

Wii リモコンを用いた双方向授業支援システム「Ee-class」の開発

代表研究者 江崎修央 鳥羽商船高等専門学校 制御情報工学科 准教授

1 はじめに

近年、授業のマルチメディア化が盛んに行われている。例えば、電子黒板を用いることで、様々な教材の提示が可能となっている[1]。これは、プロジェクタや大型ディスプレイを用いて、従来の黒板やホワイトボードのような役割をさせるものである。コンピュータを用いることでチョークやマーカーでは表現できなかった動的な描写ができ、効果的な授業展開が可能となっている。また、児童一人一人にタブレット PC を配布することにより、児童全員の解答を確認し、添削も可能となる[2]。さらに、無線接続可能な電子ペンを用いることで、児童からの情報発信が容易となり、児童が協調的に学習する方法についても研究が進められている[3][4]。このように授業のマルチメディア化に対するメリットは非常に大きい。しかし、これらのシステムには各種端末の操作方法が難しいことや、各児童に一台ずつコンピュータを用意しなければならないため設置場所をとる、コストが高価になる等の問題が挙げられる。

そこで本稿では、任天堂(株)が販売しているゲーム機 Wii のコントローラーである、Wii リモコン[5]を利用した授業支援システム「Ee-Class」の開発を行った。このシステムは授業にコンピュータとゲーム用コントローラーWii リモコンを取り入れて、「教師は児童全員の意見を聞きやすく、児童は教師に自分の意見を伝えやすい!」そんなインタラクティブな授業の実現を支援する。

2 Ee-class 双方向授業支援システム

2-1 Ee-class について

Ee-Class とは児童一人一人に Wii リモコンを持たせることで今までの授業スタイルでは実現できなかった、新しい授業スタイルを提供してくれるシステムである。図 1 に Ee-Class の機能を示す。

①自動出席確認

出席確認は児童が Wii リモコンの①②ボタンを同時に押すだけで可能であり、自動的に出席確認が行える。出席・欠席の情報はデータベース (DB) に記録されるため教師は転記の必要が無い。

②ペンデバイスによる追加記入

教師はペンデバイスを用いることで、電子黒板のように画面上に追加記入を行うことが出来る。

③Web 検索

画面上に追加記入した文字を Web 検索にかけることで、関連画像を表示させることが可能である。

④挙手の自動カウント

教師の質問に対して答える場合において、Wii リモコンを持って挙手をさせる。教師の質問に対してどのくらい早く挙手したのかが授業画面に表示されるため、児童達の授業への参加意欲を促進させる。また、誰が何回挙手をしたのかを DB に登録でき、教師は児童の理解度の確認や評価に用いることが可能となる。

⑤意見の投票

多人数での意見収集を行いたいときには、児童達のアイコンを授業画面に表示し、児童が Wii リモコンにより自分のアイコンを移動させる。これによりクラス全員の意見を瞬時に確認出来る。

