

携帯端末のこれまでと今後



移動機開発部
部長

とくひろ のりひと
徳弘 徳人

私は1987年にNTTに入社し、翌年の7月からいわゆる携帯電話の開発に携わってきました。

最初に携わったのは、TZ-803BIという携帯電話です。体積400cc、質量640g、連続通話40分、連続待受9時間という発売当時は画期的でしたが、今からするとかなり見劣りするスペックでした。その後、携帯電話は小型化を中心に開発が進められ、1991年4月に体積150cc、質量230g、連続通話45分、連続待受12時間のmovaが発売となり、その後も小型・軽量化、長時間化が図られました。

最初の携帯電話はアナログ方式でしたが、1995年4月にPDC方式のデジタル携帯電話が発売となり、2001年10月から国際標準化方式であるW-CDMA方式、さらにはLTE方式へと進化してきました。また、無線方式の進化に伴い、最初はずか9.6kbpsのデータ通信速度から、最近では受信時最大225Mbpsと飛躍的に高速なデータ通信が実現されています。一方、サービスの面では、1999年2月にサービス開始したiモードにより、それまでは通話とパソコンによるモバイルデータ通信しかできなかったものが、メール、Webブラウジングが携帯電話単独でできるようになりました。また、それまでの小型・軽量化中心の開発から本体の薄型化にシフトし、表示に関しては1999年12月のカラー液晶化による表現力向上と大画面化の方向に変わり、その後スマートフォンの登場により、タッチパネル付きの大画面が主流となりました。携帯電話、スマートフォンで使用されるアプリケーションCPUも、2005年ではSingle-Coreの200MHz程度から、2015

年はOcta-Coreの2GHzと飛躍的に高性能化が進んできました。

これまでの携帯電話の進化は、無線通信の高速・大容量・低遅延化と、高度なサービスの提供を可能とするアプリケーションCPUの高性能化、さらにはディスプレイの大画面、高精細化が中心でした。

今後の携帯端末の方向性として大きく2つが考えられます。1つは現在のスマートフォンの延長線上にある発展型としての携帯端末の方向性。もう1つはスマートメータなどIoT (Internet of Things) と呼ばれる、人ではなく物をネットワークに接続するためのモジュール端末の方向性です。

スマートフォンの発展の方向性は、まず第一に無線通信の一層の高速・大容量・低遅延化によるストレスの無い快適なサービスや操作性を提供することであり、それはLTEのより一層の高速化開発やその後の5Gの商用化により実現されていきます。次に、現在よりも直観的かつ自然な操作など、誰でもスムーズに使いこなせるUX (User Experience) の高度化です。使う人によってITリテラシーはさまざまです。ユーザーに合わせて操作方法や使用機能を変えることも必要です。さらに使い方を学習するだけでなく利用環境も考慮して、その先の行動を推定することによる行動支援機能なども具備することで、より人に寄り添った利便性が提供されるようになります。また、セキュリティ面でも高機能化と使い易さをバランスよく両立させる必要があります。指紋認証や虹彩認証は実現済みですが、顔認証、声紋認証など、より多様で使い易い生体認証を具備しなければなりません。これらUXやセキュリティの高度化はスマートフォン単体で実現できるものではなく、クラウドとの高度な連携により実現可能です。また、スマートフォンの表示について、これまでも3D表示など取り組んできましたが、今後も高精細化・大画面化が図られるとともに、TV画面などへのミラーリングや、スマートグラスといったウェアラブルデバイスへの表示など周辺機器との連携で今までにない新たな価値を提供できるようになると考えられます。

モジュール端末の発展の方向性は、適用領域に応じてさまざまな端末を用意することになりますが、従来と異なるのは、少ないデータを効率良く伝送することに特化して標準化された無線通信方式を用いることで、今まで以上に小型化、低価格化が実現されることです。また、例えば太陽光発電により電気を蓄積し、ごく短時間かつ低消費電力の通信を実現することで、バッテリーレスのモジュール端末による、外部からの給電が困難な使用環境への適用などが考えられます。

スマートフォン、モジュール端末共に、今後一層生活に密着したものとなるでしょう。お客様にとってより身近な存在とするだけでなく、手に取った時に未来を感じさせドキドキ・ワクワク感を持っていただける携帯端末の開発を進めていきます。

Contents

DOCOMO Today



携帯端末のこれまでと今後 徳弘 徳人 1

特別寄稿



マイクロ波・ミリ波の移動伝搬 高田 潤一 4

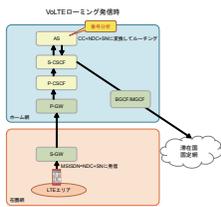
Technology Reports



(P.6)

音声対話型サービスの開発を促進する自然対話プラットフォーム 6

自然対話プラットフォーム 音声エージェント AIML



(P.14)

新しいローミングモデルである「S8HR」方式を用いた
 国際VoLTEローミングの開発 14

国際VoLTEローミング S8HR方式 IMS基盤

Collaboration Projects

ヘルスケアデータとゲノム解析を活用した病気の予防・早期発見に
 向けた取組み 23

モバイルヘルスケア マタニティログ調査 予防医療

Topics



(P.29)

環境に優しく災害に強いグリーン基地局の最適装置設計法と
全国監視手法の確立 29

グリーン基地局 電力自活 統合監視システム

Activities



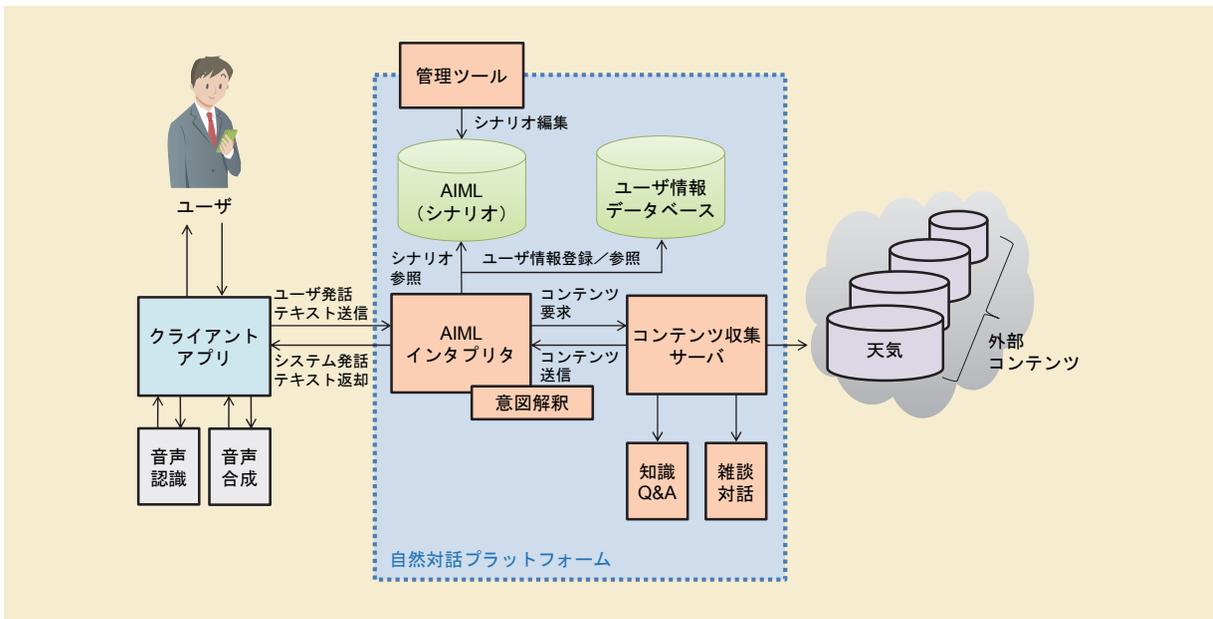
(P.36)

「5G Tokyo Bay Summit 2015」開催 36

News

第26回電波功績賞「総務大臣表彰・電波産業会会長表彰」受賞 39

平成27年度全国発明表彰「発明実施功績賞」受賞 40



Technology Reports 音声対話型サービスの開発を促進する自然対話プラットフォーム (P.6)

自然対話プラットフォームの構成

マイクロ波・ミリ波の移動伝搬

第5世代移動通信システム（5G）の標準化に向けた動きが活発となってくる中で、LTEの拡張と並行して、新たな無線アクセス技術（newRAT：new Radio Access Technology）の検討が進められている。これまで「電波の窓」として移動通信に相応しいとされてきた6GHz以下の周波数帯域はすでにひっ迫しており、より広い帯域を利用して大容量の伝送を行うために10GHz以上のマイクロ波・ミリ波の使用が議論されている。

通信路容量を表すシャノンの式を以下に記載する。

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

この式を見て明らかのように、信号対雑音電力比（SNR：Signal to Noise Ratio） S/N を一定とすれば通信路容量 C は帯域幅 B に比例する。一方、無線回路設計の観点からは、帯域幅 B を中心周波数 f_c で正規化した比帯域幅 B/f_c が意味をもつ。このため、周波数の割当てでは、中心周波数が高いほど帯域幅も広くなる。これが、伝送容量の増大のために高い周波数を用いる動機となる。

これだけで話が終われば簡単で良いのだが、雑音電力は帯域幅に比例するので、信号電力も帯域幅に比例して大きくしなければ同じSNRにはならない。

以上は信号理論であるが、次は伝搬路を考える必要がある。障害物のない自由空間ではフリスの伝送公式が成り立つ。

$$G = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 G_r G_t \quad (2)$$

この式は見通し環境での回線設計にもっぱら用いられる式である。この式から読み取れるのは、伝搬路利得 G が距離 d の2乗に反比例して減衰すること、周波数が高くなり波長 λ が短くなるほど減衰が大きくなることである。そして、これらの不利益を補うためには距離を小さくするかアンテナ利得 G_r 、 G_t を

高くする必要がある。距離を小さくするにはセルの狭小化が、アンテナ利得を上げるにはアレーアンテナがそれぞれ必要な技術となる。アレーアンテナでは複数のアンテナが受信した信号を合成することで、特定の角度方向にビームを形成するが、ビームの広がりアンテナ利得の積はエネルギー保存則からほぼ一定となるため、アンテナ利得が高いほどビームは細くなり、より高い追従性能が要求されるため、高速なビーム制御が必要となる。

自分で書いていて見覚えがある文章だと思ったら、20年近く前に4Gのための伝搬研究を始めるときにも同じことを書いたことを思い出した。自然の法則は変わりようがないので、技術の進歩に求められていることも大きく変わる訳ではない。

それでも、システム技術やそれを支えるデバイス技術がこの20年の間に大きく進歩し、それが現在のマイクロ波・ミリ波の使用可能性の検討に弾みをつけている。制御チャンネルとトラフィックチャンネルの周波数を分離し、前者にUHF（Ultra High Frequency）を使い続けることで、後者にキャリアアグリゲーション*1とベストエフォートの考えを導入すれば、高い周波数が切れやすいという過去の常識は覆される。PHSで置局に苦勞し、ほとんどトラウマとなっていたマイクロセル技術は、光張出し無線装置により息を吹き返している。アンテナごとに無線機が付いているMIMO（Multiple Input Multiple Output）技術も20年前はまだ絵空事だった。マイクロ波やミリ波では高価な化合物半導体を使用するのが当然だと思っていたが、いつしか廉価でデジタル回路と親和性の高いシリコンCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）*2を使用するのが前提の議論になっている。

この間の自分の電波伝搬研究を振り返ってみると、YRP移動通信基盤技術研究所との共同研究（1995～2001）では3.35、8.45、15.75GHzを、通信・放送機構のファンドによる富士通研究所・大阪大学との共

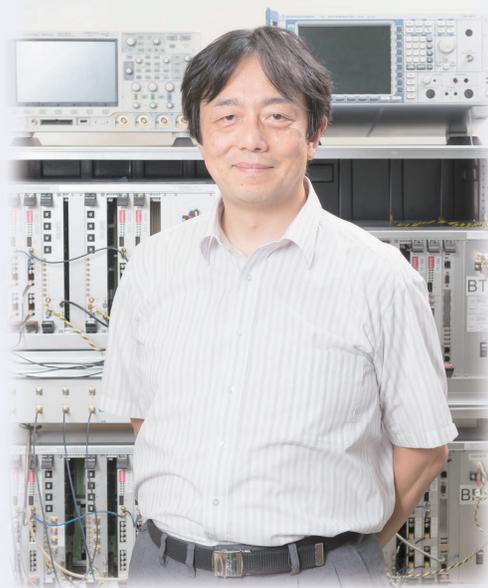
Profile

1992年東京工業大学大学院博士課程修了。千葉大学助教を経て1994年より東京工業大学助教授、2006年より同教授。無線通信のための電波伝搬、応用電波計測の研究に従事。2003年より2007年まで情報通信研究機構研究員を兼務し、ITU-RTG1/8でUWBの干渉計測に、IEEE802.15.6でBANのチャンネルモデルの標準化に携わる。大学での本務は国際開発工学で、ICTの社会開発への応用や工学高等教育協力に従事。信学会フェロー、IEEEシニア会員。

同研究（2002～2007）では4.5GHzを、そして総務省の電波利用料プロジェクトによるNTTドコモ・東北大学との共同研究（2009～2013）では11、60GHzを使用し、さまざまな環境における伝搬測定を行ってきた。マイクロ波・ミリ波における移動伝搬の先駆的なテーマに従事することができ、研究パートナーやスポンサーには本当に感謝している。

その一方で、自らの研究内容を振り返ってみると、後悔の気持ちがある。研究領域をMIMOには拡張しながらも、高所設置基地局による見通し外カバレッジを前提としたセルラの既成概念をうち壊すことができず、あくまでセルラコンセプトをそのまま高い周波数に移すことを前提に研究を進めてきた。マイクロセルにも重きを置かず、UHF帯との比較測定も行わず、従来型の環境を念頭にMIMOのための角度特性や物理的な散乱メカニズムを追い続けた。多数の論文を執筆できた反面、新しいシステム設計には貢献できておらず、忸怩たる思いがある。

セルラの殻を破れなかったことに対して、少しだけ言い訳をしておきたい。ゼロから伝搬研究を始めた頃、企業から廃棄品を払い下げてもらったベクトルネットワークアナライザ（VNA：Vector Network Analyzer）*3と、学生が作ったレイトレース伝搬シミュレータだけが資産だった。学生には「うちの研究室の資産は君たちの頭脳だけだ」と励ましながら、VNAでも実験可能な10m以下の近距離伝搬特性に一生懸命取り組んでいた。しかしながら、学会で発表しても、先輩の電波伝搬研究者からは「お遊び」「新規性がない」「移動しなければ無意味」など散々の評価で、何よりも一生懸命やっていた学生に気の毒だった。セルラの伝搬は基本的に統計モデルで、多数の散乱現象が巨視的にどのような統計的な振る舞いをするかが関心の中心であった。近距離伝搬での課題である、少数の周辺物体から個別に散乱される電波の振る舞いの各論は、全く関心外のトピックであった。各論は方式設計よりもサービス設計に資するもので、研究者が考えることではない、という雰囲気もあり、その一方で、サービス設計の各論はレイトレース伝搬シミュレーションが解決しつつあ



ると考えられていた。そのため、近距離伝搬の意義も新規性も全く評価されなかった。セルラでなければ伝搬ではないのだ、という意識がこの時に植え付けられたのだと思っている。それでも、今振り返って恥ずかしいのは、無線通信システムに関する知識が皆無だったため、伝統的なセルラ方式以外の置局コンセプトに思いが及ばなかったことである。今はVNAと指向性アンテナがあれば、5Gの新しい無線アクセス技術に関する伝搬実験ができてしまう、そのことを当時想像し得なかったことが残念でならない。

高い周波数と小さなカバレッジは、高速移動を前提としたセルラの伝統的なシステムモデルからの脱却を必要としている。システム設計と伝搬特性の相互作用が今こそ求められているとの思いを新たにしている。

- *1 キャリアアグリゲーション：複数のキャリアを用いて同時に送受信することによって広帯域化を行い、高速伝送を実現する技術。
- *2 シリコンCMOS：もっとも低コストな半導体材料であるシリコンウェハ上に形成可能な電界効果トランジスタ。LSIと同じ製造プロセスが使用できるため、ディスクリット部品を使用する場合に比べて大幅な小型化が可能。
- *3 ベクトルネットワークアナライザ（VNA）：元々は高周波回路素子の伝達関数を測定する装置であるが、回路素子の代わりにアンテナを接続することによって、伝搬路の伝達関数の測定が可能となるため、近年は近距離伝搬路の計測にもよく用いられている。

Technology Reports

Technology Reports

音声対話型サービスの開発を促進する自然対話プラットフォーム

近年、多様なデバイスがネットワークにつながっていく中で、画面のないデバイスや手がふさがっている状況で使うデバイスでは音声入出力が重要になる。そのようなデバイスでの音声対話型サービスを容易に実現するために、自然対話プラットフォームを開発した。これにより、開発者は音声対話型サービスを自然言語処理技術の知識なしに開発することができる。

本稿では自然対話プラットフォームの概要とその応用例を解説する。

サービスイノベーション部
 おおにし かなこ かどの こうすけ
 大西 可奈子 角野 公亮
 うちだ わたる†
 内田 渉

1. まえがき

近年、さまざまな音声対話型サービスが提供されている。ドコモにおいても、ユーザの発話の意図を解釈し、“メールを書く”といった発話からメールアプリ（タスク）を実行したり、“富士山の高さは？”といった質問に回答する「しゃべってコンシェル」を提供してきた。今後もこのような音声対話型サービスはますます増加し、ニーズは拡大していく。そのため、誰もが迅速に音声対話型サービスを開発できるようにすることが望まれている。

対話型のサービスを開発するにあたっては、大きく2つの課題がある。1つは、音声対話を利用するサービスの提案者やデザイナーは必ずしも自然対話を実現する技術に明るく

いという点である。もう1つは、自然対話を実現するためのシナリオを大量に準備する必要がある点である。そこで、ドコモでは、自然対話を実現する技術なしに大量のシナリオを作成することなく対話型サービスを作ることができるプラットフォーム*1を開発した。自然対話を実現する本プラットフォームでは、ユーザとシステムの応答ルール（以下、シナリオ）の中に数行書き加えるだけで、さまざまな機能や外部コンテンツが使用可能な仕組みを実現した。また、実際の発話とシナリオのデータを柔軟にマッチできる仕組みなどを実現し、シナリオ作成にかかるコストを削減した。これにより、開発者は音声対話型サービスを容易に開発することができる。

本稿では自然対話プラットフォーム

の概要とそれを利用して開発した応用例を解説する。

なお、このプラットフォームの提供は、ドコモのビジネスアセットをパートナーの皆様にご利用いただくことで新たな価値を創造する「+d*2」の取組みの一環である。

2. 自然対話プラットフォーム概要

自然対話プラットフォームは、人間と会話ができる音声サービスや製品を開発するにあたって、開発者が自由にカスタマイズしてサービスや製品に組み込むことが可能なプラットフォームのことである。この特長は、音声対話型システムを開発するために役立つ部品（例えば知識Q&A[1]など）を自由に組み合わせることで、めざす音声エージェントを容易に開

©2015 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 プラットフォーム：アプリケーションを動作させるための基盤ソフトウェア。

*2 +d：ドコモがパートナーの皆様とともに新たな価値を協創する取組みの名称。

† 現在、人事部

発できるところである。本プラットフォームの構成を図1に示す。

2.1 機能概要

本プラットフォームは、人とコンピュータの間で複数回の発話と応答の連続からなる対話を可能とする「シナリオ対話」と、ユーザの発話を“メールを書く”や“天気情報を調べる”などのタスクに分類する「意図解釈」で、ユーザとの対話を制御する。シナリオ対話では、ユーザの発話とこれに対するシステムの応答ルールの記述法は、AIML (Artificial Intelligence Markup Language)^{*3}を参考に設計した。ユーザとの対話はAIMLインタプリタで制御される。

