

無償IPコアでよく分かる PCI ExpressのFPGA実装技術

知っておきたいIPコア実装のキモ 編

川井 敦

本誌2009年2月号の「無償IPコアでよく分かるPCI ExpressのFPGA実装技術 ― 知っておきたいIPコア選択のキモ編」(pp.77-84)ではPCI Expressの基本的な知識を解説し、PCI ExpressのIPコア(Intellectual Property)を適切に使用するために押さえておくべき基礎知識を解説した。本稿ではFPGAに回路を実装し、転送性能を最大限に引き出す方法について解説する。筆者が開発した無償IPコア(本誌2009年2月号付属DVD-ROMに収録)を用いた性能実測例を紹介する。

(筆者)

1 転送速度の実測

本稿では実際にIP (Intellectual Property) コアを実装した回路を用いて転送性能を測定し、転送性能を最大限に引き出す方法について解説します。

PCI Express転送性能の測定には、本誌2009年2月号付属のDVD-ROMに収録した、K&F Computing Research (以下、KFCR)の無償IPコア「GPCIe」を使用します。IPコアを実装するハードウェアには同社のx8対応評価ボードを使用します(写真1)。

この評価ボードは、高速トランシーバを内蔵した米国Altera社のFPGA「Arria GX (EP1AGX60EF1152)」を1個搭載しています。Arria GXは高速トランシーバを内蔵した品種の中では比較的低価格で、Altera社ではこれをミッドレンジFPGAと位置付けています。Stratix II GXの廉価版と考えてよいでしょう。Altera社ではリンク幅x8レーンの動作はStratix II GX (およびStratix IV)でのみ保証しており、Arria GXに関してはx4までしか保証していません。しかし後述のように、本IPコアでは技術上の工夫によってx8での動作を実現しています。

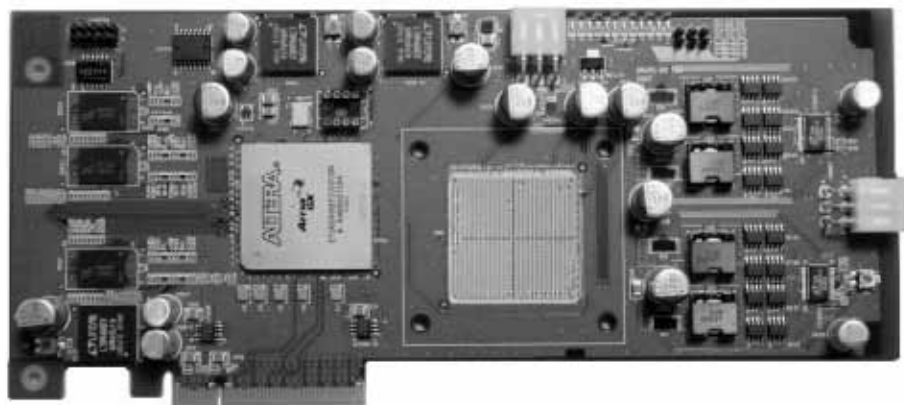


写真1

性能測定に使用したPCI Express (x8) 評価ボードの外觀

K&F Computing Research製。FPGA (Altera社Arria GX) と外部メモリ (DRAM) を搭載。Arria GXでリンク幅x8をサポートする唯一のボード(筆者調べ)。

Keyword

Arria GX, Core2 Quad, X38 Express, PIO, DMA, read, write, Write Combining, x4, x8, レイテンシ, バイロード, 最大リード要求長, TLP, DLLP, PLP

FPGA内部には、IPコアのほかに性能測定のためのメモリを実装します。ボード上にはDRAMが搭載されていますが、今回はあえて使用しません。これはDRAMインターフェースの転送性能が測定結果に影響を与えることを避けるためです。評価ボードを接続するホスト・パソコンとし

てはCPUにIntel社のCore2 Quad (Q6600, 2.4GHz動作)、チップセットに同社のX38 Expressを搭載したパソコンを使用します。測定用システム全体の構成は図1のようになります。

このシステムを用いた転送性能の測定結果を図2に示します。PIO read/write, DMA read/writeの計4種類のデータ転送方式を用いて、10バイトから64Kバイトまでの転送データ・サイズについて得られた転送性能をプロットしてあります。図2の(a), (c)は上り方向(評価ボードからパソコン)の、図2の(b), (d)は下り方向(パソコンから評価ボード)の結果です。図2の(a), (b)はリンク幅x4, 図2の(c), (d)はx8による結果です。実線が実際に得られた測定値、破線は次節で説明する理論見積もりです。図2の結果から、以下のことが読み取れます

