

April 19, 2010

RT0901
Computer Science 8 pages

Research Report

Method for managing quality of service of 3D drawing based on motion of visual field

Kazunori Ogata

IBM Research - Tokyo
IBM Japan, Ltd.
1623-14 Shimotsuruma, Yamato
Kanagawa 242-8502, Japan



Research Division
Almaden - Austin - Beijing - Haifa - India - T. J. Watson - Tokyo - Zurich

Method for managing quality of service of 3D drawing based on motion of visual field

視野移動方向を利用した 3D モデル描画の QoS 制御方法

日本 IBM (株) 東京基礎研究所

緒方 一則

1.はじめに

CPU やグラフィック表示ハードウェアの性能向上と、インターネット接続の速度向上により、仮想空間やゲームなど 3D 表示を用いてリアルな描画を行う 3D インターネット・アプリケーションが増えている。これらのアプリケーションはネットワークを介して他のユーザとコミュニケーションを行ったり、ゲームで競ったりするものが多い。このようなシステムでは、サーバ上の仮想 3D 空間内にオブジェクトを配置し、各クライアントの視野に入るオブジェクトだけをそれぞれのクライアントに送信して描画する。

他のユーザとコミュニケーションを行うアプリケーションでは、リアルタイムに描画を行うことが重要である。グラフィック・プロセッサの進歩により、3D モデルをクライアント端末の画面上に描画する処理は、リアルタイムに高品質な描画が出来るようになってきた。しかし、3D モデルはデータ量が多いので、サーバから 3D モデルを送信する通信がボトルネックになって描画が間に合わなくなる可能性がある。特に、画面の動きが速い場合、多数のオブジェクトが新たに描画範囲に入り、それらをサーバから送信する必要があるため、通信速度が不足しやすい。そのため、通信速度不足の場合でも描画品質の低下を低減するためには、サーバから 3D モデルデータを送信する順序に対して適当な優先順位付などによる、QoS 制御が必要である。

3D インターネット環境では、描画品質を評価するのは、クライアント PC を使うエンドユーザであることに着目すれば、体感上の描画品質が低下しないように優先順序をつける QoS 制御方法が必要である。

2.提案手法

本提案手法は、人間の視覚の特性を利用して、サーバからモデルデータを送る際の優先度を視野の移動方向と速度から決めることで、描画品質の QoS 制御を行う。また、アバターの視線上に仮想的な点の移動方向と速度を用いて、画面上の視野の移動方向と速度を少ない計算量で検出する。

本手法は、以下の効果がある。

- 仮想 3D 空間をクライアント端末の画面に描画する際に、視野の移動方向と速度に応じて優先的に画面に描画される範囲を縮小することで、体感上の描画品質の低下を低減する QoS 制御が可能になる。
- 画面の移動方向の最大成分に応じて、画面の上下端、あるいは、左右端の描画品質を下げ、画面全体については、体感上の描画品質の低下を低減する QoS 制御が可能になる。
- アバター、(もしくは、カメラ)の視線上で、アバターから一定の距離だけ離れた点の、カメラ座標系における移動ベクトルを用いて画面の移動方向の検出することにより、スクリーン上における視界の移動方向検出に必要な計算

量を削減できる。

- 前記視線上の点から、視線に直交する方向に一定の距離だけ離れた第 2 の点の、カメラ座標系における移動ベクトルを用いて視野の回転量を検出することで、スクリーン上における視界の移動方向検出に必要な計算量を削減できる。

