

明 細 書

発明の名称：

建造物コンピュータグラフィクス生成装置、建造物コンピュータグラフィクス生成方法、およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、建造物コンピュータグラフィクス生成装置、建造物コンピュータグラフィクス生成方法、およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] ガラスカーテンウォールなどを用いた建造物において、窓ガラス（ビジョンガラス）と、床、天井などの構造物を隠しているスパンドレルガラスとが、外壁に用いられている。このビジョンガラスと、スパンドレルガラスの色を合わせるために、これらのガラスの小片サンプルを比較したり、外壁のモックアップを作成したりしている。

[0003] また、ガラスの双方向反射率分布関数（*B i d i r e c t i o n a l R e f l e c t a n c e D i s t r i b u t i o n F u n c t i o n*（以下、BRDFともいう。））を用いて、ガラスのコンピュータグラフィクス（CG）を生成する手法が開示されている（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2021／190986号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、ガラスの双方向反射率分布関数を用いる手法においては、CGを生成して建造物の見た目を確認する際に、建造物に用いるガラスが異なる度に、CGを生成し直すと、時間を要してしまうことがあるという問題がある。

[0006] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、建造物に用いるガラスを変更したときに、建造物のCG生成に要する時間を抑えられる建造物コンピュータグラフィクス生成装置、建造物コンピュータグラフィクス生成方法、プログラムおよび記録媒体を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] この発明は上述した課題を解決するためになされたもので、本発明の一態様は、建造物コンピュータグラフィクス生成装置であって、光線追跡法を用いて、1つまたは複数のガラスを含む建造物の複数のコンピュータグラフィクス（CG）を生成する光線追跡処理部と、前記複数のCGを用いて、対象とする1つまたは複数のガラスの1つまたは複数の透過率および1つまたは複数の反射率に対応するCGを合成する合成部とを備え、前記複数のCGのうちの第1のCGにおける前記1つまたは複数のガラスのうちの第1のガラスは、前記複数のCGのうちの第2のCGにおける前記第1のガラスとは、透過率が異なり、前記複数のCGのうちの第3のCGにおける前記第1のガラスは、前記複数のCGのうちの第4のCGにおける前記第1のガラスとは、反射率が異なる。

[0008] また、本発明の他の一態様は、上述した建造物コンピュータグラフィクス生成装置であって、前記複数のCGは3つ以上のCGを含み、前記複数のCGのうちの2つの間では、前記透過率および前記反射率のうち的一方、もしくはは双方のみが異なる。

[0009] また、本発明の他の一態様は、建造物コンピュータグラフィクス生成方法であって、光線追跡法を用いて、1つまたは複数のガラスを含む建造物の複数のコンピュータグラフィクス（CG）を生成し、前記複数のCGを用いて、対象とする1つまたは複数のガラスの1つまたは複数の透過率および1つまたは複数の反射率に対応するCGを合成し、前記複数のCGのうちの第1のCGにおける前記1つまたは複数のガラスのうちの第1のガラスは、前記複数のCGのうちの第2のCGにおける前記第1のガラスとは、透過率が異なり、前記複数のCGのうちの第3のCGにおける前記第1のガラスは、前

記複数のＣＧのうちの第４のＣＧにおける前記第１のガラスとは、反射率が異なる、建造物コンピュータグラフィックス生成方法である。

[0010] また、本発明の他の一態様は、コンピュータを、光線追跡法を用いて、１つまたは複数のガラスを含む建造物の複数のコンピュータグラフィックス（ＣＧ）を生成する光線追跡処理部、前記複数のＣＧを用いて、対象とする１つまたは複数のガラスの１つまたは複数の透過率および１つまたは複数の反射率に対応するＣＧを合成する合成部として機能させるためのプログラムであって、前記複数のＣＧのうちの第１のＣＧにおける前記１つまたは複数のガラスのうちの第１のガラスは、前記複数のＣＧのうちの第２のＣＧにおける前記第１のガラスとは、透過率が異なり、前記複数のＣＧのうちの第３のＣＧにおける前記第１のガラスは、前記複数のＣＧのうちの第４のＣＧにおける前記第１のガラスとは、反射率が異なる、プログラムである。

