

W@nderland: 参加者による WWW 上での構築が可能な 画像ベースの仮想空間

中 尾 太 郎[†] 小 川 剛 史^{††} 宮 前 雅 一[†]
塚 本 昌 彦^{†††} 西 尾 章 治 郎^{†††}

本論文では、より多くの人が共有 3 次元仮想空間を利用することの実現を目的とする。本論文ではシステムの管理者だけでなく、システムの利用者も利用している 3 次元仮想空間の規模を大きくしたり変化を与えたりといった空間の編集作業に携われるようにすることで、それらの作業が仮想空間上のあちこちで同時多発的に行われるようにする。その結果、訪れるたびに発見のあるような広大で変化に富んだ 3 次元仮想空間が得られる。実現したシステムでは、擬似 3 次元手法^{19),26)}で 3 次元空間を表現して仮想空間の編集作業を容易にしたうえで、仮想空間の利用者も 3 次元仮想空間の利用中に新しい空間を既存の空間に追加して変化を与えたり、既存の空間を編集してより魅力的なものにしたりするなどの作業を WWW 上で容易に行えるようにする機能を利用者に提供する。

W@nderland: Image-based Virtual Space Constructable by Participants through the WWW

TARO NAKAO,[†] TAKEFUMI OGAWA,^{††} MASAKAZU MIYAMAE,[†]
MASAHIKO TSUKAMOTO^{†††} and SHOJIRO NISHIO^{†††}

The goal of this paper is that more people will use the shared 3D virtual space. In this paper, aiming at making the virtual space more attractive, we provide the way to realize the vast and varied virtual space easily. Our approach is to allow not only system administrators but also general users to modify or construct the virtual space. Then the modification of the virtual space will be held all over the virtual space occasionally. As the result, every time users access to the virtual space, they will discover new aspects of the virtual space. The implemented system provides users with several functions including the browsing interface and the editing interface which can be switched seamlessly, and the functions to construct, to modify, and to upbuild the virtual space in the simple and easy way based on the pseudo-3D method^{19),26)}.

1. はじめに

これまでに、アバタとよばれる分身を用いてコンピュータ上の 3 次元空間をウォークスルーし、遠隔地の人との対面コミュニケーションや協調作業を行う共有 3 次元仮想空間に関して多くの研究が行われてき

た^{2),4),17),18),22),24)}。研究分野以外でも、不特定多数の人とのコミュニケーションやエンターテインメントを実現する場として、インターネット上で多くの共有 3 次元仮想空間が提供されている^{1),5),10),20),21)}。本論文では、これらのシステムで用いられているような多人数で共有する 3 次元仮想空間を対象とする。

仮想空間は、ヒューマンコミュニケーションを支援するうえで大きな能力を持つと考えられている³⁾。しかし、現在、インターネット上に実現された仮想空間アプリケーションの利用者数は、WWW の利用者数が爆発的に増加している一方で依然低い水準にとどまっている⁶⁾。仮想空間の利用の普及には、個人用の WWW ページの繁栄にみられるように、頻繁な更新や広大さ、目を引くような工夫などによって利用者の興味を惹き続け、何度も訪れる利用者によって仮想空

[†] 大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻
Department of Information Systems Engineering,
Graduate School of Engineering, Osaka University

^{††} 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
Infomedia Education Division, Cybermedia Center,
Osaka University

^{†††} 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

間がつねに一定数以上の利用者で賑わい続けることが欠かせないと考えられる．そのためには，仮想空間のあちこちの場所が訪れるたびに变化していたり，広大でどこまでも歩いて行けたりするといったことが必要である．しかし，多くの既存のシステムでは，仮想空間をより魅力的にするためのさまざまな作り込みは，基本的にシステムの管理者によって事前に用意されているものだけであった．そして，システムの管理者が広大な空間を頻繁に変化させることは困難であったため，結果的に，仮想空間は多くの利用者を惹きつけ続けることが難しかった．

ここで，多数の利用者が共有する仮想空間を，利用者が受動的に利用するだけでなく，利用者も既存の空間の編集や新しい空間の追加構築に参加できるようにすることを考える．そうすることで，編集や追加構築といった作業が仮想空間上のあちこちで同時多発的に行われるようになり，より広大で変化に富んだ多様で魅力的な仮想空間が実現できるようになると考えられる．

本論文では仮想空間の利用を普及させるために，利用者が利用中の仮想空間を編集できるようにするアプローチで，広大でありながら変化に富み，利用者を惹きつけ続けられる魅力的な仮想空間を実現することを検討し，そのためのプロトタイプシステムを実現する．実現するシステムを W@nderland と呼ぶ．W@nderland とは，“the wonderful virtual space for WWW users to wander about” を意味する．W@nderland では利用者が仮想空間の利用中に新しい空間を既存の空間に追加して変化を与えたり，既存の空間を編集してより魅力的なものにしたりするなどの作業を容易に行えるようにするものである．

以下，2 章で W@nderland について説明し，3 章で実装した W@nderland のプロトタイプシステムについて述べる．4 章で WWW 上の仮想空間について考察した後，5 章で本論文をまとめ，提案手法に関する今後の課題について述べる．

2. W@nderland

ここでは，W@nderland を設計するにあたって，まず容易に編集可能な仮想空間を実現できる 3 次元空間の表現方式に関連研究の成果をふまえて検討する．

まず，容易な編集を実現できながら，得られる仮想空間が貧弱なものにならないようにするために，どのようにして 3 次元空間を表現するかについて検討する．そして，利用者も利用中の仮想空間を編集できるようにする場合に，特に考慮すべき事項について考察し，

実現するシステムにおける編集作業のインタフェースや作業プロセスを決定する．さらに，単純な編集作業からでも多様で変化に富んだ仮想空間を実現できるようにする枠組みについて説明する．

