

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3981187号  
(P3981187)

(45) 発行日 平成19年9月26日(2007.9.26)

(24) 登録日 平成19年7月6日(2007.7.6)

(51) Int.C1.

F 1

G 06 T 17/40 (2006.01)  
A 63 F 13/00 (2006.01)G 06 T 17/40  
A 63 F 13/00

A

B

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平9-170920  
 (22) 出願日 平成9年6月12日(1997.6.12)  
 (65) 公開番号 特開平10-83464  
 (43) 公開日 平成10年3月31日(1998.3.31)  
 審査請求日 平成16年5月27日(2004.5.27)  
 (31) 優先権主張番号 特願平8-174248  
 (32) 優先日 平成8年6月13日(1996.6.13)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 大渕 美千栄  
 (72) 発明者 馬場 哲治  
 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 西牧 隆  
 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】コースデータ生成方法、画像合成装置及び情報記憶媒体

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

コース上に位置するメッシュ点の平面位置データ  $P_{st}$  ( $X_{st}, Y_{st}$ ) ( $s = 1, \dots, n_s$ ;  $t = 1, \dots, n_t$ ) を含むコースデータを生成し、該コースデータに基づいて画像を合成する画像合成装置であって、

コース上のサンプル点を表す点  $P_j$  ( $j = 1, \dots, 2N$ ) を複素平面  $Z$  上に配置するための手段と、

前記複素平面  $Z$  とは異なる他の複素平面 上の点  $Q_j$  を、複素平面  $Z$  上の前記点  $P_j$  に写像する写像関数  $Z = f(\cdot)$  を導出する手段と、

前記複素平面 上における前記写像関数  $f(\cdot)$  の正則領域にメッシュ点  $Q_{st}$  を発生する手段と、10

前記メッシュ点  $Q_{st}$  を前記写像関数  $f(\cdot)$  により複素平面  $Z$  上に写像してコースデータ  $P_{st}$  を求める手段と、

前記コースデータ  $P_{st}$  に基づいて、該コースデータにより形成されるコース画像を含む画像を合成する手段とを含むことを特徴とする画像合成装置。

## 【請求項2】

請求項1において、

前記写像関数は、

前記複素平面 上の所与の円上に前記点  $Q_j$  が配置される場合に、該点  $Q_j$  を、前記複素平面  $Z$  上の点  $P_j$  に写像する関数であり、

$$Z = f( )$$

$$= C_1 + C_2 + C_3 / + C_4 / ^2 + C_5 / ^3 + \dots + C_n / ^{n-2}$$

の関係式を満たす関数であることを特徴とする画像合成装置。

### 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記サンプル点  $P_j$  における高さデータ  $h_j$  及びバンク角データ  $\theta_j$  を得るための手段と、

前記サンプル点での高さデータ  $h_j$  及びバンク角データ  $\theta_j$  に基づいて、サンプル点  $P_j$  に沿ったコース上での高さデータ及びバンク角データを、前記複素平面  $(z = r e^{i\theta})$  における偏角 の関数  $h(\ )$  及び  $\theta(\ )$  として求める手段と、

前記  $h(\ )$  及び  $\theta(\ )$  に基づいて、複素平面 上での高さデータを、絶対値  $r$  及び偏角 の関数  $I(r, \theta)$  として求める手段と、

前記  $I(r, \theta)$  を前記写像関数  $f(\ )$  により複素平面  $Z$  上に写像してコース上での高さデータ  $H(r, \theta)$  を求める手段とを含むことを特徴とする画像合成装置。 10

### 【請求項 4】

請求項 3 において、

コース高さデータの変動成分  $h(r, \theta)$  に基づいて前記  $I(r, \theta)$  を変動させることを特徴とする画像合成装置。

### 【請求項 5】

コース上に位置するメッシュ点の平面位置データ  $P_{st} (X_{st}, Y_{st}) (s = 1, \dots, n_s; t = 1, \dots, n_t)$  を含むコースデータを生成するための情報を少なくとも格納する、コンピュータ読み取り可能な情報記憶媒体であって、 20

コース上のサンプル点を表す点  $P_j (j = 1, \dots, 2N)$  を複素平面  $Z$  上に配置するための手段と、

前記複素平面  $Z$  とは異なる他の複素平面 上の点  $Q_j$  を、複素平面  $Z$  上の前記点  $P_j$  に写像する写像関数  $Z = f(\ )$  を導出する手段と、

前記複素平面 上における前記写像関数  $f(\ )$  の正則領域にメッシュ点  $Q_{st}$  を発生する手段と、

前記メッシュ点  $Q_{st}$  を前記写像関数  $f(\ )$  により複素平面  $Z$  上に写像してコースデータ  $P_{st}$  を求める手段として、 30

コンピュータを機能させるプログラムを記憶したことを特徴とする情報記憶媒体。

### 【請求項 6】

請求項 5 において、

前記写像関数は、

前記複素平面 上の所与の円上に前記点  $Q_j$  が配置される場合に、該点  $Q_j$  を、前記複素平面  $Z$  上の点  $P_j$  に写像する関数であり、

$$Z = f(\ )$$

$$= C_1 + C_2 + C_3 / + C_4 / ^2 + C_5 / ^3 + \dots + C_n / ^{n-2}$$

の関係式を満たす関数であることを特徴とする情報記憶媒体。

### 【請求項 7】

請求項 5 又は 6 において、

前記サンプル点  $P_j$  における高さデータ  $h_j$  及びバンク角データ  $\theta_j$  を得るための手段と、

前記サンプル点での高さデータ  $h_j$  及びバンク角データ  $\theta_j$  に基づいて、サンプル点  $P_j$  に沿ったコース上での高さデータ及びバンク角データを、前記複素平面  $(z = r e^{i\theta})$  における偏角 の関数  $h(\ )$  及び  $\theta(\ )$  として求める手段と、

前記  $h(\ )$  及び  $\theta(\ )$  に基づいて、複素平面 上での高さデータを、絶対値  $r$  及び偏角 の関数  $I(r, \theta)$  として求める手段と、

前記  $I(r, \theta)$  を前記写像関数  $f(\ )$  により複素平面  $Z$  上に写像してコース上での高さデータ  $H(r, \theta)$  を求める手段としてコンピュータを機能させるプログラムを記憶 40

したことを特徴とする情報記憶媒体。

【請求項 8】

請求項 7において、

コース高さデータの変動成分  $h(r, \theta)$  に基づいて前記  $I(r, \theta)$  を変動させ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、コースデータ生成方法、画像合成装置及び情報記憶媒体に関する。

【0002】

10

【背景技術及び発明が解決しようとする課題】

コンピュータ・グラフィックス(CG)技術を用いてオフロードのサーキットコースのように複雑な起伏を有する周回コースの3次元形状を生成する手法としては、例えば次のような手法が考えられる。

【0003】

第1の手法は、図11(A)、(B)に示すように、コース1の内部をメッシュ2で分割し、それぞれのメッシュの頂点3の高さデータ4を入力し、ポリゴン5により3次元形状6を生成する手法である。

