

NTT DOCOMO

# テクニカル・ジャーナル

Technical Journal

vol.24 No.1 | Apr.2016

## DOCOMO Today

- 2020年, さらにその先をめざして

## Technology Reports (特集)

### ネットワーク仮想化特集

- 「強さ」と「しなやかさ」を併せ持つネットワーク —
- 通信ネットワークにおける仮想化技術の適用
  - NFVの標準化に向けた取組み
  - ドコモネットワークにおける仮想化基盤システムの実用化
  - NFVを実現するためのSDN技術の導入

## Technology Reports

- Deep Learningによって広がる画像認識アプリケーション
- スマートフォン向けアプリケーション開発における統一的な定量的開発管理プロセスの導入
- IoTの普及をめざしたデバイス連携機能: Linking

## Standardization

- 2015年ITU無線通信総会 (RA-15) 報告  
— 将来の携帯電話の技術標準化 —
- 2015年ITU世界無線通信会議 (WRC-15) 報告  
— 携帯電話周波数の標準化 —

## 2020年、さらにその先をめざして



ドコモR&D戦略部 部長

なかむら ひろし  
中村 寛

「いつか、あたりまえになることを。」は、ドコモのカンパニースローガンです。はじめは斬新でとっつきにくいイノベティブなサービスも、気付くとみんなが普通に使いこなしている、そんなスマートイノベーションをドコモは創り続けます、という宣言です。R&Dの活動は独りよがり技術を磨くのではなく、その技術を通してお客様が魅力を感じる価値・メリットを示し、スマートイノベーションを実現することが重要な使命であると考えます。ドコモのR&Dは、2020年、さらにその先をめざした研究開発の中長期計画において、お客様の価値として、①コミュニケーションのあらゆるストレスから解放する、②スマートライフに立ちはだかる壁を打破する、という2つの世界観を規定しました。この世界観が描く2020年とその先の姿と、それを実現する技術を示します。

①コミュニケーションのストレスとは、遅い、つながらない、ケータイの操作が複雑・面倒といった、コミュニケーションにおいて日常感じている不便さです。そこで、年率150%以上という爆発的な通信データ量の増大が続いても、いわゆる「パケ詰まり」がなく、より快適で「サクサク」と通信できる環境を、無線技術へのあくなき挑戦（LTE-Advancedの高度化、2020年をめざした5G）により実現します。また、イベントや自然災害などにおけるトラフィックの一時的な集中によるつながりにくさを軽減するために、ネットワークの仮想化はトラフィックが集中している地域に通信処理リソースを柔軟に配分することにより、つながりやすいネットワークを実現します。さらに、初めてお使いになる方やご高齢の方には使い慣れるのに時間がかかるスマートフォンも、ユーザの熟練レベルに沿ってガイダンスを表示するなど優しいUX（User eXperience）を実現し、いつのまにかスマートフォンを使いこなせるようにします。これら

5G、仮想化、UXの向上といった技術革新を通してコミュニケーションのストレスから解放してゆきます。

②スマートライフに立ちはだかる壁は、ほしい情報が見つからない、外国語での意思疎通が困難、生活習慣による疾病など、生活するうえでの不便さです。そこで、お客様が欲する的確な情報を最適なタイミングで提示する究極のパーソナルエージェントを、それぞれの人のシチュエーション、トレンド、社会通念などの膨大なビッグデータを解析することにより提供します。また、訪日外国人の増加や日本企業のグローバル展開は外国人との意思疎通の機会を今まで以上に増大させますが、言語バリアは容易に取り払えません。しかし、ドコモがめざす自動翻訳は多量の対話コーパスを収集しビッグデータ解析することで多言語を正確、高速に翻訳し、言語バリアを取り払います。さらに、健康な生活を送るうえで疾病を回避することは人類の夢です。ウェアラブルデバイスを用いてその個人の生活習慣をデータ化し、ゲノム情報と合わせてビッグデータ解析を行うことで、個人に特化した疾病予防へのアドバイスを行い健康の維持増進を実現します。ビッグデータ処理を基盤に、対話コーパス、ゲノムなど対応市場に即したデータの解析技術を磨くことで、スマートライフに立ちはだかる壁を打破してゆきます。

上記に加え、2つの世界観を実現するには、IoT（Internet of Things）とセキュリティは欠かすことができない技術分野です。

ビッグデータ解析では、主にインターネットで接続されたサーバなどに蓄積されている膨大な情報（サイバー空間の情報）が使われます。一方、昨今話題のIoTは、「もの」や「こと」といった実社会に存在するものや発生する事象をデータ化し、活用可能なデータの種類を大きく拡大します。さらにIoTは、ビッグデータ解析の結果をアクチュエータによって実社会に作用することにまで活用範囲を広げます。このように、IoTを組み込んだビッグデータ解析は、さまざまな産業分野へと活用が広がります。しかし課題もあります。IoTによりビッグデータの範囲が拡大されても、セキュリティが不十分であると、物理的な事故、災害を引き起こします。これらを回避し、安心・安全なスマートライフ社会を築くために、IoTデバイスの認証、アクセス制御などはもちろん、より強固かつ守備範囲を広げたセキュリティ対策が大きな技術テーマです。

ここで示した技術は、シナジーをもって連携する「技術の連環」により、お客様が実感する価値である2つの世界観を総合的に実現します。また、これからのイノベーションは技術の深化、多様化に伴いドコモがすべてを単独で研究開発するのではなく、オープンイノベーションにより広くパートナーの皆さんと進めてゆくものです。

これからもドコモR&Dは、お客様の声やニーズに基づき、パートナーの皆さんとともに技術を連環させイノベーションを起し続け、お客様がその成果に、価値やメリットを感じてあたりまえに使いこなす、そんなスマートライフを実現してゆきます。

# Contents

## DOCOMO Today



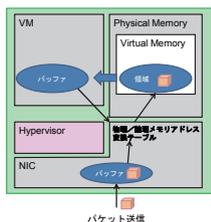
2020年, さらにその先をめざして 中村 寛 ..... 1

## 特別寄稿



ユビキタスな研究活動 河口 信夫 ..... 4

## Technology Reports (特集)



(P.20)

**ネットワーク仮想化特集**  
 — 「強さ」と「しなやかさ」を併せ持つネットワーク —  
 通信ネットワークにおける仮想化技術の適用 ..... 6

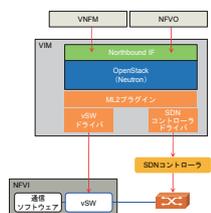
仮想化技術    NFV    SDN

NFVの標準化に向けた取組み ..... 12

NFV ISG    OPNFV    NFV MANO

ドコモネットワークにおける仮想化基盤システムの実用化 ..... 20

仮想化基盤システム    通信用APL    Hypervisor



(P.28)

NFVを実現するためのSDN技術の導入 ..... 28

NFV    SDN    オーバレイネットワーク技術

## Technology Reports



(P.51)

Deep Learningによって広がる画像認識アプリケーション ..... 35

画像認識 Deep Learning ニューラルネットワーク

スマートフォン向けアプリケーション開発における統一的な  
定量的開発管理プロセスの導入 ..... 42

定量的開発管理 マルチベンダ管理 プロセス改善

IoTの普及をめざしたデバイス連携機能：Linking ..... 51

IoT Linking BLE

## Standardization

2015年ITU無線通信総会（RA-15）報告 —将来の携帯電話の技術標準化— ..... 59

ITU-R RA IMT

2015年ITU世界無線通信会議（WRC-15）報告 —携帯電話周波数の標準化— ..... 63

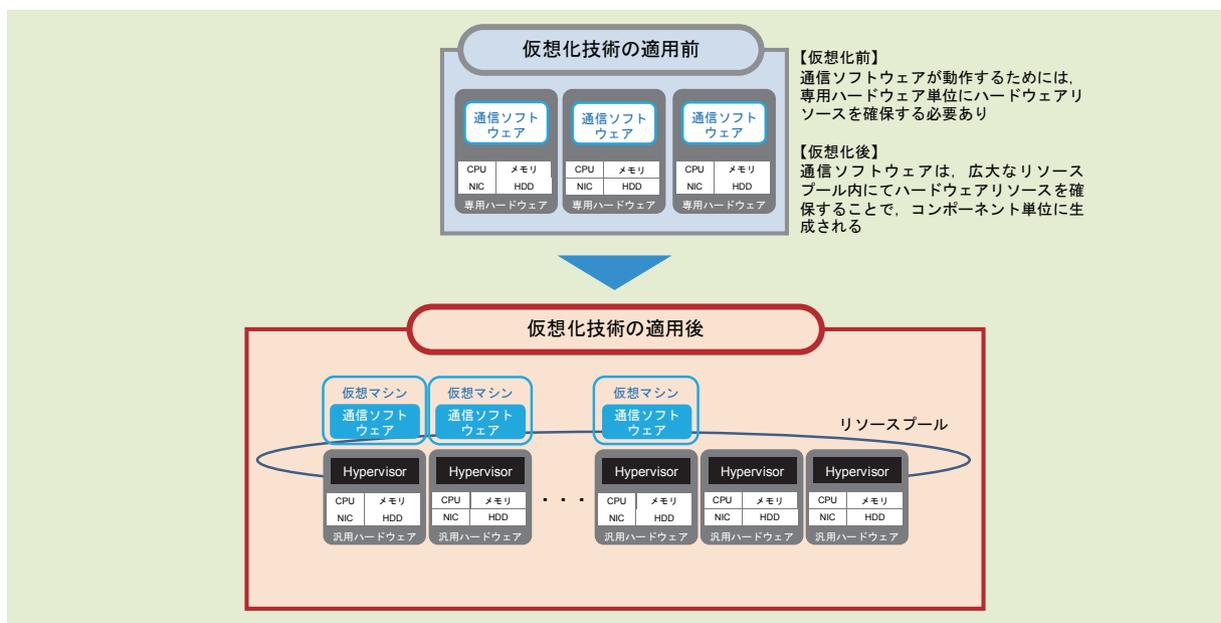
ITU WRC Radio Regulations

## News



(P.72)

平成27年度（第33回）IT協会「IT賞」受賞 ..... 72

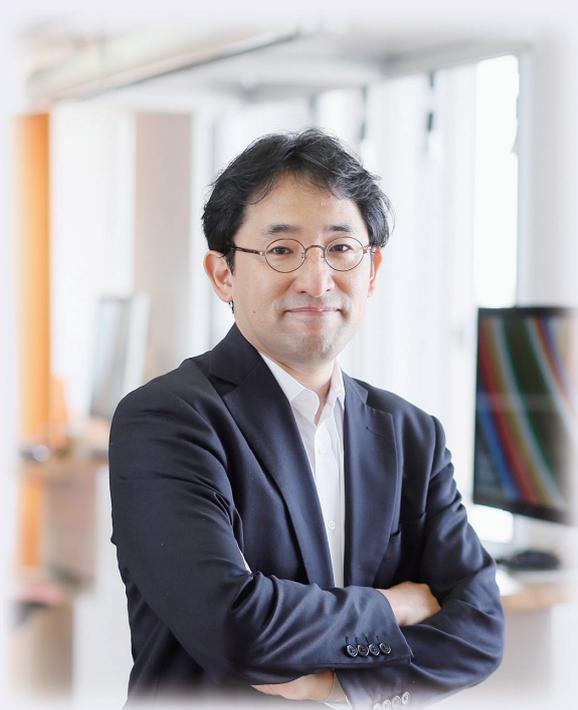


Technology Reports（特集）通信ネットワークにおける仮想化技術の適用（P.6）  
リソースプールのイメージ

# ユビキタスな研究活動

名古屋大学大学院 工学研究科 教授

かわくち のぶお  
**河口 信夫さん**



モバイル／ユビキタス・コンピューティングという研究分野で20年近く研究を進めてきた。いつの間にか研究対象が広範囲にわたり、最近では「専門は何ですか」と尋ねられて困るようになりつつある。ありがたいことに大学の研究者は興味に応じて研究テーマを選べるため、私としては各時点で「これが大事」と思うテーマを選択してきたつもりはあるが、良い機会なので、この場を借りてその経緯を振り返ってみたい。研究テーマの選択は研究者にとっては重要であるので、私の経験が少しでも皆様の参考になれば幸いである。

学生の時の研究テーマは「項書換え系」と呼ばれる計算モデルを使った代数的仕様記述に関するものであった。学生時代の研究分野は研究室によって決まる。この研究室（稲垣 康善教授）を選んだのは当時最先端のUNIX<sup>®</sup>\*1ワークステーションSun-4が最も多く置かれていたからで、研究テーマは十分に理解できていなかった。博士論文では代数的仕様の視覚的検証環境を構築した。関数型プログラミング言語（StandardML）でGUIを構築するという、当時と

しては意欲的な内容であった。ただ、この時代の計算機の能力では代数的仕様を用いた実用的なプログラム検証は困難であったため、自分の研究テーマの実用性には疑問を持っていた。そこで、大学の助手になり博士の学位を取得してからは、自分が興味を持っている対象に研究テーマを広げることにした。

実は趣味でAppleのNewton MessagePad\*2を購入し、日本語化などの開発をしていたことがあった（今でもソフト配布サイトのVectorから当時公開したフリーソフトがダウンロードできる）。Newtonには赤外線通信機能があったため、1対1での名刺交換ができる。しかし、オフ会などで多数のNewtonが集まると、全員で名刺交換するために多くの時間がかかる点が課題であった。複数の端末間で自動的に名刺交換をする機能が無かったのである。こんな出来事をきっかけとして問題意識が持ち上がり、赤外線通信を使ったアドホックネットワークの研究を始めた。実際には、Newtonではなく、当時発売されていたWindows<sup>®</sup>\*3 CE端末（NECのMobileGear<sup>®</sup>\*4など）を使って赤外線（IrDA：Infrared Data Association）のマルチホップを実現した（1997年）。当初は「アドホックネットワーク」という言葉さえ知らず（まだ日本では一般的では無かった）、我々は「自律分散通信」と呼んでいた。ちなみに無線LANの規格IEEE802.11が制定されたのは1997年である。

研究の過程で複数の端末を使ってネットワークプロトコルを開発していると、プロトコルの動作を修正するために、すべての端末のソフトウェア更新が必要になる。当時、無線LANは高価でまだ手軽には使えず、更新時には、すべての端末をPCに接続する必要があった。マルチホップネットワークの検証が目的であるため常時6～8台の端末を利用しており、1行のコード変更やパラメータ変更のたびに、全端末を更新するという作業を繰り返していた。この大変で煩雑な作業の経験が、結果的に動的なソフトウェア更新の必要性・重要性の認識に結びつき、次の研究テーマにつながった。

次の研究では、モバイルエージェントを使って動的にソフトウェアを配布・更新する仕組みとしてcogmaというソフトウェア基盤を開発した。これは、組込み機器にも移植され、スマートルーム制御や電

## Profile

1995年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程満了。名古屋大学助手・講師・助教授を経て2009年より同大学教授。2004年大学発ベンチャー有限公司ユビグラフを設立、取締役（CTO）に就任。2012年NPO法人位置情報サービス研究機構（Lisra）設立、代表理事に就任。ユビキタスコミュニケーション、位置情報サービス、行動センシングなどの研究に従事。博士（工学）、情報処理学会、電子情報通信学会、ACM、IEEE各会員。

力計測まで研究分野が広がった。スマート会議支援システムも開発し、その実用化のために大学発ベンチャー「ユビグラフ」を設立した。スマートルールの制御では、部屋のどこから操作しているかの位置推定を、磁気を用いて実現した。また、この技術を応用してセグウェイ\*5に指向性アンテナを搭載し、レーダーのように無線LAN基地局を電波強度と位置・方向推定によって探索するシステムを開発した。

このころ、私の研究テーマの選択に1つの転機が訪れる。2003年にシアトルで開催されたユビキタス・コンピューティングの国際会議UbiComp2003に参加したところ、Intel ResearchがPlace Labというプロジェクトを紹介していた。このプロジェクトでは、無線LAN基地局情報を位置情報とともに収集し、これを使って任意の場所での位置推定を実現していた。私はこのプロジェクトの存在を知って大きな衝撃を受けた。私が身の回りの課題しか扱っていないのに対し、Intel Researchでは同じ技術を使ってGPSに代わる測位システムを実現しようとしていたのだ。自分の研究の応用可能性に気づいた私は、Place LabのJeffery Hightower氏に会いに行き、日本でも同様のプロジェクトの立上げを宣言した。これによって生まれたのがLocky.jpである（Webサイト構築は2005年）。Locky.jpでは今でいう「クラウドソーシング」により100万を超える無線LAN基地局情報を収集することができた（当時はクラウドソーシングという言葉は一般的では無かったため、我々は「位置情報ボランティア」と呼んでいた）。研究室の枠を超えて、多くの方に協力してもらいデータ収集やシステム開発を行ったことは、今に至るまで大きな財産となっている。無線LAN位置推定を屋内で活用するために、名古屋市営地下鉄で実証実験を2008年に行った。この実験で開発された「駅.Locky」などのスマートフォンアプリは200万人以上に利用されており、大学発では最もよく使われたアプリであろう。「駅.Locky」では、時刻表の更新にもクラウドソーシングを活用し、1万人以上のボランティアが日本全国の駅の時刻表更新に協力してくれている。

「駅.Locky」アプリの利用者が増えるにつれ、サーバの維持やアプリの更新を大学の研究活動として行うのが困難となり、位置情報サービスに関するNPOを設立することにした。これがNPO法人位置情報サービス研究機構（Lisra）である（2012年設立）。Locky系のサービス運用に加え、研究開発の

内容を実証する場としてNPOを位置づけ、結果的に、25人以上の研究者、40社以上の法人会員に参加頂いており、最近ではG空間EXPO2015などで大規模な実証実験を企画・運用している。また、2013年からは東海エリアにおけるオープンデータ活動も支援しており、これがCode for Nagoyaの設立などにもつながっている。

さて、ここまで述べてきたように、私の研究テーマの変遷は、実のところ学生時代の趣味からその時々で自分が感じた課題を結びつけてきた結果であり、それらのテーマに対し真剣に取り組んだことが良かったと思っている。特に、アドホックネットワークやクラウドソーシングなど、その時点ではまだ世の中で広く認知されていない技術でも、必要性を感じた自分を信じて取り組みを続けたことが成果になっている。

最近では、情報処理学会の理事を拝命し、企業会員の獲得を推進する立場になった。学会の役割は学術的コンテンツの集積と思い「勉強会フォーラム」を設立した[1]。勉強会フォーラムは、国際会議の論文内容をメンバー間で共有することを主な目的にしている。研究者にとって周辺テーマの状況を理解することは重要であるが、すべての論文をじっくり読んでいる時間があるわけではない。特に日本人にとっては国際会議論文を読みこなすのは時間がかかる。そこで勉強会フォーラムを通じて、このような論文の情報交換ができることを願っている。自分の若い時にこのようなサイトがあれば、もっと周辺領域を理解してより良い研究展開ができたのではないかと、思いこの企画を進めている。多くの方々の参加が重要であるので、皆様もぜひ、勉強会フォーラム内に勉強会を立ち上げて、彼等の論文紹介を行っていただきたい。

### 文献

[1] 情報処理学会 勉強会フォーラム：“IPJS勉強会フォーラムへようこそ！”

<http://study.ipsj.or.jp>

\*1 UNIX®：X/Open Company, Ltd.の登録商標。

\*2 Newton MessagePad：Apple Inc.の商標または登録商標。

\*3 Windows®：米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における商標または登録商標。

\*4 MobileGear®：日本電気(株)の登録商標。

\*5 セグウェイ：米国セグウェイ社の登録商標。

## ネットワーク仮想化特集 — 「強さ」と「しなやかさ」を併せ持つネットワーク —

## 通信ネットワークにおける仮想化技術の適用

スマートフォンの普及によるデータ通信トラフィックの急増とトラフィック特性の急変に対して、いつでも繋がるネットワークを適正なコストで構築・運用することは、多くの通信キャリアにとって共通する課題である。

そこで、ドコモは仮想化技術を適用することで、いつでも繋がるネットワークを、ネットワークのCAPEXとOPEXの低減をしながら実現する取組みを行った。本稿では、その取組み状況を解説する。

ネットワーク開発部

おと ひろゆき ふかえ せいじ  
音 洋行 深江 誠司うちやま やすゆき  
内山 靖之

先進技術研究所

おぼな かずあき  
尾花 和昭

## 1. まえがき

スマートフォンの急速な普及により、データ通信トラフィックの増大が続いている。また常時接続というスマートフォンの通信特性により、トラフィック変動の予測も困難になりつつある。このような状況の中、社会インフラとしての信頼性確保や、大規模災害などへの備えとして、いつでも繋がるネットワークの構築を適正なコストで実現することは、通信キャリアの多くが共有する課題である。

そこでドコモでは、通信キャリアのネットワークに対して仮想化技術

を適用するネットワーク仮想化(NFV: Network Functions Virtualisation)\*1により、その解決をめざしている。NFVにおける仮想化技術とは、物理的な構成にとらわれず、ハードウェアリソース(CPU/メモリ/HDD)を論理的に統合・分割してリソースプール\*2と見なすことにより、さまざまな通信ソフトウェアを共用の汎用ハードウェア上で動作可能とする技術である。本技術では、リソースプール内に仮想ハードウェアが構成され、そこに通信ソフトウェアがコンポーネント単位に生成される。また、任意の汎用ハードウェア上に動的に配備される通信ソフトウェ

アに対する、ネットワークのリーチャビリティおよび帯域確保のため、仮想化技術に対応したネットワーク技術であるSDN(Software-Defined Network)\*3も合わせて適用した。

これらの技術により、通常運用時はネットワークの利用効率向上を可能とする。また災害時はネットワーク設備の容量を自動的に拡張し、つながり易さの向上を実現する。

また本技術は、予測される通信トラフィックに対してネットワーク設備をあらかじめ構築しておくという従来の方法ではなく、通信トラフィックに応じてリソースを割り当てることが可能なため、適正なネッ

\*1 ネットワーク仮想化(NFV): 通信キャリアのネットワークを仮想化技術により汎用ハードウェア上で実現すること。

\*2 リソースプール: 大量のハードウェアを束ねて、それぞれのハードウェアが保持するリソース(CPU/メモリ/HDDなど)の

集合体としたものであり、これを基にさまざまな仮想マシンが作成可能となる。

\*3 SDN: 通信機器をソフトウェアにて集中制御することを可能とする技術の総称。

トワーク設備構築費（CAPEX：CAPital EXpenditure）\*4と保守運用費（OPEX：OPERating EXpense）\*5によるネットワークの運用も実現する。

本稿では、仮想化技術の概要と通信キャリアの抱える課題、仮想化技術適用による解決方法を解説し、また仮想化の要素技術とNFVにおける新たなネットワーク課題について述べる。

## 2. 仮想化技術とは

従来、通信キャリアがサービスを提供するための通信ソフトウェアは、専用ハードウェア上でのみ動作可能であった。これは高信頼性や高性能などのキャリアグレードの要件を満

たすために、通信ソフトウェアの特性に最適化された専用のハードウェアを用いる必要があるためである。

仮想化技術とは、汎用ハードウェアにインストールされた仮想化レイヤ（Hypervisor\*6）上に通信ソフトウェアを展開させることで、ハードウェア特性に依存せず動作することを可能とする技術である。

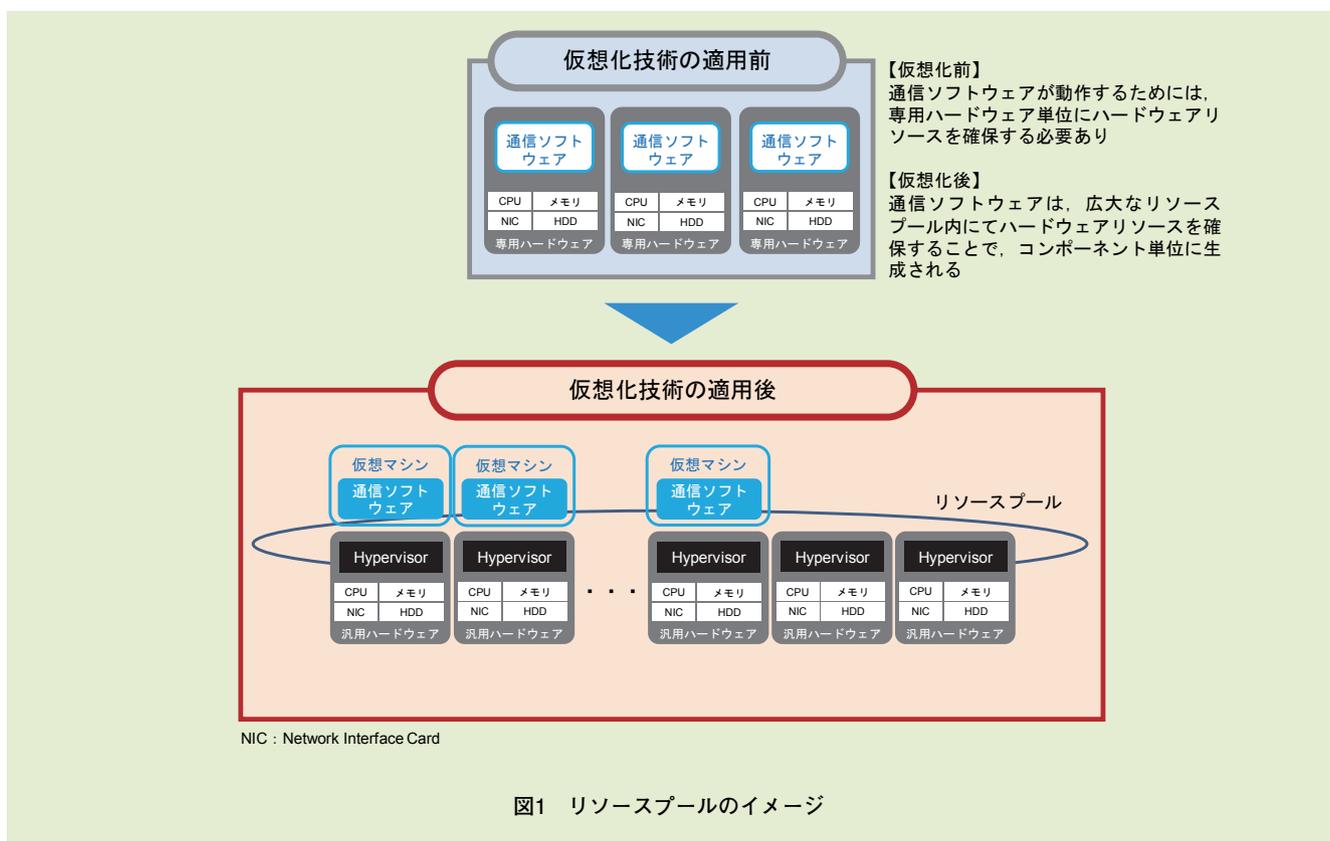
仮想化技術により、物理的な構成の制約を受けていたハードウェアリソース（CPU／メモリ／HDDなど）を、大量のハードウェアを束ねたリソースプール（図1参照）と見なすことが可能になり、リソースプール内の任意の汎用ハードウェア上にあるハードウェアリソースはコンポーネント単位に仮想マシン（VM：Vir-

tual Machine）\*7となる。これによりハードウェアリソースを特定の設備にて確保するのではなく、リソースプールから確保することが可能になるため、設備の利用効率を向上させるなど、通信キャリアの抱える課題解決のソリューションとして近年注目を集めている。

ドコモでは、仮想化技術を通信ネットワークに適用することで、「混雑時のつながり易さ」「信頼性の向上」「サービスの早期提供」を適正コストにて実現することを可能にした。

## 3. 通信キャリアの抱える課題

通信キャリアの使命の1つに、社



\*4 設備構築費（CAPEX）：ハードウェアと、ハードウェア設置工事にかかる費用。  
\*5 保守運用費（OPEX）：設備を維持し運用するために発生する費用。

\*6 Hypervisor：仮想化技術のひとつである仮想マシンを実現するための制御プログラム。

\*7 仮想マシン（VM）：ソフトウェアによって仮想的に構築されたコンピュータ。

会インフラとなった通信ネットワークに対する「いつでも繋がる」「いつでも使える」という安心感の提供がある。一方で、安心感の提供を達成するためには4つの課題がある。

#### ①通信混雑時の接続規制

災害時などに一斉に通信が発生し、仮に設備容量を超過するデータ通信トラフィックがネットワークへ流入する場合には、容量超過前に一部を破棄しなければならない。これは輻輳によってネットワーク設備がシステム停止に至れば、数時間単位でサービス提供が不可能になり影響が拡大するからである。このためサービスへの影響を最小化するための措置として選択せざるを得ない。

#### ②装置故障時のリスク

一部装置の不具合や装置故障が発生してもサービスを継続するために、システム構成の冗長化を行っている。しかし、不具合や故障が発生してから装置交換までの間は、冗長性が損なわれているため、交換完了までに万が一、次の故障が発生した場合はサービス継続が困難になる。

#### ③設備対応の迅速性が困難

新たなサービス提供や増大するトラフィック需要に対応する設備の増設には、新たな専用ハードウェアの開発や、設備導入に向けての計画・調達・工事などが必要であるが、それらに長い期間を要している。このため迅速な設備対応が困難である。

#### ④設備・運用コストの増大

通信キャリアがサービス提供するための通信ソフトウェア群は、専用ハードウェアが高価なため、CAPEXが増大する。また装置故障の都度、保守者が交換を実施し冗長性の復旧をさせる必要があるため、OPEXも高額になる。

## 4. 通信ネットワークにおける仮想化技術適用による解決方法

仮想化技術の導入が、通信キャリアのネットワークにもたらすメリットを、前述の課題ごとに以下に解説する。

### 4.1 通信混雑時の接続確保

従来、設備容量を超過しないようにデータ通信トラフィックを破棄していた。このような状況に対し、今後はスケールリング（5.2節参照）という方法を適用することが可能になる。これは設備容量を超過するほどのトラフィックが流入すると、通信ソフトウェアが動作していない汎用ハードウェア上に、それが自動的にインストールされ、短時間で設備容量自体を増加させる方法である。これにより、破棄せざるを得なかったトラフィックが処理可能となり、通信のつながり易さをもたらすことができる。

### 4.2 通信サービスの信頼性向上

従来、装置故障が発生すると、保

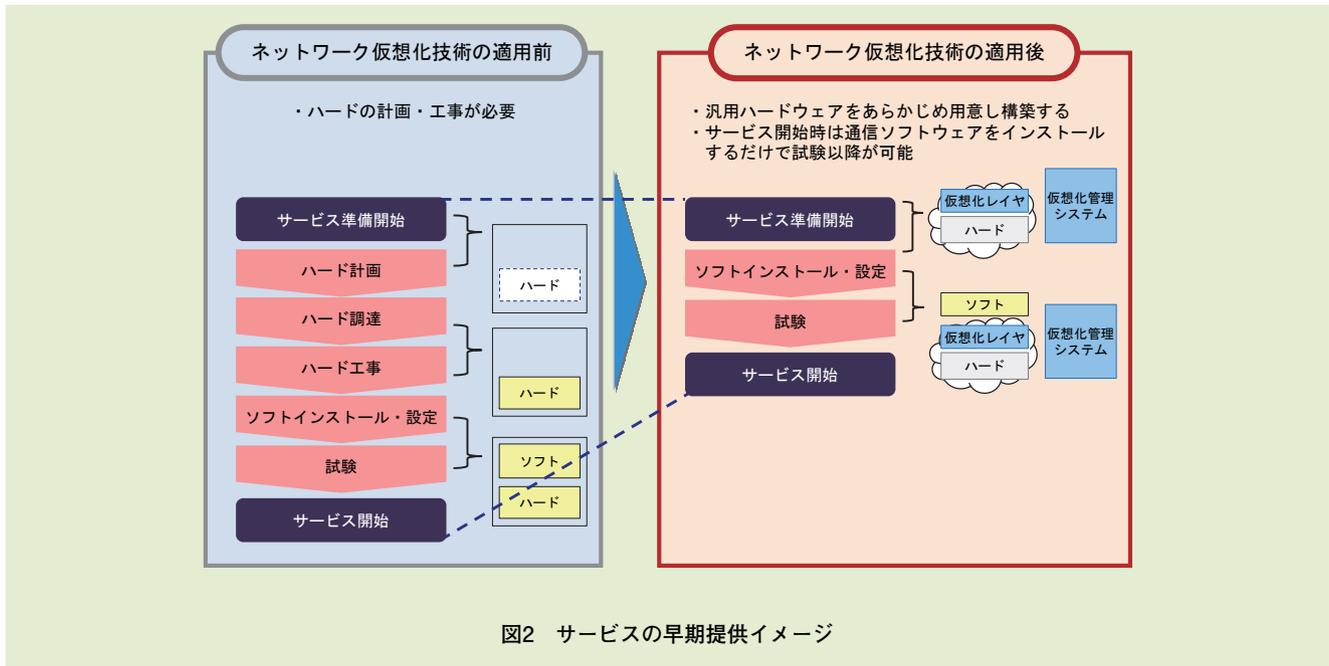
守者による現地での交換対応が完了するまで装置の冗長性が損なわれていた。今後は装置故障時は、ヒーリング（5.3節参照）という方法で、正常なハードウェア上に通信ソフトウェアを自動的に移動させることで、速やかに冗長性を復旧させることが可能になる。これによりサービス停止に至るリスクが最小化され、信頼性の向上が図れる。

### 4.3 サービスの早期提供

従来、設備の増設には長い期間を要していた。今後は、安価な汎用ハードウェアを共用してさまざまな通信ソフトウェアを動作させることができる。これにより新サービス開始や機能追加、または需要増対応には、あらかじめ用意した設備に対してインスタンスーション（5.4節参照）という方法で、汎用ハードウェア上に通信ソフトウェアを速やかに展開することが可能になる（図2）。これは絶え間なく新しいサービスが誕生し、速やかに展開したい、もしくは縮小・撤退したい事業者にとって大きなメリットとなる。

### 4.4 ネットワーク設備・運用費の経済化

近年の技術進歩により、専用ハードウェアから汎用ハードウェアになったことによる価格低減と、ハードウェアリソースの有効活用による設備量削減が可能になった。このため従来と比較して余剰な設備を大きく減らすことができ、CAPEX低減を実現できる。



また装置故障はヒーリングにて冗長性の復旧対応が可能となった。サービス継続に支障を来すことがないため、故障装置の交換は後日まとめて実施することにより、OPEX低減を実現する。

## 5. NFVの要素技術

### 5.1 一般的な仮想化技術との違い

Webサービスなどを主流としたIT業界では、すでにサーバ仮想化によるクラウド<sup>\*8</sup>運用は常識的なものになりつつある。一方通信業界では、通信ソフトウェアはサービスを提供するためにソフトウェア群の複雑な連携が必要な構造になっていることが多く、ソフトウェア構成に応じた適切な起動順序制御や、高い信頼性が必要になる

この点について、以下に代表的なユースケースを例として要素技術を

解説する。なお、詳細なアーキテクチャやワークフローは本特集記事にて掲載をしている[1]。

### 5.2 スケーリング

前述した通信混雑時のつながり易さの向上はスケーリングという技術によって実現される。

スケーリングとは、ハードウェアや仮想マシンの負荷状況に応じて、通信ソフトウェアと仮想マシンを増減することにより処理能力を最適化する手続きである。

処理能力を向上させるために仮想マシンを追加する手続きをスケールアウト、処理能力を縮退させるために仮想マシンを削除する手続きをスケールインと呼ぶ。

また、自動でスケーリングを実行する手続きをオートスケーリング、システムによる自動実行判断が困難であり、保守者にてスケーリング要

否を判断、実行する手続きをマニュアルスケーリングと呼ぶ。

オートスケーリングを例として、図3にスケーリングの動作イメージを示す。

現在はネットワーク仮想化の黎明期であり、オートスケーリング、マニュアルスケーリングの双方を利用する必要があるが、将来的にはオートスケーリングの適用範囲を拡大させていくことで、より多くの通信量に対して、より迅速にスケーリングすることが可能になる。

### 5.3 ヒーリング

前述した通信サービスの信頼性向上は、ヒーリングという技術によって実現される。

ヒーリングとは、ハードウェア障害や仮想マシン障害が発生した際に、正常なハードウェア上に仮想マシンを移動、または再作成することで通

\*8 クラウド：ネットワーク経由でサービスを利用する形態、仕組み。利用状況に応じたサーバリソースの分配が可能のため、スケーラビリティが高い。

信ソフトウェアとして正常な状態に復旧する手続きである。

また、スケーリングと同様に2種類の手続きがあり、ハードウェア障害や仮想マシン障害の検知、ヒーリング実行を自動的に行う手続きをオートヒーリング、システムによる自動実行判断が困難であり保守者にてヒーリング要否の判断、実行する手続きをマニュアルヒーリングと呼ぶ。

オートヒーリングを例として、**図4**にヒーリングの動作イメージを示す。

現在はオートヒーリング、マニュアルヒーリングの双方を利用する必要があるが、将来的にはオートヒーリングの適用範囲を拡大させていくことで、さらなる信頼性の向上をめざしていく。

#### 5.4 インスタンスエーション

前述したサービスの早期提供は、インスタンスエーションという技術によって実現される。

インスタンスエーションとは、汎用ハードウェア上に仮想マシンを用意して通信ソフトウェアを立ち上げる手続きである。

多数の汎用ハードウェアから構成されるリソースプールの中で、リソース使用状況から通信ソフトウェアが必要とするリソースを確保したうえで、最適な配置先に通信ソフトウェアを立ち上げる。

