

2.5 コンピューティングアーキテクチャー

ここでは、コンピューターの使い方から見た、大きな構造について技術動向を俯瞰する。対象は主にマクロレベルのアーキテクチャーであり、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のミクロなアーキテクチャーには立ち入らない。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動向を把握し、今後の展開について検討する。

(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、分散処理基盤層、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。ここには通信基盤やセンシング基盤、アクチュエーション基盤などが並び、サイバーとフィジカルの融合を実現する。その上に、フィジカルな制約があることを前提としてコンピューティングのあり方を考える分散処理基盤層がある。ここまでの情報通信・処理の基本的な機能を提供する。

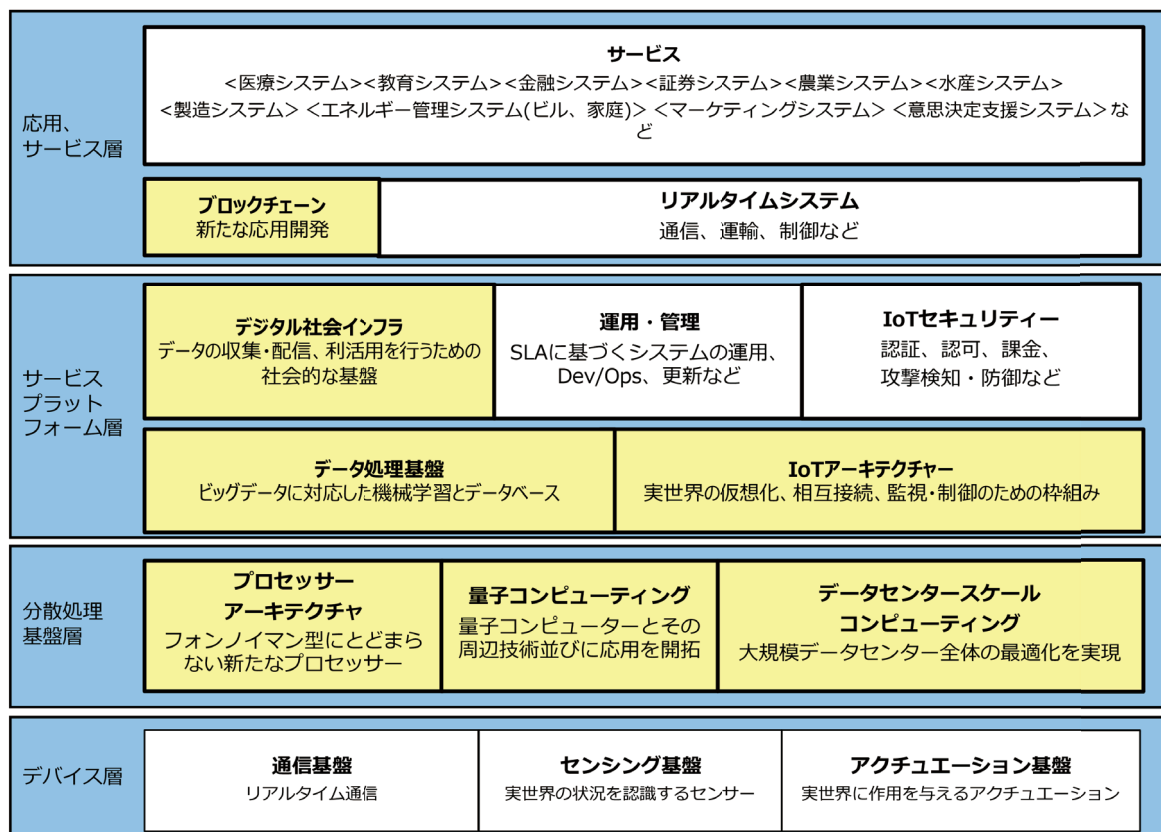


図2-5-1 コンピューティングアーキテクチャー区分俯瞰図(構造)

さらにその上に、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がある。クラウドコンピューティングとともに重要なIoT（Internet of Things）については、多様な応用に適用できるアーキテクチャーが重要である。また、社会におけるデジタルトランスフォーメーション¹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。

さらに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、様々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うえで重要である。

(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とらえる（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様々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様々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インフラが決定的に重要である。第5期科学技術基本計画で示された我が国が目指すべき姿であるSociety 5.0を実現するためにも、デジタル社会インフラの実現が待たれる。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インフラには、ビジネスに加えて安全保障の上でも、我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、今後も様々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など、連携の広がり観点で新たな展開

