

お客様各位

## 資料中の「ラピスセミコンダクタ」等名称の ラピステクノロジー株式会社への変更

2020 年 10 月 1 日をもって、ラピスセミコンダクタ株式会社の LSI 事業部門は、ラピステクノロジー株式会社へ分割承継されました。従いまして、本資料中にあります「ラピスセミコンダクタ株式会社」、「ラピスセミ」、「ラピス」といった表記に関しましては、全て「ラピステクノロジー株式会社」に読み替えて適用するものとさせていただきます。なお、会社名、会社商標、ロゴ等以外の製品に関する内容については、変更はありません。以上、ご理解の程よろしくお願いいたします。

2020年10月1日  
ラピステクノロジー株式会社

Dear customer

LAPIS Semiconductor Co., Ltd. ("LAPIS Semiconductor"), on the 1<sup>st</sup> day of October, 2020, implemented the incorporation-type company split (shinsetsu-bunkatsu) in which LAPIS established a new company, LAPIS Technology Co., Ltd. ("LAPIS Technology") and LAPIS Technology succeeded LAPIS Semiconductor's LSI business.

Therefore, all references to "LAPIS Semiconductor Co., Ltd.", "LAPIS Semiconductor" and/or "LAPIS" in this document shall be replaced with "LAPIS Technology Co., Ltd."

Furthermore, there are no changes to the documents relating to our products other than the company name, the company trademark, logo, etc.

Thank you for your understanding.

LAPIS Technology Co., Ltd.

October 1, 2020

# Bluetooth<sup>®</sup> low energy モジュール (MK71511/MK71521) アプリケーションノート

---

## MK71521 向け通信距離測定

初版 発行日：2020 年 4 月 7 日

ご注意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) ラピスセミコンダクタは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。  
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていないために生じた事故、損害について、いかなる責任もラピスセミコンダクタは負うものではありません。
- 3) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 4) 本資料に記載されております技術情報は、本製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、それをもって、当該技術情報に関するラピスセミコンダクタまたは第三者の知的財産権その他の権利を許諾するものではありません。したがって、上記技術情報の使用に起因して第三者の権利にかかわる紛争が発生した場合、ラピスセミコンダクタはその責任を負うものではありません。
- 5) 本製品は、一般的な電子機器（AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器など）および本資料に明示した用途への使用を意図しています。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ラピスセミコンダクタへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。  
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。  
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) お客様の機器・システムの設計において、本資料に記載される回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれかに生じた損害も含みます。）に関し、ラピスセミコンダクタは一切その責任を負いません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ラピスセミコンダクタはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、ラピスセミコンダクタは一切の責任を負いません。本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をラピスセミコンダクタの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。

Copyright 2020 LAPIS Semiconductor Co., Ltd.

**ラピスセミコンダクタ株式会社**

〒222-8575 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-4-8

<http://www.lapis-semi.com>

## はじめに

本アプリケーションノートは、ラピスセミコンダクタ製 **Bluetooth®** 5 対応 Bluetooth low energy モジュール MK71521 を搭載した MK71521 評価キット Mini (MK71521EK1) を用いた通信距離測定について説明しています。  
下記の関連資料をご用意していますので、必要に応じて参照してください。

### <MK71521 関連ドキュメント>

- MK71521 データシート
- MK715x1 評価キット Mini (MK715x1EK1) ハードウェアマニュアル

注: 本資料では MK715x1 は、MK71511 と MK71521 の両方を対象する呼称です

通信距離測定は、nRF5 SDK サンプル・ソフトウェア Experimental: BLE Interactive Command Line Interface Example を使用しています。必要に応じて関連資料を参照してください。

### <nRF5 SDK 関連ドキュメント>

[https://infocenter.nordicsemi.com/topic/sdk\\_nrf5\\_v16.0.0/ble\\_sdk\\_app\\_interactive.html](https://infocenter.nordicsemi.com/topic/sdk_nrf5_v16.0.0/ble_sdk_app_interactive.html)

- Bluetooth®** は、Bluetooth SIG, Inc. の登録商標です。
- その他の名称については、一般に各開発メーカーの商標または、登録商標です。

表記法

分 類	表記法	説 明
数値	0xnn	16 進数を表します。
	0bnnnn	2 進数を表します。
アドレス	0xnnnn_nnnn	16 進数を表します。(0xnnnnnnnnn を示します)
単位	ワード, WORD	1 ワード = 32 ビット
	バイト, BYTE	1 バイト = 8 ビット
	メガ, M	10 <sup>6</sup>
	キロ, K	2 <sup>10</sup> =1024
	キロ, k	10 <sup>3</sup> =1000
	ミリ, m	10 <sup>-3</sup>
	マイクロ, μ	10 <sup>-6</sup>
	ナノ, n	10 <sup>-9</sup>
	セカンド, s (小文字)	秒
用語	“H”レベル	電圧の高い側の信号レベルで、電気的特性で規定された V <sub>IH</sub> 、V <sub>OH</sub> の電圧レベルを示します。
	“L”レベル	電圧の低い側の信号レベルで、電気的特性で規定された V <sub>IL</sub> 、V <sub>OL</sub> の電圧レベルを示します。

レジスタ説明図

- 読み書き属性: R は読み出し可能、W は書き込み可能なことを表します。
- MSB: 8 ビットのレジスタ(メモリ)の最上位ビット
- LSB: 8 ビットのレジスタ(メモリ)の最下位ビット

