

HapticScreen を用いたメディアインスタレーション : ANOMALOCARIS

岩田 洋夫*¹ 矢野 博明*¹ 中泉 文孝*¹

ANOMALOCARIS: Media Instaration Using HapticScreen

Hiroo Iwata *¹, Hiroaki Yano *¹, Fumitaka Nakaizumi *¹

Abstract - "ANOMALOCARIS" is an interactive work, which represents virtual creature through visual and haptic sensation. Anomalocaris is a name of an animal that supposed to live during the Cambrian Era. Virtual anomalocaris is displayed on the HapticScreen. HapticScreen is a new configuration of a force feedback device. HapticScreen has an innovative mechanism that creates sense of touch on whole palm. The device deforms itself to present shapes of virtual object. Typical force feedback device uses a grip or thimble. On the other hand, users of HapticScreen can touch virtual object without wearing anything. HapticScreen employs a flexible screen made of cloth. Video image is projected on the flexible screen so that the participant can directly touch the image and feels its rigidity. Actuators are set under the screen, which make deformation. Original HapticScreen employs 36 linear actuators set at an array of 6 x 6. The screen deforms by the actuators. Each actuator has a force sensor. Hardness of the screen is variable by these actuators and sensors. We have developed a simplified and robust mechanism of HapticScreen for the exhibition at the Ars Electronica Center.

Keywords : haptic interface, flexible screen, shape display

1. はじめに

バーチャルリアリティにおける触覚呈示の問題に対して、著者がデスクトップフォースディスプレイという回答を与えたのは1989年のことである。そして1990年代の中盤以降、デスクトップフォースディスプレイに相当する製品が世の中に出回り、ハプティックインタフェースの研究は多いに拡大した。現在よく使われるハプティックインタフェースはグリップ部をつかんで操作する「道具媒介型」がほとんどで、一部にグローブ状の装置を手にはめる「エグゾスケルトン」が存在する。これらのハプティックインタフェースのもつ根本的な限界として、反力が呈示される部分が一つまたは複数の「点」に限定されるということである。これまでに開発されたアプリケーションでは指先や仮想のペン先を使うだけで十分であったが、人間にとっては手の平という「面」で触れるのが自然である。著者がこれまでに数多くの人に対してデスクトップフォースディスプレイのデモを行ってきた結果わかったことは、点で仮想物体とインタラクションする行為を通じては触覚イメージが形成できない人が少なからず存在することである。

面で触れるという動作に対応するものとして、著者が「対象指向型」という名前で分類する、ハプティックインタフェースの新しい構成方法がある。対象指向型とはインタフェースデバイス自体が変形したり移動したりして仮想物体の形状を模擬するものである。この方式は原理的には手に何も着けなくても仮想の触覚が得られるというメリットがある反面、ハードウェアの実現がきわめて難しく、再現できる形状に限界がある。そのような技術的問題から、この方式のハプティックインタフェースはまだ試験研究の段階にとどまっている。

著者は自由曲面の操作という応用を想定した対象指向型ハプティックインタフェースとして、HapticScreenというものを提案した[1]。これは映像を投影するスクリーンをゴム膜のような弾性体で作り、その下に力センサーの付いたアクチュエータを配置するものである(図1)。各アクチュエータの動きを制御することによって、スクリーン面に凹凸を与えることができる。通常の立体映像は平らなスクリーンに両眼視差のついた映像を映すが、HapticScreenではスクリーン自体を立体的にする。そして、人の手がスクリーンに加えた力に合わせてアクチュエータの動きを制御することにより、スクリーン自体に任意の硬さや粘さを与えることができる。硬い物体を表現する時には力を加えても

*1: 筑波大学

*1: University of Tsukuba

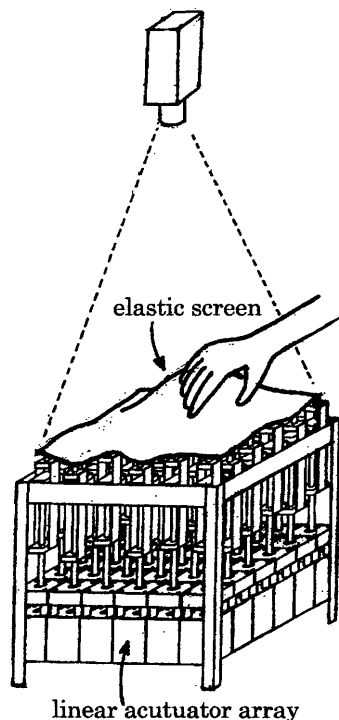


図1 HapticScreen の基本構成
Fig.1 basic configuration of HapticScreen

変形せず、柔らかい物体の場合は、わずかな力で変形が起こるようにプログラムするわけである。スクリーンに映った映像に、手の平で直接触れる感覚が得られるのがこの装置の最大の特徴である。ロッドの束を個別に上下させることによって触覚情報を呈示する試みは、盲人を対象としたもの [2] や遭遇型のフォースディスプレイとして用いたもの [3] 等のものがあるが、映像に直接形と硬さを与えるものは本システムが唯一ともいえる。

