

- VRSJ Research Report -

日本バーチャルリアリティ学会研究報告

SIG-CyberSpace

仮想都市研究会

1997 年 11 月 27 日

日本バーチャルリアリティ学会

Petition for Inter Partes Review of
U.S. Pat. No. 6,665,003
IPR2013-00326
EXHIBIT
Sony-1103

日本バーチャルリアリティ学会研究報告目次

CONTENTS

[仮想都市研究会]

[SIG-CyberSpace]

1997 年 11 月 27 日 (木)

VCR 97-11 Spline 上の仮想公園 -自転車メディアパーク-

高橋克英, Eric Young-Sang Shim, 宮内信仁, 佐伯俊彰, 福岡久雄 (三菱電機)

VCR 97-12 単眼動画像からのパノラマステレオ画像の生成

川北 泰広, 濱口佳孝, 塚本明利, 宮崎敏彦 (沖電気)

VCR 97-13 実写ビデオを CG 空間に定位させた映像ウォークスルー

木原民雄, 西村剛, 仲倉一顕 (NTT)

VCR 97-14 仮想空間における現実の動作の表現手法

本田新九郎, 木村尚亮, 大澤隆治, 太田憲治, 岡田謙一, 松下温 (慶應大)

VCR 97-15 3次元仮想空間における情報アイコンの登録に関する検討

井上雅之、清末悌之 (NTT)

Spline 上の仮想公園 — 自転車メディアパーク —

高橋克英 Eric Young-Sang Shim 宮内信仁 佐伯俊彰 福岡久雄

三菱電機(株) 情報技術総合研究所

我々は、ネットワークを介して複数のユーザがコミュニケーションを行える仮想公園である自転車メディアパークを構築した。自転車メディアパークは、1.6km 四方の公園内に水族館、宇宙空間体験館、観覧車、自転車競技場の施設を備えており、地理的に分散した複数のユーザが一つの公園内で出会い、これらの施設で体験を共有し、音声による対話を行うことが可能である。この仮想公園は、先に開発した分散仮想環境の基盤ソフトウェア Spline を用いて構築した。Spline を用いることにより、分散型仮想環境を柔軟かつ効率的に創れることが確認できた。本稿では、自転車メディアパーク内のサービス施設の実装について、その特徴を述べる。

A virtual park on top of Spline — Bicycle Media Park —

Katsuhide Takahashi, Eric Young-Sang Shim,
Nobuhito Miyauchi, Toshiaki Saeki, Hisao Fukuoka

Information Technology R&D Center
Mitsubishi Electric Corporation

We have developed Bicycle Media Park (BMP) which enables multi-user interaction in distributed virtual environment (DVE). BMP has 1.6 km square terrain and provides several amusement facilities. Users of BMP explore the park, visit aquarium, space walk building, ferris wheel and bicycle stadium by riding bike. Geographically distributed users can come across, talk each other, and share their experience in the park. BMP is implemented on top of Spline, a software platform for building DVEs. Spline makes it easy and flexible to provide DVE applications. This paper describes design and implementation of facilities in BMP with Spline.

1. はじめに

近年、分散仮想環境（DVE）に関する研究が盛んである[1],[2],[3]。我々は、ネットワークを介して複数のユーザがコミュニケーションを行える仮想公園である自転車メディアパークを構築した。この仮想公園は、我々が先に開発した分散仮想環境構築用の基盤ソフトウェア Spline[4],[5],[6]上に実装されている。本稿では、自転車メディアパーク内のサービス施設の実装について、その特徴を述べる。

2. 自転車メディアパーク

本節では、自転車メディアパークの概要と公園内に配置された施設毎のサービス内容について述べる。

2.1. 概要

3次元仮想空間として実現した 1.6km 四方の公園を、複数のユーザが自転車型入出力デバイスを用いて散策するシステムである。公園は起伏に富んだ地形から成り、起伏に応じて自転車型入出力デバイスのペダルの重さが増える。

ユーザは、自転車に乗った姿のアバタ(以後バイクと記述する)として公園内に現われ、出会ったユーザ同士は音声を用いて会話を楽しむことができる。公園内の各所には、鳥の鳴声、池の水音、風を表現する旗のたなびきや木々の葉音、賑やかなジャズサウンド等の背景音が設定されている。

公園には、水族館や宇宙空間体験館といった観賞型サービス施設、観覧車や自転車競技場といった参加型サービス施設が配置されている。

2.2. 公園内の施設とサービス

●水族館

公園内に設置された巨大水槽では、図 1に示す様な複数の回遊する魚を観賞することがで

きる。また、水槽に近づくと、水泡の音が聞こえてくる。



図1 水槽の中を泳ぎ回る魚

●宇宙空間体験館

図 2に示す様に、建物内部に建物の容積よりも広い宇宙空間が広がっている。利用者は展望台から星と恒星を中心に回る惑星や宇宙飛行士を眺めたり、宇宙空間を走り回ることができる。

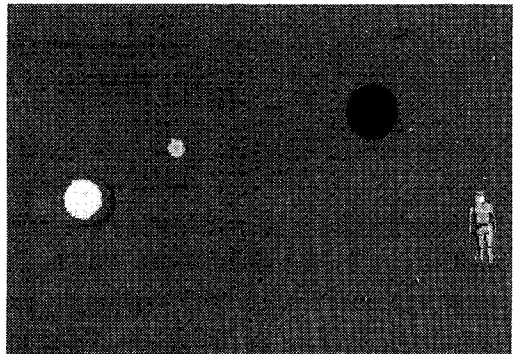


図2 宇宙空間体験館の内部

●観覧車

バイクは、乗り場の位置に来ると自動的にかごに乗り、かごと共に回転する。回転する視点から、公園内の景色を見渡すことができる。かごが一周すると、バイクは自動的にかごから降りる。図 3は、観覧車に乗ったバイクを、もう一台のバイクが眺めている状況である。

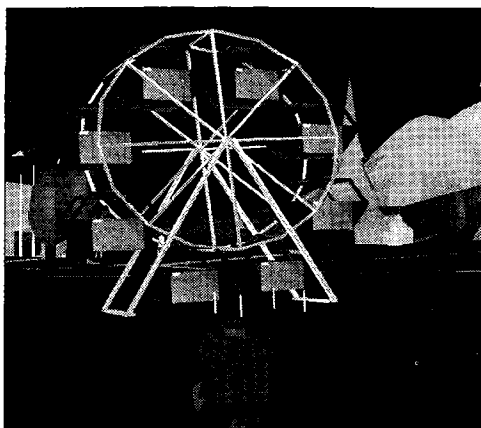


図3 観覧車を見るバイク

●自転車競技場

一般的な 400m バンクの競輪場をモデルに作成した施設である。バイク同士で1周コースのレースができ、他にタイムトライアルレースや、3種類のスピードが選べる計算機シミュレーションによるロボット自転車とのレースも行える。競技場内には、これらの5種類のレースに参加するためのエントリエアが設置されており、このエリアにバイクが入ることによりレースが自動的に開始される。図4は、ロボット自転車とのレースの開始時の様子である。



図4 ロボット自転車とのレース

3. Spline

Spline は、DVE 構築基盤ソフトウェアであり、仮想空間の情報を保持する分散世界モデル、各世界モデル間の通信を行う通信層、SplineAPI を提供するアプリケーション支援層から成る。DVE アプリケーションプログラムは、アプリケーション支援層の上位に実装される(図5)。

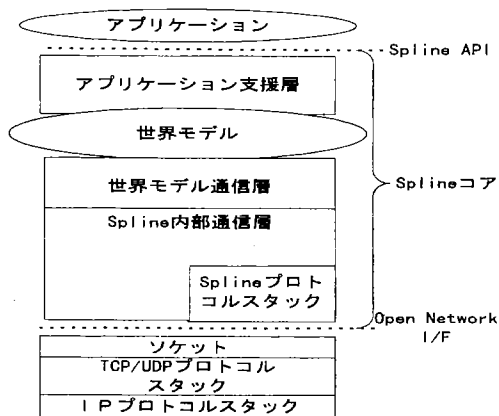


図5 Spline の構成

Spline では、このような構成から成る複数のプロセスから一つの Spline セッションを構成する。

3.1. 分散世界モデル

Spline 環境下で同一セッションに参加している各アプリケーションプロセスは、論理的に一つの世界モデルを共有している。各プロセスがこの世界モデルから情報を取得し、変更を加えることによって、仮想空間内での相互作用を行う。多くの分散仮想環境システム[1],[2],[3]では、世界モデルが集中型のサーバによって管理されるが、Spline では、スケーラビリティ、柔軟な拡張性に注目し、各プロセス毎に世界モデルの複製を保持する分散型世界モデルを採用している。

各プロセスにおいて、それぞれの世界モデルに対して行われた変更は、信頼性マルチキ

ヤスト機構を有する Spline 通信層によって自動的に他のプロセスが持つ世界モデルへ反映される。各世界モデルの持つ情報は、同時刻において全く同じではなく、緩やかな一貫性を保っている。世界モデルは、Spline が定義するクラスのインスタンス (Spline オブジェクト) と、それらの親子関係により構成される。

3.2. アプリケーション支援層

アプリケーション支援層は、アプリケーションが自世界モデルへのアクセスを行うための API ライブラリを提供する。各 Spline プロセスは、この API を用いて自由に世界モデル内に新たなオブジェクトを追加し、自プロセスが所有権を持つオブジェクトに対して変更を行うことができる。また、各オブジェクトの所有権を他のプロセスに対して移譲することも可能である。

Spline は、3 次元仮想空間内のオブジェクトの移動を表現するために、二つの方法を提供している。一つは、オブジェクトの位置座標を変更する方法である。位置座標の自世界モデルへの変更は、他の世界モデルへと更新される。もう一つは、スムーズモーションと呼ぶ機能である。スムーズモーションでは、オブジェクトの経路と終点に到達するまでの時間を指定する。これらの情報は、他の世界モデルに伝達され、その後のメッセージ通信を伴わずに、それぞれの世界モデル内のオブジェクトを、指定された経路に沿って滑らかな軌跡を描きながら移動させることができる。また、終点を過ぎた後もその経路を元にして移動させつづけることができる。

4. サービスの実装

自転車メディアパーク内の宇宙空間体験館、水族館、観覧車、自転車競技場の各施設の実装とその特徴について述べる。

4.1. 柔軟な構成

自転車メディアパークを構成するプロセスには、バイクを操作する各ユーザ毎に、バイクプロセスが存在する。また、宇宙空間体験館、水族館、観覧車、自転車競技場の各施設とサービスは、個別のプロセスとして実装されている。以下に、それぞれのプロセスの機能を示す。

(1) バイクプロセス

ユーザ毎にバイクを作成し、自転車型入出力デバイスへの入出力を行い、画面に 3 次元仮想空間を表示する。

(2) 宇宙空間体験館プロセス

建物内部の展望台、廊下、惑星、宇宙飛行士を作成し、惑星に動きを与える。

(3) 水族館プロセス

水槽内の魚を作成し、回遊させる。

(4) 観覧車プロセス

観覧車施設を作成し、観覧車のかごと回転板を回転させ、バイクを観覧車のかごとに乗降させる。

(5) 自転車競技場プロセス

競技場を作成し、各種レースにおけるバイクやロボット自転車を制御する。

それぞれのプロセスが、仮想公園に対して、施設とサービスを追加する様に構成されており、柔軟に公園内の施設形態を変更することができる。もし、施設を使用しない場合には、プロセスを起動しないだけで良い。また、自転車メディアパークに、新規施設とサービスを提供する場合には、施設を管理し、サービスを提供するプロセスを追加することで実現できる。

