G-4

3G-SDIデジタル・ビデオ・インタフェースの評価と測定

塚田　雄二

Tektronix®

KEITHLEY
A Tektronix Company

主な内容

1. 3Gb/sの規格概要
   - SMPTE ST 424:2012
   - SMPTE ST 425-1:2011
2. 3G-SDI対応TG8000型の概要
   - TG8000型の新モジュールSDI7型
   - ゾーン・プレート信号
   - エンベデッド・オーディオ信号
   - ANCデータの生成・多重
3. 3Gbps SDI対応波形モニタの概要
   - WFM8300型 高機能マルチ波形モニタ
     - アイパターン測定、ジッタ測定
     - ANCデータ解析
     - オーディオモニタリング、AVタイミング測定
   - WFM5250型、WFM2200型　ポータブル波形モニタ

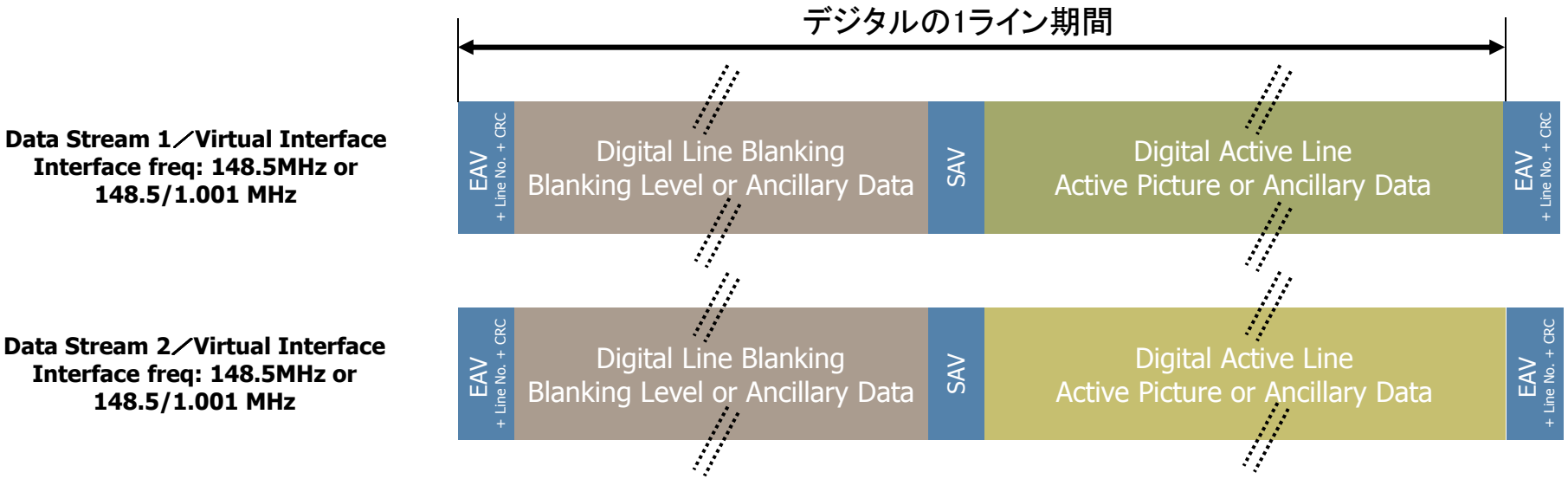
== 3Gb/sの規格概要 ==

- 3Gbps SDIに関するSMPTE規格
  - SMPTE ST 424:2012　3 Gb/s Signal/Data Serial Interface
    :物理インタフェース
  - SMPTE ST 425-1:2011　Source Image Format and Ancillary Data Mapping for the 3 Gb/s Serial Interface
    :信号源イメージフォーマット・マッピング
    - Level A :　Direct Mapping of Source Image Formats
    - Level B-DL :　Carrying SMPTE ST 372 Dual-Link interfaces over a single 3Gb/s SDI link
    - Level B-DS :　Carrying 2x SMPTE ST 292-1 (HD-SDI) Dual-Stream interfaces over a single 3Gb/s SDI link

- 1125/Pシステムに関するARIB規格
  - BTA S-001C　1125/60高精細度テレビジョン方式スタジオ規格
  - BTA S-002C　1125/60方式HDTV映像信号の符号化とビット並列インタフェース規格
  - BTA S-004C　1125/60方式HDTV信号のビット直列インタフェース規格
  - BTA S-005C　1125/60方式HDTVビット直列インタフェースにおける補助データの共通規格
  - BTA S-006C　1125/60方式HDTVビット直列インタフェースにおけるデジタル音声規格

SMPTE ST 424: 3 Gb/s Signal/Data Serial Interface

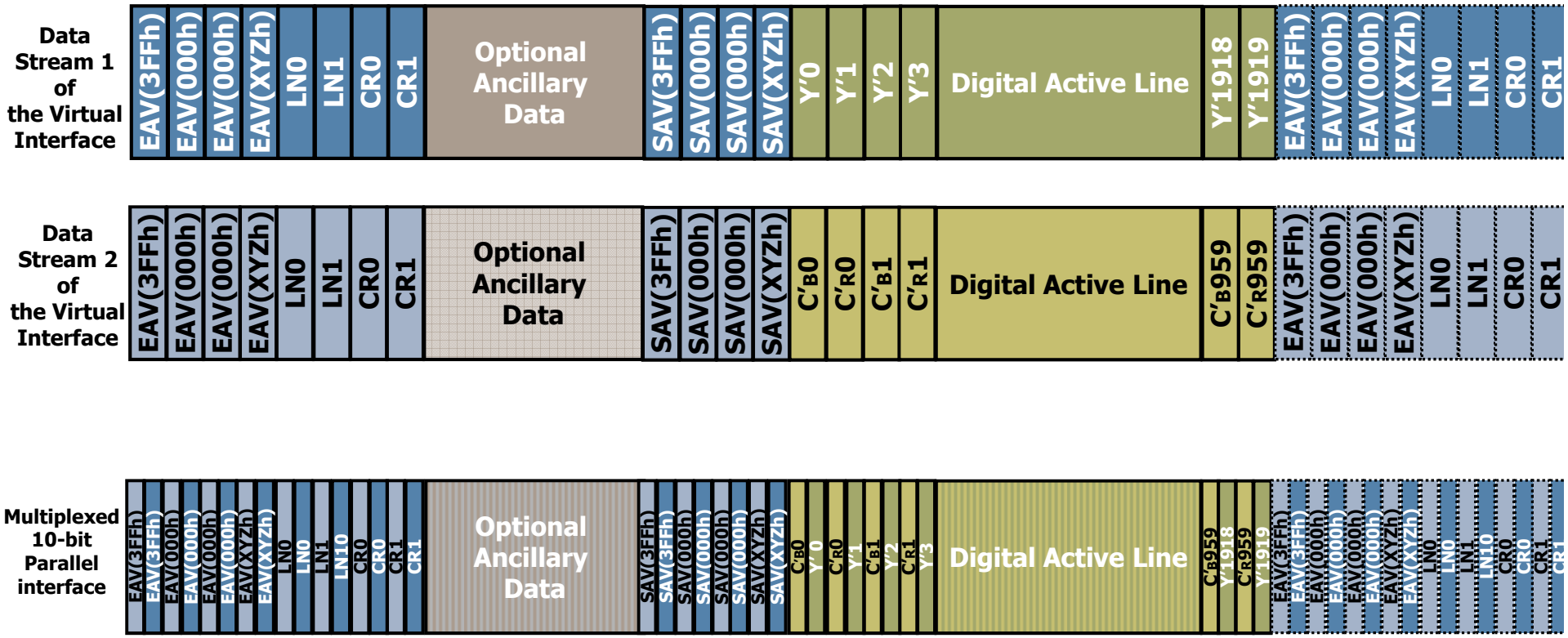
- 3Gbpsのビットシリアル・データのトランスポート構造を定義
- 2つのバーチャル・インタフェースにマッピング
  - 10bit パラレルデータストリーム（データ・ストリーム1および2）



多重されたイメージ構造

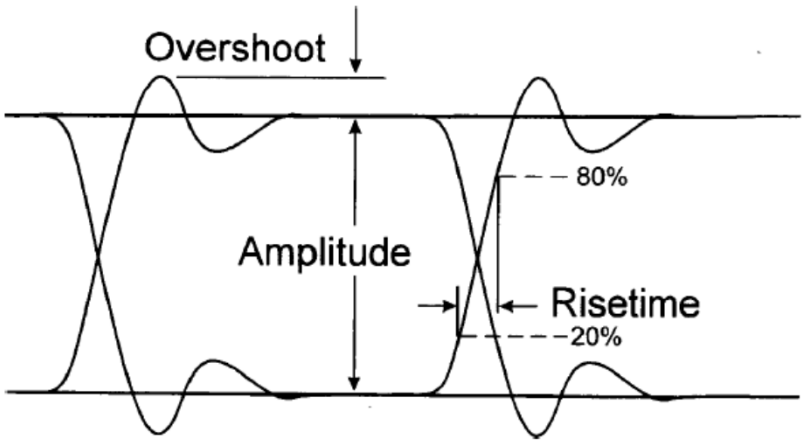
- バーチャルインタフェースのデータストリーム1と2は、ワード単位にData stream 2; Data stream 1; Data stream 2･･･の順に多重され、2倍のデータレートを持つ
- チャネルコーディング方式は、スクランブルドNRZI

$$G_1(X) = X^9 + X^4 + 1$$
$$G_2(X) = X + 1$$



3Gbps-SDI 信号仕様

- 3Gbps-SDIの物理特性規格
  - インピーダンス；75Ω（BNC）
  - 信号振幅；800mV±10%
  - DCオフセット；0.0V±0.5V
  - 立ち上がり（Tr）&立ち下がり（Tf）；≦135ps
  - オーバーシュート；≦振幅値の10%
  - サグ；＜50mV
  - |Tr-Tf|；≦50ps
  - Jitter測定：
    - タイミングジッタ（TJ）；　≦2UI（10Hz以上）
    - アライメントジッタ（AJ）；≦0.3UI（100kHz以上）



f1	10 Hz	Timing jitter lower band edge
f3	100 kHz	Alignment jitter lower band edge
f4	> 1/10 the clock rate	Upper band edge
A1	2 UI	Timing jitter (Note 1)
A2	0.3 UI	Alignment jitter (UI = unit interval) (Note 2)
Test signal	Color bar test signal	(Note 3)
n	≠10 (preferred)	Serial clock divided (Note 4)

Notes:

1 Designers are cautioned that parallel signals could contain jitter up to 2 ns p-p. Direct conversion of such signals from parallel to serial could result in excessive serial signal jitter.

2 This should be considered an absolute maximum requirement. An alignment jitter specification of 0.2 UI or better is strongly recommended.

