

## 参加者間の作業時刻のずれを許容する “準同期型” マルチメディア・コラボレーションシステム

北 澤 仁 志<sup>†</sup> 佐 藤 秀 則<sup>†</sup>

ネットワークの大容量化とPCの高性能化により、3次元仮想空間やプレゼンテーションツール、ビデオ画像を共有して会議や協調作業を行うシステムが種々考案され実用にも供されつつある。これらのシステムには参加者が同時刻に会議や協調作業に参加していることを前提とした同期型と、会議開始前にあらかじめ意見を述べたり、終了後に状況を把握したりする非同期型がある。しかし、SOHOや在宅勤務では周囲からの割り込みや急な来訪者による中断や、開始時点で全員が揃わないことも予想される。本文では遅刻や途中離席など短時間の不在時の状況を高速再生して全体の進行に追いついたり、参加時間がずれている間も許可された範囲で相互操作を許容する“準同期型”のコラボレーションシステムについて述べる。実験システムの機能・構成、準同期状態における制御・操作手法を説明し実行例を示す。

### Quasi-synchronous Multimedia Collaboration System Which Allow Attending-time-difference between Participants

HITOSHI KITAZAWA<sup>†</sup> and HIDENORI SATO<sup>†</sup>

Recently, many network-based conference or collaboration systems has been proposed because of developing high-speed networks and high-end PCs. In such systems, we can share three-dimensional workspaces, documents, videos, images and so on. However, the participants are required to collaborate synchronously or asynchronously. On the other hand, we can expect such systems are used by workers who work at their own home or SOHO workers. In these cases, it is difficult to collaborate synchronously in actual because a family member might interrupt the participant or a guest might suddenly visit during collaboration. In this paper, we propose a quasi-synchronous multimedia collaboration system that can be available even when some of the participants leave the collaboration. In our system, all collaboration works are recorded. And the recorded work during leaving are replayed with high-speed. Therefore, the delayed participant can catch up the work in a short time. In addition, our system allow the delayed participants to manipulate unconstrained objects in 3D workspace so that they can catch up the work before the replay will be finished. We have constructed basic system for quasi-synchronous collaboration work and show some experimental results.

#### 1. はじめに

ネットワークの大容量化とPCの高性能化により、3次元仮想空間やプレゼンテーションツール、ビデオ画像を共有し、相互操作して会議やコミュニケーションを行うシステムが種々考案され<sup>1)~7)</sup>、ビデオ会議・講義、離れたユーザ間の協調作業、在宅勤務などに供されつつある<sup>8),9)</sup>。これらのツールを用いることにより空間的に離れた場所にいる複数の参加者が同時に同じ資料や画像を見たり、共通の仮想空間の中で協調作業を行ったりすることが可能となる。しかしながらネッ

トワーク上での会議や協調作業の参加者は同時刻に会議や協調作業に参加している必要がある。

参加者が同時刻に揃わなくても会議や協調作業を実現することを狙った“非同期型”の会議システムもいくつか報告されている。たとえば文献10)のシステムでは1地点で実施した会議の模様を記録し、これを再生しながら次の地点で会議を行う。後者の模様は前者の対応する時刻に挟みこまれ、あたかも同時に行われたかのように再生される。また、文献11)では会議に参加できない人が事前に資料を見て意見を登録すると、該当する議題に移ったときに再生される。これらのシステムを利用すれば同時刻に全員が参加できなくても会議や協調作業が実現できる。しかしながら上記のシステムでは、非同期の参加者が資料を見たり意見を述

<sup>†</sup> NTT 生活環境研究所  
NTT Lifestyle and Environmental Technology Laboratories

べたり何らかのアクションを行うことができるのは実際の協調作業の開始前,あるいは終了後に限られる。

テレビ会議は現在は各地点ごとの専用のテレビ会議室に集まって行うことが多いが,もっと手軽に行うには自席で使用できることが好ましい。また,今後はSOHOや家庭での在宅勤務にも使用されることが予想される。このような環境では,会議中に周囲の人から話かけられたり,電話や急な来訪者により中断されることも予想される。また,異なった環境にいる複数の参加者は,開始時点で全員の都合が揃わず,皆が揃うまで待ったり,途中で離席した人が戻るまで中断したりしなければならない事態も予想される。

途中離席者を待たずに他の参加者だけで作業を進め,その人だけ戻ってから離席時点に遡って作業を進めることができれば会議や協調作業における時間的制約を大きく緩和できる。作業時刻が一致しない参加者間の協調作業は一般には不可能であるが,店舗のレイアウトのシミュレーションをフロアごとに分担して行う場合など,干渉し合わないことが明らかなものについては時間のずれを許容して作業することもできる。全員が揃わなくても作業が進められるほか,1人の作業が終了した後で次の人が作業する非同期コラボレーションに比べて全体の時間は短縮できる。また,お互いの作業が見える利点もある。

本文では遅刻や途中離席などの不在時の状況を高速再生して全体の進行に追い付いたり,参加時間がずれていても許可された範囲で相互操作を許容したりする“準同期型”のコラボレーションシステムについて述べる。まず2章で本システムの構成と機能概要を,3章で本文での準同期状態の定義を述べる。4章で制御方法を説明する。5章で遅刻参加や一時停止に対応する高速再生機能と準同期状態における操作について述べる。6章で実行例を示し最後にむすびと今後の課題を述べる。

