

---

## STM32WB シリーズのマイクロコントローラ用の 無線アプリケーションおよびワイヤレス・ファームウェア更新

---

### 概要

このドキュメントでは、Bluetooth® Low Energy (BLE) 接続対応の STM32WB デバイスで無線 (OTA) ファームウェアを更新する手順について説明します。STM32Cube ファームウェア・パッケージで提供される OTA アプリケーションを使用して、ユーザアプリケーション、ワイヤレス・ファームウェア、ファームウェア・アップグレード・サービスを更新する方法について説明します。

# 目次

<b>1</b>	<b>用語</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>参照文献</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>STM32WB デバイスでの OTA アプリケーション</b> .....	<b>7</b>
3.1	オーバー・ジ・エア（無線）ファームウェア更新 .....	7
3.1.1	原則 .....	7
3.1.2	OTA アプリケーション .....	9
3.1.3	メモリ・アーキテクチャ .....	10
3.1.4	ユーザアプリケーションの更新 .....	12
3.1.5	ワイヤレス・ファームウェアの更新 .....	13
3.2	ファームウェア更新用の BLE サービスおよびキャラクタースティック .....	14
3.2.1	BLE アプリケーション-リポート・リクエストのキャラクタースティック .....	14
3.2.2	OTA アプリケーション-サービスとキャラクタースティック .....	15
3.2.3	アダプタイズ .....	16
3.3	フロー説明 .....	17
3.4	ワイヤレスおよび FUS の更新手順 .....	18
3.5	アップデータ・クライアント .....	18
3.5.1	ST BLE センサ .....	18
3.5.2	STM32CubeMonitor-RF .....	20
<b>4</b>	<b>OTA 手順</b> .....	<b>22</b>
4.1	プロジェクトのセットアップ .....	23
4.1.1	ユーザアプリケーション .....	23
4.1.2	OTA アプリケーション .....	26
4.2	ST BLE センサを使用したファームウェアの更新 .....	26
4.2.1	デバイス接続 .....	26
4.2.2	ユーザアプリケーションの更新 .....	29
4.2.3	ワイヤレス・スタックまたは FUS の更新 .....	32
4.3	STM32CubeMonitor-RF によるファームウェア更新 .....	33
4.3.1	トランスペアレント・モード .....	33
4.3.2	ユーザアプリケーションの更新 .....	33
<b>5</b>	<b>まとめ</b> .....	<b>35</b>

---

6	改版履歷 .....	36
---	------------	----

## 表の一覧

表 1.	リポート・リクエスト・キャラクターリスティック . . . . .	15
表 2.	OTA のサービスとキャラクターリスティックの宣言 . . . . .	15
表 3.	AD の構造 - メイン . . . . .	16
表 4.	AD の構造 - 製造業者固有フィールド . . . . .	16
表 5.	AD の構造 - グループ B の機能 . . . . .	16
表 6.	アプリケーション例のサービスとキャラクターリスティック . . . . .	23
表 7.	例 (デバイスの Bluetooth MAC アドレス = 80:E1:25:00:50:D6) . . . . .	26
表 8.	文書改版履歴 . . . . .	36
表 9.	日本語版文書改版履歴 . . . . .	36

## 図の一覧

図 1.	STM32WB デュアルコア FW アーキテクチャ	7
図 2.	BLE 接続による STM32WB ファームウェアの更新	8
図 3.	OTA 手順のシーケンス	9
図 4.	アプリケーションの簡易メモリマップ	10
図 5.	Bluetooth LE アプリケーションとワイヤレス・ファームウェアのアーキテクチャ	11
図 6.	ユーザアプリケーションの更新	12
図 7.	ワイヤレス・ファームウェアの更新	13
図 8.	BLE ユーザアプリケーションへの OTA リブート・キャラクタースティックの追加	14
図 9.	OTA データフロー	17
図 10.	ST BLE センサ・モバイル・アプリケーション	19
図 11.	STM32CubeMonitor-RF	20
図 12.	トランスペアレント・モードの USB ドングルが装着された TM32CubeMonitor-RF	21
図 13.	実用的なプロジェクト	22
図 14.	ユーザアプリケーションの更新 - ユースケース	23
図 15.	ピアツーピア・サーバのデバイス検出	27
図 16.	ピアツーピア・アプリケーション / LED スイッチ	28
図 17.	ファームウェア更新 ST BLE センサ・パネルと検出された OTA サービス	29
図 18.	新規アプリケーションのダウンロード	30
図 19.	更新後の心拍数プロファイル	31
図 20.	ワイヤレス・スタックまたは FUS の更新	32
図 21.	STM32CubeProgrammer を使用した USB DFU モードでの USB ドングルのプログラミング	33
図 22.	ユーザアプリケーションの更新	34
図 23.	ワイヤレスまたは FUS 更新	34

## 1 用語

BLE	Bluetooth® Low Energy (Bluetooth® 標準)
CPU1	Cortex® M4 (ユーザアプリケーションを実行)
CPU2	Cortex® M0+ (FUS およびワイヤレス・ファームウェアを実行)
IDE	統合開発環境
IPCC	Inter-Processor communication controller (プロセッサ間通信コントローラ)
FUS	ファームウェア更新サービス
OTA	オーバー・ジ・エア (無線) ファームウェア更新
SBRSA	オプション・バイト - セキュア・バックアップ RAM の開始アドレス
SBRV	オプション・バイト - セキュア・ブート・リセット・ベクタ
SFSA	オプション・バイト - セキュア Flashメモリの開始アドレス
SIG	Bluetooth® 専門部会
SNBRSA	オプション・バイト - セキュア非バックアップ RAM の開始アドレス

## 2 参照文献

- [1] RM0434 : Multiprotocol wireless 32-bit MCU Arm®-based Cortex®-M4 with FPU, Bluetooth® Low-Energy and 802.15.4 radio solution
- [2] AN5185 : STM32WB ST ファームウェア・アップグレード・サービス
- [3] UM2288 : STM32CubeMonitor-RF software tool for wireless performance measurements

これらのドキュメントはすべて、[www.st.com](http://www.st.com) で入手できます。

## 3 STM32WB デバイスでの OTA アプリケーション

### 3.1 オーバー・ジ・エアー（無線）ファームウェア更新

#### 3.1.1 原則

最新の性能を保証し、新機能または修正パッチによりアプリケーションを更新し、最高のセキュリティレベルを維持するために、デバイスの耐用年数中にファームウェアを更新する必要があります。

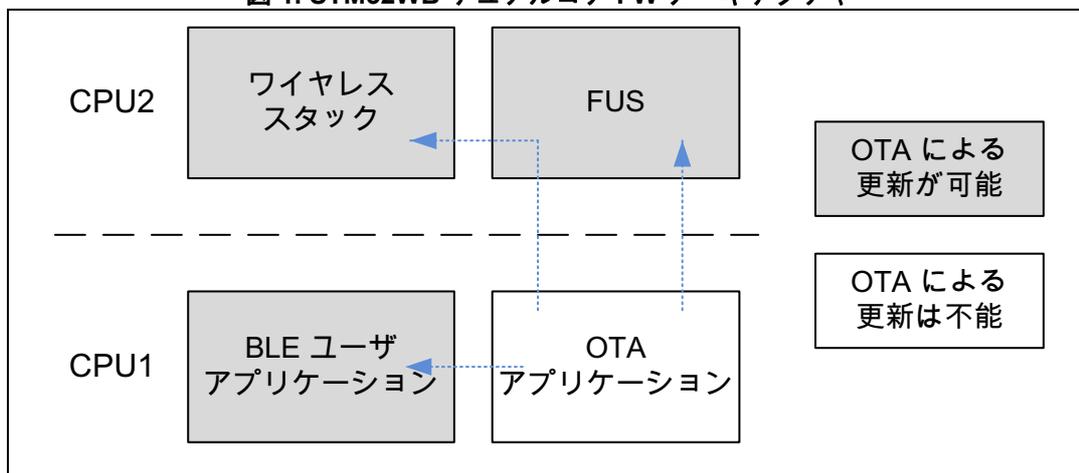
#### ユーザアプリケーション、ワイヤレス・ファームウェア、および FUS の更新

STM32WB シリーズ・マイクロコントローラはデュアル Arm<sup>®(a)</sup> コアをベースとしています。

ユーザアプリケーションは CPU1 (Cortex<sup>®</sup> M4) で動作し、ワイヤレス・ファームウェアと FUS は CPU2 (Cortex<sup>®</sup> M0+) で動作します。3 つのアプリケーションは、個別に更新できます。

ワイヤレスと FUS は暗号化されたフォーマットで提供されるため、それらの更新手順では STM32WB セキュア・ファームウェアを使用した復号化と、Flash メモリの保護領域へのインストールが行われます。

図 1. STM32WB デュアルコア FW アーキテクチャ



#### オーバー・ジ・エアー（無線経由）

ファームウェアの更新は、USB、UART、I2C などの標準的な物理リンクを使用して実行できますが、この手順では、デバイスの特定のコネクタを使用して物理的にアクセスする必要があります。OTA により、ワイヤレス接続を使用してファームウェアをリモートで更新することができます。本アプリケーション・ノートでは、ワイヤレス接続に BLE プロトコルを使用します。

arm

a. Arm は、米国内およびその他の地域にある Arm Limited（またはその子会社）の登録商標です。

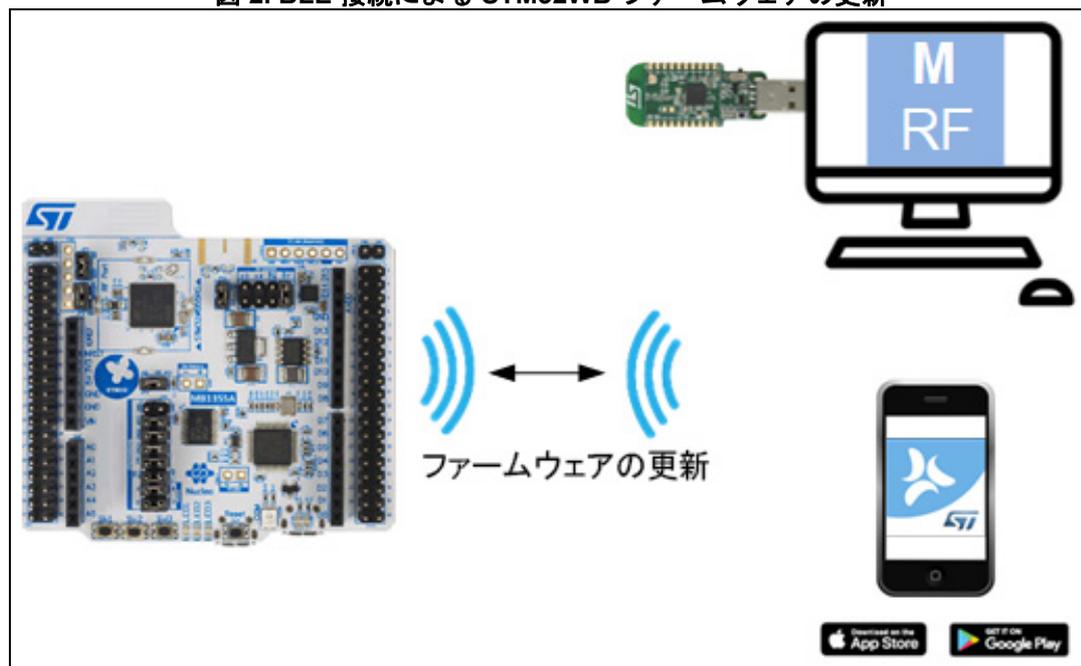
### 更新クライアント

更新手順は、クライアント/サーバ・アーキテクチャに従います。新しいファームウェアのインストールにより、リクエストに対応して、外部クライアントとサーバとして機能するデバイスによって開始されます。

このアプリケーション・ノートでは、STMicroelectronics が提供する BLE ベースの OTA クライアントの 2 つの例（図 2 を参照）を示します。

- ST BLE センサ：Android™ または iOS デバイス用のモバイル・アプリケーション
- STMCubeMonitor-RF：HCI 透過モードに設定された BLE USE ドングルと通信する PC ツール

