

VRメールシステム

今井 朝子^{*1} アンドリュー・E・ジョンソン^{*2} ジェイソン・リー^{*2}
デイビッド・E・ペイプ^{*2} トーマス・A・デファンテ^{*2}

VR Mail System

Tomoko Imai^{*1} Andrew E. Johnson^{*2} Jason Leigh^{*2}

David E. Pape^{*2} Thomas A. DeFanti^{*2}

Abstract - In this paper we present a virtual reality mail (vr-mail) system to support asynchronous collaborations in virtual environments. In asynchronous collaboration, efficient handing-off of messages to participants in different places and time is crucial. Those messages must be understood correctly by collaborators. We try to solve these problems by combining speech and gesture in a message. The message is explained by a messenger avatar whose gesture and speech are recorded by the sender of the message in the virtual environment. A prototype vr-mail system has been developed and tested in the CAVE^m. The vr-mail system supports both synchronous and asynchronous collaborations by providing a persistent virtual environment maintained by a central server. User tests showed that vr-mail can improve the efficiency of asynchronous collaborations.

Keywords : virtual reality, asynchronous collaboration, CAVE, CABIN

1. はじめに

共同作業はビジネス、研究、芸術活動など様々な場面で行われており、その規模は拡大してきている。規模の大きな共同作業では、適切な人材や場所を選ぶ際の選択肢が多いという利点がある一方、共同作業者を集めて打ち合わせを行うためには時間と費用がかかるという問題がある。特に国際的な共同プロジェクトで参加者を一箇所に集めて会議を行うことは、予定と旅費の都合をつけなければならないため大変難しい。こうした時間と費用のコストを削減するために、テレビ会議システム、バーチャルリアリティ（VR）空間における遠隔共同作業の研究が進んでいる^[1, 2, 3]。これらの研究は主に、遠隔地で同時に行われる共同作業を支援することが目的である。しかし、実際に共同作業を行う場合には、同時と非同時の作業の両方が発生する。

同時に行う作業と、非同時に行う作業の割合は、作業の内容やグループの規模に応じて変化する。例えば、東京大学とアメリカのシカゴにあるイリノイ大学との間で行われている N*Vector プロジェクトの場合には、時差が 15 時間あるため、ほとんどの作業は非同時に行われている^[4]。このため、非同時に情報を交換することのできる電子メールは、最も頻繁に使われている。NTT の高速

ネットワークを使ったテレビ会議は、研究の進行状況を報告しあうために、月に一度の割合で利用している。N*Vector プロジェクトのような、時差の大きな遠隔地を結ぶ共同研究では、同時の共同作業のみならず、非同時の共同作業を支援することが重要である。

現在 N*Vector プロジェクトは、研究の立ち上げ期であるため英文書の交換が主な作業内容である。そのため、非同時の情報交換には電子メールを用いてきた。しかし今後、東京大学にある没入型多面ディスプレイ装置である CABIN^[5]と、イリノイ大学にある CAVE^[6]を使って VR 空間内で共同作業を行う際には、文字だけではなく、幾何学モデルの微妙な色や形、アバターの位置情報など、文章では表現の難しい情報をやりとりしなければならない。また、幾何学モデルをデザインする際にはデザイナーなど、異なる分野の人々の協力も必要である。更に、N*Vector プロジェクトの場合には英語で意思の疎通を図らなければならない。こうした、異なる分野や、異なる母国語を持つ人々と共に VR 空間構築の研究を行うためには、Eメールのみで情報交換をするのは難しいと考えられる。そこでこうした問題を解決するために、以下の点を支援するソフトウェアが必要であると考えられる。

1. VR 空間内のできごとを簡単に、わかりやすく記録できるようにする。わかりやすさの目標としては、異なる母国語を持つ共同作業者がメッセージを見て、幾何学モデルの色、形、位置などの視覚的な情報を正確かつ短時間に理解できることを考えている。これは、VR 空間内における共同作業を円滑に行う上で重要である。
2. 上記の記録に、いつでもどこからでもアクセスでき

*1:東京大学大学院工学系研究科 青山・森川研究室

*2:イリノイ大学シカゴ校大学院電子情報工学科 EVL

*1:Graduate School of Engineering,
The University of Tokyo, Aoyama & Morikawa Lab.

