9

アイディアストック・演習問題集

9章：白井暁彦／小坂崇之

この章は「アイディアストック・演習問題集」として、いままで学んだ技術を応用することで、WiiRemoteを使って実現できるさまざまなプロジェクトの実例を紹介します。

アイディアをためておく「棚」のようなものをイメージして「アイディアストック」と名付けました。イメージしやすいようにプログラミング編、ゲーム応用編、作品編、モノ編、サービス編、研究編に分けていますが、これらのアイディアの活用は読者のみなさん次第です。

本書をここまで読み進めてきた読書であれば、「不可能なほど難しい」という内容ではないはずです。この章では細かいステップバイステップの解説をあえて割愛し、少ない紙面で幅広くWiiRemoteの可能性を伝えることに力点を置きます。

各節の終わりに「演習問題（PRACTICE）」として、そのテーマの研究や作品作りに役立つ問題集を用意しておきました。難易度が5段階の☆で表現されているので、難易度に合わせて授業や課題の制作、論文のリファレンスなどに活用してください。

9.1 プログラミング編：XNAを使ったリアルタイム3DCGでの利用

第8章までの知識を一歩進めて、WiiRemoteを3Dグラフィックスプログラミングの世界で利用できるようにしましょう。Microsoftの本格的なゲーム用3DCGプログラム開発環境「XNA」と「WiimoteLib」を使います。

ここでは「XNA Game Studio 3.1」とWiimoteLibを使って、C#.NETによるゲーム開発環境をベースにしたリアルタイム3DCGによるプログラミングを解説します。

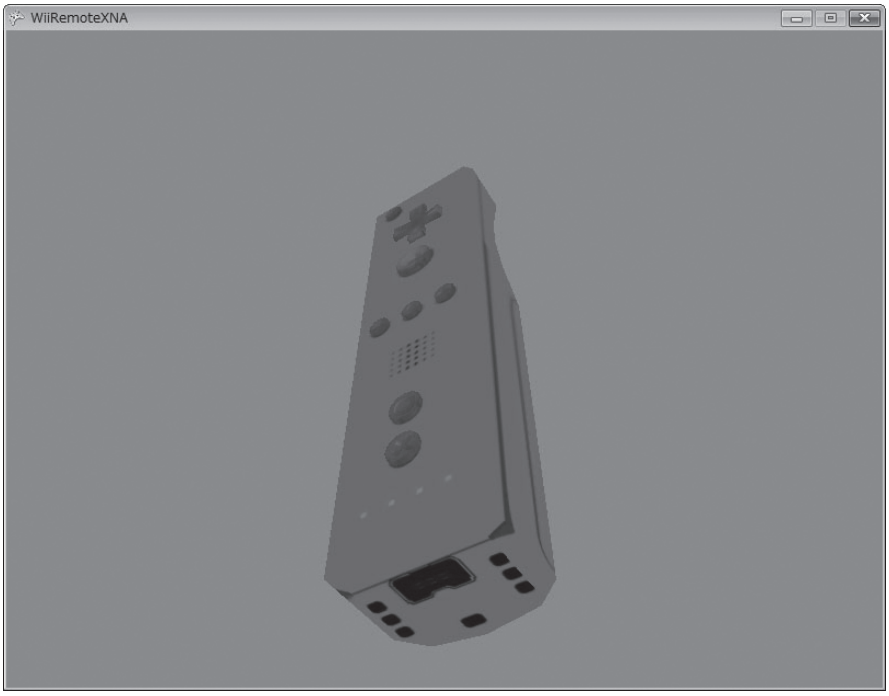
XNAとは、Microsoftが推進している「DirectX」の流れをくむ最新の.NETによるゲーム開発統合環境です。XNAのコーディングスタイルは、旧来のリアルタイム3DCG開発環境の本流であったDirectXやManaged DirectXとは異なり、XNA FrameworkにおけるC#言語による開発になります。DirectX時代よりもさらにゲーム開発に便利なツールやAPIが統合されており、簡単に効率よくゲームプログラムを作成できるようになっています。

プロのゲーム開発者に限らず、学生などにも親しみやすい環境でもあります。Windows PC用のゲーム開発に加え、最新のコンシューマ（家庭用）ゲーム機である「Xbox 360」の両方のプラットフォームで、非常に効率的かつ先進的な開発ができるため、プロのゲームスタジオだけでなく、

今後ホビープログラマを中心に大きな流れを作り出す可能性があるでしょう。

この節では、WiiRemoteの加速度センサーの傾きによって、3Dで描画されたWiiRemoteがリアルタイムで変化するプログラム「WiiRemoteXNA」を作成します。なかなか派手な感じがするデモですが、XNA Game Studio 3.1を使って、驚くほど短いコードで作成することができます。

図9-1 「WiiRemoteXNA」完成版



XNAのインストール

まずは、開発環境のセットアップを行いましょう。最新のMicrosoft XNA Game Studio 3.1（無償）をダウンロードしてインストールします。

Microsoft XNA Game Studio 3.1
URL http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=80782277-D584-42D2-8024-893FCD9D3E82

図9-2　XNA Game Studio 3.1のインストール

Microsoft XNA Game Studio 3.1のインストールは、ダウンロードしたインストーラーのウィザードに従うだけで問題なく行えるでしょう。ウィザードの最後に「Xbox 360用のサービスを起動するか？」という質問がありますが、これはXbox 360用のプログラムを開発したときに、ローカルネットワーク経由でXbox 360に送信するためで、特に利用する予定がなければチェックを入れなくても問題ありません。

Xbox 360用ゲームの開発

XNAは無料で開発環境を手に入れることができます。ただし、PCをターゲットプラットフォームとして利用する上ではライセンスに従い無料で利用することができますが、Xboxプラットフォームで開発するためには、年間ライセンス料（9,800円※1）を払う必要があります。

本書では、Xboxプラットフォームについては扱いませんが、高価なゲーム用PCに比べて、Xbox 360のような「安定して安価で入手できるコンシューマゲーム機」の開発環境が、それほど高額ではないライセンス料で入手できることは、とても魅力的です。開発したゲームプログラムを、世界中に1200万人以上いるXbox 360のユーザーに遊んでもらえることも、モチベーションになるでしょう（Xbox360でWiiRemoteが公式に使える、という話は聞きませんが……）。

※1：本書とは直接関係ありませんが、Xbox 360用ゲームを実行するためには年額9,800円の「XNAクリエイターズクラブ」に入会する必要があります。XNAクリエイターズクラブはXbox 360用ネットワーク・サービス「Xbox Live」から加入できます。

http://www.xbox.com/ja-JP/live/

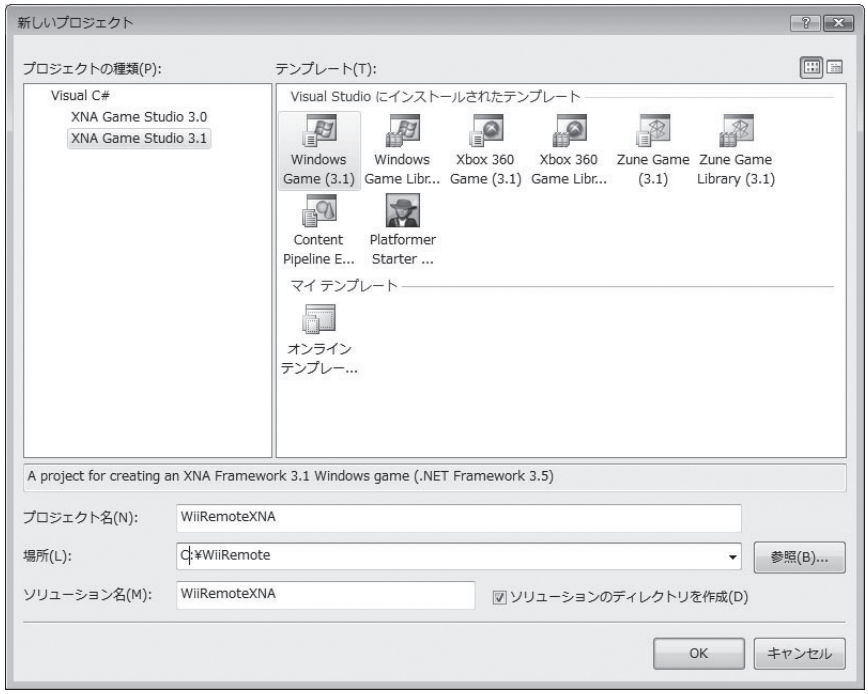
URL http://creators.xna.com/en-US/tour_detail

ゲームプロジェクトの作成

次はゲームプロジェクトの作成です。Microsoft Visual C# 2008を起動してください（無料の「Express Edition」でも問題なく利用できます）。「新しいプロジェクト」を選ぶと、いつも見慣れた新規プロジェクト作成のダイアログに「XNA Game Studio 3.1」という項目が現れているはずです。ない場合はGame Studioのインストールを再度確認してください。

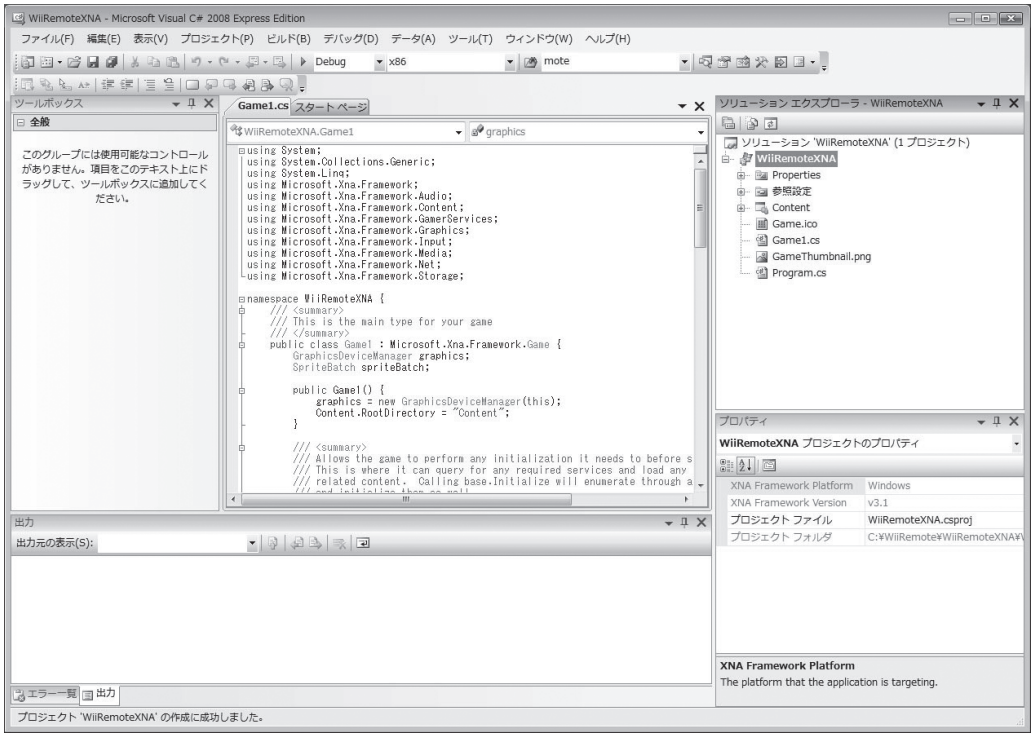
「テンプレート」から「Windows Game (3.1)」をクリックして、プロジェクト名に「WiiRemoteXNA」という名前をつけて、場所を「C:¥WiiRemote」として「OK」をクリックします。

図9-3　新規プロジェクトの作成にGame Studio 3.1のテンプレートが現れる



数秒間待つと、新しいプロジェクトが作成されます。「F5」キーを押して、試しにプロジェクトを実行してみましょう。水色の背景に、何かウィンドウが表示されれば成功です。

図 9-4　Visual Studio に作成された新しいゲームプロジェクト



WiimoteLib の組み込み

次は WiimoteLib を組み込みます。XNA 環境でも、第 4 章や第 8 章での .NET 環境における WiimoteLib の組み込み作業の流れと同じです。

ソリューションエクスプローラの「参照設定」を右クリックし、「参照の追加」を選択します。参照の追加から「参照」もしくは「最近使用したファイル」から「WiimoteLib.dll」を選択します。

いままでのプロジェクトと同様、プログラム冒頭の using に WiimoteLib を追加し、クラスの初期化時に Wiimote オブジェクトの新規作成「Wiimote wm = new Wiimote();」を挿入します。

コード 9-1　C# Wiimote オブジェクトの作成（Game1.cs）

```
using WiimoteLib;
<略>
public class Game1 : Microsoft.Xna.Framework.Game {
```

次ページにつづく

```
  GraphicsDeviceManager graphics;
  SpriteBatch spriteBatch;
  Wiimote wm = new Wiimote();  //Wiimoteオブジェクトの作成
<略>
```

初期化時にWiiRemoteに接続しましょう。XNAフレームワークでは「Initialize()」という関数がすでに用意されているので、そこにいつものWiiRemote接続処理を追加します。

コード9-2　C# WiiRemoteの初期化と接続（Game1.cs）

```
protected override void Initialize() {
 base.Initialize();
 wm.Connect();  //WiiRemote接続
 wm.SetReportType(InputReport.ButtonsAccel, false);//ボタンと加速度
 wm.SetLEDs(15); //LED全点灯
}
```

「SetReportType()」の第2引数に「false」を設定して非連続データ取得モードにしています。ここで、いつものようにtrueにして、コールバック関数を設定してもよいのですが、今回のサンプルでは簡単に加速度の値を取れればよいので、値のばたつきが少ない、よりシンプルな方法をとることにします。

この状態でもビルド処理を試すことはできますが、ButtonStateが「あいまいな参照」というエラーを出し停止するはずです（XNAとWiimoteLibに同じ名前のプロパティがあるため）。エラーの出る行をコメントアウトすればよいのですが、オリジナルのソースでは、ここで「ゲームパッドのボタンが押されたら終了」となっているようなので、ここを「WiiRemoteのHomeボタンが押されたら終了」と変更してみましょう。

コード9-3　C# Homeボタンで終了（Game1.cs）

```
protected override void Update(GameTime gameTime) {
// Allows the game to exit
// if (GamePad.GetState(PlayerIndex.One).Buttons.Back
                                    == ButtonState.Pressed)
 if(wm.WiimoteState.ButtonState.Home) {
   this.Exit();
 }
 base.Update(gameTime);
}
```

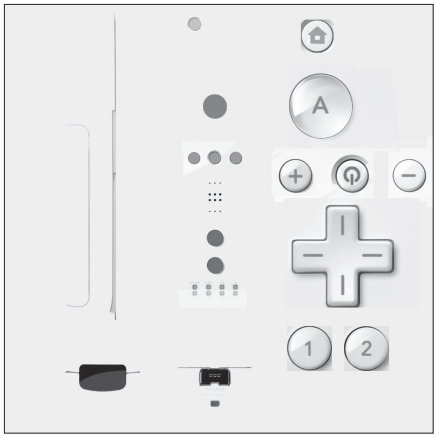
もともとのコードをコメントアウト

この段階でWiiRemoteをBluetooth接続し、「F6」キーで実行してみてください。先ほどと同様、水色の画面が表示されますが、WiiRemoteのLEDが4つとも点灯し、Homeボタンを押すことでプログラムを終了できるはずです。

3Dモデルファイルの準備

次に、読み込む3Dモデルファイルを準備しましょう。3Dモデルデータをゼロから作ると時間がかかってしまうので、ここでは小坂研究室のホームページからWiiRemoteによく似た「.x形式」のモデルファイル「wiimodoki.x」と、その表面を飾るテクスチャファイル「texture_wii.jpg」をダウンロードして入手します。

