

# リアルタイム Web 共有方式による双方向コミュニケーション基盤

中島一彰<sup>†</sup>、川本亜紀子、大芝崇、吉坂主旬、田淵仁浩

NEC インターネットシステム研究所

<sup>†</sup>nakajima@ah.jp.nec.com

## 概要

本稿では、Web ページを複数のユーザ間でリアルタイムに共有することを可能にし、電子会議やコンタクトセンターなど、さまざまなリアルタイムグループウェアを構築できる「双方向コミュニケーション基盤」について述べる。双方向コミュニケーション基盤はリアルタイムグループウェアを Web アプリケーションで構築できるミドルウェアであり、リアルタイムプッシュ技術を利用したリアルタイム Web 共有や映像音声通話制御などをアプリケーションに提供する。本ミドルウェアでは Web ブラウザに Thin クライアントを埋め込むことで、サーバサイドの Web アプリケーションですべての機能と画面デザインのカスタマイズが可能である。本報告では双方向コミュニケーション基盤のアーキテクチャ、および実現した応用アプリケーションを示し、リアルタイム Web 共有システムの有効性について検証する。

## A Bidirectional Communication Middle-ware Based on Real-time Web Sharing

KAZUAKI NAKAJIMA, AKIKO KAWAMOTO, TAKASHI OSHIBA,  
SHUJUN YOSHIZAKA and MASAHIRO TABUCHI  
NEC Corporation, Internet Systems Research Laboratories

## ABSTRACT

This paper proposes the bidirectional communication middle-ware system, which enables system integrators to construct various applications such as a Web conference system and an IP contact center. The middle-ware is a platform of real-time groupware with web push protocol, real-time web sharing system and audio-video communication. By using this middle-ware, many real-time groupware can be customized its design and function at server side web application with thin client. This report shows the architecture of the middle-ware and its applications, and inspects availability of the real-time web sharing system.

### 1. はじめに

本論文では、リアルタイムグループウェアを Web アプリケーションの構築手法で開発可能にする双方向コミュニケーション基盤の提案と実装について報告する。双方向コミュニケーション基盤ではユーザ間で Web ブラウザの表示内容をリアルタイムに共有する機能(リアルタイム Web 共有)などをミドルウェアとして提

供し、応用部の Web アプリケーションと連携動作する。双方向コミュニケーションとは映像、音声、資料を用いたユーザ間のコミュニケーションの総称で、IP 電話、コールセンター、電子会議などがその例である。

ブロードバンドの普及は、広帯域を活かした映像音声通話だけでなく、Web などでのデータ共有を利用した高度なコミュニケーション

を可能にした。しかし、現状では、既存の双方向コミュニケーションのシステムは専用のクライアントソフトで実装されていることが多く、用途に応じてサービス提供者が機能やデザインをカスタマイズして提供することが難しい。従来のように専用クライアントあるいは Java アプレットを利用する方法は、現在の Web アプリケーションのように自由にデザインして機能を構築することが困難である。

提案する双方向コミュニケーション基盤では、電子会議、Web フォン、コンタクトセンターなどさまざまな双方向コミュニケーションのアプリケーションを、Web アプリケーションとして開発できる。また、クライアントに専用のソフトウェアや Java アプレットを必要とせずブラウザと Thin クライアントだけでリアルタイムな双方向コミュニケーションを実現できる。本論文では、2 章にて双方向コミュニケーションの現状と問題点を指摘する。3 章で双方向コミュニケーション基盤のコンセプトを述べる。4 章では双方向コミュニケーション基盤の実装方式について述べ、5 章で応用と考察、6 章にまとめと今後の課題を述べる。

## 2. 双方向コミュニケーションシステムの現状の問題

### 2.1. システムのカスタマイズ容易性の問題

コミュニケーションは、組織やビジネス形態の違い、そのときどきの目的や話題の対象によって、まったく違うコミュニケーションの手段が求められる。システムインテグレータはユーザの要望にそった双方向コミュニケーションシステムの構築が必要となる。たとえば、高機能を必要とするユーザ向けと、基本機能を分かりやすく使いたいユーザとでは、提供すべき機能とデザインは異なる。