①AIMLインタプリタ

AIMLインタプリタは、ユーザ発話テキストを解析、シナリオを参照し、システム発話テキストを決定してユーザに返却す

る。AIMLインタプリタから参照されるシナリオは一般的な文書編集ツールに似たGUI^{*4}を持つ管理ツールから編集でき、自然対話を実現する技術知識のない開発者でも作成可能となっている。また、シナリオに従ってユーザ発話からユーザの趣味などの情報を抽出し、ユーザ情報データベースに蓄積する。抽出したユーザ情報はシナリオ内の条件に利用したり、システム発話に組み込むことができる。

②コンテンツ収集サーバ

コンテンツ収集サーバは、さまざまなコンテンツとの連携を行う機能である。天気やニュースといった外部コンテンツへアクセスし、必要な情報を収集することに加え、ユーザの広い質問に答えるための機能である知識Q&Aと、シナリオに記述され

ていない応答や知識Q&Aで答えられない質問に回答する機能である雑談対話^[2]も利用できる。収集した情報は、シナリオ内で利用できるようAIMLインタプリタに送信される。外部コンテンツの収集とシステム応答への組み込みの指示はシナリオ内に数行記述するだけという、非常にシンプルな設計になっており、自然対話を実現する技術知識のない開発者にも容易に扱える。

2.2 要素技術

自然対話プラットフォームの要素技術として、AIMLインタプリタには多様な日本語の表現に対応する文章正規化機能^[3]を開発した。また雑談対話では、AIMLインタプリタとは別の機能として、対話の中から自動的にユーザの趣味や嗜好などの情報を抽出するユーザ情報自動抽出機

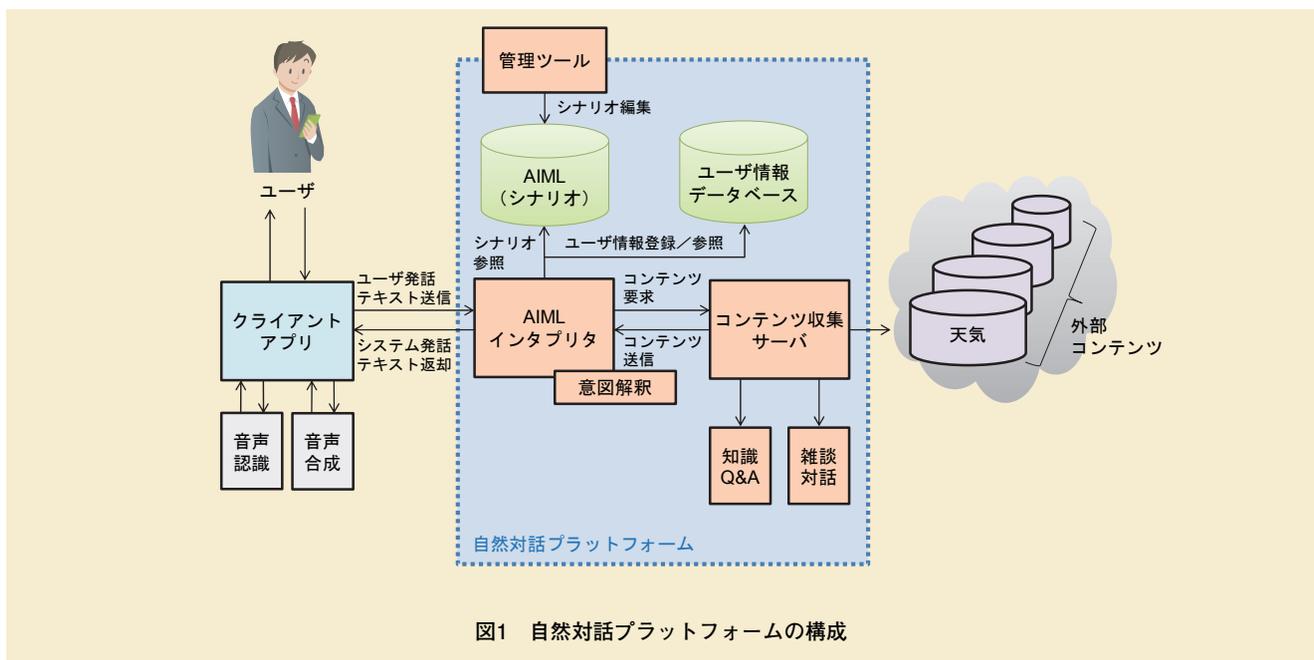


図1 自然対話プラットフォームの構成

*3 AIML：対話型エージェントを構築するための記述手法のひとつ。

*4 GUI：直観的な操作が可能なインターフェース。

能[4] [5], および通常の文体で記載された文章を特定のキャラクターが話すように変換するキャラクター風対話発話変換機能[6]を開発した。これらの技術により、多くのシナリオを記述する必要がなくなり、シナリオの作成コストが削減できた。なお、文章正規化機能、ユーザ情報自動抽出機能、キャラクター風対話発話変換機能は、NTTメディアインテリジェンス研究所の技術支援・成果提供を基にドコモで開発された。

①文章正規化機能

文章正規化機能は、“アイスが好きか” “アイスは好きか” “アイス好き?” などのような同じ意味のもので多様な表現を1つの文章に集約する機能である。これにより開発者は、さまざまな言回しに対応するための大量のシナリオを書く必要がな

くなり、代表的なシナリオを書くだけで同等の効果を得ることができる。

②ユーザ情報自動抽出機能

ユーザ情報自動抽出機能は、ユーザの“読書好きだよ”という発話からユーザの趣味として「読書」を自動抽出するような機能である。これにより開発者は、シナリオにユーザの情報を抽出する処理を逐次記述する必要がない。

③キャラクター風対話発話変換機能

キャラクター風対話発話変換機能は、あらかじめ準備したキャラクターらしい文章から自動で変換ルールを抽出し、その生成ルールを用いて“今日は寒いので、暖かい服装で出かけましょう”のような文章を“きょうはさむいによで、あたたかいふく

そうででかけるニャ”といったキャラクターらしい文章に変換する機能である。これにより開発者は、複数のキャラクターを作成する際、汎用的に作成したシナリオを再利用し、自動で各キャラクターらしい文を生成することができる。

2.3 対話例

本プラットフォームを利用して開発したシステムの対話例を図2に示す。この例では、シナリオ対話により、ストーリー性のある対話の流れを制御している。

- ①シナリオには、システムが“明日はどこへ行くのですか?”と質問し、ユーザが場所名を応答したら、システムがユーザの応答した場所に関するお土産情報を含む応答を行う、という一連

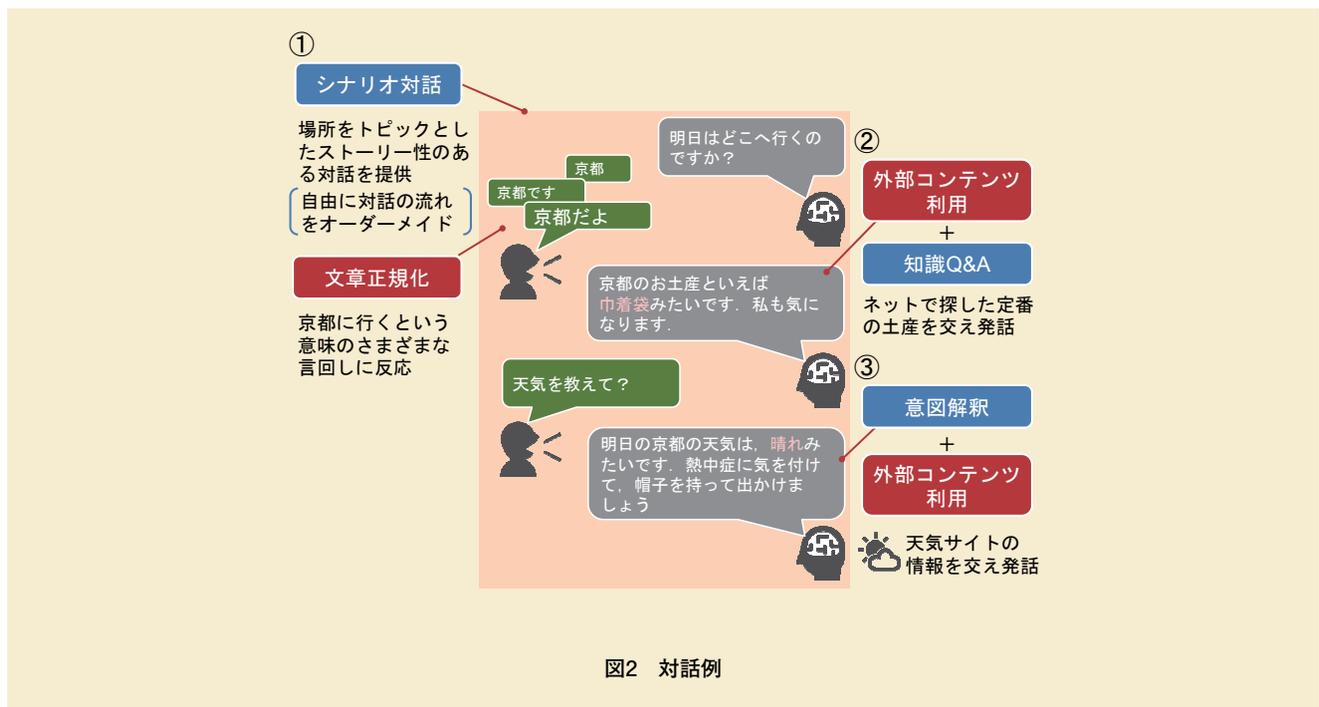


図2 対話例

の挙動が記述されている。ユーザの発話が場所名かどうかは、カテゴリ辞書を用いてAIMLインタプリタが判定する。また、ユーザ発話の揺らぎは、前述した文章正規化機能によって吸収される。すなわち、“京都”“京都です”“京都だよ”といったどのような言回しでも、システムはユーザが明日行く場所が「京都」であることを認識できる。

②次に、ユーザの応答した場所に関するお土産情報を含む応答をするために、シナリオ内にはユーザの回答が地名であった場合には、知識Q&Aを利用した回答を実施することを記述しておく。それにより、例えば“京都のお土産と言えば巾着袋みたいです。私も気になります。”という応答が可能となる。この発話の「京都」はユーザが明日行く場所として認識した場所が入り、「巾着袋」はその場所に

応じて知識Q&Aで取得したお土産の名称が入る。

③最後のシステム応答“明日の京都の天気は、晴れみたいです。熱中症に気を付けて、帽子を持って出かけましょう”は、意図解釈と天気に関する外部コンテンツを組み合わせた応答例である。自然対話プラットフォームでは、このようにさまざまな機能を組み合わせることにより、自然な対話を実現することができる。

3. 応用例

自然対話プラットフォームの応用例として、「タブレットエージェント」「車両エージェント」「トークングトイ」について解説する。

3.1 タブレットエージェント

(1)概要

ドコモは、リビングや寝室などのホーム領域における自然対話プラットフォームの応用例として、Android™*5

タブレット上で動作するアプリケーションをフロントエンドとする、デモンストレーション用エージェントシステムを開発した。アプリケーションの画面例を図3に示す。このシステムは、タブレットの画面内に居住する3DCGのエージェントが、自然対話プラットフォームによりユーザと音声による対話を行う。

(2)特徴

シナリオ対話、雑談対話、外部コンテンツとして天気予報、テレビ番組情報など複数のコンテンツとの連携を実装した。また対話の中でユーザの属性や趣味嗜好を記録し、記録した情報を基に、個人に合わせた情報提示を行う対話を実装した。提示する情報は、天気、ニュース、占い、テレビ番組情報など、日常生活に役立つものに重点を置いている。これらの情報収集は、コンテンツ収集サーバが担う。

(3)アプリケーションの状態遷移

アプリケーションは、待機状態、対話状態、通知状態の3状態を持ち、



図3 タブレットエージェントの画面例（対話状態）

*5 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。

ユーザのアクションやサーバからの信号により、状態が遷移する。アプリケーションが持つ状態の遷移図を図4に示す。

(a)待機状態は、ユーザと対話を行っておらず、通知すべき情報もない状態である。このとき、特定ワードの発話や、タブレットを持ち上げるなどのアクションを検知すると(図4①)、エージェントは画面の奥から手前に移動し、ユーザとの対話状態に移行する。

(b)対話状態では、エージェントは画面の手前に立ち、ユーザと音声による対話を行う。アプリケーションは、エージェントの発話音声再生時以外、常時マイクから入力された音声データを音声認識サーバに送信している。これにより、アプリケーションはいつでもユーザ発話を適切に音声認識できる。また、アプリケーションは、タブレット前面に配置されたカメラにより、ユーザの顔領域を検出し、エージェントの向きをユーザがいる方向へ向けたり、ユーザの発話音声が入力されている間、耳を傾けるなどのアクションを行うことで、スムーズな音声対話を実現している。対話が終了した場合や、ユーザからの音声入力が一定時間ない場合、タブレットの照度センサーによって周囲が暗くなった事を感じた場合には(図4②)、エージェントは画面の奥へ移動し、待機状態へ

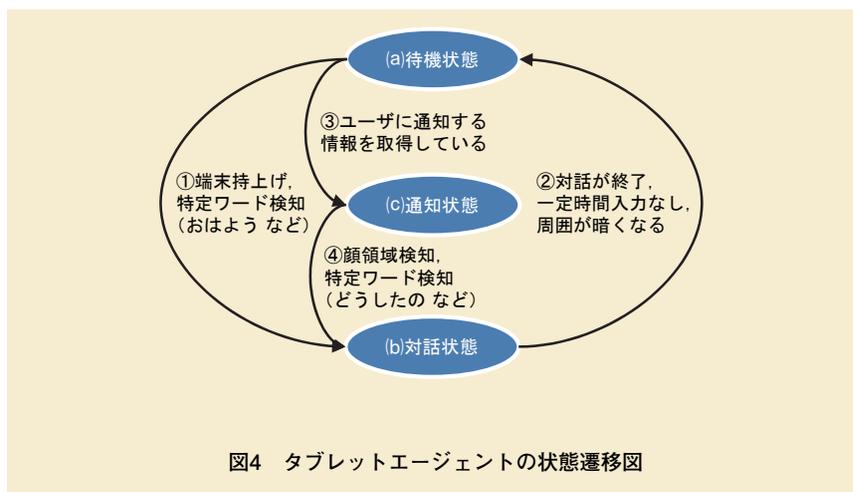


図4 タブレットエージェントの状態遷移図

と遷移する。待機状態において、コンテンツ収集サーバからユーザに適合した情報が通知された場合(図4③)、アプリケーションは通知状態に移行する。

(c)通知状態は、アプリケーションからユーザに通知すべき情報を保持している状態である。通知状態では、エージェントが画面の手前に移動し、ユーザの注意を引くようなアクションを行う。このとき、アプリケーションは、特定ワードの発話や、タブレット前面のカメラによって、ユーザの顔領域を検出した場合(図4④)、対話状態へ移行し、ユーザへ情報の提示を行う。

これらの状態制御によって、日常生活に自然な形でサポートを行うエージェントシステムを実現した。

3.2 車両エージェント

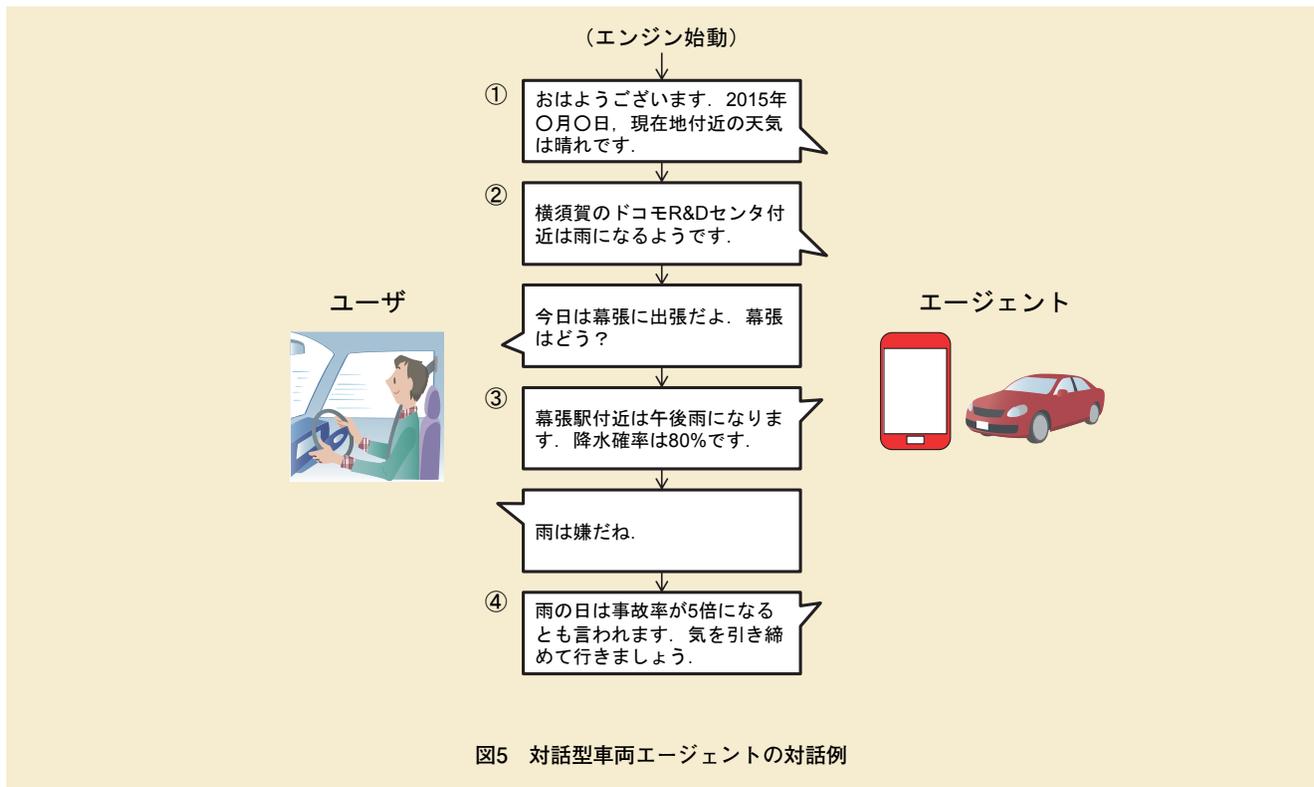
(1)概要

自動車は、音声を活用したエージェントシステムの産業応用が大き

く期待される分野の1つである。これまで、音声で車載システムを操作する機能が提供されてきたが、“自宅へ帰る”“電話をかける”などの特定の発話だけを受け付けるものが一般的であった。そこで自然対話プラットフォームの機能を活用し、自動車のドライバーや同乗者による利用を想定し、自動車で起きた急ブレーキなどのイベントやユーザの発話に応じて自然な対話を行う「対話型車両エージェント」を開発した[7]。(2)対話例

ユーザとの間で行われる対話の例を図5に示す。対話型車両エージェントはエンジンの始動をイベントとして検知し、自らユーザに話しかける(図5①)。平日の朝であることから勤務地付近の天気をあわせて提示する(図5②)。ユーザから別の場所について質問された場合は、これまでの対話を踏まえて回答し(図5③)、ユーザの何気ない心情に関する発話にも反応する(図5④)。(3)システム構成

対話型車両エージェントのシステ



ム構成ならびに処理の流れを図6に示す。Androidスマートフォン向けのクライアントアプリに各サーバとの連携処理と、自動車への搭載を意識したマイク・スピーカによる音声中心のユーザ・インタフェースを実装した。自動車などのコンテンツ収集元が、システム主導の対話を開始する契機となるイベント情報を生成する。