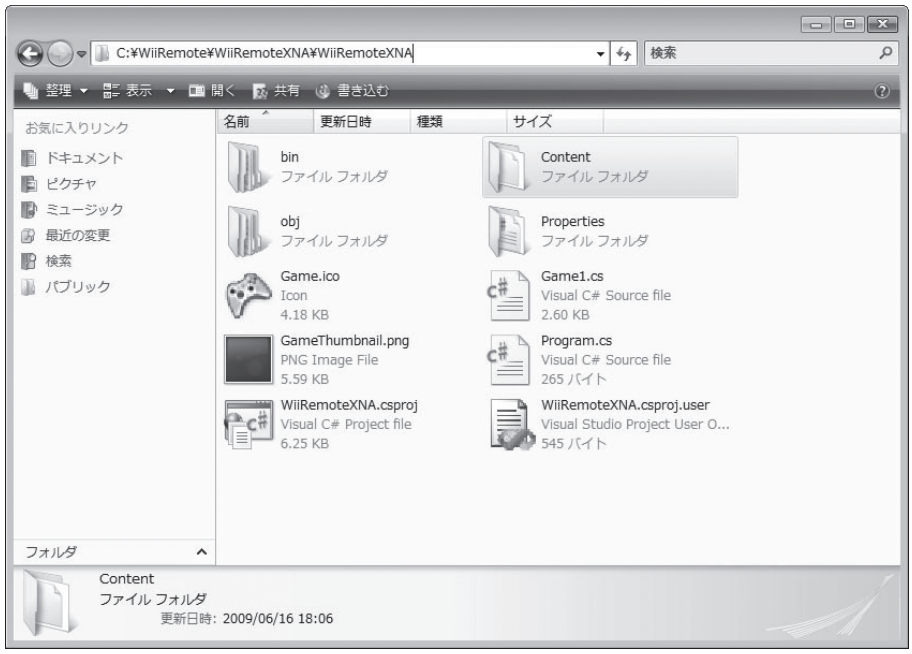
図9-5　特製テクスチャファイル（texture_wii.jpg）



小坂研究室「XNAとWiimoteLibで3Dオブジェクトを操作
URL http://www.kosaka-lab.com/tips/2009/06/xnawiimotelib3d.php

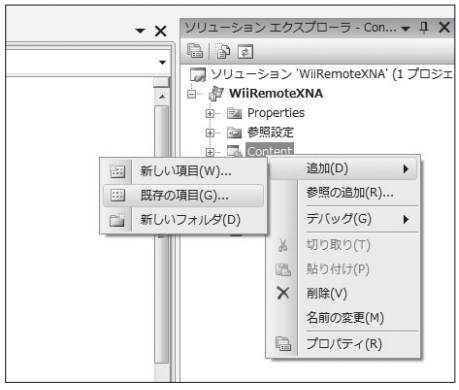
ファイルをダウンロードしたら、XNAのプロジェクトのコンテンツフォルダ「C:¥WiiRemote¥WiiRemoteXNA¥WiiRemoteXNA¥Content」に置きます。

図9-6　WiiRemoteXNAの「Content」に.xファイルを配置する



ファイルを置いた後に、Visual Studio内に取り込みます。ソリューションエクスプローラの「Content」を右クリックして「追加」→「既存の項目」として、先ほど置いた「wiimodoki.x」と「texture_wii.jpg」を読み込んでください。

図9-7　ソリューションエクスプローラの「Content」に追加する



なお、モデルデータである「wiimodoki.x」と「texture_wii.jpg」は、3DCGコンテンツ制作ソフトウェア「Maya2008」を使って作成した後、「cvXporter」を使って.xファイルにコンバートしています。

cvXporter
URL http://www.chadvernon.com/blog/downloads/cvxporter/

Maya2008のような比較的高価な3DCGソフトウェアがなければ、日本人が開発している歴史ある3Dポリゴンモデラー「Metasequoia」（メタセコイア）でも可能でしょう。無料版と有料（シェアウェア）版があり、価格は1ライセンスにつき5,000円です。「Metasequoia LE R2.4」では.xファイルを直接書き出せるので、XNAやDirectX環境で簡単に利用できます。作者のO.Mizno氏に感謝です。

Metasequoia
URL http://www.metaseq.net/

.xファイルの読み込みと表示

さて、コーディングに戻りましょう。モデルファイルの読み込みと表示について、「LoadContent()」と「Draw()」にコードを追加します。

コード9-4 C# モデルファイルの読み込みと表示（Game1.cs）

```
<略>
  Wiimote wm = new Wiimote();  //Wiimoteオブジェクトの作成
  private Model xfile;         //Xファイル読み込み用
<略>
 protected override void LoadContent() {
  spriteBatch = new SpriteBatch(GraphicsDevice);
  this.xfile = this.Content.Load<Model>("wiimodoki");  //.xファイルの読み込み
  foreach (ModelMesh mesh in this.xfile.Meshes) {
   foreach (BasicEffect effect in mesh.Effects)  {
   //ビュー行列 カメラの視点を設定(0.0f,0.0f,10.0f)の位置から原点を見る
    effect.View =
     Matrix.CreateLookAt(new Vector3(0.0f, 0.0f, 10.0f),
     Vector3.Zero, Vector3.Up);
    //プロジェクション行列  視野角などの設定
    effect.Projection = Matrix.CreatePerspectiveFieldOfView(
     MathHelper.ToRadians(45.0f),
      (float)this.GraphicsDevice.Viewport.Width /
      (float)this.GraphicsDevice.Viewport.Height,
      1.0f, 50.0f );
```

次ページにつづく

```
    }
   }
  }
<略>
 protected override void Draw(GameTime gameTime) {
  GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
  //画面に描画する
  foreach (ModelMesh mesh in this.xfile.Meshes) {
   foreach (BasicEffect effect in mesh.Effects) {
    //WiiRemoteの加速度に合わせて回転角度を設定
     effect.World = Matrix.CreateFromYawPitchRoll(0,
      -wm.WiimoteState.AccelState.Values.Y,
      -wm.WiimoteState.AccelState.Values.X);
   }
   mesh.Draw();//meshを描画
  }
 base.Draw(gameTime);
 }
<略>
```

ここではの個々のAPIについて解説はしませんが、いずれも3DCGにおけるお作法的な手続きと「見え方」を設定しているものです。興味がある人は、MSDNなどのマニュアルを調べたり、パラメーターを変更してみたりして、探求してみてください。

実行すると、WiiRemoteの動きに合わせて回転する「WiiRemoteもどき」が表示されます。Homeボタンを押すと終了します。

図9-8　WiiRemoteの動きに合わせて動く「WiiRemoteもどき」

ファイルの読み込みなどでエラーが起きるときは、ソリューションエクスプローラで正し

くContentにファイルが取り込まれているか確認してください。なお、テクスチャファイルは「wiimodoki.x」の中で記述されているので、実はVisual Studioに取り込まなくても自動で読み込まれます。また「wiimodoki.x」ファイルはテキストで記述されているので、テキストエディタで編集することで、マテリアル（表面材質の特性）やテクスチャファイル名を書き換えることもできます。

完成版「WiiRemoteXNA」

以上で「WiiRemoteXNA」は完成です。usingの整理などを行った完成版のコードを紹介します。

コード9-5 C# 完成版「WiiRemoteXNA」（Game1.cs）

```
using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Graphics;
using WiimoteLib;
namespace WiiRemoteXNA {
 public class Game1 : Microsoft.Xna.Framework.Game  {
  GraphicsDeviceManager graphics;
  SpriteBatch spriteBatch;
  Wiimote wm = new Wiimote();  //Wiimoteオブジェクトの作成
  private Model xfile;         //Xファイル読み込み用
  public Game1()    {
   graphics = new GraphicsDeviceManager(this);
   Content.RootDirectory = "Content";
  }
  protected override void Initialize() {
   base.Initialize();
   wm.Connect();  //WiiRemote接続
   wm.SetReportType(InputReport.ButtonsAccel, false);
   wm.SetLEDs(15);
  }
  protected override void LoadContent() {
   spriteBatch = new SpriteBatch(GraphicsDevice);
   xfile = Content.Load<Model>("wii");
   foreach (ModelMesh mesh in this.xfile.Meshes) {
    foreach (BasicEffect effect in mesh.Effects)  {
     effect.View =
      Matrix.CreateLookAt(new Vector3(0.0f, 0.0f, 10.0f),
      Vector3.Zero, Vector3.Up);
     effect.Projection = Matrix.CreatePerspectiveFieldOfView(
```

次ページにつづく

```
      MathHelper.ToRadians(45.0f),
       (float)this.GraphicsDevice.Viewport.Width
        / (float)this.GraphicsDevice.Viewport.Height,
        1.0f, 50.0f );
    }
   }
  }
  protected override void UnloadContent()  { ; }
  protected override void Update(GameTime gameTime) {
   if(wm.WiimoteState.ButtonState.Home) {  this.Exit();  }
   base.Update(gameTime);
  }
  protected override void Draw(GameTime gameTime) {
   GraphicsDevice.Clear(Color.CornflowerBlue);
   foreach (ModelMesh mesh in this.xfile.Meshes) {
    foreach (BasicEffect effect in mesh.Effects) {
     //WiiRemoteの加速度に合わせて回転角度を設定
     effect.World = Matrix.CreateFromYawPitchRoll(0,
      -wm.WiimoteState.AccelState.Values.Y,
      -wm.WiimoteState.AccelState.Values.X);
    }
    mesh.Draw();//meshを描画
   }
  base.Draw(gameTime);
  }
 }
}
```

PRACTICE

XNAの利用

【演習】☆

上記のプログラムをコールバックを使う方法に書き換えてみよ。

余裕があれば、「リスト」を使って最近50回の加速度センサーのデータの平均を取得し、よりなめらかに回転するWiiRemoteXNAを作成してみましょう（解答例は小坂研究室のホームページで紹介されています）。

【演習】☆☆

自作の.xファイルを読み込んでみよ。

Metasequoiaを使って、自分で好きな.xファイルをテクスチャとともに作成し、読み込めるようにしてみましょう。余裕があれば＋ボタン、－ボタンでモデルデータを切り替えたり、十字ボタンでカメラのズームをしたりといった「3Dモデルビューア」としての機能を加えてみましょう。

リアルタイム3DCGという見た目の派手さに対して、とてもコードが短いことに驚かれたのではないでしょうか（XNAのおかげです）。

なお、今回はコールバックを使わずに、描画ループで直接WiiRemoteの加速度センサーの値をそのまま回転の角度に利用するという、ちょっと荒っぽい方法をとっています。実際のゲームに使う場合には、このような使い方をすることは稀で、コールバックと動作認識関数などを作るべきでしょう。

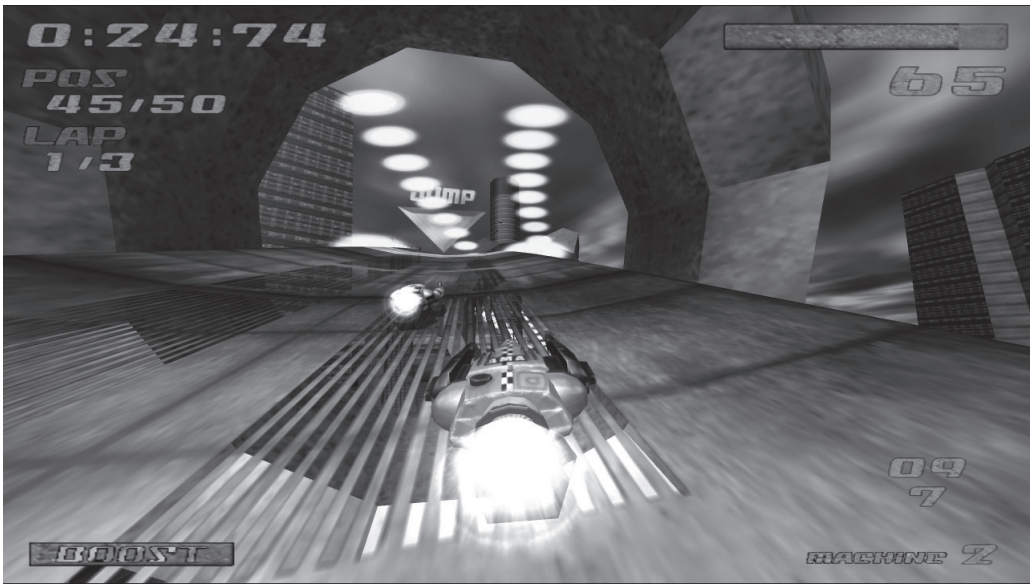
9.2 ゲーム応用編（1）：レースゲームへの応用

この節では、筆者が開発に協力した反重力レーシングゲーム製品「AceSpeeder2」をWiiRemoteでプレイできるように実験した例を紹介します。WiiRemoteは、任天堂自身が「マリオカート」などを発売していることもあり、レースゲームへの利用は想定されているようで、親和性高く利用できます。

AceSpeeder2

「AceSpeeder2」は2007年に発表された「RAINGRAPHスタジオ」ナカタニタカヒロ氏によるゲーム作品で、シェアウェアとして非常に人気が高かった初代「AceSpeeder」（2000年）の続編となる超高速SFレーシングゲームです。

図9-9　反重力レーシングゲーム「AceSpeeder2」



RAINGRAPH スタジオ
URL http://www.raingraph.com/

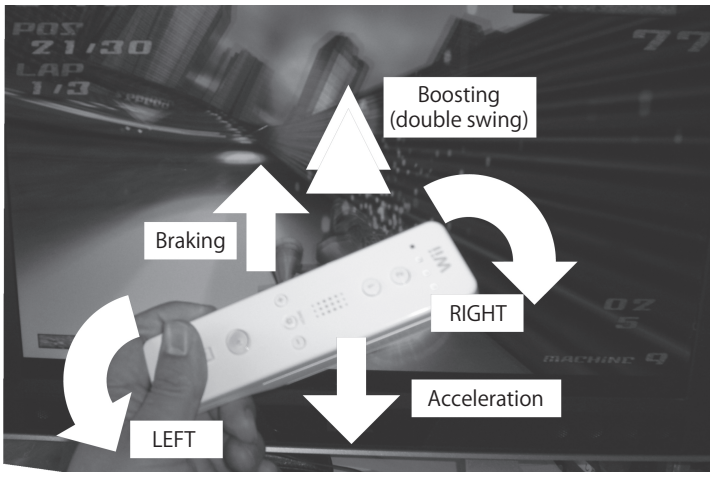
ゲームシステムはDirectX8ベースで開発されており、DirectXのジョイスティック機能であるDirectInputをベースに自機の制御を行っていました。

筆者はナカタニタカヒロ氏の協力により、GPUを使った高速な全身画像認識「GPUVision」や、「OpenCV」を使った顔画像入力による、マルチモーダルなレーシングゲームコントロールの研究をAceSpeeder2のソースコードを用いて行っていました。その流れで、WiiRemoteによる新しい操作方法を実験してみました。

レースゲーム用モーション認識

ゲームのソースコードに関わる部分なので、プログラミングの詳細は解説しませんが、プレイヤーインタラクションとしては「左右は傾き、前後はアクセル/ブレーキ、2回振るとブースト発動」という操作体系にしてあります。

図 9-10　WiiRemote によるコントロール



すべて加速度センサーによる重力検出だけで実現しており、ボタンはメニュー選択を含め、全く使用しません。またLEDを「自機シールドの残量」として表示したり、バイブレーターを演出に使ったりと、WiiRemoteを最大限に活用しています。

AceSpeeder2では「ブースト」という機能があり、エネルギーをためることで大きな加速力を得ることができます。また、コースアウト時にもブーストで復旧できる技があるので、いつでもプレイヤーの意志で「ブースト発動！」できることが爽快感につながります。このブーストを「2回振る」というアクションは加速度センサーのマグニチュードを取ることで実現しています。

