

## QuickTime VR を用いた 博物館資料の X 線写真表示の試み

山本 泰則

国立民族学博物館 博物館民族学研究部

博物館の標本資料を分析する方法として X 線写真が用いられるが、X 線写真ではモノの奥行方向の情報が失われるため、モノと X 線写真との対応関係を把握するのは、必ずしも容易ではない。本研究では、標本資料を水平方向に回転させながら 30° ごとに X 線写真を撮影し、それをもとに QuickTime VR のオブジェクトムービーを作成した。X 線写真からモノの内部構造を知る補助手段として、オブジェクトムービーの有用性について検討した。

## QuickTime VR as a tool for viewing X-ray radiographs of the museum artifacts

Yasunori YAMAMOTO

Department of Museum Anthropology  
National Museum of Ethnology

X-ray radiography is used to examine artifacts in the museum. However, it is not easy to grasp the three dimensional construction inside a object from the radiographic image because the depth information of the construction is lost. This paper proposes an application of QuickTime VR to viewing radiographs. The radiographs of an artifact were taken every 30° rotating the object horizontally. Then a QuickTime VR *object movie* which enables the viewer to rotate radiographic image of the artifact on the computer display was created. The usefulness of QuickTime VR is discussed.

### 1 はじめに

博物館では、収集した標本資料（展示物や収蔵物）を調査するために X 線写真を用いることがある。X 線写真により、外からは見えない内部の構造や材質のちがいを、傷みぐあいを、資料を分解や破壊することなく調べることができ

るからである（[1],[2],[3]）。

標本資料のような立体物を X 線で撮影した場合、X 線源からみて、手前の部分も奥の部分もフィルムという同一平面上に写るため、奥行き情報が失われてしまう。そのため、X 線写真のある部分が、3 次的にみて、もとの標本のどの部位にあたるのかを特定するのが容易で

ないことも多い。

この問題を改善するために、本研究では QuickTime VR の応用を試みた。QuickTime VR は Apple 社が開発した技術で ([4], [6]), いろいろな方向から撮影した実写の静止映像を、マウスの動きに応じて動的にコンピュータ・ディスプレイに表示することにより、見る者に擬似的に 3 次元感覚を与えることができる。近年、CD-ROM のマルチメディア・コンテンツやインターネットの WWW において、QuickTime VR は数多く利用されている。また、微生物学の分野では、標本の電子顕微鏡写真を提示する新しい手段として、QuickTime VR が提案されている ([7])。

標本の X 線写真から QuickTime VR のオブジェクトムービー作成し、それを表示してマウスで回転できるようにすれば、標本内部の立体構造を直感的に把握しやすくなるのではないか。というのは、人間の視覚は、風景やモノが移動したとき、見かけの移動量のちがいが (単眼運動視差) によって奥行きを知覚できるという特性をもっているからである ([9])。

本研究では、標本資料を水平方向に回転させながら、いろいろな角度から X 線で撮影し、それをもとに QuickTime VR のオブジェクトムービーを作成した。標本資料の X 線写真から内部構造を把握するために、オブジェクトムービーがどれほど有用であるかを実験した。

物体の内部構造を調べる方法としては CT (コンピュータ断層撮影) があるが、CT とちがって、QuickTime VR では物体内部の 3 次元座標を計測できるわけではない。本研究の目的は、人間が X 線写真を見るとき補助手段としての QuickTime VR の有用性を検討することにある。

## 2 準備

まずはじめに、本研究に関連する基本事項をまとめておく。

### 2.1 X 線写真 ([1], [3])

X 線は、可視光線と同じく電磁波の一種である。しかし、波長が  $0.01 \text{ \AA} \sim 100 \text{ \AA}$  と短く、可視光線よりも 50~数万倍のエネルギーをもっているため、物質を通りぬける。

X 線のある物質に照射したとき、その物質を透過する X 線の強度は次の式で表される。

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu D}$$

ここで、

$I$ : 透過する X 線の強度

$I_0$ : 照射する X 線の強度

$e$ : 自然対数の底

$\mu$ : 線減衰係数 (物質の分子量で決まる)

$D$ : 材質の厚さ

である。つまり X 線は、照射する X 線が強いほど、物質の分子量が小さいほど、物質の厚さが薄いほど、物質をよく透過する。

X 線を用いて資料を調査する方法のひとつに X 線写真がある (X 線ラジオグラフィ)。直接目に見えない X 線がフィルムを感光させる性質を利用したものである。X 線写真を撮影するには、X 線発生装置から X 線を資料に照射し、透過した X 線を資料の直後に置いたフィルムに記録する。

