

2004年度修士論文

遠隔講義で用いるためのPDF教材の 双方向化の研究

提出日：2005年2月2日

指導：二村良彦教授

早稲田大学大学院 理工学研究科 情報・ネットワーク専攻

学籍番号：3603U012-2

市川 正和

概 要

e-learning とは情報技術によるコミュニケーション・ネットワーク等を使った主体的な学習であり、web を利用した WBT(Web Based Training)、テレビ電話を利用したものなどが実現され実用化されている。WBT では多くのコンテンツが html,PDF,PowerPoint,Flash,JAVA Applet などで作成されているが、これらの大部分は非双方向性のコンテンツであり、学習をしている際に質問をする等のコミュニケーションが困難である。本論の目的はこのような非双方向性の教材を利用して簡単に双方向性のコンテンツを作成する研究である。本研究ではコンテンツコントローラーを構築する事でイベントを共有し、同期を取る方法で非双方向性のコンテンツを双方向性のコンテンツに変換することを実現した。本システムを実現するにあたり、解決すべき問題を提起し、その解決策について述べる。そして、既存のシステムとの比較を行い、本システムの有効性を示す。

目 次

第 1 章	序論	5
1.1	研究の歴史的背景	5
1.2	研究の動機と目的	5
1.3	本論文の構成	6
第 2 章	従来研究との比較	7
2.1	協調学習	7
2.1.1	協調学習の利点	7
2.1.2	教材	8
第 3 章	解決すべき問題	9
3.1	共有方法	9
3.1.1	何が共有されるべきかの定義	9
3.1.2	共有した状態の一貫性の保持	9
3.2	イメージ共有とイベント共有の比較	10
3.3	イベント共有の実現方法	11
第 4 章	基礎技術	12
4.1	SOBA プロジェクトについて	12
4.2	SOBA フレームワーク	12
4.2.1	アプリケーション	13
4.2.2	簡易プログラミング環境	13
4.2.3	マルチユーザーインターフェイス	14
4.2.4	共有空間の動的な変化	14
4.2.5	既存のシステムとの比較	14
第 5 章	システムの構成と処理	16
5.1	システムの構成	16
5.1.1	PDF コントローラー	16
5.1.2	処理方法	17
5.1.3	SOBA への導入	18

第 6 章	システムの実験結果の評価・考察	19
6.1	模擬授業	19
6.2	結果	19
6.3	評価・考察	20
第 7 章	結論	21
7.1	まとめ	21
7.2	今後の課題	21

目 次

3.1	イメージ共有とイベント共有の比較	10
4.1	SOBA システム	13
5.1	URL 変更	17
5.2	ページ変更	18
6.1	講義画面	19

表 目 次

3.1	イメージ共有とイベント共有の比較	10
4.1	既存のシステムとの比較	15
6.1	実験結果	20

第1章 序論

1.1 研究の歴史的背景

近年、コンピュータやインターネットを中心とするネットワーク環境が普及し、この有効利用として教育面での情報技術の活用が注目されている。今後、各種学校教育での新しい学習形態としての採用、企業での人材育成のコスト削減、専門的内容の効果的な学習、生涯学習などの学習意欲の高まりなど需要が高まることが予想される。また、ハード面でもブロードバンドの普及などの通信インフラのさらなる高速化、コンピュータのインターネット接続台数の増加、情報技術の発展によって、ますます利用しやすい状況になっていくことが予想される。しかし、e-learning として現在普及している WBT では個人的に行う学習が主であり、コミュニケーションのサポートは掲示板、メールなどのみでリアルタイム性に欠ける。また、テレビ電話、放送などを利用した遠隔講義システムでは特殊な機器を要し費用がかかってしまったり、利用方法が限定されるといった問題点がある。これに対して、一般家庭にまで普及した高速回線を利用して、複数の学習者同士、ないしは学習者とチューター等が相互に意見交換や共同作業が実施できる協調学習が注目されている。このような講義に置いては、参加者のコミュニケーションが可能となり、活発な意思疎通が行われることによって学習効果を高めることが期待されている。

