8. インタラクション技術の実践的開発プロセス

デザイン後送

この章では第4章で学んだWiimoteLibによる赤外線センサー機能をさらにすすめて、.NETによるマウス制御プログラム「WiiRemoteMouse」を開発します。実践的な開発プロセスを通して、応用できるWiiRemote利用インタラクティブ技術を体験し、次章の「演習問題」へのステップとします。

ところでマウスといえば、すでに第3章で「GlovePIE」を使って高機能なマウスをスクリプティングで実現しました。ここではこれをプロトタイプとして、.NET環境における高度なアプリケーション開発をステップを追って解説していきます。単にGlovePIEでできることを.NETに移植してもおもしろくないので、ここでは第4章では扱わなかった.NETの開発手法や独自クラスの作成、外部DLLの取り込み、グラフィックスやユーザビリティを向上させるチューニングなども実際の開発を通して解説します。

8.1 仕様と開発の流れの整理

今回開発するマウス操作プログラム「WiiRemoteMouse」で利用する基本技術の多くは、いままで学んだ技術の組み合わせです。最終的に、みなさんが新しい機能を追加したくなるようにできており、比較的大きなプログラムになっていくことでしょう。

第4章では、小さな機能の確認のために入り交じったコードを書いていましたが、このコーディングスタイルのまま大きなプログラムになっていくと、可読性が悪い、ごちゃ混ぜになったプログラムコードになっていくことが予想されます。このようなプログラムは俗称「スパゲティコード」と呼ばれます。個人での開発はともかくとして、チームでの開発においては、可読性やデバッグのしにくさから、プロジェクトの進行を困難にする原因にもなります。

今回取り組むWiiRemoteMouseのように、一気に書き上げることができない中・大規模のプログラムを開発するときは、まずはいったんプログラミングから離れ、やりたいことや実現したいインタラクション、課題など、「仕様」を簡単に書き出します。そこから実装する単位や順番を表などにまとめ、関数やクラスといったまとまった処理の単位で開発を進めていくと比較的うまくいきます。

初めて使う技術の開発であれば「行き詰まってから仕様を再考」という手法でもよいのですが、

今回はすでに「3.4　GlovePIEで作る『高機能マウス』」や「4.9　赤外線センサーを使う」において、基本となる技術は実験済みです。そのため、今回の「WiiRemoteMouse」の開発では、特に実装する機能と流れ、プライオリティ（優先順位）を、以下のようにまとめてみました。

表8-1　WiiRemote赤外線センサーによるマウス「WiiRemoteMouse」

プライオリティ	WiiRemote側入力	機能
1	赤外線とボタンの状態	フォームに描画
2	赤外線マーカーの移動	マウスポインタの移動
3	Aボタン	マウス左ボタン
4	Aボタン長押し	マウス右ボタン
5	バッテリー残量	LEDに電池残量レベル表示

もっと盛り込みたい機能もあると思います。たとえば、ランチャーやキー入力の代わりなど、すでに学習した機能を他のボタンに割り当ててみてもよいでしょう。表の下の方にプライオリティとともに書き足してみてください。この作業を一般的に「概要設計」といいます。どういうことがしたい、という「機能概要」を今のうちに設計しておきます。

実際に実装する機能とその順番が決まったので、次は処理の単位ごとに開発の流れを考えます。これを一般的には「計画」といいます。もちろん、初めて体験する人にとって、先のことは見通しがつかないので「いま想定している流れ」でかまいません。次のように書き出してみます。

1. プロジェクトの新規作成とフォームデザイン
2. 初期コードの作成
3. フォームのイベント処理
4. 赤外線のマウスカーソル移動
5. 押されたボタンに対する処理
6. ユーザーテストとフィードバック開発
7. フォームやLEDによる装飾

概要設計や計画をほんの少し意識する習慣をつけるだけで、プロジェクトの進行は大きく変わります。ここでは概要設計と簡単な計画を作成しました。ここに期日、見通しのついていない技術、実験と評価、設計の見直しなどを盛り込んでいくと、よりプロジェクトらしくなっていきます。概要設計をより詳細な画面イメージや機能、実装する上でのパラメータ、たとえば「長押し」が何秒押すことなのか、などを盛り込んでいくと「詳細設計」になります。

本書はWiiRemoteにおけるプログラミング解説とその独習が目的なので、ここまでのレベルに

とどめておきます。興味のある人は「プロジェクトマネジメント」について書店の実用書コーナーを探してみるとよいでしょう。プログラミングから業務のプロジェクトまでさまざまな実用書があるはずです（検定試験もあります）。実は、IT用語の「プロジェクトマネジメント」とビジネス

人間中心—インタラクティブ技術設計のヒント—

本書はプログラミングの本なのですが、「インタラクティブ技術」についても少しだけ深く、体系的に扱っています。

このセクションで行う「概要設計」とは、まさにインタラクティブ技術の核となる重要なポイントです。今回は「実装したい機能」を表に書き出して、プライオリティを付けるという方法を採用しましたが、これはすべての場合において推奨するやり方ではなく、むしろ「解説のために仕方なく」一般的なソフトウェア開発手法の流れをとりました。

インタラクティブ技術における概要設計に重要なことは「想像すること」です。機能的な制限や「WiiRemoteにこういう機能があるから……」といった「機能指向」（functionally-oriented）の設計ではなく、これから「開発する何か」（something）が、「どんな体験」（experience）をユーザーに与え、この体験を通して「どんな可能性」（possibilities）を感じて、「どんなリアクション」（reaction）につながるのか。まずは、ここに想像力を使う努力をしてください。つまり、時間をかけてください。

同じ分野で「ユーザーインタフェースデザイン」という考え方があります。人間中心デザイン（HCD：Human Centered Design）やユーザビリティ向上のための評価手法や設計手法などは、近年はWebやGUI（Graphical User Interface）のインタフェース設計などを中心に、以前よりもはるかに体系的に整備されてきています。たとえば国際標準規格「ISO13407」に「Human-centred design processes for interactive systems（インタラクティブシステムの人間中心設計過程）」として規定されています。

国際規格というと難しく感じるかもしれませんが、要は、上で書いたとおり、「機能ではなく人間中心」に考えることです。設計の初期で具体的なユーザーや、そこで起こりうる体験を「想像」し、そして実際に作ったモノとユーザーの状況を観察し、繰り返し設計を行う……というプロセスになります（これは「ユーザーテストとフィードバック開発」に含まれるプロセスです）。

こういったユーザーインタフェースデザインの改良を企業として実践し、成果を上げている企業もあります。こちらのWebサイトには、この話題に関して役に立ちそうな本がたくさん紹介されています。

ソシオメディア
URL https://www.sociomedia.co.jp/category/books

用語の「プロジェクトマネジメント」は、意味するところと扱う範疇がずいぶん異なるのですが、いずれにせよ、立ち読みしてみて役に立つ実用書なら、買って読んでみても損はないでしょう。

8.2 開発プロセス

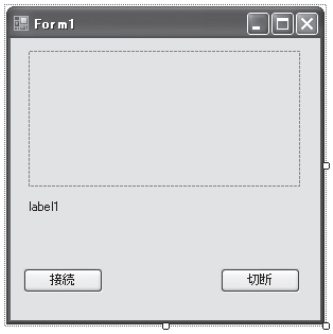
プロジェクトの新規作成とフォームデザイン

まずは復習もかねて、新しいプロジェクトを作成します。赤外線センサーの入力を受信してフォームに描画するプログラムを作りましょう。4.9節で紹介した赤外線4点検出による「座標の描画」プログラムをベースにして、改変してもよいのですが、復習もかねてポイントを流れで説明しますので、実際に手を動かしてみてください。

まず、C#.NET2008で新規プロジェクトを作成します。「Visual C#」→「Windowsフォームアプリケーション」でプロジェクト名を「WiiRemoteMouse」とします。ソリューションエクスプローラーにある「参照設定」を右クリックし、参照の追加で「最近使用したファイル」から「WiimoteLib.dll」（バージョン1.7.0.0）を選択します。

「表示」→「ツールボックス」を選び、「Form1」に対して2つのボタンを配置しTextプロパティを「接続」、「切断」とします。配置したボタン2つをそれぞれダブルクリックして、ボタンを押したときのイベントを自動生成します。また、「Form1」にPictureBoxを配置しサイズを「256, 128」に設定します。デバッグ用の文字列を表示する場所として「Label1」を配置します。

図 8-1　Form1 のデザイン例



まずは、スタート地点となる「最小の状態」になるまでコードを整理しましょう。コードの上で右クリックし「usingの整理」→「未使用のusingの削除」とすることで、using宣言にある必要のないクラスは削除することができます。必要なクラス「WiimoteLib」を書き足します。これを最初の一歩とします。

コード 8-1　C# 最小コード（Form1.cs）

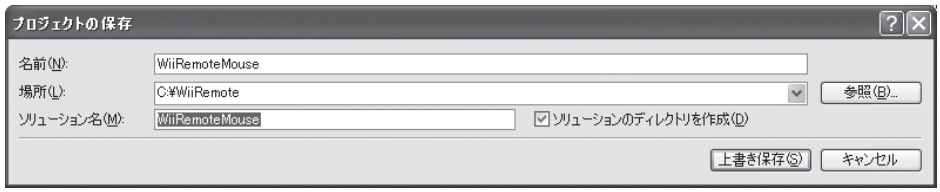
```
using System;
using System.Drawing;
using System.Windows.Forms;
using WiimoteLib;

namespace WiiRemoteMouse {
 public partial class Form1 : Form {
  public Form1() {
    InitializeComponent();
  }
  private void button1_Click(object sender, EventArgs e) {

  }
  private void button2_Click(object sender, EventArgs e) {
  }
 }
}
```