⑥文字の空書

児童は Wii リモコンを用いて空中に文字を書くだけで、その書いた文字を授業画面に表示させることが出来る。

⑦授業画面の閲覧

授業後に、授業の様子は Web 上で確認することができる。教師の追加記入箇所や、児童の空書した文字データも一緒に閲覧可能となっている。

「Ee-class」を用いることで、これまで以上にインタラクティブな授業を行うことが可能となる。各種機能の実現方法に関しては第 3 章で述べる。

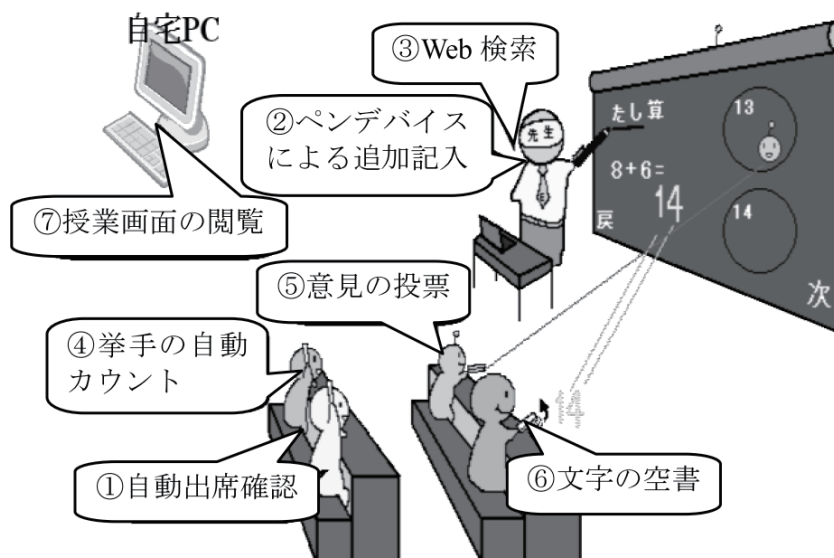


図1 Ee-classの各機能

2-2 システム構成

システム構成図を図2に示す。本システムは、教師が各種操作を行うための教師用PC、児童一人一人が持つWiiリモコン、各種データを管理するWeb・DBサーバ、電子黒板として授業画面を表示させる大型スクリーン、システム全体の制御を行う教室用PCからなる。また、大型スクリーンへの追加記入を行うために、3個のLEDライトをスクリーンの周りに配置する他、スクリーンにペン入力するための教師用Wiiリモコンも必要となる。教室用PCは各教室に一台ずつあり、教師は授業時にノートPC（教師用PC）を教室用PCと接続する。教師はシステムにログインし行う授業を選択することで、授業資料が大型スクリーンに表示される。

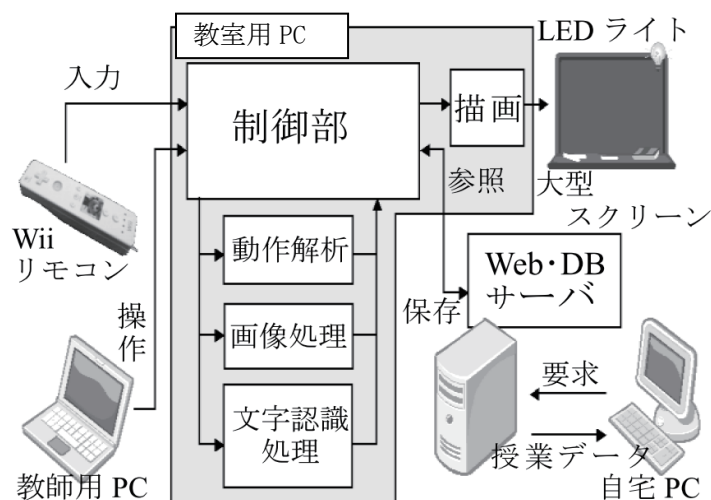


図2 システム構成図

2.3 画面構成

(1) 教室用PC画面構成

教室用PC画面（図3）における①の部分は「授業画面表示パネル」で、ここに授業用の講義資料が表示される。②の部分は「状態表示パネル」で、児童のWiiリモコンの操作状態を表示する。ペンデバイスでタッチすると、アイコン（表1）が選択可能となりWiiリモコンの操作状態を切り替えることが出来る。③の部分は「操作パネル」で、授業画面で教師の行える操作群である。表2に操作の一覧を示す。

(2) 教師用PC画面構成

教師用PC画面（図4）における①の部分は「授業画面表示パネル」で、準備してある講義資料が順に表示される。提示したいページを選択すると図3の「授業画面表示パネル」が切り替わる。②の部分は「操作パネル」で、教師用PCで行うことが出来る操作群である。表3に操作一覧を示す。③の部分は「児童情報パネル」で、児童の出席状況や質問に対する解答状況などの情報が表示される。



図3 教室用 PC 画面



図4 教師用 PC 画面

表1 教室用 PC のアイコン②

アイコン	意味
	Wii リモコンを使った全ての操作を出来なくする。
	挙手動作が可能となる (3.4 節 挙手の自動カウント 参照)。
	アイコンの移動が行える (3.5 節 意見の投票 参照)。
	文字の空書が行える (3.6 節 空書した文字の投稿 参照)。

表2 教室用 PC のアイコン③

アイコン	意味
	前の授業ページに戻る。
	次の授業ページに進む。
	白紙のページを追加挿入する。
	教師の筆記する際の色を切り替える。
	教師の筆記した文字に対して Web 検索をかけるようにする (3.3 節 手書きによる Web 検索 参照)。
	授業を終了する。

