

# 板書内容をキーワードに自動で画像を検索する電子白板システムの試作

神 昂佑<sup>1</sup> 大野 悠人<sup>1</sup> 福地 健太郎<sup>1</sup>

**概要:**我々は画像推薦機能の付いた電子白板システムを試作した。電子白板システムを使って効果的に図を提示するには事前の画像準備を必要となるが、準備する教師の負担が大きい。そこで、板書の内容を文字認識し、認識された単語をキーワードとして逐次画像検索を行い、関連する画像を表示する機能を持つ電子白板システムを開発した。表示された画像はドラッグ&ドロップで板書に挿入することができ、事前の準備をせずとも板書内容に則した画像を取り入れた板書を提示することができる。本稿ではコンセプト実証のために実装した、Wikipedia が提供する画像を元に検索できるシステムについて、作例とともにその実装について説明する。

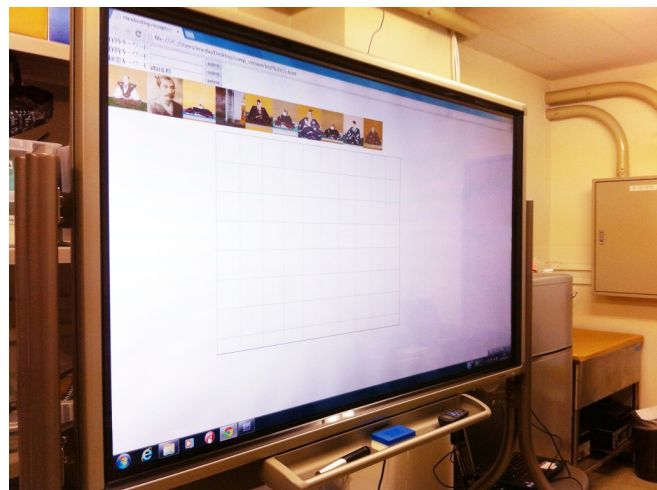


図 1 試作した電子白板システムの全体像

## 1. はじめに

我々は、主に初等教育を対象とした電子白板システムの研究の一環として、板書に写真やイラストなどの画像を取り入れる操作を支援するためのアプリケーションを開発した。現場教員の準備負担を軽減し、また授業中の操作を極力減らすことにより簡単かつ少ない手間で画像を取り出せるようにすることを狙っている。

現在、国の主導により教育への情報通信技術 (ICT) の活用が進められており、学習用コンピュータの導入やデジタル教科書の研究開発が進められている。この中で我々

は、全国の学校への設置が進められている電子白板 (電子黒板) に着目した。電子白板を用いた授業では、手書きの板書にも画像を取り入れることができ、生徒の興味を引きつけ理解を促すことができる。しかし一般にその画像は事前に準備しておく必要があり、板書の最中に用意した画像の中から選択して貼り付けるという作業を必要とする。しかし、現場教員へのインタビューや聞き取り調査より、事前準備の負担が大きくまたアプリケーションの使い方がわかりにくいといった反応があることがわかった。

提案システムでは文字認識エンジンを導入し、板書された文章を逐次認識する。認識された文字列の中から、事前登録された辞書の中に該当する単語が見つかった場合には、自動的に関連する画像の候補を表示する。また、事前登録されていない単語であっても、クリック操作によってその単語に関連する画像候補を表示させることができる。表示された候補からドラッグ&ドロップ操作によって、画像を板書中に貼り込むことができる。画像はインターネット上の画像アーカイブを使用するため、準備負担は軽減される。

本稿では、初等教育にたずさわる教員からの声を反映した電子白板システムの設計について述べ、試作したプロトタイプシステムの実装について説明する。プロトタイプを試用してわかった課題としては、文字認識・単語認識の精度、適切な画像候補の準備がある。最後に、提案システムの高等教育や研修、あるいはブレインストーミングなど他分野への応用について議論する。

## 2. 背景

教育の現場への ICT の導入は様々なレベルで進められ

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University

ている。総務省は、平成 22 年度から文部科学省と連携してフューチャースクール推進事業を開始した。小学校 10 校、中学校 8 校、特別支援学校 2 校を対象に、ICT 環境を構築し様々な実証実験が行われた [3]。具体的には、対象となった学校の全学級担任および全生徒に、一人一台のタブレット PC を配布し、すべての教室に一台ずつインタラクティブホワイトボード（電子白板）を配備し、またそれらを接続するための無線通信ネットワークを整備した。この事業ではすべてを ICT 機器で代替するのではなく、従来から利用されている黒板や印刷物による教材とも併用が図られている。こうした ICT 機器を活用して、授業にインタラクティブなアプリケーションやデジタル教育コンテンツを利用していく取り組みがなされている。また、一部の小学校では、学校と家庭との連携に向けた取り組みとしてタブレット PC の持ち帰りによる家庭学習も行われている。

