す。

Hカテゴリの最大減衰値が低すぎて、アプリケーションをすべてカバーすることができない場合、Vカテゴリが導入される。

zは光源およびファイバの種類を示す。

– 1はG.652ファイバ上の公称1310nm光源を示す。

– 2はG.652ファイバ上の公称1550nm光源を示す。

– 3はG.653ファイバ上の公称1550nm光源を示す。

– 5はG.655ファイバ上の公称1550nm光源を示す。(＃)

いくつかのアプリケーションコードには、JT-G709の中で規定されるようなFECバイトの送信を要求されるアプリケーションを示すため、接尾辞Fがコードの終わりに加えられる。

表1と2は、この標準に記述された、アプリケーションコードを要約する。

表1/JT-G693 目標距離0.6kmの光インタフェースの分類
(ITU-T G.693)

目標距離 ^{a)}	0.6km		
減衰量カテゴリ ^{a)}	R	M	
光源の公称波長(nm)	1310	1310	1550
ファイバの種類	G.652	G.652	G.652 G.653 G.655(#)
光トリビュタリ信号クラスNRZ 10Gのためのアプリケーションコード	VSR600-2R1	VSR600-2M1	VSR600-2M2 VSR600-2M3 VSR600-2M5(#)
光トリビュタリ信号クラスNRZ 40Gのためのアプリケーションコード	-	-	-
^{a)} 目標距離および減衰量カテゴリは仕様のためではなく分類のためのものである。			

表2/JT-G693 目標距離2kmの光インタフェースの分類
(ITU-T G.693)

目標距離 ^{a)}	2 km						
減衰量カテゴリ ^{a)}	R		L		M		H
光源の公称波長(nm)	1310	1550	1310	1550	1310	1550	1550
ファイバの種類	G.652	G.652 G.653 G.655(#)	G.652	G.652 G.653 G.655(#)	G.652	G.652 G.653 G.655(#)	G.652 G.653 G.655(#)
光トリビュタリ信号クラスNRZ 10Gのためのアプリケーションコード	VSR2000-2R1	—	VSR2000-2L1F	VSR2000-2L2 VSR2000-2L3 VSR2000-2L5(#)	—	—	—
光トリビュタリ信号クラスNRZ 40Gのためのアプリケーションコード	VSR2000-3R1 VSR2000-3R1F	VSR2000-3R2 VSR2000-3R3 VSR2000-3R5(#) VSR2000-3R2F VSR2000-3R3F VSR2000-3R5F(#)	VSR2000-3L1F	VSR2000-3L2F VSR2000-3L3F VSR2000-3L5F(#)	VSR2000-3M1	VSR2000-3M2 VSR2000-3M3 VSR2000-3M5(#)	VSR2000-3H2 VSR2000-3H3 VSR2000-3H5(#)

^{a)} 目標距離および減衰量カテゴリは仕様のためではなく分類のためのものである。

6. パラメータ定義

すべてのパラメータ値は、標準稼働条件(つまり温度および湿度範囲)の範囲上での、最悪の場合の値であり、経年劣化を含んでいる。パラメータは、各指定されたシステムのテーブルに与えられた範囲内の、パラメータの任意の組合せで、符号誤り率(BER)が 10^{-12} 以下という、光セクション設計目標に照らして指定される。FECバイトが送信されることを要求するアプリケーションコード(つまり、Fの接尾辞を備えたコードを持つもの)を除いて、この符号誤り率目標の達成は、前方誤り訂正のアプリケーションを要求してはならない。FECバイトが送信されることを要求するアプリケーションコードの場合には、符号誤り率は訂正(もし使用されれば)が適用された後に、満足することを要求される。この勧告の中のシステムインタフェースのために使用される、光回線符号は、2進法のNRZ符号形式である。

6.1 システム運用波長の範囲

運用波長範囲は光源波長の最大許容範囲である。異なるファイバ依存の悪化のため、この範囲内で光源波長を選ぶことができる。受信側は、光源波長の最大許容範囲に一致する最小運用波長範囲を、持っていなければならない。

ファイバ光伝送システムの運用波長範囲は、基本的に様々なファイバおよび光源タイプの減衰と分散特性によって決定される。これらの詳細な議論はJT-G957で見ることができる。

注一増幅された自然放出光(ASE)を除去する波長固定か、あるいは調整可能なフィルタが受信器側の前に使用される場合、運用波長帯域は制限されることがある、また、横断的な互換性は保証されないことがある。

6.2 送信器

6.2.1 光源の種類

マルチモード(MLM)レーザ、およびシングルモード(SLM)レーザを含む、使用可能な送信器素子は、各アプリケーションコードの減衰/分散特性、そして、階層型レベルに依存する。各々のアプリケーションのために、この標準は公称の光源の種類を示す。この標準での公称の光源の指示は必要条件ではなく、そしてSLM素子は装置パフォーマンスのどんな劣化もなく公称の光源の種類としてMLMを示しているどんなアプリケーションにも代用できることは理解されている。

