

(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
2020年2月13日(13.02.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/031266 A1

(51) 国際特許分類:
B64G 1/64 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/029633

(22) 国際出願日: 2018年8月7日(07.08.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日本製鋼所 (**THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.**) [JP/JP]; 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 藤村 浩 (**FUJIMURA Hiroshi**); 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目1番1号 ゲートシティ大崎ウエストタワー 株式会社日本製鋼所内 Tokyo (JP). 中田 雄一(**NAKADA Yuichi**); 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目

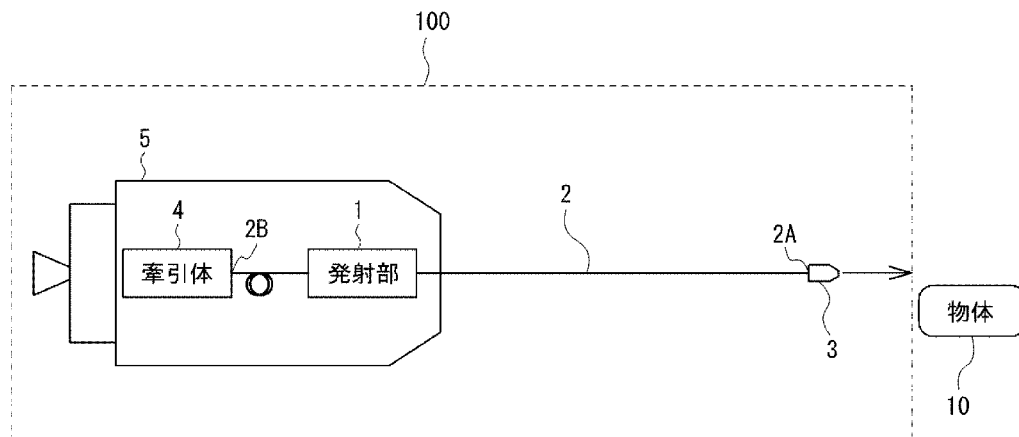
1 1 番 1 号 ゲートシティ大崎ウエストタワー 株式会社日本製鋼所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 家入 健(**IEIRI Takeshi**); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目3番8 アサヒビルディング5階 響国際特許事務所 Kanagawa (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) **Title:** OBJECT ORBIT CHANGING SYSTEM AND OBJECT ORBIT CHANGING METHOD

(54) 発明の名称: 物体の軌道変更システム及び物体の軌道変更方法



1 Launcher
4 Towing body
10 Object

(57) **Abstract:** Provided are an object orbit changing system and object orbit changing method that can change the orbit of an object in space. This object orbit changing system (100) has a projectile (3), a towing body (4), and a main body (5). A launcher (1) is attached to the main body (5) and launches the projectile (3) so as to capture an object (10) that orbits the celestial body. The towing body (4) is connected to the projectile (3) so as to be capable of towing the object captured by the projectile (3).

[続葉有]



WO 2020/031266 A1

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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 宇宙空間の物体の軌道を変更することができる物体の軌道変更システム及び物体の軌道変更方法を提供する。物体の軌道変更システム(100)は、発射体(3)、牽引体(4)及び本体部(5)を有するものである。発射部(1)は、本体部(5)に取り付けられ、天体の周りの軌道を周回する物体(10)を捕獲するために、発射体(3)を発射する。牽引体(4)は、発射体(3)に捕獲された物体を牽引可能に発射体(3)と接続される。

明 細 書

発明の名称：物体の軌道変更システム及び物体の軌道変更方法
技術分野

[0001] 本発明は、物体の軌道変更システム及び物体の軌道変更方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球を周回するスペースデブリの影響が問題となっている。そのため、スペースデブリを除去する様々な手法が提案されている（特許文献1及び2、非特許文献1－3）。

[0003] 例えば、導電性テザーを用いてスペースデブリの軌道を変化させる手法が提案されている（特許文献1）。この手法では、スペースデブリに人工衛星を近接させ、ロボットハンドで導電性テザーをスペースデブリに取り付ける。導電性テザーには周囲磁場の影響によって電磁気的作用（ローレンツ力）が働くので、当該作用によってスペースデブリが引っ張られてスペースデブリが降下する。

[0004] また、人工衛星から鋸を発射して、スペースデブリの空洞部に打ち込んで捕獲する手法が提案されている（特許文献2）。鋸には導電性テザーなどの減速装置が接続されており、これによってスペースデブリの軌道を変更することができる。この手法は、ランデブーやドッキングが困難な、不規則な運動を行っているスペースデブリにも適用することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-2813号公報

特許文献2：特許第5781623号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：「第7回スペースデブリワークショップ講演資料集」、宇宙航空研究開発機構特別資料、宇宙航空研究開発機構、2017年3月27日

非特許文献2：加藤明著、「スペースデブリ」、第1版、地人書館、2015

年 1 1 月、第 7 章、p.151-164

非特許文献3：河本聡美、「スペースデブリ除去研究の状況」、日本航空宇宙工業会会報、第 7 4 1 号、2 0 1 5 年 9 月、p.5-11

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 地球を周回するスペースデブリを除去するためにスペースデブリの軌道を変化させる手法を用いる場合、高い確率で軌道を変更させることができる方法が求められている。

[0008] その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

[0009] 本発明は上記の事情に鑑みて成されたものであり、本発明の目的は、宇宙空間の物体の軌道を変更することができる物体の軌道変更システム及び物体の軌道変更方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 一実施の形態にかかる物体の軌道変更システムは、天体の周りの軌道を周回する物体を捕獲する発射体と、本体部と、前記本体部に取り付けられ、前記物体を捕獲するために前記発射体を発射する発射部と、前記発射体に捕獲された物体を牽引可能に前記発射体と接続される牽引体と、を有するものである。