こうした国による取り組みもあって、2012 年の調査によれば全国の公立の小中学校・高校で電子白板の普及率は 72.5% にまで広がっている。一方で、デジタル教科書の導入は 22.6% にとどまっている [4]。

### 3. 現場での受容

前節で見たように、機器の導入率だけを見れば ICT 機器の導入は進んでいるように見えるが、実際に現場で教室運営にたずさわる教員からは、こうした ICT 機器の使いこなしについて不安や不満の声が聞こえてくることが多い。

#### 3.1 教員へのインタビュー調査

本研究の調査の一環として、現場で教えている教員一名を対象に、教育への ICT 導入について、インタビュー調査を行った。調査対象は神奈川県内の小学校勤務の若手教員一名である。この教員は学級担任を務めており、特定の科目だけでなく小学校で扱われる科目のほとんどを担っている。以下にインタビュー結果を要約する。

#### 授業準備の時間について

教務が忙しすぎて、授業準備に十分な時間をかけられないことがしばしばある。

#### 板書について

生徒と一緒に板書をしていくこと（板書内容を生徒が自分のノートに写すこと）が重要である。板書形式の授業は見ている側に追体験をさせることができる。板書を見てそれをノートにしながら先生の説明を聞く。その一連の行為によって授業内容を追体験させることができる。追体験をすることで見ている側はより内容理解がしやすくなる。

#### パソコン利用状況

教務で使うことが多いが年配の先生は使わない。

#### 授業準備の方法

指導書と教科書を照らしつつ決める。資料収集のためにパソコンを使うこともある。

#### 授業中に使いたいコンテンツ

写真、視覚的に訴えるものは効果が高い。

### 3.2 学校での ICT 活用に関する調査

教育現場での ICT の浸透については、2011 年 11 月に実施された調査の報告が、日本教育工学振興会から提出されている [2]。以下にその抜粋要約を記す。

- ICT そのものについての賛成は全体（1119 人）のうち 80% 以上
- 利用状況は総合の時間での利用が多い一方で一般科目（8, 9 科目）での使用は少ない。
- その理由としてのひとつ「準備の時間がかかる」。
- コンテンツが乏しいという声や機材への不慣れから活用できないという声が多い。

中でも、「こんな環境があれば授業での ICT 活用が進む」という設問に対し、「画像・映像など、授業で使える素材がすぐに探せる仕組みがあれば」ICT をより活かした授業が行える、と回答した教員が全体で 85.1% で、他の選択肢と比べてもっとも多く選ばれており、コンテンツ不足とともにそれを授業中に選択利用する際に、現行のアプリケーションでは障害があることがうかがえる。

以上の調査結果を踏まえ、我々は板書のための電子白板システムにおける課題として、

- (1) 資料として使える画像コンテンツの不足
- (2) 必要な画像を素早く選択し板書に使用するためのインタフェース
- (3) 授業スタイルを大きく変化させるには準備時間が足りない

の三点を設定した。これらの課題を解決するために、我々はまず板書を授業の中心に据え、板書以外の余計な操作を極力要求せずに、画像を利用できるような環境を提案する。

## 4. 提案システム

### 4.1 対象

提案システムの主なターゲットは、理科・社会を教えている小学校教諭とする\*1。電子白板を使った授業では ICT を活用し、板書に適切な画像を用いて生徒の理解を深めたいと考えているが、事務作業などを多く抱えているため、授業準備や機器操作の習熟に十分な時間を割くことができないでいる教員が対象である。

### 4.2 提案手法

我々の方針はあくまでもそれぞれの教員の授業スタイル

\*1 他の教科を担当している教員ももちろん対象となるが、理科・社会の授業は画像を多用する傾向があるため

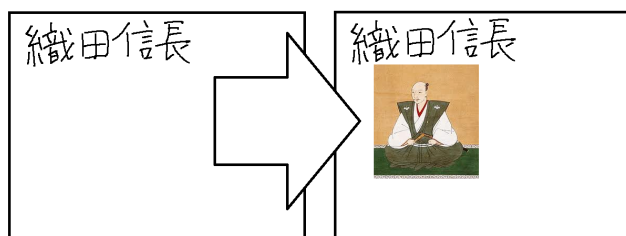


図 2 提案システムのコンセプト: 板書した内容にふさわしい画像が自動的に現われ、板書に取り入れることができる。



図 3 提案システムで作成可能な、画像を取り入れた板書のイメージ。テキスト部分は通常の手書き板書だが、関連する画像を沢山取り入れることで、魅力ある板書を作り出し、生徒の学習意欲の向上を狙う。

