

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4656615号
(P4656615)

(45) 発行日 平成23年3月23日 (2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日 (2011.1.7)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 15/00 (2011.01)

G 0 6 T 15/00 I O O A

A 6 3 F 13/00 (2006.01)

A 6 3 F 13/00 B

G 0 6 T 13/20 (2011.01)

G 0 6 T 15/70 A

G 0 6 T 19/00 (2011.01)

G 0 6 T 17/40 E

請求項の数 21 (全 44 頁)

(21) 出願番号 特願2001-5781 (P2001-5781)
 (22) 出願日 平成13年1月12日 (2001.1.12)
 (65) 公開番号 特開2002-216155 (P2002-216155A)
 (43) 公開日 平成14年8月2日 (2002.8.2)
 審査請求日 平成20年1月9日 (2008.1.9)

(73) 特許権者 000134855
 株式会社バンダイナムコゲームス
 東京都品川区東品川4丁目5番15号
 (74) 代理人 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090479
 弁理士 井上 一
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (72) 発明者 青柳 秀俊
 東京都大田区多摩川2丁目8番5号 株式
 会社ナムコ内
 (72) 発明者 若林 明子
 東京都大田区多摩川2丁目8番5号 株式
 会社ナムコ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像生成を行うシステムであって、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、画像生成の対象外とする、パーティクル発生地点から発生するパーティクル集合を変更する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、
を含み、

パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生するパーティクル集合から優先して画像生成の対象外とすることにより、処理負荷を軽減することを特徴とする画像生成システム。

【請求項 2】

画像生成を行うシステムであって、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、パーティクル発生地点から発生させるパーティクル数を変更する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、
を含み、

パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から優先して発生させるパーティクルの数を削減することにより、処理負荷を軽減することを特徴とする画像生成システム。

【請求項 3】

画像生成を行うシステムであって、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、精密度を下げたオブジェクトを割り当てるパーティクルの発生地点を変更する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、を含み、

パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき、仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生したパーティクルに割り当てるオブジェクトから優先して精密度を下げたオブジェクトを割り当てるパーティクルの発生地点とすることを特徴とする画像生成システム。

【請求項 4】

画像生成を行うシステムであって、

パーティクルオブジェクトの奥行き情報、仮想カメラに対する位置関係及びパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合の少なくともひとつに基づきパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を制御する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、を含み、

パーティクルオブジェクトの奥行き情報又は仮想カメラからの距離が大きくなった場合にパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を大きくすることを特徴とする画像生成システム。

【請求項 5】

画像生成を行うシステムであって、

パーティクルオブジェクトの奥行き情報、仮想カメラに対する位置関係及びパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合の少なくともひとつに基づきパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を制御する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、を含み、

パーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合が大きくなった場合にはパーティクルを構成するプリミティブの分割数を大きくすることを特徴とする画像生成システム。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかにおいて、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、パーティクルの寿命を変更する手段を、含むことを特徴とする画像生成システム。

【請求項 7】

画像生成を行うためのプログラムであって、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、画像生成の対象外とする、パーティクル発生地点から発生するパーティクル集合を変更する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段としてコンピュータを機能させ、

パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生するパーティクル集合から優先して画像生成の対象外とすることにより、処理負荷を軽減することを特徴とするプログラム。

【請求項 8】

画像生成を行うためのプログラムであって、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、パーティクル発生地点から発生させるパーティクル数を変更する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段としてコンピュータを機能させ、

10

20

30

40

50

パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から優先して発生させるパーティクルの数を削減することにより、処理負荷を軽減することを特徴とするプログラム。

【請求項 9】

画像生成を行うためのプログラムであって、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、精密度を下げたオブジェクトを割り当てるパーティクルの発生地点を変更する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、してコンピュータを機能させ、

パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき、仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生したパーティクルに割り当てるオブジェクトから優先して精密度を下げたオブジェクトを割り当てるパーティクルの発生地点とすることを特徴とするプログラム。

10

【請求項 10】

請求項 8 において、

前記パーティクル数は、一画面に存在するパーティクル数又は所与の発生地点から発生させるパーティクル数であることを特徴とするプログラム。

【請求項 11】

請求項 7 乃至 10 のいずれかにおいて、

パーティクルの奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクルから優先して寿命を短くすることにより、処理負荷を軽減することを特徴とするプログラム。

20

【請求項 12】

請求項 7 乃至 11 のいずれかにおいて、

パーティクルの奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクルに割り当てるオブジェクトから優先してオブジェクトの精密度を下げることににより、処理負荷を軽減することを特徴とするプログラム。

【請求項 13】

請求項 7 乃至 12 のいずれかにおいて、

パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトに与えられた透明度が所定値より小さくなった場合には、当該パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトを画像生成の対象から除外することを特徴とするプログラム。

30

【請求項 14】

請求項 7 乃至 13 のいずれかにおいて、

パーティクルの高さが所定の値になったらパーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトの消滅処理を行うことを特徴とするプログラム。

【請求項 15】

請求項 14 において、

前記消滅処理には、所定時間経過後にパーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトが消滅する場合も含むことを特徴とするプログラム。

【請求項 16】

請求項 7 乃至 15 のいずれかにおいて、

パーティクルの奥行き情報に基づきその前に視界をさえぎるオブジェクトがあるか否か判断し、視界をさえぎるオブジェクトがある場合には当該パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトを画像生成の対象から除外することを特徴とするプログラム。

40

【請求項 17】

画像生成を行うためのプログラムであって、

パーティクルオブジェクトの奥行き情報、仮想カメラに対する位置関係及びパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合の少なくともひとつに基づきパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を制御する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と

50

、してコンピュータを機能させ、

パーティクルオブジェクトの奥行き情報又は仮想カメラからの距離が大きくなった場合にパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を大きくすることを特徴とするプログラム。

【請求項 18】

画像生成を行うためのプログラムであって、

パーティクルオブジェクトの奥行き情報、仮想カメラに対する位置関係及びパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合の少なくともひとつに基づきパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を制御する手段と

10

、パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、してコンピュータを機能させ、

パーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合が大きくなった場合にはパーティクルを構成するプリミティブの分割数を大きくすることを特徴とするプログラム。

【請求項 19】

請求項 17 乃至 18 のいずれかにおいて、

パーティクルに割り当てたプリミティブを再分割することで分割数を大きくすることを特徴とするプログラム。

【請求項 20】

20

請求項 7 乃至 19 のいずれかにおいて、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、パーティクルの寿命を変更する手段と、してコンピュータを機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 21】

コンピュータにより読み取り可能な情報記憶媒体であって、請求項 7 乃至 20 のいずれかのプログラムが記憶されていることを特徴とする情報記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像生成システムプログラム及び情報記憶媒体に関する。

30

【0002】

【背景技術及び発明が解決しようとする課題】

従来より、仮想的な 3 次元空間であるオブジェクト空間内の所与の視点から見える画像を生成するゲームシステムが知られており、いわゆる仮想現実を体験できるものとして人気が高い。

【0003】

さてこのようなゲームシステムでは、プレーヤの仮想現実向上のために、よりリアルな画像を生成することが重要な技術的課題になっている。ここにおいて例えばゲーム空間内で発生する水しぶき等がある場合にはリアルな水しぶきの表現が重要となる。

【0004】

40

このような水しぶき等を表現する手法としてパーティクルシステムとよばれる手法が知られている。すなわち自然物の中には 1 つひとつの識別が困難であるような微粒子の集まりとして表現すると便利なものがある。例えば立ち込める湯気や霧、噴煙、土煙、揺らめく炎、爆発、噴水や滝、泡や水しぶき、花火、飛び散る粉末、降りしきる雨や雪、霞、渦巻きや竜巻、風に舞い散る桜吹雪等がその例としてあげられる。

【0005】

パーティクルシステムでは、このように形が不安定であるばかりでなく明確な表面が存在しないような物体や現象のモデルとして多数の粒子の動きとして表現し、そのような粒子をパーティクルと呼ぶ。

【0006】

50

ここでパーティクルは、色や寿命などの特性を有し、所与の規則（エミッターによって与えられる）や作用する力（フォース）によって、発生、移動、消滅する。また各フレームにおけるパーティクルの位置はエミッターやフォースに基づき流体計算、衝突計算、運動計算等のパーティクルの3次元空間における位置を決定する演算を行い決定されることになる。

【0007】

かかるパーティクルを用いて水しぶき等を表現すると、リアルな水しぶき等の画像を生成することができる。

【0008】

ところがこのようなパーティクルを用いて水しぶき等の画像を生成すると処理負荷が非情に重くなってしまうという欠点がある。

10

【0009】

例えばリアルで見栄えのよい水しぶきの画像を生成するためには単位時間に放出されるパーティクルの数がより多いことが好ましい。しかしパーティクル数が増える画像生成に必要な各種処理が増大するという問題点がある。

【0010】

特に限られたハード資源でリアルタイム画像生成を行う必要があるゲームシステムでは、パーティクルを用いて画像を生成する場合に、いかにして少ない処理負荷でリアルで見栄えのよい画像を生成するかが問題になる。

20

【0011】

本発明は、以上のような課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、パーティクルを用いて画像を生成する場合に、少ない処理負荷でリアルで見栄えのよい画像を生成可能な画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

（1）本発明は画像生成を行うシステムであって、

画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、パーティクル発生地点の数、パーティクル数及びパーティクルの寿命の少なくともひとつを変更する手段と、

パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、含むことを特徴とする。

30

【0013】

また本発明にかかるプログラムは、コンピュータにより使用可能なプログラム（情報記憶媒体又は搬送波に具現化されるプログラム）であって、上記手段をコンピュータに実現させることを特徴とする。また本発明にかかる情報記憶媒体は、コンピュータにより使用可能な情報記憶媒体、上記手段をコンピュータに実現させるためのプログラムを含むことを特徴とする。

【0014】

画像生成時の処理負荷に関する情報とは、例えばリフレッシュレートやグローバルクロックやCPUクロック等のように1フレームあたりの描画速度が判断可能な所与の値で与えられる。ここで画像生成時の処理負荷とは、CPUで行う演算負荷でもよいし描画チップで発生する演算負荷でもよく、画像生成に必要な各種処理負荷を含む。

40

【0015】

パーティクルの寿命は例えばパーティクルの特性情報として与えられるものであり、例えば半透明描画を行う際の値の形式で与えられる場合でもよい。

【0016】

本発明によれば、処理負荷が高いと判断した場合には、パーティクル発生地点の数を減らしたり、パーティクル数を減らしたり、パーティクルの寿命を短く設定したりすることにより、処理負荷の低減を図り処理落ち等を防ぐことができる。

【0017】

（2）また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、前記パーテ

50

ィクル数は、一画面に存在するパーティクル数又は所与の発生地点から発生させるパーティクル数であることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

(3) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクルの奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクルから優先して寿命を短くすることにより、処理負荷を軽減することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

パーティクルの寿命を短く設定することにより当該パーティクルを速く消滅させることができるため、その分処理負荷の低減をはかることができる。

【 0 0 2 0 】

ここにおいて遠くに位置するパーティクルほど見た目の影響が少ないため、パーティクルの奥行き情報に基づき仮想カメラから遠くに位置するパーティクルから優先して寿命を短くすることが好ましい。

【 0 0 2 1 】

このように本発明によればパーティクルの奥行き情報に基づき、その寿命を短くしても見た目に影響の少ないものを選択することができるので、見た目の効果を最大に保って、処理負荷を軽減することができる。

【 0 0 2 2 】

(4) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生するパーティクル集合から優先して画像生成の対象外とすることにより、処理負荷を軽減することを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

パーティクル発生地点から発生するパーティクル集合を画像生成の対象外とすることによりその分処理負荷の低減をはかることができる。

【 0 0 2 4 】

ここにおいて遠くに位置するパーティクル発生地点から発生するパーティクル集合の画像生成をカットしたほうが見た目の影響が少ないため、パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから遠くに位置するパーティクル発生地点から発生するパーティクル集合から優先して画像生成の対象外とすることが好ましい。

【 0 0 2 5 】

このように本発明によればパーティクルの奥行き情報に基づき、画像生成の対象外としても見た目に影響の少ないものを選択して画像生成の対象外とすることができるので、見た目の効果を最大に保って、処理負荷を軽減することができる。

【 0 0 2 6 】

(5) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から優先して発生させるパーティクルの数を削減することにより、処理負荷を軽減することを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

パーティクル発生地点から発生させるパーティクルの数を削減することによりその分処理負荷を軽減することができる。

【 0 0 2 8 】

ここにおいて遠くに位置するパーティクル発生地点から発生するパーティクルの数を削減したほうが見た目の影響が少ないため、パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから遠くに位置するパーティクル発生地点から優先して発生させるパーティクルの数を削減することが好ましい。

【 0 0 2 9 】

このように本発明によればパーティクル発生地点の奥行き情報に基づき、画像生成の対象外としても見た目に影響の少ないものを選択して発生させるパーティクルの数を削減する

10

20

30

40

50

ことができるので、見た目の効果を最大に保って、処理負荷を軽減することができる。

【0030】

(6) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクルの奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクルに割り当てるオブジェクトから優先してオブジェクトの精密度を下げることにより、処理負荷を軽減することを特徴とする。

【0031】

オブジェクトの精密度を下げるとは、使用するモデルをより簡易なものにする場合等である。本発明によればパーティクルに割り当てるオブジェクトについてパーティクルの奥行き情報に基づきLOD(レベルオブデテール)を行うことができるため、見た目の効果を最大に保って、処理負荷を軽減することができる。

10

【0032】

(7) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生したパーティクルに割り当てるオブジェクトから優先してオブジェクトの精密度を下げることにより、処理負荷を軽減することを特徴とする。

【0033】

オブジェクトの精密度を下げるとは、使用するモデルをより簡易なものにする場合等である。本発明によればパーティクルに割り当てるオブジェクトについてパーティクル発生地点の奥行き情報に基づきLOD(レベルオブデテール)を行うことができるため、見た目の効果を最大に保って、処理負荷を軽減することができる。

20

【0034】

(8) 本発明は画像生成を行うシステムであって、パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトに与えられた透明度が所定値より小さくなった場合には、当該パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトを画像生成の対象から除外する手段と、パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、を含むことを特徴とする。

【0035】

また本発明にかかるプログラムは、コンピュータにより使用可能なプログラム(情報記憶媒体又は搬送波に具現化されるプログラム)であって、上記手段をコンピュータに実現させることを特徴とする。また本発明にかかる情報記憶媒体は、コンピュータにより使用可能な情報記憶媒体、上記手段をコンピュータに実現させるためのプログラムを含むことを特徴とする。

30

【0036】

パーティクル(又はパーティクルに割り当てたオブジェクト)に与えられた透明度がパーティクル発生からの時間経過に応じて変化する場合に有効である。ここにおいて透明度は例えば半透明描画処理を行う際の値等で与えられる。

【0037】

パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトに与えられた透明度が所定値より小さくなった場合には、当該パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトを画像生成の対象から除外することにより、例えば画像生成のために行う位置の演算処理や、座標変換処理や、描画処理等のその後に行われる処理等の画像生成に関する各種処理を省略することが可能となり、処理負荷の軽減を図ることができる。

40

【0038】

(9) 本発明は画像生成を行うシステムであって、パーティクルの高さが所定の値になったらパーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトの消滅処理を行う手段と、パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、を含むことを特徴とする。

50

【 0 0 3 9 】

また本発明にかかるプログラムは、コンピュータにより使用可能なプログラム（情報記憶媒体又は搬送波に具現化されるプログラム）であって、上記手段をコンピュータに実現させることを特徴とする。また本発明にかかる情報記憶媒体は、コンピュータにより使用可能な情報記憶媒体、上記手段をコンピュータに実現させるためのプログラムを含むことを特徴とする。

【 0 0 4 0 】

本発明によれば例えばパーティクルを用いて生成した水しぶきの高さが水面の高さになった場合や、パーティクルを用いて生成した雪等の高さが地面の高さになった場合等に水しぶきや雪を消滅させることができる。

10

【 0 0 4 1 】

このようにパーティクルの高さが所定の値になったらパーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトの消滅処理を行うことにより、以降の当該パーティクルに関する処理を省略できるため処理負荷を軽減することができる。

【 0 0 4 2 】

またパーティクルの高さによって消滅処理を行うか否かを判断できるため、判断に要する処理負荷が軽くてすむ。従ってパーティクルの高さによって当該パーティクルが可視範囲外になる状態が発生する場合に有効である。

【 0 0 4 3 】

（ 1 0 ）また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、前記消滅処理には、所定時間経過後にパーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトが消滅する場合も含むことを特徴とする。

