

## 混迷する HDR の現状と今後の展望

川上 一郎

さて、家電量販店に並んでいる大型テレビにも HDR 対応の表示が一般的になってきているが、一方で 4K 放送に対応した 4K エンコーダ内蔵大型テレビの売れ行きが今ひとつなのは HDR 対応テレビが、本来であれば HDR 対応映像の時にだけ最高輝度範囲への EOTF (電気的なビデオ映像信号をテレビ表示する光学的な輝度信号に変換する処理: Electro-Optical Transfer Function) 特性を変換すれば良いのに、HDR 対応でも無い映像でも HDR 用 EOTF で表示してしまうために、結果としてテレビの持っている最大輝度の 8 割程度の暗い映像表示しかできないことが原因と言われており、筆者も近所の家電量販店で見かける大型テレビでも本来の HDR 表示を生かし切った展示は見当たらないのが現状である。デモ用映像での HDR モドキ映像シーンは編集段階のレンダリング処理で加工した映像であり、スマホのカメラ用付加機能から始まった HDR から前進していないのが現状である。

この HDR については、Facebook のポスト関係グループ投稿でもしばしば取り上げられているが、ポストプロ業界向け機器を長年取り扱っており、現在は英国 Filmlight 社の日本代表に就任している松井

さんから HDR 関係の業界事情を整理した面白い情報があると教えていただいたので紹介させていただきます。

フラットパネル関連情報サイトである flatpanelshd.com に面白い情報を度々投稿している メディアコンサルタントの Yoeri Geutskens 氏によるカメラ・モニター・放送・ビデオ配信・ポストプロダクション関連機器などの広範囲な HDR 普及状況の資料 “HDR Ecosystem Tracker fall 2020 update” (<https://www.flatpanelshd.com/focus.php?subaction=showfull&id=1606977052>) である。

HDR についてはこれまでの連載記事でも度々紹介 (2015 年 10 月号、2016 年 11 月号等) してきているが、放送事業者が普及を図っている HLG (Hybrid Log Gamma: 通常の輝度範囲と高輝度側で Log ガンマカーブを変える方式) と、PQ (Perceptual Quantizer: パーセンの視覚特性閾値に合わせて最大 10,000 カンデラまでの輝度値を絶対輝度で規定した新たなガンマカーブを元にした UHD BD/4K ブルーレイで採用された HDR10、そして PQ 方式で 12 ビットの人間の視覚閾値を超える階調再現が可能と称している Dooby Vision に大別される。

図 1 に示しているのは民生用デジタルカメラでのブランド別 HDR 対応マップである。HLG には Sony/Panasonic/Apple が対応している。HDR10 には Samsung/LG/Sony XPERIA が対応し、HDR10 にフレーム単位での HDR10 特性を可変できる動的メタデータを付加した上位バージョンである HDR10+ には Samsung GALAXY S が対応している。なお Apple は最新機種で Dolby Vision 対応を表明しているが 12 ビットでのフルプロファイルまでサポートしているのかは公開していない。

また、RAW 形式での HDR 対応についてはミラーレス/DSLR そしてコンパクトデジカメを含めてメーカーが多く未確認であり、OPPO のみがこのマップを作成した著者の対応確認機種となっている。

図 2 はセミプロ/民生用モニタの HDR マップを示している。HDR10 は全ての機種が対応しており、HLG は BENQ/ASUS/Apple の三社が対応し、Dolby Vision は ASUS/Apple の二社が対応している。このセミプロ/民生用モニタではスマートフォン撮影映像や、コンパクトデジカメやミラーレス/DSLR 撮影映像の表示が主要な用途である。