1.2 研究の動機と目的

リアルタイムで双方向性を持つ協調学習システムが研究・開発されているが、そのためのコンテンツを新たに開発するためには非常に多くの労力がかかる。そこで現在普及している Web 用のコンテンツを再利用する方法を採るで労力を削減する事を考える。web 用のコンテンツは html,PDF,PowerPoint,Flash,JAVA Applet などで作成されており、一つの計算機上で動作することが想定されている。これらのコンテンツをネットワークで繋がった異なる計算機上で同時に動くように動作を共有させることで、リアルタイムで双方向性を持つ協調学習システムを実現する。このようなシステムを開発するに当たっていくつかの問題を解決しなければならない。まず、第一に何が共有されるべきかを明確にしなければならない。また、第二の問題として共有した状態の一貫性をどうやって保持するかと言う問題

がある。本研究ではこのような問題点を検討し、有効なリアルタイムで双方向性を持つ授業システムを研究する。

1.3 本論文の構成

本論文は、本章を含む全7章からなる。

第1章 序論

本論文の目的、概要および構成について述べる。

第2章 従来研究との比較

従来行われてきた個別学習と比較しての協調学習の利点について述べる。

第3章 解決すべき問題

本システムを実現する上で解決すべき問題について述べる。

第4章 基礎技術

本研究で使用するSOBAフレームワークについて説明する。

第5章 システムの構成と処理

本システムの構成とその処理について述べる。

第6章 システムの実験結果の評価・考察

本システムの実験結果を提示し、その考察を述べる。

第7章 結論

本論文のまとめと今後の課題を述べる。

第2章 従来研究との比較

従来行われてきた個別学習と比較しての協調学習の利点について述べる。

2.1 協調学習

協調学習とは、「指導者および学習者のグループが学習資源や対話を共有しながら学習目標を達成する学習過程」(ISO/IEC JTC1 SC36 に提案されている定義)のことである。e-learning ユーザ調査 (ALIC, 2003) によると、学習者の立場からは、「他の受講者との交流・受講状況や結果の共有」の満足度はかなり低く、さらに e-learning のデメリットとしても「インタラクティブ性が少ないため、研修自体を淡泊に感じる」、「受講継続のモチベーションの維持が困難」が上位に挙げられている。それらの課題を補完するツールとしての協調学習システムが注目を集めている。

2.1.1 協調学習の利点

個別学習との比較における協調学習の効果は、以下のように大きく 4 つに整理される。

1. 社会的刺激による学習者の動機付け
他の学習者の存在を意識した上での反発的・同調的、あるいは競争心のような内部状態から、学習が動機づけられる。
2. 学習形態の多様化
他の学習者とのコミュニケーションの中で発生するさまざまな学習形態の実現の可能性がある。個別学習環境における学習範囲が、自らの自学能力や与えられた学習環境に依存するのに対し、協調学習環境は他者の持つ知識や学習方法を利用する事が出来る。
3. 社会的相互作用（役割分化や位置付け）に関する学習
集団の中でこの役割分化・位置付けについて実践を通じて獲得できる。
4. 理解状況の外化（教え合うこと）による知識の洗練化
自己の内部の理解状況を他者への説明の際に外化させることにより、それがフィードバックされ内部の理解状況が強化される。

2.1.2 教材

従来の Web を利用した個別学習では Web で閲覧可能なコンテンツが教材として利用されてきた。具体的な例を挙げると html による Web ページ、動画ファイル、PDF、PowerPoint、Flash、JAVA Applet 等である。これらの教材を共有することで、新たにコンテンツを作成することなく協調学習を可能にする。本研究では特に PDF を例にとって共有する手法を実現する。PDF とは Portable Document Format の略であり、現在広く使われている文書フォーマットである。Word などの基本的なアプリケーションを用いて簡単に作成でき、プラグインを導入することで誰でも簡単に閲覧することが可能であるので、授業の資料として広く利用されている。

