

研究会推薦論文

簡易型多地点テレビ会議システム NetForum の開発と評価

松 浦 宣 彦[†], 松 本 敏 宏[†] 清 末 悌 之[†],
菅 原 昌 平[†], 正 木 茂 樹[†],

筆者らは、インターネットに代表されるようなネットワーク上でのコミュニティ形成のため、3次元仮想空間を用いた共有仮想空間通信システムプラットフォームであるインタースペースの研究開発を行っている。インタースペースは、スクリプトによるカスタマイズ機能を有することで、さまざまな適用分野にカスタマイズすることが可能である。本論文では、デスクトップテレビ会議システムに注目し、インタースペースのコア技術を利用して作成した簡易型多地点テレビ会議システムであるNetForumについて述べる。NetForumは、インタースペースが持つ映像・音声通信機能を利用し、狭帯域ネットワークにおける多地点テレビ会議を可能にしている。また会議中のアバタ動作を実現するための簡易型アバタ表現を採用している。

Development and Evaluation of NetForum, a Multi-point A/V Conference System

NORIIHIKO MATSUURA,[†] TOSHIHIRO MATSUMOTO,[†]
YASUYUKI KIYOSUE,[†] SHOHEI SUGAWARA[†],
and SHIGEKI MASAKI[†]

We have been developing InterSpace which is a platform technology to build 3D shared virtual environment on computer networks. In this paper, we describe a multi-point A/V conference system named NetForum that adopts the core technologies of InterSpace. NetForum is using A/V communication capabilities and a simplified avatar expression of InterSpace that enable to do A/V meetings on the narrow-band network. NetForum adopts a simplified avatar expression that realizes avatar gestures in meetings.

1. はじめに

筆者らは、数年間にわたり、ネットワーク上における3次元仮想空間を用いた通信サービスのあり方について研究開発を行っており、インタースペースというシステムとしてそれを具現化している^{1),2)}。インタースペースは、3次元コンピュータグラフィックスを用いた仮想空間を共有し、その空間における利用者同士のコミュニケーションを支援するためのシステムであり、利用者同士のリアルタイムの顔画像と音声を用い

たコミュニケーションチャネルを実現しているところが大きな特徴である。これまで、インタースペースを用いた数種類のシステムを開発し、公開実験、およびそれに対する評価などを行ってきた。

インタースペースを用いた公開実験であるサイバーソサエティ公開実験³⁾においては、広場・ゲーム空間・水族館など多岐にわたる空間を構築した。しかしながら、我々が予想したやり方で実際に利用された空間は少なく、利用のほとんどが広場に集中した。つまり、空間自体は「人が集まれる場所」としては有意義なものであるが、「ある性質を持った場所」としての意義は不十分であったことが考えられる。すなわち、利用者は他利用者とのコミュニケーションを重視し、ゲームなどの空間自体が持つ意義はあまり重視しなかったこ

[†] NTTサイバースペース研究所
NTT Cyber Space Laboratories
現在、東日本電信電話株式会社
Presently with NTT East Corporation
現在、株式会社NTTデータ
Presently with NTT Data Corporation
現在、NTTアイティ株式会社
Presently with NTT-IT Corporation

本論文の内容は1999年10月のグループウェア研究会にて報告され、同研究会主査により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

とがうかがえる。これらのことを鑑みると、インターネット空間を利用したシステム市場として、ある特定分野の市場向けに、明確かつ使いやすいシステムを構築する必要性がある。

一方、ネットワークの普及、SOHO などの勤務形態への注目、出張などに対する経費削減の必要性から、テレビ電話・テレビ会議システムを用いた遠隔会議の実現が注目されており、市販システムのほか、多くの研究が報告されている^{4)~7)}。市販システムは、専用のハードウェアを用いたテレビ会議システム、またテレビカメラが設置された PC 上のソフトウェアで実現するデスクトップテレビ会議システムに大別され、今後、市場規模の大きな伸びが予想されている⁸⁾。これは、Windows98 の登場により、USB インタフェースを用いた PC 用テレビカメラの市場規模が増大する予想にも後押しされているといえる。しかしながら、従来の多地点テレビ会議システムは、多地点会議制御装置 (MCU) と各サイトの専用端末を設置し、デジタル専用線などの大容量回線で接続するものであったため、映像・音声の品質は高いものの、システム構築や運用に非常にコストがかかるものであった。また比較的低廉なネットワークであるインターネットを用いたデスクトップテレビ会議システムがあるが、多地点間で音声・映像情報を同時にやりとりを行うシステムは少なかった。このため、インターネットに代表される低容量・低価格のネットワーク、特に一般的なネットワーク利用者が利用すると想定される 64 kbps の ISDN 程度の狭帯域ネットワーク上において、多地点における映像・音声通信を可能にしたテレビ会議システムのニーズ、重要性は十分にあるものと考えられる。

これらのことを踏まえ、筆者らは、インターネット技術の適用として、上記のような狭帯域ネットワーク上の多地点テレビ会議システムに着目し、インターネットのコア技術を応用して、多地点テレビ会議システム NetForum を実現した⁹⁾。

