

WWWにおける擬似3次元空間の 協調構築支援システムの設計と実装

宮前 雅一[†], 中尾 太郎[†], 小川 剛史[‡], 塚本 昌彦[†], 西尾 章治郎[†]

[†]大阪大学工学部情報システム工学教室

[‡]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

従来の3次元空間モデルより手軽に仮想空間を構築できる手法として、筆者らの研究グループではこれまでに、IBNR(Image-Based Non-Rendering)[10]と呼ぶ擬似3次元仮想空間構築手法を提案し、IBNR空間の構築するオーサリングツールの実装を行ってきた。従来のツールでは複数のユーザで協調して空間を構築できなかったため、多くのユーザで相談しながら空間を構築するなど、多人数による効率的な仮想空間の構築が困難であった。本稿では、複数のユーザによるIBNR空間の協調構築を支援するシステムの設計と実装について述べる。本システムでは、協調構築を支援する機能として空間把握、コミュニケーション、アクセス制御を実現し、さらにWWW上で空間を構築する機構の実装も行った。実装したシステムにより、ユーザはWWW上で協調して空間を構築できるようになった。

Design and Implementation of a Collaboration Support System for Constructing Pseudo-3D Space on the WWW

Masakazu MIYAMAE[†], Taro NAKAO[†], Takefumi OGAWA[‡],
Masahiko TSUKAMOTO[†], and Shojiro NISHIO[†]

[†]Department of Information Systems Engineering
Graduate School of Engineering, Osaka University

[‡]Infomedia Education Division, Cybermedia Center, Osaka University

Aiming at relaxing both difficulties in modeling and trouble in use, we have proposed IBNR(Image-Based Non-Rendering), an easy method of constructing virtual space and implemented authoring tools to construct IBNR spaces easily. However, these tools do not support the collaborative work among multiple users, it was difficult to construct large-scale virtual space effectively by involving collaboration, such as discussions among users in constructing spaces. In this paper, we describe the design and implementation of a collaborative IBNR authoring tools. Using this system, it is possible for multiple users to perform effective collaboration in constructing large-scale virtual spaces on the WWW.

1 はじめに

近年、仮想空間を用いたさまざまなシステムが構築されるようになってきている [1, 6, 8]. しかし、一般に仮想空間の構築コストは高く、実空間のように広大で物体の多数存在する空間を構築することは困難である。それに対し、これまで筆者らの研究グ

ループでは、WWW上に静止画を用いて手軽に擬似的な3次元空間を構築する手法としてIBNR[10]を提案し、場所案内や建物紹介を行う仮想空間 [2] やコミュニケーション支援のための仮想空間 [3, 5] などを実現してきた。これまで、これらの仮想空間は、筆者らが実装したオーサリングツール [4] を用いて静止画に空間情報を付加することで構築してい



図 1: IBNR の表示例

た。このツールは仮想空間を複数のユーザで構築することを考慮していないため、規模の大きな空間を複数のユーザで協力して効率よく構築することはできなかった。

本研究では、ユーザ同士で協調して空間を構築することを支援するシステムの設計と実装を行う。複数のユーザが協調して空間を構築することで、大規模な空間でも効率よく構築できる。また、仮想空間を利用中のユーザも空間を構築できると、ユーザは自分の希望する空間を新たに追加したり、ウォークスルー中に気付いた空間の不具合をその場で修正するなど、空間をユーザにとってより魅力的なものにできる。システムの実現にあたって、協調構築を支援するための機能として空間把握、コミュニケーション、アクセス制御を実現する機構および WWW 上で空間を構築する機構を実装した。

以下 2 章で従来の空間構築ツールについて述べ、3 章で協調構築の支援について述べる。4 章でブラウザ上での空間構築について述べ、5 章で実装したシステムについて述べる。6 章では仮想空間の協調構築についての考察を行い、最後に 7 章でまとめを行う。

