

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

藤本 寛史[†] 倉本 到[‡] 藤本 典幸[†] 萩原 兼一[†]

[†]大阪大学 大学院基礎工学研究科

[‡]京都工芸繊維大学 工学学部

MPEGなどの動画ファイル形式のビデオ教材を用いて学習する場合、学習中にビデオ中の必要な場面へ瞬時に再生位置を移動し、その場面を参照することができる。この際、適切な位置への移動や元の場所への復帰といった作業が必要となるが、ビデオ中から任意の場所を探し出すのは容易でない。その原因として、参照した場面の位置情報を学習中に利用できていないことが挙げられる。そこで本報告では、「ビデオのどの場面をどのように参照したか」を表すビデオ参照の履歴を学習中に構造的に表示することによる、ビデオへのアクセスを効率的に行うための機能を提案する。更に、学習時の記録や復習を支援するための機能を備えた電子的なノートを持ったシステムの実装を述べる。

A System to Support Video Archive Based Learning

HIROFUMI FUJIMOTO[†], ITARU KURAMOTO[‡], NORIYUKI FUJIMOTO[†], KENICHI HAGIHARA[†]

[†]Graduate School of Engineering Science, Osaka University

[‡]Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of Technology

In video archive based learning, any required scene can be randomly accessed by moving a playing position of a video archive such as an MPEG file. However, it is not easy to retrieve a required scene. This is because the existing learning systems do not use the information on the history of referred scenes. In this paper, we propose a mechanism for efficient video access by structurally displaying the history of referred scenes. Moreover, we show an implementation of an electronic note system with support to take notes and review lessons.

1 はじめに

近年、MPEGなどの動画ファイル形式のビデオ教材（ビデオアーカイブと呼ぶ）をコンピュータで利用する学習が増加している。学校での講義など通常の学習では、講師と学習者が双方向に対話可能であるが、過去の講義内容を学習中に参照することはできない。一方ビデオアーカイブを利用した学習では、対話が一方的である代わりに、ビデオの内容を記録に利用したり、ビデオ中のある場面へ瞬時に再生位置を移動しその場面を参照したりすること（ランダム参照と呼ぶ）ができる。このランダム参照を行う場合、適切な位置への再生位置の移動や元の場所への復帰といったような作業が必要となるが、ビデオアーカイブは一般に内容が膨大であり、ビデオ中から任意の場所を探し出すのは容易でない。そのため、学習を効率的に行えないという問題が発生する。

そこで本報告では、ビデオへのアクセスを効率

的に行うための、ビデオ参照の時系列的な記録・表示機能を提案し、学習時の記録や復習を支援するための機能を備えた電子的なノートを持ったシステムの実装を述べる。

本報告で想定する学習のハードウェア環境として、コンピュータと液晶ペンタブレットの使用を考える。ビデオファイルはコンピュータ上に存在するものとし、学習者はコンピュータ上でビデオを参照し（ランダム参照可能とする）、液晶ペンタブレットを用いてペンによる手書きのメモがとれる。学習として、コンピュータ上でビデオを参照しながら、同じくコンピュータ上の電子的なノートにメモをとって記録していく形態の、個人による学習を考える。

以後、2章ではビデオ学習に関する要求とその対応を述べ、3章ではビデオ参照の記録と表示方法を述べる。4章では、対応法を実現した学習支援システムを説明し、5章でまとめと今後の課題を述べる。

2 ビデオ学習に関する要求とその対応

2.1 ビデオ学習時の要求

本報告で想定するビデオ学習は、以下のような流れで行われる。

- ノート作成フェイズ・ビデオを見てノートを作成する
ビデオの内容を把握しながら、大事なことや気になったことを適時ノートにメモしていく。また、疑問点があった場合には調べて解決したり、メモに詳しい説明を加えたりなどして、復習作業を効率的に行えるような情報を付加していく。
- 復習フェイズ・作成したノートを利用して、内容を理解しなおす
ノート作成フェイズで作成したノートとビデオを利用して、内容の再理解を行う。

ノート作成フェイズでは、記録作業に対して次の要求が生じる。

(R1) ビデオの内容を簡単に記録したい

ビデオ中には分かりやすい図や表など、復習時に役に立つ情報が示されることが多い。しかし一般に図や表は複雑で、手作業で記録しようとすると時間がかかる場合がある。また、ビデオ中のある一部分の動画を記録したいという要求もあるが、この記録作業は図や表の場合以上に煩雑となる。

