

## 人工現実感を応用した「仮想生物システム」

伊藤 映 藤田 卓志 西山 聡一 田口 ひとみ 福岡 俊之 渡辺 和之

株式会社 富士通研究所

近年、パーソナルコンピュータは急速に普及しているが、一般消費者にとってはつき合にくい存在である。そこで我々は、人とコンピュータのコミュニケーションを阻む溝を埋め、コンピュータを「つき合いたくなる」存在にするようなヒューマンインタフェースの研究を行っている。特に、コンピュータ上に、賢いだけでなく親しみをもって接することのできる生物のような「エージェント」を用いた対話を提案している。その研究の一環として、「仮想生物」というエージェントの導入を提案し、「人工現実感」の技術を用いて仮想生物と対話できるシステムを試作した。

### VIRTUAL CREATURE SYSTEM

- Human-Interface on Artificial Reality for a computer with which the user can associate -

Hayuru Ito Takushi Fujita Soichi Nishiyama  
Hitomi Taguchi Toshiyuki Fukuoka Kazuyuki Watanabe

Fujitsu Laboratories Ltd.

1015, Kamikodanaka Nakahara-ku, Kawasaki 211, Japan

A personal computer will gain in popularity rapidly in recent years. However, it is existence not to associate easily for general consumers. Therefore, we reserch a human-interface which removes the barrier concerning communications of the person and the computer and makes the computer existence of "Become want pounding and suitable". Especially, we propose the method for interface with using "Agent" like the living thing which is not only wise but the existence we feel familiarity with it. The application of the agent named "Virtual creature" was proposed as part of the research. The prototype system of the system which being able to be the interaction with "Virtual creature" was developed by using the technology of "Artificial reality".

## 1. はじめに

近年、パーソナルコンピュータはその普及にめざましいものがあるが、個人が生活のパートナーとして使うという点ではまだまだ、心理的にはパーソナルとはいえない状況である。我々は、コンピュータの操作性という意味での「物理的な壁」はもとより、人とコンピュータのスムーズでかつ深いコミュニケーションを阻む「心理的な壁」をも取り除いた「つき合いたくなるコンピュータ」のためのヒューマンインタフェースの研究を行っている。特に、コンピュータ上に、賢いだけでなく親しみをもって接することのできる生物のような「エージェント」を用いた対話を提案している[1]。その研究の一環として、コンピュータの内部世界を写し出し、利用者とその世界との仲介を行う「仮想生物」というエージェントの導入を提案し、「人工現実感」の技術を用いてコンピュータ内の「仮想世界」に没入し、仮想生物と対話できるシステムを試作した[2]。

本稿では、人工現実感研究の一環として進めてきた「仮想生物システム」の研究の目的、および試作システムの概要とその実現化技術について述べる。

## 2. 人工現実感とヒューマンインタフェース

パーソナルコンピュータの急速な普及、特に一般消費者層への浸透という時代の流れの中で、研究・議論の対象として注目されている分野のひとつに「ヒューマンインタフェース」がある。これは「使い易いコンピュータ」を提供するための研究開発に留まらず、人の側からコンピュータを眺め、人とコンピュータとの関わり方についての基本的な問題を解決しようとするものである。ここでは、人工現実感の概念に基づく自律エージェント「仮想生物」のヒューマンインタフェースへの導入の提案とその基本アーキテクチャについて述べる。

### 2. 1 つき合いたくなるコンピュータ

コンピュータを業務上必要とする人の中には、仕事がきっかけで、それが仕事だからこそコンピュータとつき合っている人も少なくない。ならば、一般の人々にとっては、コンピュータがつき合いにくい相手であり、更には近寄り難い存在であったとしても不思議ではない。

しかし、人と人の交友関係のように、何らかのきっかけでつき合いが始まり、波長が合うことがわかればコミュニケーションを通じて関係を深めていくこともできるかも知れない。つまり、コンピュータとつき合いにくい相手と思っている一般の人々に、コンピュータを受け入れてもらうためには、アプリケーションの善し悪しよりも、まずはつき合ってみたくするような雰囲気やコンピュータ自身が持ち合わせる必要がある。

一つの考え方は、コンピュータの中に人間に近い知的なエージェント（代理人）を実現する考え方である。人間のように適応力があり、融通の効くインタフェースが実現できれば、理想的であろう。確かに人工知能の延長上で、賢いエージェントを実現することは原理的には可能かも知れない。しかし、賢いエージェントだけでは、「つき合っているコンピュータ」はできても「つき合いたくなるコン

ピュータ」の実現は困難であろう。確かにコンピュータは、知能という面では人間に近づきつつある。しかしながら、人が人やペットのような動物に対してもつ絆、信頼、もしくは仲間意識といったようなコミュニケーションの根本的な部分には、理屈を越えたある種の感覚が支配しており、その側面を持たないただ賢いだけのコンピュータでは「つき合いたくなる」というレベルには至らない。人とのつき合いにおいても、その出発点はその人が好感を持てることであり、そのプロセスを経て知的なコミュニケーションが成立すると考える。人が人やペットのような動物に対するような感覚をもってつき合えるコンピュータを実現するには、好感を持てるコンピュータの顔のデザインが必要である。

