

# 静止画を用いた WWW 上でのコミュニケーション支援システム

小川 剛史<sup>†</sup> 塚本 昌彦<sup>††</sup> 西尾 章治郎<sup>††</sup>

本論文では、WWW 技術を用いて人々のコミュニケーションを支援するシステムについて述べる。システムの実装には、筆者らが提案している擬似 3 次元空間構築手法 IBNR (Image-Based Non-Rendering) を用いた。IBNR は、現実空間を撮影した風景写真の背景にユーザが利用するアバターの画像を合成して擬似的な 3 次元空間を表現する手法である。一般に、現実空間におけるコミュニケーションでは、場所が重要な要素の 1 つとなっていることが知られている。本論文では、実写画像を利用している IBNR をマルチユーザ化することで、場所性を考慮したコミュニケーションを実現した。また、構築したシステムでは、IBNR で構築した擬似 3 次元空間がシーンの集合であり、各シーンが部分的な空間を表現していることに注目して、空間のつながりを考慮したコミュニケーションを実現している。特に、シーンのつながりを考慮して空間を提示することに注目している。さらに構築した共有擬似 3 次元空間を利用したコミュニケーションの方法や WWW アプリケーションについて議論する。

## A Communication Support System on WWW Using Images

TAKEFUMI OGAWA,<sup>†</sup> MASAHIKO TSUKAMOTO<sup>††</sup> and SHOJIRO NISHIO<sup>††</sup>

The paper describes a communication support system implemented using web technology, and based on a technique called IBNR (Image-Based Non-Rendering). Essentially participants are represented as avatars overlaid on a photographic image. Communication is via typed-in text displayed in balloons anchored to participants. In general, it is known that location is an important factor in communication which affects the contents and the moods of the conversation. We realize a communication support system which allows communication that depends on the users' location using realworld images. In the implemented system, the relationship among scenes is taken into consideration in the process of communication. We also discuss some communication methods and web applications which utilize this constructed pseudo-3D space.

### 1. はじめに

近年、コンピュータのグラフィックス性能の向上により、さまざまな場面で 3 次元仮想空間が利用され、人々のコミュニケーションや協調作業、遠隔作業などを支援する研究がさかんに行われている<sup>2),3),9)</sup>。また、インターネットで公開する仮想美術館やゲームなどにも 3 次元空間は積極的に利用され、計算機上の 3 次元空間に触れる機会が増加している。一般に、ゲームで用いられているような複雑な 3 次元空間を構築するには多大なコストが必要となり、容易に構築するこ

とはできない。したがって、ユーザは 3 次元アートの会社やゲーム会社などの専門家が構築した 3 次元空間を体験するのみで、自らがそのような 3 次元空間を構築することはほとんどない。また、インターネット上で 3 次元空間を構築するために VRML (Virtual Reality Modeling Language) のような仮想空間記述言語がよく利用されているが、できあがる仮想空間はリアリティの低い空間であることが多く、ユーザに大きな没入感を与えるような空間からは程遠い。

しかし一般ユーザであっても、リアルな 3 次元空間を構築したいという要望が高まっている。たとえば、ある店舗の経営者がインターネット通販を始めるためにサイバーモールに参加する場合や、博物館や美術館をインターネットを通して世界中の人々に紹介したい場合などはその典型である。

そこで筆者らは、デジタルカメラで撮影した写真をもとに、容易に 3 次元空間を構築する手法 IBNR (Image

<sup>†</sup> 大阪大学サイバーメディアセンター  
Cybermedia Center, Osaka University

<sup>††</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻  
Department of Multimedia Engineering, Graduate  
School of Information Science and Technology, Osaka  
University

Based Non-Rendering) を提案した<sup>12)</sup>。IBNR では、デジタルカメラで撮影した写真の背景にユーザの操作するアバタの写真を合成し、ユーザの操作に合わせてアバタ画像のサイズと位置を適切に変更することで、擬似的な奥行き感を表現している。また、各画像をハイパーリンクでつなぐことで広大な空間を実現している。IBNR では 1 人のユーザが、擬似 3 次元空間をウォークスルーすることで、美術館の仮想訪問が実現できる。

IBNR で構築した仮想空間の応用例として、複数のユーザが 1 つの空間に同時に訪れてコミュニケーションや協調作業を行うものが考えられる。そこで本論文では、そのような応用に対するシーン情報管理機構を提案し、IBNR を用いたコミュニケーション支援システム (マルチユーザ IBNR) の実装について述べる。提案機構では、特に空間のつながりに注目し、ユーザ間のコミュニケーションを円滑に行えるように情報管理を行っている。また、これまでの IBNR と同様、既存の WWW サーバと WWW ブラウザのみでシステムを利用できるようにして、システムの構築コストを低いままとした。

以下では、2 章で筆者らが以前実装した IBNR について述べる。3 章では、空間のつながりを考慮したシーン情報管理機構について述べる。4 章では、提案機構に基づいて実装したマルチユーザ IBNR について述べる。5 章では、提案機構およびマルチユーザ IBNR について考察を行う。最後に、6 章で結論と今後の課題を述べる。

## 2. IBNR

IBNR の表示例を図 1 に示す。IBNR では、図 1 に示すように、背景の静止画上にユーザの操作するアバタの静止画を合成している。ユーザの操作に応じて、アバタ画像の表示サイズと表示位置を変更して、静止画上に奥行き感を与え、擬似的な 3 次元空間を構築する。