視野の移動方向に応じた描画品質の QoS 制御

人間は通常、視野の中心付近は詳細に見るが、視野の周辺部分は大まかにしか捉えない。また、視野が動いている場合、視野の中心から進行方向に向かってのびる領域は詳細に見るが、それ以外の領域は大まかにしか捉えない。したがって、視野の周辺部分や進行方向から離れた領域など、大まかにしか捉えていない領域の描画品質を下げても、品質低下に気づきにくい。例えば、視野が横方向に移動している場合、ユーザは視野の中心付近から横方向に広がる領域を優先的に描画し、画面の上下端に近い部分は優先順位を下げる。さらに、移動速度が速いほど、注視する範囲が狭くなるので、移動速度に合わせて優先順位を下げる領域を広げられる。この特性を利用し、画面の中心から視野の移動方向に延びる帯状の領域に入るオブジェクトを優先的に描画することで QoS 制御を行う。本論文では、このオブジェクトを優先的に描画する領域を「高 QoS 領域」と呼ぶ。高 QoS 領域の幅は、視野の移動速度が速くなるほど狭くなる。

また、優先順位付け処理を単純化するために、図 1 のように、帯状の領域は画面上を水平、もしくは、垂直方向にのみ延びると限定しても良い。この制限により、任意の形状の領域に含まれるオブジェクトの抽出や、その領域の移動方向と速度の検出が簡単になる。例えば、画面の移動方向の最大成分が横方向なら、ある程度上下方向に動いていたとしても、優先的に描画する領域を横長にする。

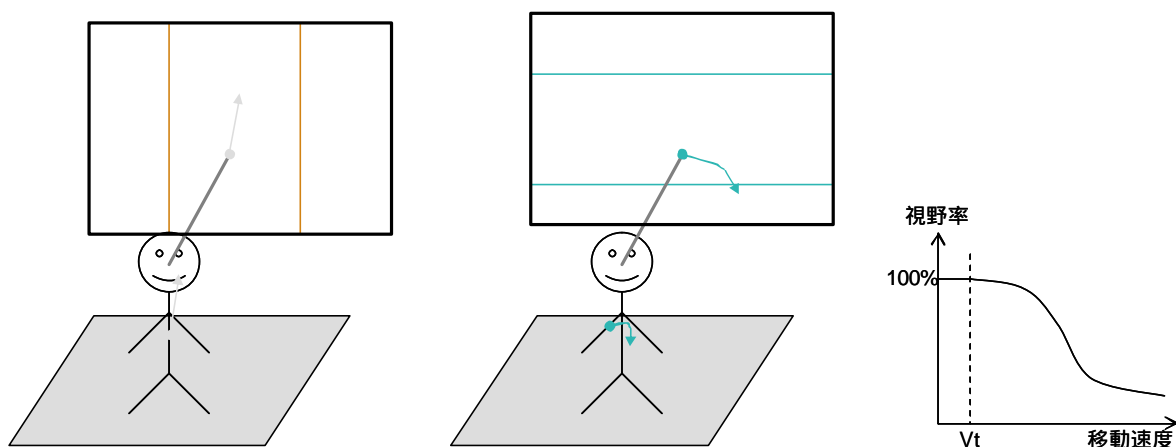


図 1 . 視野の移動方向と速度に応じて優先的に描画する領域を狭める例

画面上の移動方向の検出

画面上の描画範囲の移動量と移動方向の検出を、以下の方法を用いて計算量を削減する。

3D 空間内における視野の動きは、3D 空間内のアバターの視線、あるいは、クライアント端末に描画する範囲を決める

カメラの動きで決まる。その動きは平行移動 (3次元ベクトル) と回転 (3×3行列) を組み合わせた 3×4の変換行列となる。この変換行列による、3D空間内の点の画面上の移動ベクトルを算出するには、この点の変換行列の適用前後の位置を、それぞれクライアント端末の画面に投影した位置から移動方向と速度を求めるので、計算量が多い。

しかし、画面上の描画データは平面上を移動するので2次元ベクトルになり、優先度を上げる描画範囲を決めるには、この2次元ベクトルのみが必要である。例えば、アバターがx軸で回転していても、y軸方向に移動していても、画面の変化は縦方向 (y軸方向) の変化のみになる。この特性を利用して、画面に描画するデータの移動方向を少ない計算量で求められる。また、優先度を変える領域の形状を画面と平行な矩形領域だけに限定する場合、画面上の移動方向の最大成分さえわかればよい。

