

# 変わるUSBその1 - USBタイプCコネクタと パワー・デリバリ

畑山 仁

シニア・テクニカル・エキスパート

テクトロニクス

畑山 仁

**KEITHLEY**  
A Tektronix Company

# 本日の内容

この数年、進化が著しいUSBの各規格を解説！

- 形状（利便性）：タイプCコネクタ
  - ケーブルの向きやプラグの上下を意識することなく接続可能に
  - 標準でも3Aまでの給電機能
- 給電能力：USB Power Delivery（USB-PD）
  - 最大100Wまで強化
  - デバイスからホストへの逆給電も可能に

本セッションで解説

- 拡張性：タイプCコネクタのAlternateモードでUSBのみならずDisplayPortなど他の規格と共用可能に
  - USB PDがサポート
- 通信速度：USB3.1にて10Gbpsを達成

C-2で解説

**免責条項:** USB 3.0/3.1、USB PD、Type-Cコネクタ／ケーブルの仕様の詳細を説明する資料、内容およびSuperSpeedなどの各ロゴは、USB 3.0プロモータのものであります。テクトロニクスは、これらのプロモータに代わって発言、プレゼンテーションするものではありません。

# 参考：USBタイプCと関連規格との関係

用途 \ 関連規格	USB PD	USB 3.1	USB 2.0	DisplayPort、superMHL、HDMI、Thunderbolt3...
DisplayPort、superMHL、HDMI、Thunderbolt3...	○※		○※※	○
USB3.1	○	○	○※※	
3A超の受給電	○			
アクティブ・ケーブルを使用	○※			
USB2.0			○	

※ Vendor Defined Message (VDM) による通信

※※最低限HS/FS/LFのいずれかをサポートする必要あり

# 用語

- DFP/UFP (Downstream Facing Port/Upstream Facing Port)
  - 現時点でのポートのデータに対する動作役割。通常はホスト (DFP) およびデバイス (UFP)
- ソース／シンク (Source/Sink)
  - 現時点でのポートの給電・受電の役割 (DisplayPort、HDMIでは画像ソース)
- プロバイダ (Provider)
  - 給電能力を持つポート
- コンシューマ (Consumer)
  - 受電能力を持つポート
- デュアルロール・パワー (DRP : Dual-role Power) ※
  - ソースおよびシンクのどちらの役割をも持つこと
    - 初期がプロバイダならばプロバイダ／コンシューマ、コンシューマならばコンシューマ／プロバイダ
- デュアルロール・データ (DRD : Dual-role Data) ※
  - DFPおよびUFPのどちらの役割をも持つこと

※ Release 1.2より

# USBタイプC ケーブル&コネクタ

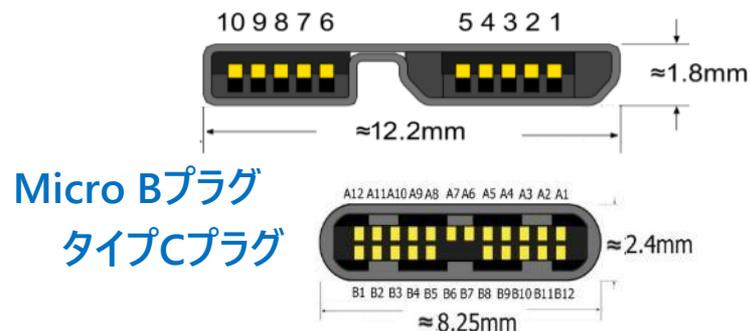


# USBタイプCケーブル & コネクタ

- 2014年8月11日にRevision 1.0発表
- 薄型機器デザインに適合する新デザイン
  - 約8.3mm×約2.5mm開口部
- ケーブルに向き・プラグの表裏がない
- スケーラブルなパワー供給
  - 標準で最大3A@5V
  - USB PDにて最大20V・5Aに対応
- 他の規格と共用（Alternateモード）
  - DisplayPort、HDMI、superMHL、Thunderbolt3など
- 高い性能
  - USB3.1Gen2 10Gbps+（20Gbps？）
  - RFI/EMI性能



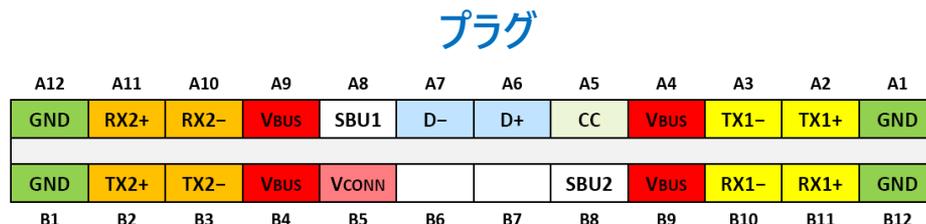
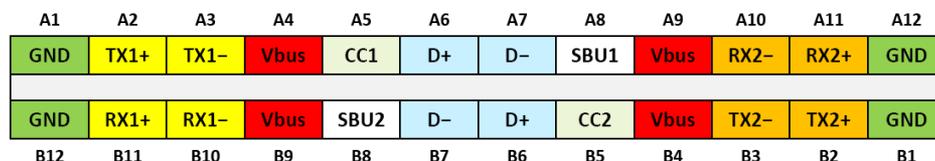
[http://www.usb.org/developers/usdtypec/USB\\_Type-C\\_rendering.png](http://www.usb.org/developers/usdtypec/USB_Type-C_rendering.png)



*Artist renderings courtesy of Foxconn, final design subject to change*

# 信号線・ピン配置

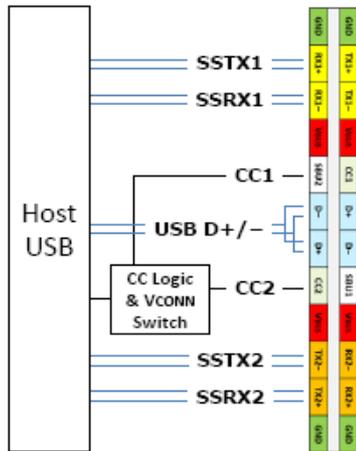
- ホスト（DFP）、デバイス（UFP）でコネクタ／プラグを共通化
- 12ピン×上下2列の24ピン、2組点対称な信号線配置でプラグ反転を実現
- 従来の信号線：倍の本数
  - USB3.1：TX/RX差動ペア2組（差動4ペア）■■ USB2.0：D+/D-差動2ペア■、VBUS/GND■■
- 新たな信号線：4本■
  - CC1/2（Configuration Channel）：ポートの接続検出、向き、電流容量などを決定  
 ■ CCのうちの1つはプラグ側でE-Markedケーブル、  
 アクティブ・ケーブル給電用の  
 $V_{CONN}$ ■
  - SBU1/2（Sideband Use）：  
 拡張用
    - アナログ・オーディオ用途
    - DisplayPortのAUXチャンネルなど



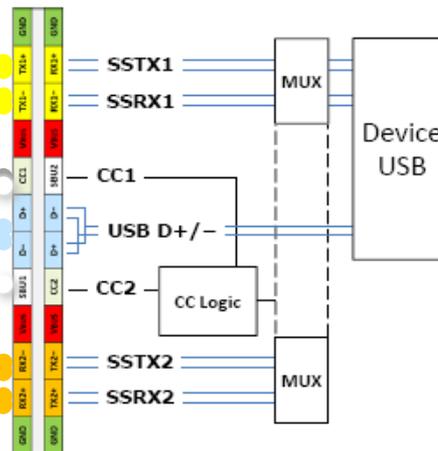
# ケーブル／プラグ反転実現手法

- ホスト：2ポート・コントローラを使い、切り替える（下記A）
- ホスト、デバイス：1ポートの場合、MUX（スイッチ）を入れて切り替える（下記B）
- デバイス（プラグ／ケーブル直結型）：1ポートのみで対応可能（下記C）
- どちらのポートを使うかはCC線を使用し検出 ⇒ CC線のメカニズム理解が肝

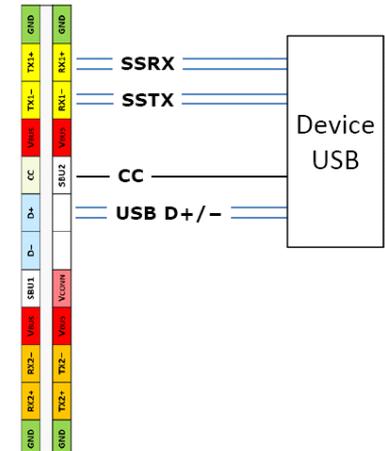
A) 2ポート・コントローラを使用



B) MUXで2ポート化

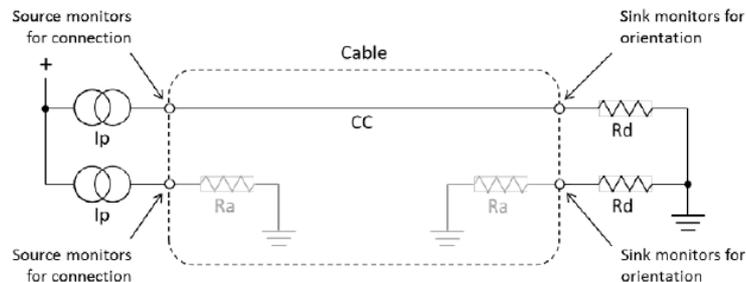


C) 1ポートのみ  
(プラグ・タイプの直結型のみ)



# CCによるケーブル、デバイスの接続の検出

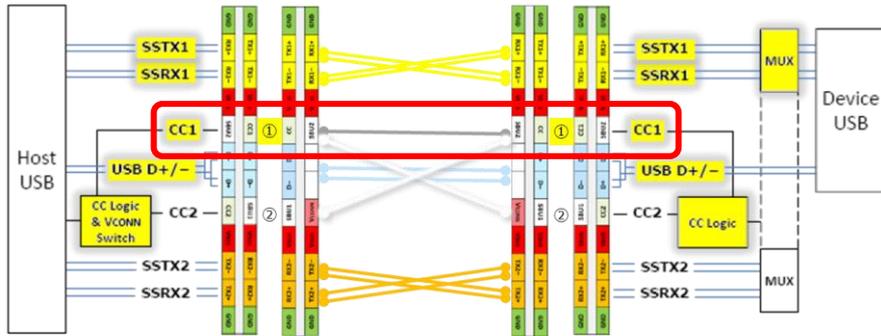
- プルアップ／プルダウン抵抗2組による接続とポートの検出
  - ソース： $R_p \uparrow$
  - シンク： $R_d \downarrow$
  - プラグ： $R_a \downarrow$



