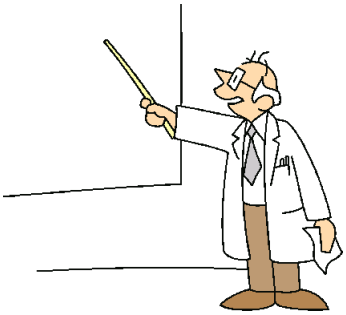
NVMe-IPのご紹介 (Intel版)

Ver2.3JA

超高速小型レコーダの最適解

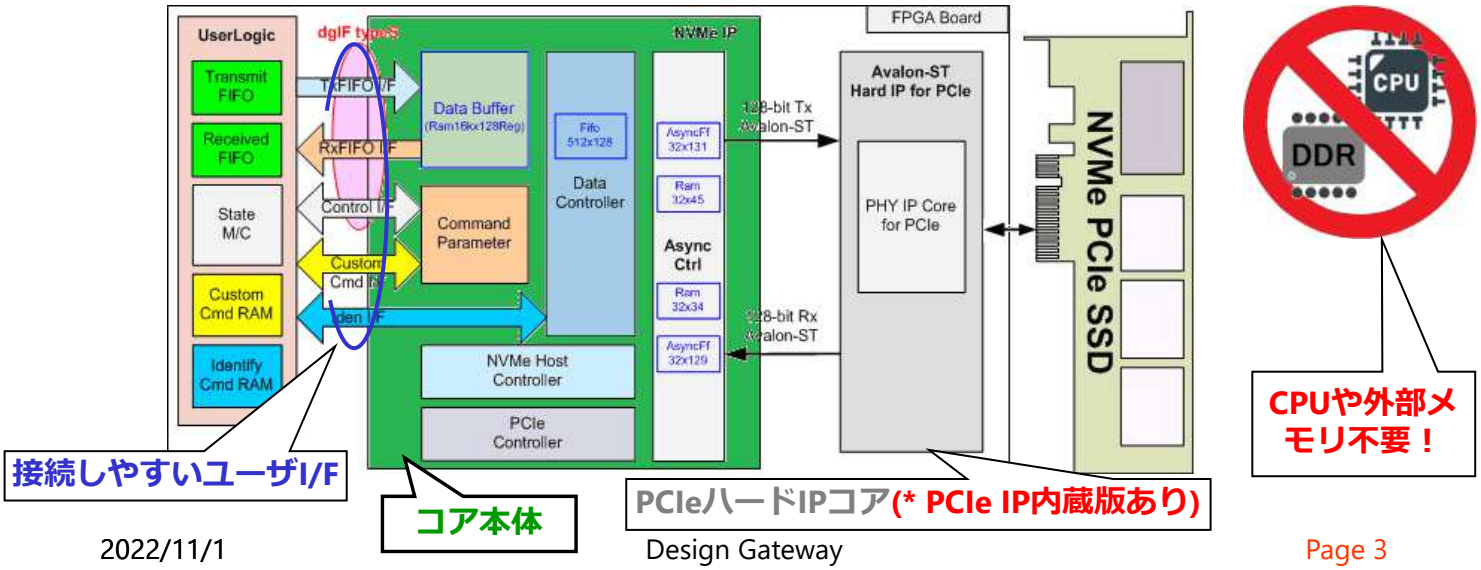
NVMe-IP説明資料アジェンダ

- NVMe-IP説明
  - 概要、ラインナップ、特長
  - 特長1:パフォーマンスとコア・サイズ
  - 特長2:ユーザ・インターフェイス
  - 特長3:豊富な機能
  - 特長4:検証環境/リファレンス・デザイン
- オプション製品(exFAT-IP)紹介
- アプリケーション・イメージ



NVMe-IPとは

- 概要: NVMe SSDとFPGAを直結しRead/Writeを自動実行
- 使い方: ユーザ回路とPCIeハードIP間に挿入,CPUや外部ﾒﾓﾘ不要
- アプリ: 超高速小型のデータ収録/再生システムに最適
- メリット: SSDストレージ・システムが短期間に開発可能



NVMe-IPラインナップ

- 機能に応じた複数のラインナップ
- 最新Arria10/Agilexシリーズに対応
- PCIeソフトIP内蔵版(Gen3対応版)を用意

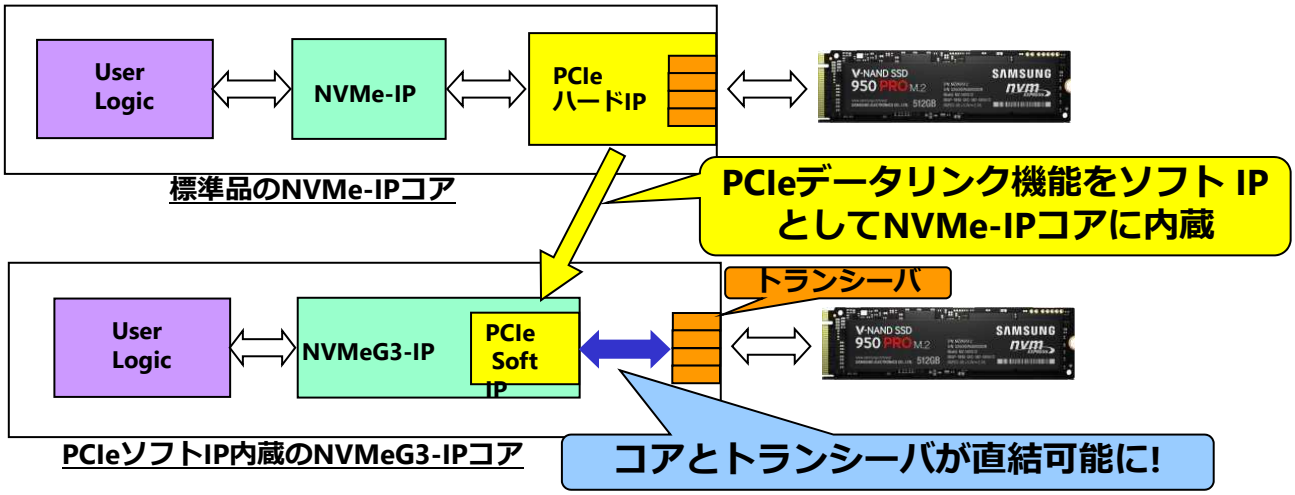
コア種類	説明
標準NVMe-IPコア	FPGA内PCIeハードIPを利用する標準版
NVMeG3-IPコア	PCIeソフトIP内蔵版, 4-Lane PCIe Gen3対応
NVMeSW-IPコア	外部PCIeスイッチ経由で複数SSD接続可能
raNVMe-IPコア	ランダム・アクセス対応版
muNVMe-IPコア NEW!	マルチユーザ(複数ポート)対応版,同時R/W可

