

直接的な手書き入力による画面隠れを軽減させる半透明提示手法

吉田 亮彦^{*1} 中野 有紀子^{*2} 中川 正樹^{*1}

Semi-translucent Display Method which Reduces Screen Hidings while Allowing Direct Pointing and Manipulation

Akihiko Yoshida^{*1}, Yukiko Nakano^{*2} and Masaki Nakagawa^{*1}

Abstract - This paper presents a method to combine a computer-displayed image with a camera-captured image of presenter's operation to the displayed image with the latter made semi-translucent and overlaid on the former so that viewers can see the former being operated the presenter without being hidden by his/her hand, pen or whatever else. A large interactive electronic whiteboard allows a presenter to directly point and directly manipulate an object as well as annotate on the display so that he/she can attract the attention to his hand, but his/her hand or body may hide the board. On the other hand, operation with an indirect pointing device such as mouse or ordinary display-less pen-tablet does not hide the display but cannot keep attracting the attention of the viewers to the cursor or the writing point. Thus, this paper presents a solution for the presenter to point and manipulate the object on the display-integrated devices directly and for the viewers to focus their attention to the object without being hidden by the presenter's body.

Keywords: direct pointing, pen-based systems, semi-translucent, image processing

1. はじめに

人間は様々な状況に応じて、その状況に最も適した方法を取る。

スライドを用いて視聴者に説明をする状況において、指や手あるいはマーカーなどで注目位置を直接指示する方法は、操作者に自然で、かつ、説明対象に聴衆の注意を集める効果がある。しかし、操作者の手や体が対象を隠してしまう問題もあり、指示棒、レーザーポインタ、そしてパワーポイントであればアニメーション機能がよく用いられることがアンケートによる調査結果からわかる(図1参照)。ただし、指示棒やレーザーポインタで、アノテーションを行うのは容易ではない。

アノテーションは聴衆の注意を集め、説明を補足するのに有効である。この点に注目すると、マウスや表示なしペンタブレットなどの間接指示デバイスでは、画面を隠すことなく手書き入力できるが、きれいに書くには慣れが必要である。手書き入力という視点からは、入力表示一体型のタブレット PC や電子白板で直接画面に書くことが好まれていることがアンケートによる調査結果(図2参照)から分かる。

電子白板で板書しながら行なう講義の映像を視聴者に表示装置を介して提供する状況は、上記二つの状況どちらにも該当する。そのため、各状況の希望である、画

面を隠してしまうことをできるだけ避けたいという希望と、直感的に画面に手書きを行いたいという希望が同時に生じてしまう。そのため、手書きを行う人は、どちらか一つの希望を満たした入力法を選択することしかできない。

そこで本研究では、二つの希望を満たす直接的な手書きによる画面隠れを軽減させる手法を提案する。

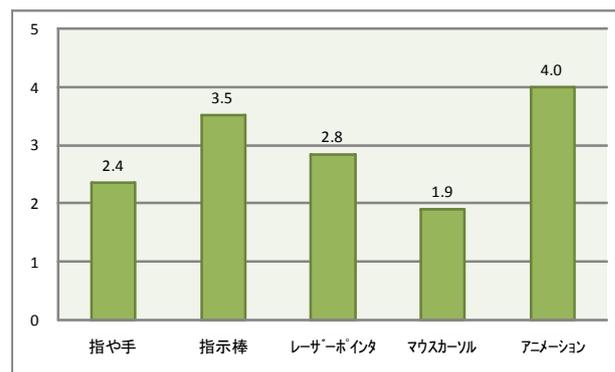


図1 プレゼンテーションにおける各指示方法の使用頻度 (プレゼンテーション経験者33人による5段階評価平均値: 値が大きいほど高評価)

Fig.1 Frequency of Pointing Methods Employed for Presentation.

