

グローバル高等教育を支援する汎用 e-Learning プラットフォームの研究

代表研究者	上野晴樹	国立情報学研究所名誉教授
共同研究者	何政	国立情報学研究所特任研究員
共同研究者	パオ・スプラストック	国立情報学研究所特任研究員
共同研究者	アンジェリ・ジョン・ペレーナ	国立情報学研究所特任研究員

1 はじめに

本研究は、我々がこれまで研究開発を進めてきた科学技術高等教育向き汎用 e-Learning システム WebELS (Web-based e-Learning System) を改良して、我が国発の汎用 e-Learning プラットフォームのグローバルスタンダードを目指して、実用性・完成度を高めることである。本研究では、WebELS が既に国内外の大学等で実用システムとして利用されているので、そのフィードバックに基づいて改良するという、実践的な研究開発によって研究を進めるということを行った。

WebELS は、高等教育の多様化・国際化を支援することを目的としてグローバルに利用されることを想定して設計されており、非同期個人学習システム (WebELS Learning) と同期型多地点 Internet 会議システム (WebELS Meeting) を併せ持つシステムであり、自動切り替え多言語対応インタフェースを持ち、Windows や Mac 等で使えるマルチ OS システムであり、必要なソフトウェアは Internet 経由でサーバからクライアント PC 上にダウンロードされるクラウド型システムであり、Java 実行環境 JRE および Flash Player がインストールされているだけで使えるという特徴をもつ。また、我が国だけでなく、アジア・アフリカでの利用を想定した低速・不安定な Internet 環境下でも高品質を維持できるような工夫がされており、科学技術国際貢献に有用な手段を提供することを狙いの一つとしている。

申請時の研究テーマは、オンライン多地点会議システム WebELS Meeting の「バーチャル会議室生成・管理機能」を強化することであったが、期間内に Flash ストリーミング技術によるビデオ会議機能を開発して組み込むことにより、当初の目的以上の成果をあげることができた。これらの機能は、国立情報学研究所情報学専攻—清華大学オートメーション学科間遠隔交換講義実験、日独工学アカデミー間 e-meeting によって、性能と有用性を実証することができ、e-Learning ツールとしてだけでなく、e-Communication ツールとしてビジネスにも活用できることを確認した。

2 WebELS に関する調査研究の概要

2-1 研究調査の目的・意義

本研究の長期的目標は、我々が独自に開発したコンテンツ共有型汎用 e-Learning 環境 WebELS (Web-based e-Learning System) による科学技術高等教育の多様化・国際化を支援することであり、更に UNESCO 等との連携により国際展開を行うことによって、高等教育グローバル化のイノベーション主導を目指すことである。この目標を達成するため、本調査研究では WebELS の実用性を高めるための研究として、システムの改良・性能向上、Internet 会議システム機能の強化・改良を行う。本研究では、技術的実現と国内での実証実験に加えて、UNESCO、清華大学 (中国)、ドイツ工学アカデミー (acatech) 等との連携による国際的な Internet 環境下での実証評価を行う。

Internet の急速な進歩により高等教育のグローバル化が進展しつつあるが、特に科学技術分野の次世代人材育成を担う博士課程教育や高等専門教育にはグローバル化が必須であり、かつ緊急の課題である。教育のグローバル化には e-Learning の活用が最も有効であることは欧米の動向を見ても明らかである。現在、e-Learning は大学教育や企業内教育が中心に普及しているが、大学院教育や高度専門教育のニーズに応えるような e-Learning プラットフォームは、国際的に見ても、まだ殆ど提供されていない。また、多くが大容量 Internet の機能を活用しており、アジア・アフリカや開発途上国での利用には供し得ないことや、我が国の状況を考えても、Internet 速度の制約を受けない e-Learning の提供が求められている。WebELS は、我が国発のグローバルスタンダード化を目指して開発して来た e-Learning システムであり、使いやすく強力なオ

ーサリング機能を持ち、マルチ OS (Windows, Mac) 対応であり、多言語 (英語が標準) 対応であり、非同期型個人学習と同期型 Internet 会議・講義機能を持ち、低速 Internet 環境下でも高品質の PPT, pdf, ビデオ等のドキュメントを共有できる “All-in-One” システムである。WebELS によって、教育の多様化・国際化を推進でき、我が国の科学技術教育における国際貢献が促進される意義は大きいと考える。なお、本システムは日本政府の補助による UNESNO アジア本部の e-Learning プロジェクトの実証実験システムとして正式採用されている。

2-2 テーマ発想の動機と経緯

科研費で研究に着手し (上野晴樹: 「高次情報ネットワークによる高等教育を対象とした適応型遠隔教育システムの研究」科学研究費補助金 B 成果報告書、2003 年 5 月) WebELS を設計し試作した。その後、総研大が e-Learning を全学的に導入する方針を策定したとき、「WebELS をベースとして総研大のニーズに基づいて改良する」ということが要望され、また情報・システム研究機構新領域融合研究プロジェクト (H17-H22) に採択され、グローバルユースを視野に入れて本格的実用システムの開発に着手した。

大学院博士課程教育の最も重要な特徴は、「学生は同時に研究パートナーでもある」ことであり、授業、ミーティング、国際会議参加等が教育の場であり、これらを総合的に支援し国際的に利用できるプラットフォームが “博士課程に求められる汎用 e-Learning プラットフォーム” という結論を得た。更に、Windows/Mac に完全対応、多言語対応、低速 Internet でも高品質を維持、非専門家の教師が簡単にコンテンツ作成やサーバへのアップロードを行えること、とともに、基本的コンテンツは「PPT, pdf, ビデオをスライド化して音声とカーソルを同期して編集・再生できる機能」となり、これを非同期個人学習システムとして実現すると共に、このコンテンツを利用した同期型 Internet 会議機能を付加することが求められた。また、“GNU GPL 準拠のオープンソース” で提供する方針とし、現在に至っている。

総研大以外に、清華大学、チュラロンコン大学、ダッカ大学等で採用され、その後 UNESCO アジア本部が推進している e-Learning プロジェクトに採用され、情報研 (NII) と UNESCO が WebELS サーバを共同運用して UNESCO 発の e-learning を企画実行することとなった。この過程で、低速 Internet 環境下でも高品質・安定性を保証した、使いやすく有用なバーチャル会議・講義システムの開発が必要となった。

