筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

OHP メタファに基づく プレゼンテーションインタフェース

村田 雄一(コンピュータサイエンス専攻)

指導教員 田中二郎

2011年03月

本論文は、タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、身体や道具による動作 (身体・道具動作)を交えた説明が難しいという問題を解決する手法である、OHP メタファに 基づくプレゼンテーションツールとその検証について述べる.タブレット入力を用いたプレゼ ンテーションにおいて、発表者は手書きを交えた柔軟なプレゼンテーションができる一方、身 体や道具を用いてスライドを指す、スライドの一部を空間描写によって示すと言った、身体・ 道具動作をとり、それらを聴衆に伝えることが難しい。本研究は、この問題を解決し、タブ レット入力を用いたプレゼンテーションにおいて自然な身体・道具動作を可能とするため、要 件の分析を行った。分析の結果、操作対象と身体道具動作の対象が一致しない対象不一致問題 を解決し、特に筆記具の道具動作を伝え、描画と道具動作がシームレスであることを問題解決 の要件として定義した。本研究は、これらの要件を満たすアプローチとして、OHP(Overhead Projector) メタファを取った。このアプローチは、タブレット入力エリアを OHP における台座 に見立て、ペンをかざすことによってスライド上にペンの影を重畳表示するものである。本研 究は、この OHP メタファのアプローチに基づくプレゼンテーションツールである Shadowgraph の実装を行った.実験的な発表環境を用意し,複数の発表者に Shadowgraph を用いて発表を してもらったところ、発表者の道具動作が伝わっていることが分かった。また、学会における プレゼンテーションと大学における講義において、Shadowgraph を運用し、聴衆からフィー ドバックを募った、その結果、発表者の道具動作が聴衆の理解促進に寄与する可能性を示す フィードバックが得られた。問題を解決した一方、影のデザイン上の問題から、聴衆の注意を 散らしていることを示すフィードバックが得られた。しかしながら、実験から得られたフィー ドバックによって、デザインを改良の指針を得た。このデザイン指針に基づくデザインの改 良を行い Shadowgraph+ として実装したところ、聴衆の注意を散らしてしまう影響を低減さ せることができた.

目次

第1章	序論	1
1.1	ソフトウェアを用いたプレゼンテーション	1
1.2	タブレット入力を用いたプレゼンテーション	2
1.3	プレゼンテーションにおける身体や道具の動作	2
1.4	タブレット入力を用いたプレゼンテーションの問題点	4
1.5	本研究の目的	5
1.6	本研究のアプローチ	5
1.7	本研究の貢献	5
1.8	本論文の構成	5
第2章	関連研究	7
2.1	身体や道具の重畳表示を行う研究	7
	2.1.1 身体や道具の重畳表示をコミュニケーションに用いる研究	7
	2.1.2 身体や道具の重畳表示を操作に用いる研究	8
2.2	ペンの空中動作を用いる研究	9
2.3	プレゼンテーションに関する研究	9
	2.3.1 手書きを用いたプレゼンテーションに関する研究	9
	2.3.2 スライドの提示に関する研究	11
	2.3.3 スライドの注視を扱った研究	11
2.4	本研究の位置づけ	11
第3章	問題解決のための要件分析	13
3.1	対象不一致問題に対する分析	13
3.2	手書きによる説明における身体・道具動作の分析	13
	3.2.1 手書きによる説明を観察し分析する実験	13
	3.2.2 実験結果の分析	14
3.3	問題解決のための要件定義	16
第4章	ペンの影を重畳表示する OHP メタファに基づくアプローチ	19
4.1	OHP を用いたプレゼンテーション	19
4.2	OHP メタファに基づくアプローチ	20
第5章	初期宝装	23

8.3 第9章	 8.2.2 遠隔協調作業システム OHPメタファの発展 8.3.1 発表者の操作を伝えるインタフェースとしての発展 8.3.2 柔軟なスライド提示インタフェース OHPにおけるスライド提示 OHPメタファに基づくスライド提示インターフェス スライドサムネイルを用いたインタラクション スライドハンドラを用いたインタラクション 結論 謝辞 	38 39 39 40 41 41 41 42 44
	OHP メタファの発展 8.3.1 発表者の操作を伝えるインタフェースとしての発展 8.3.2 柔軟なスライド提示インタフェース OHP におけるスライド提示 OHP メタファに基づくスライド提示インターフェス スライドサムネイルを用いたインタラクション スライドハンドラを用いたインタラクション	38 39 39 40 41 41 41 42
8.3	OHP メタファの発展 8.3.1 発表者の操作を伝えるインタフェースとしての発展 8.3.2 柔軟なスライド提示インタフェース OHP におけるスライド提示 OHP メタファに基づくスライド提示インターフェス スライドサムネイルを用いたインタラクション	38 39 39 40 41 41 41
8.3	OHP メタファの発展 8.3.1 発表者の操作を伝えるインタフェースとしての発展 8.3.2 柔軟なスライド提示インタフェース OHP におけるスライド提示 OHP メタファに基づくスライド提示インターフェス スライドサムネイルを用いたインタラクション	38 39 39 40 41 41
8.3	OHP メタファの発展	38 39 39 40 41 41
8.3	OHP メタファの発展8.3.1発表者の操作を伝えるインタフェースとしての発展8.3.2柔軟なスライド提示インタフェースOHP におけるスライド提示	38 39 39 40 41
8.3	OHP メタファの発展8.3.1発表者の操作を伝えるインタフェースとしての発展8.3.2柔軟なスライド提示インタフェース	38 39 39 40
8.3	OHP メタファの発展	38 39 39
8.3	OHP メタファの発展	38 39
0.2		38
	8.2.2 遠隔協調作業システム	
0.4	8.2.1 遠隔講義や Web セミナーへの応用	38
8.2	本手法の応用範囲	38
	8.1.2 本手法の限界	37
0.1	8.1.1 本手法の是非	37
寿 0 早 8.1	機柵 OHP メタファに基づく道具動作を伝える手法に関する議論	37
第8章	議論	37
7.2	デザイン改良後のプレゼンテーション	36
7.1	改良した実装	35
第7章	実験から得たフィードバックに基づく改良	35
	0.2.5 paximu	33
	6.2.3 議論	33
	6.2.2 専修大学講義におけるフィードバック	32
0.2	5年のプレセンケーションにおりる運用に基づく評価	31
6.2	6.1.3 アンケートから得たコメントの議論	30 31
	6.1.2 計測データに対する議論	29
	6.1.1 計測の結果	29
6.1	実験的環境における評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
第6章	評価 (本際が理論における 対象 (本)	28
5.3	クロッシングを用いたスライド切り替え操作	25
	5.2.2 影の描画	25
	5.2.1 透過ウインドウとタブレット入力の取得	23
2.2	アドインによる影の描画処理の実装	23
5.2	ハードウェア	

図目次

1.1 1.2	プレゼンテーションにおける身体動作	3
3.1 3.2	実験の様子	15 17
3.34.1	OHP を用いたプレゼンテーションの様子 (左:シートに対して筆記具を用いた	18
4.2 4.3	道具動作をする様子,右:シートに対する道具動作がスクリーンに映る様子)ペンの影を重畳表示する様子ペンの影を用いた多用な指示	19 21 22
5.15.25.3	ペンの方位 (Azimuth) と傾き (Altitude)	26 26 27
6.1 6.2	Hover と Write の All に対する比率	30 31
7.1 7.2 7.3	グラデーション付きのペンの影	35 36 36
8.1 8.2 8.3 8.4	Web セミナーシステム 破線・波線定規 文具の影の表示によって整形された線の描画を伝える様子 スライドサムネイルをブラウズしている様子	38 40 40 42
8.5 8.6	複数枚のスライドを並べて表示する様子(左)と重ねて表示する様子(右). スライドハンドラ	43 43

第1章 序論

本研究が対象とするのはソフトウェアを用いたプレゼンテーション、とりわけ、タブレットPCやペンタブレットなどのタブレット入力を用いたプレゼンテーションである。本章においては、まずソフトウェアを用いたプレゼンテーションと、タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて重要な役割を担う身体動作と道具を用いた動作について述べる。最後に、身体動作と道具を用いた動作の観点から、タブレット入力を用いたプレゼンテーションの問題点について述べ、本研究の目的を述べる。

1.1 ソフトウェアを用いたプレゼンテーション

Microsoft PowerPoint, OpenOffice Presentation, Apple Keynote といったプレゼンテーションソフトウェアの普及に伴い、見栄えの良い高品質なスライドを用いたプレゼンテーションが行えるようになった。また、大型スクリーンとプロジェクタが廉価になり、多くの公共施設や教室、講堂にこれらの設備が設置されるようになった、こうした背景を受けて、ソフトウェアを用いたプレゼンテーションがますます一般的になっている。今となってはプレゼンテーションと聞いて、多くの人が、ソフトウェアによって表示されたスライドを交えて発表者が説明する行為を想像するだろう

ソフトウェアを用いたプレゼンテーションは、高品質なスライド資料を効率良く作成し、それらを交えたプレゼンテーションを簡単に行うことを可能とした。ソフトウェアを用いたプレゼンテーションにおいては、物理的な資料を用いたプレゼンテーションにおいて難しかった、動画や音声を交えたプレゼンテーションも可能である。加えて、あらかじめ用意されたテンプレートを用いて、綺麗なデザインの資料を最小限の手間で作成することができる。そして、新たに資料を加える、資料を入れ替えるといった変更も容易である。

ソフトウェアを用いたプレゼンテーションには上述した利点がある一方で、機転を利かせ、その場に合わせてプレゼンテーションの進行を変えることが難しいという問題がある. プレゼンテーションソフトウェアの多くは、あらかじめ決められたスライドを決められた通りに提示していくことを前提に設計されている. それゆえ、発表者は聴衆の種類や反応が予想していたものと違っていたとしても、あらかじめ準備したとおりの順番でスライドを提示してプレゼンテーションを進めていくことになる. ホワイトボードや黒板、その他物理的な資料を用いたプレゼンテーションであれば、その場で材料を提示する順番を変える、材料を増やす、補足説明を書き込んで説明をするなどの機転を利かせることができる. 一方、ソフトウェアを用いたプレゼンテーションにおいては、一度スライドショーを中断して編集画面に切り

替えてから、編集を行う必要がある。このようなスライドショー実行中の編集を考慮していない点を鑑みても、ソフトウェアを用いたプレゼンテーションは、事前に資料を作り込んでおいて、本番は準備通りに進行する方法論に基づいていると言える。

プレゼンテーションにおいてその場に応じて柔軟に進行を変更することは、聴衆の理解を助ける上で重要である。あらかじめ用意された方法の説明によって聴衆が納得していないようであれば、より丁寧な説明をする必要があるだろう。あるいは、違った側面から補足を入れる必要があるかもしれない。しかしながら、前述の方法に基づくプレゼンテーションは、柔軟に進行を変更できるという側面を欠いている。

1.2 タブレット入力を用いたプレゼンテーション

このような問題に対する一つの解として、Microsoft PowerPoint や OpenOffice Presentaion などの一部のプレゼンテーションシステムは手書きによるアノテーション機能を備えている。これは、スライドショーの実行時にスライドに対してアノテーションを書き込むことができる機能である。手書きによるアノテーション機能によって、プレゼンテーション中にスライドを補足することや、訂正することが可能となる。それゆえ、その場に合わせて柔軟に進行を変更することができる。

このような手書きによるアノテーション機能は、タブレット PC や液晶タブレットなどのタブレット入力デバイスと共に用いることを想定している。タブレット入力デバイスは手書き入力に特化した入力デバイスである。それゆえ、マウスやトラックパッドなどの汎用入力デバイスを利用する場合に比べ、タブレット入力を利用すると、発表者は、プレゼンテーションスライドへのアノテーションの書き込みを容易に行うことができるようになる。本論文では以後、ペンタブレットデバイスを用いて手書きによるアノテーションを加えながら進行を行うプレゼンテーションを**タブレット入力を用いたプレゼンテーション**と呼ぶ。

