

ビデオ学習支援システムにおいて 参照性を向上する電子ノートの継承管理法

東 浦 俊 文[†] 三 谷 幸 久[†]
倉 本 到^{††} 萩 原 兼 一[†]

我々は、学習データを学習者間で共有できるビデオ学習支援システムを開発している。一般に、学習者は他学習者のノート参照することで理解を深められると考えられている。学習データは電子ノート上に記録するが、各学習者が作成する電子ノートに整合がなく、学習時や復習時の検索作業が煩雑である。そこで本報告では、システムが自動的に生成したノートあるいは既学習者のノートを学習者が編集して自らのノートを作成する環境下で、学習データの参照性の問題解決のための、学習者が継承した電子ノートの親子関係を管理する手法を提案する。さらに、我々が開発してきたシステムに電子ノートの継承管理機構を備えたシステムの実現について述べる。

An Inheritance Management Mechanism of Electronic Notebooks for a Video Learning Support System

TOSHIFUMI HIGASHIURA,[†] YUKIHISA MITANI,[†] ITARU KURAMOTO^{††}
and KENICHI HAGIHARA[†]

We have developed a video learning support system with shared electronic notebooks. It is named ViNoSyL (Video Note System for Learning). It is known that the learning efficiency of a learner is improved by looking at the others' notebooks. Since styles of note-taking are different between individuals, it is hard to refer to data which is helpful to learners in each notebook. In this paper, we assume that a learner make electronic notebooks which either ViNoSyL creates or those the others create into his/her own notebooks. We propose the method of managing the parent-child relations between electronic notebooks to solve the problem of reference with notebooks. In addition, we show an implementation of a system, based on ViNoSyL, with mechanism of inheritance management of electronic notebooks.

1. はじめに

近年、計算機を用いた学習支援システムが数多く開発され利用されている。そのなかで我々は、MPEGなどの動画ファイルを教材（ビデオ教材と呼ぶ）として利用する学習支援システム¹⁾²⁾を開発している。これらのシステムでは、学習者がビデオ教材を参照しながら、計算機上の電子的なノート（電子ノートと呼ぶ）に適宜メモなどの学習データを記録していく形態の学習を考えている。電子ノートとは、学習データを記録したページの集合であり、各ページには以下の学

習データを記録できる。

- キーボード入力によるテキスト
- ペンタブレット入力による手書き文字
- ビデオ教材の画面をキャプチャした静止画
- 他ページ、ビデオ教材（範囲指定した部分）、および WWW サイトへのリンク³⁾

特に文献 2) では、学習データを学習者間で共有でき、学習者がお互いの学習データを参照することで学習効率を向上させることができるビデオ学習支援システム（ViNoSyL と呼ぶ）を提案、実装している（図 1）。ViNoSyL では、各学習者が自由にページを作成するため、同じビデオ教材を見て学習した場合でも、ビデオ教材中のどの場面を見て作成されたページかわからない。そのため、学習者の知りたい場面が記録されたページを探す作業は煩雑になる。

そこで本報告では、他学習者の電子ノートを容易に検索・参照できるようにするため、ビデオ教材の場面

[†] 大阪大学 大学院情報科学研究科

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

^{††} 京都工芸繊維大学 工芸学部

Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of Technology



使用ビデオ教材：「ETV2002」(c) NHK 2002

図 1 ViNoSyL 概観

ごとにページを作成し、ViNoSyLを用いて電子ノートを継承管理する手法を提案する。

以降、2章ではViNoSyLについて概説し、3章では、ビデオ学習時に発生する要求とその対応を述べる。さらに、4章で提案手法に基づくシステムを説明し、5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. ビデオ学習支援システム ViNoSyL

本報告では、我々の研究グループが開発しているビデオ学習支援システム ViNoSyL を拡張して学習データの参照効率を向上させることを提案する。ここでは、ViNoSyL について概説する。