### 2. 2 生き物としてのコンピュータ

コンピュータの中には各種業務の世界、科学モデル、エンタテインメントの世界など、様々な世界が構築されている。ユーザがインタフェースを通してこれらの世界でスムーズに各々の目的を達成するためには、それらの世界を直観的にイメージし、何をどうすればよいか容易に判断でき、直接的に世界に作用できることが必要である。

このような課題に応えようとして、昨今、「人工現実感」が注目されている。これは、人がコンピュータの中の世界に体ごと入り込む感覚で、直接的にその世界に介在する、つまり、人とコンピュータが同一の時空間において経験を共有するものである。人とコンピュータとがその間にある物理的な壁や心理的な壁を根本的に解消し、コミュニケーションできれば、それはまさにヒューマンインタフェースの究極の姿といえよう。

しかし、人工現実感のもたらすものは単にヒューマンインタフェースの向上だけではない。コンピュータの中に、人が直接向き合う世界が独立した形で、もしくは自律して存在するという事を考えると、人工現実感という概念を通して、コンピュータそのものを単なる機械や道具ではなく、新しいメディア、あるいは新しい存在感を持った一種の「生き物」として捉えることができる。もし、コンピュータが生き物のような存在となれば、人とコンピュータのコミュニケーションが深まり、人が「つき合いたくなる」存在に変わるのではないだろうか。

### 2. 3 自律エージェント「仮想生物」

では、人が人工現実感の概念を通じて、そこに生き物のような存在、またそれらのいる世界を構築する鍵は何であろうか。

人工現実感におけるリアリティについて、マサチューセッツ工科大のD.ゼルツァーは次の三つの要素として説明している[3]。すなわち、「世界の自律性（Autonomy）」、「世界との対話性（Interaction）」、そして「世界の臨場感（Presence）」である。これらの要素の中で、相手（コンピュータ）が生きていると感じるという面で最もリアリティをもたらすものは世界の自律性と考えられる。コンピュータの中の世界が、ある時には自分の予測通りに動き、ある時には意外な動きや変化を見せた時、現実の世界で我

々が感じるのと同様な心理的リアリティを感じる事ができるからである。

そこで我々の研究は、とくに世界の自律性の充実に力点を置き、自律的なエージェントのアーキテクチャの確立を対象としている。この自律エージェントが「仮想生物」である。

以上の観点から、自律する「仮想生物」の世界をコンピュータ上に実現し、生き物としてのコンピュータ像を求めるための一つの手掛かりを得ることを目的として試作システムの開発を行った。

## 2. 4 基本アーキテクチャ

人間とコミュニケーションできる生き物をコンピュータ上にシステムとして構築するにあたって、我々はまず、人間の脳の構造とコンピュータシステムの構造を比較し、人間とコンピュータとのコミュニケーション構造のモデルを考案した(図1)[4]。ここでは、人とコンピュータとのコミュニケーションという視点からヒューマンインタフェースを捉え、下位層から上位層へ向けて段階的にコミュニケーションを成立させるという考え方を採った。

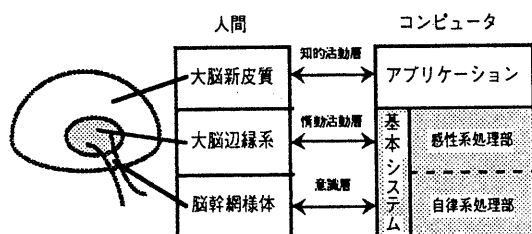


図1 人間とコンピュータのコミュニケーション構造

良く知られているように、人の脳の構造は大きく三つの階層に分けられる。一つは大脳の表面を覆う大脳皮質系で、人の創造的な活動を司る部分であり、人が哺乳類としての進化の過程で大きく発達したと言われている。コンピュータの主たる役割は、人の創造的な活動を支援することであり、これまでのヒューマンインタフェースの研究もこの部分に焦点を当て、認知科学的な視点から様々な提案がなされてきた。システムによって提供されるアプリケーションをいかに使いやすく提供するかが目である。

一方、大脳の中心には、他の生物と共通の古い皮質である大脳辺縁系があり、人の情動を司る。嗜好、恐怖、集団形成、生殖活動など、理屈を超えた本能、あるいは感性と呼ばれる行動を支配している。大脳辺縁系は、脳幹を経て自律神経系につながり、生命維持のための基本的な役割を果たしている。心臓の鼓動や呼吸など、人間個々が持つ基本的なリズムを作っている部分という見方もある。これらは、いわゆる人の感情や感性と強く関連した部分であり、コンピュータを使ってみる気にさせる、あるいはアプリケーションを心地よく使わせるために重要な役割を果たすと思われる。