画面上の移動方向を簡単に求めるために、アバター (ないしカメラ) から、正面方向に一定距離だけ離れた点の移動ベクトルを (3次元ベクトル) の最大成分を使用する。あるいは、図2(a)のように、正面方向に伸びる「固定長の棒」があると仮定し、その棒の先端の移動ベクトルから視野の移動方向を求めるとしてもよい。

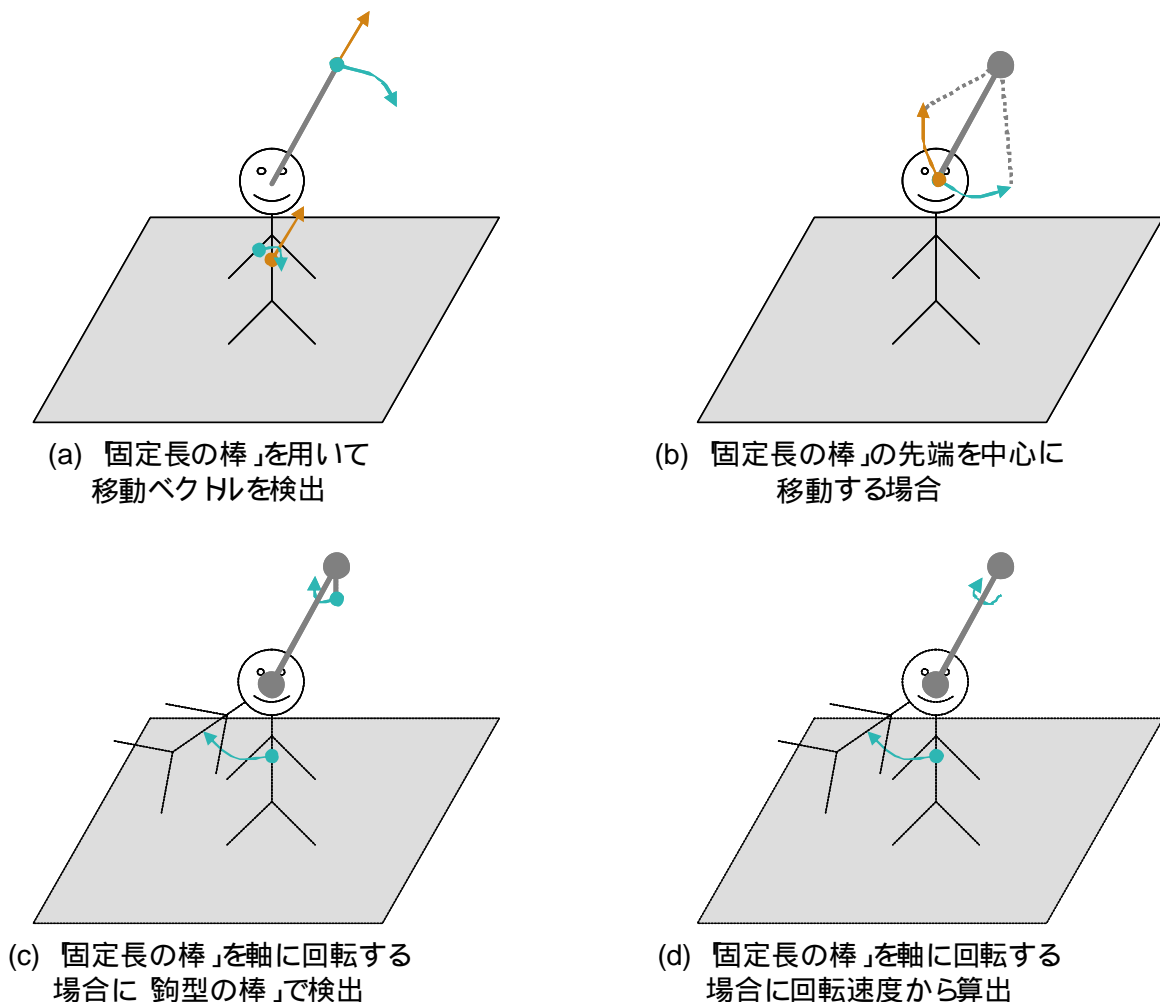


図2. 視野の移動ベクトル算出方法

例えば、移動ベクトルの最大成分がx軸方向の場合は、画面上でもx軸方向の動きが最大になる。したがって、画面の上下端の描画品質を落としても良いと判断できる。最大成分がy軸方向、ないしz軸方向の場合は、画面上ではy軸

方向の動きが最大になる。この場合は、画面の左右端の描画品質を落としても良いと判断できる。

図 2 (b)は、特殊なケースとして、アバターが、「固定長の棒」の先端を中心とする球面上を移動している場合は、視野が動いているにもかかわらず、先端の移動ベクトルは(0,0,0)になるので、特別な処理が必要となる(特殊ケース1)。その場合は、「固定長の棒」の根本の移動ベクトルから移動ベクトルの最大成分を用いて、画面上の移動方向を判断する。

図 2 (c)は、さらに特殊なケースとして「固定長の棒」を軸にして回転している場合で、両端の移動ベクトルとも(0,0,0)になる(特殊ケース2)。この場合、「固定長の棒」の先端から、直交直行する方向に一定距離だけ離れた点の移動ベクトルの長さから算出する。あるいは、視野の中心付近を詳細に描画すればいいので、回転速度に応じて上下左右とも視野を縮小してもよい。図 2 (d)回転速度を求めるには、視野の移動のうち z 軸周りの回転成分を取り出す。

3. 実施例

本章では、本提案の実施例を示す。ただし、本章で示すものは実施例の一つであり、本提案がこの実施方法に限定されるものではない。

システム構成

図 3に、本手法を適用した場合のシステム構成例を示す。ここでは、サーバ上に 3D オブジェクトの形状や仮想空間内の位置などの、モデルデータをサーバ上に保持し、必要に応じてインターネットを経由してクライアントに送信することを想定している。