2-3 内外の研究の動向

e-Learning はコンテンツ (教材) とプラットフォームで構成される。コンテンツはビデオ型とスライド型に分類される。ビデオ型は、授業をビデオで収録し、編集して教材にしたものであり、スライド型は授業で使われた PPT に音声等を付加して教材にしたものである。ビデオ型は臨場感が高いが、PPT の文字が読みにくいことや容量が大きすぎてサーバの負担が増大しかつストリーミング配信に制約があるという弱点がある。スライド型は、臨場感は低くなるが容量が小さくてすむので高品質のスライドをダウンロード配信することによって Internet の制限を受けないようにすることが可能となる。最近では Internet の速度の向上により、我が国では講師のビデオと教材の PPT スライドを合成しストリーミング配信する形式のものが多くみられるようになった。P4Web はこの例である。

一方、e-Learning は同期型と非同期型に分類される。同期型は、遠隔地からオンラインで授業に参加する形態であり、Internet 会議もこれに入る。TV 会議システムの拡張によって実現される形態が典型であり、WebEX がその例である。非同期型は、前もって収録や編集した教材をサーバで管理しておき、アクセス権限を持つ受講生にオンデマンドで配信する形態である。ストリーミング配信やスライド配信のほかに、ハイパーテキスト教材が広く使われている。国際標準化活動がおこなわれている SCORM 規格のコンテンツはハイパーテキストが主たる対象である。

e-Learning を実用的に運営するにはプラットフォーム (開発・配信環境、e-Learning システムとも呼ばれる) が不可欠である。プラットフォームは、コンテンツ開発のためのオーサリング機能、配信・受講管理機能を持つ、汎用ソフトウェアである。P4Web や WebEX もプラットフォームである。大学教育に目標を絞って開発された e-Learning プラットフォームの代表は Moodle であるといえよう。Moodle はオープンソースであることもあり、世界的に広く使われている。

e-Learning プラットフォームを教育管理システム LMS とコンテンツ管理システム CMS に分類する場合がある。LMS には、受講管理機能、学生管理機能、掲示板機能に加えて、簡単な自動採点機能が組み込まれているのが一般的である。Moodle は大学向きの LMS の代表である。LMS のオーサリング機能は弱く、別のツールでコンテンツを開発して登録する形態が一般である。また、LMS はテキスト・チャット機能を持つことが多いが、PPT を共有した Internet 会議機能をもつものは見あたらない。この点、WebEX は Internet 会議機

能が強力な CMS であるが、高価でありまた Mac でのコンテンツ作成に制約がある。

WebELS は、オープンソースであり、大学院博士課程の多様化・国際化を支援する目的で、ニーズに基づいて設計され、評価を通して改良され現在に至っている。WebELS は CMS であり、PPT, pdf, video を組み合わせたスライド型コンテンツのオーサリング機能に重点が置かれ、更にダウンロード型でコンテンツを共有した Internet 会議や講義が低速 Internet 下で簡単に出来るとともに、多言語インタフェースが標準搭載されている。また、Windows, Mac 等に完全対応するマルチ OS システムも特徴の一つである。大学院だけでなく、大学や企業でも有用であり、Moodle との組み合わせ例もある。

最近、アジア・アフリカ諸国を対象として、科学技術の人材育成における国際貢献の必要性が認識されるようになり、我が国の教育コンテンツと教育モデルを、我が国発の e-Learning プラットフォームで提供したいという構想がある。WebELS がこの面で貢献出来ることを目指している。

2-4 WebELS の概要

本研究ではベースとなっている WebELS の見直し、改良を行い、更にオンライン Internet 会議の管理機能を研究開発して実装することにより、本来の利便性を維持しつつ実用性を向上させることであった。まず、WebELS の概要と本研究の位置づけについて簡単に説明する。

(1) システムの構成

WebELS は Internet によって共有されるサーバ・システムであり、ブラウザ経由でアクセスし、ユーザインタフェースによって、目的に応じてボタン操作で必要な機能を選択し動作させて使えるようになっている簡易システムである。このとき、必要なソフトウェアやコンテンツが自動的にユーザのクライアントコンピュータ上にダウンロードされて実行され、サーバとの通信も自動的に行われ、データベースの生成や更新も自動的に行われるように設計された、クラウド型サービスシステムである。動作環境は、原則として JRE (Java 実行環境) と Flash Player のみである。いずれも Internet サイトから無料でダウンロード出来る。したがって、特別なソフトウェアやハードウェアはなにも必要としないで、気軽にフル機能を利用することができる。

WebELS サーバは Linux OS を基盤として構成され、図 1 に示されるように、ユーザインタフェース等の様々な Web 機能を実行するための Web Server, コンテンツやユーザ情報を管理する Database Server、およびビデオ会議等を行うための Streaming Server によって構成されている。クライアント (ユーザ) から見ると、機能は図の下部に示されるように、主に 2 つであり、図の左下側が、コンテンツの作成とサーバへのアップロード等を行うための Editor、右側が、オンデマンド個人学習、遠隔講義、およびオンライン会議を行うための Viewer および会議・講義管理機能 Meeting である。これらは、Internet ブラウザで WebELS サーバにアクセスし、表示されたユーザインタフェースの各ボタンをクリックすれば、自動的に必要なソフトウェアが Java Applet あるいは Flash プログラムとしてクライアント PC 上にダウンロードされて動作するように出来ている。

実行において、クライアントーサーバ間の通信はダウンロードされたプログラムによって自動的に行われるとともに、クライアント間の通信もサーバ経由で自動的に行われ、ログアウト時点で自動的に実行時に生成されたキャッシュが消される。また、オンライン会議・講義機能の動作においても、特別に意識することなく、サーバ経由でクライアント間の接続が間接的に実現され、ファイヤウォールの影響を受けることなく動作するように設計され、実現されている。

なお、Java で実現されているので、Windows, Mac, Linux で完全互換動作をする。更に、多言語対応機能により、たとえば、国際間会議や打ち合わせにおいて、相手は英語でこちらは日本語という使い方を何の操作もしないで可能である。

