

## Wiimote Positioning System (WPS)の開発と 応用領域ならびに機能拡張

中野由章<sup>†</sup> 田実 潔<sup>††</sup>

ゲーム機 Wii のコントローラ Wiimote を使って、高精度な室内位置検出システム (WPS) を開発した。従来のシステムは、十分な精度が確保できなかったり、装置が大掛かりになったりして、容易に利用できるものではなかった。今回開発した WPS は、安価な装置を簡易に設置でき、かつ mm 単位の高精度な位置検出を行なうことも可能である。実際に WPS を使った位置検出実験を 4 日間に亘って行なったが、本システムの実用性を確認できた。この WPS を教師教育や特別支援教育、スポーツ・コーチングなどに教育応用すれば、新しい教育工学的アプローチの開発も期待できる。

## Development of Wiimote Positioning System and functional expansion for wider applied area

NAKANO Yoshiaki<sup>†</sup> and TAJITSU Kiyoshi<sup>††</sup>

The authors have developed WPS, a highly accurate indoor position detection system that uses Wiimote (Wii Remote in US), a controller of game machine Wii. Most of the existing local positioning systems are not feasible in that they do not achieve enough accuracy in position detection though they require large scale devices, and so on. WPS, which only needs inexpensive equipment and easy settings, can detect indoor local positions more accurately. The authors used WPS to make a four-day experiment to detect indoor local positions and confirmed its practicality. It is an epoch-making system that makes it possible to develop new approaches to educational technology such as teacher training, special support education, sports coaching, etc.

### 1. はじめに

屋外における位置検出システムは、Global Positioning System (GPS)を利用すれば、

<sup>†</sup> 千里金蘭大学  
Senri Kinran University

<sup>††</sup> 北星学園大学  
Hokusei Gakuen University

高精度かつ簡便なシステムを構成することが可能であり、その応用事例は多岐にわたっている。

しかしながら、屋内で位置検出システムを実現しようとする、それは容易ではない。例えば、ビデオカメラで対象者を撮影し、顔などを認識させることによって位置検出を行なったり[1]、RFID タグを床一面に配置して、スリッパの位置を検出したり[2]といった方法などが提案されている。しかし、ビデオによる方法では、対象者がビデオで撮影されているという心理的負担を感じたり、システムの不調により撮影された顔のぼかし処理などが必ずしもきちんと行なわれなかったり、顔が死角になって検出できなくなったりする恐れもある。RFID タグによる方法では、特殊な装置を大規模に設置しなければならず、その手間と経費が大きくなるなどの問題が克服できていない。

そこで、装置が安価であり、また、設置や運用が簡易であり、さらに、プライバシーにも配慮した室内における位置検出システムを開発した。

### 2. 室内における位置検出システムの必要性

室内において、位置検出システムが応用されるべき状況をいくつか列挙する。

まず、教室における教員の机間巡視援助が考えられる。演習や実習などの授業では、教員の机間巡視が児童・生徒の動機付けや理解促進に多大な影響を与えていることは明らかである。[3] しかしながら、工業高校のように、ティームティーチングが頻繁に行われるような学校は稀で、教室内では基本的に1人である教員は、他の教員からそのノウハウを学ぶ機会が限られている。さらに、大都市圏のように、教員構成が歪で、熟練者と中堅と若手がバランスよく配置されている学校は少なく、それ故に教育現場でのさまざまな教育技法の伝承がうまくできない現在、机間巡視という極めて基本的かつ重要なことが効果的に行なえず、また、その事実すら気付かないという状況が危惧される。そこで、熟練教員とそうでない者の行動軌跡の特徴を予め抽出しておき、理想的な行動パターンから逸脱した時に、所持している携帯電話のバイブレータを振動させるなどしてリアルタイムな援助ができれば、後での振り返りよりも効果的な教師教育が行なえる可能性がある。

次に、自閉症児のパニック予測が考えられる。自閉症児は、意思表示がうまくできなかったり、自分の気持ちをコントロールするのが困難であったりして、パニックに陥りやすい。しかし、このパニック行動は、自分自身や他者を傷つける恐れがあり、極力回避したい。そこで、自閉症児の行動軌跡を追跡し、パニックの予兆的な動きを捕捉次第、即時に支援を行なうことで未然にパニックを防ぐことが期待できる。

