

編集と発表を電子ペンで統一的に行う プレゼンテーションツールとその教育現場への応用

栗原 一貴 五十嵐 健夫 伊東 乾

本論文では、資料の作成から発表までを電子ペンによって統一的に行うことのできるプレゼンテーションツールを提案し、実用システムの開発と教育現場における長期ユーザスタディによりその有効性を検証する。まず事前調査を行い、従来のツールでは満たせないプレゼンテーションに対する現場ニーズを分析した。その結果、資料の作成・編集をIT初心者でも簡便に行うことができる機能と、発表中であっても資料を動的に編集できる機能が重要であるという知見が得られた。これに基づき、電子ペンの持つ直感的操作が可能な特性と、絵画的表現および言語的表現を自由に空間に配置・操作できる特性を活かした電子プレゼンテーションツール「ことだま」を開発した。そして小中高校の教員を被験者とする2年間にわたる長期のユーザスタディを行った。その結果ことだまの有効性が実証され、教育現場への応用で必要となるプレゼンテーションツールデザインのための知見が得られた。

This paper presents a presentation tool that allows the user to prepare the material and present it to the audience using pen-based computers in a unified interface. Computer-aided presentation is becoming popular, but there still are situations where existing presentation tools are not very popular, for example lecturing at schools. We investigated the reasons and identified two problems. One is that it is difficult for inexperienced computer users to create slides using keyboard and mouse and the other is that it is difficult to flexibly modify the contents or the flow of talk during presentation. To address these problems, we propose a pen-based presentation tool “KOTODAMA,” which is designed for pen-based editing in both preparation phase and presentation phase. The system allows inexperienced computer users to prepare the material using simple handwriting and provides basic beautification functions. The system also allows the user to edit the material by simple handwriting and to change the flow of the presentation on the fly. We performed a two-year longitudinal user study in elementary, junior-high, and high school classrooms to assess the effectiveness of our system. We obtained the users’ feedbacks and design implications that are necessary for developing practical presentation tools in such fields.

1 はじめに

近年においてプレゼンテーションの果たす役割は、教育研究、ビジネス、芸術など分野を問わず重要なものである。情報を段階的に提示しつつ不特定多数の視聴者にある時間内に理解させるのがプレゼンテーションの目的であるが、ときにプレゼンテーションはその巧拙により伝達する情報の質を決定づけてしまうほど大きなウェイトを占める。よってプレゼンテーション作業を適切に補助するツールの開発研究がその重要性を増してきているといえる。

近年コンピュータとプロジェクトを組み合わせた電子プレゼンテーションがその市民権を得つつあるが、電子プレゼンテーションの技法を述べた一般向

A Pen-based Presentation Tool with a Unified Interface for Preparing and Presenting and Its Application to Education Field.

Kazutaka Kurihara, 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻, Dept. of Computer Science, The University of Tokyo.

Takeo Igarashi, 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻/科学技術振興機構さきがけ, Dept. of Computer Science, The University of Tokyo/JST PRESTO.

Ken Ito, 東京大学大学院情報学環, Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo.
コンピュータソフトウェア, Vol.23, No.4 (2006), pp.14-25.
[論文] 2006年2月10日受付。

けの文献が多数出版されている現状とは対照的に、我々が普段用いている電子プレゼンテーションツールはごく限られた種類のものである。現在 Microsoft PowerPoint [14] や Apple Keynote[3] などがその豊富な機能からよく用いられているが、このようなスライド式汎用プレゼンテーションツールの基本機能はほぼ同等のものであり、

- ある程度コンピュータ操作のできる人が
- 最初から完成品の資料を作成し
- 準備した1つのシナリオ通りの発表を行う

という運用形態を意図して作られていると考えられる。しかし、例えば近年教室のIT化が進められている小中高校および大学における授業・講義においても、(一部の理工系大学を除き)これらのツールが標準的に使われているとはいえない。このことから、プレゼンテーションの運用形態というものが上記のもの以外にも存在し、既存のツールでは対応しきれない現状があるものと類推される。

我々はこの現状の原因の一部が、プレゼンテーションツールにおける編集機能に関連するものと考え、事前調査を行った。その結果を踏まえ、教育現場などへの応用を考えた際に現状の電子プレゼンテーションツールでは満たされない2点の問題を指摘する。

- i) IT初心者が電子プレゼンテーションを編集することを可能とするインタフェースが不足している。
- ii) スライドの形にまとまっていない過渡的内容の資料編集や、聴衆とのインタラクションを主体に進む動的なプレゼンテーションに対応するインタフェースが不足している。

この問題の解決のため、我々は電子ペンに注目する。近年タブレットPCやPDA、ゲーム機などの電子ペンで動作するコンピュータが徐々に普及し始めている。ペンインタフェースは、IT初心者、上級者を問わず直感的に利用できる点が優れている。また、構想をラフスケッチする、概念を図解するという行為が一般的であることからわかるように、ペンは絵画的表現と言語的表現を自由に空間的に配置できるので創造活動、およびコミュニケーションに有効な手段であると考えられる。電子ペンはこれに加えて、書き残

した資料の編集や再利用、ネットワーキング等のコンピュータならではの付加価値を加えることができる。

電子プレゼンテーションは絵画的表現と言語的表現を用いて繰り返しコミュニケーションを図るという点で極めて電子ペンインタフェースと親和性が高い。発表時の付加機能として電子ペンを用いる電子プレゼンテーションツールは従来からも研究されてきたが[2][12][1]、我々は発表時だけでなく、編集段階から一貫して電子ペンで操作することのできるプレゼンテーションツールが必要であると考え、実証システムとして「ことだま」の開発を行った。一貫した電子ペン操作環境を提供することにより、IT初心者にも資料編集および発表が可能となる。また授業・講義などに見られるような、発表中に資料を編集する必要がある動的なプレゼンテーションを電子的に支援することが可能となる。

我々は「ことだま」を用いて、公立の小中高校を対象とした2年間の長期ユーザスタディを行った。その結果、教育現場に電子プレゼンテーションツールを導入することの有効性が確認され、また運用に関して豊富な知見を得ることができた。

