

# HDTV視線一致端末を用いた 仮想空間協同作業

広明敏彦 國枝和雄

通信・放送機構 奈良リサーチセンター

本研究では、対面での人と人との対話行動に着目し、動画像通信環境の臨場感や対話の快適性向上に取り組んできた。これまでにNTSC視線一致端末の試作や対話実験を行ってきたが、その評価結果をもとに、今回新たにHDTV視線一致端末を試作した。画質や画面サイズの向上によって、相手人物像も実寸大に近く、視線や表情などがはっきりとかつ自然にやり取り出来るようになり、従来端末よりも高い対面感が得られている。本報告ではその設計指針や、同端末を利用した仮想空間協同作業のコンセプトについて述べる。

## Virtual Collaboration in Eye-contact Environment using High Definition Video-communication Terminal

Toshihiko HIROAKI Kazuo KUNIEDA

Nara Research Center, Telecommunications Advancement Organization of Japan  
8916-19, Takayama-cho, Nara-shi, Nara pref. 630-01, JAPAN

We have worked on the sense of presence of a video communication and the improvement of the pleasantness, focusing to the face-to-face conversation behavior. We made the NTSC eye-contact terminal, and evaluated it through some conversation experiments. Based on the evaluation result, we have made the HDTV eye-contact terminal newly at this time. By improving the picture quality and the screen size, the remote user image is also near the full scale. The users come to be able to clearly and naturally exchange the glance and the expression, etc. In this report, the design concept of the terminal and the virtual collaboration space using this terminal is described.

## 1. はじめに

遠隔地の相手とリアルタイムに動画をやりとりし会議を行うシステムは、回線費用や動画CODECが高価だったなどの理由から、専ら大企業での導入に留まり、広く普及するには至らなかった。ところが、近年の信号圧縮技術の進歩やPCの高性能化により、インターネットやLANに接続したPC上でテレビ会議を行う、いわゆるデスクトップテレビ会議が本格普及する兆しが見えてきた。相手画像を通信し作業を行うコミュニケーション形態が一般社会へ受け入れられて行く可能性が高まったと言える。他方で電子メールなどのテキストベースの通信形態は社交性に欠け、議論が攻撃的になりやすいなど、その弊害が問題視されており、対面(face to face)によるコミュニケーションを再評価する動きも見られる。

しかし、「離れた場所の相手が目前に居るかのような感覚で対話する」というシームレスな通信環境の実現には様々な問題／障害があり、未だ完全な実現をみていない。特に、人と人とが円滑にかつ豊かな表情で会話をする場合に重要となる"視線"が一致しない問題は、相手との対面感を失わせる最大の要因と言える。

本研究では、これまでに対面環境における人と人との対話行動に着目し、ビデオ通信の対面感の向上、対話の快適性向上を、臨場感の向上や演出、フォーマル／インフォーマル、アウェアネス[1]といった観点から考察してきた。本報告では、過去のNTSCによる視線一致端末の試作[2]や評価実験を元に、新たに試作したHDTV視線一致端末の設計指針や、同端末を利用した仮想空間協同作業のコンセプトについて述べる。仮想作業対象には、CGで生成した仮想図書室をウォークスルーしながら図書の検索、閲覧を行う「臨場感図書館」システム[3]を想定し、司書と利用者とは対話する場合を例に仮想環境を介在した場合の対話制御について述べる。

## 2. 会話環境の演出

### 2.1 臨場感の演出

動画像通信ではしばしば臨場感の不足が問題とされる。本研究ではこれまでに単なるリアリティの向上の追求ではなく、誇張や省略といった各種演出効果を取り入れることで「実効的／実用的な臨場感」があり、かつ、使いやすさに重点を置いたUIの開発を目指してきた[4]。仮想空間の臨場感を高める技術には一般に、広視野(画面サイズ、画面形状)、高品位(精細度、表示色数、音質)、立体表現(立体視、立体音場)、実時間性(時間解像度、遅延)、相互作用(空間共有、フィードバック)、視線一致などが挙げられる[5,6]。これら異なる技術要素を、我々は次のカテゴリに分類して捉えている。