6.2.2 スペクトルの特性

6.2.2.1 最大実効値幅

最大実効値幅(RMS)、または、マルチモード(MLM)レーザのスペクトル分布の標準偏差(nmにおいて)は、すべてのレーザモードにおいてピークモードから20dB以下で考慮する。1310nmのMLMレーザによるシステムのみがこの仕様を必要とする。

6.2.2.2 最大-20dB幅

SLMレーザの最大-20dBのスペクトルの幅(nmにおいて)は、標準稼働条件下の中心波長の最大振幅から20dB下で測定された、中心波長ピークの最大全幅によって指定される。

6.2.2.3 サイドモード抑圧比

サイドモード抑圧比(SMSR)は、2番目に大きなピークに対する、光源スペクトルの合計の最大のピークの比率として定義される。ここに定義されたように、測定のスเปクトルの分解能は、ピークの最大のスペクトルの幅よりも、よりよくなければならない(つまり、光フィルタ帯域幅はより少なくななければならない)。2番目に大きなピークは、メインピークの隣に、あるいは、それから離れた箇所にあるかもしれない。

注一この定義では、クロック周波数によって最大のピークから分けられるスペクトルのピークは、サイドモードとしない

SMSR仕様は、モード分配雑音(MPN)による符号誤り率低下の発生を最小限にするように意図される。MPNは可能性の低い一時的な結果であるので、PRBSか連続的な信号でのSMSR測定はMPNを過小評価してもさしつかえない。SMSR仕様はSLMレーザ光源にのみに関する。

6.2.3 最大平均出力パワー

擬似ランダムデータシーケンスの平均パワーの最大値は、送信器によってファイバへ連結される。

6.2.4 最小平均出力パワー

擬似ランダムデータシーケンスの平均パワーの最小値は、送信器によってファイバへ連結される。

6.2.5 消光比

消光比(EX)は次のように定義される。

$$EX = 10 \times \text{Log}_{10}(A/B)$$

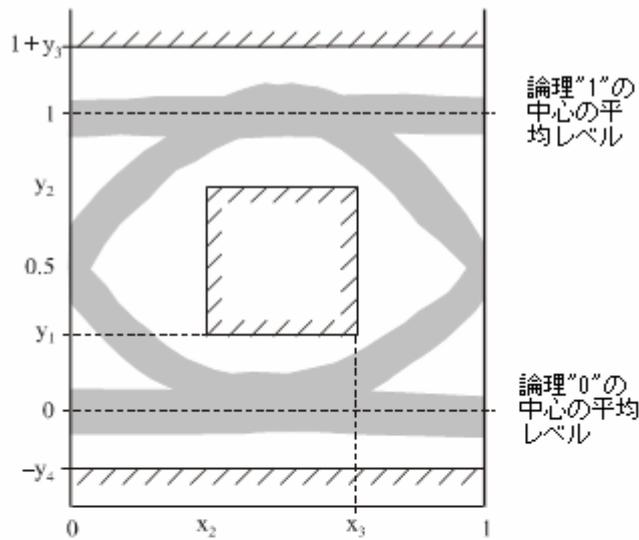
EXの上記の定義中で、Aは、論理的 " 1 " の中心の平均光パワーレベルである。Bは、論理的 " 0 " の中心の平均光パワーレベルである。慣例より採用する光論理レベルは

- 論理的" 1 "は光の発光。
- 論理的" 0 "は光の消光。

6.2.6 アイパターンマスク

この標準では、立ち上がり時間、立ち下がり時間、パルスオーバーシュート、パルスアンダシュート、リングング、最小受光レベルの過度の低下を防ぐためにコントロールされるべき全てのものを含む、一般的な送信器パルス波形特性は、MPI-S点で、送信機アイダイアグラムのマスクの形で規定される。送信信号の評価には、アイの開き方だけでなく、オーバーシュートやアンダシュートの制限も考慮することが重要である。送信器アイダイアグラムのマスクを規定しているパラメータは、図2で示されている。

受信可能な送信器アイダイアグラムは、ハッチングされた線をまたがることを、回避しなければならない。テスト配列は、付属資料A/G.691においてSTM-64のために指定されている。NRZ回線符号の10Gの光標準受信器に対するフィルタ耐力は、付属資料A/G.691の中のSTM-64として、規定される。NRZ回線符号の40Gの光標準受信器に対するフィルタ耐力は今後の課題である。



	NRZ 10G 1310 nm 領域	NRZ 10G 1550 nm 領域	NRZ 40G
$x_3 - x_2$	0.2	0.2	0.2
y_1	0.25	0.25	0.25
y_2	0.75	0.75	0.75
y_3	0.4	0.25	0.25
y_4	0.25	0.25	0.25

注 長方形のアイマスクの x_2 と x_3 は、0 UI と 1 UI の垂直軸と等距離である必要はない。

図2/JT-G693 光送信信号のためのアイダイヤグラムのマスク
(ITU-T G.693)