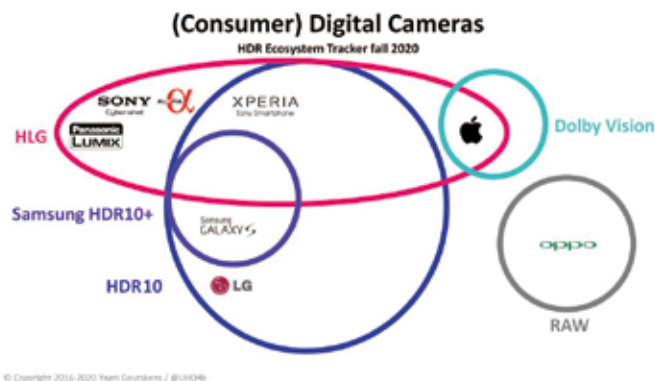


図 1 民生用デジタルカメラでの HDR マップ

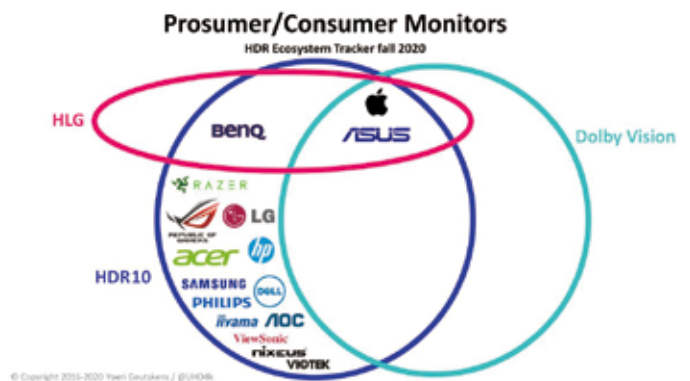


図 2 セミプロ/民生用モニタでの HDR マップ

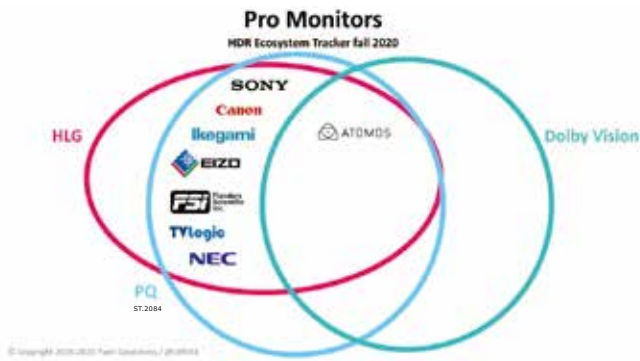


図3 業務用モニタでのHDRマップ



図4 米国ブランドTVのHDRマップ



図5 欧州ブランドTVのHDRマップ



図6 インドブランドTVのHDRマップ

図3は業務用モニタでのHDRマップを示している。中央のPQは SMPTE-ST.2084 対応のHDR表示方式であり、放送業界が提唱しているHLGと併せて Sony/Canon/Ikegami/EIZO/FSI/TV logic/NEC/ATOMOS が対応している。なお、Dolby Vision 対応は現在のところ ATOMOS のみとなっている。

図4は米国ブランドの民生用テレビセットでのHDRマップであり、各社の販売戦略が複雑に絡み合った複雑な勢力構成となっている。ブルーレイ4K映像表示対応としてHDR10には各社とも対応しているが放送業界が提唱しているHLGには Sony/TCL/LG/SAMSUNG/Hisense/VIZIO の6社のみが対応し、Dolby Visionには Sony/TCL/LG/Hisense/VIZIO/PHILIPS/SHARP/TOSHIBA/P&F の9社が、動的メタデータによりフレーム単位でHDR10の特性を変化させるHDR10+には SAMSUNG/Hisense/VIZIO の3社が、そして全てのHDR方式を包含としている Advanced HDR by Technicolor はライセンス先を失った模様である。

また、HDR10のみに対応しているのは JVC/RCA/HITACHI/MAGNAVOX/INSIGNIA/Westinghouse/POLAROID/SCEPTRE の8社である。

なお、POLAROIDブランドのテレビは米国・英国で販売されており、知名度があることから投資ファンドの売買案件として取引されている。

図5は欧州ブランドの民生用テレビセットでのHDRマップであり、欧州の放送コンテンツで圧倒的な人気を得ているサッカー中継に適したHLGを大半のメーカー(METZ/TOMSON/SONY/TOSHIBA/HISENSE/electri/VESTEL/GRUNDIG/MEDION/LOEWE/LG/POLAROID/SAMSUNG/TCL/PHILIPS/TPVISION/PANASONI/B&O) がサポートしており、HLGに対応していないのは SHARP/CELL の二社のみとなっている。またHDR10には全社が対応し、動的メタデータ対応のHDR10+も SAMSUNG/TCL/PHILIPS/TPVISION/PANASONIC が対応するなど米国以上にHDR10+への関心が高いことがうかがえる。

