

Digital Cinema NOW

136

解像度のあれこれ

川上 一郎

さて、世の中では8K,4Kと数値さえ多ければ画質は良くなると声高に論じているが、そもそも解像度とは何を意味しているのかについて紹介させていただく。

図1に示しているのは、VR/AR等の次世代メディア向けディスプレイの動向について精力的に報道を行っているInsight Media (<http://www.insightmedia.info/>)創設者であるChris Chinnock氏が最近公開した液晶パネルの画素配置と解像度についてのホワイトペーパー (Measuring Resolution in a New Way) である。

家電量販店に並ぶ液晶テレビが4KとHDR対応を標榜するようになってから、画面での最高輝度を400カンデラ(もしくは垂直方向の輝度表現単位であるニット)とか500カンデラと表示し、過去に民生用テレビの売上が低迷したときに撮影時の縦横比 (Aspect Ratio) を正確に再現することを一切無視した、画面が大きく見えさえすれば良い、他社より売上を伸ばせば良い、等々の映像制作に関わる関係者の努力や、消費者に“清く正しく美しい映像”を届けると信念皆無の、悪名高い“ワイドテレビ”と同じ営業戦略による高輝度争いが激化し、かつ、有機ELテレビ(Organic

Light-Emitting Diode TV) で RGB 発光での大画面テレビ量産化を目指したSamsungが開発を断念し、白色OLEDにRGBカラフィルタを設置するLGが市場を独占している。このLGによるOLEDテレビでは、見かけの輝度を上げるためにRGB三原色に加えて白色の画素を混在させて民生用テレビとしての公称輝度を高く表示している。同様な手法は、経営破綻する前のシャープが、大型液晶テレビの公称輝度を高く表示するためにRGB+Yellow(筆者註:黄色成分は人間の明るさを感じる指標となる比視感度特性カーブともっとも合致する色成分であるが、民生用テレビに送られてくる映像の大半は色成分を間引いた色差情報による映像信号であり、視聴者に対して、どのように美しい映像を提示するのかの観点からは、はなはだ疑問であった。なお、このRGB+Yellowによる液晶パネルのお披露目となったSMPTEカンファレンスには筆者も同席していたが、知り合いの映画制作関係者から一切の肯定的意見が無かったことが印象に残っている)を開発した。

液晶テレビでの、公称輝度争いの結果として図1に示しているように、民生用

LCDパネルの画素配置は百花繚乱と言って良いほどにRGB+Whiteの画素配置が乱立している。最上部の先頭画素により分別しても、RGB/WRG/BWR/GRWと四つの方式があるが、実際の映像表示能力を比較してみると当然のことながら、色表現に関わらない輝度を稼ぐためだけのWhite(白色)の画素配置が大きく影響してくることになる。

図1の上段右側に示している事例では、RGBの画素配置が間引かれていることから、RGBパターンでの画素表現力が大幅に低下している。図2では、表示方式AとBでの白色・赤色・緑色・青色の表示能力を比較しているが、表示方式Bのパネルでは赤色と青色の表示能力が6割まで低下している。

この表示能力の差は、画面全体に占めるRGB画素の面積率や配置により、本来提示されるべきである映像に対して、輝度・コントラストや“ぼけ”等の解像度に関連する指標がどの程度変化するかを判断し、Cmは局所的なコントラスト変化を、Strはパターン全体でのコントラスト変化率をあらわし、VDR (Visual Display Resolution) はCmとStrを掛け合わせて算出される。

図1 民生用 LCD パネルの画素配置と解像度

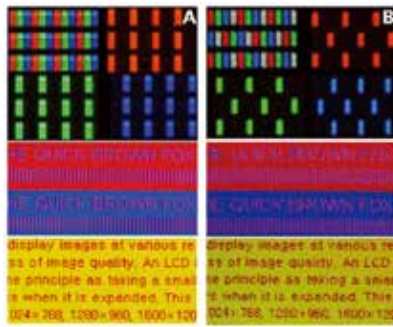
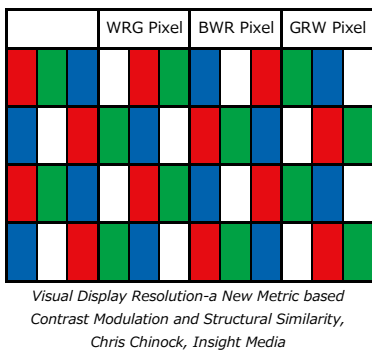