### 3. Wiimote Positioning System (WPS)の開発と実験

#### 3.1 先行事例

アクティブ型 RFID による位置検出システムを応用した教育環境基盤に関する研究がある。[4] アクティブ型 RFID タグを複数個使用することにより、その精度を向上させることに成功しているが、それでも 2~3m の誤差があり、精緻な移動軌跡を捕捉することは困難であった。

Wiimote を応用したシステムとしては、指先の動きを追尾する Finger Tracking や簡易電子白板の Interactive Whiteboard [5][6]、加速度センサを利用したモーションキャプチャ[7]、拡張現実システム[8]など、さまざまな応用が試みられている。

しかし、複数の Wiimote を使って部屋全体をカバーして、その中の人物の位置情報を正確に検出するような実用的なシステムは存在しない。

#### 3.2 システムの概要

追尾したい対象者に、赤外線発光器を取り付け、それを Wiimote の赤外線カメラで捕捉する。Wiimote の赤外線カメラの撮像素子内の位置と時刻を PC に転送し、事前に行なったキャリブレーションにより、把握したい実際の場所にマッピングさせる。

#### 3.3 ハードウェア構成

そもそも、設備としては複雑高価な機器の導入なしに普及品を活用し、簡便かつ安価に実現できるしくみを構築したい。そこで開発したのが任天堂のゲーム機 Wii のリモコン “Wiimote” を使ったシステムである。Wiimote は、加速度センサ、赤外線カメラ、Bluetooth 通信機能などを備えている。[9](伊藤・福田 2007) 多機能でありながら、4,000 円程度で購入できる。

Wiimote の他には、Wiimote と通信を行なってデータを取得するための、Bluetooth 通信機能付きノート PC と、追跡対象に装着する赤外線発光器が必要になる。ハードウェアとしてはこれですべてである。

#### 3.4 ハードウェア的技巧

##### 3.4.1 Wiimote の画角拡大

Wiimote の赤外線カメラの画角は左右に 33°、上下に 23° 程度と狭く、そのままでは Wiimote の正面から逸れると対象を見失ってしまうため、広角レンズを用いてその画角を拡大した。これにより、左右に 55°、上下に 45° の画角を確保した。

使用したレンズは、画像の歪みが小さく、かつ充分な画角を得られる ROWA JAPAN の PRO DIGITAL PRECISION SUPER WIDE 0.45x AF という 37mm レンズを採用した。

##### 3.4.2 赤外線発光器の無指向性化と輝度向上

追尾対象者に取り付ける赤外線発光器には、赤外線 LED(Ir-LED)を使用した。ところが、Ir-LED は指向性が強く、正面に対しては強い赤外光を出すものの、その向きを

少しでもずらすと、ほとんど無光になる。これを解消するために、赤外線拡散レンズを使用した。

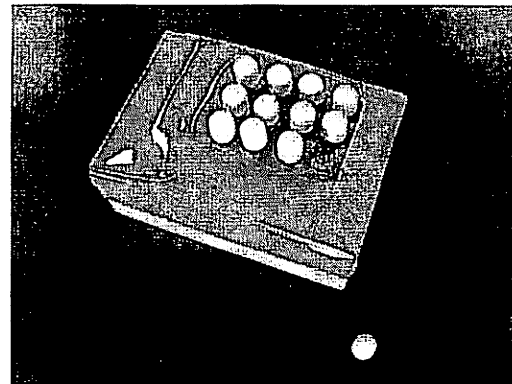


図1 赤外線発光器と赤外線拡散レンズ

図1において、白いキャップのように見えるものが赤外線拡散レンズであり、これを Ir-LED に装着する。

しかし、このレンズを付けることで、赤外光が広範囲に拡散されることと、レンズによる吸収で、赤外光の輝度が不足する。そこで、Ir-LED の個数を増やすことで、Wiimote で捕捉するに足る輝度を確保した。尚、この赤外線発光器は、角型 9V 乾電池を使用しており、それを格納できる最小限の大きさのケースに収まっている。