以下、インターネット技術、特にインターネット向けに構築されたインターネット版インタースペースについて触れ、それを利用した NetForum プロトタイプにおけるデザイン仕様、社内会議を想定した試用実験に基づく評価、そこから得られた知見を基にした、今後 NetForum に必要な将来拡張について述べる。

2. インタースペース

2.1 インターネット版インタースペース

筆者らが開発しているインタースペースは、3 次元 CG で構築された仮想空間を、各利用者がアバタとして

出現することによって共有するためのプラットフォームである。LAN 内のプロトタイプシステムから始まり、96 年ごろから、一般的なモデムを用いたダイヤルアップ接続によってインターネットを利用するエンドユーザを対象にしたインターネット版インタースペースの開発を行ってきた。このインターネット版インタースペースを開発するシステムデザインとして、最も重要な点として考えていたものに以下のことがある。

- (1) 特別なハードウェアを必要とせず、すべてソフトウェア処理で実現すること
- (2) コミュニケーション空間の増加に対応できるスケラブルなサーバーアーキテクチャを実現すること
- (3) 狭帯域ダイヤルアップ接続でも利用可能なリアルタイム映像・音声通信機能を実現すること
- (4) 音声通信において最低 2 人のミキシングを実現すること
- (5) コンテンツ作成を容易にするため、高機能かつ使いやすいスクリプト言語を用いたコンテンツフレームワークを提供すること
- (6) インターネット上の他の技術をインタースペースに容易に統合可能にすること

以上の点に留意したシステムデザインの結果、インターネット版インタースペースが開発された。インターネット版インタースペースのシステム構成、システム画面例をそれぞれ図 1、図 2 に示す。

上記システムデザインのうち、クライアントサイドから見て特に重要な機能として、(3)、(4)、(5) があげられる。インタースペースの最も重要な特徴である映像・音声によるコミュニケーションの統合は当然のことながら、サービス展開のうえでさまざまなコンテンツを構築可能であることが重要である。このことから、(5) にあげられたコンテンツ構築のためのスクリプト言語 (インタースペーススクリプト) は、この点において重要な役割を担っている¹⁰⁾。NetForum は、インタースペースにおけるこれらのコア技術を応用し、インタースペーススクリプトを用いて構築されている。このため、スクリプトを編集することによるカスタマイズを可能にし、個々のニーズに対して対応することが可能である。

2.2 NetForum プロトタイプシステム

2.2.1 インタースペースのデスクトップ会議への適用

インタースペースは「3 次元共有仮想空間通信システムを構築するためのプラットフォーム」という側面を持つため、「どんな分野にも適用可能」でなくてはな

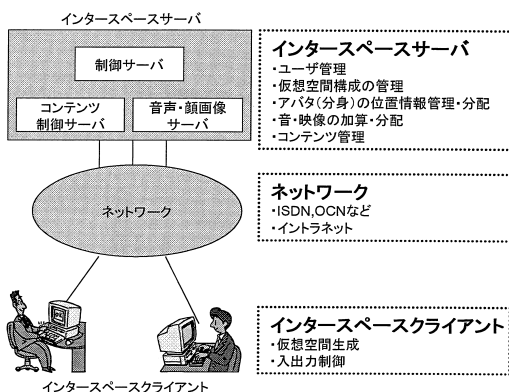


図1 インタースペースシステム構成
Fig.1 InterSpace system configuration.



図2 インタースペースシステム画面例
Fig.2 An example of InterSpace system.

らなかった．しかしながら，適用分野によっては，長所・短所が存在する．1つの例として考えられるのが，インタースペースを会議システムとして利用する場合である．インタースペースは，3次元仮想空間を利用者が自由に移動することにより，空間の中の直感的なブラウジング，近づくことによる情報の取得が可能であるが，このように，利用者にとっての自由度が高い反面，会議などに応用した際に，複数の利用者同士が適切な位置で向かい合って会話することが困難であることや，視線方向の変化によって相手顔画像が隠れてしまうことなどの欠点があった．これらの欠点は，実際に社内においてインタースペースをデスクトップにおける遠隔会議システムとして利用した際に指摘されたことであり，遠隔会議向けのシステムとして，より使いやすいシステムを作成することが必要であった．これらのニーズが，NetForum 作成につながったといえる⁶⁾．

2.2.2 NetForum デザインコンセプト

NetForum の当初の開発目標としては，インタースペースの持つ「利用者の自由度」をある程度諦める反面，より分かりやすいインタフェースを備え，会議システムを構築することを目標とした．具体的には，3次元仮想空間での移動をなくし，アバタ表現を簡素化することにより，会議目的に特化した，利用者同士のコミュニケーションをより重視するシステムとした．なお，ここで述べている会議とは資料などを利用して行う会議ではなく，参加者同士がすでに互いを知っており，気軽に話し合いながら，意見調整を行う程度の会議を想定している．このため，NetForum の想定される利用目的としては，あくまで Face-to-Face 会議を補助するための簡易型デスクトップ会議システムであるといえる．