まず、ViNoSyL では、以下のような流れでビデオ学習を行うことを想定している。

1. ノート作成フェイズ

ビデオ教材を見ながら、適時電子ノートに学習データを記録する。また、復習作業を効率的に行えるように、他の学習者の電子ノートを参照するなどして疑問点を調べて解決したり、詳しい説明を加えておく。

2. 復習フェイズ

作成した電子ノートを利用して、ビデオ教材の内容を復習する。

ViNoSyL では、ビデオ教材の関心のある部分へのアクセスを効率よく行うビデオ参照履歴機能¹⁾や、各学習者の電子ノートを共有し、それを学習者が参照することにより個人学習を支援する機能がある。また、各学習者の学習データにより、ビデオ教材中で学習者がどれだけ注目しているかを抽出し視覚化することで、

個人学習の効率を向上させる注目度表示機能²⁾がある。学習データのうち、静止画、各リンクにはテキストによるコメントを付けることができ、復習時の検索に利用できる。

ViNoSyL では、液晶ペンタブレットを装備した計算機をネットワークで接続する。学習者が利用するビデオ教材はサーバ上に置き、各学習者で共通のビデオ教材を学習できるようにする。各学習者は、サーバ上のビデオ教材を参照しながら、キーボード、マウスおよびペンを用いて学習データを電子ノートに記録する。また、各学習者の学習データはサーバ上のデータベースに記録し、各学習者の電子ノートを相互参照可能にする。

学習用に使用するビデオ教材としては、特に範囲を限定しない。また、ビデオ教材にはメタデータはないものとし、ビデオ教材に付属する教材もない状況を想定する。

3. ビデオ学習時に発生する要求とその対応

まず、ビデオ学習時の学習者の行為を以下の4種類に分類する。

(1) ビデオ参照

ビデオ教材を見ながら、その内容を把握する。

(2) ビデオ操作

ビデオ教材の再生の一時停止・巻き戻し・早送りを行い、一度見逃した場面やもう一度見たい場面に再生位置を移動させて参照する（ランダム参照と呼ぶ）。

(3) 学習データ記録

ビデオ教材中のメモなどをテキスト、手書き文字などで記録する。また、ビデオ教材中で学習者が重要だと思った図や、あとで参照したいと思ったビデオ教材中の場面をリンクとして記録する。さらに、関連があると思った他のページのリンクや WWW ページへのリンクを記録する。

(4) 学習データ検索・参照

より深い理解や関連事項を記録するために、学習者が電子ノートに記録した学習データや、他学習者が記録した学習データを検索、参照する。

3.1 ビデオ学習時の要求

次に、ビデオ学習時に発生する要求として、上記で分類した 4 項目についてそれぞれ述べる。

(1) ビデオ参照時の要求

学習者がビデオ教材を参照する際、そのビデオ教材のどこに着目すればよいのか知りたい、という要求がある。これは、学習データが記録されたビデオ教材上の時刻を元に他の学習者が注目したビデオ教材のシーンを割り出し、それを注目度として示すことにより解決している。

(2) ビデオ操作時の要求

一度見逃した場面やもう一度見たい場面を参照する際、簡単にランダム参照したいという要求が起こる。さらに、ランダム参照後、再び元の再生位置に戻したいという要求も生じる。これらの問題は、学習者のビデオ参照の操作履歴（ビデオ参照履歴）を用いることにより解決している。

(3) 学習データ記録時の要求

ビデオ教材中には分かりやすい図や、まとめの画面など、復習時に役立つ情報が含まれている。そこで、これらの画面を簡単にキャプチャして電子ノートに記録したいという要求が生じる。さらに、ビデオ教材の一部分を記録したい、という要求も生じる。これは、ViNoSyL の基本機能である、ビデオ画面のキャプチャ、およびビデオ教材を範囲指定して記録できる機能により解決できる。