図1は、以上の考え方を基本に置き、ユーザインタフェースから見たシステムの構造を示したものである。「ア

プリケーション層」は、システムが提供する機能そのものであり、エージェントとしてそれを使いやすく提供するための知的なナビゲーションを行うための機能などが対応する。「感性系処理部」は、エージェントの感情を制御する部分であり、システムの内部状態を感情や態度としてユーザに伝えることを目的とする。「自律系処理部」は、エージェントの固有のリズムに関係する部分である。人との対話にはある種のリズムが大切である。心地よい会話のために適切な間を置き、相手に合わせたリズムをもつことが、快適なコミュニケーションを成立させるためには必要である。この自律系処理部はシステム独自のリズムを生成し、かつユーザのそれに同期させる機構である。

以上の機能は、従来のコンピュータの構造に当てはめると、OSに対応する機能である。本来、コンピュータのOSはコンピュータという機械を抽象化した概念として捉えることができるが、このエージェントはユーザから見たコンピュータそのものの抽象概念である。したがって、その意味でエージェントの構造を考えることはヒューマンインタフェースに重点を置いた将来のコンピュータシステムのOSの問題を検討することと同等である。

「仮想生物」は、最終的にはヒューマンインタフェースのためのエージェントを実現することを目指しており、その構造を研究するための雛形として前述の人間とコンピュータのコミュニケーション構造のモデルを採用し、それに対応した構造を基本にしている。

## 3. 試作システムの概要

我々は、前述のような研究の一環として試作システムを開発した。ここでは試作システムの利用形態とハードウェア構成について述べる。

### 3. 1 アトラクションの内容

試作システムは展示会アトラクションとして、約190平方メートル(幅約12m×奥行約16m、収容人員156名)のブース設置用に開発した。ブース前方に設置された縦約1.3m×幅約8mの大画面モニター(40インチのキューブモニターを2段9列で使用)に映し出される映像と客席を囲むように円形配置された6台のスピーカーによる立体音響により仮想世界が表現され、体験者と観客を仮想世界にいるような感覚にする(図2)。

アトラクションの中で、体験者は10匹の仮想的な生物

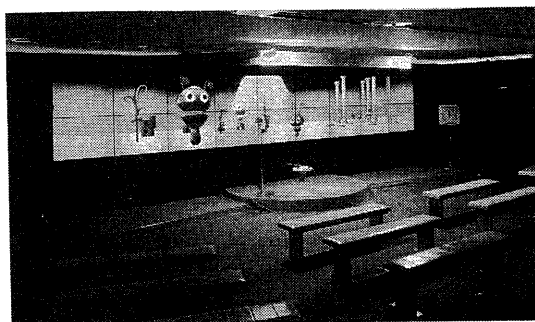


図2 試作システム全景

が群（小社会）を形成して生活している村を訪れ、彼らの自律的な行動を眺めたり、彼らに声で呼びかけて戯れたりできる。特に遊びとして、指揮棒を振って彼らを合唱させることができる。

### 3. 2 ハードウェア構成

試作システムのハードウェアの構成を図3に示す。

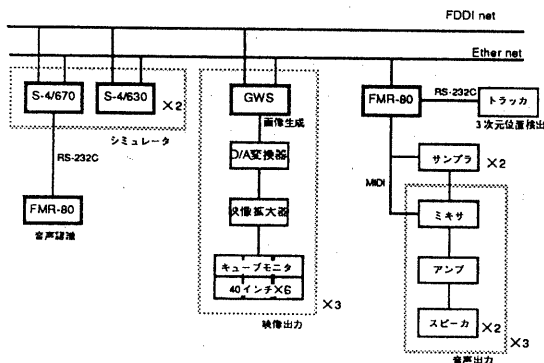


図3 ハードウェア構成

#### (1) シミュレータ

シミュレータは仮想生物の行動シミュレーションを中心として、当システムの表現する世界の全ての事物の変化をシミュレーションするものであり、その結果、その世界自身を自律たらしめるものである。

シミュレータは、実際には、複数（ここでは10匹）の仮想生物とその他の静物のシミュレーションをワークステーションS-4/670（1台）とS-4/630（2台）を使用して行う。各仮想生物は独立したプロセスでシミュレーションされる。

#### (2) 3次元位置検出

体験者の手に装着したトラック（磁気センサ）を用いて、手の3次元空間内での位置・向きを検出する。検出データはRS-232Cを介してパーソナルコンピュータFMR-80に伝送される。

#### (3) 音声認識

FMR-80の音声認識ボードを使用して、体験者の声を解析する。解析結果の内、単語コードと音量データがRS-232Cを介してS-4/670に伝送される。

#### (4) 画像生成と映像出力

シミュレーションの結果をもとにグラフィックスワークステーション上で画像データを生成する。画像データはD/A変換器によってアナログ信号に変換された後、映像拡大器に通され、モニタに出力される。