また、本発明の他の一態様は、上記のプログラムを記憶した、コンピュータ読み取り可能な情報記録媒体である。

発明の効果

[0011] この発明によれば、建造物に用いるガラスを変更したときに、建造物のＣＧ生成に要する時間を抑えられる。

図面の簡単な説明

[0012] [図１]この発明の一実施形態によるガラス適合性判定装置１００の構成を示す概略ブロック図である。

[図２]同実施形態におけるガラス適合性判定装置１００の動作を説明するフローチャートである。

[図３]同実施形態における条件設定部１０１による外的条件の設定処理を説明するフローチャートである。

[図４]同実施形態における条件設定部１０１による外的条件の設定画面の例を示す模式図である。

[図５]同実施形態における光線追跡処理部１３１による要素ＣＧの生成処理を説明するフローチャートである。

[図6]同実施形態における要素C Gの反射率、透過率の候補を示すグラフである。

[図7]同実施形態によるガラス設定の画面例を示す模式図である。

[図8]同実施形態における合成部133による判定用C G合成処理を説明するフローチャートである。

[図9]同実施形態における判定部104による色差判定処理を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。図1は、この発明の一実施形態によるガラス適合性判定装置100の構成を示す概略ブロック図である。ガラス適合性判定装置100は、ビジョンガラスとスパンドレルガラスとを含む建造物のC G（判定用C G）を作成し、該C Gにおけるビジョンガラスとスパンドレルガラスの色差を算出して、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの組み合わせの適合性を判定する。ガラス適合性判定装置100は、パーソナルコンピュータ、タブレット端末、スマートフォンなどのコンピュータがアプリケーションを実行することで実現する。なお、ガラス適合性判定装置100は、1つのコンピュータで実現してもよいし、複数のコンピュータで実現してもよい。

[0014] 図1に示すように、ガラス適合性判定装置100は、条件設定部101、ガラス選択部102、C G生成部103、判定部104を含む。

条件設定部101は、ビジョンガラスとスパンドレルガラスとを含む建造物の複数の判定用C Gの各々を生成する際の外的条件を設定する。ここで、外的条件は、建造物の建設地、日付、季節、時刻、天候および視点のいずれかを少なくとも含む。外的条件のうちの一つは、判定用C Gにおけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分とに太陽光が直射するように設定される。さらに、外的条件のうちの一つは、判定用C Gにおけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分とに太陽光が直射しないように設定される。

[0015] 外的条件のうちの一つである視点は、他の外的条件を考慮して、任意の高さ、方向等を設定してもよく、通常は、地上の歩行者の視線から見上げる位置が想定される。

太陽光が直射する条件、太陽光が直射しない条件、及び天候が曇りの条件の比較を行う場合、特に太陽光が直射する条件として適切な評価を行う場合、以下の条件１～条件３のうち、少なくとも１つの条件を満たしていることが好ましい。なお、以下の条件において、ガラスはビルの側面に装着されていることとし、評価を行うにあたり、ビルの側面は地面に対して垂直であることを前提とする。また、観察する視点位置に対して、視線方向は斜め上向きが良く、角度依存性の理由でガラスの表面反射率が増大することを抑制する観点から、視線方向が、地面に対して上向きで４５度以下の方向であることが好ましい。

[0016] 条件１：太陽光が直射する条件では、視点からガラスを観察した際に、太陽の反射像がガラス面内に写り込まないことと同時に照度の高い太陽近傍の空がガラス面内に写り込むことが好ましい。

条件２：ガラス面に垂直な方向と、太陽の方向をなす角度は３０度以下であることが好ましい。上記の角度が３０度以下であれば、太陽光がスパンドレル板を照射する照度の低下を抑制できるため、適切な評価がしやすくなる。

条件３：例えば、日本と同等の緯度の地域では、南側のガラスを評価する場合は太陽高度の低い秋・冬、春が好ましく、西側、東側面のガラス評価は、朝に東側のガラスを評価するか、夕方に西側のガラスを評価することが好ましい。一方、例えば緯度の高い地域では、南側のガラスは年中評価することが可能であり、緯度の低い地域では、年間を通じて朝に東側のガラスを評価するか、夕方に西側のガラスを評価するのが好ましい。

[0017] ガラス選択部１０２は、ビジョンガラスに用いるガラスと、スパンドレルガラスに用いるガラスの組み合わせを選択する。

ＣＧ生成部１０３は、条件設定部１０１により設定された複数の外的条件

各々に対応する判定用CGを生成する。これらの判定用CGは、ガラス選択部102で選択されたビジョンガラスとスパンドレルガラスを用いた建造物の判定用CGである。判定部104は、複数の判定用CG各々におけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分との色差に基づき、ビジョンガラスとスパンドレルガラスとの組み合わせの適合性を判定する。

