

インタラクティブステーション

Interactive Station

新西 誠人* 桜井 彰*
Makoto SHINNISHI Akira SAKURAI

山口 邦久*
Kunihisa YAMAGUCHI

森澤 一郎*
Ichiro MORISAWA

大村 克之**
Katsuyuki OMURA

北澤 智文*
Tomofumi KITAZAWA

要　　旨

ホワイトボード（電子黒板）とプロジェクタの機能を融合し、簡単に電子情報へ手書き内容を加筆できるテーブル型コンピュータであるインタラクティブステーションを開発した。本装置はスクリーンの背面から投影および撮像することにより、スクリーン面へのマーカーペンによる書込をデジタル情報に変換し、元のファイルへの重畳表示と保存を可能としている。システムの各部の性能評価を実施し、実用性を確認した。また、昨秋の新聞およびTVへの発表により、引き合いのあった社外企業に貸し出しを行い、各企業にユーザーとして評価していただいた結果も述べる。

ABSTRACT

We developed a novel tabletop computer system called Interactive Station. The system has an ability of easily overlaying drawing of physical marker pens onto digital information which integrates the function of actual whiteboards and computer projector. Computer information is rear-projected onto the screen while the drawings on the screen are captured from the back of the screen which would further be overlaid onto the computer information. We evaluated the performance of each part of the system. We conducted test marketing with our first stage prototype system by setting it to the work place of potential customer for trial employment.

* 研究開発本部 オフィスシステム開発センター

Office System Development Center, Research and Development Group

** 研究開発本部 先端技術研究所

Advanced Technology R&D Center, Research and Development Group

1. 背景と目的

知識の共有や創造のために、複数人数で対面して会議を行うことは、オフィスにおいてよく見られる光景である。そのような知的共同作業を、コンピュータを利用して支援する仕組みは、CSCW（Computer Supported Cooperative Work）と呼ばれ、多くの研究がなされている。上記にあげたようなリアルタイムかつ対面型の会議を支援するシステムは主に電子会議支援システムとして知られ、共同作業の円滑化・効率化・活性化のために用いられる¹⁾。我々は、複数人数で対面した会議を支援するシステムとして、デジタル情報と、ホワイトボード用の水性マーカーペン（以下マーカーペン）を使って手書き加筆した内容とを重畠保存可能な、リアプロジェクション方式のテーブル型コンピュータ「IS（Interactive Station）」を試作した。また、コンセプトの仮説検証のために、ユーザに貸し出しヒアリングを行ったので報告する。

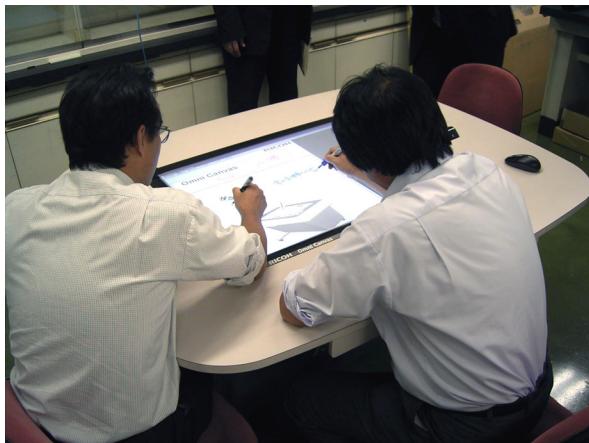


Fig.1 Using of IS.

2. コンセプト

IS がユーザに提供する機能として、(1)参加者全員で視線を共有してアドホックに資料を参照する機能、(2)参加者全員で資料に書き込み保存する機能、(3)コラボレーションの場を提供する機能、がある。以下に、従来の電子会議支援システム²⁾と比較しながらISのコンセプトを述べる。

情報参照の側面から(1)は、従来の電子会議支援システムでは、(1)aユーザごとに異なる画面を利用する場合にユーザがどこを指しているのか不明、(1)b必要な資料をオンデマンドに参照できない、などの問題点があった。これに対して、ISでは、(1)a大写しにされた電子文書を全員で参照することができ、また、(1)b情報ポータルとして機能するため、議論の文脈を分断しないオンデマンドな情報参照性を提供する。これにより、議論の先送りや、やり直しをすることなくスピーディなコラボレーションが期待できる。