目次

はじめに ..... ii

表記法..... iii

目次 ..... iv

1. 測定環境..... 5

    1.1. 構成 ..... 5

    1.2. 準備 (PC) ..... 6

    1.3. 準備 (MK71521EK1) ..... 7

2. 測定方法..... 11

3. 測定データ..... 17

改版履歴..... 18

## 1. 測定環境

本章では、通信測定のための環境および準備について説明します。

### 1.1. 構成

以下に、MK71521EK1 を用いての通信距離測定構成、環境を示します。

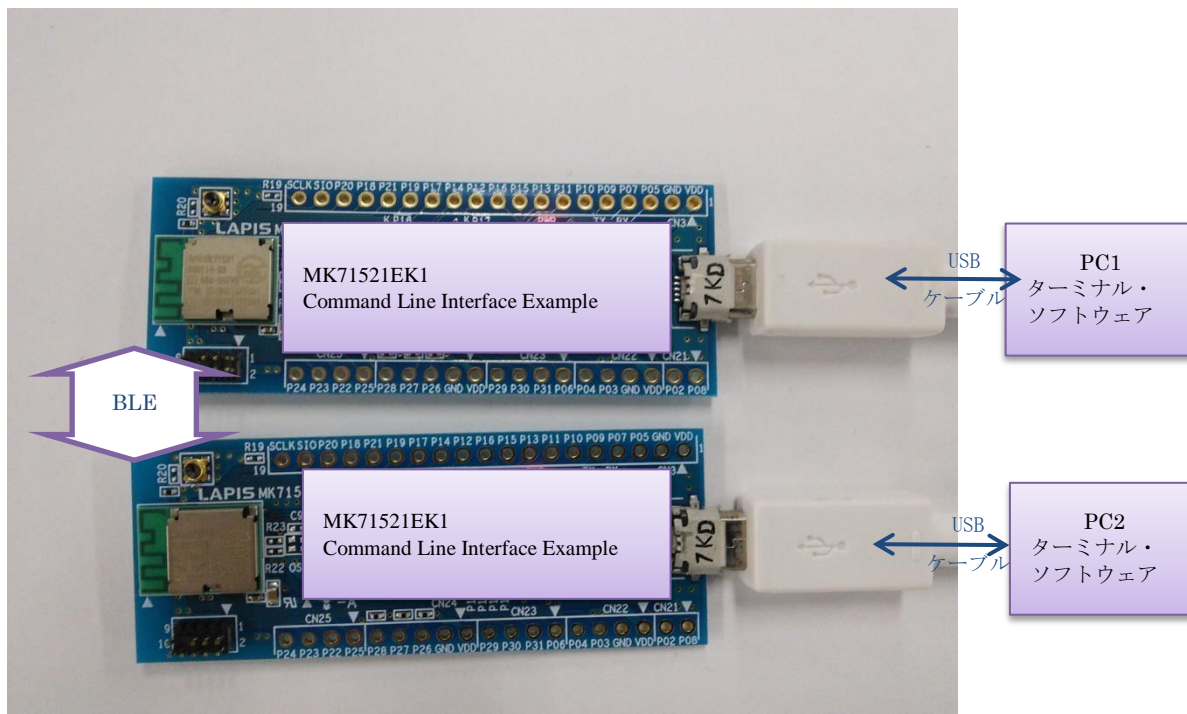


図 1-1 通信距離測定構成



図 1-2 通信距離測定環境



## 1.2. 準備 (PC)

PC と MK71521EK1 の USB コネクタを USB ケーブルで接続するときは、FT232RQ のドライバが必要です。必要に応じて、以下のサイトよりお使いの PC に対応するドライバをインストールして下さい。

<http://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX.htm>

ソースコードからビルドしたファームウェアを IDE 上から書き込むため、下記のツールをダウンロードして、インストールします。  
※ツールのバージョンにより、ダウンロード、インストール手順が異なる場合は、各ツールの最新情報を参照して下さい。

### ① nRF5 SDK (Nordic 社製)

ダウンロード・サイト : <https://www.nordicsemi.com/Software-and-tools/Software/nRF5-SDK>  
インストール方法 : ダウンロードした ZIP ファイルを、任意のフォルダへ解凍します。  
備考 : 解凍するフォルダには、階層の深いパスおよび全角文字を使用しないで下さい。

### ② Segger Embedded Studio for ARM & J-Link Device Driver (Segger 社製)

ダウンロード・サイト : <https://www.segger.com/downloads/embedded-studio/>  
インストール方法 : ダウンロードしたインストール・ファイルを実行して下さい。  
指示に従ってインストール操作を進めていくと、Embedded Studio と J-Link Device Driver がインストールされます。  
備考 : 初回の実行時は、手順に従ってアクティベーションを行います。

### 1.3. 準備 (MK71521EK1)

ソースコードからビルドしたファームウェアを IDE 上から書き込むため、下記手順に従い実施します。

#### ① Segger Embedded Studio 起動

Windows 操作 : スタート「SEGGER」→「SEGGER Embedded Studio for ARM」を選択

#### ② プロジェクトファイル開く

IDE 操作 : メニュー「File」→「Open Solution…」より、下記のファイルを開きます。

フォルダ : ¥<nRF5 SDK フォルダ>¥examples¥ble\_central\_and\_peripheral¥experimental  
¥ble\_app\_interactive¥pca10040¥s132¥ses

ファイル : ble\_app\_interactive\_s132\_pca10040.emProject

#### ③ ビルド実施

IDE 操作 : メニュー「Build」→「Build ble\_app\_interactive\_s132\_pca10040」を選択 (図 1-3)

正常にビルドが完了すると、Output ウィンドウに「Build complete」と表示されます。(図 1-4)