表3 教師用 PC のアイコン②

アイコン	意味
	自動出席確認を行う (3.1 節 自動出席確認 参照)。
	挙手の自動カウントを行う (3.4 節 挙手の自動カウント 参照)。
	意見の投票を行えるようにする (3.5 節 意見の投票 参照)。
	空書した文字の投稿を行えるようにする (3.6 節 空書した文字の投稿 参照)。
	授業を終了する。
	白紙のページを追加挿入する。
	教師の筆記する際の色を切り替える。
	教師の筆記した文字に対して Web 検索をかけるようにする (3.3 節 手書きによる Web 検索 参照)。

3 Ee-Class の機能

3-1 自動出席確認

本システムでは、授業の開始と共に Wii リモコンを教室用 PC と接続させることで自動出席確認を行う。

出席状況は DB に自動で登録されるので教師は転記の必要がなくなる。また、授業画面に出欠状況が表示されるため、教師や児童はひとめで出欠席を確認することが可能となる (図5)。

この機能の実現方法としては、Wii リモコンの Bluetooth のデバイスアドレスを利用している。まず、教師用 PC から自動出席確認ボタンが押されると、教室用 PC が近くにある Bluetooth 機器を探し始める。このときに児童は Wii リモコンの①②ボタンを押すと接続待ちの状態になるので、教室用 PC は Wii リモコンと接続を行い、Bluetooth のデバイスアドレスを取得する。そして、データベースの児童用テーブルに登録されているデバイスアドレスと比較することで誰が出席しているのかを判断する。

出席が確認されると画面上に出席者の顔アイコンが表示されるので、児童にも自分が出席した (Wii リモコンが接続された) ことが確認できるように配慮してある。

3-2 ペンデバイスによる追加記入

大型スクリーンに表示されている授業資料に追加記入したい場合、教師は専用のペンデバイス「Ee-pencil」を使うことで、黒板にチョークで文字を書くように手書き入力することが出来る。図6に今回作成したペンデバイス「Ee-pencil」を示す。

これは Ee-pencil の先端とペンを握ったときに人差し指が掛かる場所に赤外線 LED が付いているため、これを教師用の Wii リモコンの CMOS カメラにより撮影することでペンの移動軌跡がわかる [6]。ペンの位置情報を取得するだけなら赤外線 LED は一つで可能である。しかし、今回は位置情報だけではなくクリックなどの動作情報も取得したかったため赤外線 LED を二つ取り付け、二つ目の赤外線 LED のオン・オフでクリック動作を実現した。



図5 自動出席確認画面

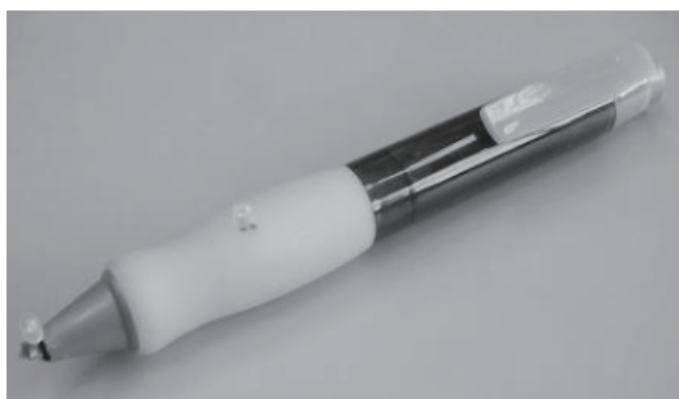


図6 ペンデバイス「Ee-pencil」

3-3 挙手の自動カウント

授業中の発表や意見の集計で挙手する場合、Wii リモコンを振り上げるだけで、Wii リモコンに搭載された加速度センサの値から誰が挙手したのかを判定する。この時、挙手するまでにかかった時間も授業画面に表示する。

また教師用 PC の画面には、授業中に出された問題に対し、児童が何回挙手したかが表示される。

従来の授業スタイルでは当てられた児童の印象が強くなりがちだったが、これにより当てられなくても手を上げたこと自体を数値的に評価することが可能となる。また、スピードランキングの表示により児童の積極性を引き出す効果が期待できる。実際の挙手風景を図7に示す。

