

NTT DOCOMO

# テクニカル・ジャーナル

Technical Journal

vol.24 No.4 | Jan.2017

## DOCOMO Today

- Clean slateから創る新しいネットワーク

## Technology Reports

- セルフ健康管理への生体ガス計測の応用展開
- 自然な動作でタップレスな電話操作を実現！  
—スグ電機能の開発—

## Collaboration Projects

- OSバージョンアップ時の  
アプリケーション試験効率化

# Clean slateから創る新しいネットワーク



先進技術研究所 所長

たきた わたる  
滝田 亘

ネットワーク関係の研究開発で「次世代」や「新世代」という言葉を耳にされた方は多いと思います。ネットワークに限らずいろいろな業界で現状からの進化を示すためにしばしば使われていますが、これらの言葉は存在しないものを新たに創造する場合には、使うことはできません。しっかりとした技術基盤があり、長期間進化し続けているという状況があってのことでしょう。一方、そうした確固たる技術基盤に立脚した研究開発は、しばしば既存技術との互換性やそれからの移行を重視することになり、破壊的な新技術の創造が難しい状況も作り出します。2000年代となり成熟期を迎えたインターネット技術の研究開発も、そうした停滞感に苛まれる状況に至っていました。そこで既存との互換性や移行に縛られることなく、Clean slate（白紙の状態）からインターネット技術を研究開発しようとの活動が始まりました。まず、米国でClean slateを標榜したNSF（National Science Foundation）<sup>\*1</sup>の大規模な研究開発プロジェクトが2005年頃から開始され、その後、この新たな取組みが世界中に拡大して行きました。

白紙から新しい技術を創り上げる検討は、研究者にとって大変魅力的な活動と思いますが、その初期段階は順調とは程遠く、5年間位は多様な可能性を模索しつつも方向感なくいろいろな研究が行われていました。既存技術の課題解決を狙った研究の多くは、実際の利用者から提起された具体的な

課題や要望ではなく、研究者が想像するものを対象としていましたので、こうした状況に至っていたのだと思います。2010年頃、この混迷した状況に救いの手（具体的な課題とその解決の要望）が差し伸べられました。Cloud（以下、クラウド）です。多数のコンピュータをネットワークで接続して運用するクラウドは、当時急速にその規模を拡大し、かつてない規模の巨大システムとなっていました。しかし、そこで使われていたインターネット機器（ルータなど）は、従前どおりブラックボックスのままで、クラウドの運用者は自由に制御できないことに不満を抱き、解決策を模索していました。そこに上手く合致したのが、制御と転送の機能分離により制御のプログラム性向上を狙うSDN（Software-Defined Networking）<sup>\*2</sup>でした。クラウドを題材にSDNの検討は具体化、そして加速し、スタートアップを含むネットワーク機器ベンダや通信事業者が続々と参入していました。数年を経ずしてネットワーク技術の大きな潮流となったSDNの流れを受け2012年にはネットワークノードシステムの仮想化を対象としたNFV（Network Functions Virtualisation）<sup>\*3</sup>の標準化がETSI（European Telecommunications Standards Institute）<sup>\*4</sup>で開始されました。ドコモはこれら一連の研究開発や標準化に携わって数多くの寄与を行っており、その結果としてNFVに準拠したネットワークノードシステムを2016年3月に商用導入しています。

現在、多くの人たちが考える新しいネットワークは5G（第5世代）、本来は無線アクセスの進化を示す言葉ですが、昨今ではネットワーク全体の進化に拡大して使われることも多いと思います。この新しいネットワークに向けた検討でも、Clean slateから考えることでさまざまな可能性を示しつつも方向感が定まらないものがあります。幸いにして、SDNにおけるクラウドと同様に新しいネットワークの研究開発を方向付けると期待されるエンドシステムの変化が、IoT（Internet of Things）<sup>\*5</sup>とAI（Artificial Intelligence）の産業応用の急速な進展により起こりつつあります。5Gの商用サービス開始を見込む2020年に向け、これらと呼応し新たなネットワーク技術を大きな流れとして創り上げていきます。

<sup>\*1</sup> NSF：アメリカ合衆国の科学技術の発展のために、幅広い科学・工学分野に対して研究費交付を行っている合衆国連邦機関。多くの革新的な研究プロジェクトを支援している。

<sup>\*2</sup> SDN：ネットワーク制御機能とデータ転送機能を分離し、ソフトウェアでネットワーク制御を実現する新しいアプローチのネットワーク技術。

<sup>\*3</sup> NFV：仮想化技術を用いて通信処理機能をハードウェアに依存しないソフトウェアとして実現し、通信処理機能の動的な再構成や通信処理能力の柔軟な増減を可能とする技術。

<sup>\*4</sup> ETSI：欧州電気通信標準化機構。ヨーロッパの標準化団体。電気通信技術に関する国際標準化を行っている。

<sup>\*5</sup> IoT：さまざまな「モノ」がネットワークで接続され、実世界の状態の収集や実世界へ作用する制御が実現される形態の総称。

# Contents

## DOCOMO Today



Clean slateから創る新しいネットワーク 滝田 亘…………… 1

## 特別寄稿



雑音が叶える未来の省エネルギー 田畑 仁…………… 4

## Technology Reports

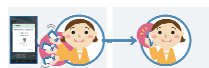


(P.6)

セルフ健康管理への生体ガス計測の応用展開…………… 6

セルフ健康管理 呼気計測装置 足裏皮膚ガス計測装置

①発信



スマートフォンを振って耳に当てて、電話をかける

(P.12)

自然な動作でタップレスな電話操作を実現！—スグ電機能の開発—…… 12

スグ電 センサ モーション

## Collaboration Projects

OSバージョンアップ時のアプリケーション試験効率化…………… 20

OSバージョンアップ テストカバレッジ ブラックボックステスト

## Topics



(P.28)

ポータブルSIM技術をパッケージ化した「PSIM Suite」  
ライセンス提供開始 ..... 28

ポータブルSIM    psim proxy    PSIM Suite

## Activities



(P.33)

「CEATEC JAPAN 2016」出展 ..... 32

「DOCOMO R&D Open House 2016」開催 ..... 33

## News



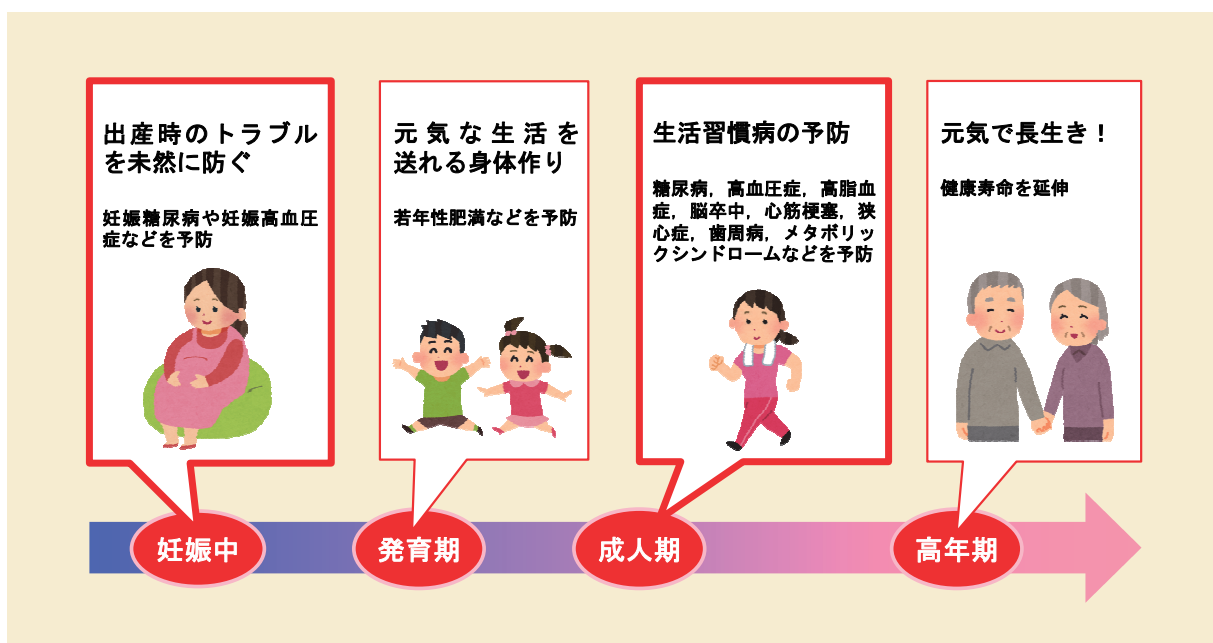
(P.35)

平成28年度工業標準化事業表彰「国際標準化奨励者表彰  
(産業技術環境局長表彰)」受賞 ..... 35

2016年度「グッドデザイン賞」受賞 ..... 36

国際会議IEEE PIMRC 2016「Best Paper Award」受賞 ..... 37

ISAP2016「Best Paper Award」受賞 ..... 38



Technology Reports セルフ健康管理への生体ガス計測の応用展開 (P.6)

健康・医療分野におけるドコモの中長期ビジョン



## 雑音が叶える未来の省エネルギー

先日、大学間研究交流の一環として南米チリ共和国を訪れた。チリは南北に4,000km以上広がる大変に細長い国であり、北部のアタカマ砂漠から、風の大地と称される南端のパタゴニア地区に至る実にさまざまな気候帯を有している。同地区に位置し南極への玄関口の1つでもあるプンタ・アレナス。美しい氷河で著名なパイネ国立公園に隣接する都市のプエルト・ナターレス。そこでは見渡す限りに広がる地平線や氷河が削り取った急峻な山と海とのコントラストがみられ、大自然に抱かれたスケールで、人間がいかに小さな存在であるかを痛切に感じさせられた。一方日本において、我々が日々の生活の中で体験している、自然に対する感覚はそれとは異なるように思う。日本人は自然のさまざまな現象や変化を敏感にくみ取り、常に身近に感じて暮らしてきた。そして我々は、自然に寄り添い、自然現象や季節の変化をわび・さび、風流として楽しむ文化を有している。

季節を表現する二十四節気の寒露の末候迎りを指す七十二候の1つに「蟋蟀在戸（きりぎりすとにあり）」の句がある。昔は「こおろぎ」のことを「きりぎりす」と呼び、虫の声を代表的な秋の風情の1つとして愉しんだ句である。しかし、川のせせらぎ、そよ風、雨しずくの音など、日本人には情緒があり風流に聞こえる音色も、西洋人には単なる「雑音」としか聞こえないようである。これは虫の音を右脳によってノイズとして処理する西洋人と、左脳により言語の一種として認識する日本人の差異であるといわれている。社内公用語に英語を採用する企業が現れ、大学ではグローバルキャンパス構想などで国際化がこれまで以上に必要とされる中、お互いの文化や習慣を理解するとともに生理学的な背景も心得て付き合う事が肝要であるといえるだろう。

この「雑音」であるが、情報エレクトロニクス分野では「ノイズ」として扱われ、不要なものとして、可能な限り排除する努力がなされてきた。ところが、バイオの世界では、この我々の生活に不可避の「雑音（ノイズ）」を、信号検出の高感度化、動作の省エ

ネルギー化の観点で極めて有効に利用している。例えばコオロギの尻尾付け根の体毛は気流などの環境雑音（エネルギー源）を利用して振動していた方が、無風環境よりも天敵のスズメバチの羽音をより敏感に察知して退避行動をとることができる。適度な「雑音」が存在する方が、むしろ危険探知能力が向上するのである。この機構は確率共鳴現象と呼ばれ、熱力学的運動方程式であるランジュバン方程式<sup>\*1</sup>のノイズ項として、熱ゆらぎ項に繰り込まれている。一般にエレクトロニクスの世界では排除すべき悪者とされている「雑音（ノイズ）」が、バイオ世界では極めて有効な信号・エネルギー源であり、自然に寄り添った生物の智慧、マイナス因子を逆に活用する生物生来の能力、まさに究極の省エネルギー機構である。

このような高感度・省エネルギーセンシング機能に限らず、脳機能すなわち生体の情報処理においても、ノイズである「熱雑音<sup>\*2</sup>」を利用している。この機構の特徴は、確率共鳴原理が有効に働くことで処理速度は低速であるが、熱雑音と同レベルの低エネルギーで確率的に動作する点にある。この一見あいまいで確率的にゆらぐ素子がネットワークとしてシステム化されれば、脳に見られるような生体特有の柔軟で省エネルギーな情報処理が可能となる。またアルゴリズムを自発的に形成することができ、そのシステムは環境変動に対し頑強（ロバスト）なものになる。このようにバイオシステムには学ぶべきところが多い。

周知のとおり高度な超スマート社会を支えるためには、ハード技術としてのコンピュータやエレクトロニクスデバイスの高性能化、高機能化が極めて重要な課題となっている。同時に世界的規模で議論されるCO<sub>2</sub>排出削減や、特に東日本大震災後の電力事情を背景とした省エネルギーエレクトロニクスの実現が喫緊の課題となっている。

日常生活の利便さはコンピュータ速度の劇的変化やメモリ量の飛躍的増大によって支えられている。例えば、MS-DOS時代の1980年代は記録媒体にフロッピーディスク（記憶容量640kB）が、CPUに

## Profile

昭和63年京都大学工学部卒。同年川崎重工工業技術研究所入社。平成6年大阪大学助手、助教授／准教授、教授を経て、平成18年より東京大学大学院工学系研究科教授。博士（理学）。酸化物エレクトロニクス、バイオエレクトロニクス・フォトンクス融合研究に従事。第1回応用物理学会講演奨励賞、平成12年丸文研究奨励賞、平成20年日本学術振興会賞、平成25年応用物理学会優秀論文賞受賞、平成26年応用物理学会フェロー。

はザイログのZ80やインテルのICチップ8086、80286などが使われていた。その頃のCPU熱設計電力は1～2Wに収まっており、計算速度はクロック数で数MHz、使用されているメモリトランジスタ数も1万個以下と少なかった。それが2016年では熱設計電力で約100倍、計算速度は数GHz、メモリトランジスタ数では4桁以上増の1～100億個と高集積化が進んでいる。

経産省の調べによれば[1]、ICT（Information and Communication Technology）機器の消費電力が国内総発電量に占める割合は、2006年時には6%であったものが、2025年に約20%、2035年に50%、そして2050年には60%を占めると予測されている。このようにICTによる電力消費（エネルギー）需要は、情報サーバの電源をはじめとする必要電力量の増大に伴い加速度的に大きくなっていくと予測されている。省エネルギーデバイスの視点から記憶保持に電力を消費しない不揮発性メモリの利用や、待機電力を極力低減させるための構造最適化などさまざまな工夫が試みられているが、抜本的な解決が必須の課題である。

一般にコンピュータの特徴は、「雑音」に対して十分に高いエネルギーを用いてエラーを極めて低く抑さえ、決定論的動作を高速に行う点にある。ノイマン型プロセス\*3によりブール代数\*4を解くという明確な目標設定のもとで室温エネルギーの約100倍に相当する膨大なエネルギーを利用して、エラーが $1/10^{80}$ 以下にまで抑え込まれて決定論的に動作している。しかしその低エラー率で高速な情報処理は膨大な電力消費を伴う。また、その動作を規定するアルゴリズムはソフトウェアとしてハードウェアから切り離され、システムは環境変動に対し脆弱である。

一方、生物は室温の数倍程度のエネルギーを利用して、その誤り頻度はおよそ $1/10^4$ である。そこでは熱雑音（ノイズ）が本質的な役割を果たし、状況・環境変化に応じて目標が変化する自律型である。コンピュータにとっては悪者である雑音（ノイズ）が、バイオの機能発現には本質的な役割を果たしている。このような生体の持つユニークな“ノイズ”を活用する事で、エレクトロニクスの新しいパラダ



イム開拓が期待される。

新しい年が明け、希望と活力に満ち溢れた1年が本格的に始動する小寒次候（1月10～14日）を指す二十四節気七十二候の言葉に「水泉動（しみずあたかをふくむ）」がある。地上の空気はまだまだ冷たいが、大地の下では凍結した泉の水が溶け、春に向けて少しずつではあるが着実に動いている。そのような意味である。研究にも経済にも通ずるこの自然現象のその根幹要素が、まさに環境中に存在する“雑音”なのである。

