

# NVMe-IP Demo (Version4 コア)デモ手順書

Rev3.1J 2018/11/27

本ドキュメントは Xilinx 製評価ボードおよび DesignGateway 社製 AB16-PCIeXOVR アダプタを使って NVMe-IP Version4 コア(SMART/Flush/Shutdown/4K セクタ対応の各機能をサポートした Version4 コア)の実機動作を検証する手順について説明したものです。本デモにて NVMe SSD へのデータ書き込みやリード&ベリファイが実施できます。ユーザはシリアル・コンソール経由にてテスト動作を指示します。

## 1 ハードウェア環境

本 NVMe-IP デモを実機評価するために以下の環境を準備してください。

- 1) 本デモに対応する FPGA 評価基板(VC707 / ZC706 / KCU105 / ZCU106)
- 2) Xilinx プログラマ(Vivado)およびシリアル・コンソール・ソフトウェアをインストールした PC
- 3) AB16-PCIeXOVR アダプタおよび付属品の電源分岐ケーブル
- 4) Xilinx 評価ボード付属の AC アダプタ
- 5) AB16-PCIeXOVR アダプタと接続する NVMe SSD (M.2 SSD の場合 PCIe スロットへ挿入するための変換アダプタが必要)
- 6) FPGA ボードと PC 間を接続し FPGA をコンフィグレーションするマイクロ USB ケーブル
- 7) FPGA ボードと PC 間を接続しシリアル・コンソールと通信するミニ/マイクロ USB ケーブル

