

AI対応で今でも進化中… 内部構造と命令セット

[ご購入はこちら](#)

門本 淳一郎

Q1 トレンド

Q 最新CPUに見る命令セットのトレンドは？

A AI向け拡張命令とRISC-Vの台頭が目立つ

命令セット・アーキテクチャ (Instruction Set Architecture, ISA) は、CPUが実行可能な命令をまとめたものです。ソフトウェア開発者にとっては、プログラミングの基盤となる重要な抽象化層になります。最新のCPUにおいては、PC向けには主にx86-64、モバイル向けにはArmv8-AやArmv9-Aといった命令セットがそれぞれ採用されるようになっていきます。

一方、組み込み向けCPUにはRISC-Vが採用されることも多くなっています。近年の命令セットの変化を眺めてみると、(1) AI向けの拡張命令、(2) RISC-Vの台頭といったトレンドを見てとることができるでしょう。それぞれについて具体的なCPUや命令セットを取り上げながら見ていきます。

● (1) AI向けの拡張

最新CPUとしてまず取り上げるのは、PC向けのAMD Ryzen 9000シリーズやインテルCore Ultraシリーズです。これらは命令セットとして、x86-64を採用しています。x86-64はPC向けに長く用いられている命令セットですが、ベースラインの命令セットを変えずに互換性を保ちながらも、新たな命令を追加することで拡張を続けています。特に近年のAI/MLアプリケーションの勃興にともなう、こうした命令拡張の内容もAI/ML向けをうたうものが目立っています。

▶ x86アーキテクチャのAI向け拡張

例えば、AMD Ryzen 9000シリーズのCPUコアが採用するZen 5マイクロアーキテクチャでは、AVX-512をはじめとしたSIMD (Single Instruction, Multiple Data) 命令がサポートされています。SIMD命令では1つの命令で複数データを同時に処理することができ、行列演算が頻出し、同一演算を多数のデータに対して繰り返すことが多いAI/MLアプリケー

ションに適しています。Zen 5では先代アーキテクチャであるZen 4から演算回路の設計が変更され、こうした命令を効率的に実行可能なものにもなっています。インテルのCore Ultraシリーズでも同じように、AVX-512をはじめとしたSIMD命令がサポートされています。さらに行列演算をサポートする新たな拡張であるAMX命令もサポートされています。

▶ ArmアーキテクチャのAI向け拡張

また、アップルのPCに搭載されたアップルM4シリーズや、モバイル向けのアップルA18、クアルコムSnapdragon 8 Elite/8s Gen 4といったものも最新のSoCとして挙げられます。ここでは、命令セットとしてArmv9-AやArmv8-Aを採用しています。Armv9-Aにおいても、ベクトルや行列の演算に適した命令拡張であるSVE2やSMEが取り入れられています。また、16ビットの低精度浮動小数点数であるBFloat16がサポートされています。これはAI/MLアプリケーションでの利用に適した数値表現です。

▶ RISC-VアーキテクチャのAI向け拡張

加えて、特に組み込み向けのCPUにおいては、後述するようにRISC-Vの採用が進んでいます。このRISC-Vでも、ベクトル拡張であるRVVに関する開発や標準化が進んでいます。例えば64ビットOSを搭載した汎用的なコンピュータ・システムにRISC-Vを採用する際の標準的な命令セットを定めたRVA23⁽¹⁾には、RVVが含まれており、今後多くのCPUへの採用が見込まれています。

● (2) RISC-Vの台頭

オープンなISAであるRISC-Vが昨今さまざまな場所で話題となっています。特に組み込み向けの商用CPUについてRISC-Vを採用するものが増えてきています。また、将来のRISC-Vに基づく高性能CPUを見据えてさまざまな取り組みが発表されています。

RISC-Vは仕様がオープンに公開されており、CPUベンダや開発者がライセンス費用を気にすることなく、自由に開発・実装できます。また、モジュラ構造の命令セットにより、用途に応じて必要十分な拡張命