Fig-1 Sub-pixel rendering can reduce image Fidelity

この手法によるディスプレイ解像度評価結果は図1の中段・下段に示しているが、RGB+Wの配置マトリックスによって実効解像度が大きく変化していることが問題であり、VDR値が50%を割っている場合には、映像輪郭の破綻が顕著となっている。

業務用マスターモニターと称しているパネルでも、実際の表示画素を拡大して、どのようなRGBもしくはRGB+Wの画素配置となっているかを確認していただき、RGB単色やグレースケールでの擬似輪郭、ゴースト等の発生が無いかを十分に検証していただく必要がある。

さて、CMOSイメージセンサーについては、図2の左側に示しているベイヤー配列がよく知られている。このベイヤー配列は、コダック社が基本特許（現在は特許成立後20年を過ぎており特許権は失効している）を取ったことで知られているが、実際の映像出力は、斜め方向での重み付きたすき掛け演算を行って、実際には存在しない画素部分の信号成分を補間して出力している。したがって、格子柄の服や壁紙を撮影すると、たすき掛け演算と格子柄のパターンが干渉しあってモアレが発生することは良く知られており、カメラメーカー各社は、生データに近いRAWデータ（筆者註：RAWデータは非圧縮データでは無く、各カメラメーカー独自のノイズ低減回路や、ビット幅圧縮回路を経由していることに注意されたい。従って、RAWデータさえ保存しておけばなんとかなる!!は単なる錯覚・迷信である）に対して重み係数を可変できるツールを提供してベイヤー配列による画素補間の影響をできるだけ低減できるように工夫されている。

この、ベイヤー配列による撮像能力の限界を打破すべく、カメラメーカー各社が様々な画素配列に挑戦しているが、図2の右側に紹介しているのがフジフィルムのX-Trans 6x6画素配列である。一見、不規則なRGB画素配列に見えるが、感度を支配する緑色画素の配置を最適化して、従来方式には無い高感度特性が達成できたと

Source Image	White	Red	Green	Blue	Display
					Display A
	95.4%	97.0%	97.0%	91.2%	
					Display B (Phase 2)
	86.0%	60.8%	91.7%	64.2%	

Fig-4 Grille pattern result on RGB and RGBW pattern with sub pixel rendering

	White	Red	Green	Blue
Display A (Phase1)				
Cm	95.4%	97.0%	97.0%	91.2%
Str	95.4%	90.7%	87.7%	89.3%
VDR	91.0%	88.0%	85.1%	81.4%
Display B (Phase1)				
Cm	59.0%	82.0%	65.3%	88.6%
Str	90.6%	59.6%	59.2%	64.2%
VDR	53.5%	48.9%	38.7%	56.9%

Table 1: Experimental Results (Phase 1)

	White	Red	Green	Blue
Display A (Phase2)				
Cm	95.4%	97.0%	97.0%	91.2%
Str	95.4%	90.7%	87.7%	89.3%
VDR	91.0%	88.0%	85.1%	81.4%
Display B (Phase2)				
Cm	86.0%	60.8%	91.7%	64.2%
Str	78.5%	61.5%	50.5%	69.2%
VDR	67.5%	37.4%	46.3%	44.4%

Table 2: Experimental Results (Phase 2)

表 1 各種映像フォーマットの解像度 / アスペクト比

Cinema DCP 4k		Cinema DCP 2k	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)
Flat (1.85:1)	3996x2160	Flat (1.85:1)	1998x1080
Scope (2.39:1)	4096x1716	Scope (2.39:1)	2048 x 858
Full Container	4096x2160	Full Container	2048x1080

6K		5K	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)
1.33:1 (4:3)	6144x4608	1.33:1 (4:3)	5120x3840
1.66:1 (5:3)	6144x3686	1.66:1 (5:3)	5120x3072
1.77:1 (16:9)	6144x3456	1.77:1 (16:9)	5120x2880
1.85:1	6144x3321	1.85:1	5120x2768
1.94:1 (Dragon Full Frame)	6144x3160	1.9:1 (Epic-X Full Frame)	5120x2700
2:1	6144x3072	2:1	5120x2560
2.35:1	6144x2614	2.35:1	5120x2179
2.37:1 (RED 6K Wide)	6144x2592	2.37:1 (RED 5K Wide)	5120x2160
2.39:1 (often called 2.40)	6144x2571	2.39:1 (often called 2.40)	5120x2142
2.40:1	6144x2560	2.40:1	5120x2133
2.44:1	6144x2518	2.44:1	5120x2098