20

【 0 0 4 4 】

（ 1 1 ）本発明は画像生成を行うシステムであって、パーティクルの奥行き情報に基づきその前に視界をさえぎるオブジェクトがあるか否か判断し、視界をさえぎるオブジェクトがある場合には当該パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトを画像生成の対象から除外する手段と、パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 4 5 】

また本発明にかかるプログラムは、コンピュータにより使用可能なプログラム（情報記憶媒体又は搬送波に具現化されるプログラム）であって、上記手段をコンピュータに実現させることを特徴とする。また本発明にかかる情報記憶媒体は、コンピュータにより使用可能な情報記憶媒体、上記手段をコンピュータに実現させるためのプログラムを含むことを特徴とする。

30

【 0 0 4 6 】

例えば水しぶきが他のオブジェクトに隠れる場合等、水しぶきの描画処理を省略できるので、処理負荷を削減することができる。

【 0 0 4 7 】

（ 1 2 ）本発明は画像生成を行うシステムであって、同一のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合によって表現するパーティクル集合オブジェクトに対して設定された基準色に対してパーティクル発生地点の奥行き情報に基づきデプスキューイング処理を行う手段と、前記デプスキューイング処理で得られた色をパーティクル集合オブジェクトのベースカラーとし、同一のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合に属する各パーティクルに対して前記ベースカラーを用いてデプスキューイング効果を適用して画像生成処理を行う手段と、を含むことを特徴とする。

40

【 0 0 4 8 】

また本発明にかかるプログラムは、コンピュータにより使用可能なプログラム（情報記憶

50

媒体又は搬送波に具現化されるプログラム)であって、上記手段をコンピュータに実現させることを特徴とする。また本発明にかかる情報記憶媒体は、コンピュータにより使用可能な情報記憶媒体、上記手段をコンピュータに実現させるためのプログラムを含むことを特徴とする。

【0049】

一般にポリゴンオブジェクトに対してデプスキューイング処理を行う場合には、各頂点ごとにその頂点の奥行き値に応じてその頂点色と背景色の合成を行い、奥行き値に応じてその頂点色を変化させる。このためパーティクル集合オブジェクトを構成する各パーティクルオブジェクトの頂点ごとにデプスキューイング処理が必要となるため、処理負荷が著しく増大することになる。

10

【0050】

しかし本発明によれば、同一のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合によって表現するパーティクル集合オブジェクトに対して設定された基準色に対してパーティクル発生地点の奥行き情報に基づきデプスキューイング処理を行い、これにより得られた色をパーティクル集合オブジェクトのベースカラーとし、同一のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合に属する各パーティクルに対して前記ベースカラーを用いてデプスキューイング効果を適用して画像生成処理を行う。

【0051】

このため1のパーティクル集合オブジェクトに対してベースカラーを求めるための演算は1回だけでよい。パーティクル集合オブジェクトを構成する各パーティクル又はパーティクルオブジェクトの全ての頂点に対してデプスキューイング処理により変化する頂点色を演算する場合に比べて大幅に少ない処理負荷でF O G効果を出すことができる。

20

【0052】

(13)本発明は画像生成を行うシステムであって、パーティクルオブジェクトの奥行き情報、仮想カメラに対する位置関係及びパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合の少なくともひとつに基づきパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を制御する手段と、パーティクルを用いてオブジェクト空間の所与の視点から見える画像を生成する手段と、を含むことを特徴とする。

【0053】

また本発明にかかるプログラムは、コンピュータにより使用可能なプログラム(情報記憶媒体又は搬送波に具現化されるプログラム)であって、上記手段をコンピュータに実現させることを特徴とする。また本発明にかかる情報記憶媒体は、コンピュータにより使用可能な情報記憶媒体、上記手段をコンピュータに実現させるためのプログラムを含むことを特徴とする。

30

【0054】

ここにおいてプリミティブとはポリゴンやスプライト等である。

【0055】

パーティクルオブジェクトの奥行き情報又は仮想カメラからの距離が大きくなった場合にパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数が大きくなるように制御することが好ましい。

40

【0056】

一般にメモリ資源に制約のあるハードウェアを用いて画像生成を行う場合には、V R A M (フレームバッファ)の実記憶領域の容量も限られているため大きなプリミティブをV R A M (フレームバッファ)に描画しようとするプリミティブの描画途中でページングが発生し処理負荷や処理時間が増大することになる。

【0057】

本発明によればパーティクルオブジェクトの奥行き情報又は仮想カメラからの距離が大きくなった場合にはパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を大きくすることができるので、プリミティブの描画途中でページングが発生するのを防止すること

50

ができ処理負荷や処理時間を削減することができる。

【 0 0 5 8 】

(1 4) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクルオブジェクトの奥行き情報又は仮想カメラからの距離が大きくなった場合にパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を大きくすることを特徴とする。

【 0 0 5 9 】

(1 5) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合が大きくなった場合にはパーティクルを構成するプリミティブの分割数を大きくすることを特徴とする。

10

【 0 0 6 0 】

(1 6) また本発明に係る画像生成システム、プログラム及び情報記憶媒体は、パーティクルに割り当てたプリミティブを再分割することで分割数を大きくすることを特徴とする。

【 0 0 6 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて説明する。

【 0 0 6 2 】

１．構成

20

図１に、本実施形態の画像生成システム（ゲームシステム）のブロック図の一例を示す。なお同図において本実施形態は、少なくとも処理部１００を含めばよく（或いは処理部１００と記憶部１７０、或いは処理部１００と記憶部１７０と情報記憶媒体１８０を含めばよく）、それ以外のブロック（例えば操作部１６０、表示部１９０、音出力部１９２、携帯型情報記憶装置１９４、通信部１９６）については、任意の構成要素とすることができる。

【 0 0 6 3 】

ここで処理部１００は、システム全体の制御、システム内の各ブロックへの命令の指示、ゲーム処理、画像処理、又は音処理などの各種の処理を行うものであり、その機能は、各種プロセッサ（ＣＰＵ、ＤＳＰ等）、或いはＡＳＩＣ（ゲートアレイ等）などのハードウェアや、所与のプログラム（ゲームプログラム）により実現できる。

30

【 0 0 6 4 】

操作部１６０は、プレーヤが操作データを入力するためのものであり、その機能は、レバー、ボタン、筐体などのハードウェアにより実現できる。

【 0 0 6 5 】

記憶部１７０は、処理部１００や通信部１９６などのワーク領域となるもので、その機能はＲＡＭなどのハードウェアにより実現できる。

【 0 0 6 6 】

情報記憶媒体（コンピュータにより使用可能な記憶媒体）１８０は、プログラムやデータなどの情報を格納するものであり、その機能は、光ディスク（ＣＤ、ＤＶＤ）、光磁気ディスク（ＭＯ）、磁気ディスク、ハードディスク、磁気テープ、或いはメモリ（ＲＯＭ）などのハードウェアにより実現できる。処理部１００は、この情報記憶媒体１８０に格納される情報に基づいて本発明（本実施形態）の種々の処理を行う。即ち情報記憶媒体１８０には、本発明（本実施形態）の手段（特に処理部１００に含まれるブロック）を実行するための情報（プログラム或いはデータ）が格納される。

40

【 0 0 6 7 】

なお、情報記憶媒体１８０に格納される情報の一部又は全部は、システムへの電源投入時等に記憶部１７０に転送されることになる。また情報記憶媒体１８０に記憶される情報は、本発明の処理を行うためのプログラムコード、画像データ、音データ、表示物の形状データ、テーブルデータ、リストデータ、本発明の処理を指示するための情報、その指示に

50

従って処理を行うための情報等の少なくとも１つを含むものである。

【００６８】

表示部１９０は、本実施形態により生成された画像を出力するものであり、その機能は、ＣＲＴ、ＬＣＤ、或いはＨＭＤ（ヘッドマウントディスプレイ）などのハードウェアにより実現できる。

【００６９】

音出力部１９２は、本実施形態により生成された音を出力するものであり、その機能は、スピーカなどのハードウェアにより実現できる。

【００７０】

携帯型情報記憶装置１９４は、プレーヤの個人データやセーブデータなどが記憶されるものであり、この携帯型情報記憶装置１９４としては、メモリカードや携帯型ゲーム装置などを考えることができる。

10

【００７１】

通信部１９６は、外部（例えばホスト装置や他のゲームシステム）との間で通信を行うための各種の制御を行うものであり、その機能は、各種プロセッサ、或いは通信用ＡＳＩＣなどのハードウェアや、プログラムなどにより実現できる。

【００７２】

なお本発明（本実施形態）の手段を実行するためのプログラム或いはデータは、ホスト装置（サーバー）が有する情報記憶媒体からネットワーク及び通信部１９６を介して情報記憶媒体１８０に配信するようにしてもよい。このようなホスト装置（サーバー）の情報記憶媒体の使用も本発明の範囲内に含まれる。

20

【００７３】

処理部１００は、ゲーム処理部１１０、画像生成部１２０、音生成部１５０を含む。

【００７４】

ここでゲーム処理部１１０は、コイン（代価）の受け付け処理、各種モードの設定処理、ゲームの進捗処理、選択画面の設定処理、ヒットチェック処理、ゲーム結果（成果、成績）を演算する処理、複数のプレーヤが共通のゲーム空間でプレイするための処理、或いはゲームオーバー処理などの種々のゲーム処理を、操作部１６０からの操作データや、携帯型情報記憶装置１９４からの個人データ、保存データや、ゲームプログラムなどに基づいて行う。

30

【００７５】

画像生成部１２０は、ゲーム処理部１１０からの指示等にしたがって各種の画像処理を行い、例えばオブジェクト空間内で仮想カメラ（視点）から見える画像を生成して、表示部１９０に出力する処理を行う。

【００７６】

例えば画像生成部１２０はオブジェクト（１又は複数のプリミティブ面）の位置や回転角度（Ｘ、Ｙ又はＺ軸回り回転角度）を求める処理、オブジェクトを動作させる処理（モーション処理）、視点の位置（仮想カメラの位置）や視線角度（仮想カメラの回転角度）を求める処理、マップオブジェクトなどのオブジェクトをオブジェクト空間へ配置する処理を行う。

40

【００７７】

また例えば画像生成部１２０は、ローカル座標系からワールド座標系への座標変換、ワールド座標系から視点座標系への座標変換、スクリーン座標系への透視変換、クリッピングなどの種々のジオメトリ処理（３次元演算）を行う。そして、ジオメトリ処理により得られた描画データ（２次元のプリミティブ面の定義点の位置座標、テクスチャ座標、色（輝度）データ、或いは値等）は、記憶部１７０のメインメモリ１７２に格納されて、保存される。

【００７８】

また例えば画像生成部１２０は、ジオメトリ処理により得られ、メインメモリ１７２に保存された描画データに基づいて、テクスチャマッピングや色（輝度）データの補間処理や

50

陰面消去などを行いながら、オブジェクトのプリミティブ面をフレームバッファ 174 に描画する処理を行う。これによりオブジェクトが配置されるオブジェクト空間内の所与の視点（仮想カメラ）での画像が生成されるようになる。

【0079】

また例えば画像生成部 120 は、パーティクルを時間経過に伴い順次発生させたり、移動させたり、消滅させたりする処理を行う。より具体的には、パーティクル（仮想光源プリミティブ）の発生量、発生位置、移動状態（速度、加速度等）又は寿命をランダムに変化させる処理を行う。これにより、水しぶき等の不定形の表示物もリアルに表現できるようになる。

【0080】

また画像生成部 120 は描画順序決定処理部 130、パーティクル水増し処理部 132、パーティクル負荷軽減処理部 134 の少なくともひとつを含む。

【0081】

描画順序決定処理部 130 は、所与の条件に基づき複数の半透明プリミティブの描画順序を決定するためのソーティング処理の必要性を判断する処理と、ソーティング処理が必要である判断された場合には複数の半透明プリミティブのソーティング処理を行い当該ソーティング処理の処理結果に基づき複数の半透明プリミティブの描画順序を決定し、ソーティング処理が必要ないと判断された場合には前回のソーティング処理結果に基づいて、半透明プリミティブの描画順序を決定する処理を行うようにしてもよい。

【0082】

また描画順序決定処理部 130 は、所与の条件に基づき複数の半透明プリミティブ集合の描画順序を決定するためのソーティング処理の必要性を判断する処理と、ソーティング処理が必要であると判断された場合には複数の半透明プリミティブ集合の代表位置に基づき半透明プリミティブ集合単位でソーティング処理を行い当該ソーティング処理の処理結果に基づき複数の半透明プリミティブ集合の描画順序を決定し、ソーティング処理が必要ないと判断された場合には前回のソーティング処理結果に基づいて半透明プリミティブ集合の描画順序を決定する処理を行うようにしてもよい。

【0083】

また描画順序決定処理部 130 は、所与の条件に基づき複数のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合によって表現するパーティクル集合オブジェクトの描画順序を決定するためのソーティング処理の必要性を判断する処理と、ソーティング処理が必要であると判断された場合には複数のパーティクル発生地点の奥行き情報に基づきパーティクル集合オブジェクトのソーティング処理を行い当該ソーティング処理の処理結果に基づきパーティクル集合オブジェクトの描画順位を決定し、ソーティング処理が必要ないと判断された場合には前回のソーティング処理の処理結果に基づきパーティクル集合オブジェクトの描画順位を決定する処理を行うようにしてもよい。

【0084】

また描画順序決定処理部 130 は、仮想カメラの位置及び回転の少なくとも一方に基づき前記所定の条件を満たすか否かを判断することを特徴とする画像生成システム。

【0085】

また描画順序決定処理部 130 は、キャラクタオブジェクトの位置及び回転の少なくとも一方に基づき前記所定の条件を満たすか否かを判断するようにしてもよい。

【0086】

また描画順序決定処理部 130 は、あらかじめソーティング処理が必要なエリアを設定しておき、仮想カメラ及びキャラクタオブジェクトの少なくとも一方が前記ソーティングが必要なエリアにいるか否かに基づきいて前記所定の条件を満たすか否かを判断するようにしてもよい。

【0087】

なお前記ソーティング処理が必要なエリアは、当該エリア内を仮想カメラ及びキャラクタオブジェクトの少なくとも一方が移動すると前記複数の半透明プリミティブ又半透明プリ

10

20

30

40

50

ミティブ集合又はパーティクルの発生地点の仮想カメラに対する前後関係が変化する可能性があるエリアにすることが好ましい。

【0088】

また前記ソーティング処理が必要なエリアは、当該エリア内に仮想カメラ及びキャラクタオブジェクトの少なくとも一方がある場合には半透明プリミティブ又半透明プリミティブ集合又はパーティクルの発生地点から発生するパーティクルによって表現するオブジェクトが表示されない状態が発生するエリアにしてもよい。

【0089】

また描画順序決定処理部130は、複数の半透明プリミティブ集合の代表点の奥行き情報に基づきソーティングし、半透明プリミティブ集合単位に描画順位を決定するようにしてもよい。

10

【0090】

また描画順序決定処理部130は、所与の発生地点から発生したパーティクル集合によって表現する複数のパーティクル集合オブジェクトを発生地点の奥行き情報に基づきソーティング処理を行いパーティクル集合オブジェクトの描画順位を決定する処理を行うようにしてもよい。

【0091】

パーティクル水増し処理部132は、3次元空間に与えられたパーティクルを親パーティクルとし、親パーティクルの位置座標に基づき発生させる水増し点の座標を演算する処理と、前記水増し点に子パーティクルを生成する処理を行うようにしてもよい。

20

【0092】

またパーティクル水増し処理部132は、3次元空間に与えられたパーティクルを親パーティクルとし、スクリーン平面へ透視変換された親パーティクルの位置座標に基づきスクリーン平面に発生させる水増し点の座標を演算する処理と、前記スクリーン平面の水増し点に子パーティクルを生成する処理を行うようにしてもよい。

【0093】

なお水増しして生成される子パーティクルは、親パーティクルの特性情報を引き継ぐようにしてもよい。

【0094】

またパーティクル水増し処理部132は、親パーティクルの奥行き情報を加味して生成する水増し点の位置を決定するようにしてもよい。

30

【0095】

またパーティクル水増し処理部132は、時間又はフレームの進行を表す情報を加味して生成する水増し点の位置を決定するようにしてもよい。

【0096】

またパーティクル水増し処理部132は、時間又はフレームの進行を表す情報を加味して水増しして生成する子パーティクルの数を制御するようにしてもよい。

【0097】

またパーティクル水増し処理部132は、親パーティクルの奥行き情報に基づいて子パーティクルに割り当てるオブジェクトの大きさを決定するようにしてもよい。

40

【0098】

またパーティクル水増し処理部132は、時間又はフレームの経過に従って子パーティクルに割り当てるオブジェクトのサイズを変化させるようにしてもよい。

【0099】

またパーティクル水増し処理部132は、所与の親パーティクルに対して $n+1$ フレーム目に生成する所与子パーティクルは、同一の親パーティクルに対して n フレーム目に生成した所与の子パーティクルと連続性を有する位置に生成する処理を行うようにしてもよい。

