

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4153065号

(P4153065)

(45) 発行日 平成20年9月17日(2008.9.17)

(24) 登録日 平成20年7月11日(2008.7.11)

(51) Int.Cl.

G 0 6 T 11/80 (2006.01)

F I

G 0 6 T 11/80

B

請求項の数 18 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願平9-335379	(73) 特許権者	595097771
(22) 出願日	平成9年12月5日(1997.12.5)		アドビ システムズ, インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開平10-293859		ADOBE SYSTEMS, INC.
(43) 公開日	平成10年11月4日(1998.11.4)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 951
審査請求日	平成16年12月2日(2004.12.2)		10, サン ノゼ, パーク アベニュー
(31) 優先権主張番号	08/761186		345
(32) 優先日	平成8年12月5日(1996.12.5)	(74) 代理人	100076185
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小橋 正明
前置審査		(72) 発明者	マーチン イー, ニューウエル
			アメリカ合衆国, カリフォルニア 94
			036, パロ アルト, アドビ プレイ
			ス 410
		審査官	田中 幸雄
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンピュータディスプレイ上での曲線の形成及び修正

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ディスプレイ装置に表示されている曲線を修正する方法において、

表示制御手段が、グラフィカルユーザインターフェースを具備しているコンピュータシステムのディスプレイ装置上に、端部同士を接続させた複数のセグメントから構成されており各セグメントが2個のセグメント端点を含む複数の制御点を具備しており該セグメントの該制御点が制御点である格納手段内に格納されている複合曲線を、表示させるステップ

該複合曲線が表示されている間に、識別手段が、該グラフィカルユーザインターフェースを介して受取られた入力手段からの該複合曲線の各制御点に対する入力に応じて各制御点を固定制御点か、選択制御点か、自由制御点かのいずれであるかを識別すると共に複数の選択制御点を一つのグループとして識別するステップ、

該入力を受取った後に、移動手段が、該入力手段から該グラフィカルユーザインターフェースを介して入力された変位入力に基づいて、該複数の選択制御点を一つのグループとして相対的な位置を変化させること無しに該ディスプレイ装置上で移動させ、次いで、計算手段が、前記複数の選択制御点の変位に基づいて移動させるべき各自由制御点の変位を計算し、次いで、該移動手段が計算された該変位に基づいて該ディスプレイ装置上において各自由制御点を移動させるステップ、

からなり、前記計算手段が各自由制御点の変位を計算する場合に、

前記計算手段が、セグメント端点である全ての自由制御点をライン上の対応する点に

10

20

対してマッピングし、

前記計算手段が、ライン t 上に補間曲線 $IC(t)$ を定義し、

前記計算手段が、ライン t 上の前記点を補間曲線 $IC(t)$ の対応する値へ垂直に投影させて対応する拡張率を見つけ出し、

前記計算手段が、前記拡張率を前記選択制御点の変位と乗算させてセグメント端点である前記自由制御点の対応する変位を決定する、

ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記制御点がセグメント端点と関連している勾配点を包含しており、更に、

前記計算手段が、ライン t 上の点 T_p に対してマッピングされたセグメント端点と関連している自由勾配点をライン t 上の点 T_{p+} に対してマッピングするステップ、

前記計算手段が、 $t = T_p$ において補間曲線 $IC(t)$ に対して接線方向のライン $Y_p(t)$ を画定するステップ、

前記計算手段が、点 T_{p+} をライン t から垂直に $t = T_{p+}$ においてライン $Y_p(t)$ の値へ投影させて前記自由勾配点に対する拡張率を見つけ出すステップ、

前記計算手段が、前記自由セグメント端点及び自由勾配点の拡張率を前記選択制御点の変位と乗算させて前記自由セグメント端点及び自由勾配点の変位を決定するステップ、からなることを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 1 において、前記対応する拡張率が補間曲線 $IC(t)$ の値に等しいことを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 3 において、更に、

前記計算手段が、 $IC(t)$ の値を 0 から 1 の範囲内となるように画定し、その際に前記自由制御点を前記選択制御点の変位より小さな変位だけ移動させることを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 において、更に、

前記識別手段が、ユーザ入力に応答して、選択制御点と自由制御点とを有する第一グループの制御点及び固定制御点によって該第一グループの制御点から離隔されており選択制御点と自由制御点とを有する第二グループの制御点を識別するステップ、

前記計算手段が、前記第一グループの選択制御点及び前記第二グループの選択制御点の両方に対しての単一の変位係数を受取るステップ、

前記計算手段が、前記第一グループの自由制御点を第一ライン t_1 上の点 T_{p1} に対してマッピングし且つ前記第二グループの自由制御点を第二ライン t_2 上の点 T_{p2} に対してマッピングするステップ、

前記計算手段が、第一ライン t_1 上の第一補間曲線 $IC(t_1)$ を画定し且つ第二ライン t_2 上に第二補間曲線 $IC(t_2)$ を画定するステップ、

前記計算手段が、 $t_1 = T_{p1}$ における第一補間曲線 $IC(t_1)$ に対して点 T_{p1} を投影させて第一拡張率を見つけ出し且つ $t_2 = T_{p2}$ における第二補間曲線 $IC(t_2)$ に対して点 T_{p2} を投影させて第二拡張率を見つけ出すステップ、

前記計算手段が、前記第一拡張率を前記単一の変位係数と乗算させて前記第一グループ自由制御点の変位を決定し且つ前記第二拡張率を前記単一の変位係数と乗算させて前記第二グループ自由制御点の変位を決定させるステップ、からなることを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 1 において、前記複数のセグメントがベジェセグメントを有していることを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 1 において、前記曲線が第一制御点を有しており、更に、
前記計算手段が、前記複合曲線のセグメント端点を通過するポリラインを画定するステップ、

前記計算手段が、前記ポリラインの全長を計算するステップ、
を有しており、その場合にライン t 上の対応する点の位置は、(i) 第一制御点と対応するセグメント端点との間のポリライン長の (i i) 該ポリラインの全長に対する比によって画定されることを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 1 において、更に、
前記計算手段が、ライン t を前記変位の方角に対して垂直であるように画定するステップ、
を有しており、前記自由制御点をマッピングさせるステップが前記曲線の自由制御点をライン t 上に垂直に投影させる、ことを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 1 において、前記補間曲線が三次曲線として画定されることを特徴とする方法。

【請求項 10】

ディスプレイ装置に表示されている曲線を修正するためにコンピュータを、
グラフィカルユーザインターフェースを具備しているコンピュータシステムのディスプレイ装置上に、端部同士を接続させた複数のセグメントから構成されており各セグメントが 2 個のセグメント端点を含む複数の制御点を具備しており該セグメントの該制御点が制御点である格納手段内に格納されている複合曲線を、表示させる手段、

該複合曲線が表示されている間に、該グラフィカルユーザインターフェースを介して受取られた入力手段からの該複合曲線の各制御点に対する入力に応じて各制御点を固定制御点か、選択制御点か、自由制御点かのいずれであるかを識別すると共に複数の選択制御点を一つのグループとして識別する手段、

該入力を受取った後に、該入力手段から該グラフィカルユーザインターフェースを介して入力された変位入力に基づいて、該複数の選択制御点を一つのグループとして相対的な位置を変化させること無しに該ディスプレイ装置上で移動させ、次いで、前記複数の選択制御点の変位に基づいて移動させるべき各自由制御点の変位を計算する場合に、(1) セグメント端点である全ての自由制御点をライン t 上の対応する点に対してマッピングし、
(2) ライン t 上に補間曲線 $IC(t)$ を定義し、(3) ライン t 上の前記点を補間曲線 $IC(t)$ の対応する値へ垂直に投影させて対応する拡張率を見つけ出し、(4) 前記拡張率を前記選択制御点の変位と乗算させてセグメント端点である前記自由制御点の対応する変位を決定することにより各自由制御点の変位を計算し、次いで、該移動手段が計算された該変位に基づいて該ディスプレイ装置上において各自由制御点を移動させる手段、
として機能させるためのディスプレイ装置に表示されている曲線を修正するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 11】

請求項 10 において、前記制御点がセグメント端点と関連している勾配点を包含しており、前記プログラムが、更に、コンピュータを、

ライン t 上の点 T_p に対してマッピングされたセグメント端点と関連している自由勾配点をライン t 上の点 T_{p+} に対してマッピングする手段、

$t = T_p$ において補間曲線 $IC(t)$ に対して接線方向のライン $Y_p(t)$ を画定する手段、

点 T_{p+} をライン t から垂直に $t = T_{p+}$ においてライン $Y_p(t)$ の値へ投影させて前記自由勾配点に対する拡張率を見つけ出す手段、

前記自由セグメント端点及び自由勾配点の拡張率を前記選択制御点の変位と乗算させて前記自由セグメント端点及び自由勾配点の変位を決定する手段、
として機能させるコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 12】

請求項 1 0 において、前記プログラムが、更に、コンピュータを、
 $IC(t)$ の値を 0 から 1 の範囲内となるように画定する手段、
 として機能させ、その際に前記自由制御点を前記選択制御点の変位より小さな変位だけ移動させるコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 において、前記プログラムが、更に、コンピュータを、
 ユーザ入力に応答して、選択制御点と自由制御点とを有する第一グループの制御点及び
 固定制御点によって該第一グループの制御点から離隔されており選択制御点と自由制御点
 とを有する第二グループの制御点を識別する手段、

前記第一グループの選択制御点及び前記第二グループの選択制御点の両方に対しての単
 一の変位係数を受取る手段、

前記第一グループの自由制御点を第一ライン t_1 上の点 Tp_1 に対してマッピングし且
 つ前記第二グループの自由制御点を第二ライン t_2 上の点 Tp_2 に対してマッピングする
 手段、

