

# 技術紹介

## 3

## VirtualLink™に対応した USB Type-C™コネクタ 実用化に向けて

### Approach to Materialize USB Type-C™ Connector for VirtualLink™ Standard

大坂 純士

Junji Osaka

コネクタ事業部 技術一部 主任

**キーワード:** VirtualLink™、USB Type-C™、High speed interface、高速伝送

VirtualLink™ : VirtualLink Consortium の商標

USB Type-C™ : USB Implementers Forum, Inc.の商標

**Keywords:** VirtualLink™, USB Type-C™, High speed interface, High speed characteristic

### 要 旨

小型で高性能である USB Type-C コネクタは、次世代のインターフェース規格として、スマートフォン、PC、AV 機器、ゲーム機等に幅広く普及が進んでおります。また、USB Type-C は、USB 伝送だけでなく、Alternate Mode として、HDMI や DisplayPort、Thunderbolt3 伝送にも利用されています。

近年、さらに VR(Virtual Reality)向けに Alternate Mode として“VirtualLink”規格が追加されました。VirtualLink 規格は、1 本の USB Type-C ケーブルとコネクタを介して必要な電力、映像情報、および制御信号のすべてを供給することができる規格です。

当社は、この様にさらに高性能が求められる VirtualLink 規格に準拠した USB Type-C コネクタを開発いたしました。本技術紹介にて VirtualLink 規格と、それに対応するための技術についてご紹介いたします。当社はこの VirtualLink 規格に準拠した製品開発のように、高性能な製品をいち早く開発することで、ICT 機器市場拡大など多彩で豊かな社会づくりへの貢献を目指しております。

### SUMMARY

USB Type-C connector which has high-density/high-performance is prevailing widely in PC, Mobile phone, AV, Game machines as the next-generation interface standard. Also, USB Type-C is used not only for USB transmission but also as alternate mode such as HDMI, DisplayPort and Thunderbolt3 transmission.

Recently the “VirtualLink” standard has been newly added as another alternate mode for the VR market. The VirtualLink standard is a specification that will be able to supply all of the necessary power, image information, and control signal over a single USB Type-C cable and connector.

JAE has developed new USB Type-C connector compliant with the VirtualLink standard that requires high performance. In this technical report, JAE introduces some of VirtualLink standards and technologies to deal with them. JAE is contributing to the expansion of the ICT hardware in the market which leads to affluent society as JAE led to develop the VirtualLink compliant connector.

## 1. はじめに

2014 年に高速伝送に対応し、100 W の電力供給、更にリバーシブル構造を採用した次世代インターフェース規格” USB Type-C”<sup>1)</sup>が誕生しました。この規格立ち上げには当社も参画し、コネクタの標準化に大きく貢献してまいりました。この USB Type-C の規格は、USB 伝送だけでなく、Alternate Mode として、Thunderbolt3、HDMI や DisplayPort など映像信号も伝送できる規格になっております。その為、小型コネクタでありながら、24 極もの多極の信号数があり、伝送速度も世代によって 480 Mbps から 40 Gbps にバージョンアップもされている次世代コネクタでありつつ、今後も進化していくコネクタ規格であります。ゆえに、コネクタの挿入間口は同じサイズではありますが、コネクタの性能要求が向上していく為、コネクタの製品設計、製造にとっては、非常に難易度の高いコネクタと言えます。USB Type-C で要求される伝送速度は、USB3.2 Gen2<sup>2)</sup>の 10Gbps がありましたが、Thunderbolt3 の Alternate Mode が追加され、伝送速度も 40 Gbps になりました。さらに 2018 年に今回紹介いたします VR (Virtual Reality) 用として、映像信号 (DisplayPort1.4) や制御信号 (USB3.2) と電源供給が要求される “VirtualLink”<sup>3)</sup>の規格が誕生いたしました。Thunderbolt3 では、High Speed line が 4 ペアに対し、VirtualLink 規格では 6 ペアに増えており、コネクタの製品設計と製造の両面において難易度が高まっております。

当社はこの度、この新しい VirtualLink 規格に準拠した USB Type-C コネクタ “DX07S024XJ4” の開発、量産を開始しましたので、VirtualLink 規格の概要とあわせて本製品の紹介をいたします。VirtualLink の使用イメージと DX07S024XJ4 の搭載例を図 1 に示します。