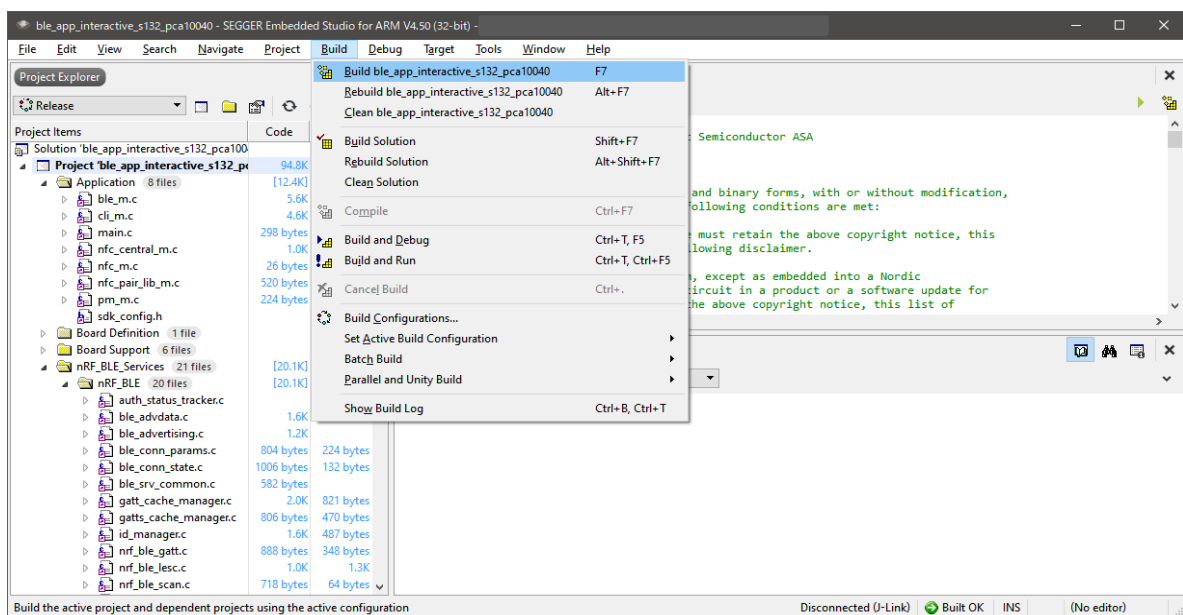


図 1-3 サンプルアプリのビルド

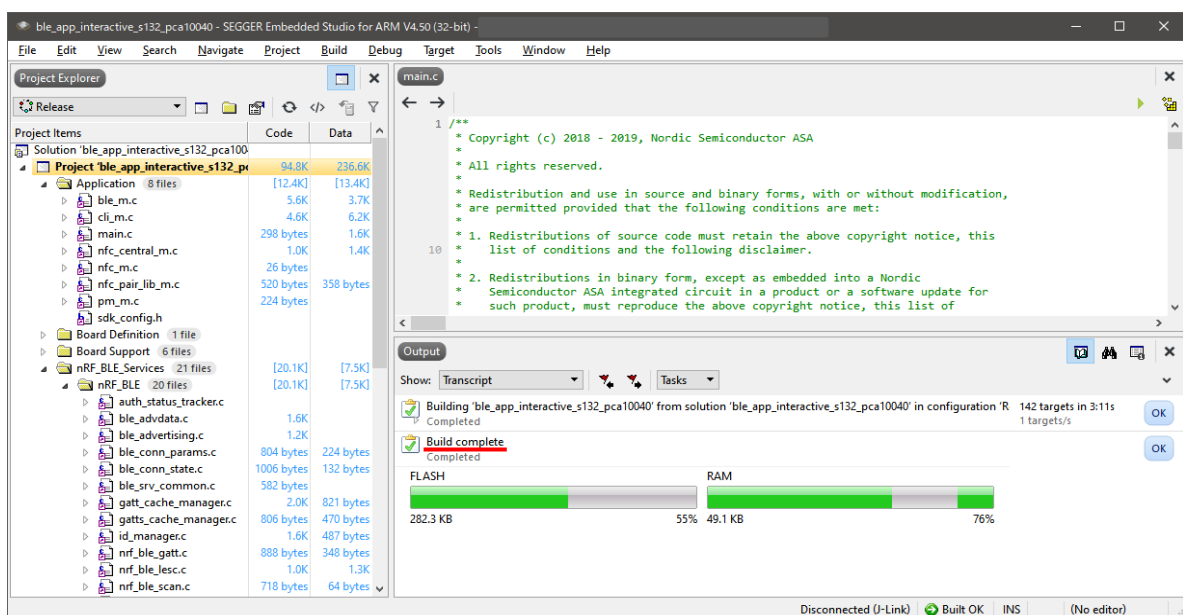


図 1-4 ビルド完了

④ J-LINK (または J-LINK lite) の接続。

ケーブル (コネクタ) の向きに注意してください。フラットケーブルの赤いラインが 1 番ピンになります



図 1-5 J-LINK の接続

⑤ Flash ROM 消去

IDE 操作 : メニュー 「Target」 → 「Connect J-Link」を選択 (図 1-6)

メニュー 「Target」 → 「Erase All」を選択 (図 1-7)

Flash ROM 消去が完了すると、Output ウィンドウに消去実行と時間が表示されます。(図 1-8)