【0004】

第2の手法は、図12(A)、(B)に示すように、コースの周方向7に垂直な方向の断面形状8を頂点9の位置データにより与え、それら頂点9を周方向7に連結し、ポリゴン10により3次元形状11を作成する手法である。

20

【0005】

しかしながら、これらの手法には次のような問題がある。

【0006】

第1に、入力のデータ量が膨大となり3次元形状6又は11の生成作業の効率が悪い。そのためコース模型を作成し、3次元デジタイザ等で計測する方法が取られることもあるが、いずれにしても作業が煩雑となる。

【0007】

第2に、コースの3次元形状6又は11の全体変更を自由にできない。そのため、コースの多様性や意外性などのゲーム性を高めるために、コースの3次元形状6又は11を状況に応じて変化させたり、プレーヤの希望に応じて変形させることが困難である。

30

【0008】

第3に、オフロードのサーキットコースのように複雑な起伏を有するコースを作成する場合、コースの膨大な3次元形状データを圧縮するために、大きな周期で大きく変化する起伏に対しては3次元形状を生成し、小さな周期で小さく変化する起伏に対してパンプデータによるテクスチャリングを生成する手法が考えられるが、上記の手法では3次元形状データを一元的に保持することに効率よく対応できない。

【0009】

本発明は、以上のような技術的課題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、複雑なコースを簡易に作成又は利用できるコースデータ生成方法、画像合成装置及び情報記憶媒体を提供することにある。

40

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために本発明は、コース上に位置するメッシュ点の平面位置データ  $P_{st} (X_{st}, Y_{st})$  ( $s = 1, \dots, n_s; t = 1, \dots, n_t$ ) を含むコースデータの生成方法であって、コース上のサンプル点を表す点  $P_j$  ( $j = 1, \dots, 2N$ ) を複素平面  $Z$  上に配置するステップと、前記複素平面  $Z$  とは異なる他の複素平面  $Z'$  上の点  $Q_j$  を、複素平面  $Z$  上の前記点  $P_j$  に写像する写像関数  $Z = f(\cdot)$  を導出するステップと、前記複素平面  $Z'$  上における前記写像関数  $f(\cdot)$  の正則領域にメッシュ点  $Q_{st}$  を発生するステップと、前記

50

メッシュ点  $Q_{st}$  を前記写像関数  $f(\cdot)$  により複素平面  $Z$  上に写像してコースデータ  $P_{st}$  を求めるステップとを含むことを特徴とする。

#### 【0011】

本発明では、まず、サンプル点  $P_j$  の平面位置データ ( $X_j, Y_j$ ) を入力手段により直接入力したり、ポインティングデバイスによりコースの概略形状を入力しその概略形状からサンプル点  $P_j$  を発生したりすること等により、サンプル点  $P_j$  が複素平面  $Z$  上に配置される。次に複素平面  $Z$  上の点  $Q_j$  をサンプル点  $P_j$  に写像する関数  $f(\cdot)$  が求められる。この写像関数は等角写像性、特に 1 対 1 の等角写像性を満たしていることが望ましい。そして  $f(\cdot)$  が正則になる領域、望ましくは正則且つ単葉になる領域にメッシュ点  $Q_{st}$  を発生し、この  $Q_{st}$  を  $f(\cdot)$  により複素平面  $Z$  上に写像することでコースデータ  $P_{st}$  が求められる。本発明によれば、コースの概略形状を表すサンプル点の平面位置データに基づいてコースデータを作成できるため、コースのレイアウト設計作業の効率化を図れる。またコースの形状を、ゲーム状況、プレーヤの希望等に応じて変形できるため、ゲームの多様性、意外性などのゲーム性を高めることができる。10

#### 【0012】

この場合、前記写像関数は、前記複素平面  $Z$  上の所与の円上に前記点  $Q_j$  が配置される場合に、該点  $Q_j$  を、前記複素平面  $Z$  上の点  $P_j$  に写像する関数であり、 $Z = f(\cdot) = C_1 + C_2 + C_3 / \cdot + C_4 / \cdot^2 + C_5 / \cdot^3 + \dots + C_n / \cdot^{n-2}$  の関係式を満たす関数とすることができます。このようにすれば、写像関数導出の際の演算負担を軽くすることができ、処理の高速化、設計作業の効率化を図れる。なお写像関数の導出は上式における係数  $C_1 \sim C_n$  を求めることで行われる。20

#### 【0013】

また本発明は、前記サンプル点  $P_j$  における高さデータ  $h_j$  及びバンク角データ  $\theta_j$  を得るためのステップと、前記サンプル点での高さデータ  $h_j$  及びバンク角データ  $\theta_j$  に基づいて、サンプル点  $P_j$  に沿ったコース上の高さデータ及びバンク角データを、前記複素平面 ( $= r e^{i\phi}$ ) における偏角  $\phi$  の関数  $h(\cdot)$  及び  $\theta(\cdot)$  として求めるステップと、前記  $h(\cdot)$  及び  $\theta(\cdot)$  に基づいて、複素平面  $Z$  上での高さデータを、絶対値  $r$  及び偏角  $\phi$  の関数  $I(r, \phi)$  として求めるステップと、前記  $I(r, \phi)$  を前記写像関数  $f(\cdot)$  により複素平面  $Z$  上に写像してコース上の高さデータ  $H(r, \phi)$  を求めるステップとを含むことを特徴とする。30

#### 【0014】

本発明によれば、サンプル点の高さデータ、バンク角データに基づいて、サンプル点に沿ったコース上(サンプル点を補間する点)での高さデータ  $h(\cdot)$ 、バンク角データ  $\theta(\cdot)$  が求められる。この  $h(\cdot)$ 、 $\theta(\cdot)$  は偏角  $\phi$  の関数として求められる。そしてこれらの  $h(\cdot)$ 、 $\theta(\cdot)$  に基づいて、複素平面  $Z$  上で  $I(r, \phi)$  が求められ、この  $I(r, \phi)$  を  $Z$  平面上に  $f(\cdot)$  により写像することでコース上の所望の位置での高さデータ  $H(r, \phi)$  が求められる。 $H(r, \phi)$  は  $r, \phi$  の関数となるため、メッシュ点のメッシュ間隔よりも細かい設定間隔で  $H(r, \phi)$  を求めることができる。このため本発明によれば、起伏に富んだコースの設計作業の容易化を図れる。サンプル点の高さデータ、バンク角データからの  $h(\cdot)$ 、 $\theta(\cdot)$  の導出は、例えばフーリエ近似手法等を用いることが適切であるが、 $\phi$  の変化に対する  $h(\cdot)$ 、 $\theta(\cdot)$  の変化を滑らかにできるような他の手法を用いることもできる。40