1.3 プレゼンテーションにおける身体や道具の動作

プレゼンテーションにおいて、発表者は身体を用いた様々な動作を行う。身体を用いた動作の例として、指さす動作を図1.1に示す。例えば、スクリーンに対して指さしをして一点を示す、円や矩形などの空間を手を使って描写することによって重要な範囲を示す、手の平をスクリーンに向けて叩くような動作をしてスライドを強調する、身振り手振りを用いて空間描写を行うなどである。以後、これらの身体を用いた動作を**身体動作**と記す。発表者はこのような身体動作のコミュニケーションチャネルをも使って、聴衆への理解を促そうとする。

プレゼンテーションの目的は様々であるが、発表者が伝えたいことを聴衆に理解してもらうことに帰着する。プレゼンテーションにおいては、多くの聴衆が時間を割いて、一人または小数の発表者の話を聞くために一同に会する。そのプレゼンテーションが理解しやすいものであれば多くの人間に対して効率的なコミュニケーションが行われたことになる。一方、プレゼンテーションが理解しにくいものであれば、コミュニケーションが上手く行かない上に、



図 1.1: プレゼンテーションにおける身体動作

多くの人間の時間が無為に奪われてしまうことになる。それゆえ、発表者には、どうすれば 聴衆により理解してもらえるか、納得してもらえるかを踏まえて効果的なプレゼンテーショ ンを行うことが求められる。発表者には、発表資料を作り込むことはもちろんのこと、身体 動作のチャンネルまでをも利用した効果的なコミュニケーションをとることが求められるの である。

身体動作の中でもスライドに対する指示は、プレゼンテーションにおいて重要な役割を担う。スライドを指すことによって、スライド上に表示された情報の内、今どこの話をしているのかを明示することができる。特に、スライドに視覚的な資料(例えば写真や図)を説明するために、指す動作は非常に有効である。視覚的な資料を説明する場合、その資料の特定の空間的位置に対して言及することがあるが、このような空間的位置を言語で説明するのは難しい。しかしながら、スライドを指せば空間的位置をより簡単に伝えることができる。それだけでなく、指す動作によって位置を伝えながら、言語によって別の情報を伝えることができるのである。

このような身体動作の代わりとして、しばしば指示棒のような道具を用いることもある。先の身体動作と同じく、指示棒を用いて一点を指示する、空間を描写するといった動作を行うことがある(図 1.2 a)。また、ホワイトボードを用いてプレゼンテーションを行う場合においては、ホワイトボードに対する書き込みに用いるホワイトボードマーカを使って動作をすることもある(図 1.2 b)。これらの道具を用いた動作を以後、**道具動作**と称する。身体動作は本来人間の体ひとつでできるものである。しかしながら、それらを補助する道具が存在し、発表者がこれらを用いていることは、プレゼンテーションにおける身体動作の重要性を裏付ける。

上述の通り、プレゼンテーションにおいては、身体動作や道具動作が重要な役割を果たしている。本論文ではこれらの身体動作や道具動作を**身体・道具動作**と総称し、身体・道具動作について議論を行う。特に、スライドに対して行う発表者のこれらの動作を**スライドに対する身体・道具動作**と呼び、議論する。





(a) 指示棒を使った動作

(b) ホワイトボードマーカを使った動作

図 1.2: プレゼンテーションにおける道具動作

1.4 タブレット入力を用いたプレゼンテーションの問題点

このような身体・道具動作の重要性の観点から見ると、タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいてはスライドに対する身体・道具動作がとりにくい。これがタブレット入力を用いたプレゼンテーションの問題点である。

プレゼンテーションにおいて、聴衆はプロジェクタや大画面ディスプレイ(以後、**共有スクリーン**)に映し出されたスライドを見ることになる。ゆえに、発表者はその表示されたスライドに対する身体・道具動作を行う。しかしながら、書き込みなどの操作は発表者の手元の画面(以後、**発表者用の画面**)に対して行わなければならない。すなわち、身体・道具動作の対象と操作の対象の不一致が発生してしまっている。発表者は身体・道具動作と操作の度に、共有スクリーンと発表者用の画面を行き来しなければならない。それゆえ、発表者はスライドに対する身体・道具動作がとりにくくなってしまっているのである。

スライドに対する身体・道具動作がとりにくくなってしまうことは、アノテーションにも影響を及ぼしている。Andersonらは手書き入力を用いたプレゼンテーションにおいてどのようなアノテーションが描かれるかを分析している [AHWA04]。Andersonらは、スライドの特定の場所や位置を伝えることを目的としたアノテーションであるアテンショナルマークが多用されることを発見した。同時に、このようなアテンショナルマークは、発表者の話という文脈があって初めて理解できるものであるのに、文脈を失った後にまで、スライドに残り続けるという問題を指摘している。このような一時的な情報を表す手段として、永続的に残り続けるアノテーションはそもそも不向きである。このような不向きな方法を用いてであっても、発表者はアテンショナルマークを書き込んでしまうのである。このことは、タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、スライドに対する身体・道具動作をしにくいことを示唆している。また、副次的な問題として、このような不適切なアノテーションが増えると、スライドに対する有効な書き込みが埋もれてしまうという問題ある。手書きによるアノテーションを有効に使うためにも、タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、身体・道具動作が自然に取れることが望まれるのである。

1.5 本研究の目的

本研究はタブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、スライドに対する身体動作または道具動作を自然に取る事ができるようにすることを目的とする。身体動作または道具動作を自然にとることができるようにすることによって、手書きのみならず、身体・道具動作のコミュニケーションのチャンネルを交えた発表ができるようになる。副次的な効果として、スライドへの不要な書き込みを減らし、書き込みの有効性を高めることができる。

1.6 本研究のアプローチ

この目的を達成するために、本研究は OHP(OverHead Projector) を用いたプレゼンテーションに着目する。本研究は OHP のメタファに基づき、タブレット入力デバイスから取得したペンの位置、傾き、そして方位の情報を用いて、ペンの影をスライド上に重畳表示する。この重畳表示は、手書き入力が行われているときのみならず、ペンが入力エリアに接触していないが、入力エリア付近の空中にあるときにも行う。つまり、発表者がペンを入力エリアをかざすことによってペンの影がスライド上に重畳表示される。この重畳表示によって、道具動作を伝えるアプローチを取る。この影を重畳表示することによって、発表者は、道具動作を聴衆に伝えつつも、手書き入力を行い、プレゼンテーションを進行することが可能となる。本アプローチについては4章にて詳しく述べる。

1.7 本研究の貢献

本研究の貢献はタブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて,発表者がスライドに対する身体動作あるいは道具動作を自然にとることができるようになる方法を提示することである。この方法は、タブレット入力を扱った既存のプレゼンテーションソフトウェアやシステムに適用可能であり、これらの改善に貢献する.

また、本研究は、開発したシステムを多くの実際のプレゼンテーションにおいて運用し、フィードバックを収集している。このようなフィードバックから得られたデザイン上の知見は、プレゼンテーションシステムの設計において有用なものである。

道具の影を重畳表示する研究は従来から研究されてきたが、本研究はこの重畳表示をタブレット入力を用いたプレゼンテーションのドメインに適用した例である。このドメインに適用した際の、利点や問題点に関する調査、デザイン上の知見も貢献である。

1.8 本論文の構成

本論文は、まず始めに2章にて関連研究の分析を行う。3章にて、本研究の問題と解決のための分析を行い、問題解決のための要件を定義する。4章にて、本研究のアプローチである OHP メタファに基づく影を用いた指示について述べ、このアプローチが3章にて定義した要

件を満たすことを述べる。5章にて初期の実装について述べる。6章にて本研究にて実装したシステムについて述べる。7章にて実験から得たフィードバックに基づくシステムの改良について述べる。8章にて議論を行い、9章にて本研究の結論を述べる。

第2章 関連研究

1章にて述べたとおり、本研究はタブレット入力デバイスから入力エリア付近にかざされたペンの情報を元に、スライド上にペンの影を重畳表示する。この方法に関連する研究として、身体や道具の重畳表示を行う研究、ペンの空中動作を扱った研究を挙げる。そして、本研究のドメインとなる、プレゼンテーションを扱った研究について述べる。本章ではこれら3つの研究分野についてそれぞれ述べた後に、この3つの分野における本研究の位置づけを行う。

2.1 身体や道具の重畳表示を行う研究

コンピュータの作業空間上に身体や道具,あるいはその影を重畳表示する研究がある。これらは、コミュニケーションを主たる目的とするものと、コンピュータの操作に用いることを主たる目的とするものに大別される。

2.1.1 身体や道具の重畳表示をコミュニケーションに用いる研究

身体や道具を画面上に重畳表示することによって、身体・道具動作を他のユーザに伝える研究がなされている。

複数のディスプレイに同一の表示を行うことによって、遠隔地にいるユーザや他のディスプレイを見るユーザと情報や作業領域の共有を図る研究がある。ここではこのようなシステムを画面共有と呼ぶ。この画面共有を扱った研究において、身体や道具の重畳表示を扱った研究が多くある。

その先駆けが VideoDraw[TM90]である。VideoDraw は遠隔地にそれぞれ配置された 2 つのディスプレイを用いて動作する。一方のディスプレイに対しユーザがホワイトボードマーカーで線画を書き込むと,他方のディスプレイにもその線画が表示される。逆も同様である。このとき,ディスプレイに書き込まれた線画だけではなく,線画を描き込んでいるペンやユーザの腕の様子も他方のディスプレイに表示される。それゆえ,腕による身体動作やペンによる道具動作を交え他方のディスプレイを見ているユーザとコミュニケーションを行いながら,共有描画を行うことができる。同様のシステムをディスプレイ上ではなくプロジェクタスクリーン上にて実現したシステムとして VideoWhiteboard[TM91] が挙げられる。VideoDraw がペンやユーザの腕を他方のディスプレイ上に表示した事に対し,VideoWhiteboard はユーザの全身のシルエットを影として他方のスクリーン上に表示するものである。ClearBoard [IK92] [IKG92] は,透明なガラス板をはさんで2人で描画を行うことに見立てた遠隔共有描画シス

テムである。ディスプレイには、遠方にいるユーザのバストショットが表示される。この状態でディスプレイ上にペンを用いて線画を描き込むと、その線画も他方のディスプレイに表示される。つまり、双方の作業者は、あたかもガラス板をはさんで対峙しているかのように共有描画を行うことができる。これらのシステムを介して、ユーザは、手や腕を用いて身体動作を、そしてペンを用いた道具動作を交えてコミュニケーションをとりながら、協調描画を行うことができる。

上述のホワイトボードマーカを用いた物理的な共有描画にとどまらず、コンピュータ上の ワークスペースにおける遠隔協調作業を扱うシステムにおいても、身体や道具の重畳表示が 用いられる。ユーザの身体を撮影したカメラ画像を半透明合成して提示する研究があげられ る. Stotts らのシステム [SSG04] は遠隔のペアプログラミングを支援している. 開発環境の 表示の上に、遠方の作業者のカメラ映像を半透明に重ねて表示する。これによって、ソース コードを指す、ジェスチャをするなどの身体動作を交えながら遠隔のペアプログラミングが できるシステムである.AgoraG [LHK+06] は書画カメラを用いて遠隔地と文章を共有を交え た協調作業を実現するシステムである.遠隔地にそれぞれ配置された書画カメラの画像を半 透過合成した画像を共有することによって,ユーザは,物理的な資料,例えば本やパンフレッ ト、論文などを共有したコミュニケーションをとることができる。また、書画カメラの領域 に腕を入れることによって、遠方の資料の一部を指さすという身体動作をとることもできる. カメラ映像をそのまま半透過合成するのではなく、カメラで撮影した画像からユーザの身体 や道具のみを切り出し、画面に合成して提示する研究が挙げられる。LIDS[AMM+03] はディ スプレイの前方に立つユーザをカメラで撮影し,カメラ画像のユーザ領域を影として画面に 重畳表示する.Video Arms [TNG07],Distributed Tabletops[TR07] はディスプレイの前方にか ざされたユーザの腕を肌色検出によって切り出すことによって、ユーザの腕を画面上に重畳 表示する.C-Slate [IAC+07] は距離画像とカメラ画像から,ディスプレイ上にかざされたユー ザの腕や道具のみを切り出し、重畳表示する、このようなユーザの身体や道具のみを切り出 すことによって、半透過合成する場合に比べて、鮮明にその身体・道具動作を提示すること ができる。

2.1.2 身体や道具の重畳表示を操作に用いる研究

コンピュータと人間の相互作用のために、身体や道具の影を操作に用いる研究が行われている.