また、Dolby Vision 対応も SONY/TOSHIBA/Hisense/electro/VESTEL/GRUNDIG/MEDION/LOEWE/LG/B&O/POLAROID/TCL/PHILIPS/TPVISION/Panasonic と米国での6社に対して欧州では15社と2倍以上多く民生用テレビセットが対象とするコンテンツ内容の違いがうかがえる。

欧州でのサッカー中継は欧州放送業界にとってのドル箱であり、かつ高緯度地域での西日の差し込む競技場での画質向上には HLG 放送の普及が必須であることからテレビセットメーカーにとっても HLG 対応は当然の選択であり、むしろ HLG 非対応を選択した SHARP/cell の二社がどのような経営判断をしたのかが興味深いところである。

図6はインドブランドの民生用テレビセットのHDRマップであり、米国や欧州とは全くことなった分布である。HDR10には全社が対応し、HLGには LG/Panasonic/Hisense の三社が、Samsungの提唱するHDR10+には何故か Hisense/PHILIPS の二社のみが対応(SAMSUNGは非対応)している。Dolby Visionには SONY/NOKIA/TOSHIBAVU/Hisense/PHILIPS の6社が対応している。なお、昔のミニコンポ全盛時代に一世を風靡した SANSUI は香港の投資ファンドがブランド名を切り売りしておりインドのテレビセットに名前が残っている。同様に家電メーカーでも無い Kodak ブランドのテレビセットがあるところも興味深いところである。

図7はテレビ周辺機器でのHDRマップであり、テレビセットのUSB端子やHDMI端子に接続するストリーミングメ

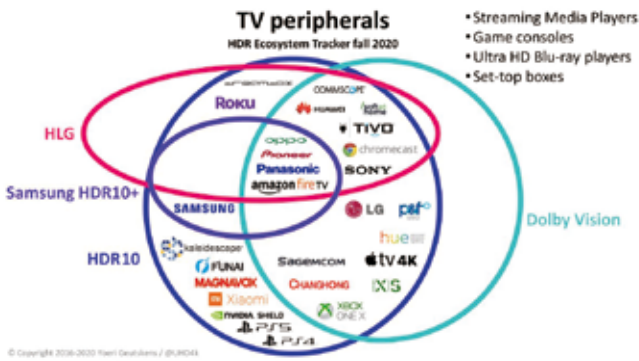


図7 テレビ周辺機器でのHDRマップ



図8 映像配信サービスでのHDRマップ

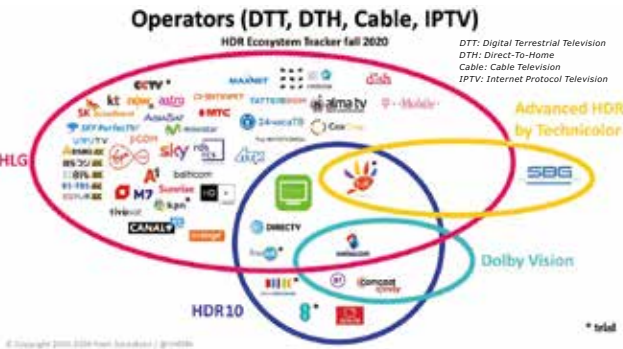


図9 放送とTV事業者でのHDRマップ

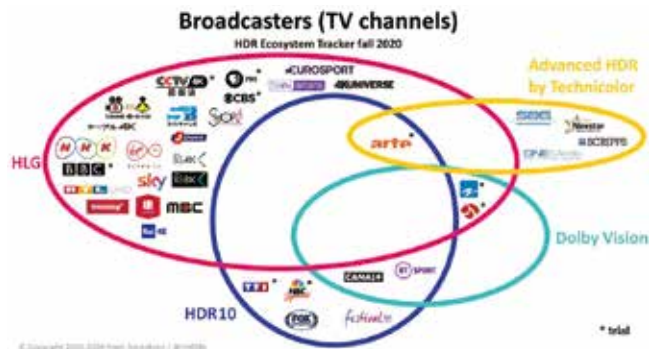


図10 放送事業者 (TV Ch) でのHDR勢力マップ

ディスプレイ、ゲームコンソール、UHDブルーレイプレイヤー、セットトップボックス等を含む。全てのHDR形式に対応しているのがOPPO/Pioneer/Panasonic/Amazon fireTVであり、HDR10には全ての機種が対応している。Dolby VisionにはApple-tv 4KやXBOX One Xも含めて18社が対応しており、HDR10対応でDolby Vision非対応の10社・機種を上回っている。定額見放題によるストリーミングサービスは今後も市場が拡大しており、新規参入時のHDR規格対応の戦略はライセンス料負担を含めて経営者の頭を悩ます課題であることは間違い無い。