WebELS は全体がオープンソースあるいはフリーソフトによって実現され、同じ形態で提供できるように十分配慮して実現されている。すなわち、サーバシステムは CentOS を基盤として構成され、WebELS アプリケーションも MySQL や Speex 等で実現されている。これによって、特別な要望がない限りソフトウェアに関する費用負担は殆ど不要であり、資金余力の乏しい地場産業が導入しやすいソフトウェア・プラットフォームである。本研究開発で新たに開発する機能についてもこの方針を堅持する方針である。

WebELS は、e-Learning と e-Communication の両機能を統合化したシステムである。E-Learning としては、オンデマンド個人学習システム WebELS Learning と Internet オンライン講義システム WebELS Lecture で構成され、コンテンツを共有している。つまり、コンテンツに付加されたセッティング情報 (メタ情報) によって、同一コンテンツを個人学習と遠隔講義に利用できる。E-Communication としては、Internet オンライン会議システム WebELS Meeting を持つ。これらのサブシステムをそれぞれ使い分けることが出来るとともに、

コンテンツの形式、データ構造、表示方法を共通にすることによって、サブシステム間でコンテンツを共有することが出来る。例えば、個人学習のために作成したコンテンツを使った遠隔講義や遠隔会議ができる。Lecture と Meeting は機能として類似しているが、コンテンツの管理や受講生の管理機能を Lecture が持っている点異なる。

以下、オンデマンド学習システム Learning とオンライン会議システム Meeting の要点を述べる。(オンライン講義システム Lecture は Learning と Meeting を結合したシステムであるので、省略する)

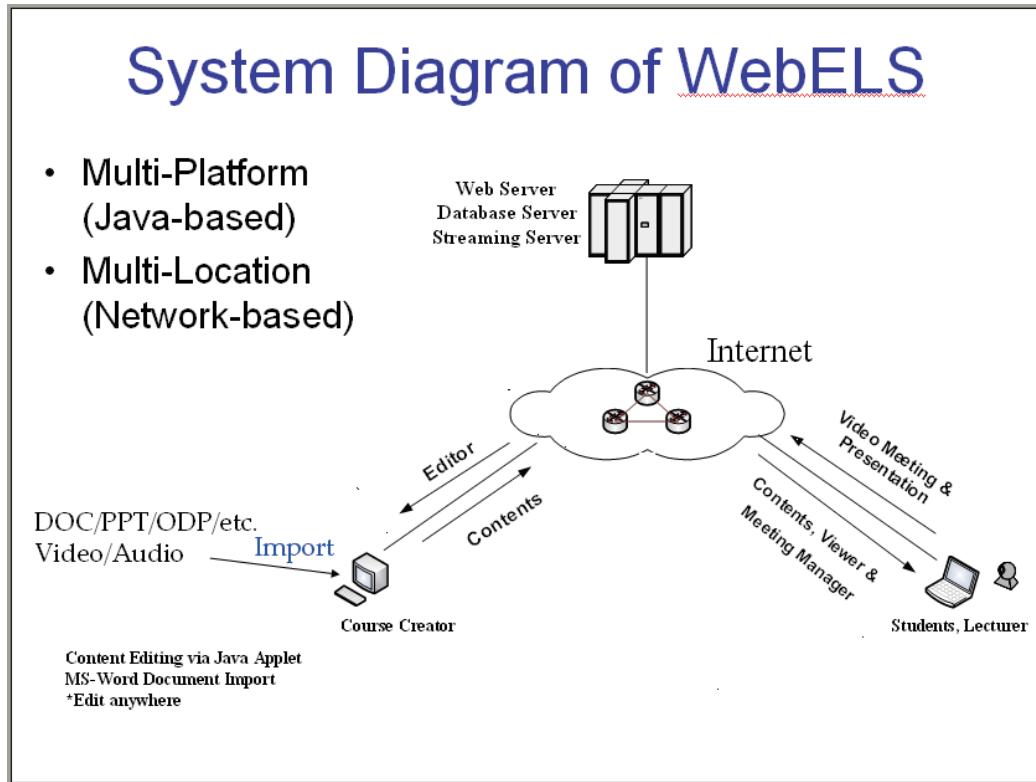


図1 WebELS のシステム構成概念図

(2) オンデマンド学習システム WebELS Learning の概要

Learning は、学習コンテンツのオーサリング機能、視聴機能およびユーザ登録・管理機能から構成されている。PPT, pdf, ビデオ資料等から変換されたスライドに音声と同期するカーソルと添付する形式であることに特徴があり、これによって編集の柔軟性や低速 Internet 対応性が実現されている。

図2は、オンデマンド個人学習システム Learning の視聴画面例である。これは、サーバにアクセスし、コンテンツ・リスト画面の特定のコンテンツのアクション・ボタン「見る (View)」をクリックすると、そのコンテンツとともに視聴実行ソフトウェア (Viewer) がクライアント PC にダウンロードされ、視聴画面が開き、スライドを使った説明がユーザ PC 上で音声とカーソルが同期して再現される。ダウンロードの時間は Internet 速度に左右されるが、視聴の実行はオフラインで行われるので、Internet 速度に影響されずに高品質画面で視聴できる。必要に応じて、スライド切り替え、連続再生、ズーム、特定のスライドの再生、等ができる。また、コンテンツの著作権を保護するために、これらの実行はログアウト時にクライアント PC 上のキャッシュから自動的に削除される。

各スライドに付加された音声とカーソルが同期を取って再生されるので、複雑な内容でも分かりやすく視聴者に説明出来る。また、コンテンツはスライド単位で構成されているので、連続的にも、スライドを選択して繰り返し視聴することもできる。さらに、ズームして拡大画面を見ることが出来る。