[0018] CG生成部103は、光線追跡処理部131、要素CG記憶部132、合成部133を備える。光線追跡処理部131は、モンテカルロ法、フォトンマッピング法などの光線追跡法を用いて、ビジョンガラスとスパンドレルガラスを含む建造物の複数のCGを生成する。光線追跡処理部131は、条件設定部101により設定された外的条件1つに対して、複数のCGを生成する。この複数のCGは、互いにビジョンガラスまたはスパンドレルガラスの反射率が異なる2つのCG（第1のCGおよび第2のCG）を含む。また、この複数のCGは、互いにビジョンガラスまたはスパンドレルガラスの透過率が異なる2つのCG（第3のCGおよび第4のCG）を含む。なお、第1のCGおよび第2のCGと、第3のCGおよび第4のCGとは、一部、もしくは全部が共通であってもよい。例えば、第1のCGと第3のCGとが共通であり、第1のCGと第2のCGとは、ビジョンガラスの反射率が異なり、第1のCGでもある第3のCGと第4のCGとは、ビジョンガラスの透過率が異なってもよい。

[0019] 光線追跡処理部131は、生成した複数のCGのうち、ビジョンガラスおよびスパンドレルガラスの透過率、反射率を0に設定したものを、反射率、透過率0の要素CGとする。光線追跡処理部131は、その他の生成した複数のCG各々と、反射率、透過率0の要素CGとの差分を、要素CGとする。要素CG記憶部132は、光線追跡処理部131が生成した要素CGを記憶する。合成部133は、外的条件1つに対して、該外的条件に対応する複数の要素CGを用いて、ガラス選択部102により設定されたビジョンガラス、スパンドレルガラスそれぞれの透過率および反射率に対応するCGを、判定用CGとして合成する。

[0020] 図2は、本実施形態におけるガラス適合性判定装置100の動作を説明するフローチャートである。まず、条件設定部101が、複数の外的条件を設定する（ステップS a 1）。この設定は、例えば、予め用意された外的条件の中からの、オペレータによる指定を受け付けることで、行われる。次に、光線追跡処理部131が、ステップS a 1で設定された複数の外的条件各々に対応する全ての要素CGを生成し、要素CG記憶部132に記憶させる（ステップS a 2）。

[0021] 次に、ガラス選択部102が、ビジョンガラスとスパンドレルガラス各々に用いるガラスを選択する（ステップS a 3）。例えば、予め用意されたガラスの中からの、オペレータによる指定を受け付けることで、ビジョンガラスとスパンドレルガラス各々に用いるガラスの選択が行われる。次に、合成部133が、ステップS a 3で選択されたガラスに対応する判定用CGを、ステップS a 1で設定された複数の外的条件ごとに合成する（ステップS a 4）。次に、判定部104が、ステップS a 4で合成された複数の判定用CG各々について、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの色差を判定する（ステップS a 5）。この判定は、例えば、色差と、予め設定された閾値とを比較し、色差が閾値以下であるときは、判定結果を合格とし、色差が閾値を超えるときは、判定結果を不合格とすることで行ってもよい。判定結果が合格であれば（ステップS a 6－Yes）、処理は終了する。このとき、合格した判定用CGを表示するようにしてもよい。また、判定の結果が合格でなければ（ステップS a 6－No）、ステップS a 3に戻って、ガラス選択部102によるガラス選択が行われる。

[0022] なお、ここでは、ステップS a 3において、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの組み合わせを1つ、オペレータが指定するようにしたが、指定方法はこれに限らない。例えば、予め複数の組み合わせ、あるいは全ての組み合わせを設定し、これらのうち、ステップS a 5の色差判定で、色差が小さかったものから所定の数 of 判定用CGを、合格したものとして順に表示するようにしてもよい。

[0023] また、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの組み合わせの1つを指定する方法において、さらに、スパンドレルガラスの内側（建造物内部側）に通常設置されるスパンドレル板の材質、色、表面性状を考慮することもできる。なお、スパンドレル板は、通常、建物の各階の間に位置しているため、建物の壁自体であってもよい。

例えば、予め用意されたスパンドレル板の材質、色、表面性状の候補の中からも、オペレータによる指定を受け付けることで、より適切なスパンドレルガラスの候補が選択できるように設定を行なってもよい。なお、スパンドレル板の材質、色、表面性状は予め用意された候補の中から指定するリスト形式の領域としたが、キーボードなどからタイプ入力する領域にしてもよい。

ビジョンガラスとスパンドレルガラスとの色差を判定するにあたり、外的条件として、例えば、スパンドレル板の材質と色と表面性状の組み合わせを選択することで、判定結果の精度を高めることができる。

スパンドレル板の材質と色との組み合わせは、光の拡散反射色、鏡面反射の度合い、表面性状、などに影響を与えるため、色差を判定する際に、双方向反射率分布関数（BRDF）を利用することもできる。

