

# t-Roomの仮想共有面と過去再生機能を用いたアプリケーションについて

## Applications for t-Room Based on Shared Virtual Space and Playback of Recorded Activities

梶 克彦\*  
Katsuhiko Kaji

平田 圭二\*  
Keiji Hirata

原田 康徳\*  
Yasunori Harada

### 1. はじめに

現在我々はビデオ共有面に基づくコミュニケーションシステム t-Room を構築している。ビデオ共有面とは、複数の遠隔地の映像を投射する面とローカルな対象を撮影する面が同一であるような面であり、撮影されたローカルな対象は同期的に遠隔地の面に投射される。ビデオ共有面を用いることで、ユーザは互いに同じ物や動作を見ることができ、物体に対して直接指差しなどができるようになる。ビデオ共有面を用いたシステムには、VideoDraw[7]、ClearBoard[4]、Agora[10]、VideoArms[6] 等がある。

これらのシステムには以下のような問題がある。

- 1) ビデオ共有面が空間の一部分に限定されているため、ユーザ同士が見たり働きかけたりしているものをもれなく認識することが困難である。
- 2) 共通の構成のシステム同士で通信を行うことを前提としているため、入出力デバイス構成や配置が固定的であり、柔軟性に欠ける。
- 3) 遠隔地との同期的なコミュニケーションと非同期的なコミュニケーションを区別なく操作できない。つまり、遠隔地間のコミュニケーションを蓄積し再利用するコンテンツ化の機能が備わっていない。

まず、1) を解決するために、t-Room ではビデオ共有面により空間を包囲した構成を採用し、遠隔地の各ユーザがお互いの方向感や距離感をもれなく共有することを可能にした [11]。また 2) を解決するために、ビデオ共有面を発展させた仮想共有面という概念を導入し、解像度や配置の異なるカメラやディスプレイといった様々な入出力デバイスを柔軟に接続可能とした。さらに 3) を解決するために、過去の録画と再生機能を備えることで、過去のミーティングを追体験したり電子メールのように記録をやりとりすることを可能にした [9]。しかし、3) に関してはさらに改善の余地があり、それは過去の t-Room の

記録を再生する際、応用からの要請に沿った様々な加工を可能にすることである。これより再利用性の向上や流通の促進につながると期待される。

これらの問題を解決することで、時間や空間を超えて方向感や距離感が共有され、効率的な協調作業環境が実現されと考えられる。また協調作業によるコンテンツ作成やコミュニケーション自体をコンテンツ化し流通を促進することも可能になるであろう。我々は上記の問題を解決するため、システムレベルの機能を幾つか実装し、さらに時空間を超えたコミュニケーションやコミュニケーションのコンテンツ化を含むようなアプリケーションを実現した。本稿では、2 章においてアプリケーションのためにアーキテクチャが備えるべき要件を挙げ、3 章においてそのアーキテクチャに基づいて実現されたアプリケーションについて述べる。

### 2. t-Room アプリケーション構築のためのアーキテクチャ

本章では、時間や空間を超えたコミュニケーションや、コミュニケーションによるコンテンツ作成と流通を促進するためのアーキテクチャについて述べる。

#### 2.1 仮想共有面

仮想共有面 (図 1) は、それに対する入出力関係を抽象化・仮想化したビデオ共有面であり、入力映像と表示出力のマッピングのために用いられる [11]。仮想共有面の上に配置された入出力領域の位置関係に従って入出力オブジェクトが接続される。入出力領域はその位置や形状を自由に設定でき、複数のオブジェクトを重畳して配置することができる。これにより、デバイス構成の異なった t-Room と接続したり\*、過去の t-Room を再生するこ

\*NTT コミュニケーション科学基礎研究所

\*ディスプレイやカメラ配置の異なる t-Room 同士の接続に関する考察は文献 [3] にゆずる

とが可能になった。また、ビデオカメラ以外の入力オブジェクトを受け付けることで、パノラマ背景表示、PC デスクトップ表示などが可能になった。

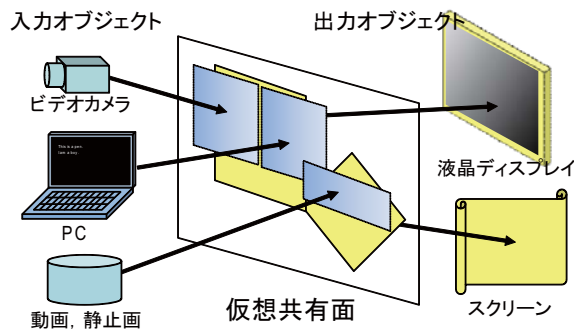


図 1: 仮想共有面

パノラマ背景表示とは、ある特定の地点に立って周囲 360 度を撮影したパノラマ画像を t-Room の側面ディスプレイに貼り付けることである。これは、その特定の地点の空間を切り出して、ユーザのいる空間に重ね合わせたのと同等の効果を生み出す。これにより、ユーザはテレポーションのような空間を超える体験が可能になる。