【0100】

またパーティクル水増し処理部132は、 n フレーム目の所与の親パーティクルの位置情

50

報 (x_n, y_n) に対して関数 f_{x1} 、 f_{y1} を適用して得られた位置情報 (x_n', y_n') に基づき n フレーム目の所与の子パーティクルの位置を決定した場合、 $n+1$ フレーム目の同一の親パーティクルの位置情報 (x_{n+1}, y_{n+1}) に対して関数 f_{x1} 、 f_{y1} を適用して得られた位置情報 (x_{n+1}', y_{n+1}') に基づき $n+1$ フレーム目の所与の子パーティクルの位置を決定するようにしてもよい。

【0101】

またパーティクル水増し処理部 132 は、所与の親パーティクルに対して第 1 の子パーティクルと第 2 の子パーティクルを含む複数の子パーティクルを発生させる場合には、第 1 の子パーティクルと第 2 の子パーティクルの生成位置は異なる関数を適用して得られた位置情報に基づき決定するようにしてもよい。

10

【0102】

またパーティクル水増し処理部 132 は、親パーティクルの奥行き情報又はパーティクル発生地点の奥行き情報に応じて水増しして生成する子パーティクルの数を制御するようにしてもよい。

【0103】

またパーティクル水増し処理部 132 は、画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、水増しして生成する子パーティクルの数を制御するようにしてもよい。

【0104】

パーティクル負荷軽減処理部 134 は、画像生成時の処理負荷に関する情報に基づき、パーティクル発生地点の数、パーティクル数及びパーティクルの寿命の少なくともひとつを変更する処理を行うようにしてもよい。

20

【0105】

なお前記パーティクル数は、一画面に存在するパーティクル数でもよいし所与の発生地点から発生させるパーティクル数でもよい。

【0106】

またパーティクル負荷軽減処理部 134 は、パーティクルの奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクルから優先して寿命を短くすることにより、処理負荷を軽減するようにしてもよい。

【0107】

またパーティクル負荷軽減処理部 134 は、パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生するパーティクル集合から優先して画像生成の対象外とすることにより、処理負荷を軽減するようにしてもよい。

30

【0108】

パーティクル負荷軽減処理部 134 は、パーティクルの発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から優先して発生させるパーティクルの数を削減することにより、処理負荷を軽減するようにしてもよい。

【0109】

またパーティクル負荷軽減処理部 134 は、パーティクルの奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクルに割り当てるオブジェクトから優先してオブジェクトの精密度を下げることににより、処理負荷を軽減するようにしてもよい。

40

【0110】

またパーティクル負荷軽減処理部 134 は、パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生したパーティクルに割り当てるオブジェクトから優先してオブジェクトの精密度を下げることににより、処理負荷を軽減するようにしてもよい。

【0111】

パーティクル負荷軽減処理部 134 は、パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトに与えられた透明度が所定値より小さくなった場合には、当該パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトを画像生成の対象から除外する処理を行うようにしてもよい。

50

【 0 1 1 2 】

またパーティクル負荷軽減処理部 1 3 4 は、パーティクルの高さが所定の値になったらパーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトの消滅処理を行うようにしてもよい。

【 0 1 1 3 】

なお前記消滅処理には、所定時間経過後にパーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトが消滅する場合も含むようにすることが好ましい。

【 0 1 1 4 】

またパーティクル負荷軽減処理部 1 3 4 は、パーティクルの奥行き情報に基づきその前に視界をさえぎるオブジェクトがあるか否か判断し、視界をさえぎるオブジェクトがある場合には当該パーティクル又はパーティクルに割り当てたオブジェクトを画像生成の対象から除外する処理を行うようにしてもよい。

10

【 0 1 1 5 】

またパーティクル負荷軽減処理部 1 3 4 は、同一のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合によって表現するパーティクル集合オブジェクトに対して設定された基準色に対してパーティクル発生地点の奥行き情報に基づきデプスキューニング処理を行い、前記デプスキューニング処理で得られた色をパーティクル集合オブジェクトのベースカラーとし、同一のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合に属する各パーティクルに対して前記ベースカラーを用いてデプスキューニング効果を適用するようにしてもよい。

20

【 0 1 1 6 】

またパーティクル負荷軽減処理部 1 3 4 は、パーティクルオブジェクトの奥行き情報、仮想カメラに対する位置関係及びパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合の少なくともひとつに基づきパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を制御する処理を行うようにしてもよい。

【 0 1 1 7 】

またパーティクル負荷軽減処理部 1 3 4 は、パーティクルオブジェクトの奥行き情報又は仮想カメラからの距離が大きくなった場合にパーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの分割数を大きくするようにしてもよい。

【 0 1 1 8 】

またパーティクル負荷軽減処理部 1 3 4 は、パーティクルオブジェクトを構成するプリミティブの画面に占める描画面積の割合が大きくなった場合にはパーティクルを構成するプリミティブの分割数を大きくするようにしてもよい。

30

【 0 1 1 9 】

またパーティクル負荷軽減処理部 1 3 4 は、パーティクルに割り当てたプリミティブを再分割することで分割数を大きくするようにしてもよい。

【 0 1 2 0 】

音生成部 1 5 0 は、ゲーム処理部 1 1 0 からの指示等にしたがって各種の音処理を行い、BGM、効果音、又は音声などの音を生成し、音出力部 1 9 2 に出力する。

【 0 1 2 1 】

なお、ゲーム処理部 1 1 0、画像生成部 1 2 0、音生成部 1 5 0 の機能は、その全てをハードウェアにより実現してもよいし、その全てをプログラムにより実現してもよい。或いは、ハードウェアとプログラムの両方により実現してもよい。

40

【 0 1 2 2 】

なお、本実施形態のゲームシステムは、1人のプレーヤのみがプレイできるシングルプレーヤモード専用のシステムにしてもよいし、このようなシングルプレーヤモードのみならず、複数のプレーヤがプレイできるマルチプレーヤモードも備えるシステムにしてもよい。

【 0 1 2 3 】

また複数のプレーヤがプレイする場合に、これらの複数のプレーヤに提供するゲーム画像やゲーム音を、1つの端末を用いて生成してもよいし、ネットワーク（伝送ライン、通信

50

回線)などで接続された複数の端末を用いて生成してもよい。

【0124】

2. 本実施形態の特徴

図2は本実施の形態の画像生成装置により生成したゲーム画像の一例を表している。本実施の形態ではパーティクルシステムを用いて同図に示すような水しぶきの画像を生成している。

【0125】

以下本実施の形態の画像生成装置でパーティクルシステムを用いて水しぶきの画像を生成する場合を例にとり、本発明の各特長について説明する。

【0126】

(1) 処理の流れ

図3、図4は本実施の形態の画像生成装置で水しぶきの画像を生成する際の全体的な処理の流れについて説明するためのフローチャート図である。

【0127】

図3及び図4の処理は画像生成部(図1の130)が行う処理である。ここにおいて画像生成部は例えばCPUと描画ユニット(画像生成用の専用チップ)で構成されているものとする。

【0128】

図3のステップS10～S30は主にCPUがパーティクルの発生地点単位で行う処理である。

【0129】

まず複数の水しぶきの発生地点の奥行き情報に基づき、発生地点単位で描画順序を決定するための処理を行う(ステップS10)。本実施の形態では水しぶきを構成するパーティクルに半透明オブジェクトを割り当てるため、正確に描画するためには仮想カメラから遠くにある発生地点のものから先にフレームバッファに半透明描画する必要がある。このため本実施の形態では発生地点単位で描画順序を決定するための処理を行う。

【0130】

ここにおいて本実施の形態では、各フレーム毎に無条件に複数の発生地点のソーティング処理を行うのではなく、各フレームのキャラクタオブジェクト(仮想カメラ)の位置に基づきソーティング処理の必要性を判断し、必要ない場合にはソーティング処理を省略することにより処理の高速化を図っている。(詳細については(2)描画順序決定処理を参照)。

【0131】

次に各種パラメータの設定処理を行う(ステップS20)。

【0132】

例えば、発生地点単位で各パーティクル集合オブジェクトのベースカラーを決定する処理(詳細については(5)FOG効果の処理削減を参照)や、各発生地点から発生させるパーティクル数を決定する処理や各パーティクルの特性(とくに透明度や寿命に関する情報)を決定する処理(詳細については(4)処理負荷を軽減するための処理を参照)を行う。

【0133】

そして決定された描画順序に基づき奥のパーティクル発生地点のデータから描画ユニットに転送する(ステップ30)。

【0134】

図4のステップS40～S90は主にベクトルユニットがパーティクル単位に行う処理である。

【0135】

まずフレーム番号に基づきパーティクルの透明度を減少させる。そして透明度が負になった場合には処理を打ち切る。またフレーム番号に基づきパーティクルに割り当てるスプライト(一枚ポリゴン)のサイズを拡大させる(ステップS40)。

【 0 1 3 6 】

次にフレーム番号に基づき 3 次元空間を所与の規則に従って移動するパーティクルの移動地点の位置座標を演算する（ステップ S 5 0 ）。

【 0 1 3 7 】

次に移動後のパーティクル（これを親パーティクルとする）の位置座標について透視変換を行いスクリーン平面に配置する（ステップ S 6 0 ）。

【 0 1 3 8 】

次に透視変換後の親パーティクルの周囲に子パーティクルを水増生成する処理をおこなう（ステップ S 7 0 ）。

【 0 1 3 9 】

次に水増しされた子パーティクルにスプライト（一枚ポリゴン）を割り当てる。このとき発生地点と仮想カメラからの距離に応じてポリゴン分割を行う（ステップ S 8 0 ）。

【 0 1 4 0 】

次に求まったスプライトポリゴンに、色とテクスチャコーディネイト座標を付加してパケットを生成し、描画する（ステップ S 9 0 ）。

【 0 1 4 1 】

（ 2 ）描画順序決定処理

まず本実施の形態において水しぶきの画像を生成する際に行う描画順序の決定処理について説明する。

【 0 1 4 2 】

一般に半透明描画処理を行う際の描画順序は例えばポリゴンオブジェクトの場合にはポリゴン単位というようにプリミティブ単位に決定するが、本実施の形態では、パーティクルの発生地点ごとに描画順序を決定している。

【 0 1 4 3 】

図 5（A）（B）はパーティクルの発生地点単位で描画順序を判断する様子を説明するための図である。

【 0 1 4 4 】

図 5（A）は仮想カメラと発生地点 H 1 ～ H 4 の位置関係を表している。M 1 ～ M 4 は発生地点 H 1 ～ H 4 から発生したパーティクルによって表現される水しぶき（パーティクル集合オブジェクト）を模式的に示したものである。

【 0 1 4 5 】

本実施の形態ではパーティクルの発生地点単位で半透明描画に必要なソーティング処理を行う。例えば図 5（A）の場合には仮想カメラ 2 1 0 から見た場合の発生地点 H 1 ～ H 4 の前後関係は、奥から順に H 4、H 3、H 2、H 1 となる（図 5（B）参照）。従って各水しぶき M 1 ～ M 4 を プレンディング処理を行ってフレームバッファ 2 2 0 に半透明描画する際には、M 4、M 3、M 2、M 1 の順で発生地点の奥行き情報に基づき水しぶき単位で奥から先に描画する。

【 0 1 4 6 】

例えば発生地点 H 3 から発生するパーティクルに割り当てられたオブジェクト O P 3 は、発生地点 H 4 から発生するパーティクルに割り当てられたオブジェクト O P 4 の後に描画される。

【 0 1 4 7 】

このように本実施の形態では複数のパーティクル発生地点をその奥行き情報に基づきソーティングし、発生地点単位に描画順位を決定する。そして決定された描画順位に従い複数のパーティクル発生地点から発生したパーティクルに割り当てられた半透明プリミティブの半透明描画処理を行う。

【 0 1 4 8 】

これにより描画順位の高い（より奥に位置する）発生地点から発生したパーティクルに割り当てられた半透明プリミティブは描画順位の低い（より手前に位置する）発生地点から発生したパーティクルに割り当てられた半透明プリミティブより先に半透明描画処理を行

10

20

30

40

50

うことができる。

【0149】

このようにすると各パーティクル単位にソーティングを行い描画順序を決定する場合に比べ、大幅に処理負荷を軽減することができる。

【0150】

図6(A)(B)(C)及び図7(A)(B)(C)はパーティクルの発生地点に基づく描画順序の決定処理について説明するための図である。

【0151】

図6(A)及び図7(A)は仮想カメラの移動前後における仮想カメラとパーティクルの発生地点との位置関係を表している。M1～M4は発生地点H1～H4から発生したパーティクルによって表現される水しぶき(パーティクル集合オブジェクト)を模式的に示したものである。210-1は移動前の仮想カメラであり、210-2は移動後の仮想カメラである。

10

【0152】

例えば図6(A)の場合には仮想カメラ210-1から見た場合のパーティクルの発生地点H1～H4の前後関係は、奥から順にH4、H3、H2、H1となる(図6(B)参照)。

【0153】

また仮想カメラ210-2から見た場合の半透明ポリゴンH1～H4の前後関係は、奥から順にH3、H1、H2、H4となる(図6(C)参照)。

20

【0154】

このように発生地点と仮想カメラの位置関係の変化により仮想カメラに対する発生地点の奥行き関係が変位する場合にはソーティング処理が必要となる。

【0155】

ところが例えば図7(A)の場合には仮想カメラ210'-1から見た場合のパーティクルの発生地点H1～H4の前後関係は、奥から順にH4、H3、H2、H1となり(図7(B)参照)、仮想カメラ210'-2から見た場合のパーティクルの発生地点H1～H4の前後関係も、奥から順にH4、H3、H2、H1となる(図7(C)参照)。従って仮想カメラが図7(A)のように動くような場合には、仮想カメラ210'-2から見た画像を描画する場合には、改めてソーティング処理を行わなくても仮想カメラ210'-1から見た画像を描画する場合に行ったソーティング結果を用いることができる。

30

【0156】

従って本実施の形態では、所与の条件に基づき複数のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合によって表現するパーティクル集合オブジェクトの描画順序を決定するためのソーティング処理の必要性を判断し、ソーティング処理が必要であると判断された場合には複数のパーティクル発生地点の奥行き情報に基づきパーティクル集合オブジェクトのソーティング処理を行い当該ソーティング処理の処理結果に基づきパーティクル集合オブジェクトの描画順位を決定し、ソーティング処理が必要ないと判断された場合には前回のソーティング処理の処理結果に基づきパーティクル集合オブジェクトの描画順位を決定する処理を行う。

40

【0157】

図8(A)(B)は、ソーティング区間を設定してソーティング処理の必要性を判断する例について説明するための図である。

【0158】

図8(A)の230はプレイヤーキャラクタであり、240はプレイヤーキャラクタの移動ルートとなるゲーム空間に設けられた道である。プレイヤーキャラクタ230は、予め決められた移動ルート240(ゲーム空間に設けられた道)上を進行し、仮想カメラは前記プレイヤーキャラクタ230に追従するように構成されている。

【0159】

H1～H4は水しぶきの発生地点であり、M1～M4は発生地点H1～H4から発生した

50

パーティクルによって表現される水しぶき（パーティクル集合オブジェクト）の範囲を模式的に示したものである。

【0160】

また250-1は前記移動ルート上に設けられたソーティング区間である。図8（A）に示すように道が大きくカーブしている区間がソーティング区間250-1として設定されている。かかる区間を移動する仮想カメラから水しぶきM1～M4を見る場合には、図6（A）～（C）で説明したように仮想カメラに対する水しぶきの奥行き関係が変化する可能性があるからである。

【0161】

このように本実施の形態では、仮想カメラが移動すると水しぶき（パーティクル集合オブジェクト）の発生地地点の仮想カメラに対する前後関係が変化する可能性があるエリアをソーティング区間として指定しておく。

【0162】

そして各フレームにおいてプレイヤーキャラクタ230の位置が前記ソーティング区間内にある場合にはソーティング処理の必要性ありと判断し、プレイヤーキャラクタ230の位置が前記ソーティング区間内にはない場合には水しぶきの発生地地点のソーティング処理の必要性なしと判断する。

【0163】

例えばソーティング区間250-1はスタート地点からの道のりで指定することができる。また予め決められた移動ルート240（ゲーム空間に設けられた道）上を進行するプレイヤーキャラクタもスタート地点から道のり値を現在位置として有している。従って例えばソーティング区間250-1として（2000～2050）が設定されている場合には、プレイヤーキャラクタの現在位置の道のり値 x が $2000 < x < 2050$ である場合にはソーティング処理の必要性ありと判断される。