#### 表層心理的表現(写実的表現)

仮想空間の表現を実物に近づけ実物を観察するのと同じ状況を物理的に作り出すもの

#### 深層心理的表現

観察者の認知過程に作用し、実物とは異なる刺激によって意図する知覚空間を生成するもの

#### 伝達的表現

仮想空間から利用者への一方向の情報伝達

#### 相互作用的表現

仮想空間と利用者との間の双方向の情報伝達

実効的な臨場感を得るために深層心理的表現と相互作用的表現との2つに重点を置いたが、表層的な要素を全く無視しては臨場感は得られないので、いわゆる写実性の要素についても質的向上を図る必要がある。次に述べる視線一致の実現は表層／相互の両カテゴリに属し、対面感や臨場感の向上において重要な働きをする。

### 2.2 ビデオ対話における視線一致

日常の対面対話では話し言葉だけでなく、表情や容姿、身振りや視線などの多くの非言語情報(ノンバーバル情報)が

無意識のうちに交わされている。我々はこれら情報が自由かつ容易にやりとりできる対面環境を基本として認識しており、対話の自然さ、快適さを評価する基準としている。通信環境では映像や音声の伝送品質が不十分で、ノンバーバル情報が欠落するあるいは正確に伝わらないために、対話を行う際の違和感やフラストレーションが発生する原因となっている。

動画像通信環境の対話の自然さや快適性を向上させるアプローチには、

- (a) 対面との違いをなくしシームレスな環境に近づける
- (b) 対面とは異なる処理や演出、表現方法を工夫し、結果として対面感を増進させる
- (c) 対面らしさにはこだわらず全く別の対話環境や対話モードを構築する

という3つの立場が考えられる。視線情報の伝達技術について、視線方向を正確に伝達し相手と視線一致を実現するものや[7]、擬似的に一致しているように見せるもの[8]、一致はしないが利用者の視線方向や注目点を検出しそれを相手に正しく伝達する[9]アプローチがある。

実際に運用されているルーム型テレビ会議システムでは、カメラと被写体とが十分に離れて設置されているため、厳密には視線が一致しないが、視差のずれが気にならないように設計されている。しかし、デスクトップテレビ会議では、CRTと利用者との距離が近く、相手画像がウィンドウ表示されるため、視線が大きすぎる。現状では画像が準動画ということもあり、相手側の映像は対面感や臨場感よりもアウェアネスなどを得る手段と割り切って設計している向きもある。

### 2.3 視線一致の方法

視線一致の基本的な実現方法は、ディスプレイを正視している利用者の正視画像を、カメラがディスプレイの映像を遮ることなく撮影する事にある。遠隔地の両者でアイコンタクトを実現するには何らかの方法にてカメラとディスプレイの光軸を利用者側で一致させればよい

(図1)。一般にはハーフミラーなどのビームスプリッタを、直線上に配置した利用者とカメラの間、または、利用者とディスプレイの間に挿入する方法がとられる。また、画像をプロジェクタで投影する際に、半透明性のスクリーンを用いたり[10]、スクリーンを時分割で透明-不透明に切り替える方法[11]などが提案されている。

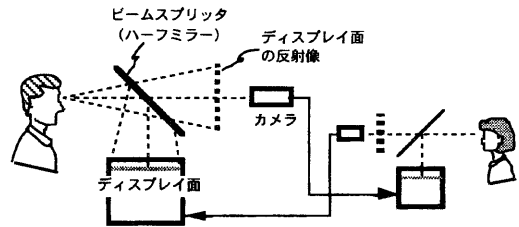


図1 視線一致端末の原理

これらディスプレイとカメラの光軸を物理的に一致させる方法は、原理も簡単で単純かつ確実な方法と言えるが、欠点としては端末のサイズが大きくなりやすく、遮光に気を配る必要がある、光線を分離するため画面が暗くなることが挙げられる。

これら問題点を嫌い、ディスプレイの脇に設置したカメラから撮影した画像をもとに正視画像を計算機処理で擬似的に生成する試み[8]や、顔画像をCGで生成するビデオ会議システム[12]も提案されているが、リアルタイム性や顔画像の正確さが不十分など、実用レベルには達していない。従って、現状で視線一致の品質を重視するならばハーフミラーの利用が効果的かつ現実的な解と言える。

しかし、ハーフミラーによる視線一致を実用システムへ導入した例はほとんど見られない。これは、先に述べた筐体サイズや画面が暗くなるなどの欠点もあるが、ハーフミラー方式は基本的にはディスプレイの正面に座った1人vs1人の間で視線が一致するのであって、多くのTV会議システムが前提としている複数vs複数の対話では各人の間での視線一致は難しく、厳密な視線一致機構が機能しないためと言える。ハーフミラー方式は個