たとえば、何度か前進キーを入力するとアバタの画像を拡大し、適切な位置へ移動させることで、アバタが前進したように見せる (図 1 (b))。進行方向を変更したい場合には、回転キーを入力すると、アバタの画像が切り替わり (図 1 (c))、前進キーの入力による進行方向が切り替わる (図 1 (d))。アバタが移動を繰り返す、ある位置まで移動すると他の視点から撮影した画像を背景とするシーンに切り替わる (図 2)。このシーン切替えによって空間的な広がりを表現している。このように空間の断片を示すシーンを多数つなぎ合

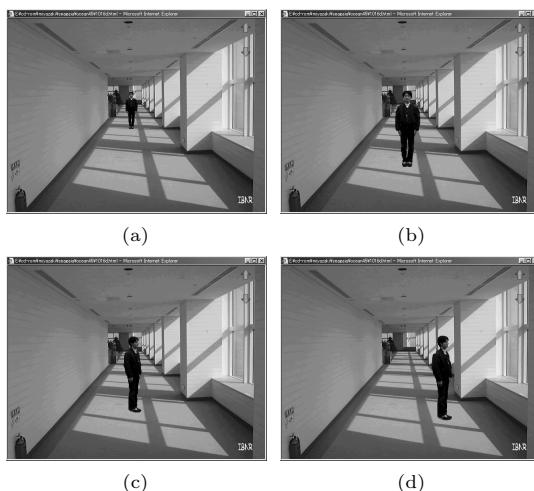


図 1 IBNR : シーンにおけるアバタの移動

Fig. 1 IBNR: Movement of an avatar in an IBNR scene.



図 2 IBNR : 背景切替えの例

Fig. 2 IBNR: An example of a new scene.

わせることで広大な空間を構築する。

各シーンは HTML ベースで構築しており、シーンの独立性が高く、リンク先は普通の WWW ページであってもよいし、異なるバージョンのシーンであってもよい。このシーン独立性により、広大な空間を構築する場合でも、部分的な空間に注目して構築することができるため、仮想空間の構築が効率的に行える。

## 3. 空間のつながりを考慮したシーン情報管理機構

IBNR では、各シーンで独立して空間データの管理およびアバタの管理を行っているため、各シーン間での情報の共有は行っていない。システム全体で全空間の情報を管理するのではなく、各シーンの情報をローカルに管理しているため、低コストで情報の管理・操作が行える。ただし、近くにいる人でもシーンが異なれば、その人の存在に気付かないという問題も生じる。本論文では、この IBNR の特徴と現実空間における情報の伝達方法を考慮したシーン情報管理機構を提案する。

### 3.1 現実空間での情報伝達

人々はコミュニケーションを通して、まず会話の内容を示す言語情報と人の表情やしぐさ、視線、声の抑揚、対人距離などの非言語情報をやりとりしている<sup>4)</sup>。これらの情報から、相手の話題に対する興味の度合いや近くに人が近づいてきたときの人の気配、その場の雰囲気などを感じている。狭い場所に大勢の人がいる場合など、一度に受け取る情報が多い場合には、逆に混乱が生じやすく円滑なコミュニケーションは困難である。しかし、現実には満員電車のような場所でも、適切にコミュニケーションが行っている。これは、現実空間における情報の伝達に特徴があるためである。

現実空間では物陰に隠れている場合を除いて、同じ部屋にいる人の姿は必ず見える。また、人の声は姿が見えない場合でも、必ず聞くことができる。現実空間が連続性を持っており、その空間内を通して光や音が視覚情報や音声情報を伝達するからである。さらに、これらの情報は伝達する距離に応じて減衰する。遠いところに立っている人の姿は小さくぼんやりとしたものとなるし、その人の声も小さくしか聞こえず、聞き取れる情報も減少する。したがって、遠く離れた情報源からの情報には人は惑わされず、コミュニケーションをとることができる。この性質を積極的に利用して、人は自ら欲しい情報には近づき、必要でない情報からは距離をとることで、受け取る情報の取捨選択を行っている。

ベネディクトのサイバースペースの原理<sup>1)</sup>にならぬ、本論文ではこれを情報伝達の原理と呼び、仮想空間を構築するうえでの重要な原理の1つと考える。

### 3.2 シーン情報管理機構の概要

IBNR ではシーン独立性により、隣のシーンに他のユーザのアバタがいたとしてもその姿を見ることができなかった。つまり、シーン独立性と情報伝達の原理は相反する関係にある。情報伝達の原理を実現するためには、シーン間で互いのデータを共有しなければならず、データを統合管理する必要がある。

提案機構では、システム内で全シーンの情報を管理せず、情報伝達の原理に基づくシーン情報の提供を実現するため、伝達度を使用する。伝達度とは、各シーンにおいて定義する変数あり、ユーザの存在や発言がシーン間を伝達する最大ホップ数を示している。たとえば、伝達度2の場合は、そのシーンにおけるユーザの発言が2つ先のシーンまで伝達することを示している。

提案機構では、以下のようにしてシーンの情報管理を行い、ユーザにシーンを提示する。

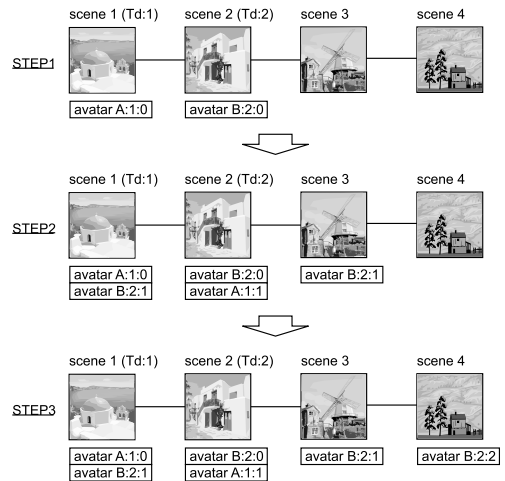


図3 シーン情報管理

Fig. 3 Management of scene information.

