

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-196254

(P2008-196254A)

(43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)

(51) Int.Cl.		F 1	テーマコード (参考)
<b>E 0 4 F</b> 10/00	<b>(2006.01)</b>	E 0 4 F 10/00	2 E 1 0 5
<b>F 2 8 D</b> 15/02	<b>(2006.01)</b>	F 2 8 D 15/02	Z

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2007-34413 (P2007-34413)  
 (22) 出願日 平成19年2月15日 (2007.2.15)

(71) 出願人 504132272  
 国立大学法人京都大学  
 京都府京都市左京区吉田本町36番地1  
 (74) 代理人 110000556  
 特許業務法人 有古特許事務所  
 (72) 発明者 酒井 敏  
 京都府京都市左京区吉田二本松町  
 (72) 発明者 立木 秀樹  
 京都府京都市左京区吉田二本松町  
 Fターム(参考) 2E105 AA02 FF02 FF06 FF26 FF32

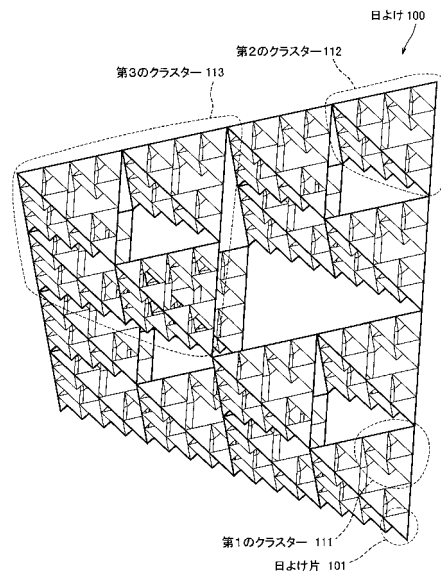
(54) 【発明の名称】 日よけ、放熱器、およびこれらの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 効率よく温度上昇を抑制することが可能な日よけあるいは放熱器を提供する。

【解決手段】 4以上の遮光性を有する日よけ部または熱伝導性を有する放熱部を備え、前記日よけ部または前記放熱部が複数の三次元的なクラスターをなす。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

遮光性を有する 4 以上の日よけ部を備え、  
前記日よけ部が複数の三次元的なクラスターをなす、日よけ。

## 【請求項 2】

第 1 の方向の無限遠から見ると前記日よけ部が隙間なく配設されている、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 3】

前記日よけ部が全て同一の形状および大きさを有する、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 4】

前記日よけ部が互いに接している、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 5】

前記第 1 の方向から見ると前記日よけ部が重なり合いなく配列するように構成されている、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 6】

前記日よけ部は、該日よけ部がフラクタル構造をなすように分布する態様で、前記複数の三次元的なクラスターをなしている、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 7】

前記フラクタル構造のハウスドルフ次元が 2 以上でありかつ位相次元が 1 である、請求項 6 に記載の日よけ。

## 【請求項 8】

$i$  を 2 以上の任意の整数、 $k$  を 2 以上の任意の整数とし、

$i^2$  個の前記日よけ部により大きさが前記日よけ部の  $i$  倍である 1 番目のクラスターが構成され、

$1 \leq j \leq k-1$  を満たす整数  $j$  のそれぞれについて、 $i^2$  個の  $j$  番目のクラスターにより大きさが  $j$  番目のクラスターの  $i$  倍である  $j+1$  番目のクラスターが構成されている、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 9】

第 1 の方向に垂直な平面への射影の面積が 0 とならない、ハウスドルフ次元が 2 以上でありかつ位相次元が 1 の自己相似立体図形を不動点として生成する、相似縮小写像族  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $\dots$ 、 $F_k$  ( $k$  は 2 以上の任意の整数) により写像  $G(X) = F_1(X) \cup F_2(X) \cup F_3(X) \cup \dots \cup F_k(X)$  を定義し、

ある立体図形 (以下、基本立体図形) から始めて、 $G$  をある有限回繰り返し適用して得られる立体を有限階近似立体フラクタル図形とするとき、

前記有限階近似立体フラクタル図形を構成する単位基本立体図形の形状および位置に対応して前記日よけ部が配設されている、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 10】

前記自己相似立体図形はシェルピンスキー四面体であり、前記基本立体図形がシェルピンスキー四面体の 4 つの頂点を頂点とする四面体の 2 面を少なくとも含む立体図形である、請求項 9 に記載の日よけ。

## 【請求項 11】

$i$  の初期値を 1 とし、第 1 四面体を  $4^N$  個 ( $N$  は有限の自然数) 用意して、一辺の長さが 2 倍の第  $(i+1)$  四面体をなすように第  $i$  四面体を結合して  $i$  に 1 を加えるステップを  $N$  回繰り返し返して得られる形状を  $N$  次近似シェルピンスキー四面体とするとき、

$N$  次近似シェルピンスキー四面体を構成する全ての第 1 四面体を構成する 4 面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成してなる日よけであって、

それぞれの第 1 四面体に対応する遮光面が前記日よけ部である、請求項 1 に記載の日よけ。

## 【請求項 12】

前記自己相似立体図形は重六角錐フラクタルであり、前記基本立体図形は重六角錐フラ

10

20

30

40

50

クタルの 8 つの頂点を頂点とする重六角錐の面のうち、重六角錐フラクタルが隙間のない四角形に見える方向から見たときに見える面を少なくとも含む立体図形である、請求項 9 に記載の日よけ。

【請求項 13】

複数の単位日よけからなり、

各々の前記単位日よけが請求項 1 に記載の日よけであって、

各々の前記単位日よけについて遮光性が最大になる向きが平行になるように各々の前記単位日よけを平面上に並べてなる、日よけ。

【請求項 14】

前記平面が互いに平行である請求項 13 に記載の日よけ複数個を、所定の間隔で積層させてなる、日よけ。

【請求項 15】

各層毎に遮光性が最大になる向きが互いに平行でないように構成されている、請求項 14 に記載の日よけ。

【請求項 16】

塑性変形可能な板材の一部に切れ込みを入れて折り曲げることにより  $N$  次近似シェルピンスキー四面体 ( $N$  は有限の自然数) の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成してなる日よけを製造する、日よけ製造方法。

【請求項 17】

平行四辺形の対向する 2 つの辺の中点を結ぶ 2 本の線の交点を重心とするときに、

平行四辺形の板材を用意するステップと、

前記板材を、 $i$  番目の平行四辺形の対向する 2 つの辺の中点を結ぶ 2 本の線に沿って対向する 2 つの V 字型をなすようにそれぞれの中点および重心の近傍を残して切れ込みを入れることにより一辺の長さが  $i$  番目の平行四辺形の半分である  $i + 1$  番目の平行四辺形を 4 つ形成する処理を、 $i$  を 1 から始めて 1 ずつ増やしながらか  $N$  回 ( $N$  は有限の自然数) だけ繰り返して得られる形状に整形するステップと、

前記整形された板材の  $i$  番目の任意の平行四辺形において重心を通過して切れ込みを通らない対角線に沿って折り曲げることにより  $N$  次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を形成するステップとを有する、

請求項 16 に記載の日よけ製造方法。

【請求項 18】

平行四辺形の対向する 2 つの辺の中点を結ぶ 2 本の線の交点を重心とするときに、

平行四辺形の板材を  $4^M$  枚 ( $M$  は有限の自然数) 用意するステップと、

前記板材を、 $i$  番目の平行四辺形の対向する 2 つの辺の中点を結ぶ 2 本の線に沿って対向する 2 つの V 字型をなすようにそれぞれの中点および重心の近傍の近傍を残して切れ込みを入れることにより一辺の長さが  $i$  番目の平行四辺形の半分である  $i + 1$  番目の平行四辺形を 4 つ形成する処理を、 $i$  を 1 から始めて 1 ずつ増やしながらか  $N$  回 ( $N$  は有限の自然数) だけ繰り返して得られる形状に整形するステップと、

前記整形された板材の  $i$  番目の任意の平行四辺形において重心を通過して切れ込みを通らない線に沿って折り曲げることにより  $N$  次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を形成するステップと

前記形成された  $N$  次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状の頂点を互いに接合することにより、 $N + M$  次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を形成するステップとを有する、

請求項 16 に記載の日よけ製造方法。

【請求項 19】

10

20

30

40

50

熱伝導性を有する4以上の放熱部を備え、  
前記放熱部が複数の三次元的なクラスターをなす、放熱器。

【請求項20】

前記放熱部が熱伝導手段により伝熱可能に接続されている、請求項19に記載の放熱器。

【請求項21】

前記熱伝導手段はヒートパイプである、請求項20に記載の放熱器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、日よけ、放熱器、およびこれらの製造方法に関する。より詳しくは、温度上昇防止に役立つ日よけ、放熱器、およびこれらの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、都市化の進行に伴い、都市部の気温が郊外部と比較して高くなる、いわゆるヒートアイランド現象が深刻化している。ヒートアイランド現象により、夏期には都市部の居住性が低下し、また冷房が多用されて大量の電力が消費される。

【0003】

ヒートアイランド現象を防止ないし抑制する従来技術として、都市部の緑化や建物の屋上緑化が知られている。例えば、特許文献1は屋上緑化施工用パネルを開示する。この屋上緑化施工用パネルによれば、蒸散量が多く、一般にポットで植生される、いわゆるグランドカバーポット植物を屋上緑化に利用することが可能となる。

20

【0004】

また、建物などの被遮蔽物を日射から保護するために、従来からルーバーやブラインドなどの日よけが用いられてきた。例えば、特許文献2は日光を遮蔽するためのブラインドを折りたたみ可能に構成した日よけを開示する。かかる日よけでは、折りたたまれたブラインドは庇として機能する。

【特許文献1】特開2006-204291号公報

【特許文献2】特開昭64-24990号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前記特許文献1の屋上緑化施工用パネルにおいて、屋上緑化では植物を維持するために水を大量に必要とする上、土壌や植物体の重量が大きく、建物に対して余計な荷重を与えてしまうという問題を有していた。

【0006】

また、前記特許文献2の折りたたみ可能なブラインドは、日射が強い場合にブラインド自体の温度が上昇して赤外線が放射され、被遮蔽物が加熱されてしまうため、被遮蔽物の温度上昇を十分に防ぐことができなかった。

【0007】

40

本発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、効率よく温度上昇を抑制することが可能な日よけあるいは放熱器を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、植物による冷却効果が主として蒸散に由来するという従来仮説に疑問を持つ一方で、1)大きな平面よりも小さな平面の方が、同じ放射熱を受けても温まりにくいこと、2)樹木の葉の分布がフラクタル構造(あるいは葉が複数の三次元的なクラスターをなすような分布)を有すること、などの知見に着目した。その結果、多数の小さな葉が一定の空間中にフラクタル構造(あるいは複数の三次元的なクラスター)をなすように分布するという植物の構造が、太陽光を遮りつつ、太陽光に由来する熱を効率よく大気

50

へと放出するのに適しているのではないかとこの着想に到った。

【0009】

以上のような着想の下に、実験が行われた。具体的には、シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状の日よけ（フラクタル日よけ）が作成され、他の構造を有する同面積の日よけと比較された。その結果、フラクタル日よけは他の日よけと比較して、温度上昇の抑制効果が高い（日よけ自体の温度が上昇しにくい）ことが判明した。

【0010】

空気は熱容量が小さく熱伝導性が低いという特性を有する。熱容量が小さいことで、太陽光を受けて生じた熱を大量の空気へと逃がすことが必要になるが、熱伝導性が低いため、熱を大きな空間に伝えることが困難である。フラクタル日よけが低温となった原因の一つは、フラクタル日よけでは日よけ片が3次元空間に分布していることにあると考えられた。かかる構成により、各日よけ片で生じた熱を大容量の空気へと迅速に伝達できる。

10

【0011】

また、フラクタル日よけにおける分布のパターンも重要な役割を果たしていると考えられた。一般に、空気中の熱の輸送においては、物体のごく近傍の境界層を除いて、乱流（渦）が重要な役割を果たす。風洞実験の結果、フラクタル日よけは他の日よけと比較して、空気の乱流（渦）を通過させやすいことが判明した。かかる性質は、フラクタル日よけが有する隙間の大きさが多様（不均一）であって、様々な大きさの乱流（渦）を通過させることが可能であることに由来すると考えられた。かかる性質はフラクタル構造に特有のものではなく、日よけが複数の三次元的なクラスターをなす場合でも同様の効果が得られると推察された。

20

【0012】

すなわち、上記課題を解決するために、本発明の日よけは、遮光性を有する4以上の日よけ部を備え、前記日よけ部が複数の三次元的なクラスターをなす。

【0013】

かかる構成では、各日よけ部が三次元的に分布するように配設されているために、日よけ部が日射等を受けて生じた熱を大容量の空気に容易に逃がすことができる。また、日よけ部がクラスターをなす一方で、該クラスターが複数存在するために、クラスター内部の隙間とクラスター同士の間で隙間の大きさが異なり、サイズの異なる乱流（渦）が通過しやすくなる。かかる構成により風通しがよくなり、日よけ部の周辺から遠方へと効率よく熱を逃がすことができる。よって、日よけ全体の温度上昇を抑制することができる。

