

NTT DOCOMO

# テクニカル・ジャーナル

Technical Journal

vol.25 No.2 | Jul.2017



## DOCOMO Today

- ソリューションの進化に挑む

## Technology Reports

- 利用シーンを拡大するコンシューマ機器向けeSIMの導入  
— GSMAに準拠したセキュアなインストールを実現 —
- 音楽のコード認識技術とその応用
- 端末の遠隔制御システムにおけるファイル配信機能へのCDN適用
- クラウド環境と仮想化技術を用いた大規模OSS移行の実現

NTT  
docomo

## ソリューションの進化に挑む



ソリューションサービス部 部長  
みかじり てつや  
三ヶ尻 哲也

ソリューションサービス部は、法人サービスに関する技術営業、技術主管の役割を担っています。お客様にご満足いただけるソリューションを提供し続けるため、「提案から開発・構築・導入（キッティング\*1）、運用監視、BPO（Business Process Outsourcing）」までにわたる工程を、そして「端末からエリア、ネットワーク、法人サービスシステム、SaaS（Software as a Service）\*2」にわたる広範な商材を、お客様のご要望に沿えるようワンストップで対応します。

我々が提供するソリューションは音声系、データ系など多種多様ですが、いずれもお客様業務に必須のサービスとなっています。そのため、良好な品質、安定した運用といった基本的なことを確実に実行していくことが何より重要です。また、先進技術の活用や社会課題を解決するソリューション創出のため、進化を続けなければなりません。そのための取組みを3つ紹介します。キーワードは①型づくり、②攻めの運用、③先進技術の取込みです。

### ①型づくり

型づくりとは、ノウハウの確立と展開、活用を意味します。その型にも数種類あります。

- ・プロジェクトにおける提案（見積り提示）やサービス開始判断など、工程の節目で内容をチェックするプロセスチェック。
- ・見積り算出や電波の品質調査など、技術営業活動の効率化と品質向上を目的としたプロセス、ナレッジの見える化とツール化。
- ・複数のプロダクトをソリューションの目的に応じて組み合わせたパッケージ化。

これまで積み重ねてきた多様な経験と個々人の知見を見える化し、ノウハウの蓄積と共有、業務の効率化を実現しています。これらの一例として、SI（System Integration）受託の見積り提示時に開催するプロジェクト提案審議会があります [1]。お客様個別のご要望ごとにカスタマイズするSI受託に対し、ご要望からの外部条件、内部的な資源・能力、そしてこれらを考慮した上での実現可能性とリスクなどを評価・検証する場です。毎年2,000回前後開催しており、専門の品質管理チームが管理運営を行っています。チェック項目もPMBOK（Project Management Body

Of Knowledge）\*3を軸に30以上の項目に定型化され、日々改善されています。各工程におけるチェックをルール化し運用することで、SI受託案件の品質を確保し、ドコモのノウハウ蓄積基盤としてソリューションを進化させています。

### ②攻めの運用

「攻め」とは、お客様にサービスを安定的にご利用いただいているかをリアルタイムに把握し、サービス品質を確保するとともに次の提案活動につなげるという意思を表しています。もちろん安心してサービスをご利用いただけるように万全の体制で保守運用していますが、万が一のケースにおいて、お客様に不具合をご指摘されるようでは信頼を勝ち得ません。

現状のネットワークサービスにおいて、お客様ごとにサービス正常性を監視するシステムを開発し運用しています。例えばアクセスプレミアムサービスの場合、サービスの正常性確認はもちろん、接続完了率や帯域利用状況を監視しています。このように運用データを解析することにより、お客様が快適にご利用いただけるためのサポートを実施しています。今後はAIの活用などによるデータ解析作業の高度化や対象サービスの拡大など、さらなる運用監視の進化を図っていきます。

### ③先進技術の取込み

5G、VR、IoT、LPWA（Low Power, Wide Area）\*4、AI、ドローンなどの先進技術を活用したソリューション創出も重要です。お客様の興味や期待も高く、最新のICT技術を素早くソリューションに組み込んで提供できることが我々の強みになります。

2017年2月に開催された2017冬季アジア札幌大会では、カーリングVRを実現しました。ストーンからの360度目線など新たなUX（User experience）を提供し、1,800名以上の方に体験していただき好評を博しました。

また、LPWAを活用した低消費電力端末の実用化も進めています。これによりさまざまな装置のIoT化が進められ、生産性向上など、お客様業務に貢献できるソリューションが実現できます。

今後も、R&D部門とも緊密に連携し、全国のSEが売りやすい先進技術ソリューションの型をつくり、+d・協創を進める原動力として産業創出や社会課題解決につなげていきます。

法人営業の醍醐味はソリューションを通じお客様業務に貢献していることをダイレクトに実感できることです。お客様と一体となってプロジェクトを進め、「ドコモと仕事をして良かった」と言われる瞬間は何物にも代えられない喜びです。今後も、確実なサービスリリースと安心・安全な運用、先進ソリューションで「信頼」と「感動」を提供できる技術営業部門として、ソリューションの進化に挑み続けます。

### 文 献

- [1] 甲賀、ほか：“法人システム構築受託における上流工程の品質強化,”本誌, Vol.23, No.1, pp.39-44, Apr. 2015.

\*1 キッティング：携帯電話などの端末に対してアプリケーションのインストールや各種設定・登録などを行い、お客様が即座に使える状態にする作業。

\*2 SaaS：ソフトウェアをネットワーク経由でサービスとして提供・利用する形態。

\*3 PMBOK：プロジェクトマネジメントに関するノウハウや手法を体系立ててまとめたもの。

\*4 LPWA：低消費電力でキロメートルレベルの広い領域を通信範囲にできる無線通信技術。



## [ Contents ]



### DOCOMO Today

**01**

ソリューションの進化に挑む

三ヶ尻 哲也



### 特別寄稿

**04**

すべての動画に字幕を

河原 達也

### Technology Reports

**06**

利用シーンを拡大するコンシューマ機器向けeSIMの導入  
—GSMAに準拠したセキュアなインストールを実現—

**06**

コンシューマ向けeSIM

LPA

SM

音楽のコード認識技術とその応用

**14**

和音認識

演奏評価

クロマベクトル

端末の遠隔制御システムにおけるファイル配信機能へのCDN適用

**22**

遠隔制御

CDN

ファイル配信

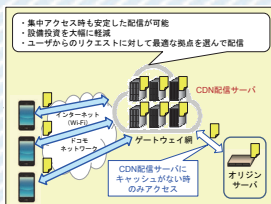
クラウド環境と仮想化技術を用いた大規模OSS移行の実現

**29**

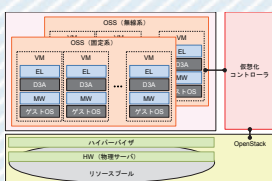
保守・運用業務の効率化

OpenStack

TCO削減



(P.22)



(P.29)





(P.38)



(P.42)



(P.43)

## Activities 38

「5Gトライアルサイト」始動 38

「ワイヤレス・テクノロジー・パーク2017」出展 42

## News 43

電子情報通信学会 第78回「功績賞」・第54回「業績賞」受賞 43

第62回「前島密賞」受賞 44

第45回「日本ITU協会賞」受賞 45

ICT分野におけるエコロジーガイドライン協議会  
「エコICT AWARD 2016優秀賞」受賞 46

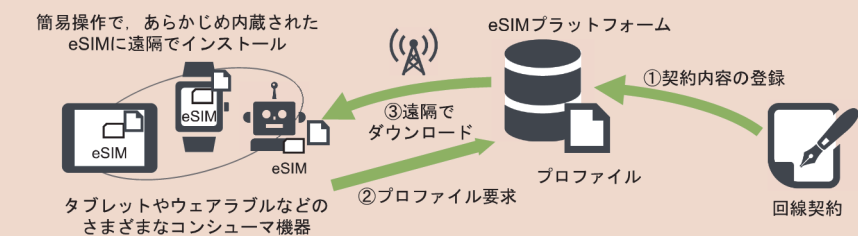
### (a)従来UIM

UIMカードに情報をリーダライタ経由で  
直接書き込み、人の手により着脱



### (b)コンシューマ機器向けeSIM

簡易操作で、あらかじめ内蔵された  
eSIMに遠隔でインストール



Technology Reports 利用シーンを拡大するコンシューマ機器向けeSIMの導入—GSMAに準拠したセキュアなインストールを実現—  
従来UIMとコンシューマeSIMの違い (P.6)



# すべての動画に字幕を

京都大学 情報学研究科 教授 <sup>かわはら たつや</sup>河原 達也さん

NHKの連続テレビ小説「ひよっこ」の最初の方で、「奥茨城」にいる主人公の母親が東京に出稼ぎに出ている父親の安否が気になって、隣家で電話を借りる場面があったが、茨城から東京に電話するのに申し込んでから30分くらい待たなくてはならなかったということに大変驚いた。ドラマのこのシーンは、明治でも昭和初期でもなく、先の東京五輪があった1964年を描いており、日本の高度成長の時代でも長距離電話をするのが大変だったのである。

時代は経過し、次の東京五輪を迎えようとしている今ではほとんど電話回線がIP化されて、固定電話でも携帯電話でも全国一律料金が一般的になりつつある。そもそも冒頭で紹介したような状況でも、ほとんどの方は携帯電話ですぐに連絡が取れる。

この50年間で回線容量が何万倍になったのか何億倍になったのか見当もつかないが、この膨大となった回線容量が何に使われているかという点、大半が動画配信・視聴のようである。電車やバスの中で、スマートフォンやタブレットで動画を気軽に見ることができるのは、かつて自宅のパソコンで動画を見るのが大変だったことを思うと隔世の感がある。誰でも動画を配信できるようになり、その数はすごい勢いで増えているので、視聴が増えるのも必然である。私が所属している京都大学でもOCW（OpenCourseWare）やMOOC（Massive Open Online Courses）などで多数の講演や教育コンテンツを配信しているが、同様のサービスは他でも多数提供されている。収録された動画だけでなく、学会などの講演のライブ配信（生放送）も行われている。

ところで、このようなネット上で配信されている動画に字幕がどの程度付与されているかというと、ほとんど皆無といってよい。テレビ番組では国の行政指針もあり、生放送も含めてかなりの割合で字幕

が付与されるようになった。一方、ネット上のコンテンツに関しては、米国ではオバマ前大統領による「21世紀の通信と映像アクセシビリティ法（CVAA：The 21st Century Communications and Video Accessibility Act）」の制定があったが、我が国ではそういう機運もない。字幕は言うまでもなく、聴覚に障害のある方にとって不可欠なものであるが、そうでなくても電車やバスなどで視聴する際にあると大変便利である。にもかかわらず字幕が付与されないのは、ひとえにコスト・手間の問題である。

この字幕付与を効率的に行うために、我々は自動音声認識に関する研究開発を行っている [1]。音声認識は、今ではスマートフォン上の検索・翻訳・対話アプリなどで身近になってきたが、講演などの長い話し言葉を高い精度で書き起こすのは容易でない。これは外国語の旅行会話とテレビ番組の聞き取りを対比すると分かりやすい。そこで音声認識システムは、大規模な講演のデータベースを用いて深層学習により構成し、さらに個別の話者への適応を行う。

前述の京都大学OCWの講演や放送大学で配信されている「オンライン授業」に上記音声認識システムを適用し、認識精度や字幕としての可用性の評価を行っている [2] [3]。京都大学OCWの講演は会場も話題もさまざまで、山中伸弥先生のiPS細胞に関する講演などは発声も収録も明瞭であるため、単語辞書をカスタマイズすることで実現できたが、普通の教室でビデオカメラ付属の遠隔マイクで収録された品質だと厳しい。一方、放送大学の講義はスタジオ収録なので、音響条件は良く、おおむね90%の認識率が得られた。ただし、このようにあらかじめ収録して配信する動画の字幕には高い正確性が求められ、人手による修正を想定しても、かなり高い音声認識精度でないと実用的でない。これまで音声認





## Profile

1987年京都大学工学部情報工学科卒業。1989年同大学院修士課程修了。同大学助手・助教授を経て2003年より現職。音声情報処理、特に音声認識および対話システムに関する研究に従事。2012年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰、ドコモ・モバイル・サイエンス賞、前島密賞などを受賞。IEEE Fellow、APSIPA理事、情報処理学会、日本音響学会、電子情報通信学会、人工知能学会、言語処理学会各会員。

識を試行した事例は多数あるが、結局人手で一からタイプ入力するのと変わらないという結果が多い。そこで今回、放送大学の多数の講義で評価したところ、音声認識精度と修正・編集に要する時間の間には明確な相関、すなわち認識精度が高いほど編集時間は短くなる傾向が確認された。また、人手で一からタイプ入力する場合と比較すると、認識率約87%以上で優位性が見られ、93%になると1/3以上の時間短縮効果が確認できた。これは逆にいうと、87%以下の精度では音声認識の優位性はない（使いモノにならない）ということである。ちなみに、我々が以前に研究開発した国会の会議録作成システムでも同様の傾向を確認している。ただし、87%の認識率の実現は容易でなく、高いレベルの技術に加えて、講師の話し方、収録環境、単語辞書の準備などすべての条件がそろってはじめて実現できるのである。

同様に、情報処理学会の研究会などで、動画配信を含めてライブで字幕を付与する実証実験も行っている。アクセシビリティ研究会（SIG-AAC：Special Interest Group Assistive & Accessible Computing）では、聴覚障害の方も多く聴講に来られるので、人手による修正・編集を行い、できるだけ品質の高い字幕を出すようにしている。そのためには前述の通り多くの条件が必要であり、どのような講演でもできるわけではない。事前に予稿を提供してもらうことが望ましいが、さらに話し方に気を使ってくれる講演者もいる。これは一般の方も聞きやすくなるので良いことである。一方、音声言語情報処理研究会（SIG-SLP：Special Interest Group Spoken Language Processing）では、聴覚障害者の方の聴講がほとんど無いので、音声認識結果をそのまま提示している。誤りは散見されるが、だいたい分かるレベルである。

このような字幕が付与されたコンテンツを見ると、

字幕がないものに比べて明らかに理解が深まる感じがする。これは、聴覚（音声）と視覚（文字）の相乗効果に加えて、日本語では表意文字の漢字を用いている効果もある。例えば、「カンサイボウ」と聞くだけより、「幹細胞」と見る方が概念をイメージしやすい。一方で、我々は毎年「聴覚障害者のための字幕付与技術シンポジウム」を開催して、聴覚障害者の方にも意見を伺うのだが、「表示のタイミングが早くて情報量も多くて良い」という意見もあれば、「五月雨式に文字がたくさん表示されても理解がついていかない」という意見も多い。字幕は単に発話を文字にすれば良いというものでなく、分かりやすいようにレイアウトする必要がある。しかしこれは、（聴覚障害者の方には申し訳ないが）その場で冗長さを含めてやりとりする音声言語とそもそも遠隔に伝えるための文字言語の本質的な違いに起因する問題である。このような点も考慮しながら、字幕がもっと普及することを願い、研究開発を行っている次第である。

長距離電話が高価だった頃は簡潔に話したろうし、葉書や手紙では推敲して文章をやりとりしていたが、現代のようにSNSでも動画でも五月雨式に何でも配信するようになるとかえって効率が悪いのではないのかと思うのは古い世代だろうか。

## 文献

- [1] 河原 達也：“ICT・音声認識の活用による講演・講義の字幕付与,” 情報処理, Vol.56, No.6, pp.543-546, Jun. 2015.
- [2] 河原 達也, 秋田 祐哉, 広瀬 洋子：“自動音声認識を用いた放送大学のオンライン授業に対する字幕付与,” 情報処理学会研究報告, SIG-AAC-2-5, Dec. 2016.
- [3] 京都大学 情報学研究科 河原研究室：“音声認識技術を用いた字幕付与支援,” <http://sap.ist.i.kyoto-u.ac.jp/jimaku/>



# 利用シーンを拡大するコンシューマ機器向けeSIMの導入 —GSMAに準拠したセキュアなインストールを実現—

移動機開発部

ささがわ てつひろ†  
笹川 哲広

あきやま ともひろ  
秋山 友宏

ネットワーク開発部

かぎ ともりのり  
嘉義 智紀

プロダクト部

うへだ けんすけ  
上田 健介

いのうえ あきひろ  
井ノ上 晶浩

ドコモでは、ユーザの端末操作をトリガにプロファイルのインストールを行うコンシューマ機器（端末）にLPA機能の追加を行い、ネットワーク、SMからなる基盤を構築して、GSMAに準拠したコンシューマ機器向けのeSIMサービスを国内ではじめて導入した。本稿では、コンシューマ機器においてセキュアなインストールを実現するために今回開発したeSIM、LPA機能、ネットワークおよびSMの仕組みについて解説する。

## 1. まえがき

近年、ウェアラブル端末に代表されるようなさまざまな形状のコンシューマ機器（端末）が増加しており、これらの端末自身にセルラ通信機能を搭載し簡易に開通できるような仕組みに対するニーズが高まっている。そこでドコモは、タブレットやウェアラブル端末などのコンシューマ機器を対象に、通信サービスの利用に必要なプロファイル<sup>\*1</sup>を遠隔でeSIM（Embedded Subscriber Identity Module）<sup>\*2</sup>にインストールすることができるLPA（Local Profile Assistant）<sup>\*3</sup>機能を搭載した端末、ネットワークおよびSM（Subscription Manager）<sup>\*4</sup>を開発した。ド

コモではネットワーク、SMなどからなるeSIMサービスを提供する基盤を「eSIMプラットフォーム<sup>\*5</sup>」と呼んでいる。

本稿では、サービス導入にあたって開発したコンシューマ機器向けeSIM、端末、eSIMプラットフォームの仕組みについて解説する。

## 2. コンシューマ機器向けeSIMとは

コンシューマ機器向けeSIMは、ユーザの端末操作をトリガとしてSMからセキュアにプロファイルのインストールを行うことができるeSIMである。形状については、原義からすれば機器にembedded

<sup>\*1</sup> プロファイル：eSIM OS上で動作するUIMソフトウェアであり、電話番号やIMSI（<sup>\*12</sup>参照）などの各種ファイル情報や、ネットワーク認証機能をもつアプリケーションなどから構成される。OPとPPの2種類が存在。

<sup>\*2</sup> eSIM：遠隔でプロファイルをインストールできるSIMの総称。

された（組み込まれた）SIMを指すが、GSMA RSPバージョン2の定義上、チップ形状だけでなくカード形状も含む。導入メリットや標準化動向、M2M機器向けeSIMとの差分などについて以下に解説する。

## 2.1 導入メリット

従来、コンシューマ機器で通信サービスを利用可能にするためには、UIM（User Identity Module）<sup>\*6</sup>カード用リーダライタなどを用いてUIMカードへプロファイルを記録し、その後、UIMカードを端末に挿入する必要があった（図1(a)）。

一方、コンシューマ機器にeSIMを用いると、次のメリットがある。

- ・あらかじめUIM機能を端末に内蔵させておくことができ、UIMカード抜き差しの手間が不要となる（図1(b)）。
- ・手元に特別な機器（リーダライタ）がなくとも

開通作業ができるため、端末さえ入手すれば、速やかに通信サービスの利用が可能となる。

- ・従来、オンラインショップで端末を購入し、購入と同時にUIMカードの発行が必要となる場合には、回線利用開始のために電話手続きによる開通処理、もしくは別途PCなどを利用してのWeb手続きによる開通処理をユーザが行う必要があった。eSIMでは、購入した端末の初回起動時における端末初期設定の中で、ユーザはガイドに従った簡易な端末操作のみで開通処理が可能になる。
- ・UIMカードが脱着不要となるため、カードスロット部分を省略でき、端末デザインの自由度が増す。ウェアラブル端末などの小型機器でもセルラ通信サービスへ対応し易くなる。