【0164】

このようにすることでプレイヤーキャラクタがソーティング区間以外に位置する場合にはソーティング処理を省略することができるため処理負荷を軽減することができる。

【0165】

図8（B）のソーティング区間250-2は、移動ルート240上で岩オブジェクト260により視界がさえぎられて水しぶきが見えない区間に設定されている。すなわちソーティング区間250-2をプレイヤーキャラクタが移動中は、プレイヤーキャラクタに追従する仮想カメラが捕らえる映像には岩オブジェクト260にさえぎられて水しぶきはM1～M4は移らない。

【0166】

このように本実施の形態では、水しぶきが表示されない状態が発生するエリアをソーティング区間として設定することにより、ソーティング処理に伴い描画順番が入れ替わることによるちらつきを防止することができる。

【0167】

図9は本実施の形態において半透明描画処理を行う際の描画順序決定処理の流れの一例について説明するためのフローチャート図である。

【0168】

まずキャラクタオブジェクト又は仮想カメラがソーティングが必要なエリアにいるか否かに基づきソーティング処理の必要性を判断する（ステップS110）。

【0169】

そしてキャラクタオブジェクト又は仮想カメラがソーティングが必要なエリアにいる場合には、複数のパーティクル発生地地点の奥行き情報に基づき、パーティクル発生地地点単位でソーティング処理を行い、パーティクル発生地地点単位で描画順序を決定する（ステップS120）。

【0170】

またキャラクタオブジェクト又は仮想カメラがソーティングが必要なエリアにいない場合

10

20

30

40

50

には、前回のソーティング処理の処理結果に基づき、パーティクル発生地点単位で描画順序を決定する（ステップ S 1 3 0）。

【 0 1 7 1 】

次に決定された描画順序に従い、複数のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合オブジェクトの半透明描画処理を行う（ステップ S 1 4 0）。

【 0 1 7 2 】

なお図 8（A）（B）及び図 9 では、ソーティング区間を設定してソーティング処理の必要性を判断する場合を例にとり説明したがこれに限られない。例えば仮想カメラの配置の変化が所定範囲内か否かに基づきソーティング処理の必要性を判断するような場合でもよい。

10

【 0 1 7 3 】

また上記実施の形態では、水しぶきを半透明描画する際に水しぶきを表現するためのパーティクルの発生地点単位で描画順序を決定する場合を例にとり説明したがこれに限られない。

【 0 1 7 4 】

例えば半透明描画処理を行う際にプリミティブ単位で描画順序を決定する場合でもよい。

【 0 1 7 5 】

図 1 0（A）（B）（C）及び図 1 1（A）（B）（C）はプリミティブ単位で描画順序を判断する場合について説明するための図である。ここにおいてプリミティブとは例えばポリゴンやスプライト等である。

20

【 0 1 7 6 】

図 1 0（A）及び図 1 1（A）は仮想カメラの移動前後における仮想カメラとプリミティブとの位置関係を表している。P 1 ～ P 4 は例えば半透明ポリゴンであるとする。2 1 0 - 1 は移動前の仮想カメラであり、2 1 0 - 2 は移動後の仮想カメラである。

【 0 1 7 7 】

例えば図 1 0（A）の場合には仮想カメラ 2 1 0 - 1 から見た場合の半透明ポリゴン P 1 ～ P 4 の前後関係は、奥から順に P 4、P 3、P 2、P 1 となる（図 1 0（B）参照）。

【 0 1 7 8 】

また仮想カメラ 2 1 0 - 2 から見た場合の半透明ポリゴン P 1 ～ P 4 の前後関係は、おくから順に P 3、P 1、P 2、P 4 となる（図 1 0（C）参照）。

30

【 0 1 7 9 】

このように半透明ポリゴンと仮想カメラの位置関係の変化により仮想カメラに対する半透明ポリゴンの奥行き関係が変位する場合にはソーティング処理が必要となる。

【 0 1 8 0 】

ところが例えば図 1 1（A）の場合には仮想カメラ 2 1 0 ' - 1 から見た場合の半透明ポリゴンの P 1 ～ P 4 の前後関係は、奥から順に P 4、P 3、P 2、P 1 となり（図 1 1（B）参照）、仮想カメラ 2 1 0 ' - 2 から見た場合の半透明ポリゴンの P 1 ～ P 4 の前後関係も、奥から順に P 4、P 3、P 2、P 1 となる（図 1 1（C）参照）。従って仮想カメラが図 1 1（A）のように動くような場合には、仮想カメラ 2 1 0 ' - 2 から見た画像を描画する場合には、改めてソーティング処理を行わなくても仮想カメラ 2 1 0 ' - 1 から見た画像を描画する場合に行ったソーティング結果を用いることができる。

40

【 0 1 8 1 】

従って所与の条件に基づき複数の半透明プリミティブの描画順序を決定するためのソーティング処理の必要性を判断し、ソーティング処理が必要である判断された場合には複数の半透明プリミティブのソーティング処理を行い当該ソーティング処理の処理結果に基づき複数の半透明プリミティブの描画順序を決定し、ソーティング処理が必要ないと判断された場合には前回のソーティング処理結果に基づいて、半透明プリミティブの描画順序を決定するようにしてもよい。

【 0 1 8 2 】

図 1 2（A）（B）はプリミティブの集合として構成されたオブジェクトの単位で描画順

50

序を判断する場合について説明するための図である。

【0183】

図12(A)は仮想カメラと半透明オブジェクトO1～O4の位置関係を表している。P31、P32は半透明オブジェクトO3に属する半透明ポリゴンであるとする。またP41、P42は半透明オブジェクトO4に属する半透明ポリゴンであるとする。

【0184】

かかる場合に本実施の形態では、オブジェクト単位でソーティング処理を行う。例えば図12(A)の場合には仮想カメラ210-1から見た場合の半透明オブジェクトO1～O4の前後関係は、奥から順にO4、O3、O2、O1となる(図12(B)参照)。従って各オブジェクトO1～O4をブレンディング処理を行ってフレームバッファ220に半透明描画する際には、O4、O3、O2、O1の順で、オブジェクト単位で奥から先に描画する。

【0185】

すなわちオブジェクトO3に属するポリゴンP31、P32はオブジェクトO4に属するポリゴンP41、P42の後に描画される。

【0186】

図13(A)(B)(C)及び図14(A)(B)(C)はオブジェクトの描画順序の決定について説明するための図である。

【0187】

図13(A)及び図14(A)は仮想カメラの移動前後におけるオブジェクトとの位置関係を表している。O1～O4は例えば半透明オブジェクトであるとする。210-1は移動前の仮想カメラであり、210-2は移動後の仮想カメラである。

【0188】

例えば図13(A)の場合には仮想カメラ210-1から見た場合の半透明オブジェクトO1～O4の前後関係は、奥から順にO4、O3、O2、O1となる(図13(B)参照)。

【0189】

また仮想カメラ210-2から見た場合の半透明ポリゴンO1～O4の前後関係は、奥から順にO3、O1、O2、O4となる(図13(C)参照)。

【0190】

このようにオブジェクトと仮想カメラの位置関係の変化により仮想カメラに対するオブジェクトの奥行き関係が変位する場合にはソーティング処理が必要となる。

【0191】

ところが例えば図14(A)の場合には仮想カメラ210'-1から見た場合のオブジェクトO1～O4の前後関係は、奥から順にO4、O3、O2、O1となり(図14(B)参照)、仮想カメラ210'-2から見た場合のオブジェクトのO1～O4の前後関係も、奥から順にO4、O3、O2、O1となる(図14(C)参照)。従って仮想カメラが図14(A)のように動くような場合には、仮想カメラ210'-2から見た画像を描画する場合には、改めてソーティング処理を行わなくても仮想カメラ210'-1から見た画像を描画する場合に行ったソーティング結果を用いることができる。

【0192】

従って本実施の形態では、所与の条件に基づき複数の半透明プリミティブ集合(オブジェクト)の描画順序を決定するためのソーティング処理の必要性を判断して、ソーティング処理が必要であると判断された場合には複数の半透明プリミティブ集合(オブジェクト)の代表位置に基づき半透明プリミティブ集合単位でソーティング処理を行い当該ソーティング処理の処理結果に基づき複数の半透明プリミティブ集合(オブジェクト)の描画順序を決定し、ソーティング処理が必要ない判断された場合には前回のソーティング処理結果に基づいて半透明プリミティブ集合(オブジェクト)の描画順序を決定する処理を行う。

【0193】

図15は本実施の形態の半透明描画処理を行う際の描画順序決定処理の流れの他の例につ

10

20

30

40

50

いて説明するためのフローチャート図である。

【0194】

まず仮想カメラの配置の変化が所定範囲内か否かに基づきソーティング処理の必要性を判断する(ステップS210)。ここにおいて仮想カメラの配置の変化とは例えば仮想カメラの位置や向き(回転)の変化である。

【0195】

そして仮想カメラの配置の変化が所定範囲内である場合には、奥行き情報に基づきオブジェクトのソーティング処理を行い、オブジェクト単位で描画順序を決定する(ステップS220)。

【0196】

また仮想カメラの配置の変化が所定範囲内でない場合には、前回のソーティング処理の処理結果に基づき、オブジェクト単位で描画順序を決定する(ステップS230)。

【0197】

次に決定された描画順序に従い、オブジェクトを構成するプリミティブの半透明描画処理を行う(ステップS240)。

【0198】

(3) パーティクルの水増し処理

次に本実施の形態において水しぶきの画像を生成する際に行うパーティクルの水増し処理について説明する。

【0199】

図16(A)(B)はパーティクルの水増しについて説明するための図である。

【0200】

図16(A)のPP1~PP4は既存のパーティクルシステムを用いて所与のフレームに発生させたパーティクルである。各パーティクルは、色や寿命などの特性を有し、所与の規則(エミッターによって与えられる)や作用する力(フォース)によって、発生、移動、消滅するもので、各フレームにおけるパーティクルPP1~PP4の位置はエミッターやフォースに基づき流体計算、衝突計算、運動計算等のパーティクルの3次元空間における位置を決定する演算を行い決定されたものである。

【0201】

ここにおいてリアルで見栄えのよい水しぶきを作成するためにはより多くのパーティクルを発生させることが好ましい。しかし既存のパーティクルシステムを用いてパーティクルを発生させるためには各パーティクルについて前記演算が必要となるため、発生させるパーティクル数が増えるとその分演算量が増大することになる。

【0202】

そこで本実施の形態では、図16(B)に示すように、3次元空間に与えられたパーティクルPP1~PP4を親パーティクルとし、スクリーン平面へ透視変換された親パーティクルPP1~PP4の位置座標に基づきスクリーン平面に発生させた水増し点に子パーティクルCP11~CP44を生成する。

【0203】

子パーティクルCP11~CP14は親パーティクルPP1から水増しして生成したものであり、子パーティクルCP21~CP24は親パーティクルPP2から水増しして生成したものであり、子パーティクルCP31~CP34は親パーティクルPP3から水増しして生成したものであり、子パーティクルCP41~CP44は親パーティクルPP4から水増しして生成したものである。

【0204】

このようにすると、子パーティクルについては既存のパーティクルシステムを用いて3次元空間にその位置を決定するまでの演算処理を省略できるので少ない演算付加でボリュームのある水しぶきの画像を生成することができるようになる。

【0205】

図17(A)(B)は子パーティクルの位置及びサイズの決定例について説明するための

10

20

30

40

50

図である。

【 0 2 0 6 】

図 1 7 (A) の $PP1 (X1, Y1)$ は n フレーム目にスクリーン平面 3 1 0 に透視変換されたパーティクル (これを親パーティクルとする) の位置座標である。

【 0 2 0 7 】

本実施の形態ではスクリーン平面へ透視変換された親パーティクル $PP1$ の位置座標に基づきスクリーン平面に発生させる水増し点の座標を演算し、当該水増し点に子パーティクルを生成する。

【 0 2 0 8 】

ここで第 1 の水増し点 $M11$ の座標を $(x11, y11)$ 、第 2 の水増し点の $M12$ の座標を $(x12, y12)$ とすると、 $x11, y11, x12, y12$ は以下のようにして求められる。

【 0 2 0 9 】

$$x11 = X1 + f(S, t, \text{乱数}1) \quad \dots (1)$$

$$y11 = Y1 + f(S, t, \text{乱数}1) \quad \dots (2)$$

$$x12 = X2 + f(S, t, \text{乱数}2) \quad \dots (3)$$

$$y12 = Y2 + f(S, t, \text{乱数}2) \quad \dots (4)$$

このようにして求められた第 1 の水増し点 $M11$ の座標 $(x11, y11)$ 、第 2 の水増し点 $M12$ の座標 $(x12, y12)$ が子パーティクル $CP11$ 、 $CP12$ の生成位置となる。すなわち $(x11, y11)$ 、 $(x12, y12)$ が子パーティクル $CP11$ 及び $CP12$ の位置座標となる。

【 0 2 1 0 】

ここで S は奥行き値 z に関連して与えられる倍率等を表す値であり、 t はフレームナンバーである。親パーティクル $PP1$ から子パーティクル $CP11$ 、 $CP12$ までの距離を例えば $l1$ 、 $l2$ とすると、 $(1) \sim (4)$ を使って求めることにより、奥行き値やフレーム番号に応じて親パーティクルから離れた距離 $l1$ 、 $l2$ に子パーティクル $CP11$ 、 $CP12$ を生成することができる。

【 0 2 1 1 】

また乱数 1、乱数 2 は使用する乱数の乱数列における位置を表しており、連続する複数のフレームにおいて、第 1 の子パーティクルには常に乱数 1、第 2 の子パーティクルには常に乱数 2 を使用することにより、連続する複数のフレームにおいて子パーティクルの軌跡に連続性を持たせることができる。

【 0 2 1 2 】

また図 1 7 (B) は透視変換時に親パーティクルの奥行き値が $z = 100$ である場合の子パーティクルの生成例について説明するための図である。

【 0 2 1 3 】

ここで $CP'11 (x'11, y'11)$ 、 $CP'12 (x'12, y'12)$ を、親パーティクルの奥行き値が $z = 100$ である場合の前記親パーティクルの位置座標 $PP1 (X1, Y1)$ に基づきスクリーン平面 3 1 0 に生成した子パーティクル $CP'11$ 、 $CP'12$ の位置座標であるとする。このときは図 1 7 (B) に示すように、図 1 7 (A) の場合に比べて、子パーティクルが位置が親パーティクルに近い位置に生成される。

【 0 2 1 4 】

すなわち親パーティクル $PP1$ から子パーティクル $CP'11$ 、 $CP'12$ までの距離を例えば $l'1$ 、 $l'2$ とすると、 $l'1 < l1$ 、 $l'2 < l2$ となる。

【 0 2 1 5 】

このように本実施の形態では親パーティクルの奥行き値 (z 値) が大きい場合 (親パーティクルが仮想カメラから離れた位置にある場合) には近い位置に子パーティクルを生成し、親パーティクルの奥行き値 (z 値) が小さい場合 (親パーティクルが仮想カメラから近い位置にある場合) には離れた位置に子パーティクルを生成する。従って親パーティクルの奥行き値 (z 値) に応じて自然な遠近関係を有する位置に子パーティクルを生成するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【 0 2 1 6 】

また本実施の形態ではフレームナンバーが大きくなるにつれ（パーティクルが発生してからの時間が長くなるにつれ）、親パーティクルから離れた位置に子パーティクルを生成する。このようにすることで時間が経過するにつれ水しぶきが広がっていく様子を表現することができる。

【 0 2 1 7 】

図 1 8 (A) (B) は、生成した子パーティクルにパーティクルオブジェクトを割りあてゐる例について説明するための図である。

【 0 2 1 8 】

図 1 8 (A) は子パーティクル C P にパーティクルオブジェクトとしてスプライト 3 5 0 を割り当てる様子を表している。スプライトは 2 頂点 S V 1、S V 2 を与えることにより生成することができるので、親パーティクルの奥行き値に応じて決定されるスプライト 3 5 0 のサイズに基づき、子パーティクル C P の周囲に 2 頂点 S V 1、S V 2 の位置を決定する。

【 0 2 1 9 】

ここにおいて子パーティクル C P からスプライトの 2 頂点 S V 1、S V 2 までの移動距離を r_1 とすると、以下の式で与えられる。

【 0 2 2 0 】

$$r_1 = \text{ローカルパーティクルサイズ} \times S$$

ここにおいてローカルパーティクルサイズとはローカル座標系においてパーティクルに割り当てるパーティクルオブジェクトのサイズを表すものである。このようにして移動距離を r_1 を求めることにより、親パーティクルの奥行き値（ z 値）が大きくなるにつれ（親パーティクルが仮想カメラから離れるにつれ）、子パーティクルに割り当てるスプライトのサイズを小さくすることができる。従って親パーティクルの奥行き値（ z 値）に応じて自然な遠近関係を有する大きさのスプライトを子パーティクルに割り当てることことができる。