## 2. システム構成と機能概要

本システムはクライアント/サーバ型のマルチメディア・コラボレーションシステムであり,複数の参加者が協調して1つの3次元仮想空間を構築したり,任意の視点や相手の視点で見たりすることができる。また動画像,プレゼンテーションツールが統合されている。以下本システムの機能概要を説明する。

サーバは図1に示すように3つのweb serverで構成される。コラボレーション・サーバはクライアント間の操作情報の中継を行う。ビデオサーバは顔画像やデスクトップイメージなどの動画を保存する。協

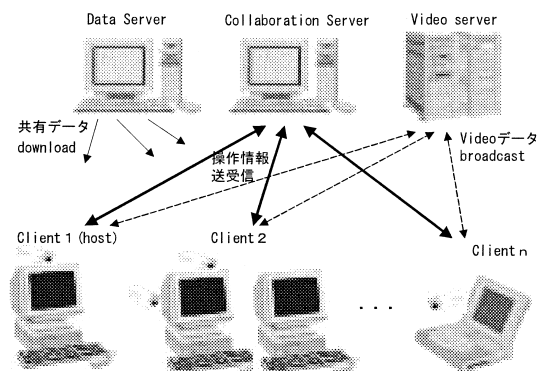


図1 システム構成

Fig. 1 System configuration.

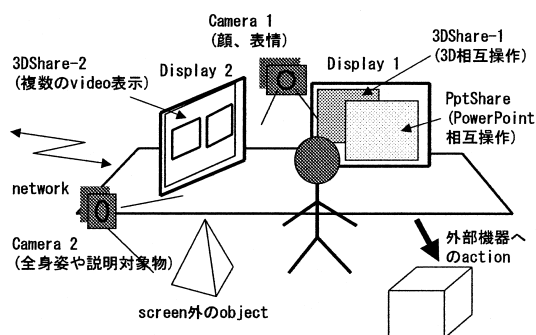


図2 クライアント構成

Fig. 2 Client configuration.

調作業のためのデータは,全参加者がアクセス可能なWeb serverにあればどこにあってもよいが,あらかじめ登録したデータだけでなく,その場で手元のデータを送ってただちに共有データとして使用したい場合もある。データサーバはそのためのデータ共有場所となる。コラボレーション参加者はメンバテーブルにより管理する。このメンバテーブルは協調作業の管理者(以下ホストと呼ぶ)が協調作業開始時にコラボレーション・サーバ上に作成する。

クライアントの構成を図2に示す。クライアント上のアプリケーションは3DShare, PptShareおよびVideoCapの3つであり,図2に示すように複数のPCにまたがってプログラムを表示することもできる。以下各々の機能を説明する。

### (1) 3DShare

3DShareはVRML<sup>12)</sup>をベースとした分散処理型のマルチメディア・コラボレーションプログラムであり,操作情報を互いに伝え合いながら複数の参加者が協調して仮想空間の構築を行うことができる。また,システム全体を制御する。主な機能を以下にあげる。

- 3Dオブジェクトの追加,削除,操作:これらの

操作情報はネットワークを通して全参加者に伝わり同一の仮想空間を共有する．

- 仮想空間のウォークスルー：自分独自の視点や、ホストなど選択した他の参加者の視点で見るができる．

- ビデオ表示：動画像表示用の3Dオブジェクト(以下ビデオオブジェクトと呼ぶ)を用いて複数のビデオ画面を任意の位置に任意の大きさで表示することができる．

- 制御機能：コラボレーションのパラメータ設定、新たな3DShareやプレゼンテーション用のPptShareの起動を行う．

## (2) PptShare

PptShareはプレゼンテーションツール(PowerPoint)の表示と相互操作を行うプログラムであり、以下の機能を持つ．

- PowerPoint ファイルのダウンロードと表示．
- ページ送り：ホストからの操作によるページ送り、クライアント独自のページ操作、およびホストからの強制ページ揃えの機能を持つ．
- ペンやテキスト入力によるメモ機能．

## (3) VideoCap

VideoCapはカメラ画像やデスクトップイメージをjpegで圧縮して連続的にビデオサーバに送る．図2に示すように、顔や表情を伝えるカメラのほか、全体の姿や、実物を示して説明するためのカメラなど複数のカメラが使用できる．

クライアントの画面イメージを図3に示す．複数の3DShareとPptShareを同時に起動している．また、

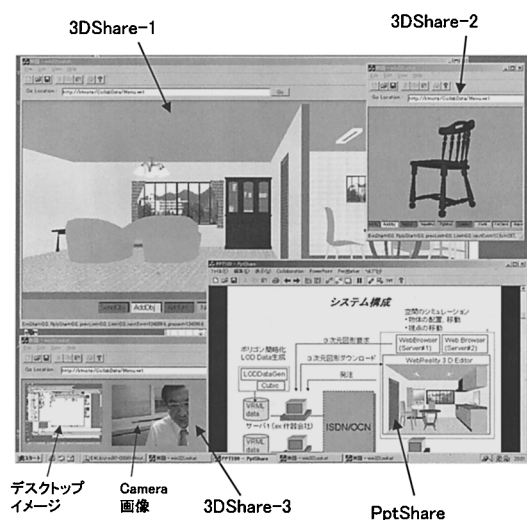


図3 クライアントの画面  
Fig. 3 Client screen image.