HapticScreen は実体をそのまま形として与えるため、触り方はまったくユーザの自由である。使い方を制限しないということは、インタフェースに新しい可能性を与えることを意味する。その可能性を探る手段をメディアインスタレーションという形態に求めたのが、本論文で紹介する ANOMALOCARIS である。

2. ANOMALOCARIS のコンセプト

アノマロカリスとはカンブリア紀に生息したといわれる古代生物の名前である。この生物はすでに絶滅し、残っている化石も乏しいことから謎の生物として話題になってきた。このインスタレーションはアノマロカリスを HapticScreen の上に再現したものである。アノマロカリスの姿を CG で表し、体の硬さをアクチュエータで呈示している。このインスタレーションのコンセプトを端的に述べるならば、未知のものに触れるという行為を通じて手の感覚を再認識する、というこ

とである。

このようなモチーフに基づく作品は必ずしも多くの例を見るものではない。動いたり変形したりするものに、手で自由に触れることを許すということは実現が難しいというバリアもあるだろう。しかし、ローテクを使って触覚的な不思議さを作品に取り入れる試みは以前から行われてきた。最近の例としては、Martin Walde の「ハンドメイツ」に見ることができる [4]。この作品はゴムの袋の中にプラスチック、綿、シリコン等の素材を変形させて封入したものを大量に並べ、観客は好きなものを手にとって感触を楽しむ。一見ただのゴムまりに見えるが複雑な感触が得られる。その他に、柔らかい素材を用いて手触りを楽しむ作品の例として杉浦隆夫の「柔らかなかたち」がある [5]。これは 3 次元曲面でできたオブジェを軟式ウレタンフォームで作り、それを観客が自由に動かして配置を変えさせることをねらいとするものである。柔らかそうな素材でできていると、触りたくなる衝動を感じるのは自然であろう。これらの作品のように素材自体の性質を使ったものは、観客が変形を加えないと反力が発生しないパッシブなものである。生き物が自律的にうごめくような感触を出そうとすると、センサーと連動して動くアクチュエータが不可欠である。

メディアアートの領域でもインタフェースに実物を使うことによって、操作入力時に触覚的なフィードバックを得る試みが見られる。例えば、Christa Sommerer/Laurent Mignonneau の「Interactive Plant Growing」では本物の植物に触れることによって仮想の植物とのインタラクションが発生する [6]。その結果として参加者は葉に触れた感触を得ることになる。また、Franz Fischnaller の「Tracking the Net」ではゴムひもでできた網を変形するという動作入力によって仮想空間をナビゲーションする [7]。網を押したり引いたりすることによって反力が得られ、触覚的な刺激を受ける。観客の中には仮想空間そっちのけで網の変形に没頭する人もいるそうである。これらの作品では触覚性が結果として発生しているが、ANOMALOCARIS においてはそれ自体が目的である。この点が本インスタレーションの存在を特徴付けている。

ANOMALOCARIS は未知のものに触れる時の人間に行為に関する、ある種の行動モデルを意識している。人は変なものを見つけるとまず色々な角度から見て、次に指で少し触れてみたくなる。そして、触っても大丈夫だとわかると何かいたずらをしてみたくなる。これは誰も経験があることであろう。HapticScreen はユーザに触り方を制限しないため、このような自然な行動を自由にとることができる。前述の「道具媒介型」や「エグゾスケルトン型」のハプティックインタフェー

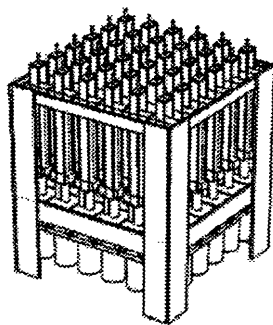


図2 HapticScreen の直動アクチュエータアレイ
Fig. 2 linear actuator array of HapticScreen

スを用いた場合は、インタラクションを行う時にしかるべき準備とある種の約束事が必要になり、人間の衝動を引き出すのには適さない。

さらに、本インストールでは触る対象物が絶滅した古代生物であるから全ての人にとって未知の物体である。バーチャルリアリティの技術を使わなければ原理的に触れることは不可能である。したがって、触れるという衝動の起き方も多様であるに違いない。このようなお膳立てを用意することによって、人間に新しい触覚体験をもたらそうというのが ANOMALOCARIS の主たるねらいである。

