平成30年7月　年4回季刊発行

NTT DOCOMO

テクニカル・ジャーナル

Technical Journal

Vol.26 No.2 | Jul. 2018

DOCOMO Today

- 快適で安心なサービスの提供に向けて

Technology Reports（特集）

社会・産業の発展に貢献するAI技術特集

- FAQチャットボットの自動構築技術の開発
- 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―
- 画像認識を用いた商品棚解析ソリューション
  ―画像から商品の陳列情報を一括把握―

Technology Reports

- ホームコミュニケーションデバイス「petoco（ペトコ）」の開発
- 手書きコミュニケーションコンセプト「トモカク」の提案
- IoT向け低消費電力化技術の開発
  ―eDRXおよび低消費電力UIMの提供―

Collaboration Projects

- 携帯電話・スマートフォンの発する電波に関する医療機器への電磁干渉調査

NTT docomo

快適で安心なサービスの提供に向けて

サービスデザイン部　部長
佐藤（さとう）　隆明（たかあき）

サービスデザイン部は，従来のSMSサービスを進化させた「＋メッセージ（プラスメッセージ）」，従来のiコンシェルやしゃべってコンシェルを，AI技術を活用して進化させた「my daiz（マイデイズ）」などのサービスや，商流拡大を支える事業基盤の変革と進化を支える会員基盤システムなど，各種サービスやアプリケーションの開発・導入から，iモード・SPモードなどのプラットフォームのシステム開発や建設，維持・運用，セキュリティ運用並びに各種技術支援を行っています．サービスの開発から保守・運用までを幅広く一元的に行えることが強みであり，培った技術的知見や経験，アセットを活かしたスピード開発，お客様要望にいち早くミートするためのアジャイル開発の促進，最新技術を積極的に活用した効率的で安心・安全なインフラ構築，維持・運用をめざしています．今回はサービスデザイン部の業務から，⑴「みえる電話®＊1」の実用化に向けた取組み，⑵CiRCUS（treasure Casket of i-mode service, high Reliability platform for CUStomer）＊2/MAPS（Multi Access Platform System）＊3への仮想基盤の大規模導入を紹介します．

⑴「みえる電話」の実用化に向けた取組み

「みえる電話」は，音声通話の利用が困難な聴覚障がい者向けに，通話相手の言葉をリアルタイムに文字変換してスマートフォンの画面に表示させる，音声通話サポートサービスです．電話応対を支援して，聴覚障がい者の生活を便利で豊かにする機能の提供は，電話事業者としても達成する価値のある課題でした．

本サービスは，ドコモが長年取り組んできた「音声認識技術」を応用した技術に，文字入力した内容を読み上げて相手に伝える「発話サポート機能」を追加し，難聴者が使いやすいサービスを実現しました．また，「文字によるコミュニケーション」と「電話によるコミュニケーション」を橋渡しするために，相手の発話中を知らせるアニメーション表示や，相手の発話内容を一文字ずつ逐次表示するなどの工夫を加え，円滑なコミュニケーションを実現しています．

本サービスで培ったアセットは，留守番電話に録音された音声を文字情報で確認する「みえる留守電®＊4」や，通話内容をテキスト化する「おはなしメモ™＊5」サービスへつながっています．このように，蓄積したアセットを汎用化して，さまざまな分野へ応用しています．

⑵CiRCUS/MAPSへの仮想基盤の大規模導入

ミッションクリティカル＊6な大規模システムであるCiRCUS/MAPSに，インフラコストの削減や対応スピードの向上を目的として，OpenStack＊7を導入しました．OpenStackはOSS（Open Source Software）の製品特性により，機能開発の速度が速く，低コストでより多くの機能の利用が可能である一方，安定した品質の維持が難しいソフトウェアでもあります．OpenStackの採用にあたり，①機能開発前にPoC（Proof of Concept）＊8を3回実施し，バグ抽出を徹底的に実施，②OpenStackの不具合発生時に，サービスへの影響を抑えるアーキテクチャを採用（SPOF（Single Point of Failure）＊9の排除），③利用する機能を徹底的に限定するとともに，より安定した技術を採用するなどの工夫を行い，現在まで大きなトラブルもなく運用しています．

従来は物理環境で複数日にわたって実施していた夜間作業を，豊富なAPI（Application Program Interface）をもつ仮想基盤を用いて作業を自動化することで，EOL（End Of Life）に伴うマイグレーションの対応工数を約50%，作業時間を90%以上削減することができました．

CiRCUS/MAPSへ仮想基盤を大規模に導入した今回の業績により，「RedHat Innovation Awards APAC 2017」を受賞することができました．

サービスデザイン部はこれからも，お客様の生活を快適にするサービスの提供や，安心・安全なネットワーク接続の提供に努めてまいります．蓄積したアセットを活かした“提案型”のサービス開発や技術支援を展開し，将来を見据えたサービス基盤の提供を進めていきます．

＊1　みえる電話®：㈱NTTドコモの登録商標．
＊2　CiRCUS：ドコモのコアネットワークとインターネットを中継する役割をもち，i-modeメール，i-modeメニュー，一般のインターネットへのアクセスなどを提供している装置．
＊3　MAPS：FOMAやXiなどのさまざまなアクセス回線から，インターネット接続や企業システム接続を提供するプラットフォーム．
＊4　みえる留守電®：㈱NTTドコモの登録商標．
＊5　おはなしメモ™：㈱NTTドコモの商標または登録商標．
＊6　ミッションクリティカル：業務やサービスを遂行するために必要不可欠であり，その停止や中断が許容されないような重要な要素のこと．
＊7　OpenStack：IaaS型のクラウドコンピューティング環境を構築するためのオープンソースソフトウェア．サーバやストレージ，ネットワークなどの物理的なリソースを利用して，ユーザが利用するクラウドサービスごとに仮想的なクラウド環境を構築することができる．
＊8　PoC：新しいコンセプトやアイデアの意義や実現性を，簡易的に実現しデモンストレーションすること．
＊9　SPOF：単一障害点．システム上のある特定の部分に障害が発生した場合に，システム全体が動作しなくなる要素．

NTT DOCOMO
テクニカル・ジャーナル
Technical Journal
Vol.26 No.2 Jul. 2018

[Contents]

DOCOMO Today

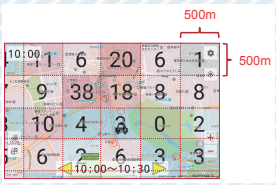
快適で安心なサービスの提供に向けて　佐藤 隆明　1

特別寄稿

医療機器と携帯電話の共存へ　長瀬 啓介　4

Technology Reports（特集）
社会・産業の発展に貢献するAI技術特集

FAQチャットボットの自動構築技術の開発　06
自然対話　チャットボット　FAQ



(P.15)

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―　15
需要予測　モバイル空間統計　ディープラーニング

画像認識を用いた商品棚解析ソリューション
―画像から商品の陳列情報を一括把握―　22
画像認識　ディープラーニング　AI

(P.31)

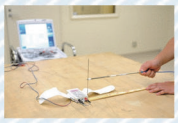
Technology Reports

ホームコミュニケーションデバイス「petoco（ペトコ）」の開発　31
コミュニケーションデバイス　オープンイノベーション　デザイン思考

手書きコミュニケーションコンセプト「トモカク」の提案　40
世代間コミュニケーション　デザイン思考　手書きデバイス

IoT向け低消費電力化技術の開発　―eDRXおよび低消費電力UIMの提供―　49
IoT　eDRX　低消費電力UIM

(P.40)



(P.56)

(P.62)

(P.66)

(P.69)

(P.70)

Collaboration Projects

携帯電話・スマートフォンの発する電波に関する医療機器への電磁干渉調査 56

医療ICT　電磁干渉　安心・安全

Topics

ガススマートメータ向け低消費電力技術対応LTE通信端末の開発 62

eDRX　LPWA　スマートメータ

Activities

「ワイヤレス・テクノロジー・パーク2018」出展 66

News

平成30年春の褒章において「紫綬褒章」を受章 69

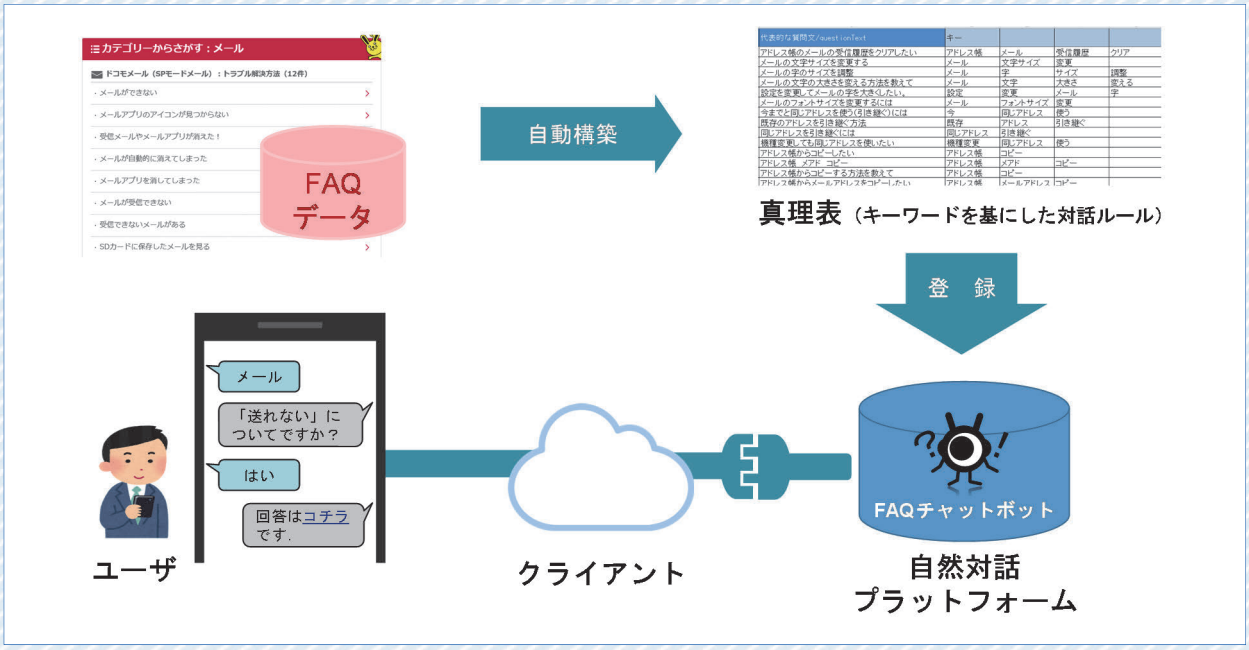
2017年度電子情報通信学会　フェロー称号受贈 70

平成30年度科学技術分野の文部科学大臣表彰
「科学技術賞（開発部門）」受賞 71

第63回「前島密賞」受賞 72

電子情報通信学会　第55回「業績賞」受賞 73

第46回「日本ITU協会賞」受賞 74



Technology Reports（特集）　FAQチャットボットの自動構築技術の開発（P.6）

FAQチャットボットの概要

特別寄稿

医療機器と携帯電話の共存へ

金沢大学　附属病院経営企画部　教授　長瀬（ながせ）　啓介（けいすけ）さん

1. はじめに

近年，金沢大学附属病院はドコモ先進技術研究所と共同して，手術室やICUで実際に利用されている医療機器に対する，携帯電話の電波が及ぼす影響の調査をしてきました［1］．この成果は，医療機関内での携帯電話の利用に関するガイドライン［2］が改正される契機の1つとなりました．当院では，医療機器に対する影響調査を踏まえ，手術室や集中治療室を含めた院内全域での業務連絡用で携帯電話を利用し始めました．このことがNHKニュース「おはよう日本」など報道でも取り上げられ，医療機関での携帯電話の利用に関する新しいガイドラインの普及に貢献できたのではないかと考えています．

本稿では，このような共同研究を行い，医療機関内での携帯電話の利用を促進する背景と，今後の展望について記したいと思います．

2. 在宅から入院までシームレスな医療には，シームレスな通信基盤が不可欠

人口の高齢化に応じて在宅での医療が拡大しています．これに伴い，高度な医療サービスを，在宅から病院内まで一貫して提供することへの期待が高まっています．医療サービスが日常生活の場である住居や職場で受けられることは，患者やその家族にとって多面的に負担が軽減され望ましいことでしょう．

高度な医療サービスを構成するさまざまな機器は，コンピュータや通信が用いられています．この通信は，在宅環境でも病院内でも同様に，シームレスに行われることが望まれます．このような目的に適する通信基盤としては，携帯電話網（以下，携帯網）を使ったデータ通信以外見当たりません．

3. 端末の出力抑制と医療機器のEMI耐性の向上が必要

携帯網を，シームレスな医療を提供する通信基盤とするためには，入院している診療所や病院内など入院での医療環境でも携帯網が安全に使用できる必要があります．このため，医療機器が携帯端末による電波の影響を受けない，あるいは受けても安全であることが必要になります．

さらに，入院中であっても患者は日常生活とともに携帯端末を持ち込みます．この持込みを防止することは，事実上不可能といっても過言ではありません．したがって，医療環境で医療機器への影響なく携帯端末が使用できることは，現時点で強く望まれているといえます．

対策の1つは，医療機関の中での携帯端末出力を抑制することです．これは，携帯網側により携帯端末の動作を制御することで，ある程度実現できます．しかし実現のためには，携帯電話事業者ごとにエリアを設計する必要があるうえ，外部からの電波侵入の影響などを考慮するという困難も伴います．

そこで，医療機器の電磁環境両立性（EMI：Electro Magnetic Interference）[*1]耐性が向上し携帯電話端末の影響を受けないことも期待されます．医療機器のEMI耐性については，近年徐々に認識が広まり，規格が厳格化しつつあります．この実現のためには，医療機器の設計の段階からEMIについて考慮して回路や筐体などを総合的に設計する必要があります．

Profile

1997年筑波大学医学研究科博士課程修了．1998年筑波大学講師，2003年京都大学助教授，2008年より金沢大学教授（附属病院経営企画部）．医療経営学，および医療情報学領域の教育研究を担当．医師（呼吸器専門医），医学博士．日本医療病院管理学会，日本医療情報学会，European Respiratory Society 会員．

4. 医療機器メーカと携帯電話事業者などの取組みに期待

医療機器メーカは，機器の安全を近年特に重視するようになりました．EU，米国，カナダで2019年から適用されるEMI規格IEC 60601-1-2：2014（ed.4）（JIS T 0601-1-2：2018に相当）では，医療機器製造業者が医療機器の使用環境に応じた試験を行うことを求めていますが，患者が携帯端末を病院に持ち込み，医療機器が動作している近くで携帯端末を使用するなど，極近接することを想定した規格とはなっていません．

医療機器メーカの中でも安全を重視し先進的に開発を進めているテルモ株式会社は，ドコモ先進技術研究所と，輸液ポンプ*2およびシリンジポンプ*3のEMI耐性について評価を行い，携帯電話の電波による影響を受けないことを確認しました（**写真1**）．

患者が携帯端末を持ち込むことが不可避な現在，医療機器メーカは端末の電波の影響を受けることを防止するために，新たな機器の開発にあたってこのような確認試験を行うことが不可避と言わざるをえないと考えます．

今後，このようなメーカと携帯電話事業者などの協力により医療機器のEMI耐性が向上することを私は期待しております．

5. 携帯電話利用で患者の幸せを

携帯電話の電波によるEMI耐性を考慮した設計や確認試験が普及し，携帯電話の電波に対して安全が確認された医療機器が広まれば，患者が入院環境でも安心して，日常生活同様，携帯電話端末を利用できるでしょう．携帯網を利用して在宅から入院までシームレスな医療環境を構築することができ，さらには，携帯電話を使用して医療従事者の連絡も円滑になることで医療自体の質の向上を実現できることを期待しています．

写真1　輸液ポンプのEMI耐性評価の様子

文　献

[1] S. Ishihara, J. Higashiyama, T. Onishi, Y. Tarusawa and K. Nagase: “Electromagnetic Interference with Medical Devices from Third Generation Mobile Phone Including LTE,” EMC’14/Tokyo, 14P1-H6, 2014.

[2] 電波環境協議会：“医療機関における携帯電話等の使用に関する指針―医療機関でのより安心・安全な無線通信機器の活用のために―,” Aug. 2014.

＊1　EMI：他の機器から受ける許容できないような電磁妨害．

＊2　輸液ポンプ：ボトル状の容器にいれられた注射薬を，設定された速度で患者に注入するために用いられる装置．

＊3　シリンジポンプ：注射器にいれられた注射薬を，設定された速度で患者に注入するために用いられる装置．輸液ポンプに比べて，注入速度が緩徐であり，人体に影響の大きい医薬品を注入するために用いられる場合が多い。

Technology Reports
自然対話 チャットボット FAQ
社会・産業の発展に貢献するAI技術特集

FAQチャットボットの自動構築技術の開発

サービスイノベーション部 藤本 拓 橋本 昂宗 尾﨑 友理子
イノベーション統括部 小林 拓也 山崎 光司

人に代わりAIが応対するFAQチャットボットが広がりを見せている．このようなFAQチャットボットを構築する際，従来はシナリオを作り込むか，機械学習を用いる必要があり，それぞれシナリオ生成にコストがかかる，回答精度が劣るといった課題があった．ドコモは，FAQの質問と回答の文章の組から，チャットボットの応答シナリオを自動的に生成する技術を開発した．これによりFAQ提供者は，チャットボット向けのシナリオ開発を必要とせず，容易にチャットボットを構築可能となった．

1. まえがき

企業や行政のコールセンターなど，サポート部門にかかわるコスト削減を目的として，業務の一部をチャットボット*1に代替させることが一般的となってきている．特に，同じような質問と回答を別々の人に対して繰返し応答する必要があるFAQは，チャットボットが機械的に応対するのに適した分野である．

従来，FAQの応対に特化したチャットボット（以下，FAQチャットボット）の構築手法には，シナリオ型，および分類型の大きく二通りの方式があった．

シナリオ型は，ユーザからの各問いかけに応じてユーザとの対話を分岐するシナリオを生成し，各分岐において定義された回答を返す．FAQに適用した場合には，ユーザの質問が曖昧であってもチャットボットが連続対話によって質問を深掘りして回答候補を絞込むことにより，正確な回答が可能である．しかし，1つの回答に到達するまでの分岐の数を増やせば増やすほど，シナリオ生成のコストが増大していくため，回答数が数百～数千といった大規模なFAQへの適用には適さない．シナリオ型のチャットボットを提供するサービスの例としては，Repl-AI®*2［1］やIBM Watson™*3 Conversation［2］などがある．

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

*1 チャットボット：音声やテキストチャットを介して，人との会話を自動的に行うプログラム．
*2 Repl-AI®：インターメディアプランニング㈱の登録商標．
*3 IBM Watson™：世界の多くの国で登録されたInternational Business Machines Corp. の商標．

一方，分類型は，ユーザからの問いかけに対して，用意された回答の中から最も適したものを選択し，ユーザに応答する．適した回答を選択するアルゴリズムには，一般的に教師有りの機械学習*4が用いられる．ユーザの問いかけに対して一回で回答するため，シナリオ型のように分岐に応じたシナリオを用意する必要がなく，大規模なFAQへの対応も比較的容易である．しかし，ユーザの質問が曖昧な場合は連続対話による質問の深掘りを行うことができず，一般的に回答精度はシナリオ型に劣る．分類型のチャットボットを提供するサービスの例としては，Microsoft Azure™*5 Bot Service［3］などがある．

ドコモは，上記のシナリオ型，分類型の課題を解決するため，全く新しいFAQチャットボットの自動構築技術を開発した．提案技術は，シナリオ分岐による連続対話をサポートし，加えて開発した独自のアルゴリズムによって各分岐におけるシナリオを自動生成することで，シナリオ型と同等の精度を確保しつつ分類型と同様に大規模なFAQに適用可能である．なお，既存のFAQチャットボット自動構築技術には，MicrosoftのQnA Maker API［4］があるが，QnA Maker APIが構築可能なチャットボットは分類型のみであり，シナリオ型のFAQチャットボットを自動構築する技術は現在確認できる範囲では存在しない．

さらにドコモは提案技術を基にしたFAQチャットボット自動構築システムを開発した．本システムは，提案技術を実装したAPIを呼び出すことで動作するWebアプリケーションであり，GUIによるFAQチャットボットの構築，ユーザの利用履歴の可視化，LINE*6，Facebook Messenger®*7などの既存のチャットプラットフォームとの連携，などの機能を備える．本システムは，2018年3月より法人企業向けにサービス提供されている．

本稿では，FAQチャットボットの自動構築技術について解説し，その性能評価について述べる．また，開発したFAQチャットボット自動構築システムについても解説する．

2. FAQチャットボット

2.1 概　要

FAQチャットボットの概要を**図1**に示す．本技術はFAQのデータから真理表と呼ばれる中間データ

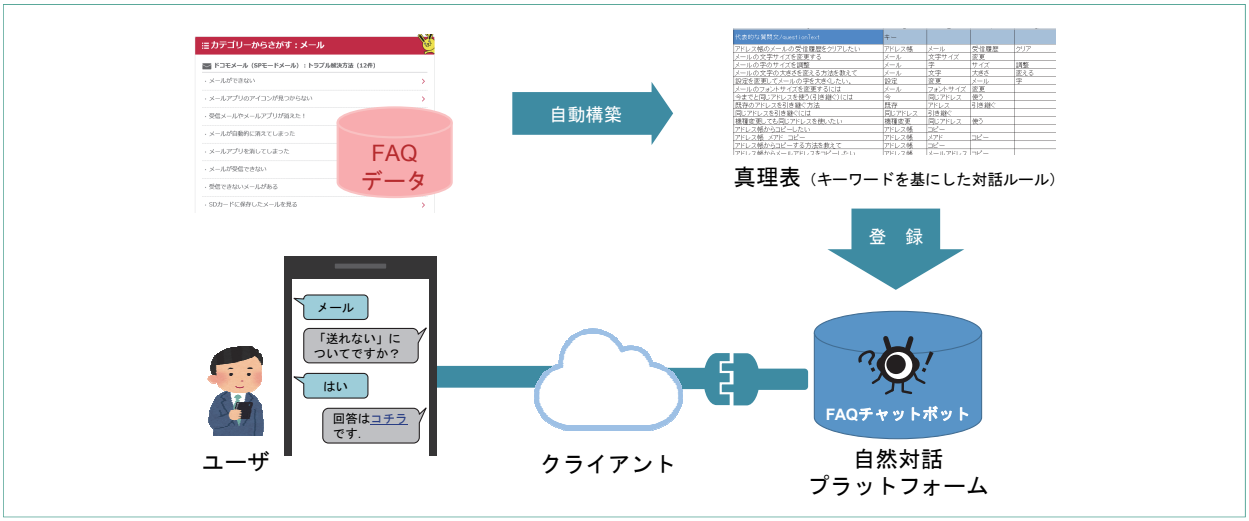


図1　FAQチャットボットの概要

＊4　教師有りの機械学習：教師データを基に反復的にパターンを学習することで，未知の入力のパターンを認識するアルゴリズムの総称．

＊5　Microsoft Azure™：米国Microsoft Corp. の，米国およびその他の国における登録商標または商標．

＊6　LINE：LINE㈱の商標または登録商標．

＊7　Facebook Messenger®：FacebookおよびMessengerはFacebook, Inc. の商標または登録商標．

を生成し，これをドコモが開発した自然対話プラットフォーム［5］へ登録することで，シナリオ型のFAQチャットボットを構築する．

⑴FAQチャットボットによる対話の流れ

FAQチャットボットによる対話例を**図2**に示す．FAQチャットボットは，FAQデータと呼ばれる質問文と回答文の対があらかじめ用意されていることを前提に動作する．この場合，ユーザの意図に合致する質問文を特定できれば，それに対応する回答文を特定可能である．

FAQチャットボットにおける，正しい質問文の特定方式について述べる．ユーザが最初に入力する発話（図2中の初期質問）は曖昧であることが多いため，初期質問のみから質問文を特定することは困難である．そこで，ユーザに対して追加の質問（図2中のキー質問）を行うことで，質問文を検索する情報を更新し，最終的にこれを特定する．

⑵真理表に基づく質問文の特定

FAQチャットボットによる質問文の検索は，真理表に基づき行われる．これは，FAQチャットボットがユーザの質問に応じた対話シナリオを自動生成するためのデータであり，**図3**に示す通り，各質問文とその質問文に含まれるキーとなる語句（以下，キー）のリストにより構成される．キーは，キーワード検索が可能なFAQの検索システムにおいてユーザが当該FAQを検索する際に入力するであろうと予測される語句であり，提案技術により質問文から自動的に生成される．また，キーはユーザによってさまざまな表現がなされる可能性もあることから，提案技術は真理表と合わせて，各キーの揺らぎ表現を登録した揺らぎ辞書も生成する．

FAQチャットボットは，ユーザの初期質問を基に真理表を検索することで，正しい質問文を特定する．初期質問からの特定が困難である場合には，キー質問によって質問文の絞込みを行う．FAQチャットボットの詳細な動作については後述する．

2.2　真理表と揺らぎ辞書の生成

提案技術は，FAQチャットボットの構築に際し，真理表と揺らぎ辞書を生成する．詳細を以下に述べる．

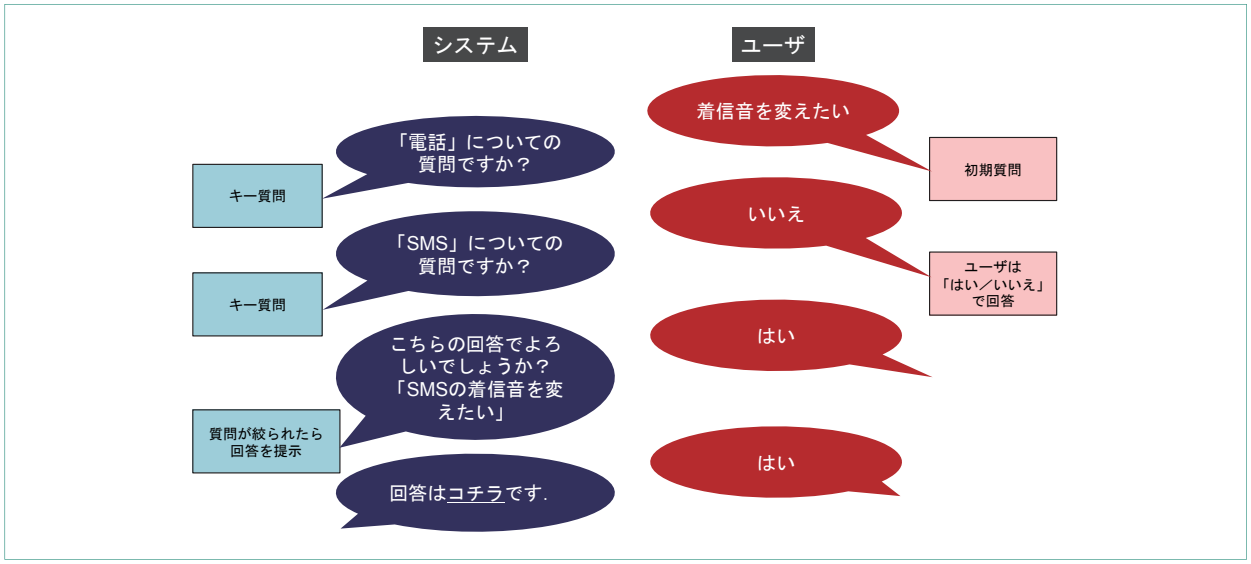


図2　対話例

	質問文	キー		
Q1	Wi-Fiのパスワードが分からない	Wi-Fi	パスワード	~~分からない~~
Q2	docomo Wi-Fiに接続したい	docomo Wi-Fi	結合 接続	ストップキー
Q3	メールの送信方法が知りたい	メール	送信方法	~~知りたい~~
Q4	メールを送る	メール	送る	ストップキー
Q5	写真が削除できない	写真	削除できない	削除_否定
Q6	写真を削除してしまった	写真	削除した	削除_完了

図3　真理表の例

⑴真理表の生成

真理表とはFAQの要素となるキーに分解された質問文の集合である（図3）．キーは単なる形態素*8の集合ではなく，提案技術のアルゴリズムに従い抽出される．真理表生成は品詞ルールによるキー抽出と，ストップキーリストを基にした不要キー除去の2つの処理で行われる．

例えば「Wi-Fi®*9のパスワードが分からない」という質問文は，「Wi-Fi」「パスワード」「分からない」というキーに分解される（図3のQ1）．まず質問文の形態素解析結果から，単体では意味を持たない助詞，助動詞などを排除し，基本的には動詞，名詞をキーとして抽出する．しかし単に名詞，動詞のみを抽出すると，「docomo Wi-Fi」のような複数名詞が連続する専門用語は「docomo」「Wi-Fi」というキーに分割されてしまう．このような問題を解決するため，連続した名詞や英数字を1つのキーとして結合するなどの結合ルールを用いる（図3のQ2）．

また名詞，動詞であってもキーとして相応しくない単語がある．例えば「メールの送信方法が知りたい」という質問文は，「メール」「送信方法」「知りたい」というキーに分解されるが，「知りたい」はFAQで多用される表現であり，質問文を特徴づけるキーとして相応しくない．このような単純に品詞ルールにおいて含まれてしまう不要キーの除去には，ストップキーと呼ばれるキーの除去ルールを用いる（図3のQ1，3）．ストップキーは，既存のFAQデータを用い，パソコン，金融，観光など，あらゆるジャンルで多用されるキーを抽出し，さらにそのキーの類義語をリスト化したものである．

これらの処理によりFAQチャットボットに適したキーのみを抽出し，真理表を生成する．

⑵揺らぎ辞書

揺らぎ辞書は大きく各FAQ特化の専門用語の揺らぎ吸収用と，一般的な語句の吸収用に分類される．前者は用意された質問文の中で使われる専門用語の表記の揺らぎ一覧であり，FAQチャットボット設計者が自由に登録できる．後者は自然対話プラットフォームが有する大量の言語資源により生成され，動詞や動作名詞など，言回しや活用の揺れがあるキーに対して行われる．

