

人工知能でもPythonでも処理性能で差がつく

# 今どきコンピュータ科学計算の基礎知識

ご購入はこちら

佐野 健太郎

1ビット	8ビット	23ビット
符号S	指数部E	仮数部1.M

$$X = (-1)^S \times 2^{E-127} \times (1.M)$$

図1 数値計算で重要になるIEEE 754浮動小数点のフォーマット(単精度)

FPGAベンダのアルテラがおよそ2兆円でインテルに買収されました。その他にもマイクロソフトがFPGAをデータ・センタで使用するなど、近年、専門分野以外でもFPGAの名前を聞く機会が大変多くなっています。

ここでは、高性能な科学技術計算を最新のFPGAで実現するための基本について紹介します。

## FPGA 数値演算の基礎知識

### ● その1：基本は浮動小数点演算が苦手

浮動小数点形式は実数を表現し計算するためのフォーマットで、32ビットの単精度と64ビットの倍精度が代表的な形式です。ある決まった範囲の数値表現に限定されて有効桁数が大きく変わる固定小数点とは異なり、ダイナミック・レンジの大きな数値を表現し計算を行えることから、浮動小数点形式は科学技術シミュレーションなどでは必須となっています。

現在では、スマホやPCからスーパー・コンピュータまでのほとんど全ての計算機において、IEEE 754という標準規格が用いられています(図1)。CPUやGPUには浮動小数点形式の数を演算するためのハードウェア(演算器)が搭載されていて、演算を高速に行うことができます。しかし、これまでのほとんどのFPGAには浮動小数点専用のハードウェアが搭載されていませんでした。

このため、FPGAの構成要素(図2)である論理要素、レジスタ、整数演算器(DSPブロックと呼ばれる)などを用いて演算回路を自分で実装し、浮動小数点演算を実現する必要がありました。

FPGAには、単精度や倍精度にとらわれずに必要に応じて任意の精度を持つ演算器を実現したり、あるいは

は複数の値を一度に足し合わせたりといった、複雑な演算回路を効率良く実現するといった利点があります。そうはいつでも、やはり専用の演算器と比べると、FPGAの論理要素で構成した浮動小数点演算器は面積や動作周波数の点で劣ってしまいます。結果としてコストや設計の手間と比べて割に合わないというのがFPGAによる数値計算に対する大多数の意見でした。

### ● その2：固定小数点演算が得意

近年のハイエンドFPGAは大変大規模化しており、論理要素やDSPブロックなどの数は従来と比べて大幅に増加しています。これらを用いると、そこそこ高い性能を実現できるようになりました。

例えば、28nmテクノロジーで製造されたハイエンドFPGA Stratix Vの場合には、5SGXA7という中規模のFPGAを用いた100G～200GFLOPS(1GFLOPSは毎秒 $10^9$ 回の浮動小数点演算)程度の単精度浮動小数点演算性能が報告されています。

一方でGPUのピーク性能は単精度で3TFLOPS(1TFLOPSは毎秒 $10^{12}$ 回の浮動小数点演算)にも達しています。実際のアプリケーションでは、稼働率をそれ程高めることはできませんが、それでも性能はFPGAを上回っていました。

すなわち、FPGAは論理演算や整数演算であればCPUやGPUを大幅に上回りますが、浮動小数点による実数演算の場合には、絶対性能の点でGPUに大きく水をあけられていました。

このため、FPGAでGPUを上回る性能の数値計算を実現するには、固定小数点演算(整数部、小数部をそれぞれ固定幅の整数演算として行う方法)を用いるしかありませんでした。

それでも、2008年を過ぎるころから、地震波の高性能計算や金融工学計算など、数値計算を中心としたFPGAの実応用事例が報告されるようになりました。

### ● その3：最新タイプは浮動小数点演算もOK!

FPGAによる浮動小数点演算性能を大幅に引き上げ