X 線写真の定性的な性質は、次のようにまとめることができる。

- 資料の中で、X 線を透過しやすい部分ほど強い X 線がフィルムに到達するので、フィルムは強く感光し黒くなる。
- X 線は発生装置から放射状に照射されるが、完全な点光源ではない。したがって、資料がフィルムから離れるほど、フィルムに写る像は、大きく、しかも、ぼやける。
- フィルムのある 1 点に到達する X 線のビームに注目すると、その強度は、そのビームが透過した資料の材質の総和で決まる。つまり、X 線写真では、資料の奥行き方向 (X 線が透過する方向) の情報は失われてしまう。

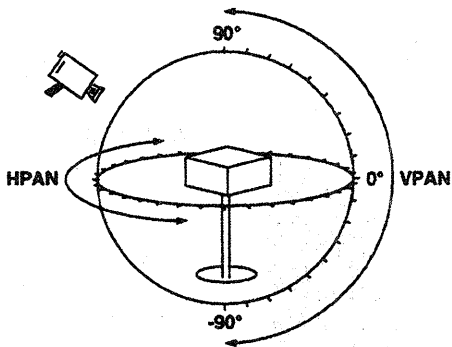


図 1: オブジェクトムービーの撮影 (文献 [8] より)

## 2.2 QuickTime VR

QuickTime VR には、コンピュータ・ディスプレイに表示した風景などを 360° 全方向にわたって見渡せるパノラマムービーと、ディスプレイ上の立体物を、マウスで上下左右に回転させて見ることができるオブジェクトムービーの 2 種類がある。QuickTime VR のムービーの再生には特殊な装置は必要とせず、パーソナルコンピュータ上でソフトウェアだけで可能である。

本研究で標本資料の X 線写真を表示するために用いるのは、オブジェクトムービーである。オブジェクトムービーを作成するには、まず、物体を水平方向と垂直方向に少しずつ角度を変えながら撮影し、その画像をもとにムービーを作成する (図 1, [5])。オブジェクトムービーを再生して、コンピュータ・ディスプレイに表示された物体をマウスで回転させることにより、見る者は 3 次元の物体を扱っているかのような感覚をもつことができる。

## 2.3 奥行知覚

人間がものを見るとき、眼の網膜に映る像は 2 次元であるが、脳はその像から奥行を知覚し立体物として認識する。奥行知覚は知覚心理学

で古くから研究されており、その要因には次のようなものがある [9]。調整、輻輳、両眼視差などの 1 次の手がかり、運動視差、網膜像の大きさ、線遠近法、重なり合い、濃淡、きめの勾配、形の要因、陰影などの 2 次の手がかりである。1 次の手がかりは生理的なメカニズムから、2 次の手がかりは経験学習など高次の情報処理による心理的要因から生じていると考えられている。2 次の手がかりによる奥行知覚は、単眼視でも可能である。

これらのうち、オブジェクトムービーと関連が深いものは、

**運動視差** たとえば、走る列車の窓から風景をながめるとき、手前のものほど速く、遠方のものほどゆっくりと動くというように、観察者からの距離によって、もの見かけの移動量が異なることをいう。このため、動きの大きいものほど近くにあると認識する。観察者が動く代わりに、見ているものの方を動かした場合も同様のことが起こる。

**重なり合い** 近くのものゝ遠くのものゝ、おおい隠すので、おおい隠しているものの方が近くにあると認識する。

などである。これらが要因となって表示したものの前後関係が判断できると考えられる。

## 3 X 線オブジェクトムービーの作成

国立民族学博物館の標本資料「水入れ (木製)」を対象に、いくつかの角度から X 線写真を撮影し、それをもとに QuickTime VR のオブジェクトムービーを作成する実験をおこなった。この節では、その作成手順について述べる。

### 3.1 X 線写真の撮影

撮影した標本資料は、標本番号: H7933, 標本名: 水入れ (木製), 使用地: トルコ共和国, 大きさ: 17 cm (幅) × 17 cm (奥行) × 28 cm