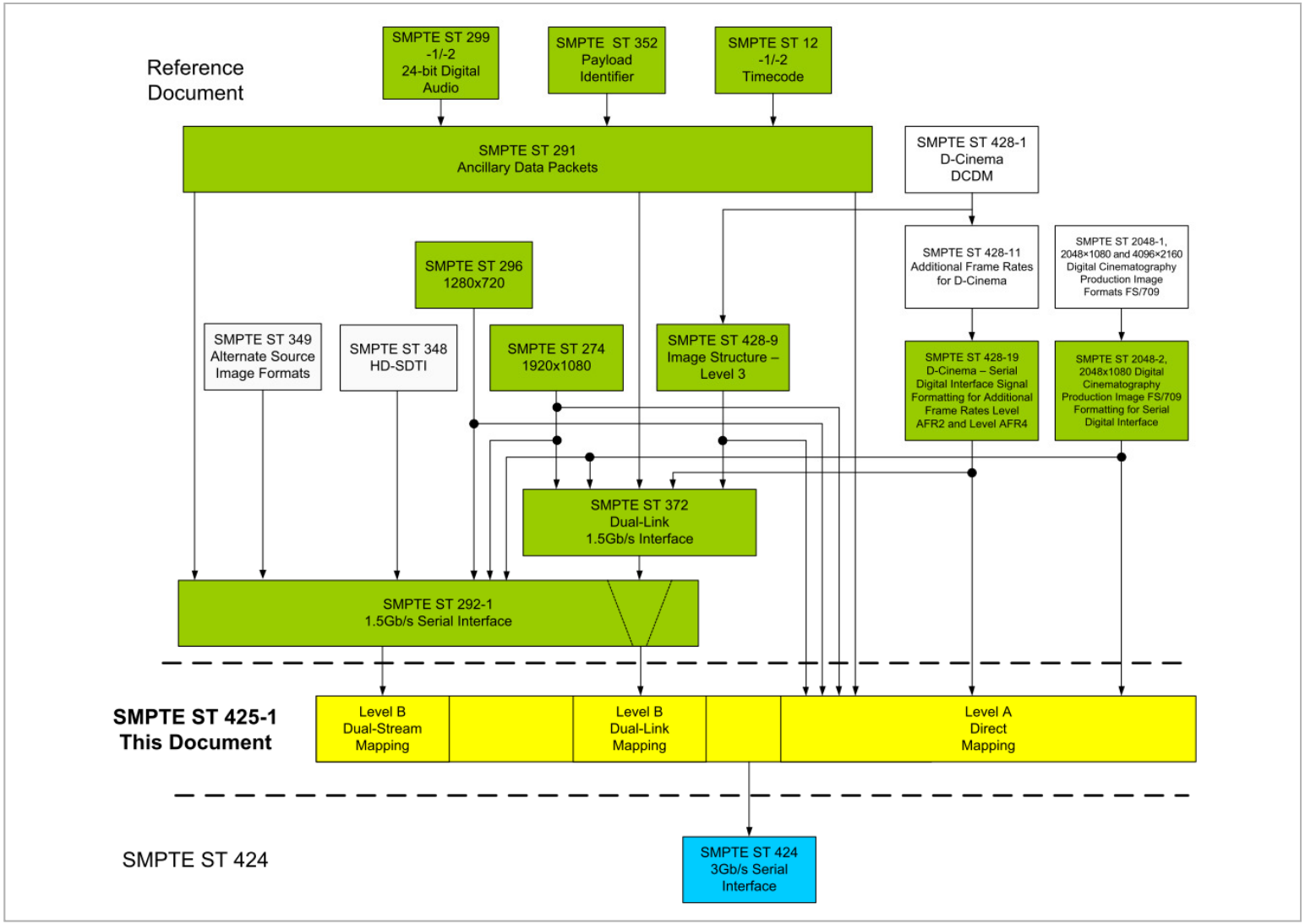
3 Color bars are chosen as a non-stressing test signal for jitter measurements. Use of a stressing signal with long runs of zeros could give misleading results.

4 Use of a serial clock divider value of 10 could mask word correlated jitter components.

5 See SMPTE RP 184 for definition of terms.

Jitter specifications
Table 1
SMPTE ST 424:2012

SMPTE ST 424/425の関連規格相関



SMPTE ST 425-0:2012

SMPTE ST 425-1 信号ソース・イメージ・フォーマット（レベル A）

Mapping Structure	Reference SMPTE Standard	Image Format	Signal Format Sampling Structure/Pixel Depth	Frame/Field Rates
1	ST 274	1920 x 1080	4:2:2 ($Y'C'_BC'_R$)/10-bit	60, 60/1.001 and 50 Frames Progressive
	ST 2048-2	2048 x 1080	4:2:2 ($Y'C'_BC'_R$)/10-bit	60, 60/1.001, 50, 48 and 48/1.001 Frames Progressive
2	ST 296	1280 x 720	4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B' +A)/10-bit 4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$), 4:4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$+A)/10-bit	60, 60/1.001 and 50 Frames Progressive
				30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive
	ST 274	1920 x 1080	4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B' +A)/10-bit 4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$), 4:4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$+A)/10-bit	60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced
				30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive, PsF
	ST 2048-2	2048 x 1080	4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B' +A)/10-bit 4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$), 4:4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$+A)/10-bit	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive, PsF
3	ST 274	1920 x 1080	4:4:4 (R'G'B')/12-bit	60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced
			4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$)/12-bit	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive
	ST 2048-2	2048 x 1080	4:4:4 (R'G'B')/12-bit 4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$)/12-bit	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive, PsF
	ST 428-9	2048 x 1080	4:4:4 (X'Y'Z')/12-bit	24 Frames Progressive, PsF
	ST 428-19	2048 x 1080	4:4:4 (X'Y'Z')/12-bit	25 and 30 Frames Progressive, PsF
4	ST 274	1920 x 1080	4:2:2 ($Y'C'_BC'_R$)/12-bit	60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced
				30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive, PsF
	ST 2048-2	2048 x 1080	4:2:2 ($Y'C'_BC'_R$)/12-bit 4:2:2:4 ($Y'C'_BC'_R$+A)/12-bit	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive, PsF

Source Image Formats
Table 1
SMPTE ST 425-1:2011

SMPTE ST 425-1 信号ソース・イメージ・フォーマット（レベル B）

Reference SMPTE Standard	Image Format	Signal Format Sampling Structure/Pixel Depth	Mapping Structure in SMPTE ST 372	Frame/Field Rates
ST 274	1920 x 1080	4:2:2 (Y'C'$_B$C'$_R$)/10-bit	§ 5.1	60, 60/1.001 and 50 Frames Progressive
		4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B' +A)/10-bit	§ 5.2	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive, PsF 60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced
		4:4:4 (Y'C'$_B$C'$_R$), 4:4:4:4 (Y'C'$_B$C'$_R$+A)/10-bit	§ 5.4	
		4:2:2 (Y'C'$_B$C'$_R$)/12-bit	§ 5.5	
		4:4:4 (R'G'B')/12-bit	§ 5.3	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive 60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced
		4:4:4 (Y'C'$_B$C'$_R$)/12-bit	§ 5.4	
ST 2048-2	2048 x 1080	4:2:2 (Y'C'$_B$C'$_R$)/10-bit	§ 5.1	60, 60/1.001, 50, 48 and 48/1.001 Frames Progressive
		4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B' +A)/10-bit	§ 5.2	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive, PsF
		4:4:4 (R'G'B')/12-bit	§ 5.3	
		4:4:4 (Y'C'$_B$C'$_R$), 4:4:4:4 (Y'C'$_B$C'$_R$+A)/10-bit	§ 5.4	
		4:4:4 (Y'C'$_B$C'$_R$)/12-bit	§ 5.4	
		4:2:2 (Y'C'$_B$C'$_R$)/12-bit, 4:2:2:4 (Y'C'$_B$C'$_R$+A)/12-bit	§ 5.5	
ST 428-9	2048 x 1080	4:4:4 (X'Y'Z')/12-bit	§ 5.3	24 Frames Progressive, PsF
ST 428-19	2048 x 1080	4:4:4 (X'Y'Z')/12-bit	§ 5.3	25 and 30 Frames Progressive, PsF

Source Image Formats
Table 13 より
SMPTE ST 425-1:2011

レベルAとレベルBの比較

- 1080p 50/59.94/60　4:2:2 10-bit
  - SMPTE ST 425-1 マッピング構造の1：　YサンプルとCb/Crサンプルを交互に配置。 HD-SDIスタンダードの292Mと同等の配置で基準サンプルクロックが74.25MHzの2倍の148.5MHzになる。

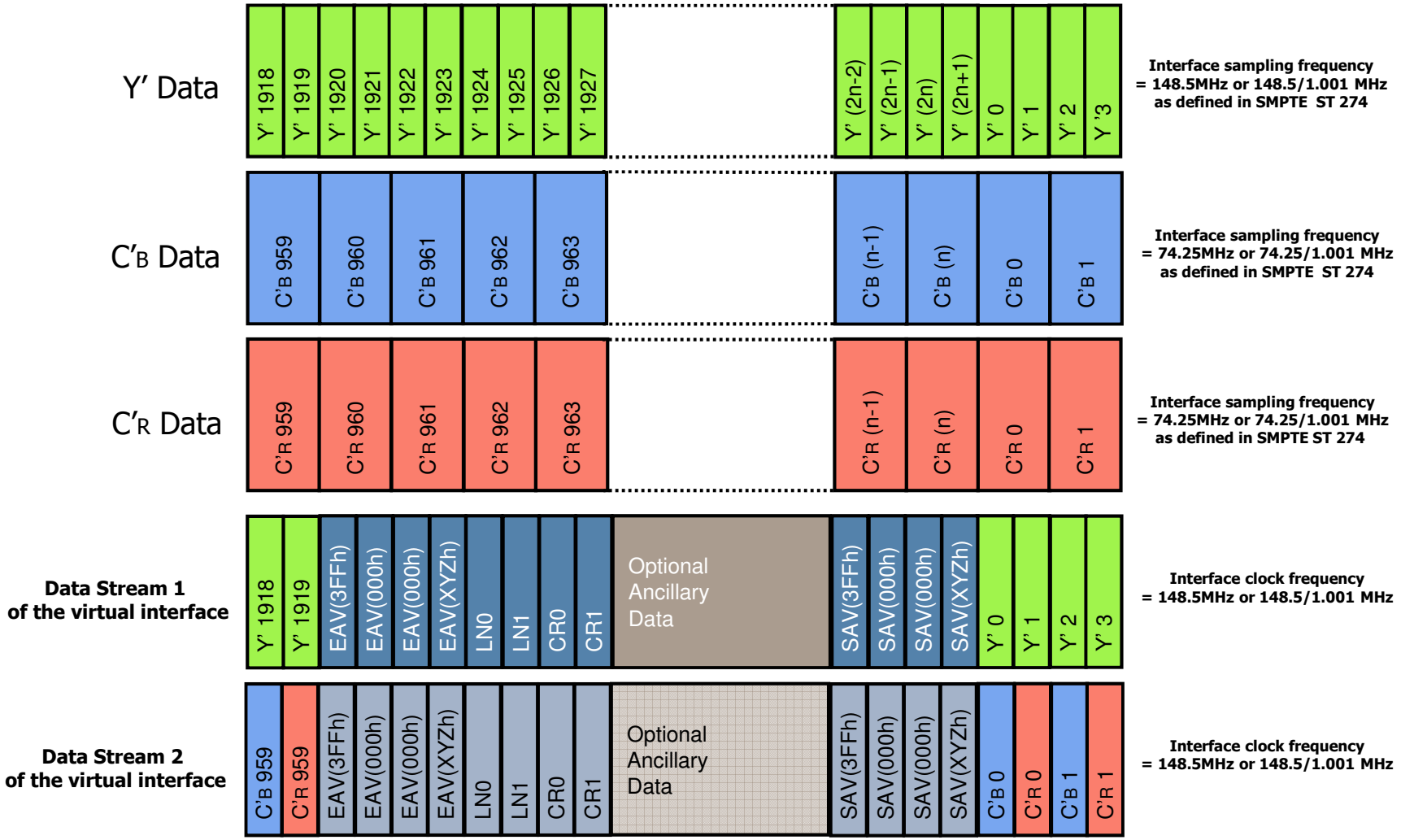
Stream 1	Y_0	Y_2	Y_4	…	Y_{1916}	Y_{1918}
	Y_1	Y_3	Y_5	…	Y_{1917}	Y_{1919}
Stream 2	Cb_0	Cb_1	Cb_2	…	Cb_{958}	Cb_{959}
	Cr_0	Cr_1	Cr_2	…	Cr_{959}	Cr_{959}