この論文の構成は、まず2章で関連研究を述べ、3章で電子プレゼンテーションに関する事前調査について報告する。4章で我々の開発したプレゼンテーションツール「ことだま」の詳細を述べ、5章で小中高校における長期のユーザスタディについて報告する。その後、得られた知見を議論しまとめる。

2 関連研究

本研究に関連する研究として、プレゼンテーションの発表時に関するもの、編集時に関するもの、および電子白板に関するもの、教育現場にIT機器を導入した事例などが挙げられる。

プレゼンテーションの発表時に関して、ペンによるアノテーションをスライド上に書き込めるインタフェースの研究開発がなされている[2][12][1]。これらのツールは基本的に、PowerPointなどにより予めスライド資料を作成しておくことを前提としているため、発表時の操作は簡便であるが編集時にメリットをもたらすものではない。また発表中に資料の内容に変

更を加えることはできない。

さらにプレゼンテーションの自由度を上げる試みとして、提示するスライドの順番を物理的なカード、リンク、オーバービューからのズームングなどで動的に変更することが可能なインタフェースが提案されている [17][8][27][21]。これらも「スライドをどのように提示するか」に選択肢を与えるもので、どのように資料を作成・編集するかには配慮されていない。

プレゼンテーション資料の編集時に関して、ペンと音声認識を組み合わせたスライド資料作成・編集方法を提案し実験した例として論文 [20] が挙げられるが、これは Wizard of Oz 方式の実装にとどまっている。

電子ペンを講義やミーティングなどに応用する取り組みとして電子白板の研究開発が盛んに行われているが [5][18][15][16]、これらは書き込んだものをどのようにインテリジェントに扱うか、もしくは複数ユーザによる共同作業をどのように支援するかに主眼があり、事前に資料を準備しそれを次々に提示していくという、プレゼンテーションの基本作業に焦点をあてたものは少ない。

教室にペンをういた機器を導入した事例も多い。三浦ら [25] はデジタルペンをういた授業支援システムを構築した。Friedland らは電子黒板 (白板) を用いて講義を音声とともに記録し、遠隔配信するシステムを開発し、大学講義において実証実験を行った [7]。中川らのグループは、教育現場への応用を意図した対話型電子白板関連のハードウェア [24][29] およびソフトウェア開発 [30] の研究を長年行っている。特に情報提示用のソフトウェアについては、様々な教科の特定の単位に対応した教材ソフトウェアコンテンツの開発 [28][29] とそのためのミドルウェア [26] の開発などが挙げられる。本研究で開発するプレゼンテーションツールは上記の関連研究と同様、教育現場における板書用の電子白板ツールとしても用いることができる。しかし主眼を置くのは、多量の資料の事前準備を伴い、比較的長い時間継続する発表に対し必要となってくる機能である。具体的には、幅広いユーザが自ら資料作成を行う際に必要となるインタフェース、および発表中の資料提示方法および動的な内容の編集を容易にするインタフェース開発である。

3 事前調査

3.1 IT 初心者とプレゼンテーション資料作成作業についての調査

従来の電子プレゼンテーションツールには大きく分けて、編集モードと発表モードの 2 つのモードがある。発表モードはマウスクリック・カーソルキーなどの操作でスライドを前後させるだけの単純なインタフェースなのに対し、編集モードではワープロツールと同様あるいはそれ以上の複雑な操作が要求されており、「発表はできるが編集は難しい」というユーザー層を生じてしまっていると考えられる。

我々は IT スキルがプレゼンテーション資料作成に与える影響を調査した。大学 1 年生 225 人 (文系 94 人, 理系 131 人) を無作為に選び、PowerPoint によるプレゼンテーション作成を行うタスクを課した。被験者の IT スキルの程度は様々であるが、大部分はコンピュータ使用経験の少ない初心者であると観察された。以下のような手順で作業を行った。

- i) 1 分間の発表用の資料を作ることを指示する。
- ii) PowerPoint で作業する前に、紙にペンで資料の下書きをしてもらおう (図 1)。
- iii) 下書きに基づき、PowerPoint で資料を作成する。
- iv) 1 分間で発表する。

発表については、被験者によるツール操作の困難さは観察されなかった。一方編集作業について、図 2 に各被験者が紙に下書きするのに費やした時間を、PowerPoint 作業に費やした時間で割った値を集計したヒストグラムを示す。被験者の 81.97% が、1.2 未満の階級に属する、すなわち PowerPoint 作業に下書

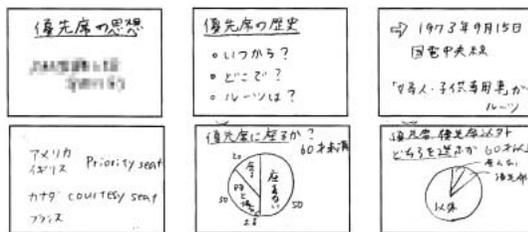


図 1 被験者の手書きによるプレゼンテーション資料の下書きの例

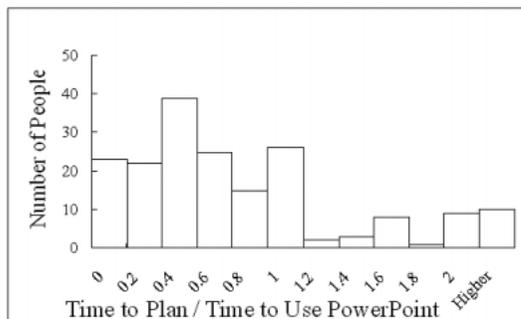


図2 下書き時間と PowerPoint 作業時間の比

きと同様またはそれ以上の時間をかけている。被験者の感想として「キーボードに慣れていないので文字入力に時間がかかった」、「図表を挿入したいがやり方がわからず苦戦した」、「思った通りのレイアウトになかなかならない」などが目立った。

