

簡易書式の認識に基づく ホワイトボードログの整理・共有システム

井 上 亮 文^{†1} 小 林 未 宇^{†1}
市 村 哲^{†1} 星 徹^{†1}

ホワイトボードへの書き込み結果を保存するために電子ホワイトボードの印刷機能が用いられているが、手軽に手に入るアナログホワイトボードでは利用できない。デジタルカメラでの画像保存は、サムネイルでは何が書いてあるかが分りにくく、全体写真では枚数が増えたときに一覧性が悪い。本論文では、通常のアナログホワイトボード上の書き込みを活用しやすい形に整理・共有するシステムを提案する。提案システムでは、ホワイトボードを用いた議論の終了後、強調したい部分に簡単な印をつける。その後でホワイトボード全体をデジタルカメラで撮影し、サーバにメールで送信する。サーバでは印がついた箇所を画像処理して切り出し、この部分の画像を見出しとして用いた Web コンテンツを自動生成する。プロトタイプを用いた評価では、重要部分は約 95%以上の確率で抽出できた。被験者へのアンケートでも好意的な結果を得ることができた。システムの継続的な利用によって使いやすさと精度が十分なことを確認した。

An Archiving System for Whiteboard-notes Based on Recognition of Simple Highlighting

AKIFUMI INOUE,^{†1} MIU KOBAYASHI,^{†1}
SATOSHI ICHIMURA^{†1} and TOHRU HOSHI^{†1}

We often take snapshots of an analog whiteboard with a digital camera. However, it is difficult to browse the snapshots one by one when we have many pictures. A list of thumbnail is too small to read what's written in. In this paper, we propose an easy and effective system for archiving and sharing the analog whiteboard-notes. In this system, some words on a whiteboard are simply highlighted with whiteboard markers and small tools. Then its snapshot is sent to the server as an e-mail attachment. The server clips out the highlighted regions as indices from the snapshot and organizes them into structured web contents. We developed a prototype called "WBLog" and conducted some ex-

periments. The results showed that the extraction accuracy of the highlighted regions was about 95%. Most of the testees had affirmative opinions to the proposed system. We confirmed the usability and accuracy of the system through the continuous use.

1. はじめに

ホワイトボードは気軽に文字や図形を書いたり消したりできる便利な道具である。この特性を活かし、ミーティングやブレインストーミングなどではホワイトボード上にアイデアを次々と書き出すことによってグループコミュニケーションが活性化する¹⁾。また、小型のホワイトボードを用意し、メモや思考整理に利用する人もいる。

この「何度も消して書くことができる」という点は、最大の利点であると同時に欠点ともなる。ホワイトボードはあくまで一時的な作業の場であり、その書き込みはすべて過渡的性質をとまなう²⁾。継続して使うためには以前の内容をすべて消去していく必要があり、書き込み結果（ログ）が残らない。書き込み操作を支援する研究は数多く行われているが^{3),4)}、その結果であるログも議事録作成などに必要であり、これをいかに記録・保存をしていくかが重要になる。

この記録・保存に対するアプローチとして、電子ホワイトボードを使用する方法と、カメラでスナップショットを保存する方法がある。

電子ホワイトボードは通常のアナログホワイトボード（以下、単にホワイトボードとする）にイメージスキャナやプリンタ機能を備えたもので、描画内容の印刷や PC への保存が可能である。近年は様々な機能が付加されつつあり、ユーザの描画情報を逐次記録することにより過去の描画をホワイトボード上に呼び出したり^{5),6)}、コンテキスト情報に基づいた検索結果を表示したりするものも提案されている⁷⁾。しかし、電子ホワイトボードは高価なうえ、その機能を有する機材を使わなければならないという制約もある。

デジタルカメラを用いれば、ホワイトボード上のログを簡単に画像として保存することができる。フラッシュや蛍光灯の映り込みによって画像が見にくくなることはあるが、これを画像処理によって見やすくする手法も存在する^{8),9)}。しかし、この方法ではホワイトボード全体を 1 枚の絵として保存するため、サムネイルを用いて一覧を表示しようとすると文字

^{†1} 東京工科大学
Tokyo University of Technology

が見えなくなる．逆に元の画像を並べてしまうと枚数が増えたときに一覧性に欠けて不便である．

本論文では，特別な機材を使用せずに，ホワイトボードのログを分かりやすく記録・共有することを目的とする．この達成のために，簡易書式と画像処理によるホワイトボードログの整理・共有システムを提案する．提案システムでは，議論の途中もしくは終了した後に，ユーザがホワイトボード上に自然かつ簡単な記号を書き込む．この画面をデジタルカメラで撮影してサーバへ送信すると，書き込まれた記号をサーバ上で認識し，その部分を見出しとして分かりやすく整理した Web コンテンツが自動的に生成される．プロトタイプ“WBLog”の実装と評価により，95%以上の精度で重要部分が抽出できたこと，継続的な利用により使いやすさと精度が十分なことを確認した．

本論文の構成を以下に示す．2 章ではホワイトボードの記録技法について，3 章では提案手法について，4 章ではプロトタイプの実装について，5 章では評価実験について述べ，6 章をまとめとする．

2. ホワイトボードの書き込み技法

2.1 ファシリテーション・グラフィック

ホワイトボードに議論を効果的に書き出す技法として近年注目を浴びているのがファシリテーション・グラフィック¹⁰⁾である．ファシリテーション・グラフィックでは，文字とあわせて図形や線などを積極的に活用する．これにより，視覚情報が参加者の創造力を刺激し，議論に広がりや飛躍を呼び起こすことにつながる．

ファシリテーション・グラフィックの基本手順は，(1) 参加者の発言を要約して書き込む，(2) キーワードを強調する，(3) キーワード間の関係性を表現する，の 3 ステップである．(2) では文字の大きさや太さといった書体，枠囲みや下線といった文字飾り，ドットや星印などの記号，イラストなどが一般的に用いられる．(3) では同種の発言を図形で囲んだり同じ記号をつけるグループ化と，因果関係や対立関係などを矢印で表現する方法が一般的である．

