

多人数参加型サイバースペースシステムにおけるアバター表示のQoS制御

佐伯 俊彰、福岡 久雄、下間 芳樹

三菱電機(株)情報技術総合研究所

近年、コンピュータ、ネットワーク、仮想現実構築等の技術が発展するに伴い、ネットワーク接続された複数の利用者が3DCGや実写画像により構成された3次元仮想空間の中を自分の分身(アバター)を操作してウォークスルーするサイバースペースシステムの研究開発が盛んに行われている。そのようなサイバースペースシステムにおいて、多数のアバターを高品質な映像で実現しようとする、テクスチャの増大により画面表示速度が著しく劣化するという問題が発生する。そこで、本稿では、表示対象となるアバターの数に基づいたLOD(Level Of Detail)とアバターのフィルタリングによるアバター表示のQoS(Quality of Service)制御を行うことにより、表示に必要なテクスチャを削減し、画面表示速度の劣化を防止して、多数のアバターを極力高品質な映像で表示する手法について述べる。

QoS Control of Avatar's Display on CyberSpace System with Scalable Participants

Toshiaki Saeki, Hisao Fukuoka, Yoshiki Shimotsuma
Mitsubishi Electric Corporation

In recent years, as progress has been made in technologies such as a computer, a network, and a virtual-reality construction, a cyberspace system is studied and developed briskly. A cyberspace system enables two or more users connected through the network to operate their avatars and walk through into the 3-dimensional virtual space constituted by 3DCG and real image. In such a cyberspace system, if a lot of avatars are displayed using a quality picture, in order that a texture may increase, the problem that the speed which displays a picture plane deteriorates remarkably will occur. Then, we studied the technique of drawing with as quality a picture as possible and displaying a lot of avatars at high speed. QoS (Quality of Service) of an avatar viewing is controlled by LOD (Level Of Detail) based on the number of avatars and filtering. This proposal aims at cutting down a texture necessary for a viewing, and preventing the degradation of a rendering speed by above-mentioned QoS control.

1. まえがき

近年、コンピュータ、ネットワーク、仮想現実構築等の技術が発展するに伴い、これらの技術を駆使して、ネットワーク接続された複数の利用者が3DCGや実写画像により構成された3次元仮想空間の中を自分の分身(アバター)を操作してウォークスルーしたり、他利用者とコミュニケーション等を行うサイバースペースシステムの研究開発が盛んに行われている。

このような状況の中、[1]に示すような仮想展示会サイバースペースシステムでは、限られた時間に行える限り多くの人に展示物(開発成果、商品等)をアピールでき、かつ、見学者の集まり具合で人気の度合いを示すことができる。本論文では、当サイバースペースシステムにおいて、多数のアバターを高品質な映像で、かつ高速表示可能なアバターの表示

手法について検討した。

アバターの外観表示モデルとして、写真をマッピングしたビルボードを採用した。当ビルボードで作成したアバターは、一目見ただけで誰であるか容易に判別できる程にリアリティが高い。しかし、動作や姿をより自然に見せるためには、周囲360°の方向から撮影した写真を示さなければならない。アバター1体の表示に多数の写真が必要になる。このようなアバターが増えると、アバター表示に必要なテクスチャの増大により、画面表示速度(フレームレート)が著しく劣化するという問題を抱えている。

そこで本論文では、アバター表示の詳細度(Quality of Service)を制御することにより、表示に必要なテクスチャを低減し、フレームレートの下落を防止するアバター表示のQoS制御について述べる。

2. 多人数の同時表示に向けた従来技術と課題

多人数の高速な同時表示を実現する従来技術として、3つの手法が挙げられる。ひとつは、利用者の視点から遠方に存在するアバターほど表示の詳細度を小さくし、画面解像度の限界以上のデータを処理することから生じる画面表示速度の劣化を防止する手法①[2]である。本手法では、アバターを複数の分割空間に分割し、その分割空間を単位としてアバターの表示の詳細度を決定する。すなわち、利用者の所属する分割空間と他アバターの存在する分割空間との距離により、表示するアバターの詳細度を決定する。

