



ARIB TR-B24

HD TVシリアルデジタルインタフェース におけるストレス試験法

STRESS LOADING TEST METHOD FOR HD-SDI SYSTEMS

技 術 資 料

ARIB TECHNICAL REPORT

ARIB TR-B24 1.0版

平成14年 7月25日 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、放送事業者、放送機器製造者、電気通信事業者、無線通信機器製造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、放送送受信設備に係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、国の技術基準と民間の任意基準を取りまとめた標準規格に関連する資料を取りまとめたものである。

本技術資料は、HDTV シリアルデジタルインタフェースにおける映像信号のストレス試験法を取りまとめたものである。

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

目 次

まえがき

第 1 章 一般事項.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 適用範囲.....	1
1.3 引用文書.....	1
1.3.1 参照規格.....	1
1.3.2 参考文献.....	1
1.4 用語.....	2
1.4.1 用語の定義.....	2
1.4.2 略語.....	2
第 2 章 ストレス試験法における共通規定.....	3
2.1 対象とする試験、測定項目.....	3
2.2 ストレス試験によるシステム余裕度、信頼度の定義.....	3
2.3 SDIでの誤り測定方法.....	3
2.3.1 CRC符号を利用した測定器による誤り測定.....	3
2.3.2 画像の目視による誤り観測.....	3
2.4 誤りの単位.....	3
2.5 誤り測定時間.....	4
2.6 測定信号.....	4
2.7 試験系統.....	4
第 3 章 ストレス試験法における個別規定.....	5
3.1 ケーブル延長ストレス試験.....	5
3.1.1 ケーブル延長ストレスの定義.....	5
3.1.2 測定器.....	5
3.1.3 測定ブロックダイヤグラム.....	5
3.1.4 試験 / 測定手順.....	6
3.1.5 結果の判定.....	6
3.1.6 システム余裕度値の推定.....	7

3.2	レベル変化ストレス試験.....	8
3.2.1	レベル変化ストレスの定義.....	8
3.2.2	測定器.....	8
3.2.3	測定ブロックダイヤグラム.....	8
3.2.4	測定手順.....	8
3.2.5	結果の判定.....	9
3.3	ノイズ付加ストレス試験.....	10
3.3.1	ノイズ付加ストレスの定義.....	10
3.3.2	測定器.....	10
3.3.3	測定ブロックダイヤグラム.....	10
3.3.4	測定手順.....	10
3.3.5	結果の判定.....	11
3.4	ジッタ付加ストレス試験.....	12
3.4.1	ジッタ付加ストレスの定義.....	12
3.4.2	測定器.....	12
3.4.3	測定ブロックダイヤグラム.....	12
3.4.4	測定手順.....	12
3.4.5	結果の判定.....	13
解	説.....	15
A1	はじめに.....	15
A2	誤りの発生とその原因.....	15
A3	誤り率測定.....	17
A4	測定単位.....	17
A5	測定時間.....	18
A6	測定信号.....	18
A7	接続ケーブルとコネクタ.....	19
A7.1	同軸ケーブルの損失周波数特性.....	19
A7.2	接続コネクタの損失.....	19
A7.3	ケーブルシミュレータ.....	21
A8	ケーブル延長ストレス.....	23
A8.1	ストレスケーブル長の算出.....	23
A8.2	ジッタ存在下のケーブルストレス試験.....	24

A9	レベル変化ストレス	25
A9.1	レベル変化ストレス試験の有用性	25
A9.2	ストレス量	25
A10	ノイズ付加ストレス	25
A11	ジッタ耐性測定	25
A12	SDI誤り測定実験での使用測定機器	26
A12.1	CRCエラー検出機能付き波形モニタ	26
A12.2	試験信号発生器	26
A12.3	その他	26
付	記	27

第 1 章 一般事項

1.1 目的

本試験法は、HDTVシリアルデジタルインタフェース(以下HD-SDI)規格に準拠したデジタル映像機器を用いて接続されたシステムの余裕度、あるいは信頼度の検証を目的とし、各種ストレスを定義するとともに、ストレス付加試験法を規定する。

1.2 適用範囲

この試験法は、HD-SDI 信号を同軸ケーブルにより伝送する映像機器およびシステムに適用する。

1.3 引用文書

1.3.1 参照規格

- (1) BTA S-004B : 1125/60方式HDTV信号のビット直列デジタルインタフェース規格
- (2) SMPTE 292M : Bit-Serial Digital Interface for High-Definition Television System (HDTVシステム用ビットシリアルデジタルインタフェース規格)
- (3) ARIB TR-B7 : 映像シリアルデジタルインタフェース測定法
- (4) SMPTE RP192 : Jitter Measurement Procedures in Bit-Serial Digital Interfaces (ビットシリアルデジタルインタフェースにおけるジッタ測定手順)
- (5) SMPTE EG33 : Jitter Characteristics and Measurements (ジッタの特性と測定)
- (6) SMPTE RP198 : Bit-Serial Digital Checkfield for Use in High-Definition Interfaces (HDTVシリアルデジタルインタフェース用チェックフィールド信号)

1.3.2 参考文献

- (1) SMPTE RP165 : Error Detection Checkwords and Status Flags for Use in Bit-Serial Digital Interfaces for Television (ビットシリアルデジタルインタフェースに用いるエラー検出チェックワードおよびステータスフラグ(EDH)規格)
- (2) Rec.ITU-R BT656 : Interfaces for Digital Component Video Signals in 525-Line and 625-Line Television Systems Operating at the 4:2:2 Level of Recommendation ITU-R BT.601 (Part A) (ITU-R BT.601規格によるデジタルコンポーネントビデオ信号インタフェース)

1.4 用語

1.4.1 用語の定義

チェックフィールド信号 : SMPTE RP198に定められている信号

1.4.2 略語

SDI : Serial Digital Interface
CRC : Cyclic Redundancy Check Code
TSG : Test Signal Generator
DUT : Device Under Test
ATT : Attenuator
BER : Bit Error Rate
UI : Unit Interval

第 2 章 ストレス試験法における共通規定

特に規定がないかぎり、ARIB TR-B7の共通規定、ならびに以降を各項目に共通の規定とする。

2.1 対象とする試験、測定項目

以下の試験、測定項目を対象とする。

- (1) ケーブル延長ストレス試験
- (2) レベル変化ストレス試験
- (3) ノイズ付加ストレス試験
- (4) ジッタ付加ストレス試験

2.2 ストレス試験によるシステム余裕度、信頼度の定義

本ガイドラインで定めた各項目において、理論値あるいは規格値から規定されたストレスを付加した状態で、規定された時間、システムの伝送誤りを測定、あるいは目視試験し、誤りがあった場合は余裕度あるいは信頼度が不十分であるとする。ケーブル延長ストレス試験では、誤りのデータが得られれば、その値からもっと長期間にわたる誤りデータが推定できる。

2.3 SDIでの誤り測定方法

SDI における誤りは、以下のいずれかの方法により測定することとする。

2.3.1 CRC符号を利用した測定器による誤り測定

HD-SDI 規格に準拠した CRC 符号を利用して誤りを検出して、表示する機能を持つ測定器を使用する。

2.3.2 画像の目視による誤り観測

SDI 信号を画像に戻してモニタ監視することにより誤りに起因するノイズの有無を観測する。この場合は、個人差もあるし、また上記の方法より誤りが大きくないと検出できない。しかし、ストレス付加による誤りの発生は、急激に上昇するので、測定器がない場合は有用である。

