

## トピックス

### VR 技術レポート

# EXPO 2005 AICHI JAPAN 愛・地球博

山田俊郎 (岐阜県生産情報技術研究所)  
坂口正道 (名古屋工業大学)  
北村喜文 (大阪大学)

#### はじめに

2005年3月25日から9月25日までの185日間、愛知県の長久手町、豊田市、および瀬戸市において、今世紀初の万博「2005年日本国際博覧会」(愛知万博、愛・地球博)が開催され、日本を含む121カ国、4国際機関が参加している[1]。目標入場者数は1,500万人とのことであるが、5月31日には総入場者数が600万人を越え、平日でも10万人を越える人出となっている。「自然の叡智」をメインテーマに掲げ、環境に配慮した様々な運営や試みが行われる一方で、ロボットなどの先端技術に関するショーや展示も注目を集めている。また、IT、ユビキタス、MR、CG、ディスプレイ、ハイビジョン、立体視などの各種VR技術は、多くのパビリオンや展示において多用されている。そこで、6月初旬に会場に赴き、様々なVR技術を体験した内容についてレポートをする。映像技術に関する詳しい解説は文献[2]等に譲り、本稿では、実際に体験した印象や感想などを中心に報告する。

#### 長久手日本館

長久手日本館は三つのゾーンに分かれており、展示の目玉はゾーン2の「地球の部屋」である。この部屋は世界初の全周球面スクリーンで、その直径は地球の直径の100万分の1である12.8mとなっている。図1のように球の中心を貫く通路が設置され、その中央部分以外はガラスできており、下の方まで見渡せる構造になっている。この球の内側に12台のプロジェクタからフルCGの全周映像が投影される。各プロジェクタの映像は正12面体の1面である五角形の領域の画像を投影するよう、レンズの先に物理的なマスクが取り付けられている。隣り合う映像はブレンディング処理されるが、正12面体としたことで最大でも三つの画像間のブレンディングで済むため、調整が比較的容易になったとのことであった。

CAVE型の全周映像と比べると、多人数対応が球面型の



図1 地球の部屋の映像コンテンツ  
バージョン2の1シーン  
\*口絵にカラー版掲載  
(画像提供 長久手日本館)

最大の利点であると考えられる。CAVE型ではスイートスポットを逃すとスクリーンの繋ぎ目が気になり、没入感を損なう結果となる。それに対して、この全周シアターでは1度に75人ずつ映像を体験するが、どこにいてもかなりの臨場感が味わえる。むしろ中心よりも周辺にいる方が全体を楽に見渡せて良いかもしれない。映像の歪はあるものの、滑らかに連続しているということが映像の自然さにとって重要であると感じられた。普段CAVE型を扱っている立場からすると悔しい思いはあるが、全周映像シアターとしてのドーム型の優位を認めざるを得ない出来栄のシアターであった。

地球の部屋は薄い二重構造になっていた。スクリーンを通して見た構造を図2に示すが、外壁はまた球面で、隣接する展示ゾーンにおけるプロジェクション投影面としても機能していた。

コンテンツは万博開幕当初からのバージョン1に加えて、6月からバージョン2が加わっていた。また、8月ごろにも追加があるようである。我々はバージョン2で



図2 地球の部屋の内部からスクリーンを通して見た構造

地球の部屋の没入感を体験した。VR酔いを起こさないための配慮からか、全体にゆったりとした映像の流れであったが、最後に少し激しい場面があり、来館者から歓声があふれていた。

地球の部屋の直前には、太陽が地球に及ぼす影響のシミュレーション画像を表示する180インチモニター「ジオスペース」も設置されていた。これはパララックスバリア方式と思われる裸眼立体視ディスプレイで、裸眼立体視ではおそらく世界最大のものである。多くの来館者は次の「地球の部屋」に気が行ってしまうているのか、立体視であることにあまり気付かれていないようであったが、大画面での裸眼立体視は新鮮であり、20インチ程度の裸眼立体視モニターよりも楽に立体像を結像することができた。

## ■グローバル・ハウス

グローバル・ハウスでは、マンモスをはじめ、様々な種類の展示があるが、その中から、最先端の映像システムを利用した二つのシアターとユビキタス情報システムについて報告する。

