

知っておきたいキーワード

Deep Color

高橋学志†

† パナソニック株式会社

"Deep Color" by Satoshi Takahashi (Semiconductor Company, Panasonic Corporation, Osaka)

キーワード：ディープカラー (Deep Color), HDMI, デジタルインタフェース, ブルーレイディスク, ディスプレイ

Deep Colorとは？

通常、デジタルテレビやブルーレイビデオの場合、1画素あたりの色や輝度データは各要素毎に8ビット＝256段階で表現され、例えば色空間がRGBの場合、1色あたり8ビット×3＝24ビット＝約1,677万色で階調表現されています。

色表現としては24ビットでほとんどカバーすることができますが、ゆるやかに色が変わる夕焼け等の素材の画像では、等高線のような縞模様が出

てしまうことがあります(図1)。これを回避する高い階調表現が必要となってきます。

高い階調表現を実現するためには、第一に、表示する素材の階調が高いこと、第二に、表示するプラズマや液晶パネル等の高い階調を表現可能なこと、第三に、その間を高い階調のまま伝送可能なことが条件となります。

従来、そのような高い階調を表示装置にデジタル画像伝送するには、SDIと呼ばれる放送機器用の伝送規格で実現されておりました。しかし、放

送用の規格であったため、民生機器へは普及しておりませんでした。

民生用のデジタル画像伝送規格として登場したHDMI (High-Definition Multimedia Interface) では、そのような高い階調をデジタルで伝送することを可能としており、従来の8ビットにおける通常の階調伝送と区別するために、10ビット、12ビット、16ビットの高い階調の伝送をDeep Colorと呼んでいます。

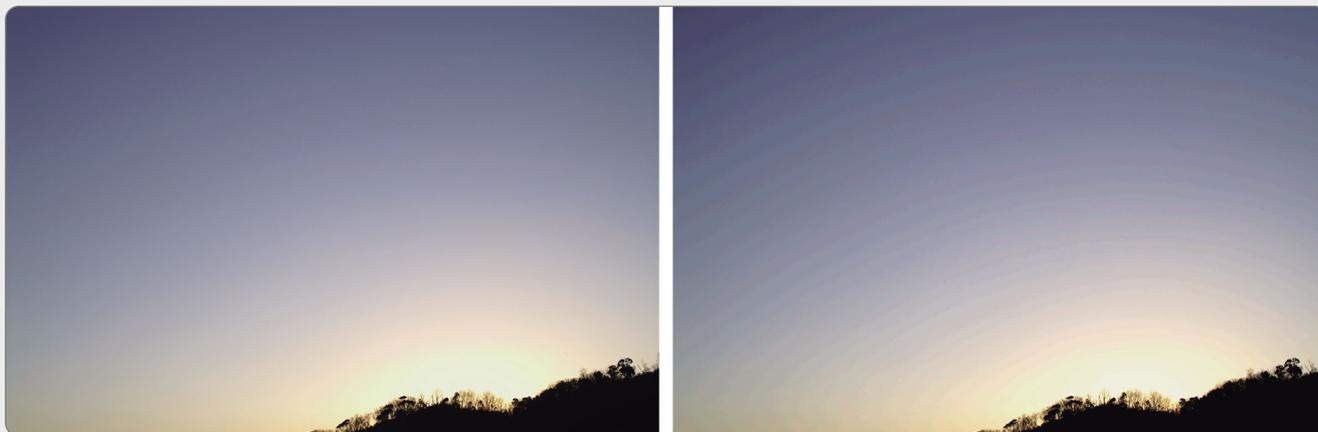


図1 本来の画像と縞模様が出てしまった画像の例

HDMIにおける画像の伝送方法

それでは、HDMIではどのように高い階調の伝送を行っているのでしょうか。HDMIの画像データは、4組の差動信号を用いて伝送されます。4組のうち1組をクロックの伝送、残りの3組はそれぞれ、TMDS (Transition Minimized Differential Signaling) と呼ばれる8ビットのデータを10ビットに変換する方式で10ビットのデータに変換し、その後パラレルシリアル変換して伝送します。基本的には1組あた

り8ビットの画像データが一つの単位となります。

図2に1組あたりのビデオデータ伝送の模式図を示します。

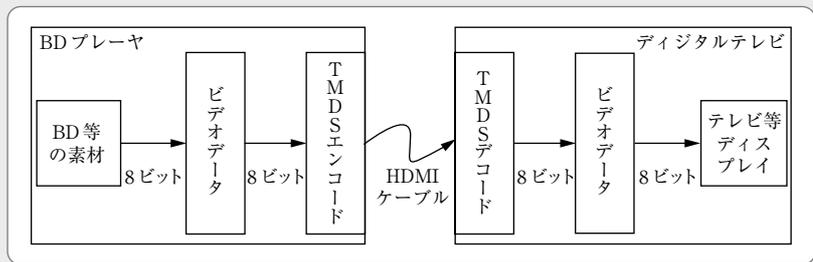


図2 HDMIでのビデオデータ伝送1組あたりの模式図

HDMIにおけるDeep Colorの実現方法

以上より、HDMIでは図2のように、8ビット以外の画像データは伝送できないこととなります。そこで、画像データの1画素あたりの周波数に対して、出力データのクロックの周波数を上げて、10ビット以上の画像データを複数の出力データにまたがって、同じ時間単位における伝送レートを上げることでDeep Colorを実現しています。