一般的な語句の吸収には動詞・動作名詞の吸収と，同じ動詞だが活用形で異なる述部の吸収がある．動詞と動作名詞では「送る」と「送信」のように質問文によって同義で使われるキーが存在する．これらの揺れを吸収する機能がない場合，「メールを送る」

*8　形態素：文章や語句を分割した際に意味を成す最小単位．名詞や動詞などの品詞を伴う．
*9　Wi-Fi®：Wi-Fi Allianceの登録商標．

という質問文が用意されていても，「メールを送信する」はマッチしない．揺らぎ辞書では約1,400の動詞，動作名詞の同義辞書を基に一般的な揺らぎを吸収する．

動詞の活用形による揺らぎの吸収は，約40万件のFAQデータの解析結果から収集した，各動詞の活用揺らぎパターンを基に行われる．具体的には，自然対話プラットフォーム［5］の文章正規化機能を活用し，動詞のあらゆる活用パターンを肯定，否定，完了の3カテゴリに絞って正規化する．この3カテゴリはFAQで多く利用される表現であり，特に「写真を削除できない」などの否定系と「写真を削除してしまった」などの完了形では提示すべき回答が変わるため，別カテゴリとして管理している（図3のQ5，6）．

3. FAQチャットボットの動作

FAQチャットボットのシステム動作基本フローを**図4**に示す．FAQチャットボットは，以下を繰返し行うことで質問文の絞込みを行う．

・ユーザの発話文章からのキーの抽出および検索キーリストの更新（図4の①～③）
・検索キーリストによるFAQ検索および聞返し内容の決定（図4の④～⑤）

それぞれの動作の詳細を以下に解説する．

⑴キー抽出および検索キーリスト更新

FAQチャットボットは，自然対話プラットフォームの文マッチ機能を利用し，ユーザの初期質問に含まれるキーと真理表の各質問文が有するキー群とのマッチングを行うことで，文中に含まれるキーの抽出を行う．この際，ユーザは実際の質問文に含まれるキーを意識せずに質問することが想定されるが，揺らぎ辞書によって，ある程度キーの表現の揺らぎを吸収可能である．

次に，発話文中から得られたキーを基に，検索キーリストの更新を行う．FAQチャットボットは，検索キーリストを主に肯定の意図で得たキーリスト（以下，YESキーリスト）と否定の意図で得たキーリスト（以下，NOキーリスト）の2種類で管理し，これらを基に真理表を検索することで，質問文を特定する．YESキーリストは，ユーザの初期質問に含まれるキーと，後述するキー質問に対してユーザ

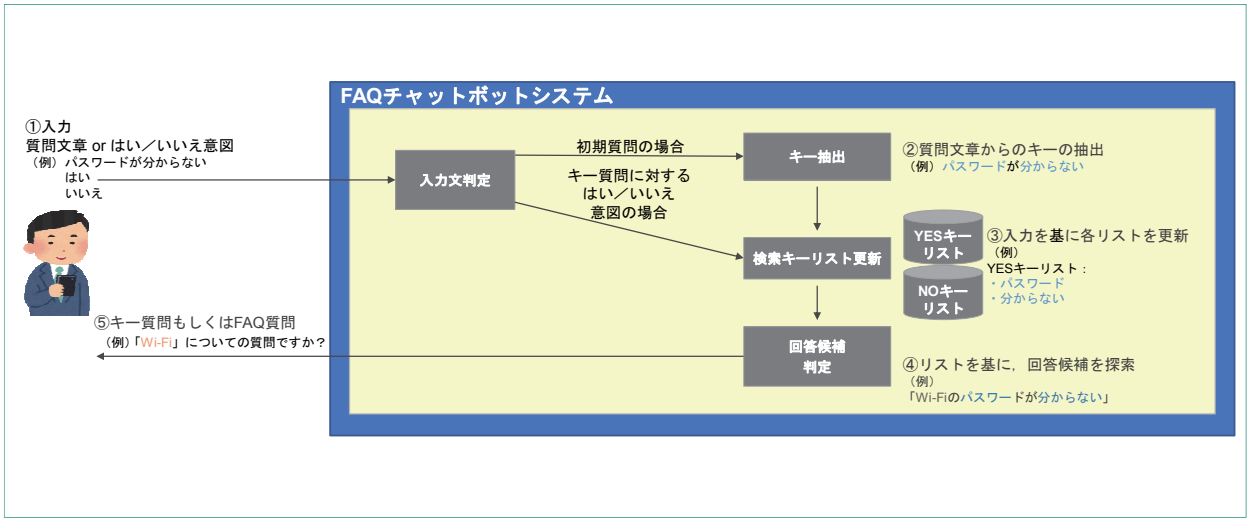


図4　FAQチャットボットのシステム動作基本フロー

が肯定した場合に更新されるリストである．一方，NOキーリストは，ユーザが否定した場合に更新されるリストである．

⑵検索キーリストによるFAQ検索および聞返し内容の決定

FAQチャットボットは，上記の2つの検索キーリストにより真理表に登録された質問文を検索する．具体的には，YESキーリストに含まれるキーを有し，かつNOキーリストに含まれるキーを有さない質問文を検索する．質問文は複数マッチする可能性があり，これらは次のいずれかに分類される．

・完全マッチ：真理表に登録されたすべてのキーがYESキーリストとマッチし，NOキーリストにマッチしていない質問文
・不足マッチ：真理表に登録された一部キーのみがYESキーリストとマッチしており，完全マッチに至るキーが不足している質問文

FAQチャットボットは，検索された質問文が不足マッチの質問文のみであった場合，不足しているキーをユーザに聞き返す．これはキー質問と呼ばれる．例えば，「Wi-Fiについての質問ですか」のように，ユーザの質問意図に当該キーが含まれているかを聞き返すものである．ユーザがキー質問を肯定すれば，当該キーはYESキーリストに，否定すれば，NOキーリストに追加される．いずれかのキーリストが更新されると，FAQチャットボットは再び真理表から質問文の検索を行う．

一方，完全マッチに対しては，当該質問内容をユーザに聞き返す．これはFAQ質問と呼ばれる．例えば，「こちらの質問でよろしいでしょうか？（特定した質問文が続く）」のように，実際の質問文をユーザに聞き返し，ユーザの質問意図と合致したものであるかを確認するものである．ユーザがFAQ質問を肯定すれば，その時点で対話は終了し，確定した質問に対応する回答が行われる．否定すれば，次のFAQ質問，あるいはキー質問が行われる．

4. 性能評価

4.1 評価条件

評価者によりFAQチャットボットを実利用することで性能評価を実施した，提案技術の評価結果について以下に述べる．FAQチャットボットの構築には，ある社内システムのマニュアルから生成したFAQデータを利用した．FAQデータの回答文数は306件である．

評価に際し，回答精度と回答に至るまでの平均対話回数を測定した．回答精度は，評価者が行った初期質問のうち，FAQチャットボットが最終的に正解の回答を提示した割合であり，平均対話回数は，回答に至るまでに要した対話の回数の平均値を表す．

また，1回めの評価を実施後，FAQデータの整備，揺らぎ辞書およびストップキーを追加し，2回めの評価を実施した．1回めは，FAQデータをそのまま提案技術へ適用した場合の評価で，2回めは，1回めからチューニングを実施することで，どの程度の精度向上が見込めるかを評価するためになされたものである．

チューニングの具体的内容を以下に述べる．1回めの評価の際に利用したFAQデータは，FAQチャットボットの構築用に十分整備されたものではなく，質問文や回答文の重複，あるいは回答文自体に誤りがあるなど，データとしての不備が存在した．そのため，FAQチャットボットが質問文から適切なキーを抽出できない場合や，キー質問から質問文を特定できた場合であっても，正しい回答を提示できない場合が散見された．そこで，各回答に対する質問文の重複をなくすよう整備し，またより簡潔な質問文とすることでキーが正しく抽出されるようなチューニングを行った．さらに，1回めの評価では，揺らぎ辞書，ストップキーを利用していなかったため，

ユーザの質問に含まれるキーの揺らぎを吸収できず，また不要なキー抽出を行ってしまったことにより，性能が低下した．そのため，これらの誤りに対しては，揺らぎ辞書へのキーに対する揺らぎの追加と，適切なストップキーの追加で対応した．実際の運用を考えた場合には，このチューニングにかかわるコストも考慮する必要がある．そのため，2回めの評価では，チューニングに要した具体的な作業量も確認した．なお，1回めと2回めの評価で全く同じ質問がなされぬよう，別々の評価者が実施した．

4.2 評価結果

回答精度，および対話回数の評価結果について**表1**に示す．

まず1回めの評価結果について考察する．表に示す通り，FAQチャットボットは，ユーザの質問に対して77%と高い精度で回答できることが分かった．この時点のFAQチャットボットは，一切のチューニングなく構築されたものであるため，FAQデータさえ用意されれば，提案技術により80%近い精度で質問に回答可能なものが直ちに構築できることが分かった．ただし，回答に至るまでの対話回数は4.3回と多かった．これは，特にストップキーが不十分であったことにより，FAQデータの質問文から不要なキーが抽出され，無駄なキー質問が発生したことに起因する．

次に2回めの評価結果について考察する．チューニングを実施した後の評価では，91%と非常に高い回答精度を達成した．最も効果があったのは揺らぎ辞書の拡充である．これにより，初期質問にキーが含まれないことで質問文の検索ができずに正しい回答を提示できなかった誤りが修正された．また，FAQデータを整備したことにより，質問文から適切なキーが抽出され，質問文と正しい回答が対応付けられたため，回答の精度が向上した．さらにストップキーを拡充したことにより，平均対話回数も1.8回と大幅に改善した．

上記の通り，入力データに対するチューニングにより，さらに高い精度を達成可能であることが分かった．

最後にこのチューニングにかかわる作業量について示す．チューニングは大きく，1回めの評価結果を分析し，精度低下の原因の抽出を実施する検証作業，検証作業に応じたFAQデータの生成・更新作業，および検証作業に応じた揺らぎ辞書とストップキーを拡充する作業に分類される．それぞれに要した作業量は，4.4，3.3，および0.7人日で，全体で約8人日程度と短期間でチューニングを実施することができた．なお，この際に追加した揺らぎ辞書およびストップキー数は，それぞれ295および53であった．

5. FAQチャットボット自動構築システム

5.1 概　要

FAQチャットボットにはデータ管理のためのAPIが用意されている．FAQチャットボット自動構築システムは，そのAPIを利用する形でFAQチャットボット構築機能を組み込んだWebアプリケーションである．従来のシナリオ型のFAQチャットボットの場合，チャットボットサービスの

表1　評価結果

評価回数	回答精度	平均対話回数
1回め	77%	4.3回
2回め	91%	1.8回

開発者（以下，開発者）がFAQデータからチャットボットの対話内容を設計し，構築を行う必要があった．しかし，本システムでは開発者がWebブラウザからFAQデータの登録を行うだけで，システムが対話内容の設計および構築を自動で行うため，従来よりも短時間でのFAQチャットボットの構築が可能である．

5.2 チャットボットの回答精度改善のためのPDCAサイクル

実際にサービスとしての提供を視野に入れた際には，FAQチャットボットの回答精度の継続的な改善が大きな課題となる．本システムでは構築と改善を一貫して行うことが可能となっている．回答精度の改善は，**図5**に示すようなフローを繰り返すことによってなされる．まず，本システムではチャットボットとユーザの対話履歴をダウンロードすることが可能なため，開発者ははじめに対話履歴をシステムから取得する．次に，取得した対話履歴からFAQチャットボットが回答できなかった質問を抽出し，抽出した質問と対応する回答をFAQデータに反映する．反映後のFAQデータを再度Webブラウザからアップロードすることで，FAQチャットボットの更新が完了する．この更新作業を繰り返すことで，FAQチャットボットの回答精度をあげることが可能である．更新時も構築時同様，対話内容の設計などを意識することなく，機械的に作業を行うことができるため，短時間での回答精度の改善が可能である．

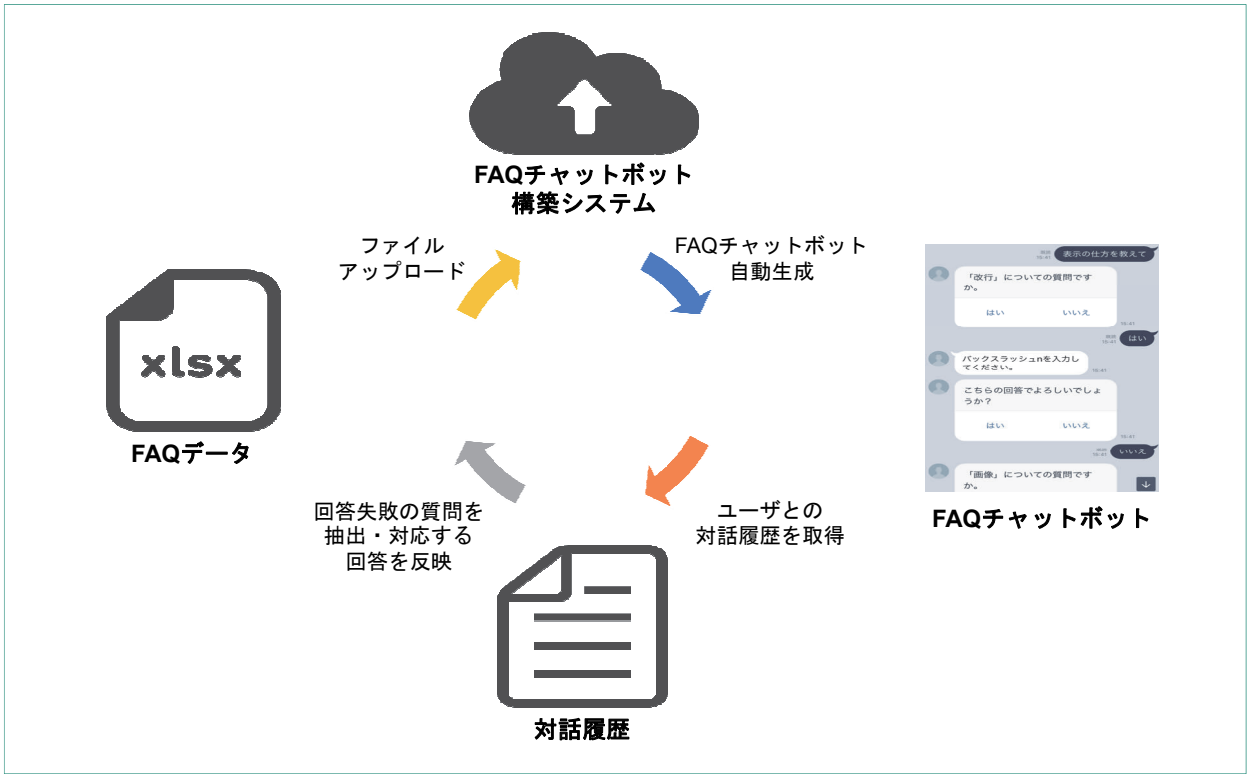


図5　品質改善のためのPDCAサイクル

5.3 既存のチャットプラットフォームとの連携

FAQチャットボットは機械的，かつ短時間で構築・更新が可能というメリットがある一方で，聞返しを繰り返すため，テキスト入力で返事をすることはユーザにとって負担となるという問題がある．そこで，既存のチャットプラットフォームに倣い，本システムにおいてもボタン形式の表示をサポートした．これにより，ユーザの入力負担を緩和することができる．具体的には，ユーザがFAQチャットボットからの聞返しに対し，「はいorいいえ」のボタンを押していくだけで，回答にたどりつくことができるようになる．

6. あとがき

本稿では，FAQチャットボットの自動構築技術について解説した．提案技術は，FAQデータからチャットボットを自動構築することで大量のFAQの処理をサポートし，さらに自動構築された対話型シナリオにより，ユーザの質問に高い精度で回答可能であることを述べた．また，実際のFAQデータを利用した評価を行い，FAQチャットボットが，8人日程度のチューニング作業により，90%を超える精度を達成したことを示した．さらに，提案技術を基にしたFAQチャットボット自動構築システムの概要について解説した．

今後，商用サービスを通じて得られた課題を基に，提案技術，およびシステムのさらなる精度向上，性能向上を実施していく予定である．

文　献

[1] Repl-AI Webサイト．
https://repl-ai.jp/

[2] IBM：“Conversation | IBM Watson Developer Cloud.”
https://www.ibm.com/watson/jp-ja/developercloud/conversation.html

[3] Microsoft：“Azure Bot Service - チャットボット | Microsoft Azure.”
https://azure.microsoft.com/ja-jp/services/bot-service/

[4] Microsoft：“QnA Maker API | Microsoft Azure.”
https://azure.microsoft.com/ja-jp/services/cognitive-services/qna-maker/

[5] 大西，ほか：“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，”本誌，Vol.23，No.3，pp.6-13，Oct. 2015.

Technology Reports
需要予測　モバイル空間統計　ディープラーニング
社会・産業の発展に貢献するAI技術特集

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―

サービスイノベーション部　川崎 仁嗣　石黒 慎　深澤 佑介
IoTビジネス部　藤田 将成　鈴木 亮平　槇島 章人

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お客様を獲得し，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商用提供を開始した．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，効率的な運行による生産性向上が可能となるほか，タクシーの乗客にとっても待ち時間の短縮が期待できる．

1. まえがき

タクシーの運行において，空車状態の時間を減らし，実車（乗客を乗せている状態）の時間を最大化することは，収益向上の観点で非常に重要である．不慣れな地域や時間帯，また，新たな道路の開通や商業施設のオープンなどの日々変化する環境，電車遅延など突発的な状況下においても効率的に乗客を見つけることができれば，実車時間の割合を増やすことができタクシードライバーの収益向上が期待できる．さらに，効率が改善されることで生産性が向上し，より働きやすい環境となることも期待される．

このような状況に対応するためドコモは，過去のタクシーの乗車実績データ，および，人々の統計的な位置情報を用いて，場所ごとにタクシーの乗車需要を予測する手法を考案した．また，その手法を組み込んだ需要予測システムを開発し，その有効性をタクシー事業者と共同で実施した実証実験にて検証し，全期間連続で収益向上と実車率向上の効果が確認できたことからAIタクシー®*1［1］として提供を開始した．需要予測システムの予測結果をタクシードライバーに提示することで，**図1**に示すように需

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

※AIタクシーで使用する人口統計は，エリアごとや属性ごとの集団の人数を示す情報であり，お客様個人を特定できる情報を一切含みません．したがって，この人口統計によりお客様の行動が他人に知られることはありません．なお，AIタクシーで使用する人口統計は，以下のモバイル空間統計ガイドラインを遵守しております．
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/index.html

要の高いエリアへ配車することができる．結果として**図2**①に示すように乗客がタクシーをつかまえるまでの時間が短くなるだけでなく，図2②～④に示すようにタクシー事業の収益向上に繋がることが期待できる．

2. タクシーの乗車需要予測技術

2.1　概　要

本技術では，モバイル空間統計のリアルタイム版[*2]，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，500mメッシュ[*3]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回数）を推定する．

一般的に，過去の実績から将来にわたる時系列のデータを予測するには，時系列予測モデルである自己回帰モデル（AR model：Auto Regressive model）[*4]やそれを発展させた自己回帰和分移動平均モデル（ARIMA model：Auto Regressive and Moving Average model）[*5]が用いられる．タクシーの乗車需要においても同様に時系列予測モデルを適用することが可能であるが，過去のタクシー乗車実績

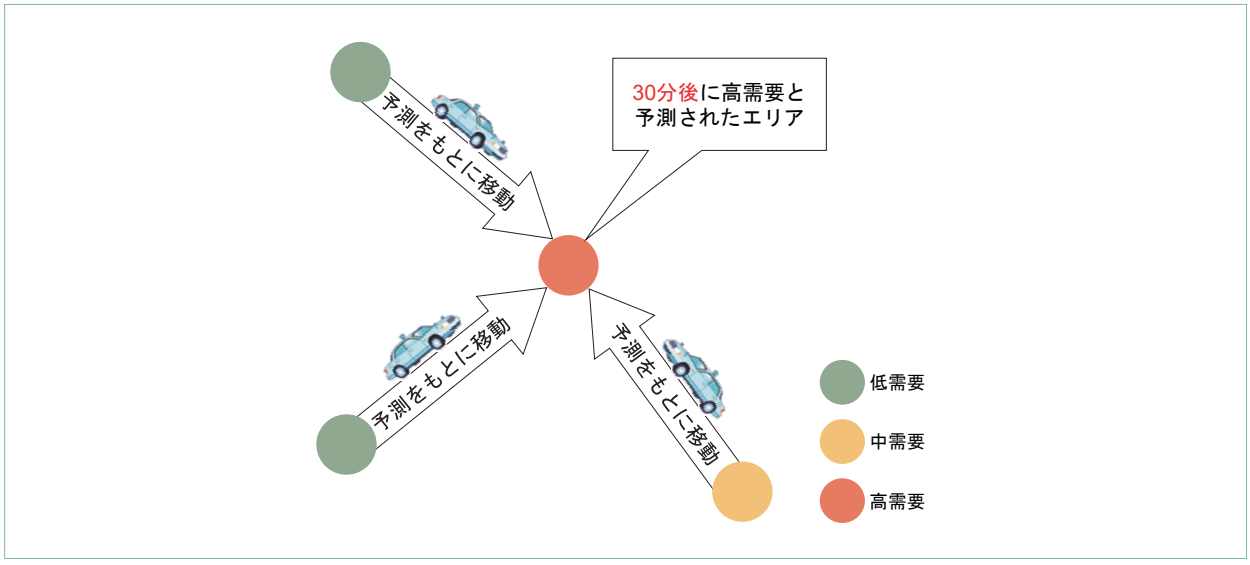


図1　需要予測とタクシー移動

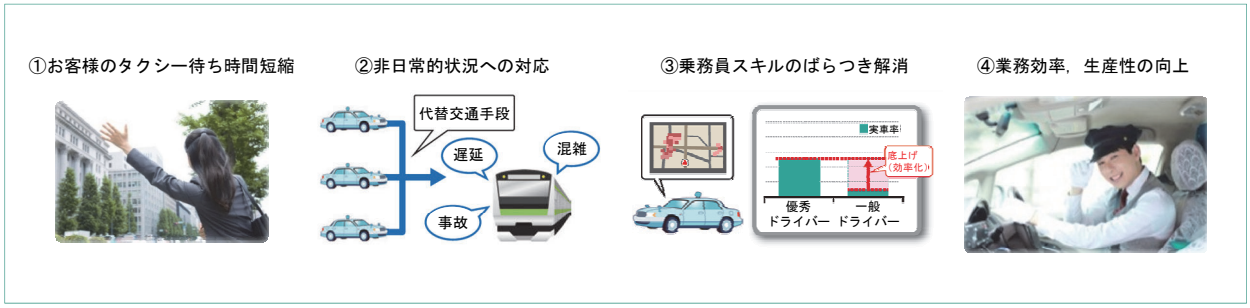


図2　AIタクシーによる期待効果

＊1　AIタクシー：㈱NTTドコモの登録商標．
＊2　モバイル空間統計のリアルタイム版：ドコモの携帯電話ネットワークの仕組みを使用して作成される人口の統計情報で，10分ごとに直近の日本全国の人口を500mグリッドで推定することが可能である．
＊3　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．
＊4　自己回帰モデル（AR model）：回帰モデルでは，結果の値（目的変数）を，影響を与えた値（説明変数）で表す式としてモデル化するが，その中でも説明変数の値として目的変数の過去の値を用いるモデル．
＊5　自己回帰和分移動平均モデル（ARIMA model）：自己回帰モデル（Auto Regressive model）と移動平均モデル（Moving Average model），和分モデル（Integrated model）とを組み合わせた回帰モデル．移動平均モデルは過去の予測値と実績値との誤差の和，和分モデルは階差を利用してモデル化する．

だけでなく，天気予報や周囲の人口変動も乗車需要に影響を与えていることから，より精度を向上させるためこれらのデータも組み合わせた自己回帰である，多変量自己回帰モデル*6を利用している．しかし，多変量自己回帰モデルを含む自己回帰モデルでは，メッシュごとにモデル式内の重み値（パラメータ）として適切な値を人間が決めることが一般的である．サービスをより広範囲のエリアで展開していくにあたり，メッシュの数が増えることから機械的に重み値を決定できる手法が求められる．そこで，これらの異種混合データから精度向上に有用となるデータの組合せやパラメータを機械的に獲得するため，ディープラーニングと呼ばれる手法を用いることとした．商用サービスにおいては，**図3**に示すように多変量自己回帰モデルの予測結果とディープラーニングの予測結果とで精度の良い方を利用する構成となっている．

ディープラーニングは深層学習とも呼ばれる機械学習*7手法の1つであり，学習処理などに高い計算能力が必要であるが，ここ最近のハードウェア性能の向上に伴い，これまでよりも低コストで実現可能となった事から注目を集めている．今日までにディープラーニングは画像認識，自然言語処理，音声認識など多様な分野で他の機械学習手法を圧倒する高い性能を示し成果を挙げている．ディープラーニングでは，多層（一般的には4層以上）のニューラルネットワーク*8を用いて，高度な特徴量抽出や選定などの事前のモデル設計を行わずに，単純な特徴量のデータを入力として，データ間の構造・関係性を高レベルな特徴量で表現することで，データ中の重要な要素の抽出を実現する．

2.2　モバイル空間統計のリアルタイム版の活用

需要予測においてモバイル空間統計のリアルタイム版を用いていることは本技術の大きな特徴である．これまで，モバイル空間統計*9として過去の人口統計データを活用している事例はあったが［2］，タクシーの需要予測においては直前の人口統計を利用することが精度向上の観点でも重要であり，今回新たに直近の人口統計データを作成することが可能な，モバイル空間統計のリアルタイム版を用いている．

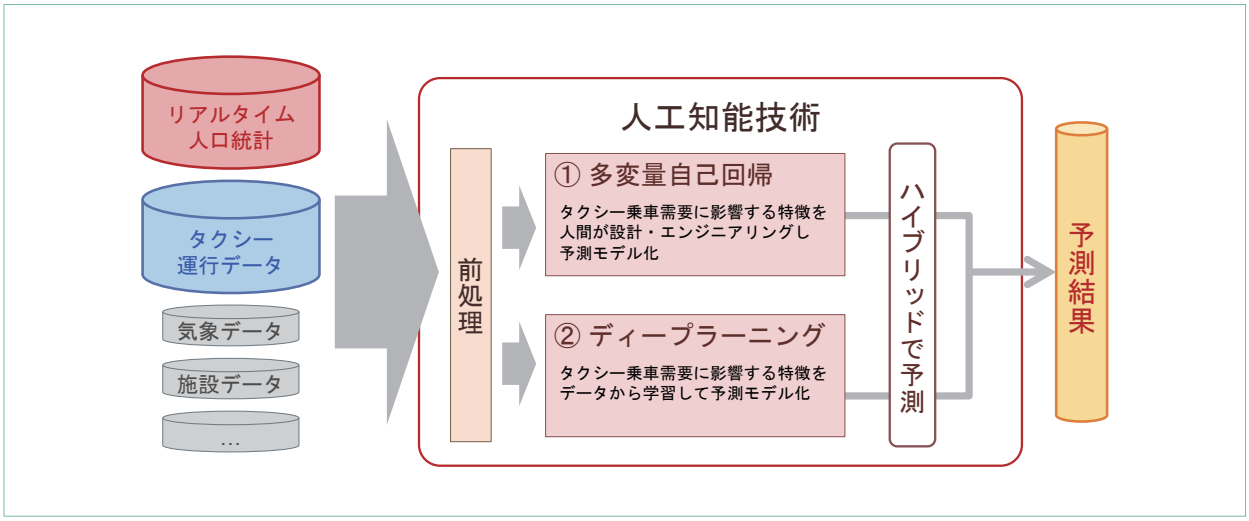


図3　タクシー乗車需要予測技術の構成

＊6　多変量自己回帰モデル：自己回帰モデルを多変量に拡張したモデル．ベクトル自己回帰モデルともいう．
＊7　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．
＊8　ニューラルネットワーク：人間の脳機能における特性を計算機で模倣したものであり，脳では神経同士の結合が学習を繰り返すことで結合強度を変化させ正解を導けるように自己学習していくのと同様に，学習データからノード間の結合度合いを変化させ学習を行うことが可能な数式的なモデルである．これまでの機械学習では，入力データの特徴を人間が見つけて特徴量を設計していたが，ニューラルネットワークでは人間の脳と同様に学習データを与えることで機械的に特徴量を獲得していくことが大きな違いである．
＊9　モバイル空間統計：㈱NTTドコモの登録商標．

図4に示すように，通常よりも人口が多く集まっている時間・場所では乗客獲得率が高いことが分かっており，人口データを利用することで潜在的な需要を発見できる可能性がある．

人口の変動とタクシーの乗車需要の変動には，**図5**に示すように相関関係が見られる．メッシュAは人口の増加に伴い，乗車需要も高まっていることが分かる．このメッシュは駅などの他の交通機関を含ん