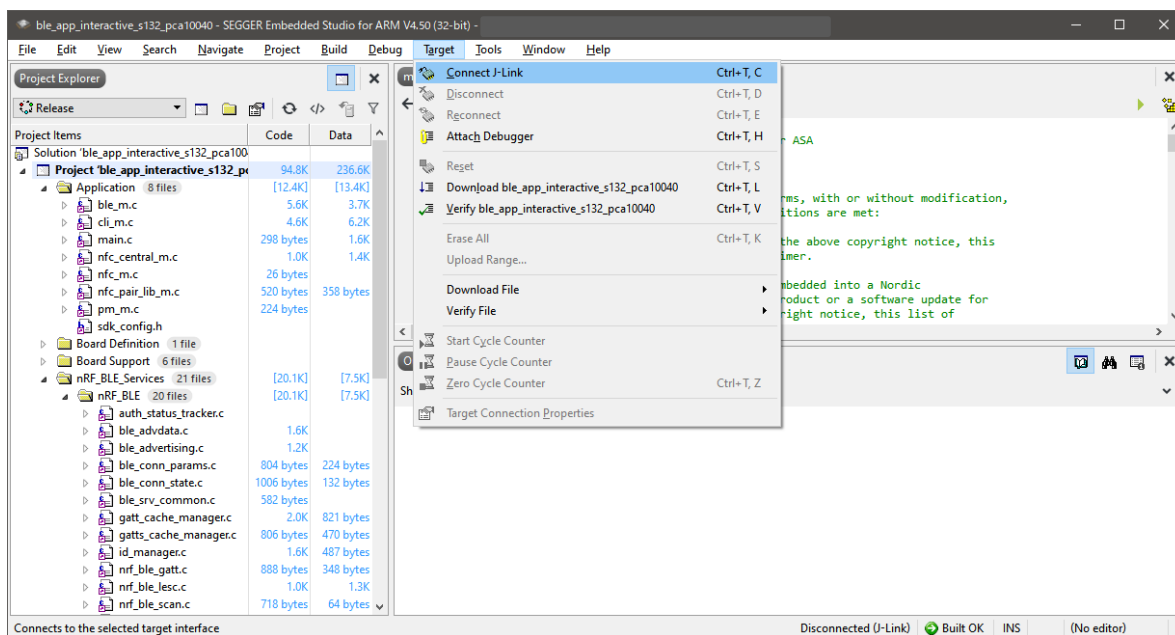


図 1-6 Flash ROM 消去手順 1

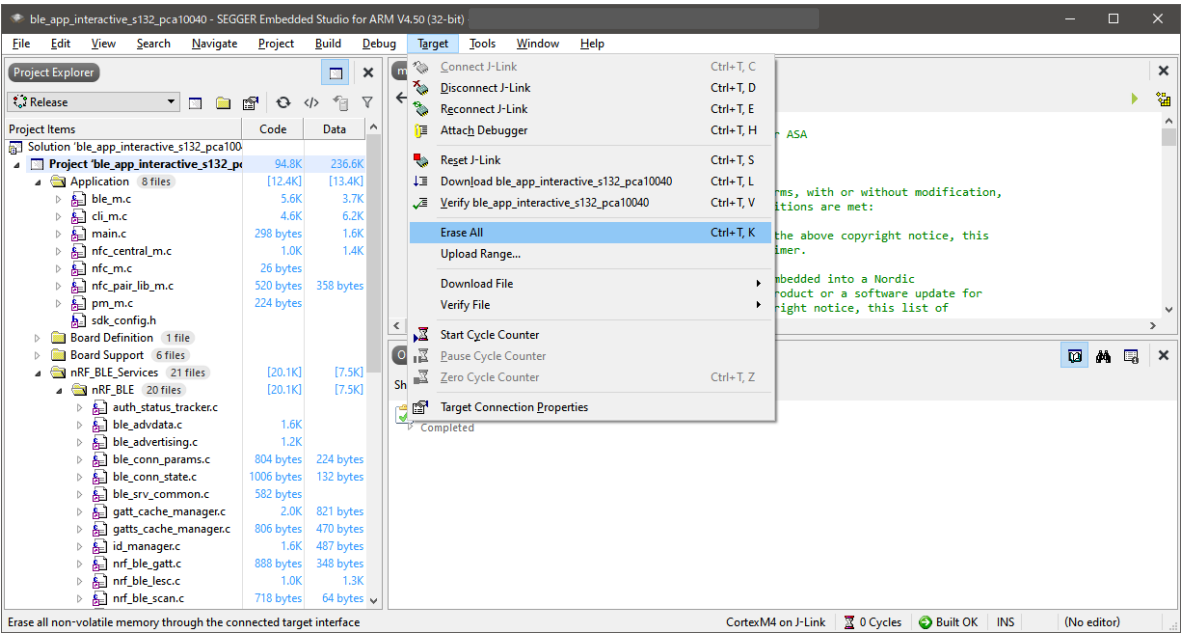


図 1-7 Flash ROM 消去手順 2

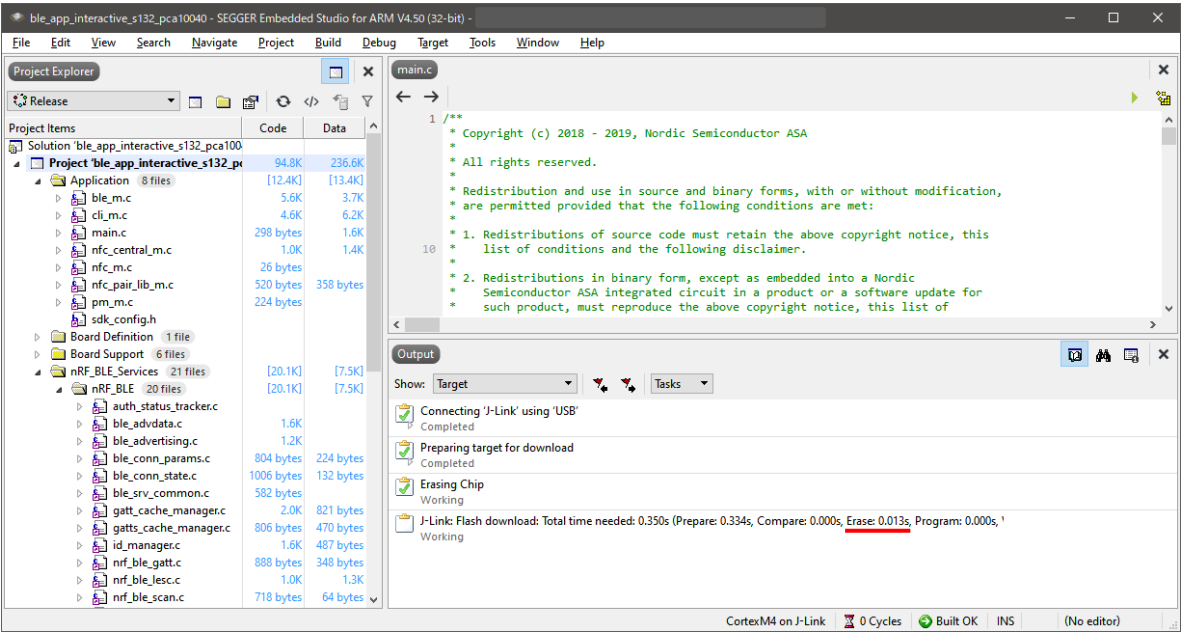


図 1-8 Flash ROM 消去完了

## ⑥ ファームウェア書き込み

IDE 操作：メニュー「Target」→「Download ble\_app\_interactive\_s132\_pca10040」を選択 (図 1-9)

実行中は書き込み状況が表示されます。

書き込みが終了すると Output ウィンドウに結果が表示されます。(図 1-10)

