

全天周映像ハイパーメディアの構造化と異形状空間のネットワーク共有

木原 民雄*, 大竹 孝幸*

*NTTサイバースペース研究所

tamio@isl.ntt.co.jp, ohtake@dq.isl.ntt.co.jp

複数のユーザを取り囲む大きな映像投影装置の開発が進んでいる。これらの映像投影装置は周囲のドームや壁面に複数の映像を組み合わせて出力する。より効果的なアプリケーションを構築するためには、これらの映像に対して指示入力することで出力を変化させるインタラクティブな機能を実現する必要がある。本研究では、複数映像によって構成される空間に、実写ビデオ映像を投影するとき、この映像の内容を指示することでアクションを起こすハイパーメディアシステムの実現を目指した。このためのハイパーメディアの構造化方法を提案し、異なる形状の空間の間でも共通的に取り扱うことを可能としたネットワーク共有機能について明らかにする。

Surrounded Video Hypermedia

- its Structure and Network Sharing among Various Shaped Spaces -

Tamio Kihara, Takayuki Ohtake**

*NTT Cyber Space Laboratories

tamio@isl.ntt.co.jp, ohtake@dq.isl.ntt.co.jp

Recently large size image projection systems that users can enter inside the space have been developed. These systems combine several images to project to the surrounded dome or walls. For constructing valid application, it is necessary to develop interactive facilities to change the presentation with the pointing to these images. We have realized the surrounded video hypermedia system that is able to create actions in the multi-stream real video environment. In this paper we have described the structuring method of the hypermedia and the network sharing method among various shaped spaces.

1. はじめに

マルチメディア情報を端末画面に提示するだけにとどまらず、より魅力的な活用を行うために、情報への指示命令となる入力と、空間的に構成された情報の出力とを高度に連携させることを可能にする機構が求められている。個々の要素技術に進展は見られるが、このような空間を柔軟に構成して容易に活用できる技術が確立されているとは言い難い状況である。筆者らは、この機構の実現方法の確立を目指しており、さらに、構成された空間間をネットワーク接続し、情報を活用する技術の提案を行ってきている^[13]。

最近では、複数のユーザを取り囲むことが可能な大きな映像投影装置の開発が進んでいる。例えば、CG映像をキューブ状の空間の各壁面に投影するイリノイ大学のCAVE^[14]や、これを発展させた東京大学インテリジェントモデリングラボラトリーのCABIN^[15]が知られている。キューブ状の空間以外にも、ドーム状の空間に1基の魚眼プロジェクタで映像を投影するシステムや、ドーム状の空間を6分割して6基のプロジェクタで分担

して投影する五藤光学研究所のVirtuarium^[16]等がある。これらのシステムでは、周囲の壁面や天井やドームに複数の映像を組み合わせて出力し、主にCG映像を出力する方式が主流である。

このような空間のもとで、より効果的なアプリケーションを構築するために、映像の内容に対して指示入力することで映像出力を変化させるインタラクティブな機能の実現が求められてきている。しかし、現状の多くが従来の端末画面上で行う操作の延長の域を出ていない。

一方、筆者らは、これまでに実写ビデオ映像を主体としたハイパーメディアシステムを開発してきた^[4,5]。このシステムは、実写ビデオ映像中の被写体にハイパーリンクを設定し、その内容説明を提示したり、プレゼンテーションのストーリーを変化させたりする仕組みを提供するものである。さらにこれを発展させ、3次元CG空間上に多数の実写ビデオ映像を構造化し、映像中の被写体に加えて空間の経路にハイパーリンクを容易に設定できる方式も実現してきた^[6,9,10,11,12]。また、大きな映像出力に対して、複数のユーザが移動やジェ

スチャ等により指示することで描画や演奏を行うインタラクティブシステムの構築を行ってきた^[7]。さらにまた、これらの映像空間をネットワーク共有する試みも行ってきた^[8]。

本研究では、これらの研究を踏まえ、複数映像によって構成される空間に実写ビデオ映像を投影する時、この映像の内容を複数のユーザが指示することでアクションを起こすハイパーメディアシステムを実現することを目指す。このためのハイパーメディアの構造化方法を提案し、異なる形状の空間でも共通的に取り扱うことを可能としたネットワーク共有機能について明らかにする。

