

4 次世代コンピューティング基盤の創出

光ディスクアグリゲータッドコンピュータ実現に向けた研究開発の現状と将来の展望

IOWN(Innovative Optical and Wireless Network) 構想では次世代コンピューティング基盤の創出も重要なテーマの1つだ。その実現に向け NTT デバイスイノベーションセンタ（以下、DIC）ではディスクアグリゲータッドコンピュータの研究開発に取り組んでいる。本稿では研究テーマの概要や最近の成果について、また DIC が考える未来について紹介する。

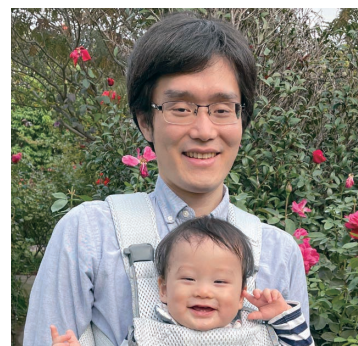
カーボンニュートラルの実現に向け課題となるデータセンタの消費電力

NTT はグループ全体で 20 を越える国／地域にデータセンタ（以下、DC）を保有している。計画中的のものも含めたそれら DC における消費電力の合計は、日本の平均的な 3 人家族が消費する電力の約 60 万世帯分にも及ぶという試算があるほど膨大な量となっている。

同社は環境負荷ゼロと経済成長を同時に実現させることを目指した新たな環境エネルギービジョン“NTT Green Innovation toward 2040”を策定し、カーボンニュートラル実

現に向けた取り組みを強化している。ビジョン実現に向けたアプローチは「事業活動による環境負荷の削減」、「限界打破のイノベーション創出」の大きく 2 つに分けることができる。このうち後者に該当する研究テーマの 1 つが、DC における消費電力削減につながる、光と光電融合を活用した次世代コンピューティング基盤の実現だ。

「これまで NTT が培ってきた長距離伝送の光デバイス技術を基に、微細化、低消費電力化を進めています。これにより電気で行ってきた情報伝送を光に置き換え、将来的には LSI パッケージ内の情報伝送も光に置き換えるようなイノベーションを



NTT デバイスイノベーションセンタ
コンピューティングデバイスプロジェクト
研究主任 田仲 顕至 氏

目指しています。NTT 先端集積デバイス研究所がそのような光デバイス技術の研究に取り組んでおり、私の所属するデバイスイノベーションセンタ (DIC) では次世代コンピューティング基盤として、それら光デバイスを活用する『光ディスクアグリゲータッドコンピュータ』の研究開発に取り組んでいます」(田仲氏)。

光ディスクアグリゲータッドコンピュータのコンセプト

その基本コンセプト (図 1) は「多種多様なアクセラレータを含むコンピューティングデバイスを光のネットワークで接続する」というものだ。現在の一般的なコンピュータはメインメモリのデータを CPU が必要に