しかし、双方向コミュニケーションを実現する従来のシステムは、専用ソフトウェアを利用するか、Web ブラウザに Java アプレットを組み込む方式の実装をしている [1][2]。要求応答

方式の HTTP の性質上、Web アプリケーションとしての実装が困難なためである。これらのクライアントソフトウェアは実行形式、ActiveX、Java アプレットなどで開発されており、ニーズに応じてプログラムを変更するには多くの開発コストがかかる。改造にはソフトウェアのソース、開発環境および特殊なスキルがなければならない。さらに、用途ごとにクライアントソフトウェアを選択する必要が生じる。

一方、Web アプリケーションの構築は広く行われており、カスタマイズが容易で、開発環境や人員も整っている。このことは多くの Web アプリケーションが立ち上げられていることから理解できる。

### 2.2. Web ページのリアルタイム化の問題

多くの業務が Web アプリケーション化されており、既存の Web ページをそのまま双方向コミュニケーションの中に組み込み、リアルタイムに共有したいという要望が高い。たとえば、コンタクトセンターでは顧客の画面に表示されている Web ページをオペレータと共有して相談業務を行う。

しかし、HTTP に基づいて設計されている従来の Web ページでは、それぞれのユーザが独立にブラウジングする。リアルタイム Web 共有を実現するには、片方のユーザのアクションを瞬時に別のユーザに通知しなければならない。そのためには Web ページに多くの手を加え、双方向コミュニケーションのための通信エンジンを組み込む必要がある。たとえば、入力フォームの中の情報を共有するには、イベントをハンドリングして、相手にイベントデータをリアルタイムに通知し、相手側で入力データの反映という処理を、Web ページごとに詳細に組み込む必要がある。

## 3. 双方向コミュニケーション基盤のコンセプト

### 3.1. 双方向コミュニケーション基盤の目的

双方向コミュニケーション基盤は、Web ア

アプリケーションにおけるシステムインテグレーションでさまざまなリアルタイムグループウェアを実現し、カスタマイズを容易にすることを目的とする。双方向コミュニケーション基盤は Web アプリケーションに HTTP では実現困難な機能をミドルウェアとして提供する。具体的にはリアルタイム Web 共有機能や映像音声通話機能などの、サーバからブラウザへのリアルタイム同期機能を Web アプリケーションから利用できるようにする。

また、Web アプリケーション化された多くの業務アプリケーションを、リアルタイム Web 共有によって低コストで会議や相談などの双方向コミュニケーションの手段にする機能を提供する。実際に動作しているコンテンツをそのまま利用できるようにし、常に新しい Web のサービスを適用できるようにする。

### 3.2. 設計方針

本ミドルウェアには2つの設計方針がある。

#### 3.2.1. Web アプリケーション化

リアルタイムグループウェアを Web アプリケーションの構築手法で開発できるミドルウェアを提供する。サーバサイドではリアルタイム

Web 共有のためのプッシュサーバをミドルウェアとして提供し、アプリケーションやデザインを Web アプリケーションとして開発できる。ブラウザサイドでは Thin クライアント形式のモジュールを提供する。

#### 3.2.2. リアルタイム Web 共有の提供

実際に運用している Web アプリケーションを、加工せずにそのままリアルタイムに共有できるリアルタイム Web 共有システムを提供する。リアルタイムに差分更新するコンポーネントを提供し、URL 共有、入力フォーム、スクロール、カーソルなどの共有に加え、手書き描画などを追加可能にすることで、共有作業をサポートする。

### 3.3. 双方向コミュニケーション基盤のシステムアーキテクチャ

双方向コミュニケーション基盤はさまざまなリアルタイムグループウェアのミドルウェアである。双方向コミュニケーション基盤のシステムアーキテクチャには次の2つの特徴がある。

#### (1) サーバサイドでのサービス定義

ミドルウェアで提供するリアルタイム Web

共有、映像音声通話制御および、リアルタイム Web 共有を応用した資料共有、ホワイトボードなどの機能を、Web アプリケーションで選択的に組み合わせることで、電子会議、コンタクトセンター、Web フォンなどのアプリケーションを構築できる。

(2) Thin クライアント形式クライアントには映像音声モジュールおよびプッシュ通信モジュールだけがプラグインされる。このモジュールは一度インストールすれば、電子会議やコンタクトセンターな