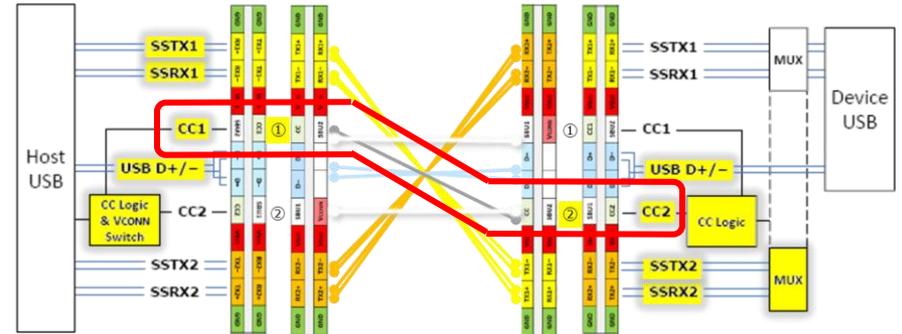
CC1	CC2	ステート	ポジション	備考
オープン	オープン	接続なし	-	ソース-ソース、シンク-シンクは検出できない
$R_d$	オープン	シンク接続	①	
オープン	$R_d$		②	
オープン	$R_a$	パワー・ケーブル接続／シンク未接続	①	
$R_a$	オープン		②	
$R_d$	$R_a$	パワー・ケーブル接続／シンク接続	①	$V_{CONN}$ を供給（E-Markedケーブル、アクティブ・ケーブル）
$R_a$	$R_d$		②	
$R_d$	$R_d$	デバッグ・アクセサリ接続	-	
$R_p$	$R_p$			
$R_a$	$R_a$	オーディオ・アダプタ・アクセサリ接続	-	3.5mmオーディオ・ジャック

# CCによるポートの選択：ホスト⇔デバイス

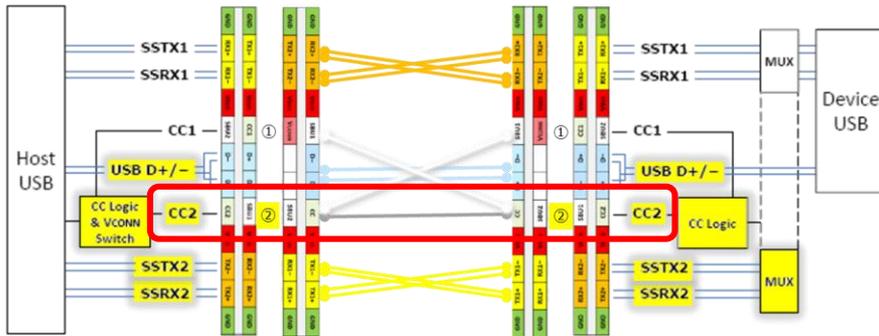
- プラグ反転なし、ケーブル・ストレート①⇔①



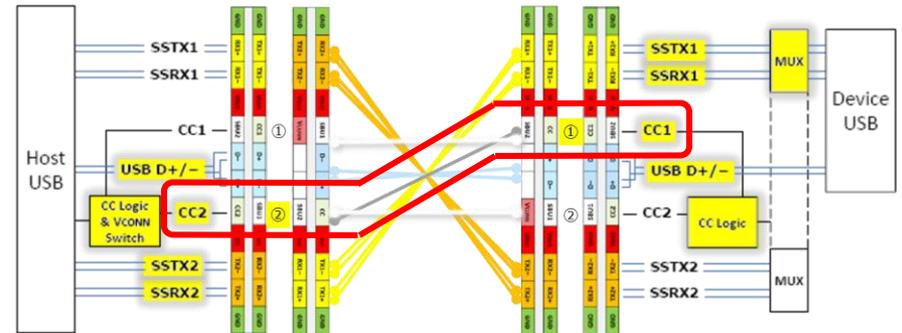
- プラグ反転なし、ケーブル反転①⇔②



- プラグ反転、ケーブル・ストレート②⇔②



- プラグ反転、ケーブル反転②⇔①



# DRPにおけるソースとシンクの確定シーケンス

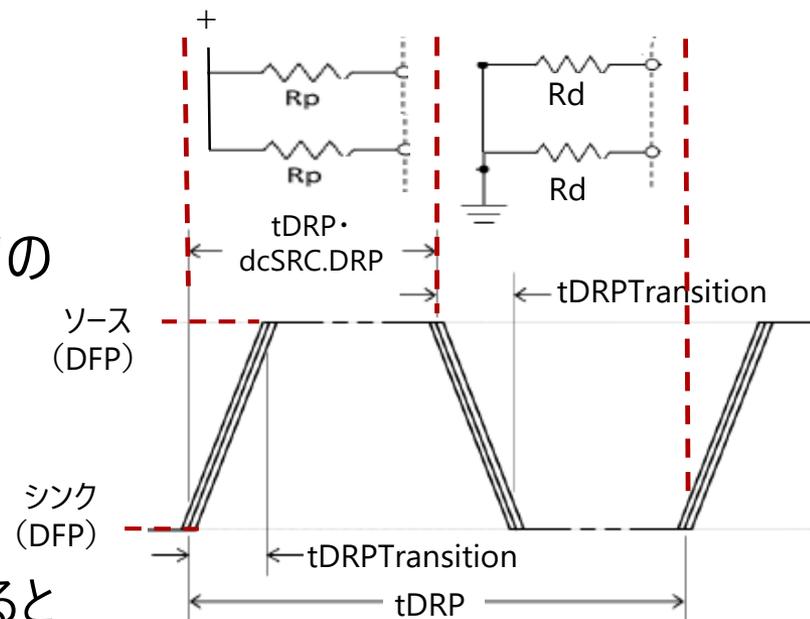
- DRP (Dual-role Power) はソースまたはシンクとして動作

例：ノートPC

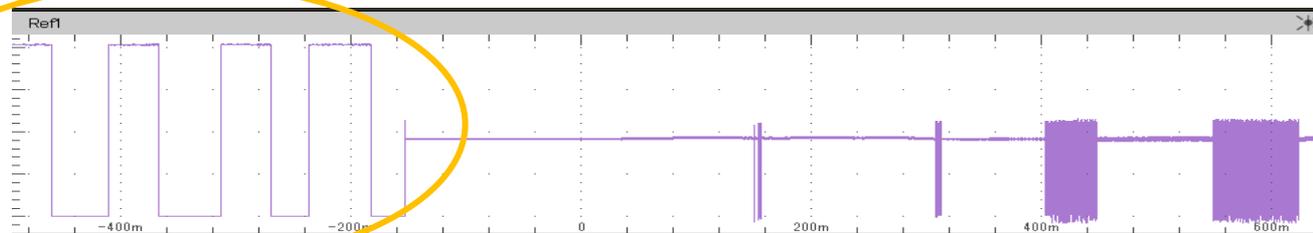
- バッテリ・チャージャ接続時にはシンク
- USBデバイス接続時にはソース

- DRP同士が接続された時のソースとシンクの確定シーケンス

- tDRP (最小 50ms ~ 最大100ms)
- tDRP・dcSRC.DRPの期間はソース、残りはシンクの状態 (30%~70%)
- いずれかの状態で、対向相手が検出されるとシーケンスが確定



引用：USB Type-C Cable and Connector Specification Revision 1.2.

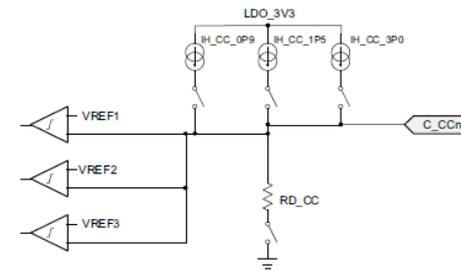


# タイプC供給電力オプション

動作モード	推奨電圧	最大電流
初期USBモード		
USB 2.0	5V	500mA
USB 3.1	5V	900mA
USB BC1.2	5V	1.5Aまで構成
USB Type-C@1.5A	5V	1.5A
USB Type-C@3A	5V	3A
USB PD	5V～20Vに構成可能	5Aまで構成 (20V以外は3Aまで)

# Rp、RdおよびRa抵抗値

Rd/(Rp + Rd)で決まる電圧により供給電力を識別 (3Aまで)



Rd : ソースCCプルアップ抵抗

DFP Advertisement	1.7 – 5.5 V に対する電流ソース	4.75 – 5.5 V へのプルアップ抵抗値	3.3 V ± 5% へのプルアップ抵抗値
初期値 (Default USB Power)	80μA ± 20%	56kΩ ± 20%*	36kΩ ± 20%
1.5A @ 5V	180μA ± 8%	22kΩ ± 5%	12kΩ ± 5%
3.0A @ 5V	330μA ± 8%	10kΩ ± 5%	4.7kΩ ± 5%

Rd : シンクCCプルダウン抵抗

Rd 実現方法	推奨値	電力供給能力検出可否	最大電圧 (ピン)
± 20%電圧クランプ	1.1 V	不可	1.32 V
± 20%抵抗によるグランドへのプルダウン	5.1 kΩ	不可	2.18 V
± 10%抵抗によるグランドへのプルダウン	5.1 kΩ	可能	2.04 V