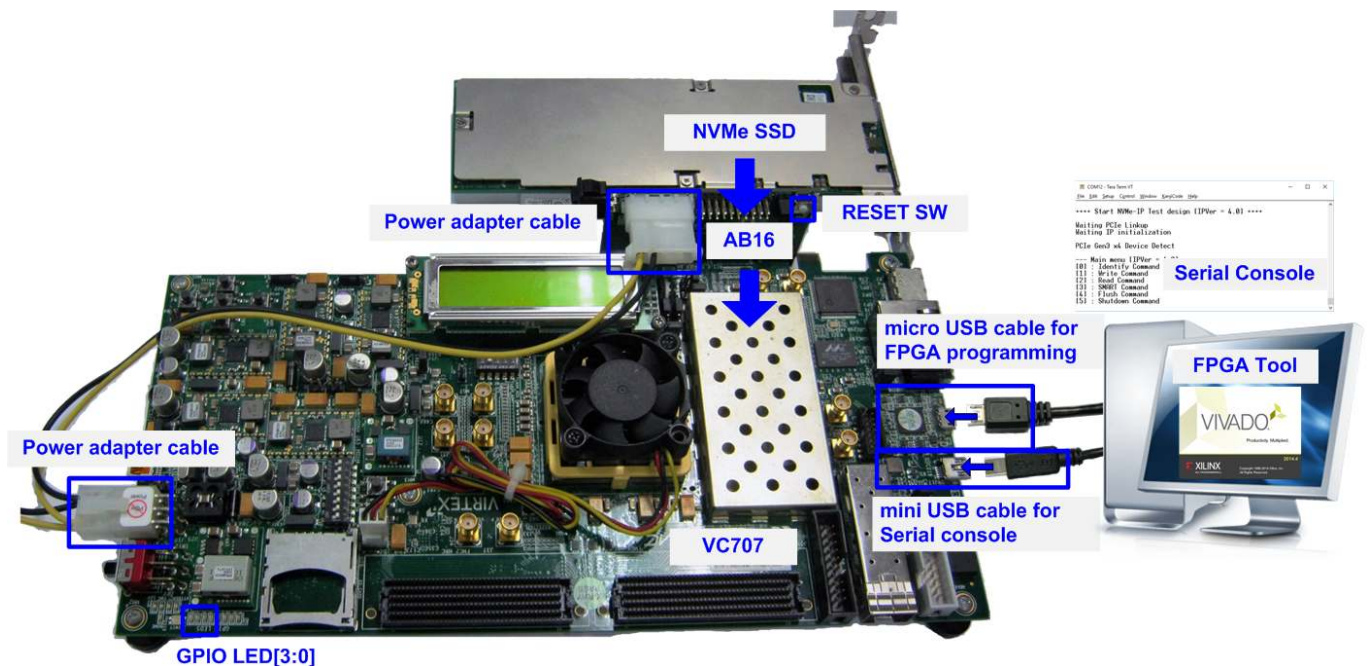


図 1-1: VC707(PCIe GEN2)における NVMe-IP デモ環境

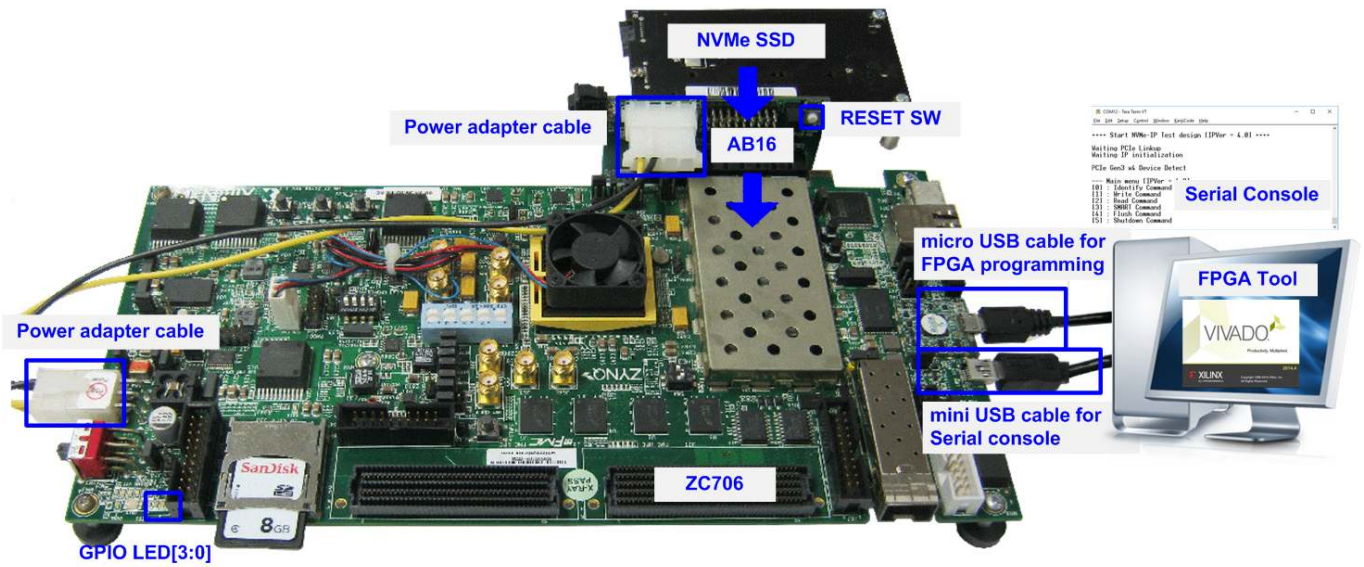


図 1-2: ZC706(Pcie GEN2)における NVMe-IP デモ環境

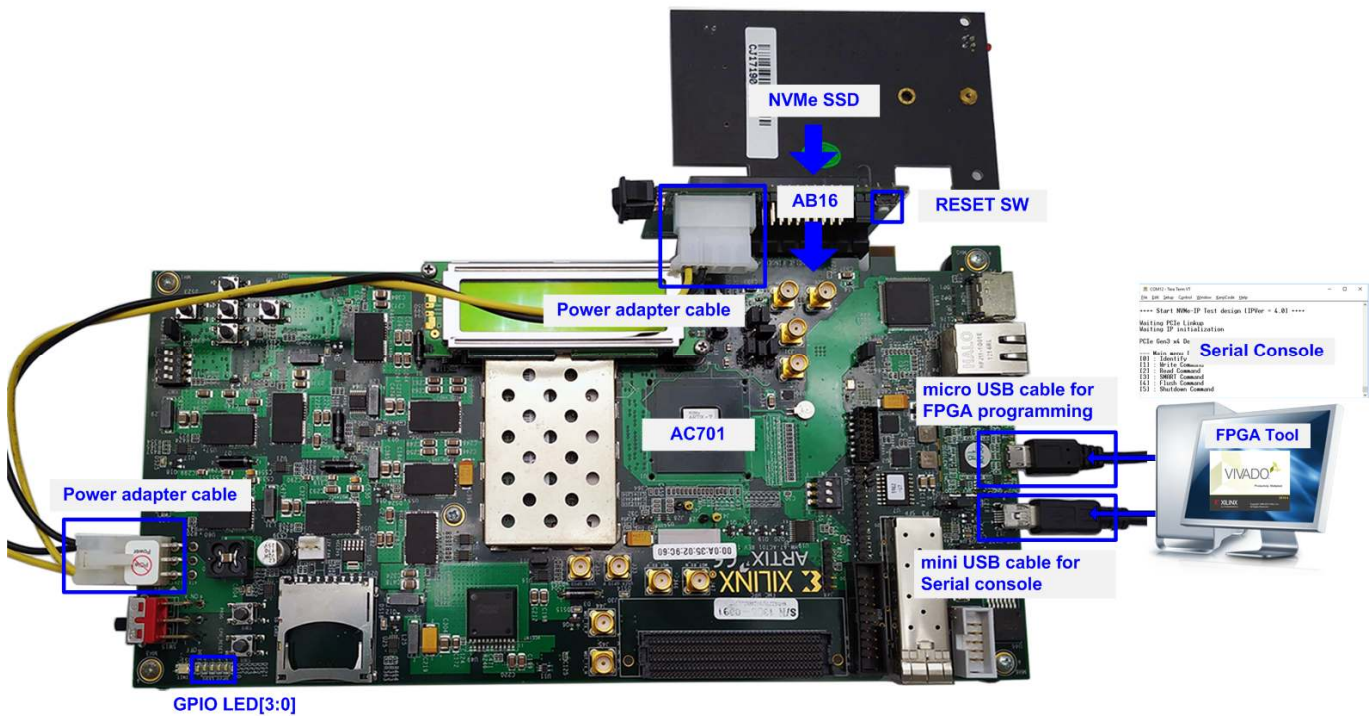


図 1-3: AC701(Pcie GEN2)における NVMe-IP デモ環境

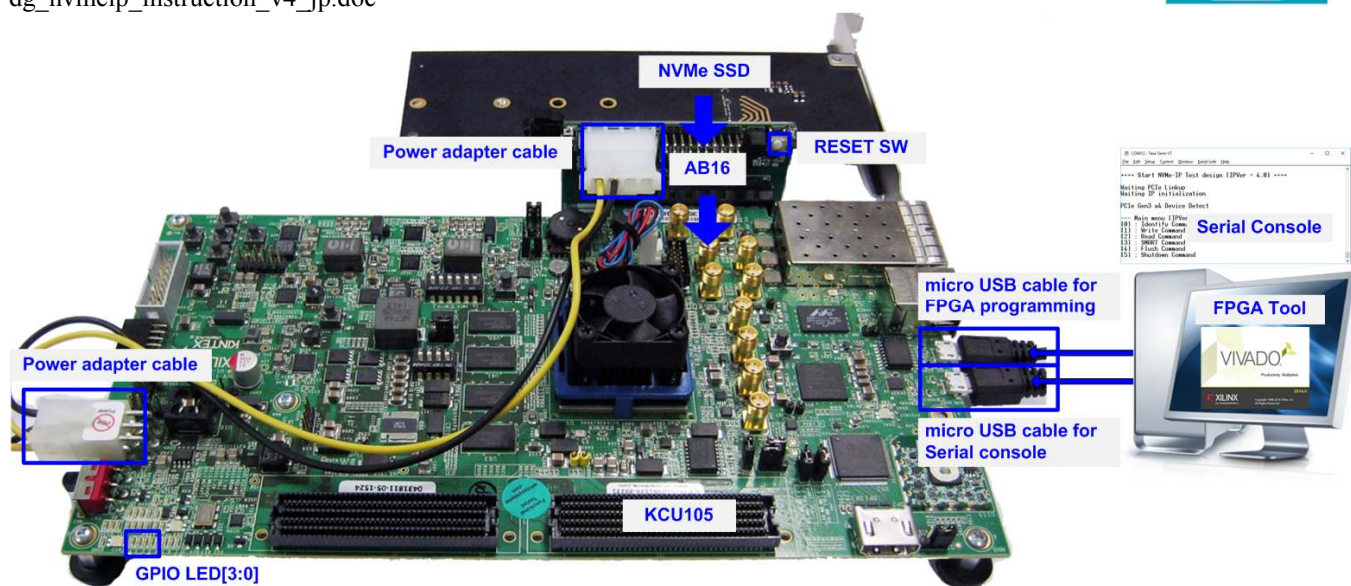


図 1-4 KCU105(Pcie GEN3)における NVMe-IP デモ環境

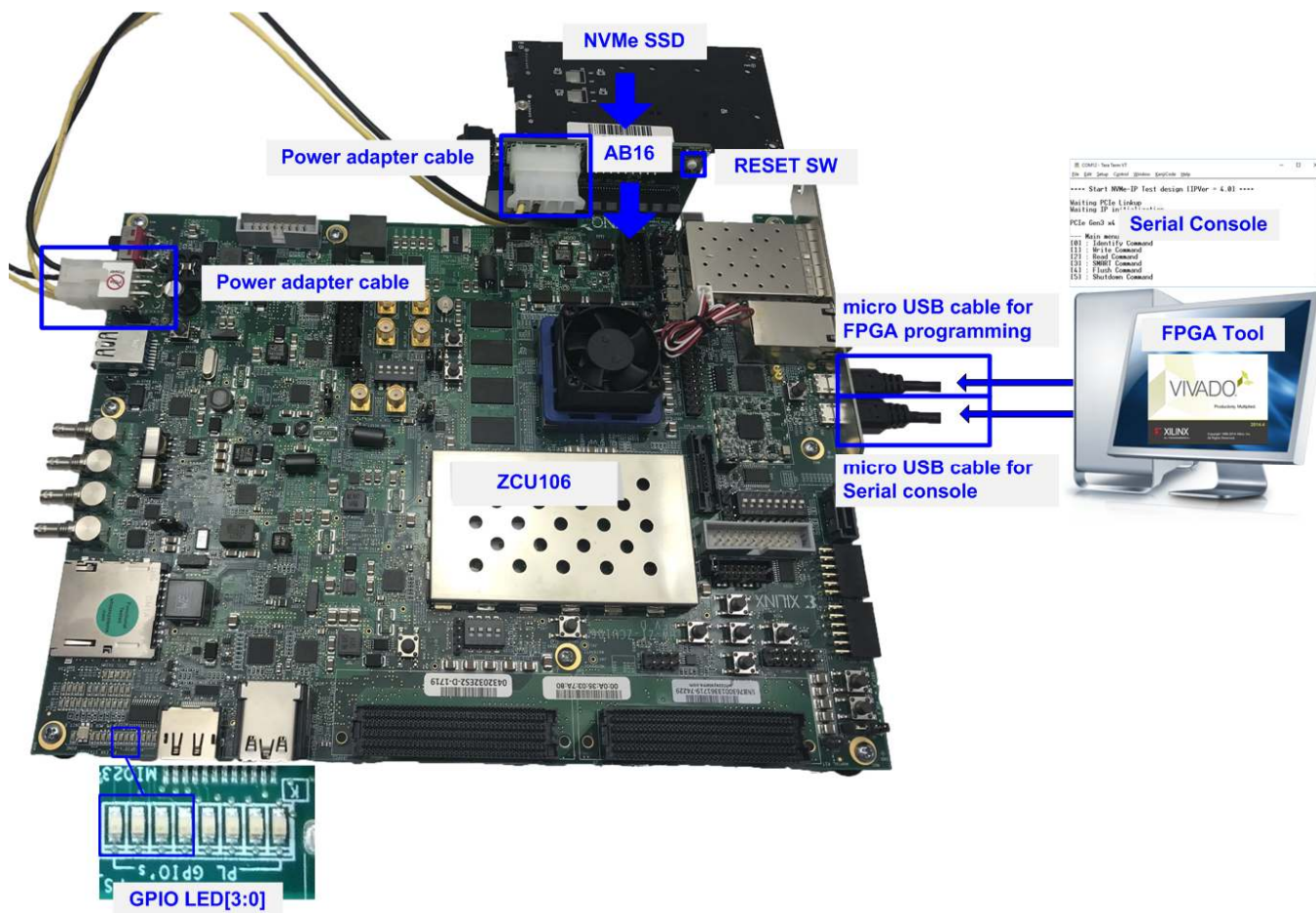


図 1-5 ZCU106(Pcie GEN3)における NVMe-IP デモ環境

## 2 ハードウェア設定

- 1) 全ての電源が OFF 状態であることを確認します
- 2) a) 評価ボードが ZC706 の場合のみ以下(a-1),(a-2)の設定が必要です
  - (a-1) 図 2-1 に示すように、SW11 を”0000”として JTAG からの PS コンフィグレーション・モードとします