### レーザードリームシアター

GxLと呼ばれる技術を用いたシアターは、幅50m高さ10mという2005インチの超ワイドなスクリーン上に、ハイビジョン映像がシームレスに横に3画面分繋がった映像が投影されるシアターである。このシアターが設置されているグローバル・ハウスは万博前には愛知県のスーツ施設として使われていた建物であり、シアター部分は



図3 レーザードリームシアターの全景

スケートリンクの上に作られている。そのため、横方向にはスペースがあるが、縦方向の高さが取れないことから、このような超ワイドなスクリーン構成となったそうである(図3)。

まず、シアターに入ると、そのスクリーンの大きさに圧倒されるが、映像の投影が始まると、そのサイズのみならず、映像の色の鮮やかさに目が奪われた。このシアターでは、レーザーを光源とするプロジェクタが使われており、色の再現範囲はCRTモニターの2倍にも及ぶという。また、明るさについても、1画面につき5,000lmのレーザープロジェクタを4台スタックして20,000lmの明るさで投影しており、大画面であっても映画館並の明るさを確保している。従来にないプロジェクタで投影された映像はエメラルドグリーンや肌色といった淡い中間色の美しさが特に印象深かった。

上映されたコンテンツは「2005 our Planet」という、現在の地球の状況を各種のデータを交えて紹介するものであった(口絵カラーページ2, 図1参照)。抽象的なデータを説明するために一部CGが使われているが、大部分は実写映像であり、この撮影には当然特殊なカメラが使用

されている。今から3年前、2002年の日韓ワールドカップ開催の折りに、サッカーフィールドを丸ごと中継するバーチャルスタジアム構想があったことをご存知の方もおられるかと思う。このときに横長の映像を1点の光学中心から撮影するために開発されたのがメガビジョンというカメラである。このカメラは広角レンズに台形プリズムを組み合わせて、3台のハイビジョンカメラでシームレスなワイド映像を撮影することができる。上映されたコンテンツは、メガビジョンの改良型を用いて撮影されているとのことである。

### スーパーハイビジョンシアター

スーパーハイビジョンシアターでは、ハイビジョンの16倍の精細度で、実に7,680×4,320pixelという非常に高精細な映像を見ることができた。スクリーンサイズは幅約13m×縦約7mの600インチであり、この上にスーパーハイビジョン映像を投影すると、ピクセルサイズは約1.7mmとなる。通常、大型映像では音響用のスピーカをスクリーンの背後に設置し、音響透過型スクリーンという細かい穴が開いたスクリーンが使用される。しかし、この穴のサイズとピクセルサイズが同程度ということから、ここでは穴がないスクリーンが使われており、スピーカはスクリーンの周囲に配置されていた。

また、このような高精細映像はマルチプロジェクタによる投影であると想像していたが、なんと1台のプロジェクタによる投影であった。厳密には、グリーン用のプロジェクタと、レッド・ブルー用のプロジェクタの2台での投影であるが、1台のプロジェクタでスクリーン上の全画素を投影していることは驚きであった。プロジェクタのディスプレイ素子は3,850×2,160pixelのD-ILAで、グリーンは2枚の素子で画素をずらしたフル解像度の映像で、レッドとブルーは素子の解像度の映像を投影しているとのことであった(口絵カラーページ2, 図2参照)。

シアターのコンテンツは、高精細映像であることを活かすとともに、映画ではなくてテレビであることを感じさせるという点に製作者の関心が向けられていた。計画の初期段階では、どこか別の地点の映像を生中継するというのを考えられたそうだが、昼夜を問わず中継映像として楽しめる場所の選定や通信回線の問題から取りやめになったそうである。その代わりに、屋外のウェイティ



図4 スーパーハイビジョンシアターでの入館待ちの映像(時間差中継)

ングゾーンに設置されたカメラで、入館待ちをしている様子を撮影し、その様子をコンテンツの本編に先立って投影する時間差中継が行われていた(図4)。これが来館者にはかなり好評で、自分や仲間の

姿を見つけては指を差したりして、和やかな雰囲気になっていた。このときの映像は1回の入館者である350人すべてが1画面の中に納まっており、スーパーハイビジョンの解像度がないと人の識別は不可能であると思えた。コンテンツ本編もさることながら、高解像度を体感させるうまい演出であると感じた。