6.3 光パス

表1の中で記述したアプリケーションの各々にシステム性能を保証するために、MPI-S点とMPI-R点間の光減衰量および波長分散特性を規定する。

6.3.1 最大減衰量

システムの最大パス減衰は、最悪ケースの送信側信号および分散下で、のエンドオブライフ時に 10^{-12} の符号誤り率以下の条件(またはアプリケーションコードで与えられたように)で運用する。減衰量規定は、スプライス損失、コネクタ損失、光減衰機(もし使用されるならば)、他の受動光装置、例えば、光クロスコネクタや、コネクタの性能低下のための他の付加ケーブルマージン、および、もし使用されるならば、MPI-S点とMPI-R点間の光減衰器あるいは他の受動光素子に起因する損失を含む、最悪の場合の値であると仮定される。

6.3.2 最小減衰量

最小パス減衰量は、最悪の場合の送信側条件の下でシステム上で 10^{-12} 以下の符号誤り率(あるいはアプリケーションコードによって与えられたように)を達成するための条件を規定する。

6.3.3 分散

6.3.3.1 最大波長分散

このパラメータは、メインパス上でシステムが許容できる最大の波長分散絶対値を定義する。システム上で要求される最大分散トレランスは、G.652ファイバおよび運用波長領域と同様、1550nm領域におけるG.652ファイバで単位長さあたり20 ps/km·nmで計算し、1290から1330nm間のG.653ファイバで単位長さあたり3.3 ps/km·nmで計算する。G.655ファイバのための1530nmから1565nmの運用波長で、システムの要求された最大分散トレランスは単位長さあたり10 ps/km·nmで計算される。これらは適切なファイバの種類に対する最悪の場合の分散値と考えられる。

最大波長分散値は、光パス中で、光ファイバおよび他のすべての要素から値を含む。これらの受動光部本が付加的な波長分散を持つ場合、達成可能なリンク距離が縮小する可能性がある。二者択一で、より高波長分散トレランスを備えたアプリケーションはこの制限を克服するために使用されるかもしれない。

光パスに対する許可されたペナルティは、最大の差異の群遅延差によるペナルティと同様に、波長分散での影響を考慮する。

6.3.3.2 最大群遅延

群遅延差(DGD)は、送信光信号の2つの偏波状態パルス時間差である。このトピックについてのより多くの情報はITU-T勧告G.691に記載している。

この勧告中で、最大の群遅延差は、システムが1dBの最大の感度低下となる、DGDの値であると定義される。

6.3.4 反射

反射は光パス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、光パス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MPI-S点でのケーブル設備の最小光リターンロス(ORL)。
- MPI-S点とMPI-R点間の不連続による最大反射。

反射率は単一の反射点からの反射を意味するが、リターンロス是个別の反射およびレイリ散乱のような後方散乱の両方を含み、全ファイバから返された光パワーの合計である。

反射の測定方法はG.977/付録 I に記述される。反射率とリターンロスの測定を目的としており、MPI-S点およびMPI-R点は各々のコネクタプラグの端面と等価である。これは運用上のシステムにそれぞれのコネクタの実際の反射性能を含んでいないと考えられる。これらの反射は特定のタイプのコネクタに対する反射の公称値を持っていると仮定する。

光パス（例えば配分架、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、規定された光リターンロスを許容しなければならない。表3～4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。

表3および4におけるMPI-S点とMPI-R点間の不連続による最大反射の値-27 dBは、多重反射の影響を最小にするよう意図されている。この値は複数のコネクタを含む全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。

6.4 受信器

6.4.1 感度

受信器の感度は、MPI-R点において 1×10^{-12} の符号誤り率が得られる平均受信パワーの最小値として定義される。これは、送信信号アイマスク、消光比、MPI-S点での光リターンロス、受信器のコネクタ劣化、および測定許容誤差が最悪値をとる送信器を用いた場合において満足されなければならない。最悪な条件での最小受光感度の定義はさらに、G.691の付属資料Aで議論される。

受信器の感度は、分散、光漏話あるいは反射がある状態では満足する必要がない。これらの影響は、最大光パスペナルティの割当ての中で別々に指定される。

注-受信器の感度は、送信器ジッタが適切なジッタ生成制限(例えばOTN光トリビュタリ信号のためのG.8251)より多い状態では満足する必要がない

表3および4中で指定された受信器の感度は最悪の場合の動作終了時の値である。動作開始時の感度は受信器劣化および環境条件を十分に考慮したものでなければならない。

6.4.2 過負荷

受信器の過負荷はMPI-R点において、符号誤り率 1×10^{-12} が得られる受信平均パワーの容認できる最大値である。

6.4.3 パスペナルティ

パスペナルティは、パスを伝送されている間に生じる信号の波形のひずみを原因とする、あきらかになった受信器感度の減少である。それはシステムの符号誤り率を示す曲線がより高い入力パワーレベルへと変移することで示される。これは正のパスペナルティに相当する。負のパスペナルティはいくつかの環境の下で存在する可能性があるが、わずかであろう。(負のパスペナルティは、送信器のアイが完全でない場合、アイにパスに依存するひずみが与えられることによって部分的に改善されたことを示す。)理想的には、符号誤り率カーブは単に変移するだけであろうが、形状が変化することが珍しくなく、形状の変化は符号誤り率フロアの現れとして示すことができる。パスペナルティは受信器感度における変化であるので、符号誤り率レベル 10^{-12} で測定される。