## 文 献

- [1] 高濱 航：“グリーンITイニシアティブの推進,” 経済産業省商務情報政策局, Oct. 2008.  
[http://www.csaj.jp/seminar/2008/081006\\_meti.pdf](http://www.csaj.jp/seminar/2008/081006_meti.pdf)

- \*1 ランジュバン方程式：熱振動力によるブラウン運動を記述する方程式。熱力学的運動方程式とも呼ばれる。  
\*2 熱雑音：自由電子の熱運動により生じる雑音。  
\*3 ノイマン型プロセス：記憶部に内蔵されたプログラムに従い、バスを介してCPUへ命令やデータが転送され逐次処理される計算方式。一般的なコンピュータの大半はこのプロセスにより動作している。  
\*4 ブール代数：命題の真偽を0と1の2値の演算によって処理するための代数で、計算機による論理積や論理和などの論理演算の基礎となっている。

## セルフ健康管理への生体ガス計測の応用展開

ドコモは、スマートライフ領域としての健康・医療分野において、生体情報を用いたセルフ健康管理に向けた研究開発を進めている。特に呼吸や皮膚表面から放出される生体ガスからは、採血のような痛みを伴うことなく、個人差が反映された生体情報を数多く得ることができるため、多項目計測によるセルフ健康管理への応用が可能である。そこで、脂肪代謝や飲酒などの指標となる複数種類の生体ガス成分を、呼吸や足裏の皮膚表面から自身で簡単に計測できる装置を開発した。これらをユーザが気軽に利用することで、自身の健康の維持や増進、病気の予防や早期発見に役立つものと期待される。

先進技術研究所

やまだ ゆうき ひやま さとし  
山田 祐樹 檜山 聡

## 1. まえがき

ドコモは、2015年4月に発表した「中期目標に向けた新たな取り組み」として、さまざまなパートナーとの協創による価値創造を掲げ、サービスを通じて社会的課題の解決にも取り組んでいる[1]。この社会的課題には、健康・医療分野も含まれ、生活習慣病などライフステージ上のさまざまな問題を解決し、健康で充実した長生き生活の実現に貢献する研究開発を推進している。中でも重視しているのは、妊娠中における糖尿病や高血圧症候群などの病気予防と、成人期における生活習慣病の改善や予防である(図1)。

前者に対しては、ゲノム情報<sup>\*1</sup>に

加えて定期的な採血などで得られる体内物質に関するデータと、ヘルスケアデータ収集基盤<sup>\*2</sup>を活用して得られる日々のヘルスケアデータを組み合わせた情報解析を行うことで、妊娠に関連する病気の発症予防法や早期発見法の確立をめざした共同研究を東北大学と実施している[2] [3]。

後者に対しては、万病の元となり、生活習慣病の発症リスクをあげる肥満を改善・予防するため、脂肪代謝の「見える化」に取り組んでいる。具体的には、脂肪代謝の指標となるアセトン<sup>\*3</sup>を、息を吹きかけて計測する装置[4] [5]や、腕に身に付けて計測する装置[6] [7]などを開発してきている。アセトンのような呼吸や

皮膚表面から放出される生体ガス<sup>\*4</sup>からは、採血のような痛みを伴うことなく個人差が反映された代謝などの生体情報を数多く得ることができ、採取や測定に資格も必要としない。そのため、街中や家庭での気軽な多項目計測によるセルフ健康管理への応用が期待されている。

そこでドコモは、街中でのセルフ健康検査用途として開発されたヘルスキオスクに呼吸計測装置を実装し、また家庭でのセルフ健康管理用途として足裏皮膚ガス<sup>\*5</sup>計測装置を開発した。これらをユーザが気軽に利用することで、健康の維持や増進、病気の予防や早期発見に役立つことが期待される。本稿では、これら開発装置の概要について解説する。

<sup>\*1</sup> ゲノム情報：生物が持っているさまざまな遺伝子に関する情報。

<sup>\*2</sup> ヘルスケアデータ収集基盤：日常的に計測された血圧や活動量などのヘルスケアデータを収集して、生活習慣の一部を高精度かつ高頻度で把握するデータ収集基盤。

<sup>\*3</sup> アセトン：揮発性が高い有機化合物。化学式C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O。

<sup>\*4</sup> 生体ガス：呼吸や皮膚表面から放出されるガス。

<sup>\*5</sup> 皮膚ガス：皮膚表面から放出される生体ガス。



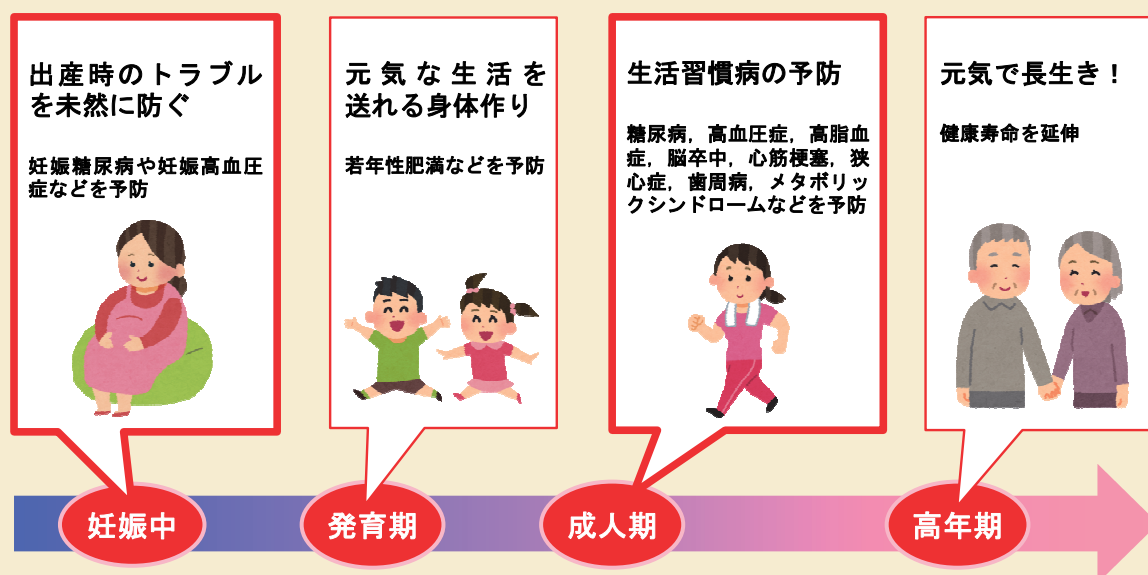


図1 健康・医療分野におけるドコモの中長期ビジョン

## 2. ヘルスキオスクへの呼気計測装置の実装

### 2.1 ヘルスキオスクの概要

「ヘルスキオスク」は、ユーザが画面の案内に従いながら備え付けの各種センサや健康管理機器を操作し、自身の健康状態に異常がないかを検査できる機器である。公益財団法人福岡県産業・科学技術振興財団社会システム実証センターと、国立大学法人九州大学システムLSI研究センターの指導の下、株式会社スマートサービステクノロジーズが開発・製造しており、身長、体重、血圧、体脂肪率、体温、脈拍、視力、聴力、肺活量、緑内障、白内障、心電波形、メンタルヘルス、認知症など計21項目以上のセルフ健康検査が可能である（図2）。ユーザはICカードに

よって個人認証され、各項目の検査結果はその場で画面表示されるとともに、ネットワーク上のサーバに蓄積される。蓄積された検査結果は、PCやモバイル端末から閲覧可能である。

### 2.2 呼気計測装置の実装

呼気中にはアセトン以外にも数百種類ともいわれるガス成分が含まれており、そのうちの一部のガス成分はアセトン計測に誤差を生じさせる。そのため、従来のガス計測装置ではガス成分を分離して計測しており、装置の大型化の主な要因となっていた。そこで、ドコモが開発した呼気計測装置では、感度特性が異なる2種類の半導体式ガスセンサを実装している。第1のガスセンサは酸化タングステンを主なセンサ材料とし、

アセトンに対して特に高い感度を示すものを選定した。一方、第2のガスセンサは酸化スズを主なセンサ材料とし、アセトンとアセトン計測に誤差を生じさせるガス成分に対して感度を示すものを選定した。アセトンとアセトン計測に誤差を生じさせるガス成分に対する半導体式ガスセンサの感度特性評価をあらかじめ行い、それぞれの結果を基にして検量線<sup>\*6</sup>を求めて装置に記録しておくことで、ガス成分を分離することなく、呼気中のアセトン濃度を精度よく算出できる。開発装置は大きさが65×100×25mm、重さが125gであり、ガス成分を分離して厳密なガス分析を行う従来の計測装置と比べて体積で約1/100、重量で約1/50の小型軽量化に成功した。

このドコモが開発した呼気計測装

<sup>\*6</sup> 検量線：あらかじめ量や濃度などが判っている標準物質と、それに対する測定データとの間の関係を示したグラフ。



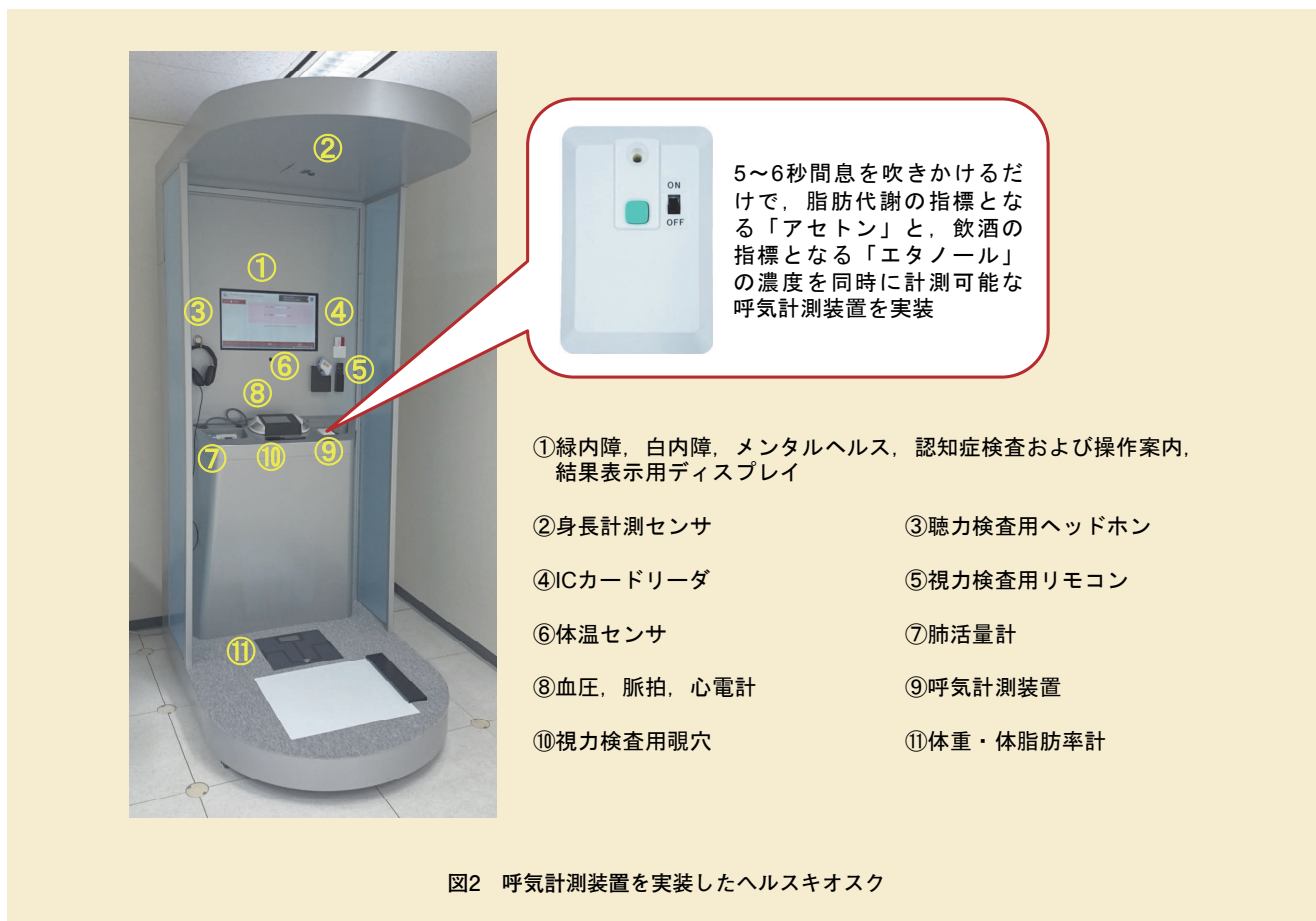


図2 呼気計測装置を実装したヘルスキオスク

置は小型・軽量であるだけでなく、装置の操作も簡易であるため、ヘルスキオスクにも容易に実装することができ、新たに脂肪代謝の検査機能を追加することができた。装置実装後のヘルスキオスクは、糖尿病や摂食障害、過度なダイエットなどに起因する代謝異常の有無も検査可能な世界最先端のセルフ健康検査機器となっている。

本機器は、病院受診要否の判断や、健康増進、病気の早期発見に役立つと期待され、医師不足の地域や離島などでは特に利用ニーズが高い。今後はそれらの地域住民を対象とした国内外での利用実験を行い、ヘルス

キオスクの有用性を実証していく。また、公共施設や薬局などの街中に設置することで気軽にセルフ健康検査を行えるようにしたいと考えている。

### 3. 足裏皮膚ガス計測装置の開発

#### 3.1 計測装置の概要

自身の体重を日々計測し、体重管理やダイエットに役立てることは、肥満を改善・予防するうえで重要であり、広く一般的に行われている。近年、体重計・体組成計の高機能化が進み、体重や体脂肪率はもちろん、筋肉量や骨量なども計測できる機器

が市場で販売されている。体重計・体組成計は一家に一台あると言っても過言ではなく、広く一般に普及している代表的な健康機器の1つである。脂肪燃焼の指標となるアセトン、飲酒の指標となるエタノール<sup>\*7</sup>、脱水の指標となる水蒸気などの生体ガス成分は、呼気だけでなく皮膚表面からも放出されているため、体重計測時にアセトンなどの皮膚ガス成分も同時に計測できれば、手軽により多項目の健康チェックが実現できる。そこで、アセトン、エタノール、水蒸気の3種類のガス成分を、体重計を模した装置に乗るだけで同時に計測できる「足裏皮膚

<sup>\*7</sup> エタノール：揮発性が高い有機化合物で酒類の主成分。化学式C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O。

ガス計測装置」を世界で初めて開発した (図3) [8].

今回の開発装置は大きさが30×30×3.5cm, 重さが1.7kgであり, 一般的な体重計・体組成計と同等の大きさ, 重さである. 開発装置には4つの皮膚ガス捕集・測定孔があり, 各孔にアセトンに高感度なガスセンサ, エタノールに高感度なガスセンサ, 温度・湿度センサ, ユーザが装置に乗ったことを判定するための物理スイッチを備えている. 皮膚から放出されるガス成分の量は呼気中のガス成分の量よりも非常に少ないため, ガスセンサ自体の高感度化および, 装置へのガスセンサの実装方法を工夫することで, 極微量な皮膚ガス成分の計測を可能とした. 開発装置に乗ると, 約20秒間で足裏の皮膚から放出されたアセトン, エタノール, 水蒸気の同時計測を行う. なお, ア

セトンなどの生体ガス成分の分子の大きさは数Å<sup>\*8</sup>程度であるのに対し, 靴下やストッキングの繊維の網目は数百μm<sup>\*9</sup>程度であるため, 生体ガス成分の分子は繊維の網目を通り抜けられることから, 靴下やストッキングをはいた状態でも生体ガスの計測は可能である. 計測結果はBluetooth<sup>®</sup><sup>\*10</sup>による無線伝送で, 対向するスマートフォンまたはタブレットに送信される.

一方, 対向するスマートフォンまたはタブレットには, 開発装置からの送信データを受信し, 計測結果に応じて現在の脂肪代謝レベル, 酒気帯びの有無, 脱水の有無と, それらに関連する健康アドバイスをGUI (Graphical User Interface)<sup>\*11</sup>で視覚的に表現するAndroid<sup>™</sup><sup>\*12</sup>アプリケーションを開発・実装した. 計測結果の表示例を図4に示す.