3DShare中にビデオ画像やデスクトップイメージを表示している．

## 3. 準同期状態

ここで本文で対象としている“準同期状態”を以下のように定義する．図4は横軸が時間の流れを示しており、A, B, C, D 4人の参加者の協調作業への参加状況を表している．まず最初はA, B 2人が  $T_{Start}$  に作業を始める．A, Bは互いに同時刻の相手の場面を見ながら作業をしており“同期状態”にある．続けてCが  $T_1$  に作業に加わる．Cはまず最初からのA, Bの作業内容を高速に再生して確認する．時刻  $T_2$  に再生時刻が現在の時刻に追いつくとすると、 $T_1$  から  $T_2$  の間はA, Bと同じ場面ではなく過去の場面を見ていることになる．このように同時刻に協調作業に参加してはいるが現在の場面ではなく過去の場面を見ている状態を“準同期状態”と定義する．すなわち、 $T_1$  から  $T_2$  の間はCは準同期状態にある．A, Bは同期状態のままである．時刻  $T_2$  以降作業が終了する  $T_{End}$  まではA, B, Cすべて同期状態にある．参加者Dのように協調作業が終わる時刻  $T_{End}$  以降に再生してみる場合のように実際の協調作業の時間と重複しない状態が“非同期状態”になる．これは文献10)の定義と同様である．同期状態の参加者はすべての操作が可能であるが、準同期状態にある参加者の操作には矛盾を生じないために操作に制限を設ける必要がある．しかし、準同期状態においても、対面での共同作業と同様に、お互いに相手の操作を尊重して共通の目的に向かって仮想空間を組み上げるような場合、特に分担が明らかな場合には種々の操作が許容できる．

ところで、実際のネットワーク上での協調作業では各クライアント上での操作内容がサーバを経由して相手クライアントに反映されるまでには遅延が生じる．送信側クライアントが送信した操作情報をコラボレーションサーバが受け取った時刻を  $T_{Event}$ 、受信したクライアント上でこの操作が内部データに反映される時

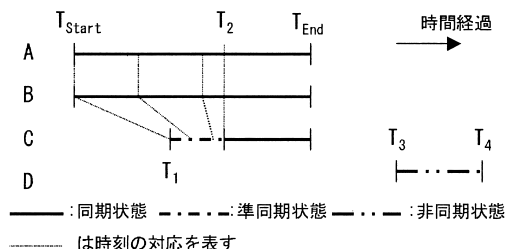


図4 準同期状態の定義

Fig. 4 Definition of the quasi-synchronous status.

刻を  $T_{Present}$  とする．このとき， $T_{Present}$  と  $T_{Event}$  の差が一定値  $D_{Sync}$  以下の状態を“同期状態”と判定する．すなわち，

- $T_{Present} - T_{Event} \leq D_{Sync}$  : 同期状態
- $T_{Present} - T_{Event} > D_{Sync}$  : 準同期状態

とする． $D_{Sync}$  はネットワーク遅延や端末の処理速度を考慮してシステム設定で与える．この値の範囲内ではお互いに自由に操作できるため大きすぎると不自然さが生じる場合がある．一方小さくしすぎると容量の小さいネットワークやスピードの遅い PC を用いた参加者が頻繁に準同期状態になり操作の制約を受けることになる．なお，複数の PC の時刻設定は一致しているとは限らないため，時刻はすべてコラボレーションサーバの時刻に換算する．

## 4. 制御手法

### 4.1 データの扱い

同期状態と準同期状態の参加者が混在した状態での協調作業や高速再生を実現するため，サーバを通じてやりとりするデータを以下の 2 種類に分けて扱う．

- イベントデータ：協調作業に影響を与える操作データで必ず入力し内部データや制御に反映させなければクライアント間のデータの同一性が崩れてしまうもの．3DShare でのオブジェクト操作情報や PptShare でのファイルのダウンロードなどがこれに相当する．

- ストリームデータ：カメラやデスクトップからの画像データなどで協調作業自体には影響を与えないもの．できる限り多く再生することが望ましいが，処理時間が間に合わなければスキップしてもかまわない．

以下イベントデータとストリームデータ処理について説明する．

イベントデータは図 5 に示すように，受信側のアプリケーションごとに生成される event file に保存する．送信アプリケーションからコラボレーションサーバに送られたイベントデータはサーバプログラム PostEventCGI により，参加者テーブルを参照して適切な event file にコピーされる．このとき，到着時刻  $T_{Event}$  をタイムスタンプとして付加する．イベントデータは受信アプリケーションが読み取ると消去され二重読みを防止する．

一方，ストリームデータは図 6 に示すように，サーバプログラム SendFileCGI が送信アプリケーションの VideoCap に対応した video file に保存する．スト

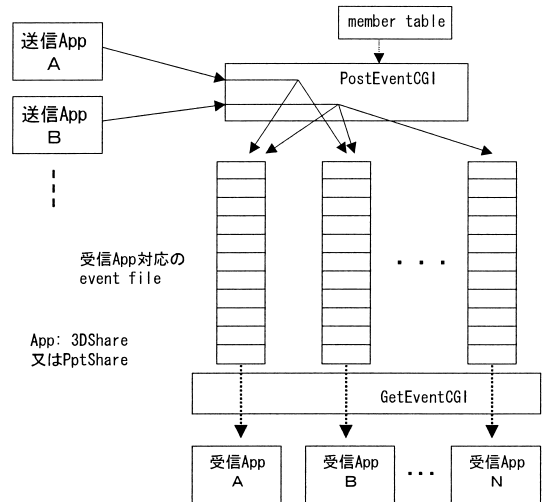


図 5 イベントデータの処理  
Fig. 5 Event data processing.