(4) 特徴

シナリオ対話、雑談対話、外部コンテンツとして天気予報との連携を実装した。また車両から発行されるイベント情報を契機にしたシステム主導の対話を実装した。これにより、システムから話しかけ、天気予報など外部の情報を交えた会話を実現した。車載CAN (Controller Area Net-

work) データ*6との連結をすることにより、車両から発行されるイベント情報を契機に、急ブレーキや追越しなどさまざまなシチュエーションに応じた対話を実現した。

3.3 トーキングトイ

(1) 概要

子供やファミリーをターゲットとしたトイ領域における自然対話プラットフォームの応用例として、スマートフォンやタブレットを介して動作し、自然な会話を楽しめるトイ「OHANAS® (オハナス)」*7を株式会社タカラトミーと共同開発した[8]。

(2) システム構成

このトイの構成を図7に示す。ユーザはスマートフォンやタブレットに専用のアプリをインストールし、

これによって自然対話プラットフォームと接続可能となる。ユーザがOHANASに向かって発話すると、その音声はBluetooth®*8で端末につながり、端末内の専用アプリを經由し音声認識サーバによりテキスト変換されて、ドコモの自然対話プラットフォームへと送信される。自然対話プラットフォームはユーザの発話に対して、適切な応答を返却する。その応答が音声合成によってOHANASから出力される。このようにして、ユーザはOHANASと自然に対話できる。

(3) 特徴

シナリオ対話、意図解釈、知識Q&A、外部コンテンツとして天気予報、レシピなど複数のコンテンツとの連携を実装した。また、ユーザ

*6 車載CANデータ：自動車に搭載されているセンサの情報を用い、急ブレーキやハンドリングなどの情報を取得したものを。

*7 OHANAS®：株式会社タカラトミーの登録商標。

*8 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。

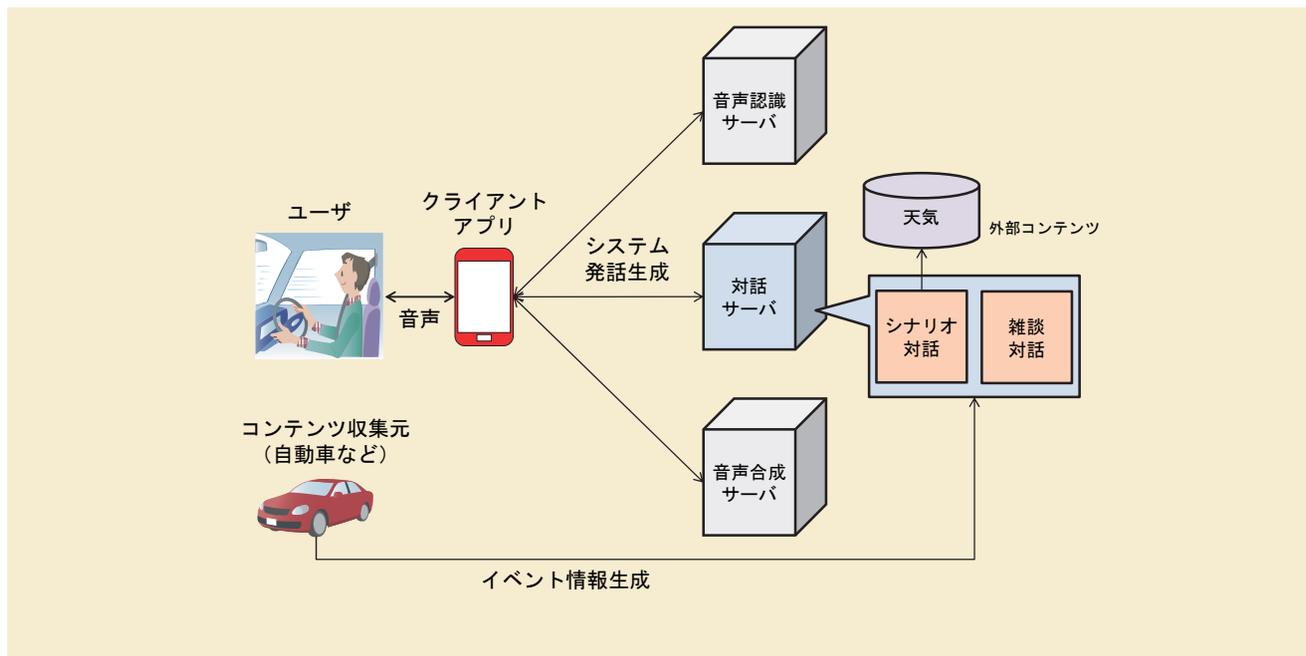


図6 対話型車両エージェントのシステム構成

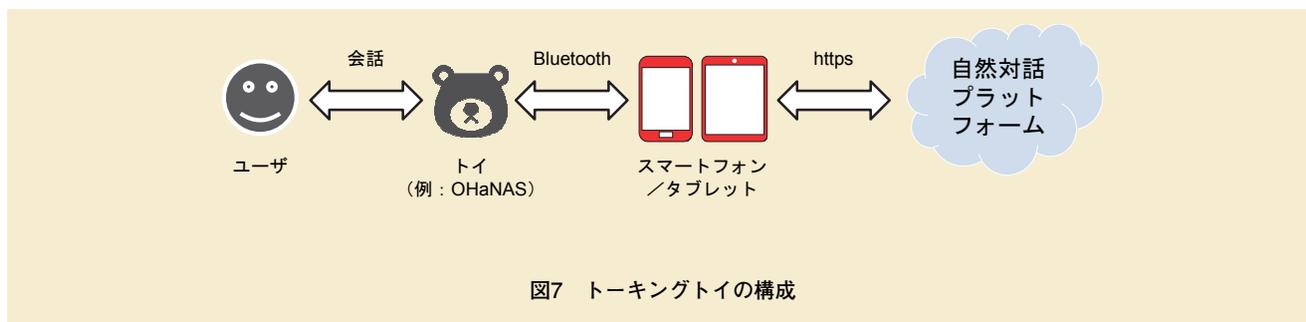


図7 トーキングトイの構成

とトイの間で可能な対話として、シナリオ対話の中に、ユーザが知りたいことに回答してくれる①「お役立ち会話」、ストーリー性のある会話を提供してくれる②「ストーリー会話」、および、退屈したときの遊び相手になってくれる③「お楽しみ会話」を実装した。

①お役立ち会話

「お役立ち会話」は“キャベツを使ったレシピ教えて”や“キャベツが安かったよ”のようなユーザの発話に対して、外

部コンテンツを利用して“キャベツを使ったレシピを調べました。情報をそちらに送っておきますね”のような応答が可能である。これはユーザの要求を契機とするだけでなく、OHaNASからも積極的に情報を提供するものである。これは、ユーザの発話に要求が含まれない時でも、あるルールに基づいて外部コンテンツを検索し、応答を生成することで実現する。あるルールとは前述の例では、食材名が発

話された場合、その食材にまつわるレシピを検索し発話することである。

②ストーリー会話

「ストーリー会話」は、システムの“週末はどこ行くんですか？”という質問に対して、ユーザの「名古屋だよ」という応答があり、さらに「名古屋はいろいろが有名みたいです」を返すような、一連の流れを持った会話のことである。この「ストーリー会話」でも積極的に外

部コンテンツを含ませることにより、飽きずに楽しんでもらえるトイをめざした。

③お楽しみ会話

「お楽しみ会話」は、しりとり、なぞなぞ、クイズ、占いといったエンターテインメント要素の強い会話や遊びが実際にできるものである。OHaNASでは、他の分野の応用例に比べてお楽しみ会話が多く取り入れられている。

これら複数種の会話機能を追加することによって、飽きずに自然な会話を楽しめるトイを実現した。

4. あとがき

本稿では自然対話プラットフォームの概要と、その応用例3つについて解説した。本プラットフォームの特長は、音声対話型システムを開発

するための部品が自由に組合せ可能であり、カスタマイズ性が大幅に向上したことである。これにより、ホーム、車内、エンタメといった幅広い領域で特徴的な音声エージェントを容易に開発することができた。

今後は、自然対話プラットフォームを家電やゲームなど、さらに多くのものでの応用をめざすとともに、日本語以外の多言語への対応も進める予定である。

文献

- [1] 内田, ほか: “自然文質問への直接回答を実現する知識Q&A,” 本誌, Vol.20, No.4, pp.6-11, Jan. 2013.
- [2] 大西, ほか: “コンピュータとの自然な会話を実現する雑談対話技術,” 本誌, Vol.21, No.4, pp.17-21, Jan. 2014.
- [3] T. Izumi, K. Imamura, T. Asami, K. Saito, G. Kikui and S. Sato: “Normalizing Complex Functional Expressions in Japanese Predicates: Linguistically-Directed Rule-Based Paraphrasing and Its Application,” ACM Transactions on Asian Language Information Processing (TALIP), Volume 12, Issue 3, Article No.11, Aug. 2013.
- [4] 平野 徹, 小林 のぞみ, 東中 竜一郎, 牧野 俊朗, 松尾 義博: “ユーザ情報抽出のための自己開示文の人物属性分類,” 言語処理学会第21回年次大会, pp.273-276, Mar. 2015.
- [5] 小林 のぞみ, 平野 徹, 東中 竜一郎, 牧野 俊朗, 松尾 義博: “ユーザ情報抽出のための質問回答ペアに対する述語項構造解析,” 人工知能学会第29回全国大会, 2L3-4, 2015.
- [6] 宮崎 千明, 平野 徹, 東中 竜一郎, 牧野 俊朗, 松尾 義博: “発話にキャラクター性を与えるための文末表現の変換,” 第68回言語・音声理解と対話処理研究会資料 (SIG-SLUD-B301), pp.41-46, Sep. 2013.
- [7] 内田 渉: “対話型車両エージェントの開発,” 自動車技術, Vol.69, No.3, Mar. 2015.
- [8] NTTドコモ報道発表資料: “タカラトミーの新品「OHaNAS」を共同で開発,” Jul. 2015.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/06/04_00.html

Technology Reports

新しいローミングモデルである「S8HR」方式を用いた国際VoLTEローミングの開発

ドコモでは、2014年6月より国内ユーザ向けにVoLTEサービスを提供している。ユーザへのさらなる利便性向上のため、ドコモユーザが海外渡航した際にVoLTEを利用できるローミングアウトと、海外ユーザが日本滞在時にVoLTEを利用できるローミングインの機能開発を行った。国際VoLTEローミングの接続方式としては、現在世界的に検討が進められている「S8HR方式」を採用している。

本稿では、ドコモがS8HR方式を用いた国際VoLTEローミング開発に至った経緯や、国際VoLTEローミングアウトおよび国際VoLTEローミングイン実現のためドコモ端末／ネットワークに追加した機能概要について解説する。

ネットワーク開発部 かねこ まな 金子 真菜 みなみもと しんいち 南本 真一
みやお じえん† 繆 震 かぎ ともり 嘉義 智紀
 移動機開発部 たけだ しんや 竹田 晋也

1. まえがき

VoLTE (Voice over LTE) とはLTE上で音声サービスを提供するための技術であり、ドコモでは3GPP (3rd Generation Partnership Project) およびGSMA (GSM Association)*1の標準技術に準拠した形で、2014年6月より国内ユーザ向けにサービス提供を行っている[1] [2]。VoLTEサービスは韓国やアメリカなどでもすでに開始されており、VoLTEを提供する各国のオペレータは増加している。

ドコモでは2014年夏モデルからVoLTE対応端末を発売しているが、国際ローミング時においては、従来のVoLTE非対応端末と同様にデー

タ通信はLTE上で、音声通信は3G回線交換で接続を行っている[3]。そこで、今後ユーザが海外在圏時もVoLTEを利用できるようにするため、今回ネットワークおよび端末において国際VoLTEローミングの機能開発を行った。今後のVoLTE対応端末は順次国際VoLTEローミングに対応していく予定であり、これによりユーザはVoLTEの特徴である、高音質通話、スピーディな呼接続、高速マルチアクセス*2、ビデオコールを海外在圏時にも利用できるようになる。また、VoLTE対応端末を利用している海外ユーザがドコモ網に在圏した際にもVoLTEサービスの利用が可能となる。さらに、データ通信を行うLTEデータロー

ミング上で音声制御を実現するため、これまで通信方式の相違により3Gローミング協定を結ぶことができなかったW-CDMA非提供方式の事業者とも国際VoLTEローミング協定を結ぶことが可能となる。

国際VoLTEローミングの接続方式としては、主にLocal Breakout方式（以下、LBO方式）とS8 Home Routed方式（以下、S8HR方式）の2種類が存在するが、ドコモでは新たな国際VoLTEローミングの1方式として世界的に検討が進められているS8HR方式を用いている。S8HR方式での接続を行うことにより在圏網に依存しないサービス提供と早期導入が可能になる。

本稿では、ドコモがS8HR方式で

©2015 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

† 現在、ドコモ・テクノロジー パケットNW事業部

*1 GSMA：ローミングルールの策定をはじめとした、さまざまなモバイル業界の活動を支援・運営する、世界最大の移動通信関連の業界団体。移動通信事業者と中継事業者や端末・装置ベンダ、ソフトウェアベンダなどの関連企業が参加している。

*2 マルチアクセス：3Gではマルチコールと呼んでいた1台の端末で異なるペアラのア

クセスを実行すること。

の国際VoLTEローミング開発に至った経緯、国際VoLTEローミングアウトおよび国際VoLTEローミングイン実現のためドコモ端末/ネットワークに追加した機能概要について解説する。

2. 国際VoLTEローミング実現に向けたS8HR方式採用の経緯

2.1 LBO方式とS8HR方式の特徴

前述の通り、国際VoLTEローミングの接続方式としては、LBO方式とS8HR方式がある。両方式のネッ

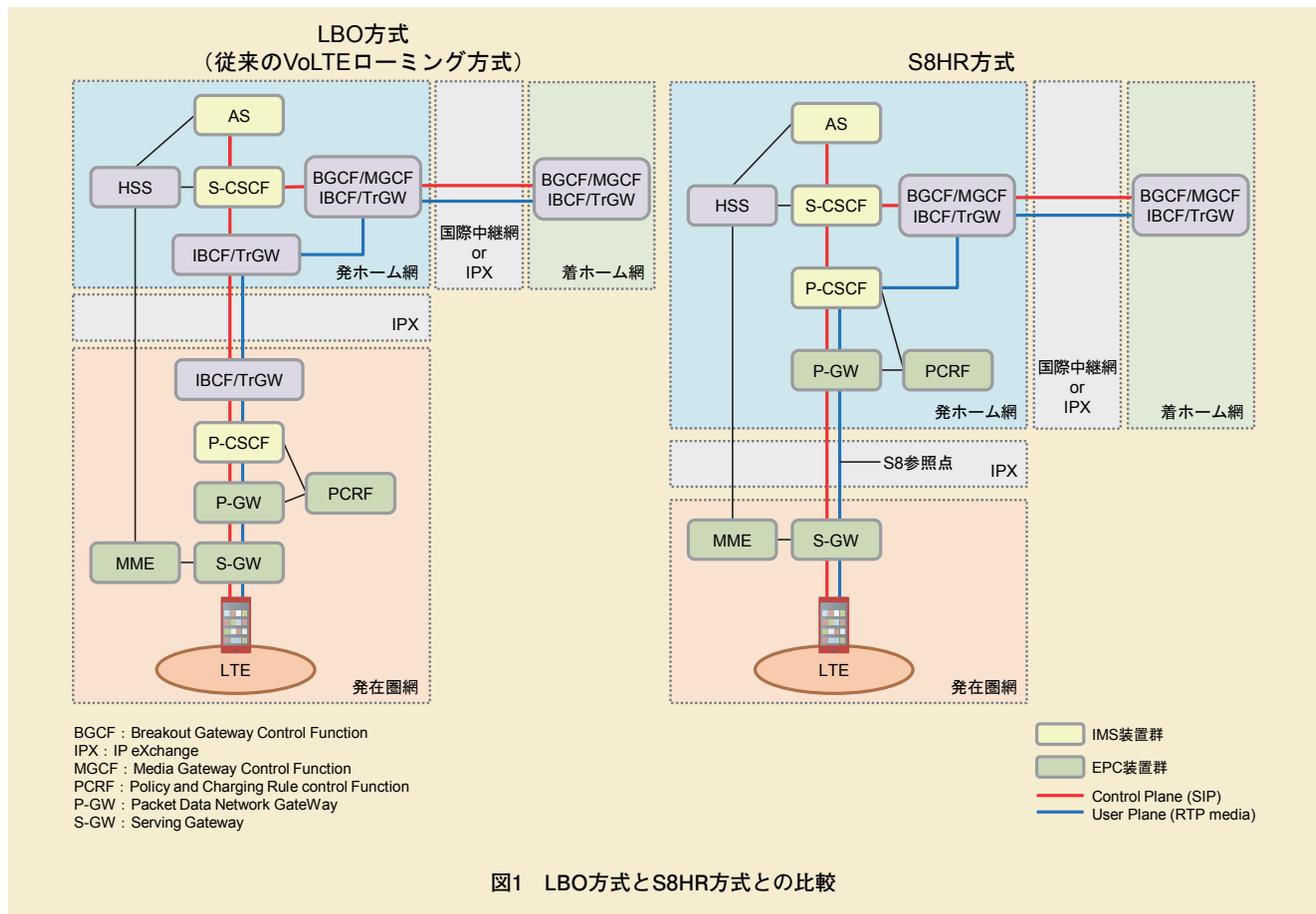
トワーク構成を比較した図を図1に示す。

LBO方式は、在圏網にてEPC (Evolved Packet Core)^{*3}装置群およびP-CSCF (Proxy Call/Session Control Function)^{*4}を実装、ホーム網にてS-CSCF (Serving Call/Session Control Function)^{*5}、AS (Application Server)^{*6}、HSS (Home Subscriber Service)^{*7}などを実装し、IMS (IP Multimedia Subsystem)^{*8}網間の関門ノードであるIBCF (Interconnection Border Control Function)^{*9}/TrGW (Translation Gateway)^{*10}を経由して在圏網とホーム

網間で音声接続 (SIP (Session Initiation Protocol)^{*11}/RTP (Real Time Protocol)^{*12}接続)を行うことが前提となっている[4]。これに対してS8HR方式はLTEデータローミングをベースとした接続形態をとっており、在圏網とホーム網はS8参照点^{*13}にてまたがる構成となるため、P-CSCFなどのIMS論理ノードはすべてホーム網側で実装することとなる[5]。

2.2 S8HR方式の利点

LBO方式と比較したS8HR方式の利点を以下に示す。



*3 EPC : LTEをはじめとした無線アクセス網を收容するコアネットワーク。MME, S-GW, P-GW, PCRFから構成され、認証、移動制御、ペアラ管理、QoS制御といった機能を提供する。

*4 P-CSCF : EPCとの接続点および、移動端末とS-CSCFおよびI-CSCFとの接続点に配備され、EPCと連携しQoS制御を起動さ

せる役割と、移動端末とS-CSCFおよびI-CSCF間のSIP信号の中継の役割を担う。

*5 S-CSCF : 端末のセッション制御、およびユーザ認証を行うSIPサーバ。

*6 AS : サービスを提供するアプリケーションを実行するサーバ。

*7 HSS : 3GPP移動通信ネットワークにおける加入者情報データベースであり、認証情

報および在圏情報の管理を行う。

*8 IMS : 3GPPで標準化された、固定・移動通信ネットワークなどの通信サービスを、IP技術やインターネット電話で使われるプロトコルであるSIPで統合し、マルチメディアサービスを実現させる呼制御通信方式。

- ① SIPプロトコルによって行われるIMSレイヤの通信は端末とホーム網のP-CSCFとの間で直接行うため、在圏網のIMS機能に依存せず自網での制御が可能となる。例えば、ローミングアウトユーザにビデオコールサービスを提供するとき、LBOでは在圏P-CSCFがビデオコール呼処理に対応している必要があるが、S8HRでは在圏P-CSCFの能力に依存しないため、よりサービス提供が行いやすくなる。
- ② IMS装置群が網間でまたがらないため、関門ノード（IBCF/TrGW）の実装が在圏網・ホーム網共に不要となる。
- ③ ホーム網のP-CSCFは自網契約ユーザ端末とのみ接続を行い、他網契約ユーザ端末との接続は行わない。そのため国内VoLTE提供時に確立された端末のIMSスタックとP-CSCFの接続性を国際VoLTEローミング提供時も流用できる。