また両方のフェイズにおいて、ビデオ操作に対して次の要求が生じる。

(R2) 必要な場面をランダム参照したい

学習中に見逃した場面や理解しにくかった内容があった場面、興味がある場面などをランダム参照したいという要求が起こる。

(R3) ランダム参照後、元の場面へ戻りたい

再生位置を変えると、それまで見ていた場面は新しい場面と置き換わるため、元の場面へ戻りたい場合にはその場面を探す必要が生じる。

・復習フェイズでは、次の要求が生じる。

(R4) 復習作業に役立つ情報を参照したい

復習フェイズでは、ノートやビデオ全体を見直すことよりも、ノートを利用していくつかの箇所を重点的に見直すといったような、効率的な復習作業が要求される。その場合に、復習作業の効率は、ノート上に記録した内容に依存する。

また要求 R4 に関連して以下の要求が生じる。

(R4') ノートやビデオの内容をすばやく検索したい

復習時には、ノート中のある事柄や、ビデオ中のある場面を参照したいという要求が生じる。その場合、全体を見直して探すのではなく、もっと簡単に参照できることが要求される。

2.2 要求への対応

要求 R1 には、ビデオ映像を利用することによる対応を考える。その1つとして、講義映像のある場面を静止画としてノート上に記録することで学習者の負荷軽減を図る手法 [1] がある。さらに本報告では、ビデオの映像を静止画だけでなく動画記録にも利用することにする。そのためには、ビデオ映像を動画として記録し参照するための方法が必要となる。しかも、その記録と参照作業は簡単に行える必要があり、さらにビデオ中から動画として必要な部分を的確に抜き出せる必要がある。そこで、動画を記録したい場合には、ビデオへのリンクを作成することにする。記録はリンクの作成のみなので簡単に行え、そのリンクをたどることでノート上から動画情報を参照できる。この静止画と動画の記録により、学習者は書き間違えを防ぎ、正確な記録を残すことが可能となる。

次に要求 R2 を考える。ある場面を見逃した直後にその場面を探すのであれば、探索範囲は再生位置の近辺にしばれるので、要求を満たすことができる。しかし必要な場面の位置が不確かな場合は広い探索範囲に対して場面を調べていく必要がある。さらにビデオ教材では似た場面を何回か映すことがあるため、必要な場面を探し出すのは容易ではない。つまり、次の問題点が存在する。

(P1) 必要な場面の位置が不確かな場合、その場面をビデオ中から探し出す必要がある

また要求 R3 も元の場面を探す必要があり、同様な問題点が存在する。

問題 P1 を解決しうる、いくつかの手法が実現されている。その1つに、動画像処理を応用して場面の変わり目ごとの画像を抜き出し、その画像を自動的に縮小画像（サムネイルと呼ぶ）で表示し、ビデオ内容の一覧性を向上させる [2] がある。これは要求 R2 をある程度満たすが、ランダム参照したい場面をサムネイルとして記録していない場合には同様の問題が残る。

ランダム参照したい場面をサムネイルとして記録していないのは、参照するであろう場面をあらかじめ予測するのが難しいためである。ここで学習の場合を考えると、同じ場所を繰り返し参照することが考えられる。これは、重要な箇所は繰り返し学習することが必要になるからである。そこで、本報告での問題 P1 への対応としても上記のように、画像を抜き出してサムネイルとして表示することを考えるが、場面の変わり目ごとの画像を抜き出すのに加え、ビデオに対する操作が生じたタイミングでも抜き出すことにする。

続いてR4について考える。通常の学習ではR4を満たすために、大事なことなどを文字や図を用いてノート上に記録しておき、復習時にそれを参照する。しかし文字や図の記述内容は学習者に依存するため、確かではない。例えノートが無くとも学習者はビデオを見ているので、そのときの記憶が残っていれば効率的に復習できるが、復習時に必ずしも記憶が残っているとは限らない。また、記録が残っていても、要求R4のようにそれを効率的に検索する手段が必要になる。ノートやビデオ中から必要な情報を得たい場合、通常は学習者が見て探すが、検索対象となるノートやビデオが増えるに従ってその作業量は増えていく。つまり、次の問題点が存在する。