  - SMPTE ST 372 § 5.1：　各YサンプルとCb/Crサンプルがライン番号毎に配置される。

Link A (Line N)	Cb_0	Cr_0	Cb_1	…	Cb_{959}	Cr_{959}
	Y_0	Y_1	Y_2	…	Y_{1918}	Y_{1919}
Link B (Line N+1)	Cb_0	Cr_0	Cb_1	…	Cb_{959}	Cr_{959}
	Y_0	Y_1	Y_2	…	Y_{1918}	Y_{1919}

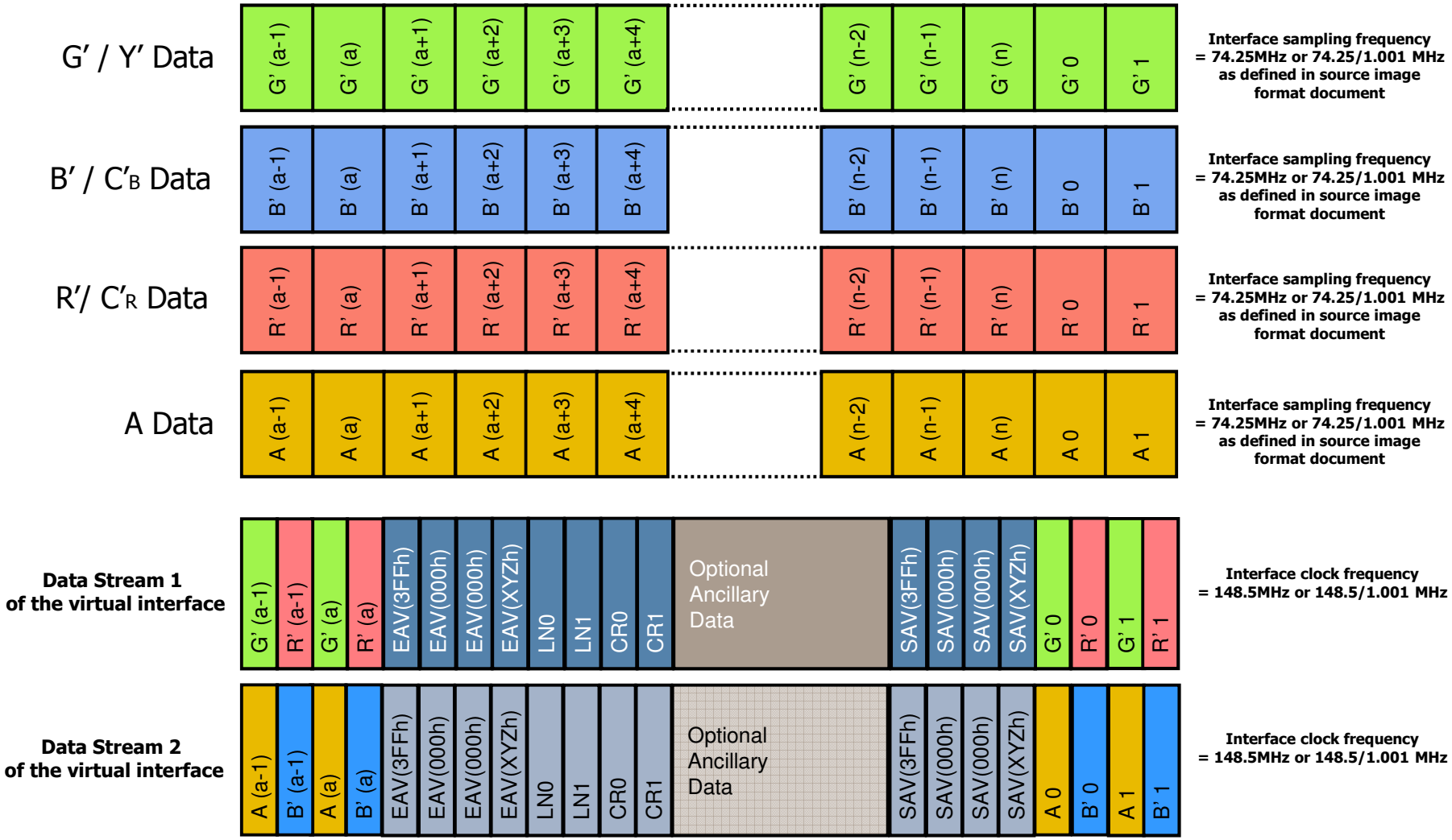
SMPTE ST 425-1 Mapping 1

SMPTE 274M 4:2:2 ($Y'C'_BC'_R$) /10-Bit信号 60,59.94 & 50 Progressive
SMPTE 2048-2 4:2:2 ($Y'C'_BC'_R$) /10-Bit信号　60,59.94,50,48 & 47.95 Progressive



SMPTE ST 425 Mapping 2

4:4:4 (R'G'B')/ (Y'C'$_B$C'$_R$) あるいは 4:4:4:4 (R'G'B'+A)/ (Y'C'$_B$C'$_R$ +A) /10-Bit信号



レベルAとレベルBの比較

- 4:4:4および4:4:4:4 10-bit
  - SMPTE ST 425-1 マッピング構造2： Rサンプルは常にストリーム1に、Bサンプルは常にストリーム2に配置。

Stream 1	Y_0 or G_0	Y_1 or G_1	Y_2 or G_2	…	Y/G_{1919}
	Cr_0 or R_0	Cr_1 or R_1	Cr_2 or R_2	…	Cr/R_{1919}
Stream 2	A_0	A_1	A_2	…	A_{1919}
	Cb_0 or B_0	Cb_1 or B_1	Cb_2 or B_2	…	Cb/B_{1919}

  - SMPTE ST 372 § 5.2、5.4： 偶数のB+Rサンプルはストリーム1に、奇数のB+Rサンプルはストリーム2に配置。

Link A	Y_0 or G_0	Y_1 or G_1	Y_2 or G_2	…	Y/G_{1919}
	Cb_0 or B_0	Cb_1 or B_1	Cb_2 or B_2	…	Cb/B_{1919}
Link B	Cr_0 or R_0	Cr_0 or R_1	Cr_2 or R_2	…	Cr/R_{1919}
	A_0	A_1	A_2	…	A_{1919}

SMPTE ST 425 Mapping 3

4:4:4 (R'G'B') / (Y'C'$_B$C'$_R$) / (X'Y'Z') /12-Bit信号

Data Stream 1	**R'G'B' [11:9]** a/n	**R'G'B' [5:3]** a/n	**R'G'B' [11:9]** a+1/n+1	**R'G'B' [5:3]** a+1/n+1	**R'G'B' [11:9]** a+2/n+2	**R'G'B' [5:3]** a+2/n+2
Data Stream 2	**R'G'B' [8:6]** a/n	**R'G'B' [2:0]** a/n	**R'G'B' [8:6]** a+1/n+1	**R'G'B' [2:0]** **a+1/n+1**	**R'G'B' [8:6]** a+2/n+2	**R'G'B' [2:0]** a+2/n+2

G'/ Y' /Y' Data

G' (a-1) | G' (a) | G' (a+1) | G' (a+2) | G' (a+3) | G' (a+4) | G' (n-2) | G' (n-1) | G' (n) | G' 0 | G' 1

Interface sampling frequency = 74.25MHz or 74.25/1.001 MHz as defined in source image format document

B'/ C'$_B$ /Z' Data

B' (a-1) | B' (a) | B' (a+1) | B' (a+2) | B' (a+3) | B' (a+4) | B' (n-2) | B' (n-1) | B' (n) | B' 0 | B' 1

Interface sampling frequency = 74.25MHz or 74.25/1.001 MHz as defined in source image format document

R'/ C'$_R$ /X' Data

R' (a-1) | R' (a) | R' (a+1) | R' (a+2) | R' (a+3) | R' (a+4) | R' (n-2) | R' (n-1) | R' (n) | R' 0 | R' 1

Interface sampling frequency = 74.25MHz or 74.25/1.001 MHz as defined in source image format document

Data Stream 1 of the virtual interface

R'G'B' (a-1)[11:9] | R'G'B '(a-1)[5:3] | R'G'B' (a)[11:9] | R'G'B' (a)[5:3] | EAV(3FFh) | EAV(000h) | EAV(000h) | EAV(XYZh) | LN0 | LN1 | CR0 | CR1 | Optional Ancillary Data | SAV(3FFh) | SAV(000h) | SAV(000h) | SAV(XYZh) | R'G'B' (0)[11:9] | R'G'B' (0)[5:3] | R'G'B' (1)[11:9] | R'G'B' (1)[5:3]

Interface clock frequency = 148.5MHz or 148.5/1.001 MHz

Data Stream 2 of the virtual interface

R'G'B' (a-1)[8:6] | R'G'B' (a-1)[2:0] | R'G'B' (a)[8:6] | R'G'B' (a)[2:0] | EAV(3FFh) | EAV(000h) | EAV(000h) | EAV(XYZh) | LN0 | LN1 | CR0 | CR1 | Optional Ancillary Data | SAV(3FFh) | SAV(000h) | SAV(000h) | SAV(XYZh) | R'G'B' (0)[8:6] | R'G'B' (0)[2:0] | R'G'B' (1)[8:6] | R'G'B' (1)[2:0]

Interface clock frequency = 148.5MHz or 148.5/1.001 MHz

レベルAとレベルBの比較

- 4:4:4 12-bit
  - SMPTE ST 425-1 マッピング構造3： 各ワード10ビットはRGBの3チャンネルからのそれぞれ3ビットを含んだデータ構成とする（4ワードをもって12ビットデータが完成）。

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Stream 1	B8	R [11:9]			G [11:9]			B [11:9]		
	B8	R [5:3]			G [5:3]			B [5:3]		
Stream 2	B8	R [8:6]			G [8:6]			B [8:6]		
	B8	R [2:0]			G [2:0]			B [2:0]		

  - SMPTE ST 372 § 5.3、5.4： RGBの3チャンネルの上位10ビットは § 5.2の 4:4:4 10bitフォーマットのように配置される。 各チャンネルの残りの下位2ビットは一つのワードの中に、アルファ・チャンネルのデータを置き換える位置に配置される。

Link A	$G_{0[11-2]}$	$G_{1[11-2]}$	$G_{2[11-2]}$	…	$G_{1919[11-2]}$
	$B_{0[11-2]}$	$B_{1[11-2]}$	$B_{2[11-2]}$	…	$B_{1919[11-2]}$
Link B	$R_{0[11-2]}$	$R_{1[11-2]}$	$R_{2[11-2]}$	…	$R_{1919[11-2]}$
	$RGB_{0[1-0]}$	$RGB_{1[1-0]}$	$RGB_{2[1-0]}$	…	$RGB_{1919[1-0]}$