PC デスクトップ表示は遠隔地点間の協調作業に有効であると考えられる。PC 上で動作する既存の描画ソフトや、プレゼンテーションツールを遠隔地点間で共有するといったように、PC 上の全作業ツールがそのまま t-Room 内で協同作業ツールとして使用できるようになる。ただし、複数ユーザが同時に PC を操作できないという制限は残る。

過去再生機能と仮想共有面を組み合わせることで、複数の過去の重ね合わせた再生が可能になる。最も単純な実現は、複数の過去の記録を入力オブジェクトとして記録した時と同じ位置に重畳して配置することである [9]。過去の t-Room の様子を今の t-Room において再生し、今の様子を記録しておく、それを鑑賞している様子も後に再生可能となる。これより VideoPassage[5] のような、繰り返し引用可能なビデオメディアが実現される。ここでは過去の様子を遠隔地にいるユーザ同士で同時に参照することができる。

## 2.2 コンテンツ部品化

t-Room におけるコンテンツ作成や流通を促進するために、コンテンツ部品化の機能を実装した。コンテンツ部品化とは仮想共有面の記録を空間的、時間的にセグメンテーションすることである。コンテンツ部品化を行うことで、過去の t-Room の記録の再利用性が高められる。t-Room では、ディスプレイの前面に存在する物体の領域を画像処理によって求め、その領域をコンテンツ部品と

している。現在の実装では、仮想共有面で空間を包囲するために複数のディスプレイを用いている。物体が複数のディスプレイに渡って表示されている場合、現在は手作業によって各ディスプレイの領域を関連付けて一つのコンテンツ部品とする。コンテンツ部品化により、例えば過去の記録を再生する際に、特定の物体のみを透明にして隠す、位置をずらして表示するといったことが可能になる。

## 2.3 入力オブジェクトのパラメータを動的に変更する機能

t-Room におけるコンテンツ作成や流通を促進するためのもう一つの機能は、仮想共有面に配置された入力オブジェクト (図 1) のパラメータを動的に変更することである。仮想共有面上のオブジェクトの配置情報にパラメータを導入し、外部からパラメータ値更新のメッセージを送信するだけでオブジェクトの配置情報を動的に変更可能にする。Agamanolis ら [1] のシステムでも、人物の映像に関して動的に透明度やレイヤ順序を変更を行っているが、t-Room ではそれらに加え、オブジェクトの移動、変形、追加、時刻変更などが可能である。

入力オブジェクトのパラメータの変更を行うと、影響を受ける出力オブジェクトに自動的に変更の命令が送信される。また、動的に変更されたパラメータはコンテンツ部品として随時データベースに保存され、過去の記録として再現することができる。表示を変更したい特定のオブジェクトのパラメータ値のみを更新すればよいため、仮想共有面上のオブジェクト全体を更新するのに比べてネットワークや計算機にかかるコストを低く抑えることができる。

## 3. t-Room におけるアプリケーション

本章では、2 章で述べたアーキテクチャに基づいて実装した複数のアプリケーションについて述べる。

### 3.1 ゴルフレッスン

遠隔地映像の指差しや自由に移動するユーザを含むような遠隔協調作業を効果的に行う例として、仮想共有面に複数時刻の t-Room 映像を重ね合わせるゴルフレッスンを実現した。図 2 では、仮想共有面に現在のローカル映像、現在の遠隔地の映像、10 秒間だけ過去のローカル映像が重畳されている。遠隔地の指導者が、生徒の 10 秒前に行ったスイングを参照しながら、ジェスチャや指さしなどを用いてスイングの指導を行っている。このように、10 秒程度の過去の重ね合わせは数秒の動作を遠隔地

間で繰り返し確認し合うようなレッスンにとって効果的である。



図 2: 10 秒前過去の重ね合わせによるゴルフレッスン

### 3.2 エレベータ

時空間を超えたコミュニケーションを体験する例として、透明なエレベータに乗っているように背景画像を上下させる機能を実装した。入力オブジェクトのパラメータを動的に変更する機能を用いると、パノラマ背景を上下左右に平行移動させることができる。この機能を使うと、透明なエレベータに乗って様々な時空間にテレポーションする感覚をユーザに与えることができる。

図 3 は、それまで表示されていた過去の t-Room の記録とパノラマ背景が上昇し画面外に消えていき、同時に下側から別のパノラマ背景と現在の遠隔地の t-Room が上昇している様子である。この場合、ユーザが乗ったエレベータのカゴが下降して他の階に移動しているような視覚効果が得られる。t-Room 空間同士の重ね合わせを制御するための一つのメタファとして、エレベータは有効であった。

