

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4224833号  
(P4224833)

(45) 発行日 平成21年2月18日(2009.2.18)

(24) 登録日 平成20年12月5日(2008.12.5)

(51) Int.Cl.

E04B 1/32 (2006.01)  
E04B 7/16 (2006.01)

F 1

E O 4 B 1/32 1 O 2 B  
E O 4 B 1/32 1 O 2 J  
E O 4 B 7/16 A

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平10-119275
(22) 出願日	平成10年4月28日(1998.4.28)
(65) 公開番号	特開平11-310962
(43) 公開日	平成11年11月9日(1999.11.9)
審査請求日	平成17年4月27日(2005.4.27)

(73) 特許権者	000125369 学校法人東海大学 東京都渋谷区富ヶ谷2丁目28番4号
(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦
(74) 代理人	100084618 弁理士 村松 貞男
(74) 代理人	100092196 弁理士 橋本 良郎
(74) 代理人	100091351 弁理士 河野 哲
(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】開閉式ドーム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ドームの基本形状を構成する軸対称状の部分曲面の上に、三次元多折はさみ要素を、ラメラ状に、前記部分曲面の中心軸の回りで等角度に配置することにより構成され、頂部の天窓の開閉が可能な開閉式ドームにおいて、

前記三次元多折はさみ要素のピン交点を、各要素上のピン交点が、前記部分曲面の頂点を通り前記中心軸に対して斜めに交差する各同一平面上にあり、且つ、各要素上で互いに隣接するピン交点の間で、前記中心軸の回りで成す角度がそれぞれ等しくなる様に配置するとともに、

各ピン交点の回転軸が、前記部分曲面の法線方向に一致する様に構成したことを特徴とする開閉式ドーム。

## 【請求項 2】

前記ドームの基本形状は、部分球面により構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の開閉式ドーム。

## 【請求項 3】

前記三次元多折はさみ要素の最下端に位置するピン交点群の上側に隣接するピン交点群を、ケーブルを用いて円周方向に結束し、このケーブルの結束長さを制御することによって、ドームの天窓の開閉を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の開閉式ドーム。

## 【請求項 4】

10

20

前記三次元多折はさみ要素の最下端に位置するピン交点群の上側に隣接するピン交点群に、これらのピン交点群の基礎面からの高さを調整する油圧ロッドを取付け、この油圧ロッドのストロークを制御することによって、ドームの天窓の開閉を行うことを特徴とする請求項1または2に記載の開閉式ドーム。

#### 【請求項5】

前記三次元多折はさみ要素の最下端に位置する各ピン交点と基礎面との間に、三角トラス要素を挿入するとともに、前記最下端に位置する各ピン交点と前記各三角トラス要素の頂点とを、ヒンジを介して結合したことを特徴とする請求項1または2に記載の開閉式ドーム。

#### 【請求項6】

前記三次元多折はさみ要素の最下端に位置するピン交点群を、ケーブルを用いて円周方向に結束し、このケーブルの結束長さを制御することによって、ドームの天窓の開閉を行うことを特徴とする請求項5に記載の開閉式ドーム。

#### 【請求項7】

前記三次元多折はさみ要素の最下端に位置するピン交点群の上側に隣接するピン交点群に、これらのピン交点群の基礎面からの高さを調整する油圧ロッドを取付け、この油圧ロッドのストロークを制御することによって、ドームの天窓の開閉を行うことを特徴とする請求項5に記載の開閉式ドーム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、頂部に円形の天窓を有する開閉式ドームの構造に係り、特に、その円形の天窓の直径及びドーム全体の幾何学的形状を連続的に変化させることができが可能な開閉式ドームの構造に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

開閉式のドームは、柱の無い広い空間を実現することが可能で、しかも、天窓を開閉することによって、天候の変化に対応し、内部の採光状態を調整し、あるいは内部の換気を行うことが可能なので、近年、その構造に関して様々な提案が行われている。