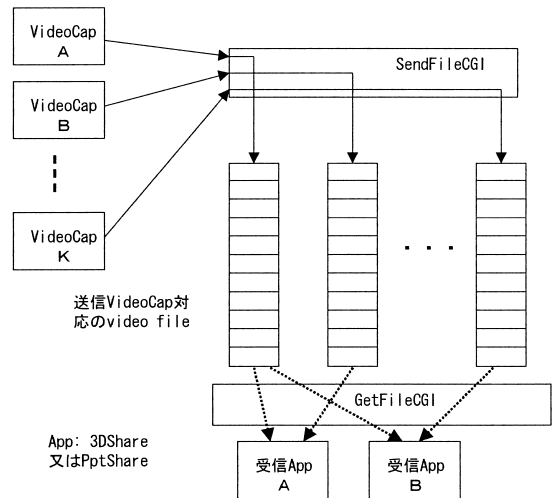


図 6 ストリームデータ  
Fig. 6 Stream data processing.

リームデータにも到着時刻  $T_{Event}$  がタイムスタンプとして付加される．受信アプリケーションは VideoCap を特定する情報とともに取得したい時間範囲  $T1$ ， $T2$  を指定してビデオデータを要求する．ビデオサーバのサーバプログラム GetFileCGI は要求された時間範囲  $T1$ ， $T2$  間の最新のフレームを返す．

3DShare でのイベントデータの送信，コラボレーションサーバからのイベントファイルの取得とイベントの処理の流れを図 7 に示す．キーやマウスにより操作が行われるとイベントデータが生成されコラボレーションサーバに送られる．オブジェクト操作や視点移動についてはただちにイベントを実行する．これにより操作した端末上ではネットワークの遅延の影響を

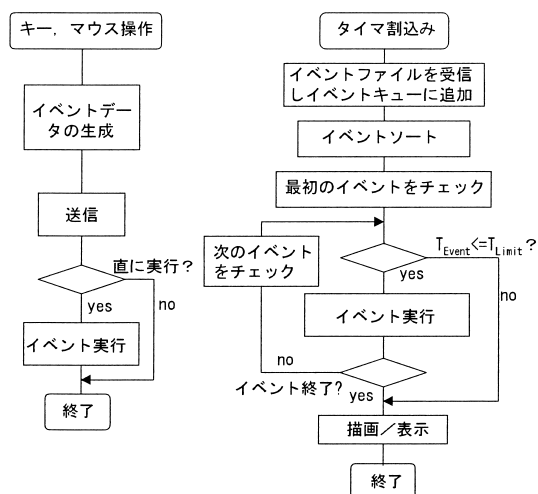


図7 イベント処理フロー  
Fig. 7 Event processing flow.

受けずにただちに操作が反映される。

コラボレーション・サーバからのイベントファイルの取得や描画はタイマ割り込みで起動する。サーバに蓄積された自分宛てのイベントファイルの内容をすべて取得し内部のイベントキューに追加する。次にイベントキューに残っていたイベントとともにソートする。ソートのキーは優先度、 $T_{Event}$ 、出現順とする。タイマ割り込みを受けるごとに優先イベントおよび  $T_{Event} \leq T_{Limit}$  のイベントを処理する。 $T_{Limit}$  は当該割り込みにおいて処理するイベントのタイムスタンプの上限であり割り込みを受けるたびに計算する。これを再生上限時刻と呼ぶ。同期状態では再生上限時刻を現在時刻とし、受信したイベントをすべて処理してから描画する。

以上のような構造を用いることにより次章で述べる準同期処理が容易に実現できる。

#### 4.2 操作権の調停

共有仮想空間での協調作業において同一のオブジェクトに対して複数の参加者が矛盾する操作を行うことを避けるため一般にはサーバやホストによる操作権の調停が行われる。しかし、準同期状態での操作を許す場合は3章で説明したように見ている時刻が異なる

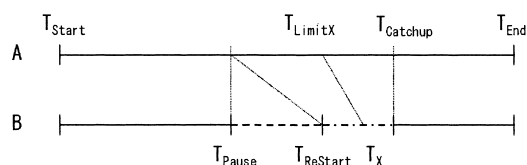


図8 一時停止  
Fig. 8 Pause.

参加者が同時に操作を行うこととなるため、ホストの時刻で操作権を調停しても全体の矛盾解消にはならない。一方、準同期状態でも協調作業が可能となる作業では、各オブジェクトを操作する人が少なくとも大まかな時間帯に応じて決まっているものに限られ瞬間瞬間での調停がなくてもほとんど支障は生じない。また、ホストによる調停を行うと、特に操作オブジェクトを切り替えるとき、前節で述べた直接実行が効かなくなり遅延が増大して操作性が著しく低下する。文献8)のOneSpaceも調停を行っていない。本システムでは準同期状態も含めて“操作してよいかどうか”を識別するため、オブジェクトごとに操作禁止を表す“fix”属性を与える手法を用いた。

fix イベントにより fix 属性が与えられたオブジェクトは全参加者の操作を禁止する

“fix”属性は“free”イベントで解除できる。なお、これは誤操作を避けるためであり、誰でも自由に属性を解除することができる。

#### 5. 準同期状態での再生と操作

前章で示したようにタイマ割り込みごとに処理するイベントは再生上限時刻により制限することができる。これを利用すれば容易に様々な制御が実現できる。ここで用いる記号を以下のように定義する。

