

NTT DOCOMO

テクニカル・ジャーナル

Technical Journal

Vol.26 No.4 | Jan. 2019

DOCOMO Today

- ・モバイルインフラから、協創プラットフォームネットワークに向けて

Technology Reports (特集)

生活をより便利にシームレスに。未来の暮らし

- ・あなた専用テレビ実現に向けた「ドコモテレビターミナル」の開発
- ・住むことで生活や暮らしをサポートする家
「IoTスマートホーム」の開発と評価
- ・ジェスチャーコントロールUIを用いた
パーソナライズドスクリーンコンセプト
- ・目が合う自然な会話を可能とする対面型ビデオ通話システム

Technology Reports

- ・5G時代に相応しい8KVR映像ライブ配信・視聴システムの開発
- ・マルチメディアサービスのさらなる品質向上を実現する新プラットフォーム技術
—MediaSDKソフトウェアライブラリの開発—

モバイルインフラから、協創プラットフォームネットワークに向けて



ドコモ欧州研究所 所長
おかがわ たかとし
岡川 隆俊

2000年にドイツのミュンヘンで設立されたドコモ欧州研究所（以下、ドコモ欧州研）は、現在は次世代のコアネットワークの仕様検討、国際標準化業務にリソースを集約して活動しています。

具体的には、5G時代におけるコアネットワークの標準仕様策定のための3GPP SA2 (3rd Generation Partnership Project Service and System Aspects 2) や、ネットワーク仮想化技術の標準仕様策定のためのETSI ISG NFV (European Telecommunications Standards Institute Industry Specification Group Network Functions Virtualisation)を中心とした標準化団体へ参画し、そのための技術検討をドコモ本社の研究所や開発部と連携したり、欧州ベンダと共同で行ったり、関連する標準化団体の仕様策定に尽力しています。

5Gは高速・大容量化、低遅延化、多数端末（IoTなどのデバイス）の効率的収容といった、複数の多様性のある要求条件を収容できるシステムをめざしており、従来の無線ネットワークのみならず、コアネットワークにおいても技術革新が期待されています。

さらに、さまざまな産業界との協創による新産業の創出によって、社会的課題の解決、地方創生への貢献が考えられるシステムもあります。そのため、LTEの時代では見られなかった自動車業界（自動車メーカーに限らず、部品メーカーなども含む）をはじめ、多様な業界が工場などのオペレーション自動化のために標準化活動に参画し、5GAA (Automotive Association) や5G-ACIA (The 5G

Alliance for Connected Industries and Automation) など各業界単位でのアライアンスも生まれています。

従来のLTEベースのコアネットワークにおいては、一般的のコンシューマ向けの単一的なネットワークを構築し、その上でモバイルキャリアとしての信頼性を担保しつつ、低コスト化、高機能化を実現してきました。一方、5G時代におけるコアネットワークは、各産業界が求める機能の種類や、機能追加のスピード、課金体系の柔軟性、信頼性も分野によって、よりハイレベルなものが求められるため、ネットワーク設計や開発手法から保守のやり方も含めた改革が必要となります。

技術的には、従来のネットワーク機能をよりマイクロ化させ、汎用化や再利用性・利便性を高めるマイクロサービスや、複数ドメインに特化したネットワーク機能を柔軟に配備できるネットワークスライシング技術、その生成や保守を自動化する技術、加えてモバイルテレコム特化の状態管理を簡素化し、クラウド基盤へより効率的に配備するようなState分離型のアーキテクチャや、各種コンテナ型仮想化技術の適用など、5G時代のネットワークの国際標準仕様検討においても新しい技術との融合や変革が求められています。

2018年6月、3GPPではRelease15としての5G NR (New Radio) の仕様策定が完了し、今後、世界各地で5Gの商用化が加速していくと思われます。前述の産業界との協創可能なプラットフォーム作りという意味ではまだ未完成ではありますが、すでにRelease16としての仕様策定にて、さまざまなチャレンジが開始されています。

また、ETSI NFVにおいては、ドコモだけでなく、世界のオペレータもネットワーク仮想化技術の商用化を開始する中、2020年までの4期目の会期延長が決定され、5Gのネットワーク機能を支えるプラットフォーム基盤として、オペレーションの自動化、IT業界の技術革新を取り込む仕様策定など、さらなる進化を見据えた国際標準化活動が継続され、盛り上がりを見せています。

このような中、ドコモ欧州研では、来たる5G時代における、ドコモのビジネス進化を支えるための要素技術や協創を実現するためのプラットフォームネットワークの構築に向けた研究開発を推進し、特に欧州という地の（知の）利を活かした国際標準化活動を通じ、「顧客を知り、世界を知り、自分で考える。そして、方向性を出し、呼びかけ、世界に発信し、仲間を作り、世界をドコモが先導する」というスローガンの下、世界の持続的な幸せや人々の生きがいに貢献していきたいと思います。

[Contents]



DOCOMO Today

モバイルインフラから、協創プラットフォームネットワークに向けて
岡川 隆俊 1



特別寄稿

携帯端末が協力・連携すると何ができるか 村田 英一 4



(P.6)

Technology Reports (特集)

生活をより便利にシームレスに。未来の暮らし

あなた専用テレビ実現に向けた「ドコモテレビターミナル」の開発 06

映像配信 ユーザ切替 視聴履歴



(P.25)

住むことで生活や暮らしをサポートする家「IoTスマートホーム」の開発と評価 17

IoT スマートホーム WEB API

ジェスチャコントロールUIを用いたパーソナライズドスクリーンコンセプト 25

パーソナライズ ホームデバイス ジェスチャコントロールUI



(P.33)

目が合う自然な会話を可能とする対面型ビデオ通話システム 33

アイコンタクト 対面感 ビデオ通話

Technology Reports

5G時代に相応しい8KVR映像ライブ配信・視聴システムの開発

41

VR

ライブ映像配信

FPGA



(P.41)

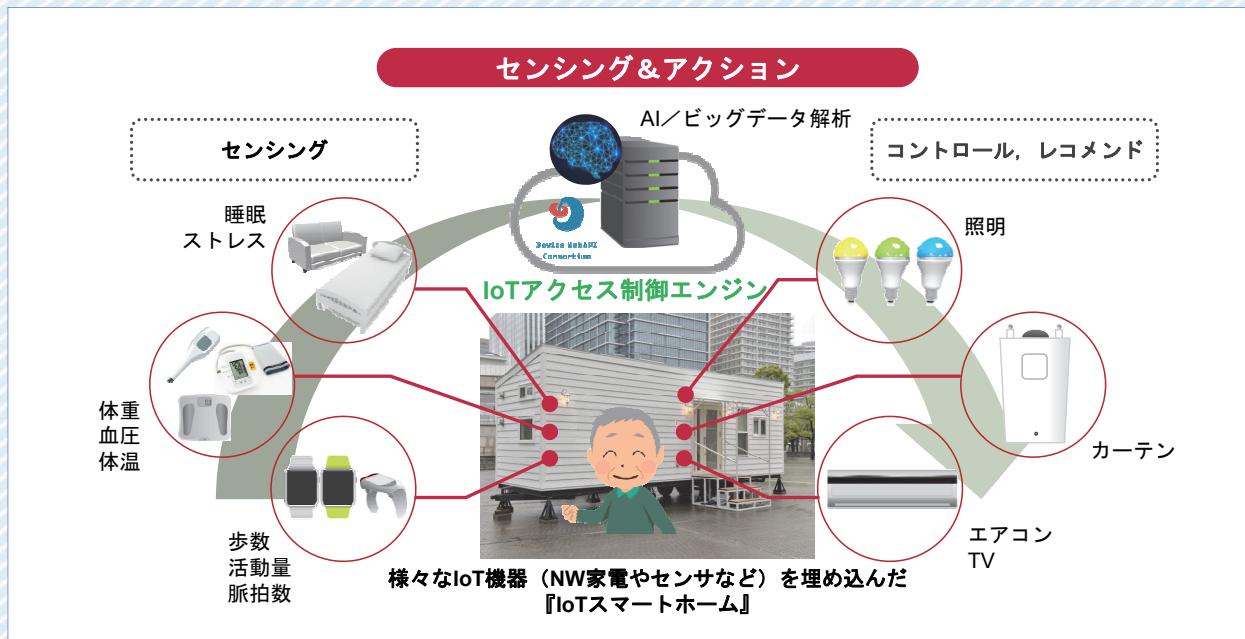
マルチメディアサービスのさらなる品質向上を実現する新プラットフォーム技術
—MediaSDKソフトウェアライブラリの開発—

49

再生エンジン

QoE

品質向上



Technology Reports (特集) 住むことで生活や暮らしをサポートする家「IoTスマートホーム」の開発と評価 (P.17)

IoTスマートホームの概要

携帯端末が協力・連携すると何ができるか

京都大学 情報学研究科 准教授 村田 英一さん

むらた ひでかず

筆者は子どもの頃に電子工作から無線に興味を持った世代で、当時は田舎の小さな書店でも電子工作関係の子供向け雑誌が容易に手に入った。そして筆者にとって最も魅力的だったのは、これら雑誌に掲載されていた無線関係の簡単な装置を作ることだった。当時、これら雑誌に掲載されている回路図や部品について母に質問してよく困らせていたのを憶えている。見よう見まねで簡単な発信機を作って、隣の部屋の短波ラジオ（当時はある程度普及していた）に「ピー」と音が入る。たったそれだけで面白くてしょうがなかった。もちろん、お年玉はすべて部品と工具代となる。

その頃の日々の生活の中で一般人が持っている「電波を送信する機器」はほとんどなく、あってもワイヤレスマイクやラジコンぐらい。一部の人がアマチュア無線や市民ラジオ（いわゆるCB無線）を使っていた。それから40年、ごく普通の人が高度な電波を出す装置をいつも携帯するようになった。そして「周波数が足りない」。この対策が私の研究テーマである。

専門的には、このように増大し続ける無線通信トラフィックを収容するために利用可能な周波数帯域の拡大が行われ、それと並んで周波数利用効率の向上が重要とされる。その基盤技術としてMIMO（Multiple Input Multiple Output）伝送がある。これは、同じ周波数で異なる信号を同時に送信し、それらすべて受信できるいわゆる「聖徳太子」のような送受信機を作る技術である。

筆者は大学院修了直後にこの技術に着目し、実験装置で動作の検証と、特有の課題の解決に取り組んだ。これは、20世紀の常識としては本来避けるべき

同一周波数干渉を自ら作ってしまっており、研究初期には学会などいろいろなご意見を頂戴し、充実した研究活動となった。現在、MIMO伝送は携帯電話や無線LANで広く実用化されている。

このMIMO伝送の通信路容量（誤りなく伝送できる最大情報レート）は送信アンテナ数と受信アンテナ数の少ない方にほぼ比例することが理論的に示されている。このためアンテナ数（送受信機数）を増やすと周波数利用効率が向上する。しかし、小型である携帯端末では物理的制約から多数のアンテナを備えることは難しく、ノートPCでも2アンテナか3アンテナである。このため、伝搬路での干渉の仕方をコントロールするような技術（プリコーディング技術）が研究開発されたが、干渉の仕方の変化が速い移動環境への適用は難しい。

さて、筆者の最近の研究は複数の移動端末が協力・連携して基地局と通信することである。現在、携帯端末は独立して基地局と通信を行っている。周囲に電波状態が良い端末があっても、能力が余っている端末があっても、その間に協力関係は築かれていません。最近では一人が複数の無線通信デバイスを持っていることもあり、人が集まればそこには数十、数百の移動端末などが存在する。しかしそれらは、他と独立に動作するか、場合によっては競合関係にある。

もしそれら周囲の端末が何らかの方法で協力できれば、等価的なアンテナ数が増大してMIMOの通信路容量を拡大できる。競合していると1つのパイを分け合い、その取り分の話になってしまうが、協力してMIMO伝送を行えば、全体のパイが大きくなるのである。



Profile

1991年京都大学工学部電子工学科卒業。1993年同大学院修士課程修了。同大学助手、東京工業大学助教授を経て2006年より現職。ワイヤレスネットワーク、無線伝送方式の研究に従事。2000年エリクソンヤングサイエンティストアワード、2006年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞、電子情報通信学会論文賞などを受賞。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、IEEE各会員。

もちろん基地局側の対応が必要なのでそれほど簡単ではないが、例えば50人の端末を巻き込めば1端末あたり2つのアンテナを備えることが多いため、端末群側は等価100アンテナなどが実現できるわけである。これまで、多数の人が同時に通信を行うと通信速度の低下は免れなかったが、協力すればMIMO伝送の容量が協力人数にほぼ比例して拡大し、理論的には速度低下が起きないことになる。もちろん、状況の良い端末に通信を依頼することや、バッテリ残量に余裕がある端末が処理を代行するなど、多様な協力・連携関係を考えることもできる。

この技術を端末連携送受信技術と呼ぶとする。最大の課題は、その端末間の連携のための周波数帯域が必要となり、周波数利用効率改善の観点からは両立せず、トレードオフに陥ることである。しかし、今後導入される5Gスマートセル用に高周波数帯の送受信機が搭載されると見込まれることから、スマートセル外においてこの高周波数帯を高速低遅延が求められる端末間通信に活用できる。

端末間でのこのような連携・協力は多数の端末が存在しつつ相対位置の変化が小さい環境に適しており、電車・バス内などの移動体内への適用が1つの有力なシナリオとなる。このようなグループモビリティは、プリコーディング技術では伝搬路の速い変動のため対応が難しい一方で、端末連携送受信には特に適している。また、グループモビリティに限らず、高いアンテナ自由度を活かしてセル間干渉対策などとしても端末連携は有効であると考えられる。

この方式ではプリコーディングに見られた伝搬路変動に対する脆弱性がほぼ解消される。連携する端

末間はある程度離れていると考えられるため、アンテナ間相隔が小さいことも期待され基地局が対応すれば効果的にMIMO多重数（ストリーム数）が拡大し、周波数利用効率は飛躍的に向上する。

従来、無線中継回線や3G携帯電話システムにおけるソフトハンドオーバなどでは、固定設置された複数の無線局が1つの通信に関与していた。しかし、移動端末が連携し端末グループを構成することによって信号送受信能力を高める端末連携通信はこれまで実現例もなく、その可能性と実現性がようやく認識されてきたところである。この方式は連携がもし理想的であれば、アンテナ配置とハードウェア関連事項を除き、従来のシングルユーザMIMOと数式上は一致するものであるが、移動体での端末間通信は意外と不安定であることが判明しており、伝搬環境や連携が理想的ではない場合について取り扱うことが重要である。このため、特に伝搬環境の状況や各種ハードウェア特性を考慮した研究を行っている。

将来、電車・バス内に限らず、イベント会場など人が集まり電波需要が高い場所において周辺の携帯端末が近距離で高速な通信で結ばれ、1つのグループとして基地局と送受信を行う、そういう時代が到来するのかも知れない。無線通信の技術者にとってはどのようにして端末群構成と無線伝送を最適化するなど研究課題も多い。このシステムでは端末が分け隔てなく相互に自由に結ばれることが理想であり、実用化にあたっては標準化が不可欠である。新しい考え方であり世界的にも研究者はまだごく少数である。このシステムの将来の実現に向けて、微力ながら研究開発を進めている。

生活をより便利にシームレスに。未来の暮らし

あなた専用テレビ実現に向けた 「ドコモテレビターミナル」の開発

移動機開発部

まさみ けんいちろう
正見 健一郎すずき ちひろ
鈴木 千尋たなか ゆうや
田中 佑弥あらき かすみ
荒木 香住

近年、映像配信を主軸としたセットトップボックスの普及が世界中で進んでいる。しかしながら、いまだユーザの視聴履歴による、ユーザの嗜好に合ったコンテンツをレコメンドする機能はあまり具備されていないのが現状である。それを実現すべく、ドコモは“あなた専用テレビ”において、dアカウント^{®*1}を基軸としたユーザの行動履歴に基づくザッピング視聴の実現、および家族利用を想定したマルチアカウント利用機能を有した新たなホームデバイスを開発した。

1. まえがき

近年、映像サービスを主軸としたホームデバイスの普及が進む中、ドコモは、「ドコモの映像サービスすべてを自宅のテレビで、家族それぞれのスタイルで楽しみが広がる。」[1] を商品コンセプトに、家族利用を前提にしつつも、一方で個人利用にも対応する「あなた専用テレビ」といえるセットトップボックス、「ドコモテレビターミナル^{®*2}」を開発した。

ドコモテレビターミナルの外観を写真1に、主な仕様を表1に示す。



写真1 外観

©2019 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 dアカウント[®]: ドコモが提供しているネットショッピングやデジタルコンテンツなどの色々なサービスをご利用いただける無料の共通ID。(株)NTTドコモの登録商標。

*2 ドコモテレビターミナル[®]: (株)NTTドコモの登録商標。

表1 主な仕様

カラー	ホワイト
サイズ	107mm (W) × 107mm (D) × 25.5mm (H)
重量	209g
OS	Android TV 7.0
CPU	Quad Core 1.6GHz
内部メモリ容量 (RAM/ROM)	RAM3GB/ROM16GB
HDR	HDR10, HLG, Dolby Vision
DLNA	DMS機能のみ対応。視聴には、ドコモテレビターミナルアプリが必要 DLNA/DTCP-IP（ひかりTV for docomoのみ）／DTCP+（ひかりTV for docomoのみ）
LTE	LTE/3G/GSM非対応（UIMカードは挿入不可）
外部接続ポート	HDMI2.0a ギガビットEthernet USB2.0×1ポート, USB3.0×1ポート
Wi-Fi	IEEE802.11ac/a/b/g/n, MIMO対応
Bluetooth	Bluetooth4.2
リモコン	音声入力マイク搭載。Bluetooth, 赤外線対応
対応サービス	dTV, dアニメストア, dTVチャンネル, DAZN for docomo, ひかりTV for docomo

DLNA : Digital Living Network Alliance

HDR : High Dynamic Range

DMS : Digital Media Server

HLG : Hybrid Log Gamma

DTCP : Digital Transmission Content Protection

MIMO : Multiple Input Multiple Output

これまでのセットトップボックスでは、サービス提供者による画一的なおすすめコンテンツを含む番組表の中から、ユーザが能動的に視聴したいコンテンツを選択するという利用形態であった。そこでドコモは、ユーザ個々に見合った受動的視聴を促することで、新たな興味喚起を広げていくということを目的に、これまでの視聴履歴から、それぞれのユーザが今見たいと思っているコンテンツや関連番組を推測し、それをホーム画面のファーストビューで自動でザッピングできるようにした（図1）。

また、従来のセットトップボックスは、家族利用の際のマルチアカウント設定やリモコン操作の煩雑さ、端末操作方法に関するFAQの分かりにくさなど、多くの課題があった。

本稿では、ドコモテレビターミナルの概要と、上記の課題を解決したdアカウントの仕組みや、ホームアプリでのユーザエクスペリエンス^{*4}、おすすめ使い方ヒント機能についての技術内容、具体的な利用シーンについて解説する。

2. ドコモテレビターミナルの アプリ構成

ドコモテレビターミナルのアプリ構成を図2に示す。本アプリは、Android™^{*4}TVOS上のアプリ層に、「ホームアプリ」、dアカウント認証／管理をし

*3 ユーザエクスペリエンス：製品やサービスなどを使用・消費・所有した際に、ユーザが体験できる内容。

*4 Android™：米国Google, LLC. が提唱する携帯端末を主なターゲットとしたオープンソースプラットフォーム。米国Google, LLC. の商標または登録商標。