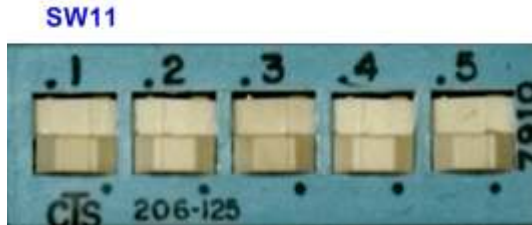


図 2-1: ZC706 では SW11 を”00000”として JTAG からの PS コンフィグレーションに設定

- (a-2) 図 2-2 に示すように、SW04 を”01”として USB から JTAG チェーンを接続する設定とします。



図 2-2: ZC706 では SW4 を”01”として USB から JTAG チェーンを接続する設定

- b) 評価ボードが ZCU106 の場合のみ以下(b-1)の設定が必要です

- (b-1) 図 2-3 に示すように、SW6 を”0000”として JTAG からの PS コンフィグレーション・モードとします

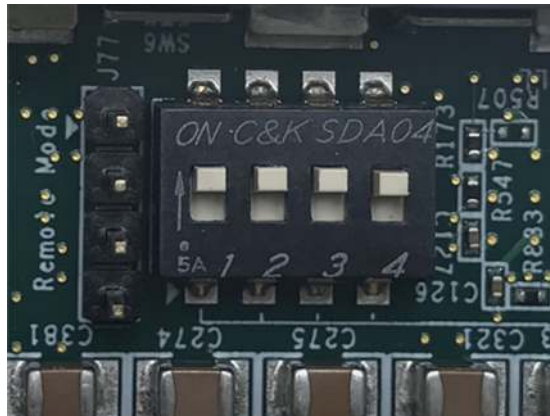


図 2-3: ZCU106 では SW6 を”0000”として JTAG からの PS コンフィグレーションに設定

- 3) AB16-PCIeXOVRアダプタ付属の電源分岐ケーブルを使い図2-4のようにACアダプタからの電源を分岐してAB16-PCIeXOVRアダプタ・ボードおよび Xilinx 評価ボードの両方に供給します。

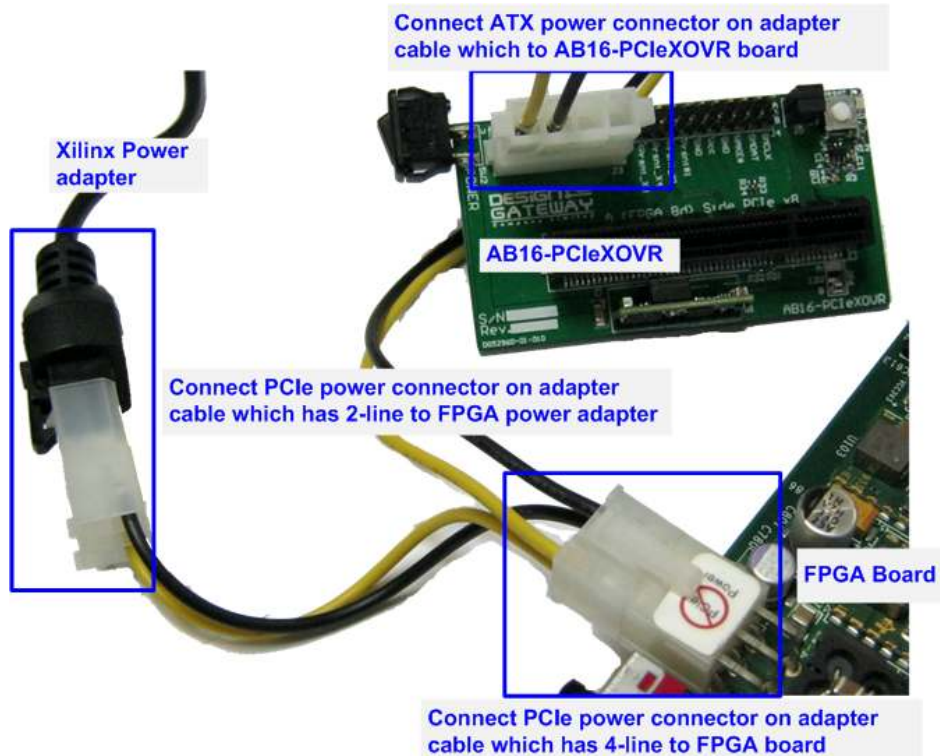


図 2-4: 電源分岐ケーブルで AC アダプタの電源を評価ボードと AB16-PCIeXOVR アダプタに供給

- 4) 図 2-5 のように、AB16-PCIeXOVR アダプタ基板の部品面(A)側の PCIe ソケットに Xilinx 評価ボードを接続します。また、アダプタ基板の J5 にて Pin#1-3 間および Pin#2-4 間にジャンパ・ソケットを挿入します。

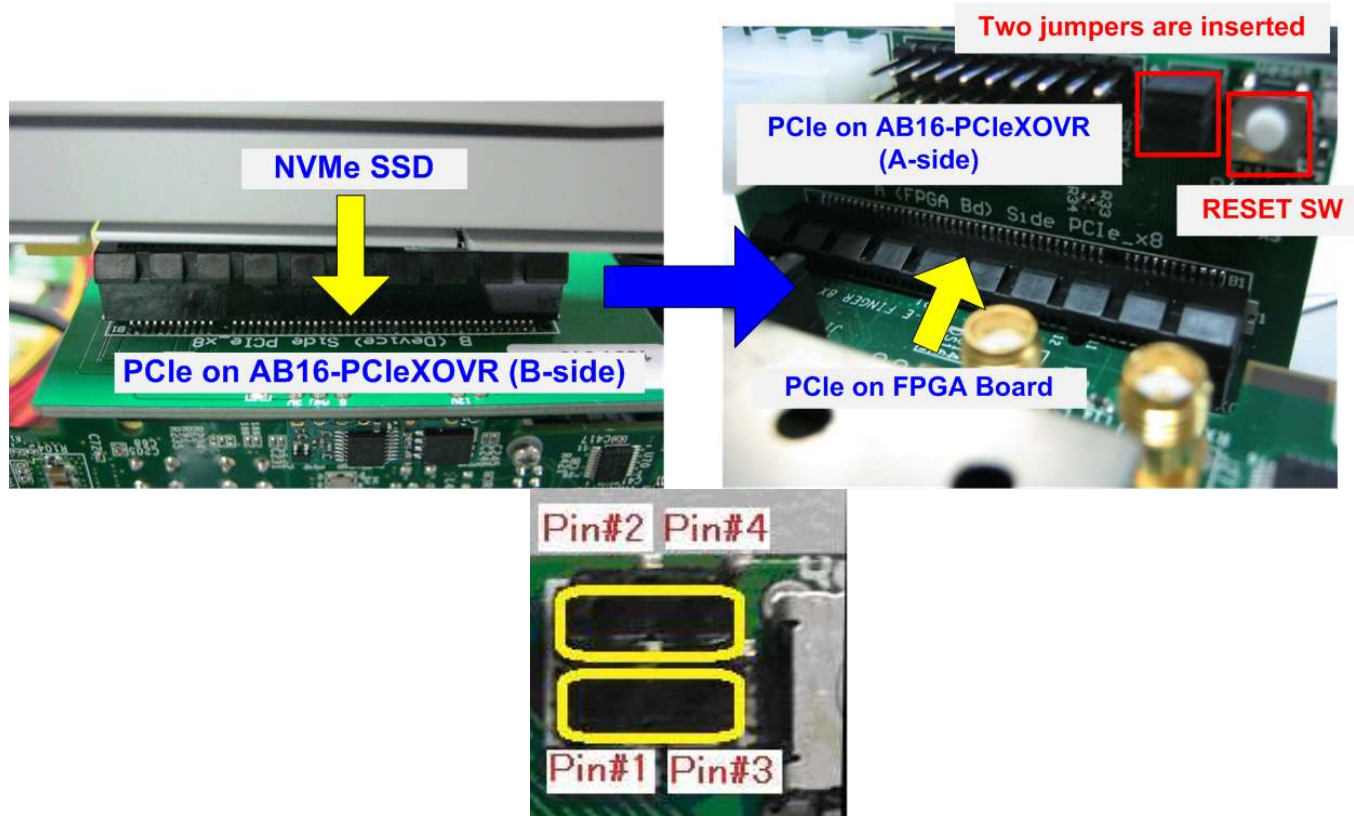


図 2-5: FPGA 評価ボードを AB16-PCIeXOVR アダプタ部品面(A)側に装着、J5 の 1-3 間と 2-4 間をショート

- 5) Xilinx 評価ボード付属の 2 本の USB ケーブル(JTAG 接続用および USB シリアル接続用)の両方を Xilinx 評価ボードと PC 間に接続します。
  - a) AC701/VC707/ZC706 の場合 JTAG 接続用 microUSB ケーブルとシリアル接続用 miniUSB ケーブルを接続
  - b) KCU105/ZCU106 の場合 JTAG 接続用/シリアル接続用の 2 本の microUSB ケーブルを接続

