

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6676259号  
(P6676259)

(45) 発行日 令和2年4月8日(2020.4.8)

(24) 登録日 令和2年3月16日(2020.3.16)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>G06F</b>	<b>30/10</b>	<b>(2020.01)</b>	G06F	17/50	620C
<b>G06T</b>	<b>11/80</b>	<b>(2006.01)</b>	G06T	11/80	B
<b>A63F</b>	<b>9/10</b>	<b>(2006.01)</b>	A63F	9/10	502C

請求項の数 16 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2015-239057 (P2015-239057)	(73) 特許権者	504258527
(22) 出願日	平成27年12月8日(2015.12.8)		国立大学法人 鹿児島大学
(65) 公開番号	特開2017-107310 (P2017-107310A)		鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
(43) 公開日	平成29年6月15日(2017.6.15)	(74) 代理人	100095407
審査請求日	平成30年10月25日(2018.10.25)		弁理士 木村 満
		(74) 代理人	100162259
			弁理士 末富 孝典
		(74) 代理人	100133592
			弁理士 山口 浩一
		(74) 代理人	100168114
			弁理士 山中 生太
		(72) 発明者	小野 智司
			鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
			国立大学法人 鹿児島大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイリング図形生成システム、タイリング図形生成方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像の合成及び/又は選択により、原図形を生成する原図形生成部と、前記原図形生成部で生成された前記原図形を加工して、前記原図形生成部で生成された前記原図形との所定の数式で算出した形状差が閾値を下回り、かつ、平面上に重複なく連続して敷き詰めるときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形を最適化手法を用いて生成するタイリング図形生成部と、  
を備えるタイリング図形生成システム。

【請求項2】

前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形が、前記形状差が閾値を下回るまで、

前記原図形生成部は、

画像の合成及び/又は選択により、生成される原図形を変更し、

前記タイリング図形生成部は、

前記原図形生成部で生成された前記原図形を加工して、前記形状差が閾値を下回る前記タイリング図形を最適化手法を用いて探索する、

請求項1に記載のタイリング図形生成システム。

【請求項3】

前記原図形生成部は、

3次元物体モデルを撮像する撮像光学系の位置及び撮像条件及び/又は前記3次元物体

10

20

モデルを変形させながら、前記 3 次元物体モデルを撮像したときに得られる画像を、前記原図形として生成する、

請求項 2 に記載のタイリング図形生成システム。

【請求項 4】

前記 3 次元物体モデルは、  
コンピュータグラフィックスの仮想モデル又は有体物である、  
請求項 3 に記載のタイリング図形生成システム。

【請求項 5】

前記原図形生成部は、  
複数の画像を合成及び / 又は 1 枚の画像を変形することによって、前記原図形としての  
原画像を生成する、

10

請求項 2 に記載のタイリング図形生成システム。

【請求項 6】

前記原図形生成部は、  
キーワードを用いた画像検索によりインターネットから画像を取得し、  
取得した複数の画像を合成及び / 又は取得した 1 枚の画像を変形する、  
請求項 5 に記載のタイリング図形生成システム。

【請求項 7】

前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形の一部の幅が、許容値以上  
となるように前記タイリング図形を調整するタイリング図形調整部を備える、  
請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のタイリング図形生成システム。

20

【請求項 8】

前記タイリング図形調整部は、  
前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形において、隣接する両端の  
外縁から突出する部分のアスペクト比が許容値を超える場合には、その部分を切り取る、  
請求項 7 に記載のタイリング図形生成システム。

【請求項 9】

輪郭と、輪郭内側の内部パターンとで構成された原図形を加工して、平面上に重複なく  
連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形の輪郭を  
生成する輪郭生成部と、

30

前記原図形の輪郭から前記輪郭生成部で生成された輪郭への変形に応じて、前記内部パ  
ターンの中から選択された内部パターンを変形させず、残りの前記内部パターンを変形す  
る内部パターン変形部と、

を備えるタイリング図形生成システム。

【請求項 10】

前記内部パターン変形部は、  
前記原図形の内部パターンを簡略化した後に、前記原図形の内部パターンを変形させる  
、

請求項 9 に記載のタイリング図形生成システム。

【請求項 11】

コンピュータが、画像の合成及び / 又は選択により、原図形を生成する原図形生成ステ  
ップと、

40

コンピュータが、前記原図形生成ステップで生成された前記原図形を加工して、前記原  
図形生成ステップで生成された前記原図形との所定の数式で算出した形状差が閾値を下回  
り、かつ、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことが  
できるタイリング図形を最適化手法を用いて生成するタイリング図形生成ステップと、

を含むタイリング図形生成方法。

【請求項 12】

コンピュータが、前記タイリング図形生成ステップで生成された前記タイリング図形の  
一部の幅が、許容値以上となるように前記タイリング図形を調整するタイリング図形調整

50

ステップを含む、

請求項 1 1 に記載のタイリング図形生成方法。

【請求項 1 3】

コンピュータが、輪郭と、輪郭内側の内部パターンとで構成された原図形を加工して、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形の輪郭を生成する輪郭生成ステップと、

コンピュータが、前記原図形の輪郭から前記輪郭生成ステップで生成された輪郭への変形に応じて、前記内部パターンの中から選択された内部パターンを変形させず、残りの前記内部パターンを変形する内部パターン変形ステップと、

を含むタイリング図形生成方法。

10

【請求項 1 4】

コンピュータを、

画像の合成及び/又は選択により、原図形を生成する原図形生成部、

前記原図形生成部で生成された前記原図形を加工して、前記原図形生成部で生成された前記原図形との所定の数式で算出した形状差が閾値を下回り、かつ、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形を最適化手法を用いて生成するタイリング図形生成部、

として機能させるプログラム。

【請求項 1 5】

コンピュータを、

前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形の一部の幅が、許容値以上となるように前記タイリング図形を調整するタイリング図形調整部、

として機能させる、

請求項 1 4 に記載のプログラム。

20

【請求項 1 6】

コンピュータを、

輪郭と、輪郭内側の内部パターンとで構成された原図形を加工して、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形の輪郭を生成する輪郭生成部、

前記原図形の輪郭から前記輪郭生成部で生成された輪郭への変形に応じて、前記内部パターンの中から選択された内部パターンを変形させず、残りの前記内部パターンを変形する内部パターン変形部、

として機能させるプログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タイリング図形生成システム、タイリング図形生成方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

タイリングとは、平面を隙間及び重複を生じることなく充填させるように、有限種類の図形（タイル）を連続的に敷き詰めることをいう。このようなタイリングを用いたタイリングアートと呼ばれる芸術がある。タイリングアートに見られる1つ1つのタイルには、とかげや魚など、単体でも絵として意味があると言った特徴がある。タイリングアートは、タイルを平行移動、回転、鏡映により複製することで形成される。タイリングアートを製作するには、対向するタイルの外縁の形状が隙間なく一致するようにタイルの輪郭を決定しなければならないため、タイルの輪郭を決めるのに試行錯誤が必要となり、その作業は困難を極める。

40

【0003】

そこで、タイルの輪郭を決定するのを支援するアプリケーションソフトウェアが開発さ

50

れている（例えば、非特許文献1参照）。このソフトウェアを用いれば、与えられた目標図形（原図形）に類似し、かつ、タイリング可能なタイルの輪郭を、最適化手法を用いて設計することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】Koizumi, H. and Sugihara, K.: Computer-aided design of Escher-like tiling, NICOGRAPH Paper Contest (2009)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

しかしながら、原図形の中には、その図形に類似したタイリング図形を生成するのが困難なものもあり、このような図形を原図形として選択すると、タイリング図形の設計に膨大な時間を要するようになる。したがって、デザイナーにとっては、タイリングに適した原図形を効率的に選択することが、より確実にタイリング図形を生成するための鍵となっている。

【0006】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、より確実にタイリング図形を生成することができるタイリング図形生成システム、タイリング図形生成方法及びプログラムを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の第1の観点に係るタイリング図形生成システムは、

画像の合成及び/又は選択により、原図形を生成する原図形生成部と、

前記原図形生成部で生成された前記原図形を加工して、前記原図形生成部で生成された前記原図形との所定の数式で算出した形状差が閾値を下回り、かつ、平面上に重複なく連続して敷き詰められたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形を最適化手法を用いて生成するタイリング図形生成部と、