$T_{Start}$ :	コラボレーション開始時刻
$T_{End}$ :	コラボレーション終了時刻
$T_{Pause}$ :	一時停止時刻
$T_{ReStart}$ :	再開時刻
$T_{Replay}$ :	遅刻参加者の再生開始時刻
$T_{CatchUp}$ :	高速再生により追いつく時刻
$S$ :	再生速度

##### 5.1 遅刻参加、一時停止と高速再生

図8にA, B 2人の参加者がいてBが  $T_{Pause}$  に作業を一時停止し  $T_{ReStart}$  に再開する場合を示す。なお、本章の図では図4と同様横軸が時間経過を、実線が同期状態、一点鎖線が準同期状態を、縦および斜めの点線は参加者間の時刻の対応を表す。また、鎖線の一部は一時停止中であることを表す。

VRLM 記述では Inline 挿入図形やテキストはオブジェクトをロードして構文解析しないと URL が分からない。これらをロードするためのイベントは図7のイベント実行の中で生成されイベントキューの末尾に追加する。これらのイベントは生成時刻順に処理したのでは、他の処理がすべて済むまでオブジェクトの一部が欠けていたりテキストが付いていない状態が続く。そのため内部生成イベントは優先度を上げ、生成されれば次のタイマ割り込みで必ず処理されるようにしている。

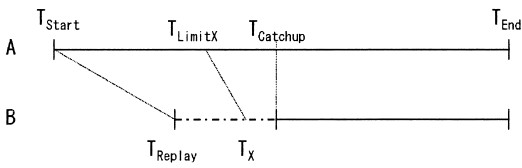


図 9 遅刻参加  
Fig. 9 Delay.

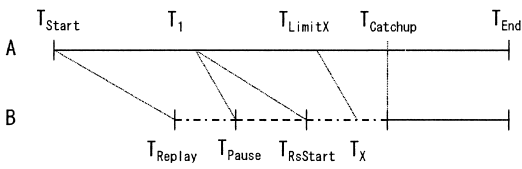


図 10 再生中の一時停止  
Fig. 10 Pause during replay.

B のクライアントは一時停止するときの再生上限時刻  $T_{Pause}$  を記憶する．一時停止中は再生上限時刻を進めない．そのため  $T_{Pause}$  以降の A の操作情報は B のクライアント上には反映されずにイベントキューに蓄えられている．再開後の時刻  $T_X$  における B の再生上限時刻  $T_{LimitX}$  を以下の式で求める．

$$T_{LimitX} = T_{Pause} + (T_X - T_{ReStart}) \times S$$

これにより追いつくまでの間を  $S$  倍で再生できる．再生速度  $S$  をきわめて大きくすればただちに同期状態になるが，途中経過を見ることはできない． $T_X$  と現在時刻との差が 3 章で説明した  $D_{Sync}$  以下となったら同期状態に入る．同期状態に入ったら再び再生上限時刻を現在時刻とする．

図 9 は B が遅れて  $T_{Replay}$  に参加した場合である． $T_X$  における B の再生上限時刻  $T_{LimitX}$  を

$$T_{LimitX} = T_{Start} + (T_X - T_{Replay}) \times S$$

とすれば追いつくまでの間を  $S$  倍で再生できる．

過去のシーンを再生中に一時停止したい場合もある．図 10 は B が遅れて  $T_{Replay}$  に参加した後， $T_1$  まで再生した時点  $T_{Pause}$  でいったん停止し  $T_{ReStart}$  に再開する様子を示している．

このときは一時停止時の再生上限時刻  $T_1$  を記憶しておき，再開後に

$$T_{LimitX} = T_1 + (T_X - T_{ReStart}) \times S$$

とすればよい．

図 11 に示すように 3DShare や PptShare を複数実行する場合，同じクライアントの複数のアプリケーションはすべて同じ時刻を再生するように再生速度や一時停止/再開を制御する必要がある．このため再生速度や一時停止/再開の指示は各クライアント対応にコラボレーション・サーバ上に生成した制御ファイルに記入している．制御ファイルがコラボレーションサー

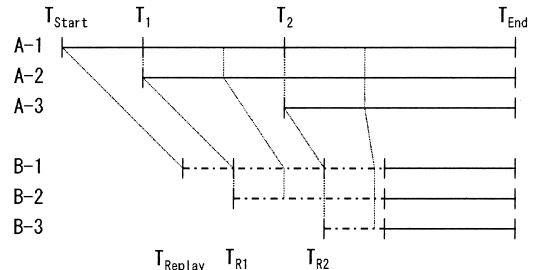


図 11 複数のウィンドウ間の同期  
Fig. 11 Synchronization between windows.

バ上にあるため，1 人の参加者が複数の PC を使用していても再生時刻がずれることなく制御できる．

PptShare にも 3DShare と同じ再生上限時刻の計算式が組み込まれているため仮想空間の操作とプレゼンテーションが混在している場合も同一クライアントのアプリケーション間では時間的同期を保って再生される．ビデオデータの取得には 4.1 節に示したように時間範囲を指定できる．この時間範囲を前回の割込み時の再生上限時刻から今回の再生上限時刻の範囲内に指定することにより 3DShare の再生時刻に対応したビデオ画面が表示できる．

以上のように簡単な制御で高速再生や一時停止が実現できる．

## 5.2 準同期状態での操作

3DShare では準同期状態でのオブジェクトの操作を禁止した場合は視点の変更のみが許される．オブジェクトの操作が許可された場合はオブジェクトの追加・移動・削除も実行できる．このオブジェクトの準同期状態の操作は，過去のシーンを見ながらであるが，あくまでも“現在のデータ”を変えることを意味している．たとえば家の中をウォークスルーするシーンを再生中に途中のある部屋の家具の配置を変えたいと考えたとき，再生が終わってからその部屋に戻って変えるのではなく，その場で変えてもよいことに相当する．