### 3.2 性能評価実験

開発装置のガスセンサによる計測精度を確認するため, 性能評価実験を実施した. 実験方法として, 開発装置と従来の大型のガス計測装置 (ガスクロマトグラフィ装置<sup>\*13</sup>) で, 複数の被験者の皮膚から放出されるアセトンとエタノールを計測し, 両装置で計測された各ガス成分の量の比較評価を行った. その結果, 開発装置による計測結果は, 従来の大型装置による計測結果と正の高い相関が認められた (アセトンの相関係数<sup>\*14</sup> $R=0.87$ , エタノールの相関係数 $R=0.99$ ) (図5). これらの結果より, ユーザが簡易的に自身の健康状態を家庭で把握する利用用途において, 実用に耐えうるレベルであることがわかった. 開発装置は3種類の皮膚ガス成分のみ計測可能であるが, 今後, 体重などを計測する機能



図3 足裏皮膚ガス計測システム

\*8 Å : 長さの単位. 1Åは100億分の1m.

\*9 μm : 長さの単位. 1μmは100万分の1m.

\*10 Bluetooth<sup>®</sup> : 免許申請や使用登録の不要な2.4GHz帯の電波を使った近距離無線通信規格の1つ (IEEE 802.15.1). 米国Bluetooth SIG Inc.の登録商標.

\*11 GUI : 操作や表示の対象が絵で表現され, 直感的な操作や視認性に優れたインターフェース.

\*12 Android<sup>™</sup> : 米国Google Inc.が開発したLinuxベースのオープンプラットフォームで, 携帯情報端末を主なターゲットとしている.

米国Google Inc.の商標または登録商標.

\*13 ガスクロマトグラフィ装置 : ガス成分の同定・定量に汎用的に用いられる微量分析装置であり, カラムによってガス成分を分離して計測する.



図4 計測結果の表示例

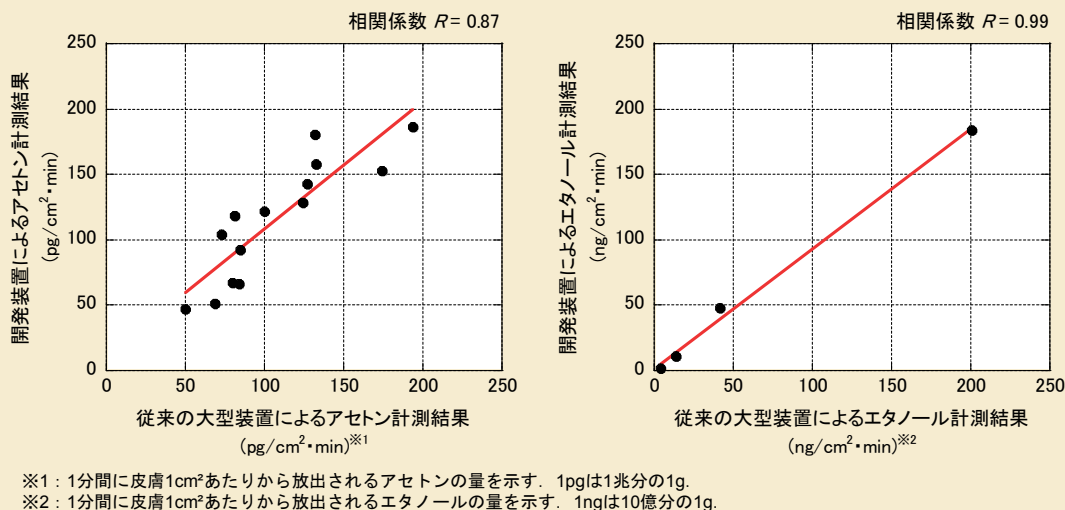


図5 アセトン・エタノールの計測結果の比較評価

も実装する予定である。

### 3.3 期待される効果

(1) ダイエット支援や健康アドバイス

ダイエットを成功させるためには、水分や筋肉ではなく、体脂肪を減少

させる必要があるが、体重を測るだけでは減量したものが体脂肪であるのか、それとも水分や筋肉であるのかが特定できない。これに対し、アセトンは体脂肪の分解・燃焼に伴って放出される代謝産物であるため、

体重と合わせて計測することで、体脂肪の減少による減量なのか否かを特定することができ、効果的なダイエットを行うことが可能となる。なお、インピーダンス法<sup>\*15</sup>に基づく体組成計では体内の水分量の増減が体

\*14 相関係数：2つの変数の間の類似性の度合いを示す統計学的指標。1に近いほど類似性が高く、0に近いほど類似性が低い。

\*15 インピーダンス法：体内に微弱な電流を流して電気伝導性を計測することで、体内の水分量や体脂肪率、筋肉量を間接的に求める方法。



脂肪量の計測に影響を与えて大きな計測誤差となりうるが、アセトン計測の場合はそのような影響を受けない。さらに、過度なダイエットを行っている場合には、炭水化物の摂取不足によって体脂肪が過剰に分解・燃焼されてアセトンの放出量が異常に多くなるため、ユーザに注意喚起を行うことで健康損失への抑止にもつながる。ダイエットに興味がある人にとっては、体重計に乗るという動作は日常的であり、負担なくアセトン計測による脂肪代謝の評価が行える。また、エタノールや水蒸気の計測結果から飲酒頻度などの生活習慣を推定して健康アドバイスをすることも可能である。

#### (2) ケトアシドーシスの早期発見

アセトンを計測することは糖尿病患者や妊婦などが発症する代謝異常の病気（ケトアシドーシス）の早期発見にも役立つことが期待される。ケトアシドーシスは、ケトン体<sup>\*16</sup>の蓄積により血液が酸性に傾いた状態を示し、早期に適切な治療が行われないと死に至る可能性もある疾患として知られている。また、脱水時には症状がさらに重篤化する危険性もある。糖尿病患者や妊婦は日常的に体重管理を行っているため、体重と合わせて皮膚ガス成分を計測することで、負担なくケトアシドーシスの早期発見につながる可能性が高い。

## 4. あとがき

本稿では、街中でのセルフ健康検

査用途として呼気計測装置を実装したヘルスキオスクと、家庭でのセルフ健康管理用途として足裏皮膚ガス計測装置の概要を解説した。これらを日常的に気軽にユーザが利用することで、健康の維持や増進、病気の予防や早期発見に役立つものと期待される。

日本における平均寿命と健康寿命<sup>\*17</sup>の差は、平成22年で男性9.13年、女性12.68年もあり、日常生活に制限のある不健康な期間が9年から13年近くもあることがわかる[9]。また、平成13年と平成22年を比べると、日本の平均寿命は、男性が1.48年、女性が1.37年延びているのに対し、健康寿命は、男性が1.02年、女性が0.97年しか延びておらず、平均寿命の延伸よりも健康寿命の延伸が小さい[9]。両者の差は拡大傾向にあり、医療費や介護給付費の多くを消費する不健康な期間が増大しているため、この観点からも健康寿命を延伸する必要がある。

ドコモは、健康・医療分野への研究開発の各種取り組みを通じて、健康寿命のさらなる延伸による平均寿命との差の短縮化など、社会的課題の解決に貢献していく。

### 文 献

- [1] NTTドコモ報道発表資料：“中期目標に向けた新たな取り組み,” Apr. 2015.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2015/04/28\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/04/28_00.html)
- [2] 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

発見に向けた取り組み,” 本誌, Vol.23, No.3, pp.23-28, Oct. 2015.

- [3] 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](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/notice/2016/11/15_00.html)
- [4] 山田, ほか：“「バイオチップ携帯」の実現に向けた呼気アセトン計測装置の開発,” 本誌, Vol.20, No.1, pp.49-54, Apr. 2012.
- [5] T. Toyooka, S. Hiyama and Y. Yamada: “A Prototype Portable Breath Acetone Analyzer for Monitoring Fat Loss,” J. Breath Res., Vol.7, No.3, 036005, Jul. 2013.
- [6] 山田, ほか：“ウェアラブル皮膚アセトン測定装置の開発と健康管理への応用,” 本誌, Vol.23, No.2, pp.74-79, Jul. 2015.
- [7] Y. Yamada, S. Hiyama, T. Toyooka, S. Takeuchi, K. Itabashi, T. Okubo and H. Tabata: “Ultratrace Measurement of Acetone from Skin Using Zeolite: Toward Development of a Wearable Monitor of Fat Metabolism,” Anal. Chem., Vol.87, pp.7588-7594, Jul. 2015.
- [8] NTTドコモ報道発表資料：“足裏から放出される皮膚ガス計測による健康管理装置を開発,” Jul. 2016.
- [9] 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会・次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会：“健康日本21（第二次）の推進に関する参考資料,” pp.24-27, Jul. 2012.

<sup>\*16</sup> ケトン体：アセトン、アセト酢酸、 $\beta$ -ヒドロキシ酪酸の総称。

<sup>\*17</sup> 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。

## 自然な動作でタッチレスな電話操作を実現！ —スグ電機能の開発—

ドコモは、画面上の操作なく、ユーザの自然な動作だけで電話操作ができる「スグ電」機能を開発した。本稿では、Android™\*1搭載のスマートフォンで一般的に具備されているセンサのみを利用してユーザの動作を判断するスグ電の仕組み、また、スマートフォンの特性（ハードウェア形状やセンサ搭載位置）、センサ種別によってセンサ出力値に差分がある場合でも、機種によらず同様の操作性を実現する方法などについて解説する。

|        |                   |                     |
|--------|-------------------|---------------------|
| 移動機開発部 | いしばし きいち<br>石橋 毅一 | お ち しげる<br>越智 繁     |
| プロダクト部 | かわむら さとる<br>川村 哲  | やまざき しゅんさく<br>山崎 俊作 |

### 1. まえがき

近年のスマートフォンの普及に伴い、画面をタップして操作する事が日常化した一方で、状況によっては操作しづらい、あるいは操作できないといったケースが存在する。とりわけ音声着信をすぐにとりたいユーザにとって、鞆を持っていて片方の手が塞がっているときや、指先が水に濡れているときなどがそれに当たり、画面を操作できないことにユーザは不便を感じている。さらには、電話をかける際、スマートフォンはフィーチャーフォンと比べて、発信するまでのタップ数が多いこともその一因になっている。そこでドコモは、タップすることなくユーザの自然な動作だけで電話操作ができる

「スグ電」機能を開発し、独自機能として2016年夏モデル以降のスマートフォンに搭載した。

本稿では、Androidデバイスに一般的に搭載されているセンサのみを利用して、ユーザの操作を判別するスグ電の仕組み、また、スマートフォンの機種によってセンサ出力値に差分がある場合でも、同様の操作性を実現する方法などについて解説する。

### 2. スグ電概要

スグ電では、以下の電話の基本操作を、画面操作せずにタッチレスで操作できる（図1）。

- ①発信：スマートフォンを振って、耳に当てるだけで、電話を掛けることができる。発信先は右耳／左耳でそれぞれ1人ずつ

登録できる。発信する際は、まずスマートフォンを1回振って発信ダイアログ（図2）を表示させる。発信ダイアログには設定済みの発信先が表示されるため、発信したい相手が右耳／左耳のどちらに登録されているか確認し、該当する耳に当てるだけで電話をかけることができる（2016年冬モデルでは、発着信履歴から相手を指定し発信する事も可能）。

- ②応答：音声着信中に電話をとるようにスマートフォンを耳に当てるだけで着信応答する。
- ③切断：音声通話中に、スマートフォンを裏向きにして机に伏せる、あるいは2回振る（2016年冬モデルより対応）ことで通話



図1 スグ電の機能一覧



図2 発信ダイアログ

を終了する。  
④応答拒否 (消音) : 音声着信中

に、スマートフォンを裏向きにして机に伏せる、あるいは2回

振る (2016年冬モデルより対応) ことで応答拒否する。応答



拒否動作については、あらかじめ消音、拒否、拒否してSMSの中から選択できる。

- ⑤着信時名前非表示：会議中に机の上に置いてあった端末に着信があるなど、発信者の名前を周りの人に見られたくない場合がある。このような利用シーンを想定し、音声着信時またはビデオ着信時、電話帳登録名が画面上に非表示で通知される。表示させる場合はスマートフォンを手取るなど動かすことで名前を表示する。

### 3. スグ電アルゴリズム

スグ電の動作概念図を図3に示す。スグ電アプリは電話アプリとは別のアプリであり、電話アプリより呼状態の通知を受けてモーション\*2検出を開始／終了する。スグ電のモーション検出は、近接センサ\*3／加速度センサ\*4／ジャイロセンサ\*5を組み合わせで行っている。センサデータの取得にはAndroid標準API (Application Programming Interface) \*6を利用し

ているため、Android自体の改変は必要なく、Android搭載のスマートフォンであればスグ電アプリをほとんどの端末で利用できる。なお、発信、応答、切断、応答拒否などの操作を行う際のモーションは、ユーザーがそれぞれの操作を行う際の自然な動作で実現できるようユーザーの挙動ケースを観察して決定した。さらに端末形状、センサ取付け位置、センサスペックなどが異なる機種間において、それぞれのモーションを画一的に検出できるようモーション検出のしきい値を機種ごとに調整し、それらをパラメータファイルとして具備している。このパラメータファイルは2016年夏以降のモデルで対応している。

次に、各モーションの検出アルゴリズムについて解説する。

#### 3.1 耳に当てるモーション (発信／応答操作)

アルゴリズムの検討過程において、実際のユーザーの動作を確認した。発信操作では、ユーザーが端末を振った

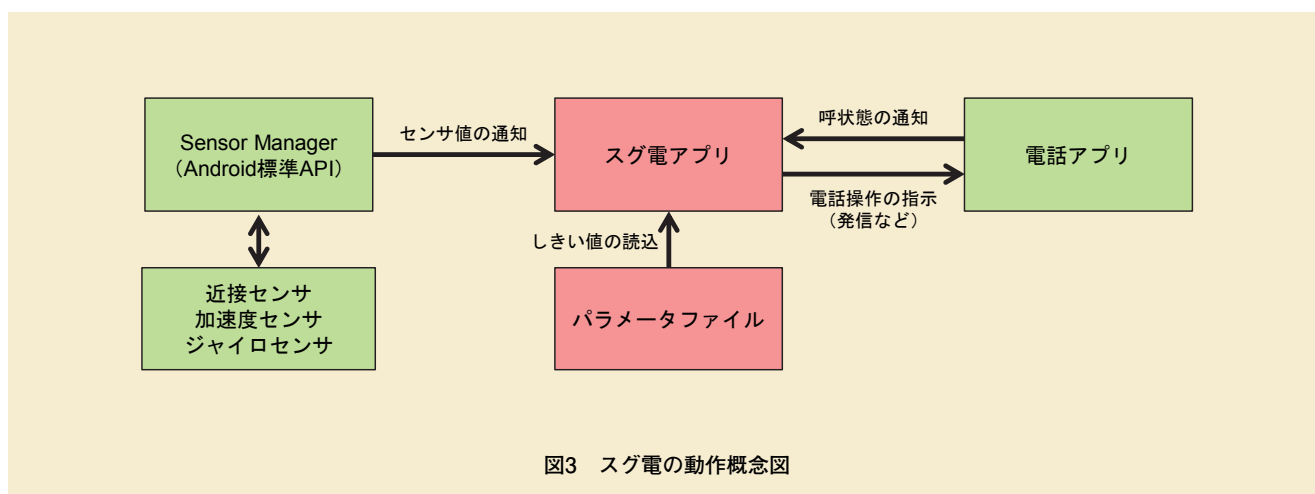
後、発信ダイアログの表示を確認するため、胸元まで端末を持ってくるケースが多くみられた。また、応答操作でも、音声着信後、ユーザーが着信相手を確認するために胸元まで端末を持ってくるケースが多かった。

そこで、胸の位置を起点とし、端末を耳のそばへ運ぶ動き（モーション）を検出する。なお、発信先を1カ所に限定するのではなく、当てる耳が左右どちらの耳にするかによって2カ所から発信先を選べるようにするため、どちらの耳を当てているかを検出することとした。

以上のユーザーの動きを踏まえ、下記の通り端末の動きを捉えることで各モーションを検出する。

耳に当てるモーションの検出シーケンスを図4(a)に示す。また、基準とする端末の座標軸の定義を図5に示す。

- ①スグ電アプリがモーション検出開始契機（発信：発信ダイアログ表示時、着信：音声着信時）を確認後、ジャイロ／加速度／近接の各センサを起動。



\*2 モーション：ユーザーの端末操作による動き。  
 \*3 近接センサ：物体と接触したあるいは物体に近づいたかどうかを判定するセンサ。  
 \*4 加速度センサ：速度の変化を計測するセンサ。携帯端末に搭載することで、携帯端末の傾きや動きなどを検出することが可能と