##### 【0003】

部分球面上にあるはさみ要素群（“Scissors Elements”）をラメラ状に配置し、各交点をはさみピンでつなげた構造体は、一種の不安定構造体で、理論上、部材に歪エネルギーを蓄えることなく、その幾何学的形状を変化させることができる。この様なはさみ要素群を用いて構成された開閉式ドームの構造が開発されている。

##### 【0004】

その一例として、図8に、米国特許第5024031号公報（C.HOBEMAN）に記載された「アイリス・ドーム」（“Iris Dome”）の概要を示す。このアイリス・ドームは、偏心はさみ要素（“Angulated Scissors Elements”）を用いて開閉式ドームを構成した最初の試みである。アイリス・ドームは、ローマのパンテオンと同様に、ドームの頂部にオルクス（円形天窓）を設けることが可能で、しかも、このオルクスの直径を連続的に変化させることができるので、ドーム内の雰囲気に劇的な演出を加えることができるという優れた特徴を備えている。

##### 【0005】

しかしながら、アイリス・ドームに関しては、偏心はさみ要素の接合部（ピン節点）の構造に問題があり、ニューヨークのリバティ博物館に、直径が最大で6mまで膨張する球状のオブジェが展示されているが、スタジアムなどの実際の建築物への適用は行われていない。

##### 【0006】

また、Z.YOU 及び S.PELLEGRINO（“FOLDABLE BAR STRUCTURES”，Int.J.Solids Structures, vol.34, No.15, 1997; pp.1825-1847）は、三次元多折はさみ要素（“Multi A

10

20

30

40

50

ngulated Scissors Elements")を用いて上記のアイリス・ドームを改良した構造について発表している。この構造も、外観上はアイリス・ドームと同様であるが、ピン交点の回転軸が、ドームの底面と垂直でなければならないと言う理論上の制約条件がある。このため、ピン交点に、加工上及び強度上の問題が残る。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記の様なこれまでの開閉式ドームの問題点に鑑み成されたもので、本発明の目的は、三次元多折はさみ要素から構成される開閉式ドームにおいて、オルクスの直径及びドーム全体の幾何学的形状を、構造の安定性を保ちつつ連続的に変化させることができ、しかも、上記三次元多折はさみ要素の製作が比較的容易な構造を提供することにある。

10

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の開閉式ドームは、

ドームの基本形状を構成する軸対称状の部分曲面の上に、三次元多折はさみ要素を、ラメラ状に、前記部分曲面の中心軸の回りで等角度に配置することにより構成され、頂部の天窓の開閉が可能な開閉式ドームにおいて、

前記三次元多折はさみ要素のピン交点を、各要素上のピン交点が、前記部分曲面の頂点を通り前記中心軸に対して斜めに交差する各同一平面上にあり、且つ、各要素上で互いに隣接するピン交点の間で、前記中心軸の回りで成す角度がそれぞれ等しくなる様に配置するとともに、各ピン交点の回転軸が、前記部分曲面の法線方向に一致する様に構成したことを特徴とする。

20

#### 【0009】

なお、前記ドームの基本形状の典型的な例としては、部分球面がある。

#### 【0010】

なお、上記の構造を備えた開閉式ドームの開閉は、下記のいずれかの方法によって行うことができる：

(a) 三次元多折はさみ要素の最下端に位置するピン交点群の上側に隣接するピン交点群を、ケーブルを用いて円周方向に結束し、このケーブルの結束長さを制御することによって、ドームの天窓の開閉を行う。あるいは、

30

(b) 三次元多折はさみ要素の最下端に位置するピン交点群の上側に隣接するピン交点群に、これらのピン交点群の基礎面からの高さを調整する油圧ロッドを取付け、この油圧ロッドのストロークを制御することによって、ドームの天窓の開閉を行う。

#### 【0011】

更に、三次元多折はさみ要素の最下端に位置する各ピン交点と基礎面との間に、三角トラス要素を挿入するとともに、前記最下端に位置する各ピン交点と前記各三角トラス要素の頂点とを、ヒンジを介して結合することによって、ドーム全体の幾何学的形状に多彩な変化を与えることができる。