第一ライン t_1 上の第一補間曲線 $IC(t_1)$ を画定し且つ第二ライン t_2 上に第二補
 間曲線 $IC(t_2)$ を画定する手段、

$t_1 = Tp_1$ における第一補間曲線 $IC(t_1)$ に対して点 Tp_1 を投影させて第一拡
 縮率を見つけ出し且つ $t_2 = Tp_2$ における第二補間曲線 $IC(t_2)$ に対して点 Tp_2
 を投影させて第二拡縮率を見つけ出す手段、

前記第一拡縮率を前記単一の変位係数と乗算させて前記第一グループ自由制御点の変位
 を決定し且つ前記第二拡縮率を前記単一の変位係数と乗算させて前記第二グループ自由制
 御点の変位を決定させる手段、

として機能させるコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 4】

請求項 1 0 において、前記複数のセグメントがベジェセグメントを有しているコンピュ
 ータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 5】

ディスプレイ装置に表示されている曲線を修正する方法において、

表示制御手段が、ディスプレイ装置上に、端部同士を接続させた複数のセグメントから
 構成されており各セグメントが複数の制御点を具備しており格納手段内に格納されている
 複合曲線を表示させるステップ、

入力受け取り手段が、該複合曲線の勾配を修正すべき該複合曲線の端点を選択し且つ勾
 配変位を画定する入力を受取るステップ、

マッピング手段が、該複合曲線のセグメント端点である各制御点をライン t 上の対応す
 る点 Tp へマッピングするステップ、

画定手段が、ライン t 上に $IC(0) = 0$ 、 $IC(1) = 1$ 、 $dIC(0)/dt > 0$
 、 $dIC(1)/dt = 0$ の条件を満足させる補間曲線 $IC(t)$ を画定するステップ、

投影手段が、対応する拡縮率を見つけ出すために $t = Tp$ における補間曲線 $IC(t)$
 の値に対して各点 Tp を投影させるステップ、

乗算手段が、該対応する拡縮率と該勾配変位とを乗算させて該対応する制御点の変位を
 決定するステップ、

からなることを特徴とする方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 において、該補間曲線 $IC(t)$ がバーンスタイン多項式であることを特徴
 とする方法。

【請求項 1 7】

ディスプレイ装置に表示されている曲線を修正するためにコンピュータを、

ディスプレイ装置上に、端部同士を接続させた複数のセグメントから構成されており各
 セグメントが複数の制御点を具備しており格納手段内に格納されている複合曲線を表示さ
 せる手段、

10

20

30

40

50

該複合曲線の勾配を修正すべき該複合曲線の端点を選択し且つ勾配変位を画定する入力を受取る手段、

該複合曲線のセグメント端点である各制御点をライン t 上の対応する点 T_p へマッピングする手段、

ライン t 上に $I C(0) = 0$ 、 $I C(1) = 1$ 、 $d I C(0) / d t > 0$ 、 $d I C(1) / d t = 0$ の条件を満足させる補間曲線 $I C(t)$ を画定する手段、

対応する拡張率を見つけ出すために $t = T_p$ における補間曲線 $I C(t)$ の値に対して各点 T_p を投影させる手段、

該対応する拡張率と該勾配変位とを乗算させて該対応する制御点の変位を決定する手段、
 として機能させるためのディスプレイ装置に表示されている曲線を修正するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 18】

請求項 17 において、該補間曲線 $I C(t)$ がバーンスタイン多項式であるコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータディスプレイ上に曲線を形成し且つ修正する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

例えばカリフォルニア州サンノゼにあるアドビシステムズインコーポレイテッドから市販されているイラストレーター (Illustrator) プログラムのようなグラフィックスプログラムにおける曲線は、ユーザがマウスのフリーハンド運動を使用することによってコンピュータディスプレイ上に形成させることが可能である。一般的に、このような曲線はコントロールポイント (control point) 即ち制御点の構造物として表現される。例えば、三次ベジェ曲線セグメント (図 12 に示してあるようなもの) の場合には、4 つの制御点を使用し、そのうちの、2 つの制御点 P_0 及び P_3 はセグメント端点 (それを介して曲線セグメントが通過する) であり、且つ他の 2 つの制御点 P_1 及び P_2 は、セグメント端点 P_0 及び P_3 における曲線セグメントの勾配を画定するスロープポイント (slope point) 即ち勾配点である。

【0003】

複合曲線は、複数個のベジェ曲線セグメントを連結させることによって形成することが可能である。例えばアドビイラストレーターシステムにおけるような幾つかの従来のシステムにおいては、ユーザは制御点を選択し且つドラッグすることによって複合曲線を修正することが可能である。次いで、捕まえた点はカーソルによって特定された距離だけ移動する。例えば米国特許第 5,412,770 号に記載されているようなその他のシステムにおいては、曲線上の点は固定させることが可能であり且つ該曲線の 1 つのセグメントをコンピュータディスプレイ上のカーソルを移動させることによって作り直すことが可能である。別の従来のシステムにおいては、固定した点 (即ち、固定点) を複合曲線上において特定した後に、制御点をドラッグすることによって複合曲線を修正することが可能である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、以上の点に鑑みなされたものであって、コンピュータディスプレイ上で曲線を形成したり修正したりする改良した技術を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

一般的に、1 側面においては、本発明は、コンピュータシステムにおけるグラフィカルユ

10

20

30

40

50

ユーザインターフェース（GUI）を介してユーザのアクション即ち行為にตอบสนองして曲線を修正するコンピュータによって実行される方法を提供している。該曲線は、複数の制御点によって画定されている。制御点の各々は、ユーザの入力にตอบสนองして、固定されている制御点（即ち、固定制御点）、選択された制御点（即ち、選択制御点）、又は自由制御点として識別される。複数の選択された点のディスプレイメント（displacement）即ち変位が受取られる。該曲線の自由制御点をライン t 上のポイント即ち点 T_p に対してマッピングさせる。補間曲線 $IC(t)$ をライン t 上に画定する。点 T_p を $t = T_p$ において補間曲線 $IC(t)$ の値に対して投影させて、スケールファクタ（scale factor）即ち拡張率を見つけ出す。該拡張率を該選択点の変位と乗算させて、自由制御点の変位を決定する。

10

【0006】

一般的に、別の側面においては、本発明は、コンピュータシステムにおけるグラフィカルユーザインターフェースを介して、ユーザの行為にตอบสนองして、各々が複数の制御点によって画定されている複数の曲線を修正するコンピュータによって実行される方法を提供している。該制御点の各々は、ユーザの入力にตอบสนองして、固定制御点、選択制御点、又は自由制御点として識別される。各曲線の選択した点の変位を受取る。各曲線の自由制御点を複数のラインのうちの対応する1つの1つの点に対してマッピングさせる。各ライン上において補間曲線を画定する。各ライン上の該点を、対応する補間曲線に対して投影させて各自由制御点に対するスケールファクタ即ち拡張率を見つけ出す。該拡張率を選択制御点の変位と乗算させて自由制御点の変位を決定する。

20

【0007】

一般的に、別の側面においては、本発明は、コンピュータシステムにおいてディスプレイ上にベジェ曲線セグメントを形成するコンピュータによって実行されるグラフィカルユーザインターフェース方法を提供している。第一セグメント端点の選択がコンピュータシステムにおけるグラフィカルユーザインターフェースを介して受取られる。コンピュータディスプレイ上のカーソルの位置が第二セグメント端点として受取られる。第一及び第二セグメント端点及び第一及び第二勾配点によって画定されるベジェ曲線が円弧を近似するように第一及び第二勾配点を演算する。演算されたベジェ曲線セグメントをコンピュータディスプレイ上に表示する。

【0008】

30

一般的に、別の側面においては、本発明は、コンピュータシステムにおけるグラフィカルユーザインターフェースを介してユーザの行為にตอบสนองして曲線を修正するコンピュータによって読取可能な媒体上に存在しているコンピュータプログラムを提供している。該曲線は複数の制御点によって画定される。該コンピュータプログラムは、コンピュータシステムをして、ユーザの入力にตอบสนองして、制御点の各々を固定制御点、選択制御点、又は自由制御点として識別させる命令を包含している。該命令は、更に、コンピュータシステムをして、複数の選択した点の変位を受取らせ、該曲線の自由制御点をライン t 上の点 T_p に対してマッピングさせ、且つライン t 上に補間曲線 $IC(t)$ を画定させる。該命令は、更に、コンピュータシステムをして、点 T_p を $t = T_p$ において補間曲線 $IC(t)$ の値に対して投影させて拡張率を見つけ出し、且つ該拡張率を選択した点の変位と乗算させて自由制御点の変位を決定させる。

40

【0009】

一般的に、別の側面においては、本発明は、コンピュータシステムにおけるグラフィカルユーザインターフェースを介してユーザの行為にตอบสนองして複数の曲線を修正するためのコンピュータによって読取可能な媒体上に存在するコンピュータプログラムを提供している。各曲線は複数の制御点によって画定される。該コンピュータシステムは、コンピュータシステムをして、ユーザの入力にตอบสนองして、前記制御点の各々を、固定制御点、選択制御点、又は自由制御点として識別させる命令を包含している。該命令は、更に、コンピュータシステムをして、各曲線の選択した点の変位を受取らせ、各曲線の自由制御点を複数のラインのうちの対応する1つの1つの点に対してマッピングさせ、且つ各ライン上

50

に補間曲線を画定させる。該命令は、更に、コンピュータシステムをして、各ライン上の該点を対応する補間曲線に対して投影させて各自由制御点に対する拡張率を見つけ出し、且つ該拡張率を選択制御点の変位と乗算させて自由制御点の変位を決定させる。

