計算処理のリアルタイムスケーラビリティを提供するデータ交流技術への取り組み

寺内 敦（てらうち あつし）†1 /大戸 健一（おおと けんいち）†2
高橋 紀之（たかはし のりゆき）†1 /原田 恵（はらだ けい）†1
山崎 育生（やまさき いくお）†1

NTT未来ねっと研究所 †1
NTTソフトウェアイノベーションセンタ †2

近年のIoT（Internet of Things）の普及はめざましく，NTTでも製造業，自動車業（自動運転支援），農業など，IoT導入によって新たな価値の創出が期待される産業を主なターゲットにしてIoT推進のための取り組みを進めています．本稿では，IoTのデータ交流を促進するIoTデータ交換技術およびエッジコンピューティング技術におけるNTTの取り組みと，それらに関連する標準化動向を紹介します．

データ処理のリアルタイム性・スケーラビリティを拡大するデータ交流技術の実現に向けて

近年のIoT（Internet of Things）の普及はめざましく，NTTでも製造業，自動車業（自動運転支援），農業など，IoT導入によって新たな価値の創出が期待される産業を主なターゲットにしてIoT推進のための取り組みを進めています．IoTでは，ネットワークにつながったセンサなどのデバイスから生成されるデータを収集し，アプリケーションで活用することがサービス実現の基礎となります．そして，デバイスの種類・数は多岐にわたりアプリケーションも多種多様なものが考えられます．また，IoTによる価値創出をさらに高めるためには多様なデータを組み合わせて活用することが不可欠であり，IoTデータをサービス横断で流通，活用する「IoTデータ交流社会」の実現に対する要望が官民の双方において高まっています．これらの要求を満たすためには，多種多様なデバイスからのIoTデータをさまざまなアプリケーションに的確かつスケーラブルにわたすIoTデータ交換技術が重要になっています．

その一方で，ネットワーク負荷の増大や処理速度の遅延といった要因により，製造業におけるロボットのリアルタイム制御や自動車における自動運転支援など処理遅延の要求が厳しい産業分野でのIoTの導入は十分に進んでいませんでした．NTTではこの課題を解決するために，データの発生源に近い場所に計算資源を配置してデータの処理を行うエッジコンピューティング技術をIoTへ適用する取り組みも進めています．その中では，エッジに配置された限られた計算資源を有効活用するためにエッジに配置するソフトウェアコンポーネントを動的に構成する技術も重要となります．

本稿では，IoTのデータ交流を促進するIoTデータ交換技術およびエッジコンピューティング技術におけるNTTの取り組みと，それらに関連する標準化動向を紹介します．

IoTデータ交換技術

■技術動向と研究開発

従来の多くのIoTでは，データ収集などの仕組みはサービスごとに実装され，デバイスから収集したデータはサービス内に閉じて利用される垂直統合型IoTシステムと呼ばれるアーキテクチャに基づくものが一般的でした．

これに対して，多様なIoTサービスの提供やIoTデータの相互流通・活用に向けて，アプリケーションやデバイスに依存しない共通機能を提供するソフトウェア基盤を介してデータの収集などを行う水平統合型と呼ばれるアーキテクチャに基づくIoTシステムの必要性が高まってきています．水平統合型は垂直統合型と比べて以下のメリットがあります[(1),(2)]．

① 基盤上の共通機能利用によるシステム開発コストの削減
② IoTデバイス，アプリケーション間接続の抽象化による多種多様な接続のサポート
③ 収集データのサービス間での利活用の促進

NTTでは，さまざまな産業分野におけるIoTの導入とIoTデータの相互利用による価値創出をもたらすデータ交流社会実現のためには，このようなアプリケーションとデバイスの間のIoTデータ交換を仲介する基盤（IoTデータ交換基盤）の実現が有効であると考え，そのためのコア技術であるIoTデータ交換技術の確立に取り組んでいます．現在までに，製造業におけるIoTシステムの検討など具体的なユースケースを通じて得た知見を基に

IoTデータ交換基盤に求められる要件を定義し，それらを満たすIoTデータ交換基盤を設計しました（**図1**）．現在は設計したアーキテクチャに基づいてIoTデータ交換基盤の開発を開始しており，早期の実用化をめざしています．