SMPTE ST 425-1 Mapping 4

4:2:2 (Y'C'$_B$C'$_R$) /12-Bit信号 60,59.94 & 50 Interlaced, 30,29.97,25,24 & 23.98 Progressive, PsF
4:2:2:4 (Y'C'$_B$C'$_R$ +A) /12-Bit信号 30,29.97,25,24 & 23.98 Progressive, PsF

レベルAとレベルBの比較

- 4:2:2 12-bit
  - SMPTE ST 425-1 マッピング構造4： 2つの10ビット・ワードで、YCbCr各チャンネルの6ビットデータを配置する。 ストリーム1はルミナンス、ストリーム2はクロミナンスで構成。

Stream 1	$A_{0[11:9]}$	$Y_{0[11:6]}$	$A_{1[11:9]}$	$Y_{1[11:6]}$	…	…	$A_{1919[11:9]}$	$Y_{1919[11:6]}$
	$A_{0[5:3]}$	$Y_{0[5:0]}$	$A_{1[5:3]}$	$Y_{1[5:0]}$	…	…	$A_{1919[5:3]}$	$Y_{1919[5:0]}$
Stream 2	$A_{0[8:6]}$	$Cb_{0[11:6]}$	$A_{1[8:6]}$	$Cr_{0[11:6]}$	…	…	$A_{1919[8:6]}$	$Cr_{959[11:6]}$
	$A_{0[2:0]}$	$Cb_{0[5:0]}$	$A_{1[2:0]}$	$Cr_{0[5:0]}$	…	…	$A_{1919[2:0]}$	$Cr_{959[5:0]}$

  - SMPTE ST 372 § 5.5： ストリーム1は各チャンネルの上位10ビットを配置、Cb/Y/Cr/Yの順に多重する。 ストリーム2は各チャンネルの下位2ビットと10ビットのアルファ・チャンネルで構成。

Link A	$Cb_{0[11:2]}$	$Cr_{0[11:2]}$	…	$Cb_{959[11:2]}$	$Cr_{959[11:2]}$
	$Y_{0[11:2]}$	$Y_{1[11:2]}$	…	$Y_{1918[11:2]}$	$Y_{1919[11:2]}$
Link B	A_0	A_1	…	A_{1918}	A_{1919}

SMPTE ST 352 ビデオ・ペイロードID

- VPIDはSMPTE ST 425-1で挿入することを規定
- VPIDにより、さまざまな信号フォーマットのうち、どのサンプリング構造を伝送しているのか判定可能

<table>
<tr><th>Bits</th><th>Byte 1</th><th>Byte 2</th><th>Byte 3</th><th>Byte 4</th></tr>
<tr><td>Bit 7</td><td rowspan="8">88h: 750-line, Level A
89h: 1125-line, Level A
8Ah: DL, Level B
8Bh: 2x720-line, Level B
8Ch: 2x1080-line, Level B
8Dh: 2x483/576-line, Level B</td><td>Interlaced (0) or progressive (1) transport</td><td>Image aspect ratio 16:9 (1), unknown (0)</td><td>Reserved</td></tr>
<tr><td>Bit 6</td><td>Interlaced (0) or progressive (1) structure</td><td>Horizontal pixel array size 1920 (0) or 2048 (1)</td><td>Reserved</td></tr>
<tr><td>Bit 5</td><td>Reserved</td><td>Reserved</td><td>Reserved</td></tr>
<tr><td>Bit 4</td><td>Reserved</td><td>Reserved</td><td rowspan="2">Reserved</td></tr>
<tr><td>Bit 3</td><td rowspan="4">Picture rate</td><td rowspan="4">Sampling structure</td></tr>
<tr><td>Bit 2</td><td>Reserved</td></tr>
<tr><td>Bit 1</td><td rowspan="2">Bit depth
8-bit (0h), 10-bit (1h),
12-bit (2h),
Reserved (3h)</td></tr>
<tr><td>Bit 0</td></tr>
</table>

Payload Identifier Definitions
Table 5
SMPTE ST 425-1:2011

SMPTE ST 352 ビデオ・ペイロードID

- ピクチャ・レート　エンコーディング

Value	Picture Rate	Value	Picture Rate	Value	Picture Rate	Value	Picture Rate
0_h	No defined value	1_h	Reserved	2_h	24/1.001	3_h	24
4_h	48/1.001	5_h	25	6_h	30/1.001	7_h	30
8_h	48	9_h	50	A_h	60/1.001	B_h	60
C_h	Reserved	D_h	Reserved	E_h	Reserved	F_h	Reserved

Picture rate values
Table 2
SMPTE ST 352:2011

- サンプリング構造　エンコーディング

Value	Sampling	Value	Sampling	Value	Sampling	Value	Sampling
0_h	4:2:2 ($Y'C'_BC'_R$)	1_h	4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$)	2_h	4:4:4 (R'G'B')	3_h	4:2:0
4_h	4:2:2:4 ($Y'C'_BC'_R$ +A)	5_h	4:4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$ +A)	6_h	4:4:4:4 (R'G'B'+A)	7_h	SMPTE 2048-2 FS
8_h	4:2:2:4 ($Y'C'_BC'_R$ +D)	9_h	4:4:4:4 ($Y'C'_BC'_R$ +D)	A_h	4:4:4:4 (R'G'B'+D)	B_h	Reserved
C_h	Reserved	D_h	Reserved	E_h	4:4:4 (X'Y'Z')	F_h	Reserved

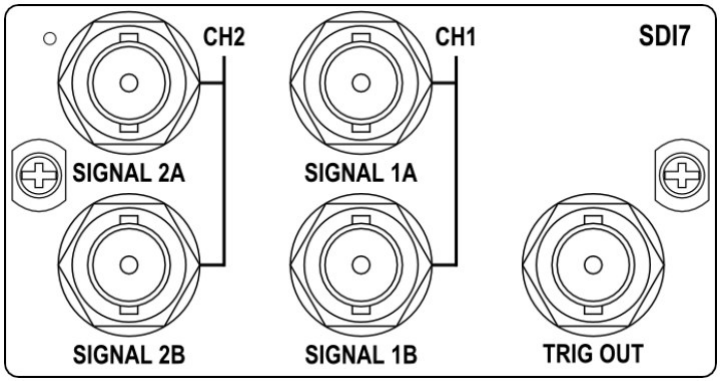
Sampling structure values
Table 5a
SMPTE ST 425-1:2011

== 3G-SDI対応TG8000型の概要 ==

SDI7型 SD/HD/3G-SDI ゼネレータ・モジュール

- レベルA: SMPTE ST 425-1の1920x1080、1280x720イメージフォーマットをサポート
  - YCbCr 4:2:2/4:4:4 10/12bit
  - YCbCrA 4:4:4:4 10bit
  - RGB 4:4:4 10/12bit
  - RGBA 4:4:4:4 10bit
  - XYZ 4:4:4 12bit (2Kフォーマット)
  - RGB 4:4:4 12bit(2Kフォーマット)をサポート

- レベルB-DL: SMPTE ST 372の1920x1080イメージフォーマットをサポート
  - さらにRGB 4:4:4 12bit(2Kフォーマット)をサポート
- レベルB-DS: 2xHD-SDI (2xHD_1080および2xHD_720)をサポート
- SD/HD-SDIをサポート、オプションで3G-SDIに対応
- 2チャンネル独立フォーマット出力可能
- プログラマブル・ゾーンプレート・ゼネレータ機能
- エンベデッド・オーディオ信号発生　32/16CH
- ユーザ定義のANCデータ・パケット多重機能
- A/Vディレイ測定用シーケンス信号をサポート
- タイムコード・インサーション
- SMPTE ST 352 ペイロードID対応
- テスト信号＆ブラックSDI信号に設定可能
- 外部トリガ出力(フレーム・パルス/ライン・パルス/148.5MHzクロック)



SDI7モジュールのフォーマット選択メニュー

```
SDI7[2-1] : STATUS : 100% Color Bars
  3G-B 1080 24sF RGB 444 10b
```

②

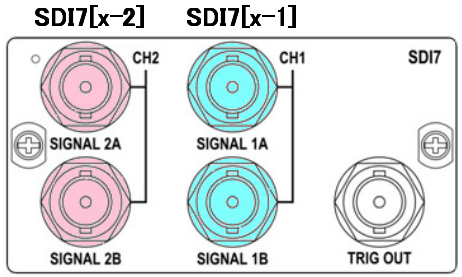
```
SDI7[2-1] : OUTPUT MODE (1080 24sF)
 •3G-Level B (1920 x 1080)
```

```
SD
HD (1920 x 1080)
HD (1280 x 720)
3G-Level A (1920 x 1080)
3G-Level A (1280 x 720)
3G-Level A (2K x 1080)
3G-Level B (1920 x 1080)
3G-Level B (2K x 1080)
3G-Level B (2xHD 1920 x 1080)
3G-Level B (2xHD 1280 x 720)
```

```
SDI7[2-1] : SAMPLE STRUCTURE/DEPTH
 •RGB 444 10b
```

③

```
RGB 444 12b
RGB 444 10b
RGBA 4444 10b
YCbCr 444 12b
YCbCr 444 10b
YCbCrA 4444 10b
YCbCr 422 12b
YCbCrA 4224 12b
XYZ 444 12b (2K formats only)
```



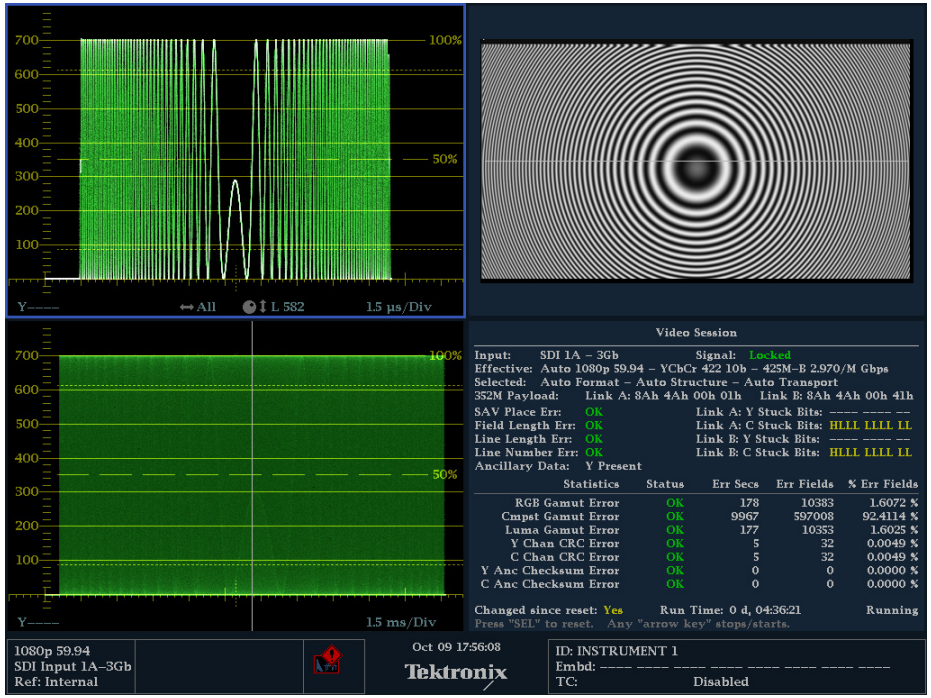
NOTE. *For SD, HD, and 3G fast-progressive formats, the color space / sample structure / depth is always YCbCr 422 10 bit.*