【0010】

一般的に、別の側面においては、本発明は、ベジェ曲線セグメントを形成するためのコンピュータによって読取可能な媒体上に存在するコンピュータプログラムを提供している。該コンピュータプログラムは、コンピュータシステムをして、コンピュータシステムにおけるグラフィカルユーザインターフェースを介して第一セグメント点の選択を受取らせ、且つ第二セグメント端点としてコンピュータディスプレイ上のカーソルの位置を受取らせる。該命令は、更に、コンピュータシステムをして、第一及び第二端点及び第一及び第二勾配点によって画定されるベジェセグメントが円弧を近似するように第一及び第二勾配点を演算させ、且つ演算されたベジェ曲線セグメントをコンピュータディスプレイ上に表示させる。

10

【0011】

一般的に、別の側面においては、本発明は、コンピュータシステムにおけるグラフィカルユーザインターフェースを介して、ユーザの行為に応答して、複数の制御点によって画定されており且つ2つの曲線端点を有している曲線を修正するコンピュータによって実行される方法を提供している。勾配調節点を画定し、且つ勾配調節点のグラフィカルユーザインターフェースを介して変位を受取られる。該曲線の制御点をライン t 上の点 T_p に対してマッピングさせ、補間曲線 $IC(t)$ をライン t 上に画定させる。点 T_p を $t = T_p$ において補間曲線 $IC(t)$ の値に対して投影させてスケールファクタ即ち拡張率を見つけ出し、且つ該拡張率を選択した点の変位と乗算させて、自由制御点の変位を決定する。

20

【0012】

一般的に、別の側面においては、本発明は、コンピュータシステムにおけるグラフィカルユーザインターフェースを介してユーザの行為に応答して複数の制御点によって画定されている曲線を修正するためのコンピュータによって読取可能な媒体上に存在するコンピュータプログラムを提供している。該コンピュータプログラムは、コンピュータシステムをして、勾配調節点を画定させ且つ勾配調節点のグラフィカルユーザインターフェースを介して変位を受取らせる命令を包含している。該命令は、更に、コンピュータシステムをして、該曲線の制御点をライン t 上の点 T_p に対してマッピングさせ、ライン t 上に補間曲線 $IC(t)$ を画定させ、点 T_p を $t = T_p$ において補間曲線 $IC(t)$ の値に対して投影させて拡張率を見つけ出し、且つ該拡張率を選択した点の変位と乗算させて自由制御点の変位を決定させる。

30

【0013】

本発明の利点としては以下に示すような1つ又はそれ以上のものがある。複数の固定した点を特定することが可能であり且つ複数の選択した点を1つのグループとして選択し且つ硬直的に移動させることが可能である。複数の曲線上の点を選択し且つ移動させることが可能である。曲線上の点は元の曲線の一般的な形状及び詳細を維持し且つ曲線のセグメント間の遷移の滑らかさを維持するように移動される。ユーザは曲線の任意の部分を修正するために選択することが可能であり且つその曲線の残部の滑らかさが維持される。端点における複合曲線の勾配を調節することが可能である。

40

【0014】**【発明の実施の形態】**

本発明を実施したグラフィックスプログラムにおいては、複合曲線の一部がユーザによって特定された態様で修正又は変形されるべき場合には、該曲線のその他の部分は、該曲線の一般的な形状及び詳細を維持し且つ曲線全体のセグメント間の滑らかな遷移を維持すべく修正される。例えば、複合曲線が該曲線内に多数の詳細部を画定する何百もの曲線セグメントを包含している場合には、該プログラムは修正操作の後に元の複合曲線の該詳細を維持する。このプログラムの場合には、ユーザは曲線の詳細及び滑らかさを維持するために複合曲線のセグメントを手作業によって調節することは必要ではない。

50

【0015】

更に、本プログラムは、更に、ユーザが複合曲線の勾配をその曲線端点において調節することを可能としている。勾配調整点が設けられており、それは勾配を任意の所望の量だけ修正するためにユーザによって選択することが可能である。図1を参照すると、複合曲線は端部同志が接続された多数のセグメントから構成されている。曲線の部分を同定即ち識別する場合に使用される用語を説明するために、複合ベジェ曲線30は3つのベジェセグメント22, 23, 24を有している。セグメントの端点は文字Eとそれに続く数字によって識別され、この例においては、セグメント端点はE1乃至E4である。曲線端点はE1及びE4である。曲線端点ではないセグメント端点は2つのセグメントによって共用されており、この例においては、これらはE2及びE3である。端点に加えて、ベジェセグメントは別の種類の制御点である勾配点を有している。1つのセグメントにおける各端点は1つの勾配点と関連している。図12に示したベジェセグメントにおいては、端点P0及びP3は、夫々、勾配点P1及びP2と関連している。図1の曲線30において、端点Enと関連する勾配点はEn+及びEn-として識別される。例えば、E2と関連するセグメント22の勾配点はE2-であり、一方E2と関連するセグメント23の勾配点はE2+である。1つの曲線又は1つの曲線の一部が移動されると、制御点が移動される。それらの新たな移動後の位置における制御点はダッシュによって識別される。2つの移動が示される場合には、2番目の位置は2つのダッシュで識別され、以下同様である。図1においては、新たな制御点E3', E3+', E4'が示されている。セグメント端点は、又、一般的にPとして識別することが可能であり、それと関連する勾配制御点はP+及びP-として識別することが可能である。更に、その曲線端点においての複合曲線の勾配も、図2D, 2E, 8に関連して以下に説明する「擬似」勾配点と呼ばれるものを選択することによってユーザによって調節することが可能である。

10

20

【0016】

ユーザが曲線を移動させる場合には、ユーザは各制御点を、3つのタイプ、即ち選択、自由及び固定のうちの1つのものとしてマーク付けを行なう。通常、全ての制御点はデフォルトでは自由であり、且つユーザの行為が特定の制御点を選択又は固定として明示的にマーク付けを行なう（プログラムのグラフィカルユーザインターフェースを介して）。曲線セグメントの勾配点はプログラムのグラフィカルユーザインターフェース上ではユーザにとって見るできないものであり、従って選択又は固定としてマーク付けを行なうことは不可能である。一方、セグメント端点は固定点としてデフォルト設定することが可能であり（一方、勾配点は自由点へデフォルト設定される）、ユーザはどのセグメント端点が自由であるか又は選択であるかのマーク付けを行なわねばならない。

30

【0017】

選択点はユーザによって特定されたディスプレイメント（displacement）即ち変位だけ硬直的なグループとして移動する点である。固定点は、移動しない点である。自由点は以下に説明するように変位が計算即ち演算されるその他の全ての点である。然しながら、固定点によってのみ取囲まれる自由点（勾配点E1+及びE2-を含む）はその場所に留まる。更に、選択点によってのみ取囲まれる自由点は、通常、曲線の修正の性質に依存して、選択点と共に移動する。自由セグメント端点は、曲線の一般的な形状を維持するように移動される。自由勾配点は、曲線セグメント間の滑らかな遷移を維持するように移動される。

40

【0018】

図2A-2Cを参照すると、プログラムが2ステップマッピング機能（関数）を実行するアルゴリズムを使用して関連する勾配点P-及びP+に沿っての各自由端点Pの変位を決定する。図2Bを参照すると、該プログラムは、ステップ400において、選択した端点又は複合曲線上の選択した端点の変位Vを受取る。次いで、該プログラムは、ステップ401において、2つ又はそれ以上のディスジョイント（disjoint）即ち解体したグループの点が存在するか否かを決定する。移動されるべき複数のディスジョイント（解体）グループの点に関与する移動操作においては、複数の別個のマッピングが実行さ

50

れる。2つのグループの選択点は、それらが固定点によって分離されている場合には、ディスジョイント即ち解体状態にあると考えられる。更に、複数の複合曲線が同時に移動される場合には、ディスジョイントグループの制御点が発生する場合もある。複数の曲線の場合には、各複合曲線は、少なくとも1つのディスジョイントグループの制御点を有しているものと考えられる。

【0019】

複数のディスジョイントグループの制御点が存在しない場合には、複合曲線上の制御点は、ステップ402において、図2Aに示したように、距離マッピング方法（図2C）又は投影マッピング方法（図3A及び3B）のいずれかを使用して、1つの単位ラインセグメント $t [0, 1]$ 上の点に対してマッピングされる。該複合曲線上の各セグメント端点 E_p （又は、単に P ）を t 上の T_p と呼ばれる点に対してマッピングさせ、各勾配点 E_{p+} 又は E_{p-} （又は、単に、 $P+$ 又は $P-$ ）をパラメータ T_{p+} 又は T_{p-} に対してマッピングさせる。

10

【0020】

次いで、ステップ403において、 t 上に1つの補間曲線 I_C を画定する。点 T_p を、ステップ404において、 t から補間曲線 I_C 上に垂直方向に投影させてパラメータ C_p の値を得る。各値 C_p は、 $t = T_p$ において評価した補間曲線 I_C の縦座標である。

【0021】

勾配点 $P-$ 及び $P+$ と関連する点 T_{p-} 及び T_{p+} （制御点に対するプレフィックス E は簡単化のために省略してある）を、ステップ404において、 t から垂直方向に投影させて、 $t = T_p$ における I_C に対して接線方向に交差させてパラメータ C_{p-} 及び C_{p+} を得る。 C_{p-} 及び C_{p+} は、該接線の $t = T_{p-}$ 及び T_{p+} の夫々における縦座標である。

20

【0022】

補間曲線 $I_C(t)$ の形状は、パラメータ C_p , C_{p-} , C_{p+} の値を決定し、従って、自由点の各々の変位の量を決定する。一般的には、三次補間曲線 $I_C(t)$ が三次ベジェセグメントが関与する殆どの適用場面に対して最適なものである。例えば五次多項式又は正弦波のような異なる形状の補間曲線は自由点を異なる態様で移動させる。補間曲線 $I_C(t)$ の形状の選択は応用特定のであり且つ、通常、特定の応用例に対して自由点の最適な挙動を発生させるべくグラフィクスプログラムの製造業者によって行なわれる。補間曲線 $I_C(t)$ が設定されると、ラインセグメント t 上で画定される同一の補間曲線は全ての曲線変形操作に対して使用される。

