

書き込みの時間軸表示によるホワイトボードログの 振り返り支援システムの実装

谷口 禎英^{1,a)} 堀口 悟史^{2,b)} 井上 亮文^{4,c)} 井垣 宏^{3,d)} 星 徹^{4,e)}

概要：ホワイトボード上に書かれた内容は、記録しておくことで後から議事録を作成するための資料や新たなアイデア創出のヒントとして再利用することができる。議論の途中経過を残すために保存された動画のログは、どの動画にどの議論が記録されているか分かりづらい。また、いつ、何が議論されているか分からないため効率的な振り返りができない。我々はこれまでに、ホワイトボードを用いた議論のログ動画を振り返りやすい形に再構成し提示するシステムを提案した。本稿では、これまでの研究概要に加え、新たに実装した Web コンテンツ生成のための動画処理手法とその精度評価について述べる。

キーワード：ホワイトボード，振り返り，会議支援

A Review Supporting System for Whiteboard Logging Movies Based on Notes Timeline

TANIGUCHI YOSHIHIDE^{1,a)} HORIGUCHI SATOSHI^{2,b)} INOUE AKIFUMI^{4,c)} IGAKI HIROSHI^{3,d)}
HOSHI TOHRU^{4,e)}

Abstract: Notes on a whiteboard can be useful when we have to make meeting records. They can also provide us some tips for creating new ideas. However, reviewing the meeting video efficiently is difficult because we can not identify whether the video includes the target scenes until we open and play it. In this paper, we propose a review supporting system for meeting videos based on notes timeline. In this system, each highlighted note on a whiteboard is extracted and clipped out as a still image with its time stamp from the meeting video. Those images are sorted by the time stump, and are arranged along the seek bar. We can easily grasp when and what was discussed in the meeting videos from the sequence of those images. They can be used as the playing indexes of the videos. Experimental results showed that the precision and recall value of note-block extraction were 87 % and 77%.

Keywords: Whiteboard, Log Reviewing, Meeting Support

¹ 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科
Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences,

² 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology,
Keio University

³ 大阪大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
Osaka University

⁴ 東京工科大学コンピュータサイエンス学部
School of Computer Science, Tokyo University of Technology

a) ytaniguchi@hil.cs.teu.ac.jp

b) horiguchi@mos.ics.keio.ac.jp

c) akifumi@stf.teu.ac.jp

1. はじめに

ホワイトボードは議論を行う上で有用な道具の 1 つである。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、議題を書くことで議論の脱線を防止したり、アイデアを羅列することで新たなアイデアの創出を促進するなど、その利点は

d) igaki@ist.osaka-u.ac.jp

e) hoshi@stf.teu.ac.jp

様々である。ホワイトボード上に書かれた内容は、記録しておくことで後から議事録を作成するための資料や新たなアイデア創出のヒントとして再利用することができる。内容の記録には電子ホワイトボードやデジタルカメラなどが用いられる。

電子ホワイトボードや携帯電話のカメラ機能などを用いて板書のスナップショットを記録する場合、比較的簡易な機材のみで議論の結果を容易に記録することができる。しかし、この方法では撮影された時点での結果しか残すことができない。結論に到るまでに却下され消去されたアイデアは後に有用なアイデアとして活用される場合があるため、議論の途中経過を残すことは重要であるといえる。

ビデオカメラなどを用いて動画として内容を記録する場合、議論の音声や途中で消去された内容も含めたログを残すことができる。しかし、複数回の議論を経て保存された動画群から特定の議論のログを探すには動画を1つずつ再生して内容を確認していく必要があり、動画の数が多くなるほどその手間も大きくなる。また、それぞれの動画中にいつ、こういった内容が議論されているのか分からないため、長時間の動画では目的の場面を探すのに手間がかかる。過去の議論を記録した動画群から重要な場面を素早く振り返ることができれば、アイデア創出のヒントとして効率的に活用することができる。

我々はこれまでに、議論中のホワイトボードを撮影した動画群から重要な場面を容易に振り返ることができる Web コンテンツを生成するシステムを提案した [2]。従来の提案システムでは、動画からの Web コンテンツに利用する板書の切り抜きや書き込み時間情報の抽出は大西らの手法 [3] により実現可能であるとし、独自に抽出処理の実装を行わなかった。本稿では従来の研究概要に加え、独自に実装した切り抜き画像等の抽出処理について新たに述べる。

