

IF インターフェース・
デザイン・シリーズ

4K2K高精細画像データを10Gbps超で伝送できる

高速ビデオ・インターフェース HDMI&DisplayPortのすべて

長野 英生 著

見本



CQ出版社

第1章

高速シリアル・ インターフェースの 登場と規格

1-1 パラレルからシリアルへ

● ディスプレイ・インターフェースとデータ・インターフェース

図 1.1 に、主要な高速シリアル・インターフェースの規格を示します。高速シリアル・インターフェースは、ディスプレイ・インターフェースとデータ・インターフェースに分類できます。

ディスプレイ・インターフェースは、ディスプレイ機器と外部機器間のインターフェース、およびディスプレイ機器内部で使われるインターフェースと定義し、ディスプレイ機器に特化した機能を搭載したインターフェースになります。主な高速ディスプレイ・インターフェースとしては、LVDS、miniLVDS、DVI、HDMI、DisplayPort などがあります。

データ・インターフェースは、パソコンと周辺機器間、およびパソコン機器内部で使われる高速インターフェースと定義し、パソコンに特化した機能を搭載したインターフェースになります。主なデータ・インターフェースとしては、USB、SATA、PCI-Express、Thunderbolt などがあります。

● シリアルへの移行が進むディスプレイ・インターフェース

デジタル・テレビに代表されるコンシューマ機器の性能向上に伴い、機器が扱うデータ量は年々増加の一途をたどり、機器間のインターフェースは従来のパラレル・インターフェースではコストや消費電力、EMI 性能といった面に対応できなくなってきました。そこで、パラレル・インターフェースに代わり、シリアル・インターフェースが広く普及するようになっていきます。

図 1.2 に、パラレル・インターフェースとシリアル・インターフェースのそれぞれに使用される LSI のピン数の比較を示しますが、パラレルからシリアルにすることで LSI のピン数が大きく削減されます。

ピン数の削減は、LSI のコストを低減させるだけでなく、コネクタやケーブル

第2章

DVI と HDMI の基本技術

本章では、HDMI(High-Definition Multimedia Interface)について解説しますが、HDMI の解説に入る前に HDMI とバックワード・コンパチビリティのある DVI(Digital Visual Interface)を紹介します。DVI では TMDS などの HDMI の根幹となる基本技術を使っており、その概要を把握しておくことは HDMI を理解するためにも役立ちます。

2-1 DVI の成り立ち

● デジタル化された最初のシリアル・ディスプレイ・インターフェース

DVI は、パソコンとモニタ間のインターフェースとして長い間使用されてきた VGA(Video Graphic Array)によるアナログ伝送を、画質劣化のないデジタル伝送にした最初のシリアル・ディスプレイ・インターフェース規格です。DVI は、非圧縮の映像データを伝送することができます(図 2.1)。

DVI は、1999 年に IBM, Intel, Compaq, Hewlett Packard, NEC, Fujitsu, Silicon Image がプロモータとなって立ち上げた DDWG(Digital Display Working Group)というコンソーシアムで標準化が行われました。DVI で開発された基本技術のほとんどは HDMI に引き継がれており、今日の HDMI の普及の基礎技術

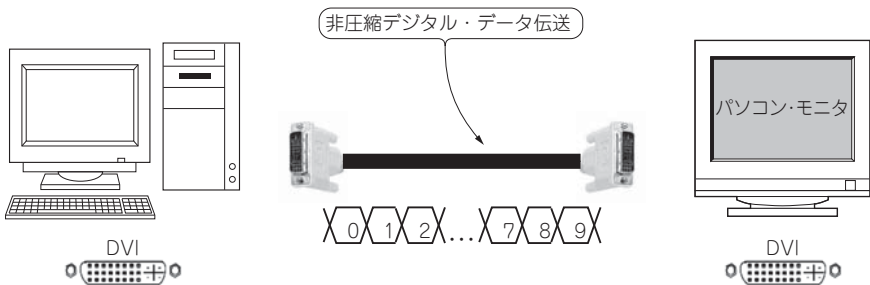


図 2.1 DVI はパソコンとモニタ間のインターフェース

第3章

HDMI の応用技術と HDMI のハードウェア

前章では、HDMI 1.0 に対応した HDMI の基本技術について述べました。本章では、HDMI の改定に伴って追加された拡張技術について解説します。

HDMI は、2004 年 5 月にリリースされたバージョン 1.1 では DVD オーディオフォーマットが追加されました。また、2005 年 8 月にリリースされたバージョン 1.2 では SACD(Super Audio CD)フォーマットと、PC 機器への対応を考慮した PC フォーマットが追加されました。さらに、2005 年 12 月にリリースされたバージョン 1.2a では、CEC の仕様が追加されました。