NVMe-IPコア・ラインナップ

(NVMeSW-IPコア詳細につきましては弊社まで直接お問い合わせください)

PCIeソフトIP内蔵版コア

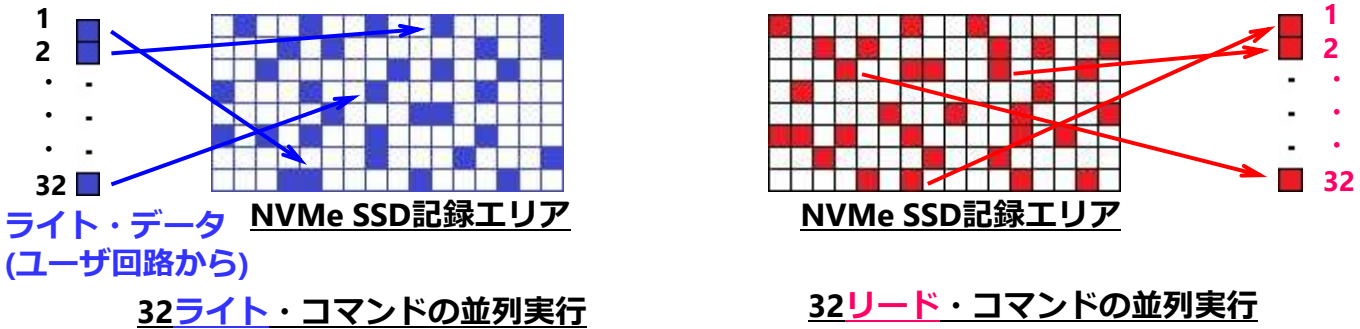
- NVMeG3-IPコア
  - PCIeハードIP(FPGA内蔵のPCIeマクロ)不要
  - データリンク層をコア内に実装しPCIe Gen3モードで接続
  - 接続SSD数がデバイスのPCIeハードIP数に制限されない!



ランダム・アクセス対応版

- raNVMe-IPコア
  - ライト又はリードいずれかで最大32コマンドを並列同時に実行
  - 1コマンド当りのデータ量はライト・リードとも4Kバイト固定
  - ハイ・パフォーマンス Write=592KIOPs、Read=226KIOPs

□ 4Kバイト・データ



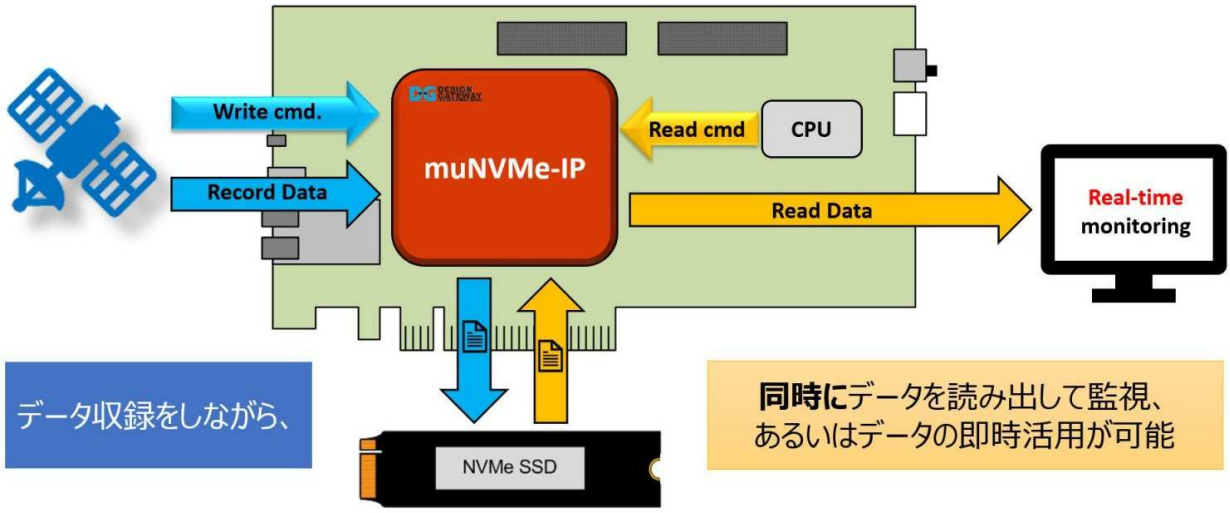
32ライト・コマンドの並列実行

32リード・コマンドの並列実行

raNVMe-IPコアによるコマンド並列実行イメージ

マルチユーザ(複数ポート)対応版

- muNVMe-IPコア
  - 複数ユーザ・ポートから単一SSDへ同時にRead/Write可能
  - SSDへ記録しながら同時に読み出すアプリケーションに最適