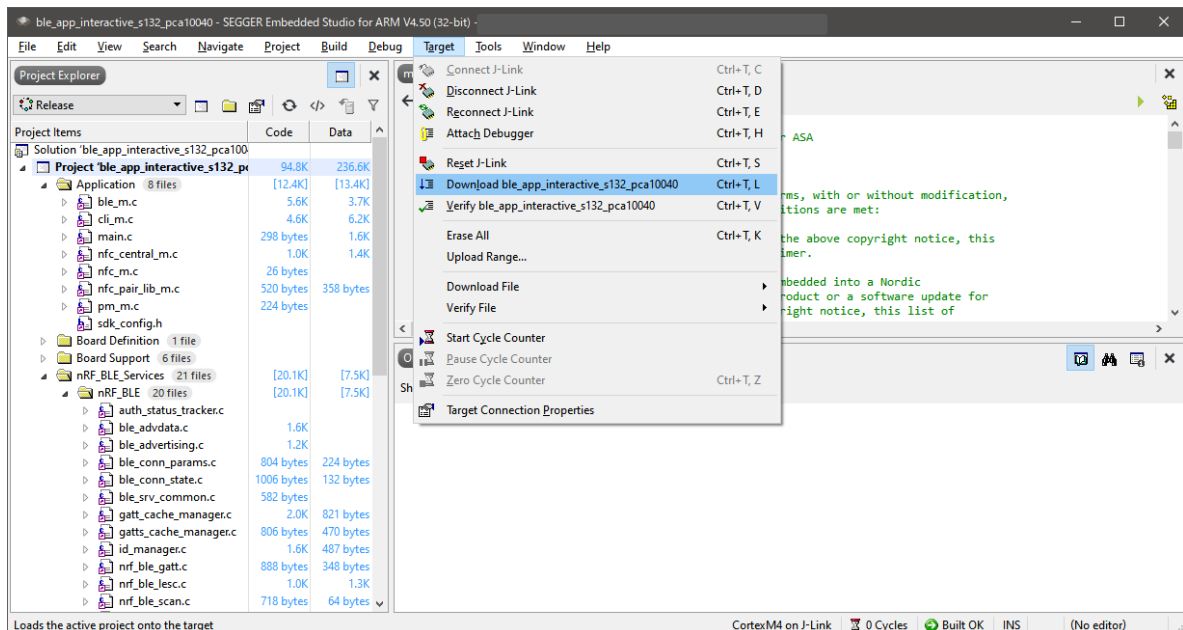


図 1-9 ファームウェアの書き込み

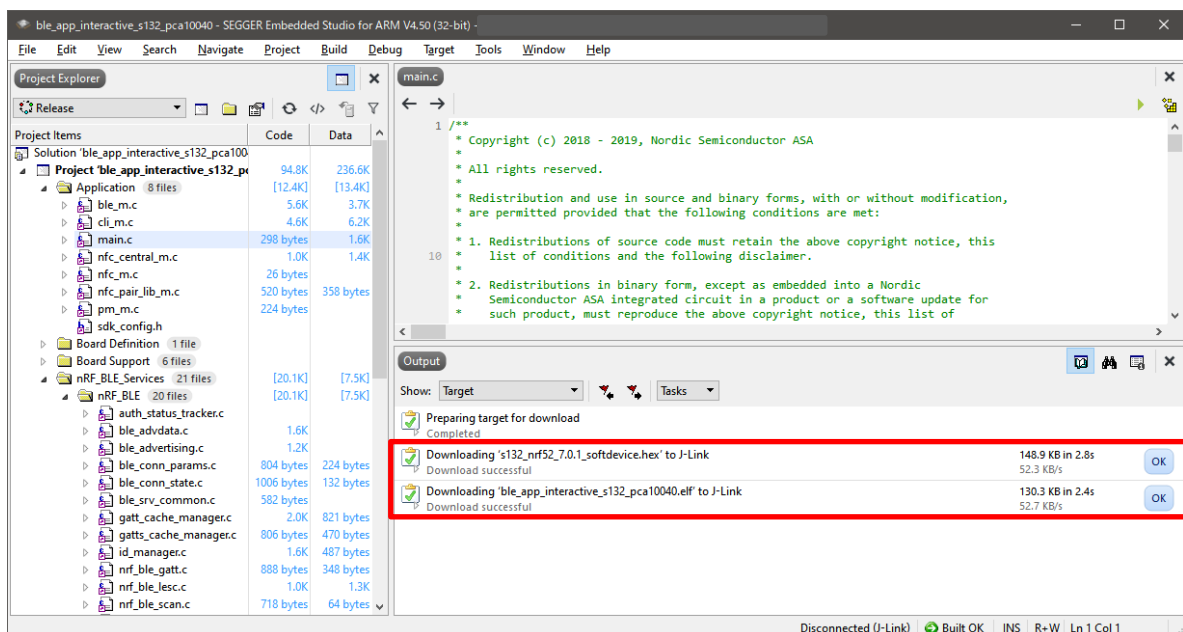


図 1-10 書き込み完了

⑦ 対向試験に向けて、もう一台も同様の書き込み行います

⑧ Segger Embedded Studio 終了

メニュー「File」→「Exit」を選択、またはツール右上の「×」をクリックしてツールを終了します。

## 2. 測定方法

本章では、サンプルソフトウェアの使用方法について説明します。

サンプルソフトウェア (BLE Interactive Command Line Interface Example) はコマンド制御によりデバイス間の接続を確立することが出来ます。

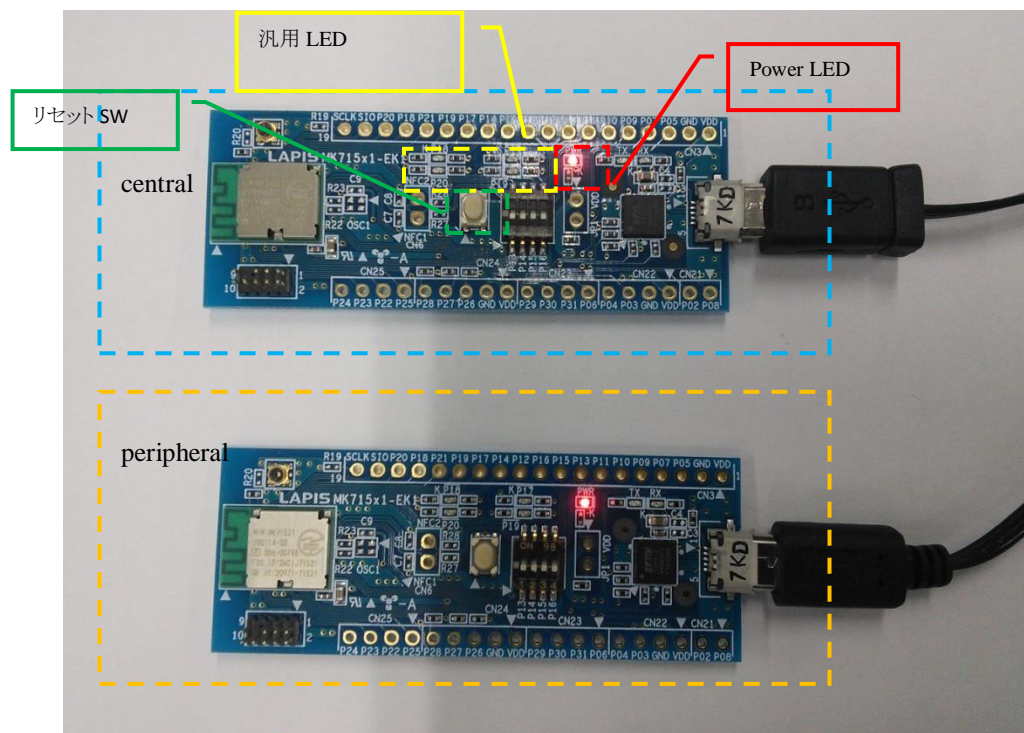


図 2-1 通信距離測定構成

- ① MK71521EK1 を USB ケーブルで PC に接続します。(図 2-1)  
Power LED が点灯します
- ② TeraTerm 等のターミナル・ソフトウェアを起動して、シリアルポートを設定します。  
 ポート : お使いの COM ポート番号  
 ボーレート : 115,200 bps  
 データ : 8 bit  
 パリティ : None  
 ストップ : 1 bit  
 フロー制御 : None
- ③ リセットボタンを押下します(central/ peripheral)  
 ターミナルソフトにサンプルソフトウェアの起動が表示されます(図 2-2)  
 また”tab”キーを押下することでコマンドが表示されます(図 2-2)

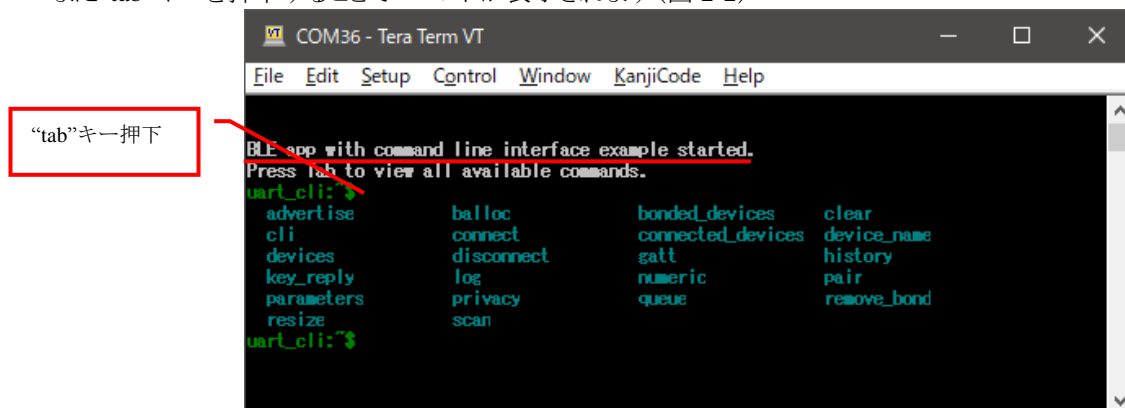


図 2-2 サンプルソフトウェアの起動



- ④ peripheral 側:コマンド”advertise on”を入力して ENTER 押下。アドバタイズが実行されます(図 2-3)  
LED3 が点灯します。(図 2-4)

```

COM37 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
BLE app with command line interface example started.
Press Tab to view all available commands.
uart_cli:~$
  advertise      balloc      bonded_devices  clear
  cli            connect     connected_devices device_name
  devices        disconnect  gatt           history
  key_reply      log         numeric        pair
  parameters     privacy    queue         remove_bond
  resize        scan
uart_cli:~$ advertise on
Advertising enabled
<info> app: Advertising
uart_cli:~$
    
```

