

UWB測距技術を用いた おサイフケータイのタッチレス 機能実用化検討

移動機開発部 むらかみ まい こ 村上 真衣子 ごうだ あきお 合田 晶生
さわせ じゅんいち 澤瀬 順一

近年、決済のキャッシュレス化が推進されており、QR／バーコード決済など新技術の利用も拡大している。ドコモは従来、非接触の決済サービス「おサイフケータイ」を提供してきたが、さらなる利便性と新たなユーザ体験の実現を目指し、現在高精度な測距が可能な無線技術「UWB」を活用し、指定場所に立つ、あるいは通過するだけで決済できるタッチレス機能に対応したおサイフケータイ技術の実用化検討を進めている。本稿では、その内容について解説する。

1. まえがき

近年UWB (Ultra Wide Band) という中距離無線技術が、さまざまなスマートフォンに搭載され始めて注目を浴びている。UWBは電波特性を活かした高精度な測距機能を有しており、さまざまなユースケースへの活用が期待されている。また日本では、決済のキャッシュレス化が進化しており、既存のクレジットカードや電子マネーに加えQRコード／バーコード決済などの利用が拡大している。これらの背景を踏まえ、ドコモでは現在提供しているおサイフケータイとUWBを組み合わせ、新しい決済手

段としてタッチレス機能に対応したおサイフケータイの実現を目指している。本稿では、UWBの測距技術を活かした決済分野の新しいユースケースや、UX (User experience)^{*1}の創出に向けた検討内容や技術検証内容、課題について解説する。

2. UWBを活用した『決済：おサイフケータイのタッチレス対応』

2.1 UWBとは

UWBは、超広帯域中距離無線通信技術のことである。UWBを規格化した標準仕様IEEE (Institute of

©2021 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

*1 UX：ある製品やサービスの利用・消費を通じて得られる体験の総称。

Electrical and Electronics Engineers)*² 802.15.4a においては、3.1～10.6GHzの帯域を利用する通信とされ、帯域の広さを利用した高速通信とともに、対象物との高精度な距離や角度の測定機能を有する。測距機能はTime of flightという信号が伝搬する時間を測定し、伝搬速度と掛け合わせることで距離を算出する方式を用いている。

UWBは、日本の電波法において2006年に通信用途(3.4～4.8GHz帯、7.25～10.25GHz帯)、2010年に衝突防止用車載レーダー用途(22～29GHz帯)、2013年にセンサ用途(7.25～10.25GHz帯)での制度化が行われてきたが、通信用途やセンサ用途においては屋内での利用に限定されていた。その後さまざまな用途への利用が期待され、屋外利用のニーズが高まってきたことから、2019年5月に新たな法改正が行われ、7.587～8.4GHz帯における屋外利用が可能になった。この法改正を皮切りに、さまざまなスマートフォンや周辺機器にUWBが搭載され始めている。

2.2 国際標準化団体における活動状況

日本における電波法改正の前後から、UWBに関連する国際標準化団体の活動も活発になってきている。各団体の活動概況を以下に述べる。

・IEEE802.15.4 [1]

IEEE802.15.4ではバッテリーを必要としない、または非常に限られたバッテリー消費量しか必要としない機器同士の、低データレートの無線接続や精密な測距を可能とするための物理層*³および論理層*⁴の仕様が定義されている。IEEE802.15.4のワーキンググループの中でUWBの標準化が進められている。

802.15.4a [2]では測距を行う物理層の制定がなされており、2020年8月に仕様が公開された802.15.4z [3]では802.15.4aで定められた物理層のセキュリティ強化や、論理層の制定がな

された。

・CCC (Car Connectivity Consortium) [4]

CCCは、スマートフォンと車が連携するユースケースや、サービスレイヤ*⁵の関連仕様を策定する国際業界団体である。IEEE802.15.4zをベースに、UWBとBLE (Bluetooth Low Energy)*⁶を利用するデジタルキーの次世代仕様の策定を予定している。自動車メーカーや車載機器メーカー、部品メーカー、スマートフォンメーカーなど129社(2021年3月時点)の企業が参加中である。

・FiRa (FiRa Consortium)

FiRaは、UWBを利用するユースケースの実現にむけた、UWB製品間の相互運用性の確保を目指す業界団体である。IEEE802.15.4zをベースにした認証プログラムの制定を予定している。UWBを利用する企業(部品メーカー、スマートフォンメーカー、電気機器メーカーなど)65社(2021年3月時点)が参加中である。