なる。  
 \*5 ジャイロセンサ：角速度を計測するセンサ。携帯端末に搭載することで、携帯端末の回転方向の速度の変化を計測することが可能となる。  
 \*6 API：OSやミドルウェアなどが提供する機

能を、上位のソフトウェアが利用するためのインタフェース。

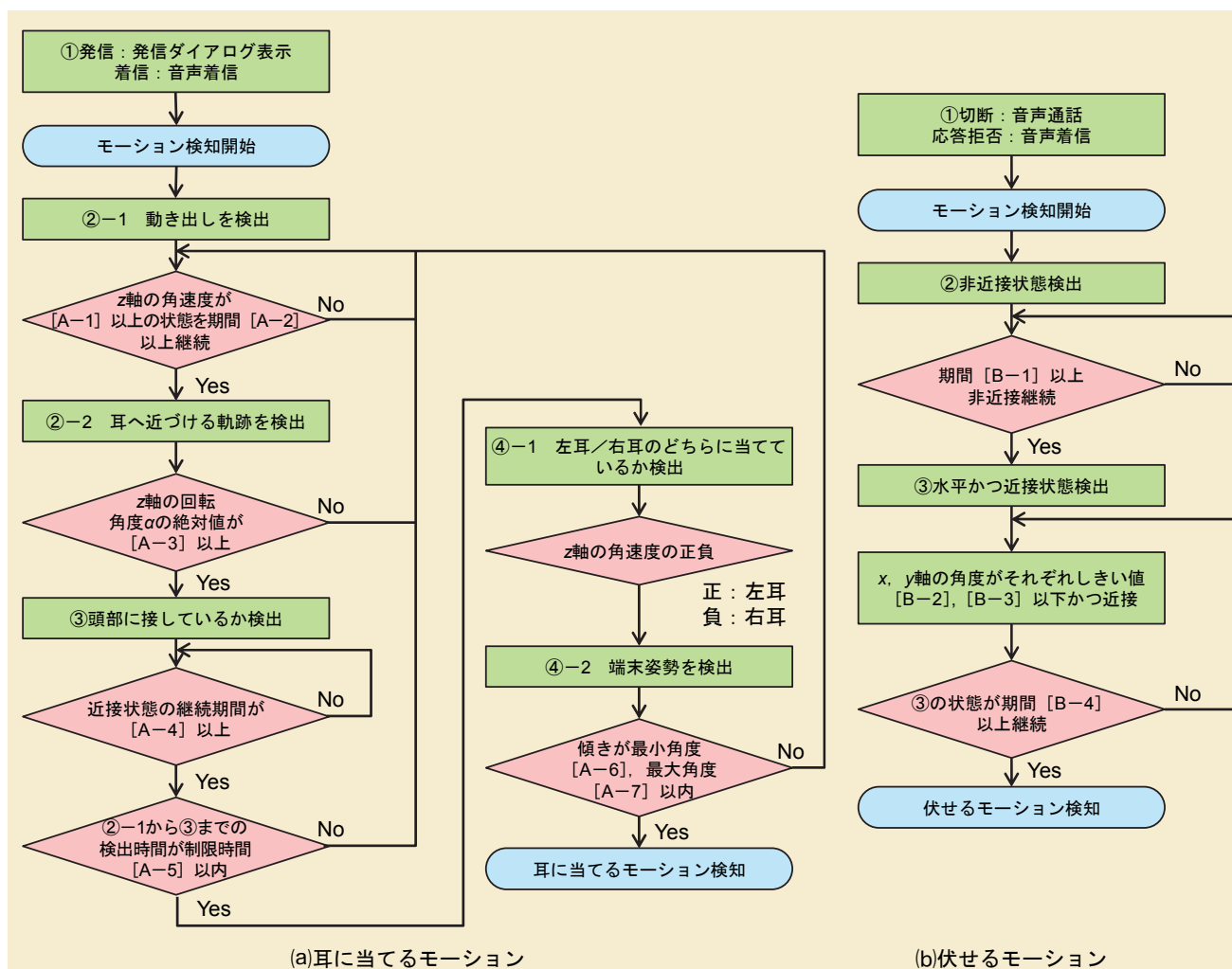


図4 モーションシーケンス

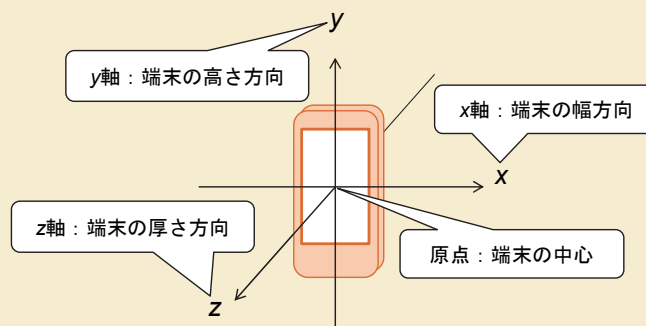


図5 基準となる座標軸

②ジャイロセンサを用いてユーザーが端末を耳のそばへ持ってくる動きを検出する。まず、②-1により動き出しを検出し、その後②-2により耳のそばへ近づける軌跡を計測することで耳へ近づけたことを検出する。

②-1：端末の動き出しを捉える。

原点を中心に $x$ - $y$ 面を回転させた際に、しきい値  $[A-1]$  以上の角速度を一定期間  $[A-2]$  以上継続しているかどうかジャイロセンサを用いて確認する。また、鞆の中で動いた場合などの動きを排除するため、期間  $[A-2]$  中は端末が非近接状態であるか近接センサを用いて確認する。

②-2：動き出しから耳のそばへ持ってくる間の動きを検出する。

②-1検出時からの $z$ 軸の回転角度 $\alpha$ の絶対値を、ジャイロセンサから得た角速度を時間積分することで算出し、

その値がしきい値  $[A-3]$  以上かどうか確認する。しきい値以下の場合、②-1の判定からやり直す。(図6(a))

③近接センサを用いて、耳に近づいた端末が頭部に接しているかを確認する。

一定時間  $[A-4]$  の間近接状態を継続した場合、④の判定に進む。

②-1から③までの検出時間が制限時間  $[A-5]$  以上を要した場合、②-1の判定からやり直す。

④加速度センサを使って左右どちらの耳元に端末を持ってきたかを判別し、端末の最終姿勢が耳に当てる角度として適正かを検出する。

④-1：判定時点の $z$ 軸の原点から $+$ 方向を向いた状態での回転方向(時計回り/反時計回り)から左耳/右耳どちらに当てているかを判別する。

右耳と判定する条件(図6(b))： $z$ 軸の回転方向が反時計

回り、すなわち、 $z$ 軸の角速度 $<0$

左耳と判定する条件： $z$ 軸の回転方向が時計回り、すなわち、 $z$ 軸の角速度 $>0$

④-2：④-1で判別した耳の向きに応じて、端末姿勢を判別する(図6(c))。

重力加速度 $g$ 、端末の $x$ - $y$ 面における $y$ 軸から重力方向への傾きを $\beta$ とする。 $\beta$ がしきい値(最小角度  $[A-6]$ 、最大角度  $[A-7]$ )の範囲内に収まっているかを確認する。端末センサでは $\beta$ を直接検出できないため、確認は、下式より算出したしきい値での $g_x$ 、 $g_y$ と端末センサから検出された $g_x$ 、 $g_y$ を比較することで行う( $g_x$ 、 $g_y$ は重力加速度の $x$ 軸、 $y$ 軸成分)。

右耳の場合：

$$g_x = g \cdot \sin \beta, \quad g_y = g \cdot \cos \beta$$

左耳の場合：

$$g_x = g \cdot \sin(-\beta), \\ g_y = g \cdot \cos(-\beta)$$

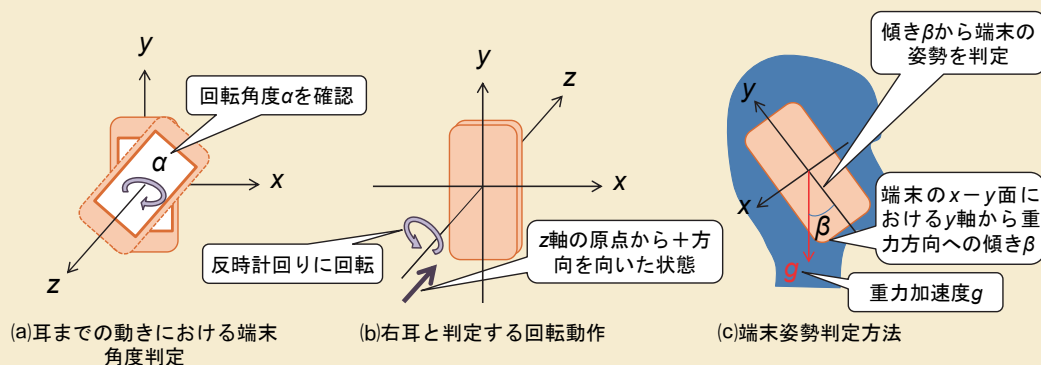


図6 耳に当てるモーション検出方法

以上、④-2までの条件に合致する場合、その動作を耳に当てるモーションとしている。

### 3.2 伏せるモーション (切断／応答拒否操作)

切断操作では、ユーザが耳につけて通話していた端末を耳から離して机や台などの上に置くケースが多かった。

このケースは、近接（耳につけた状態）、非近接（耳から離れた状態）、近接（机や台に置いた状態）といった近接、非近接動作を短時間で繰り返す動作となるため、近接センサを用いて端末の状態を正しく検出できるようにした。

また、応答拒否操作では音声着信後、ユーザが着信相手を確認するため、胸元まで端末を持ってきた後に、机や台などの上に置くケースが多かった。そこで、非近接状態を起点とし、端末を机や台などの上に置く動きを検出できるようにした。

伏せるモーションの検出シーケンスを図4(b)に示す。

- ①スグ電アプリがモーション検出開始契機（切断：音声通話時、応答拒否：音声着信時）を確認

後、加速度センサと近接センサを起動。

- ②近接センサを用いて、端末が頭部や机の上から離れた状態になっていることを確認。

一定時間[B-1]の間、非近接状態を継続した場合、③の判定を開始。なお、ユーザの動きにより一瞬だけ非近接になるケースもあるため、その場合には判定しないように[B-1]を調整した。

- ③加速度センサおよび近接センサを用いて、端末が水平な状態で下を向き、机や台などに置かれた状態であることを検出する。

- ③-1：加速度センサを用いて端末が水平状態であることを確認する。

水平状態の検出方法として、加速度センサを用いて取得した重力加速度の絶対値を利用する。 $x$ 軸・ $y$ 軸の重力加速度がそれぞれ0である場合、端末が水平状態となっていることを意味する。実際のケースでは、机や台などが厳密に水平であるとは限らないため、 $x$ 軸・ $y$ 軸の角度 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ にそ

れぞれしきい値を設け（ $x$ 軸しきい値[B-2]、 $y$ 軸しきい値[B-3]）、しきい値以下になっていることを重力加速度の絶対値を用いて確認する（図7）。

- ③-2：近接センサを用いて端末が物に接していることを確認する。

近接状態であれば、机や台の上に置かれている状態とみなす。

- ③-1、③-2を同時に満たしている状態を一定時間[B-4]の間継続することでモーション検出条件を満たす。継続しない場合、③の検出を最初からやり直す。

### 3.3 2回振るモーション (切断／応答拒否操作)

切断操作では、ユーザが端末を耳から離して振る際、端末を振る位置がユーザごとに異なっていた。

また、応答拒否操作でも、音声着信後、ユーザが着信相手を確認するため胸元まで端末を持ってくるが、振る位置についてはユーザごとに異

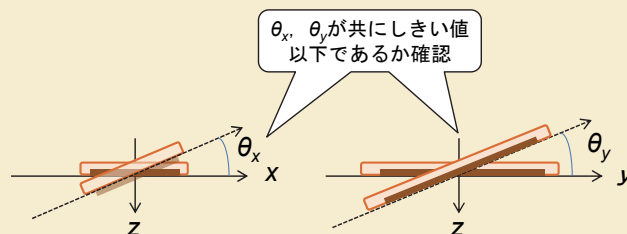


図7 水平状態検出方法



なっていた。

このため、振った際の端末の位置や状態を問わず、ユーザが明示的に振ったことを検出できるようにした。さらに、歩行中などの通常利用時に発生する振動には反応しないで制御できるようにした。

図8に2回振るモーションの検出方法を示す。

- ①モーション検出開始契機を確認後、スグ電アプリが加速度センサと近接センサを起動。
- ②一定時間 [E-1] 端末が静止している（しきい値 [E-2] を超えない）ことを確認し③の判定を開始。[E-1] 内に [E-2] を超えた場合、[E-2] を超えた時刻を起点に再度②の判定をやり直す。
- ③一定時間 [E-6] の間に端末が [E-2] と逆向きの加速度しきい値 [E-5] を超える事

を確認し④の判定を開始。[E-6] 内に [E-5] を超える加速度が検出されない場合、再度②の判定に戻る。

- ④一定時間 [E-8] の間に端末が [E-5] と逆向きの加速度しきい値 [E-7] を超える事を確認。[E-8] 内に [E-7] を超える加速度が検出されない場合、再度②の判定に戻る。

しきい値 [E-7] を超えた時点で近接センサが近接状態を検知していた場合 ⇒耳に当たっている状態など、ユーザが意図しない動作である可能性があるため、⑤-1の判定へ遷移。

しきい値 [E-7] を超えた時点で近接センサが非近接状態を検知していた場合 ⇒⑤-2

- ⑤-1：一定時間 [E-9] の間に近接センサが非近接状態に切り替わった場合 ⇒⑤-2

一定時間 [E-9] の間、近接センサが近接状態を継続した場合 ⇒ユーザが意図しない動作であると判定し、②へ戻る

- ⑤-2：一定時間 [E-10] の間、近接センサが非近接状態を継続した場合 ⇒2回振るモーション検出（切断／応答拒否）

一定時間 [E-10] の間に近接センサが近接状態に切り替わった場合 ⇒ユーザが意図しない動作である可能性があるため、⑤-1の判定へ遷移

### 3.4 動かすモーション（着信時名前非表示）

会議中に机の上に置いてあった端末に着信があった場合、誰からの着信かを周りの人に見られたくないと

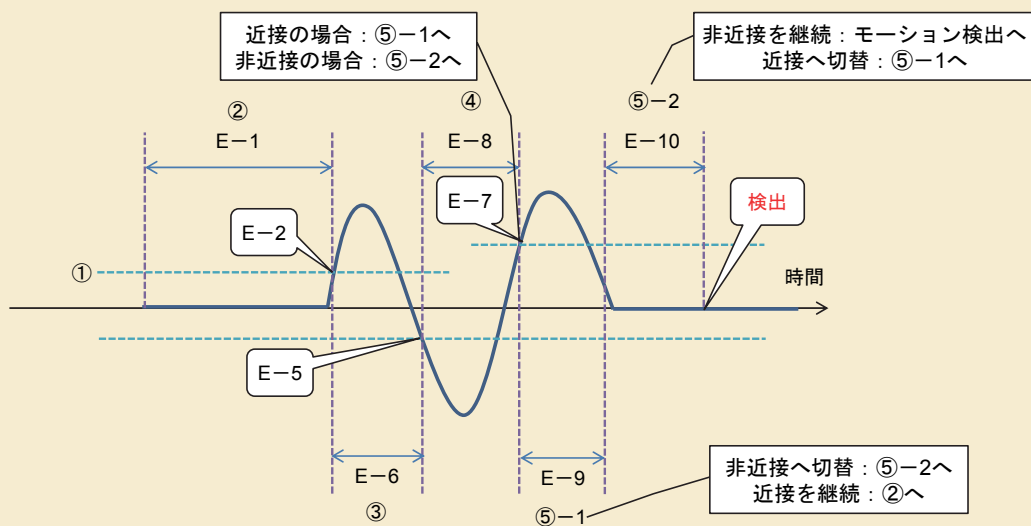


図8 2回振るモーション検出方法

いうユーザの声があった。

このため、音声着信後またはビデオ着信後は非表示にし、机の上に置かれた端末をユーザが意図的に持ち上げる、あるいは前後左右にスライドさせることで表示できるようにした。