図 2-3 advertise の実行



図 2-4 アドバタイズ実行 LED

- ⑤ central 側:コマンド”scan on”を入力して ENTER 押下。スキャンが実行されます。(図 2-5)  
LED1 が点灯します(図 2-6)

```

COM36 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
BLE app with command line interface example started.
Press Tab to view all available commands.
uart_cli:~$
  advertise      balloc      bonded_devices  clear
  cli            connect     connected_devices device_name
  devices        disconnect  gatt           history
  key_reply      log         numeric        pair
  parameters     privacy    queue         remove_bond
  resize        scan
uart_cli:~$ scan on
Scan started
<info> app: Scanning
uart_cli:~$
    
```

図 2-5 scan の実行

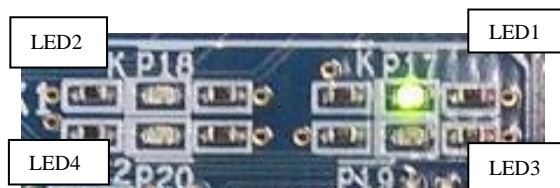
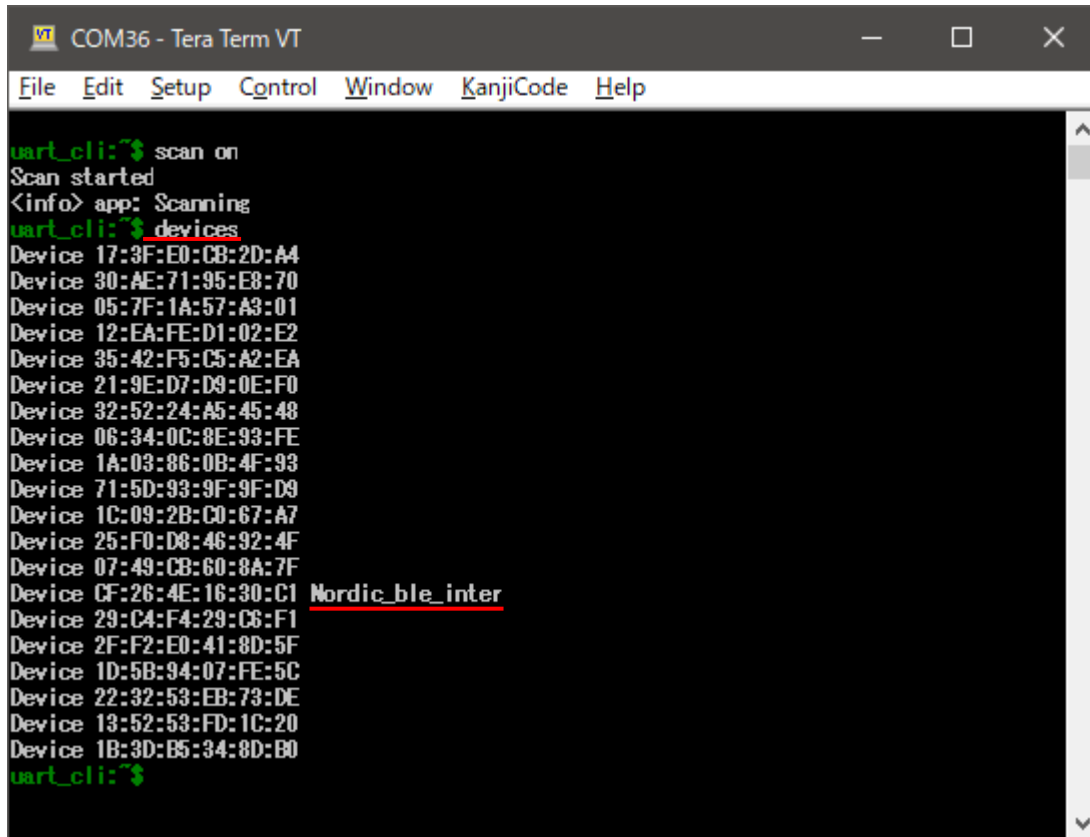


図 2-6 スキャン実行 LED

- ⑥ central 側:コマンド”devices”を入力して ENTER 押下。  
検出されデバイスアドレス/デバイス名が表示されます。(図 2-7)  
デバイス名“Nordic～”が peripheral 側デバイスです。  
(サンプルプログラム上の DEVICE\_NAME は"Nordic\_ble\_interactive"となっています)  
周辺に Bluetooth デバイスが多数存在する場合、peripheral 側デバイスが表示されない場合もあり、再度”devices”を入力することで表示される場合があります。



```
COM36 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help

uart_cli:~$ scan on
Scan started
<info> app: Scanning
uart_cli:~$ devices
Device 17:3F:E0:CB:2D:A4
Device 30:AE:71:95:E8:70
Device 05:7F:1A:57:A3:01
Device 12:EA:FE:D1:02:E2
Device 35:42:F5:C5:A2:EA
Device 21:9E:D7:D9:0E:F0
Device 32:52:24:A5:45:48
Device 06:34:0C:8E:93:FE
Device 1A:03:86:0B:4F:93
Device 71:5D:93:9F:9F:D9
Device 1C:09:2B:C0:67:A7
Device 25:F0:D8:46:92:4F
Device 07:49:CB:60:8A:7F
Device CF:26:4E:16:30:C1 Nordic_ble_inter
Device 29:C4:F4:29:C6:F1
Device 2F:F2:E0:41:8D:5F
Device 1D:58:94:07:FE:5C
Device 22:32:53:EB:73:DE
Device 13:52:53:FD:1C:20
Device 1B:3D:B5:34:8D:B0
uart_cli:~$
```

図 2-7 scan の実行結果表示



- ⑦ central 側:コマンド”connect peripheral アドレス”を入力して ENTER 押下(図 2-8)  
接続が完了すると LED4 が点灯します

```

COM36 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
Device 17:3F:E0:CB:2D:A4
Device 30:AE:71:95:E8:70
Device 05:7F:1A:57:A3:01
Device 12:EA:FE:D1:02:E2
Device 35:42:F5:C5:A2:EA
Device 21:9E:D7:D9:0E:F0
Device 32:52:24:A5:45:48
Device 06:34:0C:8E:93:FE
Device 1A:03:86:0B:4F:93
Device 71:5D:93:9F:9F:D9
Device 1C:09:2B:C0:67:A7
Device 25:F0:D8:46:92:4F
Device 07:49:CB:60:8A:7F
Device CF:26:4E:16:30:C1 Nordic_ble_inter
Device 29:C4:F4:29:C6:F1
Device 2F:F2:E0:41:8D:5F
Device 1D:5B:94:07:FE:5C
Device 22:32:53:EB:73:DE
Device 13:52:53:FD:1C:20
Device 1B:3D:B5:34:8D:B0
uart_cli:~$ connect CF:26:4E:16:30:C1
<info> app: CENTRAL: Connecting...
Connected to address: CF 26 4E 16 30 C1
<info> app: CENTRAL: Connected, handle: 0.
Current MTU: 247
MTU changed successfully
<info> app: Data length updated to 251 bytes.
uart_cli:~$
    
```