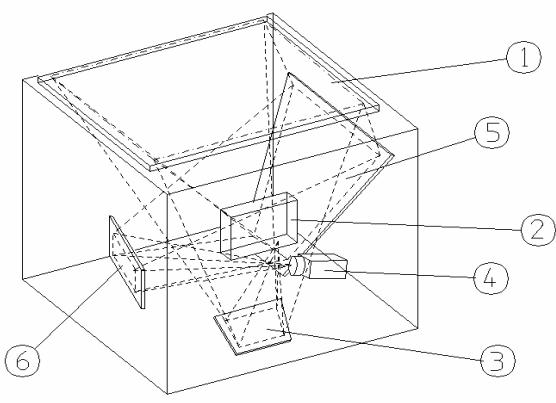
情報への加筆性の側面から(2)は、従来の電子会議支援システムでは、(2)aシステムの利用が難しい、(2)bペンを持つ人が権限を握る操作者権限の問題、(2)c使用した資料がそのまま議事録にならないという問題があった。(2)a (2)bに関して、従来の電子会議支援システムでは、入力に電子ペンを利用するため、筆記における時間遅延や複数人数への未対応が生じていた。手書きについて、美崎らは、発想を形にするためには、アイディアを書き留めることが重要であり、そのためにはコンピュータへの手書き入力への柔軟性への要望を指摘している³⁾。ISでは、筆記にマーカーペンを用いることで、時間遅延なく手軽に入力できるだけでなく、複数人数が同時に筆記することも可能としている。また、(2)c筆記結果を対象の電子情報に簡単に重畠し保存できるようにしてある。これにより文脈を分断することなくポイントを共有しながら議論を進めることができ、さらに、これを保存することで、議事録を別に起こす必要なく、結果を簡単に共有できる。

場の側面から(3)は、電子的に強化された情報操作・参照の場に加えて、ISではテーブル型を採用することで、テーブル型のメリットを活かした“ミーティングテーブル”としての物理的な場を提供する。我々は、縦型とテーブル型を開発していたが、同じ目線で行う会議こそ創造的であるとの観点と、テーブルの上に物を置くことができるという観点からテーブル型に注力した。また、テーブル型のメリットとして、集いやすい場の提供がある。テーブル型ディスプレイ、テーブル型コンピュータが数多く発表されているが⁴⁾、それは場の提供として、集いやすいことを現しているとい

えよう。このように、必要なときに近くでさっと集まることができる仕事の文脈を分断しないオンデマンドな場の提供と、着座対面姿勢による対話に適切な距離感⁵⁾を提供する。これにより、スピード感をもったコミュニケーション機会の増大と、対話の活発なコラボレーションの機会を期待できる。

3. システムの構成

3-1 ISのハードウェア構成



NO	名称
①	スクリーン
②	プロジェクタ
③	投影反射ミラー
④	カメラ、撮影レンズ
⑤	撮影反射ミラー1
⑥	撮影反射ミラー2

Fig.2 Structure of IS Hardware.

ISのハードウェア構成をFig.2に示す。主な構成について、詳細を説明する。

3-1-1 スクリーン

スクリーン部は透明アクリル板がベースで、37インチの大きさに表示可能である。その表示側の面は高コントラストグレースクリーンフィルム、ハードコート保護フィルムを貼り合わせた構造である。スクリーン視野角を広く取っているため、真横に近い位置からも画像を見ることがきる。

3-1-2 プロジェクタ

投影明るさ 2200lm、画素数 1024×768 (XGA, DLP) のプロジェクタを採用している。

3-1-3 カメラ・撮影レンズ

スクリーン画像を撮影するカメラは130万画素、1/2インチCMOSセンサーカメラを、撮影レンズはCマウントレンズ ($f=12.5\text{mm}$, F1.4) を使用している。

3-1-4 光学設計

光学設計は、上記にあげたプロジェクタによる投影系とカメラによる撮影系に分けられる。

まず投影系では、投影画面の大きさとテーブル面の高さの制約から、プロジェクタから映写した画像を、1回のミラー反射およびレンズシフトにより投影している。また、撮影系では、投影と同一方向から撮影をしてしまうと、それぞれのミラーを独立して配置するのが難しく、機器本体の厚みが増してしまうので、撮影方向をプロジェクタによる投影と直角にしている。以上のような構成のため、カメラの受光部の中心部と光軸をシフトし、また、チルト撮影を行って撮影している。

3-2 ISソフトウェア

ISのソフトウェアの構造とSDKについて述べる。ISソフトウェアの構造についてFig.3に示す。ISソフトウェアでは、アプリケーションからISの機能を使うためにDLL形式とし、APIを提供している。APIはDirect Showを通してIS内蔵のカメラを制御している。スクリーンに書き込んだものはこのカメラを利用して取得している。取得した画像は、色むら補正、歪み補正、書込画像の抽出などの画像処理を行った後、書込画像情報とともに書込画像を取得して貼付画像を生成して、ISに表示しているファイルへと貼り込んでいる。