ここまでのステップで間違いは起きないはずですが、確認のため一度「F5」キーで実行しておく癖をつけておくとよいでしょう。正しくフォームが表示されたら終了し、プロジェクト全体を保存します。「ファイル」→「すべての保存」として「C:¥WiiRemote」にソリューション名「WiiRemoteMouse」で保存しましょう。

図8-2 「WiiRemoteMouse」という名前でプロジェクトを保存する



基本コードの作成

それでは、「4.9　赤外線センサーを使う」で開発したコードを参考にして、次のような基本コードを作成しましょう。

コード8-2 C# 基本コード（Form1.cs）

```
using System;
using System.Drawing;
using System.Windows.Forms;
using WiimoteLib;  //WimoteLibの使用を宣言
namespace WiiRemoteMouse {
 public partial class Form1 : Form {
  Wiimote wm = new Wiimote();      //Wiimoteクラスを作成
  Boolean isConnected = false;     //WiiRemoteが接続されたか
  public Form1()  {
    InitializeComponent();
   //他スレッドからのコントロール呼び出し許可
   Control.CheckForIllegalCrossThreadCalls = false;
  }
  //WiiRemoteの状態が変化したときに呼ばれる関数
  void wm_WiimoteChanged(object sender, WiimoteChangedEventArgs args) {
    WiimoteState ws = args.WiimoteState;  //WiimoteStateの値を取得
    DrawForms(ws); //フォーム描写関数へ
  }
  //フォーム描写関数
  public void DrawForms(WiimoteState ws) {
    //グラフィックスを取得
    Graphics g = this.pictureBox1.CreateGraphics();
    g.Clear(Color.Black);//画面を黒色にクリア
    g.Dispose();//グラフィックスの解放
  }
  //接続ボタンが押されたら
```

次ページにつづく

```
  private void button1_Click(object sender, EventArgs e) {
    wm.Connect();                                  //WiiReoteの接続
    wm.WiimoteChanged += wm_WiimoteChanged;  //イベント関数の登録
    //レポートタイプの設定
    wm.SetReportType(InputReport.IRAccel, true);
  }
  //切断ボタンが押されたら
  private void button2_Click(object sender, EventArgs e) {
    wm.WiimoteChanged -= wm_WiimoteChanged; //イベント関数の登録解除
    wm.Disconnect();  //WiiRemote切断
    wm.Dispose();     //オブジェクトの破棄
  }
 }
}
```

コンパイルして動作確認します。Form1の冒頭でWiiRemoteの接続状態を管理する変数「Boolean isConnected」を宣言しています。今回、レポートタイプは「IRAccel」、つまり「赤外線＋加速度センサー」とします。「IRExtensionAccel」でもよいのかもしれませんが、ここでは拡張端子を使う予定はありませんので、最適なモードを選択しておきましょう。

コードのブロック化と関数化

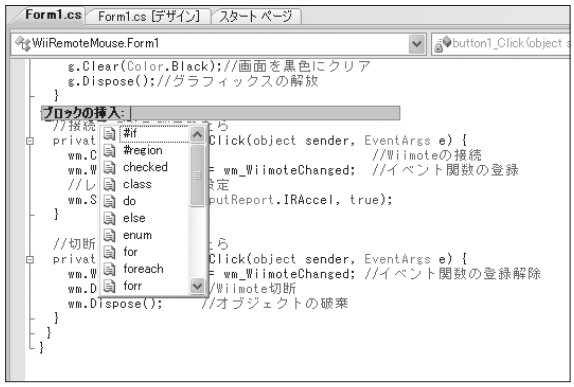
ここで、今後大規模になっていくであろう、このプログラムの全体の構造を整理しておきたいと思います。この段階でのコーディングは、初期化など基本的なところにとどめ、個々の機能の実装に入る前に一拍おくことにしましょう。

POINT ▶▶▶ ディープなコーディングを始める前に、簡単なコメントを書いておくことが大事です。さらに事前に「こういう機能を実装したい、する予定」というブロックや関数にまとめておくことで、全体の見通しを良くします。

regionによる処理のブロック化

まず、処理のブロック化を学びましょう。Visual Studioでは、プログラムコード中に「#region ～#endregion」と書くことで、コードをブロック（=ひとつのカタマリ）ごとに分けることができます。このブロックごとに、Visual Studioコードエディタのアウトライン機能を使用して、展開や折りたたみができるようになります。

図8-3 「ブロックの挿入」から#region



使い方も簡単で、ブロックを挿入したいプログラムの行で右クリックして「ブロックの挿入」で「#region」を選択するだけです。ここでは上記の基本コードにおける、フォームの接続ボタンと切断ボタンのブロックに対して「フォームのボタン処理（接続・切断）」という名前をつけましょう。「#region」を選んで、名前をつけます。

「ブロックの挿入」を選び、何も設定しないと次のようなコードが挿入されます。

```
#region MyRegion

#endregion
```

名前をつけ間違えても、場所を間違えても問題ではありません。「#region」はあくまでC#のプログラムに書かれた「補足的な情報」であり、ビルド時、最終的には無視されるので、気軽に使っていいのです。

では、「フォームのボタン処理（接続・切断）」をまとめるために正しい場所に書いてみましょう。

コード8-3 C# 「フォームのボタン処理（接続・切断）」のブロック化（Form1.cs）

```
#region フォームのボタン処理（接続・切断）
//接続ボタンが押されたら
private void button1_Click(object sender, EventArgs e) {
  wm.Connect();                                  //WiiRemoteの接続
  wm.WiimoteChanged += wm_WiimoteChanged;  //イベント関数の登録
  //レポートタイプの設定
  wm.SetReportType(InputReport.IRAccel, true);
}
```

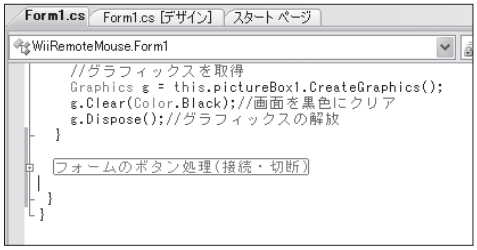
次ページにつづく

```
    //切断ボタンが押されたら
    private void button2_Click(object sender, EventArgs e) {
      wm.WiimoteChanged -= wm_WiimoteChanged; //イベント関数の登録解除
      wm.Disconnect();  //WiiRemote切断
      wm.Dispose();     //オブジェクトの破棄
    }
    #endregion

  }
}
```

表示を折りたたむには、コードの左側（行頭）にある小さな「－」をクリックすると、コードブロックを隠すことができます。

図 8-4　コードブロックを折りたたんだところ



なお、「#endregion」を挿入する場所に注意してください。近所にある「}」（関数の終わり）の位置を間違えてもプログラムは動きますし、コードブロックを折りたたむときも全くエラーは起きませんが、自分があとでコードを読むときに大変なので、習慣として気を遣いましょう。

処理の関数化

ブロック化の基本を学んだら、次はWiiRemoteの状態が更新されたときに呼ばれるコールバック関数「wm_WiimoteChanged()」を、これから実装する処理の単位でブロックに分解していきます。それぞれの機能単位で関数を作り、ブロックと空（カラ）の関数を用意しておきます。コード8-4の通りにコードをブロック化してみてください。

コード 8-4　C# プログラムの関数化とブロック化（Form1.cs）

```
＜前略＞
#region WiiRemoteの状態が変化したときに呼ばれる関数
  void wm_WiimoteChanged(object sender, WiimoteChangedEventArgs args) {
    if (isConnected == true) {
      WiimoteState ws = args.WiimoteState;  //WiimoteStateの値を取得
      DrawForms(ws);  // フォーム描画関数へ
      IR_Cursor(ws);  // 赤外線でマウスカーソル移動
      Events(ws);     //ボタンイベント処理(ダミー関数)
      EffectsOut(ws); // LED・装飾
      } else {
      //切断
       this.wm.SetLEDs(0);       // LED消灯
       this.wm.SetRumble(false); // バイブレーター停止
       this.wm.Disconnect();     // WiiRemoteと切断
       this.wm.Dispose();        // オブジェクトの廃棄
    }
  }
#endregion

#region ボタンイベント開発用
public void Events(WiimoteState ws) {
}
#endregion

#region フォーム描画関数
  public void DrawForms(WiimoteState ws) {
    //グラフィックスを取得
    Graphics g = this.pictureBox1.CreateGraphics();
    g.Clear(Color.Black);//画面を黒色にクリア
    g.Dispose();//グラフィックスの解放
  }
#endregion

#region 赤外線でマウスカーソル移動
  public void IR_Cursor(WiimoteState ws)
  {
  }
#endregion

#region LED・装飾
  public void EffectsOut(WiimoteState ws) {
  }
#endregion

#region フォームのボタン処理(接続・切断)
＜以下略＞
```

「人間中心コーディング」を料理にたとえると……

ゲーム開発などにも代表される多くのインタラクション技術を使ったプログラムは「スパゲティコード」になりがちです。書いた本人に聞くと、主な理由は「(これに関して) 教科書とかないし……」という回答が多いのですが、前のコラムでも紹介したとおり、教科書はたくさん出ています。

