

# White Paper

## 6G 時代の ICT インフラを支える 光ディスクアグリゲेटッドコンピューティング

### 概要

現在、AI、IoT、CPS などの最新技術を ICT システムに取り込み、ユーザーに良質な体験をいつでもどこでも享受できるデジタル未来社会が進展しつつあります。このようなデジタル未来社会では、急速に進化をとげる ICT サービスに対応するために、高性能でかつ柔軟性のある ICT インフラの提供が求められています。

一方、ネットワークの分野におけるオール光、高周波無線、NTN といった技術は、今後のインフラの高性能化を実現する技術として注目されています。また、ネットワーク仮想化などのソフトウェア化に加え、ハードウェアを機能に分解し再構築するディスクアグリゲーション化といったインフラの柔軟性を実現する技術開発も進みつつあります。

ディスクアグリゲेटッドコンピューティングは、コンピュータの構成デバイスをプール化し、ICT サービスに応じて必要なデバイスをプールの中から組み合わせて、1つの論理的なコンピュータとして動作させる技術です。この概念をサイトを跨ったネットワークレベルに拡張し、ネットワークワイドに分散された ICT デバイスを組み合わせることで、ネットワーク全体を仮想的な 1つのコンピュータとみなすことが可能となります。

このコンセプトの実現のためには、ディスクアグリゲेटッドコンピューティング技術に加えて、サイトを跨ったデバイス間で高速・大容量にデータ転送する光転送技術や、様々な ICT インフラを簡単に取り扱うためのインフラ連携マネージメント技術が必要となります。

高速な光転送によりネットワークワイドに拡張されたディスクアグリゲेटッドコンピューティング、すなわち、光ディスクアグリゲेटッドコンピューティングをベースとして構成されたエンド・エンドの ICT インフラは、非常に高性能でかつ柔軟性のあるインフラであり、このインフラを使うことで、今後進化を遂げる様々な ICT サービスが実現可能となります。

2025 年 2 月

# 目次

1. 将来のICT.....	3
2. ネットワークシステムの進化.....	5
3. ディスアグリゲータッドコンピューティング.....	7
4. 光ディスアグリゲータッドコンピューティング.....	9
5. 6G時代のICTインフラ.....	13
6. まとめ.....	16

# 1. 将来のICT

現在、IoT、ソーシャルメディア、AIといったさまざまなテクノロジーの進化によって社会の仕組みが変わってきています。センサー、ロボット、ドローンといったデバイスがネットワークにつながることで、農業や工業は効率化され、画像や動画を駆使したソーシャルメディアの普及によりエンターテインメントを楽しむ手段も多様化してきています。とくに、近年急速に発展しつつある生成AIは、単なるサービスの高性能化や効率化にとどまらず、人間の特性である創造的な分野にまで影響をあたえてきています。これからも、このような最新の技術に支えられたさまざまなサービスが実現されてくるでしょう。さらには、これらの新しいサービスが組み合わさることで、高度にデジタル化された社会「デジタル未来社会」が実現され、私たちの生活がますます豊かになることでしょう。

たとえば、リアルタイムで高解像度の映像やデータの共有により、遠隔地からの診断・手術支援などの遠隔医療、臨場感のある現場を再現する音楽ライブ・eSportsや没入型教育が可能となります。また、現場の状況を忠実に再現するデジタルツインや協調型ロボットなど高度化ロボット制御により、工場や工事現場の生産効率や品質向上が可能となります。さらには、再生可能エネルギーや広域電力制御などを使った電力最適化、IoTによる住宅や道路などの環境監視などの活用は、スマートシティやスマートホームの実現に寄与します。このようなデジタル未来社会を構成するテクノロジーは、6Gなど次世代のICTをターゲットとしたさまざまなフォーラムや標準化団体で検討が進んでいます。

この「デジタル未来社会」の実現のためには、最新テクノロジーを活かしたサービスの進化だけでなく、それをささえるコンピュータやネットワークといったICTインフラの進化も必要となります。例えば、世界中に広がる膨大なデータを蓄積するストレージ、そのデータを高速に処理するCPUやGPU、さらには、それらのデータを高速に収集・転送するネットワークといったICTインフラの高機能化、高性能化が求められます。



Figure 1 デジタル未来社会のテクノロジー

## 2. ネットワークシステムの進化

ここ数年の間に、コンピュータシステムにおけるクラウド化や仮想化が、ネットワークの分野でも急速に浸透しつつあります。基地局、スイッチ、ルータといったネットワーク装置は、今までハードウェアアプライアンスとして提供されてきましたが、次第に汎用コンピュータハードウェアの上でソフトウェア機能として提供されるようになってきました。このネットワーク仮想化により、新たにネットワークを設置、あるいは、ネットワークに新たな機能を追加・修正する際に、ソフトウェアの変更だけで対応可能な場合が多くなり、ネットワークが非常に使いやすいものになってきています。そして、このネットワークソフトウェアはデータセンターのクラウド上で実現されつつあります。