を備える。

30

【0008】

前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形が、前記形状差が閾値を下回るまで、

前記原図形生成部は、

画像の合成及び/又は選択により、生成される原図形を変更し、

前記タイリング図形生成部は、

前記原図形生成部で生成された前記原図形を加工して、前記形状差が閾値を下回る前記タイリング図形を最適化手法を用いて探索する、

こととしてもよい。

【0009】

40

前記原図形生成部は、

3次元物体モデルを撮像する撮像光学系の位置及び撮像条件及び/又は前記3次元物体モデルを変形させながら、前記3次元物体モデルを撮像したときに得られる画像を、前記原図形として生成する、

こととしてもよい。

【0010】

前記3次元物体モデルは、

コンピュータグラフィックスの仮想モデル又は有体物である、

こととしてもよい。

【0011】

50

前記原図形生成部は、  
 複数の画像を合成及び/又は1枚の画像を変形することによって、前記原図形としての原画像を生成する、  
 こととしてもよい。

## 【0012】

前記原図形生成部は、  
 キーワードを用いた画像検索によりインターネットから画像を取得し、  
 取得した複数の画像を合成及び/又は取得した1枚の画像を変形する、  
 こととしてもよい。

## 【0013】

前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形の一部の幅が、許容値以上となるように前記タイリング図形を調整するタイリング図形調整部を備える、  
 こととしてもよい。

## 【0014】

前記タイリング図形調整部は、  
前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形において、隣接する両端の外縁から突出する部分のアスペクト比が許容値を超える場合には、その部分を切り取る、  
 こととしてもよい。

## 【0015】

本発明の第2の観点に係るタイリング図形生成システムは、  
 輪郭と、輪郭内側の内部パターンとで構成された原図形を加工して、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形の輪郭を生成する輪郭生成部と、  
 前記原図形の輪郭から前記輪郭生成部で生成された輪郭への変形に応じて、前記内部パターンの中から選択された内部パターンを変形させず、残りの前記内部パターンを変形する内部パターン変形部と、  
 を備える。

## 【0016】

前記内部パターン変形部は、  
前記原図形の内部パターンを簡略化した後に、前記原図形の内部パターンを変形させる  
 、  
 こととしてもよい。

## 【0017】

本発明の第3の観点に係るタイリング生成方法は、  
 コンピュータが、画像の合成及び/又は選択により、原図形を生成する原図形生成ステップと、  
 コンピュータが、前記原図形生成ステップで生成された前記原図形を加工して、前記原図形生成ステップで生成された前記原図形との所定の数式で算出した形状差が閾値を下回り、かつ、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形を最適化手法を用いて生成するタイリング図形生成ステップと、  
 を含む。

## 【0018】

コンピュータが、前記タイリング図形生成ステップで生成された前記タイリング図形の一部の幅が、許容値以上となるように前記タイリング図形を調整するタイリング図形調整ステップを含む、  
 こととしてもよい。

## 【0019】

本発明の第4の観点に係るタイリング生成方法は、  
 コンピュータが、輪郭と、輪郭内側の内部パターンとで構成された原図形を加工して、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリ

10

20

30

40

50

ング図形の輪郭を生成する輪郭生成ステップと、

コンピュータが、前記原図形の輪郭から前記輪郭生成ステップで生成された輪郭への変形に応じて、前記内部パターンの中から選択された内部パターンを変形させず、残りの前記内部パターンを変形する内部パターン変形ステップと、  
を含む。

【0020】

本発明の第5の観点に係るプログラムは、

コンピュータを、

画像の合成及び/又は選択により、原図形を生成する原図形生成部、

前記原図形生成部で生成された前記原図形を加工して、前記原図形生成部で生成された前記原図形との所定の数式で算出した形状差が閾値を下回り、かつ、平面上に重複なく連続して敷き詰めるときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形を最適化手法を用いて生成するタイリング図形生成部、

として機能させる。

【0021】

コンピュータを、

前記タイリング図形生成部で生成された前記タイリング図形の一部の幅が、許容値以上となるように前記タイリング図形を調整するタイリング図形調整部、

として機能させる、

こととしてもよい。

【0022】

本発明の第6の観点に係るプログラムは、

コンピュータを、

輪郭と、輪郭内側の内部パターンとで構成された原図形を加工して、平面上に重複なく連続して敷き詰めるときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形の輪郭を生成する輪郭生成部、

前記原図形の輪郭から前記輪郭生成部で生成された輪郭への変形に応じて、前記内部パターンの中から選択された内部パターンを変形させず、残りの前記内部パターンを変形する内部パターン変形部、

として機能させる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、画像の合成及び/又は選択により、原図形を生成し、生成した原図形との所定の数式で算出した形状差が閾値を下回るタイリング図形を最適化手法を用いて生成する。これにより、タイリング図形をデザインするデザイナーが試行錯誤することなく原図形を効率的に生成することができる。このため、より確実にタイリング図形を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の実施の形態1に係るタイリング図形生成システムのソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図2】図1のタイリング図形生成システムのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図3】図3(A)及び図3(B)は、仮想的な3次元物体モデルのCG画像を示す図である。

【図4】3次元物体モデルを撮像するカメラの位置を規定する座標系を示す図である。

【図5】原図形の一例である。

【図6】図6(A)乃至図6(C)は、原図形の輪郭から選択された代表点群の一例である。

【図7】原図形からタイリング図形を生成するための基本図形を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 ( A ) 乃至図 8 ( C ) は、原図形から生成されたタイリング図形の一例を示す図である。

【図 9】本発明の実施の形態 1 に係るタイリング図形生成システムの動作を示すフローチャートである。

【図 10】図 10 ( A ) は、最適化前の原図形の一例である。図 10 ( B ) は、最適化前の原図形から生成されたタイリング図形である。図 10 ( C ) は、原図形生成部により最適化された後の原図形の外縁の一例である。図 10 ( D ) は、タイリング図形生成部の最適化により生成されたタイリング図形の一例である。

【図 11】本発明の実施の形態 2 に係るタイリング図形生成システムのソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図 12】本発明の実施の形態 3 に係るタイリング図形生成システムのソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図 13】原画像が生成される様子を示す模式図である。

【図 14】本発明の実施の形態 4 に係るタイリング図形生成システムのソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図 15】図 15 ( A ) 及び図 15 ( B ) は、調整対象となる部分を示す模式図である。

【図 16】本発明の実施の形態 4 に係るタイリング図形生成システムの動作を示すフローチャートである。

【図 17】本発明の実施の形態 5 に係るタイリング図形生成システムのソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図 18】図 18 ( A ) 及び図 18 ( B ) は、リターゲットングによる内部パターンの変形を示す図である。

【図 19】本発明の実施の形態 5 に係るタイリング図形生成システムの動作を示すフローチャートである。

【図 20】図 20 ( A ) は、簡略化される前のタイリング図形の一例である。図 20 ( B ) は、簡略化された後のタイリング図形の一例である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0026】

実施の形態 1 .

まず、本発明の実施の形態 1 について説明する。

【0027】

本実施の形態 1 に係るタイリング図形生成システム 100 ( 図 1 参照 ) は、3次元コンピュータグラフィックスによって生成される仮想の3次元物体モデルに基づいて、タイリング用の原図形を決定し、原図形に類似するタイリング図形を生成する。タイリング図形とは、複数枚の図形を平行移動、回転、鏡像反転しながら平面に重複なく連続して敷き詰めた場合に、その平面を隙間無く埋め尽くすことができる図形をいう。

【0028】

図 1 に示すように、本実施の形態に係るタイリング図形生成システム 100 は、タイリング用の原図形を生成する原図形生成部 10 と、原図形生成部 10 で生成された原図形からタイリング図形を生成するタイリング図形生成部 11 と、記憶部 20 と、を備える。記憶部 20 には、3次元物体モデルデータ 21 と、原図形データ 22 と、タイリング図形データ 23 とが、記憶される。

【0029】

図 1 のタイリング図形生成システム 100 のハードウェア構成を示す図 2 に示すように、タイリング図形生成システム 100 は、制御部 31、主記憶部 32、外部記憶部 33、操作部 34、表示部 35 及び通信部 36 を備える。主記憶部 32、外部記憶部 33、操作部 34、表示部 35 及び通信部 36 はいずれも内部バス 30 を介して制御部 31 に接続されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