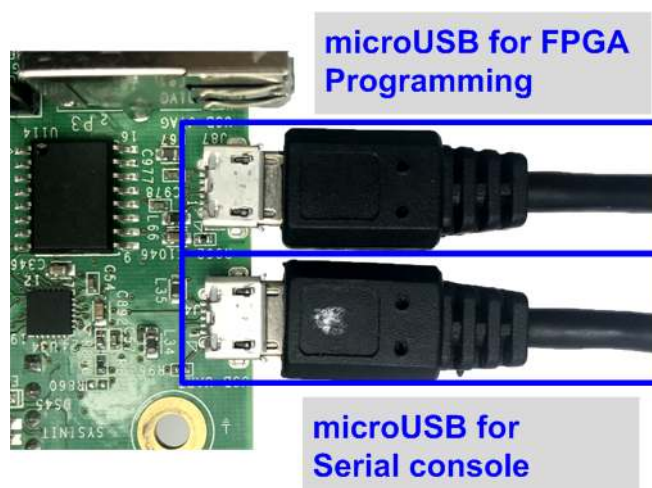


図 2-6: JTAG 接続用および USB シリアル接続用の 2 本の USB ケーブル接続

- 6) 図 2-7 に示すように Xilinx 評価ボードと AB16-PCIeXOVR アダプタの電源を投入します。

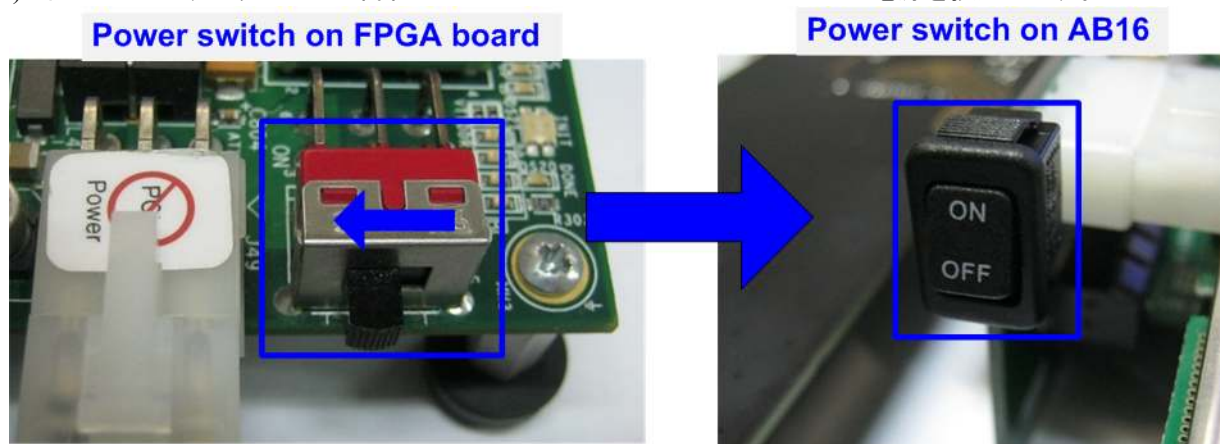


図 2-7: FPGA ボード電源と AB16-PCIeXOVR 電源の投入

7) PC 側では USB が FPGA ボードと接続されると新しい COM ポートとして検出します。Ultrascale/Ultrascale+評価ボードでは複数の COM ポートが検出されます。

- KCU105 の場合、標準 COM ポートを選択します。
- ZCU106 の場合図 2-8 に示すように最も低い番号の数字を選択します。

PC 上で TeraTerm や HyperTerminal などのシリアル・コンソール・ソフトを開きます。そしてボーレート=115,200、データ=8 ビット、パリティ=なし、ストップビット=1 に設定します。

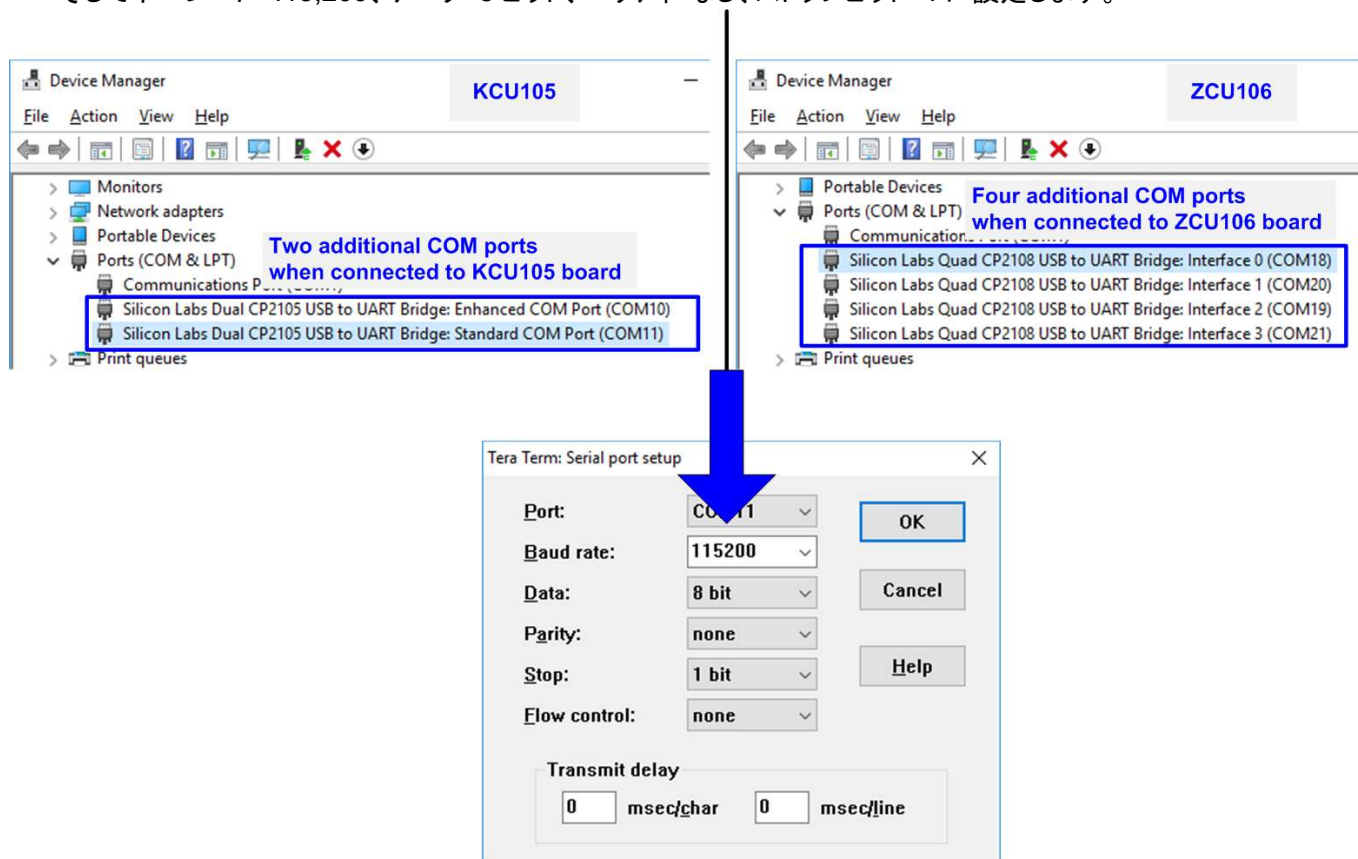


図 2-8: COM ポートの選択と設定

- 8) コンフィグレーション・ファイルおよびファームウェアをFPGAボードにダウンロードします。  
 (a) AC701/VC707/KCU105 の場合, 図 2-9 のように Vivado で FPGA をコンフィグレーションします。

