仮想空間とのインタラクションにおける 仮想振り子操作のための簡易化モデル

藤井 哲也[†], 安田 孝美^{††},
横井 茂樹^{††}, 正会員 鳥脇 純一郎[†]

A Simplified Model for Virtual Pendulum Manipulation in the Interaction with Virtual Space

Tetsuya Fujii[†], Takami Yasuda^{††}, Shigeki Yokoi^{††} and Jun-ichiro Toriwaki[†]

Abstract We presented a simplified model for a virtual pendulum manipulation system in three-dimensional virtual space. In this system, we realized two kinds of interaction-batting interaction (hitting pendulum with racket) and KENDAMA interaction (manipulating a saucer connected to a pendulum with a string so as to put the ball on the saucer). To implement these physically-based real time interactions, we derived a simplified model for parabolic motion, the swing of a pendulum, the motion of loose string and rebounding motion. In addition, to reduce the extensive computation time to generate these physical motions, a good approximate model for each motion was developed.

1. ま え が き

近年のグラフィックハードウェア技術の進歩にともない、実時間画像生成が可能となってきた。このようなハードウェアを用いることにより、仮想空間内の物体(以下、単に仮想物体とする)とのインタラクションを行うことができるようになった。これらの仮想物体を実世界のものと同様に操作可能なものとするにより、様々な仮想体験をすることができ、多くの分野への応用が期待できる。これまでにいくつかの仮

想空間中の剛体を扱う研究がなされてきているが、それらの多くは仮想物体からのフォースフィードバックを得たり、手の動きを測定するためのデバイスの開発に重点が置かれていた^{1)~8)}。これに対し、仮想物体とのインタラクションを実現するためには、リアルタイムに近い速度で応答するような形で、実世界の物体を仮想空間内に実現しなくてはならない。そのためにはハードウェアだけでなく、仮想物体のモデルやインタラクションのためのソフトウェアの開発もまた重要な側面である。

キーワード：仮想空間操作，物理運動，近似モデル，接触判定

1993年11月，第9回 NICOGRAPH 論文集に発表

1995年3月1日受付，1995年6月2日再受付

[†] 名古屋大学 工学部 (〒464-01 名古屋市中千種区不老町，TEL 052-789-3310)

^{††} 名古屋大学 情報化学部 (同上)

[†] Faculty of Engineering, Nagoya University (Furo-cho, Chikasa-ku, Nagoya 464-01, Japan)

^{††} School of Information and Science, Nagoya University (ditto)

しかし、仮想物体とのインタラクションを支える現行のソフトウェアの多くは、剛体の集合体のような物理的に単純な物体を扱っており、限定されたモデルとなっている⁹⁾。これに対し、より幅広い応用分野を拓くためには、実世界に存在する、物理的に複雑な振舞いをする物体とのインタラクションを実現することが必要になってきている。本論文では、従来の研究では扱われていなかった剛体以外の物体と剛体との集合体の一例として、自由に動くひもとその端点に接続された剛体球からなる仮想振り子をモデル化した。そして、運動する物体を扱った仮想空間操作システムのひとつのモデルケースとして、この仮想振り子に対するインタラクションを実現することを試みた。

具体的には、2種類の基本的なインタラクション、すなわち、ラケットを使い振り子を打つ「バッティングインタラクション」と、けん玉本体を動かすことにより振り子を操作し本体に付属する皿に載せる「けん玉インタラクション」である。本研究ではモデルの単純化や計算時間の短縮など様々な工夫を適用することにより、このような操作を行えるシステムをGWS上で実際に実現した。

まず、ひもの構造に関して次のような単純化を行った。

- (1) ひものは棒状の剛体集合により表現する。
- (2) ひもの先端は剛体球の重心に接続する。
- (3) ひものセグメントどうしの接触および、ひもと球の接触等、ひもに関する一切の接触は考慮しない。
- (4) 球の回転運動は無視する。

次に、ここではインタラクションの操作に関して次のような単純化モデルを用いた。

- (1) バッティングインタラクションに関して

接触判定は、操作するラケットと振り子の球との間にのみ行うものとする。ラケットはマウスとダイヤルにより操作可能である。

- (2) けん玉インタラクションに関して

けん玉本体に付属する3つの皿と振り子の球との接触のみを考慮する。これによりスムーズなけん玉の操作が期待される。けん玉本体は、マウスおよびダイヤルにより移動させることができる。同時にけん玉本体の方向は3つのダイヤルにより自由に変更することができる。