FECバイトを要求するアプリケーションコード(すなわち、最後にFがついた符号を持つ)が送信される場合については、受信器感度(光パスによる低下があってもなくても)が、誤り訂正(もし使用されれば)が適用された後、測定される。

低い分散システムに対して1dBの最大パスペナルティが許容される。パスペナルティは、高いペナルティでシステムを運用するのを避けるため、目標とする距離に比例して見積もられない。

PMDによるランダムな分散ペナルティの平均値は許容されたパスペナルティに含まれる。これに関しては、送信器と受信器は対で、実際に0.3ビット期間に相当するDGDが発生した場合に対する耐性を持つことを要求される。0.3ビット期間に相当するDGDは最大1dB(各PSPに対して50%の光強度を持つ場合)の感度低下を生じる。良く設計された受信器では、これは0.1ビットの期間のDGDに対して0.1- 0.2dBのペナルティを生じることに相当する。運用中に見出される可能性のある実際のDGDは、ランダムに変動するファイバ/ケーブル特性であり、この勧告中で指定することができない。この問題はさらに、付録I/G.691で議論される。

光漏話(例えば、理想的でないスイッチングによって引き起こされる)によるいかなる付加的な感度低下も、パスペナルティ値内に含まれているために十分に小さいと仮定される。これに当てはまらない場合は今後の検討課題である。光漏話ペナルティは、付録Iでさらに議論される。

7. 光パラメータ値

表1および表2の中で示されるアプリケーションに対する光パラメータ値は、表3から表6で与えられる。FECバイトの送信が必要とされる(即ち、Fの接尾辞が付いたコードを持つ)アプリケーションコードを除いて、これらの値に従うシステムは、符号誤り率の目標を満足するためにFECを必要とするべきではない。FECバイトの送信が必要なアプリケーションコードの場合、訂正(もし使用されれば)が適用された後だけ符号誤り率が必要とされる。

表3から表6は、1つ以上のアプリケーションコードが見出しに示される欄を含む。これらの欄の列エントリが単一の値である場合、それらはアプリケーションコードのすべてに適用される。列が複数のエントリを含んでいる場合、値は欄の見出しと同じ順番でアプリケーションコードに適用する。

以前にITU-T勧告G.691またはJT-G959.1で定義されたアプリケーションの代わりに、JT-G693で代えられたパラメータ値とG.691およびJT-G959.1アプリケーションコード中の値との差分を、付録IIIの中で与える。

表3/JT-G693 目標距離0.6kmのアプリケーションのために規定された光インタフェースパラメータ (ITU-T G.693)

アプリケーションコード	単位	VSR600-2R1	VSR600-2M1	VSR600-2M2 VSR600-2M3 VSR600-2M5(#)
G.691アプリケーションコード		I-64.1r		
JT-G959.1アプリケーションコード		PIII-2D1r		
目標距離	m	600	600	600
ビットレート/回線符号	-	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
ファイバの種類	-	G.652	G.652	G.652 G.653 G.655(#)
送信器側の参照点MPI-S				
光源の種類		MLM	MLM	SLM
運用波長範囲	nm	1268-1360	1268-1360	1530-1565
最大平均出力パワー	dBm	-1	+5	+2
最小平均出力パワー	dBm	-6	+2	-1
スペクトルの特性:				
- 最大実効値幅(σ)	nm	3	3	NA
- 最大20dB幅	nm	NA	NA	ffs
- 最小サイドモード抑圧比	dB	NA	NA	30
最小消光比	dB	6	6	8.2
MPI-SからMPI-Rへのメイン光パス				
最大減衰量	dB	4	12	12
最小減衰量	dB	0	6 ^{a)}	3 ^{a)}
最大波長分散 ^{b)}	ps/nm	3.4	3.4	12 for G.652 ^{c)} 2 for G.653 6 for G.655
最大群遅延	ps	30	30	30
任意のコネクタを含むMPI-Sでのケーブルプラ ントの最小光リターンロス	dB	14	14	14
MPI-SとMPI-Rの間の最大個別反射率	dB	-27	-27	-27
極性依存損失	dB	ffs	ffs	ffs
受信器側の参照点MPI-R				
最小感度(符号誤り率 1×10^{-12})	dBm	-11	-11	-14
最小過負荷	dBm	-1	-1	-1
最大光パスペナルティ	dB	1	1	1
MPI-Rで測定された受信側最大反射率	dB	-14	-14	-14
<p>a)この最小減衰量は非常に望ましくない。0dBの値が要求され、それは技術の成熟とともに求められるべきである。</p> <p>b)メイン光パスの受動光素子が付加的な波長分散を導入する場合、到達可能リンク距離は減少するかもしれない。あるいは、より高い波長分散許容値を伴うアプリケーションには、この制限を克服するために使用されるかもしれない。</p> <p>c)このアプリケーションはG.653およびG.655ファイバ上でも使用することができる。</p>				

表4/JT-G693 目標距離2kmおよび減衰カテゴリRを伴うアプリケーションのために規定された光インタフェースパラメータ
(ITU-T G.693)