#### (5) 音声出力

シミュレーションの結果をもとにFMR-80上で決定された発音タイミングと併せて、音種データ、発音位置データ、音量データがMIDIを介してサンプラとミキサに伝送される。音種データに基づいてサンプラの音源が選出され、発音位置データと音量データに基づいて音像を定位するミキサの制御に従い、アンプを通じて円形に

配置された6台のスピーカから音出力される。

### 4. 仮想世界モデル

ここでは、コンピュータ上に仮想生物と彼らの棲む仮想世界を構築する際のモデル化の考え方とそのモデルで実装した場合の動作の仕組みについて述べる。

#### 4. 1 モデル化の考え方

システムの扱う仮想世界は、10匹の仮想生物と仮想生物の観測対象となる建造物や植物、及び、一定周期で周って一日の変化を作り出す太陽などから構成される。

システムではこれら多様な存在をそれぞれ個体の単位「オブジェクト」として扱う。オブジェクトは位置、向き、形状などの属性をもつ。オブジェクトの行動や変化は属性値の時間的な変化の結果と考えられる。これら属性値の変化は、生き物の場合は自己の法則に基づいた意志と物理法則の作用によってもたらされ、生き物以外の物体の場合は物理法則のみによってもたらされる。

システムでシミュレートする仮想世界の基本モデルを以下のように決めた。

- ・仮想世界内の全ての事象はオブジェクトとそれに付随する属性によって定義する。
- ・各属性には属性名を対応させ、属性の意味を与える。
- ・相異なるオブジェクトで共通の意味をもつ属性には同一の属性名を与える。
- ・各オブジェクトの属性はその時点におけるオブジェクトの外見のな状態を定義する。
- ・属性値はオブジェクト自身に付随する自律的な仕組みによってのみ変化する。
- ・各オブジェクトは必要に応じて自分と同じ仮想世界内の任意のオブジェクトの属性値を参照できる。

#### 4. 2 動作の仕組み

仮想世界は当システムに構築しようとする人工の世界である。仮想世界は仮想生物やこの世界を体験する人間のモデルとなるユーザエージェントやその他の静物、また、これらが活動する情報空間を含む。

仮想世界はオブジェクトとオブジェクトが活動する場、もしくは空間である「共有世界」から構成される。仮想世界の構造を図4に示し、その要素について説明する。とくに、オブジェクトについては、その役割・性質から「アクター」、「ユーザエージェント」に分類して説明する。

「共有世界」は仮想世界において発生したすべての事象をその事象のもつ成分要素とそれらに対応するデータを用いて管理する。

「アクター」は自律的に行動する仮想生物、または、静物のデータとその仮想世界内での変化を定義するルールを保持する。各々は独立したプロセスによって実行される。自律する仮想生物は、共有世界を観測した結果得られる他者の情報「観測情報」と自分自身に関する情報「自己情報」に基づき、「意思決定部」と「動作生成部」により動作を生成し、その結果、自分自身の自己情報を更新し、外部か

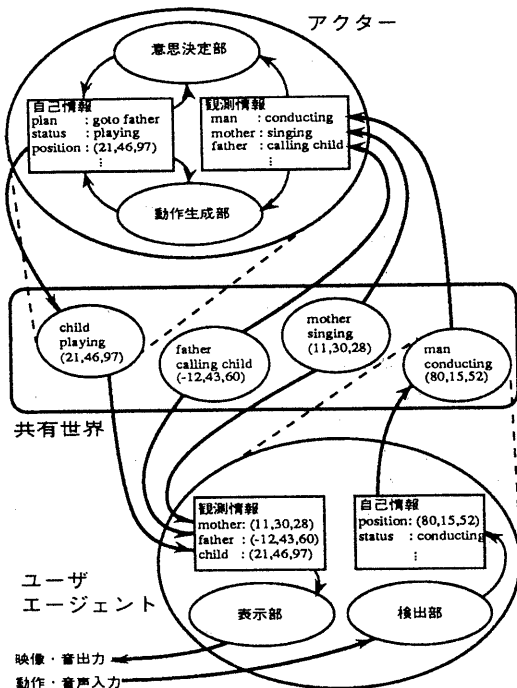


図4 仮想世界の構造

ら観測しうる情報については共有世界に複写する。動作生成について、意思決定部は生物の行動を計画し提示するが、即時的な対応と捉えられる行動については動作生成部が行動を選定し提示する。

仮想世界では体験する人間（体験者）もオブジェクトのひとつとして取り扱われる。そして、仮想世界内での体験者の姿が「ユーザエージェント」である。ユーザエージェントは体験者（人間）が仮想世界に入り込む場合の仮想世界内での姿である。ユーザエージェントにも一つの独立したプロセスが割り当てられており、体験者の動作と音声はユーザエージェントの自己情報として仮想世界に投影され、同時に、仮想世界の出来事はユーザエージェントが得た観測情報をもとにした映像と音の出力によって体験者に提示される。すなわち、ユーザエージェントは意思決定部と動作生成部が体験者自身に委ねられたアクターと捉えることができる。