図3に例として、12ビットの伝送を60Hzの1080pと呼ばれる画像フォーマットで実現する場合を示します。1画素あたり12ビットのデータが148.5MHzの周波数で送られています。この1画素12ビットのデータを同じ時間で8ビット単位で送ろうとすると、

$$148.5\text{MHz} \times (12/8) = 148.5\text{MHz} \times 1.5\text{倍} = 222.75\text{MHz}$$

の周波数で送れば良いこととなります。

12ビットと8ビットの最小公倍数である24ビットを単位として同期され

て伝送されます。こういった複数のデータを用いて元の画素のデータを再生する方式を、ピクセルパッキングと呼んでいます。

同様に10ビットの伝送の場合は1.25

倍、16ビットの場合は2倍の周波数で伝送すれば、伝送単位としては、1クロック当り8ビットなのですが、結果として10ビット以上の高い階調の画像データの伝送が可能となります。

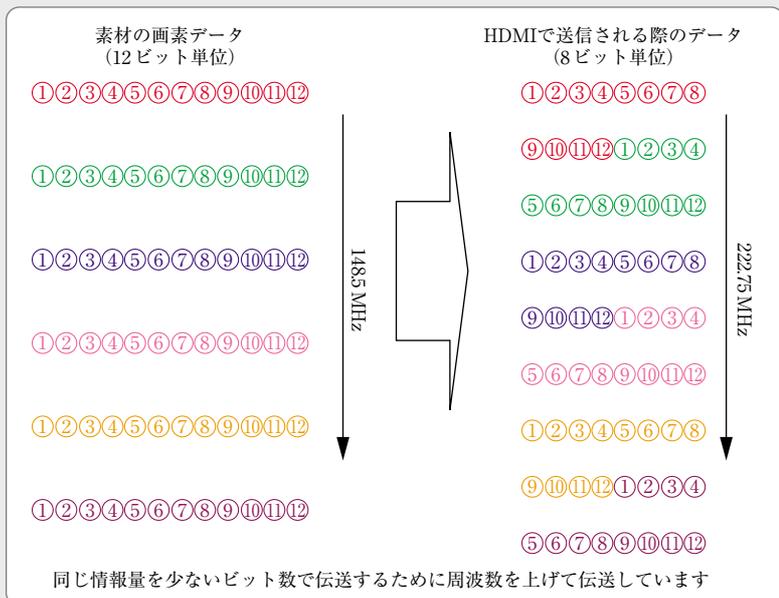


図3 ピクセルパッキングの模式図

Deep Color伝送の素材について

一般に、DVD、BD-ROMなどに記録されている画像信号は、8ビットの階調を持ちます。したがって、HDMIのDeep Colorに用いられている10~16ビットというのは、一見オーバスペックのように思えます。

しかし、DVD/BDに記録されている映像信号フォーマットは、一般に4:2:0と呼ばれる記録用フォーマットであって、色差信号(CB/CR)は垂直、水平方向にそれぞれ半分にサブサンプルされています。例えば、1080Pの画像信号を例にとると、輝度(Y)信号のサンプル数は1,080x1,920であるのに対して、色差信号のサンプル数は540x960です(図4)。

一方、HDMIでは、4:2:2/4:4:4/RGBの伝送用フォーマットがサポートされています。4:2:2では、色差信号は垂直方向には輝度信号と同じ、水平方向は半分にサブサンプルされたサンプル数を持ち、さらに4:4:4/RGBでは、色差信号は、輝度信号と同じサンプル数を持ちます。例えば1080Pの場合だと、4:2:2の色差サンプル数は1,080x960、4:4:4/RGBでは1,080x1,920となります。

DVDやBDの再生機は、そのHDMI出力を得るために、4:2:0の画像信号を、それらの信号フォーマットに変換しなければなりません。すなわち、出力が4:2:2の場合には、色差信号垂直方向にアップサンプルする必要があり、また、4:4:4/RGBの場合には、色差信号を水平方向にもアップサンプルする必要があります。