第3章 解決すべき問題

協調学習を行う共有システムを実現する上で解決すべき問題について述べる

3.1 共有方法

現在アプリケーションの共有方法として多く使われている手法は Microsoft Windows Messenger のプログラム共有に代表されるイメージ共有である。この手法ではビューが共有され同じ画面が全員に共有される。また、状態はある一ヶ所に保持されている。この手法と比較して協調学習を行うのに適した共有システムを実現するための手法を検証する。

3.1.1 何が共有されるべきかの定義

イメージ共有に置いてはビューが共有されている。この場合、例えば、自分が何かを入力途中のとき、その内容が相手にも見えてしまう。また、自分の画面をスクロールしたときに、相手の画面までスクロールしてしまう。その他、チャットアプリケーションを例にとると、clear ボタンを押すことによって各ユーザは自分のログを消去することができるが、他のユーザのログも同時に消えてしまうことになる。このことは協調学習に置いては状態は必ずしもすべてが共有されるべきではないことを示している。また、共有しない状態があるということは、状態の制御の中にも共有されないものが存在することを意味している。

3.1.2 共有した状態の一貫性の保持

共有した状態を一ヶ所だけに置く場合、状態へのアクセスに通信時間がかかり、そのためにユーザには反応が遅く見えてしまう。また、双方向性が損なわれてしまう。さらに、もしもその状態をある特定のユーザの所に置いた場合、そのユーザが意図的またはネットワークの障害によって共有アプリケーションから離脱した場合、全員がその共有アプリケーションを使えなくなってしまう。このことは共有アプリケーションを動かしているユーザ全員が共有状態のコピーを持てば、このような問題は避けられる。ただし、状態が変更される度に状態をすべて全員に送信する方法では、通信量や通信の遅れが問題になる。このようなオーバーヘッ

ドを避けるために、共有状態の変更を送るのではなく、そのきっかけとなったイベントと、それを処理するためのコードだけを共有することによって、状態の共有の同期を保証する。このような共有方法をイベント共有とする。

3.2 イメージ共有とイベント共有の比較

イメージ共有とイベント共有の比較を以下にまとめる。イベント共有は本手法、イメージ共有は代表例として Microsoft Messenger のプログラム共有について比較する。

	イベント共有	イメージ共有
画面共有	途切れなし	途切れあり
音声付き教材の共有	可能	不可
操作の双方向性	全二重	半二重
共有数	多対多	1 対 1
画面隠蔽	選択可能	選択不可

