

IF インターフェース・
デザイン・シリーズ

見本

規格から仕組みまで…裏表挿抜コネクタ, 伝送特性,
Power Delivery給電, Alternate Mode通信, ソフト/ハード

USB Type-Cのすべて

野崎 原生, 畑山 仁, 池田 浩昭, 永尾 裕樹, 長野 英生, 宮崎 仁 共著



CQ出版社

まえがき 3

第1章 USB規格の基礎知識 11

- 1.1 時代とともに発展し続けるUSB規格 11
- 1.2 通信プロトコル/コネクタ/電源の規格 18
- ▶ USB 1.0/1.1 ▶ デバイス・クラス ▶ USB 2.0 ▶ USB OTG
 - ▶ Micro-USBケーブル・コネクタ ▶ USB 3.0 ▶ USB 3.1 ▶ USB 3.2
 - ▶ USB 3.1レガシーケーブル&コネクタ ▶ USB4
- 1.3 電源の規格 23
- ▶ USB規格の供給電圧の変化 ▶ バッテリ・チャージング ▶ USB Power Delivery
- 1.4 コネクタ/ケーブルの規格 24
- ▶ USB Type-C ケーブル・コネクタ
- コラム1.A 一般ユーザと開発者で分けられたUSBの名称 17
- コラム1.B USBのRevision, Version, Generationの違い 26

—— 第1部 USB Type-Cメカニズム ——

第2章 USB Type-Cシステムの構成 31

- 2.1 USB Type-Cの全体像 31
- ▶ USB Type-C規格はコネクタだけでなく新機能も規定 ▶ おさらい…従来のUSB規格 ▶ コネクタ規格としてのUSB Type-C ▶ 機能1…より多くの電力を供給できるPower Delivery ▶ 機能2…映像信号も流せるAlternate Mode ▶ 機能3…事故/侵入を防止するUSB機器間認証
- 2.2 USB Type-Cのシステム事例 34
- ▶ システム例1 パソコン ▶ システム例2 スマートフォン
 - ▶ システム例3 ディスプレイ ▶ システム例4 Hub/ドッキング・ステーション
 - ▶ システム例5 モバイル・バッテリー ▶ システム例6 ACアダプタ

第3章 挿抜・裏表検出のメカニズム

41

- 3.1 USB Type-C規格の定義範囲 41
- 3.2 ポートの役割（ポート・ロール） 42
 ▶おさらい…従来のUSB規格のポートの役割 ▶USB Type-C規格でのポートの役割
 ▶ポートの役割が違っててもコネクタは同じ ▶USBの機能とポートの役割が一致しない場合もある
- 3.3 USB Type-Cの信号 46
 ▶コネクタ内の信号配置 ▶裏表を気にせずにコネクタを挿すための仕組み
- 3.4 挿抜検出および裏表の検出方法 48
 ▶挿抜の検出方法 ▶裏表の検出方法 ▶SuperSpeedの差動信号の接続
 ▶SuperSpeed信号用の外付けMUXをなくす方法 ▶USB 2.0の信号の接続
- 3.5 DRPの挿抜および裏表の検出方法 55
 ▶DRPとソース/シンクが接続された場合 ▶DRPとDRPが接続された場合
- 3.6 電力の供給能力を決める抵抗値 57
 ▶ソース側のプルアップ抵抗値Rp ▶シンク側のプルダウン抵抗値Rd
 ▶E Markerのプルダウン抵抗値Ra
- 3.7 接続・切断検出の状態遷移図 59
 ▶電圧値の継続時間やイベントの順番を監視する
- 3.8 接続・切断検出のタイミングチャート 63
 ▶ソースとセルフ・パワー・シンク ▶ソースとバス・パワー・シンク ▶DRPとシンク
 ▶DRPとソース ▶DRPとDRP ▶ソース優先DRPとDRP ▶ソース優先DRPとソース
 ▶ソース優先DRPとシンク ▶ソース優先DRPとソース優先DRP ▶シンク優先DRPとDRP
 ▶シンク優先DRPとシンク ▶シンク優先DRPとシンク優先DRP ▶ソース優先DRPとシンク優先DRP
 ▶アクセサリ・サポートのシンクとオーディオ・アクセサリ ▶アクセサリ・サポートのシンクとVCONNパワード・アクセサリ
 ▶アクセサリ・サポートのシンクとAlternate Mode非対応のVCONNパワード・アクセサリ ▶アクセサリ・サポートのシンクとVCONNパワード・アクセサリ以外

