

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年10月8日(08.10.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/152376 A1

(51) 国際特許分類:

B64G 1/56 (2006.01) B64G 1/26 (2006.01)
B64G 1/24 (2006.01) B64G 1/64 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2015/060484

(22) 国際出願日:

2015年4月2日(02.04.2015)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2014-077824 2014年4月4日(04.04.2014) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): アストロスケール プライベート リミテッド(ASTROSCALE PTE. LTD.) [SG/SG]; 049909 バッテリー ロード 6, ナンバー 38-04 Singapore (SG).

(72) 発明者; および

(71) 出願人(米国についてのみ): 岡田 光信 (OKADA, Mitsunobu) [JP/SG]; 049909 バッテリー ロード 6, ナンバー 38-04, アストロ

スケール プライベート リミテッド内 Singapore (SG).

(74) 代理人: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木 6-10-1 六本木ヒルズ森タワー 23 階 TMI 総合法律事務所 Tokyo (JP).

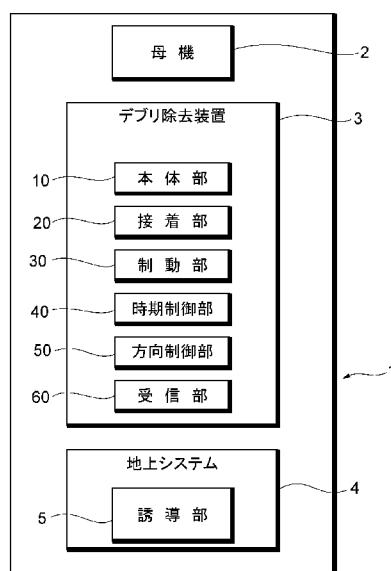
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: DEBRIS REMOVAL DEVICE AND DEBRIS REMOVAL SYSTEM

(54) 発明の名称: デブリ除去装置及びデブリ除去システム



- 2 Mother ship
- 3 Debris removal device
- 4 Ground system
- 5 Guiding unit
- 10 Body unit
- 20 Adhesive unit
- 30 Braking unit
- 40 Timing control unit
- 50 Direction control unit
- 60 Reception unit

(57) Abstract: Provided is a debris removal device capable of efficiently removing relatively large-sized space debris. A debris removal device (3) which removes space debris circling along a predetermined orbit around the Earth is provided with: a body unit (10); an adhesive unit (20) for adhering space debris to the body unit (10); a brake unit (30) for generating braking force, in a specific direction, that is caused to act on the space debris while the body unit (10) circles along the orbit together with the space debris that is adhered to the body unit (10) via the adhesive unit (20); and a timing control unit (40) that controls the timing of generation of the braking force. The timing control unit (40) causes the braking force to be generated when, while the body unit (10) circles along the orbit together with the space debris, the body unit (10) is positioned in a specific region on the orbit where the direction of the braking force is (i) approximately parallel with an orbital plane, (ii) approximately parallel with a tangent to the orbit, and (iii) approximately opposite to the direction of circling of the space debris.

(57) 要約: 比較的大型のスペースデブリを効率良く除去することができるデブリ除去装置を提供する。地球を中心とした所定の周回軌道上を周回するスペースデブリを除去するデブリ除去装置3であって、本体部10と、本体部10にスペースデブリを接着させるための接着部20と、接着部20を介して本体部10に接着させたスペースデブリとともに本体部10が周回軌道上を周回する間にスペースデブリに対して作用させるための特定方向の制動力を発生させる制動部30と、制動力の発生時期を制御する時期制御部40と、を備える。時期制御部40は、スペースデブリとともに本体部10が周回軌道上を周回する間に、制動力の方向が、(i)周回軌道面と略平行となり、(ii)周回軌道の接線と略平行となり、かつ、(iii)スペースデブリの周回方向と略逆方向となる、ような周回軌道上の特定領域に本体部10が位置したときに制動力を発生させる。



ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー 添付公開書類:

ロツバ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明 細 書

発明の名称：デブリ除去装置及びデブリ除去システム

技術分野

[0001] 本発明は、デブリ除去装置及びデブリ除去システムに関する。

背景技術

[0002] 現在、地球の周回軌道上には、過去に打ち上げられて任務を終えたり破損したりした人工衛星及びその破片やロケットの上段等の残骸がスペースデブリとして存在することが知られている。かかるスペースデブリは、任務遂行中の正常な宇宙ステーションや人工衛星に衝突して危害を加える虞があることから、周回軌道から離脱させて焼却したり回収したりする技術が種々提案されている。

[0003] 例えば、宇宙空間のプラズマ環境を利用して微小なスペースデブリを負に帯電させ、デブリの速度を減速させる向きに電界の力を働かせてデブリの高度を降下させ、デブリを大気圏に突入させて焼却除去する技術が提案されている（特許文献1参照）。また、近年においては、複数の布体層からなるジャケットで発泡体材料を被覆して構成したデブリ除去装置を用いてスペースデブリを回収する技術が提案されている（特許文献2参照）。この技術によれば、スペースデブリをジャケットに衝突させ破碎して複数の破片とし、これら破片を発泡体材料で捕捉して集積することができる、とされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2010-069973号公報

特許文献2：特開2011-168270号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、前記した特許文献1や特許文献2に記載された技術は、あくまで微小なスペースデブリや比較的小型のスペースデブリの焼却・回収を行う

ものであり、比較的大型のスペースデブリの除去には適さないものである。比較的大型のスペースデブリの除去に関しては、対象となるデブリへの接近技術やデブリの捕獲技術が未だ確立されておらず費用対効果も見合わない等、困難な問題が山積みとなっているのが現状である。特に、比較的大型のスペースデブリは、形、大きさ、重心位置等が多様な上、回転している可能性が高く、捕獲自体が困難なため、捕獲してその周回速度を低減させて大気圏に突入させるのが困難であるという問題があり、現段階においてはこの問題を解決するための有効な手段は見つかっていない。

[0006] 本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、比較的大型のスペースデブリの回転を止めるという難作業を要することなく、スペースデブリを効率良く除去することができるデブリ除去装置及びデブリ除去システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 前記目的を達成するため、本発明に係るデブリ除去装置は、地球を中心とした所定の周回軌道上を周回するスペースデブリを除去するものであって、本体部と、本体部にスペースデブリを接着させるための接着部と、接着部を介して本体部に接着させたスペースデブリとともに本体部が周回軌道上を周回する間に、スペースデブリに対して作用させるための特定方向の制動力を発生させる制動部と、制動力の発生時期を制御する時期制御部と、を備えるものである。時期制御部は、スペースデブリとともに本体部が周回軌道上を周回する間に、制動力の方向が、(i)周回軌道を含む軌道面（周回軌道面）と略平行となり、(ii)周回軌道の接線と略平行となり、かつ、(iii)スペースデブリの周回方向と略逆方向となる、ような周回軌道上の特定領域に本体部が位置したときに制動力を発生させるものである。

[0008] かかる構成を採用すると、接着部を介して本体部にスペースデブリを接着させることができる。そして、スペースデブリとともに本体部が地球を中心とした所定の周回軌道上を周回する間に、周回軌道上の「特定領域」（制動力の方向が、(i)周回軌道面と略平行となり、(ii)周回軌道の接線と略平行と

なり、かつ、(iii)スペースデブリの周回方向と略逆方向となる、ような領域)に本体部が位置したときに制動力を発生させて、この制動力をスペースデブリに作用させることができる。このように、制動力の方向が、所定の周回軌道面及び周回軌道の接線に平行でかつスペースデブリの周回方向と逆方向となったときに制動力を発生させることにより、スペースデブリの周回速度を効率良く低減させ、スペースデブリを大気圏に突入させて焼却除去することが可能となる。なお、制動力を、スペースデブリとデブリ除去装置とを合わせた剛体の重心を貫く方向に発生させることにより、剛体が更に回転するのを防止するようとする。デブリ除去装置をスペースデブリに接着させた後に制動力を一度発生させて、制動力の方向が重心を貫いているか否かを確認してもよい。

