

Shadowgraph: ペンの影を用いて OHP 風の指示ができるプレゼンテーションツール

Shadowgraph: A presentation tool using a pen shadow

村田 雄一 志築 文太郎 田中 二郎*

Summary. プレゼンテーションツールが備える注釈機能は、ペンタブレットと組み合わせることによって、効果的なプレゼンテーションを可能とする。しかし、ペン入力を用いたプレゼンテーションには、スクリーンの指示が難しい、発表者が何をしているのか聴衆に見えない、という問題があった。そこで本研究では、従来 OHP のプレゼンテーションで用いられた「ペンの影を用いてスライドを指示する方法」に着目し、これと同様の表現を可能とするプレゼンテーションツールを実装した。本システムを用いれば、発表者は、スクリーンの指示と書き込みをシームレスに行えるだけでなく、手元の操作をペンの影として聴衆に見せられる。評価実験により、発表者がどのような操作をしようとしているかが聴衆に伝わっていることを確認できた。

1 はじめに

Microsoft PowerPoint や OpenOffice Impress などのプレゼンテーションツールは、スライドに対するフリーハンドでの書き込み機能（注釈機能）を備えており、これらはしばしば有益である。注釈機能を用いれば、その場でスライドを補足することや、間違えた箇所を訂正することができる。またスライドにあらかじめ空欄を設けて、その場で書き込むといった演出をすることもできる。

この注釈機能は、タブレット PC や液晶ペンタブレットなどのペン入力と共に用いることによって、手書きによる文字・絵の書き込みが行いやすくなり、効果的なプレゼンテーションを可能とする。しかし、我々はペン入力を用いたプレゼンテーションには以下の 2 つの問題があると考えた。

スクリーンを指示することが難しい：発表者はよく、指示棒やレーザーポインタなどの指示具を用いてスクリーンを指示しながら話を進める。しかし、ペン入力を用いたプレゼンテーションの場合、ペンと指示具を併用することになるため、指示の度に持ち替えが発生して煩わしい。ペンを指示具として用いることも可能だが、ペンは小さいためスクリーンの指示が難しい。Anderson らは、プレゼンテーションスライドへの書き込みが、丸で囲む、下線を引くなどの画面への注視を目的としたものを多く含むことを示しているが、画面への注視を目的とした書き込みは一時的な意味しか持た

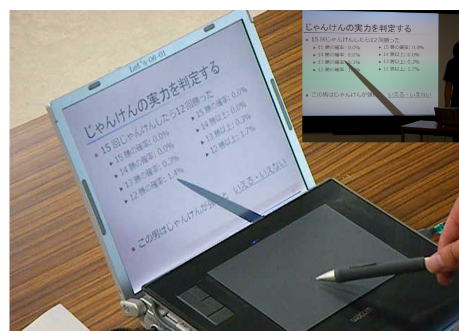


図 1. Shadowgraph を用いたプレゼンテーション

ないにもかかわらず、永続的な情報としてスライド上に残ってしまう [1]。我々は、画面を注視させる目的に書き込みを用いることは好ましくないと考える。

発表者が何をしているのか聴衆に見えない：指示具は聴衆の見るスクリーンに対して使用する一方、ペンは手元のタブレットに向かって使用する。そのため、その操作の様子は聴衆からは見えない。我々は、プレゼンテーションにおいて、聴衆に見えない操作を多用することは好ましくないと考えた。その理由は、見えない操作が、プレゼンテーションに不透明な印象をもたらし、発表者と聴衆の間に隔たりを生む可能性があるからである。福地は「魅せる」インタフェース [6] にて、傍から見てそのインタフェースがどのように作用しているか把握できることがライブ感の向上に寄与すると結論づけているが、このことから見えない操作は望ましくない。また、発表者が行っ

Copyright is held by the author(s).