人端末や小規模なミーティング、あるいはインフォーマルな対話用途に有効と考えられる。

## 2.4 NTSC版ミーティングシアタ[2]

HDTV版視線端末について述べる前に、まず、そのプロトタイプでもあるNTSCによる3地点視線一致端末"ミーティングシアタ"について触れておく。ミーティングシアタの設計コンセプトは「臨場感の演出」、つまり、前述した臨場感技術のカテゴリの深層心理的表現を重視した対話環境の実現にあった。特徴としては、一つのハーフミラーにCRTとカメラの視線一致端末ユニットを2組設置し、全体としては3地点間で正確な視線のやりとりが行える(図2)。また、CRTの反射画像とミニチュアの机とを合成することで画像の立体感を利用者に印象づける事を狙いとした。模型と人物画像とを違和感無く合成表示するために、利用者の背景はブルーバックとし、クロマキー処理により人物像だけを抽出し周囲を黒色にて表示した。

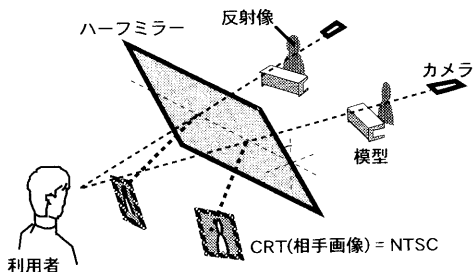


図2 NTSC版ミーティングシアタの構成

この端末を用いて対話実験を行った結果、「利用者が遠方にいる感じがする(人物の表示が小さい)」「画面全体が暗い」「画質が悪い(クロマキーによる人物の境界のざらつきが気になる)」といった画質に対する要望が多かった。

また、CRTを左右に駆動させるなど自由な映像配置が行えたが、CRTの移動機構は筐体の容積を増やし、筐体全体をさらに大きくする結果となった。

3地点間での顔の向きや視線情報の正

しい伝達については効果が見られたが、総合評価において、臨場感や対面感の不足を指摘する意見が多かった。そこで根本的な画質の向上を試みることにし、その上で対話/作業支援や臨場感演出といった付加価値のある画像通信環境を模索する事にした。それが次に述べるHDTV版ミーティングシアタである。

## 3. HDTV版ミーティングシアタ

### 3.1 試作

高画質な映像規格としてハイビジョンを選び、視線一致端末を製作した。HDTV版では、NTSCでの評価結果を生かし、相手との対面感向上を重視して、画面サイズはなるべく等身大に近づくよう、ディスプレイとして36インチHDTV-CRTを用いた。大画面や表示サイズを自由に設定できる点ではプロジェクタの利用が考えられるが、ハーフミラーを使用する場合にはディスプレイには高い輝度が必要で、また、筐体のサイズを可能な限りコンパクトにまとめるためにも、表示面から後部が短くて済むCRTを利用する事にした。また、NTSC版ではモニタの駆動機構が筐体サイズを大きくする要因ともなっていたため、今回はモニタは固定設置とし、筐体ができる限り小さくなるよう設計した(図3)。

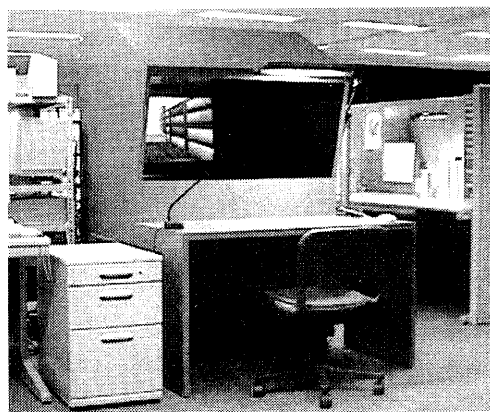


図3 HDTV版ミーティングシアタ

そこで、モニタを固定とした代わりにスキャンコンバータ(アストロデザイン社製:MC-2002)を用いてHDTV画像ウインドウの表示制御を行うことにした。このスキャンコンバータでは、背景となるベース画像(HDTV)の上にピクチャーインピクチャーにより別の画像(HDTV)を合成することができる。これは相手画像を表示しながら、別の画面で仮想空間を表示し作業を行う形態を想定したためである。その他、HDTVスイッチャ(SONY製:HDS-1000T)を利用し、クロマキー合成やミックス(ブレンド)合成も行える構成とした。