①モーション検出開始契機を確認後、スグ電アプリが加速度センサを起動。

②加速度センサを用いて取得した重力加速度の変化から、端末の動きを取得する。図9に端末の動きの検出方法を示す。

②-1：重力加速度 $xyz$ それぞれについて、現在からある一定時間過去の最大値と最小値の取得を行う。

②-2：重力加速度 $xyz$ それぞれについて取得した最大値と最小値の差分 $\Delta$ の計算を行う。

②-3：差分 $\Delta$ の絶対値の合計

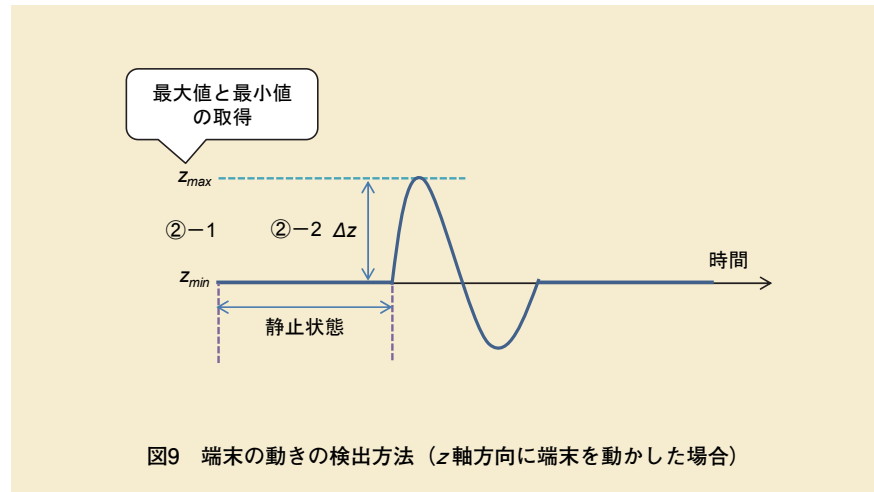


図9 端末の動きの検出方法（z軸方向に端末を動かした場合）

値を判定値として、一定値以上の場合は端末が移動した（モーション検出）と判断し名前を表示する。

## 4. あとがき

スグ電は、今までユーザが当たり前のように行ってきたタップ操作を行わずに、電話を耳に当てるなどの自然な動きで電話操作を可能にしてい

る。今後もユーザが日常生活で行っている自然な動きに着目し、多様な動きを取り入れることで、スグ電が人々のライフスタイルに溶け込めるよう、引続き進化をさせ、広めていきたい。

また、今後アルゴリズムに改良を加えていくことで、さらなる精度向上を図っていく予定である。



# OSバージョンアップ時のアプリケーション試験効率化

スマートフォン向けOSのバージョンアップに伴うアプリ開発において、OS提供元が公開する技術情報だけでは予測できない不具合を検出するためには試験項目をより多く実施する必要がある。近年のアプリ開発でコスト上昇につながる要因となっている。本研究では、OSバージョンアップ前後の新旧OS間のコードの差分情報を基に、OSバージョンアップで影響のあるアプリコードを試験工程と関連付けたい。試験項目ごとに影響のあるアプリコードのテストカバレッジ情報を用いてOSコード差分から影響を受ける試験項目を抽出する方式を提案する。

なお、本提案とツールへの実装の取組みでは、株式会社セックをパートナーとし、2015年1月より共同研究を開始している。

移動機開発部

あさの こういち ますだ しんや  
浅野 浩一 増田 真也  
おがた みつひろ こばやし かずまさ  
小形 充弘 小林 和正

## 1. まえがき

スマートフォン向けOS<sup>\*1</sup>（以下、OS）のバージョンアップに伴うアプリ開発において、OS提供元が公開する技術情報だけでは予測できない不具合に対応するためには試験項目をより多く実施する必要がある。近年のアプリ開発でコスト上昇につながる要因となっている。また、OSバージョンアップの発表から市場へのリリースは短期間になる傾向にあり、バージョンアップ後のOS（以下、新OS）対応アプリのリリースタイミングを新OSのリリースタイミングに近づけること

が非常に困難になってきている。そのため、OSバージョンアップへの追従において、OSが提供する新機能やAPI（Application Programming Interface）<sup>\*2</sup>の仕様変更への対応などの、いわゆるバージョンアップ開発を短期間で行うことが重要となり、それは競争力確保のうえで必須である。

バージョンアップ開発におけるコーディング・コンパイル<sup>\*3</sup>といった製造工程では、OS提供元が公開する技術情報資料<sup>[1]</sup>を基に新機能に対応するためのソースコード（以下、コード）を追加し、既存機能に影響のあるコードの修正などの編集作業

を行う。編集作業後はコンパイルなどのうち試験工程となるが、その際に、実際にアプリを新OS上で動作させてみると不具合が発生する場合がある。一要因として、技術情報資料には記載されていない動作上の仕様変更が実際には存在していることがある。このため、予期せぬ不具合が発生しているのが実状である。その結果、試験対象範囲を特定できないまま広げていかざるを得ず、ブラックボックステスト<sup>\*4</sup>で行う試験項目数は増加する傾向にあり、近年のアプリ開発期間の長期化とコスト上昇につながっている。

本稿では、ブラックボックステス

<sup>\*1</sup> OS：機器の基本的な管理や制御のための機能や、多くのソフトウェアが共通して利用する基本的な機能などを実装した、システム全体を管理するソフトウェア。

<sup>\*2</sup> API：プログラミングの際に使用できる命令や規約、関数などの集合のことを指す。

<sup>\*3</sup> コンパイル：プログラミング言語で書かれたソースコードを、ヘッダと結合を行ったり文法をチェックしたうえで実行できる形式に変換すること。

トで行っていた試験項目に対して、試験対象範囲を特定して試験項目を抽出する方式を提案し、試験項目数の削減などその有用性を確認するために試作したAndroid™\*5アプリ向けのシステムの実装方式、実験結果について解説する。

なお、本提案とツールへの実装の取組みでは、株式会社セックをパートナーとし、2015年1月より共同研究を開始している。

## 2. 提案方式

本研究では、Step 1として、まずアプリ全試験表と開発するアプリケーションのソースコード（以下、アプリコード）を関連付けることで

テストカバレッジ情報[2]を取得し、Step 2として、バージョンアップ前後のOSコードの新旧バージョン間の差分情報と、開発するアプリコードとを比較することで、OSバージョンアップにより影響があるすべてのアプリコードを抽出する。その後、Step 3として、抽出したアプリコードを試験工程と関連付ける方式を提案する。試験工程はアプリ開発における結合試験・総合試験などに加えて、アプリ開発を発注する側で実施する受入試験なども想定する。本提案方式を用いて、アプリ全試験表からアプリ試験表（抽出版）を作成する手順STEP1～3を図1に示しつつ、以下に解説する。

### 2.1 STEP 1：テストカバレッジ情報取得

OSのバージョンアップに先立ち、実施した試験工程のアプリ全試験表（図1①）とアプリコード（図1②）を関連付ける。関連付けの作業は、次の手順で行う。まず、アプリ全試験表の試験項目を実行するためにアプリを走行させる際、アプリコードのどの行を走行させたかを行番号単位で記録する。

ここで記録した内容を試験項目ごとのテストカバレッジ情報（図1③）と呼び、表1のように表すことができる。表よりソースコードa.java®\*6の20行目を走行させたい場合には、試験項目100を実行すれば良いことが分かる。

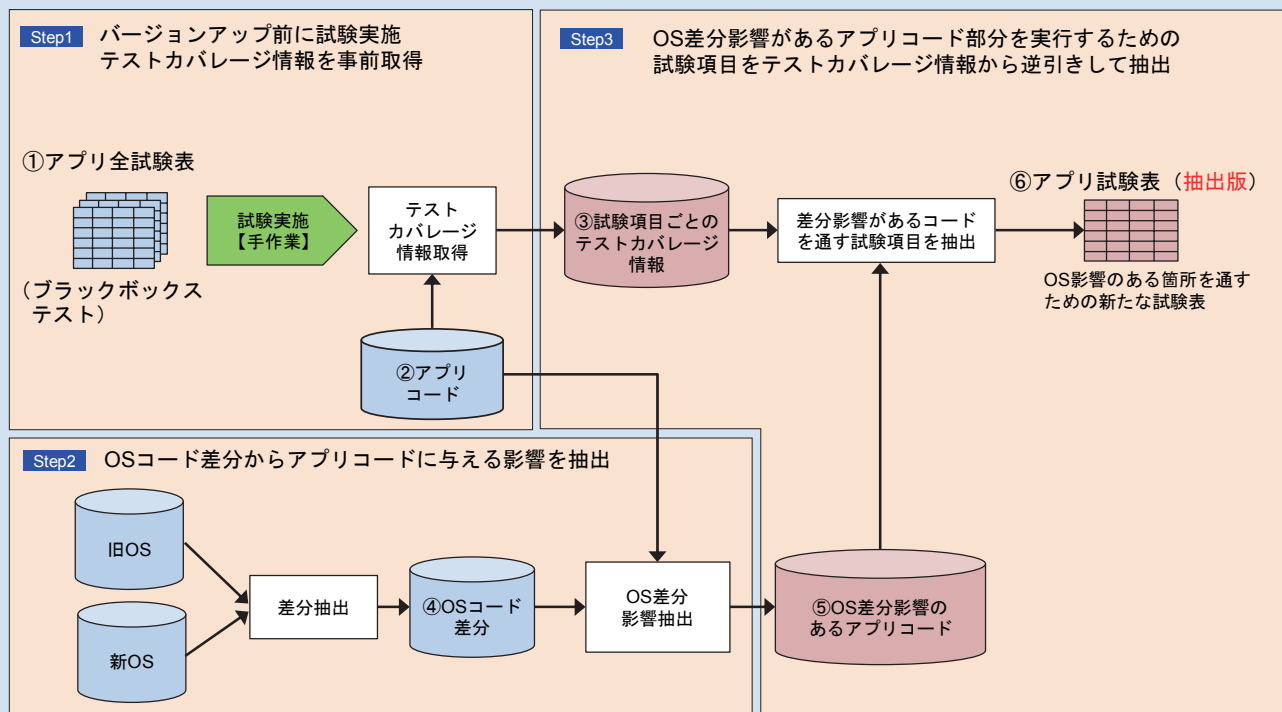


図1 テストカバレッジ情報を用いたOS差分影響のある試験項目抽出

\*4 ブラックボックステスト：内部の構造を不明としたまま、外部から見た機能を単位として行う評価。結合試験、総合試験、受入試験に用いられることが多い。

\*5 Android™：米国Google, Inc.が開発したLinuxベースのオープンプラットフォーム

で、携帯情報端末を主なターゲットとしている。米国Google, Inc.の商標または登録商標。

\*6 Java®：オブジェクト指向のプログラミング言語。Javaにより実装されたアプリケーションは仮想マシン上で実行されるため、

異なるプラットフォーム上で動作可能である。OracleとJavaはOracle Corporationおよびその子会社、関連会社の米国およびその他の国における登録商標。文中の社名、商品名などは各社の商標または登録商標である場合がある。



## 2.2 STEP 2：OS差分影響抽出

OSのコードの新旧バージョン間を差分抽出すると表2のように表すことができる。これをOSコード差分（図1④）と呼ぶ。例えばOSコードのDEF.javaではバージョンアップ前後でAPIの内部処理が変更されており、アプリで呼び出した際に動作に差分がある可能性があることが分かる。OSコード差分とアプリコードを突き合わせることでOS差分のアプリへの影響を抽出する。アプリコードを表3とした場合、OSコード差分により影響のあるアプリコード（図1⑤）を表4のように表すことができる。ここからアプリコードa.javaの20行めは、OSバージョンアップの影響を受けることが分かる。

バージョンアップの影響を受けることが分かる。

## 2.3 STEP 3：試験項目抽出

STEP 1で記録した試験項目ごとのテストカバレッジ情報（図1③）に対してSTEP 2で抽出したOS差分影響のあるアプリコード（図1⑤）を突き合わせて、アプリ試験表（抽出版）（図1⑥）を抽出する。表1と表4から、表5が求められる。アプリ全試験表にある試験項目のうち、試験項番100を実行すればOSバージョンアップの影響があるアプリコードを走行する試験として十分であり、試験項番200は今回のOSバージョンアップでは実行不要であることが分かる。

## 3. 実装方式

### 3.1 テストカバレッジ情報の取得環境と取得情報の整形方法

#### (1)取得環境

テストカバレッジ情報は、AndroidStudio<sup>\*7</sup> [3]に組み込まれているJaCoCo（Java Code Coverage Library）<sup>\*8</sup> [4]を使用して取得する。AndroidStudioでは、InstrumentationTest<sup>\*9</sup> [5]による試験実行時にその取得が可能となっているが、試験実行中に操作PCとAndroid端末をADB（Android Debug Bridge）<sup>\*10</sup> [6]で接続し続ける必要があり、ローバッテリー状態を維持する必要がある試験項目の実行時に給電されてしま

表1 試験項目ごとのテストカバレッジ情報（例）

| 試験項番 | ソースコード | 実行済行番号（テストカバレッジ情報） |
|------|--------|--------------------|
| 100  | a.java | 20                 |
| 200  | b.java | 30                 |

表2 OSコード差分（例）

| ファイル名    | 変更前（Ver 5.0）      | 変更後（Ver 6.0）         | 変更差分     |
|----------|-------------------|----------------------|----------|
| ABC.java | int ABC(a, b, c){ | int ABC(a, b, c, d){ | パラメータが増加 |
| DEF.java | g = defexec();    | g = def2exec();      | 内部処理が変更  |

表3 アプリコード（例）

| ファイル名  | 行番号 | ソースコード内の命令文         |
|--------|-----|---------------------|
| a.java | 10  | int r = 0;          |
|        | 20  | ret = DEF();        |
| b.java | 150 | log( ABC(a, b, c)); |

表4 OS差分影響のあるアプリコード（例）

| ファイル名  | 行番号 | 種 別 | 影響内容                  |
|--------|-----|-----|-----------------------|
| a.java | 20  | 警 告 | 呼出し関数DEFの内部処理が変更された   |
| b.java | 150 | 致命的 | API ABCのパラメータの数が増加された |

\*7 AndroidStudio：Androidアプリケーションの統合開発ツール。

\*8 JaCoCo：Javaソースコードのテストカバレッジを取得するためのライブラリ。

\*9 InstrumentationTest：Androidアプリで自動試験を行うための仕組み。

うなど、一部の試験項目実行の妨げとなっていた。そこで、InstrumentationTestに任意のタイミングでテストカバレッジ情報のリセット<sup>\*11</sup>、ダンプ<sup>\*12</sup>が行える機能を追加し、試験実行時のADBでの接続を回避できるようにした。図2に、構築した環境と実際の手順を示す。試験実施者は、試験手順実施前にリセットを行い、JaCoCoが収集したテスト