4K		4KHD (UHD)	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)
1.33:1 (4:3)	3840x2880	1.33:1 (4:3)	4096x3072
1.66:1 (5:3)	3840x2304	1.66:1 (5:3)	4096x2458
1.77:1 (16:9)	3840x2160	1.77:1 (16:9)	4096x2304
1.85:1	3840x2076	1.85:1	4096x2214
1.9:1	3840x2021	1.9:1 (Native 4K RED)	4096x2160
2:1	3840x1920	2:1	4096x2048
2.35:1	3840x1634	2.35:1	4096x1743
2.37:1 (RED Wide)	3840x1620	2.37:1 (RED Wide)	4096x1728
2.39:1 (often called 2.40)	3840x1607	2.39:1 (often called 2.40)	4096x1714
2.40:1	3840x1600	2.40:1	4096x1707
2.44:1	3840x1574	2.44:1	4096x1679

3K		3K HD	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)
1.33:1 (4:3)	2880x2160	1.33:1 (4:3)	3072x2304
1.66:1 (5:3)	2880x1728	1.66:1 (5:3)	3072x1843
1.77:1 (16:9)	2880x1620	1.77:1 (16:9)	3072x1728
1.85:1	2880x1557	1.85:1	3072x1661
1.9:1 (Native 4K RED)	2880x1516	1.9:1 (Native 4K RED)	3072x1620
2:1	2880x1440	2:1	3072x1536
2.35:1	2880x1226	2.35:1	3072x1307
2.37:1 (RED Wide)	2880x1215	2.37:1 (RED Wide)	3072x1296
2.39:1 (often called 2.40)	2880x1205	2.39:1 (often called 2.40)	3072x1285
2.40:1	2880x1200	2.40:1	3072x1280
2.44:1	2880x1180	2.44:1	3072x1259

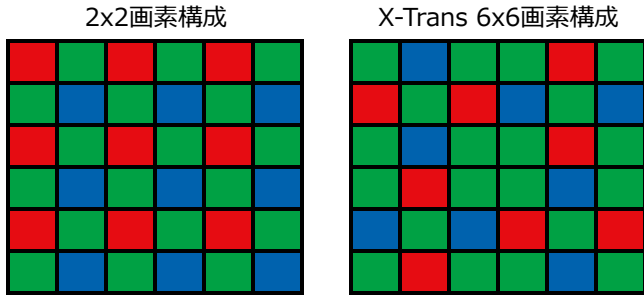
2K		1080p	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)
1.33:1 (4:3)	2048x1536	1.33:1 (4:3)	1920x1440
1.66:1 (5:3)	2048x1229	1.66:1 (5:3)	1920x1152
1.77:1 (16:9)	2048x1152	1.77:1 (16:9)	1920x1080
1.85:1	2048x1107	1.85:1	1920x1038
2:1	2048x1024	2:1	1920 x 960
2.35:1	2048 x 871	2.35:1	1920 x 817
2.37:1 (RED Wide)	2048 x 864	2.37:1 (RED Wide)	1920 x 810
2.39:1 (often called 2.40)	2048 x 858	2.39:1 (often called 2.40)	1920 x 803
2.40:1	2048 x 853	2.40:1 (Blu-ray Scope)	1920 x 800
2.44:1	2048 x 839	2.44:1	1920 x 787

720p		576p (PAL SD)	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Resolution (PAL Widescreen 1.06 Pixel Aspect Ratio)	Resolution (PAL DV 1.09 Pixel Aspect Ratio)
1.33:1 (4:3)	1280x962	788x576	720x576
1.66:1 (5:3)	1280x768	--	--
1.77:1 (16:9)	1280x720	720x576	--
1.85:1	1280x692	--	--
2:1	1280x640	--	--
2.35:1	1280x545	--	--
2.37:1 (RED Wide)	1280x540	--	--
2.39:1 (often called 2.40)	1280x536	--	--
2.40:1	1280x533	--	--
2.44:1	1280x525	--	--