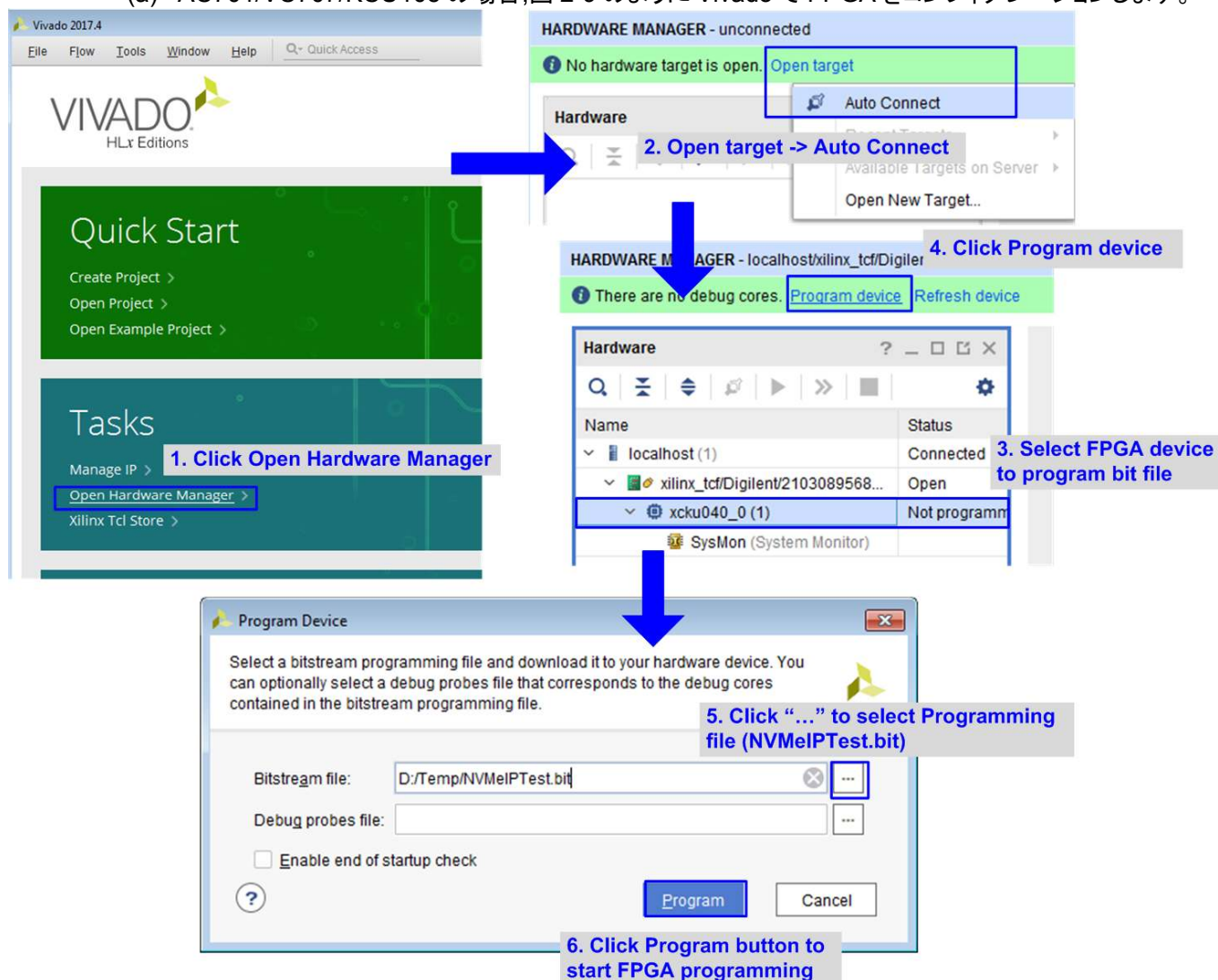


図 2-9: VC707/KCU105 では Vivado で FPGA をコンフィグレーション



- (b) ZC706/ZCU106 の場合, Vivado TCL シェルを開きカレント・ディレクトリを ready\_for\_download に変更します。そして図 2-10 のように zc706\_NVMeIPTest.bat/zcu106\_NVMeIPTest.bat を実行します。



図 2-10: ZC706/ZCU106 では Vivado TCL シェルのコマンド・スクリプトで FPGA をコンフィグレーション

- 9) FPGA 評価ボード上の LED の点灯状態を確認します。LED の定義を下表 2-1 に示します。

| GPIO LED | 点灯            | 消灯                          |
|----------|---------------|-----------------------------|
| 0        | 正常動作          | クロックが安定していないかリセット・ボタンが押下された |
| 1/R      | システムが動作状態     | アイドル状態                      |
| 2/C      | IP エラーを検出     | 正常動作                        |
| 3/L      | データ・ベリファイで不一致 | 正常動作                        |

表 2-1: LED 定義

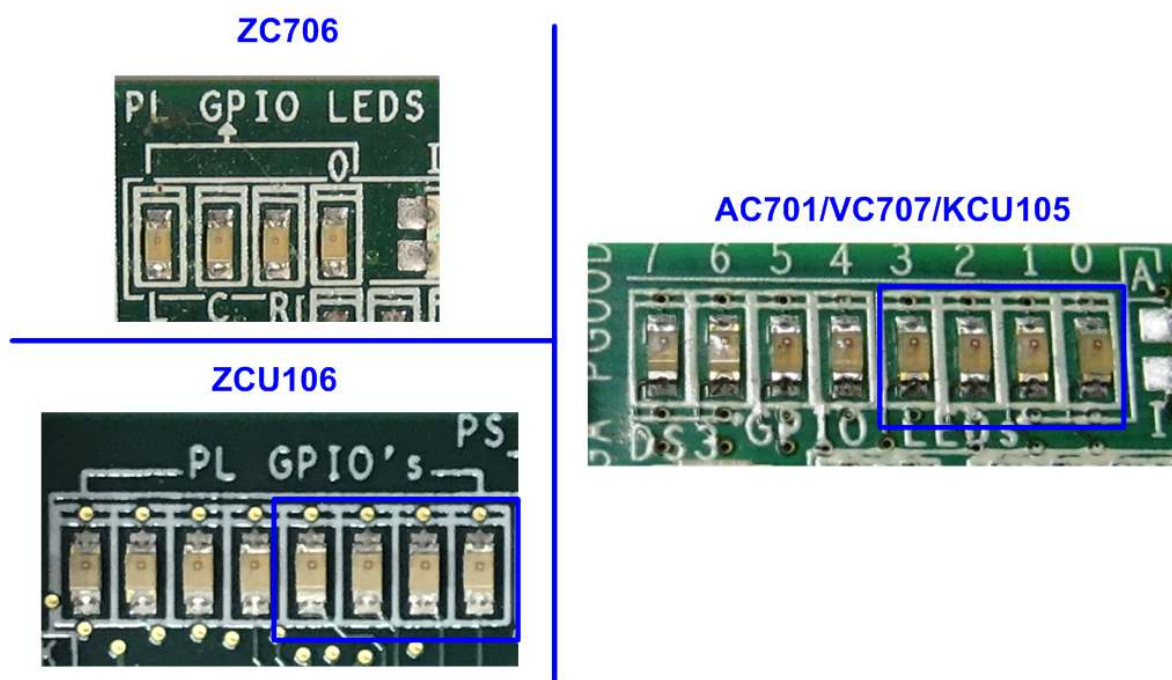


図 2-11: 動作状態を表示する 4 ビットの LED

- 10) FPGA のコンフィグレーションが完了すると LED[0]と LED[1]が PCIe の初期化中点灯します。そして図 2-12 のように LED[1]が消灯し PCIe が初期化を完了してデモ・システムがユーザからのコマンドを受け付けられることを示します。また、PCIe のリンク速度情報が図 2-13 のようにメイン・メニューを表示する前にシリアル・コンソール上に表示されます。