AceSpeeder2 WiiMedia Edition（動画）
URL http://www.youtube.com/watch?v=KowXAXdfO8E

「SIGGRAPH ビデオゲームシンポジウム：Sandbox」での受賞

筆者（白井暁彦）は2007年に、この実験とWiiRemoteの赤外線センサーの特性実験などを「WiiMedia: motion analysis methods and applications using a consumer video game controller」という論文にまとめています。

この論文は反響が高く、アメリカで毎年開催されるCGとインタラクティブ技術の世界最高の国際会議「SIGGRAPH」におけるビデオゲームシンポジウム「Sandbox」において、最優秀論文賞をいただきました。ソースコードは公開し、研究は発表しておくものだなと、つくづく思います。

SIGGRAPH
URL http://sandbox.siggraph.org/about.html

WiiRemoteのおかげで、ボタンを全く使わない操作体系になり、小さな子どもでも体験することができました。

また、実際の展示を通したユーザーテストでの観察によると、おもしろいことがわかりました。ブーストは開発者の意図通り、振って発動する場合のほかに、コースの切れ目を避けるために無意識に「ジャンプ」したときに発動したり、コースアウトして「うわっ！ 落ちる!!」とのけぞった瞬間、無意識で振ったきっかけで発動したりと、より全身で直感的に楽しめるゲームになりました。

残念ながら当時のWiiRemoteのBluetooth接続はそれほど安定した環境ではありませんでしたし、本書のような解説書を出版することも考えていなかったので、このバージョンは製品としては公開されていませんが、それほど難しいことをしたわけではありません。これからは、もっと多くのレーシングゲームでWiiRemoteを活用してほしいと思います。

PRACTICE

レースゲームへの応用

加速度センサーによる傾きの検出はAtan2()を使えば簡単に求めることができます。マグニチュードの算出などもすでに第7章、第8章などで扱っているので参照してください。

【演習】☆☆

GlovePIEを使って傾きをアナログ入力に利用せよ。

誰もが「AceSpeeder2」のようなすばらしいゲーム作品のソースコードにアクセスできるわけではありません。しかしフリーでソースコードが公開されているゲームプロジェクトはSDL関係では意外に多く、有名なところでは「Tux Racer」というLinuxペンギンのレースゲームなどもソースが公開されているプロジェクトです。

ソースコードがどうしても手に入らない、というときは逆転の発想で、第3章で学んだGlovePIEを使いましょう。プログラミングが不要ということはソースコードの入手も不要なのです。うまくジョイパッドをエミュレーションするコードを書きましょう。アナログ→デジタル入力でも、うまく作ると自然な体験を作ることができます。

【演習】☆☆☆☆

自分のゲームプロジェクトにWiiRemoteによる操作を組み込み活用せよ。

参考までに、既存のレースゲームプロジェクトをWiiRemote対応させる上で、難しかった点をメモしておきます。

多くのゲームの場合はDirectXのジョイスティックAPIであるDirectInputに従った仕様になっているはずです（便利なので）。WiiRemote専用のゲームならいいのですが、PCゲーム開

発としては、ゲームバランスや他のコントローラーでの操作感を壊さずに、他のゲームコントローラーと同様の感覚で、うまくなじませることが必要になります。

「AceSpeeder2」の場合も、元のゲームが細かい操作のためにデジタルジョイパッドを想定して設計されていたので、WiiRemoteの傾きをアナログジョイスティックとして当てはめると、大きく動きすぎたり、細かい動きができなかったりとより難易度が上がってしまいました。

難易度が上がるだけなら調整すればよいのですが、「傾ける」というプレイヤーの物理的な行動には制約がないので、ゲーム内に働く物理（速度や舵など）といかに親和性を保ちながら、インタラクションを向上させるかといった点も大きな課題となりました。

ちょっとしたアイディアとしては、「ゲーム内の物理」と「実際のユーザーの姿勢」を対応させるための「理想の姿勢」というものを考え、係数や式といった数値で扱う方法があります。ここをチューニングしていくことで、元のゲームプログラムを壊さずに、より操作感の向上に注力できるはずです。

Wii Sports Resort「ウェイクボード」

任天堂からリリースされた最新のレースゲームでの例としては「Wii Sports Resort」の「ウェイクボード」が良くできています。物理シミュレーションを使った美しいCGもさることながら、SFレーシングとは異なり「上に振ってジャンプ」という動作に加えて、「着地のときはWiiRemoteを水平に保つ」というルールを加えることで、WiiRemoteを使った操作とゲーム性を爽快感とともに見事に昇華しています。

Wii Sports Resort「ウェイクボード」（動画あり）
URL http://www.nintendo.co.jp/wii/rztj/resort/02_sports/index.html

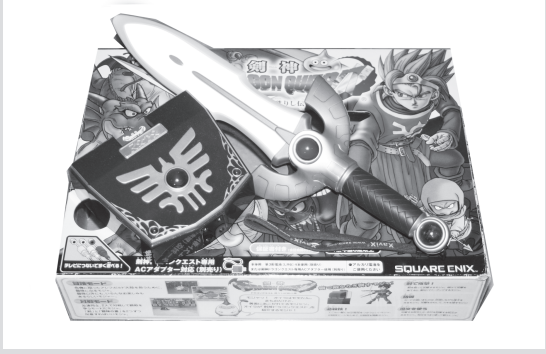
9.3 ゲーム応用編（2）：「振る」の認識・剣術アクションへの応用

ゲームでのWiiRemote応用（といっても、もともとゲーム用コントローラーですが）を考える上で、レースゲームのようなダイレクトな方向入力として使う以外、もっとも期待される使用方法が「認識」ではないでしょうか。

剣神ドラゴンクエスト甦りし伝説の剣

赤外線センサーと全身を使ったゲーム製品は、任天堂Wiiが世界初というわけではありません。「剣神ドラゴンクエスト甦りし伝説の剣」（スクウェア・エニックス／2003年）で利用されていたのが国内メジャー作品では最初といえるかもしれません。

図9-11　剣神ドラゴンクエスト



フォトダイオードと赤外線LED光源が受光部（ロトの証）に組み込まれ、「ロトの剣」には再帰性反射剤（反射板や銀スプレー）が処理されています。この「電池の要らない剣」を振り回して、8種類の切る方向に加え、正面に構えて魔法を使うモーションを入力することができました。

この製品は滋賀県草津市にあるインタラクティブ技術の研究開発企業「新世代株式会社」の技術によって実現されています。この会社のHPを見ると、技術の高さとさまざまな産業へのインタラクティブ技術のインパクトをうかがい知ることができます。

新世代株式会社
URL http://www.xavix.jp/

この節では、筆者が実際に開発した剣術アクションゲーム「JaWii's Virtual Fencing」（ジャウィのバーチャルフェンシング）の開発をベースにWiiRemoteを使ったモーション認識の基本テクニックと、剣術、特にフェンシングゲームへの応用を簡単に紹介します。

フェンシングゲーム「JaWii's Virtual Fencing」

この作品「ジャウィのバーチャルフェンシング」は筆者がフランスの西部ラヴァル市（Laval）にて、テーマパーク開発のためのエンタテイメントシステムの開発に従事していたときに、市の観光振興企画として開発したものです。

ラヴァル市は人口10万人程度、世界遺産モンサンミッシェルから車で2時間程度の場所にある、中世の雰囲気を残す美しい中規模都市です。バーチャルリアリティ応用で有名な学術・産業研究都市でもあります。年に一度ヨーロッパでもっとも大規模なバーチャルリアリティのイベント「Laval Virtual」（ラヴァル・バーチャル）が開催されます。

図9-12 「ジャウィのバーチャルフェンシング」研究室でのユーザーテスト

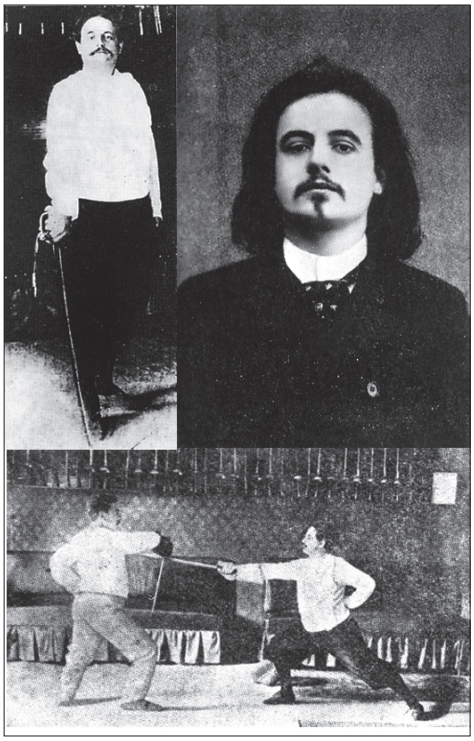
Laval Mayenne（Wikipedia英語）
URL http://en.wikipedia.org/wiki/Laval,_Mayenne

Laval Virtual（日本語ページあり）
URL http://laval-virtual.org/

フェンシングゲーム「JaWii's Virtual Fencing」はそのLaval Virtualでラヴァル市のブースで展

示されるゲーム企画でした。ちょうどラヴァル市は2007年に、同市出身の画家アンリ・ルソー（Henri Rousseau, 1844～1910年）と同じ時代を生きた、ラヴァル市出身の劇作家アルフレッド・ジャリィ（Alfred JARRY, 1873～1907年）の没後100年祭を祝っていました。

図9-13　アルフレッド・ジャリィと古式フェンシング



ジャリィは作家としては「ウビュ王」（Ubu Roi）シリーズが有名ですが、古式フェンシングの名手でもありました。そこで、当時発売されたばかりで話題だったWiiRemoteを使って「ジャリィに古式フェンシングの指南を受ける」というゲームアイディアが、市民にジャリィの人物を伝える良い企画として持ち上がったのです。

古式フェンシング指南ゲームの開発

まずは解説に入る前に、完成版の動画をYouTubeにアップロードしてありますので、ご覧ください。

ジャウィのバーチャルフェンシング（動画）：WiiMedia:Sword Fighting "JaWii's Virtual Fencing"
URL http://www.youtube.com/watch?v=Kl_-KoVLtx4

フェンシングの基本として、「突き」「正面切りつけ」「右切りつけ」「左切りつけ」といった攻撃、それから各攻撃に対応した防御法があります。古式のフェンシングはより複雑ですが、現代のように電気を使った接触検出はありませんし、防具も付けません。

このような複雑で形式ばった古式フェンシングのモーションを、子どもも交えた一般のお客さんに伝えるのは企画の趣旨ではありません。しかし、ジャリィが嗜んだという古式フェンシングはちゃんと表現したいところですので、フランスフェンシング協会に依頼して、Gypsy社製の機械式モーションキャプチャーで古式演舞を収録しました。

3D Studio MaxとVirtoolsを使って、ジャリィを模した3Dキャラクター「JaWii」にこのモーションを元にしたアニメーション割り当てます。

図9-14　プロフェンシング選手 Benoit Pincemaille 氏によるモーションキャプチャ収録

ゲームは背景投影の大スクリーンに表示され、プレイヤーの視点で遊びます。プレイヤーの3Dモデルは必要ありませんが、フェンシングのサーベルを振るアニメーションだけは事前に複数通り作成しておきます。

図9-15　リアルタイムアニメーションはVirtoolsで開発

モーション検出のための評価関数を作る

さて、ここからがWiiRemoteプログラミングの話になります。

プロジェクター背面投影という設営の構成上、赤外線マーカーは利用できそうにありません。加速度センサーだけでさまざまなプレイヤーの複数の動作を認識する必要があります。

「振る」を認識するだけであれば、加速度センサー各軸の強度を算出するマグニチュードで十分でしょう。しかし、大人や子どもなど、人によってマグニチュードの強さは異なりますし、「突き」だけならともかく、フェンシングらしく切りつける方向もある程度は検出したいと思います。ここで複数のプレイヤーの「切りつける」という動作について、加速度センサーの値をテキストファイルに保存し、作図して観察してみると、いろいろな問題や解決方法が見えてきます。以下、ポイントをいくつかまとめてみます。

●処理ウィンドウ

いつからいつまでの時間を「入力」とするのか。信号処理の用語で、処理の区間を「ウィンドウ」と呼びますが、これを決める方法を作らないと話が前に進みません。

●正規化

複数のプレイヤーに対する最大マグニチュードは異なります。正規化処理、つまり最大値を1.0にするような割り算を行うことで、ある程度特徴だけに注目できるようになります。

● WiiRemote がねじれる

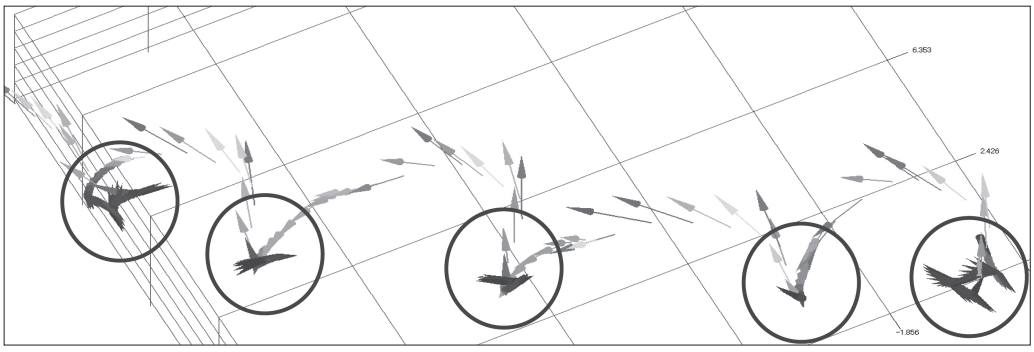
「まっすぐ振り下ろす」といっても、人間の手首は加速度センサーの軸とは関係なく、時間的にねじれることがあります。テニスなどでも同じことが起きます。

●検出してからでは遅い

たとえば「突き」のモーションを検出するのは簡単（最も加速度が高く、ベクトルが直線的）ですが、「突き」を表現するアニメーションにも再生時間（duration）があります。最大の加速度を取得してから「突き」のアニメーションを開始したのでは、「なんだか遅いな」という操作感になります。

特にさまざまな問題の根底に感じられる原因は、WiiRemoteの検出分解能と回転速度が得られない点でしょう。図9-16は加速度センサーの加速度データ1つひとつを3次元ベクトルにして積分し、得た速度を基に、さらにその積分を取って3次元的な位置に配置した図です。「同じ場所で数回、自然に振る」というアクションで、長い矢印ほど大きいマグニチュードを表していますが、なぜか右から左に移動しているように見えます。

図9-16　加速度センサーの値を積分して得られる3次元位置



加速度センサーの分解能により、3次元座標が再構築できないことは第7章でWiiRemoteを「そっと動かすと検出されない」という実験を行ったので理解できるでしょう。そして、図中の○の部分に注目すると、よりおもしろいことが見えてきます。この部分は「振り」モーションの最後で、伸ばした腕を引いて、後ろに振りかぶった瞬間です。明らかに振りの最高速に比べて直線的

な動きではなく、小さい力で回転しているように見えます。

実際にはこの瞬間、WiiRemoteは頭の後ろで手首を使って回転しています。つまり回転のエネルギーをWiiRemoteが取得できていないため、このような図になるようです。しかし逆転の発想で、この瞬間のマグニチュードは、振りの最大速のマグニチュードとは異なる性質を持っているので、弱いマグニチュードが入力されたときに「処理ウィンドウの最初」として評価を開始することができます。

3DVIA Virtools+WiiRemote

「JaWii's Virtual Fencing」の開発で使ったVirtoolsは高価な産業向け製品であることもあり、日本ではそれほど有名ではありませんが、欧米では最も利用されている可視化プラットフォームです。モデルや画像などのリソースに対して部品化されたGUIプログラミングを施すだけでほとんどのインタラクティブデザイン関係が作れてしまう画期的なツールです。