ドコモでは、高い接続性の国際VoLTEローミングをいち早くユーザに提供するため、上記で述べた利点を有するS8HR方式を用いて国際VoLTEローミングの開発、およびサービス開始を行うに至った。なお、ドコモでは商用導入と平行してS8HR方式の標準化にも積極的に取り組み、S8HR方式は2015年5月にGSMAにて国際VoLTEローミングの1方式として正式に承認されている。

3. 国際VoLTEローミング機能概要

3.1 国際VoLTEローミング提供条件

S8HR方式を用いた国際VoLTEローミングは、LTEデータローミングをベースとした接続形態としている。国際VoLTEローミング提供にあたっての条件を以下にまとめる。

- ・ドコモと相手事業者との間に、LTEデータローミング協定を締結していること
- ・ドコモと相手事業者との間に、S8HR方式での国際VoLTEローミング協定を締結していること
- ・ユーザが国際VoLTEローミングに対応した端末を利用していること

上記を満たすことで、ユーザが海外渡航した際にもVoLTEサービスを利用することが可能となる。

S8HR方式で国際VoLTEローミングアウトとローミングインを実現するための、端末およびネットワークの特徴的な技術を以下に解説する。S8HR方式ではホーム網にてローミングアウトユーザを制御するため、追加機能は主にローミングアウトに関連した機能である。

3.2 ローミングアウト機能概要

端末は、ローミングアウト先ネットワークとの接続形態がS8HR方式かLBO方式かを認識することができない

ため、接続形態を意識せずに動作を行う。

- (1)ローミングアウトユーザのAttach^{*14}/IMS Registration^{*15}

LTEローミングにおいて、端末がさまざまな条件のネットワークに在圏した際の動作を文献[3]の4章に述べたが、本稿にて、国際VoLTEローミング対応端末がさまざまなネットワークでAttachを実施した後の音声、SMSが利用可能となるまでの動作を解説する。なお、前述の記事では、端末種別として、音声優先端末、データ優先端末、データ端末を取り上げていたが、VoLTE対応端末は、すべて音声優先端末となる。また、現行の端末は、VoLTE非対応のネットワークに在圏した場合や一次的にVoLTEが利用できないケースなどでCSFB（Circuit Switched FallBack）^{*16}を使う可能性を考慮して、PSドメインとCSドメインの両方にAttachをする。CSドメインに対応しないVoLTE対応端末の動作に関しては、今後の検討課題とする。

S8HR方式において、VoLTEが利用可能になるまでの手順は、文献[5]に説明されている通りである。一方、国際VoLTEローミングを開始するにあたっては、ネットワークのVoLTEやRAT（Radio Access Technology）^{*17}の対応状況、国際VoLTEローミング協定の締結の有無などにより、ネットワークからAttachに対する応答が異なることが想定される。Attachの応答に関する、さまざまなケースの端末動作をまとめたものを図2、3に示す。なお、参考として、

*9 IBCF：IMSコア・ネットワーク間の相互接続のためにネットワーク境界をまたがる場所に配備され、SIP信号の中継や内部ネットワークを隠蔽する役割を担う。
 *10 TrGW：IBCFにより制御されメディア疎通制御（ネットワークアドレス/ポート変換とIPv4/IPv6プロトコル変換など）を行う。
 *11 SIP：IETF（Internet Engineering Task

Force）で策定された通信制御プロトコルの1つ。VoIPを用いたIP電話などで利用される。
 *12 RTP：映像や音声をストリーミング再生するための伝送プロトコル。UDPタイプのプロトコルで、パケットロス対策などは行われない。一般的にRTCPによる通信状態レポートとセットで用いられる。
 *13 S8参照点：P-GWとS-GWを接続するイン

タフェース。
 *14 Attach：移動端末の電源投入時などにおいて、移動端末をネットワークに登録する処理および状態。
 *15 Registration：IMSにおいて、SIPを用いて移動端末が現在の位置情報をHSSに登録すること。

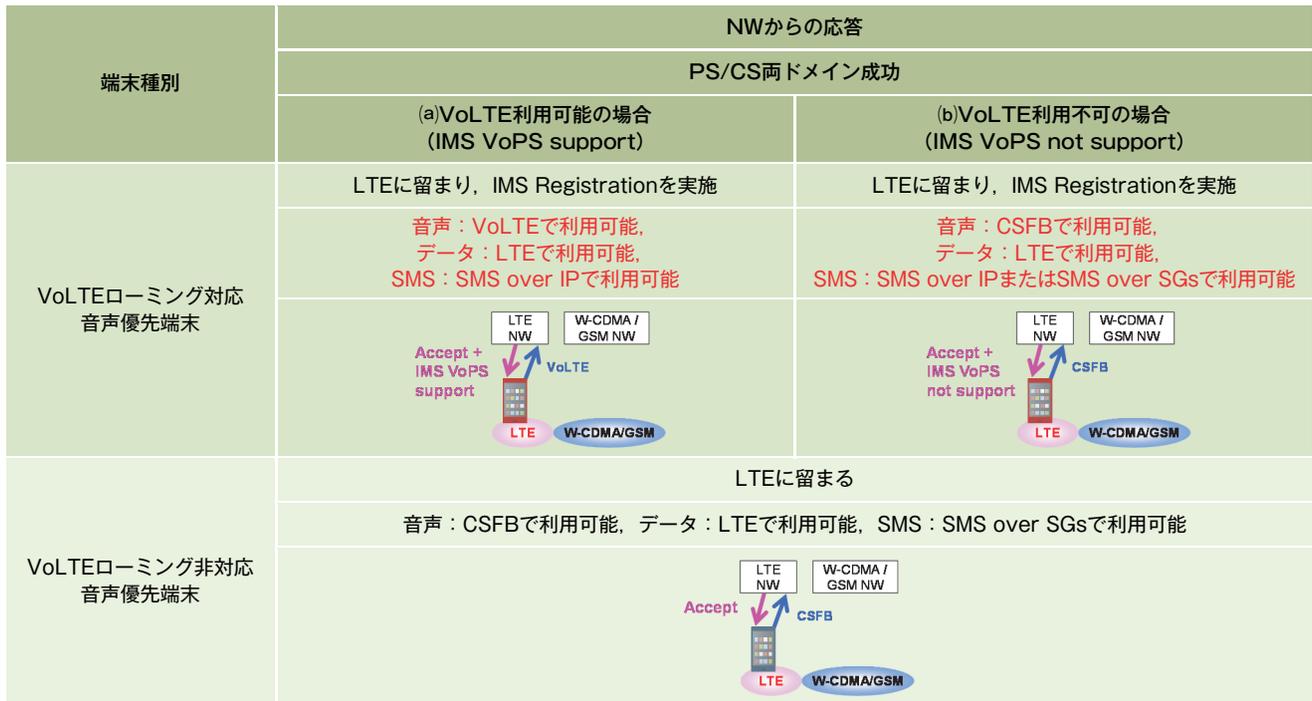
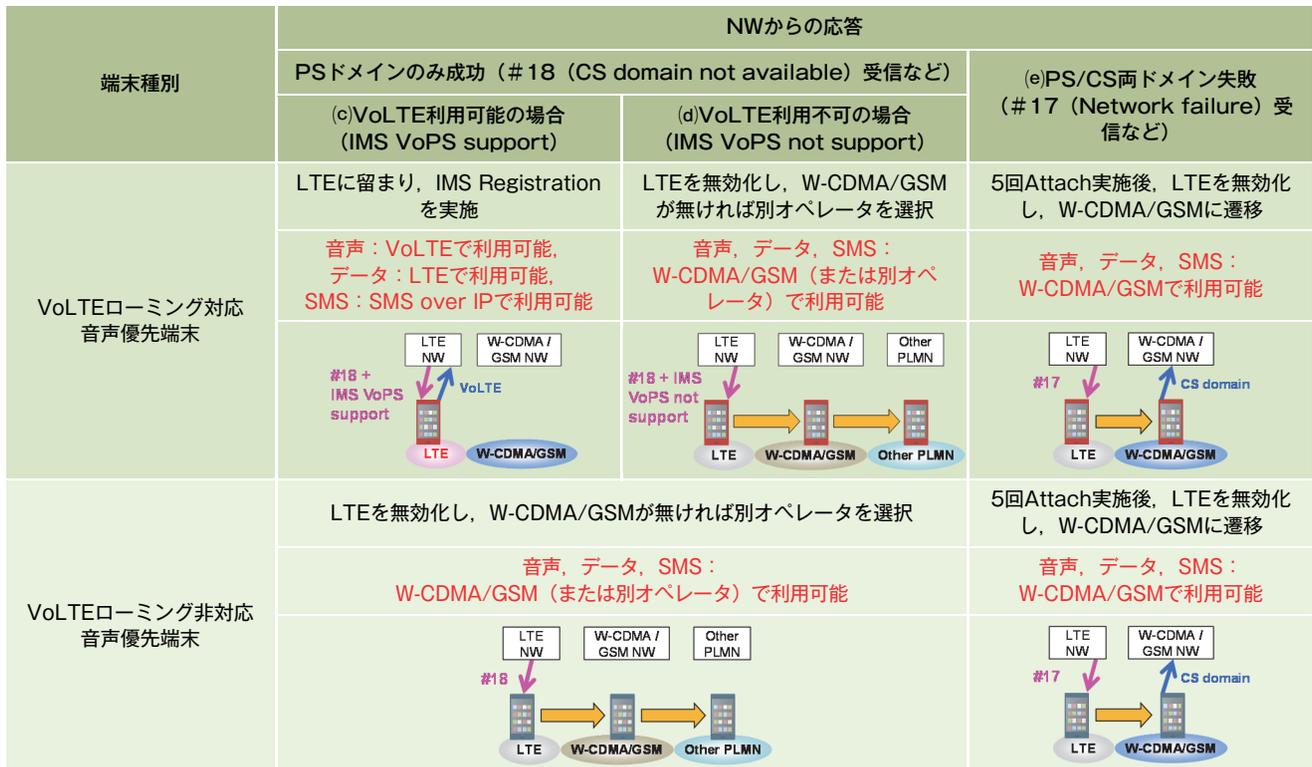


図2 Attach成功時の端末動作



PLMN : Public Land Mobile Network

図3 Attach失敗時の端末動作

*16 CSFB : LTE在圏中に音声などの回線交換サービスの発着信があった場合, CSドメインのある無線アクセス方式に切り替える手順.

*17 RAT : LTEや3G (W-CDMA) などのモバイル通信回線.

国際VoLTEローミング非対応端末の動作も示している。

また、3GPP [6]ではIMS Voice over PS session indicator (以下、IMS VoPS) を規定している。IMS VoPSはVoLTEに対応しているかどうか、および国際VoLTEローミング協定があるかどうかを示す識別子であり、端末はIMS VoPSを見て、音声VoLTEを実施するかCSドメインで実施するかを決定する[7]。

(a)Attachが両ドメイン成功、かつVoLTE利用可能

ローミング先のネットワークがLTE以外にもW-CDMA/GSM、つまりCSドメインを有するRATを提供している場合、端末からのCombined Attach要求に対して、PSドメインとCSドメインの両ドメイン成功の応答が返される。さらにVoLTEをサポートし、かつ、国際VoLTEローミング協定が締結されていれば、Attachの応答にIMS VoPS = “supported” が設定される[8]。このようなネットワークに在圏した場合、国際VoLTEローミング対応端末は、Voice domain preference [6]を“IMS PS voice preferred, CS Voice as secondary”に設定しており、文献[5]の手順に従いIMS PDNが確立され、IMS Registrationが完了していれば、音声はVoLTEを優先して利用し[7]、SMSはSMS over IP*18を優先して利用する。

(b)Attachが両ドメイン成功、かつVoLTE利用不可

国際VoLTEローミング対応端末は、LTEエリアにいる場合、IMS PDNの接続とIMS Registration処理を実施する。CSFBを提供していて、VoLTEを提供しないオペレータや国際VoLTEローミング協定を締結していないオペレータのネットワークにAttachした場合は、IMS VoPSが“not supported”で通知され[8]、Attachが両ドメインで成功することが想定される。その場合、国際VoLTEローミング対応端末は、IMS PDNの確立とIMS Registrationが完了していたとしても、VoLTEが利用できないと判断し、音声はCSFBを利用する。

なお、IMS VoPSはあくまでもVoLTEの利用可否を示す識別子であり、SMSについては、IMS VoPSを見てSMS over IPとSMS over SGs*19のどちらを利用するかを判断することは3GPPで規定されていない。現行のドコモ端末ではIMSのPDNへの接続ができ、SIP Registrationが完了すれば、SMS over IPを利用することになる。

(c)AttachがPSドメインのみ成功、かつVoLTE利用可能

CSドメイン(W-CDMA)を提供しないため、Combined AttachがCause Value #18 (CS domain not available) が付与され、

PSドメインしか成功しないネットワークがある。国際VoLTEローミング非対応端末では、PSドメインしかAttachが成功しない場合は、LTE能力を無効化し、CSドメインを提供する他のオペレータに遷移して、音声を使えることが想定される。これに対して、国際VoLTEローミング対応端末は、W-CDMA非提供のネットワークとの国際VoLTEローミングを実現するために、IMS VoPSが“supported”で通知されて、VoLTEが利用可能であれば、LTEを無効化せず、IMS PDN確立後にIMS Registrationを実施してVoLTEを利用する動作となる。また、SMSはSMS over IPを利用する。

(d)AttachがPSドメインのみ成功、かつVoLTE利用不可

VoLTEを提供しない、または国際VoLTEローミング協定がないオペレータがW-CDMAを提供しない場合、IMS VoPSは“not supported”が通知され、Combined Attachに対して、Cause Value #18 (CS domain not available) が付与されてPSドメインしか成功しない。この場合、国際VoLTEローミングは利用できず、CSドメインの音声も利用できないので、データローミングが前提となる。

このようなネットワークに在圏した端末は、音声を使えるよ

*18 SMS over IP : SIPプロトコルを用いて送受信を行うSMS。

*19 SMS over SGs : MSCとMMEを接続するインタフェースSGsを経由するSMS。VoLTE非対応端末はLTE在圏時、SMS over SGsでSMS送受信を行っている。

うな動作をする必要があるため、LTEを無効化し、音声を提供する他のオペレータに遷移することが想定される。

(e)Attachが両ドメイン失敗

LTEのローミング協定がないなどの理由により、AttachがCS・PSドメインの両方で失敗した場合は、LTEに在圏しても音声も含め、一切のサービスが使えないため、LTE能力を無効化し、W-CDMAに遷移することで、音声、パケット、SMSといったサービスが利用可能となることが想定される。この動作は、国際VoLTEローミング非対応の端末においても同じである。

(2)音声発着信

(1)にて国際VoLTEローミング対応端末がさまざまなネットワークに在圏した場合の音声、SMS発信時の端末動作について述べたが、以降ではネットワーク動作について解説する。

国際VoLTEローミングアウトの音声発着信の呼処理はホーム網のIMSを使って行うため、シーケンスは非ローミング時のシーケンスと同様である[2]。国際VoLTEローミングアウト発着信に特化したネットワークの変更点は、以下の3点である。

(a)国際VoLTEローミング協定判定

端末が国際VoLTEローミング協定なしの網に在圏した場合、在圏網MME (Mobility Management Entity)^{*20}はIMS VoPSを

“not supported”で返却し、端末はその情報を基に従来のCSFB発信を行うことを想定している。しかし、仮に在圏網MMEがIMS VoPSを“supported”で返却していた場合、IMS Registrationは可能であるため端末がVoLTE発信を行う懸念がある。そのため、国際VoLTEローミング協定なしネットワークからのVoLTE発着信をホーム網のASにて禁止する機能を具備した。本機能はIMS Registration時にASがHSSから取得した在圏情報をもとに、音声発着信のタイミングで在圏オペレータの国際VoLTEローミング協定有無の判定を行うことで実現している。

(b)ユーザのダイヤル操作

ユーザの利便性を考慮し、国際VoLTEローミングアウト時のユーザのダイヤル操作方法を3Gローミングアウトと同じにするため、発信および着信で機能追加を行っている。

①発信機能

3Gローミングアウト発信と国際VoLTEローミングアウト発信の比較を図4に示す。

3Gローミングアウトでは、ローミングアウトユーザが音声発信を行った場合、在圏網の交換機にて番号分析を行っていた。そのため、例えば、ローミングアウトユーザが滞在国の固定番号に発信を行った場合は、プラスキー (+) および国番号

(CC : Country Code)などは付与せずに現地の市外局番からダイヤルすることでルーチングが可能であった。

これに対して国際VoLTEローミングでは、ホーム網のASにて番号分析を行うため、ユーザがダイヤルした番号の翻訳、およびルーチング可能な番号への変換機能をASに具備している。例えば、国際VoLTEローミングアウトユーザが滞在国の固定番号に発信を行った場合は、ホーム網のASにて在圏オペレータ国を導出し、当該国のCCをダイヤルに付与することで国際接続を行う。

②着信機能

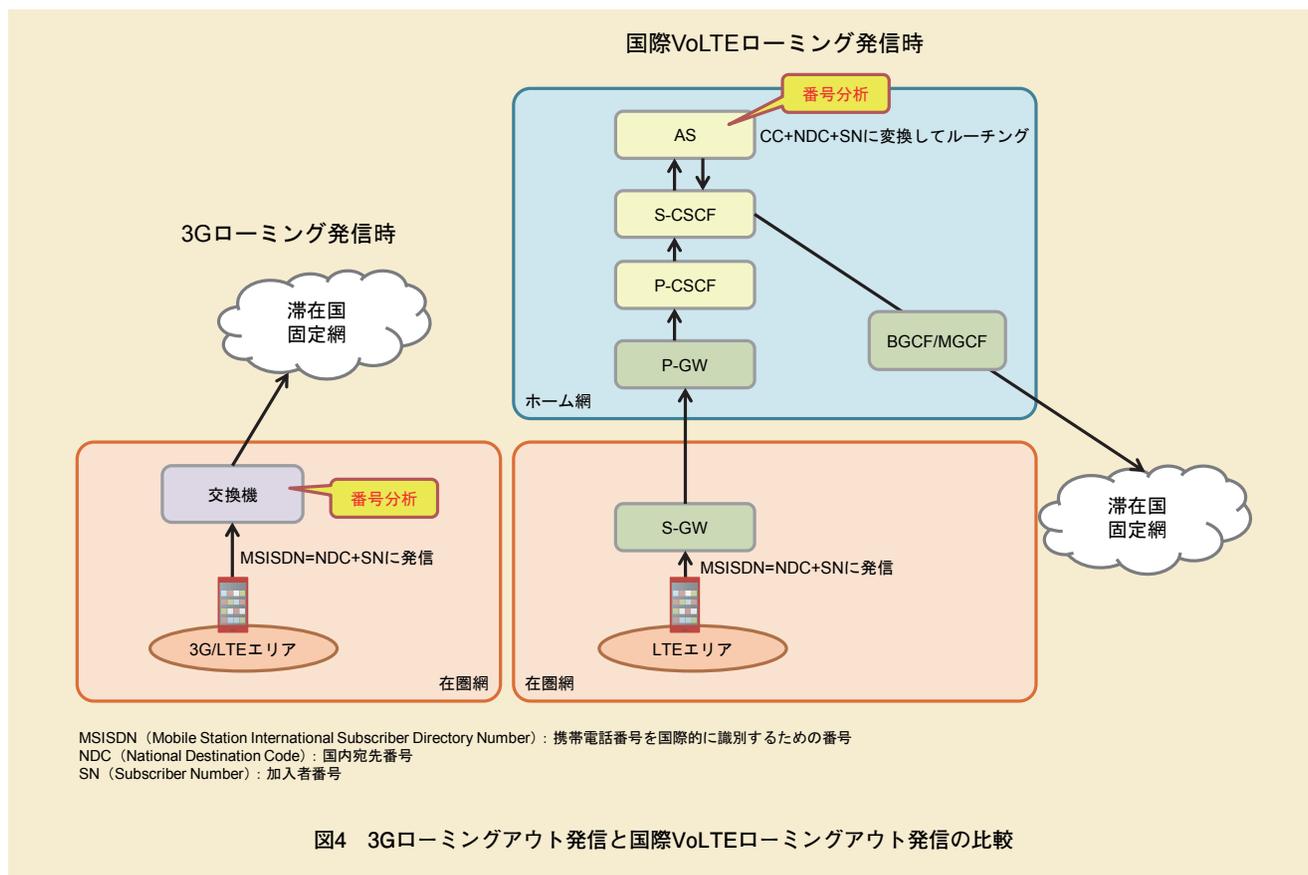
着信機能では、日本国内から国際VoLTEローミングアウトユーザ向けの発信の場合、ASにて発番号にCCを付与して着信を行う。これは、ローミングアウト先から日本国内へ折返し発信を行う可能性を考慮し、その場合に確実に接続可能とするために、ネットワークにて折返し可能な形式に発番号を変更している。