[0024] BRDFの測定方法としては、例えば光源とセンサーの位置をそれぞれ変化させて光の強度を測定する方法が挙げられる。BRDFの測定装置としては、例えば、Mini-Diff（Synopsis社製）が挙げられる。

また、スパンドレル板の材質と色、及び表面性状の組み合わせによって、太陽光が直射する条件、太陽光が直射しない条件及び曇りの条件を比較した時の、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの組み合わせの適合性の変化度合いを加減できる。例えば太陽光のスパンドレル板への入射角と、それがスパンドレル板で反射された反射角の向きにおいては、その各々の角度におけるスパンドレル板のBRDFによって定義される反射率が低くなるほど、太陽光の強さの変化に対するビジョンガラスとスパンドレルガラスの組み合わせ判定の差が小さくなる場合がある。

[0025] 図3は、本実施形態における条件設定部101による外的条件の設定処理を説明するフローチャートである。図3のフローチャートは、図2のステップS a 1に対応する。まず、条件設定部101は、建造物が建造される、または、建造されている地域を示す建設地を設定する（ステップS b 1）。この設定は、例えば、予め用意された国、または地域の中からの、オペレータによる指定を受け付けることで、行われてもよいし、オペレータによる住所の入力、緯度、経度の入力を受け付けることで行われてもよい。また、建設地は、建造物が建造される、または、建造されている緯度のみであってもよい。

[0026] 次に、条件設定部101は、ステップS b 1で設定された建設地に応じた、外的条件の太陽光直射ありの候補と、太陽光直射なしの候補を表示する（ステップS b 2）。ここで、太陽光直射ありの候補とは、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの各々の少なくとも一部に、太陽光が直射している候補である。また、太陽光直射なしの候補とは、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの各々の少なくとも一部に、太陽光が直射していない候補である。次に、条件設定部101は、表示された太陽光直射ありの候補の中から、オペレータにより選択された候補を、使用する外的条件として設定する（ステップS b 3）。次に、条件設定部101は、表示された太陽光直射なしの候補の中から、オペレータにより選択された候補を、使用する外的条件として設定する（ステップS b 4）。

[0027] このように、条件設定部101が設定する外的条件には、ビジョンガラスとスパンドレルガラスに太陽光が直射しているものと、太陽光が直射していないものが含まれる。ビジョンガラスとスパンドレルガラスの色味は、太陽光が直射しているか否かにより、大きく異なる。太陽光が直射している外的条件と、太陽光が直射していない外的条件とを含めておくことで、これら両方において、色が適合しているビジョンガラスとスパンドレルガラスを選択できる。

[0028] 図4は、本実施形態における条件設定部101による外的条件の設定画面

の例を示す模式図である。入力領域C 4 1は、建設地の入力領域である。図4の例では、入力領域C 4 1は、予め用意された候補の中から指定するリスト形式の領域としたが、キーボードなどからタイプ入力する領域にしてもよいし、地図上の点、あるいは領域を指定する領域にしてもよい。リストC 4 2は、外的条件の太陽光直射ありの候補のリストである。リストC 4 3は、外的条件の太陽光直射なしの候補のリストである。リストC 4 2と、リストC 4 3の候補各々には、対応するチェックボックスがある。オペレータは、このチェックボックスにチェックを付すことで、対応する候補を、使用する外的条件として指定できる。また、ボタンC 4 4は、キャンセルボタンであり、ボタンC 4 5は、決定ボタンである。

[0029] 決定ボタンであるボタンC 4 5が押されると、リストC 4 2とリストC 4 3の候補のうち、チェックボックスにチェックが付されている候補が、使用する外的条件として設定される。なお、ボタンC 4 5が押されたときに、リストC 4 2とリストC 4 3のそれぞれにおいて、少なくとも1つのチェックボックスにチェックが付されていることを確認するようにしてもよい。これにより、使用する外的条件に、太陽光直射ありのものと、太陽光直射なしのものとのが、常に含まれるようにできる。

[0030] なお、リストC 4 2、リストC 4 3に表示される候補は、入力領域C 4 1で指定された建設地に応じて変更するようにしてもよい。また、リストC 4 2、リストC 4 3を備えず、入力領域C 4 1による建設地の指定のみで、外的条件が決まるようにしてもよい。これらにより、建設地の気候や文化に応じた外的条件にできる。