図8は映像配信サービスでのHDRマップを示しており、HLGのみしかサポートしないBBC iPlayerは我が道を行くとして、全ての映像配信サービス事業者はHDR10をサポートしている。HLGはBBC iPlayer/YouTube/vimeoの3事業者であり、Samsung HDR10+はAmazon video/Google Play Movies & TV/Rakuten TV等の6事業者がサポートしている。また、Dolby VisionはNETFLIX/Disney+/HBOmax/Apple tv+/Apple iTunes/amazon video/Google Play/Rakuten TV等の20事業者がサポートし

ておりハリウッド映画の配信を意識していると推定される。なお、先行するNETFLIXとDisney+を猛追することが経営陣に課せられているHBO Maxは4K HDR対応を昨年末のクリスマスシーズンから開始している。

また、HDR対応の新規ストリーミングサービス事業者としてMovies Anywhere,NASA,Stan (Australia),Stingray,Ivi (Russia)とEros Now (India)が参入した。

図9は、放送とTV事業者でのHDRマップを示しており、地上デジタル放送：DTT (Digital Terrestrial Television)、衛星デジタル放送：DTH(Direct-To-Home)、ケーブルテレビ、インターネットテレビ：IPTV (Internet Protocol Television)の4種類の事業形態がある。圧倒的にHLG形式をサポートする事業者が多く、放送内容は別にして日本の放送事業者が多い特徴がある。一方で、日本の放送事業者はHDR10やDolby Visionには対応しておらず、呉越同舟の放送事業者が顕著である。

また、HDR10のみに対応している事業者や、HLG/HDR10/Dolby Vision全てに対応するのはswisscomであり、放送とTV事業者が視聴者離れをどのように防いで生き残りを図っていくのかが興味深い

ところである。

図10は従来の放送事業者でのHDR勢力マップである。NHKとBBCが提唱したHLG対応の放送事業者が圧倒的に多いが、米国の放送事業者ではCBSが対応しているのみでありATSC3.0による4K&HDR対応が米国の主流である。なお、HDR10にはNBCとFOXが対応している。また、テクニカラーによるadvanced HDR by Technicolorはarte/SBG/Nexstar/SCRIPPS/OneMediaの5事業者がサポートしている。

なお、ハリウッドの映画スタジオはDolby VisionによるHDRしかサポートしていない。一部のスタジオであったHDR10による作品せい

図11はビデオ配信機器でのHDRマップを示しており、ST.2084による10ビットPQ方式とHDR10を全事業者がサポート、放送事業者が提唱するHLGの10ビット版を7割の事業者が、Dolby Visionを5割強の事業者がサポートしている。Samsungによる動的メタデータを付加したHDR10+は6事業者がサポートし、テクニカラーによるAdvanced HDR by Technicolorは5事業者がサポートする勢力分布となっている。また、