**図5**にてインスタンスエーションの動作イメージを示す。

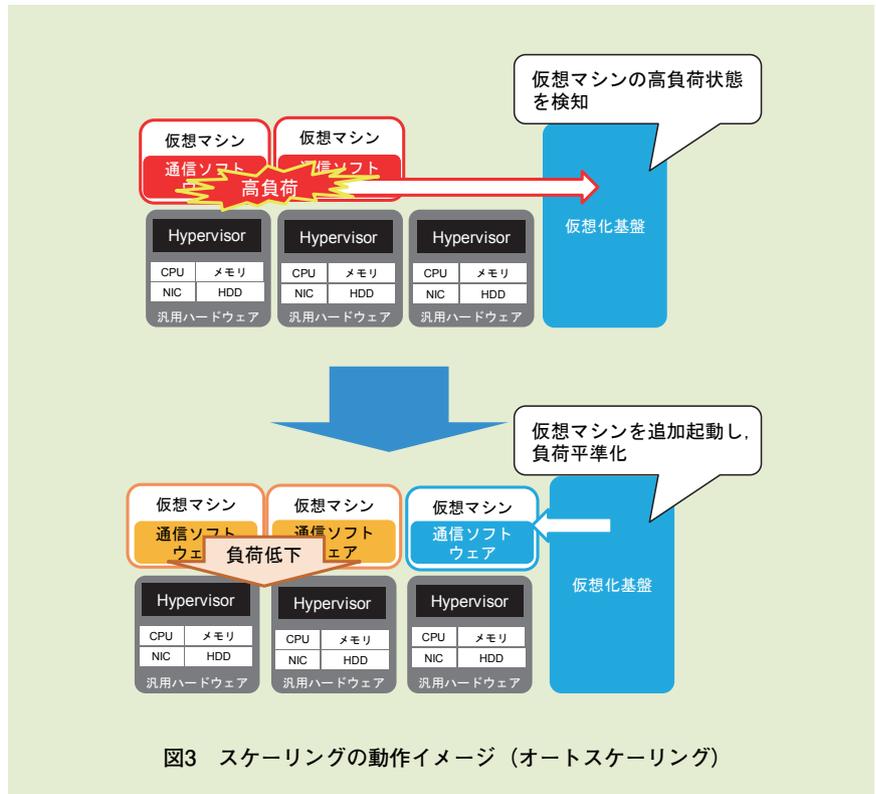


図3 スケーリングの動作イメージ (オートスケーリング)

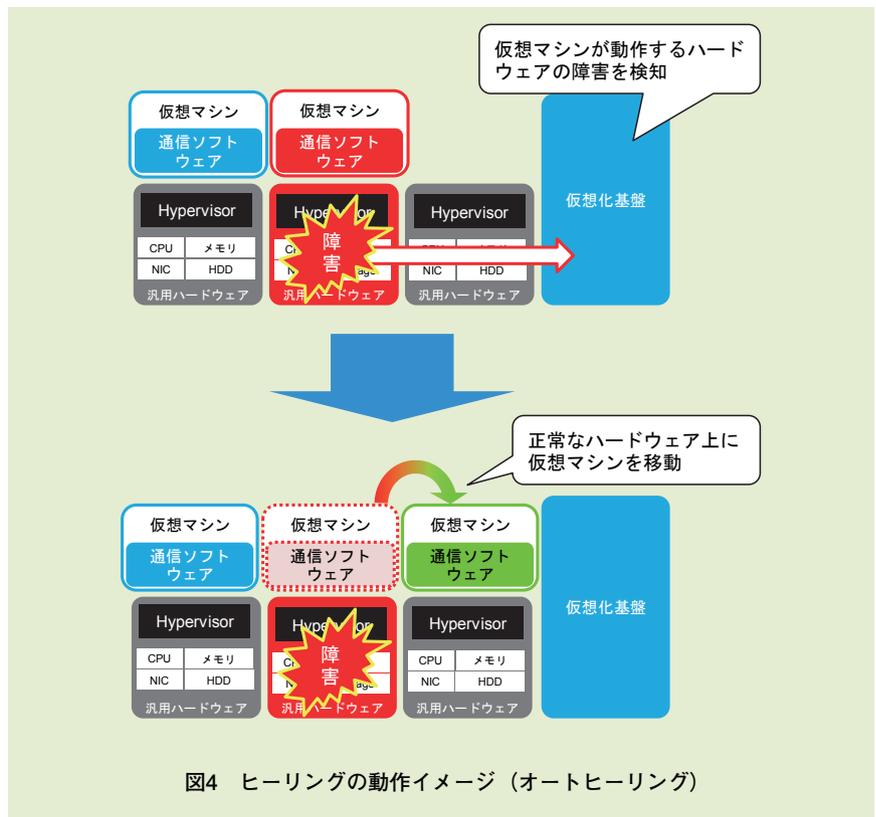


図4 ヒーリングの動作イメージ (オートヒーリング)

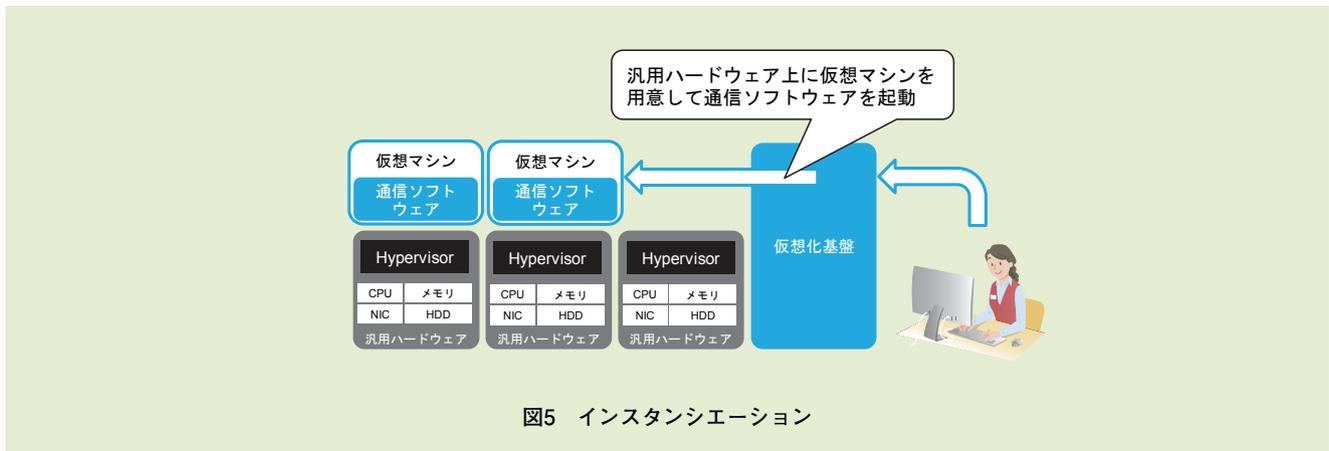


図5 インスタンスエーション

## 6. NFVにおける新たなネットワーク課題

NFVにより汎用ハードウェア上で自在に通信ソフトウェアを起動、移動させることが可能になることで、多くのメリットが得られるようになる。

その一方で、固有の通信要件を持った通信ソフトウェアが動的に汎用ハードウェア間を移動することで、新たな課題も発生する。それは汎用ハードウェアが接続されるネットワーク機器（スイッチ、ルータなど）も通信ソフトウェアの移動性に対して追従しなくてはならないことである。

これまでの通信ソフトウェアと専用ハードウェアは一体であったため、ハードウェアとネットワーク機器の収容関係が決まれば、その通信ソフトウェアの通信要件に応じた設定情報（VLAN（Virtual LAN）<sup>\*9</sup>のトランクポート<sup>\*10</sup>設定など）を事前にネットワーク機器に登録することができたが、NFVによってハード

ウェアとの収容関係が決定した時点では、どのような通信ソフトウェアが起動されるか全く分からない。そのため通信ソフトウェアの起動や移動と連動した動的な設定情報登録が必要になる。

この課題を解決するためにドコモはSDNを合わせて導入した。SDNに関しては本特集記事に詳述している[2]。

## 7. あとがき

本稿では、仮想化技術の概要と通信キャリアの抱える課題、仮想化技術適用による解決方法を解説し、また仮想化の要素技術とNFVにおける新たな課題について述べた。

仮想化技術の適用により、今まで難しかった、社会インフラである通信ネットワークのつながり易さの向上とCAPEX/OPEX低減の両立を実現するメドが立った。仮想化技術を通信キャリアのネットワークへ適用したNFVは、システム間インタフェース仕様における標準化議論が今まきに行われている最中である。

ドコモでは、積極的な標準化活動を展開するとともに、難易度の高い異なる複数のベンダ製品を組み合わせたマルチベンダ構成での開発を行い、世界に先駆けて通信ネットワークにNFVとこれに対応したネットワーク技術であるSDNを導入したことで、この分野の飛躍的進展に貢献した。

ドコモはマルチベンダ製品間のインテグレーション、信頼性・運用容易性を考慮したりソース設計などのさまざまな開発活動を行い、2016年3月に商用サービスを開始した。

今後も世界に先駆けたマルチベンダ製品を組み合わせた開発活動の成果を基に、引続きNFVの発展に貢献していく。

## 文献

- [1] 樽林, ほか: “NFVの標準化に向けた取組み,” 本誌, Vol.24, No.1, pp.12-19, Apr. 2016.
- [2] 岡崎, ほか: “NFVを実現するためのSDN技術の導入,” 本誌, Vol.24, No.1, pp.28-34, Apr. 2016.

<sup>\*9</sup> VLAN: 物理的な接続構成に依存せず、論理的なネットワークを構築することが可能な技術。通信ソフトウェアはさまざまなネットワークと接続されるので、それらを適切に分離するためにVLANを利用している。

<sup>\*10</sup> トランクポート: 複数のVLANに所属するポートであり、所属するVLAN値を設定する必要がある。

## NFVの標準化に向けた取り組み

NFV ISGは、通信サービスにおけるネットワーク仮想化の実現を目的にETSIにおいて設立された標準化組織であり、今まで活発な議論が展開されている。本稿ではまず、NFV ISGの組織概要とこれまでの活動について述べ、次に物理的なハードウェアからネットワーク機能を仮想化し、それらを管理・調停するためのNFV参照アーキテクチャについて解説する。また、NFVの普及促進に向けた取り組みとして、他の標準化機関との連携、およびオープンソースコミュニティの活用について述べる。

先進技術研究所

くればやしりょうすけ

榎林 亮介 カーン アシック

おばな かずあき  
尾花 和昭

### 1. まえがき

「通信事業者のネットワークを仮想化するために何が必要か？」この問いに対する共通解を見つけるべく、2012年11月、欧州電気通信標準化機構（ETSI：European Telecommunications Standards Institute）\*1に、ネットワーク仮想化（NFV：Network Functions Virtualisation）\*2を検討するNFV ISG（Industry Specification Group）が、通信事業者7社によって設立された。

設立当時、ITサービス事業者ではすでに仮想化技術が普及しており、通信事業者の間にも、自社のネット

ワークを仮想化することによる、事業のコスト構造の変革に期待が寄せられていた。しかしその一方で、通信事業者のネットワークは、個々のネットワーク装置（NF：Network Function）が大規模・複雑であり、かつ要求される性能・信頼性が高い、現行の運用管理システムであるOSS（Operations Support System）\*3/BSS（Business Support System）\*4との連携が必要といった、ITサービスとは異なる要件を有する。そこで、NFV ISGでは、具体的な実装方式の検討を行う前段として、まず、拘束力のない情報提供的（Informative）な議論の中で、ネットワーク

仮想化における共通の要求条件や参照アーキテクチャについて合意形成が進められた。その後、NFV ISGは、拘束力のある規定的（Normative）な標準仕様の策定にまで活動の範囲を広げ、現在、世界中から300社近くの企業が参加するまでに成長している。ドコモも、第一回の会合からNFV ISGに参画し、その発展に積極的に貢献してきた。

本稿では、NFV ISGの発展経緯とともに、標準化が進められているNFVのアーキテクチャについて解説する。また、NFVの普及促進に向けた取り組みとして、他の標準化機関との連携、およびオープンソース

コミュニティの活用について述べる。

## 2. NFV ISG

NFV ISGは、実際に製品を調達し運用する立場である通信事業者が主導して、通信機器ベンダ、標準化機関、オープンソースコミュニティを始めとする情報通信業界全体に対し、NFVにおける共通の要求条件を発信することを目的とする。このため、NFV ISGの組織運営では、通信事業者間の連携・発信力を強化するための工夫がなされている。

NFV ISGの組織構成を図1に示す。2015年12月時点のNFV ISG（フェーズ2）は、全体調整や運営を担うTSC（Technical Steering Committee）、通信事業者の連絡会であるNOC（Network Operator Council）、分野別に技術検討を行う5つの作業部会（WG：Working Group）から構成される。

NOCは、通信事業者の連携・発信力を高めるためのNFV ISGの特徴の1つである。通信事業者間で、戦略的な優先課題に対する要望やユースケースを議論する。現在、世界中の主要な通信事業者のほぼすべてとなる37社がNOCに加入している。

NFV ISGでは、全体会合となるプレナリ会合を四半期に一度の頻度で開催している。初会合は2013年1月に開かれ、57団体から150名ほどが参加した。そして、2016年2月の第13回会合では295団体が登録し、会合への参加者は219名に達した。

ドコモは、立上げ当初から現在に至るまで、NFV ISGに積極的に参画し、ユースケースやアーキテクチャを提案してきた。さらに、NFV ISGの副議長、TSCのテクニカル副マネージャを歴任するなど、NFV ISGの活動に大きく貢献している。

NFV ISGの活動は、2013年1月か

らのフェーズ1と、2014年12月からのフェーズ2に分けられる。フェーズ1では、ステージ1に相当するNFVへの要求条件と参照アーキテクチャに関する合意形成が、フェーズ2では、ステージ2に相当するアーキテクチャとそのインタフェースに関する標準仕様の策定が進められている。

### 2.1 フェーズ1

#### (1)4つの基本文書

NFV ISGは、活動の初年度に、その後の標準化機関や市場への指針となった4つの基本文書（NFVユースケース、NFVアーキテクチャ、NFV用語集、NFV要求条件）をGS（Group Specification）として策定した。

- ①NFVユースケース[1]：NFVの適用分野をまとめた文書である。要求条件やアーキテクチャの検討における基礎となっている。

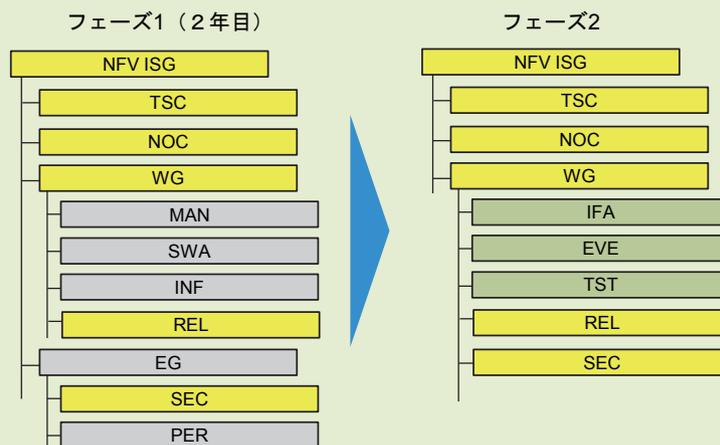


図1 NFV ISGの組織構成

\*3 OSS：移動通信網で発生している故障や輻輳の発見とそれに対する制御・措置を行っているシステムのこと。事業者の運用支援システム。通信事業者の場合、提供しているサービスを運用するために、ネットワークやシステムの「障害管理」「構成管理」

「課金管理」「性能管理」「セキュリティ管理」のすべて、もしくは一部を行う。  
\*4 BSS：ビジネス支援システム。通信事業者における顧客管理やオーダー管理などに利用される。

②NFVアーキテクチャ[2]：ハイレベルな論理アーキテクチャと設計思想をまとめている。NFVを構成する機能ブロックと、機能ブロック間を結ぶ参照点\*5を定義し、マルチベンダ製品の相互運用をめざすものである。

③NFV用語集[3]：NFV ISGで使用する用語の定義集である。NFVという新しい技術概念の共通理解のために、用語の定義の統一が不可欠であった。

④NFV要求条件[4]：NFVの商用利用に向けたハイレベルな要求条件をまとめた文書である。

これらの文書が一般に公開されたことで、NFV ISGが提唱するネットワーク仮想化に対する共通理解が急速に業界に広がった。

## (2)NFV PoC

NFV ISGの特徴として、PoC (Proof of Concept)\*6の仕組みがある。これは4つの基本文書で提示した概念を、通信事業者とベンダが協力して実証する取り組みである。NFV ISGでは、本組織準拠のエコシステム\*7を創出し、各社が取り組んだPoCの成果を広く世界に発信するためのガイドラインとして、NFV PoCフレームワークを提供している。

## (3)基本文書の発展

フェーズ1の2年目には、基本文書の成果を発展させる形で、4つのWGと2つのEG (Expert Group) が設置され、16のGSが発行されている。ここで代表的なGSを紹介する。

①NFV MANO (NFV Manage-

ment and Orchestration) [5]：NFVにおける新たなオペレーションの実現に向け、仮想化に特化した管理・調停を実施する機構であるNFV MANOとその仕様を提案している。NFV MANOの定義はNFV ISGの最も重要な成果であり、フェーズ2における規定的な標準化が行われているほぼすべてのWI (Work Item) では、NFV MANOにて定義された機能ブロックと、機能ブロック間を結ぶ参照点の仕様策定に取り組んでいる。

②仮想ネットワーク機能アーキテクチャ[6]：NFVによって仮想化された個々のネットワーク機能であるVNF (Virtual Network Function) のソフトウェアアーキテクチャを定義している。

③インフラストラクチャ[7]~[12]：VNFを実行する基盤における要求条件、インタフェースを定義している。

これらは実質、情報提供的 (Informative) であり、規定的 (Normative) な仕様は、フェーズ2にて策定されている。

## 2.2 フェーズ2

ETSIでは、ISGの活動期間の上限は2年とされている。しかし、フェーズ1の議論を通じ、NFVの普及・発展にはオープンな標準仕様に基づく相互運用性の確保が不可欠であるとすると一方で、新しい技術概念であるNFVの標準仕様を議論でき

る適切な標準化機関が存在しない、という共通認識が形成された。

そこで、ETSIのISGとしては例外的な形で、NFV ISGの活動期間の2年の延長が認められた。そして、NFV ISG自身による標準仕様策定に向けたフェーズ2の議論が開始された。

フェーズ2では、図1に示したように、5つのWG (IFA (InterFaces and Architecture), EVE (Evolution and Ecosystem), TST (TeSTing, experimentation and open source), REL (RELIability, availability, and assurance), SEC (SECurity)) が設置されている。

①IFA WG：フェーズ1の成果を基礎として、アーキテクチャとそのインタフェース (ステージ2) レベルの仕様を策定している。他のWGと異なり、本WGの成果物は規定的 (Normative) な標準仕様を含んでいる。また、ステージ2の次の段階にあたる、製品の実装に十分な技術詳細 (ステージ3) レベルの仕様策定やオープンソース開発に向け、他の標準化機関、オープンソースコミュニティとの協力を進めている。

②EVE WG：NFVの新しいユースケース、およびNFVに関係する新技術のフィージビリティ検討をしている。具体的には、NFVへのSDN (Software Defined Networking) の適用法などが議論されている。

③TST WG：NFVの仕様に基づ

\*5 参照点：標準仕様の中で定義される機能ブロック間を結ぶインタフェース。

\*6 PoC：新しいコンセプトやアイデアの意義や実現性を、簡易的に実現しデモンストレーションすること。

\*7 エコシステム：複数の企業が事業活動など

の分野で連携して、お互いの技術や資産を活かし、消費者や社会までも巻き込んで、研究開発から販売、宣伝、消費にいたる一連の流れを形作る共存共栄の仕組み。

くマルチベンダ製品の相互運用性を確保するため、フェーズ1のPoCフレームワークの維持発展と相互運用試験を担う。

REL WGとSEC WGは、フェーズ1からの延長（ただしSECはEGからWGへの移行）であり、NFVの信頼性やセキュリティについて継続して議論している。

### 3. NFV参照アーキテクチャ

NFV準拠の製品が相互運用されるマルチベンダ環境の実現をめざし、NFV ISGでは、図2に示す参照アーキテクチャを提案している。本アーキテクチャでは、NFVを構成する機能ブロックと、機能ブロック間の参照点を定義している。フェーズ1

の最初の基本文書の1つであるNFVアーキテクチャ文書[2]によってそのフレームワークが定義され、さらに、管理・調停を担うNFV MANOについて詳細検討がなされた。そして、フェーズ2のIFA WGにおいて、主に各機能ブロックを結ぶ参照点のインターフェースに関して、ステージ2レベルの標準仕様を策定している。

#### 3.1 機能ブロック

NFV参照アーキテクチャは主に、VNF、NFVI (NFV Infrastructure)、NFV MANOから構成される。

##### (1)VNF

VNFは、通信事業者のネットワークを構成する個々のネットワーク機能を仮想化したものである。従来、ネットワーク機能は専用のハードウェア装置で提供されてきたが、

VNFではそれらを、仮想化技術を用いてソフトウェア化している。VNFの具体例として、モバイルネットワークの移動管理・パケット転送に用いられるEPC (Evolved Packet Core)\*8ノードを仮想化したvEPC (virtualised EPC) がある。

ITサービス事業者の仮想化技術と比較した際のNFVの特徴の1つとして、VNFの規模の大きさや複雑さがある。例えば、ITサービスにおいて仮想化される機能の多くは1つの仮想マシン (VM: Virtual Machine)\*9上に展開可能である。一方、NFVにおけるほとんどのVNFでは、複数のVMが連携して動作し、多い場合では1つのVNFが数百ものVMから構成され得る。

##### (2)NFVI

NFVIは、VNFを実行するインフ

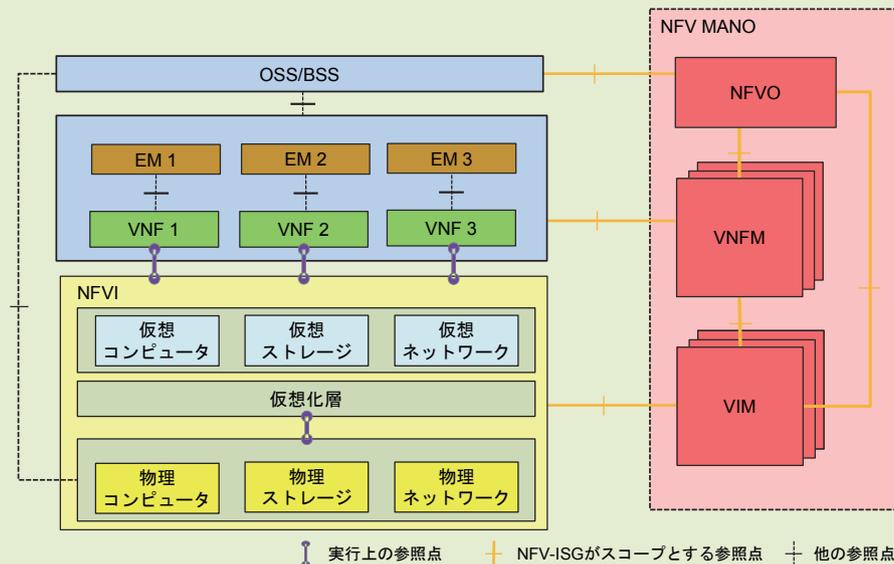


図2 NFV参照アーキテクチャ

\*8 EPC: LTEをはじめとした多様な無線アクセスを収容し、お客様の認証や、移動しながらもデータ通信が継続するための移動制御などを提供する通信設備。

\*9 仮想マシン (VM): ソフトウェアによって仮想的に構築されたコンピュータ。

ラである。コンピュータ、ストレージ、ネットワーク機器などの物理的なハードウェア資源と、これらを仮想化する仮想化層と呼ばれるソフトウェアからなる。仮想化層によって仮想コンピュータ、仮想ストレージ、仮想ネットワークといった仮想リソースがVNFに提供される。VNFはこれらの仮想リソースを相互に接続することで構成される。

仮想化技術によってVNFをNFVIにおけるハードウェアから分離させることで、NFVIを汎用品で構築でき、またハードウェアの設置場所に捉われないことなくVNFを柔軟に配置可能となる。

### (3)NFV MANO

NFV MANOは、NFVによって通信事業者のネットワークに新たに導入されることとなった3つの要素、①NFVI、②VNF、そして、③VNFを相互接続することで構成される仮想網であるネットワークサービスのそれぞれを管理する。さらに、NFV MANOをOSS/BSSと連携させることで、通信事業者の現行の運用環境でNFVを運用できるようにする。

## 3.2 NFV MANO

NFV MANOは、さらに以下の3つの機能ブロックに分割される。

### (1)VIM (Virtualised Infrastructure Manager)

VIMは、NFVIにおける物理コンピュータ、物理ストレージ、物理ネットワークの各資源を管理する。そして、上位のVNFM、NFVOからの要求に基づき仮想リソースを生成する。

### (2)VNFM (VNF Manager)

VNFMは、大規模・複雑になり得るVNFの制御を担うモジュールである。すなわち、VNFのライフサイクル制御としてVNFの起動、停止、スケーリング、ヒーリングなどの動作を担う。なお、VNFに固有のFCAPS (Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security)<sup>\*10</sup>の管理は、従来のネットワーク機能と同様に、EM (Element Manager)<sup>\*11</sup>が担う。

### (3)NFVO (NFV Orchestrator)

NFVOは、大きく以下に示す2つの機能を担う。

- ・第1は、仮想リソースに関する

機能として、複数のVIMをまたがるNFVI上の仮想リソースを統合的に管理する。例えば、各VIMの容量を監視し、VNFMからの新規のVNFの生成要求に対して、適切なVIMを選択し回答する。

- ・第2は、ネットワークサービスに関する機能である。すなわち、VNFや既存の物理的なネットワーク機能を複数接続することでネットワークサービスを構成し、そのライフサイクルを制御する。

## 3.3 基本的な処理フロー

NFV参照アーキテクチャにおける典型的な処理として、OSS/BSSからNFVOに新しいネットワークサービスの作成を依頼する際のフローを図3、4に示す。

まず、図3に示すように、OSS/BSSからNFVO・VNFMに対して、VNFの設計図や仮想マシンのソフトウェアイメージを含むVNFパッケージがアップロードされる(図3①)。アップロードされたVNFパッケージ

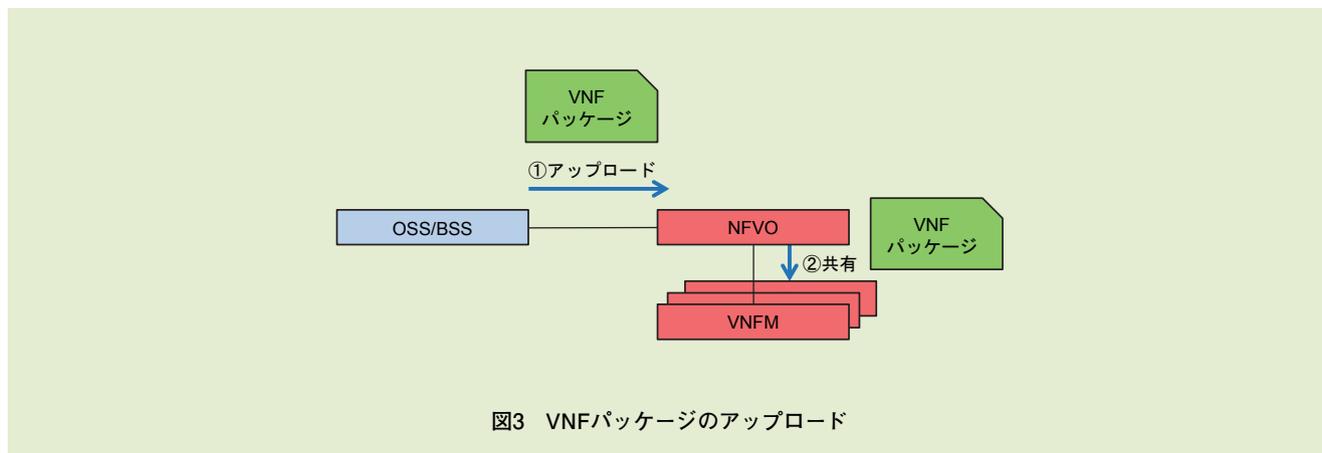


図3 VNFパッケージのアップロード

\*10 FCAPS：通信事業者のネットワークの管理・監視項目である、障害 (Fault)、設定 (Configuration)、課金管理 (Accounting)、性能 (Performance)、セキュリティ (Security) を指す。

\*11 EM：個々のネットワーク装置に対する

FCAPSの管理・監視を担う機能ブロックである。

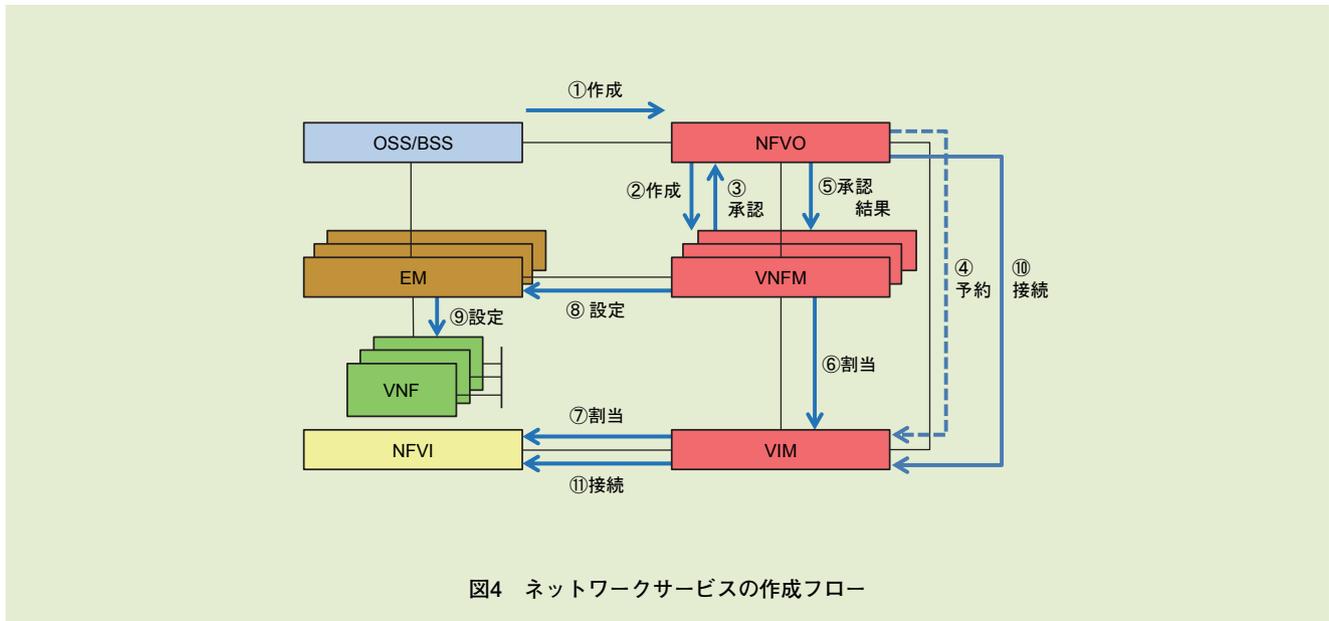


図4 ネットワークサービスの作成フロー

はVNFMに共有される (図3②)。

次に、OSS/BSSからNFVOにネットワークサービスの作成を指示する (図4①)。

NFVOは、ネットワークサービスを構成するVNF、およびそれらを管理するVNFMを特定する。そして、特定したVNFMにVNFの作成を指示する (図4②)。

VNFMは、指示されたVNFの作成に必要な仮想リソースを見積もる。そして、NFVOに見積もった仮想リソースの一覧を示し、仮想リソースの割当てを実行してよいか承認を求める (図4③)。

NFVOは、要求された仮想リソースが配下のVIMにおいて利用可能であるか判断し、その結果をVNFMに通知する (図4⑤)。このとき、NFVOは、要求された仮想リソースがVNFMで確実に利用できるよう、VIMに対して仮想リソースの予約を要求できる (図4④)。

VNFMは、NFVOからの回答に基づき、VIMに対して仮想リソースの割当てを要求する (図4⑥⑦)。この割当ては、VNFMから直接VIMに対して要求することも、NFVOを経由してVIMに要求することもできる。次にVNFMは、EMとも連携して、割り当てた仮想リソースに対してVNFとして必要な設定を施し (図4⑧⑨)、VNFの作成を完了する。

最後にNFVOは、VNF間を接続し (図4⑩⑪)、ネットワークサービスを作成する。

## 4. 普及促進に向けた取組み

NFV ISGは、標準化機関やオープンソースコミュニティと、それぞれが所掌する分野に応じて積極的に連携している。特に、オープンソースコミュニティの活用は、従来のデジュール標準<sup>\*12</sup>をめざすアプローチが、参画機関の合意形成に時間を

要し市場におけるタイミングを逸しかねないことから、新たなアプローチとして注目されている。事実、IT業界では、従来よりオープンソースの手法を取り入れ、短期間で新しい技術を普及させてきた実績がある。

そこで、NFV ISGは、他の標準化機関として、3GPP SA5 (Third Generation Partnership Project System Aspects)<sup>\*13</sup>、TM (TeleManagement) フォーラム<sup>\*14</sup>のみならず、NGMN (Next Generation Mobile Networks)<sup>\*15</sup> [13]、ONF (Open Networking Foundation)<sup>\*16</sup> [14]と、さらにオープンソースコミュニティとして、OpenStack<sup>\*17</sup> [15]、OpenDaylight<sup>\*18</sup> [16]、OPNFV (Open Platform for NFV) [17] などとリエゾン (Liaison) 文書<sup>\*19</sup>、了解覚書 (MoU: Memorandum of Understanding)<sup>\*20</sup>などを結び、連携を進めている。これらの結果、NFVに関してオープンソースを活用した迅速な実装が行われるように

\*12 デジュール標準: 標準化団体などの公的機関によって策定された標準規格。

\*13 3GPP SA5: 3GPPは、移動通信システムに関する標準化機関である。SA5は、3GPPにてOSS/BSSについて議論する作業部会のこと。

\*14 TMフォーラム: 通信事業者のネットワーク管理の業界標準を検討する非営利団体。

\*15 NGMN: ドコモをはじめとするベンダ・オペレータで構成される、次世代モバイル通信ネットワークのビジョンとロードマップを策定する団体。

\*16 ONF: SDNに関する標準化活動を推進する非営利団体。ONFが策定した標準プロトコルとしてOpenflowがある。

なり、また統一的な標準化とその実装に基づく相互運用性の確保によるエコシステム構築が期待されている。

#### 4.1 OPNFV

現在、クラウドコンピューティング分野で主流となっているソフトウェアの多くはオープンソースソフトウェアである（例：OpenStack, OpenDaylight）。しかし、それらのオープンソースソフトウェアとNFV ISGのNFV参照アーキテクチャ間にはいくつかの機能差分があり、相互運用性も担保されていなかった。

そこで、機能差分を埋めて相互運用性を保証したうえで、NFVIとVIMを統合したNFV参照プラットフォームを実現するために、OPNFVが2014年10月に誕生した。ドコモは設立メンバーであり、現在は通信事業者とIT分野の19社のプラチナメンバー（ドコモを含む）と42社のシルバーマンバーが参加し、OpenStack, OpenDaylight, OVS (Open vSwitch)<sup>\*21</sup>[18], KVM (Kernel-based Virtual Machine)<sup>\*22</sup>などの既存のオープンソースソフトウェアを活用したNFV参照プラットフォームの構築を進めている。OPNFVは年に2回、NFV参照プラットフォームを公開することとなり、2015年6月に第1回目のArno（アルノ）リリースを公開した。2016年3月には第2回目のBrahmaputra（ブラッパプトラ）リリースを公開した。

OPNFVの成果物はApache® Version 2.0ライセンス<sup>\*23</sup>にて公開される。またすべての決断は投票によっ

て行われるため、迅速に合意形成される。会議やすべてのドキュメントは一般公開される方式であり、誰でも参加可能である。

OPNFVでは、開発したソフトウェアを継続的に維持管理できるようにするため、基本的に機能差分の特定と仕様化までをOPNFV内で実施し、得られた成果を、既存の関連オープンソースコミュニティに提案してその中で実装する形でプロジェクトを進める。ドコモはvEPCの商用導入に向けた検討を通じて特定された機能差分から、次に示す2件のプロジェクトを運営している。

##### (1)ドクタープロジェクト[19]

VNFの故障検知からVNFMへの通知を高速化することを目的としたプロジェクトである。特に商用のネットワーク機能に対する故障検知・通知条件は、通常のITノードに比べてはるかに厳しい。OPNFV発足時のOpenStackでは、故障検知から通知まで数分を要していたため、商用環境での故障を仮定した際の大きな問題となっていた。

そこで、ドクタープロジェクトは、まずOpenStackにおけるコンピュータ資源を管理するソフトウェアモジュールに関して、VNFM向けのインタフェースをOpenStackコミュニティに提案し、Libertyリリース<sup>\*24</sup>にてコード実装することで、高速な故障通知機能を実現した。コンピュータ資源の故障に関する残りの開発項目も、すでに仕様がOpenStackコミュニティにて採録されており、OpenStack Mitakaリリース<sup>\*25</sup>にて

機能追加される予定である。

##### (2)プロミスプロジェクト[20]

OpenStackへのリソース予約機能の追加を目的とするプロジェクトである。本プロジェクトはケーススタディとして、OpenStackへのプラグインの形でリソース予約機能を開発している。さらに、そのプラグインソフトウェアモジュールとOpenStackの親和性を保ったうえで、次のステップとしてOpenStack内でのコード開発をめざす。プロミスプロジェクトによって開発されたソフトウェアは、OPNFVの第2回目のリリースから提供された。

#### 4.2 その他のオープンソース

OPNFVと同様に、NFV ISGが定義するNFV参照アーキテクチャを実現する、他のオープンソースコミュニティも多数発足している。NFV MANOを開発するOpen Source MANO[21], NFVOを開発するOpen Baton[22]などがあり、オープンソースによる実装と普及が着実に進んでいる。

## 5. あとがき

本稿では、NFV ISGの発展経緯とともに、標準化が進められているNFVのアーキテクチャについて解説し、また、NFVの普及促進に向けた取り組みとして、他の標準化機関との連携、およびオープンソースコミュニティの活用について述べた。

NFV ISGによって得られた成果に対する通信業界の期待は高く、技術詳細（ステージ3）の標準仕様の

<sup>\*17</sup> OpenStack：サーバ仮想化技術を用いて、一台の物理サーバを仮想的に複数のサーバのように動作させ、仮想サーバをユーザが利用するクラウドサービスごとに割り当てるクラウド基盤のソフトウェア。オープンソースソフトウェアとして提供されている。

<sup>\*18</sup> OpenDaylight：SDNのコンセプトに基づいて、ネットワーク装置を外部から制御する機能を提供するソフトウェアの1つ。オープンソースソフトウェアとして提供されている。

<sup>\*19</sup> リエゾン (Liaison) 文書：標準化機関が

他の機関と連携したり情報交換する際に取り交わされる文書。

<sup>\*20</sup> 了解覚書 (MoU)：組織間の合意事項を記した文書。

完成を待つことなく、オープンソースや商用システムによる実証が進められている。そして、これらの実証を通じて、NFV参照アーキテクチャの技術的な改善点も明らかになっており、今後も実証—標準化のサイクルを円滑に回していくことが重要である。

ドコモでは総務省からの受託により、以下の2つの研究開発をそれぞれ共同で実施した。これらの実験結果は総務省へ報告するとともに、NFV ISGにおける標準化の議論に活用している。

- ・2012年度「大規模災害時における移動通信ネットワーク動的通信制御技術の研究開発」：東北大学，日本電気，日立ソリューションズ東日本，富士通。
- ・2013年度「大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する研究開発」：東京大学，東北大学，NECソリューションイノベータ，日本電気，富士通。

また、NFV ISGの仕様を基に、開発を行った機器を用いて2016年3月に商用導入を実施している。この

商用導入で得た知見も標準化にフィードバックすることで、今後も引続きNFVの発展に貢献する。

## 文献

- [1] ETSI GS 001 NFV: “Group Specification, Network Functions Virtualisation (NFV); Use Cases,” Oct. 2013.
- [2] ETSI GS NFV 002: “Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework,” Dec. 2014.
- [3] ETSI GS NFV 003: “Network Functions Virtualisation (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV,” Dec. 2014.
- [4] ETSI GS NFV 004: “Network Functions Virtualisation (NFV); Virtualisation Requirements,” Oct. 2013.
- [5] ETSI GS NFV-MAN 001: “Network Functions Virtualisation (NFV); Management and Orchestration,” Dec. 2014.
- [6] ETSI GS NFV-SWA 001: “Network Functions Virtualisation (NFV); Virtual Network Functions Architecture,” Dec. 2014.
- [7] ETSI GS NFV-INF 001: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure Overview,” Jan. 2015.
- [8] ETSI GS NFV-INF 003: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Compute Domain,” Dec. 2014.
- [9] ETSI GS NFV-INF 004: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure: Hypervisor Domain,” Jan.