#### 【0015】

この場合、コース高さデータの変動成分  $h(r, \phi)$  に基づいて前記  $I(r, \phi)$  を変動させることが望ましい。このようにすれば、細かい不定期な起伏を持つダートコース、細かい波が発生する水上コース等のコースデータを容易に形成できる。なお変動成分の発生は、乱数を使用したり、周期関数を組み合わせること等により実現できる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例について図面に基づき詳細に説明する。50

## 【0017】

図1は、本発明を実現できるコースデータ生成部の一例を示す機能ブロック図である。このコースデータ生成部は、サンプル点データ記憶部102、 $f(\quad)$ 導出部104、 $f(\quad)$ 記憶部106、 $Q_{st}$ 生成部108、 $P_{st}$ 生成部110、 $P_{st}$ 記憶部112を含んでいる。

## 【0018】

生成するコースデータの核となるデータは、キーボード、マウス、ゲームコントローラ等で構成される入力部から入力される。

## 【0019】

図2は、コースデータの生成核となるサンプル点 $P_j$ を複素平面Z上に表す図である。ここで、複素数Zは、虚数単位*i* ( $i \times i = -1$ ) を用いれば、実部をXとし虚部をYとして、

$$Z = X + i Y \quad (1)$$

と表される。

## 【0020】

図2に示す閉曲線は生成しようとするコースの例えは中心線を示す図であり、該中心線上に $2N$ 個のサンプル点 $P_j$  ( $j = 1, \dots, 2N$ ) が配置されている。即ち、本実施例では、先ず、複素平面Z上に生成しようとするコースの例えは中心線を配置し、該中心線上の $2N$ 個の点をサンプル点 $P_j$  ( $j = 1, \dots, 2N$ ) として利用する。

## 【0021】

入力部からは、サンプル点 $P_j$ の値 $Z_j$ の実部 $X_j$ 及び虚部 $Y_j$ がサンプル点データとして入力される。また、入力部からは、後述するように、必要であれば、サンプル点 $P_j$ におけるコースの高さデータ $h_j$ 及びバンク角データ $\theta_j$ も入力される。

## 【0022】

前記サンプル点データ記憶部102は、このようにして得られたサンプル点 $P_j$ の値 $Z_j$ の実部 $X_j$ 及び虚部 $Y_j$ 、高さデータ $h_j$ 及びバンク角データ $\theta_j$ を記憶するためのものであり、RAM等によって構成される。

## 【0023】

前記 $f(\quad)$ 導出部104は、複素平面Zとは異なる他の複素平面 上の点 $Q_j$  ( $j = 1, \dots, 2N$ ) を、複素平面Z上のサンプル点 $P_j$ に写像する複素写像関数を導出する手段であり、この機能はCPUとそれを制御するソフトウェア等により実現される。

## 【0024】

図3は、点 $Q_j$ を複素平面 上に表す図である。ここで、複素数 は、虚数単位*i*を用いれば、実部を とし虚部を として、

$$= r_j + i \theta_j \quad (2)$$

と表される。あるいは、絶対値を $r$ とし、偏角を $\theta$ として、

$$= r_j e^{i\theta_j} \quad (3)$$

と極座標表示形式で表すことができる。

## 【0025】

図3によれば、点 $Q_j$ は複素平面 上における原点を中心とする半径 $(1 + W / 2)$ の円の周上に等間隔に配置されている。ここで、Wはコース幅を表す値であり、図3に示す点 $Q_j$ の値 $Q_j = r_j e^{i\theta_j}$ を、本実施例では、

$$r_j = 1 + W / 2 \quad (4)$$

$$\theta_j = 2\pi (j - 1) / 2N \quad (5)$$

と定義している。

## 【0026】

前記 $f(\quad)$ 導出部104は、以上説明した複素平面 上の点 $Q_j$ を複素平面Z上の点 $P_j$ に写像する関数 $f(\quad)$ を導出するものである。従って、写像 $f(\quad)$ は、

$$Z_j = f(Q_j) \quad (6)$$

を満足するものである。

10

20

30

40

50

## 【0027】

式(6)を満足する $f(\zeta)$ を導出するために、先ず、 $f(\zeta)$ を、

$$\begin{aligned} Z &= f(\zeta) \\ &= C_1\zeta + C_2 + C_3/\zeta + C_4/\zeta^2 + \cdots + C_n/\zeta^{n-2} \\ &= C_1 r e^{i\theta} + C_2 + C_3/r e^{i\theta} + \cdots + C_n/(r e^{i\theta})^{n-2} \quad (7) \end{aligned}$$

と定義する。こうして定義すれば、複素平面の原点を中心とする単位円の外側領域で写像関数は正則となり、等角写像性を担保できる。また上記写像関数は単位円の外側領域で正則且つ单葉となるため1対1の等角写像性も担保できる。

10

## 【0028】

ここで、 $C_k$ ( $k = 1, \dots, n$ )は、

$$C_k = a_k + i b_k \quad (8)$$

を満足する $f(\zeta)$ の各項の係数である。

## 【0029】

式(1)、(8)を用いて、式(7)を整理すれば、

$$\begin{aligned} X &= r(a_1 \cos \theta - b_1 \sin \theta) + a_2 + (1/r) \cdot (a_3 \cos \theta + b_3 \sin \theta) \\ &\quad + (1/r^2) \cdot (a_4 \cos 2\theta + b_4 \sin 2\theta) \\ &\quad + (1/r^{n-2}) \cdot (a_n \cos(n-2)\theta + b_n \sin(n-2)\theta) \quad (9) \end{aligned}$$

20

$$\begin{aligned} Y &= r(a_1 \sin \theta + b_1 \cos \theta) + b_2 + (1/r) \cdot (-a_3 \sin \theta + b_3 \cos \theta) \\ &\quad + (1/r^2) \cdot (-a_4 \sin 2\theta + b_4 \cos 2\theta) \\ &\quad + (1/r^{n-2}) \cdot (-a_n \sin(n-2)\theta + b_n \cos(n-2)\theta) \quad (10) \end{aligned}$$

20

となる。

## 【0030】

そして、最小二乗法により、式(8)を満足する $a_k$ 、 $b_k$ を求めれば、

30

## 【数1】

$$a_k = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} \left\{ X_j \cos(k-2)\theta_j - Y_j \sin(k-2)\theta_j \right\} \quad (11)$$

$(k = 1, \dots, n)$

## 【数2】

$$b_k = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} \left\{ X_j \sin(k-2)\theta_j + Y_j \cos(k-2)\theta_j \right\} \quad (12)$$

$(k = 1, \dots, n)$

40

となる。

## 【0031】

前記 $f(\zeta)$ 導出部104は、前記サンプル点データ記憶部102に記憶されたサンプル点 $P_j$ の値 $Z_j$ の実部 $X_j$ 及び虚部 $Y_j$ の値と、上式(5)に基づいて生成された $\theta_j$ の値とを、上式(11)、(12)に代入することにより、 $f(\zeta)$ の各項の係数 $C_k = a_k + i b_k$