上杉らは、影を使って仮想空間内のオブジェクトと相互作用する方法について述べている [WKM04]. 上杉らは、人の持つ道具と切り離されない影が人間の身体の延長として知覚されることについて述べた上で、仮想的な道具の影を用いて仮想空間内のオブジェクトに到達する方法について述べている.

Shomaker らは Shadow Reaching[STB07] という影をインタラクションに用いる手法について述べている。人間が光源に近づくと、その光源によって作られる影は大きくなる。Shadow Reaching は、この性質を用いて、ユーザの位置から遠くにある大画面上の物体に素早く到達する方法である。築谷らは、この Shadow Reaching を用いたポインティングにフィッツの法

則を適用できることを発見した [築谷 10]. その上で、Shadow Reaching が間接ポインティングでありながら、直接ポインティングに近い性質を備えることを示した

影の特徴的な性質は、物体と連動したものでありながら、影そのものは物体として存在しないことである。見方を変えると、影は、物体の存在や動きを仮想的な存在へと変換する自然現象としてとらえる事ができる。我々は常日頃からこの現象を目にしているため、影の物体に対する振る舞いを良く知っている。それゆえ、コンピュータへの作用、すなわち仮想空間への到達の方法として扱い易いのである。

さらに、認知科学における知見は、道具、そして身体や道具の影が、身体の延長として扱うことができることを示唆している。認知科学の分野において、人間が身体の位置を把握することができる概念である Body Image が道具によって拡張されうることが知られている [MI04]. そして、この Body Image の延長が、身体や道具の影に対しても起こりうることが報告されている [PC04]. 上杉らは、このような認知科学上の知見から、影の仮想空間への相互作用に用いることに対する有効性について述べている [WKM04].

こうした関連研究,および認知科学上の知見は、影をコンピュータと人間の相互作用に用いることの有効性を示していると言える.

2.2 ペンの空中動作を用いる研究

ペンの空中動作を用いた研究がなされている。梅林らは、電磁式のタブレットにおけるペンの空中動作のトラッキングに基づき、3次元ベクトル入力を行う方法とジェスチャ入力を行うインタフェースについて述べている[梅林]. Grossman らは、ペンの空中動作によってメニューを選択する手法について述べている[GHB+06]. 鈴木らは、ペンデバイスに加速度センサを付与し、このセンサから取得した値を用いて、ペンを空中で振る動作や回す動作をインタラクションに利用する方法について述べている[SMT08].

このように、ペンの空中動作は、コンピュータとの相互作用に用いられている.

2.3 プレゼンテーションに関する研究

2.3.1 手書きを用いたプレゼンテーションに関する研究

手書き入力のプレゼンテーションに対する有効性に着目した多くの研究が挙げられる.

手書き入力を扱ったプレゼンテーションに関する初期の研究として Classroom 2000[Abo00] が挙げられる。Abowd は「講義における体験の記録」を目的としたシステムを開発し、繰り返し改良を行っている。この研究にて、Abowd は、電子ホワイトボードを教室に設置し、ホワイトボードに描かれた教師の書き込みを全て記録した。教室にはマイクを設置し、講義の音声を記録した。また、タブレット PC を所有する学生のために、教師と同様にスライドに書き込みを行う事ができるソフトウェアを提供した。論文の後半において語られる改良後のシステムを運用する際には、ビデオカメラも設置し、講義の様子の撮影も行った。Abowd のシ

ステムは、このような一切の講義に関わる体験を記録し、講義の後にその体験を参照可能にする試みである。この研究は、プレゼンテーションにおける書き込みを扱った初期の研究である。しかしながら、未来の教育環境における講義の記録について探求することを主目的とした研究であり、手書き入力及びアノテーションそのものに焦点を当てた研究ではなかった。

その後、手書き入力及びアノテーションそのものに焦点を当てた研究がなされている。Class-Room Presenter[AAD+07a][AAD+07b] は手書き入力を用いてスライドにアノテーションを加えることのできるプレゼンテーションツールの教育応用について述べている。ことだま[栗原 04][栗原 06] はプレゼンテーションの資料作成段階から手書き入力を用い、発表中にも手書きによる書き込みができるシステムである。栗原らは、小中高校の教員を対象に 2 年間にわたる長期評価を行い、教育現場への応用において必要となるプレゼンテーションツールのデザインについて述べている。

手書き入力を用いたプレゼンテーションにおけるアノテーションの描かれ方について調べた研究がある。Anderson らは、ClassRoom Presenter を大学の講義室に設置して、2002年の春から 2003年の夏に至るまで実地運用を行い、スライドに対する書き込みの分析を行った[AHWA04]。Anderson らは、教授の内3人分の全ての講義におけるアノテーションの記録を行い、後に、スライドに対する書き込みの記録を分析した。この Anderson らの分析によって、話のコンテキストと共有スクリーンをつなぐ注視を目的としたアテンショナルマークが多く書き込まれることが判明した。書き込みを話のトピックごとに纏めて集計した結果、いずれの発表者も70%を越える書き込みがアテンショナルマークに分類されることが発見された。

発表者だけではなく聴衆がスライドに対して書き込みを行うことができるようにすること によって、発表者と聴衆の相互作用にアノテーションを活かそうとする研究がある。上述の ClassRoom Presenter は聴衆である学生がスライドに対して書き込みを行い, その後匿名の形 で発表者である教師に対して送信できる機能を備える。教師は送信された匿名の書き込みの 中から任意の書き込みをピックアップして学生に提示することができる.異なるアプローチと して、杉原らは、アノトペンを用いて、生徒が問題を解く際の解答用紙に対する書き込みを取 得し、その進捗状況を一覧表示する手法について述べている [杉原 10]。ClassRoom Presenter が匿名の形で書き込みを取得し提示するのに対して、杉原らの方法は全ての生徒の書き込み が非匿名の形で全ての生徒に対して開示される.各自の解答状況をリアルタイムにて提示す ることによって、教師と学生、そして学生同士でさまざまな相互作用が行われることについ て述べている.具体的には,学生が解答を解けずに苦戦している状況を教師がいち早く気づ くことができる、遠く離れた学生の進捗を知ることができる、学生同士が競いながら解答に 取り組むといった、相互作用が行われるという。こうした利点について述べる一方、杉原ら は,この方法が講義における今までにない相互作用をもたらす一方,羞恥心に対するためら いが生じることについても言及している. つまり、ClassRoom Presenter の手法と杉原らの手 法は、回答状況開示による利点と羞恥心のトレードオフを示すものである。一方、栗原らは これらのトレードオフにおいて、中間的な位置づけとなる手法を Borderless Canvas [KMO+09] にて示している.杉原らの手法が各自の回答状況を個別に提示するのに対し,栗原らの手法 は、教師と生徒が一つの資料を共有し書き込みを行うことができるというものである。教師

がスライドに対して書き込みを行うと、その書き込みが共有スクリーンに表示される。学生の書き込みも同様に共有スクリーンに表示される。栗原らは、生徒が質問したい項目について書き込みを行い、教師が適切なタイミングにてそれを取り上げると言う相互作用について述べている。つまり栗原らの手法は杉原らの手法に比べ、相互作業が限定的ではあるが、学生の解答が意図せず提示されてしまうような羞恥心を引き起こすものでもない。

上述したとおり、手書きを用いたプレゼンテーションを扱った研究は、主に、手書きによるアノテーションそのものに焦点を当て、これを活かそうとするものである。

2.3.2 スライドの提示に関する研究

プレゼンテーションにおいて、スライドの提示について述べた研究が挙げられる。

栗原らは教育現場へのタブレット入力に基づくプレゼンテーションを開発し、その結果、初等教育においては Zoomable User Interface が良いと結論づけた [栗原 06].

藤本らは、漫画におけるコマ割、吹き出しの概念をスライドに持ち込み、プレゼンテーションと会場の雰囲気を漫画表現について述べている[藤本 10]. このシステムは聴衆が共通のチャットシステムを用いて、プレゼンテーションの最中に議論が行われるような状況を想定し、スライドに聴衆の発言を飛び入り提示する機能を備える.

栗原らはスライドの提示型プレゼンテーションにおける拡張手法とその定量的な評価について述べている [栗原 10]. 発表者と聴衆で発表資料を共有し互いに書き込むことの出来る上述の Borderless Canvas に、「準備した順に発表資料を提示しているか」および「発表者と聴衆がどれくらい離れたところを表示しているか」を計測する機能を実装し、スライド提示インタフェースの定量評価を実現している.

2.3.3 スライドの注視を扱った研究

牛田らは、漫画における集中線の表現を用いてスライドの注視を促す方法 [UY08] について述べている。牛田らのシステムは、入力には加速度センサーと画面に対するポインティング機能を備える Wii リモコンを用いる。スライドに対してリモコンを普通に向けている時にはカーソルが表示されスライドを指示することが出来る。スライドに対して強調するような動作でリモコンを向けたときにはリモコンの向けられた場所に向かって集中線が表示される。

2.4 本研究の位置づけ

本研究は手書きを用いたプレゼンテーションにおいて身体動作が制限されがちであるという問題を解決するため、ペンの影を重畳表示することによって身体動作あるいは道具動作をとることを可能とするものである.

2.1 節の観点から見た本研究の新規性は、プレゼンテーションというドメインに対して重畳表示を適用した点、手書き入力を用いたプレゼンテーションを行う際に利用される一般的な

機材構成において重畳表示を実現した点、そして、OHP メタファという既存の概念で上に挙げた2点を纏めた点にある。

2.2節のシステムと同様に、本研究はペンの空中動作を扱う点で関連する。これらの研究が主にコンピュータとのインタラクションに影を用いているのに対して、本研究は聴衆に対する情報提示に用いている点が、これらの研究と異なる点である。

2.3 節の研究の内,本研究が対象としているのは特に,手書きを用いたプレゼンテーションである。そして,それらの手書きを用いた既存研究が主にデジタルインクの有効活用に関して議論しているのに対し,本研究はデジタルインクと身体・道具動作の連携に焦点を当てている点が新規性である。

第3章 問題解決のための要件分析

1章にて述べた問題の解決のため、どのような要件が必要とされているのかをまず分析する。まず、本質的な問題点である、身体・道具動作と操作の対象の不一致に関する分析を行う。次に、どのような身体・道具動作をすると、手書きを用いた説明をする際における自然な身体・道具動作を可能とすることができるのか、実験を通じて分析する。

3.1 対象不一致問題に対する分析

タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、身体・道具動作が制限される一番の理由は身体・道具動作の対象と操作対象の不一致にある。以後、この問題を**対象不一致問題**と呼ぶ。

聴衆はプレゼンテーションの最中は共有スクリーンを見る。ゆえに、身体動作は共有スクリーンに対して行わなければならない。しかしながら、タブレット入力を用いて書き込む操作は発表者の手元で行わなければならない。身体動作と書き込みの入れ替わりの度に、共有スクリーンと手元の画面の行き来が発生してしまうのである。

このように身体・道具動作の対象と操作の対象が異なる場合、身体動作をとろうとすればするほど書き込みがしにくくなり、書き込みをしようとすればするほど身体動作が取れなくなる。すなわち、2つのコミュニケーション手段が背反になってしまっているのである。

身体動作を妨げることなく、手書きを用いたプレゼンテーションの利点を活かすためには、この対象不一致問題を解決し、これらを互いに活かすコミュニケーション手段にする必要がある。

3.2 手書きによる説明における身体・道具動作の分析

タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて自然な身体・道具動作を実現するためには、まず、手書きを用いて人がどの様に身体・道具動作を用いて説明をするのかを詳しく知る必要がある。そのため、これを調べる分析を行った。

3.2.1 手書きによる説明を観察し分析する実験

被験者が手書きを交えながら説明をする様子を観察し、分析する実験を行った。被験者はコンピュータサイエンスを専攻する大学生6名、大学院生6名の計12名であった。

被験者には、A3 サイズの大学近辺の地図と筆記具としてボールペンを渡し、被験者のいる 大学施設から大学の最寄り駅までの経路を実験者に対して説明するタスクを課した。ただし、 タスクには以下の条件を添えた。

- 最寄り駅へ向かう途中で1つのコンビニを経由すること。経由するコンビニエンススト アは自宅の最寄りのコンビニエンスストアを選択するか、あるいは被験者が自由に選択 してよい。
- 説明には適切に手書きを交えること.
- 経路の途中で目印となる建物等についても説明を行うこと.
- 時間は3分~5分を意識すること. ただし, これに満たない場合や超過する場合も差し 支えはない. あくまで目安である.

