

2.5 コンピューティングアーキテクチャー

これまでコンピューターはムーアの法則に支えられ、着実な性能向上を果たしてきたが、そのムーアの法則に限界が見えてきたことや、人工知能に代表されるように計算対象や求められる機能・性能にもこれまでと違う変化が現れてきた。また、IoT、クラウドコンピューティング、エッジコンピューティングなどへの対応が求められている。ここでは、コンピューターの性能向上、計算負荷に応じた構成、用途に応じた構成、新しい応用の開拓などの技術課題について技術動向を俯瞰し、今後の展開について検討する。CPU のインストラクションセットや、コンピューターそのもののハードウェア構造などには立ち入らない。

(1) 俯瞰構造

コンピューティングアーキテクチャーをデバイス層、基盤層、サービスプラットフォーム層、応用、サービス層の4層に整理した (図2-5-1)。今後のコンピューティングについて考えると、サイバーの世界だけでなく、フィジカルの世界との連携も重要になる。そこで、フィジカル世界との接点であるデバイス層を一番下に据えている。ここには通信やセンシング、アクチュエーションなどの機能が並び、サイバーとフィジカルの融合を実現する。その上に、コンピューティングのあり方を考える基盤層がある。ここでは、これまで中心的なアーキテクチャーであったフォンノイマン型コンピューターに限らず、新たな計算方式、それらに基づく新たなマイクロプロセッサ、今後の実用化が期待される量子コンピューティング、大規模データセンターの基本的な構成を決定するデータセンタースケールコンピューティングがある。

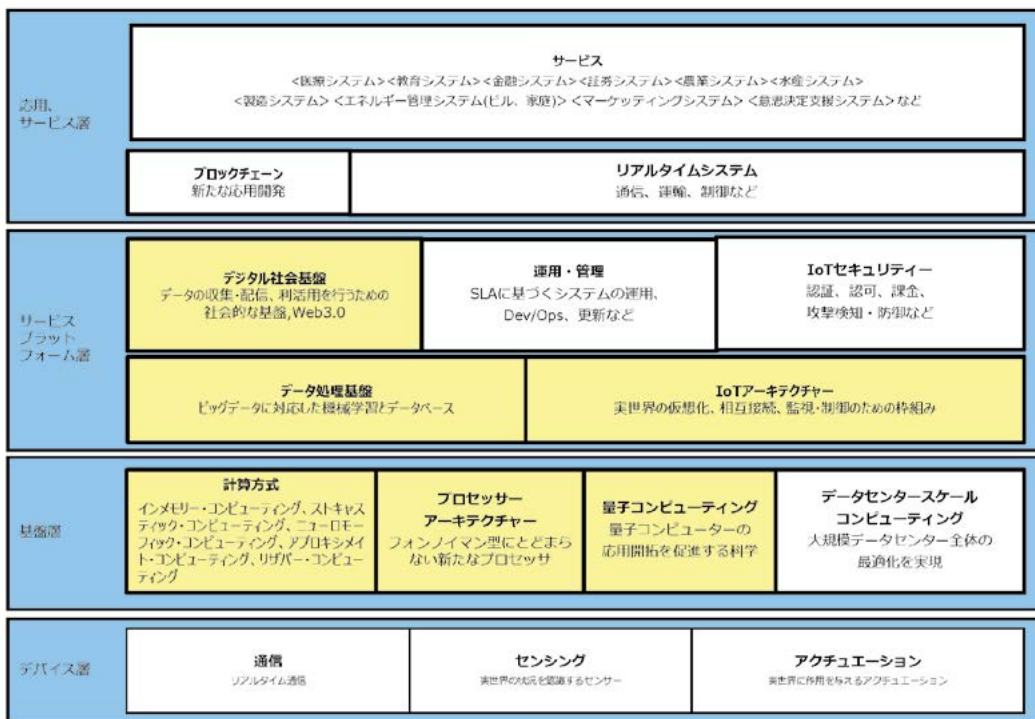


図2-5-1 コンピューティングアーキテクチャー区分俯瞰図 (構造)

さらにその上に、あらゆるサービスの基盤を提供するサービスプラットフォーム層があり、クラウドコンピューティングにおけるビッグデータに対応した機械学習とデータベースを提供するデータ処理基盤、サイバーとフィジカルの融合を実現するIoT (Internet of Things) のためのアーキテクチャーがある。また、社

