

仮想現実における人工知能技術

AI Technologies in Virtual Reality

西山 聡*
Satoshi Nishiyama

* (株)三菱総合研究所 情報科学部
Information Science Department, Mitsubishi Research Institute, Inc.

1993年5月24日 受理

Keywords: virtual reality, artificial intelligence, human interface, simulation, truth maintenance.

1. はじめに

これまでにない新しいヒューマンインタフェースを提供する技術として、仮想現実(virtual reality),あるいは人工現実(artificial reality)に対する関心が高まっている。本稿では、仮想現実に関する考え方を整理するとともに、仮想現実システムを構築するうえで表面化する人工知能技術と共通の課題について解説する。

2. 仮想現実とは

仮想現実とは、コンピュータ内に構築された仮想世界を、人間の五感に直接訴えかけるインタフェースにより擬似体験することを可能とする技術である。仮想現実という言葉自体は新しいが、その概念は古く、パイロットの訓練用に以前から利用されているフライトシミュレータは仮想現実の具体的な実現例の一つである。仮想現実の関連技術が多岐にわたることに加えて、人により仮想現実の意味する内容が異なるため、仮想現実の要件を明確にあげることは難しい。しかし、マサチューセッツ工科大学メディアラボのZeltzerは、グラフィックシミュレーションシステムを仮想現実システムとして評価するための尺度として自律性(autonomy),対話性(interaction),臨場感(presence)という三つをあげている[Zeltzer 92]。それぞれの尺度が表している内容は、以下のとおりである。

1. 自律性

コンピュータ上に構築したモデルが自律的な動作を行うことができる度合いを表す尺度である。

例えば、ペインティングソフトのようにユーザの指定どおりに図形オブジェクトが画面上に配置されるようなシステムは自律性がないが、仮想世界内で独自の生活を営む仮想生物を扱うシステムは、自律性が高いことになる。

2. 対話性

コンピュータ上に構築したモデルに対して、ユーザが実時間で影響を与えることができる度合いを表す尺度である。

バッチ処理は対話性が全くないシステムであるが、実時間で変更できるモデルのパラメータ数が多くなるほど、対話性が高いシステムとして位置づけることができる。

3. 臨場感

対象システムのユーザインタフェースとして広いバンド幅を提供し、仮想世界への没入感を与える度合いを表す尺度である。

CRTディスプレイ上に表示されるコンピュータグラフィックス画像は、レンダリング技術やテクスチャマッピング技術などの高度化により、実物に近いリアルなものになってきてはいるが、臨場感を与えるものではない。高い臨場感をユーザに与えるためには、以下にあげるような感覚情報を組み合わせてユーザに提示することが必要となる。

- ・3次元立体視(視覚)
- ・広い視野角を提供する大規模な画面(視覚)
- ・立体音響(聴覚)
- ・エコーやうなり, 干渉といった音場によって変化する音響学的な影響(聴覚)
- ・対象物に接触した場合や働きかけた場合のフィードバック(触覚, 力覚)

- ・重力や加速度など場の変化(前庭感覚)

これまで開発されてきたシステムの多くは、自律性、対話性、臨場感という三つの尺度のうちの一つないし二つを取り入れたものであり、すべての尺度を考慮してシステムの構築が行われることが仮想現実の特徴である。

3. 仮想現実の概念的構成

3・1 概念的なシステムアーキテクチャ

従来のシステムでは、人間はあくまでもコンピュータを外部から操作するユーザでしかなかった。しかし、自律性、対話性、臨場感という三つの尺度を定義することにより、人間はコンピュータの内部に作られた仮想世界に入り込むことが可能になる。いわば、ユーザ自身が一つのオブジェクトとして参加することが可能なシミュレーションシステムとして仮想現実を位置づけるものである。この観点から仮想現実のシステムアーキテクチャを図示したものが図1である。

この図で、**仮想世界**および**仮想オブジェクト**として示されているのが、シミュレーションにおけるモデルとシミュレーションオブジェクトに対応する。すなわち、通常のシミュレーションではモデル内に定義されたオブジェクトが相互作用を持ちながら自律的に動作するようになっている。仮想現実では、この仮想世界のなかに**参加者オブジェクト**という、他のシミュレーションオブジェクトとは異なる属性を持ったオブジェクトを導入している。この参加者オブジェクトは、実世界のユーザが**センサ**と**ディスプレイ**からなる**仮想現実インタフェース**を介して同化した特殊な仮想オブジェクトである。ユーザの動作はセンサによって参加者オブジェクトに伝えられ、他の仮想オブジェクトとの相互作用が可能となる。また、相互作用の結果はディ