表5 アプリ試験表（抽出版）（例）

| 試験項目 |
|------|
| 100  |

カバレッジ情報を削除する。試験手順を実施中はJaCoCoがテストカバレッジ情報をメモリ内に収集し、その後収集したテストカバレッジ情報をストレージにダンプする。

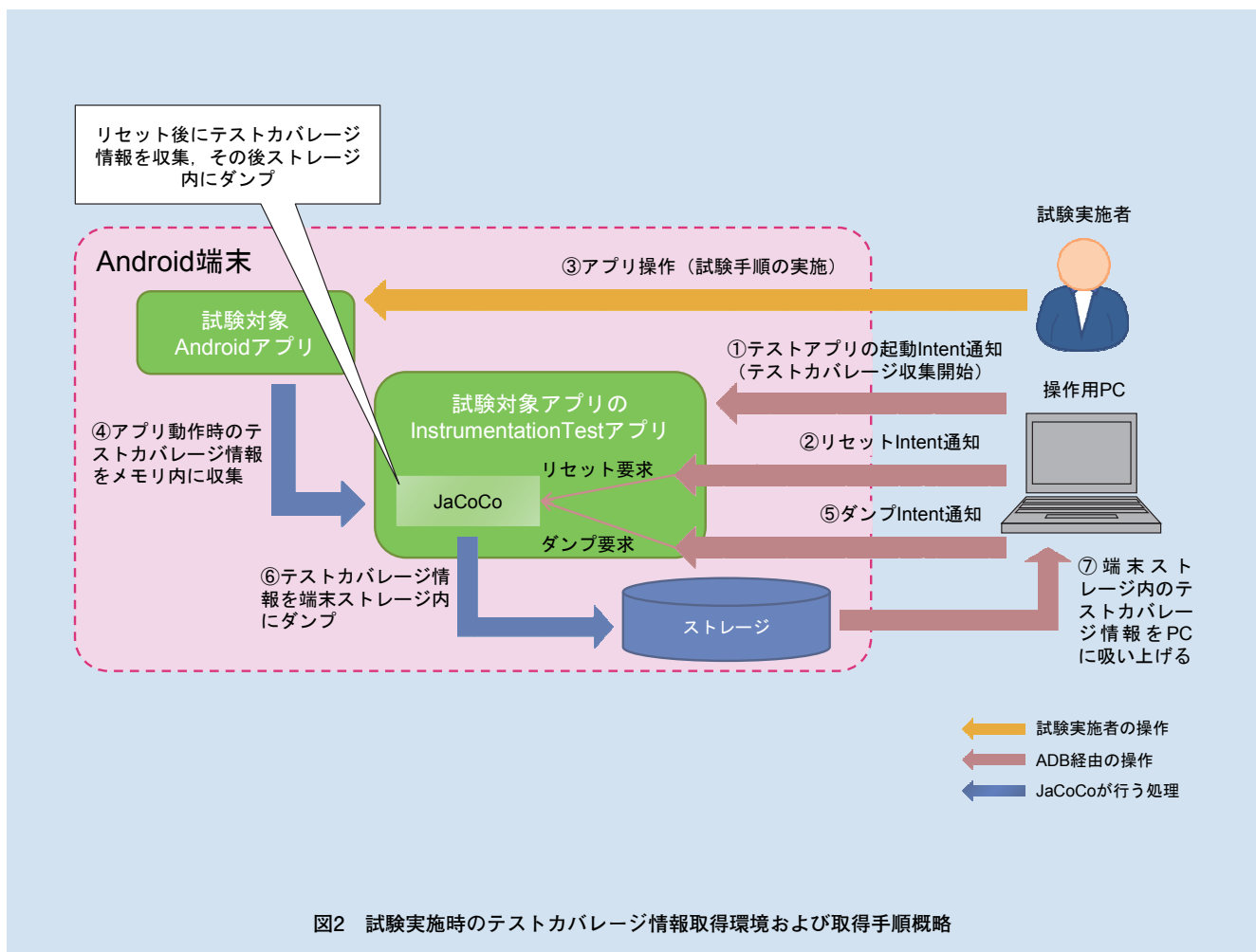
## (2)取得情報の整形方法

テストカバレッジ情報は、ある試験項目を実行した際に実行したアプリコード一覧として取得される。実行した全試験項目分のテストカバレッジ情報を、アプリコード行番号をキーにマージし、試験実行時に通過するアプリコード一覧（表6）を得る。

## 3.2 OSのコード差分の抽出手順とOSコード差分から影響を受けるアプリコードの抽出手順

OSのコード差分を、バージョンアップ前後のOSソースコードから、図3に示すフローに従って、差分のあるクラス<sup>\*13</sup>、メソッド<sup>\*14</sup>の影響を受けるクラス・メソッドの一覧として抽出する。

OSのコード差分（クラス、メソッド）を使用している部分をアプリコード内から抽出し、OSのコード差分から影響を受けるアプリコード一覧（表7）を得る。



混同しないために行う。  
\*12 ダンプ：テストカバレッジ情報をストレージに溜める操作。試験項目ごとに、ダンプしたテストカバレッジ情報を記録して利用する。

\*13 クラス：オブジェクト指向プログラミングにおける、同様な状態や振舞いを持つオブジェクトをまとめた1つの型のこと。  
\*14 メソッド：オブジェクト指向プログラミングにおける、オブジェクトがもっている振舞いのこと。

表6 試験項目実行時に通過するアプリのコード一覧（例）

| アプリコード      |     | 試験項目1 | 試験項目2 | … | 試験項目X |
|-------------|-----|-------|-------|---|-------|
| ソースファイル名    | 行番号 |       |       |   |       |
| AAAAAA.java | 10  | ○     |       |   | ○     |
|             | 20  | ○     | ○     |   |       |
|             | 100 |       | ○     |   |       |
| BBBBBB.java | 5   |       | ○     |   | ○     |
|             | 15  | ○     |       |   | ○     |
|             | 25  | ○     |       |   |       |
| ⋮           |     |       |       |   |       |

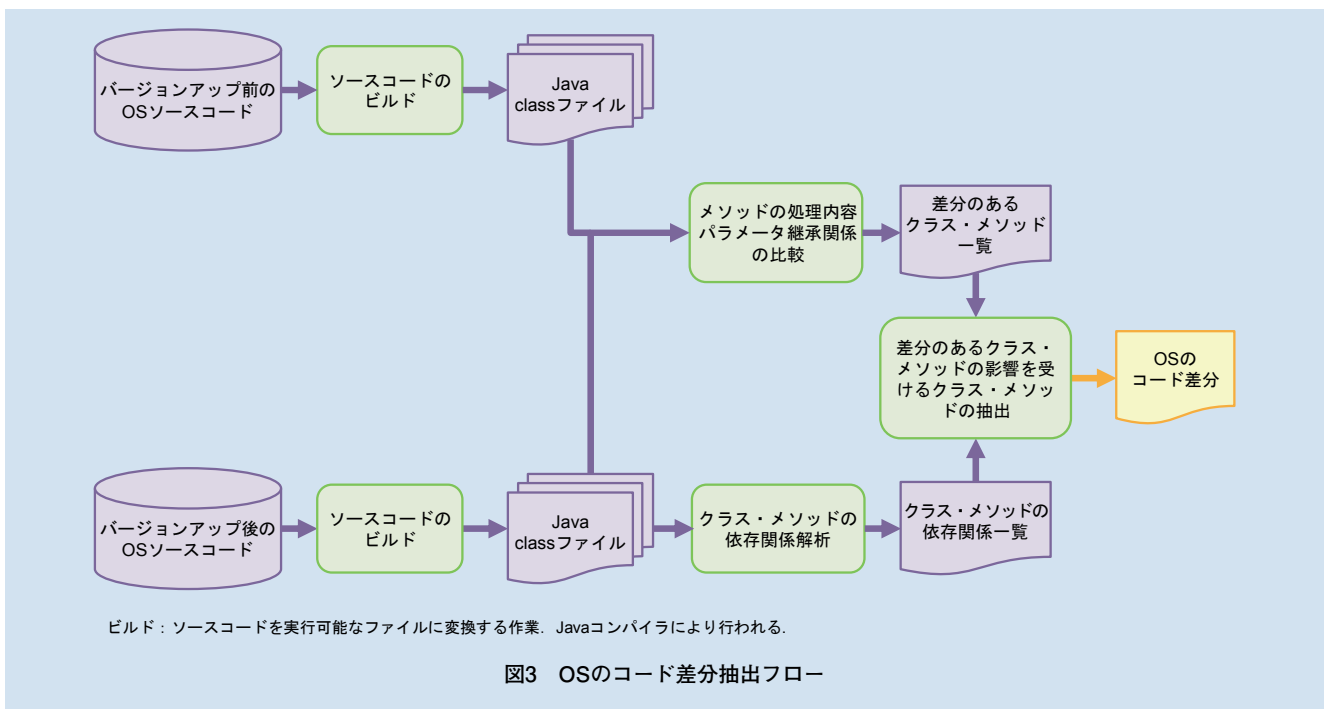


図3 OSのコード差分抽出フロー

表7 OSのコード差分から影響を受けるアプリのコード一覧（例）

| アプリコード      |     | OS差分<br>影響Lv | 影響内容           |
|-------------|-----|--------------|----------------|
| ソースファイル名    | 行番号 |              |                |
| AAAAAA.java | 10  | 3            | API返却値のクラス実装変更 |
|             | 100 | 5            | APIパラメータの変更    |
| BBBBBB.java | 15  | 4            | API内部ロジックの変更   |
|             | 50  | 3            | コンストラクタのロジック変更 |
|             | 100 | 4            | APIのthrows指定追加 |
| ⋮           |     |              |                |

### 3.3 OSのコード差分から影響を受ける試験項目の抽出手順

表6, および表7で得られた一覧を, アプリコード行番号をキーにマージし, OSのコード差分から影響を受ける試験項目の一覧 (表8) として抽出する.

## 4. 実 験

本研究の手順を, 5.1.1から6.0.0へバージョンアップした際のAndroidアプリと, そのアプリの受入試験項目に適用し, 試験範囲が特定できているか, またそれにより実行する試験項目がどれだけ削減できたかを計測した.

### 4.1 実験結果

本研究の手順を適用してOSのコード差分に影響を受けるアプリコード, 試験項目を抽出した結果を表9に示す.

実験により抽出した試験項目は既存方式と同等の精度で抽出することができ, 提案方式により不具合検出に繋がる項目を漏らすことなく試験範囲が特定できていることが分かった. 一方で, 4アプリ中2つのアプリでは削減項目0件, 残りの2アプリでも削減項目数は2~4件 (削減効果は2~4%) と, 当初期待していた試験範囲の削減効果を得ることができなかった.

これは, 初期化処理や画面のベラスクスの処理など, どの試験項目

を実行しても通過するソースコード行が存在しており, この部分にOS影響があったため, ほぼすべての試験項目が“影響あり”と判断されてしまったことが原因である.

### 4.2 課題への対応

この問題点を回避するため, アプリコードと試験項目の間に次のような関係があると仮定した.

- ・ 仮定1: どのような試験項目を実行しても通過するアプリコード行については, どれか1項目の試験を実行して当該行の動作が確認できればよい.
- ・ 仮定2: 特定の試験項目を実行した場合のみ通過するアプリコード行については, その試験

表8 OSのコード差分から影響を受ける試験項目の一覧 (例)

| アプリコード      |     | OS差分<br>影響有無 | 試験項番1 | 試験項番2 | ... | 試験項番X |
|-------------|-----|--------------|-------|-------|-----|-------|
| ソースファイル名    | 行番号 |              |       |       |     |       |
| AAAAAA.java | 10  | 有            | ○     |       |     | ○     |
|             | 20  |              | ○     | ○     |     |       |
|             | 100 | 有            |       | ○     |     |       |
| BBBBBB.java | 5   |              |       | ○     |     | ○     |
|             | 15  | 有            | ○     |       |     | ○     |
|             | 25  |              | ○     |       |     |       |
| ⋮           |     |              |       |       |     |       |

表9 実験結果

| アプリ名      | コード行数 (Line) |        | 試験項目数        |     |
|-----------|--------------|--------|--------------|-----|
|           | OS差分<br>影響あり | 全 体    | OS差分<br>影響あり | 全 体 |
| 災害用キット    | 1,676        | 7,964  | 28           | 28  |
| スケジュール&メモ | 11,208       | 75,125 | 19           | 19  |
| はなして翻訳    | 8,548        | 41,844 | 165          | 169 |
| 音声UI      | 1,025        | 4,323  | 47           | 49  |



項目を実行して当該行の動作を確認する必要がある。

上記の仮定に基づき、実行すべき試験項目を削減する手順の概略例を表10に示す。1つの試験項目でしか実行されていないアプリコード行を赤枠で囲った。

また、この手順を実験結果に適用し、実施必須の試験項目数のみに削減した結果を表11に示す。それぞれのアプリの削減後の試験項目数を赤枠で囲った。

全体の試験項目数が少ない「スケジュールメモ」は削減率が低いもの

の、その他の3アプリについては7割以上の削減効果が出ており、OSバージョンアップ時の影響を確認する試験の効率化（＝実行する試験項目の削減）に十分な効果があった。また、手動で試験項目を実行した結果と比較したところ、削減した試験項目の中に、手動で実行した際に不具合を発見した試験項目は含まれていなかった。仮定1、2を基に削減された項目の品質への影響の妥当性は未検討であるが、今回の4つのアプリへの適用では、試験品質を維持したまま、実行する試験項目の削減できた結果となった。

### 4.3 今後の展望

OSのコード差分から影響を受ける試験項目の一覧（表8）を抽出した際、OSバージョンアップ時の影響があるにも関わらず、既存方式において試験が実施されていないアプリコードも抽出可能であることが判明した。実際に、今回の実験にて得た結果から試験未実施となっているアプリコードを抽出した結果を表12に示す。それぞれのアプリでOS差分の影響があるものの試験未実施であるアプリコード行数を赤枠で囲った。この方法を応用すれば、他のアプリにおいても試験項目の不足を検

表10 試験項目削減方法概略（例）

| アプリコード      |     | 試験項番1             | 試験項番2             | 試験項番X                           |
|-------------|-----|-------------------|-------------------|---------------------------------|
| ソースファイル名    | 行番号 |                   |                   |                                 |
| AAAAAA.java | 11  | ○                 |                   | ○                               |
|             | 12  | ○                 | ○                 |                                 |
|             | 13  |                   | ○                 |                                 |
| BBBBBB.java | 21  |                   | ○                 | ○                               |
|             | 22  | ○                 |                   | ○                               |
|             | 23  | ○                 |                   |                                 |
| ⋮           |     |                   |                   |                                 |
| 項目削減可否      |     | 不可<br>仮定2に基づき実行必須 | 不可<br>仮定2に基づき実行必須 | 可<br>仮定1に基づき、他の試験項目<br>実行で代替できる |

1つの試験項目でしか実行されていないアプリコード行

複数の試験項目で実行されているアプリコード行

表11 項目削減後の実験結果

| アプリ名      | 試験項目数（項目）   |              |     | 削減率   |
|-----------|-------------|--------------|-----|-------|
|           | 実施必須<br>項目数 | OS差分<br>影響あり | 全 体 |       |
| 災害用キット    | 18          | 126          | 126 | 85.7% |
| スケジュール&メモ | 16          | 19           | 19  | 15.8% |
| はなして翻訳    | 45          | 165          | 169 | 73.4% |
| 音声UI      | 6           | 47           | 49  | 87.8% |

表12 OSバージョンアップの影響を受ける試験未実施行数

| アプリ名      | コード行数 (Line) |            |        |
|-----------|--------------|------------|--------|
|           | OS差分影響あり     |            | 全 体    |
|           | 試験<br>未実施    | 試験<br>実施済み |        |
| 災害用キット    | 790          | 886        | 7,964  |
| スケジュール&メモ | 8,075        | 3,133      | 75,125 |
| はなして翻訳    | 5,503        | 3,045      | 41,844 |
| 音声UI      | 0            | 1,025      | 4,323  |

出することが可能である。

なお、今回実験の対象としたOSバージョンアップでは、提案方式による試験項目削減を行ったとしても市場に流出した不具合は0件であったが、今後のOSバージョンアップに向けて、試験項目削減とは逆の方向性ではあるが、ソフトウェア品質の向上の余地があるかについても検証を行いたい。

## 5. あとがき

本稿では、OSバージョンアップの影響を受けるアプリの試験項目を抽出する方式を提案し、試作システ

ムにより動作検証を行うことでアプリ試験の効率化を確認した。

今後は、新OSがリリースされた際に本提案方式を活用し、適用するアプリの数を増やしていくことで試験項目の削減と新規項目の作成漏れの防止につなげていく。また、自動化試験においてもより多くのケースにおいて正しく動作する実装方式を検討し、本提案手法の活用範囲を広げていく予定である。

## 文 献

- [1] Android Developersホームページ.  
<https://developer.android.com/index.html>

- [2] 保田 勝道：“ソフトウェア品質保証の考え方と実際—オープン化時代に向けての体系的アプローチ—”，日科技連出版社，1995。
- [3] AndroidStudio：“Android Studioの概要。”  
<https://developer.android.com/studio/intro/index.html>
- [4] Eclemma：“JaCoCo Java Code Coverage Library.”  
<http://www.eclemma.org/jacoco/>
- [5] Android Studio：“Test Your App.”  
<https://developer.android.com/studio/test/index.html>
- [6] Android Studio：“Android Debug Bridge.”  
<https://developer.android.com/studio/command-line/adb.html>

# ポータブルSIM技術をパッケージ化した「PSIM Suite」ライセンス提供開始

移動機開発部 な ち かずま ひぐち ゆうた  
名知 数馬 樋口 雄太  
いちかわ かずおき  
市川 一興

ポータブルSIMとは、スマートフォン、タブレットなどのモバイル端末に挿入されたSIM (Subscriber Identity Module) \*1カードを端末から分離して利用する技術である。本技術はSIMカードのセキュリティ性を用いた認証や電話番号のシームレスな切替えをコンセプトとし、SIMカードを中心とし、これを小型認証デバイスとして活用可能にする[1]。

