

協調学習における相互参照可能な電子ノートの更新を動的に反映する手法

衿 木 高 広[†] 濱 地 優 希[†]
倉 本 到^{††} 萩 原 兼 一[†]

計算機上で電子ノートを作成し、さらにノート相互に閲覧できる学習環境を考える。他の学習者のノートを見ることで、学習内容のより深い理解や有益な関連情報の取得など、効率的・発展的に学習ができる。ところが、学習者の学習が進むに従い、過去に記述されたノートに追記するなど、新しい有益な情報が追加されたり、過去の記述が整理されたりすることがある。そのため、ある学習者が他の学習者のノート内容をコピーした後に、コピーされた側の学習者がノートに追加・変更した内容は、改めてそのノートを見ない限り知ることはできないという問題がある。そこで本報告では、より多くの情報を他の学習者のノートから収集することを目的とし、ノートのコピー後にコピー元に変更があった場合はそれを通知する機構を提案する。さらに、我々が開発してきたシステムにこの機構を備えたシステムの実現についても述べる。

An Electronic Note System with a Effective Sharing Method Corresponding the Change of Notes in Collaborative Learning

TAKAHIRO ERIKI,[†] YUKI HAMAJI,[†] ITARU KURAMOTO^{††}
and KENICHI HAGIHARA [†]

Utilizing others' notebooks is effective for collaborative learning, with electronic Note System, it is easy to copy and share the content of their notebooks. However, when a learner adds or arranges the date on notebook with the progress of his learning, others cannot know the change of the contents, because he had already copied them on his notebook statically. In this paper, we propose a method to give notice of the change on the original notebooks, whose contents a user had copied, for gather more information effectively. In addition, we show an implementation of the method on ViNoSyL, which is the electronic note system we have proposed before.

1. はじめに

近年 e-learning やビデオ学習など、計算機を用いた学習が増加している¹⁾²⁾。このような学習において、同一のテーマについて学んでいる他の学習者のノートは有用な情報源である。特に他の学習者のノートには、例えば数学ならば自分と違った解き方しているなど、あるテーマに対して自分とは違った視点で取り組んだものもあり、うまく活用すれば学習をより効率的・発展的に進めることができる。

他の学習者のノートを学習に利用するために、学習者は他の学習者のノートのコピーを取得したりその内容を学習者自身のノートへ転記したりして複製する。しかし、内容が間違っていたか記入漏れがあったかなどの理由で他の学習者がノートに変更や追加を加えた場合、そのノートの該当箇所を複製した学習者は、改めて変更があったノートを見ない限り変更点を知ることができない。参考にしたノートに加えられた変更は、複製した学習者にとっても有意義である可能性が高く、その内容を簡便に知ることができれば複製した学習者の学習の助けになると考えられる。

本報告では、“ある学習者が必要なより多くの情報を他の学習者のノートから効率よく収集する”という目的を達成するため、計算機上の電子ノート環境においてノートを簡単に複製し、変更があればそれを複製した学習者に知らせることで、学習者が有意義なノ-

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
Osaka University
^{††} 京都工芸繊維大学工学部
Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of
Technology

トの変更情報を容易に取得できる機構を提案する。

2. 学習時の問題点とその対応

2.1 想定システム

本報告で想定する学習システムである、電子ノートによる学習システムについて述べる。

この電子ノートシステムはネットワークに接続された計算機上で動作する。ユーザは計算機上で再生できる動画を用いて学習する。そのとき、キーボードとマウス、及びペンタブレットを用いて、電子ノートへ学習データを記録する。1つの動画に対して、各ユーザごとにノートを作成できる。

電子ノートは1枚以上のページから構成されており、ユーザはページにテキストデータ、手書きのフリーハンドデータ、ピクチャーデータ、Webへのリンクなどのノートを構成するマルチメディアデータを配置する。これらのデータを以降ではコンポーネントと呼ぶ。

電子ノートは、ネットワークを経由してサーバ上に保管され、そのネットワークが利用できる他ユーザはノートを互いに自由に閲覧できる。ただし自分の作成したノート以外のノートは書き換えられない。

2.2 学習の進め方

本報告で想定する学習の進め方は、以下の2段階に分けられる。

ノート作成段階

動画や講義などの内容を把握・理解しながら、重要な部分や気になったことをノートに記録していく。

復習・発展段階

作成したノートを見返しながら、内容を理解しなおす。必要があれば、ノートの記述内容を整理する。また関連情報や疑問点などを調べ、得た情報を自分のノートに追記することもある。