タスク説明の際には、被験者に本実験の分析対象が身体・道具動作の分析であることを悟らせないようディセプションを行った。タスクの説明の冒頭にて「本実験の目的は手書きを用いてどの様な説明を行うか分析する実験である」と述べた上で、身体・道具動作に関する説明を避けることによって、実験意図を悟らせないようにした。その上で、全ての実験が終了した後、被験者に本実験の意図を説明するデブリーフィングを行った。

実験中には、被験者の手元の地図が良く移るようにビデオカメラを設置して、被験者の説明する様子を図 3.1 のように撮影した。そして、後にビデオを分析し、被験者がどの様な身体・道具動作をとっているのかを調べた。

3.2.2 実験結果の分析

ビデオの分析を行ったところ、多くの被験者が筆記具の道具動作を用いて説明をしていることが分かった。また、これらの動作が大まかに以下の4つの動作に分類できることが分かった。

Pointing 筆記具の先端を使って特定の一点を示す動作.

Tracing 筆記具の先端を使って、既に描かれた図形をなぞる動作。地図上に描かれた道路をなぞるような動作が含まれる。

Phrasing 重要なポイントや節目を強調するため、描画を行っていた筆記具を一度離して、少し間を置いてから、再び同じ場所から描画を始める動作。

Illustrating 筆記具の先端や筆記具全体を用いて、空間的な描写を行う動作。筆記具の先端を 回して地図上のある範囲を示す、筆記具の先端を突き刺すジェスチャの様な動作をして 直進することを表す動作などが含まれる。

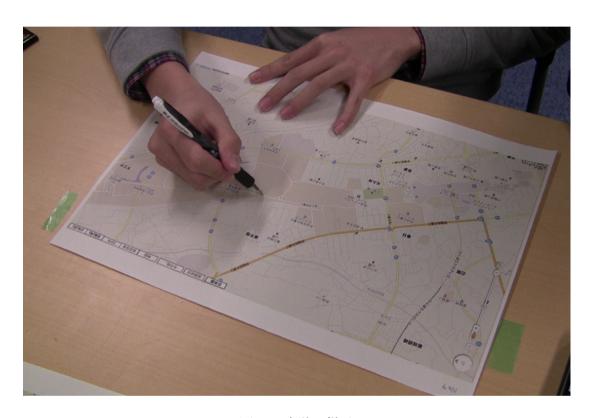


図 3.1: 実験の様子

被験者 No. 説明に掛かった時間 Pointing Illustrating Tracing Phrasing Redraw

表 3.1: 被験者がとった筆記具の道具動作の回数

我々は、これらの分類された道具動作を被験者がとった回数を調べた。表 3.1 にその結果を示す。また図 3.2、3.3 に被験者がとった筆記具の道具動作グラフを示す。

被験者には本実験において、このような筆記具による道具動作が評価対象でないことをタスク説明によって理解していたはずである。この結果は、それにもかかわらず、被験者が筆記具による道具動作を頻繁に交えたことを示している。すなわち、被験者は無意識のうちにこのような道具動作を交えて説明していたのである。

以上の結果から、このような道具動作を交えた説明を支援することが、タブレット入力を 交えたプレゼンテーションにおいて重要であると言える.

3.3 問題解決のための要件定義

我々は以上の分析から以下の要件を定義する.

要件1 身体・道具動作の対象と操作対象が一致すること.

要件2 特に、筆記具の道具動作を伝えること、

要件3 描画と身体・道具動作がシームレスであること.

要件 1: 身体・道具動作の対象と操作対象が一致すること

身体・道具動作の対象と操作対象を一致させることによって、対象不一致問題を解決することが重要である。身体・道具動作と操作の対象が一致させることができれば、上に示した

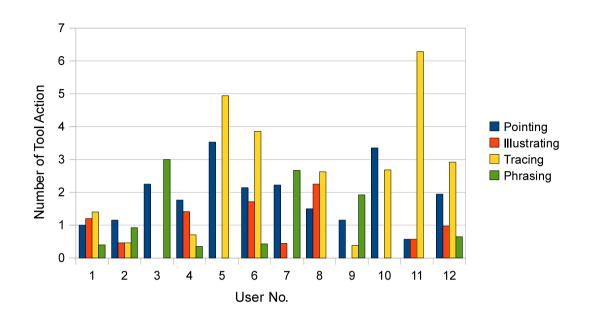


図 3.2: 各道具動作の1分あたりの回数

行き来が必要なくなる。ゆえに、身体・道具動作と書き込みの両者を積極的に利用したプレゼンテーションを行うことができるようになる。

要件 2: 特に, 筆記具の道具動作を伝えること

実験の結果、手書きを用いた説明をする際に、筆記具を用いた道具動作を頻繁に取る事が分かった。ゆえに、とりわけ筆記具の道具動作を伝えることが、手書きを用いたプレゼンテーションを支援する上において重要である。

要件 3: 描画と身体・道具動作がシームレスであること

実験の結果、手書きを用いた説明の際には、筆記具を用いて道具動作を取りながら描画を行う事が分かった。このような説明の仕方を支援するためには、道具動作と描画操作のために道具を持ち替える、モードを切り替えると行った行為を必要としないことが望ましい。すなわち、描画と身体・道具動作がシームレスである必要がある。

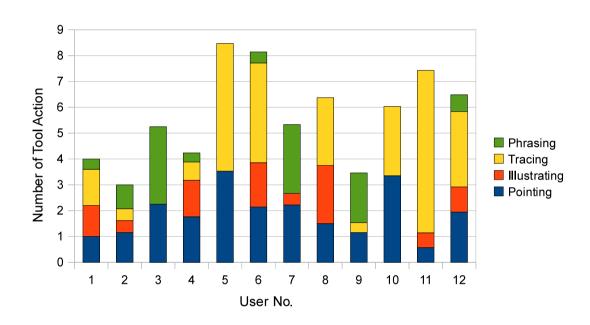


図 3.3: 各道具動作の1分あたりの回数(スタックグラフ)

第4章 ペンの影を重畳表示するOHPメタファ に基づくアプローチ

前章で掲げた要件を満たす方法として、本研究においては、OHP(Overhead Projector)を用いたプレゼンテーションに発想を得た、ペンの影をスライド上に表示するというアプローチを取る。本章では、まず OHP を用いたプレゼンテーションについて説明し、その後に OHP メタファに基づくアプローチを述べる。

4.1 OHP を用いたプレゼンテーション

ソフトウェアによるプレゼンテーションが一般的になる以前は、OHPが一般的に用いられた. 図 4.1 に OHP を用いたプレゼンテーションの様子を示す.





図 4.1: OHP を用いたプレゼンテーションの様子 (左:シートに対して筆記具を用いた道具動作をする様子,右:シートに対する道具動作がスクリーンに映る様子)

OHPは、透明なシートに描かれた文字や図、写真をスクリーンに投影する装置である。OHPにはシートを置くための台座が用意される。この台座の下方から光が投光され、台座の上の透明なシートにあたる。この時、シートに描かれた部分のみ光が遮られる。そのシートを透過した光のみがレンズに入光し、スクリーンにその像が投影される。OHPはこの仕組みによって、図や文字をスクリーンに投影する。

OHP を用いたプレゼンテーションにおいては、プレゼンテーション中にシートに対してそのまま書き込みを行うことができる。それゆえ、手書き入力を用いたプレゼンテーションソ

フトウェアと同様に、シートに対して書き込みを行いながらシートの内容を説明をすること ができる

この OHP を用いてシートを投影しているとき、シートの上に身体や道具をかざすと、その身体や道具の影がスクリーンに映し出される。OHP を用いたプレゼンテーションにおいては、この影を使ってシートを指すことがよく用いられる。特に、シートに対する書き込みを行いながら説明を行う場合、筆記具の先端で影を作り指す方法が用いられる。

この筆記具の先端で影を作り出すことによって道具動作を伝える方法は、先に掲げた要件の全てを満たす物である。書き込みは台座の上に置かれたシートに対して行い、影を使って指示を行う場合にも台座の上に置かれたシートに対して行う。そのため書き込みの対象と道具動作の対象が一致する(要件 1)。さらに、筆記具を用いた道具動作を伝える事ができる(要件 2)。そして、シートに対する書き込みと道具動作をシームレスに交えながらシートの説明をすることができる(要件 3)。

本研究は、この筆記具の影を作り指示を行う方法に着目し、OHPメタファに基づくプレゼンテーションツールを設計する。

4.2 OHP メタファに基づくアプローチ

本研究は、OHPにおける影を使った表現をプレゼンテーションソフトウェアにおいて実現するアプローチを取る。

タブレット入力デバイス上にペンがかざされた時、その位置や傾きなどの姿勢情報を取得する。そして、図4.2のように、それらの姿勢情報を元にペンの影をスライド上に重畳表示する。この影の重畳表示によって、影を介した道具動作の提示が可能となる。このとき、ペンがかざされた状態では影の表示のみを行い、ペンをタブレット入力デバイスの入力エリアに下ろした時のみ、描画が行われる。これによって、道具動作と書き込みがシームレスになる。

発表者はタブレット入力デバイスの入力エリアに対して書き込みを行い、ペンを用いた指示を同じエリアに対して行うことになる。タブレット入力エリアに対して行った道具動作は、そのまま共通スクリーンにおける影の表示によって聴衆に伝わる。これは、ちょうど、OHPにおいて書き込みと指示がどちらも台座上のシートに対して行われ、その様子が共通スクリーンに投影され共通される点で、両者は同じ関係になる。つまり、タブレット入力デバイスの入力エリアは OHP における台座の見立てたものになっていると言える。それゆえ、本研究ではこの OHP に見立てることを以後 OHP メタファと称する。

OHP メタファに基づくアプローチは、書き込みと道具動作の対象をタブレット入力デバイスの入力エリアに集約させることができる(要件 1). またペンの影の表示によって、ペンの影の道具動作を見せることができるようになる(要件 2). また、タブレット入力エリアにペンをかざした場合は影の表示のみを行い、ペンを下ろした場合には描画を行うようにすることによって、書き込みと道具動作をシームレスにすることができる(要件 3).

このアプローチによって、前章にて掲げた問題解決のための要件を全て満たすことができる。 前述の通り、ペンの影には傾き情報も適用することには利点がある。 傾きの適用によって、



図 4.2: ペンの影を重畳表示する様子

ペンの影を利用した図4.3のような多様な表現が可能になる。傾きの適用によって描画や操作が行い易くなるという期待もある。また、Poらの報告 [PFB05] によれば、カーソルの移動方向とカーソルの傾きが一致する場合、これらの傾きが一致しない場合に比べてポインティング時間が短くなるという。加えて、傾きを適用したカーソルを用いると操作性や、描画における微調整のための人間の反応速度が向上するという Tian らの報告もある [TAW+07]。このような、細かな操作性の観点からも利点があると考えられる。

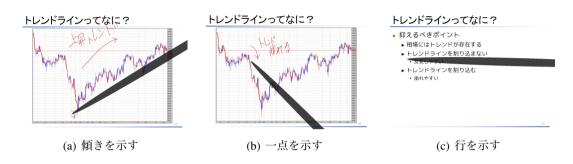


図 4.3: ペンの影を用いた多用な指示

第5章 初期実装

本章では、初期実装である Shadowgraph[村田 08] の実装について述べる.