* Yuichi Murata, 筑波大学情報学類, Buntarou Shizuki and Jiro Tanaka, 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻

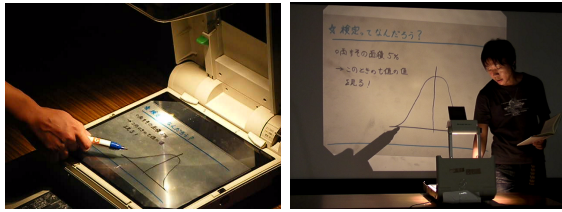


図 2. OHP のプレゼンテーションにおける，ペンの影を用いた指示

た書き込みは，操作が見えないために，聴衆にとって予期しないタイミングで表示される．このため，不必要な驚きを聴衆に与えるという問題もある．

これらの問題に対し，我々は，ペンの影をタブレットから得られる情報を用いてスライドに重畳表示し，さらにページ操作がペンを用いて行えるプレゼンテーションツール Shadowgraph を実装した．図 1 は，Shadowgraph を使ってプレゼンテーションを行っている様子である．発表者は重畳表示されている影を指示に使えると同時に，聴衆は影の動きから発表者の操作の様子を把握することが可能である．

2 ペンの影を用いて OHP 風の指示ができるプレゼンテーションツール

我々は，図 2 に示すような，従来 OHP を用いたプレゼンテーションで使われていた「ペンの影を用いてスライドを指示する方法」に着目した．この方法では，スライドに注釈を行いつつも，ペンの影を用いてシームレスに指示が行える．また，スクリーンに映るペンの影から，聴衆は，発表者がいつ書き込もうとしているのか，また，どこに書き込もうとしているのかを窺い知ることができる．

また，ペンの影を用いた指示は，レーザポインタや指示棒にはできない，図 3 のような 1 点を指示す

る，直線を示す，および行を指示するなど多彩な表現ができる．

我々は，スタイラスの位置，傾き，方位を元にペンの影をスライドに重畳表示することで，同等の表現ができるのではないかと考えた．次節にその実現方法を示す．

3 Shadowgraph の実装

3.1 ハードウェア

システムは，計算機とペンタブレットを用いる．ペンタブレットには，傾き・方位の検知機能，Out of Bounds Tracking 機能を備えたものを用いる．タブレット PC がある場合には，タブレット PC のみで動作させられる．試作システムでは，ペンタブレットに WACOM Intuos 3 PTZ 431-W を用いた．

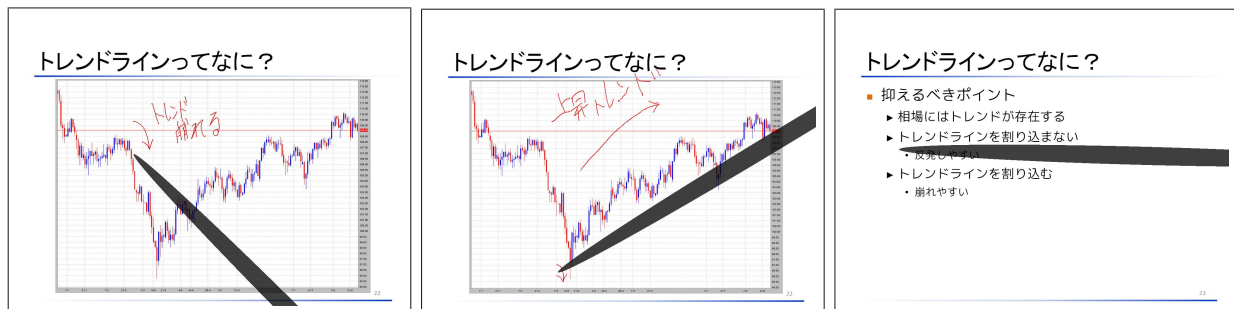
3.2 ソフトウェア

ソフトウェアは Microsoft PowerPoint 2007 のアドインとして動作する．スライドショーの開始と同時に透過ウィンドウを生成し，これにペンの影を描画することで重畳表示を実現している．ペンの影は，半透明黒色 (R,G,B,A)=(0,0,0,128) で描画している．