2.2 予備調査

ホワイトボードログの処理方法にファシリテーション・グラフィックの活用を検討するため，複数研究室のブレインストーミング時のホワイトボードのログ画像を調査した．結果，強調に関しては次の 3 つの手法が用いられていた．これらはホワイトボードを書いた人に依存せず，ほぼ共通の特徴であった．

色を変える 重要と思われる部分のみ文字色を変えていた．通常の書き込みは黒か青で行

い，強調したい部分のみを赤，というケースが多かった．例として，終電時刻を赤で強調していた．

枠線で囲む 複数の選択肢の中から特に強調したいと思われるものを四角形などで囲ったり，下線を引いていた．例として，複数の教室で授業を開講するにあたり，クラス分け結果を張り出す教室を四角で囲って強調していた．

印をつける 複数選択肢を分類するための印をつけていた．例として，役割決定のための投票を行い，その得票数に応じて名前の先頭付近に○や△などの記号や数字（順位）をつけて候補を分類，グループ分けしていた．

ファシリテーション・グラフィックでは，これ以外にも文字サイズとイラストの活用を推奨している¹¹⁾．文字サイズはタイトルなどに利用されていたが，余白との兼ね合いからか，重要部分も小さな文字で書かれることがあり，必ずしも大きさと重要度が一致するとはいえなかった．イラストに関しては，調査範囲では 1 度も用いられていなかった．

キーワード間の関係性の付与には，矢印をごくあたり前に用いていた．ただし，矢印の形状は人によって様々であった．たとえばあるユーザは→のような細い線の矢印なのに対し，別のユーザは⇒のような太い矢印を好んで用いていた．

3. 提 案

3.1 概 要

本論文では，ホワイトボードのログ画像から 2 章で述べた技法で強調された箇所を抽出し，議論の結果を振り返りやすい形式で再構成するシステムを提案する．

提案システムの概要を図 1 に示す．任意のホワイトボードを使用した議論の途中もしくは終了後，(1) ホワイトボードマーカで議論のログの重要部分を簡単な記号で強調する．これを簡易書式と呼ぶ．(2) 簡易書式によって強調したホワイトボード全体をデジタルカメラで撮影し，(3) その画像をサーバへメールの添付ファイルとして送信する．(4) サーバでは受信した画像から，簡易書式で強調された箇所を抽出する．(5) 最後に，抽出された画像を用いて重要点を整理した Web コンテンツに再構成して提示する．

高橋によれば会議は創造，調整，伝達，決定の 4 種類が存在するが¹²⁾，本システムは創造，調整会議の 2 つを対象とする．この 2 つは開催頻度が高いうえ，ホワイトボードの利用頻度も高いためである．

ユーザ側に必要なのはホワイトボード，デジタルカメラ，通信手段だけである．ホワイトボードは白色背景に文字が書けるものであれば電子式でもアナログ式でもかまわない．カメ

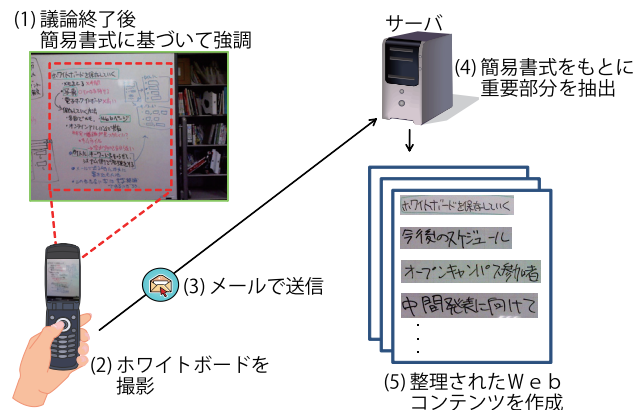


図1 提案システムの概要

Fig.1 Overview of the proposed system.

ラと通信手段はカメラつき携帯電話が普及した現在の日本ではほとんどのユーザが利用可能である。ログもすべて Web ページ形式で提供されるため、ユーザが本システムを利用するのに特別なソフトウェアを必要としない。

提案システムは、ホワイトボードの中からその議論でのキーとなる部分だけを抜き出し、それを見出しとして一覧表示してくれる。該当する見出しをクリックすれば全体の写真に移動でき、重要部分以外の閲覧も可能である。

一般にホワイトボードの書き込みには、その場の雰囲気や議論の流れが豊富に残されている。特に本システムが対象とする創造会議や調整会議では、このような経過の情報を共有・参照することによって、新たなアイデアの発掘や結論の信頼性の判断につながると考えられる。これまでログ画像を見ながら過去の議論を振り返る際、サムネイル一覧表示では詳細が分かりにくく、1枚ずつ拡大して確認する必要があった。提案システムの機能により、何が議論されていたかを即座に判断可能になり、議論結果の再利用促進につながると考えられる。

3.2 簡易書式の要件

簡易書式とは、本システムでホワイトボードの重要部分を強調する技法のことを指す。提案システムではログ画像の中から簡易書式を画像認識し、抽出した部分だけを用いてコンテンツを再構成する。この特性として、(1) ユーザが自然かつ手軽に記述できること、(2) 通常のホワイトボードで利用可能なこと、の2つが必要である。

(1) の理由として、ホワイトボードへの書き込みは議論の流れを重視して迅速かつラフに行われることが多い。強調のために複雑な記号を書き込んだり、文字を丁寧に書く必要があったりすると、ユーザの負担が増えて創造的な議論にならない可能性がある。そこで2章の調査にあるような、我々がふだんから用いていて、かつ個人差の少ない作法を取り入れる。

(2) の理由として、本研究は機材にしばられることなく、いつでも、どこでも、誰もが同様のサービスを受けられることを目標に置いている。そこで、ホワイトボード周辺に必ず設置してあったり、どこでも簡単に安価で手に入ったりする機材のみを用いる。