1. 2系統の独立したSDI出力　SDI7[x-1]およびSDI7[x-2]
   TG8000本体のMODULEボタンを押して、SDI7[x-1]を呼び出す
2. 出力モードの選択（10種のオプション）
   左右矢印ボタンを使い、SD、HD、3G-SDIの計10種類の出力モードの中から出力させるモードを選ぶ
   ENTERボタンを押して確定（フォーマット名の前に ・マークが付くと、それが選択されていることを表す）
3. サンプリング構造の選択
   左右矢印ボタンを使い、必要なサンプル構造を選ぶ
   ENTERボタンを押して確定　（サンプル構造名の前に ・マークが付くと、それが選択されていることを表す）
4. フレームレートの選択（FORMATボタン）
   FORMATボタンを押して、以下のSELECT FORMATのメニューを呼び出す
   左右矢印ボタンを使い、必要なフォーマットを選択したらTG8000本体のENTERボタンを押して確定させる

SDI7 Module

プログラマブル・ゾーン・プレート信号

$$\Phi_{xyt} = k_{\Phi} + k_X(x) + k_Y(y) + k_T(t) + k_{XT}(xt) + k_{YT}(yt) + k_{XY}(xy) + \frac{1}{2}k_{X^2}(x^2) + \frac{1}{2}k_{Y^2}(y^2) + \frac{1}{2}k_{T^2}(t^2)$$



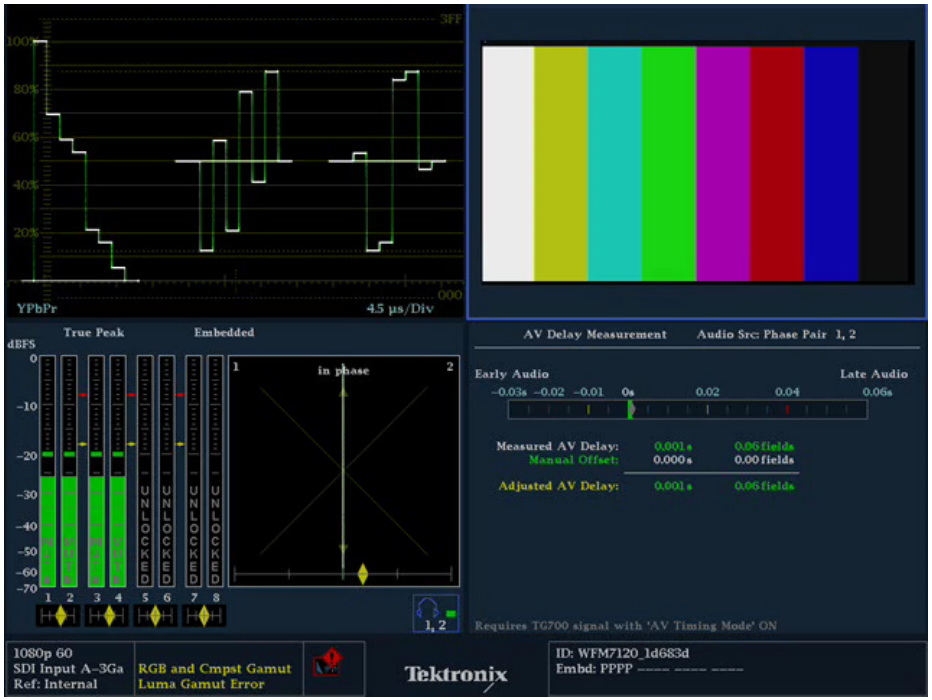
- 10個のパラメータ係数をコントロールすることにより、リアルタイムにゾーン・プレート信号を作成、出力
- CZP、斜正弦波、水平正弦波、水平スイープ、垂直正弦波および垂直スイープのスタンダード・ゾーン・プレート信号を内蔵
- “T”パラメータによりムービング・ゾーン・プレート信号を発生
- Y、Cb、Cr毎にOn/Off
- 波形形状をSine、Triangle、Squareから選択
- 作成した信号をカスタム・ゾーンプレート信号として2種セーブ可能
- SWEEPテスト信号ボタンからアクセス

SDI7 Module

エンベデッド・オーディオ

- エンベデッド・オーディオ・チャンネル用にオーディオ・トーン・ゼネレータを装備
- レベルBで最大32チャンネル音声を多重可能
  - 各バーチャルリンク上で、4グループ・4チャンネルを構成
- HDVG7/DVG7のエンベデッド・オーディオとの違い
  - 30種類の周波数ポイントから選択　⇒　0.5Hz分解能で10Hzから20kHzまで設定可能
  - AESチャンネル・ステータスのChannel Origin Field（4chars）をセット可

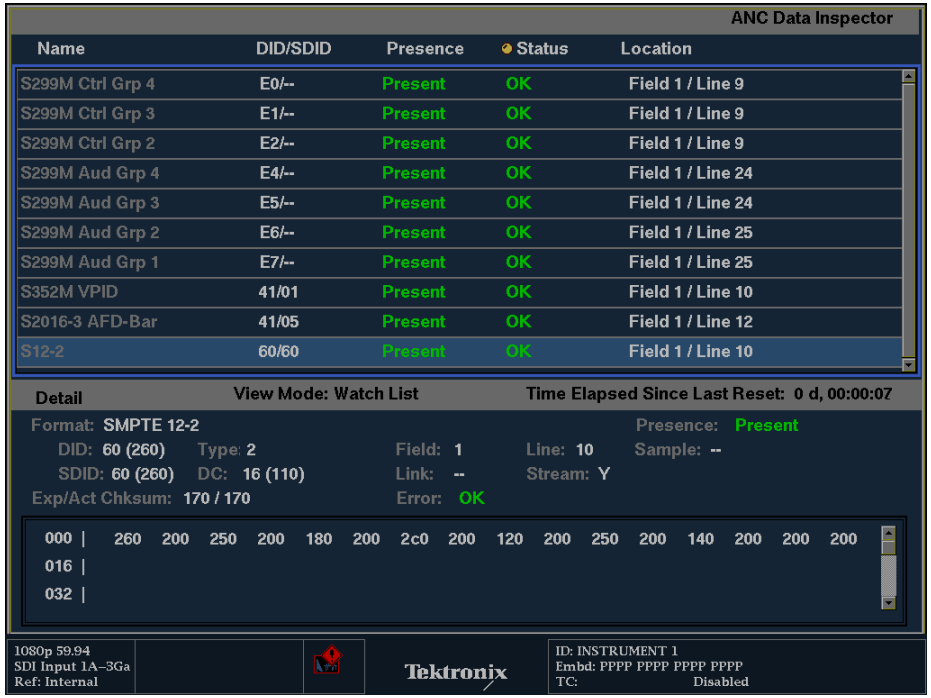
- WFM8300あるいはWFM7120のオプションAVD（オーディオ・ビデオ・ディレイ測定機能）でAVタイミングを測定するためのAV タイミング・シーケンス信号をサポート



SDI7 Module

ANCデータのゼネレーション

- SDI7は最大11種類のANCデータ・パケットを生成・多重可能
  - オーディオ・データ・パケット（4グループ）
  - オーディオ・コントロール・パケット（4グループ）
  - ビデオ・ペイロードID
  - タイムコード（ATC-LTC／ATC-VITC）
  - ユーザ定義



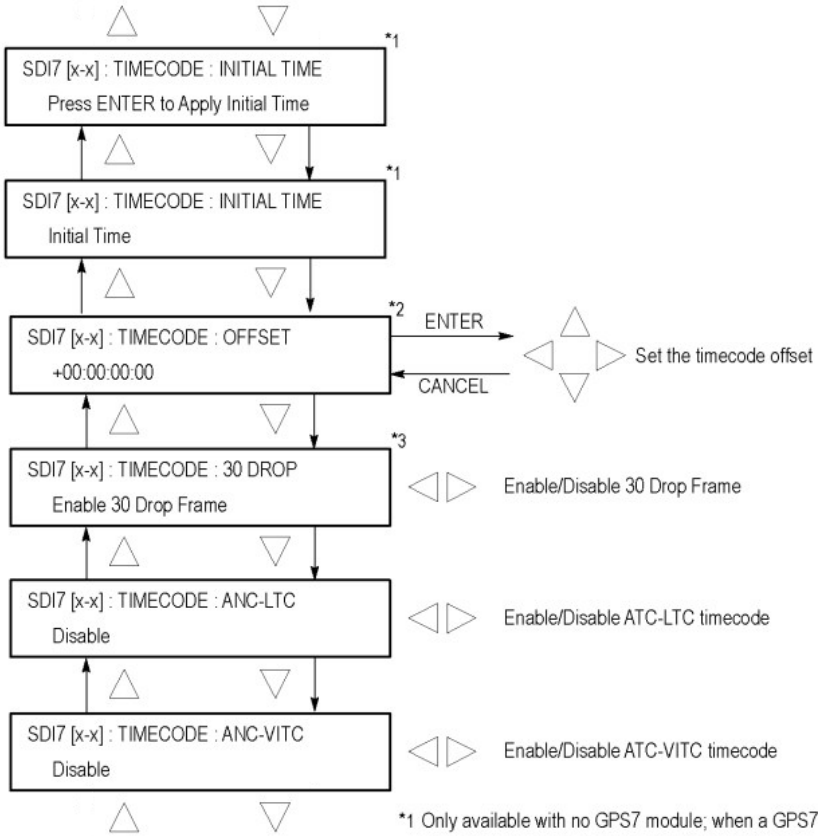
- ビデオ・ペイロードID（SMPTE ST 352)は自動的に多重されるが、評価用に非多重にすることも可能

SDI7 [x-x] : SMPTE 352 PAYLOAD
Enable

◁ ▷ Enable Disable

HD3G7 Module
タイムコード

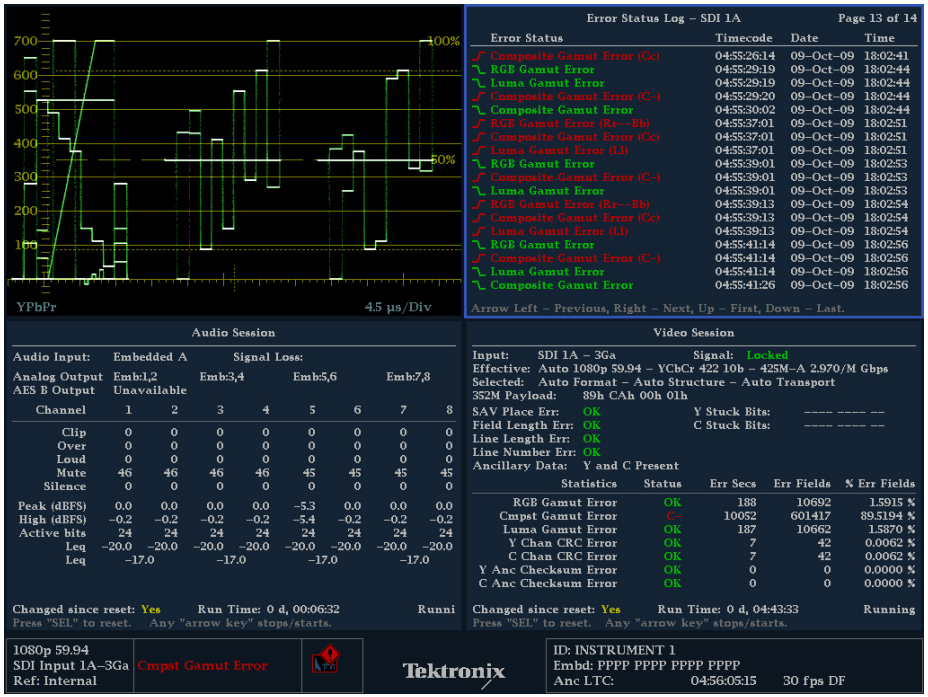
- SMPTE 12M-2のATC-LTC/ATC-VITCを個々にゼネレート設定
- GPS7モジュール（GPSロック/タイムコード・ゼネレータ）がTG700本体にインストールされている場合、リアルタイムの “time-of-day” タイムコード・ソースに設定可能
- GPS7モジュールがなくても、“program time” として出力



*1 Only available with no GPS7 module; when a GPS7 module is installed the initial time set function is controlled from the GPS7 menu.