3. ハードウェア製作1：直動アクチュエータアレイを用いた HapticScreen

3.1 装置の機構

この HapticScreen は、直動アクチュエータをアレイ状に配置し、アクチュエータの上下動により、スクリーン面に凹凸を与える機構を用いている。スクリーンとなる呈示面は 240mm 四方で、駆動ユニットを 36 本配置した (図 2)。駆動ユニット上部には力センサを取りつけ、その上に変形するインタフェースとしてスクリーンが取り付けられている。スクリーンの素材は、駆動ユニットの上下動を妨げないよう適度な伸縮性を持つ必要がある。HapticScreen ではウェットスーツなどに使用されるプレーンゴム (厚さ 3mm) を使用し、駆動ユニットとマジックテープにより固定した。また、プロジェクター投影のため、白い伸縮性の高い布を上面に張っている。

駆動ユニットとして採用した機構は、図 3 に示すように送りネジとモータ、エンコーダを直列に組み合わせたもので、上下 2 つのガイドによってフレームに固定されている。可動範囲は上下 50mm である。各パーツを直列に配置しているので容易にアクチュエータを配置する事が出来る。

使用したモータ、エンコーダは三洋電機 SuperR301(定格トルク 0.36kgf-cm)、送りネジには M8

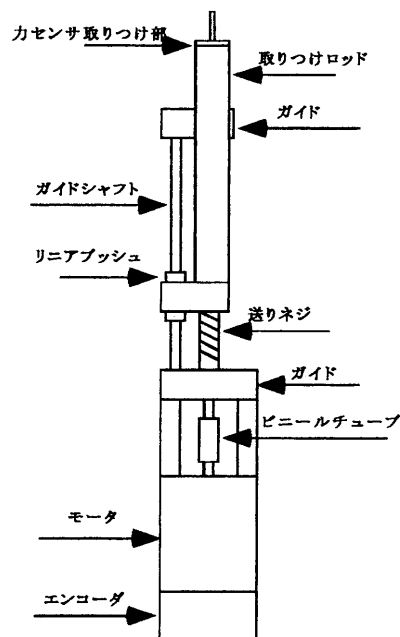


図3 駆動ユニット
Fig. 3 driver unit

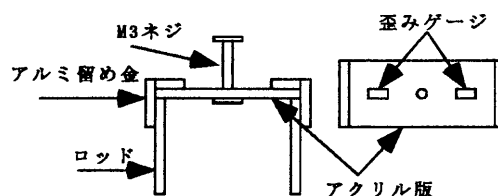


図4 センサ部
Fig. 4 force sensor of HapticScreen

(ピッチ 1.25mm) のネジを使用した。また、送りネジ機構により定常状態ではセルフロックがかかり、特にトルクを発生しなくとも形状を維持する事が出来る。これにより指先が仮想世界の領域を突き抜けてしまうという現象が起こらない。しかし、柔らかいものを表現する事は難しくなる。

アクチュエータの上部には、アクリル板に歪みゲージを貼り付けた力センサ (図 4) を取り付けた。歪みゲージには共和電業ゲージ率 2.17,5mm × 8mm 短軸 350 Ω を使用した。歪みゲージをアクリル板の両側に 2 枚貼り付け、アクリル板に水平方向の力が加かった際に左右で逆の歪みが生じることを利用して、水平方向の力をキャンセルし、垂直方向のみの力を取り出している。

3.2 システム構成

この HapticScreen のシステム構成を図 5 に示す。制御用の PC では、エンコーダカウンタボードによりロッドの位置を検出し、電圧値をデジタルデータに変換する A/D(Analog to Digital converter) ボードによりロッド上部に加わる力を検出している。それらと仮想空間の状態からアクチュエータの出力トルクを

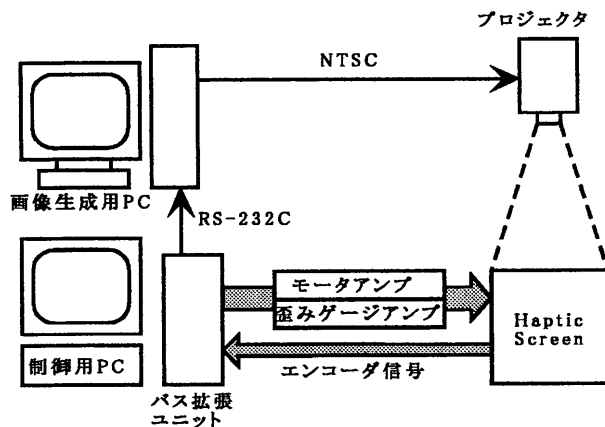


図5 システム構成1

Fig.5 system configuration of hardware 1

計算し、計算機内のデジタルデータ (0/1 で表現) を 0V/5V に変換あるいは 0V/5V のデータを 0/1 のデジタルデータに変換する PIO (Parallel Input Output) ボードからモータ駆動回路に出力する。同時に画面生成用の PC にデータを送信する。画像生成用 PC は、呈示面の状態に合わせた画像を上部のプロジェクターから投影する。