しかし、2006 年 6 月にリリースされたバージョン 1.3 は、それまでの改定とは異なり、かなり大きな改定が行われました。また、2009 年にリリースされたバージョン 1.4 でも、HDMI 1.3 と同様に大きな改定が行われています。そこで本章では、バージョン 1.3 とバージョン 1.4 で行われた主な改定内容について解説します。

3-1 HDMI 1.3 で追加された機能

● なめらかな画質を実現するディープ・カラー

HDMI 1.2 までの映像信号の色深度は 8 ビット/ピクセル (RGB3 色で 24 ビット) でしたが、バージョン 1.3 において 10 ビット (RGB3 色で 30 ビット)、12 ビット (RGB3 色で 36 ビット)、16 ビット (RGB3 色で 48 ビット) のディープ・カラー (Deep Color) の仕様が追加されました。

8 ビットでは 256 階調までしか表現できませんが、10 ビットでは 1,024 階調、12 ビットでは 4,096 階調、16 ビットでは 65,536 階調まで表現することが可能になります。

グラデーション・パターンのような映像では、8 ビット/ピクセルでは等高線のような模様が出てしまいますが、ディープ・カラーにすることでより滑らかな画像となり、より自然に近い映像を表示できます。

第4章

DisplayPortの基本技術とハードウェア

4-1 DisplayPortの成り立ち

● DisplayPortが開発された背景

パソコンのディスプレイ・インターフェースには、長い間アナログ・インターフェースであるVGA (Video Graphics Array)が使われてきましたが、その後デジタル・インターフェースであるDVIも使われるようになりました。

DVIは、非圧縮のデジタル映像データを伝送することができ、対応するディスプレイもUXGAパネル(1,600 × 1,200, ピクセル・クロック周波数162MHz)や、WUXGAパネル(1,920 × 1,200, ピクセル・クロック周波数154MHz, Reduced Blanking仕様)までサポート可能な仕様になっています。しかし、1999年4月にバージョン1.0がリリースされて以降一度も改定がなされず、データ伝送量も高速化されることなく凍結されて現在に至っています。

また、コネクタのサイズがかなり大きく、ノート・パソコンには採用されませんでした。さらに、映像のみしか伝送ができず、音声やパケット・データの伝送ができないことも課題でした。

DisplayPortは、DVIの問題を改善するために、ATI(AMD)、Dell、Genesis Microchip(現STMicro Electronics)、HP、Molex、NVIDIA、Philips、Samsung、Tycoが初期のプロモータとなり、その後、VESA (Video Electronics Standard Association)においてIntel、Apple、Lenovoなどの主要なパソコン関連企業が多数参画し、DisplayPortが標準化されました。

4-2 DisplayPortの標準規格

● VESAはオープンな国際的コンソーシアム

DisplayPortは、ディスプレイ関連の規格策定を行う国際的なコンソーシアムであるVESAにおいて開発され、標準化されました。VESAで開発されている

第5章

HDMIとDisplayPortの比較

前章までは、HDMIとDisplayPortに採用されている技術について詳しく解説してきました。どちらも今後の電子機器にとっては重要な規格であり、一概に優劣はつけられませんが、現状においてどのような違いがあるのか理解しておく必要はあるでしょう。

そこで本章では、筆者の独断になりますがHDMIとDisplayPortの優劣をあえて比較してみました。

5-1 HDMIとDisplayPortの位置づけ

HDMIは10.2Gbpsのデータ伝送量を有しており、現在普及しているコンテンツおよびディスプレイの性能をカバーするには十分です。しかし、今後は4K2K@60Hzやその3D伝送などが普及してくると予想され、6Gbps/lane超のデータ伝送量が必要になると考えられます。HDMI 1.4bでは4K2K@30Hzまでしか対応できず、TMDSの伝送レートは3.4Gbps/laneが最大です。

HDMIの物理層にはDVIを採用しているので、高速差動ラインはデータ・ライン以外に専用クロック・ラインが必要であることや、3.3V終端電圧をベースにしていることなど、アーキテクチャとしてはレガシ・タイプの伝送方式と言えます。また、3.3V終端には、物理層に3.3V対応のトランジスタを使う必要があります。これらは更なる高速性を検討する上でのボトルネックになります。