学習は、この2つの段階を繰り返しながら進められる。

2.3 復習・発展段階の要求

復習・発展段階において、学習者は以下のような要求を持つ。

- 自分の学習に見落としがないかを知りたい

自分が作成したノートに、重要な内容のすべてを記録したかどうかを判断することは、学習者自身だけでは難しい。よって、記録できていない内容がないか探したい、またもし漏れていた内容を発見した場合、その内容を補いたいと考える。

- 学習内容をより深く、発展的に理解したい

理解に乏しい部分は理解できるように、重要と思われる部分は十分に納得・理解できるように、興味のある部分はより深い、または新しい知識を得るために、

学習内容に関連した情報を集めたい。

- 自分の学習内容は正しいのかを確認したい

自分が記述した内容が、本当に正しいかを確認をしたい。例えば内容を誤解していないか、正しい過程を踏んで答えにたどり着いているか、などである。

これらの要求には、同一の学習教材を用いて学習している他の学習者（以下、「他の学習者」をこの意味で用いる）の作成したノートを参考にすることが有効な対応策と考えられる。なぜなら、“あるテーマの中で”見落としがないかを判断せねばならないため、そのテーマそのものか、もしくはそのテーマに沿って作成されたものが必要になるからである。また、学習者はWebや本などの、他の学習者のノート以外の情報源から学習のテーマに関連する部分だけをまとめ、ノートに記入することもある。この場合、この学習者以外の学習者はこのノートを見ることで、学習教材の内容をより深く理解したり、教材以上の情報を得ることができる。さらに、複数人のノートを見ているうちに、思い込みで学習していた部分に気付くことも考えられる。

つまり、学習を進める際に他の学習者のノートを参考にすることは、学習を効率的・効果的に進めるために有効である。

2.4 ノート変更と通知

復習・発展段階において、

- 過去に記述された内容に追記する
- 過去の記述を整理（修正や削除、移動）する
- 学習を進め、新たに学んだ内容が追加される

という作業を行うことがある。特に電子ノートは、紙のノートに比べ追加や修正が容易なため、これらの頻度は高いと考えられる。このとき、ノートの複製を行った学習者は他の学習者の更新状況がわからないという問題に直面する。

すなわち、単に他の学習者のノート内容を複製するだけでは、それが変更された場合に、再度そのノートを開かない限り変更を知ることはできない。この場合、ノートを複製したときに得られた、他学習者のノートを見ることの利点を更新時には得ることができず、学習の効率・効果を高めることができない。

この問題に対応するため、他の学習者のノート内容における複製元の変更点を複製した学習者に通知する手法を提案する。以降、他の学習者のノート（の一部）を複製する行為のことを“取り込み”と表現する。もちろん、取り込んだ部分は取り込み元とは別であるので、取り込んだ者が自由に修正や変更を加えることができる。

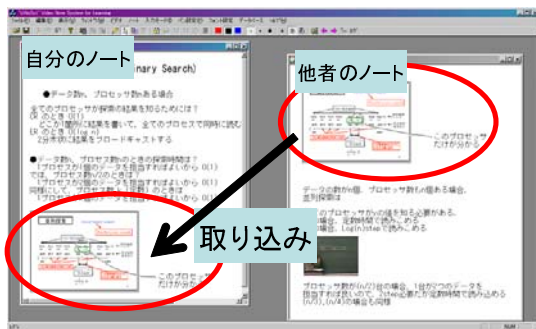


図 1 取り込みの様子

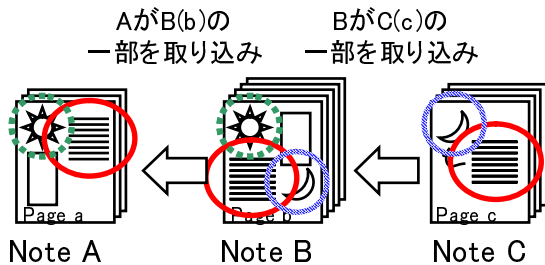


図 2 多段階のノート取り込みの例

取り込みには、2つの状況が考えられる。

1. 他の学習者のページを自分のノートの新しいページとする
2. 自分のページに、他の学習者のページ(の一部)を取り込む

1. の場合は、他の学習者のページを自分のノートの一部とし、2. では2つ以上のページをまとめるという作業が発生する。2. の様子を図1に示す。

次に、取り込み後に他の学習者のノートが変更された場合について考える。ノートの変更には、

- 1 コンポーネントの追加
- 2 コンポーネントの修正
- 3 コンポーネントの削除

の3つがある。以下具体例を挙げながら説明する。

学習者NのノートのページpをN(p)と表現する。まず学習者A, B, Cの3つのノートを考え、A(a)はB(b)を、B(b)はC(c)のページをそれぞれ取り込んでいる状況を考える。図2にこの状況を模式的に示す。