表 3.1: イメージ共有とイベント共有の比較

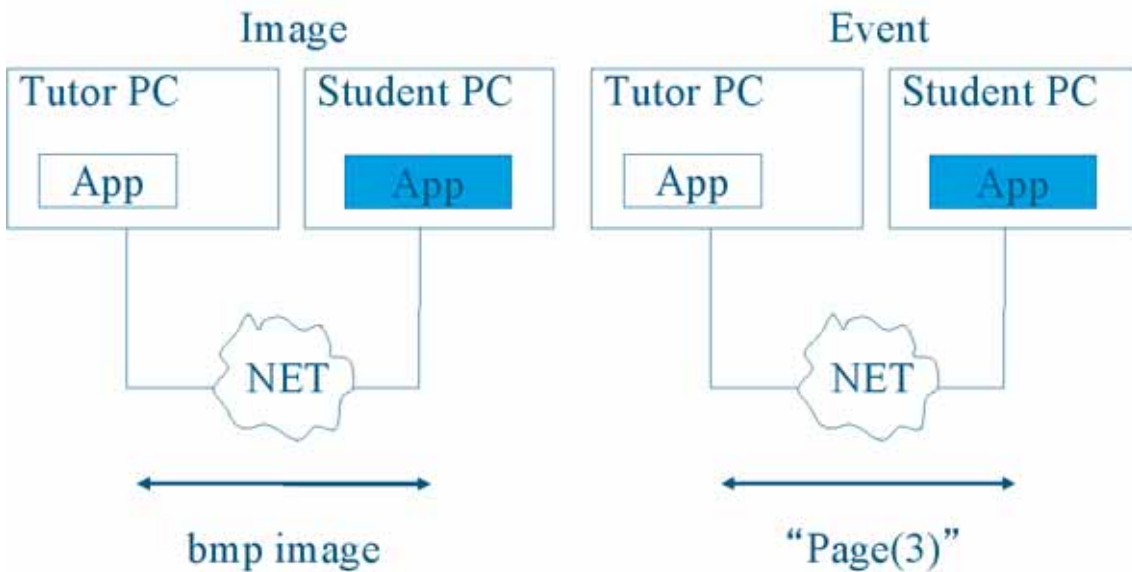


図 3.1: イメージ共有とイベント共有の比較

3.3 イベント共有の実現方法

イベント共有を実現するために今回はSOBA フレームワークというフレームワークを利用する。

第4章 基礎技術

本章では、本研究で使用する SOBA フレームワークについて説明する

4.1 SOBA プロジェクトについて

近年、ブロードバンド環境の普及に拍車がかかり、高速回線の常時接続も企業だけでなく個人にも浸透し、ますます社会のブロードバンドネットワーク化が進んでいる。さらに今後は光、xDSL、CATV、無線などの選択肢も増えることから、超高速回線化や普及率の飛躍的な増加も十分に考えられる。このようにインフラ環境は整いつつあるが、その有効利用についてはいまだ模索段階にあり、キラーアプリケーションが見つかっていない。このような状況の中で昨今多様化してきたコミュニケーションの形態を新たに提案するプロジェクトがSOBA(ソーバ、Session Oriented Broadband Applications) プロジェクトである。このプロジェクトでは、昨今多様化してきたコミュニケーションの形態を新たに提案するとともに、SOBA フレームワークによって本質的にブロードバンドが必須となるコミュニケーションのインフラを提供し、今まではできなかった高度な応用を可能にする。これによりブロードバンドを有効に使うことができないという現状を打破することを目指すとしている。このプロジェクトは、京都大学数理解析研究所中島玲二教授によって提唱され、現在、産官学協同プロジェクトとして開発が進められている。

4.2 SOBA フレームワーク

SOBA フレームワークとは、インターネット上に「コミュニケーションの場」を、仮想的かつ動的な共有空間として作り出すという、従来なかった全く新しい概念に基づくフレームワークであり、共有方法としてイメージ共有、イベント共有の双方を実現している。開発は Java 言語で行っており、マルチプラットフォームで利用可能である。主な特徴は以下の通りである。