2.1 3 次元空間の表現方法

利用者が利用中の仮想空間を編集するアプローチで広大で変化に富む仮想空間を得るためには，情報技術にそれほど深く習熟していない利用者であっても，利用中の仮想空間の編集作業に関わることが最も重要となる．そのため，変化に富んだ仮想空間を実現するための作業手順はできるだけ簡素なものである必要がある．ここでは実現する W@nderland での 3 次元空間の表現方法について検討する．

現在多くの共有 3 次元仮想空間システムが採用している Geometry-Based Rendering (GBR) は，自由な視点から物や景色を見ることができると，きわめて表現力の高い手法である．しかし，これまでにモデリング時の作業コストや，その表示のためのレンダリング処理の計算コストを小さくするために多くの研究^{12),13),15)}がハードウェアとソフトウェアの両面からなされてきたにもかかわらず，GBR では空間を緻密にすればするほど，多くのテクスチャや多くのポリゴンが必要になるなど，作成しなければならないデータ量の増加は避けられなかった．つまりこのアプローチでは，仮想空間のクオリティとモデリングコストの低減を両立することは困難である．

モデリングコストの増加を抑えるものとしては，QuickTimeVR²³⁾や Spatio-Temporal Associations with Multiple Photographs (STAMP)²⁵⁾，Tour into Picture¹¹⁾などにみられる Image Based Rendering (IBR)^{7),14),16)}や，Image-Based Non-Rendering (IBNR)²⁶⁾などの画像を用いるアプローチがある．これらは，写真などの画像を使うことでリアリティを保ちつつ，モデリングコストや実行時の計算コストの増加を最小限にとどめることに成功している．しかし，眺め回しなどの視点操作を行える QuickTimeVR や STAMP，Tour into Picture などの一般的な IBR システムは，空間の仮想体験を主眼にしているため，閲覧方式にはアバタを使わない一人称視点方式を用いている．仮想空間をアバタを使わないで利用する形態では，本論文が想定するような，遠隔地の人間との対面コミュニケーションの場としての 3 次元仮想空間の実現は困難である．

ここで，画像を用いるアプローチのなかでも，Habitat⁹⁾や IBNR といった，画像を変形せずにそのまま利用する手法は，仮想空間を構成すべき情報が非常に

少ないため、一般的な IBR のアプローチよりもさらにモデリングコストと実行時の計算コストを低く抑えることができる。つまり、だれでも編集できる仮想空間を実現する表現手法として優れているといえる。また、Habitat や IBNR では、利用者の分身であるアバタを用いて他の利用者のアウェアネスを表現し、共有仮想空間を構成できる。つまり、Habitat や IBNR で用いられている画像ベースの仮想空間は、コミュニケーション目的の共有 3 次元仮想空間を、より小さなモデリングコストで形成できるという点で、利用者による参加型構築可能な仮想空間を実現する適切な 3 次元空間の表現手法であるといえる。なかでも IBNR は、アバタの拡大縮小によって背景画像が表現している空間の奥行き感を表現したり、Habitat が背景画像に漫画的な画像を用いているのに対して、背景画像に写真を用することでより高いリアリティを持つ仮想空間を実現している点、そしてそのオーサリングツール¹⁹⁾では、GUI による直感的な操作での仮想空間の構築が実現されている点などで、本論文の目的である利用者が容易に編集できる仮想空間を実現するうえで、その 3 次元空間の表現方式としてより適していると考えられる。

なお、IBNR のような擬似 3 次元手法では、利用者の操作に連動して視点が自由に動くなめらかなウォークスルーといった、GBR や IBR で一般的に実現されている機能は実現できないことには留意しなければならない。しかし、擬似 3 次元手法を用いた場合の視点操作の自由度の制限は、利用者参加型の仮想空間の実現に欠かせない構築の容易さや、本論文が想定するアプリケーションである共有 3 次元仮想空間を実現するうえでトレードオフの関係にあるといえる。

以上の考察に基づき、W@nderland での 3 次元仮想空間の表現手段として IBNR による擬似 3 次元手法を採用する。以下、採用する IBNR について簡単に触れる。

IBNR では、背景画像となる写真画像とアバタを表現するための画像を合成して、図 1 に示すように仮想空間を構成する。利用者はアバタを操作してこの写真内をウォークスルーする。その際、利用者の操作に依

じて合成するアバタ画像や、アバタ画像を表示する際の位置、大きさを变化させて空間の奥行きを表現する。こうして擬似的に空間として表現される写真を IBNR ではシーンと呼んでいる。それぞれのシーンはシーンファイルと呼ばれる HTML ファイルで表現される。シーンファイルどうしはハイパーリンクで接続され、利用者の操作に従って表示するシーンが切り替えられる。IBNR は、仮想空間を利用するために専用のクライアントソフトが必要であったり^{1),5),9)}、プラグインが必要であった^{10),23)}従来のシステムとは異なり、通常の WWW ブラウザだけで仮想空間を利用できる。

2.2 利用者による空間の修正・構築

システム管理者やアプリケーションの提供者といった、限定された技術者がツールを用いて仮想空間をあらかじめ用意する従来の仮想空間アプリケーションと異なり、技術レベルにばらつきのある多くの利用者が仮想空間の編集に携わることになる W@nderland では、以下のような事項の実現が要求される。