2つ目の手法は、利用者の存在する分割空間と異なる分割空間に存在するアバターを、分割空間の境界に設置した仮想スクリーンに定期的に投影して映像化して表示するという手法②[3]である。

3つ目の手法は、利用者の視点と他アバターとの距離が大きいものほど、他アバターが利用者の視線方向から乖離する度合い(視線の乖離度)が大きいものほど、表示の解像度を粗くし、フレーム数を少なく割り当てる手法③[4]である。

しかし、上述した3つの手法では、アバター表示に使用するテキストを高速に表示できる特殊のメモリ(テキストメモリ)が一般的に有限であることへの考慮がなされていない。よって、テキストメモリを超えたテキストを表示しようとすると、表示速度が著しく遅くなるという問題がある。

さらに、①②では、利用者と同じの分割空間に多数のアバターが存在するときには、表示の詳細度が同一であるため、テキストメモリを超えるテキストを必要とする場合には、対応できない。

③では、同一の視線の乖離度近傍に存在するアバターの数が増大すると、ほぼ表示の詳細度は同一であるため、対処できない。

予め決めたアバターの表示総数を超えてアバターを表示しようとすると、テキストメモリを超えてしまう。また、予め多数のアバターを表示することを想定して表示の詳細度を設定したのに、訪れるアバターの数が少数であると、テキストメモリにかなりのゆとりがあるにもかかわらず、解像度が粗く、アバターの動きがぎくしゃくした不自然なものになり、示す動作も限られてしまう。

今回、表示するアバターの数が頻繁に上下に急

激な変化を示す場合でも、常に高品質で多様な動作を高速表示できるようにアバター表示のQoSを動的に制御して、常に表示に必要なテキストをテキストメモリのサイズを超えないように管理する手法を考案した。

以下、アバター表示のQoS制御の基本概念、アバターの実現手法、QoS制御の基本動作、について述べる。

3. QoS制御の基本概念

本提案では、アバター表示に必要なテキストがテキストメモリのサイズを超えないようにアバター表示のQoSを制御するために、LOD(Level Of Detail)制御とフィルタリングを適用する。

LOD制御では、アバターの映像品質(詳細度)をアバターの属する分割空間単位に、その空間に存在するアバターの数に応じて段階的に変える制御を行う。

フィルタリングでは、ワークスルーコースをナビゲーションしたり、動的にコミュニティを形成して、表示対象とするアバターの数を調整することにより、アバター1体当たりの表示に利用できるテキストメモリ量を調整してアバター表示のQoSを実現する。

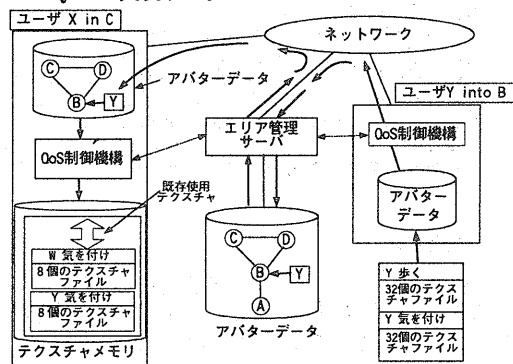


図1 基本システム構成

想定する上述サイバースペースシステムのアバター表示を実現する基本システム構成(図1)について述べる。

エリア管理サーバは、仮想世界内に存在するアバターのアバターデータ(アバターを構成するのに必要な構造データ、テキストデータ、地理情報)を管理する。同サーバは、変化したデータ(差分)を各ログインユーザーに定期的に配信する。

QoS制御機構は、まず、エリア管理サーバか

ら、前回受け取ったデータとの差分データを受取る。この差分データとは、前回送信時に存在しない新たに出現したアバターのデータや既出のアバターの差分である。

次いで、表示しようとするアバターの存在する領域ごとに定めたアバター表示の QoS(詳細度)に基づいて(5章参照)、アバター表示に必要なテクスチャをテクスチャメモリにロードする。このとき、テクスチャメモリにロードしようとするテクスチャがテクスチャメモリのサイズを超えた場合は、領域毎に定められているアバター表示の QoS を変更し、アバター表示に必要なテクスチャの総量をテクスチャメモリのサイズ以下に抑える。