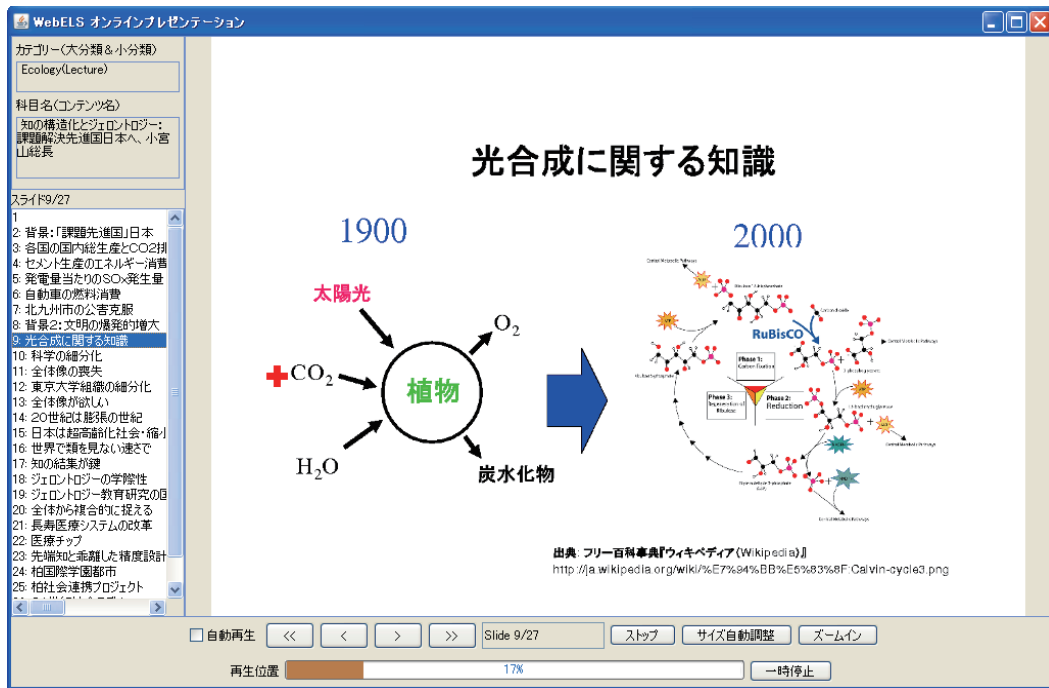


図2 WebELS Learning の視聴画面例

一般的なオンデマンド個人学習システムの視聴画面構成は、ビデオ画面とスライド画面の組み合わせでありである。この方式は臨場感がある程度持たせることができるが、短所もある。たとえば、ビデオ画像の容量は1GB/60分程度必要であるが、WebELSの方式だと20MB(1/50)程度である。ビデオ収録には設備と担当者が必要であり、スライド単位の変更は困難であるが、WebELS方式だと、パソコンとマイクさえあればどこでもコンテンツ作成ができ、スライド単位で変更が容易にできる。ビデオコンテンツの視聴はストリーミング型が必要となり、サーバの負荷が増大するとともに低速Internetには対応できない。更に、オンライン会議に使うことが原理的に困難である。なお、WebELSでは、スライド単位で講師や実験風景などのビデオを挿入出来る。

オーサリング機能は、ITの非専門家が自分のパソコンで簡単に使えるように設計されており、図3に示されるようなスライド単位のデータ構造が自動的に生成され、データベースに保存される。オンデマンド学習に置いては、コンテンツとともにクライアントコンピュータ上にダウンロードされ、ビューアAppletが再生を開始する。具体的には、各スライドに付加された音声の再生開始でタイマーがスタートし、カーソルはマルチスレッド処理によって同期を取って、カーソルの表示やビデオクリップの再生が実行される。このデータ構造により、スライド単位での改訂が容易にできるとともに、Internet速度に左右されずに高品質の再生が可能となる。この仕組みは特許を取得している。

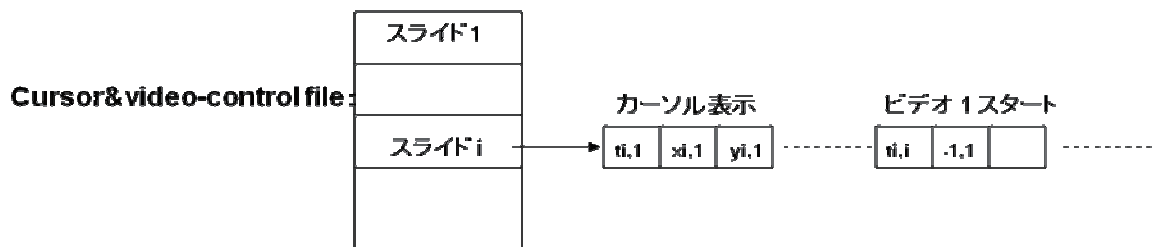


図3 スライドのデータ構造と音声、カーソル、ビデオの同期の仕組み

(3) オンライン会議システム WebELS Meeting の概要

WebELS Meeting は、ビデオ会議機能(後述)とスライド・プレゼンテーション機能を組み合わせた多地点オンライン会議システムである。スライド・プレゼンテーションは、先に説明した Learning のオーサリング機能のうちのスライド作成機能によって作成してサーバに登録したものを使う。(Learning のコンテンツを Meeting に移し替えて使うこともできる。) Meeting は特別な予備登録を不要とする簡易システムであり、次

のような手順で実施出来る。1) 先ず会議（講義）企画者は、会議に使うコンテンツを、コンテンツ名とパスワードを付加して予め Meeting サーバにアップロードする。この時点でそのコンテンツにバーチャル会議管理用のメタデータ構造が自動生成され、会議管理機能によって自動管理されるので、ユーザは特別なセッティングを行うことなく、簡便に会議（講義）を企画し、実施することができる。しかも、ファイアウォール・フリーの通信制御方式により、遠隔会議に、普通のパソコンで、どこからでも参加出来る。2) オンライン会議に置いては、同一コンテンツをダウンロードしたユーザが自動的にバーチャル会議室のメンバーとなるように管理されモニターされる。この場合、ダウンロード型のプレゼンテーション機能でオンライン会議を実現しているため、低速 Internet（約 200KBS）で実用的に使える。3) プレゼンテーションはプレゼンタボタンをクリックして権限を得た参加者によって実施される。プレゼンテーション機能にはバーチャル会議管理機能が組み込まれており、プレゼンタ権限を得たユーザのスライド切り換え、カーソル指示、ズームインとスクローリング、ビデオ操作等が、サーバを経由して他のユーザのスクリーンに反映する機能を持つ。プレゼンテーション機能は Java Applet によって実現されている。4) 音声会議管理機能等を持ち、スライド・プレゼンテーション機能と組み合わせて使うことができる。5) 最後に、コンテンツをサーバから削除すれば、当該コンテンツのバーチャル会議室機能が全て削除され、セキュリティが確保される。