2. 複数映像におけるハイパーメディアの課題

本システムでは、複数映像が投影された空間の内側に複数ユーザが入り、その映像の内容に向かってそれぞれのユーザが直接指し示したりする指示命令によって、次々と映像や情報が提示されていくアプリケーションを想定している。これにより、例えば、実写ビデオ映像主体の観光地の紹介や、駅や空港の道案内を行うシステムを構築したり、仮想体験による教育支援システムの構築が行えるようになる。

このようなシステムを実現するためには、以下の課題を解決する必要がある。

(1) 空間内のユーザが映像に向かってその内容を指し示す時、指し示した先に何が映っているかわからなければならない。つまり被写体をマークしアンカーを付与しなければならない。

(2) 指し示された時、どんなことが起きて欲しいかというアクションを予め記述しなければならない。

この時、実写ビデオ映像の投影を行うために、30fpsのムービーファイルによる映像再生を逐次的に行っていくものとする。このため、映像空間を構成する同期すべき複数のムービーに対し、

(1) ハイパーリンク情報をどのように構造化し蓄積するか。

(2) ハイパーリンクのアンカーとアクションをどのようにオーサリングするか。

(3) 複数映像にまたがるハイパーリンクのアンカーをユーザにどのようにプロンプトするか。

(4) ユーザがハイパーリンクをどうキックするか。を検討し、機能実現を図る必要がある。

さらに、これらに加えて次の要求の充足も目指す。

(1) 異なる形状の空間であっても、映像ソースやハイパーリンク情報はできるだけ共通化したい。

(2) ネットワーク共有した空間間で、一方の指示命令により他方の映像出力を変化させるようにしたい。

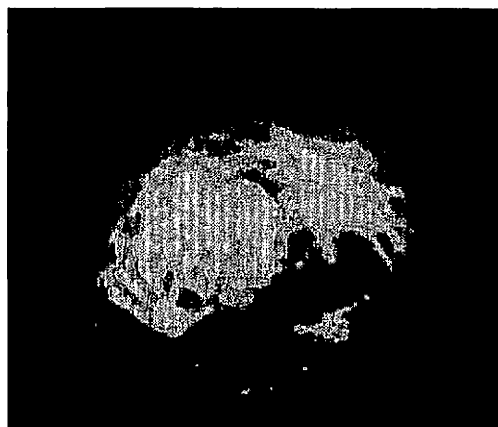


図1. 複数映像によるドームへの投影

3. 実写ビデオ映像の構成

3.1 映像の出力

映像の出力は、原則としてある「場」の様子をコンピュータ出力の実写ビデオ映像として空間に投影するものである。液晶プロジェクタやCRTプロジェクタ等による矩形画面の映像信号を組み合わせることを前提とする。これらの矩形画面の投影は重なっていてもよい。場合によっては、繋ぎ目を目立たなくするためにマスクしたり、隣接する映像のエッジをブレンドしたりする。

これらのプロジェクタ投影は、カメラレンズによって撮影するのと同等のパラメータ設定がなされていると考えられる。つまり、それぞれの矩形画面（ウィンドウ）の

(1) サイズ：縦のピクセル数、横のピクセル数、ピクセルの縦横比率

(2) 視野角：垂直角度、水平角度

(3) カメラオフセット：ヘッド（向き）、ピッチ（上下）、ロール（回転）

と、

(4) プロジェクタの位置：3次元座標

で、どのような投影がなされているかが定まる。

今回、複数の映像による投影でユーザを取り囲む状態であれば、空間の形状は任意であることを前提としているが、当然、凹凸のある空間ではプロジェクタによる継ぎ目のない投影は困難である。よって代表的な空間の形状として以下の3つについて議論を進める。