(4) 学習データ検索・参照時の要求

いくつかの電子ノートで統計をとると、学習データは、45 分のビデオ教材の場合 1 つの電子ノートに 平均 122.3 個²⁾ 記録されている。そのうち、約半数がテキスト以外の学習データである。その上、他学習者の学習データを含めるとさらに数が増えるため、学習者が現在の学習部分と関連のある電子ノートのページを探す作業は煩雑である。また、ビデオ教材の中から必要な場面を探す作業も煩雑である。そのため、**電子ノートやビデオ教材の内容をすばやく検索したい** という

要求が生じる。ここで、学習者が自分で見たビデオ教材の内容の検索に対してはビデオ参照履歴機能が有効だが、学習データを検索することに関しては現在の ViNoSyL には十分な機能がない。次節では、この点について詳しく述べる。

3.2 学習データ検索・参照の問題点

学習者は他学習者の電子ノートを参照しながら学習することが理解の深化につながる⁴⁾。また学習者は、ビデオ学習中に疑問を感じたとき、そのビデオ教材の同じ場面を見た他の学習者がどのような学習データを記録したのかを知りたいと考える。

ここで、ViNoSyL における学習データの検索手段は、大きく次の 2 つに分けられる。

(M1) 文字列によるページの全文検索

電子ノート中の学習データに含まれるテキスト文字列を検索し、該当した学習データが記録されているページの一覧を出力する。

(M2) ページリンクで結ばれているページの検索

ページリンクで結ばれている先のページは、元のページと関連が深いことを利用して検索する。複数のページリンクをまたがった検索も可能である。

(M1) については問題点 (P1-1) と (P1-2) が、(M2) については問題点 (P2-1) と (P2-2) がある。

(P1-1) 必要の無いページが多く該当してしまう

検索語が学習データに多く該当した場合、学習者が必要としないページも多く検索結果に現れる。この場合、学習者が必要とするページを探す作業が煩雑になる。

(P1-2) 検索結果が膨大になる

検索対象ページ数に比例して検索結果が増えるため、学習データが蓄積されるにつれ、学習者が必要なページを探す作業が煩雑になる。

(P2-1) リンクを記録しておかなければ検索に利用できない

リンクは学習者が手動で記録するものであり、記録されたリンクがなければ検索に利用できない。

(P2-2) リンクで繋がっていないページは検索できない

関連があるページ同士でも、必ずリンクで繋がっているとはいえず、リンクで繋がっていないければリンクを利用した検索では見つけれられない。

そこで、次節ではこれらの問題を解決する手法を考える。

3.3 関連ページ検索のアイデア

ビデオ教材内にはいくつかの場面が含まれているため、学習者が学習データを検索した際、他学習者のノートのどこに学習者が必要とする場面を見て作成さ

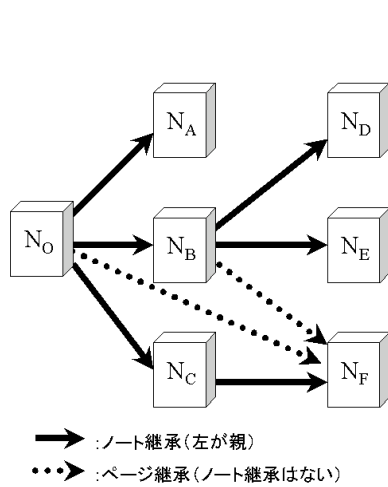
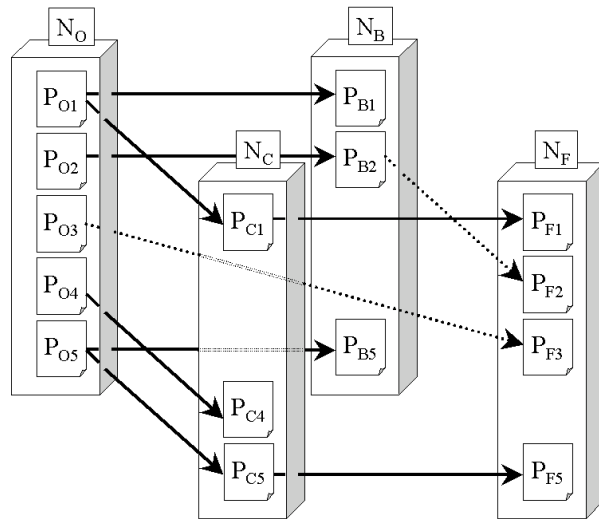