この状況下でページに各変更があった場合、Aにどのような通知を届けるべきかを考える。このとき、ページに起こった変更を通知するため、ページの一部だけを取り込んだ場合でも、他の学習者のページを自分のノートに加えた場合でも同様の通知が行われるものとする。なぜなら、ページにはある1つの学習単位(単元)ごとにまとめて書かれていることが多いと

考えられ、実際に取り込んでいない部分の修正であっても、ページが対象としている単元と関係がある修正であると考えられることから、取り込んだ学習者によって有益な情報を含んでいる可能性がある。そのような情報をなるべく多く得られるように、あるページの一部だけを取り込んででもそのページに起こった変更は全て通知するものとする。

(1) コンポーネントの追加

- B(b)に新たなコンポーネントが追加された場合

Aがノートを開いたときに、追加されたコンポーネントがあることを通知する。例えば「B(b)にテキストデータが2つ追加された」といったメッセージを表示する。

Aはその通知を受けることで、どのコンポーネントが追加されたかを確認することができる。Aが有用であると判断した変更について、そのコンポーネントを自分のノートに反映させることができる。

- C(c)に新たなコンポーネントが追加された場合

問題となるのは、C(c)の追加コンポーネントが、Aにとって有用である場合である。直前の機能だけを提供する場合、C(c)の変更がBにとって不必要なコンポーネントである時やBがノートを開く前であれば、B(b)にそのコンポーネントが反映されることはないため、B(b)を取り込んだA(a)には、コンポーネントが追加されたことは伝わらない。これでは、Aが必要な情報を得られない場合がある。

しかし、B(b)はC(c)を取り込んでいるからといって、B(b)、さらにC(c)の変更通知を全て受け取るとすると、取り込みが何段にもわたっていた場合に膨大な量の通知が行われてしまい、効率よく情報を得ることができない。この通知をどの程度深いところまで行うべきかは、学習者ごと、あるいは単元ごとに異なると考えられる。そこで、学習者に通知許可段数を設定させるものとする。例えば、Aが通知許可段数を1とすれば、Aが指示した際にB(b)の変更のみを調べ、2とすればB(b)とC(c)の変更を調べ通知する。この値は学習者がいつでも変更できるようにし、必要に応じて情報量を調整できるようにする。

- B(b+1)に新たなコンポーネントが追加された場合

この場合も、Aには「B(b+1)にコンポーネントが追加された」という通知を出すこととする。これは紙のノートと違い、電子ノートの1ページの大きさは理論上無限大であるため必要なだけ情報を書き込むことができるが、実際はディスプレイの大きさや見易さの向上のため、一つの単元が複数のページに分割されて

記されることも多いからである。この通知は、先に述べた通知許可段数の影響を受ける。例えば、図2でAの通知許可段数が2である場合、AはC(c+1)の変更の通知も受け取ることができる。

(2) コンポーネントの修正

修正には内容の編集と位置の移動に大別できる。

● コンポーネント内容の編集

B(b)のあるコンポーネントに編集が行われた(内容が変更もしくは追加された)場合、AにはB(b)のコンポーネントが編集されたことを通知する。例えばAが取り込んだB(b)上のコンポーネントに誤りがあった場合、Bがそれを訂正してもAに訂正が伝わらなければ、Aは間違った情報で学習を続けてしまうからである。

しかし、必ずしもAはB(b)の最新の内容が欲しいわけではない。特に編集が2回以上行われていた場合は、最新版より1つ以上前の内容に必要な情報が存在する可能性も考えられる。このような状況に対応できるように、学習者は過去の編集の全ての段階にいつでもアクセスできるものとする。

● コンポーネントの位置の移動

同一ページ内でコンポーネントを移動した場合、コンポーネントの位置の移動は、追加や修正に比べ頻繁に行われる。しかもそのコンポーネントの内容には変化がなく、新しく得られる情報が増えるわけでもないため、この場合は通知を行わない。