ポイントは「ユーザーインタフェースデザインには開発のループがある」ということを見極めているかどうか、かもしれません。操作感や体験の印象に直結する「人間中心」の機能を実装するので、コーディング→テスト→チューニング→追加機能というループの中に「人間中心」が入ってきます。

このように、インタラクティブ技術とは「人間」が間に入る技術です。そのため、「機能」が中心になる業務アプリケーションの一般的な開発手法のように「これだ」と決め打ちで仕様を作り、その通りに作ればいいというわけではありません。実際にでき上がったものを人間が触って、そこからもう一度、理想的なインタラクションになるよう、レビューと設計、フィードバックを繰り返さなければ、完成度の高い体験や表現したい世界はなかなか伝わりません (とはいえ、業務アプリケーションにも「銀行のATM」のように人間中心で考えるべき要素は多分にあります)。何となくプログラミングしていると自然とスパゲティ化するインタラクション技術を、混乱なくコードに落とし込めるよう、本書ではうるさいいぐらいに丁寧に説明しています (中級プログラマにとっては回りくどく感じることでしょう！)。

本書で解説しているコーディングスタイルも「完璧」というものではありませんし、ここで解説しているブロック化やクラス化も、ただ分割すればいいというものでもありません。

少なくとも1ついえることは、このようなインタラクション開発プロジェクトの見通しを良くするには、一気に作ったスパゲティを「茹で続ける」よりも、実現したい機能を空のまま配置して、1つひとつ実験と評価をしながら順に解決していく方法が役に立つ、ということです。ちょうどコース料理の「皿の構成」を先に考えて、そこから「どういう順番で料理するべきか？」を考えるようなものでしょう。場合によっては、コースの途中でお客さんの反応を見て料理を差し替えることも考えなければなりません。

そういう意味では、ユーザーに対して「いま作るべき料理は、スパゲティかコース料理か？デザートはあるのか？」を、まず作り手が理解している必要があります。ここに時間を割かないと、スパゲティどころか、お客さんの顔も見ないで突然「ドンブリに盛った闇鍋」が出てくることになってしまうかもしれません。

空の関数を書くのは不安があるかもしれませんが、これでも問題なくビルドは通ります。確認しておきましょう。

途中「Events(ws);」について「ダミー関数」とコメントしておきました。これはWiiRemoteが持つそれぞれのボタンイベントを処理する関数を想定しています。あとあと大規模になることが予想されるのと、クラスとして再利用できそうなので、Form1.csではなく、別に新しいクラスオブジェクトを作成して実装する予定です。今の段階では、「別クラスにしたらいいか、見通しつかないよ！」という状態なので「Events()」という仮の関数で実装し、あとで別のクラスに移植していきます。

「#region」を使うことで、コメントと統合できて見やすくなりました。Visual Studioでは関数単位も行頭にある「－」をクリックすることで隠すことができますが、本章の以降の解説ではブロック単位で解説するので、#region～#endregionの位置はしっかり設定しておいてください。

フォームのボタン処理

ブロック化することでコードが見やすくなりました。しかし、この状態でプログラムを実行すると、さまざまな不具合が残っているはずです。あわてず、1つずつ片付けていきましょう。

まずは、プログラムが起動したあとのフォームのイベント処理を整理しながら実装していきましょう。現在の状態では、WiiRemoteへの「接続」と「切断」が丁寧ではないので、「isConnected」というbool型の変数を用意して、接続状態を管理していきます（WiimoteLibにもこれにあたるプロパティがあってもよさそうなものなのですが、現状のWiimoteLibの設計では個々のアプリケーション側で実装するほうがよさそうです）。

コード8-5　C# フォームのボタン処理（Form1.cs）

```
#region フォームのボタン処理（接続・切断）
  //接続ボタンが押されたら
  private void button1_Click(object sender, EventArgs e) {
   if (this.isConnected == false) {
    this.wm = new Wiimote(); //WiiRemoteの初期化
    this.wm.Connect();       //WiiRemote接続
    this.wm.SetReportType(InputReport.IRAccel, true); //リポートタイプの設定
    this.wm.SetLEDs(0); //LED を消す
    this.wm.SetRumble(false); //バイブレータストップ
    this.button1.Enabled = false;  //接続ボタンを無効
```

次ページにつづく

```
    this.button2.Enabled = true;    //切断ボタンを有効
    this.wm.WiimoteChanged += wm_WiimoteChanged; //コールバックを登録
    this.isConnected = true; //接続状態をtrue
   }
  }

  //切断ボタンが押されたら
  private void button2_Click(object sender, EventArgs e) {
   if (this.isConnected == true) {
    this.wm.WiimoteChanged -= wm_WiimoteChanged;  //コールバックを削除
    this.button1.Enabled = true;  //接続ボタンを有効
    this.button2.Enabled = false;  //切断ボタンを無効
    this.isConnected = false; //接続状態をfalse
   }
  }
#endregion
```

フォームのボタンが押されると「isConnected」を確認し、もしまだ接続されていないなら、接続処理、リポートタイプの設定、そしてコールバック関数を登録して、変数「isConnected」をtrueにします。

同様に、「切断」ボタンが押されたときはすでに接続されているWiiRemoteオブジェクト（wm）に登録されたコールバック関数を削除しています。

フォーム上の「接続」や「切断」ボタンは「Enabled=false」とすることで無効化、つまり「押せない状態」にすることができます。このようにどちらかを押すと、どちらかの値が排他的に変わる、部屋の照明のようなボタンを「トグル」（toggle）といいますが、それをソフトウェアで実装していることになります。

図8-5　フォームボタンのトグル化（「接続」を押すことができない状態）

「はじまり」と「おわり」をワンセットに

本書では原理や動作を中心に解説しているので、ユーザーの不意の終了やWiiRemoteの電池切れ、その他エラー処理などは(要所要所で説明してはいますが)完全には扱い切れていません。みなさんがフリーウェアなど、自分のプログラムを「幅広い、誰か」に使ってもらうには、このあたりに特に気を遣ったほうがよいでしょう。

習慣として「初期化〜終了」、「オブジェクトの追加〜削除」はワンセットでコーディングしていくと思わぬミスの軽減に役立ちます。特にC#の場合は、ユーザーフレンドリーに設計された言語環境なので、削除を自動で実施してくれる仕組みがあります。意識して使うことができればエレガントなのですが、逆に「作りっぱなし、削除は……何だっけ?」というプログラミングスタイルが板につくと、オブジェクトのスコープ(生存期限)が見えづらくなり、プログラムの動作自体は完成しているのに、残存するオブジェクトのおかげで実行時に不明のエラーが起きたり、長時間起動しておくとメモリリーク(メモリ漏れ)を起こし挙動が突然遅くなったり、クラッシュしたりする、「あとあと手のかかるプログラム」を生み出すことになります。

特にオブジェクトの終了や破棄は忘れがちです。WiimoteLibのように誰かが作ったライブラリの場合は単に「終了」というAPIがあっても、内部で何をやっているかわからない場合もあります。コーディングの流れ上「いまここで終了していいかわからない」といったときもあるでしょう。そんなときは「//To俺:ここで破棄?」など「未来の自分」宛にコメントを入れておくことで、後々のコード整理のときに役に立ったりします。

赤外線センサーによるマウスポインタ移動

次は、赤外線センサーを利用して、マウスポインタを動かす部分の実装をします。いきなりマウスを動かす部分を実装してもいいのですが、赤外線の状況が見えないと開発が難航するので、まずはフォーム描画関数「DrawForms()」に手を加えて赤外線がWiiRemoteの視界に入ったら、グラフィックスと文字で測定値を表示するようにします。

コード8-6　C# フォーム描画関数DrawForms(Form1.cs) [C#]

```
#region フォーム描画関数
  public void DrawForms(WiimoteState ws) {
    //グラフィックスを取得
```

次ページにつづく

```
    Graphics g = this.pictureBox1.CreateGraphics();
    g.Clear(Color.Black);//画面を黒色にクリア
    //もし赤外線を１つでも発見したら
    if (ws.IRState.IRSensors[0].Found){
      //赤色でマーカ0を描画
      g.FillEllipse(Brushes.Red,
        ws.IRState.IRSensors[0].Position.X * 256 ,
        ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y * 128 , 5, 5);
      //青色でマーカ1を描画
      g.FillEllipse(Brushes.Blue,
        ws.IRState.IRSensors[1].Position.X * 256,
        ws.IRState.IRSensors[1].Position.Y * 128,  5, 5);
    }
    g.Dispose();//グラフィックスの解放
    label1.Text = "IR[0] " + ws.IRState.IRSensors[0].RawPosition.ToString()
+ "\nIR[1] " + ws.IRState.IRSensors[1].RawPosition.ToString();
  }
#endregion
```

赤と青、2つのポインタを小さめに表示しています。フォームの「label1」に表示されるテキストや座標の方向など、「見え方」についてはお好みで改良していただいてかまいませんが、最後に「装飾」として大幅拡張する予定です。このステップではあまり気にせず、先に進みましょう。

次はマウスポインタを赤外線で動かせるようにします。まず、初期化コードの中に、変数「ScreenSize」を追加します。

コード8-7　C# 初期化コードにScreenSizeを追加（Form1.cs）

```
  Wiimote wm = new Wiimote();       //Wiimoteクラスを作成
  System.Drawing.Point ScreenSize; //|画面サイズを格納
  Boolean isConnected = false;      //WiiRemoteが接続されたか
```