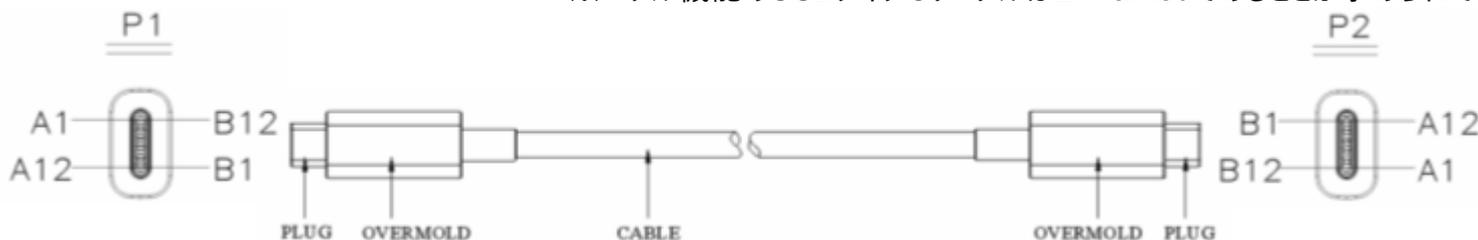
Ra : パワード・ケーブル・プルダウン抵抗

	最小	最大
Ra	800Ω	1.2kΩ

# ケーブルの種類：両端タイプC

識別	プラグ1	プラグ2	バージョン	ケーブル長	電流容量	E-Marked
CC2-3	C	C	USB 2.0	4m以下	3A	オプション
CC2-5					5A	必須
CC3G1-3	C	C	USB 3.1 Gen1	2m以下	3A	必須*
CC3G1-5					5A	
CC3G2-3	C	C	USB 3.1 Gen2	1m以下	3A	必須*
CC3G2-5					5A	

※ フル機能のUSBタイプCケーブルはE-Markedであることが求められている



# ケーブルの種類：タイプC-レガシ

- タイプC-レガシの3Aタイプは、ソース給電能力を読み取る方法がないため、RpはUSB初期値（ $56k\Omega \pm 5\%$ ）
- ただし、ケーブル自体の電流容量はタイプC以外のバッテリー・チャージング用途のために3Aに対応

識別	プラグ1	プラグ2	バージョン	ケーブル長	電流容量
AC2-3	USB2.0 A	C	USB 2.0	4m以下	3A
AC3G2-3	USB 3.1 A	C	USB 3.1 Gen2	1m以下	3A
CB2-3	C	USB 2.0 B	USB 2.0	4m以下	3A
CB3G2-3	C	USB3.1 B	USB 3.1 Gen2	1m以下	3A
CmB2	C	USB2.0 Mini-B	USB 2.0	4m以下	500mA
C $\mu$ B2-3	C	USB2.0 Micro-B	USB 2.0	2m以下	3A
C $\mu$ B3G2-3	C	USB3.1 Micro-B	USB 3.1 Gen2	1m以下	3A

# 変換アダプタ

- 電流容量はタイプC-レガシと同じく3A

識別	プラグ1	プラグ2	バージョン	ケーブル長	電流容量
C $\mu$ BR2-3	C	Micro-B	USB 2.0	15cm以下	3A
CAR3G1-3	C	A	USB 3.1 Gen1	15cm以下	3A



レガシ・ホスト・アダプタ／充電器  
内部でVBUSにRp (56k $\Omega$ ±5%) を通してプルアップ

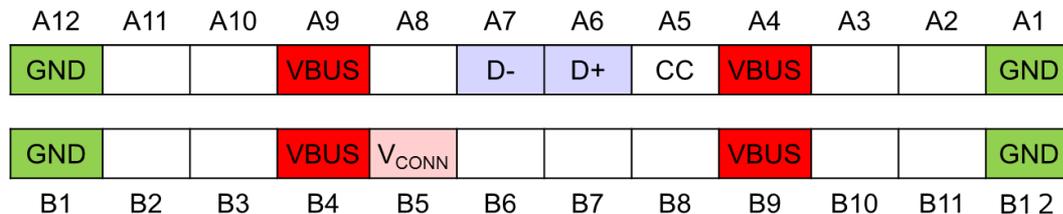


レガシ・デバイス・アダプタ  
内部でRd (5.1k $\Omega$ ±20%) を通してGNDに接続

# USB2.0タイプC

- USB2.0/1.1のデータ帯域で十分というアプリケーションも多い
- これらでタイプCコネクタを採用する意義は大きい
  - ケーブル／プラグ向きのない使い勝手
  - E-Markedなしで最大3Aの給電・受電能力を提供
- USB2.0ならばMUXなしで対応可能
  - レセプタクル表裏間接続で対応
  - ただしスタブ長を抑える

USB2.0タイプCプラグ：  
USB2.0に限定



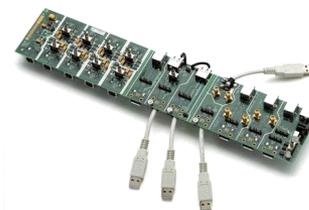
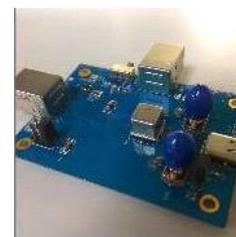
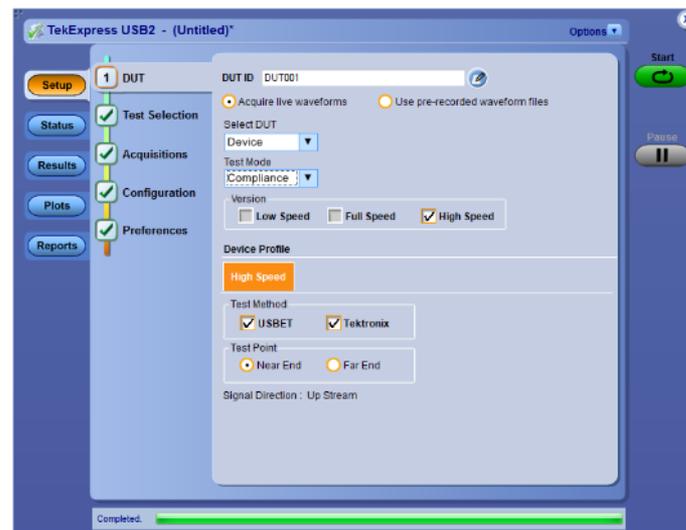
# USB2.0タイプC 当社のテスト・ソリューション

## トランスミッタ・テスト

- オシロスコープ
  - MSO70404C型、あるいはDPO7354C型
- コンプライアンス・テスト・ソフトウェア
  - Opt.USB2
    - ワンボタン自動測定ソリューション
- テスト・フィクスチャ
  - HSMモード（SMAケーブル接続）
    - AU-16043-L デバイス・フィクスチャ（アリオン株式会社）
    - AU-16044-L ホスト・フィクスチャ（アリオン株式会社）
  - FS/LFモード（プローブ接続）
    - TDSUSBF フィクスチャ
    - USBタイプC⇔USBタイプA変換ショート・ケーブル※
- TAP1500型 FETプローブ：3本

## レシーバ、スケルチ・テスト

- 任意波形ジェネレータ
  - AWG5000Cシリーズ



※ 例：USB2.0 Type-C-to-Aプラグ：エレコム株式会社 U2C-BCAC01N  
USB2.0 Type-C-to-Aレセプタクル：KaiJet Technology International Limited JUCX05J

# 参考：USB2.0フィクスチャ

## レガシ・コネクタ

- USB2.0 HSモードはUSB2SIGQUALフィクスチャ（USB-IF）を使用し、オシロスコープ（50Ω）にSMAケーブルで接続して測定※
  - 線路に並列抵抗450Ωを入れ、45Ωに調整
  - FS/LSモードは従来同様にプローブ・テスト・フィクスチャを使用

## タイプC

- USB2.0タイプCテスト・フィクスチャ（アリオン株式会社）
  - AU-16043-L デバイス・フィクスチャ
  - AU-16044-L ホスト・フィクスチャ
  - <http://jp.allion.com/index.php?view=custom1&d=100>

※ USB-IF Compliance update #86にてフィクスチャ上の終端抵抗に差動プローブを接続して測定する方法から2013年8月より変更

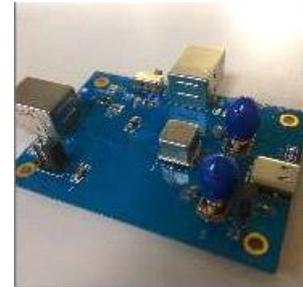
USB2SIGQUAL  
デバイス・フィクスチャ



USB2SIGQUAL  
ホスト・フィクスチャ



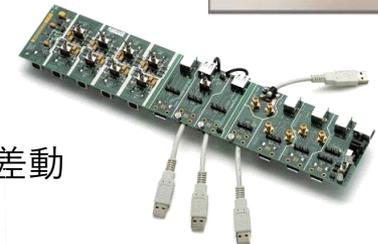
AU-16043-L  
デバイス・フィクスチャ



AU-16044-L  
ホスト・フィクスチャ

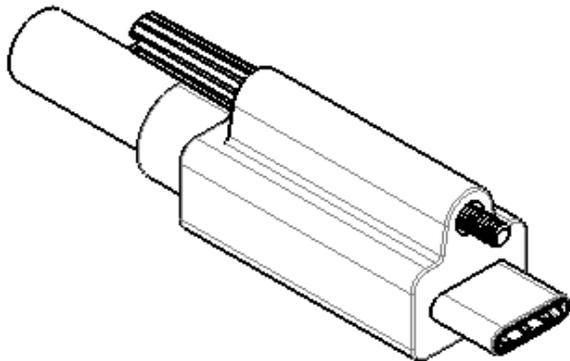


TDSUSBF  
フィクスチャ

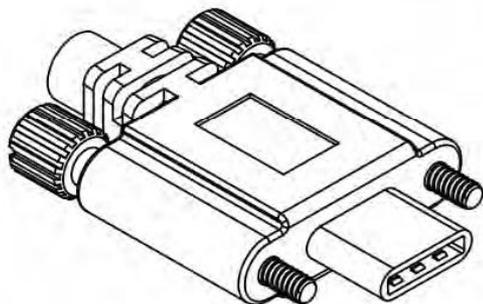


# 参考：USB Type-C ロッキング・コネクタ

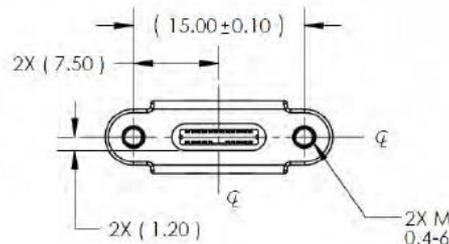
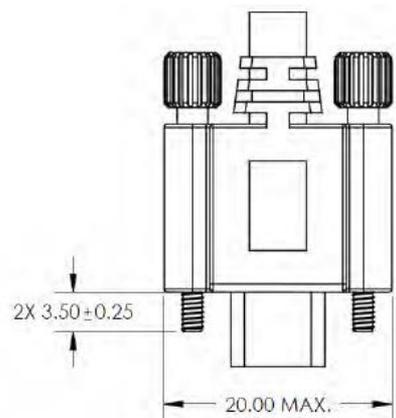
- シングル・スクリュ・プラグ