[0031] 図5は、本実施形態における光線追跡処理部1 3 1による要素C Gの生成処理を説明するフローチャートである。図5のフローチャートは、図2のステップS a 2に対応する。光線追跡処理部1 3 1は、条件設定部1 0 1により設定された複数の外的条件ごとに、ステップS c 2からS c 8の処理を行う（ステップS c 1、S c 9）。ステップS c 2では、光線追跡処理部1 3 1は、光線追跡法を用いて、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの反射率

、透過率を0とした建造物のCGを生成する。このCGを、反射率、透過率0の要素CGとする。また、このCGを生成する際には、対応する外的条件を用いる。例えば、外的条件の日付けもしくは季節、時刻もしくは時間帯、建設地に基づき、太陽の位置、空の色が決められる。

[0032] 次に、光線追跡処理部131は、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの各々について、ステップSc4からSc7の処理を行う（ステップSc3、Sc8）。ステップSc4では、光線追跡処理部131は、要素CGとする反射率、透過率の候補ごとに、ステップSc5とステップSc6の処理が行われる。ステップSc5では、光線追跡処理部131は、対応する外的条件で、ビジョンガラスとスパンドレルガラスのうち、対応する方の反射率、透過率を、対応する反射率、透過率の候補の値にして、光線追跡法を用いて、建造物のCGを生成する。このとき、ビジョンガラスとスパンドレルガラスのうち、対応しない方の反射率、透過率は、0とする。

[0033] 次にステップSc6では、光線追跡処理部131は、ステップSc5で生成したCGと、反射率、透過率0の要素CGとの差分を、要素CGとして、要素CG記憶部132に記憶させる。ここで、生成したCGと、反射率、透過率0の要素CGとの差分とは、生成したCGの画素の画素値各々から、反射率、透過率0の要素CGの対応する画素の画素値を引いた値を、対応する画素の画素値とするCGである。なお、画素値は、R（赤）、G（緑）、B（青）の3つの波長各々に対応する値であってもよいし、可視光領域を含む周波数帯を3つを超える領域に分割し、3つを超える領域各々の波長に対応する値であってもよい。

[0034] 図6は、本実施形態における要素CGの反射率、透過率の候補を示すグラフである。図6において、横軸は透過率、縦軸は反射率である。図6にプロットした菱形E1からE8は、要素CGの反射率、透過率の候補である。実際のガラスの反射率、透過率は、波長によって異なるスペクトル分布を有する。しかし、要素CGを生成する際は、波長に依らず同じ値を有する反射率、透過率とする。ガラスの反射率と、透過率の合計は、1以下となるので、

図 6 に示す破線より左下にのみ、反射率、透過率の候補はある。

[0035] 図 6 のグラフの原点にプロットされている菱形 E 6 が、反射率、透過率 0 の要素 C G に対応する。この反射率、透過率 0 の要素 C G は、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの双方の反射率、透過率を 0 としたものである。しかし、それ以外の菱形 E 1 から E 5、E 7、E 8 は、ビジョンガラスに対応する要素 C G は、ビジョンガラスの反射率、透過率が、該菱形がプロットされている位置に対応する値であり、スパンドレルガラスの反射率、透過率は、0 である。逆に、スパンドレルガラスに対応する要素 C G は、スパンドレルガラスの反射率、透過率が、該菱形がプロットされている位置に対応する値であり、ビジョンガラスの反射率、透過率は、0 である。

[0036] なお、本実施形態では、ビジョンガラスに対応する要素 C G と、スパンドレルガラスに対応する要素 C G とに、同じ反射率、透過率の候補を用いたが、ビジョンガラスとスパンドレルガラスとで異なる候補を用いてもよい。また、反射率、透過率の候補の数は、反射率、透過率 0 を含めて、3 つ以上であることが好ましい。

[0037] 図 7 は、本実施形態によるガラス設定の画面例を示す模式図である。図 7 の模式図の画面例に基づくガラスの設定は、図 2 のステップ S a 3 に対応する。図 7 において、リスト C 8 1 は、ビジョンガラスに用いるガラスの候補のリストである。リスト C 8 2 は、スパンドレルガラスに用いるガラスの候補のリストである。リスト C 8 1、C 8 2 の各々の候補には、対応するラジオボタンがある。このラジオボタンに、オペレータはマークを付することができる。マークを付することができるラジオボタンは、リスト C 8 1、C 8 2 で 1 つずつである。ボタン C 8 3 は、キャンセルボタンである。ボタン C 8 4 は、決定ボタンである。決定ボタンであるボタン C 8 4 が押されると、リスト C 8 1 とリスト C 8 2 のそれぞれでマークが付された候補が、ビジョンガラス、スパンドレルガラスに用いられるガラスとして選択される。なお、ボタン C 8 4 が押されたときに、リスト C 8 1 とリスト C 8 2 のそれぞれにおいて、ラジオボタンにマークが付されていることを確認するようにしてもよ