#### 【0012】

なお、この様な構造の場合、ドームの開閉は、三次元多折はさみ要素の最下端に位置するピン交点群を、ケーブルを用いて円周方向に結束するか、あるいは、これらのピン交点群の上側に隣接するピン交点群の基礎面からの高さを調整する油圧ロッドを設けることによって、上記の場合と同様に行うことができる。

40

#### 【0013】

本発明の開閉式ドームによれば、三次元多折はさみ要素の各ピン交点の回転軸を、ドームの基本形状を構成する部分曲面(典型的には球面)の法線方向に一致させているので、その製作が極めて容易である。従って、部材間の応力伝達がスムーズに行われ、構造体としての強度に優れている。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

50

(例 1)

図 1 及び図 2 に、本発明に基づく開閉式ドームの構造の一例を示す。なお、図 1 ( a ) 及び ( b ) は、それぞれ、オルクスを閉じた状態（基本形状）の正面図及び上面図、図 1 ( c ) 及び ( d ) は、それぞれ、オルクスを僅かに開いた状態の正面図及び上面図、を表す。図 2 は、この開閉式ドームを構成する三次元多折はさみ要素の一本の形状を示す。

【0015】

三次元多折はさみ要素 1 は、図 1 に示す様に、ドームの基本形状を構成する部分球面 S 上に、この部分球面 S の中心軸 Z の回りで等角度に、ラメラ状に配置される。

【0016】

各三次元多折はさみ要素 1 は、図 2 に示す様に、上記部分球面 S の上にある各部材（通常、直線部材、但し、基本形状に沿った曲線部材等でも良い）A - B、B - C、C - D 及び D - Eなどを、ピン 3 を介して直列に接合することによって構成されている。各三次元多折はさみ要素 1 は、各接合部において、このピン 3 を共有する状態で他の三次元多折はさみ要素と交差している。

10

【0017】

本発明に基づく開閉式ドームでは、その基本形状において、図 3 に示す様に、各ピン交点 2（ピン 3）の回転軸が上記部分球面 S の法線方向（即ち、球の中心方向）に一致する様に構成される。なお、この例では、ピン 3 と各部材とは、自動調心玉軸受 11 を介して接続されている。

20

【0018】

また、本発明に基づく開閉式ドームでは、この三次元多折はさみ要素 1 の接合部（ピン交点 2）の配置の幾何学的条件を決定する方法として、以下に示す「平面カット法」が適用される。

平面カット法によるピン交点の配置方法：

図 4 に示す様に、ドームの基本形状を構成する部分球面 S の上に、三次元多折はさみ要素 1 のピン交点（A、B、C、D、E、……）を、各要素 1 上のピン交点が、部分球面 S の頂点 T を通り部分球面 S の中心軸 Z に対して斜めに交差する各同一平面 P 上にあり、且つ、各要素 1 上で互いに隣接するピン交点の間で、中心軸 Z の回りで成す角度がそれ等しくなる様に配置する。

30

【0019】

即ち、部分球面 S の上に、各三次元多折はさみ要素 1 のピン交点を次の様に配置する。

【0020】

（イ）部分球面 S を、部分球面 S の頂点を通り前記中心軸 z に対して斜めに交差する平面 P で切断する。

【0021】

（ロ）各三次元はさみ要素 1 上のピン交点を、部分球面 S と前記平面 P とが交差する部分に形成される円 Q（図 4 ( b ) の上面図では橜円として現れる）の上に、周方向に順次、等角度で配置する。

【0022】

即ち、図 4 ( b ) において、

40

$$A B = B C = C D = D E = \dots$$

上記の場合において、ドーム形状を上記の部分球面 S（基本形状）から任意に変形させた状態において、各ピン交点（A、B、C、D、E、……）は、上記の部分球面 S とは僅かに異なる軸対称曲面上にある。ドーム形状の変形の過程で、各ピン交点において、ピンと各部材との間に微小な角度変化が生じるが、各部材側にルーズ・ホールを設けるか、あるいは、自動調心玉軸受、自動調心ころ軸受等を埋め込むことで、この角度変化を吸収することができる。