現状、UWBを利用するユースケースのうち最も仕様が進んでおり実用化の目処が立っているのは、CCCで議論されている車のデジタルキーとしての利用である。従来、車のデジタルキーは、LF (Low Frequency)*⁷の無線を利用しドアを解錠しているが、リレーアタックという、鍵が発信する電波を傍受し中継することで、持ち主が離れた状態であっても、第三者がその電波を中継して解錠する手口により車が盗まれる事件が発生している。この点UWBでは、Time of flightによる測距機能を用いることで本物の鍵からの距離を欺くことができないため、リレーアタック防止につながる。

他のUWBを利用するさまざまなユースケースに関してはFiRaで策定中であり、無人店舗、家の鍵など多岐にわたりUWBの利用が検討されているが、2021年3月時点では実用化はまだ少し先となる状況

*2 IEEE：電気情報工学分野の技術を発展させることを目的とした世界最大の技術専門組織(国際学会)。

*3 物理層：通信機能を分類定義したOSI参照モデルの第一層で、物理的な接続や伝送方式を定めたもの。

*4 論理層：通信機能を分類定義したOSI参照モデルの第二層の一部で、物理的に接続された機器間での通信が滞りなく行えるよ

う識別や衝突回避の方式を定めたもの。

*5 サービスレイヤ：各サービスで利用するプロトコルを規定するレイヤ。

*6 BLE：低電力消費・低コスト化の図られた近距離無線通信技術規格。

*7 LF：長波。30～300kHzの周波数帯の電波。

である。

2.3 従来のおサイフケータイの仕組み

おサイフケータイは、携帯電話端末に埋め込まれたモバイルFeliCa[®]*⁸チップを利用した非接触決済サービスである。ソニー株式会社が開発した非接触ICカード技術「FeliCa」を基礎技術としており、フィーチャーフォンやスマートフォンとFeliCaチップを組み合わせた利便性の高い使い方として、1つの端末で複数の決済サービスが利用できる。また、本人認証によるロック解除などの安心・安全機能を盛り込んでいる。2004年7月にmovia 506iシリーズに搭載されたことを皮切りに多くのi-mode端末へ搭載され、2010年にはAndroid端末でも提供を開始した。現在では、ドコモ端末だけではなく、他通信キャリアの端末やSIM（Subscriber Identity Module）フリー*⁹端末など、国内で流通する多くの端末がおサイフケータイに対応している。

おサイフケータイを実現する主要なハードウェア構成要素としては、eSE（embedded Secure Element）とCLF（Contactless Frontend）の2つが挙げられる（図1）。eSEは耐タンパ性*¹⁰を備え高いセキュリティを有するチップであり、セキュリティが要求されるアプリケーションの実行やデータの保管を行う。CLFは端末外部との非接触通信のフロントエンドを司る無線チップである。無線技術はNFC（Near Field Communication）Forum*¹¹仕様に準拠しており、13.56MHzの周波数帯の電磁波を使用して、対向機器と数cm以内の距離に端末がある場合にFeliCaコマンドの送受が行われる。その後FeliCaコマンドはeSEに送られ、eSE内のモバイルFeliCaアプリケーションがコマンドの解釈や応答、記録された電子マネー残高情報の更新といった一連の処理を行う。これにより、単体のFeliCaカードと同等の決済動作をモバイル端末上で実現している。

もともとドコモは、モバイルFeliCa向け専用品と

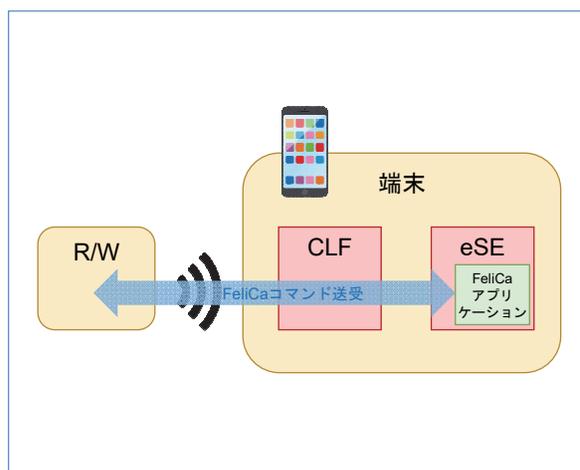


図1 おサイフケータイの構成

して開発されたeSEを利用していたが、2019年からはGlobalPlatform*¹²規定の標準仕様に準拠した汎用セキュアチップの採用が進んでいる。これにより端末ハードウェアのグローバルモデル・日本向けモデル間での共通化が可能となり、端末メーカーにとっては従来よりもおサイフケータイの対応がしやすくなった。また、この汎用eSEチップ上にはおサイフケータイ以外のサービスアプリケーションも搭載することが可能であるため、デジタルキーや本人認証といった、FeliCaによる決済サービス以外のさまざまなセキュアサービスへの活用可能性が拓かれたことも、特筆すべき点である。