480p (NTSC DV SD)		480p (NTSC DV SD)	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Resolution (NTSC DV Widescreen 1.21 Pixel Aspect Ratio)	Resolution (NTSC DV 0.91 Pixel Aspect Ratio)
4:3	720x540	--	720x480
16:9	854x480	720x480	--

486p (NTSC D1 SD)		486p (NTSC D1 SD)	
Frame Aspect Ratio	Resolution (Square Pixels 1.0)	Resolution (NTSC DV Widescreen 1.21 Pixel Aspect Ratio)	Resolution (NTSC DV 0.91 Pixel Aspect Ratio)
4:3	720x534	--	720x480
16:9	872x486	720x480	--

図 2 CMOS イメージセンサの画素配置



同社は報じている。

NHKが開発を進めてきた8Kカメラも、昨年から三板方式カメラが登場しているが、現場の収録が全て非圧縮で行える訳ではなく、各種コーデックによりデータ量削減を図っている。解像度議論で、色情報の間引きやコーデックによる画素情報圧縮・間引きを抜きにして8K・4Kを論じることは議論以前の問題である。

表 1 は、デジタルシネマの配給と撮影に関わる各種映像フォーマット解像度とアスペクト比の一覧である。

デジタルシネマの配給フォーマットでは、通称 VISTA (欧州地域での VISTA サイズとは異なるが DCI が押し切って米国 VISTA のみにしてしまっただ) で HDTV と相性の良い Flat (1.85:1) と、横長の Scope (2.39:1) である。実際の DCP パッケージでは両方のフォーマットが格納できる 4K : 4096x2160 ・ 2K : 2048x1080 がフルコンテナサイズとなっている。

さて、撮影カメラの解像度と縦横画素比 (アスペクト) は、表 1 に示しているように 6K ・ 5K ・ 4K ・ 4K (UHD) ・ 3K ・ 3K HD ・ 2K ・ 1080P ・ 720P そして 576P (PAL SD) ・ 480P (NTSC DV SD) ・ 486P (NTSC D1 SD) まで百花繚乱と言わざるを得ない状況である。

6K の撮影カメラでもアスペクト比は 4:3 ・ 5:3 ・ 16:9 に始まって 2.44:1 迄の 11 種類があり、従って水平解像度は 6144 画素であるものの、垂直走査線数は 4608 ~ 2518 本まで混在している。同

様に、5K カメラでも 11 種類のアスペクト比があり、水平解像度は 5120 画素であるものの、垂直走査線数は 3840 ~ 2098 本まで混在している。

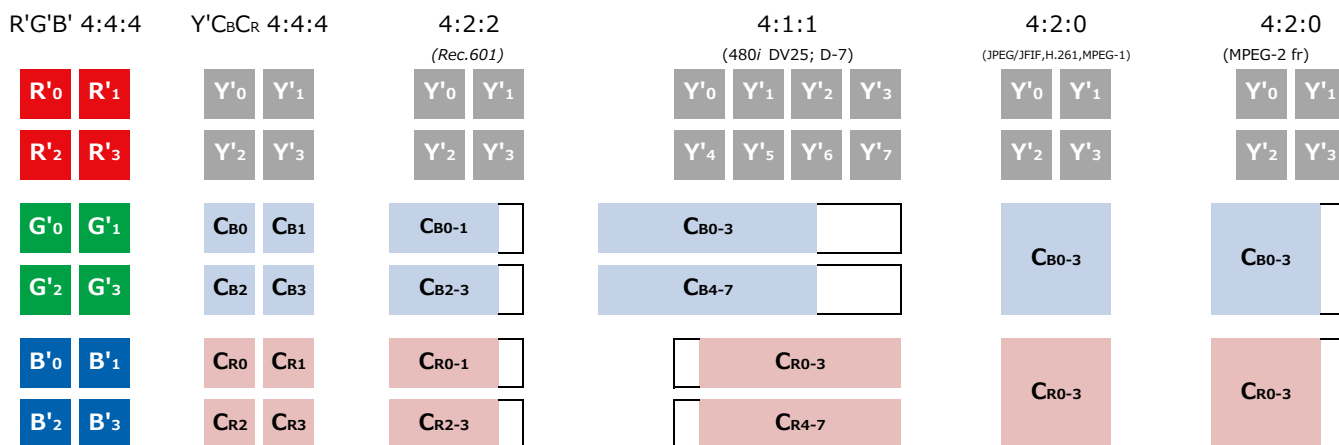
4K カメラの場合には、シネマを意識した 4K カメラなのか、UHD を意識した 4K カメラなのかで水平画素数がシネマ派では 3840 画素、UHD 派では 4096 画素となり、垂直走査線数もシネマ派では 2880 ~ 1574 本、UHD 派では 3072 ~ 1679 本と異なっている。