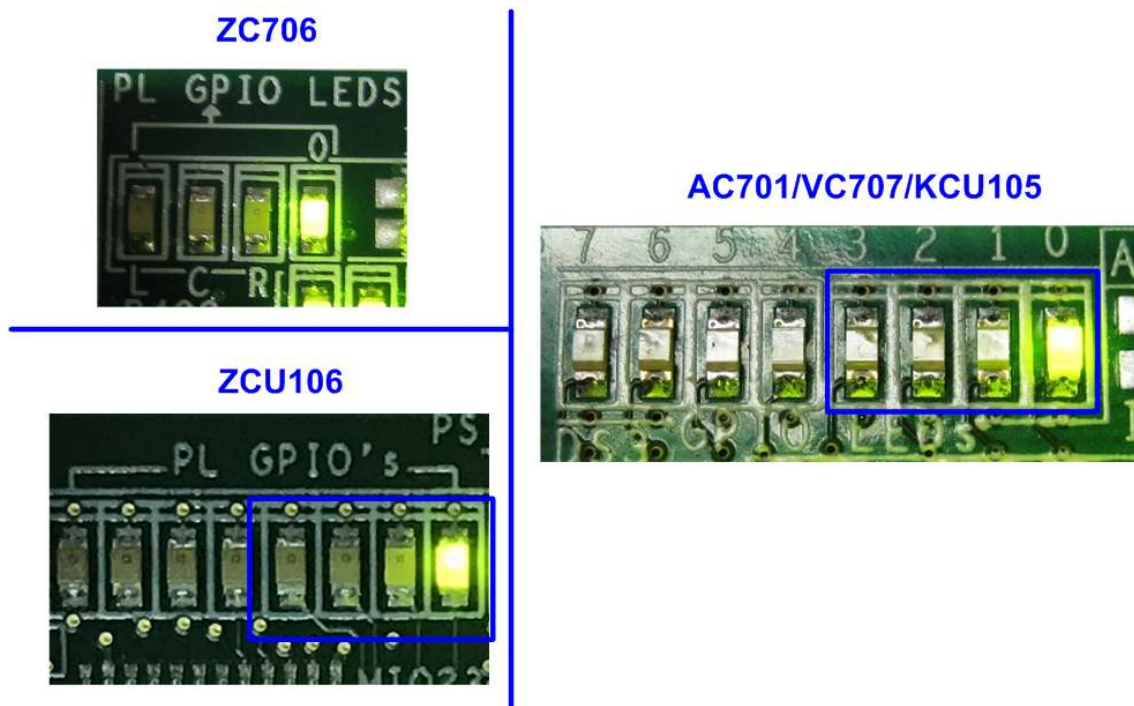


図 2-12: FPGA コンフィグレーションが完了し PCIe の初期化まで終わった時点での LED 状態

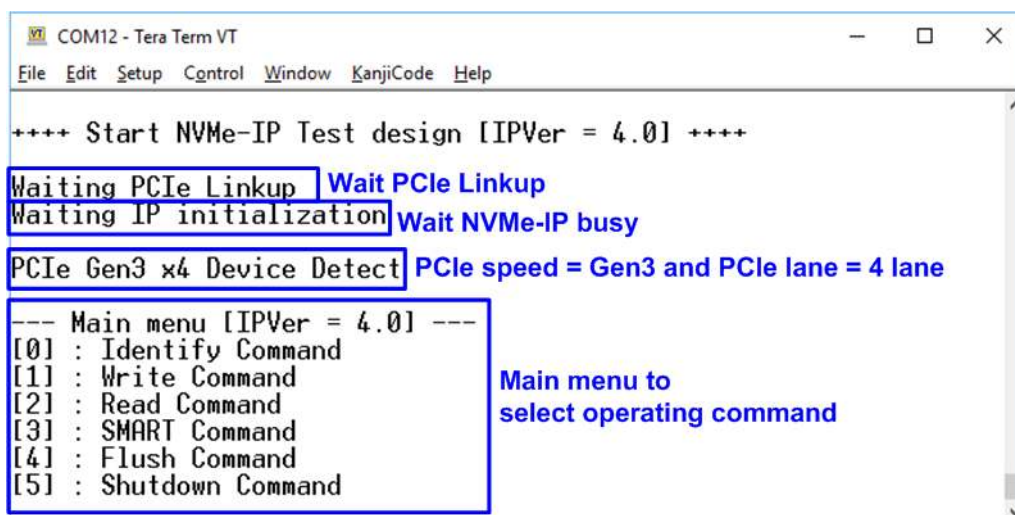


図 2-13: FPGA コンフィグレーションおよび PCIe 初期化完了後のシリアル・コンソール画面

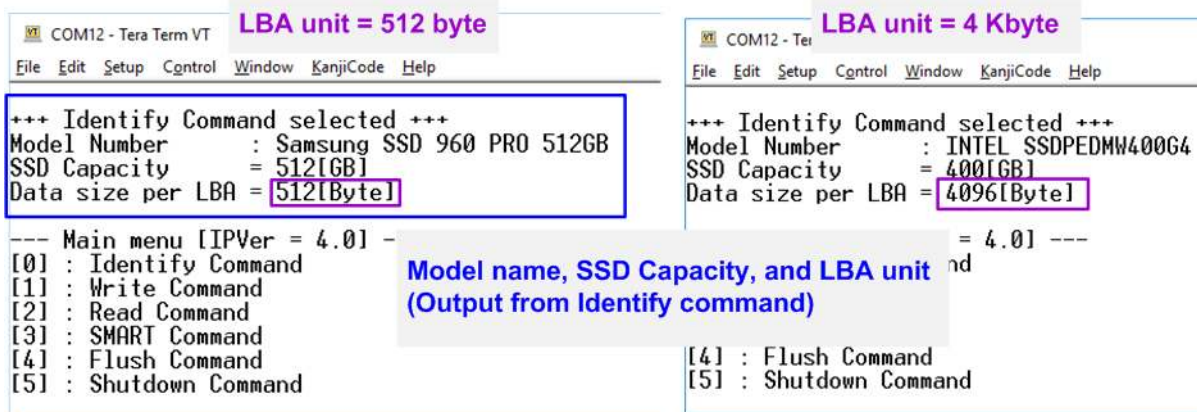
### 3 テスト・メニュー

#### 3.1 Identify コマンド

メニューの'0'を選択することで、NVMe SSD に対して IDENTIFY コマンドを発行できます。このメニューを実行すると SSD の容量がコンソール上に表示されます。このリファレンス・デザインでは以下3つの主要パラメータを表示します。

- 1) SSD 型番情報: この値は IDENTIFY 制御データから抽出されます。
- 2) SSD 全容量: この値は NVMe-IP コアからの出力信号をもとに表示されます。
- 3) セクタ・フォーマット: この値は NVMe-IP コアからの出力信号をもとに表示されます。

(以下図 3-1 で左画面が通常の 512B セクタ,右側が 4KB セクタのセクタ・フォーマットの例です。)



```

COM12 - Tera Term VT  LBA unit = 512 byte
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
+++ Identify Command selected +++
Model Number      : Samsung SSD 960 PRO 512GB
SSD Capacity      = 512[GB]
Data size per LBA = 512[Byte]

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command

COM12 - Ter  LBA unit = 4 Kbyte
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
+++ Identify Command selected +++
Model Number      : INTEL SSDPEDM400G4
SSD Capacity      = 400[GB]
Data size per LBA = 4096[Byte]

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command

Model name, SSD Capacity, and LBA unit
(Output from Identify command)

```

図 3-1: 512B/4KB セクタ・フォーマット SSD での IDENTIFY コマンド実行結果例

### 3.2 Write コマンド

メニューの「1」を選択することで、NVMe SSD に対してライト・コマンドを発行できます。このメニューでは 3 つのパラメータ入力を求められます。(16 進数を入力する場合、先頭に「0x」のプリフィックスを入力してください)

- 1) Start LBA:                   ライト・コマンドの開始セクタ・アドレス (1 セクタ=512 バイト)  
SSD が 4K セクタ・フォーマットの場合指定するアドレスは 8 の倍数とする必要がある。
- 2) Sector Count:               ライト・コマンドのセクタ数  
SSD が 4K セクタ・フォーマットの場合指定するセクタ数は 8 の倍数とする必要がある。
- 3) Test pattern:               SSD にライトするデータのテスト・パターン、データ・パターンは 5 種類から選択できる  
32ビット・インクリメンタル、32ビット・デクリメンタル、オール0、オール1、32ビットLFSR

全ての入力パラメータが有効な場合、図 3-2 に示すようにライト動作が開始します。データのライト実行中、実転送データ数がコンソール上に順次表示され、コマンド動作が進んでいることを示します コマンド実行の最後にライト数とコマンド実行時間から転送パフォーマンスが計算され表示されます。

```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
+++ Write Command selected +++
Enter Start Address (512 Byte) : 0 - 0x3B9E12AF => 0 Input from user
Enter Length (512 Byte) : 1 - 0x3B9E12B0 => 0x4000000
Selected Pattern [0]Inc32 [1]Dec32 [2]A11_0 [3]A11_1 [4]LFSR => 4
2.146 GB
4.301 GB
6.442 GB
|
30.010 GB
32.162 GB
34.314 GB
} Current transfer size

Output performance
Total = 34[GB] , Time = 16019[ms] , Transfer speed = 2144[MB/s]

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command

```

図 3-2: Write コマンドのパラメータ入力と実行結果例



ユーザ SSD へのライトまたはリード・コマンドを指示したときで SSD が 4K セクタ・フォーマットであった場合、した図 3-4 に示すように入力するアドレスと転送長は 8 の倍数にすることを促すメッセージが表示されます。しかしここで 8 の倍数でない値を指定した場合、“Invalid input”と表示され、コマンドは中断してメイン・メニューに復帰します。

```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
+++ Write Command selected +++
Please input [Start Address] and [Length] in unit of 8
Enter Start Address (512 Byte) : 0 - 0x2E9390AF => 0
Enter Length (512 Byte) : 1 - 0x2E9390B0 => 7
Invalid input
When LBA unit = 4 KB and length is not aligned
to 8, error message is displayed.
--- Main menu [
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command

```

図 3-4: 4K セクタ・フォーマットで 8 の倍数でないパラメータを指定した場合のエラー・メッセージ例

図 3-5～図 3-7 はユーザから無効な入力があった場合のエラー・メッセージを示します。“Invalid input”のメッセージがコンソール上に表示され、コマンドは中断しメイン・メニューに復帰します。

```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
+++ Write Command selected +++
Enter Start Address (512 Byte) : 0 - 0x3B9E12AF => 0xFFFFFFFF
Invalid input
Out-of-range address
--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command

```

図 3-5: 無効な開始アドレスを指定した場合

```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help

+++ Write Command selected +++
Enter Start Address (512 Byte) : 0 - 0x3B9E12AF => 0
Enter Length (512 Byte) : 1 - 0x3B9E12B0 => 0xFFFFFFFF
Invalid input

Out-of-range length

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command
    
```

図 3-6: 無効なセクタ数を指定した場合

```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help

+++ Write Command selected +++
Enter Start Address (512 Byte) : 0 - 0x3B9E12AF => 0
Enter Length (512 Byte) : 1 - 0x3B9E12B0 => 0x400000
Selected Pattern [0]Inc32 [1]Dec32 [2]A11_0 [3]A11_1 [4]LFSR => 6
Invalid input

Invalid pattern

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command
    
```

図 3-7: 無効なテスト・パターンを指定した場合

### 3.3 Read コマンド

メニューの'2'を選択することで、NVMe SSD に対してリード・コマンドを発行できます。このメニューでは 3 つのパラメータ入力を求められます。(16 進数を入力する場合、先頭に'0x'のプリフィックスを入力してください)

