

ガリバー：板書内容の再利用環境

†酒井 慎司 †三末 和男 †田中 二郎

†筑波大学大学院 コンピュータサイエンス専攻

E-mail: † sakai@iplab.cs.tsukuba.ac.jp, {misue, jiro}@cs.tsukuba.ac.jp

概要

板書を用いた授業では、一度書いた板書内容を再利用したいと思う場面がしばしば見受けられる。本研究では、これまであまり研究されてこなかった板書内容の部分的な再利用支援を目的とし、教師が再利用したいであろう板書内容を自動的に検索し推薦する電子板書システム：ガリバーを開発した。ガリバーは、授業という「操作の当事者ではない学生にも常に見られている環境」を意識し開発した再利用インタフェースを備えているという特徴を持つ。評価の結果、ガリバーによって学生にはこれまでの授業の印象を保ちながら教師には板書内容の再利用という有用な授業環境を提供できたことが示された。

1 はじめに

知識創造場面の一つとして授業が挙げられる。多くの授業、特に初等・中等教育の授業においては板書が用いられているが、その中では一度書いた板書内容を再利用したい場面がしばしば見受けられる。近年 Tivoli[1]などの電子ホワイトボードやタブレット PC の出現によって、これまで使い捨てされてきた板書内容を電子的に保存することが可能になり、それに伴って授業支援を行う様々な研究が行われている。

[2,3,4,5,6]

しかし、それらは板書を用いた授業で見受けられる「板書内容を再利用したい場面」の支援を行うには不十分であると思われる。理由は以下の 2 点である。

1 点目は管理するデータの単位の問題である。多くのシステムは板書内容を保存することは可能なものの、その際扱うデータの単位は 1 回の授業で行った板書内容全体である。しかし、板書内容を再利用したい場面で必要なのは板書内容全体ではなく、1 つの図や数式、文章といったまとまりであると思われる。その

ため、板書内容の再利用を支援するにはそのような適切なまとまりで板書内容を保存・管理する必要がある。

2 点目は再利用する際の操作の問題である。従来のファイル管理方式によって板書内容が保存されるとすると、再利用する際大量のディレクトリやファイル群の中から目当ての板書内容を探さなければならない。しかし、授業では他の計算機の使用環境と異なり「全ての操作が操作の当事者以外である学生に見られている」ため、そのような操作を頻繁に行うことは授業の流れを切ってしまい、見ている学生に混乱を与えてしまうおそれがあると思われる。授業では学生に新たな情報を伝えるため、不必要な混乱を与えることは情報が正しく伝わらないことや、学習効果にも影響を与えてしまうおそれがあるため望ましくないとと思われる。

本研究では、上記の 2 点を解決し授業中に板書内容を再利用する場面の支援を行うことを目的とする。

2 関連研究

The Classroom 2000 Project[2][3] は授業を一種のマルチオーサリング活動と考え、授業中のあらゆる情報を保存し、授業後に Web 上で公開することで学習効果の向上を狙った研究である。Classroom 2000 Project では、授業支援を行うためにまず教師の授業スタイルと学生の学習スタイルの調査と分類を行った。そして、それらの異なったスタイルの授業であっても統一的な枠組みで支援が行えるように支援のフェーズを「授業の事前準備時」、「授業中の情報キャプチャ」、「授業後の見直し時」の三段階に分けた上で実際の支援を行っている。授業の事前準備の際は、教師が授業で用いる資料を教師が行う授業スタイルに適したフォーマットに変換することを行い、授業中は電子ホワイトボードなどの大画面デバイスやタブレット PC に加え、教室に設置されたマイクとビデオカメラによって授業中の可能な限り全ての情報（教師が提示する資料、音声、動画、学生のノートなど）を保存する。授業後には保存した情報を学生が自由に見直せる形に整理し、それらを Web 上で公開するという支援を行っている。