【 0 2 2 1 】

なお子パーティクル C P にパーティクルオブジェクトとしてスプライト 3 5 0 を与える場合に、子パーティクル C P の位置をスプライト 3 5 0 の 1 の頂点 S V 1 として、子パーティクル C P の周囲に他の頂点 S V 2 の位置を決定するようにしてもよい。このようにするとスプライト 3 5 0 の 1 の頂点 S V 1 の位置を決定する演算が省略できるので処理負荷を削減することができる。

【 0 2 2 2 】

図 1 8 (B) は子パーティクル C P にパーティクルオブジェクトとしてポリゴンオブジェクト 3 6 0 を割り当てる様子を表している。当該ポリゴンオブジェクト 3 6 0 は P V 1 ~ P V 8 の 8 頂点を与えることにより生成することができるので、親パーティクルの奥行き値に応じて決定されるポリゴンオブジェクトのサイズに基づき子パーティクル C P の周囲に 8 頂点 P V 1 ~ P V 8 の位置を決定する。

【 0 2 2 3 】

ここにおいて子パーティクルからポリゴンオブジェクトの 8 頂点 P V 1 ~ P V 8 までの移動距離を r_2 とすると、以下の式で与えられる。

【 0 2 2 4 】

$$r_2 = \text{ローカルパーティクルサイズ} \times S$$

ここにおいてローカルパーティクルサイズとはローカル座標系においてパーティクルに割り当てるパーティクルオブジェクトのサイズを表すものである。このようにして移動距離を r_2 を求めることにより、親パーティクルの奥行き値（ z 値）が大きくなるにつれ（親パーティクルが仮想カメラから離れるにつれ）、子パーティクルに割り当てるポリゴンオブジェクトのサイズを小さくすることができる。従って親パーティクルの奥行き値（ z 値）に応じて自然な遠近関係を有する大きさのポリゴンオブジェクトを子パーティクルに割

10

20

30

40

50

り当てることができる。

【 0 2 2 5 】

図 1 9 (A) (B) はパーティクルの時間的な連続性について説明するための図である。図 1 9 (A) は $t = 1 \sim t = 6$ における親パーティクルと子パーティクルの様子を模式的に表したものである。ここで t は時間の経過を表すパラメータであり、例えばフレーム番号等である。

【 0 2 2 6 】

ここで $t = 1, 2 \dots$ におけるスクリーン平面 $310 - 1, 310 - 1 \dots$ の親パーティクルの位置を $PPt1, PPt2 \dots$ とし、第 1 の子パーティクルの位置を $CP1t1, CP1t2 \dots$ 、第 2 の子パーティクルの位置を $CP2t1, CP2t2 \dots$ とする。

10

【 0 2 2 7 】

同図に示すように本実施の形態では所与の親パーティクルに対して $n + 1$ フレーム目に生成する子パーティクルは、同一の親パーティクルに対して n フレーム目に生成した所与の子パーティクルと連続性を有する位置に生成される。

【 0 2 2 8 】

本実施の形態では、例えば第 1 の子パーティクルの $t = 1, 2 \dots$ における位置を $h = f1(t)$ からなる第 1 の軌跡関数 370 (図 1 9 (B) 参照) を用いて生成し、第 2 の子パーティクルの $t = 1, 2 \dots$ における位置を $h = f2(t)$ からなる第 2 の軌跡関数 380 (図 1 9 (B) 参照) を用いて生成する。このようにすることにより、第 1 の子パーティクル及び第 2 の子パーティクルに前後のフレームで連続した軌跡を描かせることができる。

20

【 0 2 2 9 】

図 2 0 はパーティクルの水増し処理の流れを説明するためのフローチャート図である。

【 0 2 3 0 】

まず所与のパーティクルシステムを用いて 3 次元空間に当該フレームのパーティクルを生成する (ステップ $S310$)。各パーティクルは、所与のパーティクルシステムによって与えられた色や寿命などの特性を有し、所与の規則 (エミッターによって与えられる) や作用する力 (フォース) に基づき 3 次元空間における位置を決定する演算を行い生成されたものである。

【 0 2 3 1 】

次に 3 次元空間のパーティクルをスクリーン平面に透視変換する (ステップ $S320$)。

30

【 0 2 3 2 】

次にスクリーン平面のパーティクルを親パーティクルとして、親パーティクルの位置に基づき水増し点の座標を演算する (ステップ $S330$)。例えば図 1 7 (A) (B) で説明した手法で水増し点の位置座標を演算するようにしてもよい。

【 0 2 3 3 】

次に水増し点に子パーティクルを生成する (ステップ $S340$)。ここで子パーティクルは親パーティクルの色や寿命などの特性情報を引き継ぐようする。

【 0 2 3 4 】

次に子パーティクルにパーティクルオブジェクトを割り当てる (ステップ $S350$)。図 1 8 (A) (B) で説明したようにパーティクルオブジェクトとしてスプライトやポリゴンオブジェクトを割り当てることができる。例えば半透明テクスチャを張ったスプライトポリゴンを使用することによりリアルな水しぶきの画像を生成することができる。

40

【 0 2 3 5 】

なお上記実施の形態では子パーティクルにパーティクルオブジェクトとしてスプライトやポリゴンオブジェクトを割り当てた場合を例にとり説明したがこれに限られない。例えば自由曲面の制御点や他のプリミティブを割り当てた場合でもよい。

【 0 2 3 6 】

(4) 処理負荷を軽減するための処理

図 2 1 は本実施の形態における処理負荷を軽減するための処理の一例を説明するためのフ

50

ローチャート図である。

【 0 2 3 7 】

まず画像生成時の処理負荷を監視し、処理負荷情報を取得する（ステップ 4 1 0）。ここで処理負荷情報とは、例えばリフレッシュレートやグローバルクロックやC P Uクロック等により与えられる 1 フレームあたりの描画速度等で与えられる。

【 0 2 3 8 】

そして処理負荷が高い場合には、パーティクル発生地点の数、パーティクル数及びパーティクルの寿命の少なくともひとつを制御するパラメータを調節する（ステップ S 4 2 0、S 4 3 0）。処理負荷が高いか否かは、処理負荷情報に基づき判断される。

【 0 2 3 9 】

次に奥行き情報を加味してパーティクル発生地点の数を制御する例について説明する。

【 0 2 4 0 】

図 2 2（A）（B）は処理負荷が低い場合と処理負荷が高い場合の画像例である。本実施の形態では、処理負荷が低い場合には岩等にあたって発生する多数の水しぶきを生成する（図 2 2（A）参照）。しかし処理負荷情報により処理負荷が高いと判断した場合には遠くにある水しぶきを画像生成の対象外とする。すなわち図 2 2（B）において×印のつけられた水しぶきの画像を生成しないか又はパラメータの値を調整して処理負荷を軽減する。遠いか否かは水しぶき発生地点の奥行き情報に基づき判断する。このようにすることにより×印のついた水しぶきについては、画像生成に必要なパーティクル発生処理から描画処理に至る一連の画像生成処理を全て省略できるので、処理負荷の軽減を図ることができる。

【 0 2 4 1 】

図 2 3 は奥行き情報を加味してパーティクル発生地点の数を制御する例について説明するためのフローチャート図である。

【 0 2 4 2 】

まず画像生成時の処理負荷を監視し、処理負荷情報を取得する（ステップ S 5 1 0）。ここで処理負荷情報とは、例えばリフレッシュレートやグローバルクロックやC P Uクロック等により与えられる 1 フレームあたりの描画速度等で与えられる。

【 0 2 4 3 】

そして処理負荷が高い場合には、パーティクル発生地点の奥行き情報を取得して、パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき、仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から発生するパーティクル集合によって表現するパーティクル集合オブジェクトを優先して画像生成の対象とする。（ステップ S 5 2 0、5 3 0、5 4 0）。

【 0 2 4 4 】

次に奥行き情報を加味してパーティクル発生地点から発生させるパーティクル数の調節を行う例について説明する。

【 0 2 4 5 】

図 2 4（A）（B）は処理負荷が低い場合と処理負荷が高い場合のパーティクル数について説明するための模式的な図である。図 2 4（A）の 4 1 0 は水しぶきを表現するパーティクル集合オブジェクトであり、4 1 2 はパーティクル集合オブジェクトを構成するパーティクルオブジェクトである。

【 0 2 4 6 】

本実施の形態では、処理負荷が低い場合にはパーティクル発生地点から多数のパーティクルが生成され、その結果多数のパーティクルオブジェクトの画像が生成される（図 2 4（A）参照）。

【 0 2 4 7 】

しかし処理負荷情報により処理負荷が高いと判断した場合には遠くにあるパーティクル発生地点から発生させるパーティクル数を削減する。

【 0 2 4 8 】

図 2 4（B）の 4 1 0' は処理負荷が高い場合の遠くにある発生地点から発生させたパー

10

20

30

40

50

ティクルによって表現された水しぶきを表現するパーティクル集合オブジェクトである。遠いか否かは水しぶき発生地点の奥行き情報に基づき判断する。410'は発生させるパーティクル数が410の場合に比べて削減されているので、410に比べて少ないパーティクルオブジェクトの画像が生成される(図24(B)参照)。

【0249】

図25は奥行き情報を加味してパーティクル発生地点から発生するパーティクル数を制御する例について説明するためのフローチャート図である。

【0250】

まず画像生成時の処理負荷を監視し、処理負荷情報を取得する(ステップ610)。ここで処理負荷情報とは、例えばリフレッシュレートやグローバルクロックやCPUクロック等により与えられる1フレームあたりの描画速度等で与えられる。

10

【0251】

そして処理負荷が高い場合には、パーティクル発生地点の奥行き情報を取得して、パーティクル発生地点の奥行き情報に基づき、仮想カメラから離れたパーティクル発生地点から優先して発生するパーティクル数を削減する処理を行う(ステップS620、630、640)。パーティクル数を削減する処理とは例えば発生させるパーティクル数を制御するためのパラメータの値を変更する処理等である。

【0252】

図26は奥行き情報を加味してパーティクル発生地点から発生させるパーティクルの調節を行う場合の処理の流れについて説明するためのフローチャート図である。

20

【0253】

まず画像生成時の処理負荷を監視し、処理負荷情報を取得する(ステップ710)。ここで処理負荷情報とは、例えばリフレッシュレートやグローバルクロックやCPUクロック等により与えられる1フレームあたりの描画速度等で与えられる。

【0254】

そして処理負荷が高い場合には、パーティクルの奥行き情報を取得して、パーティクルの奥行き情報に基づき、仮想カメラから離れたパーティクルから優先して寿命を短くする処理を行う(ステップS720、730、740)。例えば奥行き情報に基づきパーティクルのソーティング処理を行い遠いほうから所定個数だけパーティクルの寿命を短く設定するようにしてもよい。

30

【0255】

次にパーティクルに与えられた透明度やパーティクルの高さに基づきパーティクルの描画処理を省略する場合について説明する。

【0256】

図27(A)はパーティクルに与えられた透明度が所定値以下になった場合にパーティクルの描画処理を省略する様子を模式的に表した図であり、図27(B)はパーティクルの高さが一定以下になった場合にパーティクルの描画処理を省略する様子を模式的に表した図である。

【0257】

図27(A)のPt1、Pt2、Pt3は所与のパーティクル発生地点から発生したパーティクルの時間的な変化を表した図である。ここでパーティクルは特性情報として透明度情報(値)を有しており、当該透明度情報(値)は時間とともに減少するように制御される。例えばPt1では $\alpha = 128$ であり、Pt2では $\alpha = 52$ であり、Pt3では $\alpha = 0$ である。

40

【0258】

当該透明度情報(値)はパーティクル又はパーティクルに割り当てたパーティクルオブジェクトをブレンディング処理等を行い半透明描画する際に用いられるものである。ここにおいて例えば値が0である場合にはパーティクル又はパーティクルに割り当てたパーティクルオブジェクトを半透明描画しても透明で表示されない。

【0259】

50

そこで本実施の形態では、パーティクルの特性情報として与えられた透明度情報（値）が0以下になった場合には、当該パーティクルを画像生成の対象から除外し、以降の当該パーティクルに関する画像生成処理を省略するようにしている。

【0260】

なお上記実施の形態では、パーティクルの特性情報として与えられた透明度情報（値）が0以下になった場合に当該パーティクルを画像生成の対象から除外し、以降の当該パーティクルに関する画像生成処理を省略する場合を例にとり説明したがこれに限られない。例えばパーティクルの特性情報として与えられた透明度情報（値）が所定値になった場合に当該パーティクルを画像生成の対象から除外し、以降の当該パーティクルに関する画像生成処理を省略するような場合でもよい。

10

【0261】

図27(B)のP't1、P't2、P't3は所与のパーティクル発生地点から発生したパーティクルの時間的な高さの変化を表した図である。510は基準面の高さである。ここで基準面とは例えば水面や地面等である。本実施の形態では海面の高さを基準面の高さとして、発生したパーティクルの高さが基準面の高さ以下になった場合には、当該パーティクルを画像生成の対象から除外し、以降の当該パーティクルに関する画像生成処理を省略するようにしている。

【0262】

図28はパーティクルに与えられた透明度やパーティクルの高さに基づきパーティクルの描画処理を省略する場合の処理の流れについて説明するためのフローチャート図である。

20

【0263】

ステップS810～S860は、所与のパーティクルが発生してから消滅するまでに各フレーム毎に行う処理であり、S870のパーティクルの終了処理はパーティクルの消滅に際して行う処理である。

【0264】

まず当該フレームのパーティクルの透明度を演算する（ステップ810）。

【0265】

次にパーティクルの透明度が0以下である場合には、当該パーティクルを消滅させるためのパーティクルの終了処理を行う（ステップS820、S870）。

【0266】

またパーティクルの透明度が0以下でない場合には、パーティクルの移動計算を行い当該フレームにおけるパーティクル位置を求める（ステップS820、S830）。パーティクルの移動演算は、例えば各フレームにおけるパーティクルの位置はエミッターやフォースに基づき流体計算、衝突計算、運動計算等のパーティクルの3次元空間における位置を決定する演算を行い決定されることになる。

30

【0267】

次に求めた位置の高さに関する値が所定の値になった場合には、当該パーティクルを消滅させるためのパーティクルの終了処理を行う（ステップS840、S870）。

【0268】

また求めた位置の高さに関する値が所定の値になっていない場合には、パーティクルを用いた描画処理を行う（ステップS840、S850）。

40

【0269】

そして次フレームの処理を行う場合には再びステップS810～S860の処理を繰り返す（ステップS860）。

【0270】

（5）F O G 効果の処理削減

例えば水しぶき等のオブジェクトが仮想カメラからの距離に応じて背景に溶け込んでいく様子をリアルに表現する場合等のようにF O G効果を出す場合には、デプスキューイング処理を行う。例えばポリゴンオブジェクトに対してデプスキューイング処理を行う場合には、各頂点ごとにその頂点の奥行き値に応じてその頂点色と背景色の合成を行い、奥行き

50

値に応じてその頂点色を変化させる。

【 0 2 7 1 】

本実施の形態では水しぶき等を 1 のパーティクル発生地点から発生する多数のパーティクルにパーティクルオブジェクトを割り当て、これらパーティクルオブジェクトの集合（パーティクル集合オブジェクト）として生成する。

【 0 2 7 2 】

従って水しぶきに対して F O G 効果を出すためには、パーティクル集合オブジェクトを構成する各パーティクルオブジェクトの頂点ごとにデプスキューイング処理が必要となるため、処理負荷が著しく増大することになる。

【 0 2 7 3 】

そこで本実施の形態では、少ない処理負荷で F O G 効果を出すために以下のような処理を行っている。

【 0 2 7 4 】

図 2 9 は F O G 効果の処理削減について説明するための図である。

【 0 2 7 5 】

6 1 0 は水しぶきを表現するための第 1 のパーティクル集合オブジェクトであり、第 1 のパーティクル発生地点から発生したパーティクルにパーティクルオブジェクトを割り当てこれらパーティクルオブジェクトの集合として構成されている。ここで 6 1 2 及び 6 1 4 は第 1 のパーティクル集合オブジェクトに属する第 1 及び第 2 のパーティクルである。

【 0 2 7 6 】

また 6 2 0 は水しぶきを表現するための第 2 のパーティクル集合オブジェクトであり、第 2 のパーティクル発生地点から発生したパーティクルにパーティクルオブジェクトを割り当てこれらパーティクルオブジェクトの集合として構成されている。ここで 6 2 2 及び 6 2 4 は第 2 のパーティクル集合オブジェクトに属する第 3 及び第 4 のパーティクルである。