30

【0014】

例えば、複数の日よけ部が隙間を生じるように集まってクラスター（塊）をなし、そのクラスターがより大きな隙間を生じるように集まってより大きなクラスターを構成するというように、多数の日よけ部が階層構造をもって分布する。本発明において該階層構造の階数は限定されない。例えば、日よけ部を集めて作られた第1のクラスターを平面的に敷き詰めたものを日よけとしてもよい。第1のクラスターを立体的に配列して第2のクラスターとし、この第2のクラスターを日よけとしてもよい。第2のクラスターをさらに集めて高次のクラスターを形成して日よけとしてもよい。なお、日よけ部の分布を考える場合には、日よけ部の中心（幾何学的重心）をそれぞれの日よけ部の位置とする。

40

【0015】

同じ階層に属するクラスターにおいて、クラスターの内部の隙間（第1の隙間）と、クラスター同士の間隙間（第2の隙間）とを考えると、第1の隙間と第2の隙間とは大きさが異なる。また、第1の隙間と第2の隙間とは互いに連通している。小さな隙間と大きな隙間がつながって存在するため、小さな隙間でそれぞれの日よけ部から空気に伝達された熱が、大きな隙間を通る乱流によって効率的に外部へと運搬される。複数のクラスターを有する構造の典型例がフラクタル構造である。

【0016】

なお、ブラインドやスラット、ルーバーなど従来の日よけでは、等間隔で日よけ部が並

50

ぶために、隙間のサイズは均一である。このため、日よけ全体に対して通過可能な最大の乱流（渦）のサイズが小さく、熱の運搬効率が低かった。

【0017】

上記日よけにおいて、第1の方向の無限遠から見ると前記日よけ部が隙間なく配設されていてもよい。かかる構成では、第1の方向からの光に対しては完全な遮光性を有すると共に、日よけ部の間の隙間を通して乱流が日よけを通過できる。よって、遮光性と風通しのをさを同時に実現することができる。

【0018】

上記日よけにおいて、前記日よけ部が全て同一の形状および大きさを有してもよい。かかる構成では、日よけ部の形状および大きさが揃っているために、設計および製造が容易となる。

10

【0019】

上記日よけにおいて、前記日よけ部が互いに接していてもよい。かかる構成では、日よけ部同士が接しているために、強度が向上する。

【0020】

上記日よけにおいて、前記第1の方向から見ると前記日よけ部が重なり合いなく配列するように構成されていてもよい。かかる構成では、重なり合いをなくすことで日よけ部の密度が最小限となり、風通しがさらによくなる。

【0021】

上記日よけにおいて、前記日よけ部は、該日よけ部がフラクタル構造をなすように分布する態様で、前記複数の三次元的なクラスターをなしていてもよい。かかる構成では、フラクタルを利用することで、日よけの形状を容易に設計できる。また、フラクタル構造を利用すると、フラクタルの階層を上げることで個々の日よけ部を小さくできる一方で、隙間の最大サイズは変わらない。よって、より大きなサイズの空隙を日よけに持たせることができ、風通しがさらによくなる。

20

【0022】

「フラクタル構造」とは、複数のクラスターを有する構造であって、クラスターが階層構造をなし、各階層に属するクラスターの形状が互いに相似するものをいう。

【0023】

上記日よけにおいて、前記フラクタル構造のハウスドルフ次元が2以上でありかつ位相次元が1であってもよい。かかる構成では、ハウスドルフ次元が2以上であることで日よけとして機能すると同時に、位相次元が1であることで風通しがよくなる。

30

【0024】

上記日よけにおいて、 $i$  を2以上の任意の整数、 $k$  を2以上の任意の整数とし、 $i^2$  個の前記日よけ部により大きさが前記日よけ部の  $i$  倍である1番目のクラスターが構成され、 $1 \leq j \leq k-1$  を満たす整数  $j$  のそれぞれについて、 $i^2$  個の  $j$  番目のクラスターにより大きさが  $j$  番目のクラスターの  $i$  倍である  $j+1$  番目のクラスターが構成されていてもよい。かかる構成では、日よけの形状を容易に設計できる。

【0025】

上記日よけにおいて、第1の方向に垂直な平面への射影の面積が0とならない、ハウスドルフ次元が2以上でありかつ位相次元が1の自己相似立体図形を不動点として生成する、相似縮小写像族  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_k$  ( $k$  は2以上の任意の整数) により写像  $G(X) = F_1(X) \cup F_2(X) \cup F_3(X) \cup \dots \cup F_k(X)$  を定義し、ある立体図形(以下、基本立体図形)から始めて、 $G$  をある有限回繰り返し適用して得られる立体を有限階近似立体フラクタル図形とするとき、前記有限階近似立体フラクタル図形を構成する単位基本立体図形の形状および位置に対応して前記日よけ部が配設されていてもよい。かかる構成では、任意の基本立体図形の形状を日よけ部の形状として日よけを設計できる。

40

【0026】

上記日よけにおいて、前記自己相似立体図形はシェルピンスキー四面体であり、前記基

50

本立体図形がシェルピンスキー四面体の4つの頂点を頂点とする四面体の2面を少なくとも含む立体図形であってもよい。かかる構成では、シェルピンスキー四面体を利用して日よけを設計できる。

【0027】

上記日よけは、 $i$ の初期値を1とし、第1四面体を $4^N$ 個( $N$ は有限の自然数)用意して、一辺の長さが2倍の第 $(i+1)$ 四面体をなすように第 $i$ 四面体を結合して $i$ に1を加えるステップを $N$ 回繰り返して得られる形状を $N$ 次近似シェルピンスキー四面体とするとき、 $N$ 次近似シェルピンスキー四面体を構成する全ての第1四面体を構成する4面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成してなる日よけであって、それぞれの第1四面体に対応する遮光面が前記日よけ部であってもよい。かかる構成では、日よけの形状を容易に設計できる。

10

【0028】

上記日よけにおいて、前記自己相似立体図形は重六角錐フラクタルであり、前記基本立体図形は重六角錐フラクタルの8つの頂点を頂点とする重六角錐の面のうち、重六角錐フラクタルが隙間のない四角形に見える方向から見たときに見える面を少なくとも含む立体図形であってもよい。かかる構成では、重六角錐フラクタルを利用して日よけを設計できる。

【0029】

また本発明の日よけは、複数の単位日よけからなり、各々の前記単位日よけが上記日よけであって、各々の前記単位日よけについて遮光性が最大になる向きが平行になるように各々の前記単位日よけを平面上に並べてなるものであってもよい。かかる構成では、より大面積を覆うことができる。

20

【0030】

上記日よけは、前記平面が互いに平行である上記日よけ複数個を、所定の間隔で積層させてなるものであってもよい。かかる構成では、異なる角度から入射する光に対してより高度の遮光性を実現できる。

【0031】

上記日よけにおいて、各層毎に遮光性が最大になる向きが互いに平行でないように構成されていてもよい。かかる構成では、層ごとに完全な遮光性を実現される入射方向が異なるため、さまざまな角度から入射する光に対してより高度の遮光性を実現できる。

30

【0032】

また、本発明の日よけ製造方法は、塑性変形可能な板材の一部に切れ込みを入れて折り曲げることにより $N$ 次近似シェルピンスキーの四面体( $N$ は有限の自然数)の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を有する日よけを製造する。かかる構成では、本発明の日よけを容易に製造できる。

【0033】

上記日よけ製造方法において、平行四辺形の対向する2つの辺の中点を結ぶ2本の線の交点を重心とするときに、平行四辺形の板材を用意するステップと、前記板材を、 $i$ 番目の平行四辺形の対向する2つの辺の中点を結ぶ2本の線に沿って対向する2つのV字型をなすようにそれぞれの中点および重心の近傍を残して切れ込みを入れることにより一辺の長さが $i$ 番目の平行四辺形の半分である $i+1$ 番目の平行四辺形を4つ形成する処理を、 $i$ を1から始めて1ずつ増やしながら $N$ 回( $N$ は有限の自然数)だけ繰り返して得られる形状に整形するステップと、前記整形された板材の $i$ 番目の任意の平行四辺形において重心を通過して切れ込みを通らない対角線に沿って折り曲げることにより $N$ 次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を形成するステップとを有する。かかる構成では、本発明の日よけを容易に製造できる。

40

【0034】

上記日よけ製造方法において、平行四辺形の対向する2つの辺の中点を結ぶ2本の線の交点を重心とするときに、平行四辺形の板材を $4^M$ 枚( $M$ は有限の自然数)用意するステ

50

ップと、前記板材を、 $i$  番目の平行四辺形の対向する 2 つの辺の中点を結ぶ 2 本の線に沿って対向する 2 つの V 字型をなすように重心の近傍を残して切れ込みを入れることにより一辺の長さが  $i$  番目の平行四辺形の半分である  $i + 1$  番目の平行四辺形を 4 つ形成する処理を、 $i$  が 1 から  $N$  ( $N$  は有限の自然数) まで 1 ずつ増加するように繰り返して得られる形状に整形するステップと、前記整形された板材の  $i$  番目の任意の平行四辺形において重心を通過して切れ込みを通らない線に沿って折り曲げることにより  $N$  次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を形成するステップと、前記形成された  $N$  次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状の頂点を互いに接合することにより、 $(N + M)$  次近似シェルピンスキー四面体 ( $M$  は自然数) の単位四面体を構成する 4 つの面のうち互いに異なる 2 つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を形成するステップとを有してもよい。かかる構成では、本発明の日よけを容易に製造できる。

10

#### 【0035】

また、本発明の放熱器は、熱伝導性を有する 4 以上の放熱部を備え、前記放熱部が複数の三次元的なクラスターをなす。かかる構成では、放熱部が三次元的に配設されているために、熱を大容量の空気に容易に逃がすことができる。さらに、放熱部の間には多様な大きさの隙間があるために、風通しがよく、放熱器周辺から外部へと熱を逃がしやすい。よって、放熱器全体の温度上昇を抑制することができる。

20

#### 【0036】

上記放熱器において、前記放熱部が熱伝導手段により伝熱可能に接続されていてもよい。かかる構成では、放熱部同士が熱伝導手段により接続されているため、熱源からより効率よく熱を除去できる。

#### 【0037】

上記放熱器において、前記熱伝導手段はヒートパイプであってもよい。かかる構成では、放熱部同士がヒートパイプにより接続されているため、熱源からより効率よく熱を除去できる。

#### 【発明の効果】

#### 【0038】

本発明は、上記のような構成を有し、以下のような効果を奏する。すなわち、効率よく温度上昇を抑制することが可能な日よけあるいは放熱器を提供することが可能となる。

30

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0039】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。

#### 【0040】

(第 1 実施形態)

#### 【構造】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態による日よけの構成の一例を示す斜視図である。図 2 は、図 1 の日よけの側面図である。図 3 は、図 1 の日よけの正面図である。図 4 は、図 1 の日よけの平面図である。なお、説明のために図 2 ないし図 4 では日よけの向きを特定して示したが、実際の日よけの向きはこれに限定されない。以下、図 1 ないし図 4 を参照しながら、本実施形態の日よけについて説明する。

40

#### 【0041】

図に示す通り、本実施形態による日よけ 100 は、256 個の日よけ片 101 (日よけ部) を有する。各日よけ片 101 は頂点において互いに接合されている。各日よけ片 101 は、遮光性を有する塑性変形可能な板材 (例えば、厚さ 0.5 mm の塩化ビニール製の白色プラスチック板など) からなる 2 つの三角形の面を有している。

#### 【0042】

図 1 (斜視図) に示す通り、日よけ片 101 は、底辺を共有する 2 枚の三角形の板材からなる。256 個の日よけ片 101 が、日よけ片 101 の 2 倍の大きさの四面体をなすよ

50



うに、頂点を共有しつつ4個ずつ集まり、64個の第1のクラスター111をなす。64個の第1のクラスター111がさらに第1のクラスター111の2倍の大きさの四面体をなすように、頂点を共有しつつ4個ずつ集まり、16個の第2のクラスター112をなす。16個の第2のクラスター112がさらに第2のクラスター112の2倍の大きさの四面体をなすように、頂点を共有しつつ4個ずつ集まり、4個の第3のクラスター113をなす。4個の第3のクラスター113がさらに第3のクラスター113の2倍の大きさの四面体をなすように、頂点を共有しつつ集まって第4のクラスターをなす。第4のクラスターが日よけ100となる。各階層に属するクラスターの形状は相似しており、本実施形態における日よけ片101は、フラクタル構造をなすように分布する態様で複数の三次元的なクラスターをなしているといえることができる。