30

【0023】

図2Aは複合曲線の1つの部分300と関連している補間曲線 I_C を示しており、その場合に、点 E_e は選択された点であり且つ点 E_a は固定されている点である。選択点 E_e から別の固定点へ延在する付加的な自由点に対して、補間曲線 I_C が C_e から点 E_e の反対側においてライン t に対して引き伸ばされており、一般的に、ベル形状の曲線を形成している。

【0024】

複数の (N) のディスジョイントグループが存在する場合には、各グループの制御点をステップ405において単位ラインセグメント $t_1 - t_N$ のうちの対応する1つの上の点 T_p , T_{p-} , T_{p+} に対してマッピングさせる。次いで、ステップ406において、ライン $t_1 - t_N$ の上に、夫々、補間曲線 $I_C(t_1) - I_C(t_N)$ を画定し、且つ次いで、ラインセグメント $t_1 - t_N$ 上の点を、ステップ407において、補間曲線 $I_C(t_1) - I_C(t_N)$ 上のパラメータ C_p , C_{p-} , C_{p+} に対してマッピングさせる。この場合にも、同一の補間曲線 I_C がラインセグメント $t [0, 1]$ 上で画定されるように、各場合において使用される。

40

【0025】

ステップ404又は407から、本プログラムはパラメータ C_p , C_{p-} , C_{p+} を使用して、各自由制御点 P , $P-$, $P+$ に対する変位を計算する。次いで、本プログラムは、

50

ステップ412において、計算した変位だけ自由点を移動させる。

【0026】

ステップ410において、該変位はベクトル変位Vをスケールリングするために、スケールファクタ即ち拡張率として、パラメータCp-, Cp, Cp+を使用して新たな位置P-, P', P+で表現される。各スケールされた変位は対応する元の点へ付加されて、図1-3に示したように、新たな点P-, P', P+を派生させる。

【0027】

$$P- = P- + V \times Cp- \quad (1)$$

$$P' = P + V \times Cp \quad (2)$$

$$P+ = P+ + V \times Cp+ \quad (3)$$

10

複合曲線を画定する制御点のシーケンスをラインセグメントtに対してマッピングする場合の1つの拘束条件は、該マッピングは単調的なもので且つ軸独立性のものでなければならないということである。従って、任意の与えられたセグメント端点Pに対して、次式(4)が満足されねばならない。

【0028】

$$(Tp+ - Tp) / (Tp - Tp-) = | (P+ - P) | / | (P - P-) | \quad (4)$$

式4は、ベクトル(P+ - P)及び(P - P-)が元の複合曲線において同一直線上にある場合には(滑らかなベジェ曲線に対して必要とされるように)、該ベクトルは変形された曲線において同一直線状態を維持することを確保する。

20

【0029】

図2Aを参照すると、図2Bのプロセスは以下のように複合曲線の「屈曲可能な」セクション300、即ち固定点Eaと選択点Eeとの間のセクションに対して適用される。その他のセグメント端点Eb, Ec, Ed及び勾配点Ea+, Eb-, Eb+, Ec-, Ec+, Ed-, Ed+, Ee-は、それらの変位が計算される自由点である。最初のマッピングステップにおいて(ステップ402)、固定セグメント端点Ea及び選択セグメント端点EeをパラメータTa及びTeに対してマッピングさせ、且つ自由点Ea+, Eb-, Eb+, Ec-, Ec+, Ed-, Ed+, Ee-をラインtに沿って、それぞれ、パラメータTa+, Tb-, Tb, Tb+, Tc-, Tc, Tc+, Td-, Td, Td+, Te-に対してマッピングさせる。

30

【0030】

図2Aにおいて、距離マッピングを使用して、曲線300の制御点をラインtに対してマッピングさせる。更に図2Cを参照すると、ステップ420において、最初に、制御点Ea, Ea+, Eb-, Eb, Eb+, Ec-, Ec, Ec+, Ed-, Ed, Ed+, Ee-, Eeを介して通過するラインセグメントを包含するポリライン(polyline)302を画定する。

【0031】

次に、ポリライン302の全長Lをステップ422において計算する。次いで、各点P, P-又はP+に対して、ステップ424において、長さDp, Dp-又はDp+ (点Eaから点Ep, Ep-又はEp+へのポリライン302の長さ)を計算する。パラメータTx (x=a, a+, b-, b, b+, c-, c, c+, d-, d, d+, e-, e)を、ステップ426において、距離Dx (点Eaから点Exへのポリライン302の長さ)をポリライン302の全長Lで割算することによって計算する。従って、例えば、パラメータTaは値0を有している。なぜならば、点Eaからそれ自身への距離はゼロだからである。パラメータTa+は点Eaから点Ea+へのポリライン302の長さDa+をポリライン302の全長Lで割算したものである。パラメータTd-は、点Eaから点Ea+及びEa+からEb-へのポリライン302の長さDb-をポリライン302の全長Lで割算したものである。他のパラメータTb乃至Teは同様の態様で計算される。ラインセグメントtは0と1との間で画定されるので、パラメータTeの値は1である。

40

50

【0032】

実効的に、距離マッピングは、各点間のユークリッド距離に従って、点E a乃至E eを直線t上にマッピングさせる。

【0033】

図2 Aは値0と1との間でのラインセグメントtへのマッピングを示している。一方、該マッピングは、ポリライン上の制御点間の距離関係が維持される限り、任意の二つの値の間でのラインセグメントtに対するものとするのが可能である。

【0034】

距離マッピングの一つの利点は簡単であることであるが、それは制限も有している。距離マッピングの一つの制限は、複合曲線の変形が可逆的ではないという点である。従って、例えば、選択制御点が曲線を変形させるためにベクトルVを介して移動され、且つ該点が反対のベクトル $-V$ を介して移動されると、曲線制御点は、距離マッピングが使用される場合には、常にそれらの元の位置へ復帰するとは限らない。

【0035】

点をラインt上にマッピングさせる別のマッピング技術である投影マッピングは、ある場合においてこの制限を回避している。図3及び4を参照すると、該プログラムは、最初に、ステップ450において、選択した一つ又は複数の点の運動方向を画定するベクトルUを受取る。従って、セグメント端点E f, E g, E h, E i, E j (及び関連する勾配点E f+, E g-, E g+, E h-, E h+, E i-, E i+, E j-)によって画定される複合曲線304の場合に、セグメント端点E hは選択された点であり且つ点E f及びE jは最初の隣の固定した点であり、ベクトルUはセグメント端点E hの移動方向に指向している。

【0036】

パラメータT f, T g, T h, T i, T jを決定するために投影マッピングを使用すると、ラインtはステップ452においてベクトルUに対して垂直に画定される。次いで、制御点E f, E f+, E g-, E g, E g+, E h-, E h, E h+, E i-, E i, E i+, E j-, E jの各々は、ステップ454において、ベクトルUに対して平行な経路に沿ってラインt上に投影され、対応するパラメータT f, T f+, T g-, T g, T g+, T h-, T h, T h+, T i-, T i, T i+, T j-, T jを得る。

【0037】

従って、距離マッピングは複合曲線上の制御点の相対的な距離に従ってパラメータT p, T p-, T p+を画定せんとするものであるが、投影マッピングは対応する平行なベクトルに沿っての制御点を直交するラインtに対してマッピングさせる。

【0038】

ラインt上にマッピングさせるために別のマッピング技術を使用することが可能である。この3番目の技術においては、N+1個の制御点があるものと仮定すると、これらの制御点は、各制御点間の距離が等しい点即ち、各制御点間の距離が $1/N$ であるように直線上にマッピングされる。この3番目のマッピング技術は、それが完全に可逆的であるという利点を有している。しかしながら、変形操作から得られる複合曲線の形状は高度に制御点の位置に依存するものである。制御点が複合曲線全体に亘ってほぼ等しく分散されている場合には、該曲線の変形はその全長に亘って滑らかである。しかしながら、幾つかの制御点がクラスタ上に固まっており、一方その他の制御点がかかなり離れている場合には、変形操作を行った後の曲線の形状にはより急激的な変化が存在する場合がある。

【0039】

複合曲線304の制御点に対するパラメータT y (y = f, f+, g-, g, g+, h-, h, h+, i-, i, i+, j-, j)が派生されると、該プログラムは、ステップ456において、ラインtに沿ってのパラメータが単調的であるか否か、即ち、T fがT f+より小さく、T f+がT g-より小さく、T g-がT gより小さく、以下同様であるか否かを決定する。パラメータT yが単調的である場合には、それ以上何も行われぬ。そうでない場合には、非単調的な点T p, T p-又はT p+が、ステップ458において、

投影マッピングが非単調的なものとなった点 T_p に関してフリップ即ち引繰り返される。従って、図 3 A において、パラメータ T_f 及び T_{f+} は点 E_g に対するパラメータ T_g よりもより大きな値である。マッピングを単調的なものとさせるために、パラメータ T_f 及び T_{f+} は、マッピングが方向を逆転する点（この場合は、パラメータ T_{g-} ）に関して新たなパラメータ $T_{f'}$ 及び $T_{f+'}$ へそれぞれ「アンフォールド (unfolds)」即ち展開される。展開されると、 T_{g-} と $T_{f'}$ との間の距離は、 T_{g-} と T_f との間の距離と同一であり、且つ T_{g-} と $T_{f+'}$ との間の距離は T_{g-} と T_{f+} との間の距離と同一である。

【0040】

投影マッピングは可逆的である。なぜならば、反対方向における変位の場合、点が投影されるライン t は同一であり（即ち、選択された点がドラッグされるベクトルに対して垂直）、且つ従って、 t の値は同一であるからである。従って、該曲線の変形は、曲線を最初にベクトル U を介してドラッグし、次いで中間に何らの操作を行うことなしにベクトル U を介してドラッグした場合には、完全に逆転される。