##### 3.5 Wiimote の設置と測定エリア

図2のように、赤外線発光器を肩に装着した場合、対象者が歩きまわってもその床面からの高さは大きく変化しないので、図3に示したような、比較的高所に Wiimote を設置して、捕捉したい範囲の 4 隅の座標を取り込んでおけば、1 台の Wiimote で、対象者の実際の位置を検出することが可能になる。



図2 赤外線発光器装着のようす

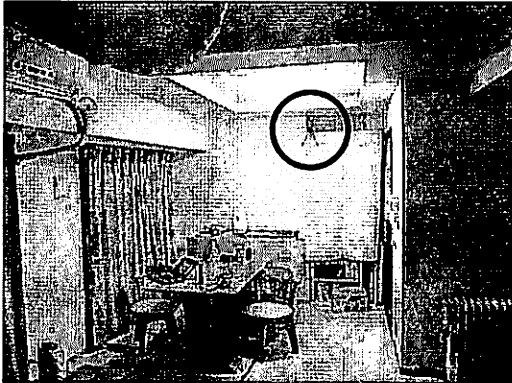


図3 Wiimote の設置状況

Wiimote は最大でも 5m 程度の奥行きまでしかこの赤外線発光器の捕捉を行なうことができないため、教室などであれば、Wiimote を 6 台程度使用し、それぞれがカバーエリアを分担することで広い部屋でも計測対象を捕捉することが可能となる。尚、

Bluetooth の最大接続数は 7 台までであるため、それ以下の台数であれば、記録するためのノート PC は 1 台でよい。

### 3.6 WPS 記録/再生プログラム

図 4 が WPS 記録プログラムのウィンドウである。左側の表示域が Wiimote から見込んだ画像イメージで、それを測定エリアにマッピングしたものが右側に表示される。この画面には、Wiimote が捕捉した座標情報、位置合わせのためのオフセットやキャリブレーション、電池残量等も表示される。

図 4 の例は、Wiimote を 1 台だけ使って計測した時のものである。

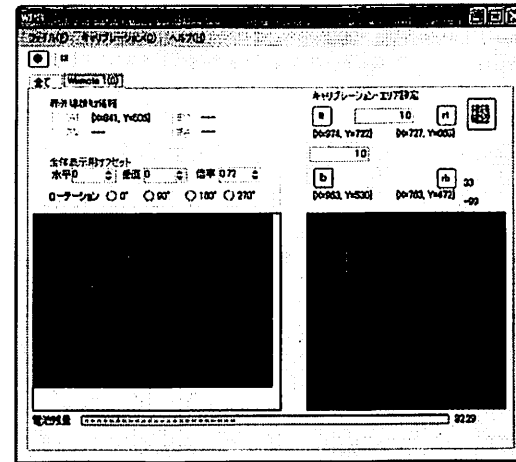


図4 WPS 記録プログラム

WPS 再生プログラムでは、時刻等も表示され、任意の時刻における再生を行なうことができる。

Wiimote は、赤外線カメラで捉えた位置をデータ処理して 1024×768 の解像度で通知する。Wiimote の設置条件がよければ、仮に 4m×3m の範囲を測定対象とした場合、最高精度で 4mm 程度の移動も検出できる。範囲を狭めれば、より高精度な位置検出も可能となる。

### 3.7 WPS 計測実験と結果考察

2009 年 1 月 31 日から 2 月 3 日まで、高機能自閉症児の I 君宅で、WPS の計測実験を行なった。

24時間連続2セットと、16時間連続1セットの、計3セットを計測した。

今回は、I君の実際の動きと、WPSの計測内容を比較するために、ビデオ撮影も同時にしない、WPSの精度の検証を行なった。尚、測定エリアの大きさから Wiimote は2台で対応した。

Wiimoteは電池で動作するが、連続24時間の計測でも何ら問題はなかった。また、WPS記録プログラムは、図5のように、約0.1秒毎に時刻と位置をテキスト情報として記録していくが、こちらも何ら障害なく動作した。このデータは左から、「0001年1月1日からのシリアル時間(100ns)」、「1つ目のWiimoteが捕捉した赤外線発光器の数」、「1つ目のWiimoteが捕捉した赤外線発光器の座標(x,y)」、「2つ目のWiimoteが捕捉した赤外線発光器の数」、「2つ目のWiimoteが捕捉した赤外線発光器の座標(x,y)」を示している。

```
633691922402968750 | 616,632 | 392,432
633691922404062500 | 592,632 | 416,424
633691922405156250 | 584,632 | 440,416
633691922406250000 | 568,632 | 456,416
633691922407343750 | 552,624 | 473,408
633691922408437500 | 544,616 | 504,392
```