E-Chalk[4]は、Tivoli などの大画面デバイス上のペンコンピューティング技術の発展を踏まえた上で、そう遠くない未来では現在の黒板の代わりにペン入力の可能な大画面デバイスを用いた授業が行われるようになるであろうという考えに基づき開発された電子板書システムである。板書を用いた授業である理由としては冒頭で述べたような柔軟性に加え、教師が板書を行いながら説明を行うことは「教師が声に出して考えているようなもの」であるため、学生からすると教師の思考のステップを明確に捉えることができることを挙げている。E-Chalk では、実世界では手書きの文字や図表しか書くことができなかった板書の中で、画像ファイルを挿入したり、Java Applet や数値計算プログラムを動作させたり、さらには Web サービスを利用したりすることが可能である。

Classroom Presenter[5]は、教師と学生の双方がタブレット PC を使用して教師のプレゼンテーション資料を学生のタブレット PC 上に表示し、さらにそ

の上に手書きによって自由に説明を書き加えながら授業を行うことを可能としたものである。また、学生に問題を与え、それを学生がタブレット PC 上で手書きをしながら問題を解いていく過程を教師は把握することが可能である。さらに Ubiquitous Presenter[13] では、Classroom Presenter を用いて行った授業の資料はタブレット PC を持っていない学生にとっても有用であると考え、Classroom Presenter を用いて行った授業の資料や内容を Web で公開することで、さらにその支援領域を遠隔授業などにも広げることを行った。このような授業支援手法は、プレゼンテーションを用いた授業に板書を用いた授業の側面を持たせたハイブリッドなものであると考えることができる。

3 理想とする再利用インタフェース

板書内容を再利用したいとき、教師は目当てとする板書内容を思い浮かべていると思われる。しかし、従来のファイル管理方式によって板書内容が保存されているとすると、教師は板書内容を再利用する際に大量のファイル群の中から目当てのものを探さなければならない。そこで、仮に教師が板書内容を再利用したいときに目当ての板書内容がすぐ取り出せる状況にあれば、そういった操作も必要とせずに板書内容を再利用できるのではないかと考えた。本研究では、理想とする再利用インタフェースとして教師が板書内容を再利用したいときには既に目当ての板書内容がすぐ取り出せる状況にあることを目指し、教師が再利用したいであろう板書内容を自動的に検索し、教師に推薦する電子板書システムの開発を行う。そのために以下の技術的課題を設定した。

- i) 板書内容を適切なまとまりで管理する
- ii) 教師が再利用したいであろう板書内容の検索
- iii) 授業環境を意識した情報提示手法の開発

3.1 望まれるインタフェースの性質

- iii) の開発にあたり、操作の当事者以外の目に常に

見られているという授業環境に望まれるインタフェースの性質について考察する。

3.1.1 ペン操作に適していること

本研究で想定する授業とは現在の黒板と同程度の大幅面上で板書を用いて行う授業である。そのため入力デバイスにはペンが用いられるべきである。そのため板書内容を再利用する際の操作手法はペン操作に適したものであることが望まれると思われる。黒板と同程度の大幅面上の操作を想定した場合、メニューやツールボックスなどの操作は必ずしもペン操作に適したものではないと考えられる。

3.1.2 授業に専念できること

授業では全ての操作が操作の非当事者である学生に見られている。そのため板書内容を再利用する度に大量のファイル群の中から目当てのものを探すことは、授業の流れを切ってしまう望ましくないと思われる。そのため操作によって授業の流れを切らない授業に専念できるインタフェースであることが望まれると思われる。

3.1.3 「さりげない」情報提示手法であること

教師に板書内容を推薦する際、当然教師がそれを必要としない場合も考えられる。しかし、そのような場合にも教師や学生の注目を集めてしまうことは授業の流れを切ってしまうため望ましくないと思われる。そこで、板書内容を推薦する際には必要ないときには邪魔にならない程度のさりげない情報提示手法であることが望まれると思われる。

4 板書内容の再利用環境: ガリバー

本研究では、上記の手法を用いて板書内容を適切なまとまりで保存・管理し、教師が再利用したいであろう板書内容を自動的に検索し推薦する電子板書システム: ガリバーを開発した。授業という環境は、他の計算機の操作環境と異なり「全ての操作が操作の当事者以外の者に常に見られている」という性質を持つ。