第4章 USB Type-Cのコネクタ&ケーブル

89

- 4.1 USB Type-Cコネクタの特徴 89
 ▶従来のUSBコネクタと嵌合できない ▶ホストとデバイスの区別がなく、コネクタの裏表を気にする必要もない ▶映像信号も伝送できる ▶ユニバーサルなコネクタの誕生
- 4.2 USB Type-Cのレセプタクル 91
 ▶レセプタクルの形状 ▶レセプタクルの構造 ▶実装方法 ▶フットプリント

4.3	USB Type-Cのプラグとケーブル	97
	▶プラグの形状 ▶プラグの構造 ▶プラグとケーブルを接続する基板「ハドル・カード」 ▶ケーブルの構造	
4.4	USB Type-Cコネクタの信号配列	99
	▶上下反転しても接続可能な信号配列 ▶各信号の機能	
4.5	USB Type-Cケーブルの種類	105
	▶従来のUSB機器との接続を可能にする ▶Type-C Standardケーブル	
	▶Type-C Legacyケーブル ▶Type-C Legacyアダプタ	
	▶ケーブルやプラグが実際に流せる電流容量	
	コラム4.A 復習…従来のUSBコネクタの互換性	90
	コラム4.B Type-Cは小さくて高密度なコネクタ	92
	コラム4.C 計測機器や産業用機器用スクリューロック付きType-Cコネクタ	101
	コラム4.D 電源専用プラグ(Power Only Plug)の規定	102

第5章 ケーブル&コネクタの伝送特性 115

5.1	Type-Cコネクタ&ケーブルの治具基板	115
	▶ケーブル試験 ▶コネクタ試験	
5.2	Type-Cケーブルの伝送特性の規格(参考)	120
	▶Informative(参考)とNormative(必須) ▶各周波数に対する特性を対数で表す	
	▶差動信号入力時の反射損失 ▶挿入損失 ▶クロストーク	
5.3	伝送特性の規格値(必須)の表現方法	124
	▶実測値ではなく積分処理した値で評価する ▶使用するSパラメータ	
	▶ケーブルごとに規格値が違う	
5.4	Type-C Standardケーブルの伝送特性の規格(必須)	125
	▶Type-C Standard Full Featuredケーブル ▶SuperSpeed差動線路の伝送特性	
	▶D+/D-の伝送特性 ▶CCとSBU, VBUSの伝送特性	
	▶Type-C Standard USB 2.0ケーブル	
5.5	Type-C Legacyケーブルの伝送特性の規格(必須)	138
	▶Type-C Legacyケーブル ▶SuperSpeed差動線路の伝送特性	
	▶D+/D-の伝送特性	
5.6	Type-C Legacyアダプタの伝送特性の規格(必須)	140
	▶Type-C – Standard-Aアダプタ ▶Type-C – Micro-B (USB 2.0) アダプタ	
5.7	Type-Cコネクタ単体の伝送特性の規格(参考)	143
	▶レセプタクル単体の試験をする経緯 ▶規格値	
5.8	コネクタの許容電流試験(必須)	147

5.9 シールドの伝送特性の規格(必須) 143

- ▶試験を行うようになった経緯 ▶測定方法 ▶RFI試験の限界値

コラム5.A 各規格の損失配分 116

コラム5.B USBに利用されるケーブルの挿入損失 144

コラム5.C ケーブルとコネクタの可否判定ツール「IntePar」 150

Appendix 1

ひずみ補正機能を持つケーブル 153

- ▶アクティブ・ケーブルの概要 ▶アクティブ・ケーブルの構成
- ▶アクティブ・ケーブルに許される遅延時間 ▶アクティブ・ケーブルの熱設計

— 第2部 Power Delivery メカニズム —

第6章 供給電力を決める Power Delivery 通信 167

6.1 Power Delivery 規格の定義範囲 167

6.2 パワー・ルールの目的 167

- ▶相互運用性を確保しつつ、誰でも使えるように

6.3 チャージャ・ロゴ 169

- ▶供給可能な電力値が分かる

6.4 供給可能な電圧と電流の組み合わせ 170

- ▶パワー・ルールで電圧と電流が決まる ▶ソースが供給可能な電圧と電流
- ▶ソースがオプションで供給できる電圧と電流 ▶シンクが受電できる電圧と電流
- ▶シンクがオプションで受電できる電圧と電流