モータの駆動回路は、矩形パルスのオンとオフの時間比率を変化させることでモータに流れる電流量を制御する PWM (Pulse Width Modulation) 方式で駆動し、4ch ずつまとめて一枚のアンプボードになっている。それぞれのボードに対し PWM バス 8bit、それぞれのチャンネルの極性 4bit、PWM 用 IC の制御信号 4bit (他ボードと共通) が必要であり、全部で 36 個のモータの駆動には、 $12 \times 9 + 4 = 112$ 本のデジタル出力が必要になる。本システムでは、48 ビット出力の PIO ボードを 3 枚使用し、必要な出力ラインを確保した。ラッチなどを用いて少ない I/O により多くのアンプボードを駆動する方法も考えられるが、本システムでは比較的簡単に作成でき安定動作させる事を最優先に考え、この構成を採用した。

力センサのデータの読み込みは、自作の 16 入力 of センサアンプボード 3 枚でおこなっている。このボードはマルチプレクサにより 16ch から 1 つを選択して PC の A/D ボードにデータ出力する。このためそれぞれのボードにはセンサ選択用の信号 (すべてのボードに共通) 4bit が必要となっている。

エンコーダの値はエンコーダカウンタボード (Interface 社 AZI-6201A, 4ch-24bit) を 9 枚によって計測している。

以上のように、この構成では、A/D ボードを 1 枚、PIO ボード (48 点入力のものを使用) を 3 枚、エンコーダカウンタボードを 9 枚と、数多くのボードを使用するが、標準でこの量のボードを使用出来る PC は

ない。そこで、多くのボードを使用するために拡張バスユニット (Interface 社 98USS(16)VY) を使用した。このユニットは 14 枚のバスを拡張する事が出来る。

一般的なバスの数を 3 とすれば、この拡張バスユニットを併用する事により最大で 17 本のバスを使用する事ができる。また、この拡張ユニットを直列に接続できるユニットにより最大で 31 個接続出来るので、さらにチャンネル数を拡張することが可能である。画像生成用の PC では、制御用の PC からの信号を受け取り画像を生成する。生成された画像はキャプチャーボードを使用して、NTSC で出力している。映像はプロジェクターにより、スクリーン上に投影される。なお、HapticScreen は焦点距離が常に変化するため、多眼式のプロジェクターでは色ずれが発生する可能性がある。そのため単眼式プロジェクターを使用している。

4. ハードウェア製作 2:XY ステージを用いた

HapticScreen

4.1 システムの設計指針

ANOMALOCARIS はオーストリアのリンツ市にある Ars Electronica Center における常設展示として採用された。Ars Electronica Center はメディアアートを中心に未来の博物館を提案する施設である。

前章で述べたハードウェアは直動アクチュエータを 36 本用いた研究用のシステムであり、特殊な部品を数多く使用したため高価で、配線数も膨大で調整やメンテナンスが煩雑であるという点で常設展示には不向きである。

そこで Ars Electronica Center 向けのシステムを新たに開発するにあたり、

- (1) ハードウェア 1 と同等の効果が得られること
- (2) オペレータがいなくても動作し続けること
- (3) 長期間メンテナンスフリーであること
- (4) 予算とオープニングまでの時間が限られていたため、安価に短期間で開発できること
- (5) 子供から大人まで体験できること

という条件を満たす設計が必要であった。

(1) については、HapticScreen の特徴であるスクリーン面が変形する、スクリーンに映った映像を触るとその感触が得られることが実現される必要がある。本システムでは、古代生物アノマロカリスを映像と触覚の 2 つの感覚としてスクリーン上に表現することが目的であるので、スクリーン全体を変形させるよりもアノマロカリスの形と触感を表現することがより重要であると考えた。そこで、アノマロカリスの模型を XY ステージに載せ、スクリーンの裏側に配置することでアノマロカリスの形にスクリーンが盛り上がるようにした。また、盛り上がった部分に映像を投影し、