次に、関数「IR_Cursor」を実装します。これは赤外線の位置に合わせて、マウスポインタを移動させるコードです。

コード8-8 C# 赤外線でマウスカーソルを移動（Form1.cs）

```
#region 赤外線でマウスカーソル移動
  public void IR_Cursor(WiimoteState ws){
    ScreenSize.X = Screen.PrimaryScreen.Bounds.Width;  //画面サイズ横幅
    ScreenSize.Y = Screen.PrimaryScreen.Bounds.Height; //画面サイズ縦幅
   //もし赤外線を1つ発見したら
   if (ws.IRState.IRSensors[0].Found) {
    //赤外線座標(0.0～1.0)を画面サイズと掛け合わせる
    int px = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.X * ScreenSize.X);
    int py = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y * ScreenSize.Y);
    //X座標を反転させる
    px = ScreenSize.X - px;
    //マウスカーソルを指定位置へ移動
System.Windows.Forms.Cursor.Position = new System.Drawing.Point(px, py);
   }
  }
#endregion
```

取得した赤外線マーカーの1個目のX、Y座標をマウスカーソルの位置に設定しています。マウスカーソル位置を変更するため、System.Drawingに用意されている2次元の点を扱う型Point(px,py)をSystem.Windows.Cursor.Poitionに代入しています。

さっそく実験してみましょう。WiiRemoteをBluetoothスタックに接続し、センサーバーなどの赤外線光源を準備してから「F5」キーを押してデバッグ開始します。表示されたフォームの「接続」ボタンを押し、問題なく接続されたら、WiiRemoteを赤外線光源に向けてください。

少なくとも1点でも赤外線が検出されるとフォーム内に赤いマーカーが表示され、Windowsのマウスカーソルが手の動きに沿って移動します（右に動かせば、右にマウスカーソルが動くはずです）。赤外線を検出している間は、PCに接続されているマウスを触っても思い通りに動かすことはできません。

なお、実行時にマウスカーソルがバタバタする場合があります。赤外線センサーの状態や複数のマーカーがWiiRemoteの視界に入っていることに起因する不安定な検出状態によるものです。WiiRemoteとセンサーバーとの距離を2m程度まで離してみたりすると安定しますが、後ほどコードの見直しとチューニングを実施しますので、特に今は気にしなくてもよいでしょう。

終了する場合は、赤外線を検出しないようにする（センサー部分を下にして立てるとお洒落です）と、マウスの制御が戻ります。「切断」ボタンを押してから終了させてください。マウスカーソルに頼らず、「TAB」キーを数回押し、「Enter」キーで「切断」を入力することでも、簡単に終了することができます。

ボタンイベントの検出

次はボタンイベントです。先ほど空にしておいたボタンイベントを処理するダミー関数「Events()」を実装していきましょう。

ボタンイベントと簡単にいっても、WiiRemoteにはボタンがたくさんあります。マウスやWiiRemoteについているデジタル入力ボタンには、次の３つの状態があります。

表8-2　デジタル入力ボタンの３つの状態

状態	概要
DOWN	ボタンを押した状態（Push）
HOLD	DOWN後、ボタンを押したままにしている状態（Press）
UP	ボタンを離した状態（Release）

これらを内部できっちり処理しないと、ダブルクリックなどを検出するのは難しくなります。概要設計に従って、WiiRemoteの「A」ボタンに対して、次のマウス動作を割り当てることにします。

- Aボタンが押されると（DOWN）、マウスの左クリックを発行します
- Aボタンが長押しされると（HOLD）、マウスの右クリックを発行します
- Aボタンが離されると（UP）、マウスボタンを押していない状態にします

「長押し（HOLD）」は１秒間押しっぱなしにすること、としておきましょう。

メッセージボックスを使ったテスト

まずは、確実に長押しイベントが拾えるようにメッセージボックスを使って確認します。

コード8-9　C# Aボタン HOLDによるメッセージボックスの表示（Form1.cs）

```
＜初期化部分に追加＞
//ボタンイベント開発用
  bool isDown;
  int StartTime, PressTime = 1000;
  string State = "";
＜中略＞
#region ボタンイベント開発用
public void Events(WiimoteState ws) {
 if(ws.ButtonState.A) {
  if (isDown == false) {
   //もしも初めてボタンが押されたとき
   StartTime = System.Environment.TickCount; //押された時間を記録
   State  = "DOWN"; isDown = true;
  } else {
   //押されている時間がPressTimeより長ければHOLD
   if ((System.Environment.TickCount - StartTime) >= PressTime) {
    State = "HOLD";  //押され続けている
    //メッセージボックスを表示
    MessageBox.Show(State);
   }
  }
 } else {
  if (isDown == true) {     //ボタンが離された
    State = "UP";  isDown = false;
  }
 }
}
#endregion
```

この段階でテストをしてみましょう。プログラムを起動して接続し、Aボタンを押したままにして1秒待つと、「HOLD」と書かれたメッセージボックスが表示されます。

図8-6　Aボタンを長押しするとメッセージボックスが表示される

MessageBox.Show()で利用できるメッセージボックスは、この種のデバッグや開発に非常に役に立ちます。ここではもう確認が終わったので、この行はコメントアウトもしくは削除してしまって問題ありません。

デバッグテクニック

プログラムの動作を確かめるために、デバッグが必要になることがあります。Visual Studioの標準機能では「F9」キーを押すことでブレークポイントを挿入できます。しかしプログラムを止めるまでもなく、ちょっとした値を見たいときなどもあります。

今回紹介したメッセージボックス以外のテキスト表示の方法として、C#では「Console.WriteLine()」を使ってメッセージを出力することができます。この出力結果はVisual Studio上の標準出力「表示」→「出力」で見ることができます（なお、同様の関数がC++にもありますが、なぜかVisual C++上で出力ウィンドウを見ても出力されないようです）。

このようなちょっとしたテクニックは知っていると便利です。ただし実行時はパフォーマンス低下を生む場合もあるので、最終的なバージョンでは忘れずにコメントアウトしておくか、「#if DEBUG ～ #endif」ディレクティブを使うことでデバッグ版だけコードを活かすこともできます。

デバッグテクニックは、インタラクションを向上させるためのこまめな実験や評価、チューニングに非常に役に立ちます。

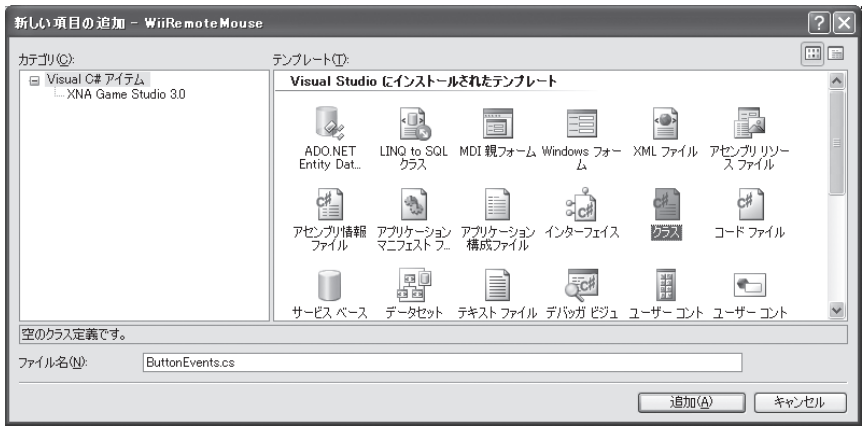
ボタンイベント処理のクラス化

続いて、WiiRemoteのボタンダウンに合わせて、マウスボタンのイベントを発行します。プログラムが長くなってしまうので、これからボタンイベントの検出を別の.csファイルの別クラスに移植します。

新しいクラスの追加

まずVisual Studioの「プロジェクト」から「新しい項目の追加」（「Ctrl＋Shift＋A」）を行います。

図8-7　新規クラス「ButtonEvents.cs」の追加



「テンプレート」で「クラス」を選び、ファイル名を「ButtonEvents.cs」として「追加」を押します。プロジェクトエクスプローラーに「ButtonEvents.cs」が追加され、以下のような初期コードが表示されるはずです。

コード8-10　C# 初期コード（ButtonEvents.cs）

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
namespace WiiRemoteMouse
{
  class ButtonEvents  {
  }
}
```

このままでは何も起きないので、今までコーディングの中心になっていた「Form1.cs」からEvents() 関数のコードと変数を移植します。usingを整理し、「#region」と「#endregion」も忘れずに記述しておきましょう。

コード8-11　C# Form1.csから移植したコード（ButtonEvents.cs）

```
using WiimoteLib;

namespace WiiRemoteMouse
{
 class ButtonEvents {
  bool isDown;
```

次ページにつづく

```
  int StartTime, PressTime = 1000;
  string State = "";
#region ボタンイベント処理
  public void Events(WiimoteState ws) {
   if (ws.ButtonState.A) {
    if (isDown == false) {
     //もしも初めてボタンが押されたとき
     StartTime = System.Environment.TickCount; //押された時間を記録
     State = "DOWN"; isDown = true;
    } else {
    //押されている時間がPressTimeより長ければHOLD
     if ((System.Environment.TickCount - StartTime) >= PressTime) {
      State = "HOLD";  //押され続けている
      //メッセージボックスを表示(確認用)
      System.Windows.Forms.MessageBox.Show(State);
     }
    }
   } else {
    if (isDown == true) {    //ボタンが離された
     State = "UP"; isDown = false;
    }
   }
  }
#endregion
 }
}
```

移植したコードはForm1.csから削除、もしくはコメントアウトします。

コード8-12　C# Form1.csの変更部分