カスタマイズ性も高く、レンダラーやプラグインなどほとんどのソースは公開されています。ゲームの流れやおもしろさの根幹に関わる部分の設計をプランナーがGUIで作成し、最終工程である最適化やプラットフォームの独自部分などをプログラミングで行う、といったゲーム開発手法です。

ソニーPSP用や任天堂Wii用のVirtoolsも存在します。任天堂Wiiの開発ライセンスを持っているゲーム開発企業であれば、WiiRemote関係のプラグインを入手することもできるそうです。またVirtoolsのフリーな開発者コミュニティは活発で、スワップミート（http://www.theswapmeet-forum.com/）でさまざまな情報やソース、プラグインが共有されており、PC上で利用できるオープンソースのWiiRemoteのプラグインも多数あります。将来ゲーム制作を目指す学生やフリーのゲーム企画者にとって、これは強力なソリューションです。Virtoolsを使ってPC上でゲームのプロトタイプを制作すれば、すばやくアイディアを形にできますし、資金や技術的なリスクを回避できるからです。

日本ではクレッセントと三徳商事という会社が代理店を行っています。コンテンツの制作サポートや技術サポート、教育支援、学校向けライセンス販売などリセラー各社の得意分野があるので、興味があればまず問い合わせてみてください。お試しライセンスを発行してくれるかもしれません。

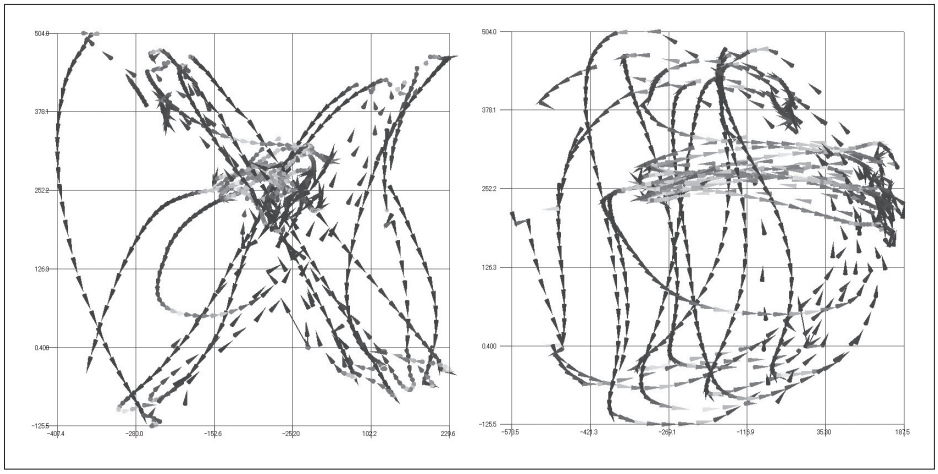
クレッセント
URL http://www.crescentvideo.co.jp/virtools/

三徳商事
URL http://virtools.jp/

以後、このような「評価関数」を作り込んでいくことで、目的のモーションを発見する関数を作っていきます。あとは個々のモーションに対応する評価関数をそれぞれ作っていきます。

しかし、加速度センサーだけの値だけでは観察できるデータが少なすぎます。そこで別の測定方法を使って振る舞いを観察します。図9-17は光学式のモーションキャプチャーを装着した状態で、WiiRemoteを持って「正面、右から、左から」の攻撃モーションを繰り返した様子です。

図9-17　モーションキャプチャーによる「振り」の様子（左：正面図、右：上面図）



モーションキャプチャは高価な機材なので、そう気軽に使うことはできないでしょう。しかし、このような実験と可視化を一度行っておくことで目的のモーションを検出するために、どのようなベクトルに注目すべきか、またどれぐらいのサンプル時間（図の矢印の個数）が必要かを見極めることができます。理想とされる方向と近いものを1.0とすればよいのです（ベクトルの内積を使いましょう）。

また、評価関数化することで複雑なモーションも簡単に設計できるようになります。評価関数の足し算や掛け算を使って、複数の評価関数が同時に成立する条件を判断させたり、マイナスの評価を使って、誤検出されやすい条件から逆の条件を浮き立たせます。

例えば図9-17では、「突き」と評価されるベクトル（つまりY軸、十字ボタン方向への加速）に対して着色していますが、このベクトルから遠いものが「右切りつけ」や「左切りつけ」に該当します（「振り」モーション中は重力の影響はほとんどないことも読み取れます）。「突き」の最高速モーションは5サンプル程度で認識できているので、他の評価関数では、より多くのサンプルを使って「突きではないモーション」に注目させればよいのです。

この方法を使って「ジャウィのバーチャルフェンシング」では、さまざまな年齢層のプレイヤーでも3方向の攻撃モーションと防御モーションを認識させ、適切なアニメーション再生に割り当

て、ゲーム作品を完成させることができました。

PRACTICE

振りの検出

【演習】☆☆

7.5節の「WiiRemote測定器」を参考にして、テニスの「スイング」と「寸止め」「バックハンド」「（左右への）打ち分け」を分類する評価関数を作成せよ。

【演習】☆☆☆

上記の評価関数に対し、WiiMotionPlusと最新のWiiYourself!を用いて、回転を積極的に利用した評価関数を作成し「フェイントが検出できる剣道ゲーム」を作成せよ。

WiiMotionPlusは本書執筆の最終段階で発売されたので、上記のようなグラフを描くことはできませんでした（発行が遅れてしまいます！）。演習ではWiiYourself!によるC++を意識していますが、グラフを描画やファイル入出力もきっちり実装するなら、C#.NETによるフォームアプリケーションのほうが便利かもしれません（小坂研究室にCSVファイルを保存するサンプルがあります）。

このような「モーション評価関数デザイン」は、今、ゲーム開発の世界ではとても需要がある技術です。HMMやSVMなどの機械学習を用いた方法も、研究としてはおもしろ味がありますが、最後はこの評価関数のデザインセンスが、ゲームのおもしろさを決定付けることもあります。if文のカタマリで開発し、ゲームプログラマの誰かに特化されたインタラクションではなく、エレガントでエキサイティングな評価関数を設計できるよう、探求してみてください。

9.4 作品編（1）：WiiBoardを用いた「オーラ診断」

次のテーマはWiiBoardを扱います。1.4節で紹介した学生作品「人間椅子「でもWiiBoardを2つ使い、Windows上の独自APIにより開発を行っていました。

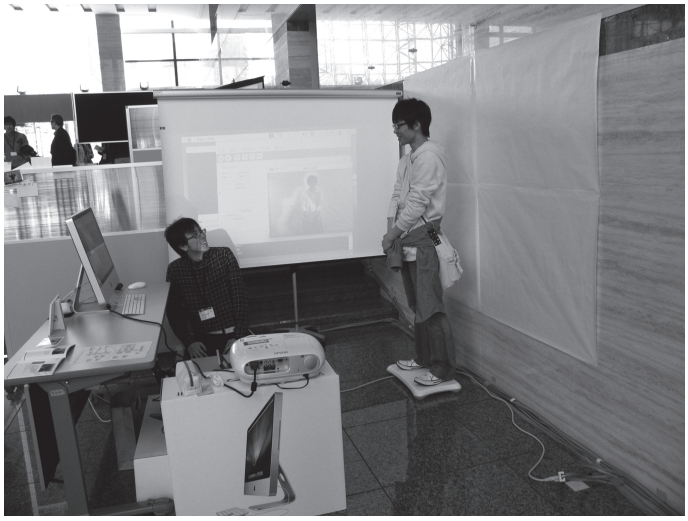
この節ではMac上のProcessingを使った学生の卒業制作作品「オーラ診断」の開発プロセス

を、実際に本作品を開発した東京工科大学コムメディアデザイン研究室・電王隊（小笠原明日美、平塚宏、平野実花、渕上伸吾）のみなさんのご協力により、学生の視点で開発資料を紹介することで、WiiBoardによる作品作りに親しんでみたいと思います。

プログラミング初心者４人が作った「オーラ診断」

「オーラ診断」は東京工科大学メディア学部の卒業制作展「メディアコンテンツ展2009」の「ライフエンタテインメント」に発表された作品です。

図9-18　MacとProcessingとWiiBoardで作った「オーラ診断」



オーラ診断（動画）
URL http://www.youtube.com/watch?v=3pL3ObUwoA8

プログラミング初心者４人が作った「オーラ診断」という作品
URL http://gryng.blog87.fc2.com/blog-entry-15.html

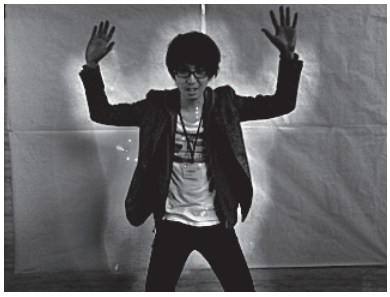
まずは、「オーラ診断」の動画とブログから紹介します（以下、渕上伸吾氏のBlogより文体も含めできる限り、引用してみましょう）。

■「オーラ診断」の概要

「オーラ診断」は体験者のオーラを診断する作品です。自分のオーラの色や形を見て、脳内メーカーのように楽しんでもらうことが狙いです。

こんなかんじです。

怪しい「オーラ」診断中



■この作品のキモ

いわゆる脳内メーカー系サービスは、名前や誕生日を入力させることで結果を算出しています。そうしないと、分析する手がかりがないので当然です。

しかし、オーラを診断するにあたって、体験者に“入力”をさせたくありませんでした。厳密には、入力したことを気がつかせない。ここがこの作品のキモになっています。

そのために使ったデバイスが、バランスWiiボード（WiiBoard）です。

■バランスWiiボード

NINTENDO Wii用の周辺機器であり、Wii Fitでおなじみのバランスwiiボード。Wii Fitではバランスゲームや筋トレ、ヨガなどを楽しめます。

このバランスWiiボードは、乗った人の重心を求めることができます。具体的には、左右の足の前後、合計4カ所にかかる重さを得ており、それぞれを比べることで重心を調べています。

このバランスWiiボードなら、体験者に意識させずに情報を入力させることができる！と思ったわけです。なぜなら、そこに立たせるだけで重心の情報を得ることができちゃうんですから。

■BBOSC

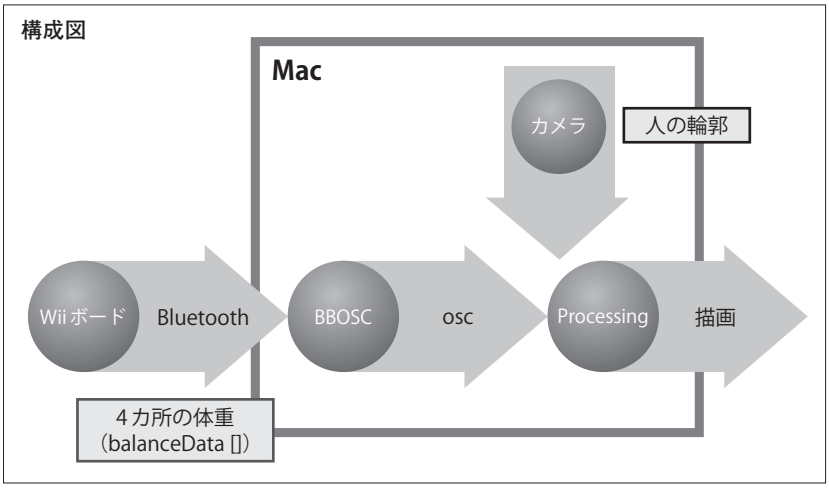
バランスWiiボードとMacを接続するために「BBOSC」というソフトを利用させていただきました。

4nchor5 la6（「BBOSC」ダウンロード）
URL http://456.im/wp/download/

立ち上げて、Wiiボードの電池ボックスの中にあるSyncボタンを押すだけ。びっくりするほど簡単に接続できました。

そうしてMacに送られてくる4ヵ所の体重の情報を、Processingに渡すわけです。このあたりは、『Web Designing』（2008年3月号）の記事「Beyond the Browser」を参考にさせていただきました。

大雑把にいえば、BBOSCが体重の情報をOSCという規格で送信し続けてくれるので、Proecssing側では「oscP5」というライブラリを使ってキャッチする、という感じです。



■ Processing

Processingはビジュアル表現が容易なオブジェクト指向のプログラミング言語、らしい。はっきり言って名前すら知りませんでした。

Processingでは体重の情報を元にオーラを描画していきます。

人の重心は絶えず動いているもの。それだとちょっと扱いにくいので、その人の平均的な重心位置を求めるために、数秒の判定時間を設けました。その間、体験者には画面に集中しておいてもらいます。そうして見つかった重心の位置を使って、その人の基準となる1色を設定します。

基準の1色だけだと画面が寂しいので、重心の移動に合わせて、ある程度色が変化するようにしました。この変化の幅も重心の位置から設定しています。より「その人だけのオーラ」が診断できるようになりました。

書いてないこともまだまだたくさんあるんですが、作品のおおまかな仕組みを紹介してみました。

補足：「BBOSC」とは?

以上の渕上伸吾氏のブログエントリーだけでは情報が足りないので、以下補足します。

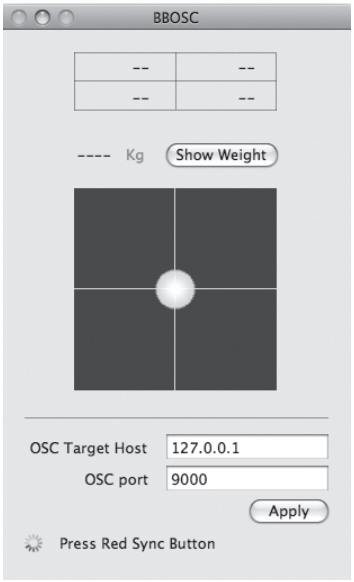
「BBOSC」は石橋素（いしばしもとい）氏が雑誌『Web Designing』連載記事のために開発したものです。WiiBoardの情報をOSCで取得することができます。

WiiRemoteでMacを操作できる「DarwiinRemote」などを開発したHiroaki Kimura氏による、Mac OSにおけるWiiRemoteプログラミングAPI「WiiRemote Framework」を参考にして開発されたそうです。

Hirolog（「DarwiinRemote」WiiRemoteでMacを操作できる）
URL http://blog.hiroaki.jp/2006/12/000433.html

Hirolog（WiiRemote Framework）
URL http://blog.hiroaki.jp/2007/05/000456.html

図9-19　BBOSC



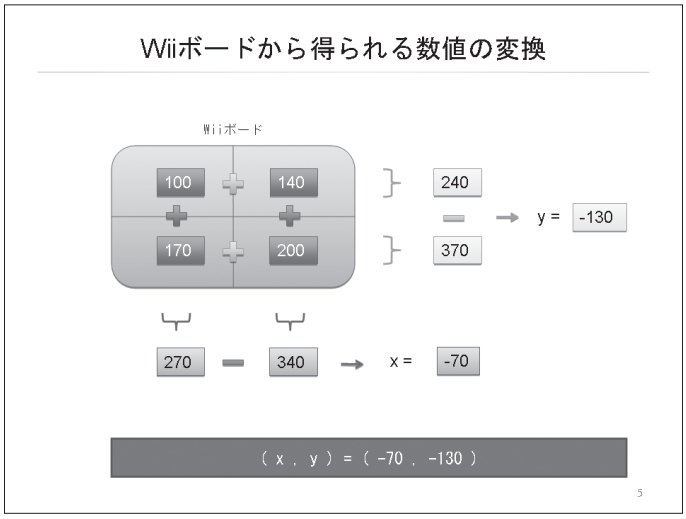
OSCとは

OSCとは「Open Sound Control」の略で、電子楽器やコンピュータの音楽演奏データをネットワーク経由でリアルタイムに共有するための通信プロトコル、つまりMIDIの代替となることを意図して作られたネットワークプロトコルです。カリフォルニア大学バークレー校にあるCNMAT（The Center for New Music and Audio Technologies）を中心にオープンソースで開発されています。

