



NTT DOCOMO

Technical Journal

25th

Anniversary

NTT
docomo

[Contents]

DOCOMO Today



ドコモテクニカル・ジャーナル25周年記念号発刊に寄せて 中村 寛 1

座談会



ドコモの研究開発から振り返る移動通信の歴史、さらに未来へ
— The long and winding road — 4

5G時代に向けたドコモR&Dの現在・未来 各分野の現状と進化



(P.31)

5G時代を支える無線アクセスネットワーク 14

5G時代の社会インフラに向けたコアネットワーク 22

5G時代に向けたデバイスの進化 31

AI・ビッグデータ分析のトレンド 38



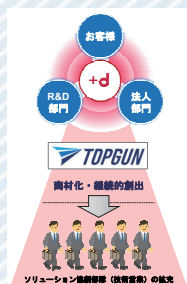
(P.38)

パートナーとのオープンイノベーション

5Gが切り開く未来の展望

— パートナーの強みを融合させた世界 — 48

R&Dも現場へ！「トップガン」による法人ソリューションの協創 55



(P.55)

Web版別冊

無線方式の変遷と技術年表

過去記事再録

総目次

ドコモテクニカル・ジャーナル 25周年記念号発刊に寄せて



取締役常務執行役員
R&Dイノベーション本部長

なかむら ひろし
中村 寛

NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル（以下、ドコモテクニカル・ジャーナル）はドコモの最新の研究開発動向を広く紹介する技術広報誌として、ドコモが発足した翌年の1993年7月に創刊し、今年で25周年を迎えました。

これを1つの節目として、次の25年に向けドコモが描く技術革新とビジネス変革について、ドコモテクニカル・ジャーナル25周年記念号として取りまとめました。別冊には今後の発展への示唆として、移動通信サービスの約40年にわたる歴史を振り返り、エポックとなった研究開発に関する記事を、ドコモテクニカル・ジャーナルおよび電電公社・NTT技術開発資料（電気通信研究所研究実用化報告）から抜粋し、編纂しました。

移動通信サービスは、1979年12月3日に世界初のセルラ方式による移動通信システム（第1世代）として、当時の電電公社によりサービス開始されたのが始まりで

した。それから約40年、ドコモは多くの技術革新を実行し、モバイル市場を量的にも質的にも大きく発展・変革させることに貢献してきました。

技術的には、市場要求を満たすべく、ほぼ10年ごとに新たな技術世代を生んできました。1980年代のアナログ方式による第1世代を皮切りに、1990年代は急伸する電話需要を満たしモバイルデータ通信の礎を築いた初のデジタル方式による第2世代、2000年代はモバイルマルチメディアの発展とともにパケット通信を拡大した第3世代、さらに今日の2010年代はLTE方式により、さらなる高速広帯域通信を実現した第4世代へと変革してきました。

サービス面でその歴史を捉えると、ほぼ20年周期に我々の生活を大きく変えてきたと言えます。第1・2世代の1979年から始まった20年では、家やオフィスに“固定”された電話を、どこでも、誰でも使えるビジネスツールとして発展させました。当初の自動車電話はごく限られた人たちが利用するステータスシンボルでしたが、胸ポケットに入る携帯電話「ムーバ」の登場により、ビジネスマンが社内外で利用するビジネスツールへと変革して、ビジネス環境を大きく変えてきました。第3・4世代の2000年から始まり現在に続く20年では、携帯電話をビジネスツールから生活に無くてはならないライフスタイルツールへと変革させました。1999年に開始したi-modeにより、手のひらの上でe-mailやさまざまなコンテンツやサービスを利用できる世界を生み、携帯電話はビジネスマンのみならず子供から大人まで、誰でもいつでもどこでも使える生活の必須ツールとなりました。スマートフォンはその世界を拡大・加速しています。さらに、通信市場のビジネスモデルにも、キャリアによる垂直統合からコンテンツを中心とした水平分業へと大き

な変化をもたらしました。

このように40年の過去の歴史を紐解くと、技術的な10年周期の変革と、社会的インパクトを与える社会価値の変革としての20年周期があることがわかります。歴史は繰り返す、という言葉を信じるならば、まさしく2020年は技術的にも社会価値的にも新たな革新を生む年となります。

ドコモでは2020年をめざして第5世代移動通信システム（5G）の研究開発を進めています。5Gはモバイル通信の「高速・大容量」に加え、遠隔制御などに利用される「低遅延」、IoT（Internet of Things）を実現する「多数端末接続」という3つの要求条件を満たすシステムとして技術検討が進んでいます。

しかし、5Gは単なるモバイルシステムの性能発展に限るものではありません。5Gには、さまざまな業界のパートナーとともに、ビジネスの効率化、新たなビジネスの創造、さらには社会課題の解決、といった社会基盤を変革することが期待されています。まさしく第4次産業革命の起爆剤として期待を集めています。

5Gには、通信技術の発展に留まらず、IoTや新たなユーザデバイスの創出、ビッグデータやAIを活用した新たなサービスや社会課題の解決が期待されています。これらのビジネスケースは、従来のキャリア中心の垂直統合型ビジネスモデルではなく、オープンにパートナーの皆様とともに協創（Co-creation）するB2B2X（Business to Business to X）型のビジネスモデルによってこそ実現されるものと考えています。現在、ドコモでは、5Gトライアルサイトや5Gオープンパートナープログラムを通して、さまざまなパートナーの皆様と新たなビジネスモデルの構築を模索しています。すでに2018年7月末時点で1,600社を超えるパートナーの皆様との協創が



始まっています。

今日、移動通信は単なる通信インフラとしてだけでなく、1人ひとりに無くてはならない生活の必須ツールであり、さらには第4次産業革命を牽引する社会基盤に変革しようとしています。それを実現しさらに発展するためには、読者の皆様をはじめとしたさまざまな産業とのオープンなイノベーションによる協創が必須です。

ドコモテクニカル・ジャーナルの発刊の言葉として創刊号には、当時の社長大星公二がこのように記しています。「本誌では、当社の研究開発活動、成果の一端を紹介し、読者の皆様に参考としていただくとともに、様々なご批判、ご意見をいただき、私共自身も移動通信技術・サービスの向上に努めて参りたいと考えております。」

読者の皆様とオープンかつ闊達な情報交換の場として、ドコモテクニカル・ジャーナルを次の四半世紀に向けてさらに発展させていきます。皆様からのさまざまなご意見をお待ちしております。

ドコモの研究開発から振り返る 移動通信の歴史，さらに未来へ

— The long and winding road —

- 木下 耕太 元ドコモCTO，元ドコモ・テクノロジ社長（前方左）
歌野 孝法 元ドコモCTO，元ドコモ・テクノロジ社長（前方右）
尾上 誠蔵 元ドコモCTO，現ドコモ・テクノロジ社長（後方左から2番目）
永田 清人 元ドコモ移動機開発部部长，現アシュリオン・ジャパン代表取締役社長 兼 最高経営責任者（後方右から1番目）
山本 浩治 元ドコモNW開発部部长，現NTCテクノロジー代表取締役社長（後方右から2番目）
外川 智恵 インタビューア（後方左から1番目）



——皆様、本日はお集まりいただきありがとうございます。今や当り前の存在になった携帯電話の歴史において、技術開発や商品化の裏側には語られていないさまざまなドラマがあったかと思えます。今回は黎明期から現在、未来までを5つの世代に分けてお話を伺わせてください。

■ 第1世代（80年代、アナログ方式）～

黎明期

自動車電話から携帯電話へ：小型端末movaの誕生

——それでは、黎明期に開発を担当されていた、木下さん。携帯電話の誕生からお話いただけますか？

木下 ももとは携帯電話ではなくて、自動車電話システムとして誕生しました。最初に商用化したのが……。

山本 1979年12月3日。

尾上・永田 1979年12月3日です。

山本 昭和54年です。

——みなさん、よく覚えていらっしゃるね。

永田 歴史的なことですからね。ドコモの社員はみなしっかり覚えています。

木下 最初の商用機は大きくて、重さが8kg、大きさが6ℓもありました。

当時、電電公社の技術系のトップの技師長という方がその重さや大きさに驚いて、「すぐに作り直せ！」と言われたことを覚えています。研究所に新しい組織を立ち上げて6ℓからどうやって小さくするかに頭をひねりました。2代目くらいでしょうか、その当時の責任者が小さくなった試作機を見て「ひょっとすると電池をつけると持って歩けるな」と言いました。

これなら携帯電話になる！と宣伝して回りました。まさに携帯電話の発想の原点です。しかし、電波免許は自動車電話に与えられたものですから、携帯電話としては使えません。そこで「車から持ち出せる着脱式移動機」として商用化に臨みました。携帯電話らしきモノは開発、商用化できたものの、残念ながらつながりの良くないシステムでした。しかも、



木下 耕太

端末は100万円もしましたから、ごく一部の方にしか利用していただけないものでした。

歌野 確か、当時は世界的にも自動車電話の開発が主流でしたよね。本格的な携帯電話はモトローラが作ったマイクロタック。自動車電話のシステムをベースとして、端末は送信出力を下げ、いわゆる携帯電話と同じような大きさ、形状に作り上げたというのが当時のやり方でした。

問題は自動車電話から携帯電話へと形を変えたために基地局への電波が届きづらくなってしまったこ



Motorola MicroTAC

WIRED News記事「携帯電話の歴史に残る「世界を変えた」12台の名機」より引用
https://wired.jp/2013/04/06/influential-cellphones/#galleryimage_61239-519_2

と、それをどう直していくかというのが、次の大きな課題でした。

木下 システム容量は全国で10万加入、東京と大阪に交換機を1台ずつ置くというシステム設計で進んでいました。

歌野 その当時、自動車電話をもつことは1つのステータスでした。こうした背景の中、国際的な状況も含めて将来的に本格的な携帯化が必要だという社内での認識が得られたから、システム開発が推進されていたのでしょう。しかし、当時はポケベル（ポケットベル）が主流でした。

木下 したがって、携帯電話の第1世代をリードした開発サイドの方はものすごくご苦労された。ポケベルと公衆電話があれば自動車電話はいらないのではと、導入サイドは否定的でしたから、1億人のうち10万加入で十分という評価でビジネスがスタートした記憶があります。

尾上 とはいえ、スタートから3年が経過した頃、私が入社した82年は1万台加入程度でしたが、いわゆる大容量方式の開発が始まっていました。獲らぬ狸の皮算用とっていました。

歌野 結果として、スタートしてから10数年の間に10万、100万とドンドン伸びていきました。

山本 ドコモ誕生の平成4年、93年は170万ですよ。

永田 肩からぶら下げた本体から受話器を外して使う、ショルダーフォンが誕生して、報道の人たちが



ショルダーフォン

みんなそれで連絡するようになり、当時の歌番組である「夜のヒットスタジオ」で、近藤真彦がこれを抱えて階段から降りてきたので、少し認知が広がりました。

山本 ショルダーフォンは、1985年の御巢鷹山の飛行機墜落事故でも救助隊の裏方として大変役立ちました。

永田 サービスインする前、横須賀の研究所にあったものを組み立てて送り出しました。

歌野 当時は自衛隊にも貸し出して、災害復旧にも役に立っていたと記憶しております。

永田 ちなみに、アナログ端末で150ccのmova[®]が誕生したのは1991年です。ただ、ポケベルはつながるのになぜ携帯電話はつながらないのかと、社内外からさまざまなご意見をいただいた時代でした。それが第一世代です。

■ 第2世代（90年代、デジタルPDC方式）～

爆発的普及拡大時期

音声通信からデータ通信へ：iモードの誕生

——movaになり、6ℓが150ccにまで縮小され、加入台数が爆発的に増え、そしていよいよ第2世代へと移っていきました。

山本 この時代、1998年、99年といえばiモードですよ。



歌野 孝法



永田 その前にデジタルのPDC (Personal Digital Cellular) 方式を導入して、2,400kbpsとか1,200kbpsのデータ通信とかファックス通信もやりました。

木下 当時、ネットワークのデジタル化という大きな流れがあって、移動体通信においても、ネットワークのデジタル化に向けた開発が動き始めました。命を受けた私はとにかく通信中にしっかりと会話ができるように考えて、まず第一世代で問題になった上り回線(携帯端末→基地局)の電波の強さが、下り回線とバランスするようにシステムを変更しました。さらに、携帯端末がどの基地局に移りそうか基地局側が探すのではなく、携帯端末が自分でどの基地局に移るべきかを報告するようにしたのです(MAHO: Mobile Assisted Hand Off)。このMAHOとデジタル多重化効果のおかげで基地局は大幅に小型化できました。このようにして、品質も良くなり、システム容量も大きくなったので、デジタルPDC方式では、ピーク時は4,000万加入まで加入者が増えました。

歌野 欧米においては、早くからデジタル化を標準化も含めて精力的に検討していた時期でした。

尾上 デジタルは、ヨーロッパを中心とした標準方式である、GSM (Global System for Mobile communications) が世界的には先に商用化されました。

木下 PDC方式は、まずは音声だけのシステムを

商用化しました。

永田 PDC方式のデータ通信はこの音声をベースとした回線交換が最初です。

木下 回線交換のデータ通信は非常に複雑なつくりになってしまいました。インタフェース (I/F) がアナログのモデムしかないので、上り方向では移動機でアナログからデジタルに変換して、それをまたネットワーク側でアナログに変換するという状況です。しかし、非常に複雑なシステムであっても「やるしかない」という状況で、非常に苦労しました。固定網のI/Fがアナログで、移動通信区間だけデジタル化したからずれているわけです。それを無理やり整合取ろうとするから、開発にそのしわ寄せが行きます。

永田 新しいシステムの営業は法人から始めるのが常なのだから、ファックスとモデムを絶対必要とするはずの法人へ売り込みに行ったのに、システムが十分に機能しないこともありました。しかも、それがある程度動いた頃には、時代がもうパケットへと進み、本格的なデータ通信へと変革を遂げていました。

パケット通信に関しては、当時のトップ層が早期にネットワークの展開を決断したおかげで、サービスに先んじて全国で利用可能な状態になっていました。データ通信に適した効率の良いベースができあ

がっていたからこそ、iモードも回線交換でやろうとか色々な案があったのですが、最終的にパケット通信でやろうという話になったのです。

木下 パケット通信の開発については、当初テレコムオペレータ的な発想でプロトコルにX.25を適用するという案もありました。しかし固定網でもあまり実績のないX.25では十分ではないため、新しいプロトコルを探そうという事になりました。一方で、1995年くらいに、どうもアメリカでインターネットというもの流行りつつあるらしいという話はいってきました。それで私たちもインターネットの勉強をすることになりました。

永田 あのころ、インターネットの構造は誰も分かっていなかったのではないですか？しかし、こうしたキャッチアップにより、当時の技術もビジネスも大きくジャンプしたのではないですか。

歌野 メールが使えるようになって、ポケベルの存在価値がなくなってきた時代です。

山本 私は先見性とか、選択が非常によかったのではないかと思います。iモードにおけるコンパクトHTMLなど、携帯に合ったものを選択していったことが当時の発展につながったのではないのでしょうか。——ところで、「ガラパゴス」と呼ばれるのはこの時代も対象ですか？

木下 ドコモが第2世代のシステムで採用した方式は、ヨーロッパなどで検討された国際標準とは異なり、日本独自で検討してきたものであり、外界から

隔離されて生物が独自に進化を遂げてきたガラパゴス諸島になぞらえて、日本独自の方式が世界から孤立したことを揶揄した言葉です。

永田 一般的に言えば、第3世代以降の機能過多な端末も対象になりますが、これにはiモードが早く育ちすぎたということも背景にあります。移動端末においては、ヨーロッパもアメリカも、スマホ（スマートフォン）世代になるまで本格的なインターネットサービスはやっていませんでした。

自分のしたいことを具現化するチャンスだった。一瞬できないと思ってしまうことに挑戦する。

——ここで、ゼロからの出発をされた皆さんの当時の思いをお聞かせいただけますか？

木下 正直に言えば、私は面白いから仕事してたというだけで、未来などという大きなことは、考えたことはありません。でも、ないものを作るのは面白いし楽しかった。

永田 私は端末を担当していましたが、movaをブルース・ウィリスが宣伝してくれたことは嬉しかったです。電車の車内で、携帯電話を使っている姿を見るのもゾクゾクしていました。自由度はすごくありました。お客さんも少ない、誰も注目しないなどといわれましたけれど、技術屋にとっては自分のしたいことを具現化するチャンスだったと思います。

山本 技術とか工学の人たちは、ものを作ることや



山本 浩治



歌野 孝法

何かを生み出すことが本質的に好きなのではないでしょうか。我々が歩んできた道は苦しいこともありましたが、結果が伴ったことが何よりも嬉しいです。時には自分の考え方を否定されたこともありましたが…。夢中になって「今」に取り組んで、より良いものを生み出していったことの繰り返しでした。ドコモ発足の際には、私は単に仕事がおもしろいという理由だけでドコモへ移りました。移动通信が進歩すると生活も便利に豊かになりそうな、そんな夢がありました。

尾上 みなさん、できないと思ってることを作ってきたというのは自慢すべきではないでしょうか？例えば高い周波数では、セルラ方式ではできないと思ってた人は結構いました。2GHzでセルラができると思っていた人は、少なくとも20～30年前はいなかったのではないのでしょうか。それが今は2GHzでセルラシステムが普通になってきてる。

これを踏まえて、最近の例で言えば、第5世代移动通信システム（5G）でミリ波のようなさらに周波数が高いと電波が飛ばないといわれても、「今はできなくても10年ぐらいたったらできるようにしてほしい」と私は後輩に伝えています。

山本 だから、簡単にできることではなくて、一瞬できないと思ってしまうことに挑戦する。そして、世の中が便利になる。全部を自分でやろうとするのは大変なのですが、挑戦しないとだめだと思っています。

木下 一時期、R&Dの世界ではデスバレーがあるとよく言われました。実用化に結びつかない研究開発のことを指しています。そういう意味ではドコモの開発には幸いなことにデスバレーはなかったです。というのは、導入、開発、研究の3者がしっかり連携をしてるから、研究サイドが作ったものを開発陣が導入サイドの要求条件をよく咀嚼して移していくことができました。非常にいい流れで仕事ことができました。

歌野 人が少ないからやらざるを得なかった。開発も事業の導入の場にも実際に行きました。オペレーションなども、場合によっては分担するなどして、一体となってシステムの導入・機能追加などを行ってきました。その環境があったからこそ、いまでも



永田 清人

ドコモでは開発経験した人が事業部門に行ったりと（部門を超えた）交流がとて多いです。

■ 第3世代（2000年代、W-CDMA方式）～

マルチメディアの時代

標準規格も国際化し、海外ローミングが可能に

——さて、2000年代に向けてグローバル化が進み、世界統一規格が求められる時代へと入ってきました。

尾上 携帯が普及したこの時代には、インタフェースを統一しておかないと一般旅行者が携帯を世界で使えないという事実と直面します。そのために努力しようというのが第3世代のそもそものコンセプトでした。ITU-R（International Telecommunication Union-Radio communication sector）で議論して目標として定めたのが世界統一規格で、2Mbpsの通信を可能とするといった目標や共通認識を作り上げたのがこの時期です。

永田 第3世代に対してメーカーの人たちは当然それで色めき立っていたと思います。第2世代のPDCに比べると技術的ジャンプ度は非常に高かったと思います。アナログの時からPDCの頃までは技術の進展に連続性がありましたが、第3世代になり、大きくジャンプし、そこに各メーカーは相当な投資をしてきたのは、世界で売れることを考えていたからだと思っています。

山本 ところが、第3世代に統一されたのにもかかわらず、海外では第3世代だけではなくGSMも入れてほしいと言われてしまい、日本のメーカはさらなる開発を強いられていました。ヨーロッパは広く普及しているGSMがベースで、第3世代を全部に広げる気はなかったのかもしれませんが。

尾上 3Gの方式そのものには、日本の提案が大きく寄与しているので、ある意味で日本の貢献が世界に広がったということになります。ただ、それが日本の産業にどれだけプラスになったかという点、それはメーカや市場の事情に大きく依存することになるので、ここでは何とも言えません。

木下 第3世代の発端は、PDCの開発が終わって何とか動きだして売れ出したとほっとしていたら、開発のボスが「次はW-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) でやるぞ」と言い出しました。そこで、それを世界標準にするためにオペレータやメーカを呼んで、仲間を作ろうということになりました。その時、研究部隊が手掛けていたシステムの伝送実験をノキアのCTO (Chief Technical Officer) に見せたところ、どうやら2年ぐらいこちらの方が進んでいるようで驚いていました。ノキアのCTOが帰国後、エリクソンのCTOと話した結果、無線技術はドコモのW-CDMAでヨーロッパをまとめるから、制御プロトコルはGSMでやらせてくれという話になり、それがヨーロッパと手を組む発端となりました。

尾上 ヨーロッパでは標準方式の対象として5つぐらいの候補があり、そのうちの1つにW-CDMAが入ってはいましたが、ETSI (European Telecommunications Standards Institute) というヨーロッパの標準化団体の中で、特にTD (Time Division) - CDMAという方式との間で、1年間ほど激しく議論が繰り返されてきました。それが1998年の1月の会合において、W-CDMAを基本として、一部にTD-CDMAを取り入れることで、ヨーロッパ標準として決定しました。そして、ヨーロッパの次はアメリカです。アメリカ側は、CDMA2000という方式が議論の中心になっており、日欧対アメリカの構図となりました。単なる技術論争だけではなく、特許などの権利の扱いとか、ある種の貿易論争のようなものまで含んだ対抗戦となってしまい、激しい議論の末に一部のパラメータの妥協を受け入れたものの、ほぼ当初のW-CDMAが標準になりました。ただし、CDMA2000も含め、複数のモードをもつ1つの標準ということになり、本当の意味での唯一の標準ではありませんでした。

——決定事由が技術の優劣ではなかったのですね。

尾上 あの時、3Gが未来永劫できないかと思いました。

歌野 当時、欧州のメーカの中には、「W-CDMAの採用は、技術的に優れているか否かではない、我々にとってはIPR (Intellectual Property Rights) を含め技術的に実現することが現実的ではない、だか



木下
耕太



永田
清人



尾上
誠蔵



山本
浩治

「この標準化に反対する」と、とあるメーカーのトップに言われたことを印象的に記憶しております。そして、「我々にとって全くのアドバンテージになってないものを採用することはありえない」とも、そのメーカーに主張されました。

歌野 当時、移动通信関係の機器を提供している欧州メーカーの多くは、固定通信にも大きなシェアを持っていましたからね。携帯の次の発展に対しては自分たちがある程度主体になってやれるものを模索してたのだと思います。欧州を中心にこのような攻防の激しさが増したのは、GSMの成功を背景に市場が大きくなったこともひとつの大きな要因だったと思います。