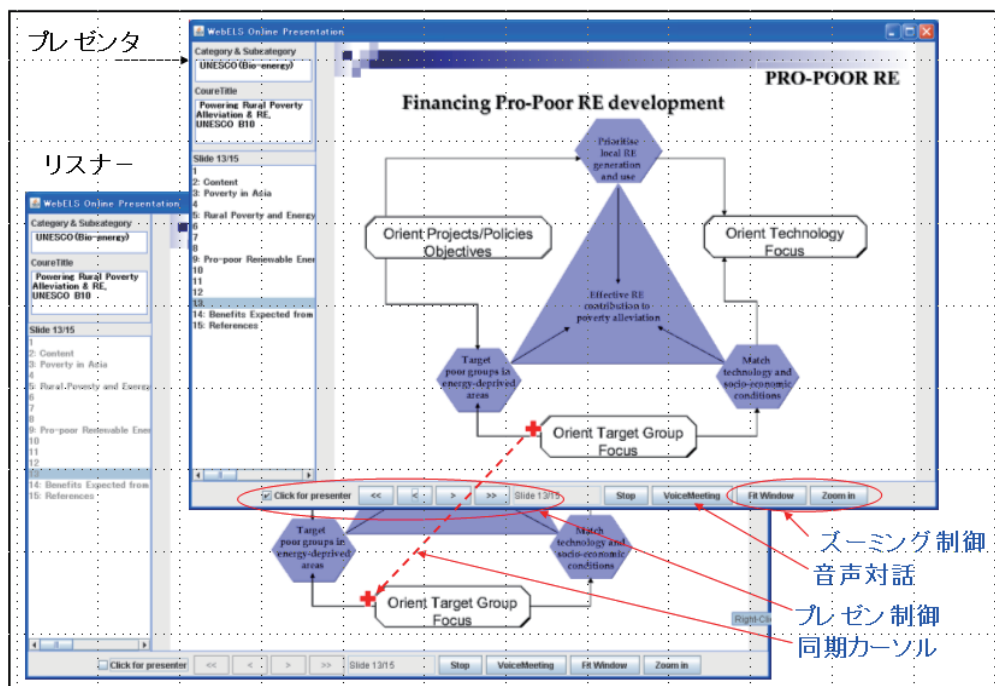


図2 スライドを共有した2地点オンライン会議の画面例

図2は、スライドを共有した2地点 Internet 会議のイメージ図である。同一コンテンツをダウンロードしたユーザは、自動的にそのコンテンツを共有するバーチャル会議室のメンバーとして認識される。コンテンツをダウンロードしたとき、クライアント PC にはサーバの IP アドレスやバーチャル会議を実行するための共有データ構造に関する情報、および会議管理ソフトウェアがセットとしてダウンロードされる。メンバーの一人が画面の「プレゼンタ」ボタンをクリックすればプレゼンタの権限が付与され、画面制御（スライド切り替え、ポインタ指示、ズームイン等）が他のユーザに反映される。この時、ファイアウォールの制約を受けないような仕組みになっている。具体的には、サーバ上に会議管理用データ構造が置かれ、プレゼンタの操作情報がこのデータ構造に書き込まれる。一方、他のメンバーの PC からは一定間隔でデータ構造がチェックされ、変化があれば自分のローカルデータ構造を改定するとともに、表示画面を改定する。この方法によって、あたかもプレゼンタが各画面を制御したかのような効果を、実現している。また、コンテンツが前もってダウンロードされているので、会議制御は制御信号の受け渡しだけで実現でき、回線の負荷が小さく、低速 Internet で高品質のスライドを使った Internet 会議が実現できるわけである。ただし、音声回線は実時間でストリーミングデータを送受信するので、ある程度の回線容量が必要である。実験では、200kbs 程度で3地点程度はカバーできている。

WebELS による Internet 会議の特徴は、予備登録が不要なことであるが、便利な反面、会議参加者が増えたときに相手を把握困難となり、会議進行に支障が生じる場合が起こっていることである。この問題を解決するために、アクセス時に仮のユーザ名を登録する機能を設け、クライアント画面に参加者リストと Presenter を表示し、Presenter 切り替え管理機能を改良する。これによって、現在の柔軟性を保ちつつ一定の会議管理を行うことが可能である。この機能の開発と実現が、本年度の研究テーマである。

3 本調査研究の成果の概要

以下に本調査研究の成果の概要を述べる。

3-1 Internet 会議の管理機構

WebELS Meeting は、事前登録なしで使えるという利便性を持つ。具体的には、会議企画者が WebELS Meeting サーバに会議資料をアップロードしておき、コンテンツ名（資料名）とパスワードを各参加予定者にメール等で事前連絡しておき、指定された日時に各自 WebELS Meeting サーバにアクセスして指定されたコンテンツをダウンロードすれば、自動的にバーチャル会議室が構成され、以後会議がモニターされ管理されるという仕組みである。会議の後でサーバからコンテンツを削除すれば、この会議に関する全ての情報が消えて、セキュリティが確保される。これは、一般の「事前登録型 Internet 会議システム」に比べてはるかに手軽に利用できるという利点がある。しかしながら、参加者が増えた場合の参加者の把握が困難であり、誰がプレゼンタであるかを把握しにくいという問題点が指摘された。この問題を解決するのが本調査研究の主な課題であった。これは実現したので、以下操作性の観点から説明する。詳しくは添付の論文で述べている。

図 3 に、図 2 の Internet オンライン会議における各参加者のスライド画面の下部、つまり Internet 会議のスライド・コントロールボタン類を示す。左より、プレゼンタ選択・表示ボタン、スライド切り替えボタン、現時点で表示されているスライド番号、動作停止ボタン、音声会議開始ボタン、画面サイズの自動調整ボタン、画面のズームボタン、である。本会議システムの特徴の一つは、参加者が誰でもプレゼンタになれることであり、プレゼンタとなった参加者の画面制御によって、他の参加者の画面が切り替わることである。なお、図 2 に示したように、オンライン・カーソルをプレゼンタは操作することができる。（本調査研究の課題を達成し、かつ追加的に開発して実装したビデオ会議機能の概要を後述する）