簡易書式は、技術的にはファシリテーション・グラフィックを画像処理しやすいようにしたものである。2章で述べた3つのステップのうち、「発言を要約して書く」のは人の能力に依存する。よって簡易書式としては、それ以外の2つである「強調」、「関係性」の表現力が求められる。

特に本システムが想定する創造会議では、参加者から多くの意見が出される。そこで簡易書式を用いた具体的な機能として、(3) 強調した部分の抽出・提示、(4) 関係性に基づいたデータの自動整理、が実現できれば、新たなアイデアの発掘や議事録にまとめる際の支援につながると考えられる。

3.3 動作原理

本システムは大きく分けてホワイトボードの写真に対する画像処理と動的な Web ページ生成で構成される。

ホワイトボードの画像を受け取るサーバでは、受信した画像に対して2値化、輪郭線抽出、ラベリングなどの画像処理を施し、簡易書式で強調された部分を切り抜いて画像として保存する。

Web ページ生成では切り抜いた画像をそのまま使い、元画像とは異なったビューでユーザに提示する。ホワイトボード上の文字は議論の流れを優先するため、省略されたり、間違ったりすることが多い。このような文字の自動認識は困難なうえ、ユーザにそれを意識した書き込みを強制するとシステムの利便性を損なうためである。

4. プロトタイプ WBlog

本章では提案システムに基づいたホワイトボードログの整理・共有プロトタイプシステム“WBlog”について述べる。

4.1 実装環境

図1のサーバのOSにはCentOS 5を、WebサーバにはApache2を用いた。写真が添付

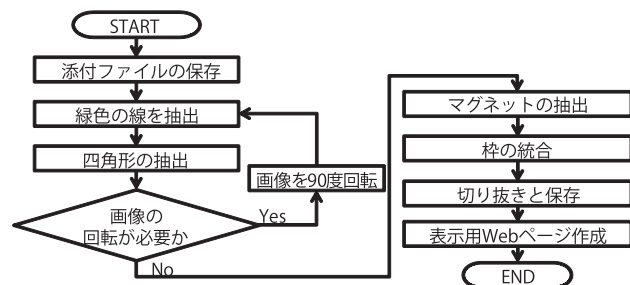


図2 WBLog の処理の流れ
Fig. 2 System flow of the WBLog.

されたメールの分離処理には PHP の PEAR::Mail_MimeDecode ライブラリ¹³⁾ を、Web コンテンツ生成言語としては PHP を用いた。画像処理ライブラリには OpenCV¹⁴⁾ を用いた。

4.2 実装した簡易書式

3.2 節であげた 4 つの要件を満たすよう、簡易書式を実装した。

重要部分は緑色のホワイトボードマーカで四角く枠で囲うようにした。ホワイトボードマーカの定番として黒、赤、青の 3 色が使用されることが多い。緑色のマーカはこの 3 色について多く販売されている。本研究の「簡単に安価で手に入るもので実現する」というスタンスと一致する。また、色の変更と枠線は 2.2 節にあるように我々が最も使い慣れた強調手法である。

関連性に基づいたデータの自動整理には、重要部分の先頭付近にカラーマグネットをつけるようにした。同じ色のマグネットがついた箇所は互いに関連ある同じグループに属するものとして扱われる。ほとんどのホワイトボードには数個から十数個のマグネットが備え付けられており、本研究の「身近なもので実現する」というスタンスと一致する。

4.3 処理の流れ

WBLog の処理の流れを図 2 に示す。以降、各段階について述べる。入力する画像は図 3 を用いる。これは調整会議の例として、新人教育体制を編成するにあたり現メンバをどのように振り分けるかの議論を模した例である。重要部を緑色の枠線でマークし、メンバの振り分けをマグネットで表現している。

4.3.1 緑色線の抽出

簡易書式による緑色の枠線を抽出するため、オリジナル画像に対して 2 値化処理を行う。あるピクセルにおける RGB (256 階調) の G の強度が一定値以上のピクセルを緑色と判断

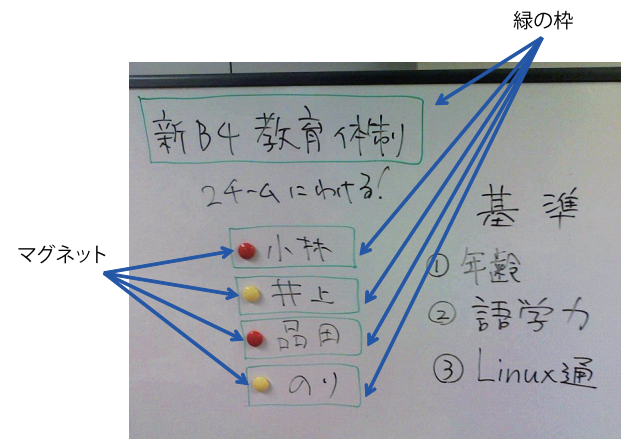


図3 入力画像
Fig. 3 Sample input snapshot.

する。ただし、この閾値は環境光、ホワイトボード、マーカの違いによって異なる。その後、光の反射やインク濃度による不連続を考慮し、緑と判定した部分はオープニング・クロージング処理で接続を試みる。

4.3.2 四角形の抽出

緑色のマーカによる書き込みを抽出した画像に対して、Canny 法¹⁵⁾ で輪郭線を抽出する。そして抽出された輪郭線に対して多角形近似を行い、辺数が 4、すべての角が 72 度以上、一定の大きさ以上の領域を、簡易書式によって強調された枠線と判断する (図 4)。枠線は水平方向から傾いていても抽出に支障はない。つまり、実際の議論によくあるような斜めに書いた書き込みを枠線で囲んでも問題なく抽出が可能である。

4.3.3 画像の回転

ホワイトボードを撮影する際、特に携帯電話のカメラを用いる場合は、縦長・横長のどちらで撮影されるかわからない。一般にホワイトボードに書く字はほぼ横書きである。そこで 4.3.2 項の四角形の縦長・横長の数を比較し、縦長の四角形のほうが多く抽出された場合は画像を 90 度回転させる。