2.4 おサイフケータイのタッチレス対応における従来のおサイフケータイからの変化点

ドコモでUWBとおサイフケータイを組み合わせたいタッチレス対応を検討している背景には、手が塞がっているときや、バッグの奥にスマートフォンをしまっているとき、あるいはドライブスルーで運転と並行して対応する必要があるときなど、スマートフォンを取り出してかざすという行為が容易ではない場合でも簡単に決済できるようなUXを提供したいという考えがあるからである。

*⁸ FeliCa[®]：ソニー(株)が開発した非接触型ICカード技術方式、同社の登録商標。

*⁹ SIMフリー：違う通信キャリアのSIMを挿入しても利用できない制限がかかっていない状態。

*¹⁰ 耐タンパ性：内蔵するプログラム、データなどの不正な参照や書換えを防止する性質。

*¹¹ NFC Forum：NFCと呼ばれる近距離無線技術の普及および技術仕様策定を目的とする国際標準化団体。

*¹² GlobalPlatform：クレジットカードやSIMカードを始めとしたICカードやセキュリティ技術の試用策定を行う国際標準化団体。

かざすという行為には、決済データをやり取りするだけでなく本人の決済意思を確認する役割も含まれているため、タッチレスの場合、その決済意思確認をほかの行動で取得する必要がある。そこで、高精度な測距性能をもつUWBを活用し、特定のエリアを設けてそのエリアにユーザがとどまる、または通過することで、決済の意思表示をしているものとみなすこととした。意思確認方法の違いを図2に示す。

これらを実現するための仕組みとしては、前述した従来のおサイフケータイにおける無線での決済情報のやり取りをNFCの代わりにBLEで実施し、それに加えてUWBによる測距機能を組み合わせることとしている。従来のおサイフケータイとの違いを図3に示す。ここでBLEを利用している理由は、現状UWBでの測距データ以外の通信については、国際標準化が完了していないため相互運用性に課題が

残ってしまうためである。

3. タッチレス対応の具現化のためのアクション

3.1 実用化に向けた課題

前述したとおりUWBは、今後さまざまなユースケースへの活用が進められていくと期待されているが、実際に社会インフラとして身の回りに普及していくためには3つの条件が必要である。

- ・1つ目は、国際標準規格の策定である。無線機器同士の場合、無線性能基準や通信プロトコル規定など、どのような組合せでも通信が成立し相互運用性が確保されるよう“最低限の約束ごと”が必要となる。このような決まりは国際標準化団体で規定されることが多い。UWBに関する技術仕様を規定している団体としては前述