1 デジタルトランスフォーメーション（DX：Digital Transformation）企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。（出典：経済産業省、「DX推進指標」とそのガイダンス、令和元年7月 <https://www.meti.go.jp/press/2019/07/20190731003/20190731003-1.pdf>）

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すべ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うえで役に立つであろう。

本節の構成は以下のようになっている。2.5.1では新しいプロセッサの動きについて述べる。これまでムーアの法則に支えられて進歩してきた汎用プロセッサにおいては、微細加工だけに頼る性能向上は限界に達しつつある。そこで、新たなプロセッサとして、布線論理型やニューロモルフィックなどの新しいアーキテクチャーのプロセッサが登場している。

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。2.5.2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。

米国大手 IT 企業はそれぞれに大規模なデータセンターを運用し、ビジネスに活用している。そこにはコンピューター単体の作り方とは全く異なる技術が存在する。2.5.3においてはそれらの技術について述べる。

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、現実世界のものやサービスと、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、サービス業まですべ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

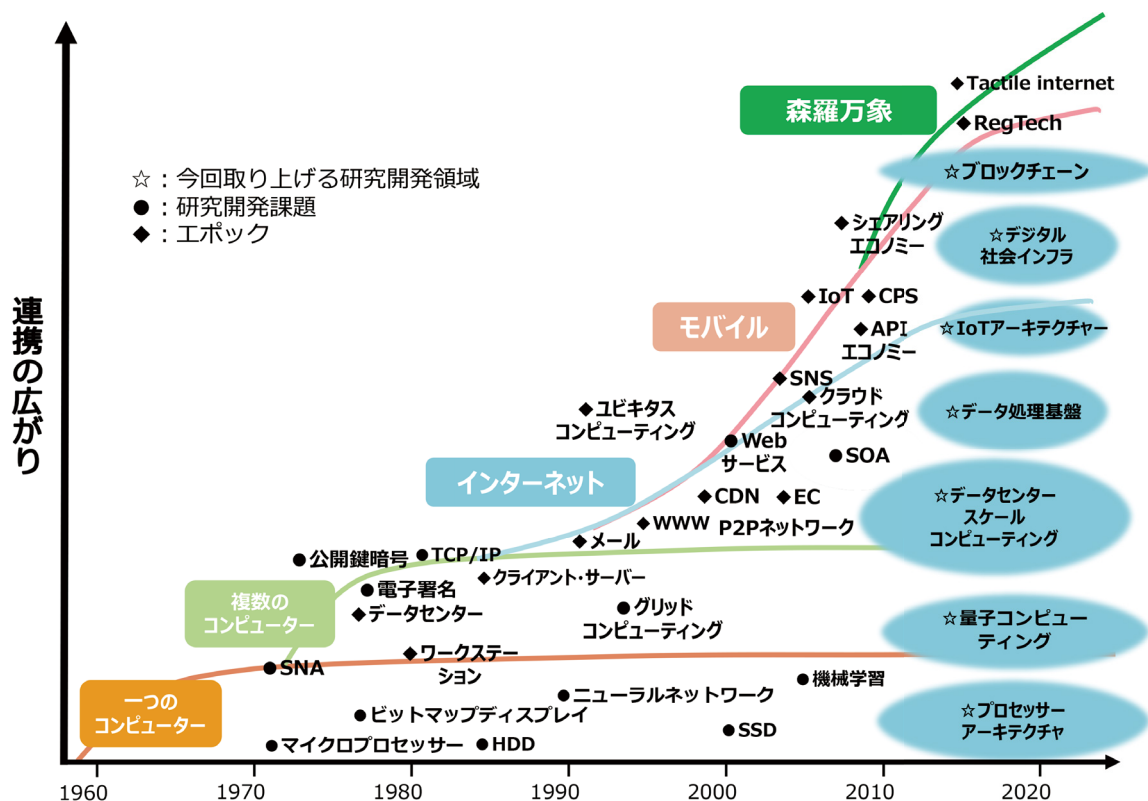


図 2-5-2 コンピューティングアーキテクチャー区分俯瞰図（時系列）

2.5

俯瞰区分と研究開発領域
コンピューティングアーキテクチャー

を果たす。それらについて、2.5.5において述べる。

一方で、クラウドコンピューティングや IoT は計算処理そのものもさることながら、さまざま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重要な役割を果たしている。2.5.6ではデータの収集・配信とその利活用を行うためのデジタル社会インフラについて述べる。

ビットコインをはじめとする仮想通貨が注目を集めている。その基本技術であるブロックチェーン技術はそのほかにも多くの可能性を持っている。2.5.7では分散システムやP2Pネットワークとしてのブロックチェーン技術に着目し、その技術の方向性や応用について考える。