【0041】

投影マッピングは距離マッピングよりも一層計算（演算）集約的である。典型的なユーザのインタラクション即ち相互作用において、選択された点をドラッグして複合曲線を変形させるための経路は直線に従う可能性はなく、むしろ、単一のドラッグ操作におけるカーソルの経路は共通点からの相次ぐ複数のベクトル変位 $V_1, V_2, \dots, V_n$ として近似される。複合曲線の中間位置が曲線変形操作期間中に表示されるべき場合には、パラメータ C_{p-}, C_{p+}, C_p は各ベクトル変位 $V_1, V_2, \dots, V_n$ に対して再度適用されねばならない。投影マッピングの場合には、パラメータ T_p 及び C_p は各ベクトル変位 $V_1, V_2, \dots, V_n$ に対して再度計算されねばならない。なぜならば、直交ラインセグメント t が各新たなベクトルに対して変化するからである。これと対照的に、距離マッピングが使用される場合には、ファクタ C_{p-}, C_p, C_{p+} はドラッグの開始時（即ち、ユーザがマウスボタンを押圧する時）において一度計算することが必要であるに過ぎず、マウスボタンを押下げたまま、移動操作の経路が方向を変化させる場合に、ベクトル変位 $V_1, V_2, \dots, V_n$ の各新たな値に対して適用される。その結果、各単一の移動操作に対する計算の量は距離マッピングの場合に最小とされる。

【0042】

再度図 2 A の例を参照すると、複合曲線の制御点を直線 t に対してマッピングさせた後に、該マッピング技術の第二ステップ（図 2 B のステップ 404）はパラメータ T_p, T_{p-}, T_{p+} を E_a と E_e との間の制御点に対する補間曲線 IC から派生したスケールファクタ即ち拡張率 C_p, C_{p-}, C_{p+} に対してマッピングさせる。各自由セグメント端点と関連しているパラメータ T_b, T_c, T_d は補間曲線 IC 上の点に対してマッピングされる。パラメータ C_e の値は 1 である。なぜならば、点 E_e はカーソルで変位 V を介してドラッグされた選択点であるからである。又、パラメータ C_a の値は 0 である。なぜならば、それは固定点 E_a と関連しているからである。

【0043】

勾配点と関連しているパラメータ $T_{a+}, T_{b-}, T_{b+}, T_{c-}, T_{c+}, T_{d-}, T_{d+}, T_{e-}$ の場合には、これらの値は $t = T_a, T_b, T_c, T_d, T_e$ のそれぞれにおいて補間曲線 IC に対して接線方向のライン Y_a, Y_b, Y_c, Y_d, Y_e において評価される。その結果、値 $C_{a+}, C_{b-}, C_{b+}, C_{c-}, C_{c+}, C_{d-}, C_{d+}, C_{e-}$ は補間曲線 IC 上にはない。

【0044】

図 2 A の補間曲線 IC は以下の拘束条件を満足する。

【0045】

$$IC(0) = 0$$

$$IC(1) = 1$$

$$dIC(0)/dt = 0$$

10

20

30

40

50

$dIC(1)/dt = 0$

最初の二つの拘束条件は、点 E_a が固定されており（従って、移動しない）且つ点 E_e が選択されたもの（従って、ユーザによって特定された量だけ移動する）であるという事実から得られる。最後の二つの拘束条件は、 $t = 0$ 及び $t = 1$ における補間曲線の勾配が 0 であることを特定し、そのことは、実効的に、その曲線端点における複合曲線の勾配が変化しないことを特定する。補間曲線 IC の三次多項式解を図 5 に与えてある。点 C_{p+} 及び C_{p-} を接線 Y_p に沿って配置させることにより、ライン（ $P_{-} - P$ ）及び（ $P_{-} - P_{+}$ ）の共直線性が維持される。

【0046】

$$IC(t) = t \times t \times (3.0 - 2.0 \times t) \quad (5)$$

10

パラメータ C_{a+} 乃至 C_{e-} の値は、各々、 C_a 及び C_e の値の間、即ち 0 と 1 との間である。注意すべきことであるが、勾配点 E_{a+} 及び E_{e-} は技術的には自由点であるが、 C_{a+} 及び C_{e-} の値は、 $t = 0, 1$ における補間曲線 $IC(t)$ の勾配がゼロであるという条件によって拘束される。従って、 C_{a+} の値は 0 であり且つ C_{e-} の値は 1 である。

【0047】

一つの選択したセグメント端点又は複数個の端点をドラッグすることによって曲線を移動させることの能力に加えて、その曲線端点における複合曲線の勾配を調節することも可能である。図 2 D 及び 2 E を参照すると、複合曲線 310 が単一のベジェ曲線を近似するセグメント 312 と関連しており、それは複合曲線 310 からサンプルした点に対する最小二乗当て嵌めを使用して複合曲線 310 を近似する。近似用ベジェセグメント 312 は、セグメント端点 P_0 及び P_3 及び勾配点 P_1 及び P_2 （以後、複合曲線 310 の「擬似」勾配点 P_1 及び P_2 と呼称する）によって画定される。近似用セグメント 312 は、厳格には、複合曲線 310 の曲線端点 E_a か又は曲線端点 E_e の何れかにおける勾配をユーザが調節することを可能とするユーザインターフェース機能である。曲線端点における勾配を変更するためにその他の方法を使用することも可能である。例えば、より簡単なユーザインターフェース方法は、端点 P_0 と P_3 との間に画定されるラインに沿って擬似勾配点 P_1 及び P_2 を画定することであり、点 P_1 は該ラインに沿っての $1/3$ の位置であり且つ点 P_2 は $2/3$ の位置である。別の例としては、該プログラムは、勾配調節モードへ入るためにユーザによって選択可能なユーザインターフェースにおけるボタンを提供することである。従って、ユーザはどの曲線端点が修正されるべきかをマーク付けすることが可能であり且つ任意の勾配調節点をドラッグして、その曲線端点のうちの一つにおいて複合曲線の勾配を調節するために勾配調節点の変位ベクトルを与えることが可能である。

20

30

【0048】

複合曲線端点（ E_a 又は E_e ）における勾配を修正するために、ユーザはベジェセグメント 312 の擬似勾配点 P_1 又は P_2 を選択し且つドラッグする。 P_1 の選択は、 E_a における勾配を修正し且つ P_2 の選択は E_e における勾配を修正する。対照的に、前述したように、特定のセグメント端点又は複合曲線 310 の端点が移動されるべき場合には、ユーザはセグメント端点 E_a , E_b , E_c , E_d 又は E_e を選択し且つそれらを所望の変位だけドラッグする。擬似勾配点 P_1 又は P_2 は変位ベクトルによってドラッグされ（図 8 に
 おいて例示した如く）、端点 E_a 又は E_e において該曲線の勾配を修正する。擬似勾配点 P_1 又は P_2 の変位に応答して、該プログラムは、セグメント端点の移動について上述したのと同様の 2 ステップマッピング技術を使用して、該複合曲線の制御点に対する変位を計算する。その違いは勾配修正マッピングステップにおいて使用される補間曲線に存在している。補間曲線は点 P_1 近くの制御点の変位は他の制御点のものより大きいように画定されねばならない。一つの曲線端点における勾配のみが調節され、反対側の曲線端点における勾配は不変のままである。

40

【0049】

図 2 E において、擬似勾配点 P_1 の変位ベクトル B がステップ 440 において受取られる。次いで、該プログラムは制御点 E_a , E_{a+} , E_{b-} , E_b , E_{b+} , E_{c-} , E_c ,

50

E_{c+} , E_{d-} , E_d , E_{d+} , E_{e-} , E_e を、距離マッピングか又は投影マッピング（距離マッピングを図2Dに示してある）を使用して、ラインセグメント t 上へマッピングさせる。次いで、ステップ444において、ラインセグメント t 上に補間曲線 $I_C(t)$ （それはセグメント端点を移動させるための補間曲線とは異なる）が画定され、該補間曲線 $I_C(t)$ は以下の条件を満足せねばならない。

【0050】

$$I_C(0) = 0$$

$$I_C(1) = 0$$

$$dI_C(0)/dt > 0$$

$$dI_C(1)/dt = 0$$

10

該条件は、 $t = 0$, 1 における補間曲線 $I_C(t)$ の値は0であり、 $t = 1$ における $I_C(t)$ の勾配は0であり、且つ $t = 0$ における $I_C(t)$ の勾配は0より大きいことを特定する。

【0051】

特定された条件を満足する一つのタイプの多項式はバーンスタイン (Bernstein) 多項式であり、それは次式(6)のように表わされる。

【0052】

$$I_C(t) = 3 \times t \times (1.0 - t)^2 \quad (6)$$

次いで、ステップ446において、点 T_{a+} , T_{b-} , T_b , T_{b+} , T_{c-} , T_c , T_{c+} , T_{d-} , T_d , T_{d+} , T_{e-} が補間曲線 $I_C(t)$ 上にマッピングされる。該マッピングは図2Aのマッピング技術に関連して説明したものと同一であり、その場合には、セグメント端点と関連するパラメータ T_p が補間曲線 $I_C(t)$ 上にマッピングされ、且つ勾配点に関連するパラメータ T_{p-} 及び T_{p+} が $t = T_p$ において接線 Y_p に対してマッピングされる。次いで、該プログラムは、ステップ448において、スケールファクタ即ち拡張率 C_p , C_{p-} , C_{p+} の値を計算して、制御点 E_a 乃至 E_e の変位を決定する。次いで、ステップ449において、該制御点は、計算された変位だけ該プログラムによって移動される。

20

【0053】

式6のバーンスタイン多項式を使用して、最大移動はラインセグメント t に沿って $1/3$ の点においてであり、即ち $t = 1/3$ においてである。この様な点は必ずしも複合曲線制御点と関連する点 T_p , T_{p+} 又は T_{p-} に対応するものではない。