【 0 2 7 7 】

ここで本実施の形態では第 1 のパーティクル集合オブジェクト及び第 2 のパーティクル集合オブジェクトに水しぶきを表現するための基準色を設定する。この基準色は第 1 のパーティクル集合オブジェクトと第 2 のパーティクル集合オブジェクトで同じ色にしてもよいし、異なる色にしてもよい。

【 0 2 7 8 】

そして当該基準色と各パーティクル集合オブジェクトのパーティクル発生地点の奥行き値に基づきデプスキューイング処理を行い、前記デプスキューイング処理で得られた色をパーティクル集合オブジェクトのベースカラーとし、同一のパーティクル発生地点から発生したパーティクル集合に属する各パーティクルに対して前記ベースカラーを用いてデプスキューイング効果を適用して画像生成処理を行う。

【 0 2 7 9 】

すなわち第 1 のパーティクル集合オブジェクト 6 1 0 に属する第 1 のパーティクル 6 1 2 及び第 2 のパーティクル 6 1 4 に対しては、第 1 のパーティクル集合オブジェクト 6 1 0 のベースカラーを用いてデプスキューイング効果を適用して画像生成処理を行う。

【 0 2 8 0 】

また第 2 のパーティクル集合オブジェクト 6 1 0 に属する第 3 のパーティクル 6 2 2 及び第 4 のパーティクル 6 2 4 に対しては、第 2 のパーティクル集合オブジェクト 6 2 0 のベースカラーを用いてデプスキューイング効果を適用して画像生成処理を行う。

【 0 2 8 1 】

従って第 1 のパーティクル集合オブジェクト及び第 2 のパーティクル集合オブジェクトを構成する各パーティクルに対してそれぞれにデプスキューイング処理を行う場合に比べ大幅に処理を削減することができる。

【 0 2 8 2 】

なおここでは説明を簡単にするために 6 1 2、6 1 4、6 2 2、6 2 4 をパーティクルと

10

20

30

40

50

して話を進めたが、パーティクルに割り当てられたパーティクルオブジェクトの頂点であってもよい。

【 0 2 8 3 】

図 3 0 (A) (B) (C) は、本実施の形態で行うデプスキューニング処理について説明するための図である。

【 0 2 8 4 】

図 3 0 (A) は R (赤) についてのデプスキューニング処理を説明するための図である。縦軸は R (赤) の値であり横軸はパーティクル発生地点の奥行き値 (Z) である。また 6 3 0 はパーティクル集合オブジェクトに設定された基準色の R の値であり、6 4 0 は背景色の R の値である。そして 6 3 5 は奥行き値に基づきベースカラーの R の値を求めるための関数曲線である。

10

【 0 2 8 5 】

例えばパーティクル発生地点の奥行き値が Z 1 である場合にはベースカラーの R の値の R 1 となり、パーティクル発生地点の奥行き値が Z 2 である場合にはベースカラーの R の値の R 2 となる。

【 0 2 8 6 】

図 3 0 (B) は G (緑) についてのデプスキューニング処理を説明するための図である。縦軸は G (緑) の値であり横軸はパーティクル発生地点の奥行き値 (Z) である。また 6 5 0 はパーティクル集合オブジェクトに設定された基準色の R の値であり、6 6 0 は背景色の G の値である。そして 6 5 5 は奥行き値に基づきベースカラーの G の値を求めるための関数曲線である。

20

【 0 2 8 7 】

例えばパーティクル発生地点の奥行き値が Z 1 である場合にはベースカラーの G の値の G 1 となり、パーティクル発生地点の奥行き値が Z 2 である場合にはベースカラーの G の値の G 2 となる。

【 0 2 8 8 】

図 3 0 (C) は B (青) についてのデプスキューニング処理を説明するための図である。縦軸は B (青) の値であり横軸はパーティクル発生地点の奥行き値 (Z) である。また 6 7 0 はパーティクル集合オブジェクトに設定された基準色の B の値であり、6 8 0 は背景色の B の値である。そして 6 7 5 は奥行き値に基づきベースカラーの B の値を求めるための関数曲線である。

30

【 0 2 8 9 】

例えばパーティクル発生地点の奥行き値が Z 1 である場合にはベースカラーの B の値の B 1 となり、パーティクル発生地点の奥行き値が Z 2 である場合にはベースカラーの B の値の B 2 となる。

【 0 2 9 0 】

(6) ポリゴン分割によるページング発生防止

例えばメモリ資源に制約のあるハードウェアを用いて画像生成を行う場合、V R A M (フレームバッファ) の実記憶領域の容量も限られている。このため大きなポリゴンを V R A M (フレームバッファ) に描画しようとするときページングが発生し処理時間が増大することになる。

40

【 0 2 9 1 】

そこで本実施の形態では、パーティクルオブジェクトの奥行き情報又は仮想カメラからの距離が大きくなった場合にパーティクルに割り当てるオブジェクトを構成するポリゴンの分割数を大きくすることでかかるページングの発生を防止している。

【 0 2 9 2 】

図 3 1 は本実施の形態のポリゴン分割の一例について説明するためのフローチャート図である。

【 0 2 9 3 】

まず処理対象パーティクルの奥行き情報を取得する (ステップ S 9 1 0) 。

50

【 0 2 9 4 】

次に奥行き値に基づき分割数を変更するか否か判断し、変更する場合にはパーティクルオブジェクトを構成するポリゴンやスプライトを分割する処理を行う（ステップ S 9 2 0、S 9 3 0）。

【 0 2 9 5 】

図 3 2 はパーティクルオブジェクトを構成するスプライト（板ポリゴン）を分割する様子を表した図である。7 1 0 は分割前のスプライト（板ポリゴン）であり、7 2 0 は分割後のスプライト（板ポリゴン）である。

【 0 2 9 6 】

分割数を変更するかいなかは、例えば奥行き情報が所定の値になったかいなかによって決めてもよいし、例えば奥行き情報に基づきパーティクルのソーティング処理を行い、手前から所定個数に属するパーティクルに割り当てられたオブジェクトに当該ポリゴンやスプライトが属するか否かによって決めてもよい。

10

【 0 2 9 7 】

3 . ハードウェア構成

次に、本実施形態を実現できるハードウェアの構成の一例について図 3 3 を用いて説明する。

【 0 2 9 8 】

メインプロセッサ 9 0 0 は、C D 9 8 2（情報記憶媒体）に格納されたプログラム、通信インターフェース 9 9 0 を介して転送されたプログラム、或いは R O M 9 5 0（情報記憶媒体の 1 つ）に格納されたプログラムなどに基づき動作し、ゲーム処理、画像処理、音処理などの種々の処理を実行する。

20

【 0 2 9 9 】

コプロセッサ 9 0 2 は、メインプロセッサ 9 0 0 の処理を補助するものであり、高速並列演算が可能な積和算器や除算器を有し、マトリクス演算（ベクトル演算）を高速に実行する。例えば、オブジェクトを移動させたり動作（モーション）させるための物理シミュレーションに、マトリクス演算などの処理が必要な場合には、メインプロセッサ 9 0 0 上で動作するプログラムが、その処理をコプロセッサ 9 0 2 に指示（依頼）する。

【 0 3 0 0 】

ジオメトリプロセッサ 9 0 4 は、座標変換、透視変換、光源計算、曲面生成などのジオメトリ処理を行うものであり、高速並列演算が可能な積和算器や除算器を有し、マトリクス演算（ベクトル演算）を高速に実行する。例えば、座標変換、透視変換、光源計算などの処理を行う場合には、メインプロセッサ 9 0 0 で動作するプログラムが、その処理をジオメトリプロセッサ 9 0 4 に指示する。

30

【 0 3 0 1 】

データ伸張プロセッサ 9 0 6 は、圧縮された画像データや音データを伸張するデコード処理を行ったり、メインプロセッサ 9 0 0 のデコード処理をアクセレートする処理を行う。これにより、オープニング画面、インターミッション画面、エンディング画面、或いはゲーム画面などにおいて、所与の画像圧縮方式で圧縮された動画像を表示できるようになる。なお、デコード処理の対象となる画像データや音データは、R O M 9 5 0、C D 9 8 2 に格納されたり、或いは通信インターフェース 9 9 0 を介して外部から転送される。

40

【 0 3 0 2 】

描画プロセッサ 9 1 0 は、ポリゴンや曲面などのプリミティブ面で構成されるオブジェクトの描画（レンダリング）処理を高速に実行するものである。オブジェクトの描画の際には、メインプロセッサ 9 0 0 は、D M A コントローラ 9 7 0 の機能を利用して、オブジェクトデータを描画プロセッサ 9 1 0 に渡すと共に、必要であればテクスチャ記憶部 9 2 4 にテクスチャを転送する。すると、描画プロセッサ 9 1 0 は、これらのオブジェクトデータやテクスチャに基づいて、Z バッファなどを利用した陰面消去を行いながら、オブジェクトをフレームバッファ 9 2 2 に高速に描画する。また、描画プロセッサ 9 1 0 は、ブレンディング（半透明処理）、デプスキューイング、ミップマッピング、フォグ処理、ト

50

ライリニア・フィルタリング、アンチエイリアシング、シェーディング処理なども行うことができる。そして、1フレーム分の画像がフレームバッファ922に書き込まれると、その画像はディスプレイ912に表示される。

【0303】

サウンドプロセッサ930は、多チャンネルのADPCM音源などを内蔵し、BGM、効果音、音声などの高品位のゲーム音を生成する。生成されたゲーム音は、スピーカ932から出力される。

【0304】

ゲームコントローラ942からの操作データや、メモリカード944からのセーブデータ、個人データは、シリアルインターフェース940を介してデータ転送される。

10

【0305】

ROM950にはシステムプログラムなどが格納される。なお、業務用ゲームシステムの場合には、ROM950が情報記憶媒体として機能し、ROM950に各種プログラムが格納されることになる。なお、ROM950の代わりにハードディスクを利用するようにしてもよい。

【0306】

RAM960は、各種プロセッサの作業領域として用いられる。

【0307】

DMAコントローラ970は、プロセッサ、メモリ(RAM、VRAM、ROM等)間でのDMA転送を制御するものである。

20

【0308】

CDドライブ980は、プログラム、画像データ、或いは音データなどが格納されるCD982(情報記憶媒体)を駆動し、これらのプログラム、データへのアクセスを可能にする。

【0309】

通信インターフェース990は、ネットワークを介して外部との間でデータ転送を行うためのインターフェースである。この場合に、通信インターフェース990に接続されるネットワークとしては、通信回線(アナログ電話回線、ISDN)、高速シリアルバスなどを考えることができる。そして、通信回線を利用することでインターネットを介したデータ転送が可能になる。また、高速シリアルバスを利用することで、他のゲームシステムとの間でのデータ転送が可能になる。

30

【0310】

なお、本発明の各手段は、その全てを、ハードウェアのみにより実行してもよいし、情報記憶媒体に格納されるプログラムや通信インターフェースを介して配信されるプログラムのみにより実行してもよい。或いは、ハードウェアとプログラムの両方により実行してもよい。

【0311】

そして、本発明の各手段をハードウェアとプログラムの両方により実行する場合には、情報記憶媒体には、本発明の各手段をハードウェアを利用して実行するためのプログラムが格納されることになる。より具体的には、上記プログラムが、ハードウェアである各プロセッサ902、904、906、910、930等に処理を指示すると共に、必要であればデータを渡す。そして、各プロセッサ902、904、906、910、930等は、その指示と渡されたデータとに基づいて、本発明の各手段を実行することになる。

40

【0312】

図34(A)に、本実施形態を業務用ゲームシステムに適用した場合の例を示す。プレーヤは、ディスプレイ1100上に映し出されたゲーム画像を見ながら、レバー1102、ボタン1104等を実行してゲームを楽しむ。内蔵されるシステムボード(サーキットボード)1106には、各種プロセッサ、各種メモリなどが実装される。そして、本発明の各手段を実行するための情報(プログラム或いはデータ)は、システムボード1106上の情報記憶媒体であるメモリ1108に格納される。以下、この情報を格納情報と呼ぶ。

50

【0313】

図34(B)に、本実施形態を家庭用のゲームシステムに適用した場合の例を示す。プレイヤーはディスプレイ1200に映し出されたゲーム画像を見ながら、ゲームコントローラ1202、1204を操作してゲームを楽しむ。この場合、上記格納情報は、本体システムに着脱自在な情報記憶媒体であるCD1206、或いはメモリカード1208、1209等に格納されている。

【0314】

図34(C)に、ホスト装置1300と、このホスト装置1300とネットワーク1302(LANのような小規模ネットワークや、インターネットのような広域ネットワーク)を介して接続される端末1304-1~1304-nを含むシステムに本実施形態を適用した場合の例を示す。この場合、上記格納情報は、例えばホスト装置1300が制御可能な磁気ディスク装置、磁気テープ装置、メモリ等の情報記憶媒体1306に格納されている。端末1304-1~1304-nが、スタンドアロンでゲーム画像、ゲーム音を生成できるものである場合には、ホスト装置1300からは、ゲーム画像、ゲーム音を生成するためのゲームプログラム等が端末1304-1~1304-nに配送される。一方、スタンドアロンで生成できない場合には、ホスト装置1300がゲーム画像、ゲーム音を生成し、これを端末1304-1~1304-nに伝送し端末において出力することになる。

【0315】

なお、図34(C)の構成の場合に、本発明の各手段を、ホスト装置(サーバー)と端末とで分散して実行するようにしてもよい。また、本発明の各手段を実行するための上記格納情報を、ホスト装置(サーバー)の情報記憶媒体と端末の情報記憶媒体に分散して格納するようにしてもよい。

【0316】

またネットワークに接続する端末は、家庭用ゲームシステムであってもよいし業務用ゲームシステムであってもよい。そして、業務用ゲームシステムをネットワークに接続する場合には、業務用ゲームシステムとの間で情報のやり取りが可能であると共に家庭用ゲームシステムとの間でも情報のやり取りが可能な携帯型情報記憶装置(メモリカード、携帯型ゲーム装置)を用いることが望ましい。

【0317】

なお本発明は、上記実施形態で説明したものに限らず、種々の変形実施が可能である。

【0318】

例えば、本発明のうち従属請求項に係る発明においては、従属先の請求項の構成要件の一部を省略する構成とすることもできる。また、本発明の1の独立請求項に係る発明の要部を、他の独立請求項に従属させることもできる。

【0319】

また、本発明の手法により表現できる表示物は水しぶきには限定されず、例えば、花火、爆発、稲光、光るアメーバ等、形が不定形に変形しながら光を照射する種々の表示物を表現できる。

【0320】

また、パーティクルの制御手法も本実施の形態で説明した手法に限定されるものではない。

【0321】

また、本実施形態では、オブジェクトがポリゴンで構成される場合について主に説明したが、自由曲面などの他の形態のプリミティブ面でオブジェクトが構成される場合も本発明の範囲に含まれる。

【0322】

また本発明は種々のゲーム(格闘ゲーム、シューティングゲーム、ロボット対戦ゲーム、スポーツゲーム、競争ゲーム、ロールプレイングゲーム、音楽演奏ゲーム、ダンスゲーム等)に適用できる。

【0323】

また本発明は、業務用ゲームシステム、家庭用ゲームシステム、多数のプレーヤが参加する大型アトラクションシステム、シミュレータ、マルチメディア端末、ゲーム画像を生成するシステムボード等の種々のゲームシステム（画像生成システム）に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施形態の画像生成システム（ゲームシステム）のブロック図の一例を示す。