に寄り添う形でシステムを提供することにある。先に挙げた課題を解決するために、我々は板書の内容に着目した。教員は通常、電子白板に重要な事項を板書しながら授業を進める。つまり、黒板に書かれた内容は授業の内容に深く関わっている。

そこで、板書された内容に関連する画像群を逐次電子白板上に提示し、必要なものを教員が選択して板書に取り入れられるようにすれば、板書内容にふさわしい画像をすぐに見つけることができるようになる(図 2)。また、あらかじめ用意しておく画像群として、ネット上にある教育目的での二次使用が可能な画像と、画像検索エンジンを利用することにより、事前にふさわしい画像を準備し検索キーワードを設定しておかずとも、その場で必要な画像を即座に入手することができる。

この提案手法であれば、コンテンツ不足は解消され、必要な画像を板書に取り入れるのに余計な操作は軽減され、板書中心の授業スタイルにもなじむ。本手法を用いることで、図 3 に示すような、画像を沢山取り入れた板書を素早く簡単に、事前準備の要なく実現できる。

以上の手法に基いたシステムを試作した。

## 5. 試作システム

### 5.1 構成

試作システムは電子白板として SHARP BIG PAD 60V 型を使用する(図 1)。ソフトウェアは Javascript により書かれ、Google Chrome で動作する。また文字認識および画像検索のエンジンをサーバ上で動作させて使用する。Chrome 上で動くソフトウェアは、文字認識サーバおよび

画像検索サーバと通信する。画像はウェブ上のサービスからダウンロードして使う(後述)。

### 5.2 文字認識

試作システムは、手書きされた板書内容を逐次認識し、画像検索のためのキーワードとして用いる。文字認識サーバは Chrome 上のソフトウェアから送られたストローク入力を文字認識にかけ、認識結果を送り返す。

試作段階では、サーバが使用する文字認識ライブラリとして Zinnia<sup>\*2</sup>に Tomoe 付属の手書き文字データを組み合わせて使用した。Zinnia は一文字単位での文字認識を行うため、入力されたストロークは文字単位に分割して送信する必要がある。想定されている使用条件は、手書き文字入力のための枠が用意されていてユーザはその枠内に一文字ずつ記入していくものだが、板書にはこの方式はなじまない。そこで今回は、板書が書き込まれる領域をあらかじめすべて格子状に区切っておき、各升目に一文字ずつ記入させる形にした。一連のストローク入力がある升目内でなされ、次の入力が異なる升目でなされたか、1 秒以上入力がなかった場合に、それまで蓄積していたストローク群を文字認識サーバに送ることで、升目に記入された文字を認識する。

手書き文字認識では誤認識の問題が必ず生じるが、今回の実装では誤認識への対応は見送った。詳しくは 6 節で議論する。また、板書の文字認識のために求められる条件についても同節で議論する。

### 5.3 単語認識

文字認識の結果得られた文字列に対し、分かち書きによる単語抽出を行う。分かち書きには、TinySegmenter<sup>\*3</sup>を使用した。

### 5.4 画像検索バックエンド

画像検索のバックエンドには、「Google カスタム検索」を利用した。Google カスタム検索では、検索キーワードによる画像検索を API 呼び出しで利用することができる。このとき、検索の対象とするサイトを指定することにより、特定のサイトに存在する画像のみを検索対象として扱うことができる。

今回は対象サイトとして Wikipedia を使用した。Wikipedia にある画像はライセンスが明確に定められており、二次利用を許す画像のみをカスタム検索の機能で検索しても候補が残りやすい。また、その内容も、百科事典用の画像であるため、授業での利用になじみやすい。例えば「丹羽長秀」というキーワードで画像検索をかけると、通常の Google 画像検索を使うと候補として、戦国武将を題