● ページをまたいだ移動の場合

ノート内容の整理時に、別のページに書くほうがふさわしいと判断した場合は、別のページにそのコンポーネントを移動する。このとき、例えばB(b₁)上のあるコンポーネントをB(b₂)へ移動した場合、b₁ページに関連する内容がb₂ページに書かれている可能性が高い。よって、「B(b₁)上のコンポーネントがB(b₂)へ移動された」という旨の通知を出し、B(b₂)ないしはB(b₁)の閲覧を促すこととする。

(3) コンポーネントの削除

● コンポーネントを削除した場合

AがB(b)上のコンポーネントを選択して自分のノートに配置している場合、B(b)がBには必要ないとしても、Aにとって必要でなくなることは意味しない。従って、この場合は通知の必要性がない。

2.5 取り込み経路による検索結果のランク付け

学習者が必要な情報を得るための電子ノートの有用な機能にノートの検索がある。このとき、他の学習者のノートを対象として検索を行った場合、検索者に

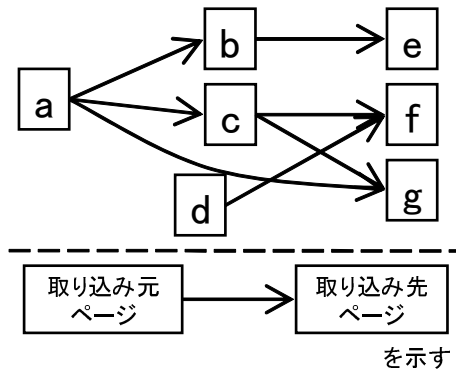


図3 取り込み経路の例

とって相性の良いノート、例えば見やすいノートであったり、自分とは違う切り口で問題に取り掛かっているノートなどが検索結果の上位に現れると望ましい。また、他の学習者のノートを取り込んだ、という事実は、その学習者は取り込み元の学習者のノートと相性が良いことを意味すると考えられる。そこで、取り込んだ、取り込まれたという関係性を検索結果のランクに反映させることで、検索効率の向上を図ることを考える。

B(b)の内容がA(a)に取り込まれたとき、B(b)→A(a)の道筋を取り込み経路と表現する。

現在図3で示すような取り込み関係を持っているとする。この時fに注目すると、fの所持者はcとdのページに良い情報が書かれていたので取り込んでいるため、fの所持者にとってはcとdを含むノートが他のノートよりも有益であると考えられる。これを検索結果に反映させる。fが全ノートを対象に検索を行った場合、検索結果にcがあればcをより有用なノートであるとして、次にcが取り込んでいるaをそれに次ぐ有用なノートであるとして結果を示す。その結果、上位にc、aが表示され、より相性の良いノートへのアクセスが速くなることが期待される。

3. システム設計

手法を、2.1節で想定した機能を持つビデオ学習支援システムViNoSyLの機能の一部として実装する。

3.1 ビデオ学習支援システムViNoSyL³⁾

ここではViNoSyLについて概説する。ViNoSyLの外観を図4に示す。

各学習者が使用する計算機は全てネットワークで接続され、学習者はサーバ上の動画(学習教材)を参照して、各自のペースで自由な時間に学習を進める。ViNoSyLでは、原則1つの学習教材に1つのノートが割り当てられる。