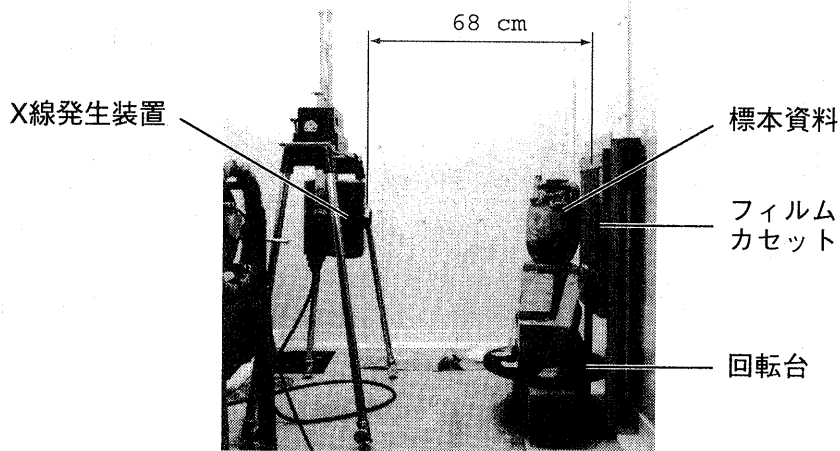


図 2: 標本資料の X 線写真の撮影

(高さ)である。この水入れは 1 本の木を彫って作った容器で、底部から内側をくりぬいたあと、本体とは別の木で底を蓋している ([3])。上部には、水を入れる口と注ぎ口、取手があり、そのまわりに縄が巻いてある。側面下部には、皮のベルトを釘で固定した部分がある。また、側面のほぼ対面する位置に、大きな節が一つずつあり、それぞれ、ななめ方向と横方向にひびが入っている。それらとは別の位置に、もう一つ小さな節ある (図 3, 4)。

X 線による標本資料の撮影は、図 2 のような装置を用いておこなった。X 線発生装置を X 線が水平方向に照射される向きにセットし、標本資料を透過した X 線を受けられる位置に、フィルムの入ったカセットを木枠で固定した。照射する X 線の中心線とフィルム面は、ほぼ垂直になるように設置した。フィルムの直前に回転台を置いた。回転台の上に段ボール箱を固定し、その上に標本資料を載せて撮影をおこなった。木製の標本資料をプラスチック製の回転台に直接載せて撮影すると、回転台がフィルムに写りこむ可能性がある。そこで、木にくらべて X 線をよく透過する紙製の台で嵩あげして、標本資

料を回転台から充分離した。

標本資料を水平方向に時計回りに  $30^\circ$  ずつ回転させながら、合計 12 枚の X 線写真を撮影した (図 3, 4)。撮影装置の制約から、俯角や仰角からの資料の撮影はおこなえなかった。

撮影条件は、X 線発生装置の電圧: 50 kV、電流: 3 mA、照射時間: 15 sec、使用フィルム: Fuji Xray-film IX-100 (大きさ: 30.3 cm (縦)  $\times$  25.2 cm (横)) であった。なお、使用した X 線発生装置のターゲットの材質は、タングステンである。

### 3.2 オブジェクトムービーの作成

撮影した 12 枚の X 線写真をもとに、以下の手順でオブジェクトムービーを作成した。

1. X 線写真のデジタル化 撮影した X 線フィルムをスキャナでコンピュータに入力し、それを PICT フォーマットのグレースケール画像にした。各画像は、大きさ: 320 (縦)  $\times$  263 (横) pixels、解像度: 72 dpi、階調: 8bits/pixel に加工した。[Photoshop 4.0J]
2. オブジェクトムービーの作成 これらの X 線画像をもとに、QuickTime VR 作成ソフトウ