4.2. スムースモーション

水族館での魚、宇宙空間体験館内の惑星や観覧車のかごと回転板は、一定の動きを繰り返す。これらの動きは、Spline のスムーズモ

ーション機能を用いた回転運動として実現されている。

● 惑星の自転と公転

宇宙空間体験館では、1つの恒星と3つの惑星をそれぞれ配置し、それらを自転させる。同時に恒星を中心にして3つの惑星を公転させる。惑星の公転は、図6に示すように恒星のオブジェクトを3つの惑星オブジェクトの親オブジェクトにすることによって実現している。子である惑星は恒星の位置から公転の回転半径だけ離れた位置に配置する。恒星オブジェクトが自転することで3つの惑星オブジェクトに公転運動が与えられる。

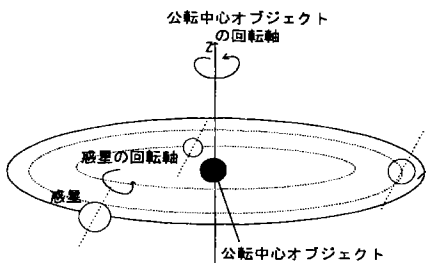


図6 惑星の自転と公転

● 観覧車のかごと回転板

図7に、観覧車のスムーズモーションの利用を示す。観覧車の回転板が時計回りに回転し、観覧車のかごは時計回りと反対に回転する。回転板とかごの回転速度が同じにすることで、実際の観覧車のかごの様に鉛直方向に向きを保っている。

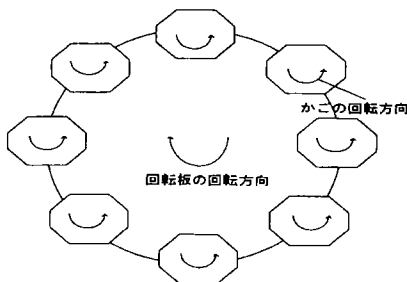


図7 観覧車の回転

● 魚の回遊

図8に、スムーズモーションを利用した魚の回遊運動を示す。公転の中心にビジュアルデータを持たない回転オブジェクト（親2オブジェクト）を作成し、それを親1オブジェクトの親として設定する。さらに、その親1オブジェクトの子として魚オブジェクトを設定する。その二つの親を回転させることにより、2重の公転運動が重なり合い、魚オブジェクトに複雑な回遊運動を行わせている。

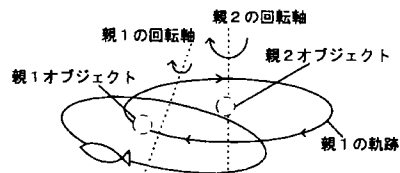


図8 魚オブジェクトの回遊

三つの施設について、スムーズモーションの使用事例を示した。一定運動を繰り返す様なオブジェクトを持つ施設を実装する場合には、スムーズモーションを用いることにより、簡単に実装することができる。また、スムーズモーションの利点として、通信量の削減も挙げられる。スムーズモーションでは、通常のオブジェクトの移動処理と比べて、移動するオブジェクトの位置座標が、世界モデル間で更新されないからである。

4.3. 位置監視と所有権の移譲

バイクの観覧車のかごへの乗降と競輪場レースは、バイクの位置監視とバイクからの所有権移譲によって実現している。

● 観覧車のかごへの乗降

観覧車プロセスは、バイクの位置を監視し、観覧車の乗り場に居れば、所有権をバイクから獲得する。観覧車プロセスは、乗せるかごを選択し、バイクをかごのオブジェクトの子として設定する。バイクはかごと共に回転する。バイクを子として設定したかごが一周し

た時点で、観覧車プロセスは、降り場にバイクの位置を設定し、所有権をバイクに返還する。

● 自転車レース

自転車競技場プロセスは、バイクの位置を監視し、エントリエリアに居れば、レースに参加するバイク及びそのレースに応じたロボット自転車の所有権を獲得し、スタート地点に移動させる。そして、自転車競技場プロセスが、バイク及びロボット自転車に所有権を返還することにより、それぞれプロセスの制御下に戻り、レースが開始される。また、自転車競技場プロセスは、各レースの終了判定とバイク及びロボット自転車がバンク上を正しい向きに走行しているか監視する。レースを監視するために行われるこの二つの機能も、バイク及びロボット自転車の位置監視により実現している。

どちらの施設のサービスについても、位置監視と所有権の移譲機能を媒体として、バイクプロセスと施設を管理するプロセスが協調動作することにより実現されている。バイク側で必要な処理は、所有権をサービス側のプロセスに引き渡す処理と所有権の返還要求を行うことだけである。この様に、Spline の位置監視と所有権移譲機能を用いることにより、ユーザ参加型のサービスが容易に提供できる。

5. まとめ

本稿では、自転車メディアパークの概要とその中のサービス施設である水族館、宇宙空間体験館、観覧車と自転車競技場を紹介し、Spline について述べた。さらに、これらの提供するサービスが、Spline を用いたことにより柔軟に拡張することができることを示し、Spline が提供するスムーズモーション、所有権の移譲、位置監視の 3 つの機能を用い

て、ユーザ参加型のサービスが容易に実現できることを述べた。

現在のところ、位置判定によるサービスの提供手段では、エントリエリアに入ったバイクは、強制的に自転車競技場レースに参加させられ、ユーザの選択の余地はない。バイクを操作するユーザに選択させる手段として、自転車競技場内に居るときには、参加するレースを選択するメニューが表示するなどのユーザインタフェースが考えられるが、サービスが提供される側のバイクに多くの処理を追加しなければならない。

また、仮想都市の中に含まれるであろう学校や市役所等といったサービスを実現する場合には、さらに多くの処理が必要であり、アバタ側にサービスを受けるため処理を追加することは、非現実的である。仮想都市の発展の観点から、サービスを提供する側（施設）から提供される側（アバタ）に対して、サービス処理機能の汎用的な配布手段や使用手段を考える必要があり、今後の課題である。

上記の課題を踏まえて、新規アバタの追加及び自転車競技場レースへの参加ユーザインタフェースの作成を通して、アバタの統一的な構造の検討とサービス処理機能の分類とクラス化を行うことを予定している。

参考文献

- [1] 朴峠 他, "仮想空間を創成する VRML 応用システム", FUJITSU.48., 2, 1997 年 3 月.
- [2] S. Ichinose et al. "InterSpace: NTT's Cyberspace Communication Platform", NIT REVIEW, Vol.9, No.3, May, 1997.
- [3] Honda, Y. et al. Virtual society. Procs. of VRML'95, San Diego, USA. Dec. ACM press 1995 pp.109-116.
- [4] <http://www.merl.com/projects/spline>.
- [5] 福岡 他, "分散仮想環境基盤ソフトウェア Spline", 三菱電機技報, 1997 年 2 月.
- [6] 佐藤 他, パーチャルトレードショウ: Spline の一応用システム", VR 学会 仮想都市研究会第 1 回シンポジウム, 1997 年 7 月.

単眼動画像からのパノラマステレオ画像の生成

川北泰広 濱口佳孝 塚本明利 宮崎敏彦
沖電気工業株式会社 研究開発本部 関西総合研究所

本稿では、1台のビデオカメラの映像から、両眼ステレオ視に用いる左右のパノラマ画像を生成する手法、および奥行きに対応した視差を利用することにより、ユーザの視線方向に応じたパノラマ画像のステレオ表示手法について報告する。本手法では、ビデオカメラを三脚に固定して手動で回転させ、得られる連続画像間のオブティカルフローを利用して垂直スリット画像の切り出しと結合を行い、左右のパノラマ画像を生成する。そして、ビデオカメラの位置からパノラマ画像内に存在している対象物までの距離に対応する視差を用いて、左右のパノラマ画像を合成する位置あわせの制御に利用する。

Generation of Panoramic Stereo Images from Movie using Single Video Camera

Yasuhiro Kawakita, Yoshitaka Hamaguchi, Akitoshi Tsukamoto, Toshihiko Miyazaki

Kansai Laboratory Research & Development Group

OKI Electric Industry Co., Ltd.

Crystal Tower 2-27 Shiromi 1-Chome, Chuo-ku, Osaka 540, Japan

This paper presents a technique to create panoramic stereo images easily and to display objects normally in the panoramic stereo images. Significant points of the technique are that we use only one video camera and use depth information on rendering. To create panoramic stereo images, this technique cuts and connects vertical slit images with optical flow between recording original images. Moreover, to display objects rearranged normal position, this technique controls an mixing angle of left and right panoramic images.

1. はじめに

近年、実写をベースにした仮想空間構築手法が多数報告されている[1][2]。パノラマ画像もその一つであり[3][4]、360度の全方位パノラマ画像の場合、撮影地点を中心とするあらゆる方位の画像を1枚のパノラマ画像から生成することができる。ところが、このパノラマ画像生成の多くは、精密な角速度を維持してカメラを回転させる必要がある。この制限は、カメラの回転角速度に応じた固定長のスリット幅をあらかじめ設定し、その幅をもつ垂直スリットで画像を切り出し、順次結合してパノラマ画像を生成するためである。さらに、通常のパノラマ画像は全方位を見回すことができるものの、2次元の平面(円筒面)に写像された奥行き感のない画像であり、臨場感という点では問題がある。

本稿では、撮影時の制限が少なく、かつ両眼ステレオ視可能なパノラマ画像を生成するための手法を報告する。我々の手法は概ね次のステップよりなる。まず、1台のビデオカメラを用い連続画像を取得。得られた画像のフレーム間のオブティカルフローを検出、オブティカルフロー検

出結果からスリット幅を決定。各フレーム画像からのスリット画像の切り出しと結合により、左右のパノラマ画像を生成。そして奥行きに対応した視差を用いたパノラマ画像のステレオ視の説明を行う。以下、生成表示手順に従い、詳しく説明する。

2. 画像の取得

ビデオカメラを三脚に固定し、三脚の回転軸を中心に滑らかに反時計回りに回転させて録画する。この時、ビデオカメラの焦点位置は回転軸から距離 L 離れたところに設定する。また、ビデオカメラの回転速度は一定に保つ必要はなく、適当な速度で手動で回転させる。

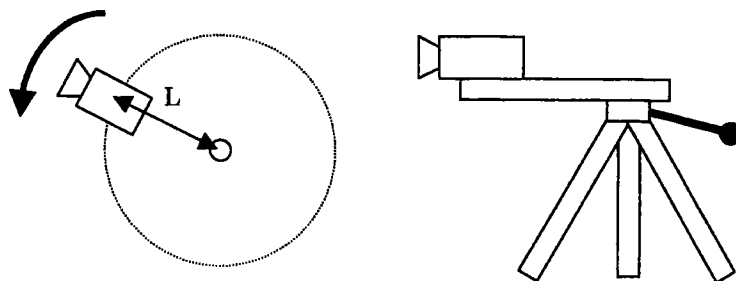


図1 ビデオカメラによる撮影方法

3. オプティカルフローの検出

録画したビデオ映像からキャプチャリングを行い、得られるフレーム画像(320×240(pixel))に対して、次のフレーム画像とのオプティカルフローを求める(図2参照)。同図(b)は、次のフレーム画像とのテンプレートマッチングによるオプティカルフローの検出結果で、マッチングをとるテンプレートの各代表点におけるフローベクトルの大きさを、代表点を始点とする線分の長さで表している。なお、テンプレートマッチングの検索範囲は、カメラの動きが軸固定の回転運動であることから横方向のみとした。そのため、検出結果には横方向の線分だけが現れている。また、オプティカルフローの線分が存在しない部分は、テンプレートマッチングにおいて、第1候補のマッチング結果の値と第2候補のマッチング結果の値との差が、一定値以上にならなかった不確定の部分である。