2.4 誤りの単位

エラー秒を用いる。エラー秒とは、1 秒間に 1 回でも CRC エラーがあれば 1 エラー秒とする単位である。測定器により、CRC エラーの測定分解能が異なるものがある。詳細は解説を参照のこと。

2.5 誤り測定時間

誤り測定時間は、3分とする。1分を経過した時点で10エラー秒以上ある場合は、その時点で測定を終了し、測定結果を3倍してよい。

2.6 測定信号

カラーバー信号、または一般的な映像信号とする。チェックフィールド信号、マルチバースト信号など、特殊な信号は一般的な映像信号を代表するものではなく、使用しない。

2.7 試験系統

ストレス試験は、対象とするシステムに機器やケーブル、ジャック盤などが組み込まれ、接続された状態で試験することを前提とする。

第3章 ストレス試験法における個別規定

3.1 ケーブル延長ストレス試験

3.1.1 ケーブル延長ストレスの定義

DUT の接続ケーブルを延長することで信号を減衰させ、それにより誤りが急激に増大するかどうかを試験する。

与えるストレスは、DUT の現在の接続ケーブルに、5C-FB 同軸ケーブル 20m、または同等の減衰特性をもつ同軸ケーブル、あるいはケーブルシミュレータを付加する。

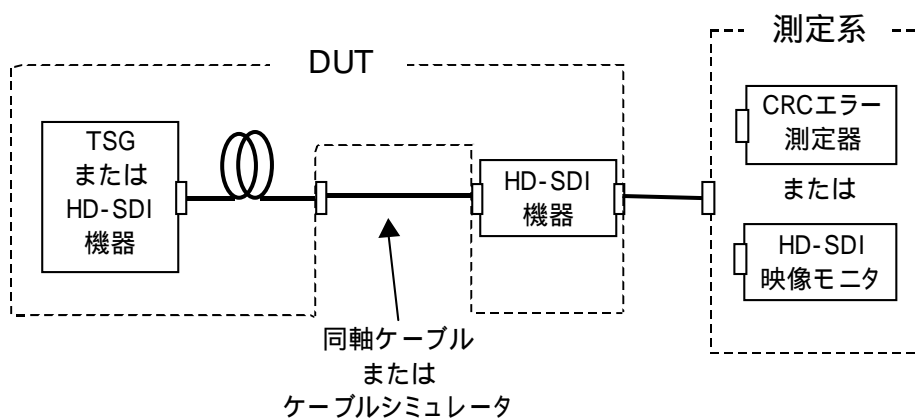
3.1.2 測定器

測定器としては以下のいずれかを用いる。

- (1) HD-SDI信号源と、CRCエラーを検出する機能を持つ測定器
- (2) HD-SDI信号源と、画像観測のためのHD-SDI入力映像モニタ

3.1.3 測定ブロックダイアグラム

ここでは機器がシステムに組み込まれた状態でのテストなので、送信部、受信部双方および接続ケーブル、コネクタ等が、DUT にあたる。ストレス付加のための同軸ケーブル、あるいはケーブルシミュレータ等は、送信側、受信側どちらに挿入してもよい。既存ケーブルを延長する付加ケーブルの挿入のため、および適当な長さとするため、複数の中継コネクタを使用してもよい。詳細は解説を参照のこと。



3.1.4 試験 / 測定手順

- (1) 付加ケーブルを挿入する前に、測定系統に信号源、CRCエラー測定器、または映像モニタを接続する。信号源は、システムで使用されている機器のほうが、そのシステムの実際の状態をチェックできる。TSG使用の場合は、信号源のレベル、ジッタなどが実際の状態とは異なることがある。
- (2) ストレスなしに試験信号を伝送し、誤りを3分間チェックし、誤りがないことを確認する。
(誤り測定器の動作は確認済みとする)
- (3) 付加ケーブルを挿入し、3分間CRCエラーを測定する。もしくは映像モニタで誤りがないかどうか観測する。できれば複数回測定することが望ましい。測定環境に変化があった場合、再測定することが望ましい。

3.1.5 結果の判定

3.1.5.1 CRC測定の場合

- (1) 誤りがなかった場合
ストレスを付加しても誤りが全くなければ、そのシステムはほぼエラーフリーであり、余裕がある。
- (2) 誤りがあった場合
1エラー秒の有意のデータが得られた場合は、そのシステムを続けて使用するかどうかは、ユーザーの判断である。それ以上の誤りがある場合は、そのシステムは余裕がないと判断される。

3.1.5.2 目視による測定の場合

- (1) 誤りが観測されなかった場合
ストレスを付加しても誤りが観測されなかった場合は、そのシステムはある程度の余裕度があるが、エラーフリーとは限らない。
- (2) 誤りが観測された場合
目視で誤りが観測された場合は、そのシステムは余裕がないと判断される。

3.1.6 システム余裕度値の推定

ケーブル延長ストレス試験結果から、ストレスがない場合のより長期間におけるシステム余裕度の推定を行うことができる。

ストレスを付加した状態の CRC エラーの測定値と、ストレスがない状態の CRC エラーの発生間隔の推定値の関係を図 3-1 に示す。測定値を横軸に当てはめて、そのときの縦軸の値を読み取ることにより、ストレスがない状態の試験対象のエラー発生間隔が推定できる。