30

【0054】

図2Dの例は、複合曲線310の曲線端点 E_a における勾配の修正を示している。曲線端点 E_e における勾配が修正されるべき場合には、擬似勾配点 P_2 が選択され且つ移動される。その場合には、補間曲線に対する条件は異なり、 $t = 0$ における $I_C(t)$ の勾配は0に等しく且つ $t = 1$ における $I_C(t)$ の勾配は0より小さい。その結果、式6の補間曲線はラインセグメント t 上に鏡像関係に構成される。

【0055】

別の実施例においては、複合曲線における任意のセグメント端点の勾配を修正することが可能である。このことを可能とするために、該プログラムは、ユーザが選択を希望する複合曲線の部分の他方の端部におけるセグメント端点とそのセグメント端点との間の近似する曲線を表示する。例えば、図2Dにおいて、影響されるべき複合曲線の部分が点 E_b と E_d との間であり、且つ E_b における勾配が修正されるべき場合には、近似用曲線は点 E_b と E_d との間に画定される。

40

【0056】

次いで、この短縮された近似用曲線の擬似勾配点 P_1 をドラッグしてセグメント端点 E_b における勾配を修正する。注意すべきことであるが、セグメント端点 E_b における勾配の修正は（それが曲線端点ではないので）影響を受ける曲線セグメント（ E_b と E_c との間）とその隣接する曲線セグメント（ E_a と E_b との間）の間における滑らかな遷移を破壊する。

50

【0057】

例示的な曲線の変形を図5乃至8に示してあり、その場合に、元の曲線は太線で表わしてあり且つ修正された即ち変形された曲線は点線で表わしてあり、それらは元の曲線とは異なっている。

【0058】

図5を参照すると、マルチセグメント複合曲線200を、複合曲線200'を発生させるための本発明の技術によって修正することが可能である。固定点はセグメント端点E206であり、選択点はセグメント端点E200, E201, E202, E203, E204, E205であり、それらはグループとして新たなセグメント端点E200'-E205'へそれぞれドラッグされる。固定セグメント端点E206と選択セグメント端点E205との間の自由点の変位は、元の曲線200の一般的な形状と詳細及び曲線セグメント間の遷移の滑らかさを維持するために該プログラムによって決定される。

10

【0059】

図6を参照すると、該経路修正技術は、更に、セグメント端点E120, E121, E122, E123及びE124間における四つのベジェセグメント122, 123, 124, 125によって画定される長円形120のような循環的な又は閉じた曲線に対しても適用することが可能である。唯一の新たな考慮事項は、点を繰返し取扱うことが必要となり、即ち最初の点と最後の点が隣接しているものとする。長円形120は元の経路120から新たな経路120'へ修正されており、セグメント端点E120は固定点であり且つセグメント端点E123は選択点である。残りの点は自由点であって、それらの変位は複

20

【0060】

図7A及び7Bは該プログラムによって移動される制御点のディスジョイント（解体）グループを例示している。図7Aにおいて、6個のセグメントからなる複合曲線320が曲線320'へ変形されており、セグメント端点E320, E323, E326は固定点であり且つセグメント端点E321及びE324は選択点である。固定点E320とE323との間の制御点は第一グループの制御点を形成しており、且つ固定点E323とE326との間の制御点は第二グループの制御点を形成している。これら二つのグループに対して別個のマッピングを実行して、自由制御点の変位を決定する。

【0061】

図7Bは四つのディスジョイントグループの制御点を例示しており、即ち複合曲線220における二つのグループと複合曲線230における二つのグループとを示している。固定点はセグメント端点E220, E223, E225, E231, E235であり、且つ選択点はセグメント端点E221, E224, E230, E234である。単一移動操作において、これら四つのディスジョイントグループにおける自由点の変位は、四つの別々のマッピングを使用して計算される（この場合に画定されるマッピングは二つの固定点の間の制御点に対して必要とされるマッピングである）。この場合も、勾配点は二つの複合曲線220'及び230'における曲線セグメントの滑らかな遷移を維持するために調節される。図8は曲線端点P0における複合曲線320の勾配の修正を例示している。複合曲線320は複数のベジェ曲線セグメント（簡単化のために示していない）を包含している。共通の端点P0及びP3を共用しており且つ疑似勾配点P1及びP2を有する単一のベジェセグメントである近似用曲線322も複合曲線320と共に表示されている。疑似勾配点P1は、変位ベクトルVによって点P1'へ移動され、且つ複合曲線320の勾配は複合曲線320'を形成するように調節される。近似用曲線322は曲線322'へ移動される。複合曲線端点の何れかにおいての勾配のさらなる修正のためには、疑似勾配点P1'及びP2を更に移動させることが可能である。

30

40

【0062】

図9A及び9Bを参照すると、曲線セグメントは移動されるのみならず描画されることを必要とする。上述したように、ベジェセグメントは四つの制御点P0, P1, P2, P3によって画定され、その場合に、点P0及びP3はセグメント端点であり且つ点P1及び

50

P 2 は勾配点である。描画操作期間中にユーザに対してフィードバックを与えるために、該プログラムは、マウスボタンが押された時に、セグメント端点 P 0 とカーソルとの間に曲線を形成し且つ表示し、且つ現在のカーソル位置をセグメント端点 P 3 の瞬間的な位置として且つ以下に説明するように勾配点 P 1 及び P 2 に対する計算した位置を使用して、「輪ゴム」ベジェセグメントでカーソルを追跡する。

【0063】

図 9 A を参照すると、該プログラムは、ステップ 5 0 0 において、マウスボタンが押されたか否かを決定する。押された場合には、該プログラムは、ステップ 5 0 1 において、カーソルが既存のベジェ曲線セグメントの制御点の所定の半径内に位置されているか否かをチェックする。位置されている場合には、該プログラムは、ステップ 5 0 2 において、制

10

【0064】

マウスボタンが押された時にカーソルが制御点の所定の範囲内にない場合には、該プログラムは、曲線セグメントの形成が所望されていることを認識し、次いで、該プログラムは、ステップ 5 0 3 において、修正キー（例えば、C t r l キー）が押されたか否か、又はコンピュータスクリーン上にその他の曲線が表示されていないかどうかを決定する。

【0065】

ユーザが修正キー（例えば、C t r l キー）又は何らかのその他の活性化手段を押した場合、一方別の曲線セグメントが既に形成されている場合にはマウスボタンを押しつつ、それは、既存のセグメントとは別に曲線セグメントを形成することのユーザの希望を表わし

20

【0066】

別の曲線セグメントが所望される場合には（即ち、修正キーが押されるか又はその他の曲線セグメントが形成されていない場合）、第一セグメント端点 P 0 がステップ 5 0 4 において、ユーザがマウスボタンを押した場合のカーソルの点として画定される。次いで、該プログラムは、ステップ 5 0 6 において、何時マウスボタンが解放されるかを検知する。マウスボタンが解放されると、解放時におけるカーソルの位置が、ステップ 5 0 8 において、図 1 0 A に示したように、中間勾配点 S 1 として画定される。この点 S 1 は、点 P 0 から点 S 1 へのベクトル S の方向を表わすためにユーザによって選択される。勾配点 P 1

30

【0067】

点 S 1 をステップ 5 0 8 において画定した後に、該プログラムは、ステップ 5 1 0 において、マウスボタンが再度押されたか否かを決定する。押された場合には、カーソルの現在の位置が、ステップ 5 1 2 において、セグメント端点 P 3 の位置として画定される。勾配点 P 1 及び P 2 は、又、ステップ 5 1 2 において、セグメント端点 P 3 の現在の位置に対して計算され、且つ該曲線セグメントは該曲線セグメントの形状のユーザのフィードバックを与えるために表示される。

【0068】

40

点 P 1 及び P 2 の位置は、ステップ 5 1 2 において、その曲線が、図 9 B に示したように、P 0 とカーソルとを通過する円の円弧の近似であるように該プログラムによって計算される。カーソルがユーザによってドラッグされると、セグメント端点 P 3 の瞬間的な位置は該カーソルに追従し（点 P 3 , P 3 ' , P 3 " によって示されているように）、且つ勾配点 P 1 及び P 2 は再計算されて（点 P 1 , P 2 ; P 1 ' , P 2 ' ; P 1 " , P 2 " によって示されているように）円弧の近似を維持する。

【0069】

次いで、該プログラムは、ステップ 5 1 4 において、マウスボタンが解放されたか否かを決定する。解放された場合には、カーソルの現在の位置はセグメント端点 P 3 の位置を継続して表わす。マウスボタンが解放されると、セグメント端点 P 3 の最終的な位置が、ス

50

ステップ516において、マウスボタンが解放された時のカーソルの位置として特定される。勾配点P1及びP2の最終的な位置も計算され且つ該曲線セグメントが表示される。

【0070】

ステップ502において、修正キーが押し下げられず且つ曲線セグメントが既に形成されている場合には、該プログラムは、ユーザが複合曲線の次のセグメントを形成することを所望しているものと仮定する。図10Bに示したように、第一曲線セグメント600の点P2は点P3を介して反映されて、次の曲線セグメント602に対する中間勾配点S1'の位置を画定する。ライン(P2-P3)はライン(P3-S1')と共直線性であり、曲線セグメント600と602との間に滑らかな遷移を形成する。マウスボタンが押されると、カーソルの現在の位置が新たな曲線セグメント602のセグメント端点P3'の瞬間的な位置として使用され、且つ曲線セグメント602の勾配点P1'及びP2'の位置が、セグメント端点P3'が位置を変える毎に計算される。次いで、該プログラムは、ステップ514において、マウスボタンが解放されたか否かを検知し、その時に、セグメント端点P3'の最終的な位置が決定される。上述したプロセスは、該複合曲線に対して付加すべき付加的な曲線セグメントを形成するために適用することが可能である。