(P2) 学習者による能動的な記録(ノート)以外に、学習したときの記録が残らない

(P3) 必要な記録を学習者が探し出す必要がある

P2,P3を解決しうる手法の1つに、講義をマルチメディア教材の作成過程であると考え、その過程で生成されるデータを利用して検索する研究[3]がある。この研究では、電子的なノートが作成される過程で同期をとって結び付けられる、より検索しやすいデータ[スライドに含まれるテキスト、ペンやポインタ、キーボードなどの入力装置からのイベント情報(動作履歴と呼ぶ)など]を検索に利用している。そうすることでテキストデータに対する文字列検索や動作履歴の検索、ビデオの早送りや巻き戻しなど、これら多様なデータのそれぞれに検索機能を提供しそれを組み合わせることによってより柔軟な検索機能を実現している。しかしこの研究では、記録は検索に利用されるだけであり、「学習中にどのようにビデオを見たか知りたい」といった記録を総合的に利用する要求には対応できない。

本報告では問題P2,P3への対応として、学習時に得られるデータを自動的に記録し、そのデータを利用して学習状況を表示することを考える。学習者は復習時に学習状況を見て、学習の方針を立てることができる。ノート作成段階で以下のデータを自動的に記録し、それらを表示することで学習状況を示すこととする。

ビデオ操作記録 どのような流れでビデオを見たかを記録する

ビデオ視聴記録 ビデオ中の各場面をどれだけ見たかを記録する

ノート作成記録 ビデオ中の各場面をどれだけノート作成作業(メモなど)を行ったかを記録する

ビデオ操作記録には、ビデオ参照の履歴を利用する。ビデオ参照の履歴を見ることでノート作成時のビデオの参照状況が分かり、復習時の参考になる。ビデオ視聴記録とノート作成記録は、各場面でのそれぞれの動作の回数を記録し、それぞれの場面での動作回数がかかるように視覚化する。

さらに問題P3への対応として、ノートやビデオ中を検索する手段を提供する。ノートの検索には、ノート中のメモ(テキスト文字列)を利用した文字列検索と、記録の生成時刻を利用した時刻による検索を用いる。ビデオの検索には、ビデオの各場面に学習者がテキスト文字列によるメモを書けるようにして、そのメモを利用した文字列検索を用いる。また、ビデオを参照したときの時刻を用いた時刻による検索も用いる。さらに、ノート検索とビデオ検索を関連付け、一方の検索結果をもう一方の検索に利用することを考える。ノート検索を利用してビデオを検索できるようにするため、ノート上の記録から記録作成時のビデオを参照できるようにする。またビデオ検索を利用してノートを検索できるようにするため、ビデオ(上のある場面)に関係するノート上の記録を参照できるようにする。

3 ビデオ参照履歴機能

ビデオ操作時のビデオの場面に対するサムネイルの集合を**ビデオ参照履歴**と呼ぶ。

ビデオ操作を行うごとにその操作後の再生地点の画像を静止画として記録し、それをビデオ参照履歴に登録していく。ビデオ参照履歴は、登録と同時にサムネイルの集合として画面に表示する(システムでは図5の右下の部になる)。学習者はビデオ参照履歴を見ることで、過去にランダム参照した場面を学習中に確認することが可能となり、その場面を選択することで瞬時に必要な場面を参照することができる。しかし学習者が一度もランダム参照したことが無い場面を参照する場合には、その場面を参照履歴に登録していないため、上記の手法はそのまま適用できない。そこで学習中に、後に必要となるであろう場面をビデオ参照履歴に登録することを考える。学習中に必要とする場面の中には、重要な内容が説明されている場面といったように、後に必要となることが学習者に予想できる場面がある。もし再生中にその場面があれば学習者が登録をシステムに指示する。このようにあらかじめ登録しておくことで、後のランダム参照を可能にする。

また、ビデオ操作を行う直前の再生位置をビデオ参照履歴に登録しそれをアイコンとして表示す

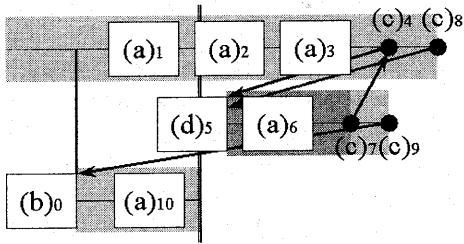


図 1: ビデオ参照履歴の一例 (模式図)