50

$b_k$ を求めている。

【0032】

前記  $f(\cdot)$  記憶部 106 は、こうして導出された  $f(\cdot)$  の各項の係数  $C_k$  の値、即ち  $a_k$  と  $b_k$  の値を記憶するものであり、RAM 等によって構成される。

【0033】

前記  $Q_{st}$  生成部 108 は、前記複素平面 における原点を中心とする単位円の外側領域に位置するメッシュ点  $Q_{st}$  の値  $_{st}$  を生成する手段であり、この機能は CPU 及びそれを制御するソフトウェア等により実現される。

【0034】

図 4 は、複素平面 上に表されたメッシュ点  $Q_{st}$  ( 例えば図 4 の点 24 ) を表す図である 10 。図 4 に示す複素平面 には原点を中心とする  $n_t$  個の同心円が配置されていて、その最も内側に単位円 20 が位置し、最も外側に半径 ( 1 + W ) の円 22 が位置している。そして、それぞれの同心円の周上に等間隔に添え字  $t$  の等しいメッシュ点  $Q_{st}$  ( $s = 1, \dots, n_s$ ) が配置されている。従って、図 4 に示すメッシュ点  $Q_{st}$  は、次式によって表される 。

$$s_t = s_t + i \quad s_t = r_{st} e^{i \theta_{st}} \quad (13)$$

$$(s = 1, \dots, n_s, t = 1, \dots, n_t)$$

$$r_{st} = 1 + W \cdot (t - 1) / (n_t - 1) \quad (14)$$

$$(t = 1, \dots, n_t)$$

$$\theta_{st} = 2\pi \cdot (s - 1) / n_s \quad (15)$$

$$(s = 1, \dots, n_s)$$

前記  $Q_{st}$  生成部 108 はこれらの式に基づいてメッシュ点  $Q_{st}$  の値  $_{st}$  の絶対値  $r_{st}$  及び偏角  $\theta_{st}$  を生成している。

【0035】

また、前記  $P_{st}$  生成部 110 は、こうして前記  $Q_{st}$  生成部 108 により生成されるメッシュ点  $Q_{st}$  の値  $_{st}$  の絶対値  $r_{st}$  及び偏角  $\theta_{st}$  と、前記  $f(\cdot)$  記憶部 106 に既に記憶されている  $f(\cdot)$  の各項の係数とを用いて次式 ( 16 ) を計算し、複素平面 におけるメッシュ点  $Q_{st}$  の複素平面 Z におけるメッシュ点  $P_{st}$  の値  $Z_{st}$  を導出する手段であり、この機能は CPU 及びそれを制御するソフトウェア等により実現される。

$$Z_{st} = f(\theta_{st}) = X_{st} + i Y_{st} \quad (16)$$

図 5 は、こうして前記  $P_{st}$  生成部 110 により生成されるメッシュ点  $P_{st}$  ( 例えば図 5 の点 26 ) を複素平面 Z に表す図であり、完成したコースの平面図を示す図である。図 5 において、メッシュ点  $P_{st}$  は点  $Q_{st}$  の写像を表している。

【0036】

前記  $P_{st}$  記憶部 112 は、こうして前記  $P_{st}$  生成部 110 により生成されるメッシュ点  $P_{st}$  の値  $Z_{st}$  の実部  $X_{st}$  及び虚部  $Y_{st}$  の値を記憶するためのものであり、RAM 等によって構成される。

【0037】

図 1 に示すコースデータ生成部は、更に、 $h(\cdot)$  導出部 114、 $h(\cdot)$  記憶部 116 、 $(\cdot)$  導出部 118、 $(\cdot)$  記憶部 120、I( $r, \cdot$ ) 生成部 122、I( $r, \cdot$ ) 記憶部 124、H( $r, \cdot$ ) 生成部 126、H( $r, \cdot$ ) 記憶部 128 を含んでいて、コースの平面位置データ ( $X_{st}, Y_{st}$ ) のみならず、高さデータ H( $r, \cdot$ ) をも生成することがで可能となっている。

【0038】

図 6 は、既に図 2 において示したコースの中心線上の各サンプル点  $P_j$  における高さデータ  $h_j$  及びバンク角データ  $\alpha_j$  を示す図であり、本実施例では、これらのデータに基づいて、コース上の所望の位置での高さデータ H( $r, \cdot$ ) を生成する。

【0039】

前記  $h(\cdot)$  導出部 114 は、図 6 に示すサンプル点  $P_j$  での高さデータ  $h_j$  に基づいて、これらのサンプル点  $P_j$  を結ぶコース中心線上の各位置での高さデータ  $h(\cdot)$  を求める

10

20

30

40

50

手段であり、この機能は C P U 及びそれを制御するソフトウェア等により実現される。この  $h(\theta)$  は、上記各位置に対応する偏角（式（15）参照）の関数として表される。具体的には前記  $h(\theta)$  導出部 114 は下式（17）における  $D_k, E_k (k = 0, \dots, N)$  を求めることにより、 $h(\theta)$  を導出する。

## 【数3】

$$h(\theta) = D_0 + \sum_{k=1}^n (D_k \cos k\theta + E_k \sin k\theta) \quad (17)$$

但し上式において各係数は次の関係式を満たす

$$\begin{aligned} D_0 &= \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} h_j \\ D_k &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} h_j \cos \frac{k(j-1)}{N} \pi \quad (k \neq 0, N) \\ D_N &= \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} (-1)^j h_j \\ E_k &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} h_j \sin \frac{k(j-1)}{N} \pi \quad (k \neq N) \end{aligned}$$

10

20

上式（17）のようにして  $h(\theta)$  を導出すれば、 $\theta$  の変化に対して滑らかに変化する  $h(\theta)$  を得ることができ、 $\theta$  の代入によりコース中心線上の任意の位置での高さデータを得ることができる。

## 【0040】

前記  $h(\theta)$  記憶部 116 は、こうして前記  $h(\theta)$  導出部 114 により導出される  $D_k$  及び  $E_k$  を記憶するためのものであり、R A M 等によって構成される。

## 【0041】

前記（）導出部 118 は、図 6 に示すサンプル点  $P_j$  におけるバンク角データ  $\alpha_j$  に基づいて、これらのサンプル点を結ぶコース中心線上の各位置でのバンク角データ（）を求める手段であり、この機能は C P U 及びそれを制御するソフトウェア等により実現される。この（）は、上記各位置に対応する偏角（上式（15）参照）の関数として表される。具体的には前記（）導出部 118 は下式（18）における  $F_k, G_k (k = 0, \dots, N)$  を求めることにより、（）を導出する。

## 【数4】

30

$$\alpha(\theta) = F_0 + \sum_{k=1}^n (F_k \cos k\theta + G_k \sin k\theta) \quad (18)$$

但し上式において各係数は次の関係式を満たす

$$F_0 = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} \alpha_j$$

$$F_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} \alpha_j \cos \frac{k(j-1)}{N} \pi \quad (k \neq 0, N) \quad 10$$

$$F_N = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{2N} (-1)^j \alpha_j$$

$$G_k = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{2N} \alpha_j \sin \frac{k(j-1)}{N} \pi \quad (k \neq N)$$