これにより、ユーザがより簡単に通信サービスを利用可能になり、利便性が向上する。一方従来

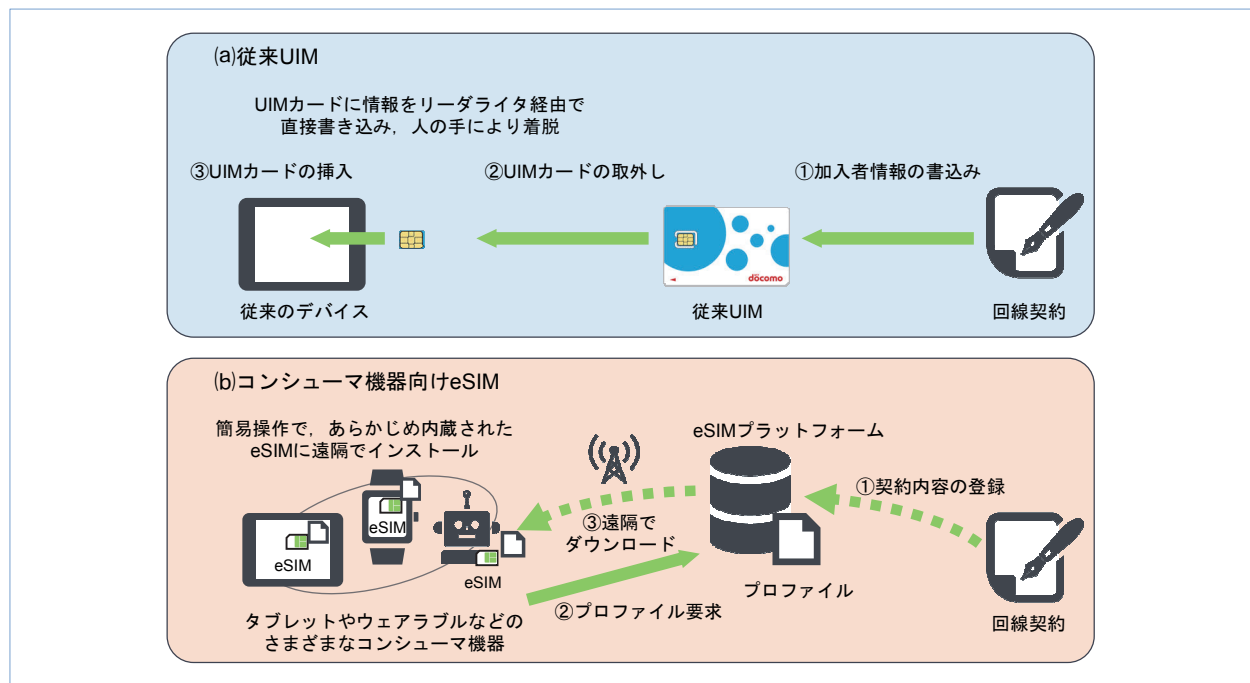


図1 従来UIMとコンシューマ機器向けeSIMの違い

\*3 LPA：主にLPDとLUIの2つの機能から構成され、SMからeSIMへプロファイルをダウンロードする際に中継する機能や、ユーザがプロフィールのダウンロード、削除、切替えなどをする際のUI機能を提供。

\*4 SM：オペレータ情報管理システムと連携するサーバ。プロフィールの生成・保持する機能や、プロフィールをLPA経由で

eSIMにダウンロード・インストールさせる機能を提供。

\*5 eSIMプラットフォーム：ネットワーク、SMなどからなるeSIMサービスを提供する基盤。これを導入することで、対応端末は、あらかじめ端末に内蔵されたeSIMに対し、ユーザの端末からの操作によってプロフィールをネットワーク経由でインストールすることが可能となる。



UIMについては、例えば機種変更する場合や端末故障時に機種を取り替える場合などにおいては、ネットワークを介さずに簡易にUIM情報の切替えができるメリットもあるため、今後も従来UIMとeSIMは用途に応じて併用されていくものと考えられる。

## 2.2 標準化への対応

コンシューマ機器向けeSIMは主にGSMA（GSM Association）<sup>\*7</sup> RSP（Remote SIM Provisioning）<sup>\*8</sup> 会合にて標準化活動が行われている。図2に示す通り、2016年10月に一般公開されたバージョン2までの仕様に加えて、現在はバージョン3として、エンタープライズ用途でのコンシューマ機器向けeSIM機器の利用に向けた仕様の拡張などについて、GSMA RSP内で議論中である。

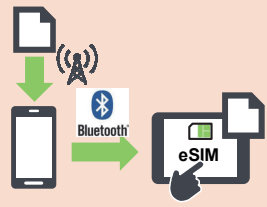
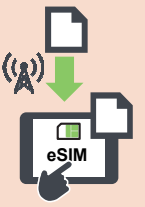
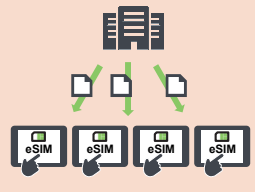
ドコモは、日本のモバイル市場の特性を踏まえ、本会合においても接続先SMの指定方法や、ダウンロードするプロファイルと端末能力の判定機能に関する規定など、さまざまな提案を行い、それらの多くが仕様に反映されている。なお、今回の開発は

GSMA RSP仕様バージョン2に準拠しており、標準化作業に深く関わることで早期の開発、商用化を実現している。

## 2.3 M2M機器向けeSIMとの比較

近年、M2M（Machine to Machine）<sup>\*9</sup>機器の増加に伴い、耐久性などの観点から取外しができない組み込み型のUIM（MFF（M2M Form Factor）<sup>\*10</sup>形状）の利用が増加している。また、グローバルにビジネス展開を行う際は、製造時に1種類のUIMを組み込み、M2M機器が利用される国に応じて、通信（サービス）事業者を随時書き込み出荷することで、生産および管理の効率を向上させたいというニーズが高まっている。このような背景に対応すべく、ドコモでは2014年6月に、法人M2M市場向けに「docomo M2Mプラットフォーム<sup>\*11</sup>」サービスを開始した[1]。

一方、コンシューマ機器においては、ユーザ自らの端末操作によってプロファイルをダウンロードする必要がある（図3）。そのため、端末側には後述するLPA機能を搭載し、eSIMへプロファイルをダ

| 仕様書バージョン | バージョン1                                                                                                   | バージョン2                                                                                                          | バージョン3                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 仕様書公開時期  | 2016年1月                                                                                                  | 2016年10月                                                                                                        | 議論中                                                                                                      |
| ユースケース   | 2台目にプロファイルをダウンロード<br> | 1台目にプロファイルをダウンロード<br>        | プロファイルのプッシュ配信など<br> |
| 特徴       | <ul style="list-style-type: none"> <li>スマートフォンなどを經由して、ウェアラブル・タブレットなどのセカンダリデバイスへ転送</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロファイルをウェアラブル・タブレットなどデバイス単体でダウンロード</li> <li>複数プロファイルのインストール対応</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>法人の、大量デバイスへのキッティング※などをサポート</li> </ul>                             |

※キッティング：携帯電話などの端末に対してアプリケーションのインストールや各種設定・登録などを行い、ユーザが即座に使える状態にする作業。

図2 GSMA RSPのユースケース例

<sup>\*6</sup> UIM：電話番号やネットワーク認証鍵などの情報をもち、端末が通信ネットワークに位置登録する際のユーザ認証機能などを提供。SIMと同義。

<sup>\*7</sup> GSMA：携帯電話事業者のほか、端末メーカーやソフトウェア企業などを取りまとめるモバイル通信事業の世界的な業界団体。事業者間のローミングルール策定などに加えて、eSIM関

連では標準化を先導。

<sup>\*8</sup> RSP：GSMAにて定義されたeSIM用の遠隔プロファイル書き込み技術の総称。

<sup>\*9</sup> M2M：機器間の通信を意味する。人間の介在なしに機器同士がコミュニケーションして動作するシステム。

ウンロードする機能を提供している。

### 3. コンシューマ機器向けeSIMを実現する仕組み

コンシューマ機器向けeSIM（以下、eSIM）と端

末およびeSIMプラットフォームを構成する各要素を図4に示し、以下に解説する。

#### 3.1 eSIM

従来のUIMは図5(a)に示すように、UIMチップ、UIM OSの上に、各ファイル（電話番号やIMSI

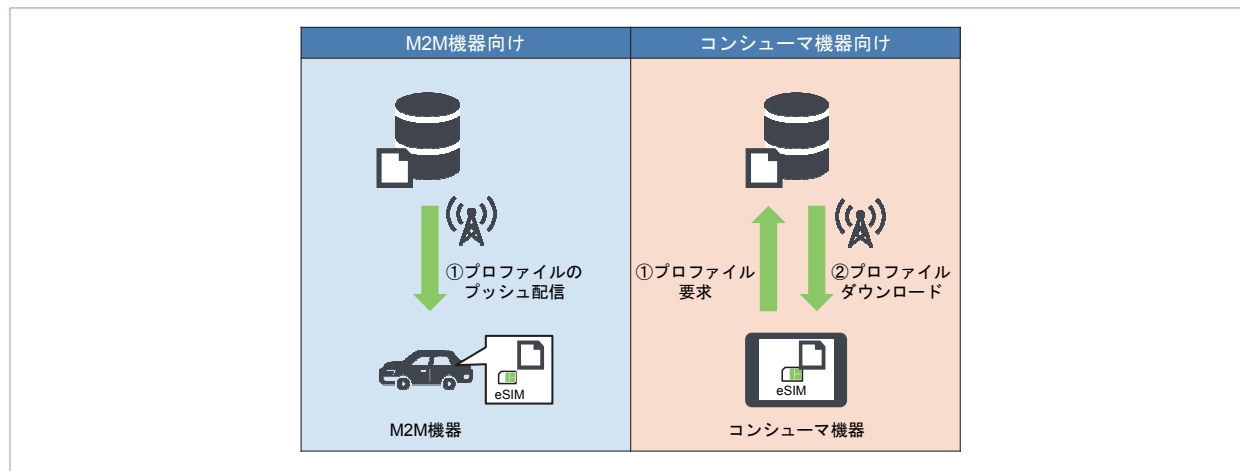


図3 M2M機器向けeSIMとコンシューマ機器向けeSIM

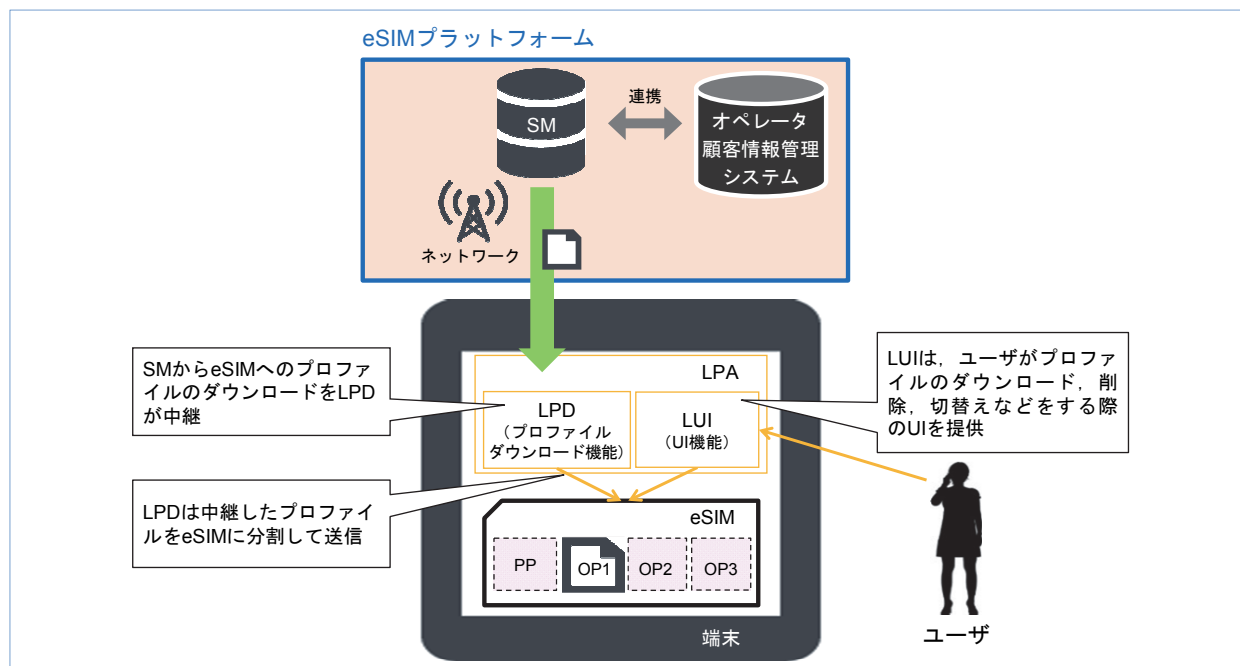


図4 eSIMと端末およびeSIMプラットフォームを構成する各要素

\*10 MFF：ETSI (European Telecommunications Standards Institute) で定義されたM2M機器向けのUICC (Universal Integrated Circuit Card) 形状を指す。

\*11 ドコモM2Mプラットフォーム：ドコモが2014年6月に提供開始した法人M2M機器向けのeSIMソリューション。



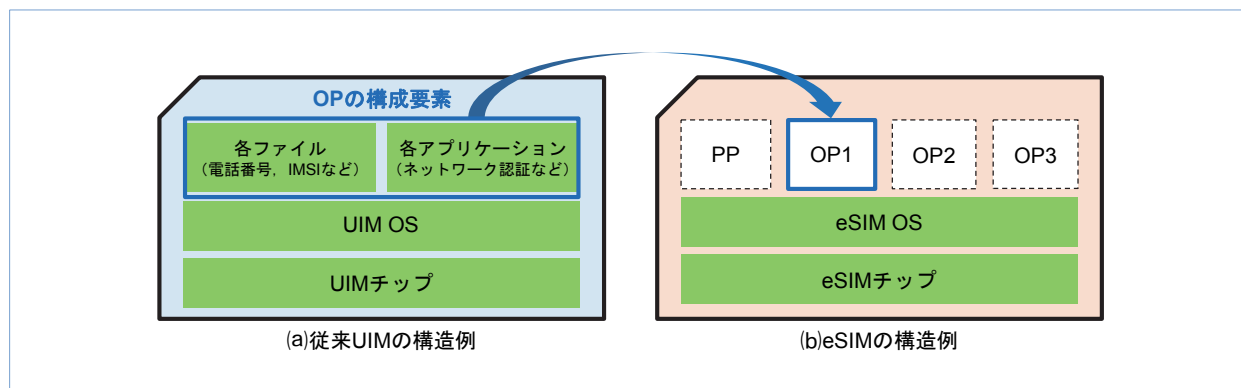


図5 従来UIMとeSIMの構造例

(International Mobile Subscriber Identity)\*<sup>12</sup>などの情報を含む)やネットワーク認証機能などを含めた各アプリケーションからなるOP (Operational Profile) で構成されている。

また、従来のUIMでは、UIM内の情報を書き換える技術として、USAT (Universal Subscriber identity module Application Toolkit)\*<sup>13</sup>機能がある [2]。この機能は一般にUIM内のファイルやアプリケーションを部分的に更新することが目的であった。

一方、eSIMは、SMからOPを遠隔でセキュアにインストールする機能をもつことで、ネットワーク認証用の秘密鍵などの秘匿情報を含めたOP単位での更新が可能となった (図5(b))。

また、eSIMの容量が許す限り複数のプロファイルをeSIM内に保存することができるが、通信に利用可能なプロファイルは常に1つである。ユーザはLPAを用いることによって、どのプロファイルで通信するかなど、eSIM内のプロファイルを制御することも可能である。

保持するプロファイルにはPP (Provisioning Profile) という種別も存在する。OPが従来のUIMのソフトウェアと同様にユーザへサービス提供を行うためのプロファイルであるのに対し、PPはOPをダウンロードするためのプロファイルである。PPでは、OPのダウンロード以外の利用を制限してい

る。

### 3.2 端末 (LPA)

LPAがもつ主な2つの機能を以下に示す (図4)。

- ・LPD (Local Profile Download) : SMから暗号化されたプロファイルを一括してダウンロードし、そのプロファイルをeSIMに対して分割して送信しインストールする機能。端末とeSIM間のIFは低速であるため、LPDにて一括ダウンロードすることでモバイルネットワークを利用した通信時間短縮を実現している。
- ・LUI (Local User Interface) : ユーザの操作でeSIMを制御 (プロファイルのダウンロード, 削除, 切替えなど) するためのUIを提供する機能。

これらの機能をもつLPAを用いることで、SMからの効率的なプロファイルダウンロードやユーザの端末操作を契機としたプロファイル制御が実現可能となる。

### 3.3 ネットワーク

PPを利用してSMと通信を行い、OPをダウンロードすることにより、音声やパケット通信などのサービスが提供可能となる。

\*<sup>12</sup> IMSI : UIM内に格納される。移動通信で使用するユーザごとに固有の番号。

\*<sup>13</sup> USAT : 遠隔でUIM内の情報を更新する際に用いられる3GPP TS31.111で規定された標準仕様。

PP利用中は、在圏は可能であるが契約としては未契約の扱いであるため、音声やSMS、その他サービスについてはネットワーク側で規制を行う。

SMとのパケット通信のみ可能とする通信規制については、ダウンロード通信用のAPN（Access Point Name）<sup>\*14</sup>を設け、そのAPNにてSMのURL以外へのアクセスの規制を行うことで実現する。ただし、ユーザが使用する端末にSM通信用のAPNが設定されているか不明であり、これに対して、ユーザがSM通信用のAPNを手動で設定することも可能だが、手間がかかってしまう課題があった。

対策として、図6に示すとおり、MME（Mobility Management Entity）<sup>\*15</sup>やSGSN（Serving General packet radio service Support Node）<sup>\*16</sup>にてPPでのパケット通信ということを認識した場合、端末がどのAPNを指定したとしてもESPGW（EPC Serving and PDN GateWay）<sup>\*17</sup>にてSM通信用のAPNに強制変換し接続、MAPS（Multi Access Platform System）<sup>\*18</sup>にてSM以外の通信を規制することで、ユーザは意識せずにSMにのみ接続することが可能となる。

SMと通信し、OPをダウンロードした後は通常の

ユーザと同様に、契約条件に応じたサービス提供を行うことが可能となる。

### 3.4 SM

eSIM用のSMでは主に、プロファイルの生成・保持機能およびプロファイルをセキュアにインストールする機能を提供する。

#### ・プロファイルの生成・保持

ユーザとオペレータ間で回線契約が成立した後、通信サービス利用に必要なプロファイルが、今回開発したSMサーバから対象のeSIMに対してダウンロードできるよう準備される。

SMではオペレータの顧客情報管理システムから電話番号やIMSI、ネットワーク認証鍵などの情報を受け取り、プロファイルを規定に従って生成し、そのプロファイルを暗号化された形でセキュアに保持する。

#### ・プロファイルのインストール

インストールされるeSIMでのみ復号ができるように該当のプロファイルを暗号化する。この暗号化されたプロファイルをLPA経由でeSIMに対してインストールする。eSIMプラッ

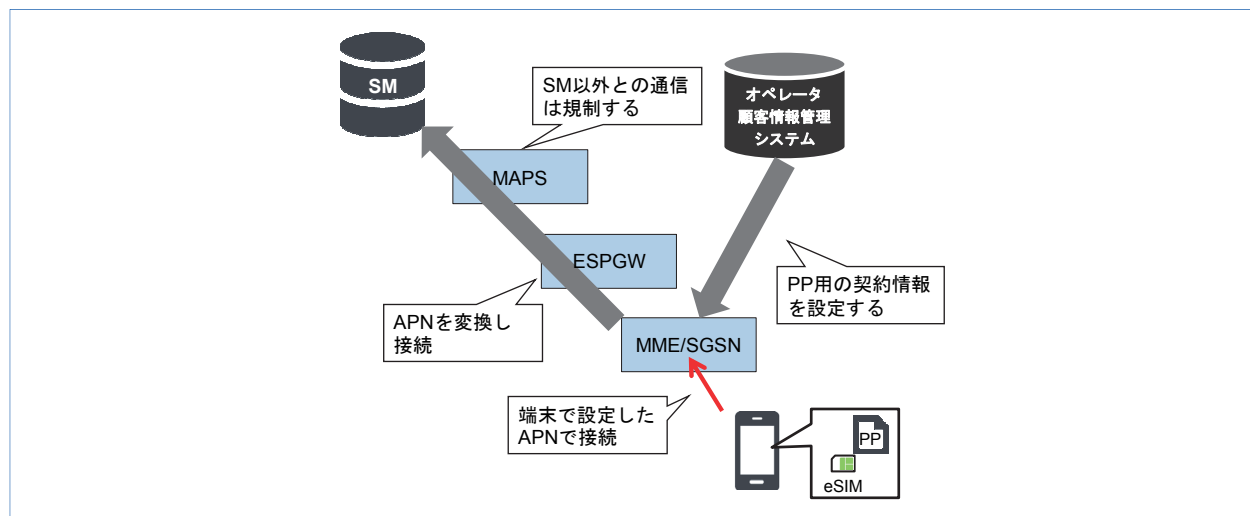


図6 PPからSMへの通信の制御

\*14 APN：ネットワーク接続によりデータ通信を行う際、接続先として設定するアドレス名。

\*15 MME：基地局（eNodeB）を収容し、モビリティ制御機能などを提供する論理ノード。

\*16 SGSN：パケット通信を行う移動端末の移動制御を行う論理ノード。

\*17 ESGW：S-GW、P-GWの能力をもつ装置。

\*18 MAPS：さまざまなアクセス回線から、インターネット接続や企業システム接続を提供するプラットフォーム。



トフォームのシステムはPKI (Public Key Infrastructure)\*19をベースとした強固なセキュリティが担保されている。eSIM/LPA/SMのそれぞれに、信頼できる認証局 (Certificate Authority) から払い出された証明書を保持しており、システム間で通信を行う際には証明書をベースとした認証が行われる。

### 3.5 プロファイルダウンロードシーケンス例

これらの仕組みを用いてプロファイルがSMからネットワークおよび端末 (LPA) を経由してeSIM

にインストールされるまでのシーケンスについて一例を図7に示す。

- ①eSIMを格納した端末の電源をONし、PPを用いて、パケット通信の呼を確立する。
- ②端末内のLPAがSMにアクセスし、LPAとSMの証明書を基にHTTPSの通信を確立する。SMへのアクセスが許可された証明書をもつLPAのみがアクセス可能となる。
- ③SMとLPAの通信路が確立されると、eSIMとSMはLPAを介して相互認証を行う。この相互認証の中でeSIMとSM間に閉じたセキュアな通