10

## 【0043】

図2(側面図)に示すように、側方(第2の方向)の無限遠から見ると、日よけ片101は隙間を持って配設されている。側方から見ると、日よけ片101には、最も小さい第1の隙間121と、第1の隙間の2倍(面積4倍)の大きさを持つ第2の隙間122と、第1の隙間121の4倍(面積16倍)の大きさを持つ第3の隙間123と、第1の隙間121の8倍(面積64倍)の大きさを持つ第4の隙間124が見える。

## 【0044】

図3(正面図)に示すように、前方(第3の方向)の無限遠から見ると、日よけ片101は隙間を持って配設されている。前方から見ると、日よけ片100には、最も小さい第5の隙間125と、面積が第5の隙間125の3倍である第6の隙間126と、面積が第5の隙間125の10倍の第7の隙間127と、面積が第5の隙間125の36倍の第8の隙間128が見える。

20

## 【0045】

図4(平面図)に示すように、上方(第1の方向)の無限遠から見ると、日よけ片101は隙間なく、かつ重なり合いなく配設されている。

## 【0046】

言い換えると、上方(第1の方向)に垂直な平面への射影の面積がゼロでない、シェルピンスキー四面体(ハウスドルフ次元が2以上でありかつ位相次元が1の自己相似立体図形)を不動点として生成する、相似縮小写像族 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ により写像 $G(X) = F_1(X) \cup F_2(X) \cup F_3(X) \cup F_4(X)$ を定義し、底辺を共有するように所定の角度で接合された2枚の三角形(以下、基本立体図形:本実施形態では、基本立体図形は日よけ片100全体と同じ大きさを持つ)から始めて、 $G$ を4回繰り返し適用して得られる立体(有限階近似立体フラクタル図形)を考える。このとき、上方に垂直な平面への射影は正方形をなす。有限階近似立体フラクタル図形を構成する単位基本立体図形(ここでは $N$ 次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体をなす4面のうち、基本立体図形をなす2面のそれぞれと平行な2つの面からなる図形)の形状および位置に対応して日よけ片101(単位基本立体図形の2面が遮光面に形成されているもの)が配設されることにより、日よけ片100が構成される。

30

## 【0047】

シェルピンスキー四面体は、自己相似的な無数の四面体からなる図形である。シェルピンスキー四面体はフラクタル図形であって、厳密な意味での自己相似性を有するため正確に作成することは不可能だが、以下の手順を繰り返すことで近似的な形状を作成することはできる。なお、繰り返し回数を増やすことにより、望む処まで近似のレベルを高めることができる。

40

## 【0048】

1) 一辺の長さが1の正四面体の各辺の中点を互いに結ぶと、4つの各頂点を含む一辺の長さが $1/2$ の正四面体が4個できる。

## 【0049】

2) 1)で得られた一辺の長さが $1/2$ の正四面体4個以外の部分を切り取る。

## 【0050】

50

3) これによって、1辺の長さが  $1/2$  の正四面体が4個残る。

【0051】

4) さらに、これら4つの正四面体の各辺の中点を互いに結んで出来た長さが  $1/4$  の正四面体以外の部分を切り取る。

【0052】

5) これによって、1辺の長さが  $1/4$  の正四面体が16個残る。

【0053】

6) 同様に手順をくりかえすと、N回目には長さ  $(1/2)^N$  の正四面体形以外の部分を切り取り、長さ  $(1/2)^N$  の正四面体が  $4^N$  個残る。

【0054】

このようにして得られた形状がN次近似シェルピンスキー四面体である。上記の手順においてNとした極限がシェルピンスキー四面体である。なお、四面体は必ずしも正四面体である必要はなく、各辺の長さは互いに異なっていてもよい。本実施形態においてNは有限であり、1辺の長さが  $(1/2)^N$  の正四面体が単位立体図形(単位四面体)である。本実施形態では、単位四面体の4面のうち上方を向く2面からなる図形が単位基本立体図形であって、各日よけ片101は単位基本立体図形の形状を有する。本実施形態では、1辺の長さが1の正四面体の4面のうち上方を向く2面からなる図形が基本立体図形である。本実施形態において、単位基本立体図形は基本立体図形を  $(1/2)^N$  倍に縮小した図形である。単位基本立体図形は、有限階近似立体フラクタル図形を構成する最も小さな単位となる図形である。

10

20

【0055】

日よけ100の構造を別の方法で表現すれば、以下の通りとなる。日よけ100は、iの初期値を1とし、単位四面体(第1四面体)を  $4^N$  個(Nは有限の自然数)用意して、1辺の長さが2倍の第(i+1)四面体をなすように第i四面体を結合してiに1を加えるステップをN回繰り返して得られる形状(N次近似シェルピンスキー四面体)を構成する全ての単位四面体(第1四面体)を構成する4面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成してなる。日よけ部の遮光面は、それぞれの単位四面体(第1四面体)に対応して設けられている。

【0056】

日よけ片101において、単位四面体の全ての面を遮光性を有するように構成する必要はないが、少なくとも2つの面は遮光性を有することが好ましい。本実施形態では、全ての単位四面体において、2つの面が遮光性を有する板材で構成されている。遮光性を有する面は特定された2つの方向のいずれかを向いている。言い換えると、日よけ10は、仮想上の単位四面体からなるN次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち、少なくとも2つの方向を向く面を全て遮光性を有する面とした形状を有する。他の2つの方向を向く面には板材が配設されず、後者の面を通じて空気や光が通過できるようになっている。ただし、全ての面あるいはその一部を遮光性を有する面としてもよい。

30

【0057】

より詳しく言うと、N次近似シェルピンスキー四面体には、無限遠から見た場合に単位四面体を実質的に隙間および重なり合いが生じないように見える方向が6つある。6つの方向のうち、任意の1つの方向を第1の方向とする。本実施形態の日よけは、単位四面体をなす4つの面のうち、少なくとも法線ベクトル(面に垂直なベクトルであって、立体の内側から外側へと向かう方向を向いたベクトル)が第1の方向と鋭角をなす(第1の方向を向く任意のベクトルと鋭角をなす)面を遮光面に形成した形状を有する。言い換えると、最低限遮光面となるべき面は、第1の方向側を向いた面(第1の方向と正反対の側を向いていない面)である。さらに別の言い方をすると、最低限遮光面となるべき面は、第1の方向の無限遠から「見える」面である。本実施形態において、第1の方向とは図2における上方である。

40

【0058】

50

かかる構成により、所定の方向にある無限遠から見たときに実質的に隙間および重なり合いが生じないように遮光面が配列されることになる。具体的には、日よけ100において遮光性を有する2面が共有する辺の中点と、それに対向する辺の中点とを結んだ直線上の無限遠の点（どちら側の無限遠でもよい：上方または下方の無限遠）から見ると、日よけ片101の遮光面は実質的に隙間および重なり合いが生じないように配列されている（図4）。したがって、太陽光線が該直線の方向に平行になるように日よけ100を配置することで、完全に太陽光が遮断されることになる。重なり合いがないことは、遮光面をできるだけ小さくかつ少なくすることになり、風通しをよくする上で好ましい。しかし、異なる方向からの光を遮蔽する（例えば、刻々と方角の変わる太陽からの光を遮蔽する）という観点からは、ある程度の重なり合いがあるように、より大きな立体を日よけ片に用いてもよい。

10

#### 【0059】

該重心を通り、遮光性を有する2つの面と平行な直線上にある無限遠（どちら側の無限遠でもよい：前方または後方の無限遠）から見ると、日よけ100の遮光性は極小化され、板材の厚みを考慮しなければ完全な透光性を有する（図3）。言い換えれば、該直線に対して垂直な平面への写像は、面積がゼロとなる。有限近似のシェルピンスキー四面体であれば、正面への写像の面積はゼロとならない。面積がゼロとなるのは、単位四面体の2面が省略されているためである。四面体の4つの面がすべて遮光性を有するように構成した場合には、面積はゼロとならない。有限近似のシェルピンスキー四面体の全ての面を遮光面とした日よけを考えると、四面体の各辺に垂直な平面への写像は2次元のシェルピンスキーガasket（シェルピンスキーの三角形）に近似した形状となり、透光性が最大となる（該直線に垂直な平面への写像の面積が最小となる）。無限階の完全なフラクタルであれば、面積はシェルピンスキーガasketと同じくゼロとなる。

20

#### 【0060】

遮光性が上述のような指向性を有することを利用すれば、好適な日よけ効果が得られる。例えば夏の南中時の太陽の方向に対して遮光性が最大化されるように日よけ100を配置する。かかる配置によれば、夏期の日射が最大となる時に遮光性が最も高くなり、冬期や早朝あるいは夕刻における遮光性が低くなる。

#### 【0061】

遮光性を有する板材は、塑性変形可能であれば基本的に材質を問わない。例えば、プラスチック板や金属板などを用いることができる。板材の表面の色は、特定の色に限定されない。色は白、黒、緑などであってもよく、反射面（鏡面）であってもよい。

30

#### 【0062】

日よけ片101同士を接合する手段はどのようなものであってもよい。本実施形態では、若干のマージンを残して切れ込みを入れ、折り返すことにより、日よけ片101が互いに接合された構造が形成される（詳細は後述）。接合部材（クリップなど）により日よけ片101同士が接合されてもよい。

#### 【0063】

本実施形態において、遮光面は、必ずしも光を完全に遮断する必要はなく、透過する光の量を一定程度制限するもの（例えば半透明のガラス板）であってもよい。

40

#### 【0064】

日よけ100の主たる用途は太陽光のための日よけ100であるが、他の用途に用いてもよい。例えば、可視光以外の電磁波を遮蔽するために用いてもよい。日よけ100は固定されてもよいし、駆動装置などにより日よけが常時光源（例えば太陽）を向くように駆動されてもよい。

#### 【0065】

##### [効果]

本実施形態の日よけによれば、日よけ自体の温度が上昇しにくくなるため、日よけからの赤外放射により被遮蔽物に負荷される熱も少なくなり、結果として被遮蔽物の温度を低く保つことができる。

50

## 【 0 0 6 6 】

## [ 製造方法 ]

図 5 は、本実施形態の日よけ製造方法の一例を示すフローチャートである。図 6 は、図 5 の日よけ製造方法において、最初に用意された板材がなす 1 番目の平行四辺形 2 1 1 を示す平面図である。図 7 は、図 5 の日よけ製造方法において、板材 2 0 0 に対し、1 回目の切れ込みを入れたとき ( $i = 1$ ) の切れ込みのパターンを示す図である。図 8 は、図 5 の日よけ製造方法において、板材 2 0 0 に対し、2 回目の切れ込みを入れたとき ( $i = 2$ ) の切れ込みのパターンを示す図である。図 9 は、図 5 の日よけ製造方法において、板材 2 0 0 に対し、3 回目の切れ込みを入れたとき ( $i = 3$ ) の切れ込みのパターンを示す図である。以下、図 5 ないし 9 を参照しつつ、日よけ 1 0 0 の製造方法を説明する。

10

## 【 0 0 6 7 】

まず、主面が平行四辺形をなす塑性変形可能な板材 2 0 0 を  $4^M$  枚用意する (ステップ S 1 0 1)。M はゼロ以上の整数であり、ここでは 1 とするが他の値であってもよい。この平行四辺形は、1 番目の平行四辺形 2 1 1 となる (図 6)。なお図面上、1 番目の平行四辺形 2 1 1 の外縁は本来であれば板材 2 0 0 の外縁と一致するが、説明のために若干内側に点線で示す (以下 N 番目の平行四辺形についても同様)。G は、1 番目の平行四辺形 2 1 1 の重心 (対向する各辺の中点を結ぶ 2 本の線の交点) である。

## 【 0 0 6 8 】

板材 2 0 0 を、 $i$  番目の平行四辺形の対向する 2 つの辺の中点を結ぶ 2 本の線に沿って対向する 2 つの V 字型をなすようにそれぞれの中点および重心の近傍を残して切れ込み (板材 2 0 0 を貫通するスリット状の切れ込み) を入れることにより一辺の長さが  $i$  番目の平行四辺形の半分である  $i + 1$  番目の平行四辺形を 4 つ形成する処理を、 $i$  を 1 ずつ増やしながら N 回 (N は自然数) だけ繰り返して得られる形状に整形する (ステップ S 1 0 2 ~ S 1 0 5)。N はここでは 3 であるが、他の値であってもよい。切れ込みは、中点の近傍で 1 番目の平行四辺形 2 1 1 の鋭角の頂点同士を結ぶ対角線に向かうように方向を変え、隣接する中点同士を結ぶ線に達するまで続く。かかる切れ込みを入れることにより、折り曲げ線は  $i$  番目の平行四辺形の対角線に一致する。切れ込みは、例えば、プラスチック板を切るためのホットナイフを用いて形成できる。