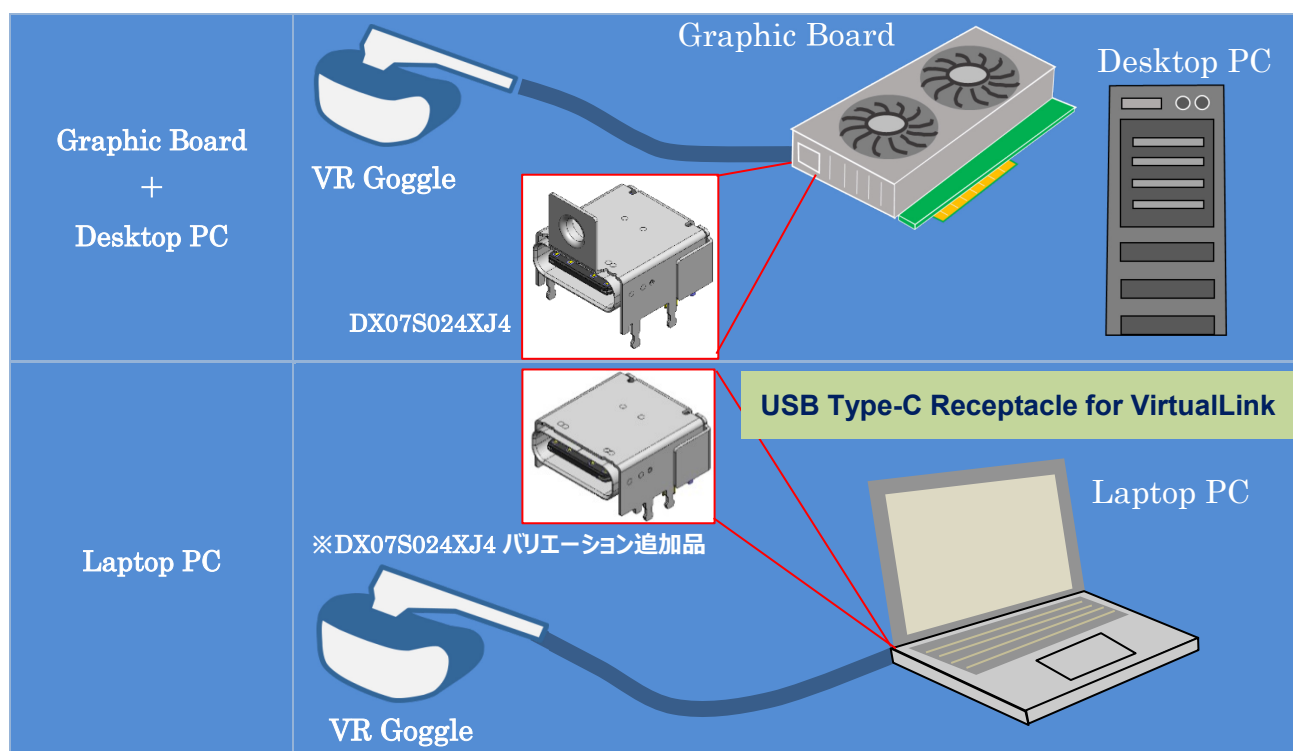


図 1. VirtualLink の使用イメージと DX07S024XJ4 の搭載例

前述しました様に、USB Type-C の規格は、USB2.0～3.2 の伝送だけでなく、Alternate Mode として、Thunderbolt3、HDMI や DisplayPort など映像信号も伝送できる規格になっております。今回新たに追加された VirtualLink 規格も Alternate Mode であり、USB Type-C に分類されます。このようにコネクタの挿入間口の形状は USB Type-C という規格化統一された形状のなかで、様々な規格の伝送が流れることになります。表 1 に各伝送規格と要求される仕様の一例を紹介いたします。とくに VirtualLink では高速信号を流すペア数が 6 ペアとなり（USB3.2 Gen2 は 2 ペア、Thunderbolt3 は 4 ペア）、コネクタに求められる製品設計ならびに製造難易度が更にアップしております。

表 1. VirtualLink、Thunderbolt3、USB3.2 規格の比較

コネクタ形状	USB-Type-C		
伝送規格	VirtualLink	Thunderbolt3	USB3.2(Gen2 × 1)
伝送信号	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DisplayPort(HBR3)</li> <li>• USB3.1(10Gbps)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thunderbolt3(20Gbps)</li> <li>• USB3.2(10Gbps)</li> <li>• DisplayPort</li> <li>• PCI Express</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USB3.2(10Gbps)</li> <li>• DisplayPort</li> </ul>
用途	VR	映像 (FULL 4K) データ転送	映像 データ転送
伝送 speed	8.1Gbps/1Lane 送信 : DisplayPort(HBR3)8.1Gbps × 4 送信 : USB3.1 × 1 受信 : USB3.1 × 1	20Gbps/1Lane 送信 : 20Gbps × 2 = 40Gbps 受信 : 20Gbps × 2 = 40Gbps	10Gbps/1Line 送信 : 10Gbps × 1 受信 : 10Gbps × 1
Pinout (High speed)			
高速信号数	<b>6ペア</b>	<b>4ペア</b>	<b>2ペア</b>