OSC
URL http://opensoundcontrol.org/

BBOSC実行時に、ターゲットとなるホストのIPアドレスとポートを指定します。4カ所にかかる体重を0-10000にスケールしてOSCで送信します。右上、右下、左上、左下と、WiiBoardに内蔵された4つのひずみセンサーの値が得られますが、そのままでは使いにくいので、「オーラ診断」では「X, Y」の値に変換し、平均を利用しています。

図9-20　WiiBoardから得られるセンサー値の利用



「オーラ診断」を実現するために、BBOSCのほかに、カメラの利用と処理に「JMyron」、人と背景を分けるために背景差分法を用い、人の輪郭をとるために「blobDetection」というProcessingのライブラリを使っています。

画像処理のためのライブラリ

JMyron
URL http://webcamxtra.sourceforge.net/download.shtml

ちなみに「Myron」とはアメリカのコンピュータアーティストミロン・クルーガー（Myron Krueger, 1942年）に由来する名前と思われます。1980年代にインタラクティブアートやバーチャルリアリティを使った作品を作った人です。

blobDetection
URL http://www.v3ga.net/processing/BlobDetection/

Processingの画像処理ライブラリです。「Blob」とは「もやもやしたカタマリ」のことで、人物などの検出をするには向いています。なお、このHPには画像処理を利用したさまざまなアートプロジェクトへのリンクがあります。

この作品が発表された東京工科大学「メディアコンテンツ展2009」には「オーラ診断」の他にも、おもしろい作品が数多く発表されています。

このセクションにご協力いただいた渕上伸吾氏も「Earth Surfer」というWiiBoardを使った別の「バックトゥザフューチャー感覚で写真を見るプロジェクト」を発表しています。

メディアコンテンツ展 東京工科大学
URL http://www.teu.ac.jp/mce/2009/work/lifeenter.html

なお、Windows環境ではWiimoteLibでWiiBoardを利用することができます。特にC#.NETでWiiBoardを利用したい方は、小坂研修室でサンプルが公開されているので活用するとよいでしょう。

小坂研修室「WiiBoard」C#.NETでの開発
URL http://www.kosaka-lab.com/tips/2009/02/wiiwii-fit.html

この節ではWiiBoardとMac OSでの学生プロジェクトを扱いました。本書ではMac OSでのWiiRemoteプログラミングについてProcsssingとActionScript以外では扱っていません。しかし、Mac OSでのWiiRemoteプログラミングは、Bluetooth接続の安定感もあり「WiiRemote Framework」など、Windows XP環境よりも先に日本人開発者によってプログラミング環境が開拓されてきました。

また、この節で扱ったようなOSCのような「ネットワーク経由の楽器として扱う」という方法は、VJやアーティスト系に親しまれているインタラクティブなサウンドプログラム環境「Max/

MSP」などでよく使われる方法です。実際にMax/MSPとWiiRemoteを使ったVJ活動などもよく聞きます。Windows環境だけにとらわれる必要はないのです。

「オーラ診断」で使ったような、カメラ画像処理、画像エフェクトを組み合わせ、今後さらに幅広い層でバーチャルリアリティアート、ビデオアート、インタラクションアート作品が生まれることを期待します。

PRACTICE

MacとWiiBoardの利用

【演習】☆☆

Mac環境で動く「BBOSC」や「WiiFlash」などWiiRemote利用ツールを探し、Processingを使った「誰も見たことがない」メディアアート作品制作に挑戦せよ。

【演習】☆☆☆

WiiBoardを使って、人間の「足踏み」を検出してVR世界を散歩せよ。

「足踏み動作解析」については、東京農工大学教授藤田欣也氏他、論文が多数あるので検索して参考にするとよいでしょう。

9.5 作品編（2）：Second Lifeで使う

世界的に有名なバーチャルワールドサービス「Second Life」でWiiRemoteを使えるようにしてみましょう。

Second Lifeは無料で利用できるバーチャルリアリティ空間共有サービスです。リンデンラボという会社が運営しており、リンデンドルという実社会に似た通貨を買ったり、土地の売買や建築、キャラクターの装飾やプログラミングといったユーザーによるコンテンツ作成が行えるのが特徴です。よくわからない人は「ゲームが目的ではない3Dネットゲームのようなもの」を想像するとよいでしょう。

Second Lifeのクライアントソフトのソースコードが公開されているわけではありません

が、第３章で学んだGlovePIEを使えば、プログラミングや改造することなくSecond LifeをWiiRemoteで操作することができるようになります。

Second Lifeを使ったバーチャルリアリティ空間の建築作品作りで有名な首都大学東京の渡邉英徳氏が、インタラクティブ技術のイベントのための写真アーカイブ作品「Laval VRchive」の展示用スクリプトを作成しています。渡邉氏より、以下のコメントをいただきましたので、紹介します。

図9-21　Laval VRchive 2009（Second Life）

まず、Google Earth用のPIEスクリプトをベースに、複数回のユーザビリティ検討を行った結果、まずSecond Lifeにもとからある前進/後進機能をオフにすることにしました。「バーチャルリアリティ空間内で等身大のサイズで過去の体験型イベントの写真を共有する」というコンテンツの設計上、前後に移動することがそれほど重要ではないと判断したのです。このような機能の刈り込みは、ユーザーインタフェースデザインを向上させる上で重要な機能制限といえますし、GlovePIEで入力させなければよいので、比較的簡単に検討することができました。

しかし再検討を重ねていく上で、最終的には「十字キーで前後移動＋左右転回、Bボタンを押しながら↑↓」もしくは「＋－ボタンで上昇下降」という仕様に落ち着きました。赤外線センサーの値はマウスポインタに割り当ててあります。USB給電できるセンサーバーをプロジェクタースクリーンの下に設置し、Second Life内の「指さし」と同じ感覚で、作品中のオブジェクトにWiiRemoteを向けて、Aボタンを押すことで操作することができます。

Second Lifeではちょっとしたことでカメラアングルがずれてしまうので、Homeボタンでリセットできるようになっています。またSecond Lifeのコンテンツを展示する場合、メニューバーが邪魔になるため、ディベロッパーモード「Ctrl＋Shift＋D」に切り替え、「インターフェイスをoff」、「Ctrl+Shift+1」というモードにしています。この場合、画面上部のメニューバーは不可視にはなっていますが、メニューバーそのものは存在しているため、画面の上下端でAボタンをクリックすると誤動作する恐れがあります。今回のスクリプトでは実装していませんが、画面の上下端にマウス移動のリミッターを付けることが望ましいかもしれません。

図9-22　WiiRemoteを使って片手で操作できる

WiiRemoteから自動切断されないようにしたい

WiiRemoteの更新が長時間なにもないと、いつの間にか切断されてしまいます。赤外線を見せるなどして、切断されないリポートモードを使うと確かに切断はされないのですが、今度は電池が切れてしまいます。実験するには長い時間がかかりますが、ときどきLED出力などの信号を送ってあげるとよいのかもしれません。なおWii本体では、同様にWiiRemoteを長時間操作しないとスリープモードに入るのですが、何かWiiRemoteのボタンを押すと、本体側から再度Bluetoothのペアリングを要求するらしく、接続が復旧するようになっています。

Windows環境においてはまだBluetooth自動接続に成功したソフトウェアはありませんが、試している人がいないわけではありません。原理的にはDDKがあるので不可能ではないはずです（専用のHIDドライバを作ったほうが早いのかもしれませんが……）。そのうちこういった高度なWiiRemote管理もオープンソースのAPIで可能になるかもしれませんね。

コード 9-6 GlovePIE Second Life「Laval VRchive 2009」展示用 PIE スクリプト（抜粋）

```
Mouse.LeftButton = Wiimote.A
Keyboard.ESC = Wiimote.Home
Keyboard.Up = Wiimote.Up
Keyboard.Down = Wiimote.Down
Keyboard.Left = Wiimote.Left
Keyboard.Right = Wiimote.Right
Keyboard.E = Wiimote.Plus
Keyboard.C = Wiimote.Minus
if Wiimote.B & Wiimote.Up Then
 KeyBoard.Up = False
 Keyboard.E = True
 Wait 600ms
 Keyboard.E = False
endif
if Wiimote.B & Wiimote.Down Then
 KeyBoard.Down = False
 Keyboard.C = True
 Wait 600ms
 Keyboard.C = False
endif
＜以下、赤外線センサーの利用や安定感向上のためのスクリプト＞
```

PRACTICE

Second Life ＋ GlovePIE を極めよう

【演習】☆☆☆

上記 PIE スクリプトと第 3 章を参考にして、GlovePIE と Second Life を使って、自由にバーチャルリアリティ空間を散歩できる PIE スクリプトを作成せよ。その際ヌンチャクなども利用して、展示向け、デスクトップ向けなどのカスタムバージョンも検討せよ。

9.6 モノ編 (1)： センサーバーを自作する

WiiRemote の赤外線センサーは非常に多機能で高速ですが、このままの状態では、センサー

バーをWii本体に接続していなければ使えません。せっかくPCでWiiRemoteが使えるので、Wii本体がなくてもよいように、センサーバーの仕組みを知り、自作に挑戦してみましょう。

WiiRemoteの加速度センサーだけを使う予定の方や、センサーバーをWii本体に接続して利用する方は、この節は読み飛ばしていただいてもかまいません。

センサーバーの仕組み

センサーバーは、名前だけ聞くと「中にセンサーが入っている」ように聞こえますが、実際には赤外線センサーはWiiRemote内に実装されており、センサーバー内部にセンサーは存在しません。

センサーバー内部には、左右にそれぞれ5つの赤外線LEDが実装されています。Wii本体と接続しているケーブルはただの電源ケーブルで、赤外線LEDはプラグを差している間、常に点灯しているようです。つまり、LEDは信号を送って同期したり、変調（周波数を変えて明度や速度を調整すること）したりといった凝ったことはせず、単純に直流電流を使って、同じ明るさで点灯しています。ちなみに「テレビの友チャンネルGガイドfor Wii」でリモコンとして使うときだけは、リモコン信号の規格に合わせて高速に点滅しています。

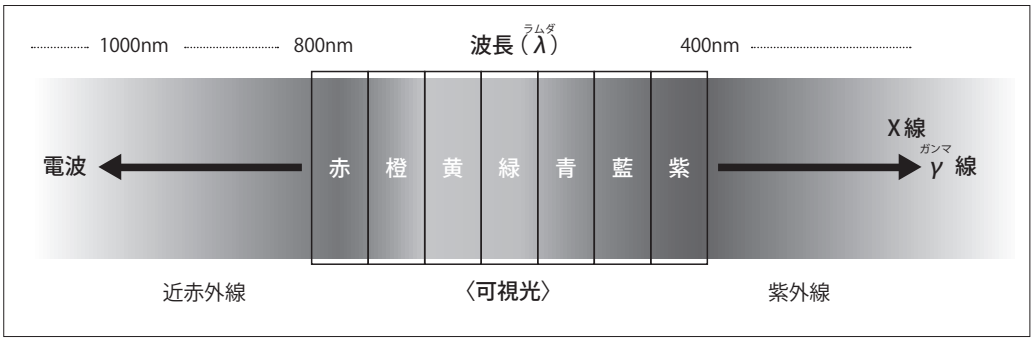
同期や変調といった複雑な電子回路の場合は、自分で作るのは少々大変ですが、LED点灯回路ぐらいであればそれほど難しくはありません（中学生レベルの電子回路です）。このLED点灯回路を赤外線LEDを用いて自作すれば、オリジナルの赤外線マーカーのできあがりです。センサーバーは必要なくなります。PCでWiiRemoteを利用するのに、いちいちWii本体を起動してセンサーバーを点灯させる必要はありませんし、赤外線センサーを使った自作の作品を利用する上での自由度も広がるでしょう。

目には見えない「近赤外線」

ここで赤外線について学んでおきましょう。まず、世の中の光にはすべて「波長」があります。波長が変わると色が変わって見えます。虹やプリズムを通して太陽の光を分解してみると「赤橙黄緑青藍紫」という順番に並んで見えます。

赤色に近くなればなるほど長い波長、紫色に近くなればなるほど短い波長です。人間が肉眼で見ることができる波長「可視光」には限りがあり、実際にはもっと多くの波長が存在します。

図9-23　目には見えない近赤外線



近赤外線とは

「赤外線」と一言でいっても、本書で扱う赤外線は波長700nm～2500nm近辺の近赤外線と呼ばれる赤外線です。他にも2500nm～4000nmの中赤外線や、波長4μm～1000μmの遠赤外線（熱線）があります。いずれも人の目では見えない光で、電波よりも波長の短い電磁波のことです。遠赤外線以上に波長が長くなると、マイクロ波、メートル波といった電波と呼ばれます。

人間が見える可視光は、せいぜい赤の750nmから紫の380nm程度で、それよりも短い波長になると紫外線となり、さらに波長が短くなるとX線やガンマ線と呼ばれ、性質が異なってきます。

人体に吸収されたり、山や建物を通り抜けたり、お湯が沸いたり、無線通信できたり……と波長ごとにいろんな利用上の特性がありますが、特にWiiRemoteを使う上では波長1000～800nmの近赤外線の光を使います。この近赤外光は、人間の目に見えにくいという以外は、普段我々が目にする光とほとんど変わらない性質を持っています。

近赤外線は目に見ることができませんが、可視光に近いため、目に見える光に似た拡散や反射が観察できます。目に見えないという理由から、自動ドアの接触センサー（フォトインタラプタ）やテレビのリモコン、携帯電話同士の赤外線通信（IrDA）などに使われています。こうしてみると、街の中は赤外線センサーだらけなのです！ なお、インフルエンザで発熱している人を見分けるときなどにも使われる「熱画像カメラ」や「赤外線サーモグラフィー」とよばれる温度に応じて色をわりあてるカメラがありますが、これは黒体放射による7.5～13μmの波長、つまり遠赤外線を測っています。

光の不思議についてもっと知りたかったら

文部科学省が2008年の科学技術週間で配布した「一家に1枚光マップ」が非常に良くできています。波長ごと、ありとあらゆる光について、実際に使われている例が写真入りで紹介されているポスターです。PDF版が理化学研究所のホームページからダウンロードできます。

一家に1枚光マップ

URL http://www.riken.go.jp/r-world/topics/080404_2/lightmap.pdf

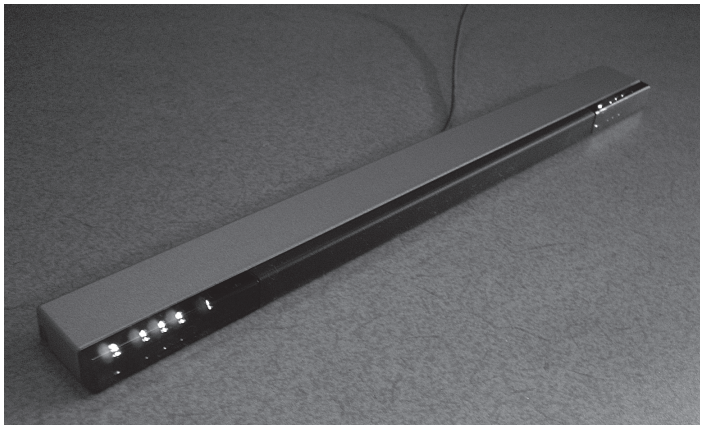
製作著作：文部科学省／監修：河田聡（独立行政法人理化学研究所）

見えない赤外線を見えるようにするには？

白熱電球なども、目に見える光（可視光線）とともに、熱線と近赤外線を発光しています。「センシング用途」つまりWiiRemoteのようなセンサーとして光を使う場合には、可視光や熱は必要ありません。逆に効率が良くないので、マーカー用光源として赤外線LEDの発光を使う場合が多いようです。

センシング用途では、赤外線LED光源に合わせて、フォトダイオード（PD）やフォトトランジスタといった特定の波長の光に対して反応する半導体とセットで利用されます。TVのリモコンや携帯電話やPCの近距離通信に使うIrDA（Infrared Data Association）規格や自動ドアも、この赤外線LEDと半導体素子のセットで構成されています。