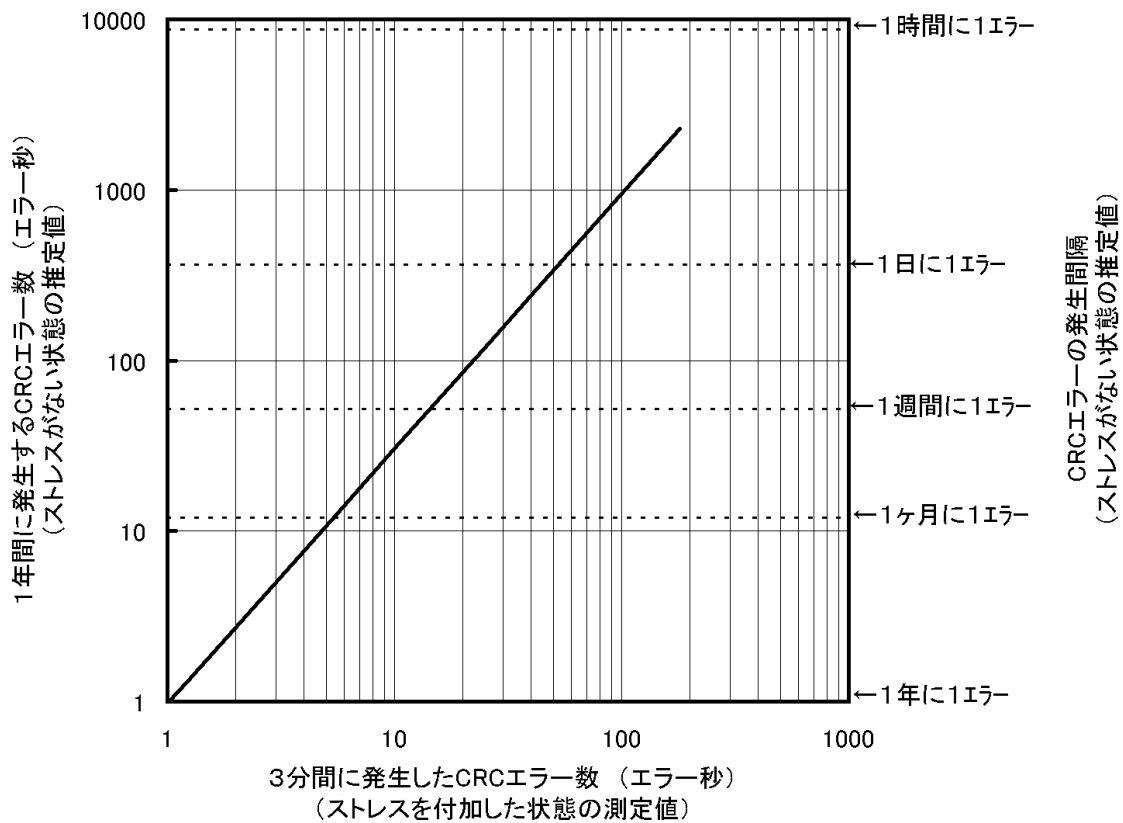


図 3-1 CRCエラー数 (測定値) と、CRCエラーの発生間隔 (推定値) の関係

3.2 レベル変化ストレス試験

3.2.1 レベル変化ストレスの定義

送信部の出力レベルの変化は、受信部の自動イコライザの動作に悪影響を与えることがある。レベル変化による自動イコライザに対するストレスを試験する。

与えるストレスの量は、送信部の位置で、信号レベルを - 10% 変化させることとする。

3.2.2 測定器

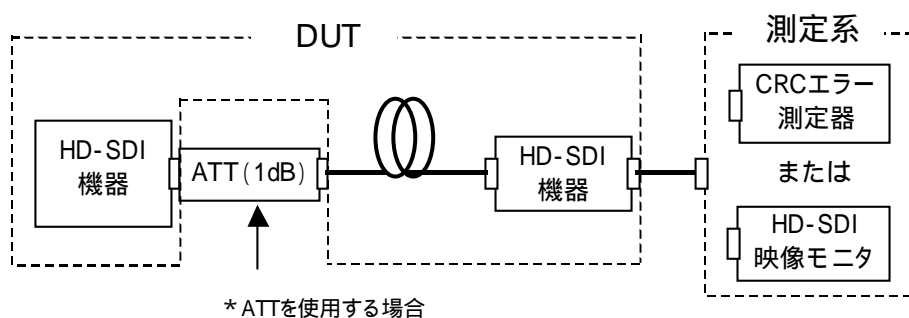
測定器としては、以下のいずれかを用いる。

- (1) シリアルデジタル信号の出力レベルを可変できるHD-SDI機器
- (2) 1dBのATT

この場合、信号レベルは - 10% となる。

3.2.3 測定ブロックダイアグラム

送信側 HD-SDI 機器から信号レベルを - 10% 変化させた試験信号を出力する。出力レベルを可変できる HD - SDI 機器がない場合は、DUT の送信部出力に ATT を挿入してもよい。



3.2.4 測定手順

- (1) 送信部から、出力レベルを - 10% 変化させた試験信号を出力する。
- (2) CRCエラーを測定する。または映像モニタで誤りを観測する。

3.2.5 結果の判定

3.2.5.1 CRC測定の場合

- (1) 誤りがなかった場合
 - 10%のレベル変化に対して余裕がある。
- (2) 誤りがあった場合
 - 10%のレベル変化に対して余裕がない。

3.2.5.2 目視による測定の場合

- (1) 誤りが観測されなかった場合
 - 10%のレベル変化に対して余裕があるが、エラーフリーとは限らない。
- (2) 誤りが観測された場合
 - 10%のレベル変化に対して余裕がない。

3.3 ノイズ付加ストレス試験

3.3.1 ノイズ付加ストレスの定義

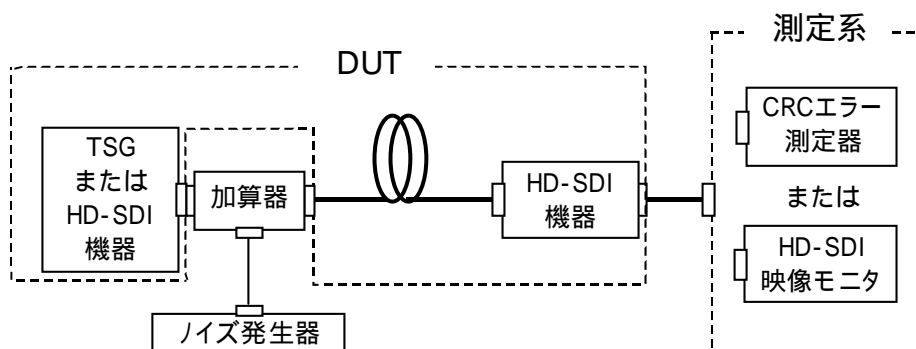
HD-SDI 規格で規定された雑音レベルに対して耐性があるかどうかを試験する。
与えるストレスの量は、以下の通りとする。

ストレス	ストレス量
a. 直流	± 2.5 V
b. 5kHz未満	2.5 Vp-p
c. 5kHz以上27MHz未満	100mVp-p
d. 27MHz以上	40mVp-p

3.3.2 測定器

規定のストレスを発生するノイズ発生器と、本線系にストレスを混入する加算器

3.3.3 測定ブロックダイアグラム



3.3.4 測定手順

- (1) ストレスを加算しない状態で誤りが観測されないことを確認する。
- (2) DUTにストレスを加算し、その出力で誤りを測定する。各ストレスについて個別に測定を行う。

3.3.5 結果の判定

3.3.5.1 CRC測定の場合

(1) 誤りがなかった場合

付加したノイズに対して余裕がある。

(2) 誤りがあった場合

付加したノイズに対して余裕がない。

3.3.5.2 目視による測定の場合

(1) 誤りが観測されなかった場合

付加したノイズに対して余裕があるが、エラーフリーとは限らない。

(2) 誤りが観測された場合

付加したノイズに対して余裕がない。

3.4 ジッタ付加ストレス試験

3.4.1 ジッタ付加ストレスの定義

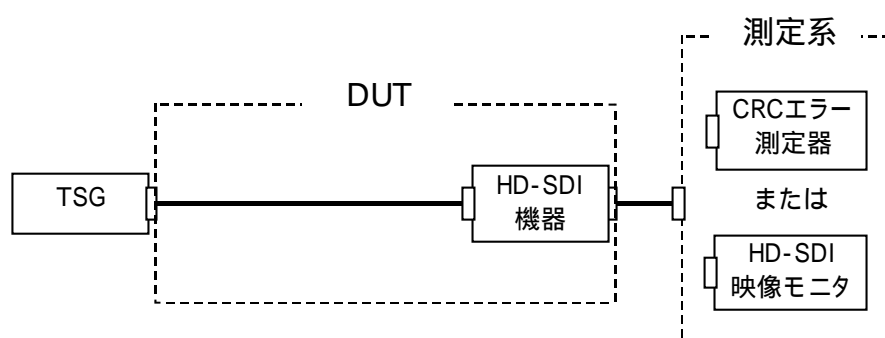
HD-SDI 規格で規定された、ジッタ耐性があるかどうかを試験する。
与えるストレスの量は、以下の通りとする。