制御部 3 1 は、C P U (Central Processing Unit) 等から構成されている。この C P U が、外部記憶部 3 3 に記憶されているプログラム 3 9 を実行することにより、図 1 に示すタイリング図形生成システム 1 0 0 の各構成要素が実現される。

## 【 0 0 3 1 】

主記憶部 3 2 は、R A M (Random-Access Memory) 等から構成されている。主記憶部 3 2 には、外部記憶部 3 3 に記憶されているプログラム 3 9 がロードされる。この他、主記憶部 3 2 は、制御部 3 1 の作業領域 (データの一時記憶領域) として用いられる。

## 【 0 0 3 2 】

外部記憶部 3 3 は、フラッシュメモリ、ハードディスク、D V D - R A M (Digital Versatile Disc Random-Access Memory)、D V D - R W (Digital Versatile Disc ReWritable) 等の不揮発性メモリから構成される。外部記憶部 3 3 には、制御部 3 1 に実行させるためのプログラム 3 9 があらかじめ記憶されている。また、外部記憶部 3 3 は、制御部 3 1 の指示に従って、このプログラム 3 9 の実行の際に用いられるデータを制御部 3 1 に供給し、制御部 3 1 から供給されたデータを記憶する。

10

## 【 0 0 3 3 】

操作部 3 4 は、キーボード及びマウスなどのポインティングデバイス等と、キーボード及びポインティングデバイス等を内部バス 3 0 に接続するインターフェイス装置から構成されている。操作部 3 4 を介して、操作者が操作した内容に関する情報が制御部 3 1 に入力される。

20

## 【 0 0 3 4 】

表示部 3 5 は、C R T (Cathode Ray Tube) 又は L C D (Liquid Crystal Display) などから構成される。表示部 3 5 には、3 次元物体モデル、原図形、タイリング図形等が表示される。

## 【 0 0 3 5 】

通信部 3 6 は、通信線のシリアルインターフェイス又はパラレルインターフェイスから構成されている。

## 【 0 0 3 6 】

図 1 に示すタイリング図形生成システム 1 0 0 の各種構成要素は、図 2 に示すプログラム 3 9 が、制御部 3 1、主記憶部 3 2、外部記憶部 3 3、操作部 3 4、表示部 3 5 及び通信部 3 6 などをハードウェア資源として用いて実行されることによってその機能を発揮する。

30

## 【 0 0 3 7 】

図 1 に戻り、記憶部 2 0 に記憶される 3 次元物体モデルデータ 2 1 は、コンピュータグラフィックスによって表現される仮想的な 3 次元物体モデルを表示するための C G データである。3 次元物体モデルデータ 2 1 を用いれば、例えば、図 3 ( A ) 及び図 3 ( B ) に示すような、3 次元物体モデル M の 2 次元の C G 画像を生成することが可能である。

## 【 0 0 3 8 】

原図形生成部 1 0 は、3 次元物体モデルデータ 2 1 に基づいて、タイリングに適した 2 次元の原画像を生成する。具体的には、原図形生成部 1 0 は、コンピュータグラフィックスで仮想的に生成される 3 次元物体モデル M を特定の視点から撮像したときの 2 次元の C G 画像を生成する。図 3 ( A ) 及び図 3 ( B ) に示すように、原図形生成部 1 0 は、3 次元物体モデル M の姿勢を変更 (すなわち変形) させることが可能である。3 次元物体モデル M の姿勢は、姿勢パラメータによって定義されており、原図形生成部 1 0 は、姿勢パラメータの値を変更することにより、3 次元物体モデル M の姿勢を変更することができる。

40

## 【 0 0 3 9 】

ここで、図 4 に示すように、3 次元物体モデル M を原点 O とする X Y Z 座標系を規定する。+ Z 方向が 3 次元物体モデル M の正面であると、X Z 面が水平面であるとする。X Y Z 座標系は、極座標系 ( r , ) に変換可能である。r は、原点 O からのその点までの距離であり、は、Z 軸を基準としたときの水平面内におけるその点の成す角度であ

50



る。また、 $\theta$  は、Z軸を基準とした時の垂面内におけるその点の成す角度である。

【0040】

ここで、視点C( $r, \theta, z$ )に3次元物体モデルMを撮像するカメラが位置していると仮定する。原図形生成部10は、極座標C( $r, \theta, z$ )の位置にあるカメラで撮像したと仮定した場合に撮像される3次元物体モデルMに対応する2次元のCG画像を生成する。極座標C( $r, \theta, z$ )を、視点パラメータともいう。

【0041】

視点C( $r, \theta, z$ )から見たCG画像は、画角等のカメラの撮像条件(光学パラメータ)によっても変化する。ここでは、カメラの光学パラメータも視点パラメータに含めるものとする。

10

【0042】

姿勢パラメータ及び視点パラメータの値が決まれば、3次元物体モデルMの2次元のCG画像が決まる。原図形生成部10は、姿勢パラメータ及び視点パラメータの値を指定することにより、3次元物体モデルMの2次元のCG画像を生成する。生成されたCG画像は、記憶部20に原図形データ22として記憶される。

【0043】

生成された2次元のCG画像は、パラメトリックに表現される3次元物体モデルMに姿勢パラメータと視点パラメータの値を与えることにより得られる画像である。すなわち、本実施の形態では、3次元物体モデルMにパラメータの値を指定することは、その条件で撮像される画像を選択することに相当する。

20

【0044】

タイリング図形生成部11は、原図形生成部10で生成された原図形を加工して、原図形と類似し、かつ、平面上に重複なく連続して敷き詰めたときに、その平面を埋め尽くすことができるタイリング図形を生成する。

【0045】

より具体的には、タイリング図形生成部11は、原図形データ22を読み出して、原図形における輪郭上の $n$ ( $n$ は自然数)点の複数の代表点群を抽出する。代表点群として、複数の異なるパターンの点群が抽出される。例えば、原画像が、図5に示すデータであった場合、図6(A)、図6(B)、図6(C)に示すような複数の異なるパターンの代表点群が生成される。ここで、代表点群の各点を( $x_i, y_i$ )、 $i = 1 \sim n$ とする。

30

【0046】

タイリング図形生成部11は、原図形データ22に、最も近い基本図形を探索する。このような基本図形としては、正三角形、正四角形、正五角形、正六角形又はそれらの単なる図形を変形したものが選択される。図7には、正六角形等が基本図形として選択された場合が示されている。本実施の形態では、どのような基本図形を選択するか、どのように変形させるかも最適化対象となる。基本図形には、正多角形には限られないが、それ自体が、タイリング図形であることが要求される。

【0047】

タイリング図形生成部11は、基本図形を基準として、原図形データ22からタイリング図形を生成する。例えば、図7に示すように、原図形がトカゲのようなものである場合、基本図形として正六角形を基準にして、例えば、六角形T1上の原図形では凸となっている部分(点Aを頂点とする部分)と重複する、隣接する六角形T2の原図形の部分を凹ませるなどして、タイリング図形を生成することができる。ここで、図5に示す原図形と、図7に示すタイリング図形とは、直接関係はない。

40

【0048】

タイリング図形生成部11は、図6(A)乃至図6(C)に示す原図形の代表点群に基づいて、図7に示すような基準図形を基準として、図8(A)乃至図8(C)に示すようなタイリング図形を生成する。ここで、タイリング図形の点群を、( $x'_i, y'_i$ )、 $i = 1 \sim n$ とする。

【0049】

50

図 6 ( A ) 乃至図 6 ( C ) に示す原図形と、図 8 ( A ) 乃至図 8 ( C ) に示すタイリング図形との形状差は以下の式で表すことができる。

【数 1】

$$F_1 = \frac{1}{n} \sum_i^n \{ (x_i - x'_i)^2 + (y_i - y'_i)^2 \} \dots (1)$$

タイリング図形生成部 1 1 は、上記式 ( 1 ) を評価関数として、 $F_1$  の値を最小とするタイリング図形を探索する。具体的には、タイリング図形生成部 1 1 は、タイリング図形の探索に、遺伝的アルゴリズム等の最適化手法を用いる。この遺伝的アルゴリズムで最適化対象となる個体は、基本図形、基本図形の変形パラメータ、輪郭を構成する点の総数  $n$ 、選択された原図形の代表点群から成る集合である。タイリング図形生成部 1 1 は、交叉、選択、突然変異により、この個体を進化 ( 変更 ) させながら、その都度タイリング図形を生成し、評価関数  $F_1$  の値を算出する。