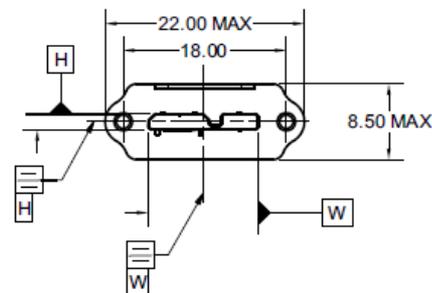
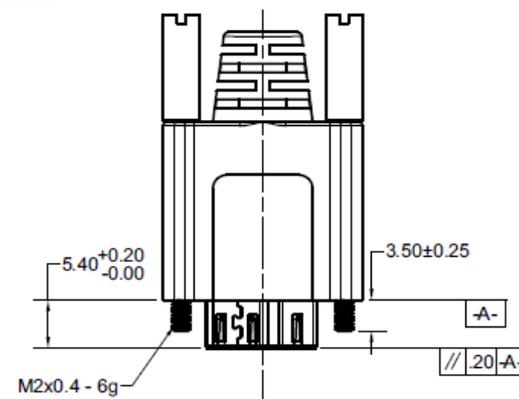
- デュアル・スクリュ・プラグ



Dual Screw  
USB Type-C  
Rocking plug



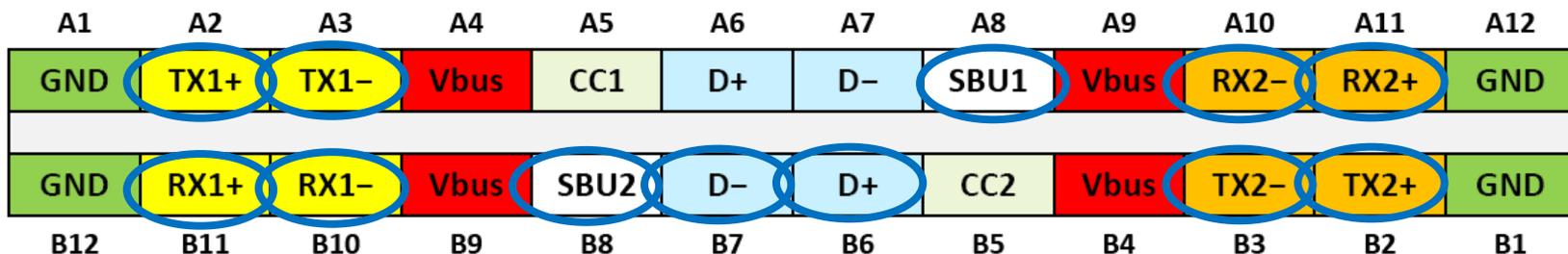
USB3Vision  
MicroB



Universal Serial Bus Type-C Locking Connector Specification, March 9, 2016  
USB3 Vision version 1.0, January, 2013

# 参考：Alternateモード

- 12ピン、特に高速差動4ペアとSBUをUSB3.1以外のゲスト・プロトコル用に構成可能
  - DisplayPort x2+USB3.1
  - DisplayPort x4
  - HDMI
  - superMHL
  - ベンダ定義（Thunderbolt3など）
  - アナログ／デジタル・オーディオ
- 構成
  - 接続時にCC線を使ったPDプロトコルによりネゴシエーション
  - USB2.0を必ずサポートすること

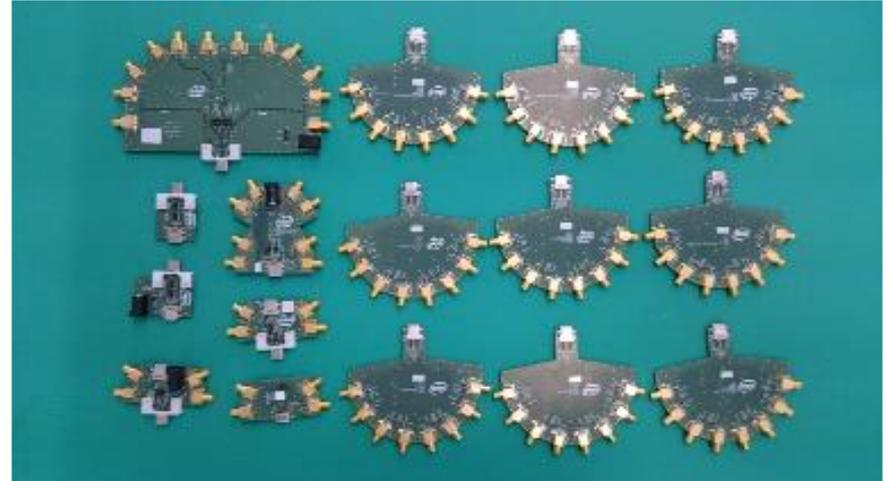


C-2で解説

# 参考：USB31CET

## USB3.1タイプCテスト・フィクスチャ・セット

- USB 3.1 Compliance Load Board Type-C
  - 3種類：5.6", 7.1", 8.1"
- USB 3.1 Mock Host/Device Type-C
  - 3種類：7.2", 8.7", 9.7"
- USB 3.1 5G Host/Device Fixture 2
  - 3種類：10.4", 12.4", 14.4"
- USB 3.1 Host PHY Tx Fixture Type-C
- USB 3.1 Dev PHY Tx Fixture Type-C
- USB 3.1 Host Fixture 1C
- USB 3.1 Dev Fixture 1C
- USB 3.1 Rx CAL Fixture Type-C
- USB 3.1 Full Type-C Breakout
- USB 3.1 Captive Device Fixture Type-C
- USB Type-C to C cable
  - 2種類：1m、2m
- 5 Volt DC power supply



USB3.1のテストはC-2で解説

# まとめ

- タイプCコネクタはその利便性で急速に普及しつつある
  - 小型・薄型でタブレットやスマートフォンに適合
  - ケーブルの向き・プラグの表裏を気にしないで接続できる使い勝手
  - USB PDなしでも3Aまで供給可能
- 2つのCC線とプルアップ抵抗 ( $R_p$ )、プルダウン抵抗 ( $R_d$ ) で接続・ポートの役割、供給電流 (3Aまで) を認識
- USB3.1/2.0機器でのレガシ・コネクタからの置き換え (UFP) ではプラグ・タイプであればコネクタ機器内部で片側のCCを $R_d$  ( $5.1k\Omega$ ) でグラウンドに落とすだけで実現可能
  - 他ではUSB3.1では2ポート・コントローラ (ホスト) やMUXを併用する必要あり
- USB3.1/2.0のテストは基本的には従来と同じ
  - USB3.1、USB2.0タイプC用フィクスチャ・キットも入手可能

AlternateモードはC-2で解説

# USBパワー・デリバリ

## その1： 拡張された給電能力

# USB PD (パワー・デリバリー)



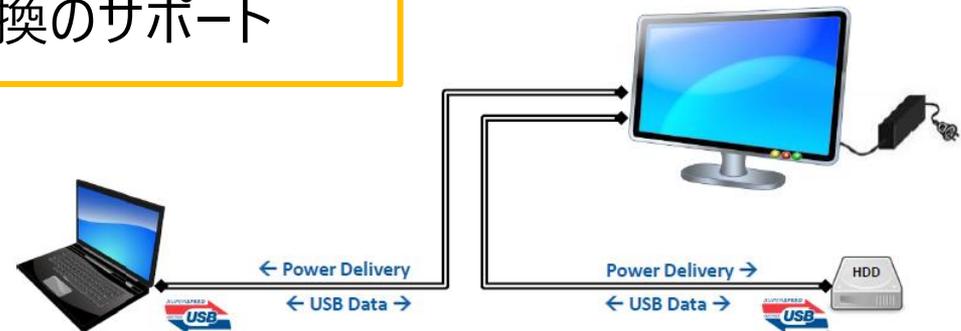
## 狙い・役割

### 1. 電源としてのUSB機能強化

- 最大100Wの電源を供給 (ケーブル・タイプで制限あり)
- 従来とは逆向きのデバイスからホストへの給電が可能に
  - 例えばバッテリー・モバイル機器およびバス・パワー・ストレージの双方に対し、AC電源を持つディスプレイから給電を可能に
- 動作中でも容量や給電の向きを変更できる