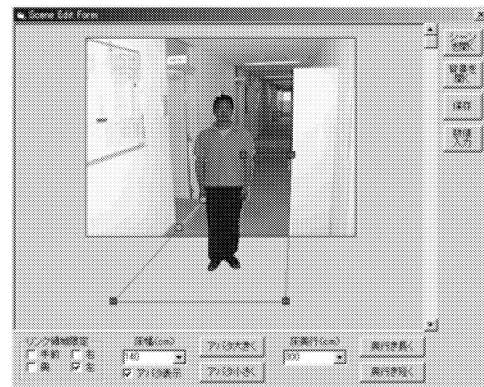


図 2: 擬似 3 次元空間構築ツール

2 従来の擬似 3 次元空間構築ツール

IBNR では、実空間をデジタルカメラで撮影した画像に、仮想空間内でのユーザの分身であるアバタの画像を適切な位置に適切なサイズで重ね合わせて、シーンと呼ぶ空間を表現する (図 1)。IBNR のシーンは背景画像の URL、アバタの移動範囲を示す床領域、床領域の幅と奥行きの実長、隣接するシーンの URL などの情報で構成し、これらのデータは 1 つの HTML ファイルに記述している。この HTML ファイルをシーンファイルと呼ぶ。シーンファイルを WWW のリンク機能を用いて繋ぐことで広大な空間を表現している。ユーザは通常の WWW ブラウザを用いて IBNR 空間を体験でき、この際プラグインは必要としない。

以前実装したオーサリングツールでは、背景となる静止画に対して必要な情報を GUI で設定でき、容易にシーンファイルを作成できた (図 2)。ただし、このツールは空間の管理者が 1 人で空間を構築することを前提としているため、複数のユーザによる空間構築はできなかった。また、シーンを修正する際にもシーンファイルをサーバからダウンロードして修正した後、サーバへ再度アップロードする必要があるなど、このツールでは空間をウォークスルー中のユーザが利用中の空間を修正することは困難だった。

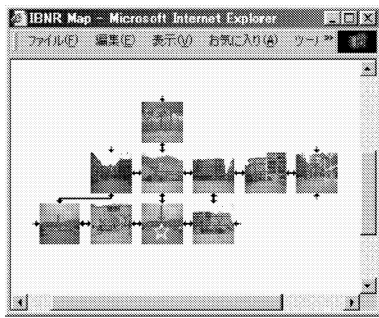


図 3: マップの表示例

3 協調構築の支援

複数のユーザで空間を協調構築する場合、以下の機能が必要になる。

- ユーザは、適切に空間を構築できるように自分の構築する空間の周りの空間の構造を把握している必要がある。
- ユーザ間で会話などのコミュニケーションができなければならない。
- ユーザが空間にシーンを無制限に追加したり修正できるようにすると空間の一貫性がなくなる恐れがあるため、シーンを修正できるユーザを限定するアクセス制御を行う必要がある。

以下にこれらの機能の実現方法を述べる。

空間把握：通常、近傍の空間の構造は地図を用いて俯瞰できれば把握しやすいとされる。しかし、IBNR ではシーン間のリンク情報が局所的な関係として定義されているだけで、仮想空間システムが空間全体のグローバルな地理情報をもっているわけではない。つまり、各ユーザは地理的な情報として利用したシーンと、それらに隣接するシーンだけしか知ることができない。そこで、実現する近傍空間表示機構では、これまでにユーザが訪れたシーンとそれらに隣接するシーンを、ユーザの近傍の空間構造として図 3 のように表示する。これをマップと呼ぶ。マップは、各シーンをそのシーンの背景画像で表示し、シーン間のリンクを矢印で表示する。

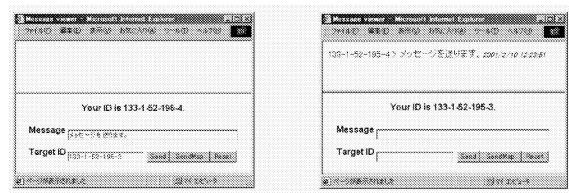


図 4: メッセージング機構の表示例

このマップによって、ユーザは近傍の空間の構造を把握し、適切な空間を構築できるようになる。IBNR 空間においてはシーン間のリンク関係が空間構造を把握する上では重要である。そこで空間をマップ表示する際、リンクを示す矢印を適宜変形し、正確にリンク関係を表示するようにする。また近傍の空間構造を把握する上では、自分により近い場所の情報の方が重要な場合が多いので、マップ上で 2 つのシーンや矢印が重なる場合は、ユーザが現在利用しているシーンにより近いものを選択的に表示する。

