

分散仮想環境における 3 次元オブジェクトの表示方式

寺中 信行 平瀨 振一郎 碓崎 賢一

九州工業大学 情報工学部

我々はクライアント・サーバー方式による分散仮想環境の構築を目指している。通信回線の伝送容量に制限がある分散環境で仮想環境の表示を行なうためには、表示に重要な 3 次元情報を選択的に取得するとともに、少ない伝送量で違和感の少ない景観表示を行なえる表示システムが必要となる。本報告では、代替モデルを利用することにより、このような要求に合致した分散仮想環境用の表示方式を提案する。提案方式では、代替モデルの利用による伝送量削減の評価機能を表示システムに組み込む方式をとっており、伝送する 3 次元情報の選択が表示内容に基づいて自動的に行なわれる方式となっている。

3D Object Rendering Method for a Distributed Virtual Environment

Nobuyuki JICHU, Shin'ichiro HIRAHAYA and Ken'ichi KAKIZAKI

Department of Computer Science and Electronics,
Faculty of Computer Science and Systems Engineering,
Kyushu Institute of Technology, Iizuka, 820 Japan

We have been constructing a distributed virtual environment system based on client-server model. The server need to transfer so many 3-D model data so that clients render a view of a world simulated on the server. But because of the limitation of network capability, it is difficult to transfer the whole data. This paper proposes a method to render a scene on client's screen using 3-D models whose data has not been sent completerly from the server. To render the scene, our method uses alternative model. And when the original model data has arrived later, replace the alternative model with the original one.

1 まえがき

近年、ネットワーク上での分散仮想環境が注目され、研究 [篠原 92, 碓崎 96] が行われている。ネットワーク上に構築される仮想環境では複数の利用者がその中を散策し同時に同じ体験ができる。我々は仮想環境内で複数の利用者がコミュニケーションをとれるようなシステム [松並 95] の構築を目指している。

複数の利用者が同時にある環境内を散策する場合、その環境内の一元性を一箇所で集中管理する必要がある。そこで我々はクライアント・サーバー方式により分散型仮想環境を構築しようとしている。クライアントは仮想環境の景観を表示するためにサーバーから形状情報を伝送してもらう必要がある。

伝送帯域に制約のある通信路を利用して形状情報を伝送しようとする、情報量が多いため、仮想環境の表示に十分な形状情報の伝送に長い時間を要するという問題がある。利用者が違和感なく利用できるためには、小さな伝送帯域でも短時間に仮想環境の景観を表示できることが望まれる。

本報告では、代替モデルを利用することにより、このような要求に合致した分散仮想環境用の表示方式を提案する。提案方式では、代替モデルの利用による伝送量削減の評価機能を表示システムに組み込む方式をとっており、伝送する 3 次元情報の選択が表示内容に基づいて自動的に行なわれる方式となっている。

2 形状情報の管理と伝送

表示方式について述べる前に、その前提となる形状情報の扱いについて説明する。

2.1 サーバーによる形状情報の管理

我々は WWW の様にブラウザさえ持っていれば他には何も必要とせずに、世界各地のサーバーによってサービスされる様々な仮想環境を自由に行き来できるような分散仮想環境の構築を目指している。このため、それぞれのサーバーが提供する仮想環境の構成情報は、それぞれのサーバーによって管理されることになる。利用者がサービスを受

ける際には、接続したサーバーから仮想環境の 3 次元形状情報を伝送する必要がある。

2.2 クライアントへの形状情報の伝送

一元性の管理のため、仮想環境の情報はすべてサーバーが所有し管理している、各クライアントで仮想環境を視覚化するには、サーバから各クライアントへ仮想環境内の 3 次元オブジェクトの形状情報を伝送する必要がある。

形状情報の伝送方法として、クライアント接続時にサーバから仮想環境内の全ての 3 次元オブジェクトの形状情報をクライアントに送る方法が考えられる。この方法では、クライアントは表示を行なう前に仮想環境内に存在するすべてのオブジェクトの形状情報を入手することができるため、仮想環境を正確に視覚化できる。しかしながら、提供される仮想環境が広大な領域を持つ場合、その中に多数の 3 次元オブジェクトが存在するため、仮想環境の全ての 3 次元形状情報をクライアントに伝送するまで仮想環境を視覚化することができず、利用者は長い待ち時間を強要されることになる。また、実際に利用者の視界に入らなくて必要とされない情報も全て送られるため、伝送路の帯域を浪費し非効率である。

そこで我々の提案方式では、サーバーが管理している形状情報から必要な部分を順次伝送してもらい、形状情報が得られた部分から表示を行なうインクリメンタルな表示法を採用している。これにより、利用者はサーバーに接続してすぐに、仮想環境を参照することが可能になっている。