図9-24　センサーバーの赤外線をデジカメで撮影した様子



目には見えない赤外線ですが、デジカメや携帯、Webカメラなどの画像センサーを使うことで、赤外線を画像として見ることができます。デジカメに利用されている画像センサーである「CCD」や「CMOS」は、本来、限定された幅の波長の光しか電子に変換できないのですが、「赤・

緑・青」といった、人間が画像として利用するための受光特性以外にほんの少しだけ、可視光の外側の波長に感度があるデバイスもあります。この受光特性を利用して「見えない赤外線を見る」ことができます。

この知識は非常に有効で、センサーバーを自作したときや動作確認をする上で、赤外線が見えるカメラを手元においておくと、赤外線LEDの点灯状態が見えて非常に便利です。

なお「ノクトビジョン」や「ナイトスコープ」と呼ばれるカメラは、この仕組みを使って目に見えない赤外線という明かりを使って、夜中や暗闇でも撮影できるカメラを実現しています。

WiiRemoteの受光特性は？

WiiRemoteの赤外線センサーはいったいどのような仕組みでどんな波長の光を感じることができるのでしょう？

実際には型番が公開されているわけではないのでよくわかりません。実験してみるしかないのですが、WiiRemoteに内蔵されているセンサーは、任天堂が台湾のPixArt Imaging（http://www.pixart.com.tw/）に特注して開発した、特別な赤外線画像センサーだといわれています。推測の域を出ませんが、低解像度のCMOSで、デジカメのような「画素値」ではなく赤外線の明かりの「重心の位置」を高速に出力するタイプのデバイスのようです。

一般的なWebカメラなどの画像処理速度が毎秒30～60フレーム程度なのに対して、このPSD（Position Sensing Device）は2次元の重心位置を出力するだけなので、高速です。値段と大きさにもよりますが、毎秒400フレームぐらい出せるデバイスもあります。

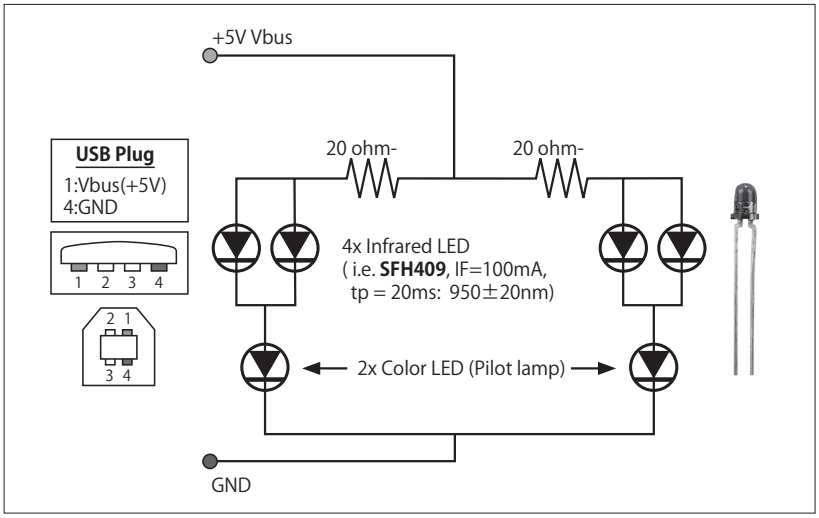
なお筆者が大学4年生のときに書いた論文「光学的3次元位置検出法を用いたリアルタイム人間動作入力デバイス」では、浜松ホトニクス製のPSDカメラを使いました。このカメラもWiiRemoteのCMOSに似た半導体デバイスですが、当時100万円以上して研究室で購入したことを記憶しています！

電子部品をそろえる・工作する

ATTENTION! ここから先は、電子回路等の知識がある方、半田ごての扱いなどが可能な方のみ実践に臨んでください。本書を原因とするPCの破損や火傷その他の不利益について、著者や出版社は責任を持ちません。

こちらが自作USBセンサーバーの回路図の例です。

図9-25　自作USBセンサーバーの回路図例



材料としては、赤外線LEDと抵抗、基盤、半田ごて一式、あとは不要なUSBのケーブルを1本、切断して使います。

平型のUSBプラグなら、金属端子面を下にして左から順に1、2、3、4と4つの端子がついています。この1番が電源となるVCC（＋5V）で、4番がGND（－）です。台形のUSBの端子の場合は台形の長辺を下側にして右上が1番、右下が4番になります。

USBのケーブルを適当な長さで切断して、テスターなどで確認しながら、図中のUSB1番を回路の＋5Vに、USB4番を回路のGNDにそれぞれ半田を使ってつなぎます。

赤外線LEDは普通のLEDと同じく、秋葉原や通販で入手できる電子部品のお店で購入できます。

「秋月電子通商」の赤外線LED売り場の例
型番：OSIR5113A
VF=1.25V(＠20mA)、ピーク波長940nm、半減角15度、推奨電流20mA

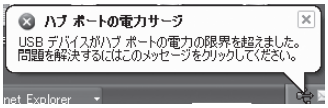
秋月電子通商
URL http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-00656/

値段は100個入りで700円と、電子部品としては気軽に買える部類に入ります。購入前に、仕様書をよく見てください。重要なのは「ピーク波長」、「VF（DC Forward Current）」、「推奨電

流」、それに「半減角（50% Power Angle）」と呼ばれる値です。ピーク波長は保障はできませんが、WiiRemoteには900～1000nmの間ぐらいがよいようです。半減角は、正面を100％としたときに明るさが半分になる角度です（LEDには広角のものと正面に指向性の高いものがあります）。なお、ここで紹介している「OSIR5113A」は小坂研究室でも利用実績があるそうです。

またVF（mA）によって制限抵抗の値が決まるので、それに合わせた抵抗も一緒に購入してください。制限抵抗を間に入れないと無制限に電流が流れてしまい、非常に危険な光源になってしまいます。最悪、PC本体を壊すかもしれません。

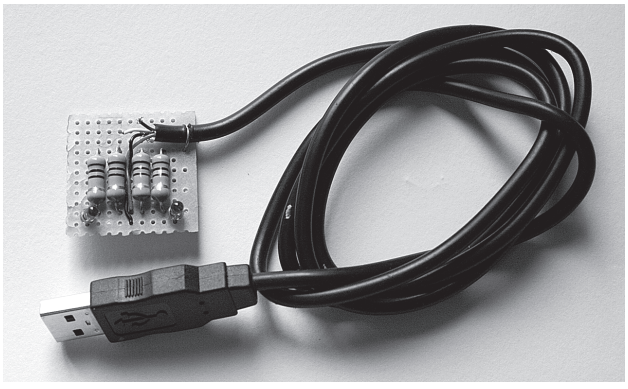
図9-26　USB電力のサージ警告



この警告メッセージはUSBポートの電流がUSBの規格で定められた許容量である500mAを超えたときなどに表示されます。配線が甘くてVbusとGNDがショートしているときなども同様に表示されるので、このメッセージが表示されたときは、すばやくUSBポートからプラグを抜き、テスターなどでショートがないか確認してください。

また、LEDはダイオードという電流を一方向にしか流さない性質を持ちます。アノード（足の長いほう）からカソードへ流れますが、逆には流れません。赤外線が見えるデジカメを傍らにおいて、仮組みしたりテストで駆動しながらやらないと、足を切った後では極性がわからなくなるので注意しましょう。

図9-27　自作の極小USBセンサーバーの制作例



このように非常に小さなUSBセンサーバーも作ることができます。いろいろと応用の幅が出てきます。

PRACTICE

赤外線センサーバーの自作

【演習】☆☆

上記の回路図を応用して、LEDに対して適切な制限抵抗値を算出し、USBで給電する赤外線センサーバーを2セット自作せよ。

【演習】☆☆

上記2セットのセンサーバー（各LED2点）、合計4点の赤外線マーカーを取得できるプログラムをWiiYourself!かWiimoteLibを使って作成せよ。

【演習】☆☆☆

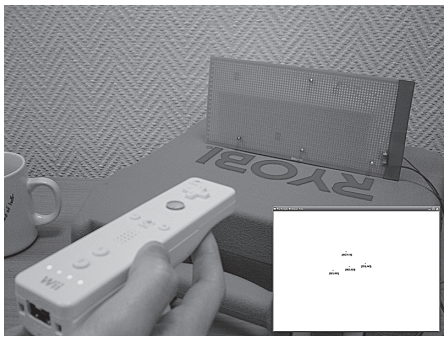
第1章「SoundQuest」にあるような、二等辺三角形の頂点に赤外線を配置し「三角形の向き」を取得できるプログラムを作成せよ。

ヒントは筆者のホームページ「Aki4IRDemo」に、解答例としてYouTube動画「SoundQuest V1」があるので、参考にしてください。

Aki4IRDemo
URL http://akihiko.shirai.as/modules/mydownloads/viewcat.php?cid=6

Sound Quest V1
URL http://www.youtube.com/watch?v=TMK7ULUG7S4

図9-28　赤外線LED4点で二等辺三角形を検出させる例



くりかえしになりますが、半田ごてを自信を持って握れる方のみお勧めします。半田ごてで火傷したりしても、本書は責任を持ちません。

赤外線は目に見えないので、回路図の赤外線LEDに加えて、通電しているかの確認のために可視波長（赤や緑）のLEDを使ってパイロットランプを作るとよいでしょう。

他の課題は自作センサーバーを作らなくても挑戦できます。三角形の認識でちょっと数学パズルがありますが、楽しんで解いてみてください。WiiRemoteは4点まで検出できるので、三角形の向きが拾えたり、面が推定できたりと、いろいろな応用できます。

9.7 モノ編 (2)： ロボット兵器「WiiRemoteTank」

WiiRemoteを使ってラジコンカーを操作しようというアイディアを実現した人は（世界には）意外にいるようです。

WiiRemoteを使ってラジコンカーを操作
URL http://gigazine.net/index.php?/news/comments/20061222_wii_rc/
URL http://www.inside-games.jp/news/329/32904.html

この2006年12月のニュース（Gigazine）で紹介されている例は、WiiRemoteからの信号をBluetooth経由でPCに受信して、それをラジコンカーのコントローラー（プロポ）などに送信する方法です。

WiiRemote→PC→ラジコンプロポ→ラジコン

もう1つの動画も同様で、WiiRemoteに飽きたらず、ヌンチャクやWiiBoard、さらにiPhoneを使ってラジコンカーを操作する動画を公開しています。

ロボット兵器「WiiRemoteTank」

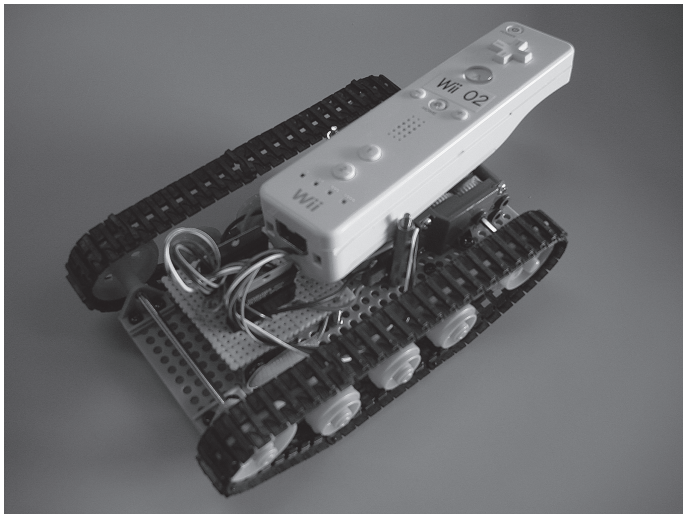
人がやったことをただ真似てもおもしろくありません。ここでは、上のような構成ではなく、

Wiiremote→PC→WiiRemote→ラジコン

というプロポすら使わない方法で、ラジコンを操作してみたいと思います。

正確には「WiiRemoteでラジコンを操作」ではなく、WiiRemoteをラジコンと合体、つまり、WiiRemoteをラジコン化した「WiiRemoteTank」を開発します。

図9-29　ロボット兵器「WiiRemoteTank」



写真を見るとほとんどロボット兵器です。ただし、武器はありません。

原理は簡単です。WiiRemoteあるプレイヤーインジケーター（4つの青色LED）は、WiimoteLibのSetLEDs関数で信号を送るだけで、ON/OFFの出力ができます。このLEDの電力をモータードライバーに接続することでモーターを制御することができます。

モータードライバーとは、その名の通りモーターを制御する電子部品です。2つの信号の組み合わせによって、モーターの回転、反転、停止を行うことができます。

たとえば、[01]で前進、[10]で反転、[00]でストップといった2bitのデジタル信号で制御できるので、LEDの点灯制御を出力させてやるだけで、モーターの動作をコントロールできるわけです。

「WiiRemoteTank」の開発

ここではロボットの開発を演習している、大阪大学応用理工学科機械系3年生の演習「機械創成工学演習」の教科書を参考にしています。

大阪大学准教授細田耕氏による「機械創成工学演習III」テキスト
URL http://www.robot.ams.eng.osaka-u.ac.jp/hosoda/enshu/start.html

ここで紹介されているモータードライバー「TA7291P」を使います。WiiRemoteのLEDは4つ

あるので、このドライバーを使って２つのモーターを制御することが可能です。モーター２つで操作できる戦車といえば、「タミヤタンク工作基本セット」でしょう。オンラインで1,500円で購入できます。

Toshibaのモータードライバー「TA7291P」データーシート
URL http://www.robot.ams.eng.osaka-u.ac.jp/hosoda/enshu/doc/TA7291F_TA7291SG_ja_datasheet_070613.pdf

タミヤタンク工作基本セット
URL http://tamiyashop.jp/shop/product_info.php?cPath=17_149＆products_id=70108

続いてコントローラー用のWiiRemoteと制御用のWiiRemoteの２台を用意します。まず制御用のWiiRemoteを分解し、LEDの信号を取り出します。

WiiRemoteを「分解」…？

「WiiRemoteを分解」とあっさり書いていますが、WiiRemoteのネジは特殊なドライバーでなければ回すことすらできませんが、そのようなドライバーなどなくても開けようと思えば開けることはできます（もちろん、全く保証外の行為です）。

特殊ネジをはずしたら、普通のネジを入れておきましょう。

URL http://ameblo.jp/akihiko/entry-10056910390.html

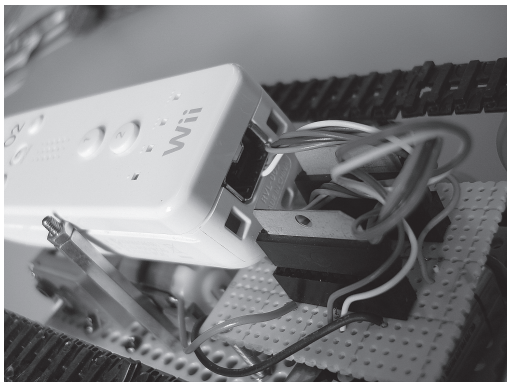
図9-30　精密ドライバーとペンチを使う

さて、この先一番難しいのは、「WiiRemoteを分解しLEDに配線し、元通りに収めること」かと思います。かなりの集中力が要求されます。小坂研究室のTipsにWiiRemoteのLEDを換装する記事があるので参考にしてください。

小坂研究室Tips「Wiiリモコンの青色LEDを赤色LEDに変更」
URL http://www.kosaka-lab.com/tips/2009/05/wiiledled.php

テスターを使って確認しながら進めてください。LEDのための信号を拾って、モータードライバーに接続します。

図9-31　LED信号をモータードライバーに接続



コントローラー用のWiiRemoteの傾きをPCが読み取り、その傾きに合わせて、制御用WiiRemoteに信号を送るプログラムを別途作成しておきます。モーターが2つあるので、加速度センサーの傾きに合わせて2つのLEDに対して［00］～［11］を出力するようなプログラムで十分でしょう。