4. アバターの実現手法

本章では、アバターの実現手法について述べる。

ネットワーク接続された多数の利用者が互いにコミュニケーションして同時に利用できる展示会のようなサイバースペースシステムを、パソコン上に実現してサービスを提供するとき、アバターの外観表示に求められる要件として、以下に示す3つを考えている。

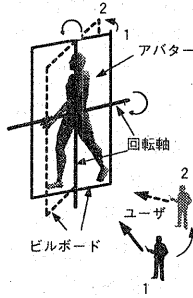


図2 ビルボード

- (1)アバターを一目見ただけで利用者が誰であるか容易に区別できること。
- (2)アバターモデルの作成負荷が小さく、コンピュータの専門家でなくても手軽に作成可能。
- (3)レンダリング負荷が軽いこと。

これらの要件を満足するアバターの外観表示の手法として、矩形の板に人物の写真を貼り付けた板(ビルボード)を図2に示すようにユーザの視点位置に追従して回転し、視点位置から見える映像の写真をその板にマッピングしてアバターの外観を表示する手法を採用した。

5. QoS 制御の実現手法

本章では、QoS 制御の実現手法(アバターの数に基づく LOD 制御、フィルタリング)について述べる。

5.1 アバターの数に基づく LOD 制御

本節では、詳細度、QoS 制御の基本動作、具体例に基づく動作説明について述べる。

5.1.1 詳細度

詳細度は、①アバターの周囲 360° を分割表示する場合の分割数(例えば、 45° 間隔で周囲 360° を分割した各々の方向から撮影した4枚の写真で示す場合、分割数4という。)、と②アバターの示す動作パターン数等により示す。

分割数が大きいくほど、すなわち詳細度が大きいくほど、表示に必要なテクスチャファイルの数が多くなるため、アバターは滑らかに切り替え表示され、より詳細な表示となるが、ファイルの数が増加する分、表示に必要なテクスチャデータ量が増大する。

動作パターンとは、アバターが歩く/走る動作、おじぎをする動作、手を振る動作、説明時に示す動作など一連のコマ送りの写真にて示すそれぞれの動作をいう。表示する動作パターンの詳細度は、上述分割数と動作を切り替え表示するインターバル、すなわち、表示映像の切替数にて示す。切替数が多くなるほど、滑らかでより自然な表現となり詳細さが増す。しかし、切替数が多くなる程、表示に必要なテクスチャファイルの数が増大する。

アバター表示の QoS は、上述詳細度を変更すること、すなわち、マッピングするテクスチャファイルの数を増減することにより実現する。

ここでは、テクスチャファイルの解像度は一定とする。

5.1.2 LOD 制御の基本動作

QoS 制御機構は、アバターの映像品質(詳細度)の低下をできるだけ抑えて、より多くのアバターを高速表示できるように、アバター表示の QoS を制御する。本提案では、各分割空間に存在するアバターの数に応じた詳細度をあらかじめ設定しておく。各分割空間にユーザが存在するときに、仮想世界の映像表示に必要な背景用のテクスチャとユーザが存在する空間に存在するアバターの表示に必要なテクスチャの総計がテクスチャメモリサイズになるような、アバターの数に応じた分割数、切替数、動作パターン数(詳細度テーブル参照)(図3)をそれぞれの分割空間に対して設定する。

詳細度の設定方法を仮想展示会の場合を例にして説明する。アバターを不特定多数の見学者、特定の説明員、受付係、アトラクション要員等に分けてそれぞれのアバター毎に、会場(ユーザの存在する分割空間)に訪れている見学者の数に応じ

た、アバター表示の分割数、動作パターン、動作の切替数を設定する。

ユーザが存在する分割空間では、アバターはエリア管理サーバの指定する分割数の詳細度で原則表示される。これは、仮想全世界を通じて、映像の表示品質を統一することを狙ったものである。図3では、3 2分割か1 6分割のどちらかが選択される場合について、示したものである。