編集インタフェース 利用者が仮想空間を編集できるようにする場合、仮想空間の編集作業はだれもが直感的に行えるものである必要がある。ここで、利用者が編集結果を視覚的に確認しながら操作できる WYSIWYG (What You See Is What You Get) によるインタフェースは、広範な分野の編集作業において初心者に対しても直感的な操作を可能にする点などで有効性が広く認められている。そこで、W@nderland でも、その編集インタフェースは WYSIWYG によって提供する。なお、3 次元仮想空間の表現に擬似 3 次元手法 IBNR を用いる場合は、そのオーサリングツール¹⁹⁾で採用されている、写真の歩ける範囲を写真上で指定するという直感的な方法で擬似 3 次元空間を作成できる手法が利用できる。実現するシステムでは、編集インタフェースは文献 19) の方式を利用して仮想空間を作成し、後述するコンポーネントを組み込める WYSIWYG インタフェースとする。

閲覧作業と編集作業 仮想空間を閲覧している利用者が、スムーズにその仮想空間に修正を加えたり新しい仮想空間を付け加えたりできるように、仮想空間の閲覧状態から仮想空間の構築作業へはシームレスに切り替えられるようにする必要がある。そのために、W@nderland では単一のソフトウェア上で仮想空間の閲覧と編集作業を行えるようにするとともに、両者をシームレスに切り替えられるようにする。

編集作業の影響範囲 共有 3 次元仮想空間において、

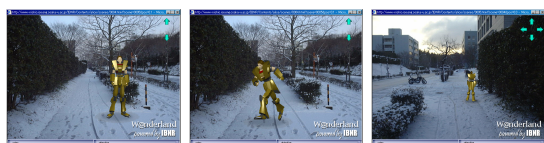


図 1 背景画像と人物画像からなる擬似 3 次元空間

Fig. 1 Pseudo-3D space by a background image and a human image.

利用者が随時仮想空間を改変できるようにする場合、他の利用者が閲覧している仮想空間に影響が出ないように、編集作業の影響範囲を適切に制限する必要がある。また、編集中の仮想空間に他の利用者がアクセスして、不具合が発生しないようにする必要がある。W@nderland では仮想空間の編集作業を粒度の細かな空間単位ごとに独立して行うものとし、編集中の空間単位では利用者のアクセスの排他制御するようにする。擬似 3 次元手法を採用した場合、空間単位はシーンとなる。

編集作業の制限 利用者による自由な空間の構築を許すと無秩序な仮想空間を生み出す危険性がある。そのため、空間の追加作成や既存の空間の修正といった作業ごとの権限を、仮想空間の編集作業の単位ごとに設ける必要がある。なお、利用者による空間の編集を許す W@nderland の特徴を生かすうえでも、こうした権限の設定はシステム管理者だけでなく、仮想空間の作成単位であるシーンの作成者にもそれらの権限の設定を認めるといった緩やかなポリシーで行う。

2.3 仮想空間への機能追加

多様で変化に富んだ仮想空間を実現するためには、単に仮想空間の空間データを修正したり、新規に作成したりするだけでなく、そのうえで仮想空間を演出するための各種の機能を追加する必要がある。たとえば、空間内の植物に触ったらその植物に花が咲く、といったことは、単に仮想空間の空間データを編集するだけでは実現できない。

一般的に、こうした追加的な表現を実現するためには高度な編集機能とそれを使いこなす技術が必要である。しかし、本論文が想定しているように多様な技術レベルの利用者がこうした演出を行えるようにするためには、これらの表現の編集作業をだれもが容易に行えるようにしなければならない。

W@nderland では、仮想空間を演出するための各種の機能をコンポーネント化し、利用者がそれらのコンポーネントを仮想空間に組み込むだけで、多様で変化に富んだ仮想空間を容易に実現できるようにするアプローチをとる。利用者は用意されたコンポーネントを適宜取捨選択して仮想空間に組み込み、仮想空間にさまざまな機能を追加する。

以下では、仮想空間を演出するうえで最低限必要となる各種機能と、それを実現するコンポーネントについて説明する。

アバター 仮想空間に配置するアバターを実現するコンポーネントである。このコンポーネントを入れ換



図 2 さまざまなアバタの例

Fig. 2 Examples of variable avatars.



(a)



(b)

図 3 アバタの動作の例

Fig. 3 An example of an avatar's action.

えることで、図 2 に示すようにさまざまなアバタを表現する。通常仮想空間システムは、利用者に応じて適切なアバタコンポーネントを自動的に仮想空間に組み込み、利用者ごとにアバタを使い分ける。そのほかに、仮想空間に利用者のアバタ以外のアバタコンポーネントを組み込んでおけば、利用者が直接操作しない仮想空間中のアバタである Non-Player Character (NPC) を仮想空間に実現することも可能である。利用者の使うアバタは利用者の入力に応じて動作するため、コンポーネントにはそのアバタの動作に関する各種定義が記述されている必要がある。画像ベースの仮想空間では、アバタも画像で表現されるため、アバタコンポーネントは図 3 (a) のような複雑な動作を表す一連の画像を連続的に切り替えることで、図 3 (b) のように仮想空間内でのアバタの動作を表現する。

オブジェクト 仮想空間内の物体を実現するコンポーネントである。画像ベースの仮想空間では、物体は物体の画像を、カメラから見た前後関係を反映しながら合成していくことで実現する。オブジェクトコンポーネントは物体の床座標の座標値に基づいて算出した、適切な z-インデックス値をもちいて物体の画像をシーン内に合成し、物体の前後関係を表現する。図 4 に例として茂みのある



図 4 オブジェクトの例
Fig. 4 An example of an object.

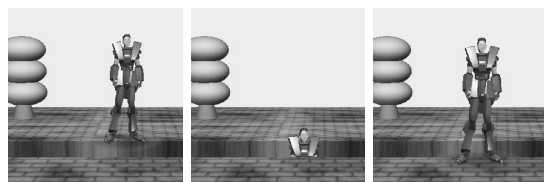


図 5 領域の定義されたシーンの例
Fig. 5 An example of a region-defined scene.