2015.

- [10] ETSI GS NFV-INF 005: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Network Domain,” Dec. 2014.
- [11] ETSI GS NFV-INF 007: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Methodology to describe Interfaces and Abstractions,” Oct. 2014.
- [12] ETSI GS NFV-INF 010: “Network Functions Virtualisation (NFV); Service Quality Metrics,” Dec. 2014.
- [13] NGMNホームページ。  
<https://www.ngmn.org/home.html>
- [14] ONF: “ONF Overview - Open Networking Foundation.”  
<https://www.opennetworking.org/about/onf-overview>
- [15] OpenStackホームページ。  
<https://www.openstack.org/>
- [16] The OpenDaylight Platformホームページ。  
<https://www.opendaylight.org/>
- [17] OFNFVホームページ。  
<https://www.opnfv.org/>
- [18] Open vSwitchホームページ。  
<http://openvswitch.org/>
- [19] OPNFV: “The Doctor Project.”  
<https://wiki.opnfv.org/doctor>
- [20] OPNFV: “The Promise Project.”  
<https://wiki.opnfv.org/promise>
- [21] Open Source MANOホームページ。  
<https://osm.etsi.org/>
- [22] Fraunhofer Fokus: “OPEN BATON.”  
<http://openbaton.github.io/>

\*21 OVS: 仮想化環境において、仮想マシン間を接続するスイッチを実現するソフトウェアの1つ。オープンソースとして提供されている。

\*22 KVM: 仮想化を実現するソフトウェアの1つ。オープンソースとして提供されている。

\*23 Apache® Version 2.0ライセンス: オープンソースソフトウェアに用いられるライセンス形態の1つ。

\*24 Libertyリリース: クラウド環境の構築に利用されるオープンソースソフトウェアであるOpenStackの12番目のリリースである。

2015年10月15日にリリースされた。

\*25 Mitakaリリース: クラウド環境の構築に利用されるオープンソースソフトウェアであるOpenStackの13番目のリリースである。2016年4月にリリース予定である。

## ネットワーク仮想化特集 — 「強さ」と「しなやかさ」を併せ持つネットワーク —

## ドコモネットワークにおける仮想化基盤システムの実用化

NFV ISGは通信用APLをクラウド上で動作させるコンセプトを提唱し、これを契機として世界的に議論が活発化している。NFVを実現するために解決しなければならない課題として、①リソース共有によるAPL処理性能劣化、②クラウド上で動作するアプリケーションの耐障害性を維持する手法の確立、③障害発生時の物理・仮想レイヤの切分けの複雑化などが挙げられる。本稿では、これらの課題を解決し、実用化された仮想化基盤システムについて解説する。

ネットワーク開発部

かまだ 鎌田 亨  
とある 久野 友也  
たむら 田村 宏直  
ひろなお ひろし  
いわみや いわみや 宏

## 1. まえがき

ドコモは、ネットワーク仮想化(NFV: Network Functions Virtualisation)\*1 ISG (Industry Specification Group)にて標準化されたアーキテクチャに基づき、仮想化基盤システムの開発を進めてきた。実用化に向けては、通信事業者の特性に応じて考慮しなければならない事項がある。具体的には、①リソースプールの設計・運用、②クラウド環境上で動作させるための通信用APL(APLication)\*2の要件の取込み、③通信事業者の建設・保守運用形態の変化、などが挙げられる。これらは通信事業者の方針などにより独自に

決定するものである。

- ①リソースプールの設計・運用については、通信事業者の保有する設備環境、通信用APLの信頼性に対する考え方に依存するため、通信事業者が独自に設計する必要がある。
- ②通信用APLはユーザへ通信サービスを提供するうえで、非常に重要なソフトウェアであり、通信用APLの性能・品質の劣化はユーザサービスの低下に直結する。すなわち、クラウド環境\*3で動作する通信用APLに求められる性能・品質・信頼性[1]を維持しなければならない。
- ③仮想化により、仮想化レイヤが

追加されることで、障害時の問題切分けなど、通信用APLのメンテナンスの複雑化が見込まれ、さらなるメンテナンスの効率化が求められる。

ドコモでは、これらの要求事項をもとに、課題の明確化およびその課題に対する対策を行い、仮想化基盤システムの実用化を完了し、2016年3月商用サービスを開始した。

本稿では、仮想化がもたらす効果を達成すべく、通信用APLをクラウド環境上で動作させるための課題と要件を明確にし、その対策を適用した仮想化基盤システムの実用化について解説する。なお本稿では、通

\*1 ネットワーク仮想化 (NFV) : 通信キャリアのネットワークを仮想化技術により汎用ハードウェア上で実現すること。

\*2 通信用APL : 電気通信サービスを提供するにあたり、必要となる機能を実現する機能コンポーネントを指す。具体的には交換

機、伝送装置、無線装置などの電気通信装置上で動作するアプリケーションのこと。

\*3 クラウド環境 : 仮想化を実現するための仮想化プラットフォーム、VMWare, Openstackなどが挙げられる。

信用APLの開発コスト削減のため、ソフトウェア構造を変更することなく仮想化することを前提としている。

## 2. クラウド環境上における通信用APLの課題

仮想化のメリットを有効的に利用するためには、解決しなければならない課題が存在する。これらの課題について以下に考察する。

### 2.1 リソース共有に伴う課題（課題1，2）

一般的に仮想化では、複数のアプリケーションで仮想リソースを共有し、リソースの利用効率を高めることでそのメリットを享受することができる。また、コンピュータ、ネットワーク、ストレージなどの物理リソースをHypervisor<sup>\*4</sup>により仮想化することで、仮想コンピュータ、仮想ネットワーク、仮想ストレージを

構築し、物理リソースをアプリケーションから隠蔽することが可能となる。すなわち、通信用APLは仮想化された装置であるVM (Virtual Machine)<sup>\*5</sup>上に搭載されることで、物理構成を意識することがなくなり、物理サーバのEOL (End Of Life)<sup>\*6</sup>に伴う、OS更改などの開発が不要となる。

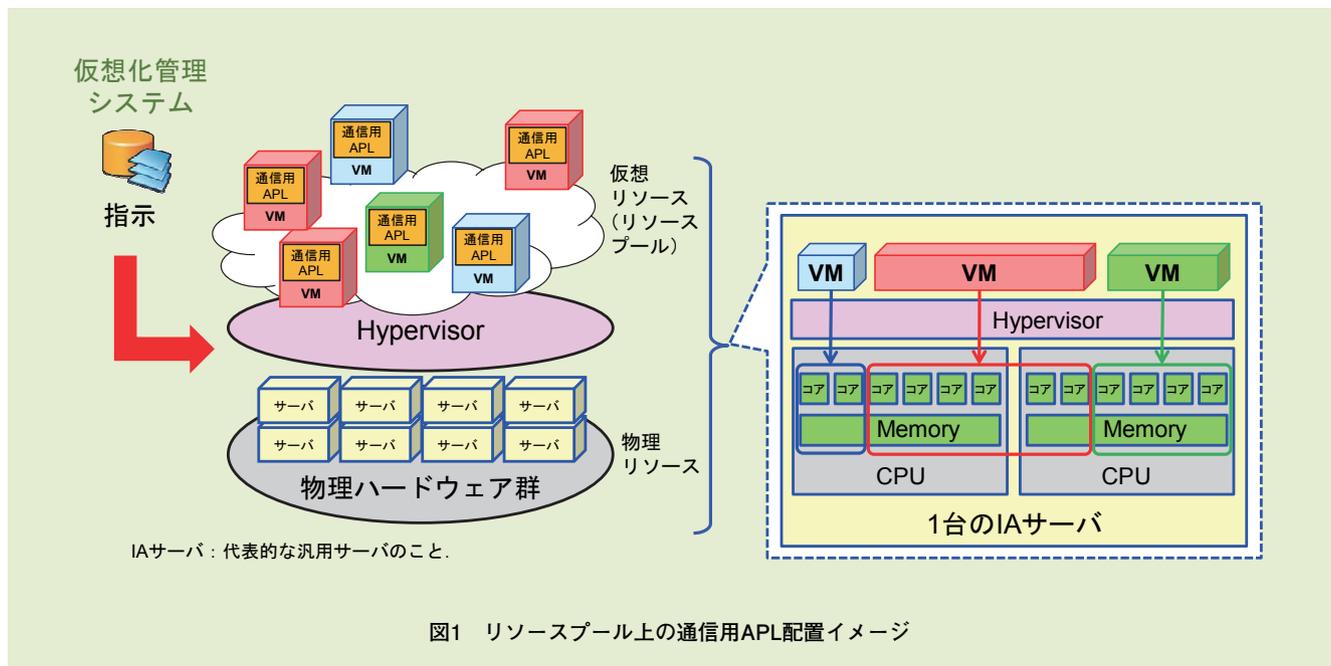
通信用APLをリソースプール上に配置する様子を図1に示す。

従来、ハードウェアの構成を基に、通信用APLの機能コンポーネントの配備設計や、処理性能、耐障害性に関する設計を行ってきたが、クラウド環境上で動作させる場合、ハードウェアはVMによって隠蔽されるため、処理遅延や耐障害性の低下などの課題が生じることとなる。

(1)通信用APLにおける処理遅延の課題（課題1）

通信用APLから物理リソースを

隠蔽することで、サーバとネットワーク機器の配線やサーバ構成を意識せず自由にアプリケーションを搭載できるというメリットがある一方で、アプリケーションをリソースプール上に配置する際、どの物理サーバかを指定することができないため、意図せずホップ数<sup>\*7</sup>の遠い物理リソースを利用して、VMを配置したり、図2(a), (b)に示すような、サーバの内部構造上、非効率的なCPUやメモリの使い方をする懸念があり、その場合処理遅延につながる。仮想化基盤システムの導入により、アプリケーションはコンポーネントの構成に応じて複数のVMに搭載され、そのVMがリソースプールの空きリソースに配置されるが、物理サーバの内部構造や帯域の最適化はできないこと、また、後述するHypervisorを導入することによって処理時間のばらつきが発生することな



\*4 Hypervisor：仮想化技術のひとつである仮想マシンを実現するための制御プログラム。

\*5 VM：ソフトウェアによって仮想的に構築されたコンピュータ（仮想マシン）。

\*6 EOL：製品のサポート終了。

\*7 ホップ数：通信ネットワークにおける、通信相手に到達するまで経由する中継設備の数。

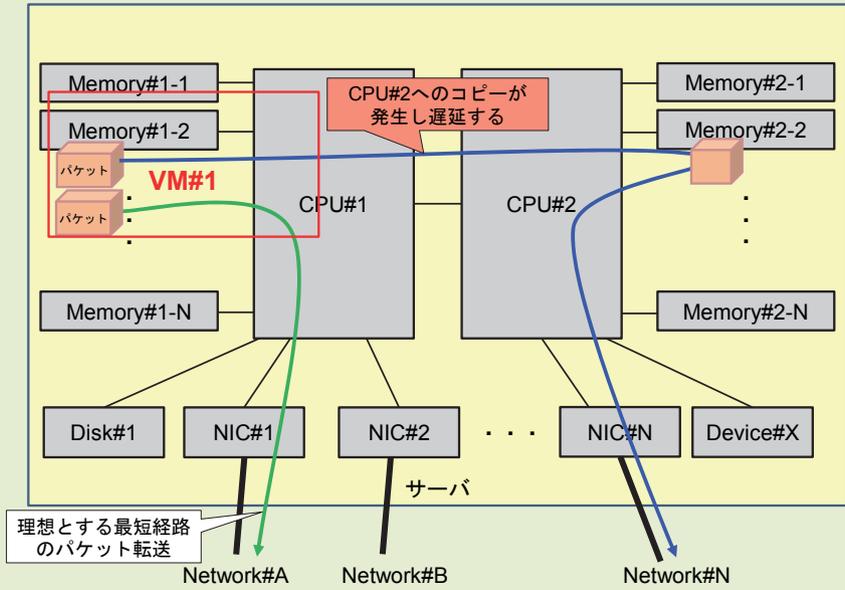


図2(a) 非効率なサーバの利用例①

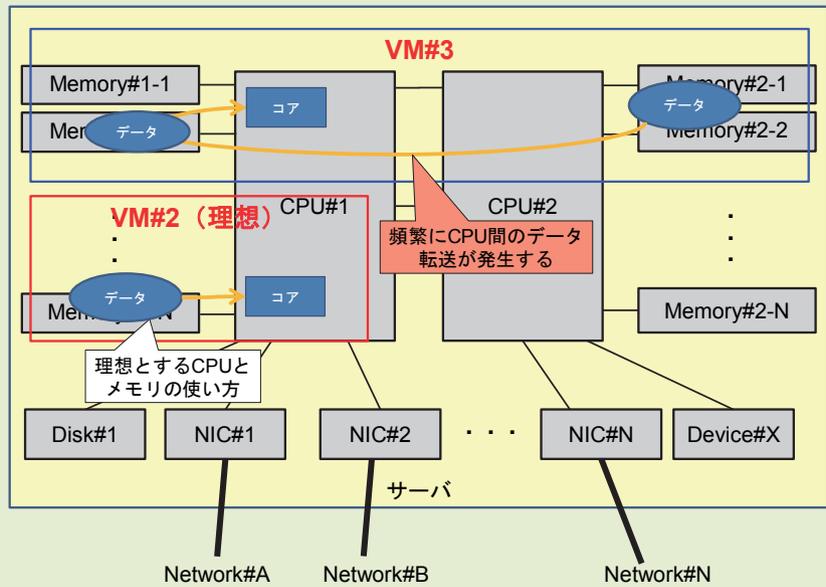


図2(b) 非効率なサーバの利用例②

ど、処理遅延が発生する。

仮想化によって生じる処理遅延の課題について図3に示す。仮想化す

ると、物理装置を直接利用する非仮想化と比較して処理時間にばらつきが発生する。この現象は、Hypervi-

sorによりソフトウェア的に複数の仮想リソースと物理リソースを制御するため、仮想リソース間やHyper-

visor自身の処理で物理リソースが競合することで生じる (図4)。そのため、例えばLocal Time 1つをとってもVM内のタイムクロック処理において不均一な遅延が発生して時刻がずれるという事象が発生する。同様の原因により通信用APLの処

理も外部の装置から見ればTAT (Turn Around Time)\*8の変動が大きくなる。これらの背景により仮想化すると安定した速度を出すことができず、通信用APLの処理性能の維持が難しい。よって、Hypervisorの処理に依存しないリソース制御の

方式が必要と考えられる。

(2)通信用APLにおける耐障害性の課題 (課題2)

リソース共有に伴い、1つの物理サーバに複数のVMが搭載されるため、1つの物理サーバ障害時の通信用APLへの影響が大きくなり、ユー

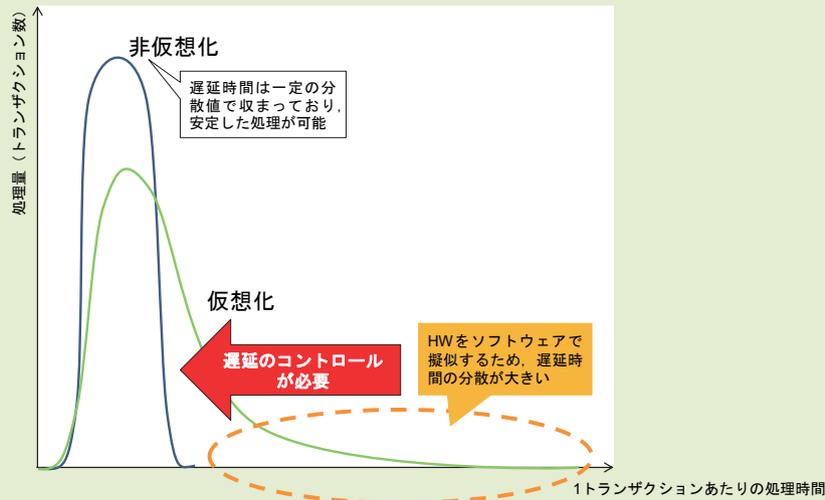


図3 仮想化における処理遅延の分布イメージ

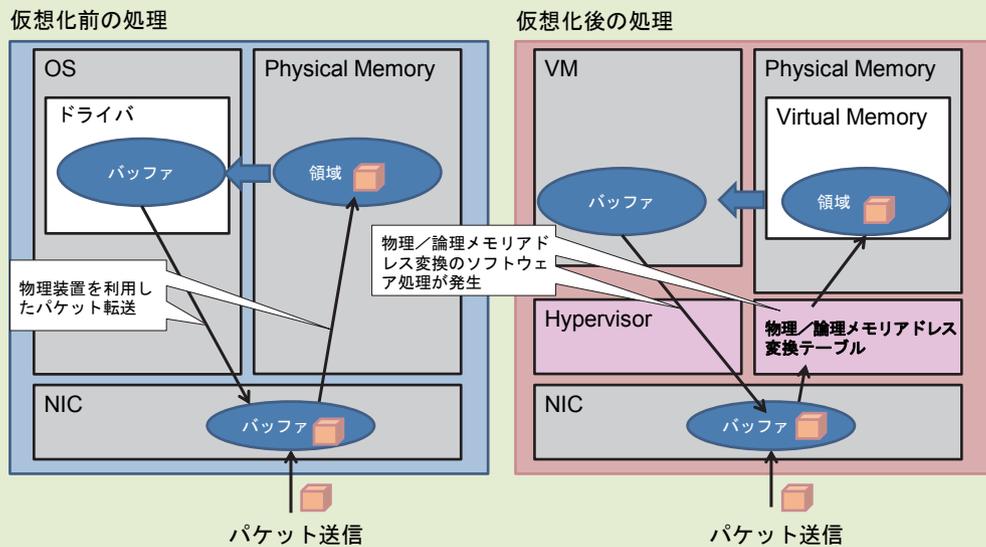


図4 処理遅延のメカニズム

\*8 TAT: アプリケーションの処理開始から結果の出力が終了するまでの時間。

サービスの低下が想定される。よって、通信用APLを構成する、各コンポーネントの冗長構成を考慮し、同時に両系障害に陥らないVMの配置手法が必要と考えられる。

## 2.2 仮想化アプリケーションのメンテナンス課題 (課題3)

仮想化アプリケーションの増加に伴い、クラウド環境やリソースプールの拡大が見込まれ、通信用APLを実行するVMが仮想化基盤システムからのオートヒーリング機能により、リソースプール上で動的に移動することを踏まえると、従来のハードウェアとソフトウェア一体の保守と比較して、メンテナンスの複雑性が増すことは言うまでもない。これらのことにより、保守稼働が増加し、さらには故障切分け時の高スキル化が必要となる。よって、通信用APLやNFVI (NFV Infrastructure) \*9の

状態に応じた障害切分けのため、VMとサーバの稼働状況の可視化が求められる。

## 2.3 クラウド環境における仮想化基盤システムの要件

前述の課題に対する対策として、通信用APLを収容する仮想化基盤システムは以下の要件が求められる。

- ①物理リソースの占有による遅延の解消に向けた仮想リソース構築
- ②VM配置ポリシーを定義可能なリソースの構築
- ③論理構成と物理構成の可視化

## 3. 仮想化基盤システムの実用化

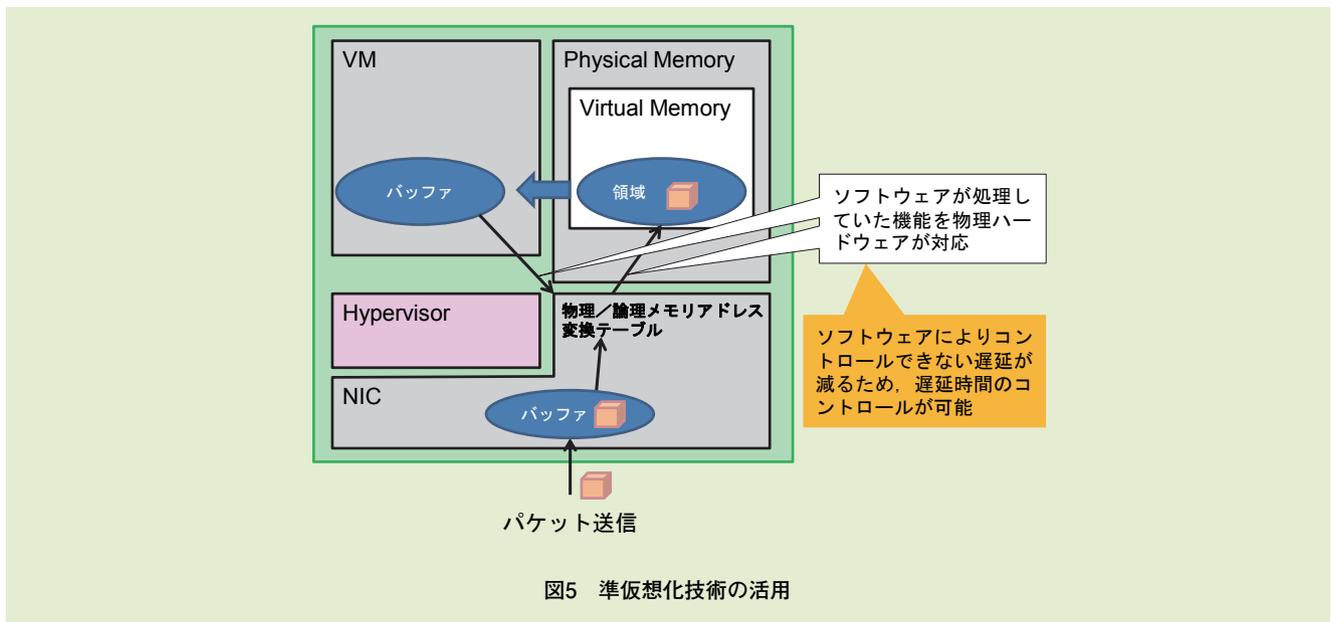
### 3.1 物理リソースの占有による遅延解消に向けた仮想リソース構築

(1)データ転送における通信遅延の対策 一般的に、仮想化において性能を

高める方法として、準仮想化技術[2]の適用が挙げられる。準仮想化技術とは、Hypervisorがソフトウェアとして行う一部の処理を、仮想化支援機能を保有している物理ハードウェアが代用する方法である。準仮想化技術を利用することで、Hypervisorが介入することによる遅延はコントロールが可能となり、その影響を回避できる (図5)。

しかし、準仮想化技術を利用する場合、機能提供は物理ハードウェアが行うため、その機能や構成に基づき、通信用APLや仮想化基盤システムからの制御が必要となる。また、仮想リソースと物理リソースの関係を詳細に定義することが必要となり、共通のなリソースプールの構築が困難となる。よって、準仮想化技術の適用範囲を限定することとした。

通信用APLの場合、遅延を制御する箇所は主にデータ転送部であるため、通信性能が最大となるようNIC



\*9 NFVI: クラウド基盤を構成する汎用サーバ、ストレージ、NW機器の総称。

(Network Interface Card) \*10とCPUの組合せを1つの単位 (Cell) として定義し、遅延が許容されない一部のNICのみ準仮想化技術を利用することとした。メモリやストレージは仮想化技術をそのまま適用することで、VMを配置する時はサーバおよびCellの選定と準仮想化技術を利用したNICの使用有無を選択するだけとし、共通的なリソースプールの構築を実現した。(図6)。

(2)通信用APL実行における処理遅延の対策

通信用APLはVM上で動作するため、VMの安定した運用のための要件として、CPUを占有すること、すなわち、同一CPU上で複数のVMの起動を許容しない要件が存在する。これらの対策として、該当NFVIサーバのCPU/メモリ/NICの構造を解釈し、CPUのコア数 \*11をVM

が必要とする仮想リソースとして定義することで、CPUの占有を可能とした。

これらの対策により、通信用APLの性能要件を満たす仮想リソースを構築した。

3.2 VM配置ポリシーを定義可能なリソースプールの構築

従来の通信用APLの信頼性向上、拡張性を考慮し、それを構成する機能コンポーネントは、ACT\*12-SBY\*13、nACT構成\*14などの冗長構成を取っている。ACT-SBYを構成する機能コンポーネントのVMが1つのサーバに搭載された場合、サーバ障害により、両系障害となりサービス中断に繋がる。よって、これらの冗長構成コンポーネントを同一サーバに配

置しないようなVM配置のルール定義と、それに対応したリソースプールの設計が必要となる。なお、物理サーバへのVM配置は、スケーリング\*15、ヒーリング\*16、インスタレーション\*17などの制御に伴い実行される。

リソースプールの構成とVM配置ポリシーの定義、および仮想化基盤システムを構成する各コンポーネントの機能分担について以下に解説する。

(1)リソースプールの構築

リソースプールはVIM (Virtualised Infrastructure Manager) \*18単元に構築され、それを複数のゾーンに分割する。なお、ゾーンはネットワーク機器の障害に備えて冗長化されているラック単位とすることとした。リソースプールとゾーンの関係性を図7に示す。図7の通り、リソ

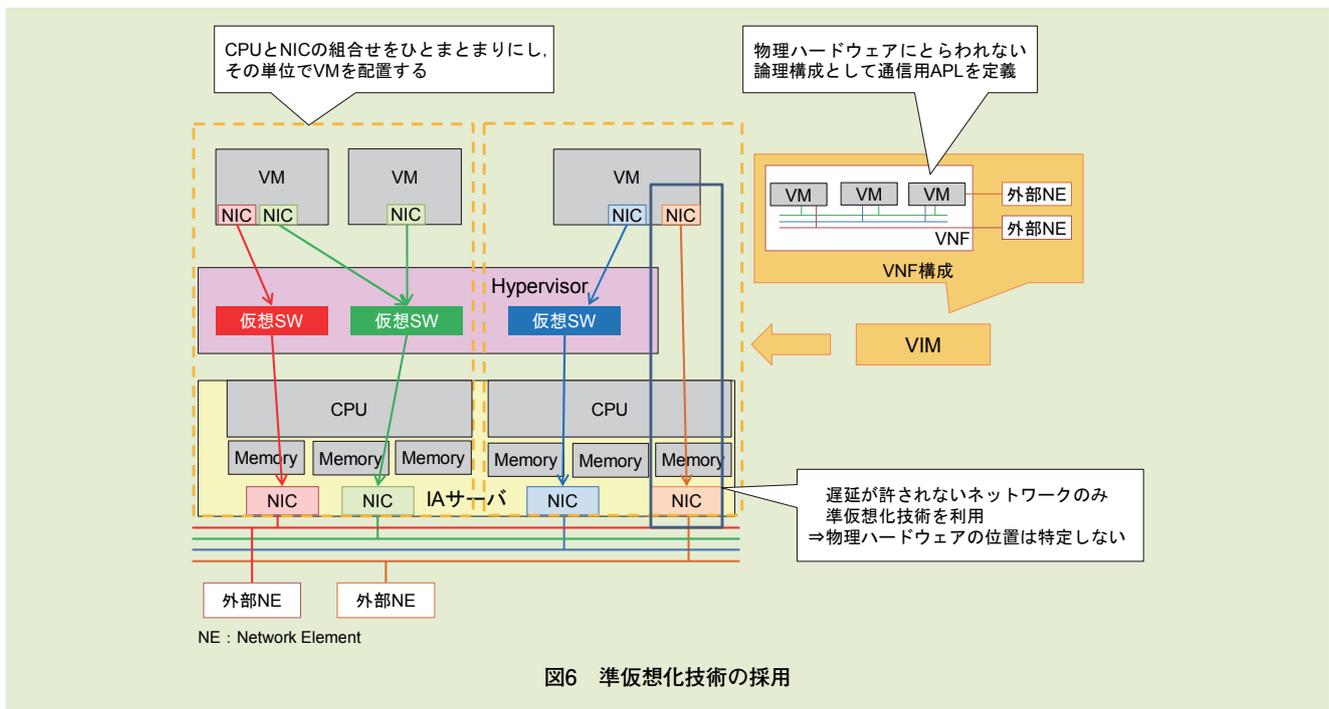


図6 準仮想化技術の採用

\*10 NIC：汎用サーバをLANに接続するための拡張カード。  
 \*11 コア数：CPU内で処理を実施する部位の数。  
 \*12 ACT：冗長構成を有する通信アプリケーションの運用系。

\*13 SBY：冗長構成を有する通信アプリケーションの待機系。  
 \*14 nACT構成：n台のサーバが並行稼働して、処理負荷を分散する。1台のサーバで障害が発生した場合、他のサーバで処理を引き継ぐことが可能。

\*15 スケーリング：ハードウェアや仮想マシンの負荷状況に応じて通信ソフトウェアとしての処理能力が不足、あるいは余剰になった際に、通信ソフトウェアを構成するVMを増減することにより処理能力を最適化すること。

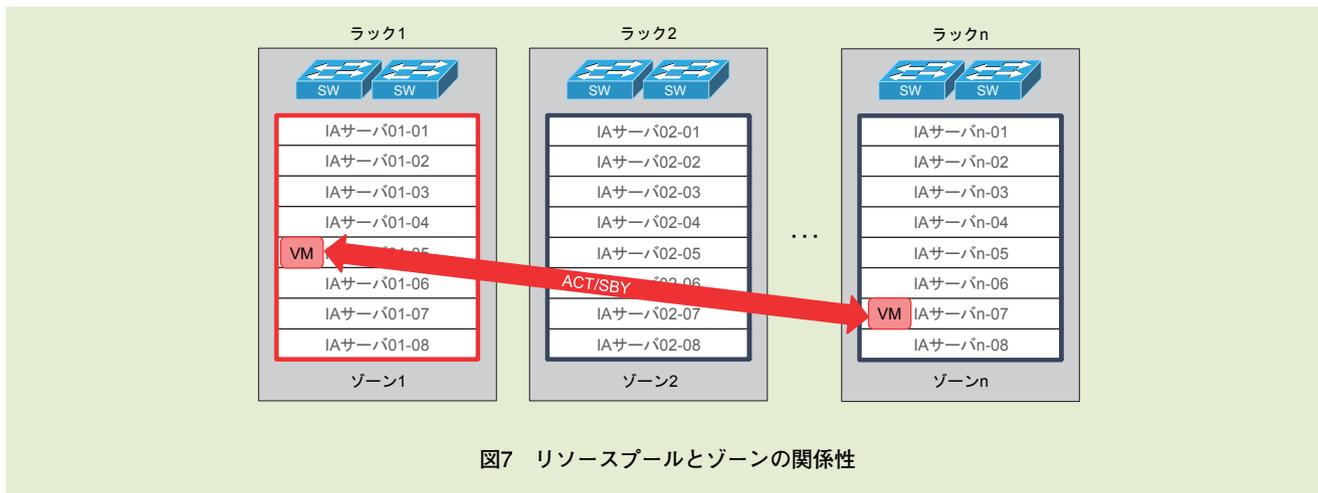


図7 リソースプールとゾーンの関係性

プール上の異なるゾーンに、ACT-SBYを構成するVMを配置することで、サーバ障害やゾーン障害時に両系障害とならない構成を採ることができる。nACTを構成するVMは複数のゾーンに配置することで、ネットワーク機器の多重障害によるゾーン障害時の影響を回避することが可能となる。なお、ゾーンの数はnACTのn数必要となるが、通信事業者の所有するファシリティ条件や通信用APLの特性を加味し、その数を決定することとする。

#### (2)VM配置ポリシー定義

VM配置ポリシー定義に関する、仮想化基盤システムの機能分担について解説する。リソースプールおよびゾーンの定義や物理サーバ個々の制御はVIMにて行い、VNFM (Virtual Network Function Manager)<sup>\*19</sup>やNFVO (NFV Orchestrator)<sup>\*20</sup>からはリソースプール（ゾーン）の制御のみを行う[3]。つまり、選定されたゾーン内のサーバの選択はVIMが行い、VNFMは各VMの冗長構成の関係を把握し、ACT-SBY構成やnACT

構成に応じてゾーンを選定する。NFVOはリソースプールのキャパシティ管理を行う。この分担により、通信用APLの耐障害性を維持したVM配置が可能となる。

### 3.3 論理構成と物理構成の可視化

クラウド環境上における通信用APLの保守方法について解説する。ドコモにおけるクラウド環境上で起動する通信用APLは、従来の通信用APLのソフトウェア構成を引き継いだため、それを監視制御するOSS (Operation Support System)<sup>\*21</sup>は、従来の監視制御を継承することができる。

従来の通信用APLはハードウェアと一体型を前提に構成しており、通信用APLの警報を基に、OSSはハードウェアなどの被疑箇所を特定することが可能であったが、クラウド環境上ではオートヒーリング機能によりVMが動的に移動するため、被疑とされるVMとそのVMが起動されているサーバを特定することは

容易ではない。従って、通信用APLやその関連装置に障害が発生し、ソフトウェア（論理構成）とハードウェア（物理構成）の障害切分けを行う場合、VMが起動されているサーバを特定するため論理構成と物理構成の可視化が必要となる。

論理構成の可視化として、OSS上で表示される通信用APLのコンポーネント名とリソースプール上のVM名を対応付けるために、コンポーネントとVMの命名規則を統一した。これにより、通信用APLを構成するコンポーネントと仮想リソース上のVMの関係性を明確にした。物理構成の可視化として、VIMはサーバとリソースプール上のVMの括付けを管理しており、この括付け情報をOSSに流通することで、OSSにおいて論理構成と物理構成を可視化し、従来の監視制御方法を継承することが可能となった(図8)。

## 4. あとがき

本稿では、通信用APLをクラウド環境上で動作するための課題と、

\*16 ヒーリング：ハードウェア障害や仮想マシン障害が発生した際に、正常なハードウェア上に仮想マシンを移動、または再作成することで通信ソフトウェアとして正常な状態に復旧する手続き。

\*17 インスタンスエーション：クラウド環境上

で通信用APLを立ち上げる手続き。

\*18 VIM：仮想化基盤の物理コンピュータ、物理ストレージ、物理ネットワークの各資源を管理するシステム。

\*19 VNFM：VNFのライフサイクル制御として起動や停止などVNFの制御を担うシステム。

\*20 NFVO：複数のVIMをまたがる仮想リソースの統合的な管理システム。

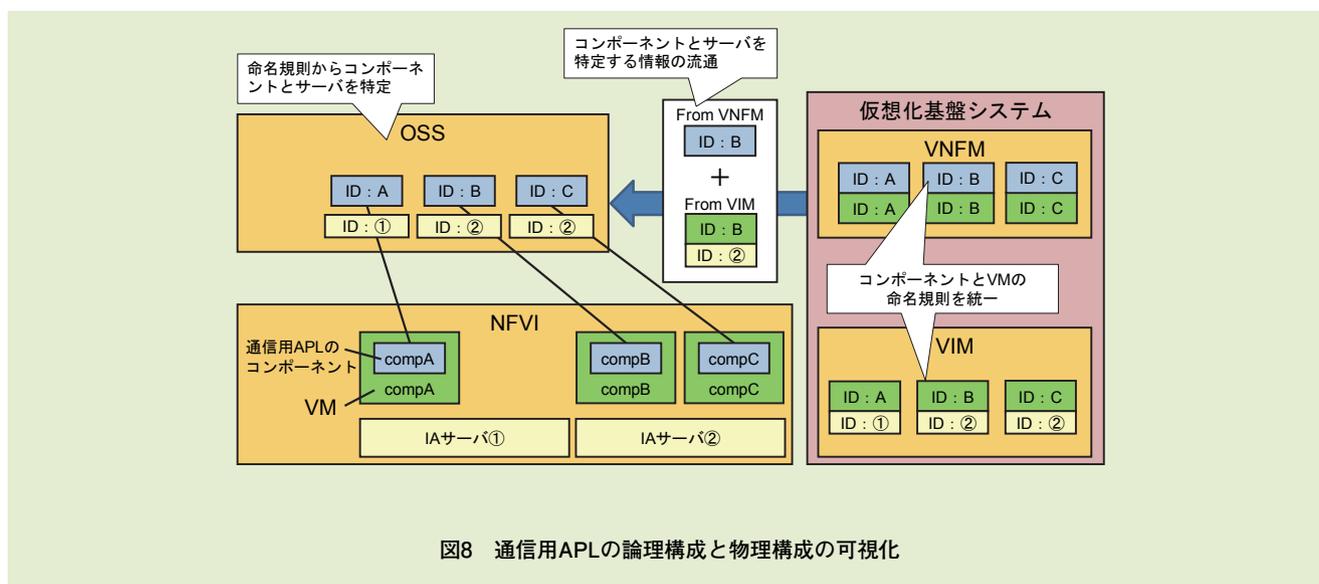


図8 通信用APLの論理構成と物理構成の可視化

その解決策を適用した仮想化基盤システムの実用化について解説した。

クラウド環境上において通信用APLを運用するためには、建設・保守業務のさらなる効率化が求められている。今後はこれらの要求に対し、インスタンス化時の各種設定作業の削減を目的とした新たなネットワークサービス<sup>\*22</sup>の検討を進

めて行く予定である。また、マルチベンダで構成される仮想化基盤システムの保守運用オートメーションについて検討を行う予定である。

#### 文献

- [1] 北川, ほか: “LTEサービス「Xi」(クロッシィ) 特集 一スマートイノベーションへの挑戦—/豊かな生活に役立つ社会基盤となるLTEシステム・サー

ビス概要,” 本誌, Vol.19, No.1, pp.6-10, Apr. 2011.