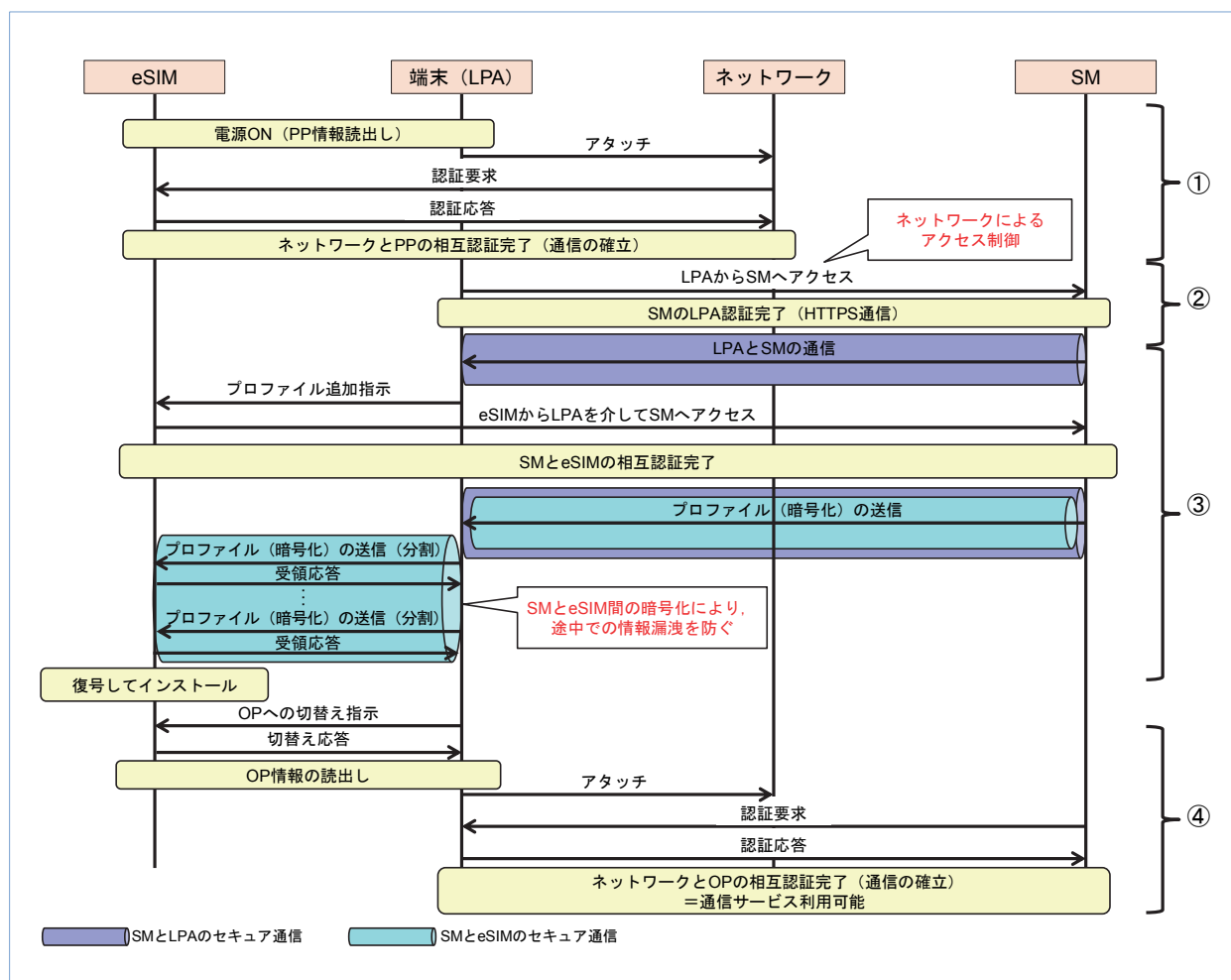


図7 プロファイルダウンロードシーケンス例

\*19 PKI：公開鍵暗号技術を用いて、安全な通信を行うようにするために構築されるシステムなどの総称。

信路を確立し，端末やLPAでプロファイル情報などが漏えいすることなくプロファイルをeSIMへインストールする．この際，前述のとおり，LPDにて一括ダウンロードした後，eSIMに対して分割送信しインストールを行うことでモバイルネットワークを利用した通信時間の短縮に貢献している．

- ④プロファイルのインストール後はLPAからの操作によってプロファイルの切替えや削除なども可能となり，OPを用いて各種通信サービスを利用できる．

## 4. あとがき

ドコモでは，幅広い用途での活用および低コストでの提供を念頭に，グローバル標準の要求仕様であるGSMAに準拠したeSIMプラットフォームを開発した．

eSIMは端末に組み込まれた状態での利用が想定され，例えば端末のネットワーク接続機能を確認す

る試験などにおいては従来のカード形状のUIMスロットを有する端末であればテスト用UIMを差し替えることで対応できたが，eSIMのようにUIMの抜き差しができない場合にはテスト用UIMが使用できないため新たな課題となり得る．すでに公開済みのGSMA RSP仕様バージョン2においても，テスト環境の整備など一部は継続議論中である．今後はそのような標準化動向も踏まえつつ，飛躍的に広がる多様な端末に対し本プラットフォームを活用し，ユーザがより便利に通信サービスを利用できるよう，取り組んでいく．

## 文 献

- [1] 鈴木，ほか：“Embedded UICC Remote Provisioningの標準化状況,” 本誌, Vol.22, No.2, pp.36-41, Jul. 2014.
- [2] 南，ほか：“UIMバージョン3の開発,” 本誌, Vol.15, No.1, pp.24-29, Apr. 2007.
- [3] GSMA SGP.21：“Architecture Specification - V2.0,” Aug. 2016.
- [4] GSMA SGP.22：“Technical Specification - V2.0,” Oct. 2016.

# 音楽のコード認識技術とその応用

サービスイノベーション部 まつおか 松岡 ほうせい 保静 わたべ 渡部 みずき 瑞季

近年、人工知能技術の発展により、音声対話などのシステムが実用化されつつある。ドコモでは、この音声対話システムに絶対音感や音楽の頭脳を組み込み、音楽を理解できるエージェントの実現を目的として、演奏の判定に必要な音響認識技術を開発した。この技術により、楽曲のコード進行の認識やアドリブ演奏の評価などが可能になった。本稿では、開発したコード認識技術とそれを利用したアドリブ演奏評価機能について解説する。

## 1. まえがき

音楽が生体や心理に与える影響に関して、生理学、心理学、医学、看護学、音楽療法など、多岐にわたる領域での研究が行われており、リラックス効果やストレス緩和効果などの科学的なデータも報告されている[1][2]。

特に音楽の演奏をすることは、脳の活性化にもつながることが実証され、今後の高齢化社会における認知症対策などにも重要な役割をもつと考えられている。

そこでドコモでは、1人でも音楽の演奏を楽しむようなエージェントの開発を目的とし、演奏の判定に必要な音響認識技術を開発した。開発にあたって特に楽曲のコード認識技術に注目し、そこに

ディープ・ニューラル・ネットワーク（DNN：Deep Neural Network）<sup>\*1</sup>を適用することでコード認識の精度向上を図った。

さらに、このコード認識技術を応用したアドリブ演奏評価機能も開発した。本機能では、ユーザは自分の好きな曲をかけながら、それに合わせてアドリブを弾くことで、エージェントが曲に合っているかどうかを判定し、反応してくれる。このように、ユーザの演奏を理解できるエージェントを実現することで、音楽に対する楽しさや練習のモチベーションを向上させることができると考えられる。

本稿では、楽曲や楽器の演奏音の音程を理解するために必要となるクロマベクトルの概要と、本技術でのクロマベクトルの抽出方法について解説する。また、開発したコード認識技術における認識方法や、

<sup>\*1</sup> ディープ・ニューラル・ネットワーク（DNN）：機械学習の手法の1つであるニューラルネットワークの中間層を多層にしたネットワーク。



DNNを利用した認識方法について解説し、その精度についても報告する。さらにこのコード認識技術を利用したアドリブ評価機能について解説する。

## 2. クロマベクトル

### 2.1 概要

演奏音の音程認識において、単音であれば、f0抽出<sup>\*2</sup>の技術（自己相関法<sup>\*3</sup>など）を用いて、簡単に認識できるものもあるが、ギターやピアノなどの複数の音程が混ざった演奏音となると、f0抽出では、単音の音程しか認識できない場合や誤った音程を認識する場合が多いため困難である。そこで複数の音程の音や和音（コード）を解析するためには、クロマベクトルという特徴量<sup>\*4</sup>を用いることが多い [3]。

クロマベクトルとは、12音階およびオクターブ違いも含めた音階ごとの周波数の振幅強度を特徴量としたベクトルである。ここでの振幅強度とは、ある区間に、特定の周波数の信号がどれくらい多く含まれているかを示すものである。各音階の周波数は決まっており、例えばA（ラ）の音は440Hz、E（ミ）の音は660Hzとなる。周波数が2倍になると1オクターブ上の音程となり、1/2になると1オクターブ下の音程となる。このように周波数の比で音程が決まるため、12音階の音程は、周波数が $12\sqrt[2]{2}$ 倍ごとに半音上がることになる。この各音階の周波数ごとに振幅強度を計算したものがクロマベクトルであり、これによりどの音階の音が強いかがわかるため、強い音階の組合せからコードを推定することなどが可能になる。

### 2.2 クロマベクトルの計算方法

#### (1) フーリエ変換による算出

ある音階の振幅強度を求めるためには、その音階の周波数付近の振幅強度の平均値を算出する必要がある。そこで音響（信号）から周波数成分を抽出す

るために、フーリエ変換<sup>\*5</sup>を用いることが多い。フーリエ変換による周波数解析では、直交周波数を用いて行う。この直交周波数の間隔は、解析する区間の時間長を  $T$  とすると、 $1/T$  (Hz) となるため、周波数分解能を高めるためには、ある程度の時間フレーム長が必要となる。特に低音域では、微小の周波数の変化で音程が変わるため、隣接する音程の周波数の差よりも細かい周波数分解能でのフーリエ変換が必要になる。そのため、速いメロディの分析が困難になる。

図1(a)にフーリエ変換による周波数解析を示す。フーリエ変換では、時間フレーム長が  $T$  秒だとすると、サンプル数が  $n$  点の場合、基底周波数<sup>\*6</sup>は  $1/T$ ,  $2/T$ ,  $3/T$  ...  $n/T$  となる。サンプル数とは、ある時間区間の信号を離散的に分割して量子化する分割数である。低音域のラの音 (55Hz) まで解析できるようにするためには、1つ上の音階のシの音 (58Hz) との差が3Hzなので、 $1/T$  が3Hzより小さくなるような周波数分解能が必要となる。したがって  $T$  は、333ms以上必要となり、333msより速い時間で音程が変わるメロディを解析することが困難になってくる。

#### (2) 本技術による算出

図1(b)に本技術での周波数解析を示す。本技術では、フーリエ変換の基底周波数を音階の周波数にし、フーリエ変換と同様に下記の演算式で振幅強度を算出する。

$$p(f) = \sum_{k=0}^n \cos\left(\frac{2\pi f k}{SF}\right) - i \sum_{k=0}^n \sin\left(\frac{2\pi f k}{SF}\right) \quad (1)$$

$SF$  はサンプリング周波数で、音階の周波数  $f$  の振幅・位相情報を  $P(f)$  とし、 $P(f)$  の2乗を周波数  $f$  の振幅強度とする。サンプリング周波数とは、信号波形を1秒間に何回サンプリングするかを示す値である。cos部分は、余弦波との相関をとり、sin部分は正弦波との相関をとっている。通常のフーリ

\*2 f0抽出: 倍音が含まれる波形信号において、最も低い基準周波数を解析すること。

\*3 自己相関法: 自己の波形信号同士をずらしながら相関をとり、どのくらいずれたタイミングで相関が高くなるかを検出して、基準周波数を推定する方法。

\*4 特徴量: データから抽出される、そのデータを特徴づける値の

こと。

\*5 フーリエ変換: 信号の中に含まれる周波数成分とその割合を抽出する処理。

\*6 基底周波数: 周波数解析における離散的な周波数の単位。

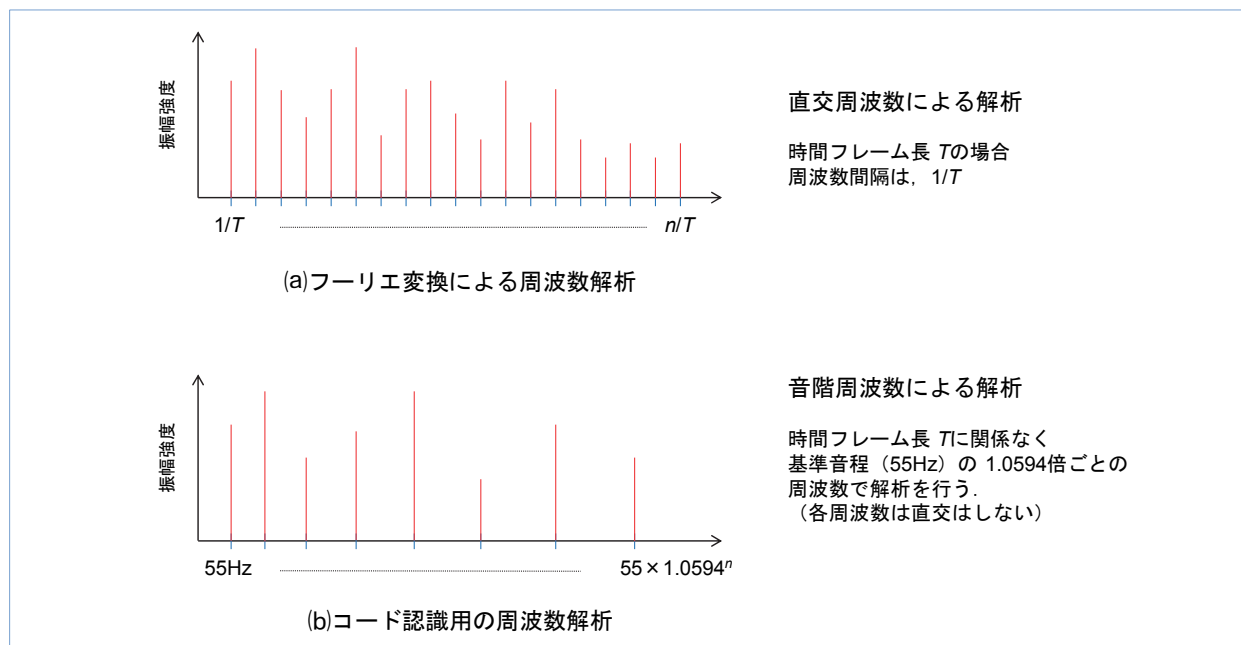


図1 周波数解析方法

エ変換とは異なり、各周波数同士が直交条件を満たしていないため、互いに干渉するというデメリットはあるが、それでも各音階の周波数の成分を解析できるため、音階的な特徴を出しやすい。また、任意の時間フレーム長のデータを解析できる。したがって、速いメロディは短い時間で解析し、遅いメロディは長い時間で解析することも可能になる。

音階は、オクターブ違いを同類とすると12種類のため、オクターブ違いの同じ音階の振幅強度を足し合わせた12次元<sup>\*7</sup>のクロマベクトルを利用して計算時間を短縮することもできる。また、オクターブ違いの差を見るために、クロマベクトルの次元数を増やすこともできる。4オクターブの音階を解析すれば48次元のクロマベクトルとなる。

### 2.3 クロマベクトルによる音楽のコード認識

このクロマベクトルだけでも音楽のコード認識はある程度可能である。単純な3和音などのコードで、メジャーコードとマイナーコードだけであれば、12

音階ごとに2種類のコードなので、合計24種類のコードが存在する。各コードの構成音は決まっているため、コードの構成音を1、その他を0としたベクトルとクロマベクトルの内積をとり、24種類のコードの中で最も大きい値のコードを出力することで、コード認識器が実現できる。

単一の楽器の演奏音であれば、これでも十分な性能である。しかし、複数の楽器で打楽器や歌もまざった楽曲のコード進行を認識するとすると、認識精度が十分ではなくなってくる。そこで、本技術では、クロマベクトルをDNNに適用し、楽曲のコード進行を精度よく認識できるようにする。

## 3. 楽曲のコード認識技術

楽曲のコード認識技術とは、CDなどに録音されている楽曲のデータを解析し、コード譜を作成できる技術である。楽曲にもいろいろな種類があるが、本稿では、いわゆるバンド形式（ドラム、ベース、

\*7 次元：DNNにおける入力ベクトルの要素数。

ギター、鍵盤、ボーカルなどが混在)で演奏された楽曲を対象とする。本技術では、このような楽曲データのコード解析を精度よく実現するために、DNNを利用して、既存の楽曲データとコード譜を学習し、精度の向上を試みる。

図2に、本技術によるコード認識の手順を示す。

#### (1)楽曲データ入力 (図2①)

まず、コード認識器に楽曲データを入力する。楽曲データとしては、CDなどに記録されているフォーマットを想定し、ステレオの音源を入力とする。

#### (2)ビート<sup>\*8</sup>検出 (図2②)

コード譜を作成するためには、ビートの検出により小節の区切りを検出する必要がある。ドラムや楽器音の強弱からそれを行う。これはステレオ音源をそのまま利用し、音源の振幅の強弱の変化から推定する。

#### (3)ボーカルキャンセル (図2③)

コード認識のためにボーカルや打楽器などを消す

ことを目的として、ステレオ音源のセンターに定位している音源をキャンセルする。これは、単純に左チャンネルの信号に右チャンネルの信号の逆位相を足し合わせれば、センターに定位している音はキャンセルできる。ギターや鍵盤などの音はどちらかの方向に定位している場合が多いので、伴奏だけの演奏に近い音になる。コード認識は、この伴奏音に近くなった音を用いて行う。

#### (4)ビートごとのコード認識 (図2④)

コード認識では、前述のようにクロマベクトルからコードのパターン認識を行うことになるが、ここでDNNを用いることにする。図3に楽曲の波形データからDNNを用いてコードを認識する手順を示す。

##### (a)ビートごとの特徴量マップ生成

まず、検出したビートごとに時間領域<sup>\*9</sup>の区間として区切る。各ビートの時刻から次のビートの時刻までの区間をコード認識する。その際クロマベクトルの算出は80ms単位で計算することとする。したがって、1つのビートの時間

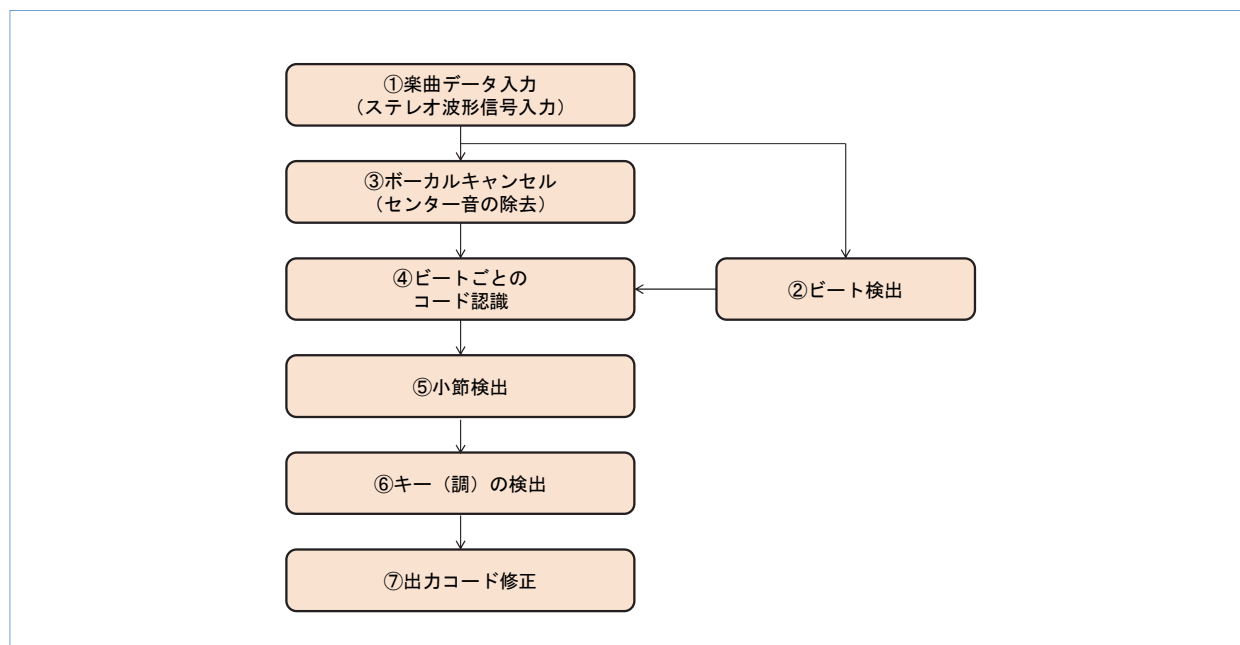


図2 楽曲のコード解析手順

\*8 ビート：音楽における4分音符の拍。

\*9 時間領域：信号などの解析において、その信号が各時間においてどのくらいの成分をもっているかを示すのに用いられる。時間領域の信号をフーリエ変換することで周波数領域の信号に変換することができる。