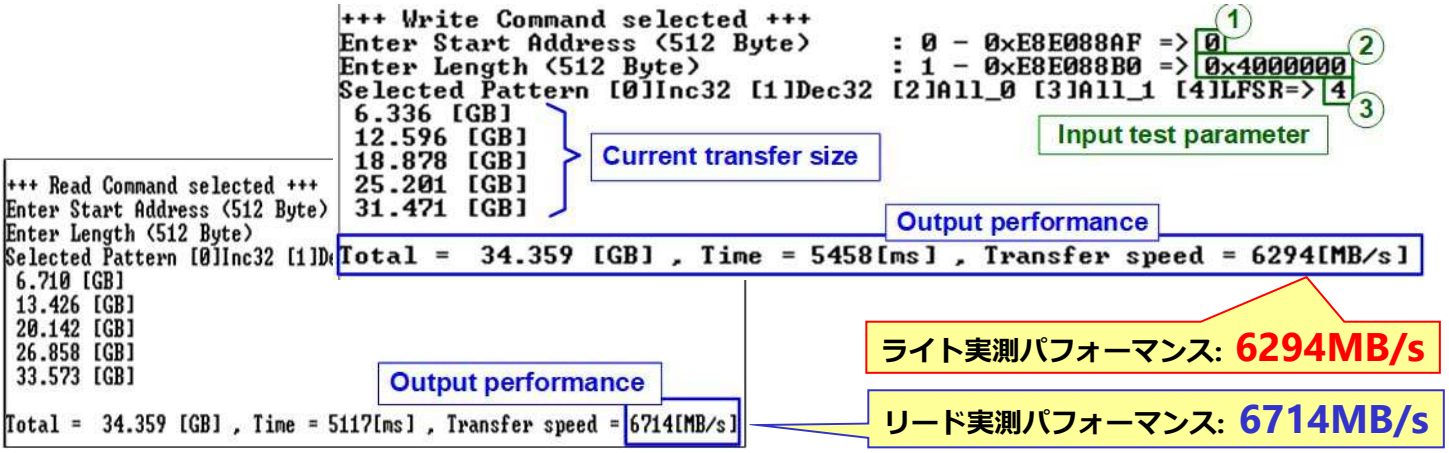
muNVMe-IPコアによる同時収録再生システム例

NVMe-IPの特長

1. 高性能：ハイ・パフォーマンスかつコンパクト
   - Write=6294MB/s、Read=6714MB/s (Agilex-F実測値32GByteのR/W)
   - PCIe GEN4/3対応 (Agilex-FでのGEN4実機動作検証済み)
   - コアサイズ：1820ALM, 3680DFF (Arria10SX版NVMe-IP標準コアの場合)
2. インターフェイス：接続容易なユーザI/F
   - ユーザI/F：制御はパラメータ+要求パルス、データはFIFO接続
   - CPUや外部DDR不要（データ・バッファに内部ブロック・メモリ使用)
3. 多機能：リード/ライトに加えて各カスタムコマンドをサポート
   - SMART/FLUSH/Shutdownなどカスタム・コマンドを実装
   - SSDの大容量化に対応した4Kセクタ・フォーマットに対応
4. 環境：Intel評価ボードでの試作開発環境
   - 実機動作するリファレンス・デザインをコアに添付

特長1：パフォーマンス

- NVMe SSDへのアクセス制御を完全に自動実行
  - R/Wコマンドを最速で実行するステートマシン内蔵
  - 完全同期回路により最少のオーバーヘッド



実機パフォーマンス評価結果例 (Agilex-F)

注1: 評価SSD: Addlink製 S95 2TB PCIe Gen4.0 x4 M.2
注2: リード・パフォーマンスはバッファ1MB設定

特長1：コンパクト(標準版)

- コア消費リソースを最小化
  - NVMe SSD制御に特化・最適化した制御ロジックを実装
- ブロック・メモリによるデータ・バッファ
  - 内部メモリにより最小のオーバーヘッドでアクセス

Family	Example Device	Fmax (MHz)	Logic utilization (ALMs)	Registers	Block Memory bit[1]	Design Tools
ArriaV GX	5AGXFB3H4F35C4	212	1835	3637	2,162,688	QuartusII 16.0
Stratix V GX	5SGXMA7N2F45C2	350	1813	3682	2,162,688	QuartusII 16.0
Arria10 SX	10AS066N3F40E2SGE2	300	1820	3680	2,162,688	QuartusII 16.0

Family	Example Device	Buf Mode	Fmax (MHz)	Logic utilization (ALMs)	Registers	Block Memory bit	Design Tools
Agilex F-Series	AGFB014R24A2E3VR0	1 MB	375	4939	10,485	8,496,896	Quartus 22.3
		256 KB	375	3970	9,191	2,205,440	

NVMe-IPコア(標準版)単体の消費リソース

特長1：コンパクト(PCIeソフトIP内蔵版)

- PCIeソフトIP内蔵版コアの消費リソース

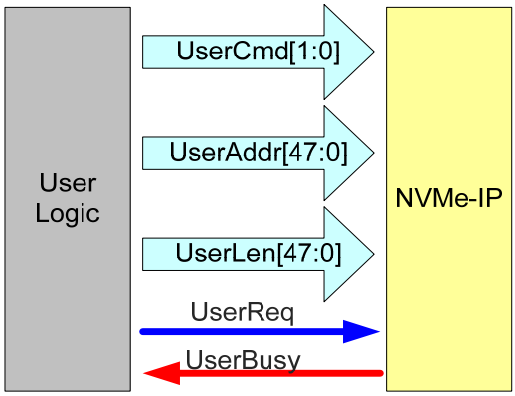
Family	Example Device	Fmax (MHz)	Logic utilization (ALMs)	Registers	Block Memory	Design Tools
Arria10 GX	10AX115S2F45I1SG	300	8560	10984	140 M20Ks	QuartusII 18.0