### 音声情報提供システム / Aimulet GH

グローバル・ハウスのオレンジホールでは、最先端の研究成果や世界各地から寄せられた貴重な展示品が並んでいる。来場者は、図5の様にカード型情報端末 Aimulet GH (アイミュレット・ジーエイチ) を耳に当てながら見学することで、音声ガイドやメッセージを聞くことができる。産業技術総合研究所において開発されたこの技術により、「いま、ここで、見ている展示品」のガイドを聞くことができるという、ユビキタス情報環境の一つの形が体験できる。Aimulet GH は、図6に示すように厚さ5mm、重さ28gのカード状で、特に操作する部分はなく、太陽電池の面を部屋の上部に取り付けられた赤外線送信装置に向けてすることで、カードコーナーの突起部より音声ガイドが聞こえてくる。音声の聞こえる範囲は0.5×3m程度で、カードの方向を厳密にコントロールしなくても容易にガイドを聞くことができた。来館者は、皆カードを耳に当てながら、食い入るように展示品に見入っていた。

また、Aimulet GH には、来場者の入出場管理や流動解析を行える機能がある。カードに無線ICタグが内蔵されており、天井に数mおきに多数配置されたアンテナで来館者の位置情報を検出する。来館者の流れを分析することで、会場のレイアウトの改善や混雑の回避に利用できるそうである。



図5 Aimulet GHで音声ガイドを聞いている様子

図6 カード型情報端末 Aimulet GH

## ■三菱未来館

三菱未来館の展示は Neil F. Comins 博士の著書「もしも月がなかったら」に題材を得た展開であり、他の企業パビリオンと比べて難解なストーリーであるため、ショーの組み立てに苦労されていると思われた。まず、プレショーでは三菱重工社製の車輪型ロボット WAKAMARU が2体登場し、プログラミングされた複雑な動きではあるものの、ステージ上を動き回ってストーリーの説明を行っていた。二つ目のプレショーで



図7 トーキングヘッド (地球)

は、地球と月に見立てたトーキングヘッドが掛け合いでさらにストーリーを展開させている(図7)。トーキングヘッドの横には説明用の映像があるため、二つの映像が並ぶよりは、

ある意味でローテクのトーキングヘッドの方が効果的であると感じた。

メインショーは IFX シアター (口絵カラーページ2, 図3参照) である。このシアターは上から見ると六角形の部屋で、壁のうち3面がスクリーンで1面が出入り口、そして他の2面がミラーという構造である。また、天井と床もミラーになっており、来場者の視野はスクリーンとミラーで覆われることになる。ミラーによって実際の映像空間よりも広く見せるというのが IFX 効果である。ただし、これらのミラーは初めのうちは遮蔽幕で覆われており、ストーリーの展開にあわせて幕が取り払われる。はたしてミラーにどれほどの効果があるものかと当初は疑問に思っていたが、IFX への切り替わりとストーリー展開が良く考えられており、高い演出効果を感じた。また、ミラーで反射した映像がスクリーンの映像とは違ったキラキラした輝きを持っていたことも大きな効果を持ち、映り込んだ映像を引き立たせていたように思えた。スクリーンのみでなく、周囲を見渡すことがこの映像を楽しむコツであろう。

## ■三井・東芝館

三井・東芝館では、来場した人が皆、メインショーで上演される物語の登場人物になることができる。これを実現するのはフューチャーキャストと呼ばれるシステムである。

来場者はまず20名ずつ小部屋に案内される。そして、アテンダントの説明に従って、順番に、5台並んだ「3次元スキャナ」(図8)に顔を突っ込み、両耳から前で額から下の3次元データと画像を採ってもらう。各来場者は、2回ずつデータ取りのチャンスを与えられる。1回



図8 3次元スキャナで顔のデータを取得している様子

につき1～2秒程度の間、顔を動かさないことを求められる。この条件は、通常は問題なくクリアされるが、子供など一部ではうまくデータ取得ができない場合もあるため、2回の内うまく行った方を採用するようである。各来場者ごとの顔の特徴認識結果からワイヤーフレームモデルがそれぞれ生成される。また同時に、性別や年齢なども自動認識し、その結果は配役の決定にも利用されているようである。2回取得したデータのうちのいずれを利用するか、また、自動的に生成された個人CGモデルにエラーなどがなくメインショーの中で利用可能かどうかなどの最終判断は、アテンダントに委ねられているようである。アテンダントは、システムやデータ取得の説明の合間に、または並行して、手際よくこのようなデータの確認作業も行っていた。