■関連する標準化動向

前述の水平統合型のIoTデータ交換基盤を実現するためには，基盤とアプリケーション，基盤とデバイス間のインタフェースは独自に定めたものより標準的な規格に基づいているもののほうが望ましいと考えています．そのような規格として有望なものの1つにoneM2M™*1があります[3]．oneM2M™はIoTやM2M（Machine to Machine）に関する標準仕様の乱立を避けるために複数の産業やサービスに共通して使用できる水平統合型のサービスプラットフォームに関する仕様を策定することを目的として，世界中の各地域の標準化団体*2が協力して2012年7月に発足した標準化団体であり，NTTを含む200を超える企業・団体が参画しています．

oneM2M™準拠の仕様は2015年2月にRelease1が，2016年8月にRelease2が発行され，多くの企業・団体がその仕様に準拠したIoTデータ交換基盤を実装しています．その他，oneM2M™の特徴として，OMA（Open Mobile Alliance）・3GPP（Third Generation Partnership Project）など他規格との連携を重要視しており，他規格との仕様の整合性や相互接続性の検証を活発に行っていることが挙げられます．NTTとしては，他規格間との連携も含め，今後のIoTデータ交流の実現に向けてoneM2M™は重要な役割を果たすと考えており，oneM2M™準拠のIoTデータ交換基盤の実装および標準化活動を進めていきます．

エッジコンピューティング技術

■技術動向と研究開発

NTTでは，ユーザ端末やIoT機器に近いネットワークのエッジ部分に計算資源となるサーバ（エッジサーバ）を

*1 oneM2M：oneM2Mパートナータイプ1の登録商標です．
*2 日本からはTTC（The Telecommunication Technology Committee：一般社団法人情報通信技術委員会），ARIB（Association of Radio Industries and Businesses：一般社団法人電波産業会）が参加．

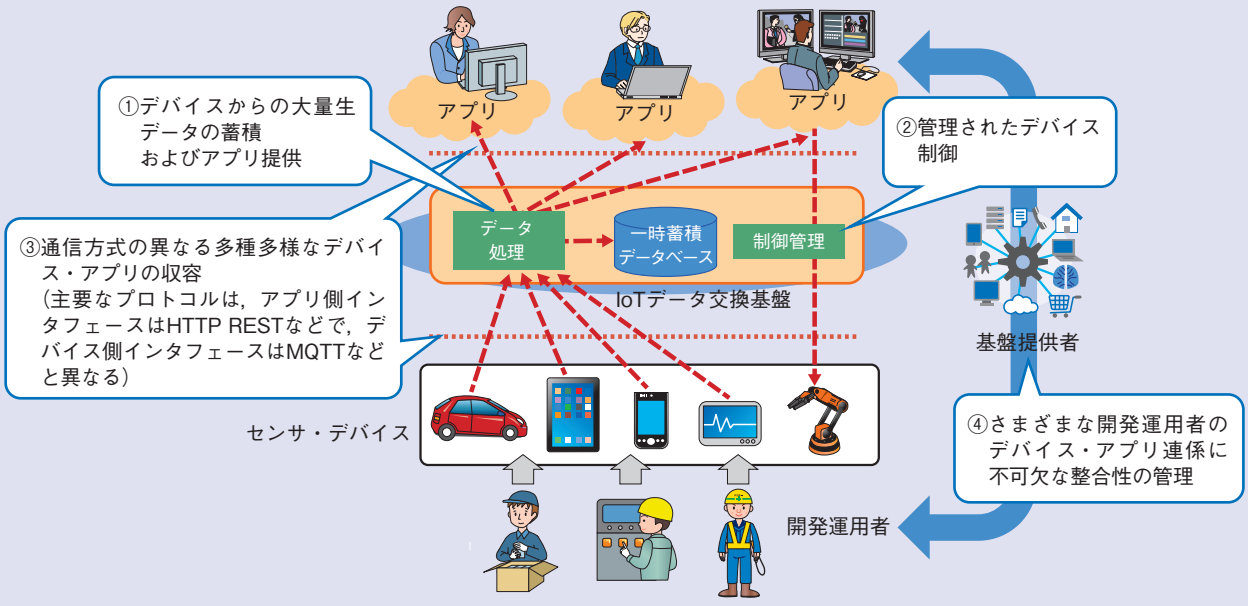


図1　IoTデータ交換基盤

分散して配置し，ユーザからの通信遅延を短縮するエッジコンピューティング基盤技術の研究開発を行ってきました[(4),(5)]．端末側で行っていた処理をエッジサーバにオフロードすることで，端末の計算性能の制約を受けない高速で大容量のアプリケーション処理も可能となります．さらにリアルタイム性が求められるアプリケーション，サーバとの通信頻度や通信量の多いビッグデータ処理などへの適用も進んでいます．

