



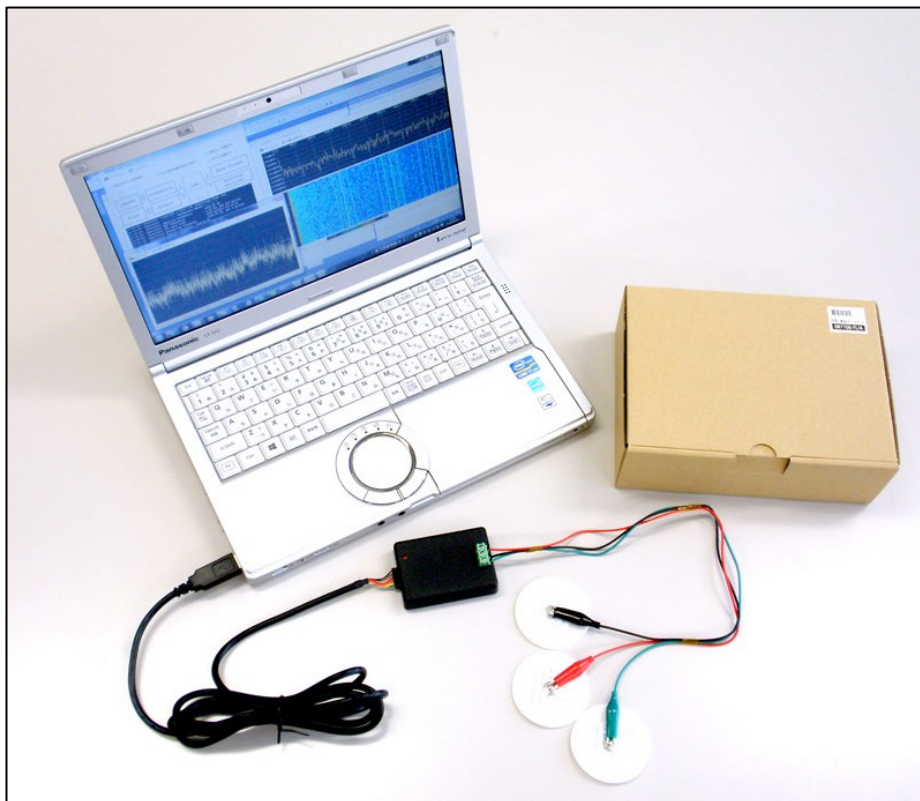
東京デバイスズ

# IWS940-DEV

マッスル・リンク™ 筋電位センサ IWS940 開発キット

Rev1.4

マッスル・リンクは、筋電位を利用したアプリケーションやデバイスを製作するための開発キットです。筋電位センサ IWS940 にケーブルや電極がセットになっています。IWS940 は人体の安全を守る絶縁回路や、ノイズキャンセル回路を搭載し、小型軽量かつ安価な筋電位センサです。キットには、シンプルで理解しやすいデモアプリケーションのほか、IWS940 をシステムや製品に統合するため無償の開発用ライブラリと制御コマンドが含まれます。ロボティクス、計算機科学、スポーツ科学、マーケティング、音楽、アート、ゲーム、教育、その他の幅広い分野への応用が可能です。



## 安全に関する重要事項: 必ずお読みください

本製品は医療機器ではありません。医療用途には使用できません。

本製品は取扱いに必要な専門的知識を持つ技術者の研究開発・実験・試作等を利用目的として設計されています。機器への組込や長時間運用の信頼性は未検証です。必要がある場合には十分な試験・検証を行ってください。人命や財産に重大な損害が予想される用途には使用できません。

本製品は感電のリスクを低減することを目的として絶縁機能を具備しますが、安全性を保証するものではありません。本製品の絶縁回路と併せ、USB ホストとなる機器の電源にACアダプタや電池など商用電源と絶縁された電源を使用することで、二重の絶縁をしてください。本体のケースを開けるなどの原因により、基板に異物が混入することで絶縁性能がなくなる場合がありますので十分にご注意ください。

使い捨て電極の使いまわしは避け、使用後にはすみやかに破棄してください。不衛生な電極の使用には感染症などのリスクがあります。使い捨て電極を長時間付着させたままにすると皮膚が赤くなったり、かゆみ、かぶれなどの症状が出る可能性があります。必要に応じて医師の診断を受けてください。

子供が手を触れないようにご注意ください。

本製品の仕様および本文書の内容は予告なく変更される場合があります。

## 目次

IWS940-DEV .....	1
マッスル・リンク™ 筋電位センサ IWS940 開発キット .....	1
1. 東京デバイセズ IWS940 の特徴 .....	4
2. 筋電位の発生とセンシングの原理 .....	4
3. チュートリアル .....	4
3.1. 必要な環境と SDK のダウンロード .....	4
3.2. ドライバーのインストール .....	4
3.3. USB ケーブルの接続と仮想シリアルポート名の確認 .....	5
3.4. 電極と IWS940 本体の接続 .....	5
3.5. 電極の位置の決定と人体への取り付け .....	6
3.6. デモプログラムの起動と接続 .....	7
3.7. IWS940 本体から USB ケーブルが外れた時には .....	9
4. 独自アプリケーションの開発 .....	9
4.1. .NET コンポーネント IWS940Component .....	9
4.1.1. IWS940Component のプロジェクトへの追加方法(C#.NET) .....	9
4.1.2. IWS940Component のプロパティ .....	11
4.1.3. IWS940Component のイベント .....	12
4.2. コマンドラインプログラム IWS940Command .....	12
4.3. 筋電強度の解釈のヒント .....	13
5. 関連製品 .....	14
6. 仕様 .....	14