上式のようにして ( ) を導出すれば、 の変化に対して滑らかに変化する ( ) を得ることができ、 の代入によりコース中心線上の任意の位置でのバンク角データを得ることができる。 20

#### 【0042】

前記 ( ) 記憶部 120 は、こうして前記 ( ) 導出部 118 により導出される  $F_k$  及び  $G_k$  を記憶するためのものであり、RAM 等によって構成される。

#### 【0043】

前記 I (r, θ) 生成部 122 は、こうして前記 h ( ) 記憶部 116、前記 ( ) 記憶部 120 に記憶される h ( ) 及び ( ) に基づいて、複素平面 上での高さデータを絶対値 r 及び偏角 の関数 I (r, θ) として導出する手段であり、この機能は CPU 及びそれを制御するソフトウェア等により実現される。

#### 【0044】

図 7 は、図 4 に示す複素平面 の原点を通る面での断面図の一例である。図 7 に示すように、所与の r, θ に対して複素平面 上での高さデータ I (r, θ) は、例えば、 30

$$I(r, \theta) = h(\theta) + (r - 1 - W/2) \cdot \tan \{\alpha(\theta)\} + \Delta h(r, \theta) \quad (19)$$

と表される。ここで、h(θ) は、前記 h( ) 記憶部 116 に記憶される h( ) に、高さデータを得ようとする位置に対応する偏角 θ を代入したものである。また、(r - 1 - W/2) · tan { ( ) } は、バンク角 ( ) に基づく高さデータ h( ) の増分を表し、h(r, θ) は高さデータの変動成分を表すものである。本実施例では、このような変動成分を組み込むことで、小さな周期で変化する起伏をコース上に形成可能としている。この変動成分は、乱数により生成してもよいし、周期関数を適当に組み合わせることで生成してもよい。 40

#### 【0045】

前記 I (r, θ) 記憶部 124 は、こうして生成された複素平面 上での高さデータ I (r, θ) を記憶するためのものであり、RAM 等によって構成される。

#### 【0046】

前記 H (r, θ) 生成部 126 は、前記 I (r, θ) 記憶部 124 に記憶された I (r, θ) を写像関数 f ( ) により複素平面 Z 上に写像してコース上の所望の位置での高さデータ H (r, θ) を導出する手段であり、この機能は CPU 及びそれを制御するソフトウェア等により実現される。

#### 【0047】

10

20

30

40

50

前記  $H(r, \theta)$  記憶部 128 は、こうして生成された複素平面  $Z$  上での高さデータ  $H(r, \theta)$  を記憶するためのものであり、RAM 等により構成される。

#### 【0048】

次に、本実施例によるコースデータ作成の手順について図 8 に示すフローチャートを用いて説明する。

#### 【0049】

まず、コースの中心線上のサンプル点  $P_j$  ( $j = 1, \dots, 2N$ ) における平面位置データである  $X_j$  及び  $Y_j$ 、高さデータである  $h_j$ 、バンク角データである  $\gamma_j$  を取得し、前記サンプル点データ記憶部 102 に記憶する (S1)。

#### 【0050】

次に、前記  $f(\cdot)$  導出部 104 により、複素平面  $\mathbb{C}$  上の原点を中心とする円の周上の各点  $Q_j$  を、複素平面  $Z$  上のサンプル点  $P_j$  ( $Z_j = X_j + iY_j$ ) に写像する複素写像関数  $f(\cdot)$  を導出し、各項の係数を前記  $f(\cdot)$  記憶部 106 に記憶する (S2)。

#### 【0051】

そして、前記  $Q_{st}$  生成部 108 は複素平面  $\mathbb{C}$  上における原点を中心とする単位円の外側領域にメッシュ点  $Q_{st}$  を生成する (S3)。

#### 【0052】

前記  $P_{st}$  生成部 110 は、こうして生成される複素平面  $\mathbb{C}$  上のメッシュ点  $Q_{st}$  を、前記複素写像関数  $f(\cdot)$  を用いて複素平面  $Z$  上に写像する。そして、写像した点をメッシュ点  $P_{st}$  として前記  $P_{st}$  記憶部 112 に記憶する (S4)。

#### 【0053】

一方、前記  $h(\cdot)$  導出部 114 は、サンプル点  $P_j$  での高さデータ  $h_j$  に基づいて、サンプル点  $P_j$  に沿ったコース上での高さデータを、複素平面  $\mathbb{C}$  上における偏角  $\theta$  の関数  $h(\cdot)$  として求める (S5)。

#### 【0054】

また、前記  $(\cdot)$  導出部 118 は、サンプル点  $P_j$  でのバンク角データ  $\gamma_j$  に基づいて、サンプル点  $P_j$  に沿ったコース上でのバンク角データを、複素平面  $\mathbb{C}$  上における偏角  $\theta$  の関数  $(\cdot)$  として求める (S6)。

#### 【0055】

そして、前記  $I(r, \theta)$  生成部 122 は、こうして前記  $h(\cdot)$  記憶部 116、前記  $(\cdot)$  記憶部 120 に記憶される  $h(\cdot)$  及び  $(\cdot)$  に基づいて、複素平面  $\mathbb{C}$  上での高さデータを、絶対値  $r$  及び偏角  $\theta$  の関数  $I(r, \theta)$  として導出し、前記  $I(r, \theta)$  記憶部 124 に記憶する (S7)。

#### 【0056】

そして、前記  $H(r, \theta)$  生成部 126 は、前記  $I(r, \theta)$  記憶部 124 に記憶される  $I(r, \theta)$  を写像関数により複素平面  $Z$  に写像することで高さデータ  $H(r, \theta)$  を導出し、前記  $H(r, \theta)$  記憶部 128 に記憶する (S8)。

#### 【0057】

そして、前記  $P_{st}$  記憶部 112 に記憶されるデータ  $(X_{st}, Y_{st})$  及び  $H(r, \theta)$  記憶部 128 に記憶されるデータ  $H(r, \theta)$  は、画像合成部に出力され、これによりコース画像が合成される (S9)。

#### 【0058】

図 9 に、本実施例により合成されたコース画像の一例を示す。図 9 に示すように、本実施例によれば、起伏変化に富み特にダートコース、水上コースに最適なコースデータを生成できる。例えば  $H(r, \theta)$  を求める際に、 $P_{st}$  のサンプル間隔よりも小さいサンプル間隔で  $r, \theta$  を  $H(r, \theta)$  代入することで、小さな周期で細かく変化する高さデータを得ることができ、起伏変化に富んだコースデータを得ることができる。

#### 【0059】

図 10 (A)、(B)、(C) に、本実施例の種々の実施形態を示す。図 10 (A) は、画像合成装置の 1 つであるコースデータ生成ツールに本実施例を適用した例である。サン