- (1) 各シーンでは、直接訪れている(アクセスしている)ユーザの情報を管理する。実際に管理するデータとしては、アバタの移動データや発言したメッセージデータなどである。これらのデータには、そのシーンにおける伝達度を付加しておく。
- (2) 近くのシーンにいるユーザの情報を得るために、隣接するシーンが管理しているシーン情報を取得し、シーン情報として保持する。この際、伝達ホップ数を1増加させる。ただし、伝達度と伝達ホップ数が等しい場合には、シーン情報として保持しない。
- (3) 取得した情報をシーンに提示する。提示する情報は、その情報の伝達ホップ数に基づき、情報の削減を行う。

図3に4つのシーンからなる仮想空間の例を示す。ここでは、シーン1、シーン2の伝達度(Td)はそれぞれ1,2であり、アバタA,アバタBがいる。STEP1では、シーン1,シーン2が自分のシーンにいるアバタについて、伝達度を付加して情報を管理している。図中の“avatar A:1:0”は情報アバタAの伝達度が1,伝達ホップ数が0であることを示す。STEP2において、シーン1,シーン2,シーン3が、隣のシーンから情報を取得し、各情報の伝達ホップ数に1加え、自分のシーン情報として保持している。同様にSTEP3においても隣接シーンからの情報取得を行っているが、伝達度と伝達ホップ数が等しい情報は、それ以上伝達しないことを示しているため、STEP3ではシーン4のみがアバタBの情報を得ている。

このように伝達度を用いることで、ローカルな情報管理を行っている場合でも、隣接するシーンとの情報

交換だけで情報伝達の原理に基づくシーン情報管理が行える。

### 3.3 シーン情報管理機構の設計

本節では、提案機構の設計について説明する。筆者らがこれまでに実装した IBNR は、WWW クライアントのみで実行するシーン表示部、アバタ操作部の 2 つのモジュールから構成されていた。本研究では、これまでの 2 つのモジュールに加えて、シーン情報取得部を、クライアント側のモジュールと連携して WWW サーバ側で動作するシーン情報管理部、隣接シーン情報管理部を実装した。また、これまでのモジュールに関しても拡張を行った。以下では、各モジュールの設計について説明する。

#### [ シーン情報取得部 ]

ユーザの訪れているシーンおよび隣接するシーンの情報を WWW サーバより取得する。さらに、得た情報はシーン表示部に渡す。

#### [ シーン表示部 ]

シーンにおけるアバタの情報および隣接シーンのアバタの情報を基に、シーンを提示する。特に隣接シーンのアバタを表示する場合には、そのアバタの伝達ホップ数が大きくなるに従い、アバタの視覚情報は画像の透明度、彩度の変更、そのアバタの会話情報は、文字サイズを小さくしたり、文章を途中から削除したりするなどして、情報を明示的に削減する。

#### [ アバタ操作部 ]

ユーザのアバタに対して行った操作をシーン表示部に渡す。さらに、その操作を WWW サーバ上のシーン情報管理部へ渡す。

#### [ シーン情報管理部 ]

アバタ操作部より、ユーザのキー操作後のアバタ位置、向き、発言を取得し、シーンに訪れているユーザに関する情報を管理する。シーン内のアバタ情報には、シーンの伝達度を付加することで、その情報の伝達範囲を制限する。また、情報の発信源を特定するためにシーンの ID も付加する。

#### [ 隣接シーン情報管理部 ]

隣接シーンの保持する情報において発信源が自分のシーンでなく、かつ伝達度より伝達ホップ数が小さいものを取得し、伝達ホップ数を 1 増加させる。これらの情報は、WWW クライアントのシーン情報取得部に渡される。

### 3.4 シーン情報管理機構の実装

本節では、前節の設計に基づいたシーン情報管理機構の実装について述べる。

#### [ シーン情報取得部 ]

```
http://InfoRegister.asp?
uID=1&sID=101&x=120&y=50&dir=1&msg=Hello
```

図 4 シーン情報登録 URL の例

Fig. 4 An example of a URL for registration of scene information.

HTTP の GET メソッドを用いて、シーン情報の書かれた HTML ソースを取得する。空間データは HTML ソース内において、〈SCRIPT〉タグ内に記述されたスクリプトの変数として記述している。HTTP ではサーバからの情報プッシュが行えない。そのため、できる限りリアルタイムに他のユーザ情報を取得し、その行動をシーン上に反映するために、この HTML ファイルを〈META〉タグ内の HTTP-EQUIV 属性を利用して定期的にリロードする。

#### [ シーン表示部 ]

各アバタの伝達ホップ数に基づいて、情報を削減しアバタを表示する。アバタ画像については、style シートの “filter:Alpha()” 関数を使って透明度を変更したり、黒く塗りつぶした画像に変更したりして、どのアバタであるかの判別は困難にし、人の存在だけを表現する。メッセージについても、テキストで表示している場合には、〈font〉タグの size 属性を変更し、発言内容の確認は困難にして、発言していることだけが分かるようにする。

#### [ アバタ操作部 ]

ユーザによるアバタ操作に関する情報は、シーン情報を登録する Web ページに対応する URL の引数として付加する。図 4 に、シーン情報を登録する URL の例を示す。“http://InfoRegister.asp” はシーン情報登録用ファイルの URL を示している。

#### [ シーン情報管理部 ]

ユーザがアバタを移動させるごとにユーザ操作部は、シーン情報管理用ページをアクセスする。シーン情報管理部はこの URL の引数からアバタ情報を取得し、シーン内の情報として保存する。表 1 にシーンが管理するアバタ情報の例を示す。たとえば、1 つ目のタプルはユーザ “ogawa” は、伝達度 1 のシーン 101 に、URL を “http://www.abc.def/avatar1” とするアバタファイルを用いて、座標 (120, 50) の位置に向き 1 で立ち、“Hello” と発言していることを示している。

#### [ 隣接シーン情報管理部 ]

隣接シーンの ID から、隣接シーンにアクセスし、そのユーザ情報を取得する。表 1 の例では、シーン 101 に隣接するシーン 102 および 103 より情報を取得し、得た情報の伝達ホップ数を 1 に変更して保持して

表 1 アバタデータの例：シーン 101  
Table 1 An example of avatars' data: scene 101.