クラウドコンピューティングとエッジコンピューティングの比較を**図2**に示します．クラウドコンピューティングでは，インターネットの先に計算資源が配置されており，ユーザ端末との間の平均的な往復通信遅延は，国内で100 ms以下，日米間で約100 ms，日欧間では約200 msとなります．一方，エッジコンピューティングの場合は，通信事業者のアクセス網の周縁部に複数のエッジサーバを分散配置します．エッジサーバは演算処理機能，ストレージを備え，アプリケーションプログラムの実行，コンテンツデータの蓄積に利用することができ，いわば小規模なクラウドデータセンタがユーザ近傍に分散配置されたものとみなすことができます．ユーザ端末が直接通信する相手はエッジサーバとなり，両者間の往復遅延は最良で数ms程度まで短縮することができます．また，地域性のある処理をエッジサーバで行うことで，計算・通信資源の利用を局所化することが可能となります．例えば，ある地域の複数のセンサで繰り返し計測される値のすべてをセンタサーバ（クラウド）に送るのではなく，近傍のエッジサーバで集計処理を行い，平均や偏差などの統計値と注目すべき外れ値のみをセンタサーバに送るようにすることで，通信の多くはセンサ端末とエッジサーバの間に局所化され，ネットワーク基幹部分でのトラフィックは抑制されます．

■コンテナ型仮想化を適用したエッジサーバ構築技術

IoT向けのエッジサーバはさまざまな実現形態が考えられますが，NTTではエッジサーバのCPUやメモリ，ディスクI/Oといった計算資源の制約が比較的厳しい場合を想定し，「コンテナ型仮想化」を適用してエッジサー