(c)着信時のドメイン選択

国内VoLTE同様、着信の際に、HSSにてユーザが3G/LTEのどちらに在圏しているか不明な場合があるため、T-ADS (Terminating Access Domain Selection)^{*21}を実施し、着信網判定を行う。

*20 MME : eNBを収容し、モビリティ制御などを提供する論理ノード。

*21 T-ADS : 端末が在圏しているアクセス網を特定する機能。



T-ADSの流れについて図5に示す。

着信を受けたASはHSSから取得した在圏情報をもとに在圏オペレータの国際VoLTEローミング協定有無の判定を行う。協定がなければ3G着信を選択し、協定があればT-ADSの起動を行う。T-ADS起動要求を受けたHSSは、MMEおよびSGSN (Serving General packet radio service Support Node)*22それぞれに対して、端末からの位置登録要求があった時刻の問合せを実施し、それらの時刻を比較し、現在時刻により近いRAT

をASに通知することで適切なドメインで着信を行う。

国際VoLTEローミングアウトを提供する他事業者のMMEおよびSGSNに関して、基本的にはT-ADSに対応していると考え、仮に他事業者がT-ADS未対応であった場合を考慮し、ドコモ網では以下をポリシーとしている。

- ①T-ADSに対応している事業者からは位置登録時に、MMEおよびSGSNからT-ADS capabilityがHSSに通知されるはずなので、本パラメータが通知される場合は一律T-ADSを起動すること

とする。

- ②T-ADS capabilityが通知されない場合においては、T-ADSを起動せずに着信させるRATを決める必要がある。事業者によってはLTEのみ提供している事業者があることを考慮し、T-ADS capabilityが通知されない場合の着信については、一律VoLTE着信にすることとする。

(3)付加サービス

3Gローミングアウトでは在圏網の交換機で呼制御を行うというアーキテクチャの性質上、ドコモの固有サービス (例えばメロディコールや通話録音サービスなど) を提供する

*22 SGSN : パケット交換およびパケット通信を行う移動端末の移動管理などの機能を提供する、3GPP標準規格上の論理ノード。

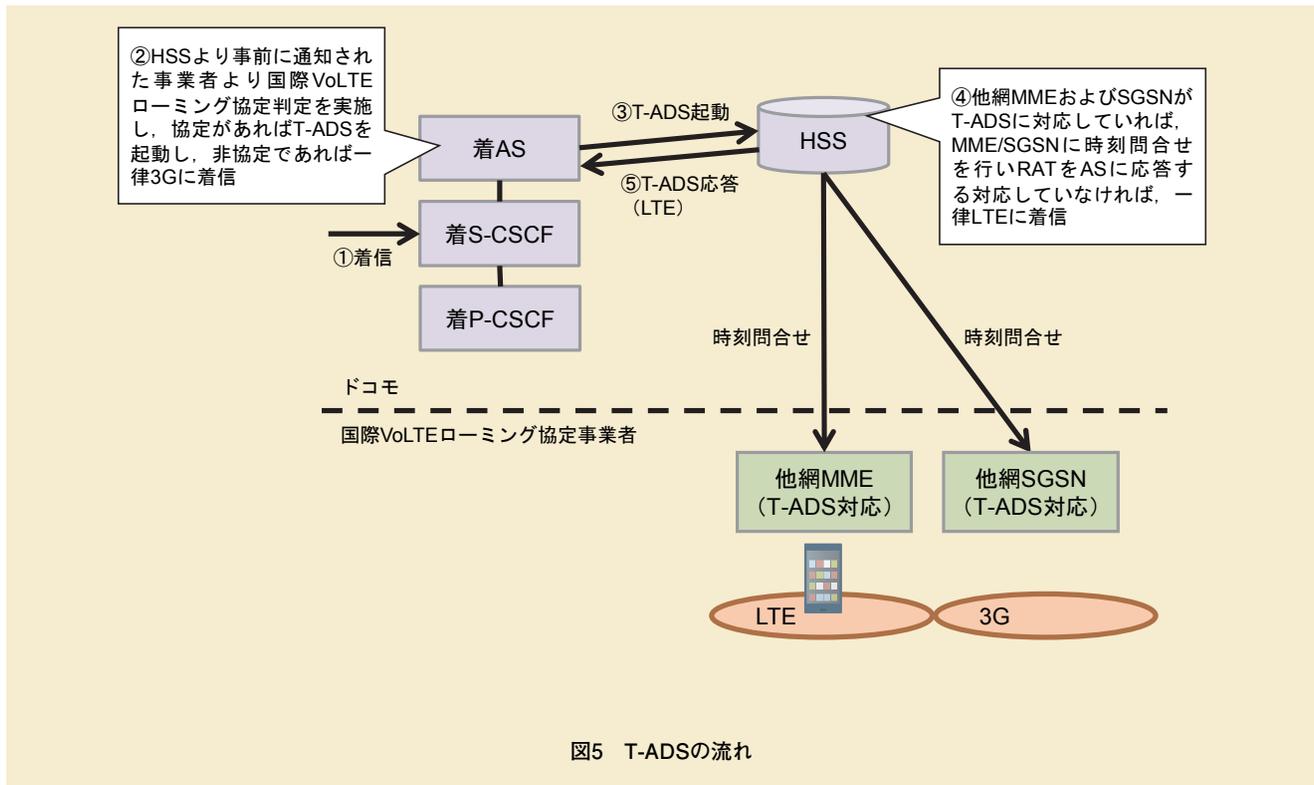


図5 T-ADSの流れ

ことが困難であったが、国際VoLTEローミングアウトになるとホーム網のIMSを使って呼制御を行うため、ローミングアウト中でも国内と同じ固有サービスを提供することが可能となる。

3.3 ローミングイン機能概要

国際VoLTEローミングインサービス開始に伴い、VoLTE対応端末を利用しているローミングインユーザがドコモ網に在圏するが、国際VoLTEローミング協定ありのユーザと国際VoLTEローミング協定なしのユーザが混在することになるため、3GPP TS23.401 [8]の規定に従い国際VoLTEローミング協定判定機能を新規に具備した。ドコモMME

では、Attach応答時に国際VoLTEローミング協定を締結しているオペレータユーザの場合は、IMS VoPSが“supported”で端末に返すことでVoLTE機能を提供する。国際VoLTEローミング協定を締結していないオペレータユーザの場合は、IMS VoPSが“not supported”を端末に返すことでVoLTE機能を抑止し、音声発信の際はCSFBを行うことを想定される。

また、図4で示したとおり、3Gローミングと国際VoLTEローミングでは番号分析を行う網が異なることから、端末が緊急呼として認識できない緊急呼番号を発信した場合、ホーム網（相手側契約網）のASにて緊急呼と判断する必要があり、そ

のためにはホーム網側で在圏国の緊急呼番号を管理しなければならない。これを回避するためにドコモMMEでは位置登録応答時にTS24.301 [6]に規定されているEmergency Number Listをローミングイン端末に通知することで、在圏国の緊急呼番号を認識させる機能を具備している。これにより、ローミングインユーザが緊急通報（110番、118番、119番）を行う場合でも、ホーム網側には機能不要で端末は緊急呼として認識できるため、適切なドメインを選択し緊急呼接続が可能となる。

4. あとがき

本稿ではS8HR方式を用いた国際VoLTEローミング開発に至った経

緯、国際VoLTEローミングアウトおよびローミングイン実現のためドコモ端末／ネットワークに追加した機能概要について解説した。本開発によって、VoLTEの利点をユーザーに体感いただくことができるエリアを、国内から国際VoLTEローミング協定を締結している事業者のエリアへ拡大できる。今後はさらなる対地拡大をめざし、標準化活動へのさらなる貢献および各国のオペレータとの検討を進めていく予定である。

文 献

- [1] 田中, ほか: “VoLTE Profileの標準化概要,” 本誌, Vol.19, No.4, pp.45-50, Jan. 2012.
- [2] 徳永, ほか: “新たなサービスを実現するVoLTEの開発,” 本誌, Vol.22, No.2, pp.7-23, Jul. 2014.
- [3] 稲葉, ほか: “LTE国際データローミングアウトの実現,” 本誌, Vol.22, No.3, pp.15-24, Oct. 2014.
- [4] 田中, ほか: “VoLTEローミング・相互接続の標準技術,” 本誌, Vol.21, No.2, pp.35-39, Jul. 2013.
- [5] 阿部, ほか: “VoLTEローミング・最

- 新標準化動向—S8HR方式概要—” 本誌, Vol.23, No.2, pp.74-77, Jul. 2015.
- [6] 3GPP TS24.301 V13.0.0: “Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS); Stage 3,” Dec. 2014.
- [7] 3GPP TS23.221 V13.0.0: “Architectural requirements,” Jun. 2014.
- [8] 3GPP TS23.401 V13.0.0: “General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access,” Sep. 2014.

ヘルスケアデータとゲノム解析を活用した 病気の予防・早期発見に向けた取り組み

病気の発生や進行を未然に防ぐ「究極のスマートライフ」の実現に向け、まずは妊娠に関わる病気や体調変化を対象に、数百名規模の妊婦のゲノム情報、血液などに含まれる体内物質、日々のヘルスケアデータの3要素を組み合わせた情報解析を行う共同研究を開始した。多くの妊婦が発症しながらも原因不明であった病気の発症予防方法や早期発見方法が世界に先駆けて確立されると期待される。

なお、本研究は東北大学 東北メディカル・メガバンク機構（山本機構長，長崎教授ら）との共同研究により実施している。

先進技術研究所
おち だいすけ† やまうち たかふみ†
越智 大介 山内 隆史
ひやま さとし
檜山 聡

1. まえがき

ドコモは、2015年4月に発表した「中期目標に向けた新たな取り組み」として、パートナーとの協創による価値創造を掲げ、社会的課題の解決にも取り組むことをめざしている[1]。社会的課題には、健康・医療分野も含まれ、多くの人々が関わる病気の発症や進行を未然に防ぐ「究極のスマートライフ」の実現に向けた研究開発を推進している。

病気は、生まれ持った個人の体質である遺伝要因と、生活習慣や生活環境などの後天的な環境要因が複雑に絡み合って発症すると考えられている。遺伝要因の解析は、2003年に初めてヒトの全ゲノム*1が解読[2]されて以来、ゲノム解析技術の発展により大きく進歩したが、環境要因

の解析は従来通り生活習慣の質問票が主流であり、その精度と頻度が課題であった。一方ドコモは、モバイル端末やネットワークの強みを活かし、日常的に血圧や活動量などのヘルスケアデータを計測することで、生活習慣の一部を高精度かつ高頻度に把握できるヘルスケアデータ収集基盤をドコモグループとして構築し、運用している。この基盤を活用することで、環境要因の解析を充実させられると考える。

妊娠に関連する病気は、根本的な予防や治療方法が見出されていないものが多く、現代医学における重要な問題の1つとされている。ドコモは、妊娠に関連する病気を第一の研究対象とし、ゲノム情報に加えて定期的な採血などで得られる体内物質と、ヘルスケアデータ収集基盤を

用して得られる日々のヘルスケアデータを組み合わせ、世界に先駆けて統合的に解析することで、妊娠に関連する病気の発症予防法や早期発見法の確立をめざす。

本稿では、病気の要因、個別化医療・予防の課題とドコモのアプローチ、妊娠に関する病気を研究対象とした共同研究についてその方法と期待される成果を解説する。

なお、この取り組みは、日本屈指のゲノム解析拠点である東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 (ToMMo) をパートナーとし、2014年11月より共同研究を開始している[3]。

2. 研究の背景：病気の要因

研究の目的は、病気の発症予防法

©2015 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 ゲノム：全染色体を構成するDNA（*2参照）の全塩基配列上にある遺伝情報の全体を指す。

† 現在、東北大学出向

や早期発見法の確立をめざすことであるが、まずは背景として病気の要因について解説する。多くの病気は、遺伝的要因と環境要因が絡み合って発症すると考えられており、病気の発症や進行を未然に防ぐためには両要因を詳細に解析することが重要である (図1)。

2.1 遺伝的要因

遺伝的要因とは、病気の発症要因のうち、親から子へ受け継がれる体質などの先天的な遺伝情報に因るものことであり、その情報はヒトの細胞にあるデオキシリボ核酸 (DNA : Deoxyribo Nucleic Acid)^{*2}という物

質の並び方により決定される。ヒトのDNAは4種類の塩基から構成され2重らせん構造を形成しており、その数は約30億対にものぼる。

DNAにある塩基の並び方 (塩基配列) は、タンパク質など体内物質の設計図となる情報を含んでいる。塩基配列の一部は、その情報を保ったままmRNA (messenger RNA)^{*3}としてコピーされ、このmRNAを基にして主要な生体物質であるタンパク質などが合成される。タンパク質は、生命活動を維持するために、筋肉や臓器を作る機能、食事の消化・吸収の機能、免疫機能、各臓器の働きを調整する機能などを担う。塩基

配列は個人によって部分的に異なっており、塩基配列を基に生成されるタンパク質の機能も個人によって異なる。そのため、人によっては正常に機能しないタンパク質が生成され、それが病気の引き金となることがある。例えば、血圧を安定させるためには特定の体内物質が必要であるが、この体内物質の生成に関わるタンパク質の塩基配列に異常がある場合、体内物質の量を正しくコントロールできず、高血圧症などの発症の遺伝的要因となる。

2.2 環境要因

体内には、タンパク質や代謝産物

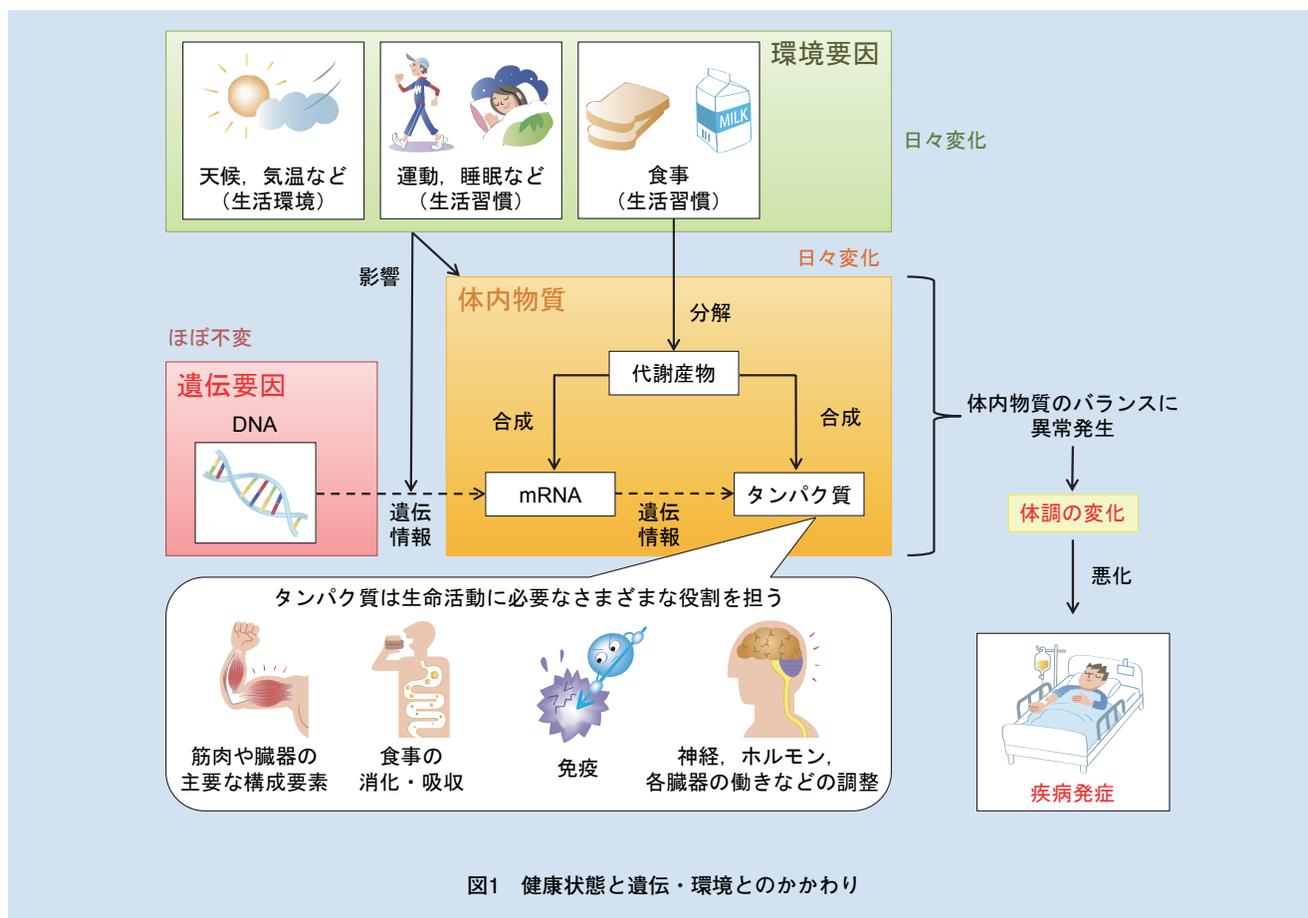


図1 健康状態と遺伝・環境とのかかわり

*2 デオキシリボ核酸 (DNA) : 生物における遺伝情報を担う物質で、4種類の核酸塩基 (アデニン、グアニン、シトシン、チミン) から構成される。

*3 mRNA : タンパク質を合成するためにDNAの塩基配列の一部から生成される物質。

などのさまざまな物質が存在する。代謝産物とは、脂質やアミノ酸などの物質であり、体内でのエネルギーの生産・消費の化学反応などの過程で生じる。体内には数千種類の代謝産物が存在すると言われている。

これらの体内物質は、日々生成され、消滅しており、生命活動に支障が出ないように一定の範囲の濃度にコントロールされている。一方、これら体内物質の種類や濃度は環境要因によって変動する。その代表例が、食事や運動、睡眠などの生活習慣であり、それらが乱れると体内物質のバランスが崩れ、体調が変化し病気につながる。また、気候や気温などの生活環境も、環境要因として体調の変化に影響する。例えば、妊娠期間中の血圧は出産予定の時期によって変化することが知られている[4]。

このように、我々の生命活動は遺伝要因だけでなく、さまざまな環境要因による影響を受けている。これら2つの要因が複雑に関与して、タンパク質など体内物質の機能、種類、濃度に変化をもたらす、体調にも変化を引き起こす。このいつもと違う小さな変化が「予兆」となり、さらに悪化することで最終的に病気の発症に至る。個人ごとに異なるこれらの要因を適切に把握することで、個人の体質にあった個別化医療や個別化予防の発展が期待される。