10

【0071】

再度図10Aを参照すると、勾配点P1及びP2の位置を計算するための数式を式7-13として示してある。これらの式において、点P0、P1、P2、P3、S1は任意の座標系におけるベクトルとして表現されている。

【0072】

$$\begin{aligned} W &= P3 - P0 & (7) \\ S &= S1 - P0 & (8) \\ \cos A &= W \cdot S / |W| \times |S| & (9) \\ m &= 2 \times |W| / \{ 3 \times (1 + \cos A) \} & (10) \\ v &= 1 - (2 \times m \times \cos A / |W|) & (11) \\ P1 &= P0 + m \times S / |S| & (12) \\ P2 &= P1 + v \times W & (13) \end{aligned}$$

20

WはベクトルP3とP0との間の差として定義されるベクトルであり、且つSはベクトルS1とS0との間の差として定義されるベクトルである。角度AはベクトルWとベクトルSとの間の角度として定義される。式9及び10はスカラー値m及びvを計算し、値mは式11におけるベクトルP1を派生するためのSベクトルの方向に指向する単位ベクトルのスケールファクタ（拡張率）として使用され、且つ値vは式12におけるベクトルP2を派生するためにベクトルWのスケールファクタ（拡張率）として使用される。

30

【0073】

図11を参照すると、本明細書に基づいて曲線を形成し且つ修正するためのプログラムをデジタル電子回路において又はコンピュータファームウェア、ソフトウェア又は例えばコンピュータシステム500におけるようにそれらの組合わせにおいて実現することが可能である。コンピュータシステム500は、内部システムバス504へ接続している中央処理装置(CPU)502を包含している。コンピュータシステム500における格納媒体は、メインメモリ506（ダイナミックランダムアクセスメモリ装置で実現することが可能である）、大量格納用のハードディスクドライブ508、電氣的に消去可能でプログラム可能なリードオンリーメモリ(EEPROM)510を包含している。メインメモリ506及びEEPROM510はバス504へ接続しており、且つハードディスクドライブ508はハードディスクドライブコントローラ512を介してバス504へ結合している。

40

【0074】

本発明の装置は、CPU502によって実行するために機械読取り可能な格納装置（例えば、ハードディスクドライブ508、メインメモリ506、又はEEPROM510）において明確に具体化されたコンピュータプログラムプロダクトの形態で実現することが可能である。適宜のプロセサは、例示として、汎用及び特定目的マイクロプロセサの両者を

50

包含している。一般的に、プロセサは、命令及びデータをリードオンリーメモリ510及び／又はメインメモリ506から受取る。コンピュータプログラム命令を明確に具現化するのに適した格納装置は、例示として、例えばEPROM、EEPROM及びフラッシュメモリ装置などの半導体メモリ装置、例えば内部ハードディスクドライブ508などの磁気ディスク及び着脱自在なディスク、磁気・光学ディスク、CD-ROMディスクを包含する全ての形態の非揮発性メモリを包含している。前述したものの何れかが特別に設計されたASIC（応用特定集積回路）によって補充されるか又はその中に組込むことが可能である。

【0075】

コンピュータシステム500は、更に、バス504へ接続している入力／出力（I/O）コントローラ514を包含しており、それは、キーボードインターフェース516（外部キーボードへ接続するため）、マウスインターフェース518（外部マウス又はその他のポインタデバイスへ接続するため）、及びパラレルポートインターフェース520（プリンタへ接続するため）を提供している。更に、バス504はビデオコントローラ522へ接続しており、それは外部コンピュータモニタ又はディスプレイ524へ結合している。コンピュータモニタ524上で表示するための画像（例えば、曲線）と関連するデータはアプリケーションプログラムによってシステムバス504を介してビデオコントローラ522へ供給される。

【0076】

以上、本発明の具体的実施の態様について詳細に説明したが、本発明は、これら具体例にのみ限定されるべきものではなく、本発明の技術的範囲を逸脱することなしに種々の変形が可能であることは勿論である。例えば、本発明のステップは当業者によって適宜変更させることが可能であり尚且つ所望の結果を得ることが可能である。種々の受取られるコマンドは、多数の異なる態様でコンピュータへ供給することが可能であり、例えば、マウスジェスチャ、キーボードストローク、及びグラフィカルユーザインターフェースを使用してコマンドをコンピュータシステムと通信することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 コンピュータディスプレイ上の複合曲線の移動を示した概略図。