[0009] 本発明に係るデブリ除去装置において、制動力の方向が、スペースデブリとデブリ除去装置とを合わせた剛体の重心を貫く方向でない場合に、制動力の方向が当該重心を貫く方向になるまで制動力の方向を変更する方向制御部を備えることができる。

[0010] かかる構成を採用すると、制動力の方向が、スペースデブリとデブリ除去装置とを合わせた剛体の重心(剛体重心)を貫いていない場合においても、方向制御部で制動力の方向を制御することにより、制動力の方向が剛体重心を貫くようにすることができる。制動力の方向が剛体重心を貫いていない場合には、剛体にモーメントが作用して剛体が更なる回転を始めこととなるが、制動力の方向を制御して制動力の方向が剛体重心を貫くようにすることにより、剛体の更なる回転力の発生を防止することができる。

[0011] 本発明に係るデブリ除去装置において、制動部は、本体部の少なくとも一つの面部に分散配置された複数のスラスタを有することができる。複数のスラスタとしては、固体燃料で個々に燃焼するものを採用することが好ましい。制動力の発生回数を増やすために、複数のスラスタのうちの一部を燃焼させることもできる。

[0012] かかる構成を採用すると、制動部は本体部の面部に分散配置された複数の

スラスタを有しており、これらスラスタは個々に燃焼するものであるため、制動力を複数回発生させることができる。また、スラスタは、毒性の少ない固体燃料を採用していることから、ロケット等の各種宇宙航行体に搭載することが可能となる。

- [0013] 本発明に係るデブリ除去装置において、本体部に取り付けられた円板部と、円板部の表面に設けられた接着層と、を有する接着部を採用することができる。かかる場合において、粘着剤又は接着剤と、衝撃緩衝材と、から構成される接着層を採用することができる。
- [0014] かかる構成を採用すると、接着部は、本体部に取り付けられた円板部の表面に設けられた接着層を有しており、接着層は粘着剤（接着剤）と衝撃緩衝材とから構成されているので、スペースデブリに対して良好に接着することができる。
- [0015] 本発明に係るデブリ除去装置において、時期制御部を本体部に搭載することができる。
- [0016] かかる構成を採用すると、時期制御部が本体部に搭載されているため、地上に時期制御用の施設を別途設置する必要がないので、設備費を節減することができる。
- [0017] 本発明に係るデブリ除去装置において、本体部が特定領域に位置するときに制動力を発生させるように制動部を制御するための制御信号を生成して送信する信号生成送信部と、信号生成送信部から送信された制御信号を受信して制動部を制御する信号受信制御部と、を有する時期制御部を採用することができる。かかる場合において、信号生成送信部を地上に設置し、信号受信制御部を本体部に搭載することができる。
- [0018] かかる構成を採用すると、地上の信号生成送信部から送信される制御信号を、本体部の信号受信制御部で受信して制動部を制御することができる。従って、大型の演算回路等を本体部に搭載する必要がないため、本体部の小型化や軽量化が可能となる。
- [0019] また、本発明に係るデブリ除去システムは、既に述べたデブリ除去装置と

、デブリ除去装置を搭載可能であってデブリ除去装置を宇宙空間に放出する
ように構成される母機と、を備えるものである。

[0020]かかる構成を採用すると、母機をスペースデブリの比較的近く（例えばス
ペースデブリから数mの位置）まで接近移動させ、その後、母機からデブリ
除去装置を放出してスペースデブリに接着させることができる。

[0021]本発明に係るデブリ除去システムにおいて、デブリ除去装置の本体部がス
ペースデブリに接着するまで、母機から放出されたデブリ除去装置をスペー
スデブリへと誘導する誘導部を備えることもできる。また、母機から放出さ
れた後にスペースデブリへと自律的に移動するようにデブリ除去装置を構成
してもよい。

[0022]かかる構成を採用すると、母機から放出されたデブリ除去装置を誘導部で
スペースデブリへと誘導したり、デブリ除去装置が自律的に移動したりする
ことにより、デブリ除去装置の本体部をスペースデブリに接着させることが
できる。

[0023]本発明に係るデブリ除去システムにおいて、誘導部を母機又は地上に設置
し、誘導部からの誘導信号を受信する受信部をデブリ除去装置に搭載するこ
とができる。

[0024]かかる構成を採用すると、母機又は地上に設置した誘導部で遠隔的にデブ
リ除去装置を誘導することができるので、デブリ除去装置に誘導部を搭載す
る必要がない。従って、デブリ除去装置の小型化や軽量化が可能となる。

発明の効果

[0025]本発明によれば、比較的大型のスペースデブリの回転を止めるという難作
業を要することなく、スペースデブリを効率良く除去することができるデブ
リ除去装置及びデブリ除去システムを提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0026]【図1】本発明の実施形態に係るデブリ除去システムの構成を説明するための構
成図である。

【図2】本発明の実施形態に係るデブリ除去装置の（接着部側から見た）斜視図

である。

[図3]本発明の実施形態に係るデブリ除去装置の（制動部側から見た）斜視図である。

[図4]本発明の実施形態に係るデブリ除去装置の側面図である。

[図5]本発明の実施形態に係るデブリ除去装置の正面図（接着部側から見た図）である。

[図6]本発明の実施形態に係るデブリ除去装置の背面図（制動部側から見た図）である。

[図7]本発明の実施形態に係るデブリ除去装置の制動部によって発生する制動力の方向等を説明するための説明図である。

[図8]スペースデブリの周回時の姿勢等を説明するための説明図である。

[図9]本発明の実施形態に係るデブリ除去装置の制動部によって制動力を発生させる領域を説明するための説明図である。

[図10]本発明の他の実施形態に係るデブリ除去装置の（接着部側から見た）斜視図である。

[図11]本発明の他の実施形態に係るデブリ除去装置の（制動部側から見た）斜視図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、各図を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

[0028] まず、本実施形態に係るデブリ除去システム1の構成について説明する。

デブリ除去システム1は、地球Eを中心とした所定の周回軌道O上を周回するスペースデブリD（図7）を除去するものであって、図1に示すように、母機2と、母機2に搭載され宇宙空間において母機2から放出されるデブリ除去装置（子機）3と、母機2やデブリ除去装置3を誘導制御するための地上システム4と、を備えている。

[0029] 母機2は、デブリ除去装置3を搭載した状態でロケット等の宇宙航行体に取り付けられ宇宙空間に打ち上げられるように構成されている。地上システム4は、地上に設置した基地局に設けられており、所定の通信手段を介して

母機 2 及びデブリ除去装置 3 からのセンサ信号を受信したり、母機 2 及びデブリ除去装置 3 に対して各種指令信号を送信したりすることができるものである。地上システム 4 は、母機 2 から分離したデブリ除去装置 3 をスペースデブリ D へと誘導してスペースデブリ D に接着させる誘導部 5 を有している。なお、誘導部 5 を母機 2 に搭載することもできる。