図 2-8 接続確立(central)

peripheral 側は接続が完了すると LED2 が点灯します。(図 2-9)

```

COM37 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
uart_cli:~$ advertise on
Advertising enabled
<info> app: Advertising
uart_cli:~$ advertise off
Advertising disabled
uart_cli:~$ advertise on
Advertising enabled
<info> app: Advertising
Connected to address: C8 9F B5 46 37 FA
<info> app: PERIPHERAL: Connected, handle 3.
<info> app: Data length updated to 251 bytes.
MTU changed successfully
uart_cli:~$
    
```

図 2-9 接続確立(peripheral)

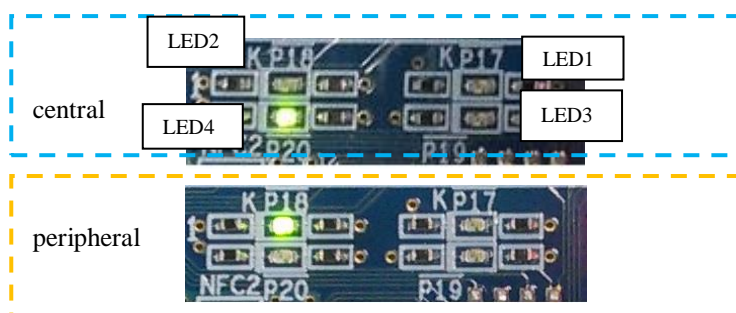


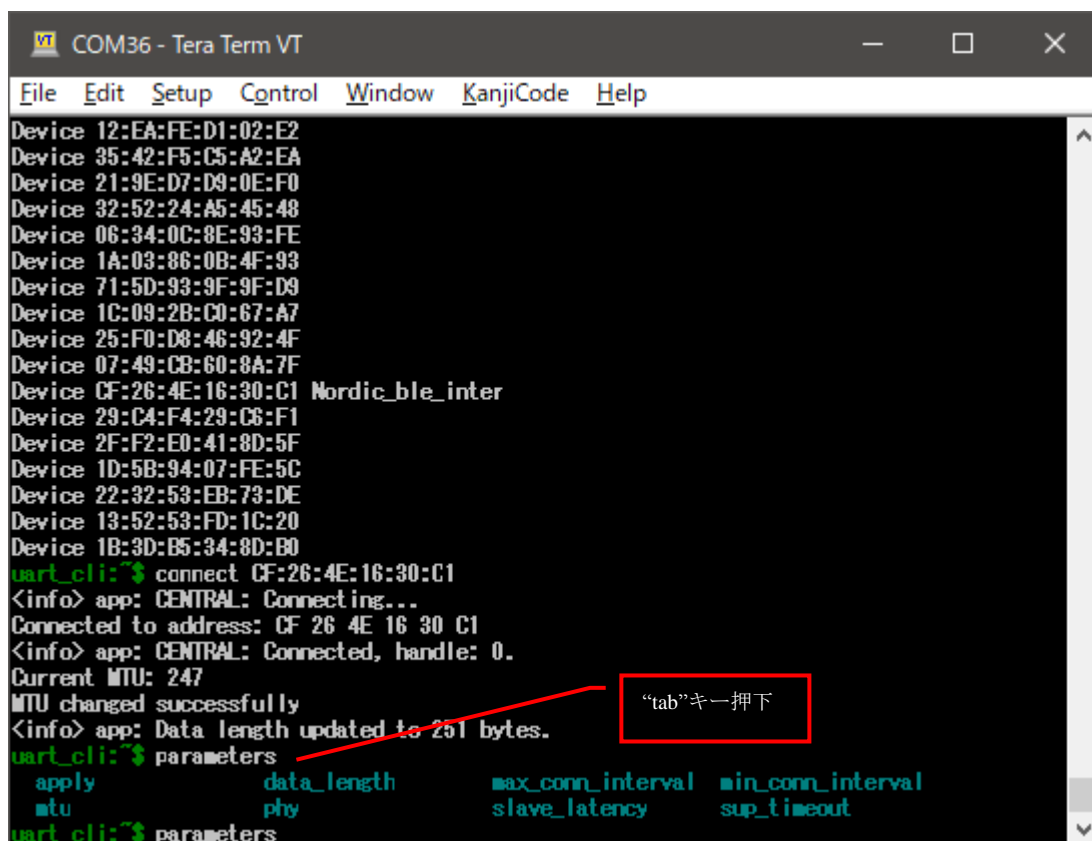
図 2-9 接続確立の LED 表示

接続時のパラメータは下記のとおりです。(サンプルソフトのデフォルト値)

C.I : 500msec  
S.L : 5  
T.O : 6200msec  
PHY : 1M

各パラメータはコマンドにより変更可能です。(本試験では変更しません)

コマンド”parameters”を入力後、tab キーを押下することでコマンド候補が表示されます(図 2-10)



```
COM36 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window KanjiCode Help
Device 12:EA:FE:D1:02:E2
Device 35:42:F5:C5:A2:EA
Device 21:9E:D7:D9:0E:F0
Device 32:52:24:A5:45:48
Device 06:34:0C:8E:93:FE
Device 1A:03:86:0B:4F:93
Device 71:5D:93:9F:9F:D9
Device 1C:09:2B:C0:67:A7
Device 25:F0:D8:46:92:4F
Device 07:49:CB:60:8A:7F
Device CF:26:4E:16:30:C1 Nordic_ble_inter
Device 29:C4:F4:29:C6:F1
Device 2F:F2:E0:41:8D:5F
Device 1D:5B:94:07:FE:5C
Device 22:32:53:EB:73:DE
Device 13:52:53:FD:1C:20
Device 1B:3D:B5:34:8D:B0
uart_cli:~$ connect CF:26:4E:16:30:C1
<info> app: CENTRAL: Connecting...
Connected to address: CF 26 4E 16 30 C1
<info> app: CENTRAL: Connected, handle: 0.
Current MTU: 247
MTU changed successfully
<info> app: Data length updated to 251 bytes.
uart_cli:~$ parameters
  apply      data_length  max_conn_interval  min_conn_interval
  mtu        phy          slave_latency       sup_timeout
uart_cli:~$ parameters
```

図 2-10 パラメータ設定コマンド

- ⑧ 接続完了後、一定時間の間、タイムアウト等などでの切断通知を受信しないことを確認してから  
切断要求(コマンド”disconnect peripheral アドレス”)を出して正常に切断できることを確認します。(図 2-11、2-12)  
reason 0x8 : CONNECTION TIMEOUT  
reason 0x13 : REMOTE USER TERMINATED CONNECTION  
reason 0x16 : CONNECTION TERMINATED BY LOCAL HOST  
切断後 peripheral 側はアドバタイズの送出を再開します。