*1: 東京農工大学大学院 工学府

*1: Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

*2: 成蹊大学 理工学部

*2: Faculty of Science and Technology Seikei University

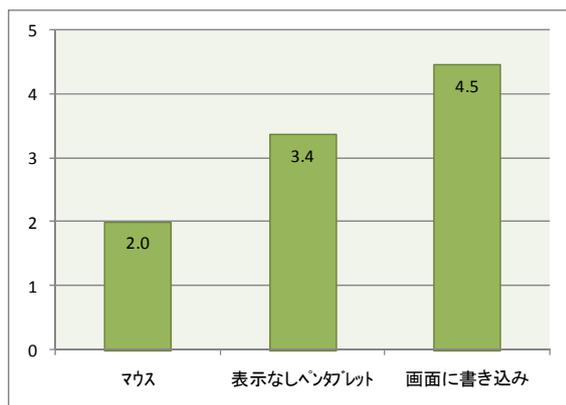


図 2 各手書き入力方法の使いやすさ
(3つの方法すべての経験者 11 人による
5 段階評価平均値：値が大きいほど高評価)

Fig.2 Easiness of Use for Handwriting.

2. 画面隠れを軽減する手法

2.1 操作体を表示する効果

表示装置を介して視聴者が講義などを視聴するとき、電子白板などに直接的に手書きが行われながらも、電子白板をできる限り隠さない状況を実現する手法として、筆記画面を隠してしまう手や体、ペンなど（以下、操作体）を見えなくすることが考えられる。見えなくすることにより、画面を隠すことはなくなる。しかし、完全に見えなくなってしまった場合、視聴者が見ることができるのは、画面上の手書き内容の変化だけである。注視点が分かりづらくなり、また、誰が書いているか、どんな表情で、どんな身振り手振りを伴っているかなどもわからない。岩田らは、映像の変化が乏しくなるため、視聴者が集中力を失いやすくと述べている[1]。したがって、完全に操作体を見えなくしてしまうのは適切ではないといえる。

2.2 現在用いられている手法

現在の講義映像に用いられている表示手法として、手書きが行われている情景を含む講義画像（多くの場合、動画像）と、元のコンピュータ画像を並べて表示する方法がある。この方法であれば、上記で述べた映像の変化の乏しさの問題と画面隠れの問題を解決することができる。しかし、この手法の場合、出力する画像が2つになってしまうため、2 画像分の出力領域を確保し、かつ、それぞれの画像を縮小しなくてはならない。また、視聴者が2つの画像を交互に見なくてはならないという問題もある。講義画像と元画像（スライドであることが多い）に加えて、手書きが行われている電子白板の3つの画像を表示する講義コンテンツ[2]では、各画像を縮小しなくてはならないという問題がさらに顕著に表れている。

2.3 半透明提示手法

我々は直接的に手書きを行う際に筆記画面を隠してしまう操作体を完全に見えなくするのではなく、半透明に

表示させることにより画面隠れを軽減させる手法を取る。半透明であれば、画面を完全に隠すことなく、手書きを行っている手や体、そしてペンを表示することができるため、注視点の明示と画面隠れの問題解決を同時に満たすことができる。また、出力する画像が1つでよい場合、出力範囲の問題も解決することができる。我々は、この手法が画面に直接書き込むことを可能にしつつ、画面をできるだけ隠さない状況を実現できる手法として適していると考えられる。

以降では、手書きを行うときに画面を隠してしまう操作体を半透明に表示する手法を半透明提示手法と呼び、半透明提示手法によって作られた映像を半透明提示映像と呼ぶことにする。

3. 半透明提示手法の設計

3.1 半透明提示手法に必要な画像

半透明提示手法では、半透明提示映像を作成するにあたって3枚の画像を必要とする。1枚目に必要な画像は、手書きが行われていない画面を含む背景の画像である。次に、必要な画像は、画面に直接手書きを行っている様子を表した映像の1フレーム毎の画像である。この画像中の、画面に書き込んでいる操作体を半透明に表示することになる。本稿では、この画像を情景画像と呼ぶことにする。さらに、先述した1枚の画像はこの情景画像において、人物の背景であることから、背景画像と呼ぶことにする。