実現方法としては、Wii リモコンの加速度センサから得られる重力加速度の値を用いて行っている。

まず、通常 Wii リモコンは水平に置かれる。しかし、Wii リモコンを持ち挙手を行うと Wii リモコンが地平面に対して垂直となる。この挙手の動作を行うと Wii リモコンの姿勢が変化するという事を利用して挙手の判定を行う。取得可能な加速度値は、X、Y、Z 軸の3軸であるが挙手の自動カウントでは、この内の Y 軸のみを使用する。適当な閾値を決めておき、Y 軸の加速度値が閾値を超えたら挙手と判定するようにし、挙手の自動カウントを実現した。

もちろん、自動出席確認の時に Bluetooth のデバイスアドレスより個人を特定しているため誰の Wii リモコンからの加速度値かも特定され、誰が挙手したかがわかる。

実際に自動挙手カウントを行うには、教師用 PC で自動挙手カウントボタンを押す。この時に、挙手を行った児童は授業画面に表示され、DB に挙手を行ったことが書き込まれる。授業画面には挙手した児童の氏名、アイコンなどが表示される。そして、もう1回ボタンを押すと挙手のカウントは終わる。ここまでを1回の質問とする。挙手の自動カウントを行う毎に質問数は増えていき、質問に対して何回挙手したのかが教師用 PC に表示される (図8)。

スピードランキングに関しては、最初に挙手した人の時間を保持しておくことにより、二番目以降に挙手した人との時間差を求めることが出来る。この時、教室のスクリーンに挙手した順に上から表示される (図9)。



図7 Wii リモコンを用いた挙手



図8 挙手回数の確認

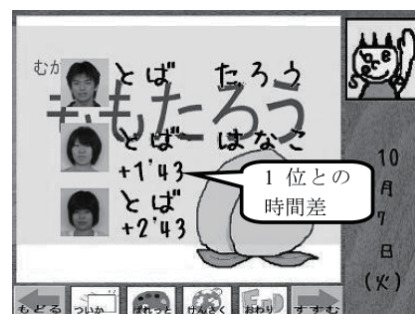


図9 スピードランキング

3-4 意見の投票

Wii リモコンを授業画面に向けて動かすことで、各児童の顔アイコンを操作することが出来る。これを用いてアンケートの集計や意見の投票などが可能となり、多人数の意見を一斉に収集する。また、多人数の意見が画面上に表示されるためひとめで意見の傾向を掴む事が可能となる。図10の例では3人の児童が授業

に参加しているとして、「イヌ」「キジ」「サル」のどれが好きかを聞いているとする。児童はアイコンを好きな方へ動かし意見の投票を行う。

実現方法として、児童はBボタン（Wiiリモコンの裏にあるトリガーボタン）を押しながらWiiリモコンを画面に向けることで、WiiリモコンのCMOSカメラが大型スクリーンに付けた赤外線LEDライトを検出する。CMOSカメラ上のどこにLEDが映し出されているかによってWiiリモコンがどのあたりを指しているのかを特定している。Bボタンを離すことによって児童のアイコンは画面上で固定される。

3-5 空書した文字の表示

児童は意見を発表するひとつの手段として、Wiiリモコンで文字を空書し、画面に向けて振ることで文字をスクリーンに貼り付けることが出来る。加速度センサの2軸（X、Z軸）の値から筆記データを割り出し、文字認識を行う。扱う文字は、ひらがな71文字、カタカナ71文字、漢字3950文字の全4092文字である。

この機能を用いれば従来のように前に出て行って黒板に板書する必要がなくなり、児童は席に座ったまま授業画面に文字を書くことが可能となる。これにより、授業時間の効率化が図れる。また、漢字パズルなどを楽しく授業に取り入れたり、多人数の意見収集を効率よく行うことが出来る。さらに、文字認識の性格上、書き順通りに書かないと文字認識されないため文字学習としての効果も期待できる。文字認識の手法については第4章で述べる。

文字を書く方法は、一画ずつBボタンを押しながら書き、書き終わったらAボタン（Wiiリモコンの表にあるボタン）を押してWiiリモコンを振ることで授業画面の任意の位置に文字を表示させる。これは、補助機能として教師がペンデバイスで先に画面にタッチした場所を中心に文字が投稿されるようにしてあるからである。こうすることによりある程度、文字が表示されてほしい位置の近くに表示される（図1-1参照）。