ID	Name	Avatar file	SceneID	Td	Td_h	X	Y	Dir	Msg
1	ogawa	http://www.abc.def/avatar1	101	1	0	120	50	1	Hello
2	nakao	http://www.abc.def/avatar2	101	1	0	100	70	7	Hi
3	tsukamoto	http://www.abc.def/avatar3	102	1	1	10	20	5	
6	nishio	http://www.abc.def/avatar4	103	2	1	210	135	2	

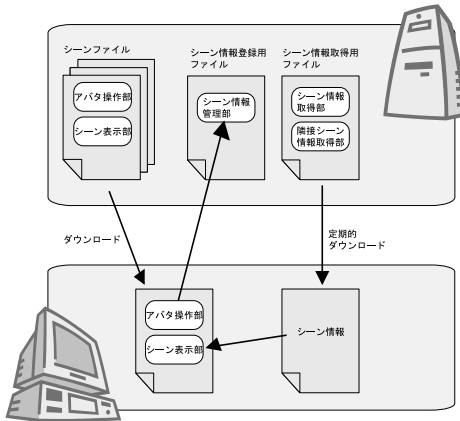


図 5 マルチユーザ IBNR システムの概要  
Fig. 5 The multi-user IBNR system.

いることを示している。

#### 4. マルチユーザ IBNR

提案機構に基づいて、IBNR を用いたコミュニケーション支援システム、マルチユーザ IBNR を実装した。

図 5 にシステムの概要を示す。各モジュールは ASP ファイル上に記述しており、クライアント側で動作するモジュールはそのモジュールを含むファイルを WWW クライアントがダウンロードした後、実行される。シーンデータの例を図 6 に示す。

〈% %〉タグには、サーバで処理するための変数を記述しており、ここでは、隣接するシーンの ID として URL を書いている。また、クライアントで実行するモジュールは 〈SCRIPT〉タグ中の "ibnrmu.asp" に記述している。

図 7 から図 13 にマルチユーザ IBNR の画面表示例を示す。図 7 のログイン画面では、ログイン名を入力し、利用するアバタを選択する。あらかじめ、6 人のアバタを用意している。ウィンドウ下部のテキストボックスで、URL を直接指定して独自のアバタファイルを利用することもできる。ログイン後は図 8 のメイン画面上で、アバタを用いてウォークスルーする。Web ページ上のオブジェクト数を動的に変化させるには Web ページを再度ダウンロードする必要がある

```

<%@ LANGUAGE="VBScript" %>
<!-- #include file="header.inc" -->
<%
  Session("UrlL")=""
  Session("UrIF")="DSCF0009.asp"
  Session("UrIR")="DSCF0007.asp"
  Session("UrLB")=""
%>
<HTML><HEAD><SCRIPT LANGUAGE="VBScript">
UrlL=""
UrIF="DSCF0009.asp"
UrIR="DSCF0007.asp"
UrLB=""
BackImg="picture/DSCF0008.JPG"
FloorX=290:FloorY=600
FLX=-78:FLY=568:FRX=646:FRY=568
BLX=250:BLY=292:BRX=414:BRY=292
GateLF=0:GateLB=187:GateFL=0:GateFR=290
GateRF=474:GateRB=600:GateBL=0:GateBR=290
TdL=0:TdF=2:TdR=0:TdB=1
</SCRIPT>
<SCRIPT LANGUAGE="VBScript" SRC="ibnrmu.asp">
</SCRIPT></HEAD>
<!-- #include file="avatar.inc"-->
<!-- #include file="body.inc"-->
</HTML>

```

図 6 ASP ファイルの例  
Fig. 6 An example of ASP file.

ため、定期的にデータ取得用ページをリロードする。

メッセージの入力は、メッセージ入力要求キーを押すと表示されるメッセージ入力ウィンドウ上で行う(図 9)。各ユーザのメッセージは吹き出しを用いてアバタの横に表示し、吹き出しは同じシーンにいるすべてのユーザのブラウザ上で表示される。

同じシーンのアバタはそのまま表示しているが、隣のシーンのアバタは図 10 のようにシーンがリンクしている方向に人影として表示している。人影はリンクの設定場所に等間隔で表示し、隣のシーンにおけるアバタの位置は反映していない。このようにすることで、隣のシーンにおけるユーザの存在のみを示している。メッセージの表示についても同じシーンのユーザのメッセージは普通に表示し、隣のシーンのユーザのメッセージは図 11 に示すように、吹き出しおよびテ

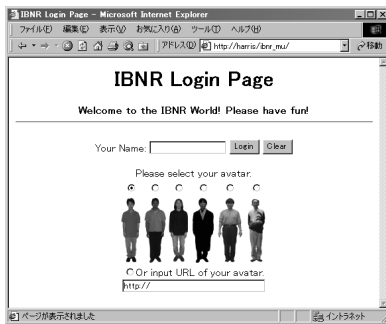


図 7 マルチユーザ IBNR : ログイン画面  
Fig. 7 Multi-user IBNR: The login screen.