<sup>\*2</sup> <http://zinnia.sourceforge.net/index-ja.html>

<sup>\*3</sup> <http://chasen.org/~taku/software/TinySegmenter/>

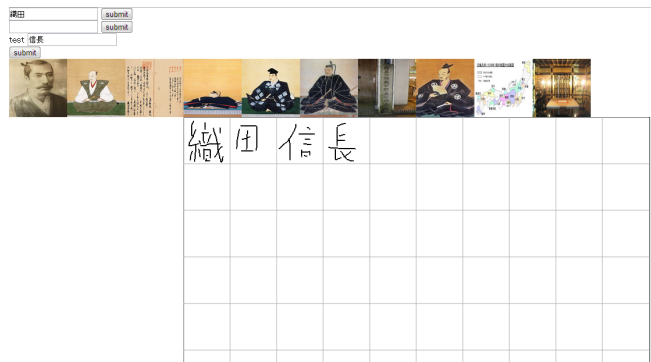


図 4 試作システム使用例 (1): 「織田信長」と板書されたところ。最後に認識された「信長」がキーワードとして用いられ、画像候補が提示されている。また、事前登録単語である「織田」が左上の単語保持リストに入っている。

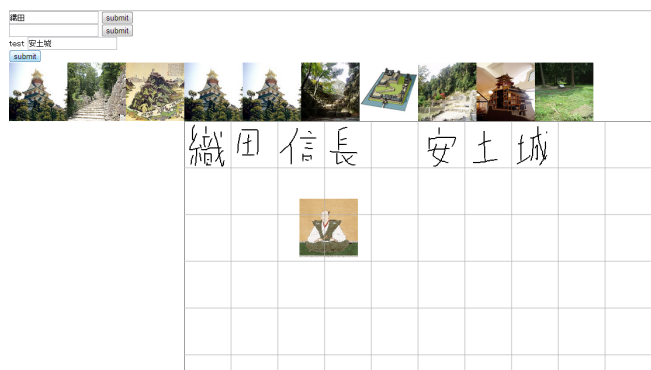


図 5 試作システム使用例 (2): 織田信長の画像を板書に取り入れたところ。そして続けて「安土城」と板書され、安土城に関する画像が候補として提示されている。

材としたアニメ作品に登場する、女性キャラ化された長秀が上位を占めるため授業での使用には支障をきたすが、Wikipedia にある画像のみを対象とした場合、パブリックドメイン下にある丹羽長秀の肖像画が第一候補として提示される。

教科によっては Wikipedia の使用はなじまない可能性もあるが、試作システムを試した限りでは、大きな支障は今のところ見られていない。

### 5.5 画像検索手順

TinySegmenter によって抽出された単語をキーワードに、自動的に画像検索を行う。以下に例を示す。

図 4 では、板書として「織田信長」と書いたところであるが、分かち書きにより「織田」と「信長」に分割された。ここで、後から認識された「信長」を検索キーワードとして画像検索をかけ、候補画像が画面上部に並べられている。候補画像はドラッグ&ドロップ操作により、板書に取り入れることができる。

同様に、続けて「安土城」と書くと、認識された「安土城」という単語を検索キーワードとして採用し、候補画像が並べられる (図 5)。



図 6 試作システム使用例 (3): 安土城の画像がドラッグ&ドロップ操作により板書に取り入れられた。

ここで安土城の画像を候補からドラッグ&ドロップすることで、新たな画像を板書に取り入れることができる (図 6)。

### 5.6 登録単語の保持機能

以上が提案手法の主な機能であるが、このとき、板書を続けて書いていったときに、本来検索のキーワードにしたい単語に続けてすぐに別の単語を書いた場合に問題が生じる。例えば「織田信長の生涯」と続けて書いた場合、最後に認識された「生涯」という単語をキーワードに画像が検索されてしまう。

こうした問題に対処するため、事前に登録しておいた単語が板書された場合に、その単語を一時的に画面に保持しておく機能を付加した。

この機能を使用するには、まず授業で使いそうな単語のリストをあらかじめソフトウェアに登録しておく必要がある。先の例で言えば「織田」を事前に登録しておくとする。すると、板書で「織田信長 安土城」と書かれた際に、「織田」という単語が一時的に保持される (図 5)。その後、登録単語が認識される度に保持リストの単語は更新されるが、登録されていない単語は板書されても保持リストには入れられない。現在の実装では新しい順に 2 個まで保持される。

図 6 の状態で、保持リストに入っている「織田」の単語をクリックすると、「織田」に関連する画像が候補として提示される (図 7)。

## 6. 議論

これまで試作システムを試用して得られた知見をもとに議論する。

試作システムの文字認識は、格子状に並べられた升目への記入を強制するもので、板書目的には適さない。これについては、より性能のよい文字認識エンジンを採用し、制約を取り払う必要がある。ただし手書き文字認識を使う場合、誤認識の問題は必ず生じる。試作システムでは対処していないが、簡単なインターフェースで誤認識を訂正できる