NetForum のデザインコンセプトは以下の3種類に集約される．

(1) 簡易型アバタ表現

インタースペースでは，アバタと呼ばれる人型の3次元CGモデルが仮想空間の参加者となり，顔の部分にリアルタイムの顔映像を貼り付けることにより，コミュニケーションを可能にしている．しかしながら，前述したように，利用者は，仮想空間内を自由にウォークスルーすることが可能であるため，会議などにおいて，利用者同士が適切な位置で向かい合うことが困難である．そのため，NetForum においては，利用者のアバタ表現を正面向きの簡易型アバタアイコンとして表示することにより，他の利用者の顔画像認識を容易にした

(2) アバタジェスチャ

インタースペースは，ボタン操作による，アバタのジェスチャ機能を有している．公開実験においても，アバタジェスチャを多く利用されていることもあり，会議においてもアバタジェスチャによる意思表示を容易にすることが，コミュニケーション促進になると考え，体アイコンのテキストチャを変更することによる簡易型アバタジェスチャ機能により，会議進行の補助手段を実現した．NetForum においてもインタースペースと同じように，各々の種類のジェスチャに対応したアバタジェスチャボタンを用意し（図3参照），利用者がそのボタンを押下することによりアバタジェスチャを可能とするといった簡単なインタフェースを実現した．

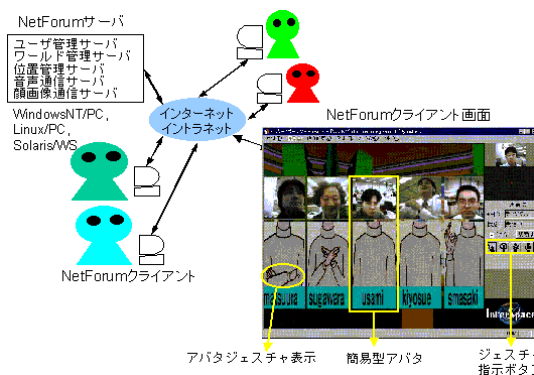


図3 NetForum システム構成

Fig. 3 NetForum system configuration.

(3) アバター一覧性

(1) と同様の理由によって、すべての参加者を自分の視野内に収めるようにすることは困難である。そのため、会議参加者のアバタの一覧性を確保するために、参加人数に制限を与えた（最初のデザインでは最大参加人数は 6 人）。

以上のデザインコンセプトにより開発された NetForum の画面例を図 3 に示す。

NetForum は、インタースペースの提供するコンテンツフレームワークであるインタースペーススクリプトを用いて作成されており、スクリプトを変更、または追加することによって、さまざまなカスタマイズが可能である。たとえば、現在は 1 つの会議空間に対する参加人数は最高 6 人までであり、利用可能なジェスチャも「挙手」「賛成」「反対」「思案中」の 4 種類となっているが、スクリプトに変更を加えることにより、2 人用の部屋の作成や、ジェスチャの変更・追加などは容易にカスタマイズすることが可能である。

3. 評価実験

3.1 実験概要

NetForum と他システムとの比較を行うため、比較実験を行った。被験者は、当研究所に勤務する研究者 16 人である。実験は、4 人 1 組で 2 回行い、以下の 3 種類の異なる環境におけるコミュニケーション評価を行った。

(1) PictureTel 社 PictureTel.330 NetConference¹¹⁾ をサーバとし、Microsoft 社製 NetMeeting¹²⁾ をクライアントとしたテレビ会

議環境

(2) リフレクタをサーバとし、WhitePine 社製 CU-SeeMe¹³⁾ をクライアントとしたテレビ会議環境

(3) NetForum を用いたテレビ会議環境

特に、NetForum を用いた環境において、映像品質の差による影響を評価するために、ISDN (64 kbps) 程度の狭帯域ネットワークでの利用を想定して、映像品質の変更を会議途中で行い、その差についての評価を行った。

それぞれの環境における機能比較を表 1 に、それぞれの実験環境における画面イメージを図 4 に示す。

NetForum や CU-SeeMe は相手の映像を見て、話を行いながら会議を行うことを目的としているのに対して、NetMeeting は H.323, T.120 などの標準技術を実装することで、他社製品との相互接続性を確保し、機能としては、資料の共有や共有電子黒板などの支援ツールが充実しており、データを共有しながら資料を利用して行う会議を目的としているため、若干設計思想が異なる。そのため、今回の実験の位置付けおよび評価対象としては、資料などを利用しない会議に範囲を限定し、既知の人間との簡易デスクトップ会議に対するあくまで補助的なツールとしての会議システムに関する評価を行う。

実験の話題としては、フォーマルな形態での会議を想定したもの、インフォーマルな形態での会議を想定したものの 2 種類を用意し、会議時間は各 5 分とした。資料などは利用せず、参加者はすでに互いを知っている状態で行った。また、それぞれの形態の会議において、以下の差別化を行った。

- フォーマルな会議：被験者のうちの 1 人をあらかじめ司会者に任命し、研究開発方針などの比較的フォーマルな話題について話し合いを進めてもらう。
- インフォーマルな会議：特に司会者は設けず、話し合いの自然な流れに任せ、話題としては、休みの過ごし方、旅行先などの身近な話題とする。

被験者は実験前にシステムの機能概要についての説明を受け、上記 2 種類の会議について、3 種類の異なる環境において行い、計 6 種類について実験を行った。実験データとして、以下の 3 種類のデータを抽出した。

(1) 実験の様子をビデオ撮影したビデオデータ
被験者の発話状態の評価に利用

PictureTel.330 NetConference[®] は、米国 PictureTel Corporation の登録商標です。

NetMeeting[®] は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標または商標です。

CU-SeeMe[®] は、Cornell Research Foundation, Inc の登録商標です。

表 1 比較実験構成
Table 1 System comparison.