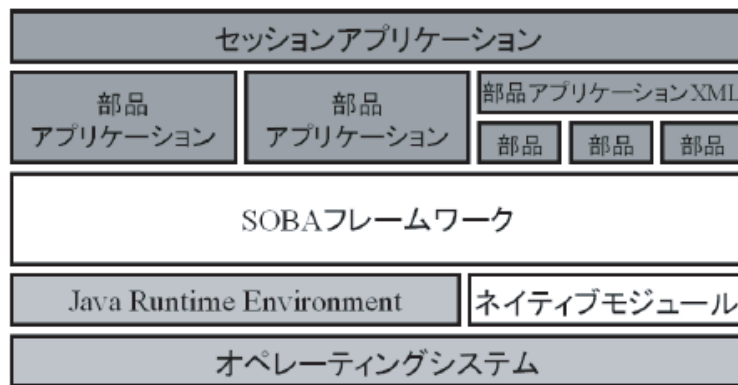


図 4.1: SOBA システム

4.2.1 アプリケーション

SOBA フレームワーク上ではアプリケーションは共有でき、お互いに実行イメージの同期がとられる。アプリケーションを共有するユーザーの誰かがアプリケーションに対して行った操作の結果を、逐次他の共有ユーザーに対して反映させることが出来る。アプリケーションは「ソフトウェア部品」「部品アプリケーション」「セッションアプリケーション」の三つの階層構造で構成される。「ソフトウェア部品」とはアプリケーションの機能の一部やボタンなどのユーザーインターフェイスコントロールをパッケージ化した再利用可能な部品である。「部品アプリケーション」はそれ自身一定の機能を有するアプリケーションで、1 つまたは複数の「ソフトウェア部品」で構成される。「セッションアプリケーション」はサブセッションという共有空間の内部に入れ子で作成する内部共有空間の生成消滅などを始めとする共有空間の管理を行い、1 つまたは複数の「部品アプリケーション」で構成することができる。

4.2.2 簡易プログラミング環境

SOBA では、アプリケーションの作成は「ソフトウェア部品」を組み合わせることによって行う。SOBA アプリケーションの開発においては、共有オブジェクトの同期やネットワークプロトコルなど、高度な知識と技術を必要とされる分野を意識することなく、一般ユーザが自分のホームページを作成するのと同様の簡単な手順で利用可能である。SOBA フレームワークが提供するソフトウェア部品は、XML や JavaScript を用いた簡単な手順で組み合わせることが可能である。基本はユーザーインターフェイス (GUI) を XML で記述し、動作を JavaScript で記述することになる。例えば『マイク音声』、『カメラ画像』、『音量つまみ』、『録画ボタン』などを組み合わせて、簡単に映像付きボイスチャットのようなアプリケー

ションを作ることができる。また一般ユーザよりも知識のある技術者(例えばプログラマ)は、SOBA フレームワークを使って「ソフトウェア部品」自体を作成することができる。作成したソフトウェア部品を一般ユーザに配布することで、一般ユーザが様々な機能を有するより高度なアプリケーションを作成することができるようになり、SOBA フレームワークを利用したコミュニケーション形態は進化しつづけることができるのである。

4.2.3 マルチユーザーインターフェイス

SOBA では、ユーザーごとに異なったユーザーインターフェイスを持つアプリケーションを作成することができる。これにより講師と生徒、又はレベルごとにインターフェイスを変えることができる。また、端末の画面の表示機能に合わせてレイアウトをすることも可能になる。

4.2.4 共有空間の動的な変化

SOBA フレームワーク上の共有空間は動的に変化させることが可能である。共有空間の動的な変化には「生成」「統合」「分割」「継承」「消滅」がある。「生成」とはあるユーザーが新しい共有空間を作り出し、他のユーザーが参加できる状態にすることである。共有空間は複数生成することが可能である。「統合」とはそれぞれの共有空間に参加しているユーザーを一つの共有空間にまとめることができる。「分割」とは一つの共有空間にいるユーザを、いくつかの共有空間にわけることができる。「継承」とは自分の参加していた共有空間を第三者に引き継ぐことである。「消滅」とは参加していた共有空間から抜け、終了させることである。

4.2.5 既存のシステムとの比較

既存システム	既存システムの特徴	SOBA フレームワークの特徴
ビデオ配信システム	一つのサーバから沢山のクライアントに一方向に配信。	ユーザが各種のメディアを双方向に交換し合う。
Microsoft Net-Meeting	ホワイトボードなどのいくつかの限定された共有アプリケーション付きのビデオ会議システム。任意のアプリケーションを共有するための機能は付いているが、これはアプリケーションの画面を複数の端末上に表示するだけのもの。	アプリケーションのロジックそのものを共有空間内で共有する。
	ダイナミックに形態を変化させる共有空間の概念はない。	共有空間の形態をダイナミックに変化させることができる。
ビデオ会議システム	あらかじめ準備されたビデオカメラなどの限定的なメディアを相互に送信し合う。	共有空間に随時持ち込むことにより多様なメディアの共有が可能。
Groove	ビジネスでの協調作業を中心に設計されたシステム。	コミュニケーションの形態そのものに踏み込んだシステム。
	静的なデータを複数の端末間で同期させるシステム。	ストリームデータの再生を共有するなどの動的な共有が可能。
Napster などの P2P システム	現状の P2P システムは単なるファイル交換システム。	共有空間を使用したコミュニケーションのシステム。
web サービス系のシステム	他のコンピュータの計算資源をサーバクライアント方式でネットワーク越しに利用することが目的。	共有空間を通してネットワーク上の複数の計算機で同じ状態を作り出し、そのことによって計算機の利用者同士がコミュニケーションを行うことが目的。