10

20

30

40

50

ブル点  $P_j$  の平面位置データ、高さデータ、バンク角データは、例えばキーボード 200 、ポインティングデバイスであるマウス 202 により入力される。これ以外にも、実存するサーキットコースの航空写真から、デジタイザを用いてコース上のサンプル点データを得るようにしてよい。処理部 210 は、図 1 にロック図が示されるコースデータ生成部 212 、コースデータ生成部 212 で生成されたコースデータに基づいて画像を合成する画像合成部 214 を含む。処理部 210 は、ハードウェア的には、CPU 、メモリ、必要であれば画像合成専用 IC 等により構成される。FD 、CD-ROM 、IC カード、メモリ等で構成される情報記憶媒体 216 には、図 8 に示す処理を行うためのコースデータ作成プログラム、このプログラムの実行のために必要なデータ等の種々の情報が格納されている。処理部 210 は、キーボード 200 、マウス 202 からの入力情報、情報記憶媒体 216 に格納される情報に基づいて処理を行い、これにより表示部 218 上にコース画像 219 等が表示される。このコースデータ作成ツールによれば、表示されるコース画像 219 の形状を確認しながら、コースデータの作成を行うことができ、設計作業の効率化を図れる。

#### 【 0060 】

図 10 (B) は、画像合成装置の 1 つであるゲーム装置に本実施例を適用した例である。ゲームコントローラ 220 、 222 は、プレーヤが操作情報を入力するためのものである。処理部 230 は、プレーヤからの操作情報に基づいてゲーム画像を合成するための演算等を行うゲーム演算部 232 、ゲーム演算部 232 からの演算結果に基づいて画像合成を行う画像合成部 234 を含み、ハードウェア的には、CPU 、メモリ、必要であれば画像合成専用の IC 等により構成される。情報記憶媒体 236 には、図 8 の処理により生成されたコースデータ或いはこのコースデータに基づき生成された種々の情報、及びゲームプログラム等が格納されている。表示部 238 上には、上記コースデータに基づいたコース画像、プレーヤが操作する車 239 の画像等が表示される。ゲーム装置が業務用のものであれば、コースデータ、ゲームプログラムは ROM 等から成る情報記憶媒体に格納され、ゲーム装置が家庭用のものであれば、コースデータ、ゲームプログラムは CD-ROM 、ゲームカセット等から成る情報記憶媒体に格納される。また複数の端末をホスト装置を介して通信回線で接続し、ゲームプログラム等を配給するタイプのゲーム装置においては、コースデータ、ゲームプログラムはホスト装置の情報記憶媒体に格納される。

#### 【 0061 】

一方、図 10 (C) は、ゲーム演算部 242 がコースデータ生成部 243 を含む場合のゲーム装置の例である。この場合、情報記憶媒体 246 には、コースデータの代わりに、図 8 の処理を行うためのコースデータ生成プログラムが格納され、コースデータの生成はゲーム装置に内蔵されるコースデータ生成部 243 が行う。例えばゲームコントローラ 220 、 222 等によりプレーヤが自身が所望するコースのサンプル点データ或いはコースの概略形状を入力し、このサンプル点データ等に基づいてコースデータ生成部 243 が対応するコースデータを生成すれば、プレーヤは自身が所望するコース上でゲームプレイを行うことができる。また例えば、前のゲームステージにおけるプレーヤのゲーム結果等に応じて、コースデータ生成部 243 が種々のコースデータを作成すれば、コースデータを格納するための容量をそれほど増やすことなく、バラエティ溢れる多数のコースをプレーヤに提供することが可能となる。

#### 【 0062 】

以上のように本実施例は、コースの概略形状の平面位置データを用いて、コースの平面形状を複素写像関数により生成することを特徴としている。そのため、コースのレイアウト設計作業の効率が非常によい。

#### 【 0063 】

また本実施例は、サーキットコースのサンプル点に沿った高さデータ、バンク角データ及び変動成分を用いて、コース上の各位置での高さデータをフーリエ近似方法等により生成することを特徴としている。そのため、コースの高さの設計作業の効率が非常によい。

#### 【 0064 】

10

20

30

40

50

また本実施例は、コースに沿った高さ変化やコースに直交する高さ変化などを区別して設定できることを特徴としている。そのため、サーキットコースを走行する感覚でコースの高さの設計が可能である。

#### 【0065】

また本実施例によれば、コースの形状変更が簡単であるために、コースの3次元形状をゲームの状況に応じて変化させたり、プレーヤの希望に応じて変形することが可能である。そのため、ゲームの多様性、意外性などのゲーム性を高めることができる。

#### 【0066】

また本実施例によれば、オフロードのサーキットコース、波が発生する水上コースのように複雑な起伏を有するコースを生成する場合、膨大なコースの3次元形状データを圧縮するために、大きな周期で大きく変化する起伏に対しては3次元形状を生成し、小さな周期で小さく変化する起伏に対してはバンプデータによるテクスチャリングを生成する手法を簡易に行うことができる。

#### 【0067】

また本実施例によれば、コース上の位置をパラメータにより一元的に特定できる。

#### 【0068】

以上説明したように、本実施例は、TV及び映画のCG映像、ゲーム用のCG映像、パソコンソフトのCG映像等の作成時において、オフロードのサーキットコース、水上コースのように複雑な起伏を揺する周回コースの3次元形状の生成、作成を効率よく行えるという効果を有する。

#### 【0069】

なお本発明は上記実施例で説明したものに限らず、種々の変形実施が可能である。

#### 【0070】

例えば複素平面 $Z$ 上のメッシュ点を複素平面 $Z$ 上に写像する関数 $f(\cdot)$ としては、演算負担の軽さ、1対1の等角写像性の観点からは、上式(7)に示すものが特に望ましいが、これ以外にも、少なくとも正則性を担保できる写像関数ならば種々のものを採用できる。

#### 【0071】

またコース上のサンプル点での $h_j$ 、 $\gamma_j$ から $h(\cdot)$ 、 $\gamma(\cdot)$ を求める演算式も、演算負担の軽さ、1つのパラメータ $\gamma$ でコース上の各位置での高さデータを特定できるという観点からは、上式(17)、(18)に示すものが特に望ましいが、これら以外にも、 $h_j$ 、 $\gamma_j$ を滑らかに補間できる種々の手法を採用できる。

#### 【0072】

また本発明により生成されるコースデータは、車の走行コースのみならず、スキー、スノーボード、モータボート、ウォータービークル、宇宙船の走行コース等、種々のものに適用できる。