- Microsoft、Windows、Windows 2000、Windows Vista、Windows 7、Windows 8、Windows Server 2012、Windows Server またはその他のマイクロソフト製品の名称および製品名は、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です。
- Linux は、Linus Torvalds 氏の登録商標です。
- Oracle と Java は、Oracle Corporation およびその子会社、関連会社の米国およびその他の国における登録商標です。
- その他記載されている製品名などの固有名詞は、各社の商標または登録商標です。
- 記載されているシステム名、製品名等には、必ずしも商標表示 (R)、TM ) を付記していません。

## 1. 東京デバイスズ IWS940 の特徴

- **安全性** 人体と電源の絶縁(アイソレーション)
- **高感度** マイクロボルトの分解能とノイズキャンセル回路
- **小型軽量** 5×7cm のコンパクトサイズ
- **電池不要** USB バスパワー駆動で 24 時間動作
- **拡張性** 無償のプログラミング用ライブラリとコマンド

## 2. 筋電位の発生とセンシングの原理

筋肉は、大脳の運動野などから神経を介して伝達される微弱な電気信号によって制御されます。運動神経の興奮は、最終的に  $\alpha$  ニューロンと呼ばれる神経細胞に達し、神経と筋肉の接合部からのアセチルコリンが放出されることで筋収縮が生じます。筋収縮の際には筋繊維に活動電位が生じます。これは皮膚表面からも微弱な電位の変化として検出可能で、表面筋電位と呼ばれます。(本書で単に筋電位と呼ぶ場合には、表面筋電位を指します)

筋電位は、皮膚表面の 2ヶ所の電位の差として測定されます。IWS940 には 2 つの電極を接続するための入力ターミナル端子があります。片方の電位がもう一方よりも 1mV 高ければ、得られる筋電位は 1mV です。逆に 1mV 低ければ、-1mV となります。

筋電位を計測する際にはノイズが問題になります。筋電位は個人差や皮膚表面の状態により変動しますが、おおまかに 1mV(1,000 分の 1 ボルト)程度と、極めて微弱です。さらに、人体は商用電源のノイズに対して電気的にはアンテナとして振る舞うため(オーディオの入力端子を指で触れれば簡単に確認できます。商用電源周波数のノイズが聞こえます)、筋電位はノイズの中に埋もれています。

IWS940 はノイズに対して逆位相の波形を出力する回路を持ちます。体にノイズの逆位相の電圧をかけることでノイズは相殺されます。前述の 2 つの電極の他に、IWS940 にはもう 1 つ電極を接続できるコネクタがあります。これはノイズキャンセルのための逆位相信号を出力するための電極です。

キャンセル回路によりノイズは大幅に減少します。得られた微弱な入力信号は、IWS940 に搭載されている計装アンプによって数百倍に増幅され、デジタル化されます。

## 3. チュートリアル

デモの実行までの一連の流れを説明します。

### 3.1. 必要な環境と SDK のダウンロード

デモの実行には、USB ポートを備えたコンピュータに、Microsoft Windows 7 以降の OS と Microsoft .NET Framework 4 以上がインストールされている必要があります。※Microsoft .NET Framework は最新の Windows には最初からインストールされていますが、必要であればインターネットから検索してダウンロードできます。

次に、東京デバイスズ Web サイト( [tokyodevices.com](http://tokyodevices.com) ) から「IWS940」を検索し、SDK のファイルをダウンロード・解凍してください。SDK にはドライバーやデモプログラムが含まれます。

### 3.2. ドライバーのインストール

IWS940 を使用するソフトウェアは、IWS940 本体とコンピュータとの通信に、仮想シリアルポート(仮想 COM ポートとも呼ばれます)を使用します。仮想シリアルポートは USB と Windows ソフトウェアの通信をするための機能です。

仮想シリアルポートを利用するためには、PC にドライバーをインストールする必要があります。ドライバーは SDK の”USB\_Serial\_Driver”フォルダにあります。実行ファイルは管理者権限で起動する必要があります(ファイルを右クリックして、”管理者として実行”をクリック)。

画面の指示(英語)に従い、ドライバーのインストールを完了してください。なお、この作業は IWS940 を使用する PC に対して、最初の 1 回だけ実施すれば、次回以降は不要です。

### 3.3. USB ケーブルの接続と仮想シリアルポート名の確認

ドライバーのインストールが完了したら、コンピュータと IWS940 を接続します。

まず、IWS940 の USB ケーブル端子を、コンピュータの USB ポートに接続してください。接続すると、Windows が自動的に認識し、USB ケーブル用の仮想シリアルポートが作成されます。