ストレス	ストレス量
a. 10Hz以上100kHz未満	1UI
b. 100kHz以上クロック周波数の1/10以下	0.2UI

3.4.2 測定器

規定のストレスを付加した映像信号を発生する TSG

3.4.3 測定ブロックダイアグラム



3.4.4 測定手順

- (1) ストレスを付加しない状態で誤りが観測されないことを確認する。
- (2) DUTにストレスを加算し、その出力で誤りを測定する。各ストレスについて個別に測定を行う。

3.4.5 結果の判定

3.4.5.1 CRC測定の場合

(1) 誤りがなかった場合

付加したストレスに対して余裕がある。

(2) 誤りがあった場合

付加したストレスに対して余裕がない。

3.4.5.2 目視による測定の場合

(1) 誤りが観測されなかった場合

付加したストレスに対して余裕がある。

(2) 誤りが観測された場合、

付加したストレスに対して余裕がない。

< 余白 >

解 説

A1 はじめに

本作業班では、映像シリアルデジタルインタフェース測定法（ARIB TR-B7）、ならびにシリアルデジタルインタフェースにおける映像信号のストレス試験法（ARIB TR-B16）を制定し、SDTVシリアルデジタルインタフェースにおける映像信号波形の測定方法を規定した。

本技術資料では、HDTVシリアルデジタルインタフェースについてのストレス試験法について規定している。シリアルデジタルインタフェースは、同軸ケーブル1本で簡単にデジタル機器の相互接続が可能であることから、広くスタジオシステムで急速に普及している。

デジタルシステムの特長の一つとして、伝送されたデータ信号がアナログ的に劣化していても、データの読みとりに誤りがなければ、画面上にはまったく劣化は現れないという性質がある。これはデジタルシステムの非常に優れた能力であるが、同時に、ある限界レベル以上の信号劣化があったときに急激に画面にノイズが現れて障害となるクリフ効果と呼ばれる現象がある。そのため通常の運用では予知できない危険が存在する可能性もある。このため、その運用限界を知るためのストレステストの必要性が生じてきた。

一般のデジタル通信システムでは、誤り訂正符号が付加されて、ある程度までは誤りを受信側で訂正でき、必要ならば再送を要求することもできる。しかしスタジオ用SDI信号では、よい伝送環境を構築できることが前提にあることと、データレートを極力低くしたい要求から、同期データ部分を除いて誤り訂正符号は付加されていない。このため、誤りの発生は、そのまま画面やエンベデッドオーディオなどに影響を及ぼす。

誤りを起こす劣化は、ケーブル損失の増大、コネクタ接触不良、ノイズの混入、インピーダンス不整合などによる波形変化、臨時のケーブル追加、ジッタや波形立ち上がりや振幅が規格限度にある信号送信機器などによって起きる。

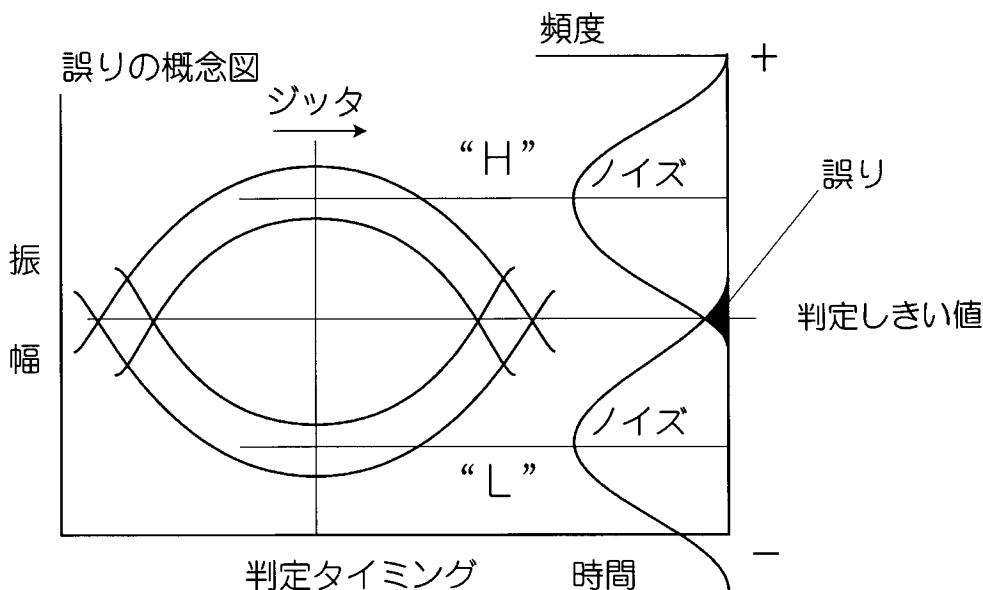
ストレス試験法は、現在良好に動作しているシステムに一定のストレスを与えて誤りが発生するかどうかを試験するものである。試験対象となるシステムが多少の劣化に対して障害を起こす限度に近い動作をしているのか、なお安定に動作する余裕があるのかを知る手法として本試験法を設定した。

A2 誤りの発生とその原因

シリアルデジタル伝送では、受信データはアイパターンで代表される波形になる。波形なまりにより、送出では矩形波であった波形は正弦波状となり、アイパターンを形作る。再生されたクロックの立ち上がりにより、データ判定はそのアイパターンの中央付近で行われ、信号レベルが設定されたスレシヨルド（しきい値）レベルから高いか低いかによって "1" または "0" が判定される。

データ誤りは、以下の場合に起きる。

- (1) 信号波形の振幅が低く、それに重畳したノイズのために、判定の瞬間にレベルが本来のレベルからスレシヨルドレベルの反対側に出た場合
- (2) ジッタにより、判定のタイミングがアイパターンの中央でなく、判定の時点で振幅が不足し、振幅自体やノイズによるスレシヨルドレベル判定誤りをおこした場合。
- (3) 波形歪や直流分によるベースライン歪のために、アイパターンの開き具合が変化して、判定タイミングで必要なスレシヨルドレベルに対するデータレベルが取れない場合。



解説 - 図1 アイパターンと判定タイミング、スレシヨルドレベル概念図

解説 - 図1に、アイパターンと判定タイミング、スレシヨルドレベルとの関係の概念図を示す。受信した信号には、受信側の内部熱雑音を主とするノイズが重畳しており、そのノイズレベルはガウス分布で周波数はフラットであると仮定する。"1"振幅レベルをH、"0"振幅レベルをLとすれば、ノイズはそのアイパターンでの判定タイミングにおける信号振幅に重畳して、"1"または "0"それぞれガウス分布の端部でスレシヨルドレベルを超えた部分が誤りとなるから、その部分の積分値が誤り率となる。