- [0030] デブリ除去装置 3 は、図 2～図 6 に示すように、本体部 10 と、本体部 10 にスペースデブリ D を接着させるための接着部 20 と、特定方向の制動力を発生させる制動部 30 と、制動力の発生時期を制御する時期制御部 40 と、制動力の方向を制御する方向制御部 50 と、誘導部 5 からの誘導信号を受信する受信部 60 と、を有している。
- [0031] 本体部 10 は、図 2～図 4 に示すように円筒状に形成されており、その一方の端面部 10 a に軸部 11 を介して接着部 20 が取り付けられている。本体部 10 b の他方の端面部 10 b には、制動部 30 が設けられている。本体部 10 の内部には、コンピュータ等から構成された時期制御部 40 及び方向制御部 50 が搭載されている。本体部 10 の大きさは、本体部 10 が搭載される宇宙航行体や母機 2 の大きさに応じて適宜設定される。なお、本体部 10 の形状は円筒状に限られるものではなく、立方体状、直方体状、多角筒体状、等種々の形状を採用することができる。
- [0032] 接着部 20 は、図 2～図 5 に示すように、本体部 10 の一方の端面部 10 a に軸部 11 を介して取り付けられた円板部 21 と、円板部 21 の表面に設けられた接着層 22 と、を有している。本実施形態においては、シリコーン粘着剤と衝撃緩衝材とから構成される接着層 22 を採用している。シリコーン粘着剤は熱絶縁性を有するため、スペースデブリ D から伝達される熱を遮断することが可能となる。なお、接着層 22 を構成する粘着剤はシリコーン粘着剤に限られるものではなく、他の粘着剤を採用してもよい。また、粘着剤に代えて接着剤を採用することもできる。さらに、粘着剤や接着剤とともに（又は粘着剤や接着剤に代えて）機械的な捕獲機構を設けてもよい。円板部 21 は、金属材料等で構成することができる。衝撃緩衝材としては、例え

ば発泡材を採用することができる。

- [0033] 制動部30は、接着部20を介して本体部10に接着させたスペースデブリDとともに本体部10が周回軌道O上を周回する間に、スペースデブリDに対して作用させるための特定方向D_Pの制動力Pを発生させるものである。本実施形態においては、図3及び図6に示すように、本体部10の他方の端面部10bに分散配置された複数（21個）のスラスタ31を有する制動部30を採用している。スラスタ31は、固体燃料で個々に燃焼するように構成されている。スラスタ31の位置や個数は、本実施形態に限定されるものではなく、本体部10の重量や形状に応じて適宜設定することができる。
- [0034] 本実施形態における制動部30は、地球Eを中心とした周回軌道O上を周回方向D_Rで周回するスペースデブリDに対して、図7に示すような方向D_Pの制動力Pを作成させるものである。この制動力Pの方向D_Pは、スペースデブリDへのデブリ除去装置3（本体部10）の接着位置に依存する。本実施形態においては、図7に示すように、スペースデブリDの自転軸A_Dの延長線上にデブリ除去装置3（本体部10）を接着させ、制動部30で発生する制動力Pの方向D_PがスペースデブリDの自転軸A_Dの延在方向と一致するようしている。このようにすることにより、周回中のスペースデブリDが自転しても、スペースデブリDに対して常に一定方向の制動力Pを作成させることができる。
- [0035] 時期制御部40は、図7に示すように、スペースデブリDとともにデブリ除去装置3が周回軌道O上を周回する間に、制動力Pの方向D_Pが、(i)周回軌道Oを含む軌道面（周回軌道面）と略平行となり、(ii)周回軌道Oの接線Nと略平行となり、かつ、(iii)スペースデブリDの周回方向D_Rと略逆方向となる、ような周回軌道O上の特定領域Rにデブリ除去装置3が位置したときに制動力Pを発生させるように、制動部30による制動力Pの発生時期を制御する。
- [0036] ここで、時期制御部40が制動力Pの発生時期を上記のように設定する理由について、図8及び図9を用いて説明する。

- [0037] 地球Eを中心とした所定の周回軌道O上を周回する姿勢制御機能を持たないスペースデブリDは、図8（A）に示すように特定の面S_Dを常に中心に向けて周回するわけではなく、複数の外乱が働いてその姿勢が変化することが知られている。すなわち、スペースデブリDは、（1）スペースデブリDが真円でない限り発生する重力傾斜、（2）太陽放射、（3）空気抵抗、（4）地磁気、（5）その他、のうち何れか一つ以上の要因によって、その姿勢の変化様や回転様が決まることが知られている。
- [0038] このようにスペースデブリDは様々な要因で姿勢を変化させながら地球Eの周りを周回するため、デブリ除去装置3が例えば図8（B）に示すような位置及び姿勢でスペースデブリDに接着した場合には、制動部30で発生させた制動力Pの方向D_Pが周回軌道Oの接線Nと平行になる領域が二つ存在することとなる（領域R及び領域R'）。これら二つの領域R、R'のうち、制動力Pの方向D_PがスペースデブリDの周回方向D_Rと逆方向となる領域（特定領域）Rで制動力Pを発生させると、最も効率良くスペースデブリDの周回速度（エネルギー）を低減させることができることを本発明者は見出した。なお、制動力Pの方向D_Pは、スペースデブリDの周回軌道Oを含む軌道面内にある（少なくとも制動力Pの方向D_Pが当該軌道面と平行である）ものとする。
- [0039] このような特定領域Rで制動力Pを発生させることにより、スペースデブリDの周回速度は低減し、その結果、スペースデブリDの周回軌道は、図9に示すような当初の軌道O₁から、地球Eに近い軌道O₂に遷移することとなる。遷移後の軌道O₂においても同様に特定領域Rで制動力Pを発生させることにより、スペースデブリDの周回速度を低減させ、周回軌道をさらに地球Eに近い軌道O₃に遷移させることができる。これを繰り返すことにより、最終的にスペースデブリDを大気圏に突入させて燃焼除去することが可能となる。
- [0040] 本実施形態においては、制動力Pの方向D_Pが、スペースデブリDとデブリ除去装置3とを合わせた剛体の重心（剛体重心）を貫く方向でない場合がある。

ることを考慮して、制動力 P の方向を変更する方向制御部 50 を本体部 10 に搭載している。方向制御部 50 は、制動力 P の方向 D_P が剛体重心を貫かない場合に、制動部 30 のうち特定のスラスタ 31 を作動させて制動力 P の方向を変更し、制動力 P の方向 D_P が剛体重心を貫くようにするものである。なお、デブリ除去装置 3 をスペースデブリ D に接着させた後に制動力 P を試しに一度発生させて、制動力 P の方向が剛体重心を貫いているか否かを確認することもできる。

- [0041] 次に、本実施形態に係るデブリ除去システム 1 を用いてスペースデブリ D を除去する方法について説明する。
- [0042] まず、宇宙航行体に母機 2 及びデブリ除去装置 3 を搭載して打ち上げ、地球 E を中心とした周回軌道 O 上を周回するスペースデブリ D に母機 2 を接近移動させる（母機誘導工程：S 1）。母機誘導工程 S 1においては、例えば GPS 航法を用いて、スペースデブリ D の比較的近く（例えばスペースデブリ D から数 km の位置）まで母機 2 を移動させ、スタートラッカ等を用いてスペースデブリ D から数十 m から百 m の位置まで母機 2 を接近させ、さらに光学カメラ等により数 m の位置まで母機 2 を接近させる、等の方法を採用することができる。
- [0043] 次いで、母機 2 からデブリ除去装置 3 を放出し、デブリ除去装置 3 をスペースデブリ D へと誘導してスペースデブリ D に接着させる（装置接着工程：S 2）。装置接着工程 S 2において、デブリ除去装置 3 は、地上システム 4 の誘導部 5 から送信された誘導信号を受信部 60 で受信し、その受信した誘導信号に基づいてスペースデブリ D へと接近移動し、スペースデブリ D の特定位置（スペースデブリ D の自転軸 A_D の延長線上）に接着して、制動部 30 で発生する制動力 P の方向 D_P がスペースデブリ D の自転軸 A_D の延在方向と一致するようにする。
- [0044] 続いて、デブリ除去装置 3 に搭載された時期制御部 40 は、周回しているデブリ除去装置 3 及びスペースデブリ D の位置をモニタリングし、デブリ除去装置 3 が特定領域 R に位置したときに制動力 P を発生させる（制動工程：