ペンの影の描画

システムはペンの位置 p ，傾き θ ，方位 ϕ を元にペンの影を描画する．ここで θ は，入力エリアに対して垂直に立っているとき $\theta = \frac{\pi}{2}$ とし，水平に寝ているとき $\theta = 0$ とする．また， ϕ はペンの先端が入力面の真上を向いているとき $\phi = 0$ とし，時計回りに $0 \sim 2\pi$ の範囲の値をとる．

$\theta = \frac{\pi}{2}$ のペンの影を $(0, \frac{\pi}{2})$ を中心とした半径 x の円で近似すると，これに位置，方位，傾きをそれぞれ平行移動，回転，拡大に対応させたアフィン変換をかけることにより，あらゆる位置，方位，傾きのときのペンの影を再現することができる．変換式



(a) 1 点を指示する

(b) 直線を示す

(c) 行を指示する

図 3. ペンの影でできる多彩な指示表現

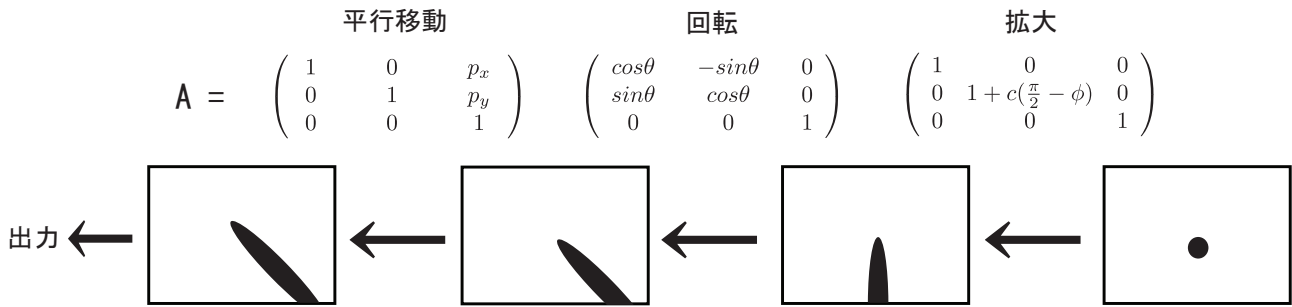


図 4. アフィン変換を用いたペンの影の描画

および、影画像変換のイメージを図 4 に示す．ただし，ここで c は画面の解像度とペンの大きさによって異なる定数である．

3.3 クロッシングを用いたページ操作

ペンを用いて発表を行う場合，ページ操作もペンで行える方が望ましいと考えられる．ボタンを押下するためにペンを持ち直す必要がないためである．また，一部のタブレット PC はディスプレイ面を上に向けた状態で閉じられる場合があり，こうした場合にボタン入力が使えないということもある．

我々は，レーザポインタの軌跡と画面端の交差をきっかけにプレゼンテーションのページ操作を行う方法を実装した [3]．本研究ではこれと同様に，タブレット入力エリアの端とペン先の軌跡が交差することをきっかけとした，クロッシングによるページ操作を実装した．

図 5 に，クロッシングによるページ操作を図示する．発表者はまず，入力エリアの外側にペンを下ろす．次に，ペンを下ろしたまま入力エリアの内側に入れる．この入力エリア端とペン入力の交差がページ操作となる．入力エリアの左端とクロッシングした場合に前のページに戻る操作となり，右端とクロッシングした場合には次のページに進む操作となる．この操作により，スライドをペン先で滑り込ませる感覚でページ操作が行える．

クロッシングの検出には，ペンタブレットの Out of Bounds Tracking 機能を用いて実現した．同機能を用いれば，入力エリア付近にペンが下ろされたことを検知できる．ペンが下ろされた状態のまま入力エリア内に移動すればクロッシングということに