*2: Electrical Engineering and Computer Science
in the Graduate College of the University of
Illinois at Chicago, Electronic Visualization Lab.

ようにする。共同作業者は通常、多忙であり移動することが多い。そのため、いろいろな場所から記録データにアクセスできることが必要である。

本論文では、上記のようなサービスを提供するソフトウェアの1つとして、VR空間用メールシステム（VRメールシステム）を提案する。まず問題1を解決するためにメッセージには文字ではなく、送信者の音声、VR空間内での位置、手や頭の動きを記録する。受信者がこのメッセージを開くとアバターが、送信者の代わりにメッセージを伝える。また、問題2を解決するために、メッセージをサーバに蓄え、ユーザがメッセージにいつでもアクセスできるようになっている。

以下ではまず、関連研究について述べ、次に、VRメール試作システムについて説明する。更に、簡単な評価テストの結果について述べ、今後の研究課題について議論する。

2. 関連する研究

VRメールは、VR空間内における作業の報告を簡単にできるように、Eメールの機能を拡張したものである。Eメールでは画像や音声は本文に添付されるため、メールを受け取った人は、本文を読みながら添付ファイルを開き、メッセージの内容を理解する。本文と添付ファイルの間の関連づけは、受け取り側が行うのである。添付画像が2次元の場合には文字を読みながら、添付された画像の説明を理解できるかもしれない。しかし、VR空間のデータを文字を用いて説明することは難しい。3次元空間内の位置と、時間の両方を文章で説明するのは煩雑であり、その内容を正しく理解をするのは困難であると考えられる。VR空間内の出来事を記述する試みとしては音声記録をVR空間内に注釈として残す研究がある^[7, 8]。これらの研究では、VR空間内の幾何学モデル、あるいは出来事に注釈をつけるために、録音した音声をアイコンとしてVR空間内の幾何学モデルに添付する。ユーザがその幾何学モデルについて知りたい場合には、そのアイコンを選択することによって説明を聞くことができる。VRメールではこの添付データとして、送信者の音声だけではなく手や頭の、位置と向き of データも記録する。また、データをVR空間内の幾何学モデルに添付するのではなく、メールのメッセージとして利用する。メッセージを開くと、記録されたデータが、アバターの音声と動作として再生される。

3. VRメールシステム

VRメールシステムは、主にCAVEやCABINなどの没入型多面ディスプレイシステムで使うためのソフトウ

エアである。CAVEの大きさは3mx3mx3mで、床と3枚の半透明な壁とからなる部屋である。床のステレオ画像は天井から投影され、他の3枚の壁については壁の裏側から投影される。CAVE内のユーザは、自分の頭の位置に応じて描画されるステレオ画像を、ステレオシャッターグラスを通して見る。入力装置はワンドで、磁気トラッカーとジョイスティックがついている。VR環境とのやりとりは、ユーザの頭とワンドの、位置と向き、そしてワンドについている3つのボタンとジョイスティックを使って行われる。CAVEのグラフィックスはSilicon Graphics Onyx2tmで描画される。

VRメールシステムは、CAVEライブラリ、SGI Performerの上に構築されたグラフィックスライブラリXP(eXtended Performer)^[9]、CAVERNsoftネットワークライブラリからなっている^[10]。

3.1 ユーザインタフェース

VRメールを送受信するためには、記録や再生など、多くのコマンドをVR空間内で選択できなければならない。ワンドを使ってコマンドを選択する主な方法としては、2つ考えられる。1つめはワンドを、選択したい対象物の近くに動かして実際に触れる直接選択方式、2つめはワンドの向きに光線を描き、その線が交わったところにある物体を選択する方法である。本試作では、日常生活における選択の方法に近い、方法1を採用した。

直接選択方式は日常生活で行うボタン選択に近いため、VR空間に慣れない人にとってはわかりやすいという利点がある。しかし、ユーザは選択したい対象物の近くに行かなくてはならないため、対象物が大きいと視界をさえぎってしまうという問題がある。また、VR空間は広いので、アイコンを紛失するという問題がある。そこで、本試作ではアイコンに階層構造をもたせ、ルート of アイコンから複数の子アイコンを呼び出す方式をとった。ワンドを図1のルート of アイコンに近づけて1つめのボタンを押すことによって、図2のように子アイコンを表示することができる。2つめのボタンを押すと、子アイコンはルートに格納される。そして、ワンドの3つめのボタンを押すことによって、図3に示すようにルート of アイコンをユーザの目の前に呼び寄せることができる。



図1 アイコン階層構造のルートとなるアイコン

Fig. 1 Root icon for a hierarchical icon structure.