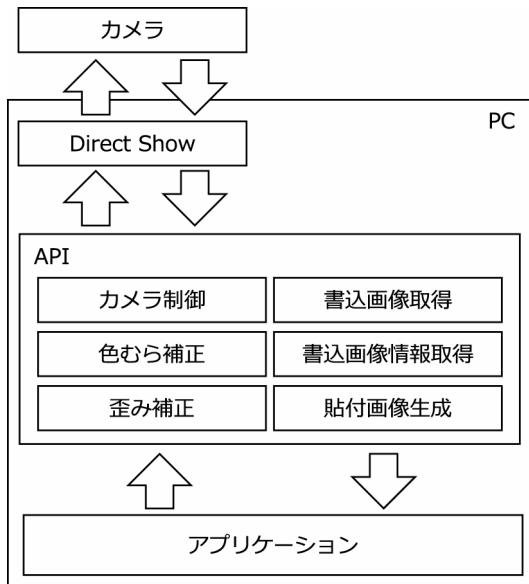


Fig.3 Structure of IS Software.

3-2-1 MS-Officeファイル（Word, Excel, PowerPoint）への貼付

MS-Officeファイルへの手書き情報の貼り付けは、WindowsのOLEオートメーション機能によりMS-Officeを制御して、手書き情報と貼り付ける画像が重なる位置にビットマップオブジェクトとして、貼り付けている（Fig.4にファイル構造の概念図を示す）。それにより貼り付けた画像とファイルが一体化するため、スクロールや拡大縮小にも対応可能であり、あとからファイルを見直す場合でも、対象ファイルだけで書き込み内容の書かれた文書も参照可能となる。また貼り付けた画像は、ビットマップオブジェクトとして貼り付けているため、オブジェクトを選択することで、自由に移動やコピーなども行える。

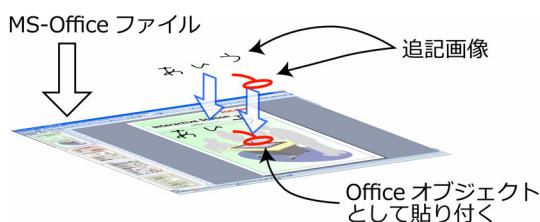


Fig.4 Structure of MS-Office file.

3-2-2 画像への貼付

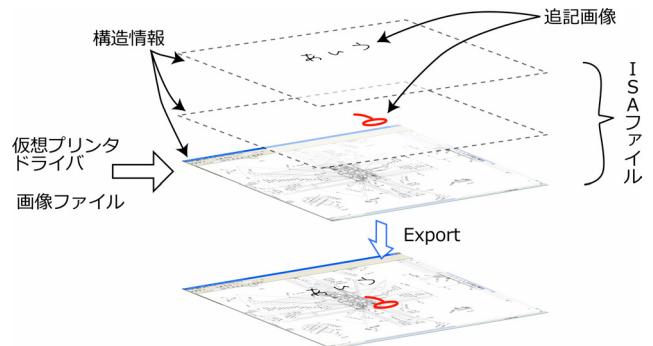


Fig.5 Structure of ISA File.

3-2-2 MS-Officeファイル以外への貼付

MS-Officeファイル以外のアプリケーションに対応するために画像を階層管理するアプリケーションを作成し、手書き情報を追記画像として階層的に貼り付けができるISAファイル形式を独自に作成した。Fig.5にISAファイルのファイル構造を示す。対象画像がTIFFやBMP形式の場合、手書き情報を貼り付けるレイヤーを作成し、元の画像と重ね合わせている。レイヤー構成とすることで、不必要的レイヤーを選択し削除するなどの動作を行うこともできる。上記にあげた以外のファイル形式、対応しないアプリケーションやデスクトップ画面に手書き情報の貼り付けを行う場合には、画面キャプチャーを行って元画像となるものを作成してから、その上に手書き情報を各レイヤー貼り込んでいる。

3-2-3 SDK

ISをユーザのワークフローへ導入する敷居をさげるために、SDKの開発を行った。SDKを利用することで、JavaScriptやVBScriptなどのスクリプト言語からISの機能を利用できる。Fig.6にIS-SDKを利用するブロック図を示す。スクリプト言語を通してアプリケーションからIS-SDKを利用することで、ISソフトウェアで提供しているAPIと同等のIS機能を利用できる。