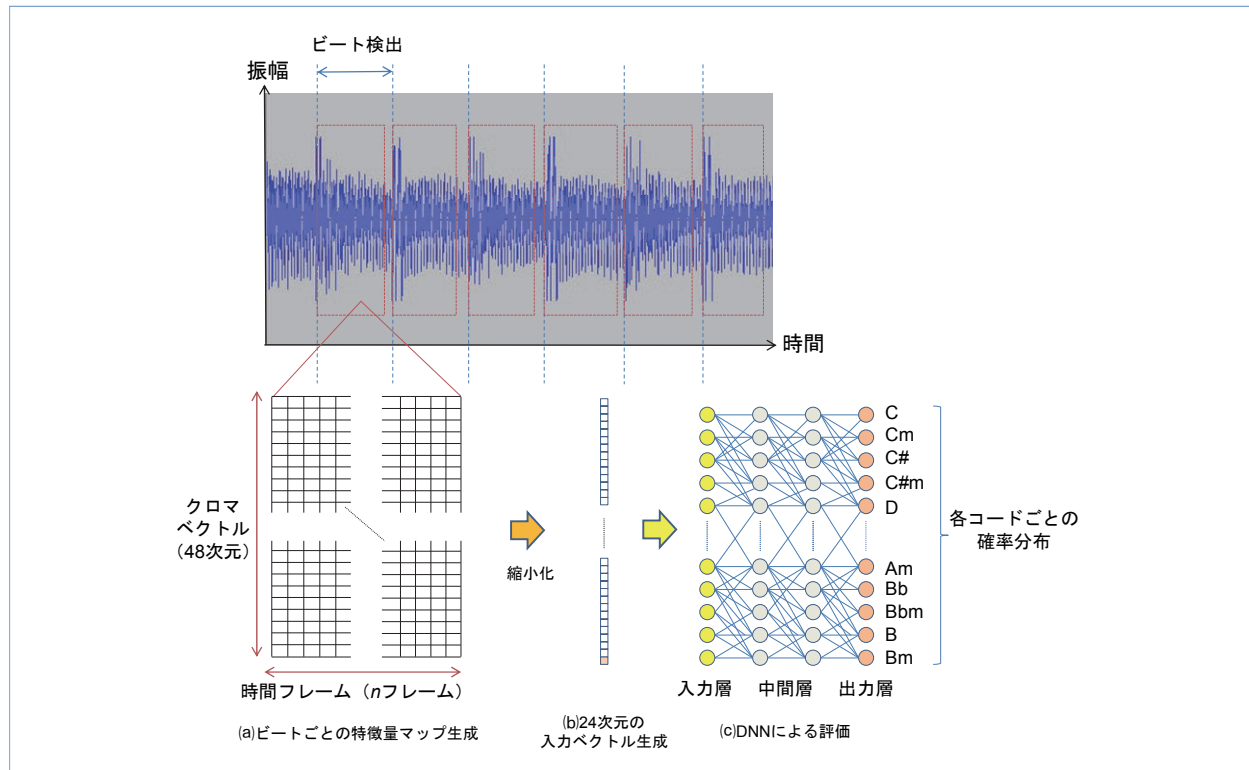


図3 コード認識方法

間隔が500msの場合は、80ms×6フレーム分のクロマベクトルを算出する。また、1フレームのクロマベクトルは4オクターブ分の音程を解析した48次元のベクトルとする。つまり、1つのビート間隔に $n$ フレームの領域があれば、 $48 \times n$ の特徴量マップが生成できる。

#### (b)24次元の入力ベクトル生成

この特徴量マップをDNNの入力としても良いが、検出されたビートごとの時間区間が異なるため、また特徴量のサイズが固定ではなく、かつ冗長でもあるため、CNN（Convolutional Neural Network）<sup>\*10</sup>のように、特徴量マップを縮小化し、24次元の固定長の入力ベクトルとする。このようにして生成した24次元のベクトルをDNNの入力ベクトルとする。これは、CNNの畳込み層<sup>\*11</sup>やプーリング層<sup>\*12</sup>に相当す

る処理とも考えられる。

#### (c)DNNによる評価

この入力ベクトルをDNNの入力層の値とし、中間層を2層、出力層はsoftmax関数<sup>\*13</sup>で24種類の確率分布となるようにして、DNNのネットワークを形成する。なお、本技術を4和音のセブンスコード<sup>\*14</sup>やディミニッシュコード<sup>\*15</sup>に対応させることもできるが、本稿では性能向上の効果を見るため、単純な3和音コード24種類で評価を行う。

学習データとしては、CDの音源を用い、44,100Hzサンプリング、16ビット量子化、ステレオのwaveファイル<sup>\*16</sup>と、ビートごとのコードを記述したメタファイル<sup>\*17</sup>を用いて学習を行う。

ビートごとに特徴量マップを生成し、縮小化して

\*10 CNN：ニューラルネットワークに入力する特徴量に対してフィルタなどの前処理を行い、入力ベクトルを形成するニューラルネットワーク。

\*11 畳込み層：入力する特徴量マップに対してフィルタなどをかけて主要な特徴を強調する役割をもつ層。

\*12 プーリング層：入力する特徴量に対して冗長な特徴量を平均化

ないしは選択し、特徴量を圧縮する役割をもつ層

\*13 Softmax関数：正規化関数の1つであり、出力値全体の合計が1となるように正規化するため、確率分布として利用できる。

\*14 セブンスコード：4和音の代表的なコードであり、ルート音、3度、5度の3和音のコードに加えて、7度の音を加えたコード。

24次元の入力ベクトルを生成するところまでは、学習プロセスでも評価プロセスでも同様である。学習の楽曲データとしては、バンド形式で演奏された楽曲30曲を用いてDNNの学習を行った。評価用の楽曲データとしては、学習に用いた楽曲データとは別に用意した楽曲5曲を用いてコードの認識を行った。コード認識には、前述のクロマベクトルのみの方法で認識した場合と、DNNも用いた方法で認識した場合とで正解率を比較した。比較結果を図4に示す。正解率は楽曲データにも依存するが、クロマベクトルのみでコード認識するよりもDNNまで用いて認識する方が、正解率が平均して12%程度向上した。今回は学習データとして30曲を用いたが、より多くの学習データを用いれば正解率のさらなる向上の可能性もある。

#### (5)小節<sup>\*18</sup>検出 (図2⑤)

ビートごとのコード認識の後には、小節の区切りの検出を行う。これは、コードの切替りが小節の区切りで変わることが多いことを利用する。具体的には、ビートごとにコード認識した出力結果を並べて、一般的な拍子である4分の4拍子を前提とし、コードチェンジの多い拍子（ビート）を小節の区切りとし

て識別する。

#### (6)キー（調）の検出 (図2⑥)

次に曲の調を判定する。これは最後にコード認識の出力結果を修正する際に必要となる。ハ長調（Cメジャー）のダイアトニックコードを図5の上段に示す。ダイアトニックコードとは、その調でよく使われるコードであり、ハ長調であれば、ドレミファソラシの音階で各音階の音に3度上と5度上の音を追加したコードの集合となる。このダイアトニックコードの出現率が高い場合には、曲の調はCメジャーである可能性が高くなる。このように、Cメジャー、C#メジャー、Dメジャーと各調のダイアトニックコードの出現率を計算し、出現率の高いダイアトニックコードの調をその楽曲の調と判定する。

#### (7)出力コード修正 (図2⑦)

最後に、認識コードの修正を行う。

DNNを用いてコード認識をしてもコードの正解率は7～8割程度である。誤ったコード認識結果を少しでも修正するために、ダイアトニックコードとセカンダリドミナントコードに基づいた重み付けを行って、最終的なコード判定を行う。

図5下段にニ長調（Dメジャー）のダイアトニッ

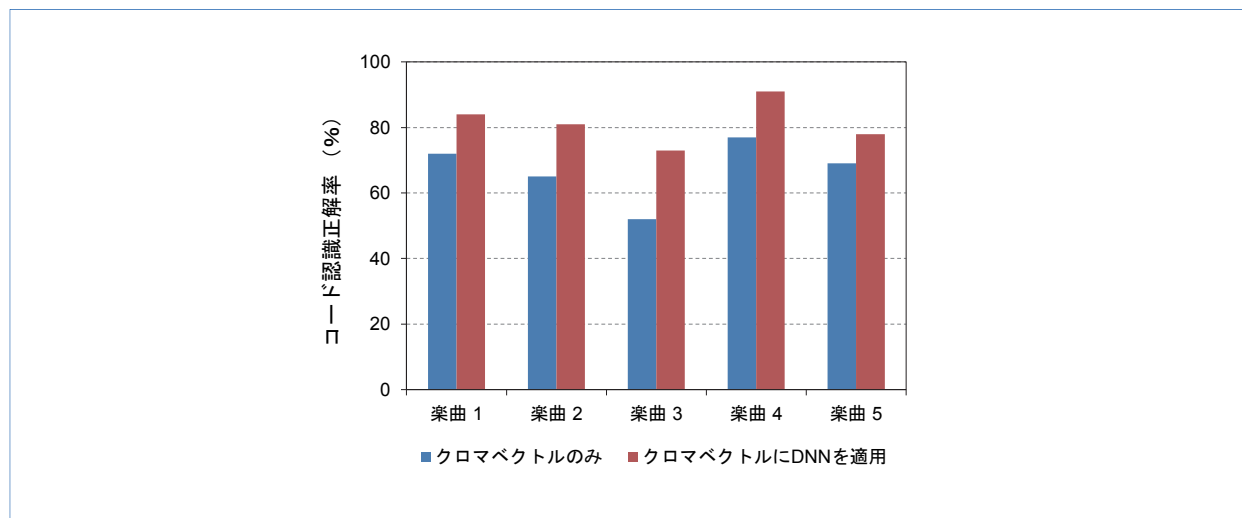


図4 コード認識正解率

\*15 ディミニッシュコード：ルート音に対して、短3度と減5度を加えたコード。

\*16 waveファイル：音声の波形を保存するファイル形式。サンプリングしたデータをそのまま格納する。

\*17 メタファイル：本稿では、音楽コンテンツのコード進行やリズムなどのデータを記載されている情報ファイルを示す。

\*18 小節：音楽における時間区間の単位。4分の4拍子であれば、4拍で1小節となる。

【キーがCメジャーの場合】

セカンダリードミナントコード

【キーがDメジャーの場合】

セカンダリードミナントコード

図5 ダイアトニックコードとセカンダリードミナントコード

クコードを示す。ニ長調（Dメジャー）の場合は、ドとファが＃（シャープ）になるため、ハ長調とは使われるコードが違ってくる。基本的にダイアトニックコードだけで構成されている楽曲が多いが、次に使用頻度が高いコードがセカンダリードミナントコードである。これは、ダイアトニックコードの各コードに対して5度上のセブンスコードになり、図5に青字で記載している。図5の左から1番めのコードに関しては、5度上のコードは通常のダイアトニックセブンスコードに含まれるため、あえてセカンダリードミナントコードとしない。また、7番めのコードに関しては、5度上のセブンスコードのルート音<sup>\*19</sup>（F＃7）が曲調のスケール（C, D, E, F, G, A, B）になく、あまり用いられないため、セカンダリードミナントコードとしない。

このセカンダリードミナントコードにも重みを付けてコード認識結果を修正する。重みの計算は、DNNのコード認識結果によって得られた確率分布に、これらの重みを掛け算して、最終的に最も高い

コードを認識結果とする。これによりコードの正解率はさらに5～10％程度向上する。

このようなプロセスで出力したコード認識結果によって、楽曲のコード譜が作成できる。100％合っているコード譜は難しいが、ある程度参考にできるコード譜の作成は可能である。

## 4. アドリブ演奏評価機能

音楽におけるアドリブとは、楽譜通りに弾くスタイルではなく、ある伴奏に合わせて自由に弾くスタイルと言える。ユーザが手軽にアドリブを楽しめる方法の1つとしては、好きな音楽を流しながら、その楽曲に合わせて自由にメロディを弾いてみることである。ここでは、前述のコード認識技術を応用して、ユーザが好きな楽曲を流しながらアドリブ演奏をした場合の演奏評価機能について解説する。

まず、ユーザが好きな楽曲を流す際に、その楽曲のコード認識を行う。それに伴い、小節の区切りや

<sup>\*19</sup> ルート音：和音を構成する音の中で、基準となる音階の音。最も低い音である場合が多い。



曲の調も識別する。演奏評価システムは、楽曲を流しながら、現在再生している小節とそのコードを把握しておく。そして、ユーザの演奏音をクロマベクトル化し、演奏音の音程を検出する。演奏音の音程が、小節のコードの構成音になっていれば、得点を高くする。また、コードの構成音でなくても、曲の調のメジャースケールの音であれば、少しだけ得点を高くする。どちらの音でもない音を1ビート以上伸ばしてしまったら、得点を減点する。基本的にはこのような採点方法でアドリブの演奏を得点化して評価を行う。

本技術の応用として実装したアドリブ演奏評価システムでは、楽曲を流しながらユーザのアドリブ演奏を解析し、小節ごとに得点が高ければ音声で褒める、得点が低ければ音声で注意する、という機能を実装した。これによりユーザは、アドリブ演奏しながらリアルタイムに評価されるという緊張感を得ることができる。

## 5. あとがき

本稿では、楽曲のコード認識技術として、クロマベクトルとDNNを用いた手法を解説した。また、応用例として、アドリブの演奏評価システムについても紹介した。今後はより音楽的な解析機能を追求して、音楽的なエージェントを実現したいと考えている。

### 文 献

- [1] M. Yamamoto, S. Naga and J. Shimizu: "Positive musical effects on two types of negative stressful conditions," *Psychol Music*, Vol.35, Issue 2, pp.249-275, Apr. 2007.
- [2] H. Nakayama, F. Kikuta and H. Takeda: "A Pilot Study on Effectiveness of Music Therapy in Hospice in Japan," *J Music Ther*, NC46.2, pp.160-172, Jul. 2009
- [3] C. Harte and M. Sandler: "Automatic Chord Identification Using a Quantized Chromagram," in *Proc. of Audio Eng. Soc.* May 2005.

# 端末の遠隔制御システムにおける ファイル配信機能へのCDN適用

ネットワーク開発部 もりもと しゅうすけ† 森本 修介 こしば ちひろ 小柴 千尋 さかぐち たくじ 坂口 拓史

ドコモでは、端末の遠隔制御システムにてAndroid™\*1端末向けOSのバージョンアップ・ソフトウェア更新サービスを提供しているが、近年のセキュリティ対策や配信ファイル・ユーザ数の増大などの影響でダウンロードサーバの増設が必要となった。そこで、外部ソリューションであるCDNを適用し、外部配信サーバからのファイル配信を可能とした。これにより設備増設および保守コストを低減するとともに、ニーズに合わせた柔軟な配信能力のコントロールが可能となる。

## 1. まえがき

近年、スマートフォンの普及が進み、携帯電話市場におけるスマートフォンの割合は年々増加している。あわせてスマートフォンのアプリケーションやOSも高度化しており、OSやソフトウェアの更新ファイルサイズや更新頻度は増加傾向にある。これらの更新をユーザがより快適に利用できるよう、従来からドコモではAndroid OSバージョンアップサービスやソフトウェア更新サービスを提供しており、その際端末の更新ファイルはドコモの遠隔制御システムより、無線ネットワーク経由でダウンロード可能である。

しかし近年の需要増加を受け、遠隔制御システム

のうち、特に更新ファイル配信を担うダウンロードサーバの増強が避けられない状況となった。

また、セキュリティ対策の重要性も高まり、端末と直接通信をするシステムに、より強固なセキュリティレベルが求められており、遠隔制御システムにIPS (Intrusion Prevention System)\*2を導入するなど、セキュリティ対策の実施により、遠隔制御システムの処理負荷が増加してきている。

しかし、ピーク時のトラフィックを基にサーバ増設を行った場合、ファイル配信が行われない期間は設備余剰が生じ、余計なコストがかかってしまう。

これらの背景や今後のIoT (Internet of Things)\*3デバイス対応の可能性も含め、より短期間に多くの端末への効率的な更新ファイル配信を実現するため

©2017 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

† 現在、人事部

\*1 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。

\*2 IPS: サーバやネットワークのインターネット通信を監視し、不正アクセスを検知して攻撃を防ぐシステム。

の対応が求められていた。

そこでドコモは、ユーザのニーズに合わせ、トラフィック変動に左右されることなく柔軟に安定したファイル配信が実現可能なソリューションであるCDN (Contents Delivery Network)<sup>\*4</sup>を活用した。これにより、前述の多様なニーズに対応できる新たな遠隔制御システムを構築した。本稿では、ドコモの遠隔制御システムとCDNの連携により実現した新たな遠隔制御システムについて、CDNの概要を交えて解説する。

## 2. CDNアーキテクチャ概要

CDNとは、多数のユーザに大容量コンテンツを高速かつ安定して配信するために最適化されたネットワークソリューションである。図1にCDN適用前後でのファイル配信方法を示す。CDN適用前のネットワークでは、原本ファイルを保持するオリジンサーバ<sup>\*5</sup>からファイルを直接配信する (図1(a))。

一方、CDNが適用されたネットワークでは、ユーザへ配信するファイルをCDN配信サーバへキャッシュ<sup>\*6</sup>し、CDN配信サーバからユーザへ、多数の大容量ファイルであってもその配信を可能とすることで、オリジンサーバの負荷軽減とファイル配信の高速化を同時に実現することができる (図1(b))。

CDNの活用例としては動画配信が挙げられる。このようなサービスでは、多数のユーザが視聴することで配信速度が低下し、配信が安定しないことや途中で止まることも多い。そこで、動画配信にCDNを適用することで、オリジンサーバへの負荷軽減やユーザの快適な動画視聴を実現することができる。そのほか、イベント開催時のWebページに対し、アクセスが集中した時も高速かつ安定した配信を実現する。

また、需要増加や配信ファイルサイズの増大によりサーバの増設が必要となった場合、従来の、オリジンサーバの増設によりトラフィックピークに合わせた設備投資を行う方法では、ファイル配信を行わ

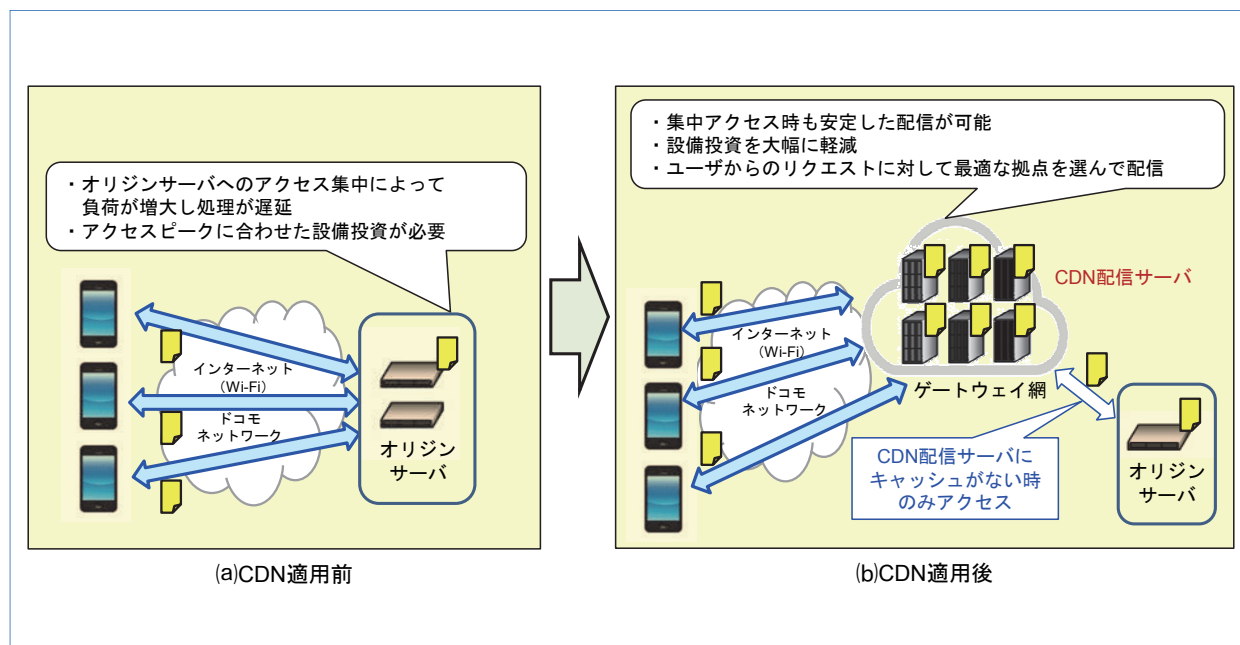


図1 CDN適用前後のファイル配信方法

\*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。

\*4 CDN：ファイルサイズの大きい画像・動画を高速かつ安定して配信するために最適化されたネットワークソリューション。

\*5 オリジンサーバ：自社コンテンツを置いている自社のサーバ。

\*6 キャッシュ：配信データの一時的な保存。

ない時期は設備余剰となり、その分費用が高くなってしまふ。一方、CDNは、さまざまな企業やユーザにサービスを提供しているため、ドコモが設備を保有する場合と比較して費用を抑えることが可能となる。さらに、ユーザのファイル配信需要に対してCDN側で設備を柔軟に対応するため、低コストで最適なファイル配信を行うことができる。