い。

なお、図7は、スパンドレル板の材質、色、表面性状の候補も設定する場合、ガラスの設定画面は、スパンドレル板の材質の候補、色の候補、表面性状の候補に関するリストを有していてもよい。

[0038] 図8は、本実施形態における合成部133による判定用CG合成処理を説明するフローチャートである。図8のフローチャートは、図2のステップS a 4に対応する。合成部133は、条件設定部101により設定された複数の外的条件ごとに、ステップS d 2からS d 7の処理を行う（ステップS d 1、S d 8）。さらに、合成部133は、ビジョンガラスと、スパンドレルガラスの各々について、ステップS d 3からS d 5の処理を行う（ステップS d 2、S d 6）。さらに、合成部133は、画素値に対応する波長ごとに、ステップS d 4の処理を行う（ステップS d 3、S d 5）。ステップS d 4では、要素CG記憶部132が記憶する要素CGの画素値を用いた補間処理により、対応する波長の画素値を、全画素について算出する。なお、要素CGでは、反射率と透過率は、波長に依らない値である。しかし、ビジョンガラスまたはスパンドレルガラスに用いられるガラスは、波長ごとに、反射率と透過率を有する、すなわち反射率と透過率それぞれのスペクトル分布を有する。

[0039] ここで、ビジョンガラスについて処理するときは、合成部133は、ビジョンガラスとして選択されたガラスの、対応する波長における反射率、透過率の組み合わせ位置での画素値を、ビジョンガラスの要素CGと、反射率、透過率0の要素CGのうちから、少なくとも3つを用いて、補間処理により算出する。また、スパンドレルガラスについて処理するときは、合成部133は、スパンドレルガラスとして選択されたガラスの、対応する波長における反射率、透過率の組み合わせ位置での画素値を、スパンドレルガラスの要素CGと、反射率、透過率0の要素CGのうちから、少なくとも3つを用いて、補間処理により算出する。これらの補間処理は、一次補間でもよいし、より高次の補間処理でもよい。

[0040] ステップS d 2 からS d 6 のループの後、合成部1 3 3 は、ビジョンガラスの補間結果と、スパンドレルガラスの補間結果と、反射率、透過率0の要素CGとを加算して、判定用CGを生成する（ステップS d 7）。ここで、加算とは、これら3つの、同じ画素位置の同じ波長の画素値同士を加算することである。ビジョンガラスの補間結果において、ビジョンガラスの部分は補間処理により画素値を持つが、ビジョンガラスの部分以外は、補間処理をしても画素値が基本的に0になっている。同様に、スパンドレルガラスの補間結果は、ビジョンガラスの部分は補間処理により画素値を持つが、ビジョンガラスの部分以外は、補間処理をしても画素値が基本的に0になっている。反射率、透過率0の要素CGにおいて、ビジョンガラスとスパンドレルガラスの部分は、画素値が基本的に0になっており、その他の部分が画素値を持つ。これらを足し合わせることで、ビジョンガラスの部分、スパンドレルガラス部分、その他の部分で画素値を持つCGを合成できる。

[0041] なお、オペレータなどへの提示が可能なように、判定用CGを生成する際に、反射率、透過率0の要素CGを加算している。判定用CGを生成する際に、合成部1 3 3 は、反射率、透過率0の要素CGを加算しなくてもよい。その場合、判定部1 0 4 で合格と判定された判定用CGについては、反射率、透過率0の要素CGを加算して、オペレータなどへの提示用としてもよい。

[0042] 図9は、本実施形態における判定部1 0 4 による色差判定処理を説明するフローチャートである。図9のフローチャートは、図2のステップS a 5に対応する。判定部1 0 4 は、判定用CGごとに、ステップS e 2 からS e 4 の処理を行う（ステップS e 1、S e 5）。ステップS e 2 では、判定部1 0 4 は、対応する判定用CGのビジョンガラスの部分の画素値のスペクトル分布を、 $L^*a^*b^*$ 表色系に変換する。ここで、ビジョンガラスの部分、オペレータが指定するようにしてもよいし、図9で説明したビジョンガラスの補間結果を用いて判定部1 0 4 が判定するようにしてもよい。

[0043] 次に、判定部1 0 4 は、対応する判定用CGのスパンドレルガラスの部分

の画素値のスペクトル分布を、 $L * a * b$ 表色系に変換する（ステップ S e 3）。ここで、スパンドレルガラスの部分を、オペレータが指定するようにしてもよいし、図 9 で説明したスパンドレルガラスの補間結果を用いて判定部 104 が判定するようにしてもよい。