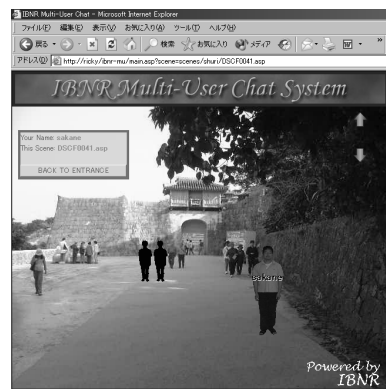


図 10 マルチユーザ IBNR : 隣接シーンのアバタ表示  
Fig. 10 Multi-user IBNR: An avatar in the further scene.

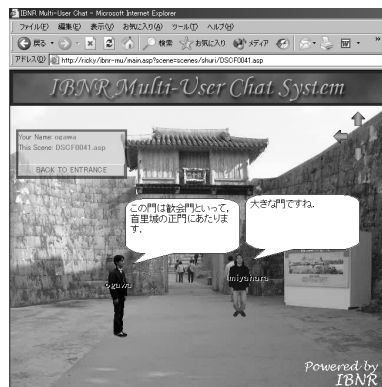


図 8 マルチユーザ IBNR : メイン画面  
Fig. 8 Multi-user IBNR: The main screen.



(a)



図 9 マルチユーザ IBNR : メッセージ入力画面  
Fig. 9 Multi-user IBNR: A message input window.



(b)

図 11 マルチユーザ IBNR : メッセージの表示  
Fig. 11 Multi-user IBNR: A message in a normal voice.

キストのフォントサイズを小さくして表示する。また図 11 (b) に、図 11 (a) の隣接シーンの様子を示す。図 11 (b) のシーンからは、図 11 のシーンの方向が視界に入らないため、吹き出しだけを表示している。発言に関しては、その内容に応じて発言者が意図的に声の大きさを変更することが現実世界でもよくあるため、情報伝達の原理に基づく表示だけでは不十分である。そこでユーザが声の大きさを変更できるようにして、その表示も図 12、図 13 に示すように、その発言の大きさに応じてサイズを変更するようにした。声の大きさの制御は、チャットメッセージにコマンド文字列を付加して行う。用意したチャットコマンドの例を表に示す。ほかにも HTML のタグをメッセージに挿入することで、フォントのサイズや色の変更や

図の挿入、ホームページへのリンクなどをメッセージとして挿入することも可能である。

### 5. 考 察

本章では、本論文で提案したシーン情報管理機構と実装したマルチユーザ IBNR についての考察を行う。



図 12 マルチユーザ IBNR : 大声のメッセージの表示

Fig. 12 Multi-user IBNR: A message in a loud voice.



図 13 マルチユーザ IBNR : 小声のメッセージの表示

Fig. 13 Multi-user IBNR: A message in a small voice.

表 2 チャットコマンドの例

Table 2 Examples of chat command.

!L	大きな声コマンド：隣のシーンで表示される吹き出しおよびテキストのフォントが大きくなる．
!S	小さな声コマンド：隣のシーンで表示される吹き出しおよびテキストのフォントが小さくなる．
!HS ~ !HE	内緒コマンド：!HSと!HEで挟まれた部分を「...」に置換して、他のシーンのユーザからは内容を分からなくする．

### 5.1 提案機構の適用範囲

提案機構では、仮想空間を構成する各部分空間でローカルに管理した情報を基に、部分空間の間でデータ共有を行っている。地球のあらゆる場所で発生する事象をすべて記録し、仮想空間で再現しようとする研究も多く行われているが、このような場合には、全データをグローバルに一元管理することは非常に困難である。各事象が与える影響は、それほど広い範囲に及ぶことはないため、分割した各部分空間で、ローカルに管理するほうが管理コストや空間構築コストから考えて現実的である。独立して管理しながらも、必要

なデータを共有するには提案機構が有効である。また、隣接する部分空間のデータのみを参照すればよいこともコストの削減につながっている。

また、本研究では HTML による記述を基本とする ASP ファイルとして、本機構を実装した。そのため、インターネットや Web ブラウザなど既存のインフラストラクチャが利用でき、システム構築およびシステムの利用にかかる費用や時間が少ない。しかし、HTTP によるシステムを基本としていることから、リアルタイム性を必要とするものには適していない。このような問題を解決するために、Java を用いた実装も検討している。

### 5.2 システムの構築コスト

IBNR は、写真をベースにリアルな空間を低コストで WWW 上に実現する技術であり、筆者らはこれまで、IBNR の空間をより簡単に構築できるように、オーサリングツールの実装も行ってきた<sup>10)</sup>。本研究では、システムの構築コストをできる限り低コストのまま維持することに注目して、IBNR をマルチユーザ化し、複数ユーザ間でのコミュニケーションを実現するシステムの構築を行った。また、オーサリングツールについても、マルチユーザ IBNR に対応するように拡張した。

表 3 に、これまでに構築した IBNR の空間と、今回新たに構築したマルチユーザ IBNR の空間の構築コストの比較を示す。各構築コストは写真の撮影時間も含まれている。この表からも分かるとおり、空間の構築コストはこれまでの IBNR と同様低コストのまま維持できている。

### 5.3 コミュニケーション

IBNR は、1 つのシーンが表現できる空間が狭いため、シーンとシーンをハイパーリンクでつなげて広大な空間を表現している。撮影する写真の枚数を増やすことで、より詳細な擬似 3 次元空間を構築可能である。また IBNR では、各シーンのデータを独立して管理 (シーン独立) することで、シーンの追加や編集などの作業を周りのシーンに影響を与えずに行えるようになり、管理コストが低い。しかし、シーン独立を完全に保っていると他のシーンのデータをまったく参照しないため、たとえ隣接するシーンに他のユーザがいてもその存在に気付かず、最悪の場合には空間をウォークスルーしていてもだれにも会えないという現象が生じる。特に写真をたくさん使ってリアルな空間を構築すると、各シーンが表現する空間が狭くなるため、さらにこの現象が顕著に現れる。これに対し、提案機構を用いることで、近くのシーンのアバタの姿が見え、

表 3 コンテンツの構築コスト  
Table 3 The costs of constructing contents.