(1) 三面鏡形：矩形映像が正面と左右に広がる形状で、矩形間に角度が付いている。

(2) キューブ：直方体で正面と左右の3面を基本に、

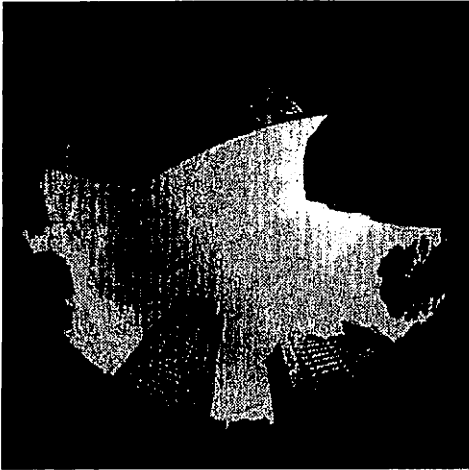


図2. 魚眼レンズ撮影の実写ビデオ

天井や床面や背面があってもよい。

(3) ドーム：半球状で投影は4基や6基を基本とし、ドーム全体が傾斜していてもよい。

図1は、ドームに対し複数の実写ビデオ映像による出力空間を構成している様子である。

3. 2 映像への指示命令

映像への指示命令、つまりハイパーリンクのキックは、原則として、複数のユーザが空間内で映像に向かって、腕や棒状のものを向け、場合によってはスイッチを押すことで行われるものとする。この時、これを入力情報とするには、

(1) 空間内のユーザの位置 (原点)

(2) どの方向を指しているか (極座標方向)

という数値が必要である。位置や方向を得るセンシング装置には様々なものがあり、本システムでは実写ビデオ映像を利用するために30fps以上で測定値が得られるデバイスを想定している。例えば、スティックの両端にカラーマーカを付け、これをCCDカメラで追尾するカラートラッキングシステムや、3軸以上の振動子ジャイロ等である。

3. 3 映像の歪み補正

複数の映像出力によりあるひとつの「場」を投影する場合、CG映像であればその構成は比較的容易である。CGの場合、モデルファイルを持ち、その定義から各映像プロジェクタのカメラレンズのパラメータ設定に従ってリアルタイムに映像を生成すればよい。各映像間の繋ぎ目にも問題は起こらない。

これに対し、実写ビデオ映像を投影するためには、まず、全天周に対する撮影を行う必要がある。つまり、魚眼レンズを用いたり、複数のカメラで撮影を行う必

要がある。投影する際には、撮影した映像を歪み補正して使用しなければならない場合がほとんどである。

例えば、図2は魚眼レンズ撮影の実写ビデオ映像の様子である。矩形画面中の円状の部分に360度の全天周が畳み込まれている。これをキューブやドームに投影するには、この映像をリアルタイムに歪み補正しながら切り分けてそれぞれのプロジェクタに与えるか、予め歪み補正して複数のムービーファイルとして蓄積して準備しておく必要がある。複数カメラによる撮影の場合は、それぞれのファイルのムービーを同期して再生するように準備して蓄積しておく必要がある。本システムでは、リアルタイムと蓄積の両方の形態を想定して機能実現している。

4. ハイパーメディアの構造化

CG映像中の事物にハイパーリンクを設定することは、CGモデルに属性を付与することで比較的容易に行うことができる。ここでは、ユーザを取り囲む映像が実写ビデオ映像である場合のハイパーメディアの構造化について述べる。

4. 1 アンカーとアクション

ある「場」を移動してあちこち見てまわり、興味のあるものやメニューを指示することによって、ストーリーが展開したり、場面が転換したり、より詳しい情報が提示されることを想定する。この時、映像中に映っている内容、つまり被写体をアンカーとしたハイパーメディアシステムが必要となる。図3は、本システムによって複数映像上のハイパーリンクのアンカーをプロンプトした状態の様子である。