このような特長から、CDNは自社のオリジンサーバで対応する場合と比較してさまざまなメリットがある。

CDNアーキテクチャは集中型と分散型に大別される。集中型アーキテクチャは拠点を絞ってCDN配信サーバを設置する形態である。CDN配信サーバを特定拠点に集中させることで、大容量のファイル配信を可能にしている。一方、分散型アーキテクチャは配信サーバを各地に分散して配置する形態である。ユーザからのリクエストに対して最適なCDN配信サーバを選択して配信できるため、転送時間の短縮が可能である。

ドコモでは、本稿で紹介するOSバージョンアップやソフトウェア更新が主用途であり、この場合、容量の大きいファイルを大量の端末に一齐に配信することになるため、それに適した集中型を採用することとした。

### 3. 遠隔制御システムへのCDN適用

CDN適用への切替機能や非課金機能、汎用ポート機能について、以下に解説する。

#### 3.1 実現方式

CDN適用前後の構成について図2に示す。CDN適用前のネットワークでは、端末は、Wi-Fi<sup>®</sup>\*7および3G/LTEの接続を行い、ファイルを保持する遠隔制御システムからファイルを直接取得する（図2(a)）。一方、CDNが適用されたネットワークでは、端末は、CDN適用前と同様の接続を行い、インターネット上のCDN配信サーバにあるキャッシュから

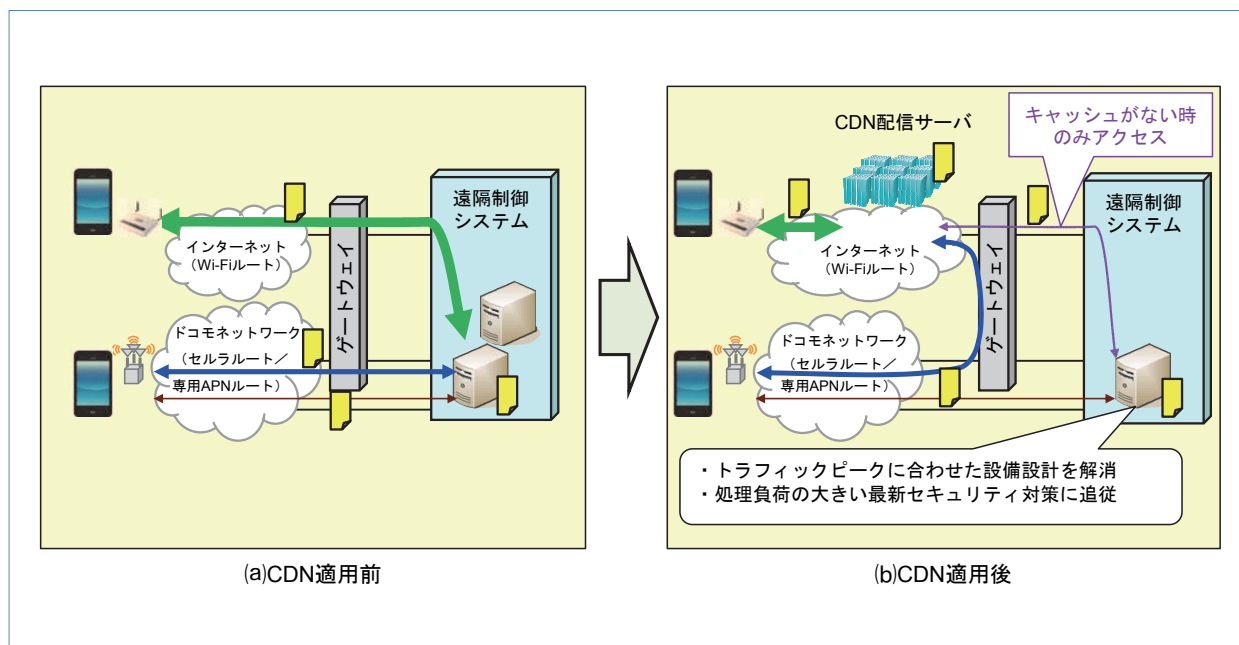


図2 CDN適用前後の遠隔制御システム構成

\*7 Wi-Fi<sup>®</sup>：IEEE802.11規格を使用した無線LANの規格で、Wi-Fi Allianceによって相互接続が認められたデバイスに用いられる名称。Wi-Fi Allianceの登録商標。



ファイルを取得する形となる（図2(b)）。一度キャッシュファイルが生成されると、キャッシュ削除としない限りCDN配信サーバから端末への配信となり、遠隔制御システム的大幅な処理負荷軽減が可能となる。同時に、CDNにて今後のユーザ数やトラフィック需要の増加にも柔軟に対応できるため、配信速度などのサービスレベル低下を防止することが可能となる。遠隔制御システムでは、これまでトラフィックピークに合わせた設備保有を行ってきたが、CDN適用により設備台数を削減することができ、コスト削減にもつながった。

### 3.2 切替方式

遠隔制御システムからのOSバージョンアップ・ソフトウェア更新はOMA（Open Mobile Alliance）<sup>\*8</sup>-DM（Device Management）<sup>\*9</sup>標準に対応 [1] しており、図3の通りサービス提供者や保守者が端末に対して遠隔から更新通知、ファイル配信、バージョン情報管理などを行っている。

ファイル配信は、大きく制御フェーズと配信フェーズに分かれる。CDN適用にあたり、制御フェーズは既存のままとした上で接続先サーバを指

定し、配信フェーズで端末からCDN配信サーバへ接続、またはオリジンサーバへ接続しファイルを取得する方式をとった。これにより、既存端末への影響を出さずにCDN適用の切替えが実現できる。

#### (1)CDN適用前の処理フロー

CDN適用前のOSバージョンアップの処理フローを図4に示す。なお、ソフトウェア更新に関してもほぼ同様のフローである。

遠隔制御システムは操作基盤<sup>\*10</sup>から制御要求（図4①）を受けると、更新通知としてPkg #0を端末へ送信する（図4②）。Pkg #0を受信した端末はパケット通信を行い、遠隔制御システムに対するコネクションを確立する。その後、Pkg #1で更新要求／端末情報を遠隔制御システムへ送信する（図4③）。遠隔制御システムはPkg #2にて制御コマンドを端末へ送信し（図4④）、これに基づいて端末はPkg #3を遠隔制御システムへ送信する（図4⑤）。Pkg #3にてOSバージョンなどOSバージョンアップに必要な情報を確認した遠隔制御システムは、対応するファイル取得先をPkg #4で端末へ通知する（図4⑥）。Pkg #4を受信した端末は指定された宛先へファイル取得要求を行い（図4⑦）、ダウンロード

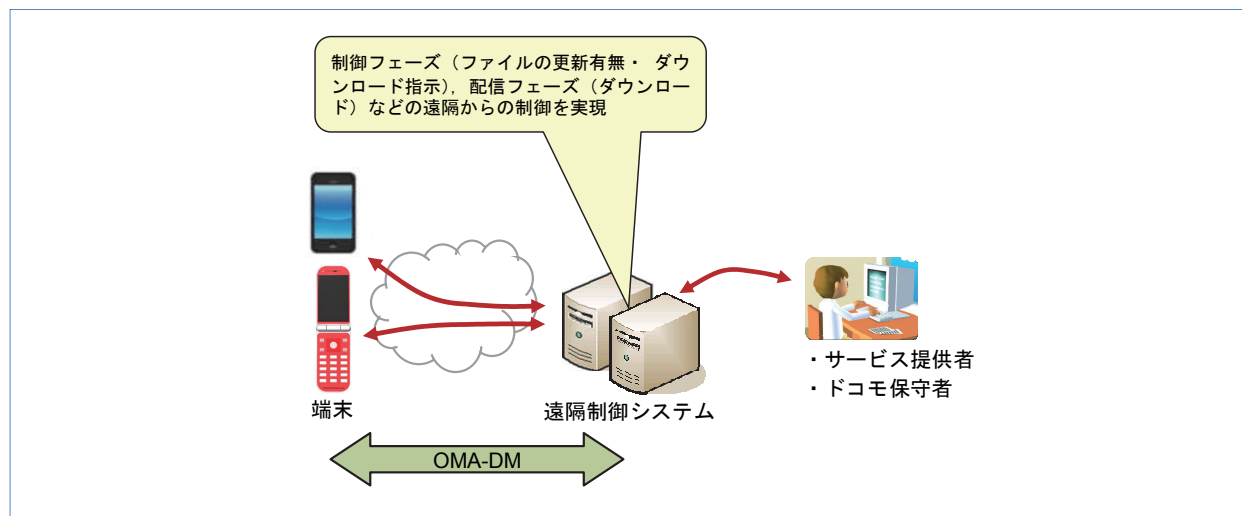


図3 遠隔制御システムの概要

<sup>\*8</sup> OMA：移動機通信向けのサービス、アプリケーション実現技術の標準化および相互接続性の確保を目的とした業界標準化団体。

<sup>\*9</sup> DM：デバイス管理機能。

<sup>\*10</sup> 操作基盤：遠隔制御システムを介して端末を遠隔制御するためのサービス提供者・運用者向けの操作システム。

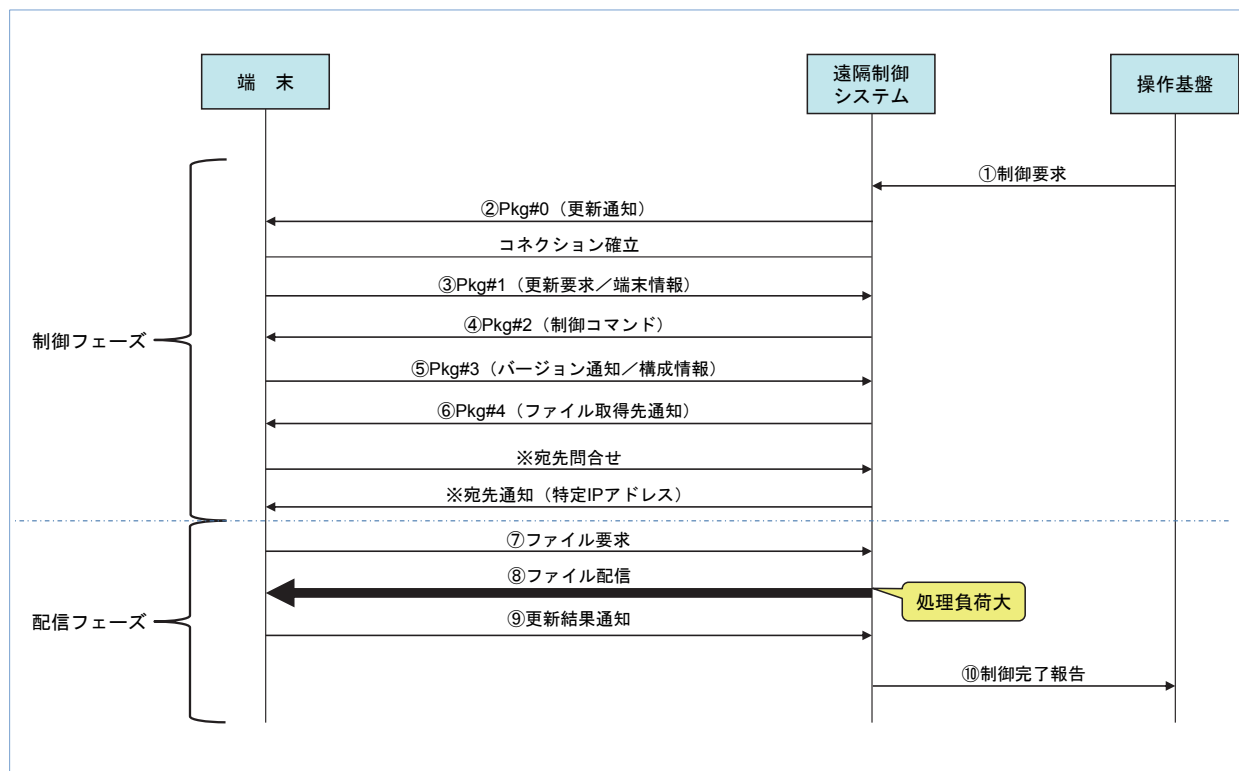


図4 OSバージョンアップ処理フロー (CDN適用前)

が実行される (図4⑧)。端末は更新完了後、更新結果を遠隔制御システムへ通知する (図4⑨)。通知を受けた遠隔制御システムから操作基盤へ制御完了報告を行うことで制御完了となる (図4⑩)。

#### (2)CDN適用後の処理フロー

次に、CDN適用後のOSバージョンアップの処理フローを図5に示す。

Pkg#4までの処理はCDN適用前と同様であるが、Pkg#4以降のファイル要求はCDN配信サーバに接続して行う (図5⑦)。これは、遠隔制御システムから端末へ通知するファイル取得先 (図5⑥) を、従来の要求先である遠隔制御システムではなくCDN配信サーバへ変更することにより実現している。遠隔制御システムから端末へ通知するファイル取得先は、操作基盤からの制御要求時 (図5①) に端末ごとに登録を行っている。端末によっては

CDN配信サーバではなく従来通り遠隔制御システムへファイル要求をさせるなど、端末ごとの制御を実現している。これらの機能により、トラフィックをコントロールすることができるようになった。

その後、ファイル要求を受信したCDN配信サーバはサーバ内のキャッシュの有無を確認し、キャッシュを保持している場合は端末へのキャッシュファイルの配信を行う (図5⑨)。キャッシュが保持されていない場合は遠隔制御システムへファイル取得を行い (図5⑧)、キャッシュファイルを生成しながら端末へのファイル配信を行う (図5⑨)。処理負荷の大きなファイル配信処理をCDN配信サーバが担うことで、遠隔制御システムの負荷を大幅に軽減することができる。なお、キャッシュファイルの保持期間はサービス提供者や保守者にて設定することが可能であり、配信サーバの逼迫などの問題がなければ、

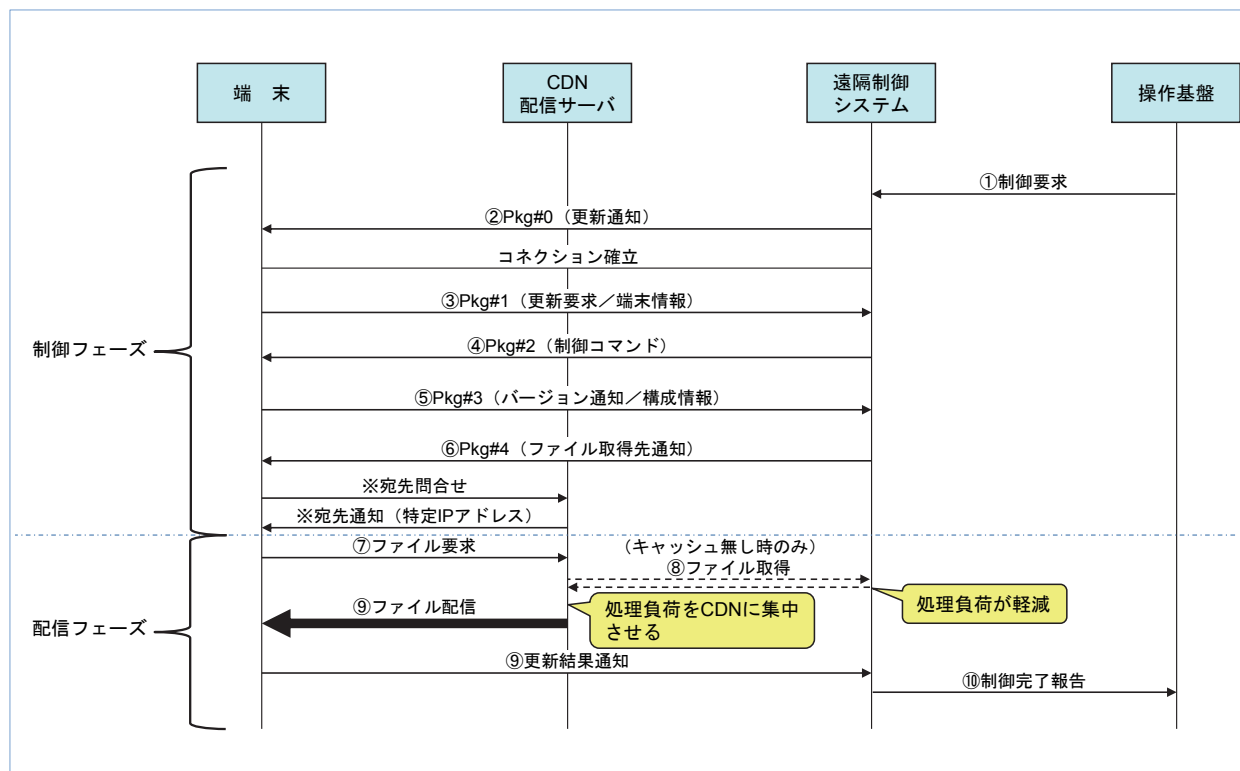


図5 OSバージョンアップ処理フロー（CDN適用後）

通常は明示的にサービス提供者や保守者がファイルを削除しない限りキャッシュを保持することとなる。

### 3.3 非課金機能

ドコモのOSバージョンアップ・ソフトウェア更新は接続形態に関わらず非課金で提供している。通常は、特定のIPアドレス<sup>\*11</sup>に対する通信を無料化しているが（図4※）、CDNは多数のキャッシュサーバへのアクセスを提供する形態であるため、CDNの特定のIPアドレスに対して非課金とするサービスには向いていない。そこで、CDN適用後であってもこれまでと同様に非課金を実現するため、CDNのカスタマイズによりCDN配信サーバ側の宛先を固定する対応を行った。

Pkg#4のファイル取得先通知、およびその後のファイル要求の内容から、ドコモのOSバージョン

アップ・ソフトウェア更新であることを識別（図5※）し、特定のCDN配信サーバのIPアドレスヘルレーティングする設計としている。これにより、当該IPアドレス宛の通信を非課金とすることが可能となる。特定のCDN配信サーバは、ファイル要求を受け付けると後段に配備している他のCDN配信サーバへ要求の転送を行う。このため、特定のCDN配信サーバのIPアドレスヘルレーティングしない場合と比較しても、同様の配信能力を発揮しつつ、非課金となる通信も明確にすることが可能となる。

### 3.4 汎用ポート機能

これまでドコモの遠隔制御システムでは独自のポート<sup>\*12</sup>番号を使用しており、主に各種サービスの識別に利用してきた。また、セキュリティの観点からも汎用ポートを使用しないポリシーで設計して

<sup>\*11</sup> 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。

<sup>\*12</sup> ポート：TCP/IP通信において、同一端末中の通信を特定するためにIPアドレスの下に設けられた補助アドレス。

いた。しかし、主に2つの理由から、今回のCDN適用に際して汎用ポートを活用する方式に変更を行っている。

- ・1点めとして、セキュリティの捉え方の変化がある。従来は通常使われないポートを使用することで攻撃を受けにくくする方式が用いられてきたが、昨今の攻撃手法の高度化やマシンの処理性能向上により、ポートを変えることでは回避策として効果を成さない状況となっている。逆に、できる限り使用するポートを汎用ポートに集約し、当該箇所に対するセキュリティ強化を集中的に行うことで、システム全体としてセキュリティ対策や管理を容易にすることが可能となる。
- ・2点めとしては、CDNを利用する際に使用するポートは汎用ポートが一般的であり、CDNベンダ間で共通となっている。そのため、何らかの要因でベンダの変更が必要になった場合は同様の仕様で切替えができるため、より簡易に対応することが可能となる。また、ベンダ共通のポートに対応することで、将来的には複数種類のCDNサービスを同時に適用する、マルチCDNの構成を実現することも可能となる。今後、一層多岐にわたるサービスを提供していく上で、マルチCDNを実現することでさまざまなニーズに応じてCDNを使い分け、それぞれ

のメリットを活かしながらサービスを提供することが可能となる。なお、従来行っていたポートでのサービス識別に関しては、CDN適用に際してドメインによって判断することで、これまでと変わらないサービス識別機能を実現している。

## 4. あとがき

本稿ではCDNアーキテクチャの概要とドコモのOSバージョンアップ・ソフトウェア更新サービスへの適用における特長を解説した。

遠隔制御システムへCDNを適用することで、ダウンロードサーバの設備増強を行わずに大容量のファイル配信が可能となるとともに、今後のトラフィック需要増加にも対応することが可能となった。これにより、より多くのユーザへ高速に更新ファイルを配信することが可能となる。

今後、さらに早くより多くのユーザへサービスを提供することをめざし、さらなるサービスの向上を実施していく予定である。

## 文 献

- [1] 涌井、ほか：“端末管理に対する多様なニーズに対応した端末管理制御基盤システムの開発,” 本誌, Vol.17, No.3, pp.50-54, Oct. 2009.