図1 ザッピングUI

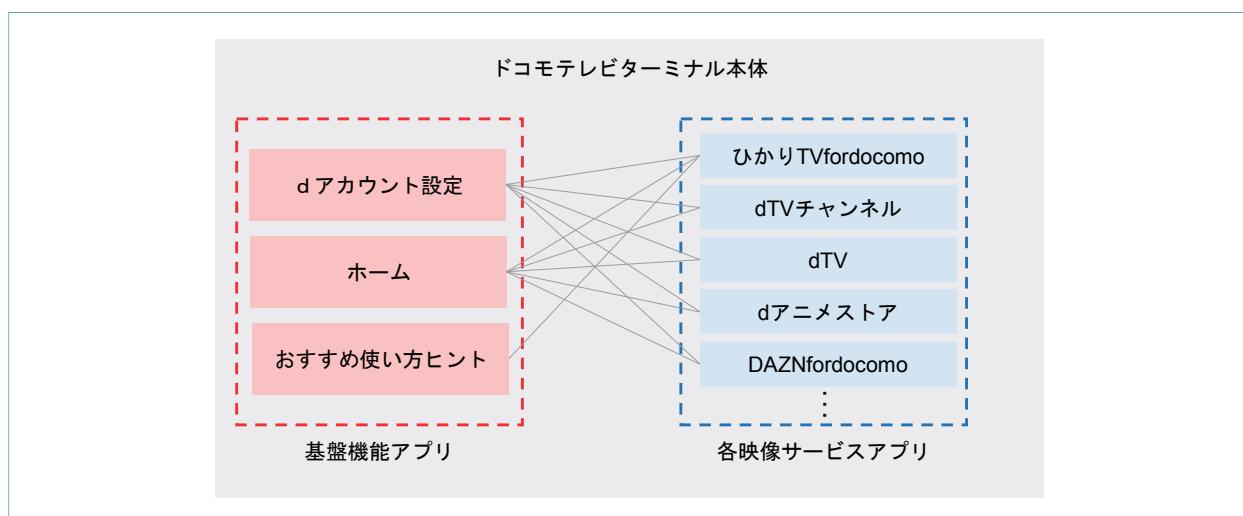


図2 アプリ構成

ている「dアカウント設定アプリ」、および端末操作に関するお知らせを出す「おすすめ使い方ヒント」からなる基盤機能アプリと、各映像コンテンツを出力する「dTV^{®*5}」や「ひかりTV^{®*6}」といった各映像サービスアプリを搭載することで構成されている。以下、「あなた専用テレビ」を実現している技術内容と具体的な利用シーンについて、解説する。

3. dアカウントによるユーザ管理

3.1 マルチアカウント機能

ドコモが提供するさまざまなサービスは、無料の共通IDであるdアカウント [2] によって、ユーザーごとの契約情報や利用状況が管理されている。ドコモテレビターミナルでは、dアカウント設定アプリ

*5 dTV[®] : dTV、dTVチャンネル、dTVターミナルは(株)NTTドコモの登録商標。

*6 ひかりTV[®] : (株)NTTぷららが運営する映像配信サービス。同社の登録商標。

からアカウント情報を参照することにより、端末に対して一度ログインを行うことで、各提供サービスの利用都度ログイン操作が不要となる。

前述のようにdアカウント設定アプリでのアカウント管理はスマートフォンと同様だが、スマートフォンが個人アカウントであるの対し、ドコモテレビターミナルは自宅での家族利用を想定しているため、複数のアカウントを管理することになる。これをマルチアカウント機能という。

家族で使う際は、図3のように端末起動時に各自、自身のアイコンを選択すれば、自分のアカウントですべてのサービスにログインできるようになる。ドコモテレビターミナルは、このマルチアカウント機能により、各アカウントの視聴履歴に基づくおすすめコンテンツがホーム画面にザッピング再生されるようになっており、まさに起動直後から“あなた専用テレビ”を実現している。

3.2 dアカウント設定アプリの認証処理

多くのサービスログイン情報として利用されているdアカウントはログイン時、端末上ではトークン^{*7}の形でセキュアに管理されている。ドコモテレビターミナルでもこのdアカウント設定アプリのトークンを利用して、さまざまなサービスにおいて認証

処理を行うことで端末内でのシングルサインオン^{*8}を可能にしている。

また、画面上にアカウント情報として、アイコンとユーザ名が表示され、これを切り替えることで、アクティブユーザー（現在利用しているアカウント）を切り替えることができる。

3.3 簡易なアカウント登録

アカウント登録については、自動認証になっている。例えば店頭で購入する際、店舗側で端末にdアカウントを登録することにより、自宅での接続時に改めてユーザがdアカウントを登録する必要は無い（しかし、スマートフォンでの認証キー入力は必要）。これにより、ユーザが端末へdアカウントを初期設定する手間を省き、購入後、電源とインターネットに接続するだけで、すぐにサービスを利用することができます。

もちろん手動による端末への登録も可能であるが、その際にも、スマートフォンと連携し、簡易に入力できるようペアリングコード^{*9}での登録方法を提供している。ドコモテレビターミナルに表示されているコードをスマートフォン上のdアカウント設定アプリで入力することで、スマートフォンに登録しているdアカウントがドコモテレビターミナルにも登録される。



図3 アカウント登録とアカウント一覧画面

*7 トークン：情報を文字列に落とし込んだもの。dアカウントの情報を、他者にはわからない文字列情報として変換したもの。

*8 シングルサインオン：1つのアカウントで複数サービスにログインできること。

*9 ペアリングコード：dアカウント認証を行うための識別子。

録される（図4）。

3.4 スマホ認証

ドコモテレビターミナルは複数のアカウントの切替えを行うユースケースを想定しており、他のユーザーに自分のアカウントを使用されないよう、切替え

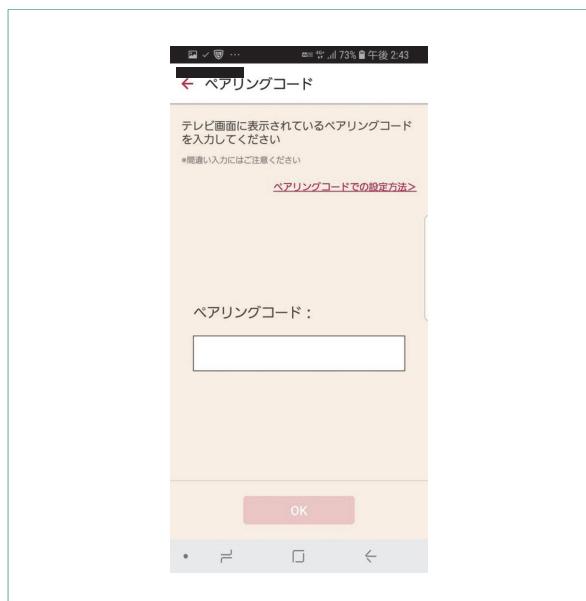


図4 ペアリングコードでの登録

時には必ずパスワードを要求することで、プライバシーにも配慮している。

実際の利用においては、パスワード入力が頻繁に要求されることも想定される。この場合、入力のたびに画面にパスワードが表示されるといったセキュリティ上の問題や、また、毎回リモコンによるパスワード入力操作が必要となる煩わしさを回避するために、スマートフォンでの認証機能（スマホ認証）も提供している。スマホ認証はすでにスマートフォン向けのdアカウント設定アプリにて提供されている機能であるが、PCのブラウザやドコモテレビターミナルをはじめとしたセットトップボックスなどの端末で、dアカウント認証をする際にも、画面上でパスワード入力をするのではなく、スマートフォンに通知を送信し、スマートフォンでの生体認証処理（指紋や虹彩認証など）にて代替することで、簡易かつセキュリティを高める。今回のドコモテレビターミナルでも同様の機能を提供しており、本端末上でのパスワード入力をスマホ認証にて代替することが可能である（図5）。

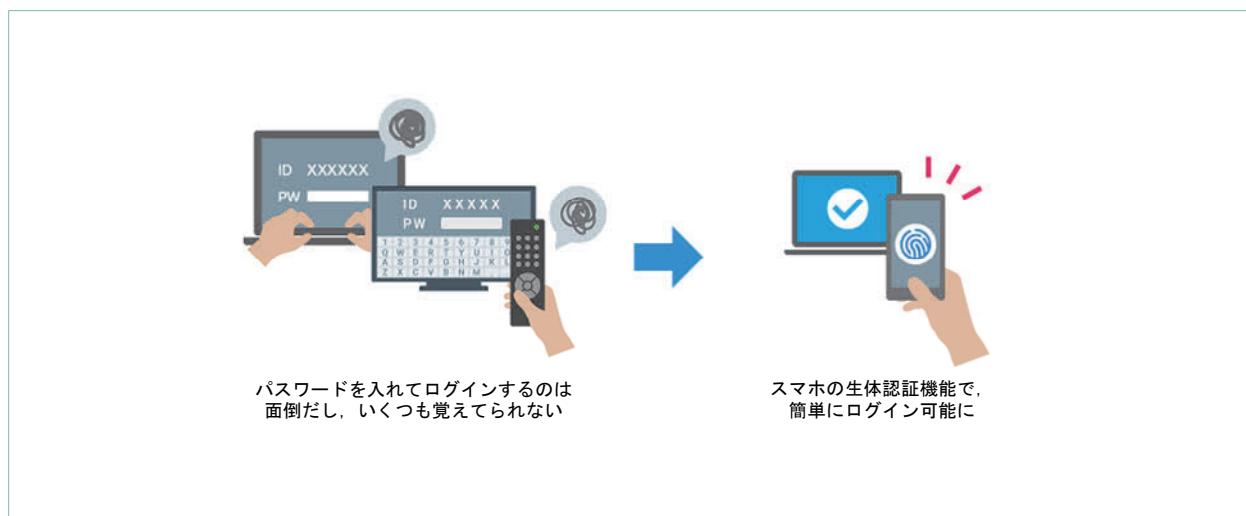


図5 スマホ認証

4. ユーザエクスペリエンスの特徴

4.1 商品コンセプトからみた提供価値

商品コンセプトを要素分解すると「ドコモの映像サービスすべて」「自宅のテレビ」「家族それぞれ」の3つが特徴である。

(1)ドコモの映像サービスすべて

文字通り、本商品を購入すればドコモの映像サービスをすべて楽しむことができる体験のことである。映像サービスは2018年9月現在、dTV、dアニメ[®]*10ストア、dTVチャンネル[®]、DAZN[®]*11 for docomo、ひかりTVなどがあるが、これらすべてのサービスを利用可能なデバイスが、ドコモの商品ラインナップに存在しなかった。スマートフォンでは光回線利用が前提であるひかりTVが視聴不可であり、過去に発売したdTVターミナル[®]はdTV、dアニメの視聴のみ対応していた。今回、ドコモテレビターミナルの開発によりすべての映像サービスが視聴可能となった。

(2)自宅のテレビ

スマートフォンではなくテレビ端末を用いて映像サービスを視聴してもらうということである。テレビ端末を利用する場合、タッチパネルによる入力を前提としたスマートフォンと異なり、テレビ画面表示に対応したリモコンによる入力操作が前提となり、操作性（簡易度、自由度など）に大きな差がある。例えばカルーセル形式^{*}12のコンテンツを選択する場合、スマートフォンのようなモバイルデバイスでは1ステップ操作であるのに対して、リモコンでは2ステップ以上の操作が必要となる。これらのことからもテレビ端末をターゲットデバイスとする場合、リモコンの操作性向上が必要となる。

(3)家族それぞれ

利用人数による違いを示している。「自宅のテレビ」は私的な所有物であるスマートフォンとは異なり、家族で共有し、リビングルームなどの共有ス

ペースに配置されていることがイメージされる。家族全員でコンテンツを視聴する場合もあれば、1人で自身の好きなコンテンツを視聴する場合もある。利用シーンによって、ユーザニーズが変動するため、そういったさまざまなユーザの希望に応えられるような環境が必要となる。

以上、「ドコモテレビターミナル」がめざす提供価値は「家族のなかの私が」「いま楽しみたいドコモの映像サービスを」「テレビ画面で快適に楽しめる」であり、これらを実現できるUI^{*}13を設計した。

4.2 ホーム画面におけるUIデザイン

「ドコモテレビターミナル」では2つのUIデザインを提案した。「マルチユーザへのパーソナライズ」と「ザッピングUI」である。

(1)マルチユーザへのパーソナライズ

例えば、家庭に置き換えた場合、お父さんにはお父さんの、お母さんにはお母さんの、お子さんにはお子さんの必要な情報がそれぞれ最適化されている状態を指す。家族みんなで楽しむ場合に加え、操作するユーザ自身の嗜好を満足させるようパーソナライズした情報を提供する。パーソナライズの切り口としては「契約中サービスを基にしたレコメンド^{*}14コンテンツ」「視聴ログなどを基にしたレコメンド^{*}15コンテンツ」を提供することだと考える。その際に、必要とされるUI要素は以下となる。

- ・端末起動時にログインしたいユーザ（必要とするパーソナライズ情報）が簡単に選択できること
- ・ログイン後はすべてのサービスで同じユーザとして扱われること
- ・ログインしていないユーザの情報は表示されないこと

専用デバイスであれば、起動シーケンス内で必ず

*10 dアニメ[®]：株NTTドコモの登録商標。

*11 DAZN：Performの商標または登録商標。

*12 カルーセル形式：複数のオブジェクトを数珠つなぎで表示し、オブジェクトをスライドさせて対象物を選択させる方式のこと。

*13 UI：ユーザとコンピュータとの間で情報をやり取りする際の操

作画面や操作方法。

*14 契約中サービスを基にしたレコメンド：ドコモが提供している映像サービスのうち、契約しているサービスを優先してレコメンドすること。

*15 視聴ログなどを基にしたレコメンド：視聴ログから次にユーザが視聴したくなるコンテンツを推定してレコメンドすること。

通過する位置でユーザ認証を行うことで簡易に実現可能であるが、Android環境では非同期にすべてのアプリが動作可能なため、ユーザの認証が終わるまでの間、他のアプリの起動を抑止するなどの機能の実装が難しい。その解決のために本製品では、ユーザ操作の起点となるホームアプリにログインする機能を用意し、未ログイン時は他のアプリを利用できないよう設計した。ドコモテレビターミナルの起動シーケンスを図6①～③に示す。

①スマートフォンにおけるSLEEPからの復帰時に該当するが、意図せず他アプリの画面が前面に出現することがないように電源ボタンが押された場合は必ずフレームワーク^{*16}層にてホームアプリ起動を行っている。また、複数の起動モードが存在し、端末起動が、ホームアプリのプロセス起動とはイコールではない場合があるため、端末起動であることが分かるextra情報を付与している。これらによりどのような場合でも必ずホームアプリが最前面で起動する機能

を実現した。

- ②ユーザ認証中に他のアプリが割込みでユーザ情報を取得した場合に備え、アクティブなユーザ情報を0にする処理となる。これは、例えば今お父さんがログインしようとしている瞬間に、とあるサービスアプリがお母さんのユーザ情報を使ってしまうことを防止することを目的としている。
- ③前述したアカウントのログイン処理となる。この処理により再びアクティブなユーザ情報が設定されるため各サービスアプリはユーザ情報が利用可能となる。

ドコモテレビターミナルのログイン画面におけるユーザ体験イメージは図7となる。各自のアイコンを選択すれば、ドコモの映像サービスを利用でき、ユーザの趣向に応じたコンテンツがレコメンドされるようになる。また、プライバシーを重んじて利用するユーザを想定し、非公開を望んだアカウントに

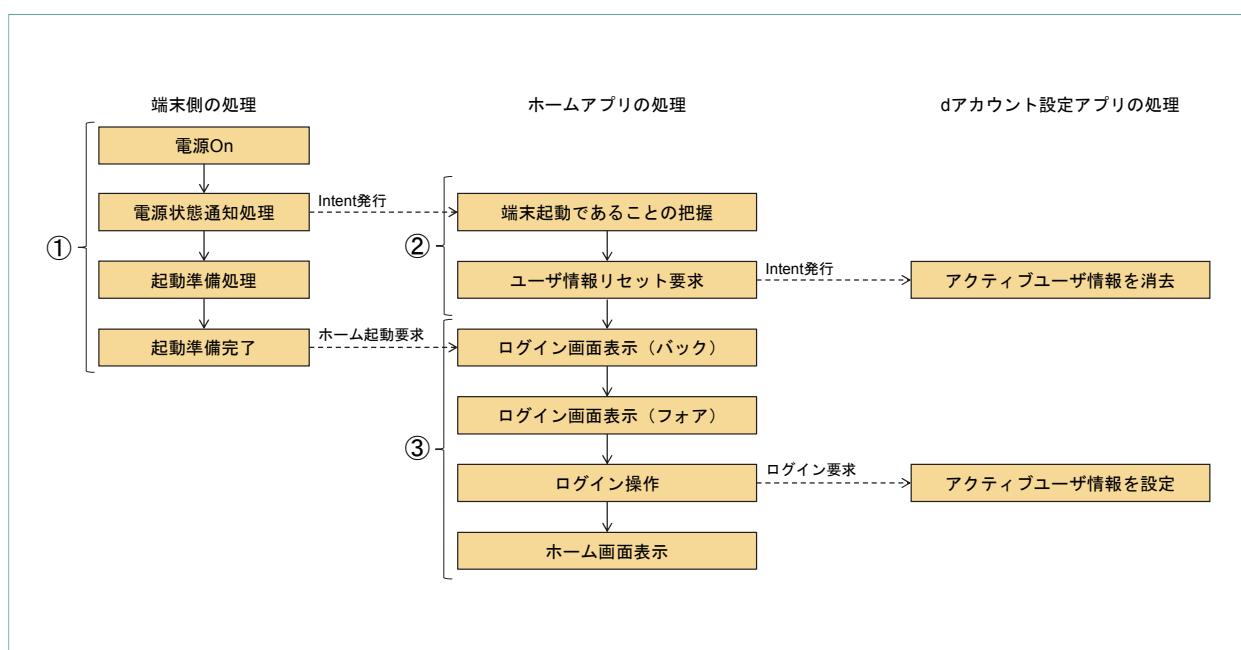


図6 端末起動シーケンス

*16 フレームワーク：ある領域のソフトウェアに必要とされる汎用的な機能や基本的な制御構造をまとめたもの。ライブラリでは、開発者が個別の機能を呼び出す形となるが、フレームワークでは、全体を制御するのはフレームワーク側のコードで、そこから開発者が個別に追加した機能を呼び出す形となる。



図7 ログイン画面

ログインする場合はパスワード入力が必要な仕様とした。

(2) 「ザッピングUI」

ユーザが次に利用したいコンテンツを実際に視聴しながら選択できる操作を指す。

テレビ放送において、リモコンの数字ボタンを押せば、番組の切替えが可能になると比較すると、映像サービスは視聴を開始するまでに必要な操作数が多い。一般的には「A：気になるワードで検索する」「B：検索結果の中から興味のあるコンテンツを選択する」「C：選択したコンテンツの視聴を継続するか判断する」の3ステップを煩雑に感じる可能性が高いと考える。

その解決として、本製品ではホーム画面上で映像コンテンツを再生する体験を提案した。

ドコモテレビターミナルのザッピングUIにおけるユーザ体験イメージは図1となる。ホームアプリ起動後の1stフォーカス^{*17}にユーザが関心のありそうなコンテンツをレコマンドコンテンツとして表示し再生を始めることで、ユーザに対して視聴継続の判断を促す。コンテンツの再生が終了したら次のコン

テンツへ自動的に進み、また再生が始まることでユーザは受動的にコンテンツの視聴継続判断が可能となる。また、能動的に操作を行いたいユーザを阻害しないよう、2ndフォーカスが可能な位置にドコモの各サービスアプリの起動アイコンを配置し、1ステップで目的のサービスが起動できるようレイアウトした。

ザッピングUIは精度の高いレコマンドが必要となるが、Android標準で用意されているレコマンド機能はホームアプリで制御ができないため精度の担保が難しい。そこで、本商品では、ユーザ情報を一元的に分析してレコマンド情報を作成するサーバを用意した。機能構成を図8に示す。ホームアプリからサーバにはdアカウントの識別情報のみを引数で渡し、サーバは識別情報を用いて、ユーザのサービス契約状態や視聴ログなどを基に最適なレコマンド情報を返却する。

これら「マルチユーザへのパーソナライズ」と「ザッピングUI」をホームアプリに搭載することで製品コンセプトを満たすUIを実現した。

*17 フォーカス：ボタンなどが選択され入力や決定がされる状態。

5. おすすめ使い方ヒント

5.1 おすすめ使い方ヒント概要

ドコモテレビターミナルでは、2016年夏シーズンのスマートフォンから搭載がスタートした、「おすすめ使い方ヒント」[3] の機能を搭載している。このサービスはお客様1人ひとりの使い方や状況に応

じて、端末をより快適に使用してもらうためにお知らせ表示をするという機能である。ドコモテレビターミナルでは、「ヒント」という名前ではなく「お知らせ」と名前を変えて表示しており、今後このお知らせの一覧の中に、端末操作のヒント以外にも各サービスからの「お知らせ」も表示をさせる予定である（図9）。