	NetMeeting	CU-SeeMe	NetForum
映像の一覧性	×	○	○
音声 ミキシング	○ (同時発話は 2 人まで)	○	○ (同時発話は 2 人まで)
アバタ ジェスチャ	×	×	○ (挙手・同意・反対・思案中)
話者認識	△ (話者自動認識による表示) (話者 1 人のみ)	×	○ (話者アイコン表示) (複数人対応)
ビデオコーデック サイズ	H.263 (176×144)	M-JPEG (160×120)	JPEG ベース独自方式 (160×120 / 80×60)
フレームレート	6 fps	6 fps	4 fps / 6 fps
音声コーデック	G723.1(6.4kbps)	DigiTalk(8.5kbps)	GSM

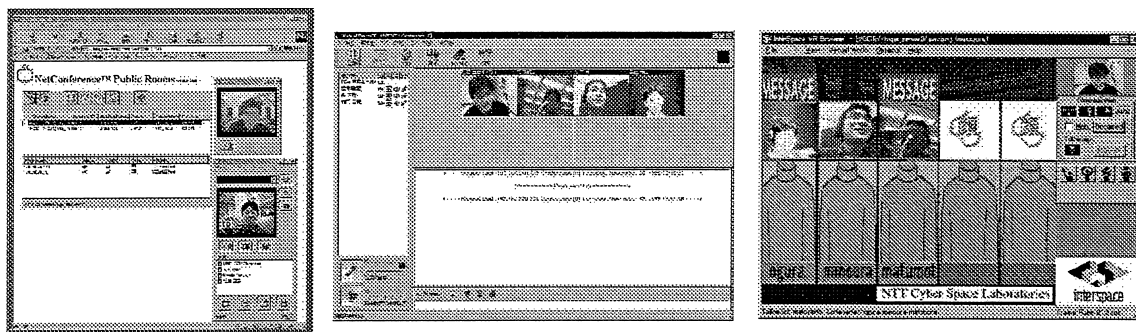


図 4 実験環境画面イメージ
Fig. 4 System images in experiment.

(2) ジェスチャログ (NetForum のみ)

NetForum のスクリプトを変更することにより、ジェスチャボタンを押下された際にジェスチャの種類をログとしてファイルに残すコードを追加し、NetForum におけるジェスチャ利用頻度の評価に利用

(3) 実験終了後のアンケート

それぞれの項目について、5 段階評価を行う部分と、それに対する理由を記述する自由記述部分からなる。

アンケートでは、以下の項目について評価を行った。

- (1) 話者特定の容易さ・話者認識機能の有無による影響 (フォーマル/インフォーマル)
システムによって、話者認識機能の有無の差があり、さらに話者認識可能人数の差も存在する。この差がコミュニケーションにどう影響するか？
- (2) 顔映像品質による影響
システムにより映像品質に差がコミュニケーションにどう影響するか？ また NetForum については、狭帯域ネットワークの利用を想定して、解像度を 160×120 から 80×60 の 1/4、フレームレートを 6 fps から 2 fps の 1/3 にした

場合にコミュニケーションにどう影響するか？

(3) 顔映像一覧性の有無による影響

NetMeeting は、話者表示として、サーバが話者を自動認識し、クライアントにおいて話者の映像のみを表示する機能がある。一方、CU-SeeMe と NetForum は参加者全員の映像を一覧できるレイアウトをとっており、この差がコミュニケーションにどう影響するか？