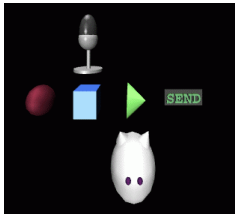


図2 ルートのアイコンから呼び出された、記録・再生・送信用のアイコン

Fig.2 Recording, playback, and sending icons popped-up from the root icon.

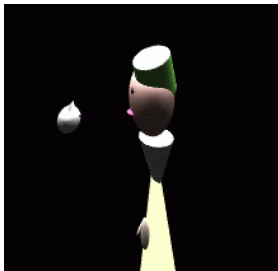


図3 ユーザの前にあるルートのアイコン
Fig.3 Root icon in front of a user.

3.2 音声、方向、位置データの記録と再生

送信者がメッセージを記録する際には、まず、ルートのアイコンを選択する。すると、マイク、郵便箱、削除用のアイコンが表示される。ここで、マイクを選ぶと、図2のように録音、停止、再生、送信用のアイコンが表示される。送信者のアナログ音声データは、送信者が装着するワイヤレスマイクを通して Onyx2 に送られデジタル化される。このデータは、サウンドサーバによって音声ファイルに記録される。同時に、送信者の頭とワンドの位置と向きが、タイムスタンプと共に動作ファイルに記録される。このタイムスタンプは、メッセージを再生する際に、音声とアバターの動きを同期させるために使われる。

音声と、動きのデータの記録は、ストップアイコンを選択することで同時に止めることができる。ここで、再生アイコンを選択すれば、自分で記録したメッセージの確認をすることができる。図2の右端にある送信アイコンを選択すると、受信者のリストが提示される。このリストから受信者を選択すると、メッセージがサーバの郵便箱に送られる。受信者がサーバにアクセスしてこのメッセージをダウンロードすると、受信されたメッセージのリストが提示される。ここで、メッセージを選択すると、図4のようにアバターが描画され、動きに同期した音声再生される。

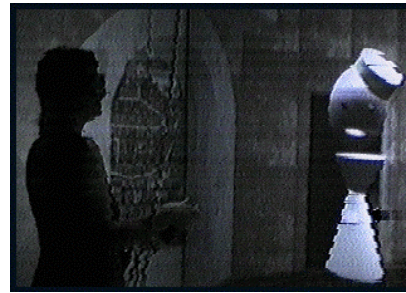


図4 CAVEの中でVRメールを見る受信者
Fig.4 User watching a VR-mail in CAVE.

3.3 ネットワークとメッセージの交換

現在のVRメールシステムは試作品であり、既存のEメールシステムとは独立したものである。独自のサーバを走らせており、ユーザのメールは全てこのサーバに保存される。クライアントは CAVERNsoft^[10] というネットワークライブラリを使ってサーバに接続することによって、遠隔地に居る共同作業相手と、VR空間内で作業を行うことができる。作業相手と同時にサーバに接続できない場合には、自分が行った作業をVRメールを使って相手に報告することができる。

VR空間内で複数の人が同時に作業を行う際には、ユーザの頭やワンドのデータは、サーバに接続している仲間にUDPで送信される。このデータを受け取ったクライアントは、あらかじめダウンロードしてあるアバターの体、手、頭の幾何学モデルの位置と向きを計算して描画する。一方、実時間性を必要としないVRメールのメッセージは、TCPを用いてサーバにアップロードされ、受信者の郵便箱に置かれる。受信者は、サーバに接続してこのメッセージをダウンロードすることができる。

3.4 評価テスト

VRメールシステムを、VR空間内にある美術館の展示物陳列の相談に使ってもらうことによって、簡単な評価テストを行った。被験者は6名で、展示物の配置を決めるデザイナーとコンピュータ技術者の2人1組が非同時の共同作業を行った。デザイナーはVR空間のデザインはできるが、そのアイデアを実現するためのプログラムは技術者にしかできないという設定である。デザイナーはまずVR空間内に、8つの展示物を陳列するためのアイデアをスケッチをする。デザイナーは、それを技術者に手渡し、その場を離れる。技術者はスケッチを見ながら、VR空間内に展示物を配置し、その場を離れる。デザイナーと技術者は、VRメールを用いて相談することはできるが、直接相談することはできない。この評価テストの結果、スケッチのみを用いた場合には技術者は、3次元の物体のおおよその配置は行うことができるが、各々の物体の向きや、物体同士の詳しい位置関係を正しく再現することが困難であることがわかった。V