S 3)。必要に応じて制動工程S 3を繰り返すことにより、スペースデブリDの周回速度を効率良く低減させ、最終的にスペースデブリDを大気圏に突入させて焼却除去することができる。

[0045] 以上説明した実施形態に係るデブリ除去装置3においては、接着部20を介して本体部10にスペースデブリDを接着させることができる。そして、スペースデブリDとともに本体部10が地球Eを中心とした所定の周回軌道O上を周回する間に、周回軌道O上の「特定領域R」(制動力Pの方向D_Pが、(i)周回軌道Oを含む軌道面(周回軌道面)と略平行となり、(ii)周回軌道Oの接線Nと略平行となり、かつ、(iii)スペースデブリDの周回方向D_Rと略逆方向となる、ような領域)に本体部10が位置したときに制動力Pを発生させて、この制動力PをスペースデブリDに作用させることができる。このように、制動力Pの方向D_Pが、所定の周回軌道面及び周回軌道Oの接線Nに平行でかつスペースデブリDの周回方向D_Rと逆方向となったときに制動力Pを発生させることにより、スペースデブリDの周回速度を効率良く低減させ、スペースデブリDを大気圏に突入させて焼却除去することが可能となる。

[0046] また、以上説明した実施形態に係るデブリ除去装置3においては、制動力Pの方向D_Pが、スペースデブリDとデブリ除去装置3とを合わせた剛体の重心(剛体重心)を貫いていない場合においても、方向制御部50で制動力Pの方向D_Pを制御することにより、制動力Pの方向D_Pが剛体重心を貫くようになることができる。制動力Pの方向D_Pが剛体重心を貫いていない場合には、剛体にモーメントが作用して剛体が更なる回転を始めこととなるが、制動力Pの方向D_Pを制御して制動力Pの方向D_Pが剛体重心を貫くようすることにより、剛体の更なる回転力の発生を防止することができる。

[0047] また、以上説明した実施形態に係るデブリ除去装置3においては、制動部30が、本体部10の端面部10bに分散配置された複数のスラスタ31を有しており、これらスラスタ31は個々に燃焼するものであるため、制動力Pを複数回発生させることができる。また、スラスタ31は、毒性の少ない

固体燃料を採用していることから、ロケット等の各種宇宙航行体に搭載することが可能となる。

- [0048] また、以上説明した実施形態に係るデブリ除去装置3においては、接着部20が、本体部10に取り付けられた円板部21の表面に設けられた接着層22を有しており、接着層22はシリコーン粘着剤と衝撃緩衝材とから構成されているので、スペースデブリDに対して良好に接着することが可能となる。
- [0049] また、以上説明した実施形態に係るデブリ除去装置3においては、時期制御部40が本体部10に搭載されているため、地上に時期制御用の施設を別途設置する必要がないので、設備費を節減することができる。
- [0050] また、以上説明した実施形態に係るデブリ除去システム1においては、本体部10等を搭載したデブリ除去装置3と、デブリ除去装置3を搭載可能であってデブリ除去装置3を宇宙空間に放出するように構成される母機2と、を備えているため、母機2をスペースデブリDの比較的近く（例えばスペースデブリDから数kmの位置）まで接近移動させ、その後、母機2からデブリ除去装置3を放出してスペースデブリDに接着させることができる。
- [0051] また、以上説明した実施形態に係るデブリ除去システム1においては、地上に設置した誘導部5で遠隔的にデブリ除去装置3を誘導することができる所以、デブリ除去装置3に誘導部を搭載する必要がない。従って、デブリ除去装置3の小型化や軽量化が可能となる。
- [0052] なお、以上の実施形態においては、デブリ除去装置3の本体部10に時期制御部40及び方向制御部50を搭載した例を示したが、制動力Pの発生時期を制御するための制御信号や本体部10の姿勢を変更するための制御信号を地上や母機2で生成し、これら制御信号をデブリ除去装置3に送信して制動部30を制御することもできる。
- [0053] 例えば、デブリ除去装置3が特定領域Rに位置するときに制動力Pを発生させるように制動部30を制御するための制御信号や、制動力Pの方向D_Pが剛体重心を貫くように制動力Pの方向D_Pを制御するための制御信号を生成し

てデブリ除去装置3に送信する信号生成送信部を地上や母機2に設置することができる。かかる場合には、信号生成送信部から送信された制御信号を受信して制動部30を制御する信号受信制御部をデブリ除去装置3（本体部10）に搭載するようとする。

[0054] かかる構成を採用すると、地上や母機2の信号生成送信部から送信される制御信号を、本体部10の信号受信制御部で受信して制動部30を制御することができる。従って、大型の演算回路等をデブリ除去装置3に搭載する必要がないため、デブリ除去装置3の小型化や軽量化が可能となる。

[0055] また、以上の実施形態においては、デブリ除去装置3の本体部10がスペースデブリDに接着するまで、母機2から放出されたデブリ除去装置3を誘導部5でスペースデブリDへと誘導した例を示したが、母機2から放出されたデブリ除去装置3がスペースデブリDへと自律的に移動するための機構をデブリ除去装置3に搭載することもできる。また、誘導部5や自律移動機構を用いることなく、母機2からデブリ除去装置3を単に放出してスペースデブリDに接着させてもよい。

[0056] また、以上の実施形態のデブリ除去装置3においては、円板部21を有する接着部22を採用した例を示したが、接着部の形状や構成はこれに限られるものではない。例えば、図10及び図11に示すように、所定面積を有する中央部分23と、中央部分23から放射状に所定幅で所定長延在する複数本（例えば五本）の脚部分24と、からなるヒトデ形の部材25を円板部21に代えて採用し、粘着剤や衝撃緩衝材からなる接着層22をこの部材25の表面に設けることもできる。ヒトデ形の部材25は、金属材料等で構成することができ、ワイヤー等でヒトデ形の部材25を自在に変形させることができる。

[0057] 本発明は、以上の実施形態に限定されるものではなく、この実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。すなわち、前記実施形態が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズ等は、例示したものに限定されるわけではな

く適宜変更することができる。また、前記実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

符号の説明

[0058] 1 …デブリ除去システム

2 …母機

3 …デブリ除去装置

5 …誘導部

10 …本体部

10b …端面部

20 …接着部

21 …円板部

22 …接着層

30 …制動部

31 …スラスタ

40 …時期制御部

50 …方向制御部

60 …受信部

D …スペースデブリ

D_P …制動力の方向

D_R …スペースデブリの周回方向

E …地球

N …周回軌道の接線

O …周回軌道

P …制動力

R …特定領域

請求の範囲

- [請求項1] 地球を中心とした所定の周回軌道上を周回するスペースデブリを除去するデブリ除去装置であって、
本体部と、
前記本体部に前記スペースデブリを接着させるための接着部と、
前記接着部を介して前記本体部に接着させた前記スペースデブリとともに前記本体部が前記周回軌道上を周回する間に、前記スペースデブリに対して作用させるための特定方向の制動力を発生させる制動部と、
前記制動力の発生時期を制御する時期制御部と、を備え、
前記時期制御部は、前記スペースデブリとともに前記本体部が前記周回軌道上を周回する間に、前記制動力の方向が、(i)前記周回軌道を含む軌道面と略平行となり、(ii)前記周回軌道の接線と略平行となり、かつ、(iii)前記スペースデブリの周回方向と略逆方向となる、
ような前記周回軌道上の特定領域に前記本体部が位置したときに前記制動力を発生させる、デブリ除去装置。
- [請求項2] 前記制動力の方向が、前記スペースデブリと前記デブリ除去装置とを合わせた剛体の重心を貫く方向でない場合に、前記制動力の方向が前記重心を貫く方向になるまで前記制動力の方向を変更する方向制御部を備える、請求項1に記載のデブリ除去装置。
- [請求項3] 前記本体部は、少なくとも一つの面部を有し、
前記制動部は、前記本体部の前記面部に分散配置された複数のスラスタを有し、
前記複数のスラスタは、固体燃料で個々に燃焼するものである、請求項1又は2に記載のデブリ除去装置。
- [請求項4] 前記接着部は、前記本体部に取り付けられた円板部と、前記円板部の表面に設けられた接着層と、を有し、
前記接着層は、粘着剤又は接着剤と、衝撃緩衝材と、から構成され