この詳細度テーブルは、分割空間に存在する見学者アバターの数に応じた、分割空間内のアバター表示の分割数、とアバターが演ずる動作(動作パターン名、切替数)を登録したものである。登録された動作を示す以外のオペレーション時は、デフォルトの「気を付け」の直立不動の姿勢を表示する。

動作は優先動作の指定された動作と指定されていない動作に分ける。優先指定された動作は、自分の操作するアバターと同一分割空間に存在する他のアバターの示す動作に限り、QoS 制御により切替数を変更されないものである。優先指定されていない動作は、切替数が適宜変更され、最悪非表示となることもある。

動作を表示するときのアバター表示の分割数は、分割空間で設定された分割数に合わせる。動作を演じている最中のアバターと直立したまま気を付けの姿勢を示しているアバターの分割数は同じである。

ユーザは、自マシンのテキストチャメモリのサイズをエリア管理サーバに通知し、エリア管理サーバからそのテキストチャメモリに合った詳細度テーブルを受け取る。

アバターの表示の詳細度は、詳細度テーブルと以下に示す手順1～6により決定される。

ユーザと同じ空間に存在するアバターの分割数は、表示対象エリアにアバターが急に増えても、変化しないような LOD を実現する。これは、例えば、ユーザが説明員とコミュニケーションしている最中に、表示対象エリアのアバターが増えて、だんだん説明員アバターの分割数が小さくならぬと、動いていないのに、見る方向が異なる映像に急に切り替わり、向きを変えたかのような動作を示したように表示されることを防止するためである。

手順1:

ユーザと同じ空間に存在するアバターの表示の

分割数をエリア管理サーバの指示にしたがって分割数を選択する。

手順2:

各分割空間毎に定められた詳細度テーブル(図

アバター数(A)	分割数	適用アバター属性	優先動作	動作パターン名	切替数
7以下	3 2	B, C	○	挨拶	8
		A, B		歩く	1 4
		A, B, C	○	名刺交換	4
8～14	1 6	B, C	○	挨拶	8
		A, B		歩く	1 4
		A, B, C	○	名刺交換	2
	3 2	A, B, C	○	挨拶	8
		A, B		歩く	6
		A, B, C	○	名刺交換	2

A:見学者、 B:説明員 2人、 C:受付嬢 2人

図3 詳細度テーブル

3)より、各分割空間内のアバターを表示する詳細度の初期値を決定する。初期値は、手順1で選択した分割数と各分割空間内に存在するアバターの数により決定する。このとき用いるアバターの数は、各分割空間内に存在するすべてのアバターの計測値である。

手順3:

ユーザが存在する分割空間の分割数を基準として、各分割空間の分割数(初期値)をその基準値以下に再設定する。例えば、今、手順1, 2により、ユーザの居る空間 A のアバター表示の分割数が1 6で、分割空間 A 空間に隣接する空間 B に存在するアバターの表示の分割数は、B に存在するアバター数から判定して3 2と設定されたと仮定する。この場合、分割空間 B のアバター表示の分割数は、1 6と再設定される。

手順4:

表示対象空間の表示に必要なテキストチャデータの総量を計算する。ここで、表示対象空間とは、視線到達空間である。総量がテキストチャメモリのサイズ以下であれば、QoS 制御は終了し、決定した詳細度でアバターを表示するのに必要なテキストチャデータをテキストチャメモリにロードする。総量がテキストチャメモリのサイズを超えている場合は、手順5以降の手続きによりアバター表示のQoS 制御を行う。

手順5:

ルール1:各分割空間で表示するアバターの分割数 S は、 $S_i \geq S_j$ とする。

ただし、 S_j の方が遠方である。

ルール2：各分割空間で示す同一動作パターンの切替数 A は、 $A_i \geq A_j$ とする。

ただし、 A_j のほうが遠方である。

ルール1, 2の条件を満足するように、遠方の分割空間からユーザの存在する分割空間の隣接空間まで、順に動作の切替数を削減していく。削減する動作は、優先指定されていない動作を優先的に削減する。動作がすべて非表示となると、次いで、分割数を同様にして遠方から順に1ランクずつ削減する。ユーザの存在する分割空間以外の分割空