10

【 0 0 5 0 】

また、タイリング図形生成部 1 1 は、評価関数  $F_1$  の値が所定の条件を満たす ( 閾値を下回る ) まで、交叉、選択、突然変異による原図形の代表点群及び基準図形等を含む個体の変更を続ける。

【 0 0 5 1 】

しかしながら、個体の変更を、所定回数繰り返しても、評価関数  $F_1$  の値が所定の条件を満たさない場合には、原図形生成部 1 0 は、コンピュータグラフィックスで仮想的に生成される 3 次元物体モデル  $M$  を特定の位置からカメラで撮像したときに得られる 2 次元の CG 画像を再生成し、原図形を変更する。原図形の変更にも最適化手法が用いられる。タイリング図形生成部 1 1 は、変更された原図形に基づいて、タイリング図形を生成し、上記  $F_1$  を評価関数として、遺伝的アルゴリズム等の最適化手法を用いて、 $F_1$  の値を最小とするタイリング図形を探索する。

20

【 0 0 5 2 】

最適化手法としては、遺伝的アルゴリズムのようなメタヒューリスティックな方法の他にも、勾配法や準ニュートン法などの非線形計画法などの最適化方法、しらみつぶし ( 例えば brute force や exhaust search ) やランダム探索などの各種方法を用いることができる。

30

【 0 0 5 3 】

次に、本実施の形態に係るタイリング図形生成システム 1 0 0 の動作について説明する。

【 0 0 5 4 】

図 9 に示すように、まず、原図形生成部 1 0 は、原図形を生成する ( ステップ S 1 )。ここでは、姿勢パラメータ及び視点パラメータの初期値が設定され、設定された各パラメータの値にしたがって仮想的に撮像された CG モデルが生成され、原図形データ 2 2 として記憶部 2 0 に格納される。

【 0 0 5 5 】

40

続いて、タイリング図形生成部 1 1 は、原図形の代表点群 ( 初期集団 ) を生成する ( ステップ S 2 )。これにより、図 6 ( A ) 乃至図 6 ( C ) に示すような原図形の代表点群を含む個体が複数生成される。

【 0 0 5 6 】

続いて、タイリング図形生成部 1 1 は、タイリング図形を生成する ( ステップ S 3 )。ここでは、図 7 に示すように、図形 T 1 の点 A のように、基本図形 ( 正六角形 ) を基準として外側にある点については、タイリングしたときに、隣接する図形 T 2 の点 A に対応する部分を内側に变形させる。このような処理を行うことにより、原図形を全体的に変形する。これにより、図 8 ( A ) 乃至図 8 ( C ) に示すようなタイリング図形が生成される ( 図 7 と、図 8 ( A ) 乃至図 8 ( C ) とでは原図形は異なっている )。

50

## 【 0 0 5 7 】

続いて、タイリング図形生成部 1 1 は、生成されたタイリング図形の評価関数  $F_1$  の値を算出する（ステップ S 4）。ここでは、上記式（1）に、原図形の代表点群  $(x_i, y_i)$  とタイリング図形の点群  $(x'_i, y'_i)$  が入力され、評価関数  $F_1$  の値が算出される。この値は、原図形とタイリング図形との形状差の指標となる。

## 【 0 0 5 8 】

続いて、タイリング図形生成部 1 1 は、評価関数  $F_1$  の値が終了条件を満たすタイリング図形が有るか否かを判定する（ステップ S 5）。終了条件としては、評価関数  $F_1$  の値が閾値以下であること（すなわち、原図形とタイリング図形との形状差が小さいこと）を採用することができる。終了条件を満たしていなければ（ステップ S 5 ; No）、タイリング図形生成部 1 1 は、予定回数（遺伝的アルゴリズムで代表点群を変更した世代数）を終了したか否かを判定する（ステップ S 6）。この判定が否定されれば（ステップ S 6 ; No）、原図形生成部 1 0 は、個体（基本図形とそれを变形するパターン、代表点の点数、原図形の代表点群から成る個体）に対して、交叉、選択、突然変異等の遺伝子操作を行って、新たな原図形を生成する（ステップ S 2）。

## 【 0 0 5 9 】

このようにして、ステップ S 5 又は S 6 で判断が肯定されるまで、タイリング図形生成部 1 1 は、ステップ S 2 S 3 S 4 S 5 S 6 を繰り返す。予定回数が終了すると（ステップ S 6 ; Yes）、原図形生成部 1 0 は、最適化手法を用いて、姿勢パラメータ及び視点パラメータの値を変更して 3 次元物体モデル M の新たな 2 次元 CG 画像を原図形として生成する（ステップ S 1）。以降、タイリング図形生成部 1 1 は、再び、評価関数  $F_1$  が終了条件を満たすか（ステップ S 5 ; Yes）、予定回数が終了するまで（ステップ S 6 ; Yes）、ステップ S 2 ~ S 6 を繰り返す。

## 【 0 0 6 0 】

評価関数  $F_1$  の値が終了条件を満たすと（ステップ S 5 ; Yes）、タイリング図形生成部 1 1 は、その評価関数  $F_1$  の値を達成したタイリング図形を、タイリング図形データ 2 3 として記憶部 2 0 に記憶し、処理を終了する。

## 【 0 0 6 1 】

上述のように、タイリング図形生成システム 1 0 0 は、タイリング図形生成部 1 1 で生成されたタイリング図形が、所定の条件（評価関数  $F_1$  の値が閾値以下）を満たすまで、原図形生成部 1 0 が、最適化手法を用いて姿勢パラメータ及び視点パラメータを変更して原図形を生成し、タイリング図形生成部 1 1 は、原図形生成部 1 0 で決定された原図形を加工して、最適化手法を用いて上記条件を満たすタイリング図形を探索する。

## 【 0 0 6 2 】

この処理により、図 1 0 ( A ) に示す最適化前の原図形からは、図 1 0 ( B ) に示すタイリング図形が生成されるが、図 1 0 ( A ) の原図形からの形状差が大きくなっている。これに対し、図 1 0 ( B ) に示す最適化後の原図形からは、図 1 0 ( D ) に示すようなタイリング図形が生成されるが、図 1 0 ( C ) の原図形と、図 1 0 ( D ) のタイリング図形との形状差は、明らかに小さくなっている。

## 【 0 0 6 3 】

なお、ステップ S 6 の判定条件は、予定回数の終了でなく、評価関数  $F_1$  の値がある程度収束すること（すなわち高止まりすること）としてもよい。

## 【 0 0 6 4 】

以上詳細に説明したように、本実施の形態によれば、最適化手法を用いた画像の選択により、タイリングに適した原図形を生成する。これにより、タイリング図形をデザインするデザイナーが試行錯誤することなくタイリングに適した原図形を効率的に生成することができる。このため、より確実にタイリング図形を生成することができる。

## 【 0 0 6 5 】

実施の形態 2 .

次に、本発明の実施の形態 2 について説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 6 】

本実施の形態 2 に係るタイリング図形生成システム 1 0 0 は、コンピュータグラフィックスでの仮想の 3 次元物体モデルでなく、実在する 3 次元物体モデルに基づいてタイリング画像を生成する。

## 【 0 0 6 7 】

図 1 1 に示すように、本実施の形態に係るタイリング図形生成システム 1 0 0 は、システム本体 2 を備え、システム本体 2 内に、原図形生成部 1 0、タイリング図形生成部 1 1 及び記憶部 2 0 を備える。また、タイリング図形生成システム 1 0 0 は、システム本体 2 の他に、撮像システム 1 をさらに備える。

## 【 0 0 6 8 】

撮像システム 1 は、3 次元物体モデル M を撮像するカメラ 4 0 と、カメラ 4 0 を駆動する駆動機構 4 1 と、を備える。ここで、3 次元物体モデル M は、コンピュータグラフィックス上の仮想的なものではなく、実体化された有体物である点が、上記実施の形態 1 と異なる。

## 【 0 0 6 9 】

カメラ 4 0 は、上記実施の形態 1 に係る仮想的なカメラと同様に、画角等の撮像条件（光学パラメータ）に従って撮像を行う。駆動機構 4 1 は、上記実施の形態 1 と同様に、図 4 に示す座標系の下で、3 次元物体モデル M に対して、視点 C ( r , , ) の位置にカメラ 4 0 を位置決めする。撮像条件（光学パラメータ）及び視点 C ( r , , ) を含む視点パラメータは、原図形生成部 1 0 によって通信ネットワークを介して、駆動機構 4 1 及びカメラ 4 0 に送信可能である。駆動機構 4 1 及びカメラ 4 0 は、受信したパラメータに従って、カメラ 4 0 の位置決め及び 3 次元物体モデル M の撮像を行う。