*2 Only available with GPS7 module

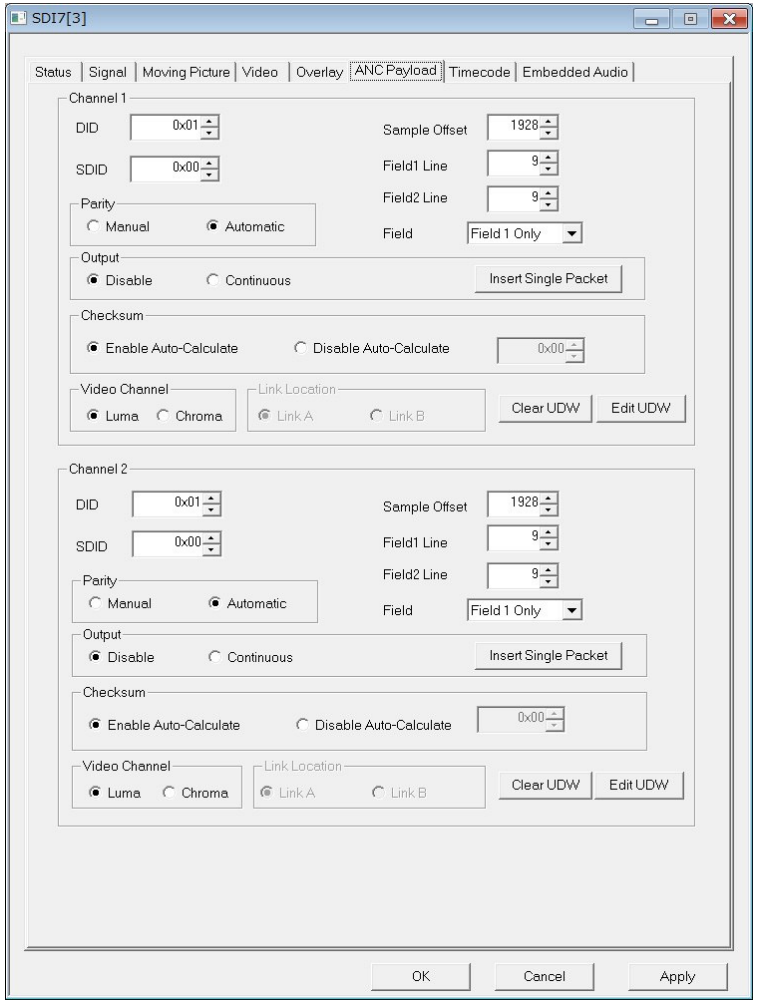
*3 Non-integer frame rates only



SDI7 Module

ユーザ定義のANCデータ・パケット作成

- ユーザ独自のデータ作成や、エラーを含んだパケット作成といった応用が考えられる強力なANCデータ・パケットの作成機能
- 作成、編集項目:
  - DID – データIDワード
  - SDID – セカンダリデータIDワード
  - DC – データカウント
  - UDW – ユーザデータワード（最大255ワードまで）
  - CS – チェックサムワード　自動計算あるいは指定値
- パケットの挿入位置:
  - ライン番号
  - サンプル番号
  - チャンネル（Luma/Chroma）
  - リンク（A/B; レベルBフォーマットの場合）
- TG7SetupからUDWのデータ値は入力でき、さらにUDWはCSVファイルとしてインポート/イクスポートが可能



SDI7 Module

ANCの作成例: AFD（Active Format Description）

- パケット内容
  - DID = 0x41
  - SDID = 0x05
  - DC = 8
  - UDW[0] = 0x4C (code 1001)
  - UDW[1]..UDW[7] = 0x00

- パケット位置
  - VPIDとATC-LTCの直後
  - Line: 10
  - Sample: 1962 (HANC)
  - Channel: Luma

WFM8300のピクチャ・モードで“AFD Graticules On”とすることにより、AFDコードで受信したイメージ・サイズをピクモニ上に重ね書き表示

コード”1001”は16:9コードフレーム上の4:3アスペクト・レシオのピラーボックスとして定義される

SDI7 Module

出力デジタルデータのフィルタ制御

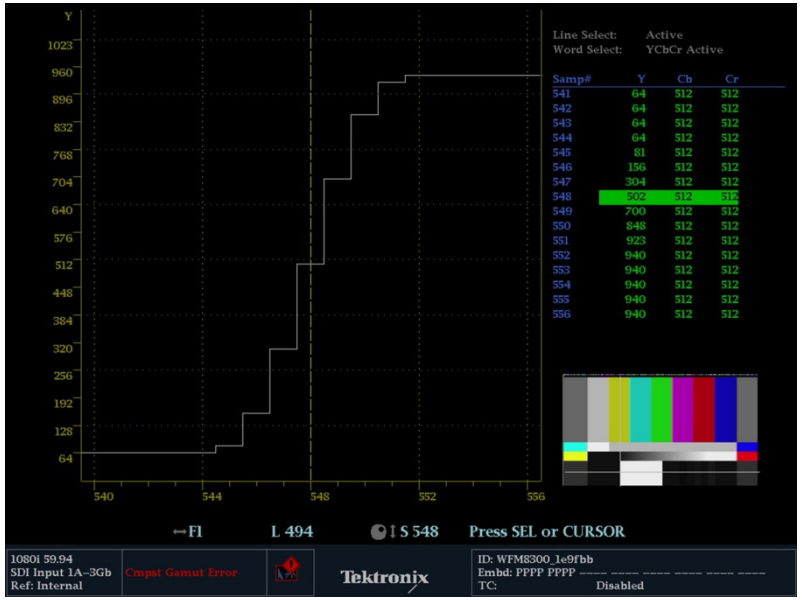
- Edge FilterのEnable/Disable

➢ Enable

デフォルト設定は、出力デジタルデータに急峻なトランジェントによる歪み、リンギングを抑えるためエッジ・フィルタを通す

➢ Disable

逆に元のデジタルデータ値に対して、急峻なデジタルエッジをそのまま出力するモードに設定可能



SDI7 [x-x] : VIDEO
Edge Filter : Enable

◁ ▷ Enable Disable

✓ フレーム・ピクチャとゾーンプレート信号は対象外

== 3Gbps SDI対応波形モニタの概要 ==

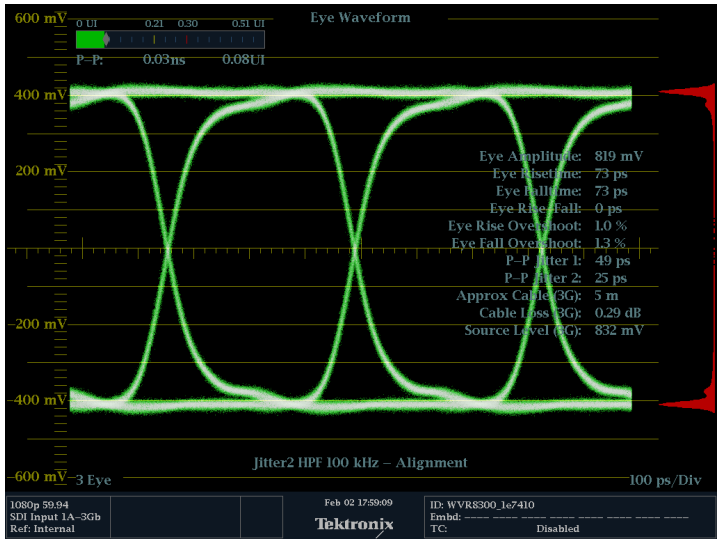
WFM8300/WVR8300型　高機能マルチ波形モニタ/ラスタライザ

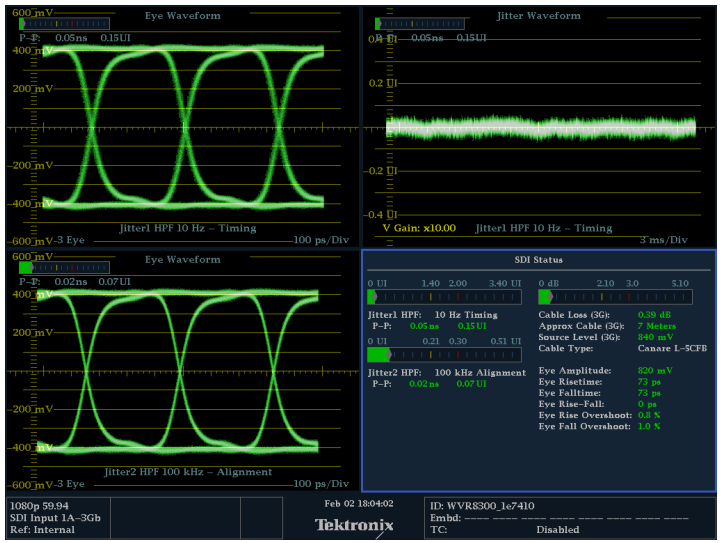
- WFM8300型　高機能マルチ波形モニタ

- WVR8300型　高機能マルチ波形ラスタライザ

WFM8300型

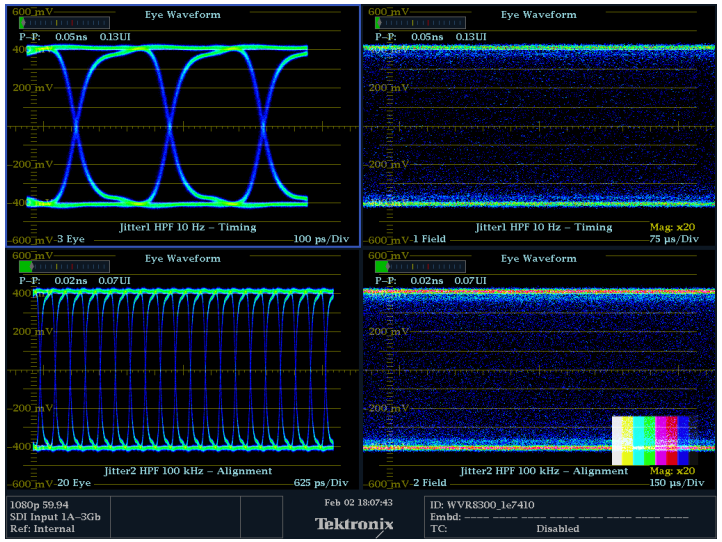
- 3Gb/sアイパターン&ジッタ波形表示：オプション3G、PHY
- 自動物理レイヤ・パラメータ測定：オプションPHY
- HD-SDI、SD-SDI、デュアル・リンク・フォーマットを標準サポート
- 3G-SDIのレベルA　Fast Progressive、レベルB-DL、-DSに対応（1920x1080）
- テスト信号発生機能：オプションPHY
  - SDおよびHDフォーマット対応
  - 3Gb/s信号発生：オプション3G & PHY
- 高機能を標準搭載
  - AVタイミング測定
  - 2チャンネル同時入力表示
  - デジタル詳細データ表示
  - ANCデータ・インスペクタ
  - 3Dモニタリング
- アナログ・コンポジット対応：オプションCPS
- オーディオ・モニタリング：オプションADまたはDPE
- Spearhead および LQV（Luminance Qualified Vector）表示：オプションPROD