表 4.1: 既存のシステムとの比較

第5章 システムの構成と処理

本章では、本システムの構成とその処理について述べる。

5.1 システムの構成

SOBA フレームワークを利用して非双方向性のコンテンツを双方向性のコンテンツに変換する手法は2種類考えられる。

1. SOBA を再構築し、それぞれのコンテンツを共有する仕組みを組み込んだ SOBA を新たに開発する。
2. それぞれのコンテンツを共有する新たなコントロール機能を部品アプリケーションとして作成し SOBA につけ加える。

今回は2の手法を選択して開発を行うこととし、ここで開発する部品アプリケーションをコンテンツコントローラーと名付ける。この論文では特に PDF をコンテンツコントローラーを利用して共有する手法を挙げる。同様の方法でその他の PowerPoint, Flash, JAVA Applet 等のコンテンツを共有することが可能である。

5.1.1 PDF コントローラー

SOBA に付属する SOBA ブラウザー上では PDF を閲覧することは可能であるが、双方向性は有しない。このため独自に PDF コントローラーを開発する。この PDF コントローラーは次のような構成で成り立っている。

- PDF ブックマーク

このモジュールは講義の際に使用される PDF ファイルの URL をあらかじめ登録しておく機能を持つ。あらかじめ登録された PDF ファイルを示すボタンが押されることでイベントが発生し、PDF ビュアーにその PDF ファイルの URL が渡される。これらの操作は各ユーザの間で共有する必要性がないため共有されていない。

- PDF ビュアー

このモジュールでは PDF の表示、および URL の変更ページの切り替えといった操作を行う。PDF ブックマークより送られた URL もしくは PDF ビュ

アー上にある入力フォームに URL を入力することによってインターネット上から PDF ファイルをダウンロードし表示する。また、上部に備え付けられたボタンを操作することでページ切り替えなど PDF を操作するイベントを発生し、実行する。

- PDF シンクロナイザー

このモジュールでは PDF ビュアーを監視し、発生したイベントの共有を行う。PDF ビュアーで URL の変更、ページの切り替え等のイベントが発生すると、PDF シンクロナイザーが感知し、他のユーザの PDF シンクロナイザーへ実行されたイベントをパッケージとして送信する。他のユーザの PDF シンクロナイザーでは受け取ったパッケージを解析し、実行されたイベントと同じイベントを PDF ビュアーで実行するように命令する。

5.1.2 処理方法

ここでは具体的な動作の例を挙げて処理方法を説明をする。

- URL 変更

講師が PDF ブックマークで講義 1 のボタンを押す。すると講義 1 の URL が PDF ビュアーへ送られる ()。PDF ビュアーは受け取った URL をインターネット上に置かれたサーバへ送り ()、PDF ファイルを受け取る ()。この際 PDF シンクロナイザーは URL の変更イベントを感知し ()、生徒の PDF シンクロナイザーへ URL が変更されたというイベントと変更された URL を送信する ()。生徒の PDF シンクロナイザーは URL を変更するイベントを受信し、PDF ビュアーへと送る ()。生徒の PDF ビュアーは受け取った URL をインターネット上に置かれたサーバへ送り ()、PDF ファイルを受け取る ()。ここで、URL 変更のイベントの共有が完成する。