図 2. BLE 接続による STM32WB ファームウェアの更新



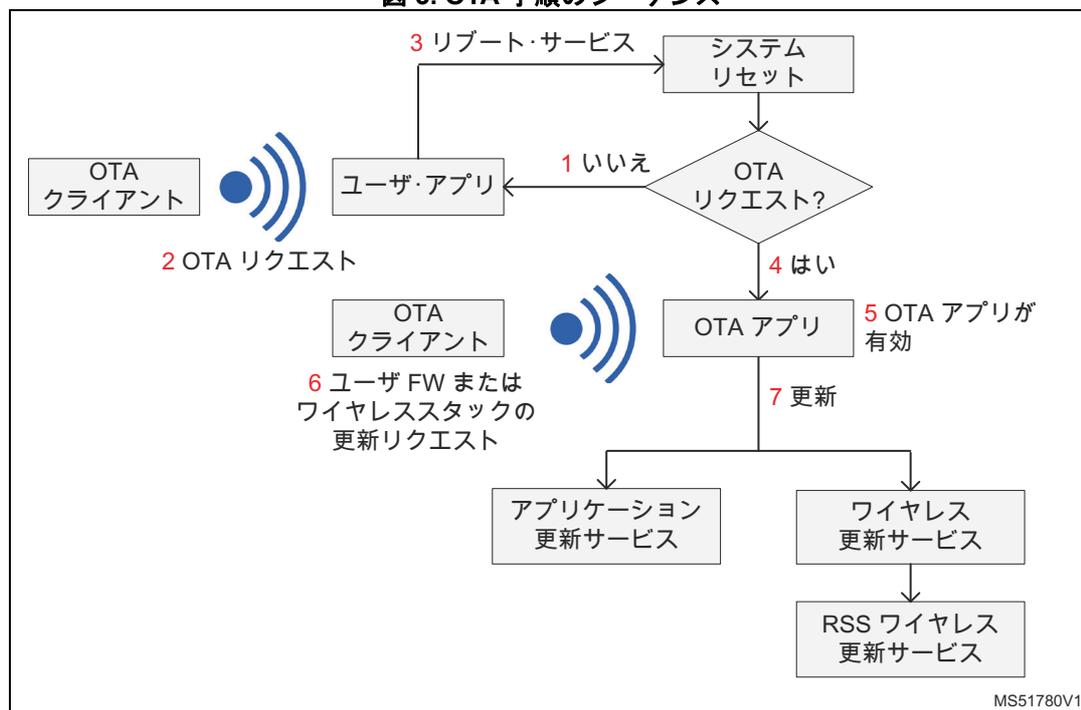
### 3.1.2 OTA アプリケーション

OTA アプリケーションは、クライアントのリクエストに応じてファームウェア転送を管理し、Flash メモリの適切な場所にインストールするための、BLE サービスを備えたスタンドアロン・アプリケーションとして設計されています。これは、ユーザアプリケーションが OTA リクエストを受信した後、有効になり、CPU1 によって実行されます。

シーケンスを図 3 に示しますが、赤色の番号はさまざまな段階を示します。

初期状態では、ユーザアプリケーションが実行されています (1)。OTA リクエストを受信すると (2)、システム・リセットがトリガされ (3)、OTA アプリケーションがアクティブになり (4)、クライアント・リクエストをリッスンします (5)。ワイヤレス・ファームウェアの更新とユーザアプリケーションの更新とは、異なるサービスが提供されます (6 および 7)。

図 3. OTA 手順のシーケンス



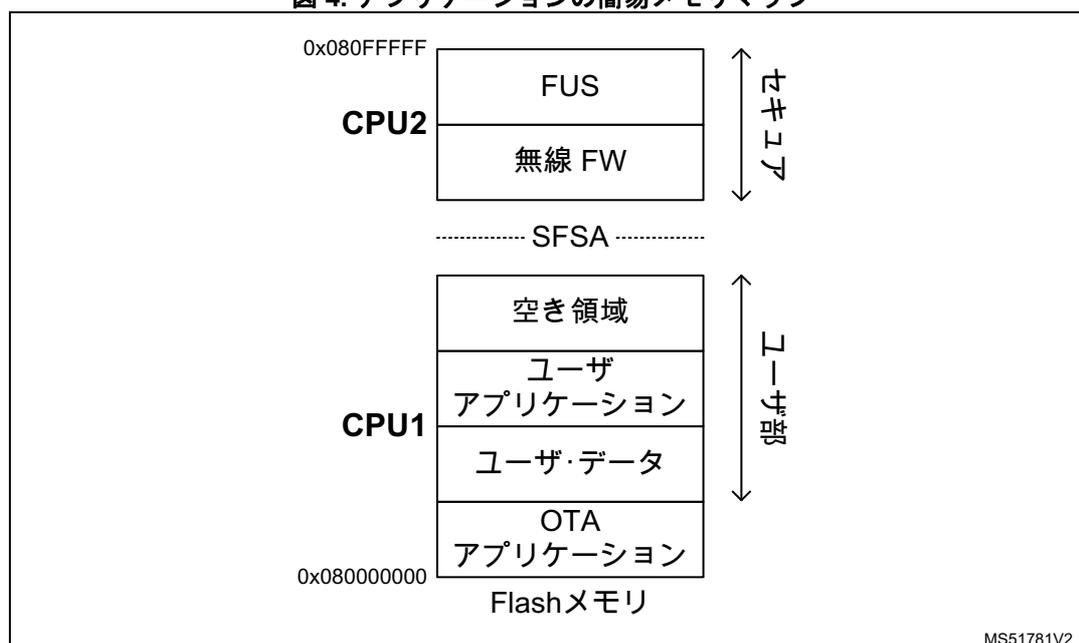
注： このファームウェア・アーキテクチャでは、現在のユーザアプリケーションにより、ユーザアプリケーションとワイヤレス・ファームウェアの両方に対する OTA リクエストが受信されます。これが手順のエントリ・ポイントとなります。その後、OTA アプリケーションはクライアントと通信して、一方または他方のファームウェアを更新します。

### 3.1.3 メモリ・アーキテクチャ

STM32WB の Flash メモリは、ユーザ用とセキュア用の 2 つの部分に分割されています。ユーザ部分は CPU1 からアクセス可能で、ここには OTA アプリケーションのほか、ユーザのアプリケーション・コードとデータが含まれます。セキュア部分は CPU2 のみからアクセスでき、ここには FUS とワイヤレス・ファームウェアが含まれます。この部分には、デバッグ・ポート、ユーザアプリケーション、またはブートローダはアクセスできません。2 つの領域の境界はオプション・バイト SFSA で示され、これより上のメモリがセキュアとみなされます (図 4 を参照)。SFSA 値はワイヤレス・ファームウェアのサイズによって決まり、インストール手順中に調整されます。

OTA 手順に関連するファームウェアの位置を図 4 に示します。

図 4. アプリケーションの簡易メモリマップ



#### FUS

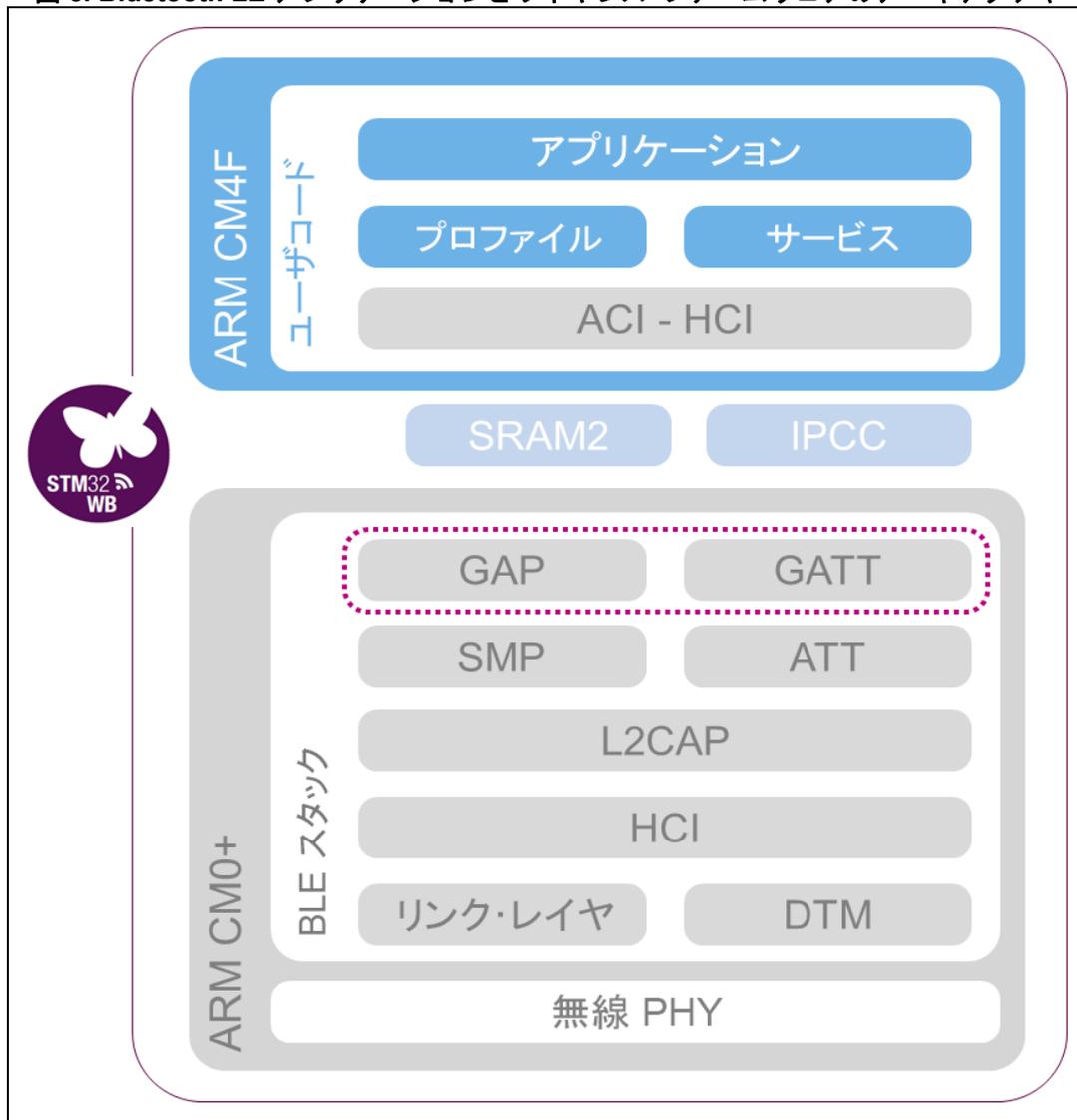
FUS は、Flash メモリの先頭に格納されます。ここには、ワイヤレス・ファームウェア復号化および認証用のセキュア・ファームウェアが内蔵されています。また、暗号化キーのためのセキュアなストレージも備えています。機能の詳細については、[2] を参照してください。

#### ワイヤレス・ファームウェア

FUS 直下に格納されます。このファームウェアにより、マイクロコントローラの RF 部分が駆動されます。サポートされるプロトコルとしては、フル BLE スタック、BLE HCI 専用レイヤ、Thread MTD、Thread FTD、同時モード (BLE + Thread FTD)、および MAC 802.15.4 (RF MAC への低レベル・アクセス) があります。スタックはすべて、[www.st.com](http://www.st.com) で入手できます。

BLE の場合、スタックによりリアルタイムの側面が実装されます。ここには、以下のようなすべてのリアルタイムのリンク・レイヤと無線 PHY の相互作用の管理に必要な LE コントローラと LE ホストが含まれています (図 5)。

図 5. Bluetooth LE アプリケーションとワイヤレス・ファームウェアのアーキテクチャ



### ユーザアプリケーションとデータ

これはメインのユーザアプリケーションです。デバイスの実用的な部分であり、ワイヤレス・プロトコルに基づいて BLE プロファイルとサービスを実装します。ユーザアプリケーションとワイヤレス部分の間の通信は、SRAM2 および IPCC ハードウェアブロック（図 5）によって実装されたメールボックス・システムを介して行われます。これはユーザ Flashメモリの OTA アプリケーションすぐ上に格納されます。