メインショーで上演される物語は、地球外に住む元地球人の子孫が宇宙船で地球を目指すという設定で、映像は図9のようにフルCGによって生成されており、その中の登場人物の顔は、先程の小部屋で実際に取得された来場者の顔の3次元形状と画像から生成されていた。そして、物語の中で、口を開けてセリフをしゃべり、状況に応じた表情変化も見せていた。メインショーが始まると、私たちを含めた来場者は、皆、自分がどの役でどんな風に登場するのかに大いに興味を持って見ていた。しかし、日ごろ見慣れない宇宙服やヘルメットをかぶった姿の自分探しはそれほど容易ではないように思えた。そのため、あまり「自分探し」に熱中しすぎると、ドラマ性に富んだストーリーの展開を追い切れなくなりそうであった。上演開始時には20名で見ていたが、地球に近づくにつれて宇宙船の数が増え、気がつくや240名で地球に着いていたという演出は、感動ものであった。

最先端技術を披露する場とも言える愛・地球博で、この三井・東芝館では特に、現在の研究レベルでできるところぎりぎりの線で勝負しておられるのであろうという印象を持った。顔の実データの取得など不確実な要因もあり、メインショー本番開始直前までややハラハラするという面もあるかもしれないが、うまく人手によってカバーする仕組みを構築されているようにも感じた。



図9 三井・東芝館メインショーで上演される物語の1コマ  
\*口絵にカラー版掲載  
(画像提供 三井・東芝館)  
© 2005 MITSUI-TOSHIBA PAVILION/dentsu/dentsu tec

## ■日立グループ館



図10 ライドに乗り込んだ来場者  
(画像提供 日立グループ館)

日立グループ館のメインショーでは、Mixed Reality によるアトラクションを体験した。来場者は、アドベンチャスコープとハンドセンサと呼ばれるデバイスを手を持ち、ライドに乗る(図10)。ライドは人の着座に対して横向きに走行し、リアルに作られたジャングルや海底などのジオラマ(模型)を順に観察して行く。アドベンチャスコープは、双眼鏡の形をしたビデオシースルー型のビューアーで、左右各目用に外界を撮影するカメラと表示用の液晶が組み込まれた構成となっており、今回のアトラクションのために特別に開発されたようである。ジオラマをアドベンチャスコープで覗き見ると、CGによって生成された様々な希少動物が場所に応じて重畳表示される。

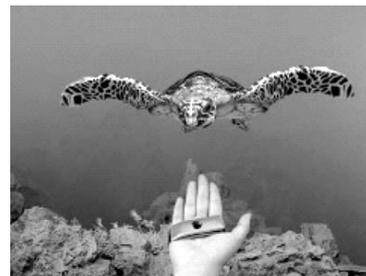


図11 ジオラマに重畳表示されたグラフィックス映像に向かって差し出された手 \*口絵にカラー版掲載  
(画像提供 日立グループ館)

アドベンチャスコープには、Polhemus社製の磁気式トラッカと思われる装置も付加されている。そのため、一つの動物を異なった方向から観察することも可能である。同じ磁気式トラッカはハンドセンサにも付加されており、これを用いて、動物に対するインタラクションを行うことができる(図11)。磁気式トラッカのソースは、図10では2人の来場者の間の柱の中あたりに設置されていると思われる。また、磁気式トラッカを精度良く使用するため、ライドは木製のようなものである。

CGによって生成された動物などは、特に前後判定などをすることなく、常に背景であるジオラマの手前側(視点に近い方)に重畳表示される。手の上に動物などを乗せる場合なども、常に手の手前側に表示される。4輪自動車をイメージしたと思われるライドには、速度メータなどの実インパネが設置されていたが、場面によっては、この上にCGで作成したインパネを重畳表示している場合もあった。しかし、ハンドセンサを用いてインタラクションを行う場合など、視線が比較的下を向くような場合には、CGのインパネは消されていたようである。これは、手よりも視点に近い側にインパネが表示されるなど前後

関係が逆転することによる混乱を未然に防ぐための工夫であると思われる。またジオラマは相当リアルに作られており、また静的な背景として利用されていたので、アドベンチャスコープを通して観察する来場者の中には、背景を含めてフルCGの映像を見ているものと思ひ込んでしまう人もいるのではないかと思わせるほどであった。