2.3 形状情報の部品化と階層化

ネットワークを通して形状情報を伝送する場合、形状情報の表現法には次のようなことが望まれる。

1. 伝送容量を削減できること
2. 形状情報を分割して伝送できること

提案方式では、1 の目的で形状情報を部品化し、部品の共通利用による伝送容量の削減を行なっている。また、2 の目的で形状情報を階層化し、各部品はそれぞれの階層を単位として段階的に伝送できるようにしている。

例えば図1のように机という部品は、天板、脚、引き出しなどの部品からなり、引き出しという部品は、側板、底板などの部品からなる。全ての部品はその下層にある子部品を組み合わせることにより階層的に形成される。このとき天板、脚、引き出しは、机の詳細部品と呼ぶことにする。

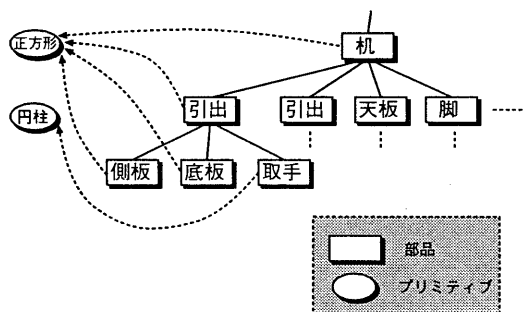


図1: 部品の木構造

階層構造の最下層の部品の集まりが、最も詳細な形状を表す。このため、本来は末端以外の部品は形状を示す情報は持つ必要はない。しかしながら、我々のシステムでは視界に入った対象物の上層から逐次伝送するため、表示を行なうクライアントに詳細情報が届いていない状態が頻繁に生じる。このような場合の表示のため、全ての部品階層に概形情報を持たせておき、詳細情報が伝送されていない場合には、その概形を表示することで対処する。また、ハードウェアの性能が低い場合などは、細部まで表現していると描画速度が遅くなる。これを回避するためにもこの概形を用いた簡略表示を行なう。

3 3次元グラフィックスシステム

3.1 一般の3次元グラフィックスシステム

一般の3次元グラフィックスシステムでは、表示すべき世界を構成する全ての形状情報がデータベース（シーングラフ）として予め構成され、表示システムに与えられている。表示システムはこのシーングラフを参照して表示を行なう。

表示システムは処理能力に限界があるため、シーングラフが複雑になり表示すべき処理対象が増加

すると、一定時間内に表示に必要な処理を全て行なうことができなくなる。しかしながら、仮想現実システムなどの実時間性が要求される応用分野では、一定時間内で表示が行なわれることが強く要求される。このため、LOD (Level Of Detail) 機能などにより、表現上重要ではないと考えられる画面上での詳細な表現を簡略化することにより、処理コストを低減させ、一定時間内での描画が実現できるようにしている。

この様に、一般の3次元グラフィックスシステムは、完全なシーングラフを持っているが、性能上の理由によって簡略化表現が利用されている。

3.2 分散3次元グラフィックスシステム

クライアント・サーバー方式を採る我々の分散仮想現実システムでは、2章で述べたように、仮想世界を構成する形状情報は、サーバーからクライアントへ逐次伝送される。表示システムは、現在までに伝送されてきた形状情報で構成された、不完全なシーングラフを参照して表示を行なわなければならないという特徴がある。

シーングラフが不完全だと詳細な情報が欠落しているため、表示システムに十分な性能があっても詳細部分を省略した簡略表示を行わなくてはならなくなる。この部分が、性能上の問題だけで簡略化表現を用いる一般の3次元グラフィックスシステムと大きく異なる点である。

4 表示方式と形状情報の伝送方式

我々の3次元グラフィックスシステムの特徴を前章に示したが、この特徴に適合した表示方式と共に、その表示方式を生かすシーングラフを積極的に構築するための形状情報の伝送方式を明らかにする必要がある。

表示と形状情報の伝送方式には、次のような機能が要求される。

- 重要度の高い形状情報から選択的に伝送する
- 少ない伝送量の時点でも違和感の少ない表示ができる

また、その処理方式には、次のような考慮が必要である。

- サーバーに処理を集中させない
- 伝送形状の選択に付加的なコストを掛けない

これらの要求を満たす表示方式と伝送方式を提案し以下に示す。

4.1 要求伝送方式

伝送路の狭い帯域を有効に利用して形状情報を伝送するためには、重要度の高い形状情報を選択的に伝送する方式が必要である。この選択処理は、仮想環境内の静的三次元オブジェクトのすべての情報を管理・保持しているサーバーで行うのが自然であると考えられる。しかしながら、サーバーでこの処理を行う場合、視点の異なる多数のクライアントに対して選択処理を行なう必要が生じるため、サーバーの部品選出処理による計算量は膨大なものになる。また、仮想環境内のシミュレーションのために多くの処理を行なうサーバーにとって、このような処理を新たに追加されることは大きな負担となり、システム全体の運行に支障を来す。