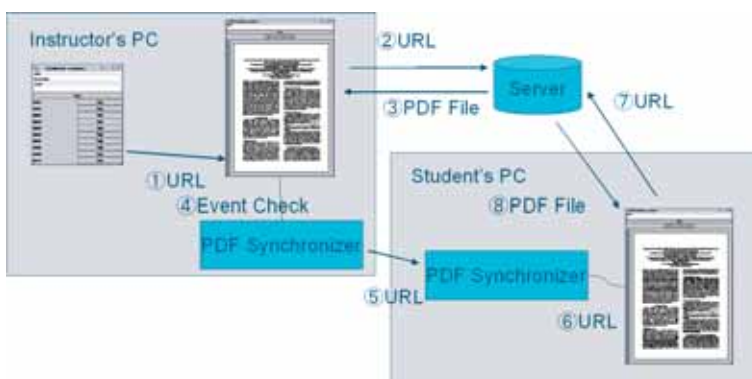


図 5.1: URL 変更

- ページ変更

2 ページを閲覧している状態で講師が PDF ビュアーで次ページへのボタンを押す。すると PDF ビュアーは 3 ページを表示する。この際 PDF シンクロナイザーはページの変更イベントを感知し ()、生徒の PDF シンクロナイザーへ 3 ページへ変更されたイベントを送信する ()。生徒の PDF シンクロナイザーは 3 ページへ変更するというイベントを受信し、PDF ビュアーへと送る ()。生徒の PDF ビュアーは 3 ページに変更する。ここで、ページ変更のイベントの共有が完成する。

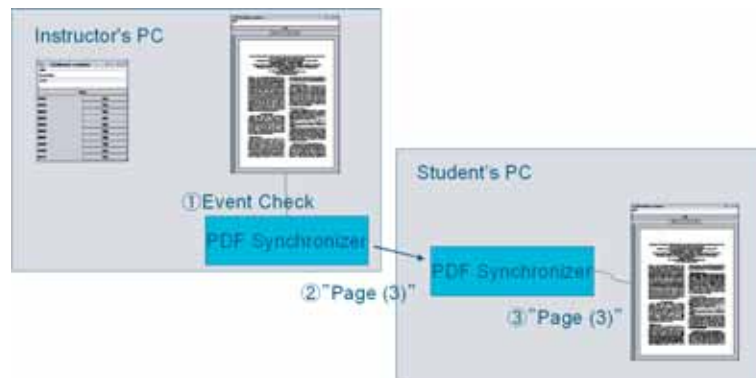


図 5.2: ページ変更

5.1.3 SOBA への導入

今回開発した PDF コントローラーを SOBA フレームワークで利用するためには、SOBA の設定ファイルである XML ファイルに数行の設定を書き加え、作成したプログラムを jar ファイルの形で SOBA 内のフォルダに設置するだけでよい。

第6章 システムの実験結果の評価・考察

本章では、本システムを用いて、実際に模擬授業を行い、その考察を述べる。

6.1 模擬授業

実際に PDF 共有を利用した協調学習を行う模擬授業を行う。ここでは今回開発した PDF ブックマーク、PDF ビュアー、PDF シンクロナイザーの他に、講師の画像を表示する動画アプリケーションを用意する。