これらの簡略化のもとで、振り子の動きのモデルおよびそれを支配する運動方程式の近似解を逐次的に求める方法を開発することにより、仮想振り子とのインタラクションを実現した。現在のシステムでは、一般

的な入力デバイスであるマウスやダイヤルによる操作だけでなく、3次元入力デバイスによる操作も可能となっており、より直観的な操作が実現されている。また、仮想物体の3次元的位置関係を理解するために、液晶シャッターメガネによる立体視法を使用することができる。

本研究では、インタラクションに伴い複雑な運動をする仮想振り子をGWS上で実際に実現することにより、今後、より多様な対象の仮想空間操作システムを実現するためのベースを作ることを目的としている。

2. 振り子とのインタラクションのモデル化

本章では、振り子とのインタラクションを実現するための振り子のモデル化と、インタラクションに対する振り子の振舞いのモデル化について述べる。

2.1 振り子のモデル

振り子のひもは図1のように剛体セグメントの集合で記述するものとする(ここでは10個のセグメントを用いた)。振り子の玉の部分は均質な剛体球(以下、単に球)であるとし、その重心にすべての質量が集まっていると考える。各セグメントの隣接する端点間に、端点間の距離に応じた引力を与えることにより、端点間の接続性が保たれるようにして、セグメント全体の動きによりひもの動きを表現するものとした(詳細については3.2節で述べる)。ひも自身の質量は球の質量に比べて充分小さいと考えられるため、ひもの運動は球の運動に影響を与えないものとする。球はその重心をひもの端点に接続され、ひもと一体になって動く。このときひもと球とは、接触および干涉(以下、「干涉」は複数の物体が同じ空間を共有することの意で用いる)しないものとするため、ひもが球と絡み合うことはない。振り子は重力、ひもの張力、接触による反発力(以下、「反発力」は物体どうしが衝突したときの衝撃による力の意で用いる)の3種類の力のみを

図1 振り子のモデル
Model of a pendulum.

受けることにより、仮想3次元空間中を運動する。また空気抵抗などの摩擦力は、本研究のようなインタラクションでは他の力に比べて非常に小さいため無視するものとする。振り子の運動状態は、そのひもが張っているかたっているかによって2種類に分類することができるため、それぞれに応じたモデル化を行った。

2.2 インタラクションのモデル化

本論文では、振り子を使った基本的なインタラクションとして、バッティングインタラクションとけん玉インタラクションを実現した。以下に、それぞれのインタラクションで用いられたモデル化について述べる。バッティングインタラクション(図2(a))とは、ラケットで振り子の球(剛体)を叩く(直接力を加える)インタラクションである。ラケットの面の方向は図2(b)のように3つのダイヤルを用いて自由に回転させることができる。ラケットは厚さのない剛体平面とし、マウスを使って自由に水平面内で移動させることができ、ダイヤルにより垂直に移動および方向の変更が可能である。しかし、振り子のひもの端点は仮想空間中に固定されており、振り子は自由に振れている。ラケット平面が振り子の球と接触した場合には、振り子の球は反発力を受け運動状態が変化する。けん玉インタラクション(図3(a))とは、振り子のひもの球のない端にけん玉本体を接続し、本体を操作することにより、球を本体に付属する皿に載せるインタラクションである。けん玉本体には図3(a)のように、同じ大きさを持ち重心からの距離が異なる3枚の皿がある。それぞれの重心からの距離の比は3:3:5となっている。計算の簡略化のため、接触判定は皿と球との間のみにしか行わないものとする(当然、けん玉のケンを使った操作は実現されていない)。振り子のひもは、2枚の平行な皿の重心に接続されている。皿の上に球を載せるというけん玉インタラクションは、以下の3つの基本操作からなる。

- (1) 図3(b)にあるように3つのダイヤルを使い、けん玉本体を回転させ、球を載せるべき皿を選択する(上に向ける)。このときマウスを動かすことにより、けん玉本体の水平面内の位置を変えておくことも可能である。
- (2) ダイヤルによりけん玉本体の高さを変更する。素早くダイヤルを回すことにより、振り子の球を飛び上がらせる。
- (3) けん玉本体の位置を変えることにより、落ちてくる球を皿で受け止める。皿と球との接触が検出された場合には、皿と球との相対速度から反発力が計算され、それに基づいて衝突後の軌道が計算される。具体的な接触判定法と反発力の計算法は、2.2節および3.3節で述べる。