[0011] 一実施の形態にかかる物体の軌道変更方法は、天体の周りの軌道を周回する物体を捕獲する発射体を、本体部に取り付けられた発射部から発射し、前記発射体に捕獲された物体を、前記を牽引可能に接続された牽引体で牽引するものである。

発明の効果

[0012] 一実施の形態によれば、宇宙空間の物体の軌道を変更することができる物体の軌道変更システム及び物体の軌道変更方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施の形態1にかかる物体の軌道変更システムの基本構成を模式的に示す図である。

[図2]実施の形態1にかかる物体の軌道変更システムの構成を模式的に示す図である。

[図3]実施の形態1にかかる物体の軌道変更システムの運用方法を示す図である。

[図4]実施の形態1にかかる物体の軌道変更システムの軌道変更動作を示すフローチャートである。

[図5]発射体の発射方向と物体との関係を示す図である。

[図6]実施の形態1にかかる物体の軌道変更システムの本体部の移動経路を示す図である。

[図7]ワイヤ及び物体の位置関係と発射体の運動を示す図である。

[図8]牽引体が正の電荷を帯びている場合に作用するローレンツ力を示す図である。

[図9]牽引体が負の電荷を帯びている場合に作用するローレンツ力を示す図である。

[図10]実施の形態2にかかる物体の軌道変更システムの構成を模式的に示す図である。

[図11]発射体の一例である鉈を示す図である。

[図12]発射体の他の一例であるネットを示す図である。

[図13]実施の形態2にかかる物体の軌道変更システムの軌道変更動作を示すフローチャートである。

[図14]鉈が物体を捕獲する例を示す図である。

[図15]実施の形態3にかかる物体の軌道変更システムの構成を模式的に示す図である。

[図16]実施の形態3にかかる物体の軌道変更システムの軌道変更動作を示すフローチャートである。

[図17]実施の形態3におけるパラシュートの展開を示す図である。

[図18]実施の形態4にかかる物体の軌道変更システムの構成を模式的に示す図である。

[図19]実施の形態4にかかる物体の軌道変更システムの軌道変更動作を示すフローチャートである。

[図20]実施の形態4にかかるパラシュートの展開を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 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。各図面においては、同一要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略される。

[0015] 以下の実施の形態では、宇宙空間において中心力が作用することで所定の軌道上を周回する物体の軌道を変更するシステムについて説明する。

[0016] 一般に、例えば軌道上を周回するスペースデブリを除去するには、人工衛星がスペースデブリの近傍に接近するとともに、スペースデブリと衝突しないようにスペースデブリとランデブー又はドッキングする必要がある。この場合、人工衛星の速度や姿勢の制御動作に時間を要するだけでなく、不規則な運動をしているスペースデブリに対応することが原理的に困難である。

[0017] スペースデブリから離隔した位置から鋸を発射し、スペースデブリの空洞部に鋸を打ち込んでスペースデブリを捕獲することも考え得る。しかし、スペースデブリが不規則な運動をしている場合、選択的に空洞部に鋸を打ち込むことはそもそも困難である。予期しない位置に鋸が打ち込まれた場合、スペースデブリが破損し、スペースデブリを増加させてしまうおそれもある。

[0018] 以下の実施の形態で説明する物体の軌道変更システムは、上記の問題を解決するものとして構成される。以下の実施の形態にかかる物体の軌道変更システムは、発射体を発射して物体を捕獲し、牽引体がワイヤを介して物体を牽引することで、物体の軌道を変化させるシステムとして構成される。ここでは、例として、天体（例えば地球）の重力を受けて、天体の周りの所定の軌道上を周回しているスペースデブリなどの物体の軌道を変更する軌道変更システムについて説明する。

[0019] 実施の形態 1

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 に、実施の形態 1 にかかる物体の軌道変更システム 100 の基本構成を模式的に示す。物体の軌道変更システム 100 は、少なくとも発射部 1、ワイヤ 2、発射体 3、牽引体 4 及び本体部 5 で構成される。

[0020] 発射部 1 は、発射体 3 を本体部 5 の外部の宇宙空間に発射可能に構成される。発射部 1 は、例えば、電磁加速によって発射体 3 を発射するレールガンなどの電磁加速装置、バネ力によって発射体 3 を押し出す装置、火薬の爆発力によって発射体 3 を発射する装置などの、各種の発射装置として構成してもよい。宇宙空間において発射体 3 を発射することを考慮すると、可動部品を少なくでき、かつ、発射後の廃棄物が少ない電磁加速装置を用いることが好ましい。

[0021] 牽引体 4 は、正又は負の電荷を帯びるように構成される。電荷は、物体の軌道変更システム 100 によって予め牽引体 4 に与えられてもよいし、牽引体 4 が自律的に電荷を発生させてもよい。牽引体 4 は、例えば金属の筐体の内部に必要な機器が納めされたものとして構成することができる。牽引体 4 が宇宙空間のプラズマ中のイオンや電子と衝突することで電荷が生じる。人工衛星などが太陽光を浴びると筐体表面の電子が光電子として宇宙空間に放出されやすいため、この場合の牽引体 4 は正に帯電する。一方、太陽光を浴びない日陰にある場合には、牽引体 4 は負に帯電する。一般的に人工衛星などでは帯電を防止する措置がとられるが、本構成では宇宙空間における物体が帯電しやすい上記性質を利用して、イオンエミッタや電流エミッタで帯電の極性を制御することで、牽引体 4 を帯電させることができる。