当社はこの度、新たに誕生したこの VirtualLink 規格に対応したコネクタとして DX07S024XJ4 を開発、量産化しました。USB Type-C の性能を満足しつつ、VirtualLink という新たな伝送規格に対応する必要があり、本技術紹介にて VirtualLink の規格についての概要と、VirtualLink 規格を満足するための DX07S024XJ4 (図 2) の開発技術について紹介いたします。

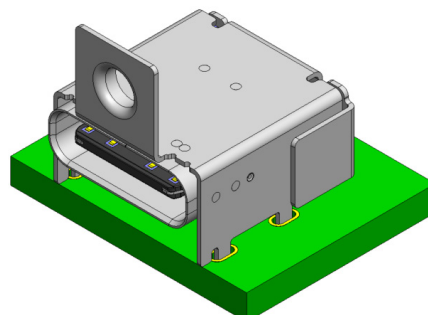


図 2. DX07S024XJ4 コネクタ




## 2. VirtualLink™規格について

“VirtualLink”は、NVIDIA、Oculus、Valve、AMD、Microsoftの5社が参画し2018年7月17日発足された“VirtualLink Consortium”によって策定された規格です。従来のVRでは、映像信号、制御信号、電源供給の為に3本の独立したケーブルを使用していましたが、USB Type-CのAlternate Modeを利用することにより、1本のUSB Type-Cケーブルのみで、DisplayPort1.4の映像入出力とUSB 3.2 Gen2（最大10 Gbps）のデータ通信、さらに最大27Wの電源供給を実現することが可能になります。

USB Type-CとVirtualLinkではピンアサインが異なり、USB Type-CではUSB3.2信号の『TX1+/-』、RX1+/-』、USB2.0信号の『D+/-』が割り当てられているのに対し、VirtualLinkではDisplayPort1.4信号の『DP0~3+/-』、USB3.2信号の『TX1+/-、RX1+/-』が割り当てられております。それぞれのピンアサインの違いを図3に示します。

USB Type-Cの規格上のピンアサイン

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
GND	TX1+	TX1-	VBUS	CC1	D+	D-	SBU1	VBUS	RX2-	RX2+	GND
GND	RX1+	RX1-	VBUS	SBU2	D-	D+	CC2	VBUS	TX2-	TX2+	GND
B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1

 USB2.0 : 480Mbps  
 USB3.2(Gen.2) : 10Gbps  
 DisplayPort1.4 : 8.1Gbps

VirtualLink Alternate Modeのピンアサイン

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
GND	DP2+	DP2-	VBUS	CC1	USB3TX+	USB3TX-	SBU1	VBUS	DP0-	DP0+	GND
GND	DP3+	DP3-	VBUS	SBU2	USB3RX-	USB3RX+	VCONN	VBUS	DP1-	DP1+	GND
B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1

図3. 従来のUSB Type-C ピンアサインと、VirtualLink のピンアサイン

従来のUSB Type-CではUSB2.0信号『D+/-』が割り当てられているA6、A7、B6、B7端子に対し、VirtualLinkでは高速信号であるUSB3.2信号『TX1+/-、RX1+/-』が割り当てられているため、従来のType-Cよりも高い高速伝送性能をコネクタにも求められることになります。VirtualLinkにおける、コネクタの高速伝送要求の例を表2に示します。

表2. VirtualLinkのコネクタに対する高速伝送要求

Parameter	Requirement	Comments
Insertion Loss	Limit spec.	Normalized to 85 Ω
	DC ≤ 0.2dB	
	2.5G ≤ 0.5dB	
	5G ≤ 0.8dB	
	10G ≤ 1.5dB	
PS-FEXT/PS-NEXT	15G ≤ 2.5dB	
	Limit spec.	
	DC ~ 5G ≤ -40dB	
	@10G ≤ -36dB	
	@15G ≤ -30dB	
	Narrow-banded spurs at > 5GHz over the limit can be waived as long as ICN passes.	