NVMeG3-IPコア単体の消費リソース例

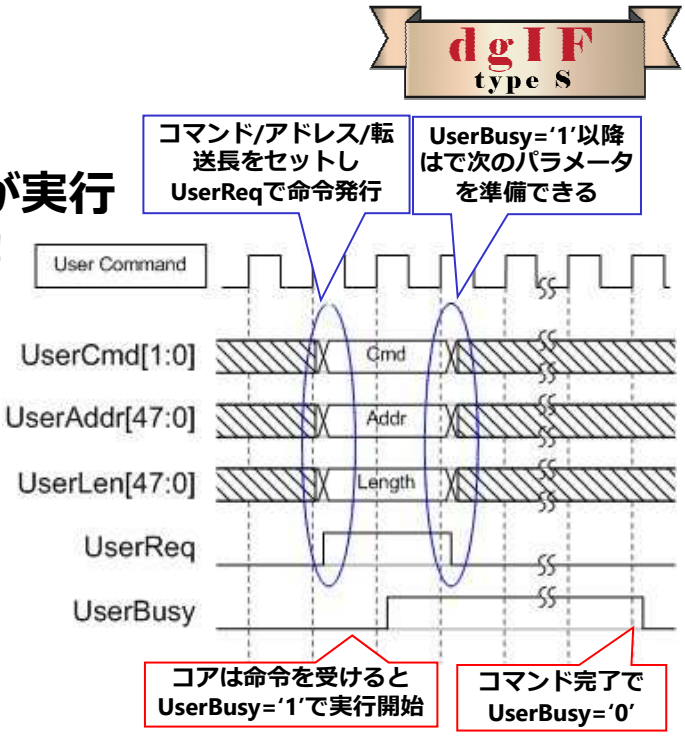
- NVMeG3-IPコアの制約事項/注意点
  - PCIe Gen3専用, その他の速度(Gen1/2等)は非対応
  - 4-Lane専用, その他のLane数(1/2/8/16)には非対応
    (カスタマイズで対応可能な場合があるのでご相談ください)

特長2：コマンドI/F

- 接続容易なインターフェイス
  - コマンド種類/アドレス/転送長をセット
  - UserReqパルスでコマンド実行開始
- SSDへのアクセス制御は全てコアが実行
  - ユーザ回路はUserBusyをモニタするだけ！



コマンド基本I/Fの信号線

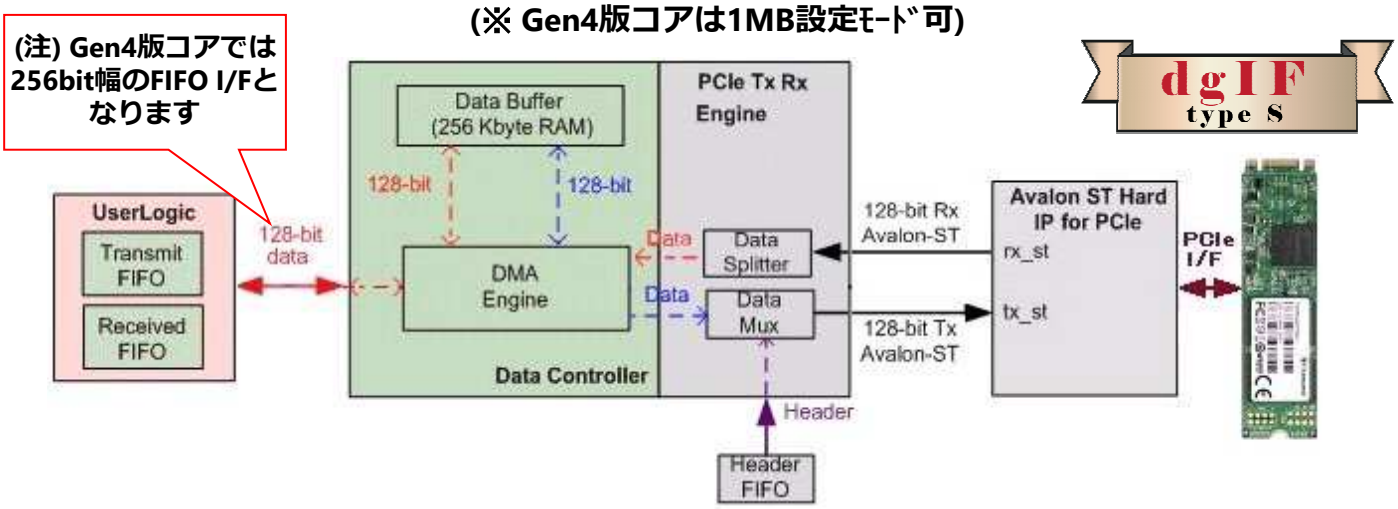


コマンドI/Fのタイムチャート

特長2：データI/F

- ユーザ回路I/Fはリード/ライト別の128bit(Gen4版は256bit)幅FIFO
  - FIFOはユーザが使い慣れたIntel標準ライブラリの汎用FIFO
  - IPコア内データ・バッファに256KByte(※)のブロックメモリを使用

(※ Gen4版コアは1MB設定ﾓｰﾄﾞ可)