図2 決済意思確認方法の違い

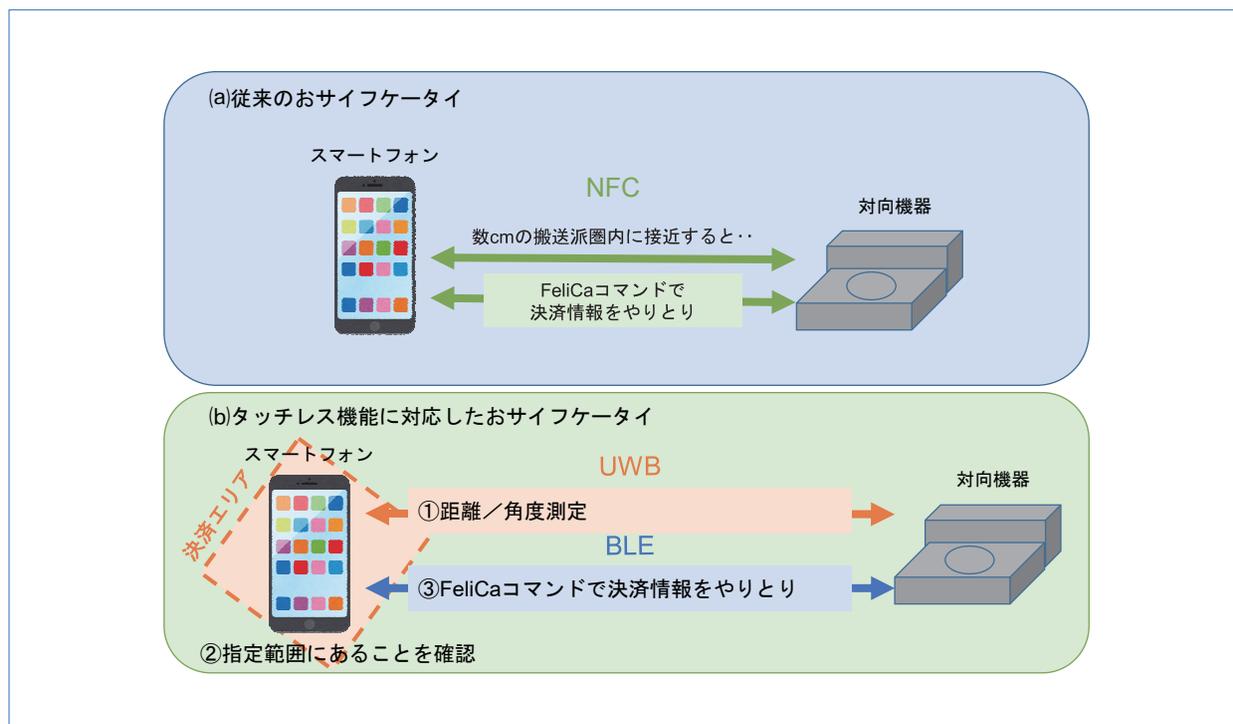


図3 方式比較

のIEEE, CCC, FiRaなどがある。ベースとなる物理層、論理層の仕様はIEEEにより規定が完了したが、より上位層でサービススペックにかかわるような仕様群は、CCCやFiRaが策定を進めている最中である。

- ・2つ目は、UWB対応機器の普及である。大きく分けると、エンドユーザが利用するスマートフォン端末と、通信相手となる対向機器に分けられる。前者は、2020年ごろより一部の端末メーカーがスマートフォンへのUWB搭載を始めたがまだまだ限定的な状況であり、対応機種・対応メーカーの拡充が必須となる。後者の対向機器としては、小売店のPOS (Point Of Sales) レジ^{*13}に接続される決済端末、デジタルキー開錠対応の車載機器、街頭で広告表示するデジタルサイネージ^{*14}端末など、ユースケースに合わせたさまざまな機器がある。これらは各々

のサービスのニーズや商流、費用対効果など複雑な要素が導入に影響し、普及は容易ではない。

- ・3つ目は、UWB搭載機器を利用したサービス事業者の出現である。単にUWB搭載機器があるだけではエンドユーザに便益をもたらさないが、これを利用したサービスが開始されて初めてエンドユーザへの利便性提供、およびサービス事業者のビジネス収益に繋がる。この判断のためにはスマートフォンと対向機器のセットが十分に市場に行き渡り、サービス提供の基盤として成立することが必要となる。

これらの3つの条件は“順を追って”満足されるものではない。「標準仕様が決まったから製品が開発できる」「スマートフォンが普及したからサービス開始する」「サービス需要があるから製品を開発する」「実製品・サービスによるトライアンドエ

*13 POSレジ：販売時点情報管理機能を備え、金銭や物品の販売・在庫状況をリアルタイムに管理するシステム。

*14 デジタルサイネージ：デジタル技術を用いた広告媒体のこと。ディスプレイやプロジェクタを用い、時間や場所などに応じて表示する広告内容を変化させることが可能であり、従来のポスターなどとは異なる広告メディアとして注目されている。

ラーにより仕様が成熟する」といったように、互い
にいわゆる“鶏が先か、卵が先か”の関係にある。

ビジネスシーンにおいてこういった課題がよく発生することを、ドコモでもおサイフケータイをはじめとしたさまざまな新技術・新サービスの誕生時において、幾度も経験している。そのため今回は、まず動く検証装置をドコモが開発し、早い段階からサービス事業者とも協調しながら意見交換を進め、彼らのサービスへの導入イメージについても共に考えることで、二人三脚で、早期に“鶏が先か、卵が先か”という状況から脱却することを狙っている。

3.2 UWBを搭載した試作スマートフォンの開発と評価

動く検証装置、すなわちタッチレス対応のおサイフケータイを検証できる装置とは、UWBを搭載し、おサイフケータイのタッチレス機能を有するスマートフォンと、そのスマートフォンと同じ無線およびプロトコルで通信が可能な対向機器である。この2点はまだ世の中に存在しないため、今回UWB検討のパートナーとなる4社の協力の下で、検証に向けたハードウェアおよびソフトウェアを開発した。

パートナーである4社の役割は以下のとおりとしている。

- ・ソニー株式会社：UWB対応対向機器の試作機およびソフトウェアの開発
- ・フェリカネットワークス株式会社：UWB対応FeliCaミドルウェア^{*15}、アプリケーションの開発
- ・NXP Semiconductors：UWB向けICチップおよびUWBに関する開発環境／技術情報の提供
- ・SHARP株式会社：UWB対応スマートフォン試作機およびソフトウェアの開発