シーンを示す。アバタが茂みの後ろに立っているときはアバタの一部が茂みに隠されるが(図 4(a)), アバタが茂みの前に立つと茂みがアバタに隠されている(図 4(b))。

シナリオ：たとえば「この部屋に入室するには入場券が必要です」といった制約条件は、条件と分岐の組合せによって記述できる。このような評価する条件とその条件に応じた分岐に対する動作の対を構成要素とする仮想空間の管理ルールをシナリオと呼ぶ。シナリオコンポーネントでは、評価する条件、その条件による分岐、そしてそれぞれの分岐に応じた動作のセットを記述する。シナリオでは、たとえば「空間 A でチケットを購入し、空間 B で改札する」といった複数の場所にまたがる条件の保持が必要である。

領域：たとえば落とし穴はアバタの高さ座標が一定の値だけ低くなる領域であるといえる。領域コンポーネントはこのような特別な性質を持った領域を定義し、アバタのその領域に対する入った、入っている、出た、出ているの 4 つの状態を制御する。図 5 に落とし穴の用意された仮想空間を例示する。図 5 の領域コンポーネントは、定義した領域に入っている状態のとき、アバタの高さ座標をある値だけ減少させるものである。

これらの機能を組み合わせることで、たとえば空間内の植物に触ったらその植物に花が咲く、といったことが実現できる。すなわち仮想空間に対して、植物を空間内に配置するオブジェクトコンポーネントと、その周囲の領域を定義する領域コンポーネントを組み込

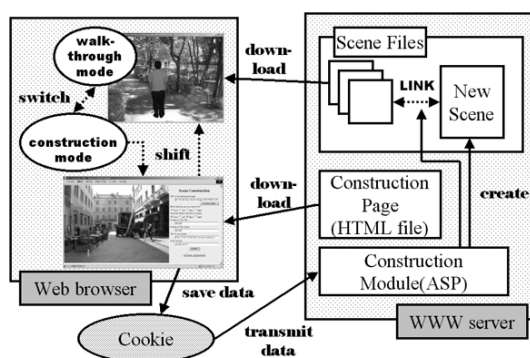


図 6 実装した仮想空間構築機構のアーキテクチャ
Fig. 6 The architecture of the implemented system to construct virtual space.

み、領域コンポーネントでは入ったの状態に、植物のオブジェクトコンポーネントを花が咲いている植物のコンポーネントに差し替えるシナリオコンポーネントを対応付けばよい。これらのコンポーネントを仮想空間に組み込むための編集インタフェースを提供することで、技術レベルのそれほど高くない利用者でも仮想空間の演出を行える。

3. 実 装

2 章で述べた設計に従って、利用者による参加型の空間構築を実現する W@nderland を実装した。

システム構成を図 6 に示す。実装した空間構築機構はクライアント部とサーバ部からなり、これらが協調動作する。クライアント部はすべて Java Script で実装することでクライアントソフトウェアに通常の WWW ブラウザを適用できるようにしている。サーバ部は ASP (Active Server Pages) によって Microsoft 社の IIS (Internet Information Service) 上に実装した。

3.1 WWW ブラウザ上の空間構築機構

仮想空間のブラウザソフトである WWW ブラウザを仮想空間の閲覧作業だけでなく、仮想空間の構築作業や修正作業にも使用するためにモードを用意し、利用者は必要に応じてモードを切り替えるようにした。なお、シーンファイルを次々にダウンロードして IBNR の仮想空間を閲覧する従来のモードはウォークスルーモードである。

ブラウザをウォークスルーモードから修正モードに切り替えると、閲覧中の空間情報を修正できるようになる。修正モードのブラウザは、現在利用中のシーンの空間情報を編集するためのページを表示する。

利用者がブラウザをウォークスルーモードから構築モードに切り替えた場合は、まず、現在利用中のシー

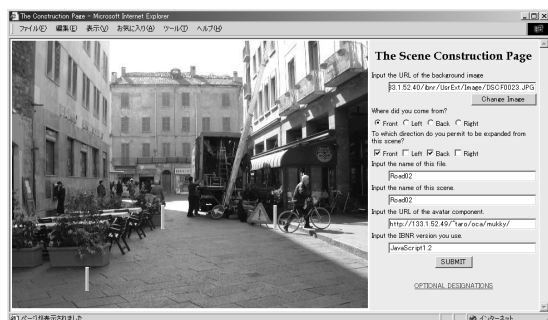


図7 構築ページ

Fig. 7 A construction page.

ンに対してどの方向へ新たな空間を追加構築するのかを，利用者がアバタを操作して指定する．その操作に従ってブラウザが，シーンの新規構築のためのページをサーバから取得して表示する．作業の終了後は新しいシーンをただちに利用者がそれまでに閲覧していたシーンに接続する．修正作業や構築作業を終えるとブラウザはウォークスルーモードに戻る．

利用者が修正モードに切り替えて閲覧中のシーンを編集している際に，他の利用者がそのシーンを訪れた場合には，新しく訪れた利用者に編集前のシーンが提供されるとともにそのシーンが現在編集集中であることが通知される．編集作業の終了時に編集者以外の利用者がそのシーンにいる場合は，編集者が利用者にシーンの更新が終了したことを伝え，シーンのリロードを各利用者に要求する．もちろん編集終了後にシーンにアクセスした利用者には編集後のシーンが提供される．

3.2 WWW ブラウザ上での空間編集作業

修正モードや構築モードでサーバからダウンロードされる構築ページを図7に示す．修正モードでは，現在利用中のシーンの情報が記入された構築ページがクライアントに提供される．構築モードの場合は空白の構築ページが提供される．