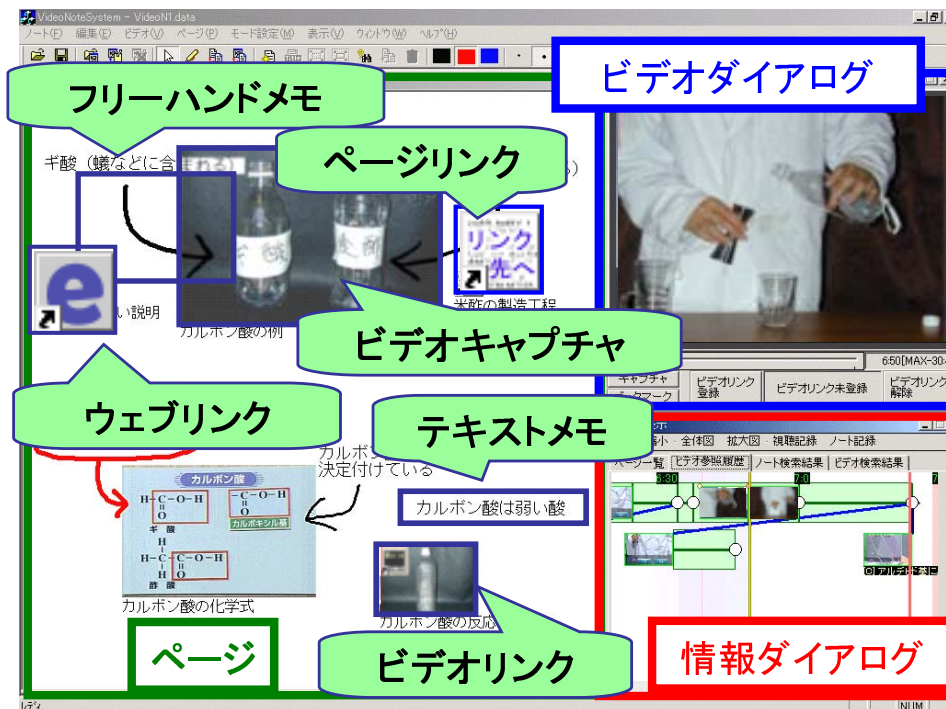


図 4 ViNoSyL の外観

ViNoSyLには、動画の1場面をキャプチャしてノートに貼り付ける機能や、他の学習者が動画のどの部分に注目しているかを視覚的に表示する注目度表示⁴⁾、動画に対しての操作が記録される参照履歴³⁾など、学習効率を高めるための機能が搭載されている。

インターフェースは主に以下の3つで構成される。

ノート記録部 学習データを記録・閲覧する部分。現実のノートに相当する。

ビデオダイアログ この部分に動画を表示する。また動画に対する基本操作（早送りや巻き戻しなど）、及び動画のキャプチャもこの部分で行う。

情報ダイアログ 動画に対する操作の履歴や、ノート内の検索結果などを表示する部分。

3.2 提案手法の実現

2章で述べたシステムを実現するために実装した、以下の機能について述べる。

- 他の学習者のページの取り込みと通知
- 通知の表示方法
- ノートの履歴に対する操作
- 取り込み経路による検索結果のランク付け

3.2.1 電子ノートのデータ構造

まず、電子ノートのコンポーネントの管理手法について述べる。ノートの内容は、全てサーバ上のデータベースに保存される。データベースは、コンポーネン

ト内容を格納する部分と、ページ上でどのように表示するかを決定するレイアウトを格納する部分の2種類に分けられる。データベース構造の概念図を図??に示す。

共通データベース ここには、ノートに表示するコンポーネントの“内容”が保存される。このデータベースは1つの動画に1つ用意され、その学習教材に関して作られた多数のノートに記述された内容が記録されている。記録内容は、IDとデータ内容、そのデータの作成者といった情報である。データ内容には、コンポーネントによってテキストや表示画像のURI、リンク先のURIなどの情報が入る。

個人用データベース 共通データベースの内容を、“ノートの何ページ目のどこに表示するか”という情報がこのデータベースに保存される。これはノート作成者ごとに1つずつ用意され、1冊のノートにつき1つのテーブルが用意される。記録される内容は、IDとその表示ページ及び位置とサイズ、作成時刻と削除時刻である。ノートを画面に表示する際には、まずこのテーブルのIDをキーに、共通データベースから表示すべきデータを探す。

以上に加えて、ノート内容を保存した時刻を記録するテーブルや、誰のページを取り込んだか、誰に取り込まれたかを記録するテーブルがある。システムは、

ノート作成者がノートに変更を加える（ページに追記する・編集する・コンポーネントを削除する）たびに、その日時と状態をデータベースに記録する。

この手法では、ノート内容の複製を頻繁に行うことが想定されている。さらに各自のノート編集の履歴を全て残すため、複製されたコンポーネントの内容までも複製すると、非常にデータベースが大きくなるという問題が発生する。そこで、本システムの実装では内容と表示部分を分離し、内容に変更がない限りは個人用データベースに表示情報を追加するだけとした。また、他の学習者のノート内容を取り込む際は、他の学習者の個人用データベースの、取り込むコンポーネントの表示情報だけを複製することで実現する。

データの内容に変更があった場合は、新しい内容を共通データベースに新たに挿入する。このとき、以前の内容は消さない。これは、履歴を表示する際に必要であるためと、ノート所有者以外のノートを複製した学習者がその内容を使用している可能性があるためである。

3.2.2 他の学習者のページの取り込みと通知

取り込みは、他の学習者のページ上のコンポーネントを自分のページ上にドラッグアンドドロップするかコピーアンドペーストすることで行う。1ページを取り込みたい場合はメニューから行う。このとき、他の学習者のページ、またはその一部を取り込むと同時に誰の何ページ目が誰の何ページ目を取り込んだ、という情報を個人用データベースに記録する。