【0023】

なお、図 1 に示した例では、三次元多折はさみ要素の最下端に位置する各ピン交点と基礎面との間に、三角トラス要素 5 が挿入されており、前記最下端に位置する各ピン交点と

50

前記各三角トラス要素5の頂点とは、ヒンジ4を介して結合されている。

**【0024】**

開閉式ドームの開閉機構について：

次に、図1に示した開閉式ドームの開閉機構について説明する。

**【0025】**

三次元多折はさみ要素1の最下端に位置する各ピン交点群を、ケーブル7を用いて円周方向に結束し、このケーブル7の結束長さを制御することによって、図5(a)～(c)、図6(d)～(f)に示す様に、オルクス9の開閉を行うことができる。

**【0026】**

(例2)

10

図7に、本発明に基づく開閉式ドームの他の例を示す。

**【0027】**

この例では、三次元多折はさみ要素1の最下端に位置するピン交点群の上側に隣接するピン交点群に、それぞれ、油圧ロッド8が取付けられている。これらの油圧ロッド8のストロークを制御して、後者のピン交点群の基礎面からの高さを調整することによって、オルクス9の開閉を行うことができる。

**【0028】**

本発明に基づく開閉式ドームは以下の様な優れた特徴を備えている。

**【0029】**

a. 施工性に優れている：

20

先ず、周辺に折り畳んだ状態で骨組構造を組み立て、次いで、この骨組構造をオルクスの径を小さくする方向に変形させて、部分球面形状のドーム構造体を完成することができる。この様な施工方法によれば、建設時の足場面積を小さく抑えることができるので、足場の製作コストを低減することが可能である。

**【0030】**

b. 変化に富んだ幾何学的形状を形成することができる：

従来のドーム構造は、椀を伏せた様な形状となるので、比較的、静的な空間が形成される。これに対して、本発明に基づく開閉式ドームの内、最下層部分にヒンジ要素を挿入した構造は、変化に富んだ幾何学的形状を形成することができる所以、ドーム内外の景観をダイナミックに演出することができる。

30

**【0031】**

**【発明の効果】**

本発明の開閉式ドームによれば、三次元多折はさみ要素の各ピン交点の回転軸を、ドームの基本形状を構成する軸対称状の部分曲面(典型的には部分球面)の法線方向に一致させているので、その加工が極めて容易である。従って、部材間の応力伝達がスムーズに行われ、構造体としての強度に優れている。