WWW ブラウザ上での編集作業の様子を，シーンの新規作成を例にあげて説明する．まずシーンの名前や背景画像の URL をキーボード入力で指定する．構築ページには指定した背景画像が表示される．床領域情報の指定には IBNR のオーサリングツール¹⁹⁾とほぼ同様の方法を用いる．床領域の4頂点は背景画像上の適切な位置をマウスクリックによって指定する．図7の例は3頂点まで指定したところである．頂点の位置はマウスのドラッグ操作で後から微調整できる．床領域の幅の実長は，図8のように背景画像とアバタ画像の比較によって間接的に行う．この場合，アバタの幅は60 cmと定義されているので，図8(a)の状態では

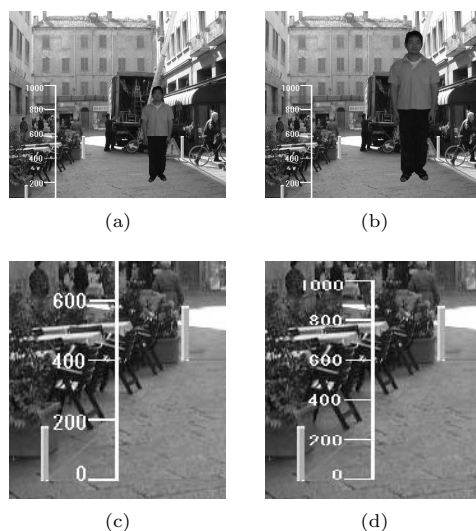


図8 床領域の実長の調整

Fig. 8 Adjusting the floor size.

は床領域の幅はアバタの幅と比較して3倍程度，すなわち約240 cmと決まり，図8(b)の場合は約120 cmと決まる．床領域の奥行きの実長は図8のように画面に表示されるスケールを見ながら指定する．この例では，床領域の奥行きの実長が約400 cmから約600 cmへと変更されている．

作成した仮想空間に機能を追加するために，JavaScript ファイルとして別途実現されているコンポーネントをシーンに組み込む場合は，組み込むコンポーネントをその URL で指定する．

構築ページで指定したこれらの値は cookie としてクライアントに一時的に保管される．サーバ部は cookie の情報に基づいてサーバ上に新しいシーンファイルを作成し，さらに既存のシーンファイルのリンク情報に作成したシーンへのリンクを追加することで，シーン間のリンクを双方向にする．

シーンの修正の場合は，サーバ部がクライアントに保存された情報に基づいて既存のシーンファイルを書き換える．なお，リンク情報は複数のシーンファイルにわたって記述されているので，リンク情報が修正された場合は，サーバ部は複数のシーンファイルの情報を書き換える．

編集中のシーンを仮想空間から削除する場合は，構築ページでシーンのリンク情報に何も記入しなければよい．サーバ部は空のリンク情報を含む構築情報を得た場合，そのシーンファイルを削除するとともにそのシーンに隣接するシーンのリンク情報を修正する．

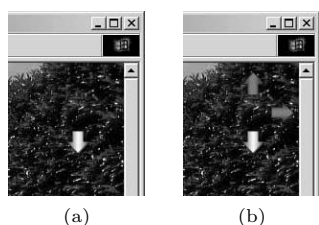


図 9 隣接シーンを示す矢印

Fig. 9 Arrows directing the neighbor scenes.

3.3 無秩序な空間構築の制限

無秩序な空間構築を制限するため、そのシーンの編集権限を示す修正許可情報とそのシーンに隣接するシーンの新規構築を許すかどうかを示すリンク許可情報をシーンに追加した。リンク許可情報は、たとえば壁を通り抜けるような不自然なシーン間のつながりを防ぐために、その方向へのシーンの追加構築を制限する場合などに用いる。これらの許可情報はそのシーンの構築者がシーンの構築時に指定する。なお、シーンを構築してからであっても、管理者とシーン構築者は許可情報を変更できる。

ユーザがそのシーンの修正許可を得ている場合、構築モード時に新規にシーンを構築できる方向を示す矢印がリンク許可情報に基づいて表示される。システムはウォークスルーモードの際、図 9 (a) のようにブラウザの右上に矢印を表示し、移動可能なシーンの存在を示し、構築モードでは、図 9 (b) のように先ほどとは異なる色の矢印でどの方向へのシーンの拡張構築が許されているかを示す。図 9 (b) の場合、このシーンから右方向や奥の方向へのシーンの拡張構築は許されているが、左方向への拡張は禁じられていることが分かる。

3.4 拡張機能の実現

通常の WWW ブラウザだけで仮想空間を利用できる IBNR の利点を生し、コンポーネントはすべて Java Script プログラムとして実現した。コンポーネントは WWW 上に用意しておき、ハイパーリンクによってシーンに組み込む。こうすることで、一度作成したコンポーネントをさまざまなシーンで容易に再利用できる。実装した空間構築機構では、コンポーネントを組み込む作業を支援している。

なお、実現したシステムでは、コンポーネントの作成作業は WWW ブラウザ上で行えるようになっていない。これは、既存のコンポーネントを流用して仮想空間に組み込むことが、技術レベルの低い一般的な利用者でも十分容易に行えんと考えられる一方で、各種のコンポーネントの作成にはある程度の技術と知識が

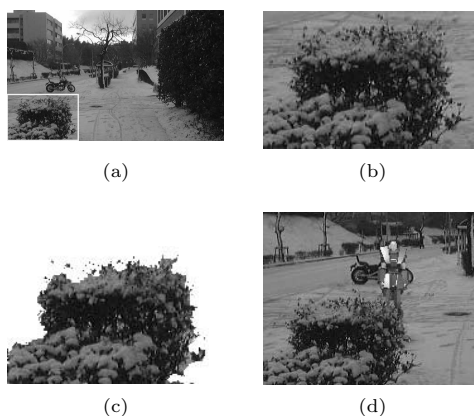


図 10 オブジェクトコンポーネントの作成

Fig. 10 Creating an object.