便宜上、2つのアプリケーション間で、ファームウェア更新中に消去されないアプリケーション・データ用のセクタを予約しておくことができます。

**注：** 更新の場合に備えて、新しいワイヤレス・イメージをダウンロードできるように、Flashメモリの空き領域を確保しておく必要があります。

### OTA アプリケーション

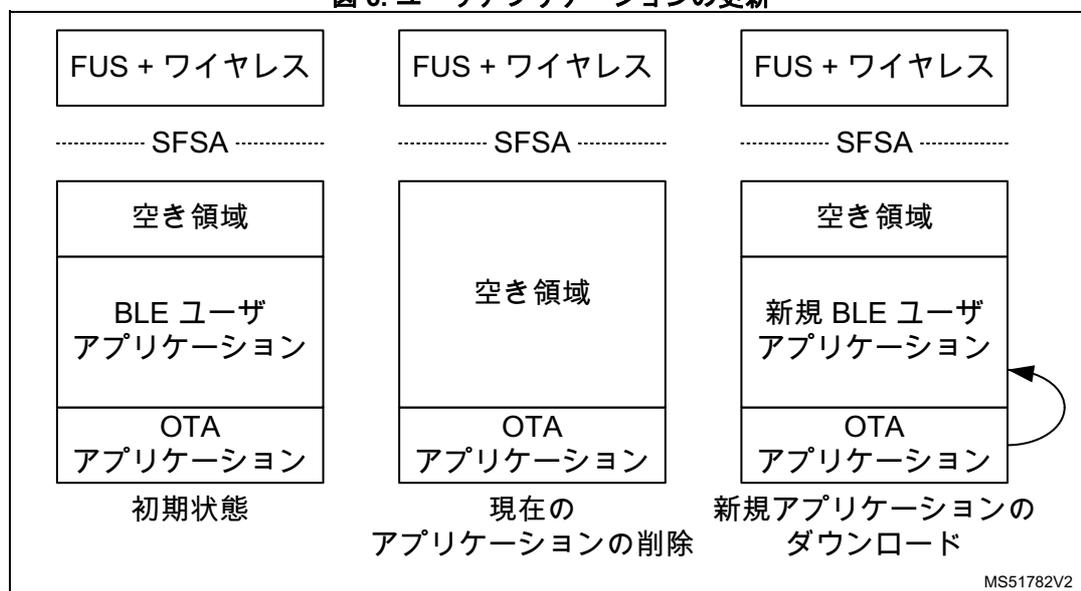
これは Flashメモリの最初の 6 つのセクタ ([0x08000000: 0x08006000]) に格納されます。これは、システム・リセット直後に実行されるアクティブ・プロセスです (CPU1 ブート・アドレスが Flashメモリの先頭にあります)。OTA リクエストが発行されていない場合、アプリケーションは、ユーザアプリケーションが完全にプログラムされているかどうかを確認した後、ユーザアプリケーションに直接ジャンプします。発行されている場合、OTA アプリケーションが実行され、クライアントからのコマンド受信の準備が完了します。

**注：** OTA アプリケーションは削除しないでください。この手順中に問題が発生した場合、デバイスは回復できません。OTA アプリケーションの周囲に書き込み保護を設定することを推奨します。

#### 3.1.4 ユーザアプリケーションの更新

図 6 に、ユーザアプリケーション更新のリクエストが送信された後に OTA アプリケーションで実行される動作のシーケンスを示します。

図 6. ユーザアプリケーションの更新



最初に、新しいファームウェアを受信したセクタが削除されます。Flashメモリを再プログラムできるようにするには、この手順は必須です。変更が加えられないようにする必要があるアプリケーション・データを含む領域を書込み保護することを推奨します。

2 番目の手順では、新しいイメージをダウンロードします。ファームウェア転送が完了すると、OTA アプリケーションは新しいアプリケーションにジャンプします。

### 3.1.5 ワイヤレス・ファームウェアの更新

ワイヤレス・ファームウェアは、暗号化され、署名された状態で提供されます。スタックを復号化して Flashメモリのセキュア部分にインストールするには、セキュアな FUS ファームウェアが必要です。

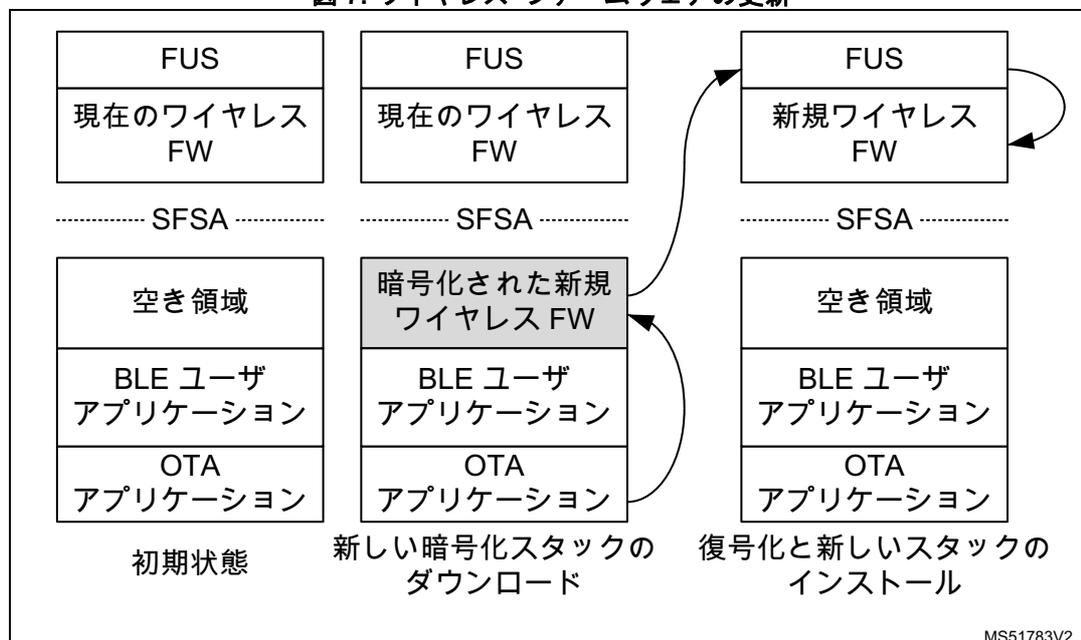
ワイヤレス・インストールの最初の手順は、ユーザアプリケーションの場合と同じで、暗号化イメージを格納するために必要なユーザ Flashメモリのセクタが削除されます（図 7 の「空き領域」）。

2 番目の手順では、OTA アプリケーションにより、暗号化されたスタック（図 7 のグレーで示した新しいファームウェアを含む）がダウンロードされ、FUS 更新サービスがリクエストされます。

3 番目の手順は、CPU2 で動作している FUS によって実行されます。スタックの認証、復号化、インストールが行われます。インストールの最後に、セキュリティ境界 (SFSA, SBRSA、および SNBRSA) に関連するオプション・バイトとリセット・ベクタ (SBRV) が自動的にセットされます。

現在のワイヤレス・ファームウェアの置換は、すべての認証および整合性チェックに合格し、デバイスの接続機能が保証された後で行われます。

図 7. ワイヤレス・ファームウェアの更新



FW ワイヤレス・スタックの更新では、BLE ユーザアプリを削除したり、暗号化された新しいワイヤレス FW で上書きしたりすることにより、メモリ容量を解放できます。これにより、ユーザアプリケーションを保存する場合と比べて、サイズの大きなワイヤレス FW スタックをダウンロードできます。復号化と新しいスタックのインストールが行われた後で、BLE ユーザアプリケーションがダウンロードされます。

## 3.2 ファームウェア更新用の BLE サービスおよびキャラクターリスティク

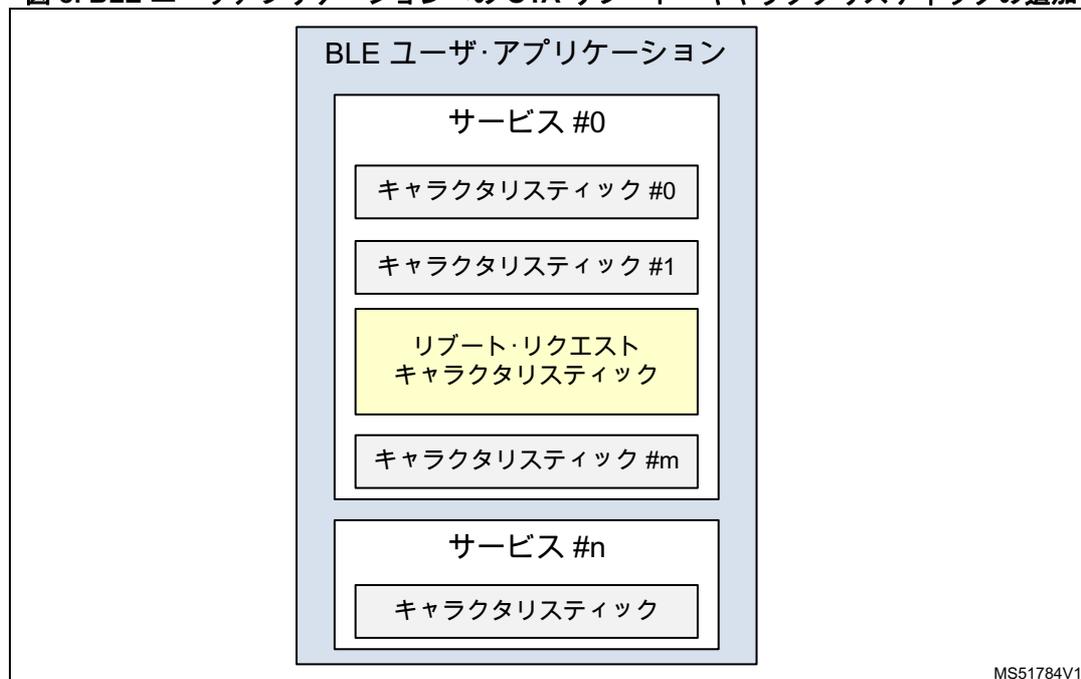
### 3.2.1 BLE アプリケーション - リポート・リクエストのキャラクターリスティク

#### BLE サービスとキャラクターリスティク

本アプリケーション・ノートで扱うユーザアプリケーションは BLE アプリケーションです。特定の GATT サービス、つまり SIG プロファイル（ビーコン、心拍数など）用に定義された標準サービスまたはユーザ定義サービスに対応しています。これらのサービスは、特定のアクセス権限を持つ一連のキャラクターリスティク値を備えています。

開発者は、サービスによって使用されるキャラクターリスティク（場合によっては、標準化されたキャラクターリスティク）の数を拡張することができます。ユーザから OTA アプリケーションを呼び出すため、アプリケーションでサポートされるサービスに「リポート・リクエスト」(図 8 の黄色いボックス) が追加されています。このキャラクターリスティクが BLE プロトコルを介してクライアントによって書き込まれた場合、ユーザアプリケーションは OTA アプリケーションにジャンプします。

図 8. BLE ユーザアプリケーションへの OTA リポート・リクエストの追加



#### リポート・リクエスト

リポート・リクエストには、クライアントによって通知される 3 つの異なるフィールドがあります。

1. ブート・モード（ユーザアプリケーションの再起動または OTA アプリケーションへのジャンプ）
2. 新規アプリケーションがダウンロードされる最初のセクタ・インデックス
3. 削除するセクタ数（4 KB 単位の粒度の新しいファームウェアのサイズ）

このキャラクターリスティクが含まれるサービスの内容は、ユーザアプリケーションによって決まります。

表 1. リポート・リクエスト・キャラクタースティック

サービス				
BLE ユーザアプリケーションの 1 つ	UUID	-		
キャラクタースティック				
ベースアドレス	機能	OTA アプリケーションのためにデバイスのリポートをリクエストします。		
	サイズ	3		
	モード	書込み		
	UUID	0000FE11-8e22-4541-9d4c-21edae82ed19		
	フィールド	0	ブートモード :	0x00 アプリケーション 0x01 OTA アプリケーション
		1	セクタ・インデックス	0xXX - >0x080XX000
		3	消去セクタ数	0x00 - 0xFF

### 3.2.2 OTA アプリケーション - サービスとキャラクタースティック

OTA アプリケーションは、標準 BLE アプリケーションです。更新を実行するためのキャラクタースティックを備えた特定のサービスを提供します。

表 2. OTA のサービスとキャラクタースティックの宣言

サービス				
OTA FW 更新	UUID	0000FE20-cc7a-482a-984a-7f2ed5b3e58f		
キャラクタースティック				
ベースアドレス	機能	ファイル格納アドレス		
	サイズ	4		
	モード	書込み		
	UUID	000FE22-8e22-4541-9d4c-21edae82ed19		
	フィールド	0	措置	0x00 : 全アップロードの停止 0x01 : ワイヤレス・ファイルのアップロードの開始 0x02 : ユーザアプリケーション・ファイルのアップロードの開始 0x07 : ファイル・アップロードの完了 0x08 : アップロードのキャンセル
		1~3	アドレス	0x007000
ファイルアップロード確認リポート	機能	ファイルのアップロード後にアプリケーションのリポートを確認します。		
	サイズ	1		
	モード	通告		
	UUID	0000FE23-8e22-4541-9d4c-21edae82ed19		
	フィールド	0	0x01	再起動

表 2. OTA のサービスとキャラクターリスティックの宣言 (続き)

OTA 元データ	機能	転送ファイルへのデータ (20 バイトで分割)	
	サイズ	20	
	モード	応答なし書込み	
	UUID	0000FE24-8e22-4541-9d4c-21edae82ed19	
	フィールド	0~19	元のデータ