5.1 ハードウェア

初期実装のハードウェアは、計算機とペンタブレットにて構成される。

計算機には、キーボードとトラックパッドを備える一般的なノート型 PC を利用した。本システムの実装に当たって、タブレット入力デバイスが一体化している、タブレット PC を用いることが望ましい。しかしながら、後述する傾き・方位の検知機能を備えたタブレット PC は技術的に実現可能であるが入手しにくいことから、本実装には通常のノート型 PC を利用した

ペンタブレットには、傾き・方位の検知機能、入力エリア付近の外側のトラッキングを継続する機能である Out of Bounds トラッキング機能を備えたものを用いる。本実装では、ペンタブレットに WACOM Intuos 3 PTZ 431-W を用いた。

5.2 アドインによる影の描画処理の実装

ソフトウェアは Microsoft PowerPoint 2007 のアドインとして実装した。アドインの開発環境は Visual Studio 2008 を、開発言語には C#を、フレームワークには .NET Framework 2.0 を用いた。またタブレット入力の取得のために WinTab.NET¹ を用いた。

5.2.1 透過ウインドウとタブレット入力の取得

本アドインは、PowerPoint 2007 がスライドショーを開始すると自動的に透過ウィンドウを生成する。この透過ウインドウにペンの影を描画することで重畳表示を実現している。さらにこの透過ウインドウを親ウインドウとすることによって、タブレットからの入力を受け取る。この透過ウインドウは、細かな描画を行うために、各ピクセルごとにα値を持つことのできる透過ウインドウを用いる。その上で、この透過ウインドウが表示されている場合においても、ホストアプリケーションである PowerPoint のスライドショーウインドウの通常の動作を阻害せず、タブレットの入力のみを受け取る必要がある。この振る舞いを実現するため、こ

¹http://sourceforge.jp/projects/wintabdotnet/

の透過ウインドウがアクティブになることができるがアプリケーションの切り替えが発生しないようにすること、キーボードやマウスの入力をそのまま PowerPoint のスライドショーウインドウに透過させることが必要となる.

上に挙げた振る舞いを持つ透過ウインドウの作成について述べる。

.NET Framework 2.0 はフレームワーク自体が透過ウインドウを扱うことができる. しかし, 各ピクセルごとにα値を持ち、細かなウインドウの振る舞いを定義したウインドウを生成するために、本実装においては、独自に透過ウインドウを実装した. ウインドウ作成時のパラメータを表す CreateParams を以下の様にオーバーライドし Win32 API におけるウインドウスタイル指定定数を指定することによって、独自に透過ウインドウ生成の実装を行った.

Style に WS_POPUP を, ExStyle に WS_EX_LAYERED, WS_EX_TOOLWINDOW, WS_EX_TRANSPARENT を指定した.

WS_EX_LAYERED ピクセルごとに透明度情報を持つ透過ウインドウとすることを指定する。

WS_EX_TRANSPARENT マウスクリックやキーボード入力を取得せず、下のウインドウに これらの入力を透過させることを指定する.

WS_POPUP, WS_EX_TOOLWINDOW アクティブになることができるがアプリケーション の切り替えを起こさず、タスクバーに表示されないウインドウとなることを指定する.

このような独自のスタイル指定によって、細かな振る舞いを指定したウインドウを生成することができる。このパラメータは試行錯誤の結果に基づくものである。これらのパラメータに不足や不備がある場合には、タブレットの入力が正常に取得出来ない、アプリケーション切り替えが発生し PowerPoint のスライドショーが途中で終了してしまうなどの問題が発生する。それゆえ、これらのパラメータは適切に指定がなされる必要がある。

タブレットからの入力の取得には WinTab API の .NET Framework 向けラッパである WinTab.NET を用いた. WinTab API および WinTab.NET の利用には親ウインドウを必要とする. 親ウインドウがアクティブな場合にのみ、タブレットからの入力がアプリケーションに対して送信される. これは、マルチタスク OS において、ウインドウを切り替えたときに適切なアプリケーションに入力が渡されるようにするための API 側の工夫である. しかしながら、本アドインの実装に当たって、タブレット入力を API が想定する方法と異なる形で取得する必要がある. 主アプリケーションとして実行されるのは PowerPoint 2007 のスライドショーであるが、入力を受け取るのは本アドインである. すなわち、本来 PowerPoint 2007 に渡されるはずのタブレット入力をアドインが横取りしなければならない. 加えて、そのタブレット入力をPowerPoint 2007 のスライドショーウインドウへ受け渡さないようにしなければならない. 本実装では、前述の透過ウインドウを親ウインドウとして WinTab API および WinTab.NET の初期化を行い、この透過ウインドウを常に最前面に表示することによって、これを実現する.ウインドウの TopMost プロパティを true にすることによって、PowerPoint 2007 のウインドウがクリックされた場合にも、透過ウインドウを最前面に表示させることができる.

5.2.2 影の描画

システムはペンの位置 \mathbf{p} , 方位 ϕ , 傾き θ を元にペンの影を描画する。ここで,方位,傾きは図 5.1 に示す角の値である。 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。ペンの位置,方位,傾きをそれぞれ平行移動,回転,拡大縮小に対応させたアフィン変換を円にかけて描画することにより,さまざまな位置,方位,傾きのペンの影を再現することができる。

変換式および、変換の様子を図 5.2 に示す。この変換による描画を、上述の透過ウインドウに対して行う。

5.3 クロッシングを用いたスライド切り替え操作

ペンを用いてプレゼンテーションを行う場合、スライド切り替え操作もペンで行える方が望ましいと考えられる。我々は、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スライド切り替え操作を実装した。

図 5.3 に、クロッシングによるスライド切り替え操作を図示する。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

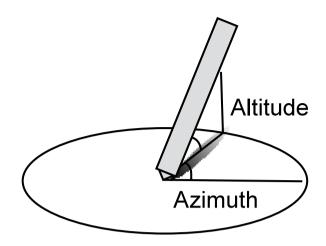


図 5.1: ペンの方位 (Azimuth) と傾き (Altitude)

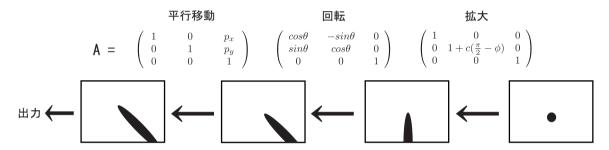


図 5.2: アフィン変換を用いたペンの影の描画

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スライド切り替え操作が行える。

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なる。

図 5.3: クロッシングを用いたスライド切り替え操作

第6章 評価

本章は、初期実装の評価について述べる。まず、実験的な環境を用意しプレゼンテーションを行ことによる、定量的な評価について述べる。次に、実際のプレゼンテーションにおいて運用を行う事によるシステムの評価について述べる。

6.1 実験的環境における評価

本システムのプレゼンテーションにおける有効性を調査するため、実験的な環境を用意し、 評価実験を行った

評価実験は、22歳から31歳の学生8人を対象に行った。被験者には、統計学を題材とした講義をペンタブレットを用いて行うタスクを課した。

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、5章に示した初期実装を用いて発表してもらった. また、スライド切り替え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. 影は表示されず、代わりに Windows における標準的なマウスカーソルを表示した. また、スライド切り替え操作にはキーボードの押下を用いてもらった.

両グループの被験者には、ペンをタブレットの入力エリアにかざすと、ペンの影またはマウスカーソルが表示されることを告げた。そして、このカーソルを動かすことによってスライドを指示できることを告げた。

講義のための資料はすべて被験者に用意させた。計算機とタブレットは実験者側で用意し、全ての被験者に同一のハードウェアを使ってもらった。

本システムの有効性を検証するために、本実験では、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かった時間
- 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かった時間

本実験の仮説は、影ありのグループが影無しのグループに比べて Hover の時間が長くなることである。なぜなら、影の表示によって発表者が道具動作を行うようになるためである。こ

の仮説が証明されるなら、Shadowgraph のアプローチが道具動作によるプレゼンテーションを支援していることを意味する。

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。

6.1.1 計測の結果

計測された時間である Hover, Write, None の内訳を表 6.1 に示す.

200	J.1. Mil, Hovel, Write, None Varging.						
グループ	被験者	All[sec]	Hover[sec]	Write[sec]	None[sec]		
影	Α	1770.9	196.7	0.9	1573.3		
あ	С	2346.1	886.3	174.3	1285.5		
り	Е	2175.5	792.3	6.0	1377.2		
	G	1590.2	490.2	20.2	1079.8		
影	В	2104.1	495.9	218.8	1389.4		
な	D	1848.5	8.7	0.0	1839.8		
L	F	1753.1	15.6	16.3	1721.2		
	Н	2460.4	852.2	252.0	1356.2		

表 6.1: All. Hover, Write, None の時間

6.1.2 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 6.1 に示す.

影なしのグループに比べ、影ありのグループにおける Hover の割合が多いことが見て取れる。これは、書き込みのためだけにペンタブレットを用いたのではなく、道具動作のために用いたためと考えられる。

ただし、影ありのグループはスライド切り替え操作にペン入力を用いたため、この時間も Hover に含まれている。しかしながら、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。なぜなら、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ためである。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。ここで、クロッシングに必要な時間を1回1.0秒と仮定し、G のスライドの枚数22枚分のスライド切り替え操作が行われた時間を計算すると、合計で21.0秒となる。これは、全体の約1.3%しか占めていない。

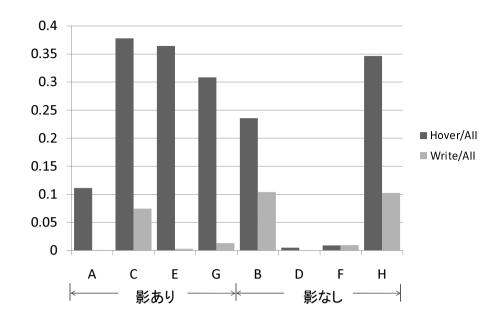


図 6.1: Hover と Write の All に対する比率

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 人のペン 使用時間(Hover + Write + None)に対する Write の時間比率を図 6.2 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、単純にポインタを表示しただけでは道具動作を取ろうとしなかったためだと考えられる。

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、書き込みよりも道具動作にペンを用いていたことを示している。また、画面の注視を目的としたアノテーションを書き込む必要がなくなったためとも考えられる。

以上の結果から、仮説が証明されたと言える。

6.1.3 アンケートから得たコメントの議論

ペンの影を用いた道具動作に対しては「注目すべき場所がよく分かった」、「パッと見てどこを指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。これらのコメントは、ペンの影を表示することによって道具動作を聴衆に見せることが、聴衆の理解や、聴衆の発表者に対する好感をもたらす可能性を示すものである。

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。 これらのコメントは、本システムにおける影の表示のデザインの改善の必要性を示す物であ る。このようなデザインの改良については、後の実験にて詳しく分析する。

スライド切り替え操作に関して、「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

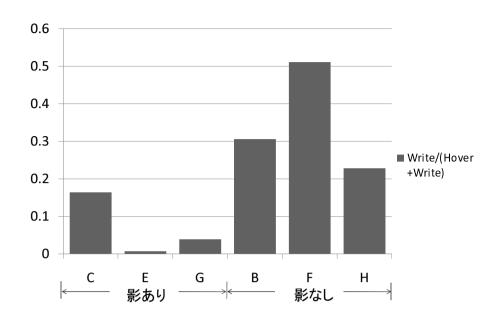


図 6.2: ペン使用時間に対する Write の時間比率

れは、クロッシングによるスライド切り替え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。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。