尾上 しかし、昨日の敵は今日の友。利権だけではなく技術的な良い論争ができたからこそ、今、良い関係を築くことができているのだということも伝えておきたいです。

■ 第4世代(2010年代,LTE/LTE-Advanced方式)~

スマホの時代

さらに快適な通信環境へ

——市場が大きくなった第3世代。続いてどのように変化したのですか？

木下 第3世代は第2世代と関係なく独立して築きました。相当な投資をしたけれど、サービス開始か

らの数年間の収益はそれほどでもなかった。この状況では、第4世代は新たに作らせてもらえないかもしれないというわけで、改良版の3.9Gとかスーパー3G（今のLTE）を打ち出したわけです。

尾上 当時、第4世代の研究は次々と進んでいて、2002~2003年には100Mbps、研究所レベルでは、1Gbpsというデータ伝送を実現していました。ところが、3Gのビジネスの状況は投資の回収をできないまま惨憺たるものでした。このような時に、R&Dの中期計画を立てるという時期に重なり、その中で第4世代の開発などとはなかなか言えるような状況にないため、1週間でスーパー3Gという話にまとめあげて、計画に反映させました。もちろん、標準化にもっていく時も恐る恐る、丁寧に対応しました。

歌野 これは、聞く側の新たな投資などに対する抵抗感をどうやって和らげるかというお話ですね。例えば、3Gは3Gの中で少しずつ改良はしていました。HSDPA（High Speed Downlink Packet Access）とかHSUPA（High Speed Uplink Packet Access）とか、段々と高速化をしてきました。そして、その延長にもう1つ、スーパー3Gがさらにあるというイメージで伝えたら、聞く側のほうは抵抗がより少なくなるのではないかと、いまの基盤の上に乗れば、投資としてはそれほど大きなプロジェクトや課題として映らないだろうという考えですね。

そう考えると、今とは雰囲気さがすごく違います。

今は4Gとか5Gとか、次々新しいことを言っていたほうがビジネスになるようなイメージです。新しさを出していこうとしてるのがいまの時代。新しい分だけビジネスになると考えているように思います。

永田 3G、4G、5Gと伝送速度が上がってくる中で、「それによりどのようなサービスができるのか考える」とよく言われます。しかし、最近では、伝送速度が速くなることで、いろいろな人がそれを使って、新しいサービス、文化が生まれてきています。例えば、YouTubeはもともと存在していましたが、伝送速度が速くなったことでスマホから動画をアップロードできるようになった結果、YouTuberが活躍できるようになり、またInstagramの利用も増えてきて、「インスタ映え」といった言葉も出てきました。

歌野 通信のキャパシティに合わせて使っていく。使っていくがゆえに、またそれを受容するためのシステムが必要になってくるという循環です。特に最近では、皆さん、キャパシティをふんだんに使いますから、旺盛な需要にどのように応えるかを開発サイドも考える必要があります。

尾上 毎回こんな議論を超えて新しいものが誕生し

ています。本当に毎回通る道です。5Gはその最たるものです。お客様が望んでいる以上、少し上ぐらいを狙わないと、すぐに技術は陳腐化しますから、難しめ、難しめを狙っていかないと、なかなかうまくいかないです。結果論ですが、そういう循環になっています。

歌野 そういう意味では、これからはすごく難しい時代に突入しました。昔の話はだいたい固定網のサービスが先にあって、それを携帯の中にどのように上手に取り込んでいくかを考えてきました。しかし、これからは何が新たなビジネスになりうるのかを考えるのですから、かなり雰囲気は違います。インフラ基盤は変わらないと思いますが、考えなければいけないことは、我々の時よりは極めて難しくなっていると思います。

——東京オリンピックも目前ですね。さらに新しいことが求められていきそうです。

尾上 5Gでは、IoTも意識していますし、遅延を小さくする、信頼性を高めることなどにも取り組んでいます。テレコム業界以外の方が5Gに注目していて、ある意味いろんなコラボレーションというか、パートナーリングで新しいビジネスチャンスが生まれてきています。ドコモは2020年に5Gのサービスを





開始するといっていますが、それは現実のものになると思います。

未来の技術者たちへ 「少し先の何か」を自分たちの力で生み出して！

——近未来の話になってきたところで、次世代の同僚たちへのエールをお願いいたします。

永田 私は現役時代、結構、開発にお金を使わせてもらいました。一番お金を使わせてもらったのは3Gが立ち上がらなかった3年間。3G用の端末を立ち上げるという意味では、立ち上げられましたから短期的な目標は達しましたが、GoogleのAndroidやiPhoneとは全く別物でした。ということは、お金の使い方がどこか間違っていたのかもしれませんが、グローバルな感覚が必要だったのかもしれませんが、当時はそのような環境にはありませんでした。いまはグローバルに意識を向ける環境ができていますので、これからの人にはグローバルの感覚で、キーとなるもの、あるいは技術を残せるように、注力してもらいたいです。それを、長期的に考えて上手くビジネスをつなげて行ってほしいです。

尾上 しかし、それはある意味で結果論でもあります。私たちは、まったく何もないところから立ち上げるという役割を担ってきました。そこに価値があると思いたいです。繰り返しになりますが、できないと思うことを実現する、想像の範囲内ではなくて、想像を超える新しいものを生み出してほしいです。

永田 それはそれで価値だと思いますが、OSにしても、LSIにしても、結局日本は全部負けた。グローバルな活躍を夢に思っ、自分のアイデアを大いに生かしてそれを勝利に結びつけてほしいです。

山本 私の担当分野は昔で言う「交換」ですから、アドバイスがほかの方たちと異なる観点になるかもしれませんが、ぜひ若い人をお願いしたいのは、10の技術があったとすると、1つは世界の先端を走る研究開発をやり、残りの9は、世の中にあるものを組み合わせて、ドコモ初のネットワークを生み出していただきたいです。

歌野 アドバイスできることはありませんが、我々の時代は、「移动通信」への理解が非常に薄い中で、国際的状况にも技術的知識にも理解を深めながらやってきて、ようやくここまでたどり着いたというのが実感です。この先、そこからステップアップするには何が必要なのかをよく考えてやってもらいたい。どんな力が必要なのかを是非模索していただきたいと思います。しかし、私たちがそれに言及することにはおそらく価値はありません。変化する時代や環境に合わせた理解と知識と技術を自ら考え・見出すことが必要なのだと私は思います。頑張ってください。

木下 荒っぽく言えば、できたあかつきに、オペレータ、事業者とエンドユーザに役に立つ利点があるような目標設定をしていただくのが良いと思います。今自分ができることだけをやるなど伝えたいです。できる、できないではなくて、まずは利点、売りがあつものに目標を置いてほしい。あとは目標に向かって頑張れば、たかが通信なのだからたいていのことはできます。

——みなさん、話がつきませんね。貴重な記憶とアドバイスをありがとうございました。

5G時代に向けたドコモR&Dの現在・未来

各分野の現状と進化

5G時代を支える 無線アクセスネットワーク

無線アクセス開発部 あべ た さだゆき
安部田 貞行
5Gイノベーション推進室 なかむら たけひろ
中村 武宏

2018年6月に、3GPPにおいて5G標準仕様の策定が完了した。5Gではさらなる高速・大容量、低遅延、多数端末接続などによって、新たな産業の創出や、社会的課題の解決が期待されており、日本を含め、世界の主要国において2019~2020年頃の商用導入が検討されている。本稿では、ドコモの考える5Gの世界観を紹介するとともに、5Gの展開シナリオ、および5Gのさらなる発展に向けた展望について解説する。

1. まえがき

スマートフォンの普及に伴い、ソーシャルネットワークサービス、ビデオストリーミングなどのモバイルサービスの利用拡大が進み、携帯電話のデータトラフィックの増加が続いている。このような状況ではあるものの、ラッシュアワーの駅周辺など、一定のエリア内にユーザが過密になっている状況でさえも、携帯電話システムの十分な設備容量を確保することは事業者の責務であり、ユーザがストレスを感じることなく通信を行うためには、無線ネットワークのさらなる高速・大容量化が必要となる。一

方、あらゆるモノがインターネットにつながるIoT (Internet of Things) を実現し、他の業界の企業や団体との連携による新たな産業の創出や、社会的課題の解決への貢献をしていくことへの期待も高まっている。IoTでは、移動中のデバイスや、電源確保が難しいなど通信環境が整備されていない場所にあるデバイスとの通信が多く想定されることから、無線ネットワークの役割が重要になる。さらに多数のデバイスが同時接続するといった特徴もあるため、実現に向けては無線ネットワークの高速・大容量化の観点だけではなく、端末の低消費電力化、エリアのカバレッジ拡大、高信頼化、低遅延化、低価格化

©2018 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

などの観点からも対応が必要となる。

これらの要求に応えるために、ドコモでは2010年頃より第5世代移動通信システム（5G）の研究開発に着手し、移動通信の国際標準化団体である3GPP（3rd Generation Partnership Project）において、標準仕様の策定に積極的に貢献してきた。2018年6月には、3GPPで5G標準仕様が完成し、これにより日本を含め、世界の主要国において2019～2020年頃に5Gの商用導入が予定されている。

本稿では、ドコモの考える5Gの世界観を紹介し、それを実現するための5Gの主な技術および展開シナリオについて解説する。最後に、5Gのさらなる発展に向けた展望について述べる。

2. 5Gがめざす世界

2G（PDC（Personal Digital Cellular）*1、PDC-P（Packet）*2）から3G（W-CDMA（Wideband Code Division Multiple Access）、HSPA（High Speed Packet Access）*3）、3Gから4G（LTE（Long Term Evolution）、LTE-Advanced）への最も大きな進化は、データ通信における高速・大容量化である。3Gから4Gは、通信速度としては10倍から50倍もの高速化、容量としては3倍から5倍の拡大を実現している。ドコモが4Gを導入したのは2010年であるが、ほぼ同じ時期にスマートフォンが普及し始めた。その後スマートフォンの進化とともに、4Gネットワークへの移行と通信速度の向上が進んでいる。現在もその進化の途中であるが、2018年9月現在、ドコモでは最大受信速度988Mbpsを実現するに至っている。いわば、4Gはスマートフォンとともに成長し、快適で便利な生活を提供するのに必須のツールとなっている。

それでは、5Gではどのようなネットワークが期待されるだろうか。ドコモは5Gがめざす世界観として、「あらゆるモノが繋がり、安心してストレスな

くサービスが利用できる、高度で柔軟なネットワークを構築する。このネットワークは、産業の枠を超えた新たなエコシステム*4の創出を可能とする」を掲げている。

ITU-R（International Telecommunication Union - Radiocommunication sector）や3GPPでも議論されているように、5Gの方向性として3つの大きな軸がある。「高速・大容量」「低遅延」、そして「多数端末接続」である。高速・大容量はこれまでの世代でも実現してきた方向性であるが、4K/8Kといったより高精細な画像の配信や、VR（Virtual Reality）などに代表される臨場感の高いメディアサービスを提供するにはさらなる高度化が必要不可欠である。一方、低遅延は自動運転制御支援や工場の自動化などへの応用において期待が寄せられている。多数端末接続は、スマートシティ、スマートアグリカルチャーなどの、いわゆるIoTデバイスを用いたサービスを提供するのに重要な技術である。前述の3つの軸と想定されるサービスとの関係性を図1に示す。それぞれのサービスは技術の複合で示されており、3つの軸を伸ばすことで、さらに“あらゆるもの”への繋がりを提供し、またサービスに必要な機能を柔軟に展開できるネットワークを構築することで、新たなサービスの創出が可能となる。

3. 5Gを実現する無線アクセス

3.1 3GPP標準化の推進

ドコモでは2010年頃より5Gの実用化を見据えた技術検討を開始しており、新たな時代を切り開くため技術コンセプトの提案や伝送実験、5G関連研究プロジェクトの推進などさまざまな活動を進めてきた。2015年9月に行われた「3GPP RAN Workshop on 5G」会合においては、高速・大容量化を最初のターゲットとして段階的な5G標準仕様策定を進めることを提案し、LTE/LTE-Advancedと5Gの新た

*1 PDC：日本国内で普及した第2世代移動通信方式の1つで、ドコモなどが採用した。

*2 PDC-P：PDC方式にパケット交換技術を適用することにより、高速で伝達誤りの少ない柔軟なデータ転送を可能とする移動パケット通信システム。

*3 HSPA：W-CDMAのパケットデータ通信を高速化した規格であ

り、下り（基地局から移動端末）方向を高速化したHSDPA（High Speed Downlink Packet Access）と上り（移動端末から基地局）方向を高速化したHSUPA（High Speed Uplink Packet Access）の総称である。



図1 5Gのめざす世界観

な無線アクセス方式技術であるNR (New Radio) との連携技術や、フロントホールインタフェース*5のオープン化を含めた無線アクセスネットワークの標準化に関する提案を行った [1]。3GPPで具体的な検討作業が開始されてからは、多数の技術提案を行うだけでなく、5G NRの標準仕様策定の取りまとめ役 (ラポータ*6) として進捗管理や関係者との調整を図るとともに、仕様検討グループの議長や副議長役を務め、2018年6月の3GPPの5G標準仕様完成に貢献した。

3.2 主な5Gの無線技術

5Gの軸である高速・大容量，低遅延，多数端末接続を実現するために、3GPPで規定された技術について、その概要を解説する。

(1) 高速・大容量化を実現する技術

高速・大容量化の技術として期待されているのが、高周波数帯を利用した超広帯域伝送と Massive

MIMO (Massive Multiple Input Multiple Output) に代表されるアンテナ技術である。

4Gまでは6GHz以下の周波数に対する標準仕様が策定されているが、5Gでは超広帯域化を実現するために、6GHz以下の周波数だけではなく、高周波数帯として100GHz帯までの利用を想定した検討が進められている。現時点では、各国で5Gでの利用が具体的に検討されている周波数として、6GHz以下と25～40GHzの周波数レンジの中のいくつかの周波数帯を対象とした仕様化が進められている [2]。特に25～40GHzの周波数では、既存の6GHz以下の周波数帯とは電波伝搬特性が異なるため、高周波数帯の利用に適した新たな諸元 (サブキャリア*7間隔など) が規定され、400MHzの基本帯域幅が規定されている。これはLTEの基本帯域幅である20MHzの20倍に相当する。カバレッジは異なるが約20倍の容量増大、高速化が期待できる。

Massive MIMO [3] の概要を図2に示す。Massive

*4 エコシステム：複数の企業が事業活動などの分野で連携して、お互いの技術や資産を活かし、消費者や社会までも巻き込んで、研究開発から販売、宣伝、消費にいたる一連の流れを形作る共存共栄の仕組み。

*5 フロントホールインタフェース：無線基地局において、デジタル信号処理を担うベースバンド処理部と無線送受信を担う無線

部との間を光ファイバーで接続するリンクのインタフェース。
*6 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役割。

MIMOは多数のアンテナ素子を用いることで、送受信ビームの形状を制御し環境に応じた最適なエリア構成を実現する技術である。エリアカバレッジが

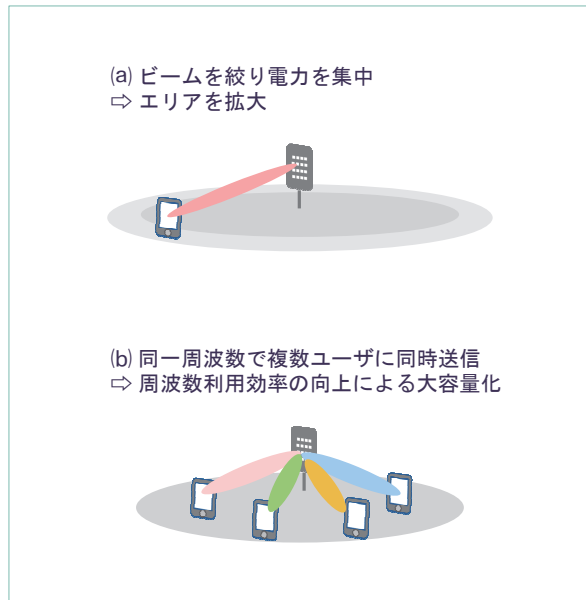


図2 Massive MIMO

重視される環境では、各アンテナの素子を同相^{*8}に合成することでエネルギーを一方向に集中する（図2 (a)）。一方、ユーザ数が多い環境では、複数のビームを同時に生成し、等価的に小セルを複数作り出して同時接続数を増加させることで大容量化を実現する（図2 (b)）。

(2)低遅延化を実現する技術

標準化で規定された、無線区間における遅延の短縮方法を図3に示す。5G NRでは無線の最小送信単位（TTI：Transmission Time Interval^{*9}）を短くすることで、さらなる遅延の短縮を実現している。従来の4Gでは1msであった送信単位を5G NRでは0.25msの送信単位でデータを送信することで、送信時間、復調、復号に要する時間を短縮している。また、さらなる低遅延技術として、受信したデータと同じサブフレーム内で受信完了のACK/NACK（ACKnowledgment/Negative ACK）^{*10}を送るself-containedの仕組みも検討されている。

さらに、低遅延サービスを実現するためには、

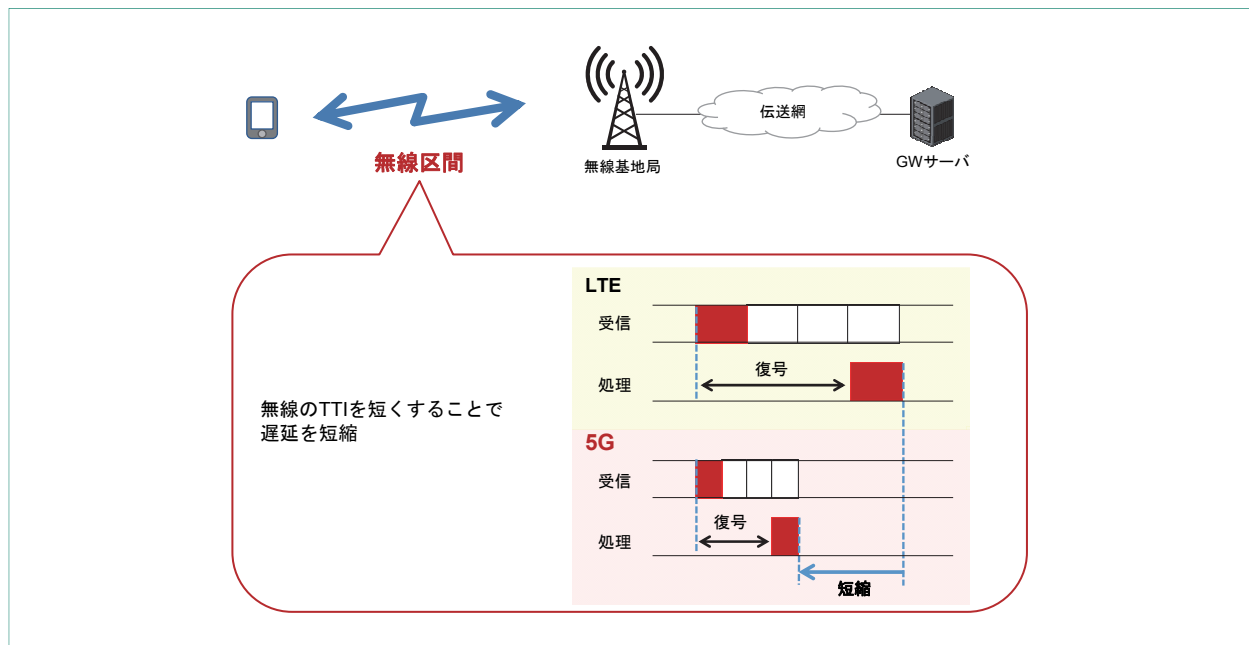


図3 無線区間における低遅延化

*7 サブキャリア：OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）などのマルチキャリア伝送において信号を伝送する個々の搬送波のことをいい、副搬送波とも呼ばれる。

*8 同相：同位相のこと。周期的な運動をする異なる信号が、一周期の内の同じタイミングになる状態。

*9 TTI：信号を送信するための時間間隔。

*10 ACK/NACK：データ信号が正しく受信されたか否かを受信側から送信側へ通知する制御信号。

end-to-endでの遅延を短縮する必要があるため、無線区間のみでなく、有線区間での遅延の低減が必要である。例えば、大阪で通信しているユーザが東京のサーバにアクセスすると支配的な時間は有線区間になる。したがって、有線区間での遅延を短縮するために、よりエッジ（基地局）に近いところにサーバを設置するなどの方法が検討されている。

(3)多数端末接続を実現する技術

多数端末接続で想定されるユースケースとして、電源が必ずしも確保できない場所に環境センサや計量器などの無線機器を設置する状況が考えられる。このようなユースケースにおいては電池により電源を確保することになるが、特に多数の端末を分散して配置する場合には、電池交換が困難であるため、端末の電池寿命が重要な課題である。このようなユースケースでは少量のデータを低頻度で送ることが多いことから、非通信時（待受け時）の消費電力が端末の電池寿命に大きく影響する。このため図4に示すように、間欠受信の周期を延ばしたり、送信帯域幅を狭くしたりすることで、信号処理の簡易化

を実現することが標準仕様で規定されている。

4. 5Gの商用化に向けた取組み

4.1 5Gの展開シナリオ

これまで述べてきたように5Gでは、さまざまな用途に応じて必要なエリアに順次展開していくことを想定している。展開シナリオ例を図5に示す。ビジネス街、ショッピングモール、駅、スタジアムなどの超過密／超高トラフィックエリアでは、快適な通信を楽しんでいただくために、5Gの超広帯域の特性を活かし大容量化を推進して行く。また、工場におけるスマートマニュファクチャリング、医療分野での遠隔診断・治療など低遅延が要求される環境や、農業エリアでのスマートアグリカルチャー、都市部あるいは郊外における住宅街などのスマートシティ／スマートホームを実現する多数端末接続が求められる環境などに5Gを導入していくことで、新たな産業の創出や、社会的課題の解決、地方創生に貢献していく。