## 【 0 0 7 0 】

3 次元物体モデル M の姿勢は手動で変更可能であるが、3 次元物体モデル M が内部に駆動機構 4 1 を備え、原図形生成部 1 0 が、姿勢パラメータを変更することにより、自動的に 3 次元物体モデル M の姿勢を変化させることができるようになっていてもよい。

## 【 0 0 7 1 】

システム本体 2 を構成する原図形生成部 1 0 は、上述のように、撮像システム 1 に姿勢パラメータ及び視点パラメータを、通信ネットワークを介して送信し、カメラ 4 0 で撮像された画像データを、通信ネットワークを介して受信する。原図形生成部 1 0 は、受信した 2 次元画像データを、記憶部 2 0 に原図形データ 2 2 として記憶する。

## 【 0 0 7 2 】

タイリング図形生成部 1 1 の動作は、上記実施の形態 1 と同じである。システム全体の動作も、ステップ S 1 の詳細を除いて、上記実施の形態 1 に係るタイリング図形生成システム 1 0 0 の流れ（図 9 参照）と全く同じである。ステップ S 1 では、最適化手法により、カメラ 4 0 及び駆動機構 4 1 へのパラメータの値が変更され、上述のような原図形生成部 1 0 によるカメラ 4 0 及び駆動機構 4 1 へのパラメータの値の設定と、撮像システム 1 による 3 次元物体モデル M の撮像が行われ、撮像された画像が、原図形データ 2 2 として記憶部 2 0 に記憶される。

## 【 0 0 7 3 】

なお、実施の形態 1、2 では、タイリング図形を評価する評価関数を、原図形とタイリング図形との形状差を示す評価関数  $F_1$  としたが、これには限られない。この他、3 次元物体モデル M の正面に対するカメラ 4 0 の成す角度が大きくなるにつれて、値が大きくなる関数  $F_2$  を項として組み込んだ以下の評価関数 W を用いるようにしてもよい。

## 【 数 2 】

$$W = w_1 \cdot F_1 + w_2 \cdot F_2 \quad \dots(2)$$

ここで、 $w_1$ 、 $w_2$  は、それぞれの項の重みである。このようにすれば、できるだけ 3 次元物体モデル M の正面から撮像した画像を、原図形として用いやすくなる。

## 【 0 0 7 4 】

10

20

30

40

50

また、CG画像における3次元物体モデルMの全体に対する顔以外の部分の比率が大きくなるにつれて値が大きくなる関数 $F_3$ を取り入れた以下の評価関数Wを用いるようにしてもよい。この場合、 $F_2$ の項はなくてもよい。

【数3】

$$W = w_1 \cdot F_1 + w_2 \cdot F_2 + w_3 \cdot F_3 \quad \dots(3)$$

$w_3$ はその項の重みである。このような評価関数を採用すれば、できるだけ3次元物体モデルMの顔の部分(デザイン上重要視される部分)が大きく写っている画像を、タイリング図形として採用しやすくなる。このように、原図形のうち、デザイン上重要視される部分の重みを重くすることにより、デザイナーが重要視するデザインの特徴をより大きくタイリング図形に反映させることができる。

【0075】

実施の形態3.

次に、本発明の実施の形態3について説明する。

【0076】

本実施の形態3に係るタイリング図形生成システム100は、インターネットによる画像検索により得られる画像に基づいてタイリング画像を生成する。

【0077】

図12に示すように、本実施の形態に係るタイリング図形生成システム100は、インターネット3に接続されている。タイリング図形生成システム100の原図形生成部10は、入力されたキーワードに基づいて、インターネット3上の画像検索を行い、キーワードに関連する複数の画像を取得する。取得した複数の画像は、検索画像データ24として、記憶部20に格納される。例えば、図13に示すように、「猫」というキーワードを入力すれば、インターネット3上にある猫の画像(猫1、猫2、猫3、...、猫K)が複数検索され、検索画像データ24として記憶部20に記憶される。

【0078】

なお、ここで、原図形生成部10は、取得される画像に対してフィルタリングを行って、著作権法上自由に利用できる画像のみを取得できるようにしてもよい。

【0079】

原図形生成部10は、取得した複数の画像に基づいて、原画像を生成する。より具体的には、原図形生成部10は、複数の画像を合成することによって、原画像を生成する。ここで、合成とは、図形の対応する画素の輝度値を加算又は減算することや、各図形の一部をつなぎ合わせて1枚の図形を形成すること等、複数の図形を加工して1枚の画像を生成する場合に行われる全ての画像処理を含む。

【0080】

図13に示すように、キーワード「猫」の画像検索により、猫1、猫2、...、猫Kの画像が得られたとする。原図形生成部10は、これらの画像のうち、例えば、画像「猫1」と画像「猫3」を取り込んで、例えば、モーフィングによりこれらを合成した画像を生成する。モーフィングとは、一方の画像と他方の画像との各点を対応づけて、一方の画像から他方の画像へ順次変形させていくコンピュータグラフィックス処理であり、ここでは、一方の画像から他方の画像へ変形する中間の画像が合成画像として生成される。一方の画像と他方の画像との重みが、 $t : 1 - t$  ( $0 < t < 1$ )となる画像を合成画像として取得すればよい。 $t = 0.5$ のとき合成画像は、一方の画像の特徴と他方の画像の特徴とを均等に有する画像となる。原図形生成部10は、このようにして、画像「猫1」と画像「猫2」との合成画像を生成し、これを原図形データ22として、記憶部20に記憶する。

【0081】

タイリング図形生成部11の動作は、上記実施の形態1と同じである。システム全体の動作も、ステップS1の詳細を除いて、上記実施の形態1に係るタイリング図形生成システム100の流れ(図9参照)と全く同じである。

【0082】

10

20

30

40

50

ステップS1では、1巡目では、上述のような原図形生成部10によって指定されたキーワードの検索と、複数の画像の取得と、複数の画像の合成等が行われ、合成画像が、原図形データとして記憶部20に記憶される。

【0083】

2巡目以降のステップS2では、原図形生成部10は、合成する画像の組み合わせ及び上記モーフィングのパラメータ $t$ などを、最適化手法を用いて変更して(例えば、図12の画像「猫1」と画像「猫2」を新たな組み合わせとする等)、新たに合成画像を生成し、原図形データ22として記憶部22に格納すればよい。このようにすれば、取得された全ての画像の組み合わせで、タイリングに適した原画像を自動的に探索することが可能になる。

10

【0084】

以上詳細に説明したように、本実施の形態によれば、最適化手法を用いた画像の合成により、タイリングに適した原図形を生成する。これにより、タイリング図形をデザインするデザイナーが試行錯誤することなくタイリングに適した原図形を効率的に生成することができる。このため、より確実にタイリング図形を生成することができる。

【0085】

なお、複数の画像は、インターネットでキーワード検索により得られたものには限られない。例えば、自らが作成した複数の画像や、他のメディアから得られた画像を用いても良い。画像の入手元には限定されない。

【0086】

実施の形態4

20

次に、本発明の実施の形態4について説明する。

【0087】

本実施の形態では、タイリング図形生成部11は、タイリング図形に従ってデザインされた部材の強度、安全性及び機能性の条件を考慮して、タイリング図形を生成する。ここでは、部材の形成に用いられる素材に基づいて強度、安全性が考慮され、部材に要求される機能に基づいて、その機能性が考慮される。

【0088】

図14に示すように、本実施の形態に係るタイリング図形生成システム100の構成は、原図形生成部10及びタイリング図形生成部11の他、タイリング図形調整部12をさらに備える。タイリング図形調整部12は、タイリング図形生成部11で生成されたタイリング図形が、タイリング図形に従ってデザインされた部材に求められる強度、安全性及び/又は機能性を満たすことを条件として、タイリング図形を決定する。