DisplayPortは、現在のグラフィック・ボードのほぼすべてに搭載されており、モニタにも装備されるようになってきました。主要なPC関連企業がDisplayPortの標準化を進めており、DVIやVGAに代わるデファクトとなるべく普及が進んでいます。さらに、eDPやiDPなどの機器内部のインターフェース向け規格や、モバイル機器向け外部インターフェース規格(MyDP)などのファミリー仕様も策定されています(後述)。

DisplayPortの物理層はPCI Expressをベースにしており、エンベデッド・ク

第6章

DisplayPort のファミリー規格と 機器内インターフェース

前章までは、ディスプレイの外部インターフェースとして、HDMI と DisplayPort を紹介してきましたが、本章では薄型テレビやパソコンの内部に使われている高速インターフェースについて紹介します。

6-1 デジタル・テレビの内部インターフェース

● 3つの基板で構成されるデジタル・テレビ

デジタル・テレビのキャビネットを開けると、たいてい3つの基板が目に入ります。1つ目は信号処理用 SoC 基板、2つ目は電源基板、3つ目は液晶パネルのタイミング・コントローラ基板です(図 6.1)。液晶パネル・モジュールには、横方向にソース・ドライバ IC、縦方向にゲート・ドライバ IC が実装されており、タイミング・コントローラ(TCON: Timing Controller)の出力とインターフェー

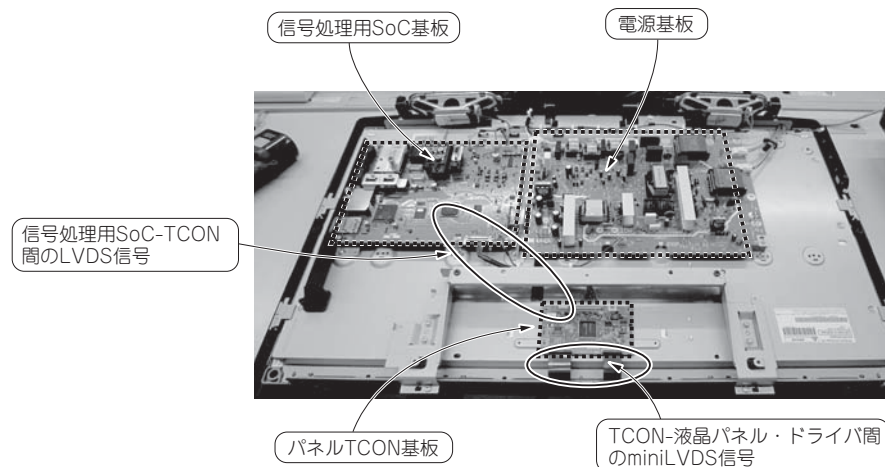


図 6.1 デジタル・テレビの内部構造

第7章

高速ディスプレイ・インターフェースの相互接続性

7-1 高速ディスプレイ・インターフェースの相互接続問題

● 相互接続問題とは？

HDMI, DisplayPort, DVIなどの外部ディスプレイ・インターフェースでは、不特定多数の Source 機器, Sink 機器, リピータ機器, ケーブルなどと接続されます。セットを開発評価する段階において、しばしばこの接続問題に遭遇します。例えば、ある Source 機器とある Sink 機器を接続すると映像が出ないとか、特定の映像フォーマットでノイズが出るとか、映像表示がおかしいとか、音声途切れるなどといった例です(図 7.1)。

これが Source 機器の問題なのか、Sink 機器の問題なのか、あるいはケーブルの問題なのかがすぐに分からないことが多いのが現状です。特に開発評価段階では、まだファームウェアやハードウェアが最終仕様になっていないので、セットの開発をしながら機器接続試験を行い、問題が起こればデバッグするという作業になるので、問題の切り分けが困難な場合が多々あります。