ノイズが熱雑音のみでなく外来雑音、機器内部ノイズなどが重畳されると、その分誤りの発生がプラスされる。ジッタは再生クロックが追従出来ないときは、図の判定タイミングを横軸方向に動かすことになるため、アイパターン中央でのデータ判定ができなくなる。波形なまり、波形歪はアイパターンの開きを小さくするから、判定スレシヨルドへのひっかかりの問題に加えて、ジッタの影響も受けやすくなる。

誤りの原因を振幅減衰と熱雑音によるものとすれば、その誤り率 Pe は、およそ以下の式で表される。ここで A は振幅、 N はガウス雑音の分散とする。

$$Pe \cong \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{\sqrt{N}}{A} \right) e^{-\frac{1}{8} \left(\frac{A}{\sqrt{N}} \right)^2}$$

ただし、 $(A/N) \gg 1$ とする。

実際のストレステストとして、このガイドラインではケーブル延長によるレベル、周波数特性の劣化ストレステスト、レベルストレステスト、ノイズ付加ストレステストを規定した。

A3 誤り率測定

SDIシステムでは、信号のDC成分を少なくし、ゼロクロス点を増やして安定したクロック再生が行えるようにスクランブル処理を行っている。したがって伝送路で1ビット誤るとレシーバ側のデスクランブル処理で2ワードに拡大された誤りとなる。このためエラーレートは正確な意味を持たない。また一般の誤り率測定では疑似ランダムパターン信号を使用し、測定するために運用中はテストができないし、同期プロトコルを使用する機器では受信ができない。したがって、誤り測定はSDI信号を使用して行うのが普通である。SDIシステムは、1ビットあやまりでもバーストエラーとなるため、基本的にバーストエラーが問題となる。

つまり短いバーストエラーが複数回発生した場合と、大きなバーストエラーが1回起こった場合を考えるとどちらもBERは同じ値となる。しかし短いバーストエラーによる複数のエラーのほうが同期乱れなどを引き起こす確率は高く、主観的な評価は1度の大きいバーストエラーよりも悪くなるなど、BERでは判断できないことになる。SDI信号では、エラーフリーが原則であり、誤り率よりもエラーを起こした回数を評価するエラー秒単位で表示測定できることが望ましい。この測定では、送信側で挿入されたCRC符号を利用して測定することが便利である。

A4 測定単位

測定単位は、エラー秒 (Errored Seconds) を用いることとした。

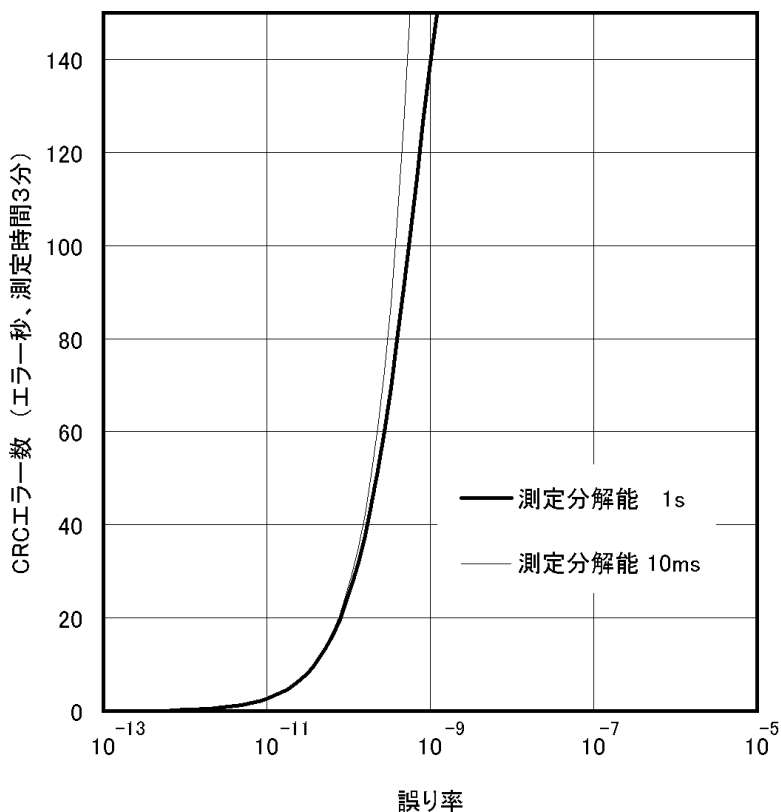
市販のHD-SDI測定器では、CRCエラーの測定分解能として、1秒のほか、10ms、エラーフィールド、エラーフレーム等、1秒未満の分解能が使われている。ここでは、1秒未満の分解能を持つ測定器による測定結果の取り扱いについて解説する。

HD-SDI信号の伝送レートを R (bit/s)、CRCエラーの測定分解能を t (s) とおく。誤り率 Pe のランダム誤りが発生しており、すべてのランダム誤りがCRCエラーとして検出されると仮定したとき、測定時間 T (s) 内に検出されるCRCエラーの概算値 E は、

$$E = \left[1 - (1 - Pe)^{Rt} \right] \cdot \left(\frac{T}{t} \right)$$

となる。

検出分解能が1sと10msの2通りの場合について、ランダム誤りの発生確率 P_e と、3分間に検出されるCRCエラー数（概算値）との関係を解説 - 図2に示す。



解説 - 図2 誤り率とCRCエラー数の関係

解説 - 図2より、CRCエラー数が30個程度以下では、測定分解能による差がほとんどないことがわかる。誤りがランダムに発生しており、CRCエラーの発生頻度が3分間に30個程度以下であれば、測定分解能が10msであっても、ほぼ同じ結果が得られる。

A5 測定時間

測定時間については、3分を採用した。これは実際の測定で少ない誤りの状態で有意の判定をするための時間である。誤りが多い場合は、1分でよい。CRCエラーの発生頻度が一定の場合、エラー数は測定時間に正比例する。本ストレス試験法では、誤り測定時間を3分としているので、測定時間が1分の場合には、その結果を3倍して3分間のCRCエラー数を算出する。また、3分間の測定を複数回行った場合には、それらの平均値をとる。また、小数点以下は切り上げることにした。