6.5 供給する電力を決める通信 173

- ▶接続検出から通信が始まるまで ▶パケット送受信の流れ ▶効率よく双方向通信する仕組み…SinkTx

6.6 3種類のメッセージ・フォーマット 178

- ▶ヘッダ部 ▶メッセージ・タイプ ▶データ・メッセージのデータ・オブジェクト
- ▶Alternate Mode用メッセージSVDM

6.7 メッセージの送受信の流れ 189

- ▶基本のメッセージ・シーケンス ▶パワー・ネゴシエーションのシーケンス
- ▶パワーロール・スワップのシーケンス

6.8 バッテリー充電に必要な機能「PPS」 194

- ▶通常のバッテリー充電方式 ▶ダイレクト・チャージのバッテリー充電方式

- ▶電圧と電流を指定する通信方法「PPS」 ▶PPSでのシンクが指定する電流値の意味
- ▶PPSのパワー・ルール ▶PPSの電力制限

コラム6.A Power Delivery 2.0とPower Delivery 3.0の違い	168
コラム6.B Alternate Modeに関する情報を通知する「ビルボード・デバイス・クラス」	184
コラム6.C USB Type-C/Power Delivery以外の充電方式はどのようなものか	196

第7章 映像信号を流せる Alternate Mode 201

7.1 現在のビデオ・インターフェースの状況	201
▶複数の規格があり、それぞれコネクタ形状は異なる ▶主要ビデオ・インターフェース ▶ディスプレイの性能を測る5つの指標 ▶Alternate Modeに求められること	
7.2 Alternate Modeの概要	206
▶パソコンのコネクタ・ケーブル仕様を統一 ▶USBケーブルの中を映像信号がそのまま流れる ▶Alternate Mode対応のビデオ・インターフェース ▶給電しながら音声・映像もデータも伝送	
7.3 映像信号の割り当ての工夫	208
▶USB Type-Cプラグのピン配置 ▶映像・音声信号は4レーンの高速差動伝送ラインを流れる ▶補助線によりビデオ・インターフェース独自機能にも対応 ▶USB 2.0専用線により映像・音声と同時にデータ通信 ▶最大100Wの給電 ▶動作モードごとに使える機能が変わる	
7.4 Alternate Modeへの切り替え手順	211
▶Alternate Modeのシステム構成 ▶USB Type-Cの接続検出から動作開始 ▶Power Deliveryパケットの拡張 ▶Alternate Modeで使用されるメッセージVDM ▶Alternate Modeで使うコマンド ▶Alternate Modeの起動方法	
7.5 Alternate Modeによる映像信号の伝送	220
▶DisplayPortを流す場合 ▶HDMIを流す場合	

Appendix 2

USB4で注目のThunderbolt Technology	227
▶Alternate Mode対応のThunderbolt ▶Thunderboltの概要 ▶Thunderboltのマルチプロトコル ▶USB4と今後の方向性	

Appendix 3

粗悪ケーブルをはじくUSB機器間認証	235
▶USB機器間認証が規格化された背景 ▶使用される認証技術「ITU-T X.509」 ▶USB機器間認証の認証方法	
コラムA3.A USB認証とUSB機器間認証は別物	236

— 第3部 USB Type-Cソフトとハード—

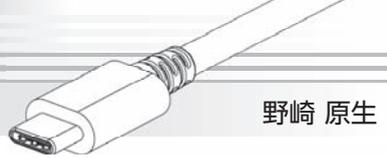
第8章 USB システムのソフトウェア 249

- 8.1 USBソフトウェアが担うシステム機能の変遷 249
 - ▶ USB規格と利用用途 ▶ USB規格と映像規格の関係 ▶ デバイス・クラスとWindows OSの関係 ▶ 利用用途の拡大が続くUSBインターフェース
- 8.2 Windows OSのUSB 3.2 ドライバ・モデル 253
 - ▶ Type-C対応に伴うドライバ・スタックの変更 ▶ USBホスト・ドライバ
 - ▶ USBデバイス（ファンクション）・ドライバ ▶ USBロールスイッチ・ドライバ
 - ▶ Type-Cコネクタ・ドライバ
- 8.3 USBデバイス・クラス・ドライバの設計例 269
 - ▶①ドライバのロード ▶②初期化処理 ▶③リソースを取得する
 - ▶④デバイス接続/切断の通知 ▶⑤ポート検出とポート・タイプ設定
 - ▶⑥デバイス接続の処理 ▶⑦データ転送 ▶⑧電源管理
- 8.4 Linux OSのUSBドライバ・モデル 286
 - ▶ Linux OSのUSBサポート状況 ▶ Linux特有の仕組み「USB Gadget」 ▶ Power Delivery & Type-Cの対応 ▶ Joule 570x developer KitでのLinuxドライバ実機確認
- コラム8.A 独自仕様のUSBコントローラの例 264

第9章 USB システムのハードウェア 295

- 9.1 Power Delivery対応のシステム 295
 - ▶ Power Deliver対応で実現する機能 ▶ アプリケーション例
- 9.2 事例別のハードウェア設計例 297
 - ▶ 回路設計で考えるべき要件 ▶ 事例A：ACアダプタ ▶ 事例B：従来の周辺機器などのデバイス機器 ▶ 事例C：デッド・バッテリーへの対応とCCクランパ
- 9.3 Power Delivery対応で注意すべき仕様 309