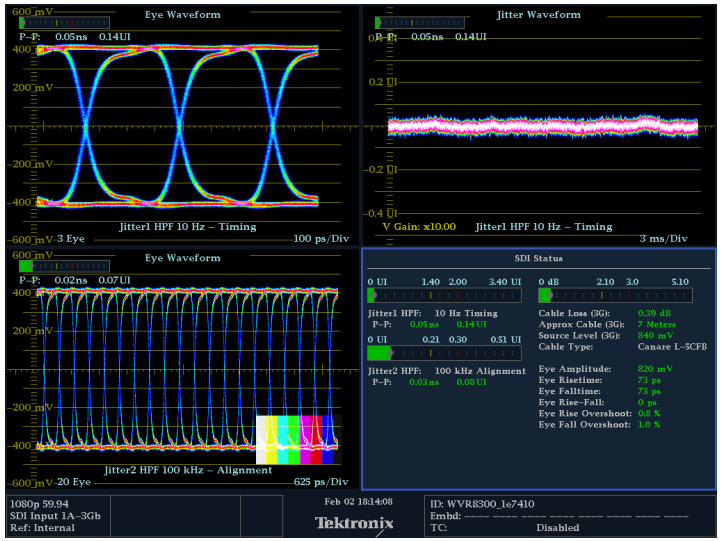




WFM8300の物理レイヤ測定

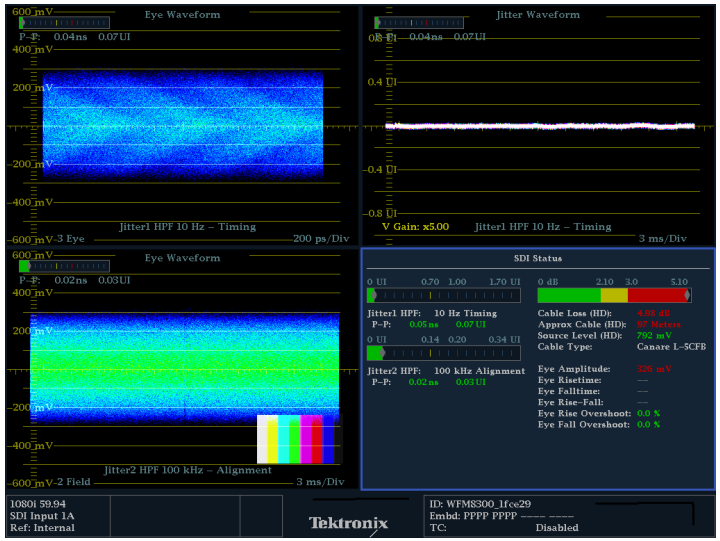
- WFM8300/WVR8300 オプションPHY
  SDIシステムにおける伝送上のトラブルを防ぐための信頼性の高い測定機能
  - 3G-SDI、HD-SDIおよびSD-SDIのアイパターン表示に1台で対応
  - ライン・レート(1/2)、フィールド・レート(1/2)のジッタ波形表示
  - 3EYE、10EYE(SD)、20EYE(3G/HD)、1または2フィールド・レートのアイパターン表示
  - 自動アイパターン・パラメータ測定
  - タイミング・ジッタとアライメント・ジッタの同時波形表示
  - テスト信号発生機能(カラー・バー信号、パソロジカル信号)
  - 無限パーシスタンス表示
  - わかり易いジッタ・メータ
  - SDIステータスで測定のサマリ表示が可能
  - 3G-SDIにはオプション3Gが必要



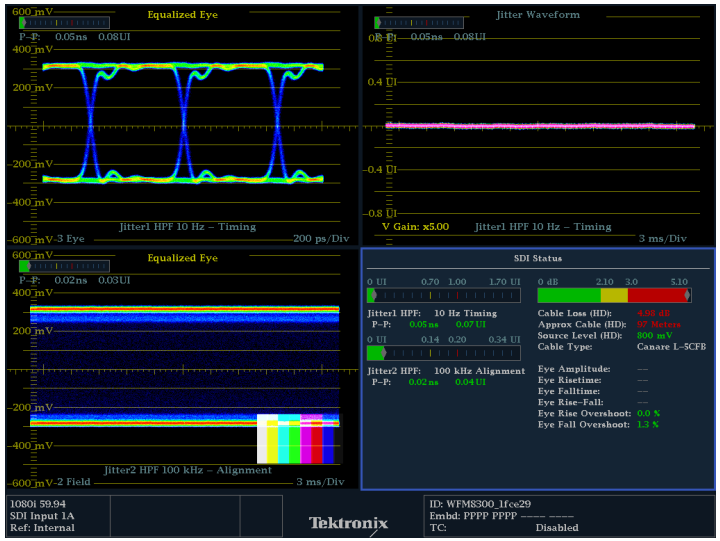


WFM8300の物理レイヤ測定

- WFM8300/WVR8300 オプションPHY
  - **Equalizer bypass On/Off:** SDIシステムの物理特性評価において、出力端の特性評価には1mケーブル長の同軸ケーブルが使われる。 その際、測定系のWFM8300受信回路のイコライザをバイパスさせることが可能
  - **Equalized Eye:** 受信端において、ロング・ケーブルで信号が減衰してアイ・パターンの観測ができない状態でもEqualized EyeモードによりWFM8300の持つケーブルイコライザで補償されるアイ・パターン信号をシミュレーションし、モニタリングすることが可能
  - **SDI Status**表示では、推定ケーブル長を算出、表示
  - **Video Session**表示を使い、信号伝送上のビット・エラー、CRCエラーの発生状況を確認可能
  - 各波形表示で信号の過渡現象を記録するために、無限大パーシスタンス・モードを併用可能



100m長ケーブル接続後のアイパターン

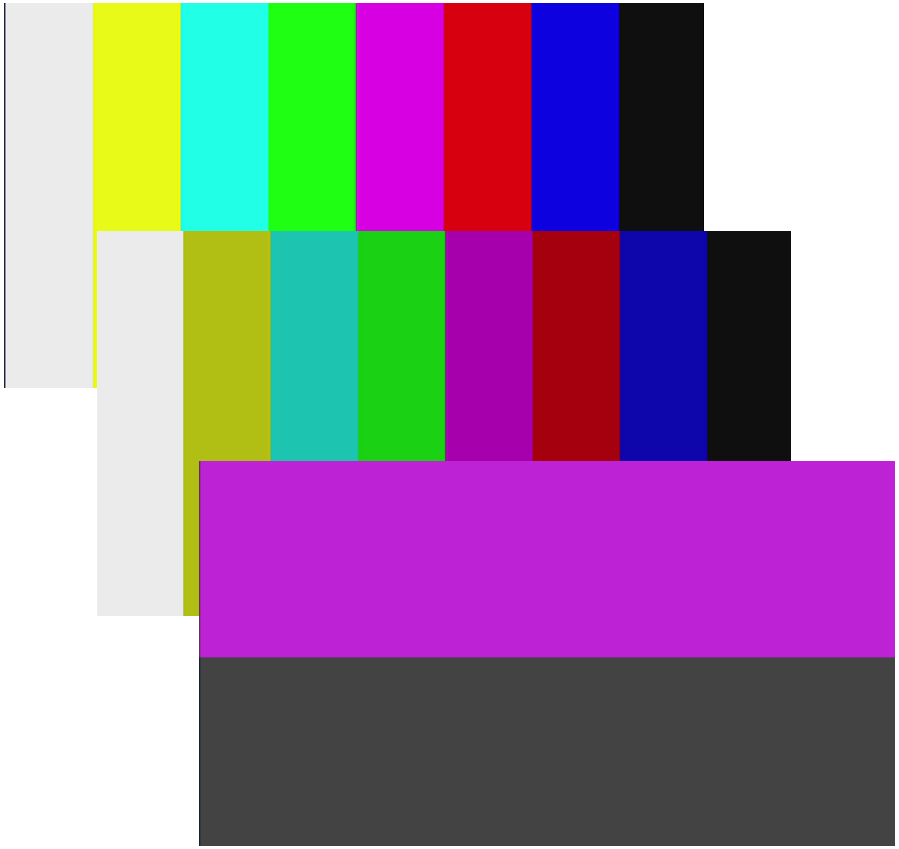


Equalized Eye表示

WFM8300

テスト信号ゼネレータ搭載：WFM8300/WVR8300 オプションPHY

- オプションPHYに搭載されるテスト信号ゼネレータ機能の内容
  - SD：525i/625i
    HD：720p 50/59.94/60
    1080i 50/59.94/60
    3G-SDI（オプション 3G搭載時）
    3G：1080p 50/59.94/60
    レベルA/B
  - テスト信号
    - カラー・バー 75/100%
    - パソロジカル信号
  - スタンドアローン信号発生
    単独の信号発生機能として使用可能



WFM8300

ANCデータ解析：データリスト、ANCデータ・インスペクタ

- 詳細データリスト表示
  - 色分けされたデータ・ワード表示
    - Green：アクティブ・ビデオ
    - Blue： H & V　ANCデータ
    - White： EAV & SAV
    - Red： サンプル・エラー
- ANCデータ・インスペクタ
  - ANCデータの所在を検出・表示
  - ユーザANCタイプも含めWatch listでチェックしたANCデータを監視
  - ライブのSDI信号あるいはCaptureVu™ で取り込んだフレームデータ内のストアされているANCデータを確認