(1) 転送するデータのサイズにかかわらず、上り方向の転送ではPIO read転送よりもDMA write転送が、下り方向ではDMA read転送よりもPIO write転送が高い性能を示しています。PIO read転送はそもそも高いスループットを期待されていない、ステータス・レジスタの読み出しなど

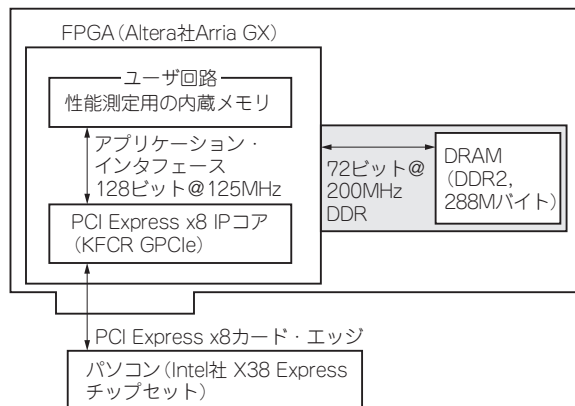
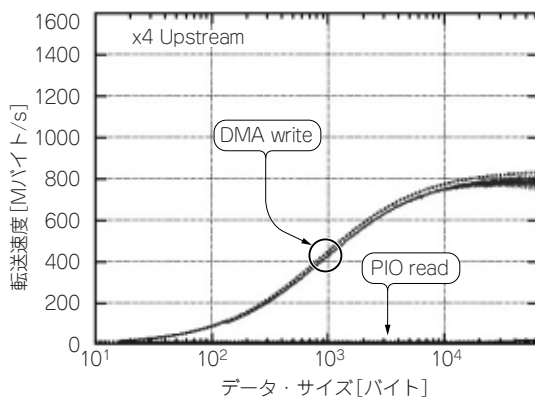
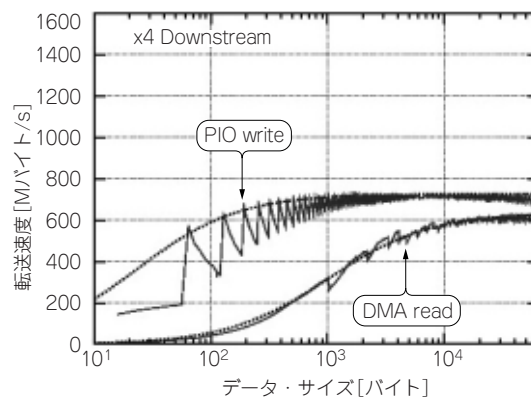


図1 性能測定に使用したハードウェアの構成

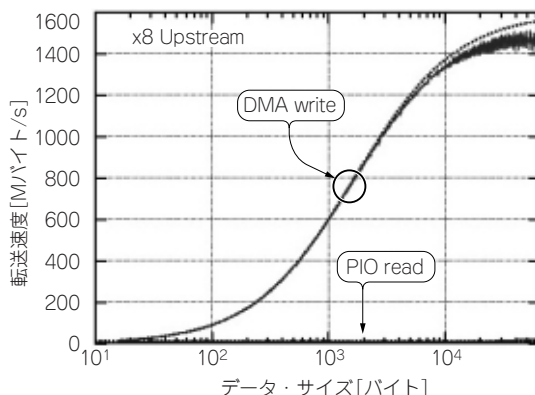
評価ボードに搭載されているFPGA内に、PCI Express IPコアと性能測定用のメモリ (FPGA内蔵) を実装した。ボード上の外部メモリ (網掛け部分) は今回の実測では未使用。



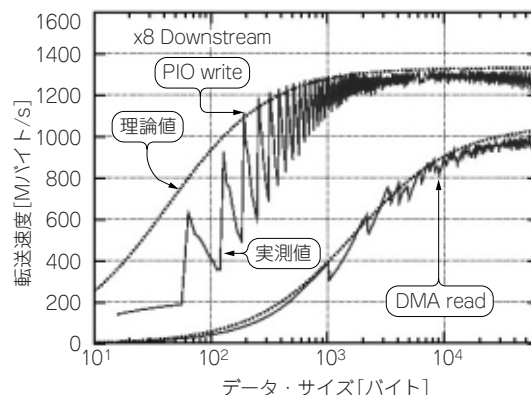
(a) 上り方向, x4



(b) 下り方向, x4



(c) 上り方向, x8



(d) 下り方向, x8

図2 評価ボードを使った転送性能測定の結果
転送するデータのサイズに対して、得られた実効性能をプロットした。下り方向はパソコンから評価ボードへの、上り方向は評価ボードからパソコンへの転送。実線は実測値、破線は理論見積もり。