また、取り込みを行ったノートには変更点の確認というメニューが選択できる。このメニューを選ぶと、先ほど記録した情報を元にシステムが取り込み元の変更点を確認し、通知を受けることができる。

通知は、図4の右下にある情報ダイアログに「Bのbページにコンポーネントが追加されました」のようなメッセージが表示される。さらに、そのメッセージから変更のあった該当ページをすぐに関することができるよう、メッセージにはリンクが付加される。

そこから開いた他の学習者のノートにある変更点を容易に判別するため、追加や内容の編集があったコンポーネントは色付の枠で囲まれて表示される。

3.2.3 ノートの履歴に対する操作

2.4節(2)のコンポーネントの修正で述べたような、ノートの過去の状態へアクセスできるよう、全てのノートに、ノートをどのように編集したかを記録する履歴を用意する必要がある。本システムでは、個人用データベースに必要な情報が保持されている。

過去のある時点で保持されたノートの表示は、この

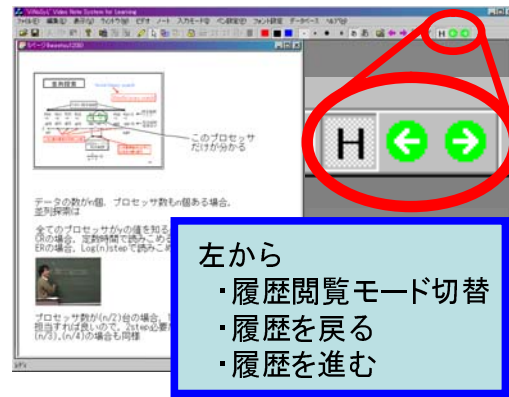


図5 履歴の操作インターフェース

個人データベース内の保存時刻を記録したテーブルより要求された保存時刻を抽出し、

$$\text{作成時刻} \leq \text{保存時刻} \leq \text{削除時刻}$$

を満たすデータだけをページとして表示することで実現する。

履歴に沿ったノートの変化を見る場合は、履歴閲覧モードを選択する。履歴閲覧モードに移行すると、履歴を戻す・履歴を進む、というメニューが使用可能になる。ちょうどウェブブラウザの戻る・進むと同様の操作で履歴を閲覧できる。その操作インターフェースを図5に示す。

他の学習者の履歴のノートを取り込みたい場合は、3.2.2節に示した手順と同様である。

3.2.4 取り込み経路を反映した検索結果表示

取り込み経路による検索結果の並び替えを可能にする。検索を行う際、取り込み経路によるランクを検索結果に反映させる、という項目にチェックが入っていれば検索結果をランク順に表示する。

これらのランク付けは、個人用データベースにある取り込み経路情報を記録したテーブルを元に行われる。

4. おわりに

本報告では、電子ノートを用いた学習時に発生する、他の学習者がノートに記した有益な情報を漏れなく簡便に取得したいという要求を分析した。それをもとに、他の学習者のノートを自分のノートへ取り込み、変更があれば通知する機能を提案し、ビデオ学習支援システム ViNoSyL の機能の一部として実装した。これは、他の学習者のノートを取り込んだ後、そのノートに変更があった際に通知を出すことで、ノートの更新の手間を軽減させる手法である。

今後は実際のビデオ学習環境上で適用実験を行い、システムの有用性を評価して、更なるシステムの改善

を行う予定である。

謝辞 本研究は一部、平成 17 年度科学研究費補助金（特定領域研究 17011046）の補助による。

参 考 文 献

- 1) 重森晴樹, 倉本到, 渋谷雄, 辻野嘉宏: 講義への集中を目的としたノート作成支援システム, 情報処理学会研究報告, 2004-CE-75, pp.17-24(2004)
- 2) 江島ゆき, 樋山淳雄: 分散協調学習支援システムの提案, 情報処理学会研究報告, 2000-CE-57, pp.79-85(2000)
- 3) 藤本寛史, 倉本到, 藤本典幸, 萩原兼一: ビデオアーカイブを利用した学習を支援するシステムの提案, 情報処理学会研究報告, 2002-HI-97, pp.1-6(2002)
- 4) 平野秀明, 東浦俊文, 川崎裕也, 倉本到, 萩原兼一: 共有した電子ノートにおけるビデオシーンの注目度を利用する学習支援システム, 情報処理学会研究報告, 2002-CE-67, pp.41-48(2002)