### 2. タイプCケーブルでのポートの役割、E-Markedケーブルとの通信、Alternateモードでのゲスト・プロトコル情報交換のサポート

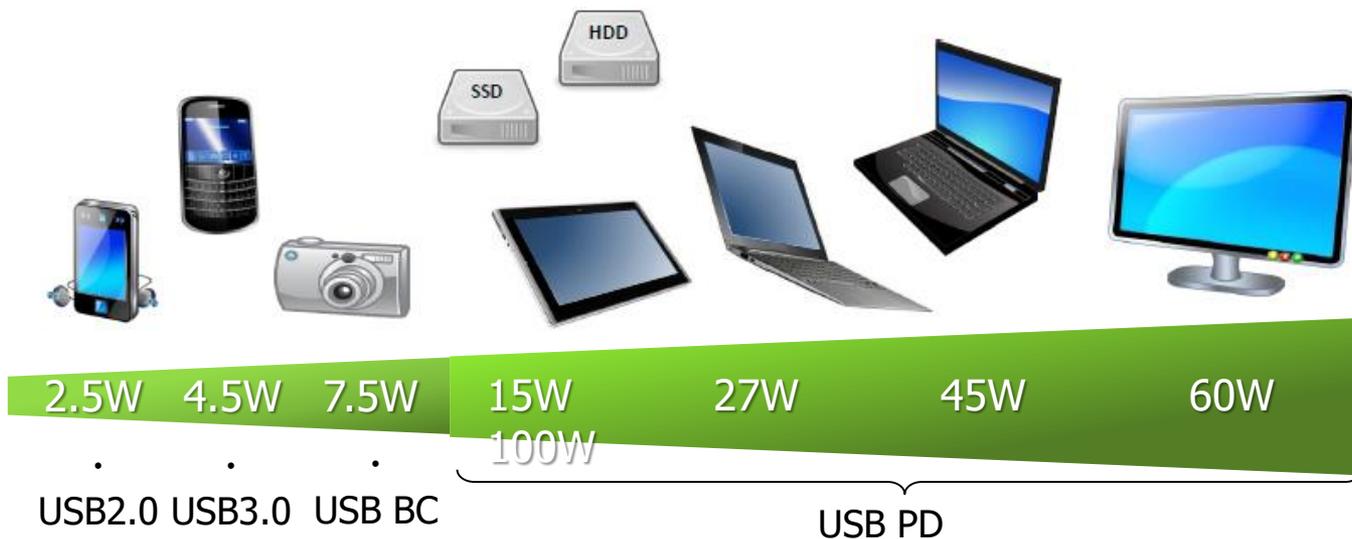
AlternateモードはC-2で解説



# USB PDパワー・ルール

※ Revision 3.0、Revision 2.0 Version 1.1からパワー・プロファイル(5/12/20V)に変わって規定

- 提供すべき供給可能・必要な電圧・電流の標準的な組合せ
  - USB PDは柔軟ゆえソース／シンク間で互換性が損なわれるため
  - USB電源アダプタ、コンセントのエコシステムをより促進



PDP (W)	5V	9V	15V	20V
$0.5 \leq x \leq 15$	$x \div 5$			
$15 < x \leq 27$	3	$x \div 9$		
$27 < x \leq 45$	3	3	$x \div 15$	
$45 < x \leq 60$	3	3	3	$x \div 20$
$60 < x \leq 100$	3	3	3	$x \div 20$ (5Aケーブル必要)



# ネゴシエーション用リンク

## 物理層

- 接続検出後、デバイスとネゴシエーションの上、供給電圧・電流量、方向を決める
- CC線上を伝送するデータ・ラインの信号やTx/Rxに依存しない独立したリンク

- 半2重通信

- 4B/5B符号

- 270~330kbps

- 高いデータ保全性

- CRC (32ビット) とMessageIDを確認

- 必ず応答を返信 (例: GoodCRC)

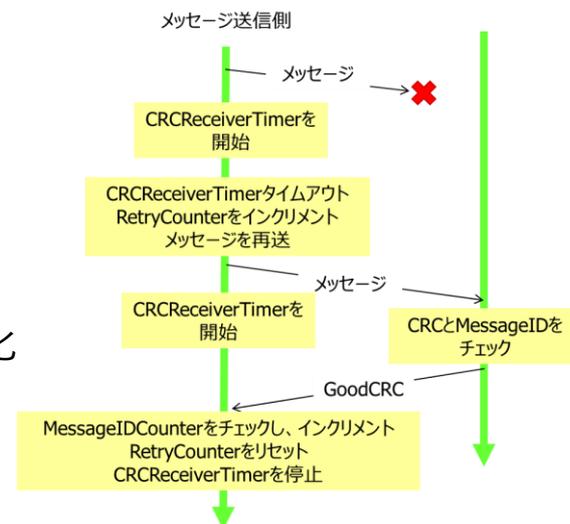
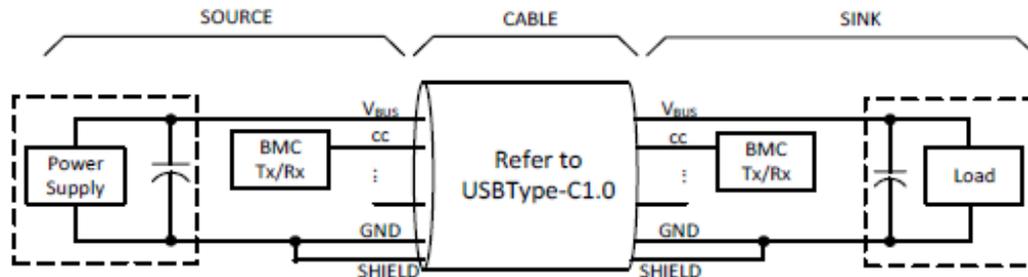
- 0.9~1.1秒以内に応答がない場合は再送

- 3回目の再送で応答がない場合はSoft Resetを送信し初期化

- Built-in Self Test機能

CC

VBUS



# ネゴシエーション用リンク

## 物理層 (続き)

- BMCシグナリング：Bi-phase Mark Coding

- 0：00または、11
- 1：01または、10
- 前のパターンの論理を反転させていずれかのパターンを確定

- 公称振幅1.125V

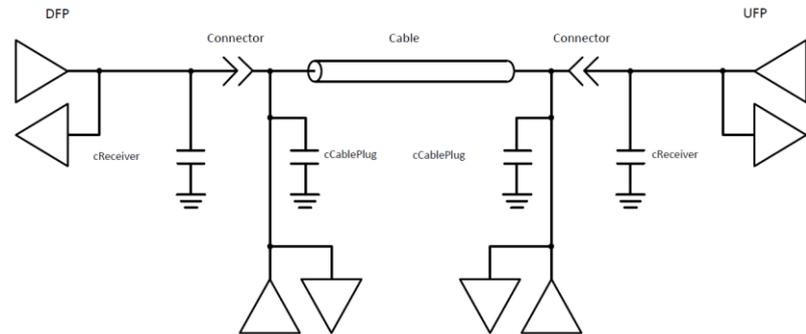
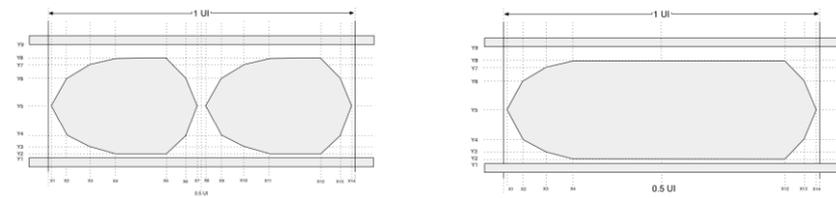
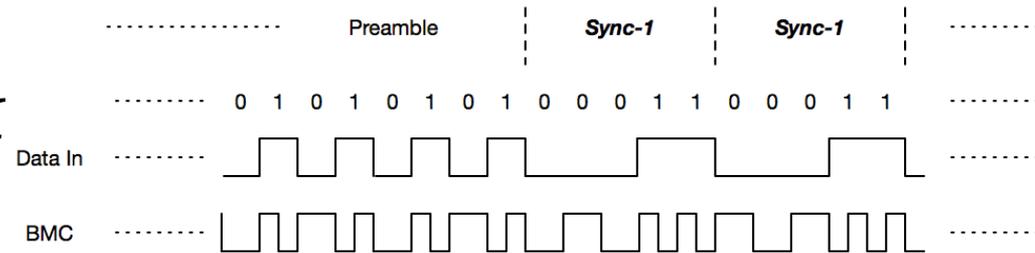
High:  $1.125 \pm 0.075V$

Low:  $0 \pm 0.075V$

- マルチドロップ

- 最大4ノード

BMC  
データ・ストリーム例



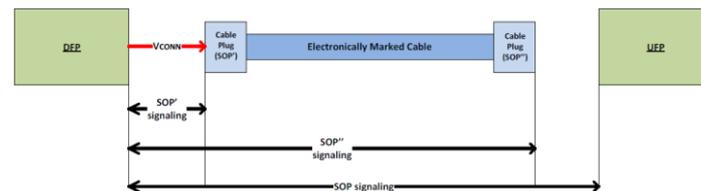
引用：USB Power Delivery Specification Revision 2.0, V1.1.

# ネゴシエーション用リンク

## SOP packets



- Preamble: Receiver synchronization 64-bit pattern
  - 0 and 1 repetition
- SOP\*: Sender identification also combined packet start indicator K-code. (4B/5B) 4-symbol sequence
  - 1 symbol skip also recognizable combination
  - SOP/SOP'/SOP'' of any
- CRC: 32-bit
- EOP: Packet end indicator K-code  
 CRC: Cyclic Redundancy Code  
 EOP: End of Packet



SOP*	SOP	SOP'	SOP''
番号	Start of Packet Sequence	Start of Packet Sequence Prime	Start of Packet Sequence Double Prime
1	Sync-1	Sync-1	Sync-1
2	Sync-1	Sync-1	Sync-3
3	Sync-1	Sync-3	Sync-1
4	Sync-2	Sync-3	Sync-3

# メッセージ

- Source/Sync Capability
  - ソース給電能力、シンク受電能力の告知
  - ソース・タイプ：チャージャ、バッテリーなど
- Request
  - Get\_Source\_Cap：ソース給電能力要求
  - Get\_Sink\_Cap：シンク受電能力要求
  - Request：電圧、電流要求
  - PR\_Swap：パワー・ロール変更
  - DR\_Swap：データ・ロール変更
  - VCONN\_Swap：Vconnソース変更
- Accept/Reject/Wait
- その他
  - GoodCRC
  - ソフト・リセット
  - PS\_RDY、Ping
  - BIST (Built-in Self Test)
  - VDM (Vendor Defined Message)