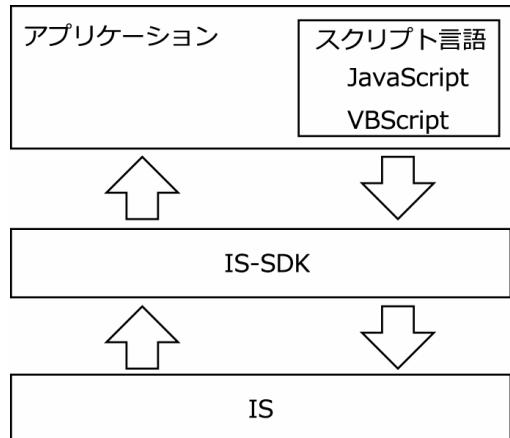


Fig.6 Structure with IS-SDK.

4. 性能評価

投影画質に関する評価（スクリーン自体の性能評価も含む）と、撮り込んだ画像の色判別精度に関する評価を行った。

4-1 投影画質に関する評価

投影に関する評価を、以下の項目で行った。

- ① 全画素を白で投影した時の画面中心の輝度
- ② 全画素を白にした場合と、黒にした場合の画面中央の輝度比（コントラスト）
- ③ 全画素白投影時の画面中央の白色色温度
- ④ 1画素幅の線（赤、緑、青の3色）を投影した時に、投影範囲内で最もぼける位置では、何画素分の太さに見えるか（フォーカス）
- ⑤ 画素欠陥（輝点、減点）の有無
- ⑥ スクリーンの枠に対する投影画像の位置ズレ、画像の歪み
- ⑦ スクリーン表面のゴミ、傷
- ⑧ スクリーンの平面度

結果（複数台測定したものの平均）をTable 1に提示する。

測定結果から、実使用上は特に問題がないと考えているが、フォーカス特性の改善などにより、さらに投影画像の向上を図りたい。

Table 1 Measurement result of projection quality.

評価項目	測定値
①最大輝度	494 (cd/m ²)
①実用輝度	445 (cd/m ²)
②コントラスト	234 : 1
③白色色温度	(0.308, 0.374)
④フォーカス（赤線）	最大2画素
④フォーカス（緑線）	最大2画素
④フォーカス（青線）	最大2画素
⑤画素欠陥（輝点）	なし
⑤画素欠陥（減点）	なし
⑥表示位置ズレ（上下）	1.75mm
⑥表示位置ズレ（左右）	2.5mm
⑥画面の歪み（上）	2.25mm
⑥画面の歪み（下）	1.75mm
⑥画面の歪み（右）	3mm
⑥画面の歪み（左）	2.75mm
⑦傷	新品状態では無
⑦ゴミ	新品状態では無
⑧スクリーン平面度	0.68mm

4-2 撮り込んだ画像の色判別精度に関する評価

撮像画像の色判別評価は、マーカーペンの書き込みに相当するチャートを作成し、使用する場所の明るさを変えて、取り込み画像の色判別の正答率を確認した。Table 2に測定結果を提示する。

Table 2 Measurement result of color identification.

明るさ (lx)	黒	赤	青
750	100%	99%	99%
580	98%	100%	97%
450	95%	100%	100%

撮り込んだ画像の色判別に関しては、使用上問題のない値が出ている。ただし、使用するときにはインクが垂れたり、かすれたりすることがあり、その部分は色判別を誤る可能性が高い。この点は、今後改善していく。

5. ユーザ体験

ISについてユーザの評価を得るために、2006年秋に本システムをマスコミに発表し^{6) 7)}、試用評価に興味が

あるユーザを募った。いくつかのユーザにISを貸し出し、聞き取り調査を実施した。結果の一例を示す。

5-1 コミュニケーションの場作りに寄与した事例

5-1-1 IS導入前の業務形態

サービス業 営業部門において、顧客への企画提案書について議論し素案をその場で作成する業務である。3~4人で行い1人は書記役を兼ねる。白板を用いた議論が行われ、これに書かれた内容と発言をもとに書記役が手元の紙に議論内容を記録する。議論後、メンバーのうち1人が、書記役が記録した紙を受け取り、提案書をビジネスソフトで作成する。

5-1-2 IS導入後の業務形態

白板の役割がISに置き換えられた。ユーザはIS上で白紙の文書を開き、そこに参加者全員で書き込みを行い、過程を可視化して共有しながら素案を作り上げ、議論終了後にISで取り込む。取り込み結果は提案書作成担当者にメールで送られる。担当者はこれを印刷して参考しながらビジネスソフトで提案書作成作業が行われる。