- 著者紹介 313
- 参考文献 314
- 索引 316
- 奥付 320



USB規格の基礎知識 **見本**

USB (Universal Serial Bus) は、初めのUSB 1.0ができてから20年以上がたつ、長い歴史を持つ規格です。そのため、初めて学ぶ人はその20年の積み重ねを一度に学ばなければなりません。

本章では、USBの歴史を順を追って説明します。USBの基本となる考えは20年間変わっていません。

1.1 時代とともに発展し続けるUSB規格

本章ではUSBの歴史を、通信プロトコル、電源およびコネクタの3つの切り口に分けて、それぞれの変遷を年表としてまとめました(図1.1)。

USB 1.0から3.1までは、通信プロトコルと電源、コネクタの3つを含んだUSB規格が中心にあり、Micro-USBのコネクタ規格やバッテリー・チャージングの電源規格などがそれに付随する形で存在していました。

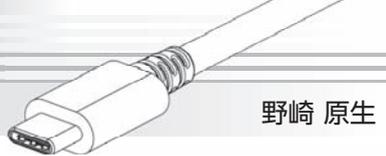
しかし、USB Type-C規格の登場により、その構図が大きく変わります。今までの切り口では単なるコネクタ規格に過ぎなかったUSB Type-Cが、むしろ規格の中心になったかのような様相となりました(写真1.1)。USB Type-Cにより今までにない機能を実現できるようになり、その機能を生かす形でUSB 3.2の2レーン動作やPower DeliveryのAlternate Modeなどが生まれました。

そして、この流れはさらに加速しUSB4へと続いていきます。



写真1.1

USB Type-Cはコネクタのことだけど、規格ではコネクタだけではなく、USBの新しい機能も定義されている



USB Type-C システムの構成

USB Type-C コネクタを使用するシステムを設計するにあたり、参照すべき規格は1つではありません。システム仕様に合わせて、各規格を相互に参照して設計する必要があります。

本章では、実現したいUSBシステムと規格との関係を説明します。

2.1 USB Type-Cの全体像

● USB Type-C規格はコネクタだけでなく新機能も規定

USB Type-Cといった場合、コネクタの裏表を区別することなく差し込めるコネクタやケーブルを思い浮かべる方が多いでしょう。しかし、USB Type-C規格はコネクタやケーブルだけでなく、電力供給機能(USB Power Delivery)や映像信号伝送機能(Alternate Mode)などのUSB Type-Cコネクタでなければ実現できない機能も規定されています(図2.1)。

● おさらい…従来のUSB規格

従来のUSB規格は、接続されたデバイスをパソコンなどのホストから使用するのが目的です。USB 2.0およびUSB 3.1までの規格は、ホストと各種デバイス

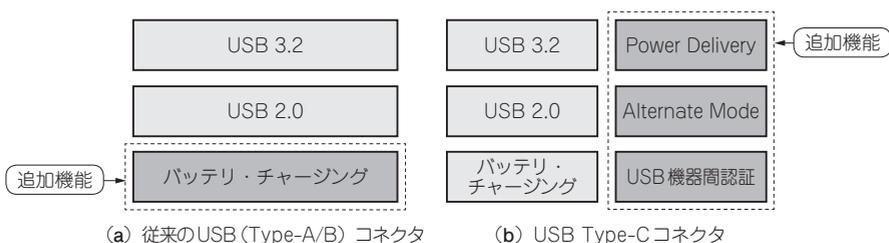
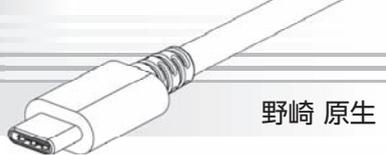


図2.1 従来のUSB (Type-A/B) コネクタとUSB Type-C コネクタの守備範囲

USB Type-Cでは、従来の通信や電源の機能に加えて、Power DeliveryとAlternate Mode、USB機器間認証の機能に対応した



挿抜・裏表検出の メカニズム

見本

本章ではUSB Type-C規格で定義されている、USB Type-Cコネクタの構造から挿抜・裏表検出のシーケンスについて詳しく解説します。また、第2章でも示したように、USB Type-C規格は他の規格からも参照されます。Power Deliveryを実現するために必要な規格部分についても解説します。