データセンターにおいては、サーバや周辺装置の高性能化にともない、それらをつなぐラック間やサーバ間のインターフェースの光化が進んでいます。従来、ToRを経由してメタルケーブルで固定的に接続されたサーバ間の接続についても、光NICの導入とともにサーバ間を光ケーブルで接続することも増えてきています。これにより、データ転送速度が飛躍的に向上し、データセンター全体の効率が高まっています。

しかしながら、ネットワーク仮想化にも、新たな課題が出てきています。例えば、従来ハードウェアで処理していた機能をソフトウェア処理することで、ハードウェア処理ほどの性能が得られないことや、装置の消費電力が大きいことがあげられます。また、特にネットワーク機能の中には、リアルタイムな低遅延処理が望まれる機能がありますが、ソフトウェア処理ではその要求を満足できない場合があります。この課題に対応するために、ソフトウェア機能の一部をGPUやFPGAといった特定のハードウェアで処理するオフロード処理によって、性能を向上したり遅延を小さくするといった対応を行う場合もあります。このオフロード処理は、ハードウェアは汎用的なハードウェアを使いつつ、特定の処理をファームウェアなどプログラム化することで、アプリケーション・サービスに依存した専用機能を提供するという“半専用化”処理ともいえます。

また、ネットワーク仮想化の別の課題として、設備の有効利用が挙げられます。一般的なコンピュータハードウェア、例えばサーバでは、その構成要素であるCPU、GPU、ストレージといったデバイスの最大搭載数量や処理性能はサーバごとに決まっています。したがって、例えば、GPUの能力が不足する場合には、ストレージの容量は十分であるにも関わらず、サーバを増設するといった手段が必要になります。その課題に対応するため、近年は、ハードウェアのディスアグリゲーションといった考え方が採用されてきています。これは、コンピュータハードウェアを構成リソース（デバイス）に分解し、リソース単位でハードウェアの増減設を行うことを可能としたものです。このディスアグリゲートされたコンピュータデバイスを、利用率や処理能力を考慮して再構築することで利用効率の高いコンピュータシステムを提供することが可能となります。

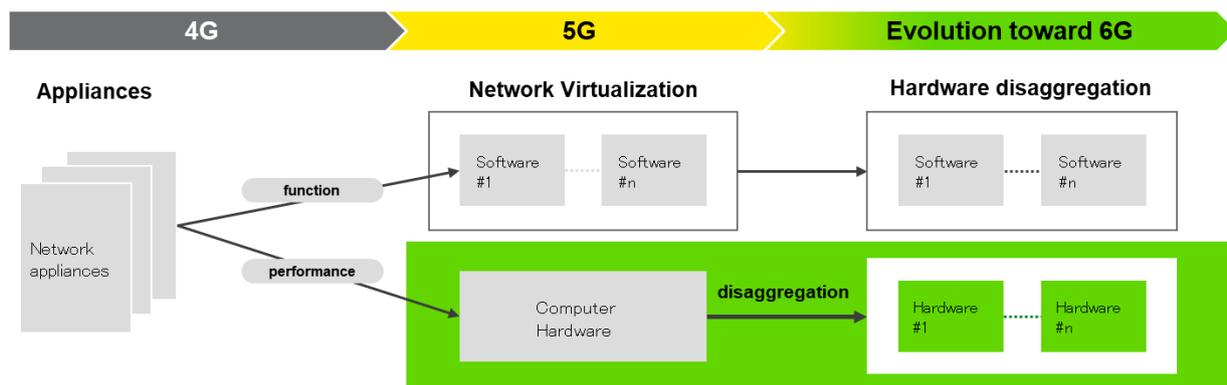


Figure 2 ネットワークシステムの進化

### 3. ディスアグリゲータッドコンピューティング

前章でのベタハードウェアのディスアグリゲーションにより、コンピュータを構成する各デバイスをデバイス単位に任意に組み合わせることが可能になります。この考え方は、1つの物理的なコンピュータだけではなく、複数のコンピュータにまたがってデバイスを共有できることを意味します。すなわち、あるアプリケーション・サービスを実現するために必要なハードウェアデバイスを複数の共有コンピュータから組み合わせ、論理的な1つのコンピュータとみなすことができます。この論理的なコンピュータは、ハードウェアの物理的な増減設ではなく、ソフトウェア的な増減設を実現できることとなります。すなわち、アプリケーション・サービスのハードウェア使用状況に応じて、動的にデバイスを追加したり削除することがソフトウェア的に可能になります。