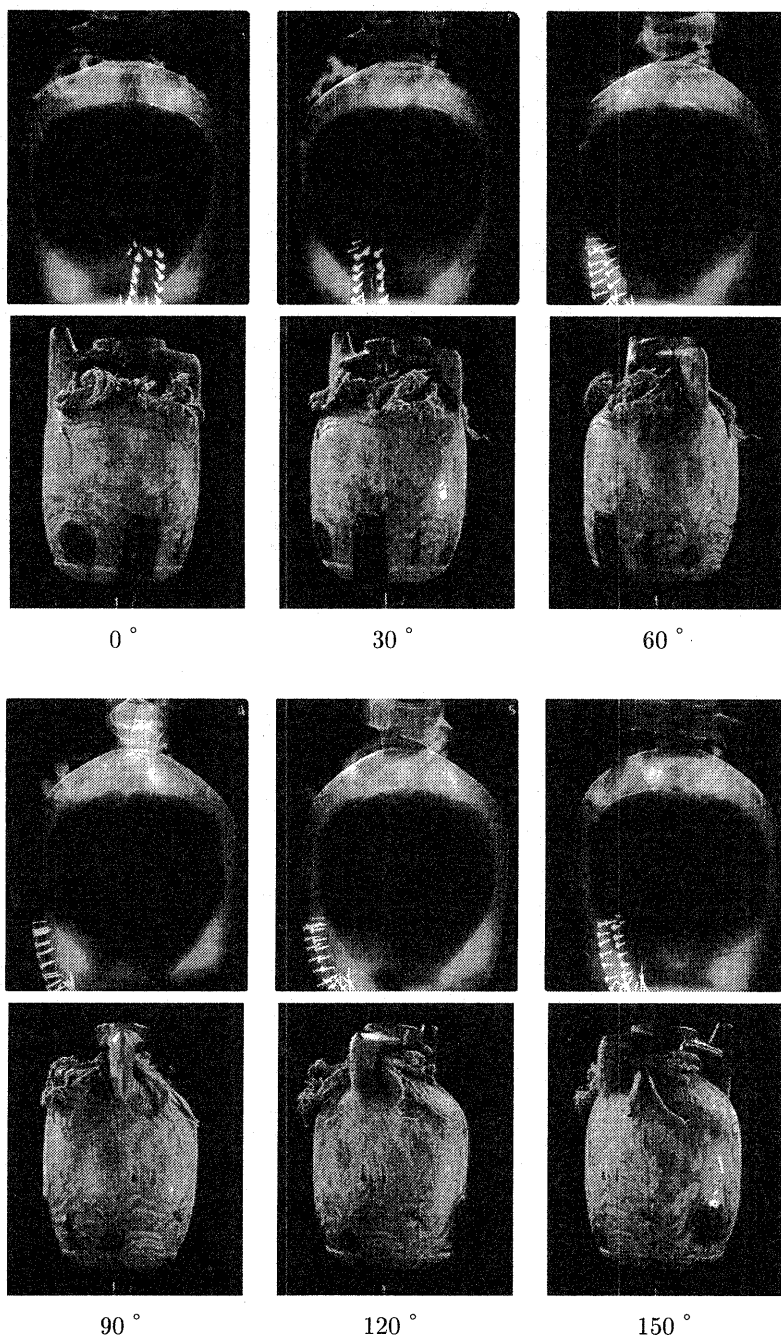


図 3: 標本資料の X 線画像と、ほぼ同じ角度から可視光で撮影した画像 (1/2)