この調査により、IT スキルによらず被験者が作成したいプレゼンテーション資料の明確なデザインを持っているのに対し(図1)、PowerPoint の資料編集機能が IT 初心者にとって十分ではないことが示唆された。もしもプレゼンテーション資料作成を紙にペンで描いた下書きの感覚で行うことができれば、コンピュータ初心者の資料作成を適切に支援できる可能性があると考えられる。

3.2 学校教育における電子プレゼンテーションツールの活用に関する取材

学会における研究発表、ビジネスシーンでのプレゼンテーションなどは多くの場合、発表内容が予め一通りに決められているという点で「静的」なプレゼンテーションと言える。一方、発表時まで内容が完全には定まらない「動的」なプレゼンテーションの典型例として、教育現場における授業・講義が挙げられる。授業や講義においては、学生・子ども・聴衆とのインタラクションにより、発表の最中に提示資料が構築され、もしくは変更が加えられる。我々は動的なプレゼンテーションに既存ツールが対応しているのかどうかを調査した。

公立の小中高校の教員 11 人に協力を依頼し、彼らが開催した電子プレゼンテーションツールを授業で活

用することについての会議に臨席し、取材を行った。彼らの IT スキルは様々であるが、日常的に授業というプレゼンテーションを行うプロフェSSIONALである。2 人の教員は、過去に授業の中で PowerPoint またはそれに類するツールを用いた経験があった。1 人の教員は、これまで一度も電子プレゼンテーションツールに触れたことがなかった。残り 8 人は、電子プレゼンテーションツールを使った経験を持つが、授業に取り入れたことはなかった。議論では、「電子プレゼンテーションツールを授業で活用すること自体は、近年 Web 上に蓄積されつつある動画、静止画などの教育コンテンツの提示などで子どもの学習効果を促進し、授業に集中させる効果があるので大いに取り組むべきである」という全員の一致した見解が得られた。しかし、同時に以下のような問題点が指摘された。

- i) 既存電子プレゼンテーションツールが IT 初心者の多い(といわれている)教員には操作が難しく、扱いにくい。
 - ii) 内容の整理された「スライド」を順に提示するという資料提示方法は、小中高校の教育において馴染みにくい場面がある。
- i) の問題については前節の IT 初心者の資料編集に関する調査の分析とも一致するところである。また、詳しくインタビューしてみると彼らは担当する学年や教科の違いにより、プレゼンテーションツールに要求する機能に多様性と偏りが見られた。たとえそれら全ての機能を含むような教育用汎用プレゼンテーションツールを開発したとしても、それぞれのユーザが用いている機能は限定されるにも関わらず、必要以上に操作が複雑になってしまう可能性が明らかになった。
- 一方 ii) の問題は現在のスライド提示型の電子プレゼンテーションツールの限界を浮き彫りにするものである。議論の末に得られた彼らの結論は以下のようにまとめられる：

“スライドというものは「あらかじめ整理された情報を伝える」ことに適している。スライドの面積という制約、さらに一定の単位量の情報を不連続に繋いでいく、という性質が人間の得意とする「階層化による情報整理・管理方法」と結びつきやすいからであろう。必要ない情報は極力省く、冒頭で一番言いたい

ことを言う、1つのスライドには1つのトピックにする、などはよく発表作法の例として挙げられるが、これらは常に万能な方法論ではない。特に「大きなテーマに沿って情報の分類や整理検討などを行い、試行錯誤しながら新しい概念を獲得する」という学習を行う場合、または情報と情報の連続性を授業中に一貫したい場合などにはスライドを前提とした構造はあまり向かない。

ここから教育現場では提示される個々の資料の取り扱い方はもとより、一度に提示される情報の量や順序の取り扱い方にも特別な配慮を必要としていることがうかがわれる。

以上より、動的なプレゼンテーションを支援するためには既存プレゼンテーションツールでは問題があり、

- 発表中であっても、動的に資料を構築、編集できる機能を備える。
- ユーザが要求する限定された機能群を、ITスキルに依らず利用可能なインタフェースを備える。
- スライド以外のメタファーによる、資料の提示方法も備える。

といったことが特に教育現場への応用では重要であるという知見が得られた。

3.3 ことだまとその機能

前節の調査結果を踏まえ、我々は電子プレゼンテーションツール「ことだま」を開発した。これは電子ペンをを用いて編集・発表を含めた統一的な操作が可能であり、ファイル操作、Undo/Redo、ドラッグアンドドロップによる画像の貼りこみや外部ファイルへのリンク生成など一般的な電子プレゼンテーションツールの基本機能も備えているものである。図3にインタフェースの概観を示す。システムはMicrosoft Tablet PC Platform SDK および C#.NET を用いて実装した。Tablet PC 上やタッチセンサつきディスプレイの使用を想定しているが、タブレットやマウスなどの通常のポインティングデバイスでも動作し、またキーボードに慣れているユーザ向けにキーボードによる操作系も追加可能である。

ことだまは現在教育目的に限り無料で公開されて

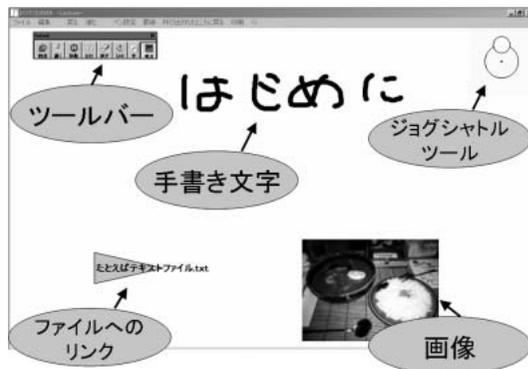


図3 ことだまのインタフェースの概観

おり、誰でも利用できる。2006年6月現在において正規の登録ユーザ数と一般のダウンロード数をあわせて全国で198人がことだまを利用しており、彼らからのフィードバックにより、日々ツールも改善されている。