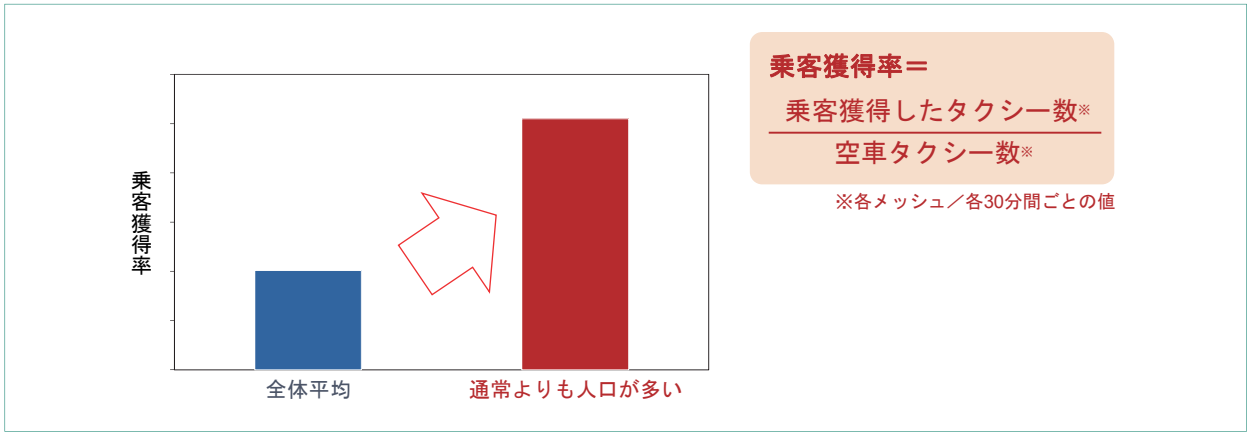


図4　タクシーの乗客獲得率

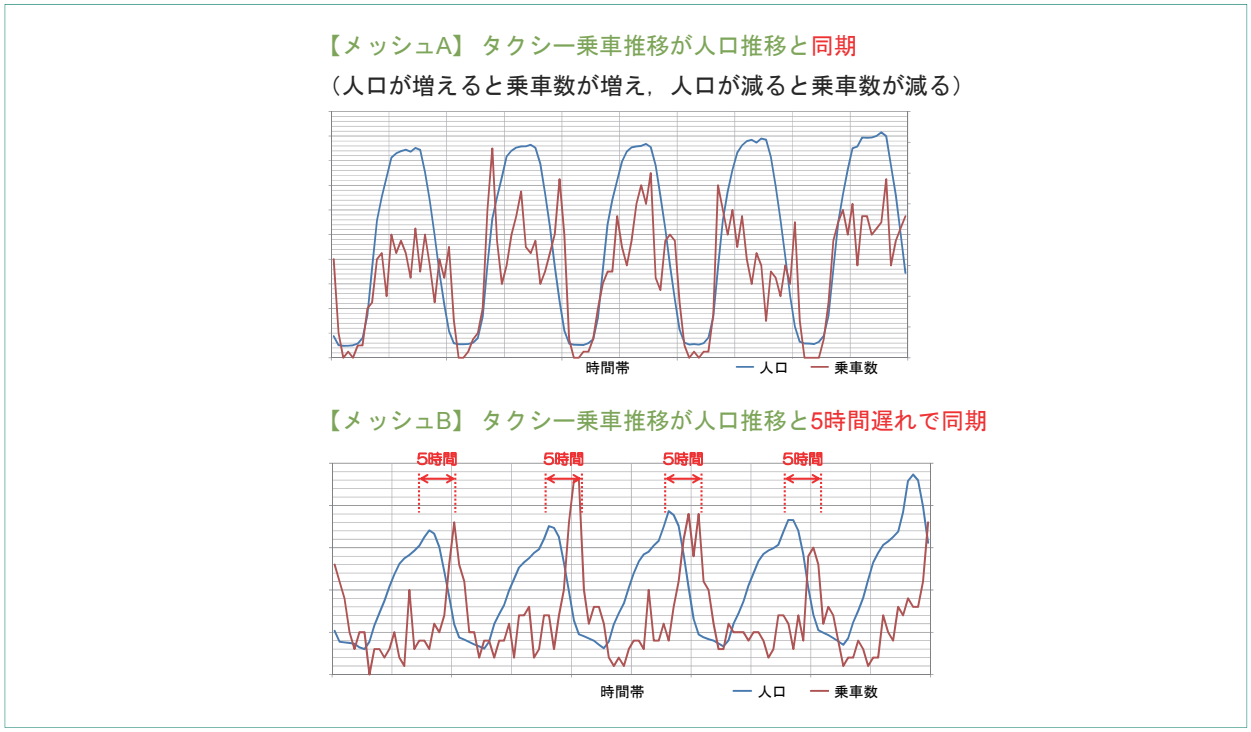


図5　タクシー乗車需要推移と人口推移の関係性

でいる可能性が高く，他のエリアから移動してきた人々の一部がタクシーに乗換えを行ったことで需要が高まっている（グラフ上で高い値になっている）と考えられる．一方で，メッシュBは人口の増加が見られてから5時間ほど経った後に乗車需要が高くなっている．このメッシュは商業施設やイベント施設などを含んでいる可能性が高く，施設に来場した人々がある程度の時間滞在した後にタクシーへ乗車して他のエリアへ移動していると考えられる．このように人口の推移を入力データとして用いることで，将来の乗車需要の推移を予測できることを示している．しかし，エリアの特性に応じて人口推移に対する乗車需要推移の遅延間隔がそれぞれ異なっており，何時間前の人口データを重視して予測を行うべきかをエリアごとに判断しなければならない．そこでこのような複雑な相関関係をもつデータを扱うために，機械的に特徴を抽出することが可能なディープラーニングも用いることとした．

2.3　ディープラーニングによる需要予測手法

ディープラーニングとしてさまざまなネットワーク構造が研究されてきているが，本手法ではAutoencoder［3］を発展させたSdA（Stacked denoising Autoencoders）モデル［4］を用いている．Autoencoderとは，入力されたデータを，それよりも少ない数の中間データに圧縮し，そこから再び入力データと同じデータを復元させるネットワーク構造であり，入力データを表す入力層，中間データを表す隠れ層，復元データを表す出力層の3層から成る．隠れ層では，入力データの数よりも少ない中間データに圧縮されるため，データを復元する際に重要ではないデータの重みは小さくなり，入力データを表現する上で特に重要な要素が抽出されることが期待できる．

本手法で用いているネットワーク構造では，**図6**の右側に示すように複数のAutoencoderを積層（Stack）させることで，より潜在的な特徴量を効果

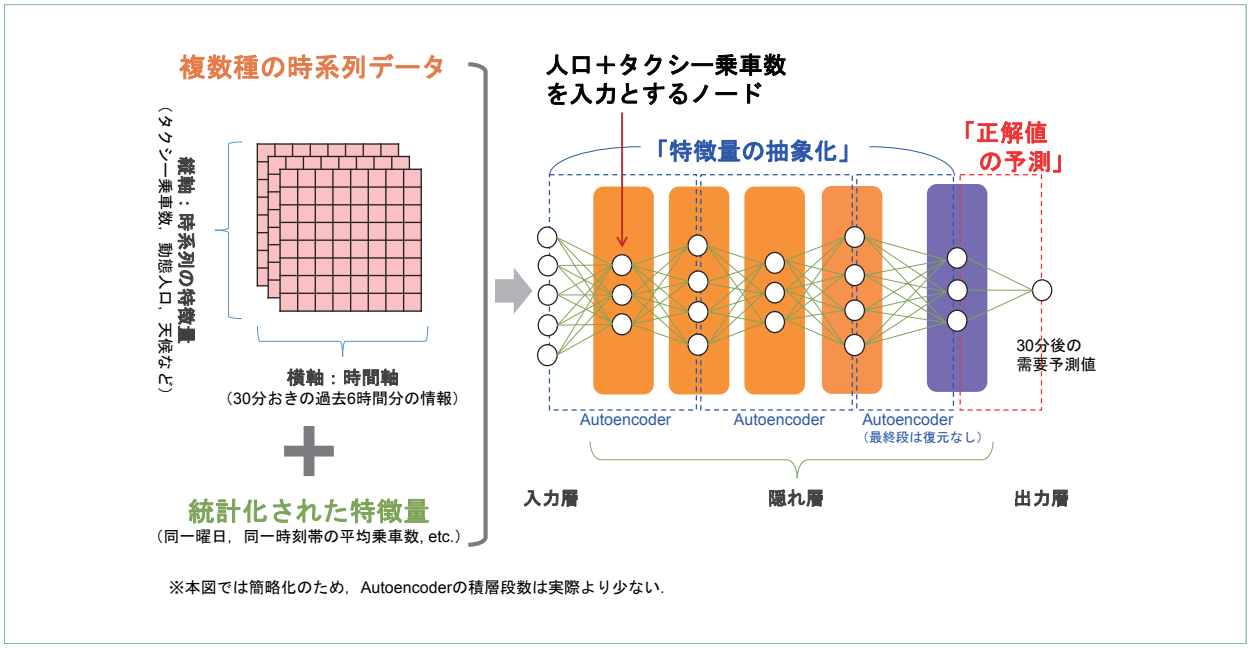


図6　タクシー乗車需要予測におけるネットワーク構造

的に抽出することができ，これにより精度向上を実現している．また，需要予測を回帰問題[*10]として扱うために，最も重要な特徴量が抽出されている最終段のAutoencoderの隠れ層に回帰の予測器[*11]を入れることで，最終的には需要予測結果の数値を出力する．図6の左側に示すように，過去のタクシー乗車実績データや人口などの時系列データに加え，同一曜日同一時刻帯の平均乗車数のような統計値も入力データとして入力層に与えており，複数の隠れ層を経由することで重要な特徴が抽出される．最後の隠れ層では各データに対し学習した重み値が掛け合わされ，その結果が足し合わされることから出力層には回帰での需要予測結果が出力される．なお，SdAモデルを利用した学習処理では，大量の学習用データから時間情報と空間情報の関係性が各ノード間のリンクにおける重み値として機械的に学習される．

また，Autoencoderの入力にノイズを加えて学習させることでノイズを除去する（denoising）特性も持たせている．Autoencoderでは入力データを復元しようとするが，欠損（またはノイズ）が加わったデータを入力データとして与え，欠損（またはノイズ）を加える前の元データを復元するよう学習を行うことで，入力データがもともともつノイズや欠損の影響を受けづらくなることや，元データの復元において重要な情報を優先的に抽出することを期待できる．

3. 実証実験

本技術を用いて，東京でのタクシー需要を予測する実験を実施した．各500mメッシュに関して，ある対象の時刻から30分間に同エリアで何台のタクシーが乗客を乗せることができたかを計算する．2015年4月1日～2016年8月31日を学習用データとして用い，2016年9月1日～2016年9月14日を評価用データとして利用した．その他のデータの詳細は**表1**のとおりである．運転席脇に設置したタブレット上に**図7**のような画面表示を行い，地図上の赤破線で区切られたエリア内での乗車需要回数の予測結果が数値で示されており，ドライバーは提示された需要の予測値が高いエリアを走行した．

実証実験期間における本技術の予測精度を検証したところ，エリアによって多少の上下はあるが93～95％となっており，高精度に需要を予測できていることが確認できた．実際の乗車実績と予測結果との比較を**図8**に示す．実証実験前の月と比較した実証実験対象月の売上上昇幅が，実証実験のすべての期間において，全ドライバーでの上昇幅平均値よりも需要予測システムを利用したドライバーの上昇幅平

表1　実証実験で用いたデータ

データソース		東京都
期　間		2015年4月1日～2016年9月14日
タクシーデータ	台　数	4,400台
	取得頻度	5～10秒ごと
人口データ	解像度	500m
	取得頻度	10分ごと
雨量データ	解像度	250m
	取得頻度	10分ごと

＊10 **回帰問題**：目的となる変数を導出するにあたり，影響を与える変数で表される式で回帰として扱うことが可能な問題．
＊11 **予測器**：与えられた入力をもとに，次に出現するものを推測する装置．

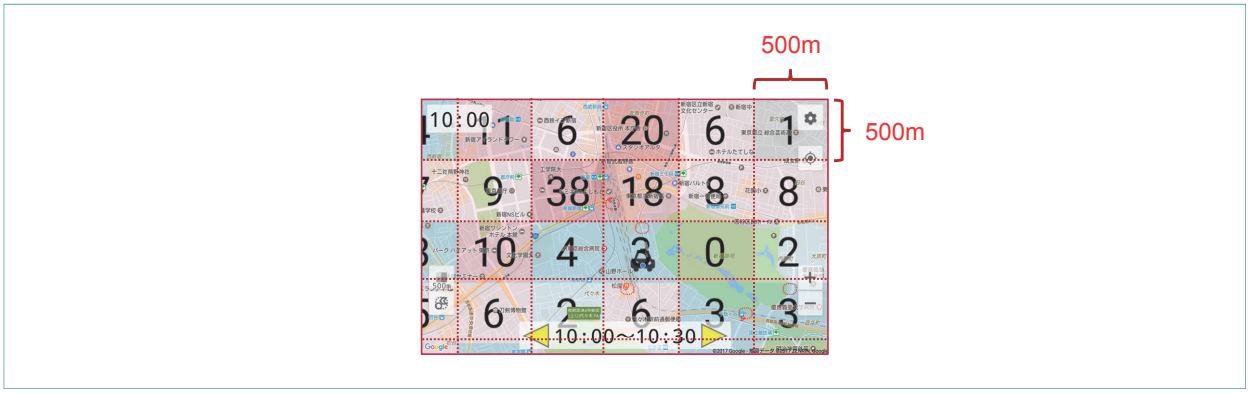


図7　需要予測結果の表示画面例

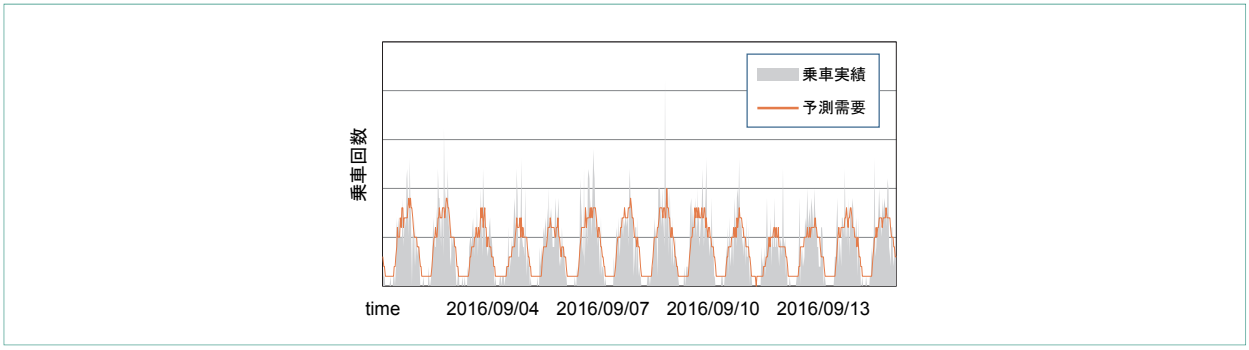


図8　需要予測結果と乗車実績の比較

均値が上回っており，1日あたり1人平均で約1,400円の売上増が確認できた．また，乗客獲得の効率性を示す指標である実車率の向上も見られた．

4. あとがき

本稿では，AIタクシーサービスで用いている，タクシーの将来の乗車需要を予測する技術について，その詳細を解説した．運行の効率化を実現するためには，需要と供給のマッチングが重要となる．本技術により，あらかじめ需要が予測できていれば，それにあわせて空車タクシーの供給を最適化することが可能となる．今後は，全体最適を考慮した配車制御の仕組みについても検討を行っていきたい．

文　献

[1] AIタクシーサービスWebサイト．https://www.nttdocomo.co.jp/biz/service/aitaxi/
[2] 岡島，ほか：“特集：社会・産業の発展を支える「モバイル空間統計」―モバイルネットワークの統計情報に基づく人口推計技術とその活用―，”本誌，Vol.20，No.3，pp.6-44，Oct. 2012.
[3] G. E. Hinton and R. R. Salakhutdinov: “Reducing the dimensionality of data with neural networks,” Science, Vol.313, Issue 5786, pp.504-507, 2006.
[4] P. Vincent, H. Larochelle, I. Lajoie, Y. Bengio and P. A. Manzagol: “Stacked Denoising Autoencoders: Learning Useful Representations in a Deep Network with a Local Denoising Criterion,” Journal of Machine Learning Research, pp.3371-3408, Dec 2010.

Technology Reports　画像認識　ディープラーニング　AI
社会・産業の発展に貢献するAI技術特集

画像認識を用いた商品棚解析ソリューション ―画像から商品の陳列情報を一括把握―

サービスイノベーション部　赤塚（あかつか）　隼（はやと）†　中村（なかむら）　一成（いっせい）
関西支社　法人営業部　高（こう）　聖明（そんみょん）

消費財業界にとって，売上の要因分析をするために店舗陳列（棚割）の実態を把握することは重要である．これまでは手作業で棚割をデータ化していたが，作業コストがかかり，また作業者にとって大きな負担となっていた．そこでドコモは商品棚画像認識技術を開発しこれを活用することで，スマートフォンのカメラなどで撮影された商品棚の写真から自動的に棚割データを作成することを実現した．これにより既存業務の作業時間の大幅な削減が可能となった．なお，本技術を活用したソリューションは，一般社団法人日本自動認識システム協会より2017年度第19回自動認識システム大賞にて優秀賞を受賞し，2018年4月よりドコモからパートナー企業への提供を開始している．

1. まえがき

消費財業界にとって，売上の要因分析をするために商品の店頭陳列（棚割）*1の実態を把握することは重要である．現在，消費財メーカーはラウンダー*2のメモ書きや，現場写真を見てドキュメントを書き起こすなどの手作業で棚割をデータ化している．しかし近年，大規模小売店の増加に伴いラウンダーの訪問店舗数は増える一方，労働人口減少により将来的にはこれら業務の担い手が不足するといったジレンマが予想され，作業コストの削減および業務効率化が重要な課題となっている．日本全国には数万人のラウンダーがいるといわれており，これら課題の解消の観点から棚割データ作成の自動化には市場ニーズがあると考えられる．

そこで画像認識技術を応用し，商品棚を撮影した写真から自動的に棚割データを抽出することが提案されている．しかしながら既存の画像認識技術には，

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

† 現在，イノベーション統括部

＊1 店頭陳列（棚割）：商品棚にてどの商品がどの位置に陳列されているかのレイアウトを指す．

＊2 ラウンダー：スーパーやデパートなどの店舗を巡回し，自社商品の販売促進活動を実施する担当者を指す．具体的な業務として店舗にて自社製品の販売・提案・展示状況の把握，他社製品の調査，販売店からの要望のヒアリングなどを実施する．

実店舗での利用において主に2つの課題があった．

・1つめは圧縮陳列*3された商品の物体検出が難しいことである．日本のように陳列スペースが限られている場合，シャンプーなどの詰替え袋は圧縮陳列されているため形状が歪み，見え方が一定ではない．

・2つめは商品が必ずしも正面を向いていないため，商品の認識が難しいことである．実店舗では同じ商品であっても，さまざまな方向を向いて陳列されている．

従来のソリューションにおいては，店頭で商品の被りをできるだけなくし，パッケージを正面に向けて陳列させるなど撮影方法を工夫することで，画像認識がしやすい環境を整えていたが，このような対応は時間がかかるため実用的ではなかった．

そこで今回ドコモは，圧縮陳列や撮影角度の課題を解決し，商品棚を撮影した写真から商品の棚割データを自動的に解析するディープラーニング技術を利用した商品棚画像認識エンジン（以下，本画像認識エンジン）を開発した．本画像認識エンジンは，一般社団法人日本自動認識システム協会より「商品棚を画像認識から再現する新規性」と「ソリューションの実現性」の観点が評価され，2017年度第19回自動認識システム大賞にて優秀賞［1］を受賞し，2018年4月よりファーストユーザとして株式会社サイバーリンクスにその提供を開始した［2］．本稿では，本画像認識エンジンの技術内容と具体的な利用シーンについて解説する．

2. 画像認識概要

本画像認識エンジンは2つの技術から構成される．

1つめはディープラーニングを用いた物体検出技術であり，写真上のどこに棚板や商品があるのかを検出することで，商品の空間配置を解析することができる．図1に表示された枠が物体検出の結果である．ドコモの物体検出技術はディープラーニングを用いてさまざまな実店舗の陳列状態の画像を学習することで，商品が狭いスペースに圧縮されて陳列されている場合であっても商品を高い精度で検出できることが特長である．

2つめは局所特徴量*4を用いた特定物体認識技術であり，前述のように検出された商品領域の部分画像と，事前に画像データベースに登録された大量の商品画像データとを比較することによって，棚上の各物体領域がどの商品であるかを識別することが可能である．ドコモの特定物体認識技術は，さまざまな角度の画像を大規模な画像データベースにあらかじめ登録しておくことで，正面以外の画像であっても高速にかつ高い精度で認識ができることが特長である．

これら2つの技術による処理フローを**図1**に示す．

2.1　物体検出技術

⑴アルゴリズム詳細

ドコモが開発した物体検出技術は，ディープラーニングを応用し，画像中の各物体の位置（矩形の左上と右下の座標）と種類を推定することができる．そのため，事前にどのような物体を検出したいかを物体検出エンジンに機械学習*5させておく必要がある．機械学習には画像データとアノテーションデータ*6を数百～数千枚単位で用意した．アノテーションデータの内容は，**図2**に示すように，画像中の各物体がどの領域に描画されているかを表す位置情報（矩形の左上の座標（$x_{\min}$，$y_{\min}$）と右下の座標（$x_{\max}$，$y_{\max}$））と物体の種類情報（例えば，柔軟剤，洗剤，飲料水，棚板など）である．

機械学習の結果，学習済みモデルが作成され，それを物体検出エンジンにて読み込むことで「推論*7」処理を行うことが可能となり，入力された未知の画像中の物体を検出することができるようになる．

＊3　**圧縮陳列**：狭い売り場空間を商品で徹底的に満たし陳列する方法であり，商品が多少潰れて陳列されることが多い．

＊4　**局所特徴量**：データから抽出される，そのデータを特徴づける量（数値）のこと．本稿における特徴量とは特に画像特徴量とも呼ばれ，画像から検出された特徴点（コーナー点）においてその周辺の輝度分布を特徴づける量である．

＊5　**機械学習**：人間が，知覚，経験から知識や判断基準，動作などを獲得していくように，コンピュータにデータから知識や判断基準，動作などを獲得させる技術．

＊6　**アノテーションデータ**：ここでは画像データが何かを示すメタデータを指す．

推論処理は，主に次の4つのフェーズに分かれている（**図3**）．

①特徴量の抽出

ユーザから入力された画像に対して，畳込

図1　商品棚画像認識処理フロー

画像

アノテーション

物　体	種　類	位置情報			
		x_{min}	y_{min}	x_{max}	y_{max}
1	柔軟剤	640	30	700	460
2	洗　剤	…	…	…	…
3	洗　剤	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…

図2　学習に必要な画像とアノテーションデータ例

＊7　**推論**：ここでは事前に学習したモデルを利用し，入力された画像が何かを推定する処理を指す．

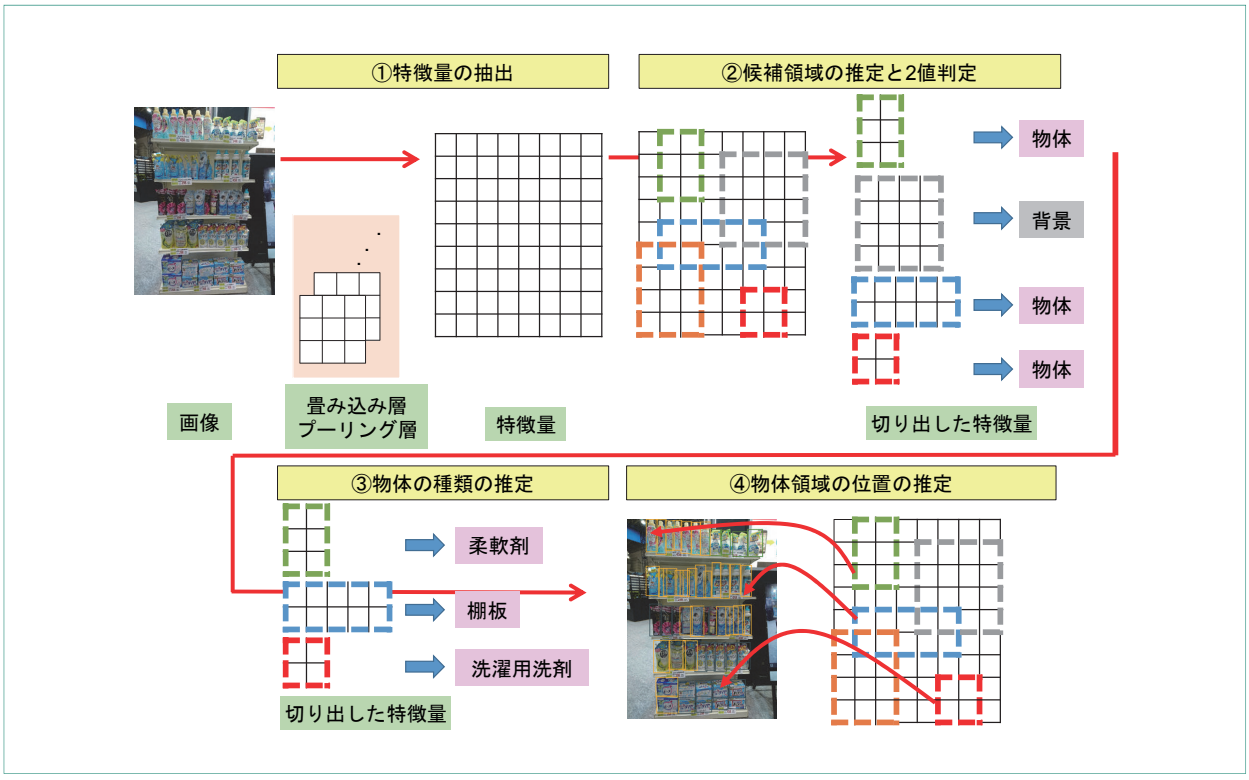


図3　検出アルゴリズムの処理の流れ

み*8やプーリング*9を複数回行い，特徴量化する．

②候補領域の推定と2値判定

上記で抽出した特徴量を用いて，さまざまなアスペクト比・スケールで複数の領域を切り出し，各領域に対して全結合層*10を適用し，「物体」であるか「背景」であるかの2値判定を行う．

③種類の推定

2値判定の結果（②）で「物体」と推定された領域に対して，②とは重みが異なる複数の全結合層を適用し，物体の種類を推定する．このとき複数の種類の候補とその確率が得られるので，最も大きい確率のものをその領域の種類とする．

④画像内での物体領域の位置の推定

前工程（③）で求めた物体の種類の確率と，画像上の位置，特徴量を用いて，画像内での物体領域の位置情報を推定する．

以上により，1枚の画像中に写る多数の物体の位置と種類を推定して出力する．

なお，本手法は，商品だけでなく棚板も検出可能である．これにより，棚の段数や各商品が何段めのどの位置に存在するか，また，積み上げられている同一商品の数を含めて，推定を行うことができる．

⑵認識精度

商品が多数配置してある商品棚の画像を数千枚用いて機械学習させ，学習に用いていない実店舗で撮影した画像100枚で物体検出エンジンに推論をさせ，物体検出技術の精度評価を行った．商品は，洗剤，柔軟剤などの洗濯用品と，ペットボトル飲料水や缶ビールなどの飲料水の2つのカテゴリーを用いた．精

＊8　畳込み：画像や特徴量などの入力に対して横方向と縦方向に走査しながら特定のサイズのベクトルを掛け合わせた値を出力すること．掛け合わせたベクトルと類似するパターンを抽出する．

＊9　プーリング：特徴量に対して横方向と縦方向に走査しながら特定のサイズ（2×2や3×3など）内の最大値や平均値の値を出力すること．特徴量の次元を削減し，推論時のロバスト性を高める．

＊10　全結合層：特徴量のすべての数値に対して重みを掛け合わせ1つの数値を出力する際の重みのこと．畳込みで抽出された特徴量に対してこの重みを掛け合わせることで特徴量を変換し，商品のカテゴリを分類する．

度指標には，Recall（正しく検出した商品数／全商品数）とPrecision（正しく検出した商品数／検出した商品の数）を用いた．精度評価の際にはまず，推定した各領域がどのGround-truth領域（正解領域）を推定したかを判断する必要がある．そのために**図4**に示す，2つの領域のオーバーラップの程度を0～1.0の数値で表す指標であるIoU overlapを用いる．このIoU overlapは値が大きいほど2つの領域のオーバーラップの程度が大きいことを示す．このIoU overlapが0.6以上となり，かつ推定した物体の種類とGround-truthの物体の種類が一致した場合のみ正解とした．ただし，③で求めた物体の種類の確率が0.6未満である領域は確信度が低いと考え除去した．

この条件で評価を行ったところ，飲料水の検出精度はRecallが91.2％，Precisionが92.1％となった．洗濯用品の検出精度はRecallが92.0％，Presicionが99.7％となった．**図5**に示すように実店舗に置いてある商品はパッケージが正面を向いているとは限ら