[0044] 次に、判定部 104 は、ステップ S e 2 の変換結果と、ステップ S e 3 の変換結果との色差を算出する。ここで色差とは、 $L * a * b$ 座標系でのユークリッド距離を示す値である。例えば、ステップ S e 2 の変換結果が、 $[L_1, a_1, b_1]$ であり、ステップ S e 3 の変換結果が、 $[L_2, a_2, b_2]$ であれば、色差は、 $((L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2)^{1/2}$ である。ステップ S e 2 から S e 4 を全ての判定用 CG について行った後、判定部 104 は、合否判定を行う（ステップ S e 6）。

[0045] この合否判定では、判定部 104 は、ステップ S e 4 で算出した全ての色差が、予め決められた閾値以下である場合は合格と判定し、それ以外の場合は不合格と判定してもよい。あるいは、判定部 104 は、ステップ S e 4 で算出した色差のうち、予め決められた閾値以下のものが、予め決められた割合以上である場合は合格と判定し、それ以外の場合は不合格と判定してもよい。また、ここで閾値は、比較する色差に対応する判定用 CG に対応する外的条件に含まれていてもよい。例えば、建設地に基づき、閾値が決まってもよいし、季節、日付、時刻、時間帯のいずれかに基づき、閾値が決まってもよい。

[0046] なお、上述の実施形態において、ビジョンガラスと、スパンドレルガラスとの一方は、予め決まっており、他方を複数の候補から選択するようにしてもよい。この場合は、複数の候補から選択する方についてだけ、要素 CG を生成し、判定用 CG を合成する。予め決まっている方については、反射率、透過率 0 の要素 CG に含まれていてもよい。

[0047] このように、ガラス適合性判定装置 100 は、ビジョンガラスとスパンドレルガラスとを含む建造物の複数の判定用コンピュータグラフィクス (CG) の各々を生成する際の外的条件を設定する条件設定部 101 と、複数の判

判定用CGを生成するCG生成部103と、複数の判定用CG各々におけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分との色差に基づき、ビジョンガラスとスパンドレルガラスとの組み合わせの適合性を判定する判定部104とを備える。そして、複数の判定用CGは、第1の判定用CGと、第2の判定用CGとを含む。第1の判定用CGの外的条件は、第1の判定用CGにおけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分とに太陽光が直射するように設定される。また、第2の判定用CGの外的条件は、第2の判定用CGにおけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分とに太陽光が直射しないように設定される。

[0048] 太陽光が直射するときと太陽光が直射しないときとは、ビジョンガラスとスパンドレルガラスは、色味が異なるが、上述の構成により、太陽光が直射するときも太陽光が直射しないときも色が適合するビジョンガラスとスパンドレルガラスを選択できる。

[0049] なお、上述の実施形態において、複数の判定用CGは、第1の判定用CGと、第2の判定用CGと、第3の判定用CGを含むようにしてもよい。ここで、第1の判定用CGの外的条件は、第1の判定用CGにおけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分とに太陽光が直射するように設定される。また、第2の判定用CGの外的条件は、第2の判定用CGにおけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分とに、天候が曇りであるために太陽光が直射しないように設定される。また、第3の判定用CGの外的条件は、第3の判定用CGにおけるビジョンガラスの部分とスパンドレルガラスの部分とに、天候は晴れであるが太陽光が直射しないように設定される。この場合、外的条件の設定画面は、図4の例とは異なり、太陽光直射あり候補のリストと、天候が曇りであるため太陽光直射なし候補のリストと、天候が晴れであり太陽光直射なし候補のリストとの3つのリストを有する。また、図3のフローチャートにおいて、ステップSb4では、天候が曇りであるために太陽光直射なしの候補の中から使用する外的条件を設定し、ステップSb4の後に追加されるステップにおいて、天候が晴れであり太陽光直射