30

【0089】

例えば、図15(A)に示すように、タイリング図形の一部の幅 $W_c$ が、部材の強度、安全性及び/又は機能性を保つことができる許容値(最小値)よりも小さな部分を有する場合には、タイリング図形調整部12は、その部分の幅 $W_c$ が最小値以上となるように、タイリング図形を修正する。また、図15(B)に示すように、タイリング図形に強度、安全性及び/又は機能性を保つことができない程度の突起がある場合も同様である。突起の場合には、タイリング図形調整部12は、その突起の幅 $d$ に対する突出長さ $h$ のアスペクト比 $h/d$ が許容値(最大値)以下となるように、タイリング図形が修正される。

40

【0090】

このような部材の幅 $W_c$ の許容値(最小値)、突起のアスペクト比 $h/d$ の許容値(最大値)は、部材の素材に依存する。例えば、部材が緩衝材として用いられ、素材がスポンジであった場合に、部材が緩衝材の機能を果たせる程度の幅を有することができる程度に最小幅 $W_c$ が決められている。また、部材が玩具であり、素材が木材等である場合には、危険とならないようにアスペクト比 $h/d$ の許容値(最大値)が定められている。場合によっては、タイリング図形調整部12は、タイル間に多少の隙間が生じて、安全性を確保すべき場合には、タイリング図形の外縁から突起を切り取る。

【0091】

50

図16に示すように、本実施の形態に係るタイリング図形生成システム100の動作は、ステップS1～S6まで、上記実施の形態1に係るタイリング図形生成システム100と同じである。ステップS5で判断が肯定された後、タイリング図形調整部12は、上述のようにして、タイリング図形の調整を行う(ステップS7)。

【0092】

なお、本実施の形態では、タイリング図形生成部11により、タイリング図形が生成された後に、生成されたタイリング図形をタイリング図形調整部12で調整したが、タイリング図形生成部11で用いられる評価関数Wの中に、強度、安全性及び/又は機能性に関する項(強度等の低下に応じて値が大きくなるような項)を設けて、タイリング図形の最適化を行うようにしてもよい。

【0093】

実施の形態5

次に、本発明の実施の形態5について説明する。

【0094】

上記実施の形態では、原図形からタイリング図形の輪郭の変形に応じた比率で、内部のパターンをそのまま変化させたが、本実施の形態では、内部パターンの一部の特徴を残しつつ、内部パターンを変形させる。

【0095】

図17に示すように、本実施の形態に係るタイリング図形生成部11は、輪郭生成部15と、内部パターン変形部16と、を備える。輪郭生成部15は、2次元の原図形を加工して、原図形と類似し、かつ、同一形状の平行移動、回転、鏡像反転によって平面を隙間無く埋め尽くすことができるタイリング図形の輪郭(タイリング図形輪郭データ25)を生成する。内部パターン変形部16は、原図形の輪郭(原図形データ22の輪郭データ)から、輪郭生成部15で生成された輪郭(タイリング図形輪郭データ25)への変形に応じて、内部パターンの特徴を残した状態で内部パターンを変形させて、タイリング図形の内部パターンを生成し、タイリング図形輪郭データ25と生成された内部パターンとを合成して、タイリング図形データ23を生成する。

【0096】

内部パターンの特徴を残した状態で内部パターンを変形させる方法には、例えば、リターゲティング(retargeting)がある。内部パターン変形部16は、原図形の内部パターンの中から、特徴を残したい内部パターンを選択する。この選択は、操作部34の操作入力により、ユーザが行うようにしてもよいし、内部パターンのうち、例えば、顔とみなせる部分を自動的に抽出して、その部分を、特徴を残す部分として自動的に特定するようにしてもよい。

【0097】

内部パターン変形部16は、特徴を残したい内部パターンについては、変形させず、その他の内部パターンのみ輪郭の変形に合わせて変形させる。例えば、図18(A)の図形の輪郭を、図18(B)に示すように変更した場合について考える。この場合、内部パターン「ABC」が、特徴を残したい内部パターンとして選択された場合、他の内部パターンは、輪郭の変形によって変形し、内部パターン「ABC」は変形せず、そのままの状態

【0098】

図19に示すように、本実施の形態に係るタイリング図形生成システム100の動作は、ステップS1～S6まで、上記実施の形態1に係るタイリング図形生成システム100と同じである。ステップS2～S6の処理は、タイリング図形生成部11の輪郭生成部15が行う。ステップS5で判断が肯定された後、タイリング図形生成部11の内部パターン変形部16は、例えばリターゲティングを行って内部パターンの変形を行い、タイリング図形データ23を生成する(ステップS8)。

【0099】

なお、内部パターンの変形については、FFD(Free Form Deformation)法を用いた

10

20

30

40

50

方法も適用可能である。FFD法とは、3次元物体の周辺に制御格子点を設定し、制御格子点を移動することによって、物体の形状をなめらかに変換するコンピュータグラフィックスの方法である。FFD法を用いても、内部パターンを、特徴のある主要部と、その他の部分に分けて、その他の部分のみ輪郭の変形に合わせて変形させることが可能である。

【0100】

その他、混合ガウス分布を用いても、内部パターンの変形が可能である。混合ガウス分布は、点群で表される形状データを一種の確率分布とみなし、確率分布の一致度を最小化することにより陽に対応関係を求めることなく変形位置合わせを行う方法である。内部パターンを、互いに結合した点群で表現し、その点群を1つの確率分布モデルとみなして点群の各点を移動させることで、内部パターンを変形させることができる。

10

【0101】

なお、本実施の形態では、特徴を残したい内部パターンを輪郭の変形に合わせて変形させないようにしたが、特徴を残したい内部パターンを輪郭の変形に合わせて少し変形させるようにしてもよい。すなわち、特徴を残したい内部パターンの変形が、他の部分の変形よりも抑制され、タイリング図形にその特徴が残っている状態となっていればよい。

【0102】

また、内部パターン変形部16は、内部パターンを簡略化した後に、輪郭の変形に合わせて変形させるようにしてもよい。例えば、図20(A)に示す図形における内部パターンは、図20(B)に示すように簡略化される。この簡略化は、内部パターンを線分だけにしたり、隣接して延びる複数の平行線分の一方を削除したり、孤立線を削除したりするなどの所定の規則で行うことができる。

20

【0103】

なお、本実施の形態及び上記実施の形態4では、コンピュータグラフィックスによる仮想的な3次元物体モデルMを用いて原図形を生成したが、これには限られない。上記実施の形態2で説明したように、実体のある3次元物体モデルMを撮像して、原図形を生成するようにしてもよいし、上記実施の形態3で説明したように、複数の画像を合成することにより生成された原図形を用いても良い。また、自分で設計した原図形を用いてもよい。すなわち、原図形の入手元には制限されない。

【0104】

また、上述のFFD法、混合ガウス分布は、内部パターンの変形だけでなく、原図形を取得する場合にも用いることができる。例えば、既存の図形をFFD法、混合ガウス分布を用いて変形した図形を原図形として用いることができる。この場合、既存の図形は、インターネットの画像検索により取得されたものであってもよい。

30

【0105】

また、上記各実施の形態では、複数の画像の合成や1枚の画像の変形により、原図形を生成したが、各画像を変形させ、さらに変形した複数の画像を合成して、原図形を生成してもよい。すなわち、画像の合成及び変形を適宜組み合わせを行うようにしてもよい。

【0106】

上記各実施の形態で、生成されたタイリング図形のデザインは、コースター、鍋敷き、玩具、アクセサリ等のデザインに利用することができる。

40

【0107】

この発明は、この発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、この発明の範囲を限定するものではない。すなわち、この発明の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