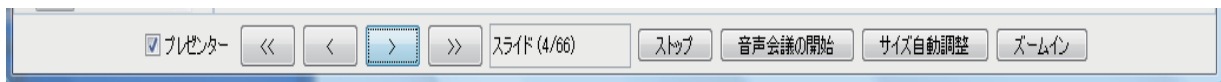


図 3 Internet 会議におけるスライド画面に付加されたコントロールボタン

本調査研究で開発して実装した新しい機能は以下のとおりである。当該コンテンツをダウンロードするとき、ミーティングユーザ名（ニックネーム）の入力が要求され（図 4）、この方法で会議参加者情報が獲得され、会議終了までサーバで管理される。スライド表示画面はこれまでと同じであり、図 3 にコントロールボタンの部分を示す。この図の「音声会議の開始」ボタンをクリックすれば、本研究で開発中のバーチャル会議管理機能を組み込まれた“音声会議パネル”（図 5）が表示される。この図に示されるように、会議参加者と各参加者の状態がリアルタイムで表示される。

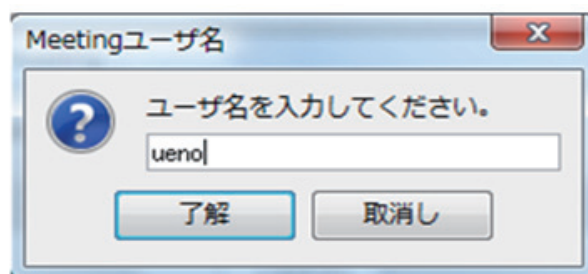


図 4 参加者氏名登録画面

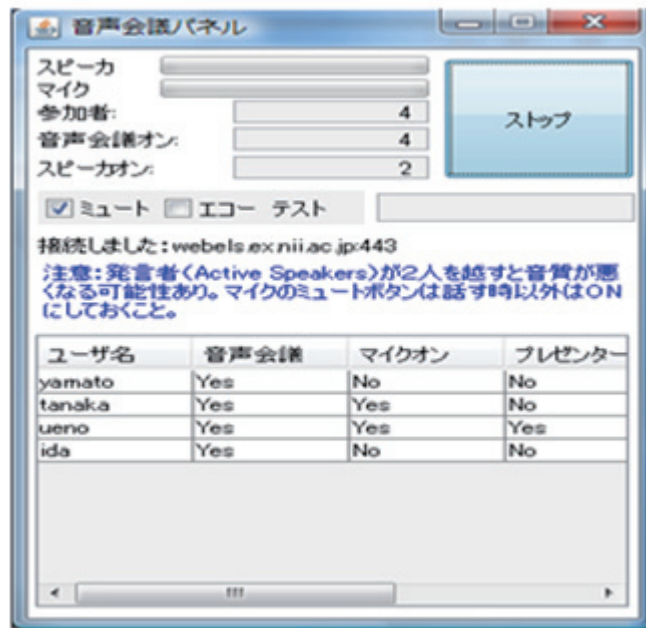


図5 音声会議パネルの表示例

図5の音声会議パネルには次のような情報が表示されている：1) このクライアントが音声回線でWebELSサーバに接続されていること、2) 参加者数が4、その内音声会議をONにしている人数が4、スピーカーをONにしている人数が2であること、3) このクライアントのマイクはミュート状態であること、4) 各ユーザのニックネームと状態の表示、などである。ちなみに、ユーザ“ueno”は、音声会議、マイクがON状態で、かつプレゼンターであることを示す。音声会議パネルの表示情報はリアルタイムで更新されるので、各参加者は、常に自分自身を含む全参加者の状態を把握しつつ会議に参加することができるようになった。なお、右上の長方形の大型ボタンは、初期状態は「スタート」であり、これをクリックするとサーバとの音声回線の接続が行われ、成功すると「接続しました: webels. ex. -」と表示されるとともに、ボタン表示が「ストップ」（クリックすると回線が切断される）に切り替わる。参加者数には特に上限は設けていない。また、複数の会議を同時並行で行うことができるが、実験によってこの条件で動作することを確認した。

図6は、オンライン会議をモニターし管理するためのサーバ側のバーチャル会議室のデータ構造の主要部分を示す。低速Internet環境下で高品質・高機能を実現する仕組みとこのバーチャル会議室のデータ構造は重要な関係をもつので、要点を説明する。（この技術も特許取得してある。）

図7は、WebELS Meetingによる多地点Internet会議における動作の仕組みを説明した概念図である。たとえば、2ユーザがサーバにアクセスして同一コンテンツをダウンロードしたとする。サーバのURLは既知であるかGoogleで検索することができる。図8にコンテンツリストの一部を示す。特定のコンテンツの「会議」をクリックし、要求されたパスワードを入力すれば、図7に示されるようにユーザのノートPC上に、コンテンツ、会議管理プログラム、およびバーチャル会議室データ構造の一部がダウンロードされる。以後、会議管理プログラムがサーバとの通信を受け持つので、ユーザは特別な意識を必要とすることなく会議に集中できる。このとき、サーバと各クライアントはファイアウォールで保護されている。しかし、クライアントからサーバへのアクセスは通常のInternetのWebサイトへのアクセスと同じように可能である。一方、サーバからクライアントへのアクセスはファイアウォールでロックされる。本システムでは、プレゼンタスイッチをONにしたとき、そのクライアントの会議管理プログラムがサーバへアクセスして、バーチャル会議室データ構造の当該データを更新する。各クライアントは、会議管理プログラムが一定間隔でサーバのバーチャル会議室データ構造の値をチェックし、変更があれば自分のデータ構造の値を更新し、その基づいてスライド画面を更新する。以後、プレゼンタの操作は、サーバ経由で各クライアントに反映されることとなる。ファイアウォールで保護されていても、通常のアクセス方法の枠組みで動作するので、結果的に「ファイアウォール・フリー」となる。会議の途中で他のユーザが参加した場合には、その状態でのバーチャル会議室のデータ構造との整合性が自動的に取られるので、なんら問題はない

変数名	データ型	意味
CourseID	Integer	コース ID でバーチャル教室が識別される
Presenter	Integer	ユーザ ID でプレゼンタが識別される
State	Boolean	0: アクティブ; 1: サイレント; 2: クローズ;
uNum	Integer	参加者の人数
uList	Integer array	参加者のユーザ ID のリスト

変数名	データ型	意味
UserID	Integer	ユーザの識別子
LoginTime	Time	ログイン時刻
State	Boolean	0: アクティブ; 1: サイレント; 2: クローズ;
IP	varchar	そのユーザの IP アドレス

変数名	データ型	意味
Type	Integer	0: ユーザ数の更新; 1: スライドの切り換え; 2: プレゼンタの切り換え; 3: プレゼンタ権限の要求; 4: プレゼンタ権限の要求への回答;
Content	Integer	Type = 0: ユーザ数; Type = 1: 切り換えられたスライドの番号; Type = 2: プレゼンタのユーザ ID; Type = 3: プレゼンタ要求者のユーザ ID; Type = 4: 0 - 拒否, 1 - OK; Type = 5: 0 - 再生, 1 - ストップ.