4.3.4 マグネットの抽出

グループ化用マグネットを抽出するため、画像に対して 2 値化を行う。今回用意したマグネットは赤・黄・青の 3 色なので、あるピクセルでの RGB 強度がそれぞれ一定の値を超え

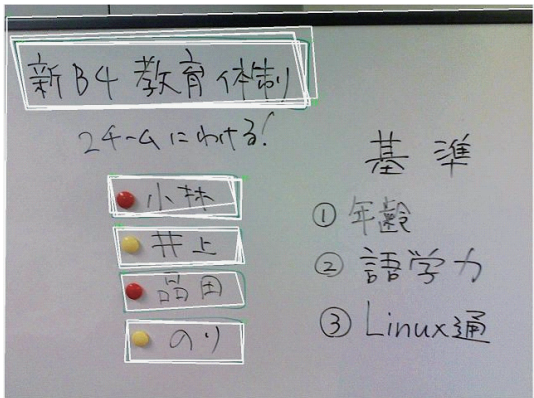


図 4 抽出された簡易書式の枠線
Fig. 4 Detected frames of the simple highlighting.

表 1 切り抜き画像名のルール一覧
Table 1 Naming rule of the clipped images.

種類	ファイル名
ホワイトボード全体	img.jpg
マグネットなし	keyword001.jpg
赤マグネットあり	redMagnetKeyword001.jpg
黄マグネットあり	yellowMagnetKeyword001.jpg
青マグネットあり	blueMagnetKeyword001.jpg

た場合に、そのピクセルを赤、黄、青と判断する．この閾値も環境光やマグネットの素材によって異なる．その後、赤や青で書いた文字が判定されるのを除外するため、一定の面積以下の領域は除外する．

4.3.5 枠の統合

図 4 から分かるように、1 つの枠線が複数の枠線として抽出されることがある．そこで枠線の外接四角形の左上と右下の座標を取得し、この距離の差が一定以内にある枠線は同じものとして統合を行う．

4.3.6 切り抜きと保存

統合された枠線を切り抜いて、画像として保存する．このとき、枠内のマグネットの有無や色の種類に応じた名前をつけていく．この命名ルールを表 1 に示す．001 という数字部分は、それぞれの種類における通し番号である．抽出時に枠の y 座標を調べ、小さいもの

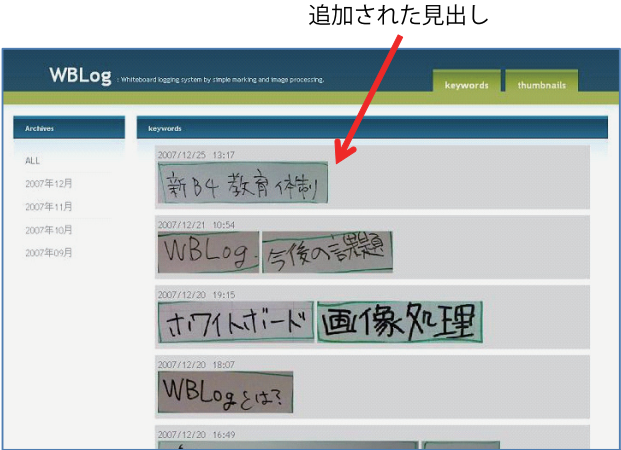


図 5 見出し一覧ビュー
Fig. 5 Keyword view.

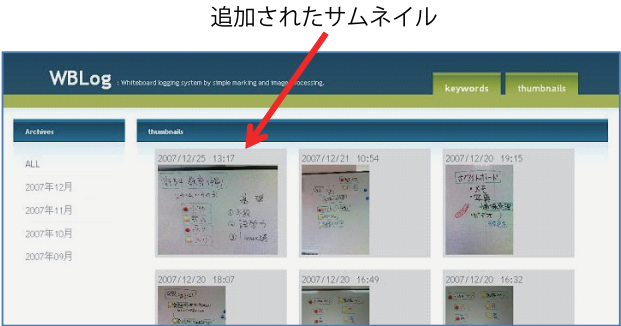


図 6 サムネール一覧ビュー
Fig. 6 Thumbnail view.

(ホワイトボード上部にあるもの) から順に若い番号を割り振っていく．

4.3.7 共有用 Web ページの作成

最後に、4.3.6 項で切り抜いた画像を用いて Web ページを作成する．表示方法としては、撮影日時ごとに重要部分だけを見出しとして表示する見出し一覧ビュー (図 5)、比較用として従来方式のサムネール一覧ビュー (図 6) の 2 種類を用意している．表 1 のルールを

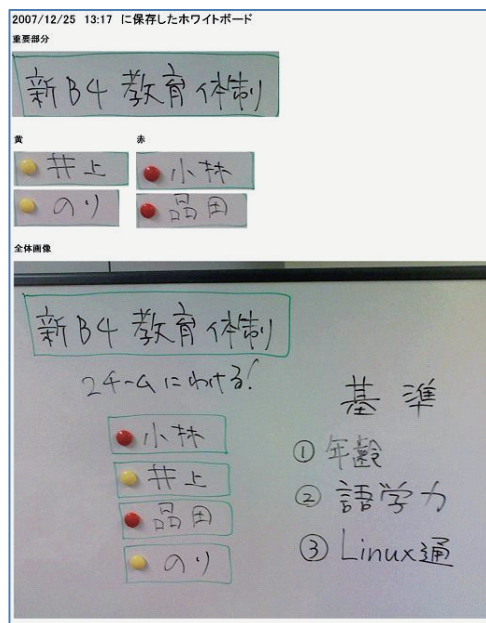


図 7 詳細ビュー
Fig. 7 Detailed view.