図2 ノート継承の概念図



N_X : 学習者Xの電子ノート P_{Xi} : 電子ノート N_X のi番目のページ

図3 ページ継承の概念図

れたページがあるのかを探す必要がある。そのため、学習者が他学習者の電子ノートから必要なページを探すには、まず、そのページがどの場面を見て作成されたページなのかを判断する必要があるが、各学習者がそれぞれ独立にページを作成するとどのページがどの場面の記録か判断するのは容易ではない。このとき、どの場面を見て作成されたページなのかを体系的に分かれれば、学習者の検索効率が向上すると考えられる。

そこで本報告では、ビデオ上の1場面を1単位としてページを作ることを考える。さらに、学習者が場面ごとにページを作成する作業をなくすため、システムが自動的に場面の切れ目を判断しページを生成することを考える。そのページには場面の変わり目の画像を1枚記録しておき、学習者の画面キャプチャ手間を軽減する⁵⁾。以上のようにシステムが時系列順に作成したページの集合を、初期ノートと呼ぶ。ビデオ教材では学習ターゲットが決まっているので、初期ノートのいずれかのページに知りたいトピックが存在する。(P1-1 に対応)

ビデオ教材 V に関して学習者 S が電子ノートを使う状況を考える。学習者 S は、データベースから V の任意の電子ノート N を選択し、自らの電子ノート N_{S0} とする。 N は V の初期ノートであってもよい。このとき、 N_{S0} は N をノート継承したと呼び、既に V を見た学習者が作成した電子ノートを譲り受けることに対応する。学習者 S は、 N_{S0} に学習データを追加し自分の電子ノート N_S を作成していく。このとき、 N_{S0} のあるページ P_i について S が必要ない

と判断した場合、 P_i を削除する。

また、ViNoSyL では、 N と異なる電子ノート N' の中で参考になるページ P があれば、 N_S のページとの間にページリンクを作成したり、ページ P を N_S にコピーできる。これを、ページ継承と呼ぶ。すなわち、継承にはノート継承とページ継承がある(図2)。電子ノート N_A 、 N_B および N_C は全て N_O が親であり、電子ノート N_D と N_E は N_B が、 N_F は N_C が親である。図中の実線の矢印はノート継承の親子関係を表し、点線の矢印はノート継承ではないページ同士のページ継承の親子関係を表す。ページ継承関係について、図3を用いて説明する。図3は図2のうち、電子ノート N_O 、 N_B 、 N_C および N_F のページ継承の関係を表示した図である。 N_F は、 N_C をノート継承したものであるが、1世代前の親の N_C には含まれないページ P_{B2} を N_B からページ継承している。同様に、 N_O からページ P_{O3} をページ継承している。

電子ノート・ページ間の継承関係が学習者にわかれば、同じ親を持つ他学習者が編集したページの中から自分が記録していない学習データを容易に見つけ出すことができる。また、継承関係でつながれた電子ノート・ページ同士は関連が深く、その関連から参照されたページを用いると、学習内容をより深化させるのにも役立つと考えられる。

そこで、システムが電子ノートの継承関係を管理することを考える。この管理により、学習者はある1つの電子ノートを継承するだけで、その継承元の電子ノートと継承関係にある全ての電子ノートが検索対象