ほとんどの場合、Windows には、複数の仮想シリアルポートが存在します。(他の周辺機器も仮想シリアルポートを使用する機会が多いため) その中から、IWS940 で使用する USB ケーブル用の仮想シリアルポートを、あらかじめ知っておく必要があります。仮想シリアルポートの名前を確認するには、Windows のデバイスマネージャを起動し、”ポート(COMとLPT)”項目を開くことで確認できます(図 1)。IWS940 が使用するシリアルポートには”USB Serial Port (COM\*\*\*)”の記述があります。”COM\*\*\*”の部分が仮想シリアルポート名です。

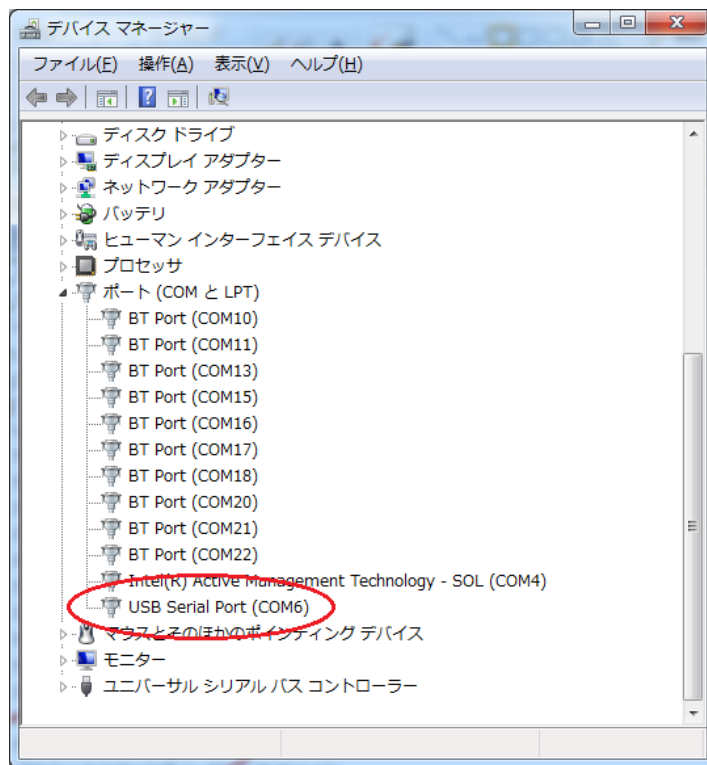


図 1 デバイスマネージャで確認された仮想シリアルポートの例

### 3.4. 電極と IWS940 本体の接続

生体電位を取得するためには人体に電極を取り付ける必要があります。一般的に、電極には、ジェルを使用するタイプや、金属電極をバンドで固定するタイプなど、複数の種類があります。最初は、衛生面や信号品質の観点から、ディスポ電極(使い捨て電極)で実験するのが良いでしょう。マッスル・リンク™ のセットにはサンプルのディスポ電極

が付属しています。もちろん、自作の電極を接続することも可能です。追加・交換用のディスポ電極は東京デバイスで販売しています。

IWS940 側のターミナル端子は、さまざまな電極が取り付けられるように、ネジ止めで固定するタイプの端子になっています。電極と IWS940 を接続するワイヤーは汎用品が使用できます。ほとんどの場合、一般的な電子工作で使用されるような細いビニル線で十分です。ワニグチクリップのついたケーブルの片方をニッパーで切り落とし、被膜を剥いて、IWS940 に固定するのが簡単です。

IWS940 には、+電極、-電極、ノイズキャンセル電極の 3 種類のターミナル端子があります。本体とターミナル端子の位置関係は図 2 の通りです。ノイズを受けない環境ではノイズキャンセル用の電極は取り付けなくても動作しますが、通常的环境下では取り付けることを強くおすすめします。+電極と-電極の取り付け位置は次の節で述べます。



図 2 IWS940 本体とコネクタの位置関係

### 3.5. 電極の位置の決定と人体への取り付け

電極を取り付ける前に、収縮を検出したい筋肉を決定します。人体における筋肉の配置については専門書で確認してください。

筋電位を得るためには電極の位置が重要です。筋電位は 2 つの電極の間の電位の差として測定されます。1 つの筋肉に対して、様々な電極の配置が考えられます。電極の位置によって、検出できる筋肉が変わります。まずは収縮を検出したい目的の筋肉を決め、その筋肉の動きを最も大きく捉えられる電極の配置を探すのが良いでしょう。

単一の筋肉の電位を取得するには、+と-の電極は、電極同士が被らない範囲で、近くに配置すると良いでしょう。電極同士が遠く離れると別の筋肉の活動電位が混入します。

逆に、手の全体的な動きなど、複数の筋肉が関与する動きを取得したい場合には、それらの筋肉を含めて貼りつけるようにします。例えば、図 3 のように電極を配置することで尺側手根屈筋・長橈側手根伸筋を主体とした筋電強