Rメールを用いた場合にはデザイナーは、「この物体は、こっちの向きを向かなくてはいけない」と、具体的に対象物を指差しながら方向を示すことができたため、物の向きや位置を修正することができた。また、向きや位置の指定は、主に手や体の動きによって伝えられた。

4. 今後の課題

簡単な評価テストから、アバターを使って送信者の音声と動きをメールのメッセージとして使うことは、VR空間内の幾何学モデルの配置を正しく伝えるために有効であることがわかった。またメッセージは、主に手や体の動きによって伝えられるため、異なる言語、異なる分野の人々が共同作業を行うためには役に立つと考えられる。しかし、ワンドのボタンの使い方には問題があった。ワンドのボタン1はアイコンの選択、ボタン2は子アイコンの格納、ボタン3はルートのアイコンの呼び寄せに割り当てたが、ユーザはボタンを間違えることが多かった。VR空間内でコマンドを選択する方法を改良する必要がある。現在は、音声認識の手法を応用することを検討している。今後は、VRメールシステムを実際に、CAVEとCABINの間で使うことによって改良していきたいと考えてる。

謝 辞

VRメールシステムの試作にあたり、イリノイ大学シカゴ校 Electronic Visualization Laboratory のスタッフの協力に感謝致します。またアメリカから帰国後も、この研究を続ける機会を与えてくださいました、NTTコミュニケーション、NTT未来ねっと研究所、東京大学の青山友紀教授、廣瀬通孝教授、森川博之助教授に深く感謝致します。

参考文献

- [1] Lehner, V. D., DeFanti, T. A. : Distributed Virtual Reality : Supporting Remote Collaboration in Vehicle Design; IEEE Computer Graphics and Applications, **vol.17**, March-April, pp. 13-17 (1997).
- [2] Pang, A., Wittenbrink, C.: Collaborative 3D Visualization with CSpray; IEEE Computer Graphics and Applications, **vol.17**, March-April, pp. 32-4 (1997).
- [3] Wheless, G. H., Lascara, C. M., Leigh, J., Kapoor, A., Johnson, A. E., DeFanti, T. A.: CAVE6D: A Tool for Collaborative Immersive Visualization of Environmental Data; IEEE Visualization (1998).

- [4] <http://www-grd.rdh.ecl.ntt.co.jp/GEMnet> N*Vector (Networked Virtual Environment Collaborative Trans-Oceanic Research) プロジェクト: NTT コミュニケーションの出資による、ATM を使った国際共同研究
- [5] Cruz-Neira, C., Sandin, D.J., and DeFanti, T.A.: Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE; Proceedings of ACM SIGGRAPH '93, pp. 135-142 (1993).
- [6] Hirose, M. :Development of an Immersive Multiscreen Display(CABIN) at the University of Tokyo; Proc. 1st International Immersive Projection Technology Workshop, pp. 67-76 (1997).
- [7] Verlinden, J., Bolter, J., Van der Mast, C. : Voice annotation : Adding verbal information to virtual environments. In Proceedings of European Simulation Symposium, pp. 60-69 (1993).
- [8] Harmon, R., Patterson, W., Ribarsky, W., Jay Bolter, J.: The Virtual Annotation System; Proceeding of the IEEE VRAIS'96 Conference, pp. 239 - 245 (1996).
- [9] Pape, D., Imai, T., Anstey, J., Roussos, M., DeFanti, T. A.: XP: An Authoring System for Immersive Art Exhibitions, Virtual Systems and MultiMedia, pp. 528-533 (1988).
- [10] Leigh, J., Johnson, A. E., Thomas A. DeFanti, T. A.: CAVERN: A Distributed Architecture for Supporting Scalable Persistence and Interoperability in Collaborative Virtual Environments, Journal of Virtual Reality Research, **vol.2.2**, pp. 217-237(1997).
<http://www.evl.uic.edu/cavern>