ることで、操作直前の場面への復帰を可能にする。ビデオ参照履歴を模式図で表すと図 1 のようになる。図 1 の四角はサムネイル、黒丸はアイコンを表し、この 2 つを合わせてノードと呼ぶ。また横線はノード間に時間的なつながりがあることを表し、矢印はランダム参照によりビデオの再生位置が変わったことを表す。色のついた帯は、再生した範囲を表す。

ビデオ操作が増えてくると、学習者はビデオ参照履歴の中から必要な場面を探し出さなければならず、ビデオ参照履歴は、学習者が検索しやすいように表示する必要がある。そこで、ビデオ参照履歴の表示方法は以下の条件を満たすものとする。

- (A1) ビデオの内容を把握しやすい
- (A2) ビデオの操作をしたことが明らかに分かる

サムネイルを表示する矩形領域 (サムネイル表示領域と呼ぶ) の上端を x 軸、左端を y 軸、左上端を原点と定義する。x 軸は右方向が正、y 軸は下方向が正とし、サムネイル表示領域は両軸とも正の領域とする。x 軸はビデオ上の時刻 (ビデオ時刻) を表し、0 がビデオの始まりを、サムネイル表示領域の右端がビデオの終端を示す。

A1 を満たすために、場面が大きく変化するとともにその場面のサムネイルをビデオ参照履歴に登録する。この時登録したサムネイルは、全て等しい y 座標位置に表示する。ただしその間ビデオは再生しているので、それぞれのサムネイルの x 座標は異なる。このようにサムネイルを水平方向に並べて表示することで履歴の新しさが等しい (同一履歴にあると表現する) ことを表す。ビデオの操作がなく再生が続いている場合のサムネイルの表示位置は、y 座標は同じで x 座標はビデオの進行とともに大きくなる。つまり x 軸正方向に生成していく (履歴を伸ばすと表現する) (図 2)。

続いて A2 を満たすために、ビデオの再生位置を操作した場合にその場面のサムネイルを登録し、y 軸正の方向にずらしてサムネイルを表示す

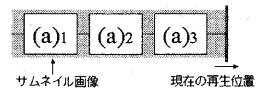


図 2: (a) が 3 回生じた場合

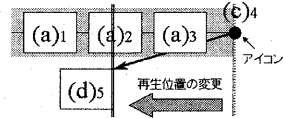


図 3: (c) と (d) が生じた場合

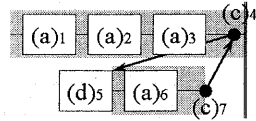


図 4: (c) が生じた場合

る (履歴を追加すると表現する)。x 座標はそのサムネイルが表す場面のビデオ時刻に依存する。このように履歴を追加することで、ビデオ操作が生じたことを示す。また同時に、ビデオ操作直前の再生位置を示すアイコンもビデオ参照履歴に登録し表示する。表示したこれらのノードを学習者が選択することで、そのノードが示す場面へランダム参照ができ、同じ場面へのランダム参照や操作直前の場面への復帰が可能になる (図 3)。

ビデオ参照履歴にノードを登録するのは、以下の (a)~(d) の場合である。

- (a) 再生している場面が大きく変化するとき、そのとき再生している場面のサムネイルを登録する。
- (b) 学習者がサムネイルの生成を指示したとき、そのとき再生している場面のサムネイルを登録する。
- (c) ある場面をランダム参照したとき、参照直前の再生位置に対してアイコンを登録する。
- (d) ノード選択以外によるランダム参照 (手動による再生位置の操作) の場合、参照直後の場面のサムネイルを登録する。

再生位置が操作されていない ((a) 場合や操作される直前 ((c) は最新のノード (最新が (b) による場合は 1 つ前のもの) から履歴を伸ばし、再生位置が操作された直後 ((d) には履歴を追加する。また (b) では再生位置は操作されていないが、後から参照するときの分かりやすさを考慮して、履歴を追加することとする。