(4) 音声品質による影響

音声コミュニケーション品質の差がコミュニケーションにどう影響するか？

(5) 顔映像内ジェスチャによる影響

コミュニケーションにおける身体的ジェスチャが頻繁に利用されるかどうか、さらに利用される場合は、映像によってそれが伝わっているかどうか？

(6) アバタジェスチャによる影響

NetForum は簡易アバタ表現において、身体的ジェスチャをシミュレーションする機能があるが、これがどのように利用されるか？

(7) 全体評価

コミュニケーションの形態によって、3 種類の

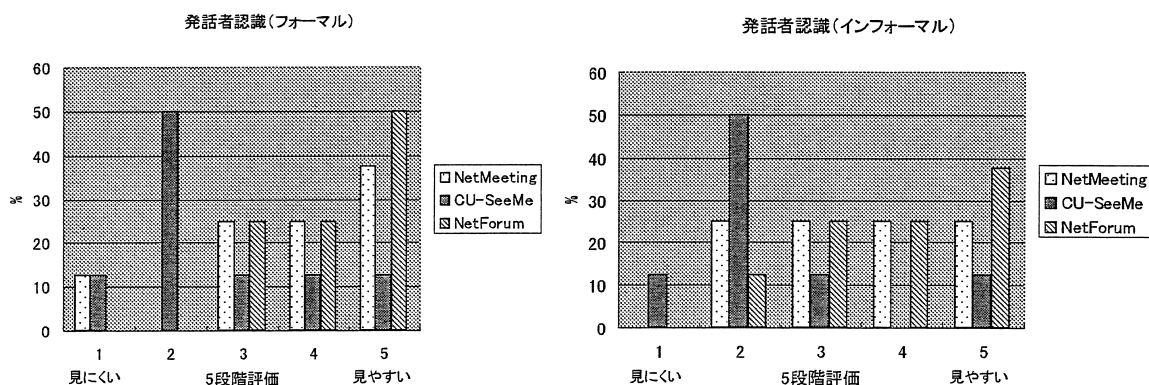


図 5 発話者認識評価結果
Fig. 5 Result of speaker detection.

テレビ会議システムのどれが最適か？

3.2 実験結果

(1) 話者特定の容易さ・話者認識機能の有無による影響

フォーマル・インフォーマルコミュニケーションにおける発話者の特定のしやすさについての評価結果を図 5 に示す。

話者認識機能としては、フォーマル・インフォーマルともに同様の結果が得られ、映像内に話者特定機能を持つ NetMeeting, NetForum が使いやすいという結果が得られた。

(2) 顔映像一覧性の有無による影響

被験者の多くから、一覧性があるほうがコミュニケーションはとりやすいという結果が得られたが、コミュニケーションの用途、特にフォーマルな形態においては、話者を自動認識し、表示する機能を持つ NetMeeting が適しているという意見もあった。しかしながら、円滑なコミュニケーションのためには、話者以外の様子をうかがえる映像一覧機能が重要であることが示唆され、特にインフォーマルコミュニケーションにおいては、それが顕著であるという結果が得られた。結果として、参加者映像の一覧性があり、さらに複数人に対応した話者認識機能を持つ NetForum が最も使いやすいという意見が大半を占めた。

(3) 顔映像品質による影響

NetForum 以外のシステムにおける映像品質に関する評価結果を図 6 に示す。結果としては、映像品質は NetMeeting が高いという意見が多かった。これは NetMeeting 以外の 2 システムでは、参加者全員の映像を表示するため、参加者 1 人の映像については帯域を抑えているため、フレームレートが低いことも影響していると考えられる。

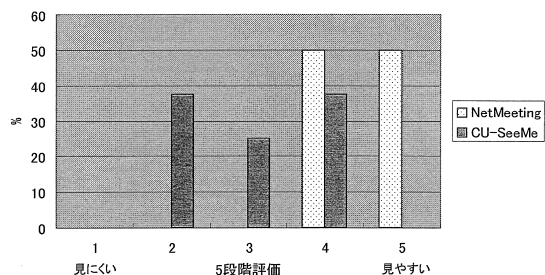


図 6 映像品質評価結果
Fig. 6 Result of video quality.

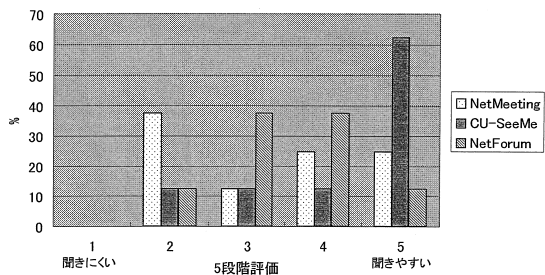


図 7 音声品質評価結果
Fig. 7 Result of voice quality.

NetForum の映像品質については、会議途中で映像品質を変更することにより、2 種類の映像品質を比較した。結果としては、予想どおり高解像度が良いという結果が得られたが、解像度よりもフレームレートを重視する記述が多く見られ、利用者の動きを伝える部分がより重要であることが示唆された。

(4) 音声品質による影響

それぞれのシステムにおける音声コミュニケーションに対する評価結果を図 7 に示す。

音声に関しては、CU-SeeMe の品質が高いことが指

摘された．この結果に関しては他の 2 つのシステムに対して CU-SeeMe だけサンプリングレートが高いためであると考えられる．

(5) 顔映像内ジェスチャによる影響

上述したように，NetMeeting の映像品質が優れており，参加者の上半身映像が認識可能であったため，映像内ジェスチャの認識は NetMeeting が可能であるという結果が得られた．しかしながら，映像内の多くは顔部分のみが表示されることもあり，今回の実験では積極的な身体的ジェスチャが利用された場面はあまりなかった．また，映像のみを表示するシステムにおいては，映像に対する注目度がさほど高くないことも指摘された．

(6) アバタジェスチャによる影響

NetForum を用いた実験（2 種類の会議で計 10 分）において，ジェスチャの利用は 1 人あたり平均約 27 回であった．それぞれの種類のジェスチャ利用状況についての評価結果を図 8 に示す．