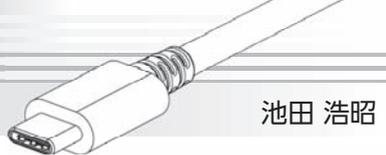
3.1 USB Type-C規格の定義範囲

USB Type-C規格では、裏表を気にせずに挿せるコネクタの構造から、その挿抜シーケンスなどが規定されています。また、今までのUSB通信規格ではホストとデバイスでコネクタの形状が異なりましたが、USB Type-C規格ではホストでもデバイスでも同じコネクタが使用されます。その仕組みと検出方法についても規定されています。

さらに、第2章で説明したとおり、USB Type-C規格は単独で用いるだけではなく、他の規格と組み合わせることで次の機能を実現することも含めて規定されています。

- 機能1 USB 3.2の2レーン動作
- 機能2 Power Delivery
- 機能3 Alternate Mode
- 機能4 USB機器間認証

USB 3.2の2レーン動作は、USB 3.2規格とPower Delivery規格の両方を参照することにより実現できます。Power DeliveryとUSB機器間認証は、USB Type-C規格とPower Delivery規格の両方の参照で実現できます。Alternate Modeは、DisplayPortやThunderboltなどの規格と組み合わせることで実現できます。



USB Type-C の コネクタ & ケーブル **見本**

従来のUSBコネクタを持つ機器と接続するために、多くの種類のUSB Type-C ケーブルが存在し、転送伝送レートや許容電流、CC端子の処理がそれぞれ異なります。また、レセプタクルはノイズ問題を解決するための構造が追加されました。本章では、USB Type-C コネクタ、ケーブルの種類や構造、ピン配置、フットプリントについて解説します。

4.1 USB Type-C コネクタの特徴

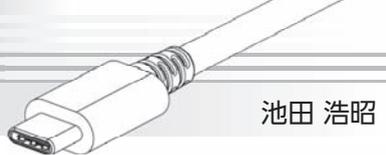
● 従来のUSBコネクタと^{かんごう}嵌合できない

USB 3.0までのコネクタは下位互換性があり、USB 3.0規格のコネクタでもUSB 2.0規格のコネクタと嵌合できるように考慮されていました(コラム4.A)。USB Type-C(以下、Type-C)規格のコネクタは、従来のUSBコネクタと形状がまったく異なり、同じUSBですがUSB 2.0やUSB 3.0規格のコネクタとは嵌合できません。

● ホストとデバイスの区別がなく、コネクタの裏表を気にする必要もない

従来のUSB規格は、ホスト側がType-A(Standard-A, Micro-A)コネクタで、デバイス側がType-B(Standard-B, Micro-B)コネクタと決まっていました。Type-Cコネクタは、ホストとデバイスの両方への実装が可能で、ホスト側とデバイス側で同じコネクタが使用されます。また、Type-AやType-Bのコネクタに関わらず、一般的なコネクタは上下方向が決まっています。そのため、嵌合させる向きを合わせる必要があります。しかし、Type-Cコネクタは、嵌合させる際に上下の向きを気にする必要はありません。

従来のUSBコネクタの、特にStandard-Aはプラグもレセプタクルも長方形なので上下方向が分かりにくく、プラグとレセプタクルの両方を嵌合面から確認しないとうまく接続できませんでした。パソコンの裏側にあるポートにUSBマウスやキーボードのコネクタを挿す際に、苦勞したことがある方は多いのではない



ケーブル & コネクタの**見本** 伝送特性

USB Type-Cでは、従来のUSB 3.0規格とは異なる指標でケーブルの伝送特性を規定しています。また、コネクタ単体(プラグとレセプタクルの嵌合状態)での規格やケーブルのシールド特性試験も義務付けられました。

本章ではケーブル、コネクタのこれらの電気特性の評価方法や考え方、規格値に関して解説します。

5.1 Type-C コネクタ & ケーブルの治具基板

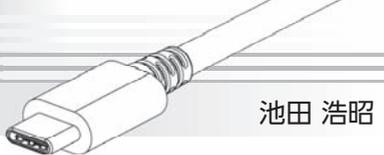
Type-Cコネクタの伝送特性規格は従来のUSB 3.0規格とは少々異なり、ケーブルとコネクタ単体(Mated Connector)に分かれています。これは、ケーブルとレセプタクルの特性を完全に分けて評価するためです。

● ケーブル試験

ケーブル特性試験は、ケーブル+プラグの特性、つまりケーブル・ハーネス(ケーブル・アSEMBリ)状態を測定します。ケーブル・ハーネス単体では測定できないので、レセプタクルが実装された治具基板を使います(写真5.1)。