コミュニケーション：任意のユーザ同士で通信できるように、メッセージング機構を実現する。メッセージング機構の表示例を図 4 に示す。この機構では、テキスト形式のメッセージを送受信できるので、例えば他のユーザと新たに作る空間について議論することなどが可能となる。さらに、複数のユーザによる空間の協調構築には、テキスト形式のメッセージ交換だけでは十分な意思疎通は困難であると考え、各自が保持するマップの送受信もできるようにする。各自が保持するマップを交換することで、互いの近傍の空間の構造がより把握しやすくなり、例えば複数のユーザで分担して構築した空間同士を結合する場合に、お互いの構築した空間のどの部分で結合するかといった相談を効率よく行えるようになる。

アクセス制御：ユーザがシーンを無制限に構築したり修正できると、空間の秩序がなくなる恐れがあるため、シーンごとにシーンを修正できる権限を設定する。修正権はひとつのシーン全体だけでなく、シーンを構成する情報の一部を対

象とすることもできる。例えば、あるシーンにおいて、そこから別のシーンへのリンクが新たに作成されるのは許すが、そのシーンの床領域の情報は修正されたくないという場合は、リンク情報への修正権には制限を加えず、床領域情報への修正権を設定すればよい。また、リンク情報に関してはさらに4方向それぞれに修正権を設定できるようにすることで、例えば図1のシーンにおいては、右には柵があるため奥への新規シーンの作成は許可するが、右への新規シーンの作成は誰に対しても許さないといった修正権を設定することで、空間が不自然な構造になるのを防げる。こうした修正権の設定は原則として、そのシーンの構築者がシーンの構築の際に行う。

さらに、空間の構築を他のユーザに委託したり、バーチャルモールの仮想店舗の持ち主がその店舗を他のユーザに譲渡することもできるように、自分の保持する修正権を他のユーザに与えられるようにする。空間の修正権の付与や譲渡にはメッセージング機構を用いる。

複数のユーザが空間を構築できるようにする場合、一貫性の問題を考慮しなければならない。一貫性の問題とは、複数のユーザが独立して同時に同じシーンを修正した場合、片方の修正結果が反映されなくなることを指す。IBNRでは、空間の構成要素がシーンという比較的小さいものであり、一つのシーンは短時間で構築できる。そのため、ユーザがシーンの修正作業を行う際は、そのシーンをロックするようにし、ひとつのシーンを修正するユーザを1人に制限する。修正機構は、ロック中に他のユーザがそのシーンを修正できないように排他制御する。なお、ロック中であってもそのシーンを利用することは許される。その場合は修正前のシーンが提供される。

4 ブラウザ上での空間構築

仮想空間のユーザが空間を修正したり追加構築するためには、空間の利用や修正作業、構築作業の

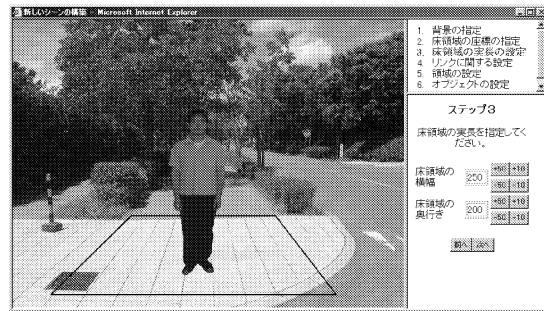


図 5: シーン構築ページの表示例

切り替えがシームレスに行えることが望ましい。そのためには、専用のオーサリングツールを用いて空間を構築するのではなく、空間を体験するブラウザ上で構築できる必要がある。本研究では、IBNRのブラウザであるWWWブラウザで仮想空間のブラウジングや構築、修正を行うシステムを実装した。ブラウザの機能はウォークスルーモードと構築モード、修正モードの3つのモードで切り替える。以下それぞれのモードについて説明する。

ウォークスルーモード: ウォークスルーモードは空間をブラウジングするためのものである。このモードのとき、ブラウザはアバタの移動に従って次々にシーンを切り替えて表示することで空間のウォークスルーを実現する。

構築モード: 構築モードにすることで、ユーザは表示中のシーンに隣接する新しいシーンをブラウザ上で構築できる。構築モード時に、現在のシーンから隣接シーンの存在しない方向へアバタを移動させると、隣接シーンを作成するための**シーン構築ページ**(図5)がブラウザに表示される。シーン構築ページについては後述する。