もう1点、日立グループ館では興味深い試みがある。Webサイトでは希少動物の育成ソフトなるものがダウンロードできるようになっており、自宅などで自分だけの動物を育てることができる。育てた動物は、日立グループ館へ来館する際に連れてくることができ、上述のメインショーで、アドベンチャスコープを使って、他の希少動物と一緒に見ることもできるようである。また、愛・地球博の入場券に組み込まれているICチップの固有番号を入館時に読み取っており、後日Web上で番号を入力して記念写真を見ることができる。これらは来場者にパーソナライズされた体験をさせる一例のようである。

## ■ NEDO パビリオン

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO 技術開発機構) のパビリオンでは、自らが推進するいくつかの研究プロジェクトを例にして活動を紹介していたが、その中で最も観客の注目を集めていたプロジェクトは、様々なタイプの次世代ロボットに関するものであろう。館内にはヒューマノイドロボット HRP-2 が展示されていたが、そればかりではなく、愛・地球博会場の各所で掃除、警備、接客などの作業を実際に行わせる実証実験を行っている。また、期間中の6月9日～19日には、「プロトタイプロボット展」として様々な機関が研究段階のロボットをデモ展示する催しがあり、これに出展された当学会関係者も多いのではないだろうか。

NEDO パビリオンでは「とびだす日本のテクノロジー」として、様々な技術を立体視を用いて紹介していたが、プレショーエリアでは、壁や床には赤や青などで一面に絵が描かれており、これをパンフレットと一緒に配布された特殊なめがねをかけて見ると、飛び出して見えた(図12)。これはクロマデプスと呼ばれる手法で、光の波長ごとの屈性の違いによって奥行きを表現することができ、赤いものは手前、青いものは奥と、波長の短い色ほど奥に見えた[3]。

原理上カラー化は難しそうであるが、2枚の視差画像を用意することなく1枚の画像で手軽に立体視をすることができ、めがねをかけた来場者は興味深くあたりを見回していた。



図12 NEDO パビリオン内の床に描かれたクロマデプス \*口絵にカラー版掲載

## ■ 外国館

愛・地球博では、外国からも120カ国の参加があり様々な展示を行っている。企業パビリオンに比べると待ち時間の少ない箇所も多く、まさに世界各国のバーチャル体験が可能となっている。その中から、映像技術など興味深い展示を行っている外国館をいくつか紹介する。

**フランス館**のイメージョンシアターと呼ばれる横18m高さ9mのCAVE型の装置は、壁面と天井がスクリーンで、約250名収容できる(口絵カラーページ2, 図4参照)。プロジェクタから映し出される映像は一般的な2次元の映像であり、各壁面には独立した映像が表示されることも多く、それらの組み合わせで一つのコンテンツとなっているようであった。また、床面には一部鏡が配置され、天井や壁面の映像がこれに反射することによって、来場者にはすっぽり映像に覆いつくされた空間に身を置く感覚を与えていた。また、ルイ・ヴィトン社の展示では、部屋の中央に一辺90cm程度の直方体の四つの側面をスクリーンとした柱が置かれ、柱の下部の台の中に設置されたプロジェクタからスクリーン各面に映像を内側からミラーを介して投影していた。この部屋の壁面は鏡に覆われており、無限に続く映像の世界が見られた(図13)。

**カナダ館**の前では、オーバーヘッドスクリーンやカメラを身につけた「テク人」が出迎えた。テク人はワイヤレスでウェブサイトへ接続されており、愛知万博カナダ・インタラクティブ・ネットワークのライブ構成要素となっている。また、館内では自然、生命、文化などに関する神秘的な映像が見られた。シアターの構造もユニークで、外側のスクリーンは凹凸があり、照明が効果的に利用されていた。内側にもスクリーンがあり、中心部から見る時は、外側のスクリーンの様子が重なって見えた。最後にサイバーサロンでは、サイバー・エクスプローラ・モジュールを用いて、6人のカナダ人バーチャル・ガイドの案内するバーチャル・カナダにより、都市や博物館のCGや映像が体験できた。

**アメリカ館**では、ベンジャミン・フランクリンがホストとして登場する。メインショーのホールには6面のスクリーンが配置され、レイヤード・プロジェクションと呼ばれる前後2面のスクリーンを利用して、立体感のある映像が上演された。落雷と共に座席が振動し、嵐の場面