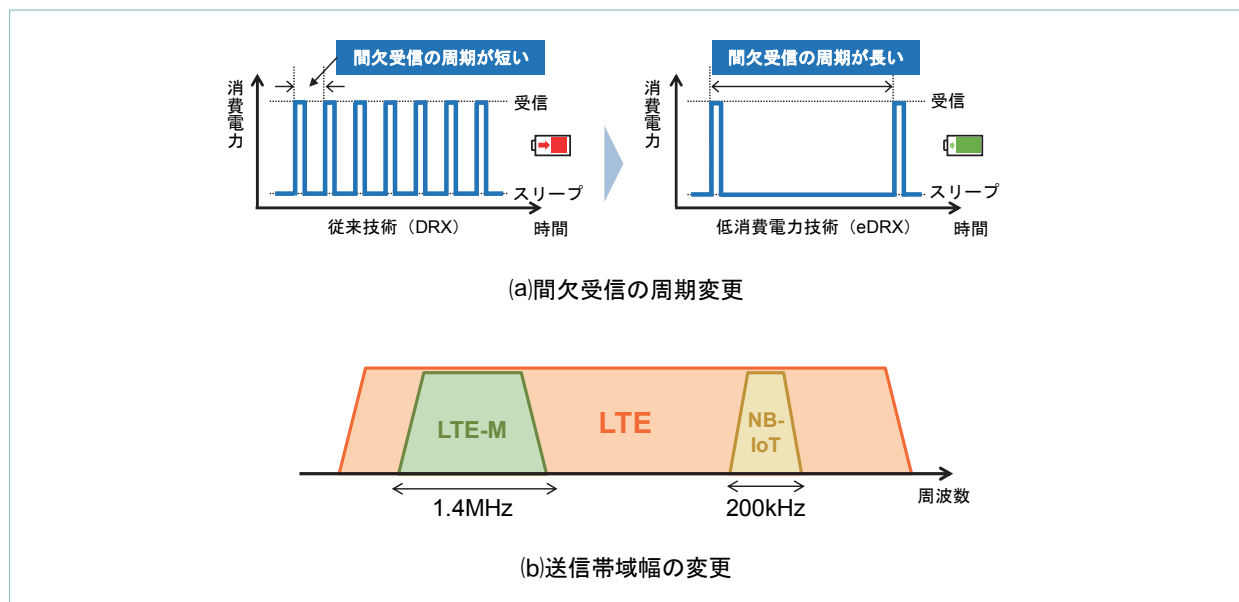


図4 低消費電力化技術

4.2 5Gのスムーズな導入に向けて

(1)高度化C-RAN*11によるLTE-Advancedの導入
ドコモはLTE-Advancedの導入時に、図6に示す

高度化C-RAN [4] [5] のコンセプトを導入した。
本コンセプトは、キャリアアグリゲーション (CA :
Carrier Aggregation)*12を適用したヘテロロジーニア

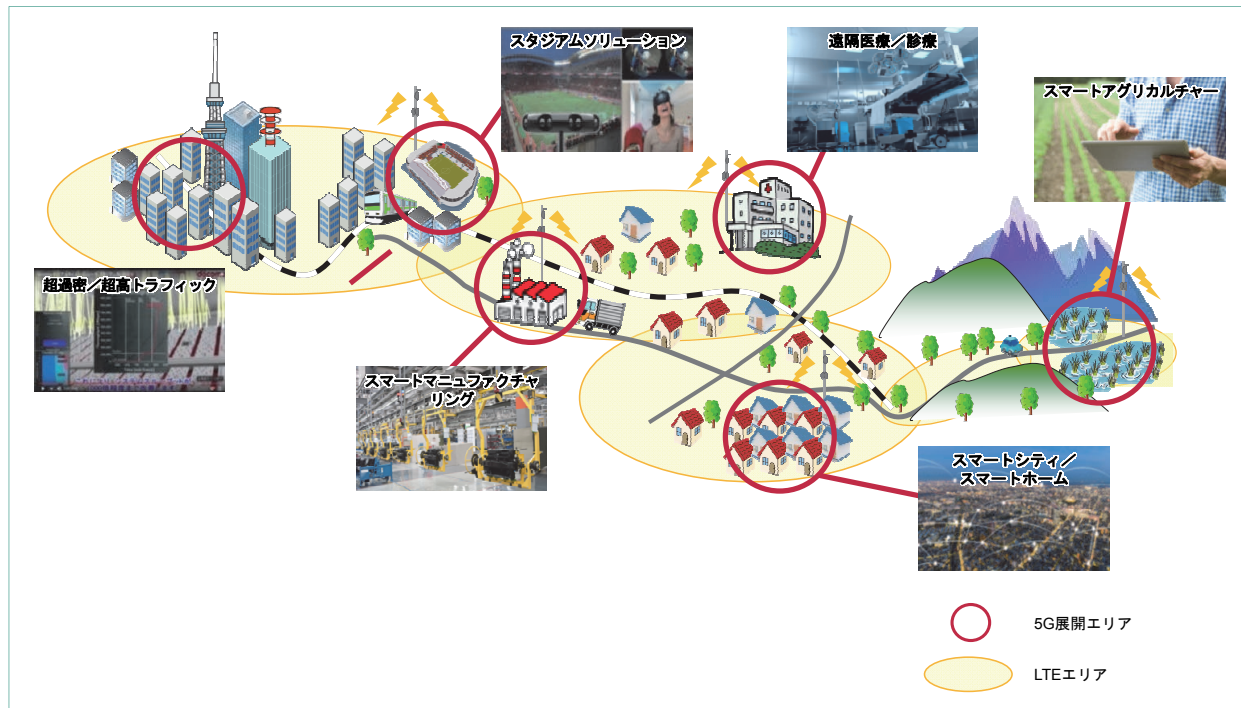


図5 5Gの展開シナリオ例

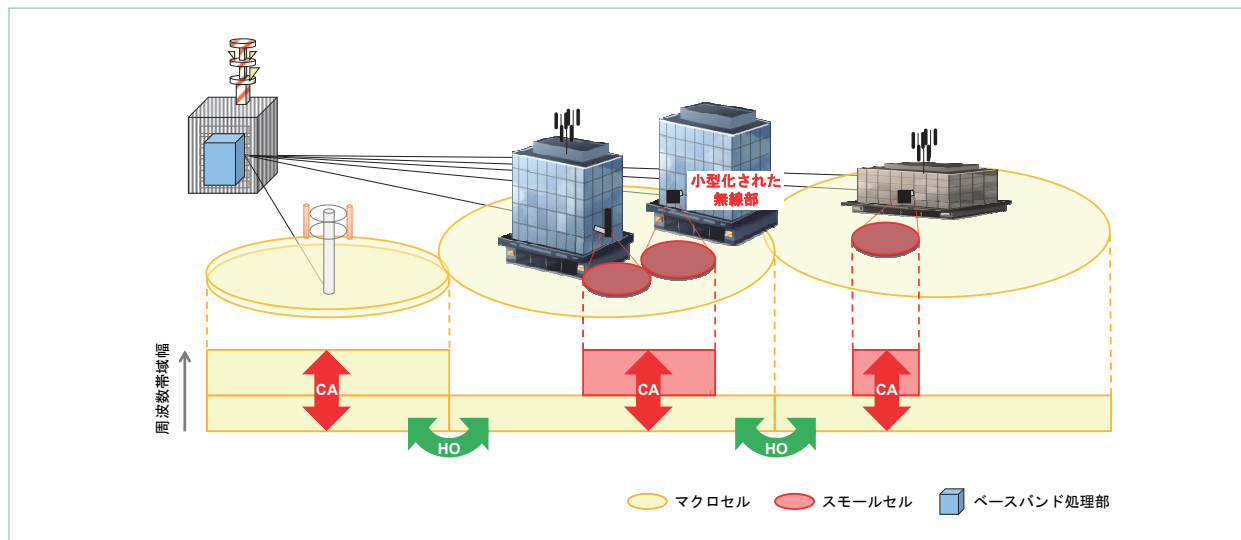


図6 高度化C-RANのコンセプト

*11 高度化C-RAN：ドコモが提唱する新しいネットワークアーキテクチャで、LTE-Advancedの主要な技術であるキャリアアグリゲーション (*12参照) 技術を活用し、広域エリアをカバーするマクロセル (*16参照) と局所的なエリアをカバーするスモールセル (*15参照) を同一の基地局制御部により高度に連携させる無線アクセスネットワーク。

*12 キャリアアグリゲーション (CA)：複数のキャリアを用いて同時に送受信することにより、既存のLTEとの互換性を保ちながら広帯域化を行い、高速伝送を実現する技術。

ネットワーク*13を柔軟に展開するために、ベースバンド*14処理部を集約化し、キャリアアグリゲーションをする複数の周波数の組合せを柔軟に設定可能としている。これにより、トラフィックが高いところにセル*15（セル*16のエリア上に容量目的で展開するため、以下ではアドオンセルと呼ぶ）を設置することで、必要な容量増加が柔軟にできる。さらに、アドオンセルをどのような場所に設置しても、セルにより基地局と端末間の接続を維持できるため、隣接するアドオンセルへの頻繁なハンドオーバー（HO：HandOver）*17を抑えることができ、移動中の品質を劣化させることなく、高速・大容量化を実現することが可能になる。

(2)高度化C-RANの5Gへの拡張

これまで述べてきた通り、5Gではさまざまな新サービスの提供が期待されており、必要な場所に必要なネットワークを柔軟に展開し、かつ接続性を担保する必要がある。ドコモでは高度化C-RANのコンセプトを5Gに拡張し、LTEと5GのDC（Dual Connectivity）*18を用いたネットワークの展開を考

えている。図7はドコモらが主張し、3GPPで合意されたNSA（Non-StandAlone）*19のネットワーク構成図である。LTEをアンカーとしているため、接続性に関してはこれまでと同等の品質を確保しながら、5G NRのエリアにおいては5Gの特徴を活かしたサービスの提供が可能となっている。

5. 5Gのさらなる発展に向けた展望

5Gではさまざまなユースケースが想定されているため、柔軟なネットワークの構築が必要である。都市部、ルーラル、インドア、スタジアム、工場といったエリアにおいて、最適な装置を選択し、設置できることが望ましい。そのためには、無線部と制御部間のフロントホールインタフェースのオープン化を実現し、異なるベンダ装置の接続を可能とする必要がある。ドコモではオープン化に向けた活動に積極的に取り組んでいる [6]。さらに、異なるサービスを柔軟にサポートするには、制御部を仮想化し、拡張性に富んだ装置を実用化することが期待

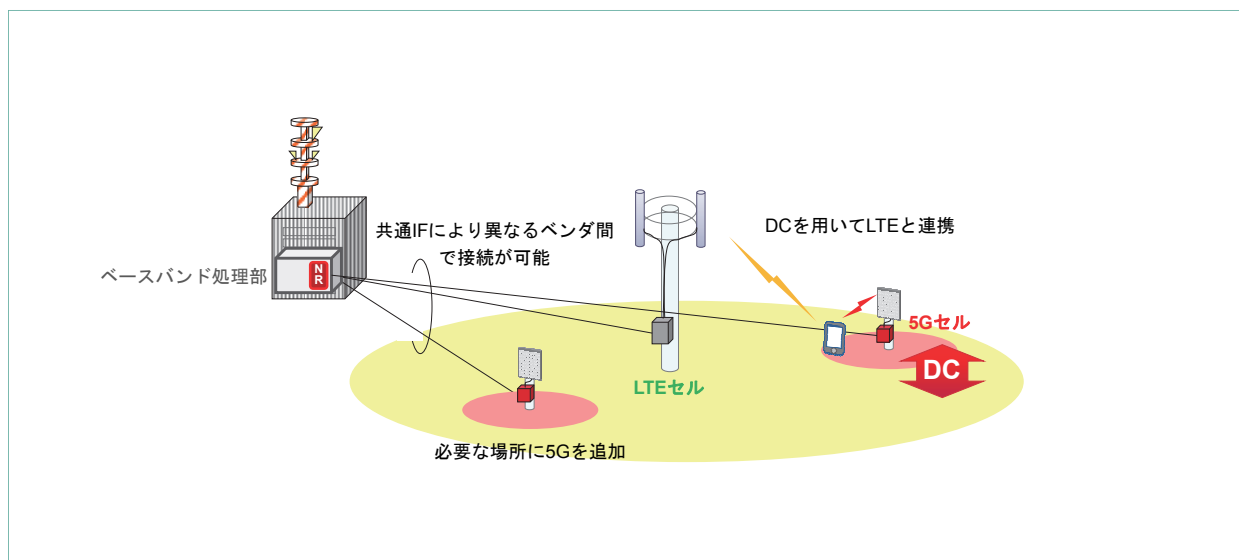


図7 DCを用いた5G NSAの展開

*13 ヘテロジーニアスネットワーク：送信電力が異なる基地局がオーバーレイするネットワーク構成。広域エリアをカバーするマクロセル（*16参照）基地局に、より送信電力の小さいセル（*15参照）基地局をオーバーレイして用いる。

*14 ベースバンド：デジタル信号処理を行う回路またはその機能ブロック。

*15 セル：セルとは移動通信システムにおいて、1つの基地局アンテナがカバーするエリアであり、セルは送信電力が大きいマクロセル（*16参照）と比較して送信電力が小さいセルの総称。

*16 マクロセル：カバーされるエリアが比較的広いセル（一般的に半径数百メートル以上）のこと。

される。

一方、5Gの普及に伴い、新たなデバイスの登場や、新たなサービスの創出が期待されるため、それに伴い、無線アクセスネットワークに対しても新たな要求が発生し、それを解決する技術が求められてくると考えられる。2020年以降の世界を予想するのは容易ではないが、無線アクセスネットワークとしては時代の先を見据えたものである必要がある。例として、あらゆるものをつなぐ際に、デバイスからみれば常時接続にみえるが、ネットワークとして通信のタイミングのみ接続できるようにすればより効率的であり、そのような接続には超低遅延接続、超低遅延伝送が必要とされることが挙げられる。また、マシンタイプの通信が普及すれば、例えば人間が認知する画像などとは別次元のメタデータの高速伝送が要求されてくると考えられる。これらは5Gの要求条件の延長上といえるかもしれないが、想像以上の世界を作り上げるには新たなブレイクスルーが必要であろう。また、端末の電池持ち時間の拡大は携帯電話の初期からの課題ではあるが、エネルギーハーベスティング^{*20}のように空中の電波を拾うことで充電が可能になればそれが一気に解決できるかもしれない。5Gの円滑な導入だけでなく、5Gのさらなる発展に向けて将来技術の検討を続け、モバイル通信の発展に貢献し続けたい。

6. あとがき

2020年の本格商用化が予定されている5Gについて、その狙い、主要技術、展開シナリオについて概要を解説した。5Gによりあらゆる“つながり”を提供し、新たな産業の創出や、社会的課題の解決、地方創生に貢献して行く。

文献

- [1] 永田 聡, 岸山 祥久, 中村 武宏: “5G標準化に向けた3GPPの取り組み,” 電子情報通信学会無線通信システム研究会, Vol.115, No.233, Oct. 2015.
- [2] 3GPP TS38.104 V.15.0.0: “NR; Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 15),” Dec. 2017.
- [3] 武田, ほか: “5Gにおける物理レイヤ要素技術と高周波数帯利用に関する検討状況,” 本誌, Vol.25, No.3, pp.23-32, Oct. 2017.
- [4] 安部田 貞行, 新 博行: “超高速ブロードバンドサービスを実現する無線アクセスネットワーク,” 信学会総合大会論文集, Mar. 2012.
- [5] 清嶋, ほか: “高度化C-RANアーキテクチャを活用したLTE-Advanced商用開発 —アドオンセルによる容量拡大と高度なセル間連携による安定した通信の実現—,” 本誌, Vol.23, No.2, pp.11-18, Jul. 2015.
- [6] NTTドコモ報道発表資料: “5G時代におけるマルチベンダー-RANの実現に向けてxRAN Forumにてフロントホール仕様を公開,” Apr. 2018.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_180413_00.pdf

*17 ハンドオーバー (HO): 通信中の移動端末が移動に伴い基地局をまたがる際、通信を継続させながら基地局を切り替える技術。

*18 DC: 1つの端末が複数の基地局に異なる周波数帯を用いて接続する技術。

*19 NSA: LTE (eLTE (enhanced LTE)) との併用を前提とした5Gの無線アクセスネットワークで、既存の4Gのインフラを活

用できることから早く商用化できるメリットがある。

*20 エネルギーハーベスティング: 周りの環境から微小なエネルギーを収穫 (ハーベスト) して、電力に変換する技術のこと。

5G時代に向けたドコモR&Dの現在・未来

各分野の現状と進化

5G時代の社会インフラに向けた
コアネットワーク

ネットワーク開発部 おと 音 ひろゆき 洋行
 先進技術研究所 たきた 滝田 わたる 亘

5G時代にはサービスの高度化・多様化が進み、さまざまな産業、業界が連携することによる価値の創造、発展が見込まれるため、ネットワークは社会インフラとしての役割が求められるようになる。本稿ではそれらの実現に向けて、5Gのユースケースを基に、コアネットワークとして必要とされる主要技術を解説し、また複雑化していくネットワークを効率的に運用していくためのオペレーション高度化の取組みについて紹介する。

1. まえがき

第5世代移動通信システム（5G）では、携帯電話／スマートフォンを中心とした4G時代までとは異なる多様なニーズに応えるため、高速・大容量化だけでなくさまざまな面での進化をめざしている。例えば、低遅延化や信頼性の向上、そして、大量のデバイスとの接続を実現することも要件に含まれている。

これらの要求を満たす社会インフラネットワークを実現するためには、無線通信の進化だけでなく、コアネットワーク*1も進化する必要がある。5Gではさまざまな技術が仕様化された。本稿では、5G

時代に向けた社会インフラとしてのネットワークの発展と、主要技術に関して解説する。

2. 5G時代に向けたネットワークの発展

5G時代には、車・住宅・ウェアラブルデバイスなどあらゆるモノが無線でネットワークに接続し、自動的かつ知的に情報収集や管理制御を行えるIoT（Internet of Things）が普及するようになると予想されている。一方、IoTの発展に伴い、大量のIoTデバイスで構成されるスマートメータ*2や環境センサなどを用いた多様なサービスが登場し、これら

©2018 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 コアネットワーク：交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。

*2 スマートメータ：電力の使用状況をリアルタイムに計測し、見える化するための装置。

サービスを支えるため、通信には高速・大容量、低価格、低遅延などの要件が求められる。このように、あらゆるモノがつながり、安心してストレスなくサービスが利用可能な、高度で柔軟なネットワークを提供することがドコモの考える5G世界観であり、さまざまな産業と連携した社会インフラネットワークへの発展をめざしている。以下、5Gにおける具体的なユースケースを紹介した上で、必要技術に関する解説を行う。

3. 5Gのユースケース

3GPPでは、5Gの主な利用シナリオとして、(1)高速・大容量（eMBB：enhanced Mobile BroadBand）、(2)高信頼・低遅延通信（URLLC：Ultra-Reliable and Low Latency Communications）、(3)多数同時接続を実現するマシンタイプ通信^{*3}（mMTC：massive Machine Type Communications）が議論され、規格としてまとめられている。

(1)高速・大容量：eMBBユースケース

スマートフォンやタブレットでのオンデマンド動画の視聴（VOD：Video On Demand）は4Gでの主要なユースケースであり、通信トラフィックの多くの割合を占めている。

今後も4K/8K放送のような高精細な動画コンテンツやリッチコンテンツの増加に伴って、モバイルネットワークでもより大容量の通信が求められると考えられる。

(2)高信頼・低遅延：URLLCユースケース

今後普及が期待されている高度運転支援や自動運転は、外部のネットワークを利用せず、自動車自身のセンサと処理系で自律的に行われるのが基本である。しかし、車載センサの範囲外の情報（近傍死角情報、センサレンジ外情報、広域情報）取得や車間通信など、モバイルネットワークを利用するユースケースがあり、その際の通信は高い信頼性があり、

かつ低遅延で行わなければならない。また、スマートファクトリーにおける産業用ロボットの遠隔制御などにモバイルネットワークを適用する場合にも、制御性や安全性の確保のために通信の高信頼性・低遅延が必要となる。

(3)多数同時接続：mMTCユースケース

農業用センサやスマートメータ、プラント設備などでは、単体で通信するデータ量は少ないものの、数多くのセンサデバイスなどの端末が同時接続するユースケースが想定されている。このような場合には、多数端末を管理する仕組みや、少量のデータを効率的に転送するための専用のアーキテクチャ（例：制御信号上にユーザデータを重畳して送信する方式）が考えられている。また、多数設置するため、端末コストの低価格化や省電力化も求められる。

4. 5G時代における新たな価値の創造に向けた技術

4.1 5G時代に向けた現在のネットワーク高度化の取組み

(1)ネットワーク仮想化（NFV：Network Functions Virtualisation）^{*4}

スマートフォンの近年の急速な普及に伴い、データ通信トラフィックが増大しているが、そのような状況においても、いつでも繋がるネットワークを適正なコストで構築する必要がある。ドコモでは、IT業界では一般的となっている仮想化技術を通信キャリアのネットワークに適用することでNFVを実現し、仮想化対象装置の適用領域を拡大している。

NFVにおける仮想化技術とは、物理的な構成にとらわれず、ハードウェアリソース（CPU／メモリ／HDD）を論理的に統合・分割してリソースプール^{*5}と見なすことにより、さまざまな通信ソフトウェアを共用の汎用ハードウェア上で動作可能とする技術である。

^{*3} マシンタイプ通信：人間による通信操作を介在しない機械通信の3GPPにおける総称。

^{*4} ネットワーク仮想化（NFV）：仮想化技術を用いて通信機能処理を実現するソフトウェア処理を汎用製品上で実現する技術。

^{*5} リソースプール：大量のハードウェアを束ねて、それぞれのハードウェアが保持するリソース（CPU／メモリ／HDDなど）の集合体としたものであり、これを基にさまざまな仮想マシンが作成可能となる。

本技術により、専用ハードウェアではなく汎用ハードウェアを使用することによる価格低減と、ハードウェアリソースの有効活用による設備削減が可能となる。さらに、通信量の激増によってネットワークが圧迫される災害時などでは、ネットワーク設備の容量をスケーリング*6により自動的に拡張し、接続性を継続させることや、新しいサービスを早期に実現したい場合などでは、インスタンシエーション*7により汎用ハードウェア上に通信ソフトウェアを速やかに展開することでそれが可能となる。

(2)DECOR (DEdicated CORe Network)*8

近年ではIoTデバイスも低廉化されて急速な普及が進んでおり、LTEに接続する端末の種類や数は増加の一途を辿っている。それらのトラフィック特性や優先度に応じて収容するネットワークを分離することができれば、ネットワークの局所化や収容設計の効率化など、これまでよりさらにフレキシブルかつ適切にネットワークを制御することが可能となる。そこで、現在ドコモではDECORと言われる端末のトラフィック特性に応じて収容コアネットワークを分離する技術の導入を進めている。