図6 バーチャル会議室のデータ構造 (上から、会議室、各ユーザ、コマンド)

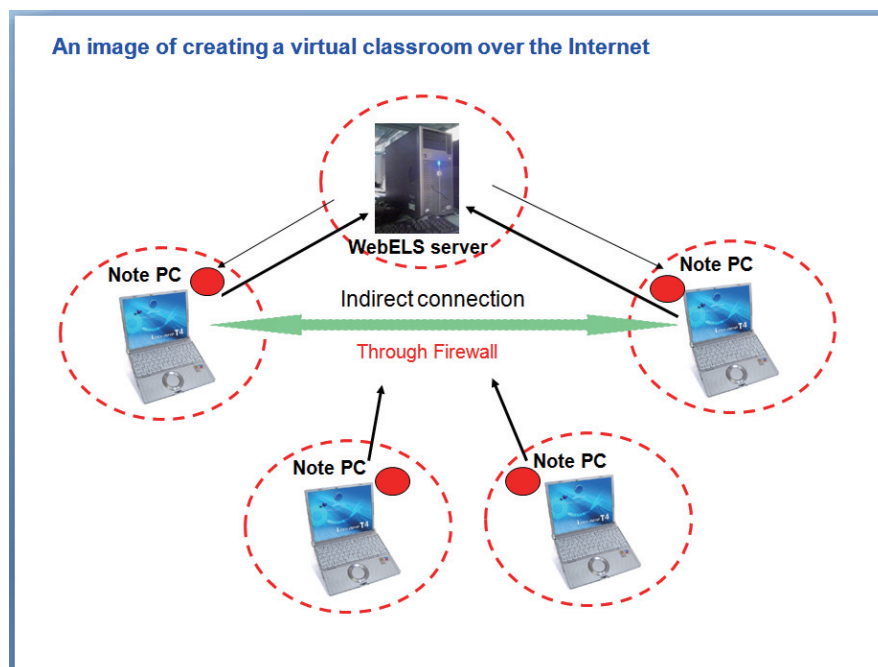


図7 WebELS Meeting による多地点 Internet 会議の概念図

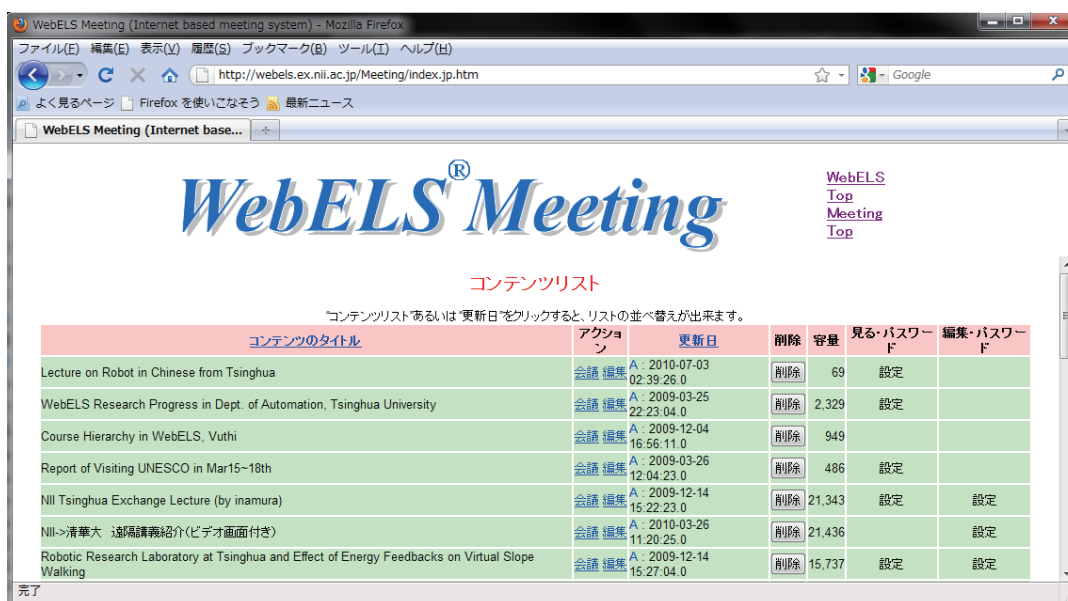


図8 WebELS Meeting のコンテンツリストの例

最後に、本研究課題を実現し、実用性のテストを実際の多地点会議と遠隔講義で実施したところ、さらに改良すべき点が明らかとなったので、追加的にビデオ会議機能を研究開発して実装した。図9にその画面例を示す。ビデオ会議機能はFlash streaming 技術で実現しており、音質も向上させることができた。現在、実証実験を行いつつ機能や操作性の向上を図っている。

実証実験として、2つの実験を行った。一つは、NII と清華大学（北京）との交換遠隔講義実験である。PPT スライドを共有して、ビデオ会議機能を組み合わせることにより、臨場感が格段に向上したことを確認できた。もう一つは、ドイツ工学アカデミー-acatech（ベルリン）と日本工学アカデミー本部（東京）を結んだe-meeting を行った、捜査に不慣れな部分があったが、十分に使えることが分かり、今後とも色々なテーマで日独アカデミー連携の一環としてWebELS Meeting を使った Internet 会議を行うこととなった。