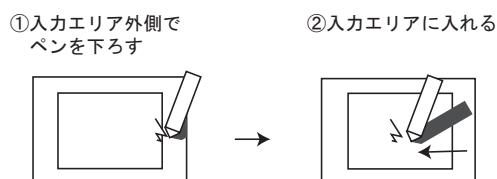


図 5. クロッシングを用いたページ操作

なる．

4 評価

本システムがプレゼンテーションに与える影響を調査するため，評価実験をおこなった．

評価実験は，22 歳から 31 歳の学生 8 人を対象に行った．各被験者には，統計学を題材に，講義を想定したプレゼンテーションをペンタブレットを用いて行ってもらった．

評価実験では，被験者を影ありのグループと影なしのグループに半数ずつ割り当てた．影ありのグループは，Shadowgraph を用いて発表してもらった．また，ページ操作は必ずクロッシングを用いて行ってもらった．影なしのグループは，プレゼンテーションツールの標準的な機能のみを用いて発表してもらった．ページ操作にはキーの押下を用いてもらった．ペンを使ってカーソルを動かすことで画面を指示できることも，あらかじめ告げておいた．なお，両グループとも同じ計算機とペンタブレットを使ってもらった．

評価実験では，以下の時間を計測した．

- All - 発表を行った時間
- Hover - 影またはカーソルが表示されており，書き込みを行っていない時間
- Write - 影またはカーソルが表示されており，書き込みを行っていた時間
- None - 影またはカーソルが表示されていない時間

また，発表後に，ツールに関する感想を自由記入形式のアンケートに記入してもらった．発表中，発表者以外の学生には発表を聴講してもらい，見る側の立場での感想を自由記入形式のアンケートに記入してもらった．

実験は，発表者と聴講者をローテーションし，影ありのグループの発表と影なしのグループの発表を交互に行った．

4.1 計測データの結果

計測された時間は、表 1 のようになった。また、発表時間における Hover, Write, None の内訳を図 6 に示す。

表 1. All, Hover, Write, None の時間。

グループ	被験者	All[sec]	Hover[sec]	Write[sec]	None[sec]
影あり	A	1770.9	196.7	0.9	1573.3
	C	2346.1	886.3	174.3	1285.5
	E	2175.5	792.3	6.0	1377.2
	G	1590.2	490.2	20.2	1079.8
影なし	B	2104.1	495.9	218.8	1389.4
	D	1848.5	8.7	0.0	1839.8
	F	1753.1	15.6	16.3	1721.2
	H	2460.4	852.2	252.0	1356.2

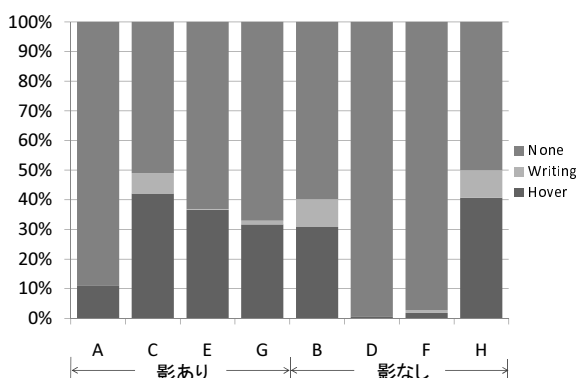


図 6. 発表時間における Hover, Write, None の内訳

4.2 計測データに対する議論

発表時間に対する Hover と Write の割合を図 7 に示す。

影なしのグループに比べ、影ありのグループの Hover の占める割合が多いことが見て取れる。これは、ペンを書き込みのためだけでなく、指示のために積極的に用いたためと考えられる。

ただし、影ありのグループはページ操作にペン入力を用いたため、この時間も Hover に含まれてしまっている。とはいえ、その分を差し引いても、影ありのグループは Hover を多用していると考えられる。クロッシングは入力エリアの端ならどこでも有効な狙いやすい操作であるため、操作に時間をそれほど必要としない。影ありのグループで一番発表時間の短かった被験者 G の場合に着目する。ここ