そのため、ガリバーの開発に際して「操作の当事者以外の者にも常に見られている環境を意識した」再利用インタフェースを開発した。以下に詳しく述べる。

4.1 板書内容の管理

板書内容を適切な単位で保存・管理するためには、教師が行った手書きのストロークをグルーピングする必要がある。多くの手書きツールではユーザが手動でグルーピングを行う。しかし、授業中にそういった操作を頻繁に行うことは望ましくない。そこで本研究ではシステムが自動的にストロークのグルーピングを行う。

4.1.1 ストロークのグルーピング

授業では、板書と口頭での説明を交互に行うと思われる。そのため、図や数式などの意味を持ったまとまりを書いた前後には、説明を行っている時間が存在すると思われる。そこで本研究では、そのような板書の行われぬ時間間隔によってストロークをグルーピングする。

4.1.2 入力の空白時間

入力の空白時間とは、あるストロークが書き終わればペンが画面から離れた瞬間から、次のストロークが書き始められる際にペンが再び画面に接する瞬間までの時間間隔である。(図 4.1) 本研究では、入力の空白時間が設定した閾値を越えた時点でストロークのグルーピングを行い、グルーピングしたまとまり単位で板書内容を自動的に保存する。

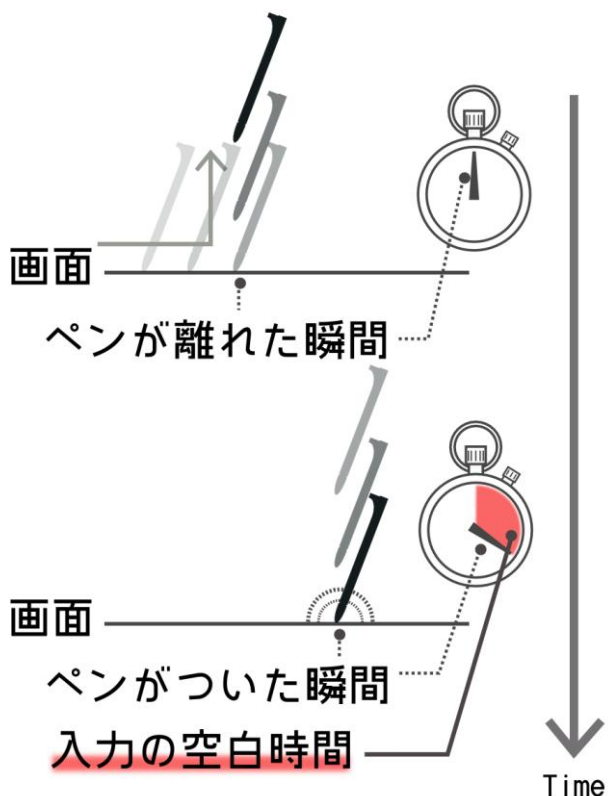


図 4.1: 入力空白時間

4.2 再利用したいであろう板書内容の検索

算数の授業を行っているときに、社会の授業で行った板書内容を再利用したいということは考えにくい。また、同じ理科の授業であっても、地層について説明しているときに突然力のモーメントについての板書内容を再利用したいということも同様に考えにくい。これらのことから、教師が再利用したいであろう板書内容とは「現在説明している事柄と関連する板書内容」と考えられる。本研究では、現在説明している事柄を示す情報として現在の板書内容をキーとして用い、以下の手順で関連する板書内容の検索を行う。

1. 現在の板書内容と形状の類似する板書内容の検索
2. 類似する板書内容の時間的に近くにある板書内容の検索

4.2.1 形状の類似する板書内容の検索

現在の板書内容と形状の類似する板書内容を検索するために、本研究では一つ以上のストロークから成る板書内容の特徴を表現する特徴ベクトルを独自に作成した。検索の際にはその各要素の類似度を算出し、それらを総合して二つの板書内容間の類似度として検索を行う。