【図2A】 選択したセグメント端点の移動に応答して複合曲線を定義する制御点の変位を計算するために使用される2ステップマッピング技術を示した概略図。

【図2B】 2ステップマッピング技術を示したフローチャート。

【図2C】 2ステップマッピング技術において使用される距離マッピング方法を示したフローチャート。

【図2D】 曲線端点における複合曲線の勾配の修正の2ステップマッピング技術を示した概略図。

【図2E】 曲線端点における複合曲線の勾配の修正の2ステップマッピング技術を示したフローチャート。

【図3】 複合曲線上の点を直交するラインに対してマッピングする投影マッピング方法を示した概略図。

【図4】 投影マッピング方法のフローチャート。

【図5】 複数の制御点が選択され且つ一つのグループとして硬直的に移動される場合の複合曲線の移動を示した概略図。

【図6】 閉じた経路の曲線の移動を示した概略図。

【図7A】 ディスジョイントグループの移動される点を有する複合曲線の移動を示した概略図。

【図7B】 二つの複合曲線の移動を示した概略図。

【図8】 曲線端点における複合曲線の勾配の修正を示した概略図。

【図9A】 ベジェ曲線セグメントを形成する方法のフローチャート。

【図9B】 ユーザによって形成中のベジェ曲線セグメントを示した概略図。

【図10A】 関連する制御点及びベクトルと共にベジェ曲線セグメントを示した概略図

10

20

30

40

50

。

【図 10 B】 複数のベジェ曲線セグメントを有する複合曲線を示した概略図。

【図 11】 コンピュータシステムを示した概略ブロック図。

【図 12】 ベジェ曲線セグメントを示した概略図。

【符号の説明】

22, 23, 24 ベジェセグメント

30 複合ベジェ曲線

E1-E4 セグメント端点

P0, P3 端点

P1, P2 勾配点

t ラインセグメント

Ep セグメント端点

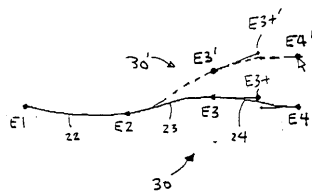
Ep+, Ep- 勾配点

Tp+, Tp- パラメータ

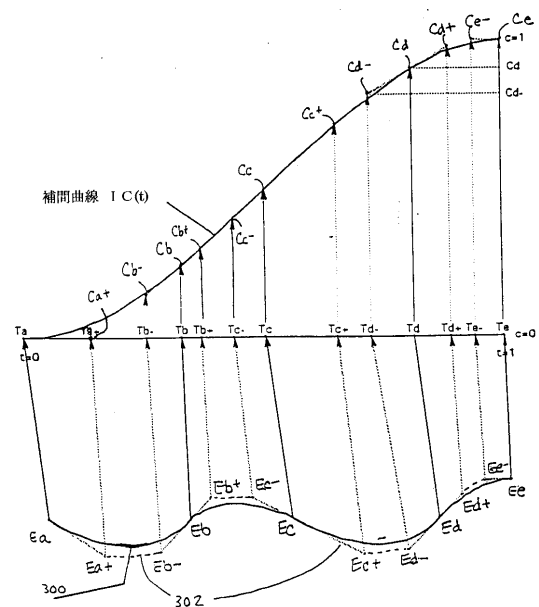
IC 補間曲線

10

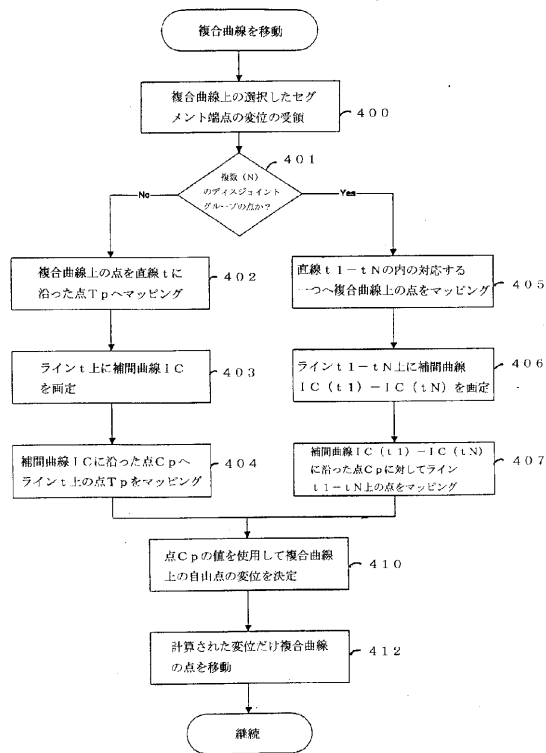
【図 1】



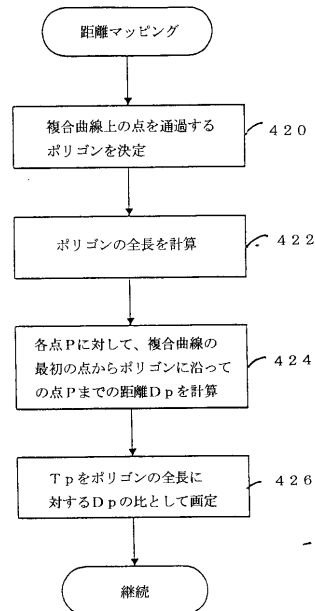
【図 2 A】



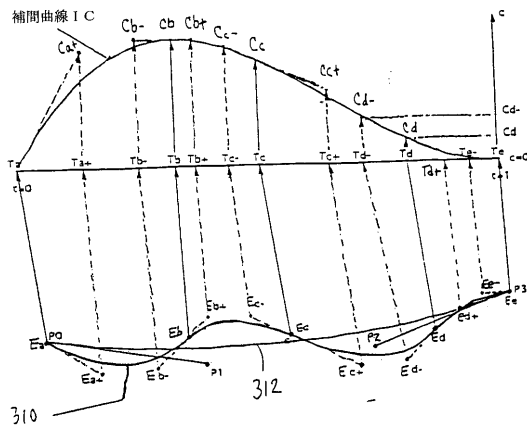
【図 2 B】



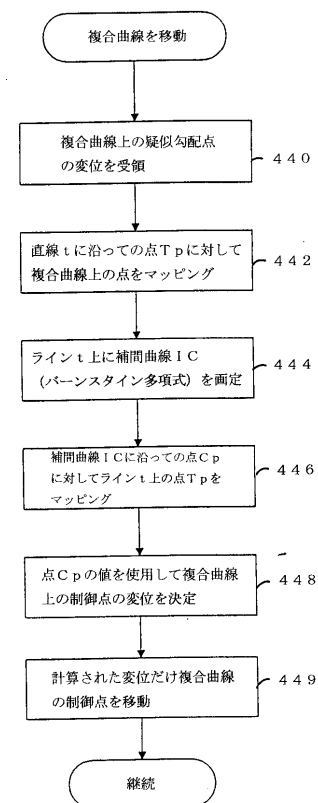
【図 2 C】



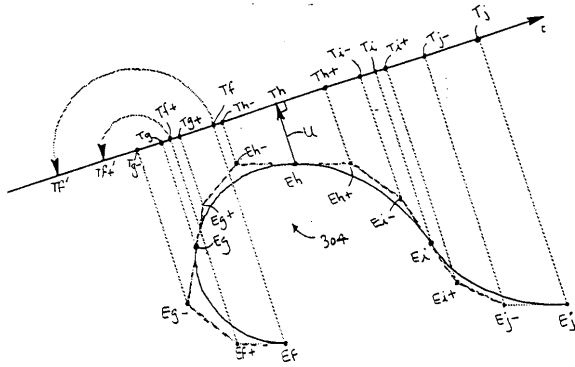
【図 2 D】



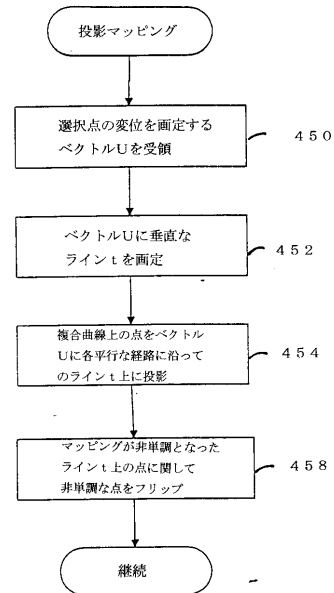
【図 2 E】



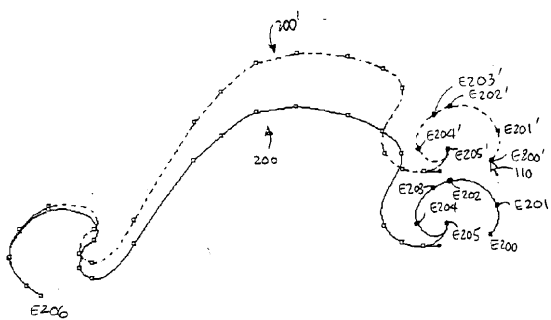
【図 3】



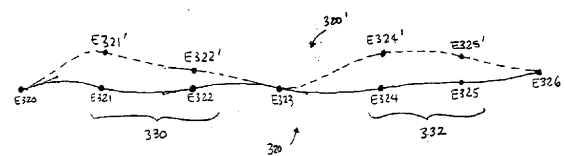
【図 4】



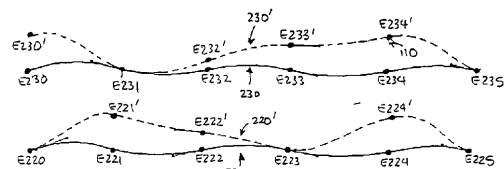
【図 5】



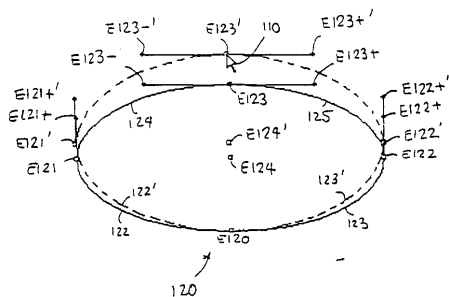
【図 7 A】



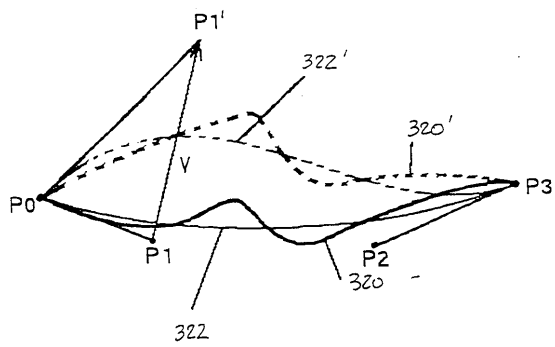
【図 7 B】



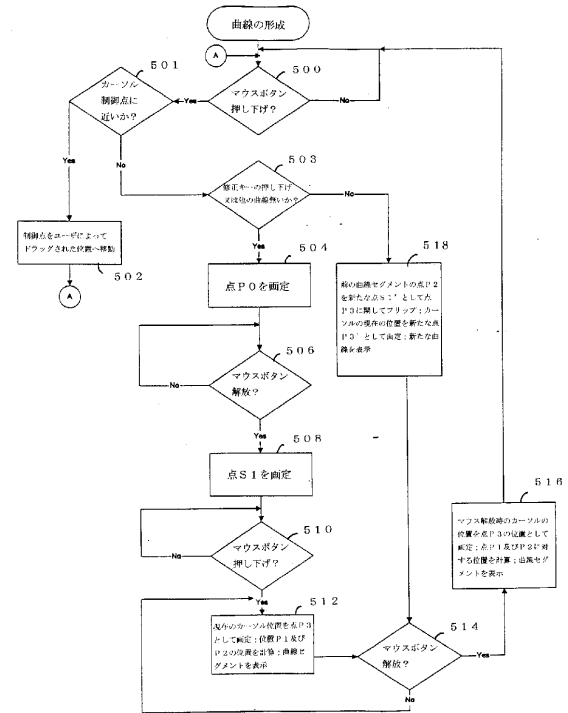
【图 6】



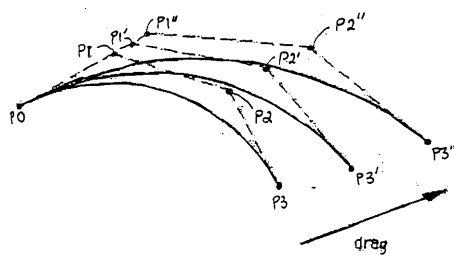
【図 8】



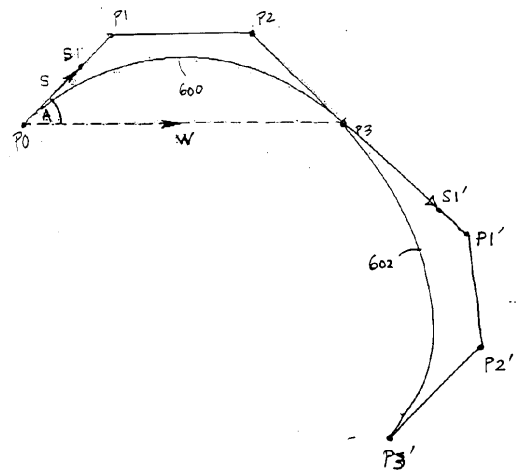
【図 9 A】



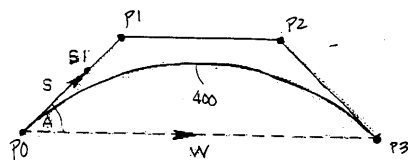
【図 9 B】



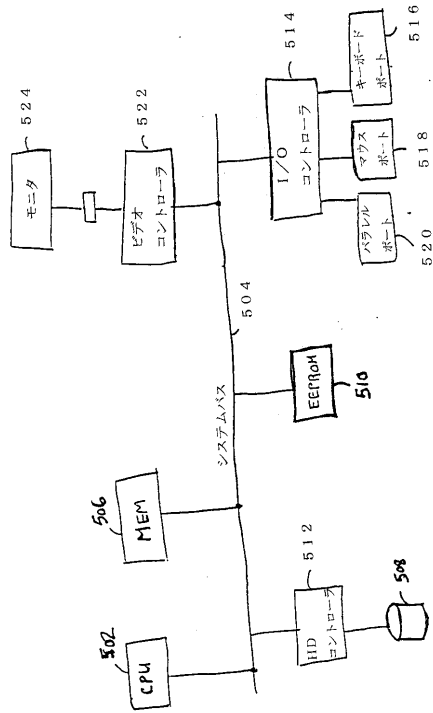
【図 10 B】



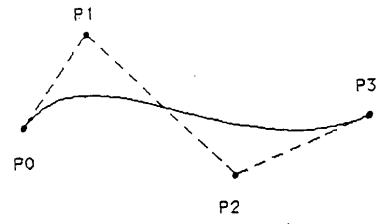
【図 10 A】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-013223 (JP, A)
特開平07-049963 (JP, A)
特開平06-020011 (JP, A)
特開平06-124314 (JP, A)
特開平07-168945 (JP, A)
特開平07-320084 (JP, A)
特開平05-101144 (JP, A)
特開平04-222062 (JP, A)
特開平08-115353 (JP, A)
特開平03-280164 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 11/80