- [2] ETSI GS NFV 004: “NETWORK FUNCTIONS VIRTUALISATION (NFV); VIRTUALISATION REQUIREMENTS,” Oct. 2013.
- [3] WIND RIVER ホワイトペーパー: “NFVとSDNによる高パフォーマンスのオープンスタンダード仮想化,” Oct. 2015.

\*21 OSS: 移動通信網で発生している故障や輻輳の発見とそれに対する制御・措置を行っているシステムのこと。事業者の運用支援システム。通信事業者の場合、提供しているサービスを運用するために、ネットワークやシステムの「障害管理」「構成管理」

「課金管理」「性能管理」「セキュリティ管理」のすべて、もしくは一部を行う。

\*22 ネットワークサービス: インスタンス化によりクラウド環境上で、通信用APLを起動する際に、他の通信用APLや仮想化された通信用APLと接続するために

必要となる仮想的なネットワークを生成する機能。NFV ISGで定義されているネットワークサービスのこと。

## NFVを実現するためのSDN技術の導入

2016年3月、ネットワーク機能を仮想化するNFVをドコモネットワークに導入した。それに伴い、通信ソフトウェアとハードウェアの括付けが無くなるため、ルータ・スイッチで構成される物理ネットワークには、動的かつ柔軟に構成の変更が可能であることが求められており、ドコモはその実現方法としてSDN技術を採用した。本稿では、NFVを実現するためのSDN技術について解説する。

ネットワーク開発部  
 おかざき ゆうすけ きただ たくや  
 岡崎 裕介 北出 卓也  
 よしだ たいすけ  
 吉田 泰輔

### 1. まえがき

通信キャリアのネットワーク機能を、専用ハードウェアではなく、汎用ハードウェア上のソフトウェア技術によって仮想的に提供するネットワーク仮想化（NFV：Network Functions Virtualisation）<sup>\*1</sup>技術が発展してきている。NFVは、汎用ハードウェアにインストールされた仮想化レイヤ（Hypervisor）上に通信ソフトウェアを展開させることで、ハードウェア特性に依存せずVM（Virtual Machine）<sup>\*2</sup>が動作することを可能とする技術である。

これまで物理的な構成の制約を受けていたハードウェアリソース

（CPU／メモリ／HDDなど）は、仮想化後は論理的な構成を取ることができ、リソースプール<sup>\*3</sup>の概念で使うことが可能になる。また、専用の高価なハードウェアではなく、汎用ハードウェアの共通的な利用が可能となり、ハードウェアリソースの共有が実現できる。それにより、迅速で柔軟な通信ネットワークの構築や耐障害性の向上が可能となる。

しかし、NFVの効果を最大限に発揮するためには、従来のルータ・スイッチで構成されるネットワークでは対応が難しい課題が存在する。

例えば、従来は通信ソフトウェアを専用ハードウェア上で動作させていたため、物理ネットワークを個別

に用意していた。しかし、NFVでは、汎用のハードウェア上にあるリソースプールに異なる通信ソフトウェアが混在するため、効率的な運用の観点から共通の物理ネットワークを用意する必要がある。

また、NFVによりVMとして動作する通信ソフトウェアを収容するネットワークには、任意のハードウェア上で生成・削除されるVMへの対応や、異なるハードウェア上をVMが移動した場合の対応など、動的かつ柔軟な構成変更が求められている。

そこでドコモは、上記の課題解決としてSDN（Software Defined Networking）技術を採用することとした。

©2016 NTT DOCOMO, INC.  
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

\*1 ネットワーク仮想化（NFV）：通信キャリアのネットワークを仮想化技術により汎用ハードウェア上で実現すること。

\*2 VM：ソフトウェアによって仮想的に構築されたコンピュータ（仮想マシン）。

\*3 リソースプール：大量のハードウェアを束

ねて、それぞれのハードウェアが保持するリソース（CPU／メモリ／HDDなど）の集合体としたものであり、これを基にさまざまな仮想マシンが作成可能となる。

本稿では、NFVによりネットワークに求められる要件・課題とSDNによる課題解決、およびSDNの今後の展望について解説する。

## 2. NFVによる要件と課題

### 2.1 ネットワークリソースの共有

汎用ハードウェア上で、異なる通信ソフトウェアが実装されるということは、汎用ハードウェアを収容するルータ・スイッチなどの物理ネットワークにおいても、異なる通信ソフトウェアを収容することが要件として求められる。

このためネットワークとしても柔軟に物理ネットワークを共有し制御

できることが必要であり、同一物理ネットワークに複数の仮想的なネットワークを柔軟に構築する技術などの実現方法が課題となる。

### 2.2 VM生成／移動への追従

NFVにより、汎用ハードウェア上で新たなVMの生成やVMの移動が生じる。そのため、ネットワークとしては、VMの生成／移動に追従することが要件として求められる。具体的には、VMが生成した際には、そのVMが通信可能となるようにネットワークパスのセットアップが必要である。また、VMが移動する際には、同一IPアドレス\*4/MAC (Media Access Control) アドレス\*5を持ちまわり、別のハードウェア上

に移動するため、移動前のネットワークパスを削除し、新たに移動した先のネットワークパスをセットアップする必要が生じる。

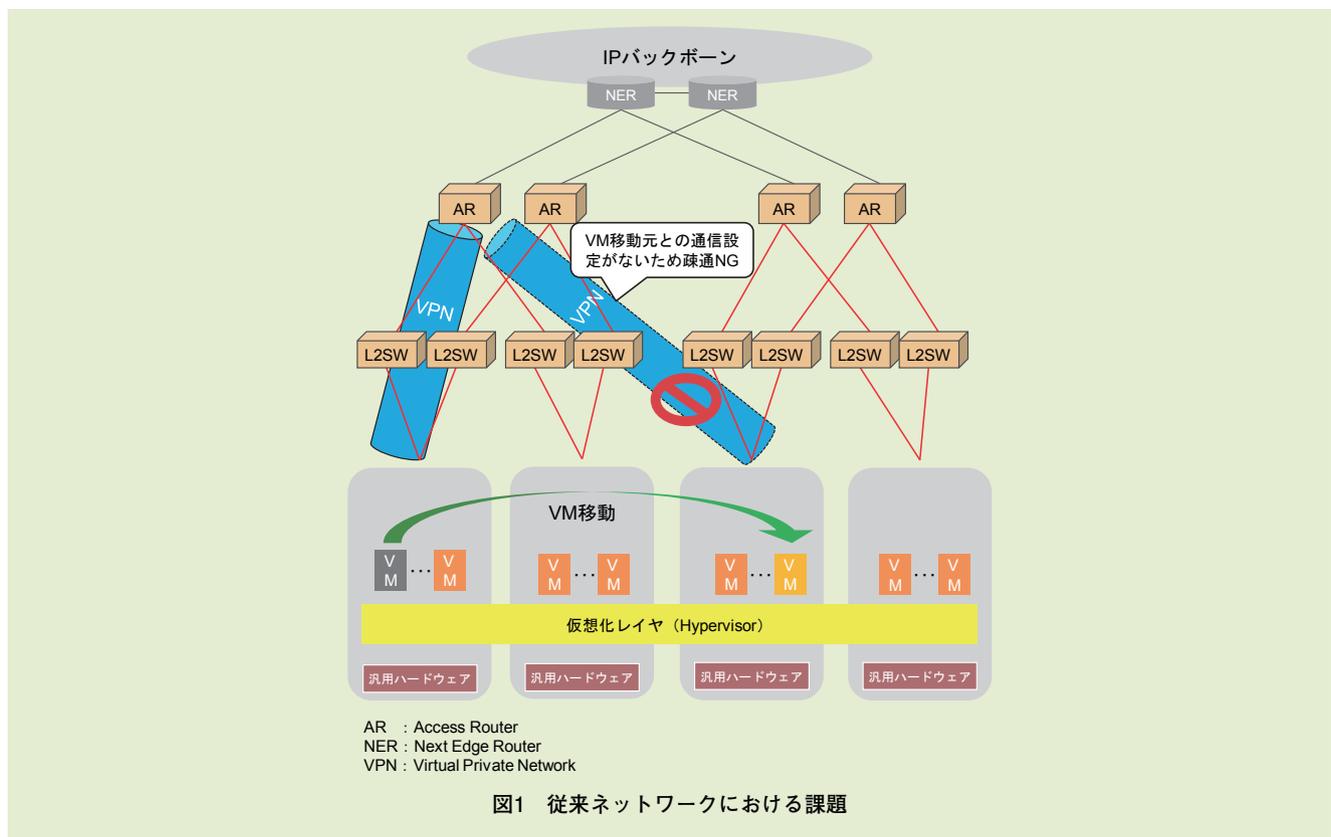
しかし、従来のネットワークでは、固定的なネットワークパスとなるため、VMが生成／移動した際に動的なネットワークパスの切替えが実施できず、生成／移動したVMが通信できなくなることが課題であり(図1)、動的にネットワークパスを切り替えることが求められる。

## 3. SDNによる課題解決

### 3.1 SDNの概要

#### (1)SDNアーキテクチャ

SDNアーキテクチャとは、従来は全機能が1台のハードウェアに組み



\*4 IPアドレス：インターネットやイントラネットなどのIPネットワークに接続されたコンピュータや通信機器1台1台に割り振られた識別番号。

\*5 MACアドレス：各イーサネットボードに割り振られる、12桁の固有の物理アドレス。

込まれていたルータ・スイッチなどを複数組み合わせることで構築していたネットワークのアーキテクチャを見直し、C-Plane (Control-Plane)<sup>\*6</sup>とD-Plane (Data-Plane)<sup>\*7</sup>を分離したものである。C-Planeはソフトウェアによる経路計算機能などを指し、D-Planeはハードウェアによる転送処理機能などを指す。

従来のネットワーク機器の設定は、個別に実施する必要があったが、このアーキテクチャによりSDNコントローラを介して、集中制御が可能となる(図2)。

また、集中制御による全体最適化と、C-PlaneとD-Plane間のインターフェースであるSouthbound IF<sup>\*8</sup>をオープンソースとして規定することでマルチベンダ化を実現し、コスト削減が期待されている。

(2)集中制御型とハイブリッド制御型  
SDNアーキテクチャは集中制御型およびハイブリッド制御型に大別される。それぞれのアーキテクチャの特徴と動作イメージを表1、図3に示す。集中制御型は、SDNコントローラが各スイッチから状態を収集し経路計算を行う方式で、ハイブリッド制御型は、SDNコントローラに加えて各スイッチに搭載された分散コントローラを利用してネットワーク制御を行う方式である。

当初の一般的なSDNアーキテクチャは集中制御型中心であったが、最近ではハイブリッド制御型のソリューションが主流となっている。ハイブリッド制御型では、SDNコントローラが転送ポリシーを各スイッチに設定し、その後の経路情報の計算を個々のスイッチで行うためすべての経路をSDNコントローラ

で計算する集中制御型と比較してSDNコントローラの負荷が少ないため拡張性に優位点がある。また、SDNコントローラがダウンした際にも転送および経路計算を継続できる点、ネットワーク内の自律分散制御により高速切替が可能であるという利点がある。そのためドコモでは、ハイブリッド制御型を採用している。

### 3.2 オーバレイネットワーク技術

前述の、「同一の物理ネットワークに複数の通信ソフトウェアを収容する」という要件を満たすため、オーバレイネットワーク技術を利用する。オーバレイネットワーク技術とは、同一の物理的なL2ネットワーク上に、VLANやVXLAN (Virtual eXtensible LAN)<sup>\*9</sup>などのトンネル技術を適用することで複数の論理的

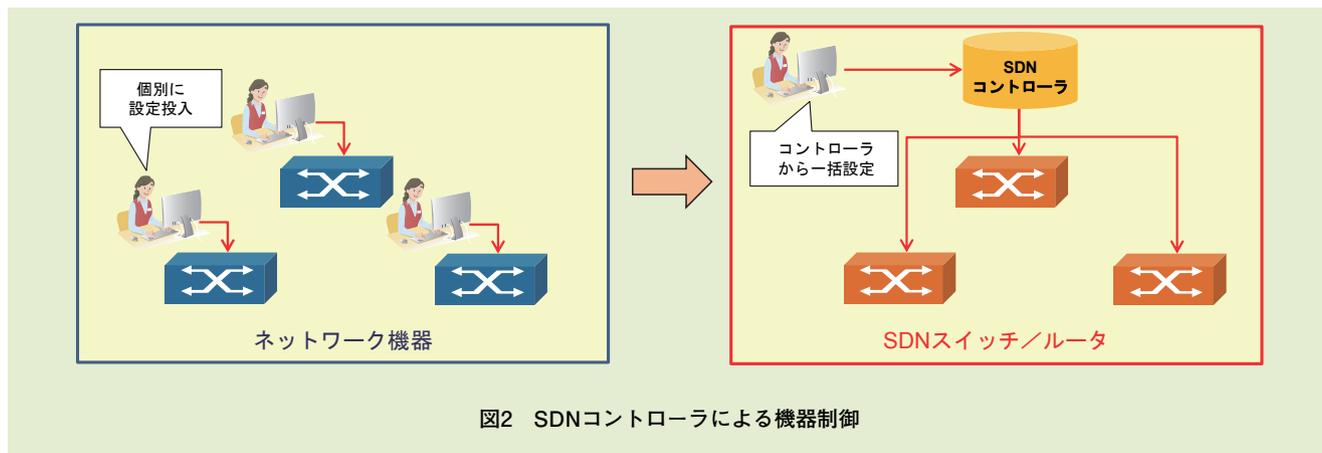


図2 SDNコントローラによる機器制御

表1 SDNアーキテクチャの特徴

	集中制御型	ハイブリッド制御型
C-Plane	SDNコントローラのみで実施	SDNコントローラとスイッチ両方で分担
経路計算	SDNコントローラが各スイッチから状態収集し経路計算	SDNコントローラは転送ポリシーを各スイッチに設定 個々のスイッチが自律的に経路計算
経路切替	経路切替にSDNコントローラ介在	経路切替にSDNコントローラ非介在

\*6 C-Plane：ネットワークの経路制御機能。

\*7 D-Plane：データ転送機能。

\*8 Southbound IF：SDNにおいて、SDNコントローラとそれによって制御されるネットワーク機器を結ぶインターフェース。

\*9 VXLAN：L3で構成されるネットワーク上に論理的なL2ネットワークを構成するための技術。従来のVLANでは4,094個のL2ネットワークしか構成できなかったのに対し、VXLANでは最大で1677万以上のL2ネットワークを構成することができる。

なL2ネットワークを作成する技術である (図4)。

しかし、従来のオーバーレイネットワーク技術では、ネットワークを構築するすべてのネットワーク機器に対して、論理的なL2ネットワーク

を構成するための設定投入を個別に行う必要があった。そこで今回導入するSDN技術を利用して、論理的なL2ネットワーク機能を構成するためのネットワーク機器への設定を「転送ポリシー」として定義し、SDN

コントローラからそれを設定することで、各ネットワーク機能に必要な設定を一括して行うことが可能となった。

これにより、NFVにおいて汎用ハードウェア上に配置される通信ソ

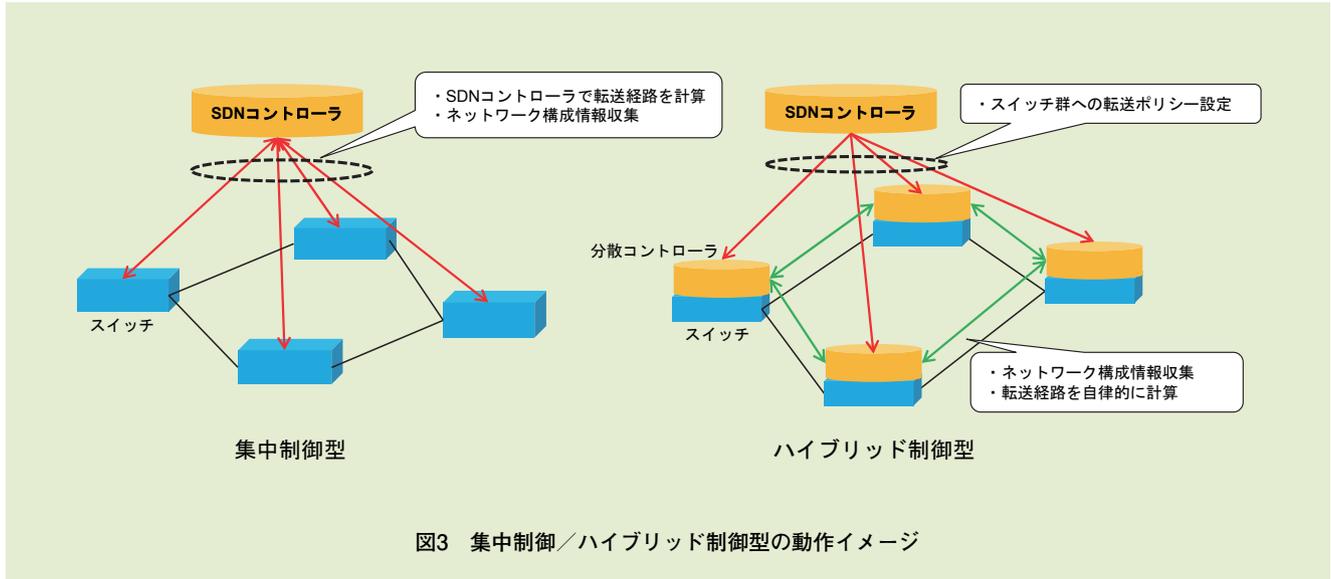


図3 集中制御/ハイブリッド制御型の動作イメージ

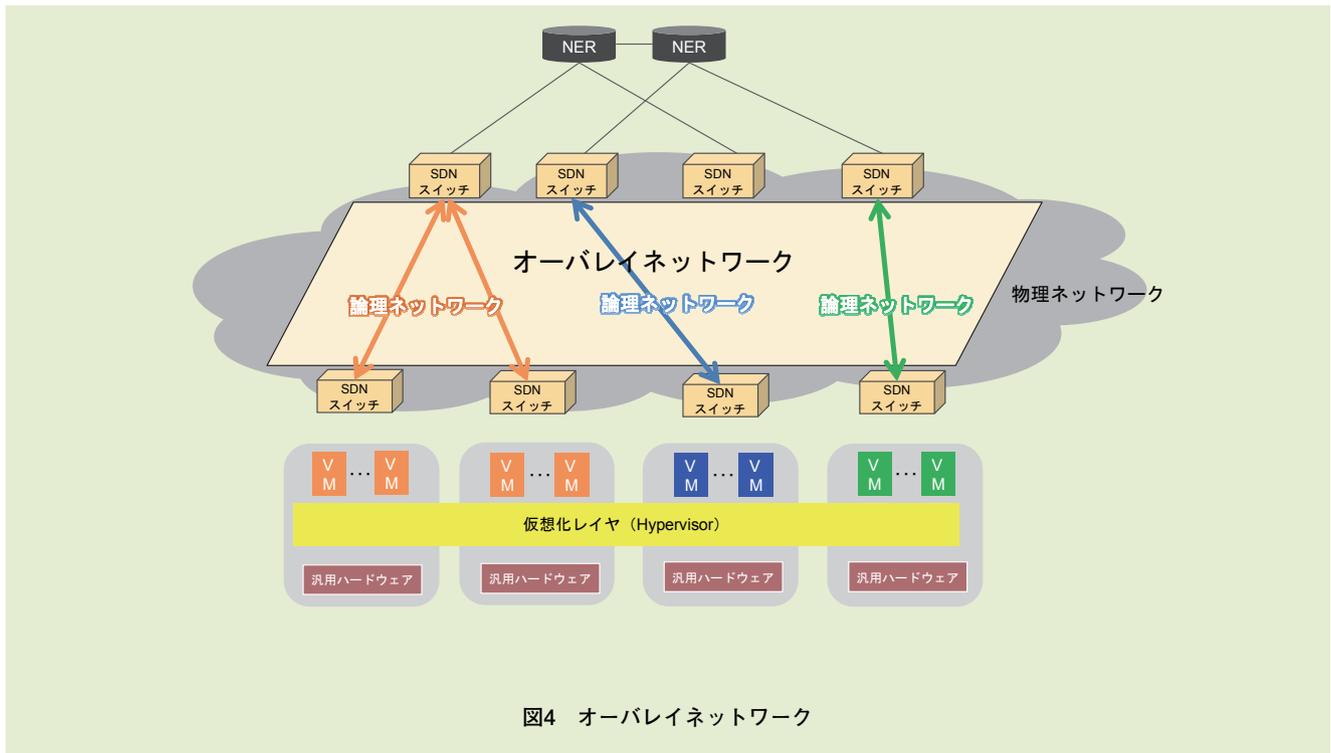


図4 オーバーレイネットワーク

ソフトウェアを含むVMが別の汎用ハードウェア上に移動しても、SDNコントローラからの一括設定により柔軟な対応が可能である（図5）。

### 3.3 VM生成／移動への追従

前述の、「VMが生成／移動した際に動的にネットワークパスを切り替える」という要件を満たすため、SDN技術を用いたオーバーレイネットワークを、VMの生成／移動を制御するVIM（Virtualised Infrastructure Manager）\*10と連携させる。

図6にVIMとSDNコントローラの接続構成を示す。VIM側にSDNコントローラのOpenstack\*11ベースのML2プラグインをインストールすることにより、連携のためのNorthbound IF\*12を実現している。NFVI

（NFV Infrastructure）\*13側のvSW（virtual SWitch）\*14設定はSDNコントローラを介さず、VIMが実施する構成となっている。

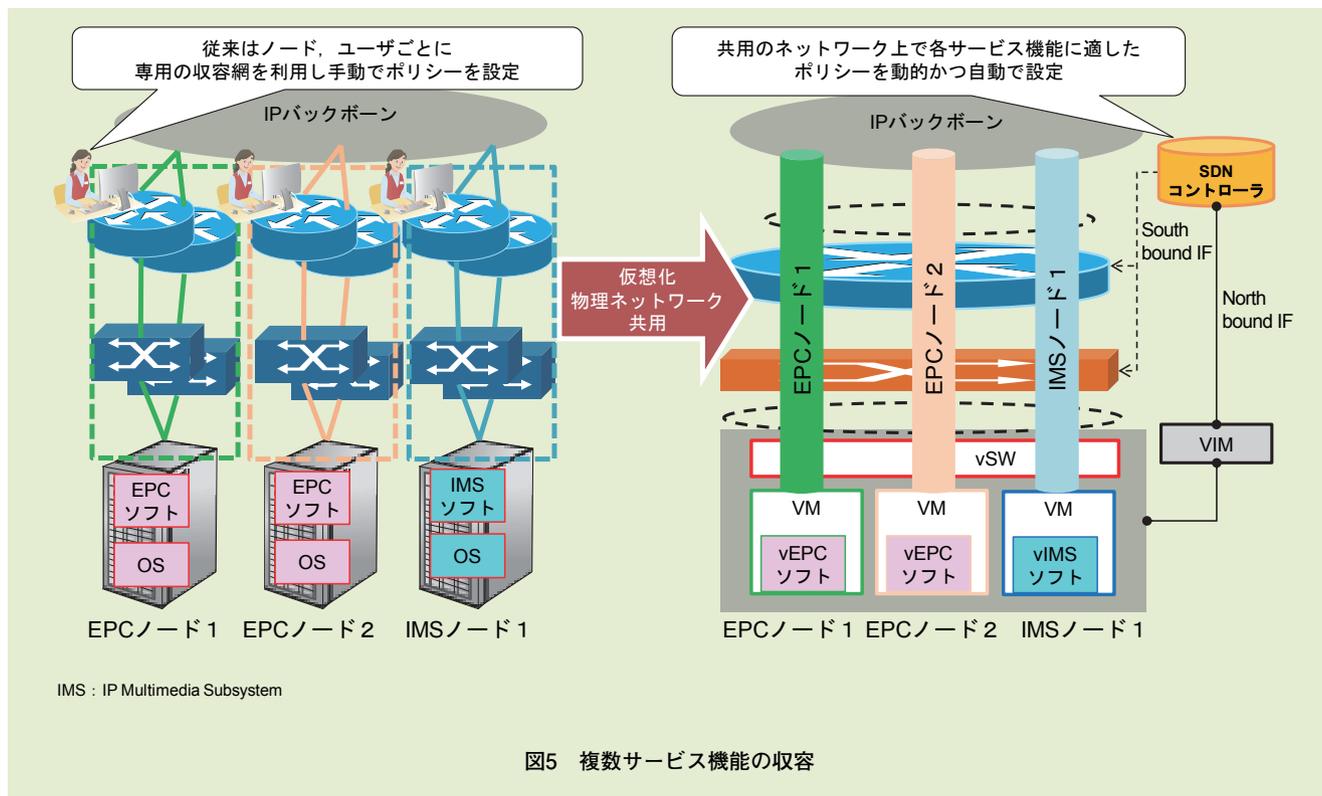
この連携機能により、VMの移動情報をVIMからSDNコントローラに伝え、動的にネットワークパスを切り替えることが可能となる。以下に、VMの生成／移動、すなわちVMのヒーリング\*15／スケーリング\*16時におけるVIMとSDNコントローラの連携動作を解説する。

(1)VMのヒーリング／スケーリングへの対応

VMがヒーリング／スケーリングする際にネットワーク側へ求められる要件は、同一IP／MACアドレスを保持したVMの移動に動的に対応することである。それは、モバイル

特有の要件であるセッション\*17の保持が必要であるため、VMがヒーリング／スケーリングする際には、同一IP/MACアドレスを保持したVMの移動に動的に対応することが求められる。SDNでは、VIMとSDNコントローラが連携し、VMの生成／移動の通知をSDNコントローラが受けることにより、動的に物理ネットワークの設定を実施する。これにより、VM故障時のVM切替時にもユーザセッションを保持したまま通信が可能となる。

図7に、VM移動に追従してネットワーク上に構成されるL2パスの張替えが行われる様子を示す。図7①の動作に示す通り、VIMからVM移動をNFVIに指示すると同時にvSW側にもL2パスの作成・削除を指示



\*10 VIM：NFVI（\*13参照）を管理するコンポーネント。

\*11 Openstack：サーバ仮想化技術を用いて、一台の物理サーバを仮想的に複数のサーバのように動作させ、仮想サーバをユーザが利用するクラウドサービスごとに割り当て

るクラウド基盤のソフトウェア。オープンソースソフトウェアとして提供されている。

\*12 Northbound IF：SDNにおいて、SDNコントローラとVIMなどの上位ソフトウェアを接続するインタフェース。

\*13 NFVI：VMを実行するための物理リソース。本稿では、汎用ハードウェアと同義である。

\*14 vSW：ソフトウェアで実現される仮想スイッチ。

する。vSWはNFVIの物理ポートとVMの仮想ポートを接続する役割を担っているが、VMの移動元となるNFVIではVMとNFVIとの接続が削除され、VMの移動先となるNFVIでは新たにVMとNFVIとのネットワーク接続が作成される。

図7①動作が完了すると、図7②

に示す通りVIMはSDNコントローラ側にL2パスの作成・削除を指示する。SDNコントローラでは、VIMからの指示を受け取ると、図7③に示す通り配下のSDNスイッチに対して設定を投入する。VMの移動元NFVIとSDNスイッチ(1)、およびSDNスイッチ(1)とSDNスイッチ(0)

のL2パスは削除され、VMの移動先NFVIとSDNスイッチ(2)、およびSDNスイッチ(2)とSDNスイッチ(0)間のL2パスが作成される。

図7①～③のプロセスを踏むことで、VM移動前のL2パスは削除され、同時にVM移動後に必要なL2パスは自動生成される。

## 4. SDNの今後の展望

### 4.1 WANへのSDN適用

NFVの初期導入では、VMは局舎内の同一LANに存在するハードウェア上を移動することを適用領域とする。今後、災害時などのリカバリや局舎をまたいだリソース共有など、WAN設定変更を伴う建局、増減設の工期短縮を目的とし、局舎間を接続するWANをまたいだVM移動も想定している(図8)。そのためには、下記のような検討を行う必要がある。

①WIM (WAN Infrastructure Manager)<sup>\*18</sup>とNFVO (NFV Orches-

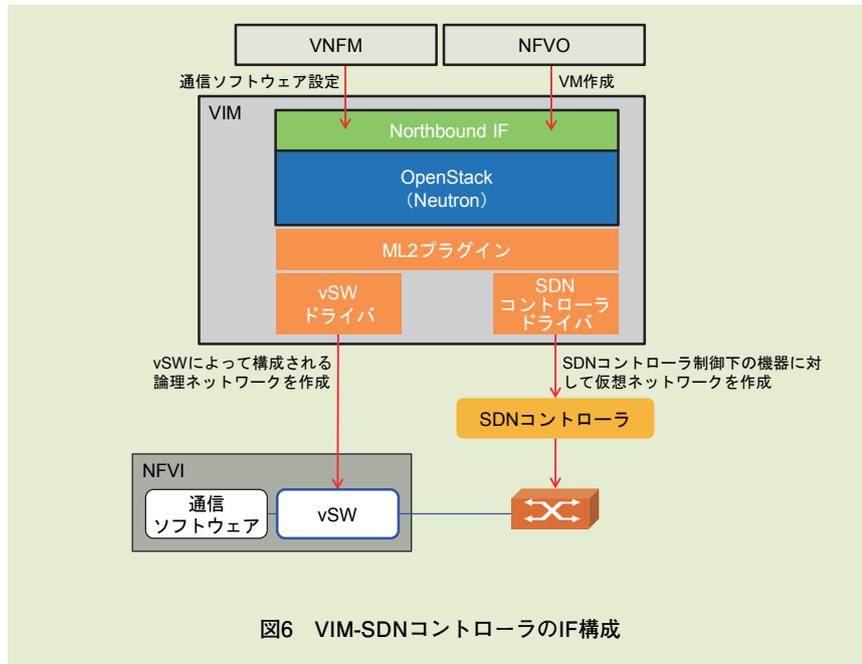


図6 VIM-SDNコントローラのIF構成

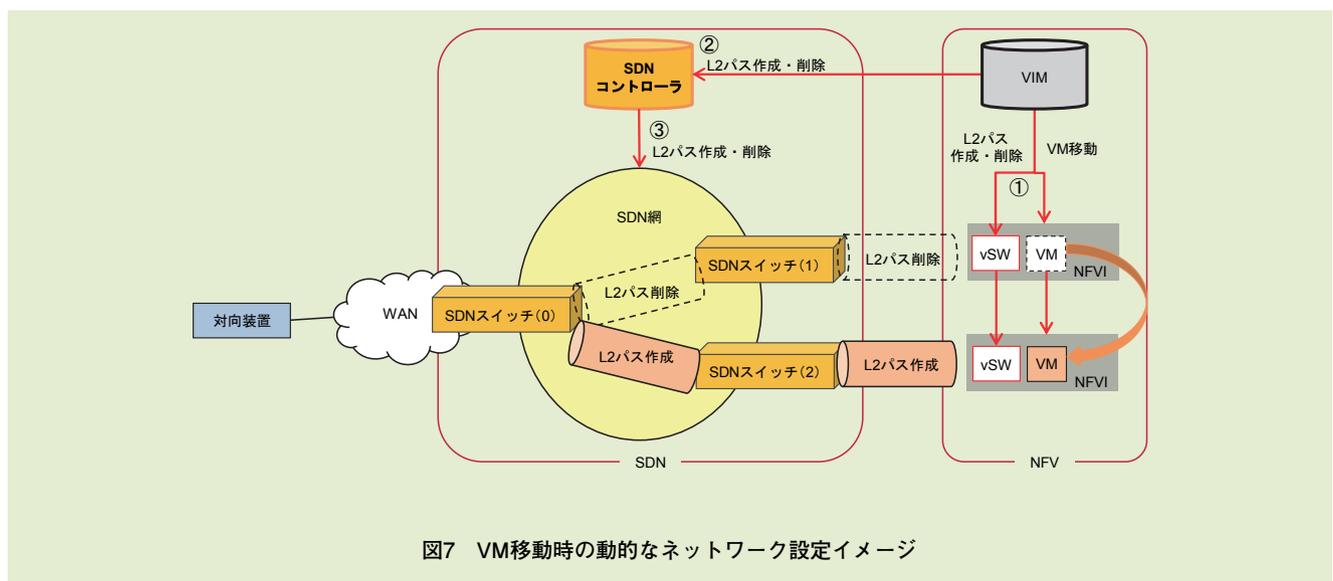


図7 VM移動時の動的なネットワーク設定イメージ

\*15 ヒーリング：ハードウェア障害や仮想マシン障害が発生した際に、正常なハードウェア上に仮想マシンを移動、または再作成することで通信ソフトウェアとして正常な状態に復旧する手続き。

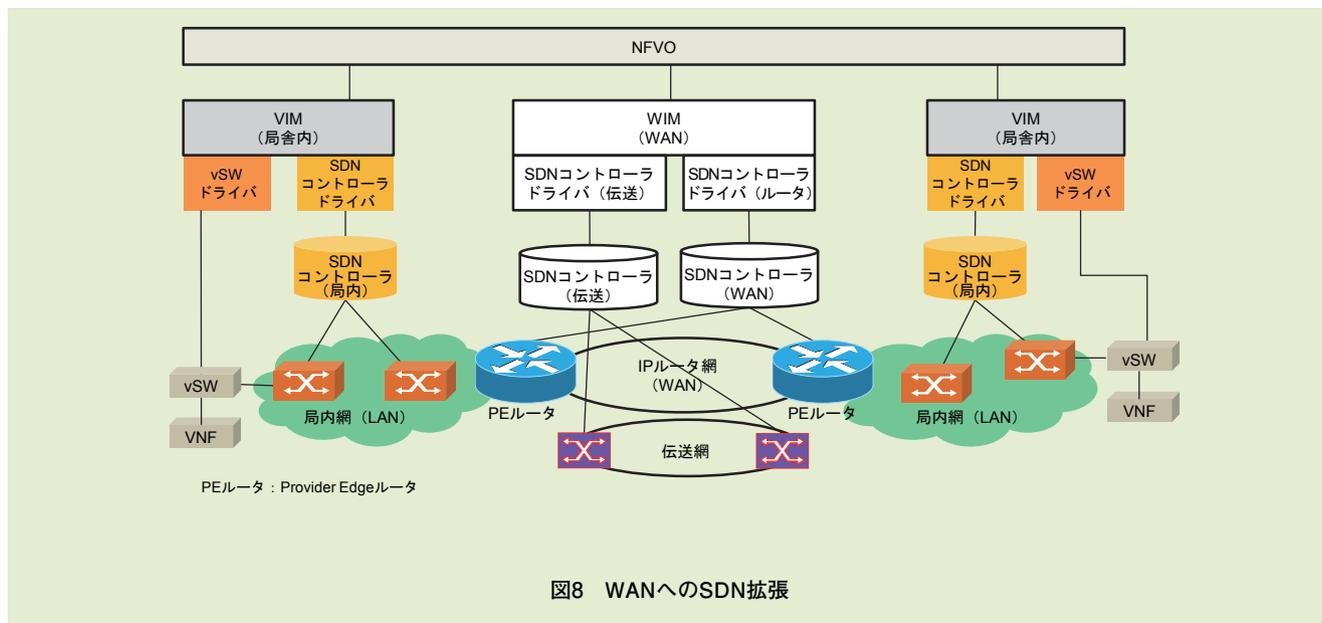
\*16 スケーリング：ハードウェアやVMの負荷

状況に応じて通信ソフトウェアとしての処理能力が不足、あるいは余剰になった際に、通信ソフトウェアを構成するVMを増減することにより処理能力を最適化すること。

\*17 セッション：データのやり取りを行うため

の仮想的な通信路、またはそのやり取りそのもの。

\*18 WIM：WANをまたいでNFVIもしくはVIMを管理するコンポーネント。



trator)<sup>\*19</sup>およびVIMとNFVO間の連携

- ②VIM・WIMのプラグイン構造を活用したVIM/WIM下部のルータ装置と光伝送装置の連携

## 5. あとがき

本稿では、NFVをドコモネットワークに導入するにあたり、ネットワークに求められる要件およびその

実現方法であるSDNについて解説し、また、SDNの今後の展望について紹介した。

本SDN技術は、2016年3月に商用導入されたvEPC (virtualised Evolved Packet Core)<sup>\*20</sup>を収容するネットワークとして導入された[1].