※上記は2018年の規格発表時の数値になります。

VirtualLink では、表 1 で示しました様に高速伝送が 6 ペアとなったことで、Thunderbolt3 や USB3.2 では要求されなかった新たな伝送確認項目が追加されております。具体的な一例として、従来では USB2.0 が割り当てられていた箇所が USB3.2 と変更になったことによるインサージョンロスとクロストークの要求が増えております。下記にその例の一部を図 4,5 に記載いたします。

従来 USB2.0 だった A6,A7,B6,B7 が USB3.2 に変更になったことでインサージョンロスの SPEC 項目が追加

VirtualLink Alternate Modeのピンアサイン

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
GND	DP2+	DP2-	VBUS	CC1	USB3TX+	USB3TX-	SBU1	VBUS	DP0-	DP0+	GND
B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1
GND	DP3+	DP3-	VBUS	SBU2	USB3RX-	USB3RX+	VCONN	VBUS	DP1-	DP1+	GND

図 4. VirtualLink で追加されたインサージョンロスの一部

従来 USB2.0 だった A6,A7,B6,B7 が USB3.2 に変更になったことでクロストークの SPEC 影響確認（項目）が追加

VirtualLink Alternate Modeのピンアサイン

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
GND	DP2+	DP2-	VBUS	CC1	USB3TX+	USB3TX-	SBU1	VBUS	DP0-	DP0+	GND
B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1
GND	DP3+	DP3-	VBUS	SBU2	USB3RX-	USB3RX+	VCONN	VBUS	DP1-	DP1+	GND

図 5. VirtualLink で追加されたクロストークの一部

### 3. 伝送特性に関する技術紹介

#### 3.1 各差動信号での良好な伝送特性

2章で記載しました様に、VirtualLink 規格ではインサクションロスとクロストークへの要求が従来の規格に比べ厳しくなっており、かつ USB Type-C のコネクタ挿入間口の形状を変えずに伝送特性を向上させることが必要となります。

当社が開発しました DX07S024XJ4 の伝送特性は VirtualLink の要求スペックを満足する結果を得られており、下記に要求スペックの一部である、インサクションロスとクロストークの結果を示します。また VirtualLink 未対応の USB Type-C に比べても伝送特性は大きく改善されており、DX07S024XJ4 の伝送特性に対する性能の高さを示す結果となっております。

#### インサクションロス (図 6,図 7)

DisplayPort1.4 信号の『DP0~3+/-』、USB3.2 信号の『TX1+/-、RX1+/-』の全てにおいて VirtualLink の要求を満足し、VirtualLink 未対応の USB Type-C と比べ大幅に改善され良好な伝送特性を得られております。