4.2.2 時間的に近い板書内容の検索

例えば「慣性の法則」と書いたときに教師が再利用したいのは、過去に行った「慣性の法則」と書いたものではなく、その前後に行われた例題や説明などの板書内容であると思われる。そこで、関連する板書内容としては形状の類似する板書内容ではなく、それらと時間的に近い板書内容を推薦する必要があると思われる。本研究では、類似する板書内容が得られた後それらと時間的に近い板書内容を最終的に関連する板書内容として教師に推薦する。図 4.2 に検索の一連の流れを示す。

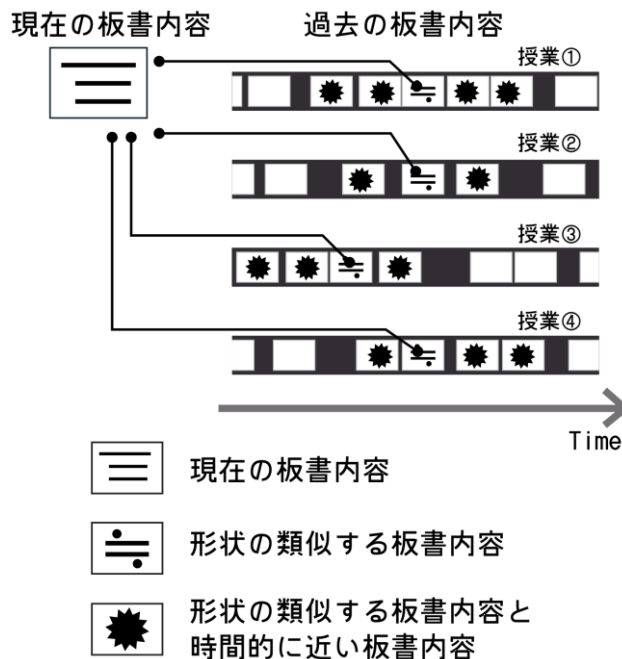


図 4.2: 関連する板書内容の検索過程

4.3 操作の非当事者にも見られている環境を意識したインタフェース

ガリバーの特徴は「操作の非当事者にも見られている」環境を意識した板書内容の再利用インタフェースを備えている点である。以下に詳しく述べる。

4.3.1 板書内容の再利用インタフェース

3章の考察に基づき、今回異なるアプローチによる2つの再利用インタフェースを開発した。

アイコンタイプ

アイコンタイプは、情報を2段階のフェーズに分けて提示することでさりげない情報提示を行う手法である。関連する板書内容が見つかったら、アイコンの出現によってまずその存在だけを知らせる。教師はそれを無視することもできるが、その内容を見たいと思ってアイコンにペンを近づけるとそのときはじめて板書内容をサムネイルで表示する。(図 4.3)

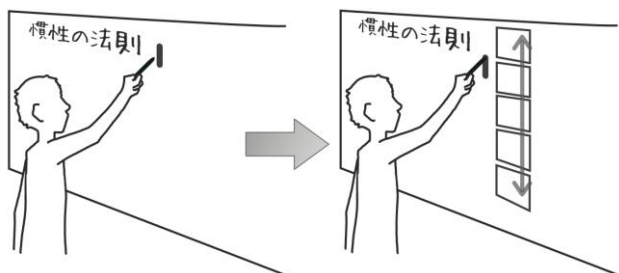


図 4.3: アイコンタイプのイメージ

ドロアタイプ

ドロアタイプは、実世界のドロア（引き出し）のメタファを用いた手法で、推薦された板書内容の確認と再利用の操作を自然なものとして捉えられるようにすることを狙ったものである。ドロアは画面上に設置されており、その中に関連する板書内容が自動的に格納される。そしてドロアを開くことで関連する板書内容を見ることができるといったものである。(図 4.4)