ここで、クライアントの処理に注目すると、クライアントは、仮想環境の様子を視点の変化に応じて視覚化するために、保持している形状情報の階層構造を絶えず走査している。その過程で、描画に必要な対象物の形状情報がサーバーから伝送されておらず、転送の必要があるものは容易に判定できる。したがって、伝送すべき形状情報の選出処理は、クライアントの描画処理に簡単な処理を追加することにより、若干の処理負荷の増加だけで実現できる。

以上のことから我々は、クライアント側の表示機能を利用して、伝送対象となる形状情報の選択を行ない、それをサーバーに依頼して伝送する要求伝送方式を提案している。この方式により、優先度の高い形状情報の選択による伝送効率の向上と、選択処理の分散を効率良く実現している。

4.2 代替表示

クライアントは、要求伝送方式により、視界内に入った部品から逐次サーバに情報を依頼し、部品の形状情報が伝送されるとその情報を元に部品を生成する。仮想環境に入った直後は数多くの部品情報を依頼することになると共に、伝送帯域に

は制限があるため、要求に対して送られてくる部品情報は制限されてしまう。このため多くの表示対象が、詳細情報を持たないままに概形により表示されてしまうという問題が生じる。

概形では表現力が低いため、何が表示されているかを認識することもできない場合がある。たとえば、街路樹など形状が似たような部品が複数ある場合、それらの間の細かな違いはあまり重要ではない。むしろ街路があり、その両脇に樹が立ち並ぶという景観がわかることが望まれる。

そこで形状が似たような部品の内一つを代替部品として代表させ、他の部品は詳細情報が届くまで代替部品で表示する方法を採る。代替部品で表示している間に実際の詳細情報を伝送させ、十分に詳細な情報が届いた時に、代替部品から実際の部品に表示を切替える。この様子を図2に示す。

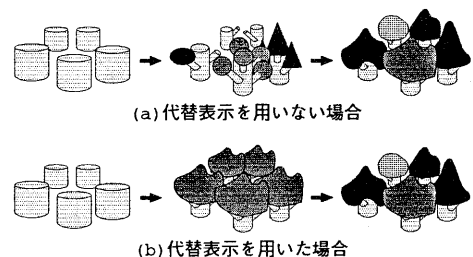


図 2: 代替表示

このような方式を採ることにより、制限のある伝送路を利用する場合でも、早期に景観を表示することが可能になる。

4.3 代替モデルの伝送方式

提案する代替モデルを利用した表示方式は、代替モデルも通常の形状情報と同様にサーバーから取得する。また、代替モデルの伝送にも、通常の形状情報と同様に要求伝送方式を用いる。

代替モデルの伝送と表示のために考慮すべきことがらを以下に示す。

- 代替モデルの利用率が低い場合には通常の形状情報の伝送を優先。
- 多くの形状情報の表示で利用可能な代替モデルがあればその伝送を優先。

- 代替モデルから本来の形状への表示の切替え。
- 代替モデルによる表示コストの削減。

4.4 伝送要求の優先度

4.4.1 形状情報要求の優先度の設定

我々は4.1節で説明している要求伝送方式で形状情報の要求を行なっている。この方式では、サーバーに要求した形状情報の全てが伝送されるとは限らないため、形状の要求に視覚効果に基づく優先度を付け、優先順位の高いものから伝送する方式をとっている。代替モデルの伝送制御に、この優先度を利用する。

ここで、ある形状情報が代替モデルを利用できるようになっている場合を想定する。また、本来の形状情報と代替モデルの複雑さは同程度と仮定する。その代替モデルが現時点における利用者の視野内で、1つしか利用されていない場合には、代替モデルを伝送する必要はなく、本来の形状を伝送することが伝送路を効率良く利用することになる。したがって、伝送対象の要求度としては、本来の形状情報が高いことが望まれる。

一方、その代替モデルが利用者の視野内で、複数の異なる形状情報から利用され、視野内に複数表示される場合を想定する。この場合には、一つの代替モデルを伝送することにより、複数の物体の形状を表示でき、早期に景観を構成することが可能になるため、本来の形状情報に先だって、代替モデルを伝送することが望まれる。したがって、伝送対象の要求度としては、代替モデルが高いことが望まれる。

4.4.2 代替部品の優先化

このように、代替モデルの伝送要求を行なう際の優先度は、画面上に表示される同一の代替モデルの利用数によって異なってくる。したがって、この様な特性に合致した優先度の設定方式が必要である。