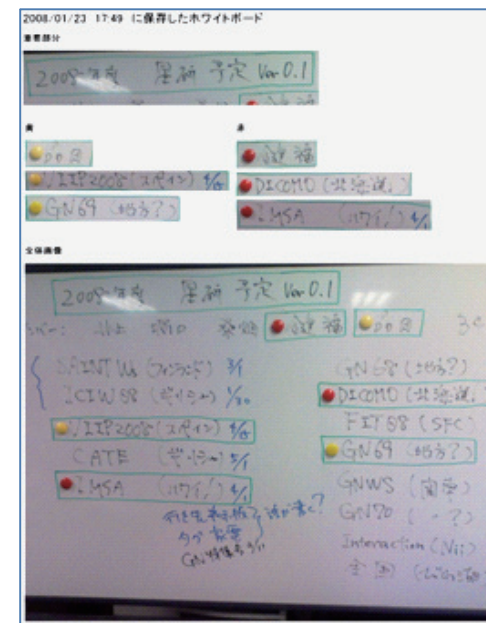


図 8 適用例 1 (スケジュール調整)
Fig. 8 Example 1: making out annual schedule.

もとに、これらページを動的に作り出している。

WBLog にログ画像が入力されると、それぞれのビューに対して見出しとサムネイルが最上部に追加されていく。この見出しやサムネイルをクリックすると、図 7 のように議論ログを自動的に整理した詳細ビューが表示される。バラバラの結果をマグネットの色に応じて整理して表示しているのが確認できる。また、全体画像も参照可能である。

4.4 適用例

実際の議論に WBLog を適用した例の 1 つを図 8 に示す。この図は調整型の議論の例として、誰がいつどこへ出張するかという年間スケジュールをホワイトボード上で議論した結果を詳細ビューで表示したものである。

この議論では、最初にメンバと出張先をすべてリストアップし、後からそれらを関連づけてスケジュールを調整していった。書き込みがホワイトボード全体に及ぶため、従来方式のサムネイルではほとんど細部を判断することができない。一方 WBLog を通すと、議題で

ある予定が見出しとして、誰がどこに出張するかが自動的にグループ化されて表示されるため、一瞥して分かりやすくなっている。

もう 1 つの適用例を図 9 に示す。この図は創造/問題解決型の議論の例として、論文の序論の流れをどう書いていけばいいのかについて 2 名で議論した結果である。

この議論では、当初は矢印を使って話の流れを議論していた。その途中で、構成よりも何が社会的な問題なのかを再考することに議題が遷移していった。最終的には「試行錯誤」^{*1}、「論文には書いていない」、「ノウハウが蓄積されていない」^{*2}という 3 つの用語が重要と判断された。いずれも字体が雑で文字認識は到底不可能なレベルだが、人の目による判別ならば問題はない。また、これらが見出しとして表示されるので、見出し一覧ビューだけで何を

*1 実際は画数の多い字が面倒なのでひらがなになっている。

*2 実際は議論の途中で「ノ」が消えてしまっている。

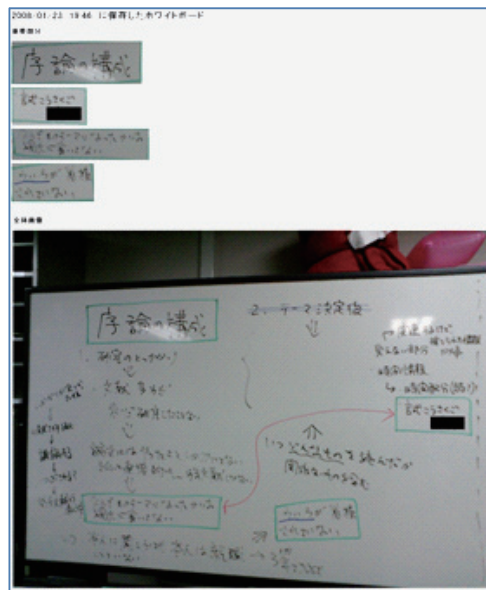


図 9 適用例 2 (論文構成の検討, 一部情報にマスク済み)

Fig. 9 Example 2: discussing about the outline of a paper. We masked confidential information.

議論していたのかを判断するのが容易になっている。

5. 評価

5.1 実験方法

プロトタイプシステムを表 2 で示す環境で使用し, 評価を行った。ホワイトボードを撮影し, メールの添付ファイルとしてサーバへ送信する携帯電話は A5521K を使用した。この機種は 2006 年に発売された中でもカメラの性能は高い方ではない。現在流通している携帯電話の多くはこの性能を満足している。これ以外にも, 通信費用の観点から, 通常のデジタルカメラと PC メールも併用した。

5.1.1 抽出精度評価

ホワイトボード上の重要部分として書き込んだ緑色の枠線とカラーマグネットのグループ化について, 情報検索分野で用いられる適合率と再現率を求めた。単語が書き込まれた実験

表 2 使用環境

Table 2 Experimental environment.

実験環境	蛍光灯をつけた室内
ペン (黒, 赤, 青)	ZEBRA ホワイトボードマーカー中字
ペン (緑: 強調用)	PILOT Whiteboard Marker V 中字
マグネット (赤, 黄, 青)	PILOT 30 mm カラーマグネット
携帯電話	A5521K (CMOS 131 万画素)
デジタルカメラ	Panasonic DMC-FX01 (600 万画素)

用ホワイトボードを, 枠線とマグネットの位置と数を変更しながら撮影し, システムに画像を送信する作業を 55 回繰り返した。

緑色の枠線の全入力数 (正解数) を C_g , システムが重要部分として抽出した数を N_g , うち正しく抽出された数を M_g とすると, 適合率 P_g と再現率 R_g は次の式で求められる。

$$P_g = \frac{M_g}{N_g} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$R_g = \frac{M_g}{C_g} \times 100 (\%) \quad (2)$$

同様に, マグネットをつけた箇所の全入力数 (正解数) を C_m , システムがマグネットとして抽出した数を N_m , うち正しく抽出された数を M_m とすると適合率 P_m と再現率 R_m は次の式で求められる。

$$P_m = \frac{M_m}{N_m} \times 100 (\%) \quad (3)$$

$$R_m = \frac{M_m}{C_m} \times 100 (\%) \quad (4)$$

5.1.2 アンケート評価

著者らが所属する研究室の学生 11 名に対してアンケートを行った。事前にシステムのコンセプト, 実装された簡易書式, ログ画像共有用 Web ページについて簡単に説明した後で, 板書・簡易書式記入・メール送信・ログ確認の一連の動作をデモンストレーションしてみせた。その後, システムの各機能をその場で 30 分程度自由に試してもらった後, 表 3 のアンケートに答えてもらった。このアンケートでは, 短期的な利用の中で, (1) システムコンセプトや機能, (2) 実装した簡易書式, (3) 今後に向けた自由な意見, の直感的な感想の収集を目的とした。

表 3 アンケート項目と回答
Table 3 The questionnaire and its answers.