ハイパーリンクをキックした場合のアクションには、以下の記述を可能にした。

(1) ファイル名

映像空間内の特定の領域にテキストや静止画やムービーを出力するため。

(2) URL

映像中の事物に関連する情報を出力するため。この場合、ブラウザ画面を映像空間内に表示する構成とする。

(3) コマンド

ストーリー展開や場面転換の制御をするため。これにより予め用意されたストーリーの分岐を選択したり、次に映るべき場所の映像を呼び出したりする。

4. 2 ハイパーリンク管理情報

ハイパーメディアシステムを機能させるためには、

(1) ハイパーリンクによってアンカーにアクション

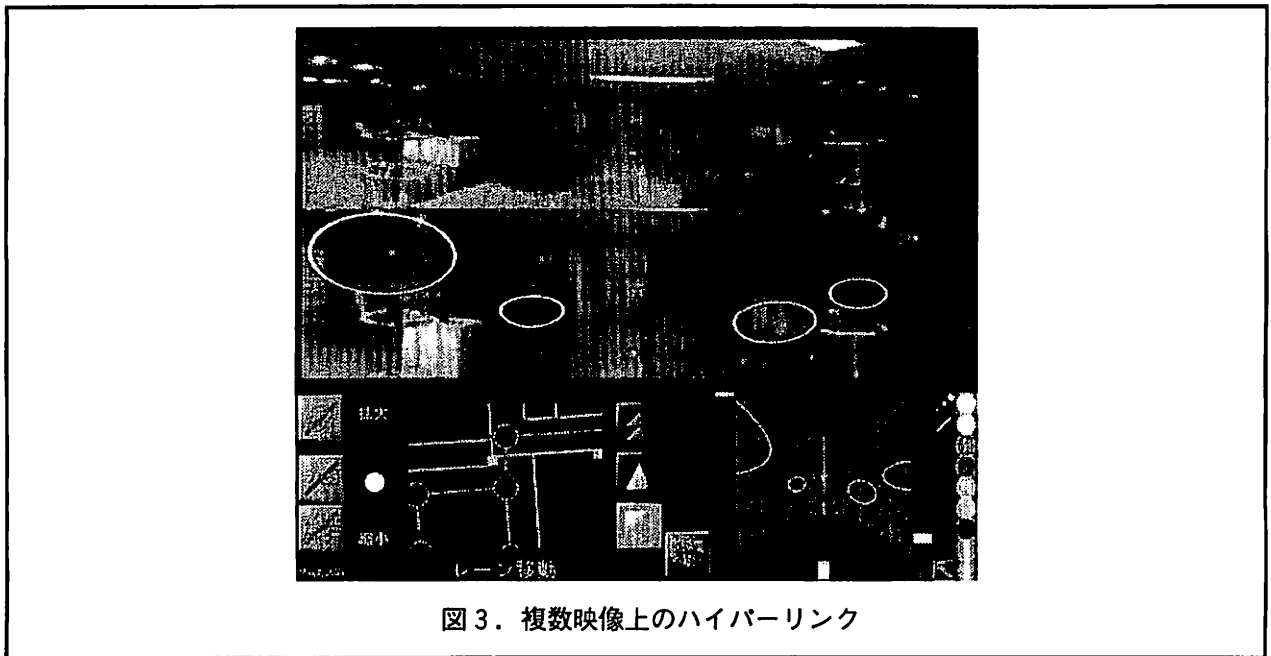


図3. 複数映像上のハイパーリンク

を関連付ける。

(2) アンカーが設定された領域が出力映像中でユーザにわかるようにする。

ことを可能する必要がある。つまり、空間内のユーザの指示命令が映像のどの被写体に対して行われたかを算出するため、被写体そのものが複数のムービーファイルにまたがるどの映像中にあるのかを算出するために、ハイパーリンク管理情報を生成しなければならない。このために、以下の2通りの方法を実現した。

(1) 極座標図式

実写ビデオ映像のムービーが複数であったとしても、ハイパーリンクを魚眼レンズ画像状態の極座標図として管理する方法である。主にドームの時に用いるがキューブでも可能である(図4)。まず、被写体にアンカーを設定したい時刻始点aに対して、その中心と範囲をマーキングする。その後、ムービーをコマ送りで進め、時刻終点bをマーキングする。始点と終点の間で領域は自動的に線形補間される。必要であれば、

1フレーム毎に領域の修正が可能である。この領域群がひとまとまりのオブジェクトとなり、これをアンカーとしてアクションを設定する。具体的にはURL等をテキストで記述する。極座標図で管理すれば、映像が出力されるドームの大きさの大小に関わりなくハイパーリンクのオーサリングが可能である。欠点は、図2のように映像が歪むため、最終的見た目がわかりにくいということである。