[0022] ワイヤ 2 の一方の端部 2 A は発射体 3 に接続されており、他方の端部 2 B は牽引体 4 に接続されている。なお、発射体 3 及び牽引体 4 は、端部以外の位置でワイヤ 2 と接続されていてもよい。発射体 3 が発射部 1 から発射されて本体部 5 から離れるにしたがって、ワイヤ 2 が本体部 5 の外部へ送り出される。

- [0023] ワイヤ2は、軽量かつ強靱な素材で構成することが望ましい。例えば、ワイヤ2は、炭素繊維を編み上げた素材で強化された炭素繊維ケーブルを用いることが望ましい。また、ワイヤ2は、十分な強度を有する樹脂素材や各種の金属で構成されてもよい。
- [0024] 物体の軌道変更システム100の構成についてより詳細に説明する。図2に、実施の形態1にかかる物体の軌道変更システム100の構成を模式的に示す。物体の軌道変更システム100は、宇宙空間を自力にて移動可能な人工衛星として構成される。図2の物体の軌道変更システム100は、発射部1、ワイヤ2、発射体3、牽引体4及び本体部5の他に、ワイヤ送り出し部6及び推進部7を有する。
- [0025] 発射部1、ワイヤ送り出し部6及び推進部7は、本体部5に固定されており、一体となって人工衛星を構成する。ワイヤ2及び発射体3は、発射部1、本体部5、ワイヤ送り出し部6及び推進部7が構成する人工衛星に収納され、後述するように、必要に応じて人工衛星の外部の宇宙空間に放出される。牽引体4は、必要に応じて、本体部5から切り離し可能に取り付けられている。
- [0026] 物体の軌道変更システム100は、例えば宇宙ステーションなどの母船に収容可能に構成され、必要に応じて宇宙空間に放出される。物体の軌道変更システム100は、スラスタなどの推進部7により、宇宙空間を自力で移動することが可能である。
- [0027] ワイヤ送り出し部6は、所定の長さのワイヤ2が収納されている。発射体3が発射部1から発射されて本体部5から離れるにしたがって、ワイヤ2がワイヤ送り出し部6から本体部5の外部へ送り出される。
- [0028] ワイヤ送り出し部6は、送り出したワイヤ2の長さを測定可能であり、例えばワイヤ2を所定の長さだけ送り出したことを検知した場合、必要に応じてワイヤ2の送り出しを停止することができる。また、ワイヤ送り出し部6は、必要に応じてワイヤ2を切断することも可能である。
- [0029] 次いで、物体の軌道変更システム100による物体の軌道変更動作につい

て説明する。図3に、実施の形態1にかかる物体の軌道変更システム100の運用方法を示す。物体の軌道変更システム100は、宇宙ステーションなどの母船20に收容可能に構成されている。母船20は、例えばレーダなどの探索装置により、スペースデブリなどの地球を周回する物体10を探索可能である。また、物体10は、地上の基地に設置されたレーダなどによって発見することも可能である。地球を周回する物体10を発見したならば、物体の軌道変更システム100は母船20から宇宙空間に放出される。

[0030] 図4は、実施の形態1にかかる物体の軌道変更システム100の軌道変更動作を示すフローチャートである。以下、物体の軌道変更システム100の軌道変更動作の各ステップについて説明する。

[0031] ステップS11：物体位置追跡

物体の軌道変更システム100は、宇宙空間に放出された後、所定の軌道を周回するスペースデブリなどの物体10の位置を継続的に追跡する。物体の軌道変更システム100は、地上や母船などの他の人工衛星などから物体10の位置情報を受け取ることで物体10の位置を追跡してもよいし、物体の軌道変更システム100に設けられたレーダ等の検出装置などを用いて物体10の位置を追跡してもよい。

[0032] ステップS12：物体捕獲

発射部1は、物体10を捕獲するため、発射体3を発射する。ここでは、発射体3が移動することで物体の軌道変更システム100から送り出されたワイヤ2が物体10に巻き付くことで物体10を捕獲する方法（巻き付け法と称する）について説明する。

[0033] ステップS121：物体へ接近

物体の軌道変更システム100は、物体10の位置情報に基づいて、推進部7を駆動して物体10へ接近する。この際、物体の軌道変更システム100は、発射体3と牽引体4とを連結するワイヤ2の長さよりも近い位置まで物体10に接近する。

[0034] ステップS122：発射体を発射

物体 10 への接近終了後、発射部 1 は、発射体 3 が物体 10 に衝突しないように、物体 10 の近傍へ発射体 3 を発射する。図 5 に、発射体 3 の発射方向と物体との関係を示す。

[0035] ステップ S 1 2 3 : 本体部の移動

発射体 3 を発射した後、本体部 5 は、発射体 3 の移動方向 D 1 (第 1 の方向) と平行ではない方向 D 2 (第 2 の方向) に移動する。図 6 に、実施の形態 1 にかかる本体部 5 の移動経路を示す。これにより、本体部 5 は、発射体 3 の移動方向 D 1 から外れた位置に移動することとなる。

[0036] このとき、ワイヤ 2 を効率的に物体 10 に巻き付けるため、本体部 5 は、少なくとも、前記発射体が移動する経路である移動方向 D 1 と直交し、かつ、移動方向 D 1 から物体 10 の重心を通る方向である方向 D 2 に移動することが望ましい。

[0037] ステップ S 1 2 4 : ワイヤ送り出し停止

本体部 5 の移動完了後、ワイヤ送り出し部 6 は、ワイヤ 2 の送り出しを停止する。ワイヤの送り出し停止は、ワイヤ送り出し部 6 に設けた送り出し停止機構によって行ってもよい。ワイヤ 4 が全て送り出されて牽引体 4 によって引っ張られることでも、ワイヤ 2 の送り出しを停止することができる。