【図 2】本実施の形態の画像生成装置により生成したゲーム画像の一例を表している。

【図 3】本実施の形態の画像生成装置で水しぶきの画像を生成する際の全体的な処理の流れについて説明するためのフローチャート図である。

【図 4】本実施の形態の画像生成装置で水しぶきの画像を生成する際の全体的な処理の流れについて説明するためのフローチャート図である。

10

【図 5】図 5（A）（B）はパーティクルの発生地点単位で描画順序を判断する様子を説明するための図である。

【図 6】図 6（A）（B）（C）はパーティクルの発生地点に基づく描画順序の決定処理について説明するための図である。

【図 7】図 7（A）（B）（C）はパーティクルの発生地点に基づく描画順序の決定処理について説明するための図である。

【図 8】図 8（A）（B）は、ソーティング区間を設定してソーティング処理の必要性を判断する例について説明するための図である。

【図 9】本実施の形態において半透明描画処理を行う際の描画順序決定処理の流れの一例について説明するためのフローチャート図である。

20

【図 10】図 10（A）（B）（C）はプリミティブ単位で描画順序を判断する場合について説明するための図である。

【図 11】図 11（A）（B）（C）はプリミティブ単位で描画順序を判断する場合について説明するための図である。

【図 12】図 12（A）（B）はプリミティブの集合として構成されたオブジェクトの単位で描画順序を判断する場合について説明するための図である。

【図 13】図 13（A）（B）（C）はオブジェクトの描画順序の決定について説明するための図である。

【図 14】図 14（A）（B）（C）はオブジェクトの描画順序の決定について説明するための図である。

30

【図 15】本実施の形態の半透明描画処理を行う際の描画順序決定処理の流れの他の例について説明するためのフローチャート図である。

【図 16】図 16（A）（B）はパーティクルの水増しについて説明するための図である。

【図 17】図 17（A）（B）は子パーティクルの位置及びサイズの決定例について説明するための図である。

【図 18】図 18（A）（B）は、生成した子パーティクルにパーティクルオブジェクトを割りあてる例について説明するための図である。

【図 19】図 19（A）（B）はパーティクルの時間的な連続性について説明するための図である。

40

【図 20】図 20 はパーティクルの水増し処理の流れを説明するためのフローチャート図である。

【図 21】図 21 は本実施の形態における処理負荷を軽減するための処理の一例を説明するためのフローチャート図である。

【図 22】図 22（A）（B）は処理負荷が低い場合と処理負荷が高い場合の画像例である。

【図 23】奥行き情報を加味してパーティクル発生地点の数を制御する例について説明するためのフローチャート図である。

【図 24】図 24（A）（B）は処理負荷が低い場合と処理負荷が高い場合のパーティクル数について説明するための模式的な図である。

50

【図 2 5】奥行き情報を加味してパーティクル発生地点から発生するパーティクル数を制御する例について説明するためのフローチャート図である。

【図 2 6】奥行き情報を加味してパーティクル発生地点から発生させるパーティクルの調節を行う場合の処理の流れについて説明するためのフローチャート図である。

【図 2 7】図 2 7 (A) はパーティクルに与えられた透明度が所定値以下になった場合にパーティクルの描画処理を省略する様子を模式的に表した図であり、図 2 7 (B) はパーティクルの高さが一定以下になった場合にパーティクルの描画処理を省略する様子を模式的に表した図である。

【図 2 8】パーティクルに与えられた透明度やパーティクルの高さに基づきパーティクルの描画処理を省略する場合の処理の流れについて説明するためのフローチャート図である。

10

。【図 2 9】F O G 効果の処理削減について説明するための図である。

【図 3 0】図 3 0 (A) (B) (C) は、本実施の形態で行うデプスキューング処理について説明するための図である。

【図 3 1】本実施の形態のポリゴン分割の一例について説明するためのフローチャート図である。

【図 3 2】パーティクルオブジェクトを構成するスプライト (板ポリゴン) を分割する様子を表した図である。

【図 3 3】本実施形態を実現できるハードウェアの構成の一例を示す図である。

【図 3 4】図 3 4 (A)、(B)、(C) は、本実施形態が適用される種々の形態のシステムの例を示す図である。

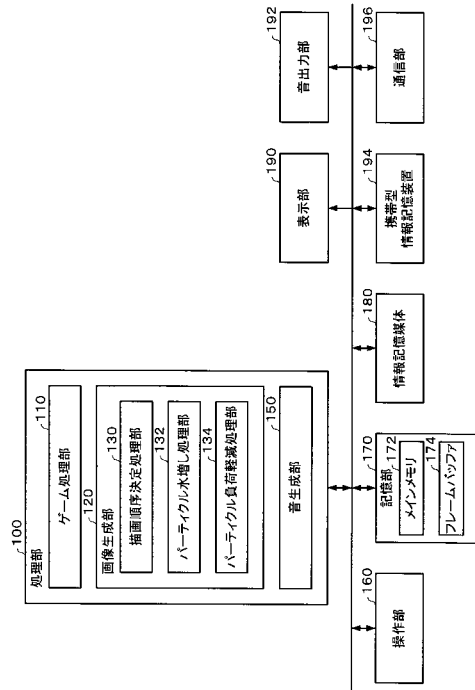
20

【符号の説明】

- 1 0 0 処理部
- 1 1 0 ゲーム処理部
- 1 2 0 画像生成部
- 1 3 0 描画順序決定処理部
- 1 3 2 パーティクル水増し処理部
- 1 3 4 パーティクル負荷軽減処理部
- 1 4 0 描画部
- 1 5 0 音生成部
- 1 6 0 操作部
- 1 7 0 記憶部
- 1 7 2 メインメモリ
- 1 7 4 フレームバッファ
- 1 8 0 情報記憶媒体
- 1 9 0 表示部
- 1 9 2 音出力部
- 1 9 4 携帯型情報記憶装置
- 1 9 6 通信部