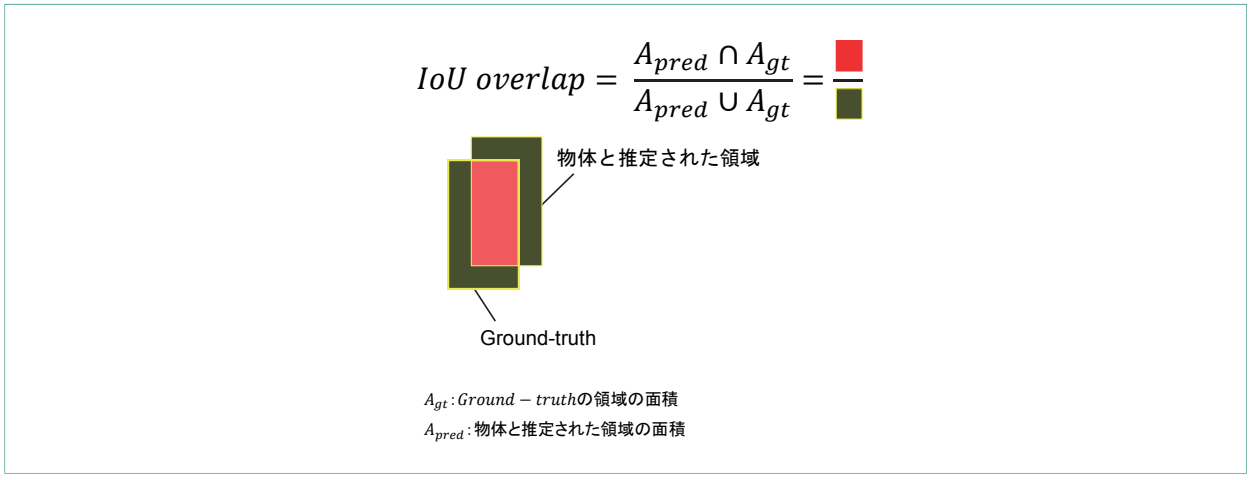


図4　IoU overlap

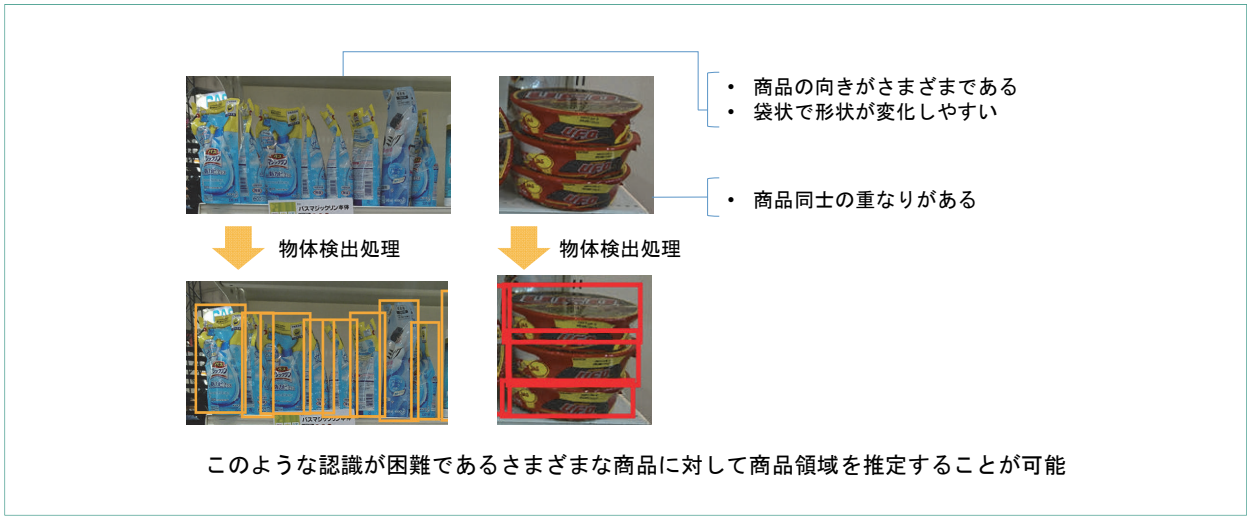


図5　商品棚の商品の特徴

ず，また，袋状のパッケージのような形が変化しやすい商品が存在し，さらに商品同士が重なることで一部隠れる場合があるが，本技術は高精度で検出が可能である．

⑶処理速度

検出にあたって，GPU，CPUそれぞれを用いた場合の処理速度を計測した．NVIDIA Tesla[*11] M40のGPU1基を用いて推論を行ったところ約0.3秒で処理ができた．一方，GPUを利用せずCPU（Intel® Xeon®[*12] CPU E5-2630L v3 @1.80GHz）上ですべての演算処理を行った場合は，約7.0秒の処理時間がかかり，GPUを利用することで10倍以上高速化が可能であることを確認できた．利用シーンによってシステム要件は異なるが，現状ではリアルタイムな処理にGPUの利用が必須であると思われる．なお，ここで記載の処理速度は入力する画像ファイルサイズに依存するため，画像サイズが小さい場合はより短時間で処理が可能である．

2.2　特定物体認識技術

⑴アルゴリズム詳細

特定物体認識技術は，入力された画像と，画像データベースに事前に登録されている画像とを比較し，入力画像と類似する登録画像を判別することで，入力画像が何であるかを識別する技術である（**図6**）．図1の商品棚画像認識において，物体検出された枠内の部分画像が特定物体認識への入力画像となる．事前に複数の角度から撮影された商品画像をデータベースに登録することで，画像認識エンジンはさまざまな角度で陳列されている商品の認識が可能になる．ドコモの特定物体認識のアルゴリズムの詳細については文献［3］を参照されたい．

⑵システム要件

ドコモの特定物体認識技術は，数百万個の画像が画像データベースに登録されていてもリアルタイムに処理が可能であるが，そのために画像データベースをメモリ上に展開する必要がある．どの程度メモリが必要かは，登録する画像枚数と1枚当りに割り当てる情報量の設定値に依存するが，物理サーバにはメモリの上限があるため，1台のサーバで保持できる画像数には上限がある．そこでサーバを複数台立ててスケールアウト[*13]させることで，大規模な画像データベースを構築することができる．特定物体認識はCPU上で高速に動作が可能であり，エン

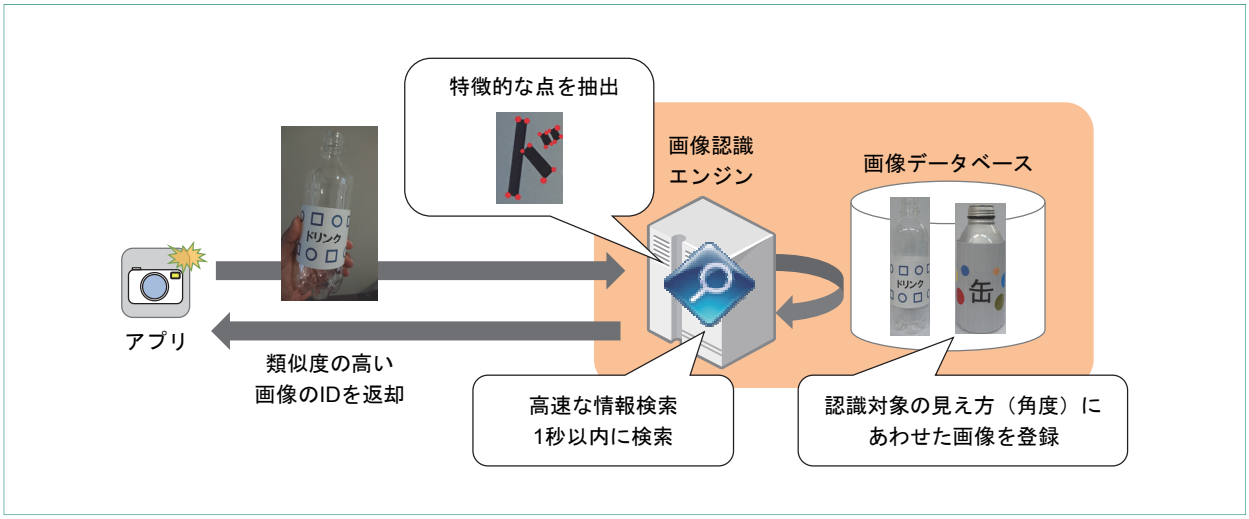


図6　特定物体認識

＊11 NVIDIA Tesla：米国および／または他国のNVIDIA Corporationの商標および／または登録商標．

＊12 Intel® Xeon®：アメリカ合衆国および／またはその他の国におけるIntel Corporationまたはその子会社の商標．

＊13 スケールアウト：サービス要求の増加などにより，網内の処理量が不足した際に，新たなリソースを追加して割り付け，処理量の増強を行う．

ジンの設定値および登録画像枚数にも依存するが，1枚当り数百ミリ秒で認識が可能である．

⑶認識精度

実験環境に商品棚を準備し，実店舗を再現する形で商品を陳列することで認識精度を評価した．商品の種別としては，麺（カップ麺，袋麺），洗剤（容器，詰替え用袋），飲料水（缶，ペットボトル）を利用した．数百枚の商品画像を用いて評価した結果，第1位の候補が正解である確率は95.96％となり，高い精度を確認できた．

一方，認識が失敗したものとして，サイズ違いの商品や，色違いの商品，撮影の影響で手振れしている画像があった．サイズ違いや色違い，文字が一文字だけ異なっている商品などは，人間が見ても間違えるほど見た目が酷似しているため，一般に画像認識による識別は困難である．手振れに関しては，画像から必要な情報の抽出ができないため認識精度が落ちる．上記以外に，画像の解像度が低く，商品領域の画像が小さくなった場合には，抽出可能な画像情報量が少なくなるため，認識精度が落ちる傾向にある．認識精度をあげるためには，手振れを極力なくし，できるだけ商品棚に寄って高精細なカメラで撮影する必要がある．

3. 棚割データ作成

本画像認識エンジンを利用することで，商品棚の写真から商品の特定および商品の陳列状況を解析し，その結果を棚割データとして出力することができる．この棚割データを棚割のシミュレーション作業を行うソフトウェア（棚割ソフト）へ読み込ませると，棚割の可視化・分析が可能である（**図7**）．なお，日本国内の代表的な棚割ソフトとして，株式会社サイバーリンクスが提供する棚POWER®＊14［4］，日本総合

図7　棚割りデータの可視化

＊14　棚POWER®：㈱サイバーリンクスの登録商標．

システム株式会社が提供するStoreManager®*15［5］がある．

日本国内では，棚割データを表現する共通フォーマットとして「共通棚割情報（PTS：Planogram Transfer Specifications）」［6］がある．PTSでは，商品ごとにフェイス数*16，積上げ数，どの段に位置するか，などを可視化するために必要な情報を含んでいる．前述の物体検出技術は商品以外に棚板の検出も可能なので，棚板（棚段）ごとに商品のフェイス数，積上げ数を正確にカウントして，PTSの仕様に準拠した棚割データを作成することができる．これにより，棚割ソフトに読み込んで棚割を可視化するときに，あらためて棚段の設定をしなくても，元の商品棚を正確に再現することができる．

4. ユースケース

前述の通り，本画像認識エンジンはラウンダーの棚割りデータ作成に適用可能である．我々の見積りでは，写真から棚割データを自動的に作成することによって，手作業による棚割データ作成方法と比較し，作業時間を10分の1に短縮可能と考えている．さらに，作業コストの削減のほかに重労働を緩和する効果もある．具体的には，現状の棚割りデータ作成時に行うバーコードリーダーの読取り作業は，商品棚の上の段から下の段へと上下の動きが非常に多く，足腰に非常に負担がかかる．一方，本画像認識エンジンを用いれば，正面から2，3枚写真を撮るだけで済むので，作業を簡略化し負担の低減が図れる．

また，上記以外の利用シーンとして，消費財業界のラウンダーや，小売りの店舗スタッフが作成する業務報告書への写真の利活用がある．現状では，実店舗において商品の陳列業務など作業が完了したことを報告するために商品棚を撮影しているが，写真は目視確認レベルの簡易な利用に留まっている．商品棚の写真から自動的に棚割データの作成ができれば，本部やリモートオフィスにおいて，離れた実店舗の陳列を調べ，誤りがないかを確認したり，店舗独自の陳列の工夫を吸い上げたりするような管理業務の支援も可能である．

5. あとがき

本稿では，本画像認識エンジンについて，商品と棚板を検出する物体検出と，商品を特定する特定物体認識の2つの要素技術を解説し，またそれを活用して，商品棚画像から商品の特定，商品の陳列位置，棚板の検出を実施することで，棚割データの自動作成が可能であることを解説した．

本画像認識エンジンの課題の1つは，実店舗での技術検証および精度改善である．具体的には前述の認識が難しいサイズ違い，色違い，文字などの部分違いの商品にも頑健な特定物体認識の技術検討を進める必要がある．また実店舗では，棚板にプライスレール*17が付けられており，商品の一部が隠れて情報が欠損するため，認識精度が劣化する場合も存在する．今後は，より多くのパートナー企業と連携して技術検証を進め，そのような認識が困難なケースを洗い出して認識アルゴリズムの改善を行っていく．

またドコモでは，商品棚画像認識以外にもスポーツ映像解析［7］，ARサービスへの適用［8］，名刺のデータ化に伴う業務効率化への適用［9］，ドローンを用いた海岸保安林の松枯れ検出［10］など，幅広い分野で画像認識の，自治体・パートナー企業への提供を行っている．これらに関して条件はあるものの，アプリ開発／サービス開発に利用できるAPI（Application Program Interface）*18として，ドコモが開発した画像認識をdocomo Developer support［11］より一部公開しており，会員登録および利用申請を行うことで利用が可能である．今後も，ドコモは商品棚画像認識を含めさまざまな分野にお

*15 StoreManager®：日本総合システム㈱の登録商標．
*16 フェイス数：流通用語で商品棚を正面から見たときに陳列している商品の数をフェイス数という．
*17 プライスレール：商品棚の棚板ごとに設置されている値札が張られているレール．
*18 API：ソフトウェアの機能を他のプログラムから利用できるように切り出したインタフェース．

いてパートナー企業への価値の提供を目的に画像認識の技術開発を行っていく．

文　献

［1］ 一般社団法人日本自動認識システム協会：“自動認識システム大賞｜JAISA 一般社団法人 日本自動認識システム協会.”
http://www.jaisa.jp/award.php

［2］ NTTドコモ報道発表資料：“（お知らせ）商品棚画像認識エンジンを開発―ドコモのAI技術により，商品棚の配置状況が一目でわかる―,” Mar. 2018.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2018/03/01_01.html

［3］ 赤塚，ほか：“高速大規模画像認識エンジンの開発とAPIの提供,” 本誌，Vol.23，No.1，pp.14-20，Apr. 2015.

［4］ 株式会社サイバーリンクス：“基本操作｜棚POWER｜株式会社サイバーリンクス棚POWER・店POWER.”
https://www.tanapower.com/tpower/basic_operation.htm

［5］ 日本総合システム株式会社：“StoreManager｜日本総合システム株式会社.”
https://tanawari.jp

［6］ 棚割システム研究推進会：“共通棚割情報（PTS）のご紹介：棚割システム研究推進会.”
https://www.planet-van.co.jp/planogram/pts/index.html

［7］ サッカードットコム株式会社，NTTドコモ：“AI技術「スポーツ動画センシング」を開発，マルチアングル自動録画システムと連携したトライアルを開始～自らのプレーを手軽に映像で振り返る新たなスポーツ体験を提供～,” Feb. 2018.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics/topics_180201_00.pdf

［8］ NTTドコモ：“サイバネットシステム株式会社「cybARnet」へ「画像認識システム」を提供,” Oct. 2015.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/rd/topics/2015/topics_151001.pdf

［9］ NTTドコモ報道発表資料：“（お知らせ）Sansan社がドコモの画像認識システムを採用,” May 2016.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/notice/2016/05/25_00.html

［10］NTTドコモ報道発表資料：“新潟市におけるドローン実証プロジェクトに関する連携協定を締結,” Sep. 2016.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/09/21_00.html

［11］NTTドコモ：“画像認識｜docomo Developer support｜NTTドコモ.”
https://dev.smt.docomo.ne.jp/?p=docs.api.page&api_docs_id=102

Technology Reports　コミュニケーションデバイス　オープンイノベーション　デザイン思考

ホームコミュニケーションデバイス「petoco（ペトコ）」の開発

移動機開発部　村上（むらかみ） 圭一（けいいち）

ドコモは家族のコミュニケーションについて注目し調査を行い，その結果，親の帰宅を待つ子どもと外出先の親との連絡が疎かになる，夫婦間および親子間の会話が減少するなど，子どもがいる共働き家庭の課題が明らかになった．これら家族の生活時間帯が異なることで生じるさまざまなシチュエーションに対して，必要なコミュニケーション手段の提供を目的に「petoco（ペトコ）®*1」を開発した．petocoはデザイン思考の手法を活用し，人間中心設計の観点から課題解決のために創出されたコンセプトを，先進技術の適用・開発を行いイノベーティブなデバイスとして実現したものである．

1. まえがき

ドコモは「新しいコミュニケーション文化の世界の創造」[1]に向けて，ユーザ視点からのコミュニケーションに関する課題解決をめざしている．そのような中で，特に日本において家族のあり方が急速に変化している［2］ことに注目し，ターゲットユーザを「家族」として，「家族のコミュニケーション」における課題解決に向けた新たなサービスの検討を開始した．

今回の検討にあたって，我々は新しいアプローチを行った．今まで多くの企業が新たな技術や市場動向を起点としたアプローチを行っていたが，既存の商品やサービスを上回る新たな発想が得られにくく，またコモディティ化するものも少なくなかった［3］．これに対し，ユーザが自身でも気づいていない新たな潜在的ニーズの発掘や，そこから新たな市場を見いだすために，人間を起点とするアプローチを活用した取組みが行われており［4］，このアプローチの1つがデザイン思考である［5］．**図1**で示すように，デザイン思考では，まずユーザを深く観察することによる“理解，”その理解をもとにアイデアの創出を行う“発想”，さらにその発想を素早くプロトタイピングすることによる“簡易試作・検証”を行うことが

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

＊1　petoco（ペトコ）®：㈱NTTドコモの登録商標．

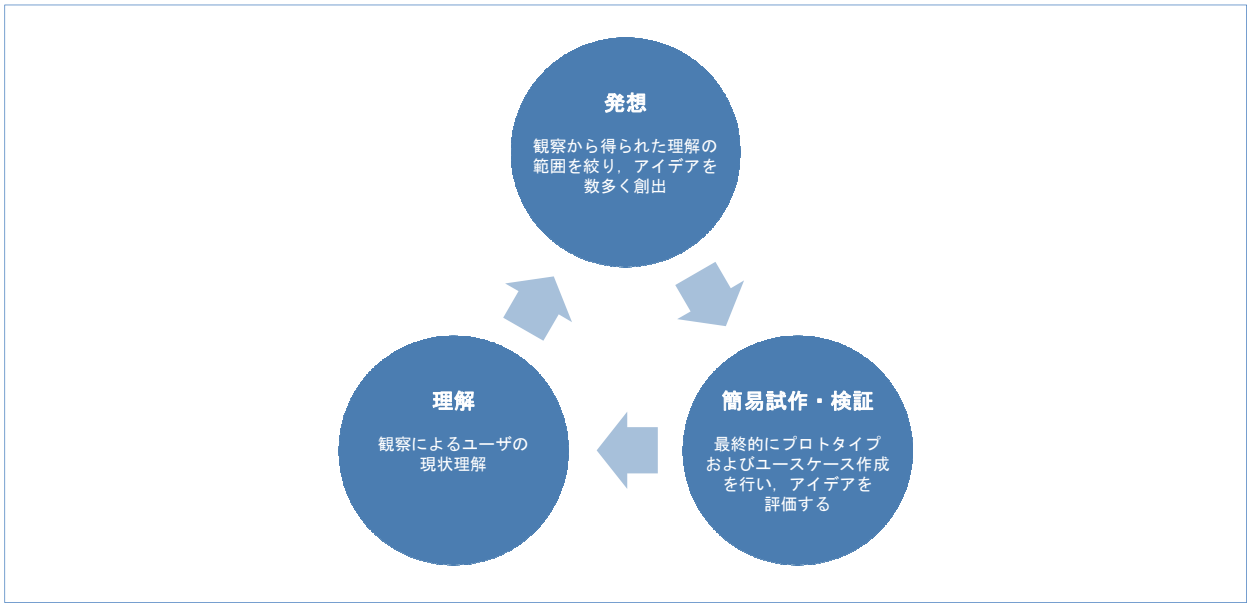


図1　デザイン思考のプロセス

一連の流れとなる［6］.

本稿では，家族のコミュニケーションをテーマとした課題解決に対して，デザイン思考の手法を適用することにより創出されたコンセプトデバイス「petoco（ペトコ）」［7］がどのようなプロセスを経て考えられ，またどのような技術によって具現化されたかについて解説する.

2. デザイン思考を活用したコンセプトの創出

家族のコミュニケーションをテーマとしてデザイン思考の手法を活用し，そのプロセスにおける“理解”“発想”“簡易試作・検証”のフェーズごとに，最終のコンセプトデバイスへ到るまでを以下に解説する.

2.1　理　解

コンセプトの創出にあたって，家族のコミュニケーションについてどのような課題があるのかを認識する必要がある．そのためまずユーザである家族の“理解”を行った．デザイン思考における“理解”とは，ユーザを深く観察し，把握することである．我々は実際に，さまざまな属性の家族の自宅へ訪問し，コミュニケーションに関するインタビューを実施した．その中で，DEWKS（Double Employed with Kids）のコミュニケーションにおける課題に注目した．DEWKSとは共働きかつ子育てをしている夫婦のことである．昨今の調査からも共働き世帯は増加の一途を辿っており［8］，今後さらなるDEWKSの増加が予測される．DEWKSにおける課題として，

- 両親，子供を含めて生活リズムの独立傾向が高い（**図2**）
- 親子の接する時間が非常に限られている
- 時間が限られているが故，互いにコミュニケーションをとりたいという欲求は高い
- 時間がないので段々とコミュニケーションが面倒になり希薄化する

といったことがインタビューにより分かった．上記

のような課題を「夫婦間および親子間におけるコミュニケーションギャップ」と捉え，このギャップを解消するソリューションの検討を進めることとした．また，DEWKSの中でも通信手段をもたない小学校低学年以下の子どもがいる家族においては，上記の課題が顕在化することも分かり，そこをターゲットペルソナ*2として設定し，さらなるインタビューを行った．インタビューの際に，自宅への訪問を行うことにより，ユーザがどのような間取りで，家具や家電をどのように配置し，さらにどのような生活動線で行動しているのかなど，具体的な生活も観察することにより，ユーザの潜在意識であり，本音であるインサイト*3を導き出すことができる．その結果，**表1**に示すインタビュー結果とそこからのインサイトを得ることができた．

これらを参考に，**表2**に示すインサイトからの気づきとそこから“発想”に向けたデザインの原則を定義した．

これらの“理解”において得られた洞察を足掛かりに，“発想”フェーズにおいてデバイスのコンセプト検討を行った．

2.2 発　想

“発想”では，前述の“理解”で導出したデザインの原則を参考にして，ワークショップやディスカッションを行った．その過程で，数多くのアイデアを

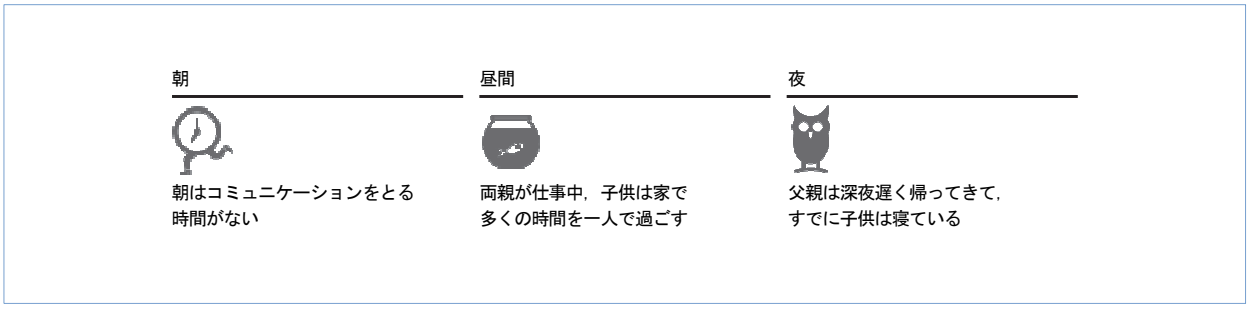


図2　DEWKSにおける典型的コミュニケーションギャップ

表1　インタビュー結果と得られたインサイト

インタビュー結果	得られたインサイト
親が過去と同じ量・内容のコミュニケーションを子供に求め続ける一方で，子供は親（特に父親）と話したいと思わなくなる．	互いの生活リズムがバラバラで，接する時間が無くなることから話すことが面倒になる．しかし本音はもっと話したいと思っている．
付箋などによる媒体を通じたコミュニケーションは，デジタルでは難しい感情や思いを伝えられる．	コミュニケーションが希薄化しつつある中でも，付箋，置き手紙のような媒体を通じたコミュニケーションに温かみや，つながり感を感じる．

表2　インサイトからの気付きとそこから“発想”に向けたデザインの原則

インサイトからの気付き	デザインの原則
デバイスを仲介して家族間のコミュニケーションを促進する．さらに，子供がそのプロダクトを使うことの魅力を感じられること．	家族の時間が限られている中でのコミュニケーションを仲介できるハブとしての存在．
既存コミュニケーションのメタファーにタンジブルな体験をデザインすること．	付箋，置き手紙のような既存コミュニケーションの体験をタンジブルなものとして提供．

＊2　ペルソナ：提供する製品やサービスにとって，架空の象徴的なユーザ像．
＊3　インサイト：ユーザの本質的な欲求，本音．

生み出し，それらを整理・選択しながら絞り込んでいく，発散収束を行うことによりデバイスのコンセプトを洗練させていった．その中でも特に“理解”で得られたデザインの原則における，「ハブ」としての存在と「タンジブル*4」[9]な体験を大きな方向性として，下記のプロダクトデザインをもつpetocoの原形を創出し，また利用する際のユースケースも作成した．

①プロダクトデザイン

プロダクトデザイン案のスケッチを**図3**に示し，その特徴を以下に述べる．

・リビングルームや家族が通る重要な導線にあるオブジェクト
・ユーザの嗜好の影響を受けにくい無機質なデザイン
・特に子どもが愛着をもって利用できるように，感情，個性があるインタラクティブなキャラクター性

②ユースケース

作成したユースケースの例を以下に述べる．

・外出中の親のスマートフォンからメッセージを送信すると，自宅のデバイスによりメッセージがプリントアウトされる
・スマートフォンを介して，外出先から宅内を監視できる
・家族の帰宅時に「おかえり」と挨拶するとともに，外出中の親のスマートフォンに帰宅通知が届く

2.3 簡易試作・検証

“簡易試作・検証”の段階では，いくつかの機能やギミックを有するリアルな質感をもつ簡易なモックアップ*5を複数作成し，そのモックアップと“発想”で得られたユースケースを用いることにより，より詳細なユーザ調査を行った．本調査を通して，プロダクトデザインおよびユースケースの方向性を，最終のコンセプトに向けてより具体化し改善・絞込みを行った．

⑴プロダクトデザイン

プロジェクタにより筐体外部からキャラクターが投影されたモックアップを用いて評価を実施した（**写真1**）．「曲面のプロダクトに突然キャラクターが表示される」演出に対してポジティブな声が多く得られ，特に子どもには好評だった．また，見た目の可愛さ，表情の変化，反応を返してくれる，などにより，ユーザとプロダクトとの一体感や愛着を生

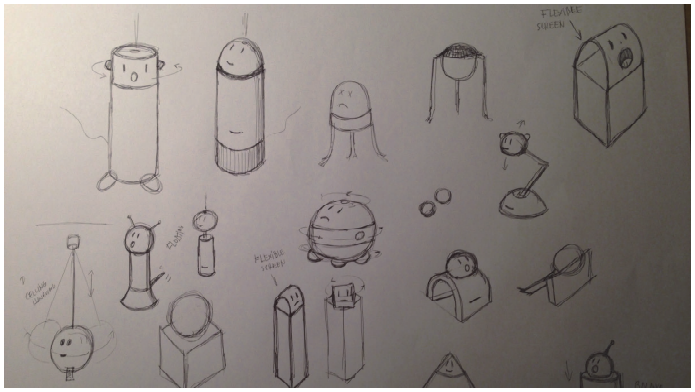


図3　プロダクトデザイン案のスケッチ

*4　タンジブル：「実体がある」「実際に触れることができる」ということを表す言葉．

*5　モックアップ：外観デザインの試作および評価をするために作られる模型．

む，という評価も得られた．

⑵ユースケース

作成した多数のユースケースに関するインタビューを行い，最終のコンセプトに向けて機能を絞り込んだ．その中でも，「宅外から親が伝言できる機能」が最も高評価であった．また，「宅内を監視する機能」については働く母親からの評価が高かった．さらに，付加機能として「ビデオ通話」が魅力的との指摘もあった．一方で，継続して利用する際には「簡単に使えること」と「メンテナンスフリー」がポイントとなることも分かった．

2.4 最終コンセプト

“簡易試作・検証”の過程を経て，最終のコンセプトpetocoを策定した．本コンセプトでは，petocoと宅外にいるスマートフォンをもつ家族間，またはpetocoを介在して宅内の家族間で，テキスト・音声・動画によるメッセージのやりとりやビデオチャットを行うことを基本機能（**図4**）とした．また，プロダクトデザインはインテリアに溶け込む外観とともに，キャラクター（**写真2**）を投影することにより愛着が湧くものとした．

写真1　評価実施時の状況

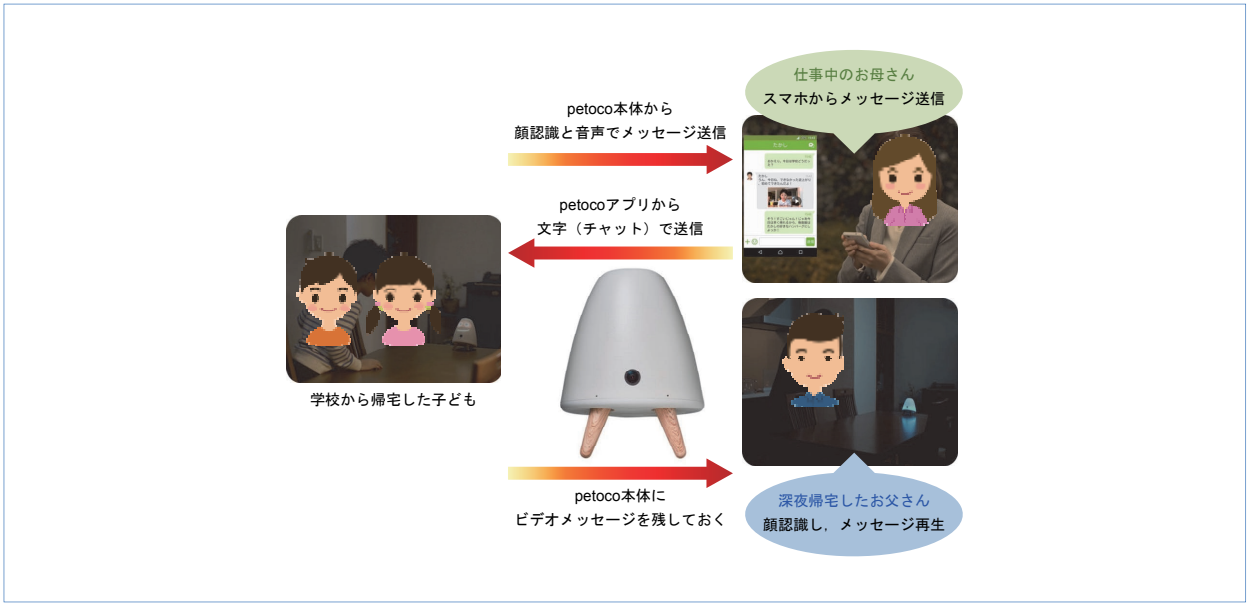


図4　基本機能の利用シーン

3. petocoの実現機能

最終コンセプトを，実現可能な技術により商用プロダクトおよびサービスとして具現化しなければならない．petocoの特徴的な体験を，いかに実現したかを以下に解説する．また，主な仕様を**表3**に示す．