度が取得できます。これにより手を丸めたり反らしたり(掌屈や背屈)した際のイベントを取得できるようになります。

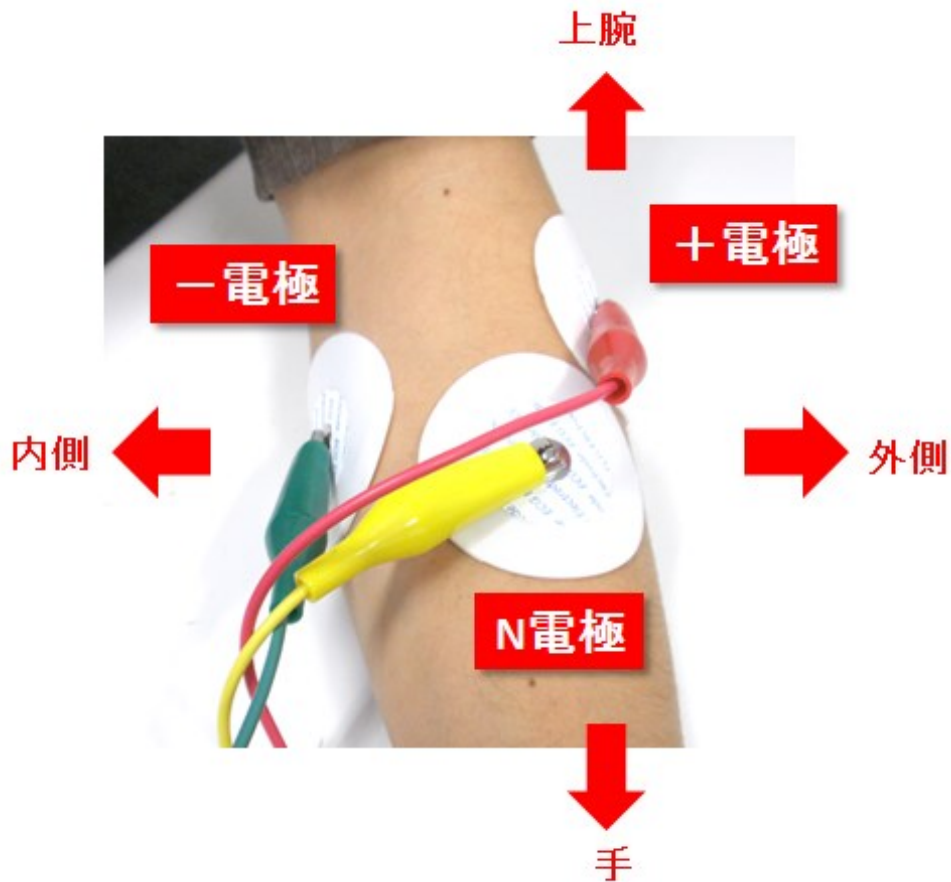


図 3 手を反らせるイベント検出のための電極配置例

### 3.6. デモプログラムの起動と接続

SDK の” IWS940Demo”フォルダにある IWS940Demo.exe ファイルをクリックし、マッスル・リンク™ デモプログラムを起動します。図 4 にデモプログラムの画面例を示します。

画面には、筋肉の「収縮」「弛緩」状態を表示する項目があります。IWS940 が接続されていない場合には「接続なし」と表示されます。

また、筋電強度をリアルタイムで表示する項目があります。

さらに、閾値とヒステリシスを設定するためのテキストボックスがあります。このテキストボックスを書き換えることで、どの程度の筋電強度が検出されたら筋収縮とみなすか、を設定できます。

画面上の「接続」ボタンをクリックすると、IWS940 が接続されている仮想シリアルポートを選択するダイアログボックスが表示されます(図 5)。3.3 節で確認したポート名を選択して、「接続」ボタンをクリックしてください。