アプリケーションコード	単位	VSR2000-2R1	VSR2000-3R1 ^{d)}	VSR2000-3R1F ^{d, f)}	VSR2000-3R2 ^{e)} VSR2000-3R3 ^{d)} VSR2000-3R5 ^{d)} (#)	VSR2000-3R2F ^{e, f)} VSR2000-3R3F ^{d, f)} VSR2000-3R5F ^{d, f)} (#)
G.691アプリケーションコード		I-64.1				
JT-G959.1アプリケーションコード		P111-2D1				
目標距離	km	2	2	2	2	2
ビットレート/回線符号	–	NRZ 10G	NRZ 40G	NRZ OTU3 FEC enabled	NRZ 40G	NRZ OTU3 FEC enabled
ファイバの種類	–	G.652	G.652	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652 G.653 G.655
送信器側の参照点MPI-S						
光源の種類		SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
運用波長範囲	nm	1290-1330	1290-1330	1290-1330	1530-1565	1530-1565
最大平均出力パワー	dBm	-1	+3	+3	+3	+3
最小平均出力パワー	dBm	-6	0	0	0	0
スペクトルの特性:						
– 最大実効値幅(σ)	nm	NA	NA	NA	NA	NA
– 最大20dB幅	nm	1	ffs	ffs	ffs	ffs
– 最小サイドモード抑圧比	dB	30	35	35	35	35
最小消光比	dB	6	8.2	8.2	8.2	8.2
MPI-SからMPI-Rへのメイン光パス						
最大減衰量	dB	4	4	4	4	4
最小減衰量	dB	0	0	0	0	0
最大波長分散 ^{b)}	ps/nm	6.6	6.6	6.6	40 for G.652 ^{b)} 6.6 for G.653 20 for G.655	40 for G.652 ^{b)} 6.6 for G.653 20 for G.655
最大群遅延	ps	30	7.5	7.5	7.5	7.5
任意のコネクタを含むMPI-Sでのケーブルプラントの最小光リターンロス	dB	14	24	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大個別反射率	dB	-27	-27	-27	-27	-27

表4/JT-G693 目標距離2kmおよび減衰カテゴリRを伴うアプリケーションのために規定された光インタフェースパラメータ (ITU-T G.693)

アプリケーションコード	単位	VSR2000-2R1	VSR2000-3R1 ^{d)}	VSR2000-3R1F ^{d, f)}	VSR2000-3R2 ^{e)} VSR2000-3R3 ^{d)} VSR2000-3R5 ^{d)} (#)	VSR2000-3R2F ^{e, f)} VSR2000-3R3F ^{d, f)} VSR2000-3R5F ^{d, f)} (#)
極性依存損失	dB	ffs	ffs	ffs	ffs	ffs
受信器側の参照点MPI-R 最小感度(符号誤り率 1×10^{-12})	dBm	-11	-5	-5	-6 for G.652 -5 for G.653 -5 for G.655	-6 for G.652 -5 for G.653 -5 for G.655
最小過負荷	dBm	-1	+3	+3	+3	+3
最大光パスペナルティ	dB	1	1 ^{e)}	1 ^{e)}	2 ^{e)} for G.652 1 ^{e)} for G.653 1 ^{e)} for G.655	2 ^{e)} for G.652 1 ^{e)} for G.653 1 ^{e)} for G.655
MPI-Rで測定された受信側最大反射率	dB	-14	-27	-27	-27	-27
<p>a) メイン光パス中の受動光素子が付加的な波長分散を導入する場合には、到達可能リンク距離が減少するかもしれない。あるいは、より高い波長分散許容値を伴うアプリケーションには、この制限を克服するために使用されるかもしれない。</p> <p>b) このアプリケーションはG.653およびG.655ファイバ上でも使用することができる。</p> <p>c) このペナルティを確認するための方法は今後の課題である。</p> <p>d) このアプリケーションに従う受信側は、アプリケーションコードVSR2000-3R1、VSR2000-3R3あるいはVSR2000-3R5のうちのどれかで運用することが要求される。最小限として、それは波長範囲1530-1565nmと同様に1290-1330nmの範囲で動作すべきである。</p> <p>e) アプリケーションVSR2000-3R2に従う受信側は、アプリケーションコードVSR2000-3R3あるいはVSR2000-3R5のどちらかの中で作動する。それは、その動作波長範囲が1290-1330nmを含んでいる場合、アプリケーションコードVSR2000 3R1でも動作する。</p> <p>f) このアプリケーションのための符号誤り率は、誤り訂正(もし使用されれば)の後にだけ満足するために要求される。従ってFEC復号器の入力の符号誤り率は10^{-12}より著しく高くなりうる。</p>						

表5/JT-G693 目標距離2kmおよび減衰カテゴリLをとまなうアプリケーションのために規定された光インタフェースパラメータ
(ITU-T G.693)