### Video delivery component vendors (encoding, packaging, playback)



図 11 ビデオ配信機器でのHDRマップ

### Post-Production, Mastering, QC and Authoring Tools



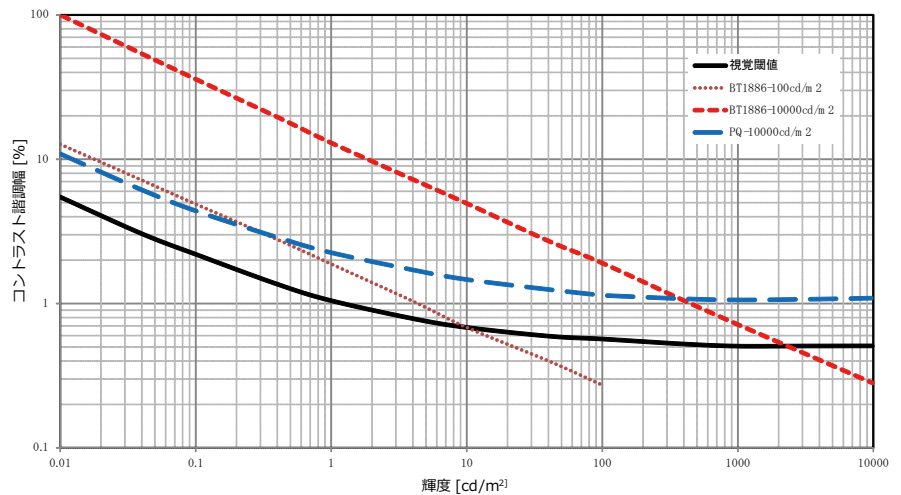
図 12 ポスプロツールでのHDRマップ

ArcvideoはDolby Visionをサポートする世界初のライブ配信エンコーダーを上市 (<https://twitter.com/simongauntlet/status/1332329754108833792>) した。

図 12 はポスプロツールでのHDRマップを示している。HDR10は8割以上の製品が対応しており、HLG10も7割以上の製品が対応している。全てのHDRフォーマットに対応しているのはColor FRONT Transcoder/MIST/Final Cut Pro X/Davinci RESOLVE 15であり、映画撮影の収録で使用されているATMOSはPQ10/HLG10/Dolby Visionに対応しているがHDR10とSamsung HDR10+には非対応であり、各製品毎に目的とする市場分野でハンドリングされるHDR形式が異なるのが興味深い。

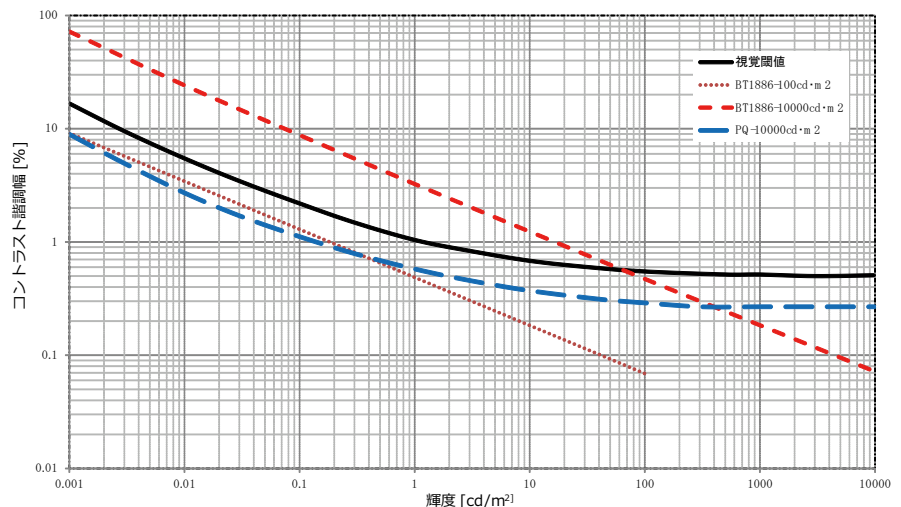
ポストプロダクションではカット編集やCGとの合成作業、そしてカット毎の色味調整や音響合成などの複雑な作業工程があり、一つの作品で使用する映像素材も異なる撮影機器で行われるために、ビット幅、色温度、解像度、階調再現特性などが異なってくる。また、映画作品などで同一のカメラとレンズシリーズを使用したとしても撮影時のライティング次第で画質が異なってくるのは当然のことであり、これに異なるHDR方式の映像素材が混在してくると“ヒッチャカメッチャカ”の状態となり、作業時に使用しているモニターで視認できる輝度範囲（特に10,000ニットをピークとした素材）を超えたHDR形式の素材では“白飛び”の発生が確認できないために、納品前の最終段階でどんでん返しをくらうことも発生している。ポスプロ関連でのHDRに伴うトラブル事例はFacebookに主要ポスプロソフト毎のグループ投稿が数多く掲載されているので参考にさせていただきたい。

図 13 と 14 には10ビットと12ビット



ITU-R BT.2390-0 Figure 14 Contrast step size vs. display luminance for 10 bit signals