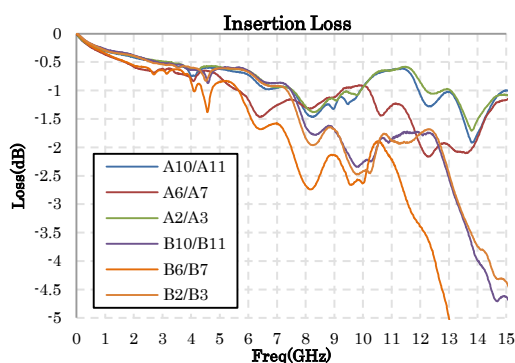


図 6. VirtualLink 未対応の USB Type-C

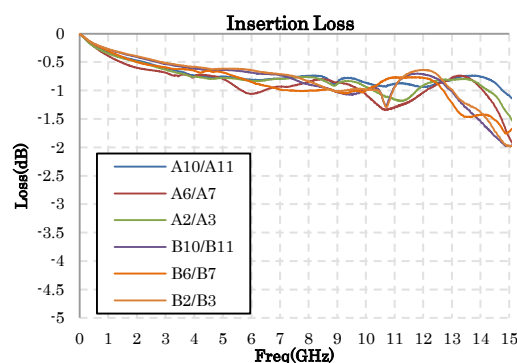


図 7. DX07S024XJ4

#### クロストーク (図 8,図 9)

VirtualLink の要求を満足し、VirtualLink 未対応の USB Type-C と比べ大幅に改善され良好な伝送特性を得られております。

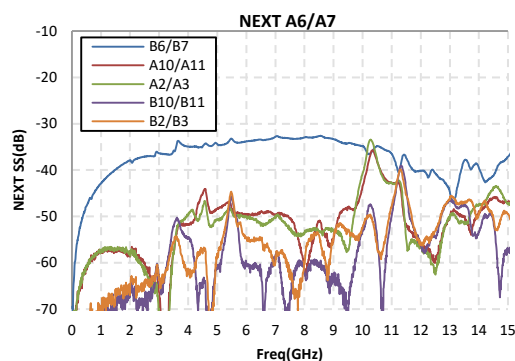


図 8. VirtualLink 未対応の USB Type-C

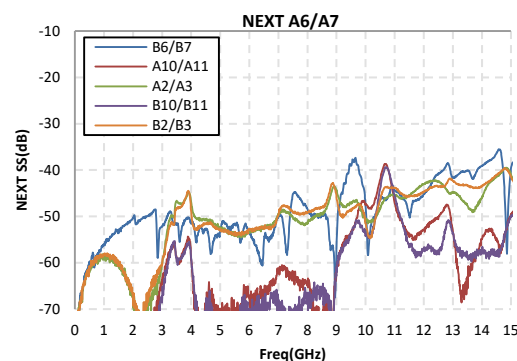


図 9. DX07S024XJ4

### 3.2 電磁界シミュレーションの活用

VirtualLink や Thunderbolt3 など最先端の規格で要求される高速伝送の特性は非常に厳しくなってきました。このような厳しい要求に対し当社では電磁界シミュレーションソフト（図 10）を活用することで、コネクタの製品設計段階から多くのシミュレーションと検証を繰り返しております。例えば、特性インピーダンス、インサーションロス、クロストークなど数回にわたりシミュレーションと分析を繰り返すことで（図 11）、コネクタが製品化された際も高性能を満足する仕様に仕上げていきます。

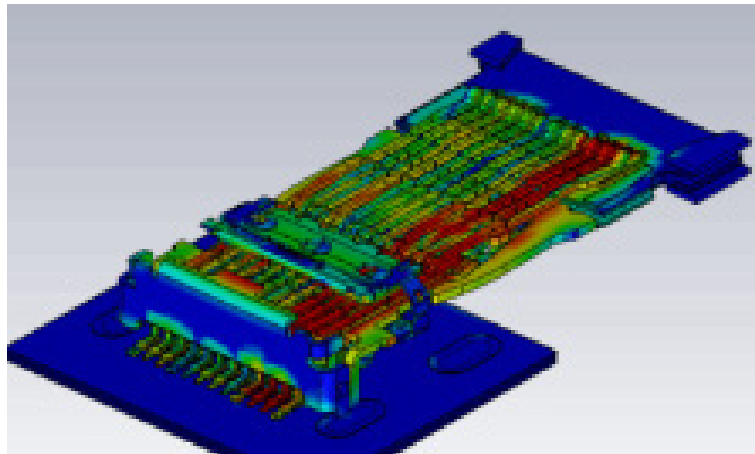


図 10. 電磁界シミュレーションのイメージ

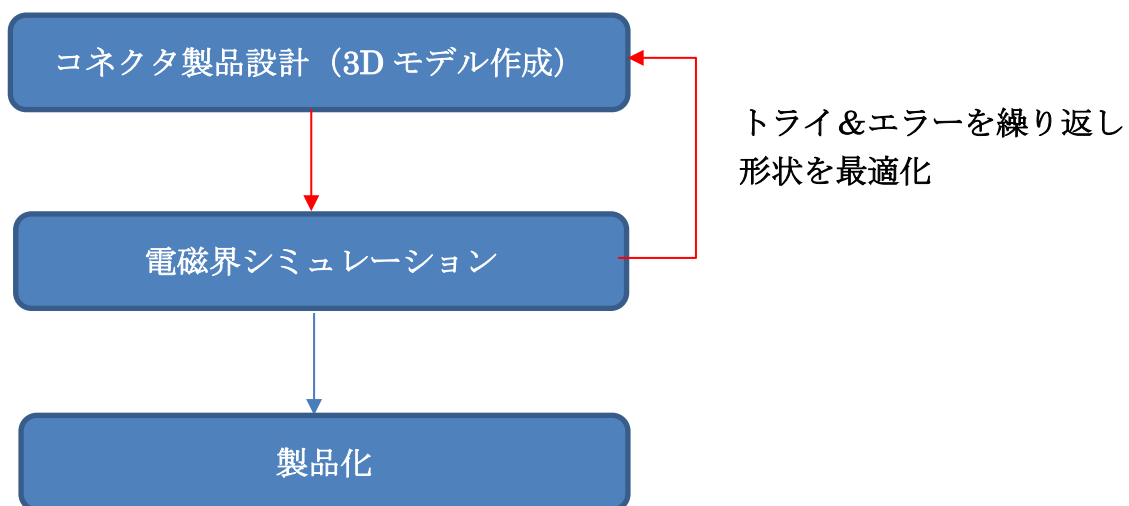
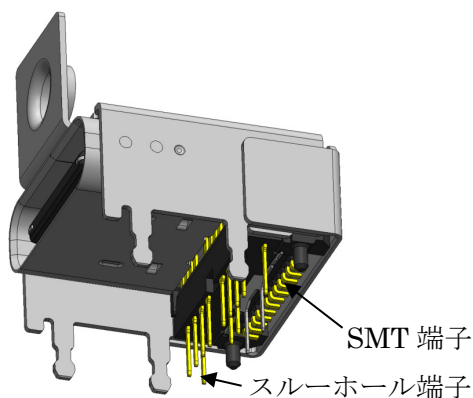