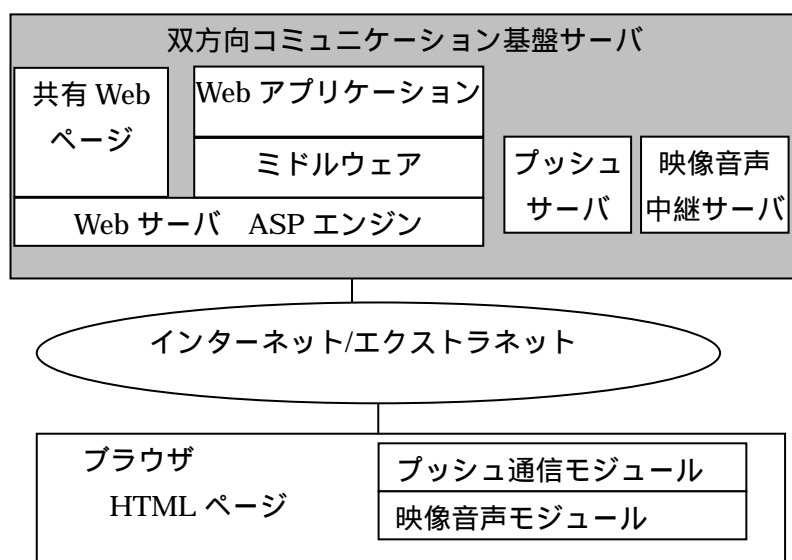


図1 双方向コミュニケーション基盤のシステムアーキテクチャ

どの異なるサービスでも共通的に利用できる。

システムアーキテクチャを図 1 に示す。各コンポーネントの概要は次の通りである。

- ・ Web サーバ

Web サーバ上には Web アプリケーションが存在し、双方向コミュニケーション基盤のミドルウェアが利用できる。ミドルウェアを介して、プッシュサーバと連携し、リアルタイム Web 共有などが利用できる。Web アプリケーションで機能の組合せとデザインをカスタマイズすることで、さまざまなリアルタイムグループウェアを実現できる。セキュリティも HTTPS による SSL 暗号で確保できる。

- ・ プッシュサーバ

プッシュサーバは双方向通信機能を担うサーバである。Web ページを共有するブラウザのグループである「共有グループ」の管理、および、共有グループ内のブラウザ間同期に利用するコマンドの中継機能を備えている。プッシュサーバは HTTP トンネリング技術[3][4]によってクライアントのプッシュ通信モジュールと永続回線を設定することで、リアルタイムな Web 共有を可能にする。これは HTTP のボディ部分をセルに分割して待機状態にしておき、サーバからデータを転送するときにセル部分だけを繰り返し送信する方式である。永続回線であるので HTTP の接続、切断処理のオーバーヘッドがなく、しかもポーリングを必要としないので、リアルタイム性が高い。

- ・ 映像音声の中継サーバ

クライアント同士が異なるファイアウォールや NAT の内側にいた場合には、直接通信することが不可能であるので、サーバ経由で映像音声を中継するためのサーバである。

- ・ ブラウザ

一般に利用されるインターネットブラウザである。Thin クライアントのプラグインモジュールとして、プッシュ通信モジュールと映像音声モジュールが組み込まれる。画面上に表示し

ているコンテンツは映像表示領域以外すべて HTML で記述されるので、デザインのカスタマイズがしやすい。

### 3.4. リアルタイム Web 共有のコンセプト

リアルタイム Web 共有とは複数のブラウザ間で同じ Web ページを閲覧し、動的な変化をすべて共有することである。画面共有やアプリケーション共有とは異なり、ブラウザに読み込まれた HTML のレベルで、複数のブラウザ間の同一性をリアルタイムに保つ。

リアルタイム Web 共有の機能は表 1 のように分類することができる。URL の共有はリアルタイム Web 共有の基本であり、ページを遷移するごとに、その URL を共有して、同じ URL のページを表示する。スクロールやサイズの共有では、HTML コンテンツの入れ物であるブラウザの状態を共有する。これらの機能により共有グループで同じ Web ページ内の同一箇所を見ていることを保証する。