```
<前略>
namespace WiiRemoteMouse {
 public partial class Form1 : Form {
  Wiimote wm = new Wiimote();      //Wiimoteクラスを作成
  ButtonEvents wbe = new ButtonEvents(); //ボタンイベントクラスを作成
<以下の初期化は削除してかまいません>
/*
//ボタンイベント開発用
  bool isDown;
  int StartTime, PressTime = 1000;
  string State = "";
*/
<ここで関数名の前にクラス名「wbe.」を追加します>
      wbe.Events(ws); //ボタンイベント処理
<以下略>
```

この段階で必ず動作試験を行ってください。Aボタンを長押しすると、メッセージボックスが表示されるはずです。

「ButtonEvents wbe = new ButtonEvents();」によってwbeというクラスを新規作成し、移植した関数（メソッド）「wbe.Events(ws);」をボタンイベントの処理として呼んでいます。

このように、ソースコードを移植した後も問題なく実行できれば、複数のクラスをまたがるプログラムの作成に成功したといえます。

これで、ボタンイベント部分を別のクラスが記述されたソースコード「ButtonEvents.cs」に分けることに成功しました。今まではすべてForm1.csのForm1クラスに記述していたのですが、プログラムが巨大になるときや複数のプログラマによるチームで開発するときには、適切なタイミングでクラスやファイルを分けていくことが重要です。

DLLインポートによるWin32APIの利用

次は、WiIRemoteのボタンが押されたときに、マウスボタンのクリックイベントが発行されるべきパートのコードを書いていきます。この「マウスボタンイベントの発行」は単にマウスカーソルを動かすときと異なり、少々複雑になります。

まず.NET Framework3.5ではマウスカーソルの位置は変更できても、クリックするイベントを発行できるAPIが用意されていないようです。そこで旧来から存在するWin32プラットフォームSDKのWindowsユーザーインタフェースサービス「user32.dll」というDLLに含まれる「SendInput()」というAPIとSendInput()のための構造体を取り込むことで、この機能を実現します。

DLLインポートと構造体は、ある程度形式に沿った記述が必要です。ここでは「SendInput()」というAPIを取り込み、その関数の引数となる構造体「INPUT」とINPUTが利用するマウスイベントの詳細を記述する構造体「MOUSEINPUT」を取り込みます。

コード8-13　C# ButtonEvents.csへのDLLインポート

```
using WiimoteLib;
//DllImportに必要なusingを追加
using System;
using System.Runtime.InteropServices;
namespace WiiRemoteMouse {
 class ButtonEvents {
  bool isDown;
```

次ページにつづく

```
  int StartTime, PressTime = 1000;
  string State = "";
#region DLLインポート
  [DllImport("user32.dll")]  //DLL読み込み
  extern static uint SendInput(uint nInputs, INPUT[] pInputs, int cbSize);
  [StructLayout(LayoutKind.Sequential)]
  struct INPUT  {
    public int type;
    public MOUSEINPUT mi;
  }
  [StructLayout(LayoutKind.Sequential)]
  struct MOUSEINPUT  {
    public int dx;
    public int dy;
    public int mouseData;
    public int dwFlags;
    public int time;
    public IntPtr dwExtraInfo;
  }
#endregion
<以下略>
```

この構造体はWin32（C++）のヘッダファイルである「WinUser.h」に記述されているものです。多少面倒ですが、間違えずに記述してください。なお、この構造体の定義をおろそかにすると、SendInputが正しく動いてくれません。

C#でマウスに希望のイベントを発行するときは、以下のようにしてイベントを送信します。

```
input[0].mi.dwFlags = 0x0002;                    //左マウスダウン
SendInput(1, input, Marshal.SizeOf(input[0]));  //マウスイベントを送信
```

「Marshal」はアンマネージコードのメモリ割り当てのためなどに用意されたクラスです。DLLと構造体のインポートは記述さえ間違えなければ、特に気負う必要はありません。そのまま、続くボタンイベントの実装を行いましょう。

コード8-14 C# ボタンイベントへの実装（ButtonEvents.cs）

```
#region ボタンイベント処理
  public void Events(WiimoteState ws) {
   INPUT[] input = new INPUT[1];  //マウスイベントを格納
   if (ws.ButtonState.A) {
    if (isDown == false) {
     //もしも初めてボタンが押されたとき
     StartTime = System.Environment.TickCount; //押された時間を記録
     State = "DOWN"; isDown = true;
     input[0].mi.dwFlags = 0x0002;                    //左マウスダウン
     SendInput(1, input, Marshal.SizeOf(input[0])); //イベントを送信
    } else {
    //押されている時間がPressTimeより長ければHOLD→右クリック
     if ((System.Environment.TickCount - StartTime) >= PressTime) {
      State = "HOLD";  //押され続けている
      input[0].mi.dwFlags = 0x0008;                    //右マウスダウン
      SendInput(1, input, Marshal.SizeOf(input[0])); //イベントを送信
     }
    }
   } else {
    if (isDown == true) {     //ボタンが離された
     State = "UP"; isDown = false;
     input[0].mi.dwFlags = 0x0004;                    //左マウスアップ
     SendInput(1, input, Marshal.SizeOf(input[0]));  //イベントを送信
     input[0].mi.dwFlags = 0x0010;                    //右マウスアップ
     SendInput(1, input, Marshal.SizeOf(input[0]));  //イベントを送信
    }
   }
  }
#endregion
 }
}
```

各イベントに対して「input[0].mi.dwFlags = 0x0004」とすることでボタンの押されている状態を発行することができます。この「0x0002」や「0x0004」という16進数表現のフラグ（dwFlags）はプラットフォームSDKで定められている定数で、「WinUser.h」で確認することができます。

他にも右クリックやホイールなどのデータも送ることができます。

表 8-3　WinUser.h に記述されているマウスイベント定数（抜粋）

動作	意味	値
MOUSEEVENTF_MOVE	マウスが移動	0x0001
MOUSEEVENTF_LEFTDOWN	左ボタンが押された	0x0002
MOUSEEVENTF_LEFTUP	左ボタンが離された	0x0004
MOUSEEVENTF_RIGHTDOWN	右ボタンが押された	0x0008
MOUSEEVENTF_RIGHTUP	右ボタンが離された	0x0010
MOUSEEVENTF_MIDDLEDOWN	中央ボタンが押された	0x0020
MOUSEEVENTF_MIDDLEUP	中央ボタンが離された	0x0040
MOUSEEVENTF_WHEEL	ホイールが回転	0x0800

これらの API や構造体のフォーマットは、マイクロソフトのドキュメントや SDK に含まれるヘッダファイルで与えられています。過去脈々とした長い歴史を持つ、Win32 プラットフォームにおける C++ を解説している個人のホームページに掲載されたサンプルなども役に立ちます。C# のコーディングをしているからといって「ああ、これは C++ のサンプルだ。私には関係ない」と思う必要はありません。

.NET 世代の C# プログラマーにとってアンマネージコードの取り込みは、.NET Framework に保護されていない「未知の恐怖」があるかもしれませんが、慣れてしまえば便利なものです。今回のような SendInput は、アンマネージドな実装に頼らなくても、将来的に .NET Framework に取り込まれ、気軽に使えるようになることを望みますが……。

SendInput 関数
URL http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/cc411004.aspx

mouse_event 関数
URL http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/cc410921.aspx

これで基本機能はほぼ完成です。さっそく実行してみましょう。プログラムを起動して WiiRemote を Bluetooth スタックに接続し「接続」とすると、視界に入った赤外線によってマウスカーソルを動かせるようになります。

A ボタンを押すとマウスの左クリック、1 秒間長押しすると右クリックになります。ボタンから手を離すと、左右両方のマウスボタンを離した状態（Up）になります。

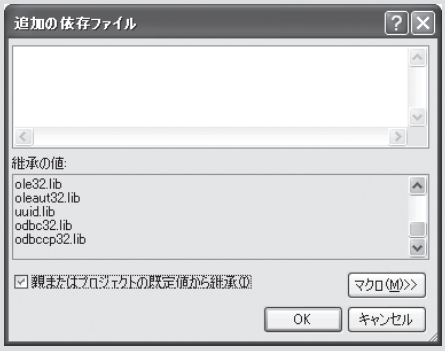
以上で、最初に概要設計で設計したすべての機能の実装が終わりました。お疲れさまでした！

C++版豆知識

今回のWiiRemoteMouseではC#.NETのみで開発し、第4章のようにC++版を扱いませんでしたが、実はC++.NET環境はこのような非.NET混在環境（アンマネージドコード）に強く、冒頭で「windows.h」を#include宣言するだけで、関連する構造体やAPIを利用できるようになります。

また、C#のコードで「0x0002」と書いていたような定数も「MOUSEEVENTF_LEFTUP」として表現できるよう、すべて自動で取り込んでくれます。そのままビルドすると「関数の実体が見つからない」というエラーが出るのですが、「プロジェクトのプロパティ」→「構成プロパティ」→「リンカ」→「入力」→「追加の依存ファイル」を表示して「親またはプロジェクト規定値からの継承」にチェックを入れることで、ビルド時に実際の関数をリンクしてくれるようになります。

図8-8 「親またはプロジェクト規定値からの継承」にチェック



8.3 ユーザーテストとフィードバック開発

他人に触ってもらい、観察する

概要設計で設計した機能は実装し終わりましたが、これで終わりではありません。むしろここからが始まりです。

まずユーザービリティの向上のために、ここで「自分以外の誰か」に触ってもらってください。周りに誰もいないときは、自分自身で、実際使うであろうユーザー（UI専門用語で「ペルソナ」といいます）を想像しながら触ってみます。何か気がついたことがあったら、どんどんメモしていきます。

こういう作業に時間を費やすと、コーディングだけしているときには見えないことが見えてきます。

たとえば起動直後、「label1」と表示されていますが、このプログラムをはじめて触る人はなんだかわかりません。label1のプロパティを「『接続』ボタンを押してください」とするべきでしょう。もしかしたら、もっと詳細に「WiiRemoteをお使いのBluetoothスタックで接続してから」と書き加える必要もあるかもしれません。

フォームの上部に表示されている「Form1」のTextプロパティも「WiiRemoteMouse」とするべきかもしれません。このように想定しているユーザー「ペルソナ」が見えていなければ、どこまでも無骨なプログラムになってしまいます。

図8-9　より親切なフォームに改良

コード8-15　C# 変更後の「Windows フォーム デザイナで生成されたコード」の一部（Form1.Designer.cs）