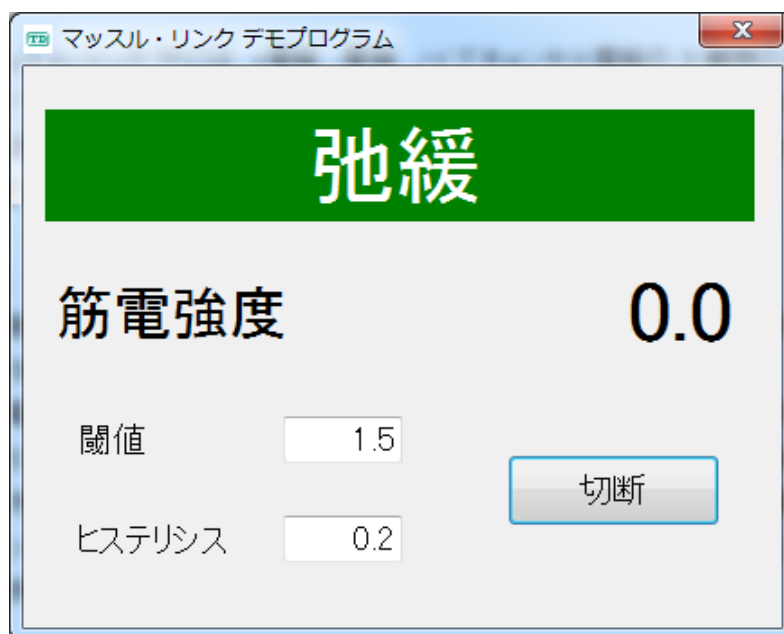


図 4 マッスル・リンク デモプログラム画面

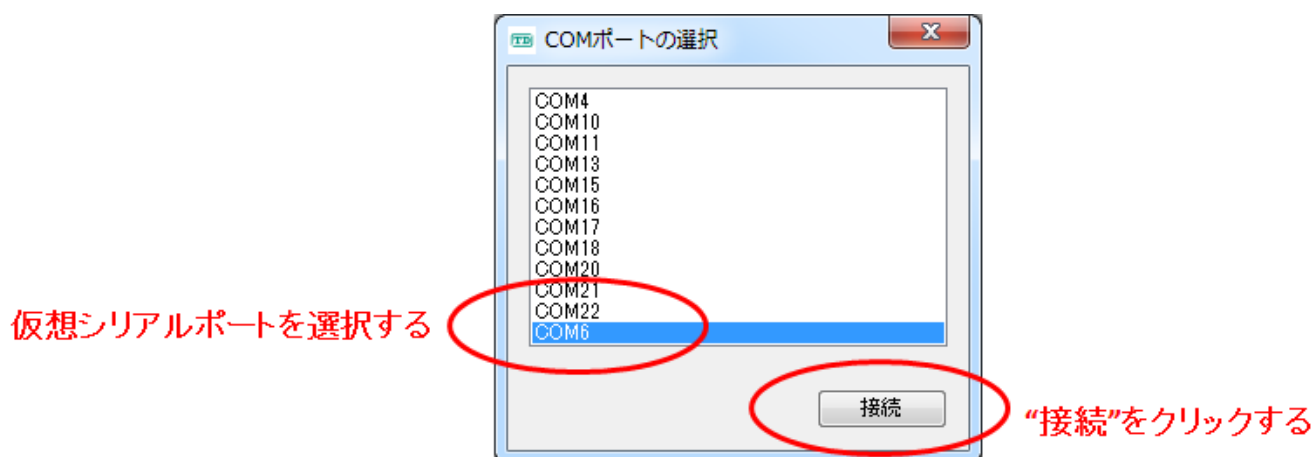


図 5 仮想シリアルポートの指定と接続

接続に成功すると、筋電強度の数値がリアルタイムに変動することが確認できます。取り付けられた電極付近の筋肉が収縮するような動作をすると、筋電強度が上昇し、逆に緩めると、筋電強度が下がれば、正常に動作しています。※筋電強度は常に微弱に変動していますので、完全に一定の値にはなりません。

数値の変動の範囲のおおまかな傾向がつかめたら、閾値とヒステリシスを設定します。

筋収縮のイベントは、筋電強度が「閾値＋ヒステリシス」を上回った場合に発生します。また、「閾値－ヒステリシス」よりも下回った場合に解除されます。例えば閾値 2.0 ヒステリシス 0.2 の場合、2.2 以上になると筋収縮イベントの発生とし、1.8 以下になると筋収縮イベントの終了とします。ヒステリシスは、ある閾値付近になると値がバタつくことによって何度もイベントが発生する現象を防止できます。

これらの値は、以降で述べる独自アプリケーション開発の際に有効です。



### 3.7. IWS940 本体から USB ケーブルが外れた時には

IWS940 本体と USB ケーブルは、力を入れて引っ張ると、取り外すことができます。通常は接続したままで問題ありません。USB ケーブルを本体から取り外して、ふたたび取り付ける際には、コネクタに挿入方向がありますので注意が必要です。USB コネクタと IWS940 本体との位置関係は図 2 の通りです。本体を LED がある側を上にしたとき、LED 側が黒色のケーブルになるように挿入してください。逆に接続すると動作しません。正常にコネクタが挿し込まれている場合には、IWS940 を USB ポートに接続した際に LED が 3 回点滅します。

## 4. 独自アプリケーションの開発

IWS940 は独自のアプリケーションを開発することを前提に設計されています。アプリケーションに開発するためには .NET コンポーネントをプロジェクトに追加する方法と、コマンドラインプログラムを外部プログラムとして呼び出す方法の 2 通りがあります。

### 4.1. .NET コンポーネント IWS940Component

IWS940Component は、Windows のプログラミングで一般的な .NET Framework のコンポーネントとして IWS940 の機能を実装したものです。特に、Microsoft Visual Studio® の統合開発環境があれば、フォームデザイナーを使用して、ボタンやテキストを配置するのと同じ感覚で IWS940 をアプリケーションに組み込むことができます。NET コンポーネントを呼び出すことができるすべての言語に対応します。

#### 4.1.1. IWS940Component のプロジェクトへの追加方法(C#.NET)

ここでは Visual Studio® 2010 と C# .NET を使用して IWS940 の機能をアプリケーションに追加する例を紹介します。その他の Visual Studio® の詳しい操作方法や、別の言語における .NET コンポーネントのプロジェクトへの追加方法については Visual Studio® に関する技術資料を参照してください。