本論文の構成を以下に示す。2 章では関連する研究とそれぞれとの相違点を述べる。3 章では提案システムの概要について述べ、4 章ではプロトタイプシステムの実装について述べる。5 章では実装した動画処理の精度評価について述べる。最後に 6 章ではまとめと今後について述べる。

2. 関連研究

電子的な機能を持たないホワイトボード（以降、アナログホワイトボードと記述）のログを再利用するための研究として、井上らは、簡易な機材のみでアナログホワイトボードのログ画像を振り返りやすい形に再構成するシステムを提案している [4]。この研究は、議論の区切りごとに撮影された写真を基に振り返り用コンテンツを作成するため、結論に至るまでの推移やホワイトボード上から消去されたアイデアなどの途中経過を残すことができない。この他に、議論中のアナログホワイトボードの画像を常に保存し、それらの画像をプロジェクタで投影することで議論を

支援する研究が行われている [5], [6]。しかし、これらの研究は議論自体をリアルタイムに支援するもので、議論後の振り返りは対象としていない。

土田らは、ゼミ活動における映像・音声情報やテキスト情報、更に会議参加者や議論構造などのメタデータを取得し、再利用可能なゼミコンテンツを作成するシステムを提案している [7]。この研究は、議論ログの途中経過を振り返りやすくする点では目的が一致している。しかし、このシステムでは専用リモコンなどの特別な機材が必要であり、利用できる場所が限られてしまう。

加藤らは、議論において結論に行き着くまでの思考プロセスの振り返りを支援するホワイトボードシステムを提案している [8]。野田らは、過去の任意の時点における描画状況を木構造を用いて記録し、検索することができる樹状ヒストリ機能を備えた“S.W. ボード”を提案している [9]。しかし、これら研究はコンピュータ上のホワイトボードアプリケーションを利用して議論を行うことを前提としており、本研究が対象とする一般的なホワイトボードを用いた議論には対応できない。

3. ホワイトボードログ動画の振り返り支援システム：MeetingShelf

本稿では、アナログホワイトボードのログ動画を議論の結果や全体の流れを振り返りやすいよう再構成し Web コンテンツとして提示するシステム MeetingShelf を提案する。

3.1 システム概要

図 1 に MeetingShelf の概要と利用手順を示す。(1) 議論参加者は、ホワイトボードの正面に書き込み面全体が映るようビデオカメラをセットし、議論を開始する。(2) 議論進行中、参加者は議論において重要と感じた書き込みに任意のタイミングで下線を引き強調する。強調された書き込みを以後、強調板書と呼ぶ。(3) 議論終了後、撮影した動画をコンテンツサーバにアップロードする。(4) コンテンツサーバでは下線により強調された板書を切り抜いた画像と、その部分を書き始めた時間、書き終えた時間を取得する。(5) 最後に、抽出された画像と時間情報を整理して振り返り用の Web コンテンツを生成し提示する。

MeetingShelf は、特別な機材を必要とせずホワイトボードが設置されているほとんどの場で利用することができる。電子ホワイトボードとアナログホワイトボードのどちらを利用する議論にも対応でき、その他に必要な機材は 2 色以上の書き込みができる機能もしくはホワイトボードマーカと、ビデオカメラのみである。また、振り返り用コンテンツは Web 上で提示されるため、閲覧に特別なアプリケーションを必要としない。

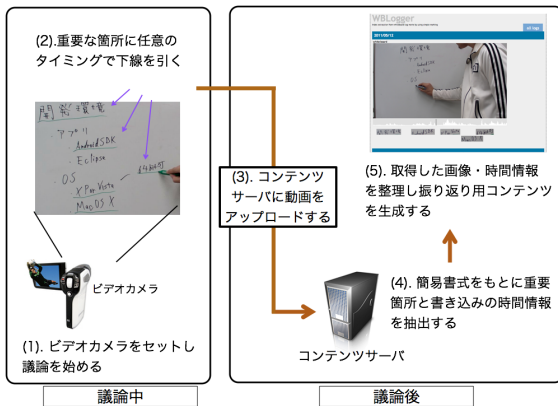


図 1 システム概要図

3.2 議論の進行方法

MeetingShelf を利用する際、書き込みを行うユーザは議論にとって重要と感じた書き込みに下線を引いていくだけでシステムを利用することができる。重要な書き込みに下線を引き強調することは普段からされる自然な記法であり、ユーザへの負担は少ないと考えられる。また、下線は任意のタイミングで引けばよい。システムの利用によりスムーズな議論の進行が阻害されることも少ないと考えられる。