本章では、セットの相互接続性に関して具体的な事例を挙げて説明し、市場に

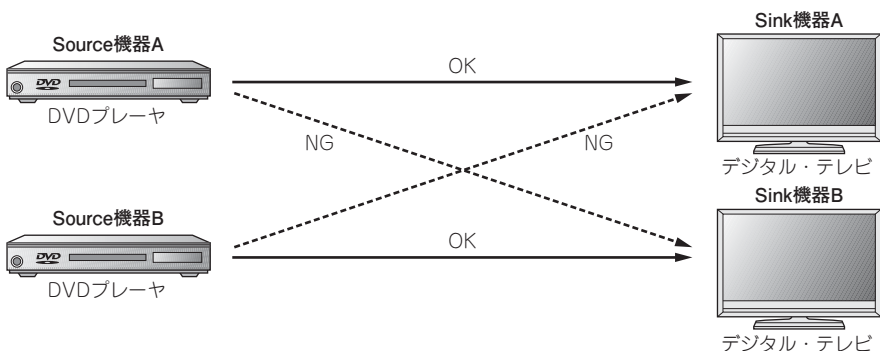


図 7.1 相互機器接続問題とは

第8章

高速ディスプレイ・ インターフェースの システム動作

HDMI, DisplayPort などの外部ディスプレイ・インターフェースでは, 不特定多数の Source 機器, Sink 機器, リピータ機器, ケーブルと接続されます. お互いにどの機器と接続されても設定どおりに映像・音声が出るようにしなければなりません.

このインタオペラビリティ(相互接続性)を確保するためには, システム全体をコントロールするシステム動作が重要になります.

本章では, HDMI と DisplayPort の Source 機器, Sink 機器のシステム動作の基礎と評価方法について解説します.

8-1 HDMI のシステム動作

● HDMI のファームウェアの役割

図 8.1 に, Source 機器, Sink 機器を含む HDMI 全体のブロック図を示します. Source 機器の AV プロセッサは映像データ, 音声データ, 制御信号を HDMI トランスミッタに送ります. HDMI トランスミッタは TMDS, DDC, +5V-Power を Sink 機器の HDMI レシーバへ送ります. Source 機器の CPU は, AV プロセッサと HDMI トランスミッタを I²C で制御します. 一般的に, AV プロセッサ, HDMI トランスミッタ, CPU は 1 チップの SoC に集積されています.

Sink 機器は, HDMI トランスミッタから送られてきた TMDS, DDC, +5V-Power を HDMI レシーバで受けて, 映像, 音声, 制御信号を AV プロセッサに送ります. また, HDMI レシーバは HPD を HDMI トランスミッタに送り, AV プロセッサは映像・音声処理後, 映像を液晶パネル・モジュールに, 音声を音声デバイスからスピーカに送ります. CPU は, AV プロセッサと HDMI レシーバを I²C で制御します. CEC は双方向の 1 ビットの信号線で, 双方の CPU が制御します. Source 機器と同様に AV プロセッサ, HDMI レシーバ, CPU は 1 チップの SoC に集積されるのが一般的です.

第9章

高速ディスプレイ・インターフェースのデバイス設計

9-1 高速差動信号の特長

これまで本書では、各種高速ディスプレイ・インターフェースの規格や技術比較、相互接続性、デバッグ・アプローチ、評価方法などについて述べてきました。高速ディスプレイ・インターフェースは、数 Gbps/ レーンという非常に高速な信号を扱いますが、使用している半導体の内部動作を理解すれば、ボード設計やデバッグをする上でより深い理解が得られます。

今日のトランスミッタ、レシーバは、IP コアとして SoC に内蔵されており、CMOS アナログ技術により設計されています。そして、これらの高速インターフェース・コアには、共通して差動信号技術が使われています。LVDS、HDMI、DisplayPort などの個々の高速ディスプレイ・インターフェースでは、それぞれ異なる回路構成が使われていますが、どのインターフェースも差動回路を基本としています。本章では、この差動回路技術における基本的な特長を解説します。

● 高速動作以外にも多くのメリットがある差動回路

(1) 高速動作

CMOS シングルエンド回路では、'1' から '0' あるいは '0' から '1' へのデータ遷移は、電源電圧レベルまでフルスイングしていました。しかし、差動回路は小振幅で動作するため、'1' から '0'、あるいは '0' から '1' への信号の遷移時間が、CMOS のフルスイング時に比べて短い時間ですむことにより、動作速度が向上します(図 9.1)。

(2) 低スイッチング・ノイズ

CMOS シングルエンド回路では、データの遷移時に出力バッファが大電流を流し、そのため電源や GND ラインに大きなノイズを誘起します。このノイズがセンシティブなアナログ回路に回りこみ、クロック・ジッタの増加や PLL などの誤動作、A-D コンバータなどのアナログ信号の S/N(信号対ノイズ)劣化といっ