(a) フレーム画像



(b) オプティカルフロー



(c)

4. スリット画像の切り出し

連続する全てのフレーム画像間のオプティカルフローが定まると、そのフローベクトルの大きさを利用してスリット幅を決定し、右目、左目用それぞれのスリット画像をフレーム画像から切り出す。ここで、テンプレートマッチングがピクセル単位のマッチングを行うことと、検索範囲が横方向のみであるという制限から、フローベクトルの大きさをスリットの幅として利用できる。

まず、右目、左目用それぞれのスリット画像を切り出す位置を導出する。図3において、左右のカメラの位置が、パノラマ画像をステレオ視する際の左右の目の位置に相当する。ビデオカメラの回転半径を $L(m)$ 、視点(目)の間隔を $2e(m)$ 、ビデオカメラの回転角を $2\theta(deg)$ とすると、

$$L \sin \theta = e$$

の関係がある。例えば、 $L = 0.17(m)$ 、 $e = 0.03(m)$ とすると、 $\theta = 10.2(deg)$ となる。一方、図4より、画面中心よりスリット位置までの距離を $x(pixel)$ 、ウィンドウの幅を $w(pixel)$ 、水平視野角を $fov_x(deg)$ とすると、

$$w/2 : x = \tan(fov_x/2) : \tan \theta$$

となる。例えば、 $w = 320(pixel)$ 、 $\theta = 10.2(deg)$ 、 $fov_x = 31(deg)$ とすると、 $x = 104(pixel)$ と求まる。従って、画像の中心位置より横方向に $104(pixel)$ 離れたところからフローベクトルの大きさに相当する幅の画像を切り出して、スリット画像を生成する。

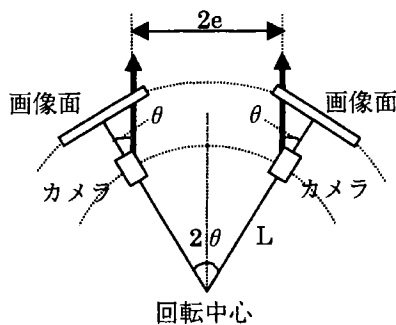


図3 回転半径と回転角の関係

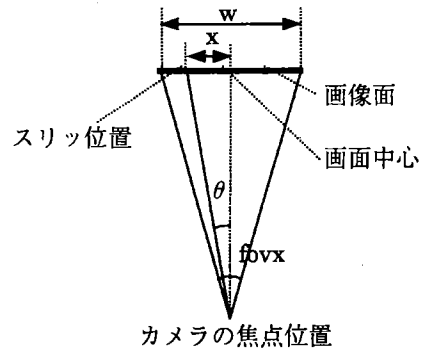


図4 回転角とスリット位置の関係

次に、切り出すスリット画像の幅を決定する。フローベクトルは、スリットの切り出し位置における代表点の行の数だけ検出されている。我々はスリット幅にフローベクトルの大きさの最頻値を利用した。最頻値を利用することは、そのフローベクトルの大きさに対応した位置に存在する物体が、スリット内の多くの領域を占めており、その物体に注目してパノラマ画像を生成することを意味する。従って、先に導出したスリット位置における有効なフローベクトルの値(図2(b)で横方向の線分が現れているもの)に対して多数決をとり、最も多く検出された値をそのスリット幅 sw と決定する。最終的に切り出されるスリット画像は、画像の左端を横軸の原点として、左目用の場合 $w/2+x$ の位置から幅 sw 、右目用の場合 $w/2-x-sw$ の位置から幅 sw のスリット

画像となる。切り出された左目用のスリット画像を図 2(c)に示す。

5. スリット画像の結合

全てのフレーム画像から切り出されたスリット画像を順次連続的に結合する。エレベータホールを撮影した映像から作成した左右のパノラマ画像を図 5 に示す。上が左目用、下が右目用である。

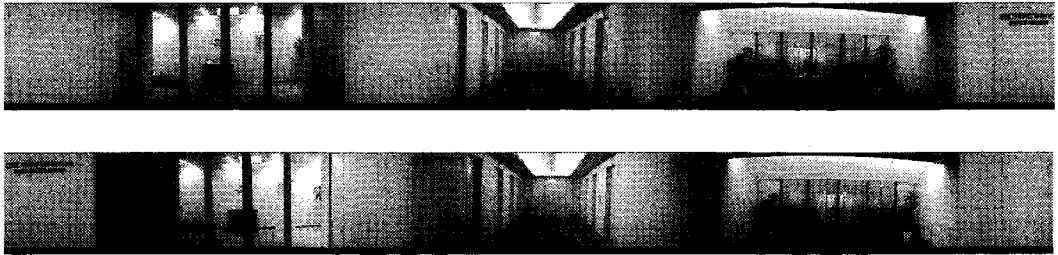


図 5 エレベータホールのパノラマ画像

6. 奥行き視差角を用いたステレオ視

以上の手順で得られた左右のパノラマ画像を両眼ステレオ視すると、十分遠方を撮影した画像の場合には、位置関係を正常に再現するステレオ視が可能であるが、比較的近距离に配置されているものや、カメラから対象物までの距離が大きく変化しているようなもの場合には、左右のパノラマ画像を表示する位置を調節する必要がある。この処理が必要な理由は、以下の様に説明できる。回転軸 O を中心とする円周 R 上でカメラを回転し、距離の異なるオブジェクト A 、 B を撮影した様子を図 6(a)に示す。この時、オブジェクト A は、パノラマ画像内の C 及び D の位置に、それぞれ右目用、左目用として記録される。同様にオブジェクト B は、パノラマ画像内の E および F に記録される。ところが、このパノラマ画像をそのままステレオ視すると、 θ は平行光線から算出した視差角であるから、オブジェクト A やオブジェクト B は、近距离に配置されたものを撮影した画像を使用して、無限遠に存在しているものとして表示される。そのため、オブジェクトが二重に見えるなどの障害が起こり、正常なステレオ視ができない。

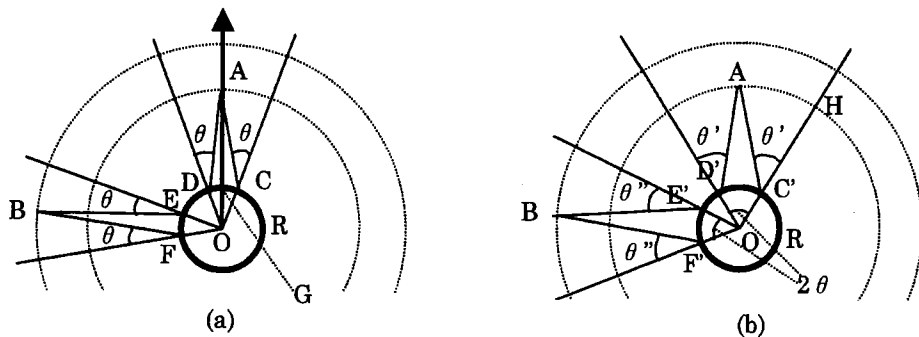


図 6 奥行き視差角の説明図

以上のことから、オブジェクト A やオブジェクト B の距離に応じた視差角を利用して、パノラマ画像を表示する位置を動的に変更し、表示されるオブジェクトが正確な位置に見えるよう修正する必要がある。

図 6(b)に示すように、 $\angle C'OD'$ と $\angle E'OF'$ を、 2θ に一致させると、図中の θ' 、 θ'' の関係は、 $\theta < \theta'' < \theta'$ となる。つまり平行光線から算出した視差角 θ に対し、オブジェクトの位置が近くなるにつれて視差角は大きくなり、オブジェクト A やオブジェクト B は視差角 θ' 、 θ'' で見なければならない。従って、左右のパノラマ画像をそれぞれの視点位置を中心に視差角 θ' または θ'' だけ回転させて位置を合わせることで、オブジェクト A またはオブジェクト B を正確にステレオ視することが可能になる。本稿では、この視差角をカメラから撮影する対象物までの距離(奥行き)に基づいた視差であることから、奥行き視差角と呼ぶ。

図 7 に奥行き視差角に応じて左右のパノラマ画像を回転し表示した例を示す。図 6(a)において、カメラが位置 G (この位置をパノラマ画像の基準位置と呼ぶ) から撮影のための回転を始めたすると、左目用のパノラマ画像では、オブジェクト A は基準位置から角度にして θ だけ左側(位置 D)に記録されている。一方、右目用のパノラマ画像では、オブジェクト A は基準位置から角度にして θ だけ右側(位置 C)に記録されている。そして、左目用のパノラマ画像を、視点を中心に時計回りに θ' 、右目用のパノラマ画像を、視点を中心に反時計回りに θ' 回転させてステレオ視することにより、記録されているオブジェクト A が正確な位置に配置されて見える。

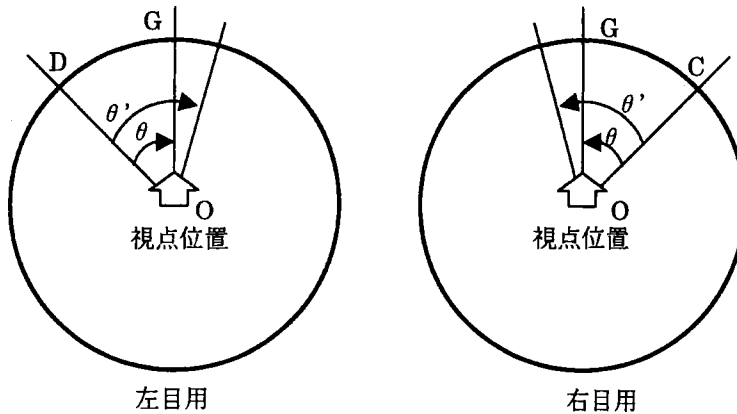


図 7 奥行き視差角に対応した左右のパノラマ画像の回転

次に、オブジェクトまでの距離と奥行き視差角との関係を示す。図 6(b)において、回転軸からオブジェクト A までの距離 $AO = a$ 、回転半径 $C'O = L$ 、平行光線に対する奥行き視差角 $\angle C'OA = \theta$ 、オブジェクト A に対する奥行き視差角 $\angle HC'A = \theta'$ とすると、

$$a = L \sin \theta' / \sin (\theta' - \theta)$$

の関係がある。これを変形すると

$$\tan \theta' = \sin \theta / (\cos \theta - L/a)$$

となり、オブジェクトまでの距離に応じた奥行き視差角 θ' が求まる。この奥行き視差角をパノラマ画像に対応づけて記録し、左右のパノラマ画像に適用することで、左右のパノラマ画像の位置合わせを動的に制御でき、パノラマ画像のステレオ視が可能になる。

7. 実験

オブジェクトまでの距離が大きく変化するエレベータホールのパノラマ画像に対し、本手法を適用した実験を行った。まず、実際にパノラマ画像を見ながら、正常にステレオ視ができるように、いくつかの視線方向で位置合わせを行い、その視線方向における奥行き視差角を記録する。そして得られた奥行き視差角を線形補完で連続的に変化させて、あらゆる視線方向に対する奥行き視差角を算出し、パノラマ画像と対応づける。10名の研究員に対し、算出した奥行き視差角を利用して、パノラマ画像の位置あわせ制御を行ったステレオ視を実施した結果、注目しているオブジェクトが二重に見えることなく、奥行き感が正常に再現されているという結果を得た。