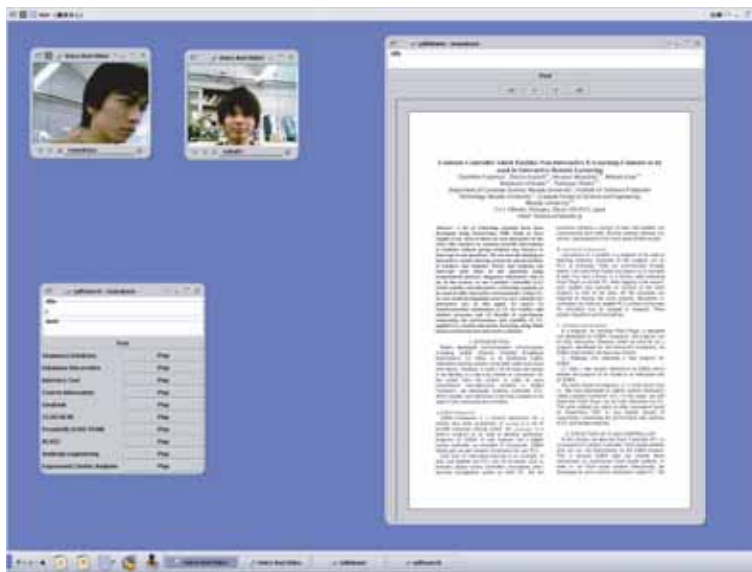


図 6.1: 講義画面

6.2 結果

教材共有を行うための通信量が一つの操作当たり高々数十バイト程度である共有方式を開発することができた。実際、4 台の計算機で共有を行い、URL の変更・

ページの切り替えといった操作を双方から実行した結果、操作が瞬時に他方の計算機に反映され体感できる遅延は存在しなかった。また、PDF の操作を行った際に使用するネットワークの通信量に、ほぼ変化がなかった。

6.3 評価・考察

今回の実験ではストレスを感じずに授業をスムーズに行うために問題となる画像の遅延と、ネットワークの通信量を測定したが、どちらも満足のできる結果が現れた。同様の PDF ファイルを画像共有方式で共有すると、遅延が平均 1 秒程度存在し、ネットワークの通信量が 500kbps ほど増大する。ネットワークの通信量は画像のサイズを拡大することでさらに大きくなってしまう。この結果からもイベント共有方式を採った今回のシステムが有効であると言えるだろう。

	イベント共有	イメージ共有
操作の双方向性	全二重	半二重
遅延	なし	1 秒程度
通信量	50bps	500kbps

表 6.1: 実験結果

イベント共有では 4 台の計算機、イメージ共有では 2 台の計算機で実験を行っている。

第7章 結論

本章では、本論文のまとめと本論文で提案したシステムの今後の課題を述べる。

7.1 まとめ

本論文では、遠隔地における協調学習を目的とした Web コンテンツ共有システムを実現するために解決すべき問題を提起し、その解決方法および本システムの実装方法について述べた。そして評価実験として、従来技術との比較を行い、本システムの有用性を述べた。第 2 章では、従来行われてきた個別学習と比較しての協調学習の利点について述べた。

第 3 章では、本システムを実現する上で解決すべき問題を提起し、その解決法を示した。

第 4 章では、本研究で使用する SOBA フレームワークについて述べた。

第 5 章では、本システムの構成および処理を詳細に述べた。

第 6 章では、評価実験を行ない、実験結果として、本システムの出力画像を提示した。また、それについて考察し、本システムの有用性を述べた。

7.2 今後の課題

今回の実験では PDF をコンテンツの例として取り上げたが、同様のことがその他のコンテンツに置いても可能であると思われる。今回開発した PDF 以外の Web コンテンツも共有することできるようになることで、より多彩な講義を行うことができる環境を開発していく。また、今回、共有を行った計算機は 2 , 3 台であり、小規模なネットワークでの実験であったが、さらに多くの計算機を用いた大規模なネットワークでの協調学習を実現することで、今までにない形式の講義モデルを作ることができるであろう。今後はこれらの課題に取り組み、より有用なシステムの開発を行っていく。

参考文献

- [1] SOBA PROJECT <http://www.soba-project.org>
- [2] 先進学習基板協議会編著 e-ラーニング白書 2004/2005 年版オーム社,2004
- [3] GeneEd <http://www.geneed.com>
- [4] jasperreports <http://jasperreports.sourceforge.net>
- [5] adobe <http://www.adobe.co.jp/>
- [6] 二村良彦 Contents Controller which Enables Non-Interactive E-Learning Contents to be used in Interactive Remote Lecturing,2004
- [7] 中島玲二 共有アプリケーションのための同期実行モデル,2003