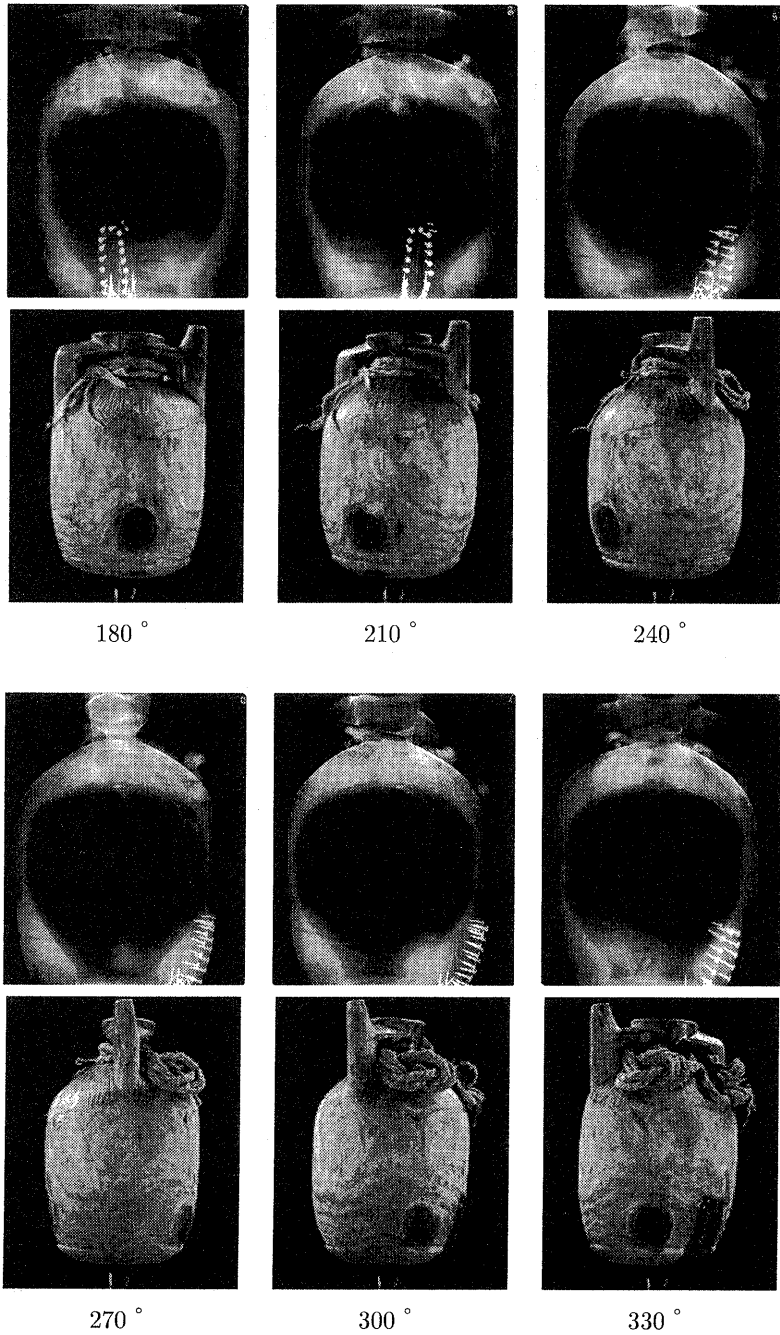


図 4: 標本資料の X 線画像と、ほぼ同じ角度から可視光で撮影した画像 (2/2)

エアをもちいて、必要なパラメータ（フレームの数、回転範囲、圧縮方法、初期表示フレームなど）を指定し、オブジェクトムービーを作成した。[QuickTime VR Authoring Studio 1.0.1]

以上の結果、約 200 kB のオブジェクトムービーができあがった。

使用したスキャナは、透過原稿ユニット付きの EPSON ES-8000（センサ解像度：800 DPI）、コンピュータは、Power Macintosh G3（333 MHz、メモリ：128 MB）である。

#### 4 結果と考察

作成した X 線オブジェクトムービーを、国立民族学博物館で保存科学を専攻する研究者に見てもらい意見を求めた。著者自身の意見も含めて、それらをまとめると以下ようになる。

**資料の内部構造に関する情報** X 線写真をオブジェクトムービーにして表示することにより、1 枚の X 線写真と比べて、モノの前後関係および 3 次元空間内での関係が、かなりはつきりわかる。また、ある位置では重なってよく見えなかった部分、回転させると現れて見やすくなる。さらに、オブジェクトムービーを作るもとなった 12 枚の X 線写真を並べて見た場合と比べても、オブジェクトムービーの方が、モノの内部の情報が把握しやすい。

**資料の制作方法に関する情報** オブジェクトムービーを連続的に一方向へ回転表示すると、水入れの外形と内形が、外側上部を除いてほとんど変化しない。これは、この水入れが、注ぎ口と取手の部分以外は、外側も内側も轆轤（ろくろ）を使って制作されたものであることが、直感的によくわかる。

**遠近の反転** X 線オブジェクトムービーを一方向へ回転させ続けた場合、それと反対の方向への回転に見えたり、左右の往復運動に見えるこ

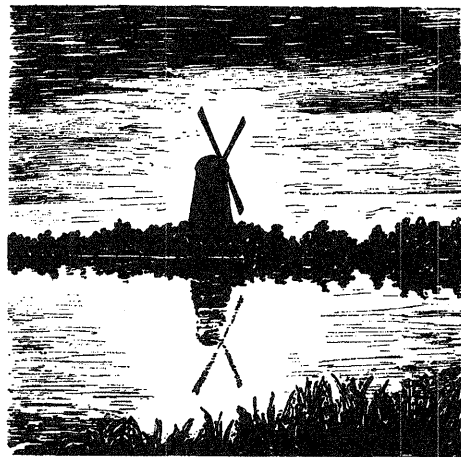


図 5: 遠近反転の例。遠方の風車の羽根は、手前を向いているようにも、向うを向いているようにも見える。その見え方に対応して、羽根の回転方向は右まわりにも、左まわりにも見える。(文献 [10] より)