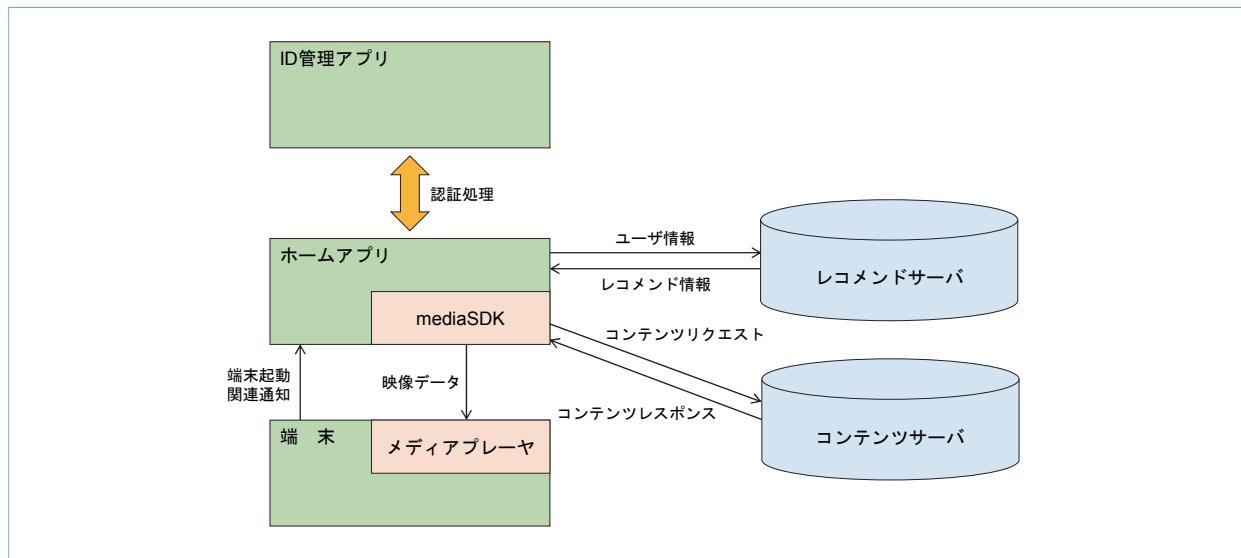


図8 機能構成図



図9 お知らせ一覧

また、Android TV OSとして、お客様に適した端末の操作・利用を促すアプリはこのアプリしか存在せず、ドコモ独自機能と言える。

5.2 お知らせ表示方法

ユーザが「お知らせ」を閲覧するために2つの導線を設けた。1つがレコメンデーションに表示されたお知らせを押下する方法、もう1つが、リモコンにある「お知らせボタン」を押下し、見たいお知らせを選択する方法である（図10）。選択された利用方法は動画で再生され、その動画の通りにお客様に操作をしてもらうことで、より直観的にわかりやすいお知らせ表示となるよう工夫した。また、動画に関しては、YouTubeTM*18に動画をアップロードしておき、おすすめ使い方ヒントアプリの画面からWebView^{*19}にてYouTube再生を行っている。ただし、動画を見ながら画面を同時操作することができないことから、スマートフォン上でも動画を視聴で

きるQRコード[®]*20を設け、利便性を向上させていく。

5.3 お知らせ更新

「お知らせ」は、端末OSバージョンの変更時や、ユーザの利用方法が変わった際にも、その内容を最適化するため、定期的にサーバへ最新ルールセットデータベースの有無を確認する。最新情報でアプリのデータベースを更新することで、端末では常に最新のお知らせを表示することができる。また、お知らせの内容に関しては、各ユーザの利用履歴に合わせて配信しているため、複数のdアカウントが登録されている状態では、アカウントを切り替えると、各アカウントに最適なお知らせを表示している。

5.4 お知らせボタン搭載

ドコモレビターミナルでは、過去に表示したお知らせをいつでも見やすくするために、リモコン



図10 おすすめ使い方ヒントの利用導線

*18 YouTubeTM : Google, LLC. の商標。

*19 WebView : アプリ内でWebページを表示できる機能のこと。

*20 QRコード[®] : 2次元バーコードの一種。株デンソーウエーブの登録商標。

に「お知らせボタン」を搭載した。この「お知らせボタン」を押下すると、最新の「お知らせ」に加えて、過去に表示した「お知らせの履歴一覧」も閲覧できる。

ドコモテレビターミナルの最新アップデートでは、「重要なお知らせ」が表示されたタイミングで、「お知らせボタン」横のLEDが光る機能を追加している（図11）。その対象となるのは、ドコモとしてすぐにお客様に把握していただきたい内容であり、ユーザに気づいてもらえるよう工夫した。このLED機能もデータベース上でハンドリングが可能である。また、「重要なお知らせ」をリアルタイムで確認できなかったユーザのために、リマインドでLED点灯する仕組みも設け、その見逃しを防止している。今後も「お知らせ」で表示される内容については、端末の操作ヒントだけでなく、各ドコモサービスからのお知らせあるいはインフォメーションや告知を表示することにより、さらなる利便性向上を図っていく。

6. あとがき

本稿では、ドコモテレビターミナルのコンセプトの1つである、「あなた専用テレビ」を実現する工夫・技術について、その詳細を解説した。スマートフォンのみならず、ホームデバイスという新たなユーザ接点において、今後も搭載サービスを拡張し



図11 お知らせLED

つつ、それぞれのユーザニーズに沿った新たな視聴体験を提供できる仕組みを検討していきたい。

文 献

- [1] NTTドコモ：“ドコモテレビターミナル.” https://www.nttdocomo.co.jp/product/docomo_select/tt01/index.html
- [2] NTTドコモ：“dアカウント.” <https://id.smt.docomo.ne.jp/>
- [3] NTTドコモ：“おすすめ使い方ヒント.” https://www.nttdocomo.co.jp/service/osusume_hint/

住むことで生活や暮らしをサポートする家 「IoTスマートホーム」の開発と評価

サービスイノベーション部

やました
山下 順
けん
よしかわ
吉川 貴
たかし
やまぞえ
山添 隆文
ほりぐち
堀口 賞一
しょういち
もくたに
塙谷 真一
しんいち

多様な分野においてIoTが着目されており、機器の遠隔コントロールや収集データの解析による価値創造が期待されている。このような中、ドコモでは生活の基点である「家」に着目し、IoT機器を家の至る所に設置したIoTスマートホーム^{®*1}を構築した。宅内のIoT機器はIoTアクセス制御エンジンにより一元管理されており、宅内の情報センシングおよび機器のコントロールを実現している。このIoTスマートホームを用いて、住むことで生活や暮らしをサポートする家の実現をめざし、生活実証実験を行った。

1. まえがき

近年、モノのインターネット（IoT：Internet of Things）という言葉は市民権を得つつある。当初は工場の自動化など、生産性向上を目的としたものが多かったが最近では家電連携やホームセキュリティといった、一般市民にとっても身近なユースケースを目にするようになってきた。

IoTを取り巻く技術課題には、データ量、通信網、セキュリティ、データ解析技術、コストなど、さまざまなものが挙げられる [1] が、ドコモでは特に

相互接続性の課題に着目し、研究開発を進めてきた。一方、高齢単身世帯の増加 [2]、要介護高齢者人口の増加 [3]、医療費増大 [4] など、少子高齢化のもたらすさまざまな社会課題が顕在化しつつある。近年、日本における平均寿命と健康寿命の差は拡大傾向にあり、これらの社会課題はより深刻となることが予想される。

ドコモでは従来から取り組んできたIoTの技術を生活の基点である「家」に適用することで、快適性、健康などさまざまな面から人々の生活をサポートする「IoTスマートホーム」を構築した。

従来のスマートホームは電力マネジメントやエネルギー効率化の観点で、ZEH（Net Zero Energy House）^{*2}、HEMS（Home Energy Management System）^{*3}、スマートメーター^{*4}、ディマンドリスポンス^{*5}などのキーワードとともに語られることが多かった。

ドコモのIoTスマートホームでは、居住者の快適性や健康、安心、安全、美容を家がサポートするというコンセプトで構築を行っている。宅内のIoT機器を通じて、居住者の日々の生活データを収集・解析し、解析結果をもとにIoT機器を通じて居住者に対して適切な空間を提供するという仕組みとなっている。この仕組みにより、住むことで生活や暮らしをサポートする家の実現をめざしている。

IoTスマートホームを実現するために必要なIoTシステムとして、さまざまなIoT機器を統一的に扱うことができるプラットフォーム（クラウド基盤）「IoTアクセス制御エンジン^{*6}」を構築し、各種アプリケーションを開発した。本稿ではIoTスマートホーム、およびIoTアクセス制御エンジンの技術的特徴について解説するとともに、これらを用いて行った実証実験とその結果、今後の展望について述べる。

2. IoTスマートホームの構成

2.1 IoTスマートホーム概要

ドコモは、生活・暮らしをサポートする家を実現するためにIoTスマートホームを構築した。IoTスマートホームの外観および内観を図1に示す。今回、IoTスマートホームは牽引移動が可能なトレーラーハウス上に実装を行った。図2に示すように、IoTスマートホームには多種多様なIoT機器が設置されており、これらをドコモのIoTアクセス制御エンジンが管理およびコントロールすることで快適で健康的な空間を作り出している。

2.2 IoTスマートホームのシステム構成

IoTスマートホームのシステム構成を図3に示す。IoTスマートホームは、IoT機器、ホームゲートウェイ、IoTアクセス制御エンジン、ユーザアプリケーションの4要素から構成されている。

本稿ではインターネットなどを経由して制御の対象となるものや情報を収集できるものをIoT機器と称する。IoTスマートホーム内に設置しているIoT機器には体重計や照明など市販の物や、スマート鏡（ヘッドアップディスプレイ付鏡）など特注のもの



図1 IoTスマートホームの外観および内観

*2 ZEH：経済産業省によれば、「快適な室内環境」と、「年間で消費する住宅のエネルギー量が正味でおおむねゼロ以下」を同時に実現する住宅のことという。

*3 HEMS：家電・住宅設備が使用している電力・ガスなどの使用量をモニターなどで可視化したり、管理するシステム。

*4 スマートメーター：通信機能を搭載した電力計。

*5 ディマンドリスpons：経済産業省によれば、需要家側エネルギーリソースの保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、電力需要パターンを変化させることをいう。

*6 IoTアクセス制御エンジン：ドコモが開発したさまざまなIoTデバイスを制御管理できるクラウド基盤。



図2 IoTスマートホームの概要

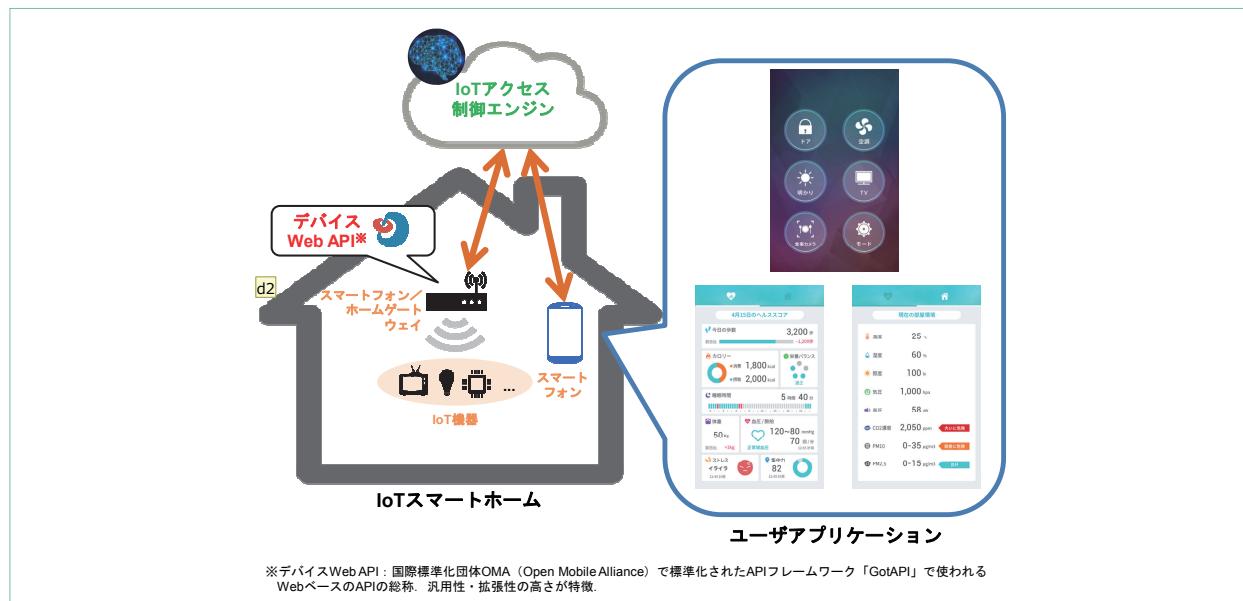


図3 IoTスマートホームのシステム構成

がある。これらのIoT機器はドコモのIoTアクセス制御エンジンによって管理、コントロールされている。多くのIoT機器はBluetooth®*⁷やWi-Fi®*⁸などの近距離無線規格での通信を行うため、IoT機器とクラウドとの通信は宅内に設置したホームゲート

ウェイ装置が仲介を行う。ユーザーアプリケーションはWebアプリとして実装しており、IoTアクセス制御エンジンを用いることでIoT機器のコントロールや情報の可視化の機能を提供している。

*7 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で、米国Bluetooth SIG Inc. の登録商標。

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

2.3 IoTアクセス制御エンジンによる IoT機器の接続

IoTスマートホームでは現在約20種類のIoT機器が設置されている。メーカーや仕様も異なるこれらのIoT機器を、ドコモが開発したIoTアクセス制御エンジンによって管理・コントロールしている。IoTスマートホームではIoTアクセス制御エンジンを用いることで以下に述べる5つの機能を実現している。

(1) IoT機器からの情報収集

さまざまなIoTセンサにより収集される生活情報は、宅内のホームゲートウェイ装置を経由して、IoTアクセス制御エンジンで取得することができる。例えば、居住者の睡眠情報は布団下に敷かれたIoT睡眠マットにより収集され、睡眠の質や呼吸数、寝返りを打った回数などの情報を収集することができる。また、洗面台前の床には体重計が埋め込まれており、生活に支障なく自然な形で体重などの生体情報を収集することを可能にしている。

(2) IoT機器のコントロール

さまざまな宅内のIoT機器をIoTアクセス制御エンジンにより、コントロールすることができる。例えば、スマート電子錠による玄関の鍵の開閉や、IoTシャッターや赤外線コントロール可能なカーテンの開け閉めを行うことができる。また、エアコンやテレビなどの家電をコントロールすることも可能である。そして、これらのIoT機器は1つひとつコントロールすることも当然可能だが、就寝前には電気を消してエアコンを止めて鍵を閉めるといったように、機器を一括コントロールすることも可能である。

(3) 遠隔管理

IoTアクセス制御エンジンはクラウドシステムとして構築されているため、IoT機器からの情報収集およびIoT機器のコントロールは遠隔地からも実施することが可能である。これにより、帰宅前にエアコンの制御を行う、遠隔地から家の様子を確認する

といった機能を実現している。

(4) 対応機器拡張

IoTアクセス制御エンジンでは、プラグインソフトウェアをホームゲートウェイ上に追加するだけで対応するIoT機器を増やすことができる。この拡張容易性を用いることで、IoTスマートホーム内の機器は日々拡張や変更を行っている。

(5) 多様な権限管理

IoTアクセス制御エンジンを用いることで、ユーザー単位、時間単位、機能単位といった多様な権限管理機能を実現することができる。本IoTスマートホームを用いた実証実験では、被験者が1週間ごとに入れ替わって生活を行うため、被験者アカウントに対しては、IoT機器の利用権限を付与するとともに、管理者にIoT機器の状況閲覧権限を付与することにより、被験者と管理者のみがIoTスマートホームの必要な機能にアクセスできるようにしている。

(6) 生活データの蓄積

IoTスマートホームにおけるIoT機器の操作履歴やIoT機器が収集したデータログについてはすべてIoTアクセス制御エンジン内のデータベースに保存している。これにより、日々の膨大な生活データが自動的に蓄積され、この多様なデータの解析を行うことで、データの価値化を行うことができると考える。IoTスマートホームでは、IoT機器から収集したデータをクラウド上で解析し、解析結果に応じて機器の制御を行うことで、居住者にとって快適で健康的な空間を自動的に作り出すことをめざしている。

2.4 設置機器

IoTスマートホームに現在設置している機器の一覧を表1に示す。

2.5 機能

現在、IoTスマートホームは主に以下の6つの機能を有する。

表1 IoTスマートホーム設置機器

IoT機器	通信方式	機能
血圧計	BLE	血圧の測定
体重計	BLE	体重の測定
睡眠計	Wi-Fi	睡眠状況の測定
人感センサ	EnOcean	人の有無の検出（寝室、玄関、トイレ、ソファー）
ドア開閉センサ	EnOcean	ドアの開閉状況の検出（冷蔵庫、冷凍庫、電子レンジ、クローゼット、玄関）
スマートリストバンド	BLE	歩数、消費カロリーなどの測定
食事カメラ（スマートフォン）	LTE	食事の内容、カロリー、栄養素の推定
ほこりセンサ	BLE	PM10、PM2.5の測定
照明	Wi-Fi	照明のON/OFF、色変更
赤外線学習リモコン	Wi-Fi	空気清浄機、香りデバイス、エアコン、TV、カーテン、天窓カーテンの制御
CO ₂ センサ	EnOcean	CO ₂ 測定
スマートロック	BLE	鍵の状態取得、開閉操作
分電盤	有線LAN (ECHONET Lite)	電力測定
スマート鏡	Wi-Fi	睡眠状況、体重、天気、時刻などの情報表示
位置検出床	BLE	居住者の位置抽出
シャッター	Wi-Fi (ECHONET Lite)	シャッターの開閉、角度調整
室内外環境センサ	有線LAN	NO、NO ₂ 、SMP、PM2.5、風向風速、温湿度、HCHO、VOC、CO ₂ の測定
健康アドバイスデバイス	—	IoTアクセス制御エンジンとは未接続
化粧品吐出マシン	—	IoTアクセス制御エンジンとは未接続

BLE (Bluetooth® Low Energy)：近距離無線通信規格Bluetoothの拡張仕様であり、Bluetoothバージョン4.0において追加された。低消費電力の通信を特長とする。Bluetoothは米国Bluetooth SIG Inc. の登録商標。

ECHONET® Lite：エコネットコンソーシアムが策定した通信プロトコル。主にホームシステムを対象としている。ECHONETは一般社団法人エコネットコンソーシアムの登録商標。

EnOcean®：サブギガヘルツ帯を使用した無線通信技術の一つ。自己発電による電力を使ったデータ送信が可能であり、パッテリーレスが特長。EnOceanはEnOcean GmbHの登録商標。

(1)ヘルスケア情報可視化

IoTスマートホーム内の各ヘルスケア機器で収集した健康情報はスマートフォン上で可視化できる。これにより、居住者は、各機器単独ではなく、複数

の機器からの情報を組み合わせた総合的な健康情報を把握できる。

(2)環境モニタリング

ほこり濃度（PM10、PM2.5）や温湿度、CO₂濃

度、風向風速などの室内外の環境情報、各ドアの開閉状況や人がいる場所をリアルタイムに可視化できる。これにより、離れて暮らす家族の見守りや、室内外の目に見えない環境情報の可視化を実現している。

(3)スマート鏡

洗面台の鏡にはスマート鏡を採用している。スマート鏡には前日と今日の体重、1週間の睡眠状況、今日の天気などを表示している。また、洗面台の前の床には体重計が埋め込まれている。自然な情報取得および情報表示により、居住者に負担なく、居住者の健康に対する気づきをさりげなく提供している。

(4)食事解析

スマートフォンのカメラで食事を撮影することで、食事の内容やカロリー、栄養バランスを算出することが可能である。さらに、1日の食事の内容から食事に関するアドバイスを提供する。

(5)リモコン

スマートフォンにてIoTスマートホーム内のIoT機器をコントロールすることができる。個別にIoT機器を制御することや、帰宅モードなど各生活シーンに合わせて機器を一括制御することが可能である。これにより、IoT機器ごとにリモコンを操作する手間を省くことができる。

(6)チャットボット対話

IoT機器のコントロールや情報可視化をチャットのUIを介して行うことが可能である。また、IoT連携以外の対話にも対応しており、家があたかも人格をもっているかのように対話することが可能である。

3. IoTスマートホームを用いた生活モニタリング実証実験

3.1 実証実験概要

IoTスマートホームを用いて生活実証実験を実施した。実証実験では、IoT、AIなどの技術を用いて、家が居住者に快適で健康的な空間を提供できるかを検証する。

本実証実験では、被験者は1名ずつIoTスマートホームで1週間の生活を行い、実験前後での被験者の状態変化、意識変化、行動変容を評価する。被験者はIoTスマートホームで生活すること以外は普段通りの生活を実施しており、IoTスマートホームを起点に出社などを行っている。実証実験はこれまでに場所を変えて2回実施しており、合計20名の被験者にIoTスマートホームで1週間の生活を送ってもらった。生活モニタリング実験の概要を表2に示す。