このサービスは、アドバタイズ・シーケンス後にクライアント・アプリケーションによって認識されます。

### 3.2.3 アドバタイズ

デバイスとクライアントの間の接続が確立されたときに、リポート・リクエストが可能であることをアドバタイズする必要があります。

情報は、製造業者固有のアドバタイズ・フィールド (タイプ 0xFF) で追加されます。次の表に、カプセル化された構造を示します。リポート・リクエスト機能はグループ B の機能で指定されます (ビット 13)。

表 3. AD の構造 - メイン

AD のフィールド名	AD のタイプ	AD の長さ	レコード・サイズ
TX_POWER_LEVEL	0x0A	2	3
COMPLETE_NAME	0x09	8	9
MANUF_SPECIFIC	0xFF	13	14
FLAGS	0x01	2	3

表 4. AD の構造 - 製造業者固有フィールド

バイト	名前	値	コメント
0	長さ	8	-
1	タイプ	0xFF	製造業者固有
2	版	0x01	-
3	ID	0x00 - 0xFF	OTA ロードの場合は 0x86
4	機能グループ A	ビットフィールド	予約済みです。
5			
6			
7	機能グループ B		OTA 対応デバイスの場合は 0x20
8~13	パブリック・デバイス・アドレス	バイト	オプション

表 5. AD の構造 - グループ B の機能

ビット	フィールド
15	予約済みです。
14	Thread サポート

表 5. AD の構造 – グループ B の機能 (続き)

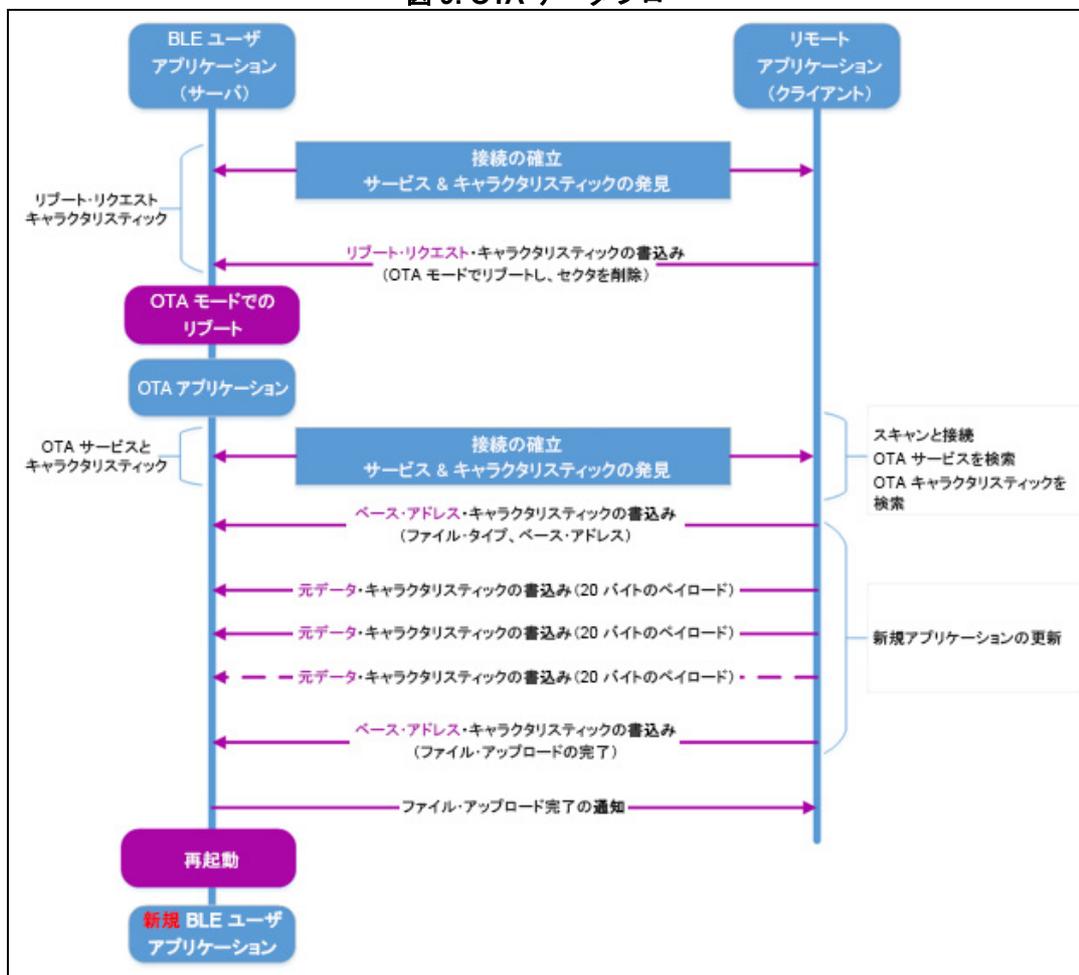
ビット	フィールド
13	OTA リポート・リクエスト
12~0	予約済みです。

### 3.3 フロー説明

図 9 に、更新手順中にデバイスとクライアントの間で行われるメッセージとデータの交換の詳細を示します。

最初の接続は、ユーザアプリケーションによって確立されます。クライアントにリポート・リクエスト・キャラクタースティックをアダプタイズします (手順 1)。クライアントからデバイスのリポートがリクエストされると、今度は OTA アプリケーションとクライアントの間に新しい接続が確立されます (手順 2)。

図 9. OTA データフロー



### 3.4 ワイヤレスおよび FUS の更新手順

ワイヤレス・スタックと FUS は暗号化されます。ダウンロード後に FUS サービスが呼び出され、新しいファームウェアが復号化されて、正しい場所にインストールされます。

メモリ空間を最適化するため、FUS によって新しいワイヤレス・スタックがダウンロード領域から移動されることがあります。

新しい FUS イメージのサイズが既存のものより大きい場合、アップグレードにより、ワイヤレス・スタックが Flash メモリ内の下位 (FUS によって定義されるアドレス) に移送されることがあります。ユーザコードがワイヤレス・スタック開始セクタの近くのセクタに書き込まれた場合、これらのセクタはこの操作中に消去されるおそれがあります。詳細については、[2] を参照してください。

### 3.5 アップデータ・クライアント

OTA リクエストは、専用アプリケーションを備えた BLE クライアントから送信されます。STMicroelectronics では、この機能を持つ 2 つのクライアントを用意しています。

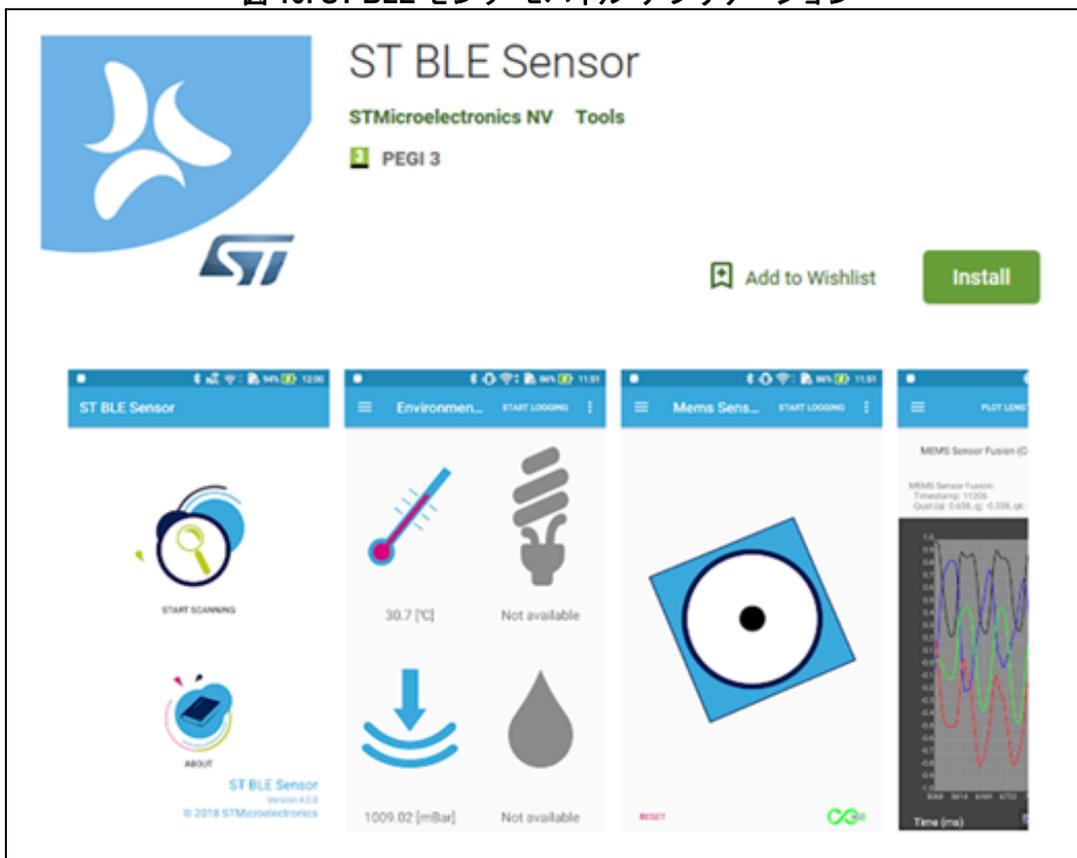
1. ST BLE センサ : 両方のタイプの更新 (アプリケーションとワイヤレス・ファームウェア) に対応するモバイル・アプリケーションです
2. STM32CubeMonitor RF : BLE トランスペアレント・モード実装を備えた dongle でアプリケーションの更新を行うための PC ツールです

#### 3.5.1 ST BLE センサ

ST BLE センサ・アプリケーションは、BLE プロトコルとに対応した ST 開発ボードおよびファームウェアとともに使用します。これにより、さまざまなクラウド・プロバイダにログ記録できる、ボード上のすべてのセンサ・データにアクセスできます。ファームウェア OTA 更新手順にも対応しています。

アプリケーションは App Store® と Google Play™ (図 10) の両方で入手できます。また、SDK とアプリケーションのソース・コードの両方が、<https://github.com> の専用ページから無料で入手できます。

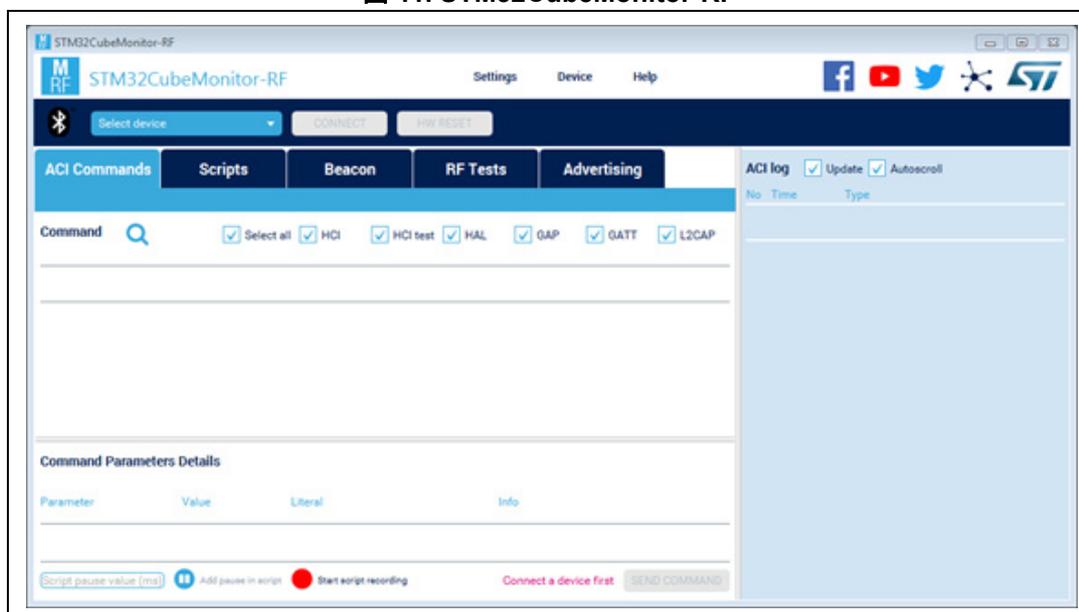
図 10. ST BLE センサ・モバイル・アプリケーション



### 3.5.2 STM32CubeMonitor-RF

STM32CubeMonitor-RF (図 11) は、設計者が STM32 マイクロコントローラに基づいて製品をテストするのに使用できるソフトウェア・ツールです。

図 11. STM32CubeMonitor-RF



このツールでは、次の操作が実行されます。

- テスト・パケットを送受信して、無線周波数ボードの効率をチェックし、パケット・エラー・レート (PER) を計算する
- 標準テスト用に Bluetooth® Low Energy (BLE) コントローラにコマンドを送信する
- 高速アプリケーション・プロトタイプ用に BLE コマンドを送受信する
- BLE コマンドを介してさまざまなビーコンを設定する
- 有線接続なしでリモート・デバイスの設定やプログラムを行うため、デバイス間で無線 (OTA) 転送を行う
- アプリケーションのプロトタイプ用に、コマンドを OpenThread デバイスに送信する