ことだまは次のような手段で前節で見出した問題に対処する。

- i) 手書きスケッチと図形・文字認識により、初心者でもプレゼンテーション資料作成・編集・発表を可能にする。
- ii) 編集時と発表時で同一のインタフェースを提供することにより、発表時における動的な資料構築・変更を容易にする。
- iii) スライド以外のメタファーによる資料提示方法を複数用意し、ユーザの利用形態にあったプレゼンテーションを可能にする。
- iv) プラグインアーキテクチャとカスタマイズされた機能提供を行うことで、多様化するユーザのニーズに単純な操作体系で応える。

次にそれぞれの手段の詳細を示す。

3.3.1 手書きスケッチと図形・文字認識による資料編集方法

プレゼンテーションは必ずしも活字中心のフォーマルな雰囲気資料で行うわけではない。黒板にチョークで講義を行うスタイルや、手書き OHP 資料 (TP) による発表がその例である。Sketch-based Early Stage Design の研究を行っている五十嵐 [9]、J.Landay [13] らはスケッチベースデザインの柔軟性がデザインの初

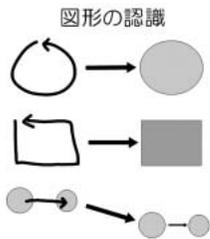


図4 ことだまの図形・文字認識

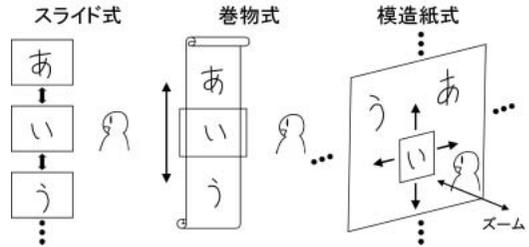


図5 3種の資料提示インターフェース

期過程において重要であると指摘している．ことだまは手書きスケッチによる資料作成機能を持つ．これはプレゼンテーション資料作成においてもスケッチベースデザインの柔軟さを導入するとともに、コンピュータ初心者にも使用可能なインターフェースを提供するためのものである．

手書きスケッチによる資料が柔らかく高速に作成できる一方で、仕上がりの資料の美しさとはトレードオフの関係にある．ことだまは整形された資料を作成するモードも持つ．図形認識および文字認識を用いて、手書きスケッチを整形されたオブジェクトに変換する．手書き図形の整形については多くの既存研究がある[6][10][4]が、本システムでは文献[23]に従って、必要最小限のプリミティブとして「楕円」「長方形」「矢印」「直線」の認識と整形を行う．文字認識については、誤認識を想定して詳細な修正が可能なインターフェースを用意した(図4)．文字認識および図形認識で用いた手書き認識エンジンは、Tablet PC に付属しているものを用いている．

3.3.2 3種類の資料提示方法

前節の調査により、動的なプレゼンテーションにおいては必ずしもスライド式の資料提示方法が有効ではないという知見が得られた．そこで我々はことだまの資料提示方法として、以下の3種類のメタファーを用いたインターフェースを用意した．

- i) スライドメタファーによる、従来の資料提示方法
- ii) 巻物メタファーによる、縦方向に無限に長い連続的なキャンバスによる資料提示方法
- iii) 模造紙メタファーによる、縦横に無限に広がる連続的なキャンバスによる資料提示方法[19]

i) は従来のように「前のスライド」「次のスライド」のボタンを用意することにより、資料を不連続に切り替える方法である(図5左)．ii) はジョグシャトルツールにより、縦方向にのみ連続的に少しずつ資料をスクロールさせる方法である(図5中央)．iii) はペンによるドラッグにより上下左右に滑らかに視点を移動し、ジョグシャトルツールによりズームレベルを滑らかに変更する方法である(図5右)．i), ii), iii) の順で表現の自由度は高くなるが、インタラクションは複雑となる．また、i) と ii), および i) と iii) は組み合わせが可能であり(キャンバスを複数枚用意し、それを切り替えることになる)、ユーザの希望により提供される．

3.3.3 編集時と発表時を区別しない操作インターフェース

動的なプレゼンテーションにおいては、発表時にも編集時と同等の資料構築、変更作業が必要となる．本ツールでは、従来のプレゼンテーションツールとは異なり、編集時と発表時の区別がない．ユーザは2つのモードを明示的に区別する必要が無くなるメリットがある．ペンによる書き込みは編集時には資料作成の一環であるが、発表時に行えばアノテーションの機能を果たす．画像などのオブジェクトを移動・リサイズする機能は編集機能として必須であるが、発表時には情報の分類・整理を実演するインターフェースとなる．前節で挙げた資料提示インターフェースは、編集時には作業用の視点を決定するインターフェースとなる．

一方でこの方法では、発表中にも編集中と同様の操作を強制されるデメリットがあるため、そもそもの操作体系をシンプルにしておく必要がある点は注意すべきである．

3.3.4 プラグインアーキテクチャによるユーザごとにカスタマイズされた機能提供

開発した全ての機能を含め、全てのユーザに同一のパッケージを提供しようとする、機能選択のためのメニュー階層の複雑化・モード数の肥大などにより IT 初心者の利用が困難になる。また、IT に精通しているユーザであっても、発表中にはあまり機器の操作に注意を払えず、煩雑な機能は用いられない傾向にあるという報告がある [2]。そこで我々は、上記に述べた機能群を可能な限り単機能ごとに外部プラグインとして実装し、任意のタイミングで増減できるアーキテクチャとした。そして本ツールを利用するユーザには事前にインタビューを行い、電子プレゼンテーションにおいてどのようなことを実現したいか、どのような操作ならば可能なスキルを持っているかを問診し、必要最低限の機能のみを組み合わせたパッケージを構築し、提供する方式を取った。使用開始後も、必要に応じて機能を削減したり、追加したりすることはプラグインファイルの増減だけで行えるため容易である。

このプラグインアーキテクチャと問診によるカスタマイズされた機能提供により、開発コストを抑えつつ操作体系を単純に保ったまま、ユーザが必要とする機能のみをインクリメンタルに提供することができる。このことにより、IT 初心者にも電子的なプレゼンテーションの導入が容易となり、また UI への要求仕様が厳しい環境である発表中においても操作負荷が軽減されることが期待される。