人物を半透明に見せる映像を作成する簡単な手法として、背景画像と情景画像を半透明にしたものを重ねることによって作成する手法がある。しかし、この手法では、操作体で隠された画面の情報を取得していないため、その部分を表示することはできない。また、書き込んだ文字も半透明になってしまうため見づらくなってしまふ。そのため、手書きの操作が行われているコンピュータの画像が必要となる。本稿では、この画像をコンピュータ表示画像と呼ぶことにする。これらの3枚の画像が半透明提示手法には必要となる。

3.2 画像の合成

半透明提示手法に必要な3枚の画像の合成方法について述べる。

まず始めに、背景画像中の画面領域に、手書きによって更新されるコンピュータ表示画像をはめ込むことによって、画面領域だけ更新される画像を作成する。本稿では、この作成した画像を画面領域更新画像と呼ぶことにする。

次に、画面領域画像と情景画像を半透明にした画像を重ねて合成する。これらの合成処理によって、半透明提示映像の1フレームを作成する（図3参照）。

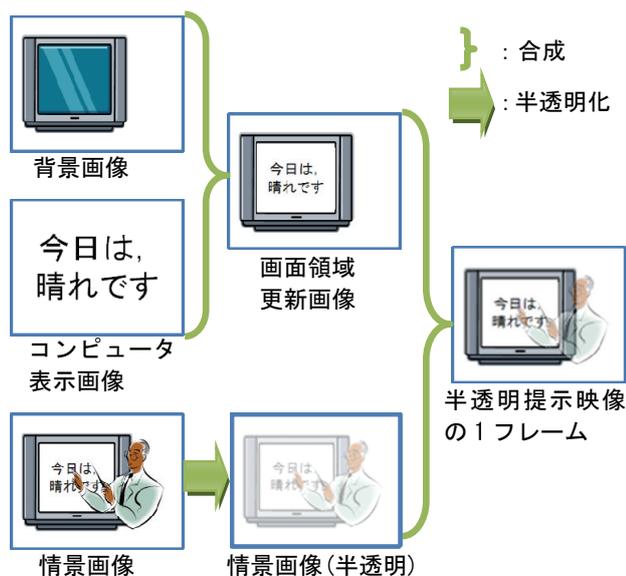


図 3 提示手法 1 の合成手順

Fig.3 Synthetic Procedure of Display Method 1.

3.3 もう一つの半透明提示手法

先に述べた作成方法は情景画像中の操作体すべてを半透明に表示する。つまり、手書きが行われる画面外の操作体も半透明に表示している。本研究の目的は画面隠れを軽減する手法を提案することであるため、筆記画面外の操作体を半透明にする必要がないかもしれない。そこで、もう一つの半透明提示手法として、筆記画面に重なっている操作体だけを半透明に表示して、画面外の部分は半透明にしないで表示することを考える。本節では、その場合の半透明提示手法の合成手順について述べる。

この方法の場合、情景画像とコンピュータ表示画像の 2 つの画像だけを用いることによって作成することができる。具体的な処理としては、前の方法で使用した背景画像の代わりに、情景画像の画面領域にコンピュータ表示画像をはめ込む。そうすることによって、筆記画面外の操作体が消去された画像を作成することができる。本稿ではその画像を画面領域更新画像(2)とする。

次に、画面領域更新画像(2)と情景画像を半透明にした画像を合成することにより、画面領域上の操作体だけ半透明で表示され、画面外の部分は通常に表示される画像を作成することができる。以上が、もう一つの半透明提示手法の合成手順である。

ここで、第 3.2 節と、本節で作成方法を述べた二つの半透明提示手法を区別するため、本稿では、それぞれ、提示手法 1、提示手法 2 と呼ぶことにする (図 4 参照)