A6 測定信号

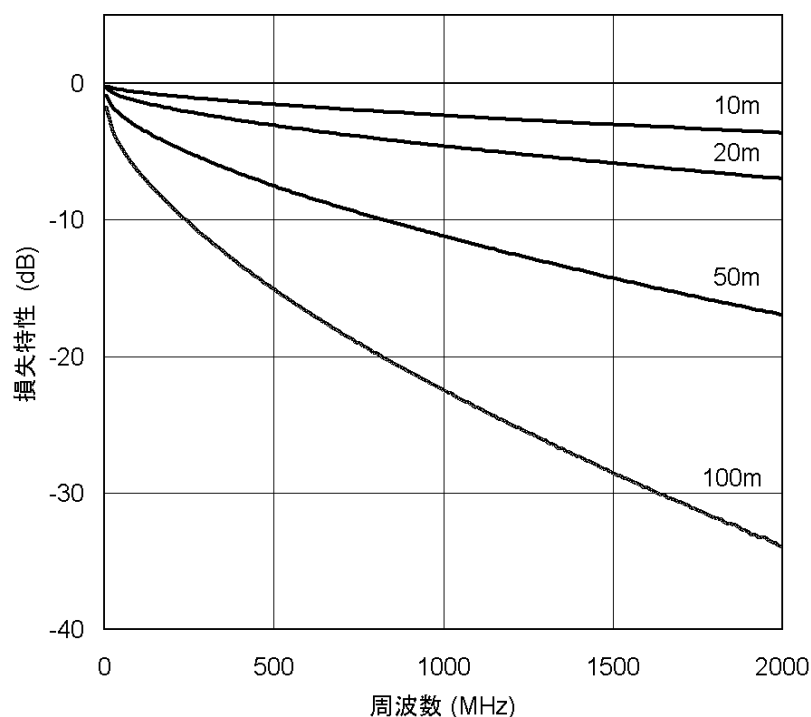
測定信号にはカラーバー信号を指定している。これは、実験の結果、特殊な信号では機器によって誤りの出方が異なり、一定のストレスを与える前提が崩れるためである。実験では、チェックフィールド信号、マルチバースト信号、スイープ信号、またはこれに類するような信号は異なる

った結果を与え、好ましくなかった。なお、チェックフィールド信号による試験も広い意味でこのストレス試験の範囲に入ると思われるが、すでにSMPTEで別途規格化されているのでここでは取り上げない。

A7 接続ケーブルとコネクタ

A7.1 同軸ケーブルの損失周波数特性

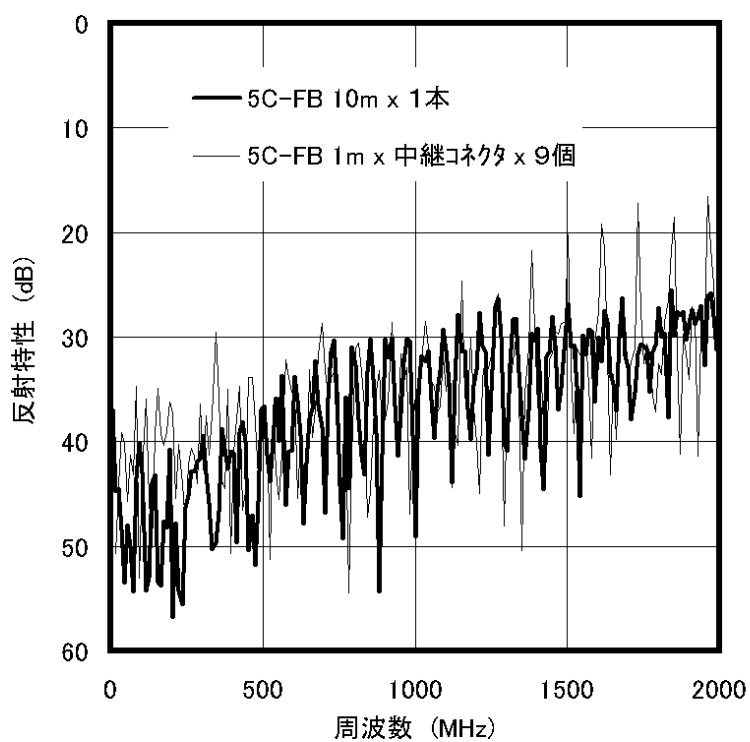
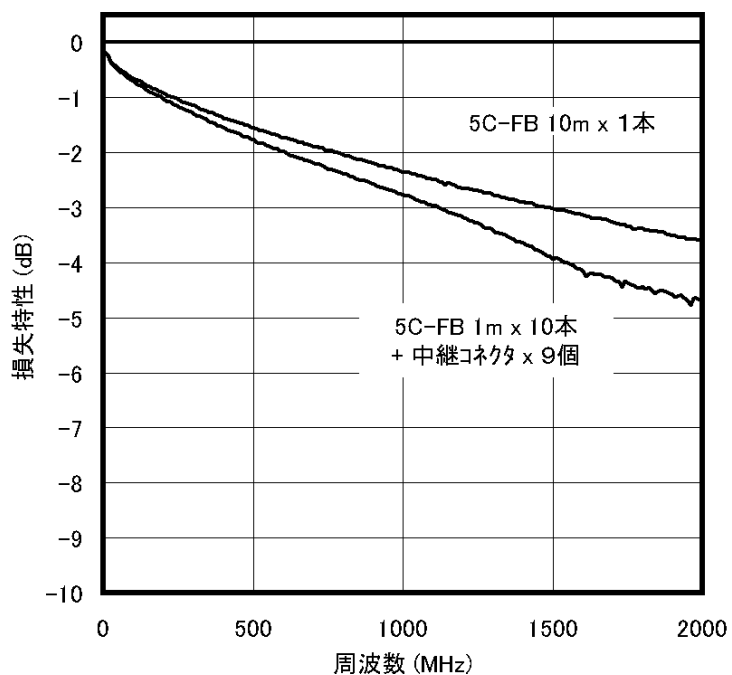
5C-FB 同軸ケーブルの損失特性を解説 - 図3 に示す。損失をデシベルで表したとき、同軸ケーブル長による損失の変化はケーブル長に比例する。



解説 - 図3 5C-FB同軸ケーブルの損失特性

A7.2 接続コネクタの損失

ケーブルを付加する場合は、中継コネクタ、BNC コネクタが直列に入ることになる。この抵抗損失と反射損失もストレスの一部となる。解説 - 図4 は、10m の 5C-FB 同軸ケーブル 1 本と、1m の 5C-FB 同軸ケーブル 10 本を 9 個の中継コネクタを介して接続したときの損失特性、反射特性を比較したものである。双方の特性を比較すると、高域で多少の差が見られる。ケーブル付加ストレス試験の際には、中継コネクタの使用は、少なくなるよう考慮することが望ましい。また、中継コネクタは 75 Ω で 2GHz 以上の帯域を持つものを使用する。