とがあった。

このような現象は、モノの遠近（前後）を判断するのに十分な情報がない（多義的）場合に起こることが、知覚心理学では知られている（図 5）。X 線写真の場合もその一例であろう。可視光線の画像をもとに作成したオブジェクトムービーを見るとき、われわれは、運動視差以外にも、重なり合いや陰影（2.3 節）を手がかりに立体感をえる。しかし X 線画像では、運動視差の情報はあるが重なり合いと陰影の情報がないため、多義性が増す。

さらに、X 線写真で遠近の判断を混乱させる要因として、明暗がある。人間の眼は、黒を背景にした場合、明るい部分は手前に暗い部分は奥に位置するように見えるという性質がある（[10]）。しかし、X 線写真の明暗は、ものの遠近と対応してはいない。たとえば、釘は X 線をよく吸収するので白く写り、注ぎ口は中空で厚さが薄く、しかも木製なので X 線を透過し

やすく、暗く写る。この結果、標本が回転するとき、釘は常に手前に、注ぎ口は常に奥にあると見えやすくなり、それが一方向の回転運動を往復運動として知覚するのを助長していると考えられる。

以上のように、X線オブジェクトムービーは、標本資料の内部構造を理解するのに、ある程度有用であることが認められた。しかし、可視光で撮影した画像に比べて遠近の多義性が増すため、遠近の反転が起こることがあり、モノ全体の立体感は可視光の場合ほど得られないことがわかった。

運動視差による奥行知覚以外にも、X線オブジェクトムービーの利点はある。それは、オブジェクトムービーを作成することで、標本資料のX線写真を簡単にいろいろな方向から見るので、X線写真間の関係がよくわかり、結果として、モノの内部構造を把握しやすくなるという点である。

今回やり残した課題としては、次のようなものがある。回転の中心を標本資料の外に置き、回転できる角度を180°以内に制限することで、遠近の反転が起こりにくくなる可能性がある。立体感の知覚について、ステレオ撮影したX線写真と比較してみる必要がある。X線オブジェクトムービーが、どんな内部構造の標本資料の調査に適しているのかを、いろいろな標本資料を対象にして実験してみる必要がある。

CTを用いてモノの内部の3次元座標をすべて計測すれば、コンピュータグラフィクスで人間の視知覚特性を考慮した再構成が可能で、より見やすい内部構造の表示ができるはずである。しかし、CTよりも撮影時間が短いこと、CTより大きな資料が扱えること、既存のX線発生装置が利用できることは、さまざまな形態や材質、大きさのモノを対象とする民族資料の調査では、X線オブジェクトムービーの利点となると考える。

## 謝辞

国立民族学博物館 博物館民族学研究部の森田恒之教授と園田直子助教授には、作成したオブジェクトムービーを見て有益なご意見をいただいた。また、当館情報管理施設の宇治谷恵氏には標本資料のX線写真撮影に便宜をはかっていただき、森田教授には貴重な時間をさいてX線写真の撮影をしていただいた。ここに記して感謝の意を表する。

なお、本研究の一部は平成10年度文部省科学研究費補助金 特定研究A(1)「人文科学とコンピュータ — イメージ処理 —」(課題番号: 07207116)による。

## 参考文献

- [1] Lang, J. and Middleton, A. (eds.), "Radiography of cultural materials", Butterworth-Heinemann (1997)
- [2] 沢田 正昭, 「文化財保存科学ノート」, 近未来社 (1997)
- [3] 森田 恒之, 「なかはどうなってるの? — 民族資料をX線でみたら」, 千里文化財団 (1998)
- [4] Chen, S.E., "QuickTime VR — An Image-Based Approach to Virtual Environment Navigation", SIGGRAPH'95, pp.29-38 (1995)
- [5] Kitchens, S.A., "The QuickTime VR book", Peachpit Press (1998)
- [6] <http://www.apple.com/quicktime/qtvr/> (Apple社のQuickTime VRのWebサイト)
- [7] Lyons, P.D. and Head, L., "QuickTime VR: A powerful new illustrative tool for micropaleontological research", *Palaeontologica Electronica*, 1(2), Coquina Press (1998) ([http://www.earthsci.carleton.ca/paleo/1998\\_2/lyons/issue2.htm](http://www.earthsci.carleton.ca/paleo/1998_2/lyons/issue2.htm))
- [8] "QuickTime VR authoring tools suite", vol.1, vol.2, Apple Computer, Inc. (1995)
- [9] 今田・宮田・賀集, 「心理学の基礎」, 培風館 (1991)
- [10] メッツガー, W., 「視覚の法則」, 盛永四郎(訳), 岩波書店 (1968)