ここまで電子白板を例に提案手法を記述してきたが、Tablet PC で筆記やアノテーションを行い、それを大型スクリーンに投影する手法でも利用できる。

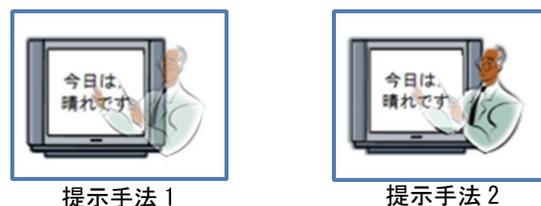


図 4 二つの半透明提示手法の結果

Fig.4 Result of Two Semi-transparent Display Methods.

3.4 既存研究との差異

人物を半透明にすることによって、画面隠れを軽減するという、我々の研究と共通点がある研究がすでに行われている[3][4][5][6].

細谷らと小原らによる研究では、資料中の指示を行うとき画面隠れを軽減させるために、人物を半透明に表示する手法を取っている[4][6]. しかし、それらの指示などは我々の調査によると、画面を隠すことなく指示が可能で他のデバイスを用いれば解決することができることが確認されている。我々は、指示による画面隠れを軽減させるためだけでなく、手書き入力時の画面隠れを軽減させることを目的としている。その目的を達成するために必要な、手書きが行われているコンピュータの表示画像の取得は、我々の作成した半透明提示手法以外では行っていない。そのため、手書き入力による画面隠れを軽減することは我々の研究でだけ可能と考えられる。

4. 実現

第 4 章では、第 3 章で述べた設計に基づき、プロトタイプを実装した方法について述べる。

4.1 開発環境

半透明提示手法の開発言語には .net framework の機能を利用するため C# を用いた。画像処理には、AR アプリケーション開発ライブラリである NyARToolkitCS¹ を利用するため Direct3D を用いた。

4.2 画像の取得

半透明提示手法に必要な 3 枚の画像の取得方法について述べる。まず、背景画像と情景画像の取得には Web カメラ (Logicool 製, Qcam Fusion) を用いた。視聴者側のコンピュータに繋ぎ、30fps のフレームレートで、360x240 のサイズの画像を取得する。背景画像は、あらかじめ手書きが行われていない様子の画像を保存しておく。情景画像は、背景画像を撮影したときと同じアングルから、手書きが行われている様子を撮影して取得する。次に、コンピュータ表示画像の取得には、手書き操作が行われるコンピュータのデスクトップ画像をネットワークを通して視聴者側のコンピュータに転送する方法を取った。これらの方法により取得した 3 枚の画像を視聴者側のコ

¹: NyARToolkitCS – NyARToolkit

ンピュータで合成処理を施す。

4.3 画像の合成

第3章で述べた合成手順に基づき、我々が本研究で用いた画像の合成方法について述べる。まず、背景画像とコンピュータ表示画像を合成には、NyARToolkitCS を利用した。NyARToolkitCS により、背景画像中の画面領域にコンピュータ表示画像を領域に合わせて変形させ、その領域にはめ込む。この処理によって画面領域更新画像が作られる。次に、画面領域更新画像と情景画像を合成する。合成には、Direct3D のアルファブレンディング機能を採用した。その機能により、情景画像を半透明にしながら、画面領域更新画像と重ね合わせられる。これらの合成処理により、半透明提示映像の1フレームを作成している。

4.4 画像の出力

第4.3節までに作成した半透明提示映像の1フレームを、視聴者側のコンピュータにおいてDirect3Dを用いてディスプレイ上に出力する。出力は、自然な動きを保持するため30fpsの間隔で行う。タブレットPC(富士通製, FMV-STYLISTIC)と、電子白板(日立製, STAR-BOARD)で手書きを行った様子を半透明提示映像として合成し、出力した結果をそれぞれ図5と図6に示す。

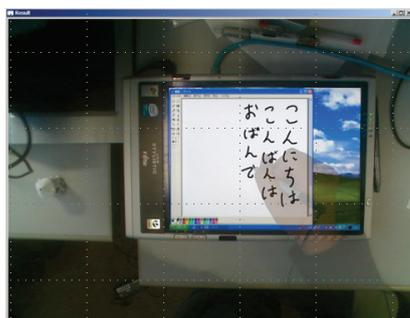


図5 出力結果 (タブレット PC への手書き)

Fig.5 Output from Tablet PC.