番号	質問項目	回答
1	システムのコンセプトはよいと思うか	Yes : 11, No : 0
2	重要部分の一覧表示は議論内容が分かりやすいか	Yes : 10, No : 1
3	ホワイトボード議論ログの一覧表示にはどちらがよいか	サムネイル : 2, 重要部一覧 : 2, 両方 : 7
4	マグネットによるグルーピング機能は便利か	Yes : 9, No : 2
5	今後このシステムを使っていきたいか	Yes : 9, No : 2
6	他にどのような簡易書式が必要か	後述
7	その他の意見・要望など	後述

5.1.3 運用評価

プロトタイプシステムの継続的な利用を行い、提案システムの効果を調べた。学生 12 名、教員 1 名の計 13 名に 5.1.2 項と同様の説明と実演をした。簡易書式に関しては、枠線が不連続にならないよう注意した以外は特に細かい指示は与えなかった。その後、創造型として「研究テーマのブレインストーミング」、調整型として「スケジュール調整」の 2 種類の議題について、システムを使いながら繰り返し議論してもらった。実施期間は 2 週間、1 回あたりの参加者は 3~5 名の小規模なものである。各参加者は意見の書き込みを自由にしてよいが、枠線に関しては緑色マーカを持つメインの板書担当者 1 名が行った。結果の確認や報告には見出し一覧ビューと詳細ビューを使ってもらった。

利用最終日に、メインの板書担当者に実用上の使い勝手についてヒアリング調査を行い、

5.1.2 項の結果と比較をした。

5.2 結果および考察

5.2.1 抽出精度評価結果

緑色マーカによる重要部分の抽出は、全入力数 $C_g = 383$ 、システム抽出箇所 $N_g = 401$ 、正しく抽出された箇所 $M_g = 379$ であった。適合率 $P_g = 95\%$ 、再現率 $R_g = 99\%$ であった。

マグネットによるグルーピングの抽出は、全入力数 $C_m = 143$ 、システム抽出箇所 $N_m = 142$ 、正しく抽出された箇所 $M_m = 138$ であった。適合率 $P_m = 97\%$ 、再現率 $R_m = 96\%$ であった。

重要部分の適合率、再現率はともに高い値を示した。特に再現率が 99% であったことから、今回の実験環境では重要部分をほぼ網羅できており、見出しとして利用するには十分なレベルであるといえる。

枠を正確に抽出できなかったのは、ホワイトボードへの書き込み量が多く枠どうしが接触してしまった場合と、枠線自体が不連続になっている場合であった。枠のない箇所が抽出

されたのは、環境光によってホワイトボードの背景部分が強く反射してしまった箇所であった。この問題に対しては、文献 9) で述べたような背景の平滑化処理を適用することで回避できると考えられる。

マグネットのグルーピング化も、重要部分と同様、ほぼ網羅できていた。重要部分に比べて利用される場面は限られるが、位置的に分散したキーワードを整理するには十分なレベルであるといえる。

マグネットが誤って抽出された箇所は、枠線内に赤や青で画数の多い字を書いた場合であった。画数の多い複雑な字は、単位面積あたりに占める色の割合がどうしても高くなり、これがマグネットと認識されてしまうからである。これにはラベリング以外の処理を導入する必要があるが、同時にペンによるマークがマグネットの代わりになることも示唆している。マグネットほどはっきりとした色ではないため、システムのキャリブレーション機能を充実させる必要があるだろう。

5.2.2 アンケート分析結果

表 3 の項目 1, 2, 5 の結果より、簡易書式によってホワイトボードのログを整理するというコンセプトは好意的に受け入れられていることが確認できた。

項目 3 より、表示機能に関しては、従来のサムネイル表示と両方あるとよいという意見が多かった。重要部一覧表示は分かりやすいという意見が多かったものの、ホワイトボード全体の視覚的な情報も必要とされているようだ。現在はキーワードとサムネイルを別ページにしているが、1 つに統合するとよいかもしれない。

項目 4 より、マグネットによるグルーピングはうまく使えば便利だという意見が多かった。また、マグネットは数や色に限りがあるので、前述のペンによるマーキングにも対応してほしいという声が項目 6, 7 の自由記述にあった。

項目 6, 7 では、(1) 表を書くとき自動的に Excel や $\text{\LaTeX}$ といった他ソフトの形式に出力してほしい、(2) 数字によるナンバリング、などの意見があった。(1) の表に関しては、通常の色と表の罫線との区別がつきにくい可能性がある。しかし、罫線を書くたびにマーカの色を切り替えるのはかなりの手間である。四隅に緑色で $\circ$ をつけるなどで実現できないかを検討したい。(2) のナンバリングは、バラバラに配置された重要部分を順番に整理するのに役立つと考えられる。 $\circ$ 内部の手書き数字認識や「正」の字を用いた書式で対応可能だと考えられる。

5.2.3 運用評価結果

表 4 に、全議論の内訳を示す。合計 14 回の議論のうち、創造型が 10 回、調整型が 4 回

表 4 運用実験におけるシステム機能の利用状況内訳

Table 4 The condition of the system use on the operation experiment.