- 1) Start LBA: リード・コマンドの開始セクタ・アドレス (1 セクタ=512 バイト)  
SSD が 4K セクタ・フォーマットの場合指定するアドレスは 8 の倍数とする必要がある。
- 2) Sector Count: リード・コマンドのセクタ数  
SSD が 4K セクタ・フォーマットの場合指定するセクタ数は 8 の倍数とする必要がある。
- 3) Test pattern: SSD からリードしたデータとベリファイするテスト・パターン、データ・パターンは  
ライトしたデータ・パターンに合わせる必要がある、ライトと同じく 32 ビット・  
インクリメンタル、32 ビット・デクリメンタル、オール 0、オール 1、32 ビット LFSR の  
5 種類から選択

```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
+++ Read Command selected +++
Enter Start Address (512 Byte)      : 0 - 0x3B9E12AF => 0 Input from user
Enter Length (512 Byte)            : 1 - 0x3B9E12B0 => 0x4000000
Selected Pattern [0]Inc32 [1]Dec32 [2]A11_0 [3]A11_1 [4]LFSR => 4
  3.240 GB
  6.483 GB
  9.721 GB
 12.964 GB
 16.206 GB
 19.446 GB
 22.686 GB
 25.928 GB
 29.167 GB
 32.408 GB
} Current transfer size

Total = 34[GB] , Time = 10601[ms] , Transfer speed = 3240[MB/s]

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command
  
```

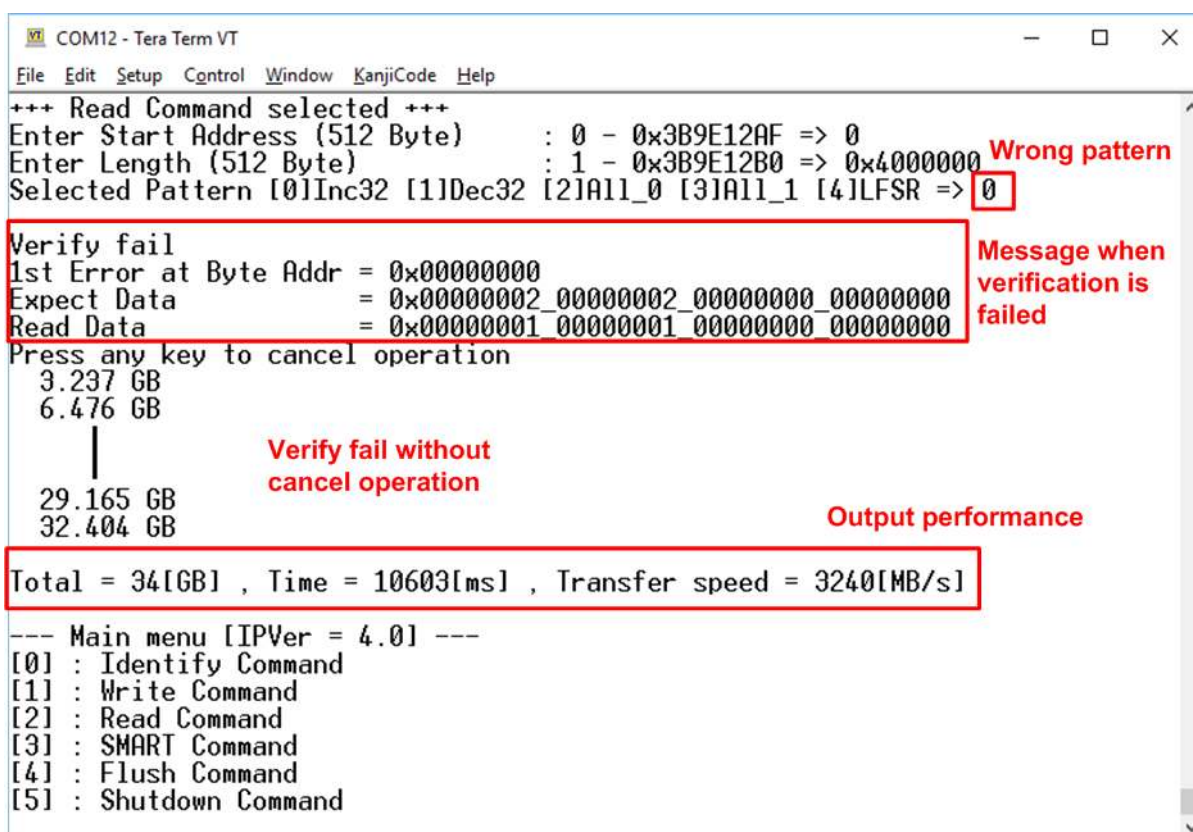
図 3-8: Read コマンドのパラメータ入力と実行結果例

ライトのテストと同様全ての入力パラメータが有効な場合、図 3-8 に示すようにリード動作が開始します。データのリード実行中、実転送データ数がコンソール上に順次表示され、コマンド動作が進んでいることを示します。コマンド実行の最後にリード数とコマンド実行時間から転送パフォーマンスが計算され表示されます。無効な入力や 4K セクタ・フォーマットで 8 の倍数以外のアドレスやセクタ数入力があった場合は "Invalid input" のメッセージがコンソール上に表示され、コマンドは中断しメイン・メニューに復帰します。



図 3-9 と図 3-10 はベリファイでエラーが発生した例を示します。“Verify fail”のメッセージがエラー発生アドレス、期待値、リード値とともに表示されます。この場合ユーザは何かキー入力を行うことでリード動作を中断することができますが、キー入力をせずにリード動作の完了を待つことも可能です。リード動作を継続した場合、処理プロセスは表示を続け、コマンド完了時にパフォーマンスが表示されます。

リード動作をキー入力により中断した場合、前のコマンド動作は不完全な状態で強制中断されるため、その後 AB16-PCIeXOVR アダプタ上の電源を再投入しリセット・ボタンを押してシステムを再起動することが推奨されます。



```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
+++ Read Command selected +++
Enter Start Address (512 Byte)      : 0 - 0x3B9E12AF => 0
Enter Length (512 Byte)            : 1 - 0x3B9E12B0 => 0x4000000
Selected Pattern [0]Inc32 [1]Dec32 [2]A11_0 [3]A11_1 [4]LFSR => 0
Verify fail
1st Error at Byte Addr = 0x00000000
Expect Data           = 0x00000002_00000002_00000000_00000000
Read Data             = 0x00000001_00000001_00000000_00000000
Press any key to cancel operation
 3.237 GB
 6.476 GB
 |
29.165 GB
32.404 GB
Total = 34[GB] , Time = 10603[ms] , Transfer speed = 3240[MB/s]
--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command
  
```

**Wrong pattern** (points to the selected pattern '0')

**Message when verification is failed** (points to the 'Verify fail' message)

**Verify fail without cancel operation** (points to the progress bars)

**Output performance** (points to the 'Total = 34[GB]...' line)

図 3-9:リード時ベリファイでエラーが発生したがリードが完了するまで待機した場合の結果例

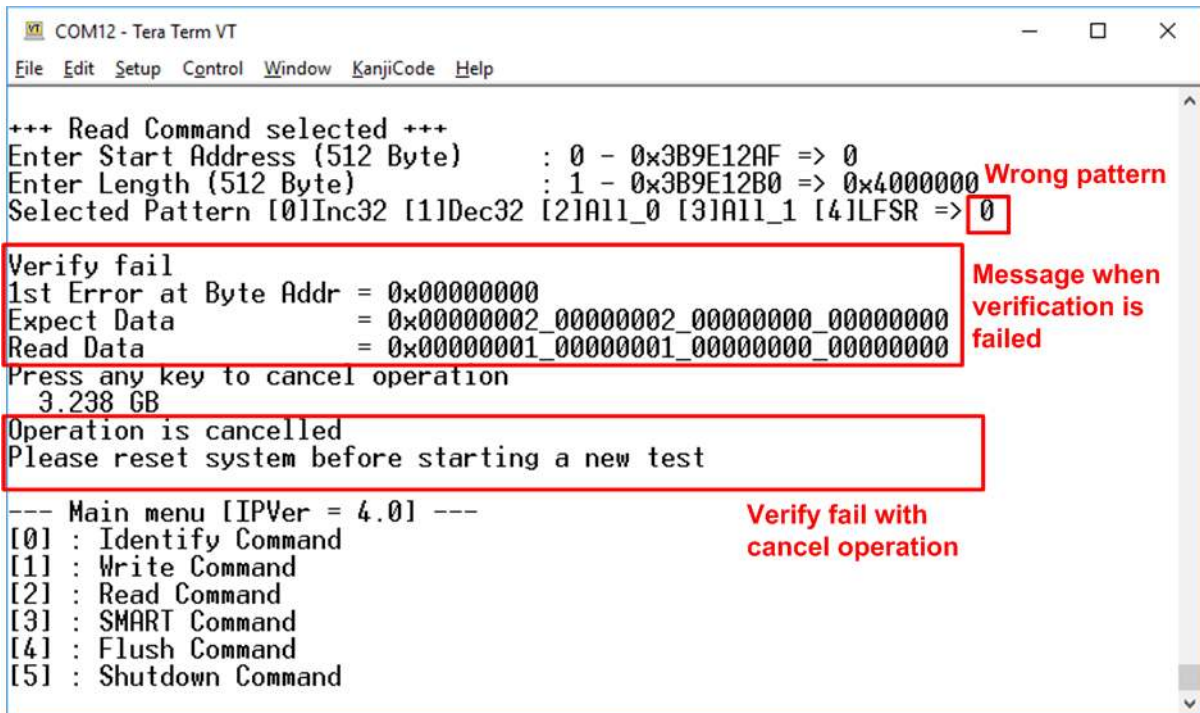


図 3-10: リード時ベリファイでエラーが発生しユーザがキャンセルを指示した場合の結果例

### 3.4 SMART コマンド

メニューの'3'を選択することで、NVMe SSD に対して SMART コマンドを発行できます。本コマンド完了時に SMART/SSD 健康状態の情報がコンソール上に表示されます。本リファレンス・デザインでは SMART コマンドで取得される情報のうち以下の 6 パラメータを抽出し表示します。