準同期状態でのオブジェクトの操作における操作矛盾を防ぐため以下の 2 つの機能を備えている．

- 現時点で操作が許されていないオブジェクトは過去のどの時点でも操作されないことを保証する．
- 操作が許可されたオブジェクトを動かした場合はただちに結果を現在のデータに反映する．たとえば，過去のある時点でオブジェクト操作を挿入した場合には，その後現在までの当該オブジェクトに対する操作情報を破棄し，再度動かされてしまうことを防ぐ．また，変更時点以降を見ている参加者にもただちに反映させる．

前者を保証する方法を述べる．最後が fix イベント

(4.2 節参照)で終わっているオブジェクトはどの時点でも動かせないようにする．図 12 の参加者 A は  $T_{Load}$  にオブジェクトをロードし， $T_{mv1}$ ， $T_{mv2}$  で操作した後  $T_{fix}$  で fix している．これをそのまま遅れて参加した参加者 B が再生すると，ロード時刻  $T_1$  と fix 時刻  $T_4$  の間でオブジェクトを動かすことができず．これを防ぐため図 12 に示すように，対象オブジェクトのロードの直後に fix イベントを実行した時刻を移す．ロードと fix の間ではタイマ処理を切らない．また，途中で free イベント (4.2 節参照) があっても無視する．

これにより fix されたオブジェクトが過去のどの時点でも変更されないことが保証される．fix されたオブジェクトは操作はできないが，すでに蓄えられている移動のイベントは反映されるため，操作された過程をアニメーションのように見ることができる．

次に準同期状態でのオブジェクトの操作結果を現在のデータに反映させる方法を説明する．図 13 のように参加者 A によりオブジェクトがロード，操作されていたとする．遅れて再生している参加者 B が時刻  $T_X$  でこのオブジェクトを操作するには，操作時点の再生上限時刻 (図 13 では  $T_{Move}$ ) の時刻にオブジェクトの操作イベント，および，当該オブジェクトに対する以降の操作情報を破棄するイベントを挿入する．これにより再度動かされてしまうことを防ぐ．なお，準同期状態で生成したイベントのタイムスタンプには，コラボレーションサーバ到着時刻でなく操作時点の再生上限時刻を用いる．イベントはタイムスタンプでソートして処理されるため図 13 に示すように  $T_{Move}$  以降を見ている参加者にはただちに反映される．また，

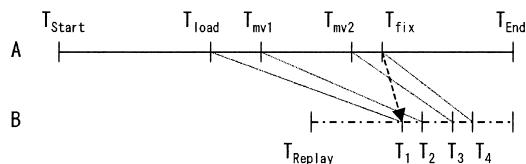


図 12 操作が禁止されたオブジェクトの扱い

Fig. 12 Fixed object manipulation.

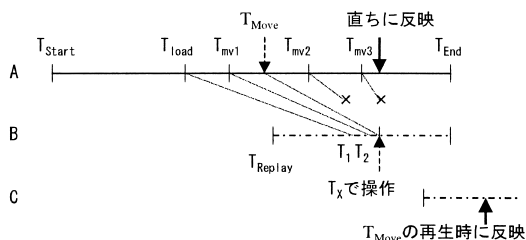


図 13 操作可能なオブジェクトの操作

Fig. 13 Free object manipulation.

遅れて再生している参加者には再生時刻が  $T_{Move}$  まですんだときに反映される．

## 6. 実行例

本システムによる屋外会場設置のシミュレーションの例を示す．参加者は 3 人で図 14 および以下に示す手順で行った．

- (1) A, B がシステムを立ち上げる．C はまだ参加していない．
- (2) 3DShare 3D1 に参加者のビデオ画像を写す．
- (3) A が PptShare Ppt を起動し概略レイアウトを説明する．A がステージ，B が周辺の機器，C が客席を担当する．
- (4) A, B が 3DShare 3D2 上で作業を開始．
- (5) C が参加して高速再生を開始．
- (6) C が 3D2 上で準同期状態での作業を開始．
- (7) C が追い付いて同期状態になる．
- (8) B が途中で中断．
- (9) B が戻って再生．
- (10) 全員が作業を終了．

実験に用いたハード構成を図 15 に示す．

図 14 の  $T_1 \sim T_4$  におけるクライアント PC の画面イメージを図 16 に示す．(a)，(b) は PptShare で



図 14 実行例

Fig. 14 Example.

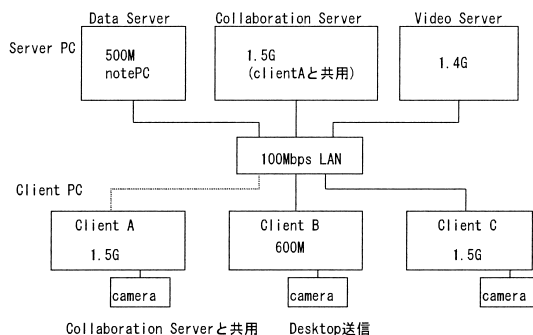
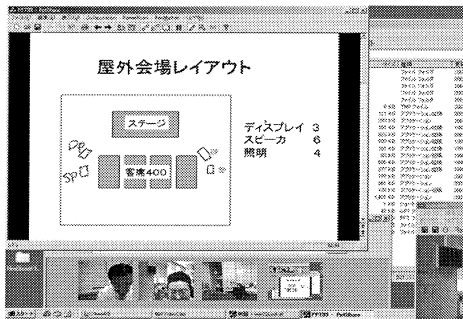