8. まとめ

本稿では、パノラマ画像をステレオ視するためのパノラマ画像の生成方法、およびパノラマ画像の表示方法について述べた。本手法によると、撮影時の制限が少なく、特殊な機器を使用せずに臨場感のあるパノラマ画像の生成とステレオ視が可能である。今回は、いくつかの視線方向に対して実際にパノラマ画像をステレオ視し、その視線方向の対象物が正常に見えるように調整を行って対応する奥行き視差角を観測した。そして、得られた代表的な奥行き視差角から、線形補完を用いて全ての視線方向に対する奥行き視差角を算出し、パノラマ画像に対応づけた。しかし、オプティカルフローの検出で得られるフローベクトルの大きさとカメラからオブジェクトまでの距離との関係、または、生成した左右のパノラマ画像の相関を利用することで、奥行き視差角の自動抽出が可能であると考えられる。さらに、撮影点からのステレオ視だけでなく、水平移動を行いながらのパノラマ画像のステレオ視も今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1]内山晋二、片山昭宏、田村秀行他「光線空間理論に基づく実写データとCGモデルを融合した仮想環境の実現」3次元画像コンファレンス'96 論文集, pp.13-18 Oct 1996.
- [2]Leonard McMillan and Gray Bishop「Plenoptic Modeling:An Image-Based Rendering System」SIGGRAPH95, pp.35-46, 1995
- [3]Hiroshi Ishiguro, Masashi Yamamoto, and Saburo Tsuji「Omni-Directional Stereo」IEEE Trans.PAMI, Vol.14, No.2, pp.257-262, Feb 1992.
- [4]辻三郎「環境のパノラマ」電子情報通信学会誌 Vol74, No.4, pp.354-359, Apr 1991

実写ビデオをCG空間に定位させた映像ウォークスルー

木原 民雄*, 西村 剛*, 仲倉 一顕*

*NTT 情報通信研究所

実写ビデオをCG空間に定位させることによりビデオウォークスルーを容易に実現し、実写ビデオ映像とリアルタイム生成の3D-CG映像とが選択的に切替可能であることを特徴とした映像ウォークスルーを実現した。現実を実写した情報量豊かなビデオによるウォークスルーと、自由度が高く仮想的な表現空間を構築しやすいリアルタイム3D-CG映像によるウォークスルーを相互補完的に統合することで、より効果的な情報提供システムを構築することができた。CG空間に実写ビデオを定位させ構造化するためのノードバスモデルを提案し、生成される空間シナリオの構造とその逐次解釈の方法、及び具体的な実装方法について明らかにした。

A Visual Walkthrough System Placing Real World Video on CG Space

Tamio Kihara*, Go Nishimura*, Kazuaki Nakakura*

*NTT Information and Communication Systems Laboratories

Newly developed visual presentation system provides visual walkthrough to users that coupled real world's video with 3D-CG. The system has an authoring subsystem to make the walkthrough-path and its video-linkage on a CG space and has a player provides the presentation can switch the video-walkthrough and the realtime 3D-CG walkthrough. We proposed an architecture of the software and a structure of space scenarios.

1. はじめに

これまでに、実写ビデオ映像を主体とした情報提供を行うために、ビデオのハイパーメディア構造を提案してきた^{[1], [2]}。ビデオ映像とビデオ映像との関連や、ビデオ映像とその他のメディアとの関連を記述可能にしたり、ビデオ映像の画面そのものからのハイパーリンク構造を記述可能とすることを特徴とするシステムを構築してきた。

その後、これらに加えて、

(1) 実写ビデオ映像をCG空間に定位させることによるビデオウォークスルーの容易な実現が

可能

(2) 実写ビデオ映像とリアルタイム生成の3D-CG映像とが選択的に切替可能

であることを特徴とした映像統合方式を提案し、これを実装した情報提供システムを構築した^{[3], [4]}。

本稿では特に、このシステムにおいて映像ウォークスルーを実現する基盤となる

(1) ノードバスモデルによる空間シナリオの構造

(2) 空間シナリオの逐次解釈

についてその方式を明らかにし、具体的な実装方法について述べる。

2. システムの特徴

本システムの目的と特徴、及びアプローチについて説明する。

2. 1 ビデオウォークスルー

街路や建物内の経路について、人間が歩行して観察してみた場合や自動車により移動した場合と同じように連続的に移動経路を実写ビデオの映像に記録しておく。再生時には、例えば交差点において左折や右折を指示すると、その指示に従って左折ないしは右折した実写ビデオの映像が再生されるようにする。これにより、あたかも連続的に経路を移動した場合と同じような映像を提供するのがビデオウォークスルーである。

現実世界を実写したビデオは、情報量が豊かである。ビデオウォークスルーは、現実本来にその場所へ行って様々な事物を見聞きする感覚をユーザに与えることができる。撮影した経路しか再生できないという空間移動の不自由さもあるが、実写ビデオ特有の情報量の豊かさの有用性は無視できない。

2. 2 3D-CG映像との統合

一方で、リアルタイム生成の3D-CGによるウォークスルー映像の提供は一般化してきている。その表現力は着実に進歩しており、自由な空間

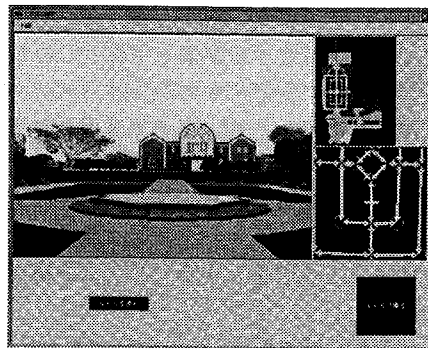
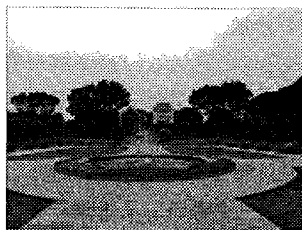
移動や視点の移動が可能なが長所である。しかし、現実世界を表現対象とした場合、実写ビデオ映像に比べてまだまだ表現が及ばないところがある。

そこで、実写ビデオによる映像ウォークスルーとリアルタイム生成の3D-CGによる映像ウォークスルーとを相互補完的に統合すれば、より効果的な情報提供が可能になると考え、このためのシステムを構築した。本システムの映像提供における特徴は、以下の通り。

- (1) ビデオウォークスルーを実現し、専用のインタラクション機能を提供。
- (2) ビデオウォークスルーと3D-CGウォークスルーの選択切替が可能。
- (3) 選択切替時の空間座標とビューの一致を行う。

基本的には、街路をあちこち行き来しているように交差点で選択分岐できるビデオウォークスルー映像を提供する。これは撮影された経路を進行することができるのみである。実写ビデオがない場所は、3D-CGによるウォークスルー映像を提供し、自由な空間移動ができる。つまり、実写ビデオによる空間と3D-CGによる空間とを同時に平行世界として構築し、実写ビデオ映像が存在する経路以外は、リアルタイム生成の3D-CG映像で補完することにする。

ユーザに対しては、同一のウィンドウ内で、実写ビデオと3D-CGの映像を任意の時点で選択切替できるようにする(図1)。実写ビデオの経



プレーヤ

図1. ビデオ映像(左)とCG映像(右)の切替

路からCG空間へ進出するとき、あるいは、CG空間から実写ビデオの経路へ進入するとき、空間座標とビュー（見た目）を一致させる。つまり、実写ビデオの経路を進行した場合の移動と、3D-CG空間における移動が相互に反映されるようにする。

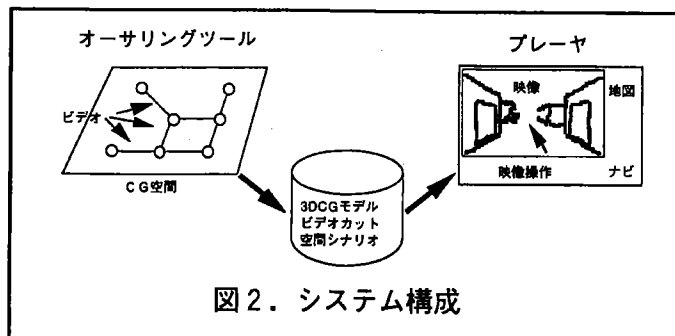


図2. システム構成

2. 3 アプローチ

大量の静止画や、実写ビデオの映像を立体的にCG空間にマッピングし、現実世界を忠実に再現する研究が行われている。それらに対して、本システムでは、あくまでもビデオカメラにより撮影した経路移動の映像は、特殊な加工をせず、そのままビデオストリームとして再生して提供するアプローチをとった。これにより以下の利点がある。

(1) 実写ビデオの撮影が簡易

経路を概ね等速運動してビデオ撮影することとし、フレーム毎のカメラ情報や位置情報等のデータ収集を行わない。家庭用の小型ビデオカメラを用いれば良い。

(2) 容易なオーサリングの実現

実写ビデオに対する大量の計算処理等が不要なのでハンドリングが容易。専門的な知識がなくてもオーサリングが可能。

(3) TV番組的な演出を許す

実写ビデオを静止画としてマッピングしたりしないため、個々のビデオ映像の内容に関してTV番組的な演出を許す。人物が喋っていたり、事物の変化が映っていて良い。

(2) ビデオカットファイル

実写ビデオ映像を断片化したビデオカットのファイル群。一般の編集ツールで作成する。

(3) 空間シナリオファイル

本システム固有の構造情報からなるファイル。オーサリングツールは、このファイルのみを生成し、3D-CGモデルファイルやビデオカットファイルには手を加えない。

4. 実写ビデオのCG空間への定位

4. 1 ビデオウォークスルーの実現

ビデオウォークスルーを実現するためには、

(1) 各経路を撮影したビデオカットの連結順序関係

(2) 分岐において後続する複数のビデオカットがそれぞれどの方向にあたるか

を管理する必要がある。大量のビデオカットが網の目状の関係を持つが、ユーザからの指示が「右」や「左」といった言葉で行われるとすれば、連結順序関係にそのような文字属性を付与すれ

3. システム構成

システム構成を図2に示す。全体としては、映像をユーザに提供するプレーヤと、オーサリングツールと、コンテンツから成る。コンテンツは、以下のファイルから構成される。

(1) 3D-CGモデルファイル

CG空間を記述した3D-CGのモデルファイル。一般の構築ツールで作成する。OpenInventor形式を用いた。

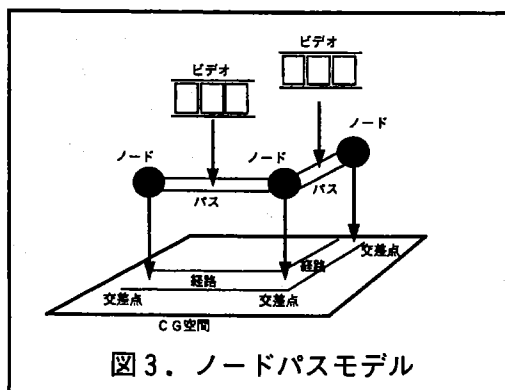


図3. ノードパスモデル

ば良い。つまり、経路と経路の関係が識別できれば、数値による地理的位置情報は必要ないとも言える。

しかし、本システムでは、まずCG空間を作成し、これにビデオカットを貼り込んでいく方法を導入した。実写ビデオをCG空間に一旦定位させることによって、そこから必要な関係性を逐次導出することにする。ビデオウォークスルーは、CG空間に固定された経路内の移動と見なす。

4. 2 ノードバスモデル

本システムでは、実写ビデオをCG空間に定位させるために、経路を示すオブジェクトであるバスと、分岐を示すオブジェクトであるノードをCG空間内に配置することでビデオウォークスルーの経路を定義し、これにビデオカットを関連付けた。この構造をノードバスモデルと呼ぶ(図3)。これらのノードバスモデルと付帯情報は、空間シナリオとして蓄積される。