# クラウド環境と仮想化技術を用いた大規模OSS移行の実現

ドコモ・テクノロジー株式会社 ソリューションサービス事業部

岸川 雄紀 石居 健太郎

ドコモは、サービス監視や装置監視を担うOSSについて、利用するHWのサポート終了に伴い設備更改の検討を行い、保守・運用業務の効率化の観点から、OpenStackプライベートクラウドと仮想化技術の導入を行った。本稿では、従来のOSSの課題と更改要件、更改方式の検討結果、更改方式における課題と対策、業務効率化のための機能開発、導入効果と今後の課題について解説する。

## 1. まえがき

安定したモバイルサービスを継続的に提供するため、ドコモではサービス監視や装置監視を担うオペレーションサポートシステム（OSS：Operation Support System）<sup>\*1</sup>の開発および商用導入を行っている。

今回、OSSで利用するハードウェア（HW）のサポート終了（EOL：End Of Life<sup>\*2</sup>）に伴い、将来的な更改も見据えた設備更改の検討を進める事となった。その際、多くのHWで構成されるシステムの構築とOSやHW変更に伴うソフトウェア（SW）開発の効率化が重要なテーマとなっていた。本稿では、この課題解決のためOpenStack<sup>\*3</sup>プライベート

クラウド<sup>\*4</sup>環境を構築し、OSS SWを仮想化環境で構築／運用する上での課題や対策案の検討、結果について解説する。

## 2. 従来のOSSの構成と課題、および更改要件

### (1)HWの課題

従来のOSSは、千台オーダーの汎用のブレード型IAサーバ<sup>\*5</sup>、ストレージ、ネットワーク機器から構成されている。また、大規模の災害を想定した効率的なディザスタリカバリ<sup>\*6</sup>の仕組み [1]～[3] を導入し、OSSの継続性を確保している。従来のOSSの構成イメージを図1に示す。

©2017 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

<sup>\*1</sup> OSS：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。

<sup>\*2</sup> EOL：製品の生産／販売終了、SW製品のサポートサービス終了、バグや機能改善の修正・更新プログラムの提供終了を指す。

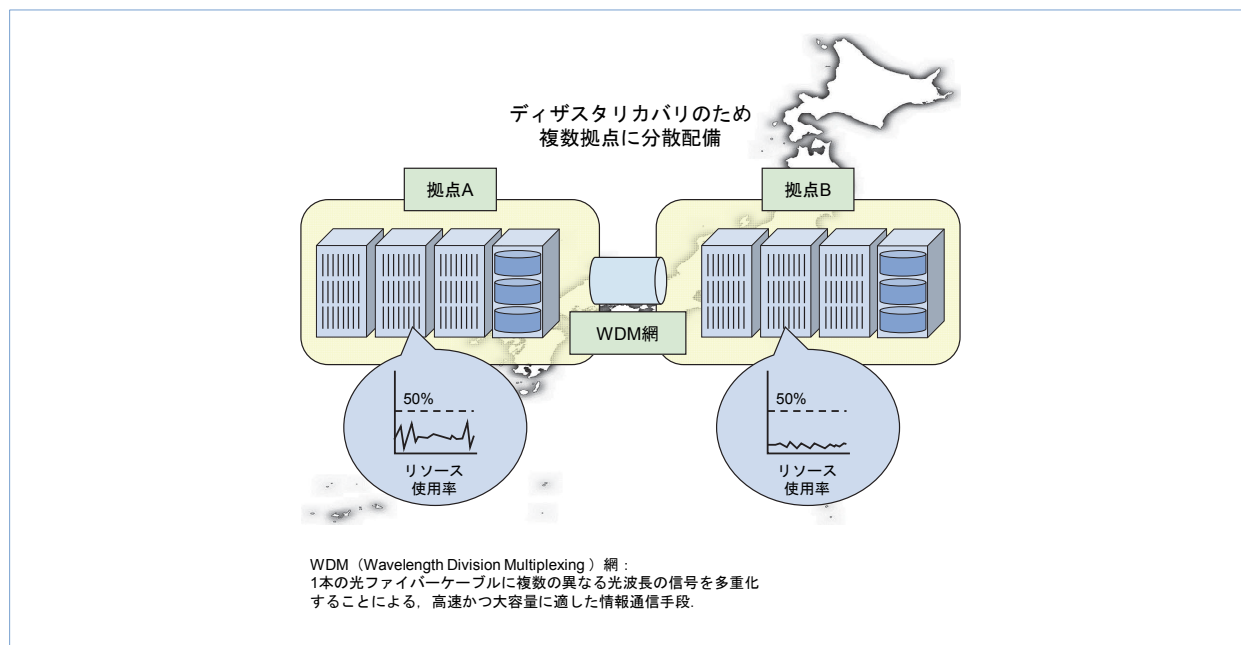


図1 従来のOSSの構成イメージ

災害やネットワークの輻輳<sup>\*7</sup>のような緊急時においても、OSSを継続的に運用できるようHWリソースに余裕をもたせることは重要だが、一方でそのような構成では、平常時はリソースの使用率が低くなり、設備の利用効率が下がる。さらに、初期導入時の設備投資（CAPEX：CAPital EXpenditure<sup>\*8</sup>）や、HW設置スペース借用代・電気代・保守費などの運用費用（OPEX：OPerational EXpense<sup>\*9</sup>）が余計に必要となるなど、従来のOSSには設備コスト面の課題がある。

## (2)ソフトウェアの課題

SWの観点では、OSSが利用するOSのバージョンアップに伴う動作検証が課題となっている。例えば従来のOSSで採用しているバージョンのCentOS<sup>\*10</sup>は最新HW製品ではサポートされておらず、設備更改によってHWを新調すると、SWが利用するOSも更新する必要がある、これに対する動作検証も実施しなければならない。ドコモではこれまでも定期的

に設備更改（OSバージョンアップに伴う動作検証を含む）を行ってきた。これに対して、SWのOS依存度を適切に管理し、影響を局所化することでOSのバージョンアップに伴う開発投資の最適化も重要である。

以上の課題解決を目的とした今回の設備更改の具体的な要件を表1に示す。これら要件を満たすための更改方式の検討を行った。

## 3. 更改方式の検討結果

設備更改の要件を満たすためには、設備の利用効率の改善が必要である。そこで1つのハイパーバイザ（HV：HyperVisor）<sup>\*11</sup>に複数のアプリケーションを重ねさせることで利用効率の改善を図る。

### (1)従来の分散アーキテクチャ

従来のOSSアプリケーションは分散アーキテク

<sup>\*3</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SW。オープンソースSWとして提供されている。

<sup>\*4</sup> プライベートクラウド：企業・組織が社内でクラウド環境を構築し、社内の各部署やグループ会社に提供するクラウド形態を指す。一方利用・提供する人の範囲が限定されず、オープンに提供されるクラウドサービスはパブリッククラウドと呼ばれる。

<sup>\*5</sup> IAサーバ：Intel社製のマイクロプロセッサ、およびIntel互換プロセッサを搭載したサーバ。内部構造はパソコンとほぼ同様であり、他社製プロセッサベースのサーバと比べて安価であることが特長。

<sup>\*6</sup> ディザスタリカバリ：自然災害などで被災したシステムを復旧および修復させること。また、被害を極小化させるための予防措置のこと。

チャを採用しており、D3A（Distributed Data Driven Architecture）<sup>\*12</sup>と呼ばれる基盤SW [4]と、その上で動作する複数のエレメント（EL：ELement）<sup>\*13</sup>と呼ばれる分散アプリケーション群から構成されている。D3A基盤は分散配備されたEL間のデータ通信を受け持ち、EL機能のシンプル化を実現している。従来のOSS SWの分散構成のイメージを図2に示す。

## (2)HV型仮想化技術の採用

従来の分散アーキテクチャに対して、さらにHV型の仮想化技術を用いることで、1つのHW上に複数の仮想マシン（VM：Virtual Machine）<sup>\*14</sup>を構築・動作させることができ、効率的に設備を利用することが可能となる。

HV型仮想化技術を採用したOSS SWのシステム構成イメージを図3に示す。従来のD3A基盤活用方

式ではD3A基盤の仕様上、同一HWに同一種別のELを2つ以上実装する事ができなかったが、本技術はVMごとに独立した動作空間となるため、同一HW上に同一種別のELをインストールしたVMの重畳が可能となる。またHWの更改によりOSやミドルウェア（MW：MiddleWare）<sup>\*15</sup>に変更が生じた場合も、HVがサポートするOSであればその変更は隠蔽されVMには影響が及ばない。結果、OSバージョンアップの影響を基本的に回避する事が可能となり、長期的なSW開発投資の最適化が実現できる。HV型仮想化技術は表1の設備更改の要件を最大限に満たすことができることから、今回は本方式を採用した。

なお、ドコモはOSS構築にあたり無償のオープンソースSWを活用する方針のため、今回の設備更改では、HVはLinux<sup>®</sup><sup>\*16</sup>標準の無償仮想化機能である

表1 設備更改の要件

| 通 番 | 要求条件             |
|-----|------------------|
| 要件1 | HWリソース最適利用による効率化 |
| 要件2 | SW開発投資の最適化       |
| 要件3 | HWの投資効率化         |

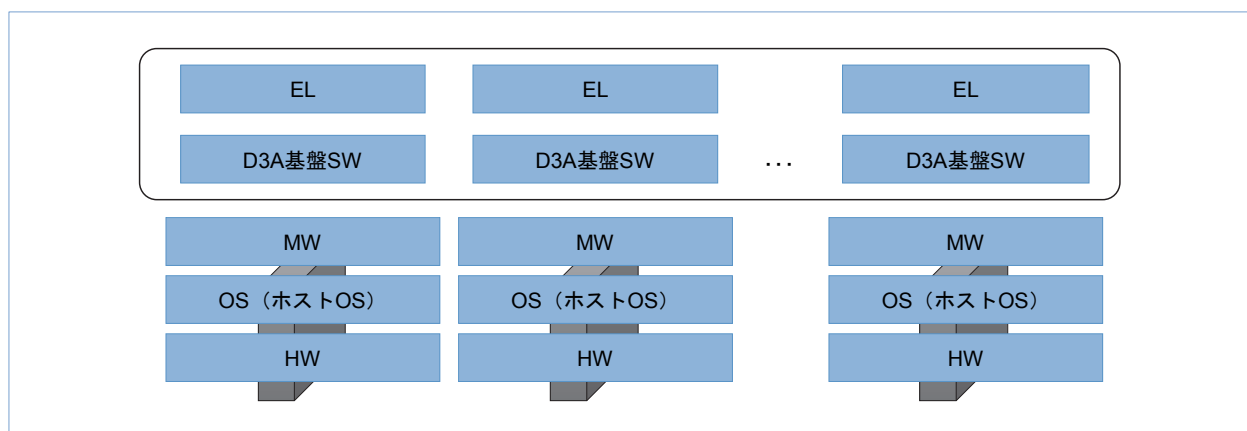


図2 OSSアプリケーションの分散構成イメージ

<sup>\*7</sup> 輻輳：通信の要求が短期間に集中して通信制御サーバの処理能力を超え、通信サービスの提供に支障が発生した状態。

<sup>\*8</sup> CAPEX：設備投資のために支出する金額。

<sup>\*9</sup> OPEX：設備を維持し運用するために発生する費用。

<sup>\*10</sup> CentOS：Red Hat Enterprise Linux（<sup>\*16</sup>参照）に含まれているSWのソースコードを基に、レッドハットの商標や商用パッケージなどを除去したものをリビルドし、完全互換をめざしたフリーのLinuxディストリビューション。

<sup>\*11</sup> ハイパーバイザ（HV）：サーバ仮想化技術で、物理リソース上で複数の仮想マシンを実行するため、仮想マシンに実装されたSWに対する物理リソース資源の割付け・管理を行う。

<sup>\*12</sup> D3A：ドコモにおいて開発した、複数のIAサーバを束ねて高い処理能力を得ることが可能なアーキテクチャ。

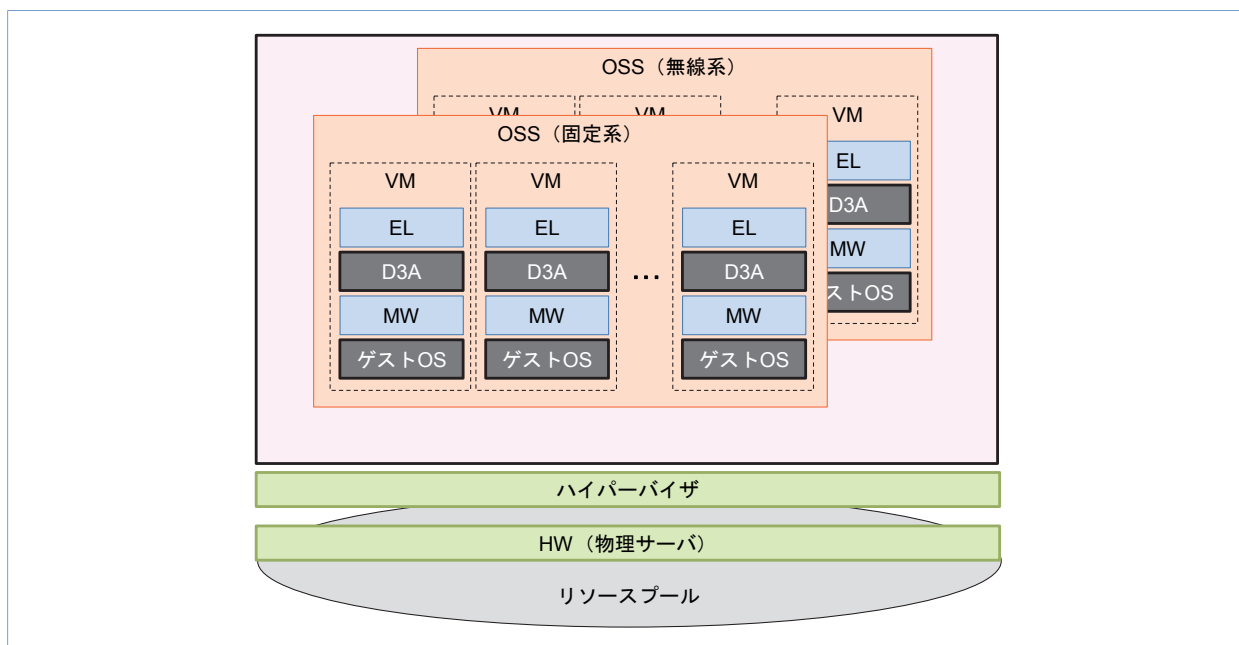


図3 HV型仮想化導入後の構成イメージ

KVM (Kernel-based Virtual Machine)<sup>\*17</sup>を採用する。

### (3) プライベートクラウド方式の採用

インフラ面では、従来のOSSは独自に環境構築を行ってきたが、本更改で仮想化技術を導入するにあたり、OpenStackを用いたプライベートクラウドを利用する方式を採用した。特に余剰リソースを有効活用する観点においても、OSS独自の環境構築や、社外のクラウドサービスを利用するより、会社全体で効率的な運用が図られる。

## 4. クラウド利用に伴う課題

### (1) クラウドの利用による課題

従来のOSS SWはもともとオンプレミス<sup>\*18</sup>の物理サーバ運用を前提に構築されているが、更改により仮想化・クラウド環境となることに伴い、新たな課題が見つかった。例えば、冗長構成がACT/SBY<sup>\*19</sup>

となるELにおいて、オンプレミス環境では搭載される物理サーバが分かれているため、HW故障による両系同時停止は極めてまれであり、OSSがサービス停止に至る可能性は極めて低かった。しかし仮想化・クラウド環境では、同一のHW上に冗長構成がACT/SBYとなるELが搭載される可能性があり、1つのHW故障で両系停止に至る恐れがある。また、共有ディスク構成であったELはACT/SBYの切替え時に共有ディスクのマウントを切り替えてデータの一貫性を保っていたが、現状のOpenStackはマウントが適切に外れない場合があり、共有ディスクのマウント切替えが失敗し、復旧に時間を要して業務への影響時間が延伸する恐れがある。そのほかに、複数のACT構成のELや性能確保のため同一HWに搭載しているELなど、従来のOSS物理構成を意識しているELは、仮想マシンの配置を適切にコントロールする必要がある。具体的な課題事項とイメージを表2と図4(a)に示す。

<sup>\*13</sup> エレメント (EL) : D3Aの基本構成で、SWを機能単位に分割し、複数サーバで分散稼働させる事を可能とする仕組み。ELはJava<sup>®</sup> VM上で動作するため特定のHWベンダに依存しない。OracleとJavaはOracle Corporationおよびその子会社、関連会社の米国およびその他の国における登録商標。

<sup>\*14</sup> 仮想マシン (VM) : SWによって仮想的に構築されたコンピュータ (仮想マシン)。

<sup>\*15</sup> ミドルウェア (MW) : オペレーションシステムとSWの間に位

置し、OS上で動作するすべてのSWに共通する基本機能や汎用的な処理を集約実装し、SWに提供する。

<sup>\*16</sup> Linux<sup>®</sup> : GPL (GNU Public License) に従って自由に再配布可能なUnix系のオープンソースOS。Linux<sup>®</sup>は、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標。

<sup>\*17</sup> KVM : 仮想化を実現するSWの1つ。オープンソースとして提供されている。



表2 クラウド利用に伴い解決すべき課題

| 通 番 | 検討事項                                                                 |
|-----|----------------------------------------------------------------------|
| 1   | ACT/SBY構成のEL：冗長性を確保するためACT側/SBY側EL（VM）を同一HW上に搭載しない                   |
| 2   | 複数ACT構成のEL：冗長性を確保するためすべてのACT EL（VM）を同一HW上に搭載しない                      |
| 3   | 動作上の関連が大きい一部EL：処理性能を確保するため関連EL（VM）を同一HW上に搭載する                        |
| 4   | 共有ディスク構成のEL：VM停止時にマウントが適切に外れないOpenStackの制約のため、共有ディスク方式を個別ディスク方式に変更する |

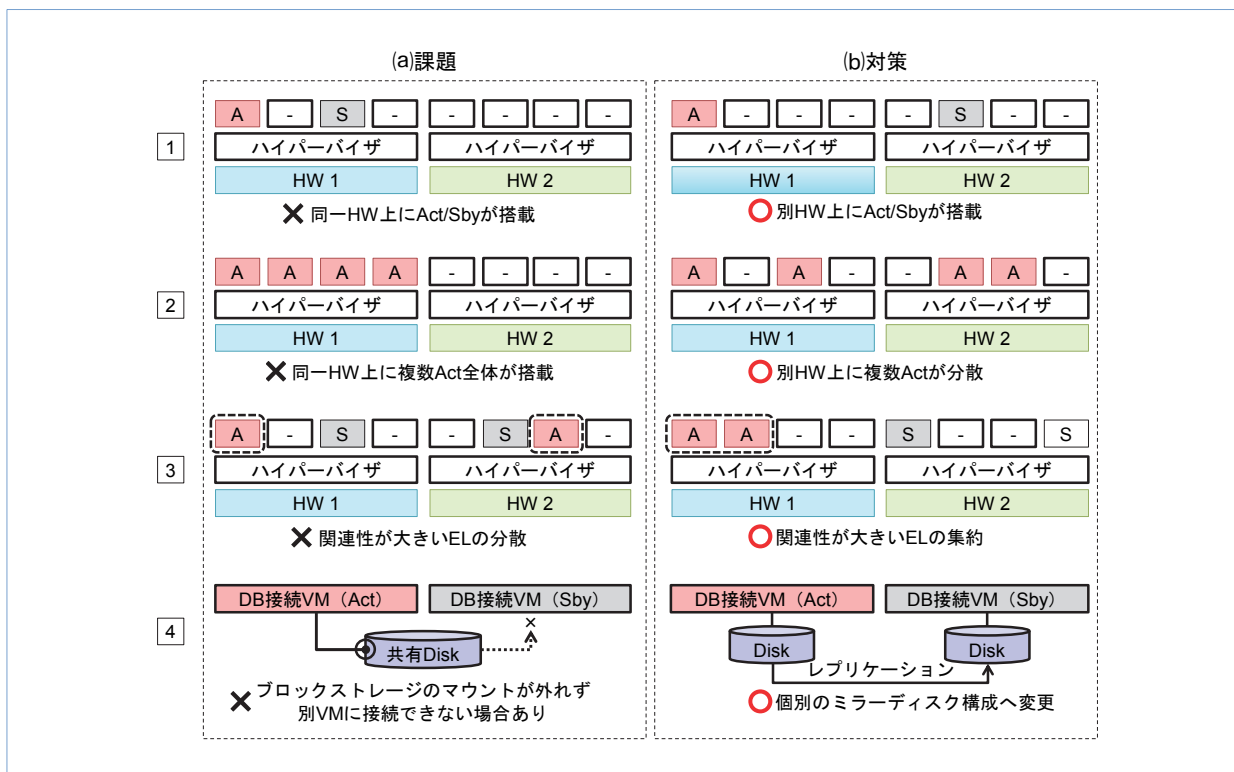


図4 課題と対策のイメージ

## (2)対 策

クラウド環境を利用し、HWの選定やクラウド環境自体の設定変更が難しい場合、SWの、仮想化への仕様変更による課題解決が必要となる。対策イメージを図4(b)に示す。表2通番1～3の具体的な対応方法としては、OpenStackに具備された特定のHWへのVM配置を指示できるアベイラビリティゾーン<sup>\*20</sup>