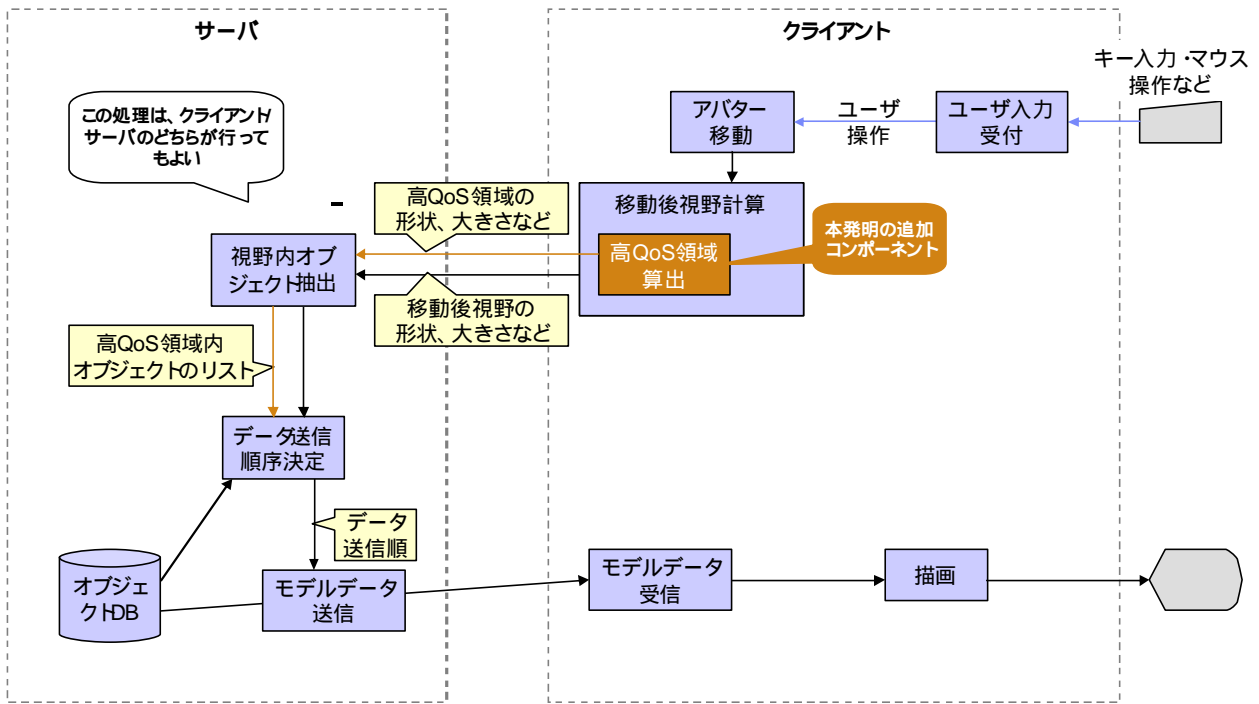


図3.本手法を適用した構成の例

この構成では、クライアントは、ユーザの操作などにより描画範囲が動いた場合に高 QoS 領域を算出し、モデルデータを要求するために、新たな描画範囲と高 QoS 領域の情報をサーバに送信して。サーバは、高 QoS 領域内のオブジェクトなど描画の優先度の高いもオブジェクトのモデルデータを優先するなどの QoS 制御をしながら、モデルデータをクライアントに送信する。