3. 個別化医療・予防の課題とアプローチ

遺伝要因の解析はゲノム解析の発展により大きく進歩したが、環境要

因の解析は従来通りの半年から1年に1回程度の定期的な自己申告式による生活習慣の質問票が主流であり、その精度と頻度が課題であった。より正確な生活習慣の把握には、日々の客観的な生活習慣の観測が必要である。

ドコモは、モバイル端末やネットワークによるヘルスケアデータ収集基盤を活用し、日常的に血圧・室温、体重、体温、活動量、睡眠などのヘルスケアデータを計測・取得することで、生活習慣の一部を高精度かつ高頻度に把握できる。例えば、体重体組成計で計測後に、スマートフォンで体重体組成計をタッチし、NFC (Near Field Communication) *4により計測データをヘルスケアデータ収集基盤に登録してもらうことで、利用者の日々のヘルスケアデータを一括して管理することができる。これにより、従来は困難であった日常的な生体情報や生活行動などを把握することが可能となる。

ヘルスケアデータ収集基盤を活用し得られた情報は、定期的な採血によって得られる体内物質の情報や、ゲノム解析によって得られる遺伝情報などと総合的に分析することで、病気の予防や早期発見に関する新しい知見をもたらすことが期待される。

4. 研究対象

世の中には数多くの病気が存在するが、中でも患者数が多く、また患者ごとの環境要因の分析が難しいことにより解明の進んでいないものに、妊娠に関連する病気がある。例えば

妊娠高血圧症、妊娠糖尿病、早産などがあり、国内で年間100万人の妊婦のうち約20万人がこれらの病気に苦しんでいる。しかしながら胎児への影響が出ないように投薬や検査が制限されることなどが関係し、原因の解明や根本的な治療が進んでいない。さらに、妊娠中の健康状況が、母および子の将来の健康に大きく影響することが分かっている。例えば、妊娠中の母親の肥満は、子の若年死亡リスクを増大させることが知られている[5]。

ドコモは、妊娠に関連する病気を第一の研究対象とし、ゲノム情報のみならず、定期的な採血などで得られる体内物質と、日々のヘルスケアデータを組み合わせ、統合的に情報解析することで、妊娠に関連する病気の発症予防法や早期発見法の確立をめざしている。

5. 共同研究

ドコモは、妊娠に関連する病気に対して上記課題に取り組むために、ToMMoと、約4年半にわたる共同研究を2014年11月より開始した。

5.1 ToMMo

ToMMoは、未来型医療を築いて震災復興に取り組むことを目的に設置された機関である。今後15万人ものゲノムを収集・保存するバイオバンク設備と、日本最大級のゲノム解析基盤と技術を併せ持つ国内有数のゲノム研究拠点である。ToMMoでは、三世代コホート調査*5 [6]として、病気を発症する前の段階から妊婦を

*4 NFC：近距離無線通信技術であり、FeliCaなどを含む。

*5 コホート調査：ある集団の健康上の変化を把握し、体質や生活習慣などと将来発症する病気との関連を調べる研究。

中心に、生まれてくる子とその兄弟、父親、祖父・祖母を対象にした大規模な調査を実施しており、採血および調査票による遺伝要因と環境要因の解析を行っている。

5.2 共同研究概要

本共同研究は、ToMMoの持つゲノムなどの解析基盤と、ドコモの持つモバイル・ヘルスケアデータ収集基盤を合わせることで、遺伝要因と環境要因の網羅的な解析を強化し、新しい予防法、早期発見法を確立して母子の健康や医学の発展に貢献するのが狙いである。東北大学医学系研究科による倫理審査委員会の承認を得て、ドコモは三世代コホート調査の追加調査として「マタニティログ調査」を実施する。これは、東北大学病院の産科を受診する妊婦を対象に、三世代コホート調査で実施される採血に合わせて追加採血などを

行い、加えて日々のヘルスケアデータの計測などを行う。対象となる妊婦は数百名規模を予定し、妊婦には妊娠初期から産後約1カ月後まで、調査に参加してもらう。

妊婦は毎日、指定のデバイスを使用し、血圧・室温、体重、体温、活動量などを計測し、スマートフォンを通じてヘルスケアデータ収集基盤に計測値を登録する(図2)。また、調査参加期間中に複数回、採血などを実施する。

血液などから得られるデータやヘルスケアデータは、妊婦に関する機微な情報である。本共同研究においては、ToMMoのセキュリティガイドラインに基づき、セキュリティ体制を整備し、個人情報を厳重に管理している。血液データやヘルスケアデータなどは、ToMMoにてただちに匿名化することで、本人を識別できない形で分析に用いられる。

5.3 共同研究での課題

ヒトを対象とした観察研究を実施するうえでは、被験者や医師をはじめ、非常に多くの関係者が関わるため、綿密な研究手順の設計と共有、事前検証、サポート体制の構築が重要となる。

さらに、被験者となる妊婦が約10カ月もの長期にわたり継続的にヘルスケアデータなどを計測・登録する調査となるため、データ登録を継続するモチベーションの維持も課題である。そこで共同研究専用のスマートフォン用アプリを開発し、登録率に応じたゲーム的な要素を加えるなど、被験者が胎児の様子や体調の変化を楽しめる工夫が重要である。

5.4 期待する成果

過去に妊婦を対象とした代謝産物などを解析した研究例はあるが[7]、血液などを定期的に採取し、ゲノム

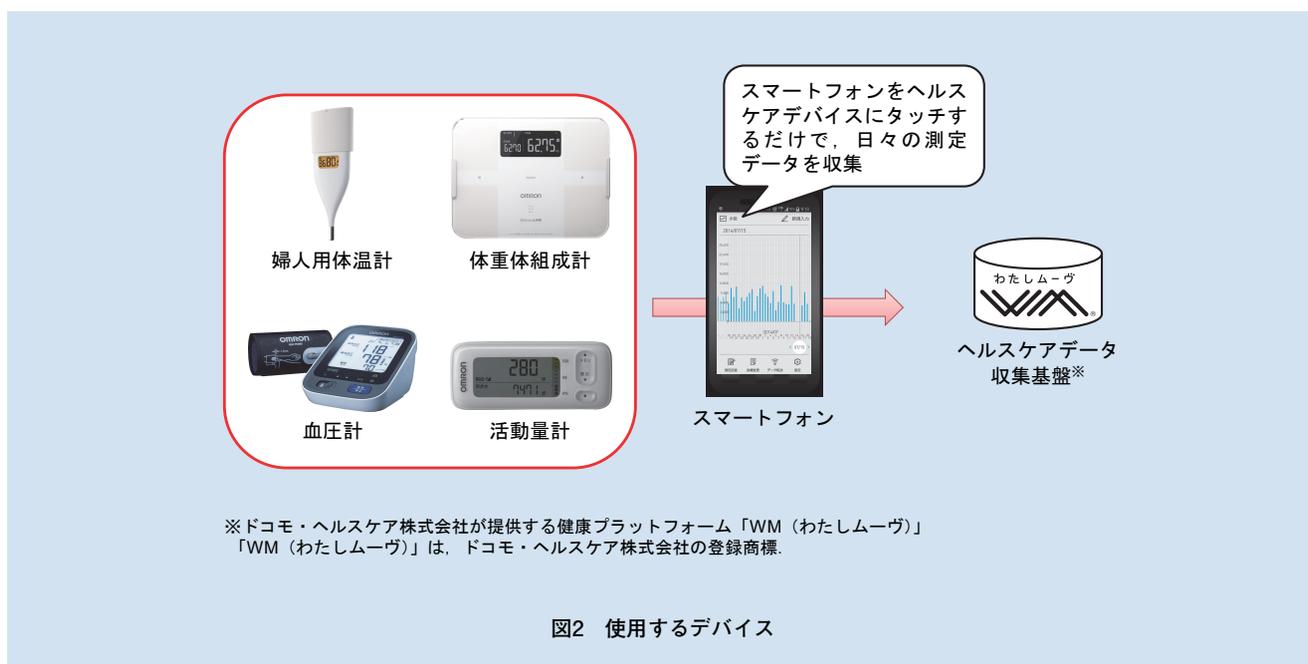


図2 使用するデバイス

や体内物質に加え、日々のヘルスケアデータと組み合わせた網羅的解析は世界初である。これにより、タンパク質や代謝産物などの体内物質の経時的变化をとらえ、日々のヘルスケアデータとの関係性、病気の発症との関係性、ゲノムとの関係性を明らかにする予定である。そして、生活習慣と体内変化の因果関係や、体内変化と血圧などへの因果関係を明らかにし、妊娠に関連する病気の予防方法や早期発見方法を確立することをめざす。

妊娠に関連する病気を予防・早期発見できれば、妊娠中や出産時、出産後のみならず、妊娠前や子の発育期にも良い効果をもたらす(図3)。妊娠中の母児の健康に、妊娠前の体調管理が影響する可能性が指摘されており、健康な妊娠のための個人に合った体調管理方法を開発すること

で、妊娠に関連する病気の発症リスクを低減することが期待される。また、妊娠中の体調管理・病気予防方法の開発により、無事に出産を迎え、出産後も健康を維持できる妊婦が増加することも期待される。例えば、妊娠高血圧症や妊娠糖尿病を発症すると、出産後も高血圧症や糖尿病を発症するリスクが高まることが知られている。そのため、妊娠中のそれらの病気発症を抑えることで、出産後の病気罹患率の低減が期待される。また、胎内環境の改善により胎児の健全な発育がなされ、母親だけでなく子供の発育にも良い影響が波及することが期待される。このように、妊婦特有の病気の予防・早期発見技術を確立することで、妊娠前の段階から子どもの発育期に至るまで広範囲にわたって母子の健康が守られる。

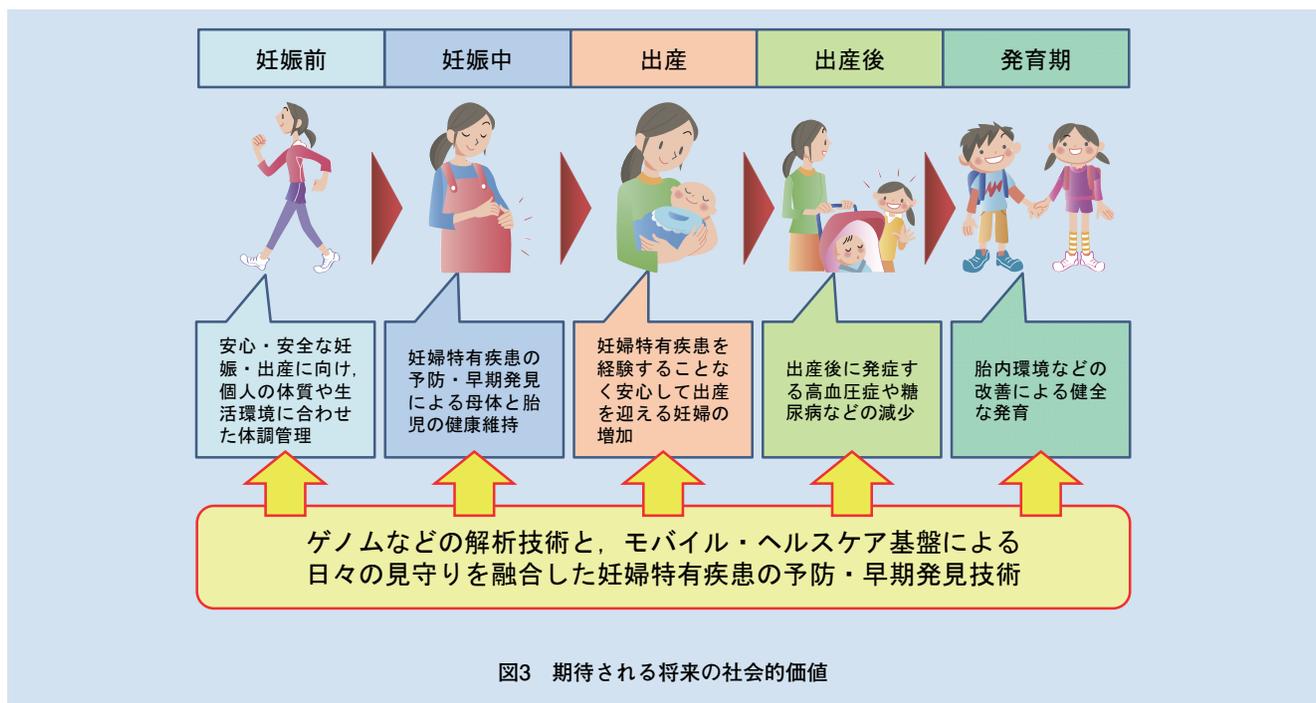
6. あとがき

本稿では、病気の要因、個別化医療・予防の課題、研究対象および、共同研究についてその方法と期待される成果を解説した。

将来的には、妊婦を対象とした予防方法・早期発見方法の探索研究で得られた知見を、妊婦以外に発症する病気の予防へと展開し、人々の健康寿命延伸に貢献していきたい。

文 献

- [1] NTTドコモ報道発表資料：“中期目標に向けた新たな取り組み,” Apr. 2015. https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/04/28_00.html
- [2] “The Human Genome Project (HGP),” 2003. http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/home.shtml
- [3] NTTドコモ報道発表資料：“ヘルスケアデータとゲノム解析を活用した妊婦



- の疾患の予防・早期発見に向けた共同研究を開始,” Nov. 2014.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2014/11/19_00.html
- [4] H. Metoki, T. Ohkubo, Y. Watanabe, M. Nishimura, Y. Sato, M. Kawaguchi, A. Hara, T. Hirose, T. Obara, K. Asayama, M. Kikuya, K. Yagihashi, Y. Matsubara, K. Okamura, S. Mori, M. Suzuki, Y. Imai and the BOSHI Study Group: “Seasonal trends of blood pressure during pregnancy in Japan: the babies and their parents longitudinal observation in Suzuki memorial hospital in intrauterine period study,” *J. Hypertens*, Vol.26, Issue 12, pp.2406-2413, 2008.
- [5] R. M. Reynolds, K. M. Allan, E. A. Raja, S. Bhattacharya, G. McNeill, P. C. Hannaford, N. Sarwar, A. J. Lee, S. Bhattacharya and J. E. Norman: “Maternal obesity during pregnancy and premature mortality from cardiovascular event in adult offspring: follow-up of 1 323 275 person years,” *Br Med J*, 347 (2013), p. f4539, 2013.
- [6] 東北メディカル・メガバンク機構：
“三世代コホート調査 | 東北メディカル・メガバンク事業.”
<http://www.megabank.tohoku.ac.jp/3gen/>
- [7] L. Maitre, E. Fthenou, T. Athersuch, M. Coen, M. B. Toledano, E. Holmes, M. Kogevinas, L. Chatzi and H. C. Keun: “Urinary metabolic profiles in early pregnancy are associated with preterm birth and fetal growth restriction in the Rhea mother - child cohort study,” *BMC Medicine*, 2014;12:110, 2014.

環境に優しく災害に強いグリーン基地局の最適装置設計法と全国監視手法の確立

先進技術研究所
 こみや かずひろ 小宮 一公
 ふるたに たかし† なかむら まさき 古谷 崇 中村 祐喜
 むら ゆりえ 村 友里恵
 たむら たかゆき 田村 隆幸

1. まえがき

ドコモでは、環境に優しい再生可能エネルギー（主に太陽光発電（PV：Photo Voltaic））を用いて自立的に電源を確保しつつ、大容量サイクル型*1蓄電池とグリーン電力コントローラ（GPC：Green Power Controller）によって、長時間バックアップとPV発電データ*2の見える化を実現する「グリーン基地局」の検討を進めてきた。R&Dセンター内での動作検証[1]および関東甲信越地域のフィールド試験10局による実証[2]の取組みを踏まえて、グリーン基地局の商用化が可能と判断したことから、2014年度に商用グリーン基地局を北海道から九州まで新たに11局設置し、合計21局にて2015年4月から運用を開始した。

本稿では、フィールド試験局に設置したグリーン基地局の基本構成と、商用グリーン基地局の設置パターン（受電局、ソーラー局）ごとの最適設計手法と、PV発電データの見える化を実現する統合監視システムの監視方法およびデータ取得例を解説する。

2. グリーン基地局の電源構成

2.1 フィールド試験局

フィールド試験局に設置したグリーン基地局の基本構成を図1に示す。これは、電力会社からの商用

電力を利用しながら、①PV、②大容量サイクル型蓄電池および、③GPCを増設してグリーン基地局化したパターンである。

それぞれ増設した物品・設備を以下に解説する。

①PV：ソーラーパネルとPVコンバータから構成される。ソーラーパネルは通信負荷の消費電力よりも大きな定格発電電力となる枚数を設置しており、ソーラーパネル面上の日射強度が十分な場合は、PV単独で基地局の運用が可能となるほか、無線装置（負荷）の消費電力を超える発電電力（余剰発電電力）は大容量サイクル型蓄電池に充電することができる。一方、PVコンバータはソーラーパネルの直流出力を直流48V系通信電源に接続するためのDC*3-DC電圧変換装置であり、ソーラーパネルの発電電力を計測してGPCと通信する機能を有する。このようにソーラーパネルを直流の通信電源に接続することで、災害時に基地局への商用電力（交流）の供給が滞った場合でも、PV単独で基地局を運用し、日中の携帯電話の通信を確保することが可能である。

②大容量サイクル型蓄電池：従来のフロート型*4鉛蓄電池*5と比較して2倍以上の電池容量*6を持つ大容量サイクル型蓄電池（ニッケル水素電池*7またはリチウムイオン電池（LiB：Lithium

©2015 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

† 現在、日本電信電話株式会社

*1 サイクル型：充電と放電を繰り返しながら使用する方式。
 *2 PV発電データ：本稿では、PV発電電力（kW）とPV発電電力量（kWh）を合わせたものをPV発電データとしている。
 *3 DC：直流（周波数0Hz）の成分。
 *4 フロート型：負荷に電力を供給しながら充電し、停電時に放電する方式。
 *5 鉛蓄電池：電極に鉛を用いた蓄電池。他の蓄電池と比較して安価であるが大型で重いという特徴がある。
 *6 電池容量：電池の実際に放電可能な電気容量の総量。

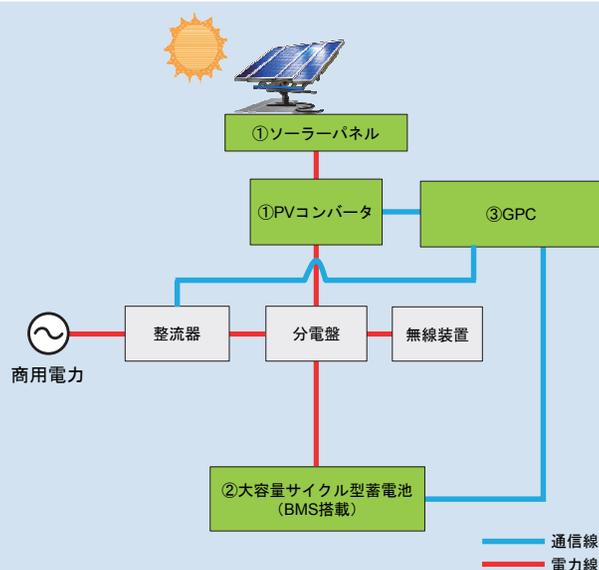


図1 グリーン基地局の基本構成

ion Battery)*⁸)を搭載し、基地局の長時間バックアップ(14~16時間程度)を省スペースで実現した。また、GPCと通信可能なバッテリーマネジメントシステム(BMS)*⁹を有する大容量サイクル型蓄電池を適用することにより、任意の充放電制御が可能となる。

③GPC:基地局が利用する3つの電源(商用電源・PV・蓄電池)の組合せを遠隔操作で制御するとともに、PV発電データや蓄電池の充電量など「電力の見える化」が可能である。本装置を利用した電力制御の一例として、ドコモでは「ダブルパワー制御*¹⁰」の実証実験に成功した[3]。