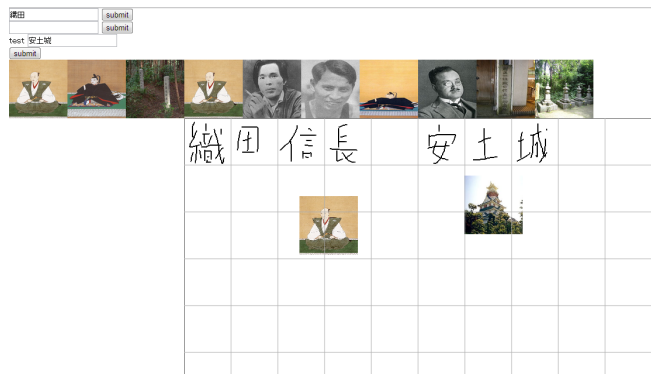


図 7 試作システム使用例 (4): 左上に表示されている単語保持リストに入っていた事前登録単語「織田」を検索キーワードにして画像候補を表示させたところ。

ような仕組みが必要だろう。また、曖昧検索を併用することで、多少の誤認識は無視できる可能性はある。授業目的に限れば、使用されるであろう単語はそれ程多くなく、事前登録単語のリストも併用すれば、曖昧検索での精度を向上させることは十分可能であろう。

板書での使用が想定される単語については事前登録操作を必要とするが、これについては、各教員が個別に対応するのではなく、基本的な単語はあらかじめ登録しておくという対処が考えられる。例えば教科書販売会社が教科書に現われる重要な単語リストをバンドルしておけば、それをインストールすれば十分実用となるだろう。

現在は使用する画像は特定のサイト（今回は Wikipedia）にあるものしか使用されないが、教員や生徒が用意した画像を使いたいという要求があることは予想できる。そうした画像をサポートするには、ローカルの画像も検索の対象とすべく画像検索のバックエンドサーバを改良する必要がある。このとき、用意した画像に適切な検索キーワードをあわせて登録しておく必要があり、そのためのインタフェースをシステムに組込む必要があるだろう。

提案システムは、授業での板書に使用することを想定して設計したが、書くそばから画像検索を走らせる提案システムの機能は、教育現場以外での活用方法も考えられる。例えば企画会議やブレインストーミングにおいて、画像を盛り込むことでイメージングを促したり、発想の幅を広げることにも利用できるかもしれない。

## 7. 関連研究

飛田らは電子白板に漢字や英単語を書くと、それに関連する CG や画像を表示するシステム “Catenaccio” を提案している [1]。同システムは電子白板上でペン図を描いて画像の絞り込み検索ができるなど、高度な検索操作を提供することを目的としている。我々の提案システムは、検索のためのキーワードを板書とは別に書く必要はなく、板書と併走する形で検索を行うところが異なる。

中園らは、かな漢字変換ソフトウェア (IME) の発展形として「超 IME」を提案している [5]。キーボード入力された文字列を対象に、かな漢字変換だけでなく、翻訳や類語変換など様々な機能を提供する。その一つとして画像検索機能が提供されており、文章を書きながら気軽に画像検索ができるという点で本研究に通ずる。

## 8. まとめと今後の展望

本稿では現役教師へのインタビューをもとに画像推薦機能の付いた電子白板システムを提案した。これにより授業準備等に十分な時間を割くことができない教員も ICT を活用した授業が可能になった。板書内容を読み取りそれに応じた画像を提示、板書に取り込むことができるようになることで従来の板書の形式を変えることなく ICT を活用した授業が可能になった。

今後は実際に学校教育の現場でも使えるよう試作システムの完成度を高め、実証実験を進めることを計画している。また、学校教育以外の場面への応用について知見を集めるべく、オープンソースソフトウェアとして配布したり、ウェブサービス化するなどを検討する。

## 参考文献

- [1] Tobita, H.: Catenaccio: interactive information retrieval system through drawing, *Proceedings AVI '06*, New York, NY, USA, ACM, pp. 79–82, DOI: 10.1145/1133265.1133280 (2006).
- [2] 社団法人日本教育工学振興会, 日本マイクロソフト株式会社: 学校での ICT 活用についての実態調査と教育の情報化への提言, <http://www.japet.or.jp/jou7ebgbx-431/> (2012).
- [3] 総務省フューチャースクール推進研究会: 教育分野における ICT 利活用推進のための情報通信技術面に関するガイドライン (手引書) 2012 (2012).
- [4] 文部科学省: 平成 23 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 (概要), [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/1323235.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1323235.htm) (2012).
- [5] 中園 翔: 超 IME, 第 3 回ニコニコ学会βシンポジウム <http://nicores3.herokuapp.com/entry/10> (2012).