コンテンツ		全シーン数	構築コスト
大阪駅		85	1人 × 9h (6.4分/1シーン)
宮崎空港		45	2人 × 2h (5.3分/1シーン)
宮崎 シーガイア	オーシャンドーム	140	2人 × 8h (6.9分/1シーン)
	ホテルオーシャン 45	50	1人 × 4h (4.8分/1シーン)
	フェニックス動物園	45	1人 × 4h (5.3分/1シーン)
ヤマハリゾート嬌恋		350	4人 × 15h (10.3分/1シーン)
首里城 (マルチユーザ)		125	1人 × 14h (6.7分/1シーン)
銀閣寺 (マルチユーザ)		102	1人 × 11h (6.4分/1シーン)

人の存在を認識することで会話グループの形成が容易になったり、複数のグループが存在した場合にそれぞれの会話内容を認識したりできるので、ユーザは興味のある話をしているグループへの参加も容易となった。

また、アバタが静止画であることで、会話の内容に対するユーザの関心度などを表情や仕種などから知ることができないという問題もある。このような問題を解決するためには、近隣シーンの情報伝達やビデオストリーム配信を用いたユーザの表情や仕種の伝達について考慮する必要がある。しかし、リアリティを向上させるために、ビデオなどを用いて詳細な情報を伝達すると、システムのパフォーマンスを低下させるという問題が生じることがこれまででも示されており<sup>13)</sup>、十分な検討が必要である。

チャットのメッセージに埋め込んだコマンドを用いて、テキストのフォントサイズを変更し音声の大きさを表現し「多くの人に聞いてほしい」や「周りの人には聞かれたくない」などユーザの意思を表現できるようにした。現在の実装では、大きな声で話したとしても、隣のシーンで大きく表示されるだけであるが、声の強弱でいくつまで声を伝達するかを決定することで、ユーザの意図つまり情報源の状況を反映した情報伝達が実現できる。このほか、HTML ベースでシステムを構築していることから、ユーザがメッセージ内に HTML のタグを挿入することで、メッセージ内に画像やハイパーリンクを挿入することも可能である。拡張として、一定時間シーンに残りつづける吹き出しを用いた掲示板や、ある時刻になると表示される吹き出しを用いた伝言メッセージなど時空間に依存した情報発信も可能となる。これらの機能は、マルチユーザ IBNR を用いてバーチャル商店街のようなサイバースペースを構築した場合に、店のチラシやタイムセールスの案内などの告知に利用できる。

#### 5.4 アプリケーション

構築した空間が架空の空間であれば、現実にはできないことを可能にするという仮想空間の 1 つの利点

を利用できるが、現実空間をデジタルカメラで撮影した画像をベースに構築した IBNR は、現実空間の制限が仮想空間にまで及び仮想空間での活動に制限をかけてしまう場合がある。しかし、IBNR で構築した仮想空間には現実空間をベースに構築するからこそ実現できる利用方法が考えられる。本節では、マルチユーザ IBNR のアプリケーションについて述べる。

体験学習：一般の人が現地に行っても建物を外からしか見学できない重要文化財などの内部を撮影し、マルチユーザ IBNR で構築したシステムとして公開すれば、建物の中の様子や当時の人々が建物の中から見ていた風景を多くの疑似体験することが可能である。写真を利用しているため、壁の質感や部屋の雰囲気などをリアルに再現できる。また、アバタを使ってウォークスルーすることで写真どうしの空間的つながりが分かり、ただ内部の写真を公開するよりも効果的に建物を知ってもらうことが可能である。さらにマルチユーザ IBNR では、ともに空間を訪れている人々と議論しながら空間を体験できるので、仮想空間を利用した体験学習として活用できる。ほかにも、原子炉や富士山の原生林などをモデルにした仮想空間を用いれば疑似フィールドワークの教材としての利用も考えられる。

仮想博物館・仮想美術館：実際にある博物館や美術館を撮影して構築した仮想空間を利用すれば、仮想博物館や仮想美術館が容易に実現できる。実写画像を利用して構築した博物館(美術館)は、その建物の古さから博物館自体の歴史をユーザに感じさせたり、博物館の雰囲気を伝えたりすることが可能である。学芸員アバタの説明を受けたり、博物館にいる他のユーザとの議論を通して、展示物に対するより深い理解が期待できる。ほかにも、自分の気に入った作品を眺めると、同じ興味を持った人との偶然の出会いも実現できる。

バーチャルモール：実在する店舗では、店内の写真デジタルカメラで撮影し、仮想空間を構築すれば、簡単にサイバースペース用の仮想店舗が構築できる。実



際に買い物をする場合には、店の外観や店内にいる客の様子など店の雰囲気を見て入る店を決め、ものを購入することが多い。本システムでは、写真を利用することで現実に存在する店の外観をリアルに再現でき、ユーザが自分の写真を利用したアバタを用いて、空間内をウォークスルーすることができるため、店に入っている客の姿から、店に置かれている商品がどのような年齢層を対象としているのかが分かるなど、より実際の店舗に近い仮想店舗が構築できる。

物件紹介：不動産会社では、販売物件の仮想空間を構築することで、Web上で物件の紹介が行える。実写画像を利用しているため、実際に物件に行かなければ分からないような、日の当たり具合や窓からの景色などをユーザは知ることが可能である。