会におけるデジタルトランスフォーメーションを実現する上では、データの収集・配信、利活用を推進するためのデジタル社会インフラが必要となる。

最上位には応用やサービスそのものが位置する。公共的なサービス・システムや、企業が運用するサービス・システム、それらの融合したものや、どちらでも使われるものもある。また、特にリアルタイム性を重視する交通や運輸、通信などはIoTにおける重要な応用領域である。また、仮想通貨で注目を集めたブロックチェーンは、さまざまな変革を実現する可能性を持っており、今後のサービスや応用を考える上で重要である。

今回の俯瞰報告書では、図中黄色で示した研究開発領域に関して記述する。

(2) 時系列

これらの技術要素をコンピューターが誕生して以来の時系列の流れとして捉える(図2-5-2)。最初は1台のコンピューターを使うところから出発したが、すぐに複数のコンピューターを連結して使うようになった。当初は企業内でのコンピューターネットワークであったが、大規模データセンターが各地に建設されるようになり、CPU、記憶装置、通信装置などを適切に配備し運用するための技術開発が行われてきた。

さらにインターネットが普及するにつれ、ネットワーク接続されたコンピューティング環境が広く一般に使われるようになってきた。特に、クラウドコンピューティングが一般的になり、スマートフォンなどのデバイスとクラウドコンピューティングの組み合わせによりさまざまなサービスが提供されるようになり、そのためのソフトウェア基盤整備も進んだ。

また、IoT/CPS (Cyber Physical Systems) と言われる、フィジカル世界とサイバー世界の融合領域においては、その計算内容や負荷、反応時間などに応じて、どこにデータを置きどこでどのタイミングでどの処理をするかといった柔軟な構成が求められ、それを可能にするIoT/CPSアーキテクチャーが重要になる。特に、フィジカルデバイス付近で処理を行うエッジコンピューティングは今後の発展が望まれる。

上位のサービスや応用と、コンピューティングを接続するのがサービスプラットフォームである。ハードウェアやソフトウェアの隠蔽化により、下位層の構成を意識せずにさまざまな応用やサービスを実現することができる。特にデータの利活用を進め、社会の革新を目指す上では、社会的なサービスプラットフォーム、すなわちデジタル社会基盤が決定的に重要である。第5期科学技術基本計画でわが国が進むべき姿として示され、第6期科学技術基本計画でその実現が謳われている Society 5.0を実現するためにも、デジタル社会基盤の実現が待たれる。北米を中心とする大手ITサービス企業は、多面的市場を対象としたプラットフォームを掌握し、スケーラブルなビジネスを実現している。国家の基盤となりえるデジタル社会基盤には、ビジネスに加えて安全保障の上でも、わが国の技術力向上が必須である。

UBER や AirBnB に代表される、シェアリングサービスが広まっている。既存のサービスに満足できないユーザーからの支持を受け、今後もさまざまな局面でシェアリングやマッチングのサービスが広まると期待される。また、ブロックチェーンを利用した仮想通貨やスマートコントラクト、NFT (Non Fungible Token) など、連携の広がり観点で新たな展開も見せつつある。新しい応用を考えることが、下位層のサービスプラットフォームや分散処理基盤に対して大きな影響を与える。必ずしも新たな応用の全てが予想できるわけではないが、その可能性を検討しておくことは、今後のコンピューティングアーキテクチャーの方向性を考える上で役に立つであろう。