**【0032】**

更に、ドームの最下層部分にヒンジ要素を挿入することによって、ドームの幾何学的形状に多彩な変化を与えることができる。

**【図面の簡単な説明】**

40

**【図1】** 本発明に基づく開閉式ドームの概要を示す図、(a)及び(b)は、それぞれ、オルクスを閉じた状態(基本形状)の正面図及び上面図、(c)及び(d)は、それぞれ、オルクスを僅かに開いた状態の正面図及び上面図。

**【図2】** 本発明に基づく開閉式ドームを構成する三次元多折はさみ要素の形状を示す図。

**【図3】** ピン交点の構造の一例を示す図、(a)は平面図、(b)は図(a)のA-A断面図。

**【図4】** 平面カット法に基づくピン交点の配置方法について説明する図、(a)は正面図、(b)は上面図。

**【図5】** 本発明に基づく開閉式ドームの形状の変化の過程(前半部分)を説明する図、

50

( a ) ~ ( c ) は全閉状態から半開状態までの変化の各過程を表す。

【図6】 本発明に基づく開閉式ドームの形状の変化の過程（後半部分）を説明する図、( d ) ~ ( f ) は半開状態から全開状態までの変化の各過程を表す。

【図7】 本発明に基づく開閉式ドームの開閉機構の他の例を示す図、

【図8】 従来の開閉式ドームの一例（アイリス・ドーム）を示す図、( a ) は閉じた状態、( b ) は半分開いた状態を表す。

【符号の説明】

1 . . . 三次元多折はさみ要素、

2 . . . ピン交点、

3 . . . ピン、

4 . . . ヒンジ、

5 . . . 三角トラス要素、

7 . . . ケーブル、

8 . . . 油圧ロッド、

9 . . . オルクス（円形天窓）、

11 . . . 自動調心玉軸受、

S . . . 部分球面、

Z . . . 中心軸、

T . . . 頂点、

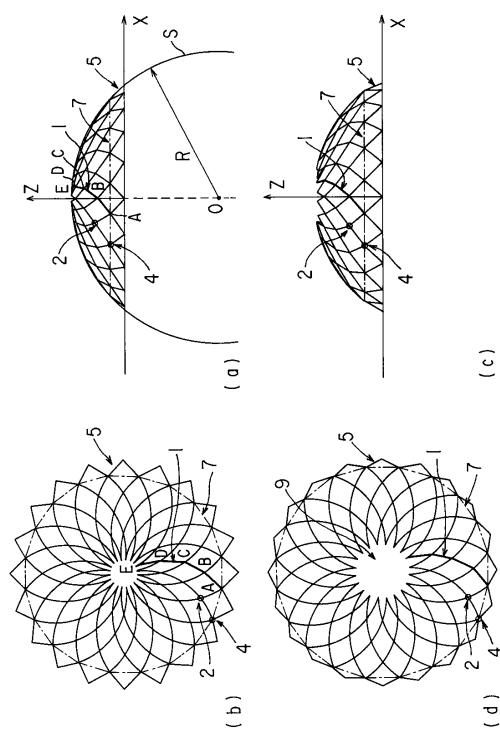
P . . . 平面、

Q . . . 円（橢円）。

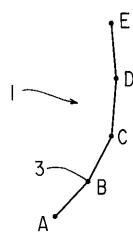
10

20

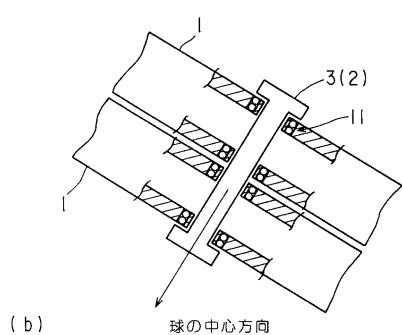
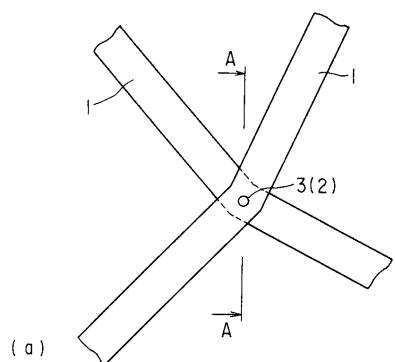
【図1】



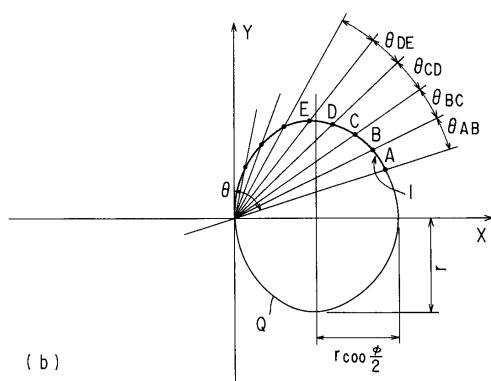
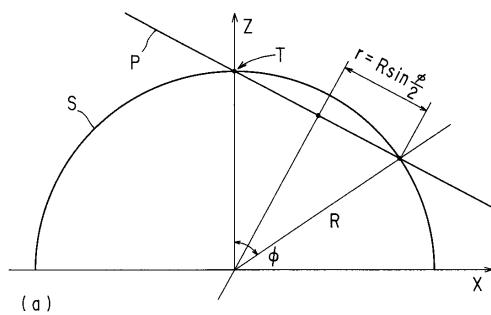
【図2】