NVMe-IPコアのデータ・パス

特長3：多機能

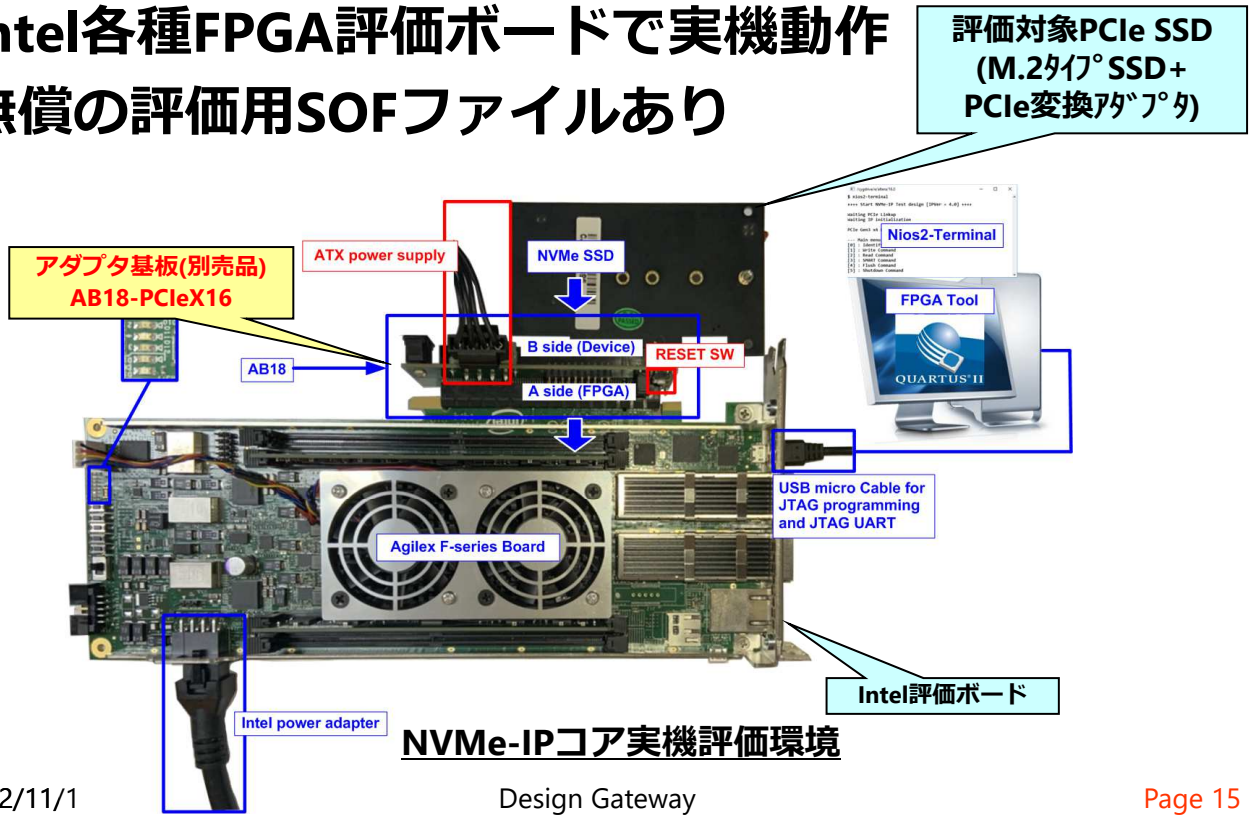
- SSDの状態を取得するSMARTコマンドに対応
  - SSD内部温度や総書込み数などでSSDの健康状態をモニタリング
- FLUSHコマンドでキャッシュを任意のタイミングでフラッシュ
  - パフォーマンス維持と書込みデータ退避のトレードオフをユーザが制御可
- Shutdownコマンドをコアが実行
  - 電源停止時の処理プロセスをユーザ指示でコアが実行
- 4Kセクタも対応済み
  - 今後のSSD大容量化に先駆けて4Kセクタ・フォーマットに対応
  - 従来の512バイト・セクタと4KセクタのSSDフォーマットをコアが自動判別

```
<< SMART Log Information >>
Temperature                    : 32 Degree Celsius
Total Data Read                : 47469 GB
Total Data Written             : 65373 GB
Power On Cycles                : 3991 Times
Power On Hours                 : 79 Hours
Unsafe Shutdowns               : 220 Times
```

SMARTコマンドの実行結果例

特長４：評価環境

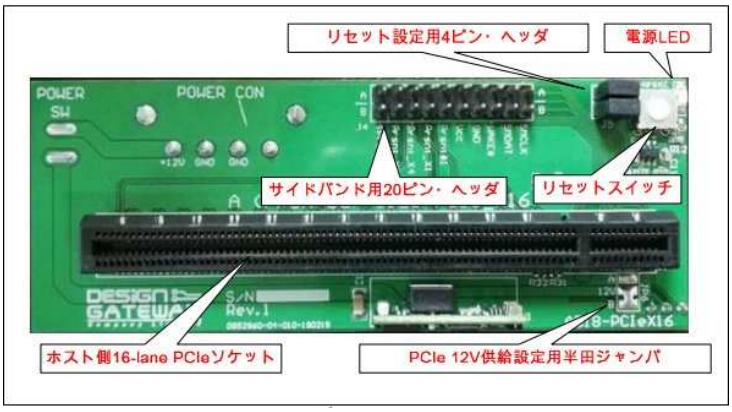
- Intel各種FPGA評価ボードで実機動作
- 無償の評価用SOFファイルあり

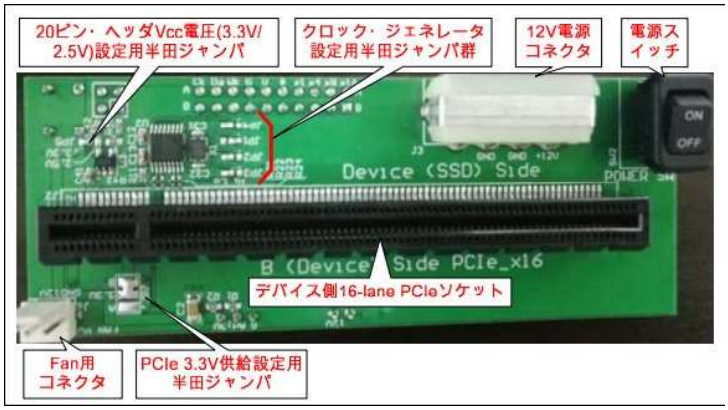


NVMe-IPコア実機評価環境

特長４： 開発支援ツール#1

- 評価用PCIeアダプタ（型番：AB18-PCIeX16)
  - 部品面PCIeソケットとFPGA評価ボードのPCIeを接続
  - 半田面PCIeソケットにNVMe SSDを装着
  - NVMe-IPを実装したFPGAからアダプタ経由でSSDへR/Wアクセス