選択可能なオプション機能群として、以下のようなものを用意した：

- ペンで書くモード
- 筆跡を消すための消しゴムモード
- 描画されたものを移動・リサイズするモード
- 外部ファイルへのリンクを起動するモード
- 図形認識モード
- 文字認識モード
- キーボードによるテキスト入力モード
- 3種類の資料提示方法 (スライド式、巻物式、模造紙式)
- ペンの色やペン先の太さを変えるメニュー
- 罫線を表示するメニュー

ただし、ファイル操作、Undo/Redo、ドラッグアンドドロップによる画像の貼りこみなどの基本的な機能は無条件に提供される。

4 教育現場における長期ユーザスタディ

4.1 動機と方法

ことだまは普及の実態からもその有効性がある程度実証されてきているが、提供した様々な機能・インタフェースが、実際にどのように用いられているか実態を調べるため、公立の小中高校の教育現場で過去2年間にわたり長期のユーザスタディを行った。教育現場を実験フィールドに選択したのは、日常的に動的なプレゼンテーションが行われている場でありながら教員の IT スキルに多様性があること、さらに政府の政策により教室の IT 化が急進しており、授業を適切に支援するツールへの需要と関心が高いことによる。

我々は様々な学年、教科を担当する 10 人の小中高校教員に問診の上カスタマイズされたことだまを配布し、それから 1 年間の期間内で各自の授業の中で自由に利用してもらった。初年度は 6 人、次年度は 4 人の被験者が参加した。我々が被験者に最低限要求したことは、期間中最低一度 IT を活用した授業の様子をビデオ取材させてもらい、インタビューに応じてもらうことである。その際に用いるツールは、ことだまだけでなくともかまわないこととした。

4.2 結果

それぞれの被験者の利用の実態と、取材時に用いられていたことだまの機能を図 6 に示す。IT 初心者の被験者を含めて、1 人を除き全員が授業にことだまを取り入れていた。その 1 人は高校数学の担当で「楕円の方程式と焦点の関係」という授業内容であり、専用の特別な教育コンテンツを用いたためことだまは不要だった。以後のことだまに関する統計からは、この被験者のデータは除くこととする。

一般的な傾向として得られた知見には以下のようなものが挙げられる。まず、被験者の IT スキルによらず本ツールが実際の授業に活用され、また被験者によって用いられた機能に多様性が認められた。図 7, 8, 9, 10, 11 に実際の授業の様子を例を示す。担当

被験者ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	割合(%)
性別	女性	女性	男性	男性	男性	女性	女性	女性	女性	男性	
ITスキル(主観評価)	不得意	不得意	不得意	得意	得意	ふつう	不得意	不得意	*	ふつう	
学年	小1国語	小2国語	中1社会	中1理科	高2地理	高3数学	小1総合	小2国語	小5総合	小5総合	
内容分類	漢字の学習	教科書理解	時差の学習	臨点の実験	焼畑農業	橋	はたらく車	教科書理解	情報発信	相互理解	
ツール	ことだま	ことだま	ことだま	ことだま	ことだま	専用ツール	ことだま	ことだま	ことだま	ことだま	
黒板との併用	1	0	0	0	0	*	1	1	0	1	44.4%
授業中のこどもの操作の有無	1	0	1	0	0	*	1	0	1	1	55.6%
スライド式情報提示	0	0	1	1	0	*	1	0	0	1	44.4%
巻物式情報提示	1	1	0	0	0	*	0	0	0	0	22.2%
模造紙式情報提示	0	0	0	0	1	*	1	1	1	1	55.6%
授業中のペリアノテーション	1	1	1	1	1	*	0	1	0	1	77.8%
授業中の文字書き込み	1	1	0	1	1	*	0	1	0	1	66.7%
授業中の画像貼りこみ・移動	1	1	0	1	1	*	0	0	0	1	55.6%
授業中の動画などへのリンク起動	0	1	0	1	0	*	1	1	0	0	44.4%
資料準備段階の画像貼りこみ	1	1	1	1	1	*	1	1	1	1	100.0%
資料準備段階の図形認識・文字認識	0	0	0	0	0	*	0	0	0	1	11.1%
資料準備段階のテキスト入力	0	0	0	0	0	*	0	0	0	1	11.1%
提供したオプション機能の数	6	7	6	10	10	*	7	6	2	10	

図6 ユーザスタディにおける各被験者のプロフィールと用いられた機能
1は該当あり, 0は該当なし, *はデータが得られなかったことを示す。



図7 小学校総合の授業における活用の風景：スライド式情報提示法により，こどもが「はたらく車」についてプレゼンテーションする。

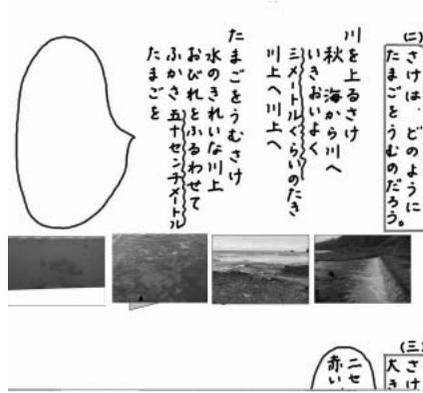


図8 小学校国語の授業における活用の風景：巻物式情報提示法により，さが大きくなるまでを画像，映像コンテンツを交えて学習していく。

する学年や教科により本ツールの利用形態は様々であり，ビジュアル資料・インタラクティブコンテンツの順次提示用，ブレーンストーミング用，プレゼンテーション術の指導用など多岐にわたる。提供したオプション機能数の平均は7.1であった。これらの資料準備段階および発表段階における比較的作業負荷の高い操作を，被験者のITスキルに依らずに可能としたのは，ペンを主体として統一された操作系統と，ユーザごとにカスタマイズされた最小限の機能提供を行うプラグインアーキテクチャによるところが大きいと考えられる。

また，77.8%の被験者が授業中における手書き文字入力もしくはアノテーションを活用し，さらに55.6%の被験者が授業中にこどものインタラクションに基づいて動的に資料を生成，編集していたことが示された。具体的には，こどもから出た複数の意