(2) 展開図式

実写ビデオ映像のムービーが複数の時、ハイパーリンクを出力空間の展開図として管理する方法である(図5)。主にキューブの時に用いる。オーサリング方法は極座標図式と同等である。映像の歪みは極座標図式に比べて少ない。欠点は、例えば、右側面の映像上部から天井面の右部へ至る被写体に対してマーキングする場合は、展開図上では連続していないため、わかりにくいということがいえる。

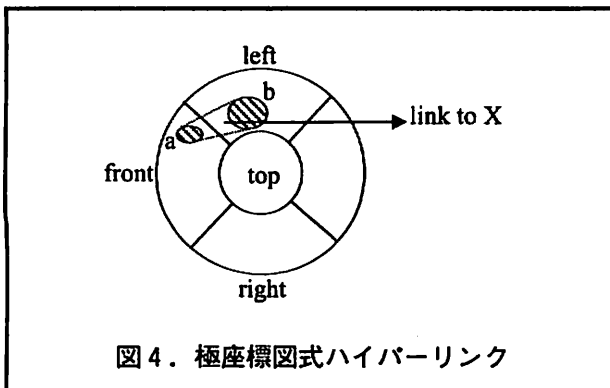


図4. 極座標図式ハイパーリンク

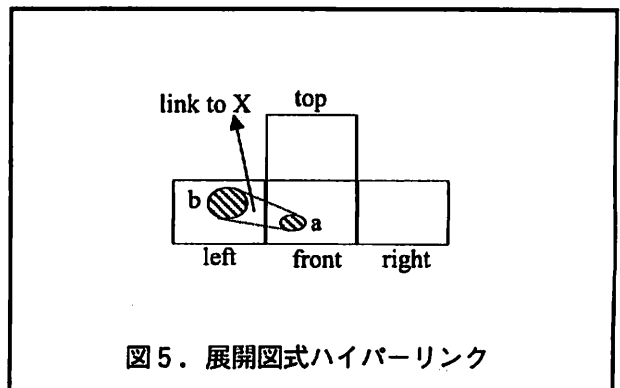


図5. 展開図式ハイパーリンク

4.3 ハイパーリンクのオーサリング

映像中の被写体へのアンカー設定とアクションの記述については、本システムでは手作業によって行うこととした。このためのオーサリングツールを提供し、なるべく簡易にコンテンツが作成できるようにした。画像理解の研究領域では、実写ビデオ映像中の物体の輪郭抽出を自動的に行う技術も進んできているため、今後これを利用することも考えられる。

オーサリングする際には、極座標図や展開図に直接マウス等でマーキングしていく方法の他に、図6のように、出力空間の原点に立って仮想的なカメラで周囲を見まわしている様子の映像に対してマーキングしていく方法も提供した。この方法のほうが最終的な見た目の状態がわかりやすい。しかし、全天周に対して網羅的にマーキングするには仮想カメラの方向を変えていきながら作業する必要がある、手間がかかる。

4.4 ハイパーリンクの解決

ハイパーリンクへの指示命令を行うユーザは、これらのハイパーリンク管理情報が想定している原点（通常、出力空間の中央）上にはないと考えられる。よって、ユーザの位置と指し示している方向から、映像のどの位置が指し示されているのかは、映像出力空間の実寸の大きさから逐次算出する必要がある。

これらのハイパーリンク管理情報と、映像を出力するプロジェクタのカメラレンズの設定とから、ユーザにそれとわかるように、アンカーが付与された被写体に対してラバーバンドの付与やハイライトの処理を行う。実際にどのムービーのどの領域に対して被写体があるかを極座標図あるいは展開図の図面の設定から得るわけである。

5. 異形状空間のネットワーク共有

キューブやドームといった形状の空間における映像ハイパーメディアシステムにおいて、ネットワーク共有した空間間で、一方の空間の指示命令が他方の空間の映像出力を変化させるようにすることを考える。このネットワークによる共有方法について以下に検討する。