図 13 10bit 信号でのコントラスト階調幅とディスプレイ輝度



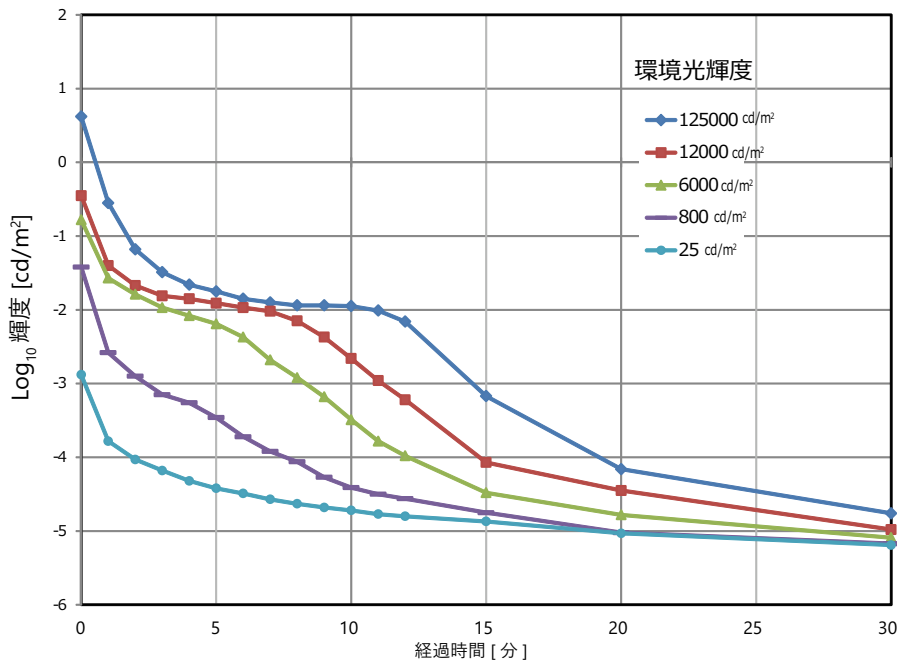
ITU-R BT.2390-0 Figure 13 Contrast step size vs. display luminance for 12bit signals

図 14 12bit 信号でのコントラスト階調幅とディスプレイ輝度

トでの輝度信号による階調変化と視覚閾値の関係を示しており、100カンデラを超えると人間の視覚が捉えられるコントラスト変化はほぼ横ばいとなることから、高輝度側にはビット幅を割り当てなくて良いのでは、との考え方がPQ方式HDRの根拠となっている。ただし、1,000カンデラまでは明るい室内での表示装置として許容できる輝度であるが、10,000カンデラは晴天時の太陽を直視したときの輝度であり数秒

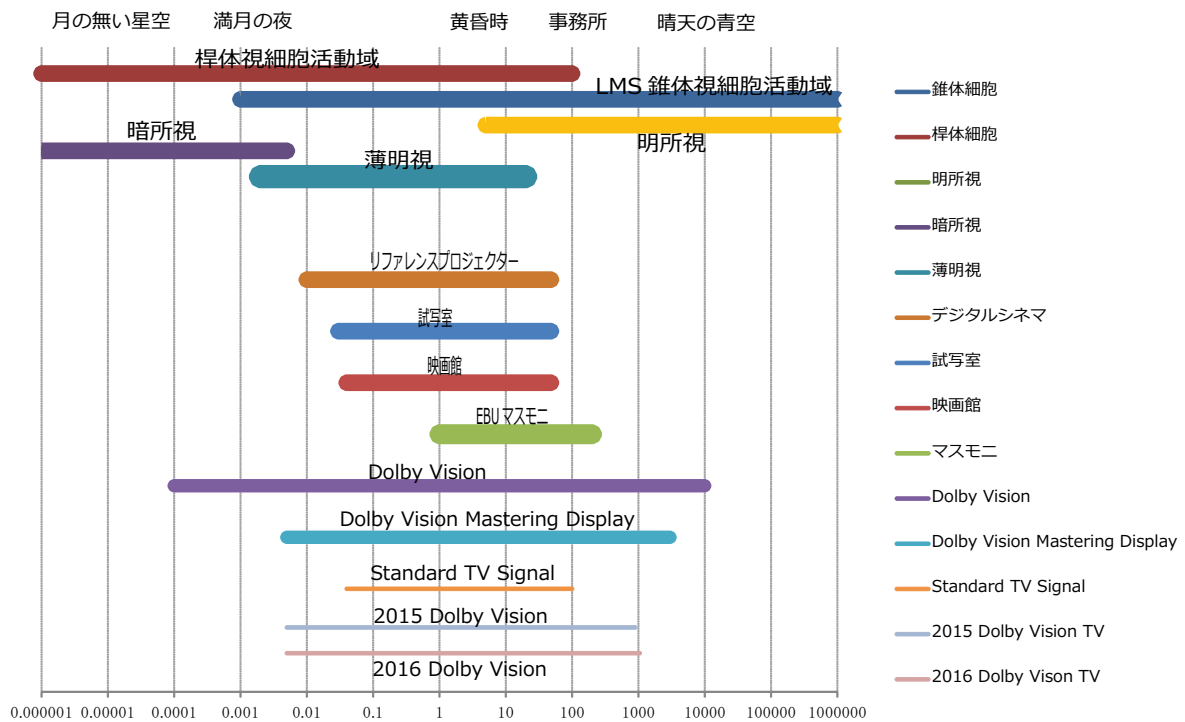
間以上見つめ続けると視覚障害となる危険性もあり、単なるカタログスペック上の優位性を歌いたい営業的センスでやたら高輝度対応を喧伝する製品戦略ははなはだ嘆かわしい。