20

## 【 0 0 6 9 】

板材 2 0 0 に対し、1 回目の切れ込み 2 2 1 を入れたとき ( $i = 1$ ) には、2 番目の平行四辺形 2 1 2 が 4 個形成される (図 7)。2 番目の平行四辺形 2 1 2 は重心 G 1 の周りに 4 個配列する。また、重心 G と 4 個の中点 M 2 の近傍は切れ込みが入っていない。G 2 は、2 番目の平行四辺形 2 1 2 の重心である。

30

## 【 0 0 7 0 】

板材 2 0 0 に対し、2 回目の切れ込み 2 2 2 を入れたとき ( $i = 2$ ) には、3 番目の平行四辺形 2 1 3 が 16 個形成される (図 8)。3 番目の平行四辺形 2 1 3 は 4 個の重心 G 2 の周りに 4 個ずつ配列する。また、重心 G 2 と 12 個の中点 M 3 の近傍は切れ込みが入っていない。G 3 は、3 番目の平行四辺形 2 1 3 の重心である。

## 【 0 0 7 1 】

板材 2 0 0 に対し、3 回目の切れ込み 2 2 3 を入れたとき ( $i = 3$ ) には、4 番目の平行四辺形 2 1 4 が 64 個形成される (図 9)。なお、図を見易くするために、一部の破線および符号を省略している。4 番目の平行四辺形 2 1 4 は 16 個の重心 G 3 の周りに 4 個ずつ配列する。また、重心 G 3 と 40 個の中点 M 4 の近傍は切れ込みが入っていない。

40

## 【 0 0 7 2 】

図 10 は、図 5 の日よけ製造方法において、板材 2 0 0 の所定形状への整形が完了した状態の板材 2 0 0 を示す平面図である。板材 2 0 0 の所定形状への整形が完成すると、板材 2 0 0 の  $i$  番目 ( $i = 1 \sim N$ ) の平行四辺形に属する任意の平行四辺形において重心を通り切れ込みを通らない対角線 (図 7 の破線) に沿って全て同じ方向に折り曲げる (各日よけ片 1 0 1 のなす 2 枚の三角形において、共有された 2 辺に含まれない頂点が下へ向かうように折り曲げる) ことにより、N 次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成

50

する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状(第Nのクラスター)が $4^M$ 個だけ形成される(ステップS106)。単位四面体を正四面体とする場合には、折り曲げた時の角度は約 $70.6$ 度(正四面体の2つの面のなす角)とされる。図11は、図5の日よけ製造方法において、ステップS106で得られる第3のクラスター113の斜視図である。第3のクラスター113は、3次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成してなる。

#### 【0073】

第Nのクラスターが完成すると、これを $4^M$ 個(ここでは4個)結合して、 $(N+M)$ 次近似シェルピンスキー四面体(ここでは4次近似シェルピンスキー四面体)の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状(第 $(N+M)$ のクラスター)が形成され、日よけ10が完成される(ステップS107)。本実施形態において、 $N(=3)+M(=1)=4$ である。図1に示すように、完成された日よけ100は、4個の3次近似シェルピンスキー四面体20(図8)の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状(第3のクラスター)が頂点を共有することによって全体として四面体をなすように配置されることにより、1個の4次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成してなる(第4のクラスター)。

#### 【0074】

なお、図5のフローチャートでは、切れ込みを階層別に順次入れることとしたが、切れ込みを入れる順番は問わない。一度に全ての切れ込みが入れられてもよい。また、板材200を1番目の平行四辺形に整形するプロセスと、それぞれの切れ込みを入れるプロセスが同時に行われてもよい。例えば、図10のパターンに整形された刃(例えば、クッキーの型のようなホットナイフ)でプラスチック板を打ち抜いてもよい。いずれにせよ、図10に示したような形状および切れ込みのパターンに、板材200が形成されればよい。

#### 【0075】

ステップS107は必須ではなく、省略してもよい( $M=0$ の場合)。この場合には、日よけは1個のN次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成してなる(第Nのクラスター)。

#### 【0076】

##### [効果]

かかる製造方法によれば、本発明の日よけを一枚の板材から極めて容易かつ効率的に製造できる。

#### 【0077】

##### (実験1)

図12は、実施例および比較例の日よけの構造を模式的に示す図である。説明のため、一部のみを取り出して描いている。以下、図12を参照しつつ、実施例および比較例について説明する。

#### 【0078】

##### [実施例]

黒色で厚さ $0.5$ mmの塩化ビニル板を1辺 $16$ cmの正三角形が2つ結合したダイヤモンド型に切り抜いた板材を4枚用意した。用意された板材から、各日よけ片に対応する単位四面体の1辺が $2$ cmとなるように、図10に示すパターンでホットナイフを用いて切れ込みを入れた。切れ込みの入った板材を折り曲げることで、図11に示すような3次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状(第3のクラスター)を形成した。得られた構造体を4つ結合して、図1に示すような4次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状(第4のクラスター)を形成し、実施例の日よけ(フラクタル日よけ)とした。

10

20

30

40

50

## 【0079】

## [比較例1]

黒色で厚さ0.5mmの塩化ビニル板を1辺32cmの正三角形が2つ結合したダイヤモンド型に切り抜いた。得られた板材を短い方の対角線に沿って折り曲げることで、比較例1の日よけ(大屋根日よけ)とした。

## 【0080】

## [比較例2]

黒色で厚さ0.5mmの塩化ビニル板を1辺32cmの正三角形が2つ結合したダイヤモンド型に切り抜いた。得られた板材を、1辺2cmの正三角形が2つ結合した256個のダイヤモンド型に切り抜いた。得られた1辺2cmのダイヤモンド型の板材を、短い方の対角線に沿って折り曲げて多数の小さな日よけ片を作った。得られた日よけ片を、上方から見て実質的に隙間および重なり合いが生じないように、非常に細い金属線で互いに結合して正方形に並べることで、比較例2の日よけ(こま切れ日よけ)とした。

10

## 【0081】

## [比較例3]

黒色で厚さ0.5mmの塩化ビニル板を1辺32cmの正三角形が2つ結合したダイヤモンド型に切り抜いた。得られた板材を、V字の底が短い方の対角線に向くように、1辺を2cmとするV字型の切れ込みを入れた。まず比較例1のように折り曲げて一つの大きな屋根を作り、その後でそれぞれのV字型の切れ込みを内側に折り曲げることで、比較例3の日よけ(パンチ穴日よけ)とした。

20

## 【0082】

## [実験時の配置]

実施例および比較例1ないし3で得られた日よけを、アルミニウムコートされた鏡面(可視光および赤外光を反射する)の上に配置した。鏡面を用いる理由は、支持台自体が太陽光を吸収して熱くならないようにするためである。鏡面を太陽光に対して直角に配置することとし、遮光性を有する面がなす角の二等分線と平行な直線上に太陽が位置するように、また、互いに重なり合わないように、該鏡面上にそれぞれの日よけを、細い金属ワイヤなどで固定した。かかる配置によると、それぞれの日よけは等量の太陽光を浴びることになる。

30

## 【0083】

温度を測定するためのサーモカメラを、影が日よけの上に落ちないように、若干太陽からずらしてセットした。このカメラの位置からは、実施例の日よけは完全に正方形の領域を覆う訳ではなく、若干のギャップが発生する。かかるギャップは温度測定に誤差をもたらす。しかしながら、ギャップの占有率は低く(典型的には2%未満)、温度の測定結果に与える影響はせいぜい0.2 未満と見積もられた。

## 【0084】

## [測定条件]

実験中、気温は28~30 であり、天気は晴れ、風はほぼ無風であった。鏡面を太陽光に対して直角に配置した上で、10分程度放置した後サーモカメラで撮影を行った。得られた画像を用いて、10秒毎に50回分、実施例および比較例の日よけの温度を測定した。なお、塩化ビニルの熱容量は小さく計算上は数秒で熱平衡に達するので、測定中はほぼ熱平衡に達していたと考えられる。

40

## 【0085】

サーモグラフィーのデータは固有のデータフォーマットで記録される。撮影後に、グレースケールの画像へ変換し、画像処理ソフトで日よけの部分の平均値を求めて、その値から温度を算出した。端部(特に角部)は、背景が透けるため、楕円形で日よけに内接する楕円形より若干内側の範囲の平均値を各日よけの温度とした。

## 【0086】

気温は、デジタル温度計を近くの日陰に置いて測定した。測定期間の最初と最後で28~30 であったため、その平均を取って29 とした。(サーモグラフィーの測定と

50

同期して記録したのではない。) )

[ 測定結果 ]

図13は、実施例および比較例の測定結果を示すグラフである。横軸は、実施例の日よけが示した温度と周辺気温(29)との温度差( $T$ [実施例])であり、縦軸は、それぞれの日よけが示した温度と周辺気温との温度差( $T$ )である。いずれも単位はである。

【0087】

図13に示すように、 $T$ [実施例]が上昇すれば、 $T$ も上昇しており、それぞれの日よけの温度と周辺気温との温度差が正の相関を持つことが分かる。比較例1(大屋根日よけ)については、 $T$ [実施例]が高い領域での傾きが緩やかになり、他の比較例と異なる結果を示した。比較例1の日よけは特に高温となり、サーモカメラの温度測定可能領域をしばしば超えた(スケールアウト)ため、実際の温度を正確には反映していない。

10

【0088】

測定結果から、すべての場合において、実施例の日よけが最も低温であったことが分かる。すなわち、同じ量の放射を受けた場合に、実施例の構造が最も効率よく熱を大気に逃がし、日よけの温度を低く維持していることが分かる。

【0089】

[ 考察 ]

実験結果からは、実施例(フラクタル日よけ)が最も低温であることが分かった。特に、比較例2(こま切れ日よけ)、比較例3(パンチ穴日よけ)と実施例とは、同じ形状および大きさの日よけ片を同数備えており、日射を受ける面の大きさという意味では等価である。実施例(フラクタル日よけ)が最も低温となった理由は、日よけ片そのものの有する特性ではなく、日よけ片が複数の三次元的なクラスターをなすという構造、あるいは日よけ片がフラクタル構造をなすように分布する態様で該日よけ片が複数の三次元的なクラスターをなすことにあると考えられた。

20

【0090】

日よけ自体の温度が高くなると、日よけ自身から放射される赤外線により、日よけの下側にある構造物まで温められてしまう。日よけとして建物の温度を低く維持するためには、太陽の放射を遮蔽して日陰を作ると同時に、日よけ自体の温度を低く保つ必要がある。

【0091】

太陽光により熱せられる物体を、ファンなどを用いずに自然に冷却するのは困難である。空気の熱容量が小さく、熱伝導性も低いためである。物体を冷却するためには、2次元の平面で吸収されたエネルギーが、迅速に大容量の空気へと輸送されなければならない。実施例の日よけは、かかる熱の輸送に適した性質を持つ。実施例(フラクタル日よけ)は、太陽光を吸収するのに十分な面積を有する(ハウズドルフ次元が約2である)と同時に、日よけ片が3次元空間中に分散して配置されるため、熱が容易に3次元空間中の空気へと輸送される。さらに、熱せられた空気が外部へ抜けないと、物体全体が熱せられてしまうことになる。さまざまなサイズの乱流(渦)が、空気を外部に逃がす。実施例(フラクタル日よけ)では、日よけ片がフラクタル構造をなすように分散するため、サイズの異なる隙間が階層的に形成される。小さな乱流(渦)は小さな隙間に入り込むことができる一方で、大きな乱流(渦)は一吹きで日よけの内部を換気できる。小さな乱流(渦)から大きな乱流(渦)へと熱が輸送されることで、熱の輸送効率が上昇する。フラクタル日よけでは乱流(渦)を通過させやすいために、温度が下がりにくいのではないかと推察された。

30

40

【0092】

( 実験2 )

実験1で得られた推論を検証するため、実験1で作成した実施例および比較例3の日よけを用いて風洞実験(実験2)を行った。

【0093】

[ 実験方法 ]

50

図14は、実験2における実験装置の概略構成を示す図である。以下、図14を参照しつつ、実験2における実験方法について説明する。

【0094】

図14に示すように、日よけ301（実施例あるいは比較例3の日よけ）を、両端に開口を有する四角い筒状の流路302（風洞）の内部に設置した。流路302の一端に4個のファン303を設置し、ファン303により流路302へと風を送った。ファン303からの風は整流板を通さない構成とした。すなわち、ファン303により生じた乱流が、減衰して層流にならず、そのまま日よけ301に当たるようにした。日よけ301の向き（角度）は、日よけ301が日よけとして日射を受ける方向（実施例の日よけについては図4における上方：第1の方向）から風が日よけ301に当たるように調整した。