この傾向は 3K カメラでも同様であり、水平画素数がシネマ派では 2880 画素、HD 派では 3072 画素、垂直走査線数もシネマ派は 2160 ~ 1180 本、HD 派は 2304 ~ 1259 本となっている。

2K カメラでは、1.33:1 ~ 2.44:1 のアスペクト比で、水平解像度 2048 画素に対して垂直走査線数は 1539 ~ 839 本となっており、いわゆる HDTV の 1080p カメラでは水平解像度 1920 画素で、垂直走査線数は 1440 ~ 787 本となっている。

米国のテレビ放送で HDR の映像と称されている 720p カメラでは、1.33:1 ~ 2.44 :

図3 色情報サブサンプリングの実際



"Digital Video and HD Algorithms and Interfaces", Second Edition, p.124, Charles Pounton, Morgan Kaufmann Publishers

表2 ARRI ALEXA シリーズ ARRIRAW 解像度一覧

ALEXA65					
	Resolution	Active Image Resolution		Container Resolution	
ARRIRAW	Open Gate	6560	3100	6560	3100
	16:9(1.78:1)	5120	2880	5120	2880
	3:2(1.50:1)	4320	2880	4320	2880

ALEXA XT					
16:9 Mode	16:9 2.8K	2880	1620	2880	1620
4:3 Mode	Cropped	2578	2160	2578	2160
	Full	2880	2160	2880	2160
Open Gate	Open Gate	3414	2198	3424	2202

ALEXA SXT					
16:9 Mode	2.8K	2880	1620	2880	1620
	3.2K	3168	1782	3168	1782
4:3 Mode	2.8K	2880	2160	2880	2160
6:5 Mode	2.6K	2578	2160	2592	2160
Open Gate	3.4K	3424	2202	3424	2202

ALEXA MINI					
MXF/ARRIRAW	16:9 HD Ana.	1920	2160	1920	2160
	2.39:1 2K Ana.	2560	2145	2560	2145
	2.8K	2880	1620	2880	1620
	4:3 2.8K	2880	2160	2880	2160
	Open Gate 3.4K	3424	2202	3424	2202

Comprehensive Resolution/Image Area Overview of ARRI digital motion picture cameras, v2.3 2016-12-23

1のアスペクト比で、水平解像度 1280 画素、垂直走査線数は 962 ~ 525 本となっている。

さて、最近のシネマ撮影では RAW データによる収録が主流となってきているが、ARRI の ALEXA シリーズでの RAW データフォーマットを表 2 に示している。日本

でもナックイメーシングがレンタルを開始した ALEXA65 では最も高解像度となる Open Gate で 6560x3100 画素となっているが、16:9 モードでは 5120x2880、3:2 モードでは 4320x2880 と解像度が全く異なる映像出力となっている。ALEXA XT では同様に Open Gate モードで 3414x2198、ALEXA SXT では Open Gate で 3424x2202、そして ALEXA MINI では Open Gate 3.4K モードで 3424 x 2202 画素の映像出力である。

ARRI の ALEXA シリーズは、撮影時のカメラゲイン・ガンマ等の情報をメタデータとして映像に付加する CDL(カラー・デジジョン・リスト)にいち早く対応し、従来のフィルム撮影で行われていた撮影ネガの露光調整作業が不要となった事も寄与して、ハリウッドでの映画撮影の大半が ALEXA シリーズを行われている。

さて、解像度を考えるときにはカメラが RGB ごとにイメージセンサーを装備した三板方式であり、かつ 12ビット以上の非圧縮で収録されて映像が 100%と考えると、図 2 に示しているように CMOS 単板のイメージセンサーでは、2x2 画素構成で対角に緑色が 2 画素、そして赤色と青色が 1 画素ずつしか存在しないことから、人間の視覚特性で感度特性を示している比視感度特性の大半を占める緑色については上下に位置ズレがあることから、実効解像度は 60% 程度であり、赤色と青色は 20%程度