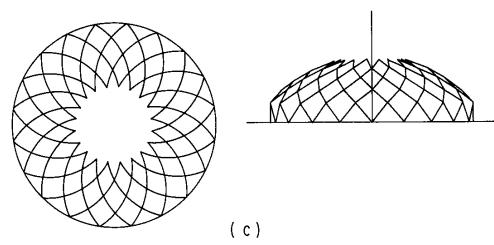
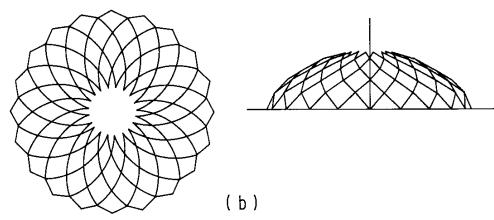
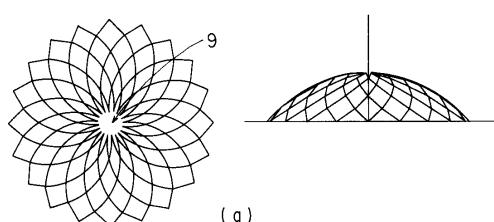
【図3】



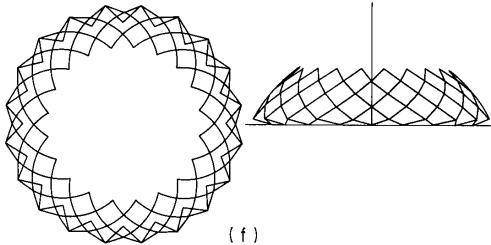
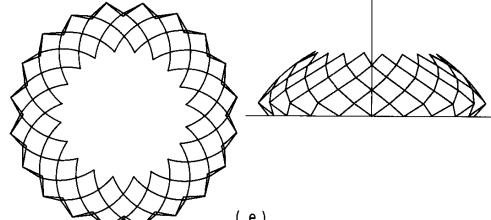
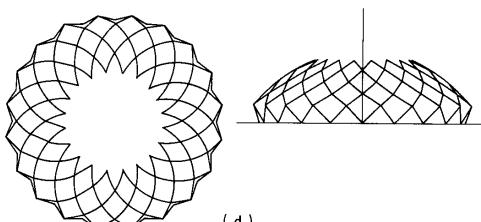
【図4】



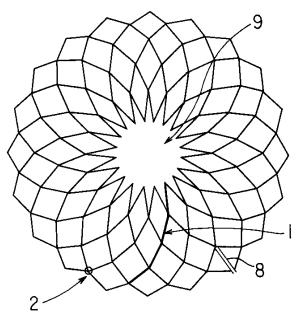
【図5】



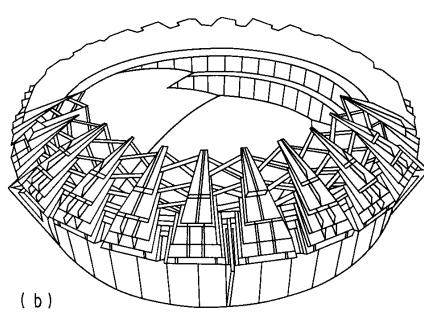
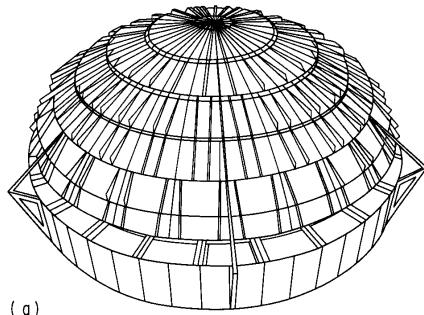
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 粉川 牧  
北海道旭川市錦町13丁目 ハイムわたなべE

審査官 渡邊 聰

(56)参考文献 国際公開第97/027369 (WO, A1)  
特開平03-084140 (JP, A)  
特開平01-121426 (JP, A)  
特開平04-016651 (JP, A)  
特開平09-317079 (JP, A)  
米国特許第03766932 (US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E04B 1/32  
E04B 1/343  
E04B 7/16