USB 3.0規格では、治具基板に実際のレセプタクル(Standard-AやMicro-Bなど)が実装されていましたが、Type-C規格ではダミー・レセプタクルが実装されています。写真5.2に示すように、ダミー・レセプタクルは、基板上にレセプタクルのコンタクトと同じ幅のフットプリントを設け、その周りを金属シェルで囲んだものです。ちょうどカードエッジ・コネクタに嵌合する基板側のイメージです。ダミー・レセプタクルを使う理由ですが、メーカーごとにレセプタクルの特性が異なるので、その影響を避けるためです。また、ダミー・レセプタクルの方が挿入損失や反射損失が低く、レセプタクル自体の影響も極力排除できます。

治具基板には、測定器と治具基板を接続するための同軸コネクタや配線があります。実際の測定では、写真5.3の校正基板を使って、治具基板上の同軸コネクタや配線の損失や反射を取り除き、ダミー・レセプタクルとケーブルのみの特性



ひずみ補正機能を持つケーブル **見本**

A1.1 アクティブ・ケーブルの概要

● 規格が生まれた背景…長いケーブルがほしい

USB Type-Cのケーブル・ハーネスは、プラグのフード寸法に規定があるため、太いワイヤが使えません。したがって、USB Type-CでUSB 3.2 Gen2 (10Gbps)の規格を満たすにはワイヤを短くするしかなく、その長さは1m前後となります。USB 3.2 Gen1 (5Gbps) 規格でも2mが限界になります。

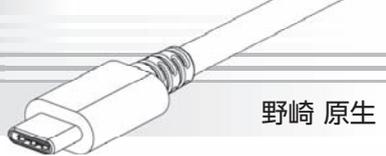
パソコンとハードディスクの接続であれば1～2mでも問題ないでしょう。しかし、プリンタや計測機器と接続したい場合はもっと長いケーブルがほしくなります。また、USB Type-CはAlternate Modeを使用して映像信号であるDisplayPortを伝送可能です。広い会議室や天井に設置された液晶プロジェクタと接続する場合、ケーブル長が1～2mでは足りません。また、製造現場で使われる検査機のカメラ（マシンビジョン）やバーチャル・リアリティ用のヘッドマウント・ディスプレイ、ATMなど、さまざまな分野での利用もUSB Type-Cは期待されており、これらの分野でも2mを超えるケーブル長が必要になります。

そこで、伝送距離を伸ばすために、ケーブル・プラグの内部に能動素子（Active Device）を実装し、プリント基板や配線の損失による波形ひずみを補正する、アクティブ・ケーブルの仕様が規格化されました。

● 動作原理

高速差動信号を送受信するLSIには、プリント基板やケーブルの損失による波形のひずみを補正するディエンファシス機能やイコライザ機能が搭載されています。これと同じ機能を持つ能動素子をプラグの内部に実装したものが、アクティブ・ケーブルです。

図A1.1に、アクティブ・ケーブルを伝わる高速差動信号の波形を示します。図はホスト機器からデバイス機器に向かう信号を示しますが、デバイス機器からホスト機器に向かう信号でも同様です。



供給電力を決める Power Delivery 通信 **見本**

本章ではUSB Type-C コネクタを使用して、最大100W (20V, 5A) までの電力供給を可能にする Power Delivery 規格について解説します。電力を供給する上で最も重要となるパワー・ルールから受給電する電圧と電流を決める通信方式、さらにバッテリーへの急速充電を可能にするPPS (Programmable Power Supply) までを説明します。

6.1 Power Delivery 規格の定義範囲

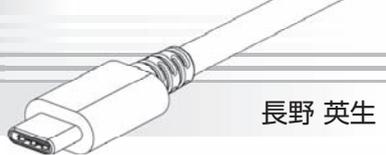
USB Power Delivery 規格では、USB Type-CコネクタのCC1/CC2を使った従来のUSBとは別の通信経路を定義して、その通信で得られる情報や制御によって以下のような新しい機能を可能としました。

- ソースとシンクでネゴシエーションを行って5V, 3A以上の電力を供給する
- データロールやパワーロールを独立に交換できるようにして、USB Type-C 規格よりも柔軟なデュアルロール・デバイスを可能とする
- ケーブルのEマーカと通信して、ケーブル特性などの情報を取得可能とする
- Alternate Modeへ遷移するための通信プロトコルを定義して、USBコネクタをUSB以外の通信で使う際の仕様を標準化した
- USB機器間認証やファームウェア・アップデートをサポートするためのベースとなる通信を定義した

6.2 パワー・ルールの目的

● 相互運用性を確保しつつ、誰でも使えるように

パワー・ルールとは、Power Delivery対応のACアダプタと受電デバイスとの間のインターオペラビリティ (相互運用性) を確保するために、ソースとシンクにおいて守らないといけない規格のことです。Power Delivery 規格の最も重要なポイントといって過言ではないでしょう。