【産業上の利用可能性】

【0108】

本発明は、タイリング図形を生成するのに適用することができる。

50

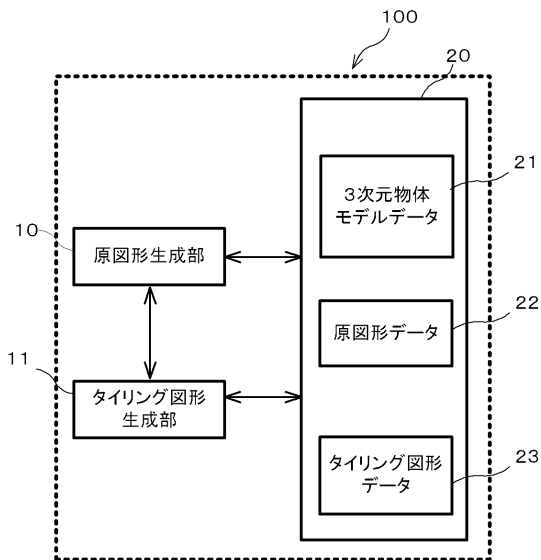


【符号の説明】

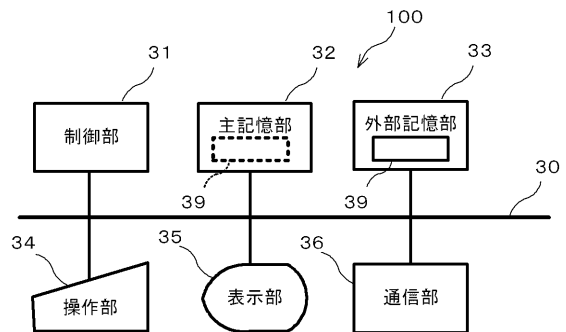
【0109】

1 撮像システム、2 システム本体、3 インターネット、10 原図形生成部、11 タイリング図形生成部、12 タイリング図形調整部、15 輪郭生成部、16 内部パターン変形部、20 記憶部、21 3次元物体モデルデータ、22 原図形データ、23 タイリング図形データ、24 検索画像データ、25 タイリング図形輪郭データ、30 内部バス、31 制御部、32 主記憶部、33 外部記憶部、34 操作部、35 表示部、36 通信部、39 プログラム、40 カメラ、41 駆動機構、100 タイリング図形生成システム、M 3次元物体モデル。

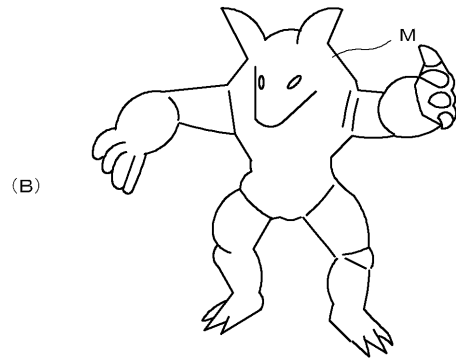
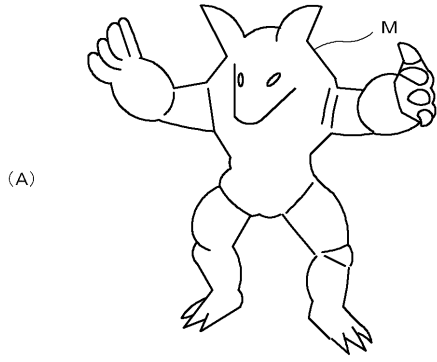
【図1】



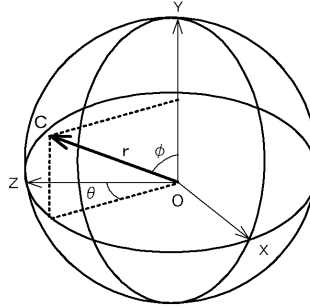
【図2】



【 図 3 】



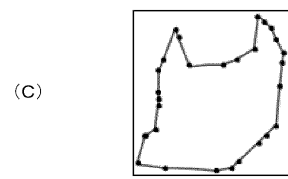
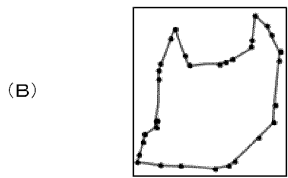
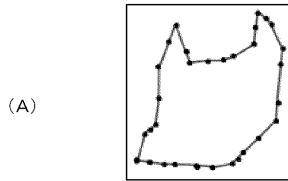
【 図 4 】