る、請求項 1 から 3 の何れか一項に記載のデブリ除去装置。

[請求項5] 前記時期制御部は、前記本体部に搭載される、請求項 1 から 4 の何れか一項に記載のデブリ除去装置。

[請求項6] 前記時期制御部は、前記本体部が前記特定領域に位置するときに前記制動力を発生させるように前記制動部を制御するための制御信号を生成して送信する信号生成送信部と、前記信号生成送信部から送信された制御信号を受信して前記制動部を制御する信号受信制御部と、を有し、前記信号生成送信部は地上に設置され、前記信号受信制御部は前記本体部に搭載される、請求項 1 から 4 の何れか一項に記載のデブリ除去装置。

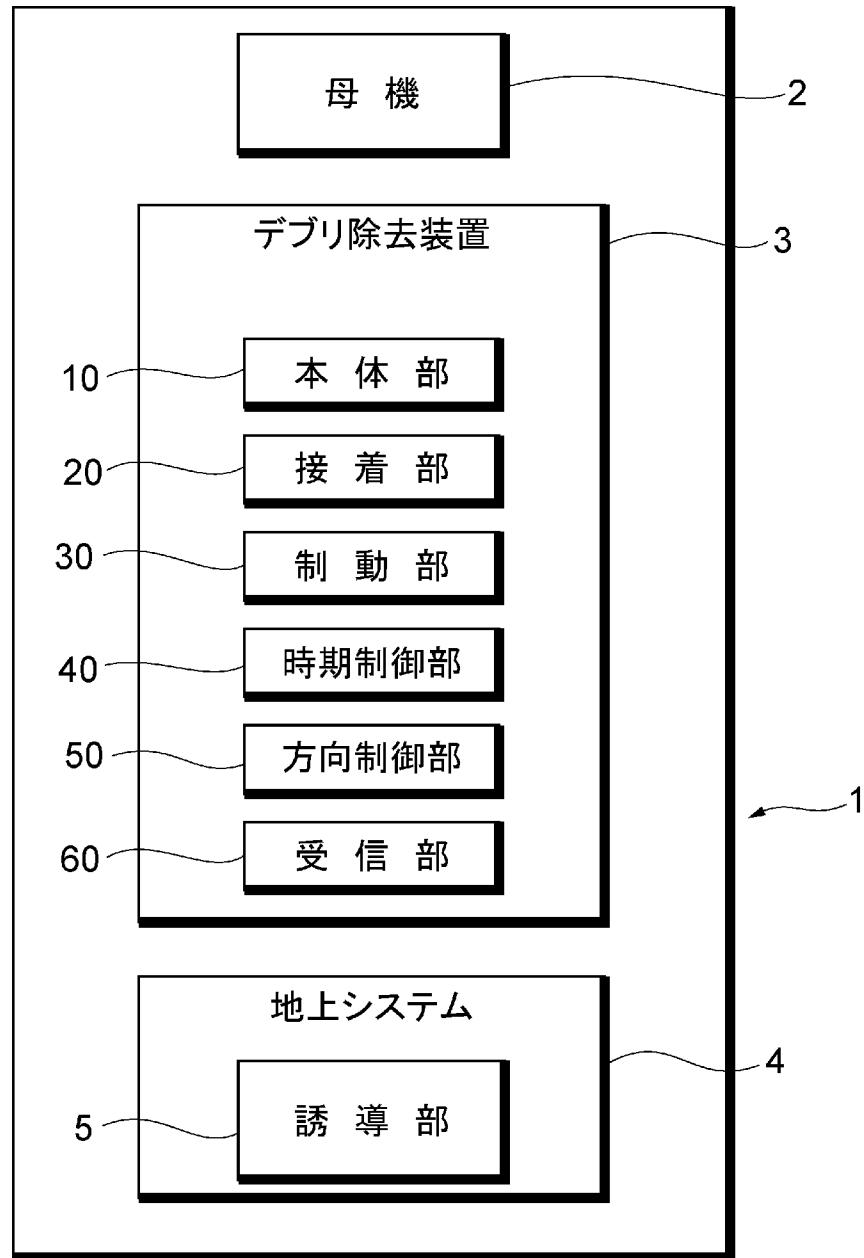
[請求項7] 請求項 1 から 6 の何れか一項に記載のデブリ除去装置と、前記デブリ除去装置を搭載可能であって前記デブリ除去装置を宇宙空間に放出するように構成される母機と、を備える、デブリ除去システム。

[請求項8] 前記デブリ除去装置の前記本体部が前記スペースデブリに接着するまで、前記母機から放出された前記デブリ除去装置を前記スペースデブリへと誘導する誘導部を備える、請求項 7 に記載のデブリ除去システム。

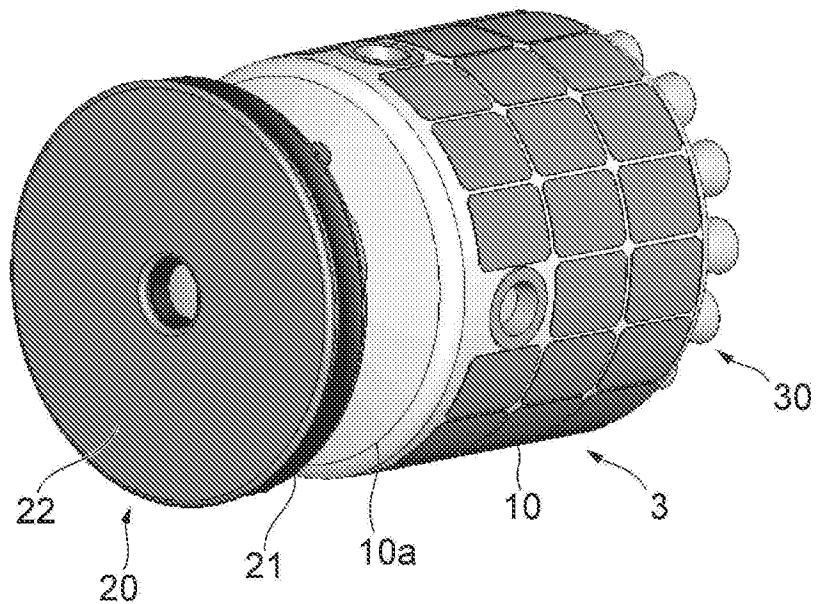
[請求項9] 前記誘導部は、前記母機又は地上に設置され、前記デブリ除去装置は、前記誘導部からの誘導信号を受信する受信部を有する、請求項 8 に記載のデブリ除去システム。