3.2 実験結果（アンケート）

被験者20名に対してアンケートを実施した。1週間のIoTスマートホームでの生活最終日にWebサイトから回答を取得しており、回収率は100%（20名／20名）であった。アンケート結果を図4に示す。

IoTスマートホームでの生活を通じ、健康への意識向上につながったのは75%、自身の健康状態に対する何かしらの気づきが得られたのは65%という結果となった。さらに、自由回答欄では、食事に気を使うようになった、階段を積極的に使うようになった、といったように意識だけでなく具体的な行動変容へつながっている様子が確認できた。

表2 生活モニタリング実験概要

	実験期間	実験場所	被験者数
第1回実証実験	2017.12～2018.02	相鉄ローゼンミニさちが丘店駐車場（二俣川駅付近）	6名
第2回実証実験	2018.06～2018.09	相鉄文化会館駐車場（緑園都市駅付近）	14名

3.3 実験結果（データ）

図5は実験で得られたデータのうち、2名の被験者の生活時の人感センサ値を可視化したものである。

このデータより、以下の3つの仮説が考えられる。

(1)生活パターン抽出

被験者Aの場合、1週間の生活において就寝前お

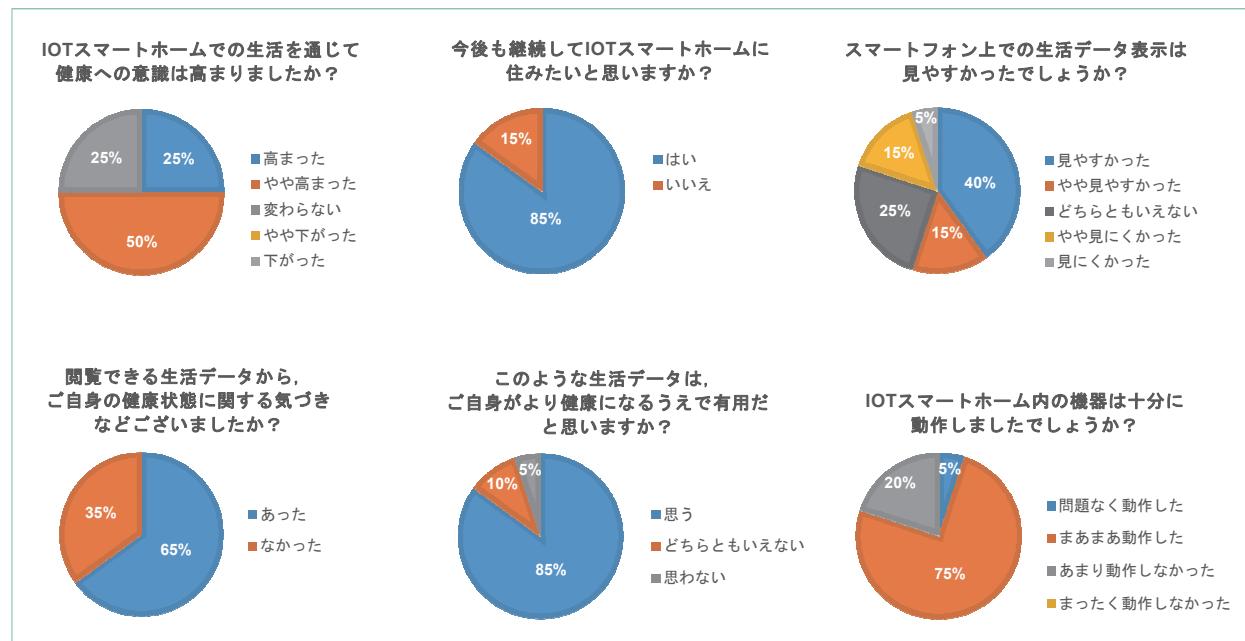


図4 アンケート結果

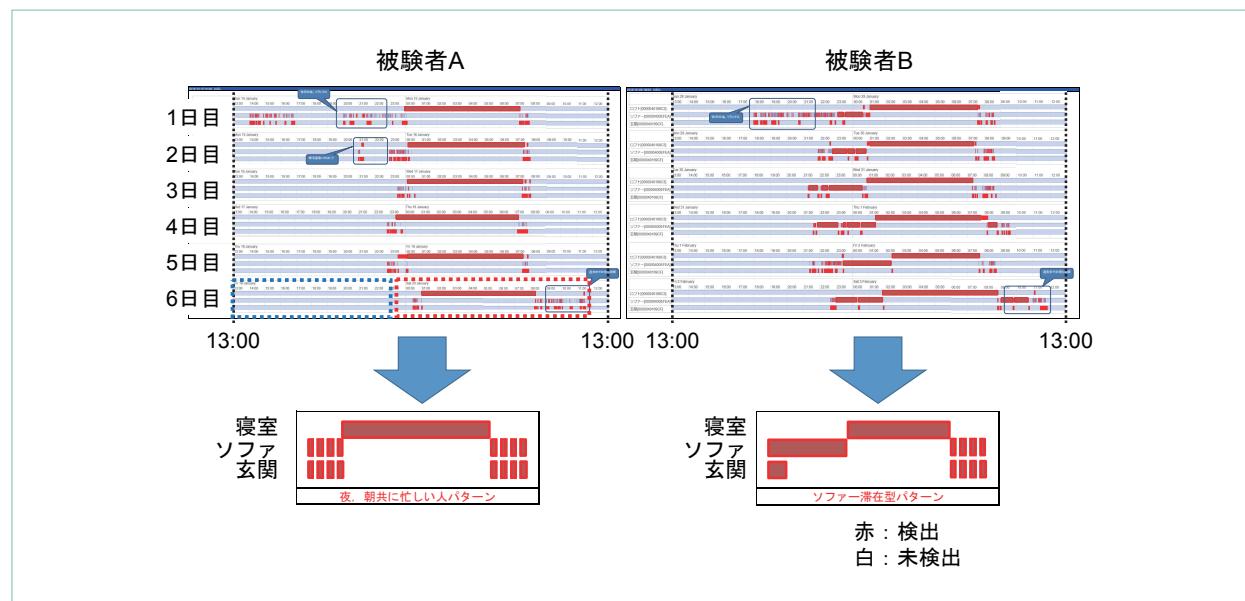


図5 人感センサ値の可視化

よび起床後はソファと玄関を行き来する生活パターンであることが見て取れる。一方で被験者Bの場合、就寝前はソファにしばらく滞在し、起床後は被験者A同様にソファと玄関の行き来を行う生活パターンであることが見て取れる。このように人感センサの値だけでも人の生活をある程度パターン分類できる可能性がある。これにより、生活パターンを考慮したIoT機器の制御提案すなわち快適なホームオートメーション機能を提供できると考えられる。

(2)異常検知

(1)にて居住者のいつもの生活パターンを抽出できる可能性を見出したが、逆にいつもと違う動き、すなわち異常検知が行える可能性がある。これを用いることで離れて暮らす家族の見守り等への応用が考えられる。

(3)居住者区別

(1)にて居住者のいつもの生活パターンの抽出ができると仮定すると、複数人が暮らす家の場合において、居住者の区別を行うことができる可能性がある。これにより、単身世帯だけでなく、一般世帯やシェアハウスなどにおいても技術的適用が行える可能性がある。

4. あとがき

本稿では、IoTスマートホームとこれを用いた生

活モニタリング実証実験の内容について解説した。IoTアクセス制御エンジンを用いることにより、多種多様なIoT機器の一元管理を実現し、居住者にとって快適で健康的な空間を提供できる可能性を示すことができた。今後は、得られた仮設を検証するために、複数のIoT機器の組み合わせによるデータ検証を行うとともに、被験者数を増やして実証実験を行う予定である。最終的には、家があたかも人格をもち、家が居住者を理解し、快適で健康的な空間を自動的に作り出す「住むことで生活や暮らしをサポートする家」を構築することで、少子高齢化社会におけるさまざまな社会課題の解決に寄与することをめざす。

文 献

- [1] G. D. Abowd : “Software engineering issues for ubiquitous computing,” Proc. of the 21st international conference on Software engineering, pp.75-84, ACM, May 1999.
- [2] 総務省：“平成30年版 情報通信白書,” p.151, 2018.
- [3] 内閣府：“平成29年版 高齢社会白書,” 2017.
- [4] 厚生労働省：“平成28年度 医療費の動向,” p.1, Sep. 2017.

生活をより便利にシームレスに。未来の暮らし

ジェスチャコントロールUIを用いた パーソナライズドスクリーンコンセプト

移動機開発部

まつなが ゆうき
松永 祐樹

コンシューマビジネス推進部

むらかみ あや
村上 綾

スマートフォンはさまざまな情報を取得する機器として広く普及しているが、ユーザは常に欲しい情報を的確に得られないとストレスを感じ、その情報取得に多くの手間と時間を要するなどの課題を有している。これらの課題を解決するために、ドコモはユーザの積極的な情報取得の試みがなくとも、自然なかたちで情報を提供するソリューションとして「パーソナライズドスクリーン」のコンセプトを提案する。

1. まえがき

現在、携帯電話は最も普及している情報機器であり、利用頻度は非常に高い。その中でも特にスマートフォンの普及率は全体の約75.1%に上っている [1]。スマートフォンユーザはさまざまな情報を取得することや、SNSサービスを通じて他者とコミュニケーションを取ることが欠かせなくなっている。一方で、その情報取得やコミュニケーションに滞りが生じるとストレスを感じるまでになっており、これはスマートフォンが抱える課題であると言うことができる。

小学校4年生～25歳までのスマートフォン所有者のうちの約35.4%が「自分はネット依存だと思う」という調査報告もある [2]。また、約47.4%のスマートフォンユーザが「普段と同じ頻度でスマートフォンを操作できないと不安を感じる」という調査も報告されており [3]、家の中でもスマートフォンを手放すことができない状況である。

ユーザはいつでもどこでもスマートフォンで情報を取得することができるが、その得られる情報は膨大であり、欲しい情報を得るために適切な取捨選択が必要となる。またスマートフォンでは、基本的にユーザは能動的に情報をアクセスし、検索するな

として取得する必要があり、真に望む情報を得るために手間と時間をかける必要がある。そのため、一部のユーザは必要な情報だけを受動的に得るために情報配信サイトへの登録や、特定のアプリケーションからの通知受信をしているが、常に望む情報が得られるわけではなく、スマートフォンユーザの約33.4%が、自分が登録したメールマガジンなどに對して「うざったい」「もういらない」と思っているという調査報告もある[4]。

また、スマートフォンが抱えるもう1つの課題として、情報収集をするためには画面が小さいと感じているユーザが多いということが挙げられる。スマートフォンでブラウジングをする際に、「画面が小さい」と感じているユーザは約36.7%となっており[5]、スマートフォンユーザはもっと大きな画面で一度にさまざまな情報を表示させたいと思っていることがわかる。

こういったユーザが抱えるストレスを軽減させるためには、ユーザが欲しいと思っている情報が適切に、かつ大きな画面に表示され、ユーザが受動的にその情報を享受できることが必要と考えられる。しかし外出先などの環境においては上記のような大画面で適切な情報表示を実現することは実質的に困難であり、情報収集は可搬性に優れたスマートフォンの利用が欠かせない。

前述のようなユーザの情報取得の課題やストレスは、自宅の中でも同様に生じている。そこでドコモは自宅環境を想定し、ユーザが自ら積極的に情報を取得しようとせずとも、望んでいる情報を自然に表示することができるソリューションとして「パーソナライズドスクリーン」のコンセプトを提案する。

パーソナライズドスクリーンは、ユーザがストレスなく情報を取得できるようにするために「情報の取得」という行為が活動線の中にさりげなく入り込むことができることを考慮したホームデバイスであり、家の中でリラックスしている時にふと気づけ

ば欲しい情報が表示されているようなユーザ体験を実現する。さらに、ユーザが興味・関心をもった情報を、さらに詳しく知ることができるように、快適に操作するためのユーザインターフェース（UI）^{*1}を具備することも重要な要素である。

ドコモはこれまでpetoco^{*2}、トモカク^{*3}などさまざまなコミュニケーションの向上をテーマとしたホームデバイスを提案してきたが[6][7]、新たに生活環境の向上をテーマとしたのが、このパーソナライズドスクリーンである。

本稿では、「パーソナライズドスクリーン」のコンセプト、および試作機の紹介と、それを用いたユーザからの評価について解説する。

2. パーソナライズドスクリーンのコンセプト

情報の受動的取得を前提としたパーソナライズドスクリーンは、ユーザが自ら積極的に情報を取得しようとせずとも、望んでいる情報を自然に表示することが重要である。そのためには「どうやって」「どんな情報を」表示するのかを考える必要がある。

また、ユーザが興味・関心をもった情報を、さらに詳しく知ることができるように、快適な操作方法も必要となる。そのため、パーソナライズドスクリーンのコンセプトを実現するためには下記の3つが重要となる。

- ①活動線に入り込む情報表示
- ②情報のパーソナライズ化
- ③快適な操作方法

2.1 活動線に入り込む情報表示

活動線に入り込み、ユーザがストレスを感じずに情報を得るために、ユーザが望む場所に情報が表示できることが望ましい。また、一度に多くの情報を表示するためには大画面である方が良い。家の

*1 ユーザインターフェース（UI）：ユーザとコンピュータとの間で情報をやり取りする際の操作画面や操作方法。

*2 petoco：ドコモが開発した技術ライセンスを受け、株式会社E3が量産開発および販売しているホームコミュニケーションデバイス。

*3 トモカク：ドコモが提案する手書きコミュニケーションコンセプト。

中には壁やテーブル、窓、鏡などのさまざまな平面があるが、ほとんどの場合において壁は壁として、窓は窓としてのみ利用され、情報表示用の画面として利用されることはない。パーソナライズドスクリーンではこういった生活環境の中に自然に存在している大きな平面を利用して情報表示を行う（図1）。利用シーンはユーザごとに異なるが、例えばリビングの壁や大画面のテレビに表示して家族全員で利用する場合や、浴室やキッチンの壁、個人の部屋に表示して利用する場合が考えられる。表示する場所はユーザが自由に選択でき制限されないため、ユーザは自身の生活リズムの中で自然に情報を取得することが可能となる。

2.2 情報のパーソナライズ

ユーザが望む情報はさまざまであり、同じユーザであっても時と場合によって変化する。ユーザがストレスなく情報を得るために、ユーザや利用している状況を判別し、その時々に応じて表示されている情報が最適化されていることが重要である。

例として、父は平日が仕事のサラリーマン、母は専業主婦、娘は中学生、息子は小学生の4人家族のケースを考える。この家族の平日の一日の行動パターンと必要な情報の一例は図2のようになる。家

族全員がストレスなく情報を得るために、家族全員で利用する際には天気予報が、父が利用する際にはニュースや乗換案内などの情報が、母が利用する際には料理レシピやアラームなどの情報が操作をしなくとも自動的に切り替わって表示されることが求められる。また、昼になると家族は出かけ、母のみが利用することとなるためSNSや雑誌、動画などの個人に最適化された情報表示であったり、夜になると再び家族全員が必要とする情報が表示され、娘や息子が利用する際にはゲームや動画などの普段利用しているエンターテインメントコンテンツがスマートフォンで利用していた続きから表示されることが望ましい。また、休日は当然平日とは異なった情報が必要となる。

このように、利用者の個人識別や人数、日時に合わせて最適な情報を表示することがパーソナライズドスクリーンの重要な要素である。

2.3 快適な操作方法

前述のように、ユーザはパーソナライズドスクリーンからストレスなく望む情報を取得することができるが、ユーザが興味・関心をもった情報をさらに詳しく知るための操作には、快適な方法が求められる。



図1 パーソナライズドスクリーンの想定利用シーン

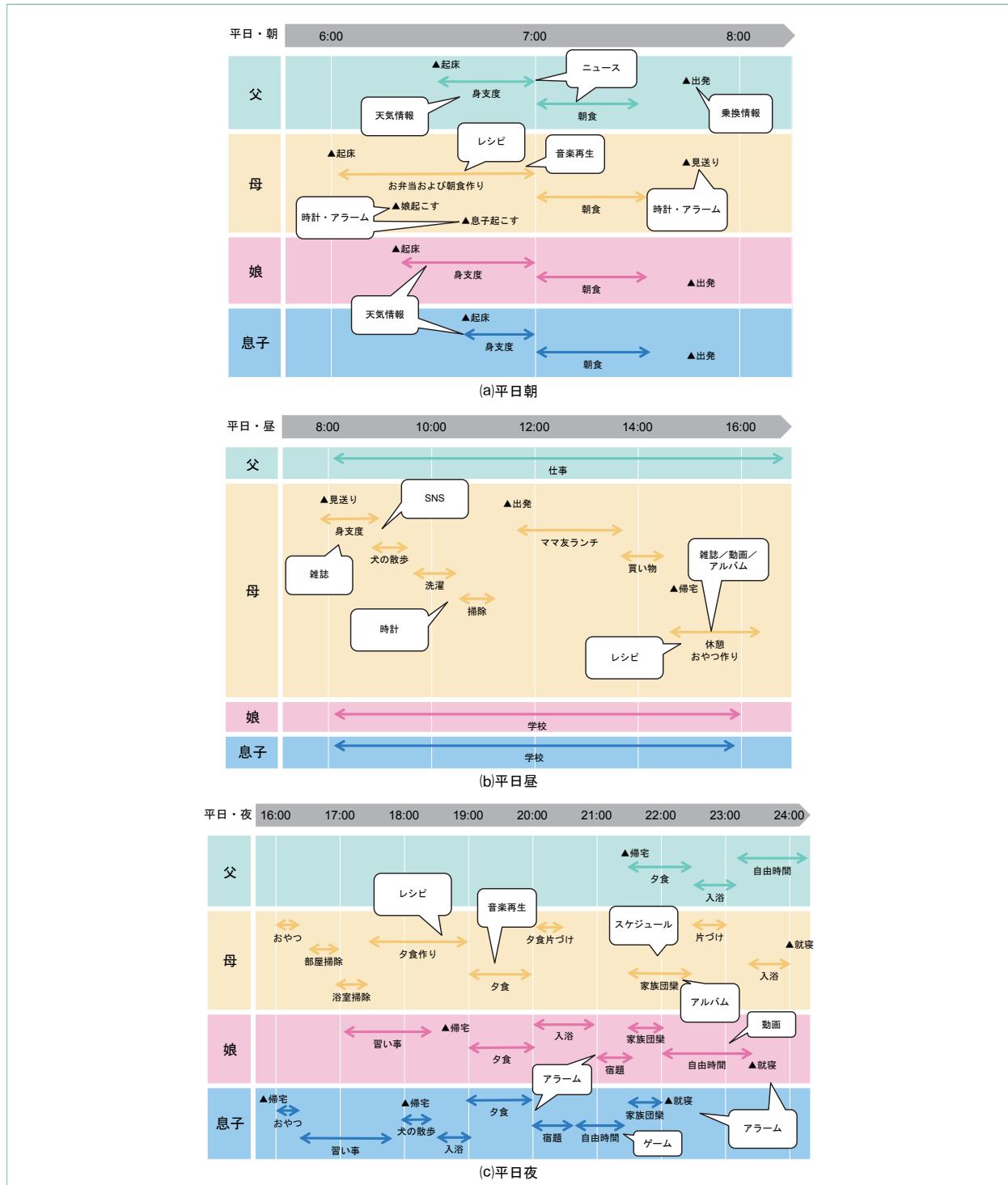


図2 家族の行動パターンと必要な情報の一例

現在広く用いられている入力インターフェース(IF)として、テレビなどの家電であればリモコン、パソコンであればマウスやキーボード、スマートフォンであればタッチパネルなどが挙げられる。しかし、リモコンやマウスなどのコントローラは常にデバイスを操作する際に手元にある必要がある。また、タッチ操作に関してはデバイスの画面に直接触れる必要があり、離れた場所から操作することや、手が届かないほどの大画面の操作をすることが困難である。また、直接触れることによってデバイスが故障するリスクもある。そして、いずれの入力IFにも共通して言えることは、操作するためにはコントローラを探す、デバイスへ近づくなどのわずらわしい動作が発生してしまう。さらに、料理や入浴時などコントローラやデバイスに触れられない状態の時には操作することができない。

そこで、ユーザが快適に操作をするための方法として、ジェスチャによる操作を提案する。ジェスチャはコントローラなしで遠隔操作することが可能であるため、家の中のいかなるユースケースにも利用でき、生活動線に入り込むホームデバイスの入力IFとして最適である。