3GPPでは以前よりネットワークを分離する方式自体は存在していたが、端末への機能実装を伴い、普及済みの既存端末には適用できなかった。一方、DECORでは端末識別子*9を基にネットワーク側で振分けを行うことで、端末にはインパクトがないまま、接続するネットワークを分離することが可能となる。これにより、収容する端末のトラフィック特性や優先度に応じてネットワークを設計することが可能となるため、信頼性確保とコスト削減が見込まれる。

4.2 5Gネットワークの技術要素

前述のユースケース (eMBB, URLLC, mMTC) を実現するための5Gコアネットワーク技術について解説する。

(1)高速・大容量：eMBB実現のための技術

(a)初期の5G提供方式

高速・大容量を実現するためのコアネットワークの方法としては、従来のEPC (Evolved Packet Core)*10を拡張する方式と新規に仕様化される5Gアーキテクチャを導入する方式が存在し、ドコモでは5G初期においては前者での提供を行う (図1)。その理由としては、EPCを活用することでLTE/LTE-Advancedで展開済みの安定したエリア品質を担保可能としつつ高速・大容量を実現でき、5Gコアネットワークを新たに導入するよりも早期安定導入が可能となるからである。

(b)5G本格化に向けたコンテンツ配信技術

5G本格化に向けては、さらにリッチなコンテンツ配信に対応するために無線部分を大容量化するだけでなく、コアネットワーク側でリッチコンテンツを効率良く配信するための技術が必要になる。このユースケース実現のために、無線アクセスに比較的近い位置にゲートウェイ*11機能を配置して、端末から近い位置でのサービス処理を行うモバイルエッジコンピューティング (MEC: Mobile Edge Computing) サーバにCDN (Content Delivery Network)*12を適用することで、有線区間のトラフィック削減とともに遅延削減による実効的な通信速度の向上を図る。

4Gまでは、このようにトラフィック特性に応じてMECとインターネットアクセスを同時に行いつつ端末のモビリティも両立する方式について、標準的な方法が確立していなかった。しかし、5GではMECとモビリティの利用を両立するために、特定トラフィックのみ識別し端末近傍でオフロード (Local Breakout*13) するためのUL CL (UpLink Classifier) や後述するSSC (Session and Service Continuity) な

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

*7 インスタンシエーション：クラウド環境上で通信用アプリケーションを立ち上げる手続き。

*8 DECOR：移動端末種別をあらゆる端末識別子に応じてコアネットワークを分離し、同じ端末識別子が割り当てられた移動端末を集めて在圏させる専用のコアネットワーク。

*9 端末識別子：加入者情報に含まれる、端末の種別や用途を示す識別子。

どの新規方式が追加されている。

UL CLは端末から送信される、特定のIPアドレス向けの packets を識別し、通常とは異なるルーティングを行う技術である。一般的には、図2のようにMECサーバに接続するために用い

られる。

(2)高信頼・低遅延：URLLC実現のための技術

高信頼・低遅延通信を必要とするサービス実現のために、端末とサーバ間の距離に依存する遅延を短縮する目的で、MECとは別に遅延の原因となるハンド

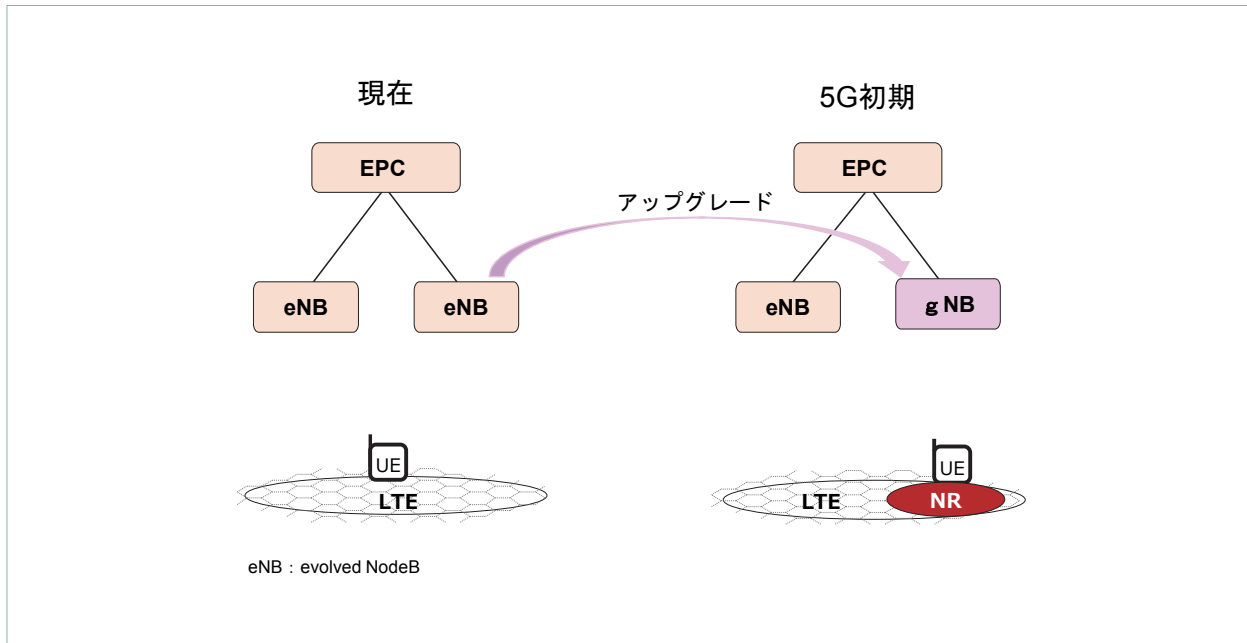


図1 5G初期のアクセス収容

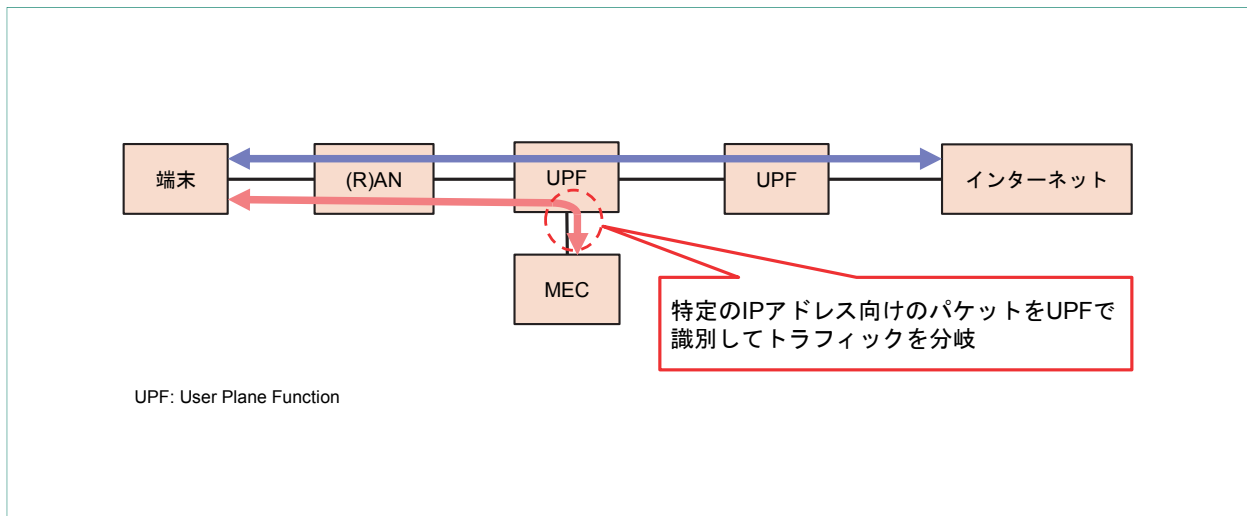


図2 UL CL

- *10 EPC：LTEをはじめとした無線アクセス網を収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、ベアラ管理、QoS制御といった機能を提供する。
- *11 ゲートウェイ：プロトコル変換やデータの中継機能などを有し、デバイス間の通信を可能にする中継デバイス。
- *12 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。
- *13 Local Breakout：特定通信のみ各拠点から直接インターネットに流すことにより、センタ拠点と各拠点間を結ぶ回線の圧迫を防ぐ手順。

オーバー*14時の瞬断を防ぐ機能の改善，および最短経路での端末間通信を可能とするルーティング制御機能の拡張を行っている。

これらの機能はSSCと呼ばれる。SSCはMEC接続のようにエリアごとに接続するネットワーク/サーバが異なる場合に，端末が移動に伴って接続するネットワーク/サーバを変更することが可能となる新しい技術である。SSCには次の3つのmodeがある(図3(a)~(c))。

- (a)SSC mode 1は，4Gまでと同様に，エリアによらず1カ所のネットワークにつながる方式であり，通常のインターネット接続に用いられる。
- (b)SSC mode 2は，あるエリアAに紐づくMECサーバに接続している端末が新しいエリアBに移動した場合に，エリアBに紐づくMECサーバに再接続する方式である。

(c)SSC mode 3は，あるエリアAに紐づくMECサーバに接続している端末が新しいエリアBに移動した場合に，エリアBのMECサーバに接続しつつ旧エリアAとの接続状態も保持する方式である。なお，SSC mode 3では，ハンドオーバーに伴う再接続による瞬断を防ぐために，端末が旧エリアAのネットワークに接続したまま，新エリアBのネットワークに接続を行い，新エリアBとの接続が完了した後に旧エリアAのネットワークとの通信を切断するMake Before Breakという新しい方式もオプションとして追加される。

(3)多数同時接続：mMTC実現のための技術

多数の端末を効率的に管理するために，固定的に設置されたセンサデバイスなどの端末は，位置登録しない制御とすることが考えられている。また，

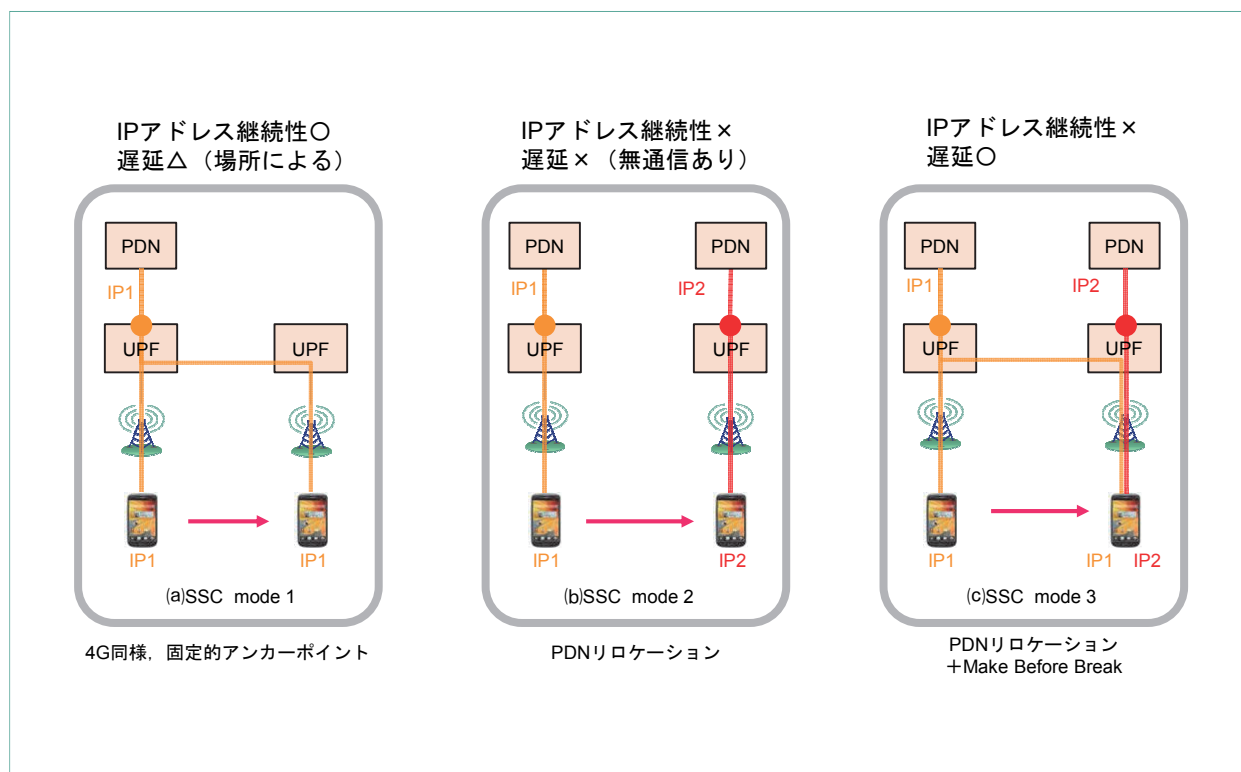


図3 SSC

*14 ハンドオーバー：通信中の端末が移動に伴い基地局をまたがる際，通信を継続させながら基地局を切り替える技術。

センサデバイスを安価にするためにコアネットワーク側にセキュリティ機能などをオフロードすることや、非常に多くのセッション*15が1カ所に集中することを防ぐために、センサから得られる情報をMECで処理する方式が考えられている。

さらに、少量のデータを制御信号に重畳して送受信することでネットワークの利用効率を向上する技術も検討されている。

4.3 多様なネットワークの効率的収容

5Gのユースケースは多岐にわたるとともに、遅延・帯域・端末数などにおいて、これまでよりはるかに厳しい性能が要求される一方で、各能力の最大値すべてを同時に満たさなくても、個々のユースケースを実現することも可能である。

また、無線アクセスネットワーク（RAN：Radio

Access Network）*16もそのユースケースに応じて異なるものを利用することも考えられており、5G時代の将来ネットワークは、4G無線アクセス、5G無線アクセス、Wi-Fi®*17など複数の無線技術を受け入れ、サービスの特性に応じてそれらを使い分けることが想定されている。さらに、仮想化技術を活用することにより、サーバやトランスポート機器などの物理機器を共通利用しつつ、高効率・低遅延といったサービス要求条件に特化した論理的なネットワークをネットワークスライス*18として構築することでそれぞれのサービスを実現する（図4）。ネットワーク構築の柔軟性とサービス提供にかかる時間を短縮するために、ネットワークスライス上に配置するネットワークファンクションに対して、サービスベースドアーキテクチャ（SBA：Service Based Architecture）と言われる技術の導入を行う。

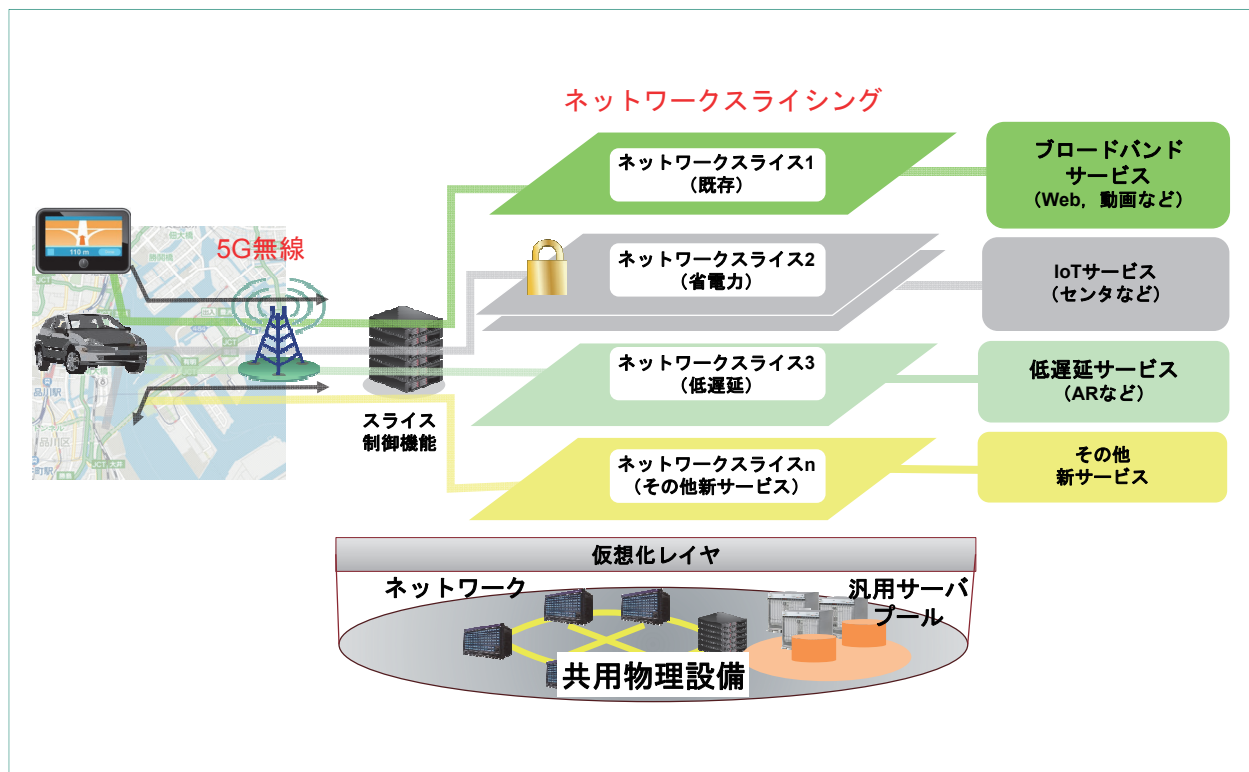


図4 ネットワークスライシング

*15 セッション：クライアントとサーバ、もしくはサーバ間どうしでやり取りされる一連の通信のこと。

*16 無線アクセスネットワーク（RAN）：コアネットワークと端末の間に位置する、無線レイヤの制御を行う基地局などで構成されるネットワーク。

*17 Wi-Fi®：Wi-Fi Allianceの登録商標。

4.4 SBA

5G時代では多種多様なサービスを迅速に提供する基盤として役割を求められる。多様な要求条件を迅速に実現するためには、コアネットワークは単純にデータ転送を行うだけではなく、アプリケーションの特性に応じた機能追加が必要となり、かつ端末アプリケーションやサーバアプリケーションの開発サイクルに合わせた機能追加の迅速性が要求される。

しかし、現状のコアネットワークはモノリシックアーキテクチャ^{*19}であり、装置間の密結合により、コアネットワークに対して小規模の機能追加を行っても、システム全体の整合をとるために、長期の開発サイクルが必要である。

これに対してスマートフォン用のアプリケーションのように、端末アプリケーション自身とそれと連携するサーバアプリケーションは、迅速かつ相互に機

能追加を行いながら多種多様なサービスを展開している。そこで、コアネットワークにおいてもこのような機能追加の迅速性を実現するためにSBAの標準化がなされた。

SBAはマイクロサービスアーキテクチャを3GPP標準に適用したものである。マイクロサービスアーキテクチャは、サービスを実現するアプリケーションをマイクロサービスというファンクションに分解し、各マイクロサービスのインタフェースを疎結合化することで、機能追加・変更による影響を局所化しサービス実装や試験時間を短縮・迅速化するものである(図5)。

SBAは、コアネットワークのクラウドネイティブ^{*20}化を実現する主要な技術であり、ネットワークスライスとクラウドネイティブ化されたコアネットワークの組合せにより、運用コスト低減と要求条

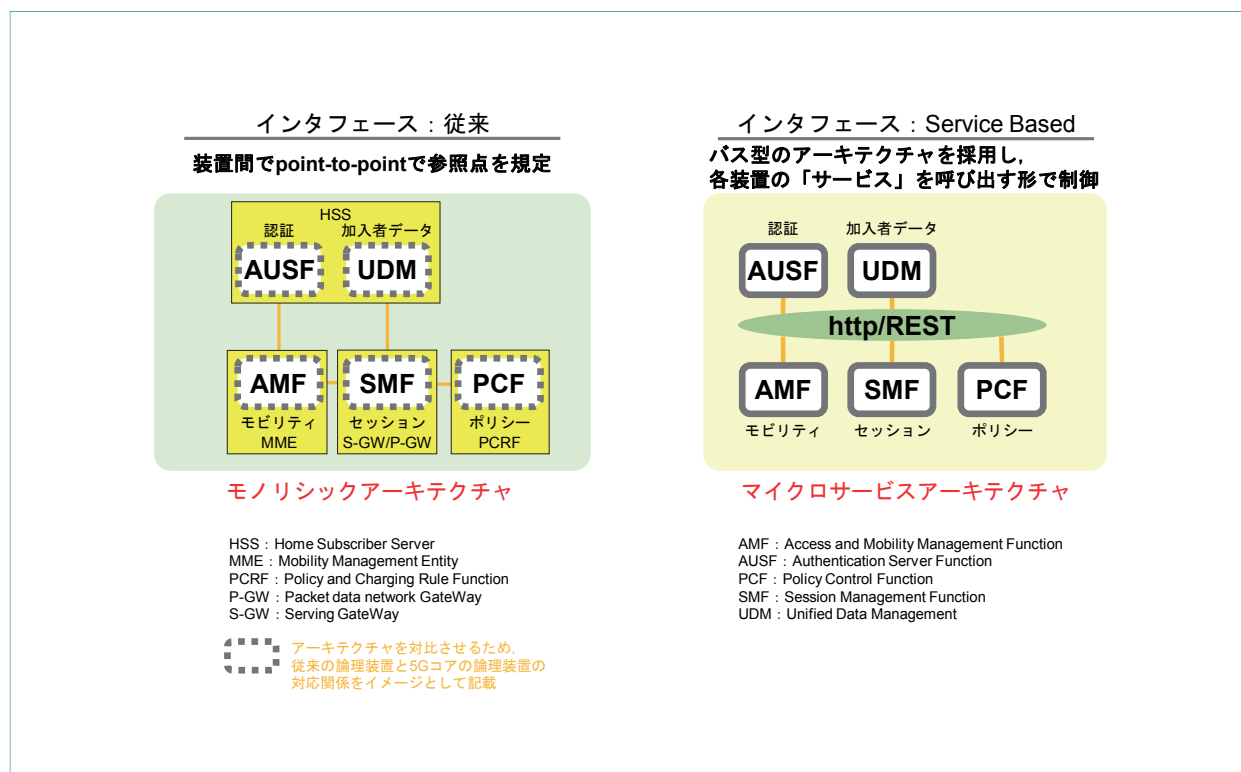


図5 SBAアーキテクチャ

*18 ネットワークスライス：5G時代の次世代ネットワークの実現形態の1つ。ユースケースやビジネスモデルなどのサービス単位でコアネットワーク分割して最適化するアーキテクチャ。
*19 モノリシックアーキテクチャ：各機能部が密接に連携し、システム全体が1つのモジュールとして動作するアーキテクチャ。