# データ・オブジェクト

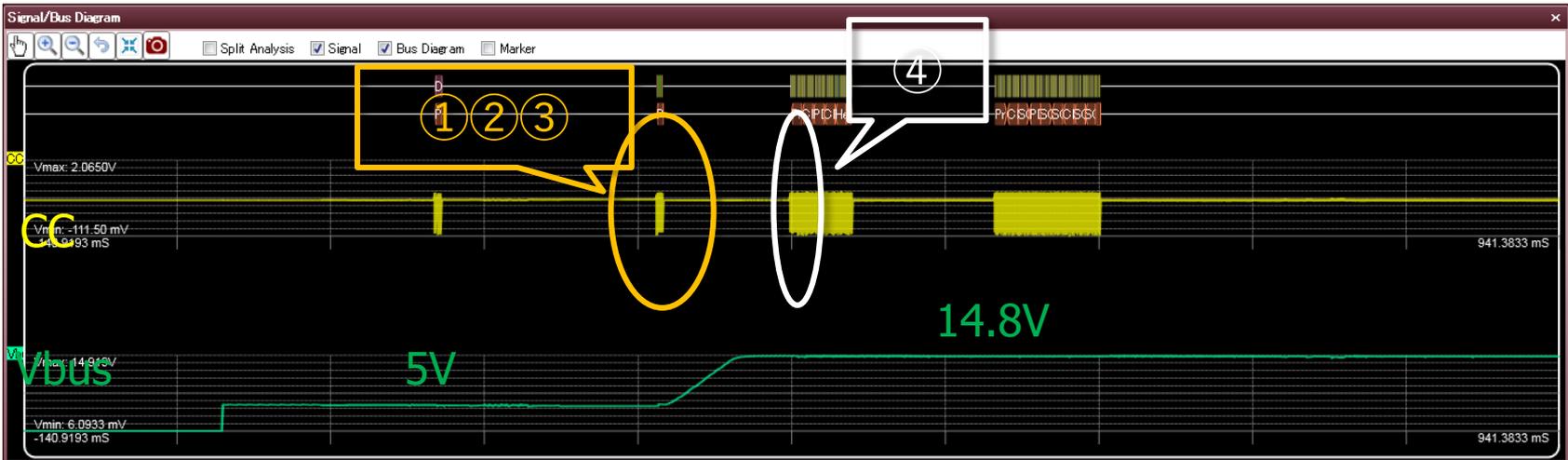
- データ・メッセージはメッセージ・ヘッダに続くオブジェクトで構成（0～7個）



- 4種類のデータ・オブジェクトを規定
  - Powerデータ・オブジェクト（PDO）
    - ソース給電能力、シンク受電能力を記載
    - 複数のサプライ・タイプを定義可能：固定、可変、バッテリー
    - 各々のオブジェクトは供給電圧、最大電流（ソース）、動作電流（シンク）などを含む
  - Requestデータ・オブジェクト（RDO）
    - 上記PDOのどのオブジェクトを使用するか指定
    - 最大電流、動作電流を告知
  - BISTデータ・オブジェクト（BDO）
    - 物理層テスト・パターン
  - Vendor Defined Messageオブジェクト（VDO）
    - 機能拡張用：特にAlternateモード

# パワー・ネゴシエーション例

No	Port Type	Message	SOP	PDO	Message Type	Message ID	Header (MSB to LSB)	Payload(MSB to LSB)	CRC
①	DFP	Source Capabilities	SOP	Fixed Supply;	Data	0	0x21 0x61	0x4A0C8 0x80190F0	0xC704DD7B
	UFP	Good CRC	SOP		Control	0	0x00 0x41		0xC704DD7B
②	UFP	Request	SOP	Request;	Data	0	0x10 0x42	0x230320C8	0xC704DD7B
	DFP	Good CRC	SOP		Control	0	0x01 0x61		0xC704DD7B
③	DFP	Accept	SOP		Control	1	0x03 0x63		0xC704DD7B
	UFP	Good CRC	SOP		Control	1	0x02 0x41		0xC704DD7B
④	DFP	PS_RDY	SOP		Control	2	0x05 0x66		0xC704DD7B
	UFP	Good CRC	SOP		Control	2	0x04 0x41		0xC704DD7B



# 参考：Source/Sink Capabilities例1

Source Capabilities			
Bit(s)	Field Description	Raw Data	Value
B15	Reserved	0x0	
B14..12	Number of Data Object	0x2	2
B11..9	Message ID	0x0	0
B8	Port Power Role	0x1	Source
B7..6	Specification Revision	0x1	1
B5	Port Data Role	0x1	DFP
B4	Reserved	0x0	
B3..0	Message Type	0x1	Source Capabilities
PDO(1)			
B31..30	Supply Type	0x0	Fixed Supply
B29	Dual-Role Power	0x0	FALSE
B28	USB Suspend Supported	0x0	FALSE
B27	External Powered	0x1	TRUE
B26	USB Communications Capable	0x0	FALSE
B25	Data Roll Swap	0x0	FALSE
B24..22	Reserved	0x0	
B21..20	Peak Current	0x0	Peak current equal IOC
B19..10	Voltage	0x64	5000mV
B9..0	Maximum Current	0xF0	2400mA
PDO(2)			
B31..30	Supply Type	0x0	Fixed Supply
B29	Dual-Role Power	0x0	FALSE
B28	USB Suspend Supported	0x0	FALSE
B27	External Powered	0x0	FALSE
B26	USB Communications Capable	0x0	FALSE
B25	Data Roll Swap	0x0	FALSE
B24..22	Reserved	0x0	
B21..20	Peak Current	0x0	Peak current equal IOC
B19..10	Voltage	0x128	14800mV
B9..0	Maximum Current	0xC8	2000mA

■ オブジェクト個数

- 電圧：50mV単位
- 動作電流（Sink）：10mA単位
- 最大電流（Source）：10mA単位

- サプライ・タイプ
  - 固定（00b）
  - 可変（10b）
  - バッテリ（01b）

# 参考：Source/Sink Capabilities例2

Source Capabilities			
Bit(s)	Field Description	Raw Data	Value
B15	Reserved	0x0	
B14..12	Number of Data Object	0x2	3
B11..9	Message ID	0x0	0
B8	Port Power Role	0x1	Source
B7..6	Specification Revision	0x1	1
B5	Port Data Role	0x1	DFP
B4	Reserved	0x0	
B3..0	Message Type	0x1	Source Capabilities

■ オブジェクト個数

PDO(1)			
B31..30	Supply Type	0x0	Fixed Supply
B29	Dual-Role Power	0x0	FALSE
B28	USB Suspend Supported	0x0	FALSE
B27	External Powered	0x1	TRUE
B26	USB Communications Capable	0x0	FALSE
B25	Data Roll Swap	0x1	TRUE
B24..22	Reserved	0x0	
B21..20	Peak Current	0x0	Peak current equal IOC
B19..10	Voltage	0x64	5000mV
B9..0	Maximum Current	0x12C	3000mA

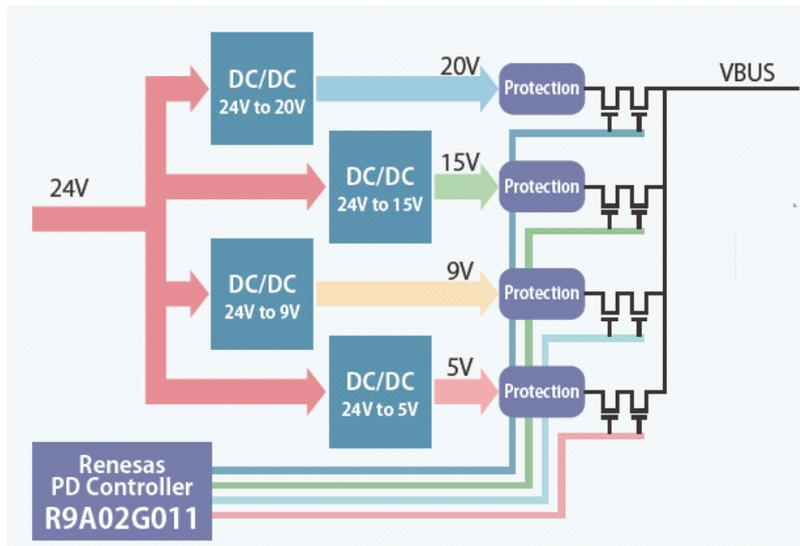
PDO(2)			
B31..30	Supply Type	0x0	Fixed Supply
B29	Dual-Role Power	0x0	FALSE
B28	USB Suspend Supported	0x0	FALSE
B27	External Powered	0x1	TRUE
B26	USB Communications Capable	0x0	FALSE
B25	Data Roll Swap	0x1	TRUE
B24..22	Reserved	0x0	
B21..20	Peak Current	0x0	Peak current equal IOC
B19..10	Voltage	0xF0	12000mV
B9..0	Maximum Current	0x12C	3000mA

PDO(3)			
B31..30	Supply Type	0x0	Fixed Supply
B29	Dual-Role Power	0x0	FALSE
B28	USB Suspend Supported	0x0	FALSE
B27	External Powered	0x1	TRUE
B26	USB Communications Capable	0x0	FALSE
B25	Data Roll Swap	0x1	TRUE
B24..22	Reserved	0x0	
B21..20	Peak Current	0x0	Peak current equal IOC
B19..10	Voltage	0x190	20000mV
B9..0	Maximum Current	0x12C	3000mA

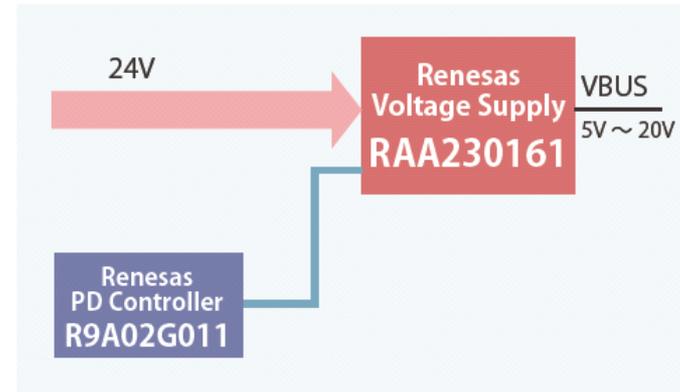
# 参考：電源の構成

## 2つの方法

- 個々の電圧に電源（DC-DCコンバータ）を用意
  - 柔軟な1次電圧・構成
  - 豊富な選択肢
- PD用の電源ICで対応
  - 部品点数最少化
  - 1次電圧に制約
  - 例