3. 試作と評価

パーソナライズドスクリーンのコンセプトの検証のためにジェスチャ操作が可能なアプリケーションを試作した。さらに、大型スクリーンに投影してユーザレビューおよび展示会への出展を行い、ユーザからのフィードバックを得た。ここではその試作内容と検証結果について述べる。

3.1 情報表示機能

アプリケーションを起動すると、最初にホーム画面が表示される。ホーム画面にはユーザが画面を見ただけで情報を得ることができるようにするために、

定期的に自動更新される情報コンテンツを複数配置した。また、カメラを用いた顔認証によりユーザや利用人数を識別し、その時その人にとって興味・関心が高いと想定されるコンテンツを出し分けた。例えば、複数人で利用する場合は共有で利用するスケジューラやニュースなどのコンテンツを、個人で利用する場合はSNSなどのコンテンツを表示した。

また、ユーザのスマートフォンの使用履歴と同期した情報表示が可能で、例えばスマートフォンで閲覧していた動画の続きの表示、あるいは検索していた商品の更新情報の通知の表示が可能である。

ユーザがさらに興味・関心をもった情報の詳細を得られるようにするために、ホーム画面上の各コンテンツの操作も可能とした。ジェスチャを認識するカメラに手をかざして上下左右に動かせば、それぞれのコンテンツ上のカーソルが移動する。そして、例えばニュース画面をスクロールしてより多くの情報を取得することや、音楽・動画の再生・一時停止をすることが可能である。さらにそれぞれのコンテンツを選択すると、コンテンツが起動し、そのコンテンツ専用の画面となり、大画面でのブラウジングや動画の閲覧などが可能である。

実際に作成した画面の一例を図3に示す。2.2節で述べた家族構成での平日の利用シーンを想定しており、左上は朝に家族全員で利用する画面、右上は家族全員で夜に利用する画面、左下は母が昼に利用する画面、右下は父が夜に利用する画面の例である。

3.2 ジェスチャによる操作

パーソナライズドスクリーンを快適に操作するための入力IFとして、ジェスチャを採用した。試作による検証を進める中で、快適なジェスチャ操作を実現するためには、定義するジェスチャの工夫やジェスチャ認識精度の向上だけではなく、画面表示をジェスチャ操作のために最適化することが必要であることがわかった。本試作では、以下のように



図3 試作したアプリケーションの画面例（利用者および利用時間によって表示内容が異なる）

ジェスチャと画面表示の両面で最適化を図っている。

まず、ジェスチャ操作ではユーザの意図しない誤操作が最大の課題となる。本試作ではそれを防ぐために、最初にユーザの手のひらを認識させてから、手を握る、手を左右に振る、手を上下左右に動かす、の3つの動作のみで操作できるようにしている。似たジェスチャを定義していないのでジェスチャの誤認識による誤動作が起きにくいことと、手のひらを認識していない時は動作を受け付けないためユーザの意図しない誤操作が起こる余地を少なくしている。

次に、画面上のポインタを非表示とし、ユーザはカーソルの場所によって自分がどのコンテンツを操作しようとしているのかを判断できるようにしている。これはジェスチャ操作がマウス操作やタッチ操作に比べると細かい操作が難しく、ポインタを表示

するとユーザは自身の感覚との齟齬から疲労を感じやすくなることがわかったためである。また、細かい操作を避けるためにスマートフォンのホーム画面のように小さなアイコンを多数並べるのではなく、少数の大きな矩形のコンテンツを並べて表示している。

続いて、ユーザ操作によってカーソルが移動する際には、効果音を鳴らすとともに、カーソルが当たっているコンテンツは拡大表示されるようにしている。これはジェスチャがタッチやマウスのクリックのように、機器に触れることによる操作感を得られないことから、ユーザに明示的に操作を受け付けていることを表現するためである。

また、画面スクロールの際にはスクロールの開始と終了をジェスチャで指示することとした。スマ

トフォンを例に取ると、画面スクロールは指を上下左右に動かす操作であるが、ジェスチャで同じことを実施しようとすると手全体を大きく動かす必要があり、疲労を伴うおそれがあるため、本試作では一度スクロールを開始すると自動的にスクロールが継続され、その間は動作を必要としないため操作時の疲労を軽減している。

最後に、認識できる動作を上下左右の二次元とすることによって操作性を向上させている。当初、ジェスチャでは三次元の動作が可能であるため、例えば手を奥に押し込むことでコンテンツを選択できるようにするといった操作方法を検討した。しかし、現実世界とは異なりジェスチャでは「コンテンツに触れた」という感触を得ることができないので、ユーザはどこまで奥に手を出せば操作できるかが直感的に把握できず、非常に操作しづらいということがわかった。また、ユーザ自身は手を上下左右の平面上に動かしているつもりでも、実際には奥側や手前側へも手が動いてしまっていることが多い、ユーザが意図しないコンテンツを誤って選択するといったケースが多く見られたため二次元での操作が最適であると判断した。

3.3 評価

上記で述べた試作品を、2017年11月9~11日に開催されたドコモと日本科学未来館共催による「見えてきた、“ちょっと先”の未来」にて展示し、約600名のユーザがコンセプトを体感した。また、合わせてユーザ調査も実施し、それらで得られた意見、評価について述べる。

(1)パーソナライズドスクリーンのコンセプトへの評価

①好評意見

スマートフォンと同期を取りながら、自動的にユーザが求めている最適な情報を表示するという発想が面白いといった意見や、朝は時間を見るためだけにテレビをつけるので、このよう

に必要な情報が表示されるのはとても良いなど共感の声が多かった。ほぼ全員から提案するコンセプトに対する共感を得ることができた。

②改善点

共有・個人それぞれで情報の表示内容が変わることというコンセプトだったが、例えばリビングで1人で利用している時に、SNSなどの個人的なコンテンツを家族に見られたくないというプライバシーに関する意見が散見された。

(2)ジェスチャ操作についての評価

①好評意見

思ったよりも簡単に操作ができる良いといった声や、ジェスチャでの遠隔操作が未来的なイメージを感じさせるとの評価が多かった。さらに、大画面を遠くから操作するのに適しているという声が多く上がり、ジェスチャ操作が本コンセプトと非常に親和性が高いということが確認できた。

また、直感的でシンプルな操作方法としたため、高齢者向けのソリューションとしても適用できそうだという意見もあった。

②改善点

ジェスチャがもつ課題に対してできる限りの工夫をしたため、操作性に対する良い評価が多かったが、それでもタッチやマウスなどの操作と比較すると「必ずしも思い通りにはいかない」「疲労を感じる」といった意見も散見された。

(3)評価のまとめ

パーソナライズドスクリーンのコンセプトは大半の方から共感を得ることができたが、プライバシー保護に対する配慮とさらなるパーソナライズ化の向上が課題となるため継続的な改善検討を実施することとした。

ジェスチャ操作に関しても、その有用性を確認することができた。一方で、誤操作の防止や疲労の軽減を考慮した設計としていたものの、不十分である

といった声も散見されたため、より操作性を向上させるための取組みが必要である。

4. あとがき

本稿では、生活動線の中にさりげなく入り込み、ユーザが求める情報を自然に表示するホームデバイスであるパーソナライズドスクリーンのコンセプトについて解説した。「見えてきた、“ちょっと先”的未来」への展示での好反応や、ユーザ評価に鑑みると、本コンセプトに対する共感は得られていると考えられる。今後は評価によって明らかになった課題に対応し、商用に向けた検討を進めるとともに、ホームデバイス以外の領域への適応もめざしたい。

文献

- [1] 総務省：“平成29年通信利用動向調査の結果（平成30年6月22日訂正）,” May 2018.
http://www.soumu.go.jp/johotsusintoeki/statistics/data/180525_1.pdf
- [2] 総務省：“情報通信政策研究所 青少年のインターネット

ト利用と依存傾向に関する調査,” Jun. 2013.

<http://www.soumu.go.jp/iicp/chousakenkyu/data/research/survey/telecom/2013/internet-addiction.pdf>

- [3] 株式会社ジャストシステム：“スマホ依存”に関する実態調査,” Sep. 2012.
https://marketing-rc.com/?_ppp=8a9cf684b&c=881515ae4823e912-00&p=3617&preview=1
- [4] PR TIMES：“スマホ通知に関する調査レポート。プッシュ通知を確認する人は7割！メルマガを未読のまま溜めこんでいる人は6割という結果に！” | エンプライズのプレスリリース,” Jun. 2015.
<https://prtims.jp/main/html/rd/p/00000008.000012737.html>
- [5] Impress：“スマホのWebブラウジングへの不満に男女差、対象ユーザに合わせた改善がポイント／スマートフォンレポート vol.5-1 | スマートフォンレポート | Web担当者Forum,” Feb. 2013.
<https://webtan.impress.co.jp/e/2013/07/10/15118>
- [6] 村上 圭一：“ホームコミュニケーションデバイス「petoco（ペトコ）」の開発,” 本誌, Vol.26, No.2, pp.31-39, Jul. 2018.
- [7] 石黒、ほか：“手書きコミュニケーションコンセプト「トモカク」の提案,” 本誌, Vol.26, No.2, pp.40-48, Jul. 2018.

生活をより便利にシームレスに。未来の暮らし

目が合う自然な会話を可能とする 対面型ビデオ通話システム

きむら しんじ おおせき えりこ
移動機開発部 木村 真治 大関 江利子

情報通信技術の進歩とともに普及が進むビデオ通話におけるユーザ体験の向上には、対面感の実現が肝要である。そのためには画質や画面サイズ向上などの多くの技術が必要だが、実際のサービス提供のためには、リーズナブルなコストで、実用上十分な対面感を実現するシステムが求められる。そこで、ドコモはビデオ通話における各パラメータの対面感への寄与を評価し、特に重要な寄与を示したアイコンタクトに着目し、これを実現する正面撮影技術をベースとした対面型のビデオ通話システムを開発した。本稿では、その詳細を解説する。

1. まえがき

遠隔地間でのビデオ通話は、カメラやディスプレイなどのデバイスの進化、ネットワークの高速化、スマートフォンやPCなどのツールの普及に伴い、友人間などでのカジュアルなコミュニケーション用途や、ビジネスにおけるミーティングなどで一般的に用いられるようになった。このような映像コミュニケーションでは、遠隔地間で「通話相手があたかも同じ場にいて会話をしている感覚（以下、対面感）」を実現することが、ユーザ体験向上のための大きな目的の1つであるが、実際の対面での会話や、会議に完全にとって代わるものとして利用されてい

るとは言い難いのが現状である。

その要因として、心理的・文化的側面以外に、実際の対面と比較して①通話相手の実在感（存在感）を感じない、②スムーズな意思疎通が難しい、という2点が挙げられる。前者は映像の精細さや立体感が欠如している事が[1]、後者は特にアイコンタクトの欠如（目が合わない事）が大きく影響していると言われている[2]。

今後、5Gによってネットワークの高速化は進み、高画質の映像がやり取りされ、それに伴い高い対面感をもったビデオ通話[3]が、実際の商用サービスとして実現されることが期待される。一方で、商用サービスとしての技術的実現性やコストを考慮す

ると、前述したビデオ通話の欠けている要素をすべて完璧に満たすのではなく、実用上、十分な対面感を実現し、かつリーズナブルなシステムにすることが求められる。そこでドコモは、ビデオ通話映像の各パラメータが対面感向上にどのように寄与するかを明らかにし、特に大きな寄与を示した要素を満たすシステムを検討、開発した。

本稿では、システム構築に先立ち実施した評価実験と、その結果に基づき開発したビデオ通話システムの詳細、コミュニケーション活性化を促進させるための拡張機能について解説する。

2. 評価実験

システム構築に先立ち、ビデオ通話映像の各パラメータが対面感に対してそれぞれどの程度の寄与を示すかを評価し、重点的に押さえるべきパラメータを明確化した。

2.1 評価手順

本評価では対面感を「普段コミュニケーションをとっている家族や友人があたかも同じ場にいて会話をしている感じ」と定義し、評価用映像から受ける対面感を評価した。評価は、評価結果を安定させる目的で設けた基準条件（全パターン中で最も対面感が高いと想定される映像）と、各パラメータを変動させた評価条件との比較評価とし、9段階のリッカート尺度^{*1}を用いたMOS（Mean Opinion Score）^{*2}評

価とした。評価者は18~30歳未満の一般人で男女各20名、評価時の視聴距離は1.5mで固定である。変動パラメータは従来研究 [1] [2] で対面感向上の効果が認められている、表1に示す4パラメータとした。評価者は、基準条件から単独でパラメータ変更したパターンと、2パラメータを複合的に変更したパターンの計56パターン×3名の俳優役=総合計168パターンの映像を見た上で、基準映像と比較した対面感を評価した。実際の評価の様子を写真1に示す。

2.2 評価結果

対面感に対する各パラメータの寄与率を導出するために重回帰分析^{*3}を行った。結果、図1(a)に示すように、決定係数^{*4} R^2 が0.86 (≥ 0.8) となり、実際の評価値と高い相関をもつ重回帰式（モデル式）で対面感を推定できることを確認した。この重回帰式から、各パラメータの対面感に対する寄与率を導出すると、人物表示スケール（33.0%）>目線ズレ幅（26.0%）≈投影画面サイズ（25.7%）>解像度（15.3%）となった。加えて、サービスとしての受容性を測る目的で、「普段コミュニケーションをとっている家族間や友人間で会話する場合に、ツールとして使用したい／使用したくない」という二者択一の評価を同時に行なったところ、図1(b)に示すように、決定係数 R^2 は0.82 (≥ 0.8) となり、その寄与率は目線ズレ幅（33.4%）>人物表示スケール（30.0%）>投影画面サイズ（19.3%）>解像度（17.3%）の順となった。これらの結果より、投影

表1 評価時の変動パラメータ

パラメータ種別	変動条件
解像度（水平）(pix)	1,920*, 1,440, 1,280, 960, 540, 480
人物表示スケール (%)	100*, 67, 50, 33
投影画面サイズ (inch)	100*, 75, 55, 42, 32
目線ズレ幅 (cm)	0*, 10, 20, 30, 40

※基準条件

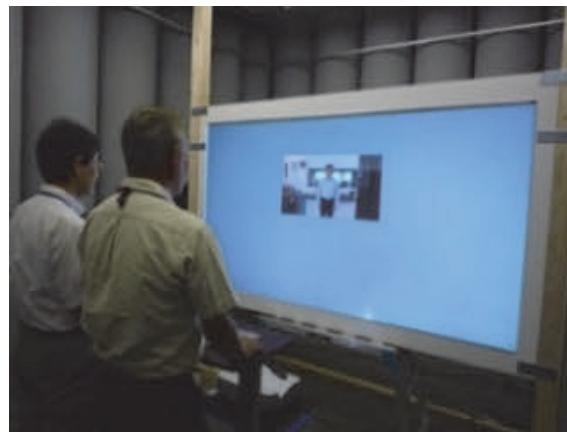
*1 リッカート尺度：アンケートなどで使われる心理検査的回答尺度の一種であり、提示された文に対して回答者がどの程度合意できるかを回答する。一般的に5段階の尺度が用いられるが、7、9段階の尺度を用いることもある。

*2 MOS：広く用いられる一般的な主観品質尺度の1つ。複数の被験者による主観的な評価を平均した値。

*3 重回帰分析：データ分析手法の1つであり、1つの目的変数を複数の説明変数の線形で推定しようというもの。この推定式を重回帰式（モデル式）と呼ぶ。



(a)基準条件



(b)人物表示スケール：33%， 投影サイズ：32inch

写真1 評価の様子

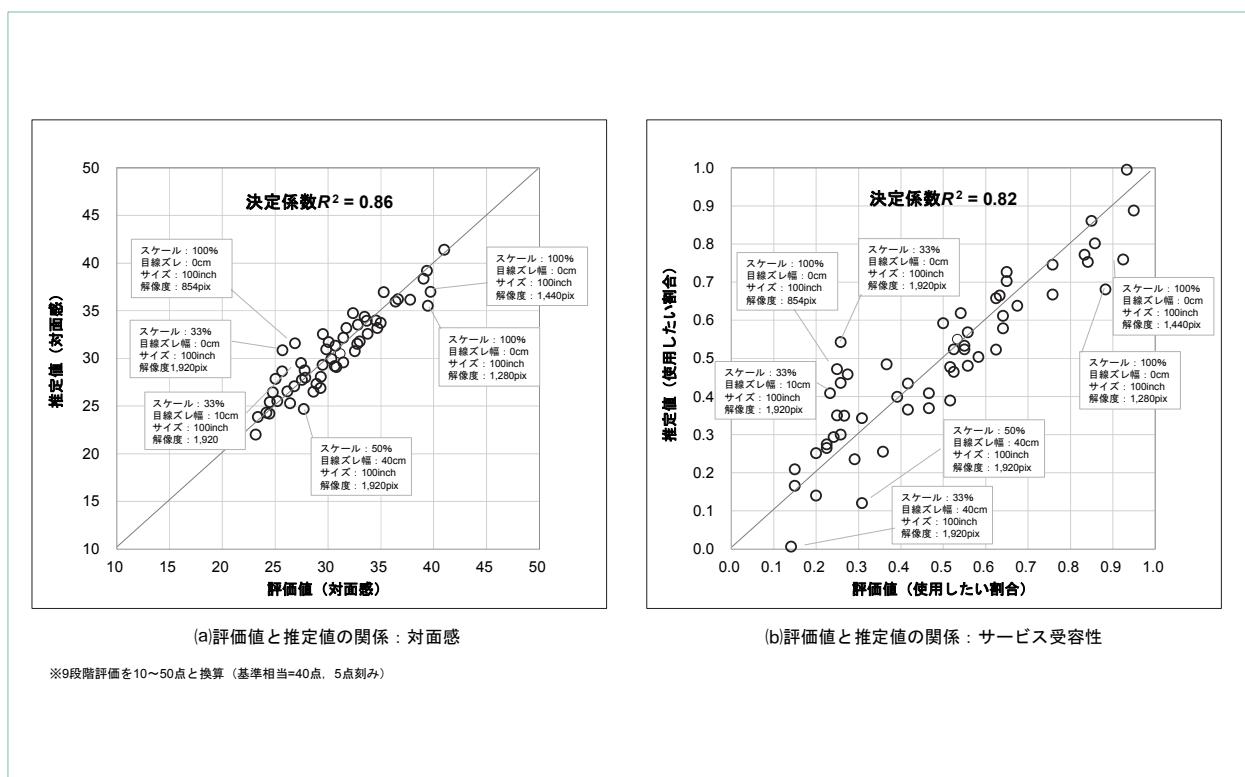


図1 対面感とサービス受容性のグラフ

画面サイズや解像度を大きくする事と比較して、目線ズレ幅を小さくすること（つまり、アイコンタクトを実現すること）、および、等身大に近い人物表

示スケールを実現することが、ビデオ通話システムにおける対面感向上やサービス受容性に高い効果があることが確認できた。

*4 決定係数：重回帰式において推定された値と、実際の評価値との相関度合いを示す指標。一般的に決定係数が0.8以上であれば、推定値と評価値の相関が高い（＝重回帰式によって、高い精度で評価値を推定できる）と言うことができる。

3. 正面撮影可能なビデオ通話システム

等身大スケールでの表示については、表示映像からリアルタイムで人物を抽出し、人物に動きがあった場合でも等身大スケールを維持するように映像を拡大・縮小する手法^[4]もある。しかし本システムではその手法は採用せず、一定距離で双方が利用することを想定し、映像を表示するシステムの画面サイズを考慮した最適画角のカメラを用意し、等身大スケールでの表示を可能とした。一方で、技術的にはアイコンタクトを実現するための正面撮影技術（通話相手の映像を画面に表示させつつ、その画面を見ているユーザを正面から撮影する技術）をプロジェクション方式、ディスプレイ方式それぞれで検討し、システムを構築した。

なお、ビデオ通話を実現するソフトウェアとしては、ブラウザ上でのビデオ通話を実現するWebRTC（Web Real-Time Communication）を用いた。

3.1 プロジェクション方式

映像表示部としてプロジェクタとスクリーンを用いたプロジェクション方式は、画面大型化が容易であるというメリットがある。プロジェクション方式で正面撮影を実現する手法としては、液晶スクリーンを用いた時分割方式^{*5}がある^[5]。時分割方式を汎用的なデバイスで実現するために、3D表示対応のプロジェクタ、電気的に透明／不透明の切替えが可能な調光ガラス、シャッタータイミングを外部から制御可能なカメラを用いてシステムを構築した。また、調光ガラスをスクリーンとして用いるには映像の輝度・精細さの面で背面からの投影が望ましいため、システム全体の奥行や設置容易性を考慮して超短焦点のプロジェクタを利用した。