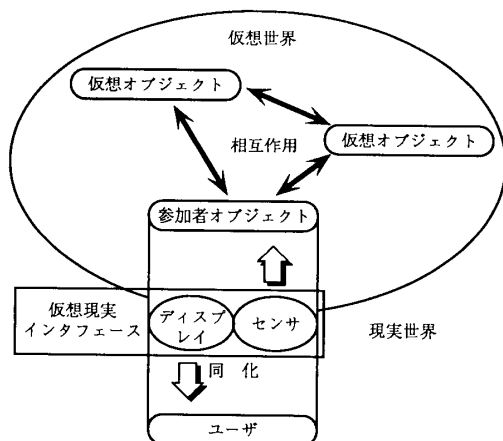


図1 仮想現実のシステムアーキテクチャ

スプレイによってユーザに提示される。なお、ディスプレイという言葉は通常のCRTや頭部搭載型ディスプレイ(HMD)といった視覚ディスプレイのほか、立体音響を提示する聴覚ディスプレイや仮想オブジェクトに対する接触情報を提示するための触覚ディスプレイや力覚ディスプレイなど、人間の持つ感覚器官に対して情報(刺激)を提示するための周辺機器として位置づけている。

3・2 仮想世界の分類

仮想現実システムで対象とするアプリケーションの違いにより、コンピュータ内に構築する仮想世界の分類を行うことができる。ここでは仮想世界を、**実世界型**、**実世界モデル型**、**論理世界型**、および**創造世界型**の4種類に分類し、その典型的なアプリケーションを含めて説明する。

1. 実世界型

仮想世界での相互作用が実世界に影響を与える必要がある場合、実世界型の仮想世界が構築される。すなわち、図1で示した仮想現実のアーキテクチャにおいて、参加者オブジェクトの相互作用の対象となる仮想オブジェクトが、実世界のオブジェクトと同化したものであれば、参加者オブジェクトが仮想オブジェクトに対して行った操作は実世界に伝達される。

このような実世界型の仮想世界を利用したアプリケーションの例として、極限作業ロボットやマイクロマシンのユーザインタフェースとして利用するもののほか、仮想世界内に作成したクレイモデルを、遠隔地を結んで評価する臨場感通信システムがある[館92]。

2. 実世界モデル型

実世界に存在する複雑なフィジクスを捨象した状況を仮想現実で構築する場合、実世界モデル型の仮想世界となる。実世界モデル型の仮想世界は、ユーザが実世界で体験できないことに対する擬似体験を目的として構築される。

実世界モデル型の仮想世界を利用した典型的なアプリケーションとしては、フライトシミュレータや、設計段階で評価を行うための建築物のウォークスルーシステムがある。

3. 論理世界型

現実では体験できない情報空間を仮想現実で構築する場合、論理世界型の仮想世界となる。具体的には、プログラムやプロセスチャートといった論理的な構造が動的に変化していくようすを知覚化する目

的に利用される。

論理世界型の仮想世界を利用した典型的なアプリケーションとしては、プログラムの動作内容の可視化システムがある[甘利 93]。

4. 創造世界型

これまでに述べた、いずれにも属さない新しい思想や、芸術の表現メディアとしての仮想世界が創造世界型のものである。したがって、仮想世界内に定義される仮想オブジェクトは、実世界での存在可能性や論理的な裏づけには束縛されない、制作者の意思と意図とを表したものとなる。

創造世界型の仮想世界を利用したアプリケーションとして、既存のコンピュータゲームを仮想現実化したアミューズメント分野のシステムや、インタラクティブアートと呼ばれる芸術作品がある。

3・3 仮想現実の要素芸術

仮想現実のシステムアーキテクチャの構成要素として仮想世界、仮想現実インタフェースならびにユーザの三つをあげたが、それぞれに対して図2に示すような要素技術が存在する。

1. 仮想世界に関する要素技術

仮想オブジェクトの属性を定義するための**仮想世界構築技術**と、定義された仮想世界を実時間で駆動し、ユーザに提示するための**仮想世界制御技術**に大別できる。