見を書き込み，移動させながら順序付け，分類を行ったり(図10)，理科の実験においてこどもたちが紙プリント上で作成した実験結果グラフをデジタルカメラで撮影し，その場で本ツールに取り込んで提示し，評価を書き込みながら解説を行ったり(図11)といった事例^{†1}が観察された。これらは本ツールが動的なプレゼンテーションを効果的に支援することを示すものである。

一方，資料準備段階に図形認識・文字認識を用いた事例は1例のみであり，あまり用いられていなかった。また，発表段階に至っては1例も用いられなかつ

^{†1} 報告によると，本ツールを活用したクラスと活用しなかったクラスでは，定期試験において活用クラスに有意な高成績が得られたという。



図 9 高校地理の授業における活用事例：世界地図を表示し、模造紙式情報提示法により必要な場所にズームインする。

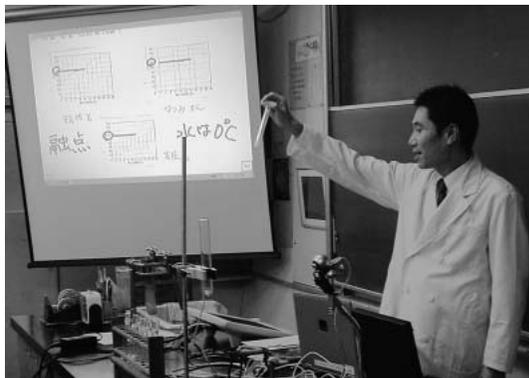


図 11 中学理科における活用事例：生徒による物質の融点の測定実験結果グラフをデジタルカメラを用いて授業中に PC に取り込み、その場でことだまに張り付けて解説を行った。

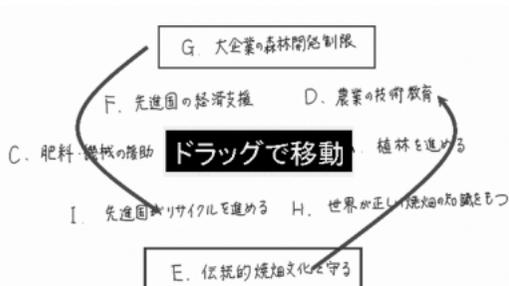


図 10 高校地理の授業における活用事例：焼畑農業問題に関する様々な対策を、ことだま上で生徒の意見に基づき重要な順に並べていく(ダイヤモンドランキンング法)。

た。キーボードによるテキスト入力についても、資料準備段階に用いられた例が 1 例で、発表段階には 1 例も用いられなかった。認識技術を扱う際には認識誤りとその訂正インタフェースの存在がユーザには負荷となり、UI への要求仕様の厳しい発表段階に利用が難しいことはもとより、比較的要求仕様の緩やかな資料準備段階においても利用が敬遠されている実態が明らかとなった。

資料提示方法については、スライド式を採用した被験者は 44.4%、巻物式は 22.2%、模造紙式は 55.6% であった。総和が 100% にならないのは、1 人の被験者が複数の方法を選択可能であることによる。その中で、スライド式と模造紙式を併用した被験者は 22.2% であった。

被験者へのインタビューでは、本ツールに対する一

般的な意見・使用感想・改善希望点を尋ねた。授業で本ツールを活用した 10 人の被験者全員が、従来ツールに比べ本ツールは自分の授業の中で効果的に活用でき、こどもの反応もよいので今後とも使用していきたいと答えた。そもそも従来ツールの授業への導入に困難を感じていた被験者がこのように肯定的に本ツールを評価した意義は大きい。一方改善希望点については大部分が細かい実装上のバグに起因するものであった。

教育現場に特有の意見として、ハードウェア的な制約に対する改善の声も多かった。スクリーンの大きさ、教室の明るさによるスクリーンの見やすさの変化、学校で特別に管理されているプロジェクタとコンピュータの、教室へのセットアップの煩雑さなどである。またソフトウェア的には、特定の学年・教科における特定の単元に特化した機能の要望が多く挙げられた。中川らは論文[26]において ActiveX コンポーネントを組み込むことで教育コンテンツの拡充を図っている。全ての資料を一元的に操作することができるので情報はシームレスに伝えられるが、コンテンツの汎用性が乏しい。一方ことだまでは教育コンテンツを外部リンクとして起動する方式をとっており、Web 上に豊富に存在する教育コンテンツを自由に利用することが可能だが、そのコンテンツは別 window 動作となる。本ユーザスタディでは 44.4%の被験者がその機能を活用した。上記の要望は、対応する Web

教育コンテンツを見つけられなかったことによるものが多い。これはことだまの機能充実ではなく、Web教育コンテンツ検索システムの改善によって解決できる問題と考えられる。

3種類の資料提示方法について、それぞれ使用した被験者から以下のような意見が得られた。

- スライド式：操作が簡単であり、こどもに操作させる場合でも指導が容易である。しかし資料のオーバービューを見られない点と、スライドが不連続に変化するので情報のつながりを意識しにくい点が問題である。
- 巻物式：特に小学校低学年には提示を「じらす」効果があり、くるくると資料を巻き上げていく感覚が面白い。しかし資料のオーバービューを見られない点と、授業中に資料の合間に空間を追加挿入できない点は問題である。
- 模造紙式：自由に資料を配置しズームで自由に拡大縮小できる機能は、次々に情報を配置し関連性を考え、整理していくという授業には大変有効である。しばしば以前の資料に戻ったり、資料のオーバービューを確認することができる点も優れている。スクリーンの大きさは限られているので、細部を拡大できる機能は必須であり、重宝する。しかし、どこに資料を配置したか忘れてしまい、時折、空間上で迷子になってしまう点が問題である[11]。
- スライド式と模造紙式の組み合わせ：基本的にはスライド操作だが、必要に応じて資料の一部を拡大したり、議論のためのスペースをスライドの外側に移動して用意できる点が便利だった。