[請求項10] 前記デブリ除去装置は、前記母機から放出された後に前記スペースデブリへと自律的に移動するように構成される、請求項 7 に記載のデブリ除去システム。

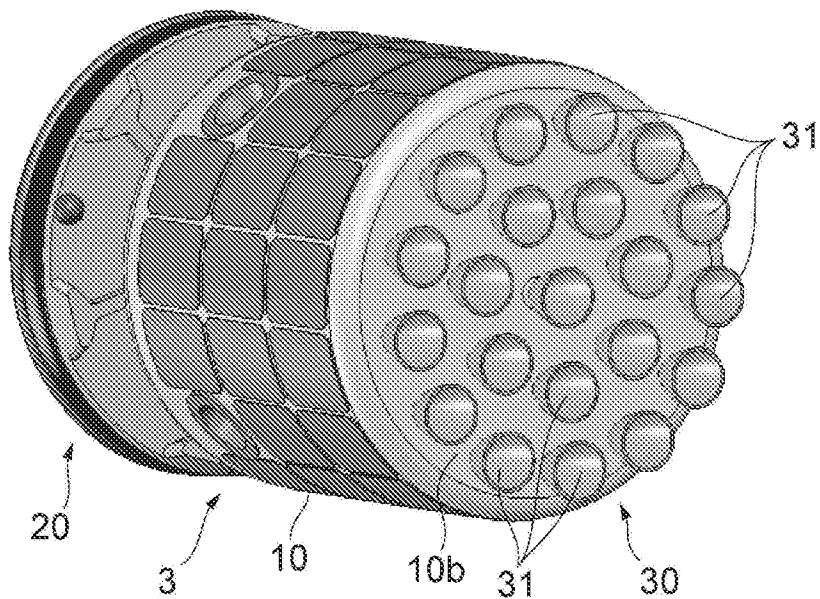
[図1]



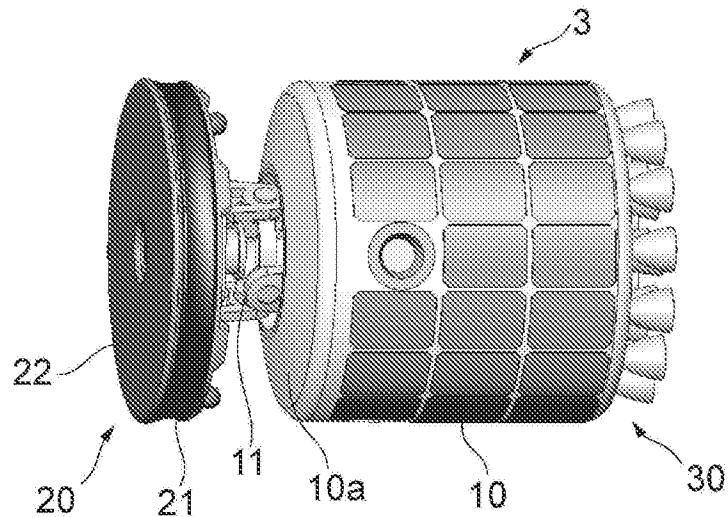
[図2]



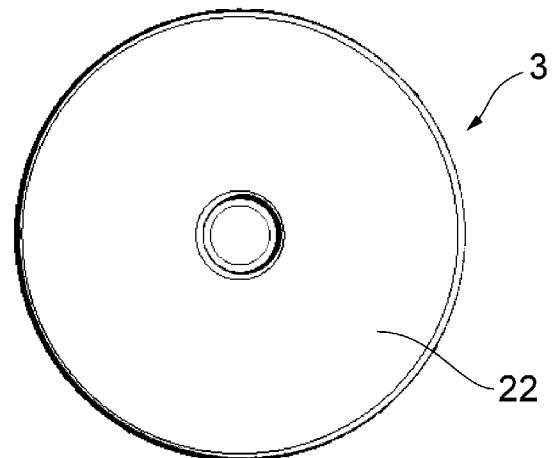
[図3]



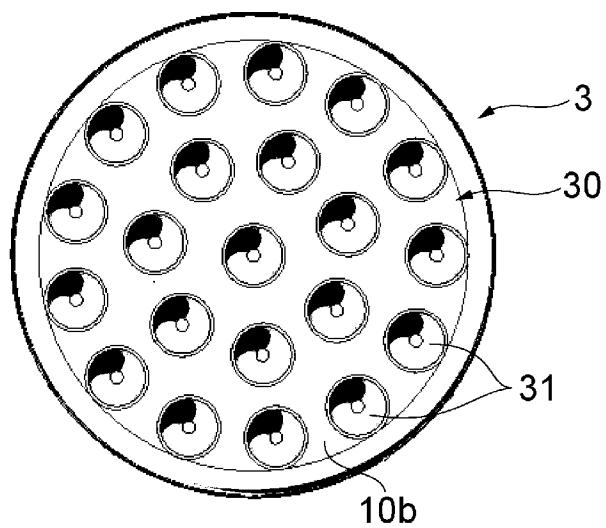
[図4]



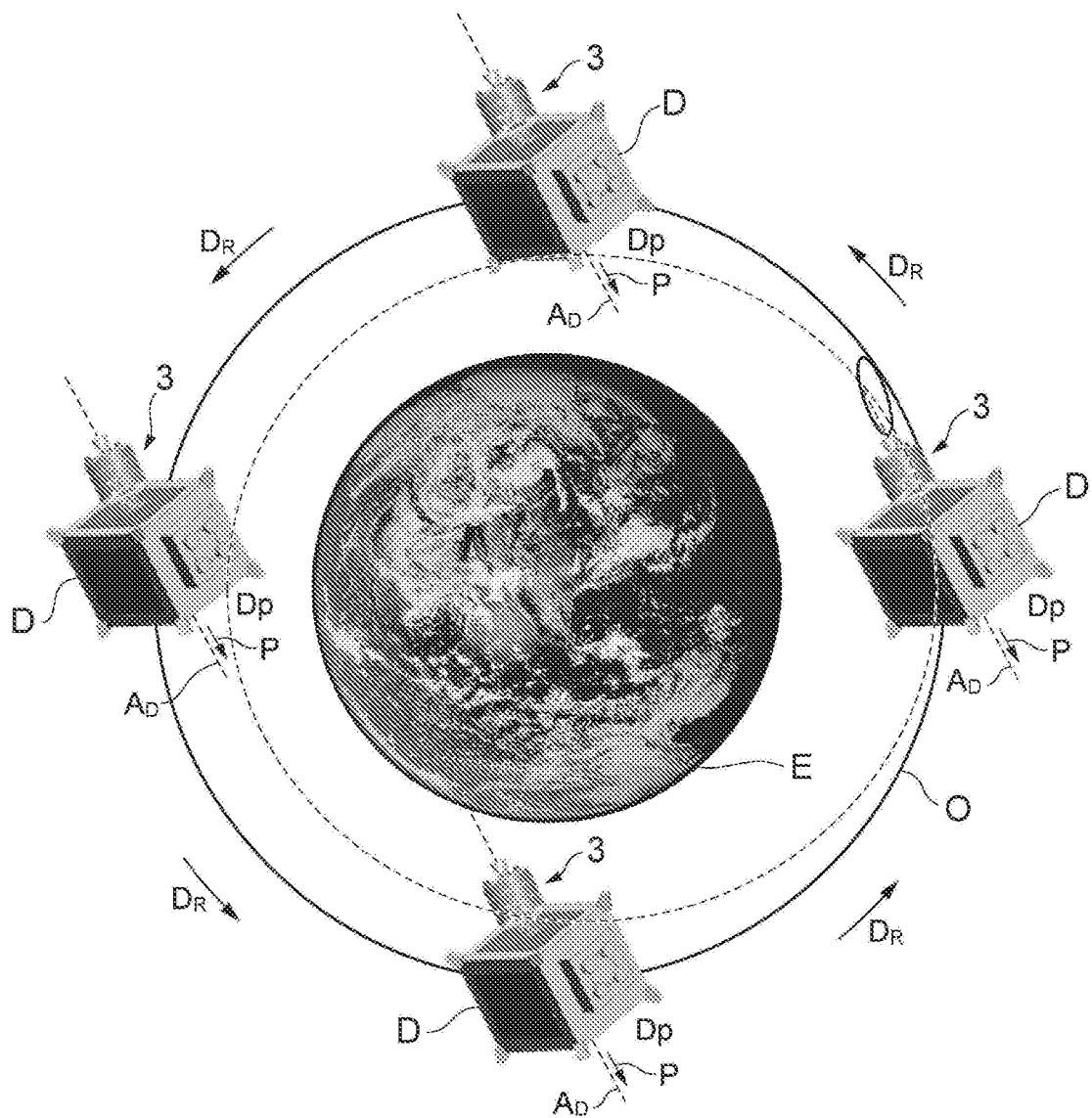
[図5]