[0038] ステップ S 1 2 5 : ワイヤが物体と接触

ワイヤ 2 の送り出し停止後、発射体 3 の移動によってワイヤ 2 には張力が生じる。図 7 に、ワイヤ 2 及び物体 10 の関係と発射体 3 の運動を示す。本体部 5、発射体 3 及び物体 10 の位置関係から、ワイヤ 2 の送り出し停止後に発射体 3 が移動し続けると、ある時点でワイヤ 2 の一部が物体 10 と接触する。なお、ワイヤ 2 の送り出し停止前にワイヤ 2 が物体 10 と接触し得る場合があることは、言うまでもない。また、ワイヤ 2 が物体 10 と接触できる限り、上記のワイヤの送り出し停止は、本体部 5 の移動完了前に行うことも可能である。

[0039] ステップ S 1 2 6 : ワイヤ巻き付き

ワイヤ 2 が物体 10 と接触すると、発射体 3 はワイヤ 2 に引っ張られて、

物体 10 に対して回転運動を開始する。これにより、ワイヤ 2 が物体 10 に巻き付くこととなる。ワイヤ 2 が巻き付くにつれて、ワイヤ 2 と物体 10 との接触部と発射体 3 との間のワイヤ 2 の長さが短くなるので、発射体 3 の回転速度が大きくなってゆく。宇宙空間では、無重力状態ないしは無重力状態に近似しうる程度に低重力状態であるので、ワイヤ 2 の長さを十分にとることで、ワイヤ 2 を物体 10 に複数回巻き付けることができる。

[0040] なお、ワイヤ 2 を効率的に物体 10 に巻き付けるには、本体部 5 は、発射体 3 の重心と物体 10 の重心とが属する平面内で移動することが望ましい。換言すれば、発射体 3 の移動方向 D1（第 1 の方向）と方向 D2（第 2 の方向）とは、発射体 3 の重心と物体 10 の重心とが属する平面と平行であることが望ましい。但し、本体部 5 が厳密にこの平面内で移動することが求められるものではなく、物体 10 にワイヤ 2 を巻き付けることができる程度に、この平面に沿って移動することが望ましい。

[0041] 発射体 3 には、ワイヤ 2 の巻き付きが進んで発射体 3 と物体 10 と接触したときに物体 10 の表面の凹凸などをクランプするフック等のクランプ部材を設けてもよい。また、フックの他に、物体 10 が金属である場合、発射体 3 に磁石を設け、又は、発射体 3 を磁石で構成することで、発射体 3 を物体 10 に吸着させてもよい。これにより、発射 4 が物体 10 に固定され、ワイヤ 2 が解けることを防止できる。

[0042] ステップ S13：切り離し

ワイヤ 2 の巻き付け完了後、本体部 5 は、牽引体 4 を切り離して宇宙空間に放出する。なお、ワイヤ 2 が解けない限りにおいては、ワイヤ 2 の巻き付け完了前でも牽引体 4 を切り離してもよい。

[0043] ステップ S14：回収

牽引体 4 を切り離した後、本体部 5 は、推進部 7 を駆動して宇宙ステーションなどの母船に帰還する。これにより、母船は、本体部 5 を適宜回収することができる。回収後に、必要に応じて消費したワイヤ 2、発射体 3 及び牽引体 4 を補充することで、物体の軌道変更システムとして再度の利用を行う

ことができることは言うまでもない。また、宇宙ステーションなどの母船が、例えばロボットアームなどの回収装置を使用して、本体部 5 を回収してもよい。

[0044] 次いで、本体部 5 から牽引体 4 を切り離した後の物体 10 の挙動について説明する。牽引体 4 は、物体 10 とワイヤ 2 で連結されているので、物体 10 の軌道に沿って移動することとなる。牽引体 4 は正又は負の電荷を帯びているので、牽引体 4 にはローレンツ力が作用する。

[0045] 図 8 に、牽引体 4 が正の電荷を帯びている場合に作用するローレンツ力 F を示す。図 8 では、紙面に垂直かつ紙面手前から奥に向かう方向を地磁気 B の方向としている。図 8 では、物体 10 が発射体 3 に捕獲される前に軌道 ORB を周回する速度を V_0 とした。牽引体 4 は、物体 10 の軌道 ORB に沿って、地磁気 B の方向と交差する方向に移動する。そのため、牽引体 4 には、重力 G と同じ方向、すなわち天体 AST に向く方向（鉛直下向き）にローレンツ力 F が加わる。物体 10 は、ローレンツ力 F により張力が生じたワイヤ 2 に下向きに牽引されるので、物体 10 は方向 DF に移動して高度が下がり、その結果として軌道が変化する。

[0046] 図 9 に、牽引体 4 が負の電荷を帯びている場合に作用するローレンツ力 F を示す。図 9 では、図 8 と同様に、紙面に垂直かつ紙面手前から奥に向かう方向を地磁気 B の方向としている。牽引体 4 は、図 8 の場合と同様に、物体 10 の軌道 ORB に沿って、地磁気 B の方向と交差する方向に移動する。そのため、牽引体 4 には、重力 G と反対の方向、すなわち天体 AST と反対の方向（鉛直上向き）にローレンツ力 F が加わる。物体 10 は、ローレンツ力 F によって張力が生じたワイヤ 2 に上向きに牽引されるので、物体 10 は方向 DF に移動して高度が上がり、その結果として軌道が変化する。

[0047] 物体 10 の運動の状態によっては、ワイヤ 2 が全て物体 10 に巻き付いて、物体 10 と牽引体 4 とが実質的に一体となる状況が考え得る。しかし、この場合でも、帯電した牽引体 4 に働くローレンツ力により、上記した様に物体 10 の軌道を変更できることが理解できる。これに対し、上述の特許文献