*20 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。

件充足の両立をめざしている。

4.5 ネットワークオペレーションの発展

モバイルネットワークは、将来の5Gの実現により、従来よりもサービス多様化・ネットワークの複雑化が進行すると想定される。仮想化の技術により物理的なハードウェア構成は、従来と同等もしくはシンプル化されていくが、ネットワークスライスなど、サービスを提供する論理構成は、仮想化された複数の論理リソースを用いた複雑な構成となり、これらを人手で保守運用するには課題が増すものと考えられる。このような背景からドコモは、自動化やAIの活用により従来のオペレーションシステムの経済化・効率化を推進し、オペレーションに対する業務の高度化に取り組んでいる。

自動化に対する取組みとしては、複雑化・煩雑化する業務を“人”による手作業から“システム”による自動化を行うために、F-OSS (Fulfillment Operation Support System)^{*21}のシステム導入を行った。ネットワーク仮想化により、ハードウェアとソフトウェアを分離した構築が可能となるが、これをOSSにより自動化することで、OPEX (OPERating EX-pense)^{*22}の削減、およびより一層の信頼性・可用性の向上が実現される。

また、AIは近年めざましい進歩を遂げてきており、さまざまな分野で業務効率化の実現に向けた活用が期待されている。モバイルネットワークの保守運用業務（以下、オペレーション業務）においても、AI技術を活用した業務効率化の機運が高まりを見せてきている。

オペレーション業務の高度化に向けては自動化が重要なキーワードとなり、この自動化には従来、人が行っていた業務を既存システムやツールに置き換える自動化と、現在の状況から装置故障やサービス品質の劣化を予測し、未然に装置故障によるサービス品質の劣化防止を行うなどの従来は人ができな

かった業務の自動化があり、後者についてはAI技術の活用による効率化が期待されている。

オペレーション業務は大きく、監視、分析、措置の業務に分類できる。AIを活用したオペレーションの高度化内容を以下に記載する。

①監視業務

ネットワークから収集可能な警報情報、装置状態、トラフィックなどの大量データを用い、従来人手ではできていなかった、装置故障の予兆や予測されるサービス影響を機械学習^{*23}やディープラーニング^{*24}などのAI技術を用いることで自動的に検知する。検知された予兆は、既存システムの活用によって、サービスごと、エリアごとに品質状況として可視化される。

②分析業務

サービス品質劣化が予測された際、仮想化、ネットワークスライスにより複雑化した論理構成から被疑箇所を自動的に推定する。従来、人が行ってきた故障切分けはシナリオ化され、自動的に行うとともに、ネットワークリソースの動的変更など、障害発生内容に応じた措置手順をオペレータに提案する。

③措置業務

分析業務において自動的に作成された措置手順に従い、遠隔で対処が可能な事象では、オペレータ判断によりサービス継続のための自動復旧処理が実施される。また、ハード故障による装置交換のような現地対応が必要な事象に対しては、措置に必要な作業内容や部材、作業員のスケジュール管理から効率的な移動ルートなどの提示を行い、現地対応者の作業支援を行う。

以上を実現することで、装置からの警報発生後に対処を実施していた従来の保守から、将来を予測した保守への変革が可能となる。これによりお客様へのサービス影響を未然に防止し、サービスを継続さ

^{*21} F-OSS：ネットワーク構築に関するデータの一元管理、設計工事のオートメーション化により仮想化の構築業務を効率化するシステム。

^{*22} OPEX：設備を維持し運用するために発生する費用。

^{*23} 機械学習：サンプルデータから統計処理により、有用な判断基準をコンピュータに学習させる枠組み。

^{*24} ディープラーニング：多層構造のニューラルネットワークを用いた機械学習のこと。

せることが期待できる。

5. あとがき

本稿では5Gのユースケースを基に、コアネット

ワークで必要とされる主要技術、およびネットワークオペレーションの発展について解説を行った。ドコモはこれら5Gの技術を通じてあらゆる“つながり”を提供し、社会インフラとしてのネットワークの発展に寄与していく。

5G時代に向けたドコモR&Dの現在・未来

各分野の現状と進化

5G時代に向けたデバイスの進化

移動機開発部 二方 敏之 ふたかた としゆき

ドコモは2020年に5Gの商用サービス本格運用を開始する予定であり、それに向けて新たなデバイスやサービスなども検討している。ただし、2020年を1つのターゲットとはしてはいるものの、さらにその後の展開も見据えた研究・開発に邁進しているところである。本稿では、5G導入による、高速・大容量、低遅延、多数端末接続、さらに将来のネットワークの進化や各種端末デバイス関連技術の進化やサービス要求を想定し、2020年、並びにその後のデバイスのあり方についての展望を述べる。

1. まえがき

ドコモは、標準化団体3GPPが規定する仕様に準拠した、第5世代移動通信システム（5G）の本格商用化をめざしている。5Gの登場によりDown Link通信はもちろんのこと、Up Link通信のさらなる高速化や、あらゆるモノをインターネットにつなげるIoT（Internet of Things）向け各種デバイスの接続を想定したネットワークへの進化が図られる。Up Link通信の高速化は、これまで情報を受け表示させることをメインとしていたデバイスが、動画をはじめとする大容量の情報を発信することにも繋がる

と考えられる。また、IoTの本格普及により、携帯電話やスマートフォンと言ったこれまで身近にあり、すでに生活の中に溶け込んでいるデバイスだけではなく、まだ見ぬさまざまな形態の新たなデバイスがこの世の中に登場することが期待される。さらに、その役割についても、通話やメッセージのやり取りなどのコミュニケーションツールや、情報の授受のためのデータ通信手段としての通信機器とは、位置付けが異なるものによって変わっていくと考えられる。

本稿では、5G時代のデバイスの意義とデバイステクノロジーの進化について解説し、今後のデバイスの方向性について、コンシューマ向けと産業向け

©2018 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

の2つの観点で述べる。

2. 5G時代のデバイスの意義とテクノロジーの進化

2020年、およびその先に向けたデバイスのあり方を考えるにあたって、今後登場するであろう新たなデバイスの意義と、今後のデバイスの方向性を見定めるにあたり、関連する各種テクノロジーの進化について考察する。

2.1 5G時代のデバイスの意義

ドコモのR&D部門では、中期戦略3大テーマとして、5G、AI、デバイスを掲げている（図1）。この中でデバイスは、5Gの導入によるその技術の活用はもちろんのこと、膨大な情報量のありとあらゆるデータを収集し、収集された各種ビッグデータとAIの活用から得られた価値ある情報をアウトプットする役割を担っていくと考えられる。AI活用に向け

では、いかにデータを収集するかが重要な要素の1つであり、ドコモでは、改めて5G時代のデバイスを移動体無線通信、無線LAN、Bluetooth[®]*1、あるいは固定通信を含めた、ありとあらゆる通信技術によってつなげ、クラウドに収集したデータをインプットするものと定義している。

2.2 デバイステクノロジーの進化

今後のデバイス関連テクノロジーでは、すでに現行のスマートフォンやタブレットに搭載されている各種センサやカメラなどの技術進化だけでなく、IoT、ホームデバイス、固定ディスプレイ、ウェアラブルデバイス、フレキシブルディスプレイ*2など、個々の機能を活かしたさまざまなデバイスが登場してくる（図2）。その中でも、大きく2極化が進み、一方はすべての機能をスマートフォンに集約していく継続的進化の方向性であり、もう一方は、周辺デバイスとの連携を強め、あらゆるニーズに対応する、さまざまなコネクティビティを活用したデバイス間

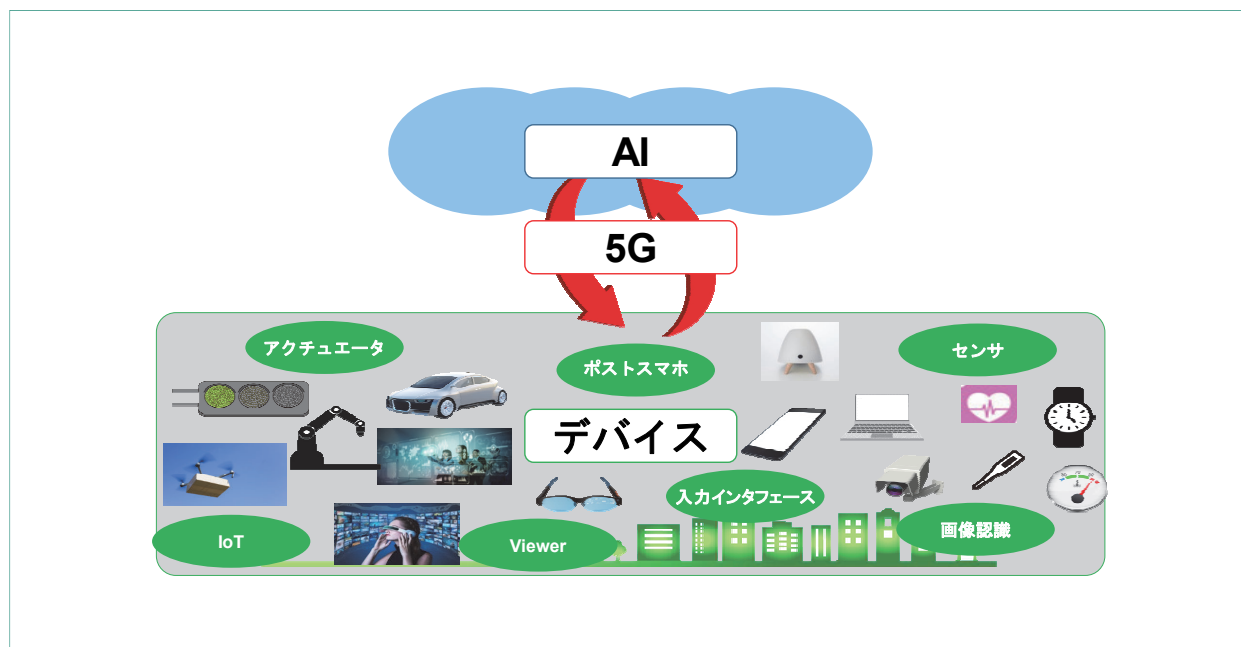


図1 ドコモR&D中期戦略3大テーマ

*1 Bluetooth[®]：移動端末、ノートPC、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で、米国Bluetooth SIG Inc.の登録商標。

*2 フレキシブルディスプレイ：柔軟性をもった映像表示装置で、布や紙のように折り曲げたり、丸めたりすることが可能なディスプレイ。

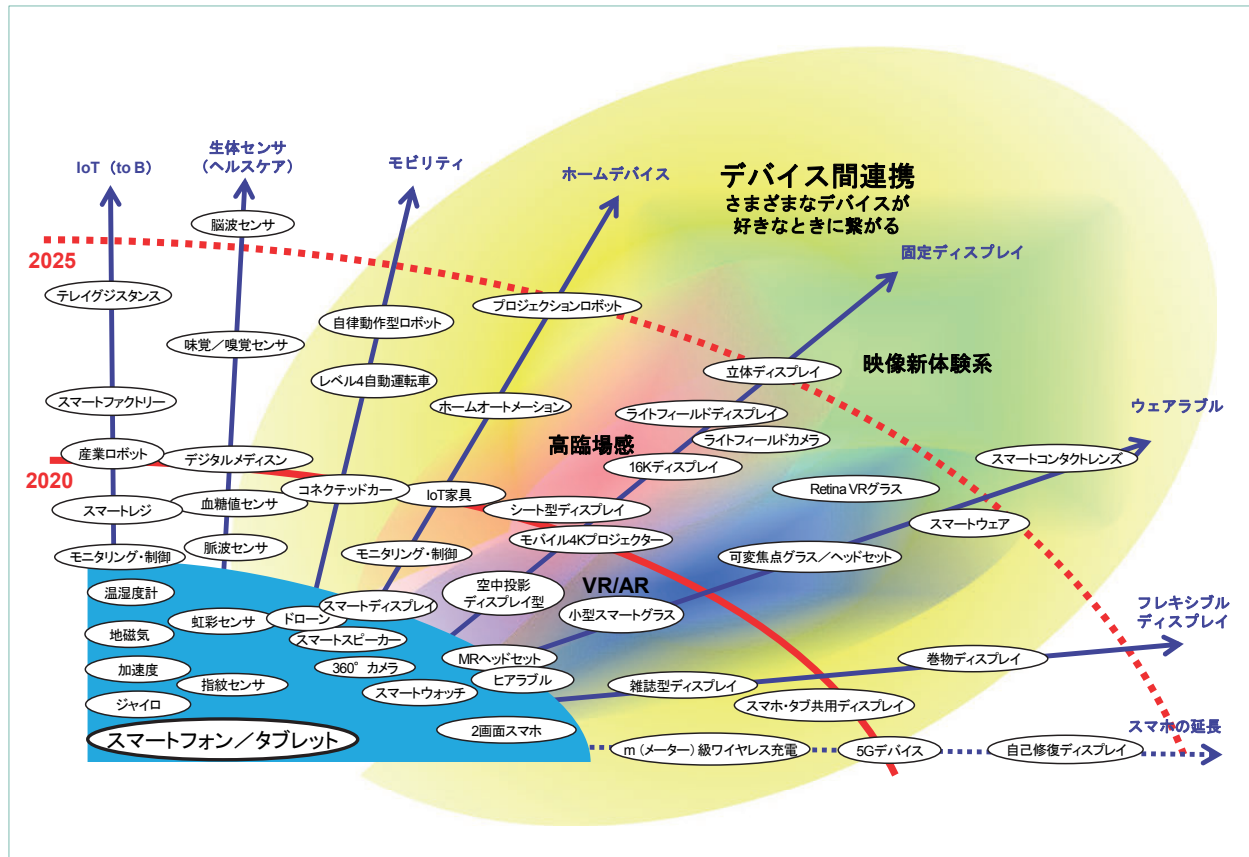


図2 デバイステクノロジー進化の方向性

連携の方向性である。

3. 今後の新たなデバイスの方向性

ターゲットとなるマーケット、およびそれぞれのマーケット観点でのデバイスの方向性について以下に解説する。これまでのメインターゲットであった、コンシューマ向けデバイスだけでなく、今後は、産業向けデバイスが大きく進化すると想定している。そのため、新たなパーソナルデバイスとしてのスマートグラスや各種ディスプレイ型デバイスのように、コンシューマ向けだけでなく、さまざまな産業でも利用できる特化型デバイスに期待が集まっている（図3）。

3.1 コンシューマデバイスの方向性

2020年のコンシューマ向けのデバイスは、スマートフォンの正常進化である「ALL In スマホ」と、スマートグラス・VR・ホームデバイスなどの特化型デバイスの2極化が進むと想定している。さらにその後は、複数のデバイスが相互に連携し、例えば、ユーザが用途や利用シーンに応じて身の回りにあるさまざまなデバイスを使い分けるような時代が来ることも考えられる。

それでは、具体的にデバイスが進化することによって、どのような未来が実現されるのか、特化型デバイスとデバイス間連携による世界について、ここで述べたい。

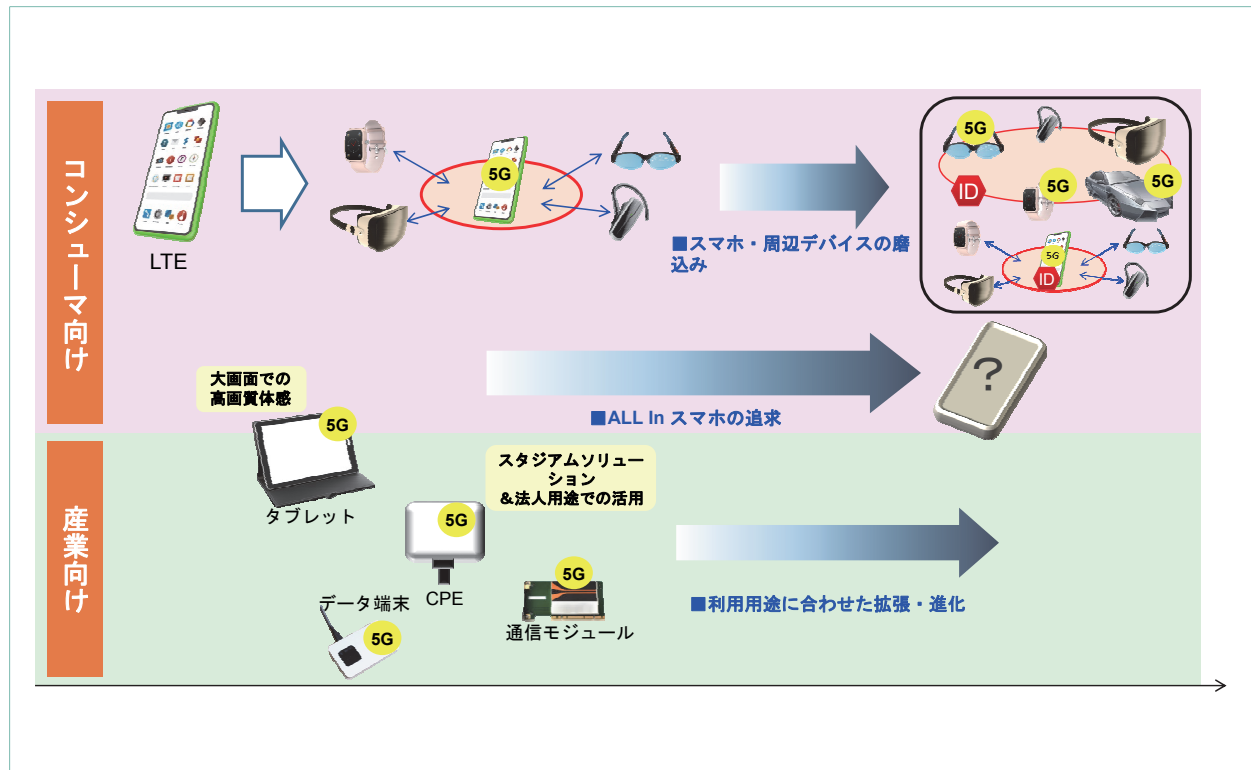


図3 今後の新たなデバイスの方向性

(1) 特化型デバイスの世界観

図4(a)は大型ディスプレイを用いたリアルな体感を、図4(b)は小型高画質グラスを用いた新たな価値を提供する例である。前者は例えば、遠隔地に居ながら透過・反射撮影技術などを駆使し、お互いの視線を合わせることで、より対面に近いコミュニケーションを実現している。また、後者についてはグラスを通して入力された映像から瞬時にその場所やモノの情報を検索し、見えている景色にその情報を重ね合わせることで、ユーザーに利便性を提供している。

(2) デバイス間連携の世界観

図5はデバイス間が連携し、ユーザーはIDを持ち歩くだけで入出力デバイスの自由な切替えが実現でき、ログインするだけで必要な情報が得られ、ユーザーごとの快適な環境設定が可能となる世界を表している。ユーザーは身の回りにあるさまざまなデバイスを自ら

のものとして扱い、特定のデバイスに依存しない体験という、5G時代の新たなデバイスの使い方の1つを提案している。

3.2 産業向けデバイスの方向性

現在は多くの場合、キャリアブランド、あるいはメーカーブランドの通信モジュール（通信モデムに外部装置とのインタフェースを具備したもの）を用いてサービスを提供している。今後の産業向けデバイスは、多種多様な利用シーンをカバーする必要があると考えられるため、一部で提唱されているように、通信モデムとセンサや外部装置とのインタフェースなどの機能も含めて1つの半導体として活用する、1チップソリューションのデバイスが普及すると考えられる。

また、用途によって、高解像度監視カメラやイン

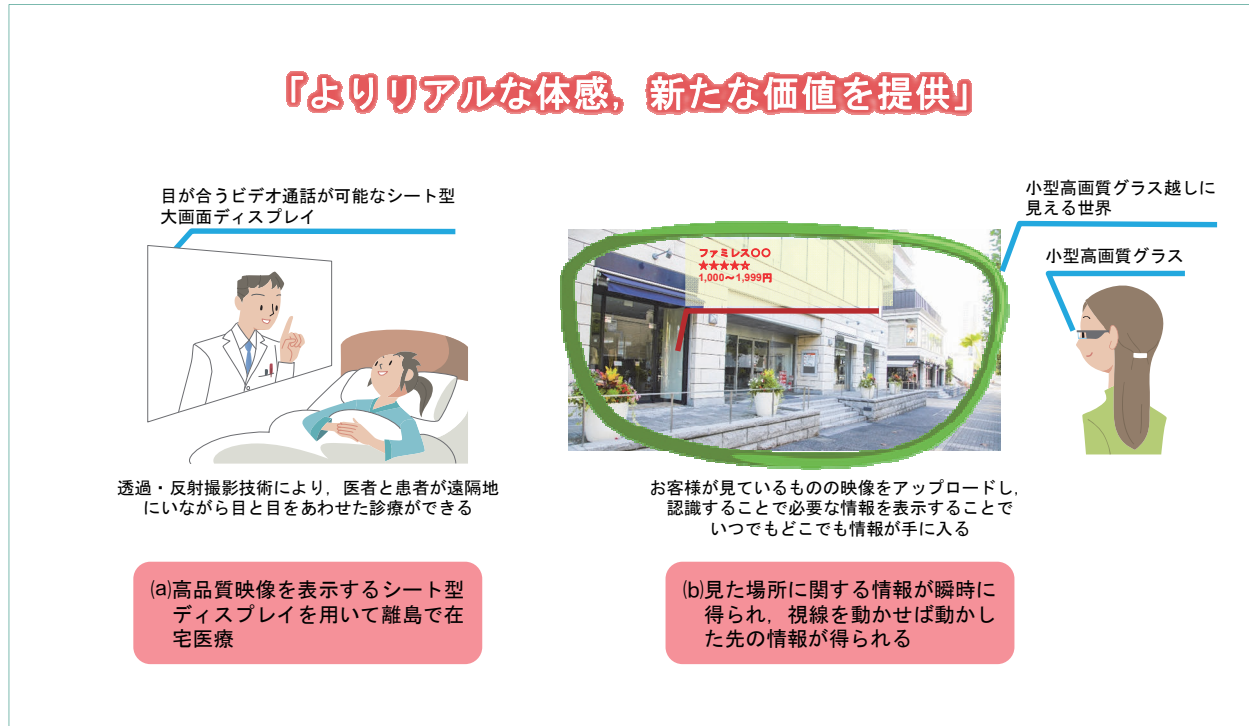


図4 特化型デバイスの世界観とユースケース例



図5 デバイス間連携の世界観

フォテインメント*3のような高速・大容量化を必要とするデバイスと、スマートメータ*4などに代表される小容量・低消費電力化のデバイスとの2極化が

ここでも進むと想定される(図6)。

それらのデバイスは農業をはじめ各産業の現場、医療や防災での活用、交通システムの高度化、さら

*3 インフォテインメント：情報（インフォメーション）と娯楽（エンターテインメント）を融合したサービスで、例えば、車内での映像・音楽の鑑賞や、地図・渋滞情報の閲覧などを複合したサービスを指す。