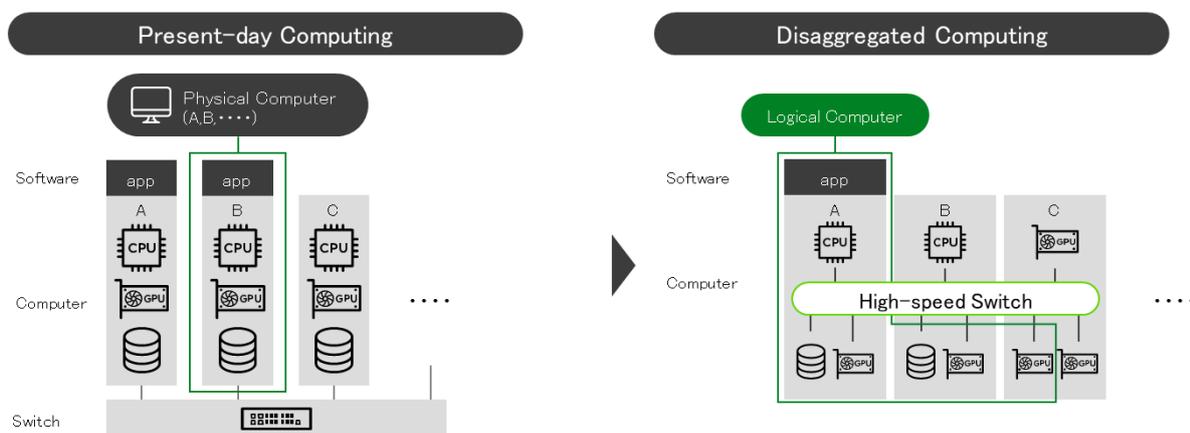


Figure 3 ディスアグリゲータッドコンピューティング

したがって、このディスアグリゲータッドコンピューティングで構成された ICT インフラは、非常に柔軟性が高いシステムを提供できます。例えば、あるアプリケーションをホスト CPU とその周辺デバイスで処理する場合において、特定のデバイス、例えば GPU の処理能力が不足している場合には、同一筐体内の未使用 GPU や近隣の筐体に搭載されている未使用 GPU を、あたかもその CPU と直接接続しているデバイスと同様に使うことが可能となります。

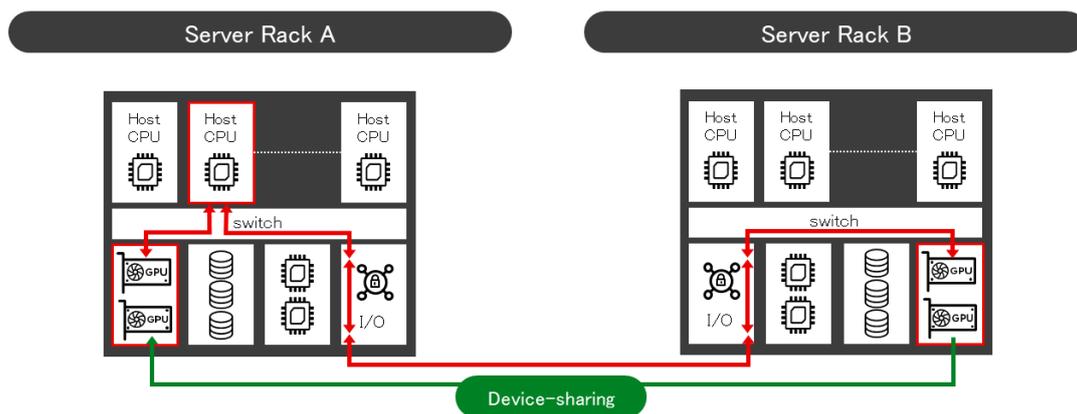


Figure 4 ディスアグリゲータッドコンピューティングにおけるデバイスの共有

## 4. 光ディスクアグリゲータッドコンピューティング

現在、ICTインフラは、現場のオンプレミスなクラウドやエッジクラウド、大規模データセンターのようなセンタークラウドなど世界中の様々な場所に遍在しています。デジタル未来社会において、品質の高いサービスを低コストで提供するためには、このような遍在するICTインフラを効率的に活用することが重要になります。例えば、サービス中にユーザ数が増加してサーバやネットワークが混雑し、ユーザに対して高品質のサービスを実現できないような場合にも、ICTシステムの構成を変更するなどして品質を維持することが重要になります。

ディスクアグリゲータッドコンピューティングは、前述のように、デバイスレベルのコンピュータ構成要素を組み合わせることで論理的なコンピュータを構成するため、柔軟なICTシステムを提供するのに非常に適したICTインフラになります。さらには、この論理的なコンピュータを同一データセンター内のデバイスだけではなく、異なるデータセンターのデバイスを組み合わせることにより、さらに柔軟な論理コンピュータを構成できます。このためには、デバイス間の接続やデータセンター間の接続を低遅延・大容量とする必要があります。これは、データセンターに跨るデバイス間の接続を光接続とすることで実現可能となります。こうしてネットワークワイドに分散するデバイスを光接続でつなぎ、それらのデバイスを組み合わせることで1つの論理的なコンピュータを構成する、これを光ディスクアグリゲータッドコンピューティングと呼びます。