3.1 滑らかな曲面への映像出力

評価実施時のモックアップでは，簡易的に映像出力を外部からのプロジェクタ投影としたが，最終のコンセプトデバイス作成にあたっては本体のみで完結させる必要がある．そのため，petoco内部から滑らかなすりガラスのような質感をもつ曲面の筐体に映像を投写する，リアプロジェクション方式を採用した．さらに，曲面に均一な映像を表示するために

写真2　キャラクター表示例

表3　主な仕様

サイズ	約16×13×13cm（高さ×横×縦）
重　さ	約355g
カメラ	前面に搭載
スピーカー	本体下部に搭載
マイク	デュアルマイク
映像投影	内部リアプロジェクション方式
照明機能	フルカラーLED
無線LAN	IEEE 802.11b/n/g
Bluetooth®※1	Ver.4.0
OS Android™※2	OS 5.1
電　源	DC 12V/2A（ACアダプタ付属）
搭載技術	顔認識，音声認識，エコーキャンセル，ノイズリダクション

※1　Bluetooth®：Bluetooth SIG, INCの登録商標．㈱NTTドコモはライセンスを受けて使用している．

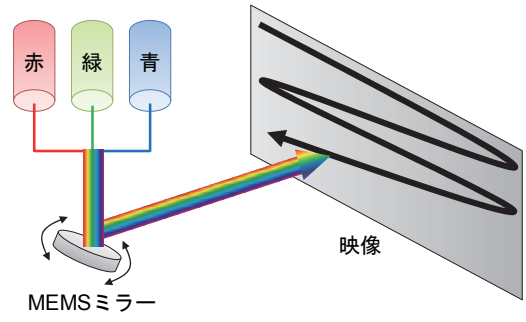
※2　Android™：Google Inc.の商標または登録商標．

は，フォーカスフリー*6が特徴であるレーザー走査方式*7（**図5**）のピコプロジェクタモジュール*8を採用した．また，筐体に表示される描画エリアを拡大するために，筐体内部でミラーを利用することにより投写距離を長くした．なお，ミラーを利用した副次的な効果として，リアプロジェクション時に左右反転の処理も必要もなくプロジェクタの映像をそのまま投影することができた（**図6**）．

3.2 簡単操作

⑴音声入出力

petocoは宅内のリビングやダイニングに据え置くデバイスであり，常に手元にあるデバイスとは異なって宅内のどの場所からも操作できる必要がある．また，文字入力が難しい幼児の利用も想定しなければならない．これらの要件から，petocoの操作は音声入力のみに特化させることとした．本デバイスでは，テレビの音声や家族の話し声などのノイズ環境下においても適切にユーザからの音声入力に対して反応できるように，デュアルマイクを利用したノイズリダクション*9機能やエコーキャンセル*10機能を実装した．さらに，ターゲットである小学校低学年以下の子どもからも愛着が湧くように，音声入力のフィードバックとして，機能に応じたキャラクターが返答する．また対話時は，キャラクターごとに音声合成による異なる声色を使用している．



MEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems）ミラー：小型のミラーと駆動部をもつ微細機械

図5　レーザー走査方式プロジェクタの概要

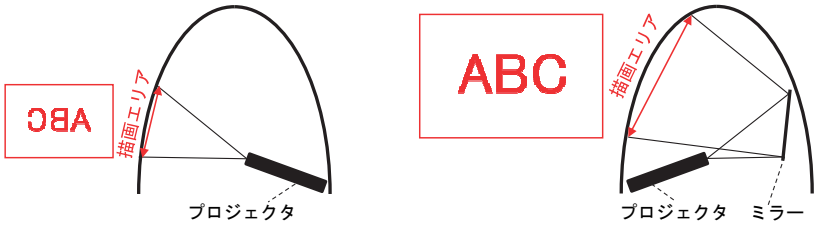


図6　ミラーを利用した描画エリアの拡大と裏面への光の透過

*6 フォーカスフリー：投影距離や角度に依存することなく焦点が合い，フォーカス調整が不要となること．
*7 レーザー走査方式：半導体レーザーとMEMSミラーを用い，レーザー光線をMEMSミラーで反射し，走査することで映像を投影する方式．
*8 ピコプロジェクタモジュール：光学エンジン，ドライバおよびビデオプロセッサなどプロジェクタに必要な要素を超小型にパッケージ化したモジュール．
*9 ノイズリダクション：雑音を抑制する技術．petocoでは雑音環境下においても音声認識の精度を向上させるために利用している．
*10 エコーキャンセル：デバイスにおいてスピーカーから出力された音声をマイクが拾い発生するエコーを除去する技術．

(2)顔認識

petocoは家族を判別し，家族それぞれに必要なメッセージなどの情報を提供しなければならない．この判別を顔認識機能で実現した．利用開始時に家族の顔を登録しておくことでpetocoは目の前に誰がいるかを理解し，特別な操作をすることなく家族を判別することができる．

また，顔認識は常時起動しているため，いつでも家族の顔を認識して，自発的に挨拶や誕生日のお祝い，さらに登録した記念日などの通知も行う．

3.3 コミュニケーション機能

(1)伝　言

伝言機能は，最も多くのターゲットユーザから高評価を得た機能である．既存の付箋による家族間伝言をきっかけとして着想した．スマートフォンとpetocoが相互に，テキスト，画像，動画を送ることができ，さらにpetocoに直接話しかけ，petoco自身に伝言を残す機能もある．petocoに着信した伝言は，顔認識により宛先の家族を判別し，メッセージをキャラクターが読み上げることにより，petocoが家族のハブとしてコミュニケーションを仲介する演出を行っている．また，スマートフォンから伝言を送信する場合，使い慣れたテキストチャットのインタフェースを利用して使いやすくした（**図7**）．

(2)ビデオチャット

petocoとスマートフォン間のビデオチャットの実現にあたっては，WebRTC（Web Real-Time Communication）を利用した．WebRTCはブラウザ同士でP2P（Pear to Pear）[*11]通信ができ，ビデオ通話などのリアルタイム通信を可能とする技術である．ブラウザでの利用のみならず各種開発環境向けのSDK（Software Development Kit）[*12]も用意されつつあり，簡易に開発を行うことができる．

(3)見守り

顔認識により家族の誰が在宅なのかスマートフォンへ通知する機能も実装した．しかし，インタビュー時にセキュリティへの配慮を求めるコメントが多くあり，宅外のスマートフォンから一方的に宅内を覗く機能や，帰宅の通知をスマートフォンへ送信する際も勝手に宅内を撮影し画像を送るような機能については，あえて実装しないよう配慮した．

3.4 照明機能

筐体内部にRGBで調光可能なLEDを配置しており，照明機能を提供する．本機能は初期設定時に家族の登録メンバーごとに色を設定することができ，petocoに情報が蓄積されると，その人物に応じた色で明滅し気付きを与える（**写真3**）．また，照明のみとしても利用することができる．

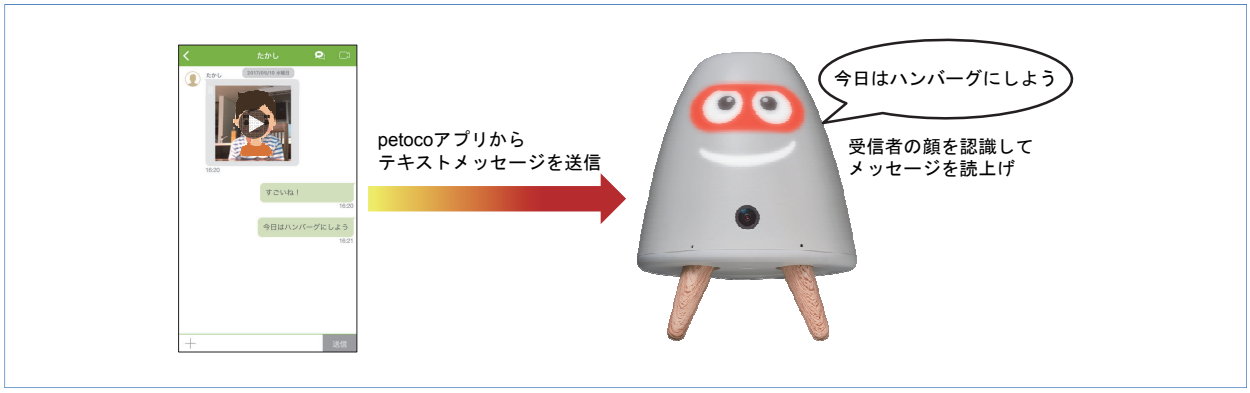


図7　メッセージ送受信イメージ

＊11 P2P：サーバ・クライアント通信と対照的に，複数のコンピュータが対等な立場で相互に情報をやり取りする通信形態．本稿では，移動端末同士や移動端末とpetocoが対等な立場で情報をやり取りすることを示す．

＊12 SDK：ソフトウェアを開発するためのツールもしくはツール群．

写真3　ライティング例

3.5　静音対策

petocoは家族がいるリビングやダイニングへの設置を前提としている．そのため，内部の放熱対策においてファンなどのノイズ源を極力回避する方針で設計を行った．今回，特にリアプロジェクション用途のためにプロジェクタを利用しており，その熱対策が一番の課題となった．さらに，プロジェクタ照射部のレーザー光が直接目に触れることがないように配慮しつつ，内部からのLEDによる明かりが筐体から漏れないようにする必要もあり，放熱のために筐体開口部を大きく確保することも困難だった．今回，カーボンファイバー＊13を用いた放熱技術を検討した．本技術はこれまでのアルミ・銅をベースにした技術にくらべ，効率，性能，信頼性について優れており，さまざまなヒートシンクを試行した中で，最も優れた効果を発揮することが確認できたため採用に到った．

4. あとがき

本稿では，petoco開発におけるデザイン思考によるコンセプトの検討と，それをどのように商用プロダクトへと具現化したかについて解説した．

デザイン思考で優れたコンセプトを創出できても，それをデバイス・実体にするには実現可能性やコスト面などにおいて多くの課題が残る．継続してこのような新たな取組みを行うことによりノウハウを積み上げ，引続き魅力的なサービスを提供していきたい．

文　献

[1] NTTドコモ：“企業理念・ビジョン．”
https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/about/philosophy_vision/index.html

[2] 総務省統計局：“人口動態・家族のあり方等社会構造の変化について，”2018.
http://www.soumu.go.jp/main_content/000452791.pdf

[3] N. G. Carr: “IT Doesn’t Matter,” Harvard Business Review May 2003.

[4] 菊地，ほか：“User-Centered Designプロセスを活用したユーザインタフェースの創出から評価まで，”本誌，Vol.18，No.3，pp.30-37，Oct. 2010.

[5] トム・ケリー，ジョナサン・リットマン：“発想する会社！　世界最高のデザイン・ファームIDEOに学ぶイノベーションの技法，”早川書房，2002.

[6] 大山 繁樹：“デザイン・シンキングとは何か，”NIKKEI DESIGN，May 2014.

[7] NTTドコモ報道発表資料：“ホームコミュニケーションデバイス「petoco（ペトコ）」を共同で開発，”May 2017.

[8] 内閣府男女共同参画局：“共働き等世帯数の推移，”2014.
http://www.gender.go.jp/about_danjo/whitepaper/h26/zentai/html/zuhyo/zuhyo01-02-08.html

[9] 石井 裕：“タンジブル・ビット―情報と物理世界を融合する，新しいユーザ・インタフェース・デザイン―，”情報処理，Vol.43，No.3，pp.222-229，Mar. 2002.

＊13 カーボンファイバー：炭素繊維．

Technology Reports
世代間コミュニケーション　デザイン思考　手書きデバイス

手書きコミュニケーション コンセプト「トモカク」の提案

移動機開発部　石黒 けい　万代 菜々子　田中 拓人
ドコモ・テクノロジ株式会社　携帯事業部　西野 雄記
DOCOMO Innovations, Inc.　齊藤 裕介

高齢者世代とその子供にあたる世代では育ってきた時代背景が異なり，コミュニケーションに対する考え方や用いる手段にギャップがあるため，世代間の円滑な遠隔コミュニケーションには潜在的な障壁がある．そこで，ドコモはそれらを解消する手段として，デザイン思考の手法を用いて検討を行い，手書きコミュニケーションに着目したコンセプト「トモカク®*1」を考案し，それを体現するための試作を行った．さらに試作機を用いてユーザ評価を行った結果，高い評価が得られ，本コンセプトの市場受容性があることを確認できた．

1. まえがき

近年，65歳以上の高齢者人口が増加するとともに，総人口に占める割合（高齢化率）も増加している．一方で，核家族化が進んだことにより子供と同居する高齢者の割合は減少傾向にあり，1980年には約7割であったものが，2015年には約4割となっている［1］．家族内での世代間コミュニケーションは少なくなりがちである一方で需要は潜在的に高く，また，離れて暮らしていることから，対面での会話以外にも電話やメールといった遠隔コミュニケーション手段の必要性が高いということが，本稿に関連するドコモ独自の調査により分かった．

しかし，同居していない家族との遠隔コミュニケーション手段は，世代によって異なっているのが現状である．同居していない家族との連絡手段として，高齢者世代は半数以上が固定電話・携帯電話での音声通話を好んで利用しており，LINE*2［2］のようなSNSをほとんど利用していない［3］．一方，高齢者の子供にあたる世代では逆に，LINEのチャット機能を主に利用する傾向があることも同調査により分かった．

そこでドコモは，このような家族内の世代間でのコミュニケーション手段のギャップを解消し，円滑なコミュニケーションを実現するために，デザイン思考の手法を用いてデバイスのコンセプト検討を

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

*1　トモカク®：㈱NTTドコモの登録商標．
*2　LINE：LINE㈱の商標または登録商標．

行った．その結果，世代を問わず誰にでもなじみのある手書きという行為のユーザ・エクスペリエンス（UX：User eXperience）*3に着目し，ホワイトボードを模したコンセプト「トモカク」を，状況に応じて同期・非同期を1つの機能で使い分けられる新しいコミュニケーションの形として提案した．

本稿では，本コンセプト考案の経緯と「トモカク」で提案したUXの詳細，作成した試作機を用いて行ったユーザ評価の結果について解説する．

2. コンセプト検討

「家族内の世代間でのコミュニケーション手段のギャップを解消し，円滑なコミュニケーションを実現する方法」を検討するためにはさまざまなアプローチが考えられるが，今回は，近年イノベーションを創出するための有効な方法として話題になっているデザイン思考［4］［5］の手法に基づいて検討を実施した．デザイン思考とは，“真に”ユーザの要求を満たす製品を開発するため，モノや技術ではなく常にユーザを中心に据え，「観察によるユーザの現状理解」「理解を基にしたアイデアの発想」「アイデア評価のための簡易試作・検証」を繰り返すプロセスの考え方のことである．

本検討では，**図1**のようなデザイン思考のプロセスを繰り返してコンセプトの洗練化を行ってきた．各フェーズにおける代表的なポイントについて概要を以下に解説する．

2.1 理解：ユーザインタビューによるインサイト抽出

まず，ユーザを観察・理解するため，本検討での主たるユーザのターゲットである70～80代の高齢者世代と，その子供世代にあたる40～50代のユーザを対象にデプスインタビュー*4を実施した．併せて，異なる視点からの課題のとらえ方のヒントを見出すため，エクストリームユーザ*5へも同様のインタビューを実施した．

インタビューでは，離れて住む家族とのコミュニケーションに直接関係する質問だけでなく，より深

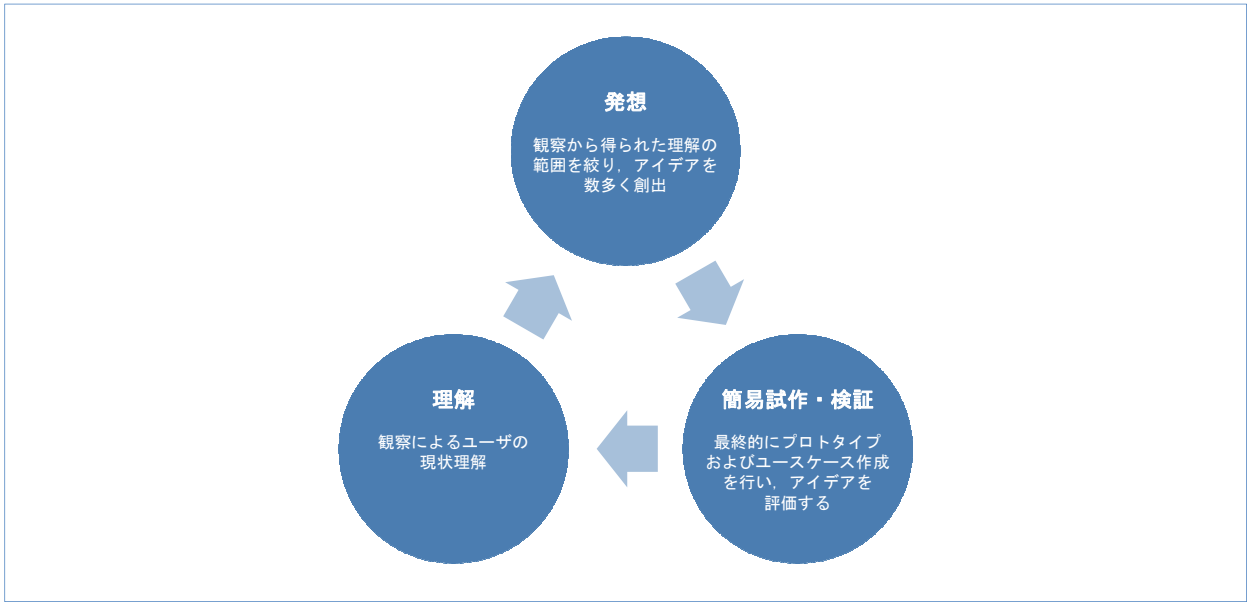


図1　デザイン思考のプロセス

＊3　ユーザ・エクスペリエンス（UX）：ある製品やサービスの利用・消費を通じて得られる体験の総称．

＊4　デプスインタビュー：対象者の深層心理を聞き出すために行う，面接形式の調査手法．

＊5　エクストリームユーザ：ターゲットユーザそのものとは異なる際立った属性や特徴をもつ，極端なユーザ．

くユーザを理解するため，普段の一日の過ごし方のように，コミュニケーション以外の内容についても幅広く質問を行った．結果，インタビューを通じて，本検討の課題である「家族内の世代間でのコミュニケーション手段のギャップを解消し，円滑なコミュニケーションを実現する方法」に関して**表1**に示すインサイト*6を得ることができた．

2.2 発想：インサイトに基づくコンセプト作成方針の検討

前述のインタビューで得られた各インサイトに対し，それらを解決するための複数のアイデアをそれぞれ創出し，アイデアを抽象化する過程を経てコンセプト作成方針を策定した（表1）．

2.3 簡易試作・検証：作成方針をもとにしたコンセプトの考案

前述の方針を踏まえたうえでコンセプトとして具体化するにあたり，コンセプトのUXとして，世代を問わず誰にでもなじみのある手書きをモチーフとすることが有効であると考え，**写真1**のような簡易試作を作成し，それを用いた検証を重ねた．結果，

表1　得られたインサイトとそれに対応するコンセプト方針

インサイト	コンセプトにおける作成方針
高齢者世代が新しいICT機器の使い方を学ぶ際，多くの新しい情報を同時に取り入れられず，自分の学習能力の低下に対し違和感を覚える．	単機能であり，学習不要であること(1)
高齢者世代が手で操ることのできる物理的なものを好むのは，デジタルな体験ではものの実感が薄れるため．	手で操っているという物理的な実感を得られる，アナログ機器を感じさせるフォルムであること(2)
高齢者世代とその子供世代はお互いにもっとつながりたいと感じているが，高齢者世代は電話のような同期コミュニケーションを好み，子供世代はメールのような非同期コミュニケーションを好むといったように，重視する点や手段が異なっている．	状況に応じて，同期・非同期のコミュニケーションが使い分けられるようなバランスが取れた手段であること(3)
高齢者の子供世代は親の生活の質を上げたいと考えており，そのためのICT機器の導入も前向きに検討しているが，高齢者世代にとっては複雑すぎて使いこなせないことや，自分たちのサポートの手間が増えることを懸念し，導入を躊躇している．	機能をシンプル化する一方で，必要な設定は子供側が行うだけで機能するように設計し，子供側から高齢者側へプレゼントしやすい仕様とすること(4)

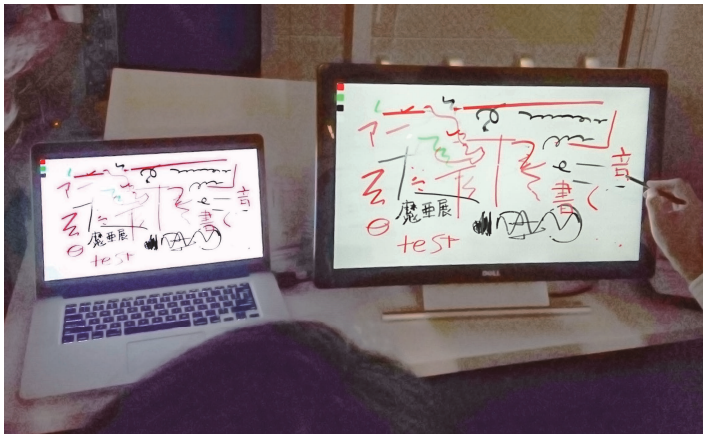


写真1　検証用に作成した簡易試作

*6　インサイト：ユーザの本質的な欲求，本音．

最終的に「ホワイトボード型端末上での手書きによる遠隔コミュニケーション」というコンセプトであるトモカクを考案するに至った．

トモカクは，手書きした内容をインターネット経由でリアルタイム共有するホワイトボード型端末という，非常にシンプルなコンセプトである．高齢者世帯と子供世帯に1台ずつ設置することを想定しており，まるで同じホワイトボードに一緒に書きあっているかのような体験を提供する（**図2**）．

表1での作成方針と，トモカクのコンセプトにおける対応関係は以下の通りである．

⑴単機能であり，学習不要であること

ペンで書いた内容を共有するだけのシンプルな機能に絞り，操作方法を新たに学ぶ必要がなく，年齢にかかわらず誰もがなじみのある「書く」という行為だけで使うことができるようにした．

⑵手で操っているという物理的な実感を得られる，アナログ機器を感じさせるフォルムであること

外観だけでなく，書き心地や使い方も実際のホワイトボードに極力近づけることで，手書きによってコミュニケーションを取っているという物理的な実感を得られるようにした．また，ホワイトボードという身近な道具の外観を模すことで「難しい，複雑な電子機器」と感じさせず，利用にあたっての心理的な障壁もなくすことも狙いとしている．

⑶状況に応じて，同期・非同期のコミュニケーションが使い分けられる手段であること

手書きされた内容が同期されて受信側に表示されるだけであるため，受信側は都合の良いときに内容を見るといった，書置きのような非同期の使い方ができる一方，ペン入力時の内容・筆跡がそのまま受信側端末でもリアルタイムで表示されるため（**写真2**），あたかも送信側の相手が目の前で書いているかのような，臨場感のある同期型コミュニケーション手段として使うこともできる．そのため，ユーザが特に意識することがなく，状況に応じて1つの機能だけで同期・非同期のコミュニケーションを都合よく使い分けられる．

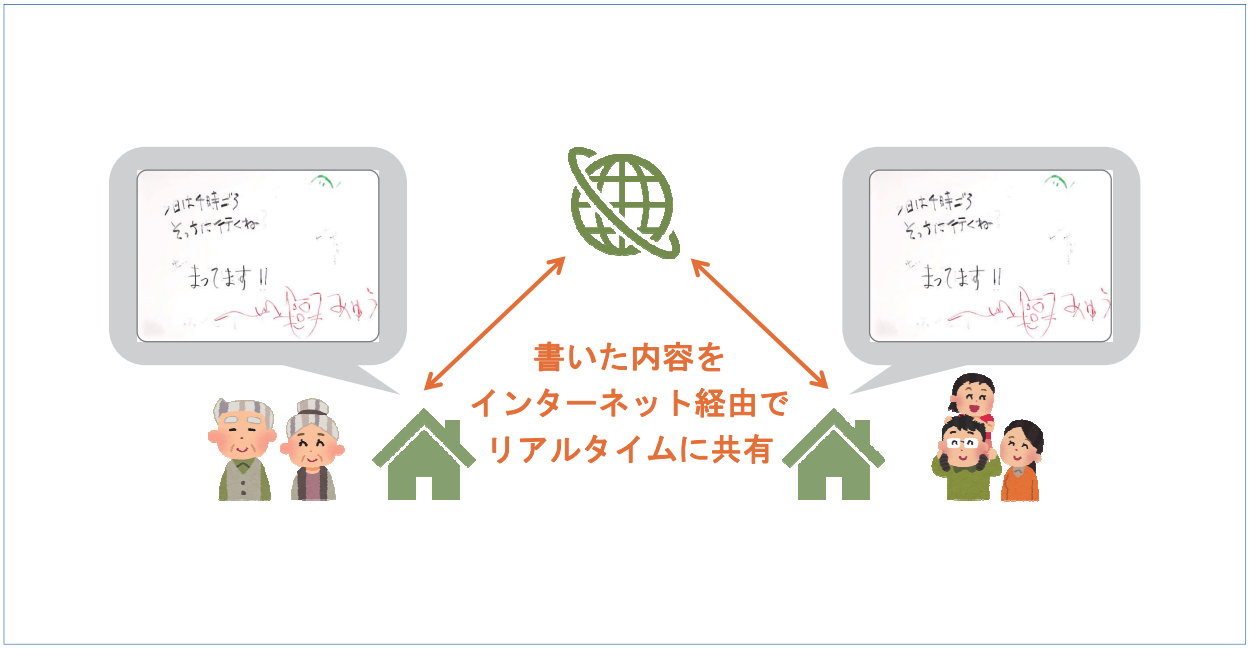


図2　トモカクのコンセプト概要

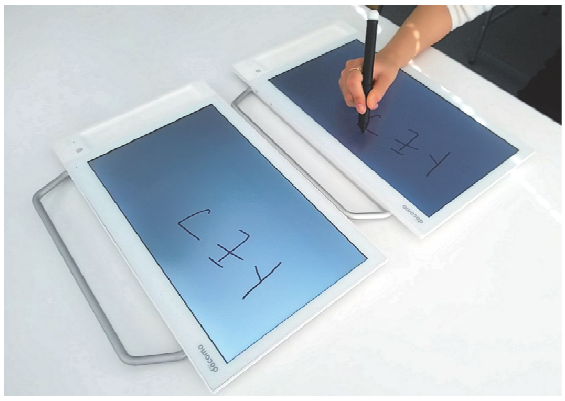


写真2　送信側端末での入力内容・筆跡が受信側端末でリアルタイムに表示される様子

⑷機能をシンプル化する一方で，必要な設定を子供側が行うだけで機能し，子供側から高齢者側へプレゼントしやすい仕様とすること

⑴のように全体的な機能はシンプルにする一方で，高齢者にとって複雑な操作になりかねない，最低限必要となる初期設定をすべて子供側で実施可能とし，設定後，子供側は高齢者側に端末をただ渡すだけで機能するようにした．送信側・受信側の2台の端末のペアリングなどの初期設定を完了した後は，即座にそれぞれの端末を使うことができるようになり，子供側が高齢者側へ利用方法を教える必要なく導入することができる．

3. 試　作

数回の簡易試作を繰り返した後，前述のトモカクのコンセプトを具現化するための技術的な検討・検証を行い，さらに最終的な市場受容性を評価するために試作機を製作した．以下に，試作機の概要について解説する．

3.1　コンセプトに基づく要件策定

要件策定の際には，トモカクのコンセプトを具現化できるものである必要がある．前述のコンセプトのうち，ハードウェア仕様に関連する⑵，⑶は，特に仕様策定には重要なポイントとなり，留意して検討する必要がある．以下にこれらの検討・策定した要件のポイントについて述べる．

■手で操っているという物理的な実感を得られる，アナログ機器を感じさせるフォルムであること（2.3⑵）

⑷ホワイトボードらしい外観を実現すること

・正面からの外観において，電源ボタンなど，画面以外の余分なものは見えない実装にすること

・画面は全画面白色表示を前提とし，アイコンやインジケータの類は表示しないこと

・ペン先および軸はホワイトボード用のペン同様，太めにすること

⑹ホワイトボードらしい機能・使い方を実現すること

・極力，ホワイトボードと同様の書き心地を実現すること（高精度なペン先の検知など）（①）

・画面に手が触れてしまっても検知や動作をしないこと（パームリジェクション）（②）

・ペンは電源を入れる動作などが不要で，常に，持ったらすぐに書ける状態であること（③）

・ペンの色変更やイレイサーの機能を使用する際には，メニューなどではなく，ペンの持替えで実現できること（④）
・ペンで記入中に，ホワイドボードのような筆記音が鳴ること
・家の中で気軽に持ち歩けるよう，バッテリを搭載すること

■状況に応じて，同期・非同期のコミュニケーションが使い分けられる手段であること（2.3(3)）
・基本的には非同期コミュニケーション（書置き）として機能するが，加えて送信側と受信側端末はリアルタイムで同期して記述内容を表示できる機能をもち，受信側端末でも送信側同様に，ホワイトボードの筆記音を鳴らすこと（受信側ユーザが気づいた際は，同期コミュニケーションとしても機能すること）