2.3 接触判定

本研究のような仮想空間インタラクションにおいて、物体どうしの接触判定は非常に重要であるため欠かすことはできない。しかし、現在の計算機の能力では、任意の形状を持つ物体間の接触を完全に判定するには計算時間がかかり過ぎる。そこで本研究で扱う物体は、球や平面やリングのような単純な形状を持つものに限定している。これにより物体どうしの接触判定は、物体間の距離と方向から簡単に行うことができる。例えば皿と球との接触は、皿の周囲にリングを考え、そのリング上で球との距離が最も小さい点と球との距離により行えばよいことになる。ここで皿をリングと考えて計算を行っているのは、実世界のけん玉でも球は、皿の周囲の部分のみと接触していると考えることができるためである。またラケットと球の場合は、球の重心とラケット平面の距離が球の半径より小さく、かつ、球からラケット平面に下ろした垂線の足がラケットの内側に入っている場合に接触したことに

図2 バッティングインタラクション
Batting Interaction.
(a) Model for batting interaction, (b) rotation of the racket face by controlling dials.

図3 けん玉インタラクション
KENDAMA Interaction.
(a) Model for KENDAMA interaction, (b) rotation of the interaction objects by controlling dials.

図 4 ステレオビューアによる立体視
Stereogram using stereoscope.

なる。これらの接触判定は、非常に短い時間間隔で行われる（ここでは1秒間に約300回行われる）。

2.4 立体視

仮想空間中の振り子・ラケット・けん玉本体・ひもの位置は、図4に示すように、ディスプレイ上に表示されたステレオペア画像と市販の液晶シャッターメガネにより立体視ができるようになっている。

3. 振り子の運動

振り子は重力以外の外力を受けない限りは一定の状態で運動し続ける。しかし、振り子が接触により反発力などの外力を受けた場合には、運動状態は変化する。本章では、2つの状態すなわち振り子運動状態と放物運動状態それぞれに応じたモデル化とその実現法について述べる。振り子は図5に示すように、そのひもの張力・長さによって2つの運動状態を遷移する。

3.1 ひもが張っている場合の振り子の運動

振り子は普段はひもが張っており、ひもは1本の棒として扱うことができる。すなわち、振り子の球の重心とひもの他の端(以下、支点と呼ぶ)との距離は一定である。そこで図6のように、支点を原点とするような極座標系 (r, θ, ϕ) を考え、原点から球の重心までの距離 r を一定とすることにより、支点から球までの距離を一定に保つことができる。また(1)~(3)式のように、極座標系における運動方程式が得られ、動径方向(r 方向)の力のつりあいから、ひもの張力が計算できる。

$$M \frac{d^2 r}{dt^2} = F_r + Mr \left(\left(\frac{d\theta^2}{dt} \right) + \left(\frac{d\phi^2}{dt} \right) \sin^2 \theta \right) \quad (1)$$

$$Mr \frac{d^2 \theta}{dt^2} = F_\theta - M \left(2 \frac{dr}{dt} \frac{d\theta}{dt} - r \left(\frac{d\phi^2}{dt} \right) \sin \theta \cos \theta \right) \quad (2)$$

図 5 運動状態の遷移の概略
Outline of the change of the motion state.

図 6 極座標系を用いた振り子の位置の表現
Expression of a pendulum position in the polar coordinate.

$$Mr \frac{d^2 \phi}{dt^2} \sin \theta = F_\phi - M \left(2 \frac{dr}{dt} \frac{d\phi}{dt} \sin \theta + 2r \frac{d\theta}{dt} \frac{d\phi}{dt} \cos \theta \right) \quad (3)$$

ただし M は振り子の球の質量、 F は振り子にかかる力、 F_r, F_θ, F_ϕ はそれぞれ F の各方向の成分である。同様に子午線方向(θ 方向)と方位角方向(ϕ 方向)の加速度も求められる。すなわち現時刻 t における、これらの加速度 $a(t)$ と(4)、(5)式にもとづいて、時間 $t+dt$ における各方向の速度 $v(t+dt)$ と位置 $x(t+dt)$ が計算される。

$$v(t+dt) = v(t) + a(t)dt \quad (4)$$

$$x(t+dt) = x(t) + v(t)dt \quad (5)$$

ここで注意しなければならないのは、極座標系には

方位角が不定となる点が存在することである（これらの点は直線上に乗っており，以下この直線を「極」と呼ぶ）。したがって，図7のように質点が極の近くを通過する場合には，方位角方向の加速度が非常に大きくなるため，(4)，(5)式のような線形近似により求められた位置には大きな誤差を含んでいる可能性がある．そこで図8に示すように，原点を共有し極が互いに直交するような2つの極座標系を考える．そして質点の位置の計算をより少ない誤差で行うことができる座標系を選択しつつ，(1)～(5)式の計算を行うものとした．ひもがたるんだ状態(3.2節を参照)から，ひもが張った状態すなわち支点と球の重心との距離がひもの自然長と等しくなった場合には，再び振り子運動状態に入る（厳密に言えば，ひもが張った瞬間に球はひもの張力の反作用による力(反力)を受ける．ここではこの現象を無視する）．