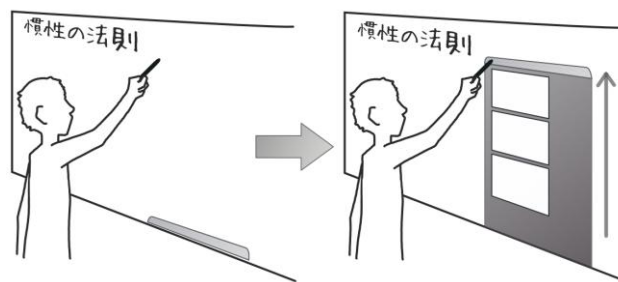


図 4.4: ドロアタイプのイメージ

4.3.2 板書内容の提示インタフェース

関連する板書内容の提示には、限られたスペースに多くの情報提示する性質を持ったサムネイルを用いる。しかし、その提示手法には依然検討の余地があると考え今回新たに3種類のサムネイルインタフェースを開発した。

フィッシュアイサムネイル

フィッシュアイサムネイルは、フィッシュアイフォーカスを用いて注視点からの距離に応じてサムネイルを縮小して表示する手法である。これは、サムネイル群をより小さなスペースに表示すること、また注目度を可視化することで再利用する板書内容の選択を支援することを狙った手法である。(図 4.5)

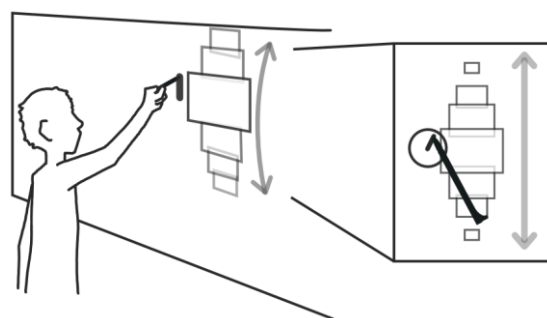


図 4.5: フィッシュアイサムネイルのイメージ

リングサムネイル

リングサムネイルは、垂直方向に配置されたサムネイルのうち、スクロールによって表示領域から外れてしまったものを背面に回り込ませて表示することで、一度により多くの情報を提示すること、見落とした情報への気づきを支援することを狙った手法である。(図 4.6)

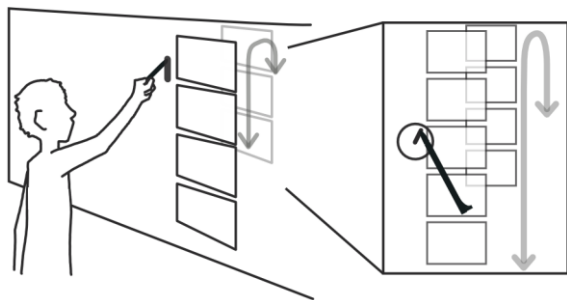


図 4.6: リングサムネイルのイメージ

スクリーサムネイル

スクリーサムネイルは、画面と垂直な螺旋状にサムネイル群を配置する手法である。これは、サムネイル群を円形に配置することでより小さなスペースに表示することを狙った手法である。(図 4.7)

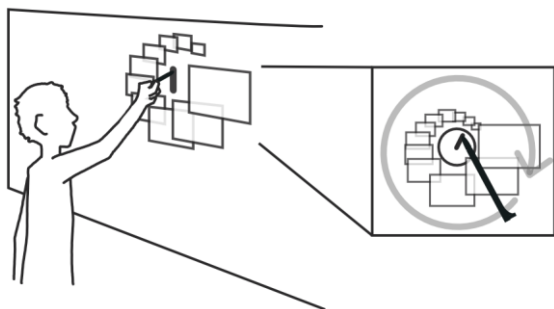


図 4.7: スクリーサムネイルのイメージ

ガリバーは、アイコンタイプとドロアタイプの 2 種類の再利用インタフェースとフィッシュアイサムネイル、リングサムネイル、スクリーサムネイルの 3 種類のサムネイルインタフェースの組み合わせの計 6 種類の再利用インタフェースを備えている。図 4.8 に実際の動作画面を示す。