## 5. システム実現化技術

システムを実現する要素技術は大きく「プラットフォーム」、「シミュレーション」、及び入力インタフェースと出力インタフェースからなる「体験者インタフェース」に分類される。

プラットフォームは仮想世界構築のための基本システムである[5]。世界を構築して運用する枠組みとシステムをネットワーク上で稼働させる機能を実現する。シミュレーションは各オブジェクトの自律的な行動を各々のルールに従い生成する機能を実現する[6]。体験者インタフェースは体

験者の行動を検出・解釈する機能、仮想世界及びそのオブジェクトの状態を体験者に表現する機能を実現する[7]。

### 5. 1 プラットフォーム

仮想世界モデルに基づいて分散環境上で仮想生物システムを実現するために、ブロードキャスト型の通信サーバをUNIX上に構築した(図5)。

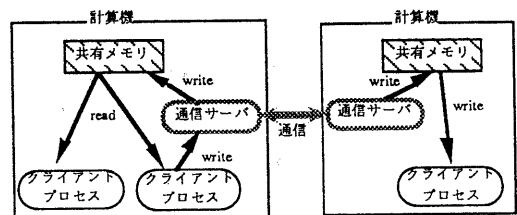


図5 通信サーバの仕組み

この通信サーバは、オブジェクトの運動生成を行うプロセス等の属性にアクセスするクライアントプロセスとは独立して、バックグラウンドで動作する。クライアントプロセスは、インタフェース関数ライブラリの関数を呼び出すことによって通信サーバの提供する機能を利用する。

属性を参照する側のクライアントプロセスと参照される側のクライアントプロセスとは一般には非同期に動作するため、効率および反応性を高めるには、属性は所有者であるクライアントプロセスとは無関係に参照できる状態になっていることが望ましい。この機能を本システムでは共有メモリを利用して実現している。

属性の所有者であるプロセスは、メッセージキューにメッセージを送ることにより、属性の更新の情報を通信サーバに送る。通信サーバは、送られてきたメッセージに基づいて共有メモリの内容を更新する。このとき、メッセージの内容を確認することにより、共有メモリの内容に矛盾が生じないことを保証する。属性を参照するプロセスは、そのプロセスの一部に組み込んだインタフェース関数を通じて共有メモリから必要な属性の情報を受け取る。この通信サーバは、TCP/IPによるネットワークに対応している。共通の仮想世界を扱っている計算機はツリー型に接続されている。

仮想生物システムでは120Kbyte/secのデータ通信を行っているが、通信サーバには2台の計算機間で1 Mbyte/sec以上の転送能力がある。

### 5. 2 行動シミュレーション

試作システムに登場する仮想生物は、各々が能動的に世界の情報を収集し、自分自身の持つルールに基づいて自律的に行動する生物オブジェクトである。

コンピュータネットワーク上でのオブジェクトは、位置、方向、形状、状態などの属性によって表現される。そのオブジェクトの行動は、属性の時間的な変化として定義される。この属性の変化をリアルタイムで計算することが「行動シミュレーション」の目的である。

### 5. 2. 1 シミュレータの構造と役割

実際の生物には通常、外部の危険から身を守る本能行動や、刺激に対して反射的に反応する行動が見られる。このような短期的な行動に加え、感情や体調あるいは学習によって行動が変化するなどの、長期的な行動を見ることが出来る。これらの行動をシミュレートするために、本システムにおけるオブジェクトの行動決定と動作生成を、動作生成部と意志決定部の2つの機構によって実現する(図6)。

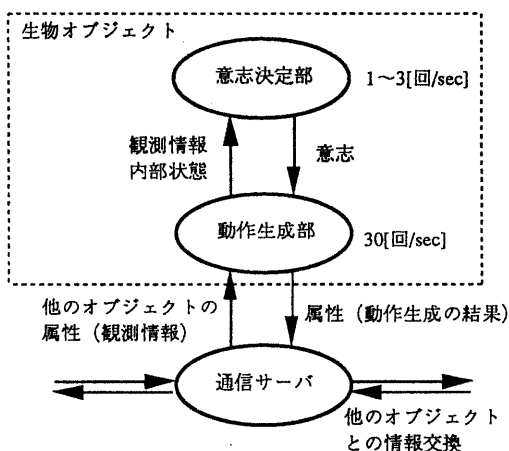


図6 行動シミュレーション

動作生成部は、オブジェクトの動作生成、及び本能や即時的な対応が必要である状況下での行動決定を行う。入力として非同期に動作する通信サーバから、他のオブジェクトの属性を受け取り、自分の属性を通信サーバに送る。