*4 スマートメータ：電力の使用状況をリアルタイムに計測し、見える化するための装置。

には2020年に行われるスポーツイベント向けなど、さまざまな用途で利用され、安心・安全、豊かな暮

らし、便利で高効率な社会の実現に貢献していくと考えられる（図7）。

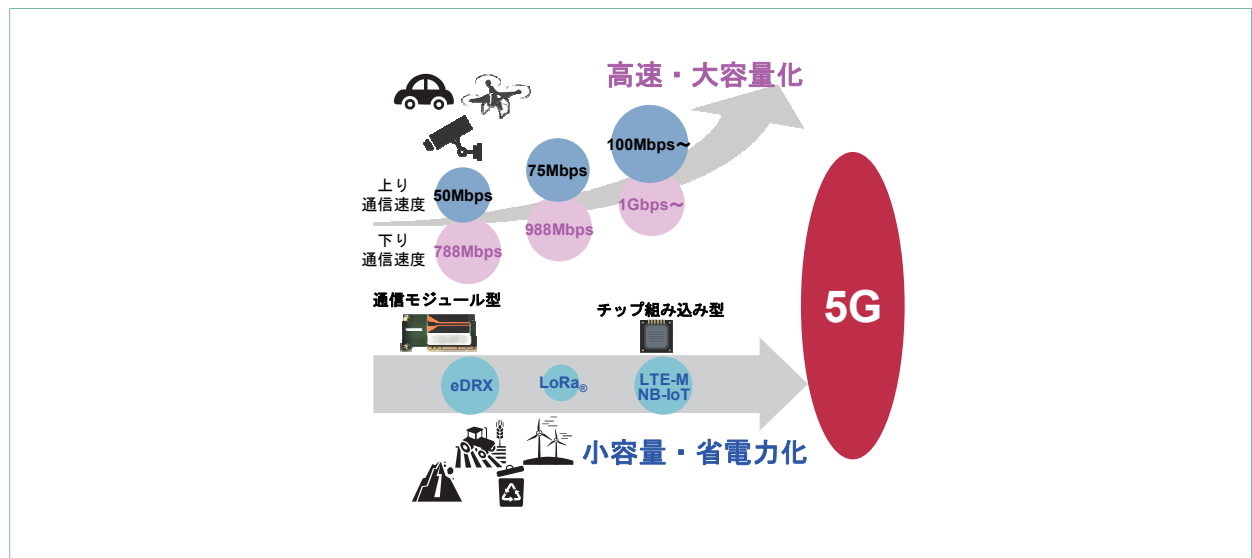


図6 産業向けデバイスの方向性



図7 新たなデバイスの産業での利用

4. あとがき

本稿では5Gの本格商用化，およびその先を見据えたデバイスの意義やその進化の方向性，役割や実

現されうる世界観について解説した。商用化までの残された時間はわずかしかないが，その後のさらなる発展に繋げるためにも第4次産業革命の名にふさわしいデバイス・サービスの開発に挑み続けていく。

5G時代に向けたドコモR&Dの現在・未来

各分野の現状と進化

AI・ビッグデータ分析のトレンド

サービスイノベーション部 津田 雅之 先進技術研究所 滝田 亘
イノベーション統括部 おおの ともよし 大野 友義

近年AIに対する注目度が飛躍的に高まっている。ドコモにおいても、AIによる価値創造と社会課題解決をめざし、さまざまな取組みを続けている。本稿では、ドコモが考えるAIの意義や、ドコモのAIコア技術開発およびAIプラットフォーム戦略について解説する。また、AIの取組みの具体例として、「AIエージェント」「AIタクシー」「AIスタンプラリー」「病気の予防と早期発見」について紹介する。最後に、Beyond 2020に向けた今後の展望について述べる。

1. まえがき

1956年に初めて登場したAI（人工知能）は、これまで2回のブームを経て、現在は第3次ブームを迎えている。その背景には、コンピューティングパワーやアルゴリズムの進化により、実用的なコストでビッグデータを扱えるようになったことが挙げられる。

AIの活用がブームになっている理由として、具体的には、以下の3点が考えられる。

①活用可能データ量の増加

スマートフォンやカメラ、PCといったデジタルデバイスや、ソーシャルネットワークサービス、UGC（User Generated Contents）*1、動画サイトといった情報発信型のサービスの普及によって、活用可能なデジタルデータの量が増加したことで、機械学習に効果が上がるレベルのデータが存在するようになった。

②コンピューティングパワーの向上

高速・大規模な浮動小数点演算を可能とす

©2018 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 UGC：利用者により作成されたコンテンツの総称。ユーザー作成コンテンツ。

るGPGPU (General Purpose computing on GPU)^{*2}や、用途に応じて簡易にスケールの変更が可能なクラウドコンピューティング環境、インフラでの高速化を担う高性能メモリ・SSD (Solid State Drive)・光ネットワークなどのハードウェア環境の普及と増加によって、安価に大規模なコンピューティングリソースを利用することが可能となった。

- ③学習アルゴリズムの進化とライブラリ^{*3}の普及
機械学習技術の1つである「ディープラーニング^{*4} (深層学習)」による学習性能の飛躍的な向上に加え、TensorFlow^{®*5}などのソフトウェアライブラリのオープン化や容易に試行錯誤可能なライブラリ環境の普及により、機械学習のPDCA (Plan, Do, Check, Act) サイクル^{*6}が高速化した。

これにより、学術、ビジネス、マスメディアのそれぞれにおいてAIに対する注目が高まるとともに、世界中の投資と人材がこの分野に集まり大きなムーブメントとなっている。

こうした動きの中でAIが広く普及してきているが、その用途により大きく分けて、「汎用型」と「特化型」との2種類に分類される。

汎用型AIとは、特定の作業やタスクに限定せず人間と同様の、あるいは人間以上の汎化能力を持ち合わせ、プログラミングされた特定の機能以外にも、自身の能力を応用して対応できるものをいう。典型例としては、いわゆる、アニメなどに出てくる自身の意志を持つ自律型ロボットなどである。ただし、現時点においては広範囲にわたる正解データを収集することが困難であるなどの理由から、実現の見込みは立っていない。

一方、特化型AIは、特定の作業を遂行するためのもので、囲碁・将棋、画像認識、機械翻訳、対話など、1つの機能に専門化して稼働するものである。

特化型AIの典型例としては、Google社がディープラーニングを活用して開発し、囲碁のプロ棋士との対局で勝利を取って話題を呼んだ「AlphaGo^{*7} (アルファ碁)」がある。現在、ビジネスなど社会に浸透しつつあるAIの多くはこの特化型であり、その活用においては、単にAI技術を活用するのではなく、いかにそのドメイン知識^{*8}と組み合わせるかが重要となる。また、人間が知識や経験を活かして問題を解く手順を考えるより、大量のデータを機械学習させた方が効率的に優れた結果が得られるような状況も発生しており、圧倒的なデータ量を確保することの重要性が増してきている。

ドコモにおいても、特化型AIによる価値創造と社会課題解決をめざし、データ分析活用基盤を構築して、さまざまな事業領域への適用を進めている。本稿ではドコモにおけるAIの取組みについて解説するとともに、今後の方向性について述べる。

2. ドコモの取組み

2.1 ドコモが考えるAI技術の意義

我々はAI技術を活用することで、「究極のパーソナルエージェントの実現」および「社会課題解決や産業の効率化」をめざしている (図1)。

前者は、中期戦略2020「beyond宣言」で掲げている、お客さまのライフスタイルを革新するAIエージェントの実現に向けた取組みであり、「個人」の生活のあらゆるシーンをサポートするマストアイテムの実現をめざしている。お客さまが求めている情報を的確に理解し、適切なタイミングで最適な提案を行うために、自然対話技術や行動先読み技術といったAI技術を活用する。具体的な事例としては、AIエージェントサービス「my daiz^{TM*9}」が挙げられる。

後者は、前述のようなパーソナルエージェントを実現するために応用したコア技術やビッグデータを、

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

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

*4 ディープラーニング：多層構造のニューラルネットワークを用

いた機械学習。

*5 TensorFlow[®]：深層学習プログラミング用のフレームワーク。Google LLCの登録商標。



図1 ドコモが考えるAI技術の意義

パートナー企業のビッグデータやドメイン知識と組み合わせることで活用することにより、新たな価値の創出をめざす「+d^{*10}（協創）」の取組みである。具体的な事例としては、後述する、ドコモの人口統計情報とタクシー会社の運行データを組み合わせることで深層学習することで未来のタクシー需要を予測する「AIタクシー」が挙げられる [1]。

2.2 AIコア技術開発

AIの主要な技術分野として大きく下記の4種類に大別される。

- ・認識：画像，音声，言語などの認識
- ・判断／最適化：需要予測，異常検知，最適経路探索，医療／法律などの判断支援
- ・生成：画像，音声，文章などの生成
- ・制御：自動運転，ロボットなどの制御

ドコモにおいては、認識や判断／最適化を中心に、ドコモの顧客基盤を通じて収集したビッグデータの活用により、競争力のあるAIコア技術を開発して

いる。さらに開発においては、現実に存在する課題に技術を適用し、フィードバックを得ながら技術を磨くとともに、NTTグループ内の技術の活用や、スタンフォード大学が主催するSDSI (Stanford Data Science Initiative)^{*11}への参画など国内外のトップクラスの研究機関と連携しながら最先端技術を追及している [2]。

2.3 AIプラットフォーム戦略

前述のAIコア技術について、パートナーとの協創による適用産業の拡大に向けてプラットフォーム化を推進している。推進プロセスとしては、

- ①各コア技術別に「点」として具体事例を創出しノウハウを蓄積
- ②各コア技術がターゲットとする事業領域で、ノウハウを含め「線」的に展開・発展
- ③各コア技術を有機的に連携させて基盤化し「面」的に展開・発展

というように、点から線、線から面に展開・発展さ

*6 PDCAサイクル：業務を円滑に進めるための手法のこと。PDCAサイクルでは、①Plan（計画）、②Do（実施）、③Check（効果測定）、④Act（改善）の4つのステップを継続的に繰り返して実施することが求められる。

*7 AlphaGo：米国Google LLCの商標または登録商標。

*8 ドメイン知識：対象としている業界や事業についての知識や知

見、トレンドなどの情報。

*9 my daiz™：my daizおよびmy daizロゴは(株)NTTドコモの商標。

*10 +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。

*11 SDSI：データサイエンスやビッグデータに関わるスタンフォード大学工学系研究科と企業との連携を支援する産学連携プログラム。

せることでプラットフォーム化を狙う（図2）。

自然対話技術のプラットフォーム化はまさに先に説明した通りの推進プロセスを経ている。同技術は2012年に「しゃべってコンシェル」で使用され、数億回を超える利用から収集されたデータの活用により、性能向上やノウハウ蓄積を行ったのち、自然対話プラットフォームとして外部提供を開始している。2015年にはタカラトミーとコミュニケーショントイ「OHaNAS[®]*12」（オハナス）を共同開発した。その後2016年には企業が独自のシナリオを追加して、カスタマイズ可能なサービスとして「おしゃべりロボット for Biz」を提供開始し、2017年には講談社、手塚プロダクション、富士ソフト、VAIOとともにコミュニケーション・ロボット「ATOM[®]*13」（アトム）を共同開発するなど、「点」から「線」への発展を展開してきた。そして2018年には、別のAIコア技術である「先読みエンジン」および「IoTアクセス制御エンジン」と有機的に連携することで

AIエージェントの基盤の中核となる「AIエージェントAPI^{*14}」としての展開を開始し、「線」から「面」への発展を遂げている。

3. ドコモのAI具体事例

3.1 AIエージェント

(1)AIエージェントAPI

ドコモは、中期戦略2020「beyond宣言」で掲げている、お客さまのライフスタイルを革新する新AIエージェントの実現に向け、基盤の中核となる「AIエージェントAPI」を開発・提供している [2]。本APIは、新AIエージェントを構築するための基本システムであり、先読みエンジンと多目的対話エンジン、およびIoTアクセス制御エンジンの3つで構成される（表1）。なお、先読みエンジンと多目的対話エンジンにはNTTグループのAI技術corevo[®]*15の一部を活用している。

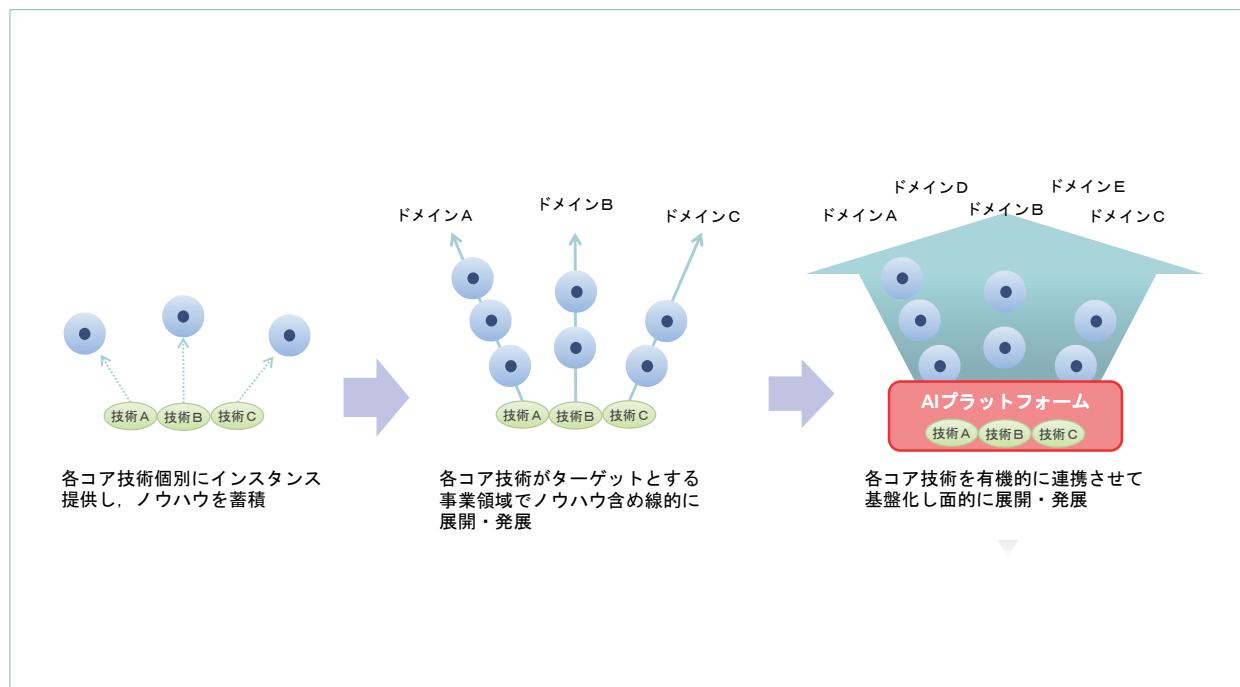


図2 プラットフォーム化の推進プロセス

*12 OHaNAS[®]：株式会社タカラトミーの登録商標。

*13 ATOM[®]：(株)講談社の登録商標。

*14 API：機能やデータを利用するための汎用化されたインタフェース。

*15 corevo[®]：日本電信電話(株)の登録商標。

また、本APIをオープン化し、「サービスにもオープン」「デバイスにもオープン」な、音声インタフェースをベースとした新たなサービス提供スタイルの共同開発を行う「ドコモAIエージェント・オープンパートナーイニシアティブ」を推進している。本取組みでは、これまでにドコモが培ってきたサービスや、デバイスプロバイダ向けのAPIをオープン化することで、以下の3点をめざしている（図3）。

- ・エンドユーザに対する音声やテキストを介した新しいサービス利用体験の創造
- ・パートナー各社とWin-Winのビジネス関係の構築
- ・AIエージェントサービスの開発期間の短縮化

(2)AIエージェントサービス「my daiz」

前述の「AIエージェントAPI」などを活用し、お客様が求める情報をAIエージェントが理解し、適切なタイミングでドコモやパートナー企業より最適な提案を行うAIエージェントサービス「my daiz」を2018年春より提供している。

具体的には、雨で通勤・通学に時間がかかりそうな際に天気や運行情報などを理解した上で早めにアラームを鳴らす、足りない食材をネットショッピングで代わりに購入し自宅へ届ける、旅行の予約だけでなく旅先の天気や周辺情報を提供するなど、お客さま1人ひとりを理解し、適切なタイミングで最適な提案を行う（図4）。

表1 3つのエンジンの特徴

先読みエンジン	行動分析技術により、1人ひとりに合わせた情報を適切なタイミングで提供することを可能とする。
多目的対話エンジン	自然言語処理技術により、自然な対話を通じたサービス提供を可能とする。
IoTアクセス制御エンジン	デバイスWebAPIの技術により、異なる通信規格のIoT機器をひとつのアプリケーションで制御することを可能とする。

デバイスWebAPI：120社（2018年7月末現在）の企業が参画するデバイスWebAPIコンソーシアムで議論・検討中のさまざまなデバイスとの連携を実現する仕組み。

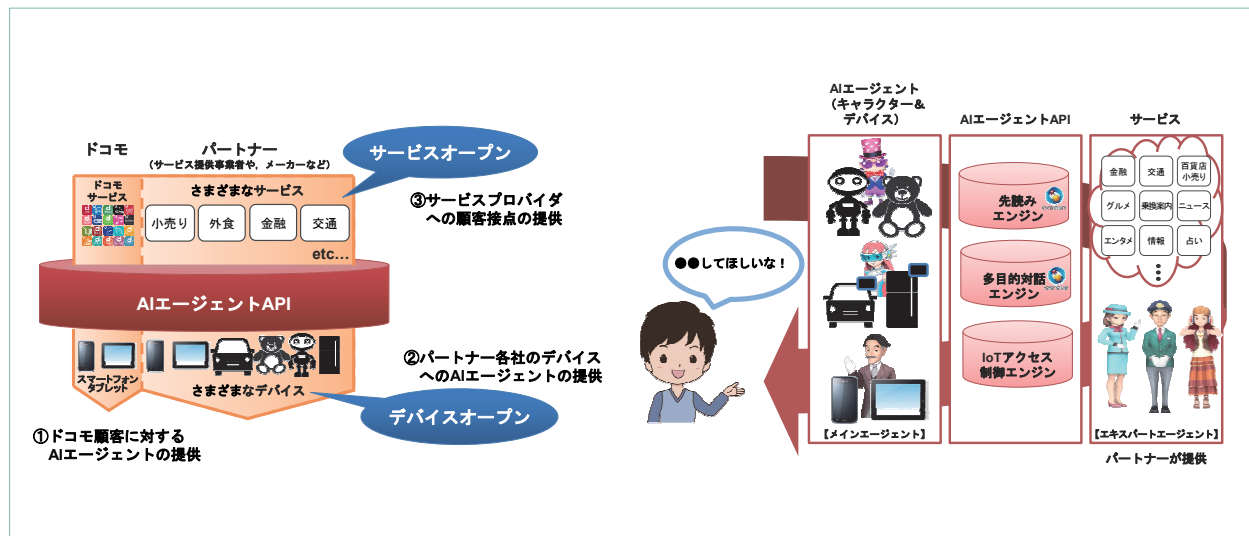


図3 AIエージェントAPIのオープン化による新サービスの創出



図4 my daiz

3.2 AIタクシー

タクシードライバーが収益を増加させるためには、不慣れな地域や時間帯などにおいても効率的に乗客を見つけ、空車時間を減らし乗客を乗せている実車時間を最大化することが重要となる。そこでドコモは、過去のタクシー運行データや、人々の統計的な位置情報から、エリアごとにタクシーの乗車需要を予測する技術を開発し、「AIタクシー」として商用提供を行っている。これにより、タクシー運転手はリアルタイムに変化する乗車需要を確認し、効率的な運行が可能となる。

本技術では、リアルタイム人口統計、天気予報、過去のタクシー乗車実績などを入力データとし、深層学習により潜在的な特徴量^{*16}を効果的に抽出した上で回帰を行い、VARモデル（Vector Auto Regressive、ベクトル自己回帰モデル、多変量自己回帰モデル）と組み合わせて、500mメッシュ^{*17}単位で30分先までのタクシー需要（当該メッシュにお

ける乗車の発生予測回数）を推定している（図5、6）。

実証実験では93～95%の予測精度が確認されており、その結果需要予測システムを利用したドライバーの1日当たり1人当たりの平均の売上が約1,400円増加した。

3.3 AIスタンプラリー

観光情報の入手方法はスマートフォンやソーシャルネットワークサービスの普及により、大きく変化してきている。そのため観光地の情報発信について、従前の旅行雑誌やホームページでの情報掲載といった方法だけではなく、より効果的な新しい手段が必要となっている。

ドコモでは、対話AIの技術が観光地の情報発信手段として価値を提供できるとし、利用者の多いソーシャルネットワークサービス上で対話AI（チャットボット）が会話の中で観光情報を発信し、画像認識AIを活用したスタンプラリーを実現する