10

【0095】

日よけ301内部の流れを可視化することは困難であったため、日よけ301を通り抜けた流れを可視化する方法を採用した。日よけ301の風下側の流路302の壁面に、流れを横切るように薄く細長い金属板307を固定した。金属板307の上に、流れに平行となるように線香304を接着した。線香304の風下にスリット光305を流れに直角にあて、煙の断面を可視化した。スリット光のさらに風下にデジタルビデオカメラ306を設置し、デジタルビデオカメラ306によりスリット光305がなす平面上における線香304の煙の位置を撮影した。かかる構成によれば、線香304は流れをほとんど乱さないこととなる。

【0096】

20

得られた動画から、1/30秒間隔で150枚（5秒間）の静止画をキャプチャした。得られた静止画150枚を全て重ね合わせて、濃度分布（煙断面の存在確率に相当する）を計算した。流れの乱れが大きい程、濃度分布は広がることになる。濃度分布の広がりを検討することで、ファンで生じた乱流がそのままの状態を下流に達しているか、あるいは日よけにより整流されているかを知ることができる。対照実験として日よけ301を設置せずに同様の操作を行った。

【0097】

また、風速をスリット光と線香の間に配置した手持ち式の風速計により計測した。

【0098】

[実験結果]

30

図15は、実験2において対照実験で得られた濃度分布を示す図である。図16は、実験2において比較例3による日よけを用いた場合に得られた濃度分布を示す図である。図17は、実験2において実施例による日よけを用いた場合に得られた濃度分布を示す図である。なお、図中の数値は、最大濃度に対する割合（%）を示す。

【0099】

対照実験では、図15に示すようにファンで生じた乱流がそのまま流れてきて、煙断面もある程度広がった範囲に分布することが分かった。

【0100】

比較例3では、図16に示すように煙断面の分布が対照実験に比べて狭くなっており、乱流が減衰して層流に近くなっていることが分かった。

40

【0101】

実施例では、図17に示すように煙断面の分布が対照実験とほぼ同程度かそれ以上に広がっていることが分かった。

【0102】

ファンの電圧は一定なので、日よけ301の抵抗に応じて風速は変化する。風速は、それぞれ対照実験で0.96m/s、比較例3で0.78m/s、実施例で0.86m/sであった。すなわち、比較例3の日よけが最も風に対する抵抗が高い（風を通しにくい）ことが分かった。

【0103】

[考察]

50



図17に示された結果は、実施例の日よけにおいて、ファンで生じた乱流よりも強い乱流が日よけの下流で形成されていることを示唆する。ただし、この程度の乱流は、1本の棒の流れに垂直に置いただけでもできる。よって、実施例の日よけが乱流を作りやすいというよりも、減衰させにくいというほうが適切ではないかと思われた。

#### 【0104】

一方、穴の大きさに応じて空気の抵抗が決まる。抵抗は、風速に比例する一方で、整流板を通り抜ける際のエネルギー散逸は風速の二乗に比例する。同じ流量でもなるべく均一な風速になるほうがエネルギー散逸が小さいため、流れは均一な流れ方を選択する（つまり、乱れが少なくなる）。図16に示された結果は、比較例3（パンチ穴日よけ）において、穴の大きさおよび分布が一樣であるために、ファンで生じた乱流が整流されてしまっ

10

#### 【0105】

以上の結果から、乱流を減衰させずに通過させやすいことと、風に対する抵抗が低いことが、実施例において温度が低くなった重要な要因になっていることが示唆される。かかる効果は、実施例の日よけがその内部に多様な大きさの隙間を有するために生じていると考えられる。とすると、実施例のような効果を得るためには、日よけが必ずしもフラクタル構造を有する必要はなく、各日よけ片が複数の三次元的なクラスターをなせばよいこととなる。例えば、複数の日よけ部が隙間を生じるように集まってクラスターをなし、そのクラスターがより大きな隙間を生じるように集まってより大きなクラスターを構成するというように、多数の日よけ部が階層構造をもって分布すればよい。なお、日よけ部は3次元的に分布するから、日よけ部の個数は少なくとも4以上である。本発明において該階層構造の階数は限定されない。かかる構成では、クラスター内部に隙間が存在する一方で、クラスター同士の間により大きな隙間が生じる。例えば、日よけ部を集めて作られた第1のクラスターを平面的に敷き詰めたものを日よけとしてもよい。第1のクラスターを立体的に配列して第2のクラスターとし、この第2のクラスターを日よけとしてもよい。第2のクラスターをさらに集めて高次のクラスターを形成して日よけとしてもよい。なお、日よけ部の分布を考える場合には、日よけ部の中心（幾何学的重心）をそれぞれの日よけ部の位置とする。

20

#### 【0106】

日よけ部が複数の三次元的なクラスターをなす場合、日よけ部が立体的に分布するため、大きな体積の空気に比較的迅速に熱を拡散させることが可能となる。かかる日よけでは、日よけ片を小さくしても日よけ内部にできる最大の隙間の大きさは変わらないため、そのような大きな隙間を通じて乱流（渦）を好適に通過させることができる。さらに、かかる日よけでは、多数の隙間が存在する一方で、隙間の大きさは階層構造をなす。すなわち、大きなものから小さなものまで段階的にかつ互いに連通して隙間が形成される。よって、各日よけ片の熱は、小さな隙間を通過する小さな乱流（渦）により除去され、その熱は大きな隙間を通過する大きな乱流（渦）に取り込まれて、日よけの外部へと迅速に運び去られる。日よけ部が複数の三次元的なクラスターをなすことで、効率よく温度上昇を抑制できる。すなわち、日よけ自体の温度が上昇しにくくなるため、日よけからの赤外放射により被遮蔽物に負荷される熱も少なくなり、結果として被遮蔽物の温度を低く保つことができる。

30

40

#### 【0107】

日よけとしては少なくとも2次元の射影が面積を有している必要がある（ハウズドルフ次元 2）。一方で、ハウズドルフ次元が大きくなり過ぎると平面の分布が密になり、風通しが悪くなる。また、位相次元を1とすることで、風の通り道ができる。よって、ハウズドルフ次元がほぼ2であり、位相次元が1である自己相似立体図形に近似した構造を有することで、日よけとしての機能を最適化できる。すなわち、本発明に利用できる自己相似立体図形は、ハウズドルフ次元が2以上であって位相次元が1の図形であればよい。かかる図形はシェルピンスキー四面体に限られず、他にも存在する。日よけの形状をかかる図形に基づいて設計したとしても、同様の効果が得られると推察された。

50

## 【0108】

(変形例)

本実施形態の日よけはN次近似のシェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を有するが、構造物などに固定するための固定部材や、接合点を補強するための補強部材などを備えていてもよいことは言うまでもない。また、日よけ全体がN次近似のシェルピンスキー四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状を有する必要は必ずしもなく、その一部に該形状を含んでいてもよい。あるいは、日よけ全体がN次近似のシェルピンスキー四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状の一部をなすような形状であってもよい。

10

## 【0109】

図1の日よけ(単位日よけ)複数個を、第1の方向の無限遠にある点から見たときに遮光面が実質的に隙間および重なり合いが生じないように(各々の単位日よけについて、第1の方向が同じ方向を向くように)第1の方向に垂直な平面上に並べて、一個の日よけ(平面日よけ)として構成してもよい。

## 【0110】

図18は、本発明の第1実施形態の変形例による日よけの構成の一例を示す平面図である。図18に示す変形例では、同じ大きさの4個の単位日よけ130(図では第2のクラスターからなる日よけ)が、上方の無限遠にある点から見たときに遮光面が実質的に隙間および重なり合いが生じないように水平面上に並べられ、一個の大きな日よけ140が構成される。それぞれの単位日よけ130がなす最も大きな四面体の辺のうち最も上方の辺131は、互いに平行となっている。それぞれの単位日よけ130は、図中の点132において互いに接している。かかる構成により、高さの低い(厚みの小さい)日よけで大面積を覆うことが可能となる。また、単位日よけ130同士は点132においてのみ接するため、ある単位日よけと他の単位日よけの間には大きな隙間が生じ、風通しがさらによくなる。

20

## 【0111】

図19は、本発明の第1実施形態の変形例による日よけの構成の一例を示す平面図である。図19に示す変形例でも、図18に示す変形例と同様に、同じ大きさの4個の単位日よけ130が、上方の無限遠にある点から見たときに遮光面が実質的に隙間および重なり合いが生じないように水平面上に並べられ、一個の大きな日よけ141が構成される。一方第2変形例では、第1変形例と異なり、互いに隣接する単位日よけ130がなす最も大きな四面体の辺のうち最も上方の辺133は、互いに直角をなす。それぞれの単位日よけ130は、図中の辺134において互いに接している。かかる構成でも、高さの低い(厚みの小さい)日よけで大面積を覆うことが可能となる。さらに、単位日よけ130がそれぞれ辺134で接する(辺134を共有する)ため、辺134全体に亘って単位日よけ130を接着等することにより、強度を容易に向上させることができる。

30

## 【0112】

なお、図18および図19に示す変形例の日よけにおいて、単位日よけ130がなす形状はN次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状であるが、単位日よけ130の大きさやNの値は任意であり、またいくつの単位日よけ130を並べるかも任意である。

40

## 【0113】

複数の平面日よけを積層して、一個の日よけ(積層日よけ)として構成してもよい。かかる構成では、斜め方向から光が射す場合でも、積層された日よけにより段階的に光を遮蔽できる。すなわち、異なる方向から射す光に対しても十分な遮光性を有することとなる。

## 【0114】

積層日よけにおいて、単位日よけがなす四面体の重心を通り遮光性を有する面がなす角の二等分面上にある直線がそれぞれの平面日よけごとに平行でない向きを向くように(そ

50

それぞれの平面日よけごとに、完全な遮光性を有する向き（第1の向き）が異なるように、それぞれの平面日よけを構成する単位日よけが配向されていてもよい。かかる構成では、平面日よけごとに遮光性を有する向きが異なるため、異なる方向からの光をさらに効率よく遮蔽できる。

【0115】

本発明の日よけ製造方法において、板材の整形を行うステップと、N次近似シェルピンスキー四面体の単位四面体を構成する4つの面のうち互いに異なる2つの方向を向く面を全て遮光面に形成した形状へと形状を整えるステップとは必ずしも別々に行われなくてもよい。両方のステップが同時に行われてもよい。プレス機などによる一回のプレスで、一枚の板から日よけが形成されてもよい。かかる製造方法では、本発明の日よけを一枚の板材からさらに容易かつ効率的に製造できる。

10

【0116】

図20は、重六角錐150（六角錐を2つ張り合わせた形状）の斜視図である。図21は、図20の重六角錐150に対して、8個の頂点および中心点の合計9点をそれぞれ固定して、一辺の長さが1/3となるように縮小を行ってできた9個の重六角錐151を結合させた一次近似重六角錐フラクタル152を示す図である。図22は、図21の一次近似重六角錐フラクタル152に対して、一次近似重六角錐フラクタル152を取り囲む重六角錐の8個の頂点および中心点の合計9点をそれぞれ固定して、一辺の長さが1/3となるように縮小を行ってできた9個の一次近似重六角錐フラクタル153を結合させた二次近似重六角錐フラクタル154を示す図である。図20ないし図22に示した操作を繰り返して得られた図形は、単位立体図形が重六角錐である有限階近似立体フラクタル図形となる。かかる操作を無限回繰り返して得られる図形（重六角錐フラクタル）は、ハウスドルフ次元が2であり、位相次元が1である自己相似立体図形である。

20

【0117】

図23は、三角錐柱160（三角柱の片方の底面の各辺の中点を取り、もう片方の底面の頂点を結び、その外側を切り落として得られる8面体）の斜視図である。図24は、図23の三角錐柱160に対して、6個の頂点および大きい底面の3辺それぞれの中点の合計9点をそれぞれ固定して、一辺の長さが1/3となるように縮小を行ってできた9個の三角錐柱161を結合させた一次近似三角錐柱フラクタル162を示す図である。図25は、図24の一次近似三角錐柱フラクタル162に対して、一次近似三角錐柱フラクタル162を取り囲む三角錐柱の6個の頂点および大きい底面の3辺それぞれの中点の合計9点をそれぞれ固定して、一辺の長さが1/3となるように縮小を行ってできた9個の一次近似三角錐柱フラクタル163を9個合わせた二次近似三角錐柱フラクタル164を示す図である。図23ないし図25に示した操作を繰り返して得られた図形は、単位立体図形が三角錐柱である有限階近似立体フラクタル図形となる。かかる操作を無限回繰り返して得られる図形（三角錐柱フラクタル）は、ハウスドルフ次元が2であり、位相次元が1である自己相似立体図形である。