意志決定部は、複雑な状況下での状況認知や感情に基づく行動決定を行う。この行動結果は意志として動作生成部に伝わり、動作生成部がそのための動作を生成する。意志決定部は、動作生成部に対して悪影響を与えないために、非同期に動作して情報の受渡しを行う。

### 5. 2. 2 動作生成部

動作生成のために必要となる入力は、他のオブジェクトの属性と、自分自身で保持している感情などの内部状態である。

オブジェクトの属性はある瞬間におけるオブジェクトの外見を表している。スムーズな動きを得るために、動作生成部は、毎秒30回程度の属性の更新に必要な計算を繰り返して実行する。この計算は、オブジェクト内部の状態変数の変化を定めたルールを実行することであり、1オブジェクトに対して数百の状態変数が定義されている。

リアルな動きの生成のために、ルールの基本となるのは物理法則である。リアルタイム性を重視するため必要以上に詳細なモデルは避け、極力簡単化する。例えば、基本的な位置や向きの変化は生物を剛体とみなして、重心に関する運動方程式(1)式、重心回りの回転の方程式(2)式を適用することによって求める。

$$dP/dt = F \cdots (1)$$

$$dL/dt = N \cdots (2)$$

P: 運動量、F: 全オブジェクトが受ける力

L: 角運動量、N: トルク

この全体としての動きに加え、触角、頭、尻尾などの変形も、簡単な物理モデルを定義し、シミュレーションを行う。また、ルールによって、自分の体に関する疲労度などの内部状態変数が変化する。これらの物理法則を適用した動き方を決定するルールや、内部状態を変化させるルールを複雑に組み合わせることで、意味を持った複雑な動作を生成することが可能となる。

### 5. 2. 3 意志決定部

オブジェクトをより親しみのある存在とするためには、オブジェクトが複雑な行動をとり、また感情豊かな存在になることが必要である。意志決定部は、周囲の状況認知を行い、感情や体調などによって変化する行動を決定し、意志として提示する。同一の状況を観測した場合でも、認知の仕方や感情の変化によりその状況に対して異なる行動計画を立てることが可能である。また、状況認知や感情制御の方法を各オブジェクトに対して変えることにより、感じ方が異なるオブジェクトを誕生させることが可能である。これは個性をつけることを意味する。

入力情報は、動作生成部が観測した他のオブジェクトの情報、及び、自分自身の内部状態に関する情報である。

オブジェクトは、まず観測された周囲の種々の事象が自分がどの程度快く思うか否かを判断し、認知された事象の中で自分を不快にさせる事象を選出する[8]。これは、不快な事象に対して優先的になんらかの対処することにより、自分の感情を静め快適な気分にするためである。不快と思う事象に対して行動ルールを用いて行動を計画する。行動ルールの構造は、実行可能なゴールとプランを記録した木構造になっている[9]。この木構造を探索することによって、自分の行動を決定する。行動を決定する際は、対処する事象に対して自分がどのような感情を持っているか、またそれがどの程度強いものかが作用する。ここで求められた行動は意志として、秒1～3回の割合で動作生成部に伝えられる。

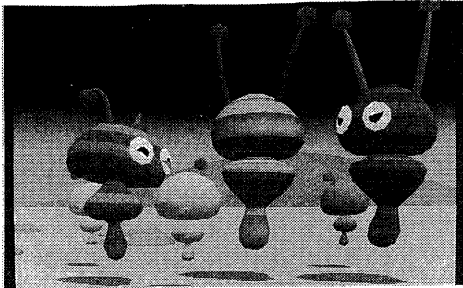
### 5. 2. 3 実現例

ある目的地へ移動する行動のための動作生成の例を説明する。動作のきっかけは、意志決定部から“ある目的地へ移動する”という意志が指示されたことによる。まず、オブジェクトは目標が自分の正面にない場合は自分の向きを変化させる。この動作はルールに従い自分の体を前方に曲げ、エネルギーを蓄え、体をひねりながら、トルクを受けて向きを変える手順で行われる。次に、体を締め伸び上げるジャンプを繰り返して目標に近づく。この動作生成は意志決定部からの指示が継続している間続ける。

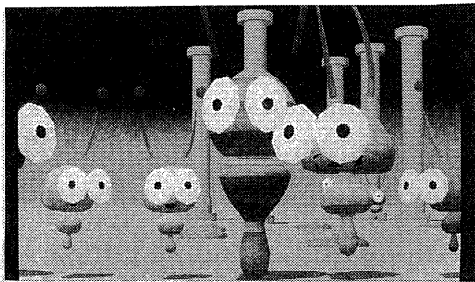
また、人間に驚かされた場合のオブジェクトの行動の例を説明する。意志決定部によって状況認知が行われ、対処すべき事象が決定される。その事象が、“人間が大声を出した”である場合、その事象に対する不快の度合により、人間に怒って攻撃を仕掛けたり、人間が無害であると判断