基本的なリアルタイム Web の共有機能には、HTML 内部の共有とイベント共有がある。HTML 内部の共有とは、入力フォームや選択ボタン、ラジオボタン、コンボボックスなど、HTML の標準フォームを共有することである。フォームの入力情報を共有することで、入力状況を相手に即座に伝えることができ、オペレータが顧客の代わりに情報を入力する「代行入力」が可能となる。イベント共有ではユーザの操作に結び付けられたスクリプト関数の動作

表 1 Web 共有機能の分類

共有対象	共有機能
URL	ページ遷移での URL 共有
ブラウザ	スクロールやサイズの共有
HTML 内部	入力フォームや選択など
イベント	ユーザ操作による動作の同期
カーソル	共有カーソルアイコンの追加
手書き	手書き書込み共有機能の追加
限定操作	共有対象のカスタマイズ

を共有する。

拡張的なリアルタイム Web 共有の機能には、双方向コミュニケーション向けのアノテーション機能の追加がある。カーソル共有はブラウザの中に共有カーソルを出現させて、ブラウザ内部を指し示す。手書きの共有は図形描画機能を HTML コンテンツに追加して、自由な書込みを可能にする。

限定操作は HTML やユーザによって実行可能な HTML 内のアクションを制限する機能である。たとえば、最終的な「確認ボタン」についてはオペレータが押せないようにする。この機能は、アプリケーション共有ではコンテンツの中身まで分からないので、リアルタイム Web 共有でしか実現できない機能である。

#### 4. 双方向コミュニケーション基盤の実現

##### 4.1. プッシュ型 Web アプリケーション構築

双方向コミュニケーション基盤でのアプリケーションの構築方式について説明する。図2が双方向コミュニケーション基盤の構成である。Web サーバ上の Web アプリケーションから、Web 共有、資料共有、映像音声通話話者

制御のミドルウェアを選択的に利用できる。

HTTP でアクセスしたブラウザ以外に全員あるいは特定のユーザにリアルタイムに結果を反映したいときには、ミドルウェアを介し Web アプリケーションからプッシュサーバに対して、差分更新コマンドが通知できる。差分更新コマンドとは、ブラウザの HTML の差分を変更するコマンドである[5]。Web アプリケーションから差分更新コマンドをプッシュサーバ経由でブラウザに通知するアーキテクチャにすることで、Web アプリケーションでの双方向コミュニケーションが実現できる。

プッシュサーバにはリアルタイム Web 共有エンジンが存在しており、Web ページを共有しているユーザのブラウザ間で差分更新コマンドを交換できる。差分更新コマンドの基本コマンドの一覧を表2に示す。コマンドにより動的に HTML を書き換えることで、ほかのブラウザで行われたユーザのアクションを反映させることができる。差分更新コマンドの交換は HTTP トンネリングされた永続的な通信経路で行われるので、Web サーバの負荷の影響を最小限にとどめ、かつリアルタイムな Web 共