- ルネサスエレクトロニクス株式会社 RAA230161
- Intersil社 ISL9238/9238A



出典: ルネサスエレクトロニクス株式会社 RAA230161 USB電源  
<https://www.renesas.com/ja-jp/doc/products/usb/r19pf0064jj0200-usb.pdf>

# コンプライアンス／インターオペラビリティ・テスト

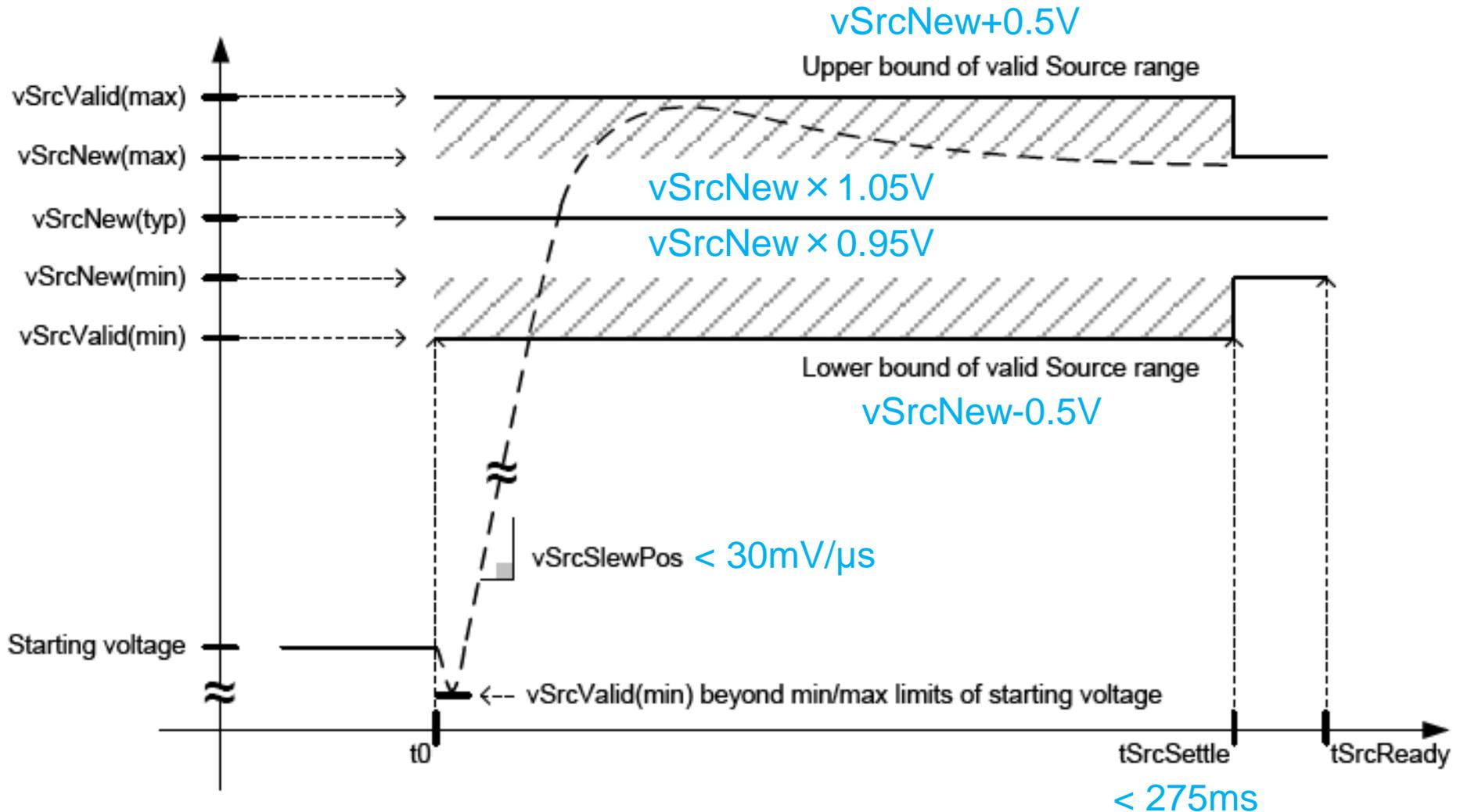
- Chapter 2 Overview Section including SOP\* Comm and UFP/DFP Communications
- Chapter 3 タイプA and タイプB Cable Assemblies & Connectors
- Chapter 4 Electrical Requirements
- Chapter 5 Physical Layer (BMC)
- Chapter 6 Protocol Layer
- Chapter 7 Power Supply
- Chapter 8 Device Policy
- Chapter 9 System Policy

静的なDC特性のみならず  
電圧変更した際の過渡応答の  
テストも含まれる  
↓  
オシロスコープで評価

- CTS（Compliance Test Specification）は現在策定中
- Allion株式会社、米国GRL社が認証テスト実施中

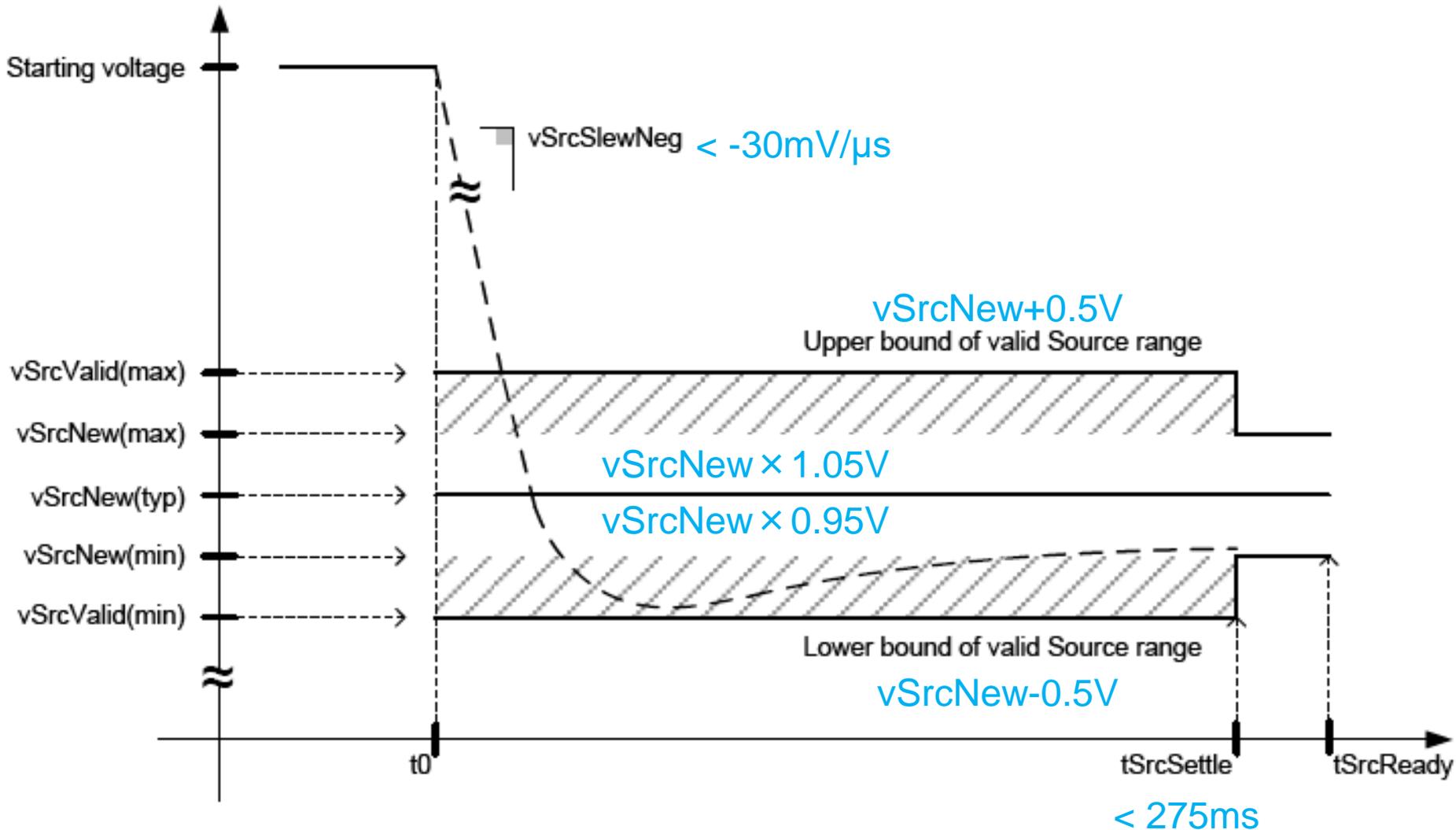
# 電圧上昇遷移時間

固定電源 (Fixed Supply)



# 電圧下降遷移時間

固定電源 (Fixed Supply)