```
this.label1.Text = "WiiRemoteをお使いのBluetoothスタックで接続してから、
                                                    「接続」ボタンを押してください";
this.Text = "WiiRemoteMouse";
```

このようなフィードバック開発は、何度繰り返しても「終わり」というものはありません。この繰り返しループにかける時間で、プログラムの完成度はどんどんと高まっていきます。

その他ボタンアクションの実装アイディア

ユーザーテストをやってみると、この先、GlovePIEで実装したように、さまざまなボタンなどにたくさんのアクションを割り当てていきたくなると思います。残念なことに、ここから先はどんどんWiiRemoteとは直接関係ない話になるので、適度に割愛しながら解説したいと思います。

たとえば、ボタンアクションの開発についてBボタンにもマウス右ボタンを割り当てたいとします。その場合、

```
if (ws.ButtonState.B) {
  input[0].mi.dwFlags = 0x0008;                    //右マウスダウン
  SendInput(1, input, Marshal.SizeOf(input[0])); //イベントを送信
} else {
  input[0].mi.dwFlags = 0x0010;                    //右マウスアップ
  SendInput(1, input, Marshal.SizeOf(input[0])); //イベントを送信
}
```

と書き加えればよいわけです。しかし、このように個々のボタンイベントについてif文で実装していくと、「A＋B」などのボタンコンビネーションアクションなども加わってきて、さらに複雑になっていきます（バグも増えます）。せっかくこの部分をクラス化したので、うまく再利用できる方法を考えたいところです。

本書の著者の1人である小坂さんは、先ほど実装したStateのような文字列を拡張して「押されているキーを文字列として扱う」というアイディアで、以下のような方法で新しいクラスを設計しています。これが正解かどうかは場合によりけりですが、よいアイディアだと思うので、簡単に解説します（完成品は小坂研究室のHPからダウンロードできます※1）。

まず、現在のイベントクラスに「ButtonEvent」というクラスを追加します。

コード8-16　C#「ButtonEvent」クラスの追加

```
public ButtonEvent(String buttonName) {
 this.isDown = false; //初期値はfalse
 this.State = ""; //初期値は""
 this.onButtonTime = 1000; //長押し時間
```

次ページにつづく↗

※1：小坂研究室
http://www.kosaka-lab.com/

```
 this.Flg = false; //初期値はfalse
 this.ButtonName = buttonName; //ボタンの名前を取得
}
```

個々のボタンのキーになる文字列を定義しておきます。

表 8-4 個々のボタンに割り当てる文字列

ボタン	定義する文字列
A ボタン	A
B ボタン	B
1 ボタン	One
2 ボタン	Two
- ボタン	Minus
＋ボタン	Plus
Home ボタン	Home
↑ボタン	Up
↓ボタン	Down
←ボタン	Left
→ボタン	Right

そして A ボタンについて管理する場合、「A」という文字列を使って ButtonEvent クラスを new して「ButtonA」というクラスオブジェクトを作成します。この方法で、それぞれのボタンについてイベントを管理するクラス群ができあがります。

コード 8-17 C# ボタンイベントを管理するクラス群の作成

```
 public ButtonEvent ButtonA    = new ButtonEvent("A");
 public ButtonEvent ButtonB    = new ButtonEvent("B");
 public ButtonEvent ButtonUP   = new ButtonEvent("Up");
 public ButtonEvent ButtonDOWN = new ButtonEvent("Down")
<...以下すべてのボタンについてnewします>
```

さらに ButtonEvent クラスに「GetOnButton(WiimoteState ws)」という String を返すメソッドを用意し、押されたボタンのテキストを返します。次のようにコーディングすることができます。

コード 8-18 C# 押されたボタンのテキストを返すメソッドを記述

```
public String GetOnButton(WiimoteState ws) {
//Aが押された        →  " A"
//Bが押された        →  " B"
//A,Bが押された      →  " A B"
//A,B,1,2が押された →  " A B One Two"
  String onButtons = "";
  if (ws.ButtonState.A) { onButtons += " A"; }
  if (ws.ButtonState.B) { onButtons += " B"; }
  if (ws.ButtonState.One) { onButtons += " One"; }
<以下すべてのボタン>
 return onButtons; //押されたボタンonButtonsを返す
}
```

このメソッドを、

```
if (this.ButtonName.Equals(this.GetOnButton(ws).Trim()))
```

と使うことで、押されているボタンが注目したいボタンである ButtonName と同じかどうかを調べることができます。なお、前後のスペースを除去してくれるメソッド Trim() や Equals() は、String 型を継承しているので、追加実装なしで .NET のメソッドを利用できます。

```
switch (ButtonA.onButton(ws))
```

とすることで、クラスに対して switch 文を用いてそれぞれの [Down]、[Up]、[Hold] 対応するコードを書いていくこともできます。

単純に if 文の組み合わせで書いていく方法も悪くはないのですが、その後のチューニングでスパゲティ化を招き、ユーザーテスト時に「長押しの時間を変えたい」といった細かいチューニングの繰り返しに苦しめられることになるかもしれません。クラスを使った汎化、関数表現化ができれば、こういった問題もずいぶんと整理がつくようになります。

キーボード入力の発行

マウスとしての基本機能が完成すると、ユーザーテストによっては「キーボード機能も欲しい」という評価が返ってくるかもしれません。

.NETには便利なAPI「SendKeys.SendWait()」というメソッドがあり、ここに発行したいキーボード入力を文字列を渡すことで、キーボード入力を発行することができます。たとえば、「Alt＋F4」のような特別なキーが組み合わさった入力も発行できます。

コード8-19　C#「Alt」＋「F4」を発行する例

```
SendKeys.SendWait("%{F4}");
```

カーソルキーや「Ctrl」キーなどほとんどのボタンコンビネーションはこの方法で作り出すことができます。SendKeysについて調べると、すべての記述ルールを見つけることができるでしょう。

また使用環境によっては「このツール自身の表示を隠したい」という要求もあると思います。そんなときは、次のコールでこのプログラム自身を最小化することができます。

コード8-20　C# プログラム自身から最小化するコール

```
this.WindowState = FormWindowState.Minimized;
```

このように、.NETの機能をフル活用し、WiiRemoteのイベントに対してマウスとキーボードの入力を割り当てたり、すでに「ランチャー」で学んだアプリケーションの実行などを組み合わせたり、ときには外部のAPIも活用しながら自分で好きな機能を盛り込んで、より誰かの役に立つ「WiiRemoteMouse」を作り込んでみてください。

8.4 装飾要素

インタラクション技術、特にGUI（グラフィカルユーザーインタフェース）にとって、見た目は重要な機能です。ここでは装飾要素と呼んでいますが、決して軽く見積もっているわけではありません。

見た目を初期で作り込むのを避けたことを思い出しましょう。これは概要設計で基本機能をすばやく実現し、ユーザーテストの繰り返しのループにおいて「十分な時間をかけて装飾したい」

という目的によるものです。

もしこの開発の順番が逆だと、開発の初期で見た目にばかり時間を使い、必要な技術課題の解決も済まないまま進んでしまうことになります。ひいては、プロジェクトの進行を初期の段階でつまづかせてしまうでしょう。見た目が重要だからこそ、このユーザーテストのループの中で、最高のアプリケーションになるように、思う存分実装しましょう。

数式によるLED出力関数

まずは、ちょっとお洒落にLEDの表示部分を実装します。

イメージとしてはLEDにはバッテリーの残量を｛25%以下、50%、75%、75%以上｝といった4段階で表示させたいところです。SetLEDs() 関数を利用して次のように表現できるでしょう。

コード8-21　C# LEDを4段階で表示させる例

```
    wm.SetLEDs(1);  //□■■■ 25%以下
    wm.SetLEDs(3);  //□□■■ 50%
    wm.SetLEDs(7);  //□□□■ 75%
    wm.SetLEDs(15); //□□□□ 75%以上
```

しかし、この「switch～case」文を使ってロジック（論理）で表現していく方法に対して、数式で1行にまとめるエレガントな方法もあります。今回は1行で書ける数式で実装してみます。

コード8-22　C# バッテリー残量をLEDに出力する数式（Form1.cs）