ドコモは2014年6月に世界で初めてポータブルSIMのコンセプトと試作デバイスを発表し、その後も関連技術の開発を推進してきている。2015年3月にスマートフォンどうしてSIM情報を送受信可能とする拡張機能を発表し、今回、さらに新しい技術「psim proxy」などを開発したうえで、それらポータブルSIM関連技術（以下、ポータブルSIM技術）を「PSIM Suite」として2016年8月にライセンス提供を開始した。

## (1)ライセンス提供の経緯

スマートフォン、SIMカードの通常の利用では、1つのスマートフォンに対して1つのSIMカードを挿入して利用する必要があり、例えば海外旅行時など利用者の状況により使用する回線を切り替えたい場合は、都度SIMカードを挿し替える必要があった。

PSIM Suiteにより、SIMカードを格納した親デバイスから他のデバイスに情報を送信することが可能となり、スマートフォンとSIMカードは1対1の関係から解放され、もっと自由な組合せを実現できるようになる。

1つの親デバイスを複数の子デバイスで切り替え

て利用する例を図1左に、複数の親デバイスを1つの子デバイスで切り替えて使用する例を図1右に示す。

ドコモは、このようなポータブルSIMの特徴・技術をいろいろな企業で活用してもらい、新たなコンセプト、新たな価値をもったデバイスやソリューションの開発を推進するため、PSIM Suiteのライセンス提供を行うこととした。

## (2)PSIM Suiteを構成する要素

PSIM Suiteを構成する要素は、①ポータブルSIMデバイス、②psim proxy、③ポータブルSIM対応化ソフトウェアの大きく3つに分類することができる。概要を図2に示す。

### ①ポータブルSIMデバイス技術（図2①）

挿入されたSIMカードの情報をBluetooth®\*2経由で子デバイスに送信可能な親デバイス（ポータブルSIMデバイス）を実現する技術。

### ②psim proxy（図2②）

Bluetooth機能を搭載したSIMサイズのカードと、ポータブルSIMデバイスをBluetoothで接続し、カードが挿入された端末がSIM情報を受信可能とする技術（ただし、カードについてもpsim proxyと呼ぶ）。スマートフォンのSIMスロットにカードを挿入することで、既存のスマートフォンでも一切の改造をせずに、ポータブルSIMの子デバイスとすることが可能※。

### ③ポータブルSIM対応化ソフトウェア（図2③）

スマートフォンやタブレットを親デバイスお

\*1 SIM：携帯電話の契約情報を記録したICカード。

\*2 Bluetooth®：移動端末、ノートPC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。BluetoothおよびBluetoothロゴは、米国Bluetooth SIG Inc. の登録商標。

※専用アプリのインストールが必要。

よび子デバイスのいずれとしても機能させることを可能にするソフトウェア。

ポータブルSIMデバイス、psim proxyの接続イメージを図3に示す。

また、上記の要素に関して、ライセンス契約で提供可能なものを表1に示す。これらの3つの技術要素すべてを一括でライセンスするのみならず、ライ

センス先での使用目的に合わせて、個別にライセンスを実施、利用してもらうことも可能である。

### (3)PSIM Suiteライセンス提供事例

PSIM Suiteライセンスは、ハードウェアスタートアップ企業である株式会社Cerevo（セレボ、以下、Cerevo）に第一弾として提供された。

Cerevoは、ドコモとPSIM Suiteのライセンス契約を締結し、SIMを自由に切り替えて通信が可能なデ

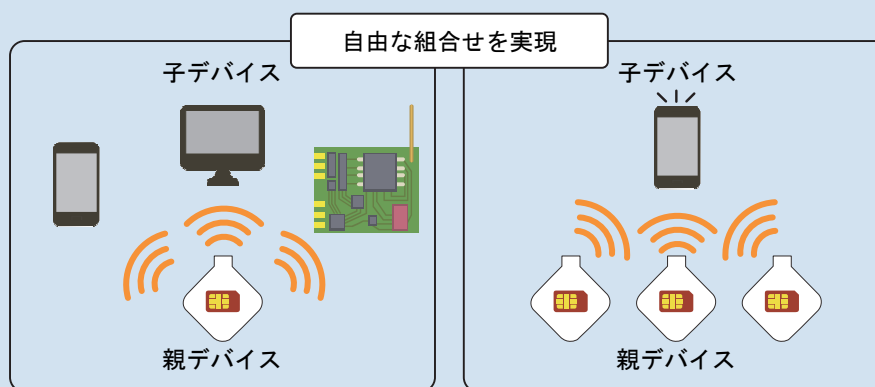


図1 PSIM Suiteによる親デバイスと子デバイスの自由な組合せ例



図2 PSIM Suiteを構成する要素



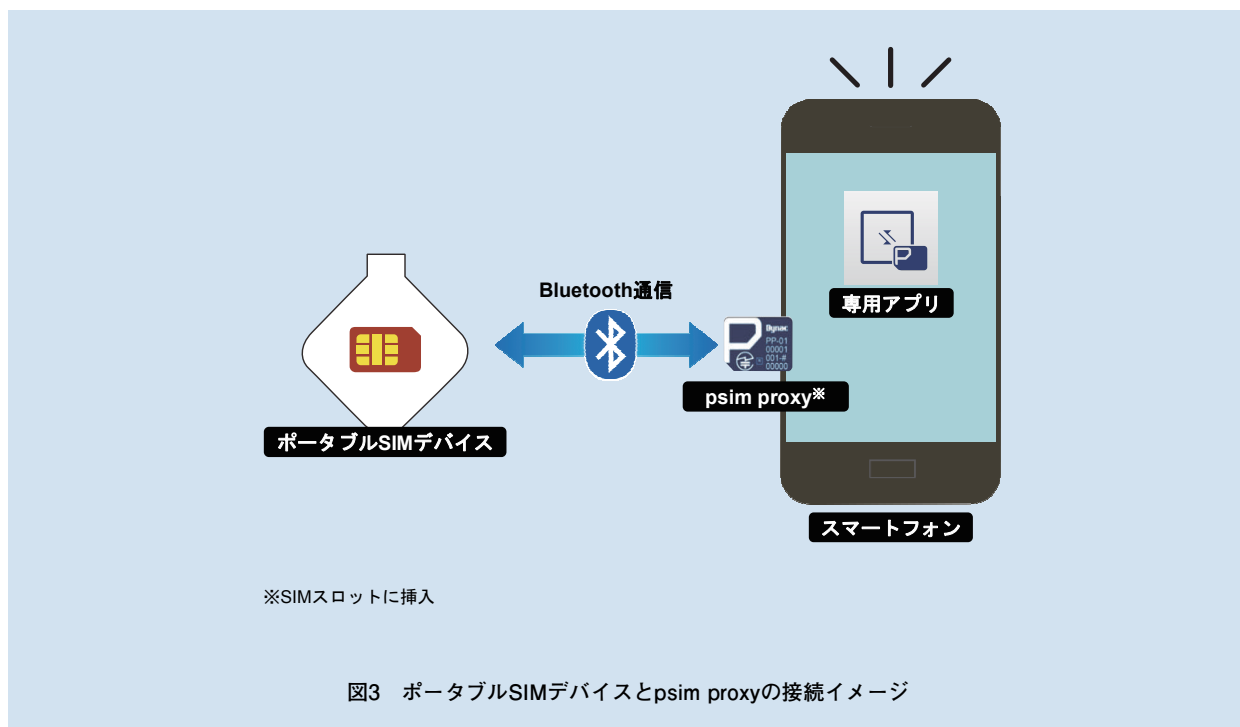


表1 PSIM Suiteライセンスの提供内容

| ①ポータブルSIMデバイス技術                                                                                         | ②psim proxy                                                                                                                                                 | ③ポータブルSIM対応化ソフトウェア                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ファームウェアソースコード</li> <li>・ハードウェア回路図</li> <li>・関連ドキュメント</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・Bluetooth搭載SIM型ハードウェア</li> <li>・ファームウェアバイナリ</li> <li>・専用アプリソースコード (Android™/iOS)</li> <li>・専用アプリ関連ドキュメント</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリソースコード (Android™)</li> <li>・関連ドキュメント</li> <li>・チップセットのソフトウェア※</li> </ul> |

※一部のベンダのみ

Android™：米国Google, Inc.の商標または登録商標。

iOS：米国およびその他の国におけるCisco社の商標または登録商標。

バイス「SIM CHANGERΔ（シム チェンジャー・デルタ）」を開発した。市場性の確認を目的として、2016年8月2日に「Makuake」[2]にてクラウドファンディングを開始し、開始12時間で目標金額を達成したため本製品の生産に着手した[3]。

Cerevoが開発したSIM CHANGERΔを写真1に示す。

SIM CHANGERΔは、PSIM Suiteのうち、①ポータブルSIMデバイス技術と②psim proxyが利用されている。

ポータブルSIMデバイス技術を用いた、SIMカードを最大4枚装着することが可能なSIM CHANGERΔ本体と、psim proxyの技術を用いた「ブリッジカード」をスマートフォンに挿入することで、スマートフォン上の専用アプリから最大4枚のSIM情報を自由に切り替えて利用できる。

今回のライセンス契約でドコモは、ビジネスパー

トナーとして新たな価値を協創する「+d\*3」の取組みをCerevoと行い、それぞれの強み、得意なところを活かしている。これによりCerevoは、SIM CHANGERΔを非常に短期間で開発し、世に出すことで市場の反応を確認して製造、販売を実施していくこととなった。

#### (4)ポータルサイトの開設

ポータブルSIM技術を多くのユーザに利用してもらうには、「PSIM Suite」を活用した製品、サービスを多彩にする必要がある。多くの企業へ「PSIM Suite」のライセンス提供していくため、ポータブルSIM技術の解説やライセンスの概要、活用事例の紹介を掲載したポータルサイトをライセンス提供の開始に合わせて開設した（図4）[4]。

\*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。



写真1 SIM CHANGER△



図4 PSIM Suiteポータルサイト

ライセンス提供に興味を持つ企業は、こちらで配布資料のダウンロードや問合せを行い、ライセンス契約を締結することができる。

本稿では、PSIM Suiteのライセンス提供の開始について、PSIM Suiteのライセンス内容やライセンス提供先第一弾である、ハードウェアスタートアップ企業Cerevoの事例とともに紹介した。今後は、ライセンス提供先の拡大を図り、ポータブルSIM技術を用いた新たなサービスなどを広げていきたい。

## 文 献

- [1] 渋谷，ほか：“新しいサービス創出に向けたポータブルSIMの開発,” 本誌, Vol.22, No.4, pp.21-28, Jan. 2015.
- [2] Makuakeホームページ.  
<https://www.makuake.com/>
- [3] Makuake：“4回線のSIMを自在に操れ。通信回線切替デバイス『SIM CHANGERデルタ』.”  
<https://www.makuake.com/project/simchanger/>
- [4] PSIM Suiteホームページ.  
<http://portablesim.idc.nttdocomo.co.jp/>

# ● Activities ●

## 「CEATEC JAPAN 2016」 出展

ドコモは、2016年10月4～7日の4日間にわたって幕張メッセで開催された「CEATEC JAPAN 2016」[1]に、NTTグループとして出展しました。CEATEC JAPANは、これまで「最先端IT・エレクトロニクス総合展」という位置付けで開催されていましたが、今回は、「つながる社会、共創する未来」という新たなテーマを掲げ、より盛大に開催されました。

NTTグループでは、さまざまな業界・企業とのコラボレーションを進めるべく、「製造」「農業」「流通・小売」「シティ」「ヘルスケア」「ホーム」の分野別に、グループ各社が取り組んでいるIoT（Internet of Things）に関わるさまざまなサービスや最新技術を紹介しました。

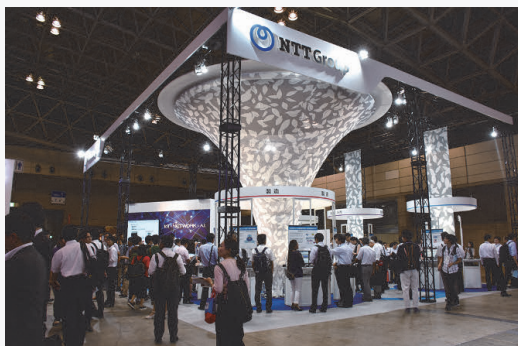
ドコモからは、農業として「Paddy Watch水稲向け水管理支援システム」[2]、シティとして「人工知能を活用したリアルタイム移動需要予測技術を用いたタクシー実証実験」[3]、「docomoスマートパーキ

ングシステム」[4]、ヘルスケアとして「ドコモのお薬手帳サービス おくすり手帳Link」[5]、ホームとして「Linking」[6]、「デバイスWebAPI」[7]の6つの展示を行いました。各展示には多くの来場者が集まり、説明員の話に熱心に聞き入る姿も見受けられました。

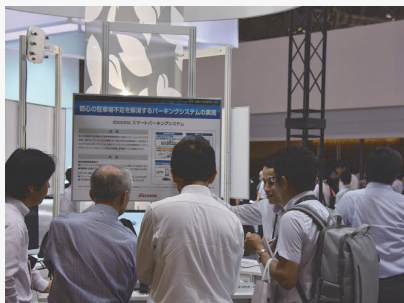
またブース内のステージで開催された各展示説明員によるセミナーにも多くの来場者が集まり、IoTの取り組みに対する関心の高さを知ることができました。

### 文 献

- [1] CEATEC JAPANホームページ。  
<http://www.ceatec.com/ja/>
- [2] NTTドコモ報道発表資料：“水稲向け水管理システム「Paddy Watch」を販売開始,” Apr. 2016.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2016/04/07\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/04/07_00.html)
- [3] NTTドコモ報道発表資料：“人工知能を活用したリアルタイム移動需要予測の実証実験を開始,” May 2016.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2016/05/31\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/05/31_00.html)
- [4] NTTドコモ報道発表資料：“都心の駐車場不足を解消する「docomoスマートパーキングシステム」を開発,” Jun. 2016.  
[https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2016/06/06\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/06/06_00.html)
- [5] NTTドコモ：“おくすり手帳Link.”  
[https://www.nttdocomo.co.jp/service/okusuri\\_link/](https://www.nttdocomo.co.jp/service/okusuri_link/)
- [6] Project Linkingホームページ。
- [7] デバイスWebAPIコンソーシアムホームページ。  
<https://device-webapi.org/>



NTTブース



docomoスマートパーキングシステム



おくすり手帳Link



ブース内セミナー



## 「DOCOMO R&D Open House 2016」開催報告

2016年11月17、18日の2日間にわたり、NTT DOCOMO R&Dセンタ（神奈川県横須賀市）にて「DOCOMO R&D Open House 2016」を開催しました。

Open House開催の主な目的は、ドコモR&Dの中期目標に向けた取組みである「協創」による価値創造を、「+d<sup>\*1</sup>」の展開を通じてステークホルダーへ幅広くアピールするとともに、パートナーとの繋がりをさらに強化していくことです。今回は、2020年の提供開始をめざして研究開発に取り組んでいる第5世代移動通信システム（5G）をはじめ、AI（Artificial intelligence）プラットフォームやIoT（Internet of Things）に関する技術など最新の研究開発成果を、講演や展示を通じて紹介しました。結果として、昨年度の2倍以上となる約2,700人の来場者を迎え、盛況のうちに終わることができました。

初日の基調講演では、取締役常務執行役員R&Dイノベーション本部長 尾上 誠蔵氏が「ドコモR&Dが拓く、未来の世界」と題して、ドコモの技術アセット<sup>\*2</sup>を活用した+dの推進やR&D中期重点テーマについて紹介しました。また後半では、イノベーション創出への情熱や5Gの神話と現実について、具体的な事例を交えて分かりやすく述べました。

2日目の招待講演では、株式会社Preferred Networks 最高戦略責任者 丸山 宏氏が「新しいプログラミングパラダイムとしての機械学習」と題し

て、機械学習が人工知能的な応用を超えて、IT業界全体に大きなインパクトをもたらす技術であること、すなわち機械学習により“ものづくり”パラダイムからの脱却が図れること、深層学習の限界などを講演いただきました。

また、執行役員イノベーション統括部長 栄藤 稔氏、5G推進室長 中村 武宏氏による特別講演を実施し、講演のすべての回で、会場から聴講者が溢れるほど盛況で、来場者の関心が集まりました。