30

【0118】

例えば、図22や図25に示した立体は、所定方向から見ると隙間および重なり合いなく単位立体図形（図22では重六角錐、図25では三角錐柱）が配列する。図22の立体では、頂点を共有する6つの面のうち、ひとつ飛ばして隣り合う位置関係にある2面を延長してできる2つの平面の交線方向（12方向）から見ると、単位立体図形が隙間および重なり合いなくひし形（単位立体図形の形状によっては正方形となる、以下同じ）をなすように配列する。図25の立体では、小さい正三角形と接している3つの二等辺三角形の面のうち2面を延長してできる2つの平面の交線方向（6方向）から見ると、単位立体図形が隙間および重なり合いなくひし形をなすように配列する。これらの形状において、少なくともいずれか一つの軸に沿った方向から見たときに遮光面がひし形に配列するように、各単位立体図形の所定方向の面に遮光面を配設すれば、日よけとして機能することが分かる。別の言い方をすれば、無限遠から見た場合に単位立体図形が実質的に隙間および重なり合いが生じないように見える方向を第1の方向とすると、単位立体図形の面

40

50

のうち、少なくともその法線ベクトルが第1の方向を向くベクトルと鋭角をなす面が遮光面となっていればよい。かかる構成によれば、第1の方向からみると遮光面が隙間および重なり合いが生じないように配列することとなり、第1の方向から入射する光に対し完全な隙間のない遮光性を有する。図22や図25を見れば明らかなように、それぞれの形状にはさまざまな大きさの隙間が存在する。よって、ある方向からの光を完全に遮蔽しつつ、サイズの異なる乱流を効率よく通過させることができる。かかる形状の日よけでは、実施例の日よけと同様、太陽光から受け取ったエネルギーを効率よく空気へと輸送することが可能になる。

【0119】

なお、図22や図25のような形状の日よけを製造する場合には、一枚の板材に切れ込みを入れて折り返すという単純な製造方法を採用することは困難である場合もある。かかる場合には、例えばそれぞれが単位立体図形をなすように一個ずつ独立して製造した日よけ片をワイヤーや支柱などで互いに接続することで、所望の形状に配列することができる。

10

【0120】

日よけ片の形状は必ずしも単位立体図形に含まれる所定の面からなる必要はなく、どのような形状であってもよい。例えば、第1の方向から見た形状(第1の方向への射影)が単位立体図形と一致するものであれば、完全な遮光性を実現可能である。

【0121】

図26は、シェルピンスキー四面体に基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を2枚の三角形を合わせた形状とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a)第1のクラスターの斜視図、(b)第1のクラスターの平面図、(c)第2のクラスターの斜視図、(d)第2のクラスターの平面図、である。図27は、シェルピンスキー四面体に基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を正方形とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a)第1のクラスターの斜視図、(b)第1のクラスターの平面図、(c)第2のクラスターの斜視図、(d)第2のクラスターの平面図、である。図中左下の矢印は、それぞれの斜視図において第1の方向(上方)から見た場合の視線の向きを示す。各平面図は、それぞれ対応する斜視図における矢印の方向から見た日よけの形状を示す。

20

【0122】

図26に示すように、日よけ片の形状を2枚の三角形を合わせた形状とした場合、第1のクラスター111が4個集まって、第2のクラスター112が形成される。図27に示すように、日よけ片の形状を正方形とした場合、第1のクラスター411が4個集まって、第2のクラスター412が形成される。

30

【0123】

図28は、重六角錐フラクタルに基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を4枚の三角形を合わせた形状とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a)第1のクラスターの斜視図、(b)第1のクラスターの平面図、(c)第2のクラスターの斜視図、(d)第2のクラスターの平面図、である。図29は、重六角錐フラクタルに基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を正方形とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a)第1のクラスターの斜視図、(b)第1のクラスターの平面図、(c)第2のクラスターの斜視図、(d)第2のクラスターの平面図、である。図中左下の矢印は、それぞれの斜視図において第1の方向(上方)から見た場合の視線の向きを示す。各平面図は、それぞれ対応する斜視図における矢印の方向から見た日よけの形状を示す。

40

【0124】

図28に示すように、日よけ片の形状を4枚の三角形を合わせた形状とした場合、第1のクラスター511が9個集まって、第2のクラスター512が形成される。図27に示すように、日よけ片の形状を正方形とした場合、第1のクラスター611が9個集まって、第2のクラスター612が形成される。

【0125】

50

図 26 ないし図 29 に示すように、日よけ片の形状が異なっても、第 1 の方向から見たときの日よけ片の形状（第 1 の方向への射影）は同じとすることができる。かかる構造としても、完全な遮光性を実現可能である。

【0126】

さらに言えば、日よけ片を第 1 の方向から見た形状（第 1 の方向への射影）は、必ずしも単位立体図形と一致する必要はなく、日よけ片の方が単位立体図形より大きくてもよいし、日よけ片の方が単位立体図形より小さくてもよい。前者の場合には異なる角度から入射する光に対しても高い遮光性を実現可能である。後者の場合には完全な遮光性の実現できないが、ある程度の遮光性を実現しつつ、さらに風通しをよくできる。

【0127】

本発明の日よけを構成する日よけ片の形状が全ての日よけ片について同一である必要はない。しかしながら、製造や設計の容易性から、全ての日よけ片の形状を同一とすることが好ましい。

【0128】

このように、日よけ片の形状は、日よけ片の分布の形状とは原則として無関係である。日よけ片が複数の三次元的なクラスターをなすものであれば、日よけ片の形状はどのようなものであってもよい。

【0129】

図 2 および図 3 に示すように、日よけ 100 では、ある方向から見た場合に日よけ片 101 の間に隙間が見えるが、このように日よけ片 101 の間に隙間が見えることは必ずしも必要ではなく、隙間が曲がっていても（反対側が透けて見えなくても）風が通ればよい。

【0130】

（第 2 実施形態）

図 1 のように形成された構造体は、単に日よけとしてのみならず、日よけ部を放熱部とした放熱器としても有用である。かかる構成により、効率的な放熱が可能となる。

【0131】

放熱器として使用する場合には、構造体（放熱部）そのものを熱伝導性のよい材質（熱伝導材：金属など）で形成すると共に、それぞれの放熱部の間で熱を輸送すべく、接点（単位四面体の頂点）同士を熱伝導手段（ヒートパイプや段面積の大きな金属柱など）で伝熱可能に連結すると好適である。なお、全ての接点を熱伝導手段で連結する必要はなく、一部であってもよい。放熱器全体を一個の四面体とみなした場合の該四面体の各辺に熱伝導手段を通してよい。あるいは、もう一段階だけ階層が下の（一辺の長さが半分の）四面体の各辺に熱伝導手段を通してよい。かかる構成により、最も伝熱しにくい接点部分で熱伝導率が向上され、さらに効率的な放熱が可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0132】

本発明に係る日よけあるいは放熱器は、効率よく温度上昇を抑制することが可能な日よけあるいは放熱器として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0133】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による日よけの構成の一例を示す斜視図である。

【図 2】図 1 の日よけの側面図である。

【図 3】図 1 の日よけの正面図である。

【図 4】図 1 の日よけの平面図である。

【図 5】本実施形態の日よけ製造方法の一例を示すフローチャートである。

【図 6】図 5 の日よけ製造方法において、最初に用意された板材がなす 1 番目の平行四辺形 211 を示す平面図である。

【図 7】図 5 の日よけ製造方法において、板材 200 に対し、1 回目の切れ込みを入れたとき（ $i = 1$ ）の切れ込みのパターンを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 5 の日よけ製造方法において、板材 200 に対し、2 回目の切れ込みを入れたとき ( $i = 2$ ) の切れ込みのパターンを示す図である。

【図 9】図 5 の日よけ製造方法において、板材 200 に対し、3 回目の切れ込みを入れたとき ( $i = 3$ ) の切れ込みのパターンを示す図である。

【図 10】図 5 の日よけ製造方法において、板材 200 の所定形状への整形が完了した状態の板材 200 を示す平面図である。

【図 11】図 5 の日よけ製造方法において、ステップ S106 で得られる第 3 のクラスター 113 の斜視図である。

【図 12】実施例および比較例の日よけの構造を模式的に示す図である。

【図 13】実施例および比較例の測定結果を示すグラフである。

【図 14】実験 2 における実験装置の概略構成を示す図である。

【図 15】実験 2 において対照実験で得られた濃度分布を示す図である。

【図 16】実験 2 において比較例 3 による日よけを用いた場合に得られた濃度分布を示す図である。

【図 17】実験 2 において実施例による日よけを用いた場合に得られた濃度分布を示す図である。

【図 18】本発明の第 1 実施形態の変形例による日よけの構成の一例を示す平面図である。

【図 19】本発明の第 1 実施形態の変形例による日よけの構成の一例を示す平面図である。

【図 20】重六角錐の斜視図である。

【図 21】図 20 の重六角錐に対して、8 個の頂点および中心点の合計 9 点をそれぞれ固定して、一辺の長さが  $1/3$  となるように縮小を行ってできた 9 個の重六角錐を結合させた一次近似重六角錐フラクタルを示す図である。

【図 22】図 21 の一次近似重六角錐フラクタルに対して、一次近似重六角錐フラクタルを取り囲む重六角錐の 8 個の頂点および中心点の合計 9 点をそれぞれ固定して、一辺の長さが  $1/3$  となるように縮小を行ってできた 9 個の一次近似重六角錐フラクタルを結合させた二次近似重六角錐フラクタルを示す図である。

【図 23】三角錐柱の斜視図である。

【図 24】図 23 の三角錐柱に対して、6 個の頂点および大きい底面の 3 辺それぞれの中点の合計 9 点をそれぞれ固定して、一辺の長さが  $1/3$  となるように縮小を行ってできた 9 個の三角錐柱を結合させた一次近似三角錐柱フラクタルを示す図である。

【図 25】図 24 の一次近似三角錐柱フラクタルに対して、一次近似三角錐柱フラクタルを取り囲む三角錐柱の 6 個の頂点および大きい底面の 3 辺それぞれの中点の合計 9 点をそれぞれ固定して、一辺の長さが  $1/3$  となるように縮小を行ってできた 9 個の一次近似三角錐柱フラクタルを 9 個合わせた二次近似三角錐柱フラクタルを示す図である。

【図 26】シェルピンスキー四面体に基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を 2 枚の三角形を合わせた形状とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a) 第 1 のクラスターの斜視図、(b) 第 1 のクラスターの平面図、(c) 第 2 のクラスターの斜視図、(d) 第 2 のクラスターの平面図、である。

【図 27】シェルピンスキー四面体に基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を正方形とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a) 第 1 のクラスターの斜視図、(b) 第 1 のクラスターの平面図、(c) 第 2 のクラスターの斜視図、(d) 第 2 のクラスターの平面図、である。

【図 28】重六角錐フラクタルに基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を 4 枚の三角形を合わせた形状とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a) 第 1 のクラスターの斜視図、(b) 第 1 のクラスターの平面図、(c) 第 2 のクラスターの斜視図、(d) 第 2 のクラスターの平面図、である。

【図 29】重六角錐フラクタルに基づいて設計した日よけにおいて、日よけ片の形状を正方形とした場合の各階層のクラスターを示す図であって、(a) 第 1 のクラスターの斜視

10

20

30

40

50

図、(b)第1のクラスターの平面図、(c)第2のクラスターの斜視図、(d)第2のクラスターの平面図、である。

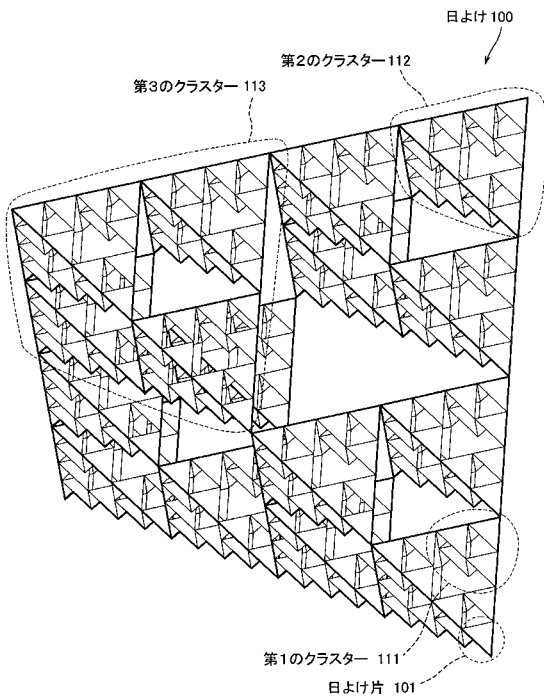
【符号の説明】

【0134】

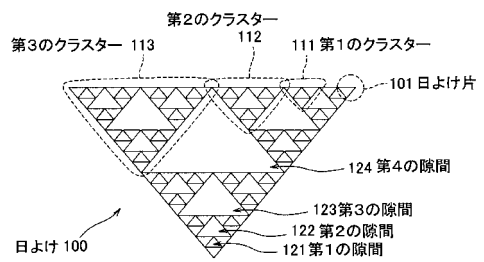
100	日よけ	
101	日よけ片	
111	第1のクラスター	
112	第2のクラスター	
113	第3のクラスター	
121	第1の隙間	10
122	第2の隙間	
123	第3の隙間	
124	第4の隙間	
125	第5の隙間	
126	第6の隙間	
127	第7の隙間	
128	第8の隙間	
130	単位日よけ	
131	辺	
132	点	20
133	辺	
134	辺	
140	日よけ	
141	日よけ	
150	重六角錐	
151	重六角錐	
152	一次近似重六角錐フラクタル	
153	一次近似重六角錐フラクタル	
154	二次近似重六角錐フラクタル	
160	三角錐柱	30
161	三角錐柱	
162	一次近似三角錐柱フラクタル	
163	一次近似三角錐柱フラクタル	
164	二次近似三角錐柱フラクタル	
200	板材	
211	1番目の平行四辺形	
212	2番目の平行四辺形	
213	3番目の平行四辺形	
214	4番目の平行四辺形	
221	1回目の切れ込み	40
222	2回目の切れ込み	
223	3回目の切れ込み	
301	日よけ	
302	流路	
303	ファン	
304	線香	
305	スリット光	
306	デジタルビデオカメラ	
307	金属板	
411	第1のクラスター	50