通常、STM32CubeMonitor-RF は UART (物理リンク) を介して対象デバイスの STM32WB デバイスに接続されます。ただし OTA 動作では、「トランスペアレント・モード」と呼ばれる特殊なファームウェアがロードされた STM32WB55 USB ドングルを使用する必要があります (図 12)。PC ツールで送受信されるデータやコマンドは、更新対象のデバイスの HCI インタフェースに直接送信されます。「トランスペアレント・モード」アプリケーションのファームウェアは、STM32Cube\_FW\_WB パッケージで提供されます。

図 12. トランスペアレント・モードの USB ドングルが装着された TM32CubeMonitor-RF



STM32CubeMonitor-RF を使用した OTA 手順の詳細については、[セクション 4.3](#) を参照してください。

## 4 OTA 手順

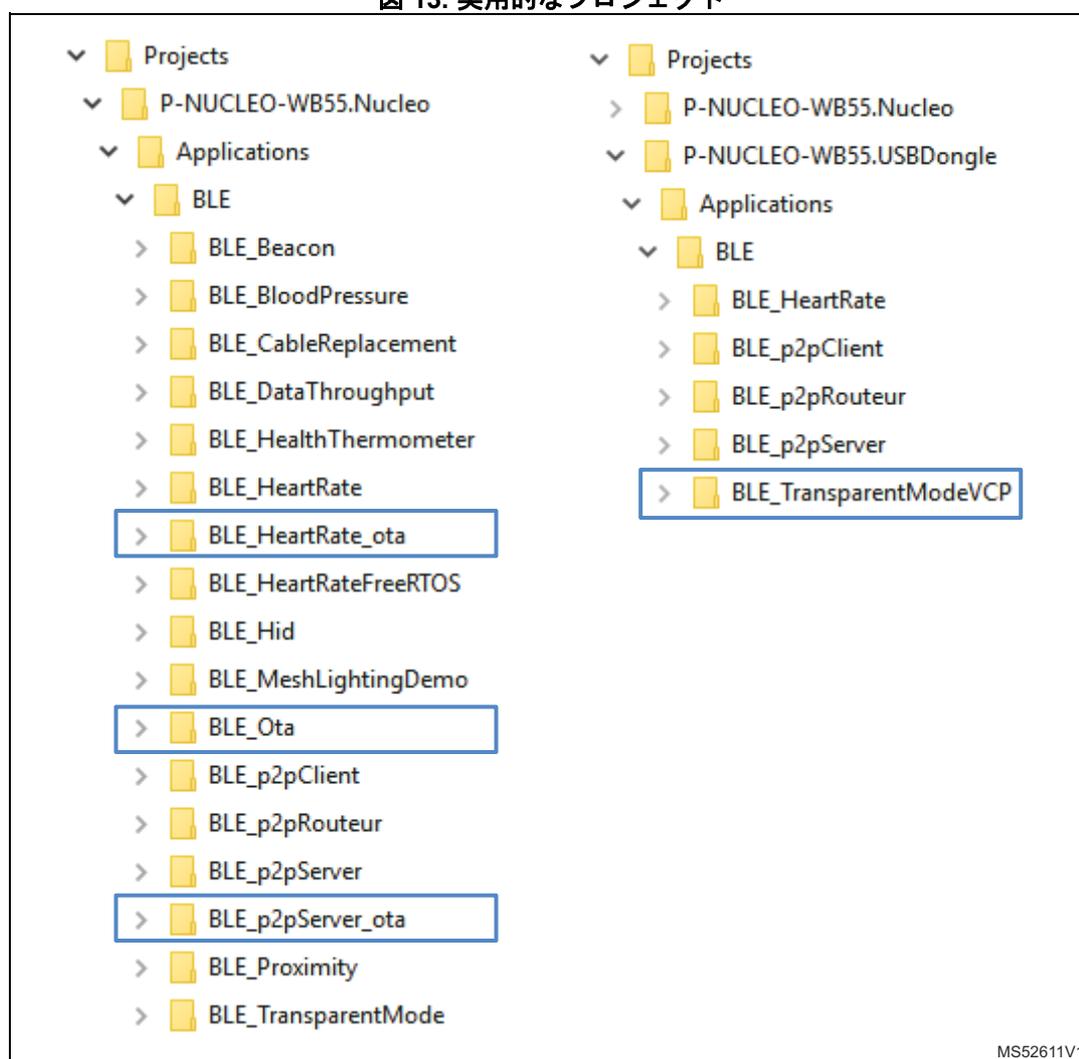
このセクションでは、Nucleo-WB55RG ボード上で STM32WB デバイスのファームウェアを更新する方法について説明します。2 つのユースケースについて説明します。

1. ST BLE センサ・モバイル・アプリケーションを使用したユーザアプリケーション
2. STM32CubeMonitor-RF ツールと USB ドングルを使用したユーザアプリケーション

3 つの実用的なプロジェクトと dongle のトランスペアレント・モードのファームウェア (図 13) は、このドキュメントでは考慮しません。これらはすべて、[www.st.com](http://www.st.com) から入手可能な STM32Cube\_FW\_WB パッケージで提供されます。

対象デバイスは Nucleo ボードで、すべての STM32WB デバイスとボードへの移植は簡単です。

図 13. 実用的なプロジェクト



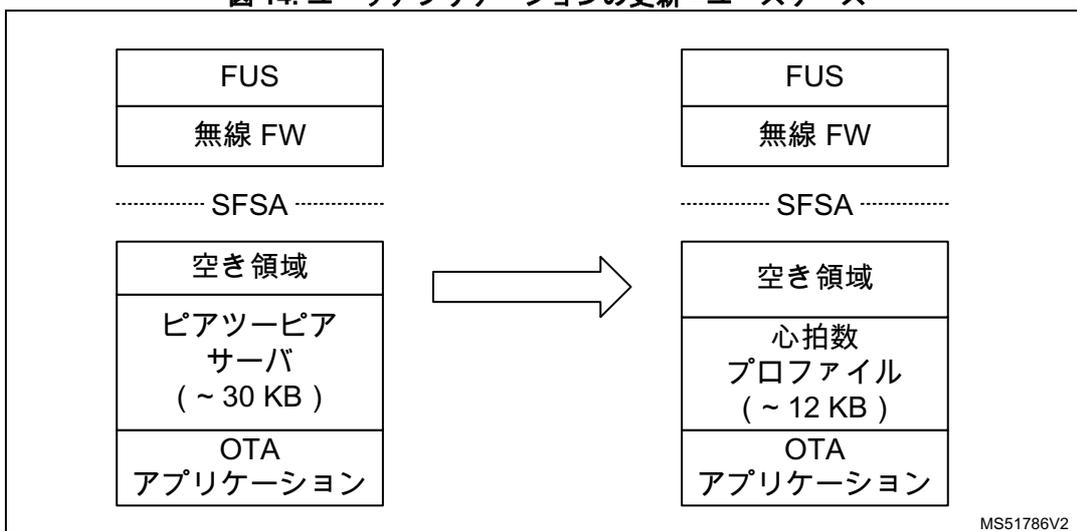
MS52611V1

## 4.1 プロジェクトのセットアップ

### 4.1.1 ユーザアプリケーション

ここで開発する例では、デバイスの機能の変更を考慮しています。デバイスは最初にピアツーピア・サーバ・アプリケーションでプログラムされ、更新後に標準的な心拍数プロファイルに対応します (図 14)。

図 14. ユーザアプリケーションの更新 - ユースケース



どちらもサービスを提供する BLE アプリケーションであり、表 6 で定義されているキャラクターリスティックを備えています。

セクション 3.2.1 : で定義されているリポート・リクエストがメイン・サービスに追加されます。ここに示すユースケースでピアツーピア・サーバに対してこの機能が使用されている場合でも、将来の更新に備えて心拍数プロファイルにも追加されます。

表 6. アプリケーション例のサービスとキャラクターリスティック

アプリケーション	サービス (UUID)	キャラクターリスティック
ピアツーピア・サーバ	P2P_SERVICE 0000FE40-cc7a-482a-984a-7fed5b3e58f	P2P_WRITE_CHAR
		P2P_NOTIFY
		リポート・リクエスト
心拍数 SIG プロファイル	DEVICE_INFORMATION_SERVICE (0x180A)	MANUFACTURER_NAME
		MODEL_NUMBER
		SERIAL_NUMBER
		HARDWARE_REVISION...
	HEART_RATE_SERVICE (0x180D)	HEART_RATE_MEASUREMENT
		SENSOR_LOCATION
		CONTROL_POINT
		リポート・リクエスト

表 6. アプリケーション例のサービスとキャラクターリスティック (続き)

アプリケーション	サービス (UUID)	キャラクターリスティック
OTA アプリケーション	OTAS_SVC 0000fe20-cc7a-482a-984a-7f2ed5b3e58f	OTA_BASE_ADR_CHAR
		OTA_CONF_CHAR :
		OTA_RAW_DATA_CHAR

### REBOOT\_REQUEST キャラクターリスティックの追加

両方のアプリケーションで、新しいキャラクターリスティックが含まれるようにファイル ble\_conf.h を変更する必要があります。BLE\_CFG\_OTA\_REBOOT\_CHAR に 1 をセットして追加します。

```

/*****
*****
* Over The Air Feature (OTA) - STM Proprietary
*****
*****/

#define BLE_CFG_OTA_REBOOT_CHAR          1 /**< REBOOT OTA MODE
CHARACTERISTIC */

```

### リンカ・ファイルの変更

ユーザアプリケーションの新しいメモリ配置 (OTA アプリケーションの上) を考慮するには、リンカ・ファイルを変更する必要があります。リセット・ベクタを 7 セクタから上に移動して、バイナリが生成されます。

#### IAR™ ICF ファイル

最初の 32 ビットのワードは「リポート・リクエスト」キャラクターリスティックによって使用され、システム・リポート後の OTA リクエストを示すものであるため、SRAM1 の 4 バイトのオフセットが追加されます。

```

/*-CPU ベクタテーブル - OTA サポートなし */
define symbol __ICFEDIT_intvec_start__ = 0x08000000;
/*- メモリ領域 -*/
define symbol __ICFEDIT_region_ROM_start__ = 0x08000000;
define symbol __ICFEDIT_region_ROM_end__ = 0x0807FFFF;
define symbol __ICFEDIT_region_RAM1_start__ = 0x20000004;
define symbol __ICFEDIT_region_RAM1_end__ = 0x2002FFFF;

/*-CPU ベクタテーブル - OTA アプリケーションあり */
define symbol __ICFEDIT_intvec_start__ = 0x08007000;
/*- メモリ領域 -*/
define symbol __ICFEDIT_region_ROM_start__ = 0x08007000;
define symbol __ICFEDIT_region_ROM_end__ = 0x0807FFFF;
define symbol __ICFEDIT_region_RAM1_start__ = 0x20000004;
define symbol __ICFEDIT_region_RAM1_end__ = 0x2002FFFF;

```

Keil® スキャッタ・ファイル

```

/*-CPU ベクタテーブル - OTA サポートなし */
LR_IROM1 0x08000000 0x00080000 { ; load region size_region
  ER_IROM1 0x08000000 0x00080000 { ; load address = execution address
    *.o (RESET, +First)
    *(InRoot$$Sections)
    .ANY (+RO)
  }
  RW_IRAM1 0x20000004 0x2FFFC { ; RW data
    .ANY (+RW +ZI)
  }

/*-CPU ベクタテーブル - OTA アプリケーションあり */
LR_IROM1 0x08007000 0x260 { ; load region size_region
  ER_IROM1_LOW 0x08007000 0x260 { ; load address = execution address
    *.o(RESET, +First)
    *.o (TAG_OTA_START)
  }

  RW_IRAM1 0x20000004 0x0002FFFC { ; RW data
    .ANY (+RW +ZI)
  }

```

**VTOR テーブル設定の削除**

アプリケーションが OTA によってダウンロードされることが予想される場合、SCB→VTOR は現在のアプリケーションにジャンプする前に BLE\_Ota アプリケーションによって正しい値にすでにセットされているため、変更してはなりません。

SystemInit() で次のコード行をコメントアウトします。

```
// SCB->VTOR = VECT_TAB_OFFSET;
```

**コンパイルとプログラミング**

ピアツーピア・アプリケーションをコンパイルして、Nucleo ボードにダウンロードします。

心拍数アプリケーションをコンパイルします。生成されたバイナリは OTA クライアントによってダウンロードされます。EWARM IDE では、このファイルはプロジェクトの EWARM/with\_ota/Exe ディレクトリ BLE\_HeartRate\_ota.bin にあります。