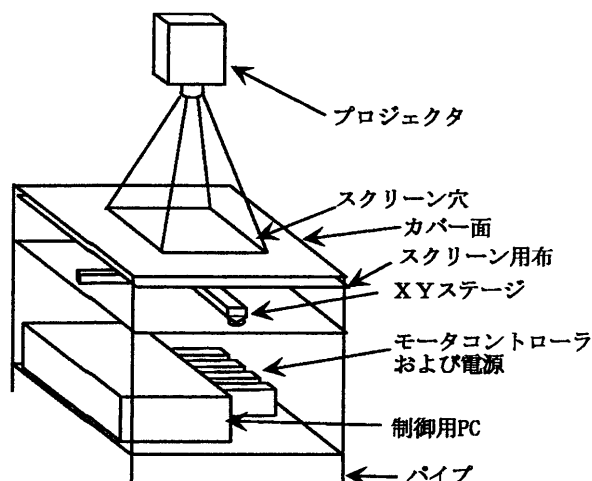


図6 システム構成2
Fig.6 System configuration of hardware2

その映像の変化に合わせて模型を移動させることとした。(2)、(3)、(4)については、既製品を組み合わせて特殊な部品を極力使わないことで対応する。また、センサーとして力センサーではなく、メンテナンス性、価格の面で優れているタッチセンサーを用いることとした。(5)については、XYステージを水平に置き、またアノマロカリスの可動範囲を $350\text{mm} \times 350\text{mm}$ とすることで、子供から大人まで誰でも触られる範囲の大きさとした(図6)。

4.2 ハードウェア構成

本ハードウェアは、XYステージ、模型、スクリーン、プロジェクター、コントローラ、制御用計算機、電源の6つの要素からなる。

＜XYステージ＞XYステージは、産業ロボット用の直動アクチュエータを2本組み合わせで実現した(図7)。アクチュエータはIAI製のDS-S5L400(可動範囲400mm)とDS-S4L300(可動範囲300mm)を用いた。DS-S4L300をDS-S5L400と直交させ、鉛直軸まわりのモーメントを小さくする為にDS-S4L300の中心がDS-S5L400の上にくるように配置した。なお、模型がDS-S4L300上を端点に移動することにより発生するモーメントを受ける為、DS-S4L300の両端にキャスターを取り付けている。また、アクチュエータ動作時の騒音低減の為、防音用ゴムパットをキャスターとアクチュエータの間および固定板とアクチュエータの間に挟んでいる。

<模型>

アノマロカリスの模型は、図8に示すように頭部を木で、腹部をシリコンゴムで作成した。幅は人の手の幅と同等の80mm、長さは150mmとした。また、腹部を固定し、くびれを表現するためタコ糸で縛ってある。羽はスクリーン越しではよくわからないためつい

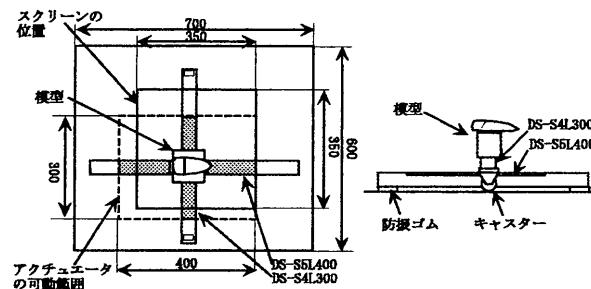


図7 XYステージ
Fig.7 XY stage

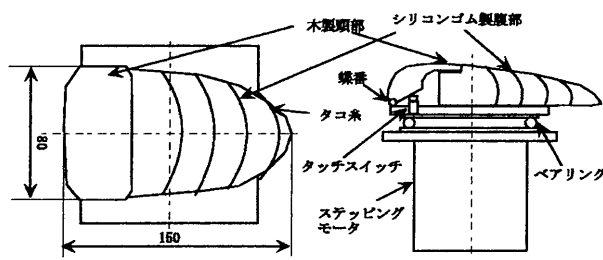


図8 アノマロカリスの模型
Fig.8 Model of Anomalocaris

ていない。頭部にはタッチスイッチがついており、頭部を押すとスイッチが入る。また、常に模型の進行方向に頭部が向くようにステッピングモータ（オリエンタルモータ製 CSK264AP-SG3.6）を配置した。

<スクリーン>

パイプにより箱 (700(W) × 600(D) × 800(H)) を作製し、内部に4層の棚を設けた。各層にはカバー板、スクリーン用布、XYステージ、PCおよびコントローラを配置した。図6に示すようにカバー板には350mm × 350mm の大きさの穴を開け、その下のスクリーン用布に触れるようにした。スクリーン用布は、市販の白い布地を使用した。スクリーン用布の下にはXYステージを配置した。スクリーン用布から模型が20mm程度盛り上がる高さになるようXYステージを固定した。これによりほどよい布の張力を得つつ、斜めからスクリーンを見るとアノマロカリスがスクリーンから盛り上がり立体感が増す。なお、展示中は側面に板をつけ、ユーザがXYステージや計算機等に直接触れられないようにし、さらに黒い布で箱の周りを覆った。なおカバー板も黒色にし、色の統一を図っている。

＜映像提示用プロジェクター＞

プロジェクターは天井に固定した。プロジェクター固定用の支柱がない為、周りにいる人すべてが映像をみることができる。プロジェクターのビデオ信号入力は PAL であったので、PC からの RGB 信号をコンバータで PAL に変換した (図 9)。解像度は 640×480 ピクセルである。スクリーン面が正方形なので縦方向 480 ピクセルがスクリーンいっぱいになるよう調節し、