アプリケーションコード	単位	VSR2000-2L1F ^{d)}	VSR2000-2L2 VSR2000-2L3 VSR2000-2L5(#)	VSR2000-3L1F ^{d, f)}	VSR2000-3L2F ^{e, f)} VSR2000-3L3F ^{d, f)} VSR2000-3L5F ^{d, f)} (#)
G.691アプリケーションコード			I-64.2r		
JT-G959.1アプリケーションコード			P111-2D2r		
目標距離	km	2	2	2	2
ビットレート/回線符号	–	NRZ OTU2 FEC enabled	NRZ 10G	NRZ OTU3 FEC enabled	NRZ OTU3 FEC enabled
ファイバの種類	–	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652	G.652 G.653 G.655
送信器側の参照点MPI-S					
光源の種類		SLM	SLM	SLM	SLM
運用波長範囲	nm	1290-1330	1530-1565	1290-1330	1530-1565
最大平均出力パワー	dBm	–1	–1	+3	+3
最小平均出力パワー	dBm	–6	–5	0	0
スペクトルの特性:					
– 最大実効値幅(σ)	nm	NA	NA	NA	NA
– 最大20dB幅	nm	1	ffs	ffs	ffs
– 最小サイドモード抑圧比	dB	30	30	35	35
最小消光比	dB	6	8.2	8.2	8.2
MPI-SからMPI-Rへのメイン光パス					
最大減衰量	dB	6	6	6	6
最小減衰量	dB	0	0	0	0
最大波長分散 ^{b)}	ps/nm	6.6	40	6.6	40 for G.652 ^{b)} 6.6 for G.653 20 for G.655
最大群遅延	ps	30	30	7.5	7.5
任意のコネクタを含むMPI-Sでのケーブルプラントの最小光リターンロス	dB	14	24	24	24
MPI-SとMPI-Rの間の最大個別反射率	dB	–27	–27	–27	–27

表5/JT-G693 目標距離2kmおよび減衰カテゴリLをとまうアプリケーションのために規定された光インタフェースパラメータ
(ITU-T G.693)

アプリケーションコード	単位	VSR2000-2L1F ^{f)}	VSR2000-2L2 VSR2000-2L3 VSR2000-2L5(#)	VSR2000-3L1F ^{d, f)}	VSR2000-3L2F ^{e, f)} VSR2000-3L3F ^{d, f)} VSR2000-3L5F ^{d, f)} (#)
極性依存損失	dB	ffs	ffs	ffs	ffs
受信器側の参照点MPI-R 最小感度(符号誤り率 1×10^{-12})	dBm	-13	-13	-7	-8 for G.652 -7 for G.653 -7 for G.655
最小過負荷	dBm	-1	-1	+3	+3
最大光パスペナルティ	dB	1	2	1 ^{c)}	2 ^{c)} for G.652 1 ^{c)} for G.653 1 ^{c)} for G.655
MPI-Rで測定された受信側最大反射率	dB	-14	-27	-27	-27
<p>a)メイン光パス中の受動の光装置が付加的な波長分散を導入する場合には、達成可能なリンク距離が縮小されるかもしれない。あるいは、より高い波長分散許容値を備えたアプリケーションはこの制限を克服するために使用されるかもしれない。</p> <p>b)このアプリケーションはG.653およびG.655ファイバ上でも使用することができる。</p> <p>c)このペナルティを確認するための方法は今後の課題である。</p> <p>d)このアプリケーションに従う受信側は、アプリケーションコードVSR2000-3R1、VSR2000-3R3あるいはVSR2000-3R5のいずれかで動作することが要求される。</p> <p>e)アプリケーションVSR2000-3R2に従う受信側は、アプリケーションコードVSR2000-3R3あるいはVSR2000-3R5のいずれかで動作する。また、その動作波長範囲が1290-1330nmを含んでいる場合、それはアプリケーションコードVSR2000 3R1で動作する。</p> <p>f)このアプリケーションのための符号誤り率は、誤り訂正(もし使用されれば)の後にだけ満足するために要求される。従ってFEC復号器の入力の符号誤り率は10^{-12}より著しく高くなりうる。</p>					

表6/JT-G693 目標距離2kmおよび減衰カテゴリMおよびHをともなうアプリケーションのために規定された光インタフェースパラメータ
(ITU-T G.693)