図3の構成時の、システム全体のフローチャートを図4に示す。

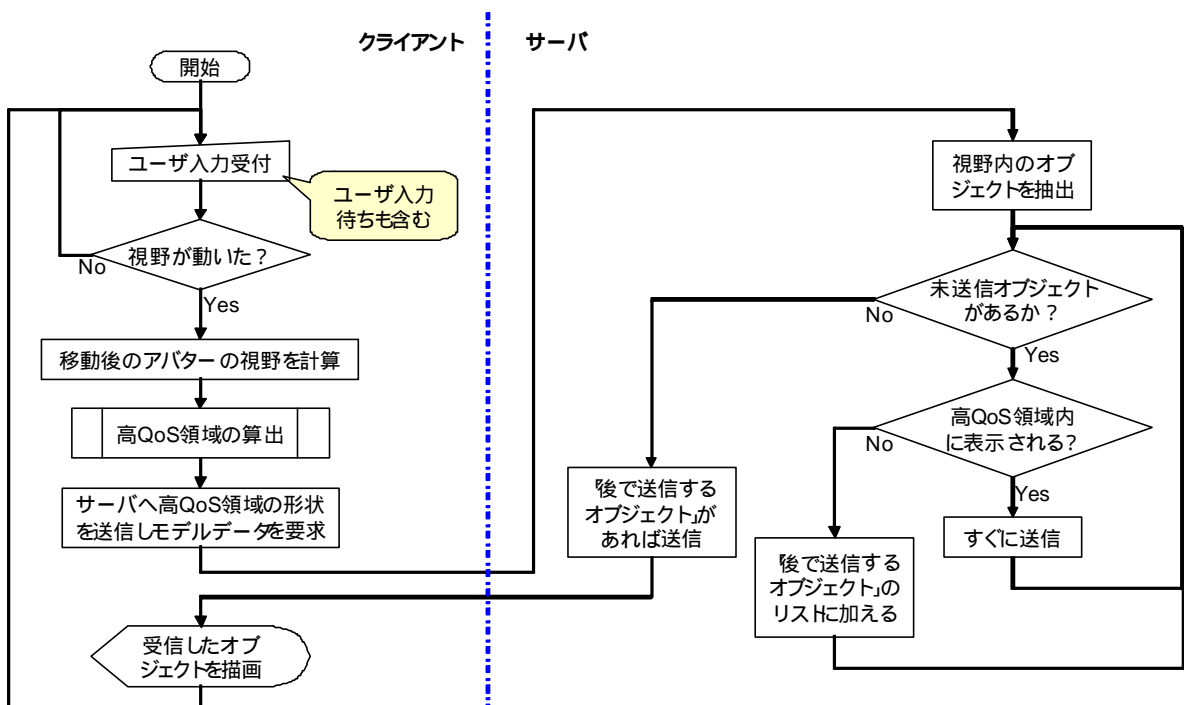


図4.システム全体のフローチャート

固定長の棒」を使用した高 QoS 領域の算出方法

図 5～ 7は、高 QoS 領域の算出」部分のフローチャートである。図 5は本手法の典型的な場合 (固定長の棒の先端が移動している場合)のフローチャートである。