正面撮影の仕組みを図2に示す。3D表示対応のプロジェクタは、サイドバイサイド（SbS：Side by Side）^{*6}方式で入力された60fpsのSbS映像を120fpsの通常映像として投影する。人間の視覚は50Hz程度以上の点滅は残像効果によって常時点灯と視認す

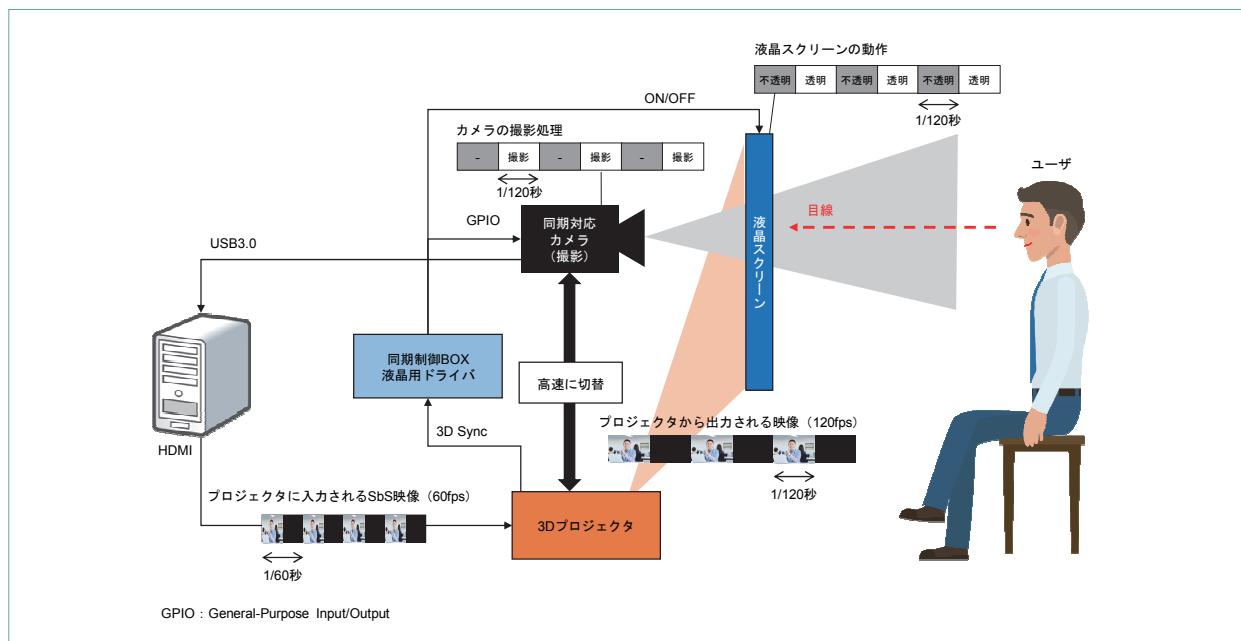


図2 時分割による正面撮影の仕組み

*5 時分割方式：投影－撮影や、3D映像における左目用画像の投影－右目用画像の投影を、時間軸で分割して両立する手法。3D映像における投影では、他に偏向方向で空間的に分割する方式や、波長で分割する方式などがある。

*6 サイドバイサイド（SbS）：異なる2枚の映像に対し、映像の横幅だけをオリジナル映像の半分の解像度として、左右に並べることで、1フレームの映像の中に、解像度が半分となった2枚分の映像を含める方法。主に、3D表示において左目用映像（L）、右目用映像（R）を1フレームに収める場合に利用される。

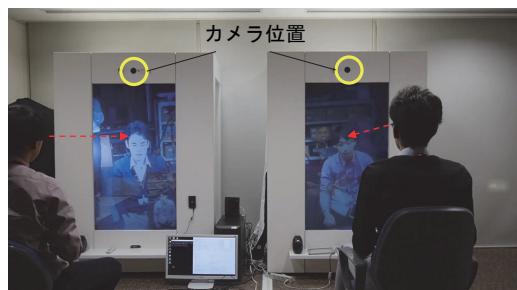
る。そこで、本システムではプロジェクタに入力する映像として通話映像とブランク（黒画面）を並べたSbS映像を用意して3D表示モードで投影することで、疑似的に60Hzの点滅を実現した。3D表示モードでは複数プロジェクタの同期をとるための信号（3D Sync）が秒間60回出力されるため、この信号をカメラとスクリーンに入力することで、プロジェクタで映像を投影しているタイミングにスクリーンを不透明とし、映像を投影していない（＝黒画面を投影している）タイミングでスクリーンを透明としてカメラ撮影を行う。この時分割処理により、ユーザは点滅を視認すること無くスクリーンに投影された映像を見ることができると同時に、スクリーン背面に設置したカメラはユーザを正面撮影することができる。本システムを用いて実際にビデオ通話をしている様子を写真2に示す。本システムによって、等身大に近いスケールで表示された相手の映像を見ながら話すことが実現され、外周カメラで撮影を行う既存方式に比べ、目線が合う自然な会話が可能となることが確認できた。

3.2 ディスプレイ方式

正面撮影の効果はスクリーン方式によって確認できたが、スクリーン方式は背面から投影するプロジェクタを使う方式であるため、スクリーン背面に一定のスペースが必要となる。また、時分割方式で

は、投影される映像の輝度が時分割処理を行わない通常時に比べて理論的に $1/2$ となる。加えて、スクリーンの透明／不透明切替時の液晶応答や3D表示モード時のプロジェクタのクロストーク^{*7}対策の影響により、実質的な輝度は通常時の $1/4$ 程度となってしまう。このため、表示される映像が暗く、実在感の低下につながってしまう課題がある。よって、さらなる省スペースで高輝度の映像表示を可能としつつ、正面撮影が可能なシステムが求められる。これを実現するため、我々は透明有機EL（以下、透明OLED（Organic Light Emitting Diode））ディスプレイを用いたシステムも開発した。

透明OLEDは自発光のディスプレイであり、映像表示（発光）時は非常に高輝度の映像を表示できる一方で、映像非表示（非発光）時は40%程度の高い透過率をもつ。また、今回システムで用いた透明OLEDは発光方向に指向性を持ち、ディスプレイ前面からは180度近い視野角をもつ一方で、ディスプレイ後面（背面）からは表示映像がほぼ見えない。よって、時分割処理を行わずとも、透明OLED背面にカメラを設けることで簡易に正面撮影が可能となる。なお、透明OLEDの透明性はユーザ側（映像を見る側）にとっては不要であるため、カメラ前面以外はディスプレイ背面を黒マスクで覆うことで、映像表示時のコントラストを上げるだけでなく、システム利用時にカメラの存在感を消すことも可能となる。



(a)外周カメラでの撮影（既存方式）



(b)正面撮影（本システム）

写真2 正面撮影の効果

^{*7} クロストーク：3D表示においては、左目用映像は左目だけで、右目用映像は右目だけで視認されることが理想であるが、左目用映像が右目で、右目用映像が左目で視認されてしまうことがある。この状態をクロストークと呼び、3D酔いや疲れなどの原因とされている。時分割方式の3D表示プロジェクタでは、3Dメガネの液晶応答速度の低下によるクロストークが発生しないよ

う、左目と右目用の映像切替のタイミングで、ブランク（黒）フレームを入れるなどして対策を行っているため、3D表示時の輝度が2D表示時の $1/2$ よりもさらに低くなる場合がある。

このシステムの概要を図3に、システムを利用している様子を写真3に示す。スクリーン方式に比べ、より省スペースで高輝度の映像表示と正面撮影を実現できている様子が確認できる。

4. コミュニケーション活性化の促進

ビデオ通話システムの目的は、通話相手の実在感

向上やスムーズな意思疎通を可能とすることで、遠隔地間でのコミュニケーション活性化を図ることである。コミュニケーション活性化という点においては、一緒に写真を見るような“共有体験”は重要な要素である。我々はこの共有体験を手軽に実現するために、スマートフォン用アプリと連携し、自身のスマートフォンに入っている写真をシステム上で共有できる機能を設けた。共有時の表示位置について

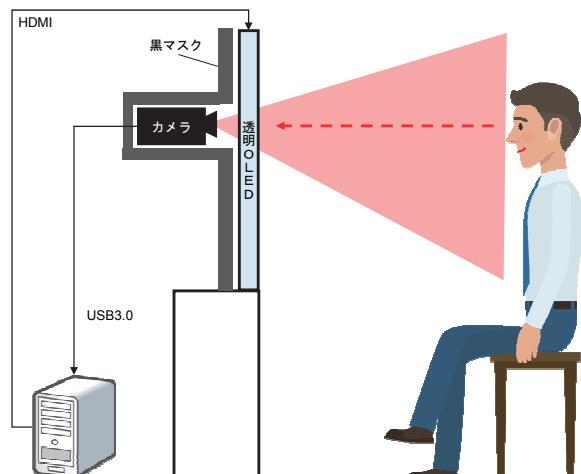


図3 ディスプレイ方式



写真3 ディスプレイ方式のシステムを利用している様子

ては、「同じ写真を見ている」感覚を高めるため、鏡面状態（左右対照）で表示した。この様子を写真4に示す。

また、さらなるコミュニケーション活性化に向けては、異言語間でのビデオ通話やテレワーク中に仮想マイクを施す機能^[6]など、多様なユーザニーズに対応できる機能拡張可能なシステムが求められる。そこで、本システムではビデオ通話で送受信される映像・音声データを別プログラムに渡すインターフェースを用意し、そのデータを使った機能追加が後からできるよう、プラグイン対応としている。写真5に、試作した翻訳プラグインを動作させている様子を示す。本プラグインでは、音声をテキスト化し、それ

を指定した言語に翻訳するAPI（Application Programming Interface）^{*8}を用いることで、異言語間でのビデオ通話であっても、まるで同時通訳が存在するかのように受け手の言語でテロップ表示させることができる。

5. あとがき

本稿では、ビデオ通話映像の各パラメータが対面感向上にどのように寄与するかをユーザ評価にて明らかにし、その上で、アイコンタクト実現に必要となる正面撮影技術をベースとして構築した「目が合う自然な会話を可能とする対面型ビデオ通話システ



写真4 オブジェクト共有機能



写真5 翻訳プラグインが動作している様子

^{*8} 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ーフェース。

ム」について解説した。ネットワーク高速化やディスプレイ・カメラなどのデバイス進化がますます進む中で、利用機会がさらに増えることが想定されるビデオ通話において、実用上十分な対面感を満たすシステムの構築をめざした。

ディスプレイ方式の本システムは、2018年12月6, 7日に開催された「DOCOMO Open House 2018／ビジネスを、世界を、5Gで革新する。」におけるスマートホームコミュニケーション展示ブース内にてデモを行い、好評を博した。

今後は、パートナーとの実証実験などを踏まえて、商用化に向けて検討していきたい。

文 献

- [1] A. Prussog, L. Mühlbach and M. Böcker : "Telepresence in Videocommunications," Proc. of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Vol.38, No.3, pp.180-184, 1994.
- [2] L. S. Bohannon, A. M. Herbert, J. B. Pelz and E. M. Rantanen : "Eye contact and video-mediated communication : A review," Displays, Vol.34, No.2, pp.177-185, Apr. 2013.
- [3] KDDI : "Sync Dinner."
<http://connect.kddi.com/sync/dinner/>
- [4] 内田 聰一郎, 足利 えりか, 井元 麻衣子, 我妻 光洋, 日高 浩太 : "イマーシブテレプレゼンス技術 "Kirari!" のコンセプト," 第43回画像電子学会年次大会予稿集, T2-2, 2015.
- [5] H. Ishii and M. Kobayashi : "ClearBoard : A Seamless Medium for Shared Drawing and Conversation with Eye Contact," Proc. of CHI'92, pp.525-532, May 1992.
- [6] 資生堂 : "資生堂、オンライン会議時の自動メークアブリ「TeleBeauty (テレビьюティー)」を開発," Oct. 2016.
<https://www.shiseidogroup.jp/news/detailhtml?n=0000000002041>

5G時代に相応しい 8KVR映像ライブ配信・ 視聴システムの開発

まとば なおと
移動機開発部 的場 直人

ドコモはVR技術を用いた全天周8K映像のライブ配信・視聴システムを世界で初めて開発した。本システムでは、複数のカメラの映像をつなぎ目のない全天周8K映像に合成するステッピング装置と、全天周8K映像を圧縮し配信サーバにアップロードするエンコード装置をFPGAで実現することにより、リアルタイム動作を可能にした。またパノラマ超エンジン技術と高解像度液晶ディスプレイを用いたHMDにより全天周8K映像の視聴を可能とした。

1. まえがき

近年、仮想現実（VR：Virtual Reality）^{*1}技術の進展により、臨場感、没入感の高い全天周映像^{*2}の視聴環境が整いつつある。全天周映像を撮影可能なカメラについてはフルHD^{*3}から4K^{*4}と高解像度化が進み、さらには業務用では全天周8K^{*5}映像の撮影が可能となるカメラも登場している。

また全天周映像を視聴するHMD（Head Mounted Display）^{*6}についても高解像度化が進んでいる。今後5Gの登場により、高速通信が可能となるため、4Kや8Kといった情報量の多いデータであっても、ストリーミング^{*7}、さらにはライブ配信が可能となってくる。そのため、このようなVR技術と5Gの

組合せにより、スポーツやライブのようなエンターテインメントを、遠隔地においてもまるでその場にいるような高臨場感で体験するといったサービスが登場することが期待されている。

これまで全天周映像のライブ配信はほとんど行われていなかった。それは、通常の映像に比べて表示範囲が広くなる全天周映像では、解像度不足が生じてしまい、ユーザが満足できる品質での配信ができないことが原因と考えられる。

全天周映像では1つのカメラで撮影できないため、複数カメラからの映像信号をリアルタイムにステッピング^{*8}し、エンコード^{*9}、アップロードすることが必要になる。しかしながらこのリアルタイムステッピングやエンコードは非常に処理負荷が

©2019 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

1** 仮想現実（VR）：まるであるかも仮想世界にいるかのように錯覚を与える技術。近年はHMD（6**参照）を用いて主に視覚に働きかけ、このような錯覚を実現する手法が主流である。

***2** 全天周映像：前後左右頭上から足元まで全視野を覆うような映像。

***3** フルHD：縦横が約1,000×2,000画素で構成される画面。

***4** 4K：縦横が約2,000×4,000画素で構成される画面。

***5** 8K：縦横が約4,000×8,000画素で構成される画面。

高く、業務用の製品を用いたとしても全天周4Kが限界である。また、全天周8K映像をサーバから配信する場合、それを視聴するための8K映像のデコード^{*10}は専用装置が必要であり、非常に高価となるため、ユーザが利用可能な範囲での機器構成で実現することができない。さらにユーザが用いるHMDについても、全天周8Kの映像を再生するためにはディスプレイの解像度が不足していた。

そこで本開発では、今まで行われていなかった全天周8K映像のライブ配信サービスの実用化に向け、全天周8K映像の撮影、リアルタイムでの配信、視聴を可能とする装置の試作を行った。

具体的には、①複数の4Kカメラからの映像信号をリアルタイムで合成し全天周8K映像を生成するステイッキング装置、②全天周8K映像をリアルタイムに圧縮しサーバにアップロードするエンコード装置、③全天周8K映像をユーザが視聴可能な形式で配信するための技術であるパノラマ超エンジン[®](PCE: Panorama Cho Engine)^{*11}技術を採用したリアルタイムPCEエンコード装置、④PCEエンコードされたデータを再生するPCEプレイヤー、⑤片目分の解像度2Kの液晶ディスプレイを採用したHMDを開発した。さらにこの装置の可用性を検証するために、屋外にカメラを設置し、5G装置と接続してライブ配信を行う、全天周8K映像ライブ配信実験を行った。

本稿では、開発した全天周8K映像のライブ配信・視聴システムの構成とライブ配信実証実験について解説する。

2. 全天周8K映像ライブ配信・視聴システムの構成

2.1 システム目標と構成

全天周映像の配信ではエクイレクタングラー形

*6 HMD：頭部に装着し、視界を覆い内部のディスプレイに仮想世界を映し出すもの。視野角が広いと没入感、臨場感が上がる。

*7 ストリーミング：NW上で音声や映像データを送受信するときの通信方法の一種。データを受信しながら、同時に再生を行う。

*8 ステイッキング：複数のカメラで撮影された映像からつなぎ目のない全天周映像を作り出すこと。出力される全天周映像はエ

式^{*12}という中間フォーマットを用いることが一般的となっている。これは全天周映像の圧縮や配信をする際に、既存のソフトウェア、ハードウェアを活用して構成するために、通常の映像伝送で使われている映像のフォーマットに合わせる必要があること、またHMDで視聴する際のプレイヤーでの処理が容易となることが理由である。このエクイレクタングラー形式に変換した際の解像度で全天周映像の解像度を示すことが一般的となっている。

本開発は、2020年頃の全天周映像ライブ配信の商用化をめざし、この配信で用いる全天周映像の解像度を向上させることを目的としている。全天周映像の表示に用いるHMDディスプレイの解像度は、現在は片目で1Kから1.5Kのものが多く用いられている。したがって、2020年頃には片目2Kのディスプレイ解像度が一般的に用いられると思定される。

HMDディスプレイの解像度と映像の解像度を比較した場合、水平方向の視野角を90度程度と仮定すると、片目2K程度のディスプレイ解像度で表示する全天周映像はエクイレクタングラー形式で8Kの解像度が必要ということになる。したがって本開発では全天周8K映像のライブ配信を技術目標として設定することとした。

全天周映像ライブ配信では、このエクイレクタングラー形式に変換した映像を通常のライブ配信と同様に伝送し、視聴側でHMD向けに変換し再生を行う。そのため、通常のライブ配信視聴よりも多くの映像処理プロセスがあり、映像の解像度が大きくなると処理負荷も増大することになるが、ライブ配信ではこれらをリアルタイムで行うことが必要となる。ここでいうリアルタイムとは、映像の1フレーム^{*13}ごとの処理を視聴装置で表示する際のフレームレート（1秒当たりに表示するフレーム数）の逆数以下で行うということを意味している。つまりフレームレートが30fpsであれば1/30秒以内にそれぞれの装

*8 クイレクタングラー形式（*12参照）で表されることが多い。

*9 エンコード：本稿では大容量の映像データを伝送のため、容量圧縮を行うこと。

*10 デコード：エンコード装置により圧縮されたデータを復元して映像データに変換すること。

*11 パノラマ超エンジン[®](PCE)：NTTメディアインテリジェンス研究所が開発した配信技術を利用している。パノラマ超エンジンはNTTテクノクロス株式会社の登録商標。

置で映像1フレーム分の処理を終える必要がある。

本開発で試作したシステムの構成図を図1に示す。まず複数のカメラで撮影された映像をつなぎ合わせ、エクイレクタングラー形式に変換、さらに伝送可能なデータ容量に圧縮するためのエンコードを行い、サーバにアップロードを行う。エンコードされたデータをサーバから配信し、視聴側でデコード、さらにパノラマ形式に変換しHMDのディスプレイで再生を行う。

2.2 全天周8K映像の撮影・ スティッ칭・エンコード

まず全天周映像の撮影方法について解説する。カメラ1台では180度から200度以上撮影が可能な魚眼

レンズを用いたとしても全天周をカバーすることができないため、複数のカメラを用いて全天周をカバーする映像を撮影する。^[1]また、あまり大きな業務用のカメラはカメラ間の距離が大きくなり、ステイッキングすることができなくなるため、使うことができない。そのため現状、一般に使われている小型の4Kカメラを組み合わせて使うことになる。

本開発では全天周8K映像を撮影するため、通常の撮影では縦方向の解像度が足りない。そこでカメラを90度傾け縦にした複数の4Kカメラを円周上の水平外向きに配置した。またレンズは視野角180度撮影可能な円周魚眼レンズを採用した。撮影対象は水平付近に存在するが多く、天頂や底部方向にカメラを設置する必要性は低いため、水平方向のみ