- 4 1 2 第 2 の クラスタ
- 5 1 1 第 1 の クラスタ
- 5 1 2 第 2 の クラスタ
- 6 1 1 第 1 の クラスタ
- 6 1 2 第 2 の クラスタ

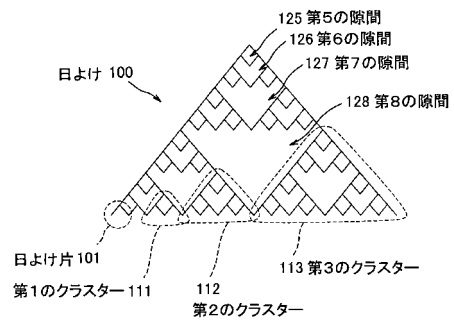
【 図 1 】



【 図 2 】

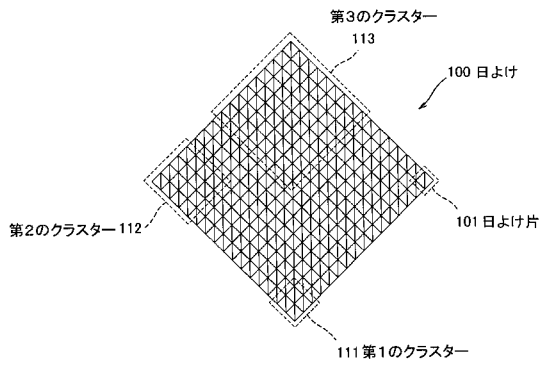


【 図 3 】

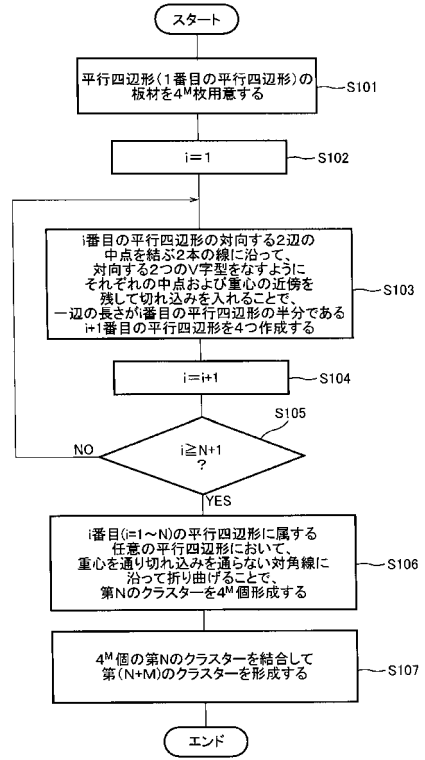




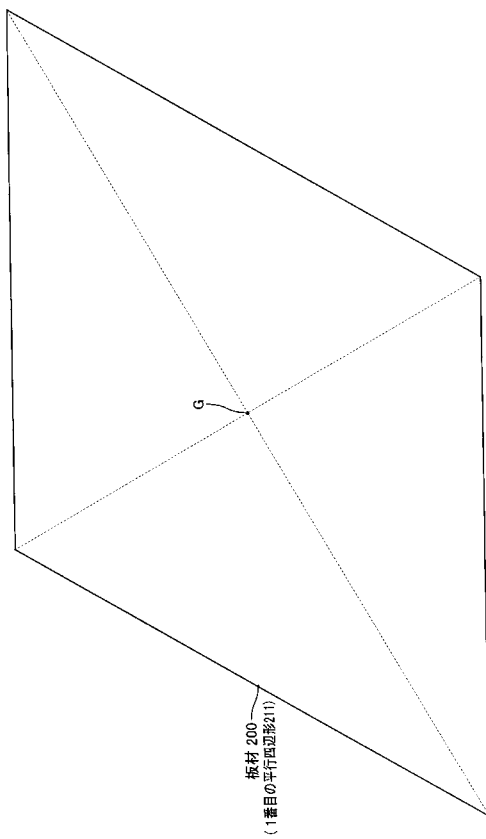
【 図 4 】



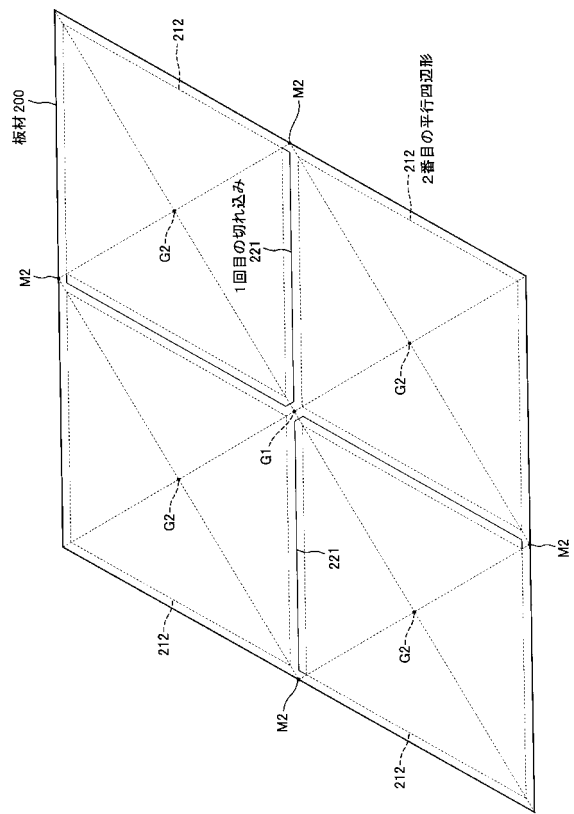
【 図 5 】



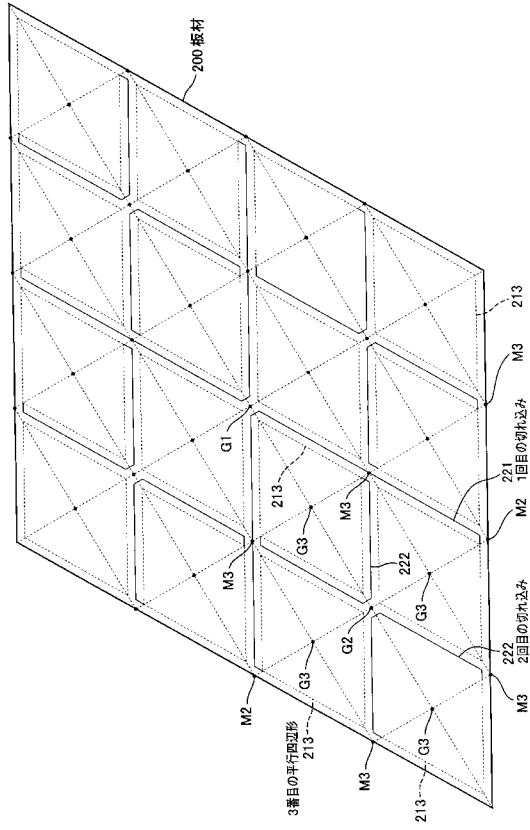
【 図 6 】



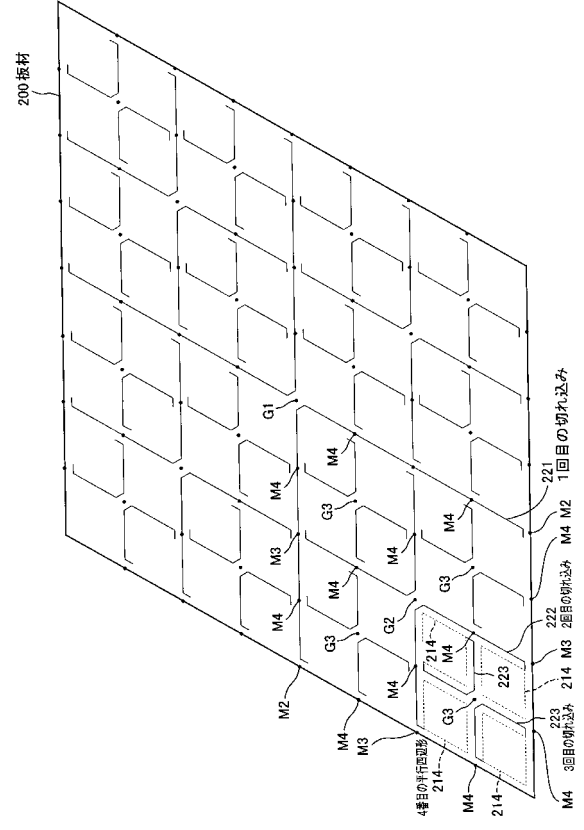
【 図 7 】



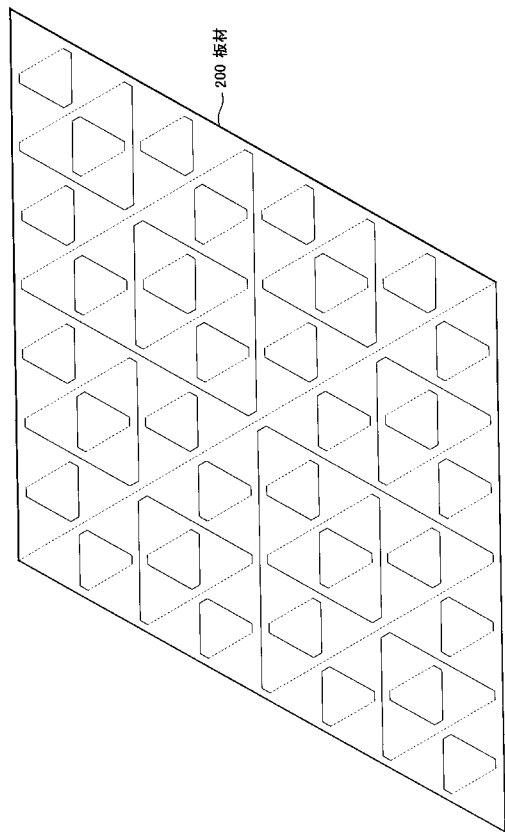
【 図 8 】



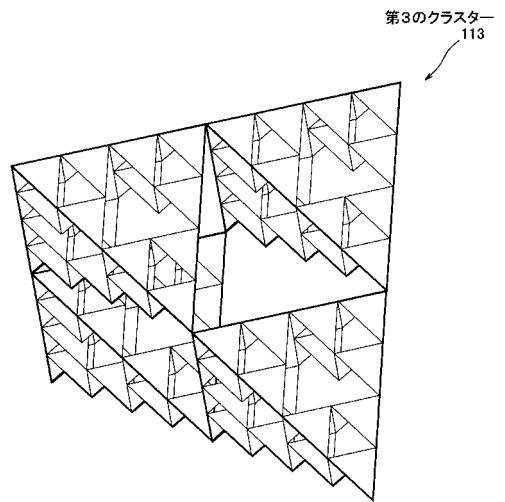
【 図 9 】



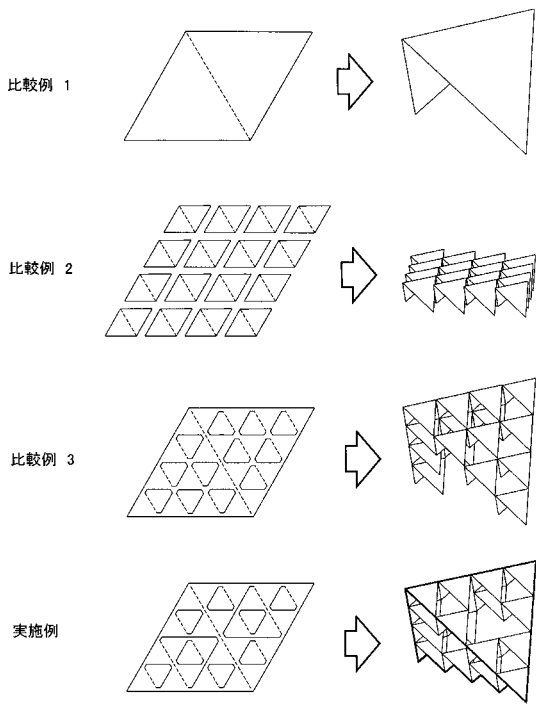
【 図 10 】



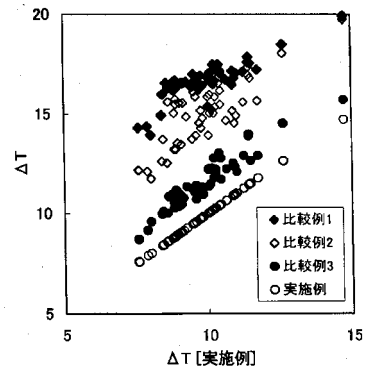
【 図 11 】



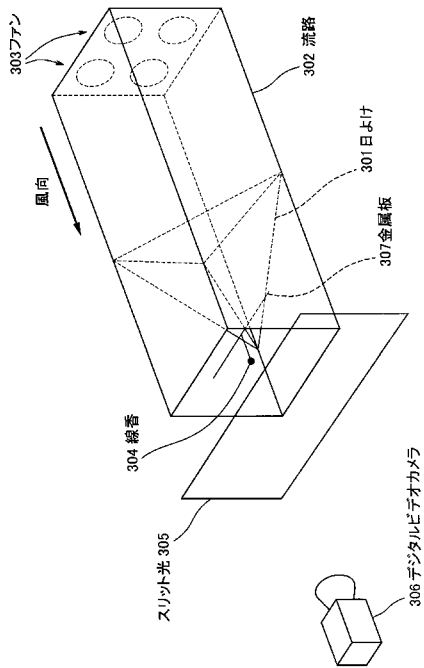
【 図 1 2 】



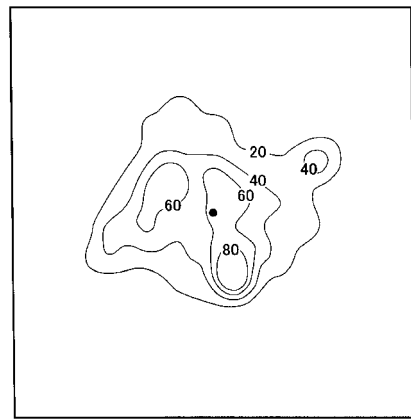