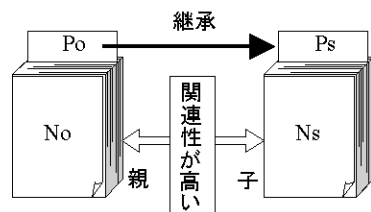


図 4 ページ継承（親子関係）

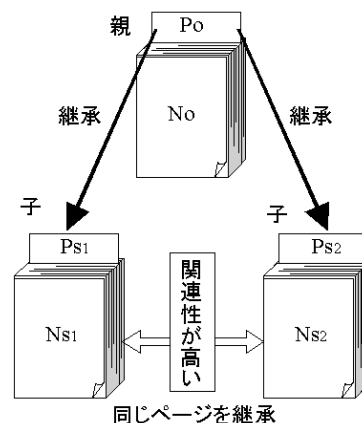


図 5 ページ継承（兄弟関係）

になる。(P2-1, P2-2 に対応) さらに、初期ノートと電子ノートの継承関係を用いることにより、検索対象を絞ることができる。(P1-2 に対応)

3.4 電子ノートの継承管理

他学習者のある電子ノート N_o 内のページ P_o を自分の電子ノート N_s 内のページ P_s としてページ継承した場合、その親子関係を記録しておく（この場合、 P_o が親、 P_s が子）（図 4）。この関係をシステムが管理（継承管理と呼ぶ）することで、検索時にページの親子関係を辿ることができ、手動でページリンクを記録しなくとも、関連が強いページを検索対象とできる。また、同じ親を継承したページ同士（兄弟関係にあたるページ）も関連が強いといえ、同様に検索対象とできる。この様子を図 5 に例を示す。電子ノート N_{s1} 内のページ P_{s1} と、電子ノート N_{s2} 内のページ P_{s2} が、ともに電子ノート N_o 内のページ P_o を継承している場合、 P_{s1} と P_{s2} は、 P_o との間に記録された親子関係を用いてお互いに辿ることができる。

これにより、次の利点を得る。

- 参照効率が向上する
ビデオ教材の再生位置から、対応するページがすぐに分かる
 - － 他学習者のページとの比較が容易（問題点 P1-1 に対応）
 - － 場面単位の絞り込み検索ができる（問題点 P1-2 に対応）
- 手動でページリンクを記録しなくとも、関連が強いページ（あるビデオ教材の同じ箇所を見て作成したページ同士）が容易に検索可能となり、学習者の手を煩わせなくとも済む。（問題点 P2-1, P2-2 に対応）
- ページ単位（＝場面単位）でビデオ教材の再生が

可能

- 場面の切れ目の画像を含むことで、静止画キャプチャの手間が省ける

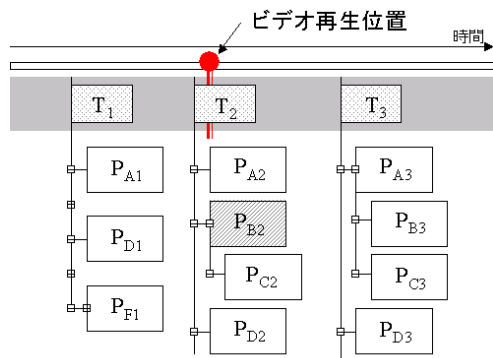
ただし、初期ノートを利用すると学習者のページ作成の自由度が減少するという問題が起こる。この問題に対して、複数の場面にまたがるトピックを 1 ページに記録したい場合など、学習者が希望する場合には、学習者にページの追加を許すことで対処している。

さらに、継承されたノートの参照について削除後のページが継承できなくなるという問題が起こる。この点については、学習者があるページの削除を指示した場合、そのページを実際には削除せずあとから参照できるようにする。これは、2 世代前の祖先が残したページのうち、1 世代前の親が消したページを学習者が見られるようにするためである。図 3 にその例を示す。各電子ノートのページには、1～5 までの番号がついている。欠けている番号 i に対応するページ P_{Xi} は、継承した時点でなかったページか、または学習者 X が削除した（実際にはシステムがその学習者に対して隠している）ページである。このとき、電子ノート N_F に着目する。 N_F は N_C を継承した際、 N_C に含まれるページ (P_{C1} , P_{C4} , P_{C5}) を継承した P_{F1} , P_{F4} , P_{F5} を含む。その後、学習者 F が P_{F4} を不要と判断し削除したため、図中の N_F から P_{F4} を消している。また、 N_C はページ P_{O3} を採用せず削除したため F に対して隠されていたが、 F はページ P_{O3} の内容を必要と判断し自分の電子ノートに追加している。