擬似3次元空間では、従来の3次元仮想空間のようにユーザが自由に視点を移動して、辺りを見回すといった行動をとることができないという制限があるが、空間の見せたい部分は必ず写真にとってシーンを構築すれば、固定視点であっても上記の例では問題なく利用できる。

#### 5.5 利用実験

大学院修士1年生から大学院博士2年生までの11名を対象に、構築した首里城のコンテンツを用いて擬似ガイドツアーの実験を行った。以下にアンケートの結果を示す。各項目に関して、学生が5段階で評価した結果の平均を示している。

##### [ 質問内容 ]

- 首里城の構造が分かった (3.09)
- 空間の構造を分かりやすくするために実写画像は効果的である (3.73)
- 現地の雰囲気が分かった (4.36)
- 雰囲気を伝えるために実写画像は効果的である。(4.82)
- ガイドを体験して、実際に現地に行きたくなった。(4.09)
- 観光ガイドとして有効だと思う (4.09)

実験の結果「マルチユーザ IBNR は現地の様子や雰囲気をよく伝えている」、「この体験ツアーを通して実際に現地に行きたくなった」という項目のポイントが高く、観光ガイドとして有効であるという回答も多く得られた。ただし、空間構造に関しては分かりにくく感じた学生も多くいた。これは写真を撮影した方向が一定ではないため、シーンの切替えと同時にユーザが見ている方向が変わるためである。写真の枚数を増やせば、アバタの向きと同じ方向に向けて撮影した写真を背景とするシーンを表示することも可能であるが、

空間の構築コストとのトレードオフを考慮する必要がある。また、シーン間のつながりが分かっていても、空間全体での自分の位置が分かりにくいという意見もあった。今後、地図などを表示して、ユーザの位置把握をサポートすることも検討したい。

#### 5.6 関連研究

これまでに構築されてきた、ネットワーク上の仮想空間を用いて人々のコミュニケーションを実現するシステムと本システムの差異を明らかにし、本システムの意義について述べる。

InterSpace<sup>3)</sup>、FreeWalk<sup>7)</sup>、People Space<sup>8)</sup>では、ユーザのアバタにビデオ画像を利用していることが特徴であり、ユーザの表情など言語以外の情報も伝えることのできるコミュニケーションを実現している。しかし、3D空間の記述方式が各システムで独自に開発したものであったり、LAN環境を想定したサーバ・クライアント型のシステムであったりと、多数のユーザで利用するには問題点もある。マルチユーザ IBNR は、WWWの枠組みの中で利用できることが大きな特徴であり、システムを利用するためには、既存のWebブラウザとWebサーバを用意するだけでよいため、特定のソフトウェアのインストールなどの作業が不要である。

多数のユーザが利用できるものとして、インターネット上に構築した共有仮想空間を利用する PAW<sup>5)</sup> や vertorn hills<sup>11)</sup>がある。これらのシステムはWebブラウザのプラグインソフトとしてクライアントシステムが提供されており、専用のソフトウェアをインストールするよりは、ユーザの利便性があがっている。PAWでは、ユーザのアバタとともに行動する犬型のパーソナルエージェントがコミュニケーションの促進させる役割を担っていることが特徴である。また、vertorn hillsではユーザが所有できる空間があり、ユーザはその空間に写真などを飾り付けたりして自由に情報発信でき、友人を自分の空間に招待して会話を楽しむことができる。これらのシステムでは、パーソナルエージェントやカスタマイズできる個人の空間が話題の提供源の1つとなっている。

マルチユーザ IBNRでも同様に、パーソナルエージェントを取り入れ、ユーザ間のコミュニケーション促進に役立てることができる。また、個人によるカスタマイズ可能な空間を提供することも容易に実現できる。シーンが基本的には閉じた狭い空間になっているため、システム全体を止めなくても必要な部分だけを編集することができるからである。さらにマルチユーザ IBNRでは、背景のリアルな写真を利用した



図 14 マルチユーザ IBNR : 草原のシーン

Fig. 14 Multi-user IBNR: A greenfield scene.



図 15 マルチユーザ IBNR : 浜辺のシーン

Fig. 15 Multi-user IBNR: A seashore scene.

コミュニケーションが実現できる。筆者らが構築した広々とした草原や夕暮れの浜辺などを背景とする空間を図 14, 図 15 に示す。現実世界では, 広々とした草原に行くと, 都会のごみごみとした路上とは異なり, リラックスでき, 楽しい会話が弾む。夜景が見える丘の上や夕暮れの浜辺のような場所では, たとえば恋人同士がデートしながらロマンチックな会話をする。このように, 場所の雰囲気がある場にいる人々にいろいろな影響を与える事例があり, 文献 6) においても, 共有場面が人と人のコミュニケーションに与える影響について議論がなされている。これからさらに評価を進める必要があるが, マルチユーザ IBNR はこのような場所性を反映したコミュニケーションスペースとしても利用できると思われる。

J-チャット では, 絵を背景とする空間を実現しており, ユーザは背景の上に合成されたさまざまなキャラクタを操作してコミュニケーションを行う。マルチユーザ IBNR でも写真の背景に合成した人の写真を操作するという点では J-チャットに類似しているが, マルチユーザ IBNR の空間は現実空間の写真をベースに構築していることから, 絵を用いて空間を構築す

るよりも, よりリアルに場所の雰囲気を再現できる。そのため, 場所性を考慮したコミュニケーションの実現が期待できる。

## 6. おわりに

本論文では, デジタルカメラの写真を利用して, WWW 上で容易に構築できるコミュニケーション支援システムを構築した。構築したシステムは, 既存の HTML ブラウザで利用でき, プラグインや専用のソフトウェアなどを必要としないため, だれでも Web を通じてコミュニケーションを行うことが可能となる。仮想空間を表示する際に伝達する情報を減衰させることで, 現実空間と同様に人間が意識的, 無意識的に行っている空間の場所による情報のフィルタリングを導入し, 多数のユーザが空間にアクセスしている場合でも, 自分の話したい相手と周りに邪魔されることなく会話できるようにした。また, 背景に写真を用いることで, コミュニケーションに場所性を導入している。なお, 筆者らの研究グループのホームページ で IBNR のデモやツールのダウンロードが行える。