なし候補の中から使用する外的条件を設定する。なお、ステップS b 3、ステップS b 4、追加されるステップの処理順序はどのような順であってもよい。

[0050] また、CG生成部103は、建造物コンピュータグラフィクス生成装置であってもよい。建造物コンピュータグラフィクス生成装置は、光線追跡法を用いて、1つまたは複数のガラスを含む建造物の複数のCGを生成する光線追跡処理部131と、光線追跡処理部131が生成した複数のCGを用いて、対象とする1つまたは複数のガラスの1つまたは複数の透過率および1つまたは複数の反射率に対応するCGを合成する合成部133とを備える。前記複数のCGのうちの1つにおける前記1つまたは複数のガラスのうちの第1のガラスは、前記複数のCGのうちの他の1つにおける前記第1のガラスとは、透過率が異なり、前記複数のCGのうちの1つにおける前記第1のガラスは、前記複数のCGのうちの他の1つにおける前記第1のガラスとは、反射率が異なる。これにより、建造物に用いるガラスを変更したときには、予め光線追跡処理部131が生成した複数のCGを用いて、変更したガラスを用いた建造物のCGを合成部133が合成するため、建造物のCG生成に要する時間を抑えられる。

[0051] また、図1におけるガラス適合性判定装置100の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりガラス適合性判定装置100を実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。

[0052] また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線の

ように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

[0053] また、上述した図1におけるガラス適合性判定装置100の各機能ブロックは個別にチップ化してもよいし、一部、または全部を集積してチップ化してもよい。また、集積回路化の手法はLSIに限らず、専用回路、または汎用プロセッサで実現しても良い。ハイブリッド、モノリシックのいずれでも良い。一部は、ハードウェアにより、一部はソフトウェアにより機能を実現させても良い。

また、半導体技術の進歩により、LSIに代替する集積回路化等の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

[0054] 以上、この発明の実施形態を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

[0055] なお、2022年4月25日に出願された日本特許出願2022-071563号の明細書、特許請求の範囲、図面および要約書の全内容をここに引用し、本発明の開示として取り入れるものである。

符号の説明

[0056] 100 ガラス適合性判定装置
101 条件設定部
102 ガラス選択部
103 CG生成部
104 判定部
131 光線追跡処理部
132 要素CG記憶部

1 3 3 合成部

請求の範囲

- [請求項1] 光線追跡法を用いて、1つまたは複数のガラスを含む建造物の複数のコンピュータグラフィックス（CG）を生成する光線追跡処理部と、
前記複数のCGを用いて、対象とする1つまたは複数のガラスの1つまたは複数の透過率および1つまたは複数の反射率に対応するCGを合成する合成部と
を備え、
前記複数のCGのうちの第1のCGにおける前記1つまたは複数のガラスのうちの第1のガラスは、前記複数のCGのうちの第2のCGにおける前記第1のガラスとは、透過率が異なり、
前記複数のCGのうちの第3のCGにおける前記第1のガラスは、前記複数のCGのうちの第4のCGにおける前記第1のガラスとは、反射率が異なる、
建造物コンピュータグラフィックス生成装置。
- [請求項2] 前記複数のCGは3つ以上のCGを含み、
前記複数のCGのうちの2つの間では、前記透過率および前記反射率のうちの一方、もしくは双方のみが異なる、請求項1に記載の建造物コンピュータグラフィックス生成装置。
- [請求項3] 建造物コンピュータグラフィックス生成方法であって、
光線追跡法を用いて、1つまたは複数のガラスを含む建造物の複数のコンピュータグラフィックス（CG）を生成し、
前記複数のCGを用いて、対象とする1つまたは複数のガラスの1つまたは複数の透過率および1つまたは複数の反射率に対応するCGを合成し、
前記複数のCGのうちの第1のCGにおける前記1つまたは複数のガラスのうちの第1のガラスは、前記複数のCGのうちの第2のCGにおける前記第1のガラスとは、透過率が異なり、
前記複数のCGのうちの第3のCGにおける前記第1のガラスは、

前記複数のＣＧのうちの第４のＣＧにおける前記第１のガラスとは、
反射率が異なる、

建造物コンピュータグラフィクス生成方法。

[請求項４]

コンピュータを、

光線追跡法を用いて、１つまたは複数のガラスを含む建造物の複数の
のコンピュータグラフィクス（ＣＧ）を生成する光線追跡処理部、

前記複数のＣＧを用いて、対象とする１つまたは複数のガラスの１
つまたは複数の透過率および１つまたは複数の反射率に対応するＣＧ
を合成する合成部

として機能させるためのプログラムであって、

前記複数のＣＧのうちの第１のＣＧにおける前記１つまたは複数の
ガラスのうちの第１のガラスは、前記複数のＣＧのうちの第２のＣＧ
における前記第１のガラスとは、透過率が異なり、

前記複数のＣＧのうちの第３のＣＧにおける前記第１のガラスは、
前記複数のＣＧのうちの第４のＣＧにおける前記第１のガラスとは、
反射率が異なる、

プログラム。

[請求項５]

請求項４に記載のプログラムを記憶した、コンピュータ読み取り可
能な記録媒体。