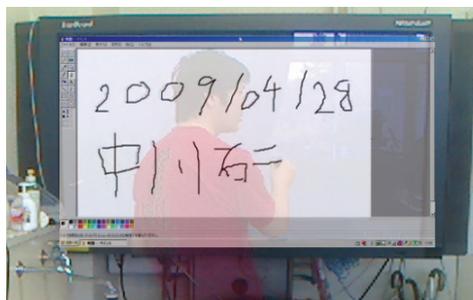


図6 出力結果 (電子白板への手書き)

Fig.6 Output from Electronic White Board.

5. 評価実験

半透明提示手法の効果を実証するために評価実験を行った。第5章では、その評価実験の内容及び、結果について述べる。

5.1 実験目的

操作体を表示すること(以下、操作体表示)によって集中の持続や、書き手がどの位置に書きこむかを判断しやすくなるという利点と、画面を被覆しないこと(以下、画面非被覆)によって画面隠れの軽減ができる利点の両立を図って半透明提示手法の設計を行った。そこで、本実験では、二つの利点それぞれについて、本手法が実際にそれらの利点を利用できているかを検証する。

5.2 実験内容

半透明提示映像と、講義動画に用いられる情景画像とコンピュータ表示画像を分割して表示した映像(以下、二分割表示映像)の比較を行った。第5.1節で述べた二つの利点それぞれの検証をするため、学生10人に二つの実験とアンケートの記述を指示した。二つの実験とアンケートの内容を以下に示す。

5.2.1 実験1の内容

実験1では操作体表示による利点の検証をする。筆記画面を12の範囲に分割し、書き手がいずれかの範囲に楕円を書き込む動画を、本実験用に作成したアプリケーション上で再生する。被験者は、書き込まれた範囲を特定した時点で、書き込まれた範囲に対応するボタンをクリックする(図7参照)。被験者には、可能な限り正答することと、ボタンを早くクリックすることを指示した。動画は、映像の種類ごとに23種類(計46種類)あり、ランダムに各動画を1回ずつ再生する。動画が再生されてから、ボタンをクリックするまでの時間と、全体を通しての正解数を記録する。



図7 実験1における操作

Fig.7 Operations in Experiment 1.

5.2.2 実験2の内容

実験2では画面非被覆による利点の検証をする。筆記画面において、書き手が9つの地図記号のいずれかを書き込む動画をアプリケーション上で再生する。被験者は書き込まれた地図記号を特定した時点で、対応するボタンをクリックする。被験者には、可能な限り正答することと、ボタンを早くクリックすることを指示した。動画は、映像の種類ごとに18種類(計36種類)あり、ランダムに各動画を1回ずつ再生する。動画が再生されてから、ボタンをクリックするまでの時間と、全体を通しての正解数を記録する。

5.2.3 アンケートの内容

実験終了後にアンケートを取った。質問は3項目あり、2つの映像それぞれの5段階評価とその理由の記述を示した。質問内容を以下に示す。

質問1：各映像における、人が描いている位置のわかりやすさについてお答えください。

質問2：各映像における、描いているものの判断しやすさについてお答えください。

質問3：各映像における、視聴しているの疲労感（ストレスなども含む）についてお答えください。

質問1では操作体表示による利点を、質問2では画面非被覆による利点を、そして、質問3では実用化を想定して、疲労度について主観的観点からの検証を行う。

5.3 実験結果

それぞれの実験結果を以下で述べる。

5.3.1 実験1の結果

映像ごとの合計時間を比較した結果、半透明提示映像の方が反応までの時間が速かったが、片側検定でのt検定において有意であることを認めることはできなかった。正答率に関しても差は認められなかった（表1参照）。

表1 実験1の結果

Table1 Result of Experiment 1.