3.3 ログの振り返り

MeetingShelf では、カタログビューとスライドビューの2つの閲覧画面から議論ログの振り返りを行う。以降、それぞれの詳細について述べる。

3.3.1 カatalogビュー

カタログビューは記録された過去の議論群から振り返りたい議論を見つけるための画面である(図2)。カタログビューでは、入力された動画(1つの動画=1回の議論)から抽出された強調板書の画像がサムネイルとなって動画ごとに一覧表示される。図中の動画2は、「開発環境」「AndroidSDK」などの画像が表示されている。これらの画像の文字から、動画2中の議論はAndroid用アプリケーションの開発に関するものであったことが推測できる。

このように、強調板書の画像一覧から議論の大まかな内容を知ることができるため、動画をひとつひとつ再生して内容を確認することに比べ、目的の議論を容易に探すことができる。

3.3.2 スライドビュー

カタログビュー上の強調板書の画像をクリックするとスライドビューに移行する。スライドビューはクリックした議論の詳細な内容を振り返るための画面である(図3)。画面上部にはホワイトボードの全体画像、その下には時間軸を示すシークバーが表示される。ホワイトボードの全体画像はシークバー上のスライダーを操作することで任意の時点の全体画像に切り替えることができる。

画面下部には強調板書の画像がスライダーを操作する際

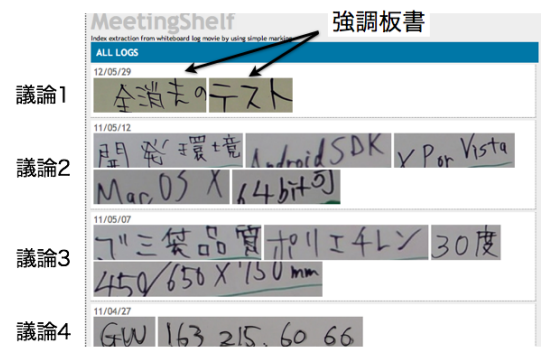


図 2 カatalogビュー

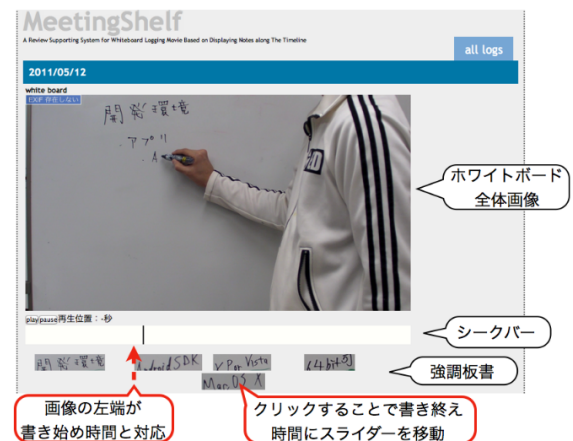


図 3 スライドビュー

のインデックスとして利用できるように並べられている。スライダーの位置を各画像の左端に合わせると、それぞれの強調板書が書き始められる時点の全体画像が表示される。各画像をクリックすると、その強調板書の書き終え時間に対応する位置にスライダーが移動する。

このように、重要な書き込みがされた時間に素早くアクセスできることで、長時間議論したログであっても容易に議論の結果や流れを振り返ることができると考えられる。

4. 実装

本章では実装した振り返り支援システムのプロトタイプについて述べる。

4.1 実装環境

議論を撮影した動画から Web コンテンツに利用する画像や書き込み時間を抽出する際の動画画像処理には、米 Intel 社が開発した動画画像処理用ライブラリである OpenCV を利用した [10]。動画撮影には SANYO 製のデジタルビデオカメラ Xacti DMX-HD1010 を使用した。このデジタルビデオカメラは FullHD 撮影に対応しており、入力動画のフォーマットは 30fps, 1920 x 1080 ピクセルに設定した。