CG空間をそのまま定位のための地図として利用する。通常は、上方から見た状態で平面として扱う。

(1) 実写ビデオ撮影時の資料に従い、平面上にノードを配置する。

(2) ノード間にバスを配置する。

(3) ノードとバスに対応するビデオカットを関連付ける。

というオーサリング手順で空間シナリオを生成する(図4)。

以下に、ノードとバスの表現内容を示す。

(1) ノード

交差点を表現する。交差点内の直進、右左折、転回などすべてのありうる経路の短いビデオカットを内包して持つ(図5)。ノードのCG空間における座標が、ビデオカットの開始フレームと最終フレームに束縛されている。つまり、ビデオカットは、CG空間内でノードに端点を束縛されることで相互に関連付けられる。

(2) バス

ノード間を結ぶ経路を定義する。この経路に沿ったウォークスルー映像のビデオカットが関連付けられる。往復のビデオカットを内包して持つ。本システムでは、CG空間におけるバスの経路の連続的な座標の管理は行わない。両端のノードの座標を補間することで、経路途中の座標の導出を図る。

ノードとバスは、オーサリング時には、3D-CGのオブジェクトそのものであり、ビデオウォークスルーの経路の構造を理解し易くし、視認性を高めるのに役立つ(図6)。プレーヤではオブジェクトとしては認識されない。これにより、専門的な知識を必要とせず直観的で容易なオーサリングが実現できた。

4. 3 空間シナリオの構造

空間シナリオは、

(1) ノードとバスの3D-CGモデルとしてのジオメトリ情報

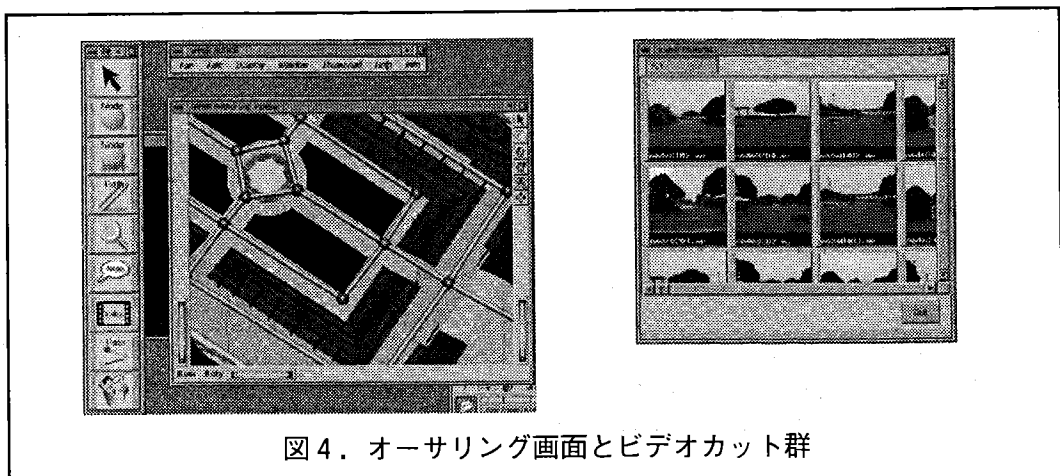


図4. オーサリング画面とビデオカット群

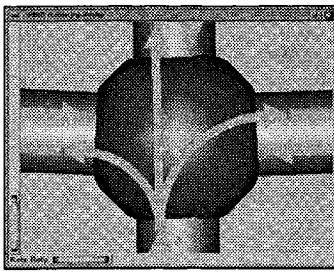


図5. ノード内の経路

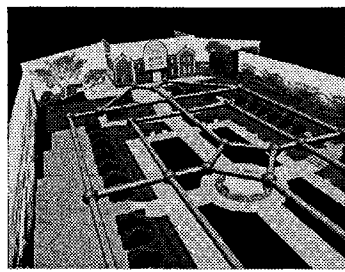


図6. ノードパスの様子

(2) 各パスのエントリ内にその両端のノードの識別名

(3) 各ノードと各パスのエントリ内に関連付けられたビデオカットのファイル名
によって基本的には構成される。

これに加えて、照明情報や視点情報や、ハイパーリンク構造を持たせる場合はそのリンク情報等も含まれる。

映像再生時には、この空間シナリオを元に逐次的に

(1) ビデオウォークスルーのインタラクション
(分岐選択)

(2) ビデオウォークスルーと3D-CGウォークスルーの選択切替時の空間座標とビューの一致
を行う。

5. 空間シナリオの逐次解釈

5. 1 ビデオウォークスルーのインタラクション

ビデオウォークスルーでは、以下の手順を繰り返す。

(1) あるパスに関連付けられたビデオカットの再生が終わるとその終端ノードで立ち止まる。

(2) そのノードと位置のジオメトリ情報が一致するノードを全て検索し、これを始点として共有するパスを得る。

(3) そのノードを中心とした角度のジオメトリ情報から得られたそれぞれの分岐の方角を示す模式的なアイコンによって、ユーザにパスの選択を促す。

(4) そのノード内の対応する短いビデオカット

を再生する。

(5) 連続して後続のビデオカットを再生する。

つまり、空間シナリオを逐次解釈することによって、間接的にビデオウォークスルーのためのビデオカットの相互関係を導出することができる。

オーサリング時に行うのは、ノードとパスをCG空間に配置し、それぞれのオブジェクトにビデオカットを関連付けるだけである。ビデオカット間の連結関係を明示的に記述する必要はない。ノードパスモデルにより、その連結の遷移関係と、選択のための方向指示が、CG空間に定位することで実現できた。

5. 2 実写ビデオと3D-CGのフリップ

ユーザの指示によって、ビデオウォークスルーと3D-CGウォークスルーの選択切替ができる。この時、空間座標とビューの一致を行う。この切替を映像のフリップと呼ぶ。

(1) 座標の一致方法

ビデオカメラが概ね等速運動を行って撮影されたことを前提とし、近似的手法を用いる。

実写ビデオの再生中にCG空間へ抜けるときや、CG空間から実写ビデオの経路へ進入するときに相互のビューを一致させるために、パスの長さの比率を利用する。例えば、ビデオカットの再生中に全フレーム数の75%が経過した時点でCG空間に進出するときは、パスの線分の0.75のところの座標に抜ける(図6)。CG空間から進入した座標がパスの線分の0.75のところだった場合、ビデオカットの全フレーム数の75%まで進んだフレーム数のところからビデオを再生

する(図7)。これにより、概ねビューが一致する。本システムでは、これ以上の厳密な映像の一致は求めない。

(2) ビューの調整方法

ビデオの撮影条件などにより異なる視点の高さやビデオカメラの画角を、3D-CGのビューと一致させるためにパラメータにより調整する。

(3) 近傍のパスの選択

CG空間移動時に、近傍のどの位置に実写ビデオが存在するかわかるように表示し、これを選択することでパスに進入できるようにする。このとき、パスへの距離を計算し、より近いほうのパスに自動的に進入させることもできる。パスの進行方向に滑らかに接するような経路を辿り進入する。あるパスにおいてどちら向きの進行映像を再生するかは、パスに進入したときのパスに対する角度によって決定する。

(4) 交差点の大きさ

ノード内のビデオカットは、右折や左折などの短い実写ビデオであるが、当然空間移動を伴う。つまり、ノードはある大きさを持つ。撮影手法にも左右されるが、交差点の大きさや道路の幅などから決まってくる。空間シナリオにおいて、このノードの大きさ(半径)をノード毎に設定できるようにした。通常はデフォルト値を持つ。ノード付近での空間座標とビューの一致性を高めるために、このノード半径を考慮した算出を行っている。

6. おわりに

実写ビデオ映像をCG空間に定位させることによりビデオウォークスルーを容易に実現し、実写ビデオ映像とリアルタイム生成の3D-CG映像とが選択的に切替可能であることを特徴とした映像統合方式と、これを実装した情報提供システムの構築について述べた。特に、ノードパスモデルによる空間シナリオの構造とその逐次解釈の方法、及び具体的な実装方法について明らかにした。

本システムによれば、実写ビデオを中心とした空間集積や再構成を実現することも可能である。楽しく興味の持てる空間の集積や、テーマ

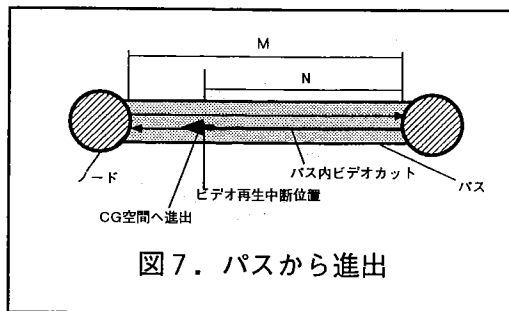


図7. パスから進出

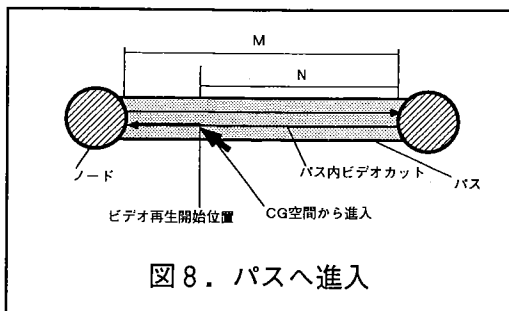


図8. パスへ進出

による切り貼りを行ったり、現実には隣接していない空間を隣接させたり、3D-CG空間においては現実には存在しないものをオブジェクトとして設置することも可能である。観光案内、エリア案内等の実写ビデオ特有の情報量の多さが効果的な対象に、散策型の情報案内システムとして適用していく予定である。

参考文献

- [1] 坂田哲夫, 木原民雄, 小島明, 佐藤哲司, 「映像散策のためのビデオハイパーモデルの提案」, 信学技報, DE95-35, pp.65-72, July 1995.
- [2] 岸田義勝, 木原民雄, 平野泰宏, 岩淵明, 寺中勝美, 「ビデオハイパーメディアの観光案内システム「TakeMe」への応用」, 情報研報, 96-DPS, pp55-60, May 1996.
- [3] 木原民雄, 岸田義勝, 柴垣斉, 寺中勝美, 「ビデオウォークスルーとバーチャルリアリティを融合させたマルチメディア・プレゼンテーションシステム」, 情報研報, 97-DPS-80, pp163, Jan 1997.
- [4] 仲倉一顕, 岸田義勝, 木原民雄, 「実写ビデオとVRを統合した映像ウォークスルーシステム」, 第55回情報処理学会全国大会, 3-448, Sep 1997.

仮想空間における現実の動作の表現手法

本田新九郎 木村尚亮 大沢隆治 太田憲治 岡田謙一 松下温

慶応義塾大学理工学部

E-mail: honda@myo.inst.keio.ac.jp

本稿では、人間の動作に着目し、現実世界と仮想空間のギャップを埋める手法を提案する。仮想空間においてノンバーバル情報を伝達し、仮想空間での活動をより現実なものとして実感させるために、各々のメンバのアバタに身振り(ジェスチャ)を情報として持たせ、メンバ間の質の高いコミュニケーション、及びコミュニケーション発生トリガの提供を実現した。3次元仮想空間として、我々がこれまで研究を行ってきた仮想オフィス Valentine を用い、オフィス内コミュニケーションに特化したシステムを構築した。まず仮想の動作を実感させる一手法として「握手」に注目し、握手デバイスを用いた仮想握手を実現した。また、動画像のジェスチャ認識を応用することにより、現実のユーザの状態や行動を仮想空間上のアバタに反映した。

A Way to Represent the Actual Action in Virtual Space

Shinkuro Honda, Takaaki Kimura, Takaharu Ohsawa,
Kenji Ohta, Ken-ichi Okada, Yutaka Matsushita

Faculty of Science and Technology, Keio University

E-mail: honda@myo.inst.keio.ac.jp

In this paper, we pay attention to the human action and describe a way to solve the gap problem between the real world and the virtual space. We try to support high quality communication among the members and provide triggers for informal communication by letting the avator have gestures for the member's information in a virtual space. We use a virtual office system "Valentine" for 3D virtual space which we have built before, and have built a communication system for office work. First of all, we pay attention to a handshake and realize "virtual handshake device" for the way to make users feel virtual action. Secondly, by applying the spotting recognition of gestures from time-varying image, the avator reflects user's state and action.