アプリケーションコード	単位	VSR2000-3M1	VSR2000-3M2 VSR2000-3M3 VSR2000-3M5(#)	VSR2000-3H2 VSR2000-3H3 VSR2000-3H5(#)
G.691アプリケーションコード				
JT-G959.1アプリケーションコード				
目標距離	km	2	2	2
ビットレート/回線符号	–	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G
ファイバの種類	–	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652 G.653 G.655
送信器側の参照点MPI-S				
光源の種類		SLM	SLM	SLM
運用波長範囲	nm	1290-1330	1530-1565	1530-1565
最大平均出力パワー	dBm	+10	+3	+3
最小平均出力パワー	dBm	+8	0	0
スペクトルの特性:				
– 最大実効値幅(σ)	nm	NA	NA	NA
– 最大20dB幅	nm	ffs	ffs	ffs
– 最小サイドモード抑圧比	dB	35	35	35
最小消光比	dB	8.2	7	7
MPI-SからMPI-Rへのメイン光パス				
最大減衰量	dB	12	12	16
最小減衰量	dB	8 ^{a)}	3 ^{a)}	3
最大波長分散 ^{b)}	ps/nm	6.6	40 for G.652 ^{c)} 6.6 for G.653 20 for G.655	40 for G.652 ^{c)} 6.6 for G.653 20 for G.655
最大群遅延	ps	7.5	7.5	7.5
任意のコネクタを含むMPI-Sでのケーブルプラントの最小光リターンロス	dB	24	24	24
MPI-SとMPI-R間の最大個別反射率	dB	–27	–27	–27
極性依存損失	dB	ffs	ffs	ffs
受信器側の参照点MPI-R				
最小感度(符号誤り率 1×10^{-12})	dBm	–5	–14 for G.652 –13 for G.653 –13 for G.655	–18 for G.652 –17 for G.653 –17 for G.655
最小過負荷	dBm	+2	0	0
最大光パスペナルティ	dB	1 ^{d)}	2 ^{d)} for G.652 1 ^{d)} for G.653 1 ^{d)} for G.655	2 ^{d)} for G.652 1 ^{d)} for G.653 1 ^{d)} for G.655
MPI-Rで測定された受信側最大反射率	dB	–27	–27	–27
<p>a)この最小減衰量は非常に望ましくない。0dBの値が要求され、それは技術の成熟とともに求められるべきである。</p> <p>b)メイン光パスの受動光素子が付加的な波長分散を導入する場合、到達可能リンク距離は減少するかもしれない。あるいは、より高い波長分散許容値を伴うアプリケーションには、この制限を克服するために使用されるかもしれない。</p> <p>c)このアプリケーションはG.653およびG.655ファイバ上でも使用することができる。</p> <p>d)このペナルティを確認するための方法は今後の課題である。</p>				

8. 光工学アプローチ

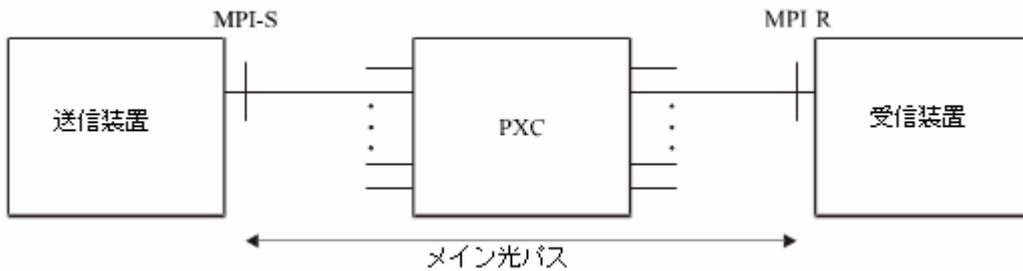
最悪の場合の設計アプローチのために、最大/最小の平均出力パワー、最大/最小減衰、最小負荷、最小感度および最大の光パスペナルティの関係は、図3/G.957で示される。

付録I (参考) 光クロストークの影響

(本付録は参考情報であり、仕様ではない。)

この勧告に示されているいくつかのアプリケーションでは、図I.1で示されているメイン光パスのなかに受動光クロスコネクタが挿入されたシステムをサポートすることを目指している。

光クロスコネクタは理想的なスイッチではないことから、無視できない光クロストークが発生する可能性がある。



図I.1/JT-G693 MPI-SとMPI-Rの間の受動の光クロスコネクタの使用を示す光リンクの例 (ITU-T G.693)

光クロストークとは、仕様化された全ての条件において、図I.1で示されるMPI-R参照点における光受信器光帯域幅内の所望信号パワーに対する全雑音パワーの比であり、dBで表現される。