指定機能やフィルタ機能（Different Host Filter, Same Host Filterなど）[5]を用いる方式を採った。前者は物理的な隔離や冗長性確保のため、特定のラックやフロア、データセンタなど、仮想マシンの物理的配置先をユーザ側で指定する機能である。後者も同様の機能で、仮想マシンの起動ルールをより細かく指定することができる。通常これらは手動で

\*18 オンプレミス：企業がシステムを構成するHWを自社で保有し、自社で保守運用すること。

\*19 ACT/SBY：同一機能を搭載したサーバを2台設置し、1台を運用し（ACT系）、残りの1台を待機状態（SBY系）にすること。ACT系サーバ故障時に即座にSBY系に処理を引き継ぐことでサービス停止を防止するシステム構成。なお、SBY系サーバは切替えに備えて、常時ACT系サーバと同じ状態を保持している。

\*20 アベイラビリティゾーン：OpenStackでは、リージョンと呼ばれる地理的に離れたデータセンタなどを指す領域があり、アベイラビリティゾーンはさらにそのリージョン内で複数のラックや電源系統ごとに独立したロケーションを指す。

指定するものだが、ドコモにおけるOSSのような大規模なシステムの場合、1システムでVMが1,000オーダーもあるため、人手による指定は稼働が膨大となり、人的ミスの要因となる恐れがある。そのため、今回はこれらの制御を行う仮想化コントローラを導入した。

表2通番4においては、ストレージの構成変更とACT/SBY間のデータレプリケーション<sup>\*21</sup>実装のSW修正により対応した。これにより従来のOSS SWの冗長性や性能・機能を維持したまま、仮想化・クラウド環境上への移行を可能とした。

## 5. HV型仮想化技術による課題と対策

HV型仮想化技術はSWによりHWをエミュレートし、かつ複数の仮想マシンが1つのHWリソースを共有する方式であるため、仮想層（SW処理）による性能劣化が発生するデメリットがある。このため、HV型仮想化技術における特有の性能劣化について、特にストレージ性能とネットワーク性能については十分な検討・対策が必要である。

今回の設備更改では、利用するOpenStackプライ

ベートクラウド環境における外部ストレージのIO性能<sup>\*22</sup>が従来の方式に比べ低下する事が確認された。そのため、クラウド環境におけるHWとして外部ストレージの利用を避け、より高性能のサーバ内蔵ディスクを利用する事とした。これにより性能面の対策は完了したが、データの永続性に課題が残る。

OpenStack仮想化環境では、外部ストレージに保存されたデータは基本的に永続であり、仮にVMが停止した場合でもディスク内のデータは残存する。そのため再度VMを起動し当該ストレージをVMに接続すれば保存データが再利用できる。しかしOpenStackのストレージ種別の1つであるエフェメラルストレージ<sup>\*23</sup>に保存されたデータは非永続であり、VMを削除すると保存データも削除されてしまう。OSSには装置の監視制御履歴やトラフィックデータなど一定の期間保持が必要なデータがあるため、SWのデータレプリケーション機能を修正し、対象のデータの永続性を確保した。具体的には、ACT/SBY関係のELの場合はSBY側ELの内蔵ディスクにACT側ELのデータをレプリケーションする対策を実施した。具体的なイメージを図5に示す。

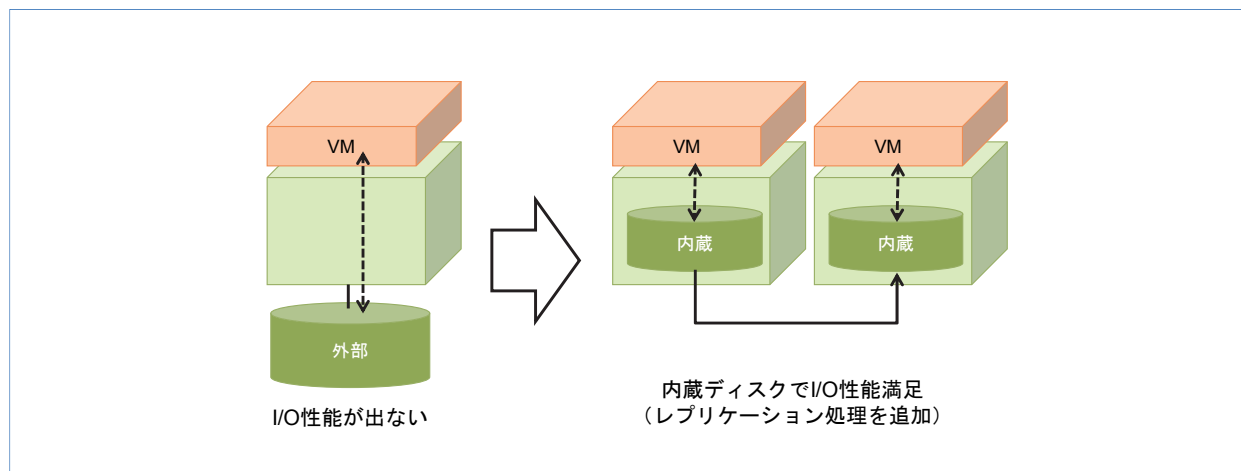


図5 性能改善に伴う永続データの取扱対策

<sup>\*21</sup> レプリケーション：レプリケーションは1対1のファイルシステム間で行われる。レプリケーションを行うファイルシステム間にはペアでレプリケーションセットを定義し、転送先のシステムに格納されていないデータをコピーする。コピー対象と同じデータが格納されている場合は差分をコピーする。

<sup>\*22</sup> IO性能：CPUやメモリが、ストレージやディスクに対してデータや信号をやり取りする際のinput/output性能を指す。

<sup>\*23</sup> エフェメラルストレージ：OpenStackの揮発性ストレージ。インスタンスを削除するとストレージ内のデータも削除される。

## 6. 保守運用業務のさらなる効率化

物理環境による運用方式では、設備を増設する際、規模にもよるがHWの調達・構築・SWインストールに2～3カ月程度要していた。一方で仮想化技術を用いるとシステム構築に必要なHWは論理化され、仮想的なサーバ、ネットワーク、ストレージはSW制御により、迅速な構築が可能となる。またシステムの検証に環境の変更を必要とする場合、仮想環境の停止も同様に迅速化できるため、構築・停止を組み合わせることで表3に示した機能が実現できる。

### (1)3つの機能開発

仮想化技術の導入は、HW利用効率を向上させ、さらに余剰リソースを有効活用する事で業務効率化が実現できる点に加え、保守業務の効率化や運用業務の自動化によるさらなる業務効率化が可能となる。今回の設備更改ではこれを見据え、3つの機能開発を実施した。

#### ・インスタンスエーション

インスタンスエーションはVMを生成する事を意味する。物理マシンへの仮想マシンのインストール、仮想ネットワーク設定、仮想マシンの起動、その他各種設定の投入を経てSWが起動され、利用できる状態にする一連の動作を指す。今回はこれをワンタッチで実現する。

#### ・ヒーリング

ヒーリングはVMおよびSWの冗長構成の復旧を意味する。ACT/SBYの冗長構成とする仮

想マシンの片系が失われた場合、アプリケーション層でACT/SBYの切替えを行い運用が続けられるが、当該SWは片系運転の状態となる。ここでさらに故障が発生し仮想マシンが停止するとシステム停止に至るため、冗長構成の復旧が急務となる。今回の開発により、冗長構成の復旧までの一連の手順をワンタッチで実現する。

#### ・スケールアウト

スケールアウトはVMの増設を意味する。稼働するVMの性能が逼迫した際に同一種別のELをインストールしたVMを増設する事で性能向上を図ることが可能だが、これまではHWの増設工事から計画を行う必要があり、突発的な性能懸念に対するHW増設の対応は困難であった。今回の開発により、設備増設の一連の手順をワンタッチで実現する。

### (2)仮想化コントローラの導入

さらなる効率化を実現するOSSのアーキテクチャを図6に示す。表3に示す各機能の実行・管理は仮想化コントローラが担い、OpenStack/D3A基盤と連携して各機能を実現する。インスタンスエーションやヒーリング、スケールアウトはOpenStackとD3A機能を活用すれば手作業でも実現は可能である。しかし仮想化・プライベートクラウド導入による保守作業の迅速化、簡易化の効果を最大化するため、実行・管理機能を自動化するシステムを導入した。

本仮想化コントローラは基本的にSWや仮想マシンの起動・停止を制御するものである。従来のOSSは

表3 さらなる効率化に向けた開発機能

| 通 番 | 検討事項                     |
|-----|--------------------------|
| 機能1 | VM新設のワンタッチ化（インスタンスエーション） |
| 機能2 | 冗長構成のワンタッチ復旧（ヒーリング）      |
| 機能3 | 設備のワンタッチ増設（スケールアウト）      |

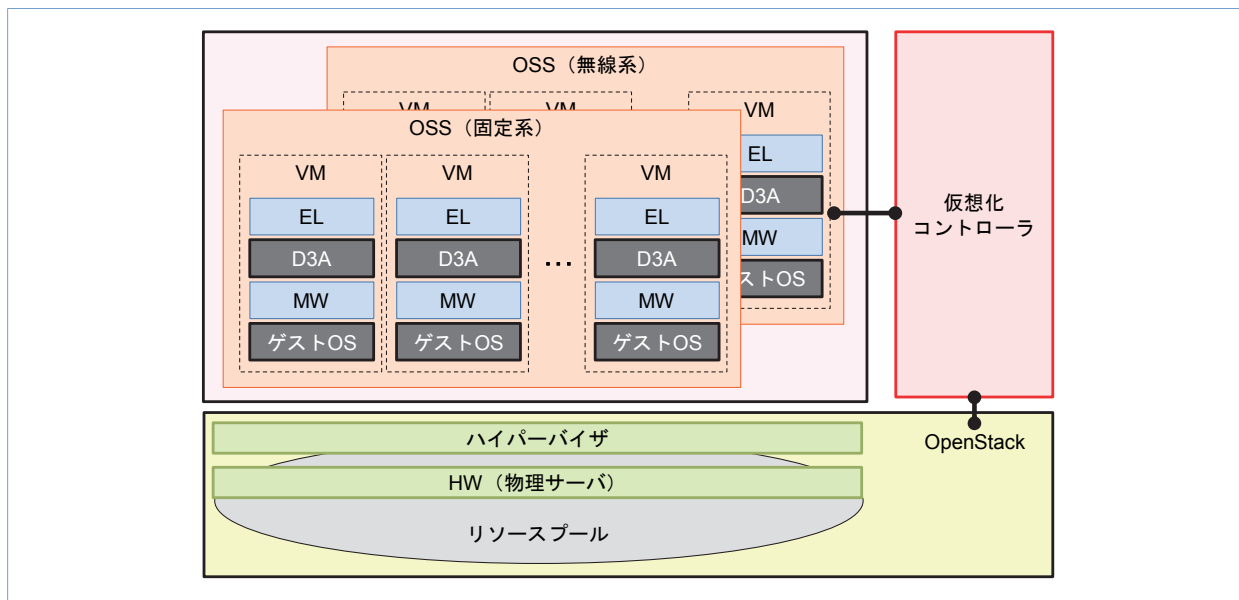


図6 さらなる効率化を実現するアーキテクチャ

D3A基盤SWとSW（EL）の組合せで構成されており、SWの起動や停止、系状態の管理はD3A基盤が担っている。そのため仮想化コントローラは各SWと連携する必要は無く、D3A基盤と連携するだけでSW・VMのライフサイクル管理が実現できる。結果、既存SWへの影響が局所化されるため、本アーキテクチャは開発コストの削減に寄与するものとなった。

加えて、各々の機能は人手を介さず完全に自動化する事も可能である。運用業務の自動化により人為ミスの削減に繋がるが、一方で自動化に伴う追加の開発コストも必要となる。完全自動化の実現コストとそれによるOPEXの削減効果を見極め、今回はすべてワンタッチで実現する方式とした。なおこれらは基本的にETSI（European Telecommunications Standards Institute）<sup>\*24</sup> NFV（Network Functions Virtualisation）<sup>\*25</sup>標準 [6] に則る形で構成しており、仮想化コントローラはNFV標準におけるMANO（Management and Orchestration）<sup>\*26</sup>に含

まれるVNF Manager（Virtual Network Function Manager）<sup>\*27</sup>に相当する。

## 7. クラウド導入効果と今後の課題

OpenStackプライベートクラウドと仮想化技術導入に伴うTCO（Total Cost of Ownership）<sup>\*28</sup>削減の算出結果を図7に示す。本図は現状のままの物理環境で運用した場合（図7(a)）とOpenStackプライベートクラウドと仮想化技術導入の場合（図7(b)）のTCOを7年間の運用費用を含め比較した結果である。

CAPEX面では設備投資の削減が大きい。更改後HWの性能向上と仮想化による効率的なリソース利用によるHW設備投資の最適化がTCO削減の大部分を占めている。

OPEX面の効果は、先のHW設備投資の最適化に伴う保守費用や電力費用の削減が挙げられる。また仮想化技術と表3に示す機能を組み合わせることで

<sup>\*24</sup> ETSI：欧州電気通信標準化機構。ヨーロッパの標準化団体。電気通信技術に関する標準化を行っている。本部はフランスのSophia Antipolisにある。

<sup>\*25</sup> NFV：仮想化技術を用いて通信機能処理を実現するSW処理を汎用製品上で実現する技術。

<sup>\*26</sup> MANO：仮想化環境におけるHWリソース、SWリソースなどのVNF管理機能とオーケストレーション機能を提供する仕組み。

<sup>\*27</sup> VNF Manager：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。

<sup>\*28</sup> TCO：システム運用にあたって必要な初期導入費用と運用管理費用の総額。



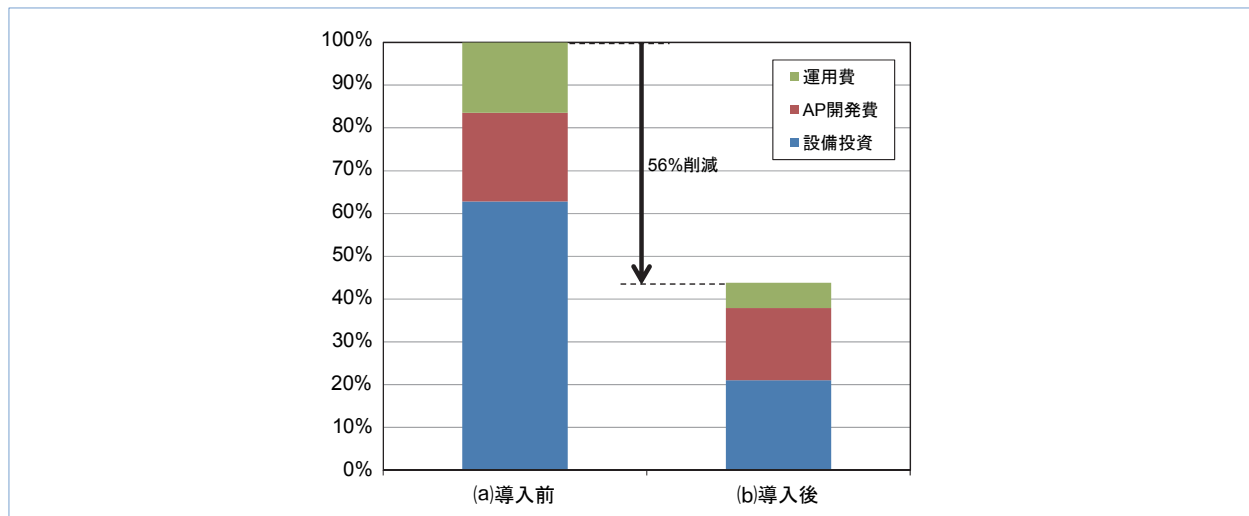


図7 クラウドと仮想化技術導入に伴うTCO削減効果

保守対応の計画的な実施が可能となるが、さらなる効率化をめざして、効果を最大化する運用方式の検討が今後の課題である。

## 8. あとがき

本稿では、従来のOSSの設備更改に伴いOpenStackプライベートクラウドと仮想化技術の導入について検討し、TCO削減や余剰リソースの有効活用が可能であることを示した。大規模OSSをクラウド環境へ移行する事はドコモにとって初の試みであった。クラウドネイティブ<sup>\*29</sup>でないOSS SWをクラウド環境に移行し、所望の性能や冗長性を発揮させるためのさまざまな工夫をした結果、商用導入を実現した。仮想化技術の導入により、新たな運用プロセスが必要となるが、効率的かつ俊敏・柔軟な運用が実現できるメリットは非常に大きい。クラウドと仮想化技術の導入効果を最大限に引き出し、さらなる業務効率化に向けた検討を今後も継続する。

## 文 献

- [1] 高橋 和秀：“ディザスタリカバリを経済的に実現するOSS構成技術,” 電子情報通信学会技術研究報告, NS, ネットワークシステム 112 (392), pp.61-66, Jan. 2013.
- [2] 高橋 和秀, 大貫 雅史: “大規模分散オペレーションサポートシステムの実用化,” 電子情報通信学会論文誌, B, 通信 J92-B (7), pp.970-980, Jul. 2009.
- [3] 北濱, ほか: “大規模災害時におけるIP系OSSの信頼性向上,” 本誌, Vol.24, No.2, pp.69-73, Jul. 2016.
- [4] 加藤 泰文, 田向 正一: “LXCで学ぶコンテナ入門ー軽量仮想化環境を実現する技術,” Gihyo.jp ADMINISTRATOR STAGE 連載, 技術評論社, May-Jun. 2014.  
[http://gihyo.jp/admin/serial/01/linux\\_containers](http://gihyo.jp/admin/serial/01/linux_containers)
- [5] OpenStack Administrator Guide: “Filter Scheduler.”  
[http://docs.openstack.org/developer/nova/filter\\_scheduler.html](http://docs.openstack.org/developer/nova/filter_scheduler.html)
- [6] ETSI: “ETSI Network Functions Virtualization completes first phase of work,” Jan. 2015.  
<http://www.etsi.org/news-events/news/864-2015-01-press-etsi-network-functions-virtualisation-completes-first-phase-of-work>

<sup>\*29</sup> クラウドネイティブ: オンプレミスではなく、クラウド上での構築運用を前提として設計されたシステムやサービスを指す。

## 「5Gトライアルサイト」 始動

ドコモは、5Gを活用した新しいサービスを創出するため、5Gの特長を一般のお客さまにも体験いただける取組み「5Gトライアルサイト」を2017年5月22日（月）にスタートしました [1].