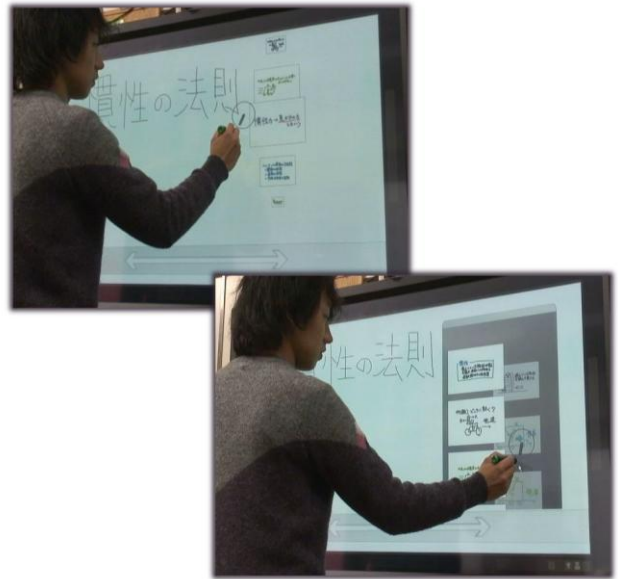


図 4.8: ガリバーの動作画面

左はアイコンタイプとフィッシュアイサムネイルの組み合わせ、右はドロアタイプとリングサムネイルの組み合わせである。

5 評価実験

開発した電子板書システム: ガリバーについて以下の二つの評価実験を行った。実験はどちらも Smartboard でガリバーを動作させて行った。

1. 板書内容の再利用の有用性評価
2. 再利用インタフェースの比較評価

5.1 板書内容の再利用の有用性評価

実験では、板書内容の再利用が板書を用いた説明に対する印象にどのような影響を与えるかを見ることを狙いとしている。

5.1.1 実験の概要

1 回の試行に必要な被験者は教師役である話し手と学制約である聞き手のペアである。今回理系の大学生および大学院生のペア計 8 組に実験を行ってもらった。話し手には、聞き手に向かって指定された事柄について板書を用いて説明を行ってもらおう。聞き手にはその説明を、ノートをとりながら聞いてもらおう。試

行は板書内容の再利用の有無の計 2 回行い、学習効果による影響を考慮し、その順序は被験者ごとに入れ替えるものとする。再利用インタフェースにはアイコン＋フィッシュアイサムネイルを用い、試行後に以下のアンケートに 5 段階評価と自由記述で回答してもらう。

- 話し手による評価項目
 - i) 板書内容の再利用は有用であったか
 - ii) 推薦は説明を行う妨げになったか
 - iii) 再利用によって説明のしやすさは変わったか

- 聞き手による評価項目
 - i) 板書内容の再利用は有用であったか
 - ii) 推薦は説明を聞く妨げになったか
 - iii) 再利用によってノートのとりのしやすさは変わったか
 - iv) 再利用によって理解のしやすさは変わったか

5.1.2 実験結果

実験の結果を表 5.1、5.2 にて示す。

表 5.1: 話し手による評価

	A	B	C	D	E	F	G	H	avg.
i)	5	5	4	4	5	4	5	3	4.37
ii)	3	4	2	3	3	3	4	4	3.25
iii)	4	4	5	4	5	4	4	3	4.12

表 5.2: 聞き手による評価

	A	B	C	D	E	F	G	H	avg.
i)	5	4	2	2	1	4	3	5	3.25
ii)	4	5	5	3	5	4	5	4	4.37
iii)	4	3	3	3	3	4	3	3	3.25
iv)	4	3	3	3	3	4	3	3	3.25

5.1.3 実験結果に対する考察

実験結果より、板書内容の再利用が話し手に平均で 4 点台と好意的な評価を受けていることがわかる。それに加え、聞き手が説明を聞く妨げになったかについ

ても平均で 4 点台の好意的な評価を受けている。これらのことより、聞き手には従来の授業の印象を保ちつつ話し手にはより有用な授業環境を提供できたのではないかと思われる。