余った横方向の 160 ドットは黒い画像を提示し目立たないようにした。

＜コントローラ＞アクチュエータのコントローラは各アクチュエータ専用のものを用いた。計算機から直動アクチュエータ用コントローラへは RS232C で目標位置命令を送り、コントローラからは現在のステータスを得る。ステッピングモータへは PIO を介して目標角度データを PC から送る。またタッチセンサーの値を PIO で受け取る (図 9)。

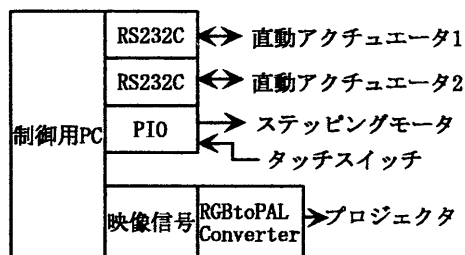


図 9 計算機とのデータ入出力
Fig.9 Data input/output interface

＜制御用計算機＞

制御用計算機は HP 製 PentiumII 400MHz のものを用い、OS は Windows98、プログラムは VisualC++ によって作成した。

＜電源＞

アクチュエータは直流 24V20A の電源が必要で 100V 入力 24V10A 出力のスイッチング電源を 2 台用いた。また、オーストリアの一般電源は 230V であるので、230V から 100V へ電圧変換を行うトランスフォーマーも設置した。

5. 映像制作

5.1 モデル、アニメーションの作成方針

ANOMALOCARIS における映像の役割は、HapticScreen により生成される形状や動きを視覚的にサポートして、体験者が触れたときの感覚をアクチュエータの動き以上に表現させる事である。

そのために、なるべく高画質かつ滑らかな動きを実現するためのモデルを作る必要がある。本システムでは動画の作成として、AVI 形式のあらかじめレンダリングされた動画ファイルを用意する事とした。OpenGL などを用いてモデルや動きを作れば HapticScreen からの入力にあわせて、リアルタイムに映像の変形ができる。しかしながら複雑な形状、動きのパターンを作る事が困難である事、ポリゴンやテクスチャが増加するとフレームレートが落ちてしまう事などから、一定フレームレート (30 フレーム/秒) で出力できる AVI 形式の動画を採用した。

アノマロカリスのモデリング、アニメーションの作成には LightWave3D (NewTek 社) を使用した。AVI 形

式であるためポリゴン数などの制限がないため 25000 ポリゴン程度でモデリングを行い、アノマロカリスの滑らかに動きを表現した。図 10 はこの手法で描かれたアノマロカリスである。アニメーションは使用するハードウェアの特性にあわせて、より効果的な演出が出来るように配慮した。

5.2 映像とアクチュエータとの同期方法

映像はあらかじめ用意された動画となるので、HapticScreen からの入力に応じて映像をリアルタイムに変化させる事ができない。そこで、様々な動作を行う動画を数種類用意し、体験者の入力に対してファイルの所定部分を連続して再生し、同時にアクチュエータを駆動する。図 11 は動きのパターンの代表的な例である。この際、各パターン間の映像のつなぎ目が不自然にならないように、画像が一致した時点で切り替えを行っている。

5.3 コンテンツ制作

＜直動アクチュエータアレイ型 HapticScreen 用コンテンツ＞

3 章で述べた HapticScreen の特徴としては 36 本の直動アクチュエータにより凹凸面が呈示出来る。そこで、スクリーンいっぱいの大きさにアノマロカリスを配置し、その表面の凹凸、動きを体感出来るような映像パターンを作った。また、アノマロカリスの体を、頭、胴体、尻尾の 3 つの部分にわけ、スクリーンを押した場所に応じて、それぞれ違った反応を示すような動きのパターンを作った。たとえば、頭を押すと牙を剥き出しにして怒り、胴体を触るとその場で泳ぎ、尻尾に触れると体をくねらせて喜ぶ、というパターンである。本システムでは力センサーを接触判定用センサーとして用いているが、力の大きさに応じて動きのパターンを変えることも可能である。

SIGGRAPH'98 以降、動きのパターンを増やし、さらに海底を模した箱庭を実際に作り、それをカメラで撮影しビデオミキサーにより背景画像としてリアルタイムで合成するシステムも制作した。CG のアノマロ