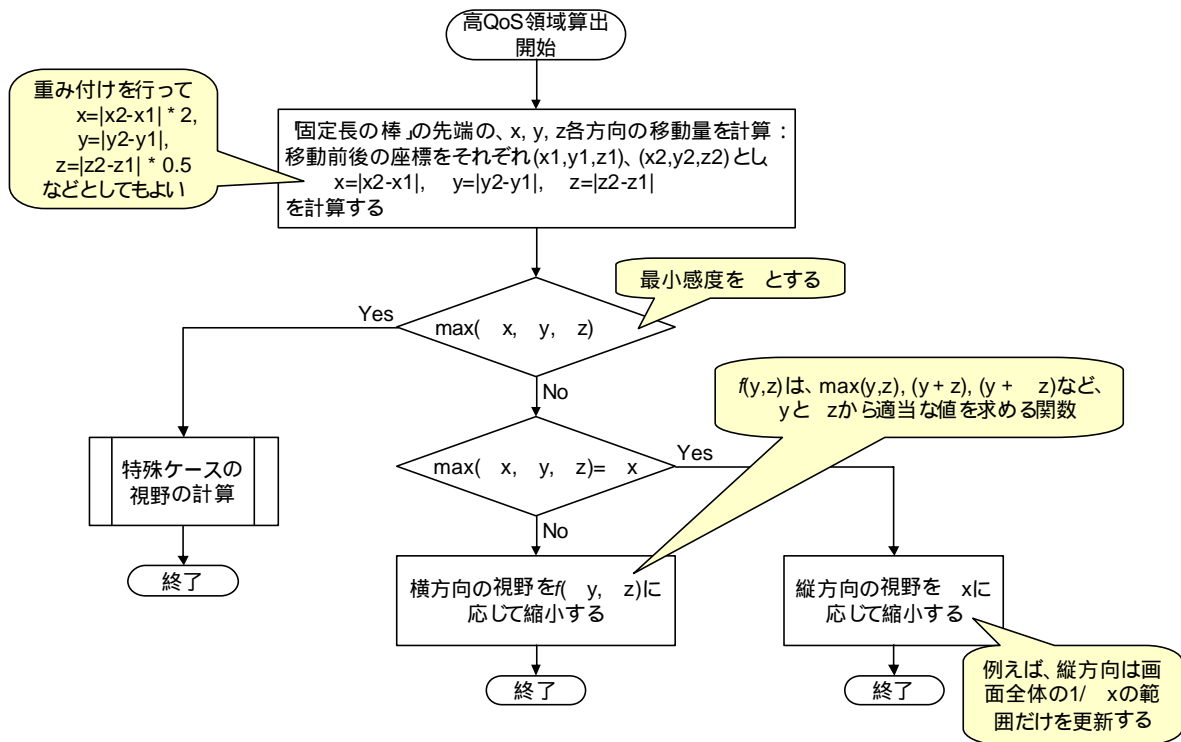


図 5 .高 QoS 領域算出のフローチャート

特殊ケース 1の場合も、「固定長の棒」の根本について図 5のフローチャートを適用すれば、移動ベクトルを算出できる。

図 6は特殊ケース 2の場合に、棒の先端から直交する別の棒が伸びている (鉤型になっている)と想定し、その鉤の先端の移動ベクトルから画面の回転速度を算出するフローチャートである。