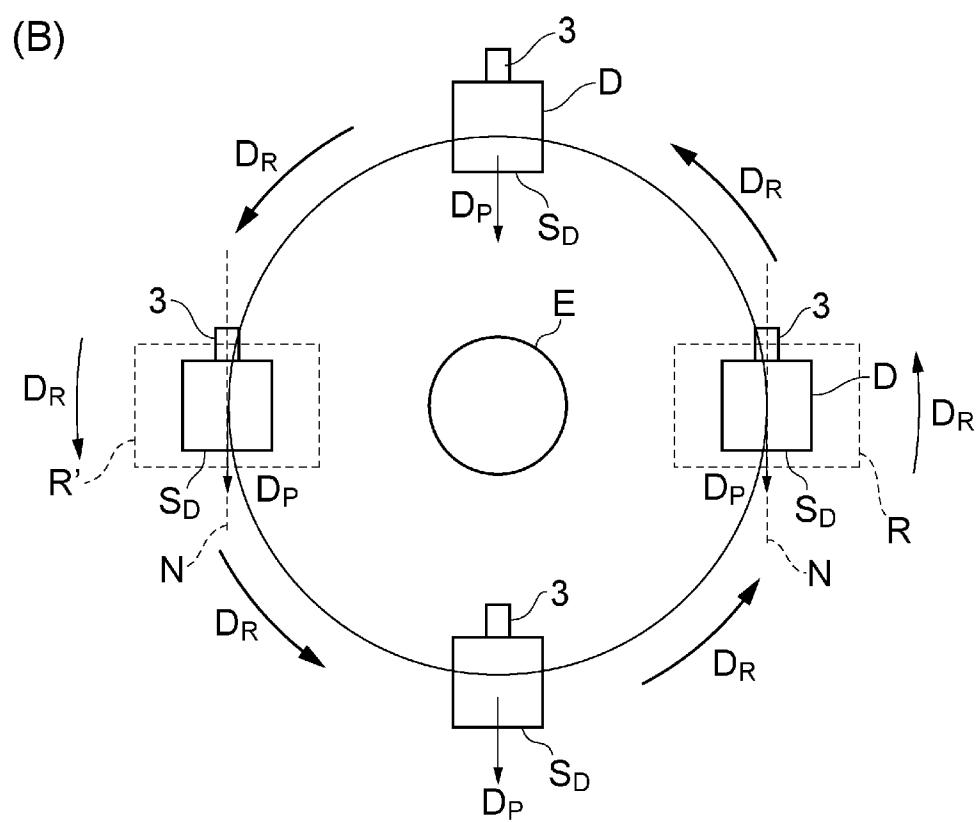
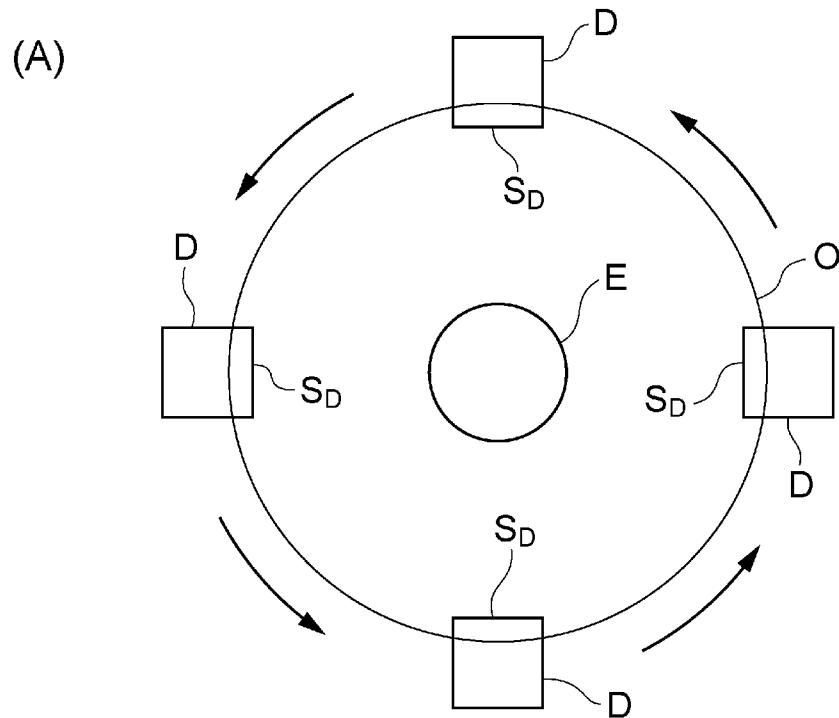
[図6]



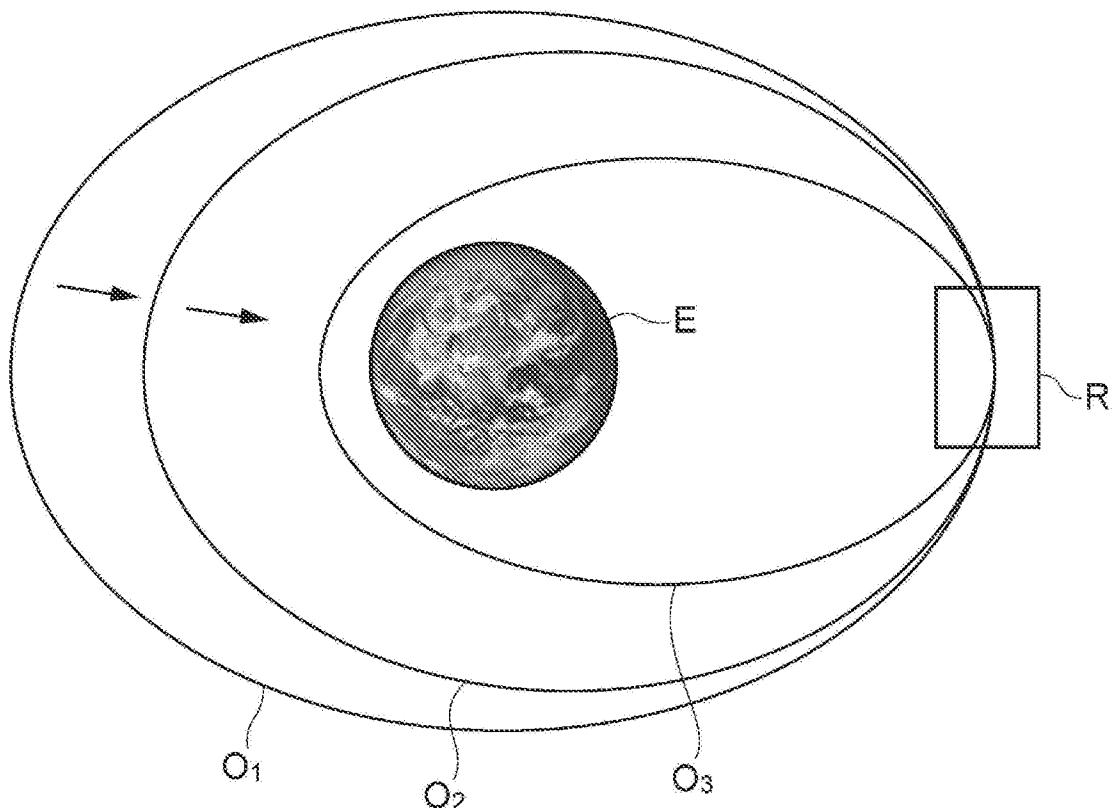
[図7]