ビデオ参照履歴のでき方を例示する。まず現在の状態が図 2 のようであったとする。(x)_k は、条

件(x)で履歴に登録し表示(生成と呼ぶ)したノードであり、全体の中でk番目に生成したことを示す。学習者が、ある場面へ再生位置を変更すると、(c)₄、(d)₅を生成する(図3)。学習者が(c)₄を選択することでビデオの再生位置を元の位置へ戻すと、(c)₇を生成する(図4)。

このように、再生位置が操作された場合には(c)₄を生成するので、元の再生位置へ戻するためにはそのアイコンを選択するだけでよく、戻すための作業が容易になる(要求R3を満たす)。また、一度参照した場面を(d)₅として生成するので、次からの参照がしやすくなる。さらに学習者の指示により、後に参照するであろう場面を(b)₀として生成することで、後からその場面への参照が可能となる(図1)(要求R2を満たす)。

また、学習者が図4の状態から(d)₅を再び参照すると、(c)₈を生成する(図1)。同じ場面の参照があると図1のように帯の色を変え、ビデオ参照状況を視覚化して、復習時における学習状況の把握を助ける。

4 システムの設計

問題点へ対応するための機能を持ったシステムの設計を説明する。

4.1 システムの概要

システムの概観を図5に示す。

ノート記録部 学習時の記録と表示を行うための部。

ノートに相当し、ページ単位で参照・表示する。

ビデオ表示部 ビデオの再生と操作を行うための部。

ノード情報表示部 ビデオ参照履歴中のノード画像を拡大して表示するための部。

情報表示部 次の3つの情報を表示する。

ページ一覧表示 使用しているページのサムネイルを表示する。ノート内のページの内容が一覧でき、ページの検索・参照に使用する。

ビデオ参照履歴表示 ビデオへの参照履歴を表示するほか、学習の状況(ノートへの記録の頻度、ビデオ視聴の頻度)も表示する。

検索結果表示 ノート内を検索した場合に、その検索条件に合致したページの一覧を表示する。

以下、ノート記録部とビデオ参照履歴表示部を詳しく説明する。

4.2 ノート記録部

ノート記録部は、通常のノートと同じ役割を果たす。ノートは複数のページから成り、学習者はページを自由に増やすことができる。ページ上には、学習中に疑問に思ったことや重要と感じたことなどを、テキストや静止画・動画など様々なデー

タ(学習データと呼ぶ)として配置でき、移動・削除も行える。

ノート記録部は以下の機能を持つ。

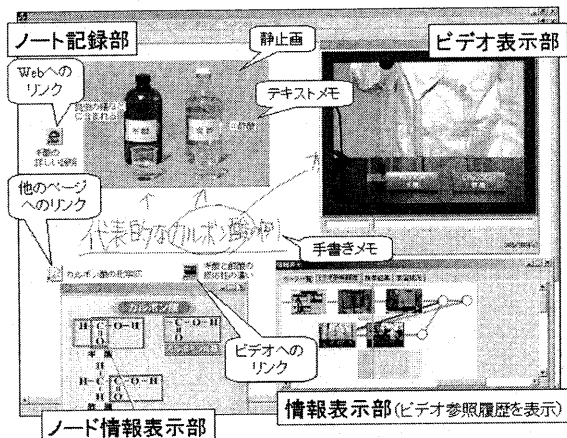
- **メモ記録機能**・液晶ペンタブレットを用いた手書きによる線画や、キーボードを用いたテキスト文字列を使って、メモを記録できる。
- **キャプチャによる静止画記録機能**・ビデオ中の任意の場面を静止画として記録し、ノート上にその静止画を貼り付けることができる。
- **リンク機能**・ページ上にビデオ・Webページ・他のページへのリンクを作成し、ページ上にアイコンを表示する。そのアイコンを選択することでページ上からリンク先をすばやく参照できる。

F2では、ビデオ中の任意の場面でキャプチャボタンを押すことで、ページ上にその場面の静止画を記録することができる。またF3のビデオへのリンクは、ビデオ中の任意の場面へリンクを作成し、その場面を再生の始点とした参照ができる。それに加えて終点のリンクを作成することで、再生を停止する場面を決められ、ビデオ参照時の再生範囲を指定することができる。この始点や終点の選択にはビデオ参照履歴が利用できる。ビデオ参照履歴中のノードを始点や終点として選ぶことで、必要な部分を動画として簡単に記録できる(要求R1の実現)。