今後の課題としては, 共有擬似 3 次元空間上でのコミュニケーションをより円滑に行えるようにするためのシステムの拡張や現実空間との融合があげられる。擬似 3 次元空間と現実空間を融合できれば, 擬似 3 次元空間から現実空間にいる人々を誘導したり, ホームオートメーションのような遠隔操作をとともうアプリケーションを構築したりできる。また, マルチユーザ IBNR を用いたアプリケーションの構築する予定である。

謝辞 本研究は, 文部科学省振興調整費「モバイル環境向 P2P 型情報共有基盤の確立」, および文部科学省特定研究領域 (C)「Grid 技術を適応した新しい研究手法とデータ管理技術の研究」(プロジェクト番号: 13224059) の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) Benedikt, M.: *Cyberspace: Some Proposals, Cyberspace: first steps*, Benedikt, M. (Ed.), The MIT Press (1991).
- 2) Greenhalgh, C.M. and Benford, S.D.: MASSIVE: A Virtual Reality System for Teleconferencing, *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, Vol.2, No.3, pp.239-261 (1995).
- 3) 井上雅之, 宇佐美潔忠, 清末悌之, 石橋 聡, 長谷雅彦: 3 次元仮想社会 InterSpace におけるコミュ

ニティ形成過程とコミュニケーションメディア利用推移に関する考察, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.10, pp.2670-2678 (2000).

- 4) 黒川隆夫: ノンバーバルインターフェース, ヒューマンコミュニケーション工学シリーズ, オーム社 (1994).
- 5) 松田晃一, 上野比呂至, 三宅貴浩: パーソナルエージェント指向の仮想社会「PAW」の評価, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J82-D2, No.10, pp.1675-1683 (1999).
- 6) 松尾太加志: コミュニケーションの心理学, ナカニシヤ出版 (1999).
- 7) Nakanishi, H., Yoshida, C., Nishimura, T. and Ishida, T.: FreeWalk: Supporting Casual Meetings in a Network, *Proc. International Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW-96)*, pp.308-314 (1996).
- 8) 落合和正: 商用化された仮想社会 People Space の現状/基礎技術/展望, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol.1, No.1, pp.13-18, ISSN 1343-0572 (1997).
- 9) Ogawa, T., Sakane, Y., Yanagisawa, Y., Tsukamoto, M. and Nishio, S.: Design and Implementation of a Communication Support System based on Projection of Real Space on Virtual Space, *Proc. 1997 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM'97)*, Vol.1, pp.247-250 (1997).
- 10) Ogawa, T. and Tsukamoto, M.: Tools for Constructing Pseudo-3D Space on the WWW Using Images, *New Generation Computing*, Vol.18, No.4, pp.391-407 (2000).
- 11) 大輪卓之, 三宅貴浩, 松田晃一, 賀川能明: 3次元仮想空間サービス「virtorn hills」の実装と考察, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol.7, No.1, pp.1-6 (2002).
- 12) Tsukamoto, M.: Image-based Pseudo-3D Visualization of Real Space on WWW, *Digital Cities: Experiences, Technologies and Future Perspectives*, Ishida, T. and Isbister, K. (Eds.), LNCS1765, pp.288-302, Springer-Verlag (2000).
- 13) Veinott, E.S., Olson, J., Olson, G.M. and Fu, X.: Video Helps Remote Work: Speakers Who Need to Negotiate Common Ground Benefit from Seeing Each Other, *Proc. CHI'99*, pp.302-309, ACM (1999).

(平成 14 年 3 月 14 日受付)

(平成 14 年 9 月 5 日採録)



小川 剛史 (正会員)

1997年大阪大学工学部情報システム工学科卒業. 1999年同大学院工学研究科博士前期課程修了. 2000年同研究科博士後期課程中退後, 大阪大学サイバーメディアセンター情報メディア教育研究部門助手となり, 現在に至る. グループウェア, パーチャルリアリティ, オープンメンティドリアリリティ, モバイルコンピューティングに興味を持つ. IEEE, 電子情報通信学会, 日本バーチャルリアリティ学会会員.



塚本 昌彦 (正会員)

1987年京都大学工学部数理工学科卒業. 1989年同大学院工学研究科修士課程修了. 同年, シャープ(株)入社. 1995年大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻講師, 1996年同専攻助教授となる. 2002年より同大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻助教授となり, 現在に至る. 工学博士. ウェラブルコンピューティングおよびユビキタスコンピューティングに興味を持つ. ACM, IEEE 等 8 学会の会員.



西尾章治郎 (正会員)

1975年京都大学工学部数理工学科卒業. 1980年同大学院工学研究科博士課程修了. 工学博士. 京都大学工学部助手, 大阪大学基礎工学部および情報処理教育センター助教授を経て, 1992年大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻教授となる. 2000年より大阪大学サイバーメディアセンター長を併任. 2002年より大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻教授となり, 現在に至る. この間, カナダ・ウォータールー大学, ビクトリア大学客員. データベース, 知識ベース, 分散システムの研究に従事. 現在, ACM Trans. on Internet Technology, Data & Knowledge Engineering, Data Mining and Knowledge Discovery, The VLDB Journal 等の論文誌編集委員. 情報処理学会フェロー, ACM, IEEE 等 8 学会の会員.