2.2 商用グリーン基地局

(1)受電局

商用グリーン基地局の構成を図2に示す。図2(a)の受電局は既存の整流器*¹¹とともに鉛蓄電池も継続運用しながら、①ソーラーパネル・PVコンバータと③GPCを増設してグリーン基地局化したパターンである。この場合、既存の鉛蓄電池がBMSを持たないためGPCによる充放電制御を行うことはできないが、PV発電データを収集し、後述する監視システムへデータ伝送して電力の見える化を実現するためGPCを設置している。

(2)ソーラー局

商用基地局においては、商用電力を利用して運用する「受電局」が一般的であるが、山間部などで商

用電力を受電できないロケーションの基地局では、PVを設置して運用する「ソーラー局」が以前より存在しており、後者をグリーン基地局化したパターンが図2(b)である。ソーラー局は、負荷消費電力に対して大規模な定格発電電力となる枚数のパネルを設置しており、負荷消費電力以上の余剰発電電力をサイクル型鉛蓄電池に充電する運用を行っている。これにより一定の日照時間が得られない不日照状態が数日間連続した場合でも、基地局運用が継続可能な電源設計となっている。ソーラー局は、PVとサイクル型蓄電池を用いる点ではグリーン基地局の電源構成と共通しているため、GPCなどの監視機器を追加で設置して、PV発電データの見える化を実現すればグリーン基地局に転換することができる。ソーラー局はこれまで、蓄電池の低電圧アラームにより不日照状態を認識していたが、グリーン基地局化によりPV発電データがリアルタイムで取得できることになるため、より早く不日照状態を把握して

*7 ニッケル水素電池:電極にニッケルと水素吸蔵合金(水素を取り込む性質を持つ金属)を使用した蓄電池。電解液、電極自体が非可燃性で安全性が高いという特徴がある。

*8 リチウムイオン電池:電解質中のリチウムイオンが移動することで、充電や放電を行う蓄電池。エネルギー密度が高く自己放電が少ないという特徴がある。

*9 バッテリーマネジメントシステム(BMS):蓄電池の電圧、入出力電流、充電量、温度などをモニタして制御するシステム。

*10 ダブルパワー制御:昼間のPVの余剰電力と夜間電力の2つの環境負荷が少ない電力をリチウムイオン電池の蓄電池に貯め、PVが停止する夕方から夜間電力が始まる午後11時までの間、蓄電池の電力を優先して使うように制御する技術。

*11 整流器:交流電力を直流電力に変換する装置。

保守対応を確立することが期待できる。

以上の電源構成をまとめると表1のようになる。商用グリーン基地局は今後、グリーン基地局基本構成に記載した物品を増設または設備更改することで、監視・制御対象装置を増やしていくことも可能である。

3. 統合監視システムによる「見える化」の実現

各地のグリーン基地局に設置した監視装置により

収集した電力データを集約して統合的に監視する、グリーン基地局統合監視システムを構築した。その構成を図3に示す。本システムは、①監視装置、②統合監視サーバおよび③ネットワーク（NW）から構成される。

①監視装置：GPC，データロガー，監視カメラからなり，それぞれPV発電データ・蓄電池充電量，負荷消費電力，ソーラーパネルの外観画像の情報を取得する。監視カメラは，PV発電データと天候・影などの関係やソーラーパネルの状態を確認するために設置した。装置の選定にあたっ

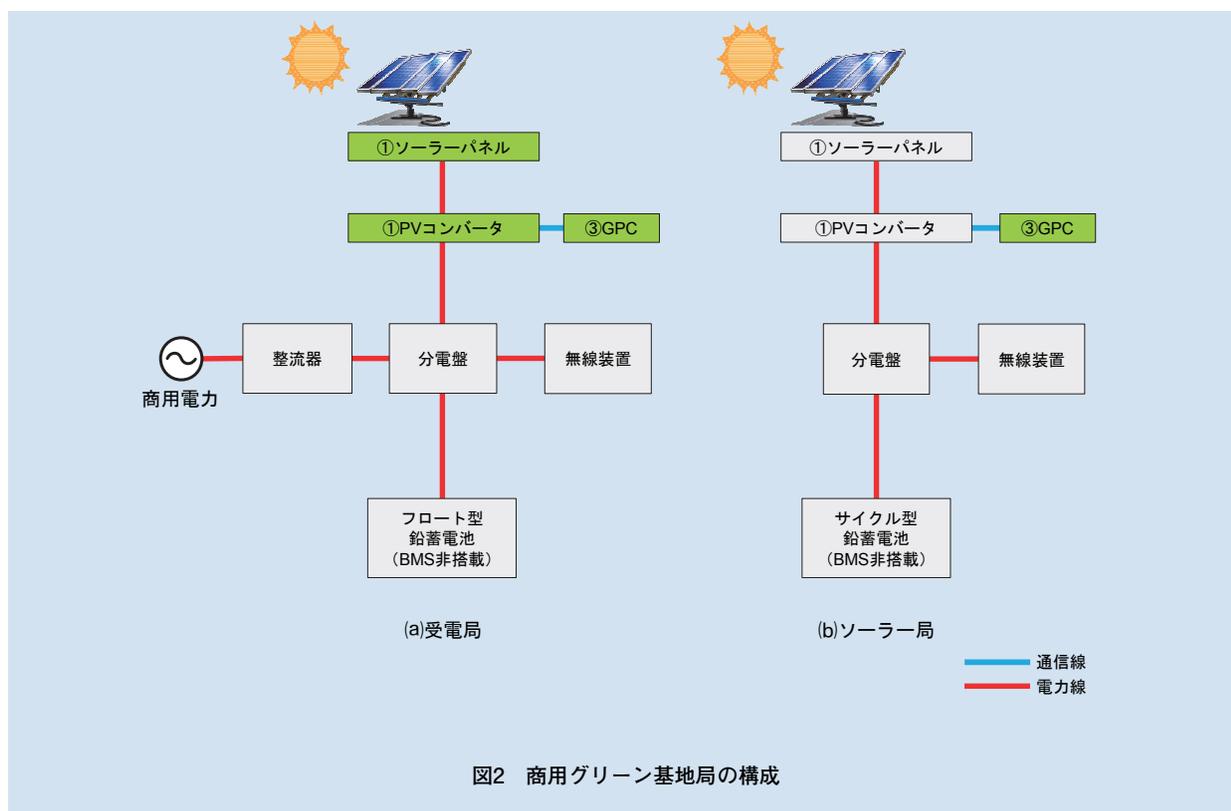


表1 グリーン基地局の電源構成比較

	グリーン基地局基本構成 (フィールド試験局)	商用グリーン基地局	
		受電局	ソーラー局
商用電力受電	○	○	×
整流器	○※1	○※1	×
ソーラーパネル	○	○	○
PVコンバータ	○	○	○※1
蓄電池種別	サイクル型※2	フロート型(鉛)	サイクル型(鉛)
発電監視機器	GPC, データロガー	GPC, データロガー	GPCまたはデータロガー※1
被監視装置	PVコンバータ, 整流器, 分電盤, サイクル型蓄電池	PVコンバータ, 整流器, 分電盤	PVコンバータ

※1 GPC対応装置でない場合はデータロガーにより電力データ取得

※2 GPCと通信可能なBMSを有すること

では、これらを付加することによる消費電力の増加を最小限にすることと、全国に設置するため動作温度幅が広いことを重要視し、事前にR&Dセンターにて動作検証を実施してから各基地局へ導入した。

グリーン基地局の監視装置構成を図4に示す。図4(a)は受電局（フィールド試験局を含む）に設置した構成であり、GPC、データロガー、監視カメラのほか、これらの機器をNWに接続す

るPoE（Power over Ethernet）*12ハブ、統合監視サーバにデータ送信するためのFOMAユビキタスモジュールおよびこれらの機器に電源を供給する監視装置用電源を設置した。受電局においては監視装置への電源供給は商用電力から行っているが、ソーラー局では通信用の電源設

*12 PoE：EthernetのLANケーブル（カテゴリ5以上のUTP（Unshielded Twist Pair）ケーブル）を使い、ほかのLAN機器に電力を供給する技術。IEEE802.3efにて標準化されている。

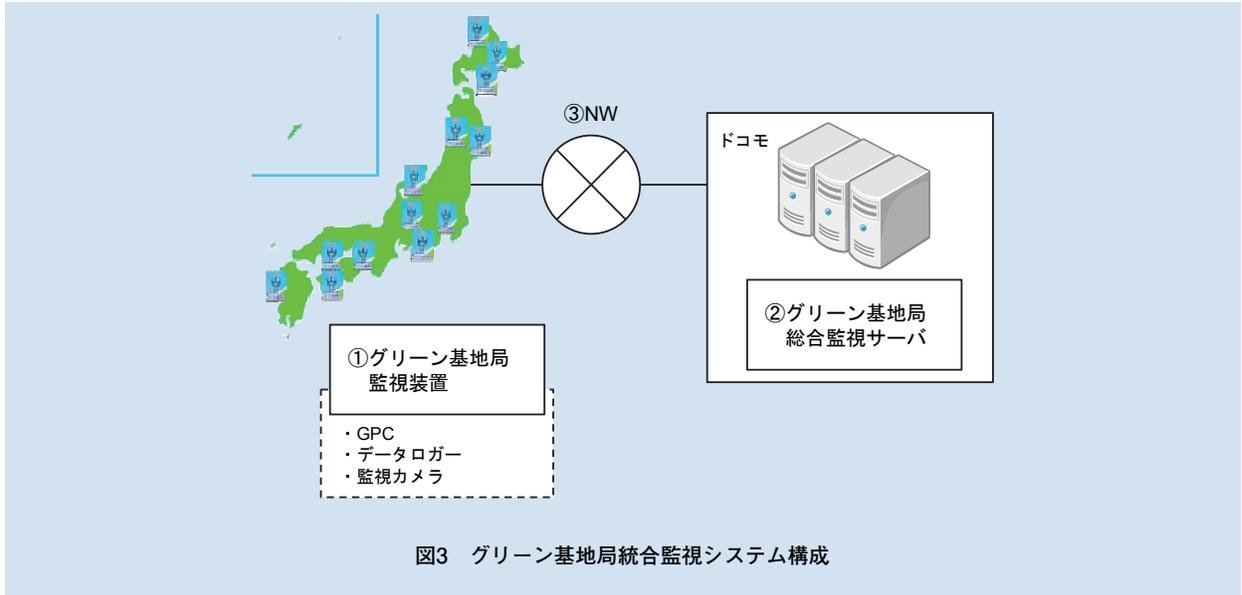


図3 グリーン基地局統合監視システム構成

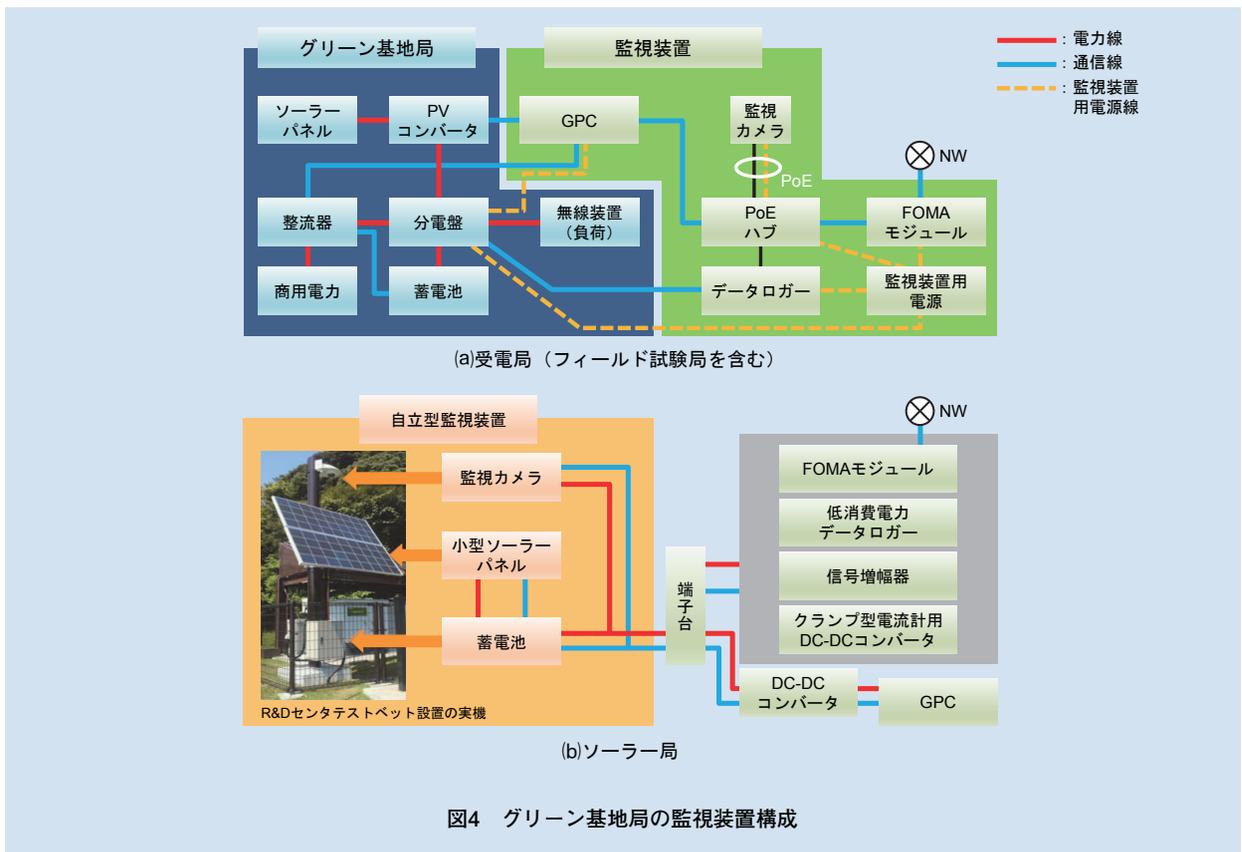


図4 グリーン基地局の監視装置構成

計を変更すると、結果として基地局の停波を引き起こす懸念が生じることから、図4(b)に示すように小型ソーラーパネルと蓄電池を監視装置への供給電源として新たに設置し、さらに監視カメラを加えることで「自立型監視装置」とした。本構成で用いる監視カメラとデータロガーは、より低消費電力型の機器を採用している。

- ②統合監視サーバ：監視装置が取得したデータを、閉域NWを介して受信し、記録・管理・可視化する機能を実現している。データの保管期間は季節ごとの比較検討を可能とするため最低1年以上とした。また、可視化データは、社内NWに接続された端末から統合監視サーバにアクセスすることで、Web上で閲覧可能である。
- ③NW構成：各監視装置はFOMAユビキタスマジュール経由で、また統合監視サーバは光回線経由で、それぞれ閉域NWで接続される。監視装置は自動的に一定間隔でデータを統合監視サーバへ送信する。統合監視サーバは、各地のグリーン基地局をIPにより一意に識別している。また、セキュリティの観点から監視装置は統合監視サーバとのみ通信が可能である。

図5にグリーン基地局の統合監視画面の一例を示す。フィールド試験局10局と商用グリーン基地局11局の合計21局分のPV発電データを地域単位で表示している。各地域の円グラフにおいて、上段の数値は現在（アクセス時点）の発電電力、下段の数値は

ソーラーパネルの定格発電電力を示し、グラフはその割合を表している。1つの地域に複数のグリーン基地局を設置している場合はその地域の合計値を表示し、また全国の合計値を画面左の表に示している。

4. グリーン基地局の全国展開とデータ取得例

図6にグリーン基地局の設置ロケーションを示す。赤丸が関東甲信越地域に設置したフィールド試験局（10局）、緑丸が商用グリーン基地局（11局）である。基地局は携帯電話エリア構築のために場所選定や設備設計がなされていることから、グリーン基地局化する基地局の選定にあたってはそれらの制約のもとにソーラーパネルなどの設備を増設する必要がある。受電局の場合はソーラーパネルとPVコンバータを新設する必要があるため、設置スペースに余裕があり、かつ日射方向に影を与える障害物がないことが条件となるが、アンテナ鉄塔や周辺構造物の影響により必ずしも理想的な設置環境とならない場合もある。そのため、ソーラーパネルを空間的に離して設置したり、配線を並列化して影による発電電力の低下を最小限にする最適化を行っている。一方ソーラー局の場合は、ロケーションが山間部などで設置スペースや周辺環境が良好な条件であることが多く、不日照対策の電源設計とするため、負荷消費電力に対してソーラーパネルを大規模に設置していることが特徴である。

表2に商用グリーン基地局のデータ取得例として、

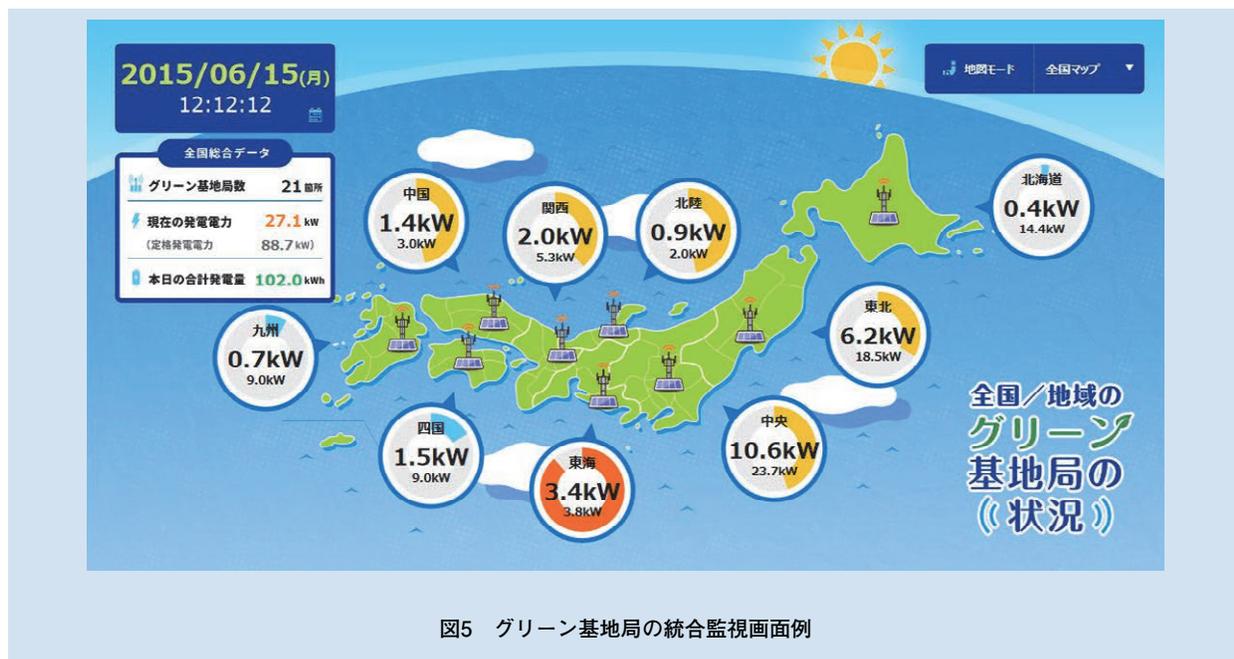


図5 グリーン基地局の統合監視画面例

PV発電電力量と自活率を示す。自活率とは、PV発電電力量と負荷消費電力量の比で定義される値であり、PVによりどの程度電力を自立的に確保できたかを表す指標である。ここでは、各局において2015年6月1～10日に計測した日々のPV発電電力量から自

活率を求めて、その平均値を記載した。なおソーラー局では測定開始時点での電池容量は考慮していないが、測定期間における充電はPV由来の電力（PV余剰発電分）であるため、その日のPV発電電力量に算入している。その日が不日照の場合は、