このバイナリを ST BLE センサ・アプリケーションが動作しているスマートフォンにコピーします。

## 4.1.2 OTA アプリケーション

OTA アプリケーションの設定は簡単です。バイナリをコンパイルして、Flashメモリの先頭 (0x08000000) にダウンロードします。

ファームウェアがすべて書き込まれたかどうかを確認するため、ファームウェアの最後にマジック・キーワードが書き込まれます。起動時、Ble\_Ota アプリケーションでは、CheckFwAppValidity() 関数を利用して、このマジック・キーワードがアプリケーションの最後にあるかどうかチェックされます。

アップロード中にリセットされた場合 (イメージの一部が書き込まれる可能性があります)、マジック・キーワードは存在せず、破損したアプリケーションは Ble\_Ota の起動で無視されます。

アプリケーション長の情報が存在しないので、マジック・キーワードのアドレスはアドレス 0x08007140 に書き込まれます。

計算をユーザに対して公開するため、ファームウェアで 2 つの定数が定義されます。

- 1 つはマジック・キーワードのアドレスを保持し、セクション TAG\_OTA\_START に関連付けられます。
- もう 1 つはマジック・キーワードを保持し、TAG\_OTA\_END に関連付けられます。

## 4.2 ST BLE センサを使用したファームウェアの更新

### 4.2.1 デバイス接続

ST BLE センサ・アプリケーションをホストするスマートフォンとのピアツーピア接続を開始して、デバイスの正しい動作を確認します。

#### デバイスの Bluetooth MAC アドレス

Nucleo ボードの MAC アドレスはデバイス固有 ID からセットされます。アドレス 0x 0x1FFF7580 および 0x1FFF7584 で取得できます。

表 7. 例 (デバイスの Bluetooth MAC アドレス = 80:E1:25:00:50:D6)

レジスタアドレス	値	フィールド
0x1FFF7580	0xXX0050D6	MAC @ の LSB 部分
0x1FFF7584	0xXX80E125	MAC @ の MSB 部分

#### 接続

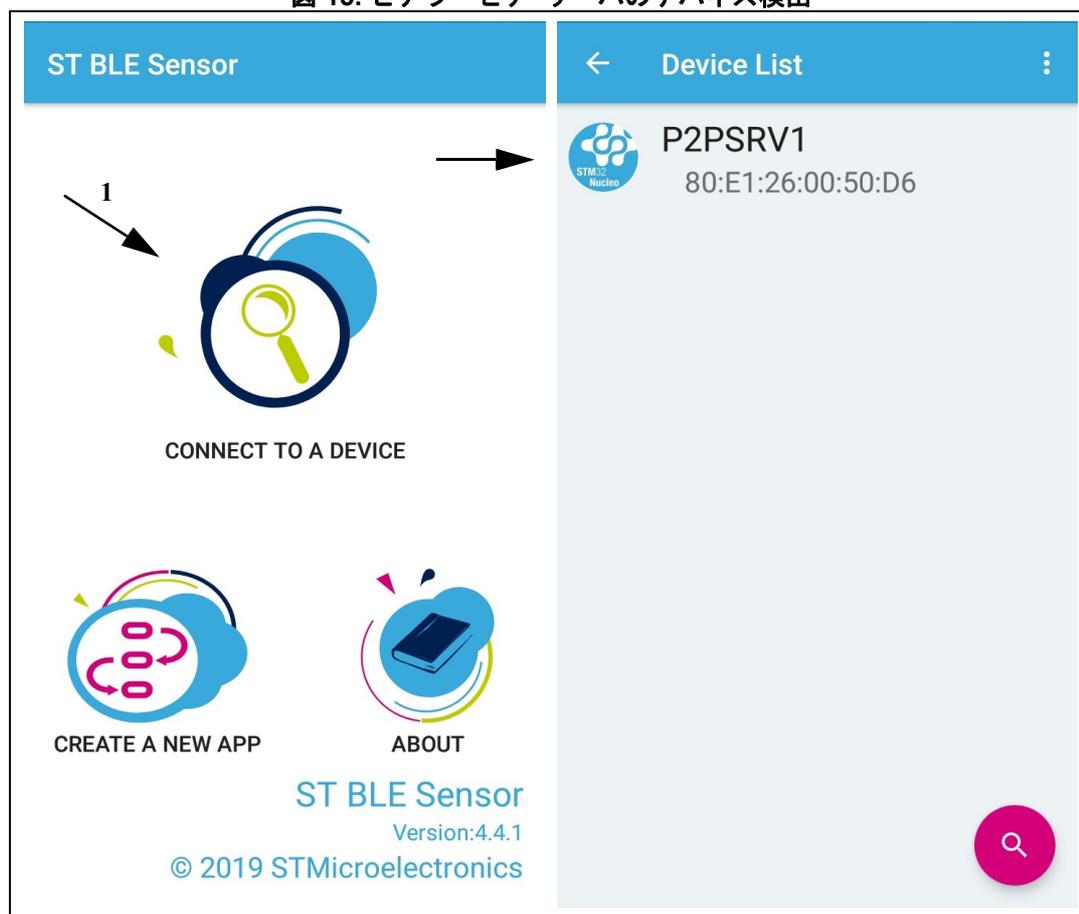
以下の手順に従います。

1. Nucleo ボードのリセットボタン (SW4) を押して、デバイスのアダプタイズを開始します (ペリフェラルの役割)。

**注 :** スマートフォンのスキャン中、Nucleo ボードの緑色の LED (LED2) が点滅していなければなりません。点滅しない場合、アダプタイズが 1 分後に停止することが原因です。再度アダプタイズを開始するには、Nucleo ボードのリセットボタン (SW4) を押します。

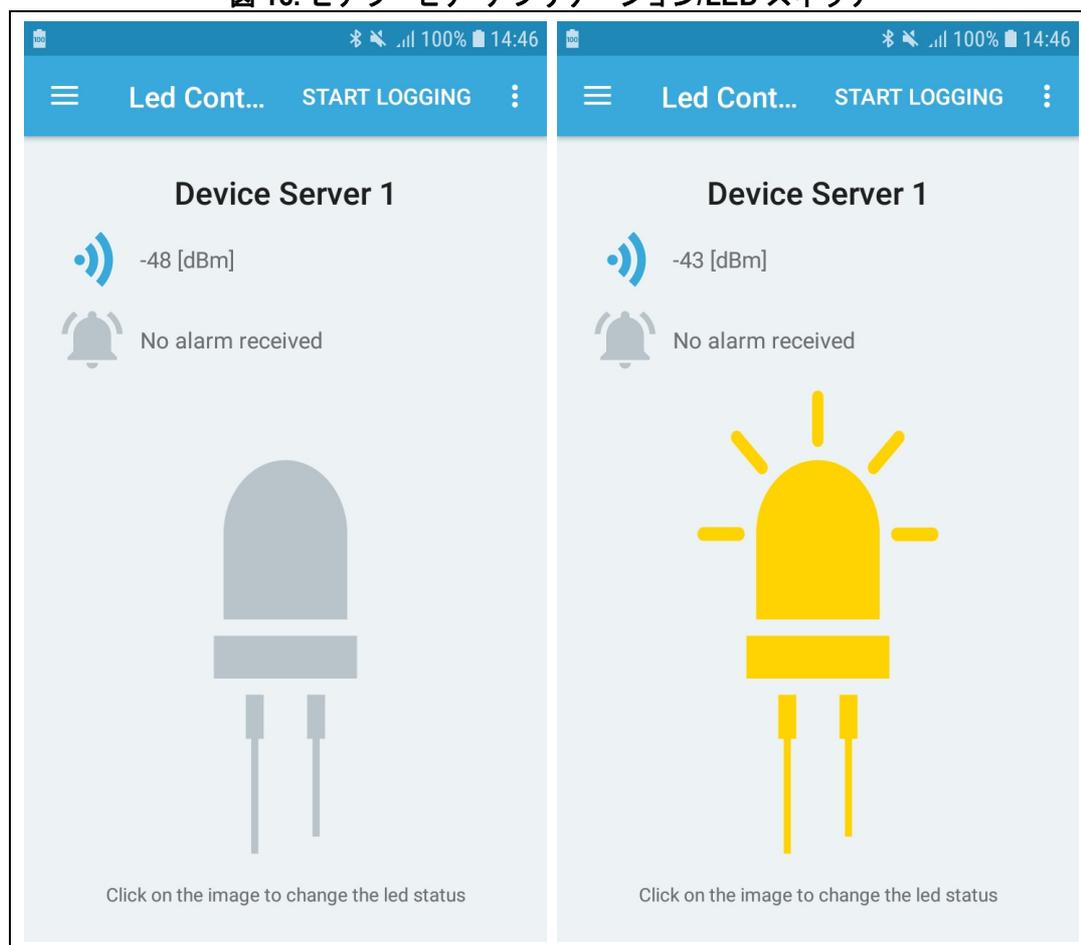
2. スマートフォンが中心的な役割を果たし、スキャンによりデバイスを検出する必要があります。[Connect to a device (デバイスに接続)] をクリックします。図 15 に示すように、「P2PSRV1」というデバイスが検出されます。BD アドレスがボードに対応していることを確認します。

図 15. ピアツーピア・サーバのデバイス検出



3. [P2PSRV1] をクリックして、Nucleo ボードとの接続を確立します。
4. アプリケーションのメイン・メニューが表示されたら、スマートフォンと Nucleo ボードは接続されています。
5. Nucleo ボードの LED1 (青色) のオンとオフを切り替えるには、LED の画像 (図 16) をクリックします。

図 16. ピアツーピア・アプリケーション/LED スイッチ

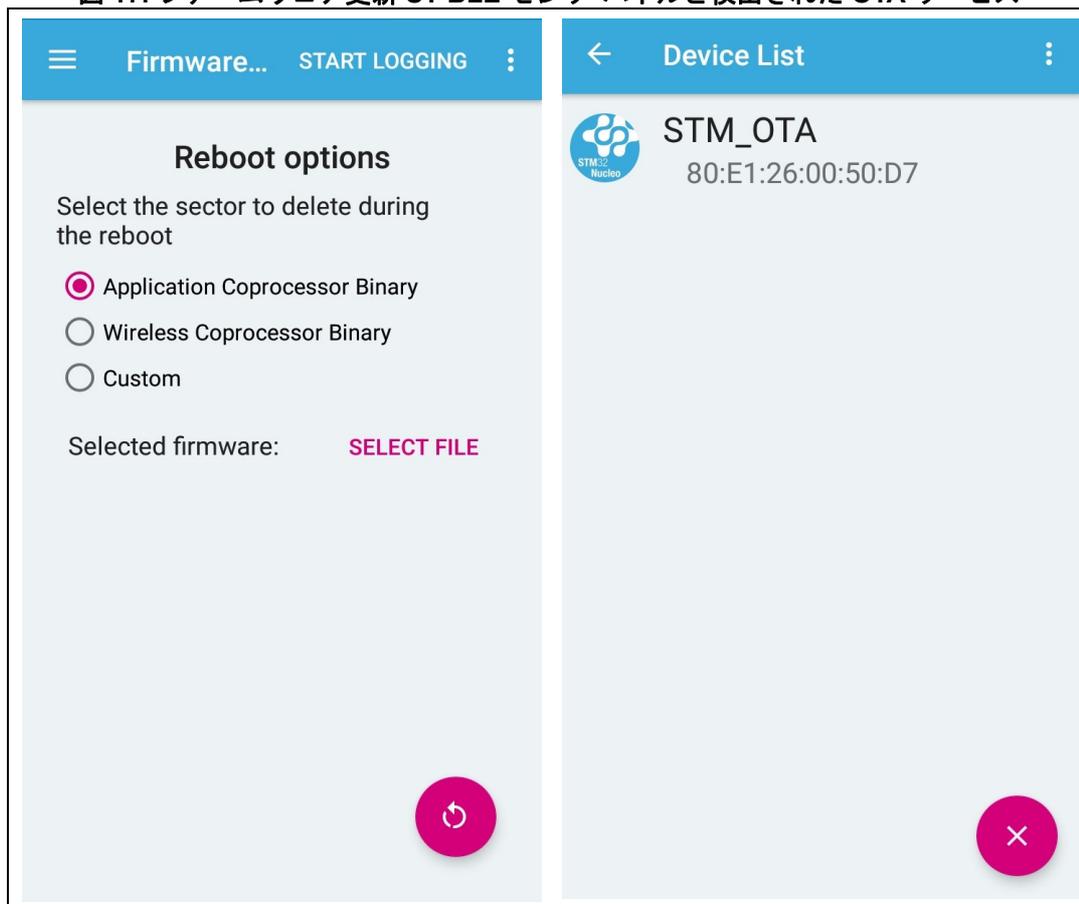


## 4.2.2 ユーザアプリケーションの更新

ピアツーピア機能を確認したら、左にスワイプしてファームウェア更新パネル（図 17 の左側）を表示します。[Application（アプリケーション）] を選択し、画面下部のリブート記号をクリックします。この手順ではファイル名を選択する必要はありません。