学習データを作成するときには、作成した時刻と、そのとき再生しているビデオのファイル名とビデオ時刻を、そのデータに記録する。作成時刻を利用して、ある時刻に作成された学習データの検索ができる。またビデオのファイル名とビデオ時刻を利用して、学習データから学習データ作成時に再生していたビデオ内容の参照(文献[4]の手法を応用)、ビデオ(中のある場面)に関連する学習データを持つページやノートの参照ができる。さらに、F2、F3で記録できる学習データにはテキスト文字列でタイトルを付けることができる。ノートから学習データを検索したい場合には、このタイトルとF1のテキスト文字列によるメモを検索対象として、文字列一致による検索が行える。合致したデータを持つページを検索結果表示部に表示し、特にページ中の合致した学習データを強調表示する(要求R4'の実現)。

4.3 ビデオ参照履歴表示部

ビデオ参照履歴表示部は、学習中に参照したビデオ上の各場面を把握し、参照しやすくするために用いる部である。また復習段階には、ノート作成段階において自動的に記録したデータを表示して、ノート作成時の学習状況を把握しやすくする。この部は以下の機能を持つ。



使用ビデオ教材：『NHK 高校講座 化学』(c) NHK 2001

図 5: システムの概観

ビデオ参照履歴機能・ビデオの操作ごとにサムネイルを生成してビデオの再生状況を表示し、必要な場面へのランダム参照や、ランダム参照後の元の場面への復帰、学習者が登録した場面へのランダム参照ができる(要求 R2,R3 の実現)。また学習状況を表示することで、復習作業を支援する(要求 R4 の実現)。ノードにはテキスト文字列によるメモが書け、それを表示することでノードの内容が分かり、さらにビデオ中の文字列検索ができる。またノードは生成時刻を持ち、ある時刻に参照したビデオ(中の場面)の検索ができる(要求 R4' の実現)。

ビデオ操作機能・表示部上でスライダコントロールと同様にドラッグ&ドロップすることで、任意の場面へビデオの再生位置を変更できる。

ビデオ参照履歴機能では、ビデオ操作機能でのドラッグ&ドロップによる再生位置変更が生じると、ビデオが操作されたと判断する。

ビデオ視聴記録を計算するには、学習者が再生している場面のビデオ時刻の視聴回数を1回増やす。ただし、停止している時やビデオの再生位置を操作している際には勘定しない。またノート作成記録の場合は、ページ上に学習データが作成されたときに再生しているビデオの場面のビデオ時刻の記録回数を1回増やす。手書きによる線画の記録の場合など、連続した時間、記録作業が続くことがあるが、その連続時間に対して1回ずつ増やす。

学習状況はビデオ参照履歴と合わせて表示する。ビデオ参照履歴ではx軸がビデオ時刻になっているので、そのビデオ時刻における記録回数を表示

する。回数は、重ねて表示したときの一覧性と実装の容易さを考えて、色を使って表示する。

5 まとめと今後の課題

本報告では、ビデオ学習における要求とその対応を挙げ、ビデオ学習を支援するシステムの機能として実装した。特にビデオへのアクセスを効率的に行うために、ビデオ参照履歴機能を提案した。今後は実際のビデオ学習に適用し評価を行っていく予定である。

謝辞

本研究は一部日本学術振興会 未来開拓学術研究事業、PDC(並列・分散処理研究推進機構)、栢森情報科学振興財団および(財)服部報公会の補助による。

参考文献

- [1] 駒形伸子, 大平雅雄, 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" IPSJ SIG Notes 2001-HI-94 pp.35-40(2001).
- [2] 青木恒, 堀修: "繰返しショットの統合による階層化アイコンを用いたビデオ・インタフェース" Trans.IPS Japan Vol.39 No.05 pp.1317-1324(1998).
- [3] 片山薫, 香川修見, 神谷泰宏, 對馬英樹, 吉廣卓哉, 上林彌彦: "遠隔教育のための柔軟な講義検索手法" Trans.IPS Japan Vol.39 No.10 pp.2837-2845(1998).
- [4] 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" IPSJ Journal Vol.41 No.10 pp.2804-2813(2000).