1 はじめに

パーソナルコンピュータの高速化や、グラフィック表示能力の向上により、3次元コンピュータグラフィックスによって作成された仮想空間を利用したアプリケーションが多く出現している。中でも、コミュニケーションを支援し、物理的に離れた人々を仮想的に出会わせて、仮想的なコミュニティを構築して行く試

みが行なわれており、注目を浴びている [1][8]。これらは、アバタと呼ばれるユーザの化身を介して仮想空間上での活動を行なう物である。

一方、質の高いコラボレーションを実現するには、お互いをよく理解するための密接なコミュニケーションが必要である。コミュニケーションは意見や情報を交換するプロセスであり、交換される情報には文字で表現できるバーバル情報と、表情、口調、ジェスチャ

などのノンバーバル情報がある。いくつかの研究で、バーバル情報の占める割合は全情報の 20 % 以下であると報告されている。つまり、質の高いコミュニケーションを実現するためにはノンバーバル情報の伝達が不可欠であると考えられる。

対面であれば、相手からのノンバーバル情報はすべて得ることが出来るし、場所や時間も共有している。電話の場合は、ノンバーバル情報は大幅に減少するが、少なくとも肉声は聞こえる。手紙でさえ、筆致という文字以外の手がかりがある。しかし、Mail, News などに代表されるコンピュータ・コミュニケーションは、基本的にディスプレイに表示されるキャラクターによるやりとりで行われ、ノンバーバル情報が欠如している。仮想空間を用いたアプリケーションにおいて考えてみると、現状では音声や対人距離といった情報はどのアプリケーションでも獲得することができる。InterSpace[9] のような動画像を用いたものでは表情、目の動きなどの情報も得られるが、アバタが人間らしい形をしていないために、身体的動作、姿勢、外観といった情報はわかりづらい。また動画像を使用しない(静止画、CG) 場合では、表情、目の動きはわからないが、アバタの形が人間に非常に近いために、身体的動作、姿勢、外観といった情報は獲得しやすい。これらはアバタを自分好みにカスタマイズしたり、Community Place[2] のボディアクション等で支援されているが、現状ではアバタは単にその人が誰であるかということを識別するためだけに用いられているといっても過言ではない。

そこで本稿では、仮想空間においてノンバーバル情報を伝達し、仮想空間での活動をより現実な物として実感させるために、各々のメンバのアバタに身振り(ジェスチャ)を情報として持たせ、メンバ間の質の高いコミュニケーション、及びコミュニケーション発生のトリガの提供方法を提案する。

2 仮想オフィス Valentine

我々はこれまで、在宅勤務者のための仮想オフィスシステムの研究を行ってきた [7][3]。筆者らが実現したシステムである Valentine は、地理的に分散したユーザをネットワーク上に仮想的に構築したオフィスに出勤させ、そこで他のメンバの雰囲気・気配を伝達し、コミュニケーションを支援するシステムである。

物理的なオフィスは存在せず、ユーザは全て仮想オフィスに通うことを想定している。遠隔地にいる他の社員の気配を伝達するために、「周辺視ビュー」および「効果音」を実現し、アウェアネスの提供を行なった。また、アウェアネスの過度な提供が効率的な個人作業の妨げとなることから、ユーザの「集中度」を定義し、集中度に応じたアウェアネス提供環境を実現した。この Valentine は、分散したメンバのインフォーマルコミュニケーションなども支援しているが、ここでは音声や映像でのコミュニケーションであったために、他のメンバとの身体的接触を行なうこと、例えば、肩を叩いたり、握手をするといったことが出来なかった。またアバタに関しても、他の仮想空間システムと同様に人間の識別が主な役割であった。図 1 に Valentine の概念図を示す。

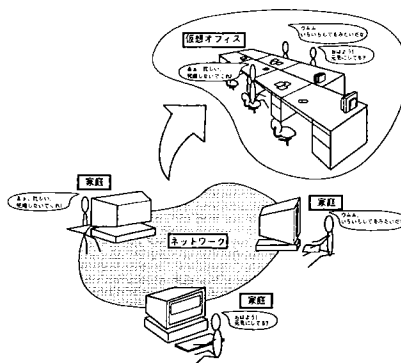


図 1: Valentine の概念図

3 仮想空間における現実の動作表現

これまで述べてきたように、仮想空間において、実世界で行なわれているようなコミュニケーションを支援するためには、実世界の情報(環境、人間)を取り込みそれをユーザーに提供することが必要である。これまでの研究では、仮想ショップ、仮想ショールーム、仮想ベットといったものに代表されるように、仮想空間に実世界のオブジェクト、事象を提供する、つまり仮想空間に実世界と同じような環境を与えることで、コミュニケーションを支援しようとする試みがほとんど

であった。

一方、現在他の研究で用いられているアバタはメンバがどこを向いているかを示す役割、およびメンバを識別する役割しか果たしていない。そこで我々は、「触覚情報」と「非言語情報」の二つの情報をアバタを介して提供することで、ユーザ間の質の高いコミュニケーションを実現しようと試みる。

3.1 触覚情報

3.1.1 握手

あらゆる表現手段の中で最初に現れ最後まで使い続けるのが、接触 (touch) である。個人のレベルでも人類全体としても、最も広く見られ、最も身近な信号体系である。人間の行動の中で接触行動の中心にあるのは握手である。これは最重要かつ最も典型的な接触行動である。なかでも、国際的な接触として、標準的・伝統的な挨拶として用いられている [4]。

オフィス内で身体接触が行なわれる場合は、どのような場合かを考えてみる。肩を叩く動作は、上司から部下への励ましやはっぱを掛けるといったことが主で、目下から目上への動作としてはあまり考えられない。また握手は、会議などのために一箇所に集まった際に挨拶として交わされたり、初対面の人との親睦を深めるために使用されたり、交渉決定時に交わされたりする。

本稿では、「握手」という動作に注目して考えてみる。この動作を仮想オフィス上で行なう際に、例えばマウスでメニューの中から「握手をする」というボタンを選択して、自動的にアバタ同士を握手させたとしても、現実のユーザーは握手をしていないために握手をしている実感というものが感じられない。つまり、仮想空間上のアバタと自分自身の動作が一致していないためにその動作をしている実感が得られないのである。

握手は、その人の顔を見ながら実際に触れ合うことによってお互いの信頼を確かめるなどを行なうために重要な役割を果たしている。本人同士の信頼関係に加え、その握手を見ている人々にとっても意味のあるものである。例えば、国家間協議で首相同士が握手することは、他の取り巻きにとっても大変意味がある。

3.1.2 デバイス

そこで、図2に示すような簡単なデバイス等を用いることで仮想的な握手を「実感」させようと考えた。

デバイスは、Hand部とFace部に分かれる。Handデバイスは相手の手を模擬した物であり、握手の際にそれを握る。Face部は相手のアバタ上半身を映し出すディスプレイであり、仮想オフィスの一部として構築される。Hand部にはセンサが取り付けられており、握手をしているかどうか、握手の強さを識別することが出来る。握手をすると、仮想空間内のアバタが手を差し出す。お互いの手が差し出されたところで仮想空間上での握手が成立する。デバイスを通して二人のメンバがお互いのアバタを見ながら握手を交わすことが出来る。このことにより、握手をした本人同士は握手の実感を得ることができ、また周りの人達もその様子を、握手をしているアバタを見ることにより認識できる。図3に、仮想オフィス内でアバタ同士が握手をしているシーンを示す。

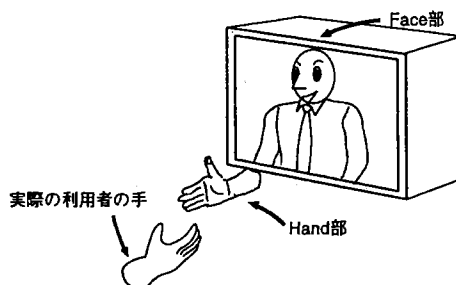


図 2: 握手デバイス

握手デバイスの特徴を以下に挙げる。

- 仮想動作 (アバタの動作) と現実の動作が一致する
- 「彼とは以前握手したことがある」というように、遠隔地間の挨拶に特別な印象を与えることが出来る
- 契約完了の象徴としての役割を果たす可能性もある

3.1.3 実装

握手デバイスは、シリコンで型を取った手の模型に触覚センサを埋め込んだものを用いる。触覚センサか

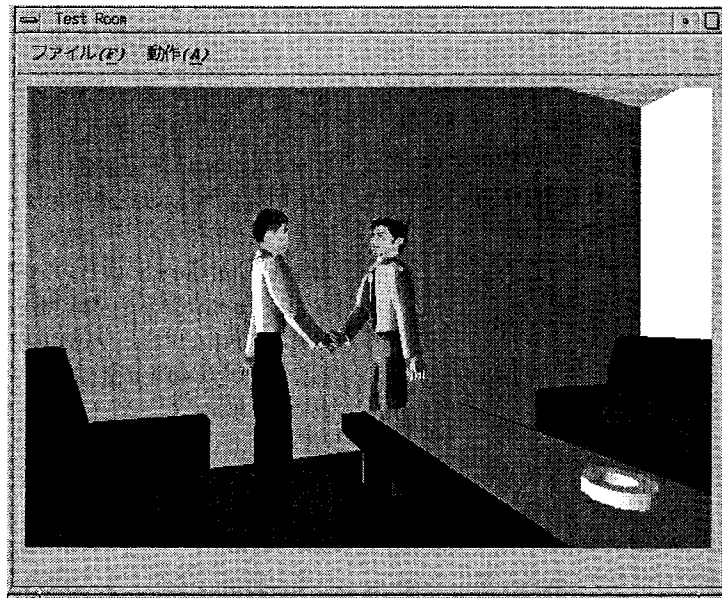


図 3: 仮想の握手

らの握手をしているかいないかという情報は、仮想オフィスシステムが動作するワークステーション (SGI O2) に送られ、アバタの動作に反映される。またデバイスには圧力センサも埋め込み、どの程度の力で握手デバイスを握ったのか、という情報ももう一方の遠隔地にある握手デバイスに転送され握力に反映される。つまり、握手デバイスを通して相手がどの程度の力で握手をしているのかということも実感できる。

3.2 非言語情報 (身振り)

現状の仮想オフィス (Valentine) において、先に述べた非言語情報の伝達について考えてみる。現状の Valentine では各メンバの音声情報は、マルチキャストされ、各々のメンバの位置関係に応じて音像定位されているために、対人距離、音声について各ユーザーは認識できる。

また、表情、目の動きについては、通常メンバの顔として用いられている静止画の場合はこれらの情報は獲得できないが、2 人のメンバが正面を向きあった場合に動画像転送がサポートされているので、その場合に限りこれらの情報は提供される。

接触については本年度作成する握手デバイスを用いて支援することができる。身体的動作、姿勢、外観については現在ではあまり情報が含まれていないがアバタの描写に変化を持たせれば、これらの情報を伝達することは可能である。