NTSC版で行ったような多地点端末の製作も検討したが、HDTVカメラなどが高額なこともあり、まずは2地点対向端末を試作することにした。システム構成を図4に、画面表示の一例を図5に示す。なお、画像信号の伝送は現在、同軸ケーブルにて直接接続しているが、京阪奈地区における広帯域通信網(B-ISDN)上での通信実験も念頭に置いている。音声信号の伝送についても同様で、両側にエコーキャンセラを配置している。

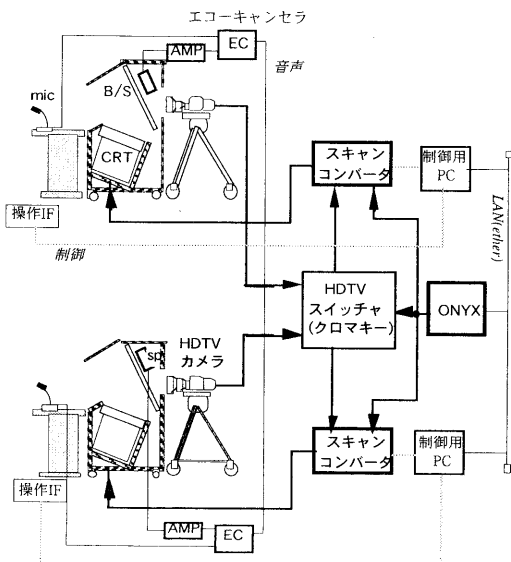


図4 システム基本構成

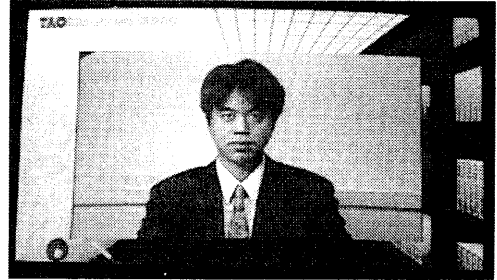


図5 対話画面の例

### 3.2 臨場感図書館システム[3]

HDTVによる通信対話をベースとした協同作業環境の一例として、同じく奈良リサーチセンターで開発中の「臨場感図書館」を用いる。臨場感図書館は、高精度仮想空間表現を取り入れたUIの開発を通して、コンピュータに不慣れな利用者にも理解しやすく興味を引くような操作環境の実現を目指している(図6)。図書館はマルチメディア情報検索システムとしての一実施例であり、データを変更すれば博物館なども容易に構築できる。

臨場感図書館では、仮想空間を「空間」と「キャラクタ」の二つの側面から捉える。キャラクタとは専ら人物像や生物的な者を指し、広義には利用者が直接的に対話/操作する対象もキャラクタに含めている。視線一致端末の対話環境は臨場感図書館側ではキャラクタのカテゴリに属し、遠隔地の実際の司書と対話を行う機能部分を担う。

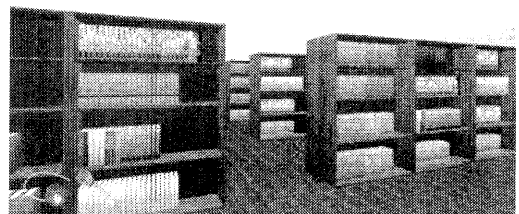


図6 臨場感図書館

### 3.3 HDTVの対話性

本端末を用いた予備的な対話実験からわかったことだが、HDTVのような高画質な画像でビデオ対話を行うと、視線のずれがよりシビアな要素となる。つまり、相手の画像がリアルに映し出されている状況で、相手が常に自分とは別の方向を向いている状況は少なからぬストレスを与えるようである。従って、HDTVレベルの画像による通信では視線一致は不可欠な要素になると予想される。

## 4. 仮想空間における協同作業

CSCWの分野では以前からビデオをやりとりする作業形態が研究されてきた[13-15]。しかし、その多くは作業形態や対話環境が固定的で、利用者はシステムや環境の特性に応じて行動を適応させてきた側面がある。