# USB PDトランスミッタ/ パワー・テスト構成図

プロバイダ／コンシューマ、コンシューマ／プロバイダ、  
デュアル・ロール・デバイス

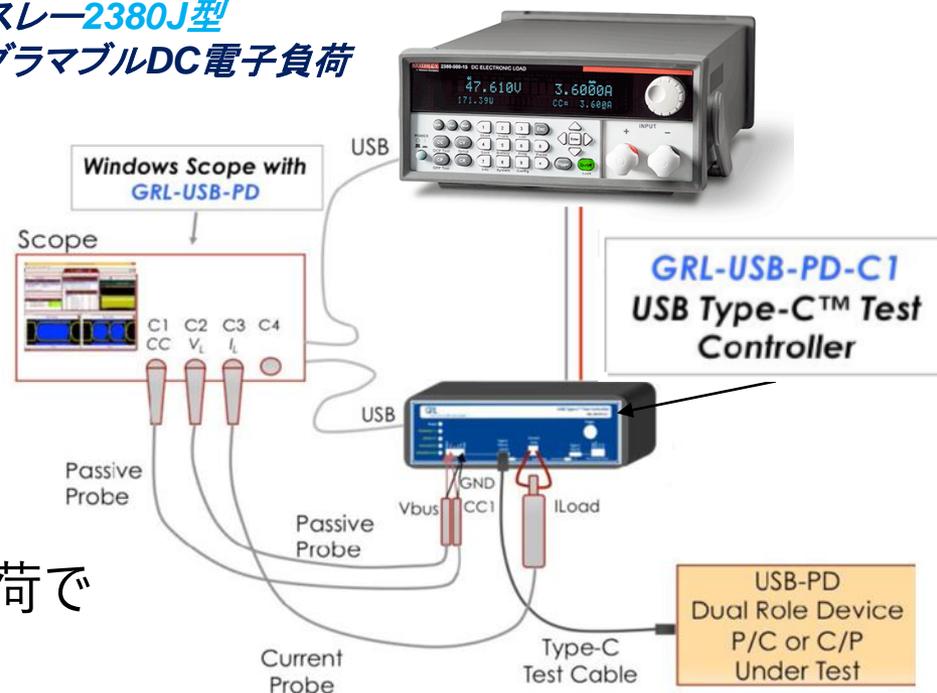
## トランスミッタ

- CC上のBMC信号（PDパケット）を  
オシロスコープで捕捉して  
アイの評価とデコード

## パワー・テスト

- プロバイダ／ソースに対しては電子負荷で  
電流をシンク
- コンシューマ／シンクに対しては電源から電流をシンク
- デュアル・ロールの場合には双方が必要
- オシロスコープで遷移時間を測定/テスト

ケースレー2380J型  
プログラマブルDC電子負荷



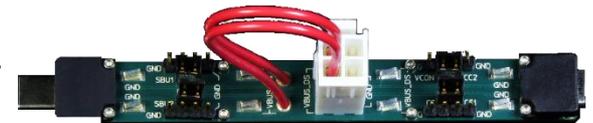
ケースレー2280S-  
32-6型  
プレジジョン・  
プログラマブル  
DC電源(32V/6A)



# USB PD BMCトランスミッタ・テスト

## 当社のソリューション構成

- オシロスコープ（Windows搭載機種）
  - MSO/DPO70000C/DXシリーズ
  - DPO7000Cシリーズ、MSO/DPO5000Bシリーズ
- テスト・ソフトウェア
  - GRL-USB-PD Power Deliveryソフトウェア
- PDコントローラ
  - GRL-USB-PD-C1
- パッシブ・プローブ
  - MSO/DPO70000C/DXシリーズ以外は標準装備
  - MSODPO70000C/DXシリーズではTCA-1MEG型
- タイプCクーポン（テスト・フィクスチャ） ※※
  - Wilder Technologies社
  - LUXSHARE-ICT社



※ GRL-USB-PD-C1使用時、または基板上で信号をアクセスできる場合はテスト・クーポン不要

# USB PDパワー・テスト

## 当社のソリューション構成

- BMCTランスミッタ・テスト構成に加え、下記が必要

内容	型番	対象	
		プロバイダ／コンシューマ、コンシューマ／ プロバイダ、デュアル・ロール・ポート	
		プロバイダのみ	コンシューマのみ
電流プローブ	TCP0020A型 (DPO7000Cシリーズ、 MSO/DPO5000Bシリーズ)、 TCP0030A型 + TCAVPI型アダプタ、 TCP202A型 (MSO/DPO70000C/DXシリーズ)		○
電子負荷	2380J-120-60型、あるいは 2380J-500-15型	○	
電源※	2280S-32-6型		○

※ 15V以外はGRL-USB-PD-C1型コントローラ用外部ACアダプタでも対応可能

# 参考：GRL-USB-PD Power Delivery テスト・ソフトウェア

- Windowsベースのオシロスコープ上で実行
  - オシロスコープでCC/BMC信号、VBUSの変化を取り込み規定のテストを実行
- USB Power Delivery (USB PD) Specification Revision 2.0の仕様に適合
- USB PD BMC信号の物理層のテストに対応
  - アイ・ダイアグラムを用いたマスク・テスト
  - USB - PD Chapter 5に規定された電気パラメータ・テスト
- USB PD Chapter 6に規定されたプロトコルのデコード
- Type - C ケーブルとアダプタの'eMark'コンプライアンス・テスト
- Type - C ケーブルを用いたUFPとDFP間で行われるUSB PDトランザクションのモニタリング
- バスのデータ表示と、物理層の波形データの表示
- PDFとcsv、xml形式のレポート自動生成
- GRL-USB-PD-C1コントローラを用いたテストの自動化
  - プロバイダとコンシューマのための電圧、電流、パワー・マネジメント
  - 自動パワー・サプライとパワー・コンシューマ状態のテスト
  - Alternateモードの開始と終了

# 参考：BMCアイ・マスク

値	トランスミッタ	レシーバ		
		パワー・ソーシング	パワー・ニュートラル	パワー・シンキング
1				
0				

# GRL-USB-PDのGUI

テスト結果：'ダッシュボード' ビュー

テスト結果

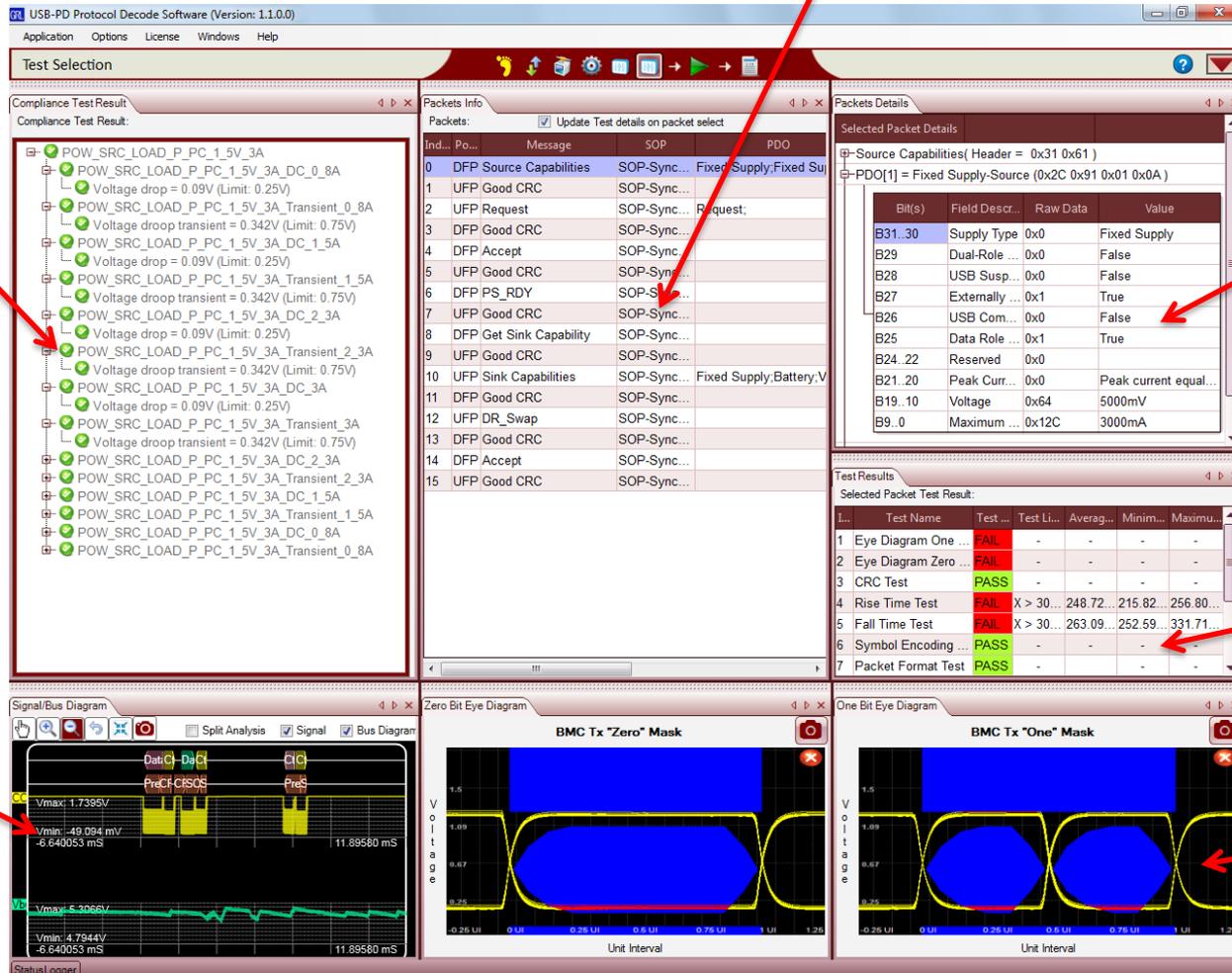
パケット情報

パケットの詳細

BMC  
電氣的テスト

信号波形と  
タイミング

BMC  
アイ



# まとめ

- PDでは最大100Wの給電・受電能力を提供
- 従来と異なり、逆方向の給電・受電が可能な他、動作中でも逆転可能
- CC上のBMC信号を採用したPDプロトコルにより情報交換・設定
- Revision 3.0 より大幅に拡張
  - レガシのPDプラグ／コネクタが削除され、タイプCのみに
    - レガシ互換は同時発行のRevision 2.0 Version 1.2で継続
  - 暗号化によるチャージャ認証のカラクリなどを追加
- 今後他の規格団体と協調し、給電の本格的なコネクタとしてタイプC、USB PDが普及する様相
  - IECでIEC62680として正式に採用
  - チャージャ認証プログラム
- 当社は3rdパーティとのUSB PDの協調ソリューションを提供

# ご静聴ありがとうございました。

展示コーナーで実機デモを行っております。ぜひご覧ください。

## 展示：

RFからパワー、高速シリアルまでの最新のソリューション展示。新製品も多数ご紹介。



ミニ・セミナー：  
5シリーズMSO  
オシロスコープのご紹介  
【登録不要】