そこで本研究では、非言語情報の中で現段階では伝達されていないが、実現可能であろうと考えられる、身体的動作、姿勢、いわゆる人間の『身振り』、『仕草』というものに特に着目し、これらの情報をアバタを介して伝達することによって、仮想オフィスでのより質の高いコミュニケーション実現、コミュニケーションのきっかけの提供を試みる。

3.2.1 実装方法

ノンバーバル情報の特徴として、これらの情報は自発的なことが挙げられる。つまり、ユーザが自分で自分自身の状態を手動入力するのでは不自然になってしまう。ユーザが不自然さを感じることなく、これらの情報を伝達するためには、コンピュータ上から自動的にユーザの動き・姿勢を検知しアバタに反映する方法が必要となってくる。これを実現するために、カメ

ラからの映像を画像処理する方法、及び我々がすでに実装した集中度の自動判定を用いた。但し、ユーザによっては人間の心理として逆に自分の状態を隠したい、という場合も考えら、プライバシーの問題も考慮する必要があるのでユーザによる手動入力もサポートする。

これまでに画像処理の分野で、カメラからの画像を処理し、人間のジェスチャ認識を行なった研究が多く紹介されている。これらの中で、我々は画像処理部分に西村、岡 [6] らが提案したスポッティング認識手法を用いた。この手法の特徴を以下に示す。

- 画像処理時の背景や被験者の衣服の変化にロバストである
- ジェスチャの軌跡の変化にロバストである
- リアルタイムにジェスチャを認識できる
- 比較的大きなジェスチャの認識を前提にしている

本システムでは、コミュニケーションの支援のためにユーザの状態(身振り)の変化を利用するために、ユーザの状態変化にある程度のリアルタイム性が必要となってくる。また、ジェスチャの軌跡、衣服、背景も各ユーザによって異なるために、これらの変化にロバストであるこの認識手法を利用することは、有効であると考えられる。

作業者の集中度については、キーボード・マウスの動きや椅子の動きから検知し [3]、集中している時、リラックスしている時でアバタの表現を変化させる。

ユーザの状態の表現については、日常のオフィスで人間はどのような動作、姿勢をとるのか、またそれを見て周りにいる人はどのような印象を受けるのか、ということを調査する必要性がある。

このために我々はアバタの動作と感性語の関係の研究 [5] の中から仮想オフィスに適用できそうな以下に示す感情語を選択した。

- 張り切っている
- いらいらしている
- 驚いている
- 怒っている
- つまらない

- 落胆している
- 困っている

また、人間の身振りは人間の状態だけでなく、人間の動作を示す場合もある。実際の人間の動作を仮想空間上のアバタに反映することも、コミュニケーションを円滑に進めるために重要な要素になってくる。日常のオフィスの机上でユーザが取る動作としては以下のものが考えられる。

- 手招きする
- 指を指す
- おじぎをする
- 手を振る

これらの全ての状態、動作を先に述べた2つの要素から認識できるかは未知である。これはジェスチャ認識は、比較的動作の大きなジェスチャを前提としており、また非常に似通ったジェスチャの識別は困難であるからである。今後はこれらの状態、動作の中でコミュニケーションに有効なものをアンケートによって選択し、数は限り、有効性が高く、認識率が高い人間の動作、状態の認識を試みる予定である。

4 まとめ

本研究では、仮想空間においてノンバーバル情報を伝達し、仮想空間での活動をより現実な物として実感させるために、各々のメンバのアバタに身振り(ジェスチャ)を情報として持たせ、メンバ間の質の高いコミュニケーション、及びコミュニケーション発生のトリガの提供を実現した。3次元仮想空間として、我々がこれまで研究を行ってきた仮想オフィス Valentine を用い、オフィス内コミュニケーションに特化したシステムを構築した。まず仮想の動作を実感させる一手法として「握手」に注目し、握手デバイスを用いた仮想握手を実現した。また、動画像のジェスチャ認識を応用することにより、現実のユーザの状態や行動を仮想空間上のアバタに反映した。このことにより、現実世界と仮想空間のギャップを埋めることを試みた。今後システムの実装、評価を行なっていく予定である。

参考文献

- [1] G.Greenhalagh, and S.Benford. MASSIVE:A Collaborative Virtual Environment for Teleconferencing. *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, Vol. 2, No. 3, 1995.
- [2] Roger Lea, Yasuaki Honda, Kouichi Matsuda. Virtual Society: Collaboration in 3D Space on the Internet. *Computer Supported Cooperative Work The Journal of Collaborative Computing*, Vol. 6, No. 2-3, pp. 227-250, 1997.
- [3] S.Honda, H.Tomioka, T.Kimura, T.Ohsawa, K.Okada and Y.Matsushita. A Virtual Office Environment Based on a Shared Room Realizing Awareness Space and Transmitting Awareness Information. In *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 199-207, Oct. 1997.
- [4] リージャー・ブローズナハン. しぐさの比較文化 ジェスチャーの日英比較. 大修館書店, 1988.
- [5] 井上, 岡田, 松下. ネットワークにおける身振り動作を用いた気持ちの伝達. *情報処理学会論文誌*, Vol. 36, No. 8, pp. 2037-2045, 1995.
- [6] 西村, 向井, 野崎, 岡. 低解像度特徴を用いた複数人物によるジェスチャーの単一動画像からのスポッティング認識. *電子情報通信学会論文誌*, Vol. J80-D-II, No. 6, pp. 1563-1570, 1997.
- [7] 本田, 富岡, 木村, 岡田, 松下. 在宅勤務者の疎外感の解消を実現した位置アウェアネス・アウェアネススペースに基づく仮想オフィス環境. *情報処理学会論文誌*, Vol. 38, No. 7, 1997.
- [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*, 第1巻, pp. 13-18, Jul. 1997.
- [9] 鈴木, 菅原, 永嶋, 渡辺. サイバーコミュニティの検討. *信学技法*, pp. E92-120, Feb. 1993.

3次元仮想空間における情報アイコンの登録に関する検討

井上 雅之 清末 悌之

NTTヒューマンインタフェース研究所

概要

近年、コンピュータネットワーク上の3次元CGで描かれた仮想空間の中に利用ユーザの分身を放ち、この分身を操作することにより他の利用ユーザの分身と出会い、会話することにより人と人のインタラクションをおこなう「3Dサイバースペース」の研究、実用化が盛んである。仮想空間を現実世界と同様に魅力的な空間にするためには、システムを一般ユーザにも広く公開し、そこで得られた成果をシステムにフィードバックしていく必要がある。本稿では、我々が研究開発を行っている「3Dサイバースペース」である「インタースペース」を利用した「インタースペース・サイバーソサイエティ公開実験」の現状を分析し、「インタースペース」の今後の展開について考察を加えると共に、現在、筆者がおこなっている3次元空間内への情報供与の取り組みについて紹介する。

A Study on An Information Icon Entry in the Networked Three Dimensional Virtual Space

Masayuki Inoue Yasuyuki Kiyosue

NTT Human Interface Laboratories

Abstract

Nowadays three-dimensional networked virtual reality system(3D cyber space system) is coming to be popular. Users can communicate on this system with others by manipulating his or her own "avatar". We are developping the InterSpace system that is one of 3D cyber space system, and presenting Cyber Society trial constructed by using this system. Getting log data and accepting users' remark in this trial, we are going to upgrade InterSpace system. In this paper we analyze them and propose new architecture about information icon entry and arrangement on three-dimensional cyber space system.

1. はじめに

近年、音声と映像を扱えるマルチメディアパソコンの普及とインターネットに代表されるネットワーク技術の進展により、従来のテキストチャットばかりでなく、マイクロソフト社の NetMeetingTM[1]に代表されるような、リアルタイム音声やリアルタイム映像を用いたチャットが個人レベルで可能となってきた。

また、体感ゲームなどに代表されるバーチャルリアリティー技術等により現実世界を模した仮想空間を構築することが可能となった。

これら要素技術を統合することによる次世代コミュニケーションツール、「3Dサイバースペース」の研究、実用化が盛んである[2][3]。

「3Dサイバースペース」とは、コンピュータネットワーク上の3DCGで描かれた仮想空間の中に利用ユーザの分身を放ち、この分身を操作することにより他の利用ユーザの分身と出会い、会話することにより人とのインタラクションをおこなうシステムである。

1997年7月、我々が研究開発をおこなっている「3Dサイバースペース」である「インタースペース」を利用した「インタースペース・サイバーソサイエティー公開実験[4]」を開始した。これは、「インタースペース」を一般ユーザにも広く公開し、そこで得られた成果をシステムにフィードバックしていくためである。

そこで、今回、「インタースペース・サイバーソサイエティー実験」の現状を分析し、「インタースペース」の今後の展開について考察を加えると共に、現在、筆者がおこなっている取り組みについて紹介する。

2. 公開実験 [4]

「インタースペース・サイバーソサイエティー公開実験」は、インターネット上におけるインタースペースの利用実験である。

利用者および情報提供者を広く募集し、バーチャルタウンにおける出会いとコミュニケーションの発展性、そのクオリティと新たなサービス展開を、より多くの利用者とともに探っていくことを目的としている。

バーチャルタウンの住人となった利用者は、ビデオ顔画像とデジタル音声によるコミュニケーション、マルチメディア伝言板によるメッセージ交換、チームを組んで行うゲーム、デジタル水族館など、様々なマルチメディア体験ができる。



図1 インタースペース画面例

2.1 公開実験参加状況

図2は、1997年7月16日から1997年10月19日までのユーザの参加状況である。グラフは、横軸に集計日、縦軸に10月19日の登録ユーザ累積人数を1としたときの人数の相対値をとる。

ここでの、登録ユーザ累積人数、ログインユーザ累積人数は、7月16日からの累積人数である。なお、各累積人数は7月16日から何度ログインしても1回としている。また、

リピータ人数は、1週間毎に集計をとっている。ここで、リピータとは該当週より前に一度ログインしたことのあるユーザであり、該当週に何度ログインしても1回とする。

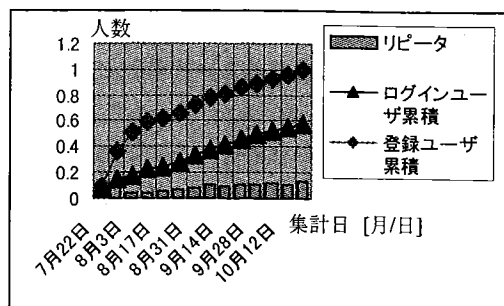


図2 公開実験参加状況

図2より、同じ集計日における、登録ユーザ累積人数とログインユーザ累積人数の差分から、ユーザ登録しているにも関わらず、ログインできないユーザ（ユーザL）が存在することがわかる。

また、該当週より1週間前のログインユーザ累積人数と該当週のリピータ人数の差分から、ログインできるにも関わらず、リピータとまらないユーザ（ユーザR）が存在していることがわかる。

ユーザLが存在する理由は、ダウンロードに失敗、もしくはインストールに失敗しているなどが考えられる。これは、インタースペースを利用するまでの敷居の高さを示している。

一方、ユーザRが存在する理由は、インタースペースにおけるコンテンツが魅力に欠けることや、リピートする必然性がないことなどが考えられる。

本稿では、特にインタースペースの次世代コミュニケーションツールとしての可能性を探るためユーザRに着目し、その利用状況調査をおこなった。

2.2 公開実験参加ユーザの利用状況調査

実際に公開実験に参加している一般ユーザのサポート、生の意見・感想を聞くことを目的とし、スタッフが毎日交代で一般ユーザの対応をおこなっている。ここで得られた主な調査報告を以下にまとめる。