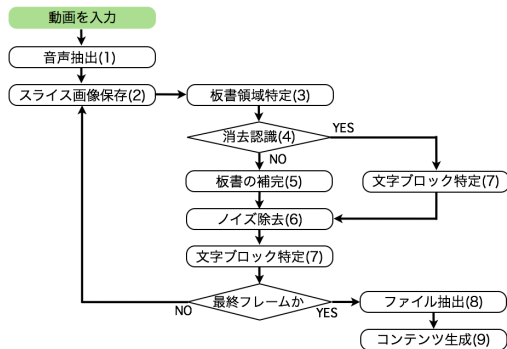


図4 処理の流れ

4.2 処理の流れ

動画が入力されてから Web コンテンツが生成されるまでの処理はすべてコンテンツサーバが行う。この処理の流れを図4に示す。以降、コンテンツサーバで行われる処理の詳細について述べる。

4.2.1 音声の抽出 [処理 (1)]

動画がコンテンツサーバにアップロードされると、コンテンツサーバは動画から音声を抽出する。音声の抽出には FFmpeg を利用した。この音声はスライドビューにおける動画再生時に利用される。

4.2.2 スライス画像の保存 [処理 (2)]

コンテンツサーバは単位時間ごとに動画から静止画を抽出し保存する。この画像をスライス画像と呼ぶ。プロトタイプでは抽出する間隔を 0.25 秒とした。この間隔は以降の動画処理の精度を確認しつつ試験的に決定した。スライス画像はスライドビューにおけるホワイトボードの全体画像として利用される。

4.2.3 書き込み領域の特定 [処理 (3)]

ユーザが書いた文字を認識するために書き手、書き込みが存在しないホワイトボードの全体画像がベース画像として必要となる。プロトタイプでは、動画から最初に抽出したスライス画像をベース画像として利用する。コンテンツサーバはスライス画像とベース画像を用いて差分処理をすることでスライス画像中の書き手と書き込みの領域（画素の集合）を抽出した画像を生成する（図6(a)）。一般に、書き込みの領域は書き手の領域に比べて十分に細い。このことを利用し、この画像に2値化処理とクロージング処理を施すことで書き込みの領域を潰し、書き手の領域のみを残す（図6(b)）。最後に (a), (b) の差分を取ることで書き込みの領域のみを抽出した画像を生成する（図6(c)）。

4.2.4 消去の認識と書き込みの補完 [処理 (4)]

我々はホワイトボードを利用する際、書き込みによって余白がなくなると、しばしば書き込みを消去し新たに余白を作る。コンテンツサーバは、時刻 t のスライス画像における書き込みの量（総画素数） N_t と、1 単位時間前のスライス画像における書き込みの量 N_{t-1} とを比較するこ

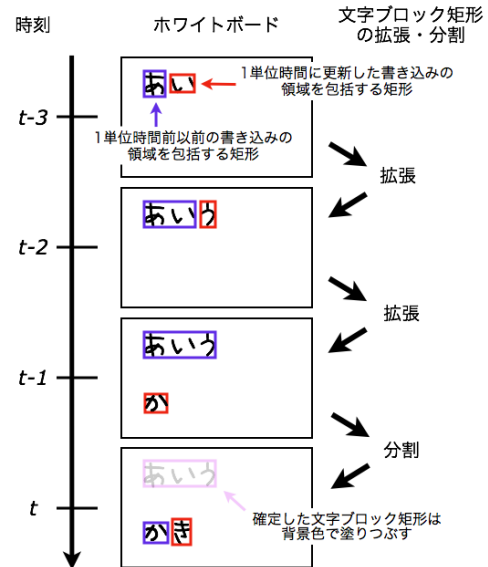


図5 文字ブロック矩形特定の流れ

とで、消去の有無を認識する。本実装では書き込みの量が $N_t < N_{t-1}$ である、かつ $N_t \equiv 0$ の場合、書き込みが消去されたと認識する。書き込みの量が減少しているがある程度の書き込みが残っている場合、書き込みの一部が書き手によって遮蔽されたと認識する。その場合、時刻 $t-1$ のスライス画像中の書き込みの領域を時刻 t のスライス画像に重畳させる。

4.2.5 ノイズの除去 [処理 (5)]

コンテンツサーバは画像処理時、ホワイトボードに書き込んだ際の板面の揺れから生じる影や光陰の変化を書き込みと誤認識する場合がある。このノイズは後の文字ブロックの特定に影響してしまうため、除去する必要がある。プロトタイプでは、連続した3単位時間のスライス画像 P_t , P_{t-1} , P_{t-2} における書き込み領域の論理積を取ることで、ノイズの除去を行う。

4.2.6 文字ブロック矩形の特定 [処理 (6)]