5.2 再利用インタフェースの比較評価

実験では、それぞれのインタフェースが持つ特性がどのような印象を与えるか、またその中から有効なものを見出すことを狙いとしている。

5.2.1 実験の概要

1 回の試行に必要な被験者は話し手と聞き手のペアである。今回理系の大学生および大学院生のペア計 6 組に実験を行ってもらった。話し手には聞き手に向かって、指定された事柄について板書内容の再利用を用いて説明を行ってもらった。試行は全てのインタフェースの組み合わせ (6 種類) について行ってもらい、学習効果による影響を考慮しその順序は被験者ごとに入れ替えるものとする。試行後にそれぞれのインタフェースの組み合わせについて 5 段階評価と自由記述による評価と、最適なインタフェースの選択を行ってもらった。

5.2.2 実験結果

実験の結果を表 5.3、5.4 に示す。

表 5.3: 話し手による評価

	A	B	C	D	E	F	avg.
I+F	5	5	2	5	4	4	4.16
I+R	5	5	4	4	4	4	4.33
I+S	5	4	2	4	3	3	3.50
D+F	5	4	3	4	5	5	4.33
D+R	5	4	5	5	5	5	4.83
D+S	5	3	2	2	3	4	3.16
Select	I+R	I+F	I+R	I+F	D+R	D+R	-

表 5.4: 聞き手による評価

	A	B	C	D	E	F	avg.
I+F	4	5	2	4	3	4	3.66
I+R	4	5	5	4	3	3	4.00
I+S	4	3	3	4	3	2	3.16
D+F	2	4	2	4	3	4	3.16
D+R	4	4	5	4	3	5	4.16
D+S	2	4	2	4	3	2	2.83
Select	I+F	I+R	I+R	I+F	D+*	D+R	-

5.2.3 実験に対する考察

実験結果よりリングサムネイルが高い評価を得ていることがわかる。これは、背面にもサムネイルを表示するため一度に提示する情報が多いということが要因であると考えられる。アイコンとドロアでは、画面に固定されているドロアに対してすぐ近くに出現するアイコンの方が手軽に推薦された板書内容を確認することができたというコメントを受けた。そのため、ドロアも教師の位置に応じて移動させるなどの改善案が考えられる。

6 まとめ

本研究では、板書を用いた授業の中でよく見受けられる板書内容を再利用したい場面を支援することを目的とし、電子板書システム: ガリバーを開発した。ガリバーは教師が再利用したいであろうと推測される板書内容を自動的に検索し推薦する電子板書システムである。その特徴は、板書内容を再利用に適した単位で保存・管理する機能、および操作の非当事者である学生にも常に見られていることを意識して設計された再利用インタフェースを備えている点である。

開発したガリバーについて評価実験を行い、その結果より学生にはこれまでの授業の印象を保ちながら教師にはより有用な板書環境を提供できることが示された。

参考文献

- [1] E. R. Pedersen, K. McCall, T. P. Moran, and F. G. Halasz. Tivoli: An Electronic Whiteboard for Informal Workgroup Meetings. *In Proc. of INTERCHI '93*, pp.391-398, 1993.
- [2] Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkeson, Ami Feinstein, Cindy Hmelo, Rob Kooper, Sue Long, Nitin Sawhney, and Mikiya Tani. Teaching and learning as multimedia authoring: the classroom 2000 project. *In Proc. of the fourth ACM international conference on Multimedia*, pp.187-198, 1997.
- [3] Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkeson, Jason Brotherton, Tommy Enqvist, Paul Gulley, Johan LeMon. Investigating the Capture, Integration and Access Problem of Ubiquitous Computing in an Educational Setting. *In Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp.440-447, 1998.
- [4] Gerald Friedland, Lars Knipping, Raul Rojas, Ernesto Tapia. Teaching with An Intelligent Electronic Chalkboard. *In Proc. of the the 2004 ACM SIGMM workshop on Effective telepresence*, pp.16-23, 2004.
- [5] Beth Simon, Richard Anderson, Steven Wolfman. Activating Computer Architecture with Classroom Presenter. *In Proc. of the 2003 workshop on Computer architecture education*, 2003.
- [6] Michelle Wilkerson, William G. Griswold, Beth Simon. Ubiquitous Presenter: Increasing Student Access and Control in a Digital Lecturing Environment. *In Proc. of the 36th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, pp.116-120, 2005.