図 10 アノマロカリス
Fig. 10 Anomalocaris

岩田・矢野・中泉 : HapticScreen を用いたメディアインストール : ANOMALOCARIS

カリスが動いたときに箱庭に取りつけた振動子を動かすことで、あたかも CG のアノマロカリスの動きが実空間の箱庭に影響を与えているような効果を演出している。

＜XY ステージ型 HapticScreen 用コンテンツ＞

4 章で述べた HapticScreen の特徴は、XY 座標上を動き yaw 軸回転するアクチュエータが一本のみというものである。それに対応する動きとして、スクリーンに対するアノマロカリスの大きさを、前述のものよりも小さくして、スクリーンの上を動き回るような映像を用意した。入力も一点のみなので、アノマロカリスに触れると、突然その場からスクリーン外へ逃げ出し、10 秒から 15 秒ほどして戻ってくるという演出を行った。逃げるときの動作や戻ってくる場所等の行動パターンは 5 種類用意し、乱数を用いてランダムに選択している。

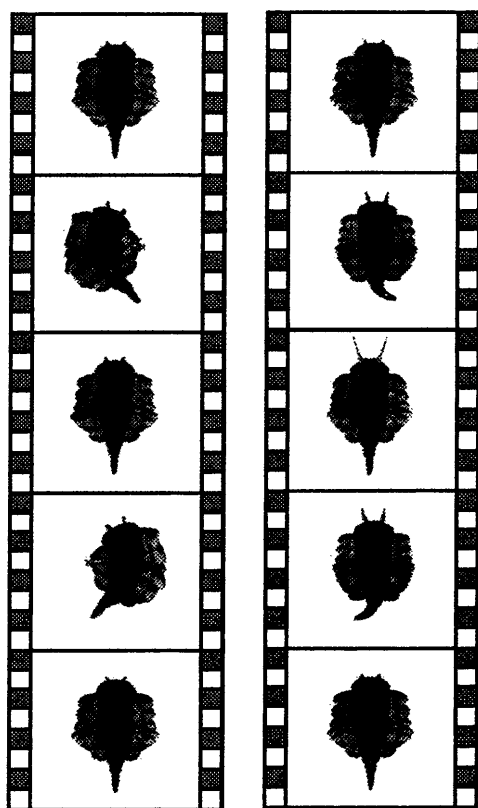
6. 展覧会における体験者の反応

ANOMALOCARIS を最初に展示したのは SIGGRAPH'98 における Enhanced Realities である [8]。スクリーンに触ってもよいということを書いたパネルを出した他には観客には何も指示を出さず、どのよう

に触れるかを観察した。手のどの部分を使って触れたかという点に着目して、会期中の 3 日間にわたって記録を採った。合計 1992 人分の記録が採れ、それを分析した結果は指 1 本だけで触れた人が 15 %、複数の指先で触れた人が 16 %、そして手の平全体で触れた人が 69 % になった。指先だけで触る人は、前述の行動モデルにおいて、おそろおそろ触れてみる段階で止まった例と解釈することができる。内容が未知の古代生物であれば、そのような反応も自然であろう。一方、手の平全体で触れる人は感触を楽しむ段階にあると見なせる。したがって、7 割程度の人が HapticScreen のポテンシャルをフルに体験したことになる。展示内容の説明をまったくしなかったことを考慮すると、この結果は ANOMALOCARIS が人間の触るという衝動を喚起することに成功したと解釈することができる。

この展示における意外な発見は、複数の人が同時にスクリーンに触る傾向がしばしば見られたことである (図 12)。エグゾスケルトンや道具媒介型のハプティックインタフェースでは原理的に一つのデバイスは一人のユーザーしか使えないが、HapticScreen は面状にアクチュエータが広がっているために多くの人が同時に好きな所を触ることができる。また、同じ場所を 2,3 人が同時に触ることも可能であり、同じ触覚刺激を共有できる。通常のバーチャルリアリティのシステムにおいて、映像は大型スクリーンに映すことによって多くの人が同時に見られるが、触覚ディスプレイは一人だけしか体験できないのが、大きな問題であった。触覚は原理的にその人だけの体験であるが、HapticScreen はその限界を超えるポテンシャルがあるのではないかと考えられる。

ANOMALOCARIS は翌年 1999 年に Ars Electronica Center において常設展示となり、より一般の人が



尻尾に触れる(喜び) 頭に触れる(怒り)