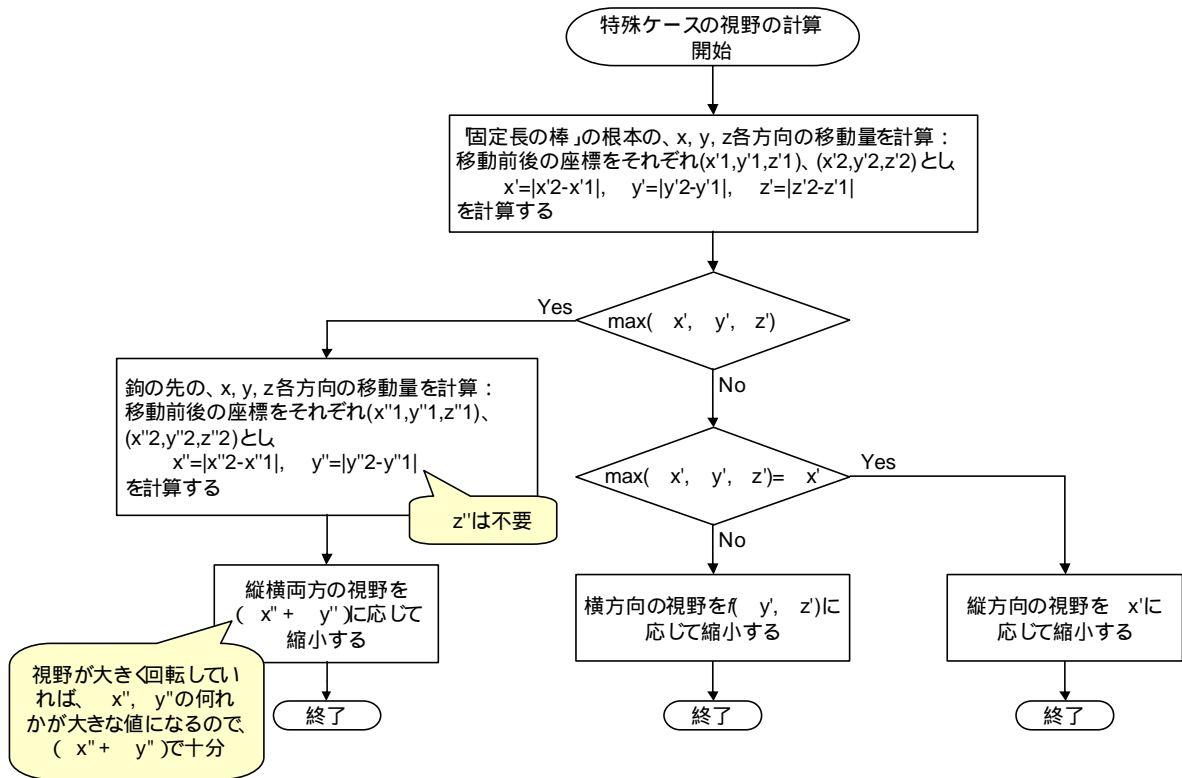


図 6 .特殊ケース2における高 QoS 領域算出のフローチャート(「鉤型の棒」を想定する場合)