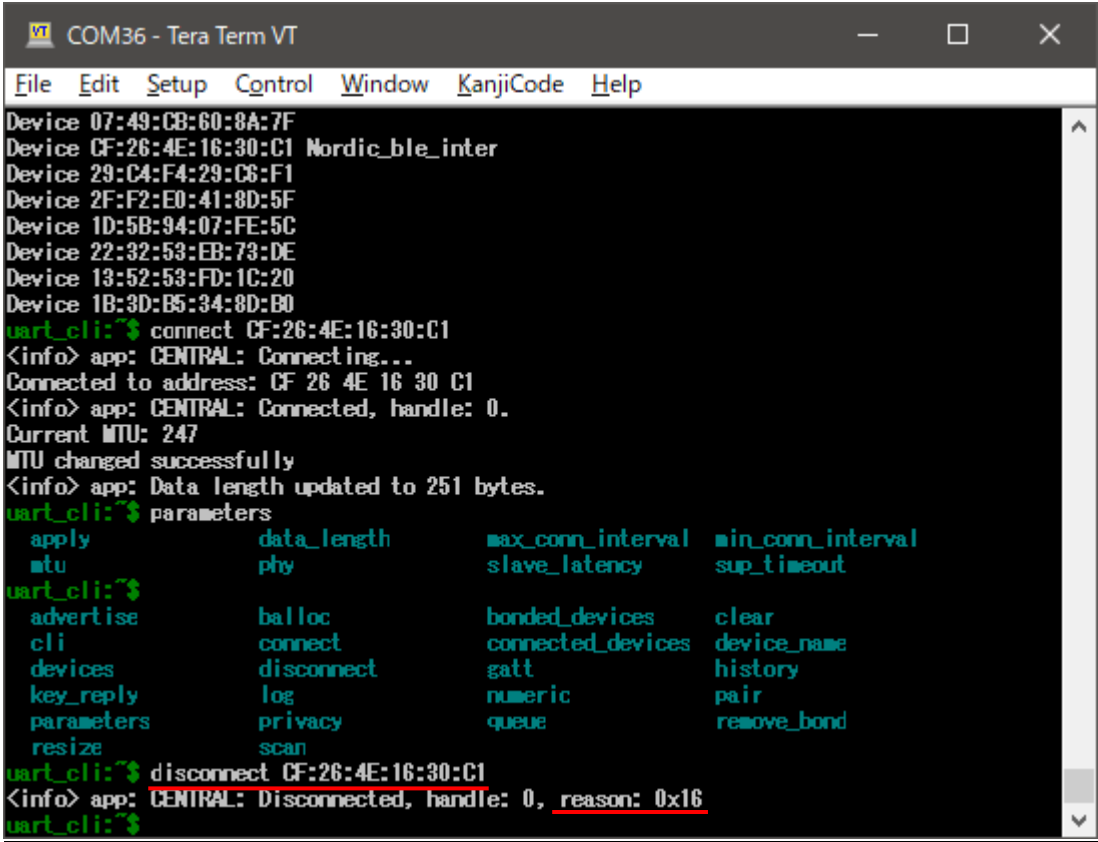


図 2-11 切断表示(central)

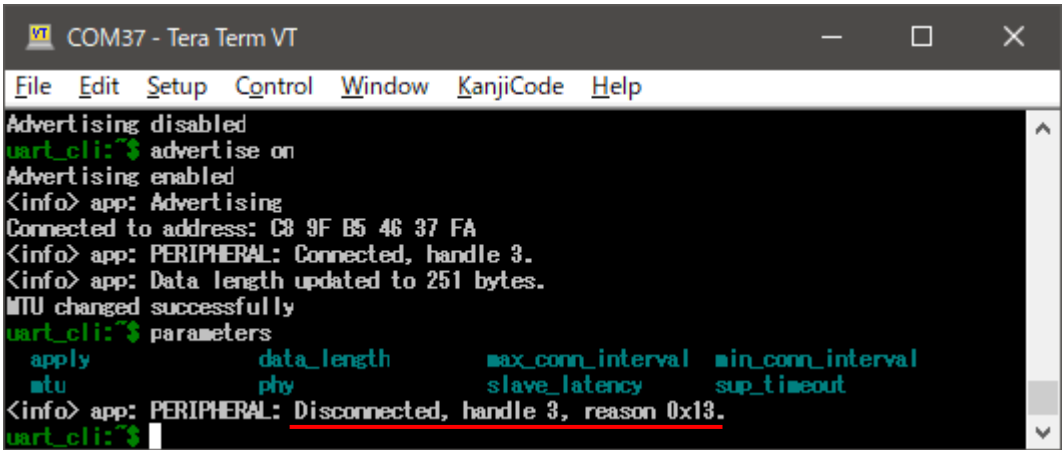


図 2-12 切断表示(peripheral)

- ⑨ central/peripheral 間の距離を変えて⑤～の手順を繰り返し、接続可能な距離を確認します。

### 3. 測定データ

MK71521EK1 での通信距離測定データを下記に示します。

	距離(m)
接続距離 (接続維持)	95
検出距離	150

\*測定環境により通信距離は変化します。通信性能を保障するものではありません。

接続維持確認時間 : 1 分間

機材の方向 : Z-Plane-0°の向い合せ(図 3-1)

機材の高さ : 1.5m(図 3-2)

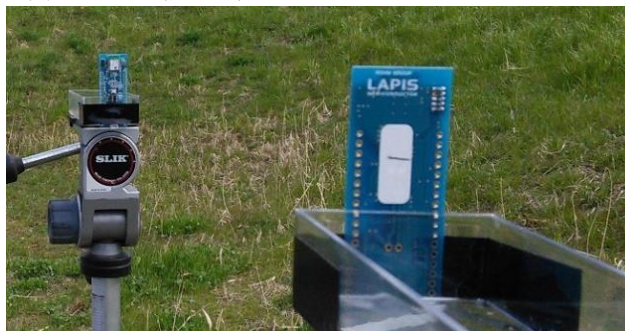


図 3-1 測定時の機材方向

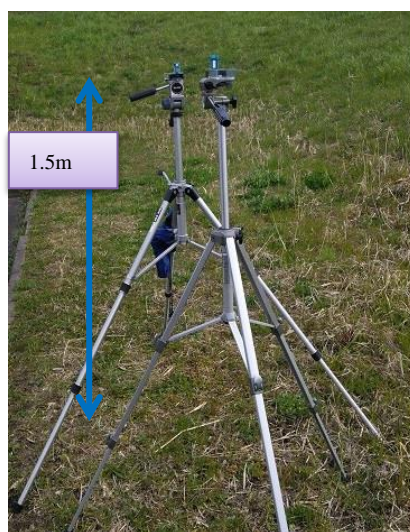


図 3-2 測定時の機材高さ

## 改版履歴

ドキュメント No.	発行日	ページ		備考
		改版前	改版後	
FJXK715x1_AN_Distance-01	2020.4.7	—	—	初版