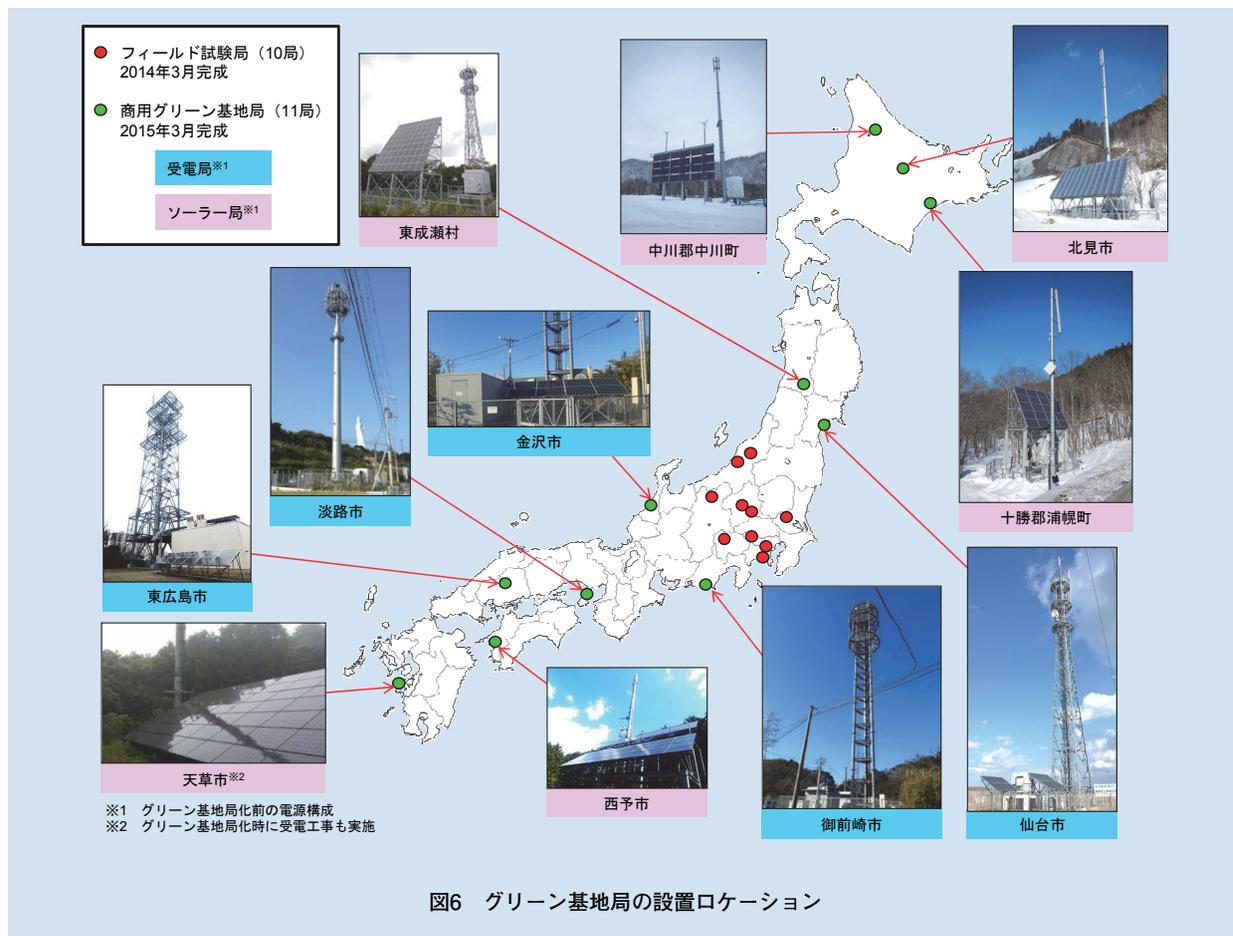


表2 商用グリーン基地局のデータ取得例（2015年6月1～10日の平均値）

支社	エリア	1日のPV発電電力量 (kWh)	負荷消費電力 (kW)	自活率 (%)
北海道	北見市	1.3	0.3	18.1
	十勝郡浦幌町	4.2	0.3	58.9
	中川郡中川町	0.7	0.1	30.5
東北	仙台市	13.2	2.4	23.0
	東成瀬村	11.8	0.5	98.2
北陸	金沢市	5.41	4.3	5.3
東海	御前崎市	10.22	8.2	5.2
関西	淡路市	13.44	2.2	25.5
中国	東広島市	8.39	1.7	20.6
四国	西予市	10.6	0.7	63.3
九州	天草市	5.49	0.7	32.7

青：受電局※ ピンク：ソーラー局※

※グリーン基地局化前の電源構成

PV由来の電力による充電が行われなため自活率が低下するが、数日間は過去日に充電した電力により運用する電力設計となっている。表2より、統合監視システムにて収集した電力データを用いて自活率の見える化が実現できた。

5. あとがき

本稿では、フィールド試験局に設置したグリーン基地局の基本構成と、商用グリーン基地局の設置パターン（受電局、ソーラー局）ごとの最適設計手法と、PV発電データの見える化を実現する統合監視システムの監視方法およびデータ取得例を解説した。

グリーン基地局により電力の遠隔監視・制御を可能とし、かつ環境・災害機能を強化した。そして基地局設置パターンごとにグリーン基地局化のための増設物品の選定や敷地内への設置・配線などに関する最適設計法を確立して、その先進的技術の全国展

開を図ることにより、エコロジーマネジメント事業の進展に貢献した。ドコモでは今後も、物品・建設・運用に関するコストダウンを図りながら、全国の商用基地局のグリーン基地局化を推進していく。

文 献

- [1] 小宮，ほか：“環境に優しく災害に強いグリーン基地局用試験システムの開発，”本誌，Vol.21，No.1，pp.34-39，Apr. 2013.
- [2] 小宮，ほか：“環境に優しく災害に強いグリーン基地局のフィールド試験展開，”本誌，Vol.22，No.1，pp.45-48，Apr. 2014.
- [3] 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

● Activities ●

「5G Tokyo Bay Summit 2015」開催

2015年7月22～23日の2日間にわたって、ドコモ R&Dセンタ（神奈川県横須賀市）において、第5世代移動通信システム（以下、5G）に関するドコモ主催のオープンイベント「5G Tokyo Bay Summit 2015」[1]を開催し、国内外の企業、大学、報道機関などから多くの方が来場されました。

これまでドコモは、5Gの実現に向けて、将来新たに使用することが考えられるさまざまな周波数帯の候補を想定した無線通信技術について検証を行うべく、2014年5月までに国内外の主要ベンダ6社とそれぞれ協力して実験を行うことに合意[2]し、さらに、2015年3月には協力ベンダ2社を追加[3]して、屋内およびフィールドでの各種実験を進めてきました。本イベントは、世界の主要ベンダが一堂に会し

て、これら5Gに向けた実験の内容とその最新の成果を含む5G技術を紹介し、業界関係者が情報交換と議論を行うことによって、5G技術に関する研究のさらなる促進と各種取組みの活性化が図られることを目的に開催いたしました。

2日間のイベントでは、24件の講演と26件の展示・デモンストレーションを並行して実施しました[1]。これらの講演と展示は、前述の実験協力ベンダ8社と、イベント初日に報道発表[4]を行い新たに実験協力を合意した5社を加えた計13社とドコモが参加する形で行われました。

初日の講演では、最初に特別講演として、東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会の情報基盤部長・井上 淳也氏にご登壇いただき、大



屋外横断幕



展示・デモンストレーション コーナ（ドコモ）



展示・デモンストレーション コーナ（実験協力各社）



講演会場（メイン会場）



講演会場（中継会場）

©2015 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

会における通信基盤の重要性について解説していただきました。続いて、ドコモR&Dイノベーション本部長の尾上 誠蔵氏が基調講演を行い、2020年に向けた5Gの実用化方針について述べました。その後、国内外の主要ベンダのキーパーソンによる招待講演とパネル討論が行われ、5Gで期待されるネットワークの世界について熱い討論が行われました。2日目の講演では、5Gテクノロジーワークショップと称して、パネルセッションや技術講演セッションが行われました。パネルセッションでは、東北大学・安達文幸教授が座長を務められ、総務省、大学、主要ベンダのパネリストの方により、5G実現に向けた日本の役割などについて討論が行われるとともに、技術講演セッションでは、ドコモと世界主要ベンダとで進めている5G実験協力について各ベンダから順次紹介が行われ、多数の参加者が聴講しました。

一方、展示・デモンストレーションでは、実験協力に関するテーマとして、5G信号波形設計、5G無線技術の大規模検証、超高密度分散アンテナ協調制御技術*1、5GHz帯Massive MIMO*2、15GHz帯無線アクセス伝送実験、28GHz帯を用いた超広帯域移動通信、44GHz帯超大容量Massive MIMO伝送、超

*1 超高密度分散アンテナ協調制御技術：高いトラフィックが発生するエリアに対して、多数の小型のアンテナユニット（基地局）を超高密度に分散配置したうえで、電波伝搬環境に応じて複数アンテナユニットを柔軟に結合した基地局を構成するとともに異なる地点の基地局間で協調制御することにより、基地局がカバーするエリア（仮想セル）をダイナミックに変更しながら常に快適な通信環境を提供する技術。

*2 Massive MIMO：送信と受信にそれぞれ複数素子のアンテナを用いることで無線信号を空間的に多重して伝送するMIMO（Multiple-Input Multiple-Output）伝送方式において、より多くのアンテナ素子で構成される超多素子アンテナの採用により、高周波数帯使用時の電波伝搬損失補償を可能とする鋭い電波ビームを形成したり、より多くのストリームを同時伝送したりすることで、所望のサービスエリアを確保しつつ、高速なデータ通信を実現する。



特別講演
東京オリンピック・
パラリンピック
組織委
井上氏



基調講演
ドコモ
尾上氏



招待講演
エリクソン
Dahlman氏



招待講演
ファーウェイ
Wang氏



招待講演
日本電気
橋本氏



招待講演
ノキア
Oksanen氏



招待講演
クアルコム
Tiedemann氏



パネル討論（初日）



パネル討論（2日目）



招待講演
東北大学
安達教授



招待講演
総務省
布施田移動
通信課長



招待講演
東京大学
森川教授



招待講演
大阪大学
三瓶教授



招待講演
富士通
中村氏



招待講演
日本電気
田上氏



講演
ドコモ
中村氏

広帯域ミリ波無線通信^{*3}などが紹介されるとともに、ドコモからは、5Gリアルタイムシミュレータ、5Gサービスイメージ、非直交多元接続（NOMA：Non-Orthogonal Multiple Access）^{*4}伝送実験、将来コアネットワーク、極薄フロントエンド、5G電波伝搬に関する技術などを紹介しました。

ドコモは、本イベントを契機として、国内外のベンダーとの実験協力および5Gのキーとなる技術の検討をさらに加速し、その成果を5G関連の世界の研究団体や国際会議における議論、2015年秋以降に開始される5Gの標準化議論などにおいて活用しながら、最先端通信ネットワークである5Gの実現に向けて引き続き研究開発に取り組んで参ります。

文 献

- [1] NTTドコモ：“5G Tokyo Bay Summit 2015.”
<http://5gs.idc.nttdocomo.co.jp/>
- [2] NTTドコモ報道発表：“世界主要ベンダーと5G実験で協力,” May 2014.

https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2014/05/08_00.html

- [3] NTTドコモ報道発表：“5Gの屋外実験で4.5Gbpsの超高速通信に成功—東京2020オリンピック・パラリンピックまでにサービスの提供開始をめざす—,” Mar. 2015.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/03/02_00.html
- [4] NTTドコモ報道発表：“世界主要ベンダーとの5G実験を拡大,” Jul. 2015.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/07/22_00.html

***3 超広帯域ミリ波無線通信**：周波数が30～300GHzまでの電波をEHF（Extra High Frequency）、もしくは波長が1～10mmであることからミリ波と呼び、従来セルラシステムで用いられてきた周波数帯よりも高い周波数帯であるこれらの電波を用いることで、帯域幅が数百MHz～1GHz程度の超広帯域無線信号伝送を可能とし、これによりGbpsクラスを超える超高速のデータ通信を実現する。

***4 非直交多元接続（NOMA）**：基地局が複数のユーザと同時に接続（多元接続）する際、各ユーザ無線信号を、伝搬損失の大きさに応じて送信電力を変えつつ、同一の時間・周波数でそのまま重ねて（すなわち非直交の状態）送信し、受信側において、ユーザ信号間の電力差を利用しながらお互いの干渉をキャンセルすることによって個々のユーザの信号を分離する方式。

第26回電波功績賞 「総務大臣表彰・電波産業会会長表彰」受賞

2015年6月16日に開催された第26回電波功績賞表彰式において、無線標準化推進室長 橋本 明氏が「地上無線通信システムの国際標準化に関する貢献」について総務大臣表彰（電波産業会創立20周年特別賞）を、VoLTE開発グループ（代表 照沼 和明氏）が「VoLTEの実用化」について総務大臣表彰を、マルチバンド対応ROF（Radio Over Fiber）*1システム開発グループ（代表 前原 昭宏氏）が「マルチバンド対応ROFシステムの開発・実用化」について電波産業会会長表彰をそれぞれ受賞しました。

電波功績賞は、一般社団法人電波産業会（ARIB：Association of Radio Industries and Business）により、電波の有効利用に関する調査、研究、開発において画期的かつ具体的な成果をあげた者、あるいは電波を有効利用した新しい電波利用システムの実用化に著しく貢献した者に対して授与されるものです。電波産業会創立20周年を迎えた今年度は上記に加え、多年にわたり電波利用に関する研究開発、標準化活動、普及活動などに従事し、電波の有効利用の向上または電波利用システムの発展に多大な貢献をした個人に対して特別賞が授与されました。

特別賞の「地上無線通信システムの国際標準化に関する貢献」では、橋本氏が地上無線通信分野における国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R：International Telecommunication Union-Radiocommunication sector）会合に1980年以降継続的に参加し、多くの重要勧告の策定に貢献したこと、さらに2007年からはITU-Rにおける最大規模のグループである第5研究委員会（SG-5）の議長として、携帯電話システムを含む、地上無線通信システムの国際標準化に多年にわたり貢献したことが評価され、受賞となりました。

総務大臣表彰の「VoLTEの実用化」では、照沼氏らが移動通信分野において、LTE通信方式の packets 交換を利用し、音声サービスの品質を保証しつつ、周波数利用効率を3Gに比べ3倍に高めたVoLTEの国際標準化を主導するとともに、開発・実用化を行い、国内で初めてサービスを提供するなど、電波の有効利用に大きく貢献したことが評価されました。

また、電波産業会会長表彰の「マルチバンド対応ROFシステムの開発・実用化」では、前原氏らが無線アクセス分野において、LTEサービスの屋内エリア拡大のため、従来の2GHz帯に加え1.5GHz帯および1.7GHz帯にも対応し、それぞれの無線信号を1つのシステムで同時に高品質、かつ安定して伝送可能なマルチバンド対応ROFシステムを開発・実用化し、電波の有効利用に大きく貢献したことが評価されました。



*1 ROF：複数のサイトにそれぞれ設置された子局装置と遠隔の別ロケーションに設置する1台の親局装置および基地局設備とを光ファイバにて接続し、光ファイバ上で無線信号を伝送するシステム。装置の小型化により各サイトへの設置が容易になるとともに、親局側装置の共用化やメンテナンス効率化などによるランニングコストの削減を可能とする。

平成27年度全国発明表彰「発明実施功績賞」受賞

2015年6月17日に行われた平成27年度全国発明表彰式で、ドコモは「特許庁長官賞」となったLTEの無線伝送技術に対する「発明実施功績賞」を受賞しました。全国発明表彰は、大正8年、我が国における科学技術の向上と産業の発展に寄与することを目的に始まり、多大な功績をあげた発明、考案、または意匠、あるいは、その優秀性から今後大きな功績をあげることが期待される発明などを表彰しています。科学技術的に秀でた進歩性を有し、かつ顕著な実施効果をあげている発明に対して、最も優秀と認められる発明に「恩賜発明賞」、特に優秀と認められる発明に「内閣総理大臣賞」、「特許庁長官賞」などが贈呈されます。

「特許庁長官賞」は、無線アクセス開発部に所属していた樋口 健一氏（現在、東京理科大学准教授）と佐和橋 衛氏（現在、東京都市大学教授）が発明された「LTEにおける高速セル探索技術の発明」の功績によるものです。その技術開発および実績に対する会社の功績が認められ、「発明実施功績賞」をドコモの代表者として加藤 薫社長が受賞しました。

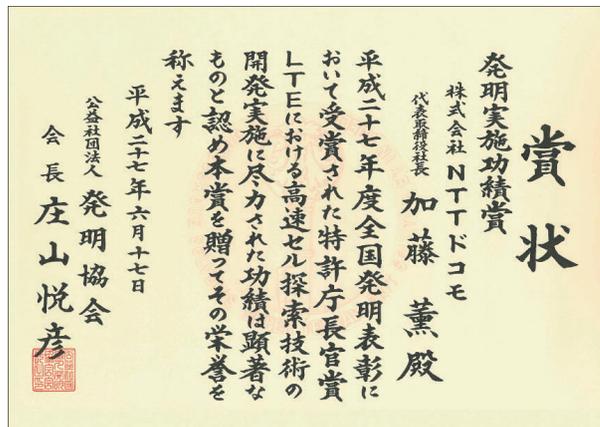
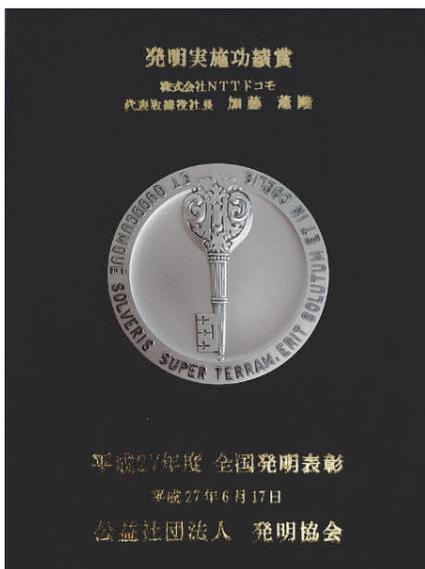
ドコモは2000年から次世代用無線方式の技術提案、および実証実験による検証を開始し、LTE・LTE-Advancedの要求条件を検討してきました。また、2004年2月より、世界の主要オペレータ、メーカーに、

LTE方式の性能の優位性、LTEの標準化の必要性を個別に説明し、交渉を行い、2004年12月の3GPP (3rd Generation Partnership Project) におけるLTEの標準化開始に向けて主導的な活動を行ってきました。

本発明「LTEにおける高速セル探索技術の発明」（特許第4440831号：『基地局装置、送信方法及び通信システム』）は、そのような活動を行う中で出願したものです。LTEシステムにおいて、本発明は、携帯端末の電源投入時に、複数の接続候補基地局の中から最適な基地局を特定し、通信可能な状態となるまでの処理時間を短縮します。具体的には、1.4～20MHzの複数のシステム帯域幅を用いるLTEシステムにおいて、セルのシステム帯域幅によらず、システム帯域幅の中心の固定帯域幅で同期信号*1を送信することにより、通信までの待ち時間を大幅に短縮するとともに、携帯端末の低消費電力化を実現します。待ち時間の短縮と低消費電力化は、移動通信における基本的な要求条件のため、本発明は、LTEシステムの実用化に大きく貢献しました。

本発明は、日本のみならず米国、中国や韓国など諸外国でも特許登録され、3GPPのLTE標準規格に採用されているため、LTEネットワークの展開に伴い、世界中で使用される価値の高い特許となっています。

*1 同期信号：携帯端末が電源投入時などに、待ち受けるセルの周波数、受信タイミングおよびセルIDの検出を行うための物理信号。



NTT DOCOMO
テクニカル・ジャーナル Vol.23 No.3

平成27年10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。

© 2015 NTT DOCOMO, INC.