映像とアバタジェスチャを組み合わせたコミュニケーション表現については，多くの被験者からコミュニケーションしやすいという回答が得られ，被験者全員がアバタジェスチャを利用した．図 8 に示されたように，多く利用されたジェスチャは「賛成」と「挙手」であり，意見を促す際に利用されるほか，音声接続の確認

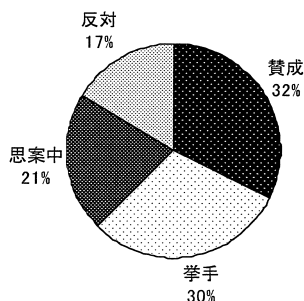


図 8 NetForum アバタジェスチャ利用割合の結果
Fig. 8 Result of gesture usage.

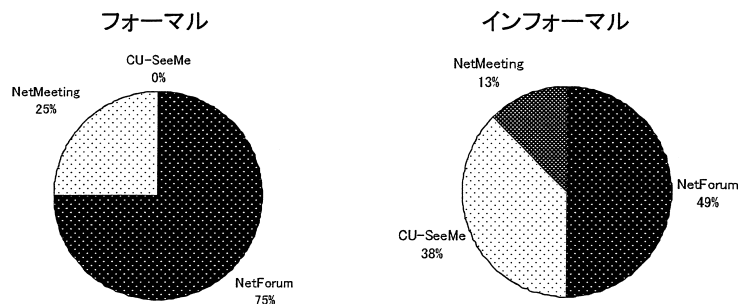


図 9 全体評価結果（システム支持率）
Fig. 9 Result of overall evaluation.

などにもジェスチャが多く利用された．ジェスチャの種類についても現在の 4 種類で十分という回答が多かったが，「だらける」「寝る」などのどちらかというインフォーマルコミュニケーションに利用価値が高いジェスチャを追加すべきという声もあった．これについては，多くの被験者が，会議の種類・雰囲気に依存するという回答であった．

(7) 全体評価

フォーマル・インフォーマルにおける全体評価結果を図 9 に示す．全体評価として得られた知見としては，あくまで簡易な多地点テレビ会議システムとしたものであるが，既知の人間同士のフォーマル・インフォーマルコミュニケーションとも NetForum の優位性が検証でき，特にフォーマルなコミュニケーションにおいて優位性が検証できた．

4. 考 察

ここでは，前記した実験結果を基にした NetForum の評価について述べる．

● 映像通信について

現在の映像品質はネットワーク帯域の制限から画質・フレームレートとも高いものではない．しかしながら，ある程度の品質の顔映像を見ながら打ち合わせをできる点は，心理的な安心感につながり，非常に有益であったといえる．特に参加者映像の一覧性については，現在話題に積極的でない参加者に対する注目も促す点において重要であることがうかがえた．また前述したように，CU-SeeMe において，映像への注目度がさほど高くなかったという意見を鑑みるに，NetMeeting における自動話者変更，NetForum における話者アイコン表示，またアバタジェスチャ機能などの「動き・流動性」が，話者映像に対する注目に寄与していることが考えられる．

- 話者認識機能について
今回の実験で利用した3種類のシステムのうち、NetMeetingとNetForumが話者認識機能を有しているが、予想以上にこの機能が重要であることが確認できた。映像の解像度が低いことから、映像から口の動きを察知して話者を確認するには至らないため、このような補助的機能が重要となったと考えられる。NetMeetingにおいては、話者検知による表示画像の切り替えを行って話者表示を行うが、発話者が複数人いた場合の切り替えが困難であることや、切り替えの際のタイムラグがあったため、複数人に対応したアイコン表示を採用したNetForumの話者認識機能が有効であった。
- 音声通信について
インタースペースのコア技術として持っている音声通信機能では、2人までのサーバ側ミキシングが可能であり、他利用者の発話中に割り込めることが可能である。実験を撮影したビデオ映像から見ても、特にインフォーマルコミュニケーションにおいては、複数人による意見が重なってしまう状況が多く見られ、この機能は非常に有効であった。しかしながら、2人という制限があることは否めず、4人程度の会議を行う際においても、たびたび発言音声の落ちが生じた。このことから、参加者全員の音声ミキシングが可能でない場合は、会議進行を促す司会役を立て、意見・質問を適宜促すといった形式であるフォーマルな形態のコミュニケーションに、より適しているということがいえ、ブレインストーミング的な意見を言い合う形式の会議を効果的に行うことは現時点では困難であるといえる。音声品質に関しては、NetForumはインターネットでの利用を想定して、狭帯域向けのコーデックを利用しているため、LAN環境で行われた今回の実験においては、単純な比較が困難であった。今後、インターネットに代表されるような狭帯域ネットワークにおける同条件での比較実験を行うことで、実際の利用形態を想定した比較が行えんと考えられる。
- 簡易アバタ表現・アバタジェスチャについて
NetForumでは、正面向きの2次元的なアイコンを組み合わせた簡易アバタ表現を採用しており、顔画像部分、ジェスチャ用上半身部分、ログイン名表示部分から構成される。実験結果で記したとおり、アバタジェスチャは非常に活用されており、特に司会者をたてて行うフォーマルコミュニケーションにおいて、挙手、賛成、反対ジェスチャは