仮想世界構築技術には次の三つの要素技術が含まれている。

・形状モデリング技術

仮想世界内に配置される仮想オブジェクトの形

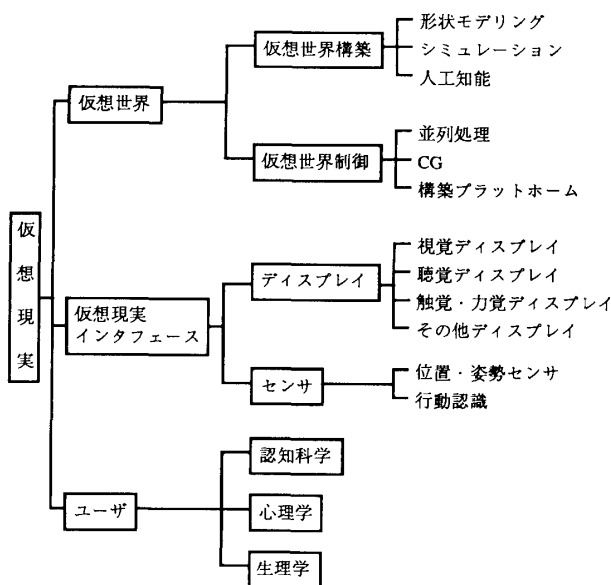


図2 仮想現実の要素技術

状を設計・記述する。

・シミュレーション技術

仮想オブジェクトの自律性ならびに仮想世界全体に働くフィジクスを記述する。

・人工知能技術

参加者オブジェクト(ユーザ)と仮想オブジェクトとの間に展開される相互作用を解析し、仮想世界を管理するために必要となる。

一方、仮想世界制御技術には次の三つの要素技術が含まれている。

・並列処理技術

参加者オブジェクト、自律性を持った仮想オブジェクト、ならびに仮想世界内のフィジクスに従うオブジェクトを仮想世界内で並列に動作させるために必要となる。

・コンピュータグラフィクス技術

仮想世界を画像として表現するために必要となる。

・構築プラットフォーム

グラフィックワークステーション、仮想現実インタフェース用のデバイス、ならびにそのドライバを核とする仮想現実システムの構築環境。

2. 仮想現実インタフェース

前節でも述べたように、仮想世界からユーザに対して与えられる情報は五感のそれぞれに対応した**ディスプレイ**を介して提示され、逆にユーザの動作は**センサ**を介して仮想世界に伝達される。

ディスプレイの種類に関しては、すでに述べているのでここではセンサ技術の内容について記す。

・位置・姿勢センサ

ユーザ(あるいはユーザの身体の部分)の位置、およびそのときに向いている方向を検出してコンピュータ内に取り込む技術。

・行動認識

ユーザが提示した一連の動作(**ジェスチャ**)のなかから、あらかじめ決められた**意味**を持つものに関しては正確にその動作を抽出し、適切な応答を行う必要がある。

3. ユーザ

仮想現実ユーザと一体となることによって初めて機能するマンマシン系である。したがって、よりリアルな体験をユーザに提示するためには、認知科学、ならびに心理学の立場から、外部環境から受ける情報を人間がどのように処理しているかを知ることが重要である。加えて、これまでにない新しいメディアである仮想現実が及ぼす人間への悪影響につ

いては、生理学の立場から解明する必要がある。

4. 仮想現実と人工知能技術

コンピュータと人間の関わり方を考えるとき、一般的には、コンピュータに人間の代替をさせようという立場と、人間の創造的活動をコンピュータに支援させようという立場の二つをあげることができる。人工知能は前者の代表例であり、仮想現実とは後者に位置づけることができ、これらは対照的な技術として考えられている。

人間との関係という面からは対照的であるが、技術的には仮想現実と人工知能は密接な関わりが存在する。

4・1 要素技術から捉えた仮想現実と人工知能

人工知能の重要な機能として、学習や認識といった人間の知的活動を模したメカニズムがある。このような機能を考える場合の要素技術として、認知科学と心理学をあげることができるが、これらは3・3節で説明したように、仮想現実でも必須の要素技術である。

すなわち、仮想現実と人工知能の研究は、こうした共通の要素技術をベースとして人間の認知・認識メカニズムを解明し、一方は現実に近いヒューマンインタフェースの実現を、また他方は人間と同等の処理能力を持ったプログラムの実現を、それぞれの目標としている。

このように、共通のバックボーンを持った二つの技術であるが、仮想現実の要素技術として人工知能技術を考えると、より直接的な関係が明らかになる。

4・2 仮想世界の管理と人工知能技術

仮想世界を構築することは、仮想現実では欠くことのできない作業である。この仮想世界の構築技術として人工知能技術は重要な役割を果たしている。

例えば、仮想世界を構成する自律的な仮想オブジェクトの一つとして人間を実現する場合には、推論や行動のプランニングといった人工知能技術を駆使して「仮想人間」の行動を制御することにより、仮想現実システムのユーザから見て、よりリアルな世界を提供することが可能となる。

一方、非自律的な仮想オブジェクトを含む仮想世界を扱う場合でも、その管理には人工知能技術が必要となる。

コンピュータ上に構築される仮想世界の管理は、シミュレーションモデルによって自律性が与えられた場

合には、そのモデルに従うことになる。しかし、そうしたモデルが与えられない場合は、参加者オブジェクトの行動によって仮想世界の状況が受動的に変化するため、ユーザの動作に伴い世界のなかに存在する仮想オブジェクトの管理を行う必要がある。

管理を行う内容は以下のとおりであるが、これらの内容は、人工知能研究のなかでも行われてきたTMS [Doyle 79]やATMS [de Kleer 86]が対象としている一貫性管理の問題と同一のものと考えてよい。