30

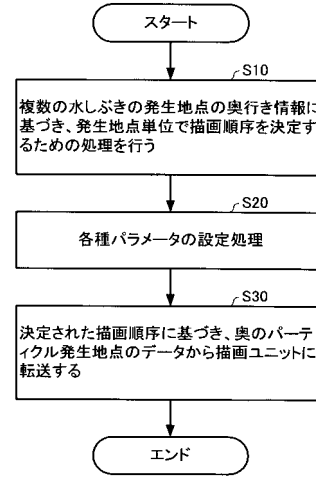
【図 1】



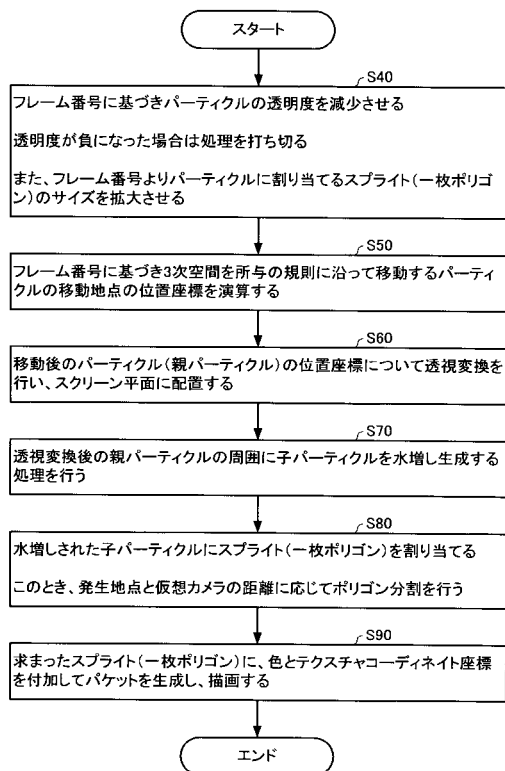
【図 2】



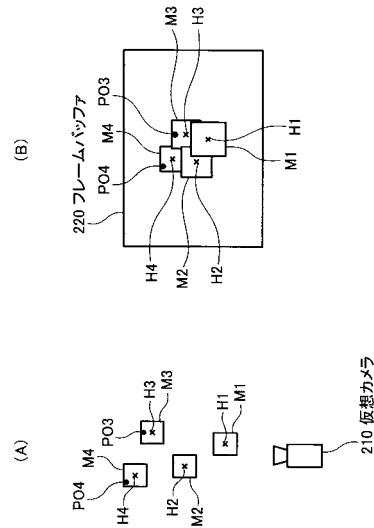
【図 3】



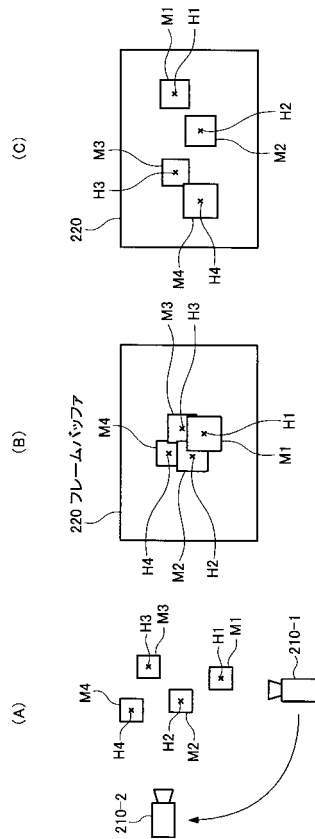
【図 4】



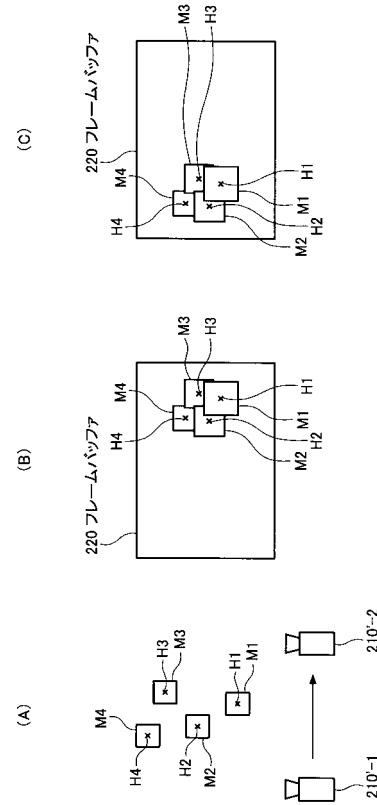
【図 5】



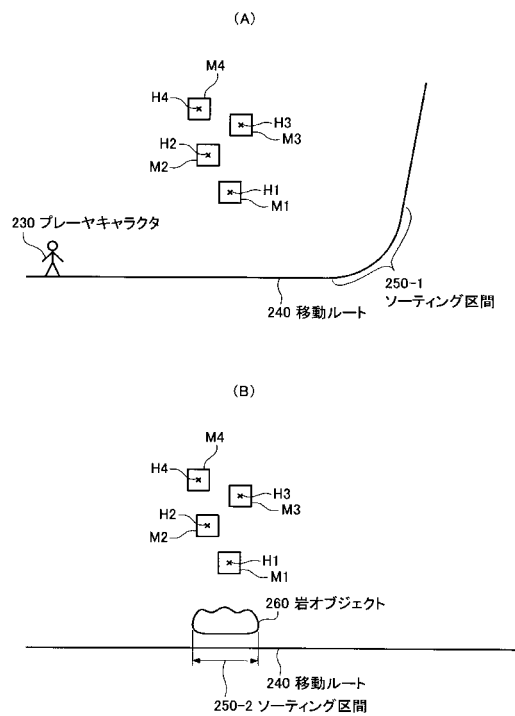
【図 6】



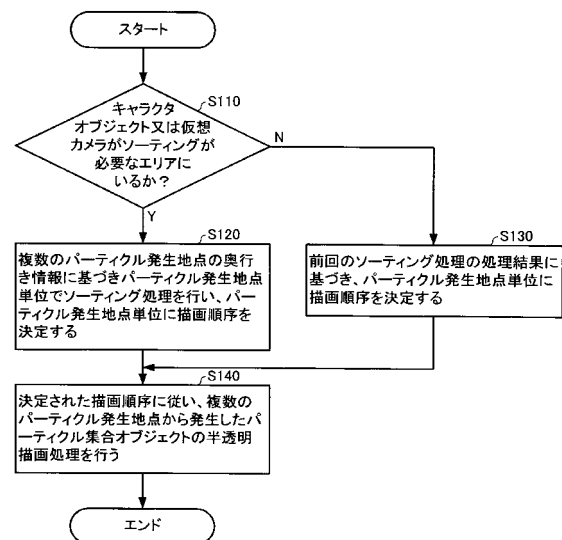
【図 7】



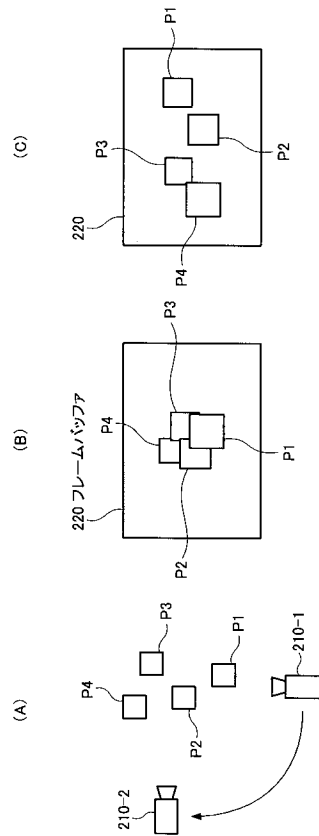
【図 8】



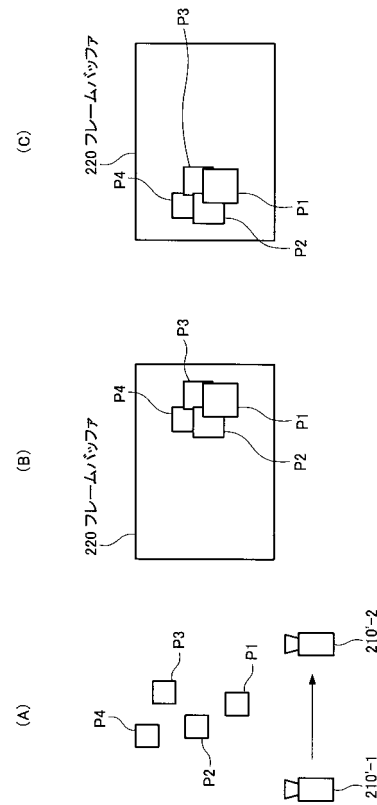
【図 9】



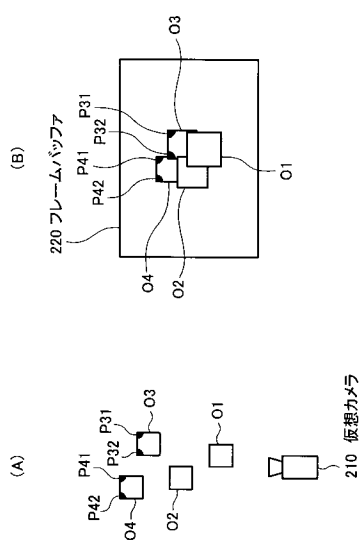
【図 10】



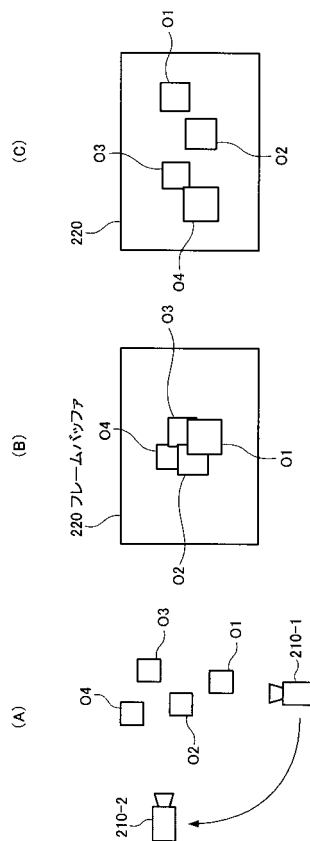
【図 11】



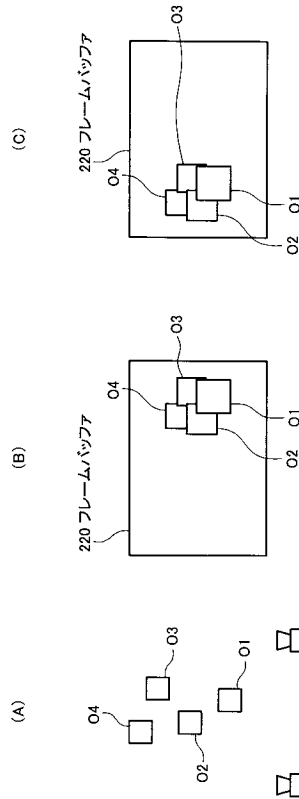
【図 12】



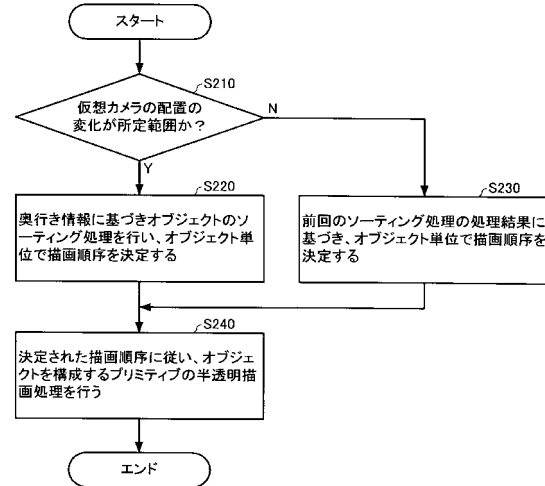
【図 13】



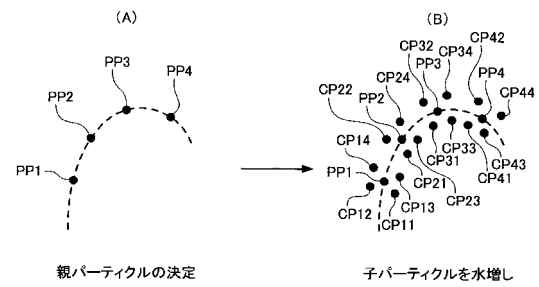
【図 14】



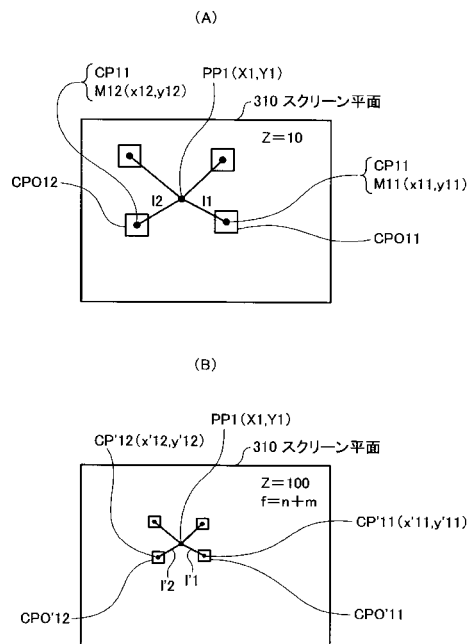
【図 15】



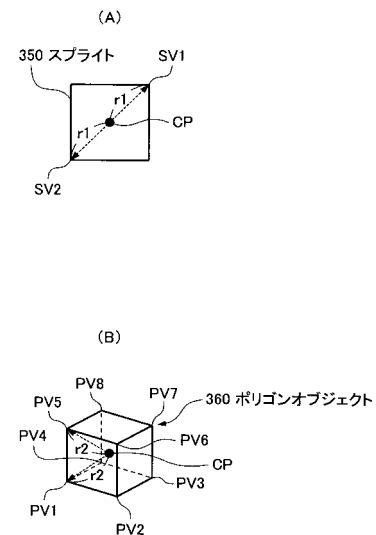
【図 16】



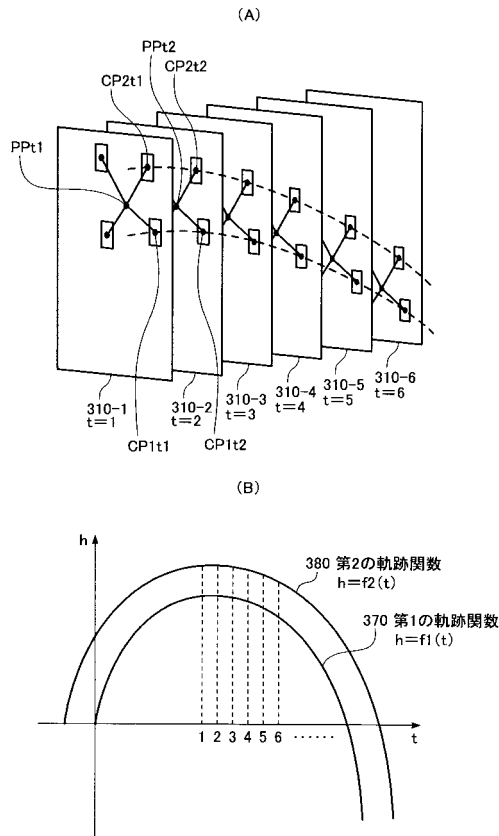
【図 17】



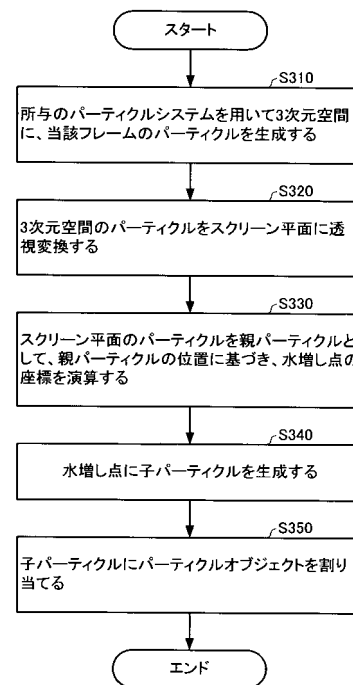
【図 18】



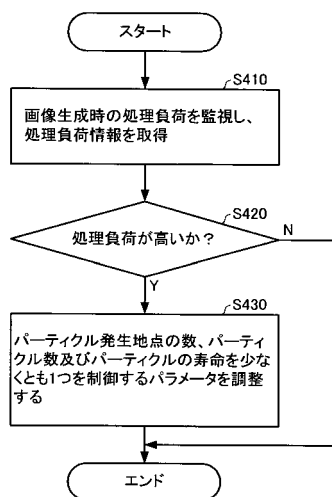
【図 19】



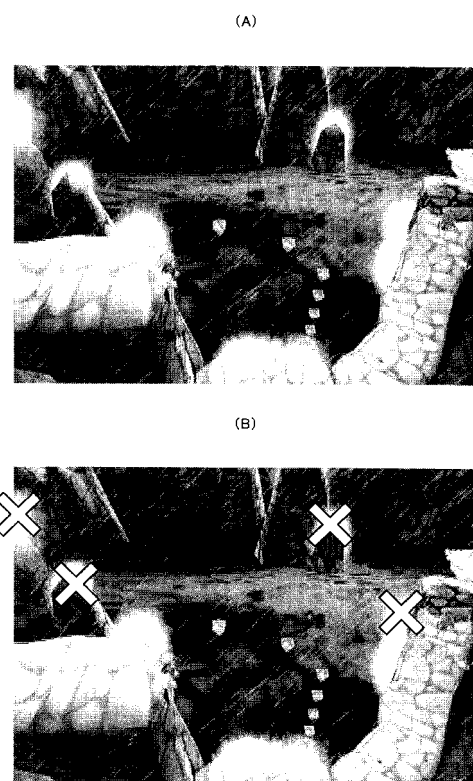
【図 20】



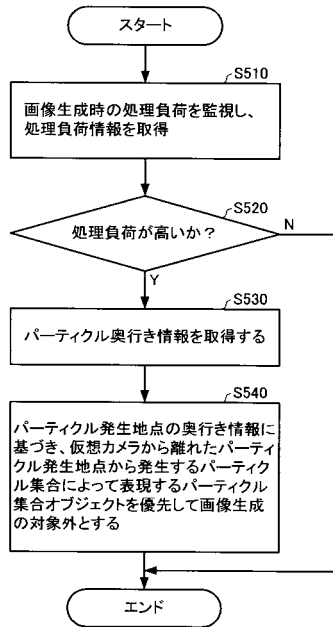
【図 21】



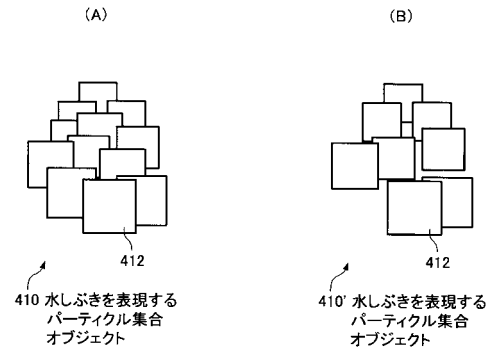
【図 22】



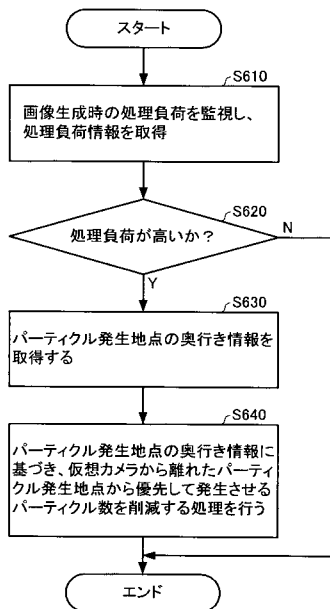
【図 23】



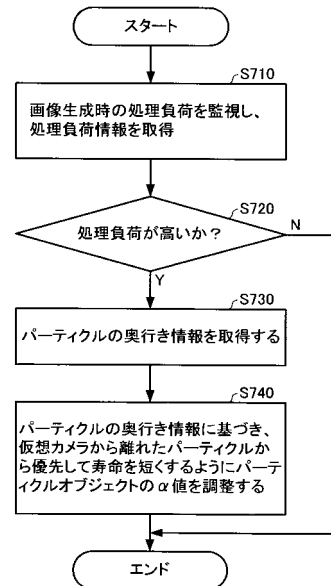
【図 24】



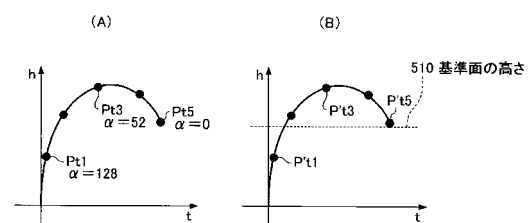
【図 25】



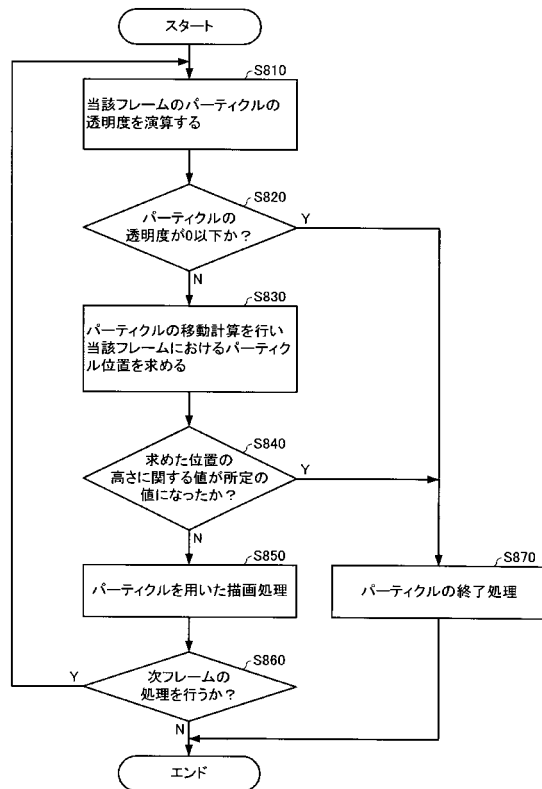
【図 26】



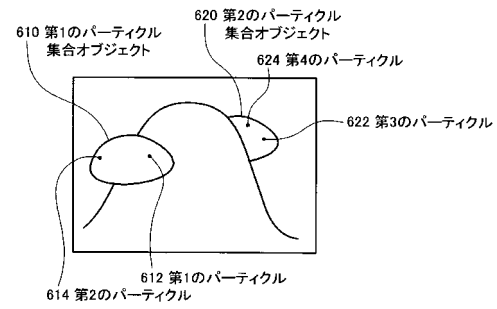
【図 27】



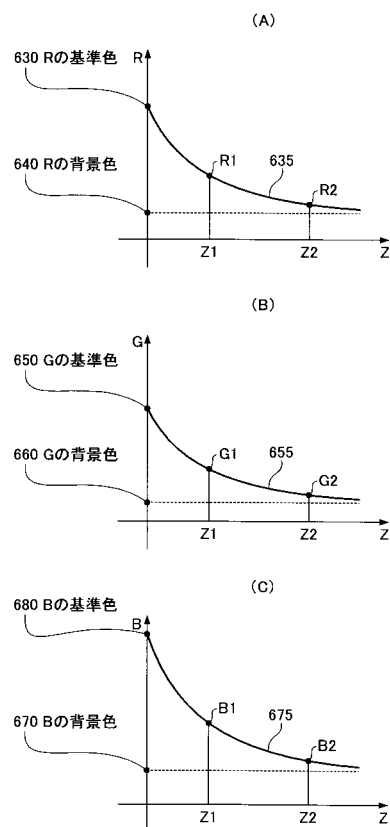
【図 28】



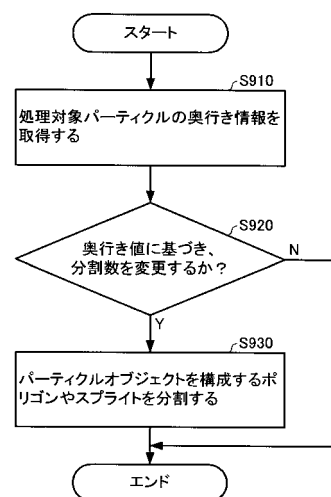
【図 29】



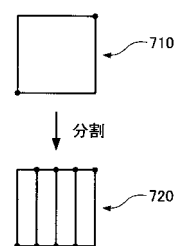
【図 30】



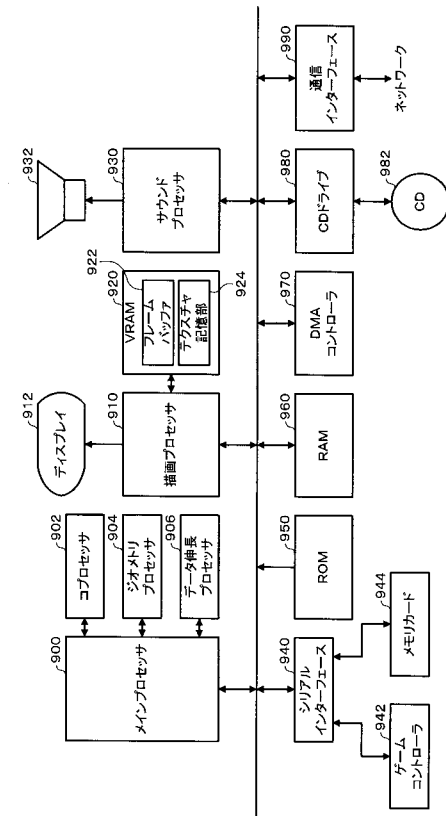
【図 31】



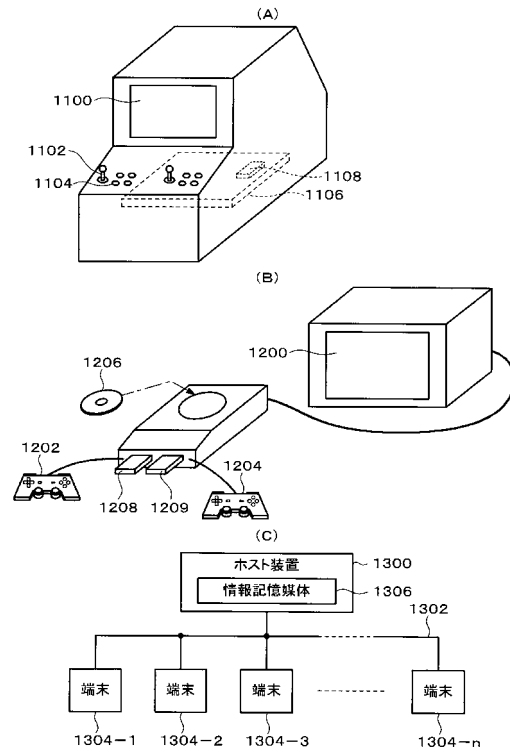
【図 32】



【図 33】



【図 34】



フロントページの続き

審査官 千葉 久博

- (56)参考文献 特開2000-242807(JP,A)
特開2000-215323(JP,A)
特開2000-039130(JP,A)
特開平09-231400(JP,A)
国際公開第00/002165(WO,A1)
加古川群司, "身近になったパーティクル・システム", 日経CG, 日本, 日経BP社, 2000年10月8日, 第169号, p.46-79
山本健介, "パーティクルを使った迫力ある炎を再現", GW, 日本, 株式会社アイ・ディ・ジーコミュニケーションズ, 1999年10月1日, 第2巻, 第10号, p.140-143
青山敏之, 外1名, "キャラクターにいのちが宿るとき。~デジタルムービー演出理論~", アゴスト スーパーグラフィックス, 日本, アゴスト, 1999年5月21日, 第01号, p.49-75
エリオット スティーブン, 外10名, "INSIDE 3D Studio MAX 2.5 下 初版", 日本, ソフトバンク株式会社, 1998年10月6日, 第1版, p.298-309
リーズ ステファニー, 外1名, "3D STUDIO MAX プラグインガイド 初版", 日本, インターナショナルトムソンパブリッシングジャパン, 1997年11月25日, 第1版, p.48-56
村岡一信, 外3名, "渦場と粒子による煙や炎の2次元CGシミュレーション", 電子情報通信学会論文誌, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 1993年8月25日, 第J76-D-II巻, 第8号, p.1735-1745

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 15/00
A63F 9/24,13/00-13/12
G06T 15/70,17/40