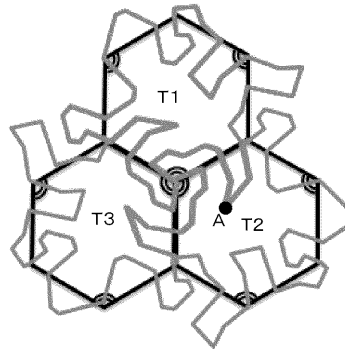
【 図 5 】



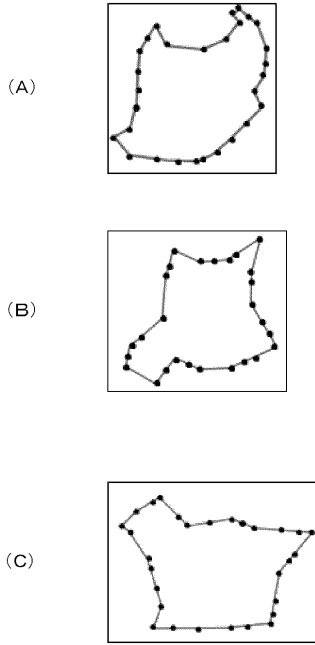
【 図 6 】



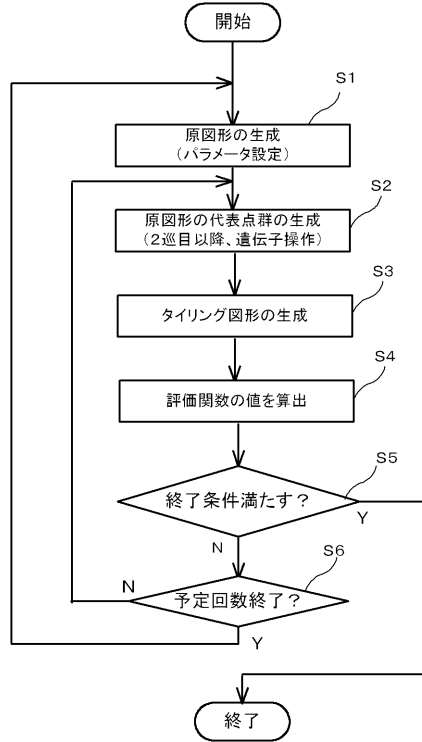
【 図 7 】



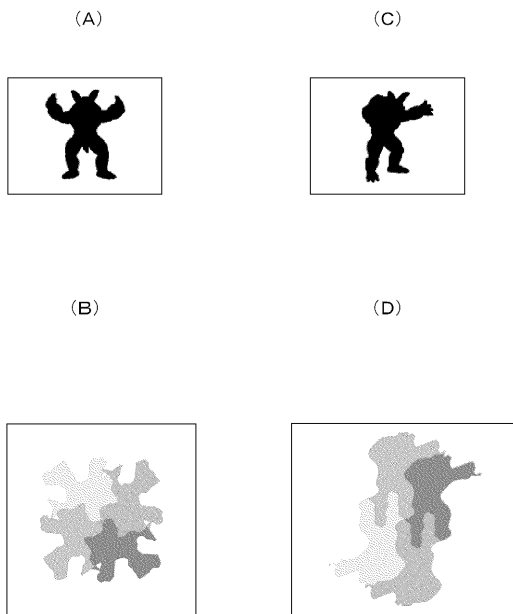
【図8】



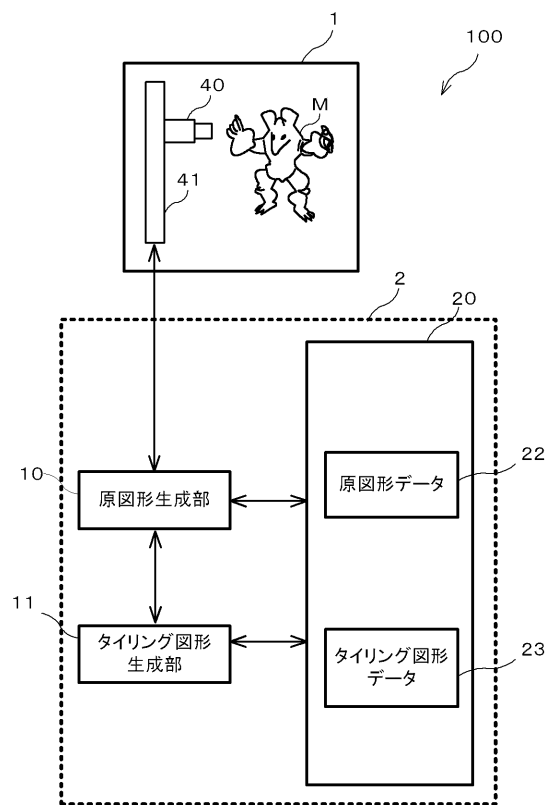
【図9】



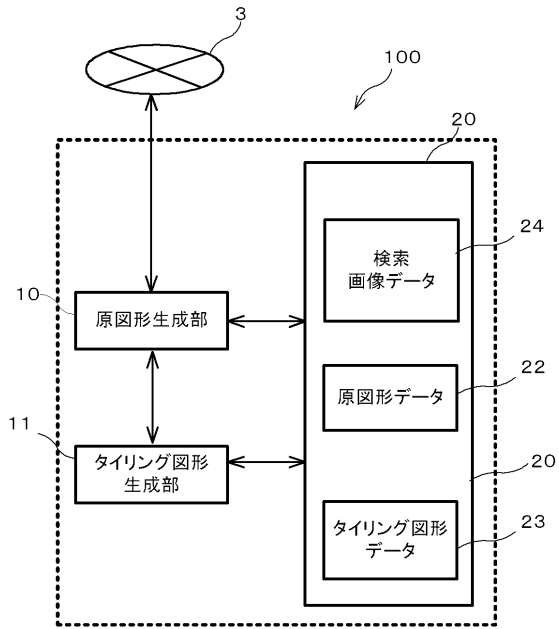
【図10】



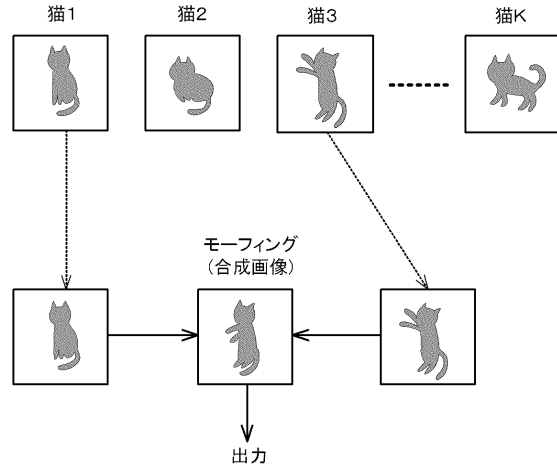
【図11】



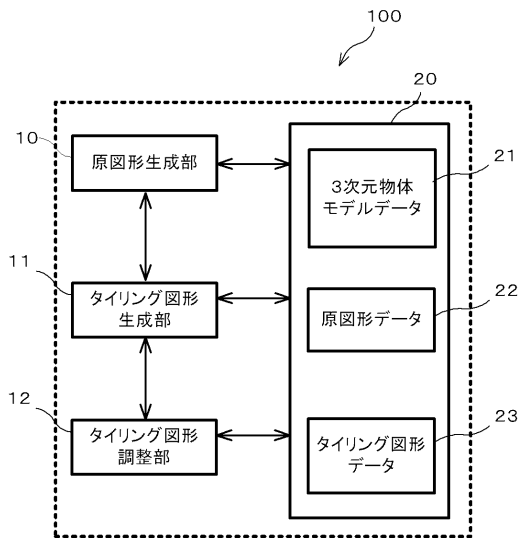
【図12】



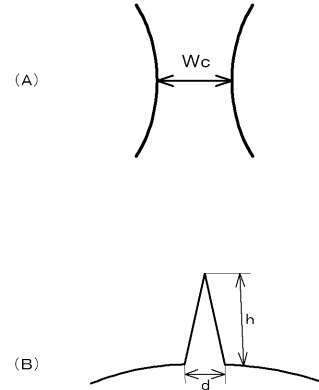
【図13】



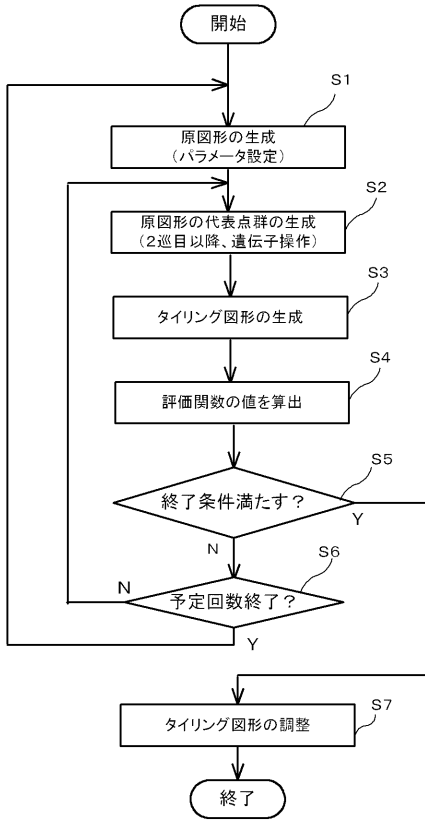
【図14】



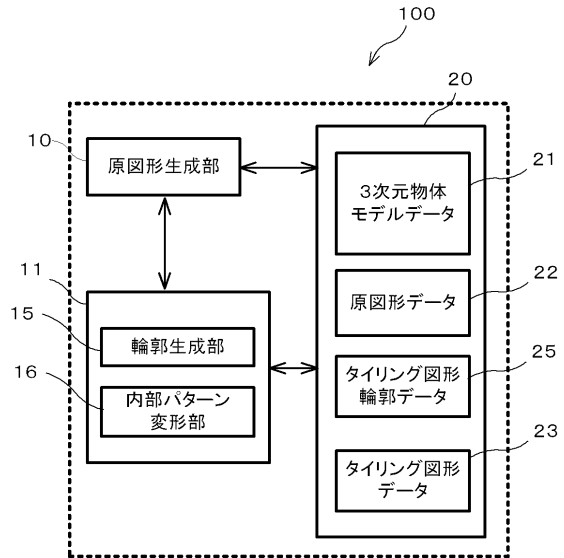
【図15】



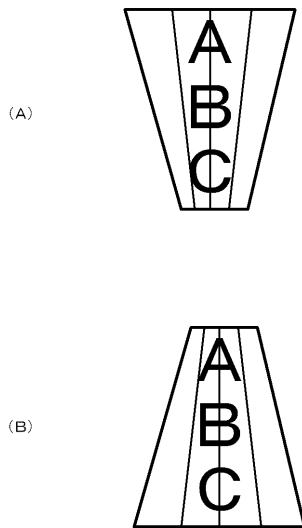
【図16】



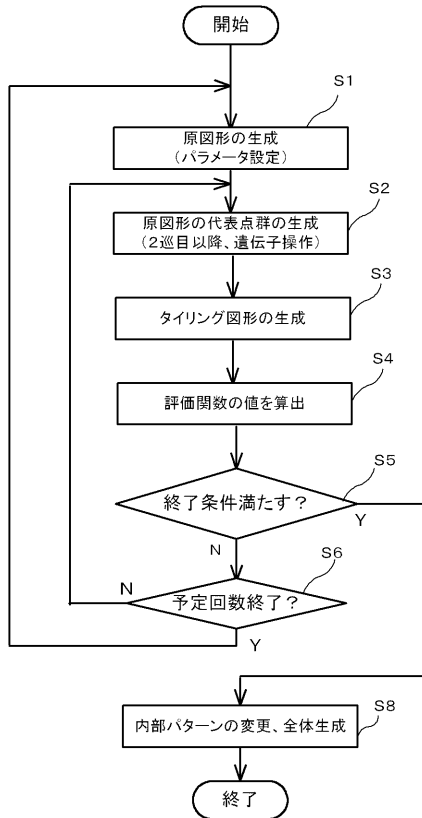
【図17】



【図18】



【図19】



【 2 0 】

(A)



(B)



## フロントページの続き

- (72)発明者 木場 仁美  
鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号 国立大学法人 鹿児島大学内
- (72)発明者 牛之濱 宅哉  
鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号 国立大学法人 鹿児島大学内

審査官 田中 幸雄

- (56)参考文献 特開平6-162208(JP,A)  
特開2002-149743(JP,A)  
特開2003-281207(JP,A)  
木佐貫恵ほか, エッシャー風タイリング画像作成支援システム, 情報処理学会 研究報告 数理モデル化と問題解決(MPS) 2013-MPS-095 [online], 日本, 情報処理学会, 2013年 9月19日, Vol. 2013-MPS-95 No. 15, 1-6ページ  
木場仁美ほか, 進化計算を用いたエッシャー風タイリングアートデザインに関する研究, 2015年度 人工知能学会全国大会(第29回) 論文集, 一般社団法人 人工知能学会, 2015年 6月 2日, 1-4ページ

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 30/10  
A63F 9/10  
G06T 11/80