1. ログインしてきても、何も反応せずログアウトする
2. 参加ユーザがバラバラなので共通の話題が見つからない
3. インタースペースホームページを開く掲示板ができたのでガイドがおこないやすくなった
4. 初めて会ったユーザ同士が会話をするのは難しい
5. 顔画像のところのビットマップを張り替えて共通話題の創出をおこなう

以上、1から3は、会話の契機に関する報告、4と5は、会話の継続に関する報告である。これら調査報告からコミュニケーションをするのに何らかの障害をきたしていることがわかる。そこで、実社会での人間のコミュニケーション行動に着目した。

3. 実社会でのコミュニケーション行動

実社会では、段階的にグループを形成し、そのグループ形成前後でコミュニケーション行動をおこなっている。

市川ら[5]は、グループの形成過程を以下のような3つの段階にまとめている。

第1段階

同じ興味を持つ人、同じ会社に属する人、同じ土地に住む人などの共通な要素により、コミュニティーが形成される。

第2段階

コミュニティー内での毎日の出会いによる偶発的会話などから、相手の情報を知ること

ができる。互いの情報に基づく、心理的距離の近づきによりグループが形成される。

第3段階

グループ内での会話の中から話題別に「スレッド」が生成される。メンバは話題毎に動的に変化し、グループ内グループが形成される。

上記、第2段階で相手の情報を知るためには、多くのコミュニケーションをお互いに発生させる必要がある。

Newcomb(1953)は、コミュニケーション行動の発生メカニズムをA-B-Xモデルによって説明している。ここでは、「2人の人間(AとB)が何らかの対象Xを媒介として関係し合うとき、Xに対してAとBそれぞれがもつ態度が食い違ふとA-B-Xシステム内に緊張が生じ、この緊張を解消し、システム内に均衡を回復する方向で、A-B間にコミュニケーションが発生する」と述べられている[6]。つまり、コミュニケーションを発生させるための何らかの対象Xが必要となる。

このことは、学会やパーティーにおいて、見知らぬ人になかなか話しかけることができなかったり、話かけられたとしても、会話が長続きしないという経験と一致する。これは、上記対象Xとなる共通の話題が見つからないことが原因になっていると考えられる。

4. インタースペースの今後の展開

今後インタースペースを発展させていくためには、システムの特徴と時代の要請をうまく合致させる必要がある。

現状のインタースペースは、以下の2つの特徴から、上記の学会やパーティーのような環境に極めて類似しているといえる。

- 1) 電話、TV会議、グループウェアとは異なり不特定多数のユーザが集まることの

できる場を提供する。

- 2) 人間が現実世界に拘束されている以上、仮想世界には1日のうち限られた時間しかいられない。

一方、個人情報誌に代表されるような「興味のわからない隣人より、興味を分かちあえる友人の発掘をしたい」という時代の要請がある。

そこで、以下の機能をインタースペースに追加することにより、時代の要請と合致させることができると考える。

- 1) 個人的な趣味によって取得、および作成した情報を他のユーザと共有することにより、不特定多数のユーザの中から自分の興味に合致したユーザを発掘できる。
- 2) メールなどで非同期型のコミュニケーションをすることにより、アポイントをとり、インタースペース内で同期型のコミュニケーションの機会を増大する。

これら機能を追加することにより、共有情報をもとに共通な要素を見出し、メールや会話により心理的距離を近づけ、興味を分かち合えるグループを形成できる。

5. 現在の取り組み [7]

仮想世界においても現実世界同様、見知らぬ人になかなか話しかけることはできない。

そこで、個人的な趣味によって取得、および作成した個人端末上の情報を共有仮想空間に情報アイコンとして可視化し、登録することによって共通話題を創出することを検討している。

5. 1 システム構成

本システム構成は配置管理サーバと各クライアントからなる。配置管理サーバは各端末からの参加者である分身もしくは3次元アイ

コンの仮想空間での配置情報を収集し、各端末に分配する。クライアントはウィンドウズ OS上で動作し、ネットワークコンピュータを使うことによりファイルを共有できるとともに、ネットワークを介して配置管理サーバに接続される。そして、クライアントは3次元CGで仮想空間を描画し、配置管理サーバからの各分身もしくは3次元アイコンの配置情報により自分の分身の視界にある他の分身もしくは3次元アイコンを描画する。分身の操作はマウスなどの入出力装置により行い、3次元アイコンの登録はドラッグ&ドロップにより行う。

5.2 機能概要

3次元サイバースペースの利用形態として図3のようにデスクトップ上に常時3次元仮想空間が表示されている状況を想定する。このとき、ファイルアイコンをデスクトップ上から3次元仮想空間の中にドロップすることにより情報アイコンを登録することを考えた。配置には、情報提供者／情報参照者が明示的になるように考慮した。

3次元アイコンの表示方法には色々考えられるが、ここではアプリケーションにより情報を開いている時のキャプチャー画像を直方体のグラフィカルオブジェクトにテクスチャマッピングした。図4は、情報提供者から見た3次元仮想空間の画面例である。図5は、情報参照者からみた3次元仮想空間の画面例である。これにより、3次元仮想空間のなかで誰もがファイルを共有（提示・参照）でき、情報を交換している人以外の人にも会話に参加できる機会を与えることができる。



図3 情報提示者端末画面

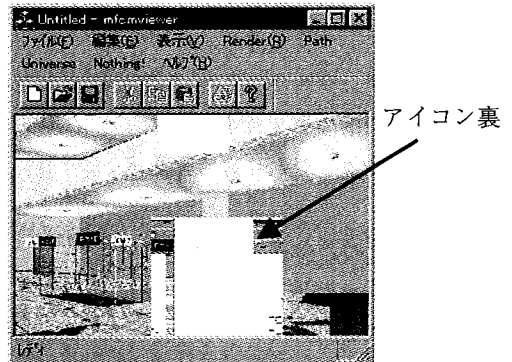


図4 情報提供者画面

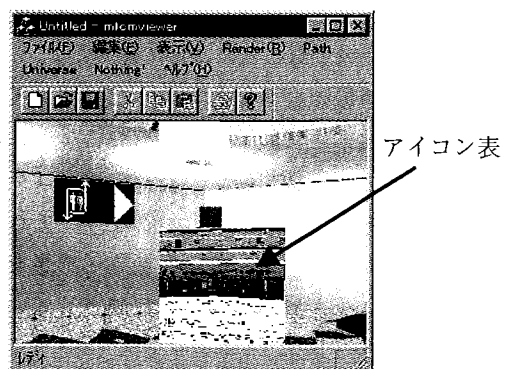


図5 情報参照者画面

5. 3 考察

個人的な興味によって取得した情報、および作成した情報を他のユーザと共有することは、会話の契機／継続になると同時に、新たなグループの形成に役立つと考える。

また、インタースペースのコンテンツを「仮想空間本体」と考えると更新頻度を上げることが難しい。しかし、「分身を介したユーザの社会活動」をもコンテンツに含めると更新頻度は高く変化に富む。現実空間が魅力に富むのは、常に変化し続けるからであり、従って、仮想的な3次元空間も魅力に富むものにするためには、システム提供者側（場の提供者側）とユーザ側（場の参加者側）から変化させる機能を有するべきである。

今後、インタースペースを普及させるためには、技術的な面ばかりではなく、心理的な面も十分考慮していく必要がある。

6. まとめと今後の予定

現在、我々が取り組んでいる、インタースペースを用いたサイバーソサイエティー公開実験の現状について紹介し、これから導き出された今後のインタースペースの課題について述べた。また、この課題を解決するための具体的な方法として、アイコンを3次元仮想空間内に登録することについて述べた。

今後、情報内容が伝わるような情報アイコンの可視化方法に関する検討をおこなう。評価は、ユーザ行動、会話、資料の利用ログデータを分析することによりおこなう。また、アンケート調査により多くの意見・感想を収集し、システム構築・設計へ反映させていく予定である。

参考文献

- [1]http://www.microsoft.com/ie_intl/ja/netmeeting/
- [2]<http://www.lab7.kuis.kyoto-u.ac.jp/free-software/freewalk/freewalk.html/>
- [3]<http://vs.sony.co.jp/>
- [4]<http://cybersociety.elcs.intsp.or.jp/>
- [5]市川、針生：「動的に変化する階層化コミュニティ支援サービスの研究」、情処 55 全大 4-139,140, 1997
- [6]Newcomb,T.M. 1953 : An approach to the Study of communicative acts. Psychological Review , 60 , 393-404
- [7]井上、清末：「3次元仮想空間における情報アイコンの配置に関する検討」、情処 55 全大 4-97,98, 1997

研究会入会のお願

日本バーチャルリアリティ学会仮想都市研究会(SIG-CyberSpace)

日本バーチャルリアリティ学会は、平成8年5月27日から発足し、その中で仮想都市研究会は平成9年3月27日より発足し、現在広く会員を募集しています。

日本バーチャルリアリティ学会仮想都市研究会は、バーチャルリアリティの中でも高度なヒューマンインタフェースとコミュニティ機能を仮想現実社会の中で実現し、総合社会情報科学として、インターネットなどを介した新しい情報通信による社会形成と社会維持について、学際的に検討する場を提供いたします。技術的、社会的な観点から検討する研究者間の情報交換の場をつくり、もって、仮想都市に関する学術及び芸術の進歩発展をはかり、さらには国内外の文化・福祉の向上と発展に寄与することを目的としています。工学、理学、経済学、心理学、社会学、哲学、芸術などのあらゆる分野で仮想都市に関連する工学・技術的な面、あるいは心理的、哲学的、社会・経済的な側面に興味をおもちの方は、是非本研究会に御入会下さるようお勧め致します。

仮想都市研究会は、バーチャルリアリティ学会の活動を盛り上げるため、有力な応用領域と考えられるネットワークコミュニティ機能について、学際的に検討する場でございます。

【仮想都市研究会の今後の活動について】

仮想都市研究会では、定期的に仮想都市研究会を開き、学会員のこの分野における発表、議論、問題提起などを取り上げます。

また、仮想都市研究専門委員会を構成し、仮想都市研究会の運営を行うとともに上部組織であるバーチャルリアリティ学会の全国大会、論文誌などの活動に仮想都市という分野、領域の観点から協力いたします。

また、インターネットでの広報についても今後検討していく予定です。

平成9年度は年4回の研究会、専門委員会を予定しております。

【入会申し込み】

インターネットで受け付けています。

<http://www.myo.inst.keio.ac.jp/~vc/vc.reg.html>

【入会申し込み振込方法】

三和銀行 春日支店 普通 3584875 名義：VR学会仮想都市研究会
年会費：3000円

【問い合わせ先】

NTT マルチメディアネットワーク研究所

インテグレーションサービス研究所 山上俊彦

(Tel: 0422-59-3962 FAX:0422-37-97691 E-mail: yam@acm.org)

日本バーチャルリアリティ学会研究報告

VRSJ Research Report

日本バーチャルリアリティ学会

VR 学研報 Vol. 2 , No.1

1997 年 11 月 27 日発行

ISSN 1343-0572

1997 by the Virtual Reality Society of Japan (VRSJ)

発行人 東京都文京区本郷 7-3-1

東京大学工学部計数工学館研究室内

日本バーチャルリアリティ学会

TEL 080-592-3550

FAX 03-5689-7201

e-mail vrsj@star.t.u-tokyo.ac.jp

The Virtual Reality Society of Japan c/o Tachi Laboratory , Department of
Mathematical Engineering & Information Physics Faculty of Engineering, The
University of Tokyo

7-3-1, Hongo, bunkyo-ku, TOKYO 113 JAPAN

禁無断複写・転載