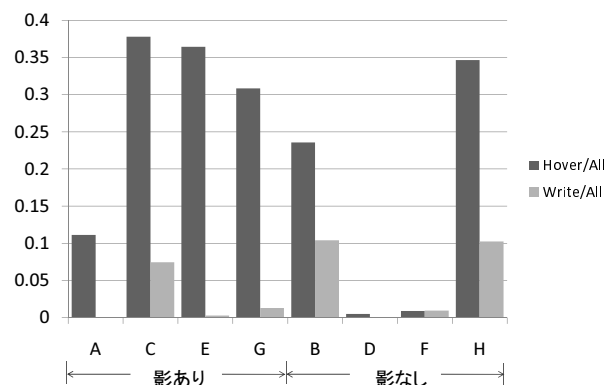


図 7. Hover と Write の All に対する比率

で、クロッシングに必要な時間を 1.0 秒/回 と仮定し、G のスライドの枚数 22 枚分のページ操作が行われた時間を計算すると、合計で 21.0 秒 程度となる。これは、全体の約 1.3% 程度しか占めていない。

A, D を除く 6 人の被験者が、スライドに対して有効な書き込みを行った。この 6 人のスタイラス使用時間に対する Write の時間比率を図 8 に示す。

影なしのグループは、ペン使用時間に対する Write の割合が大きい。このことは、指示よりも書き込みにペンを用いていたことを示している。これは、ポインタをペンで動かして指示することを被験者が好まなかった為と考えられる。

一方、影ありのグループは、ペン使用時間に対する Write の割合が小さい。このことは、書き込みよりも指示にペンを用いていたことを示している。これは、ペンの影で指示することを被験者が好んだためと考えられる。また、画面の注視を目的とした注釈を書き込む必要がなくなったためとも考えられる。

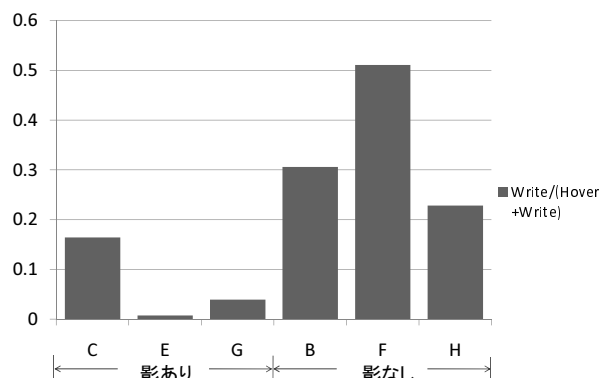


図 8. スタイラス使用時間に対する Write の時間比率

4.3 アンケートで得られたコメントについての議論

ツールを使用したことに対するコメント

指示と書き込みに関しては、肯定的なコメントと否定的なコメントの両方があった。影ありのグループの1人は「見ている分には、指示と書き込みの使い分けが難しそうに思えたが、かなり直観的に使えた」とコメントした。その一方、別の1人が「指示のための影で書き込みを行うのは直観的ではない」とコメントした。このコメントは、今回タブレットPCではなくペンタブレットを使用したために得られると考えられる。ペンタブレットを用いた場合、入力エリアと画面が分かれているため、発表者は画面上に表示された影またはカーソルを手掛かりに書き込みを行う必要がある。このため、ペンで書き込むのではなく影で書き込むというイメージが強くなってしまったものと考えられる。タブレットPCや液晶ペンタブレットを用いた場合には、画面に直接ペンを当てて書き込むため、これは問題にならないと考えられる。さらにこの時、スライドは手元の画面と聴衆の見る画面の両方に表示しておき、影は後者の画面にのみ表示を行う工夫をすると、よりOHPのプレゼンテーションに近い表示になる。この工夫は、影を用いた指示をより直感的にするものと考えられる。

ページ操作に関して、影なしのグループからは「ページ操作と書き込みのデバイスが違うのがやりにくい」というコメントがあった。このことは、クロッシングを用いたページ操作の有用性を示唆するものである。しかし、その一方で、影ありのグループから「ページ操作に違和感を感じた」「ジェスチャは外から中ではなく、中から外のほうが適切ではないか」とのコメントもあった。本ページ操作は新しいスライドを滑り込ませる動作に見立てたものであるが、これは分かりづらいようである。スライドが滑り込むアニメーションを付加する、操作をより分かりやすく直感的なものにする工夫が必要と考えられる。