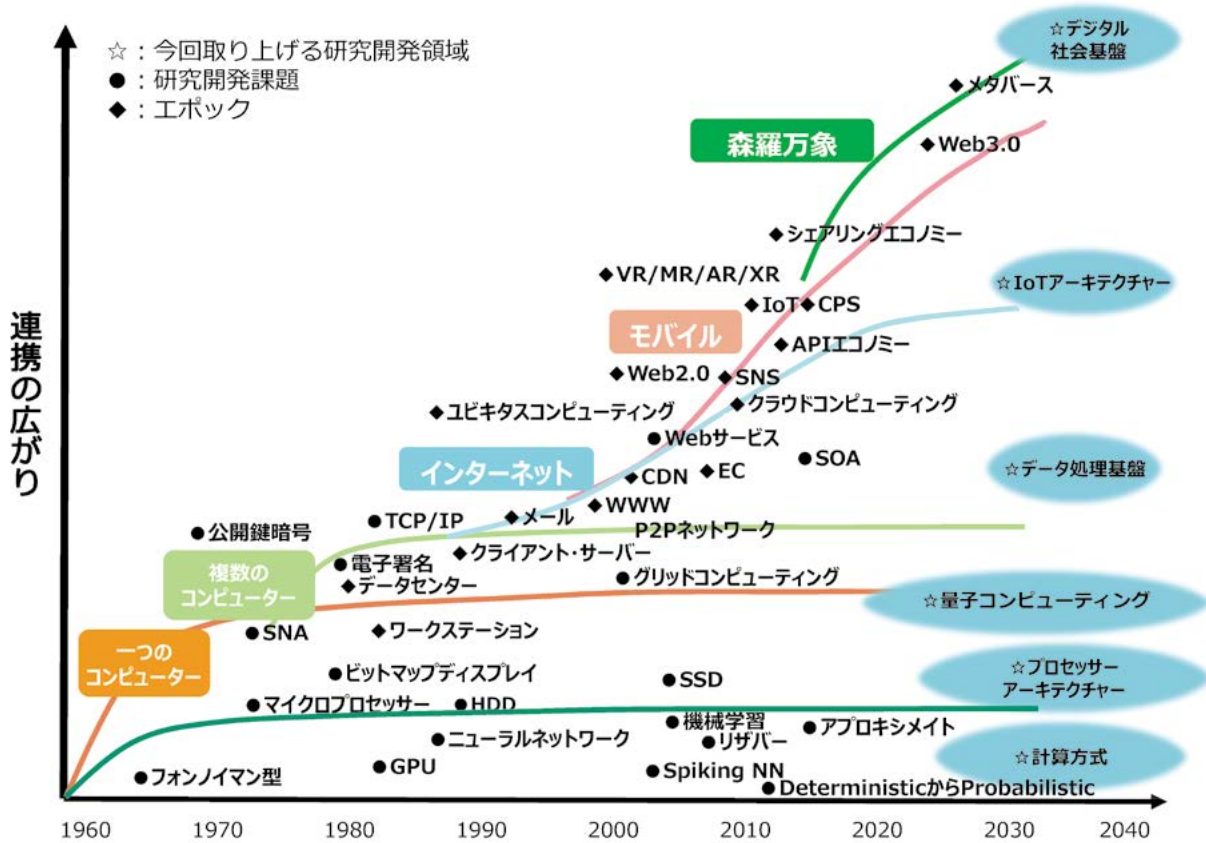


図2-5-2 コンピューティングアーキテクチャー区分俯瞰図 (時系列)

本節の構成は以下のようになっている。2.5.1では新しい計算方式の動きについて述べる。ムーアの法則の限界や、人工知能に代表されるワークロードの変化などにより、従来のフォンノイマン型にとらわれない新たな計算方式が期待されている。ここでは新たなパラダイムに基づく計算方式について述べる。2.5.2では、マイクロプロセッサのアーキテクチャーに関して、微細加工だけに頼る性能向上は限界に達しつつあるため、新たなプロセッサとして、布線論理型やニューロモーフィックなどの新しいアーキテクチャーのプロセッサについて述べる。

さらに、従来とは全く異なる原理で動作する量子コンピューターの登場が期待されている。

2.5.3では、基礎研究段階にある量子コンピューターを、コンピューターたらしめる計算機科学の観点から技術動向と課題について述べる。

大規模データ処理技術の進展が現在の人工知能技術の発展や、IoTへの期待を高めている。大規模データ処理のためには大きく分けて、計算処理そのものとデータベースがある。これらの技術について2.5.4で俯瞰する。

モバイルネットワークの進歩、普及につれて、現実世界のモノやサービスと、サイバー世界が融合し始めている。この動きは農業から工業、サービス業まで全てのセクターで起きている重要なトレンドである。そこには、IoTのシステムアーキテクチャー設計と、物理世界とサイバー世界を結びつけるデバイスが重要な役割を果たす。それらについて、2.5.5において述べる。

また、クラウドコンピューティングやエッジコンピューティングは計算処理そのものもさることながら、様々なサービスを結びつけ、新たなサービスを創りだし、それらを人々に届けることが重要である。そしてデータの収集・配信、利活用を進め、社会のデジタルトランスフォーメーションを進めるためのプラットフォームが重要な役割を果たしている。2.5.6ではデジタル社会基盤について述べる。