図1-0 意見の投票

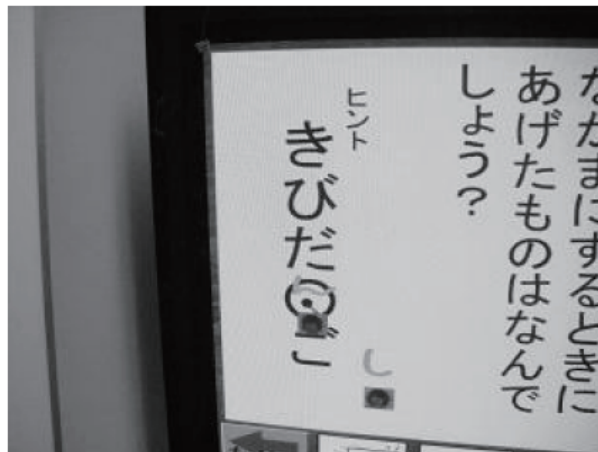


図1-1 空書文字の表示例

4 Wiiリモコンを用いた空書文字の認識

4-1 文字認識の流れ

空書機能の実現のためにWiiリモコンの3軸加速度センサから得られた2軸（X、Z）の加速度値を用いて文字認識を行った。以下にその手順を示す。

まず前処理として、加速度センサから得た加速度値を積分し速度を求める。そして、求めた速度を積分することで筆記軌跡を求める。しかし、Wiiリモコンから得た加速度値には常に重力加速度がかかっている。そのため、加速度の文字成分が重力成分に邪魔され実際に振り回した際に発生する加速度値を得ることが出来ない。そこで今回、重力加速度の除去を行ってから筆記軌跡を求めた。

Wiiリモコンから得た加速度値にフーリエ変換を施し、周波数成分に変換したものが図1-2である。文字筆記時の加速度成分は高域に、重力加速度成分は低域に出ることが分かった。そこで、ハイパスフィルタを使用し低周波成分を取り除くことで文字成分のみが抽出可能となった。

4-2 ストローク等分割手法

前処理により得られた筆記軌跡を用いて文字認識を行う。Wiiリモコンを用いて空書する方法では、実ストローク（筆運び）が比較的安定した形状復元が行えたが、虚ストローク（ストロークの終点から次のストロークの始点まで）からはうまく形状が復元できなかった。

このように、Wiiリモコンを用いた文字の筆記においてはストロークの相対位置関係よりもストロークの

形状情報が安定的に検出できたため、ストローク等分割法[8] (Line Segment Directions in a Stroke : 以後 LSDS 法と呼ぶ) を採用し文字認識処理系を構築することとした。LSDS 法とはストロークを等しい長さに分割し、それらを8方向コードに量子化し、ストローク形状を特徴量とする手法である。

4-3 文字認識実験

今回の実験では9人の被験者(19~22歳)に協力してもらい、対象文字をひらがな71文字とした。このうち2名はWiiを所有している。ディスプレイに表示される文字をWiiリモコンを使って空書してもらい実験を行った。今回使用した辞書は被験者のうち5人分のデータを用いて作成した。

図13に文字認識実験の結果を示す。図13において、菱形で示されたグラフは9人の平均である。三角形で示されたグラフは9人の中でもっとも認識率が悪かったもので、四角形で示されたグラフはもっとも認識率が良かったものである。グラフより、1位での認識率は平均58%となることがわかる。また、累積15位までで99%の認識率を得ることが出来た。