```
#region LED・装飾
  public void EffectsOut(WiimoteState ws) {
    //25%ずつLEDを表示させる
    wm.SetLEDs((int)Math.Pow(2.0f, (int)(ws.Battery / 25) +1 ) - 1);
  }
#endregion
```

たった1行の式ですが、次のような意味を持っています。

バッテリーの値は[0＜Battery＜100]のfloat型で手に入るので、それを25で割って、整数化（小数点以下を切り落とし）します。するとバッテリーの残量に応じて「0, 1, 2, 3」という整数になります。nを自然数（1, 2, 3, ...）とするとき、2のべき乗[2^n]は「2, 4, 8, 16, ...」という値をと

るので、そこを－1することで、必要な「1, 3, 7, 15」という4つのLED出力用の整数を得ることができます。

このように法則性があるものは可能な限り数式、つまり関数で表現できるようにするクセをつけると、コーディングも驚くほど短くなります。また、デバッグするときも見落としが減ります。何より学校で学んだ数学が非常に役に立ちます。「数学」というよりも「算数パズル」のようなものなので、無理して関数化するのではなく「楽しんで解いてみよう！」というところでしょうか。

コーディング文化の今昔

インタラクティブ技術をプログラム化するとき、たとえばゲーム開発や研究開発において「とりあえず完成した状態」からチューニングをしていく上で、数式化、いいかえれば「経験的なロジックを数学で扱う習慣」をつけることは非常に重要です。

本書ではプログラムは「紙面」で紹介しています。そのため、できるだけ掲載するコードの行数に無駄がなく、かつ、よりよい理解のために流れを追いやすく掲載するようにしています。これは筆者が小～中学生の頃流行していた『マイコンBASICマガジン』(電波新聞社刊)の考え方を採用しています。当時、良質なプログラムの主な流通方法はWebや電子メールではなく「紙面」でした。「いかに短くて美しいコードを書くか」という、今から考えると恐ろしくストイックなコーディングスタイルが流行していたわけです。加えて、BASICマガジンは月刊誌だったので、適度な締切や編集部の妙なノリが、品質な高い「みんなで作っていく文化」を作り出していました。

このような集合知や文化……、もっと高尚ないい方をすれば「集合知による創発的コーディング」を、最近の流行で表現すれば「『ニコニコ動画・技術部』で作ってみた」がかなり近い感覚でしょう。「ニコ動」でのインタラクティブ技術の注目度は非常に高いものがあります(みんな、こんなことも知らないのか……と驚くことも多いのですが！)。

本書の読者が「ニコ動文化」に貢献できることも大きいと思います。みなさんもぜひ、いろんな作品や活動を映像化して、衆目にさらしてみるとよいでしょう。「すげwww！」と賞賛されたあとに、勢い余って公開したプログラムが「何このスパゲティコード!!」とガッカリされないように、再利用しやすく、他人の勉強になるコーディングスタイルを極めてみてみるのもカッコイイと思います。

赤外線品質を向上

次に、ユーザービリティ向上にも関係する要素として、赤外線の品質を向上させたいと思います。現状のプログラムだとマウスカーソルはガタガタしているはずです。

赤外線を手で隠したりして、よく様子を観察するとわかるのですが、これはセンサーバーの2点のLEDのうち「どちらか1点」がそのときの状況で採用されているのが原因ではないでしょうか。現状のプログラムでは「最初に見えた1点」をマウスカーソルの座標に変換しているので、細かい操作をしようとすると、隣にある「2つ目の赤外線」が邪魔をして、値が飛んでしまい、安定感がなくなっているのです。

このような状況に対する1つの解としては「2つLEDが見えたときは右にある赤外線を採用」といったロジックでルールを作ることです。

コード8-23　C# 赤外線マウスの安定化（Form1.cs）

```
#region 赤外線でマウスカーソル移動
  public void IR_Cursor(WiimoteState ws)
  {
    ScreenSize.X = Screen.PrimaryScreen.Bounds.Width;  //画面サイズ横幅
    ScreenSize.Y = Screen.PrimaryScreen.Bounds.Height; //画面サイズ縦幅
    //赤外線座標（見えたときだけ更新）
    float Ix1 = 0.5f, Iy1 = 0.5f, Ix0 = 0.5f, Iy0 = 0.5f;
    float Ix, Iy; //赤外線座標の平均
    int px, py; //最終的なマウスカーソルの位置
    if (ws.IRState.IRSensors[1].Found) {
      Ix1 = ws.IRState.IRSensors[1].Position.X;
      Iy1 = ws.IRState.IRSensors[1].Position.Y;
      Ix0 = ws.IRState.IRSensors[0].Position.X;
      Iy0 = ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y;
      //Ix1,Iy1に大きい方（左）を格納したい
      if (Ix1<Ix0) {
        Ix0 = Ix1; Iy0 = Iy1;
        Ix1 = ws.IRState.IRSensors[0].Position.X;
        Iy1 = ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y;
      }
      Ix =  Ix0; Iy = Iy0; //ここで平均をとっても良いだろう
      px = (int)(ScreenSize.X * (1 - Ix)); //X座標は反転
      py = (int)( Iy * ScreenSize.Y);
      //マウスカーソルを指定位置へ移動
System.Windows.Forms.Cursor.Position = new System.Drawing.Point(px, py);
    }
```

次ページにつづく

```
  }
#endregion
```

実行してみると、(環境にもよりますが) バタバタ感は多少は改善されているのではないかと思います。このようなチューニング作業・改善を繰り返すことで、ユーザビリティ向上に大きく貢献できる可能性があります。たとえば、赤外線が見えなかったときの処理として、過去の値を使ったり、平均をとったり、履歴をとったり……という処理を上のコードを基本として追加することができます。

環境や状況によってより多くのテストを行い、アイディアを盛り込んでいくことで、不安定な動作を軽減することができるでしょう。

赤外線受光強度の設定

赤外線受光強度の設定は、Wii本体は設定画面で行うことができますが、PCでWiiRemoteを使う場合も、同様にAPIを介してWiiRemoteに対して設定することができます。

WiimoteLibでは「IRSensitivity」というキーワードがありSetReportTypeで指定できます。

```
wm.SetReportType(InputReport.IRExtensionAccel,
IRSensitivity.Maximum, true);
```

この「Maximum」が受光感度です。「WiiLevel1」から「WiiLevel5」という段階で設定することもできます (デフォルトはWiiLevel3です)。

赤外線マーカーの値がブルブル振るえてしまうときは受光感度を下げてみるのもよいでしょう。また光源や周囲の明るさなどの環境が固定できる場合は、Maximumではなく、個々に最適な値を調整してみるのもよいでしょう。

文字列を描画したい

ラベルやメッセージボックスではなく、PictureBoxにカッコイイ文字列を表示したい！と思うこともあるでしょう。特に先ほどの赤外線品質の向上をチューニングするような作業では、それぞれのマーカーの値が表示できるとはかどります。しかし、メッセージボックスやラベル文字列

では情報の量が多い上に速すぎて、役に立ちません。

そこで、今回は特にRawPosition（生の測定値）をPictureBoxに画像として描画します。これはプログラマーにとっては「作業の効率化」の一環ですが、「見た目がカッコイイ」という「機能」も併せ持ちます。

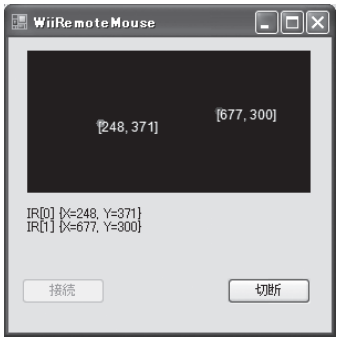
コード8-24　C# バッテリー残量をLEDに出力（Form1.cs）