図 7も、特殊ケース2のフローチャートで、z 軸周りの回転速度を検出する方式の場合である。

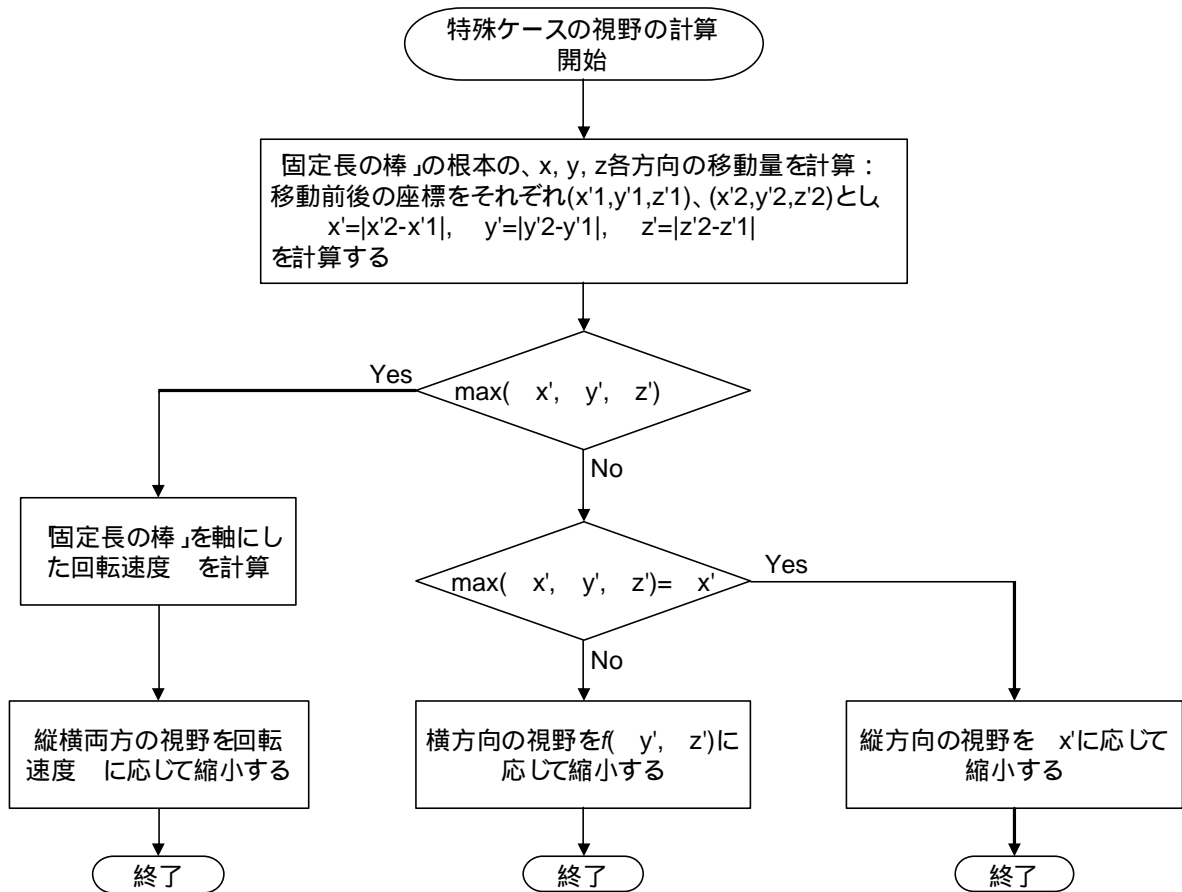


図7.特殊ケース2における高 QoS 領域算出のフローチャート(回転速度を検出する場合)

4.おわりに

CPU やグラフィック表示ハードウェアの性能向上と、インターネット接続の速度向上により、仮想空間やゲームなど 3D 表示を用いてリアルな描画を行う 3D インターネット・アプリケーションが増えている。このようなアプリケーションでは、リアルタイムに描画を行うことが重要であるが、3D モデルはデータ量が多いので、サーバから 3D モデルを送信する通信がボトルネックになって描画が間に合わなくなる可能性がある。

本提案は、サーバからモデルデータを送る際の優先度を、人間の視覚の特性を利用して視野の移動方向と速度から決めることで描画品質の QoS 制御を行う場合に、アバターの視線上に仮想的な点の移動方向と速度を用いて、画面上の視野の移動方向と速度を少ない計算量で検出する手法を提案した。