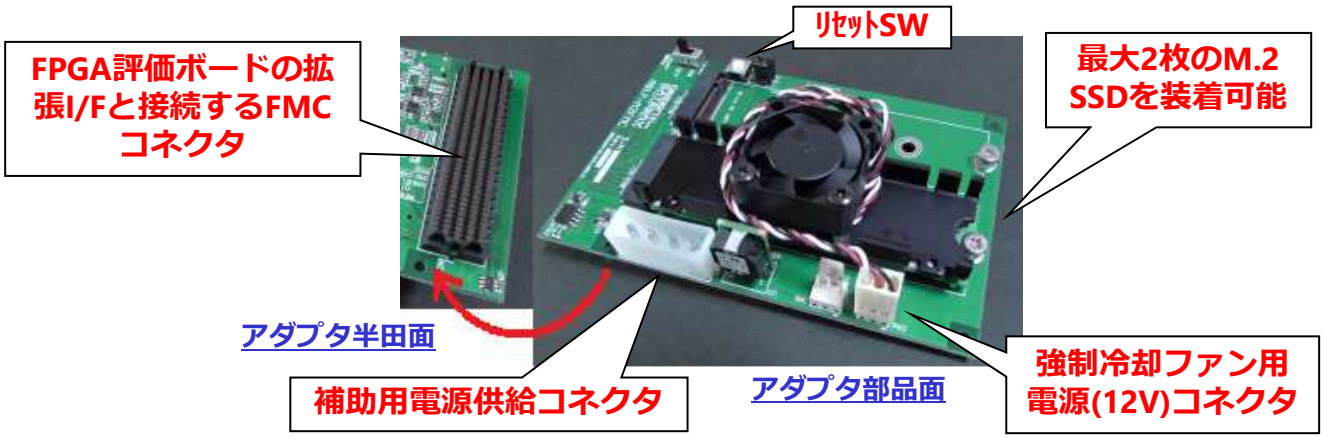


アダプタ部品面　　アダプタ半田面

評価用PCIeアダプタ：AB18-PCIeX16

特長４： 開発支援ツール#2

- 評価用FMCアダプタ（型番：AB17-M2FMC)
  - 部品面に2スロット分のM.2ソケットを実装
  - 半田面にFPGA拡張I/F接続用FMC HPCコネクタを実装
  - ハイパワー対応電源(SSD1個当り3.3V電源最大5A供給可能)搭載



評価用FMCアダプタ：AB17-M2FMC

特長４： リファレンス・デザイン

- 評価用ビットファイルのQuartus/Qsysプロジェクト
- IPコア以外の全ソースコード(ファーム含む)を提供
- ユーザ製品の開発期間短縮に貢献
  - まず最初に元のリファレンスで実機動作を確認
  - そこからユーザ製品に向け少しずつ編集
  - 編集ごとに実機動作をStep by Stepで確認

大きな後戻りがなく確実で短期間での製品開発が可能!

オプション製品：exFAT-IPコア紹介

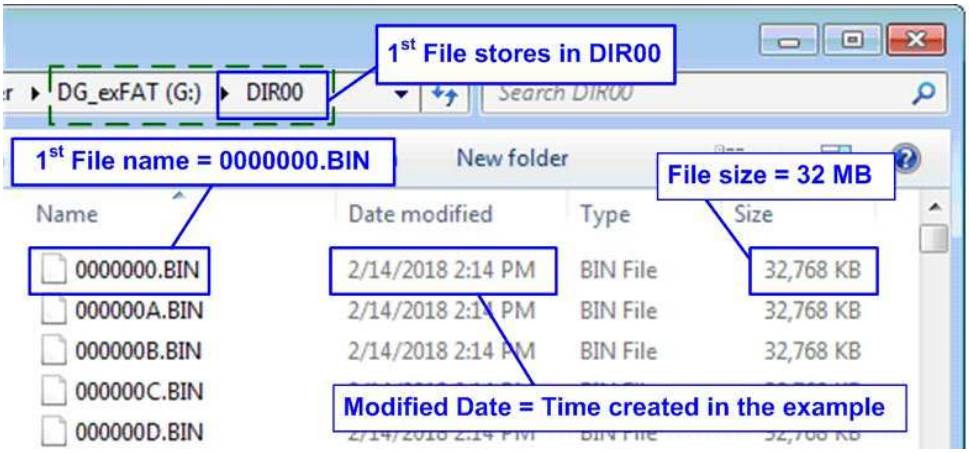
- NVMe-IPコアのオプション製品
  - exFATファイル・システムでのデータ書込みに対応
- 記録データをそのままPCからリード・アクセス
  - PCへドライブを再接続すると記録データが直接リード可能

オプション製品：exFAT-IPコア紹介 (続き1)

- 実装機能概略
  - フォーマット/ファイル・データ書込みをIPコアが純ロジックで実行
  - ファイル名はIPコアが自動生成
  - ファイル・データはユーザ回路からFIFO経由で直接書き込み
- 制約
  - ドライブのフォーマットはIPコアで実行(PCでのフォーマット不可)
  - ドライブにはIPコアが生成したもの以外のファイル書込み不可
  - ファイル・サイズは固定(フォーマット時に選択)で変更不可

オプション製品：exFAT-IPコア紹介 (続き2)

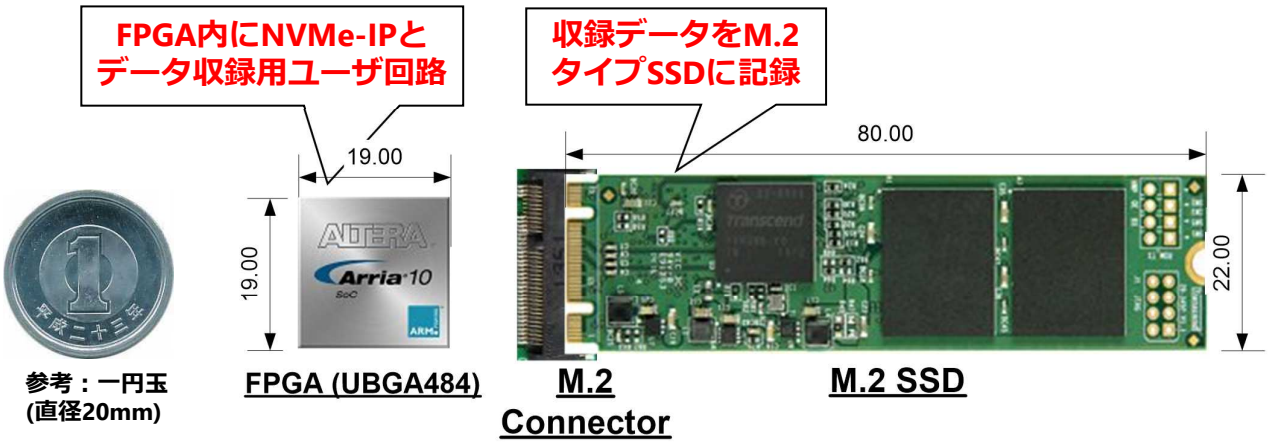
- 実機動作するリファレンス・デザインを用意
  - テスト・ファイル作成メニューをシリアル経由で実行
  - 操作後PCのPCIeに繋ぎ換えてファイルのリード互換性を確認