完成版の動画は小坂研究室にて見ることができます。

小坂研究室 Tips「Wii でラジコン」
URL http://www.kosaka-lab.com/tips/2009/05/wii-2.php

コントローラー用WiiRemoteを傾けると、WiiRemoteTankが進みます。今回はWiiRemoteをプロポにして操作していますが、WiiBoardなどで操作してもおもしろそうです。他にも武器やデコレーションを装備したり、WiiRemoteの赤外線カメラを利用して、赤外線を自動に追尾して動くロボットや、ライントレーサー（黒い線に従って動くロボット）としても展開することができるでしょう。

今回はWiiRemoteをロボットへ内装する例として、LEDから信号をとる方法を紹介しました。LED以外にスピーカーのアナログ出力や、拡張端子のI2Cインタフェースを使う方法も可能性がありそうです。

ここでの例ではロボット戦車ですが、かわいらしいモンスターのぬいぐるみを着せたり、ゲームと連動させたりすると、ビッグなビジネスチャンスがありそうです（笑）。

PRACTICE

WiiRemoteによるロボット開発

【演習】☆☆☆

WiiRemoteTankを応用して、周囲の赤外線を探して近づいてくる「ロボットペット」を開発せよ。

9.8 サービス編：体が不自由な方のためのインタフェース

この節では、第８章で学んだ技術を応用して、WiiRemoteを利用することで、ハンディキャップのある方に自由にコンピュータを触れるように、何ができるかを中心に考えてみたいと思います。

PRACTICE

体が不自由な方のためのインタフェース

【演習】☆☆

WiiBoardを使って、手が使えなくてもマウス操作できるソフトウェアを作成せよ。

【演習】☆☆☆

WiiRemoteだけで文字入力ができる「WiiRemoteキーボード」を開発せよ。

【演習】☆☆☆☆

WiiRemoteに「ぬいぐるみ」の皮をかぶせて、幼児に持たせる「安心ぬいぐるみロボット」を開発せよ。

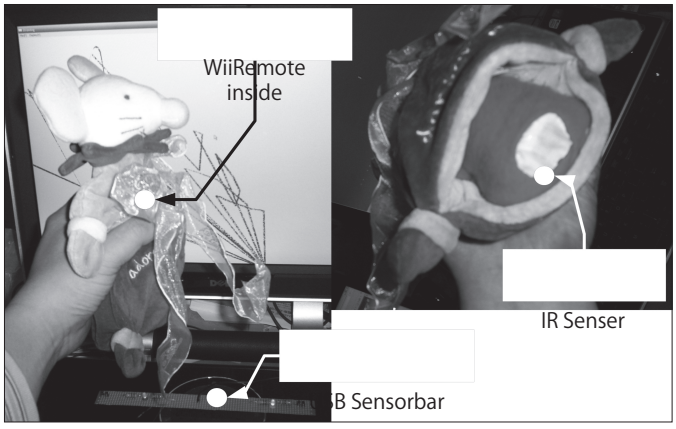
「体が不自由」と一言でいっても、先天的に不自由な方だけでなく、事故や病気で不自由になった人や一時的に不自由な人など、それぞれです。そのような方々にWiiRemoteだけでブラウザを操作したりメールを書いたりすることができるインタフェースを開発できれば、ハンディキャップのある方などの人生を大きく変えることができるかもしれません。

ちなみに「ハンディキャップなんて自分には関係ない」と思っていると損をします。かくいう

筆者も、生まれたばかりの自分の赤ん坊に2時間おきに授乳しなければならないときがありました。夜は論文を書いたりしていることが多いので、妻に代わって筆者が担当なのですが、赤ん坊にミルクを飲ませているときは両手がふさがっているので何もできません（とても眠くなる）。この時間を使ってメールに返信したり、ブラウザを触ったりといった簡単な作業ができれば、子育て初期の授乳ストレスはどんなに有意義な時間になったでしょうか！ つまり両手が空いている元気なうちに「こういうソフトウェアを作っておけばよかった！！」と何度も後悔した、ということです（笑）。

「幼児に持たせるロボット」は加速度センサーの値をうまく使って、眠ったり歩いたり、スピーカーを使ったり……とアイディアが広がります。フランス語ではぬいぐるみのことを「Poupee」といいますが、筆者は過去にこのアイディアで幼児向けのラクガキシステム「Papier Poupee Painter」を開発したことがあります。振るだけで塗り絵っぽいことができる作品でした。

図9-32　幼児向けラクガキシステム「Papier Poupee Painter」で使った「ぬいぐるみ」



幼児もインタラクティブ技術の視点では「ハンディキャップを持つユーザー」とあまり変わりありません。いわゆるペイントブラシのような色を選ぶような機能は限定して、ラクガキのおもしろさだけを際立たせる、という仕掛けにWiiRemoteの無線機能と安定性能はとても役に立ちました。

WiiMedia:Painting "Papier Poupee Painter" ver.Alpha（動画）
URL http://www.youtube.com/watch?v=S8kYQbfN_9I

演習問題とはいえ、せっかく作ったソフトウェアですから、よいものができたら公開しましょう。なんといってもWiiRemoteとソフトウェアだけですから、一般的な医療福祉機器に比べて非常に気軽に利用できます。

9.9 研究編（1）：赤外線を極める

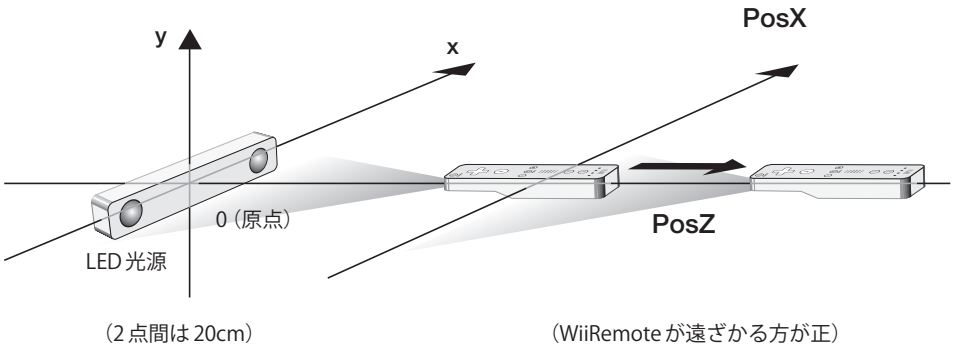
WiiRemoteの赤外線センサーは非常に高速で、使い道がたくさんあります。ここでは、2点の赤外線LEDの情報だけで、どこまで正確な「奥行きを含めた3次元座標」が取得できるか理論的に突き詰めてみます。

赤外線奥行き測定の基本理論

ここでは、幾何的な方法を使って2点のLED座標からWiiRemoteの3次元奥行き付きの座標を取得する方法を考えます。考え方のトレーニングだと思って読んでみてください。

いま、P（x,y,z）という位置にあるWiiRemoteが、原点O（0,0,0）という場所にあるセンサーバーに向かって赤外線センサーを向けたとき、WiiRemoteで取得できる2つのLED群の位置を［IrX1,IrY1］、［IrX2, IrY2］とします。

図9-33　ここでの座標系、LEDとWiiRemoteの位置関係（側面図）



この2つのLEDのX座標、IrX1、IrX2について、その差の絶対値IrZについて仮説を立ててみます。

IrZ = | IrX1 - IrX2 | ...（式 9-1）

いま、このWiiRemoteを原点から遠ざかる方向に移動させた場合、このIrZの値は遠近法に従って、遠くにいけば遠くにいくほど2つのLEDの差は小さくなります。WiiRemoteとセンサーバーの距離（以後PosZと標記、単位はmm）は比例関係にあるかもしれません。

式で表せば、

PosZ = K * IrZ ...(式 9-2)

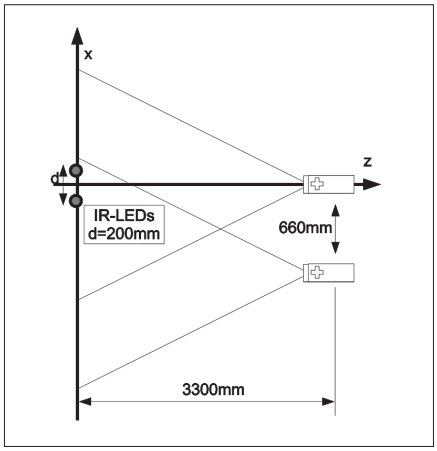
という関係が作れる可能性があります。もし、このKを簡単に求めることができるなら、WiiRemoteの赤外線LEDの値（IrX1、IrX2）から、奥行きPosZが算出できそうです。

なお、この式9-2でのKは比例関係を表しているだけで、定数かどうか、つまり1次関数なのかどうかは、いまのところわかりません。より複雑な2次関数以上かもしれません。実際に測定してみることにしましょう。

実験：赤外線特性の測定

まず、赤外線の測定値が取得できるプログラムを用意します。新たに開発するのが面倒であれば、WiinRemoteなどを使って測定してもかまいません。

図9-34　WiiRemote赤外線特性測定の配置（上面図）



いま、原点O(0,0,0)に自作のLEDセンサーバーの中心があり、センサーバー内にある2つのLED光源グループ間が、X軸方向に200mm離れているとして、これをLED2点間距離dと呼びます。

2つのLEDの中点がこれから実験する座標系の原点O、{x,y,z}={0,0,0}にあり、測定に使用するWiiRemoteは座標P(x,y,z)にあるとします。WiiRemoteをセンサーバーからまっすぐ遠ざけていく方向を、求めたい「奥行きZ」、左右方向をX、上下方向をYと呼びます。Pの座標ではなく距離を表現するときは「PosZ」(単位はmm)と呼ぶことにします。

測定を始めましょう。測定しやすい床などの安定した場所にセンサーバーを置きます。このとき床面に赤外線が反射していると実験が失敗してしまうため、WiiRemoteやデジカメを使って、赤外線光の強い反射がないか確認しましょう。床がどうしても反射する場合は紙を使って反射を拡散させるとよいでしょう。センサーバーを三脚に乗せるなどしてもよいですが、できればWiiRemoteを同一平面に置いてください。

まず、WiiRemoteを原点Oに近い場所に置き(ぶつかってしまうので)、ゆっくりとセンサーバーから遠ざけていきます。WiiRemoteとLEDの距離があまりに近すぎると測定できません。これは、赤外線の発光強度が強すぎたり、1つのLEDしかセンサーの視界に入らなかったりすることに起因します。徐々に奥行きを広げていき、PosZ = 300mm程度の距離になると、個々の赤外線測定値IRX1, IRX2を読むことができるので、測定値を測定シート(Excelなどに直接入力してもよいでしょう)にメモしていきます。

今回の実験では奥行き方向の距離をそれぞれ

PosZ = {330, 660, 990, 1320, 1650, 1980, 2310, 2640, 2970, 3300}(mm)

の10種類としました。

また左右方向の特性も確認するために、X方向にもそれぞれ

PosX = {0, 330, 660}(mm)

の3種類で測定しています。すべての組み合わせで30通りあるので根気よく、流れをつかんで、2人一組などで実験するとよいでしょう。

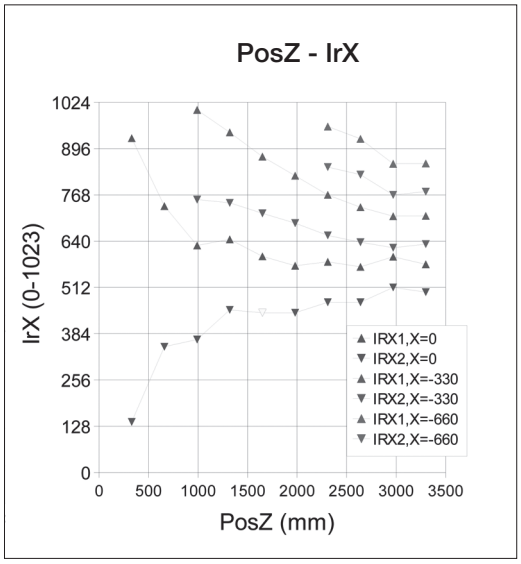
以下の表のように実測値をまとめます。

表 9-1　赤外線センサーの特性測定実験 (d=200mm)

[Pos]	X = 0	X = 0	X = -330	X = -330	X = -660	X = -660
PosZ	IRX1	IRX2	IRX1	IRX2	IRX1	IRX2
330	925	140	—	—	—	—
660	737	348	—	—	—	—
990	628	368	1003	755	—	—
1320	645	450	941	746	—	—
1650	598	442	874	717	—	—
1980	572	442	821	690	—	—
2310	583	471	768	656	957	845
2640	569	471	734	637	923	824
2970	597	512	709	622	854	768
3300	576	499	710	632	855	777

「—」となっている箇所は赤外線 LED は常の値が読めなかった場所、つまり赤外線センサーの画角の外側です。実際に測定可能なポイントは 22 点になりました。このデータを PosZ を横軸、赤外線の測定値 IrX を縦軸としてプロットすると、図 9-35 のようになります。

図 9-35　WiiRemote 赤外線特性測定の結果



グラフを見たところ、IrX1 と IrX2 は奥行き PosZ に対して、単純な比例関係を持ってはいないようです。しかし左右に対してはほぼ対象といえるでしょう。そして PosX が中心から外れることで (PosX = − 330mm, − 660mm)、左右の対象性は崩れていくようです。

図9-36　左：実際の奥行き（PosZ）ー赤外線の差（IrZ）、右：PosXそれぞれに対するKの様子

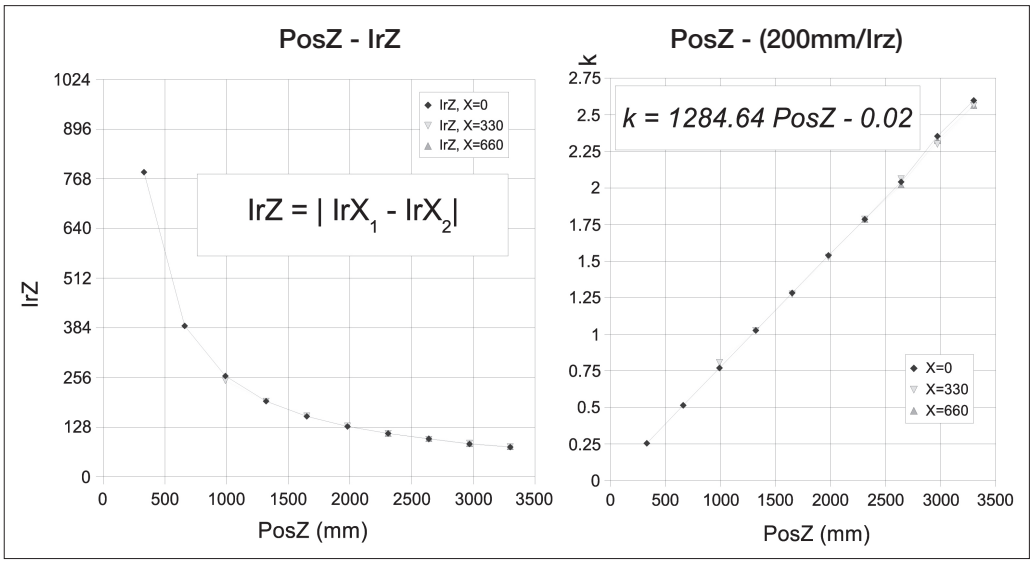


表9-2　各位置（PosX,PosZ）でのIrZ（2つのLEDの差の絶対値）

PosZ	X=0	X=330	X=660
330	785		
660	389		
990	260	248	
1320	195	195	
1650	156	157	
1980	130	131	
2310	112	112	112
2640	98	97	99
2970	85	87	86
3300	77	78	78