【 図 1 3 】



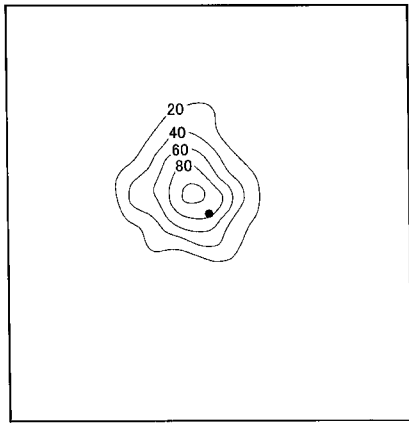
【 図 1 4 】



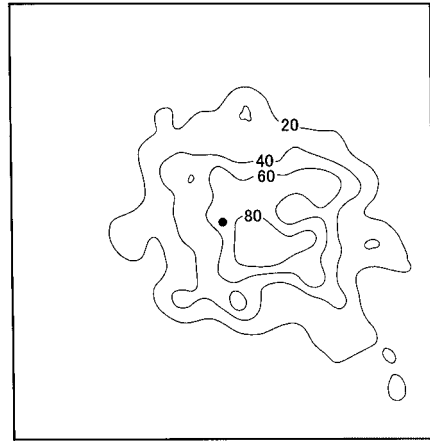
【 図 1 5 】



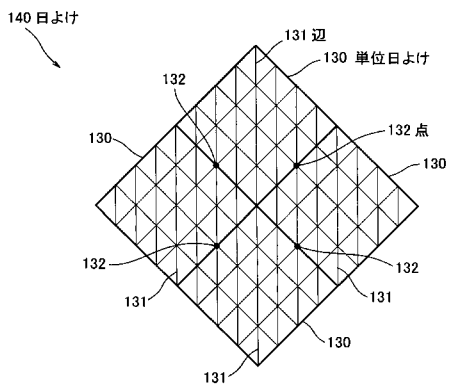
【図 16】



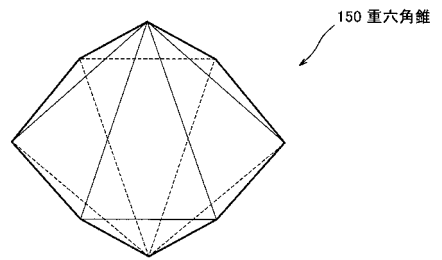
【図 17】



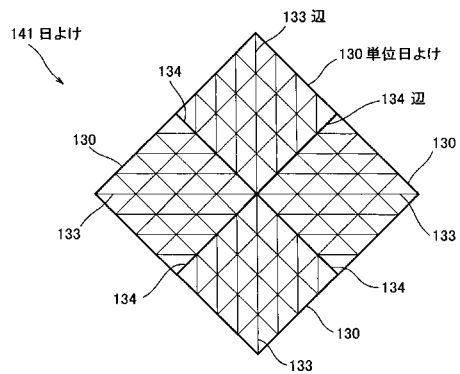
【図 18】



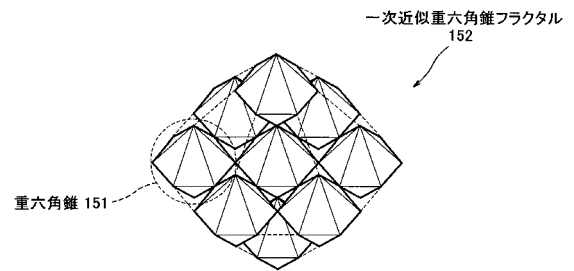
【図 20】



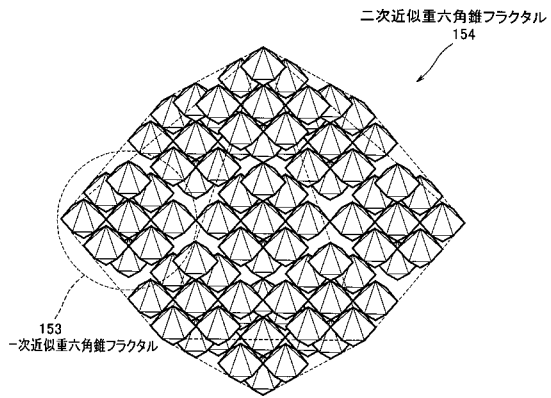
【図 19】



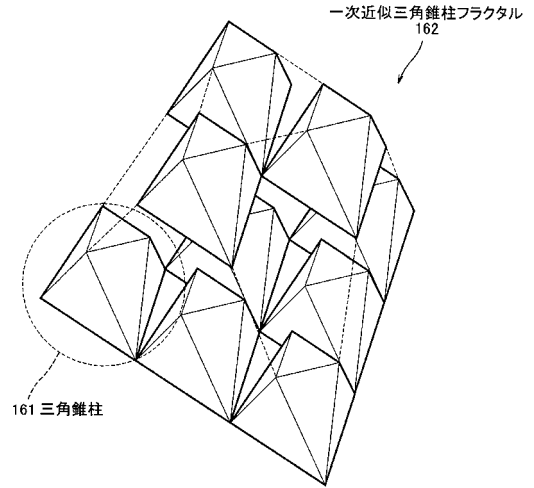
【図 21】



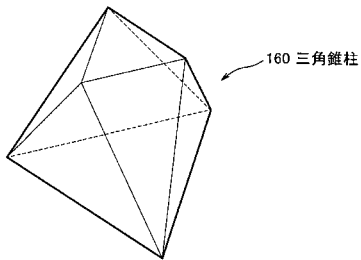
【 図 2 2 】



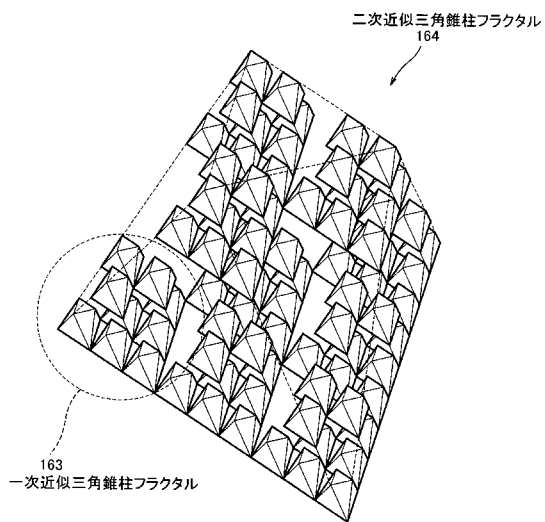
【 図 2 4 】



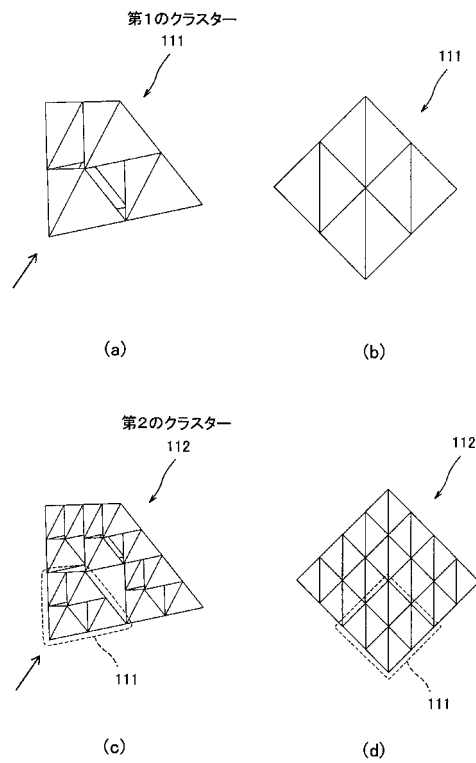
【 図 2 3 】



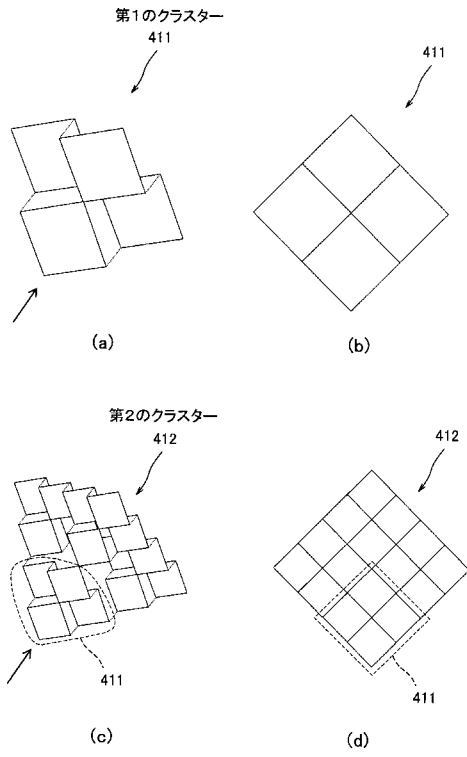
【 図 2 5 】



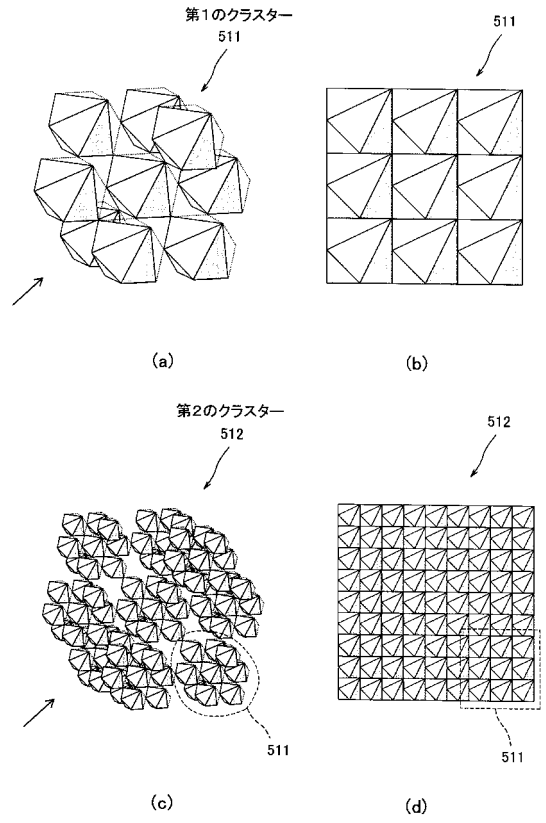
【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【 図 2 9 】