して無視するなどの行動をとる。また、オブジェクトによっては、泣いてその場に立ちすくむ、他のオブジェクトに助けを求めに行くなどの行動をとる。このようにオブジェクトは個々の認知の仕方や感情に応じ、複雑な行動をとることが可能である。

感情豊かなオブジェクトの行動の例を図7に示す。



子供をあやす (左)、けんかする (右)



人間の大声に驚く

図7 オブジェクト(仮想生物)の行動

### 5. 3 体験者インタフェース

試作システムにおける仮想世界は、抽象化されたモデルによって表現されており、人間が体験するためには、視覚的あるいは聴覚的な情報に変換されなければならない。一方、人間から仮想世界に対して働きかけを行なうためには、人間の動作あるいは声を抽象化し、仮想世界に伝える必要がある。それらの役割を果たす機能が「体験者インタフェース」である。

#### 5. 3. 1 入力インタフェース

抽象化された仮想世界において、体験者は他の生物や事象と同様に、位置、方向、声等の属性を持つオブジェクトの一つである。他のオブジェクトの属性はシミュレーションによって求められるのに対し、体験者の属性は、実在する人間の動作や声を検出した結果に基づいて決定される。当システムでは、指揮棒の位置と方向および体験者の声を検出する。この結果を、図8に示すように動作/音声認識部で体験者の属性に変換し、通信サーバに通知する。これにより、仮想世界内の自律的なオブジェクトは、体験者の状態をリアルタイムで知ることができる。検出された情報は以下のように処理される。

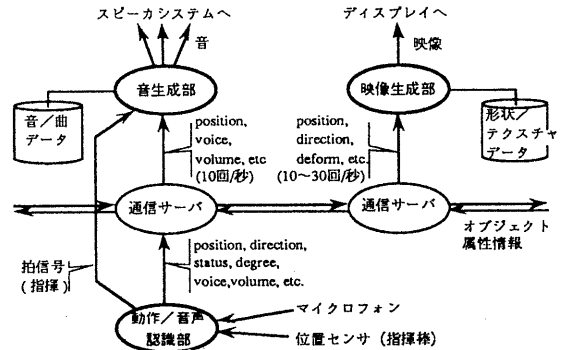


図8 体験者インタフェースのシステム構成  
及びデータフロー

#### (1) 動作認識

指揮棒から得られる情報は、位置座標と角度の計6つの値であり、これを基に体験者の"position", "direction"といった属性を決定する。また、動作パターンの解析を行ない、属性"status"を決定する。

#### (2) 音声認識

マイクから入力された音声进行分析し、語彙識別を行なって、その結果を体験者の属性"voice"に反映させる。同時に音量"volume"等も求める。

### 5. 3. 2 出力インタフェース

#### (1) 映像生成/表示

体験者が観測できる仮想世界の全ての事象は、全てオブジェクトの属性によって表現されており、通信サーバによって管理されている。図8に示すように、映像生成部ではこれらの属性情報を通信サーバから読み込み、それに基づいてリアルタイムで映像を生成する。参照する属性としては以下のものが上げられる。

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| position, direction | オブジェクトの位置、方向 |
| deform              | 変形パラメタ       |
| type, file          | 表示用詳細データの指定  |
| color, attribute    | 色、表面反射特性     |

映像生成の際には、まず実際の表示装置と体験者の位置関係および仮想世界内での体験者の位置に基づいて視点および視野を確定し、上記の属性に基づいて視野内の全てのオブジェクトの表示を行なう。

#### 詳細データ

映像生成に必要な形状やテクスチャは、仮想世界内のインタラクションとは直接関係無く、データ量も大きいので、そのまま属性として扱うことはせず、内容をファイル化し、属性"file"および"type"で指定する。

#### 変形

生物等のオブジェクトの変形は各々のシミュレーションによって求められ、その結果はリアルタイムでそのオブジェクトの変形パラメタである属性"deform"に反映される。映像生成部ではこれを参照し、ファイルから読み込んだ詳

細形状データに基づいて形状を確定する。

本システムでは、オブジェクトの形状をポリゴンモデルによって表現している。あるオブジェクトのポリゴンモデルがベクトルSによって定義されているとき、形状が変形パラメタ $d_1, \dots, d_n$ に従属して変化するとすれば、Sは関数 $S(d_1, \dots, d_n)$ として与えられる。基本形状をベクトル $S_0$ によって定義し、 $d_i=1$ に対応する変形を $S_0$ を基準とするSの変位 $D_i$ によって定義すれば、