	合計時間	正答率
二分割表示映像	148.8 秒	99.6%
半透明提示映像	147.5 秒	98.7%

※すべての値は被験者10人の平均値

5.3.2 実験2の結果

映像ごとの合計時間を比較した結果、半透明提示映像の方が反応までの時間が速く、片側検定でのt検定において有意であることが認められた($t(9)=2.03, p<.05$)。正答率に関しては差を認めることはできなかった(表2参照)。

表2 実験2の結果

Table2 Result of Experiment 2.

	合計時間	正答率
二分割表示映像	188.1 秒	98.3%
半透明提示映像	185.8 秒	97.8%

※すべての値は被験者10人の平均値

5.3.3 アンケートの結果

5段階評価の結果、質問1では、半透明提示映像の方が高評価であり、片側検定でのt検定において有意な傾向があることが認められた($t(7)=-0.75, p<.1$)。質問2では、半透明提示映像の方が評価の平均値は大きかったが、片側検定でのt検定において有意であることは認められなかった。質問3では半透明提示映像の方が高評価であり、片側検定でのt検定において有意な傾向があることが認められた($t(7)=-1.59, p<.1$) (表3参照)。3つの質問の高評価である共通した理由としては、二画面表示の場

合、交互に画面を見る必要があるという煩わしさがあるが、半透明提示映像であればその煩わしさが無い。このことが主な理由であることが、被験者の証言から確認できた。なお、アンケート結果だけ8人による評価である。

表3 アンケート結果

Table3 Result of the Questionnaire.

	質問1	質問2	質問3
二分割表示映像	3.63	3.88	2.63
半透明提示映像	4.50	4.25	3.50

※すべての値は被験者8人の平均値

5.4 考察

画面非被覆の検証目的である実験2において、半透明提示映像は二分割表示映像と客観的観点から比較すると有意であることが確認できた。このことより、従来用いられることのある二分割表示映像より、画面非被覆による効果が高く、画面隠れが軽減できていることが検証できた。他の検証項目では、主観的観点からの有意性だけしか認められなかったため今後さらなる検証を行う必要がある(表4参照)。

表4 半透明提示映像の有意性

Table4 Significance of the Semi-translucent Display

Method.

検証項目	操作体表示		画面非被覆		疲労感
	主観	客観	主観	客観	
有意性の有無	+	-	-	*	+

*：有意である，+：有意な傾向がある

6. 今後の展望

6.1 手書き以外での利用

半透明提示手法は、画面への直接的な手書きのために設計したものであるが、タッチパネルのような直接的な入力を行う際に画面隠れが生じるものに対してすべてに効果がある。また、プレゼンテーションにおけるアンケートの結果において、画面を隠してしまうデバイスは避けられる傾向があると述べたが、我々の手法を適用すれば画面を隠すことがない。そのため、最も容易に扱うこ

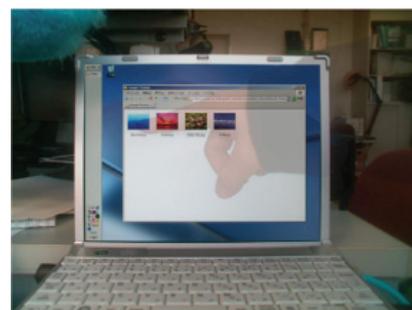


図8 直接的な指示における半透明提示手法の利用

Fig.8 Use of Semi-translucent Display Method for Direct Pointing.