時間的、空間的に書かれた文字の集合を本稿では文字ブロックと呼び、文字ブロックの領域を包括する矩形を文字ブロック矩形と呼ぶ。コンテンツサーバはスライス画像中の書き込みの領域を包括する矩形を求めることで文字ブロック矩形を特定する。文字ブロック矩形の特定の流れを図5に示す。コンテンツサーバは時刻 $t-1$ における書き込み全体と、時刻 $t-1$ から時刻 t の間に更新された書き込みをそれぞれ包括する矩形を求める。そして、その2つの矩形の頂点の座標を比較することで、文字ブロック矩形を拡張するか分割するかの判断を行う。

4.2.7 Web コンテンツ用ファイルの抽出と Web コンテンツの生成 [処理 (7), (8)]

最後に、動画から探索した文字ブロックの左上、右下頂点の (x, y) 座標、書き始め、書き終え時間、下線の有無をデータベースに記録する。また、動画から文字ブロック部

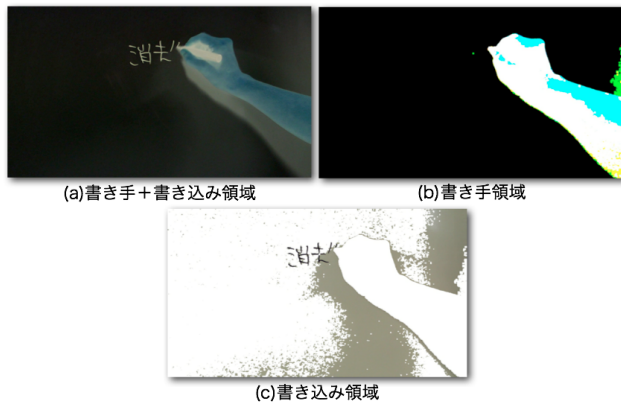


図 6 書き込みの特定

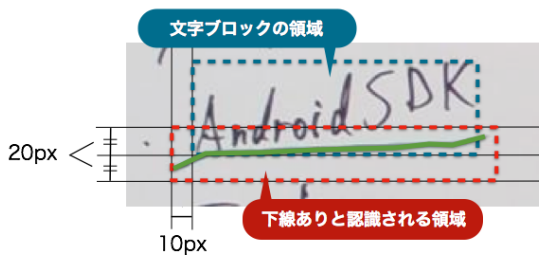


図 7 強調を判別する条件

分を静止画として抽出し、下線の有無に応じて別名で保存する。

下線の有無の認識は、消去が行われる直前と動画を処理し終えたタイミングで行う。まず、スライス画像に緑色のみが残るよう閾値処理を施した後、確率的ハフ変換によって直線検出を行う。検出されたすべての線の始点、終点の座標とすべての文字ブロック矩形の座標を比較し、強調された文字ブロック矩形があるかどうかを判定する。様々なホワイトボードの画像からテストを行った結果、強調されていると判断する条件を以下のように設定した(図 7)。

- 下線始点の y 座標と文字ブロック領域下辺の y 座標との位置関係が 0 ピクセル以上 20 ピクセル以下である
- 下線始点の x 座標が文字ブロック領域の幅の内側である

動画処理が完了すると、処理した動画の振り返り用ページが Web コンテンツに追加される。

5. 精度評価

5.1 文字ブロックの特定の精度評価実験

実装したプロトタイプを用いて文字ブロックの特定の精度評価を行った。評価には、模擬議論動画 3 本を使用した。動画内の文字ブロックの数を C_b 、システムが文字ブロックとして特定した数を N_b 、 N_b のうち正しく特定された数を M_b として適合率 P_b と再現率 R_b を求めた。評価結果を表 1 に示す。動画 1, 3 については適合率、再現率ともに 8 割を超えた結果が得られた。しかし、動画 2 について

表 1 文字ブロック特定の精度評価結果

	Cs	Ns	Ms	適合率 (%)	再現率 (%)
動画 1	10	9	8	88.8	80
動画 2	15	10	5	50	50
動画 3	12	11	10	90.9	83.3
合計	35	31	27	87.1	77.1

表 2 強調板書認識の精度評価結果

	Cs	Ns	Ms	適合率 (%)	再現率 (%)
動画 1	4	3	3	100	75
動画 2	6	3	3	100	50
動画 3	7	6	6	100	85.7
合計	17	14	14	100	82.4