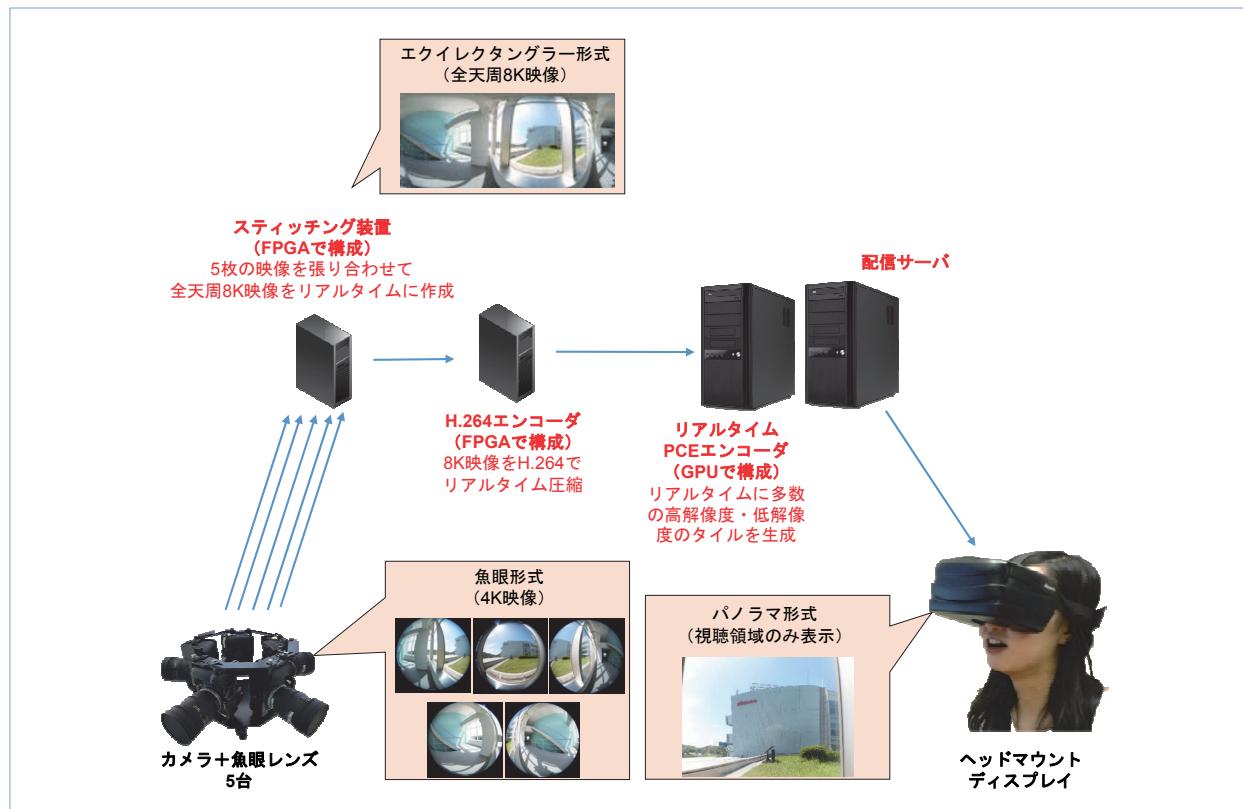


図1 装置全体構成図

*12 エクイレクタングラー形式：球面の全天周映像を平面に投影する一形式。通常縦横比が1:2であり、緯度経度が垂直に交差するように投影されることを特徴としている。

*13 フレーム：映像の元になる静止画像の1コマ。

に配置し、魚眼レンズで天頂までカバーする。また、魚眼レンズの円周付近の映像は歪が大きいので、カメラの台数を多くしてなるべく魚眼レンズの中心近くの映像を用いることが望ましいが、台数が増えるとスティッ칭装置に入力する映像信号の数が増えるため、スティッching装置での処理負荷が増大する。そのため今回はカメラ台数を5台とした。

次にスティッching装置について説明する。リアルタイムスティッchingについては、商用装置を用いると出力映像は4Kが限界であり、その上の解像度をリアルタイムに変換し映像信号を出力可能な装置は現状では存在しない。また4K映像を複数スティッchingする方法 [2] も提案されているが、魚眼レンズ映像からのスティッchingは考慮されていないため、本開発へそのまま適用することは困難である。今回スティッchingに用いたアルゴリズム

を図2に示す [3]。まずカメラが縦置きになっているため、撮影された映像を90度回転し、魚眼形式からエクイレクタングラー形式に変換する。次にカメラを固定する治具の誤差があるため、映像をレンズ光軸の上下左右方向、回転方向に動かしてカメラ間の映像のずれが目立たなくなるように補正を行い5つの映像を合成する。さらにカメラ間の境界が目立たないようにカメラ間の映像の重複部分についてブレンディング処理を行う。

このスティッching処理をリアルタイムで行う必要があるが、検討の結果、高速演算処理が可能なFPGA (Field Programmable Gate Array)^{*14}を用いることで30fpsを実現できることが分かったため、これを用いることとした。

8Kエンコード装置については、[4]などの実現例があるが、デコード装置も含めたコスト面を考慮

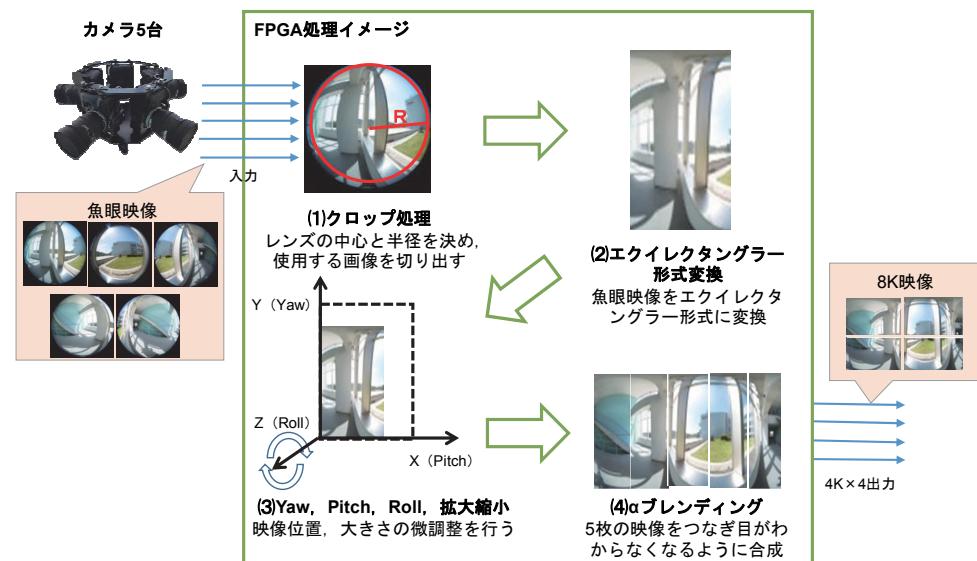


図2 スティッchingのアルゴリズム

*14 FPGA：製造後に構成を変更可能な集積回路。

した結果、本開発ではH.264^{*15}のIPコア^{*16}を用いたFPGAで実現することとした。

カメラ、スティッキングFPGA、エンコードFPGAの間の映像信号の伝送については、SDI（Serial Digital Interface）^{*17}を採用している。全天周映像の場合、撮影範囲が全方向のため、カメラのそばにスティッキングやエンコード装置を設置することができない。また、屋外の実験での機材の配置を現場の状況に合わせて柔軟に行うことが必要となる。SDIを採用することにより、機器間を同軸ケーブルで接続することができ、さらに最大100mまで間隔をとることができる。

試作したスティッキング装置とエンコード装置の外観を図3に示す。

2.3 全天周8K映像の配信・デコード

次に全天周8K映像の配信・デコード方法について述べる。

サーバから配信される8K30fpsのライブ映像を視聴する場合、デコードにかかる負荷が大きいため、現状、デコード性能が高いハイエンドのPCを用い

てもリアルタイムでの再生が困難である。また画質を大きく落とさず伝送するためにはエンコードでのビットレートをあまり低くすることができず、80～100Mbps程度の伝送能力を必要とする。そのため2020年頃の実用化をめざすために、必要な伝送能力要件と視聴装置での処理負荷の両方を下げる必要がある。

本開発ではこの課題を解決するために、PCE技術を採用した。このPCEの原理を図4に示す。全天周映像をHMDで視聴する場合、水平視野角が90度とすると、それ以外の270度方向の映像は見えていない。また、全天周映像のうち、ユーザがどちらの方向から見ているのかをジャイロなどのセンサを用いて計測し、デコード後の映像の視聴方向のみディスプレイで表示している。そこで、PCEではこの計測した方向データを配信サーバへ送信し、見ている方向の映像のみ全天周8K映像と同じ解像度（高解像度部分タイル）で伝送する。またユーザが急に頭を動かした場合を考慮し、全天周の映像も解像度を下げて同時に送信する（低解像度全天周タイル）。これにより、静止したユーザの視線方向の映像は常



図3 スティッキング装置（左）、エンコーダ装置（右）

*15 H.264：ITUによって勧告された映像データの圧縮符号化方式標準の1つ。放送やインターネット配信などに幅広く用いられている。

*16 IPコア：FPGAなどを開発する際に用いられる機能単位でまとめられた部分的な回路情報。

*17 SDI：主に業務用映像機器で広く使われている、非圧縮の映像信号を同軸ケーブルで伝送可能なビデオ信号伝送の規格の1つ。

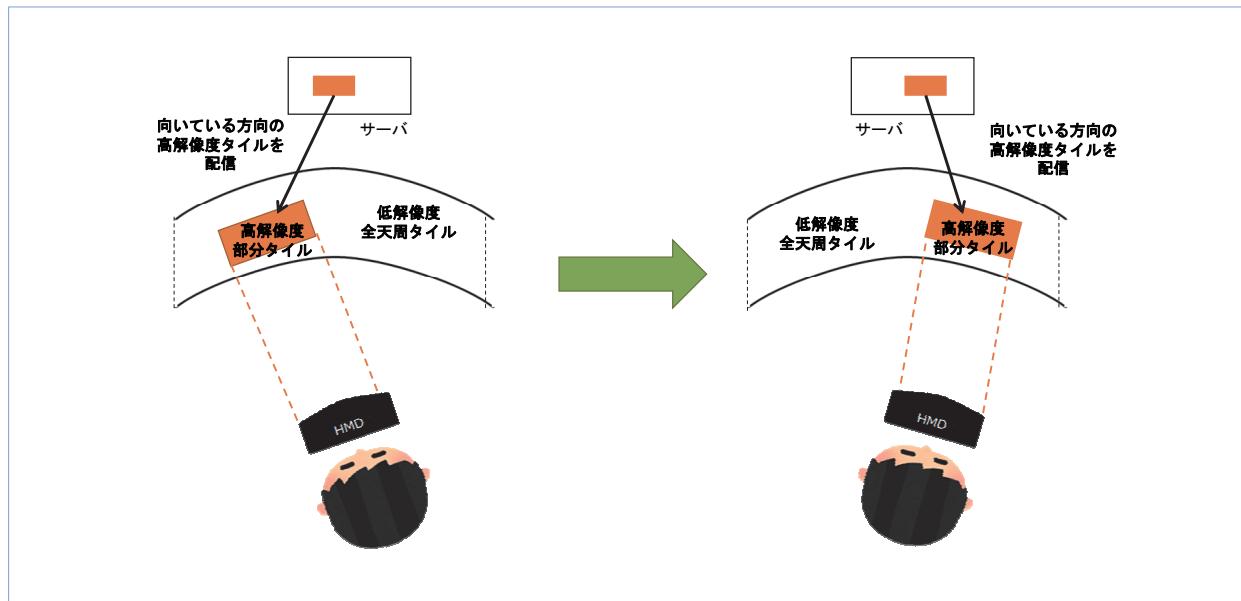


図4 PCEの原理

に8K解像度となり、急に頭を動かした場合でも、低解像度の映像が担保される。

本開発では視野角を考慮し、高解像度部分タイル、低解像度全天周タイルの解像度を両方とも2Kとしている。これにより2K解像度の映像2つのデコード負荷で済むため、8K映像の場合よりも大幅に処理負荷をさげることができる。これにより、最新のスマートフォンと同等以上の処理能力のあるHMDであれば再生が可能である。

またこれらのタイルをサーバ側でリアルタイムに生成する必要があるが、このサーバ側の処理負荷を考慮した結果、本開発では高解像度部分タイルをさまざまな方向に16枚、低解像度全天周タイルを1枚、合計17枚のタイルをリアルタイムで生成している。

このPCE技術により8K映像と同じ品質の映像の視聴が可能となる。

2.4 HMDによる視聴

全天周映像の視聴に用いるHMDは映像を表示す

るディスプレイと視野角を広げピントが合うように調節されたレンズと、頭部に装着し適切な位置にディスプレイとレンズを保持するための筐体で構成される。前述のように市中では全天周8K映像の視聴に適したディスプレイを採用したものがないため、新たに試作を行った。

このHMD（図5）では全天周8K映像の解像度に合わせ、片目で2Kの解像度を持つ液晶ディスプレイを採用した。画素密度は1,008ppi (pixel per inch)^{*18}となっている。

また、HMDではディスプレイだけでなく、レンズ性能も視聴時に体感する映像の品質に影響を与えるが、既存のレンズの組合せでは適したもののがなかったため、この液晶ディスプレイに合わせて新たなレンズの設計・開発を行った。

HMDに用いるレンズは、没入感、臨場感を高めるため、視野角を広くすること、頭に装着するため、小さく軽量化すること、また周辺の収差を小さくすることなどが要求条件として列挙できる。

*18 ppi: 1インチ当たりの画素数。

本開発では、軽量化のため、高屈折プラスチックレンズを採用し、レンズ周辺部分の収差改善のために、非球面レンズを設計した。そして、このレンズを複数枚組み合わせることにより、周辺の収差はさ



図5 試作HMD

らに改善されるが、HMD全体の重量と収差の改善幅のバランスを考慮し、レンズの枚数を3枚とした。

3. 5G装置を用いた8K全天周映像のライブ配信実証実験

前述のように、5G時代にはこのような全天周8K映像の伝送に必要な高速通信が可能となり、高品質な全天周映像のライブ配信の実現が期待されている。

この技術実証のため、新潟市の実証実験事業の一環として、2018年9月16日に開催されたにいがた総おどりにおいて5Gを用いて全天周8K映像のライブ配信実証実験を行った。この実証実験の様子を図6に示す。

実験では、ほぼ終日に渡ってライブ配信を行ったが、終始安定した配信を行うことができ、来訪された約400名のお客様に全天周8K映像のHMDによる視聴体験をしていただくことができた。

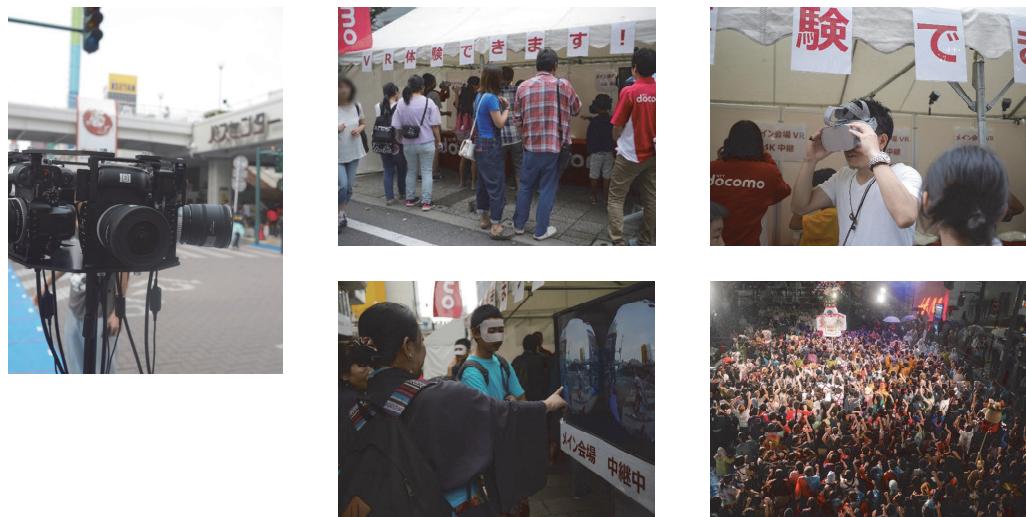


図6 にいがた総おどりでの実証実験の様子

4. あとがき

5G時代に相応しい全天周映像配信の高品質化に取り組み、世界初となる全天周8K映像ライブ配信・視聴システムの試作開発を行った。またこの試作した装置を用いて屋外での技術実証実験を実施した。これらにより全天周8K映像ライブ配信の実現性・有用性について多くの知見が得られ、同時に商用化に向けたさまざまな課題が明らかになった。今後はこれらの課題解決に取り組み、まず、ユーザの体感を向上させるためのさらなる高品質化に向けた開発を進めていく。さらに、システム全体の低コスト化についても並行して検討を進める予定である。

文 献

- [1] 庄原 誠, 佐藤 裕之, 山本 勝也：“特集A 新映像音響
体験 2章 全天周撮影,” 映像情報メディア学会誌,
Vol.69, No.7, pp.652-657, Sep. 2015.
- [2] 佐藤 孝子, 難波 功次, 小野 正人, 菊池 由実, 山口
徹也, 小野 朗：“競技空間全体の高臨場ライブ中継に
向けたサラウンド映像合成・同期伝送技術,” NTT技術
ジャーナル, Vol.29, No.10, Oct. 2017.
- [3] Kolor：“Autopano - Tutorials - Quick Start Guide.”
http://www.kolor.com/wiki-en/action/view/Autopano_-_Tutorials_-_Quick_Start_Guide
- [4] 中島 靖之, 西田 享邦, 池田 充郎, 中村 健, 大西 隆
之, 佐野 卓, 岩崎 裕江, 清水 淳：“HEVCリアルタイ
ム符号化LSIによる8Kエンコーダの開発,” 映情学技報,
Vol.40, No.35, BCT2016-76, pp.13-16, Oct. 2016.

マルチメディアサービスのさらなる品質向上 を実現する新プラットフォーム技術 —MediaSDKソフトウェアライブラリの開発—

移動機開発部

おかだ ぎんpei 岡田 銀平 あさい かづき 浅井 一輝 お ゆんさん 吳 潤相

dTV^{®*1}, dTVチャンネル^{®*2}, dアニメストア^{®*3}, ひかりTV^{®*4} for ドコモのマルチメディアサービスアプリには、ストリーミング処理など、サービスに必要な機能を共通化したMediaSDKというソフトウェアライブラリを搭載している。それは、ビデオ、オーディオ配信に必要な再生エンジンであり、サービス利用者が実感する再生クオリティに大きく影響することから、その開発は、ドコモのメディアサービスの品質向上に大きく寄与する。本稿ではMediaSDKの概要、ならびに当該ソフトウェアの品質向上のための取組みについて解説する。

1. まえがき

環境変化が大きく、競争も激しい映像配信サービスにおいて、これまでドコモは個々にサービス、アプリケーション開発を行っていたが、効率において課題があった。そこで、メディア系アプリの共通的な機能（表1）をMediaSDK（Software Development Kit）という共通ライブラリとして開発することで、開発効率・品質・メンテナンス性の向上を図っている。

ドコモでは①ソフトウェア自体の品質、②ストリーミング^{*5}体感品質（QoE：Quality of Experience）の観点でMediaSDKの品質向上に取り組んで

いる。本稿では、ソフトウェア品質向上のための開発手法、QoE向上のための品質データ分析の取組みについて解説する。加えて、課題と今後実施予定の取組みについても紹介する。

2. MediaSDK開発手法

現在ドコモは、以下のサービス向けにMediaSDKを提供している（表2）。MediaSDKの提供先サービスが複数存在することで、ハードウェア、OS、デジタル著作権保護（DRM：Digital Rights Management）^{*6}方式、エンコード設定、コンテンツフォーマット等がサービスごとに異なるため、それぞれの

©2019 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 dTV[®]：(株)NTTドコモの登録商標。

*2 dTVチャンネル[®]：(株)NTTドコモの登録商標。

*3 dアニメストア[®]：KDDI(株)の登録商標。

*4 ひかりTV[®]：(株)NTTぷららの登録商標。

*5 ストリーミング：NW上で音声や映像データを送受信するときの通信方法の一種。データを受信しながら、同時に再生を行う。

表1 MediaSDK搭載機能概要

分類	詳細
対応メディア	ビデオ、オーディオ、字幕
配信形式	ストリーミング再生、ローカル再生
サービスモデル	リニアライブ再生、ライブの追っかけ再生、VoD
配信品質調整	変動ピットレート(Adaptive Bitrate Streaming)、固定ピットレート
再生機能	再生速度調整(0.5~32倍速)、一時停止・シーク、早送り・巻戻し
対応デバイス	Android、Android TV、iOS/tvOS™、ウェブブラウザ
著作権保護	デバイス搭載DRM利用(PlayReady、Widevine、FairPlayなど)
コーデック	ハードウェアデコーダ利用(H.264、H.265など)
データ分析	体感品質(QoE)データレポート機能
API	OSごとのアプリケーション開発者向けのAPI提供
その他	HDR、ハイレゾオーディオなど、デバイス提供機能の連携

VoD : Video on Demand

tvOS™ : Apple Inc. の商標.