*16 特徴量：データから抽出される、そのデータの特徴づける値のこと。

*17 メッシュ：緯度・経度に基づき、国土を網の目状に分けた区画。

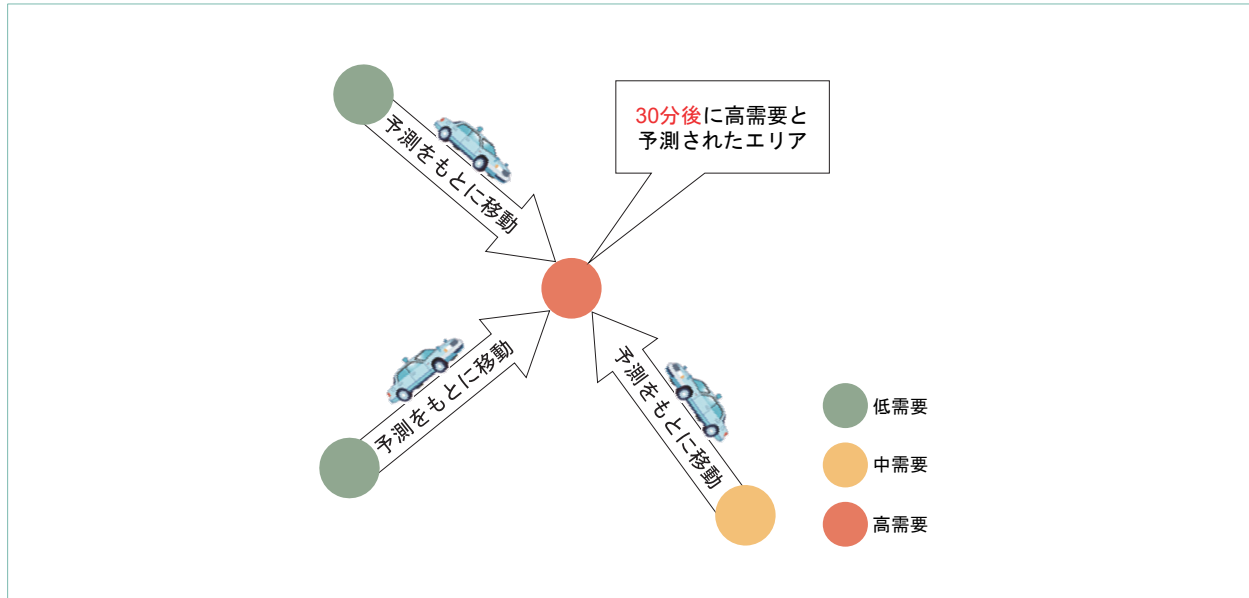


図5 需要予測とタクシー移動

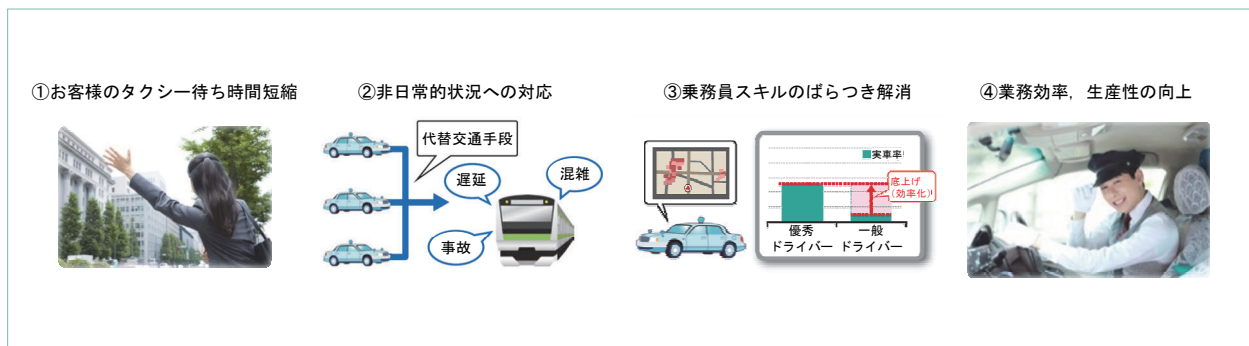


図6 AIタクシーによる期待効果

「AIスタンプラリー™*18」をパートナーとともに開発し、2018年3～8月に宮城県石巻市中心部でトライアルを実施した（図7）。本サービスは、ソーシャルネットワークサービス上で観光前から利用することが可能であり、ユーザはキャラクター（対話AI）との会話を楽しみながら旅行前におすすめの観光情報やイベント情報を知ることができる。観光中は写真撮影で行うビンゴラリーを楽しみながら観光スポットを周遊でき、位置情報により最寄りの食事処や見どころを簡単に調べることができる。また、観

光後にもイベント情報など新たな観光情報を知ることができる。

従来の観光地の情報発信と比べた主な利点は次の4点である。

- ①効果的な情報発信：対話AIが1人ひとりとの会話の中で情報を発信
- ②誘客・回遊を創出：スタンプラリーによる誘客、観光スポットの回遊を創出
- ③情報取得：対話AIとの会話やスタンプラリー利用から観光客の属性情報や回遊情報を取得

*18 AIスタンプラリー™：(株)NTTドコモの商標。

- ④ 継続的な接点創出：ソーシャルネットワークサービス上でつながることで、継続的に情報発信できる接点を創出

AIスタンプラリーのWebAPI連携イメージを図8に示す。ドコモの対話AIと、観光スポットの画像

を深層学習させた画像認識AI、パートナーが開発したスタンプラリーシステムがWebAPIで連携している。会話によって観光情報を発信したり、スタンプラリー機能を提供したり、内容から対話AIが対応する機能を利用している。今後、本サービスを応用し、観光地のもつ既存サービスやデータをWebAPI



図7 AIスタンプラリーのサービスイメージ

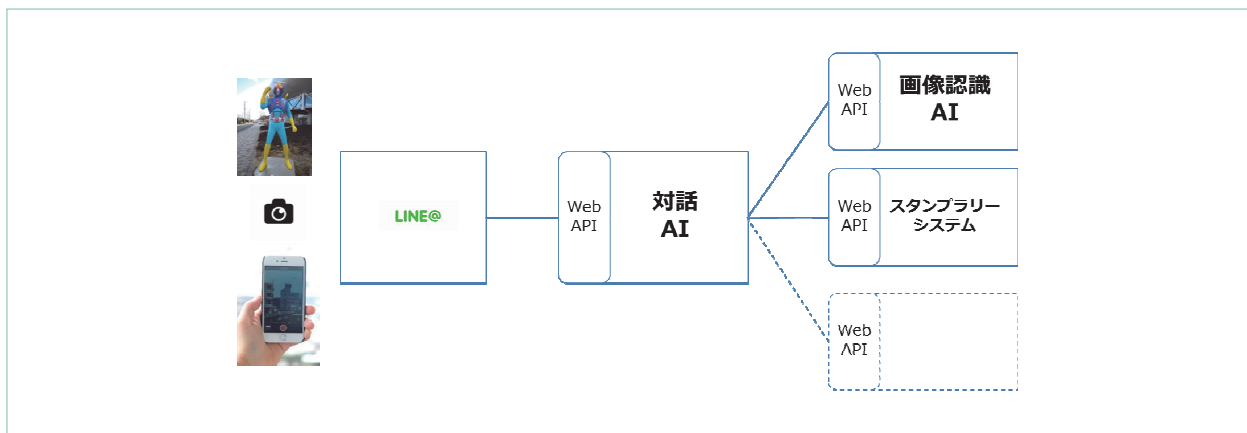


図8 AIスタンプラリーのWebAPI連携イメージ

で連携することで、より高度で効果的な観光情報の発信が実現できる。

3.4 病気の予防と早期発見

生活習慣病をはじめとした多くの病気は、生まれも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とが複雑に作用して発症すると考えられている。病気の発症や進行を未然に防ぐためには、両要因を反映した生体情報に何らかの予兆や異常が生じていないかを定期的にモニタリングし、現在の健康状態を判定して将来の発症有無やリスクなどを予測できることが望ましい。

妊娠糖尿病や妊娠高血圧症候群などの妊娠合併症^{*19}は、国内の妊婦5人に1人が発症するが、根本的な予防や治療方法がまだ見出されておらず、社会的課題の1つとされている。ドコモは、この課題に取り組むため、東北大学 東北メディカル・メガバンク機構と共同研究「マタニティログ調査」を開始し、妊娠合併症を発症する妊婦と発症しない妊婦との間

にどのような差異があるのか、遺伝要因と環境要因の両面から網羅的にビッグデータ解析を行っている[4][5]。具体的には、妊婦のDNA (Deoxyribo-Nucleic Acid)^{*20}やRNA (RiboNucleic Acid)^{*21}、尿や血漿^{*22}中の代謝産物、口腔内の細菌叢^{*23}、活動量や睡眠などのライフログ、カルテに代表される診療情報などの多種多様なデータを統合的に解析することで、妊娠合併症のリスク因子の同定や疾患発症予測モデルの構築に取り組んでいる(図9)。将来的には、妊婦の健康増進だけでなく、本研究で得られた知見を妊娠していない女性や男性の病気予防へと展開し、より多くの人々の健康寿命^{*24}延伸に貢献していきたいと考えている。

4. 今後の展望

Beyond 2020に向けては、さまざまな形でAIが社会の至るところに溶け込んだ「便利」で「快適」な社会(図10)が到来することを見据え、ドコモが

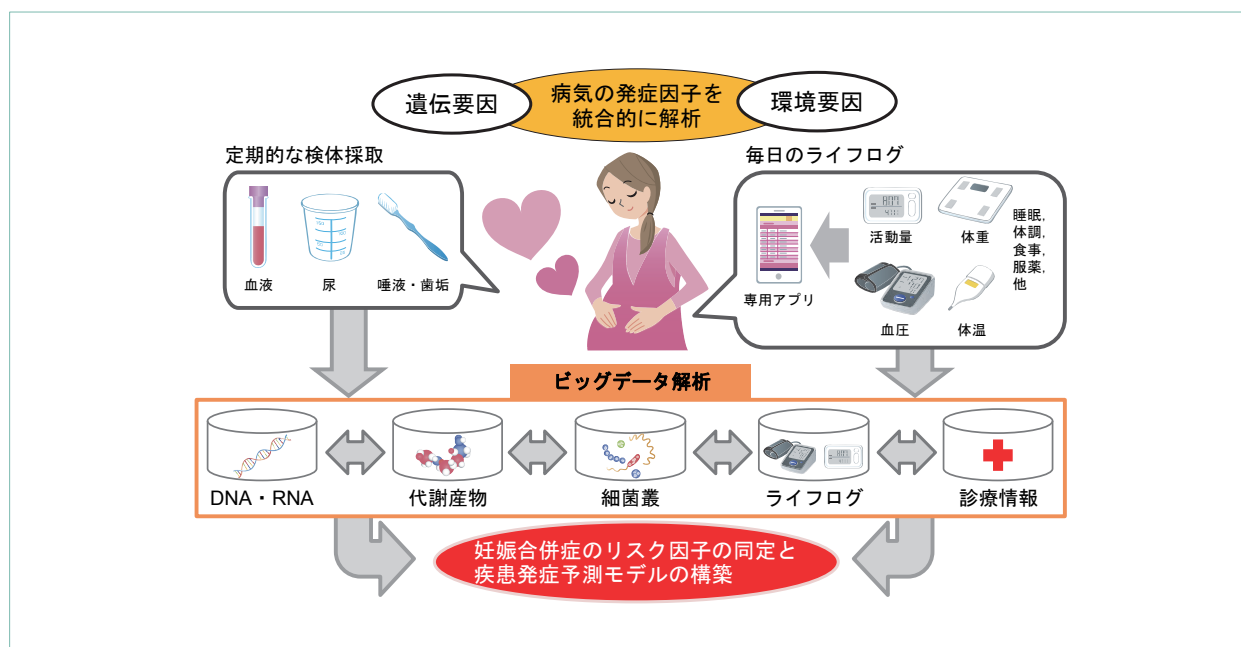


図9 マタニティログ調査の概要

*19 妊娠合併症：妊娠に伴う病気をいい、妊娠以前から持病もっていた人が妊娠した場合、妊娠中に何らかの病気が発症した場合がある。

*20 DNA：生物における遺伝情報を担う物質で、デオキシリボースとリン酸、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。デオキシリボ核酸の略称。

*21 RNA：DNAを鋳型として転写された物質で、リボースとリン酸、4種類の核酸塩基（アデニン、グアニン、シトシン、ウラシル）から構成される。リボ核酸の略称。DNAが主に核の中で情報の蓄積や保存を担うのに対し、RNAはその情報の一時的な処理を担う。

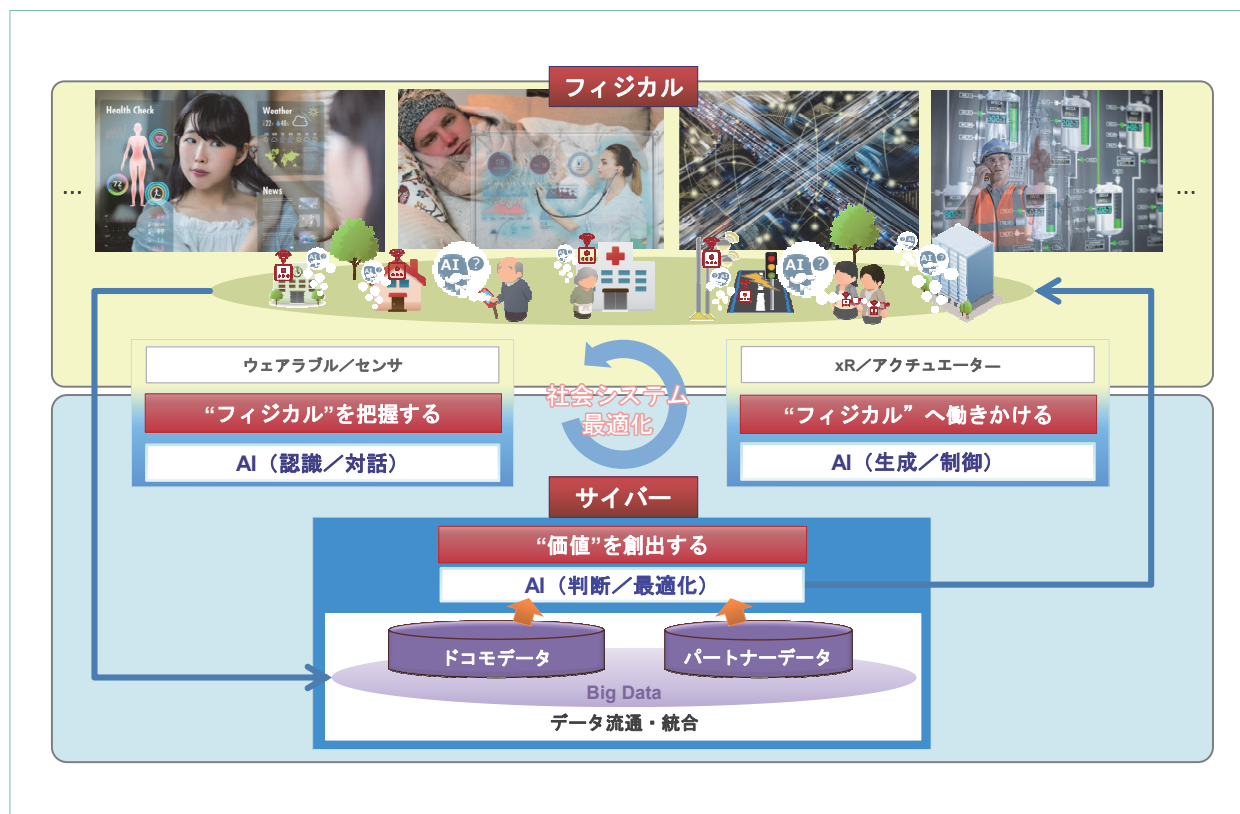


図10 さまざまな形でAIが社会の至るところに溶け込んだ「便利」で「快適」な社会

その実現と成長のエンジンの一端を担うべく、パートナーと連携してコア技術およびサービスの開発に取り組んでいく。

文献

- [1] 川崎, ほか: “AIタクシー — 交通運行の最適化をめざしたタクシーの乗車需要予測技術—,” 本誌, Vol.26, No.3, pp.15-21, Jul. 2018.
- [2] NTTドコモ報道発表資料: “米国大学のデータサイエンス分野の産学連携プログラムに参画 ~ビッグデータ, AI分野の教授陣との連携を開始~, ” Jun. 2018.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_180608_00.pdf
- [3] NTTドコモ報道発表資料: “「ドコモAIエージェン

ト・オープンパートナーイニシアティブ」を推進 — AIエージェントAPIのオープン化により協創を促進—,” Jun. 2017.

https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/06/23_00.html

- [4] 越智, ほか: “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,” 本誌, Vol.23, No.3, pp.23-28, Oct. 2015.
- [5] NTTドコモ報道発表資料: “妊婦の病気の予防に向けた研究において参加者募集が完了 —世界最大規模のライフログデータと生体データの統合解析を開始—,” Nov. 2016.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/notice/2016/11/15_00.html

- *22 血漿: 血液に含まれる液体成分の1つで, タンパク質や脂質, 電解質などを含んでいる。
- *23 細菌叢: ある特定の環境下で生育する一群の細菌の集合。
- *24 健康寿命: 健康上の問題がない状態で日常生活をおくれる期間。

5G時代に向けたドコモR&Dの現在・未来

パートナーとのオープンイノベーション

5Gが切り開く未来の展望 —パートナーの強みを 融合させた世界—

5Gイノベーション推進室 なかむら 中村 たけひろ 武宏

現在、世界中で5G商用化に向けた活動が本格化するとともに、新サービスの創出に向けてさまざまな業界から大きな期待が5Gに寄せられている。本稿では、これまでドコモが世界主要ベンダと進めてきた5G時代に向けた新技術、新周波数を使ったフィールド実証実験、幅広い業界のパートナーとの連携状況、そして新サービス協創のためのドコモ5Gオープンパートナープログラムの始動の様子を紹介する。

1. まえがき

ドコモは第5世代移動通信システム（5G）の検討開始当初から2020年を商用導入ターゲットとし、2014年に5G時代に向けた新技術、新周波数を使ったフィールド実証実験を開始、さらに2017年以降は、5Gトライアルサイトを構築し、無線だけでなくネットワークからサービスアプリケーションまで含めた総合的エンドツーエンドの実験を実施している [1]。また、2018年2月からドコモ5Gオープンパートナープログラムを開始し [2]、さまざまな業界のパートナーとの連携と新たな5Gサービス協創をより加速させてきた。

本稿では、ドコモが5Gビジネスパートナーと

行っている実証実験や連携強化の取組みについて解説する。

2. 5Gパートナーとの連携状況

2.1 5Gフィールド実証実験

5Gでは、幅広い周波数帯および幅広いユースケースをサポートするために、さまざまな無線アクセス技術が検討されており、ドコモは世界主要ベンダ各社と共同で2014年から有望な候補技術の実証実験を開始し、商用化に向けて非常に多くの実験結果や知見を得てきた。特に、周波数利用率^{*1}の向上や無線データ伝送の超高速化・高速移動対応、高周波数帯でのカバレッジ確保などを世界トップレベル

©2018 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 周波数利用率：単位時間、単位周波数帯域当りに送信できる情報ビット数。

で達成している。さらに今後も商用化に向け、実験を加速させる。

2.2 5Gトライアルサイト

ドコモは、東京臨海副都心地区（お台場・青海地域）および東京スカイツリータウン^{®*2}周辺などで、2017年5月より5Gトライアルサイト^{®*3}を開設している。同サイトでは、特に観光客や訪日のお客様が多い地域でのコンシューマ向けサービス実験や、お台場の広いエリアを有効活用したコネクテッドカー^{*4}関連の実証実験を実施している。なお、トライアル

サイトのオープニングセレモニーでは、東武鉄道株式会社の協力により、東京スカイツリー^{®*5}の340mの高さの展望デッキから東京ソラマチ^{®*6}への4Kマルチストリームライブ映像配信、列車内のタブレットへのコンテンツ配信などのデモを、5G無線通信を介して実施した（写真1）。また、5Gを活用して東京スカイツリーの展望デッキから浅草駅ビル（EKIMISE）までの4K映像中継に成功したほか、東京スカイツリータウン周辺エリアで10Gbpsの伝送速度を達成するなど各種試験で成果をあげている（図1）。



写真1 5Gトライアルサイトでの4Kマルチストリームライブ配信 [1]

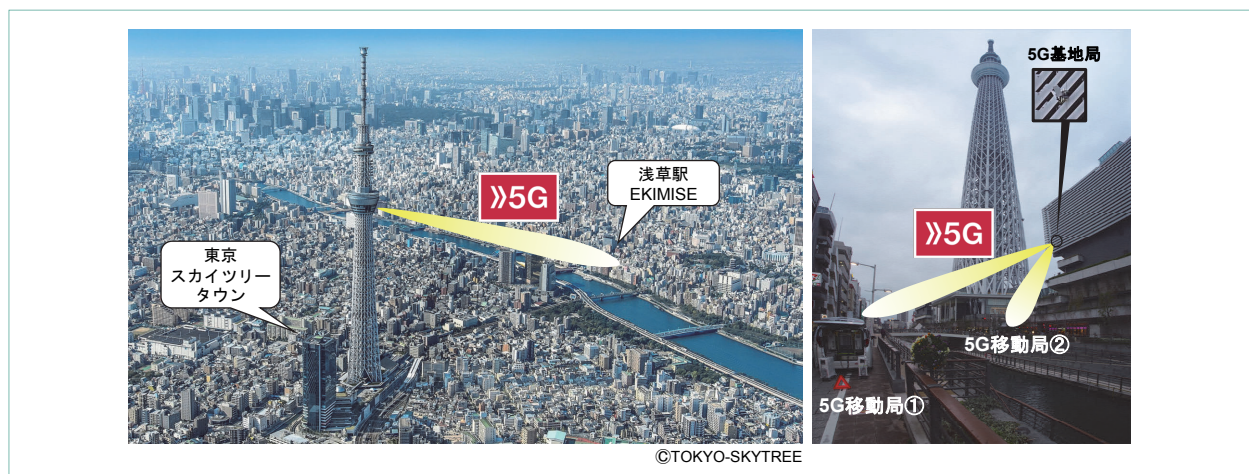


図1 東京スカイツリータウン周辺エリアにおける5G伝送実験

*2 東京スカイツリータウン[®]：東武鉄道(株)、東武タワースカイ
リー(株)の登録商標。
*3 5Gトライアルサイト[®]：(株)NTTドコモの登録商標。
*4 コネクテッドカー：通信機器を介して外部ネットワークに接続
された車。

*5 東京スカイツリー[®]：東武鉄道(株)、東武タワースカイ
リーの登録商標。
*6 東京ソラマチ[®]：東武鉄道(株)の登録商標。

2.3 5Gサービス創出に向けた活動

ドコモは、数年前から、自動車、鉄道・旅行、建設・工場、ヘルスケア・医療、映像・コンテンツ、スポーツ・ゲームなど、さまざまな業界のパートナーと連携し、実験やサービスのデモを行ってきた(図2)。その活動の中で、5Gサービスの種を作り上げ、見えるまたは体感できる形にし、さらに具体的なサービス創造へと発展させる。これからもドコモR&Dの技術アセット*7を活用し、各業界のサービス創造の促進を図るために、パートナーをサポートしていく。加えて2018年2月にドコモ5Gオープンパート

ナープログラムを始動させた(参加企業1,600社超、7月末現在)。本プログラムでは、5Gを軸とした、技術・ビジネス情報の提供、関連イベントの開催、屋内・フィールド検証環境の提供、パートナー間コミュニケーションの場の提供を行っている(写真2)。特に5G屋内検証環境として、ドコモ5Gオープンラボ™*8Yotsuyaを開設し、OSAKA, OKINAWAの開設を予定している(7月末時点)[3][4]。さらに本環境をクラウドコンピューティング設備(クラウド基盤)と直結し、テレコムクラウドの技術検証環境「ドコモ5Gオープンクラウド」を提供する[5]。