図 11. 電磁界シミュレーションの活用例

### 3.3 良好な伝送特性を得る為の工夫

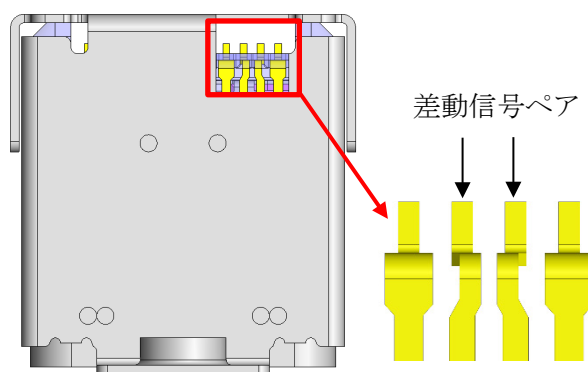
DX07S024XJ4 はハイブリッドタイプと呼ばれる、図 12 の様に形状の異なる端子が複数配列された仕様になります。各々の端子形状が異なる為、一方の特性は良く他方が悪いと伝送性能に差が出てしまう為、下記の点に配慮しました。

- ・形状が異なる端子同士（SMT 側、スルーホール側）の伝送特性が同等となる様に、形状を調整する。（図 12）
- ・高速信号を流す差動信号ペアが VirtualLink では 6 ペア存在する為、各ペアの伝送特性が良好となるよう形状を工夫する。（特許取得済<sup>4)</sup>）（図 13）
- ・伝送特性はコネクタのみではなく実装される基板の影響も受ける為、基板のフットパターンを含めた状態で解析を実施し、コネクタの端子部の形状を最適化する。（図 14）



形状の異なる SMT 端子、スルーホール端子ともに良好かつ同等な特性インピーダンスとなるよう形状を工夫しております。

図 12. ハイブリッドタイプ構造  
(SMT とスルーホール端子)



高速信号を伝送する端子は差動信号ですが差動ペア間の距離を調整し、電界を強め合うことでクロストーク性能を向上させております。

図 13. 差動信号ペアでの形状工夫

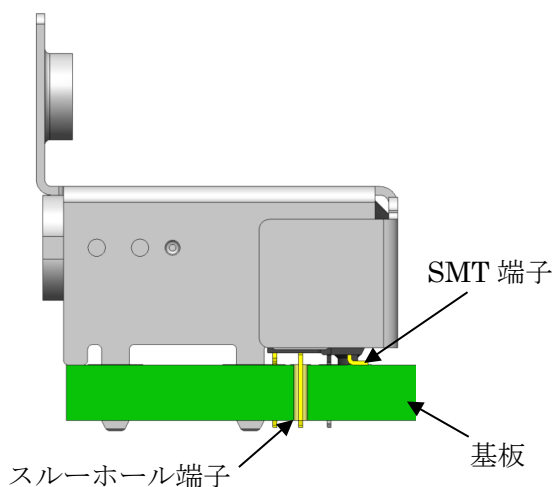


図 14. 基板を含めた伝送特性の検討

伝送特性は、コネクタのみでなく実装される基板も影響いたします。コネクタと基板を含めた状態で解析を行い、形状を検討することで、良好な伝送特性を得られる様に工夫をしております。

## 4. その他の技術紹介

### 4.1 USB Type-A、HDMI と同等な間口高さとなるセンターハイトを採用

DX07S024XJ4 は標準的な USB Type-A レセプタクルや HDMI レセプタクルと並列に実装した際コネクタの間口高さが同等となるセンターハイトを採用し、お客様の機器デザインの自由度向上に貢献いたします。(図 15)

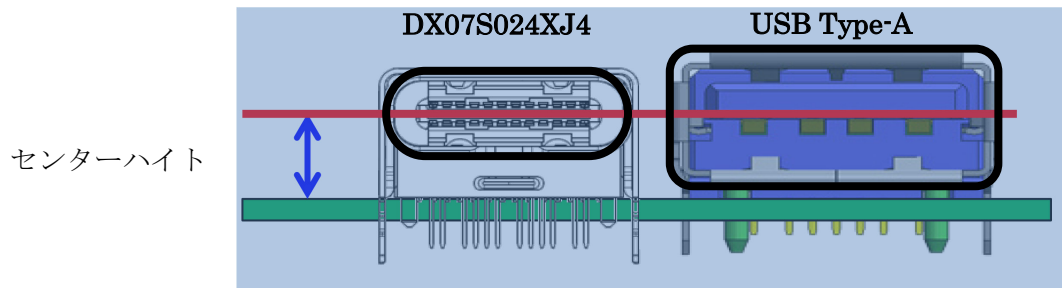


図 15. USB Type-A と並列時のセンターハイトのイメージ

### 4.2 プラットホーム構築

既開発、量産化された DX07S024XJ4 をベースに、ブラケットのフランジ部を無くした形状や基板厚み 1.2mm に対応した端子とブラケットの足の長さを変更した製品も展開しております。(図 16) 内部の端子構造は共通の為、伝送特性においても DX07S024XJ4 と同等の性能を満足いたします。