NFVを実現するためにはSDNは必要不可欠な技術であり、さらなる仮想化技術の発展が想定される中、

同様にSDNの発展も不可欠である。今後も、最新の技術動向を注視しつつ、より柔軟で高度なネットワークの開発を進めていく。

### 文献

- [1] 鎌田, ほか: “ドコモネットワークにおける仮想化基盤システムの実用化,” 本誌, Vol.24, No.1, pp.20-27, Apr. 2016.

<sup>\*19</sup> NFVO: 各種通信ソフトウェアの生成から削除までの管理を行い、システム全体の運用管理を行うためのコンポーネント。

<sup>\*20</sup> vEPC: EPCはLTEおよび他のアクセス技術向けに3GPPで規定された、IPベースのコアネットワークであり、EPCをVMとして機能するように提供された通信ソフトウェア。

## Deep Learningによって広がる画像認識アプリケーション

近年、機械学習を用いた画像認識サービスの実用化が加速しているが、従来技術では、画像に写っている物のカテゴリ（“料理”や“花”など）のような、抽象的な概念を画像から認識する事が困難という課題があった。一方、機械学習分野ではDeep Learningの実用化が進んでいる。そこでドコモは、本技術を用いた画像認識システムを開発し、認識機能をAPIとして公開した。本システムでは、学習用画像データを準備し、学習させるだけで、画像へのさまざまなタグ付けが可能な画像認識モデルを精度よく作成する事が可能となる。

サービスイノベーション部 さかい としき かく しんご  
酒井 俊樹 郭 心語

### 1. まえがき

近年、Deep Learningを用いた機械学習\*1技術のさまざまな分野への実用化が進んでいる。米Google社、米Facebook社、中国Baidu社などが、2013年ごろから研究所の設立、スタートアップ企業の買収を進めており、例えば米Google社では、2015年3月時点で画像認識\*2、音声認識など47のサービスでDeep Learningを活用している[1]。

特に画像認識分野においては、Deep Learningを用いる事で大きな精度向上が見込める事が示され[2]、さまざまな画像認識課題で適用が進んでいる（図1）。

ドコモではすでに、従来の画像認識技術を用いた画像認識のAPI（Application Programming Interface）\*3

を提供してきており[3][4]、それにより画像に写った“商品パッケージ”などの形の決まった物体の認識が可能であった。しかし、この画像認識APIでは、スマートフォンでユーザーが撮影したさまざまな画像をタグ付けするための認識ができなかった。そこで、画像のシーン（“結婚式”や“運動会”など）や物体のカテゴリ（“料理”や“花”など）のような抽象的な概念の認識、パンやカレーライスのように形の決まっていない物体の名称の認識、ファッションアイテムの色や柄のような、より人の感覚的な判断に依存する特徴の認識を可能とする画像認識技術をDeep Learningを用いて開発した。この画像認識技術に、独自に収集した大量の画像データを学習データとして用いることで、シーン、ファッ

ション、料理、花などの画像に高精度でタグ付け可能な認識エンジンをそれぞれ開発し、2015年11月よりAPIとして公開した[3]。

本稿では、このDeep Learning技術の概要と、従来技術とDeep Learningを用いた画像認識の違い、Deep Learningによって克服された課題とドコモが開発・公開した画像認識APIサービスの特徴とAPIを用いたアプリケーションについて解説する。

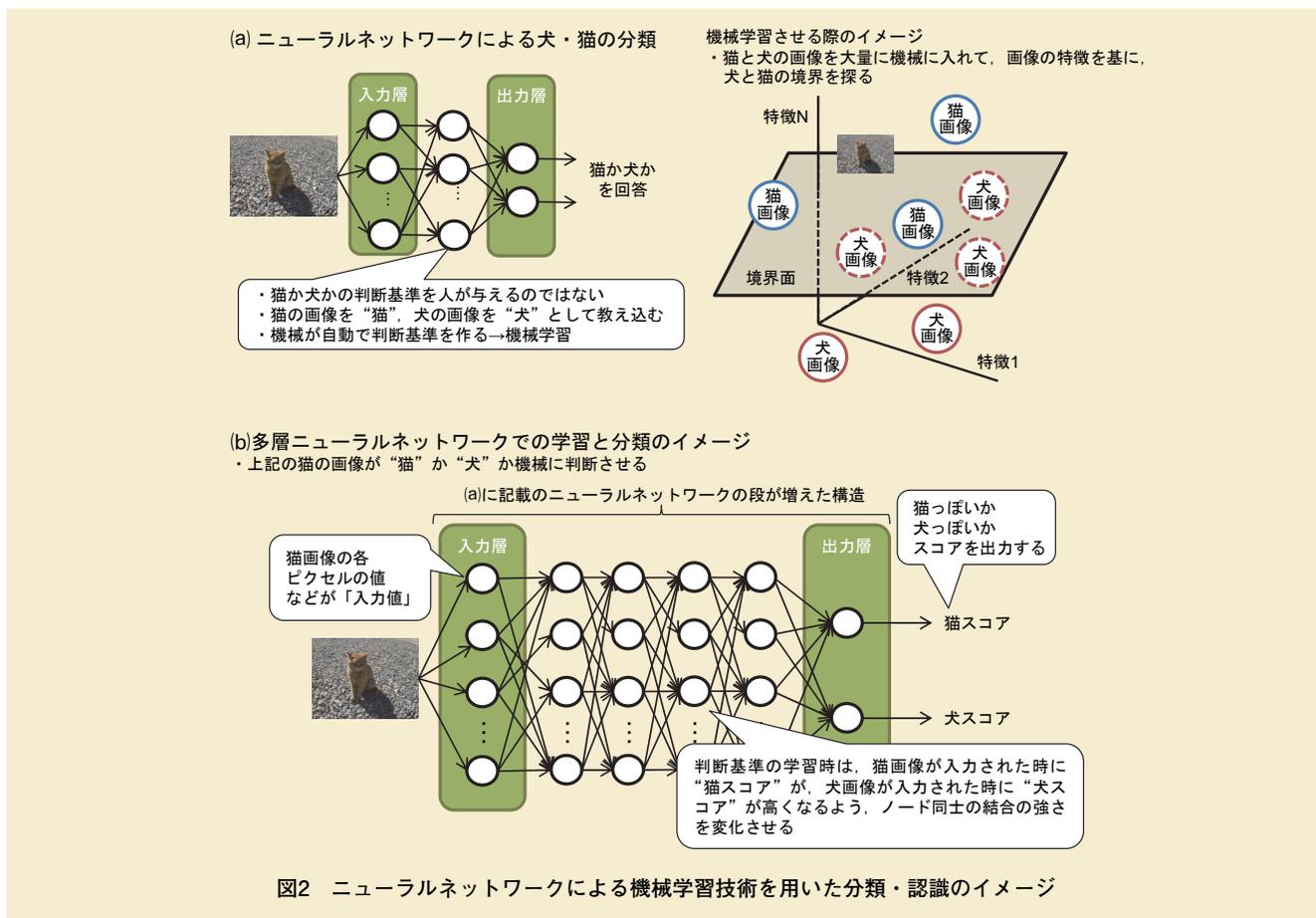
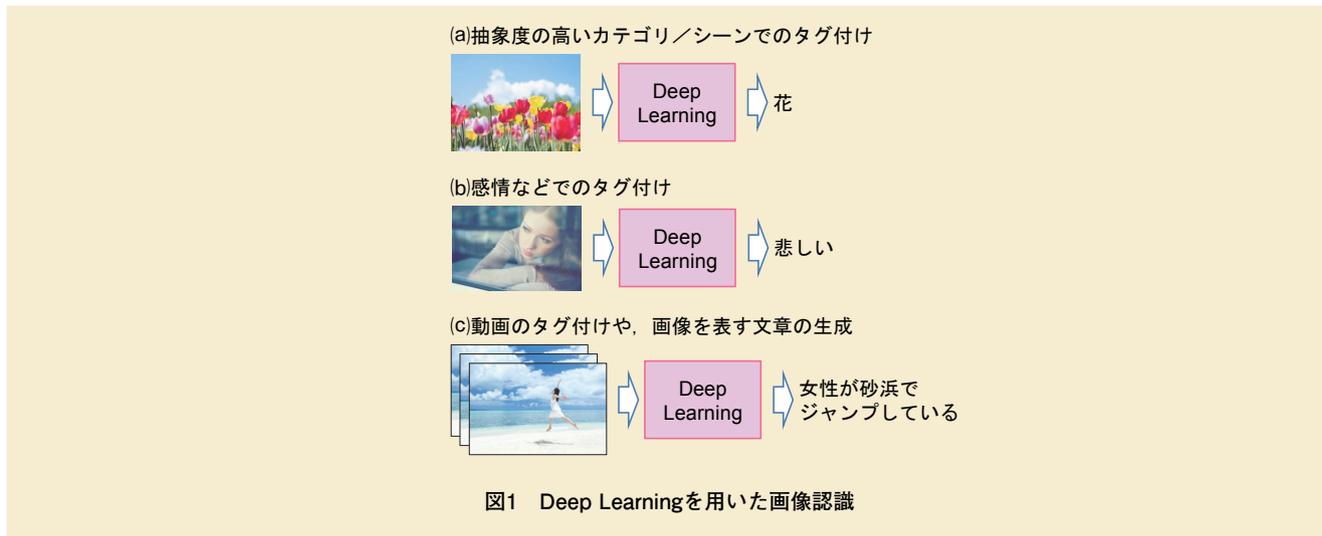
### 2. Deep Learningの概要

Deep Learningは多層ニューラルネットワークを用いた機械学習技術の一種である。ニューラルネットワークは、生物の脳神経での情報処理メカニズムを参考に作られた機械学習手法で、1950年頃から利用され

ている[5]。ベクトルデータや画像などの多次元のデータを複数のクラスに分ける分類問題の解決などに利用

されてきた (図2(a))。このニューラルネットワークの層を増やし、より複雑な学習・分類・認識を可能にし

たものが、多層ニューラルネットワークであり (図2(b))、1980年代から90年代にかけて流行した。多層



ニューラルネットワークは画像認識分野でも古くから利用が試みられてきており、1979年に手書き数字画像の認識で98.6%の認識率を示している[6]。しかし、古典的な多層ニューラルネットワークでは、層の数が増えるほど、学習が困難になる、膨大な時間がかかってしまうといった問題があり、多層化が必要になる複雑な認識課題をニューラルネットワークで解く事は困難で、サービスを提供できるレベルには至らなかった。

この多層ニューラルネットワーク技術は、学習の困難さを解決するためのパラメータの初期化手法の開発や学習の汎用性を増すための手法の導入など技術改良がなされ、またGPGPU (General Purpose computing on Graphics Processing Units)\*4を用いた並列分散処理の一般化によって学習速度が飛躍的に向上した。それにより、より深い層を持つネッ

トワークであっても学習が可能となり、2000年代後半からDeep Learningとして再び注目を集める事となった。特に画像認識分野では、2012年に画像認識精度を競う大規模コンペティション (ILSVRC 2012) にて、画像内の被写体を判別する課題 (被写体を認識し“ペルシャ猫”などのタグを付ける課題) において、Deep Learningを用いた認識手法が従来の画像認識技術を用いた前年度の手法から約10%もの認識率の改善を示し (2010年から2011年の間では約2%しか精度向上していなかった)、画像認識分野での流行のきっかけとなった[2]。

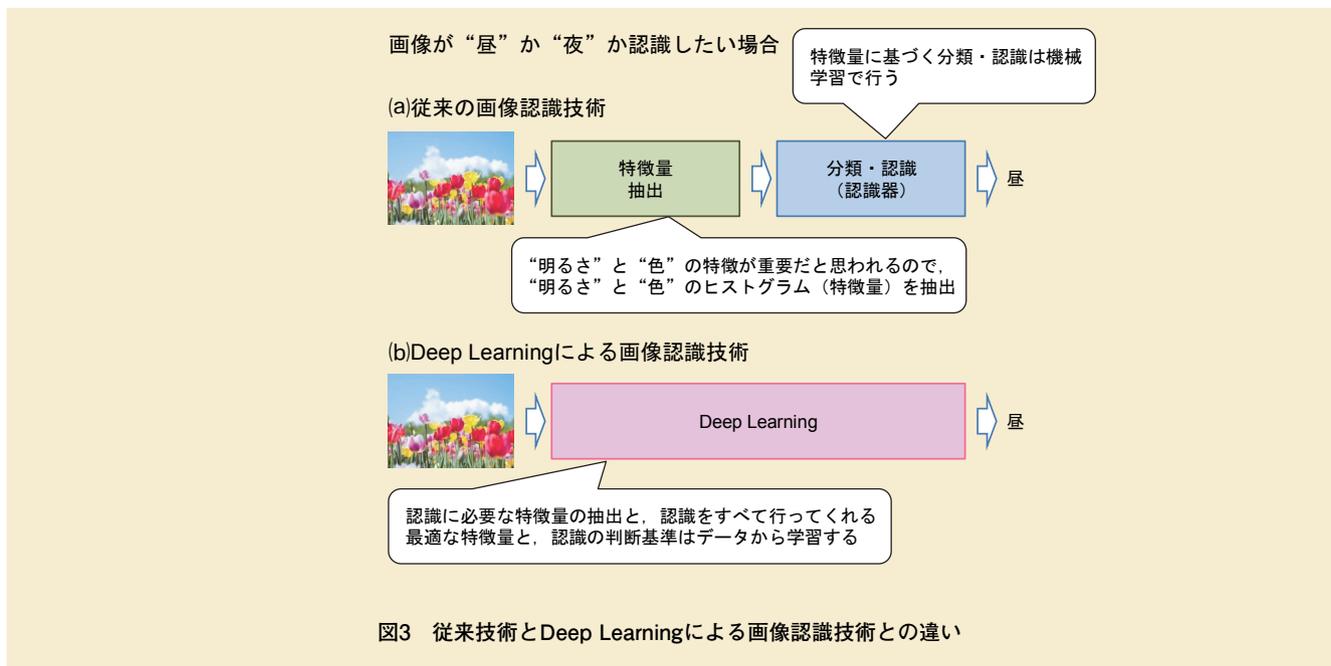
### 3. 従来技術とDeep Learningを用いた画像認識技術との違い

#### (1)従来技術

Deep Learning以前の画像認識技

術は、主に図3(a)に示すような、2段階の構成となっている。まず1段階目では、画像をそのまま利用するのではなく、画像の特徴を数値化した特徴量 (例えば、画像内にどの色がどの程度の頻度で出現するかを示したヒストグラムや、画像内の輝度の分布を表したものなど) に変換する。そして、その特徴量を基に分類・認識を行う。特徴量からの分類・認識の判断基準は、機械学習により機械に獲得させる事が一般的である (以下、この判断基準を学習した分類・認識を行う機械を認識器と呼ぶ)。この認識器に画像特徴量を入力すると、認識器が分類結果・認識結果を返却する。

前半の、画像からどのような特徴量を抽出するかに関しては、人手で、認識の課題ごとに設計されており、例えば人の検出に適した画像特徴量、人の顔の認識に適した画像特徴量な



\*4 GPGPU：一般にコンピュータにおける画像の描画などの画像処理に用いられるGPUを画像処理以外の用途に転用する事。並列分散処理に優れる。

などを抽出するアルゴリズムが開発されてきた。

この特徴量を人手で設計する方法では、分類に適切な特徴量を人が考えるため、画像から、シーン（“結婚式のシーン”など）や、画像に写っている物のカテゴリ（“料理”や“花”など）のような抽象的な概念を認識したい場合においては、画像のどのような特徴に着目し、特徴量を算出すればうまく分類できるかわからない、特徴量の算出アルゴリズムが最適化されていないという事態が生じ、認識精度の向上が困難であった。

## (2)Deep Learning

Deep Learningを用いた画像認識では、図3(b)に示すようにDeep Learningが学習と認識の両方を行う。認識のために利用する特徴量の最適化と、特徴量による認識基準の作成に相当する作業が学習の過程で自動に行われる。そのため、前述のようにどのような特徴に注目すればよいかわからない抽象的な概念においても認識が可能となる。

一方で、Deep Learningを用いた画像認識では、最後の分類部分だけでなく、特徴量抽出方法もデータから学習をするため、学習用のデータが膨大に必要という欠点がある。近年では、この欠点に対処するため、Deep Learningの認識器をImageNet[7]などの一般的な大規模画像データベースであらかじめ学習させておく事前学習や、人工的に学習データを増やすData Augmentationと呼ばれる手法が一般的に用いられている。

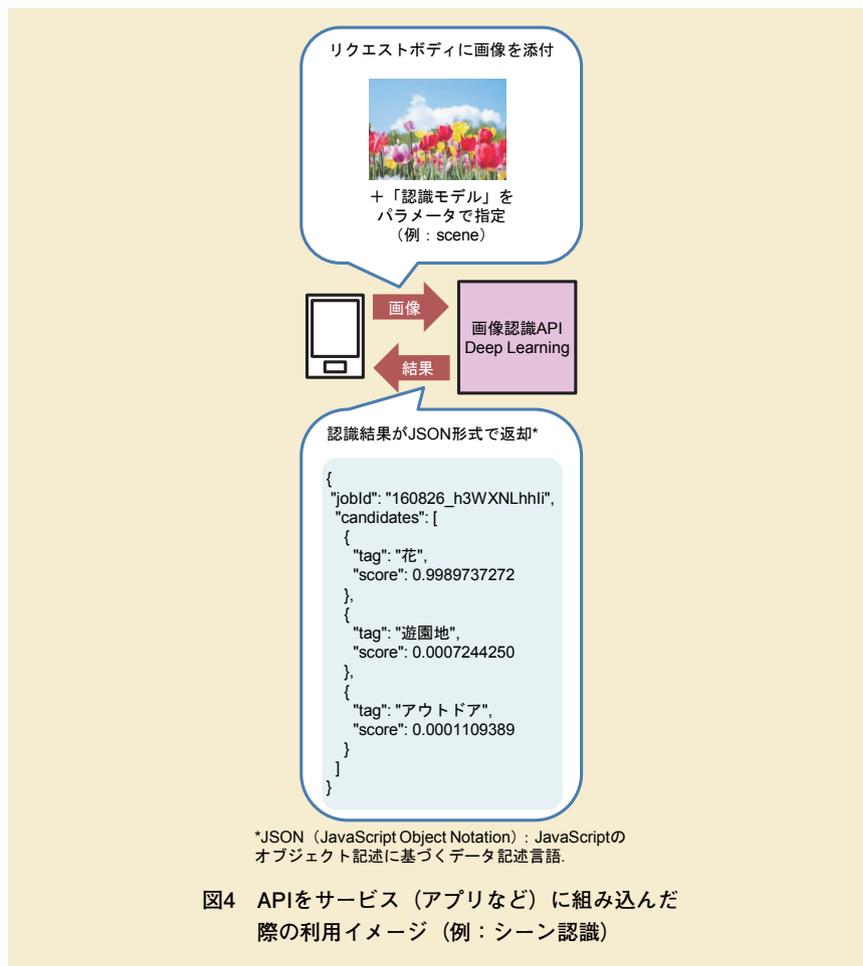
## 4. 画像認識APIとアプリケーションでの利用

前述のような、適切な特徴量が何か判断しづらい課題においても、あらかじめデータを大量に集めて学習する事で、高精度での認識が期待できるDeep Learningの特性を利用し、シーン認識や、ファッションアイテムの柄や色、アイテムの種類を判別できるファッション認識が可能な画像認識機能を、2015年11月より画像認識API（カテゴリ認識）としてdocomo Developer support[2]で公開した。docomo Developer supportは

アプリ／サービスの開発に役立つ機能を提供するサービスで、会員登録および利用申請を行うことで誰でも、Deep Learningを用いた画像認識機能をはじめとするAPIが利用可能となる。

docomo Developer supportで公開した画像認識API（カテゴリ認識）の利用イメージを図4に、認識可能な画像の例を図5に示す。

シーン、ファッションなどの「認識種別」ごとに学習済みのDeep Learningのネットワークを準備しており、そのAPIを提供している。アプリ／サービスの開発者は、画像を





認識したいとき、どのネットワークを使うか選択する。ネットワークを準備するにあたっては、1つのタグ（ここでは、例えば“結婚式”のような、画像認識の結果返却される名称やカテゴリ名をタグと呼ぶ）当り、1,000枚以上の画像をドコモで独自に集め、学習を行った。

docomo Developer supportのユーザは、これら大規模画像データですでに学習済みのモデルを用いて、自身で学習用のデータを集めなくても、すぐにDeep learningによる画像認識機能をアプリなどに組み込む事が可能である。

#### 4.1 シーン認識を活用したアプリケーション

シーン認識では、画像から、その画像に写っているシーン（結婚式や、運動会、誕生日など）と、一部の物体のカテゴリ（花や料理など）を認識できる。

この認識機能のアプリケーションとして、まず想定されるのが、画像のクラウドストレージでの保管アプリ/スマートフォン内の画像管理アプリ/アルバムの自動生成アプリなどである。ユーザが撮影した画像を認識し自動でタグ付けを行う事で、ユーザの画像管理が簡便になる。

また、画像投稿サイトやSNSにおいて本認識機能を用いる事で、ユーザの画像投稿の際のタグ付けの手間を低減する事も可能である。

#### 4.2 ファッション認識を活用したアプリケーション

ファッション認識では前述のDeep Learningを用いた画像認識技術を使い、ユーザによって入力されたファッション画像から、ファッションアイテムのカテゴリを高速で認識でき、画像にタグをつける機能を実現している。

現在は以下の4つのファッション

認識モデルを提供している。

- ①種類：コート、カーディガンなど
- ②柄：無地、ボーダーなど
- ③色：ピンク、イエローなど
- ④スタイル：ビジネス、カジュアルなど

本ファッション認識技術を利用する事で、ユーザからの質問画像を上記のモデルでタグ付けし、タグ情報（種類や柄、色など）を利用して類似なアイテムの画像を探し出す機能（類似検索）を実現できる（図6）。開発者はあらかじめ類似検索結果として表示するためのファッションアイテムの画像群と、各画像に色や柄などのタグ情報を付与しておき、本機能は、それらとユーザが撮影したファッションアイテムの画像のファッション認識結果（色や柄などのタグ）を照合することで似たアイテムを探す。

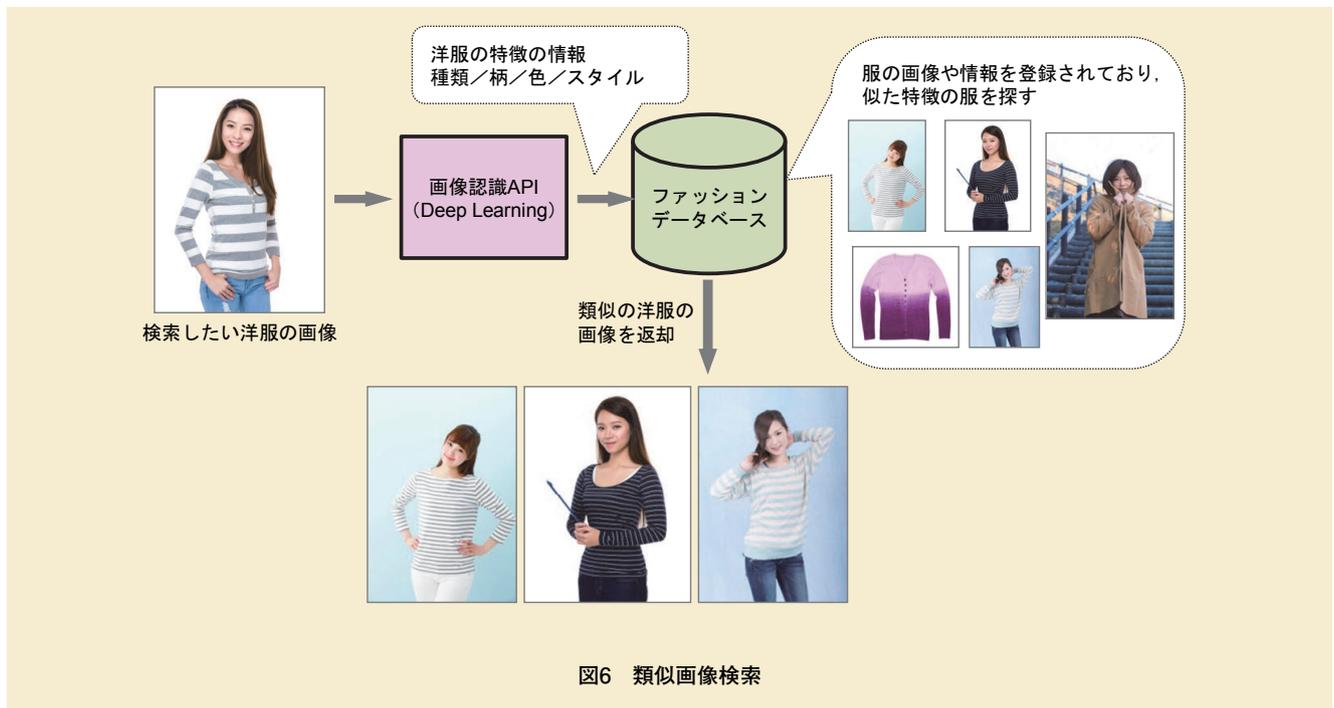


図6 類似画像検索

類似検索を利用すれば、雑誌やカタログなどに掲載された服、スマートフォン向け写真共有アプリで見た服、ドラマで主人公が着ていた服などが気になる時、アイテムの詳細が不明であっても、欲しい服の写真を撮影すれば類似度が高い服の画像やアイテムを検索するサービスが実現できる。購入可能なEC（Electronic Commerce）サイト\*5などの情報を添える事で、ユーザ自身でアイテムを探す時間を大幅に節約できる。

また、新たなコーディネートを発見する機会を提供する機能も実現できる。現在手持ちの服の中から合った服を選べない人や、いつも同じような服を買う人、また、買った服の着こなし方で困っていて、持っている服を着るチャンスがなかなかない人を対象ととできるだろう。本機能は、ユーザが撮影した服に類似な洋

服とそれに合ったさまざまな全身コーディネートを提供する。これにより無駄な服を買う事が減り、相性のよいアイテムを探す時間も大幅に節約でき、ユーザが自宅や、ショッピングモール、電車などでの服選びも楽しくできるだろう。

## 5. Deep Learningによる画像認識の適用先の拡大

Deep Learningの画像認識分野での適用先は、今回APIとして公開した単純なタグ付け以外にも広がりを見せている。例えば、画像を見た際に想起される感情（“怒り”，“悲しみ”など）の予測の試みが行われている（図1(b)）[8]。また、動画認識の試みも進んでおり、動画に文章でタグ付けする手法が提案されている（図1(c)）[9]。

## 6. あとがき

本稿では、Deep Learning技術の概要と、従来の画像認識技術との違い、ドコモが開発・公開した画像認識APIサービスの特徴と、それを用いたサービスについて解説した。

Deep Learningは画像認識以外の適用先でも研究が進んでおり、Deep Learningを用いた自然言語処理や機械翻訳や、マーケティング、Web上でのコンテンツ推薦への活用が検討されている。Deep Learningは今後、あらゆるデータ解析・活用の場面で必要不可欠な技術となっていくと考えられる。

ドコモは今後も、Deep Learningを用いた画像認識のAPIで、認識可能な対象物を順次拡大させる取組みを進めていくと同時に、画像以外のデータに対する認識や、画像と他の

\*5 ECサイト：商品やサービスを販売するウェブサイト。

データを組み合わせた新たな認識技術の開発を進めていく。

### 文献

- [1] J. Dean: "Large Scale Deep Learning."  
<http://on-demand.gputechconf.com/gtc/2015/presentation/S5817-Keynote-Jeff-Dean.pdf>
- [2] A. Krizhevsky, I. Sutskever and G. E. Hinton: "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25, pp.1097-1105, 2012.
- [3] NTTドコモ: "画像認識 | docomo Developer support | NTTドコモ."  
[https://dev.smt.docomo.ne.jp/?p=docs.api.page&api\\_docs\\_id=102](https://dev.smt.docomo.ne.jp/?p=docs.api.page&api_docs_id=102)
- [4] 赤塚, ほか: "高速大規模画像認識エンジンの開発とAPIの提供," 本誌, Vol.23, No.1, pp.14-20, Apr. 2015.
- [5] F. Rosenblatt: "The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain," *Psychological Review*, Vol.65 (6), pp.386-408, Nov.1958.
- [6] 福島 邦彦: "位置ずれに影響されないパターン認識機構の神経回路のモデル—ネオコグニトロン—," *電子通信学会論文誌A*, Vol.J62-A, No.10, pp.658-665, Oct.1979.
- [7] Stanford Vision Lab, Stanford University, Princeton University: "ImageNet."  
<http://image-net.org/>
- [8] K. Peng, T. Chen, A. Sadovnik and A. Gallagher: "A mixed bag of emotions: Model, predict, and transfer emotion distributions," in *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015 IEEE Conference on, pp.860-868, 2015.
- [9] J. Donahue, L. A. Hendricks, S. Guadarrama, M. Rohrbach, S. Venugopalan, K. Saenko and T. Darrell: "Long-term Recurrent Convolutional Networks for Visual Recognition," *CoRR*, abs/1411.4389, 2014.

# Technology Reports

## スマートフォン向けアプリケーション開発における 統一的な定量的開発管理プロセスの導入

ドコモにおけるスマートフォン向けアプリケーション開発の初期においては、多数のアプリケーションの早期導入が求められる環境とマルチベンダ化の進展により、開発現場ごとに開発管理の詳細度にばらつきが生じ、開発管理プロセスが属人化していた。そこで、ベンダ各社の開発管理状況の報告様式および部内開発完了時の品質報告様式を統一化し、標準的な定量的開発管理プロセスを部内に導入・定着化を行った。本稿では上記プロセス改善活動について解説する。

移動機開発部 とさき たかし 戸崎 貴資 やまだ よしひろ 山田 善大  
はっとり ひろゆき 服部 弘幸

### 1. まえがき

近年、携帯電話業界はフィーチャーフォンからスマートフォンへのシフトが急速に進み、ドコモとしても多数のスマートフォン向けアプリケーションを早期に開発・導入する必要がある。要求される品質・コスト・納期が多様化してきていた。そのため、従来開発委託していた発注先ベンダ（以下、ベンダ）では、開発リソースの不足・要求への不適合などの理由から新規ベンダの採用が増加し、急速にマルチベンダ化が進んだ。しかし開発管理においては、早期サービスインが優先され、そのプロセスは部内各アプリケーション開発担当者およびベンダに依存し、統一性なく属人的なものとなっていた。そのため、開発管理情報の詳細度の相違から商用リリース判定会議での品質報告内

容もばらつきがあり、品質判定に必要な情報を質疑応答により確認することが多く、リリース判定に時間を要した。さらに、品質確認漏れを発生させる可能性が高い状況であった。

そこで、プロセス改善チームにて、ベンダの開発状況の報告様式、商用リリース判定時の品質報告様式を統一化し、開発現場に導入、各種施策により定着化を実施した。また、これらの様式を用いた定量的開発管理<sup>\*1</sup>プロセスが組織内に浸透するよう継続的に啓発活動を実施した。

本稿では、これまで実施したプロセス改善活動について解説する。

### 2. 開発プロセスと課題

#### 2.1 アプリケーション開発に関する組織構成・開発上の役割分担

アプリケーション開発に関する組

織構成・役割分担の概略を図1に示す。主な部内組織としては、各アプリケーション開発担当、これを横通しで取りまとめるPMO（Project Management Office）<sup>\*2</sup>担当、および維持管理担当が存在する。アプリケーション開発担当は、サービス主管部門の要求条件を基に要件定義書<sup>\*3</sup>を策定し、ベンダにソフトウェア開発（基本設計～総合テスト）を委託する。また、ベンダの開発が完了し、社内受入れテスト完了後に、組織長とPMO担当長、維持管理担当長が商用リリース可否を判定する。

#### 2.2 対処すべき課題

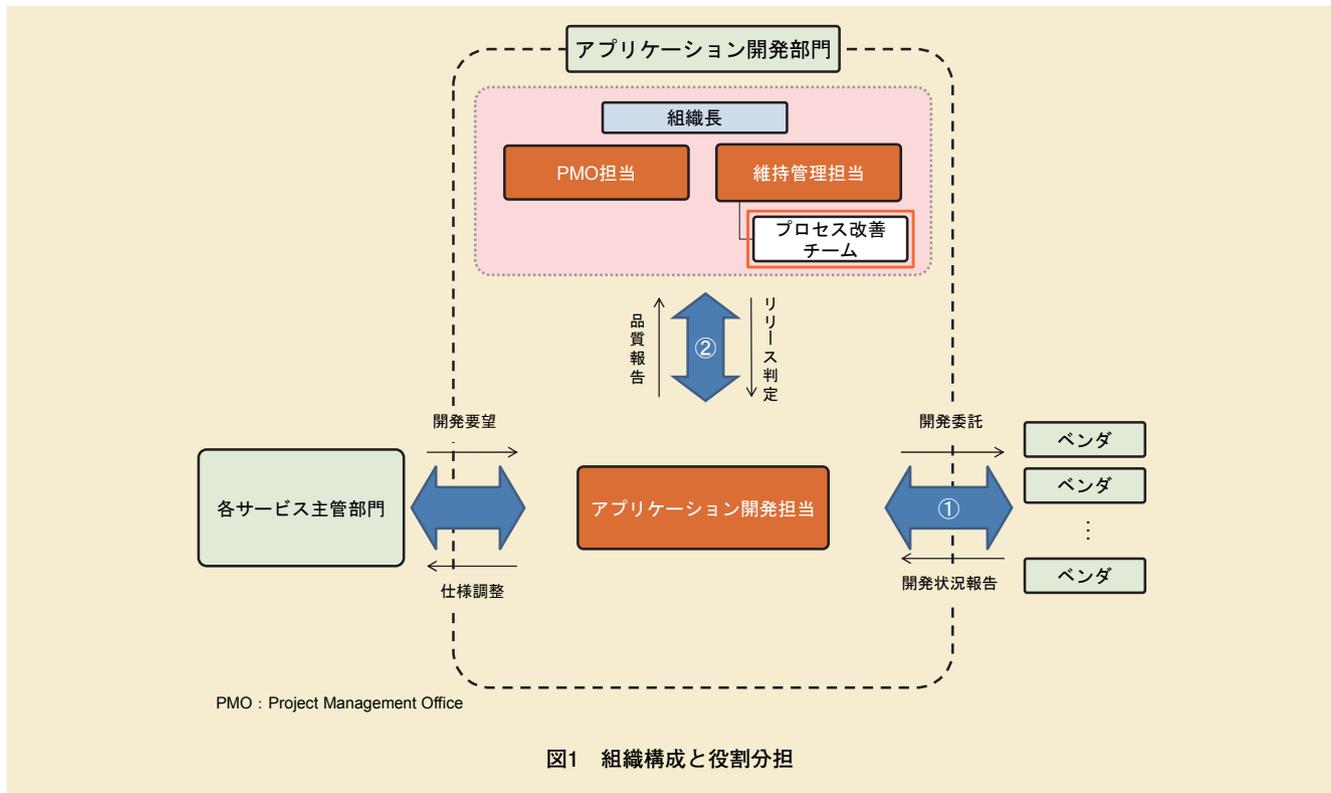
図1の①におけるアプリケーション開発担当—ベンダ間の開発管理は、定期的な開発状況の情報共有ミーティング（以下、情報共有MTG）こそ実施されていたものの、開発管

\*1 定量的開発管理：客観的なデータ・事実に基づく開発管理手法。定量的開発管理の導入有無は開発プロジェクトの成否に大きな影響を与える。

\*2 PMO：組織内における個々のプロジェクトマネジメントを横断的に統括・管理・支

援する専門部署。

\*3 要件定義書：顧客が望んでいる機能や仕様などについて、その概略をまとめた文書。後工程の成果物はすべて要件定義書の要件を満たすように作成されるため、開発の原典となる。



理方法が統一性なく属人的であったため、ベンダからドコモへの開発状況報告は、定量的・客観的な報告と定性的・主観的な報告が混在し、詳細度の観点からばらつきが大きかった。そのため、開発現場によっては、ベンダの開発状況や潜在リスクをドコモ側が正確に把握できず、適切な対策やリスク予防策が実施されない懸念が生じていたことが大きな課題であった。

また、ベンダから提示される情報の詳細度の相違から、図1の②リリース判定プロセスにおいても品質報告内容にばらつきがあり、客観的な品質判定をリリース判定者が行うためには報告内容を適切に解釈し、報告者に質疑応答しながら不足する情報を補うことが必要であることも

大きな課題であった。

### 3. プロセス改善活動

部内ヒアリングの結果、開発管理プロセスとリリース判定時の品質報告内容にばらつきがある根本原因は、ベンダの開発状況の報告書およびリリース判定時の品質報告書が統一されていないことだけでなく、定量的開発管理プロセスに関する知識・ノウハウを組織的に展開する仕組みが整備されていないことも大きな要因であることが分かった。

そこで、ベンダからアプリケーション開発担当者への報告用の開発状況報告書および、商用リリース判定用の品質報告書の統一様式を制定・導入したうえで、本様式を用いた定量的開発管理手法を部内に普及

していくこととした。

#### 3.1 統一様式の作成と初期導入

##### (1) 開発状況報告書の作成

開発状況報告書の様式作成にあたり、10社以上の多種多様なベンダへの早期適用と管理コストの増加の抑制を考慮し、最小限のメトリクス<sup>\*4</sup>（規模・進捗・品質予実）のみ報告必須とし、また広く普及しているMicrosoft® Excel<sup>®</sup>\*<sup>5</sup>ファイルフォーマットを採用した。

開発状況報告書は毎週ベンダからドコモのアプリケーション開発担当者へ提示され、毎週の情報共有MTGの場でベンダとアプリケーション開発担当者間で開発状況を共有・透明化することにより、顕在化したリス

\*4 メトリクス：ソフトウェアおよび開発プロセスの品質を定量的に把握するために定義された測定方法および測定尺度。開発規模やプロセスの実施に要した時間・工数などがある。

\*5 Microsoft® Excel®：米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における商標または登録商標。