また、影ありのグループの1人が「ページ操作を失敗したときに画面上に線が書き込まれてしまうのが気になる」とコメントした。画面端付近で書き込みが開始されすぐに書き込みが終了した場合には、ページ操作が疑われる。画面端から一定値以内しか離れていない場所で書き込みが開始され、かつ一定時間内に書き込みが終了した場合には、書き込みとページ操作のどちらも実行しないという対策を施すことによって、この問題を解決できるものと考えられる。

ツールを用いた発表を見たことに対するコメント

ペンの影を用いた指示に対しては「注目すべき場所がよく分かった」「パッと見てどこをさしている

のか分かりやすかった」といったコメントが得られた。その一方で「影で隠れた部分が見えなかった」、「影が濃い」といったコメントが得られた。現在の実装では、影の描画に用いる値を固定値としているが、今後、スライドの配色に応じて動的に値を調整するアルゴリズムを検討する必要があると考えられる。

ページ操作に関して、「ページ操作の時にも影が表示されてしまうのは煩わしく感じた」というコメントがある一方で「スライドを変えるときに操作を行ったことがよく分かった」「ページを変えようとしていることがよく分かった」といったコメントが得られた。これは、クロッシングによるページ操作と影の表示による相乗効果によって得られたものである。良し悪しは感じ方に個人差があるものの、影により、発表者の操作が聴衆に伝わっていることが分かる。

5 システムの利用例

授業での利用

本システムは、丁寧な説明や補足が求められるプレゼンテーションに向く。その典型例として授業が挙げられる。

授業では、受講者の理解度に応じて補足が必要になる場合が多い。こうした場合に、手早く補足することのできる注釈機能は有益である。また授業資料などは限られた時間で作成することが多いため、誤りを含んでしまうことが多々ある。授業を行っている最中に誤りに気づいた場合にも、本システムではその場で手早く直すことができる。

また、授業の内容によってはグラフや図、表を用いるものがある。本システムを用いれば、1点を指示するだけでなく、直線の指示を行ったり、表の行を指示するなどの様々な表現を交えながら授業を進行することができる。

Web セミナーでの利用

本システムは、Web セミナーを効果的に行うために用いることも考えられる。Web セミナーは、図9のように、講師のビデオ映像と音声に合わせて、連動するスライドを見せる形式のWeb配信されるセミナーである。一部の証券会社などが、投資情報の配信の一貫としてWebセミナーを配信している¹。

Webセミナーでは、指示棒やレーザーポインタを用いたりすることができないため、画面を指示することは通常できない。しかし、本システムは影をソフトウェア的に合成するため、こうしたプレゼンテーションにおいても指示をすることができる。一部のWebセミナーシステムではすでに、ソフトウェアカーソルを実装しているが、手書き注釈機能とのツール切

¹ 直伝チャンネル - <http://www.jikiden.co.jp/>

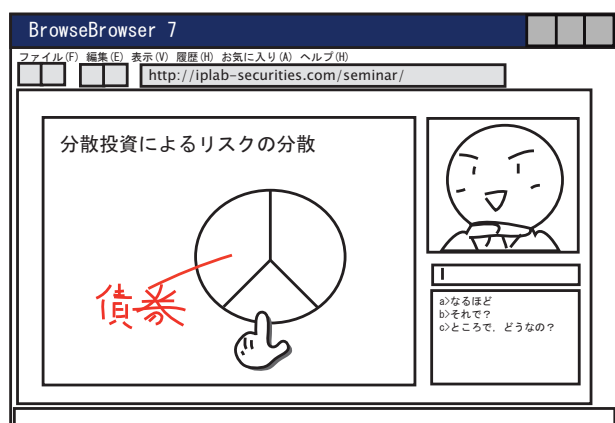


図 9. Web セミナーのイメージ

り替えを必要としている．本システムでは，指示と書き込みはシームレスに行えるため，ツールの切り替えは不要である．

6 関連研究

Appley らは，人物の影の持つアウェアネスに着目し，遠隔での小グループインタラクションにおける操作の競合解決に影を用いている [2]．Appley らは，ディスプレイの前方に設置したカメラの画像を元に影を描画しているのに対し，本研究ではペン入力を元に影の描画を実現している点が異なる．