上記の要件を考慮し，試作機の仕様の策定を行った．

3.2 要件の具現化に向けた技術選定，仕様策定

仕様策定の際に特に重要視した，ホワイトボードらしいペン操作と表示画面の実現について以下に解説する．

(1)ホワイトボードらしいペン操作の実現

策定した試作機の要件を具現化する中では，ホワイトボードらしいペン操作を実現することが最も重要な要素である．主要なデジタルペン技術に関して比較した結果を**表2**に示す．ここから分かるように，前節で重要な要件として挙げた①～④をベンチマークとして考慮すると，本コンセプトを実現するためには電磁誘導方式*7［6］が非常に有効である．

そこで，本試作においては，電磁誘導方式のデジタルペン技術の中でも電池不要という特長を持ち，市場でも実績があるワコムのEMR®*8方式を採用した．

(2)ホワイトボードらしい表示画面の実現

送信側端末における記述内容の検出，および同期した受信側端末での表示の実現には，前述のデジタルペン技術とディスプレイ技術が必須となる．本試作においては，ディスプレイ技術として，汎用製品が豊富な液晶ディスプレイを適用することとした．

さらに，ホワイトボードらしい表示画面の実現のためには，ディスプレイフィルムの選択による書き心地の実現だけではなく，背景色が白色であることも使用感としては重要な要素である．従って，液晶ディスプレイは常に全面白色表示とすることを前提とした．ただし，電力消費の抑制や画面の焼き付き防止のために，近くに人がいないときや周囲が暗いときには画面を自動的に消灯できるように，本体に人感センサ・輝度センサを搭載し，それにより，不

表2　デジタルペンの技術方式の比較

	電磁誘導方式	静電容量方式＋アクティブペン	静電容量方式＋パッシブペン	感圧方式
①検知精度の高さ	○	○	×	×
②パームリジェクション	○	×	×	×
③電池不要	△（一部方式のみ）	×	○	○
④ペンの持替えによる機能切替え	○	△（一部方式のみ）	×	×

静電容量方式：人体が触れた際の微弱電流の変化による座標検知方式．

＊7　電磁誘導方式：電磁波による座標検知方式．
＊8　EMR®：㈱ワコムの登録商標．

使用時・夜間時にはディスプレイの電源を落とす仕様とした．

3.3 完成した試作機の概要

製作したトモカクの試作機の外観を**写真3**に示す．本試作機は液晶ディスプレイを有し，ハンドル付きホワイトボードのような外観をしている．また，本試作機の主要な仕様は以下の通りである（**表3**）．

4. 検　証

4.1 市場におけるユーザ受容性の評価

提案した本コンセプトの市場におけるユーザ受容性を確認するため，前述の試作機を用いてユーザ評価を実施した．本評価には，トモカクの主たるターゲットユーザとして想定されている，離れて暮らす，ICT機器に苦手意識をもつ高齢者世代（60～70代）とその子供世代（40代）のペアでモニタユーザを募集し，それぞれの自宅にて約10日間試用してもらった（**写真4**）．

モニタユーザには，利用期間中はユーザの自宅リビングなど，自宅の中の滞在時間が長い場所に試作機を設置してもらった．また，実態に近い利用状況を評価するため，本試作機を利用する頻度や目的などの細部については特に指定をせずに，ユーザに一任する形で行った．

写真3　トモカク試作機の外観

表3　トモカク試作機の主要な仕様

OS	Windows 10 IoT Core
メモリ容量	1GB
ストレージ容量	8GB
液晶サイズ	14インチ
解像度	1,366×768
無線LAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n（2.4GHz，5GHz）
センサ	輝度センサ，人感センサ
バッテリ容量	1,500mA
入力方式	電磁誘導方式（ワコム　EMR方式）
本体サイズ	385×267×16mm

写真4　モニタユーザの自宅における評価の様子

4.2　結果・考察

試用期間終了後，モニタユーザにはインタビュー調査も併せて行った．総合評価として10点満点で満足度を評価してもらったところ，8割超のユーザから7点以上と非常に高い評価が得られた．また，本コンセプトの受容性を確認するため，インタビューでのユーザからの評価コメントを分析した．その結果について，コンセプト作成方針ごとにまとめて以下に示す．

⑴シンプルで単機能であり，学習不要であること

本試作機は単機能であり，利用方法もペンで書くだけというシンプルな方法であることから，高齢者とその子供以外にも，孫や高齢者自身の親など，世代を問わず家族全員で利用できた点が評価された．一方，ICT機器の利用に，ある程度慣れているユーザからは，本コンセプトのように単機能でシンプルな点を魅力として感じず，専用機器である必要性を感じないとの声もあった．このため，ターゲットをICT機器の利用に不慣れなユーザだけではなく，慣れたユーザにも広げることを視野に入れる場合は，タブレットからアプリとしても利用できるようにするなど，ユーザのスキルに応じて利用端末を選べるようにすることも有効であると考えられる．

⑵物理的な実感を得られる，アナログ感のあるフォルムであること

特に高齢者世代から「ペンという使い慣れたツールだけで使えるため，わざわざメールや電話をするほどの内容でなくても，トモカクなら気軽に伝えられる」といった声が多くあがり，好評であった．

⑶状況に応じて，同期・非同期のコミュニケーションが使い分けられる手段であること

トモカクは手書きの内容がそのまま共有されるため，他の非同期コミュニケーション手段と比較して，相手の筆跡からより細かな感情まで読み取れる点が高く評価された．

さらに，トモカクは非同期コミュニケーション手段としての評価以上に同期コミュニケーション手段としての評価が高く，リアルタイムに相手の記述や筆跡が表示される機能について「まるで相手が目の前で書いているかのように見えるため，本当にそばにいるような感覚を感じられた」と非常に好評であった．生身の人間とやり取りしている感覚が強くなるため，自然と返事を早く返したい気持ちになったり，本音を言いやすくなったりすると述べていたユーザも存在した．

⑷必要な設定は子供側が行うだけで機能するように設計し，子供側から高齢者側へプレゼントしやすい仕様とすること

本試作機は無線LAN経由でインターネットへ接続する仕様であったため，初期設定を子供側だけで完結することができず，一部の設定操作を高齢者側で対応する必要があった．一部のユーザは設定を完了させるのに苦慮している様子が見られたため，商用に向けた検討をする際には，より簡単に初期設定が可能な仕様を検討する必要がある．

上記のように，ユーザ評価を行ったことにより，「家族内の世代間でのコミュニケーション手段のギャップを解消し，円滑なコミュニケーションを実現する方法」として検討・提案した本コンセプトは，検討段階で着目したインサイト，仮説，作成方針が有効であることが確認できた．また一部課題は残るものの，提案した本コンセプトはユーザからの高い評価を得られており，市場受容性が高いコンセプトであると考えられる．

5. あとがき

本稿では，「家族内の世代間でのコミュニケーション手段のギャップを解消し，円滑なコミュニケーションの実現」を目的として提案した，手書きコミュニケーションのコンセプト「トモカク」について解説した．本コンセプトの試作機は，2017年11月9～11日に開催された「docomo R&D Open House 2017 in TOKYO／見えてきた，“ちょっと先”の未来」にて展示を行い，来場者アンケートでも上位になるなど，好評を博した．

今後は，評価によって明らかになった課題に対応しつつ，商用に向けた検討を進めていきたい．

文　献

[1] 内閣府：“平成29年版高齢社会白書：平成28年度　高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況，”2016. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/zenbun/29pdf_index.html

[2] LINEホームページ. https://line.me/ja/

[3] 株式会社NTTドコモ　モバイル社会研究所：“ケータイ社会白書：データで読み解くスマホ・ケータイ利用トレンド2016-2017，”2016.

[4] 大山 繁樹：“デザイン・シンキングとは何か，”日経デザイン，5月号，pp.18-21，May 2014.

[5] トム・ケリー，ジョナサン・リットマン：“発想する会社！　世界最高のデザイン・ファームIDEOに学ぶイノベーションの技法，”早川書房，2002.

[6] 株式会社ワコム：“電磁誘導方式デジタイザ．” https://tablet.wacom.co.jp/what/news-img/W8002basis.pdf

Technology Reports

IoT　eDRX　低消費電力UIM

IoT向け低消費電力化技術の開発 ―eDRXおよび低消費電力UIMの提供―

無線アクセス開発部　谷口 眞人（たにぐち まさと）
ドコモ・テクノロジ株式会社　パケットNW事業部　滝田 和輝（たきた かずき）　鈴木 雄一郎（すずき ゆういちろう）
移動機開発部　井田 雄啓（いだ たけひろ）

IoT向けの通信端末は，電池寿命などの観点から，スマートフォンなどに比べて低消費電力化が求められる．ドコモでは，この要求に応えるため，待受け時の消費電力低減技術であるeDRXおよび，消費電力を低減可能とするUIMを2017年に提供開始した．
本稿ではこれらの技術の動作原理や特徴について解説する．

1. まえがき

IoT（Internet of Things）*1向けの通信端末では，例えば環境センサや計量器などの機器を，電源が必ずしも確保できない場所に設置するユースケースが考えられる．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などでは電池交換が困難であり，多大なコストを要することが想定される．

一方，IoTデバイスに特徴的な通信形態の1つとして，たとえば日単位のセンシングデータの送信など，低頻度の通信が挙げられる［1］．このような通信形態では，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．

そこでドコモでは，上記のようなユースケースとIoTデバイスの特徴を考慮し，スマートフォンなど通常のLTE端末に比べて電池寿命や電力効率を改善するIoT向け低消費電力化技術の開発を進めている．2017年には，待受け時の消費電力を低減する通信技術であるeDRX（Extended Discontinuous Reception）への対応および，低消費電力UIM（User Identity Module）*2の開発を行い，提供を開始した．

サンプル機を用いた測定結果では，上記2つの技術を合わせて約90％の消費電力の低減効果を確認している［2］．

本稿では，これら2つの低消費電力化技術がどのようにドコモネットワークおよび端末で実現されているかについて解説する．

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

＊1　IoT：さまざまな「モノ」がインターネットやクラウドに接続され，制御・情報通信される形態の総称．
＊2　UIM：電話番号やIMSI（＊13参照）などの契約者情報を記録したICカード．移動端末に差し込み，ユーザの識別に用いる．

2. eDRX技術

ドコモでは，端末の消費電力低減を実現するために，3GPP Release 13［3］にて標準化された，待受け中（RRC_IDLE*3）におけるeDRXに対応した．

eDRXの動作原理や，eDRXのパラメータ設定において考慮すべき消費電力と着信遅延のトレードオフについて以下に解説する．

2.1　eDRXによる低消費電力化の仕組み

はじめに，スマートフォンなどの従来端末の待受け時の省電力化に利用されているDRX（Discontinuous Reception）とよばれる技術について解説する．端末が着信を待ち受ける際には，一定の周期（DRX周期）に1回，ネットワークからのPaging*4メッセージの受信を試みる．このときに端末が自身宛のPagingを受信した場合，待受け状態を解除し，ネットワークとの通信を開始する．端末がPaging受信を試みるタイミングの模式図を**図1**(a)に示す．

このDRX（間欠受信）動作では，Pagingの受信を試みない期間に無線信号の送受信を停止することで，常にPaging受信を試みる場合と比較して消費電力を削減している．

上記のDRXに対して，Pagingの受信機会をさらに低頻度にすることで消費電力低減効果を向上させる技術がeDRXである．eDRXによる待受け動作の模式図を図1(b)に示す．

eDRX動作中の端末は，PTW（Paging Time Window）と呼ばれる周期的な区間内においてのみ，前述のDRX周期に従ってPagingの受信を試みる．このPTWの長さと周期（eDRX周期）のパラメータ設定により，Paging受信動作の頻度，ひいては消費電力低減の程度が定まる．

例えば図1(b)では，DRX周期が1.28秒，PTW長が6.4秒（＝1.28秒×5），eDRX周期が102.4秒（＝1.28秒×80）の場合を示している．この場合，eDRX動作中の端末は102.4秒のうちにPTW内の5回のみPagingの受信を試みる．通常のDRX動作においては同期間に80回の受信を行うため，eDRXにより受信動作の回数を大幅に削減できる．

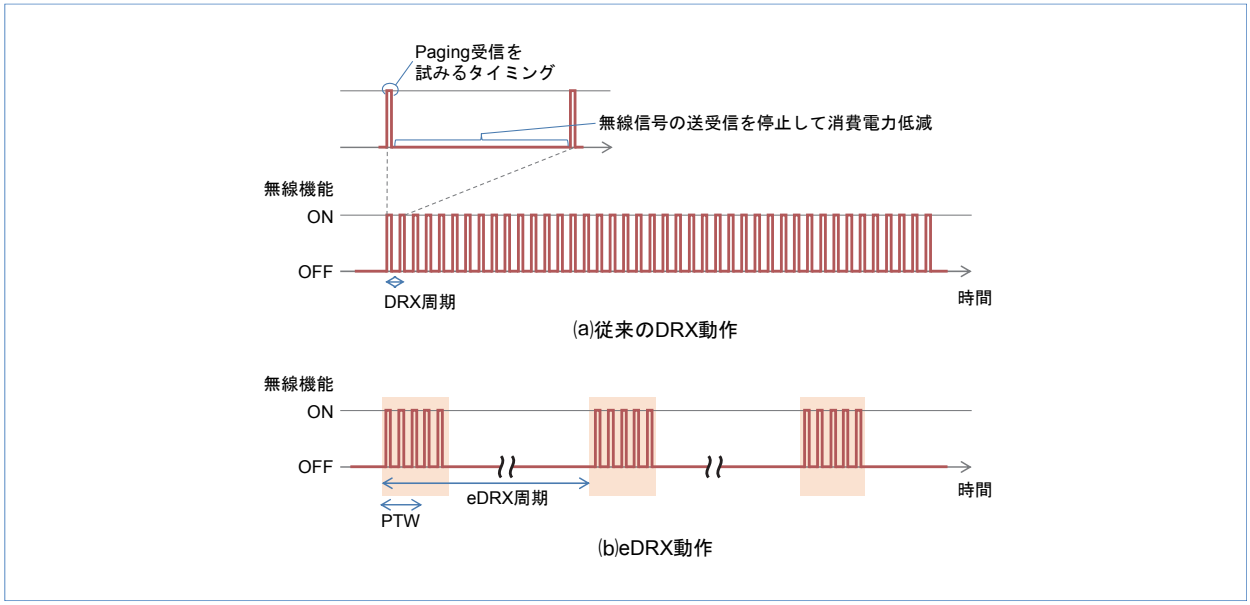


図1　DRXとeDRXにおけるPaging受信タイミングの比較

*3　RRC_IDLE：LTEにおける端末の状態の1つ．eNBには端末のコンテキストを保持せず，MME（*5参照）にて端末のコンテキストが保持されている．RRC_IDLE状態ではデータ通信は行われない．

*4　Paging：着信時に待受け在圏中の端末を呼び出す手順および信号．

2.2　eDRXの動作概要

⑴eDRXの有効化およびパラメータ設定

eDRXはネットワークと端末が協調して動作する技術である．このため端末の起動時などにネットワークと端末間でeDRXにかかわる動作条件（動作の有効化／無効化，eDRXパラメータ（eDRX周期，PTW長）の設定値）を確定させる必要がある．ネットワークと端末間の手順を以下で解説する（**図2**）．

①端末からMME（Mobility Management Entity）[*5]へeDRXパラメータの要求値を通知

eDRXの有効化を期待する端末はAttach[*6]/TAU（Tracking Area Update）[*7] RequestにeDRXパラメータを設定することで動作の有効化を要求する．

②MMEでeDRXパラメータ値を決定

Attach/TAU Requestを受信したMMEは，端末から通知されたeDRXパラメータの値を基に，実際に適用する設定値を決定する．

③MMEから端末へのeDRXパラメータの設定値の通知

MMEは処理②で決定した設定値をAttach/TAU Acceptで端末へ通知し，端末は通知された設定値を適用しeDRXを有効化する．

この手順を用いることにより，IoTデバイスのような，eDRXを有効化する必要がある端末のみにeDRXを適用することができる．

⑵eDRX待受け時における着信動作

eDRX待受け中の端末は，PTWの範囲外の期間（最大43分）ではPagingを受信することができない．一方，端末と通信したい利用者（例：IoTデバイス管理者）やアプリケーションは，端末側のPTWのタイミングを意識せずに端末へデータの送信を行う．

このタイミングの差を補うためにEPC（Evolved Packet Core）[*8]はHLCom（High Latency Communication）[*9]技術を用いて，適切なタイミングで端末にPagingメッセージを送信する制御および送信データのバッファリングを行う．

HLCom技術による制御シーケンスを**図3**に示す．

①サーバから端末向けのデータパケットがネットワークに着信すると，S-GW（Serving Gate-Way）[*10]にてパケットバッファリングを行いつつ，MMEへ着信を通知する．

②該当端末の状態がPTWの範囲外の場合，MMEは端末が着信パケットを受信可能となるまでの時間を，次回のPTWが開始されるまでの時間，Pagingメッセージ応答時間などを考慮して導出する．そして，MMEはS-GWにパケットバッファリング時間（DL Buffering Duration）を通知し，S-GWは通知された時間までパケット

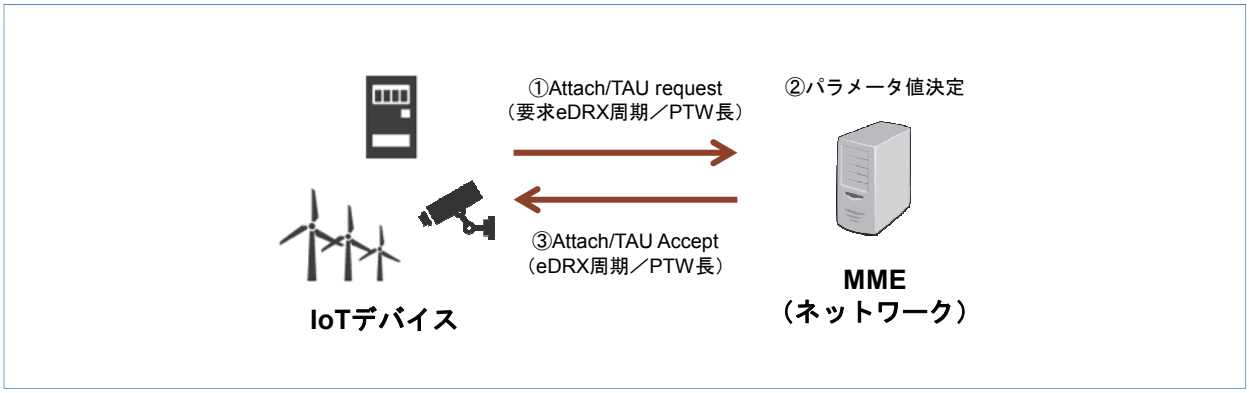


図2　eDRXの有効化およびパラメータ設定の手順

＊5　MME：eNBを収容し，モビリティ制御機能などを提供する論理ノード．
＊6　Attach：端末の電源投入時などにおいて，端末をネットワークに登録する処理および状態．
＊7　TAU：端末の位置登録情報を更新する処理．
＊8　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．
＊9　HLCom：eDRXなどの技術を使用し接続要求に即座に応答できない端末に対して，適切なタイミングでPagingメッセージを送信する制御や送信データのバッファリングを行う機能．
＊10　S-GW：LTEネットワーク上でのパケット交換機．P-GWとの間でユーザデータの送受信を行う．

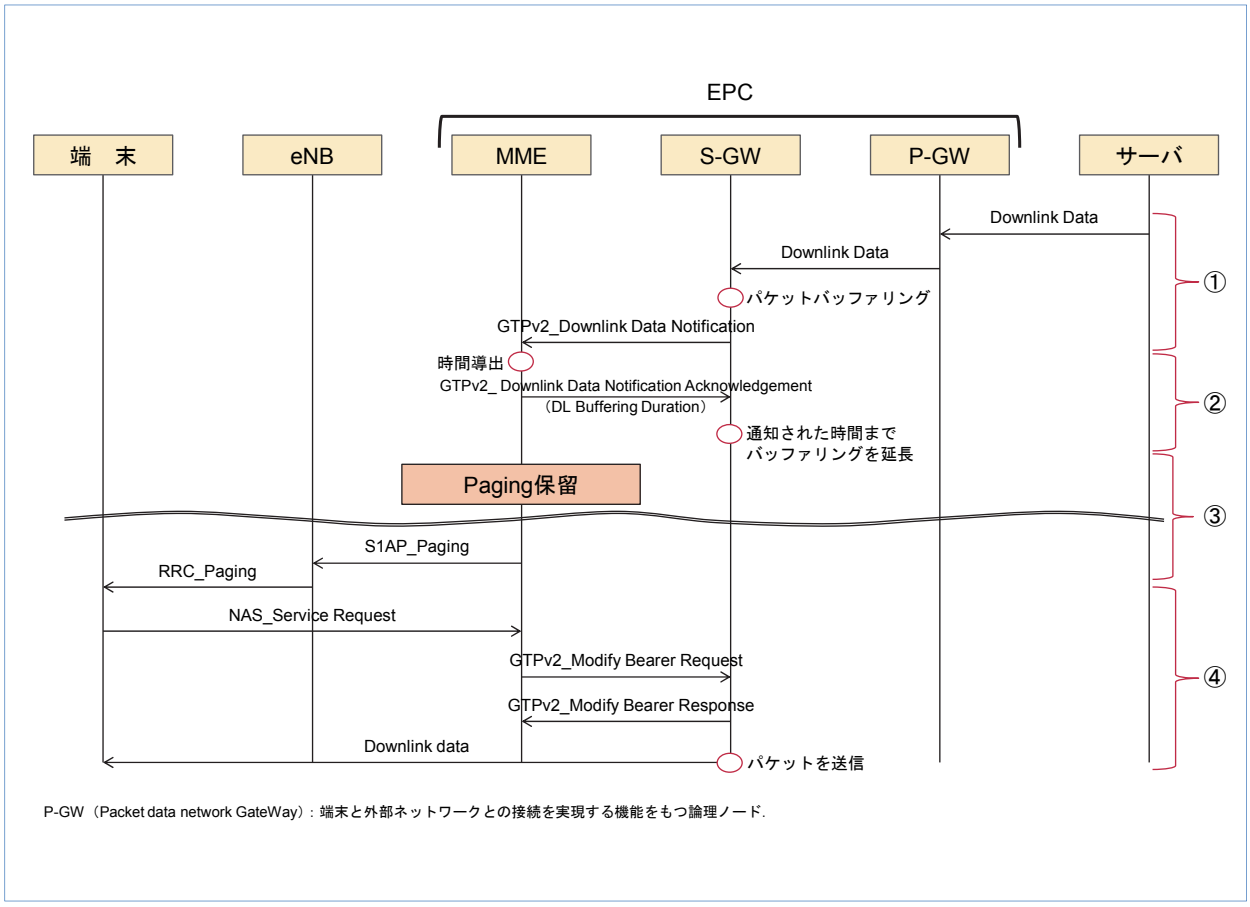


図3　HLComの制御シーケンス

バッファリングの延長を行う.

③MMEは次回のPTWが開始される時刻までPagingメッセージの送信を保留し，PTWの開始時刻にPagingメッセージをeNB（evolved NodeB）[*11]に送信する.

④その後，端末とネットワーク間で通信ベアラ[*12]を確立し，データパケットをS-GWから端末へ送信する.

(3)端末間のPaging受信タイミングの分散

1回のPagingによって複数端末の呼出しを同時に行うことができるが，同時に呼出しが可能な端末の数には限りがある（標準仕様上，最大16）．この最大数を超える呼出しが同一のPaging機会に発生した場合には，Pagingの送信を延期するネットワーク動作としている．なお，Pagingの衝突が極端に多く延期しきれないケースでは，最終的にPagingが破棄される.

(a)DRX動作における受信タイミング決定

同一タイミングでのPagingの衝突を低減するため，従来のDRX動作においても，DRX周期の中でPaging受信のタイミングを端末ごとに分散させることが標準仕様で規定されている．この分散は，端末のIMSI（International Mobile Subscriber Identity）[*13]の一部の桁を取り出しModulo演算[*14]を適用した結果に応じて受信タイミングを決定することで実現している［4］.

＊11 eNB：LTEにおける無線基地局.
＊12 ベアラ：P-GW，S-GW，eNB，端末間で設定される論理的なユーザデータパケット伝達経路.
＊13 IMSI：UIM内部に格納される，移動通信で使用するユーザごとに固有の番号.
＊14 Modulo演算：2つの数について，一方の数を他方の数で除算した余りを求める演算.

(b)eDRX動作におけるタイミング分散効果向上

eDRX機能においては，従来の分散方法に加え，PTWの始点を端末ごとに分散させる．PTWの始点はS-TMSI（SAE-Temporary Mobile Subscriber Identity）[*15]にCRC（Cyclic Redundancy Check）演算[*16]およびModulo演算を適用することにより算出する．

3GPPの当初の議論ではPTWの始点をIMSIから導出することが考えられていたが，タイミングの分散効果を向上させるために，従来のDRXタイミングに用いるIMSIではなくS-TMSIを用いてPTWの始点を決定するように変更された．

MMEの実装によってはS-TMSIの一部の桁が固定に近いケースが考えられる．単純な例として連続した番号を順に割り当てる場合を考えると，上位の桁ほど長い期間にわたって値が固定になる．このような場合にもPTWのタイミングを適切に分散させるため，CRC演算によりS-TMSIの一部のビットの差異が全体に影響するような考慮を加えている．

2.3　eDRX周期における消費電力と着信遅延のトレードオフ

前述のように，eDRX周期を長く設定するほどPagingの受信機会を削減することができ，端末の消費電力を低減することができる．一方で，PTWに該当しない期間においてはPagingを送受信できないため，下りの着信が端末に到達するまでに最大でおよそeDRX周期分の時間を要する．

上記の特性を考慮し，eDRX対応端末を利用するユーザやシステムの要件に応じて，端末への着信に対して許容できる最大応答遅延より若干小さい値をeDRX周期として設定することで，所望の遅延要件を満たしつつeDRXによる消費電力低減効果を得ることができる．

なお，端末から送信すべき上りデータが発生した場合には，PTW外の期間であっても即時に待受け状態が解除され，上りデータの送信が開始される．したがって，eDRXの適用により上りデータの遅延量が大きく劣化することはない．

3. 低消費電力UIM

3.1　通信におけるUIMの役割

UIMは端末から電源供給されることで動作し，オペレータより付与された加入者情報を保持し，位置登録手順にて端末を通してNWと認証手順を行う．これによりそのUIMに保持される加入者情報が照合され，端末（UIM）がそのオペレータの正規ユーザであることが確認される．さらには音声やデータの暗号化を行うための暗号鍵は認証手順によりUIMで作成され，それを利用してNWとの通信が実施される（**図4**）．そのため，端末は常にUIMが挿入された状態で利用されることが前提となる．

3.2　省電力機能

(1)UICC（Universal Integrated Circuit Card）[*17] Presence DetectionおよびCAT（Card Application Toolkit）pollingの停止

前述のように，端末にUIMが挿入されている状態で利用されることが前提となるため，その状態を確認するための機能としてUICC Presence Detectionというものがある．これは定期的に（標準仕様では30秒以内に一度以上）端末がUIMに対してSTATUS commandというメッセージを送信し，その応答を受信することで確認するものである．しかしRelease 12より省電力対応のため，NWとの通信を行わない場合はこれを省略することが可能となっている．ただし，通信が開始される場合は直ちに端末よりSTATUS commandを送信しUIMの存在を確認する必要がある．

また，UIMに搭載されているアプリケーション

＊15 S-TMSI：同一ネットワーク内でユーザを一意に識別するための一時的な番号．MMEにより払い出される．

＊16 CRC演算：入力ビット列を多項式とみなし，その多項式をあらかじめ定められた特定の多項式（生成多項式）で除算した余りを求める演算．一般的にはデータの伝送中に生じた誤りの検出に用いられる．

＊17 UICC：電話番号やIMSIなどの契約者情報を記録したICカード．UIMカード，SIMカードと同義で使用している．

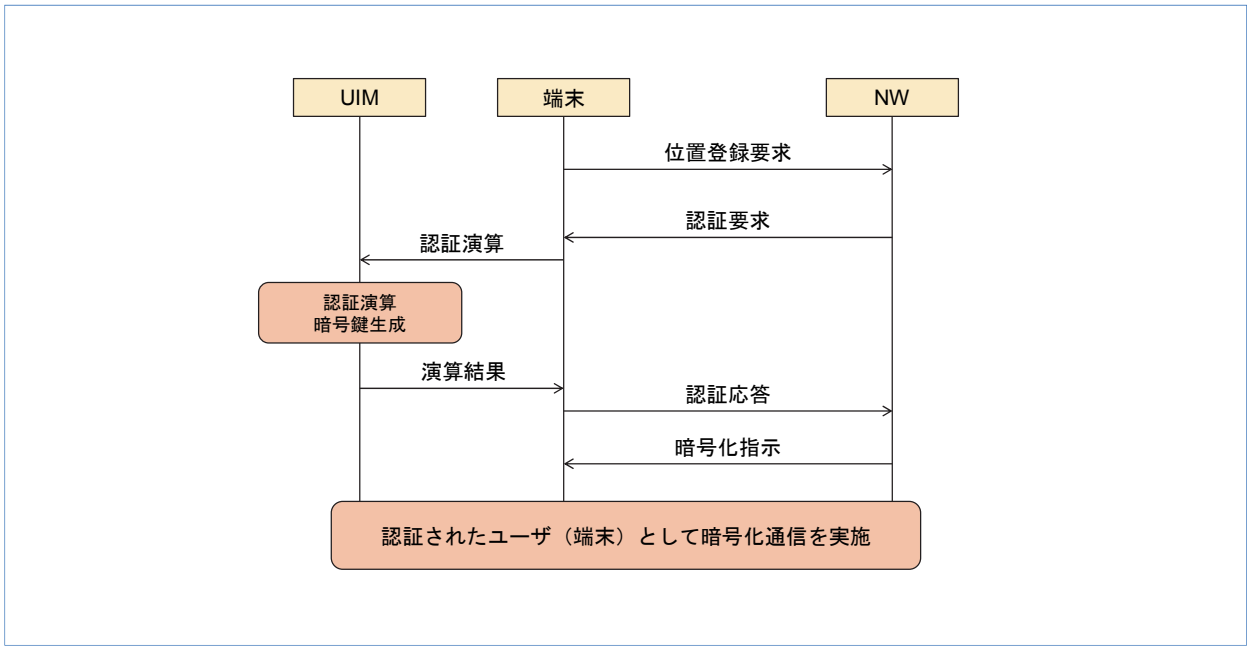


図4　位置登録手順

を実行する場合，端末より定期的にCAT pollingという信号を介して，UIM内に実行待ちのアプリケーションがあるか否かという確認手順が実施される．UIM内に実行されるアプリケーションがない場合は，UIMはあらかじめこのpollingを停止することが可能である．

eDRX期間中，端末はNWとの通信を行わないため，この2種類の定期的な端末とUIM間の通信を抑止することができる．

⑵UIM Deactivate機能

UIMでは端末からの要求にいつでも応答できるために常に電源供給されている状態である．ところがNWとの通信（位置登録を含む）を実施しない場合は，上記のUICC Presence DetectionおよびCAT pollingを止めることで端末とUIM間では通信が発生しない．それを利用しUIMへの電源供給も止めてしまうことでUIMにかかる電力を0にすることが可能である．Release 13では，通信中のUIMへの電源供給を止めることに対応しているか否かをUIM読出し時に確認することが可能であり，端末は必要に応じてUIMをDeactivate（動作停止）し，UIMへの電源供給を止める．ただし，通信を開始する場合は，UIMのActivate手順から実施し，UIM内の複数のファイルを読みだす必要があり，そこで電力が消費されるため，一定以上の休止が期待される場合に効果的である．