受信側に到達する信号中の光クロストーク量によっては、光システムの性能に影響を及ぼす可能性がある。

受信側での過度の光クロストークは、クロストークペナルティと定義された量によりシステム性能悪化を引き起こす。

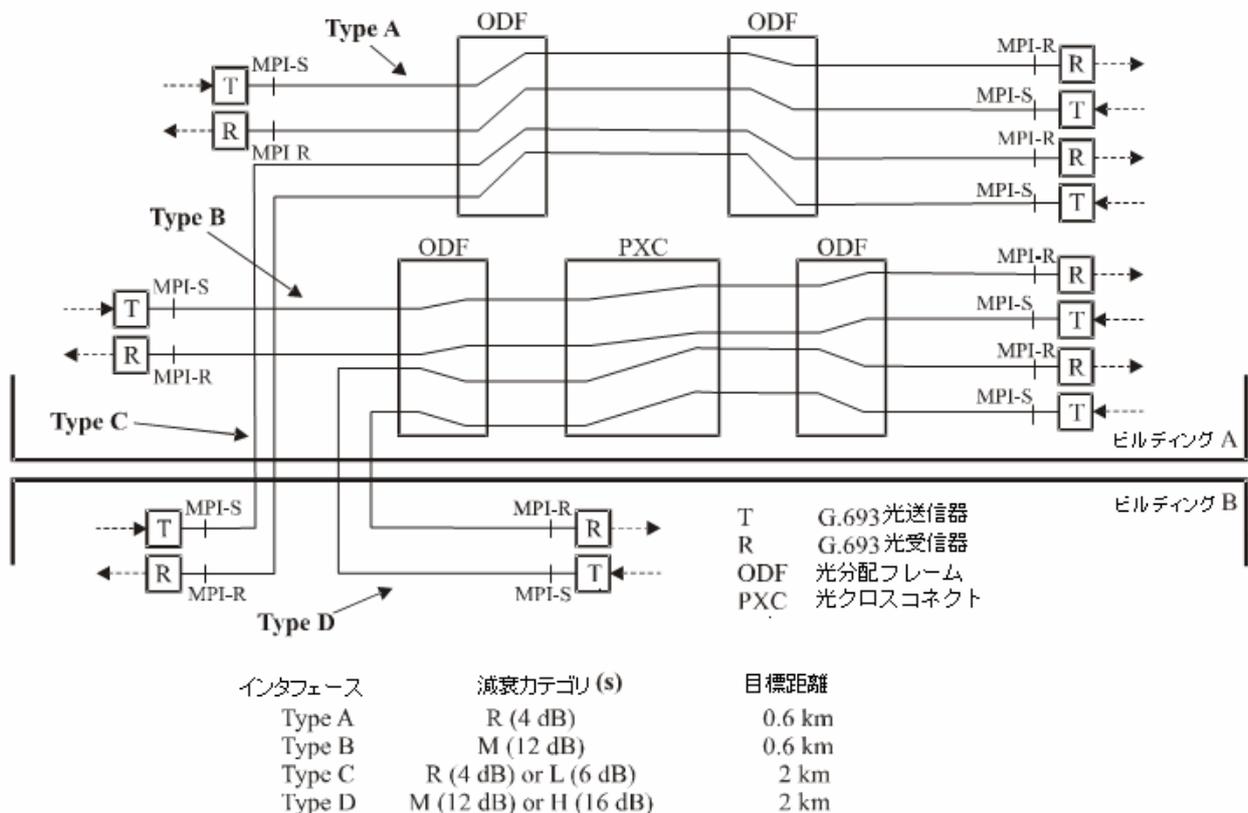
今後の検討課題として 許容できる光クロストークペナルティ量を規定する必要がある。

付録Ⅱ（参考） この標準で定義されたアプリケーションを使用するシステム構成例

(本付録は参考情報であり、仕様ではない。)

この標準で定義されたアプリケーションは、比較的短い目標距離（つまり2km以下）によって特徴づけられる。この特性の1つの結果は、一般的に、メイン光パスの減衰量の合計がファイバ損失によってではなくコネクタおよび受動光素子の損失の寄与によって支配されることである。

図II.1は、この標準で定義された減衰量カテゴリおよび目標距離の異なる組合せを伴ういくつかのアプリケーションに対応する構成を示す。図は、アプリケーションを選択する際に、減衰量カテゴリの選択がメイン光パス中の素子（例えば光クロスコネクタの有無）によって決定されることを、一方で、目標距離の選択がJT-G693インタフェースで相互に連結する装置の相対的な接近によって決定されることを、図示する。



図II.1/JT-G693 この標準中で定義されたアプリケーションで使用するシステム構成の例 (ITU-T G.693)

付録Ⅲ(参考) JT-G693アプリケーションおよび等価なG.691とJT-G959.1コード間のパラメータ差分

(本付録は参考情報であり、仕様ではない。)

この標準のいくつかのアプリケーションコードは、ITU-T勧告G.691およびJT-G959.1の以前の版で指定されたアプリケーションコードと等価である。いくつかのインスタンスでは、JT-G693のパラメータ値が、等価なG.691およびJT-G959.1アプリケーションコードで、現在JT-G693によって取って代わられたものとは異なる。表Ⅲ.1、Ⅲ.2およびⅢ.3は、そのようなJT-G693パラメータ値と、JT-G693と等価なG.691およびJT-G959.1アプリケーションコードの対応する値との間の差分をすべて示す。

表Ⅲ.1/JT-G693 VSR600-2R1 (JT-G693),P111-2D1r (JT-G959.1)およびI-64.1r (G.691) アプリケーションコードの間のパラメータ値の相違

アプリケーションコード/ 勧告または標準	単位	VSR600-2R1/ JT-G693	P111-2D1r/ JT-G 959.1	I-64.1r/ G.691
運用波長範囲	nm	1268-1360	1260-1360	1260-1360

表Ⅲ.2/ JT-G693 VSR2000-2R1 (JT-G693)とP111-2D1 (JT-G959.1)アプリケーションコードの間のパラメータ値の相違

アプリケーションコード/ 勧告または標準	単位	VSR2000-2R1/ JT-G693	P111-2D1/ JT-G959.1
最大波長分散	ps/nm	6.6	NA

表Ⅲ.3/ JT-G693 VSR600-2L1 (JT-G693),P111-2D2r (JT-G959.1) および I-64.2r (G.691) アプリケーションコードの間のパラメータ値の相違

アプリケーションコード/ 勧告または標準	単位	VSR2000-2L2/ JT-G693	P111-2D2r/ JT-G959.1	I-64.2r/ G.691
運用波長範囲	nm	1530-1565	1500-1580	(JT-G693と同じ)
最大減衰量	dB	6	7	7
最小感度	dBm	-13	-14	-14