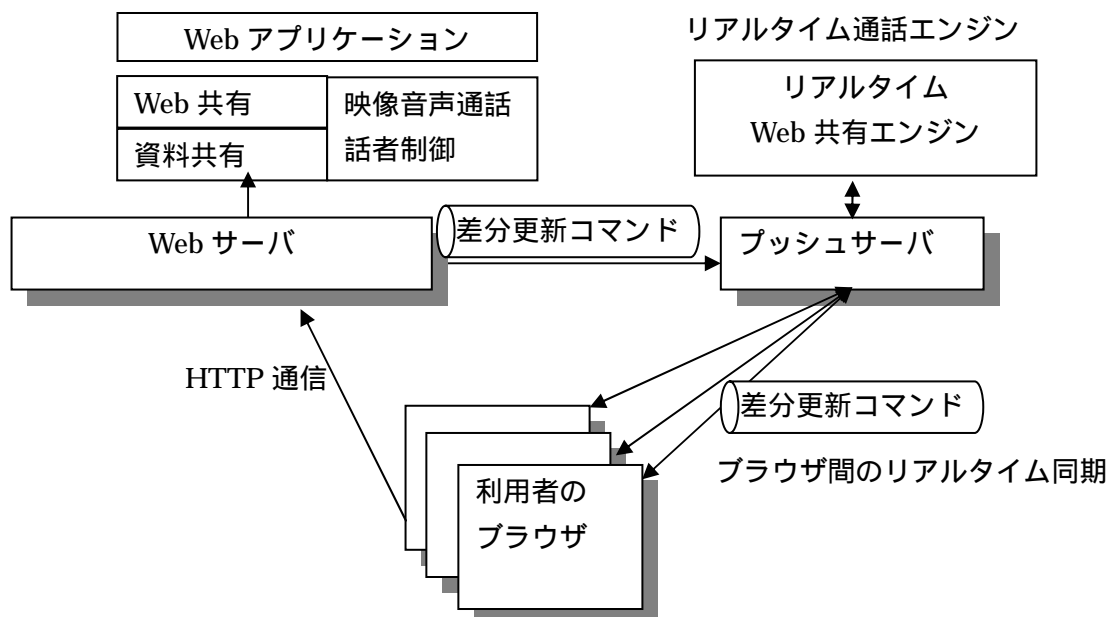


図2 双方向コミュニケーション基盤の構成

表2 差分更新コマンド

コマンド名	機能
AppendElement	新規タグの追加
ChangeElement	タグ名の変更
RemoveElement	タグの削除
SetAttribute	タグに属性をセット
RemoveAttribute	タグの属性を削除
TextNodeChange	ノードにテキストを追加
ChangeInnerHTML	HTML の部分更新
Eval	任意のスキ립トの実行

有を可能とする。プッシュサーバでは差分更新コマンドの送信履歴を管理しており、後から参加してきたユーザに対して差分更新コマンドを再送信する機能を備えている。

#### 4.2. リアルタイム Web 共有の実現

共有対象にしたい任意の Web コンテンツには、リアルタイムに Web を共有する仕組みが存在しないので、図3に示す制御フレームからスキ립トの書換えを行う。制御フレームでは共有フレームのページ遷移を検出し、ページが変わったら、制御フレームから共有フレームのHTML を動的に書き換える。共有対象のタグにID を割当て、フォームタグの変更イベントや既存のイベントをハンドリングして、ハンドリングしたイベントが発生したら差分更新コマンドを送信できるように変更する。

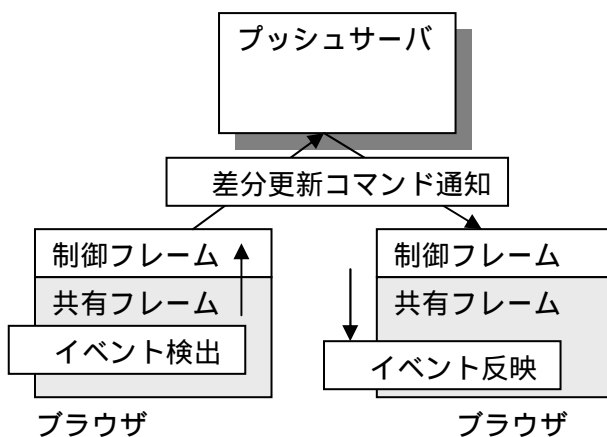


図3 リアルタイム Web 共有

リアルタイム Web 共有システムは差分更新コマンドを利用して実現される。図3に示すように、それぞれのブラウザにおいて Web コンテンツ内のイベントをハンドリングし、ユーザのアクションでブラウザにイベントが発生したら、差分更新コマンドを作成して、プッシュサーバ経由でほかのブラウザに配信する。差分更新コマンドを受け取ったブラウザは、ユーザのアクションによって発生するイベント関数を呼び出す。この一連の処理によって、ブラウザ間で表示している画面をリアルタイムに共有することが可能となる。

実装したリアルタイム Web 共有の機能の一覧は表1の通りである。リアルタイム Web 共有を実現する差分更新コマンドは多くの場合、Eval コマンドを利用している。イベントをハンドリングして、ほかのブラウザで該当イベントを発行させる。たとえば、スクロール共有に関しては、onScroll イベントをハンドリングして、共有相手のブラウザにて onScroll イベントを発行させる。

描画機能は、手書きの自由曲線や VML で表現できる任意の図形を作成できる。図4の「筆箱」機能を制御フレームに組み込むと、任意の Web ページについてアノテーションによる書込みが可能となる。リアルタイム Web 共有の手書き機能で利用した差分更新コマンドは、AppendElement、ChangeInnerHTML であり、筆箱機能のスキ립トで作られた VML 描画オブジェクトを HTML に追加している。