及び非特許文献の様に導電性テザーを用いる場合、導電性テザーが物体 10 に巻き取られてしまうと導電性テザーの電流制御ができなくなり、物体の軌道変更が困難となる。しかし、本構成では、導電性テザーを用いる一般的な方法と異なり、物体 10 の運動の影響を受けることなく、物体 10 の軌道を変更することができる。

[0048] 以上説明したように、本構成では、牽引体 4 には物体 10 の軌道及び地磁気の方角と公差する方向にローレンツ力 F が働くので、物体 10 の軌道を、より低い軌道又はより高い軌道に変化させることができる。これにより、所望の軌道の物体を移動ないしは除去することで、当該所望の軌道に投入される人工衛星等がスペースデブリなどの他の物体と衝突することを防止することができる。

[0049] また、本実施の形態においては、物体 10 に接近してドッキング又はランデブーするような一般的な手法と異なり、本体部 5 と物体 10 との距離を十分にとることができる。そのため、本体部 5 と物体 10 との衝突を防止できるとともに、衝突を懸念することなく迅速に本体部 5 を物体 10 へ接近させることができる。その結果、物体の軌道変更を迅速に実行することが可能である。

[0050] 実施の形態 2

実施の形態 2 にかかる物体の軌道変更システム 200 について説明する。実施の形態 1 にかかる物体の軌道変更システム 100 では、発射体 3 は物体 10 に衝突することなく、ワイヤ 2 が物体 10 に巻き付くことで物体 10 を捕獲していた。これに対し、本実施の形態にかかる軌道変更システム 200 は、発射部 1 から発射された発射体が物体 10 に接触して捕獲するもの（直接捕獲法と称する）として構成される。

[0051] 図 10 に、実施の形態 2 にかかる物体の軌道変更システム 200 の構成を模式的に示す。物体の軌道変更システム 200 は、物体の軌道変更システム 100 の発射体 3 を、発射体 8 に置換した構成を有する。発射部 1 は、発射体 8 を物体 10 へ向けて発射し、発射体 8 が物体 10 と直接的に接触するこ

とで物体１０が捕獲される。

[0052] 図１１に、発射体８の一例である鉋８１を示す。鉋８１は、物体１０に貫入するように、先端８１Ａが鋭利な形状となっている。鉋８１が物体１０の外殻１０Ａに貫入した後に抜けることを防止するため、鉋８１は抜け防止機構を有していてもよい。抜け防止機構としては、例えば先端８１Ａ近傍に抜け防止用の返し８１Ｂを設けてもよいし、鉋８１が物体１０の外殻１０Ａに貫入した後に自動的に展開するアンカー８１Ｃを設けてもよい。

[0053] 図１２に、発射体８の他の一例であるネット８２を示す。ネット８２は、発射部１に折りたたまれた状態で装填されており、発射部１から発射された後に展開して、物体１０に向かう。ネット８２が物体１０に到達して物体１０を包み込むことで、物体１０が捕獲される。ネット８２は、慣性力によって自然に物体１０を包み込んでよいし、物体１０と接触したときに自動的に閉じて物体１０を捕獲するように構成されてもよい。また、ネット８２には、物体１０をクランプするためのフック等が設けられてよい。

[0054] ネット８２は、鉋８１と比べて、物体１０の捕獲時に物体１０の一部が分離又は飛散する確率を小さくすることができるので、より好適に物体１０を捕獲することができる。物体１０がスペースデブリである場合、ネット８２を用いることで、物体１０との衝突によって新たなスペースデブリが発生する確率を小さくすることができるので、より効率的にスペースデブリを除去することができる。

[0055] ここでは、ネット８２について説明したが、物体１０を包み込めるならば、シートなどのネット以外の部材を発射体として用いてもよいことは、言うまでもない。

[0056] 本実施の形態では、鉋８１及びネット８２について説明したが、物体１０を捕獲できるならば、適宜他の形状の部材を発射体として用いてもよいことは、言うまでもない。

[0057] 次いで、物体の軌道変更システム２００による物体に軌道変更動作について説明する。図１３は、実施の形態２にかかる物体の軌道変更システム２０

0の軌道変更動作を示すフローチャートである。以下、物体の軌道変更システム200の軌道変更動作の各ステップについて説明する。

[0058] ステップS21：物体位置追跡

ステップS11と同様に、物体の軌道変更システム200は、所定の軌道を周回するスペースデブリなどの物体10の位置を追跡する動作を継続的に行う。

[0059] ステップS22：物体捕獲

発射部1は、発射体8を物体10へ向けて発射し、物体10を捕獲する。ここでは、発射体として銚81を用いる場合について説明する。

[0060] ステップS221：物体へ接近

ステップS121と同様に、物体10の位置情報に基づいて、物体の軌道変更システム200は物体10に接近する。

[0061] ステップS222：発射体を発射

物体への接近終了後、発射部1は、物体10へ向けて銚81を発射する。図14に、銚81が物体10を捕獲する例を示す。このとき、銚81が移動するに伴って、ワイヤ送り出し部6からワイヤ2が送り出される。

[0062] ステップS223：発射体が物体を捕獲

銚81が物体10に到達すると、物体10に貫入して、物体10を捕獲する。

[0063] ステップS23：切り離し

銚81が物体10を捕獲すると、ワイヤ2の送り出しが減速又は停止するので、ワイヤ送り出し部6は銚81が物体10を捕獲したことを検知できる。物体10の捕獲を検知したならば、本体部5は、ワイヤ2に接続された牽引体4を切り離し、宇宙空間に放出する。