第10章

高速ディスプレイ・ インターフェースの プリント基板設計

高速インターフェースの動作周波数は年々高速化しており、プリント基板を設計するには高速インターフェース回路自身が受けるノイズ対策だけでなく、高速インターフェース回路自身が発生するノイズ対策についても注意すべき項目が増えています。

また、昨今の高速インターフェース回路を内蔵した SoC は電源電圧の低電圧化が進み、またコンシューマ機器では多数のアナログ回路とデジタル回路が混在しており、基板上のデジタル回路の電源から高速インターフェース回路の電源への干渉に対しても、よりセンシティブになっています。さらに、基板コストの低減も必須であり、いかに安価かつ高品質を確保するかが重要なポイントになります。

そこで本章では、高速インターフェースのプリント基板設計の基本的な確認事項について説明します。

10-1 プリント基板設計における問題点

● 集中定数回路と分布定数回路

伝送周波数が低い時代は、伝送線路の扱いを集中定数回路と見るか、分布定数回路と見るかをまず検討しました。集中定数回路と分布定数回路を図 10.1 に示します。集中定数回路では、ドライバの負荷は1つの容量で近似できます。信号の立ち上がり時間を t_r とすると、 t_r は負荷容量 C と出力インピーダンス R の積に比例して大きくなるため、ドライバのドライブ能力を上げれば t_r は小さくなっていきます。

一方、分布定数回路では、伝送線路上を伝わる信号は波として進行波として考えます。信号波形の電流と電圧は比例関係にあり、その係数は特性インピーダンス $Z_0 = \sqrt{L/C}$ として知られており、抵抗の単位を持ちます。

また、線路を往復する遅延時間を t_d とすると、 $t_d = \sqrt{LC}$ になります。したがっ



アナログ・ディスプレイ・インターフェース

A-1 ディスプレイ・インターフェースの変遷

図 A.1 に、コンシューマ市場におけるテレビおよびパソコンのディスプレイ・インターフェースの変遷を示します。テレビ信号のインターフェースには、RF、コンポジット(Composite)、S 端子(S Video)、コンポーネント(Component)、HDMI などがあります。この中でコンポジット、S 端子、コンポーネントはアナ

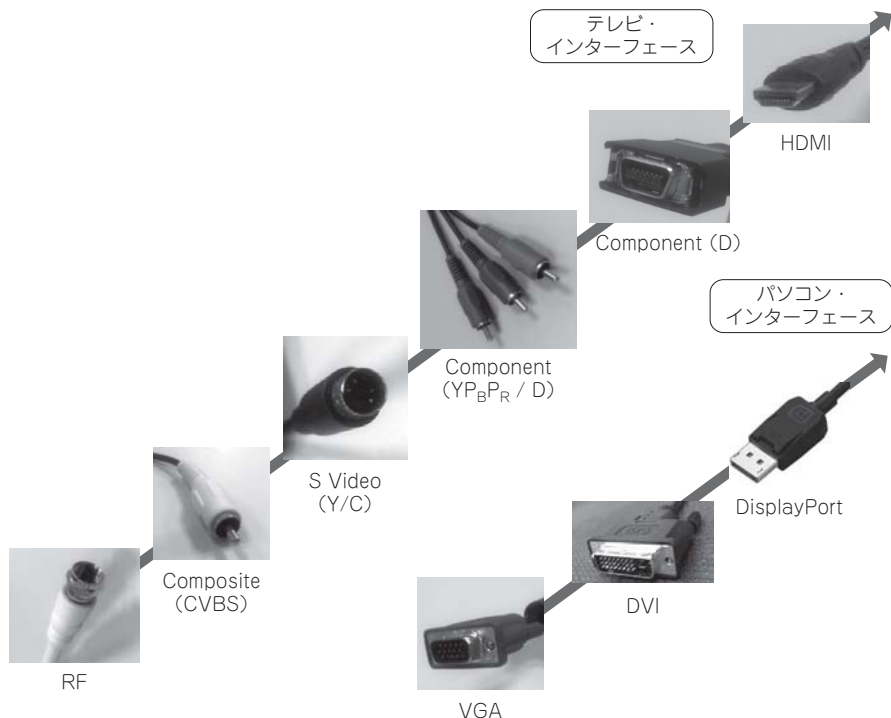


図 A.1 ディスプレイ・インターフェースの変遷

CQ出版社

見本

このPDFは、CQ出版社発売の「高速ビデオ・インターフェースHDMI& Display Portのすべて」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/46/46431.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