本研究のアプローチは、まず、複数の会話形態を提供し、作業環境や作業対象、作業段階に応じて、会話形態を利用者が対話中に自由に選べるようにする。実際に対話を行いながら評価し、観察結果から最終的には作業環境の変化に応じて対話環境を自動適応させる事を目標とする。特に、HDTVの高画質環境による対話の特性や影響に着目する。

### 4.1 表示モード

HDTV視線一致端末を用いて協同作業を行う場合に、次の3つの基本的な表示モードを用意する。

実際の協同作業ではこの3つのモードが適宜選択されながら進行して行くと考えられる。作業内容については、今回は臨場感図書館での司書と利用者とのやりとりに限定して考える。

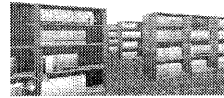
(a)~(c)のいずれもがNTSCあるいはそれ以下の画質による従来のデスクトップ会議システムでも扱われてきたが、本研究では、視線一致環境で、かつ、画像がHDTV、作業対象がCGによる立体的な仮想空間である点に着目して、その作業の

様子や選択される表示モードの遷移特性を調べる。特に、相手画像と仮想空間の合成方法の違いによる影響や、相手画像の制御方法に着目する。

なお、表示画面の変化に関わらず音声対話はそのまま継続できるようにする。



(a) 対話環境のみ (実写画像)



(b) 作業環境のみ (仮想画像)



(c) 対話+作業空間 (仮想+実写)

図7 基本的な表示モードの種類

### 4.2 仮想空間と実写対話画像の同時表示

表示モードが(c)の状態にあるときは、さらに仮想空間画像と対話用の実写画像の双方を同時に表示する方法として、代表的な3つの表示形態を提供する。

- ・ウインドウ表示
- ・クロマキー合成
- ・ミックス (ブレンド)

これら3つのタイプにはそれぞれ特徴があり、作業環境に合わせて利用者が自由にかつ簡単に選択できるようにすべきと考えた。画像通信として用いる場合のそれぞれの表示方式の特性について考察した。特に協同作業中に重要となるポインティング方法について違いが生じる点に着目した。

#### 4.2.1 ウインドウ表示

ビデオ通信を含め、2つ以上の画像を同時に表示する際に幅広く用いられ

ている。画像は境界で分離し独立性が高いため画像相互の関連づけは難しい。ピクチャーインピクチャもこのカテゴリに含めて考える。画像同士の重なりがある場合には、背後側の画像が不可視となる点が問題となる。仮想空間内の作業対象に向かってポインティングする場合には、ポインタなど補助的な機能を用意し、マウスなどのポインティングデバイス进行操作する必要がある。対話性や対面感を重視すると、相手画像はなるべく大きく表示すべきだが、作業中は作業対象を隠さない範囲で表示しなければならない。

#### 4.2.2 クロマキー合成

クロマキー手法は人物像を抽出し別の画像と合成する際には品質も良く古くから用いられてきた。しかし、室内の背景を単色にする、いわゆるブルーバックにしなければならず、通信のために特別なスペースを用意しなければならない。端末設置個所の一般性を失う点で大きな障害となる。また、背景色の明度の均一にするなど照明にも配慮が必要で、合成の品質や、仮想空間と人物とのパースを揃えるといった、プレゼンテーションや印象、おもしろさを重視する商業性のある対話環境に向くと考えられる。

一般には人物像側の背景を単色にする事が多いが、合成の前後関係を作業環境を前面に、人物像を背景側に設定する方法もある。この場合には仮想環境側をブルーバックにし人物像画像と合成を行う。丁度仮想オブジェクトを挟んで利用者同士が対峙するような形態になるが、作業対象が表示ウィンドウの全体を占める場合には人物画像が全く表示されなくなる。今回は、人物像側の背景を青にする場合を扱う。

また、ピクチャーインピクチャと同様に、人物像との重なり部分は作業画面が隠れて見えなくなるため、人物像の配置やサイズの制御を行う必要がある。ただし、ポインティングについて

は、習熟を要するが、合成画面を見ながら作業対象を直接指示することができる。

#### 4.2.3 ミックス (ブレンド)

ミックスでは画面同士のコントラストや明度の差のバランスが重要となる。完全に隠れてしまう部分が無いので、不可視部分为了避免するための画像操作は基本的には生じないはずだが、場合によっては情報が見づらく、明度のバランスを変える、スクロールをするなどの何らかの画像操作が必要となる。また、合成する画像が双方とも複雑な形状を持つ場合には、判読や分別が難しくなる。