一方で、「スライド切り替え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」というコメントもあった。操作が伝わることに関する捉え方には個人差があるようである。いずれにしても、影の表示が発表者の道具動作を伝える事に成功していることが分かる。

6.2 実際のプレゼンテーションにおける運用に基づく評価

実際のプレゼンテーションにおける評価を行うため、2つのプレゼンテーションにおいて本システムを運用した。一方は学術会議におけるプレゼンテーションである。発表には前章の実装を用いた。他方は大学の講義である。ペンを用いたプレゼンテーションシステムである Kotodama[栗原 06] のアドインとしての実装を用いた。この Kotodama におけるアドインは、ペンの影を表示するものであり、影の描画手法は初期実装と同様のものを用いた。なお、クロッシングによるスライド切り替え操作は実装されず、プレゼンテーションの進行は Kotodam のインタフェースを利用した。

6.2.1 学術会議発表にて得られたフィードバック

筆者が、インタラクティブシステムとソフトウェアに関する学術会議にて、PowerPoint アドインの実装を用いてプレゼンテーションを行った。会議の参加者数はおよそ 150 名であった。会議中には多くの参加者が、プレゼンテーション中における議論を行うため、そして、発

表者へのフィードバックを返すために、共通のチャットシステムを利用していた。我々は、このプレゼンテーション中のチャットログを解析した。

チャットログ上のコメントの総数は148件であった。我々のシステムについて言及しているコメント、我々のシステムを用いたプレゼンテーションについて言及しているコメントはそれらの中の91件であった。以下に複数件指摘のあったコメントを示す。

- (1-A) 影の動きが気になる (10件)
- (1-B) 手ぶれ補正の提案 (4件)
- (1-C) ペンの傾きを一時的に固定する機能の提案 (3件)
- (1-D) 影がくどい, またはしつこい (2件)
- (1-E) (影に)酔った(2件)

最も顕著なコメントは、影の動きに関するものである、(1-A) は動きが気になる点を直接指摘している。(1-B,1-C) は影の動きを押さえる対処策であることから、A と同様に影の動きが気になることを示唆している。

続くコメントは影の主張の強さを伺わせるものである. (1-D) は影の主張の強さを直接的に指摘している. また (1-E) からも、聴衆に酔いを感じさせるほどに影の主張が強かったことが伺える.

6.2.2 専修大学講義におけるフィードバック

専修大学の講師に依頼し情報科教育法の講義において Kotodama のアドイン実装を運用した。講義を受講した学生は14人であった。講義に先立ち、受講者に本研究のシステムについて受講者に説明した後、通常通り講義を受けてもらうように指示した。

講義の後に、我々はアンケートによってフィードバックを得た。表 6.2 は、アンケートにおいて、ポジティブなコメントをした学生と、ネガティブなコメントをした学生の数である。

表 6.2: ポジティブなコメントをした学生していない学生の数, そしてネガティブなコメントをした学生としていない学生の数(計 14名)

		ネガティブなコメント	
		あり	なし
ポジティブ	あり	7	4
なコメント	なし	2	1

また、質問紙からは以下の自由記述によるコメントが得られた。

- (2-A) 発表者がどこを指しているのかよく分かる (6名)
- (2-B) 発表者がどこの話をしているのかよく分かる (3名)
- (2-C) 影が気になる (5名)
- (2-D) 影が出たり消えたりするのが気になる(1名)
- (2-E) 影がチカチカするのが気になる(2名)
- (2-F) 目がチカチカする (1名)
- (2-G) 影がゆらゆらするのが気になる (1名)
- (2-H) スライドのコンテンツを阻んでしまっている (3名)

合計9名の学生がネガティブなコメントをした一方で、合計で11名の学生がポジティブなコメントをした。これらのうち7名はポジティブなコメントとネガティブなコメントの両方をしている。1名の学生はポジティブなコメントもネガティブなコメントもなかった。単に異なるのデザイン(ペンそのものをカーソルにする)というアイディアを推薦しているのみであった。ポジティブなコメント(2-A,2-B)を見ると、話の流れの把握に影が貢献していることが分かる。話の流れを把握することはプレゼンテーションにおいては重要であるから、影の表示はプレゼンテーションに対して、良い影響をもたらすと言える。

一方,ネガティブなコメント (2-C,2-D) を見ると、影が必要以上に聴衆の注意を引いてしまっていることが分かる。何故、影が聴衆の集中力を散らしてしまうのかは、(2-D,2-E) から読み取ることができる。講義の中で、発表者は短い期間でペンの影の表示・非表示を繰り返していたため、ペンの影のフェードインとフェードアウトが繰り返されていた。また、影の動きが不自然である点をコメントしている学生をもいた (2-G)。影が必要以上に注意を引きつけてしまう点や、動きが不自然である点は、影のデザインに依存するものである。影のデザインの工夫によって、これらのネガティブな要因を軽減することができるであろう。

以上の分析から、デザインに工夫が必要なものの、影の表示はプレゼンテーションに良い 影響をもたらすと言える.

6.2.3 議論

これら2回の実験で得たフィードバックから、本システムにおける影は、プレゼンテーションに良い影響をもたらすものの、聴衆の注意を必要以上に引きつけてしまうことが分かった。この結果は、本システムにおける影がより控えめにデザインされるべきであることを示している。実験から得たネガティブなコメントに基づくデザインの方針を以下に示す。

1 つめは、影の不透明度である。(1-C,2-D,2-H) のコメントは影の色が濃過ぎることを示す ものであり、(2-F) は影とスライドのコントラストが強すぎることを示唆するものである。影 が見えにくくならない程度に、影とスライドのコントラストを下げ、目への刺激を減らすことが望まれる.

2つめは不自然な傾きの変化である。(1-A,2-G) はペンの影の不自然な動きが聴衆の注意を散らしていることを示している。また、(1-B,1-C) もそれらを示唆するものである。ペンの動きに関してもっとも目立ったコメントは、ペンの傾きに関わる物であった(1-B,1-C,2-G)。我々の描画処理では、ペン先部を中心として傾きと方位が適用される(図 5.2)。一方、実際にペンを把持した場合はペンの中央を把持することになるため、その把持した点を中心としてペンの傾きと方位が適用される。結果的に、現実のペンの傾きと方位の変化とは異なる、不自然な傾きと方位の変化が起こってしまったと考えられる。

第7章 実験から得たフィードバックに基づく 改良

本章は、6章の実験結果を踏まえた結果、改良を行った実装である Shadowgraph+[村田 10a] について述べる。また、ペンの影を変える手法とペンの描画の手法 [村田 10b] についても述べる。そして、デザイン改良後のプレゼンテーションの結果から、本改良の是非を議論する。

7.1 改良した実装

Shadowgraph+ はペンの位置と方位を基にペンの影を描画する。我々は、不自然な傾きの変化が聴衆の注意を散らしていることを発見した。Shadowgraph+では、この不自然さを軽減するために、傾きを表示に反映させないようにした。また、方位の情報には以下のローパスフィルタを加えた上で、表示に反映させるようにした。

$$filtered_{-}x = \frac{(\alpha - 1)x_{t-1} + x_t}{\alpha}$$
(7.1)

ただし、 x_t は方位の値であり、 α はフィルタの強さを表すパラメータである。我々はこのパラメータを $\alpha=50$ と、経験的に定めた。

加えて、我々は影の見た目を単純な楕円から、図 7.1 に示す、グラデーション付きのシルエットへと変更した。先端の色は (R,G,B,A) = (0,0,0,0,0.4) であり、逆端は (R,G,B,A) = (0,0,0,0) である。このグラデーションは、影が必要以上に目立たないようにし、かつ、発表者がどこを指しているのかを分かり易くしたものである。ペンの影のサイズは 100×800 ピクセルである。



図 7.1: グラデーション付きのペンの影

また、この影は現在のツールに応じて形状が変化するように実装を行った。一部のペンタブレットは、ペン先の反対側を入力に用いてインクを消すことができる消しゴム機能を備える。この消しゴムがかざされたときには、イレイザー型のカーソルを表示するようにした。図7.3にペン先を用いて書き込みを行っているときの影と、消しゴムを用いてインクの消去を行っ

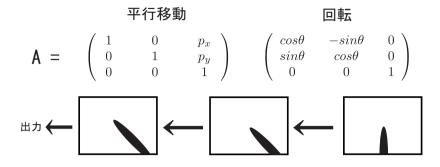


図 7.2: 改良後の影の描画処理

ているときの影を示す。このカーソルの変化によって、発表者の手元の操作を聴衆に見せる 効果を狙っている。

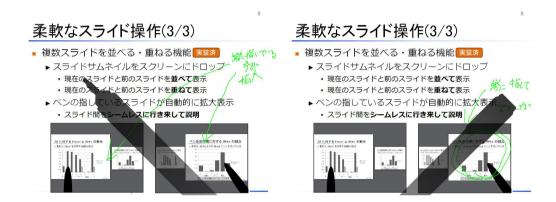


図 7.3: ツールによってカーソルの影が変化する様子 (左:ペンの先端がかざされた時のシルエット,右:ペンの先端と反対側がかざされたときのシルエット)

7.2 デザイン改良後のプレゼンテーション

ペンの影のデザインを洗練した後に、筆者の1人がプレゼンテーションを行った。プレゼンテーションはソフトウェア開発の最終報告である。主な聴衆はソフトウェアの開発者やソフトウェア開発プロジェクトのマネージャ、コンピュータサイエンスの研究者であった。聴衆の数はおよそ100名であった。我々は、プレゼンテーションにてインフォーマルにフィードバックを募った。その結果、以前のプレゼンテーションにて見られたネガティブなコメントは見られなくなった。この結果は、我々のデザインがネガティブな要因を押さえることに成功したことを示唆している。

第8章 議論

本章においては、本研究における手法について議論する。先ず、本研究が掲げた問題に対する解決ができているか議論し、つぎに、異なるドメインに対する応用について議論する。最後に、OHPメタファの拡張について議論する。

8.1 OHP メタファに基づく道具動作を伝える手法に関する議論

まず、本手法である OHP メタファに基づく道具動作を伝える手法に関して議論を行う.

8.1.1 本手法の是非

本研究は、6章にて、実験的な環境における実験と実際のプレゼンテーションにおけるフィードバックの収集によって、本手法の検証を行った。

実験的な環境における実験の結果からは、発表者が道具動作を取っていることが確認できた。また、筆記具の道具動作が、聴衆の理解や、聴衆の発表者に対する好感をもたらす可能性を見ることができた。

実際のプレゼンテーションにおけるフィードバックの収集からは、影の提示が話の流れの 把握に貢献していることを確認できた。

これらの結果より、本手法が、提起した問題を解決しており、プレゼンテーションの向上に貢献していると言える.