修正モード: ブラウザを修正モードに切り替えると、ブラウザは直ちにシーン修正用のページを表示する。ユーザはこのページ上で現在利用中のシーンの情報を編集する。

シーン構築ページは、従来の擬似3次元空間構築ツールの機能をWWW上に実現したものである。ユーザはこのページ上でシーンを構築するために必

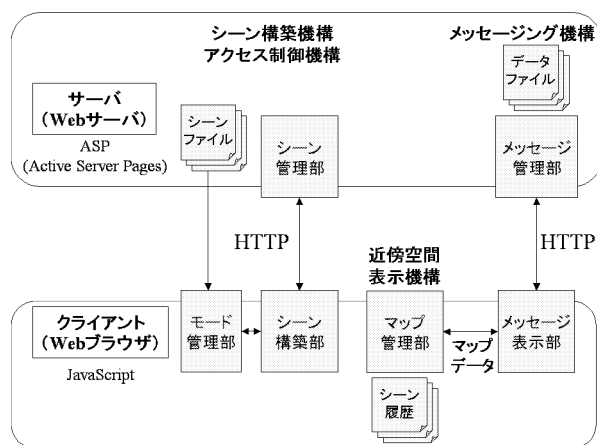


図 6: システム構成

要な情報を設定する。図 5 にシーン構築ページの表示例を示す。シーン構築ページでの情報の入力には、できる限りマウスを用いるようにし、従来の空間構築ツールで実現されていた入力の手軽さを再現している。

ブラウザ上に空間の利用機能、構築機能、修正機能を統合したことで、ユーザは次々とシーンを切り替えて利用することはもちろん、利用中のシーンに隣接するシーンを追加したり、利用中のシーンを修正することもできるようになる。

5 実装

3 章、4 章で述べた設計に基づき、IBNR 空間をウォークスルーしている複数のユーザが協調して空間を構築できるシステムを実装した。実装したシステムは、シーン構築機構、近傍空間表示機構、メッセージング機構、アクセス制御機構の 4 つの機構からなる。これらの機構は WWW サーバ上に実装した 2 つの ASP (Active Server Pages) プログラムとクライアントの WWW ブラウザ上で動作する 3 つの JavaScript プログラムで実現している。図 6 にシステムの構成図を示す。

モードの変更はクライアントのモード管理部が行う。シーン構築の際は、シーン構築ページでシーン情報を入力した後、シーン構築ページのシーン構築部がサーバのシーン管理部にシーンの作成を要求す

る。シーン管理部は、シーン構築部から得た情報を基に新たなシーンファイルを生成し、既存のシーンとリンクする。

近傍空間表示機構では、クライアントのマップ管理部がユーザが移動した各シーンに関する、シーンの URL、背景画像の URL、隣接するシーンの URL の 3 つのデータを蓄積し、グラフ構造のマップを生成する。

メッセージング機構は、サーバのメッセージ管理部とクライアントのメッセージ表示部からなる。サーバには、各ユーザに送られてきたメッセージを保存しておくデータファイルが用意されている。ユーザがテキストメッセージを送信する場合、メッセージ表示部がメッセージ管理部にテキストメッセージを送る。メッセージ管理部はサーバ上の適切なデータファイルにそのメッセージを書き込む。ユーザがメッセージを受信する場合は、メッセージ管理部がそのユーザ用のデータファイルから書き込まれているメッセージを取得し、メッセージ表示部に提供する。サーバ、クライアント間のデータ交換は HTTP を用い、クライアントでは HTML の META タグを用いて定期的にサーバへデータ要求を行うようにしている。

アクセス制御機構はモード管理部およびシーン管理部内に実装しており、ユーザがシーンの修正を指示した際、まずそのユーザが修正権をもっているかどうか、他のユーザがそのシーンを修正中でないかどうかをチェックする。修正権をもったユーザの一覧は各シーンファイル内に記述している。シーンを修正する際には、シーン管理部がサーバ上に一時的なファイルを作成し、他のユーザに対して修正中であることを明示する。このファイルは修正の完了とともに削除される。

6 考察

本章ではユーザによる空間構築の有用性について考察し、応用例について述べる。

6.1 ユーザによる空間構築の有用性

これまで、仮想空間の構築作業はシステム管理者によって行われていた [7, 9]. 仮想空間のユーザが空間を構築や修正できれば、管理者だけでは困難であった仮想空間の頻繁な更新が可能になる. 仮想空間が頻繁に更新されると、空間を訪れる人は常に新鮮な気分その空間を体験できるため、多くの人が仮想空間を利用することが期待できる. そして、仮想空間を利用する人が多くなると、より更新頻度が上がるため、仮想空間の可用性がいっそう高まり、魅力ある仮想空間が実現できると考えられる.