表2 提供サービス(2018年12月現在)

サービス名	Android	iOS	PC (HTML5)
dTV	○	—	—
dアニメストア	○	—	—
dTVチャンネル	○	○	○
ドコモレビターミナル®ホームアプリ	○	—	—
ひかりTV for docomo	○	—	—
他社VoDサービス(サービス名非公開)	○	—	○

ドコモレビターミナル® : (株)NTTドコモの登録商標.

対応が必要となる。またMediaSDKは、各サービスからの多様な要件への臨機応変な対応や、頻繁なリースが求められている。

2.1 クロスプラットフォーム対応

MediaSDKはビデオ・オーディオ再生に必要な機能と、それを各サービス向けにカスタマイズするた

めのプラグイン機能で構成されている。通常、新規にアプリケーションを開発する場合には、OSに複雑な処理の実装が必要になるが、MediaSDKではこれらの複雑な処理をモジュール化し、API(Application Programming Interface)*7構成も共通化させている。これによりサービスアプリケーションの開発者が容易に開発できるようにしている。

*6 デジタル著作権管理(DRM) : デジタルコンテンツの著作権を保護するために、再配布制限や不正コピー防止などの管理を行う機能の総称。

*7 API : OSやミドルウェアなどが提供する機能を、他のソフトウェアが利用するためのインターフェース。

プラグインの場合、Android™^{*8}、iOS^{*9}、PCなど、複数のプラットフォーム上での効率的な開発が必要となるため、MediaSDKのソフトウェア構成上の特徴として、クロスプラットフォーム共通ロジック部はJavaScript^{*10}言語が用いられ、OSをまたぐ共通化が可能となっている（図1）。

サービスごとでソフトウェアのロジックを変更する場合は、このJavascript部分のみアップデートすることで対応できる（表3）。また、最近はスマートフォンの場合、AndroidだけではなくApple社のiOSも含め、アプリケーションストア（AppStore®^{*11}、Google Play™^{*12}など）への配信後も、「本来のアプリケーションの機能を主目的に変えない」、「違うス

トアフロントを作らない」、「セキュリティを担保する」などの条件を満たすのであれば、アプリケーション自体を替えなくてもJavascriptなどのスクリプト^{*13}の上書きにより、一部のロジックやパラメータの変更が許容されている。この流れに従って、MediaSDKでは、サーバから配信するJavascriptプラグインのホットパッチでアプリケーションの動作を変更することができる。

2.2 アジャイル開発の取組み

MediaSDKは複数サービスからの開発要望を同時並行で受付し、頻繁な機能リリースが求められている。通常のウォーターフォール開発^{*14}スキームでは

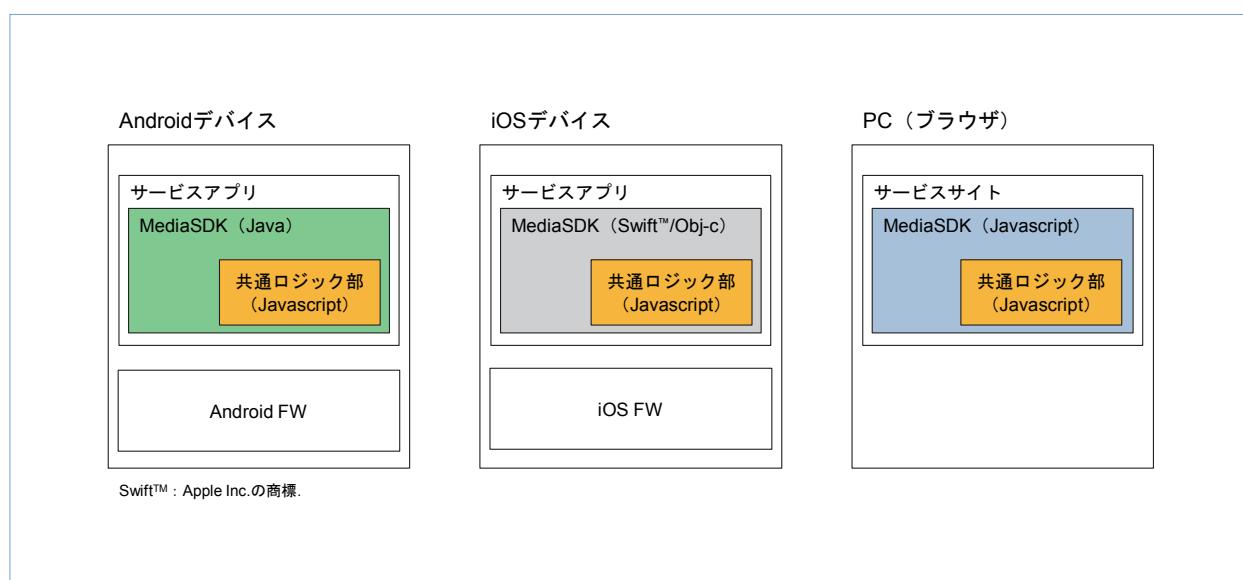


図1 MediaSDKのソフトウェア構成

表3 Javascriptプラグイン

プラグイン種類	詳 細
QoEプラグイン	QoEの品質レポート送信とレポートデータの変更
ABRプラグイン	変動ピットレートの調整ロジック変更
Networkプラグイン	コンテンツサーバの接続先変更
DRMプラグイン	利用DRMの変更

*8 Android™ : 米国Google, LLC.の商標または登録商標。

*9 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であり、ライセンスに基づき使用されている。

*10 JavaScript : Webブラウザなどでの利用に適したスクリプト言語。JavaScriptは、Oracle Corp. 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または商標。

*11 App Store® : 米国および他の国々で登録されたApple Inc. の商標。

*12 Google Play™ : GoogleのAndroid端末向けアプリケーション・映画・音楽・書籍の配信サービス。Google Play™は、米国Google, Inc. の商標または登録商標。

対応しきれないため、アジャイル開発^{*15}（Scrum開発^{*16}）を行っている。アジャイル開発スキームを導入したことにより、実際に、2017年度は評価版含めて年間20回のリリースを行っている。

2.3 試験・リリースの自動化

年間20回ものリリースを実現するためには、高頻度にソフトウェア評価を行う必要があるが、手動で試験を行うと開発に稼働を回すことができない。そこで試験の93.2%（2,750項目）を自動化し、評価にかかる稼働を削減している。

また、リリース物（ライブラリ、サンプルアプリ、ポーティングガイド、API仕様書）についても1ク

リックでGit^{*17}などのSource Repository^{*18}システムと連動して自動生成できるようにし、リリース物を作成する稼働の低減を実現している。SDKリリース物作成作業の自動化イメージを図2に示す。

2.4 端末機能（デコーダ・DRM）との連携

MediaSDKでは、各OS・端末がサポートしているセキュアなDRM方式やデコーダを使って再生できるような設計としており、DRM方式も昨今一般的に使われているWidevine™^{*19}/PlayReady®^{*20}/FairPlay®^{*21}などをサポートし、PCブラウザ含めた幅広いデバイスでサービス提供が行えるように開発している。そのため、各サービスで表4のように高

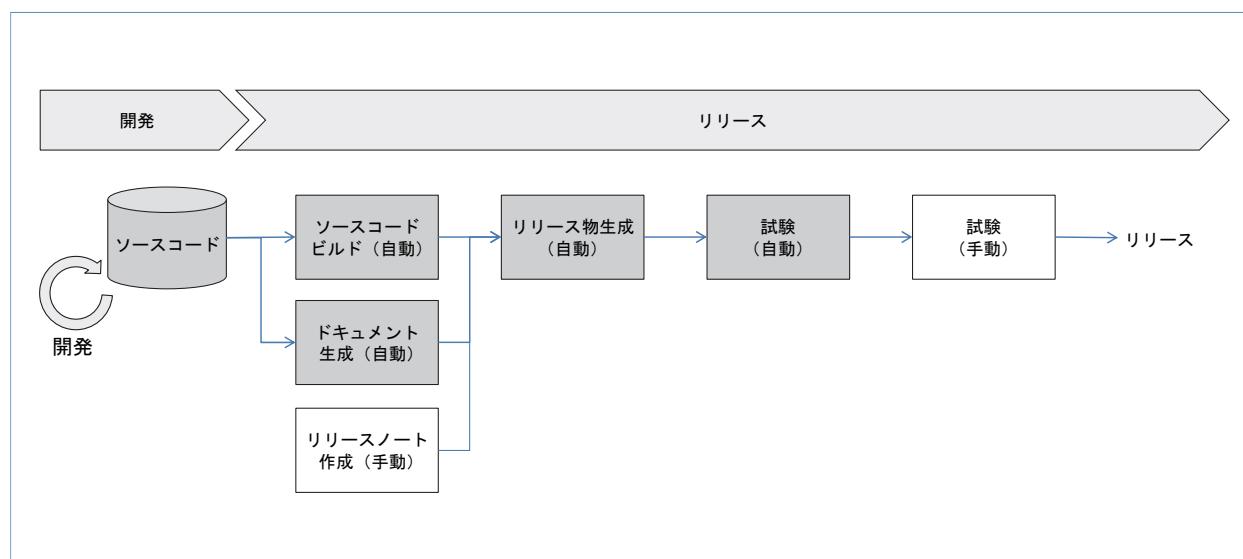


図2 SDKリリース物作成作業の自動化イメージ

表4 高セキュリティレベルの著作権保護技術適用の例

サービス名	コンテンツ	備考
dTV	4K HDR10	
dTVチャンネル	Dolby Atmos®	2018/8/25-26 a-nationライブ配信
ひかりTV for docomo	Dolby Vision® HDR	

HDR : High Dynamic Range

Dolby Atmos® : Dolby AtmosおよびDolby Visionはドルビーラボラトリーズの登録商標。

*13 スクリプト：単純な処理を行うプログラムを記述するための、簡易プログラミング言語をスクリプト言語といい、そのスクリプト言語で記述されたプログラムをスクリプトと呼ぶ。

*14 ウォーターフォール開発：要件定義、設計、実装、評価を工程ごとに順序立てて実施していく開発手法。

*15 アジャイル開発：アジャイル開発宣言に基づく開発方法論であ

り、迅速かつ適応的にソフトウェア開発を行う軽量な開発手法群の総称。

*16 Scrum開発：アジャイル開発手法のうちの1つ。

*17 Git：ソースコード管理ツールの1つ。

*18 Source Repository：ソースコードが保存されている領域。

*19 Widevine™：米国Google, Inc. の商標または登録商標。

いセキュリティレベルの著作権保護技術の提供が必要な高画質・高音質コンテンツの配信もスムーズに実現することができている。

一方で、特にAndroid端末は機種や搭載されているチップセット^{*22}などによって、再生に関する性能や品質にバラつきがあり、ユーザが体感するサービス品質に影響する場合も考えられる。

3. 品質データ分析の取組み

MediaSDKではソフトウェア開発時の品質管理以外にも、商用リリース後のさらなるサービス品質向上を実現するための仕組みが存在する。こうした保守運用の観点からの品質管理を実現するプラグイン機能を以下に述べる。

3.1 再生品質データ収集

ここでは、QoEプラグインとABR(Adaptive Bitrate)^{*23}プラグインの2つの機能の運用によるユーザの体感品質向上の取組みについて具体的に解説する。前者は動画再生時の品質に関するデータを収集し分析可能な土台を作ることで、後者はABRのロジックを変更する際に用いることでQoE向上の実現を可能とする。

QoE, ABRプラグインの運用システムイメージを図3に、また、QoEプラグインからレポート可能なメディアの再生品質データの例を表5に示す。

QoEプラグインからのデータはJSON^{*24}フォーマットで構成しており、その量は、dアニメストアの場合、2018年12月現在、24時間当たり30GB程度(Androidスマートフォンの全ユーザー)のデータが収集されている。この収集したデータを解析し、再生品質向上のための課題を抽出、さらに抽出された課題を、ABRプラグインを用いて再生ロジックに反映し、再生品質向上を実現することができる。

3.2 再生品質データ解析

MediaSDKの保守運用ではPDCA(Plan, Do, Check, Act)サイクル^{*25}の手法を導入しており、それに基づいた品質データの解析による再生品質向上のプロセスを述べる(表6)。

(1)計画

まず、QoEプラグインからレポートされたデータは、サーバで加工され、可視化が行われる。再生品

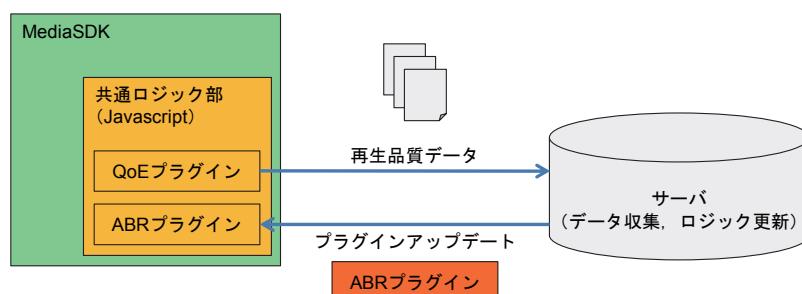


図3 QoE, ABRプラグインの運用システムイメージ

*20 PlayReady[®]：米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における商標または登録商標。

*21 FairPlay[®]：米国および他の国々で登録されたApple Inc. の商標。

*22 チップセット：移動端末ソフトウェアや各種ハードウェアの処理を制御するための装置。CPUおよび制御回路を含む一連の装置をまとめてチップセットと呼ぶ。

*23 ABR：通信速度に合わせ画質を動的に変更して再生する技術。

*24 JSON：JavaScriptのオブジェクト記述に基づくデータ記述言語。

*25 PDCAサイクル：業務を円滑に進めるための手法のこと。

PDCAサイクルでは、①Plan(計画)、②Do(実施)、③Check(効果測定)、④Act(改善)の4つのステップを繰り返し実施することが求められる。

質状況の可視化の例を表7に示す。

可視化されたデータの分析により、ユーザの体感品質が分かるようになる。その次のステップとして、改善が必要な目標値を設定する。主な改善指標は「再生スタート時にかかる時間」「再生途中の再バッ

ファリング時間」「ABRの選択画質の調整」などがある。

(2) 実行

ABRロジックにより選択画質などを変更することで再生が最適化され、バッファリング時間が短縮

表5 再生品質レポートデータの例

データ	詳細
Startup Time	最初の動画フレームの再生開始までにかかる時間
Buffered Duration	キャッシュされているバッファ継続時間
Download Time	動画データセグメントのダウンロードにかかった時間
Size	ダウンロードするセグメントのサイズ
Consecutive Drops	連続するフレームドロップ数（端末性能の測定値）
Action	ユーザイベント
Network Errors	再生中のネットワークエラー
その他	その他、QoE関連のデータのレポートを行う

表6 PDCAサイクルによる保守運用

Plan計画	データの可視化によるデータ解析から改善目標を具体化する。 仮説に基づき、データ解析から改善案検討を行う。
Do実行	計画段階での検討結果をベースに改善版ソフトウェアを作成
Check評価	既存のソフトウェアと改善版とのA/Bテスト実施と結果の評価
Action改善	A/Bテスト結果に基づいたソフトウェアのアップデート

表7 再生品質可視化の例

再生品質指標	詳細
平均再生時間	各再生セッションの平均（再生時間合計／再生セッション総数）
平均バッファサイズ	再生前にデバイスにたまるデータのサイズ
エラー発生件数、頻度	エラー発生の傾向
スタート時間	ユーザの再生開始操作から実際の開始までにかかる時間
スピード	ユーザ側のネットワーク環境のスループット
ピットレート比率	ABRロジックにより選択されている画質・音質傾向
フレームドロップ	端末性能により処理できないデータ発生率

される。ABRプラグイン自体はすべてのアプリケーションにも適用可能だが、特定のグループ（ISP（Internet Service Provider）ごと、デバイス機種ごと、OSごとなど）向けにカスタマイズしたロジックの適用も可能であるため、それぞれのケースを考慮して案を作成する。

(3)評価

作成したABRプラグインを特定のユーザグループに配信し、既存ロジックとの品質の比較評価を行う（A/Bテスト）。評価は前述した可視化で実施できるため、表7の品質指標を主な評価項目として用いる。ABRプラグインのA/Bテストのイメージを図4で示す。

(4)改善

再生品質の評価結果から最適な再生ロジックのABRプラグインを選択し、随時プレーヤに反映することでさらなる品質向上が期待できる。PDCAサイクルのプロセスは一回でとどまらず、反復させることでさらなる品質改善の実施が可能である。

3.3 再生品質の総合評価

前述の品質データの収集、分析の取組みによる品

質改善のPDCAサイクルプロセスを進めるために、品質指標結果の優劣を適切に判断する必要がある。一方で、評価を行う変数である品質指標は数が多く、また動画再生においては各々の変数がトレードオフの関係にあるものが多い。片方の指標値を改善することで別の指標値が劣化してしまうなど、A/Bテストの公正な優劣の判断が難しいケースが存在する。

そこでNTTネットワーク基盤技術研究所の再生品質評価技術 [1] を採用し、総合的な評価を行っている。[1] の技術では動画再生時のバッファリングや再生したメディアの画質情報等を用いて1~5点の総合的なQoE値を算出することができる。このQoE値を比較し、最大化させるようにPDCAサイクルを回すことによってユーザ満足度の最大化が実現可能となる。

4. 課題

4.1 端末性能差分

ストリーミング再生の性能は端末の性能に大きく依存するため、ABRアルゴリズムの改善だけでは大幅に改善しないことも想定される。特にAndroid

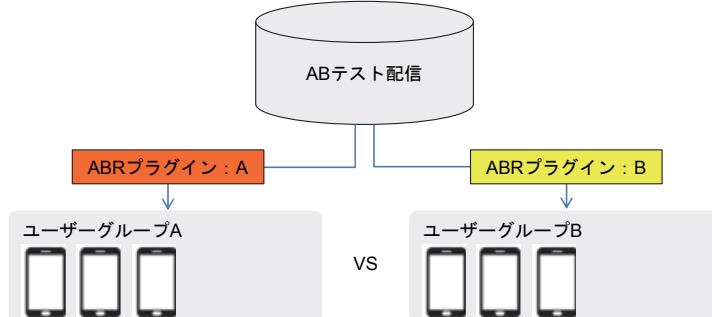


図4 ABRプラグインのA/Bテストイメージ

端末の場合、動画サービスに必要な機能（デコード、DRM暗号処理、など）の品質や性能がメーカーごとにバラツキもあるため、一律的な改善の適用が難しいケースも存在する。そのため、再生時の端末性能を測定し、性能に適したアルゴリズムを適用する方法を検討する予定である。

4.2 システム全体の最適化

本稿では再生品質の改善について述べてきたが、QoEを構成する各指標値は、CDN（Contents Delivery Network）^{*26}、配信サーバ、コンテンツのエンコーディング方式など他の要素にも依存している。そこで、サーバ・クライアント・コンテンツのさまざまな組合せでA/Bテストを繰り返し、サービスのシステム全体としての最適化を図っていく予定である。

4.3 PDCAサイクルの効率化

これまで述べてきたA/Bテストなどの取組みは、現状はすべて人為的なオペレーションが必要である。しかしながら、今後は、QoE値など定量的なスコア

やAI技術の進歩によりデータ分析の自動化が促進され、PDCAサイクルの効率化を実現し、映像配信サービスの品質の自動改善に取り組んでいく。

5. あとがき

本稿では、ドコモのマルチメディアサービスアプリに搭載されているソフトウェアライブラリの開発手法および品質向上について概説した。アジャイル開発スキームの導入により柔軟なクロスプラットフォームを開発した。またリリースの自動化により稼働の削減、さらなる効率化を達成した。再生品質データの分析にはNTTネットワーク基盤技術研究所のQoE可視化技術を採用し、分析・評価・改善を繰り返すPDCAサイクルを通じて今後さらなる品質向上をめざす。

文 献

- [1] K. Yamagashi and T. Hayashi : "Parametric Quality Estimation Model for Adaptive Bitrate Streaming Services," IEEE Transactions on Multimedia, Vol.19, No.7, pp.1545-2557, Feb. 2017.

^{*26} CDN：ファイルサイズの大きい画像・動画を高速かつ安定して配信するために最適化されたネットワークソリューション。

NTT DOCOMO
テクニカル・ジャーナル Vol.26 No.4

2019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
〒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。

© 2019 NTT DOCOMO, INC.