テレビが家庭に入り出したときに“明るいXXX”、“光る光るXXX”などのキャッチコピーで店頭表示に高輝度を高らかに掲げたが、実際は黒が浮いてしまって全く絵になっていない民生用テレビがあふれた時



M.G. M. Stokkermans and I. Heynderickx (2014),  
 Temporal dark adaptation to spatially complex backgrounds: effect of an additional light source.  
 JOSA A V31 #7, pp. 1485-1494.

図 15 黒識別能力の経時変化と環境光輝度



引用元：<http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/Sample-Chapter.pdf>,  
<http://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-vision/dolby-vision-white-paper.pdf>

図 16 人間の視覚特性と Dolby Vision

期が思い出される。

現在店頭に並んでいる大半の製品は LED バックライトであり、最新機種では画面の裏側に数十画素毎にバックライト輝度を可変できる方式を採用しているが、当然のことながら 1,000 カンデラまで該当ブロックの輝度を上げると、該当ブロック内でも

“黒浮き”が発生してしまう。かといって、4 画素や 8 画素単位で輝度調整可能なバックライト機構を設けるとミニ LED パネルを製造した方が价格的に優位となり、LED バックライト方式の大型テレビで HDR 対応や 4K 対応、そして意味不明な画質改善 AI エンジン等といった機能やセールストー

クに頼らざるを得ない現状は限界にきていると筆者は感じている。

Dolby Vision も製品発表当初のデモ機では 1,000 カンデラモードにすると画面全体に“黒浮き”が発生してしまって高輝度側での階調再現性は効果半減となっていました。昨年 2 月にサンフランシス

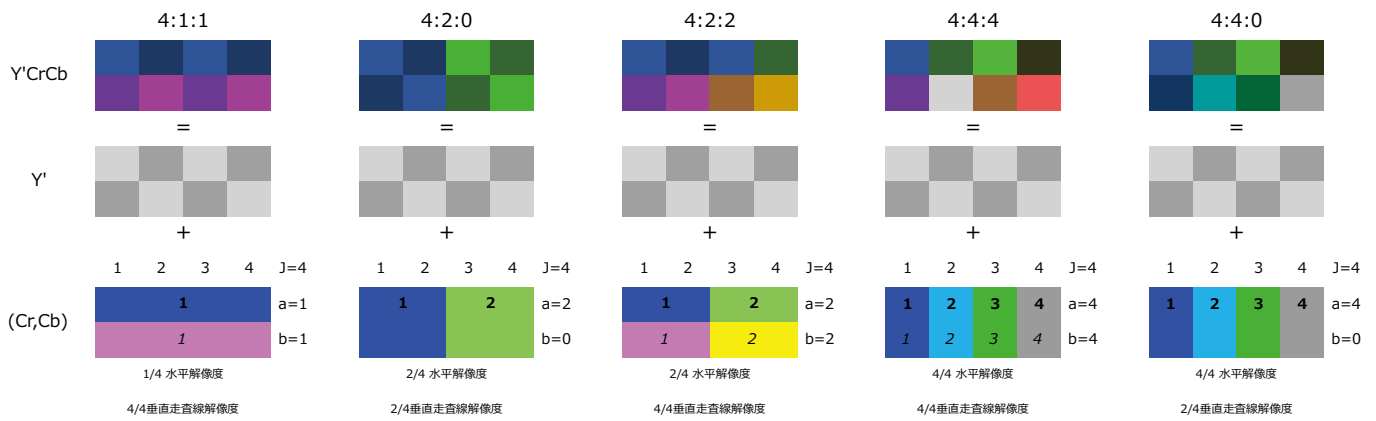


図 17 各種色サンプリング方式の実際

コを訪問したときに Dolby Vision のスクリーンで映画鑑賞をしたが、本編上映前の Dolby Vision デモプレイヤーでも“黒がしまって、白がきらめく”理想の画質とは感じなかった。さらなる技術開発を進めていただき、映画上映時のシーケンシャルコントラスト比を数桁引き上げて欲しいと願っている。