最初に IWS940Component の実体である "IWS940Component.dll" ファイルを、独自アプリケーションのプロジェクトに追加する必要があります。C# のプロジェクトを新規作成するか既存のプロジェクトを開き、Visual Studio® の「プロジェクト(P)」メニューから「参照の追加(R)...」メニューを選択します。図 6 に示す「参照の追加」ダイアログが開きます。ここで「参照」タブを選択し、「IWS940Component.dll」ファイルの場所を指定してください。IWS940Component.dll ファイルは、SDK の "IWS940Component" フォルダにあります。

参照が正常に追加されると、図 7 の通り、Windows フォームをデザインする際に、IWS940Component をフォームに追加できるようになります。クリックして Windows フォームにコンポーネントを追加してください。コードから IWS940Component オブジェクトにアクセスできるようになります。

前述の「マッスル・リンク™ デモプログラム」は、IWS940Component を使用して実装されています。IWS940Component の組み込み・イベントの使用方法を理解するには、SDK の "IWS940Demo\_Source" フォルダに格納されているマッスル・リンク™ デモプログラムのソースコードを参照するのが最も簡単です。

なお、フォームデザイナーを使用せずに直接コードから IWS940Component を利用することも可能です。

## IWS940Component を使用する C# コードの例

```
IWS940Component iws940 = new IWS940Component();  
iws940.ThresholdLevel = 2.0; // 閾値の指定  
iws940.Hysteresis = 0.3; // ヒステリシスの指定  
// 筋収縮が発生した際のイベントハンドラを指定  
iws940.OnMuscleContracted +=  
    new System.EventHandler(this.OnMuscleContracted);  
iws940.Open("COM1"); // COM ポートを開く
```