番号	種類	強調 (箇所)	分類 (箇所)	番号	種類	強調 (箇所)	分類 (箇所)
1	調整型	1	6	8	創造型	8	0
2	創造型	4	0	9	創造型	5	0
3	調整型	2	21	10	創造型	2	4
4	創造型	6	0	11	調整型	3	0
5	創造型	3	0	12	調整型	6	0
6	創造型	2	0	13	創造型	1	0
7	創造型	4	0	14	創造型	3	0

であった。議論に用いたホワイトボードは、大きさ $1,800 \times 900$ が 2 枚、 $1,200 \times 900$ が 1 枚、合計 3 枚を利用した。メインの板書担当者として枠線記入を行ったのは 6 名であった。

今回の評価では、ある会議の結果が別の会議に影響するという点までは確認できなかった。また、調整会議は開催数自体も少なかったため、これといった知見は得られなかった。調整会議での利用を想定したマグネット分類機能の利用回数も少なかった。

被験者の挙動を調べたところ、ある板書担当者は、タイトルである議題の書き方が運用初期と末期で変わっていた。具体的には、議題のすぐ横に特殊な記号や日付を書くようになっていた。現在は、複数箇所を強調すると図 5 中段のように複数の見出しが並んで表示される。議題はそれと分かる言葉で書かれることが多いが、数が増えたと判別しにくくなる。そのような状況でも容易に判別できるようにした工夫だと考えられる。この工夫は見出し一覧ビューに限らず板書全体から見ても効果的なものであり、結果を他者と共有していく過程でファシリテーション・グラフィックの技能が改善される可能性が示唆された。板書が良くなると会議そのものの進行にも正の影響が出てくると考えられる。

また、見出し一覧ビューにおいて創造的な議論の活性度が比較できることが分かった。図 10 にこの例を示す。この図は、ある学生の研究テーマについて 2 回議論した結果である。1 回目の議論では良い意見が出ず、板書も「？」といった疑問や否定的なものが多くなり、議題以外は重要と判断されずに終わった (図 10 上段)。休憩を挟んで行われた 2 回目の議論では、議題だけを残して 1 回目の書き込みはすべて消去した。そして新たな参加者 1 名を加え、あらゆる項目をリストしていく方法で議論を進めた。結果、これまでとは違ったアプローチが提言され、それらが重要と判断された (図 10 下段)。この差は見出し数に現れており、画像を拡大することなくこのような情報が分かることは興味深い。創造会議に限れば、抽出した見出し数は何らかの評価指標として活用できる可能性がある。

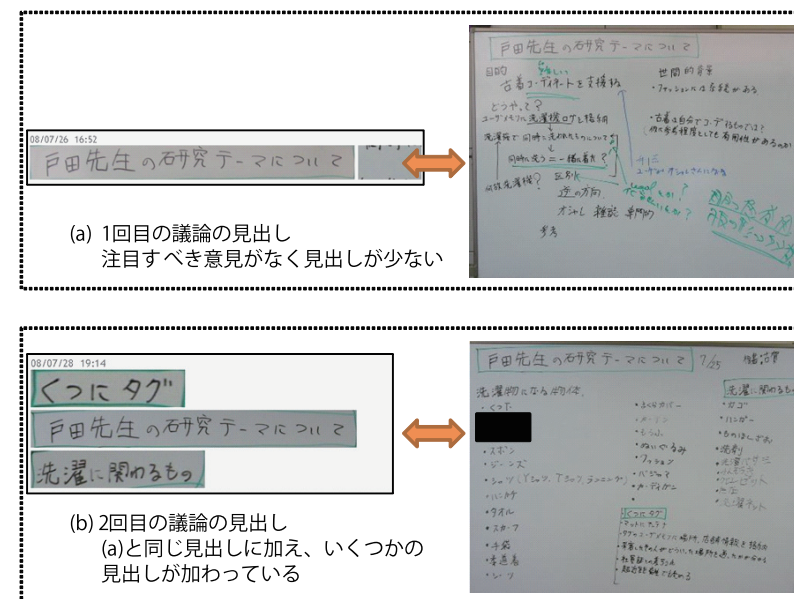


図 10 見出し一覧ビューにおける議論の活性度 (マスク済み)

Fig. 10 Discussion activity on the keyword view. We masked inappropriate words.

簡易書式の使い勝手に関しては、5 名の板書担当者から回答を得た。1 名は未回答であった。枠線の記入は 5 名から「自然に使えた」との評価を得た。被験者は慣れてくると 1 つの枠線を 2~3 秒以内で描けるうえ、記入するタイミングは議論の途中・終了後問わず任意である。多少斜めに書いても抽出されるなど抽出精度も良い。色の変更と四角形という使い慣れた書式は継続利用においても評価は変わらなかった。

マグネットのグループ化は「自然に使えた」2 名、「使いにくい」2 名、「利用しなかった」1 名であった。5.1.2 項の結果とは異なり、意見が分かれた。使いにくい理由としては「マグネットを置くために 1 度書いた枠線を広げたことがある」と複数の手順が必要な点をあげた。マグネット近傍を枠線なしでグループ化できるように改善していく必要はあるが、調整会議や整理すべきデータの数が少なく、分類を積極的に駆使する機会がなかったのも影響している可能性がある。

抽出精度に関しては、図 10 上段 (a) にあるように、反射光やインクの残りから何も無い

部分が抽出されることがあった。しかし再現率が高いために見出し一覧が抽出ミスで埋まるようなことはなく、必要な箇所は網羅されている。よって見出し画像を視覚的に把握するうえでの大きな影響はなかった。

継続利用ならではの意見として、統一した書式を知った参加者とは議論がしやすい、という意見があった。現在実装された書式は2種類と少ないが、逆に強制力は小さく、議論そのものを阻害するほどではないと考えられる。

また、複数のホワイトボードにまたがる議論に対応してほしいという意見があった。板書の量が増えてくると複数のホワイトボードを並べて書き続けることがある。実験中ではこのようなケースが2回あった。たとえばカラーマグネットの配置と画像の撮影時刻といったメタ情報を併用すれば、別々の画像を同一の議論として関連づけられると考えられる。

5.2.4 その他

今回は文字中心の会議が中心であったが、GUIの設計など図面が中心となる創造会議も存在する。図面中心の板書には今回実装した枠線が多用されるが、緑色のマーカで図形を描くことは少ないと考えられる。緑色のマーカは色が薄く、ホワイトボードの背景色とコントラスト差が小さくぼやけて見えるためである。実際、文字や図面の書き込みは黒、赤、青がほとんどであり、緑は注釈や強調の利用が中心である。