第1弾の取組みとして、東京スカイツリー®\*1天望デッキからの「4Kマルチストリームライブ配信」を東京スカイツリータウン®内の商業施設である東京ソラマチ®\*2 1階のイベントスペースで「バーチャル展望デッキ」として2017年5月28日（日）まで一般に公開しました。スカイツリーの周囲をカバーできるように天望デッキに設置した6台の4Kカメラの映像を光ケーブルで東京ソラマチの1階まで送り、5Gの基地局・端末を通した上で、そのうちの3つの映像を3台の4K液晶ビジョンに180度ライブ映像として表示しました。5Gの特長である高速・大容量、低遅延なデータ伝送により、離れた場所においてもその場にいる様な臨場感のあるライブ配信を実現するデモを、一般のお客さまにご体感いただきました。



東京ソラマチ1階「4Kマルチストリームライブ配信」と「5G伝送装置」

ました。

また、2017年5月22日（月）には東京スカイツリーにおいて、5Gトライアルサイト開始イベントも開催し、多くの報道関係者にいち早く5Gトライアルサイトをご体感いただきました。

開始イベントでは、東京スカイツリー天望デッキフロア350（地上350m）において、5Gトライアルサイトのパートナー企業である東武鉄道の根津社長、ドコモの吉澤社長が登壇し、5Gトライアルサイトによって、東京スカイツリー・浅草エリアや日光・鬼怒川エリアが最先端技術のショーケースとなるよう取り組んでいくことや、5Gトライアルサイトは単に5Gの高速・大容量や低遅延を検証するだけではなく、パートナー企業の方々と、どのような体験・サービスが5Gと融合できるかを検証し、新たなビジネスの立ち上げも見据えた「5G時代のサービス創出の新たな取組み」であることなど、5Gトライアルサイトへの意気込みが語られました。その



©2017 NTT DOCOMO, INC.  
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

\*1 東京スカイツリー®：「東京スカイツリー」「東京スカイツリータウン」は、東武鉄道株式会社、東武タワースカイツリー株式会社の登録商標。

\*2 東京ソラマチ：東武鉄道株式会社の登録商標。



後のオープンセレモニーでは、天望デッキに設置した8Kスーパーハイビジョンカメラの高精細な展望映像をステージ上の8Kディスプレイに表示する、世界初となる5Gで伝送した8Kライブ映像をご覧いただきました。

また、5Gのユースケースの一例として、5Gの同時接続に対する強さを実際の利用シーンにおいて想起できるように、2017年4月21日（金）より運行を開始した東武鉄道の新型特急「リバティ」の車内において、運転席から事前に撮影した4K映像を、5Gを介して8台のタブレットで同時に再生するデモも報道関係者向けに実施しました。

2017年5月24日（水）～26日（金）には、5Gトライアルサイトの関連イベントとして、東京ビッグサイトで開催された「ワイヤレス・テクノロジー・パーク2017」[2] 内のパビリオン「5G Tokyo Bay Summit<sup>®</sup>\*3 2017」において、パートナー企業との取組みについて展示しました。本パビリオンは国内最大の5Gに関連する専門イベントであり、昨年よりもスケールアップするべく、ドコモは去年に引き続き企画・運営を行いました。

4Kや8Kのリアルタイム映像配信、建設機械やロ

\*3 5G Tokyo Bay Summit：株式会社NTTドコモの登録商標。



「5Gトライアルサイト オープンセレモニー」と「8Kライブ配信映像」



新型特急リバティでの「4K映像多数同時接続デモ」と「5G伝送装置」



建設機械遠隔操作システム



ロボットハンド遠隔操作システム

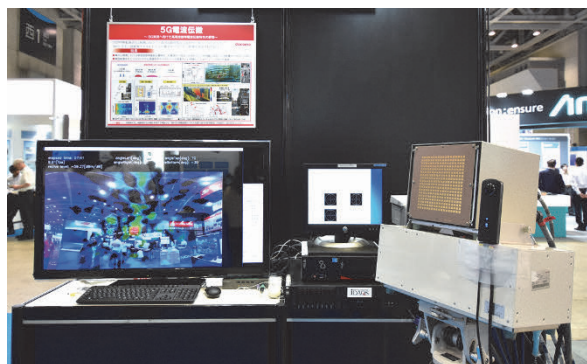


ボットハンドの遠隔操作システム、AR（Augmented Reality）やVR（Virtual Reality）を利用した新しいコミュニケーション・スポーツ観戦スタイルの検証など、5Gの特長を活かすことのできるサービスのプロトタイプデモについて、新たなパートナー企業を含めて、ドコモがさまざまな業界と取り組んでいる内容を披露しました [3]～[7]。また、ドコモが開発した、電波の到来をリアルタイムに測定・解析し、可視化することができる世界初の実証実験用装置「5Gリアルタイム電波ビジュアライザ」[8]や5Gトライアルサイトで使用するデモ用車両も展示しました。

また、2017年5月24日（水）と25日（木）には、5G Tokyo Bay Summitに関するセミナープログラムを開催しました。24日には「5G Tokyo Bay Summitワークショップ」として、5G時代に向けたVRの最新技術動向に関する講演、および座談会を開催しました。オープニング講演として、5G推進室 中村室長による「5GとVRを掛け合わせ



スマホを通してジオラマ上に選手がARで再現される  
スポーツの観戦



5Gリアルタイム電波ビジュアライザ

るオープン・イノベーション」を行い、その後、クレッセント、新日鉄住金ソリューションズ、フジテレビ、ジャパンディスプレイによるテーマ講演、最後には「5G×VR座談会」としてパネルディスカッションを行いました。5GとVRを掛け合わせることで実現できる世界の可能性について、熱く議論が交わされました。25日にも「5G Tokyo Bay Summit 技術セミナー」として、ベンダ各社の講演が行われました。

パビリオン内は来場者で常に満員となり、5G Tokyo Bay Summitに関するセミナープログラムも立ち見が出るなど、昨年に比べ、さらに5Gへの関心が高くなっていることがうかがえ、盛況のうちに幕を閉じました。

#### ❖ 文 献

- [1] NTTドコモ報道発表資料：“「5Gトライアルサイト」開始について,” May 2017.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/22\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/22_00.html)
- [2] ワイヤレス・テクノロジー・パーク2017ホームページ.  
<https://www.wt-park.com/2017/>
- [3] NTTドコモ報道発表資料：“コンチネンタルとNTTドコモ、将来のコネクテッドカーに向けた5GおよびセルラーV2X技術の共同デモの実施と共同研究を計画することに合意,” May 2017.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/16\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/16_00.html)
- [4] NTTドコモ報道発表資料：“日本放送協会と8Kスーパーハイビジョン技術ならびに5G技術を活用した共同実験の開始に合意,” May 2017.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/19\\_02.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/19_02.html)



5Gデモ用車両



- [5] NTTドコモ報道発表資料：“コマツとNTTドコモ、5Gを用いた建設・鉱山機械遠隔制御システムの開発に向けた実証実験を開始,” May 2017.

[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/23\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/23_00.html)

- [6] NTTドコモ報道発表資料：“フジテレビと5Gを活用したアプリケーションに関する共同実証実験に合意,” May 2017.

[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/24\\_06.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/24_06.html)

- [7] NTTドコモ報道発表資料：“パナソニックと5Gによる高臨場・高精細映像の伝送に関する共同実験に合意,” May 2017.

[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/24\\_05.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/24_05.html)

- [8] NTTドコモ報道発表資料：“世界初の「5Gリアルタイム電波ビジュアライザ」を開発,” May 2017.

[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/24\\_10.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/24_10.html)

## 「ワイヤレス・テクノロジー・パーク2017」 出展

2017年5月24日（水）～26日（金）の3日間にわたってドコモは、東京ビッグサイトで開催された「ワイヤレス・テクノロジー・パーク2017（WTP2017）」に出展しました [1]。WTP2017は、国内最大級のワイヤレス専門イベントであり、ドコモは毎年研究開発成果を出展しています。会場には国内外の企業や大学、報道機関などから約12,000名の方が来場されました。

WTP2017では、「LTEネットワーク高速化の取り組み」「セルラードローン」「料理メニュー翻訳AR」の3つの展示を行いました。

「LTEネットワーク高速化の取り組み」では、2017年3月に提供開始した受信時最大682Mbpsの通信サービスを実現する新技術「256QAM」と「4×4 MIMO」[2] [3] や、2017年8月以降に提供する受信時最大788Mbpsに対応した端末の紹介 [4] など、LTEネットワークの高速化に向けたさらなる進化をご覧いただきました。

「セルラードローン」では、モバイル通信を活用したドローンの安心・安全な運航に向けた取り組みを紹介しました。地上一ドローン間の通信品質を考慮した最適な運航ルートの策定や、長距離・目視外でもモニタリングできる運航管理システムなど、モバイル通信網を活用し、さまざまな分野での業務効率化や社会問題の解決に取り組んでいます [5] [6]。

「料理メニュー翻訳AR」は、外国語の料理メニューにスマートフォンやタブレットのカメラをかざすだけで、日本語に翻訳されたメニュー名や料理のイメージ写真、関連情報を閲覧することができるサービスです [7]。サービスの利用により、外国旅

行での食事選びをより快適に楽しむことができることも紹介されました。

今回も非常に多くの方にご来場いただき、ドコモの最新技術を紹介することができました。

### ❖ 文 献

- [1] ワイヤレス・テクノロジー・パーク2017ホームページ。  
<https://www.wt-park.com/2017/>
- [2] NTTドコモ報道発表資料：“国内最速となる受信時最大682Mbpsの通信サービスを提供開始,” Mar. 2017.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/notice/2017/03/07\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/notice/2017/03/07_00.html)
- [3] 重藤、ほか：“受信時最大682Mbpsを実現する4×4 MIMO、256QAM対応の無線基地局装置と移動端末の開発,” 本誌, Vol.25, No.1, pp.6-15, Apr. 2017.
- [4] NTTドコモ報道発表資料：“2017年夏 新商品8機種を開発・発売,” May 2017.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/24\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/24_00.html)
- [5] NTTドコモ報道発表資料：“ドローンにおける携帯電話の利用に向けた実証実験の開始,” Sep. 2016.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/notice/2016/09/09\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/notice/2016/09/09_00.html)
- [6] NTTドコモ報道発表資料：“楽天、ACSL、ドコモが都市部におけるLTEを活用したドローン配送システムの実証実験に成功,” Nov. 2016.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2016/11/22\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/11/22_00.html)
- [7] NTTドコモ報道発表資料：“「料理メニュー翻訳AR」を開発,” Mar. 2017.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/03/07\\_01.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/03/07_01.html)



LTEネットワーク高速化の取り組み



料理メニュー翻訳AR



セルラードローン

## 電子情報通信学会 第78回「功績賞」・第54回「業績賞」受賞

2017年6月1日に一般社団法人電子情報通信学会より、R&Dイノベーション本部の尾上 誠蔵氏は功績賞を、また無線アクセス開発部の河原 敏朗氏、渡邊 靖之氏、移動機開発部の二方 敏之氏は、「3.5GHz帯TD-LTEサービスの実用化」の功績により業績賞（口）項（実用化）を受賞しました。

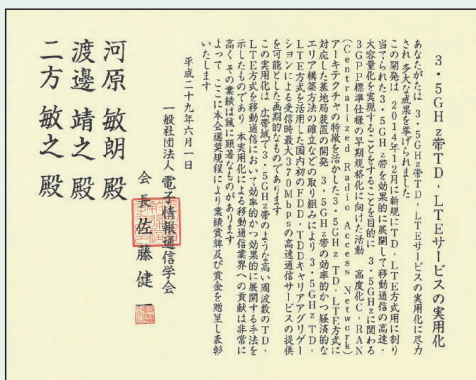
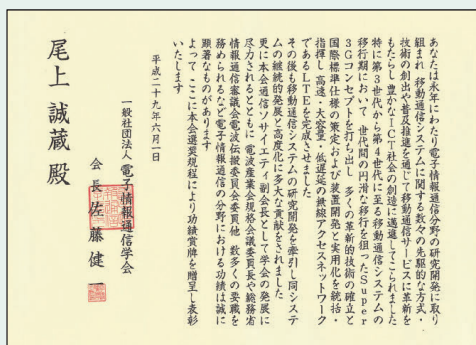
功績賞とは、電子工学および情報通信に関する学術または関連事業に対し特別の功労があり、その功績が顕著であるものに対して、業績賞（口）は電子工学および情報通信に関する新しい機器、または方式の開発、改良、国際標準化でその効果が顕著であり、近年その業績が明確になったものに対して贈られるものです。

功績賞を受賞された尾上氏は、永年にわたり情報通信分野の研究開発に取り組み、移動通信システムに関する数々の先駆的な方式・技術の創出や普及推進を通じて移動通信サービスに革新をもたらし、豊かなICT社会の創造に邁進しました。特に第3世代か

ら第4世代に至る移動通信システムの移行期において、世代間の円滑な移行を狙ったSuper 3Gコンセプトを打ち出し、多くの革新的技術の確立と、国際標準仕様の策定および装置開発と実用化を統括・指揮し、高速・大容量・低遅延の無線アクセスネットワークであるLTEを完成させました。その後も移動通信システムの研究開発を牽引し、同システムの継続的発展と高度化への多大な貢献が評価されました。

業績賞（口）項（実用化）受賞の対象となった「3.5GHz帯TD-LTEサービスの実用化」は、2014年12月に新規にTD-LTE方式用に割り当てられた3.5GHz帯を効果的に展開して、移動通信の高速・大容量化を実現することを目的に、3.5GHz帯にかかわる3GPP標準仕様の早期規格化に向けた活動、高度化C-RAN（Centralized Radio Access Network）アーキテクチャの特徴を活かした3.5GHz TD-LTE方式に対応した基地局装置の開発、3.5GHz帯の効率的かつ経済的なエリア構築方法の確立などの取組みにより、3.5GHz TD-LTE方式を活用した国内初のFDD-TDDキャリアアグリゲーションによる受信時最大370Mbpsの高速通信サービスの提供を可能とした画期的なものであります。

この実用化は、広帯域で3.5GHz帯のような高い周波数のTD-LTE方式を移動通信において効率的かつ効果的に展開する手法を示したものであり、本実用化による移動通信業界への貢献は非常に高く、その業績は誠に顕著であることが評価され、今回の受賞となりました。





## 第62回「前島密賞」受賞

無線アクセス開発部の安部田 貞行氏、渡邊 靖之氏、島津 義嗣氏、移動機開発部の徳弘 徳人氏は、「効果的なLTE-Advancedの展開を実現する高度化C-RANの実用化」への功績が認められ、2017年4月11日に公益財団法人通信文化協会より第62回「前島密賞」を受賞しました。

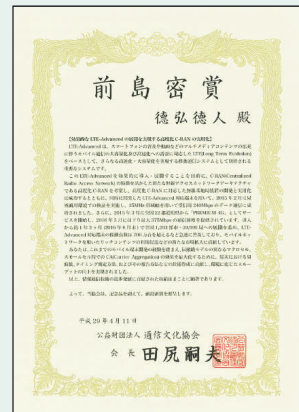
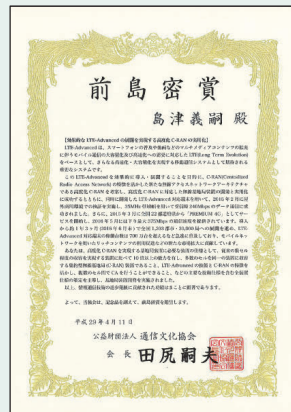
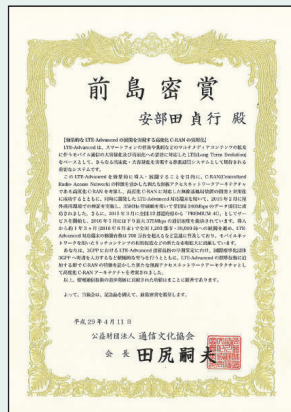
前島密賞とは、通信事業の創始者「前島 密」氏の功績を記念し、情報通信および放送の進歩発展に著しい功績があった者に、公益財団法人通信文化協会より授与されるものです。ドコモは、昨年の「標準化への積極的貢献による高音質・高効率なVoLTEの早期実用化」に続いての連続の受賞となりました。

LTE-Advancedは、スマートフォンの普及や動画などのマルチメディアコンテンツの拡充に伴うモバ

イル通信の大容量化および高速化への需要に対応したLTE (Long Term Evolution) をベースとして、さらなる高速化・大容量化を実現する移动通信システムとして期待される重要なシステムです。

このLTE-Advancedを効果的に導入・展開することを目的に、C-RAN (Centralized Radio Access Network) の特徴を活かした新たな無線アクセスネットワークアーキテクチャである高度化C-RANを考案し、高度化C-RANに対応した無線基地局装置の開発と実用化に成功するとともに、同時に開発したLTE-Advanced対応端末を用いて、2015年2月に屋外商用環境での検証を実施し、35MHz帯域幅を用いて受信時240Mbpsのデータ通信に成功しました。さらに、2015年3月に全国22都道府県から「PREMIUM 4G」としてサービスを開始し、2016年5月には下り最大375Mbpsの通信速度を提供しました。導入から約1年3カ月（2016年6月末）で全国1,203都市・30,900局への展開を進め、LTE-Advanced対応端末の稼働台数は700万台を超えるなど急速に普及しました。

以上のように、「効果的なLTE-Advancedの展開を実現する高度化C-RANの実用化」では、モバイルネットワークにおけるリッチコンテンツの利用促進など、新たな市場の拡大に貢献し、その功績が認められ、今回の受賞となりました。





## 第45回「日本ITU協会賞」受賞

2017年5月17日の「第49回世界情報社会・電気通信日のつどい」において、無線アクセス開発部の安部田 貞行氏とR&D戦略部の住田 正臣氏が、日本ITU協会賞「功績賞」、無線アクセス開発部のウメシュ アニール氏と先進技術研究所 5G推進室の武田 和晃氏、経営企画部 企画調整室の大槻 芽美子氏が日本ITU協会賞「奨励賞」を受賞しました。功績賞は、世界情報社会サミットにおける基本宣言および行動計画の実現および国際標準化、国際協力に関するITUなどの活動または我が国のITUなどに関連する諸活動に貢献し、その他情報通信および放送の発展に寄与し、その功績が著しい者に贈られます。また、奨励賞は、功績賞に該当する諸活動にすでに参加し、今後これらの領域において継続して寄与することが期待される者に贈られます。

安部田氏は、3GPP (3rd Generation Partnership Project) やARIB (Association of Radio Industries and Business) において、LTE/LTE-Advanced方式における議論のラポータ\*1として標準化全体を取りまとめ、また副議長として議論の推進、仕様の完成に大きく貢献をしました。さらにARIBモバイルパートナーシップの部会長として標準化推進に貢献した功績が認められ、功績賞を受賞しました。

住田氏は、高圧縮音声のATM (Asynchronous Transfer Mode)\*2伝送標準化によりIMT-2000 (3G) の発展やモバイルデータ通信端末の世界標準化の推進、3GPP/oneM2Mの運営、IMT-Advanced, IMT-2020 (5G), IoTの標準化を推進した貢献が認められ、

功績賞を受賞しました。

ウメシュ氏は、HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), LTE/LTE-Advanced, ならびに5Gの標準化において、無線I/Fプロトコルと無線ネットワークアーキテクチャの技術議論を主導して仕様策定を行うとともに、ラポータなどのとりまとめ役を務め、3GPP標準化活動に対する多大な貢献を行っていることが認められ、奨励賞を受賞しました。

武田氏は、3GPP標準化において、LTE/LTE-AdvancedのキャリアアグリゲーションやIoT関連の重要技術への提案、5G技術検討のラポータとして5G無線アクセス技術仕様の策定への貢献など、LTEから5Gまで多岐にわたる寄与を行った貢献が認められ、奨励賞を受賞しました。

大槻氏は、国際通信規制のエキスパートとして、継続的な情報収集と適切な情報分析により、ITUなどの料金・通信政策の国際標準化活動に大きく貢献しました。特にWTSA (The World Telecommunication Standardization Assembly)\*3-16においてはドラフティング議長として決議の作成を主導するなど多大な功績を残したことが認められ、奨励賞を受賞しました。

\*1 ラポータ：Work Itemのような検討対象項目に対して、進捗の管理、議論のとりまとめ、議論結果をキャプチャしたテクニカルレポートのエディタなどを務める3GPPの役職。

\*2 ATM：セルと呼ばれる固定長のフレームを逐次転送する通信方式。

\*3 WTSA：世界電気通信標準化総会。ITUにおいて電気通信の標準化を担当しているITU-Tの最高意思決定機関。

## ICT分野におけるエコロジーガイドライン協議会 「エコICT AWARD 2016優秀賞」受賞

先進技術研究所・環境技術研究グループ（10名）は、3月14日開催の「ICT分野におけるエコロジーガイドライン協議会」（一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会、一般社団法人電気通信事業者協会など主催）において、エコICT AWARD 2016優秀賞を受賞しました。ICT分野におけるエコロジーガイドライン協議会（2009年6月に発足）は、ICT機器の省電力化をめざし、ICT分野におけるエコロジーガイドラインの策定、電気通信事業者の装置・サービスの省エネルギー化による環境負荷低減を推進している団体です。本協議会は毎年エコICT AWARDとして、省エネルギー化に優れたICT製品・ソリューションおよびICTサービスに対して表彰を行っています。

今回の受賞は、「ソーラー発電および電力最適制御により商用電力利用を削減するグリーン基地局の開発」に対するもので、基地局にソーラーパネル、蓄電池（リチウムイオン電池）、および電力制御を実現するグリーン電力コントローラなどを備えた「グリーン基地局」の技術開発および全国展開の取り組みについての成果が認められて受賞となりました。

グリーン基地局の新規技術として、太陽光発電と蓄電池充放電の連携により、①昼間の太陽光発電と夜間電力の2つの環境負荷が少ない電力により基地

局電力の95%以上を賄うパワーシフト制御（ダブルパワー制御）[1]、②天気予報と連動して蓄電量を適応的に制御し自動運用することで電力の自家発電率を40%まで向上させ、かつ停電時の自立運転時間を従来の2倍以上（63時間）にすることができる天気予報連動型リチウムイオン電池制御[2] [3]を考案し、検証を完了しています。

さらに、本技術も一部取り入れたグリーン基地局を全国に57局設置（2016年3月現在）して商用運用も開始しており、通信用電力の自家発電化や再生可能エネルギーの利用を進めています。これらの先進的技術力と商用展開の実績が高く評価され、今回の受賞につながりました。

今後、再生可能エネルギーの積極的な利用による商用電力の削減により、温暖化防止や地球環境への貢献を実施していきます。さらに、無線通信用のエネルギーシステムの高度化により台風被害時や停電時の通信の安定確保などに寄与していきます。

### 文 献

- [1] NTTドコモ報道発表資料：“国内の通信事業者として初めて、基地局が利用する電力の「ダブルパワー制御」に成功—基地局の運用に必要な電力の95%以上を環境負荷が少ない電力で賄えるグリーン基地局を開発—,” Mar. 2015.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2015/03/06\\_01.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/03/06_01.html)
- [2] NTTドコモ報道発表資料：“天気予報に基づくグリーン基地局の電力制御に成功—さらに全都道府県へグリーン基地局の設置を完了—,” Mar. 2016.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2016/03/28\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/03/28_00.html)
- [3] 中村、ほか：“環境および耐災害に対応したグリーン基地局における天気予報連動制御とその実証,” 本誌, Vol.24, No.3, pp.22-28, Oct. 2016.



**NTT DOCOMO**  
**テクニカル・ジャーナル Vol.25 No.2**

平成29年7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  
〒101-0003  
東京都千代田区一ツ橋 2-1-1  
如水会ビルディング6階  
TEL. 03-3288-0608

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。

© 2017 NTT DOCOMO, INC.