[0064] ステップS24：回収

ステップS14と同様に、本体部5は、推進部7を駆動して宇宙ステーションなどの母船に帰還する。

[0065] 以上、本構成によれば、発射体8によって物体10を捕獲し、物体10を

牽引体 4 で牽引することで、実施の形態 1 と同様に、物体 10 の軌道を、より低い軌道又はより高い軌道に変化させることができる。これにより、所望の軌道の物体を移動ないしは除去することで、当該所望の軌道に投入される人工衛星等がスペースデブリなどの他の物体と衝突することを防止することができる。

[0066] また、発射体 8 の発射後に本体部 5 を移動させる必要がないので、物体の軌道変更システム 100 と比べて、より簡単かつ短時間で物体 10 を捕獲することが可能である。

[0067] 実施の形態 3

実施の形態 2 にかかる物体の軌道変更システム 200 では、直接捕獲法で捕獲した物体を、帯電した牽引体 4 に働くローレンツ力によって牽引することで、物体の軌道を変更した。これに対し、本実施の形態にかかる物体の軌道変更システム 300 は、パラシュートを牽引体として用いることで、物体の軌道を変更する。以下、軌道変更システム 300 について説明する。

[0068] 図 15 に、実施の形態 3 にかかる物体の軌道変更システム 300 の構成を模式的に示す。物体の軌道変更システム 300 は、牽引体として、収納部 9 に収納されたパラシュート 4 A を用いる。図 15 に示すように、物体の軌道変更システム 300 は、物体の軌道変更システム 200 のワイヤ送り出し部 6 は除去されている。ワイヤ 2 とパラシュート 4 とは、収納部 9 に収納されており、収納部 9 は発射体 8 とともに発射部 1 から発射される。

[0069] パラシュート 4 A は、軽量かつ強靱な素材で構成することが望ましい。例えば、パラシュート 4 A は、炭素繊維を編み上げた素材で強化された炭素繊維複合材料を用いることが望ましい。また、パラシュート 4 A は、十分な強度を有する樹脂素材、金属箔、樹脂膜と金属膜との積層体などで構成されてもよい。

[0070] 次いで、物体の軌道変更システム 300 による物体の軌道変更動作について説明する。図 16 は、実施の形態 3 にかかる物体の軌道変更システム 300 の軌道変更動作を示すフローチャートである。以下、物体の軌道変更シス

テム３００の軌道変更動作に各ステップについて説明する。

[0071] ステップＳ３１：物体位置追跡

ステップＳ２１と同様に、物体の軌道変更システム３００は、所定の軌道を周回するスペースデブリなどの物体１０の位置を追跡する動作を継続的に行う。

[0072] ステップＳ３２：物体捕獲

発射部１は、発射体８及び収納部９を物体１０へ向けて発射し、物体１０を捕獲する。以下、物体捕獲について説明する。

[0073] ステップＳ３２１：物体へ接近

ステップＳ２２１と同様に、物体１０の位置情報に基づいて、物体の軌道変更システム３００は物体１０に接近する。

[0074] ステップＳ３２２：発射体を発射

ステップＳ２２２と同様に、物体への接近終了後、発射部１は、物体１０へ向けて銃８１及び収納部９を発射する。

[0075] ステップＳ３２３：パラシュート放出

図１７に、パラシュート４Ａの展開を示す。パラシュート４Ａは、収納部９の後尾に収納されており、例えばバネなどを用いた放出機構によって、収納部９に対して収納部９の進行方向とは逆の方向に放出される。

[0076] ステップＳ３２４：パラシュート展開

パラシュート４Ａは、宇宙空間の希薄大気の抗力（すなわち、流体抵抗）を受けることで、自然に展開する。パラシュート４Ａの展開は希薄大気の抗力によって行われるので、パラシュート４Ａの展開は発射体８が物体１０を捕獲する前であってもよいし、発射体８が物体１０を捕獲する後であってもよい。

[0077] ステップＳ３２５：発射体が物体を捕獲

銃８１が物体１０に到達すると、物体１０に貫入して、物体１０を捕獲する。パラシュート４Ａは既に展開しているので、希薄大気の希薄大気の抗力を受ける。これにより、軌道上を移動する物体１０は、移動方向とは反対方

向に牽引されることで減速する。

[0078] ステップS 3 3 : 回収

ステップS 2 4 と同様に、本体部 5 は、推進部 7 を駆動して、宇宙ステーションなどの母船に帰還する。

[0079] 以上、本構成によれば、発射体 8 によって物体 1 0 を捕獲し、物体 1 0 をパラシュートで減速させることで、物体 1 0 の軌道をより低い軌道に変化させることができる。これにより、所望の軌道の物体を移動ないしは除去することで、当該所望の軌道に投入される人工衛星等がスペースデブリなどの他の物体と衝突することを防止することができる。

[0080] また、本構成では、パラシュートが希薄大気の抵抗を受けるが、物体 1 0 の高度が下がるほど希薄大気の密度は大きくなるので、減速効果はより大きくなる。つまり、高度が下がるにつれて物体 1 0 の減速が大きくなるので、物体 1 0 の軌道を効率的に変更することができる。

[0081] さらに、本構成では、実施の形態 1 及び 2 で説明した帯電する牽引体 4 と異なり、パラシュート 4 A は帯電するための機構や電機部品を設ける必要がない。そのため、構成がより簡単となるので、物体の軌道変更に要するコストを低減することができる。