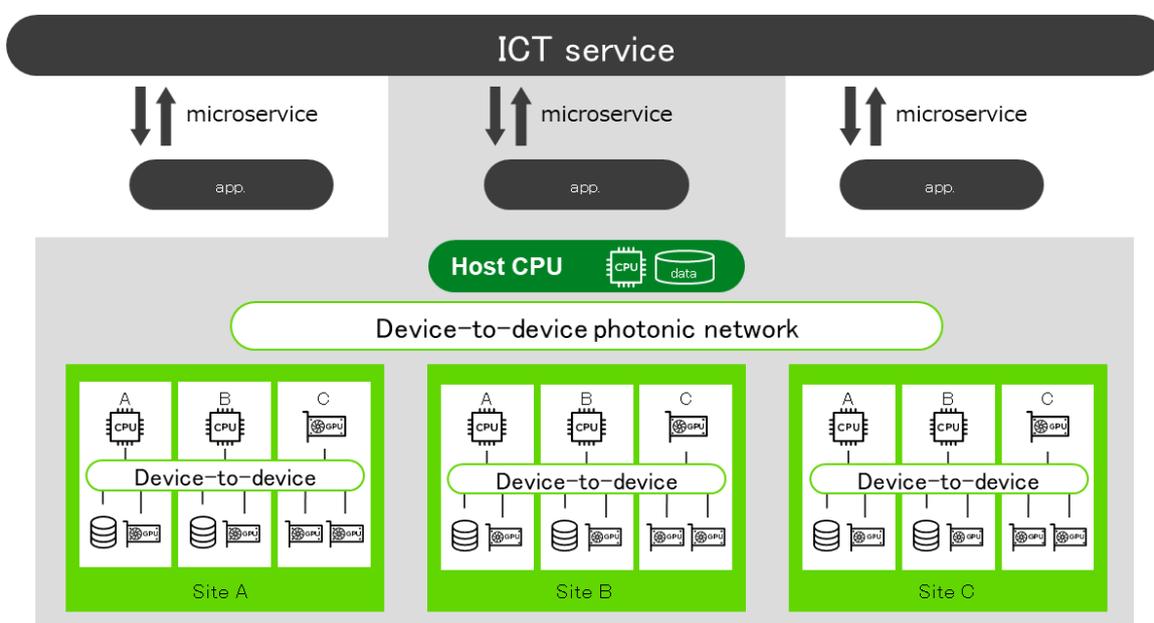


Figure 5 光ディスクアグリゲータッドコンピューティング

光ディスクアグリゲータッドコンピューティングはネットワークレベルで1つの論理的なコンピュータを構成可能となるため、ICTインフラに対して以下のような効果が期待できます。

- ICTインフラの効率化：CPUやGPUなどのデバイスを1つのサーバだけでなくサーバ周辺のデバイス、さらには、データセンターを跨ったデバイスを組み合わせて論理的なコンピュータを構成するため、ネットワーク全体で見ると非常に利用効率の高いインフラになります。
- スケーラビリティの提供：あるシステムを実現するためのデバイスをデータセンターを跨って利用するため、小規模システムから大規模システムまでスケーラビリティの高いシステムを提供可能なインフラになります
- 高品質なシステムの提供：システムを利用するユーザやトラフィックの増大により、サーバやネットワークが混雑した場合にも、ICTインフラをスケールアップすることで、ユーザに対し高レベルのシステム品質を提供することが可能になります

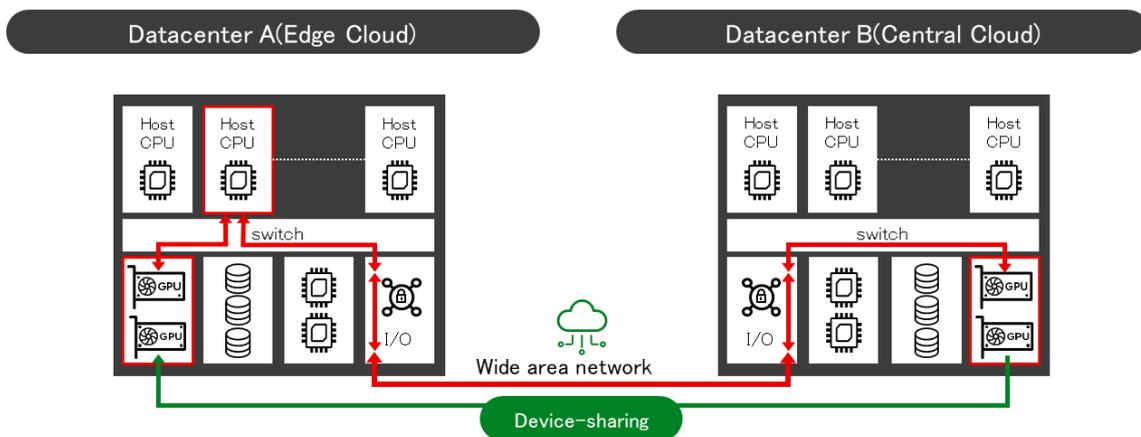


Figure 6 データセンターをまたがるデバイスの共用

Figure 7 は、光ディスクアグリゲートドコンピューティングをモバイルシステムに適用した例になります。モバイルシステムにおいて、端末からのアクセスの頻度や量は、エリアにより異なる性質をもっています。例えば、都市のオフィス街では加入者が多い日中にアクセスが多く、住宅街では夜間にアクセスが多くなる傾向が見られます。オフィス街をサービスしている基地局が設置されているITインフラ（エッジクラウドなど）では、夜間では日中ほどモバイルの処理能力を必要としません。したがって、日中にモバイル処理に使用していたデバイスを夜間では別の用途に使用することが可能になります。逆に、住宅地では、日中の方がモバイルの処理能力が少なく済みますので、日中は、いくつかの余ったデバイスをモバイル以外の用途に使用することが可能となります。このように、アプリケーション・サービスの特性によって、デバイスを柔軟に割り当てることでICTインフラを効率よく使用することが可能となります。