要求伝送方式では、表示システムが表示のために、視野に含まれる形状情報の階層情報を走査する。表示すべき対象の形状情報がまだ伝送されてきていない場合には、その形状情報の視覚的な効果に基づく優先度を設定し、サーバーへの伝送要

求とする。

提案方式では、この処理に代替モデルを利用するための処理を付加する。従来の要求伝送方式では、本来の形状情報の要求のみを行なうようになっていたが、代替モデルの要求も含めて行なうように変更を加える。この際に行なわれる代替モデルの要求の優先度は、本来の形状情報と比較して小さなものに設定する。これにより、基本的には、本来の形状情報が代替モデルよりも優先されて伝送されることになる。

クライアントで表示される画面全体の処理を対象にすると、この様な要求処理が多数行なわれることになる。要求伝送方式では、同程度の視覚的な重要度であっても、画面上に複数表示されるため繰り返し要求が出される対象に対しては、その優先度を上げていき、優先的に伝送されるような方式となっている。

代替モデルに着目すると、それぞれの優先度は本来の形状よりも低く設定されるが、その要求が画面上で多数発生する場合には、その優先度が大きくなっていくことになる。代替モデルは一般的に、本来の形状が異なる多数の形状情報から一つのモデルが利用されることになる。したがって、代替部品かどうかということは何も意識しなくとも結果的に優先度は高くなり、自然に本来の形状情報よりも高い優先度で要求されることとなる。このため部品の代替表示を円滑に行うことができる。

4.4.3 その他の部品の優先化

代替モデルによる仮表示が行なわれている対象は、最終的には本来の形状を表示するために、代替部品の伝送後は本来の部品の伝送が継続して行なわれる。しかしながら、その対象は、代替表示により形状は多少違うが詳細な表示がされており、代替表示をされている間は、本来の詳細情報の部分的な伝送は表示に貢献しない。

この様な形状情報の伝送と並行して、他の重要性の高い代替モデルや形状情報の伝送要求も出されている。視覚的な効果を考えると、すでに代替表示されている対象よりも、上記の重要性の高い情報の伝送を優先することが、全体の景観を早期に整備するためには重要であると考えられる。

この様な優先度の制御を行なうために、提案方

式では、代替モデルがすでに伝送され、表示に利用されている対象に対しては、その本来の形状情報の優先度を下げて要求する方式をとる。

この方式により、代替モデルではあっても、全体の景観を早期に表示することが可能になる。また、伝送路に余裕がある場合には、低い優先度の形状情報まで伝送することが可能になるため、本来の形状情報の要求も処理されることになる。これにより本来の形状情報が伝送された後は、正確な形状で景観が表示されることになる。

4.5 代替部品の切替え

代替部品が先行して伝送され、その後に本来の形状情報が伝送された場合には、本来の形状情報がどの程度伝送された時点でそれらの間の切替を行なうかという問題がある。

切替え方式に望まれることは次のようなものである。

- 切替の視覚的な違和感が少ないこと
- 切替が早期に行なわれること

また、代替モデルと本来の形状の切替を行なう判断基準としては、以下のようなものが考えられる。

1. 本来の形状情報が全て伝送された場合に切替える
2. 代替モデルの詳細さよりも、伝送されてきている本来の形状情報の詳細さの方が進んだ場合に切替える
3. 伝送されてきている本来の形状情報の詳細さが、表示の解像度よりも小さくなった場合に切替える。

1の切替法は簡単ではあるが、切替の時期が遅くなるという問題がある。また、2の方式は、代替モデルの構成が複雑だった場合に切替が遅れるという問題がある。そこで我々は、3の方式により切替を行なう。この方式では、表示の解像度の範囲で十分な形状情報が得られていることになるため、切替の時期も早く違和感の少ない切替え方式となっている。なお、3の条件に達しなくても、1もしくは2の条件が満たされた場合には、同様に表示の切替を行なう。

5 むすび

本報告では分散型3次元グラフィックシステムにおいて問題となる、3次元形状情報の伝送遅延による利用者の待ち時間を削減する方法について述べた。この方法を用いることにより伝送路が込み入った状況でも、分散仮想環境の利用者は長く待たされずに全体の景観を認識することができる。

参考文献

- [篠原 92] 篠原克也, 平池龍一, 中村暢達: “仮想現実のネットワーク化”, マルチメディア通信と分散処理 研究会報告 92-DPS-55-8, 情報処理学会 (1992).
- [松並 95] 松並勝, 碓崎賢一: “Virtual Communityの提案”, グループウェア 研究会報告 95-GW-13-5, 情報処理学会 (1995).
- [碓崎 96] 碓崎賢一: “ネットワーク型仮想現実環境における三次元オブジェクト情報の通信方式”, マルチメディア通信と分散処理 研究会報告 96-DPS-74-11, 情報処理学会 (1996).