[0082] 実施の形態 4

実施の形態 1 にかかる物体の軌道変更システム 1 0 0 では、巻き付け法で捕獲した物体を、帯電した牽引体 4 に働くローレンツ力によって牽引して物体の軌道を変更した。これに対し、本実施の形態にかかる物体の軌道変更システム 4 0 0 は、実施の形態 3 と同様にパラシュートを牽引体として用いることで物体の軌道を変更するように構成される。以下、実施の形態 4 にかかる物体の軌道変更システム 4 0 0 について説明する。

[0083] 図 1 8 に、実施の形態 4 にかかる物体の軌道変更システム 4 0 0 の構成を模式的に示す。物体の軌道変更システム 4 0 0 は、牽引体として、パラシュート 4 A を用いる。物体の軌道変更システム 4 0 0 は、実施の形態 1 にかかる巻き付け法で捕獲した物体 1 0 を、実施の形態 3 にかかるパラシュート 4

Aで減速するものとして構成される。

[0084] 次いで、物体の軌道変更システム400による物体の軌道変更動作について説明する。図19は、実施の形態4にかかる物体の軌道変更システム400の軌道変更動作を示すフローチャートである。以下、物体の軌道変更システム400の軌道変更動作に各ステップについて説明する。

[0085] ステップS41：物体位置追跡

ステップS11と同様に、物体の軌道変更システム400は、所定の軌道を周回するスペースデブリなどの物体10の位置を追跡する動作を継続的に行う。

[0086] ステップS42：物体捕獲

発射部1は、物体10を捕獲するために、発射体3を発射する。ここでは、実施の形態1にかかる物体の軌道変更システム100と同様に巻き付け法によって物体10を捕獲する。以下、物体捕獲について説明する。

[0087] ステップS421：物体へ接近

ステップS121と同様に、物体10の位置情報に基づいて、物体の軌道変更システム400は物体10に接近する。

[0088] ステップS422：発射体を発射

ステップS122と同様に、物体10への接近終了後、発射部1は、発射体3が物体10に衝突しないように、物体10の近傍へ発射体3を発射する。

[0089] ステップS423：本体部の移動

ステップS123と同様に、発射体3を発射した後、本体部5は、発射体3の移動方向D1と平行ではない方向D2に移動する。これにより、本体部5は、発射体3の移動方向D1から外れた位置に移動することとなる。

[0090] ステップS424：パラシュート放出

図20に、パラシュート4Aの展開を示す。ステップS323と同様、パラシュート4Aは、収納部9の後尾に収納されており、例えばバネなどを用いた放出機構によって、収納部9に対して収納部9の進行方向とは逆の方向

に放出される。

[0091] ステップS 4 2 5 : パラシュート展開

ステップS 3 2 4と同様、パラシュート4 Aは、宇宙空間の希薄大気の抗力（すなわち、流体抵抗）を受けることで、自然に展開する。パラシュート4 Aの展開は希薄大気の抗力によって行われるので、パラシュート4 Aの展開は発射体3が物体1 0を捕獲する前であってもよいし、発射体3が物体1 0を捕獲する後であってもよい。

[0092] ステップS 4 2 6 : ワイヤ送り出し停止

本体部5の移動及びパラシュート展開の完了後、ワイヤ送り出し部6は、ワイヤ2の送り出しを停止する。

[0093] ステップS 4 2 7 : ワイヤが物体と接触

ステップS 1 2 5と同様に、ワイヤ2の送り出し停止後、発射体3の移動によってワイヤ2には張力が生じる。その結果、ある時点でワイヤ2の一部が物体1 0と接触する。

[0094] ステップS 4 2 8 : ワイヤ巻き付き

ステップS 1 2 6と同様に、ワイヤ2が物体1 0と接触すると、発射体3はワイヤ2に引っ張られて、物体1 0に対して回転運動を開始する。これにより、ワイヤ2が物体1 0に巻き付くこととなる。ワイヤ2が巻き付くにつれて、ワイヤ2と物体1 0との接触部と発射体3との間のワイヤ2の長さが短くなるので、発射体3の回転速度が大きくなってゆく。宇宙空間では、無重力状態ないしは無重力状態に近似しうる程度に低重力状態であるので、ワイヤ2の長さを十分にとることで、ワイヤ2を物体1 0に複数回巻き付けることができる。

[0095] ステップS 4 3 : ワイヤ切断

ワイヤの巻き付き完了後、ワイヤ送り出し部6は、ワイヤ2を切断する。

[0096] ステップS 4 4 : 回収

ステップS 1 4と同様に、本体部5は、ワイヤ2を切断後に推進部7を駆動して、宇宙ステーションなどの母船に帰還する。

[0097] 以上、本構成によれば、実施の形態3にかかる物体の軌道変更システム300と同様に、物体10をパラシュートで減速させることで、物体10の軌道をより低い軌道に変化させることができる。これにより、所望の軌道の物体を移動ないしは除去することで、当該所望の軌道に投入される人工衛星等がスペースデブリなどの他の物体と衝突することを防止することができる。

[0098] また、本構成では、パラシュートが希薄大気の抗力を受けるが、物体10の高度が下がるほど希薄大気の密度は大きくなるので、減速効果はより大きくなる。つまり、高度が下がるにつれて物体10の減速が大きくなるので、実施の形態3にかかる物体の軌道変更システム300と同様に、物体10の軌道を効率的に変更することができる。

[0099] その他の実施の形態

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。例えば、発射体を複数回発射して、複数の牽引体で物体10を牽引して軌道を変更してもよいことは、言うまでもない。これにより、物体10の軌道より迅速に変更することが可能となる。