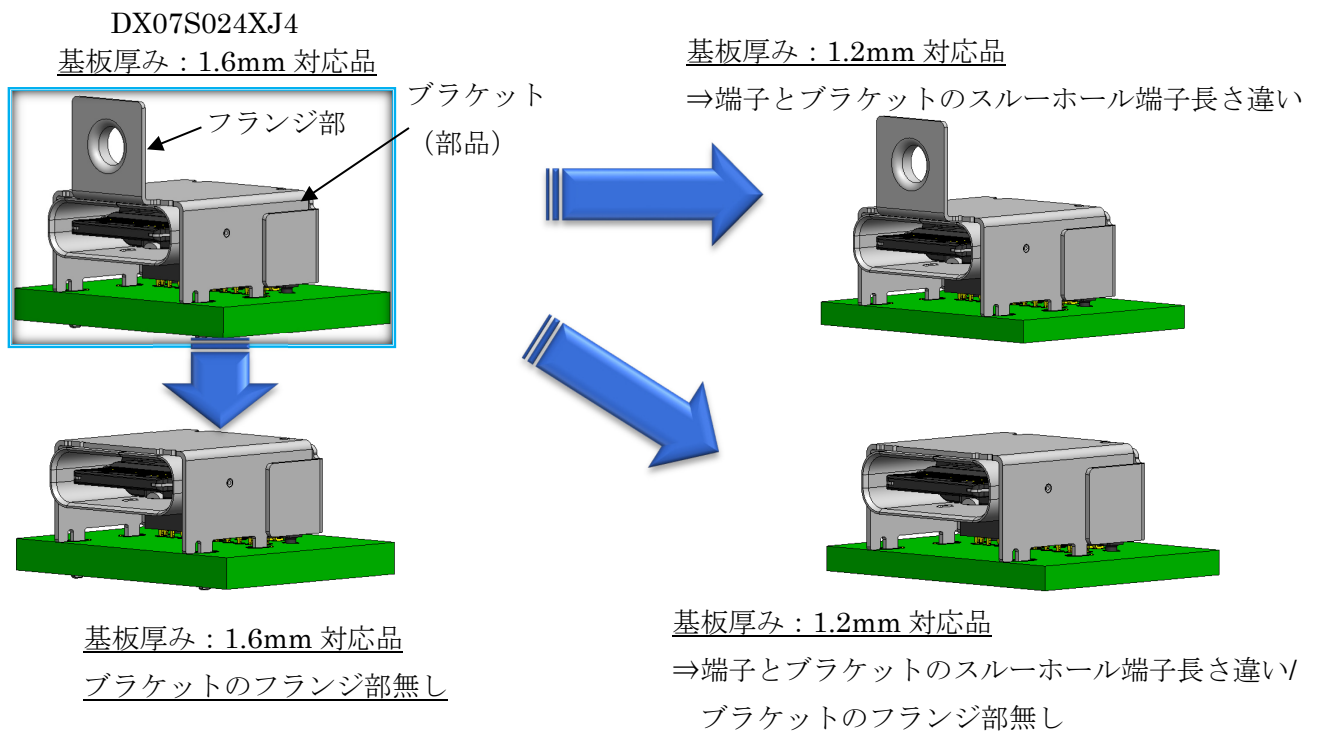


図 16. バリエーション展開のイメージ図

### 4.3 溶接技術による高い堅牢性

当社はこれまで培ってきた溶接技術を DX07 シリーズのコネクタにも展開しており（図 17）、DX07S024XJ4 でも採用しております。DX07S024XJ4 では天面と両方の側面に溶接を実施することで高い堅牢性があり、また、部品点数を削減できる為コストメリットもあります。