非常に有効であった。具体的には、司会役が意見を促す際に、発言に先立ってまず挙手ジェスチャを要求する場面や、音声がつながっているかどうかの確認に対する返答などにアバタジェスチャを利用する場面が多く見られ、ボタンクリックによる簡易アバタジェスチャ機能が非常に有効であったことが検証できた。

5. 将来拡張

前章で述べた比較実験の結果、簡易的なテレビ会議においては、NetForumの機能が有効であることを検証できた。そこから得られた知見を基にした改良点、および今後より使いやすいシステムとして必要な機能として、現在以下の拡張を考えている。

● 音声通信機能の拡張

現在NetForumは、映像通信についてのみ、ネットワーク帯域によって解像度・フレームレートを変更する機能を有している。今後、別の種類の音声コーデックに対応することにより、利用するネットワーク帯域によってコーデックを変更できる機能拡張が必要となる。

● 人数制限機能の拡張

本プロトタイプでは、あらかじめ利用可能人数を6人としてあり(スクリプトの変更によりカスタマイズは可能)、7人目からの利用者に対しては、メッセージを表示して会議室に入室できないようにしてある。しかしながら、会議参加者が6人に満たない場合、会議に直接関係を持たない第三者が入室することが可能になってしまう。そのため、人数が最高利用可能人数に満たない場合でも、会議参加者側から入室制限を可能にする機能が必要となる。このことから、次のバージョンにおいては、会議室の中から参加者が当該会議室に対して「鍵をかける」ことを可能にし、それ以上の利用者が入室不可能な状態にできるようにする。

● ロビー機能(待合室、鍵機能)

プロトタイプでは、打ち合わせを行う事前に、どこの部屋で打ち合わせを行うか定めていた。今後企業イントラネットでの利用向け、またインターネットプロバイダによる会議室時間貸しビジネスなどへの対応を考慮した場合、待合室としてのロビーを用意し、そこから各会議室の利用状況などを視覚的に表示する機能が必要とある。そのため、会議参加者がいったん集まる場所としてのロビーの中に、各会議室へ通じるドアアイコンを用意し、そこから直接個々の会議室へ入室できるようにす

るとともに、さらに各会議室の利用状況を視覚的に表示ため、前述した鍵の表示機能を用意する。

● アバタ変更機能

インタースペースは、あらかじめ用意した複数のアバタモデルの中から自分の好みのアバタを選択できる機能を持っている。しかし、NetForum プロトタイプにおいては、アバタ表現中のジェスチャを行う上半身部分のイメージについては参加者全員で共通であり、区別することができなかった。そのため、利用可能な上半身イメージを増やし、会議室中でそれを変更できる機能を追加することによって参加者個々人の認識を高める。

● Web 閲覧・資料閲覧・共有描画機能

今回は資料などを利用しない会議を想定したが、資料を利用する会議についても考えていく必要がある。打ち合わせに必要な資料として、Web ページ、プレゼン資料などが考えられる。今回評価実験で利用した Microsoft 社の NetMeeting に代表されるように多くのシステムは、これらの資料の共有、さらに資料に対する共同描画機能を有している。NetForum においても、ブラウザ内における Web 閲覧、資料閲覧、共有描画機能が必要となる。

● 標準対応¹⁴⁾

Microsoft 社の NetMeeting に代表されるように、多くのシステムが H.323, H.120 などの標準規格をサポートし、相互運用を 1 つのメリットとしている。しかしながら、NetForum はインタースペースのサーバ・クライアントアーキテクチャに依存しているため、これらの標準規格と相互運用性を持たせることは困難である。今後他システムの相互運用性を増すためにも、これらの標準対応が必要になると思われる。

6. おわりに

本論文では、簡易型多地点テレビ会議システムである NetForum についてプロトタイプシステムデザイン、類似システムに対する比較実験による評価、将来拡張について述べた。NetForum は、インターネットなどの狭帯域ネットワークにおいて、多地点での映像・音声通信を用いた会議を可能にし、さらにスクリプト通信を用いることによって、アバタジェスチャなどの機能を実現し、スクリプトを編集することによるカスタマイズを容易にしている。比較実験による評価の結果、会議参加者映像の一覧性、話者認識のための補助的機能、コミュニケーションの手助けとなるアバタ

ジェスチャ機能が有効であったことが検証できた。今後、前述した拡張項目を基本にし、新しいバージョンの NetForum システムの構築、および特に狭帯域ネットワーク上における利用を想定したシステム評価、および製品化を行うつもりである。