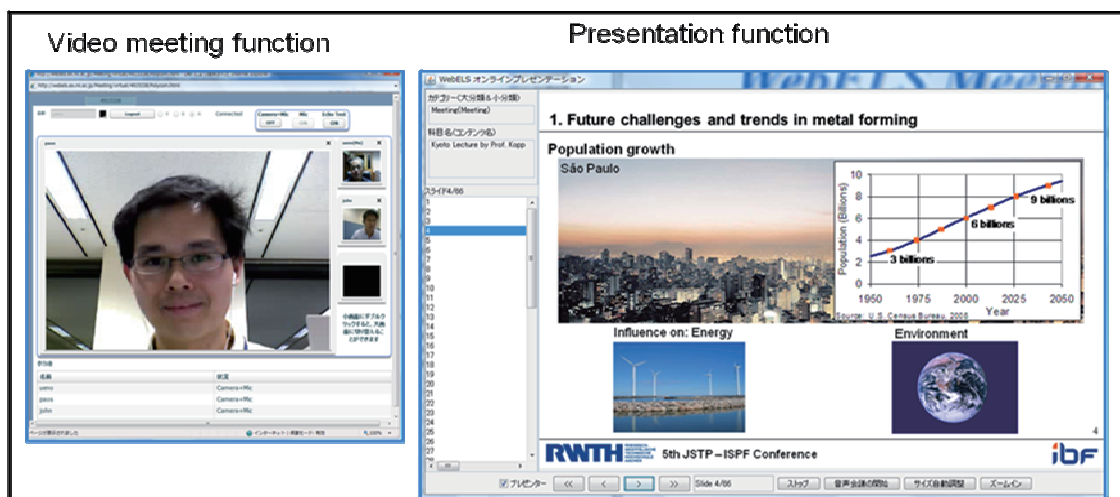


図9 WebELS Meeting のビデオ会議機能とスライドプレゼンテーション機能を組み合わせた例。

4 まとめ

本調査研究は、当初の目的以上の成果をあげることができた。Internet 会議システムは、簡易性を維持しつつ、利便性を高めることができた。課題であった音声会議機能に関しては、Flash streaming 技術を採用することによって、ビデオ会議機能を開発・実装しその中に音声会議機能を組み込む方法で、品質と遅延の両方を向上できた。今後とも更に実用性を高める研究開発を続ける所存である。

なお、このたび、JST-JICA 連携の地球規模課題解決科学技術国際貢献事業に、「サハラ砂漠を起点とするソーラー・ブリーダー研究開発」（代表：鯉沼秀臣東大客員教授）が採択され、共同研究者として、アルジェリアのオラン科学技術大学と連携するプロジェクトに、WebELS を使ったエネルギー工学に関する「日本ーアルジェリア間」遠隔教育および遠隔会議を実施することになった。これにより、アフリカへの展開を期待している。

また、国立情報学研究所に本部がある学術認証フェデレーション（Gaknin フェデレーション）に SP（Service Provider）として、WebELS サーバを組み込むこととなり、研究成果が国内的にも国際的にも活用されることとなり、長期的目標に一歩近づいたと考えている。

【参考文献】

上野晴樹：「高次情報ネットワークによる高等教育を対象とした適応型遠隔教育システムの研究」科学研究費補助金 B、成果報告書、2003.5.

Haruki Ueno, Internet-Based Distance Learning for Lifelong Engineering Education - A personal view and issues, Information and Systems in Education, Vol.1, No.1, pp. 45-52, 2002 (invited)

Vuthichai Ampornarambeth, Tao Zhang, Ana Hadiana, Nobuo Shimamoto, and Haruki Ueno, A Web-Based e-Learning Platform for Postgraduate Education, Proc. Fifth IASTED International Conference on Web-Based Education, pp. 388-393, 2006.

Ahfuzur Rahman, Hiroyuki Sato, Vuchichai Ampornaramveth, Haruki Ueno, WebELS e-Learning Platform and Proposal for Automatic Video Support, Proceedings of WEBIST2007, pp. 512-517, 2007.

Md, Rahman, H. Zheng, H. Sato, V. Ampornarambeth, N. Shimamoto, H. Ueno, WebELS E-Learning System: Online and Offline Viewing or Audio and Cursor Synchronized Slides, Proc. ICCIT2007, pp. 106-110, 2007. 12.

Haruki Ueno, Role of e-Learning in Engineering Education - Background and Outline of WebELS, Proc. International Workshop on Engineering Education, 5pp, 2008.10, to appear(invited)

John Berena, Pao Sriprasertsuk, He Zheng Sila Chunwijitra, Haruki Ueno, WebELS: An Open Source Integrated e-Learning/e-Communication Platform for Postgraduate Education and Corporate Cyber Meetings, IEICE Technical Report Education Technology 109(193), pp. 33-37, 2009.

Haruki Ueno, He Zheng, Jingxia Yue, WebELS: A Content-Centered E-Learning Platform for Postgraduate Education in Engineering, Lecture Note in Computer Science, Vol 5613/2009, pp. 246-255, Springer, 2009

Pao Sriprasertsuk, John Berena, Sila Chunwijitra, Haruki Ueno, A Study on an Open Source for Distance Real-Time Learning Environment, IEICE Technical Report SIG-KBSE 2009-57, pp. 53-58, 2009.

Haruki Ueno, He Zheng, Pao Sriprasertsuk, John Berena, WebELS: Content-Centered General Purpose e-Learning Platform for Higher Education in Science and Technology for Low Speed Internet (in Distance Education), NOVA Science Publishers, 2010, to appear (invited)

特許：整理番号：P-0001、発明の名称：遠隔教育システムおよびマルチメディアコンテンツの表示制御方法、出願番号：特願 2008-151129、出願日：2008-06-09、特許査定通知：2010-07-06、出願人：上野晴樹（代表）

〈 発 表 資 料 〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
WebELS: An Open Source Integrated e-Learning/e-Communication Platform for Postgraduate Education and Corporate Cyber Meetings	IEICE Technical Report Education Technology 109(193)	1009.7
WebELS: A Content-Centered E-Learning Platform for Postgraduate Education in Engineering	Lecture Note in Computer Science, Vol 5613/2009	1009.7
A Study on an Open Source for Distance Real-Time Learning Environment	IEICE Technical Report SIG-KBSE 2009-57	2009.12
WebELS: Content-Centered General Purpose e-Learning Platform for Higher Education in Science and Technology for Low Speed Internet	NOVA Science Publishers, to appear (invited)	to appear