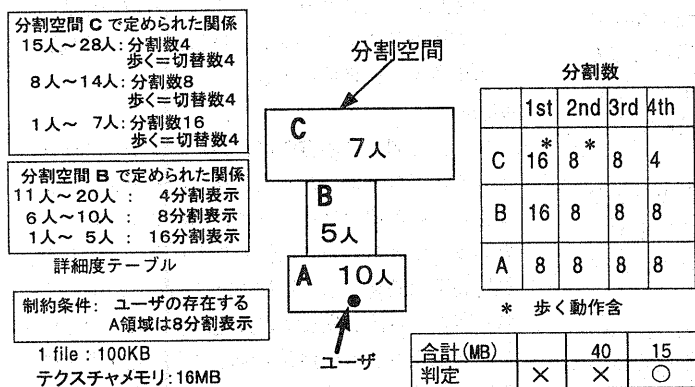


図4 アバターの数に基づくLODの例

間の分割数が1になるまで繰り返す。削減処理を行う度に手順4の処理を行いテキスト総量のチェックを行う。

切替数や分割数を削減するたびに、リダクションポイントに処理を行った分割空間と対象アバターを登録する。リダクションポイントを設定することにより、いつでもリダクションポイントに登録されている情報から処理を再開することができる。また、逆の処理も行うことができる。逆の処理とは、アバターの数が減ると、テキストチャメモリに空きができる。この空きをアバターの表示品質を向上させるために利用することを目的として、表示の詳細度のランクを上げる処理をいう。

手順6:

ユーザの存在する空間の優先指定されていない動作の切替数を順に1つずつランクを削減する。優先指定されていない動作がすべて非表示となると処理は終了する。これ以上のテキストのリダクションはQoS制御ではできない。

この時点でまだテキストチャメモリを超えるテキストが必要場合は、フィルタリング(5.3参照)を行う。

また、アバターの移動により、テキストチャメモリに空きができると、上述手順の全く逆の順で、アバター表示の詳細度を上げていく。

5.2.3 具体例に基づく動作説明

図4に示した例を用いて、LOD制御を行って表示の詳細度を決定していく動作の概略を説明する。図4では、A,B,Cの3つの分割空間が接続している。ユーザは今分割空間Aに居る。手順1

より、分割空間Aのアバター表示の分割数は8と設定されている。手順2により、分割空間Bは、16分割数、分割空間Cは、16分割表示が選択される(1st)。これは、遠方のアバターが近いアバターより詳細度の高い表示となり、表示の合理性を欠くため不適切であるため、手順3により各分割空間の詳細度、すなわち、分割数を(C=8分割、B=8分割)に調整する(2nd)。この段階では、分割空間Cでは、歩く動作も含んでいる。手順4より、このとき表示に必要なテキストチャデータは、40MBである

よって、テキストチャメモリ16MBを超えているため、不適と判定される。

手順5より、まず、最遠方の分割空間Cの動作の切替数をリダクションして、手順4のチェックを行う。この処理を繰り返し、分割空間Cの動作を非表示としても手順4のチェックでは不適となる(3rd)。次いで、手順5より、分割空間Cの分割数を1ランクリダクションする(4th)。すなわち、4分割表示とする。手順4の判定を行うとアバター表示に必要なテキストチャメモリが16MB以下に収まりOKの判定がでる。以上の処理により、分割空間Cは4分割(動作パターンなし)、分割空間Bは8分割、分割空間Aは、8分割表示と決定される。

5.3 フィルタリング

フィルタリングとは、表示するアバターを選別することにより、表示に必要なテキストをテキストチャメモリのサイズ以下にすることである。以下に示す手法1~4を適用することにより実現す