ミックス方式をビデオ対話において積極的に取り入れたものに、石井らが開発した「クリアボード」[11]がある。これは透明なパネルを挟んで利用者が対峙する状況を仮想的に作り出したものであるが、ポインティングや注目点(ゲイズアウェアネス)の伝達を実現するために、相手画像を反転する方法をとっていた。しかし、例えば利用者の顔画像を反転させる方式は利用者の印象を変質させる可能性があり、HDTVレベルの高品位画像では好ましく無いと思われる。従って、本研究では相手画像を反転させることなく画像を合成する方式や作業形態も検討する。

実際の対話や作業では、状況に応じて適した画面表示形態が変化すると考えられる。利用者の画面切り替え操作を観察することで、どのような状況ではどの表示形態が相応しいか調べる。

### 4.3 環境の対象性

作業者に表示モードを選択させる際に、双方の利用者が同じ表示モードになる(対称)場合と、個々が異なるビューとなる(非対称)場合とで作業性に違いが生じるかを調べる。表示モードが異なればポインティング方法も変わるので、非

対称の方は問題が多いと予想されるが、相手の画面操作で自分側のビューに変更が加わる場合には、その事がストレスとなる可能性もある。

#### 4.4 仮想環境との連動

対話ウインドウの表示モードと仮想空間における作業との関連性が認められた場合、それをもとに、表示モードの自動切り替えを実現する。作業の各状況に適した対話環境がある程度まで自動的に生成できれば、利用者の画面操作の頻度も減り、作業効率の向上が期待できる。

### 5. まとめ

HDTV版視線一致通信端末の試作ならびに本端末を利用した仮想空間上での協同作業支援の概要について述べた。HDTVによる視線一致環境は、従来のNTSC端末に比べてノンバーバル情報を忠実に伝達できるので対面感や臨場感に優れ、これまでにない特性を持った対話環境が構築出来るのではないかと考えている。今後は「臨場感図書館」を例に端末を用いた利用者と司書との対話や作業といったやりとりをモニタし、視線一致特性の寄与や問題点、仮想空間と実写対話環境との連動、制御方式などについて調べてゆく。

#### 参考文献

- [ 1] 広明、國枝、宮井：遠隔インフォーマル会話におけるアウェアネス支援、情処研報、HI57-5, pp.33-40(1994)
- [ 2] 広明、旭：ミーティング・シアター多地点動画通信における臨場感演出方式の提案一、情処44回全大、7J-1(1992)
- [ 3] 広明、國枝：臨場感図書館—コンセプトとシステム概要一、情処52回全大、5X-7(1996)
- [ 4] 広明、國枝、宮井：臨場感技術とオフィスコミュニケーション、情処研報、AVM4-3, pp.9-14(1994)
- [ 5] 伴野他：臨場感通信のためのヒューマンインタフェースへのアプローチ、情処研報、HI24-2(1989)
- [ 6] 小林：臨場感通信、テレビ誌、Vol.45, No.4, pp.508-514(1991)
- [ 7] 末武他：視線一致型小型テレビ電話装置の開発、信学昭63年秋季大会、D-38(1988)
- [ 8] 津幡他：簡単な三次元モデルを用いたテレビ電話の視差補正方式、テレビジョン学会技報、Vol.15, No.25, pp.13-18(1991)
- [ 9] 森井他：視線検出装置と連動した眼のリアルタイムCGアニメーション、信学1993年春季大会、A-265(1993)
- [10] 前田他：複数の相手と視線一致が可能な大型湾曲スクリーンTV会議システム、情処47全大、2Q-6(1993)
- [11] 石井他：“シームレスな強調メディアを目指して TeamWorkStationからClearBoardへ”、信学技報、HC92-23, pp.25-29(1992)
- [12] 岸野：臨場感通信会議、計測と制御、Vol.30, No.6, pp.485-489(1991)
- [13] Fish, R.S., et al.: Video as a Technology for Informal Communication, Comm. of the ACM, Vol.14, No.1, pp.48-61(1993)
- [14] Bly, S.A., et al.: Media Spaces: Bringing People Together in a Video, Audio, and Computing Environment, Comm. of the ACM, Vol.36, No.1, pp.28-47(1993)
- [15] Watabe K., et al.: Distributed Multiparty Desktop Conferencing System: MERMAID, proc. CSCW '90, pp.27-38(1990)