$$S(d_1, \dots, d_n) = S_0 + \sum d_i \cdot D_i$$

によって合成された形状が得られる（図9）。

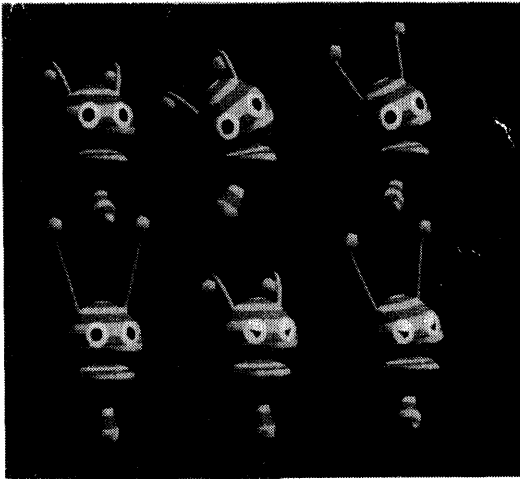


図9 形状の合成

## （2）音生成／出力

仮想世界モデルにおいて、音は各オブジェクトの属性“voice”および“volume”によって表される。音生成部は定期的にそれらを参照し、値の変化に応じて音源をコントロールして音を発生させる。音源部には、発生させる音のサンプルをあらかじめ記憶させておく。

### 生物の声

属性“voice”は、その時点で発音中の音パターンを示す。あるオブジェクトについてこの値に変化が起こったとき、それをトリガーとして音を発生させる。

### 合唱

本システムは、人間の指揮にあわせて生物達に合唱をさせるための機能を備える。一般に、シミュレーションの粗さ、あるいは通信サーバでの遅延のために、属性の更新のタイミングには誤差が生じるため、それを合唱のようにリズムを持った音のトリガーとして直接使うのは難しい。そこで合唱のための演奏クロックを音生成部で持ち、そのテンポや拍子を属性の指示に従って制御する。

### 音像定位

音源となるオブジェクトと体験者の相対的位置関係およびスピーカの配置を考慮し、音像と映像の方向が一致するよう各チャネルの音量を制御する。

## 5. 3. 3 実現例

デモンストレーションを行なった際の様子を図10に示す。

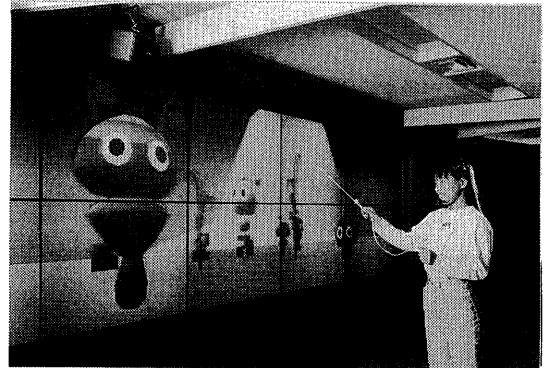


図10 デモンストレーション風景

## 6. むすび

本稿では、「つき合いとなるコンピュータ」のためのヒューマンインタフェース実現のために、その理想的な在り方、及び、その具体化手段としての、生き物としてのコンピュータのメタファの考え方について述べ、最後に試作システムの実現化技術について述べた。

「仮想生物」は、理想的なヒューマンインタフェースを追求する上でのひとつの試みである。今後、メディアとしてのコンピュータの姿を追求する方向で、コンピュータに息を吹き込み、真に親しみのある存在とし、人間が使いたくなる、また、つき合いとなる道具とするよう、さらに研究を継続する。

## 謝辞

本研究を行うにあたりご指導頂きました大阪学院大学大村皓一教授、また試作システムの開発にご協力頂きました日本電子専門学校野地朱真氏、綿貫善郎氏、酒井雅樹氏、M-cape作曲工房久保田實氏、ApricotWildChild/川村たけし氏、(株)ビッグタウンズ小林政之氏、矢田将之氏、佐藤薫生氏に感謝致します。

## 【参考文献】

- [1] 森田：人工現実感、情報処理学会、招待講演草稿、1992
- [2] 伊藤、藤田：人工現実感－仮想生物の世界－、FUJITSU, vol.44, No.1, pp.8-14, 1993.1.
- [3] デビッド＝ゼルツァー：Autonomy, Interaction, and Presence, MIT Press, vol.1, Winter, pp.127-132, 1992.
- [4] 時実：目でみる脳、東京大学出版会、1969.
- [5] Festinger, L.: A theory of cognitive dissonance., Evanston: Row, Peterson, 1957, 末松俊郎(監訳)認知不協和の理論、誠信書房、1965.
- [6] J. Bates, et al.: A reactive, Adaptive architecture for agents., Technical Report CMU-CS-91-147, CMU, 1991.
- [7] 伊藤、福岡他：仮想生物システム－基本システム－、情処第46回全国大会3K-3 (1993.3).
- [8] 田口、藤田、伊藤他：仮想生物システム－シミュレーション－、情処第46回全国大会3K-5 (1993.3).
- [9] 藤田、西山、渡辺他：仮想生物システム－体験者インタフェース－、情処第46回全国大会3K-4 (1993.3).