### 3.3 組み体操コンテンツ

遠隔地との同期的、非同期的コミュニケーションを区別なく操作できることを示すために、複数の過去の重ね合わせとコンテンツ部品化の機能を用いて組み体操コンテンツを作成した。楽曲制作における多重録音のように複数の過去を重ね合わせることで、t-Room 上でビデオコンテンツを作成することができる。図 4 は t-Room を用いて作成された組み体操コンテンツである。まず面 1 のユーザ p が体操をし、次に面 2 のユーザ q がその様子を再生しつつその体操に参加する。以下面 3 のユーザ p、面



図 3: 下降するエレベータから見える風景を感じさせる背景の動き

4 のユーザ q の順で過去の様子を再生しながら体操に参加していく。過去の仮想共有面の記録を実際に再生し参照しながら演技を繰り返し追加することでコンテンツが充実していく。



図 4: 過去を繰り返し重ね合わせた組み体操コンテンツ

またコンテンツ部品を個別に制御することで、組み体操コンテンツをインタラクティブなコミュニケーションメディアとしても利用できる。図 5 は、図 4 の面 2 のユーザ q と面 3 のユーザ p のコンテンツ部品を透明にして消去し、面 2 には現在のローカルのユーザ r が、面 3 には遠隔地のユーザ s が同時に入り込んだ様子を示している。同時に入り込んだ現在のユーザらは、過去に録画された組み体操コンテンツを同期的に追体験することができる。

## 4. 今後の課題

本稿では、t-Room において時空間を超えたコミュニケーションやコンテンツ作成を行うための機能と、それに基づくアプリケーションについて述べた。今後の課題として以下の 3 つを挙げる。まず、本稿で述べたような



図 5: 組み体操コンテンツへの同期的な参加

機能を多数揃えるだけでは、ユーザがそれらの機能を理解したり柔軟に組み合わせて新たなアプリケーションを実現することが困難である。簡潔な機能を体系的に提供し、それらを容易に組み合わせる方式を見出す必要がある [8]。

次に PC のデスクトップ表示機能だけでは、ツールを操作できるのは単一ユーザのみである。そこで複数ユーザがツールを操作できるように拡張する一般的な方式を検討する必要がある。

そして、t-Room の記録の再利用性をさらに高めるために、時空間的な構造を記述するハイパーリンク [2] の導入を検討する必要がある。これにより、例えば現在の話題と関連する過去の話題の検索が可能になる。

本稿で示した 3 つのアプリケーションはいずれも単純なものであるが、従来のビデオ共有面を備えたシステムでは実現できないものである。我々は、コミュニケーションはユーザが創作したコンテンツにより活性化され、そのコミュニケーションがさらなるコンテンツを生み出すと考えている。t-Room を利用することで、そのようなコミュニケーションとコンテンツの循環を生み出すことを目指したい。

## 謝辞

日頃より本研究に関して熱く議論してくださった t-Room プロジェクトの皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Agamanolis, S., Westner, A., Bove, Jr. V. M. Reflection of Presence: Toward more natural and responsive telecollaboration. In *Proceedings of SPIE Multimedia Networks*, 3228A, 1997.
- [2] Greenhalgh, C., Purbrick, J., Benford, S., Craven, M., Drozd, A., Taylor, I. Temporal links: Recording and

Replaying Virtual Environments. In *ACM Multimedia*, pp. 67–74, 2000.

- [3] Hirata, K., Harada, Y., Takada, T., Yamashita, N., Aoyagi, S., Shirai, Y., Kaji, K., Yamato, J., Nakazawa, K. Video Communication System Supporting Spatial Cues of Mobile Users. In *Proceedings of CollabTech*, 2008 (to appear).
- [4] Ishii, H., Kobayashi, M., Grudin, J. Integration of interpersonal space and shared workspace; clearboard design and experiments. *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 11, No. 4, pp. 349–375, 1993.
- [5] Takada, T., Harada, Y. Citation-Capable Video Messages: Overcoming The Time Differences without Losing Interactivity. In *i3 Annual Conference Proceedings*, pp. 31–38, 2000.
- [6] Tang, A., Neustaedter, C., Greenberg, S. VideoArms: Embodiments for Mixed Presence Groupware. *People and Computers XX Engage, Springer London*, pp. 85–102, 2007.
- [7] Tang, J. C., Minneman, S. L. VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing. *Proceedings of CHI*, pp. 313–320, 1990.
- [8] ドナルド・A. ノーマン. パソコンを隠せ、アナログ発想でいこう! 新曜社, 2000.
- [9] 梶克彦, 平田圭二. 社会的インタラクションのコンテンツ化のためのアーキテクチャ. 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ, 2007.
- [10] 山下淳, 葛岡英明, 山崎敬一, 山崎晶子, 加藤浩, 鈴木栄幸, 三樹弘之. コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムの開発. 情報処理学会学会論文誌, Vol. 45, No. 1, pp. 300–311, 2004.
- [11] 平田圭二, 原田康徳, 高田敏弘, 青柳滋己, 白井良成, 山下直美, 大和淳司, 梶克彦. 遠隔ビデオコミュニケーションシステムのための仮想共有面の実装方式. 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ, 2007.