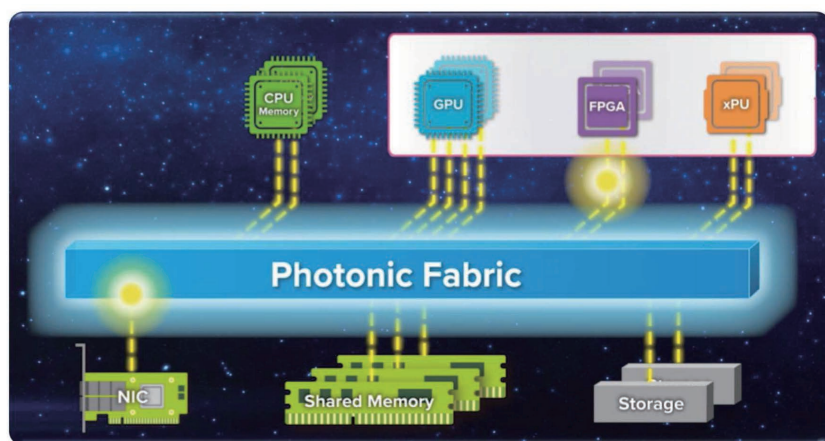


図 1 光ディスクアグリゲータッドコンピュータのコンセプト

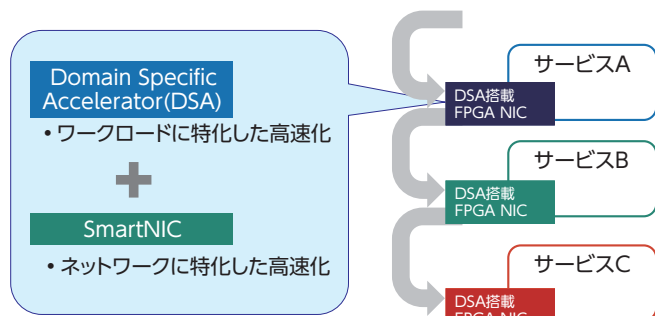


図2 DSA と SmartNIC を一緒にしたデバイス間でデータを転送

応じて各デバイスに転送する。これに対し光ディスアグリゲータッドコンピュータでは、CPU を介することなくデバイス間でデータを伝送し合う。CPU とメモリ、ストレージ、GPU 等のアクセラレータを1つの筐体に収める必要がなく、現在のよ

キーデバイスとなる DSA 搭載 SmartNIC の研究開発

ディスアグリゲータッドコンピュータの実現に向け現在取り組んでいるデバイス開発について、田仲氏は次のように述べている。

「典型的な DC のアーキテクチャはゲートウェイ、コンテンツデリバリー、フロントエンド、アプリケーション、ストレージなど、レイヤも異なる各サービスに特化したサーバをそれぞれ用意し、それらをロードバランサでつなげるというものです。処理負荷の高いワークロードが各サーバに内在しますが、それらはネットワークサービスと密接に連携しており切り離すことが困難です。そこであるワークロードに特化したアクセラレータと、ネットワークに特化し高速にネットワーク処理を行える高速にネットワーク処理ができる専用回路を一緒にすることを考え

類似するデバイスの研究開発事例がある。DSA は「Domain Specific Accelerator」の略であり、特定の処理に特化したアクセラレータのことだ。Smart NIC は、一般に CPU で行うプロトコル処理を専用機能へオフロード可能な、いわばネットワーク処理に特化した機能を備えるデバイスを意味する。

現状はこのデバイスをプログラマブルな FPGA で実装している。まだアクセラレータが光デバイスではなく光インタフェースも備えていないが、同じハードウェアでさまざまな処理に対応できるほか、処理を適宜書き換えることも可能だ。

処理に応じ複数の DSA 搭載 SmartNIC 間で直接データを受け渡ししながらメインメモリを介さずに高速に処理を行うための NIC 内蔵のルーティング回路も開発している。

カメラ映像のリアルタイム分析処理を大幅に省電力化できることを実証

DIC は試作した DSA 搭載 SmartNIC とコントローラを使い、NTT ソフトウェアイノベーションセンタ（以下、SIC）と共同でカメラ映像のリアルタイム分析処理の効率化に取り組んだ。

ました」。

このようなデバイスの概念はまだ新しいものであり「DSA 搭載 SmartNIC」(図2)と、ここでは呼称することにする。NTT 以外にも

IOWN 構想ではスマートシティにおいて街中のカメラ映像をリアルタイムに分析し迷子探しや倒れてしまった人の救護要請などに役立てることが想定されている。AI 技術を用いてカメラ映像を分析する処理は多くの消費電力を必要とするため、実用化に向けてはデータ処理・演算の効率を徹底的に高める必要がある。このような映像解析処理ではメモリを主体としてデバイス間でデータを共有する必要性が低く、ディスアグリゲータッドコンピューティングが適したユースケースと言える。

「どのようにアクセラレータを組み合わせてパイプラインを構成すれば電力効率が良いかは、映像の内容により時々刻々と変化します。たとえば歩行者が多く写る映像をリアルタイムに分析するには多くのアクセラレータを必要とするだけでなく、AI 分析に適した GPU の比率を高めた方が効率は良いと言えます。一方で歩行者が少ない映像の場合はアクセラレータの数を少なくできるだけでなく、GPU の比率を低くすることで、より消費電力を抑えることが可能です。映像の内容に合わせて最適なパイプラインを柔軟に構成するためのコントローラは、SIC が開発しました」(田仲氏)。

2022 年には実際にパイプラインを変更しながらカメラ映像をリアルタイム分析する実験を行った。その結果、従来技術によるシステムと比較し1カメラあたりの消費電力を約75%も削減可能であることが実証された。

現在、同様のカメラ映像分析技術の実用化に向けて研究開発を推進している。

テラーメイドによるデバイスのチェーンを手軽かつ効率的に使えるように

DIC がディスアグリゲータッドコンピューティング技術を活用し実現を目指している次世代コンピューティング基盤は、多種多様なアクセラレータが効率の良い光ネットワークで接続され、プーリングされるといったものだ。この仕組みにより提供する価値について、田仲氏は次のように述べている。