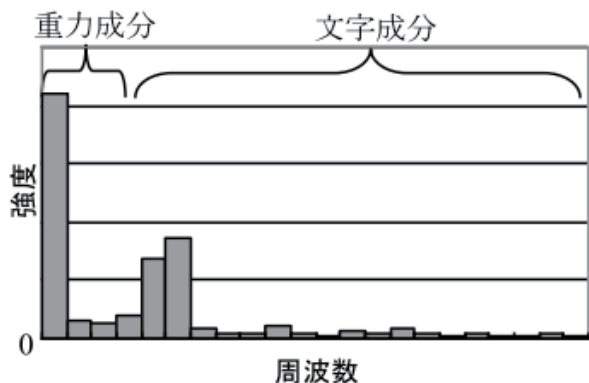


図12 加速度値の周波数分布

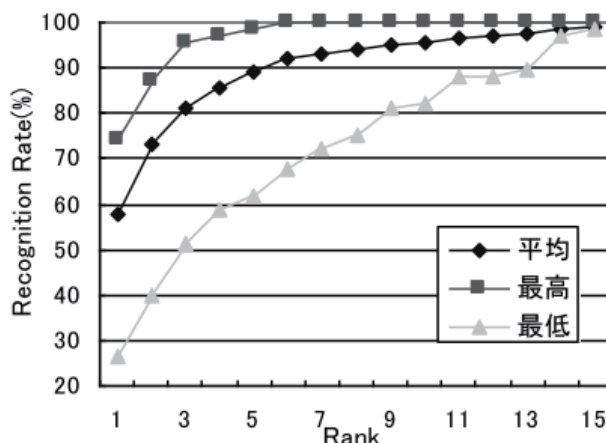


図13 ひらがなの文字認識結果

5 まとめと今後の課題

今回の研究では、双方向授業支援システムとしての「Ee-Class」の構想・設計・開発を行った。また、Wiiリモコンを使った文字認識では比較的認識が難しい「ひらがな」に対して1位候補で58%の認識率を得ることが確認できた。さらに、15位までの累積認識率は99%という結果を得られた。

「Ee-Class」はWiiリモコンを利用することで子供たちに授業の興味を持たせ、従来の授業のスタイルにとらわれない、よりインタラクティブな新しい授業スタイルを提供することが出来ると考えている。また、児童にとって受動的になりがちな授業を能動的になることが期待できる。

今回は小学校を対象として開発を行ってきたが、これをより汎用的なシステムにすべく、入力装置をWiiリモコンから加速度センサ搭載のペンにしていきたいと考えている。そのために、まず加速度センサを搭載したペンの開発を行いたいと思う。

また、今回は文字認識を一文字単位でおこなってきたが、誤り訂正処理を用いて単語や文節単位で行うことにより、認識精度向上を行っていきたい。

【参考文献】

- [1] 石田, 坂東, 加藤, 中川 : 手書き筆記と電子教材の交換を可能とした電子黒板・電子ノートシステム; 情報処理学会研究報告, Vol, No. 119(CE-67), pp. 25-32(2002).
- [2] 中田, 上野, 中村, 藤井 : PDAとPCを用いた授業演習支援システムの開発; 電気・情報関連学会中国支部第57回連合大会, pp. 71-72(2006).
- [3] 三浦, 國藤 : 児童のデジタルペン筆記を利用したインタラクティブ学習環境とその実践; 日本科学教育学科第31回年会論文集, pp. 247-250(2007).
- [4] 三浦, 國藤 : デジタルペンを利用したインタラクティブ授業支援システム~一般教室における協調的学習環境の構築を目指して~; 日本創造学会 知識創造支援システム・シンポジウム, pp. 54-61(2005)
- [5] 任天堂ホームページ; <http://www.nintendo.co.jp/>

- [6] JohnnyChungLee>Projects>Wii ; <http://www.cs.cmu.edu/~johnny/projects/wii/>
- [7] 谷口:画像処理工学-基礎編-:共立出版株式会社, p43(1996)
- [8] 江崎, 清田, 亀井, 滝沢, 山本: 視覚障害者用オンライン日本語入力システムにおける文字認識精度の改善; 日本 ME 学会生体医工学, Vol. 40, No. 4 別冊(2002)

〈 発 表 資 料 〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
加速度情報を用いた空書文字の認識－ Wii リモコンによる文字入力手段の提案－	画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2010)	2010 年 7 月
“ Ee-CLASS” - INTERACTIVE LECTURE SUPPORT SYSTEM USING THE Wii REMOTE	IATED International Conference Computers and Advanced Technology in Education (CATE2010)	2010 年 8 月
加速度情報を用いた空書文字の認識 ～ Wii リモコンによる文字入力～	福祉情報教育フォーラム	2010 年 11 月
Wii リモコンを用いた日本語文章の入力 方法	(社)映像情報メディア学会技術 報告	2011 年 3 月
Japanese Sentence Input Method using Acceleration Sensor	14th International Conference on Human-Computer Interaction	2011 年 7 月