5-1-3 ユーザの声

- 1) 導入前は白板の前で特定の発言者が教師対生徒のような関係で話す機会が多かったが、導入後はメンバー全員の発言機会が増え、参加意識が高まり、ディスカスのモラールアップにつながった。（マネージャ）
- 2) 書記役を置かなくなった（マネージャ）
- 3) 書記役のため議論に参加したくても参加できなかつたが、書記をしなくなったことと、前に出て白板に書く必要がなくなったことで、積極的に議論に参加できるようになり、参加意識が高まった（若年世代担当者）

5-1-4 考察

この例では、ストレスの少ないスマートな筆記性を維持しつつ、ISのテーブル形状がメンバー間の対等な

関係を醸成したことにより、良好なコミュニケーションの場が提供されたことが、ISがユーザに提供する第一の価値として見いだされた。

さらに、この状況を、ワークフローにスマートに結びつける機能として、ISの主要機能である筆記の取り込みが寄与したものと考えられる。

5-2 コスト削減に直接的に寄与した事例

5-2-1 IS導入前の業務形態

製造業R&D部門での、開発メンバーによる回路パターンレイアウト図面のレビュー業務。3~4人で行う。はじめにCAD図面をプロッタでA0版の用紙に印刷する。この紙図面を参照して、パターン変更箇所をペンで書き込む。レビュー終了後、担当設計者が紙図面を持ち帰り、CAD上で設計変更する。このとき、A0番図面の印刷に3時間要する。さらに、1つのプロジェクトで、印刷用ロール紙代とインク代、数万円を要する。

5-2-2 IS導入後の業務形態

図面を印刷せずに、IS上でレビューを行う。見いだされた変更箇所はペンで書き込まれ、ISに電子ファイルとして取り込まれる。レビュー終了後、取り込まれたファイルは関係者全員に配布されるとともに、設計者は自分が担当する部分の設計変更をCAD上で行う。

5-2-3 ユーザの声

- 1) 印刷が不要になり、時間コスト、経費コストともに大きな削減になった。（マネージャ）
- 2) 印刷が不要になり、課題解決クションが迅速に行えるようになった。（マネージャ）
- 3) 電子化により、設計変更指示、設計変更結果の確認といった確認・管理業務がスマートにできるようになった。（マネージャ）
- 4) 解像度は高い方がベターだが、現状でも利用可能である。（現場担当者）

5-2-4 考察

主要機能である書き込み・保存機能が、コスト削減に対する直接的な価値として見いだされた。一方で、本報告では述べないが、別の業種の図面レビュー業務では、解像度に対する要求が高く、試用に至らなかつたケースがあった。書き込み・保存機能に対する直接的な価値は、同種の業務であっても扱うコンテンツに大きく依存することが事例ベースで見いだされた。

6. 今後の展開

現在の機能について基本性能は実利用上問題ないことがわかった。操作性に関しては本報告では未評価であることから、評価と改善をユーザ中心設計の手法等を取り入れながら進める。

また、事業化に向けて、SDK を整備し、サードパーティによるアプリ開発を可能にする環境を構築する方針である。

本報告は書き込み機能を中心に述べた。さらに用途を拡大するために、新しい研究課題としてISがテーブル型であることからモノが置けるという特性とカメラで撮影する構成であることから、置いたものの位置や形状を画像処理的手法で識別できる特性を持つので、いわゆるタنجィブルインターフェース⁸⁾を構成することができる。この実現のために、タنجィブルのためのインターフェース機能やアプリケーションを研究していきたいと考える。

注1) Windows, Microsoft OfficeはMicrosoft Corporation の登録商標です。

参考文献

- 1) 石井裕: CSCW とグループウェア—協創メディアとしてのコンピュータ, オーム社, (1994).
- 2) 垂水浩幸: グループウェアとその応用, 共立出版, (2000) .
- 3) 美崎薰 他: SmartWrite:紙のシンプルさを追求した手書きメモツールの開発, WISS2005, (2005) , pp. 37-42.
- 4) 松下光範 他: 技術展望（小特集）テーブル型システムの現状, ヒューマンインターフェース学会誌 Vol.9 No.1, (2007) , pp. 35-58.
- 5) Hall: Proxemics における”固体距離”（原著: Hall: The Hidden Dimension, Garden City, N.Y.: Doubleday, (1966) .
- 6) 日経産業新聞, 2006年11月8日, 朝刊, 1面.
- 7) テレビ東京, ワールドビジネスサテライト, 2006年11月21日放送.
- 8) H. Ishii, et al. : Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, CHI97, (1997) , pp. 234-241.