図 15 実験に用いたハード構成

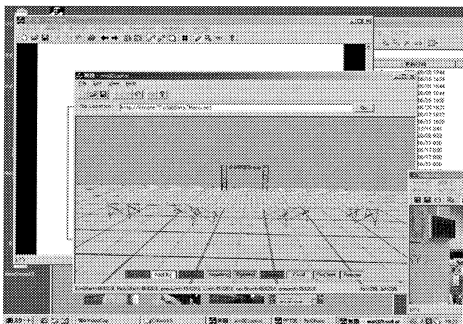
Fig. 15 Hardware configuration used for the experiment.



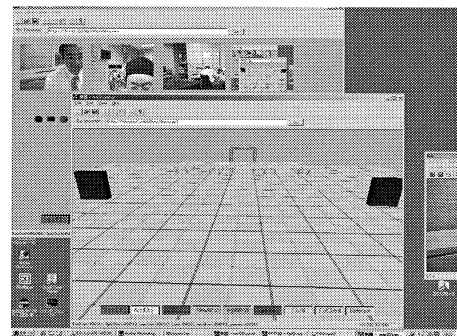
(a) 参加者A-時刻T1



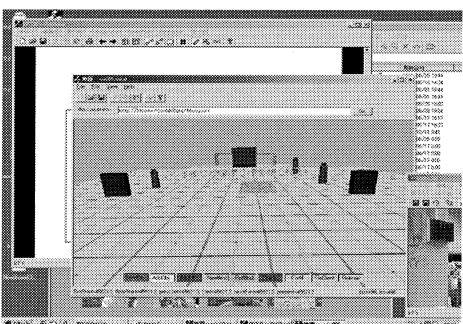
(b) 参加者B-時刻T1



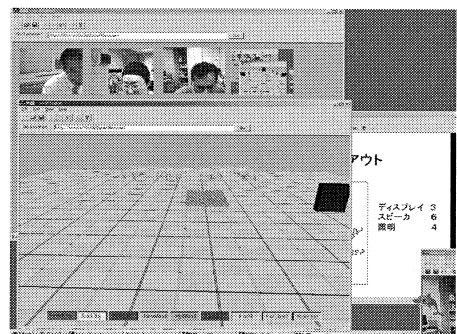
(c) 参加者A-時刻T2



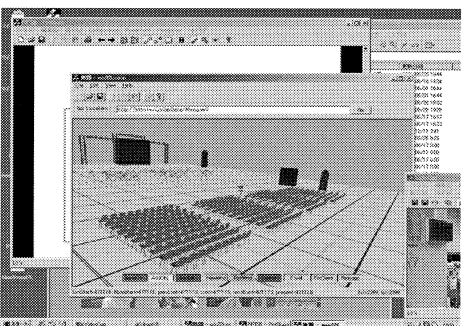
(d) 参加者B-時刻T2



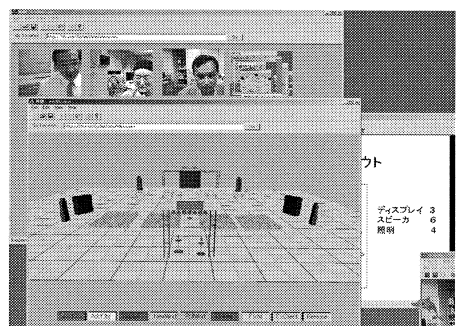
(e) 参加者A-時刻T3



(f) 参加者C-時刻T3



(g) 参加者A-時刻T4



(h) 参加者C-時刻T4

図 16 参加者のスクリーンイメージ

Fig. 16 Client screen image.



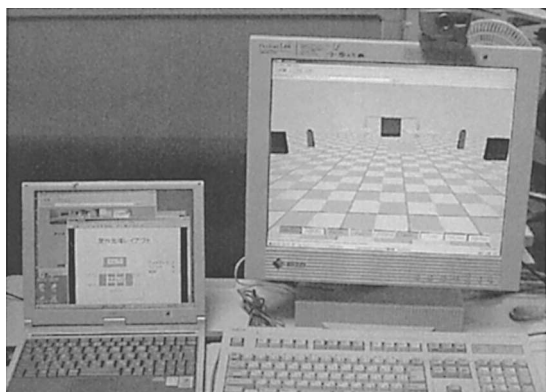


図 17 2 台の PC での表示例  
Fig. 17 Display using 2 PC's.

の説明状況である．また 3 人の参加者の顔画像および B のデスクトップを表示する 4 つのビデオ画面が 3DShare に表示されている．なお，参加者ごとに用いるディスプレイの大きさや解像度が異なるため，ウィンドウの位置は各参加者が調節する．(c)，(d) は新しい 3DShare 上で会場のシミュレーションを開始したところであり，参加者 A，B が異なる視点で見ながら作業を進めている．(e)，(f) は参加者 C が加わり画面中央に椅子をロードした場面である．C はまだ準同期状態にあり (f) には一部の機器は表示されていない．一方同期状態にある A の画面 (e) ではすでに配置した機器とともに準同期状態の C がロードした椅子が表示されている．(g)，(h) はレイアウトが完成した場面である．