現在の実装でも図形を重要部分として強調し、これを一覧ビューに表示させることは可能である。しかし、文字中心の創造会議に比べると有用性は落ちると考えられる。この理由として、図形には位置などの関係性が重要になるためである。たとえばプログラム設計を議論する場合、クラス単体よりも複数クラス間の継承関係のほうが重要である。現在の簡易書式はこのような関係性を表現するには至っていない。

6. おわりに

本論文では、特別なデバイスを用いずにホワイトボードのログを整理・共有するシステムを提案した。プロトタイプ用いた評価実験では、重要部分、分類マグネットを95%以上の精度で抽出することができた。アンケート評価の結果、提供した機能はおおむね好評であった。継続的な運用では、システムの利用を通じて板書技能の向上の可能性があること、議論の活性度を判断できることが分かった。被験者は簡易書式を自然に用いることができ、抽出精度も見出しを視覚的に判断するうえでは問題がないことを確認した。

一方、書き込みが入り組んで簡易書式の枠線が接触していたり、複雑な文字を書いた場合には、重要部分や分類用マグネットの抽出に失敗することがあった。環境光やフラッシュの

映り込みを誤検出することもあった。これらは文献9)に示した画像処理を適用して精度を上げていく必要がある。

また、現状はすべて画像ベースのため、大量のデータを検索するには適していない。本システムを用いて書き起こした議事録と連携させる、フォークソノミ的なタグ入力インタフェースをつけることで対応したい。

アンケートの中には、プロトタイプで提供した以外の簡易書式を希望するものが多かった。強調に関しては現在の実装で高い評価を得ているため、特に2章で述べた関連性の充実を検討している。現状はグループ化のみであるが、因果関係や対立関係を表現するための矢印の実現に取り組み、図形を用いたデザインミーティングへの対応も可能なようにシステムの完成度を高めていきたい。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金若手研究(B)(課題番号19700648)の助成による。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Tang, J.C.: Findings from observational studies of collaborative work, *Int. J. Man-Mach. Stud.*, Vol.34, No.2, pp.143-160 (1991).
- 2) Cherubini, M., Venolia, G., DeLine, R. and Ko, A.J.: Let's go to the whiteboard: How and why software developers use drawings, *CHI '07: Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, ACM, pp.557-566 (2007).
- 3) Rekimoto, J.: A multiple device approach for supporting whiteboard-based interactions, *CHI '98: Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, pp.344-351, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. (1998).
- 4) Bastéa-Forte, M. and Yen, C.: Encouraging contribution to shared sketches in brainstorming meetings, *CHI '07: CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, ACM, pp.2267-2272 (2007).
- 5) 野田 潤, 倉本 到, 藤本典幸, 萩原兼一: 検索可能な樹状ヒストリ機能を備えたホワイトボードシステム“S.W. ボード”の提案と実装, 情報処理学会研究報告, Vol.2000, No.97, pp.55-60 (2000).
- 6) 倉本 到, 野田 潤, 藤本典幸, 萩原兼一: 会合における備忘録をもとに一時記録を検索参照する会合情報記録検索システム ReSPoM, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.10, pp.2804-2813 (2000).
- 7) Igarashi, T., Edwards, W.K., LaMarca, A. and Mynatt, E.D.: An architecture for pen-based interaction on electronic whiteboards, *AVI '00: Proc. Working Confer-*

- ence on Advanced Visual Interfaces, New York, NY, USA, ACM, pp.68-75 (2000).
- 8) scanR: Scan, copy and fax with your camera phone or digital camera (2008). <http://www.scanr.com/ja/>
- 9) Zhang, Z. and He, L.: Note-taking with a camera: Whiteboard scanning and image enhancement, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing 2004*, Vol.3, pp.533-536 (2004).
- 10) Kaner, S., Lind, L., Told, C., Fisk, S. and Berger, D.: *Facilitator's Guide to Participatory Decision-Making*, Jossey-Bass Inc. Pub. (2007).
- 11) 堀 公俊, 加藤 彰: ファシリテーション・グラフィック議論を「見える化」する技法, 日本経済新聞出版社 (2006).
- 12) 高橋 誠: 会議の進め方, 日本経済新聞社 (1987).
- 13) PEAR: PHP Extension and Application Repository (2008). <http://pear.php.net/>
- 14) OpenCV: Intel Open Source Computer Vision Library (2008). <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>
- 15) Canny, J.: A Computational Approach To Edge Detection, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.8, No.6, pp.679-698 (1986).

(平成 20 年 4 月 11 日受付)

(平成 20 年 10 月 7 日採録)



井上 亮文 (正会員)

1999 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。2005 年同大学院後期博士課程修了。博士 (工学)。現在, 東京工科大学コンピュータサイエンス学部助教。セキュリティ, コンテンツアーカイブの研究に従事。ヒューマンインタフェース学会, ACM 各会員。



小林 未宇

2008 年東京工科大学コンピュータサイエンス学部卒業。現在, アクセンチュア・テクノロジー・ソリューションズ株式会社に勤務。在学中, ヒューマンインタフェースの研究に従事。



市村 哲 (正会員)

1989 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。1994 年同大学院理工学研究科博士後期課程修了。博士 (工学)。同年富士ゼロックス (株) 入社。1997 ~ 1999 年富士ゼロックスパロアルト研究所駐在。2002 年 4 月より東京工科大学。現在同大学准教授。グループウェア, 生体情報活用等の研究に従事。



星 徹 (フェロー)

1969 年東京工業大学電気工学科卒業。同年 (株) 日立製作所入社。1975 年カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA) 大学院コンピュータサイエンス専攻修了。2003 年東京工科大学コンピュータサイエンス学部教授。現在, コンピュータサイエンス学部長。マルチメディアコミュニケーション, ユビキタスネットワークの研究に従事。工学博士。情報処理学会フェロー・理事, IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 電気学会各会員。