詳細データリスト表示

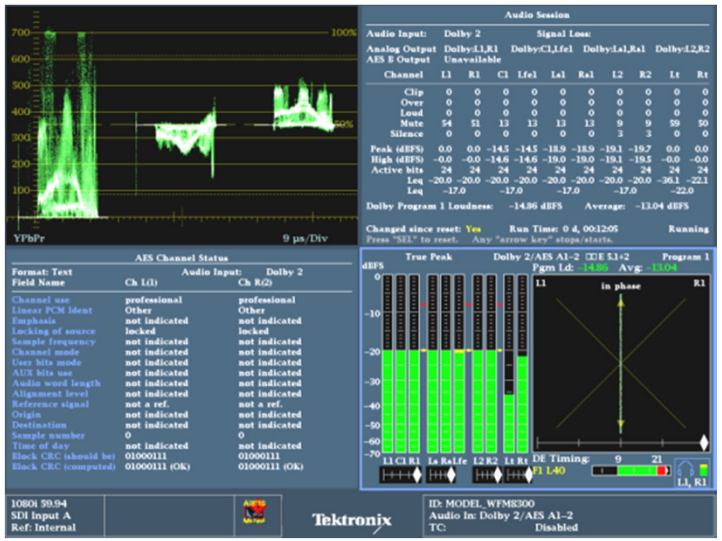
キャプチャしたフレームのANCデータの展開

WFM8300

オーディオ・モニタリング

オプションADあるいはDPEをWFM8300に装着可能

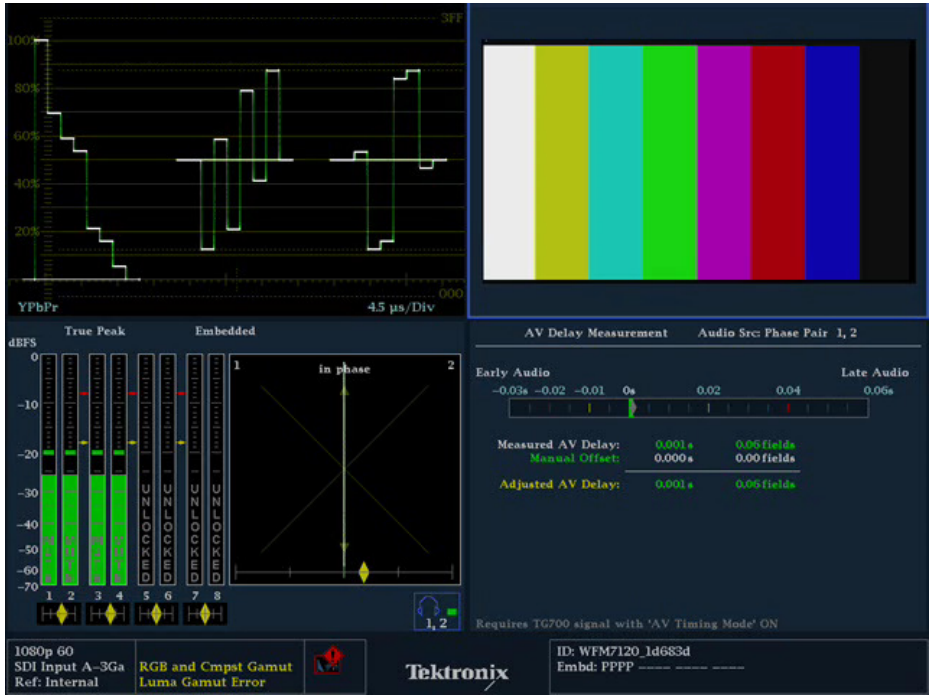
- アナログ・オーディオ、デジタルAES/EBU、エンベデッドそしてドルビー・オーディオに対応
  - オプションAD：アナログ／デジタル・オーディオ
  - オプションDPE：オプションADに加え、Dolby-D、Dolby-D+、Dolby-Eデコード対応
- 最適なモニタリング・ツール
  - サラウンド・サウンド
  - バー表示＋フレキシブル・リサージュ表示
  - 16CHエンベデッド・オーディオのレベルメータ表示
  - オーディオ・ラウドネス測定
  - オーディオ・セッション表示
  - AESチャンネル・ステータス表示
  - Dolbyオーディオ・ステータス表示
  - Dolbyガードバンド測定

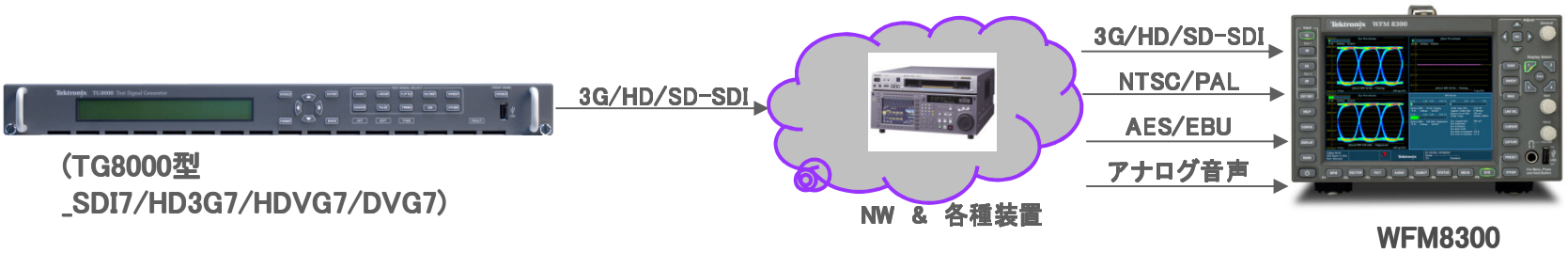


WFM8300

AVタイミング測定

- WFM8300は標準でAVタイミング測定機能を搭載
- オーディオ・オプションを搭載することでオフライン測定でリップシンクの検証が可能
- AVタイミング・シーケンス信号
  - 3G-SDI：SDI7、HD3G7
  - HD-SDI：SDI7、HD3G7、HDVG7
  - SD-SDI：SDI7、DVG7
- WFM/WVR8300のオプション
  - 3G-SDI：3G、AD（DPE）
  - HD-SDI：AD(DPE)
  - SD-SDI：AD(DPE)
  - NTSC/PAL：CPS、AD(DPE)

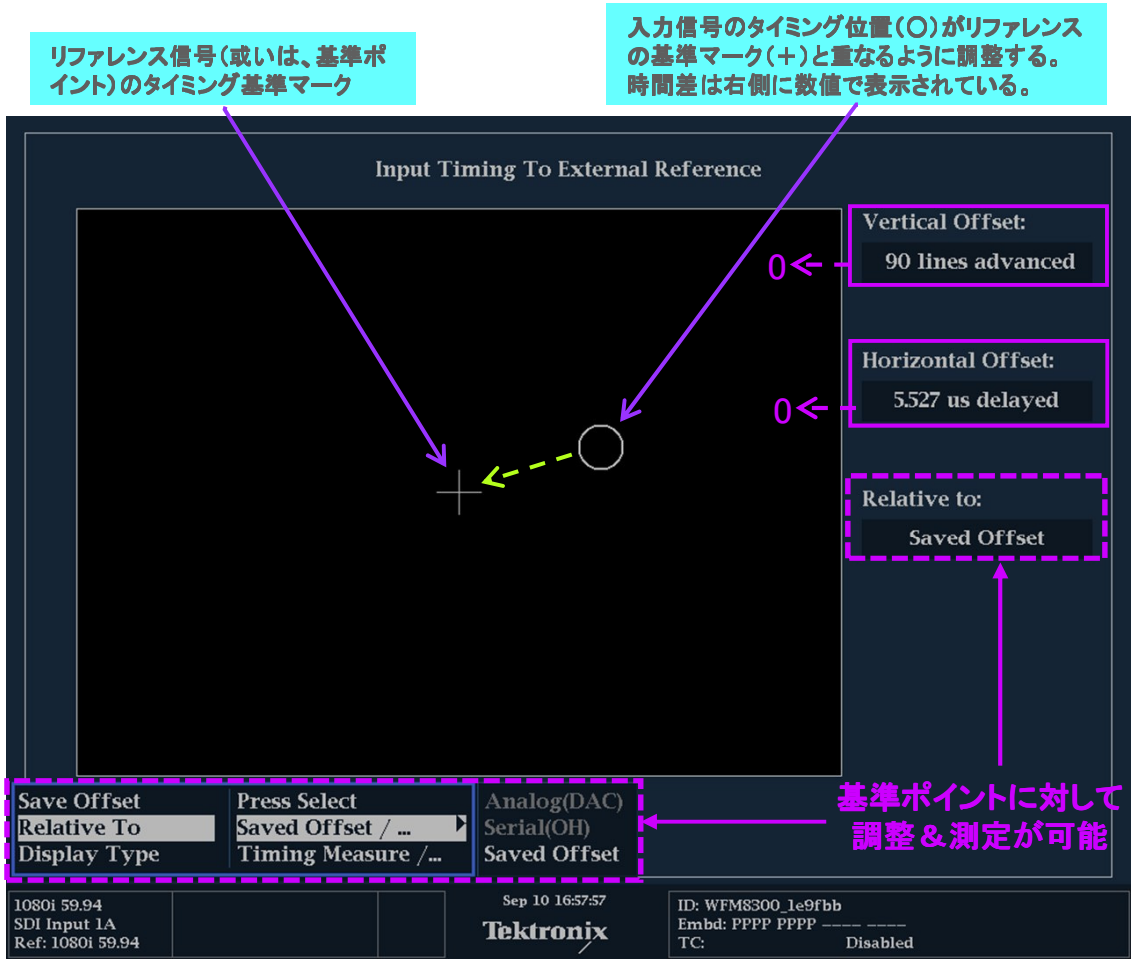




WFM8300

システム・タイミング測定

- 直観的な位相確認および調整機能：
  - Analog(DAC)
    - SMPTE RP168のアナログ測定法
    - 最適場所の確認が容易
    - 調相すると〇から〇へ
  - Save Offset
    - Analog(DAC)の測定ポイントをゼロセーブし、そこからの差分測定が可能
    - この応用として、SDI_A – SDI_B を算出
  - Serial (OH)
    - SMPTE RP168のデジタル測定法
    - SD、HDおよび3G-SDI混在のマルチフォーマット・システムのタイミング測定に対応



タイミング・ビュー表示例

WFM5250/WVR5250

WFM5250型　SDI/HDMI波形モニタ

- 対応スタンダード・フォーマット
  - 2 HDMI入力（HDCP対応）：Consumer/Professional
  - 2 SDI入力：Professional Equipment
  - 3Gb/s SDI対応（レベルA/B）－ オプション 3G
  - デュアルリンク、HD/SD-SDI － 標準
- 測定機能
  - SDI詳細データ、ANCデータモニタリング　－ オプション DATA
  - SDI簡易テスト信号ゼネレータ － オプション GEN
- オーディオ・モニタリング
  - 16チャンネル SDI エンベデッド・オーディオ － オプション AUD
  - ラウドネス・モニタリング － オプション LOUD
    （オプションAUDが必要）
- Gマウント/Vマウント・バッテリ動作対応

WFM5250/WVR5250

WVR5250型　SDI/HDMI波形ラスタライザ

- 対応スタンダード・フォーマット
  - 2 HDMI入力（HDCP対応）
  - 2 SDI入力
  - 3Gb/s SDI対応（レベルA/B）– オプション 3G
  - デュアルリンク、HD/SD-SDI – 標準
- 測定機能
  - SDI詳細データ、ANCデータモニタリング　– オプション DATA
  - SDI簡易テスト信号ゼネレータ – オプション GEN
- オーディオ・モニタリング
  - 16チャンネル SDI エンベデッド・オーディオ – オプション AUD
  - ラウドネス・モニタリング – オプション LOUD
    （オプションAUDが必要）
- 軽量：0.82kg

WFM2200型　ポータブル波形モニタ

- 現場向きポータブル波形モニタ
  - SD・HDおよびデュアルリンク標準サポート
  - 3G-SDI　レベルA/B – オプション3G
- 3G/HD/SD対応簡易テスト信号ゼネレータ
  （3Gはオプション）
- エンベデッド/AES出力対応オーディオ・ゼネレータ

- 測定機能
  - ANCデータ・インスペクタ、詳細データ表示
  - 外部REFモニタリング機能
  - タイミング表示
- バッテリ（内蔵、充電・取替可能）動作
  - ANCデータ・インスペクタ、詳細データ表示
  - 外部REFモニタリング機能
  - タイミング表示

本テキストの無断複製・転載を禁じます。テクトロニクス/ケースレーインスツルメンツ
Copyright © Tektronix, Keithley Instruments. All rights reserved.

www.tektronix.com/ja
www.keithley.jp/

Twitter @tektronix_jp
Facebook http://www.facebook.com/tektronix.jp

Tektronix KEITHLEY A Tektronix Company