FPGA側で作成したファイルをPCに繋ぎかえてリード操作を確認

NVMe-IPアプリケーション例1

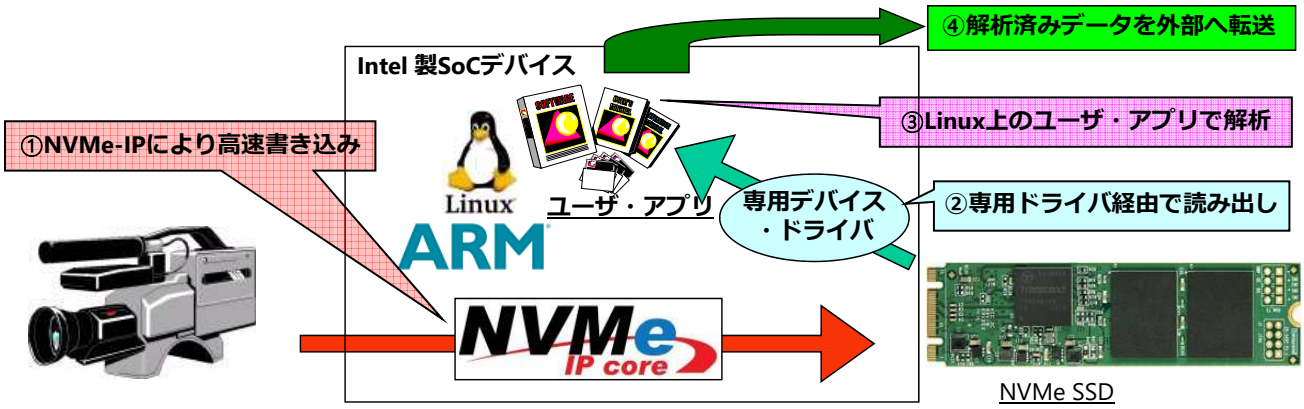
- 超高速小型FPGAデータ収録システム
  - 最新FPGA+M.2タイプSSD



484ピンUBGAパッケージのFPGAとM.2タイプSSDによる実装専有エリア例 (単位：mm)

NVMe-IPアプリケーション例2

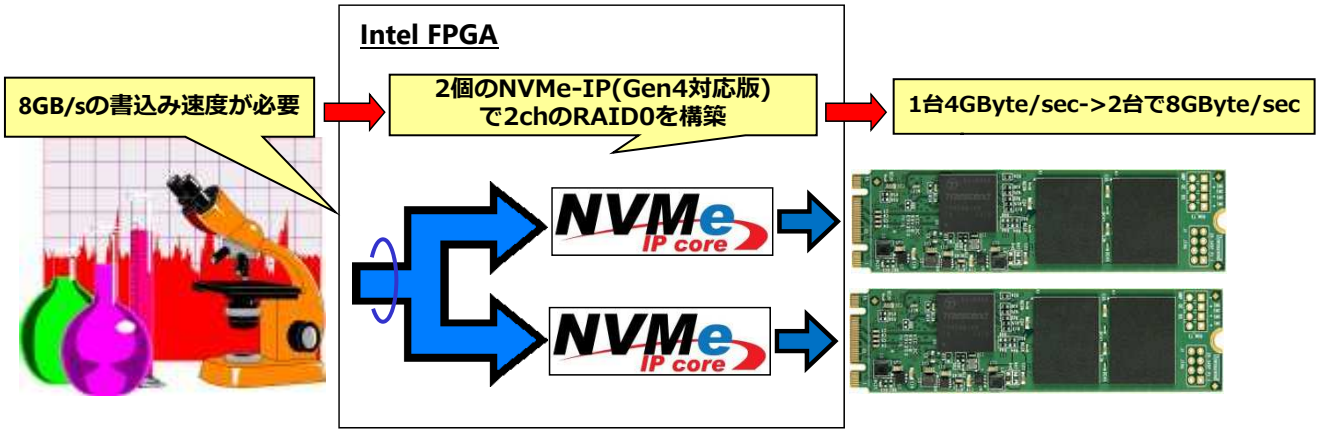
- 収録解析システム
  - SoCデバイスにLinuxとユーザ解析アプリを実装
  - データ収録はNVMe-IPコアでSSDへ高速書込み
  - 専用ドライバでSSDデータを読み出し、アプリで解析



Linux収録解析システム (専用ドライバおよび参照デザインの提供可)