(1) 映像ソース

今後、コストを考慮すると、空間毎に撮影し直すよりも、映像ソースの共有（使いまわし）を可能としたい。ひとつの方法は、魚眼レンズによる実写ビデオ映像からそれぞれの形状に対して逐次生成することである。しかし、魚眼レンズによる実写ビデオ撮影は、映像品質を得にくいのが現状である。レンズ性能が得にくいことに加え、歪み補正の誤差も比較的大きいため

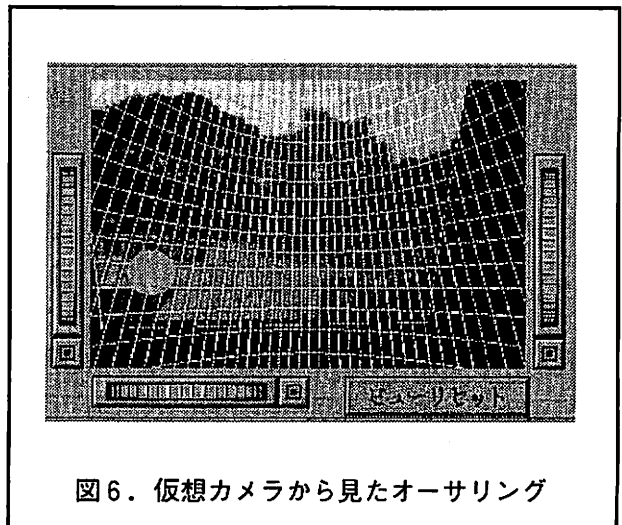


図6. 仮想カメラから見たオーサリング

である。また、ドームの場合以外は、投影面の部分により解像度の差が比較的大きく生じる欠点もある。当面、映像ソースの共通化は難しいと考えられる。

(2) アクションの情報

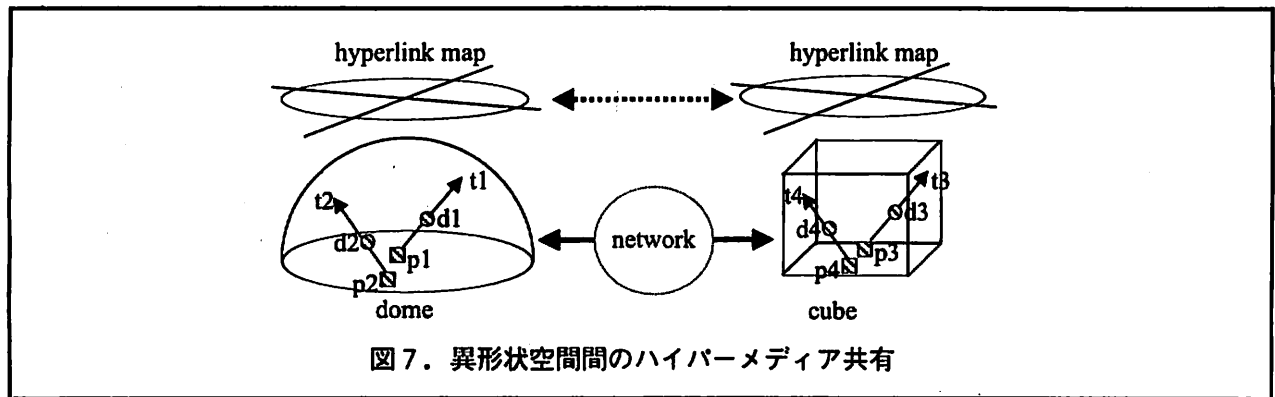
ハイパーリンク先のアクションの情報を共有することは、通常のファイル共有やブラウザ等の技術で容易であると考えられる。

(3) ハイパーリンク管理情報

ハイパーリンク管理情報の共有は、前述した極座標図によれば実現できる。つまり、出力空間の中央を原点とする大きさ1の図面にハイパーリンクの記述を統一するのである。抽象化マップとして極座標図を用いれば、出力空間が異形状であってもハイパーリンク管理情報を流通させることができる（図7）。映像ソースほど誤差が問題になることもないと考えられる。