クおよび潜在リスクに対する双方の対策を議論する材料となる。Excelの機能を最大限活用し、ベンダ・ドコモ双方でリスクの認識漏れがないよう、懸念箇所を赤や黄などの色の網掛けで自動的にアラート表示し、入力規則や条件式などによる入力ミスのチェックや記入必須箇所の網掛け表示などにより、ベンダが入力する際に迷わないよう工夫した。

様式の構成は①サマリ部、②開発機能・規模管理部、③進捗予実管理\*6

部、④品質予実管理部に分かれており、目的ごとにシートを分けた構成としている。図2に開発状況報告書におけるサマリ部と品質予実管理部を示す。その他については文献[1]を参照されたい。

①サマリ部は有限の情報共有MTGを効率的に行うため、サマリ部を見るだけでその時点における開発状況とリスク概要を共有できる体裁とした。具体的には、規模・進捗・品質データのダイ

ジェスト情報と現状の課題・ベンダ側のアクションなどを掲載している(図2(a))。

②開発機能・規模管理部は、適切な管理単位\*7に分割した開発機能一覧と各管理単位の開発計画時および各開発工程終了時点の開発規模を管理している。規模の推移を確認することで、開発リスクを把握できる。

③進捗予実管理部は管理単位ごとの進捗予実を管理し、遅れが生

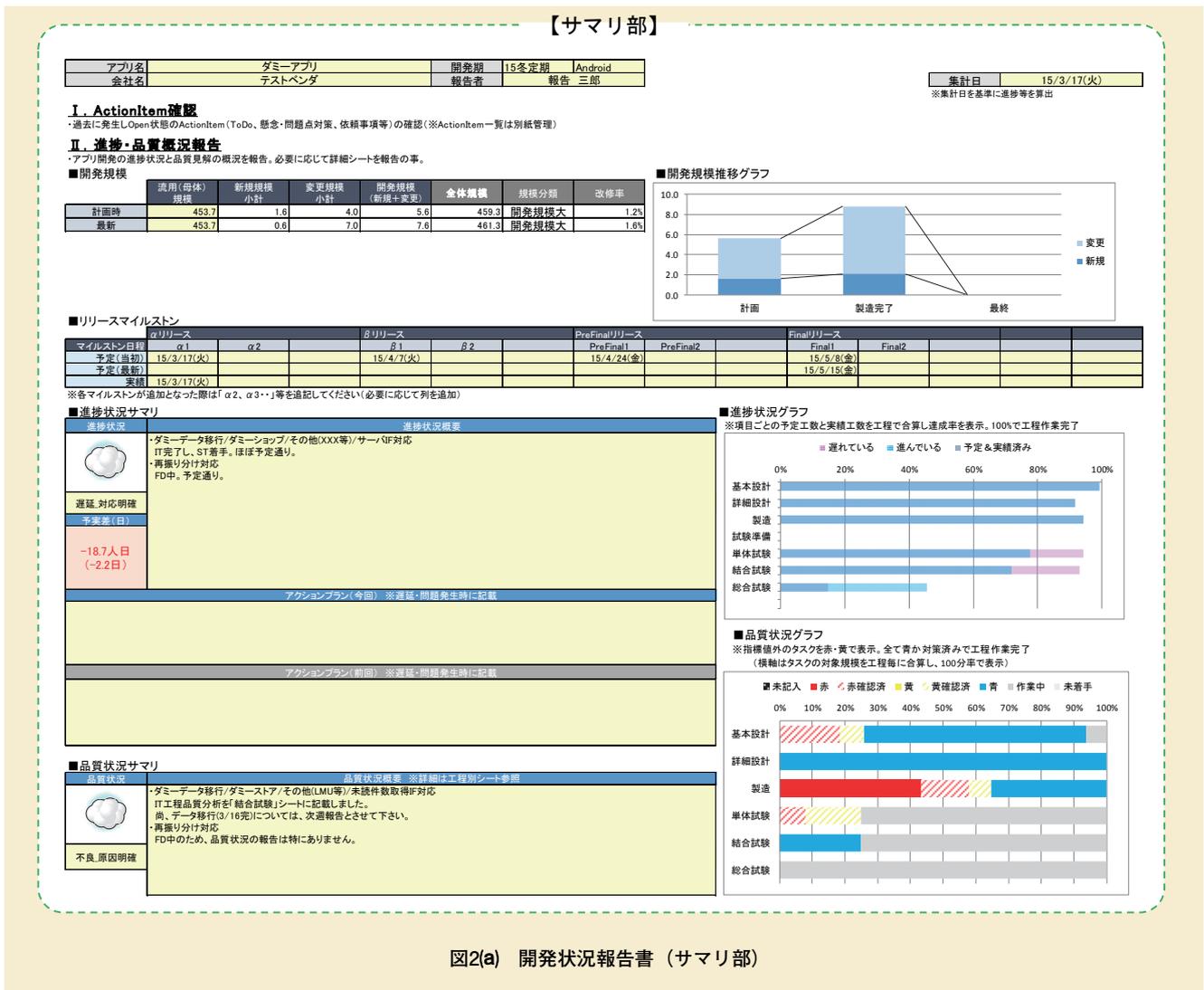


図2(a) 開発状況報告書 (サマリ部)

\*6 予定管理：予定と実績の差異を管理すること。

\*7 管理単位：品質の良し悪しを測定し、必要に応じて品質向上施策を実施するための、ソフトウェアの構成上の単位。

じた機能・開発工程と原因・対処時期を共有可能とする。進捗を見える化する工夫により、進捗リスクを把握できる。

- ④ 品質予実管理部は開発工程単位・管理単位ごとにレビュー密度\*8・テスト密度\*9およびレビュー指摘密度\*10・バグ密度\*11の品質指標値の目標と実績および、結合テスト以降の工程にお

ける試験状況を管理する。品質指標値の目標からの乖離に対する分析結果と対策を共有することで品質リスクへの早期対策が可能となる。ベンダ・ドコモ双方で品質リスク対応漏れを防ぐための工夫として、それらをゾーン分析\*12した結果を視覚的に表現している(図2(b))。なお、品質予実管理部の作成にあ

たり文献[2]を参考にした。

また、開発規模が小さくリスクが低いプロジェクト向けに、管理コストと開発管理の詳細度のバランスを考慮した簡略版の開発状況報告書様式を作成した。通常版と簡略版の開発状況報告書は、開発規模・開発費にしきい値を定めたいうで使い分けて運用している。一般的に開発状況

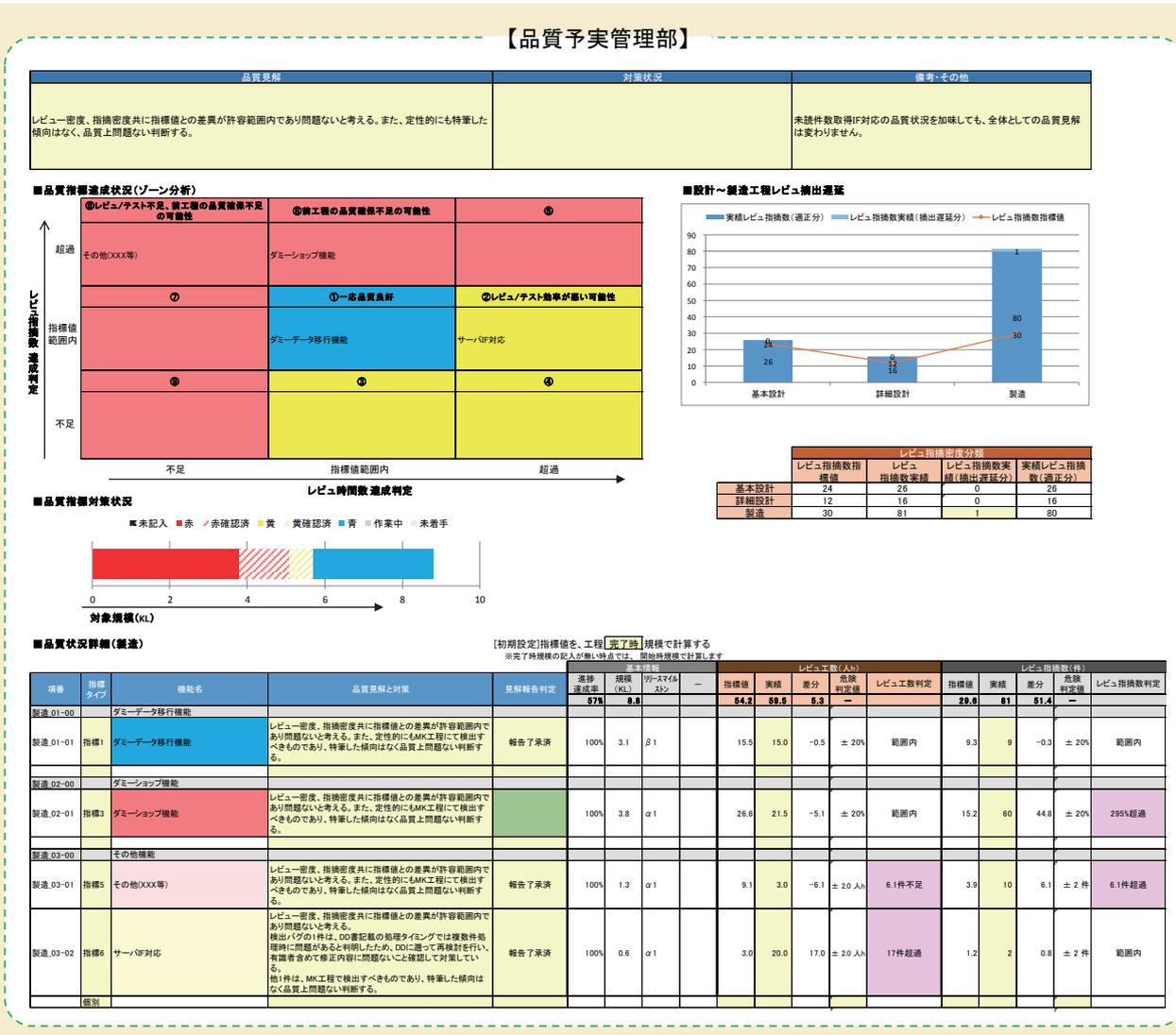


図2(b) 開発状況報告書 (品質予実管理部)

\*8 **レビュー密度**：レビュー対象物の規模あたりのレビュー量。レビュー量の十分性を示す尺度となる。ここでのレビューとは、開発の中間成果物(設計ドキュメントまたはソースコード)を、作成者を含めた複数人で閲覧する作業。多角的な視点で欠陥や問

題を抽出することで、成果物の品質を高める効果がある。

\*9 **テスト密度**：プログラム製造規模あたりのテスト項目数。工程ごとのテストの深度を示す尺度となる。ここでのテストとは、作成したプログラムを、コンピュータ上で実

際に動かし、想定通りの結果が得られるかチェックする作業。

の報告粒度が細かく精緻であるほど、リスクの早期発見・対応が可能となる一方で管理コストが高くなる。開発リスクが低いプロジェクトに適用する簡略版の開発状況報告書は報告内容の詳細度よりも管理コストの削減に重点をおき、管理すべき工程の簡素化や品質指標値をドコモが定める簡素な値とすることにより、開発機能・規模・進捗・品質のすべての情報をシート1枚で簡潔に整理した構成については文献[1]を参照された。

(2)品質報告書の作成

商用リリース判定用の様式である

品質報告書の作成にあたり、データ収集・加工の容易さと開発状況報告書との親和性から同様にMicrosoft Excelファイルフォーマットを採用した。また、アプリケーション開発担当者の品質報告書の作成稼働増加を抑制しつつリリース判定者が客観的な品質判定ができる最低限のデータを掲載することを考慮した。具体的には品質報告書のソースデータは、アプリケーション開発担当者が開発管理中に使用してきた開発状況報告書および受入れテストのテスト項目数・不具合数のデータのみとし、追加の情報収集を不要とした。また、

開発状況報告書の実績データを掲載することで、リリース判定者は上流工程における品質の作込みプロセスも含めた総合的な品質判定が可能となった。

図3に品質報告書の様式を示す。

品質報告書は、①提供アプリ名、開発規模などの概要を記載した「アプリ概要」、②開発状況報告書を元データとした「開発工程における品質情報」のダイジェスト(簡易版の開発状況報告書のプロジェクトでは省略)、③ベンダの総合テスト以降のテストと社内受入れテストのテスト数・不具合数から成る「信頼度成

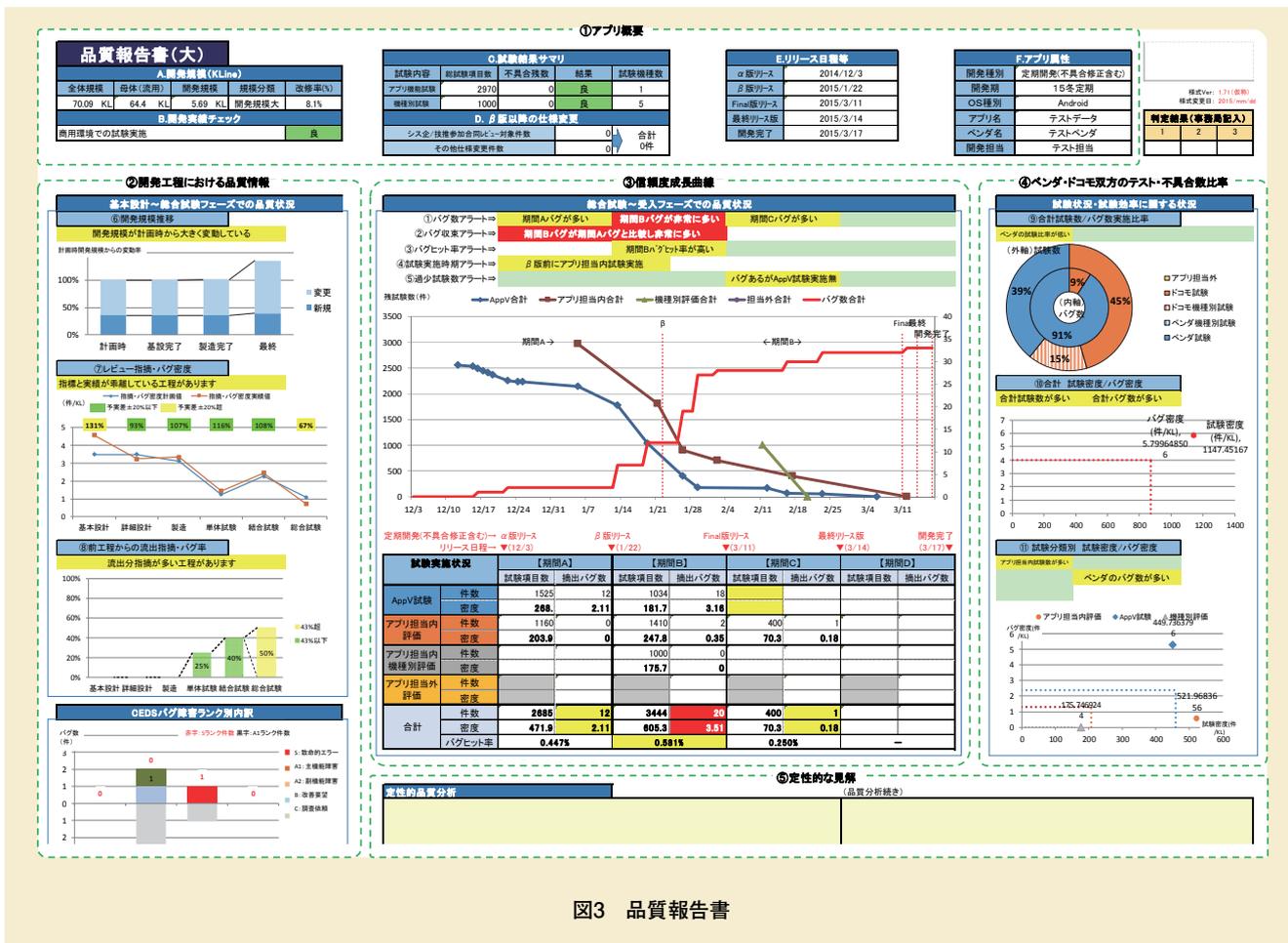


図3 品質報告書

- \*10 レビュー指摘密度: レビュー対象物の規模あたりのレビューによる指摘数。レビューによる問題箇所の指摘の抽出割合およびレビュー対象物の品質を判断する尺度となる。
- \*11 バグ密度: プログラム製造規模あたりのバ

- グ検出数。工程ごとのバグの抽出割合およびテストの強化または再テストの要否を判断する尺度となる。
- \*12 ゾーン分析: 与えられた分析のテーマをある特徴に着目した視点によってゾーンに分割し、ゾーンごとに分析を行う手法。

ゾーンに分割することにより、全体に行う施策と比較してきめ細かく対応できるようになる。

長曲線\*13], ④「ベンダ・ドコモ双方のテスト・不具合数比率」, ⑤「定性的な見解」で構成される。Excelの機能を最大限活用し、判定者にとって見やすく、記入者にとって簡易に記入可能な様式となるよう工夫した。例えば入力規則や条件式などの機能を利用した入力チェックを実現している。また、数値データ入力のみで自動的に視認性の高いグラフを表示し、リスクが大きい品質データに赤色または黄色の網掛けでアラート表示し品質リスクを見える化した。

### (3)本様式の初期導入活動

本様式導入の際には、文献[3]を参考に、トップダウンとボトムアップの両アプローチを使い分けた。

まず、多様な開発現場への早期導入のため、強制力の強いトップダウンアプローチを活用し、全開発現場への一斉導入を進めた。

一方、ボトムアップアプローチとして、プロセス改善チームのメンバーがアプリケーション開発担当者ーベンダ間の情報共有MTGに参加し、導入背景・様式記入方法の説明、アプリケーション開発担当者への例示も兼ねてベンダの記入方法および報告内容に対する確認・指摘を行い、アプリケーション開発担当者・ベンダを含めた開発現場への直接的支援を行うことで、トップダウンアプローチの弊害である強制感や改善取組みへの反発を極力抑えることを心掛けた。

このように両アプローチを使い分けることで、約半年間で全開発現場

に本様式を導入した。

## 3.2 定量的開発管理の定着化

本様式の導入完了後、定量的開発管理手法の定着・継続的改善・高度化に主眼をおき、下記に記す3点の施策を実施した。

(1)本様式含めたドキュメントのさらなる改善と整備

開発担当者の管理スキルにかかわらず進捗・品質を把握でき、ベンダが記入し易くなるよう、本様式を適宜改版した。その際、公式・非公式にアプリケーション開発担当者およびベンダにヒアリングし、開発現場の意見・提案を積極的に取り入れ、プロセス改善活動への主体的な参加意識を醸成し、改版による変化を受け入れ易いよう考慮した。また、ベンダ向けに開発状況報告書の記入上のガイドラインを、アプリケーション開発担当者向けには、開発状況報告書や品質報告書を読み解き定量的開発管理を実践するためのノウハウ集を作成し、本様式を効果的に利用するための参考ドキュメントを充実させた。

また、開発実績データを蓄積し、品質報告書の品質アラートに過去実績の統計データを活用することで、各プロジェクトをより客観的に品質判定可能とした。例えば、図3の③信頼度成長曲線にて、期間ごとのバグ密度が過去の統計データの75~85パーセンタイル\*14の場合に黄アラート、85パーセンタイルを超える場合には品質リスクが高いデータとして赤アラート表示した。

(2)アプリ開発管理サポートツールの導入

開発現場への本様式の浸透に従い、より効率的に、より精緻に開発管理をしたいという現場のニーズが大きくなり、また、プロセス改善チームメンバーにとって全プロジェクトの主要開発データ（信頼性・生産性・規模・工数など）の収集・集計に伴う負担が大きくなってきた。そこで、アプリケーション開発担当者向けの①「開発管理サポート機能」と、プロセス改善チーム向けの②「データ集計サポート機能」の2種類の機能から構成される「アプリ開発管理サポートツール」を構築した。図4にアプリ開発管理サポートツールの概略図を示す。なお、本ツールはアジャイル開発\*15により、プロセス改善の進捗を測りながら柔軟かつ早期に機能追加している。

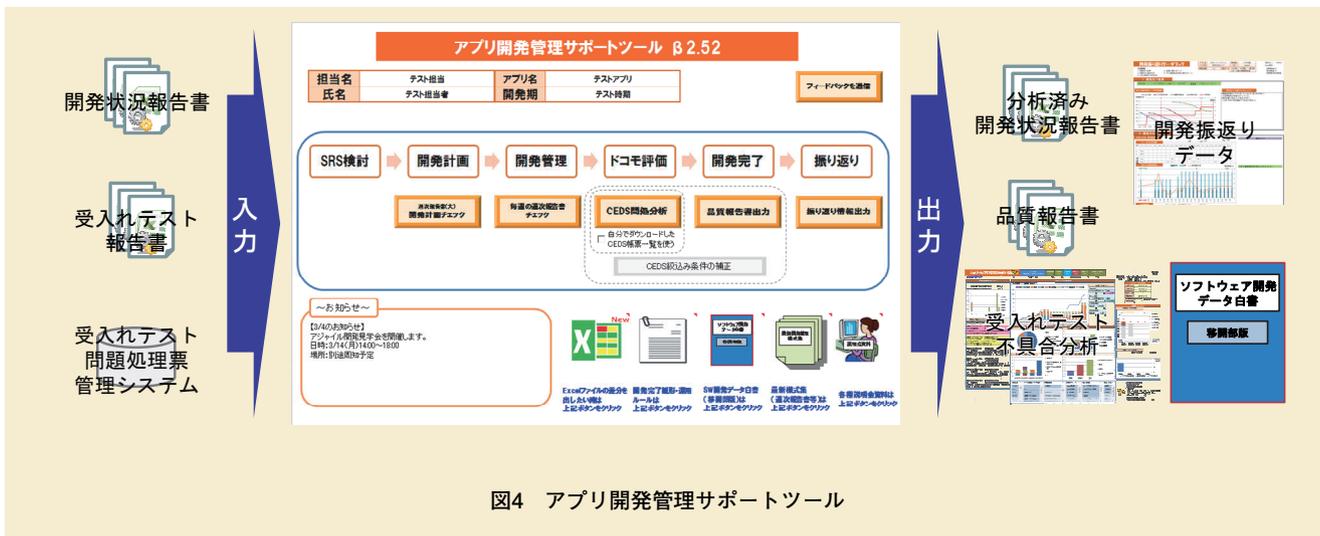
①「開発管理サポート機能」はアプリケーション開発担当者の開発管理の支援を目的としており、ヒアリングや開発現場の観察を重ねながら、開発管理上の課題を解決する機能を搭載している。具体的には、プロセス改善チームや部内有識者のノウハウを基に開発計画内容を分析し進捗遅延リスク・品質リスク要因を抽出する機能、情報共有MTG効率化のため直近の開発状況報告書との差分を明示する機能、開発状況報告書を基に品質報告書を自動作成する機能、受入テストで発生した不具合情報を分析する機能、当該プロジェクトの

\*13 信頼度成長曲線：プロジェクトの進捗状態・品質状況の確認などに用いるグラフ。横軸に日付やテスト時間またはテストケース数、縦軸に累積バグ発見数をとる。S字の成長曲線を描くことが多い。

\*14 パーセンタイル：計測値の分布（ばらつき）を小さい数字から大きい数字に並べ替え、パーセント表示することによって、小さい数字から大きな数字に並べ変えた計測値においてどこに位置するのかを測定する単位。例えば65パーセンタイルであれば、

最小値から数えて65%に位置する値を指す。

\*15 アジャイル開発：アジャイル開発宣言に基づく開発方法論であり、迅速かつ適応的にソフトウェア開発を行う軽量な開発手法群の総称。



開発データを分析した開発振りデータを提供する機能などが搭載されている。本機能により、開発管理業務が効率化し、開発現場の自発が促され、開発現場に定量的開発管理が定着した。なお、各アプリケーション開発担当者のツール使用履歴ログを自動収集し、ログ分析することで、ツールの有効性と浸透度を容易に検証する仕組みもあわせて構築した。これにより、ツールの普及度が低い開発現場への個別説明や、利用度が低い機能の改善などの早期の意思決定を可能としている。

- ②「データ集計サポート機能」は開発状況報告書に記載されている開発データを収集・蓄積し、整理・出力する機能である。本機能により、多種多様な開発現場におけるデータを容易に集計・蓄積し、統計データとして活用することが可能となった。

(3)メリハリを付けた人的サポート  
ドキュメントの整備とツールによる支援、開発現場の経験・ノウハウの蓄積により、各開発現場の主体的・自立的な定量的開発管理への移行が進んだため、徐々にプロセス改善チームの開発現場への参加頻度を減らすこととした。一方、本様式改版時やアプリ開発管理サポートツールへの新機能搭載時には、部内全体への説明会を開催した。説明会の場で、定量的開発管理の必要性の啓発、開発状況報告書・品質報告書からリスクを分析する具体的なノウハウの紹介、開発管理のベストプラクティス・ワーストプラクティスを共有した。

このように人的サポートの機会を意図的に減らしつつも、プロセス改善の要は“人”であることを意識し、規模や難易度の観点から開発リスクの大きいプロジェクトや担当者入替えなどのリスクが高まる局面では、開発現場への人的サポートを手厚く

行い、メリハリをつけたサポートを実施した。

#### 4. プロセス改善活動の成果

これまでのプロセス改善活動の成果を以下に解説する。

##### 4.1 開発管理の適正化とリリース判定の客観化

ベンダとアプリケーション開発担当者が客観的・定量的な指標を用いて開発状況を共有し、リスクを互いに認識することで進捗・品質面で早期の対策が可能となった。また、全開発プロジェクトに統一的品質報告書の導入・全プロジェクトの過去の統計品質データを基にした品質アラート条件を設定することで、各開発プロジェクトを時系列かつ横並びで客観的な品質判定が可能となった。

進捗管理の改善の具体的な成果を図5に示す。開発状況報告書を導入した全プロジェクトの全情報共有MTGのうち、1日超の進捗遅れを報

告した情報共有MTGの占める割合を進捗遅延発生率と定義する。導入当初の半年間は進捗遅延発生率が55%を超えていたが、経年で改善し、特に直近では20%以下に抑えられ、プロセス改善活動が進捗管理の改善に寄与したことが分かる。

品質面の改善の具体的な成果を図6に示す。2つの箱ひげ図<sup>\*16</sup>は、初期半年間と直近半年間の全開発プロジェクトについて、ベンダの総合テスト以降の全テストにおけるバグ密度のデータを集計したものである。例として、中央値について直近半年間では初期半年間の2/3に低下している。定量的開発管理の浸透により、上流工程での品質の作り込みが促進され、ソフトウェア品質が向上したことが確認できる。

## 4.2 開発データの統計資料の整備

アプリ開発管理サポートツールのデータ集計サポート機能を用いて、全プロジェクトの主要開発データ(信頼性・生産性・規模・工数など)を集計・整理したソフトウェア開発データ白書(部内版)を作成し、部内公開した。内容・構成は独立行政法人情報処理推進機構ソフトウェア高信頼化センター(IPA/SEC: Information-technology Promotion Agency, Japan/Software Reliability Enhancement Center)<sup>\*17</sup>が発行しているソフトウェア開発データ白書[4]を参考とした。ソフトウェア開発データ白書(部内版)は最新データの追加に伴い過去3回改版し、ベンダへ

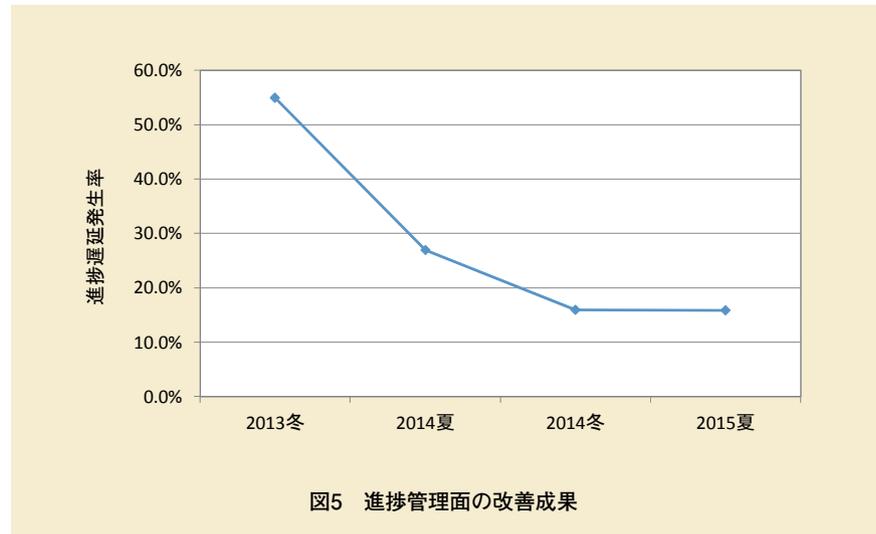


図5 進捗管理面の改善成果

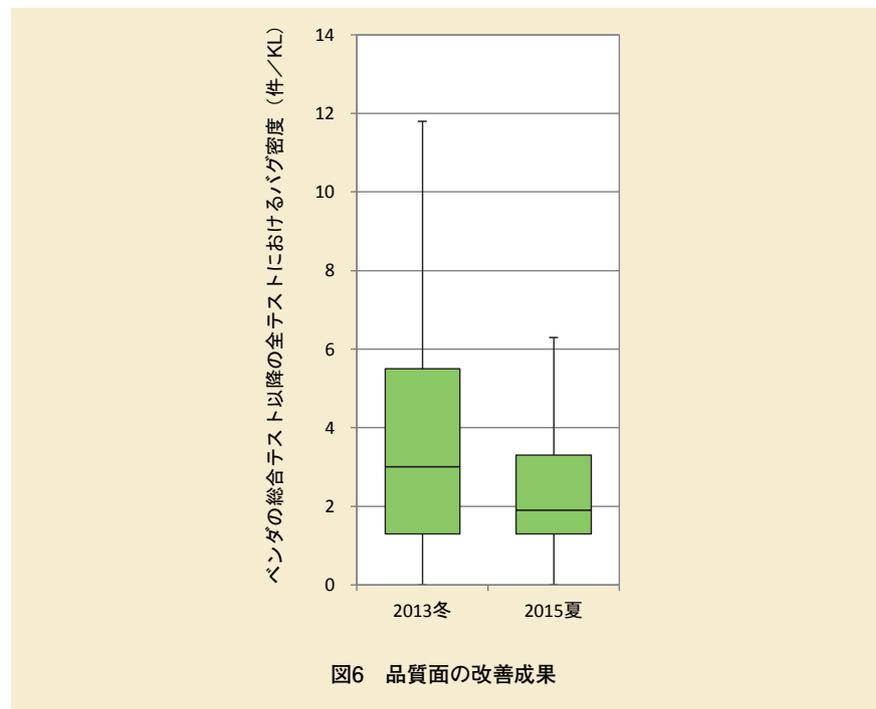


図6 品質面の改善成果

開示可能となるよう再構成した派生版も提供した。ソフトウェア開発データ白書(部内版)はアプリケーション開発担当者のみならず部内管理職にも広く浸透しており、開発完了後の振り返りや開発計画の妥当性確認などに引用され、開発のPDCAサイクルの強化に貢献している。

## 4.3 アプリケーション開発担当者が自立的に開発管理を適正化する仕組みの構築

品質報告書の浸透により、開発管理が適正であれば適切な品質報告書が出力され、逆に開発管理が不適切である場合は品質報告書に品質リスクを示すアラートが多数表示される

\*16 箱ひげ図：ばらつきのあるデータをわかりやすく表現するための統計学的グラフ。一般的には最小値、第1四分位点、中央値、第3四分位点および最大値を表現する。その場合、第1四分位点、第2四分位点(中央値)、第3四分位点は「箱」で表現され、最

小値・最大値は箱の両側に出た「ひげ」で表現される。

\*17 独立行政法人 情報処理推進機構 ソフトウェア高信頼化センター(IPA/SEC)：ソフトウェア開発における定量的プロジェクト管理の普及促進を目的に、開発プロセス

の標準化や見える化手法、定量的品質管理手法などの調査・検討を行っている組織。

ことがアプリケーション開発担当者に広く理解された。アプリ開発管理サポートツールの開発管理サポート機能の提供により、アプリケーション開発担当者は開発の途中段階で品質報告書を簡易な操作で即座に自動出力可能となったため、開発中に品質報告書のアラートを意識し、ベンダの進捗・品質報告に対してリスクを見極め、適切な追加対策を議論するような意識に変わり、開発現場が自立的に適切な開発管理を行うようになった。

#### 4.4 アプリ開発管理サポートツールによるシステムの開発管理の浸透

アプリ開発管理サポートツールの利用ログの解析や開発現場へのヒアリングを重ねながら、継続的な機能改善を行い、説明会などによるアプリケーション開発担当者へのメリット理解の浸透などにより、ツールの利用者が拡大した。導入当初の3カ月後は想定ユーザの約2割であったが、導入の半年後には想定ユーザの約8割に拡大し、システムの開発

管理が浸透した。ツールの利用が浸透し続けた結果、アプリケーション開発者の全員がツールを認知し利用している。

## 5. あとがき

本稿では、スマートフォン向けアプリケーション開発におけるプロセス改善活動について解説した。

マルチベンダへの適用を考慮した開発状況報告書と品質報告書の統一様式を作成し、早期に様式を定着化した。また、ドキュメント・ツールの整備・効率的な人的サポートにより、定量的開発管理プロセスが部内で定着した。これらプロセス改善活動の結果、開発管理の質が大きく向上し、進捗遅延の減少やソフトウェア品質の向上などの成果が得られた。

また、約2年間のプロセス改善活動を整理し、本成果をソフトウェア品質シンポジウム<sup>\*18</sup>にて発表した[1]。特に多種多様なベンダへの適用を考慮した様式はドコモならではの特徴ある発表内容であり、本様式の詳細内容に対する質問も受け、参加者の高い関心を集めた。また、発注元企

業の立場での対外発表事例は珍しく、同様の発注元企業およびベンダにとっても知の共有につながり、ソフトウェア開発業界の発展の一助となった。

今後は、蓄積データ間の高度連携、管理スキル・意識のさらなる底上げ、およびアジャイル開発プロセスへの対応について、改善すべき課題として取り組む予定である。

## 文 献

- [1] 戸崎 貴資, 山田 善大, 服部 弘幸: “発注元企業における開発プロセス改善活動,” ソフトウェア品質シンポジウム, 2015.
- [2] 独立行政法人情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリングセンター編: “定量的品質予測のススメ,” SEC BOOKS, 2008.
- [3] 堀田 勝美, 関 弘充, 宮崎 幸生: “ソフトウェア品質保証システムの構築と実践,” ソフト・リサーチ・センター, 2008.
- [4] 独立行政法人情報処理推進機構: “ソフトウェア開発データ白書,” SEC BOOKS.
- [5] ソフトウェア品質シンポジウムホームページ.  
<http://www.juse.jp/sqip/symposium/>

\*18 ソフトウェア品質シンポジウム: 日本におけるソフトウェア品質に関する最大級のイベントであり、ソフトウェア品質に関する実践的な技術・経験・研究成果を共有し、意見交換が行われている。著名人による講演・パネルディスカッションのほか、一般

参加者からの発表も受け付けている。

## IoTの普及をめざしたデバイス連携機能：Linking

近年、IoTデバイスに関する市場が拡大しており、さまざまな企業がこれらの分野で製品開発を実施しているが、それらの製品は幅広いコンシューマユーザが日常生活で利用するレベルには浸透していない。そこでドコモは国内の複数企業と連携して「Project Linking」を立ち上げ、IoTデバイスや、IoTデバイスと連携するサービスの開発を簡易化するためのプラットフォームであるLinkingを開発した。本稿では、Linkingの概要、およびその適用例について解説するとともに、その展開方法について述べる。

移動機開発部

きみなみ かつき たみや ゆうじ  
木南 克規 田宮 裕史  
こう こうえん かとう さだあつ  
高 鴻燕 加藤 禎篤

### 1. まえがき

近年、スマートフォンの急速な普及とあわせて、スマートフォンと連携して利用される腕時計型、メガネ型、ヘルスケア用途でのリストバンド型などの日常的に身に着けて利用するウェアラブルデバイスが登場している。また、家電製品や自動車、スマートメータ、センサを有する各種機器など、日常生活で用いるあらゆるものがインターネットに接続するIoT (Internet of Things) の概念が提案され[1]、多くの企業がウェアラブル・IoT分野での製品開発を積極的に行っており、実際にIoTデバイス (以下、デバイス) の市場は今後の大きな成長・拡大が予測されている[2]。

しかしながら、現状では、スマートフォンのように多くのコンシューマユーザがそのようなデバイスを日常生活で利用する段階までには至っていない。その理由としては、下記のような点があると考えられる。

#### (1) デバイスが高価である

現状、デバイスの価格は数千～数万円程度のものが市場の大半を占めており、ユーザが気軽に購入できる価格になっていないものが多い。また、IoTの世界ではユーザの日常の身の回りにある「あらゆるモノ」が高機能化・高度化され、ユーザが複数のデバイスを日常生活で利用するため、IoTがコンシューマユーザに広がるためにはデバイスの価格がハードルになっており、IoTの普及を阻害する一因となっている。

#### (2) 誰もが魅力を感じるキラーサービスが少ない

IoTサービスの一例として、各種家電がスマートフォンから操作できる「スマートホーム」があるが、多くのユーザは日常生活において、そのようなサービスやデバイスを利用する必要性に迫られておらず、一部のユーザが利用するにとどまっている。つまり、万人が利用してみたいと感じる魅力的なIoTの利用シーン (キラーサービス) は現状では多くない。

#### (3) デバイスおよびサービスアプリ開発のハードルが高い

スマートフォンのサービスアプリケーション (以下、サービスアプリ) と連携して利用する現状のデバイスの多くは、メーカーごとに独自の仕

様で連携するため、それぞれのデバイスにあわせて都度サービスアプリの開発を行う必要がある。また、サービスアプリ開発者がデバイスの仕様を理解する必要があり、逆にデバイス開発者もサービスアプリ開発のスキルが必要となり、デバイスおよびサービスアプリ開発が容易でない。