NVMe-IPアプリケーション例3

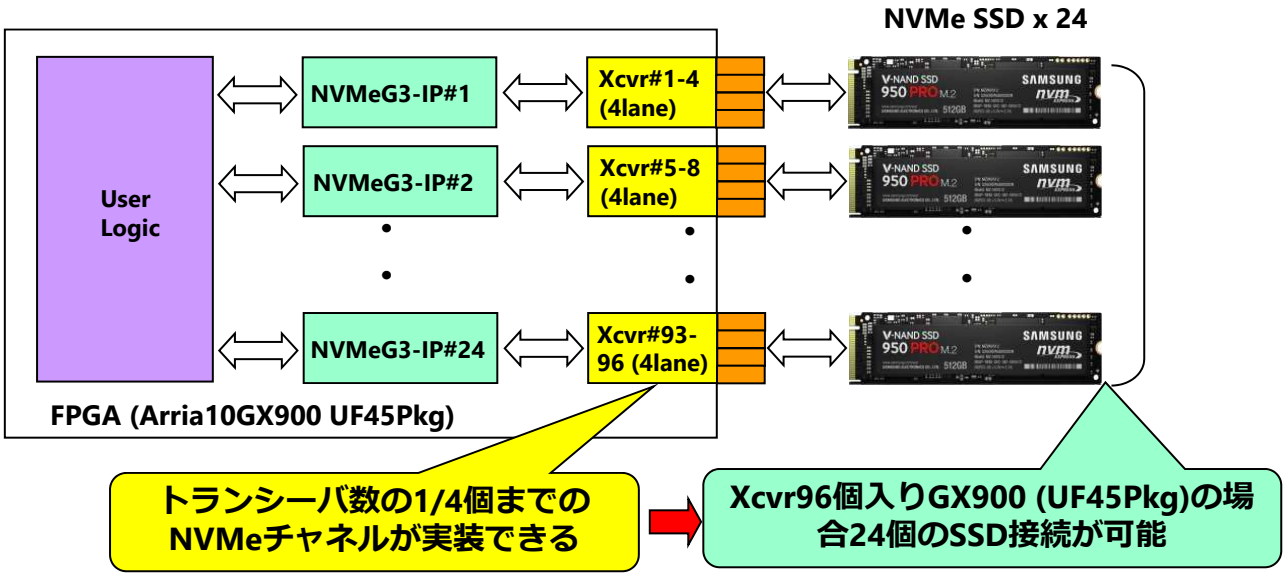
- 超高速データ・レコーダ
  - 複数SSDによるRAID0構成で書込み速度を倍増
  - SSD2台/4台 RAIDの実機動作リファレンス・デザイン提供



8GByte/secの収録レートを実現するNVMe RAIDシステム

NVMe-IPアプリケーション例4

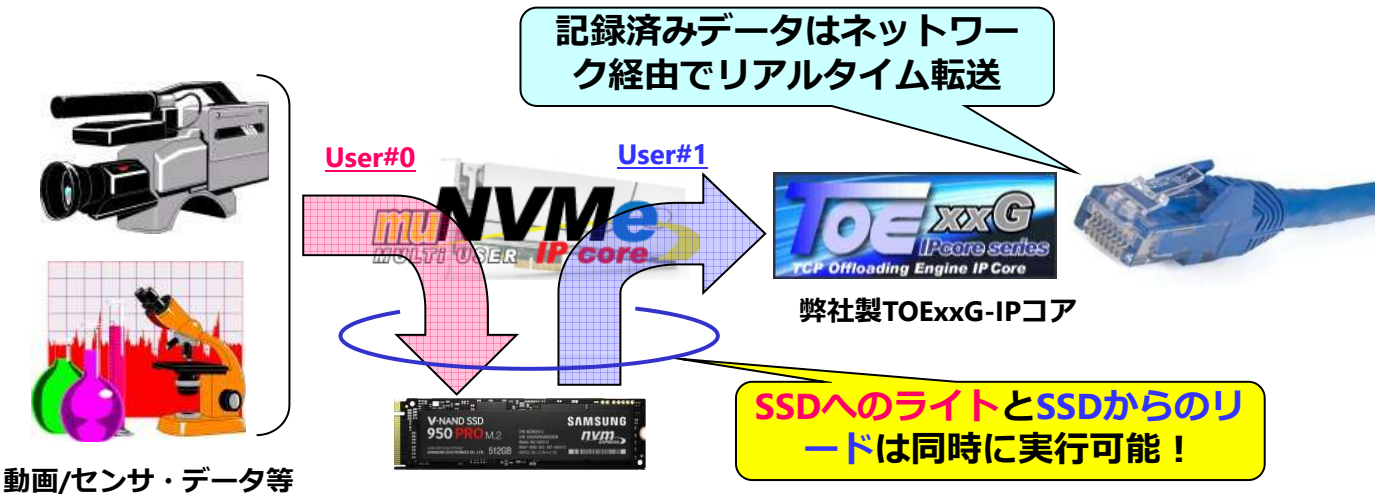
- 超多チャネルSSDアレイ (NVMeG3-IPコア使用)



NVMeG3-IPコアによる24個のM.2 SSDアレイ・システム

NVMe-IPアプリケーション例5

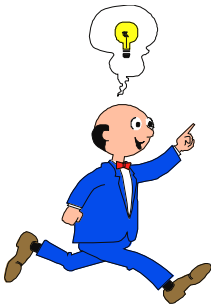
- muNVMe-IPによるデータ記録・同時再生システム
  - User#0(ライト)/User#1(リード)両側からSSDを同時アクセス



muNVMe-IPコアによる記録・同時再生システム

NVMe-IP紹介：問い合わせ

- ホームページに詳細な技術資料を用意
  - https://dgway.com/NVMe-IP_A.html
- 問い合わせ
  - 株式会社Design Gateway
  - E-mail : info@dgway.com
  - FAX : 050-3588-7915



改版履歴

Rev.	日時	履歴
0.1J	2016/8/4	暫定版(Ver0.1J)作成
1.0J	2016/8/10	消費リソース情報を追加した初期版作成
1.1J	2016/8/24	外付けDDR4はx16bit@2400MbpsのDDR4なら1chipで対応できる修正
1.2J	2016/12/21	データ・バッファを内部ブロック・メモリとし外部DDRを不要とするコア改良
1.3J	2017/5/23	Avalon-PCIeブリッジを内製化しパフォーマンスを改良
1.4J	2017/6/7	データ･バッファ・サイズを256KByteに固定
1.41J	2017/6/12	誤字を修正
1.5J	2017/11/1	Linuxドライバ・アプリおよび2ch RAID0リファレンス・デザインを追加
1.6J	2018/7/18	4Kセクタ対応/SMARTｺﾏﾝﾄﾞ/FLUSHｺﾏﾝﾄﾞ/Shutdown機能を追加
1.7J	2019/1/9	オプション製品のFAT32-IP/exFAT-IP(開発中)紹介を追加
2.0J	2020/5/3	PCIeソフトIP内蔵版のNVMe-IPコア拡張製品リリース
2.1J	2020/8/27	ランダムアクセス対応のraNVMe-IPコアを新規ラインナップとして追加
2.2J	2021/6/3	Agilexファミリに対応
2.3JA	2022/10/29	muNVMe-IPコアのラインナップ追加