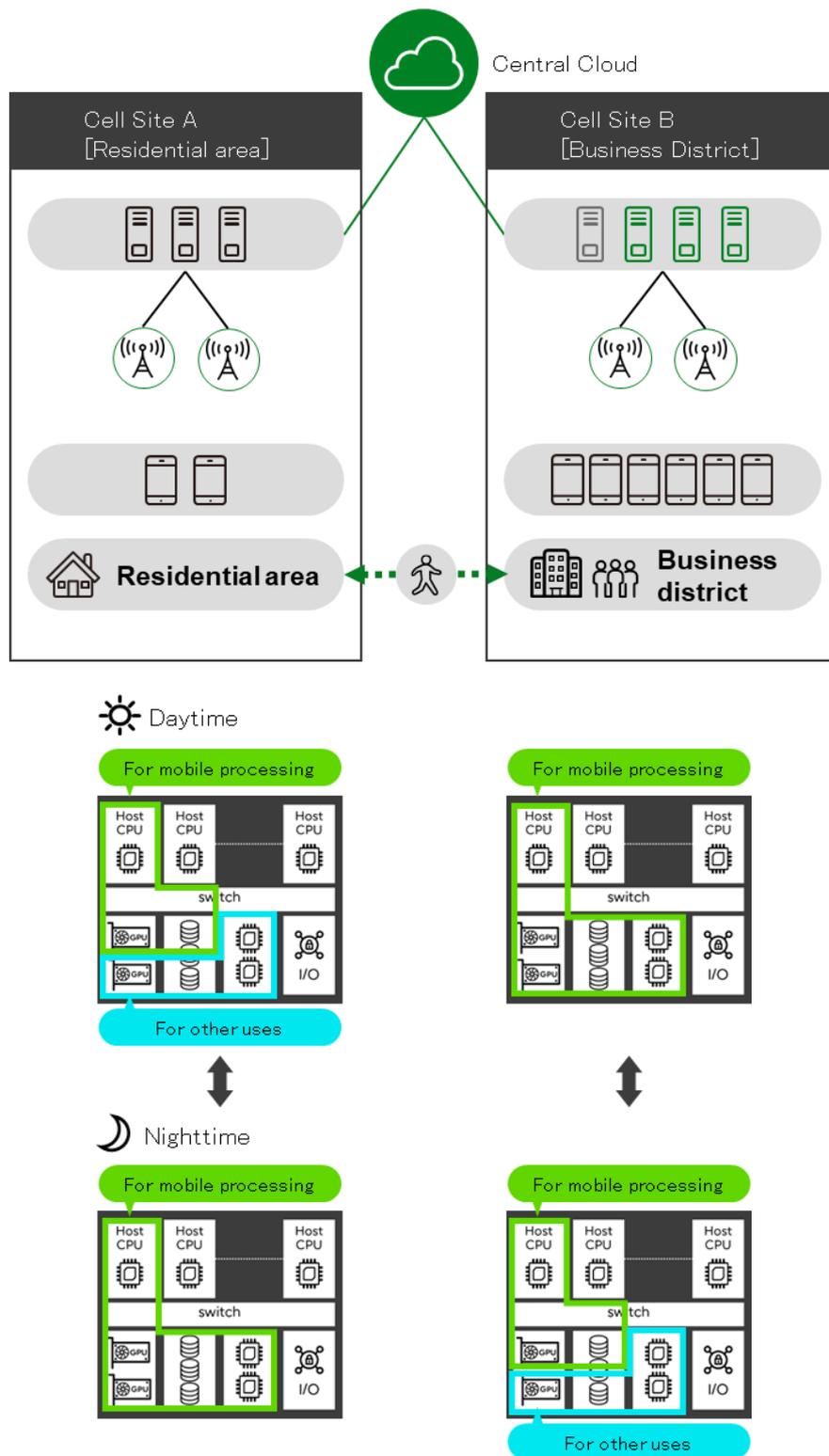


Figure 7 光ディスクアグリゲータッドコンピューティングのモバイルシステムへの適用

光ディスアグリゲートドコンピューティングは非常に柔軟性のあるICTインフラを提供できますが、この柔軟性の実現には、エンド・エンドのICTシステムの個々の構成要素（ネットワーク機能、コンピュータなど）に対して、環境変化に応じて適宜設定値を変更することが必要です。さらには、ICTシステムが人手を介することなく状況の変化を検知して、自動的に構成を変更するといった制御の自律性が重要です。このため、ネットワークレベルでICTデバイスを管理し、論理的なコンピュータを構成・管理するICTインフラマネジメントが必要となります。