#### 【0073】

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例のコースデータ生成部の機能ブロック図である。

【図2】コースデータの生成核となるサンプル点 $P_j$ を複素平面 $Z$ 上に表す図である。

【図3】サンプル点 $P_j$ に写像される点 $Q_j$ を複素平面 $Z$ 上に表す図である。

【図4】複素平面 $Z$ 上に表されたメッシュ点 $Q_{st}$ を示す図である。

【図5】メッシュ点 $P_{st}$ を複素平面 $Z$ に表す図であり、完成したコースの平面図を示す図である。

【図6】コースの中心線上の各サンプル点 $P_j$ における高さデータ $h_j$ 及びバンク角データ $\gamma_j$ を示す図である。

【図7】図4において原点を通る面の断面図である。

【図8】本実施例の処理手順を示すフローチャートである。

【図9】本実施例により生成されたコース画像の例である。

【図10】図10(A)、(B)、(C)は、本実施例の種々の実施形態を示す図である

10

20

30

40

50

。

【図11】図11(A)、(B)は、コースデータ生成の第1の手法を説明するための図である。

【図12】図12(A)、(B)は、コースデータ生成の第2の手法を説明するための図である。

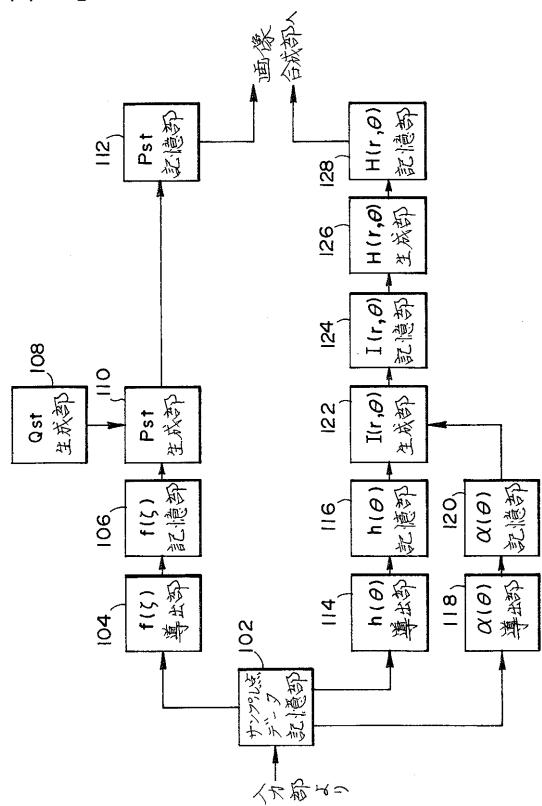
### 【符号の説明】

102	サンプル点データ記憶部
104	f( )導出部
106	f( )記憶部
108	Q <sub>st</sub> 生成部
110	P <sub>st</sub> 生成部
112	P <sub>st</sub> 記憶部
114	h( )導出部
116	h( )記憶部
118	( )導出部
120	( )記憶部
122	I(r, )生成部
124	I(r, )記憶部
126	H(r, )生成部
128	H(r, )記憶部