上記の背景の中で、Google社の提供するAndroid Wear™\*1[3]やGoogle Fit™\*2[4]、Apple社の提供するApple Watch™\*3[5]やHomeKit®\*4[6]などのように、スマートフォンとBluetooth®\*5などでデバイスを接続するための共通的な規格が提案され、API（Application Programming Interface）\*6が公開されている。しかしながら、それらの規格では、デバイスにOSの搭載や高スペックなRAM\*7が必要となるように、対応するデバイスが高機能なものに限定される。したがって、デバイス開発者がそれらの規格に対応したデバイスを開発するためには相応の開発工数が必要となり、デバイスの提供は容易ではない。

そこでドコモは、IoT市場を活性化するため、デバイスとサービスアプリが連携するための汎用的かつ簡易な仕様を規定することで、IoTデバイスやサービスアプリの開発を容易にするプラットフォームLinkingを開発した。本稿では、Linkingの概要を解説し、その適用例および展開方法について述べる。

## 2. 概要

Linkingは、デバイスとスマートフォンのサービスアプリの連携を容易にするプラットフォームである。Linkingで規定するインタフェースに合わせて開発を行うことで、デバイス開発者はサービスアプリ側の仕様や動作を意識することなく、逆にサービスアプリ開発者はデバイス側を意識することなく、デバイスやサービスアプリを開発することができる。また、それにより、Linkingの規定するインタフェースに対応しているものであれば特定のデバイスやサービスアプリに限定されず連携して利用することも可能となる。さらに、Linkingでは複数のデバイスと複数のサービスアプリを連携して利用することも可能である。

### 2.1 AndroidでのLinkingの構成

図1にAndroid™\*8でのLinkingの構成を示す。なお、AndroidとiOS\*9ではLinkingの実現方法が異なるためiOSでの構成については後述する。

図1に示すようにAndroidでは、デバイスとスマートフォンの各種サービスアプリを連携するためのLinkingアプリによって実現され、デバイス向けインタフェース（以下、デバイス向けIF）およびサービスアプリ向けのインタフェース（以下、サービスアプリ向けAPI）にLinkingアプリが対応することで実現される。なお、デバイスとスマートフォンの

接続方式として、スマートフォンに標準的に搭載されており、かつPCなどのさまざまな機器にも普及が進んでいるBluetooth規格のうち、特に消費電力の観点で優れているBLE（Bluetooth Low Energy）\*10を採用している。

また、デバイスとサービスアプリの連携有無やデバイスの接続状態および連携内容などの設定を、Linkingアプリで一元的に管理している。これにより、ユーザがデバイスとの連携時に個々のサービスアプリやデバイスを操作する必要がなくなるため、特に複数のデバイスやサービスアプリを利用する場合のユーザの利便性を向上させている。

なお、LinkingアプリはAndroidのアプリ層で動作するため、通常のアプリケーションと同様にアプリのダウンロード・インストールのみで利用することができ、ドコモのスマートフォン以外でも利用することができる。

### 2.2 デバイス向けIF

#### (1) Linking対応デバイス

Linkingにおいて、2016年4月時点で連携可能なデバイスは、LED・バイブレータ・ボタン・加速度センサ・ジャイロセンサ・方位センサ・温湿度センサ・気圧センサを搭載しているデバイスである。これは、前述のようにOSが非搭載のものや数100KB程度の少量のRAMしか搭載されていないようなシンプルなデバイスでも接続できるよう、機能を選

\*1 **Android Wear™**：スマートウォッチ向けのAndroid OSベースのオペレーティングシステム。Google Inc. の商標。

\*2 **Google Fit™**：Google社の提供する健康管理・ヘルスケア用途のアプリケーションおよびプラットフォームの総称。Google Inc. の商標または登録商標。

\*3 **Apple Watch™**：Apple社の提供するスマー

トウォッチ。Apple Inc. の商標または登録商標。

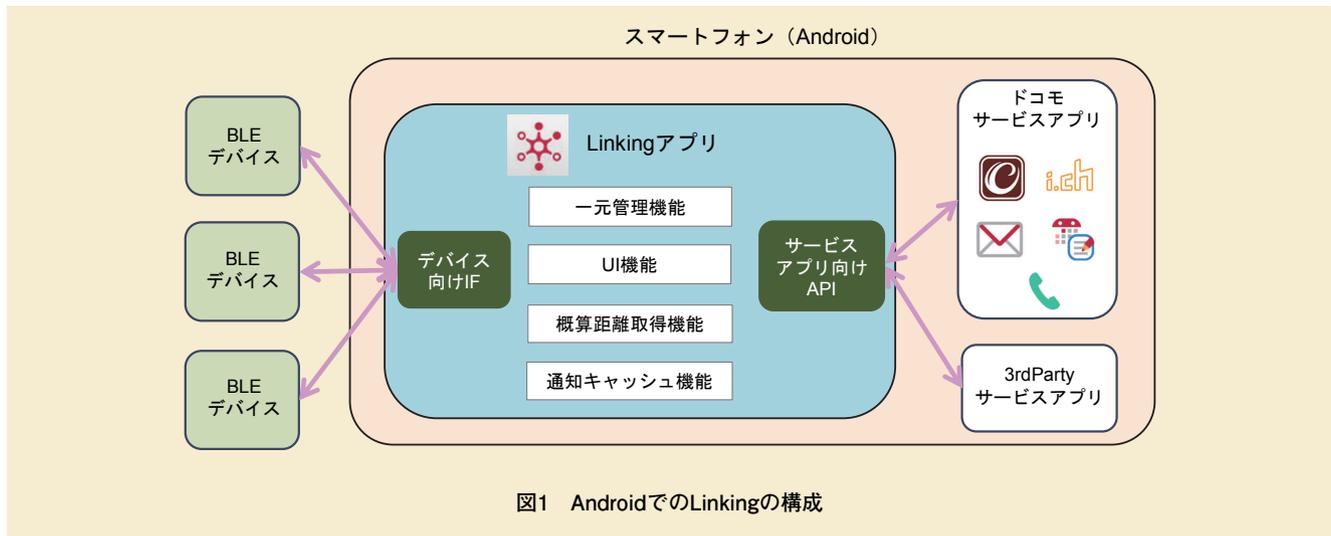
\*4 **HomeKit®**：Apple社が提供するiOSデバイスと家電製品などが連携するためのプラットフォームの総称。Apple Inc. の登録商標。

\*5 **Bluetooth®**：移動端末、ノートパソコン、PDAなどの携帯端末を無線により接続する短距離無線通信規格。米国Bluetooth SIG

Inc.の登録商標。

\*6 **API**：OSやミドルウェアなどが提供する機能を、他のソフトウェアが利用するためのインタフェース。

\*7 **RAM**：読み書きのアクセス動作が高速な記憶装置。



定したためである。これにより、まずはユーザが安価なデバイスを日常生活で利用することを実現し、それをきっかけとしてIoTの拡大を実現していく。

また、LinkingではBLEのアドバタイズパケット<sup>\*11</sup>のフォーマットを規定しており、そのフォーマットに対応したデバイスを、サービスアプリがビーコン<sup>\*12</sup>として利用することが可能である。

#### (2) デバイス向けIFの概要

Linkingで規定するサービスアプリと連携するためのデバイス向けIFを表1に示す。デバイス向けIFはBLEの通信プロファイル<sup>\*13</sup>として規定されており、GATT (Generic Attribute Profile)<sup>\*14</sup>上でサービス情報を送受信する。

ここでBluetooth SIG<sup>\*15</sup>では、ANP (Alert Notification Profile)<sup>\*16</sup>やHDP (Health Device Profile)<sup>\*17</sup>のような標準的なプロファイルが通信目的に応じて規定されているが、

Linkingのようにさまざまな特性のデバイスとの通信を行うことを想定した汎用的なプロファイルは提供されていない。そこで表1に示すように、Linkingではさまざまなデバイスが汎用的に通信するための最小限のBLEプロファイルを規定している。また、BLEでは1回の通信で送受信できるサービスデータが最大で20byteであり、多くのデータを通信する場合には通信回数が増加してしまう。そこで、デバイスが対応可能な機能能力をLinkingアプリに通知し、自身が対応できる情報のみをLinkingアプリとやりとりする仕様とすることで、通信回数が最小化されるように工夫し、デバイスとLinkingアプリ間の通信の発生を抑制している。また、これらによりさまざまな特性のデバイスと連携可能とする汎用性と省電力性をあわせて実現した。

なお、Linkingのデバイス向けIFに対応したデバイスはAndroid/iOS

にかかわらず利用することができる。

### 2.3 サービスアプリ向けAPI

サービスアプリがデバイスと連携するための、サービスアプリ向けのAPIを表2に示す。サービスアプリ向けAPIは、Androidの場合、intent<sup>\*18</sup>やContentProvider<sup>\*19</sup>といったOSの標準かつ基本的な機能を利用して実現しており、サービスアプリ開発者が基本的なアプリ開発のスキルを有していれば容易にAPIを利用することができる。例えば表2に示すNotificationAPIでは、API仕様にしたがってintentのパラメータを設定し、サービスアプリからLinkingアプリへintentを送信するだけで、デバイス側の仕様を意識することなく、デバイスへ各種通知を行うことができる。

### 2.4 Linkingアプリ

Linkingアプリの主な機能について以下に解説する。

<sup>\*8</sup> **Android™**：スマートフォンやタブレット向けのオペレーティングシステム、ミドルウェア、主要なアプリケーションからなるソフトウェアプラットフォーム。米国Google, Inc.の商標または登録商標。

<sup>\*9</sup> **iOS**：米国およびその他の国におけるCisco社の商標または登録商標。

<sup>\*10</sup> **BLE**：Bluetoothの仕様の1つであり、低消費電力で通信が可能なBluetooth Ver4.0の呼称。

<sup>\*11</sup> **アドバタイズパケット**：BLEにおいて、デバイスが自身の機器の情報を周囲に送信するためのパケット。

<sup>\*12</sup> **ビーコン**：周期的に情報を発信するデバイス。

<sup>\*13</sup> **プロファイル**：BluetoothやBLEで通信する際に使用される、サービスごとに策定された機器間のプロトコル。

<sup>\*14</sup> **GATT**：BLE通信でデータを送受信するための通信プロファイル。

<sup>\*15</sup> **Bluetooth SIG**：近接無線システムの代表であるBluetoothの規格策定や認証を行う非営利業界団体。

表1 デバイス向けIF

サービス名	内容
PeripheralDevicePropertyInformationService	BLEデバイスの機能能力を通知する (デバイス名, デバイスID, デバイス能力など)
PeripheralDeviceNotificationService	デバイスがスマートフォンからのさまざまな通知を受信する (通知ID, サービスアプリ名, 通知パターンなど)
PeripheralDeviceSensorInformationService	デバイスからスマートフォンへセンサ情報の送信を行う (センサタイプ, 状態, データ値など)
PeripheralDeviceSettingOperationService	デバイスとスマートフォンの間で操作情報のやり取りを行う (デバイスのボタンの押下情報など)

表2 サービスアプリ向けAPI

API名	内容
Notification	一般的な通知相当の内容 (タイトル, 本文) をデバイスに通知する
汎用通知	Notification以外の汎用的な通知をデバイスへ行う
デバイス情報の取得	デバイスの情報 (デバイス固有情報, 接続状態, デバイス能力など) を取得する
サービスアプリへの通知	デバイスからの情報 (ボタン情報など) を受信する
距離通知	デバイスとスマートフォンの概算距離を受信する
センサ情報の取得開始・停止	デバイスのセンサ情報の取得開始・停止を要求する
ビーコン情報の取得開始・停止	ビーコンデバイスの検索開始・停止を要求する
BLEデバイス接続通知	Linkingアプリがデバイスと接続したことを受信する
BLEデバイス切断通知	Linkingアプリがデバイスと切断したことを受信する

### (1)一元管理・UI機能

Linkingアプリでは、デバイスとサービスアプリの連携有無や接続状態、連携内容に関する各種設定を一元的に管理することができる。図2にLinkingアプリの管理画面のイメージを示す。

- ①図2(a)「デバイス管理画面」に示すように、まずLinkingアプリではユーザが利用しているLinking対応デバイスの一覧、およびその連携有無を管理することができる。また、ビーコンとしてデバイスを利用するかど

うかを選択することができる。

- ②「デバイス管理画面」から各デバイスを選択することで、図2(b)「サービスアプリ管理画面」に遷移し、各デバイスとどのサービスアプリを組み合わせるかを設定することができる。例えば図2(b)においては、「傘用デバイス」が「iコンシェル」と連携していることを示している。
- ③「サービスアプリ管理画面」からサービスアプリを選択することで、図2(c)「連携内容設定画

面」へと遷移し、例えばデバイスへ通知する情報の選択や、デバイスへ通知を行う際のLEDの点灯時間やパターンのような各サービスアプリの詳細な連携内容を設定することができる。なお、「連携内容設定画面」において、「通知内容を選択」や「LED」のようにデバイスやサービスアプリの仕様依存する設定項目が表示されているが、これらはデバイスやサービスアプリがそれらの機能を有している場合にのみ表示され、ユーザ

\*16 ANP：Bluetooth SIG Inc.で規定されている電話やSMSの着信を通知するためのプロファイル。

\*17 HDP：Bluetooth SIG Inc.で規定されている医療・健康管理機器を接続するためのプロファイル。

\*18 Intent：Android OSが提供するプログラム間のパラメータ交換手段。アプリケーション

内のコンポーネント間でのやり取りや、アプリケーションをまたがるやり取りに利用される。

\*19 ContentProvider：Android OSにおいて、一般的なイメージやオーディオ、ビデオファイル、個人情報などに関するデータの格納・検索を担当する仕組み。それを活用することで各アプリケーションから各種

データに簡単にアクセスできるようになる。



に不要な設定項目が表示されず分かりやすいUIとなるように実装されている。

## (2)概算距離取得機能

### ①機能概要

Linkingアプリでは、デバイスとスマートフォンの概算距離を一定期間ごとに取得し、指定されたサービスアプリへ通知する機能を有している。本機能を利用すると、例えば、デバイスが近くに存在する場合にのみ、デバイスのセンサ情報を取得するように制御したり、デバイスとスマートフォンの距離が離れた場合に、ユーザへ通知をしたりするように、サービスアプリがデバイスとの距離に応じて動作できるようになる。

### ②概算距離算出法

Linkingアプリではデバイス

からのBluetoothの電波強度：RSSI (Received Signal Strength Indicator) \*20からデバイスとスマートフォンの概算距離 $d$ [m]を以下の計算式により算出している。

$$d = 10^{\frac{A - \text{RSSI}}{10 \times n}} \quad (1)$$

ここで、 $A$ はデバイスから距離が1mの位置でのRSSI値、 $n$ は減衰率、 $\text{RSSI}$ はBluetooth電波強度の測定値[dBm]である。ただし、RSSI値はデバイスやスマートフォンを利用する場所の周囲の環境や、ユーザのデバイスやスマートフォンの持ち方などによって変動するため、必要に応じてユーザが実際にデバイスを利用する環境で距離計算式(1)の変数 $A$ をキャリブレーションすることで、RSSI値の

変動による距離算出結果のばらつきによる影響を吸収している。

### (3)通知キャッシュ機能

Linkingアプリでは、デバイスとスマートフォンのBluetooth接続が切断されていたり、デバイスが一定距離以上離れているなどの条件の場合に、サービスアプリからの通知を一時的に記憶（キャッシュ）し、Bluetooth接続が再開され、上記の条件から外れた場合に、自動でデバイスへ通知される機能を有している。キャッシュの実施有無や、キャッシュを保持する時間はサービスアプリごとに決定できる仕様としている。サービスアプリが本機能を利用することで、例えば、利用者がデバイスへ近づいたタイミングで必要な情報をデバイスへ通知することができるなど、利用者はスマートフォンの操作をすることなく、自分の行動にあ

\*20 RSSI：受信機にて検知される受信信号の強度。

わせて必要な情報を適切な場所で知ることができるようになる。

## 2.5 iOSでのLinkingの構成

iOSでのLinkingの構成を図3に示す。

iOSでは、AndroidにおけるintentやContents ProviderのようなOS自体の機能を利用したアプリ間の連携に制限があり、かつスマートフォンのバックグラウンドでのアプリの常駐動作にも制限があるため、Androidと同じLinkingの構成でデバイスとサービスアプリの連携を実現することが困難である。しかしながら、ユーザが利用するスマートフォンの種類にかかわらず、デバイスを利用できることは重要である。

そこで、図3に示すように、iOSではAndroidのLinkingアプリの機能をライブラリ<sup>\*21</sup>（以下、Linkingライブラリ）として提供し、Linkingライブラリを各サービスアプリの内部に実装することで、iOSのサービスアプリ開発者が容易にデバイスと連

携するサービスアプリを開発できるようにした。なお、デバイス開発者が利用するデバイス向けIFは前述の通り、AndroidとiOSにかかわらず共通である。

## 3. 適用例

Linkingでは、ユーザはデバイスとサービスアプリを自由に組み合わせさせてさまざまなシーンで利用することができる。Linkingを利用して、デバイスを異なる2つのシーン（雨具の携行お知らせ／忘れ物防止）で活用する例、およびその場合のデバイスとLinkingアプリおよびサービスアプリの処理シーケンスを以下に示す。

### 3.1 雨具の携行お知らせ

ドコモのサービスの「iコンシェル」のインフォメーションの1つである「雨雲アラーム」とデバイスと連携して利用することができる。「雨雲アラーム」とは、現在地周辺に雨雲が近づいている場合に、事前

にスマートフォン上へそのことを通知するものである。

例えば家の玄関の傘の近くにデバイスを設置しておく。スマートフォンで「雨雲アラーム」を受信していれば、ユーザが外出する際に、所持しているスマートフォンとデバイスが一定距離以内に近づくことで、デバイスへ自動で「雨雲アラーム」を受信していることが通知され、通知を受けたデバイスが鳴動する。これにより、ユーザはスマートフォンを確認しなくても家を出るタイミングで「雨が降ること」に自然に気づくことができ、傘が必要なことを知ることができる（図4）。

### 3.2 忘れ物防止

ユーザへ忘れ物の防止をアラートするサービスアプリとの連携を示す。例えば財布やカバンをどこかに置き忘れてしまうことを防止するために、忘れたくないモノにデバイスをあらかじめ取り付けておく。Linkingの機能で「デバイスとスマートフォン

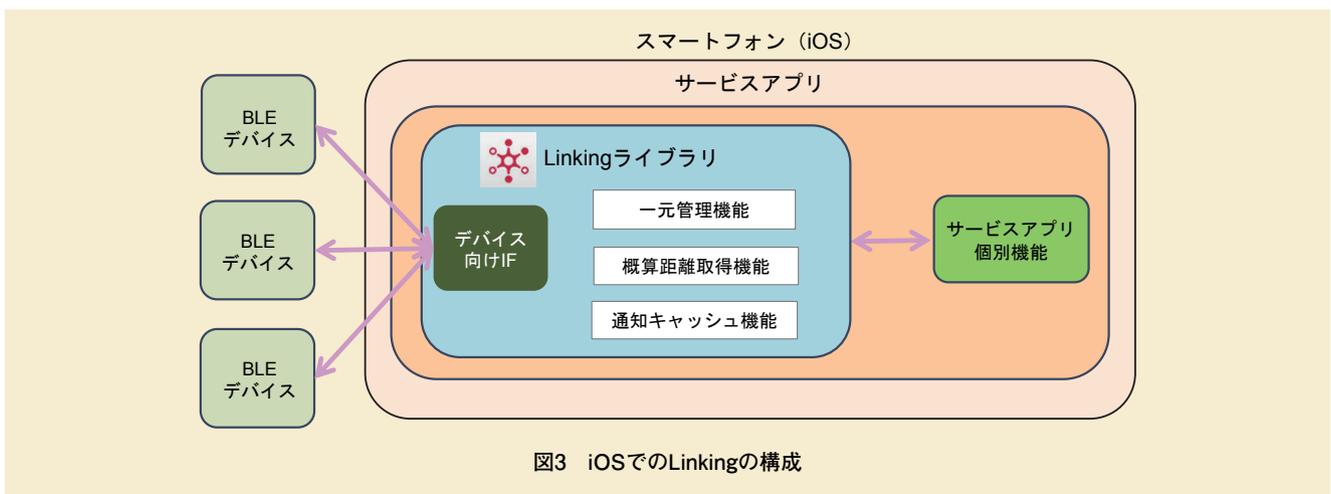
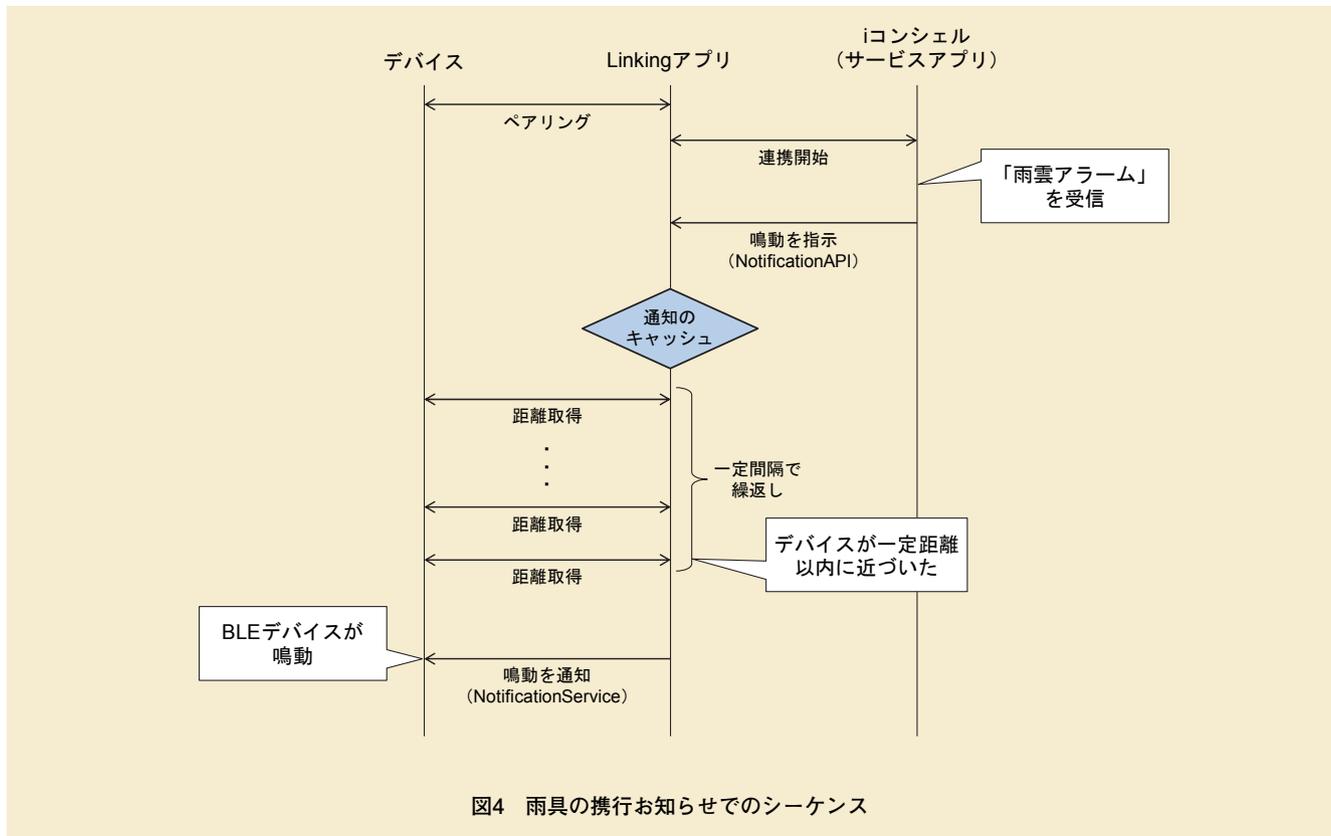


図3 iOSでのLinkingの構成

\*21 ライブラリ：汎用性の高い複数のプログラムを、再利用可能な形でひとまとまりにしたもの。



が一定距離以上離れた」場合にサービスアプリへ通知することができるため、サービスアプリがスマートフォンを鳴動させアラートを出すと同時に、デバイスもあわせて鳴動させることで、ユーザへ気づきを与えることができる(図5)。

## 4. Linkingの展開

Linking対応デバイスおよびサービスアプリの拡大、ひいてはIoTの普及促進に向けて、ドコモは国内の複数企業と連携して「Project Linking」を立ち上げ、Linkingの普及・推進に関する取組みを行っている[7][8]。また、デバイス向けIFおよびサービスアプリ向けAPIをWeb[9]上で公開

しており、デバイス開発者およびサービスアプリ開発者は、無料で利用することができる。またサービスアプリ開発者向けには、サービスアプリ向けAPIを容易に利用するためのSDK (Software Development Kit) \*22もあわせて提供している。

## 5. あとがき

本稿では、IoTの普及およびIoT市場の活性化を目的として開発を行ったLinkingの概要、適用例およびその展開方法について解説した。

今後は、Linkingを利用するための開発者向けのサンプルコードの拡充や、デバイス向けIFおよびサービスアプリ向けAPIの追加・改善など

の開発環境の整備を継続して行い、多くの企業や個人に活用いただくための開発環境の整備を行っていく。また、ドコモが標準化を行っているデバイスWebAPI[10]へ対応し、Webインターフェースによるサービスアプリとデバイスの連携にも対応していくことで、Linkingを活用したデバイスおよびサービスアプリのさらなる拡充を推進し、スマートフォンとさまざまなデバイスとの連携によるユーザの日常生活の利便性向上をめざしていく。

## 文献

- [1] Kevin Ashton: "That Internet of Things' Thing," RFID Journal, Jul. 2009.

\*22 SDK: ソフトウェアを開発するためのツールもしくはツール群。

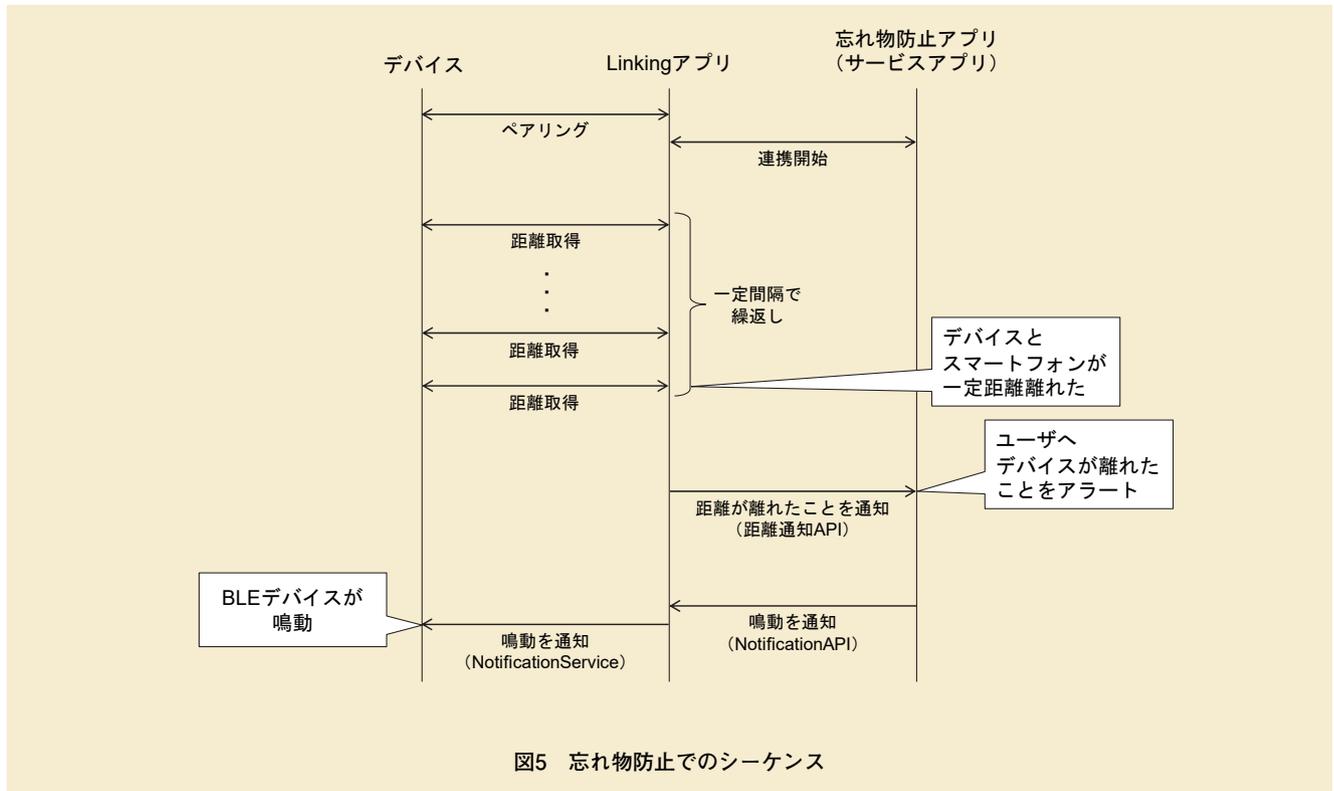


図5 忘れ物防止でのシーケンス

- [2] IDC Japan株式会社：“国内IoT（Internet of Things）市場予測,” Feb. 2015. <http://www.idcjapan.co.jp/Press/Current/20150903Apr.html>
- [3] Android Developers：“Android wear.” <http://developer.android.com/intl/ja/wear/index.html>
- [4] Google Developers：“Google Fit.” <https://developers.google.com/fit/?hl=ja>
- [5] Apple：“Apple watch.”

- <http://www.apple.com/jp/watch/>
- [6] Apple：“iOS9-HomeKit.” <http://www.apple.com/jp/ios/homekit/>
- [7] NTTドコモ報道発表資料：“スマホと外部機器を連携させる新たなプラットフォーム「Linking」を開発,” Nov. 2015. [https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2015/11/25\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/11/25_00.html)
- [8] Linkingポータルサイト.

- [9] Linking開発者向けサイト.
- [10] 山添, ほか：“デバイスコネクトWebAPI—多種多様なスマートフォン連携デバイスのためのWebインターフェース,” 本誌, Vol.23, No.1, pp.8-13, Apr. 2015.

# 2015年ITU無線通信総会（RA-15）報告 —将来の携帯電話の技術標準化—

ITU-Rの無線通信総会が、2015年10月26～30日にスイスのジュネーブにおいて開催され、ITU-Rの研究体制、作業方法の見直しやITU-R決議、勧告、研究課題について審議された。

本稿では、将来の携帯電話関連を中心に審議模様とその結果について報告する。

ネットワーク部	たちき	まさよし	とぎ	たくみ
	立木	将義	研	琢己
無線アクセス開発部	あたらし	ひろゆき		
	新	博行		
無線標準化推進室	はしもと	あきら		
	橋本	明		

## 1. まえがき

国際電気通信連合（ITU：International Telecommunication Union）の無線通信部門（ITU-R：ITU Radiocommunication Sector）は、無線技術仕様や周波数利用に関する標準化などを所掌している。実際の活動は、図1に示すように専門分野ごとに研究委員会（SG：Study Group）を設け、さらに各SG配下には作業部会（WP：Working Party）を設置して、無線技術や周波数利用などの研究を行っている。第3世代以降の携帯電話を表すIMT（International Mobile Telecommunications）の研究についてはSG5配下のWP5Dが所掌している。

ITU-Rの活動全般について議論する会合が無線通信総会（RA：Radiocommunication Assembly）であり、通常3～4年に一度開催されている。図1の通り、RAはSGの上位会合に位置づけられ、ITU-R研究体制に関連し、SG構成やSG議長・副議長の任命、ITU-Rの各種文書承認プロセスなどの作業方法の審議のほか、個別のITU-R決議、勧告、研究課題などの承認に関する審議が行われる。本年は2012年以来のRA開催年となり、2015年10月26～30日にRA-15が開催された。

本稿では、RA-15の全体概要とそこで承認された新たなITU-R研究体制や、IMTに関するITU-R決議の承認などの審議模様とその結

果を中心に報告する。

## 2. RA-15の全体概要

RA-15には、ITUに加盟している193カ国のうち107カ国の主管庁、並びに各種国際機関などから約460名の参加があった。日本からは、主管庁である総務省からの出席者と、電気通信事業者、研究機関などからの出席者を合わせ総勢30名が日本代表として参加し、ドコモからは4名が出席した。

図2にRA-15の会議構成を示す。RA全体会合（Plenary）の議長は、当該研究会期で退任するSG議長が任命されることが通例であり、RA-15では2007年無線通信総会（RA-07）以来SG5の議長を務め2期の任期を満了した橋本（筆者の

# Standardization

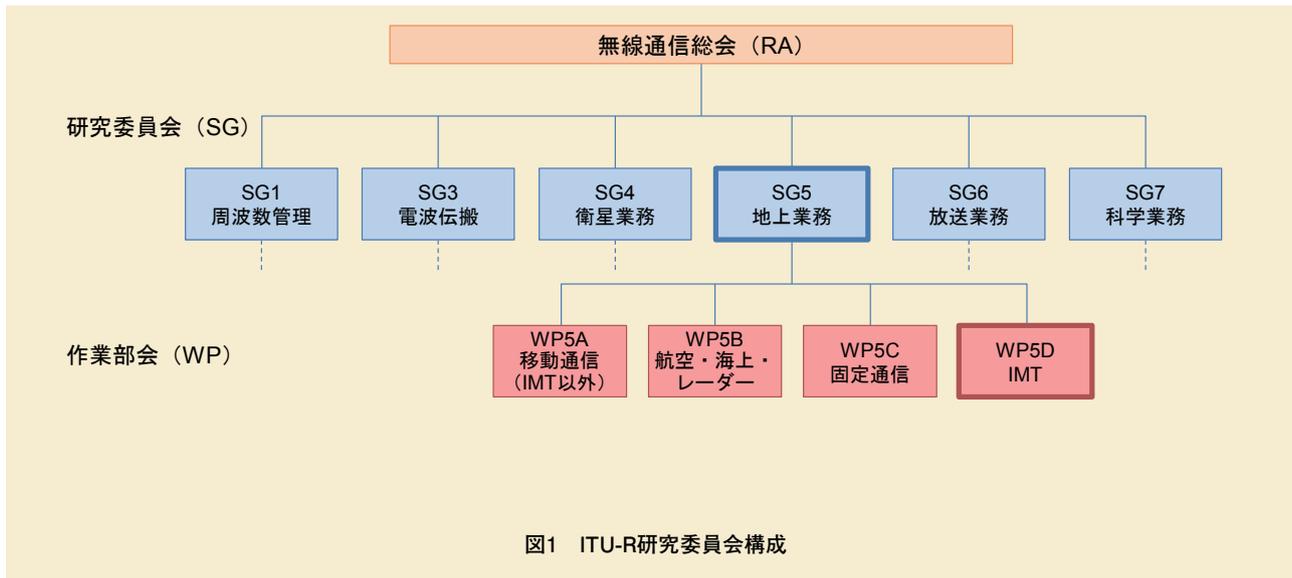


図1 ITU-R研究委員会構成

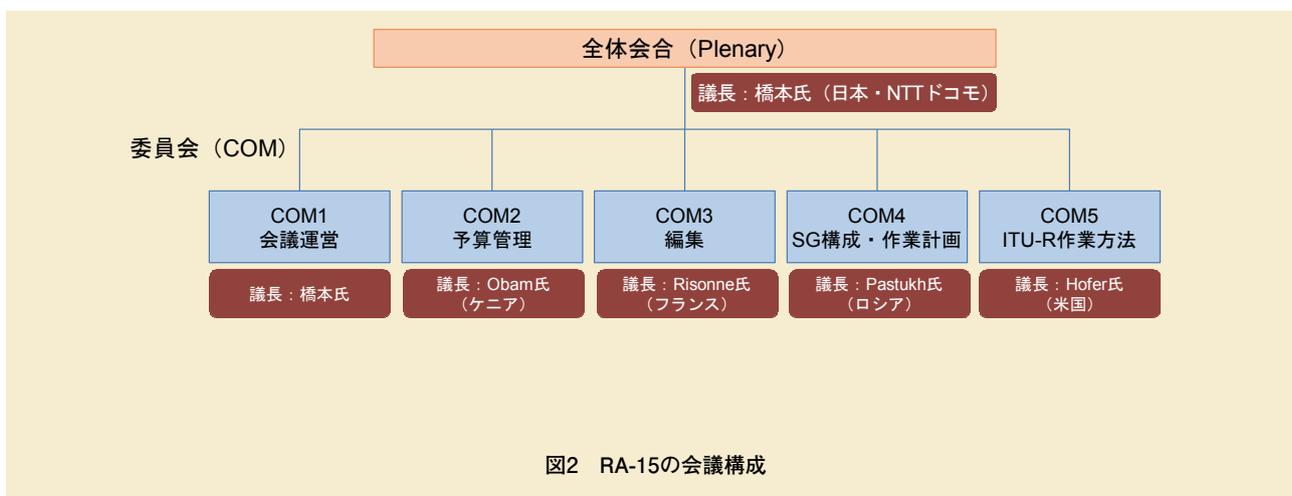


図2 RA-15の会議構成

一人) が任命された。

### 3. RA-15審議内容

#### 3.1 SGの体制および各SG議長・副議長の任命

RA-15ではSG再編に関する提案はなく、図1に示したSGの体制が維持された。

RA-15で任命された各SG議長

の一覧を表1に示す。

各SGの議長については、2期目となるSG1（周波数管理）、SG4（衛星業務）について再任を行うとともに、SG3（電波伝搬）、SG5（地上業務）、SG6（放送業務）、SG7（科学業務）にはそれぞれ新たな議長が任命された。このうち、SG6の議長は、日本から西田氏

(NHK) が指名された。

各SGの副議長についても、各国からの候補者が任命された。日本からは、SG5副議長に新（筆者の一人）が任命され、SG4副議長に河合氏（KDDI）が任命（再任）された。