要求されるためである。そのため、実装した空間構築機構では、コンポーネントの作成に関する支援は、作成作業の一部にとどまっている。以下にいくつかのコンポーネントの作成方法などの詳細について述べる。

オブジェクトコンポーネントの作成： オブジェクトコンポーネントの Java Script コードは、シーンの作成者が構築ページ上で図 10 (a) のように背景画像から物体となる画像の境界線を四角形で指定した際に、空間構築機構が自動的に生成する。仮想空間への物体の合成の際に必要な z -インデックス値は、画像下部の境界線の y 座標をもとに算出され、自動生成される Java Script コードに反映される。物体の画像を切り出す作業は WWW ブラウザ上では実現できないので、外部のグラフィックツールを利用する。グラフィックツールを用いて図 10 (b) のように四角形に切り出した画像中の不要なピクセルを除去し、GIF や PNG などの透過処理の可能な画像形式で保存する (図 10 (c))。生成された Java Script コードは、コンポーネントとしてシーンファイルに組み込まれれば、この画像をシーン上に適切に合成する (図 10 (d))。

領域の指定： 床領域範囲の指定と同様、領域の特定も構築ページの画面上で領域の 4 頂点を指定することで行う。空間構築機構は領域の指定にともなって、領域コンポーネントの Java Script コードの雛形を生成する。構築者は後からその雛形に、入った、入っている、出た、出ているという 4 状態に対する動作の定義を必要に応じて記述する。動作定義にはアバタやオブジェクトといった他のコンポーネントに用意されているメソッドを用い

るため、その記述にはある程度の Java Script プログラムの知識が必要である。

シナリオの記述： 実現したシステムでは、シナリオ編集を支援するために、2種類のシナリオテンプレートを用意している。第1のテンプレートは、「チケットを持っているか」「特定のシーンを訪れたか」などの、定義された条件の値や利用者の状態を保持し、その変化を監視するものである。第2のテンプレートは、条件の値や利用者の状態に変化が発生した際に実行される動作を定義するものである。構築者はこれらのテンプレートに必要なデータを記述して完全なシナリオコンポーネントを作成する。シナリオコンポーネントでは、複数のシーンにまたがって条件を保持できるように、WWWのcookie機能を用いる。cookieには条件名と値が組みとして保存される。また、シナリオで記述する動作は、オブジェクト指向言語としてのJava Scriptの機能を用い、コンポーネント名とメソッド名の組合せによって行う。なお、動作の記述の際に使用するコンポーネントがどのようなメソッドを持っているかは既知である必要がある。コンポーネント名とメソッド名を指定してアバタやオブジェクトを動作させる代わりに、コンポーネント名として条件名を指定することで条件を変化させることが可能である。利用者が博物館の入場券を取得したら条件 ticket の値を true にし、入場ゲートのシーンでは条件 ticket の値によって門を表すオブジェクトを変化させるといったシナリオは、これらのテンプレートによって、比較的容易に実現できる。ただ、現在のシステムではシナリオの記述を GUI などで支援するツールは用意していないため、シナリオコンポーネントを作成するにはある程度 Java Script の知識が要求される。

3.5 利用評価

実装したシステムの利用評価として、大阪大学西尾研究室の学生10人にW@nderlandによる仮想空間を自由に使ってもらい、7点満点のアンケートで評価した。10人全員が仮想空間を利用する中で、新たな仮想空間の構築を行った。表1にアンケート結果の平均値を示す。W@nderlandは全体的に高く評価されている。設問2のスコアがやや低いが、これは主にに床領域が長方形で、リンクの貼り方が4方向に限定されていることに対する不満であった。この点に関するシステム改善が必要である。評価結果においては、特に設問3のスコアが高かったことが注目に値する。仮想空間

表1 W@nderland の利用評価
Table 1 The result of the evaluation.

設問1	リアルな仮想空間が手軽に構築できる	5.7
設問2	作りたい仮想空間が作れる	4.9
設問3	構築作業によってその仮想空間に親近感が湧いた	5.9
設問4	もっとこのシステムで仮想空間を作りたい	5.8

間に対して、ただ見るだけでなく、構築作業によっても関われるようにすることの重要性が示された。

4. 議論

本章ではすでに存在するいくつかの仮想空間システムについて議論し、W@nderland との差異を明らかにするとともに、W@nderland が有効と思われる応用分野について言及する。

4.1 利用者による空間構築

これまで、インターネット上の3次元仮想空間システムの中にも、利用者の手による空間構築を可能にするオーサリングツールを別途用意していたものがいくつかあった。

HelloPOP¹⁰⁾はWWW上での視点がクォータービューに固定されたIBRでの3次元空間を用いた出会い系チャットサービスである。HelloPOPでは、固定視点を採用する簡素なシステムを生かして、利用者が仮想空間内に自分専用の小空間(家)を持てるようにしている。しかし、利用者専用の空間といっても、背景画像や空間内に置く物体のカスタマイズしかできず、空間内に置く物体に関しては、あらかじめ用意された物体しか利用できない。

ActiveWorld¹¹⁾やこみゅー3D⁵⁾、OnLive! Traveler²⁰⁾、ROOMANCER²¹⁾では風景、物体、アバタが配置されたGBRによる3次元空間がコミュニケーションの場として提供されている。これらの仮想空間の利用には専用のソフトウェアが必要である。OnLive! Travelerでは、編集作業を行えるツールを提供しているが、利用者がツールを使って編集作業を行おうとしても、3次元モデリングが本質的に持つ複雑さのためにその作業は困難であり、編集作業に携わるのは実質的に仮想空間システムの管理者が仮想空間アプリケーションの提供者に限られている。ActiveWorldではモデリングの困難なGBRによる3次元空間の表現を行っているうえに、そもそもサービスとして利用者による仮想空間の編集を認めていない。こみゅー3DやROOMANCERでは、編集作業を簡略化してだれでも編集作業を行えるように工夫しているが、その結果、利用者は与えられた四角の部屋にいくつかの家具を置くだけという非常に貧弱な空間しか構築できない。