また，影を指示に用いる試みもなされている．上杉らは，道具の作る影を仮想空間の操作に活用している [5]．また，Shoemaker らは，大画面の手の届かない所にあるオブジェクトを選択する方法として，人物の作る影を用いる方法について述べている [4]．いずれも，物体の操作を念頭に置いた指示を行うもので，聴衆に注視させることを目的とした指示ではない点が本研究と異なる．

一方，ペンの傾きを用いた研究もいくつか挙げられる．黒木らは，ペンの傾きと方位によって異なる操作を行う扇子型入力法や，方位情報を元にパイメニューの選択を行うジョイスティック型入力法などを提案している [7]．上田らは，ペンの傾きと方位を操作に活用する場合に，傾き・方位と操作性との依存関係を調査した [8]．いずれの研究も操作性の向上を狙って傾き・方位を用いているのに対し，本研究は影の表現に傾き・方位を用いている点が異なる．

7 まとめと今後の課題

本研究では，OHP を用いたプレゼンテーションで用いられる「ペンの影を用いてスライドを指示する方法」に着目し，これと同等の表現ができるプレゼンテーションツールを実装した．発表者がスライドへの書き込みと指示をシームレスに行うことがで

きるだけでなく，聴衆が窺いづらい発表者の手元の操作を画面から把握することが可能となる．評価実験では，ペンの影を用いた指示が頻繁に用いられており，初めて Shadowgraph を用いる者もその機能をすぐに使えることが分った．また，発表者がどのような操作を行おうとしているのか，聴衆に伝わっていることも分かった．

今後の課題として，評価実験で得られたいくつかのコメントを元にツールを改良していくことが挙げられる．また，今回の評価実験はペンタブレットを用いて行ったが，タブレット PC や液晶ペンタブレットを利用した場合の評価も行っていく予定である．

参考文献

- [1] R. J. Anderson, C. Hoyer, S. A. Wolfman, and R. Anderson. A study of digital ink in lecture presentation. In *CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 567–574. ACM, 2004.
- [2] M. Apperley, L. McLeod, M. Masoodian, L. Paine, M. Phillips, B. Rogers, and K. Thomson. Use of video shadow for small group interaction awareness on a large interactive display surface. In *AUTC '03: Proceedings of the Fourth Australasian user interface conference on User interfaces 2003*, pp. 81–90. Australian Computer Society, Inc., 2003.
- [3] B. Shizuki, T. Hisamatsu, S. Takahashi, and J. Tanaka. Laser pointer interaction techniques using peripheral areas of screens. In *AVI '06: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, pp. 95–98. ACM, 2006.
- [4] G. Shoemaker, A. Tang, and K. S. Booth. Shadow reaching: a new perspective on interaction for large displays. In *UIST '07: Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 53–56. ACM, 2007.
- [5] S. Wesugi, T. Kubo, and Y. Miwa. Tool-type interface system supporting for an expansion of body image toward a remote place - Development of virtual shadow interface system -. In *SICE 2004 Annual Conference*, pp. 912–917. Society of Instrument and Control Engineers, 2004.
- [6] 福地 健太郎. 「魅せる」インタフェースについての考察. 情報処理学会研究報告 2007-HCI-125, pp. 27–31. 情報処理学会, 2007.
- [7] 黒木 剛, 川合 慧. ペンの傾き情報を利用した入力法. 第 7 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, pp. 1–4. ソフトウェア科学会, 1999.
- [8] 上田 智章, 任 向実, 殷 継彬. ペンの傾きと方位の操作性. インタラクション 2008 論文集, pp. 203–210. 情報処理学会, 2008.