従来方式であるスライド式の簡便な操作の有効性が改めて確認されるとともに、情報提示の連続性という観点からは巻物式、模造紙式の優位性が示唆された。動的な内容編集という観点からは、資料編集はもちろんのこと、発表中にも提示すべき情報は変容していくため、予め均一の面積に区切られたスライドに情報を詰め込む従来の方式には問題があり、特に模造紙式の持つ情報提示領域の自由度の高さが重要であることが示された。一方でスライド式と模造紙式の組み合わせを選択した被験者の事例からは、発表の大

部分の時間は予め固定済みの資料順を簡便な操作により追っていくことを望むが、個々のlocalな資料提示の際に必要なに応じて本流から逸脱して議論を行い、また本流に戻るといった行動パターンが観察された。これはいわば動的なプレゼンテーションにおける“大筋は固定的だが詳細は流動的”という特性である。

5 考察と今後の課題

5.1 テキスト入力について

ことだまで解決できていない問題の1つは、テキスト入力の問題である。手書きで作成した資料について、「特に子供の手書き文字を大画面に投影する場合、自分の筆跡の拙さを見られることを嫌がるこどももいる。きれいな字(フォントによる活字)に変換できないのですか」という要望が数件寄せられた。また、キーボードに慣れたITエキスパートにはペンのみによる文字入力はまだ効率の面で受け入れられにくい。1つのアプローチとして、栗原らによる音声ペンシステム[22]の提案が挙げられる。これは入力予測機構を用いて手書き文字を効率よく入力する技術であるが、この技術では手書き文字の美化を行うことはできない。文字認識のインタフェースをさらに洗練し入力効率を向上する、活字に変換せずに手書き文字を美化する、などの技術の研究によりこの問題の解決を図る必要がある。

5.2 資料提示方法について

本ユーザスタディで得られた事例数は少ないものの、我々は動的なプレゼンテーションにおける“大筋は固定的だが詳細は流動的”という特性を重要視している。現在はスライド式と模造紙式のインタフェースを組み合わせることによりこの行動パターンを支援しているが、操作が複雑であることが問題である。我々はより簡便な操作によりこのような動的プレゼンテーションを支援するインタフェースの研究を現在進めている。

5.3 教育現場への応用について

本ユーザスタディでは教育現場特有の問題として、ハードウェアの問題、および特定の授業内容へと特化

した機能への要望が多く挙げられた。今後本ツールを教育目的に洗練していく上ではこのような知見は重要であるが、どこまでをプレゼンテーションツールである本ツールがサポートし、どこまでを政府のハードウェア普及政策もしくは Web 上に蓄積されている教育コンテンツ利用などの外部要因に委ねるか、といった切り分けは本研究とは別の枠組みで取り組む必要がある。

もう 1 つの論点として、黒板との併用について述べる。教室には黒板は必ず設置されており、教員は普段それを用いて授業を行っている。本ユーザスタディでは、過半数の被験者はことだまのみを用いて授業を進めた。一方 44.4% の被験者が、ことだまの投影されたスクリーンと併用して黒板への板書を利用した。その理由について被験者らは、「黒板とことだまそれぞれ向いている作業がある。ことだまは資料をその場で動かしたり拡大したり、保存して次の授業で復習用に再び提示することに向いている。また教育用デジタルコンテンツをリンク機能で次々に提示できる点は優れている。一方で黒板は、一度書いたものを動かすことは難しいが、その授業中ずっとことだまに意識させておきたい重要なことがらを提示する上で重要である。無理に全てを電子化するのではなく、両方のよさを生かして併用したい。その点ことだまは通常のツールと異なり、機能を単純化して必要最低限のものだけ使えるので、操作に迷うことが少なく、1 つの道具として授業に組み込みやすい。」と答えた。ことだまは元々はこのような黒板との併用を意図して設計されたものではない。しかしプラグインアーキテクチャと問診によるカスタマイズされた機能提供を行ったことにより、各被験者がその利用形態を想像することができ、彼らの意図する授業進行に有機的に組み込まれる余地を生んだと考えられる。

よりよい授業を進めることが求められる教員にとって、電子プレゼンテーションツールも黒板や学習用プリントと同様、授業効果を高めるための 1 つの道具という認識に過ぎない。彼らの理想とする授業は非常に多様で繊細なものであるため、その要求に完全に応える万能ツールを開発することは難しいと考えられる。我々研究者・インタラクションデザイナーはこ

の点を意識し、「授業を行うことができる電子ツール」ではなく「授業の中に組み込める電子ツール」という観点で開発を行うことが重要である。そのための 1 つの方針が、本研究で実践してきたような、単機能もしくはわずかな機能にツールを限定し、「これはを行うだけの為のツールなので、という用途に使えるな。」という想像の余地をユーザに与えることであると我々は考察する。

6 まとめ

我々は様々な観点から電子プレゼンテーションの実態を調査し、既存のツールでは応えられないプレゼンテーションのニーズを分析した。その結果、キーボードやマウスに不慣れな初心者でも簡単に使える資料作成機能、および発表中に動的に内容を変更できる編集機能が必要とされていることが明らかになった。この結果に基づき、こららの機能を実現したペンベースプレゼンテーションツール「ことだま」を開発し、教育現場における長期のユーザスタディを通じて有効性を検証した。その結果、手書き入力が有用であること、認識機能はあまり活用されないこと、自由に配置・移動・拡大縮小できる模造紙式の提示手法が有効であるが簡便な操作体系が求められること、などといった、電子プレゼンテーションツールの運用に関する重要な知見が得られた。教育現場での長期スタディは現在も進行中であり、今後も調査・開発を進め、幅広いユーザが利用できるツールとして完成度を高めていく予定である。

謝辞 ユーザスタディに協力して下さった東京大学教養学部 1 年生、千葉総合教育センターおよび千葉県小中高校の教員の皆さんに感謝します。

参考文献

- [1] Abowd, G. D.: Classroom 2000: An Experiment with the Instrumentation of a Living Educational Environment, *IBM Systems Journal, Special issue on Pervasive Computing*, Vol. 38(1999), pp. 508–530.
- [2] Anderson, R., Anderson, R., Simon, B., Wolfman, S., VanDeGrift, T. and Yasuhara, K.: Experiences with a Tablet PC Based Lecture Presentation