は適合率、再現率ともに他に比べ低い結果となった。これは、動画 2 では文字が細かく書かれていたために、複数の文字ブロックが 1 つの文字ブロックとして誤って特定されることが多くあった。

5.2 強調板書認識の精度評価実験

実装したプロトタイプを用いて強調板書の認識の精度評価を行った。評価には、文字ブロック特定の精度評価と同じ動画群を使用した。動画内で強調を施した箇所の数を C_s 、システムが強調板書として抽出した数を N_s 、 N_s のうち正しく抽出された数を M_s として適合率 P_s と再現率 R_s を求めた。抽出精度評価の結果を表 2 に示す。評価実験の結果、すべての動画について適合率は 100%であった。しかし、動画 2 の再現率についてはそれに比べ低い結果となった。これは、下線を引いた文字ブロックが正しく特定されていなかったために下線の認識も正しく行われていなかったためであった。また、蛍光灯の映り込みにより、線の色が判定しにくい場合があった。このような映り込みについては、文献 [11] の手法を実装することで対応できると考えられる。

6. おわりに

本稿では、特別な機材を利用せずに動画形式のホワイトボードのログを振り返りやすい形に再構成し提示するシステム MeetingShelf を提案した。また、ログ動画から書き込みの切り抜き画像や書き込みの時間情報といった Web コンテンツを作成するための素材を抽出する動画処理手法について述べた。プロトタイプを用いた精度評価実験の結果、文字ブロックを適合率 87.1%、再現率 77.1%で特定することが出来た。また、下線による文字ブロックの強調を適合率 100%、再現率 82.4%の精度で認識することができた。

今後の展望としては、利用するホワイトボードの記法を増やし、新たな振り返り支援コンテンツの実装を目指す。現状では強調のための下線のみを利用しているが、書き込み同士の関係性を示す矢印や、領域を分ける線などが更に

利用できると考えられる．それらを利用し，現状とは異なる面での振り返り支援コンテンツを考案したい．

従来の提案システムでは図の書き込みを文字ブロックとして認識することができなかったが，新たに実装した動画処理により認識が可能となった．しかし，過去に書かれた文字ブロックへの追記や板面の一部分における書き込みの消去には未だ対応できていない．これらはホワイトボード利用時に頻繁にされる行動であるため，早急に対応する処理を実装したい．

運用評価については，上記の未対応部分の実装後，実際に行われる議論のログを収集した上で行いたい．

謝辞

本研究の一部は，高柳記念財団の研究助成による．

参考文献

- [1] John C. Tang. Findings from observational studies of collaborative work. *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 34, No. 2, pp. 143–160, 1991.
- [2] 谷口禎英, 堀口悟史, 井上亮文, 井垣宏, 星徹. 簡易書式を利用したホワイトボードログ動画の振り返り支援システム. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2011 論文集, 第 2011 巻, pp. 636–641, jun 2011.
- [3] 大西正輝, 泉正夫, 福永邦雄. 講義映像における板書領域のブロック分割とその応用. 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理, Vol. 83, No. 11, pp. 1187–1195, 2000-11-25.
- [4] 井上亮文, 小林未宇, 市村哲, 星徹. 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. 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 1, pp. 278–288, 2009-01-15.
- [5] 大崎嗣豊, 奥山哲郎, 石野明, 篠原歩. 画像の常時保存と再生によるホワイトボードの拡張. インタラクシオン 2008, pp. 1–2, 2008.
- [6] Francois Berard. The magic table: Computer Vision Based Augmentation of a Whiteboard for Creative Meetings. In *IEEE Work shop on Projector Camera System(PRO.CAM)*, pp. 1–8, 2003.
- [7] 土田貴裕, 大平茂輝, 長尾確. ゼミコンテンツの再利用に基づく研究活動支援. 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 6, pp. 1357–1370, 2010-06-15.
- [8] 加藤圭吾, 小林智也, 西本一志. 書き込み内容のリンク機能を有するホワイトボードを用いた思考プロセスの振り返り支援. インタラクシオン 2011, pp. 1–2, 2011.
- [9] 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. [グループウェア], Vol. 2000, No. 97, pp. 55–60, 2000-10-19.
- [10] G. Bradski. The OpenCV Library. *Dr. Dobb’s Journal of Software Tools*, 2000.
- [11] Zhengyou Zhang and Li wei He. Whiteboard Scanning and Image Enhancement, 2003.