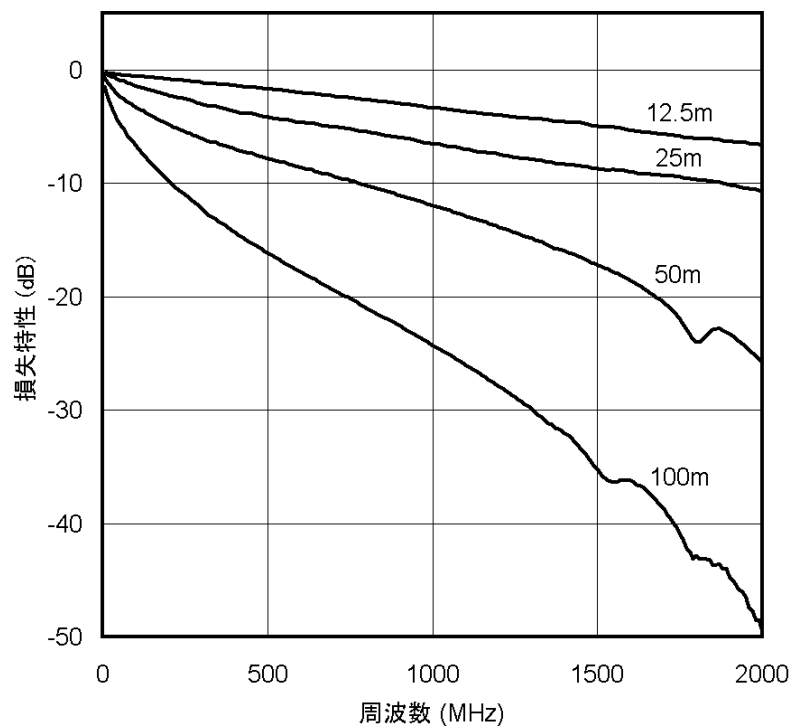


解説 - 図4 中継コネクタの有無による特性の比較

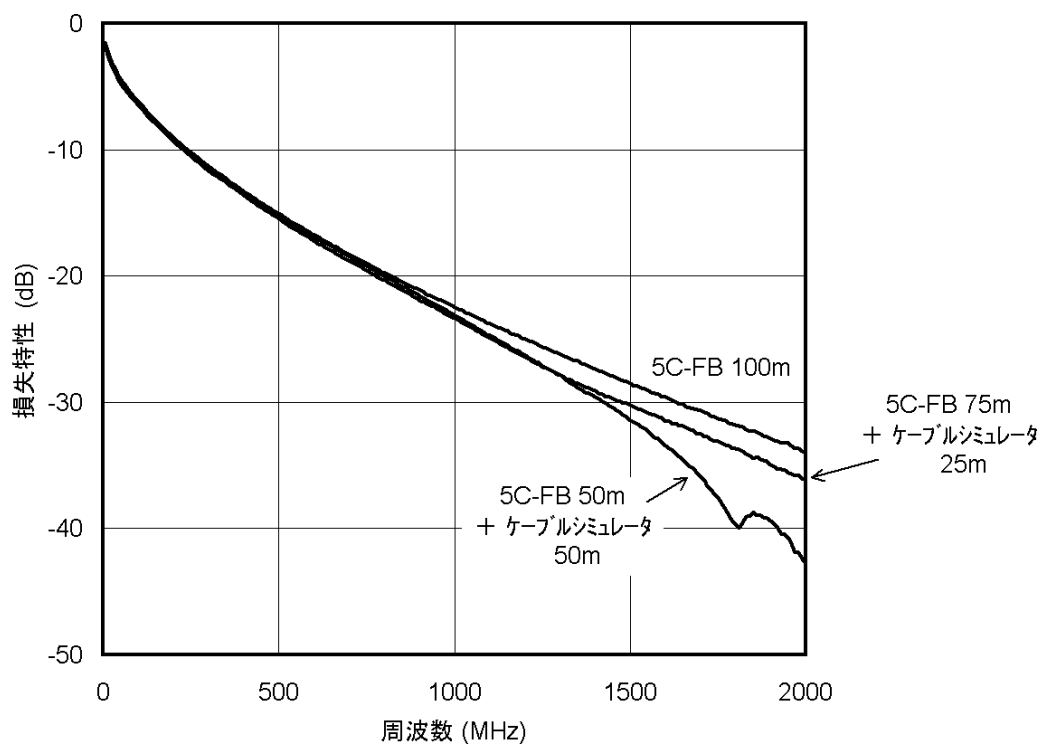
A7.3 ケーブルシミュレータ

場所などの関係でストレスケーブルの付加が難しい場合は、ケーブルシミュレータをストレスケーブルの代わりに使用できる。

解説 - 図 5 はケーブルシミュレータ単体の損失特性、解説 - 図 6 は 5C-FB 同軸ケーブルと直列にケーブルシミュレータを接続した場合の総合損失特性を示す。ケーブルシミュレータの損失特性は、高域で多少みだれ (peak-dip) があること、また表示長さ (m) の基準としている同軸ケーブルの種類に注意する必要がある。事前に実ケーブルとの校正を行っておくことが望ましい。



解説 - 図5 ケーブルシミュレータ特性



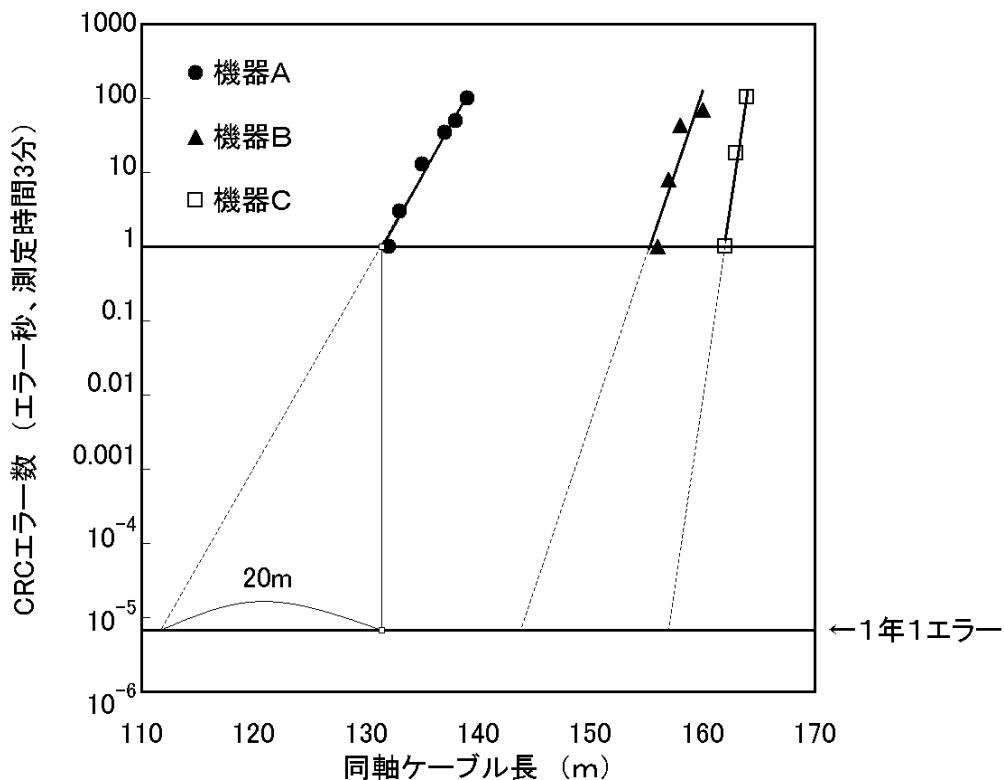
解説 - 図6 ケーブルシミュレータ直列接続

A8 ケーブル延長ストレス

A8.1 ストレスケーブル長の算出

同軸ケーブル長が長くなると信号が減衰し、受信端での S/N が劣化して誤りが増大する。実際のシステムでは、誤りが発生するよりかなり手前のケーブル長に抑制して、エラーフリーのシステムを構築している。

このガイドラインでは、ビットレートに対応して付加すべきストレスケーブル長を特定し、有意の誤りが測定された場合は、そのデータからストレスを除いたシステムの長期間の誤りの発生状況の推定を行う方法について規定した。



解説 - 図7 ケーブル長と誤り率

解説 - 図7は、開発時期の異なる複数の機器について、5C-FB同軸ケーブル長と誤り率の関係を測定した結果を示す図である。図中のプロットは測定結果、実線は測定結果にフィッティングを掛けた理論曲線、点線はその外挿である。