映像信号を流せる Alternate Mode

見本

Alternate Modeを使うことで、現在使用されている多数のビデオ・インターフェースのコネクタやケーブルをUSB Type-Cに統一でき、機器のインターフェース設計を極めてシンプルにできます。

本章では、ビデオ・インターフェースの最新動向とAlternate Modeの必要性を説明します。そして、Alternate Modeの概要とユースケース、対応するビデオ・インターフェースを示します。

7.1 現在のビデオ・インターフェースの状況

● 複数の規格があり、それぞれコネクタ形状は異なる

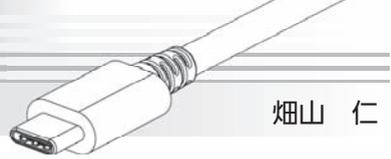
図7.1にパソコンやテレビ、周辺機器のインターフェースを示します。

パソコンとモニタ間のビデオ・インターフェースは、以前はアナログ・インターフェースとしてVGA (Video Graphic Array, D-Sub端子とも呼ばれる)が広く使われてきました。現在は高速デジタル・インターフェースとして、コンテンツ保護や音声伝送も1本のケーブルで対応が可能な、HDMI (High-Definition Multimedia Interface) やDisplayPortが広く普及するようになりました。その他、Thunderboltもパソコンのビデオ・インターフェースとして使われています。

テレビのインターフェースは、パソコンと同様に、HDMIが標準インターフェースとして広く普及するようになりました。テレビと接続されるDVD、STB (Set Top Box)、ゲーム機器などもHDMIが標準的に搭載されています。

また、マウスやプリンタなどのパソコン周辺機器とのデータ・インターフェースや充電ケーブルとして、USBが標準インターフェースとして広く普及しています。

このように、パソコンやテレビのインターフェースは、それぞれ専用のインターフェースが使用されており、ユーザはそれぞれに対応した専用のコネクタとケーブルを準備する必要があります (図7.2)。



USB4で注目の Thunderbolt Technology

見本

A2.1 Alternate Mode 対応の Thunderbolt

DisplayPort 同様に USB Type-C コネクタを採用した規格として、Intel 社と Apple 社によって開発された Thunderbolt Technology (以下、Thunderbolt) があります (写真 A2.1)。Thunderbolt3 はネイティブとして USB 3.2 Gen2 として動作し、DisplayPort とともに USB Type-C の Alternate Mode でサポートされます。

ネイティブとは、Thunderbolt3 の USB Type-C コネクタにそのまま USB 3.2 デバイスを接続できることを意味します。ホスト、ケーブルおよびデバイス間でパワー・ネゴシエーションの後に Thunderbolt3 をサポートしていることを確認した上で、Thunderbolt3 で接続されるようになります。

A2.2 Thunderbolt の概要

● 各世代の仕様

Thunderbolt は、パソコンと周辺機器間をケーブルで接続する、10Gbps 超でのマルチプロトコル・インタコネクタ技術として最初は開発されました。

2011 年 2 月 24 日 (米国時間) 発表の MacBook Pro に突然搭載され、業界内に衝撃が駆け巡りました。コネクタは、第 2 世代の Thunderbolt2 までは Mini DisplayPort (以下、Mini-DP) 互換のコネクタを使用していましたが、第 3 世代の Thunderbolt3

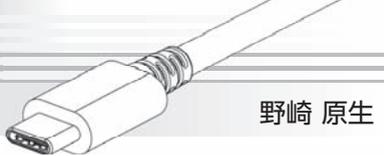


(a) レセプタクル



(b) プラグ

写真 A2.1 Thunderbolt3 のコネクタは USB Type-C で、Thunderbolt かはアイコンで識別する



粗悪ケーブルをはじめ **見本** USB機器間認証

A3.1 USB機器間認証が規格化された背景

● 問題 ①…パソコンへの不正侵入を可能とする Bad USB

昨今のUSBの問題として、いわゆるBad USBと呼ばれるものがあります(図A3.1)。これは、USBフラッシュドライブ内のファームウェアを悪意のあるもの書き換えたものです。そのUSBを挿したパソコンにバックドアを仕掛けて、ネットワークから侵入できるようにします。

バックドアを仕掛けられたパソコンは、攻撃者からは丸見えの状態になり、そのパソコン内にある情報やファイルの全てを取り放題となってしまいます。あるいは、攻撃者が他のサーバへ侵入するときの踏み台としてバックドアを仕掛けられたパソコンが使われるかもしれません。そして、そのサーバからはあなたのパソコンが侵入したように見えるため、最悪の場合にはあなたが犯人として逮捕されることも起こり得ます。