6.2 応用例

本システムを応用すれば、例えば利用者参加型のバーチャルモールを実現できる. バーチャルモールの主催者は、あらかじめバーチャルモールの中心となる道の空間を用意しておく. バーチャルモールへの出店を希望するユーザが、その道の周りに店の空間を構築できるようにしておくことで、希望するユーザは誰でも自由に店出することができる. このバーチャルモールでは、主催者はあらかじめ道の空間を構築するだけでよいため、主催者の負担が少ないという利点がある. また、希望者は誰でも店出できることから店舗が充実しやすいという利点もある.

ビルのような複雑な空間を、複数のユーザで協調して構築することもできる. まず各ユーザが1つのフロアを担当し、それぞれが構築を進める. 担当するフロアの構築が終わると、上下のフロアを構築するユーザと通信して、お互いのフロアの階段部分を確認した後、それらを結合する. このように、大規模な空間を効率よく構築できる.

7 まとめ

本研究では、IBNR 空間を複数のユーザで協調構築できるシステムを設計し、実装した. 本システムによって、今まで仮想空間を仮想体験や利用するだけであったユーザも、仲間同士で協力して自分たちの空間を構築できるようになるなど、空間の構築作

業に参加できるようになった. また、複数のユーザで空間を分担して構築するなど、効率的な空間の構築ができるようになった.

今後の課題として、現在はシーン単位で設定している修正権を、建物や空間全体といったシーン群に対しても設定できるようにすることや、複数のユーザで分担して空間を構築する際に、誰がどの部分を構築するかといった空間の構築計画の立案を支援する機能を実現することなどが挙げられる.

謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重な御助言を頂いた当研究室諸氏に謝意を表す. なお、本研究は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究」(プロジェクト番号: JSPS-RFTF97P00501) によっている.

参考文献

- Digital Louvre Museum,
<http://www.louvre.or.jp/>.
- [2] Loh, Y.-H., Ogawa, T., Tsukamoto, M., and Nishio, S.: "Avatar Programming Language in a Virtual Space on the World Wide Web," in *Proc. Sixth International Workshop on Multimedia Information Systems (MIS 2000)*, pp. 42–51 (2000).
 - [3] 小川 剛史, 中野 昭宏, 塚本 昌彦, 西尾 章治郎: "ビデオ画像を用いた疑似3次元空間に基づくコミュニケーションシステム," in *Proc. DiCoMo2000, IPSJ*, pp.691–696 (2000).
 - [4] Ogawa, T., Tsukamoto, M.: "Tools for Constructing Pseudo-3D Space on the WWW Using Images," *New Generation Computing, Ohmsha, Vol.18*, pp.391–407 (2000).
 - [5] 小川 剛史, 塚本 昌彦, 西尾 章治郎: "WWW 上での共有疑似3次元空間の実現," 情報処理学会研究報告(データベースシステム研究会 99-DBS-119), Vol.99, No.61, pp.61–66 (1999).
 - [6] 上善 恒雄, 加賀 有津子: "人のための環境設計," 日本バーチャルリアリティ学会研究報告 (ISSN 1343-0572), Vol.4, No.3, pp.45–50 (2000).
 - [7] Hara Museum of Contemporary:
"HARA MUSEUM: arc en ciel,"
<http://www.haramuseum.or.jp/>.
 - [8] Hagsand, O.: "Interactive MultiUser VEs in the DIVE system," *IEEE Multimedia Magazine*, Vol.3, No.1, pp.30–39 (1995).
 - [9] 松田 晃一: "不思議な島をペットと歩こう! インターネット上の共有仮想世界 PAW," *bit*, 共立出版, Vol.30, No.9, pp.2–10 (1998).
 - [10] Tsukamoto, M.: "Image Based Pseudo-3D Visualization of Real Space on WWW," in *Proc. Kyoto Meeting on Digital Cities*, pp.288–302 (1999).