とができる手や指による直接的な指示を気兼ねなく使うことが可能となる(図8参照)。これらのことから、半透明提示手法は手書きだけでなく、画面への直接的な入力や指示といった幅広い利用法がある。

6.2 ヘッドマウントディスプレイの利用

提示手法1の場合、背景画像と情景画像を撮影するカメラの位置が一致している必要があるため、カメラの位置は最初から固定されている必要がある。一方、提案手法2の場合、背景画像を取得する必要がない。また、NyARToolkitCSを用いることによって、カメラの位置が変わっても画像中にはめ込む画像の形状変換と領域の特定を自動的に行うため、半透明提示手法を続けることができる。そこで、視聴者にヘッドマウントディスプレイとwebカメラを装着することにより、視聴者が移動しても半透明提示手法で見続けることが可能になる。これは視聴者だけでなく、手書きを行っている人にも効果がある。

6.3 表示なしペンタブレットへの応用

表示なしペンタブレットでは、入力表示一体型のタブレットPCと比べて、直感的に手書きを行うことができないという問題点があげられる。そこで、我々はこの問題点を改善するために、半透明提示手法を表示なしペンタブレットに適用した。今までの説明では、コンピュータ画面への手書きが行われている情景を撮影していたが、この場合では、表示なしペンタブレットに手書きをしている情景を撮影する。そして、表示なしペンタブレットの手書き領域にコンピュータ表示画像をはめ込み、半透明提示映像を作成する。第6.2節同様、手書きを行っている人は、ヘッドマウントディスプレイを通して作成した画像を見ることによって、表示なしペンタブレット上に表示されたコンピュータ表示画像に直接的に書き込んでいる感覚を味わうことが可能となる。つまり、入力表示一体型のタブレットPC同様に直感的な手書きを可能になる。さらに、半透明提示手法の特徴である画面隠れの軽減の効果が得られる。実際に表示なしペンタブレット(ワコム製, intuos)で手書きを行った様子を半透明提示映像として合成し、表示した結果を図9に示す。



図9 表示なしペンタブレットへの適用結果
Fig.9 Application to Display-less Pen-tablet.

7. おわりに

本稿では、まず、表示装置を介して視聴者が講義などを視聴するときに、直接的に画面に手書きが行われながらも、画面をできる限りだけ隠さない状況が望ましいことを述べた。次に、手書きを行っている人物の手や体を半透明に表示することにより、その状況を実現する半透明提示手法を提案した。その手法の設計において、手書きが行われている情景画像および背景画像と、手書きが行われているコンピュータの表示画像を取得して合成する手法について述べ、具体的な実現方法を述べた。さらに評価実験を行い有効性について確認をして、最後に今後の展望について述べた。

謝辞

本研究は、文部科学省特別教育研究経費共生情報工学研究推進経費の一部補助による。評価実験に参加頂いた被験者の方々、多くの助言を頂いた土橋勇哉ならびに丹野勇哉に感謝の意を示す。

参考文献

- [1] 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, Vol.2002, No.119(CE-67), pp.33-40 (2002).
- [2] 寺田達也, 久保賢太郎, 織田英人, 塚原渉, 品川徳秀, 藤田孝弥, 中川正樹: 教員によるコンテンツ作成のためのコンパクトな講義自動収録システムの構築; 教育システム情報学会 第32回全国大会(JSiSE2007) 講演論文集, pp.96-97 (2007).
- [3] Wigdor, D., Forlines, C., Baudisch, P., Barnwell, J., Shen, C.: LucidTouch A See-Through Mobile Device, Proc. UIST 2007, pp.269-278 (2007).
- [4] 細谷英一, 北端美紀, 佐藤秀則, 原田育生, 小野澤晃: ミラーインタフェースを用いた双方向型インタラクティブコミュニケーションの実現; 電子情報通信学会総合大会講演論文集, pp.296 (2005).
- [5] 安田和隆, 杉田馨, 牛田啓太, 苗村健, 原島博: 透過型ビデオアバタを用いたコミュニケーション・プレゼンテーション支援システム; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002, 3144, pp.589-592 (2002).
- [6] 小原理: 視認性とプレゼンス性を両立させる遠隔講義映像の送受信方法; JAIST Repository, M-IS. 平成14年度 (2003).