8.1.2 本手法の限界

本手法によって、タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、道具動作を伝える事ができる。しかしながら、依然として身体動作を伝えることができない。OHP においては、手指を利用して影として写す事によってこれらの身体動作を聴衆に伝えることができた。こうした手指を用いた身体動作は、道具動作にくらべ、特定の形に影を変えて形状に意味を持たせたジェスチャを行う事ができる。しかしながら、タブレット入力を用いる以上こうした動作を伝えることはできない。こうした身体動作を伝える事ができないことが本手法の限界である。

8.2 本手法の応用範囲

本手法はタブレット入力を用いたプレゼンテーションのみならず,他の分野にも応用可能 であると考えられる。本手法の他のドメインに対する応用について議論する。

8.2.1 遠隔講義や Web セミナーへの応用

通信回線の広帯域化に伴って、遠隔講義や Web セミナーが行われるようになった。Web セミナーとは Web ブラウザ上で動作する図 8.1 のようなセミナーである。こうした分野への応用もできるだろう。

これらの遠隔講義システムや Web セミナーシステムは、スライドとともに発表者を撮影したカメラ映像を遠隔講義や Web セミナーににおいては、身体動作を伝えることが難しい。本システムをこれらのシステムに応用すれば、このような遠隔環境においても身体動作の代替として道具動作を伝える事ができる。本手法は遠隔講義や Web セミナーにおけるプレゼンテーションの改善に寄与することができるだろう。

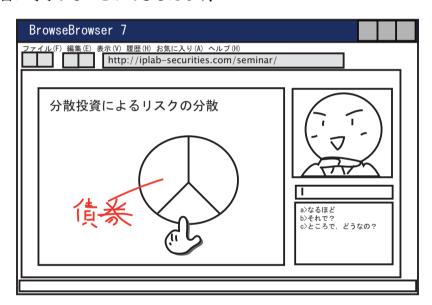


図 8.1: Web セミナーシステム

8.2.2 遠隔協調作業システム

本システムは、関連研究の章で挙げた、遠隔協調作業向けのシステムとしての応用ができるだろう。遠方にそれぞれ設置されたタブレット入力を用いて遠隔作業をする際に、この手法を利用することによって、双方の道具操作を伝える事ができるだろう。

8.3 OHP メタファの発展

OHP を用いたプレゼンテーションにおいては、ペンの影を用いた指示以外にも特徴的な操作や情報提示を行う事ができた。これらの OHP における操作や情報提示を、タブレット入力手法に対して適用する、OHP メタファの拡張を行う事ができるだろう。こうした、OHP メタファの拡張について議論する。

8.3.1 発表者の操作を伝えるインタフェースとしての発展

発表者の道具動作に加えて、発表者の操作を聴衆に伝えるインタフェース [村田 10b] としての発展について述べる。

5章と7章にて述べたシステムは,筆記具のみを影の重畳描画の対象とした.しかしながら,OHP を用いた場合には,OHP の台座上に配置される,あらゆる道具の影が表示される.この性質を用いた OHP を用いた発表の手法として,シートではなく,様々な物体をおいて発表をする方法がある.そして,その方法に基づく発表の一例を Green[Gre82] が述べている.その例の中には,シャーレに色素を持つ液体を混ぜて色の変化を提示する,砂鉄に磁石を近づけて磁力の影響を提示するという例を挙げている.例を示す図には,シャーレに液体を垂らそうとするスポイトの影や,砂鉄に近づく磁石の影が映されている.こうした影をみれば,聴衆は,発表者が液体を垂らそうとしていること,発表者が磁石を近づけようとしていることが,その影の形状から予測できるだろう.

このように、OHP における、道具の影は発表者がこれからやろうとしていることを示す性質を備える。この性質を利用して、プレゼンテーションツールにおける発表者の操作を伝える方法が考えられる。

7章にて述べた影をペンの形とイレイザーの形に変化させる方法もこの方法を利用した物であると言える。影の変化によって、発表者がこれから書き込みを行おうとしているのか、はたまた書き込みを消そうとしているのか、聴衆は影から知ることができる。

これらの他に、整形された破線や波線を描画する操作を伝える方法も考えられる。発表者が整形された破線や波線を描画しようと操作を行ったとき、図 8.2 に示す、破線・波線定規の形をした影をスライド上に図 8.3 の様に提示する.



図 8.2: 破線・波線定規

What's Shadowgraph? What's Shadowgraph? • Interactive Presentaion Enviroment • Interactive Presentaion Enviroment ▶ Write Annotation ▶ Write Annotation ▶ Point By <u>Pen Shadow like OHP</u> ▶ Point By Pen Shadow like OHP ■ Visual and UI Visual and UI System Requirements System Requirements ► PowerPoint 2007 or later ► PowerPoint 2007 or later ▶ Windows XP or later ▶ Windows XP or later \blacktriangleright …and $\underline{\text{Pen Tablet}}$ ▶ …and <u>Pen Tablet</u> (a) 破線の描画を伝える様子 (b) 波線の描画を伝える様子

図 8.3: 文具の影の表示によって整形された線の描画を伝える様子

この提示によって、聴衆は、発表者がこれから破線や波線を引こうとする様子を見ることができる。それ故、重要なポイントを発表者が強調するその前に、聴衆は注意を向けることができる。

8.3.2 柔軟なスライド提示インタフェース

OHP のメタファは、ペンの影の表示以外に、スライド操作にも適用可能である。OHP を用いたプレゼンテーションにおいては、柔軟なスライド提示ができた。OHP の見立てをこのようなスライド提示操作に適用することもできるだろう。本節では、柔軟なスライド提示インタフェース [村田 09] について述べる。

OHP におけるスライド提示

OHP を用いたプレゼンテーションにおいては、以下のようなスライド提示ができる.

- **自由な順にスライドを提示** OHP を用いたプレゼンテーションにおいては自由な順にスライドを提示することができる. それゆえ, 聴衆の反応に合わせてプレゼンテーションの進行を自由に変更することができる.
- **複数枚のスライドを並べて・重ねて提示** OHP を用いたプレゼンテーションにおいては、複数枚のスライドを並べて提示することができる。これによって、関連性の高い図や表を比較することができる。また、同じ軸を持つ複数のスライドを重ねて提示するといったことができる。
- **即興的にスライドを作成** 無地のスライドを用意しておき、その場でスライドを作成することができる。例えば、聴衆から予期せぬ質問がきた場合にも、絵や文字をその場で描きながら説明することができる。

OHP メタファに基づくスライド提示インターフェス

OHP を用いたプレゼンテーションにおいて、スライド操作は、スライドを掴んで移動させることに基づく、我々は、スライドサムネイル、スライドハンドラを実装することによって、掴んで移動させる操作を実現した.

スライドサムネイルを用いたインタラクション

画面上部にペンをかざすと、図 8.4 に示すように、全てのスライドのサムネイル (スライドサムネイル) が表示される.

このスライドサムネイルをペンによりタップすると、該当のスライドに切り替わる。これによって、自由な順にスライドを提示することができる。

また、スライドサムネイルを画面上にドロップした場合には、複数枚のスライドを提示する操作となる。図 8.5 に複数枚スライド提示の例を示す。画面中央にドロップした場合には重ねる提示、画面の左右にドロップした場合には並べて提示となる。

スライドサムネイルの一番右端には、無地のスライドが表示されており、これをタップした場合には、無地のスライドが現在のスライドの後に挿入される。これにペンを用いて書き込みを行うことによって、即興的にスライドを作成することができる。

各スライドは小さく表示されているが、ユーザがカーソルをスライド上に乗せるとその下にあるサムネイルは大きく拡大される。ペンをかざしてブラウズしタップして切り替えるという操作手順によって、手早く目的のスライドを探して提示できるようにすることを狙っている。

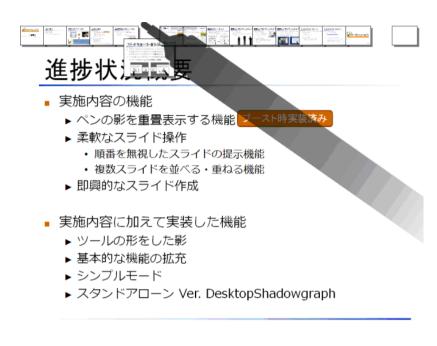


図 8.4: スライドサムネイルをブラウズしている様子

また、このスライドサムネイルには、非表示スライドとして設定されているスライドも表示するようにし、これをクリックした場合には、画面上に提示できるようにした。これによって、発表前に話すつもりのなかったスライドを、発表中の機転で出すということができる。

スライドハンドラを用いたインタラクション

ペン入力を用いたプレゼンテーション環境においては、ペンを画面上におろした場合に、それがスライドへの書き込みを行うのか、スライドの配置操作を行うのかを区別する必要がある。この区別のために、我々はスライドハンドラ(図 8.6)を実装した。

スライドハンドラをペンでドラッグした場合,スライドをつかむ操作となる.この状態から,画面の左右,中央にドロップすることによって,複数枚提示におけるスライドの配置を再び行うことができる。また,スライドサムネイル付近にドロップした場合には,複数枚提示が終了する.



図 8.5: 複数枚のスライドを並べて表示する様子(左)と重ねて表示する様子(右)

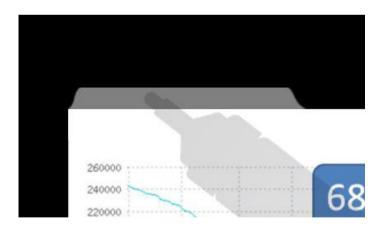


図 8.6: スライドハンドラ

第9章 結論

本論文はタブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、身体・道具動作を交えた説明が難しいという問題を解決する手法について述べた。身体・道具動作を交えた説明が難しい問題を解決するためには、対象不一致問題を解決し、筆記具の道具動作を伝え、描画と道具動作がシームレスである必要があることを述べた。それらを満たすアプローチとして OHP メタファに基づく手法について述べた。OHP に基づく手法を用いることによって、上述した要求を満たし、タブレット入力を用いたプレゼンテーションにおいて、身体道具動作を交えたプレゼンテーションを可能とするシステムである Shadowgrph について述べた。

実装したシステムを用いて、実験的な環境および実際のプレゼンテーション環境にて運用を行い、フィードバックを収集することによって、本システムとアプローチの検証を行った、検証の結果、ペンの影の表示によって、ペンの道具動作を伝える事ができることが分かった。一方、影のデザインを慎重に行う必要性があることを発見し、そのデザインのための指針を得た。

実験から得られた指針の下にデザインの改良を行った。また改良後のデザインのシステムにて実際のプレゼンテーションを行い、これらのデザインが、以前の実験にて挙がっていた問題を解決していることを確認した。

謝辞

本研究を遂行するにあたっては、たくさんの方々からご助力をいただきました。今、こうして謝辞の筆をとるに当たって振り返ると、この研究が驚くほどたくさんの方々のご支援をいただいて成り立っていたことを改めて実感させられます。このような恵まれた環境で研究活動を遂行できたことは、まず、何にも増して幸せであったと思います。

中でも、プレゼンテーションにおけるインタフェース研究においての大先輩として、産業技術研究所の栗原一貴氏に格別の支援をいただいたことを述べたいと思います。栗原氏には、本手法、そして、プレゼンテーションインタフェースの哲学や未来について、様々な議論におつきあい頂きました。また、栗原氏の開発する「ことだま」への Shadowgraph モジュールの組み込みや、Shadowgraph モジュールを組み込んだ「ことだま」を用いた実験の実施にご支援をいただきました。この実験にあたり、専修大学の望月先生には、フィードバック収集に関する助言や、実際の講義におけるシステムの利用にご協力をいただきました。

そもそも、本手法の大元の着想は、筑波大学の入学を超え、母校である群馬工業高等専門学校に在学していたときにまで遡ります。本手法の着想、発展においては、当初、ご指導を頂きました群馬工業高等専門学校の牛田先生の影響を強く受けた物であります。筆者に HCI という研究分野を紹介し、そして、本研究の礎ともなった研究哲学について先生にご指導を頂いたことに感謝しています。

また、本研究の一部は、2008 年度下期未踏 IT 人材発掘・育成事業の助成を受けて行われました。IPA の皆様をはじめ、プロジェクトマネージャの筧先生には、プロジェクトの進行にあたって多くのご助言とご助力を頂きました。また、本事業における同期のクリエータの皆様とは、仲間としてお互いを励まし助け合い、ライバルとして切磋琢磨しながらプロジェクトの遂行にあたりました。こうした同期クリエータの皆様の存在が、本研究を遂行させる大きな動機となっていました。

本研究の着手段階から本論文を纏めるに至るまで、志築先生には懇切丁寧なご指導とご協力をいただきました。既に実現をあきらめていた本手法のアイディアがここまで実を結んだのは、何より先生のご指導によるものであったことを記したいと思います。先生には、とても長い時間を割いて、本研究に関する議論にお付き合い頂き、ご指導を頂きました。

田中先生には、指導教員として、研究の進行から纏めに至るまでに沢山のご指導を頂きました。 先生からは、積極的に物事に取り組むことの大切さを教わりました。 本研究の遂行に当たり、未踏 IT 人材発掘・育成事業の参加や、大学におけるシステムの実地運用など、挑戦的なことを行いました。 こうした、様々なことに挑戦することができたのは、田中先生のご指導があってのものであると思っています。