展示ではNTTからの12件の出展を含む、計93件の研究開発成果を「5G」「モバイルネットワーク」「AIプラットフォーム（エージェント／ヘルスケア／ビッグデータ）」「クラウド基盤」「IoT」「デバイス＆インタラクション」「イノベーションチャレンジ」の9つのゾーンに分け紹介しました。

「5G」では、国内外のベンダ12社との共同実験の紹介やデモ、パートナー企業11社とのサービス連携事例のデモを行いました。「モバイルネットワーク」では、5G実現に向けて必要となるPREMIUM 4Gのさらなる高速化やネットワーク仮想化などの取組みを紹介しました。

「AIプラットフォーム（エージェント／ヘルスケア

<sup>\*1</sup> +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。

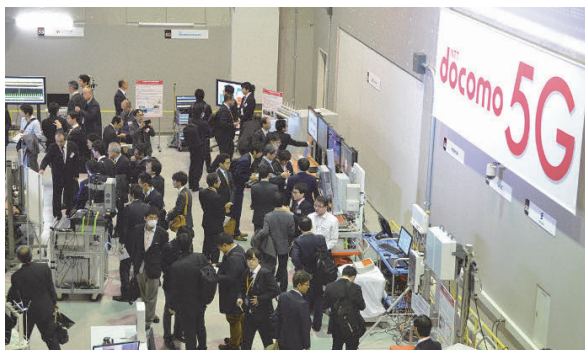
<sup>\*2</sup> アセット：技術資産のこと。



尾上氏による基調講演



丸山氏による招待講演



5G展示の様子

ア／ビッグデータ)」「クラウド基盤」では、AIプラットフォームを活用したサービス・新事業の創造として、翻訳・音声対話・画像認識などのエージェントやヘルスケア、ビッグデータへの取組みを紹介しました。

「IoT」では、あらゆるモノを繋げることによる社会システムの最適化に向けた取組みとして、公共インフラ実証事業やセルラードローン、LPWA (Low Power Wide Area)<sup>\*3</sup>対応IoTゲートウェイなどの事例を紹介しました。「デバイス&インタラクション」では、新たなUI/UXを実現する技術やVR (Virtual Reality) を使った取組みを紹介しました。

そのほか、自由な視点でのイノベーション創出をめざし、社員が自ら考え、生み出したアイデアやプロトタイプを紹介する取組みとして、「イノベーションチャレンジ」のゾーンを設けることで、ドコモR&Dのイノベーション推進に対する取組みについて理解していただくことができました。

屋外では、株式会社ディー・エヌ・エー (DeNA)



展示の様子



取材の様子



屋外デモの様子

の無人運転バス「Robot Shuttle (ロボットシャトル)<sup>TM\*4</sup>」に搭載したカメラからの映像を5Gで伝送するデモンストレーションを実施し、来場者からの関心を集めました。

ドコモR&Dでは、今後も“お客さまへの新しい価値提供”や“新たな業界の構造変革”の実現に向け、研究開発に取り組んでいきます。

<sup>\*3</sup> LPWA : IoT機器向けの低消費電力・長距離の通信を実現する省電力広域無線通信技術。

<sup>\*4</sup> Robot Shuttle (ロボットシャトル) : (株)ディー・エヌ・エーの商標または登録商標。



## 平成28年度工業標準化事業表彰 「国際標準化奨励者表彰（産業技術環境局長表彰）」受賞

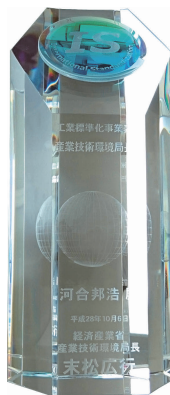
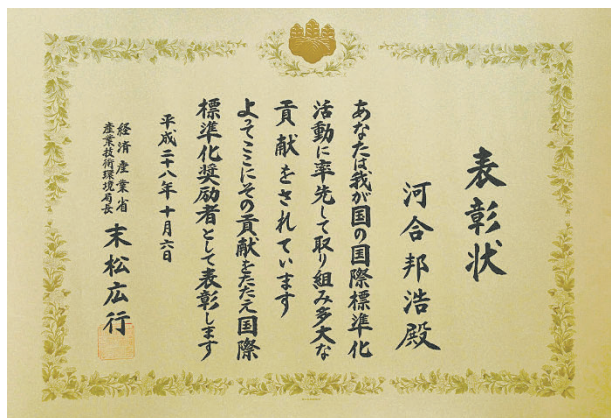
2016年10月6日に先進技術研究所の河合 邦浩氏は、経済産業省平成28年度工業標準化事業表彰において、「国際標準化奨励者表彰（産業技術環境局長表彰）」を受賞しました。

工業標準化事業表彰は、高度な標準策定能力を有し、標準化を企業戦略に生かせる人材育成の強化を図るため、国際標準化機構（ISO：International Organization for Standardization）や国際電気標準会議（IEC：International Electrotechnical Commission）における国際標準規格策定や、国内標準である日本工業規格（JIS：Japanese Industrial Standards）策定といった、標準化活動に優れた功績を有する方、組織を表彰するものです。これらのうち国際標準化奨励者表彰は、標準規格の策定や適合性評価活動に貢献し、今後とも継続的な活動が期待される方に贈られます。



河合氏は、IEC／TC47（半導体デバイス）／SC47E（個別半導体デバイス）／WG2の国内委員として、高周波・マイクロ波通信用半導体デバイスの規格群 IEC60747-4（マイクロ波ダイオードおよびトランジスタ）およびIEC60747-16（マイクロ波集積回路）の改訂に尽力しました。また最新の日本提案 IEC60747-16-6（周波数通倍器）ではドラフト作成に携わるなど、日本の国際標準化活動に積極的に貢献しました。これらの規格は、電波の元となる高周波電気信号を適切な品質で、所望の大きさや周波数とするために用いられる半導体部品の性能の定義とその測定法を規定するものです。これに準拠した半導体部品の性能は、適切かつ統一された定義および測定法に基づいて取得されていることが保証されます。例えば、ドコモの携帯電話の基地局装置や端末において用いられる半導体部品がこれらの規格に準拠していれば、それがどのような半導体部品であったとしても、基地局装置や端末における性能の確からしさは損なわれることなく、無線通信回線品質の確保に寄与することが期待できます。また同じ性能を有する半導体部品が複数ある場合には、どれを選んでも性能が担保されることから、基地局装置や端末メーカーは安心してより安価な製品を選択することが可能となり、結果としてこれら装置の価格低減に寄与することが期待できます。

今回、河合氏の上記に示した国際標準化活動に関わるこれまでの貢献が評価され、引続き同活動への寄与が期待されることから、今回の受賞となりました。



## 2016年度「グッドデザイン賞」受賞

2016年9月29日に、移動機開発部の小栗 伸氏、塩田 政義氏、池畑 嘉則氏、田中 美紗氏が企画開発した「てがき翻訳」が、公益財団法人日本デザイン振興会の2016年度グッドデザイン賞を受賞しました。

グッドデザイン賞とは、さまざまに展開される事象の中から「よいデザイン」を選び、顕彰することを通じ、私たちの暮らしを、産業を、そして社会全体を、より豊かなものへと導くことを目的とした「総合的なデザインの推奨制度」です。創設以来半世紀以上にわたり、「よいデザイン」の指標として、その役割を果たし続けています。

てがき翻訳は手書き文章を翻訳するアプリケーションであり、6カ国語（英語・中国語（北京）・中国語（台湾）・韓国語・フランス語・スペイン語）と日本語との翻訳に対応しています。翻訳後の日本語には方言も対応しており、外国の方が方言を交えて日本人と楽しくコミュニケーションをとることも可能です（ただし商用版には未対応）。また、翻訳に加え、写真の読み込み、イラスト記入にも対応しています。例えば、日本でのショッピングで、商品の写真を貼り付けた上に書いた外国語の商品説明を翻訳して、買いたい商品を探すなど、言葉だけでは伝わりにくいさまざまな場面でも簡単にコミュニケーションを取ることができます。



てがき翻訳は、「音声翻訳の利用は状況によっては困難であったり、抵抗があったりする方もいるが、手書きにすることで手軽な活用を実現している。手書きにするとともに、方言等を活用することで、単に翻訳をするだけではなく、あたたかなコミュニケーションをデザインすることにもつながっている。オリンピックの開催をひかえ、サービスの広がりに期待したい。」という点を評価され、今回の受賞となりました。

現在は、東京国際空港ターミナル株式会社と協力し、てがき翻訳をコンシェルジュが常駐する案内カウンターに導入して実証実験を行っています。コンシェルジュと外国のお客さまが利用するにあたって出てきた課題やご意見に対して、さらなる改善、検証を繰り返す、今後もサービスのブラッシュアップを図っていきます。



## 国際会議IEEE PIMRC 2016 「Best Paper Award」受賞

先進技術研究所5G推進室の小原 辰徳氏、井上 祐樹氏、須山 聡氏、奥村 幸彦氏、サムスン電子株式会社の青木 雄一氏、Jaekon Lee氏は、2016年9月5～7日に、スペイン・バレンシアで開催された国際会議IEEE PIMRC 2016 (Institute of Electrical and Electronics Engineers International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications 2016)において、「Best Paper Award」を受賞しました。

本会議は、1991年から続く、IEEE Communication Societyにおけるフラッグシップ学会の1つであり、今年は約60カ国から903件の論文が投稿され、約49%が採択されました。Best Paper Awardはこの中から特に業績が優れていると評価された3件の論文に授与されたものです。

今回、受賞対象となった論文は、「Experiment of 28 GHz Band 5G Super Wideband Transmission Using Beamforming and Beam Tracking in High Mobility Environment」です。2020年の商用サービス開始をめざす第5世代移動通信システム「5G」では、2010年比で1,000倍の通信容量、100倍のユーザデータレートの実現を目標としており、現在世界中でさかんに検討が進められています。ドコモは、効率的・効果的に5Gのキーとなる要素技術検証を実現し5Gの早期の創出に寄与するため、世界の主要13ベンダと協力して伝送実験を行っています。その中で、広い周波数帯域幅の確保が見込める高周波数帯の活用のために、ビームフォーミング\*1技術などのマルチアンテナ伝送技術の実験による効果検証を行っています。

本論文では、サムスン電子と協力して行っている28GHz帯を用いたビームフォーミング技術およびビーム追従技術の検証実験で、高速移動環境におけるスループット評価結果を示し、28GHz帯の有効性について明らかにしました。

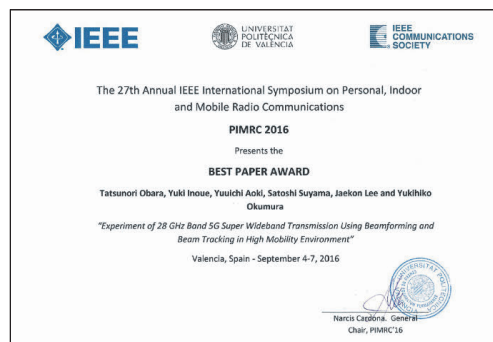
28GHz帯は5Gにおける有力な周波数帯候補の1つです。従来、28GHz帯などの高周波数帯の電波は直

進性が高く、距離による伝搬減衰が大きいいため、セルラ移動通信への利用は困難であるとされてきました。近年、超多素子アンテナを用いたMassive MIMO (Massive Multiple Input Multiple Output)\*2によるビームフォーミング技術を適用することで、28GHz帯における大きな距離減衰を軽減しつつ、高速通信の実現が可能となることが示されてきました。本実験で用いた装置は、96素子のMassive MIMOアンテナを搭載した基地局および8素子アンテナを搭載した端末双方でアナログビームフォーミング技術を用い、併せて空間多重技術を駆使することで、最大3.77Gbpsのスループットを達成することができます。さらにこれらは、端末の移動に合わせてビームを適応的に切り替えるビーム追従機能も有しています。また、端末装置は、スマートフォン形状を模擬した小型アンテナを用いており、実際の利用シーンを想定した実験環境を実現できます。本実験では、高速移動環境におけるビームフォーミング技術およびビーム追従技術の検証実験を行い、時速60kmでの移動時でも最大スループットである3.77Gbpsを達成し、また基地局装置から500m程度離れた地点においても1Gbps以上のスループットを達成することに成功しました。

より現実的な利用シーンにおいて、ビームフォーミング技術およびビーム追従技術を用いて高いスループットを達成できることを明らかにし、5Gにおける28GHz帯の有効性を示したことが評価され、本受賞につながりました。

\*1 ビームフォーミング：複数のアンテナの振幅および位相の制御によってアンテナに指向性パターンを形成し、特定方向に対するアンテナ利得を増加／減少させる技術。

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





# ISAP2016 「Best Paper Award」 受賞

先進技術研究所5G推進室の今井 哲朗氏および北尾光司郎氏が、2016年10月24～28日に沖縄県宜野湾市にて開催された2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016)において Best Paper Awardを受賞しました。ISAP2016は毎年、アジア圏内で開催されているアンテナ・伝搬に関する国際会議であり、今回は34カ国から論文の登録があり、Final Programの掲載数は545件になりました。対象となった論文は“Path Loss Characteristics between Different Floors from 0.8 to 37 GHz in Indoor Office”です。この論文は、第5世代移動通信システム「5G」の評価を目的として、ドコモおよびNTTアクセスサービスシステム研究所が共同で実施した実験の結果を基に0.8から37GHz帯における屋内オフィス環境の伝搬損失特性を明らかにしたものです。

移動通信システムの評価、設計には、本論文で検討した伝搬損失特性の解明が非常に重要であり、いわゆる奥村一秦式<sup>\*1</sup>をはじめとして、これまで多数の検討が行われてきました[1]。従来は、6GHz以下を中心に検討が進められてきましたが[2]、5Gでは、6～100GHzの利用を想定しているために、近年、上記の周波数帯を対象とした伝搬特性の検討が、学术界、標準化団体などで進められています[3]～[5]。伝搬損失特性に関する主な検討内容としては、基地局－移動局間の距離に対する伝搬損失の増加特性に関するものが

挙げられます。また、サービスに利用される周波数を決定するためには、伝搬損失の周波数特性の検討も重要になります。

この度受賞しました論文は、5Gの評価、設計への貢献を目的として実施した屋内オフィス環境における実験結果を基に、フロア間の伝搬損失特性について検討しています。具体的には、ドコモのオフィスビル内において、0.8、2.2、4.7、26および37GHzの5周波数を用いて伝搬損失の測定を行い、伝搬損失と周波数の関係について解析しました。解析の結果、より多くのフロアを経由する伝搬環境においては、周波数に対する伝搬損失の増加傾向が小さくなることより、高周波数帯においては、フロアを通過する電波より、屋外を経由して受信局へ到達する電波の影響が支配的であることを明確化しました。これらの成果がISAP2016にて評価されました。なお、検討結果の詳細については、受賞論文をご参照ください。

## 文 献

- [1] M. Hata: “Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services,” IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.VT- 29, No.3, pp.317-325, Aug. 1980.
- [2] ITU-R Report M. 2135-1: “Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced,” Dec. 2009.
- [3] T. S. Rappaport, G. R. MacCartney, M. K. Samimi and S. Sun: “Wideband Millimeter-Wave Propagation Measurements and Channel Models for Future Wireless Communication System Design,” IEEE Trans. Commun., Vol.63, No.9, pp.3029-3056, Sep. 2015.
- [4] 3rd Workshop on Mobile Communications in Higher Frequency Bands (MCHFB): “White paper on “5G Channel Model for bands up to 100 GHz”.”  
<http://www.5gworkshops.com/5GCM.html>
- [5] 3GPP TR38.900 V14.1.0: “Study on channel model for frequency spectrum above 6 GHz (Release 14),” Sep. 2016.



<sup>\*1</sup> 奥村一秦式：奥村 善久氏は、市街地、郊外地、開放地など、さまざまな環境において取得した150～1,500MHz帯の測定結果を基に、基地局から移動局までの距離と受信電界強度の関係を表す、いわゆる「奥村カーブ」を報告した。奥村一秦式は、秦 正治氏が上記のカーブを基地局高や基地局－移動局間距離などのパラメータを用いて定式化したものである。



**NTT DOCOMO**  
**テクニカル・ジャーナル Vol.24 No.4**

平成29年1月発行

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

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

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

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

© 2017 NTT DOCOMO, INC.