1. 位置管理

ある仮想オブジェクトが参加者オブジェクトの動作の対象になっているかどうかの認識は、基本的に参加者オブジェクトとの相対的な位置関係によって決定する。したがって、参加者オブジェクトとすべての仮想オブジェクトの位置の管理を下記で述べる各種管理内容と併せて的確に行う必要がある。

2. 移動管理

仮想オブジェクトは、参加者オブジェクトが行った特定の動作により移動する場合があります。移動が生じる動作が行われた場合は、その動作に合わせて仮想オブジェクトの位置管理を行う必要がある。

原則として、移動対象となる仮想オブジェクトは、参加者オブジェクトが直接動作を働きかけたものとなる。しかしながら、すべての仮想オブジェクトが移動可能ではないため、参加者オブジェクトから操作を受けた場合には、まずそのオブジェクトが移動可能なものかを判定する必要がある。また、上下に積み重ねられている二つの仮想オブジェクトのうち、下にあるほうに対して操作が行われた場合、その操作の種類に応じて、上のオブジェクトの移動先を決定しなければならない。すなわち、速い操作で下にあるオブジェクトが移動する場合は、その場で落下するが、ゆっくりした動作の場合は、下のオブジェクトの上に乗った状態で移動することになる。

3. 衝突(接触)管理

仮想オブジェクト(参加者オブジェクトを含む)の位置がその移動中に他のオブジェクトの位置と重なった場合は、それぞれのオブジェクトの属性に従って適切な処理を行う必要がある。特に参加者オブジェクトは、自律的に行動するオブジェクトであるので、衝突を検知した後の移動管理を考える必要がある。

すなわち、通常の仮想オブジェクトであれば、衝突を検出した後は、そのオブジェクトの属性に従って、その位置で移動を停止したり、逆方向の移動を行うようにすればよい。しかしながら、仮想世界内

にある壁と接触した参加者オブジェクトが、接触した後も前方への移動を続けるような場合、移動方向を変えるまでの移動量をキャンセルアウトして、その場で停止しているように移動管理を行う必要がある。

5. ま と め

本稿では、新しいヒューマンインタフェース技術として注目を集めている仮想現実について、概念的な面から解説を行うとともに、人工知能の研究で扱われてきたものと同様の一貫性管理の問題を仮想現実が含んでいることを示した。

また、現在の人工知能技術の現状を見た場合、これまでの記号処理中心のアプローチには限界が見えており、パターン情報処理への対応が求められつつある。現在の人工知能技術をパターン情報処理に適用する際

の要素技術として仮想現実が利用できる可能性も考えられる。

3・1節で示した仮想現実の概念的アーキテクチャを思い出してみると、仮想世界というシンボリックな情報がディスプレイ系を介してパターン情報としてユーザに提供されている。したがって、従来の人工知能技術を核とする仮想世界を構築し、仮想現実のディスプレイ系を利用して現実世界との間でパターン情報の交換を行うことができれば、パターン情報処理を対象とした新しい人工知能技術の展開も可能となる。

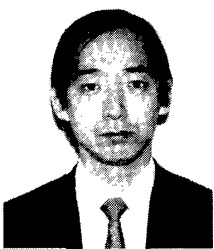
仮想現実とは種々の要素技術を組み合わせて実現する総合技術である。現在は個々の要素技術がようやく整備された段階であり、仮想現実システムの統合化技術に関しては、実用化を目指して本格的な発展段階を迎えつつある。仮想現実と人工知能とは、上述の新しい展開の可能性を含めて、相互に重要な関連技術としてその関係を深めていくものと考えている。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [甘利 93] 甘利治雄, 南雲俊喜, 岡田幹夫: 仮想現実感を利用したソフトウェア視覚方式について, 信学技報, SS 92-23, KBSE 92-44 (1993).
 [de Kleer 86] de Kleer, J.: An Assumption-based TMS, *Artif. Intell.*, Vol. 28, pp. 127-162 (1986).
 [Doyle 79] Doyle, J.: A Truth Maintenance System,

- Artif. Intell.*, Vol. 12, pp. 231-272 (1979).
 [館 92] 館 暉, 廣瀬通孝 監修: バーチャル・テック・ラボ, 工業調査会 (1992).
 [Zeltzer 92] Zeltzer, D.: Autonomy, Interaction, and Presence, *PRESENCE*, Vol. 1, No. 1, pp. 127-132 (1992).

—— 著 者 紹 介 ——



西山 聡

1979年慶應義塾大学理工学部管理工学科卒業。1981年同大学院理工学研究科修士課程修了。同年、(株)三菱総合研究所入社。現在、情報科学部ソフトウェア工学室・室長、ならびに先端科学研究所バーチャルリアリティ研究室。ソフトウェア工学、仮想現実技術の研究開発に従事。情報処理学会、ACM各会員。