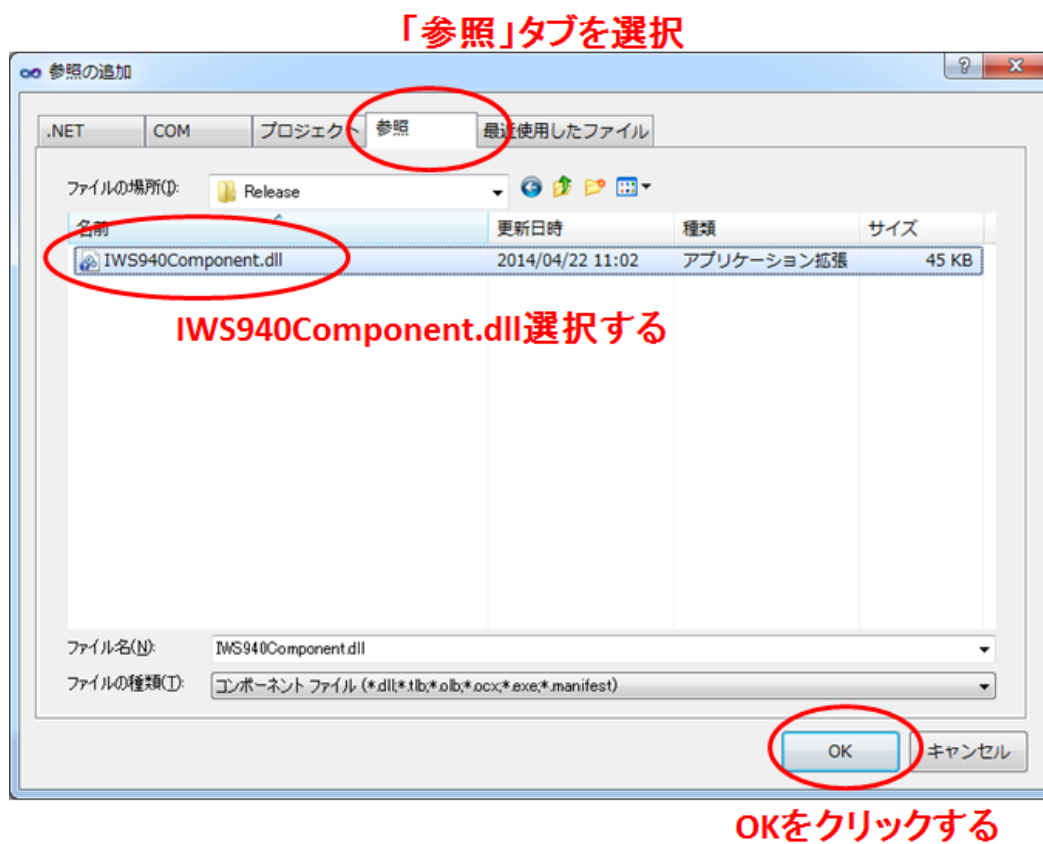


図 6 プロジェクトへの IWS940Component の追加

## IWS940Componentを選択する

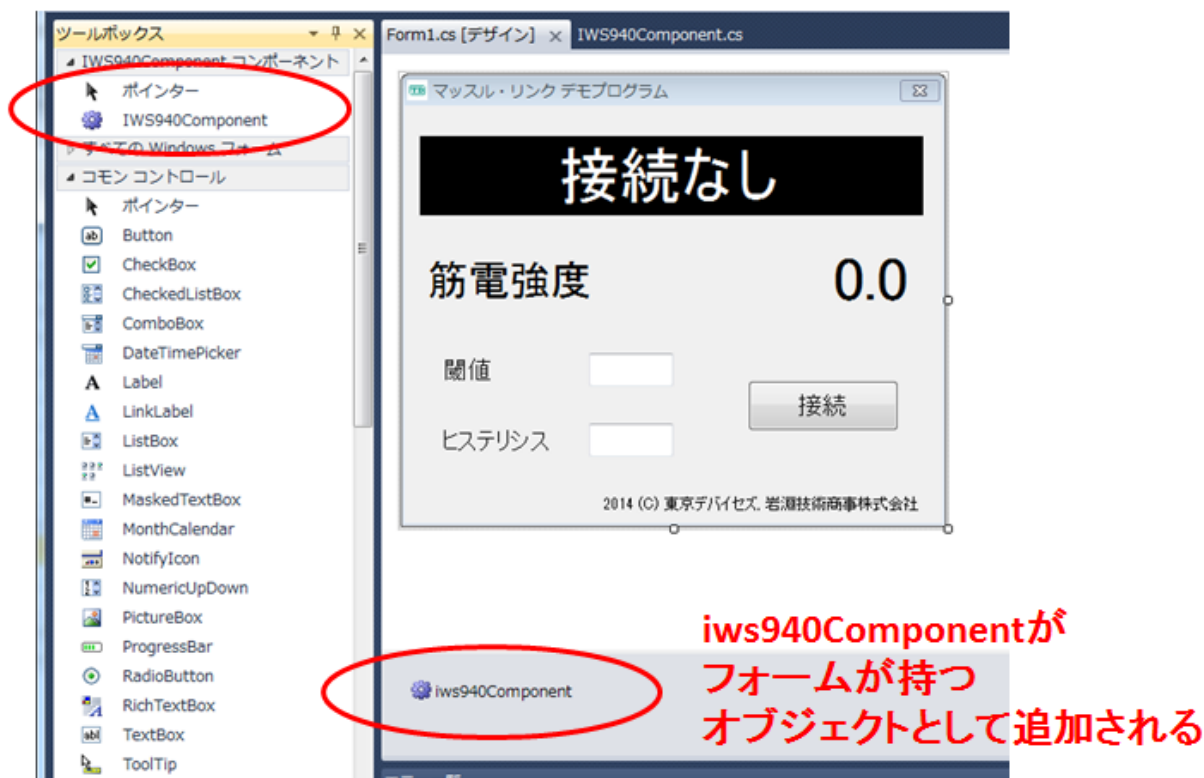


図 7 Windows フォームへの IWS940Component の追加

### 4.1.2. IWS940Component のプロパティ

表 1 に、IWS940Component のプロパティを示します。一部のプロパティはフォームデザイナーからはアクセスできませんので、コードから設定・取得してください。

表 1 IWS940Component のプロパティ

プロパティ名	意味	値
HamFilter	商用電源から得られるハムノイズを除去するフィルタの周波数を指定します。	HAM_50HZ(50Hz) HAM_60HZ(60Hz) HAM_NONE(フィルタなし)
HighPassFilter	筋収縮強度の算出に使用する周波数の下限を指定します。周波数を低くすると感度が増しますが、腕や体の揺れなどの外部の動きの影響を受けます。周波数を高くすると感度は落ちますが、外部の影響を受けにくくなります。	HPF_20HZ HPF_30HZ HPF_40HZ
ThresholdLevel	筋収縮のイベントを発生させる閾値を設定します。	正の実数
Hysteresis	筋収縮のイベントを発生させる閾値のヒステリシスを指定します。0 にするとヒステリシス無しになります。	正の実数
IsConnected	現在 COM ポートに接続されていれば true, そうでなければ false	bool 値
IsMuscleContracted	現在、筋収縮状態であれば true, そうでなければ false	bool 値

#### 4.1.3. IWS940Component のイベント

IWS940 から筋電強度を取得するには IWS940Component のイベントを実装します。

イベントには複数の種類があります。IWS940Component に閾値(ThresholdLevel)とヒステリシス(Hysteresis)を設定しておく、筋電強度の立ち上がり・立ち下がりに応じたイベントを発生させることができます。また、いったん閾値を超えて、その後下がった場合に、1回のイベントを発生させることもできます。

さらに、一定時間ごとに筋電強度の値を取得できるイベントがあります。詳しくは表 2 をご覧ください。

表 2 IWS940Component のイベント

プロパティ名	意味
OnRawValueRecieved	筋電強度の値が得られた際に定期的にコールされるイベントです。第 2 引数に double 型でその時点の筋電強度が渡されます。
OnMuscleContracted	筋収縮状態ではなく、かつ、筋電強度が閾値+ヒステリシスを超えた場合にコールされるイベントです。
OnMuscleRelaxed	筋収縮状態であり、かつ、筋電強度が閾値-ヒステリシスを下回った場合にコールされるイベントです。
OnMuscleAction	筋収縮状態になり、かつ、その後筋収縮状態ではなくなった時にコールされるイベントです。
OnDeviceConnected	IWS940 の接続が完了した時にコールされるイベントです。
OnDeviceClosed	IWS940 の切断が完了した時にコールされるイベントです。