る。

まず、手法1を適用し、事態がこれ以上悪化することを防止する。これは、表示対象アバターが現状よりさらに増えることにより、表示に必要なテキストチャが増大することを防ぐためである。手法1は、フィルタリングが不要になるまで適用し続ける。引き続き手法2を適用する。手法2を適用してもテキストチャメモリをオーバーする場合は、順次、手法3、手法4を適用して、テキストチャのリダクションを行う。

手法1:

エリア管理サーバは、フィルタリング処理要求を発信したアバターが存在する分割空間に存在するアバターに、すいている分割空間を提示し移動を催促する。さらに、新規ユーザの利用を禁止したり、込んでいる分割空間への進入を禁止する。

手法2:

自由なウォークスルーを止め、オートモードで実行するとテキストチャメモリサイズ以下に表示に必要なテキストチャを落とし込めると計算されれば、オートモードでの実行を試みる。

オートモードとは、ウォークスルーするコース、視点位置、視線方向がすべて予め決められたデータに基づいて自動的にシミュレーションされる実行モードをいう。

オートモードの実行中にテキストチャがオーバーフローした場合は、その時点でオートモードを解除し、コースの再設定をエリア管理サーバに依頼する。同サーバは、込み具合を考慮してコースを再設定する。

次いで、オートモードにするとテキストチャが低減できることを示す。

図5に示す仮想空間を例にして説明する。図5では、ユーザの居る分割空間とその空間に直接隣接する分割空間のみ表示対象とする。オートモードの設定をしない場合、図5に示すように分割空間内の2にユーザが居るとき、分割空間(A,B,C,D,E,F,G)に存在するアバターの表示に必要なテキストチャをテキストチャメモリにロードしなければならないが、図5に示すようなオートモードの設定をすると、分割空間(D,E)のみのアバターの表示に必要なテキストチャでよく、大幅なテキストチャのリダクションが可能となる。

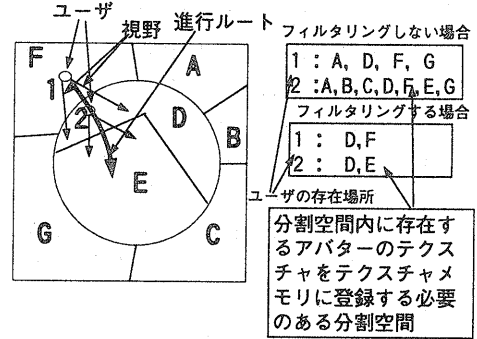


図5 オートモードの設定

手法3:

分割数1が設定されたアバターを遠方から順に、テキストチャを用いていない3DCGモデルで代替表示するか、非表示とする。

手法4:

ユーザと同一分割空間に存在し、かつ、ユーザとコミュニケーションしたり互いにインタラクションしている他のアバターや動的にコミュニティを形成したメンバーの操作するアバターに対して、優先表示の設定をして現詳細度に固定し、同一空間に存在する同優先表示の設定がなされていないアバターの表示の分割数を削減する。優先表示の設定がなされたアバターは、現在の詳細度以下に表示が粗くなることはない。

6. まとめ

ビルボードにマッピングする人物の写真(テキストチャファイル)が、ファイルサイズ一定、解像度一定という前提のもとで、アバター表示のQoSを実現してテキストチャメモリのサイズ以下に総テキストチャデータ量を抑えこむ手法について提案した。遠方のアバターにマッピングする人物の写真の解像度を粗くするようなQoSも有効であり、今後この解像度を含めたQoS制御手法を確立する必要がある。

参考文献

- [1]佐伯、"仮想展示会環境「サイバーフィールドトリップ」の開発(1)",第58回情報処全国大会、March.1999.
- [2]公開特許公報「3次元仮想空間表示方法」特開平10-40423
- [3]箕浦、"多人数参加型3次元仮想空間における大規模人数表示方法"信学論DⅡ,vol.J81-D-Ⅱ, No.5, pp.962-971, May.1998.
- [4]公開特許公報「3次元仮想空間共有装置」特開平7-288791