の実効解像度でしかない。この、実効解像度の低下を補うべく、たすき掛け演算での重み付けを任意に設定調整できる RAW データ出力が重宝されているが、いくら頑張っても実効解像度は4~6割が限界である。

また、図3に示しているように、映像収録後の工程で色情報の間引き(サブサンプリング)が行われると、誠に悲惨ないわゆる“ペタペタ”の映像となってしまう。

図3の左側が、RGB 色情報を各4画素として収録した状態の色信号情報である。現在の放送では、アナログ放送時代に白黒映像情報の伝送帯域にカラー信号をあてはめるために青色と赤色の信号を差分信号として1/2に間引いた4:2:2信号形式を採用している。この色差信号の根拠は、人間の視覚特性で明るさを感じる比視感度特性


の大半は緑色成分と冗長するために、緑色信号の7割程度主成分とした明るさ情報をYとし、色情報の補間信号として青色と赤色の情報をCb,Crとして定義した背景がある。

そして、DVD等の家庭向けパッケージメディア市場拡大などにもない、さらに色情報信号を半減させて4:1:1形式、そしてJPEGやH.261等では色情報信号を本来の1/4にまで圧縮した4:2:0信号が用いられている。なお、日本のHDTV放送の映像作品納品は、ソニーのHDCAMフォーマットであり、水平輝度信号は本来の3/4であり、色信号は1/4であることから3:1:1形式である。

したがって、映像制作側で、使用する力


メラの実効画素数と色情報サンプリングでの間引有無、RAWデータの実態(ノイズ低減対策での下位ビット切り捨てやビット圧縮等々)、そして編集時の映像フォーマット、映像送出時のビット幅・コーデックでの画素ブロック間引き等に加えて、冒頭でも紹介した表示パネル側での見かけ輝度向上の白色画素の混在などが相まって、映像制作に関わる方々は解像度の実態について十分に留意いただき、見た目にだまされずに判断いただきたいところである。

Ichiro Kawakami
デジタル・ルック・ラボ



ファイルベース自動QCシステム

file-based Automated QC system



パルサー

Pulsar

さらに拡大するファイルベース制作ワークフローにおいて、大量のファイル取り込みから配信/納品までの各ポイントにおける品質管理は益々重要になってきています。2003年創業以来、すでに世界で150以上のユーザーの獲得実績を誇る、Venera Technologies社のファイルベースQCシステム「Pulsar(パルサー)」は、豊富な対応フォーマット、独自に柔軟な設定が可能な解析テンプレート機能、オペレータの省力化をサポートする各種自動化機能などを備えた、費用対効果の高い自動QCツールです。用途ごとにチェックが必要とされる各項目を高速に、確実に一貫したチェックを行い、解析し評価を行います。

- コンテナ
- メタデータ
- AVフォーマット
- 品質パラメータ

任意のポイントで Check!

ファイルベース自動QCシステム Pulsar(パルサー)

Check!

インジェスト

Check!

編集

Check!

エンコード

Check!

インジェスト

Check!

トランスコード

Check!

配信/納品

AmazonTV

iTunes

NETFLIX

DPP

Hulu


...

アーカイブ

ポストプロダクション


放送局 / IPTV / ケーブルTV / OTT


《Pulsar画面》



- 多くの現場オペレータの声を反映させた、直感的なユーザーインターフェイスとレポート機能を搭載したQCシステムです。
- コンテンツファイルのコンテナ、メタデータ、AVフォーマット、その他品質パラメータを解析テンプレートに従って高速に自動品質評価します。
- 特定の検証プロセスに適用できるルール/プロファイル/テンプレートを独自に定義できます。
- HLSやSmooth StreamingフォーマットなどのAdaptive Bitrateコンテンツの解析に対応しています。
- ハーディングPSE解析エンジンをオプション追加可能です。

《PDFレポート》





伊藤忠ケーブルシステム株式会社
クロスメディアソリューション本部 TEL.03(6277)1851
〒141-0022 東京都品川区東五反田 3-20-14 高輪パークタワー