ケーブル長に対する誤りの変化が最も緩やかな機器Aでは、誤りはケーブル長132mで起きている。ケーブル長を20m短くしたとき、図中の理論曲線から、誤りの発生間隔は1年1エラーとなると推定される。

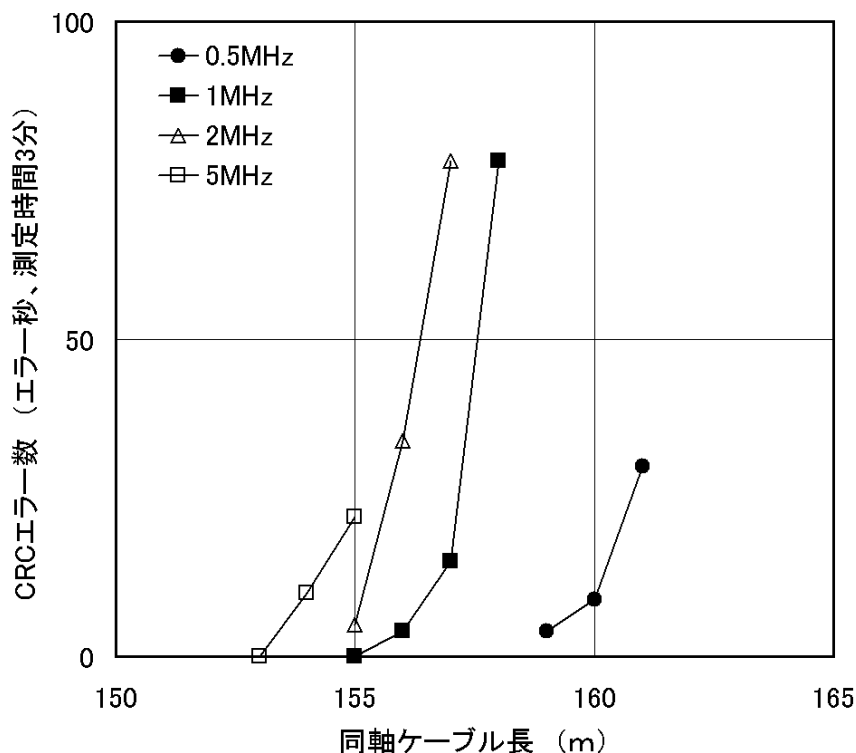
このようにストレス試験法は、ストレスを掛けて誤りを頻出させた状態で測定を行い、ストレスを除いたシステムで発生する年単位の誤りを推定する試験法である。

開発時期の新しい機器 B、C では、機器 A と比べて、ケーブル長に対する誤りの変化が急激となっている。この場合は、20m のストレスでより大きな変化を起こすため、ストレスを掛けて有意なエラーが発生する状態であっても、ストレスを除いたシステムでは、より誤りの少ない安全圏にあると見ることが出来る。以上の検討から、ストレスケーブル長を 20m とした。

3.1.6 項 図 3 - 1 は、以上の検討をもとに、ストレスケーブル付加の状態の誤りを測定した結果から、ストレスがない場合の、より長期間の誤りを推定する図表である。この推定図は、ノイズは熱雑音によって占められているとの前提に立っており、その他の突発的な外来ノイズによる誤りは対象としていない。

A8.2 ジッタ存在下のケーブルストレス試験

実際の機器出力では、大なり小なりジッタが存在する。ジッタによってケーブル延長ストレス試験の結果がどう影響を受けるかについて測定を行った結果、ジッタを付加すると誤りが増加することがわかった。また、振幅0.2UIp-pの正弦波ジッタを加えた状態でジッタ周波数を変え、同軸ケーブル長に対する誤りの発生状況を測定した結果を解説 - 図8に示す。ジッタ周波数が高いほど誤りが増加する傾向が見て取れる。機器出力のジッタの存在は、ストレスを増加させて誤りを見つけやすい方向に働く。



解説 - 図8 ジッタ付加時のCRCエラー数

A9 レベル変化ストレス

A9.1 レベル変化ストレス試験の有用性

SDI受信機器は、すべてのものが自動イコライザによりケーブル損失を補正している。この自動補正量の判定パラメータとして受信レベルがあり、受信機器は送信機器が正規の800mVp-pの信号を出力しているものとして補正を行っているものがある。

本線系にATTを挿入して出力機器の出力レベルを正規のレベルから低下させた実験を行った結果、誤りが発生しやすくなることが確認されたことから、レベルストレスを試験することが有用と判断した。

ケーブルストレスと異なるのは、ケーブル長は変わらないので、信号の周波数スペクトラムは変化なく、レベルのみ変わることである。レベル変化が自動イコライザの動作に影響を及ぼしていることが考えられる。

A9.2 ストレス量

ストレス量は、規格にある - 10%とした。これは、システムが良好に動作するかどうかの試験であり、余裕度を見る試験ではない。

A10 ノイズ付加ストレス

SMPTE 292Mでは、妨害ノイズを加算しても正常にデータが再生できることを規定しているが、現在この試験法に対応した測定器はない。

A11 ジッタ耐性測定

ストレスに関連する測定として、機器がどの大きさのジッタまで誤りなくデータ復調ができるかを各ジッタ周波数についてテストするジッタ耐性の試験がある。

ジッタ耐性測定は、SMPTE RP192とEG33とに、ジッタ許容度 (Jitter Tolerance) 測定として規定されている。

ジッタ規格については、SMPTE 292Mに周波数と許容ジッタ量が規定されている。受信部もこの規定範囲で正確にデータを弁別することが必要である。

しかし、SMPTE RP192では、ジッタ耐性のテストの際に必要な、測定するジッタ周波数の選定と、誤りがあると認定する誤り量は、ユーザーにまかされているので、測定データの相互比較ができるためにはこの2者を決める必要がある。

A12 SDI誤り測定実験での使用測定機器

ARIBにおける実験で、提供され使用された誤り測定関係機器を以下に示す。

A12.1 CRCエラー検出機能付き波形モニタ

ソニーテクトロニクス WFM1125
 (測定分解能は10ms)

リーダー電子 LV5152DA

リーダー電子 LV5700
 (測定分解能は1s)

A12.2 試験信号発生器

ソニーテクトロニクス TG2000 / HDVG1 / HDST1
 (カラーバー信号、ジッタ付加)

シンセシス HD292
 (ジッタ付加)

A12.3 その他

DSO	アジレント	HP83480A / 54752A
ネットワークアナライザ	アジレント	HP8753D / 85036Bほか
5C-FB同軸ケーブル	カナレ	LS-5C-FB
接続コネクタ	カナレ	
ケーブルシミュレータ	Faraday technology	HDTV Cable clone
波形モニタ	テクトロニクス	WFM700M

付 記

この技術資料は、スタジオ設備開発部会 スタジオ系分科会 デジタルインタフェース測定法作業班で作成した。

...

HDTVシリアルデジタルインタフェース
におけるストレス試験法

技 術 資 料

ARIB TR-B24 1.0版

平成14年 月 1.0版第1刷発行

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