研究室のメンバー、とりわけチームメンバーには、公私共に多大なご支援を受けました。常日頃から、研究に関する議論にお付き合いいただき、沢山の意見を頂きました。また、発表の準備や実験に当たって、沢山のご助力をいただきました。本研究をこのような形で纏めることができたのは、研究室メンバーからの力強い後ろ盾があってのことでした。

最後にここまで暖かく見守り、このような研究を行う機会を下さった両親に感謝を述べ、謝辞を括りたいと思います。

愛用のペンタブレットにて 村田 雄一

参考文献

- [AAD⁺07a] Richard Anderson, Ruth Anderson, K. M. Davis, Natalie Linnell, Craig Prince, and Valentin Razmov. Supporting active learning and example based instruction with classroom technology. *SIGCSE Bull.*, Vol. 39, pp. 69–73, 2007.
- [AAD⁺07b] Richard Anderson, Ruth Anderson, Peter Davis, Natalie Linnell, Craig Prince, Valentin Razmov, and Fred Videon. Classroom presenter: Enhancing interactive education with digital ink. *Computer*, Vol. 40, pp. 56–61, 2007.
- [Abo00] Gregory D. Abowd. Classroom 2000: An experiment with the instrumentation of a living educational environment. *IBM Systems Journal*, Vol. 38, pp. 508–530, 2000.
- [AHWA04] Richard Anderson, Crystal Hoyer, Steven Wolfman, and Ruth 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.
- [AMM⁺03] Mark Apperley, Laurie McLeod, Masood Masoodian, Lance Paine, Malcolm Phillips, Bill Rogers, and Kirsten Thomson. Use of video shadow for small group interaction awareness on a large interactive display surface. In *AUIC '03: Proceedings of the Fourth Australasian user interface conference on User interfaces 2003*, pp. 81–90, Darlinghurst, Australia, Australia, 2003. Australian Computer Society, Inc.
- [GHB⁺06] Tovi Grossman, Ken Hinckley, Patrick Baudisch, Maneesh Agrawala, and Ravin Balakrishnan. Hover widgets: using the tracking state to extend the capabilities of penoperated devices. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, CHI '06, pp. 861–870, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [Gre82] Lee Green. 501 Ways to Use the Overhead Projector, chapter 4. Libraries Unlimited, 1982.
- [IAC⁺07] Shahram Izadi, Ankur Agarwal, Antonio Criminisi, John Winn, Andrew Blake, and Andrew Fitzgibbon. C-slate: A multi-touch and object recognition system for remote collaboration using horizontal surfaces. *Horizontal Interactive Human-Computer Systems, International Workshop on*, Vol. 0, pp. 3–10, 2007.
- [IK92] Hiroshi Ishii and Minoru Kobayashi. Clearboard: a seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact. In *CHI '92: Proceedings of the SIGCHI*

- conference on Human factors in computing systems, pp. 525–532, New York, NY, USA, 1992. ACM.
- [IKG92] Hiroshi Ishii, Minoru Kobayashi, and Jonathan Grudin. *Integration of inter-personal space and shared workspace: ClearBoard design and experiments.* ACM, 1992.
- [KMO⁺09] Kazutaka Kurihara, Toshio Mochizuki, Hiroki Oura, Mio Tsubakimoto, Toshihisa Nishimori, Jun Nakahara, Yuhei Yamauchi, and Shin ichi Watanabe. Borderless canvas: Development of a multi-display discussion software for knowledge-emergent presentations. In *Proceedings of ED-MEDIA Conference*, pp. 3676–3681, 2009.
- [LHK⁺06] Paul Luff, Christian Heath, Hideaki Kuzuoka, Keiichi Yamazaki, and Jun Yamashita. Handling documents and discriminating objects in hybrid spaces. pp. 561–570, 2006.
- [MI04] Angelo Maravita and Atsushi Iriki. Tools for the body (schema). *Trends in cognitive sciences*, Vol. 8, No. 2, pp. 79–86, 2004.
- [PC04] Francesco Pavani and Umberto Castiello. Binding personal and extrapersonal space through body shadows; nature neuroscience. Vol. 7, No. 1, pp. 14–16, 2004.
- [PFB05] Barry A. Po, Brian D. Fisher, and Kellogg S. Booth. Comparing cursor orientations for mouse, pointer, and pen interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '05, pp. 291–300, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [SMT08] Yu Suzuki, Kazuo Misue, and Jiro Tanaka. Pen-based interface using hand motions in the air. *IEICE Trans. Inf. Syst.*, Vol. E91-D, pp. 2647–2654, 2008.
- [SSG04] David Stotts, Jason McC. Smith, and Karl Gyllstrom. Support for distributed pair programming in the transparent video facetop. In *Proceedings of XP/Agile Universe* 2004, 2004.
- [STB07] Garth Shoemaker, Anthony Tang, and Kellogg 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.
- [TAW⁺07] Feng Tian, Xiang Ao, Hongan Wang, Vidya Setlur, and Guozhong Dai. The tilt cursor: enhancing stimulus-response compatibility by providing 3d orientation cue of pen. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '07, pp. 303–306, New York, NY, USA, 2007. ACM.

- [TM90] John C. Tang and Scott L. Minneman. Videodraw: a video interface for collaborative drawing. In *CHI '90: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 313–320, New York, NY, USA, 1990. ACM.
- [TM91] John C. Tang and Scott Minneman. Videowhiteboard: video shadows to support remote collaboration. In *CHI '91: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 315–322, New York, NY, USA, 1991. ACM.
- [TNG07] Anthony Tang, Carman Neustaedter, and Saul Greenberg. Videoarms: Embodiments for mixed presence groupware. People and Computers XX Engage, pp. 85–102, 2007.
- [TR07] Philip Tuddenham and Peter Robinson. Distributed tabletops: Supporting remote and mixed-presence tabletop collaboration. In *Proceedings Second Annual IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems TABLETOP* '07, pp. 19–26, 2007.
- [UY08] Keita Ushida and Daichi Yamada. Adding manga-like effects to your presentation with an acceleration sensor. In *Adjunct Proceedings of the Tenth International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 36–37, 2008.
- [WKM04] Shigeru Wesugi, Tomoaki Kubo, and Yoshiyuki 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.
- [栗原 04] 栗原一貴, 五十嵐健夫, 伊東乾. ことだま:ペンベース電子プレゼンテーションの 提案. WISS '04: 第 12 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予稿集, pp. 77–82, 2004.
- [栗原 06] 栗原一貴, 五十嵐健夫, 伊東乾. 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. コンピュータソフトウェア, Vol. 23, No. 4, pp. 14–25, 2006.
- [栗原 10] 栗原一貴, 望月俊男, 大浦弘樹, 椿本弥生, 西森年寿, 中原淳, 山内祐平, 長尾確. スライド提示型プレゼンテーション方法論の拡張手法を定量的に評価する研究. 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 2, pp. 391–403, 2010.
- [杉原 10] 杉原太郎, 三浦元喜, 國藤進. Practicing on stage: デジタルペンシステムによる授業 過程の見える化とインタラクションの増加. 情報処理学会インタラクション 2010 シンポジウム予稿集, pp. 135–142, 東京, 日本, 2010.

- [村田 08] 村田雄一, 志築文太郎, 田中二郎. 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. 第 16 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予稿集, pp. 73–78. 日本ソフトウェア科学会, 2008.
- [村田 09] 村田雄一, 志築文太郎, 田中二郎. Ohp メタファに基づく柔軟なスライド提示インタフェース". 第 17 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. 第 17 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予稿集, 2 pages. 日本ソフトウェア科学会, 2009.
- [村田 10a] 村田雄一, 栗原一貴, 望月俊男, 志築文太郎, 田中二郎. ペンの影を重畳表示する プレゼンテーションツールにおける影のデザイン. 情報処理学会研究報告 (139 回 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会), 5 pages. 情報処理学会, 2010.
- [村田 10b] 村田雄一, 志築文太郎, 田中二郎. 発表者の手元の操作を聴衆に伝えるペンプレゼンテーションツール. 情報処理学会第72回大会, 2 pages. 情報処理学会, 2010.
- [築谷 10] 築谷喬之, ガースシューメーカー, ケロッグブース, 高嶋和毅, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎. 大画面壁面ディスプレイ上での影のメタファを利用したポインティング動作におけるフィッツの法則の検討. 情報処理学会インタラクション 2010 シンポジウム予稿集, pp. 129–134, 東京, 日本, 2010. 情報処理学会.
- [藤本 10] 藤本雄太, 宮下芳明. プレゼンとプレゼンの場をマンガ表現するインタラクティブシステム. 第 18 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予稿集, pp. 73–78. 日本ソフトウェア科学会, 2010.
- [梅林] 梅林靖弘, 丸山一貴, 寺田実. ペンタブレットの空中動作を利用したインタラクション. WISS '09: 第 17 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予稿集, 2 pages.

付録A: 実験的環境における評価にて用いたアンケート

発表者に対する質問

以下の質問項目に対して、適切な | に〇を付けて答えてください. あまり深く考えず、 適当につけてください. また、気づいたことなどあれば、自由に書いてください.

質問項目

● 発表のし易さについて.

非常に かなり やや ふつう やや かなり 非常に やりやすい |-----|-----|-----| やりにくい

● 書き込み+指示機能の使い易さ、分かりやすさについて.

非常に かなり やや ふつう やや かなり 非常に 使いやすい |-----| 使いにくい 分かりやすい |------| 分かりにくい

ページ操作の使いやすさ、分かりやすさについて。

非常に かなり やや ふつう やや かなり 非常に 使いやすい |-----| 使いにくい 分かりやすい |------| 分かりにくい

● その他気づいたことがあればコメントお願いします.

聴講者に対する質問(ペン影)

以下の質問項目に対して、適切な | に〇を付けて答えてください. あまり深く考えず、適当につけてください. また、気づいたことなどあれば、自由に書いてください.

質問項目

● 指示表示について

非常に かなり やや ふつう やや かなり 非常に 見やすい |-----| 見にくい あっさり |-----| くどい

- 書き込みについて
- その他、プレゼンテーションに与えた影響について気づいたことがあれば自由に書いてください

聴講者に対する質問(ノーマルペンタブ)

以下の質問項目に対して、適切な | に○を付けて答えてください. あまり深く考えず、 適当につけてください. また、気づいたことなどあれば、自由に書いてください.

質問項目

● 指示表示について

非常に かなり やや ふつう やや かなり 非常に 見やすい |----| 見にくい あっさり |----| くどい

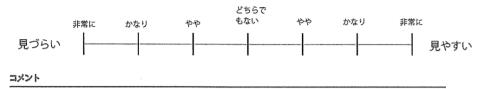
- 書き込みについて
- その他、プレゼンテーションに与えた影響について気づいたことがあれば自由に書いてください

付録B: 実際のプレゼンテーションにおける運用 に基づく評価に用いたアンケート

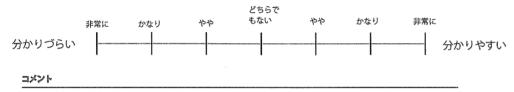
画面に表示される**影に関する**アンケート

<注意:必ず目盛" | "の上に丸をつけて下さい.>

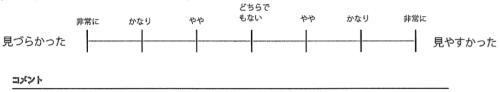
1. 画面に表示された影は見やすかったですか?



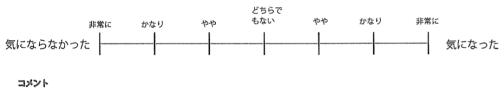
2. 影がどこを指しているか分かりやすかったですか?



3. 影が表示されているとき、スライドは見やすかったですか?



4. 影の出現は気になりましたか?



5. 影が出現することによって、講義の理解にどのような影響がありましたか?

6. 影の出現は総合的に見てよいと思いますか?



で協力ありがとうございました. 筑波大学システム情報工学研究科 村田雄一 付録 C: 実験にて用いた地図