#### 4.2. コマンドラインプログラム IWS940Command

IWS940Command は、IWS940 をコマンドラインや外部プログラムから制御するためのコンソールプログラムです。IWS940Command は IWS940 から得られる筋電強度をリアルタイムで標準出力に書き出します。データは、その時点の筋電強度を表す実数が 1 行ごとに書き出されます。出力周波数は 20.48Hz(周期約 49 ミリ秒)です。

標準出力を別のプログラムにリダイレクトすることで、標準入力を読み込むことができるほとんどのプログラミング言語から、筋電強度の取得が可能です。標準入力からのデータの読み込みについては各言語の技術仕様を参照してください。また、標準出力をファイルにリダイレクトして記録することで、筋電強度の時系列データとしてログを記録できます。

IWS940Commnad は、SDK の” IWS940Command”フォルダから入手できます。

#### コマンドの実行例

次のコマンドは、仮想シリアルポート”COM6”に接続し、商用電源のノイズフィルタ周波数を 50Hz とし、ハイパスフィルタの周波数を 40Hz に指定して、IWS940Command を起動します。コマンドの最後に[改行キー]を入力すると、すぐに筋電強度の出力が開始されます。1 行に 1 つの数値が表示されます。IWS940Command は、標準入力に何かキーを入力すると停止します。

```
> iws940command.exe /port COM6 /ham50 /hpf 40 [改行キー]
0.00
1.31
4.09
5.87
5.10
2.57
0.83
0.76
0.78
```

IWS940Command のオプションを表 3 に示します。

表 3 IWS940Command のオプション

オプション名	意味	値
/port [ポート名]	指定必須。IWS940 が接続されたシリアルポート(COM ポート)名を指定します。	文字列("COM1"など)
/ham50	50Hz の商用電源ノイズのフィルタを適用します。	なし
/ham60	60Hz の商用電源ノイズのフィルタを適用します。	なし
/hpf [周波数]	筋収縮強度の算出に使用する周波数の下限を指定します。周波数を低くすると感度が増しますが、腕や体の揺れなどの外部の動きの影響を受けます。(COM モジュールにおける HighPassFilter プロパティと同一です) 指定しない場合には 40Hz がデフォルト値です。	正の整数
/?	バージョン情報を表示します。	なし

#### 4.3. 筋電強度の解釈のヒント

IWS940Component や IWS940Command で取得される筋電強度は、筋電波形の周波数ごとのパワーや、周波数帯域ごとの密度など、複合的なパラメータを元に算出されています(アルゴリズムは非公開です)。

筋電強度は、筋肉の太さ、電極の位置のほか、その時の皮膚の発汗状態や電極との接触面の抵抗値などにより変化します。同じ人の同じような場所に電極を付けても、筋電強度の絶対値はまったく同じにはなりません。そのため、電極を取り付けた後に、力を完全に抜いた状態での平均値と、力をいっぱいに入れた状態の平均値を取得して、その時々での測定のバラつきを正規化するような手法が有効です。

また、筋電強度と実際の力の強さは通常線形(単純な比例関係)にはなりません。筋電強度と力の強さの相関関係を実験により求めることで、力に比例するようにプログラムで補正することも可能です。

なお、別売の IWS940 基板モジュール(IWS940-PCB)からは信号処理前の生の筋電波形を取得できます。組み込みに関する電子的な知識が必要ですが、より高度な統合が可能になります。

## 5. 関連製品

表 4 マッスル・リンク™ 関連製品

型番	名称	内容
IWS940-PCB	IWS940 汎用筋電センサ 基板モジュール JAN: 4560457400458	IWS940 基板のみ (ケース・コネクタ類なし)
IWS940-DEV	マッスル・リンク™ 筋電位センサ IWS940 開発キット JAN: 4560457400465	IWS940 本体(ケース・USB ケーブル 付), ディスポ電極 10pcs, 開発 CD
IWERD-R3	ディスポ電極パック JAN: 4560457400489	使い捨て電極 50 枚

※東京デバイセスの Web サイト(<http://tokyodevices.jp/>)より注文可能です。

※その他、いろいろな形状のプロブも取り扱っております。詳しくは web をご参照ください。

## 6. 仕様

表 5 IWS940 仕様

項目	説明
電源電圧	5V (USB バスより供給)
消費電流	約 60mA
絶縁・アイソレーション	1kVrms(設計値)
利得	744.192
帯域	20~250Hz
サンプリング周波数	1,638.4Hz
量子化ビット数	10bit
最小分解能	約 20 $\mu$ V
測定レンジ	5.375mVp-p
ハムフィルタ	50Hz, 60Hz デジタルハムフィルタ
ハイパスフィルタ	20Hz, 30Hz, 40Hz デジタル HPF
通信規格	シリアル(センサ対 USB ケーブル) 5V TTL レベル USB 1.1(USB ケーブル)
シリアル通信速度	38,400bps
USB 規格	USB 1.1

Rev 1.4 2021-9-3

SDK のダウンロード先について記載

Copyright © 2016-2021 東京デバイス株式会社 Tokyo Devices, Inc. All rights reserved.  
製品に関する技術的質問および取引に関するお問い合わせ: <https://tokyodevices.com/>