4. 電子ノートの継承管理システム

4.1 システムの概要

本システムは、ViNoSyL の機能の一部として動作する。



T_i : i 番目の画面の静止画
 P_{Xi} : 学習者 X の電子ノート の i 番目のページ

図 6 継承表示のイメージ図

初期ノート生成機構 ビデオ教材から初期ノートを生成し、データベースに登録する。

継承ページ表示部 ページの継承状況を構造的に表示する。

ページ選択機構 継承ページ表示部からページを電子ノートに取り込む。

継承管理機構 ページが編集されたとき、そのページをデータベースに追加する。

継承関係検索機構 電子ノート・ページの継承関係に基づく検索を可能にする。

以下、各項目について詳しく説明する。

4.2 初期ノート作成機構

ビデオ教材の場面が大きく変化することによってページを1つ生成し、変化した直後のビデオ画面をページに登録する。ページは、生成順に1から始まるページ番号を付加する。ビデオ教材から全てのページを生成できれば、それらをまとめて初期ノートとし、データベースに登録する。

4.3 継承ページ表示部

初期ノートの各ページから継承しているページ（他学習者のページも含む）を縮小し、対応する場面の静止画 T_i とともにツリー構造で表示する。図6に例を示す。この図は、学習者 B が初期ノートを継承し、 P_{B2} を編集している状態を表している。ここで、 T_i は初期ノートの各ページに相当する。表示するページの範囲は、ビデオ教材の再生に合わせて、再生している場面の直近の数ページとする。さらに、学習者が内容を表示したくないページは、ツリーを折りたたむことができる。

4.4 ページ選択機構

学習者が継承ページ表示部から選択したページの内

容を表示する機能。学習者が1クリックでページを選択できる。また、サムネイル（ビデオ参照履歴）からも、対応する初期ノートを簡単に見られる。

4.5 継承管理機構

学習者が継承ページ表示部から選択したページを自分のノートとして取り込んだ際、そのページをデータベースに登録する。また、学習者が新規作成したページを、電子ノートに追加する。これは、学習者が自分の電子ノート中に継承ページ表示部にはないページを追加した時点でデータベースに登録する。

4.6 継承関係検索機構

ViNoSyLの全文検索機能に加え、あるページから継承関係にあるページに限定して、文字列による学習データの全文検索を可能にする。さらに、親等の上限値を指定した検索を可能にする。これにより、継承関係にあるページから、手書き文字やテキストタイトルのない静止画を容易に参照できる。

5. まとめと今後の課題

本報告では、ビデオ学習時に発生する要求とその対応を挙げ、学習データの参照性向上を支援する機能として初期ノートと電子ノートの継承管理機能、ViNoSyLの一部として組み込んだ。

今後は、実際のビデオ学習に適用し評価実験を行う予定である。

謝辞 本研究は一部平成15年度文部省科学研究費補助金（特定研究(2)15020236）の補助による。

参考文献

- 1) 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).
- 2) 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).
- 3) 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次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).
- 4) 三宅なほみ, 益川弘如, 野田耕平, 森孝行: 協調作業による理解深化支援, 電子情報通信学会技術研究報告, ET99-24, pp.25-30 (1999).
- 5) 駒形伸子, 太平雅雄, 蔵川圭, 中小路久美代: リアルタイム講義における受講者の思考活動に着目した支援に関する研究, 情報処理学会研究報告, 2001-HI-94, pp.35-40 (2001).