標準化上のドキュメント（3GPP TR31.970 Table 2：Comparison of power consumption［5］）の例によれば，UIMが端末と通信していない間のUIMに流れる電流は約15 μ Aとかなり小さいが，1日間になると0.36mAh程度消費することになる．一方でUIMを1回Activate（動作開始）するためには0.06mAh程度消費する．このため，NWとの通信（位置登録を含む）が1日当り数回未満となるような通信頻度が低い利用条件において効果が期待できる．

これらの技術を組み合わせて利用することで，UIMで消費される電力を抑止可能としている（**図5**）．

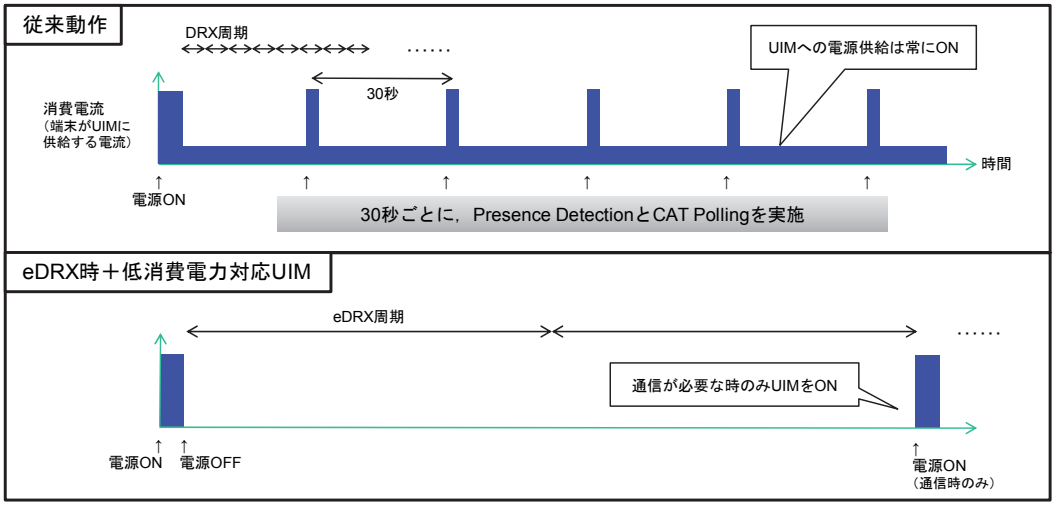


図5　待受け中のUIMの動作と消費電流

4. あとがき

本稿では，IoT向け端末の低消費電力化を実現するeDRX機能および低消費電力化UIMについて，動作原理や特徴を解説した．

ドコモでは，今後もUE Category M1（LTE-M）やUE Category NB1（NB - IoT）などの通信技術［3］を商用化することで，最適なIoT通信環境の実現を図っていく予定である．

文　献

［1］ 3GPP TR 23.887 V12.0.0: “Study on Machine-Type Communications (MTC) and other mobile data applications communications enhancements,” Dec. 2013.

［2］ NTTドコモ報道発表資料：“IoT通信機器の消費電力を約5分の1に低減するeDRX技術を提供開始,” Sep. 2017. https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/09/26_01.html

［3］ 武田，ほか：“LTE Release 13におけるIoTを実現する新技術,” 本誌，Vol.24，No.2，pp.38-49，Jul. 2016.

［4］ 3GPP TS 36.304 V13.8.0: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) procedures in idle mode,” Dec. 2017.

［5］ 3GPP TR31.970 V14.0.0: “Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE UICC power optimisation for Machine-Type Communication,” Jun. 2017.

Collaboration Project

携帯電話・スマートフォンの発する電波に関する医療機器への電磁干渉調査

先進技術研究所　井山 隆弘（いやま たかひろ）†　大西 輝夫（おおにし てるお）

ドコモでは，医療機関における携帯電話・スマートフォン利用の促進に向けて，これら無線通信機器の発する電波が医療機器に与える電磁干渉の調査を行っている．対象の無線システムは，最近のスマートフォンに搭載されている3G/LTE，4G，およびWLANであり，さらには5G候補周波数についても調査を行った．
なお，本調査は金沢大学附属病院（経営企画部・長瀬教授）との共同研究により実施した．

1. まえがき

1990年代の携帯電話の普及期において，端末の電波が周辺の電子機器に電磁干渉を与える可能性があったことから，特に医療機器に与える影響に対する懸念が高まった．そこでそのような影響について，不要電波問題対策協議会（現，電波環境協議会*1）は，第1世代移動通信システム（アナログNTT方式）や第2世代移動通信システム（PDC：Personal Digital Cellular）の携帯電話，PHS（Personal Handy-phone System），アマチュア無線などを対象とした調査を行い，ドコモも主体的に協力し調査方法の開発などを行った［1］．調査結果を踏まえ同協議会は，1997年に「医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末等の使用に関する指針」を公表した［2］．この指針は，手術室，集中治療室などに携帯電話端末を持ち込まないこと，検査室，診察室，病室，および処置室などにおいては携帯電話端末の電源を切ることなどを推奨しており，医療機関内での携帯電話などの使用を原則禁ずるものであった．さらに，総務省はW-CDMA（Wideband Code Division Multiple Access）を含めた第3世代移動通信システム（3G）の携帯電話端末およびPHS，無線LAN（WLAN：Wireless Local Area Network）端末についての医療機器への電磁干渉調査を行い，2002年に報告書を公表した［3］．調査結果から，上記指針を引続き適用することが妥当であると判断された．そのような状況の中，医療機関における携帯電話などの利用については，マナーなどの観点を含めた総合的な判断の下，各医療機関が独自にルールを定めてきた．

しかしその後，無線通信システムの発展とスマートフォンなどの普及により，医療機関内で医療従事者のみならず患者による利用の要求が高まってきて

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

*1　電波環境協議会：産学官で連携して，電磁干渉などの課題に取り組む協議会．

†　現在，ネットワーク部

いた．そこで本共同研究では，医療機器への電磁干渉のリスクを把握・分析することを目的として，その時々の最新の状況を踏まえた電磁干渉調査を行ってきた．具体的には，2011年に3G，その高速パケット規格であるHSPA（High Speed Packet Access），およびFDD（Frequency Division Duplex）*2方式による第3.9世代移動通信システム（LTE：Long Term Evolution）の電波について，医療機器の電磁干渉調査を行い，2016～2017年にかけて，WLAN，第4世代移動通信システム（4G）すなわちLTE-Advancedとして3.5GHz帯を使用したTDD（Time Division Duplex）*3方式によるLTE，および第5世代移動通信システム（5G）の候補周波数について，同様の調査を行った．本稿では，これら調査の概要とその結果について解説する．

なお，本調査は金沢大学附属病院（経営企画部・長瀬啓介教授）との共同研究により実施した．各種医療機器の動作設定，電磁障害の判断，およびその程度の判定については，同病院にて医療機器の操作，保守・点検などを担当している臨床工学技士の方々にご協力をいただいた．

2. 調査概要

本調査の概要について以下に解説する．外部動向や各種関連規格の詳細については，文献［4］を参照されたい．

2.1 電波の主な諸元

調査を行った無線システムおよび電波の主な諸元を**表1**に示す．3G/FDD-LTEおよびTD-LTEでは，ドコモの割当周波数帯域のおおむね中心となるチャネルに対して実際の運用状況に即した変調を掛けた信号を用いた．WLANでは，各利用周波数帯域のおおむね中心となるチャネルを選択して変調信号を，5G候補周波数では各帯域の中心周波数で無変調信号を，それぞれ用いた．最大送信電力は，各無線システムの技術基準を参照した．また，過去の調査結果から，医療機器は1分間に60回程度ONとOFFを繰り返す断続モード時（**図1**(a)参照）の電波に対して電磁干渉を生じやすいことが分かっているため，これを再現した信号とした．電波を放射するアンテナには，一般的に携帯電話・スマートフォンに内蔵されているものよりも効率が良く干渉が発生しやすい半波長ダイポールアンテナ*4，またはホーンアンテナ*5を用いた．干渉が発生した場合やこれらのアンテナを用いることが難しい場合には，当該無線システムに対応した携帯電話・スマートフォンの実機を併用した．

2.2 調査場所

本調査では，電波が外部に漏れないようにする必要があるため，金沢大学附属病院のシールドルーム内，あるいは病院内の一室に構築したシールドテント内で行うこととした．

2.3 調査手順

医療機器の電磁干渉が最も生じやすい条件，すなわち，

・断続モード

表1　調査を行った無線システムおよび電波の主な諸元

無線システム	3G/FDD-LTE	TD-LTE	WLAN（IEEE 802.11a，11g）	5G（候補周波数）
周波数	800MHz帯，1.5GHz帯，1.7GHz帯，2GHz帯	3.5GHz帯	2.4GHz帯，5.2GHz帯，5.6GHz帯	3.7GHz帯，4.5GHz帯，28GHz帯
アンテナ	半波長ダイポール／端末実機			半波長ダイポール／ホーン

*2　FDD：上りリンクと下りリンクで，異なるキャリア周波数，周波数帯域を用いて信号伝送を行う方式．
*3　TDD：上りリンクと下りリンクで同じ周波数を用い，時間スロットで分割して信号伝送を行う方式．
*4　半波長ダイポールアンテナ：アンテナの中でもっとも基本的なアンテナ．ケーブル（給電点）の先に，波長の1/4の長さの2本の直線状の導線（エレメント）をつけたアンテナである．
*5　ホーンアンテナ：角錐・円錐の形状を持ち，特定の方向へ強い電波を放射するアンテナ．

・最大送信電力
・アンテナを医療機器に密着

の各条件において，医療機器の各面について波源をくまなく走査し，また波源の向きを変えながら，調査を行った．これを基本調査と呼ぶ．医療機器にセンサやケーブル類が接続されている場合には，それらに対しても調査を行った．電磁干渉が発生した場合には，

・断続モードから連続モード（図1(b)参照）への切替え
・最大送信電力のままアンテナを医療機器から離す
・アンテナを医療機器に密着させたまま電力を下げる

といった追加調査を行った．干渉が発生した場合やこれらのアンテナを用いることが難しい場合には，アンテナを端末実機に置き換えて調査を行った．調査のイメージと実際の様子を**図2**および**写真1**にそれぞれ示す．

2.4 電磁干渉の分類

電磁干渉が確認された場合，干渉の判断に，実際の診療に及ぼす影響の程度を表す指標として2002年に総務省が公表した報告書［3］に記載のカテゴリ分類を用いた．カテゴリは，医療機器の障害状態の物理的分類と診療障害状態から，**表2**に従って決定される．カテゴリの数字が大きいほど，診療への影響が大きいことを示す．

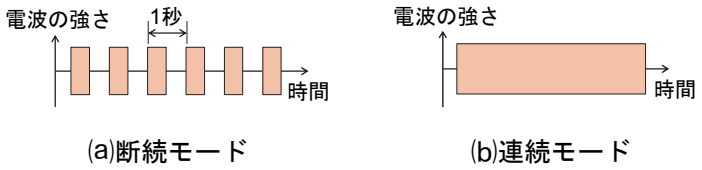


図1　送信モード

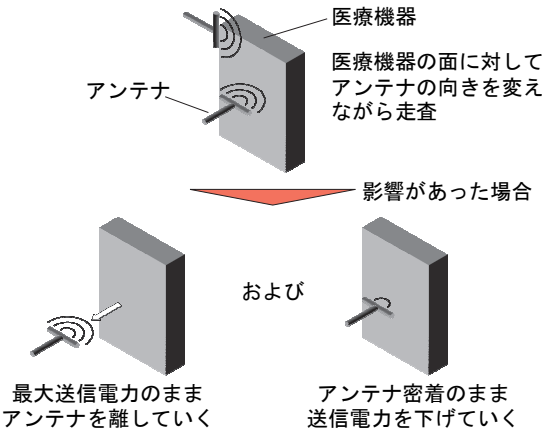
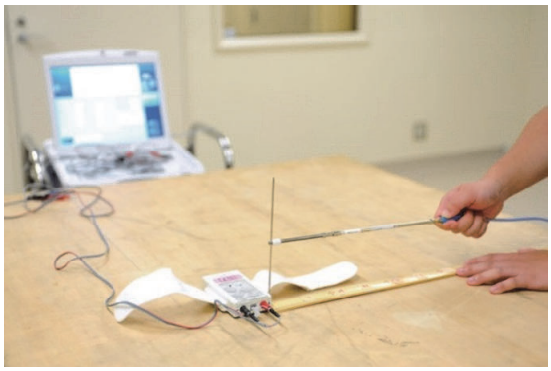


図2　調査のイメージ



半波長ダイポールアンテナを用いた調査風景

ホーンアンテナを用いた調査風景

写真1　調査の様子

表2　医療機器障害の分類

機器障害の物理的状態 / 診療障害の状態	正　常	可逆的※1	不可逆的※2（正常復帰には以下が必要）	
			機器の操作	機器の修理
障害なし（正常）	1	–	–	–
診療擾乱状態※3	–	2	3	4
誤診療状態※4	–	3	4	5
病態悪化状態※5	–	4	5	6
致命的状態※6	–	6	7	8
破局的状態※7	–	8	9	10

医療機器障害状態の物理的分類

※1　可逆的状態	医用機器における何らかの障害が，その原因となる携帯電話を離せば（あるいは医用機器を遠ざければ），医用機器が正常状態に復帰する状態.
※2　不可逆的状態	医用機器における何らかの障害が，その原因となる携帯電話を離しても（あるいは医用機器を遠ざけても），その障害が消失せず，何らかの人的操作あるいは技術的手段を施さなければ，正常動作状態に復帰し得ない状態.

診療障害状態の分類

※3　診療擾乱状態	医用機器本来の診療目的は維持されているが，診療が円滑に行えない状態（微小な雑音混入や基線の動揺，不快音の発生，文字ブレなど）.
※4　誤診療状態	医用機器の誤動作状態が誤診を招いたり，誤治療が遂行されている状態，適正な診療状態ではないが，患者に致命的障害を及ぼさない状態（無視できない雑音混入や基線の動揺，表示値の異常，アラームの発生による停止など）.
※5　病態悪化状態	医用機器の誤動作状態により，誤治療が遂行されている状態，すぐに対応しないと病態が悪化する可能性がある状態（設定値の大きな変化，生命維持管理装置の停止，アラームの発生がない停止など）.
※6　致命的状態	医用機器の誤動作状態により，誤治療が遂行されている状態，すぐに対応しないと致命的になる状態.
※7　破局的状態	医用機器の破壊などによる動作不能状態により，患者が死亡したり周囲のスタッフが重篤な障害となる状態.

2.5 調査した医療機器

2011年度に実施した3G/FDD-LTEに関する電磁干渉調査では，医療機器の種類を絞らず網羅的に，医療施設内の手術室，集中治療室，および検査室で利用される電気メス，輸液ポンプ，人工呼吸器，超音波エコーなど53台の医療機器に対して電磁干渉調査を行った．その後の2016～2017年度の調査では，WLAN，TD-LTE，および5G候補周波数について，2011年度の調査結果を踏まえ電磁干渉が発生しやすいと考えられる医療機器を中心として，WLANについて44台，TD-LTEについて23台，および5G候補周波数について23台の医療機器に対してそれぞれ電磁干渉の調査を行った．

3. 調査結果

前述の医療機器の電磁干渉が最も生じやすい条件における無線システムごとの最大影響発生距離・最大カテゴリの一覧および周波数帯ごとの最大影響発生距離をそれぞれ**表3**および**図3**に示す．また，無線システムあるいは周波数ごとの調査結果を以下に解説する．

3.1 3G/FDD-LTE

網羅的に選択した医療機器のうちおおむね4割で何らかの電磁干渉の発生が確認された．最大影響発生距離は80cm，最大カテゴリは4であった．比較的電磁干渉の発生しやすい医療機器は，体外式心臓ペースメーカ，心電計，神経刺激装置，輸液ポンプ，

表3　調査結果の一覧

調査時期	無線システム／周波数帯	医療機器の数	最大影響発生距離	最大カテゴリ
2011年	3G/FDD-LTE	53	80cm	4
2016年	WLAN	44	28cm	5
2017年	TD-LTE	23	45cm	4
	5G（候補周波数帯）	23	40cm ※28.5GHzは干渉なし	4

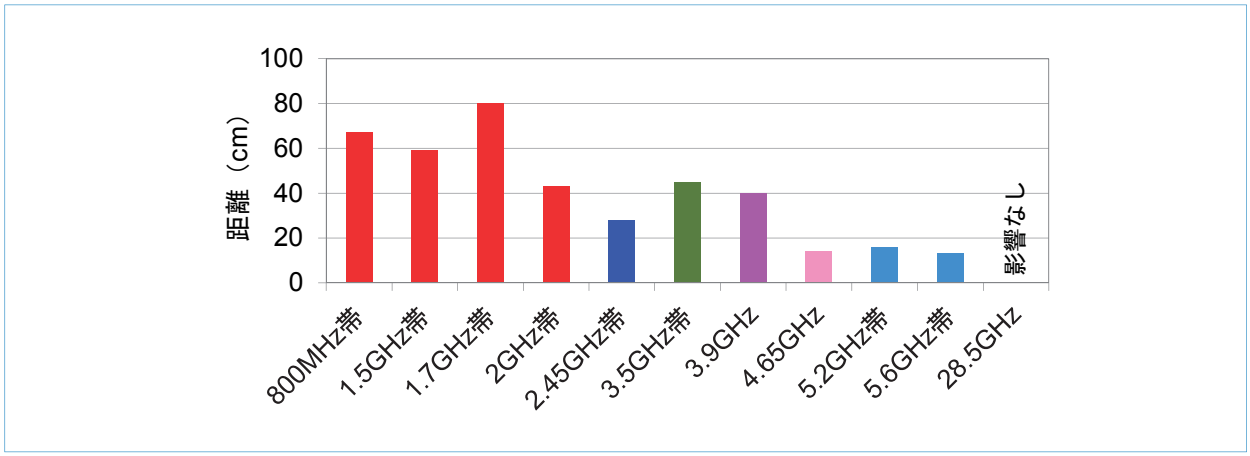


図3　周波数帯ごとの最大影響発生距離

人工呼吸器などであった．また，電磁干渉は電波のPAPR（Peak-to-Average Power Ratio）*6や変調の仕方には依存せず，主に放射電力に依存することを確認した［5］．本測定データは，電波環境協議会が2014年に発表した「医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書」［6］にも反映されている．また，同協議会は，過去および最新の調査結果を踏まえて，医療機関が適切なルールを作成することで携帯電話などの利用が可能であり離隔距離1mを目安とすることができるとする「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」［7］を発表している．

3.2 WLAN（802.11a/g）および3.5GHz帯TD-LTE（LTE-Advanced）

比較的電磁干渉の発生しやすいものを中心に選択した医療機器のうちおおむね4割で何らかの電磁干渉の発生が確認された．WLANおよびTD-LTEについて，最大影響発生距離は28cmおよび45cm，最大カテゴリは5および4であった．ただし，WLANのうち，端末実機でも電磁干渉が発生した医療機器は1台だけであり，実際のWLAN製品で電磁干渉が発生する可能性は非常に小さいものと考えらえる．

3.3 5G候補周波数

比較的電磁干渉の発生しやすいものを中心に選択した医療機器のうち，3.7GHz帯および4.5GHz帯ではおおむね2割で何らかの電磁干渉の発生が確認された．最大影響発生距離はそれぞれ40cmおよび14cm，最大カテゴリは共に4であった．28GHz帯については，電磁干渉の発生がなかった．

4. あとがき

本稿では，携帯電話・スマートフォンの発する電波に関する医療機器への電磁干渉調査について解説した．本調査の結果は，電波環境協議会の指針策定およびその有効性の裏付けに寄与しており，長らく携帯電話の使用が原則禁止されていた医療機関においてこれを緩和し携帯電話・スマートフォンの使用を可能とするための礎となっている［6］．5Gを含めたその他の無線システムについても調査を進めており，今後，医療機関内で携帯電話・スマートフォンの安心・安全な利用を可能とすることで，医療分野の課題をICTで解決する世界の実現に寄与していく．

文　献

［1］ 野島，ほか：“移動通信におけるEMC，”本誌，Vol.5, No.4，pp.6-14，Jan. 1998.

［2］ 不要電波問題対策協議会（現，電波環境協議会）：“医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末等の使用に関する指針，”1997年.

［3］ 総務省：“電波の医用機器等への影響に関する調査研究報告書，”Mar. 2002年.

［4］ S. Ishihara, J. Higashiyama, T. Onishi, Y. Tarusawa and K. Nagase: “Electromagnetic Interference with Medical Devices from Third Generation Mobile Phone Including LTE,” EMC'14/Tokyo, 14P1-H6, May, 2014.

［5］ K. Nagase, S. Ishihara, J. Higashiyama, T. Onishi and Y. Tarusawa: “Electromagnetic interference with medical devices from mobile phones using high-speed radio access technologies,” IEICE ComEX, Vol.1, No.6, pp.222-227, 2012.

［6］ 電波環境協議会：“医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書，”Aug. 2014.

［7］ 電波環境協議会：“医療機関における携帯電話等の使用に関する指針―医療機関でのより安心・安全な無線通信機器の活用のために―，”Aug. 2014.

*6 PAPR：ピークの大きさを示す指標であり，平均信号電力に対するピーク信号の電力の比を指す．

Topics

ガススマートメータ向け低消費電力技術対応LTE通信端末の開発

ソリューションサービス部　長坂（ながさか） 豪士（つよし）　石田（いしだ） 正徳（まさのり）　矢葺（やぶき） 匠吾（しょうご）　小野川（おのがわ） 雅士（まさし）

ガススマートメータは，エネルギー使用量の見える化，緊急時の閉栓やアラーム通知，さらには柔軟な料金設定といった消費者サービス向上のための基盤である．また，マンションのオートロック化により検針員が立ち入れないなどの検針業務における課題の解決や，コスト削減のための業務効率化・設備構築の合理化といった事業者側のニーズもあり，これらに基づきガススマートメータの導入が進められている［1］．

現在都市ガス業界では，「Uバス」および「Uバスエア」と呼ばれる新技術がテレメータリング推進協議会によって標準化され，その導入が進められている．

・Uバスは，従来の通信仕様に比べて高速なパケット通信が可能であり，ガスメータや各種センサ，ガス機器（警報器，燃焼機器など）とセンターシステム*1との接続を容易にする次世代の通信インタフェースである．これにより，サービス向上（エネルギー使用量の見える化・遠隔での開閉栓）が期待できる．

・Uバスエアは920MHz帯を使用した近距離無線通信方式であり，ガスメータ間をマルチホップ通信*2により中継することが可能である．この方式を用いることで広域通信ネットワークのカバーエリアから外れたガスメータなどへの接続が可能になる．

ガススマートメータシステムを実現するためには，上記のUバス，Uバスエアによって構成されたネットワークに接続する広域端末と呼ばれる機器と，センターシステムに接続する広域通信ネットワークと呼ばれるネットワークが必要となる（**図1**）．

広域端末は，他のガス機器と同様10年間稼働する耐久性，ならびにUバス，Uバスエアで収容される多数の機器のデータ通信を中継する能力が期待される．しかしながら，屋外設置などにより安定的な電源供給が困難な場合があるため，電池で駆動する必要があり，10年間稼働するためには，広域通信ネットワークで使用する通信方式の低消費電力化が必須条件となる．

また，一般消費者に対して安心・安定したサービスを提供するためには，検針データをセンターシステムに送る上り通信だけでなく，メータの遠隔開閉栓などの下り通信のニーズを満たす必要があり，省電力かつ双方向通信を高い通信成功率で実現する必要がある．

⑴LPWA技術による課題解決

前述の課題を低コストで解決する方法として，LPWA（Low Power Wide Area）と呼ばれる技術が注目されている．一般的なIoT（Internet of Things）*3機器は，スマートフォンのような通信端末と異なり，端末からの上り通信頻度が少なく（1日に1回程度），かつ一度に送るデータ量も非常に小

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

＊1　センターシステム：ガスメータなどの機器や取得したデータを管理する装置．

＊2　マルチホップ通信：通信端末同士が直接的に通信を行うだけでなく，複数の通信端末が多段で接続されたネットワークにおいて，それら複数の端末により通信を中継し，離れた端末同士でもデータのやり取りを可能とする通信方式．

さい．LPWAは，送受信するデータ量が小さい代わりに，低消費電力で広域をカバーするIoTデバイス向けのデータ通信の技術であり，ガススマートメータの求める要件を満たしている．

ガススマートメータ案件を含むIoT分野の需要拡大を受け，標準化団体3GPP（3rd Generation Partnership Project）では，2016年に策定されたLTE Release13においてIoT機器向けの仕様を新たに規定した．eDRX（extended Discontinuous Reception）は，LPWAの1つとしてRelease13で新たに規定された技術である［3］．従来のDRXは間欠的な信号受信により，受信していない期間に端末内の通信機能をスリープ状態にすることで消費電力を抑える技術であったが，eDRXではその間欠受信間隔を大幅に延長することで，さらなる省電力化が期待される（**図2**）．

(2)ガススマートメータ向け低消費電力通信端末概要

ドコモは，これまで提供してきた安定した通信基盤を基に，都市ガス各社などと共同で，ガススマートメータ向けの低消費電力技術eDRX対応LTE通信端末を開発した．端末の外観を**写真1**に示す．

LTEモジュールには，前述の通り広域端末が少量のデータ通信を想定していることを考慮し，スマー

＊3　IoT：さまざまな「モノ」がインターネットに接続し，情報交換をすることにより相互制御を行う仕組み．

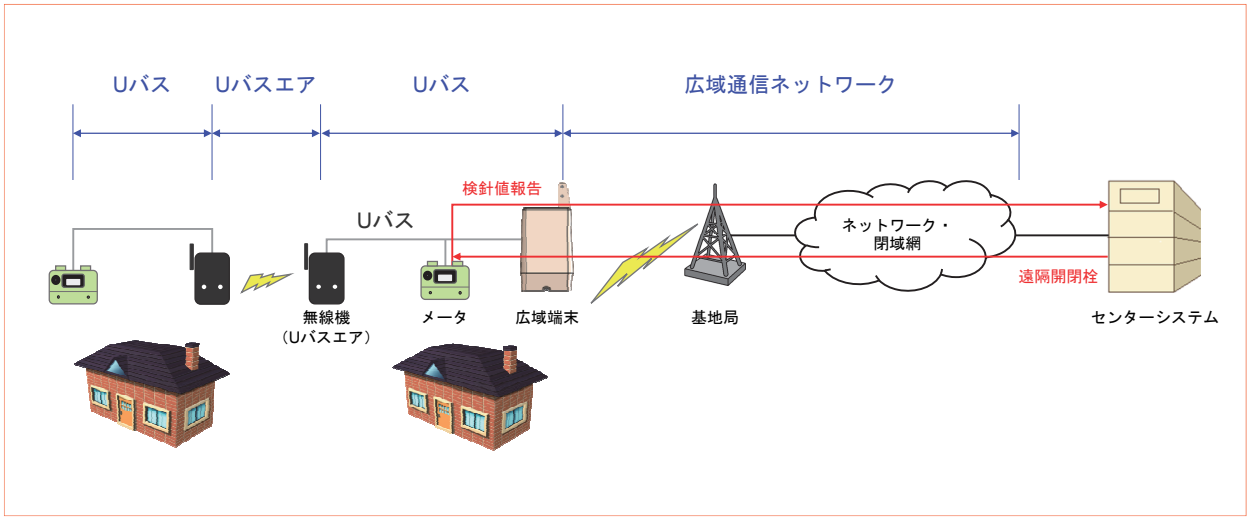


図1　ガススマートメータシステムの概要

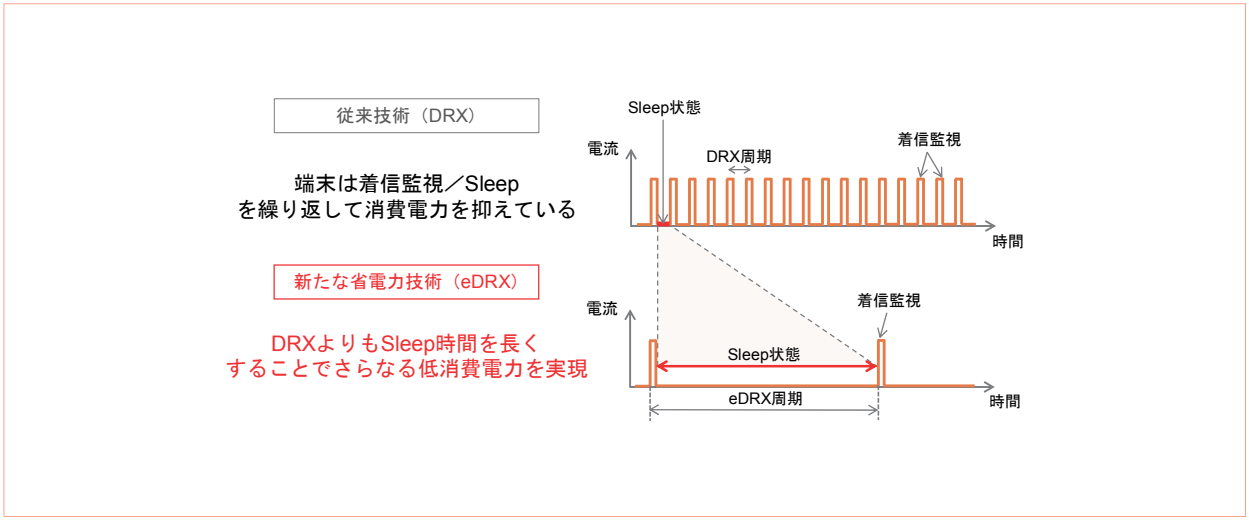


図2　eDRX概要

トフォンで利用されるUE Category*4に比べて消費電力およびチップコストの削減が期待できるCategory 1を採用している．新たに開発した低消費電力UIM（User Identity Module）*5を利用した試作機において，間欠受信間隔を81.92秒（＝eDRX適用）にすることで，従来のUIMかつ間欠受信間隔が1.28秒（＝eDRX非対応）の場合に比べ90％以上の消費電力削減が確認できており［4］，これにより電池駆動で10年以上の稼働と，電池本数削減による低価格化が期待される．