次に各位置での2つのLEDの差の絶対値IrZについて算出します。PosZを横軸、IrZと縦軸にとったグラフにプロットすると、PosZに対する反比例に見えます。今度はX ={0, 330, 660}に対してそれぞれ、PosZを横軸、そして本来定数であるはずのK、すなわち「d / IrZ」を縦軸として図9-33（右）のようにプロットしてみます。

XがそれぞれX = {0, 330, 660}と異なるにもかかわらず、見事に1本の直線に乗っています。この直線の傾きをPosZの最大ー最小から求めると

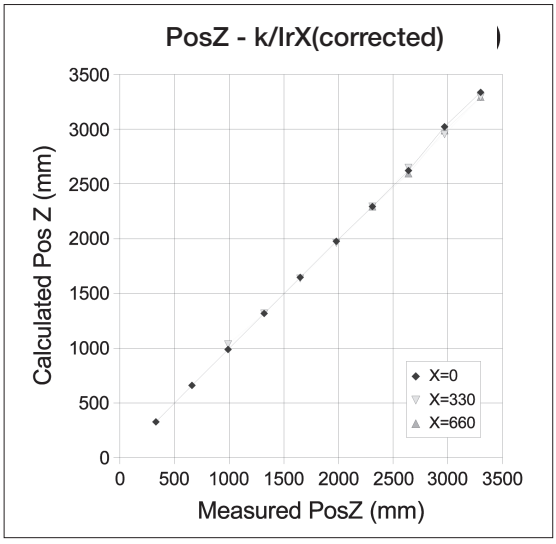
K = 1284.64 * PosZ - 0.02 ...(9-3)

という、KとPosZの直線の1次方程式で表現することができます。

このKを用いて実測のPosZと、最大最小など2点程度のIrZを計測すれば、その間の奥行きZを簡単に求めることができます。

図9-37は、この理論を用いて算出した奥行きと、実測の奥行きがほぼ一致することを示しています。

図9-37　実測Z（横軸）ー算出Z（縦軸）



PRACTICE

赤外線を極める

【演習】☆

赤外線センサーの視野角（画角）は何度か。水平方向、垂直方向について最大値を測定し、角度として算出せよ。

【演習】☆☆☆

本セクションで解説した理論を参考にして、赤外線の計測値と実際の奥行きをキャリブレーションするプログラムを作成せよ。

【演習】☆☆☆☆

加速度センサーやアフィン変換を組み合わせて、より広範囲を検出できる仕組みを考えよ。

水平方向の画角についてはこの節で紹介したデータをもとに、算出することができます（意外と狭いです）。

広範囲化についてはさまざまな方法があり得ますが、次の図をヒントに考えてみるとよいのではないでしょうか。

図 9-38　加速度センサーを使った広範囲化

加速度センサーと連携する方法以外にもアイディアはあります。WiiRemote の赤外線センサーはデジカメの CCD などの画像センサーと異なり、歪んでもボケても得られる値は同じなので、「斜めから見る」という方法で実質の測定範囲を広くする方法はあるでしょう。

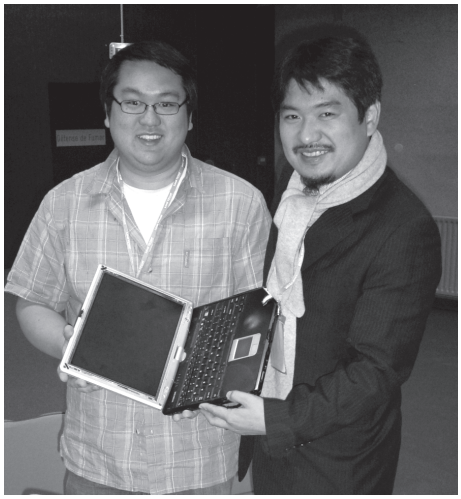
次の節で紹介する、ジョニー・リー氏のサンプルも、赤外線ポインタを「斜めに見る」ことで、広い範囲が測定可能になるコードを含んでいるようです。

9.10 研究編（2）：Johnny Chung Lee 氏から学ぼう

アメリカ人のジョニー・リー氏（Johnny Chung Lee）は、カーネギーメロン大の学生当時、WiiRemote を使ったプロジェクト「Head Tracking for Desktop VR Displays using the Wii

Remote（WiiRemoteを使ったデスクトップVRディスプレイのための頭部追従）」を2007年12月21日にYouTubeで公開し、今日まで721万回以上再生され、世界的に有名になりました。

図9-39　Mr. Johnny Chung Leeと彼のぼろぼろのタブレットPC(Laval Virtual 2008にて)



Johnny Chung Lee氏のWiiRemote関係のプロジェクト一覧
URL http://johnnylee.net/projects/wii/

他の2つのWiiRemoteプロジェクトも、それぞれ200万回以上再生されています。

過去のWiiRemote関係は氏のWebサイトにまとめられています。すべてソースコードと実行ファイルが入手できます。まずは、動画とともに以下の日本語解説を読んでみてください。

- WiiRemoteで貴方の指をトラッキング（2007年11月08日公開）
  赤外線LEDの行列をWiiRemoteと統合し、再帰性反射材テープ（自転車の防犯反射テープのようなもの）を使って、映画「マイノリティリポート」調の空中多点操作を実現しています。WiimoteLib1.1とC#、DirectXを使っています。

- WiiRemoteを使ったローコスト、複数点インタラクティブホワイトボード（2007年12月07日公開）
  赤外線LEDを仕込んだペンを使って、インタラクティブなホワイトボードソフトウェアを実現しています。WiiRemoteをスタンドに乗せてからプロジェクターに向かってペンを持つ構成になっています。特に、位置合わせのソフトウェアが秀逸です。WiimoteLib1.2.1とC#で書かれています。オープンソース化され、Mac/Linux版も公開されています。

- WiiRemote を使ったデスクトップ VR ディスプレイのための頭部追従（2007 年 12 月 21 日公開）
  逆転の発想です。テレビの前に WiiRemote をおいて、センサーバー代わりの赤外線 LED をメガネの両脇につけます。「WiiDesktopVR」というデモプロジェクトが公開されており、頭を動かすと 3DCG で描いた 3 次元的に配置された的が視点に合わせて動きます。大きな風景写真なども視点に合わせて動きます。ちょうど窓枠を通してみるような感じです。WiimoteLib と C#、DirectX によるプログラムです。

「アイディア一発勝負！」の非常にシンプルなデモですが、動画公開の日付を見てもわかるように、開発のスピードがとても速いことも話題になりました。

またジョニー・リー氏は研究者としてもしっかりしていて、WiiRemote 以外にもローコストな特殊カメラや、プロジェクターを使って好きな場所（たとえば、手に持った扇）に好きな映像を投影する研究を行っています（だからこそ WiiRemote の活用も速かったのですね）。他にも写真作品や、巨大なペイントボールパチンコの制作など、いろいろ楽しいプロジェクトを実現しています。

現在、彼は Microsoft の研究所の実用科学（Applied Sciences）グループで働いているため、表立った WiiRemote 関係の活動はありませんが、長い空白の後、なんと 2009 年 6 月 1 日のブログエントリーで「Project Natal」に関係していることを告白しました。

procrastineering（ジョニー・リー氏のブログ）
URL http://procrastineering.blogspot.com/

Microsoft Project Natal（動画）
URL http://www.youtube.com/profile?user=xboxprojectnatal

「Project Natal」とは、動画を見てもらえればわかると思いますが、任天堂 Wii に対抗するマイクロソフトの全身型ゲームインタフェースです（詳細は次章で紹介します）。

PRACTICE

研究しよう

【演習】☆☆

ジョニー・リーのサンプルを実行し、動作を確認せよ。赤外線 LED グッズの作成は 9.6 節を参考にし、可能であれば YouTube 動画をアップロードせよ。

【演習】☆☆☆☆

サンプルをリビルドし自分のプロジェクトに再利用せよ。特にアフィン変換やデモ映像部分などは便利。

彼の研究者としての論文も非常におもしろいです。関連するおもしろい論文があればどんどん読んでみましょう。なお、海外の論文をすばやく調べるときには、「Google Scholar」、公開されているプログラムコードを検索するときは「Google Code」が役に立ちます。日本語の論文が気になるときは、「CiNii」という国立情報学研究所が運営している論文検索エンジンを使うとよいでしょう。

論文検索「Google Scholar」
URL http://scholar.google.com/intl/ja/

国立情報学研究所「CiNII」(キーワード"Wii"で検索)
URL http://ci.nii.ac.jp/search?q=Wii

Google Code
URL http://code.google.com/

9.11 プログラミング上級編：自分でAPIを作る

本章の最後は、WiiRemoteにアクセスするAPIを自分で作る課題です。DDKを使った、C++のプログラミングです。特に必要のない方は読み飛ばしていただいてかまいませんが、他の言語な

APIを使わない接続についての情報

WiiMedia2
URL http://code.google.com/p/wiimedia/source/browse/#svn/trunk/Wiimedia2/

Google Codeで公開されている、DDKとC++を使った機能最小限の自作APIです。

筑駒パ研「電脳2007：Wiiリモコンをもう一回見直してみます」by Iketaki
URL http://paken.s1.hayasoft.com/files/down/denno2007_wii.pdf

筑波大学附属駒場中・高等学校パーソナルコンピュータ研究部の文化祭で発行された部誌のPDF版です。非常に丁寧に解説されています。

どにWiiRemoteのAPIを移植するときなど、役に立つかもしれません。

WiiMedia2から重要なOpenWiiRemoteHID()近辺を引用しておきます。

コード9-7　wm_base.cpp wm_base::OpenWiiRemoteHID()

```
HANDLE wm_base::OpenWiiRemoteHID(void) {
//LONG iHIDs;
  DWORD indexHID = 0;
  BOOL bEndofDeviceList = FALSE;
  BOOL bDeviceDetected = FALSE;
  PSP_DEVICE_INTERFACE_DETAIL_DATA DeviceDetail = NULL;
  DWORD size = 0;
  DWORD RequiredSize;
  HIDD_ATTRIBUTES Attributes;
  HidD_GetHidGuid( &guidHID );
  hDeviceInfo = SetupDiGetClassDevs(
    (LPGUID)&guidHID, NULL,
    (HWND)NULL,
    DIGCF_INTERFACEDEVICE | DIGCF_PRESENT
  );
  if ( 0 == hDeviceInfo ) { return INVALID_HANDLE_VALUE; } //失敗
  do {
    bDeviceDetected=FALSE;
    //HIDインタフェースを列挙
    deviceInfoData.cbSize = sizeof(SP_DEVICE_INTERFACE_DATA);
    if ( SetupDiEnumDeviceInterfaces
      (hDeviceInfo, NULL, &guidHID, indexHID, &deviceInfoData)!=0 ) {
        printf("[%d] HID found.¥n",indexHID);
      //列挙したHIDの詳細を取得
      SetupDiGetDeviceInterfaceDetail(hDeviceInfo,
        &deviceInfoData, NULL, 0, &size,   NULL) ;
        DeviceDetail = (PSP_DEVICE_INTERFACE_DETAIL_DATA)malloc(size);
      DeviceDetail -> cbSize = sizeof(SP_DEVICE_INTERFACE_DETAIL_DATA);
      printf("HID detail size =%d.¥n",DeviceDetail->cbSize);
      SetupDiGetDeviceInterfaceDetail (hDeviceInfo,
        &deviceInfoData, DeviceDetail, size, &RequiredSize, NULL);
      hWiiRemoteHID = CreateFile( DeviceDetail->DevicePath,
        GENERIC_READ|GENERIC_WRITE, FILE_SHARE_READ|FILE_SHARE_WRITE,
        (LPSECURITY_ATTRIBUTES)NULL, OPEN_EXISTING, 0, NULL);
      bDeviceDetected = FALSE;
      Attributes.Size = sizeof(Attributes);
      if ( HidD_GetAttributes( hWiiRemoteHID, &Attributes ) ) {
if ( Attributes.VendorID == 0x057e && Attributes.ProductID == 0x0306 ) {
if ( HIDP_STATUS_SUCCESS == GetDeviceCapabilities( hWiiRemoteHID ) ) {
         printf(" WiiRemote found.[V=0x%04d,P=0x%04d]¥n",
          Attributes.VendorID,Attributes.ProductID);
```

次ページにつづく

```
          bDeviceDetected = TRUE;
        } else {
          printf(" GetDeviceCapabilities() failed.¥n ");
        }
       } else {
        printf(" It didn't match with WiiRemote.[V=0x%04d,P=0x%04d]¥n",
         Attributes.VendorID,Attributes.ProductID);
        CloseHandle( hWiiRemoteHID );
       }
      } else {
       printf(" HidD_GetAttributes() failed.¥n");
       CloseHandle( hWiiRemoteHID );
      }
      free(DeviceDetail);
    } else {
      bEndofDeviceList = TRUE;
    }

    indexHID++;
  } while ( (bEndofDeviceList == FALSE) && (bDeviceDetected == FALSE) );

  if ( bDeviceDetected == FALSE ) {
        printf("Finally, I couldn't find any WiiRemote.¥n");
    hWiiRemoteHID = INVALID_HANDLE_VALUE;
  } else {
        printf("Yes, I found a WiiRemote.¥n");
  }
  SetupDiDestroyDeviceInfoList(hDeviceInfo);
  return hWiiRemoteHID;
}
```

最初から手探りで作るのは大変ですから、もし自分自身でAPIを作成に挑戦する場合、上のコードの他に、WiimoteLibやWiiYourself!を参考にするとよいでしょう。

「GetDeviceCapabilities()」近辺が重要で、これが個々のPC環境やBluetoothスタックによって異なります。それらに対して、高度に完成しているAPIはWriteFile()などを工夫して、確実に通信が行えるようにしています。その他、レポートタイプの設定などは「Wiili.org」や「WiiBrew」などのWikiサイトで情報を集めて構築していきます。

PRACTICE

このセクションでの演習問題は難易度を特に高く設定しています。特に腕に自信がある方のみ挑戦してみてください。

【演習】☆☆☆

DDKとC++を使って自分でAPIを開発せよ。さまざまなスタックで動作するよう、WiiYourself!やWiimoteLibを参考にするとよい。

【演習】☆☆☆☆

Windows Mobileなど他のプラットフォーム用にAPIを移植せよ。

【演習】☆☆☆☆☆

スタックやDDKを活用し、Bluetooth接続を自動化できるドライバーを開発せよ。

これで本章は終わりです。いままで通りステップバイステップの解説を行ったところもありますが、ほとんどがアイディアの要点だけで、あとは演習問題という構成です。解説よりも課題設定に力点を置かせてもらいました。

読者のスキルを幅広くとった本書において、英語で書いた論文をそのまま落とし込むのは難儀しました。残念ながら割愛したネタも数多くありますが、筆者の経験したWiiRemoteプロジェクトのいくつかを、初めて日本語で解説する機会に恵まれました。

本書でWiiRemoteプログラミングを学んだみなさんが、本書での「ネタ」をきっかけに、YouTubeなどを通して、より多く世界中の人々と交流されることを祈っています。その際「元ネタはWiiRemote本より」と、本書を引用元に書いていただけるとより励みになります。

またWiiMotionPlusの登場などで、本書の内容も古くなったり「もっといい方法があるよ！」といったご意見も出ると思います。上記で紹介した「WiiMedia」プロジェクトや、Google Groupsにてコミュニティを立ち上げているので、活用してもらえれば幸いです。

オンラインコミュニティ

筆者HP
URL http://akihiko.shirai.as/projects/WiiRemote
本書のポータルとしてここに情報をまとめています。

Google Code「WiiMedia」
URL http://code.google.com/p/wiimedia/
本書で紹介したサンプルなど関連のコードをここで共有しています。

Google Groups「WiiRemote」

URL http://groups.google.com/group/wiiremote

質問や「こんなことできたよ！」という情報をお寄せください。