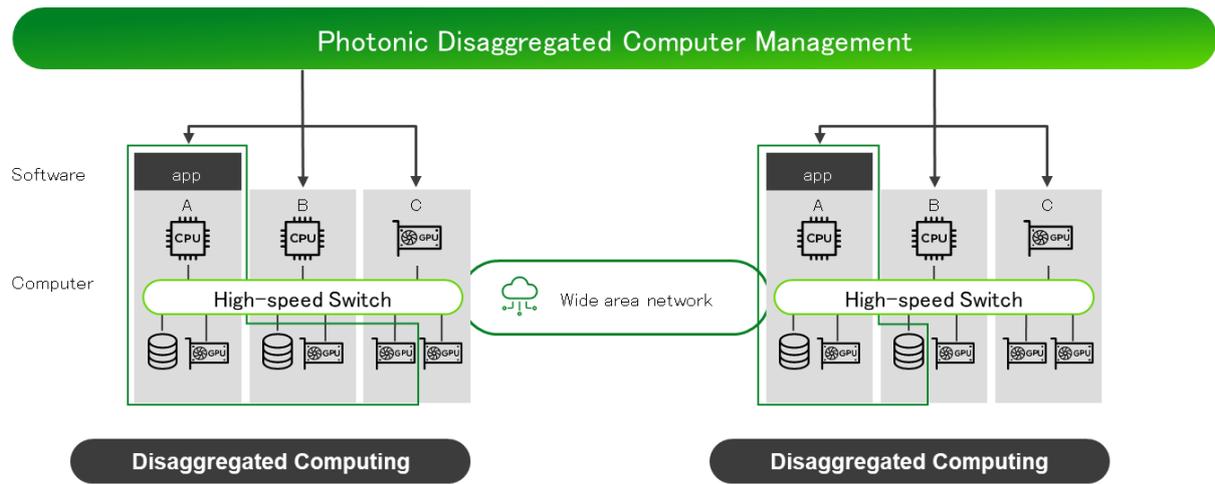


Figure 8 光ディスアグリゲートドコンピューティング・マネジメント

## 5. 6G時代のICTインフラ

ICTインフラは、クラウド事業者、ネットワーク事業者、個別企業といった様々な事業者により提供されています。ICTサービス事業者は自らICTインフラを所有してその上でサービスを実現する場合がありますが、他の事業者のICTインフラ上でICTサービスを実現する場合があります。後者の場合には、ICTインフラ利用者であるICTサービス事業者は、さまざまな事業者のICTインフラから該当サービスに必要な分を組み合わせて「エンド・エンドICTインフラ」を用意する必要があります。

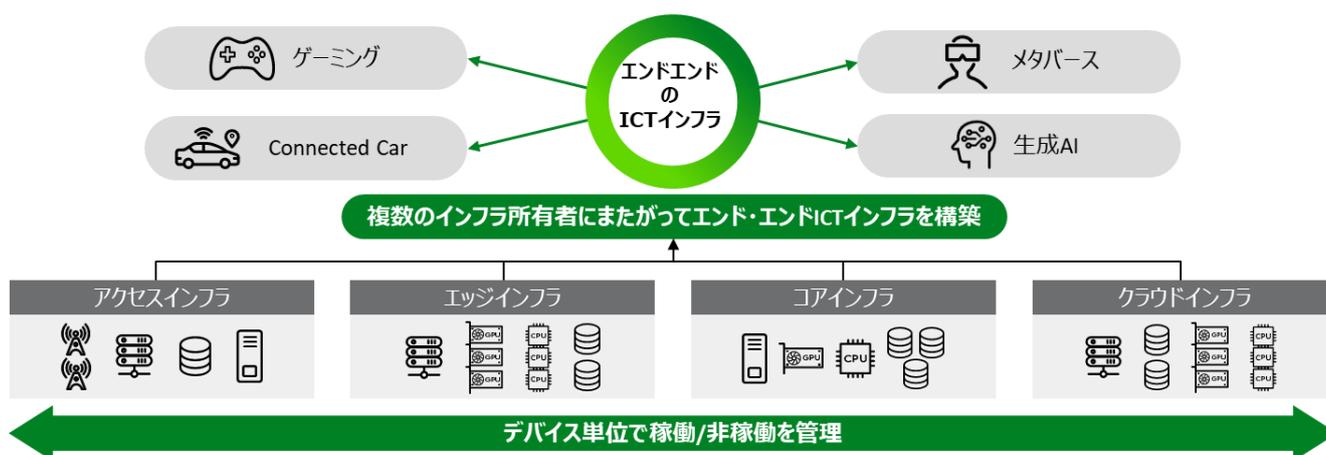


Figure 9 エンド・エンドのICTインフラ

様々な事業者のICTインフラを利用する際には、各ICTインフラは、インフラ利用者にとって使いやすいものであることが重要です。例えば、インフラに対する設定については、インフラ事業者が異なっても同じように設定できることや、個々のインフラのハードウェアを意識しないで設定できるといった点です。これを実現するためには、装置や事業者をまたいで統合的に管理する「ICTインフラ連携マネージメント」が必要となります。このICTインフラ連携マネージメントは、ICTインフラ利用者に対して、インフラ事業者やハードウェア装置を意識しない抽象的なAPIを提供することで、ICTインフラ利用者は画一的にインフラの設定が可能になります。さらに、ICTインフラ利用者のサービスごとに、必要なエンド・エンドのICTインフラをソフトウェア上で「仮想的なICTインフラ」として用意して管理し、必要な設定をICTインフラに対して行います。加えて、サービス要件やインフラ状態の変化に対して、個々のサービスがどのような影響を受けるか、どのようにICTインフラを変更すればよいかなどをAI等を用いて予測します。そういったシミュレーション結果を活用することによって、ICTインフラを最適な状態に保つことが可能となります。