「たとえば映像解析ではデコードやフィルタ、リサイズ、推論などの処理が共通して行われます。しかしお客様のサービスによっては暗号化されたデータの復号が必要、推論のため特殊な AI モデルが必要、または推論のためのアクセラレータを複数必要とするといったことが考えられます。そうしたニーズや要望に合わせてプーリングされているアクセラレータから適切なものを組み合わせることにより、テラーメイドでアクセラレータのチェーンをチューニングします。これにより処理を効率化し消費電力も削減するという価値を提供したいと考えています。お客様がこのコンピューティング基盤

を手軽に使えるようにするためのコントローラや開発者向けのインタフェースの検討が SIC で進められています」。

IOWN Global Forum や OSS のコミュニティを活用した仲間作り

DIC が目指す次世代コンピューティング基盤の基本的な考え方は、IOWN 構想の実現に向け 2020 年に設立された国際フォーラム IOWN Global Forum (以下、IOWN GF) で検討されているコンピューティング基盤のアーキテクチャ DCI(Data Centric Infrastructure) のコンセプトを実現するものだ。DCI はより早期の実用化を目指した内容であり、本稿で紹介しているディスアグリゲータッドコンピュータの研究開発はより将来を見据えて進められている。

「IOWN GF に参加していない企業にも広くアピールするためにカメラ推論システムのオープンソース化の準備を進めており、近く公開できる見込みです。より多くの企業や組織にディスアグリゲータッドコンピュータのコミュニティに参加していただければ、と考えています」(田仲氏)。

コンピュータに光を取り込むことにより期待される更なるメリット

NTT は光電融合技術の適用領域をコンピュータの内部まで拡大しようとしている。コンピュータ内部の回路まで光で接続するようになると、ディスアグリゲータッドコンピュータには処理の効率化や消費電力削減以外のメリットも期待できる。「現時点ではあくまでも個人的な展望」と断った上で田仲氏は次のように述べている。

「将来的には ASIC で回路を実装していく方針ですが、その際は小さな ASIC による専用回路を光でつなぐようになると思っています。全て電気で処理する現在の ASIC は巨大であるため、製造工程で回路の一部に欠陥が生じ 1 つの ASIC が使えなくなると、ウェハー上の占有面積が大きいため歩留まりが悪くなりがちです。1 つ 1 つの ASIC が小さくなると、ウェハー 1 枚当たりで生じる欠陥の確率が同じなら使えなくなる ASIC の数が減ります。そのため歩留まりの大幅な向上、すなわちチップ単価の大幅な低下を期待できます。また光ネットワークで接続するデバイスは遠方に配置しても

性能への影響がほぼありません。たとえばグリーン発電所の近くに大量の GPU を配置して都市部の DC と APN(All Photonics Network) で接続することにより、性能を維持しながら CO₂ 排出量を低減するといったことも可能と考えています」。

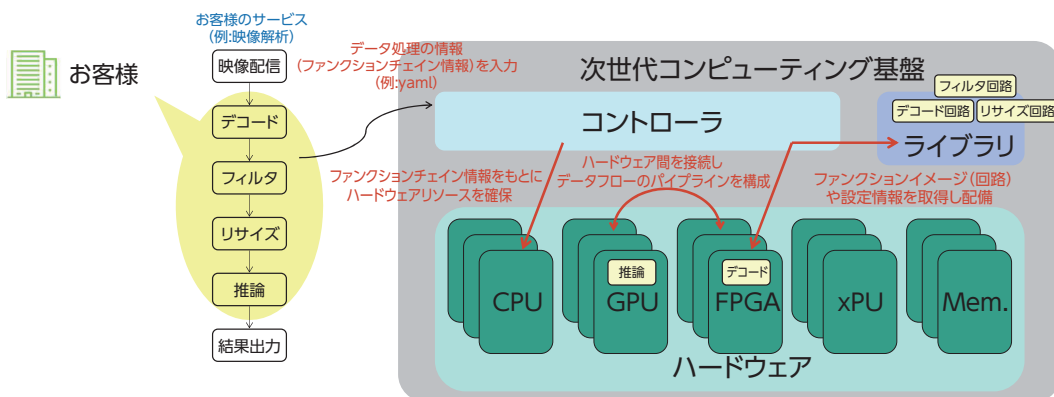


図3 お客様のニーズに応じたデバイスチェーンを提供