今回、上記の体制にて試作開発したスマートフォンと対向機器の検証観点は大きく2つある。

- ・1つ目は、ユーザの決済意思を特定できるほどの測距精度を、どのようにして達成するかという点である。我々は誤決済防止のため決済意思を示したとみなすエリアが、人1人分のスペースであることが必要だと考え、距離の誤差が±10cmであること、角度の誤差が±10度であることを精度目標とした。
- ・2つ目は、スマートフォン搭載における課題解決である。新たにUWBという無線を搭載するため、ほかの無線との干渉がないような設計、およびUWB利用時の電池消費量が極端に大きくならないような仕様策定や設計を目標とした。

上記の目標の下、設計し試作開発したスマートフォンと対向機で測距を実施した結果、間に障害物がなくスマートフォンを固定した試験環境においては、距離や角度の測定誤差を目標値内に収め、指定した範囲での決済処理が実行できた。ほかの無線への干渉に関しても問題ないことが確認でき、電池消費量においても測距を行っていない時間は、UWBチップの電源を落とすといった工夫から、最小限の電力消費に留めることができた。

3.3 サービス提供パートナーとの検証

前述した性能目標はクリアできたが、実用化に向けてはさらなる課題もある。ユーザが実際にこのタッチレス対応のおサイフケータイを利用するすべての環境下において、高い確率で失敗することなく利用できる必要があるため、さまざまな環境にスマートフォンをおいて試験をする必要がある。例えばバッグに入れたときを想定し、バッグの中でのスマホの向きはどうか、バッグの素材はなにか、バッグの中身でなにか無線への影響がありそうなものはあるか、など利用のパターンとスマートフォンの置かれる環境の組合せ、測距などの無線通信に影響を与え得る要因は数多くある。また、利用シーンとし

^{*15} ミドルウェア：OSと実際のアプリケーションとの間に位置し、さまざまなアプリケーションに対して共通の機能を提供するソフトウェアのことで、アプリケーション開発の効率化が可能となる。

て現在おサイフケータイが利用されている場所を考えると、小売店のレジの前、駅構内の改札付近、自販機の前など多くの場所があり、無線通信に影響を与え得るさまざまな要因が想定される。

現状の試作機のスペックでは、ズボンの後ろのポケットに入れたまま決済するときのように、対向機器とスマートフォンの中に人間が入り人体に電波が遮断されてしまうケースでは、スマートフォンの位置検知が難しくアンテナ再配置などのハードウェアとしての改善が必要な結果となった。利用シーンによっては、ある場所を通過する間に位置判定と決済処理が終わっている必要があるケースも存在し、高い処理速度が求められるため、検知範囲と処理開始位置も見直す必要がある。

今後は、実際におサイフケータイが利用されているさまざまな環境において、ユースケースに照らして検証を実施しどのような改善が必要かを洗い出ししていく必要がある。

そのために引き続きさまざまなパートナーと協力関係を築き、さまざまなサービスにおいて利用可能となるよう幅広く検証を進めていきたい。

4. あとがき

本稿では、UWBの測距技術を用いて、おサイフケータイのタッチレス機能という決済分野の新しい

ユースケースを創出する際の、新たなUX提供に向けた検討内容や技術検証内容、課題について解説した。おサイフケータイのタッチレス対応により決済行為をよりシームレスなものとしていくため、今後は実用化に向けて以下の観点を重点的に検証していく。

- ・さまざまな環境下で問題なく使えるか（可用性）
- ・他人の端末で、自分の決済処理が行われないか（セキュリティの担保）

本稿では決済に焦点を当てた内容を記載したが、UWBの高精度な測距機能は決済以外の分野にも応用できる技術であるので、段階的にUWBを利用するユースケースの拡大（広告配信やデジタルキー）などにも取り組みたい。また、ハード側の環境構築のために市場動向を見ながら、UWB端末の導入に関しても積極的に検討していく。

文献

- [1] IEEE 802.15.4-2020 : "IEEE Standard for Low - Rate Wireless Networks," Jul. 2020.
- [2] IEEE 802.15.4a-2007 : "Amendment 1 : Add Alternate PHYs," Aug. 2007.
- [3] IEEE 802.15.4z-2020 : "Amendment 1 : Enhanced Ultra Wideband(UWB) Physical Layers (PHYs) and Associated Ranging Techniques," Aug. 2020.
- [4] Car Connectivity Consortium : "Digital Key Release 2.0 White Paper," 2020.