図4 筆箱機能

#### 4.3. 映像音声制御

双方向コミュニケーション基盤の映像音声はデザインや映像サイズを Web アプリケーシ

ョンで自由に設定できる。通話者制御のモジュールは、発着呼の要求を管理しており、要求があったらプッシュサーバを経由して通話者同士のフレームに必要な URL をプッシュし、サーバで動的に HTML ファイルを生成する。映像音声のクライアントはブラウザ内の映像音声フレームエリアの HTML ファイルに埋め込まれており、MPEG4 のコーデックを利用している[6]。

## 5. 評価

### 5.1. 実装したアプリケーション

双方向コミュニケーション基盤で実現したアプリケーションである IP コンタクトセンター、電子会議、Web フォンの具体例について示す。表 3 に試作段階のコードサイズを示す。コードは JavaScript で実装しており、規模を文字数で示している。電子会議は会議室管理部があるので比較的規模が大きいが、IP コンタクトセンターは Web 共有が主体であるので、ミドルウェアの利用率が高く、少ない規模で実現できている。また、各アプリケーションではデザイン部分は規模が小さく、機能と UI をわずかなコード量でカスタマイズできることが分かった。

#### 5.1.1. IP コンタクトセンター

リアルタイム Web 共有を顧客とオペレータ

表 3 実装コード量

種類	サイズ(KByte)	
ミドルウェア		
・ Web 共有	32	
・ 話者制御	40	
・ 資料共有・会議機能	162	
アプリケーション	制御	デザイン
・ IP コンタクトセンター	81	40
・ 電子会議	320	30
・ Web フォン	62	30

の話者割当て機能を組み合わせることで、IP コンタクトセンターを実現した。図 5 に実行画面を示す。顧客が見ている Web ページをリアルタイムに共有しながら映像音声で会話することが可能である。顧客がショッピングサイトや相談サイトに接続して、オペレータを呼び出し、映像音声で会話しながら顧客が見ている Web ページを共有し、コンサルテーションを受けられる。顧客が操作している対象物である Web ページそのものをコミュニケーション手段にできる。顧客からは顧客が分からないことを適切に伝え、オペレータからは顧客に適切なアドバイスを送ることができる。

#### 5.1.2. 電子会議

資料をアップして Web 画面上で共有し、映

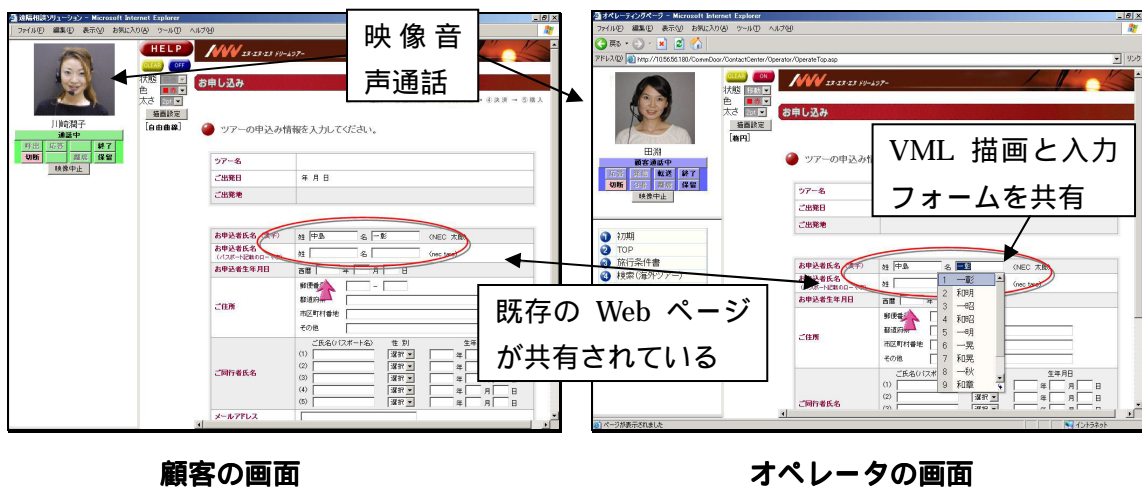


図 5 IP コンタクトセンターの例

像音声の会話を同時に複数のセッションを張ることが可能な電子会議を実現した。図6に実行画面を示す。数十人規模の電子会議を映像音声通話と Web ページ共有との組合せで実現している。任意の Web ページが会議室になることが可能となる。