色差信号を垂直方向にアップサンプルしようとする、上下のサンプルより補完処理を行うこととなります。図

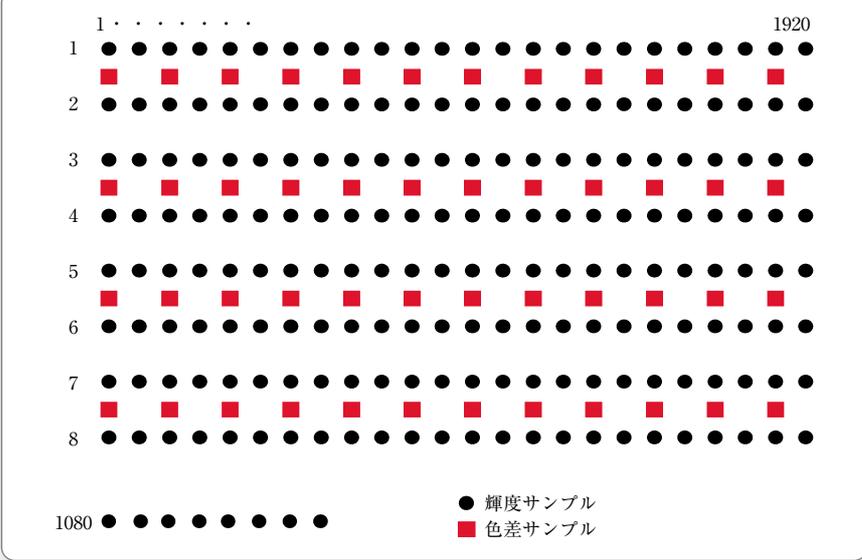


図4 輝度信号と色信号の模式図

5に最も簡単な2タップのフィルタを記します。

4:2:0の色サンプル位置と4:2:2の色サンプル位置の違いから隣接する4:2:0の実サンプルに重み付けされて、

$$A*1/4+B*3/4$$

$$A*3/4+B*1/4$$

の計算式でそれぞれ4:2:2空間の色信号が得られることになります。

ここで重要なのは1/4もしくは3/4という係数が元のサンプル値にかけられることで、これによって下位2ビットが拡張されて、A、Bが8ビット階調しか持たない場合でも、アップサンプルした結果は10ビットの階調を持つ信号となります。近年では、さらにタップ数を増やした色差アップサンプルフィルタも用いられることがあり、この場合は、補完処理によってさらに多くの下位ビットが生成されることもあります。

したがって、DVD/BDに記録された映像信号を正確にテレビに伝送しよう

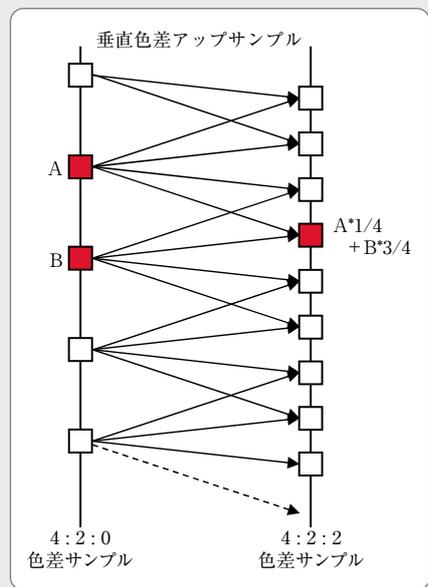


図5 2タップフィルタの例

とした時に、8ビット階調では不十分であり、10~16ビットに対応できるDeep Colorが必要となります。

Deep Color伝送の表示について

一方、デジタル映像信号の表示デバイスとしてみたときのテレビの表示性能は、①水平・垂直画素数、②そのパネルが表示できる色域の大小、および、③各画素が表現できる階調の高さ、の三つのパラメータで決まります。

Deep Colorはこれらのうち、③各画素が表示できる階調の高さに関連しており、もしパネルが表示できる階調が10ビットに満たないような場合には、せっかく10ビット以上の信号を入力しても、そのデータの持つ階調表現力を十分に表示しきれません。なお、

上記の①は、よく「解像度」と短く表現され、このパラメータの大小だけでパネル性能を比較することも多いのですが、②の色域の大小とともに、①～③がバランスよく備わっていることがトータルの表現力を決定づけます。

現在、市販のテレビで採用されている表示パネルの主流は大きく、プラズマ方式と液晶方式に分類されますが、プラズマ方式は、サブフィールド駆動と呼ばれる方法で発光期間をコントロールすることで、10ビット以上の階調表現を実現しており、また一方、液晶方式は、アナログ制御によりバックライト照明をシャッタ遮蔽することで、輝度を得ていることから原理的には無

段階表現が可能であり、いずれの方式でも、原理的に8ビットを十分に越えた表現力を有していると言えます。

したがって、Deep Color伝送により、DVD/BD-ROMなどの記録メディア上に格納されていた4:2:0信号から4:4:4信号への変換時の補間演算で生じた追加ビットデータを含めた全デジタル情報が、HDMIケーブルを通じて伝送され、最終的に、階調深度が10ビット以上のパネルに表示することにより、元の記録メディアが持っていた情報を、余すことなく表現することが可能になります。

(2011年4月4日受付)

参考文献

- 1) High-Definition Multimedia Interface Specification Version 1.3a



たかはし すぐし
高橋 学志 1989年、室蘭工業大学電子工学科卒業。同年、松下電器産業(株)(現パナソニック(株))入社。現在、IEEE1394やHDMI等のデジタルインタフェースのLSI開発に従事。

キーワード募集中

この企画で解説して欲しいキーワードを会員の皆様から募集します。ホームページ (<http://www.ite.or.jp>) の会員の声より入力可能です。また電子メール (ite@ite.or.jp)、FAX (03-3432-4675) 等でも受け付けますので、是非、編集部までお寄せください。(編集委員会)