図2 5Gサービス創出に向けたさまざまな業界との連携



写真2 ドコモ5Gオープンパートナープログラム第1回開催の様子

*7 アセット：技術資産のこと。

*8 ドコモ5Gオープンラボ™：(株)NTTドコモの商標または登録商標。

これらの活動を通じて、今後も新たなパートナーと協力し、5Gの利用シーンの可能性を拡大するとともに、2020年の5G本格商用化に向け、より実際の導入環境を意識した装置、システムに仕上げていく。より広い業界間でのアセットを組み合わせ効果的な協力体制ができれば、ICT産業の総合力として揺るぎのないものになる。パートナー自身にとっても、多方面の業界のパートナーと触れ合うことで、より良いサービスを作る機会になることが期待できる。

3. 5Gパートナー連携の具体例

(1)5Gフィールド実証実験

これまで世界主要ベンダ各社と共同で最新無線アクセス技術の実証実験を進め、世界レベルで成果を積み上げてきた。最近では、5Gにて有望な「ミリ波帯」と呼ばれる高周波数帯にて、東京スカイツリーの展望台から浅草地区への1kmを超えるマクロセル*9環境での長距離・高速伝送のミリ波屋外実験を行った。また、有望な利用シナリオの1つである高信頼・低遅延通信URLLC (Ultra-Reliable and Low

Latency Communications) の屋外実験を横浜みなとみらい21地区で実施し、URLLCの要求条件の実現を実証した。さらに、28GHz帯の周波数において、最大時速300kmの超高速移動環境における5G無線データ伝送・4K映像ライブ中継に世界で初めて成功した(写真3) [6]。

(2)5G通信を用いたコネクテッドカー実証実験

安全・安心な交通システムや車生活の向上など、さまざまな用途でのコネクテッドカーサービスへの期待が高まっている。5Gにより切り開かれる次世代モビリティの実現のため、お台場の5Gトライアルサイトでの車両走行試験や、テストコースの走行車両と道路・建造物などの交通インフラを用いた高精細なセンサデータの収集・配信試験を実施し、コネクテッドカーサービス実現に向けて検討を加速している。

(3)5Gでめざす未来の建設現場

建設現場での建機の遠隔操作・自動運転に関しては非常にニーズが高く、5Gの高速・超低遅延が非常に有効に機能する。これらの特徴を活かし、遠方の建設機械に搭載したカメラからの高精細な現場の映

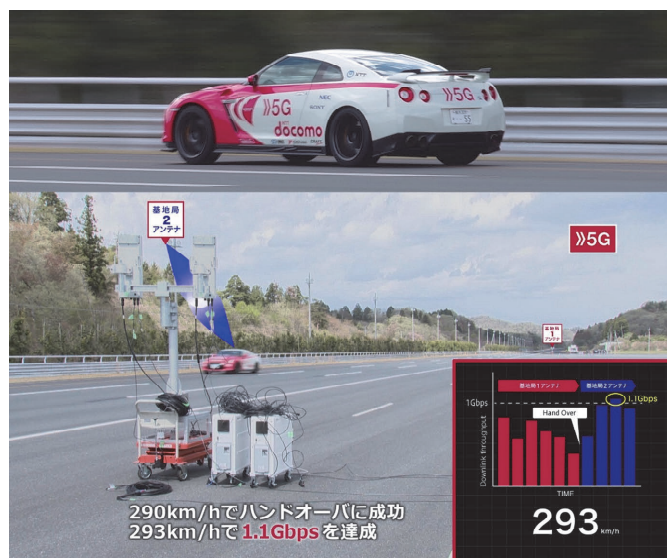


写真3 超高速移動環境における5G無線通信実験の様子

*9 マクロセル：1つの基地局がカバーする半径数百メートルから数十キロメートルの通信可能エリア。

像と建設機械への制御信号を双方向でリアルタイムに送信する実験の検証を行っている(写真4) [7]. 実際には、5Gを介した工事現場の映像は乱れることなくリアルタイムに遠隔制御が行え、これにより建設・鉱山現場におけるIoTの可能性をさらに広げ、安全で生産効率の高い未来の現場を実現する。

(4)5G FACTORY®*10

5Gを使い、離れた場所からロボットを操作するこ

とで、安全確実かつ迅速に災害復旧作業を行うことが可能になる。具体的には、自由視点映像技術(AR (Augmented Reality)/VR (Virtual Reality) 技術)を利用し、5Gを介して生産現場のロボットなどの遠隔操作を実現する技術を共同開発した(写真5) [8]. それだけでなく、本技術は各種工場・生産現場から物流倉庫に至るまで、幅広いシーンへの応用が可能であるとともに、人手不足解消の新たなツールとし

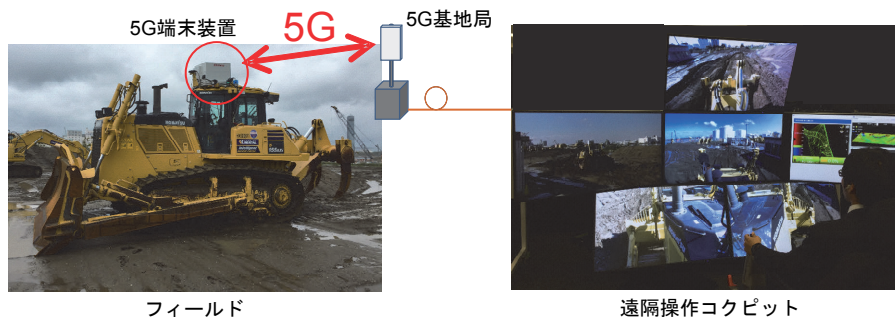


写真4 建機の遠隔操作デモの様子



写真5 MWC2018での5G FACTORY IIIのデモの様子

*10 5G FACTORY®: 5G活用により未来の工場を実現する技術・システムの総称。(株)NTTドコモの登録商標。

での活用も期待できる。

(5)AR・VRを使った新たなスポーツ観戦やゲームやライブパフォーマンス

サッカースタジアム全体を見渡ししながら、今ボールを持っている選手や注目する選手にフォーカスするとスタッツデータ*11が画面に浮かび上がるなど、広範囲なスポーツの俯瞰的な情報をARにて得られることで、新たなスポーツの視聴・楽しみ方を提案する。また、インタラクティブゲームなどと5Gを組み合わせることで、超高精細画像を共有しながら超低遅延な通信環境でストレスなく楽しむことができる。さらに、世界の離れた場所で行われたライブパフォーマンスをリアルタイムで1映像に合成してネット配信するなど、5Gを含むNTTグループの最新技術による新たな体感エンターテインメントのプロジェクトを展開している [9]。

(6)遠隔医療

医療分野では、総務省「5G総合実証試験」において、和歌山県にて都市部の総合病院と山間部の診療所とを5Gを含む高速通信ネットワークで接続し、高精細映像を活用した遠隔診療サービスに関する実証試験を実施した [10]*。5Gの超高速通信により、問診用の4KTV会議システムの実現に加え、診断用の4K接写カメラ映像や超音波映像診断装置（エ

コー）・MRIなどの医療機器の映像をリアルタイムに伝送することで、遠隔診療サービスの高度化や医師の負担軽減ができることを確認した（写真6）。

4. あとがき

5G時代のより良いサービスの創造に向け、さまざまな業界のより多くのパートナー企業との協力を進めていく。今後もドコモR&Dでは、+d*12連携における協創環境の向上に向けて積極的にオープンイノベーションを進め、さらなるパートナーシップの拡大をめざす。

文献

- [1] NTTドコモ：“5Gトライアルサイト | 企業情報 | NTTドコモ。”
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/docomo5g/trial_site/index.html
- [2] NTTドコモ報道発表資料：“（お知らせ）5Gの新サービス創出に向けた「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」を提供 —453社が参加を表明、ドコモが無償で5Gの技術検証環境を提供—,” Jan. 2018.
- [3] NTTドコモ報道発表資料：“西日本初の常設5G技術検証環境「ドコモ5Gオープンラボ OSAKA」を大阪市内に開設 —西日本の企業・団体へドコモが無償で5Gの技術検証環境を提供—,” May 2018.



写真6 和歌山県での遠隔診療の実証実験の様子 [10]

*11 スタッツデータ：スポーツにおいての選手・チームのプレー内容に関する統計数値。

*12 +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。

* 本実験はドコモが実施主体として総務省から請け負った、平成29年度「人口密集地において10Gbpsを超える超高速通信を可能とする第5世代移動通信システムの技術的条件等に関する調査検討の請負」として実施された。

- [4] NTTドコモ報道発表資料：“（お知らせ）ドコモ、沖縄県、沖縄ITイノベーション戦略センター、沖縄オープンラボラトリ、5G活用による沖縄県の産業振興や社会課題解決に向け連携 —沖縄初の常設5G技術検証環境「ドコモ5Gオープンラボ OKINAWA」を開設—,” Jul. 2018.
- [5] NTTドコモ報道発表資料：“（お知らせ）5G時代のソリューション創出に向けた「ドコモ5Gオープンクラウド」の提供開始 —テレコムクラウド・AI技術をパートナー向けに提供、技術検証を6社と開始—,” Jul. 2018.
- [6] NTTドコモ報道発表資料：“（お知らせ）世界初、時速300kmの超高速移動環境で5G無線通信実験に成功 —超高速データ伝送・通信中ハンドオーバーに加え4K映像ライブ中継も成功—,” Apr. 2018.
- [7] 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.
- [8] NTTドコモ報道発表資料：“「5Gトライアルサイト」での実証実験に向けたパートナー企業との連携を拡大—新たにALSOK、JDI、凸版印刷と連携に合意—,” Nov. 2016.
- [9] NTTドコモ：“FUTURE-EXPERIMENT.JP.”
https://www.nttdocomo.co.jp/special_contents/future_experiment/index.html
- [10] NTTドコモ報道発表資料：“2017年度 総務省「5G総合実証試験」の成果について,” Mar. 2018.

5G時代に向けたドコモR&Dの現在・未来

パートナーとのオープンイノベーション

R&Dも現場へ！ 「トップガン」による 法人ソリューションの協創

イノベーション統括部 おおの ともよし
大野 友義

ドコモは2017年10月より、お客様とドコモのR&D部門、法人部門が三位一体で連携してソリューションを創出する「トップガンTM*1」の取組みを開始した。R&D担当者も現場に出て、法人担当者とともにお客様の潜在ニーズ発掘、ビジネス検証、サービス化を一気通貫で実現することで、真のお客様課題の解決に取り組んでいる。5G時代に向けて、ドコモのR&Dはトップガンによりソリューション協創を加速する。

1. まえがき

ドコモはこれまでR&Dのアセット*2を活用した法人ソリューションの創出に取り組んできた。しかし、社会やお客様の課題の多様化・複雑化が進み、またICTプレイヤーの増加により競争環境が激化している中で、現場を知り潜在課題やニーズを発掘すること、素早くソリューション化・収益化することの重要性が一層高まっている。このような状況の中で、ドコモのR&D部門と法人部門がより強力に連携し、お客様と三位一体でソリューションの協創をスピーディーに進める「トップガン」の取組みを開始した。

本稿では、5G時代での新たな価値創出に向けて、

ドコモのR&Dが取り組むトップガンについて解説する。

2. ソリューション協創を加速する トップガン

2.1 トップガンのめざす姿

R&D部門・法人部門で少数精鋭チームを構成し、お客様と三位一体で、課題やニーズの発掘・ソリューション創出・ビジネス検証・収益化を一気通貫で素早く行うことで課題解決を図る。さらに、保守・運用体制を整備し、法人商材としてパッケージ化して全国に水平展開する。これがトップガンのめざす姿である（図1）。この取組みにより+d*3協創

©2018 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 トップガンTM：「トップガン」および「トップガン」ロゴは
（株）NTTドコモの商標または登録商標。

*2 アセット：技術資産のこと。

*3 +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。

を加速し、中期戦略2020「beyond宣言」における宣言4「産業創出」、宣言5「ソリューション協創」の実現をめざす。



図1 トップガンとは

2.2 課題解決型ソリューションの創出

(1) トップガンが狙うビジネスステージ

トップガンでは、課題解決型ソリューションの創出に向けて、課題発見・仮説提案とビジネス検証に重点を置いて取り組んでいる。R&D部門と法人部門の混成チームで現場に足を運び、お客様の課題を理解し、潜在ニーズを発掘する（ビジネスステージ①）。その上で、課題解決を含めたビジネス仮説と、その有用性を測るためのKPI（Key Performance Indicator）*4を設定し、実際にお客様のロケーションで検証を行う（ビジネスステージ②）。KPIを達成し、大規模展開に耐える運用体制を構築できたものは、ソリューション協創部隊（技術営業）が全国へ水平展開し、法人商材へと磨き上げる（ビジネスステージ③）。この流れを図2に示す。

(2) 全国の法人営業との連携

トップガンでのR&Dと法人の連携は本社内にとどまらない。地元の企業・自治体の課題を解決するために、全国の支社・支店の法人営業担当者が自発的にトップガンの取組みに参加することができ、そ

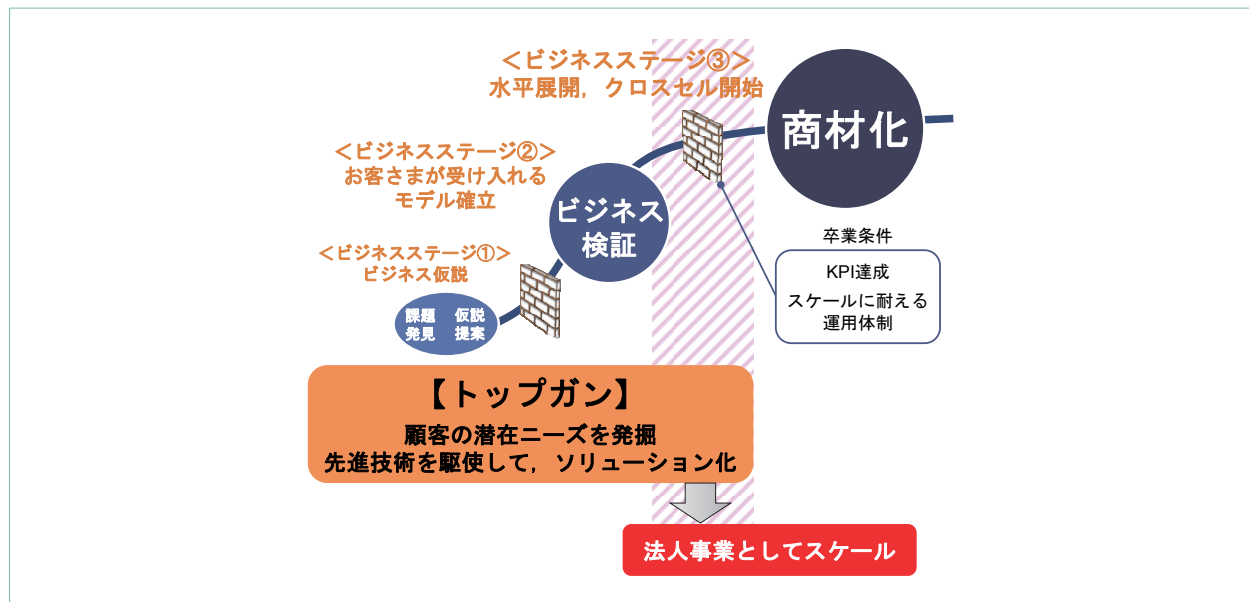


図2 トップガンが狙うビジネスステージ

*4 KPI：ユーザやシステム性能を測るための主な指標。

の数は徐々に拡大している。本社と支社・支店が密に連携できるようにトップガンにかかわる情報を全国で共有できる体制を整備し、支社・支店の担当者が本社メンバと議論するスペースを本社内に用意している。トップガンの取組みにより、R&D部門と全国支社・支店の法人営業部門との人的交流を生み出し、連携が深まっているのも、この取組みの特長の1つである。

(3)期待する効果

R&D部門が法人部門とともに現場へ出かけ、ニーズとシーズ*5をつなげることで以下のようなさまざまな効果が期待できる。

- ・課題検証と解決を同時進行で、スピーディーに進めることで、お客様と目的を共有しながら、実証実験を通して新たな課題を発見するたびにその場で改善を図り、素早く課題解決することができる
- ・技術の可能性を顧客の価値に変えることで、先

端技術を駆使してお客様の課題解決につながるソリューションを導くことができる

- ・さまざまな業界・分野に応じた型を柔軟に作ることで、お客様のさまざまなニーズにお応えできる商材を取り揃え、全国の法人部隊での拡販が期待できる

3. 取組み状況

トップガンを開始してから10カ月で10プロジェクト（2018年7月現在）が進行している（表1）。ここでは2つのプロジェクトについて紹介する。

3.1 ロケーションネット

ロケーションネット®*6はBLE（Bluetooth® Low Energy）*7タグを装着したヒト・モノの位置情報を把握・管理することができるサービスである（図3）。神戸市との子どもの見守りの実証や、全日本空輸株

表1 トップガンプロジェクト一覧

No	プロジェクト名	概要
1	ロケーションネット（3.1節）	ヒト、モノなどの所在管理をBLEタグを用いて手軽に実現する位置把握サービス／ソリューション
2	画像認識プラットフォーム	画像の自動判別を使った業務効率化／サービス価値向上を実現するソリューションをパートナーと実現するプラットフォーム
3	ビックデータ分析	法人顧客が保持するデータとドコモならではのデータを掛け合わせることで新しい分析・ソリューションを展開
4	プログラミング教育用ロボット「embot」（3.2節）	段ボールで作るロボットをビジュアルプログラミングで動かし、気軽に楽しみながら学べるプログラミング教材ソリューション
5	スポーツシーンセンシング	位置測位技術を活用した、移動距離や最高速度、消費カロリーなどの運動量と移動の軌跡を可視化するソリューション
6	タッチで会話	定型文をタッチすることで素早く確実な訪日外国人対応を可能にするアプリ
7	AIエージェント	あらゆるモノが対話できるAIサービスによる自然な対話を通じて、会話やコンテンツ利用、デバイス操作をすることができる
8	アドホック通信	キャリア網に依存しない端末間の近距離通信技術を活かした新たなアプリケーションの提供
9	空き状況可視化	センサを活用した、トイレや会議室などの空き状況を可視化するソリューション
10	モバイルカメラプラットフォーム	省電力モバイルカメラを活用したみまもり、監視系ソリューション

*5 シーズ：新しいビジネスにつながる可能性のある技術やノウハウのこと。

*6 ロケーションネット®：(株)NTTドコモの登録商標。

*7 BLE：Bluetooth®の拡張機能の1つで、低消費電力機器向けにBluetooth 4.0規格の一部として策定された規格。Bluetoothは携帯端末を無線により接続する短距離無線通信規格で、米国Bluetooth SIG Inc. の登録商標。



図3 ロケーションネットサービス

株式会社（ANA）とのベビーカーや車いすの位置管理の実証で有用性を確認し、2017年10月よりサービス開始をしている。現在、R&Dのプロジェクトメンバは法人部門のメンバとともに、全国各地に足を運んでロケーションネットのさらなる用途拡大を狙い、高齢者の見守り、工場などの施設内スタッフ管理などさまざまな分野での実証実験を進めている。過去に実施した実証実験の1つである放牧牛の頭数管理の様子を写真1に示す。実証実験の結果、事業性が見込める分野・用途向けにパッケージ化して全国展開することによりロケーションネットの事業拡大を図る。



写真1 放牧牛管理の実証実験

3.2 プログラミング教育用ロボット 「embot」

embot^{®*8}は、小学生向けのプログラミングキットである。段ボールと電子基板を用いて簡単に組み立てることができるロボットを、タブレット上でプログラミングが組める専用アプリを用いて操作することで、プログラミング的思考や論理的思考力を学ぶことができる（写真2）。

昨今、プログラミング教育は、2020年度より小学校で必修化されることもあり注目度が高まっている

一方、プログラミングの経験がない現場の小学校の先生が、どうやって教えたらいかがが大きな課題になっている。そこでトップガンチームでは、embotを活用したプログラミング体験教室や実証授業を全国で実施して、子どもたちにプログラミングに興味をもてるような授業運営のノウハウや、小学校の授業カリキュラムへの組み込み方について、現場の先生たちと一緒に検証を進めている。体験教室の様子を写真3に示す。

embotは、9月の販売開始を予定しており、また

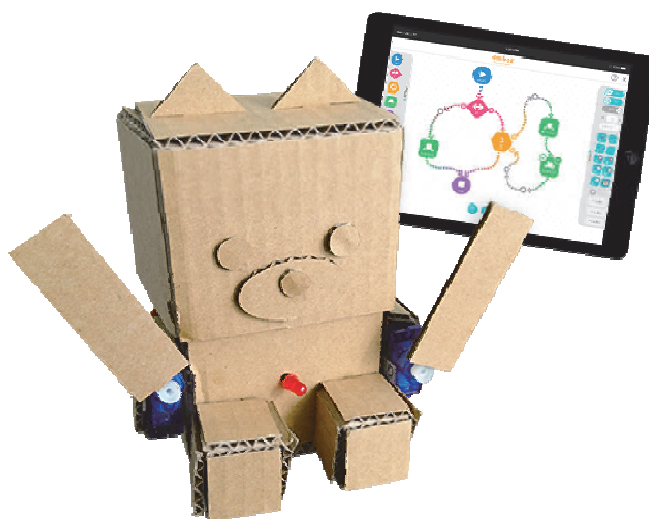


写真2 プログラミング教育用ロボット「embot」



写真3 プログラミング体験授業の様子

*8 embot[®]：(株)NTTドコモの登録商標。

全国の教育委員会やプログラミング教室向けに、embotと授業サポート教材をセットにした教育パッケージを商材化して、全国のトップガンチームで販売する体制を整えていく予定である（7月末現在）。

4. あとがき

本稿では、ドコモR&Dが取り組むトップガンについて解説した。トップガンによりお客様の課題やニーズとドコモの技術アセットをマッチングすることで、今後もさまざまなソリューションを創出して

いくことが可能と考えており、2020年に向けて年間10プロジェクト以上を新規で立ち上げる予定である。これらの新規プロジェクトの中から有用性・事業性のあるものについてはスピーディーに商材化し、全国の法人チャネルで展開することで、多くのお客様の課題を解決していく。

ドコモのR&Dはトップガンの取組みを通じて、現場に出てこれまで培ってきた技術アセットを最大限に活用し、お客様の課題解決とドコモの事業拡大に向けて、さらなる価値創出に挑み続ける。

NTT DOCOMO
テクニカル・ジャーナル 25周年記念号

平成30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
〒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。

© 2018 NTT DOCOMO, INC.