再スキャンして新しいサービスを探します（図 17 の右側）。Bluetooth MAC アドレスは、最初のバイトをインクリメントすることで、OTA アプリケーション用に意図的に変更されます。これは、クライアントが新しい検出フェーズを開始して新しいサービスを検出できるようにするためです。

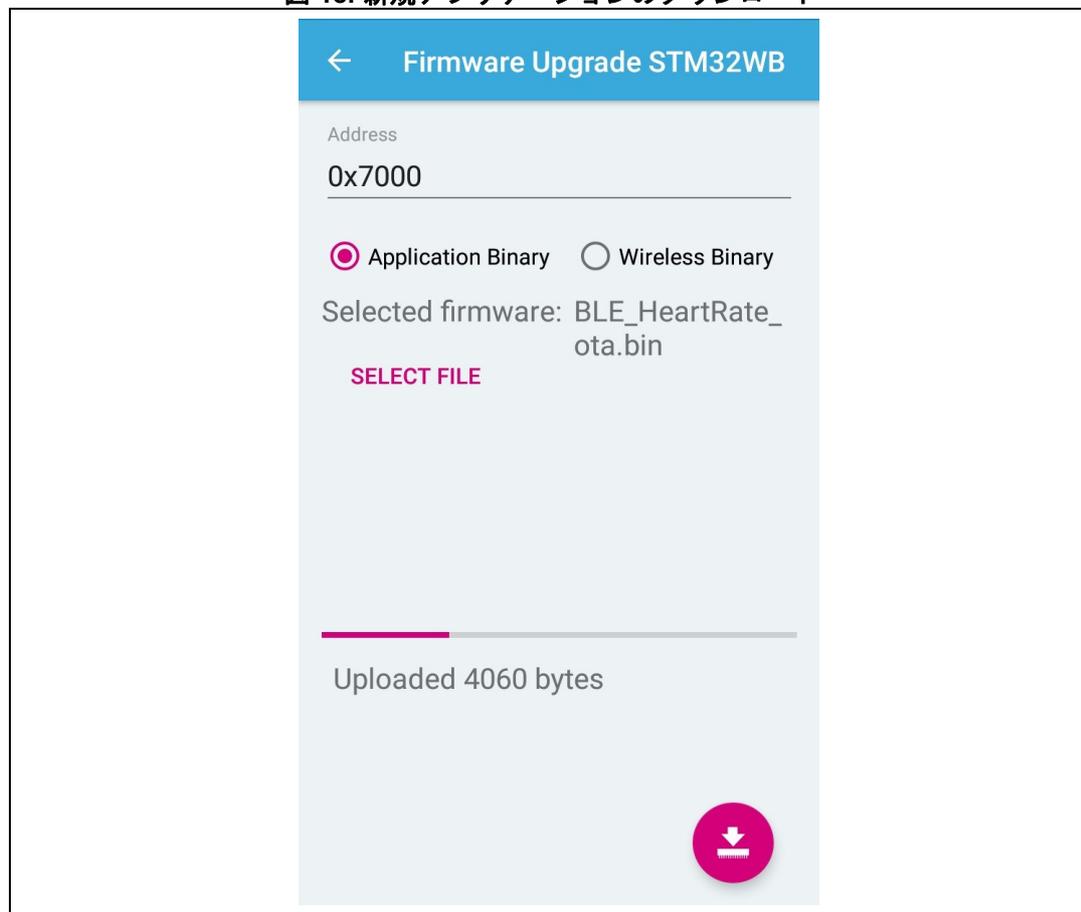
図 17. ファームウェア更新 ST BLE センサ・パネルと検出された OTA サービス



STM\_OTA アプリケーションとの接続後に (図 18)、新しいアプリケーションのダウンロード先となるアドレス (この場合は 0x7000) を入力します。

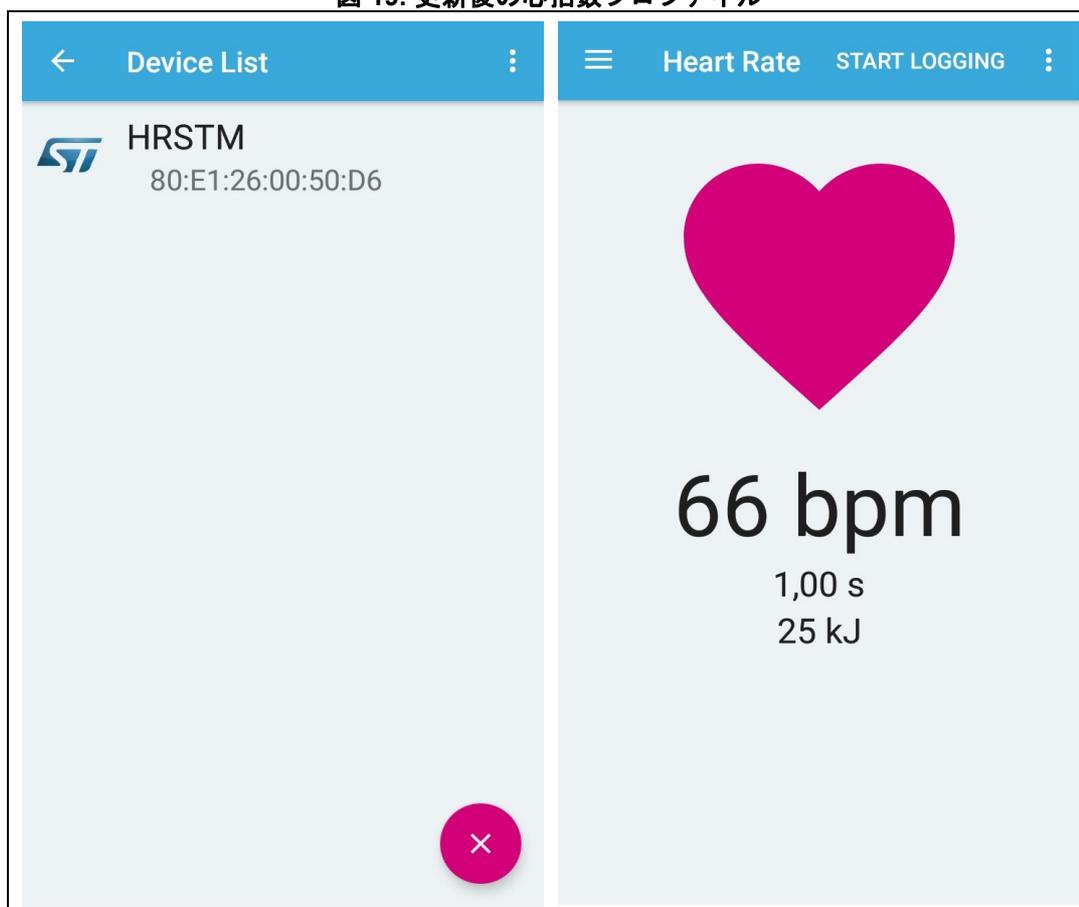
[Select File (ファイルを選択)] を選択し、スマートフォンで転送した心拍数アプリケーションのバイナリを入力します。ダウンロードボタンを選択します。アップロードの進行状況が画面に表示され、最後にポップアップ・ウィンドウに経過時間が表示されます (図 18 の右側を参照)。

図 18. 新規アプリケーションのダウンロード



(初期 Bluetooth アドレスが同じ) デバイスに再度接続し、機能を確認します (図 19)。

図 19. 更新後の心拍数プロフィール

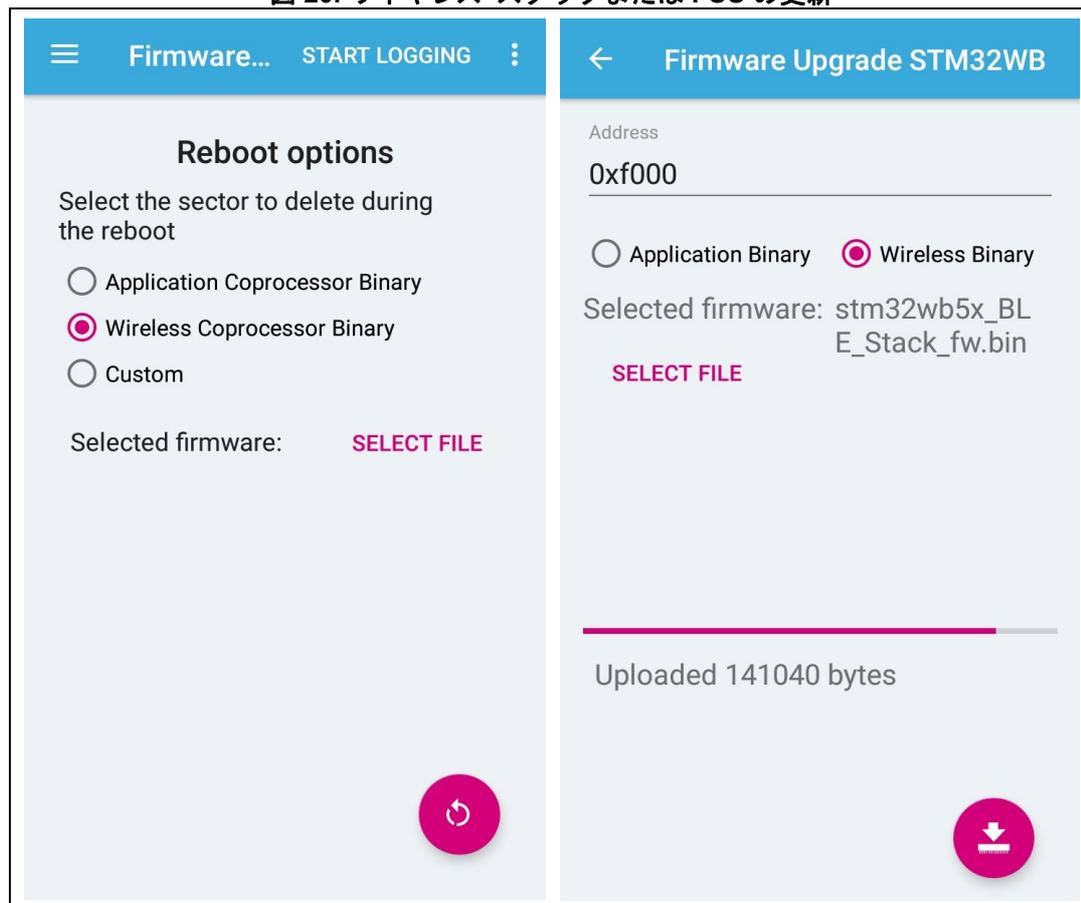


### 4.2.3 ワイヤレス・スタックまたは FUS の更新

CPU2 ファームウェアのアップグレードの場合は、[Wireless Coprocessor Binary (ワイヤレス・コプロセッサ・バイナリ)] オプション (図 20 の左側) を選択し、右のバイナリを選択します。ワイヤレス・スタックと FUS ファームウェアは、STM32Cube\_FW\_WB パッケージで提供され、<https://github.com> または [www.st.com](http://www.st.com) で入手できます。

ダウンロードが完了すると (図 20 の右側)、新しいファームウェアが復号化され、現在の FUS によってインストールされます。

図 20. ワイヤレス・スタックまたは FUS の更新



## 4.3 STM32CubeMonitor-RF によるファームウェア更新

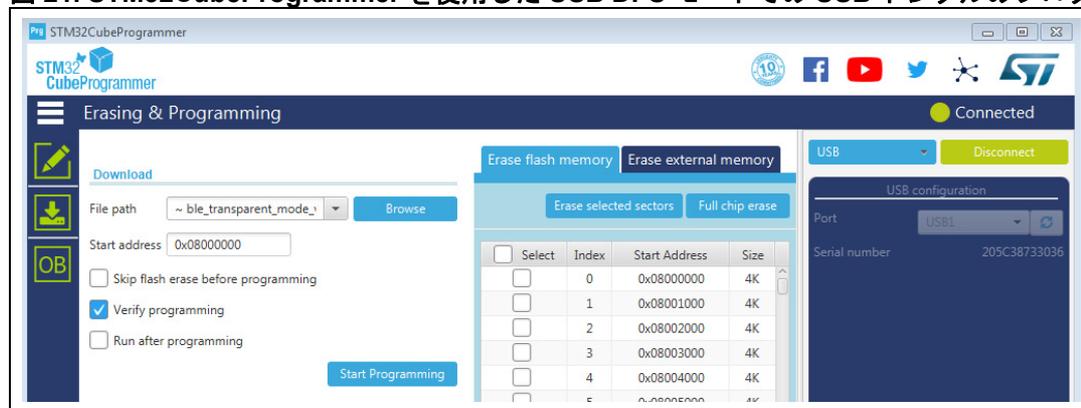
### 4.3.1 トランスペアレント・モード

STM32CubeMonitor-RF は、HCI コマンドとデータを Bluetooth デバイス経由で対象の Nucleo ボードに送信し、真の OTA アプリケーションをシミュレートします。このために、Nucleo STM32WB のパッケージに付属する USB ドングルは「トランスペアレント・モード」に設定されています。