3.2 ひもがたるんだ場合の振り子の運動

インタラクションによりひもの支点と球との相対的な位置が変化し，振り子のひもがたるむ．この状態では球にはひもの張力が作用せず，重力のみが影響を与えるため，球はよく知られた放物運動を始める．このとき球の軌跡は極座標系ではなく直交座標系を用いて計算される．また振り子のひもは，その両端にかかる力，両端の速度・位置により複雑な運動を行う．ひも

図7 極付近における誤差の発生（極の延長線上から見た場合）
Error generation around the pole.

図8 2つの極座標系の位置関係
Relationship between two polar coordinate systems.

の動きは次のようにモデル化され，計算される．ひもは図1のように剛体セグメントの集合として表現し，各セグメントに対して運動方程式を立てる．そして，これらの運動方程式から時間軸に関する線形近似により解が求められる．一方，すべてのセグメントは太さのない棒状の剛体で，等しい長さや質量を持つものとする．すなわち長さ l ，質量 M のひもを n 個のセグメントにより表現する場合，1つ1つのセグメントは長さ l/n ，質量 M/n となる．ひもを構成するセグメントが全体で1本のひもとなるためには，常に隣接するセグメントの接点どうしが接し，かつ両端のセグメントが支点と球の重心に接続されていなければならない．しかし，これらの条件を完全に満たすような解を求めることは，処理時間の問題があり難しい．そこで，隣接するセグメントの端点間に，時間 t におけるそれらの間の距離 $D(t)$ に比例した力を加えるという制約条件により運動方程式を立てた．実際には， $D(t)$ が(6)式のような臨界制動型二階線形微分方程式の解となるような力を加えるものとする¹⁰⁾．

$$\frac{d^2}{dt^2}D(t) + \frac{2}{\gamma} \frac{d}{dt}D(t) + \frac{D(t)}{\gamma^2} = 0 \quad (6)$$

ただし γ は時定数．

ひもの両端となるセグメントに関しても，同様な力をセグメントの端から支点または球の重心までの距離に応じて与えるものとする．以上の考え方は文献10)と同様であるから詳細は略すが，これらの各セグメントに対応する方程式は，ひもを構成する各部分に対して立てられたものであるから，すべてを連立させて解く必要があるはずである．そのためには $n \times n$ (セグメント数が n の場合) のオーダーの行列の計算をすることになる．

これに対し本論文では，次のように逐次的に数値解を求めるため，上記の行列演算の必要はない．

まず，ひもの両端の位置が更新されるたびに，(6)式を用いて，現時刻 t における端点間の距離とその時間微分(距離の増減の割合)から各セグメントにかかる力をすべて計算する．次に，それらの力がセグメントの端点に加えられるものとして，微小時間 dt 後の位置・速度を時間軸における線形近似により決定する．

3.3 接触による物体の運動の変化

一般に，接触後の物体どうしの干渉を防ぐためには，注目している物体表面に配置された i 番目の判定点の時刻 t における接触面に垂直な方向の相対加速度 $a_i(t)$ が不等式(7)を満たす必要がある．

$$a_i(t) \geq 0 \quad (7)$$

そこで，この不等式を満たすような反発力を物体に

与える¹¹⁾。ラケットまたは皿と振り子の球が接触することにより、球は反発力を受け、その運動状態が変化する。バッティングインタラクションにおいてラケットと球が接触した場合には、両者は弾性衝突するものとして力を計算する。すなわち、衝突直前の相対速度の符号を反転させることにより衝突後の相対速度が求まり、ここから反発力が計算できる。ただし、ラケットに対するこの力の反力は考慮しない。けん玉インタラクションにおいて、振り子の球と皿の周囲のリングとは非弾性衝突するものとする。球に加えられる反発力の方向は、リング上の接点と球の重心とを結ぶ方向に等しいものとしている。また、反発力の大きさは接触時の相対速度を反発力の方向に射影したものとした。よって、両者の接触直前の相対速度と、相対的な位置により球が皿に載るかどうかが決まることになる。ここで2物体が小さな相対速度で接触した場合を考える。このとき接触判定は一定の時間間隔で行われているため、2物体は通常干渉状態にあると考えられる。一方、接触時の相対速度が小さかったため、上記の反発力は小さなものとなる。よって、次の接触判定時にも両者は干渉したままであるおそれがある。そこで本論文では、接触時には反発力を加えるだけでなく干渉を防ぐための位置補正を行っている。この補正は、2物体が接するような位置まで移動させることにより行っている。このとき移動させる方向は、接触時の相対速度と逆の方向とする。