このように、大多数の利用者は、関われたとしても、与えられたプリミティブを少しカスタマイズする程度でしか仮想空間の構築作業に携わることができず、たとえば多くの物体が存在し、訪れた人を惹きつける仕掛けを施したオリジナルの空間を構築するといったことは困難であったといえる。そのために現在、個人用の仮想空間が自発的に作成され、次々にインターネット上で公開されるという状態には至っていないと筆者らは考えている。

一方、W@nderland は、現実空間に基づくリアルな仮想空間を手軽に構築でき、さらにさまざまなコンポーネントを組み込むことで表現力を向上できる。利用者が自分の作りたい仮想空間を構築し、公開できるようにすることが仮想空間の利用の普及に欠かせないならば、これらの W@nderland の特徴は重要であるといえる。

4.2 応用分野

DIVE⁴⁾や Spline²⁾, VIRTUS²²⁾, FreeWalk¹⁷⁾といった CSCW のプラットフォームとして開発された GBR による仮想空間では、空間内で発生した物体どうしの衝突検知や相互作用のシミュレーションなどを実時間で処理できる。

一方 W@nderland では、主に編集作業の手順を簡素化する目的で画像ベースの擬似 3 次元手法を採用したため、これらの仮想空間のような衝突検出や相互作用の再現、複雑な動作や滑らかな視点変更、物体の緻密な操作などは不可能であり、仮想物体を用いた協調作業といったアプリケーションへの利用は有効ではない。

しかし W@nderland では、利用者が利用中の空間をその場で容易に編集できるうちに、写真を用いて現実空間の雰囲気や再現でき、広大な空間やさまざまな仕掛けを施した空間であっても容易に実現可能で、そして編集した空間は即座に他の利用者に見てもらえるため、以下のような応用が期待できる。

たとえば仮想空間を歩く利用者が、市場の気に入った適当な場所に自分の店舗を設置して自分のビジネスの場として用いたり、仮想都市の便利な場所に即座に家を構えて来客を呼ぶ、あるいは便利な抜け道や隠れ家を作ってみたりする、といった利用形態は、仮想空間の利用者が、提供された仮想空間の閲覧と仮想空間の編集をシームレスに切り替えられる W@nderland の特徴が生かせる利用形態である。仮想都市のような大規模な仮想空間を運用する場合、仮想市場への出店などのかたちで仮想都市に新たな空間構築が次々に行われ、仮想空間が成長していくことは、空間構築に意

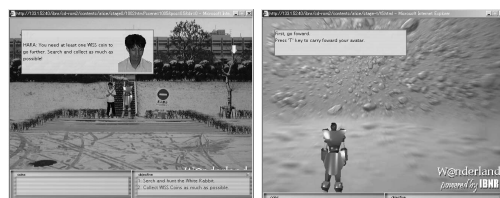


図 11 アプリケーション例：エンターテインメント

Fig. 11 An example application: entertainment.

欲的な利用者だけでなく、次々と変化する仮想空間の変化そのものに期待して頻繁に訪れるようになる利用者の増加も呼ぶなど、仮想空間の活発化に大きな役割を果たす。

また、雰囲気のあるコミュニケーションを演出するために、美しい風景を用いた仮想空間をその場で構築して会話の相手をその場所へ誘ったり、他の利用者とのコミュニケーションのきっかけとして、空間にさまざまな仕掛けを施したり多くの物体を配置した空間を用意して、より多くの人を惹きつけようとしたりするといった、仮想空間への積極的な参加形態も W@nderland によって可能である。

たとえば、シナリオを作り込んだ RPG (Role Playing Game) といった、ゲーム性を持つ仮想空間は、利用者の関心を強く惹きつけるため、より多くの利用者を集めることが期待できる。一般的に、利用者が多数集まる仮想空間ではコミュニケーションがさかんに行われる。図 11 に WWW 上に実際に作成したゲーム性の高い仮想空間のスナップショットを例示する。図 11 左は他のシーンのさまざまな場所に隠されたコインを集めるように指示されているところである。条件分岐はシナリオコンポーネントをいくつか組み合わせることで実現している。

このように、W@nderland は、多人数がアクセスする共有 3 次元空間のアプリケーション、なかでもカジュアルなコミュニケーションなどの、より多くの利用者によるアクセスを望むアプリケーションに有効であるといえる。

5. おわりに

本論文では、利用者による参加型の空間構築を可能にするシステムとして W@nderland を提案した。W@nderland では、利用者が手軽に利用中の仮想空間を編集したり、新たな空間を付け加えたりできるように仮想空間の編集の容易さを実現することに留意したうえで、仮想空間の閲覧と編集をシームレスに行えるようにすることや、仮想空間に変化を与える工夫を凝らすための機能の実現を行った。

W@nderland のコンセプトによって、仮想空間は多くの利用者によってあちこちで同時多発的に編集され、ダイナミックに変化するようになる。現在 2D の WWW コンテンツの利用にとどまっている多くの人も、インターネット上の仮想空間に親しむようになることが期待される。