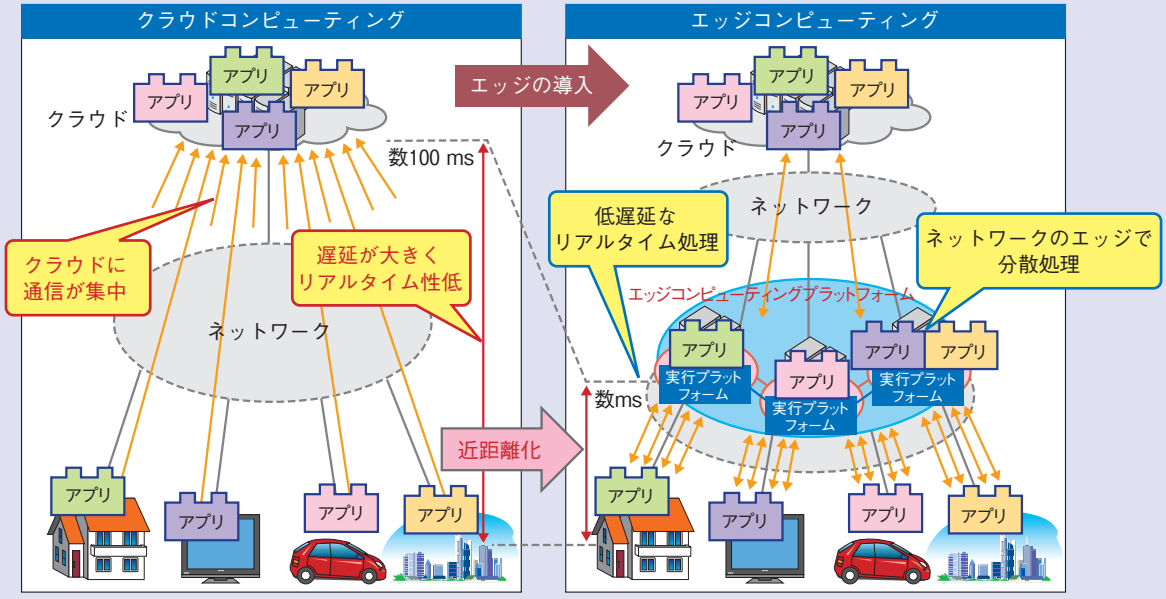


図2　クラウドコンピューティングとエッジコンピューティングの比較

バを実現する検討を行っています．コンテナ型仮想化は，コンピュータ上の計算資源を隔離した「コンテナ」と呼ばれる実行環境を構築する仮想化技術です．同じような仮想化技術に「ハイパーバイザ型仮想化」がありますが，コンテナ型仮想化はこれに比べて，処理に必要となる計算資源の消費量が比較的少なく，異なる設備間でのアプリケーションのポータビリティ性も確保できるといった特長があります．ハイパーバイザ型仮想化とコンテナ型仮想化の実現イメージを**図3**に示します．このようなコンテナ型仮想化を用いて，前述のIoTデータ交換基盤やさまざまなアプリケーションをエッジサーバに組み込むことで，各処理の優先度に応じて計算資源を適切に割り当てて，資源の利用効率を高めることが可能になります．この実現イメージを**図4**に示します．

また，コンテナ仮想化技術のもう1つの応用として，オープンソースのコンテナ管理ソフトウェアであるDocker[(6)]を適用して，アプリケーションやIoT機器・デバイスとの接続に必要なソフトウェアを配信・管理する仕組みを検討しています．Dockerは，コンテナ型仮想化を適用したアプリケーションの配信や実行管理が可能です．この仕組みを活用することで，開発環境と商用環境のエッジサーバを接続し，アプリケーションの開発・テストから配備・監視までの一連の工程をシームレスに実施する環境を構築することが可能になります（**図5**）．このような環境を整備し，アプリケーションサービス提供者や機器ベンダ，ユーザといったさまざまなプレイヤによるアプリケーションの開発とエッジサーバへの展開を促進することで，IoTの普及に貢献していけるものと考えています．

■関連する標準化動向

エッジコンピューティングは，従来型クラウドではカバーできないアプリケーション領域を開拓・実現する有望な手段として注目され，標準化の議論が進められています．具体的には，ETSI (European Telecommunications