画質を決定的に改善する“黒の締まり”については図 15 に示している環境光の輝度が高ければ黒領域の輝度差を識別できる時間が、より長く必要とする“暗順応”の問題があり、少し暗めの室内の輝度に相当する 25 カンデラでは 20 分で黒の識別能力はほぼ 90%以上に到達するが、明るい事務所での 1,200 カンデラでは 30 分を要し、真夏の屋外に相当する 12,500 カンデラでは 30 分以上経過しても黒の識別能力は回復しないことが知られている。

図 16 に示している人間の視覚特性と HDR の PQ 方式を提案した Dolby Vision では、上述の暗順応の問題や、高輝度側表示装置での“黒浮き”問題を解決してから映像側への階調再現特性を提案するべきで

あると筆者は考えている。

HDR 対応で家庭に届く映像信号の 10 ビット越えが始まったが、テレビに接続するインターフェースも HDMI や USB のいわゆる 4K/8K にどう対応していくかの主導権争いが激化している。パソコンからの映像出力も旧来の VGA はすっかり劣勢となり、ビジネス用製品等にわずかに残るのみで、ディスプレイポートと USB-C、そして HDMI との覇権争いが激化してきている。

民生用映像インターフェースの信号帯域でナンチャッテ 4K/8K に対応するには映像信号の帯域圧縮しか手段が無いことから色信号の間引きが進展している。テレビ放送が白黒からカラーに切り替わるときに割り当てられている周波数帯域のままカラー放送を行うために Y' CbCr の色差信号方式を採用し、その後の民生用ビデオカメラや DVD 等の周辺機器が色信号そのものを間引いて帯域圧縮を行うことが常套手段（関わっている関係者は“そんなつもりはありません”と言いそうであるが）となってしまう。

図 17 は HDR の普及にともないテレビ周辺機器での色信号ダウンサンプリングの内

容を示している。

各サンプリング方式の最上段に示している 4:1:1 や 4:2:0 は、本来のビデオ信号情報を 4 倍の周波数でサンプリングして処理することから間引いていないフルサンプリングの色情報は 4 と表示される。

水平方向の画素を 2 画素毎に平均化処理する間引きや垂直走査線を奇数・偶数の片側のみサンプリングして帯域圧縮を行っている。なお、日本のテレビ局に納品されている Sony HDCAM は 3:1:1（水平方向画素情報を 3/4 に圧縮している）である。

HDR での高輝度領域階調再現のみを追求しても、家庭の視聴者に届く映像は放送や配信時の様々な画像圧縮や伸張処理、そして最終的なインターフェース部分での帯域圧縮などが複合化して行われることから、単純に 4K/8K は高画質と喧伝する評論については眉唾ものとして捉えていただきたい。

Ichiro Kawakami  
デジタル・ルック・ラボ

## ますます多様化するフィールドで応える 柔軟さと確実性

**エンベデッドオーディオならびにデジタルオーディオのフェーダーコントロールによる直感的なレベル調整**

- 接点タリ入力によるフェーダーミュート動作
- エンベデッドオーディオのリマッピング機能
- フェーダーの動作モード（フェーダー / カフ）切換
- 5.1 ダウンミックスとステレオミックス機能
- 各チャンネルごとに PFL モニター可能
- モニタースピーカー内蔵
- ヘッドフォン出力装備

## HF-02

3G/HD/SD-SDI+ デジタルオーディオフェーダーボックス  
税抜価格 ¥490,000

**FB** 株式会社  
FourBit **フォービット**

〒358-0014  
埼玉県入間市宮寺 2720  
TEL : 042-934-7720  
FAX : 042-934-5664  
TEL : 042-935-0551 (営業部直通)  
URL : <http://www.fourbit.co.jp>