今後の課題としては、空間構築機構の機能拡張をより進めることがあげられる。たとえば、多くの利用者にとって直接 Java Script のプログラムを編集することは困難であるが、より魅力的な仮想空間を構築したい利用者がだれでもシナリオを記述できるように、あらかじめ基本的な動作を用意しておき、GUI でシナリオテンプレートにそれらを嵌め込んでいくだけで Java Script プログラムをまったく知らないユーザでもシナリオを作成できるようにすることなどを考えている。

謝辞 末筆ながら、本論文を執筆するにあたって、ご協力をいただいた原隆浩助手をはじめとする西尾研究室の諸氏に感謝の意を表す。また、貴重なコメントをいただいた査読者にも深く感謝する。なお、本研究の一部は、文部科学省振興調整費「モバイル P2P 環境の構築」ならびに、文部科学省特定研究領域(C)「IT の深化の基盤を拓く情報学研究 A05 班最先端の情報通信システムを活用した新しい研究手法」(プロジェクト番号: 13224059)によっている。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- ActiveWorlds. <http://www.activeworlds.com/>
- Anderson, D.B., et al.: Building Multi-User Interactive Multimedia Environments at MERL, *IEEE MultiMedia*, Vol.2, No.4, pp.77-82 (1995).
- Baecker, R.: *Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work*, Morgan Kaufmann Publishers (1993).
- Carlsson, C. and Hagsand, O.: DIVE: A Multi User Virtual Reality System, *Proc. VRAIS'93*, IEEE press, pp.394-400 (1993).
- こみゆー 3D. <http://www.commue.com/>
- Damer, B.: *Avatars*, Peachpit Press (1997).
- Debevec, E.P., Taylor, J.C. and Malik, J.: Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry- and image-based approach, *Proc. SIGGRAPH'96*, pp.11-20, ACM (1996).
- Gibson, W.: *NEUROMANCER*, Ace Books, (1984).
- Habitat (J-チャット). <http://www.j-chat.net/>
- HelloPOP. <http://www.hellopop.com/>
- Horry, Y., Anjyo, K. and Arai, K.: Tour Into the Picture: Using a Spidery Mesh Interface to Make Animation from a Single Image, *Proc. SIGGRAPH'97*, pp.225-232, ACM (1997).
- Isler, V., Lau, R.W.H. and Green, M.: Real-time Multi-resolution Modeling for Complex Virtual Environments, *Proc. VRST'96*, pp.11-19, ACM (1996).
- Liu, W. and Li, J.: Distributed LoD Algorithm for Complex Virtual Environments, *Proc. VRST'96*, pp.21-25, ACM (1996).
- Laveau, S. and Faugeras, O.D.: 3-D Scene Representation as a Collection of Images, *Proc. ICPR'94*, Vol.A, pp.689-691, IEEE (1994).
- Max, N.: Hierarchical Rendering of Trees from Precomputed Multi-Layer Z-Buffers, *Proc. Eurographics Rendering Workshop 1996*, pp.165-174 (1996).
- McMillan, L. and Bishoop, G.: Plenoptic Modeling: An Image-Based Rendering System, *Proc. SIGGRAPH'96*, pp.39-46, ACM (1996).
- 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).
- Ogawa, T., Tsukamoto, M. and Nishio, S.: Design and Implementation of a Communication Support System based on Projection of Real Space on Virtual Space, *Proc. PACRIM'97*, pp.247-250, IEEE (1997).
- Ogawa, T. and Tsukamoto, M.: Tools for Constructing Pseudo-3D Space on the WWW Using Images, *New Generation Computing*, pp.391-407, Ohmsha,Ltd. and Springer-Verlag (2000).
- OnLive! Traveler.
<http://www.onlive.com/prod/trav/about.html>
- ROOMANCER. <http://www.moove.com/>
- Saar, K.: VIRTUS: A Collaborative Multi-User Platform, *Proc. VRML99*, pp.141-152, ACM (1999).
- Shenchang, E.C.: QuickTime VR: An Image-Based Approach to Virtual Environment Navigation, *Proc. SIGGRAPH'95*, pp.29-38, ACM (1995).
- Sugawara, S., et al.: InterSpace: Networked Virtual World for Visual Communication, *IEICE Trans. Inf. Syst.*, Vol.E77D, No.12, pp.1334-1349 (1994).
- 田中浩也, 有川正俊, 柴崎亮介: 写真画像群の重なりを用いた広域的な擬似 3 次元空間, インタラクティブシステムとソフトウェア IX: 日本ソフトウェア科学会 WISS2001, pp.75-84, 近代科

学社 (2001).

- 26) Tsukamoto, M.: Image-based Pseudo-3D Visualization of Real Space on WWW, *Digital Cities: Technologies, Experiences and Future Perspectives*, Lecture Notes in Computer Science, Vol.1765, pp.288-302, Springer-Verlag (2000).

(平成 13 年 10 月 19 日受付)

(平成 14 年 7 月 2 日採録)



中尾 太郎 (学生会員)

1999 年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。2001 年同大学院工学研究科博士前期課程修了。現在、同大学院工学研究科博士後期課程在籍。仮想空間、時空間データベースに興味を持つ。日本バーチャルリアリティ学会学生会員。



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 4 月より同大学サイバーメディアセンター助手となり、現在に至る。バーチャルリアリティ、グループウェアに興味を持つ。IEEE 等 4 学会の会員。



宮前 雅一

2001 年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。現在、同大学院工学研究科博士前期課程在籍。モバイルコンピューティング、グループウェアに興味を持つ。



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博士前期課程修了。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を経て、1996 年同専攻助教授、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。時空間データベースおよびモバイルコンピューティングに興味を持つ。ACM, IEEE 等 7 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、同大学院工学研究科情報システム工学専攻教授を経て、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教授となり、現在に至る。2000 年より大阪大学サイバーセンター長を併任。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 等の論文誌編集委員。本学会フェロー含め ACM, IEEE 等 8 学会の会員。