図5 WPSによる記録データの一部

肝心の計測精度であるが、数センチ程度の体の動きもきちんと認識し、また、滑らかにその動作軌跡を記録/再生することができた。

残念ながら、今回の計測では、パニック行動の予兆としての特徴抽出はできなかったが、簡易に高精度の位置情報検出が可能であることが確認できた。

#### 4. WPSの機能拡張

開発したWPSは、1点の追跡対象を精緻に長時間にわたって検出できることを実証したが、複数の点をそれぞれ識別して同時に追跡することはできない。また、対象がどちらを向いているかを認識することもできない。そこで、これらに対応した、WPSの機能拡張を現在行っており、間もなく実証実験段階に入る。これが完成すると、複数の移動対象を並行して追尾できるようになり、また対象者の両肩に発光器を装着すればどこを向いているかを検出することも可能になる。そうすると、教員の机間巡視援助や自閉症児のパニック予兆に限らず、WPSの応用領域が飛躍的に拡大できる。例えば、バレーボールやバスケットボールの各選手の動きをリアルタイムに把握し、その場ですぐに分析して指示したり、そのデータを蓄積して内容を分析したりするこ

とが可能になれば、選手が自らの動きを科学的・合理的に改善することが可能になる。従来のビデオによる振り返りと異なり、統計的な処理も可能になる。また別の例では、一組のある動物が、ケージ内でどのような相互活動をするか検出することもできる。このような実験すべき対象を精選し、今後の実用化に向けて応用領域の拡大を図り、WPSの具体的な応用事例を積み重ねていきたい。

#### 5. まとめ

Wiimote Positioning System (WPS)を開発し、その高い精度と実用性を示した。WPSは、取り扱いが簡易である上、検出対象の位置情報だけを扱うことができる。これにより、教師教育や特別支援教育などの分野において、大きな貢献が期待できる。さらに、WPSの機能拡張を拡張することにより、応用領域を拡大し、その実効性を具体的に検証したい。

**謝辞** 本研究を遂行するにあたり多大なご協力を賜った、元神戸大学大学院人間発達環境学研究所の中林稔堯先生、東京農工大学総合情報メディアセンターの辰己丈夫先生、大阪大学大学院人間科学研究科の前迫孝憲先生、I君とご家族、株式会社アンカレッジワークスの改井勝利氏に厚く感謝する。

#### 参考文献

- 1) 佐藤洋介, 米田裕也, 橋本浩二, 柴田義孝: 全方位カメラを用いた監視追跡システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2007, No.58: 13-18 (2007).
- 2) 黒川高弘, 高橋甲介, 中西英之: 床面RFIDセンサ「インテリマット」の開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2007, No.68: 49-56 (2007).
- 3) 新出知佐子: 高校教科「情報」におけるTA導入の効果と改善点, 千里金蘭大学人間社会学部情報社会学科卒業研究論文 (2009).
- 4) 中野由章: アクティブ型RFIDによる位置検出システムを応用した教育環境基盤に関する研究, 科学研究費補助金研究成果報告書(17500665) (2007).
- 5) Johnny Chung Lee: Wii Project. <http://johnnylee.net/projects/wii/> (参照日 2008.01.02).
- 6) Wiimote Project.: Wiimote Project Portal. <http://www.wiimoteproject.com/> (参照日 2008.06.29).
- 7) 田村宏樹, 笹島大輔, 淡野公一, 外山貴子 (2008) wiiリモコンを用いた人物の動作識別システムの構築, 宮崎大学工学部紀要, No.37: 141-146.
- 8) 佐野彰 (2008) 観察者の幅広い動きに対応したARシステム「SIBS」の開発, 日本教育工学会論文誌, Vol.32: 69-72.
- 9) 伊藤邦朗, 福田隆宏 (2007) Wiiリモコン, 日本機械学会誌, Vol.110, No.1069: 908-909.