```
#region フォーム描画関数DrawString版
  public void DrawForms(WiimoteState ws)
  {
    //グラフィックスを取得
    Graphics g = this.pictureBox1.CreateGraphics();
    Font drawFont = new Font("Arial", 9);  //|フォントを指定
    SolidBrush drawBrush = new SolidBrush(Color.White); //|色は白
    String drawString = "Text";            //|描画文字列
    //|描画位置を扱うPoint型変数
    System.Drawing.Point pos = new System.Drawing.Point(0, 0);
    int irsize;  //|検出した赤外線マーカーのサイズ
    g.Clear(Color.Black);//画面を黒色にクリア
    //もし赤外線を１つでも発見したら
    if (ws.IRState.IRSensors[0].Found)
    {
      //マーカ0の描画
      pos.X = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.X * 256);
      pos.Y = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y * 128);
      irsize = ws.IRState.IRSensors[0].Size + 5;
      g.FillEllipse(Brushes.Red, pos.X, pos.Y,irsize, irsize);
      drawString = "[" + ws.IRState.IRSensors[0].RawPosition.X + ", "
                       + ws.IRState.IRSensors[0].RawPosition.Y + "]";
      g.DrawString(drawString, drawFont, drawBrush, pos);
      //マーカ1の描画
      pos.X = (int)(ws.IRState.IRSensors[1].Position.X * 256);
      pos.Y = (int)(ws.IRState.IRSensors[1].Position.Y * 128);
      irsize = ws.IRState.IRSensors[0].Size + 5;
      g.FillEllipse(Brushes.Blue, pos.X, pos.Y, irsize, irsize);
      drawString = "[" + ws.IRState.IRSensors[1].RawPosition.X + ", "
                       + ws.IRState.IRSensors[1].RawPosition.Y + "]";
      g.DrawString(drawString, drawFont, drawBrush, pos);
    }
    g.Dispose();//グラフィックスの解放
    label1.Text = "IR[0] " + ws.IRState.IRSensors[0].RawPosition.ToString()
+ "\nIR[1] " + ws.IRState.IRSensors[1].RawPosition.ToString();
  }
#endregion
```

DrawForm() は「DrawFormOrg()」としてコピー＆ペーストでそのまま残して、テキスト表示用機能を追加しています。「マーカー０の描画」というあたりから、大幅に書き換えていますが、より読みやすくなっているはずです。

せっかく PictureBox に情報を表示するので、楕円を描く FillEllipse() の第４、第５引数に、検出された赤外線の大きさを与えて、意味を持たせています。

図 8-11　それぞれのマーカーの位置に測定値を表示



実行してみましょう。センサーバーに近づけるとマーカーを示す円が大きめに描画されます。このように、赤外線の様子をじっくり観察できるので、ユーザーの動作も理解しやすくなり、意外なチューニングのヒントになります。

テキストが表示できるようになると、便利でカッコいいことがいろいろやれるようになるので、ぜひ活用しましょう。

「かたむく指」を描画

最後に、WiiRemote の「傾きを表示」できるようにします。あの Wii 本体でよく出てくる「指カーソル」で表示されているように、WiiRemote の傾きを画面で表現できると、より WiiRemote らしくなります。

しかし、あの指ポインタの傾きは加速度センサーによるものではないようです。加速度センサーの値を使わなくても、センサーバーからの２つのマーカー座標が取得できているなら三角関数を使って「その２点をつなぐ線の傾き」で表現することができます。

また、せっかくの .NET による開発ですから、ネットワークを使った技術も紹介します。具体的には「指カーソル」に使う画像を、ハードディスク内のファイルではなくインターネット上から

取得して利用します。

図8-8　指カーソルの画像

こちらの画像ファイルは著者のホームページ（http://akihiko.shirai.as/projects/WiiRemote/finger.bmp」）においてあるものです。Internet Explorerなどのブラウザでこの URL を指定すると、画像を表示できます。

ちなみにこの指カーソル画像はペイントを使って5分ぐらいで描いたものです。もちろん、みなさん自身で用意していただいてもかまいません。ただし背景を「透明」に抜くために、ある決めた1色で塗っています（通称「抜き色」といいます）。

コード8-25　C#「回転する指」を URL から取得して描画（Form1.cs）

```
namespace WiiRemoteMouse {
 public partial class Form1 : Form {
  Wiimote wm = new Wiimote();      //Wiimoteクラスを作成
  ButtonEvents wbe = new ButtonEvents(); //ボタンイベントクラスを作成
  Bitmap bmp; //|指ポインタ描画用
  System.Drawing.Point ScreenSize; //画面サイズを格納
  Boolean isConnected = false;     //WiiRemoteが接続されたか
  public Form1()  {
    InitializeComponent();
   //グラフィックス下ごしらえ
   String url = "http://akihiko.shirai.as/projects/WiiRemote/finger.bmp";
   using (System.Net.WebClient wc = new System.Net.WebClient())
   using (System.IO.Stream st = wc.OpenRead(url))
   bmp = new Bitmap(st);
   // ※もちろんハードディスクから読むことも可能
   // bmp = new Bitmap("c:￥￥WiiRemote￥￥yubi.png");
   bmp.MakeTransparent(bmp.GetPixel(0, 0)); //抜き色の指定
＜中略＞
#region フォーム描画関数Finger版
  public void DrawForms(WiimoteState ws)  {
＜中略＞
    double radians, angle = 0.0f;
    //赤外線が2つ見えたらその中間をとる
    if (ws.IRState.IRSensors[1].Found)  {
      pos.X = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.X * 256
       + ws.IRState.IRSensors[1].Position.X * 256) / 2;
      pos.Y = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y * 128
       + ws.IRState.IRSensors[1].Position.Y * 128) / 2;
```

次ページにつづく↗

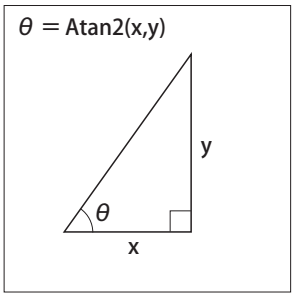
```
radians = Math.Atan2(ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y - \
    ws.IRState.IRSensors[1].Position.Y,
ws.IRState.IRSensors[0].Position.X - ws.IRState.IRSensors[1].Position.X);
      angle = radians * (180 / Math.PI);   //ラジアン→角度変換
    } else {
      //赤外線が1つなら、1つめの値を採用する
      pos.X = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.X * 256);
      pos.Y = (int)(ws.IRState.IRSensors[0].Position.Y * 128);
    }
    double d = angle / (180 / Math.PI);    //角度→ラジアン変換
    //2D回転変換
    float x = pos.X;
    float y = pos.Y;
    float x1 = x + bmp.Width * (float)Math.Cos(d);
    float y1 = y + bmp.Width * (float)Math.Sin(d);
    float x2 = x - bmp.Height * (float)Math.Sin(d);
    float y2 = y + bmp.Height * (float)Math.Cos(d);
    //新しい描画位置
    System.Drawing.PointF[] destinationPoints =
                  {new System.Drawing.PointF(x , y ),
                   new System.Drawing.PointF(x1, y1),
                   new System.Drawing.PointF(x2, y2)};
    //画像を表示
    g.DrawImage(bmp, destinationPoints);
//<終了時はbitmapオブジェクト等の廃棄などを忘れずに>
<以下略>
```

プログラム実行時、DrawForms() は秒間数十回は回ってくるので、毎回の描画時にURLから読み込むと動作がとても遅くなってしまいます。そのため、初期化時にロードしています。このとき、インターネットに接続されており、正しくURLから画像ファイルが取得できないとエラーになります。

「bmp.MakeTransparent()」で「抜き色」として、画像の1番左上の色を指定しています（これを指定しないと「背景が灰色の指」が表示されます）。なお今回は、URLからBMP画像を読み込んでいますが、ハードディスク内のPNG画像を読み込む場合のソースコードもコメントに記述しておきました。

赤外線2点から傾きをとる方法は「Math.Atan2()」を使います。これはアークタンジェントという三角関数で、tan（余弦）の定義から与えた直角三角形のなす角を得る関数です。180度を超えなければ、問題なく安定して角度が取得できます。

図8-10　Atan2の意味



Atan2で取得した角度はラジアン（変数radians）で渡されるので、理解しやすいよう角度（変数angle、単位としてはdegree）に変換する数式も用意しておきました。最後に「2D回転変換」というコードで三角関数による変換処理を実施して、DrawImage()で読み込んだ画像を描画しています。

「数学っぽいこと」がたくさん出てきて頭を抱えている人もいるかもしれませんが、内容的には高校1～2年生程度の数学の教科書に載っていることを応用しているだけです。コンピュータグラフィックスプログラミングは、人生で数学を楽しく活用できる珍しい分野といえます。「数学なんて嫌いだ」という読者の方は、よい機会ですからアレルギーを出さずに学校の教科書を持ち出して、「楽しんで」取り組んでみてください。

図8-11　WiiRemoteの傾きに合わせて「回転する指」が完成

「指カーソル」が見事に回転します。画像ファイルも存在しないのに、インターネット経由でBMPファイルを読み込んでいるところにも注目です。

指の傾きは、一見何に使うのかわかりませんが「WiiRemoteを使っている」という感じがします。もしかしたら、角度を積極的に使ったコマンドやベクトルを利用した物理的なインタラクションなどに活用できるかもしれませんね。

ここまでで、装飾要素に関する解説は終わりです。「装飾要素」は事務系アプリケーションでは

文字通りデコレーションでしかないのですが、インタラクションが重要になるプログラムでは非常に重要な要素になります。また、プログラミングの実装の仕方によっては、装飾要素がプログラム全体のパフォーマンスを低下させたり、ユーザーインタラクションを向上させたりと、奥深いプログラミング要素になることが体感できたのであれば幸いです。

◆　　◆　　◆

以上で、「WiiRemoteMouse」の開発は終わります。この章での開発を通して、単にプログラミングだけではなく、多くのことを学ぶことができたのではないでしょうか。

これで完成とはいえないかもしれません。まだまだ実装したい機能やチューニングしたい要素がたくさんあると思います。たとえば、この「WiiRemoteMouse」を身体にハンディキャップを持つ人に使ってもらうのか、自分がソファーに寝そべりながらネットを楽しむために使うのか。そのためにどのような改善ができるのか。このような課題に対して、万能かつ確実な回答はありません。しかし、今まで学んだことを応用し、想像力を働かせればすれば、必ずゴールにたどり着けるでしょう。作った本人が納得できて、かつユーザーは「さわっていて楽しいプログラム」になるということです。

この実践的なプログラミング体験を通して、皆さんの可能性は確実に広がったはずです。ぜひ、繰り返し時間をかけて、WiiRemoteを使ったインタラクティブ技術プログラミングの醍醐味を楽しんでください。

次章「アイデアストック・演習問題集」にはWiiRemoteを活用したイマジネーションを爆発させるための刺激的なスパイスをたくさん紹介しています。それぞれの課題に必ずしも「模範回答」が用意されているわけではありませんが、今のあなたであれば、自分自身で楽しみながら学習し、前に進めていくことができるはずです。