- 1) SSD 温度を°Cで表示
- 2) SSD の総リード・データ量を GB/TB 単位で表示。さらに 128ビットの 16 進数で取得生データを表示。  
生データの単位は 512,000 バイト。
- 3) SSD の総ライト・データ量を GB/TB 単位で表示。さらに 128ビットの 16 進数で取得生データを表示。  
生データの単位は 512,000 バイト。
- 4) 電源投入サイクル数、電源の投入回数データを表示
- 5) 通電経過時間、SSD の通電総時間を表示
- 6) 安全でない電源切断回数、Shutdown を行わずに電源を切断した回数を表示

```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help

+++ SMART Command selected +++

<< SMART Log Information >>
Temperature                : 30 Degree Celsius
Total Data Read             : 51805 GB
Total Data Read (Raw data)  : 0x00000000_00000000_00000000_0607D02A
Total Data Written          : 59420 GB
Total Data Written (Raw data) : 0x00000000_00000000_00000000_06EAC2E5
Power On Cycles             : 1570 Times
Power On Hours              : 135 Hours
Unsafe Shutdowns           : 1526 Times

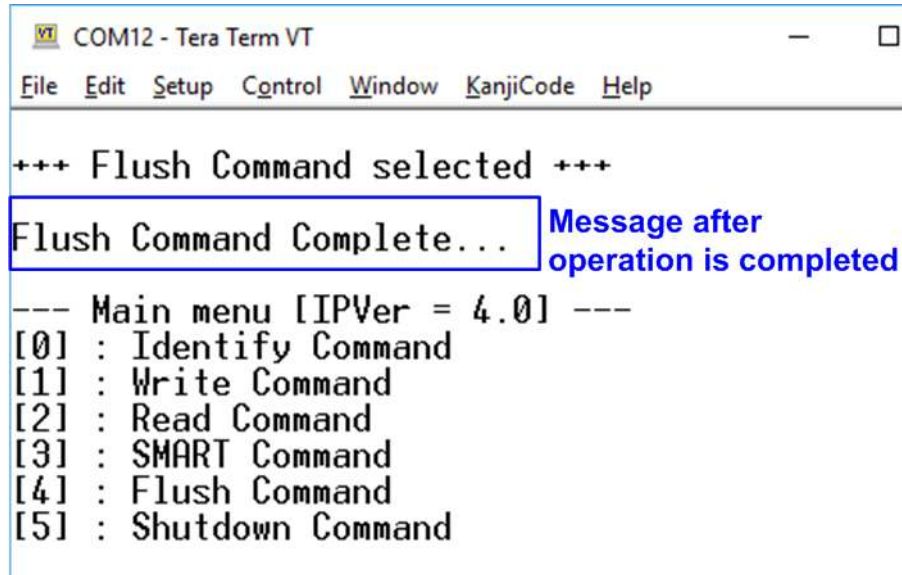
SMART Command Complete...

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command
  
```

図 3-11: SMART コマンドの実行結果例

### 3.5 Flush コマンド

メニューの'4'を選択することで、NVMe SSD に対して Flush コマンドを発行できます。本コマンド完了時に"Flush Command Complete"メッセージが表示されメイン・メニューに戻ります。



```

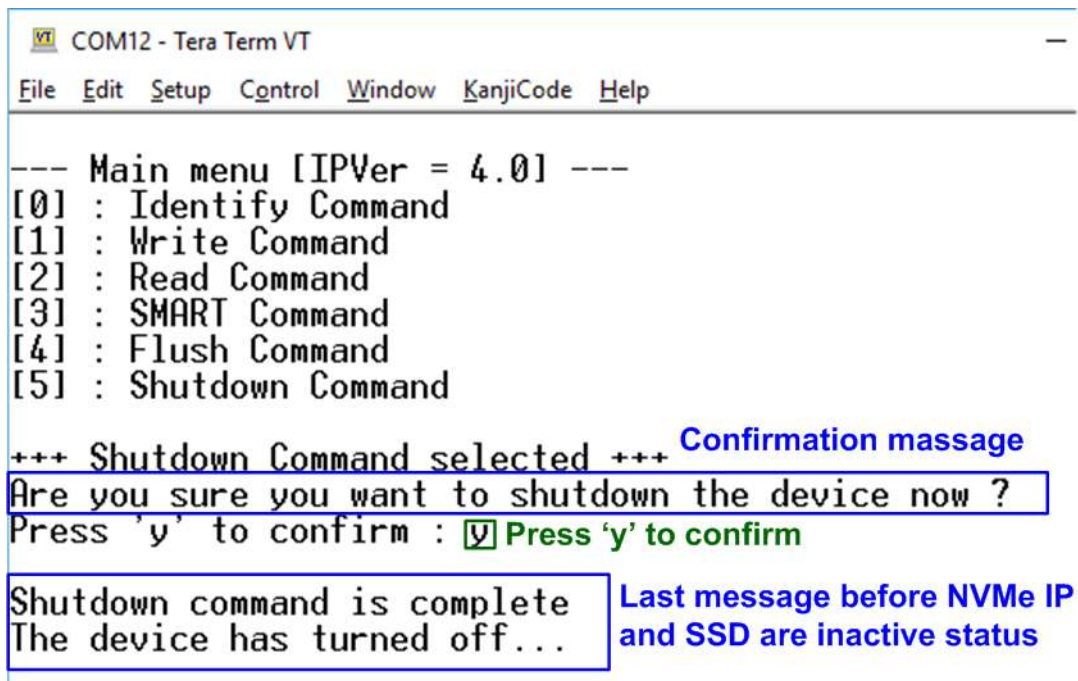
COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help

+++ Flush Command selected +++
Flush Command Complete...
--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command
  
```

図 3-12: Flush コマンドの実行結果例

### 3.6 Shutdown コマンド

メニューの'5'を選択することで、NVMe SSD に対して Shutdown コマンドを発行できます。本メニューを選択すると、確認のメッセージが表示されます。ユーザが'Y'または'y'キーを押すことで Shutdown 動作が指定されそれ以外のキー入力でキャンセルされます。Shutdown コマンド完了後コンソールはユーザからの入力を一切受け付けなくなります。テスト動作を再開するためにはシステムの電源を再投入する必要があります。



```

COM12 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help

--- Main menu [IPVer = 4.0] ---
[0] : Identify Command
[1] : Write Command
[2] : Read Command
[3] : SMART Command
[4] : Flush Command
[5] : Shutdown Command

+++ Shutdown Command selected +++
Are you sure you want to shutdown the device now ?
Press 'y' to confirm : y Press 'y' to confirm

Shutdown command is complete
The device has turned off...
  
```

図 3-13: Shutdown コマンドの確認メッセージと実行結果例

## 4 更新履歴

| リビジョン | 日付         | 履歴  |
|-------|------------|---|
| 1.0   | 2-Jun-16   | Initial version release (English Version)         |
| 1.0J  | 2016/6/6   | 日本語版の初期版作成  |
| 1.1J  | 2016/6/27  | KCU105 のサポートを追加                                   |
| 1.2J  | 2016/09/06 | ZC706 のサポートを追加                                    |
| 1.3J  | 2016/09/09 | KC705 のサポートを追加                                    |
| 1.5J  | 2016/11/08 | Zynq Mini-ITX および VC709 のサポートを追加                  |
| 1.6J  | 2016/12/19 | データ・バッファを内部メモリ版に改良したコアの実行結果例に更新                   |
| 2.0J  | 2017/06/09 | IP コア改良およびデータ・バッファを 256K バイトに固定化                  |
| 2.1J  | 2017/07/31 | テスト・パターンとして 32 ビット LFSR パターンを追加                   |
| 2.2J  | 2017/12/02 | ZCU106 のサポートを追加                                   |
| 3.0J  | 2018/07/25 | Shutdown, SMART, Flush コマンドを追加(IP コア Version4 対応) |
| 3.1J  | 2018/11/27 | AC701 のサポートを追加                                    |