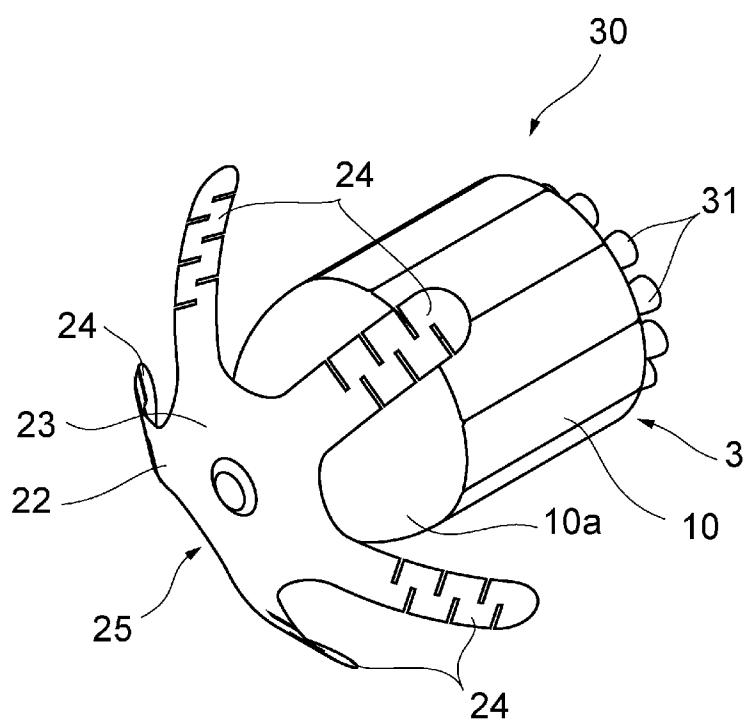
[図8]



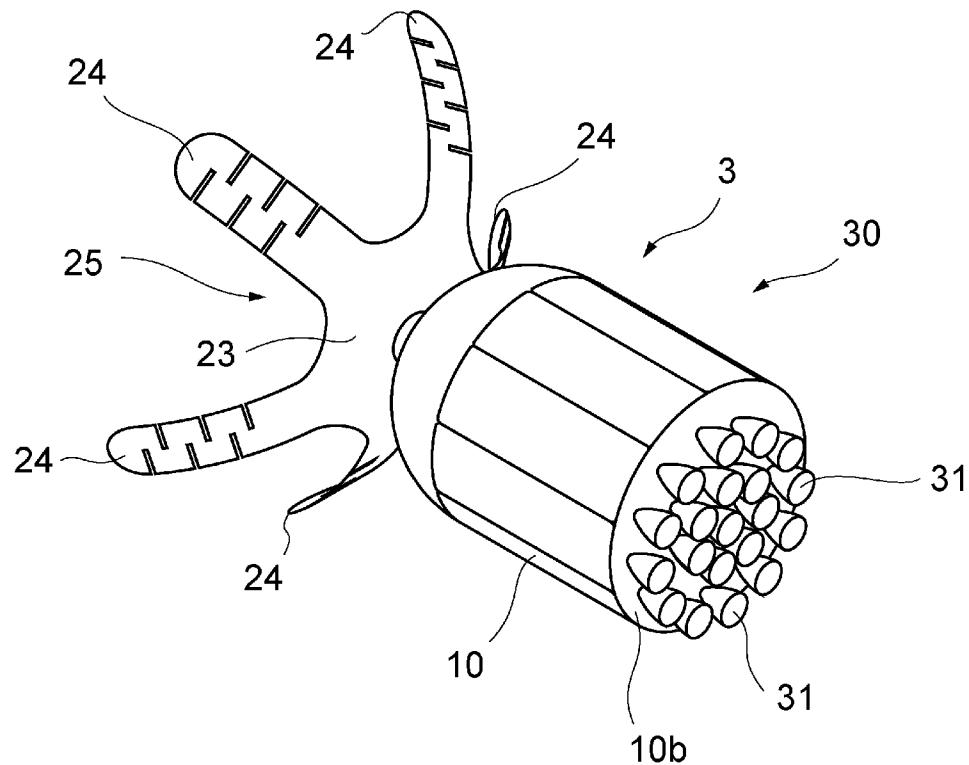
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/060484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64G1/56(2006.01)i, B64G1/24(2006.01)i, B64G1/26(2006.01)i, B64G1/64 (2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B64G1/56, B64G1/24, B64G1/26, B64G1/64

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2015</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2015</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2015</i>

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 8-505828 A (Scott David R), 25 June 1996 (25.06.1996), page 3, lines 13 to 26; page 4, lines 6 to 10; page 8, line 14 to page 13, line 25; fig. 1 to 9 & US 5511748 A & US 5803407 A & US 5806802 A & WO 1995/014611 A1 & WO 1997/031822 A2 & EP 684920 A1 & DE 69425730 T2	1-3, 5-10 4
Y	US 5082211 A (Robert O. WERKA), 21 January 1992 (21.01.1992), fig. 1A to 1C (Family: none)	1-3, 5-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
16 June 2015 (16.06.15)

Date of mailing of the international search report
30 June 2015 (30.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer
Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/060484

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-236591 A (Astrium GmbH), 06 December 2012 (06.12.2012), paragraph [0009] & US 2012/0286100 A1 & EP 2522577 A1 & DE 102011100971 A & RU 2012118248 A	1-3, 5-10
A	WO 2013/011073 A1 (D-ORBIT S.R.L.), 24 January 2013 (24.01.2013), entire text; all drawings & US 2014/0158830 A1 & WO 2013/011073 A1 & EP 2734448 A1 & IT MI20111332 A & AU 2012285783 A1 & CA 2841893 A1 & CN 103732496 A & KR 10-2014-0066707 A & IT MI20111332 A1	1-10
A	JP 9-511472 A (Scott David R), 18 November 1997 (18.11.1997), entire text; all drawings & EP 741655 A1 & DE 69532522 T2	1-10

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int.Cl. B64G1/56(2006.01)i, B64G1/24(2006.01)i, B64G1/26(2006.01)i, B64G1/64(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int.Cl. B64G1/56, B64G1/24, B64G1/26, B64G1/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 8-505828 A (スコット ディヴィッド アール) 1996.06.25, 第3ページ第13-26行、第4ページ第6-10行、第8ページ第14行-第13ページ第25行、図1-9 & US 5511748 A & US 5803407 A & US 5806802 A & WO 1995/014611 A1 & WO 1997/031822 A2 & EP 684920 A1 & DE 69425730 T2	1-3, 5-10 4
Y	US 5082211 A (Robert O. WERKA) 1992.01.21, Fig. 1A-1C (ファミリーなし)	1-3, 5-10

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願目前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 16.06.2015	国際調査報告の発送日 30.06.2015
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 黒田 晓子 電話番号 03-3581-1101 内線 3341 3D 4853

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2012-236591 A (アストリウム・ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンクテル・ハフツング) 2012.12.06, 段落[0009] & US 2012/0286100 A1 & EP 2522577 A1 & DE 102011100971 A & RU 2012118248 A	1-3, 5-10
A	WO 2013/011073 A1 (D-ORBIT S.R.L.) 2013.01.24, 全文、全図 & US 2014/0158830 A1 & WO 2013/011073 A1 & EP 2734448 A1 & IT MI20111332 A & AU 2012285783 A1 & CA 2841893 A1 & CN 103732496 A & KR 10-2014-0066707 A & IT MI20111332 A1	1-10
A	JP 9-511472 A (スコット ディヴィッド アール) 1997.11.18, 全文、全図 & EP 741655 A1 & DE 69532522 T2	1-10