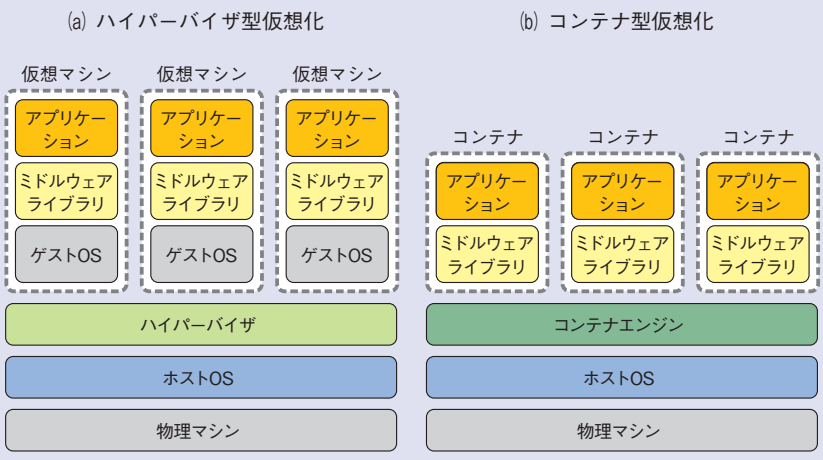


図3　ハイパーバイザ型仮想化とコンテナ型仮想化の実現イメージ

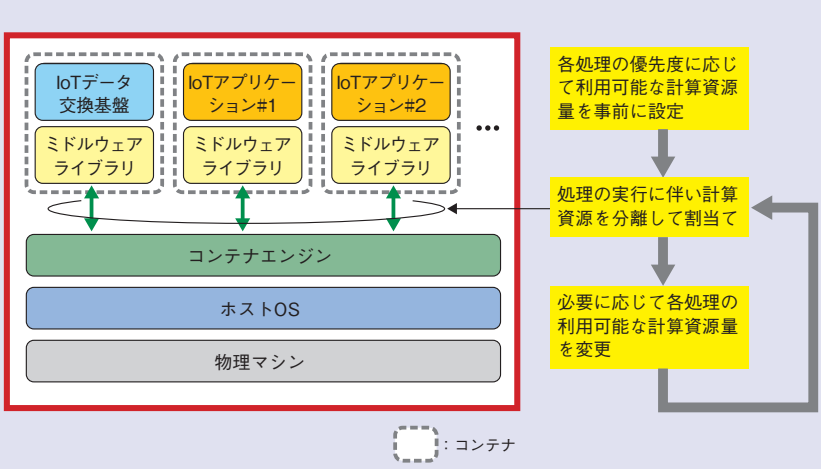


図4　コンテナ型仮想化によるエッジサーバの実現イメージ

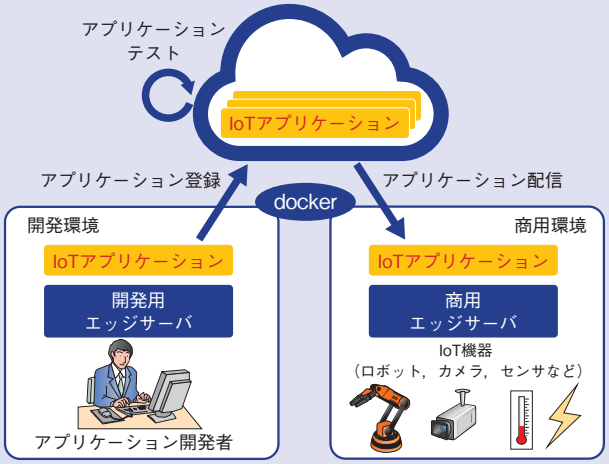


図5　Dockerを適用したIoTアプリケーションの開発・配信・管理の実現イメージ

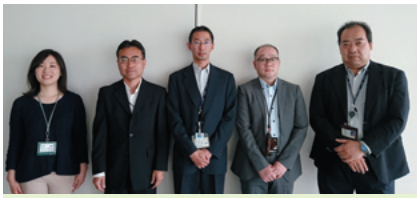
Standards Institute：欧州電気通信標準化機構）においてMEC（当初はMobile Edge Computing，後にMulti-access Edge Computingに改称）のISG（Industry Specification Group）が2014年から活動しています[7]．NTTはNTTドコモとともにMEC ISG発足時から参画しています．これまでに，さまざまなユースケースを考慮したエッジサーバについての技術要件の検討を行い，機能レベルでのアーキテクチャおよび主要API（Application Programming Interface）仕様の策定を行っています．また，カーネギーメロン大学などを中心としたコンソーシアムであるOpen Edge Computingでは，実際に複数のエッジサーバと無線基地局を設置しての実証実験を開始しています[8]．

今後の展開

今回紹介した技術の一部は，製造業をファーストユースケースとして検討を進めており，産業用ロボットのリーディングカンパニーであるファナック株式会社による製造業向けIoTプラットフォームFIELDシステム[9]の実現に向けて取り組んでいます．今後は製造業をユースケースとした技術検討を深化させることはもちろん，他の産業分野への適用やIoTデータ交流社会の実現を視野に入れたIoTデータ交換技術・エッジコンピューティング技術の研究開発を進めていきます．

■参考文献

⑴ 藤田・後藤・小池：“M2Mアーキテクチャと技術課題，”信学会誌，Vol.96，No.5，pp.305-312，2013.
⑵ 白鳥・北上・菅沼：菅原・嶋本：“IoTアーキテクチャの最新動向，”信学会誌，Vol.100，No.3，pp.214-221，2017.
⑶ http://www.onem2m.org/
⑷ http://www.ntt.co.jp/news2014/1401/140123a.html
⑸ N. Takahashi, H. Tanaka, and R. Kawamura：“Analysis of Process Assignment in Multi-tier mobile Cloud Computing and Application to Edge Accelerated Web Browsing，” IEEE MobileCloud 2015，San Francisco，U.S.A.，April 2015.
⑹ https://www.docker.com/
⑺ http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/multi-access-edge-computing
⑻ http://openedgecomputing.org/
⑼ http://www.ntt.co.jp/news2016/1607/160728a.html



（左から）原田　恵/ 大戸　健一/
山崎　育生/ 寺内　敦/
高橋　紀之

IoTによって社会・事業価値創出が行われる「IoTデータ交流社会」の実現に向けて，今後も多様なパートナーの皆様と連携しながら関連する技術の研究開発を推進していきます．

◆問い合わせ先
NTT未来ねっと研究所
ユビキタスサービスシステム研究部
TEL　0422-59-4321
FAX　0422-59-4810
E-mail　us-iotpf@lab.ntt.co.jp