- System in Computer Science Courses, in *Proceedings of SIGCSE'04*, 2004, pp. i-ii.
- [3] Apple: Keynote, <http://www.apple.com/iwork/keynote/>.
- [4] Apte, A., Vo, V. and Kimura, T. D.: Recognizing Multistroke Geometric Shapes: An Experimental Evaluation, in *Proceedings of UIST'93*, 1993, pp. 121-128.
- [5] Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J. and Welch, B.: Liveboard: A Large Interactive Display Supporting Group meetings, Presentations, and Remote Collaboration, in *Proceedings of CHI'92*, 1992, pp. 599-607.
- [6] Fonseca, M. J. and Jorge, J. A.: Experimental Evaluation of an on-line Scribble Recognizer, *Pattern Recognition Letters*, Vol.22, No.12(2001), pp.1311-1319.
- [7] Friedland, G., Knipping, L., Schulte, J. and Tapia, E.: E-Chalk: A Lecture Recording System using the Chalkboard Metaphor, *International Journal of Interactive Technology and Smart Education (ITSE)*, Vol. 1, No. 1(2004).
- [8] Good, L. and Bederson, B.: CounterPoint: Creating jazzy interactive presentations, HCIL Tech Report 2003-03, University of Maryland, College Park, MD 207427, 2001.
- [9] Igarashi, T., Matsuoka, S. and Tanaka, H.: A Sketching Interface for 3D Freeform Design, in *Proceedings of SIGGRAPH'99*, 1999, pp. 409-416.
- [10] Igarashi, T., Matsuoka, S., Kawachiya, S. and Tanaka, H.: Interactive Beautification: A Technique for Rapid Geometric Design, in *Proceedings of UIST'97*, 1997, pp. 105-114.
- [11] Jul, S. and Furnas, G. W.: Critical zones in desert fog: aids to multiscale navigation, in *Proceedings of UIST'93*, 1998, pp. 97-106.
- [12] Kam, M., Wang, J., Iles, A., Tse, E., Chiu, J., Glaser, D., Tarshish, O. and Canny, J.: Livenotes: A System for Cooperative and Augmented Note-Taking in Lectures, in *Proceedings of CHI'05*, 2005, pp. 531-540.
- [13] Landay, J.: SILK: Sketching Interfaces Like Crazy, in *Proceedings of CHI'96*, 1996, pp. 398-399.
- [14] Microsoft: PowerPoint, <http://office.microsoft.com/home/default.aspx>.
- [15] Moran, T. P., Chiu, P., van Melle, W. and Kurtenbach, G.: Implicit Structures for Pen-based Systems within a Freeform Interaction Paradigm, in *Proceedings of CHI'95*, 1995, pp. 487-494.
- [16] Mynatt, E. D., Igarashi, T., Edwards, W. K. and LaMarca, A.: Flatland: New Dimensions in Office Whiteboards, in *Proceedings of CHI'99*, 1999, pp. 346-353.
- [17] Nelson, L., Ichimura, S., Pedersen, E. R. and Adams, L.: Palette: A Paper Interface for Giving Presentations, in *Proceedings of CHI'99*, 1999, pp. 354-361.
- [18] Pedersen, E. R., McCall, K., Moran, T. P. and Halasz, F. G.: Tivoli: an Electric Whiteboard for Informal Workgroup Meetings, in *Proceedings of CHI'93*, 1993, pp. 391-398.
- [19] Perlin, K. and Fox, D.: Pad: An Alternative Approach to the Computer Interface, in *Proceedings of SIGGRAPH'93*, 1993, pp. 57-64.
- [20] Sinha, A. K., Shilman, M. and Shah, N.: MultiPoint. A Case Study of Multimodal Performance for Building Presentations, in *CHI'01 Extended Abstracts*, 2001, pp. 431-432.
- [21] Toyoda, M. and Shibayama, E.: Hyper Mochi Sheet: A Predictive Focusing Interface for Navigating and Editing Nested Networks through a Multifocus Distortion-oriented View, in *Proceedings of CHI'99*, 1999, pp. 504-511.
- [22] 栗原一貴, 後藤真孝, 緒方淳, 五十嵐健夫: 音声ペン: 音声認識結果を手書き文字入力で利用できる新たなペン入力インタフェース, WISS 第 13 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 2005, pp. 105-110.
- [23] 久恒啓一: 図で考える人は仕事ができる, 日本経済新聞出版, 2002.
- [24] 副井賢二, 石田準, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹: 対話型電子白板と立ち位置検出装置を用いた遠隔授業支援システムの設計と試作, 第 43 回プログラミングシンポジウム報告集, 2001, pp. 61-68.
- [25] 三浦元喜, 國藤進, 志築文太郎, 田中二郎: デジタルペンと PDA を利用した実世界指向インタラクティブ授業支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 9(2005), pp. 2300-2310.
- [26] 坂東宏和, 杉崎知子, 加藤直樹, 澤田伸一, 中川正樹: 一斉授業の情報化のための電子黒板ミドルウェアの基本構成と試作, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 3(2002), pp. 804-814.
- [27] 田中浩也, 有川正俊, 柴崎亮介: ページ群の擬似 3 次元配置を用いたプレゼンテーション支援, WISS 第 10 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 2002, pp. 81-85.
- [28] 中川 正樹他: 対話型電子白板を活用した教育ソフトウェア作成方法論の検討, <http://www.mbrain.com/e2/>.
- [29] 大即洋子, 坂東宏和, 加藤直樹, 中川正樹: 対話型電子白板の同時複数入力と教育用ソフトウェアへの応用, 情報処理学会研究報告 (2001-HI-94), 2001, pp. 1-8.
- [30] 岩田陽子, 加藤直樹, 中川正樹: 対話型電子白板を用いた電子化授業への遠隔受講者参加方式の試作, 情報処理学会研究報告 (CE-67), 2002, pp. 33-40.