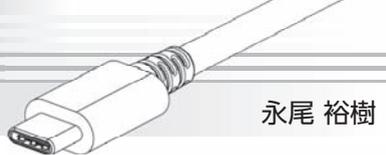
● 問題 ②…粗悪なケーブルによる発熱・発煙・発火

Power Deliveryでは供給可能な電力を大幅に増やし、最大100W(=20V×5A)まで可能となりました。USBケーブルだけで電力供給できるアプリケーションも大幅に増え、ユーザの利便性も向上しました。

その一方で従来よりも大きな電力を扱うため、ケーブルに要求される電気特性や耐久性も従来よりもより良いものが必要になります。例えば、VBUSワイヤの



図A3.1 Bad USBをパソコンに挿すだけで感染。インターネット侵入を許しデータを改ざんしたり盗み取ることも可能に…



USB システムの ソフトウェア

見本

USB Type-C コネクタのサポートにより、Type-A または Type-B コネクタの形状によって固定化されていたホストまたはデバイスのソフトウェアの実装方法は、デュアルロール機能に対応するために変化することになります。

本章では、Windows OS/Linux OS での最新デバイス・クラス対応やデュアルロール機能対応について解説し、さらにサンプル・ソースコードを示します。

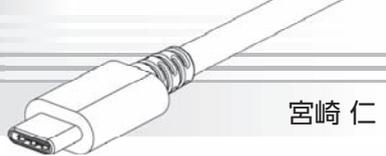
8.1 USBソフトウェアが担うシステム機能の変遷

● USB規格と利用用途

USB インターフェースが世の中に登場してから20年が経過し、現在ではパソコン用周辺機器のインターフェースとしてなくてはならない存在となっています。各規格とその利用用途を図8.1に示します。

USBの歴史は、1996年に発表されたUSB 1.0規格から始まります。この時代は、まだパソコンに接続される周辺機器の種類も限られており、マウスやキーボードのPS/2ポート、モデムのシリアル・ポート、プリンタの平行・ポートなどの置き換えとして、USBは使われました。USB 1.0の転送速度の上限は12Mbpsで、当時のハードディスク・インターフェースとして使われていたSCSI (Small Computer System Interface) と比較すると十分な転送速度ではありませんでした。そのため、ストレージ・デバイスとしては、コンパクトフラッシュのリーダー・ライターやフロッピーディスク・ドライブのインターフェースにUSBは使われました。

2000年にUSB 2.0規格が発表され、転送速度の上限がUSB 1.0の約40倍の480Mbpsに上がりました。この速度域がサポートされたことにより、ストレージ・デバイス (USBメモリやUSBハードディスク) のインターフェースとして、USBは一般的になりました。ストレージ・デバイスの拡張インターフェースとして普及すると同時に、周辺機器インターフェースとしての用途が一気に多様化しまし



USB システムの ハードウェア

見本

USB Type-C コネクタの登場により、USB 機器のホストとデバイスのどちらにも同じコネクタが使われるようになり、接続時にDFPかUFPかが判断されます。さらにPower Deliveryに対応すれば、電源供給のソースかシンクも動的に変更可能です。本章では、USB Type-C + Power Deliveryに対応したハードウェア設計について解説します。

9.1 Power Delivery 対応のシステム

● Power Delivery 対応で実現する機能

本章では、USB Power Delivery 規格^{注1}に対応したハードウェア設計について説明します。

USB Type-CにPower Deliveryは必須ではありませんが、対応にすれば電源供給の自由度が大きく向上します。また、映像信号をUSB Type-Cコネクタで伝送するAlternate ModeにはPower Deliveryが必須です。Power Deliveryは高電圧や大電流のイメージが強いですが、電源供給の方向を自由にかつ動的に決められる点が大きな特徴です。

Power Delivery対応でないUSB Type-Cのシステムでは、パワー・ロールとデータ・ロールの組み合わせは固定的に決められています。ソース（電源の供給側）は常にDFP（Downstream Facing Port）でなければならず、シンク（電源の受電側）は常にUFP（Upstream Facing Port）でなければなりません。ホストがデスクトップ・パソコンでデバイスが周辺機器のような場合には、これで問題ないでしょう。しかし、例えばホストがノート・パソコンやタブレットなどのバッテリー駆動の機器で、それにディスプレイやプリンタなどAC駆動のデバイスを接

注1：Power Delivery 3.0以降ではUSB Type-Cが必須で、Type-AやType-BのコネクタとPower Deliveryを組み合わせることはできない。したがって、本章ではPower Deliveryと書けばUSB Type-C+Power Deliveryを意味することとする

注2：本稿は、ローム株式会社に取材協力をいただき執筆している

見本

このPDFは、CQ出版社発売の「USB Type-C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 <https://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/46/46441.html>
- 購入方法 <https://www.cqpub.co.jp/order.htm>