実験の時間は約 35 分間でイベント数は 3431，イベントファイルの大きさは 1 クライアントあたり 602 Kbyte であった．またビデオデータの取得レートは 2 フレーム/秒，それぞれ 1000 フレームを保存し，4 本の合計ファイルサイズは約 30 Mbyte であった．再生速度  $S$  は 3.0 とした．図 17 に上記実験の経過を 2 台の PC を用いて表示した例を示す．

## 7. む す び

離れた参加者間をネットワークで結んだ会議や協調作業において，場所だけでなく時間もずれていても協調作業が行える準同期型マルチメディアコミュニケーションシステムを提案した．参加者が遅れて参加したり途中で離席したりした場合，不在時の内容を高速再生して理解を助ける．また，矛盾が生じないような作業であれば再生中に操作を挟み込むこともできる．作業分担が明らかな共同作業においては他の人の終了を待つことなく，また他の人の様子を見ながら作業を行

うことができ，協調作業の効率向上につながる．

複数の 3D 画面やビデオを同時に用いた本システムはネットワークや端末への負荷がきわめて大きく，例として示した実験は 1 GHz～1.5 GHz の PC，100 Mbps LAN 環境のものであるがこの分野の急速な進展からみて 2～3 年後には SOHO や一般家庭でも使用できるようになると推測される．

本システムは音声の専用機能は備えていない．音声の高速再生との融合は今後の課題である．また，高速再生において単に時間を等間隔に縮めるのではなく仮想空間の操作やプレゼンテーションツールでの説明，音声やビデオ画像の状況から“重要”な部分を判断しこの部分に重点的に時間を割り振るような高速再生手法，現在マウスやキーで操作している途中離席などのユーザの状況をビデオ画像などから判断して一時停止や再開を自動的に制御する手法もユーザビリティを上げるための今後の課題である．

謝辞 実験に用いた 3D オブジェクトの作成やシミュレーションに協力していただいた NTT 生活環境研究所服部静枝研究員に感謝いたします．

## 参 考 文 献

- 1) 片山昭宏，内山晋二，熊谷 篤，田村秀行，苗村 健，金子正秀，原島 博：Collaborative Cyber-Mirage：リアリティと相互アウェアネスを追求した仮想空間共有体験システム，情報処理学会論文誌，Vol.39，No.5，pp.1484-1493 (1998)．
- 2) 松浦宣彦，松本敏宏，清木悌之，菅原昌平，正木茂樹：簡易型多地点テレビ会議システム NetForum の開発と評価，情報処理学会論文誌，Vol.41，No.11，pp.3142-3151 (2000)．
- 3) 中西英之，西村俊和，石田 亨：デスクトップ会議における 3 次元仮想空間の効果，情報処理学会論文誌，Vol.39，No.10，pp.2770-2777 (1998)．
- 4) Nakanishi, H., Yoshida, C., Nishimura, T. and Ishida, T.: FreeWalk: A 3D Virtual Space for Casual Meetings, *IEEE Multimedia*, April-June 1999, pp.20-28 (1999)．
- 5) 本田新九郎，富岡展也，木村尚亮，大澤隆治，岡田謙一，松下 温：作業者の集中度に応じた在宅勤務環境の提供—仮想オフィスシステム Valentine，情報処理学会論文誌，Vol.39，No.5，pp.1472-1483 (1998)．
- 6) 松倉隆一，渡辺 理，佐々木和雄，岡原 徹：オフィスでの移動を考慮した対面コラボレーション環境の検討，情報処理学会論文誌，Vol.40，No.7，pp.3075-3084 (1999)．
- 7) 香川修見，片山 薫，上林弥彦：リアルタイム一斉教育を支援する遠隔教育システム：VIEW Classroom，情報処理学会コンピュータと教育研

- 研究会, 99-CE-52-6, pp.41-46 (1999).
- 8) <http://japan.cocreate.com/products/onespace/index.htm/> (2001 年 5 月現在).
- 9) <http://www.meetingplaza.com/> (2001 年 5 月現在).
- 10) Adams, L., Toomey, L. and Churchill, E.: Distributed Research Teams: Meeting Asynchronously in Virtual Space, *Proc. 32nd Hawaii International Conference on System Science 1999* (1999).
- 11) 田中 充, 勅使河原可海, 山田善靖: 同期型・非同期型の特徴を生かした会議不参加者支援のためのビデオ会議システムの設計, 情報処理学会グループウェア研究会, 98-GW-28-12, pp.71-76 (1998).
- 12) Carey, R. and Bell, G.: The Annotated VRML2.0 Reference Manual, Addison Wesley (1997). 株式会社アクロス(訳): 注解 VRML2.0 リファレンスマニュアル, 星雲社 (1998).

(平成 13 年 5 月 31 日受付)

(平成 13 年 9 月 12 日採録)



北澤 仁志(正会員)

昭和 27 年生。昭和 54 年東京工業大学大学院理工学研究科電子工学専攻博士課程修了。同年日本電信電話公社入社。現在 NTT 生活環境研究所主幹研究員。LSI レイアウト

CAD, 低電力化 CAD 等の研究開発を経て現在はネットワークベース CG システムに関する研究に従事。工学博士。IEEE-CS および CAS, 電子情報通信学会各会員。



佐藤 秀則

昭和 38 年生。平成元年東北大学大学院理学研究科物理学専攻修士課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。現在 NTT 生活環境研究所主任研究員。LSI レイアウト CAD 等

の研究開発を経て、現在はイメージベース手法を中心とした 3 次元 CG 全般に関する研究開発に従事。IEEE-CS および電子情報通信学会各会員。