4. インタラクションの例と今後の課題

以下に、仮想振り子操作システムを用いたインタラクションの例を示す。本システムでは、振り子の球、ラケット、けん玉本体はポリゴンにより表現され、スムーズシェーディングが行われている。本システムはC言語で記述され、IRIS crimson+RealityEngine上で実現された。重力以外の外力を加えない場合における仮想振り子の重心の軌跡を図9に示す。図9(a)は振り子の軌跡を鉛直方向に、(b)は真横に投影したものであり、それぞれの点は各フレームごとの球の重心の位置(振り子の支点を原点とする)を示している。これらの振り子の軌跡から、本システムで実現した振り子はほぼ自然な運動をしていると考えられる。

次に、実現された2つのインタラクションの画面を図10に示す。この図では振り子のひもは張った状態になっている。実際のインタラクションの様子を図11に示す。図11(a)の連続写真では振り子のひもがたるんでおり、(b)では皿の上に球を載せている。また図11(c)では別の皿に球を載せている。

仮想3次元空間を把握するために立体視を使った場合には、操作をスムーズに行うことができた。立体視には、液晶シャッター眼鏡であるStereoGraphics社のCrystalEyesを用いた。この製品を用いる場合、ディスプレイ画面を垂直方向に2分割し、各々に片目用の画像を表示する必要があるため、ディスプレイ画面全体を用いた場合に比べて解像度が劣るという欠点がある。

本研究で用いたGWSでは、毎秒約30回の画像更新ごとに仮想物体の位置の計算と更新が行われている。図12に示すように、現在のシステムでは、ひものたるみの計算に全体の計算時間の1/4が費やされており、画面描画に必要な時間を合わせれば70%近くの時間がかかっている。今後、高速画面描画が可能なGWSを用いることにより、1秒あたりの画面書き換え回数を向上させることができる。

一方では、入力のために用いられるデバイスの精度に関する問題が残されている。これは、現在のデバイスからの入力値と単位時間だけ過去の入力値との差か

(a) 鉛直方向への投影

(b) 真横への投影

図9 振り子の重心の軌跡
Track of the center of gravity of the pendulum.

図 10 実現された2つのインタラクション
 バッティングインタラクション(左)とけん玉インタラクション(右：ひもが張った状態)
 Realized interactions. Batting interaction and KENDAMA interaction (with stretched).

(a) ひもがたるんだ状態(4枚連続)

(b) 皿の上に乗せた場合

(c) 別の皿に乗せた場合

図 11 実際のけん玉インタラクションの様子
 Actual KENDAMA interaction processes.

ら、操作する物体の速度を求めているため生じている。入力デバイスの精度が入力のサンプリング周期に比べて低い場合には、計算される速度および加速度の誤差が大きくなってしまふ。これを防ぐためには、より精度の高いデバイスを用いるか、サンプリングの時間間隔を長くするか、単なる差ではなくデバイスからの入力の重み付き時間的平均の差を用いるという方法が考えられるであろう。

5. む す び

本論文では、物理法則にもとづいた運動を行う物体の一例として、仮想振り子操作システムを実現した。具体的には運動と衝突のモデル化を行うことにより、2種類のインタラクションを実現した。この仮想振り子操作システムは、完全に動作する仮想空間インタラクションの最初のステップとして作成されたものである。本論文で提案したモデルは振り子とのインタラク

(a) ひもがたるんだ場合

(b) ひもが張っている場合

図 12 計算時間の内訳

The computation time within an image refresh interval.

(a) The state of loosed string, (b) the state of stretched string.