1. ~\Projects\NUCLEO-WB55.USB Dongle\Applications\BLE\BLE\_TransparentModeVCP プロジェクトを開いてコンパイルします。
2. プログラムが完了したら、BOOT0 スイッチを 0 に戻します。

USB ドングルは、STM32CubeProgrammer (バージョン 2.0 以降) ツールを使用して、USB-DFU モードで容易にプログラムできます (図 21)。DFU モードにアクセスするには、BOOT0 スイッチを 1 にします (図 21 の右側)。

図 21. STM32CubeProgrammer を使用した USB DFU モードでの USB ドングルのプログ



### ラミング

### 4.3.2 ユーザアプリケーションの更新

1. STM32CubeMonitor-RF を開き、USB ドングルでエミュレートされる COM ポートを選択します。デバイスを接続します。
2. Nucleo ボードに OTA アプリケーションとピアツーピア・サーバ・プロファイルが正しく設定されていることを確認します (セクション 4.1 :)
3. 上部メニューから [Device (デバイス)] と [OTA Updater (OTA アップデータ)] をクリックします。
4. [Advertising filter (アドバタイズ・フィルタ)] ボックスを選択した状態で、[SEARCH FOR DEVICES (デバイスの検索)] をクリックします。
5. スキャンが終了したら、[Select device (デバイスの選択)] をクリックしてデバイスを選択します。(P2PSRV1-OTA が適切な Bluetooth アドレスにより有効になります)
6. ユーザアプリケーションの場合は CPU1 を選択します (図 22)。ワイヤレスまたは FUS 更新の場合は CPU2 を選択します (図 23)。
7. 適切なバイナリ・ファイルを参照して、[Update (更新)] を選択します。

図 22. ユーザアプリケーションの更新

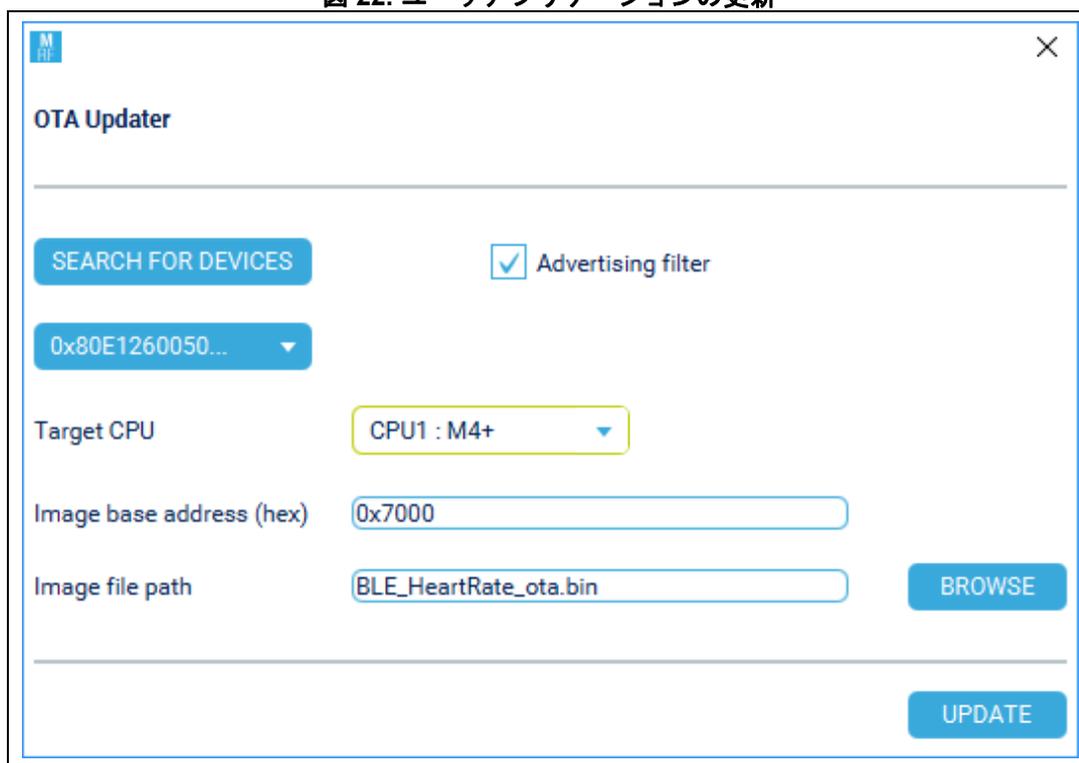
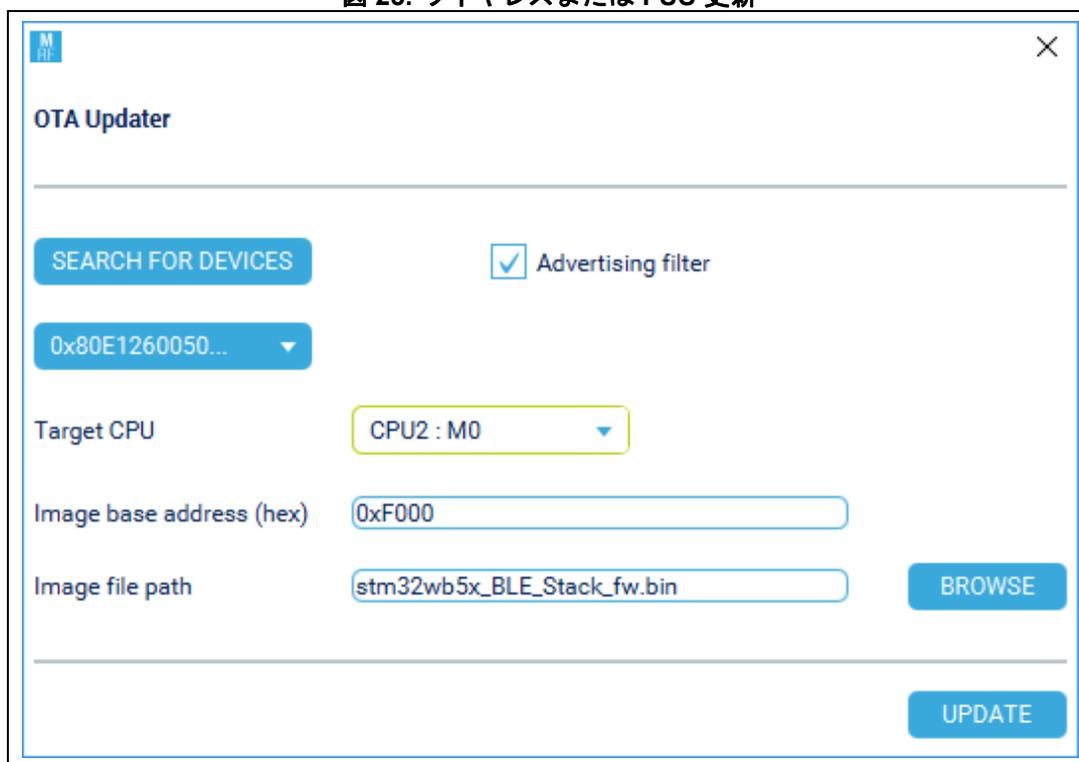


図 23. ワイヤレスまたは FUS 更新



## 5 まとめ

本ドキュメント・ノートでは、BLE プロトコルを使用したファームウェアの更新方法を示しています。

OTA では、ユーザ BLE アプリケーションだけでなく、Flashメモリに内蔵された専用アプリケーションも使用されます。OTA サービスは、ST が提供する 2 つのクライアント（モバイル・アプリケーションおよび STM32CubeMonitor-RF 開発ツール）のうちの 1 つによって送信された BLE リクエストに続いて、現在のユーザアプリケーションからコールされます。

ユーザアプリケーション、ワイヤレス・ファームウェア、および FUS は、個別に更新できます。

## 6 改版履歴

表 8. 文書改版履歴

日付	版	変更内容
2019年2月21日	1	初版発行
2019年6月07日	2	<p>概要、ユーザアプリケーション、ワイヤレス・ファームウェア、および FUS の更新、セクション 4.2.2 : ユーザアプリケーションの更新、セクション 4.3 : STM32CubeMonitor-RF によるファームウェア更新、セクション 4.3.2 : ユーザアプリケーションの更新、およびセクション 5 : まとめを更新。</p> <p>表 2 : OTA のサービスとキャラクターリスティックの宣言、表 4 : AD の構造 - 製造業者固有フィールド、表 6 : アプリケーション例のサービスとキャラクターリスティック および表 7 : 例 (デバイスの Bluetooth MAC アドレス = 80:E1:25:00:50:D6) を更新。</p> <p>図 1 : STM32WB デュアルコア FW アーキテクチャ、図 13 : 実用的なプロジェクト、図 15 : ピアツーピア・サーバのデバイス検出、図 17 : ファームウェア更新 ST BLE センサ・パネルと検出された OTA サービス、図 18 : 新規アプリケーションのダウンロード、および図 19 : 更新後の心拍数プロファイルを更新。</p> <p>セクション 3.4 : ワイヤレスおよび FUS の更新手順およびセクション 4.2.3 : ワイヤレス・スタックまたは FUS の更新を追加。</p>
2021年2月18日	3	<p>ドキュメント全体で RSS を FUS に置換。</p> <p>セクション 1 : 用語、セクション 3.1.1 : 原則およびセクション 4.1.2 : OTA アプリケーションを更新。</p> <p>図 1 : STM32WB デュアルコア FW アーキテクチャ、図 4 : アプリケーションの簡易メモリマップ、図 6 : ユーザアプリケーションの更新、図 7 : ワイヤレス・ファームウェアの更新、および図 14 : ユーザアプリケーションの更新 - ユースケースを更新。</p> <p>ドキュメント全体で文章を軽微に編集。</p>
2022年5月25日	4	<p>セクション 3.1.5 : ワイヤレス・ファームウェアの更新を更新。</p> <p>ドキュメント全体で文章を軽微に編集。</p>

表 9. 日本語版文書改版履歴

日付	版	変更内容
2023年5月	1	日本語版 初版発行

**重要なお知らせ（よくお読み下さい）**

STMicroelectronics NV およびその子会社（以下、ST）は、ST製品及び本書の内容をいつでも予告なく変更、修正、改善、改定及び改良する権利を留保します。購入される方は、発注前にST製品に関する最新の関連情報を必ず入手してください。ST製品は、注文請書発行時点で有効なSTの販売条件に従って販売されます。

ST製品の選択並びに使用については購入される方が全ての責任を負うものとします。購入される方の製品上の操作や設計に関してSTは一切の責任を負いません。

明示又は黙示を問わず、STは本書においていかなる知的財産権の実施権も許諾致しません。

本書で説明されている情報とは異なる条件でST製品が再販された場合、その製品についてSTが与えたいかなる保証も無効となります。

STおよびSTロゴはSTMicroelectronicsの商標です。STの登録商標についてはSTウェブサイトをご覧ください。www.st.com/trademarks  
その他の製品またはサービスの名称は、それぞれの所有者に帰属します。

本書の情報は本書の以前のバージョンで提供された全ての情報に優先し、これに代わるものです。

この資料は、STMicroelectronics NV並びにその子会社(以下ST)が英文で記述した資料（以下、「正規英語版資料」）を、皆様のご理解の一助として頂くためにSTマイクロエレクトロニクス㈱が英文から和文へ翻訳して作成したものです。この資料は現行の正規英語版資料の近時の更新に対応していない場合があります。この資料は、あくまでも正規英語版資料をご理解頂くための補助的参考資料のみにご利用下さい。この資料で説明される製品のご検討及びご採用にあたりましては、必ず最新の正規英語版資料を事前にご確認下さい。ST及びSTマイクロエレクトロニクス㈱は、現行の正規英語版資料の更新により製品に関する最新の情報を提供しているにも関わらず、当該英語版資料に対応した更新がなされていないこの資料の情報に基づいて発生した問題や障害などにつきましては如何なる責任も負いません。

© 2023 STMicroelectronics - All rights reserved