図13 ルイ・ヴィトンの無限の映像の世界 (画像提供 フランス館)

では実際に水が降ってくるなど、分かりやすいストーリーやにぎやかな効果などにアメリカらしさが感じられた。

**イギリス館**では、自然からインスピレーションを受けた科学に関するインタラクティブ・メディアを用いた展示があった。コウモリを参考にして開発された視覚障害者用の杖 Ultracane は、原理の説明と合わせて実物も展示されていた。この他にも、手の動作でページがめくれるバーチャルな本や、仕組みや効果を体験できるようなデモがあった。

**韓国館**では、流れ落ちる水のスクリーンに泳ぐ魚が投影され、見学者がスクリーンの前に立って手を広げると、水墨画の様な木が生えて花が咲くというインタラクティブな展示が体験できた。また、映像ゾーンでは、偏光メガネを用いる 3D 立体アニメーションの上映もあった。

**スイス館**の中には CG の風景を骨組みに張り巡らせることで、アルプスの山脈が立体で表現されていた。見学者は、昔スイス軍で使用されていたポケットランプを改造した音声ガイドを持ってスイスの体験ツアーに参加する。山脈の中には五つのエアードームが作られ、スイスに関する様々な展示があり、展示物の横にあるターゲットをポケットランプで照らすことで音声ガイドが聞こえた。

この他、**オランダ館**では、パビリオン中央床面の池を模した大型スクリーンと、中央部につり下げられているメディアキューブと呼ばれる小さなスクリーンにより、水に関係の深いオランダの映像が写されていた。**リトアニア館**には、2本の巨大な螺旋状の DNA モデルが館内に設置されており、約 80 台のプロジェクタを用いて映像が投影されているのが目を引いた。また、**マレーシア館**には、凸レンズを使っていると思われる裸眼立体ディスプレイの展示があり、小さな鳥の映像や DNA の模型が立体的に見えた。

## ■その他 - 会場で見つけた VR の紹介 -

### 中部千年共生村：ミズノバ

高さ 3m から落下する大型の水ディスプレイ [4]( 図 14)。水のドームの中に入ることができ、ドームに投影される映像と相俟って、不思議な空間を作り出していた。水の清涼感がこれからの暑い季節にふさわしい演出になるだろう。

### エキスポプラザ・スコープ

愛・地球広場の東側に 5 台並んで設置されているスコープで、一見観光地によくある双眼鏡のように見える。ところが、ビデオシースルースコープになっており、Mixed Reality の世界を体験することができる( 図 15)。通常は普通に広場の映像を見ることができ、スコープを上下左右に動かしてある場所でボタンを押すと、効果音とともにマンモスなどの CG 画像が合成される。比較的

空いている展示なので、日立グループ館の入館行列を待てない方はこちらを体験されると良いと思う。

### こいの池ナイトイベント

万博会場の中央にあるこいの池では、毎日午後 8 時から噴水をスクリーンに見立てたイベントが行われている。噴水スクリーンをはじめ、風船造形のオブジェや池の上を走り回る船など、いろいろな要素を組み合わせた演出のショーである。噴水スクリーンは周囲で映像がぼけるものの、予想以上にきれいな映像であった。



図 14 ミズノバ



図 15 エキスポプラザ・スコープ

### おわりに

万博は最先端の技術に触れられる場であり、愛・地球博もその例外ではない。見せる立場からは、できるだけ最先端技術を使いたいが、1館あたり毎日約 1 万人の人に期間中休みなく見せ続けるためには、ある程度熟成させた安定した技術を用いざるを得ないと思われる。そのあたりのバランスが難しいのだと再認識した。多くのパビリオンで「映像」が上映されているが、歴代の万博で初めてフィルム上映が無くなったそうである。今後のデジタルシネマへの確実な移行を感じさせる博覧会でもある。皆さんにも、ご自分の目・耳・肌で体感しに行かれることをお勧めしたい。

最後に、今回の取材にご協力いただいた皆様に感謝いたします。

### 参考文献・リンク

- [1] <http://www.expo2005.or.jp/>
- [2] 特集「愛・地球博」における最新映像技術、映像情報メディア学会誌、Vol. 59, No. 4 (2005 年 4 月)
- [3] ChromaDepth Technologies <http://www.chromatek.com/>
- [4] <http://www.mizunova.com>