ションのためのモデルであったが、今後、他の仮想空間とのインタラクションを計算機上に実現してゆく際にも、同様なモデル化や単純化を行う必要が出てくるであろう。こういった仮想物体のモデルを作成する場合には、人間にとって現実の物体の反応と区別がつかないものであり、かつ、可能な限り正確なモデルを、利用可能な計算機の能力に応じて作る必要があると考える。

本研究では、運動する糸状物体の動きを実現するための基礎手法を開発しており、今後、手の動作のリハビリテーション、スポーツシミュレータ、児童の学習を補助するための遊具といった分野への応用を期待できる。一方、本システムには解決すべき問題が残されている。まず第一に、振り子のひもに対して太さや弾性を持たせることにより、ひもの表現の向上をはかることが考えられる。また、ひものねじれや球の回転を考慮することにより、実物のけん玉により近い操作を

実現することも可能であろう。さらに今後、ひもと剛体とが組合わさった多様な物体を扱うことができるシステムへと発展させていきたい。

いつも有用な助言と指導をいただく研究室の方々に感謝する。本研究の一部は文部省科研費および人工知能研究助成金による。

〔参 考 文 献〕

- 1) 島田哲夫, 多田幸生: “曲面ロケータによる三次元入力手法”, 情処学論, **30**, 3, pp. 302-310 (1989)
- 2) Colin Ware: “Using Hand Position for Virtual Object Placement”, The Visual Computer, **6**, 5, pp. 245-253 (1990)
- 3) Hiroo Iwata: “Artificial Reality with Force-feedback: Development of Desktop Virtual Space with Compact Master Manipulator”, Computer Graphics, **24**, 4, pp. 165-170 (1990)
- 4) Tinsley A. Galyean, Joho F. Hughes: “Sculpting: An Interactive Volumetric Modeling Technique”, Computer Graphics, **25**, 4, pp. 267-274 (1991)
- 5) 福井幸男, 下条誠: “力覚をフィードバックする操作デバイスによる仮想形状のなぞり動作”, 信学論, **74D-II**, 8, pp. 1052-1059 (1991)
- 6) 中村康浩, 吉村哲也: “3次元直接操作に於けるポインティングのためのビームカーソル手法”, 信学春大, D-648 (1991)
- 7) 館 暉, 廣瀬通孝: “バーチャル・テック・ラボ”, 工業調査会 (1992)
- 8) 井野秀一, 泉 隆, 高橋誠, 伊福部達: “感覚フィードバック型ハンドのための把持感覚に関する心理物理的研究”, 信学論, **75D-II**, 11, pp. 1909-1916 (1992)
- 9) Proceedings, IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, Seattle, Washington (Sep. 1993)
- 10) R. Barzel, A. H. Barr: “A Modeling System Based on Dynamic Constraints”, Computer Graphics, **22**, 4, pp. 179-188 (1988)
- 11) D. Braff and A. Witkin: “Dynamic Simulation of Non-penetrating Flexible Bodies”, In Proceedings of SIGGRAPH'92 (Chicago, Illinois, July 26-31, 1992); In Computer Graphics, **26**, 2, ACM SIGGRAPH, New York, 1992, pp. 303-308 (July 1992)

ふじい てつや
藤井 哲也 平成4年, 名古屋大学工学部情報工学科卒業。平成6年, 同大学博士課程前期課程修了。同後期課程に進学し, 現在に至る。CG, VRに関する研究に従事。工学修士。

よこい しげき
横井 茂樹 昭和52年, 名古屋大学大学院博士課程修了。同年, 同大学助手。昭和53年, 三重大学助教授, 昭和57年, 名古屋大学工学部情報工学科助教授, 平成5年, 同教授を経て, 同年より, 同大学情報文化学部教授。画像処理, CGの基本手法とその医学応用に関する研究に従事。工学博士。

やすだ たかみ
安田 孝美 昭和57年, 三重大学工学部電気工学科卒業。昭和62年, 名古屋大学大学院博士課程修了。同年, 同大学工学部情報工学科助手。平成5年, 同大学情報文化学部助教授となり現在に至る。この間, 日本学術振興会特別研究員(昭和61年)。CG, VR, 医用画像の3次元表示とその応用に関する研究に従事。工学博士。

とりわき じゅんいちろう
鳥脇 純一郎 昭和42年, 名古屋大学大学院博士課程修了。同年, 同大学助手。昭和45年, 同助教授, 昭和49年, 同大学大型計算機センター助教授, 昭和55年, 豊橋技術科学大学情報工学系教授, 昭和58年, 名古屋大学工学部電子工学科教授を経て, 昭和60年より, 同大学情報工学科教授。パターン認識, 画像処理, CG, および, それらの医学応用などの研究に従事。工学博士。正会員。