謝辞 最後に、NetForum の拡張・製品化（製品名 LiveMeetingTM 15））に関して多大なる協力をいただいている宇佐美潔忠氏（NTT ソフトウェア）に深謝いたします。また、実験に協力していただいた被験者の皆様に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Sugawara, S., Suzuki, G., Nagashima, Y., Matsuura, M., Tanigawa, H. and Moriuchi, M.: InterSpace: Networked virtual world for visual communication, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E77-D, No.12, pp.1344-1349 (1994).
- 2) 村上清浩ほか：音声と顔画像ベースの 3 次元仮想空間におけるユーザの行動およびコミュニケーションの分析、サイバースペースと仮想都市研究会, CSVC 99-2, pp.7-12 (1999)
- 3) <http://CyberSociety.elcs.intsp.or.jp> (2000 年 1 月現在).
- 4) 醍醐利光：発表相次ぐパソコン TV 会議システム、コンピュータ&ネットワーク LAN, No.10, pp.77-82 (1995).
- 5) 岡田謙一、松下 温：静止画像を用いた狭帯域ネットワーク用多地点会議システム、情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2762-2769 (1998).
- 6) 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).
- 7) Vertegaal, R.: GAZE: Visual-Spatial Attention in Communication, CSCW'98 Video Program (Nov. 1998).
- 8) <http://biztech.nikkeibp.co.jp/biztech/usnews/article/19990415/16.shtml> (2000 年 1 月現在).
- 9) 松浦宣彦、菅原昌平、正木茂樹：インタースペースの発展と応用、サイバースペースと仮想都市研究会, CSVC99-12, pp.25-30 (1999).
- 10) 菅原昌平、松浦宣彦、宇佐美潔忠、箕浦大祐、井上雅之、松本敏宏：インタースペースにおけるコンテンツ作成技術、NTT R&D, Vol.47, No.4, pp.471-482 (1998).
- 11) <http://www.pictel.co.jp/pub/Products/pictel330.htm> (2000 年 1 月現在).
- 12) <http://www.microsoft.com/JAPAN/windows/netmeeting/> (2000 年 1 月現在).
- 13) http://www.jp.wpine.com/products/cusm_pinfo.htm (2000 年 1 月現在).
- 14) T.120/H.323 の概要と将来展望、日経インター

ネットテクノロジー (Jan. 1998).

15) <http://www.lm.elcs.intsp.or.jp/> (2000 年 1 月現在).

(平成 12 年 1 月 12 日受付)

(平成 12 年 9 月 7 日採録)

推薦文

本論文は、グループウェアの重要なアプリケーションである多地点テレビ会議システムに関するものである。本論文において、筆者らは、3 次元共有仮想空間通信システムであるインタースペースに関する経験を基に、多地点テレビ会議に適用した際の問題点の抽出、およびシステムとしての具現化を行い、また類似システムとの比較実験によって得られた知見、および有用な結果を提示しており、今後のデスクトップテレビ会議システムに関する研究活動に大きな指針を与えるものである。よって、本論文をグループウェア研究会推薦論文として推薦いたします。

(グループウェア研究会主査 岡田謙一)



松浦 宣彦 (正会員)

平成 6 年慶應義塾大学理工学部大学院博士課程修了。工学博士。同年 NTT ヒューマンインタフェース研究所入社、以降、サイバースペースにおけるコミュニケーション、ユーザインタフェース、空間構築手法等の研究に従事。現在、NTT 東日本通信機器事業部第二商品部第 1 プロジェクト担当課長。電子情報通信学会、ACM 各会員。



松本 敏宏

平成 8 年 3 月名古屋大学人間情報学研究科修士課程修了。現在 NTT サイバースペース研究所メディア通信プロジェクトにて、主にサイバースペースにおけるインタフェース開発および、ビジネス適用研究に従事。



清木 梯之 (正会員)

昭和 58 年九州大学工学部電気工学科修了。同年電電公社入社。ヒューマンインタフェース研究所画像情報メディア研究部、企業通信本部システムインテグレーション部等を経て、現在 NTT 東日本通信機器事業部第一商品部第 2 プロジェクトマネージャ。文書画像処理、動画画像ハンドリング、3 次元サイバースペース内でのコミュニケーション場の提供等の研究に従事。電子情報通信学会、日本バーチャルリアリティ学会各会員。



菅原 昌平

昭和 52 年早稲田大学理工学部数学科卒業、昭和 54 年同大学院理工学研究科修士課程 (数学) 修了。同年日本電信電話公社入社。以降、LAN 制御方式、ワークステーションの表示制御・LAN 制御の研究実用化、サイバースペース・サービスの研究開発を行う。現在 (株) NTT データ開発本部にて UI 関連の開発に従事。電子情報通信学会各会員。



正木 茂樹

昭和 50 年東北大学工学部通信工学科卒業。昭和 55 年同大学院情報工学専攻博士課程了。同年、日本電信電話公社 (現 NTT) 入社。以来、横須賀電気通信研究所、ヒューマンインタフェース研究所、サイバースペース研究所等にて、画像処理・画像通信技術、画像応用システム、マルチメディア通信システム、仮想空間コミュニケーションシステムの研究開発に従事。工学博士。1999 年 12 月から、NTT アイティ (株) IT ソリューション事業部にて、ソリューションビジネスを推進。編著書に、「デジタルビジュアル技術」(電気通信協会、2000)。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、画像電子学会、IEEE 各会員。