図 11 SIGGRAPH'98 における代表的な動きの例

Fig. 11 Typical animation of Anomalocaris at SIGGRAPH'98

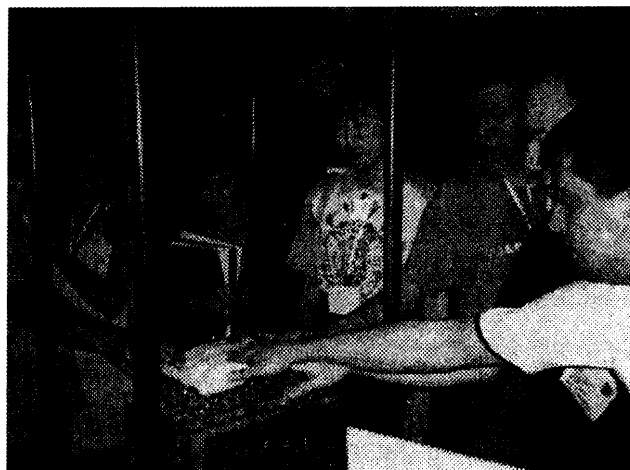


図 12 SIGGRAPH'98 にて
Fig. 12 HapticScreen at SIGGRAPH'98

体験できることになった。SIGGRAPH が CG の関係者を中心に開催されているのに対し、Ars Electronica Center は一般市民に開放されている。この展示において体験者に見られた顕著な傾向は、前述の行動モデルの最後のフェーズである「触っても大丈夫だとわかると、いたずらしてみたいくなる」というものであった。あらかじめ用意されたインタラクションのパターンは背中を押すとアノマロカリスが興奮して逃げるというものであったが、逃げないように強く押さえつけるということをやる人が続出した。そのため、シリコンゴムで作った模型がちぎられるという結果となり、展示開始後の1週間は押さえつけられても壊れないようにする改造に終始することになった。初めはアノマロカリスを模った形状にしていたが、最終段階では円形のシリコンゴムをガムテープで何重にも巻くというものになった。アノマロカリスはいったん逃げた後戻ってくるまでに長い場合には15秒くらいの時間がかかるが、その間にあきらめる人はほとんどいなかった。アノマロカリスがスクリーンの外に行っても、アクチュエータは次の出現場所に向けて常に動いているので、その音によって次に何か起きそうだという期待を観客に抱かせたのかもしれない。

この展示は子どもたちに特に人気があり、いたずらのパターンも多様であった。最も意外だったのは、いったん逃げたアノマロカリスが戻ってくる場所に待ち構えていて、戻れないように押し返すというものであった。子どもでも思いきり押すとかなりの力になり、アクチュエータが過負荷で停止するという事態になった。このように ANOMALOCARIS は物に触れるという衝動を惹起することには大きな成功を収めたが、残念ながらハードウェアの頑健性がそれに追いつけない結果となった。Ars Electronica Center にはインフォトレナーと呼ばれる、作品とのインタラクションを手助けする人が巡回しているが、ANOMALOCARIS はインフォトレナーが近くにいるときだけ自由に触れるという体制で運用されることになった。

7. おわりに

本論文では対象指向型ハプティックインタフェースである HapticScreen のポテンシャルを引き出すべく制作された ANOMALOCARIS について、その基本的コンセプトと実現方法を説明し、展覧会を通じて得られた知見を紹介した。当初のねらいである人間の触覚体験への衝動を惹起するという点に関しては2つの展覧会を通じて予想以上の成果を得た。通常のインタラクティブアートにおいてはインタラクションの仕方を手助けする人がついていないと成立しないのが一般的であるが、本作品についてはインフォトレナーが

それを抑制する側に回らなければならない結果となった。この事実は HapticScreen が人間にとって自然なインタフェースデバイスであることを証明しているとともに、自然であるがゆえに高い頑健性が必要であることも明らかになった。

ANOMALOCARIS を Ars Electronica Center に常設展示するにあたって、計画はしたものの実現できなかったことが一つある。それは、展示スペースに WebCam を付けて、インターネット経由で日本から現地の状況を定期的にモニターしようとするものである。USB カメラで画像を取得し FTP サーバーにそれを蓄えるということをしようとしたのだが、展示物本体の修繕が大変でそれどころではなくなってしまったというのが実状である。常設展示は長期間にわたって多くの人が体験するので、それを観察するシステムを作ることとは実験室では不可能な知見が得られる可能性を開くものである。ハプティックインタフェースが人間社会に与える影響を評価する場として、常設展示スペースと研究室が密に連携することは大いに意義があるはずである。それをどのようにして実現していくかを今後の課題にしたい。

参考文献

- [1] 岩田洋夫、市ヶ谷敦朗：ハプティックスクリーン、日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 Vol.1, pp7-10 (1996)
- [2] 清水豊、和気典二：盲人用3次元ディスプレイの試作、第3回感覚代行シンポジウム論文集, pp.113-117 (1977)
- [3] Hirota, K. and Hirose, M.: "Simulation and Presentation of Curved Surface in Virtual Reality Environment Through Surface Display" Proc. IEEE VRAIS'95, pp.211-216 (1995)
- [4] 感覚の開放展図録、東京オペラシティギャラリー (1999)
- [5] 杉浦隆夫展図録、ZOOM (1999)
- [6] Hannes Leopoldseder and Christine Schopf: Prix Ars Electronica 93, Springer (1993)
- [7] Ars Electronica 99 Festival Catalog, Springer (1999)
- [8] Iwata, H.: HapticScreen, SIGGRAPH98 Conference Abstracts and Applications, pp.117 (1998)

(1999年12月2日受付)