### 5.1.3. Web フォン

電話をかけることで、相手に着信して、映像音声通話に加えて Web ページを共有する。Web フォンから他者呼び出しを繰り返すと電子会議と同様な規模の双方向コミュニケーションになることも可能である。

## 5.2. 考察

双方向コミュニケーション基盤の Thin クライアント方式のアーキテクチャとミドルウェアの機能の組合せによって、アプリケーションを Web アプリケーションと同様な構築方法で開発できることを確認した。機能の変更をともなうデザインの変更を、ミドルウェアやクライアントソフトを変更することなく、実装することができた。とくにデザインや機能をカスタマイズできることは、ユーザニーズに応じたインテグレーションが可能であることを示している。このことによって、複数のデザインのアプリケーションが『コミュニケーションドア』[7]として開発されている。

リアルタイム Web 共有の速度性能について

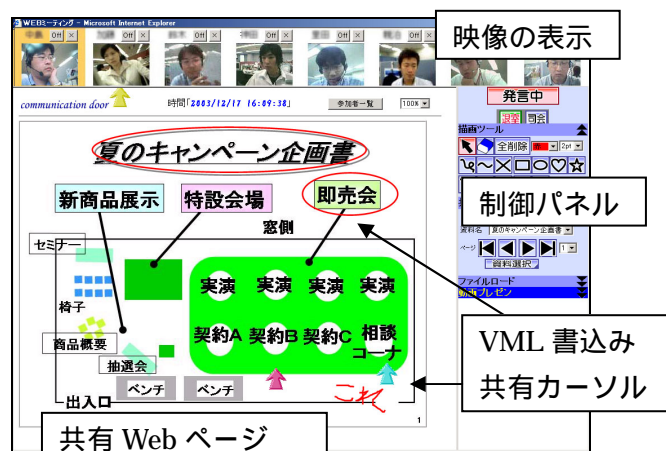


図6 電子会議室の実行画面

は、ファイアウォールがない環境での差分更新コマンドの伝達速度は、平均で 10ms であり、ブラウザの処理能力のオーバヘッドを含め、10~500ms で差分を更新することができた。

## 6. おわりに

本報告では、双方向コミュニケーション基盤の提案と実装について述べた。双方向コミュニケーション基盤により、Web アプリケーションと同様の開発コストで双方向アプリケーションが開発できるようになった。

今後の課題は大規模化である。大規模な電子会議におけるリアルタイム Web 共有中には、ブラウザがパースト的に Web サーバにアクセスする問題がある。双方向コミュニケーションサーバの負荷分散方式の開発、およびスケラビリティを向上する予定である。

## 参考文献

- [1] MicroSoft 社 オフィスライブミーティング (<http://www.microsoft.com/office/preview/livemeeting/>)
- [2] WebEX 社 (<http://www.webex.com/>)
- [3] K. Nakajima, T. Oshiba, M. Tabuchi, T. Kamba, *A Real-time E-Marketplace System for Advertising Opportunities on Datacasting*, Tenth International World Wide Web Conference, 2001.3 (<http://www10.org/cdrom/posters/p1133/index.htm>)
- [4] 中島、阿部、田淵：インターネット品質に対応したマルチメディア情報リアルタイム共有制御システム、情報処理学会 DiCoMo2000 シンポジウム、pp.265-270、2000年6月
- [5] 中島、松元、大芝、小池、田淵、神場：視聴者参加型番組のリアルタイム連動 Web を実現するサーバ連携ミドルウェア、情報処理学会 DiCoMo2002 シンポジウム、pp.507-510、2002年7月
- [6] 里田、高田、平池：ライブ映像配信のための MPEG-4 フレーム選択制御方式、情報処理学会全国大会 3N-04、2001年9月
- [7] コミュニケーションドアの Web サイト、<http://www.communicationdoor.com/>