なお，広域端末導入後の課題として，端末機能の追加や変更が発生した場合，端末回収が必要となり，運用に影響を及ぼす可能性がある．

この課題を解決するために，本端末はセンターシステムからファームウェアを更新する機能（遠隔ファームウェア更新機能）を具備している．これにより柔軟な機能追加・変更が可能となり，ガススマートメータシステムとしての機能拡充を図ることができる．

また，センターシステムから端末を一度に制御する場合，端末が密に設置されているエリアにおいてはトラフィックの増大による通信時間の増加，それに伴う消費電力の増加が懸念されるため，各端末の在圏情報などを取得し，地理的に分散して更新を行うことにより，円滑な制御が可能となる（**図3**）．

⑶今後の取組み

都市ガス会社の検針業務自動化に向けて，このeDRX対応通信端末，および通信システムの性能・有効性を2017年度から2018年度にわたり評価する．具体的には，2017年度に50世帯，2018年度に500世帯の戸建て，集合住宅に対して試験用ガスメータおよびeDRX対応端末を設置し，通信成功率や通信所

写真1　広域端末外観

＊4　UE Category：端末の通信性能を表す指標．
＊5　UIM：加入者を特定するための情報が記録されたカード．

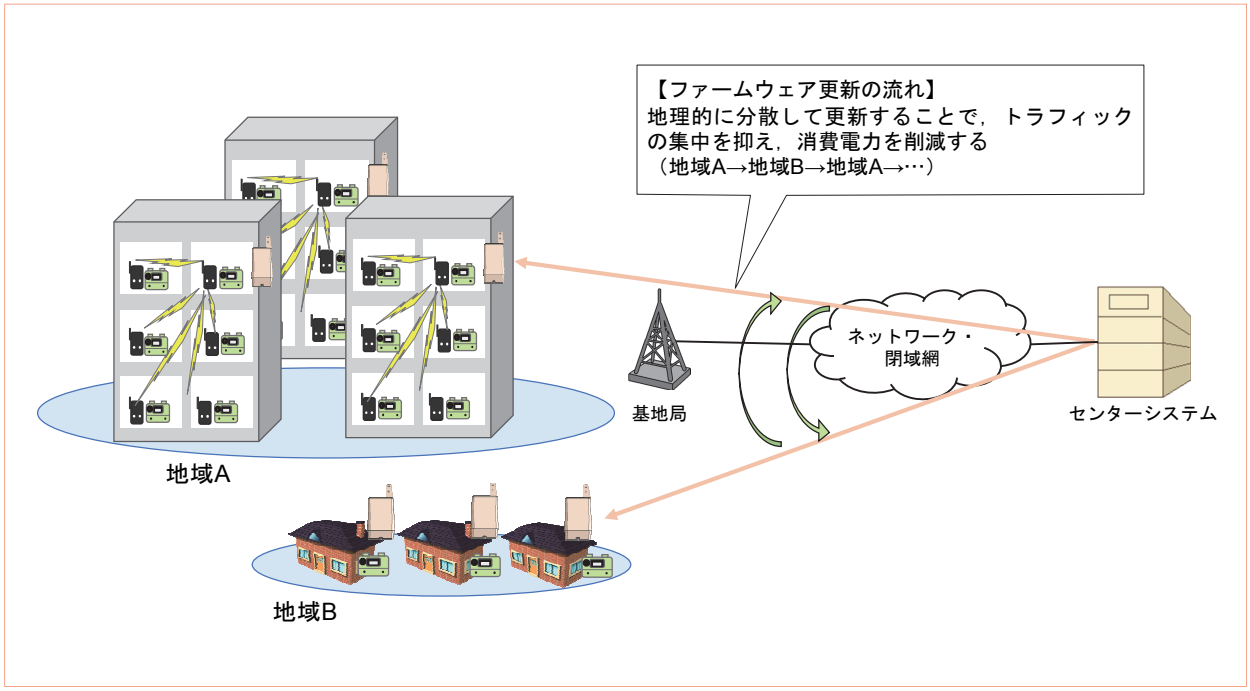


図3　ファームウェア更新概要

要時間，消費電力に関する評価を，実際のLTEネットワークで行う［5］．

また，3GPPのRelease13では新たにCategory M1，Category NB1と呼ばれるUE Categoryがサポートされた［3］．これらは端末の送受信帯域幅を制限することによりLTEモジュールの消費電力・コスト低減が期待できる技術である．今後はそれらを利用した端末のさらなる消費電力の削減，それに伴う電池本数削減による低価格化に向けて，Category 1での実証実験と並行してCategory M1やCategory NB1での検証を検討していく予定である．

また，都市ガス以外の業界では，スマートメータ用通信端末に対するお客様のニーズが大きく異なる．例えば，LPガス業界では，ガスボンベ内のガスが切れる前にボンベを交換する必要があるが，その交換周期は検針員の経験に依存している．LPWAの技術を用いて，ガスボンベ内に残留するガスの量をリアルタイムに収集し，さらにはAIを活用し収集した情報から交換周期を最適化することで，業務効率化による稼働削減も考えられる．このように，現在提供中のガススマートメータの安定した稼働をめざすだけでなく，お客様の抱えるさまざまな課題を解決していけるよう取組みを推進していく．

文　献

［1］ 経済産業省・資源エネルギー庁　電力・ガス事業部：“スマートメーターをめぐる現状と課題について，”May 2010.
http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100526a04j.pdf

［2］ NPO法人テレメータリング推進協議会：“新しいテレメータリング通信方式　～Uバス・Uバスエアーの標準化～．”
http://www.teleme-r.or.jp/u-bus/outline/contents.html

［3］ 武田，ほか：“LTE Release 13におけるIoTを実現する新技術，”本誌，Vol.24，No.2，pp.38-49，Jul. 2016.

［4］ NTTドコモ報道発表資料：“IoT通信機器の消費電力を約5分の1に低減するeDRX技術を提供開始，”Sep. 2017.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/09/26_01.html

［5］ NTTドコモ報道発表：“（お知らせ）ガススマートメーター向けに低消費電力技術「eDRX」対応LTE通信端末を開発し，実証実験を開始，”Nov. 2017.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/11/09_00.html

「ワイヤレス・テクノロジー・パーク2018」出展

2018年5月23日（水）～25日（金）の3日間にわたってドコモは，東京ビッグサイト®*1で開催された「ワイヤレス・テクノロジー・パーク2018（WTP2018）」[1]に出展を行いました．ワイヤレス・テクノロジー・パークは，国内最大級のワイヤレス専門イベントであり，ドコモはこれまでにも毎年研究開発の成果を出展しています．会場には国内外の企業や大学，報道機関などから3日間で計12,357名の方が来場されました．

開催日の午前には，基調講演「5G，IoT，AIで拓くFUTURE SOCIETY」における「5G最前線！リーダーズ・ビジョン」として，ドコモからは吉澤 和弘代表取締役社長が「5Gでより豊かな未来を「beyond宣言」」と題した講演を行いました．この講演は開催前の事前聴講申込みの段階で満員となるほど注目度が高く，当日は報道関係者も多数集まりました．

通常展示としては，「ネットワーク高度化の取り組み」「VTOL型セルラードローン®*2による映像伝送」「ロケーションネット®*3」の3つの展示を行い，

写真1　吉澤 和弘社長による基調講演

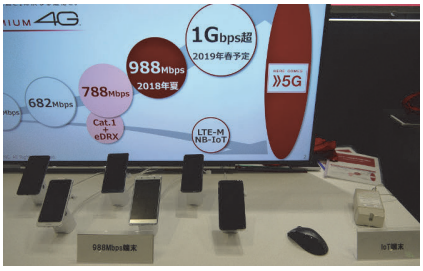


写真2　展示「ネットワーク高度化の取り組み」

写真3　展示「VTOL型セルラードローン」

写真4　展示「ロケーションネット」

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

＊1　東京ビッグサイト®：東京都の登録商標．
＊2　セルラードローン®：㈱NTTドコモの登録商標．
＊3　ロケーションネット®：㈱NTTドコモの登録商標．

現行のネットワークで速やかに提供可能な新しいインフラやサービスについて紹介を行いました．

さらにWTP2018内で各社・各団体が参加するパビリオンとして，国内最大の5G関連の専門イベント「5G Tokyo Bay Summit®*4 2018」を開催しました．ドコモは昨年に引続き，イベントの企画運営に携わるとともに，セミナー講演やパビリオン出展を行いました．

5G Tokyo Bay Summitのセミナーに関して，ドコモからは2種類の対応を行いました．まずセミナー「5G時代のコネクテッド・カー展望と取り組み」では，5G推進室 岩村 幹生主幹研究員が「5Gコネクテッドカーの展望と課題」について講演を行いました．またセミナー「5Gに向けたNTTドコモの取り組みと展望」では，中村 武宏5G推進室長によるモデレートの中，「ドコモが描く5Gビジョン」（中村 寛R&Dイノベーション本部長），「5Gに向けたドコモのネットワーク戦略」（杉山 一雄ネットワーク開発部長），「パートナーとの協創によるAIサービスの進化」（大野 友義R&D戦略部長兼イノベーション統括部長），「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」（三ケ尻 哲也ソリューションサービス部長）といった幅広い講演が行われました．これらは5Gに関する最新の情報が入手できる好機であったため，多くの来場者が立ち寄り，講演に聞き入っていました．

また5G Tokyo Bay Summitの展示では，ドコモが研究開発を進めている5Gに関する合計27件の展示を行いました．これらの多くはパートナーとなる企業や大学と協調して進めているものです［2］～［5］．このように多彩なパートナーと連携した取組み状況を紹介することで，5Gの世界が現実に近づいていることをお客様に伝えることができました．

期中を通じてパビリオン内は来場者で常に満員となり，5Gへの期待が昨年以上に高まっていることがうかがえました．今年のワイヤレス・テクノロジー・パーク2018は，この様にして盛況のうちに幕を閉じました．

＊4　5G Tokyo Bay Summit®：㈱NTTドコモの登録商標．

写真5　大野 友義部長による講演

写真6　Newコンセプトカート

写真7　電波ビジュアライザ

文　献

［1］ ワイヤレス・テクノロジー・パーク2018ホームページ. https://www.wt-park.com/

［2］ NTTドコモ報道発表資料：“海上で5G技術を使った4K映像伝送に成功,” May. 2018. https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_180521_02.pdf

［3］ NTTドコモ報道発表資料：“世界初の「360度対応5Gリアルタイム電波ビジュアライザ」を開発,” May. 2018. https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_180522_00.pdf

［4］ NTTドコモ報道発表資料：“5G技術の発展に向けた世界初39GHz帯での無線アクセスバックホール統合伝送の屋外実験に成功,” May. 2018. https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_180522_01.pdf

［5］ NTTドコモ報道発表資料：“基地局間協調ビームフォーミングを用いた干渉低減による複数移動局への5G無線通信を実現,” May. 2018. https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2018/05/23_00.html

平成30年春の褒章において「紫綬褒章」を受章

平成30年春の褒章において，尾上 誠蔵 元・ドコモ取締役常務執行役員・CTO†が「第3世代・第4世代携帯電話システムにおける無線アクセス制御技術の開発」により紫綬褒章を受章しました．

紫綬褒章は，科学技術分野における発明・発見や，学術およびスポーツ・芸術文化分野における優れた業績を挙げた個人に授与されるものです．

移動通信は，日本では1979年に導入が開始されましたが，それ以降コンピュータとインターネットの利用が拡大する中で，2000年代に向けて高速なデータ伝送と周波数利用効率の向上を図りながら，世界中で同じ方式による相互利用が可能となる第3世代移動通信システム（以下，3G）の実現が求められていました．またその後，携帯電話が社会インフラ化する中で，増加し続けるトラフィックに対応すべく，2010年代に向けてさらなる高速・大容量化を図った第4世代移動通信システム（以下，4G）の実現ならびに円滑な世代移行が求められていました．

このような課題に対して，尾上は3Gである国際標準規格IMT-2000（W-CDMA）の実現に際し，柔軟な基地局のエリア展開を可能とする，新たな無線アクセス制御技術を開発しました．また4Gである国際標準規格IMT-Advanced（LTE/LTE-Advanced）の実現に際しては，世代が異なる基地局間（3G⇔4G）で移動した際にも，通信の途切れを生じさせない仕組みを開発しました．

これらの開発により，3G，4Gの国内外における実現・普及に寄与し，スマートフォンでの快適な通信が可能になるなど，国民生活の利便性向上に貢献し，その業績が評価され，今回の受賞となりました．

† 現在，ドコモ・テクノロジ株式会社 代表取締役社長

2017年度電子情報通信学会　フェロー称号受贈

R&Dイノベーション本部長の中村 寛は，2018年3月22日に開催された電子情報通信学会のフェロー贈呈式において同学会よりフェローの称号を贈呈されました．本称号は電子情報通信学会への貢献が大きく，かつ学問・技術または関連する事業に関して功績が認められた者に対して贈呈されるものです．2017年度は29名がフェローの称号を贈呈されました．

本贈呈は，「第3・第4世代携帯電話及びVoLTEシステムの研究開発と標準化の推進」の貢献が認められたものです．中村は入社以来，一貫して移動通信分野の研究開発に従事し，近年においては，その卓越した技術力・指導力により，第3世代から第4世代に至る移動通信システムおよびLTEネットワークにおける音声通信システム「VoLTE（Voice over LTE）」の研究開発および国際標準化，並びに実用化を成し遂げてきました．

具体的には，第3世代移動通信システムの実現に向け，1つの移動端末が世界中どこでも使用できる世界標準に準拠した新しい移動通信方式とするべく，第2世代移動通信システムのGSM（Global System for Mobile Communications）/GPRS（General Packet Radio Service）のコアネットワークをベースとして，そこに第3世代移動通信システムの国際標準化された機能を追加すること，およびIMT-2000（International Mobile Telecommunications-2000）の基盤技術として適用されているAAL2（ATM*1 Adaptation Layer type 2）*2の標準化を推進することでIMT-2000を完成させるに至りました．

また，第4世代移動通信システムの実現に向けては，第3世代移動通信システムのさらなる能力向上と第4世代移動通信システムへの円滑な移行を狙ったSuper3Gコンセプト（第3.9世代移動通信システム）を打ち出し，特に新たなコアネットワーク規格であるSAE（System Architecture Evolution）*3の設計，標準化に向けた技術規格の提案，移動通信用コアネットワーク装置の開発・実用化を推進し，LTEを完成させるに至りました．

さらには，LTEネットワークにおける音声通信システム（VoLTE）の実現に向けて，業界標準仕様の策定活動にて日本市場の要求条件の入力を成功させるとともに，スマートフォン，無線アクセスネットワーク，コアネットワークすべての開発にかかわる大規模開発プロジェクトを統括して，VoLTEを完成させるに至りました．

これらの研究開発と標準化，並びに実用化を通じて多くの世界トップレベルの技術的成果を上げ，移動通信分野，電子情報通信分野の発展への極めて大きな貢献が今回の贈呈に繋がりました．

＊1　ATM：Asynchronous Transfer Modeの略．セルと呼ばれる固定長のフレームを逐次転送する通信方式．
＊2　AAL2：ATMレイヤと自身の上位層とを適合させるアダプテーション層のタイプの1つ．
＊3　SAE：3GPPにおけるevolved GSMコアネットワークの発展系列の作業名称．E-UTRANの収容を対象とし，さらにすべてのサービスをIP上で実現することを前提としている．SAEにて検討された仕様はEPCと呼ばれる．

平成30年度科学技術分野の文部科学大臣表彰「科学技術賞（開発部門）」受賞

2018年4月17日に行われた平成30年度科学技術分野の文部科学大臣表彰において，ネットワーク開発部の杉山 一雄，無線アクセス開発部の前原 昭宏，移動機開発部の二方 敏之の3名は，「世界を牽引した高音質かつ高効率なVoLTEの実用化開発」への功績により「科学技術賞（開発部門）」を受賞しました．科学技術分野の文部科学大臣表彰とは，「科学技術に関する研究開発，理解増進等において顕著な成果を収めた者について，その功績を讃えることにより，科学技術に携わる者の意欲の向上を図り，もって我が国の科学技術水準の向上に寄与することを目的とする」もので，この中で科学技術賞（開発部門）とは，「我が国の社会経済，国民生活の発展向上に寄与し，実際に利活用されている（今後利活用が期待されるものを含む）画期的な研究開発若しくは発明を行った者を対象」とするもので，文部科学大臣から授与されます．

ドコモは，平成25年度に「S帯を用いる国内衛星移動通信システムの高度化に関する開発」，平成26年度には「標準化活動への貢献を含むLTEシステムの開発」，平成27年度には「ISDB-Tmmマルチメディア放送方式の開発」，平成28年度には「音声エージェントサービスの開発」により本賞を4年連続で受賞した実績があります．

受賞の対象となった「世界を牽引した高音質かつ高効率なVoLTEの実用化開発」では，国際標準化機関（3GPP）において，高効率でQoSを保証した音声伝送を実現できるVoLTE（Voice over LTE）と，従来の3G方式のエリアへ移動しても音声が途切れなく継続可能なSRVCC（Single Radio Voice Call Continuity）の仕様策定を世界的にリードしました．また，本開発により，従来と同等以上のエリアを確保しながら，音声の伝送効率向上と品質保証を実現することが可能となり，VoLTEの周波数利用効率は3G方式に比べ約3倍に向上しました．本成果は，国際標準規格として結実しており，日本のみならず世界的な観点で，限りある資源である周波数を有効に活用できる，質の高い音声サービスの提供に寄与していることが認められ，今回の受賞となりました．

賞状
科学技術賞
開発部門
杉山一雄 外二名 殿
本業績は平成三十年度科学技術分野の文部科学大臣表彰において審査の結果我が国の科学技術の振興発展に顕著な貢献をされたと認められましたのでこれを賞します
平成三十年四月十七日
文部科学大臣 林 芳正

賞状
科学技術賞
開発部門
前原昭宏 外二名 殿
本業績は平成三十年度科学技術分野の文部科学大臣表彰において審査の結果我が国の科学技術の振興発展に顕著な貢献をされたと認められましたのでこれを賞します
平成三十年四月十七日
文部科学大臣 林 芳正

賞状
科学技術賞
開発部門
二方敏之 外二名 殿
本業績は平成三十年度科学技術分野の文部科学大臣表彰において審査の結果我が国の科学技術の振興発展に顕著な貢献をされたと認められましたのでこれを賞します
平成三十年四月十七日
文部科学大臣 林 芳正

第63回「前島密賞」受賞

ネットワーク部の橋本 明は，「ITU-Rを通じた地上無線通信システムの国際標準化に関する貢献」，無線アクセス開発部の河原 敏朗，ネットワーク部の古川 憲志，移動機開発部の橋本 研司は，「FDD方式とのCA（キャリアアグリゲーション）を実現した3.5GHz帯TD-LTEサービスの実用化」への功績が認められ，2018年4月10日に公益財団法人通信文化協会より第63回「前島密賞」を受賞しました．

前島密賞とは，逓信事業の創始者「前島 密」氏の功績を記念し，情報通信および放送の進歩発展に著しい功績があった者に，公益財団法人通信文化協会より授与されるものです．ドコモは，昨年の「効果的なLTE-Advancedの展開を実現する高度化C-RANの実用化」に続いての連続の受賞となりました．

「ITU-Rを通じた地上無線通信システムの国際標準化に関する貢献」により受賞した橋本は，1980年以来，ITU無通信部門（ITU-R：International Telecommunication Union-Radio communication sector）会合へ日本代表として参加し，無線通信分野における国際標準化の第一線にて活躍するとともに，多数の議長職を務め，我が国の国際競争力の向上に大きく貢献しました．2007年にはITU-Rで最大のグループとなる第5研究委員会が設立されると初代議長に選任され，LTE/LTE-Advancedに代表される第4世代移動通信システム（4G）の無線インタフェースの詳細仕様のITU-R勧告採択を実現することで，携帯電話システムのさらなる高度化を主導し，発展途上国を含む世界中の人々の生活の利便性向上に貢献しました．特に，2007年に行われた世界無線通信会議（WRC（World Radiocommunication Conference）-07）では，世界の周波数分配を決める重要なCommittee5の議長として采配し，各国の意見を纏めた功績は大きく，今回の受賞へと繋がりました．

また，「FDD方式とのCA（キャリアアグリゲーション）を実現した3.5GHz帯TD-LTEサービスの実用化」により受賞した河原，古川，橋本は，新規に割り当てられた3.5GHz TDD（Time Division Duplex）バンドを効率的に導入・展開することを目的に，既存のFDD（Frequency Division Duplex）バンドと高度な連携を可能とするTDD-FDD CAの標準化を実現し，3.5GHz TDD方式とFDD方式のCAによる日本初のサービスを実用化しました．さらに，基地局の無線ベースバンド部と無線部の間において，光デジタル信号を分配するフロントホール分配装置を実用化することで，CAによる高速化に加え，通信が混雑するエリアへのスモールセルの配置による効果的な大容量化を可能とし，モバイルネットワークにおけるリッチコンテンツの利用促進など，新たな市場の拡大に貢献した功績が認められ，今回の受賞となりました．

News

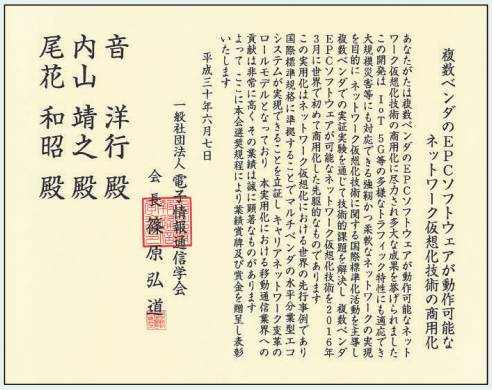
電子情報通信学会　第55回「業績賞」受賞

2018年6月7日に一般社団法人電子情報通信学会より，R＆D戦略部の音 洋行，ネットワーク開発部の内山 靖之，NTT未来ねっと研究所の尾花 和昭氏は，「複数ベンダのEPCソフトウェアが動作可能なネットワーク仮想化技術の商用化」の功績により業績賞（ロ）項（実用化）を受賞しました．

業績賞（ロ）は電子工学および情報通信に関する新しい機器，または方式の開発，改良，国際標準化でその効果が顕著であり，近年その業績が明確になったものに対して贈られるものです．

業績賞（ロ）項（実用化）受賞の対象となった「複数ベンダのEPCソフトウェアが動作可能なネットワーク仮想化技術の商用化」は，大規模災害にも強い社会インフラとしての信頼性を確保し，産業のデジタル変革を支える通信インフラとして，いつでも繋がる移動通信ネットワークサービスをリーズナブルなコストで提供するために，通信キャリアのネットワークに仮想化技術を適用するネットワーク仮想化を商用化したものです．受賞した音，内山，尾花氏は，ネットワーク仮想化技術に関する国際標準化活動を主導し，複数ベンダでの実証実験を通じて技術的課題を解決することで，複数ベンダのEPCソフトウェアが動作可能なネットワーク仮想化技術を2016年3月に世界で初めて商用化しました．

この商用化はネットワーク仮想化における，世界の先行事例であり，国際標準規格に準拠することでマルチベンダの水平分業型エコシステムが実現できることを立証するなど，本商用化による移動通信業界への貢献は非常に高く，その業績は誠に顕著であることが評価され，今回の受賞となりました．


複数ベンダのEPCソフトウェアが動作可能なネットワーク仮想化技術の商用化

あなたがたは複数ベンダのEPCソフトウェアが動作可能なネットワーク仮想化技術の商用化に尽力され多大な成果を挙げられました
この開発は1G5G等の多様なトラフィック特性にも適応でき大規模災害等にも対応できる強靭かつ柔軟なネットワークの実現を目的に ネットワーク仮想化技術に関する国際標準化活動を主導し複数ベンダでの実証実験を通じて技術的課題を解決し 複数ベンダEPCソフトウェアが可能なネットワーク仮想化技術を2016年3月に世界で初めて商用化した先駆的なものであります
この実用化はネットワーク仮想化における世界の先行事例であり国際標準規格に準拠することでマルチベンダの水平分業型エコシステムが実現できることを立証し キャリアネットワーク変革のロールモデルとなっており 本実用化における移動通信業界への貢献は非常に高く その業績は誠に顕著なものがあります
よって ここに本会選奨規程により業績賞牌及び賞金を贈呈し表彰いたします

平成三十年六月七日

一般社団法人 電子情報通信学会
会長 篠原弘道

音 洋行 殿
内山 靖之 殿
尾花 和昭 殿

第46回「日本ITU協会賞」受賞

2018年5月17日の「第50回世界情報社会・電気通信日のつどい」において，ネットワーク開発部の榮 浩三とR＆D戦略部（北京研究所）の陳 嵐が，日本ITU協会賞「功績賞」，移動機開発部の原田 浩樹と無線アクセス開発部の内野 徹，ネットワーク開発部の阿部 元洋が日本ITU協会賞「奨励賞」を受賞しました．功績賞は，世界情報社会サミットにおける基本宣言および行動計画の実現および国際標準化，国際協力に関するITUなどの活動または我が国のITUなどに関連する諸活動に貢献し，その他情報通信および放送の発展に寄与し，その功績が著しい者に贈られます．また，奨励賞は，功績賞に該当する諸活動にすでに参加し，今後これらの領域において継続して寄与することが期待される者に贈られます．

榮は，ITU-Tにおいて，オペレータ要求条件に基づくSDH（Synchronous Digital Hierarchy）*1/ATM（Asynchronous Transfer Mode）*2伝送装置管理用情報の定義，管理インタフェースの高機能化に貢献し，またETSI（European Telecommunications Standards Institute），3GPP（3rd Generation Partnership Project Long Term）ではMANO（Management and Orchestration）*3を用いた仮想化網管理の効率化，高機能化と両団体間の仕様作成における連携に貢献した功績が認められ，功績賞を受賞しました．

陳は，3GPP標準化活動を中心に従事し，世界各国で導入が進む5G New RadioおよびeLTE（enhanced LTE）技術の仕様作成に大きく貢献し，4.8～5.0GHzの中国5G周波数帯への盛込みを促進し，日中共通周波数帯ハーモナイゼーションを推進した功績が認められ，功績賞を受賞しました．

原田は，3GPP標準化において，LTE/LTE-Advancedのスモールセル向け拡張技術やアンライセンスバンド利用技術，5Gの無線アクセス技術における技術議論を主導するなど，世界的に注目度・期待度の高い技術仕様の早期策定に貢献し，今後もモバイル技術・産業の発展に寄与することが期待され，奨励賞を受賞しました．

内野は，LTE-Advanced，IoT，および5Gの標準化において，無線I/Fプロトコルの技術議論を主導して仕様策定を行うとともに，ラポータなどのとりまとめ役を務め，3GPP標準化に多大に貢献し，今後上位のサービスも意識した技術提案，交渉にリーダーシップを期待され，奨励賞を受賞しました．

阿部は，VoLTEローミング方式の標準仕様策定を主導し，GSMA（Global System for Mobile communications Association）にてM2M（Machine to Machine）に特化したローミングガイドラインの提案や，固定網と移動網の接続を検討するグループの議長として標準化に貢献しました．また，今後IoT（Internet of Things）分野，5Gなどの次世代ネットワークへの国際標準化活動への貢献を期待され，奨励賞を受賞しました．

＊1　SDH：CCITT（現ITU-T）にて標準化された，同期伝送網のデジタル多重化階梯に関する国際規格．
＊2　ATM：セルと呼ばれる固定長のフレームを逐次転送する通信方式．
＊3　MANO：欧州電気通信標準化機構によって定められた仮想資源マネジメント機能の総称．

NTT DOCOMO
テクニカル・ジャーナル　Vol.26 No.2

平成30年７月発行

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

発　行　一般社団法人 電気通信協会
〒101-0003
東京都千代田区一ツ橋 2-1-1
如水会ビルディング6階
TEL. 03-3288-0608

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

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

ⓒ 2018 NTT DOCOMO, INC.