しかしながら、このICTインフラ連携マネージメントの実現のためには

- 異なる事業者のシステムにおいても、ハードウェア・ソフトウェアのリソースや品質をAPIとして提供できる事業者間連携
- コンピューティングシステム（サーバ、ストレージ、データセンター内ネットワークなど）、広域ネットワーク（無線アクセス、コアネットワークなど）、異なるシステムやレイヤを一元的に扱うレイヤ間連携
- アプリケーション、CPU、GPU、メモリ、ストレージ、ネットワークなどのリソース利用状態の監視を統合的に行い、適切なリソース確保を行うリソース最適化及びその制御の自動化
- すでに稼働中の既存インフラに対して新しく加わるインフラを互換性をもって管理する機能などの課題解決が必要となります。

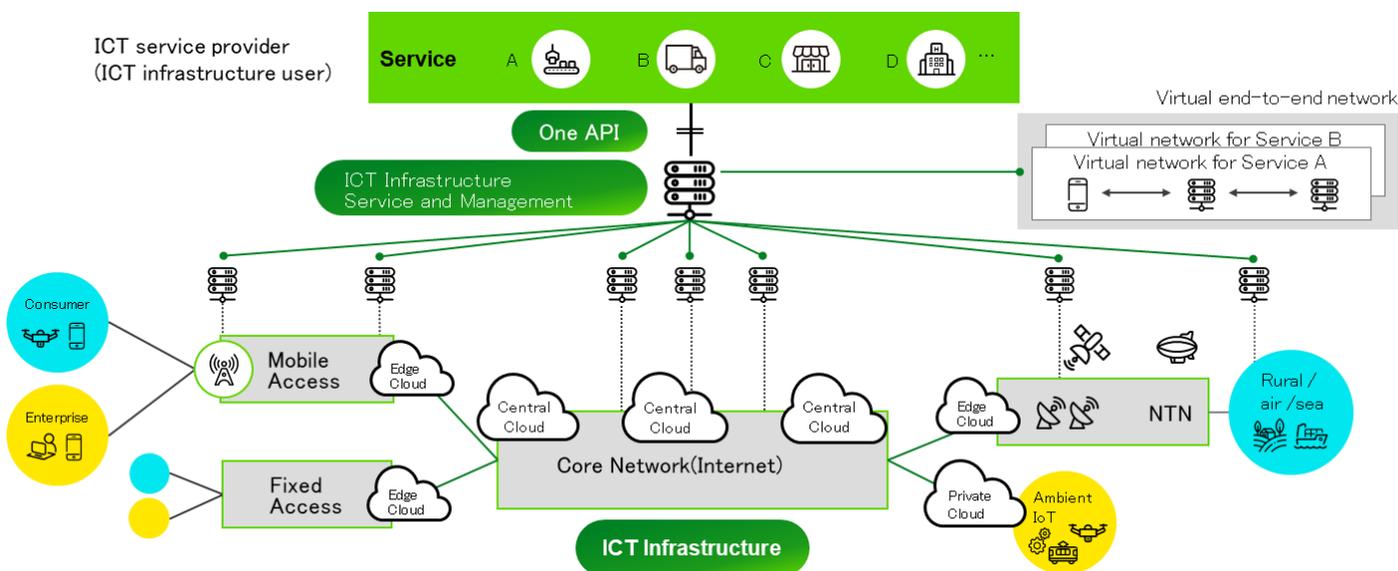


Figure 10 ICT インフラ連携マネージメント

ICTインフラは、エッジクラウドやセンタークラウドなどのクラウド、それから、クラウド間をつなぐコアネットワーク、サービスユーザ（スマートフォンやIoT機器など）とクラウドを接続するアクセスネットワークにより構成されます。前章で述べた光ディスアグリゲータッドコンピューティング・マネージメントは、エンド・エンドのICTシステムの個々の構成要素（ネットワーク機能、コンピュータなど）に対して、環境変化に応じて設定値を変更します。その場合、コンピュータ間のネットワークやサービスユーザとのアクセスネットワークの設定値も変更が必要となります。ICTインフラ連携マネージメントは、光ディスアグリゲータッドコンピューティング・マネージメントと連携することで、サービスに最適なICTインフラを、事業者・装置にまたがって、デバイスレベルで最適に構成することが可能となります。

すなわち、光ディスクアグリゲータッドコンピューティングベースのクラウドインフラ、クラウド間の光高性能伝送、ネットワークワイドなインフラ連携マネージメントで構成されるエンド・エンドのICTインフラにより、高性能でかつ柔軟性のあるインフラを低コストで実現でき、今後進化を遂げる様々なICTサービスが提供可能となります。