日本としては、前会期のSG議長1名（橋本SG5議長）、SG副議長2

表1 各研究委員会の議長・副議長任命結果

SG	所掌	議長	副議長
SG1	周波数管理	<u>Pastukh氏 (ロシア)</u>	14名
SG3	電波伝搬	Wilson女史 (オーストラリア)	9名
SG4	衛星業務	<u>Hofer氏 (Viasat (米国))</u>	<u>河合氏 (日本・KDDI)</u> 含む15名
SG5	地上業務	Fenton氏 (英国)	新氏 (日本・NTTドコモ) 含む18名
SG6	放送業務	西田氏 (日本・NHK)	14名
SG7	科学業務	Zuzek氏 (米国)	8名

下線：再任

名（西田SG6副議長および河合SG4副議長）と同じ数のSG議長・副議長枠を維持したことになる。

### 3.2 ITU-R作業方法の見直し

ITU-R各会合（SG，WPなど）の作業方法や，ITU-R文書（決議，勧告，報告など）の承認手続きについて定めた決議ITU-R 1の改訂の議論が行われた。本改訂は，作業方法と文書の承認手続きに関する記載をそれぞれ独立の章に分離して記載するなど，文書構成の見直しが中心であったが，ITU-R勧告の採択時にコンセンサスが得られず議論の紛糾がたびたびあったことが背景となり，「コンセンサスを得ること」に関する条項について，表現を明確化する見直しも行われた。

また，ITU-Rでの研究，検討の効率化のために，世界無線通信会議（WRC：World Radiocommunication Conference）<sup>\*1</sup>議題につ

いて規制事項の観点から検討を行うために設置されていた特別委員会（SC：Special Committee）を，WRC準備会合（CPM：Conference Preparatory Meeting<sup>\*2</sup>）に統合するとともに，CPMの期間を若干短縮する主旨で，ITU-Rの作業方法について定めた決議ITU-R 2の改訂が承認された。

### 3.3 IMTに関する審議

携帯電話については，第3世代携帯電話に相当するIMT-2000およびその後継・発展システムであるIMT-Advancedについて，無線インタフェース仕様，不要発射規定，周波数利用方法などがITU-R勧告として策定されている。各国は，これらの勧告に基づき，携帯電話の技術基準などを策定しており，ローミングや装置・端末調達観点で携帯電話の国際的普及に貢献してきた。IMTの研究を所掌するWP5Dでは，モバイルトラフィックの急激な伸びやIoT（In-

ternet of Things）<sup>\*3</sup>などの新たな利用シーンの拡大を背景に，2020年以降の携帯電話システムの検討が開始されている。

RA-15では，IMT-2000，IMT-Advancedの名称に加えて，2020年以降の携帯電話システムの名称について，IMT-2020とすることが正式に承認され，IMTの名称に関する決議ITU-R 56に反映された。当該決議では，国際的な携帯電話の全体名称としてIMTを使用し，無線仕様に応じて，IMT-2000，IMT-Advanced，IMT-2020のシステム名称が付与されている。

さらに2020年以降のIMT開発プロセスの原則を定めた新決議案が審議され，今後ITU-Rにおいて，IMT-2020の要求条件や無線仕様勧告の策定を行うことなどが決議ITU-R 65として承認された。なお，IMT-2020の利用シーンや要求条件素案については，すでに勧告ITU-R M.2083が策定されている。また，その他のIMTに関連する

\*1 世界無線通信会議（WRC）：各周波数帯の利用方法，衛星軌道の利用方法，無線局の運用に関する各種規定，技術基準などをはじめとする国際的な電波秩序を規律する無線通信規則の改正を行うための会議で，各国主管庁および

ITUに登録している事業者などの関係団体が出席し，通常3～4年ごとに開催される。

\*2 CPM：WRC準備会合。WRCの準備のために，ITU-R SGの検討結果やその他WRCでの議論の材料となる事項をとり

まとめたWRC準備会合レポートの作成を行う会合。

\*3 IoT：さまざまな「モノ」がインターネットやクラウドに接続され，制御・情報通信される形態の総称。

## Standardization

ITU-R決議の見直しや、SG5会合での採択が見送られRA-15に結論が持ち越しとなったIMTに関するITU-R勧告の承認、IMTに関する研究課題の維持も合意された。

### 3.4 その他

RA-15では、IMT以外についてもさまざまな無線システムに関する審議が行われ、ITU-R決議33件（新規6件、既存改訂22件、廃止5件）の承認、SGで合意に至らなかったITU-R勧告7件（新規4件、既存改訂3件）の承認、研究課題の承認などが行われた。

移動通信に関連するものでは、

IoTに関してITU-Rでの研究を行うことを定めた新決議（決議ITU-R 66）や、可視光通信に関する新研究課題が含まれている。

## 4. あとがき

本稿では、RA-15の全体概要とそこで承認された新たなITU-R研究体制や、IMTに関するITU-R決議の承認などの審議模様とその結果を中心に報告した。

RA-15において、IMT-2020の名称決定や、2020年以降のIMT開発プロセスの原則に関するITU-R決議が承認されたことから、今後SG5の配下で、IMTの研究を所掌

するWP5Dを中心にIMT-2020の無線インタフェースの標準化が本格的に行われることになる。

またIMTについては、先進国・途上国を問わず関心の高い主管庁が多いため、日本がIMTの無線仕様や周波数利用の標準化における主導的立場を確保しつつ、世界各地・各国主管庁との協調体制を維持して、どのようにITU-R勧告などへ反映していくかが重要な課題となってくる。

日本は、SG5副議長職にも任命されたことから、引続き、本標準化作業への貢献を積極的に行っていく必要がある。

# 2015年ITU世界無線通信会議（WRC-15）報告

## —携帯電話周波数の標準化—

ITUの2015年世界無線通信会議が、2015年11月2～27日に、スイスのジュネーブで開催され、国際的な電波の利用方法や、無線局の運用に関する手続き、技術基準などを規定した条約である無線通信規則の改正が審議された。

本稿では、同会議の概要とともに、携帯電話周波数に関連した事項の審議模様とその結果について報告する。

無線アクセス開発部	あたらし <b>新</b>	ひろゆき <b>博行</b>		
ネットワーク部	とぎ <b>剛</b>	たくみ <b>琢己</b>	たちき <b>立木</b>	まさよし <b>将義</b>
無線標準化推進室	はしもと <b>橋本</b>	あきら <b>明</b>		

## 1. まえがき

国際電気通信連合（ITU：International Telecommunication Union）は、国際的な電波の利用方法や無線局の運用に関する手続き、技術基準などを無線通信規則（Radio Regulations）に定めている。これは、電波が有限の資源であり、その混信などを避けるためには、各国がお互いに秩序を守り、融通をしながら電波を利用していく必要があるためである。世界各国は、無線通信規則を国際条約として批准し、その規定に基づいて、自国内の電波の利用方法などを決定している。

この無線通信規則の改正を行うのが、ITUの世界無線通信会議

（WRC：World Radiocommunication Conference）であり、通常3～4年に一度開催されている。2015年は、この世界無線通信会議（WRC-15）の開催年にあたり、11月2～27日の4週間にわたって、各種無線通信の電波（周波数）利用に関する規則改正の審議が行われた。

携帯電話の周波数については、第3世代携帯電話の導入の際から、IMT（International Mobile Telecommunications）という名称を用いて、無線通信規則の中で周波数を特定する取組みが続けられている。世界各国がIMTに特定された周波数を携帯電話向けに利用すれば、携帯電話の周波数が共通化され、混信防止や機器開発／調達の

点でのメリットとなるためである。現在、携帯電話に世界中で幅広く利用されている800/900MHz、1.7GHz、2GHz、2.5/2.6GHzなどの周波数は、過去のWRCにおいて、IMTに特定されてきた経緯がある。

本稿では、WRC-15の概要と同会議における、IMT周波数の追加特定に関する審議の模様とその結果を中心に報告する。

## 2. WRC-15の全体概要

WRC-15には、ITUに加盟している193カ国のうち162カ国の主管庁、並びに各種国際機関などから約3,800名の参加があった。日本からは、主管庁である総務省などからの出席者と、事業者、ベン

# Standardization

ダ、研究機関などからの出席者を合わせ、総勢82名が日本代表として参加し、ドコモからは筆者ら4名が出席した。

図1にWRC-15の会議構成を、表1にWRC-15で議論された議題の一覧をそれぞれ示す。全体会合（Plenary）の議長には、ナイジェリアのDaudu氏が任命され、アフリカ地域から史上初のWRC議長として会議全体を取り仕切った。全体会合の下には、7つの委員会（COM：COMmittee）が設置され、さらにCOM4～6には、検討分野ごとにいくつかのワーキンググループ（WG：Working Group）が設置され、各議題の検討が割り振られた。議題によっては、ワー

キンググループの下に、担当のサブワーキンググループ（SWG：Sub-WG）も設置され、より詳細な議論が行われた。

### 3. WRC-15議題1.1（IMT周波数の追加特定に関する議題）

本議題は、2012年の世界無線通信会議（WRC-12）において、移動通信トラフィックの増大の状況を受け、各国からの幅広い支持を受けて設定された議題である。WRC-12以降、ITUの無線通信部門（ITU-R：ITU Radiocommunication Sector）での研究が行われ、表2に示される19の周波数が、候補として挙げられた。

本議題はWRC-15の中でも、最も注目度の高いものの1つであり、SWGレベルでも常時500名程度が参加する大規模な会合となった。なお本SWGの議長には、日本から新（筆者の1人）が指名され、議事進行を行った。

SWGの当初の議論では、支持の少ない候補周波数を除外する作業が進められ、19のうち9の周波数を除外すること（これらの周波数については無線通信規則の改正を実施しないこと）を合意し、上位会合に報告して承認された。この中には、日本が推していた周波数のうち、3,800～4,200MHzおよび4,500～4,800MHzが含まれていた。

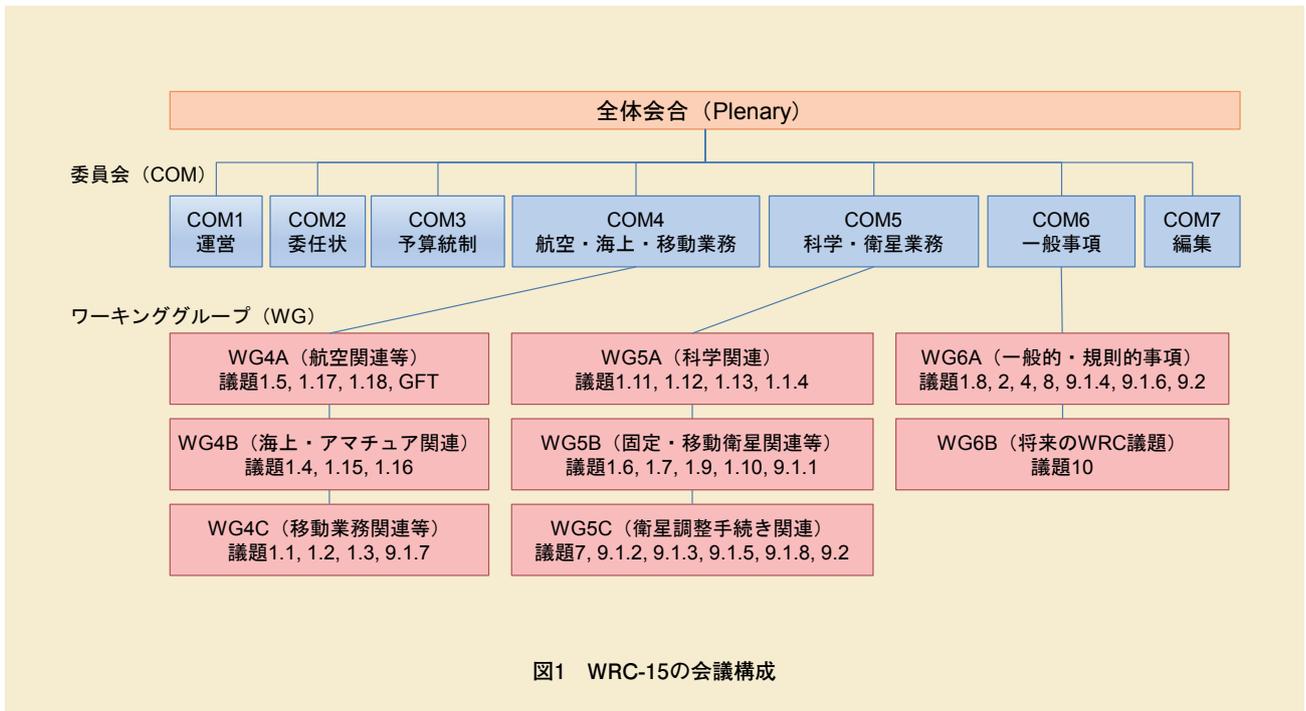


図1 WRC-15の会議構成

表1 WRC-15の議題一覧

議 題	概 要
議題1.1	IMT周波数の追加特定に関する議題
議題1.2	第一地域における694～790MHz帯の移動業務での利用に関する議題
議題1.3	ブロードバンド公共保安および災害救援（PPDR）の導入に関する議題
議題1.4	5,300kHz帯におけるアマチュア業務の二次分配に関する議題
議題1.5	無人航空機システムのための固定衛星業務への周波数分配に関する議題
議題1.6	①10～17GHz帯における固定衛星業務の一次分配（250MHz幅）に関する議題（第一地域） ②13～17GHz帯における固定衛星業務の一次分配（300MHz幅）に関する議題（第二、三地域）
議題1.7	固定衛星業務による5,091～5,150MHz帯の利用見直しに関する議題
議題1.8	5,925～6,425MHzおよび14～14.5GHzにおける船上地球局（ESV）の関連規定の見直しに関する議題
議題1.9	①7,150～7,250MHz帯および8,400～8,500MHz帯における固定衛星業務への周波数分配に関する議題 ②7,375～7,750MHz帯および8,025～8,400MHz帯における海上移動衛星業務への周波数分配に関する議題
議題1.10	22～26GHz帯における移動衛星業務への周波数分配に関する議題
議題1.11	7～8GHz帯における地球探査衛星業務への一次分配に関する議題
議題1.12	8,700～9,300MHz帯および／または9,900～10,500MHz帯における地球探査衛星業務（能動）への周波数分配に関する議題
議題1.13	有人宇宙船間通信の利用拡大に関する議題
議題1.14	世界協定時（うるう秒挿入）の見直しに関する議題
議題1.15	UHF帯における船上通信の利用見直しに関する議題
議題1.16	新たな自動船舶識別装置の導入に関する議題
議題1.17	航空機内データ通信の導入に関する議題
議題1.18	自動車アプリケーションのための77.5～78.0GHzにおける無線標定業務の一次分配に関する議題
議題2	無線通信規則の参照で引用されたITU-R勧告の参照の現行化
議題4	決議・勧告の見直し
議題7	衛星調整手続の見直し
議題8	脚注からの自国の国名削除
議題9	無線通信局長の報告
議題9.1.1	移動衛星業務（406～406.1MHz）の保護に関する検討
議題9.1.2	衛星の調整軌道弧縮小に関する検討
議題9.1.3	途上国における国際公共通信業務のための衛星軌道位置および周波数に関する検討
議題9.1.4	無線通信規則の更新および再構成に関する検討
議題9.1.5	第一地域における固定衛星業務地球局（3.4～4.2GHz）支援に関する検討
議題9.1.6	固定業務、固定局および移動局の定義に関する検討
議題9.1.7	緊急事態および自然災害軽減のための周波数管理ガイドラインに関する検討
議題9.1.8	ナノサテライトおよびピコサテライトの規則面に関する検討
議題9.2	無線通信規則 適用上の矛盾および困難に応じた措置に関する検討
議題9.3	決議80（WRC-07改定）の規定に応じた措置に関する検討
議題10	将来の世界無線通信会議の議題
GFT*	グローバルフライトトラッキング（人工衛星を利用した「民間航空機追跡システム」）の導入

ESV : Earth Station on board Vessels

PPDR : Public Protection and Disaster Relief

\*2014年のマレーシア航空機失踪事故を契機として、急遽設定された議題であるため、通常の議題番号が付与されていない。

表2 議題1.1における候補周波数

項番	周波数	日本が推した周波数	WRC-15での審議結果
1	470～694/698MHz		表3参照
2	1,350～1,400MHz		無線通信規則の改正なし
3	1,427～1,452MHz	○	表3参照
4	1,452～1,492MHz	○	表3参照
5	1,492～1,518MHz	○	表3参照
6	1,518～1,525MHz		無線通信規則の改正なし
7	1,695～1,710MHz		無線通信規則の改正なし
8	2,700～2,900MHz		無線通信規則の改正なし
9	3,300～3,400MHz		表3参照
10	3,400～3,600MHz	○	表3参照
11	3,600～3,700MHz	○	表3参照
12	3,700～3,800MHz	○	無線通信規則の改正なし
13	3,800～4,200MHz	○	無線通信規則の改正なし
14	4,400～4,500MHz	○	無線通信規則の改正なし
15	4,500～4,800MHz	○	無線通信規則の改正なし
16	4,800～4,990MHz	○	表3参照
17	5,350～5,470MHz*		無線通信規則の改正なし
18	5,725～5,850MHz*		無線通信規則の改正なし
19	5,925～6,425MHz		無線通信規則の改正なし

\*本周波数は無線LANの追加周波数として検討

その後、残りの10の周波数について、無線通信規則へのIMT周波数の特定の議論が進められたが、各国から異なる見解が示され、意見集約が進まなかったことから、WRC議長呼びかけによる非公式会合が開催された。この非公式会合において、第一地域（欧州、ロシア諸国、アフリカ、アラブ）、第二地域（南北アメリカ）、第三地域（アジア・太平洋）の地域ご

とに、意見調整を行うことが要請され、その後各地域から最終合意へ向けての解決案を提出することになった。これにより、各国単位ではなく、各地域内の検討団体に意見集約の主導権が委ねられた。

最終的に、各地域の検討団体に調整された案に基づき、WRC-15最終日の前夜に、無線通信規則の改正案が合意された。この改正案に含まれる各周波数の審議結果の

要約を表3に示す。

### 3.1 470～694/698MHz

この周波数は、世界各国が地上テレビジョン放送に使用している周波数であり、IMT周波数への特定に反対する国／地域が大多数の状況であった。しかしながら、600MHz帯を、IMTを含むモバイルブロードバンドサービス向けに転用することを目的にインセン

表3 WRC-15で新たに特定されたIMT周波数

特定された周波数	第一地域 (欧州, ロシア諸国, アラブ, アフリカ) 122カ国	第二地域 (南北アメリカ) 35カ国	第三地域 (アジア・太平洋) 36カ国
470~ 694/698MHz (3.1節)	—	・470~608MHz 5カ国に特定 (米国, カナダ, メキシコ, パハマ, バルバドス) ・614~698MHz 7カ国に特定 (米国, カナダ, メキシコ, コロンビア, パハマ, バルバドス, ベリーズ)	・470~698MHz 4カ国に特定 (ミクロネシア, ソロモン諸島, ツバル, バヌアツ) ・610~698MHz 3カ国に特定 (ニュージーランド, バングラディシュ, モルジブ)
694/698~ 790MHz (4章)	地域全体に特定 (議題1.2)	地域全体に特定 (2007年に特定済み)	26カ国に特定 (新たに16カ国特定. 残りの10カ国 (日本含 む) は2007年に特定済み)
1,427~ 1,452MHz (3.2節)	地域全体に特定	地域全体に特定	地域全体に特定
1,452~ 1,492MHz (3.2節)	54カ国に特定 (アラブ, アフリカ地域)	地域全体に特定	地域全体に特定
1,492~ 1,518MHz (3.2節)	地域全体に特定	地域全体に特定	地域全体に特定
3,300~ 3,400MHz (3.3節)	33カ国に特定 (アフリカ地域)	6カ国に特定 (メキシコ, コロンビア, アルゼンチン, コスタリカ, エクアドル, ウルグアイ)	6カ国に特定 (カンボジア, インド, ラオス, パキスタン, フィリピン, ベトナム)
3,400~ 3,600MHz (3.4節)	地域全体に特定	地域全体に特定	・3,400~3,500MHz 11カ国に特定 (新たに2カ国特定. 残りの9カ国 (日本含 む) は2007年に特定済み) ・3,500~3,600MHz 10カ国に特定 (新たに2カ国特定. 残りの8カ国 (日本含 む) は2007年に特定済み)
3,600~ 3,700MHz (3.4節)	—	4カ国に特定 (米国, カナダ, コロンビア, コスタリカ)	—
4,800~ 4,990MHz (3.5節)	—	・4,800~4,900MHz 1カ国に特定 (ウルグアイ)	3カ国に特定 (カンボジア, ラオス, ベトナム)

ティブオークション\*1を予定して  
いる米国を中心に、粘り強い巻返  
しが行われた。最終的に、周辺国  
との調整が完了した北中米地域、

オセアニア地域の一部の国 (10  
カ国強) について、IMT周波数と  
して特定が行われることが合意さ  
れた。

3.2 1,427~1,452MHz,  
1,452~1,492MHz,  
1,492~1,518MHz  
これらの周波数は、すでに携帯

\*1 インセンティブオークション：元の周  
波数免許保有者に周波数オークション  
収益の一部を還元することで、周波数  
転用を促す新たな周波数オークション  
手法。

## Standardization

電話に利用している日本を含め、IMT特定を支持する国が多かったが、IMT特定に際して、一部の国で利用されている航空移動テレメトリシステム<sup>\*2</sup>や放送衛星通信システムとの共存に関わる規定の仕方が課題となった。

議論の結果、第一地域の1,452～1,492MHzについては、アフリカ・アラブ地域の50カ国程度への特定に限定されたが、それ以外については、各地域でIMT周波数として特定することが合意された。これにより、1,427～1,518MHzが、携帯電話向けの追加周波数として、ほぼ国際的に認められることになった。

### 3.3 3,300～3,400MHz

この周波数については、一部の国からは、既存システムでの利用が少なくIMT特定に適しているとの主張が行われる一方で、欧米各国を中心に、レーダで利用しているため、IMT特定には適さないと意見が示された。

議論の結果、IMT無線局の利用に際して、レーダへの干渉を与えない、逆にレーダからの干渉に対する保護を求めないなどの条件を付すことで、アフリカ、中南米、アジアの各地域の一部の国（40カ国強）に対して、IMT周波数として特定することが合意された。

### 3.4 3,400～3,600MHz, 3,600～3,700MHz, 3,700～3,800MHz

これらの周波数は、一般には衛星通信システムに幅広く利用されており、同システムが主要インフラである国は、一貫してIMT特定に反対の意見の立場を取っている。2007年の世界無線通信会議 (WRC-07) でも、これらの周波数について同様な議論が繰り返され、議論の結果、3,400～3,600MHzについてのみ第一地域と第三地域の90カ国強に特定が行われた（日本を含む）。今回のWRC-15でも、同様な構図の議論となったが、最終的には、各地域とも3,400～3,600MHzについては、特定範囲が広がる形となり、携帯電話向けの追加周波数として、ほぼ国際的に認められることになった。なお、各地域の議論状況は以下の通りである。

- ①第一地域では欧州各国が3,400～3,800MHzのIMT特定を支持したが、その他からの支持は限定的であった。そこで、3,400～3,600MHzを地域全体でIMT特定する一方、3,600MHz以上については、IMT特定が見送られた。
- ②第二地域では3,400～3,600MHzを地域全体でIMT特定する一方、3,600～3,700MHzについては米国、カナダらの4カ国

へのIMT特定が合意された。また、3,700MHz以上のIMT特定については見送られた。

- ③第三地域では、日本は当初3,400～4,200MHzのIMT特定をめざしていたが、3,800MHz以上の特定は難しいと判断し、3,400～3,800MHzに絞り、同帯域を支持する韓国と連携して対応を行った。しかしながら、衛星通信システムの保護を主張する国が多数派を占める状況であった。議論の結果、第三地域においては、3,400～3,600MHzにおいて、新たに豪州、フィリピンを特定の対象国として追加するにとどまり、3,600MHz以上については、IMT特定が見送られた。

### 3.5 4,400～4,500MHz, 4,800～4,990MHz

これらの周波数は、日本、中国、ロシア、アフリカ諸国の一部を中心に、IMT周波数への特定が支持された。しかしながら、欧米各国は、航空機などとの無線通信に利用している周波数であるため、IMT無線局の導入に際して、IMT無線局が発射する電波の強度が国境線や公海上で一定以下とする制限など、厳しい利用条件を満たすことを求めてきた。また、4,400～4,500MHzは、隣接する4,200～4,400MHzで使用される航空機電

<sup>\*2</sup> 航空移動テレメトリシステム：航空機などの計器の値に関する情報の伝送や動作監視、遠隔制御を行うための通信システム。

波高度計への干渉の影響が研究されていないことを理由に、安心・安全の観点から、特定への反対の声が多かった。

議論の結果、これらの周波数は、4,800～4,900MHzが第二地域の1カ国、4,800～4,990MHzが第三地域の3カ国において、IMT周波数に特定されるにとどまり、4,400～4,500MHzについてはIMT特定が見送られた。

#### 4. WRC-15議題1.2 (第一地域における 694～790MHz帯の 移動業務での利用 に関する議題)

本議題は、WRC-12において、第一地域の694～790MHzをIMT周波数に特定する際に、技術・規制上の条件はWRC-15で新たに規定するとの手続きにしたために、設定された議題である。議論の結果、IMT無線局の運用に関連して、694MHz以下を利用する地上テレビジョン放送の保護と、主にロシア諸国で利用されている645～862MHzの航空無線航行のための無線通信システムの保護が規定され、第一地域において694～790MHzをIMT周波数に特定することが正式に合意された。

また、前述の議題1.1において、新たに第三地域の16カ国に対して698～790MHzをIMTに特定にす

ることが合意された。

以上により、すでにWRC-07で第二地域へのIMT周波数の特定が行われていることもあり、694/698～790MHzは、携帯電話向けの追加周波数として、ほぼ国際的に認められることになった(表3)。

### 5. WRC-15議題10 (将来のWRC議題)

WRCでは、無線通信規則を改正するための審議の他に、次回および次々回のWRCの議題を選定する審議も行われる。以下では、WRC-15で議論され、合意された将来のWRC議題について解説する。

#### 5.1 24.25～86GHzにおけるIMT用追加周波数の特定に関する議題 (WRC-19議題1.13)

WRCにおけるIMT周波数のこれまでの検討は、前述のWRC-15議題1.1を含め、6GHz以下の周波数を対象に検討が行われてきた。しかしながら、第5世代移动通信システム(5G)では、従前の携帯電話向けの周波数だけでなく、より高い周波数を利用可能とするための技術開発が進められている。このような背景を踏まえ、6GHz以上の周波数を対象としたIMT周波数の特定に関するWRC-19向けの議題の設立が、各地域の検討団

体や各国から提案された。

これを受け、IMT周波数特定の新たなWRC-19議題の設立は早期に合意されたものの、具体的に6GHz以上のどの周波数レンジを検討対象として絞り込み、WRC-19に向けてITU-Rでの研究を実施するかが議論のポイントとなった。各地域の検討団体から提出された、検討対象周波数の一覧を、図2の上段に示す。各地域からの提案は、基本的に、既存の無線通信システム(衛星通信、固定通信など)の利用状況などを踏まえ、IMT周波数の将来的な確保の可能性の観点からの提案が多く、25GHz程度以上の周波数を対象にしていた。

一方、日本からは、25GHz程度以上の高い周波数に検討を限定することは、移动通信システムであるIMTの将来開発や展開に制約が加わる懸念があることから、6～20GHzの周波数レンジも検討対象として含めるべきとの主張を行った。日本の主張に対しては、アフリカ、北欧諸国の一部からの支持があったものの、6～20GHzの周波数は各国で稠密に利用されており、将来的に新たに携帯電話の周波数として確保できる可能性は低いとの意見が多数派であり、合意されなかった。

同様に、米国、韓国らが第5世代移动通信システム(5G)向けの新たな周波数として具体的に主

# Standardization

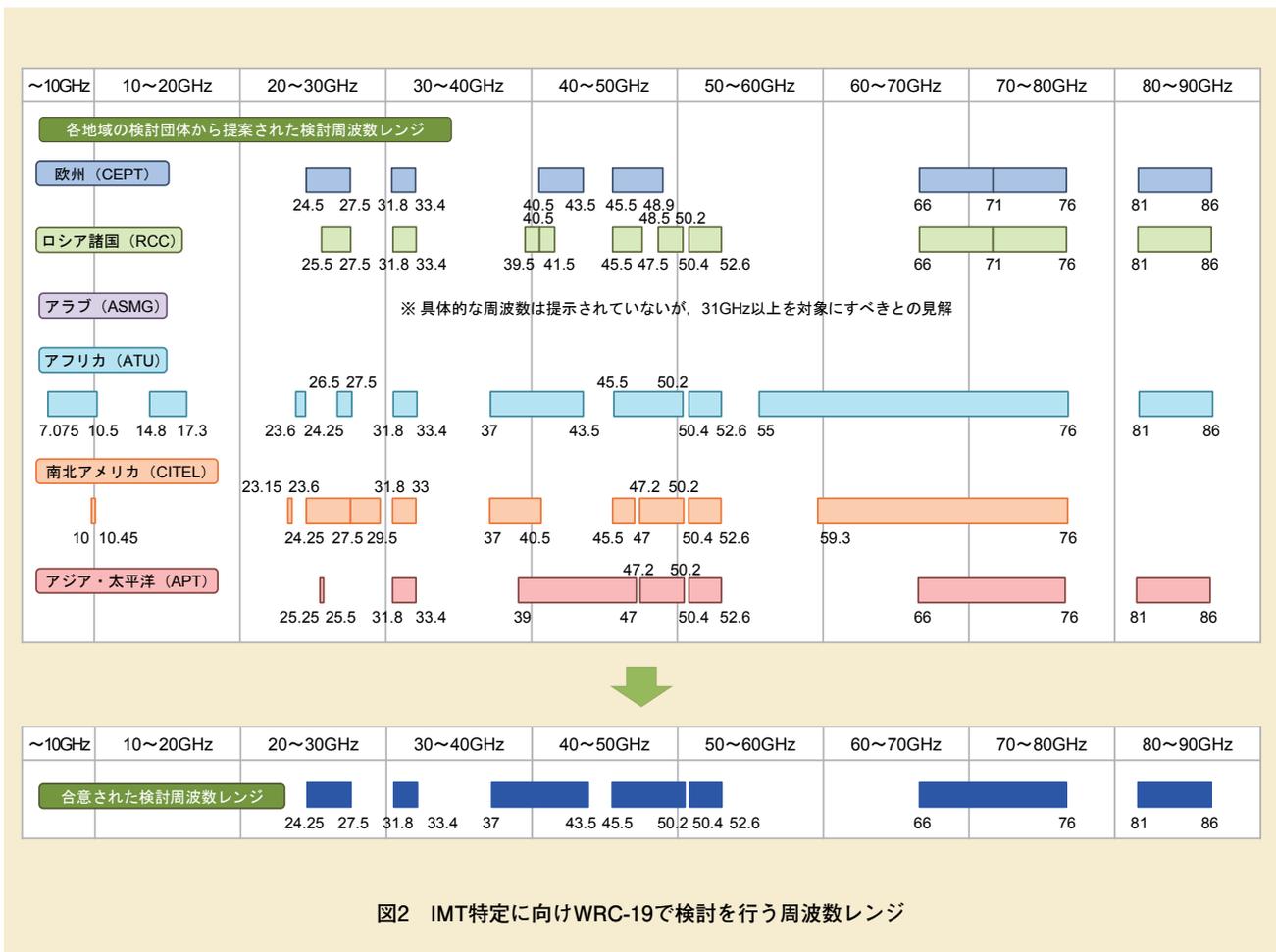


図2 IMT特定に向けWRC-19で検討を行う周波数レンジ

張してきた27.5~29.5GHzについても、もともと衛星通信向けに確保されてきた周波数であり、携帯電話向けの周波数として利用できる可能性は低いとの意見が多数派を占め、合意されなかった。

以上の議論を踏まえ、WRC-19で新たなIMT周波数を特定するため、図2の下段に示す24.25~86GHzの中のいくつかの周波数レンジを、WRC-19に向けてITU-Rでの研究の検討対象とすることが

合意された。

## 5.2 その他の将来のWRC議題

その他、携帯電話や無線LANに関連して合意されたWRC-19議題は以下のものがある。

まず、米国などからの提案を中心に、無線LANを含めた広帯域無線アクセスシステムが利用する周波数として、新規に5,350~5,470MHz, 5,725~5,850MHz,

5,850~5,925MHz, および既存の5,150~5,350MHzについて無線LANの屋外利用を可能とするための検討を行い、WRC-19で結論を出すことが合意された (WRC-19議題1.16)。

また、アラブ地域からの提案に基づき、IoT (Internet of Things)<sup>\*3</sup>を念頭において、狭帯域および広帯域のM2M通信インフラのための周波数関連の検討をITU-Rで進め、適宜、WRC-19で検討を行う

\*3 IoT: さまざまな「モノ」がインターネットやクラウドに接続され、制御・情報通信される形態の総称。

ことが合意された（WRC-19議題9.1の一項目）。

## 6. あとがき

本稿では、WRC-15の概要と同会議における、IMT周波数の追加特定に関する審議の模様とその結果について報告した。WRC-15において合意された無線通信規則の改正により、日本でも携帯電話に利用中／利用予定（一部を含む）の周波数である、694/698～790MHz、1,427～1,518MHz、3,400～3,600MHzがIMT周波数に特定され、携帯電話向けの追加周波数として、おおむね国際的に認められる形となった。今後、各国でこれらの周波数利用が進めば、部品～無線機レベルでの共通性が図られ、コスト低減などのメリットが得られると考えられる。

一方、日本が、IMT周波数と

して追加特定を狙った3,600～4,200MHzおよび4,400～4,900MHzについては、携帯電話以外の用途も重視する国からの意見もあり、一部の周波数のみが一部の国に対してのみ、IMT特定が行われた。これは、各国の利用状況がさまざままで、隣接・周辺国との間で、既存システムとの周波数共用の難度が上がった周波数を候補とせざるを得ない状況が背景にあり、IMT周波数の特定がより困難になってきたためである。また、IMT周波数の特定は、本来無線通信規則において世界的・地域的レベルで国際的に特定を行うことであるが、今回のWRCでは数カ国程度の条件でも特定を行うといった事例が発生しており、特定の位置づけ・目的を見直す契機になったと思われる。

今後はWRC-19に向け、24.25～

86GHzの中から新たなIMT周波数特定の検討を進めていくことになる。WRC-15の翌週に開催された第1回WRC-19準備会合（CPM19-1：1st session of Conference Preparatory Meeting for WRC-19）では、ITU-R内に専門の検討グループを新規に設立し、関係者が一同に会して、IMTと既存無線通信システムとの周波数共用の検討を進めることになった。WRC-19において、無線通信規則での本来のIMT周波数の特定の位置付けに立ち返るためには、今後の3年程度の準備期間において、世界の多くの国・地域と協調した技術検討や、特定に対する相互理解をより一層進めていく必要がある。ドコモとしても、新たなIMT周波数の特定の議論に向け、各種技術検討を進めていく予定である。

## 平成27年度（第33回）IT協会「IT賞」受賞

2016年2月4、5日に開催された公益社団法人企業情報化協会（IT協会）「IT戦略総合大会」の会期にて行われた平成27年度（第33回）IT賞表彰式において、ドコモのユーザによるユーザのためのクラウド支援ツール『ドコモ・クラウドパッケージ』が、IT賞（IT特別賞（セキュリティ貢献賞））を受賞しました。同賞は、IT協会が昭和58年3月に設定した「OA化・情報化優秀企業・機関・事業所等表彰制度」に則り、わが国の産業界において、“ITを活用した経営革新”に顕著な努力を払い優れた成果をあげたと認めうる企業・機関・事業所・部門あるいは個人に対して授与するものです。ドコモからは、平成23年度（第25回）に「東日本大震災時における復旧エリアマップの開発・公開」で「IT協会設立30周年記念特別賞（災害対策賞）」を受賞して以来の受賞となります。

ドコモでは、2012年よりパブリッククラウドであるAWS（Amazon Web Services）の利用を開始し、迅速かつ柔軟なサービス開発に取り組んできました。クラウドのセキュリティに対する不安を払拭するため、通信事業者としての高度なセキュリティ基準をどのように適用させるかが課題となり、これをクリアするた

めの種々の工夫や施策を実施しました。それらの取組みにより、社内でのクラウド利用に弾みがつき、現在では多数のサービスがクラウド化され投資コストを削減することができました。さらにこの経験を基に、「クラウド開発ガイドライン」などのドキュメントを含む「ドコモ・クラウドパッケージ」を制作して、顧客企業にノウハウとして提供できるようにし、顧客が安心してクラウドを利用できるよう支援するサービスを外販するに至りました。

このようなサービスはクラウド導入企業にとって、導入への合意形成が容易になるだけでなく、実際に不安なくスムーズにクラウド活用ができるようになるので、大いにメリットがあります。しかしながら他に存在しないサービスであり、この取組みによって企業がクラウドによるシステム開発を行う際の見えない障害を克服することが可能となりました。ノウハウをツール化することによってセキュリティを向上させるという点でユニークな取組みであり、今後のAWS以外のクラウドサービスへの拡張や技術の高度化への対応が期待されることが評価され本賞の受賞となりました。



NTT DOCOMO  
テクニカル・ジャーナル Vol.24 No.1

平成28年4月発行

■ 企画編集 ■ 株式会社NTTドコモ R&D戦略部  
〒100-6150  
東京都千代田区永田町 2-11-1  
山王パークタワー39階  
TEL. 03-5156-1749

■ 発行 ■ 一般社団法人 電気通信協会  
〒163-1455  
東京都新宿区西新宿 3-20-2  
東京オペラシティタワー13階  
(東京オペラシティ郵便局私書箱2522号)  
TEL. 03-5353-0184

本誌掲載内容についてのご意見は  
e-mail: dtj@nttdocomo.com宛

- 本誌に掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。
- 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

© 2016 NTT DOCOMO, INC.