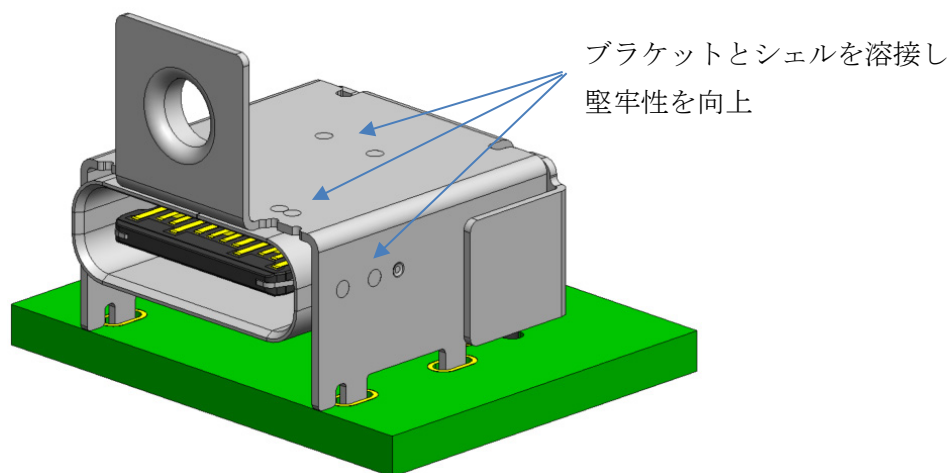


図 17. 溶接技術

### 4.4 USB Power Delivery 対応の為、高導電材の使用

DX07S024XJ4はUSB Type-Cで定められたPower Delivery<sup>5)</sup>にも対応しております。Power Deliveryは規格では最大100W流すことが可能な仕様となっており、当社は導電性に優れた金属材料の選定と温度シミュレーション（図 18）を活用して事前に検証することで要求を満たしております。

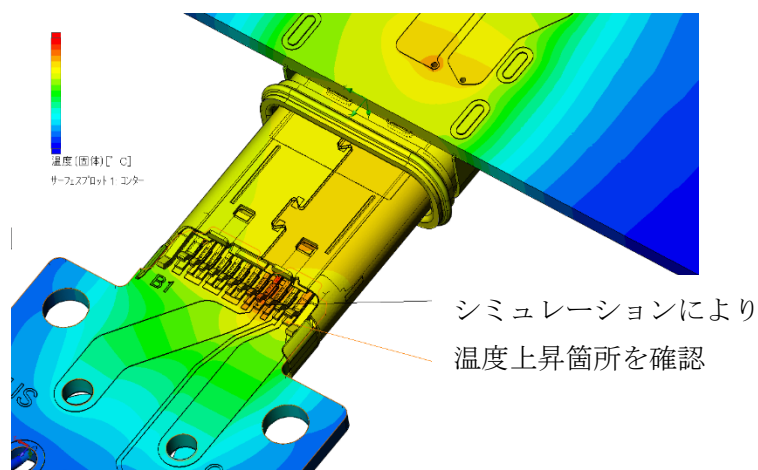


図 18. 温度シミュレーションのイメージ

## 5. まとめ

当社は今後の広がりが期待されます VR に対し、専用規格として 2018 年に新たに発表されました VirtualLink 規格 (USB Type-C の Alternate Mode) に世界で初めて (2018 年時点、当社調べ等) 対応した DX07S024XJ4 コネクタを新たに開発、量産開始しました。DX07S024XJ4 は当社の USB Type-C 対応コネクタ・DX07 シリーズの豊富なラインナップのひとつであり、USB Type-C は今後期待される次世代インターフェースで、様々な ICT 機器に広がりが進んでおります。この USB Type-C 規格立ち上げには当社も参画し、コネクタの標準化に大きく貢献してまいりました。また DX07S024XJ4 は VirtualLink のみではなく USB Type-C の認証も取得しており、今後も様々な分野への展開が期待されます。

今回ご紹介しました VirtualLink は USB Type-C の Alternate Mode の中でも伝送特性の難易度の高い規格の一つになり、コネクタの製品設計ならびに製造面においても高難易度が要求されます。当社は本技術紹介で記載させて頂きました様に、電磁界シミュレーションの活用を行うことで、こうした高い伝送特性への要求に対応した製品の開発と量産化を進めております。また伝送特性以外の面でも、今回ご紹介させて頂きました各シミュレーション技術の活用や、溶接技術を駆使することで様々な要求への対応を行っております。

当社は既に開発、量産開始しました DX07S024XJ4 に加え様々なバリエーションを展開していきます。今後も高性能かつお客様にとって魅力ある製品をいち早く作り出すことで、今後の広がりが期待される VRをはじめ、その他の ICT 機器市場拡大など多彩で豊かな社会づくりへの貢献を目指します。

### 【参考文献】

- 1) USB Implementers Forum, Inc., Universal Serial Bus Type-C Cable and Connector Specification Revision 1.3 (2017)
- 2) USB Implementers Forum, Inc., Universal Serial Bus Specification Revision 2.0 (2000)  
USB Implementers Forum, Inc., Universal Serial Bus 3.2 Specification Revision 1.0 (2017)
- 3) VirtualLink Consortium, VirtualLink Advance Overview Recipients (2018)
- 4) 佐々木 正道、戸田 健太郎 日本航空電子工業株式会社 特許 6423060 号 コネクタ (2017)
- 5) USB Implementers Forum, Inc., Universal Serial Bus Power Delivery Specification Revision 3.0 (2018)