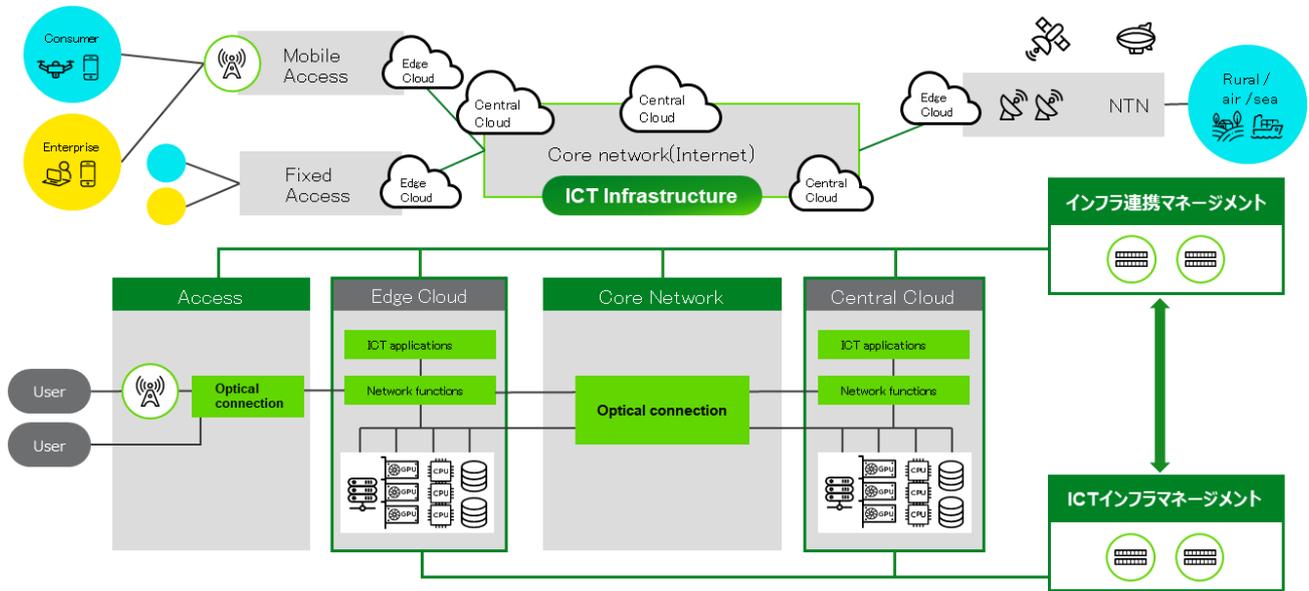


Figure 11 光ディスクアグリゲータッドベースのエンド・エンド ICT インフラ

## 6. まとめ

AI、IoT、CPSなどの最新技術をシステムに取り込み、ユーザーに良質な体験をいつでもどこでも提供可能なデジタル未来社会が発展しつつあります。急速に進化をとげるICTサービスに柔軟に対応するために、グローバルに遍在するICTインフラを簡単に組み合わせ、高性能ICTインフラを低コストで構築することが重要になってきます。サーバやデータセンターを跨ってハードウェアデバイスを共有する光ディスクアグリゲータッドコンピューティング、データセンター間の光高性能伝送、それらをネットワークワイドで管理するインフラ連携マネージメントといった技術で構成されるエンド・エンドのICTインフラは、今後進化を遂げる様々なICTサービスをささえるための重要な役割を果たします。

## Acronyms

AI	Artificial Intelligence
CPS	Cyber-Physical System
CPU	Central Processing Unit
FPGA	Field Programmable Gate Array
GPU	Graphical Processing Unit
ICT	Information and Communication Technology
IoT	Internet of Things
NIC	Network Interface Card
NTN	Non-Terrestrial Network
ToR	Top of Rack

## 商標について

- ・記載されている製品名などの固有名詞は、各社の商標または登録商標です。

## 将来に関する予測・予想・計画について

- ・本資料には、富士通グループの現在の事業だけでなく、将来に関する記述が含まれていますが、これらは記述した時点で入手できた情報に基づいたものであり、不確実性が含まれています。したがって、将来の事業活動の結果や将来に惹起する事象が本資料に記載した内容とは異なったものとなる恐れがありますが、富士通グループは、このような事態への責任は負いません。読者の皆様には、以上をご承知いただきますようお願い申し上げます。

For more information...

<https://www.fujitsu.com/jp/about/research/technology/6g/>

富士通株式会社

〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1

Fujitsu Technology Park

<https://global.fujitsu/ja-jp>

FUJITSU-PUBLIC © 2025 FUJITSU LIMITED. All rights reserved.

Fujitsu Limited registered in many jurisdictions worldwide. Other product, service and company names mentioned herein may be trademarks of Fujitsu or other companies. This document is current as of the initial date of publication and subject to be changed by Fujitsu without notice. This material is provided for information purposes only and Fujitsu assumes no liability related to its use.