(4) アンカーをキックするイベント

ハイパーリンクをキックするイベントはネットワーク上を流通させることができるが、この方法は2通りある。ひとつは、ユーザが指し示している情報、つまりデバイスからの位置と方向とオンオフの情報の組みを流通させ、受け取った側がアンカーとの照合を行う方法である。もうひとつは、映像中のどのアンカーが指し示されているかをローカルに解決し、この結果情報を流通させる方法である。いずれの場合もハイパーリンク管理情報を共有すれば、異なる形状の空間間であっても同じ映像の内容を見て指示命令を伝達することが可能である。指し示すポイントは、空間内で複数あってもよい（図7）。2地点であれば、空間相互にイベントを送りあえばよい。3つ以上の空間間を接続する場合は、それぞれのイベントに空間識別子を付与し、サーバに集約して再配信する等のリフレクタによる方法をとればよい。



6. 実験システムの構築

本システムを複数のグラフィックワークステーション上に実現し、それぞれのマシン上で複数のハイパーリンク付き実写ビデオ映像を再生し、これらをスキャンコンバータによって液晶プロジェクタの出力信号として取り出し、ユーザを取り囲む空間を構成するテストアプリケーションを構築した。オーサリングツールによって、複数のファイルにまたがる実写ビデオ映像の中を移動していく物体に追従するようにアンカーをマーキングし、これに対してアクションを記述し、ハイパーリンク管理情報として保存蓄積してこれを利用した。6つまでの映像出力による空間が構成でき、パラメータの変更によって異なるカメラレンズ設定の空間間で同一のハイパーリンク管理情報が共有利用できることを確認した(図3)。実際に3軸振動子ジャイロを用いてアンカーをキックし、ブラウザに対してアクション情報を表示することができた。これにより、本システムの実現性を確認することができた。

7. おわりに

複数のユーザを取り囲むことが可能な大きな空間に、複数映像によって構成される実写ビデオ映像を投影する時、この映像の内容を指示することでアクションを起こすハイパーメディアシステムを実現するためのハイパーメディアの構造化方法を提案した。映像ソースとハイパーリンク情報を異なる形状の空間でも共通的に扱える方法を確立し、そのオーサリングツールを提供した。異なる形状の空間間でネットワーク共有を行うことが可能なインタラクティブ機能についても明らかにした。

今後は、全天周映像ハイパーメディアを活用したアプリケーションシステムを構築し、より利便性の高いネットワーク共有型マルチメディア空間構成技術の確立を目指していく。

参考文献

- [1] <http://www.evl.uic.edu/page/CAVE/>
- [2] <http://www.ihl.t.u-tokyo.ac.jp/Projects/CABIN/>
- [3] <http://www.goto.co.jp/product/virtuarium-j.html>
- [4] 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, 1995年7月.
- [5] 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, 情処研報96-DPS-76, 1996年5月.
- [6] 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, 情処研報97-DPS-80, 1997年1月.
- [7] 木原民雄, 藤井孝一, 安斎利洋: Moppetネットワークペイントシステムの入出力インタフェース, 情処研報97-DPS-81, 1997年2月.
- [8] 木原民雄, 鈴木宣也, 安斎利洋, 大和田龍夫: ネットワーク接続型マルチユーザ3次元映像創作システムの構築, DiCoMoワークショップ, 1997年7月.
- [9] 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回情処大会, 1997年9月.
- [10] 木原民雄, 西村剛, 仲倉一顕, 実写ビデオをCG空間に定位させた映像ウォークスルー, VR学研報 VCR97-13, 1997年11月.
- [11] 木原民雄, VISUALOCUS (ビジュアルローカス) ビデオと3次元CGを統合した映像ウォークスルーシステム, シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス, 1998年6月.
- [12] 木原民雄, 西村 剛, 仲倉一顕, ビデオを3次元CG空間に定位した映像ウォークスルーのメディア構造, DiCoMo98シンポジウム, 1998年7月.
- [13] 木原民雄, 安斎利洋, 中村理恵子, 太田博満, プラネタリウムに描画する多人数インタラクティブ全天周映像システム, 情処研報99-DPS-91, 1999年1月.