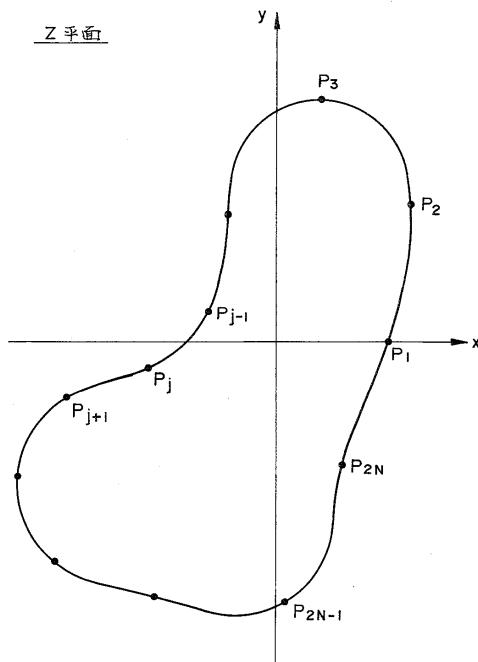
10

20

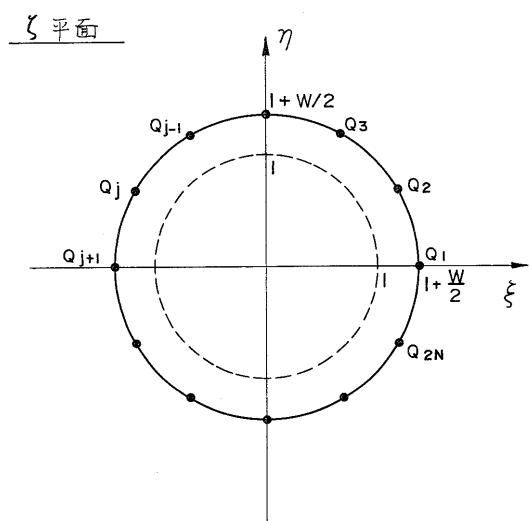
【図1】



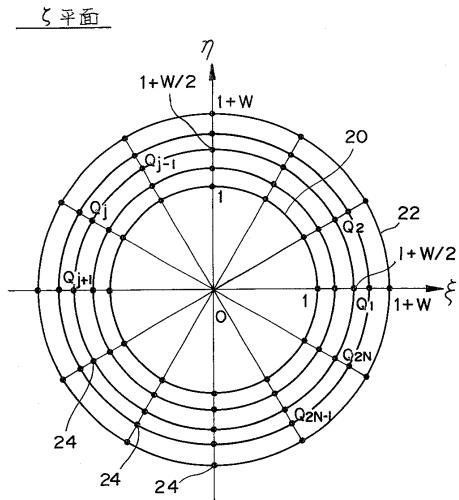
【図2】



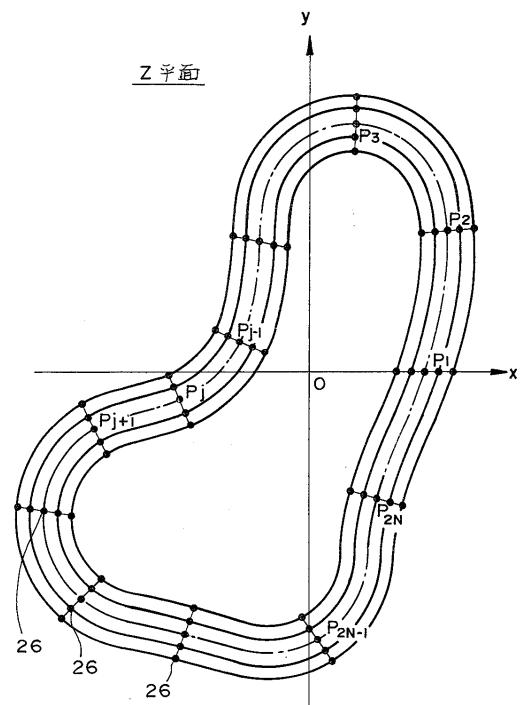
【図3】



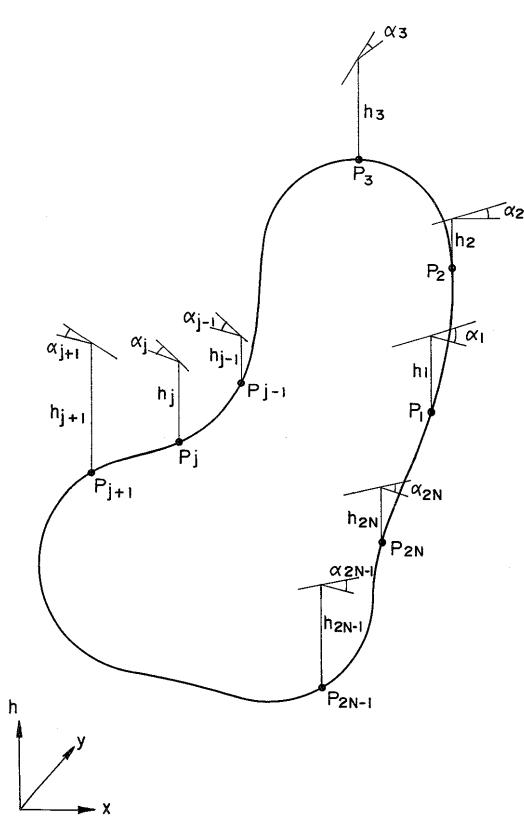
【図4】



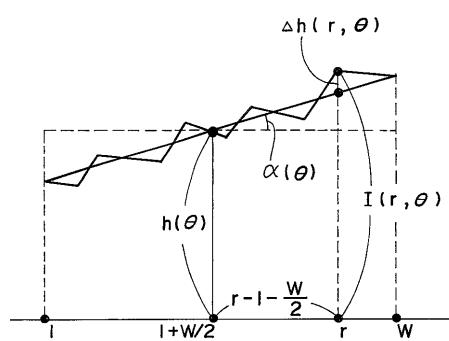
【図5】



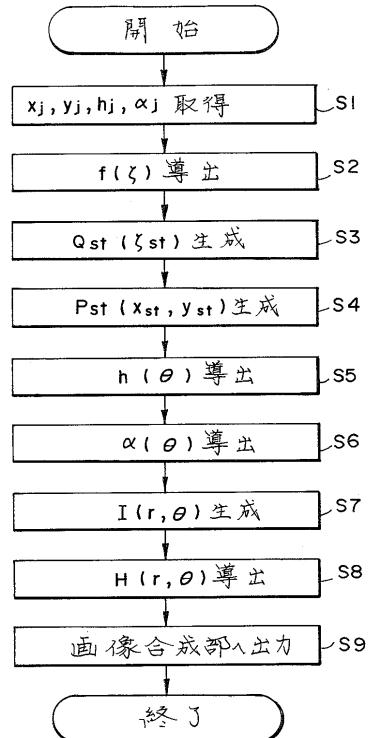
【図6】



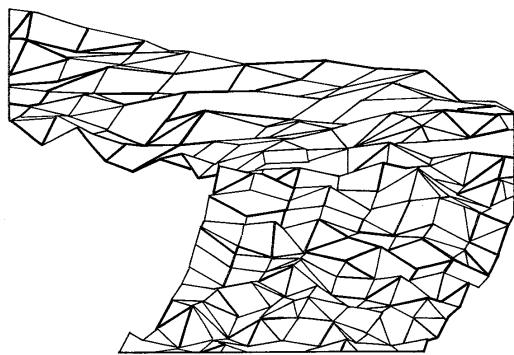
【図7】



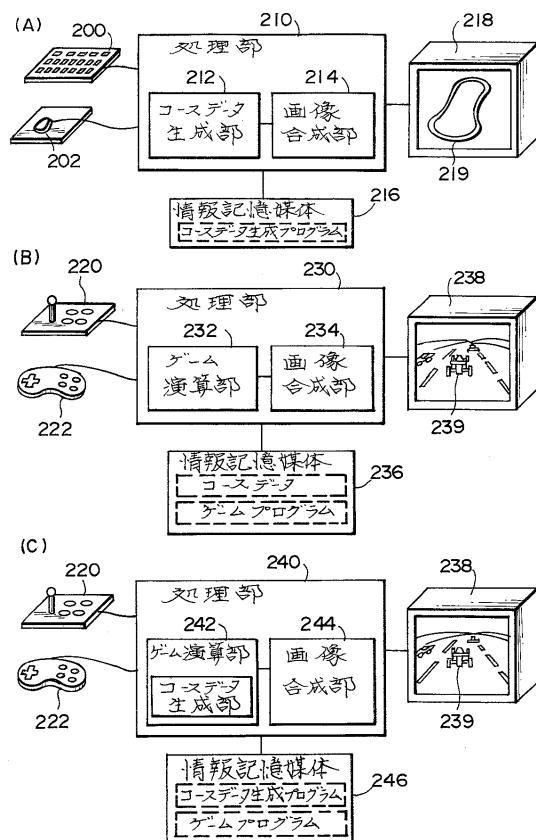
【図8】



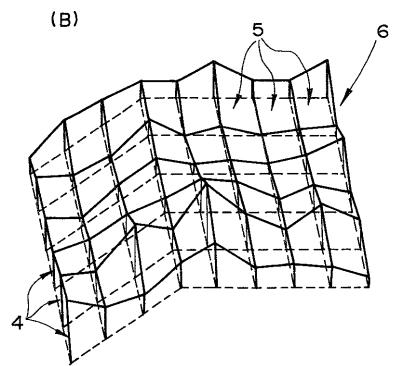
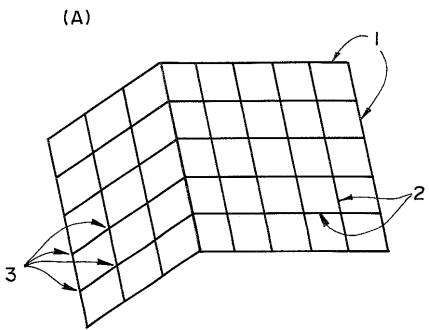
【図9】



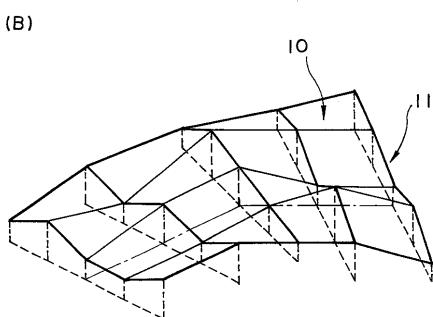
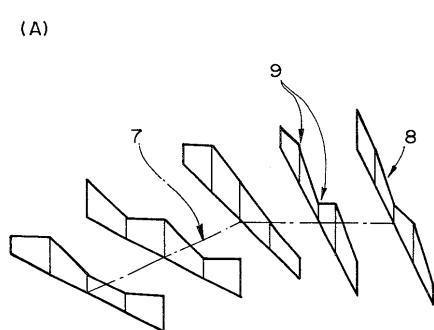
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 森 一浩  
東京都大田区多摩川2丁目8番5号 株式会社ナムコ内

審査官 村松 貴士

(56)参考文献 特開平07-116355 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 15/00 - 17/50  
A63F 13/00 - 13/12