[0100] 上述の実施の形態では、ワイヤ2の材質は特に限定されず、導電性又は絶縁性の材料を適宜用いてもよい。

[0101] 上述の実施の形態1及び4では、帯電する牽引体4を用いる構成について説明したが、帯電する牽引体に代えて導電性テザーを用いてもよい。

符号の説明

- [0102]
- 1 発射部
 - 2 ワイヤ
 - 2 A、2 B 端部
 - 3、8 発射体
 - 4 牽引体
 - 4 A パラシュート
 - 5 本体部

6 ワイヤ送り出し部

7 推進部

9 収納部

10 物体

20 母船

81 銚

81A 先端

82B 返し

81C アンカー

82 ネット

100、200、300、400 軌道変更システム

請求の範囲

- [請求項1] 天体の周りの軌道を周回する物体を捕獲する発射体と、
本体部と、
前記本体部に取り付けられ、前記物体を捕獲するために前記発射体を発射する発射部と、
前記発射体に捕獲された物体を牽引可能に前記発射体と接続される牽引体と、を備える、
物体の軌道変更システム。
- [請求項2] 前記発射体と前記牽引体とを接続するワイヤを更に備え、
前記発射体は、前記物体に対して回転運動を行って前記ワイヤを前記物体に巻き付けることで、前記物体を捕獲する、
請求項1に記載の物体の軌道変更システム。
- [請求項3] 前記本体部に取り付けられ、前記本体部を前記物体に対して移動させる推進部と、
前記発射体が発射された後に前記ワイヤを送り出すワイヤ送り出し部と、をさらに備え、
前記発射部は、前記物体と衝突しないように、前記物体近傍へ向けて前記発射体を発射し、
前記推進部は、少なくとも、前記発射体が進む経路と直交し、かつ、前記経路から前記物体の重心を通る方向に、前記本体部を移動させ、
前記ワイヤ送り出し部は、前記本体部の移動中又は移動後に、前記ワイヤの送り出しを停止する、
請求項2に記載の物体の軌道変更システム。
- [請求項4] 前記発射体は、前記物体と接触したときに前記物体をクランプするクランプ部材を有する、
請求項2又は3に記載の物体の軌道変更システム。
- [請求項5] 前記発射体の一部又は全部は、前記物体の金属部に吸着可能な磁石

で形成される、

請求項 2 又は 3 に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項6] 前記発射体は、前記物体に貫入して前記物体を捕獲する、

請求項 1 に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項7] 前記発射体は、前記物体からの脱落を防止する返し部、及び、前記物体からの脱落を防止するために前記物体に貫入した後に展開するアンカー部を有する、

請求項 6 に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項8] 前記発射体は、発射後に展開可能な部材であり、展開された前記部材が前記物体を包むことで前記物体を捕獲する、

請求項 1 に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項9] 前記牽引体は、電荷を帯びており、

前記牽引体は、地磁気の影響により作用するローレンツ力によって前記物体を牽引する、

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項10] 前記牽引体は、前記本体部に固定されており、前記発射体が発射された後に前記本体部から切り離される、

請求項 9 に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項11] 前記牽引体は、宇宙空間の希薄大気の抗力を受ける部材として構成され、前記抗力によって前記物体を牽引する、

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項12] 前記牽引体は、前記発射体とともに前記発射部から発射される収納部に折りたたまれて収納され、

前記収納部が発射された後に宇宙空間に放出される、

請求項 1 1 に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項13] 前記物体の軌道変更システムは、他の人工衛星に收容可能に構成され、

前記物体が検出された場合に、前記物体の軌道変更システムは前記

他の人工衛星から放出され、

前記発射体及び前記牽引体を宇宙空間に放出した後に、前記本体部は前記他の人工衛星に回収される、

請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載の物体の軌道変更システム。

[請求項14] 天体の周りの軌道を周回する物体を捕獲する発射体を、本体部に取
り付けられた発射部から発射し、

前記発射体に捕獲された物体を、前記物体を牽引可能に接続された
牽引体で前記物体を牽引する、

物体の軌道変更方法。

[請求項15] 前記発射体が前記物体に対して回転運動を行って、前記発射体と前
記牽引体とを接続するワイヤを前記物体に巻き付けることで、前記物
体を捕獲する、

請求項 14 に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項16] 前記物体と衝突しないように、前記物体近傍へ向けて前記発射体を
発射し、

少なくとも、前記発射体が進む経路と直交し、かつ、前記経路から
前記物体の重心を通る方向に、前記本体部を移動させ、

前記本体部の移動中又は移動後に、前記本体部に取り付けられたワ
イヤ送り出し部から送り出される前記ワイヤの送り出しを停止する、

請求項 15 に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項17] 前記発射体は、前記物体と接触したときに前記物体をクランプする
クランプ部材を有する、

請求項 15 又は 16 に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項18] 前記発射体の一部又は全部は、前記物体の金属部に吸着可能な磁石
で形成される、

請求項 15 又は 16 に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項19] 前記発射体は、前記物体に貫入して前記物体を捕獲する、

請求項 1 4 に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項20] 前記発射体は、前記物体からの脱落を防止する返し部、及び、前記物体からの脱落を防止するために前記物体に貫入した後に展開するアンカー部を有する、

請求項 1 9 に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項21] 前記発射体は、発射後に展開可能な部材であり、展開された前記部材が前記物体を包むことで前記物体を捕獲する、

請求項 1 4 に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項22] 前記牽引体は、電荷を帯びており、

前記牽引体は、地磁気の影響により作用するローレンツ力によって前記物体を牽引する、

請求項 1 4 乃至 2 1 のいずれか一項に記載の物体の軌道変更方法。

[請求項23] 前記牽引体は、前記本体部に固定されており、前記発射体が発射された後に前記本体部から切り離される、

請求項 2 2 に記載の物体の軌道変更方法。

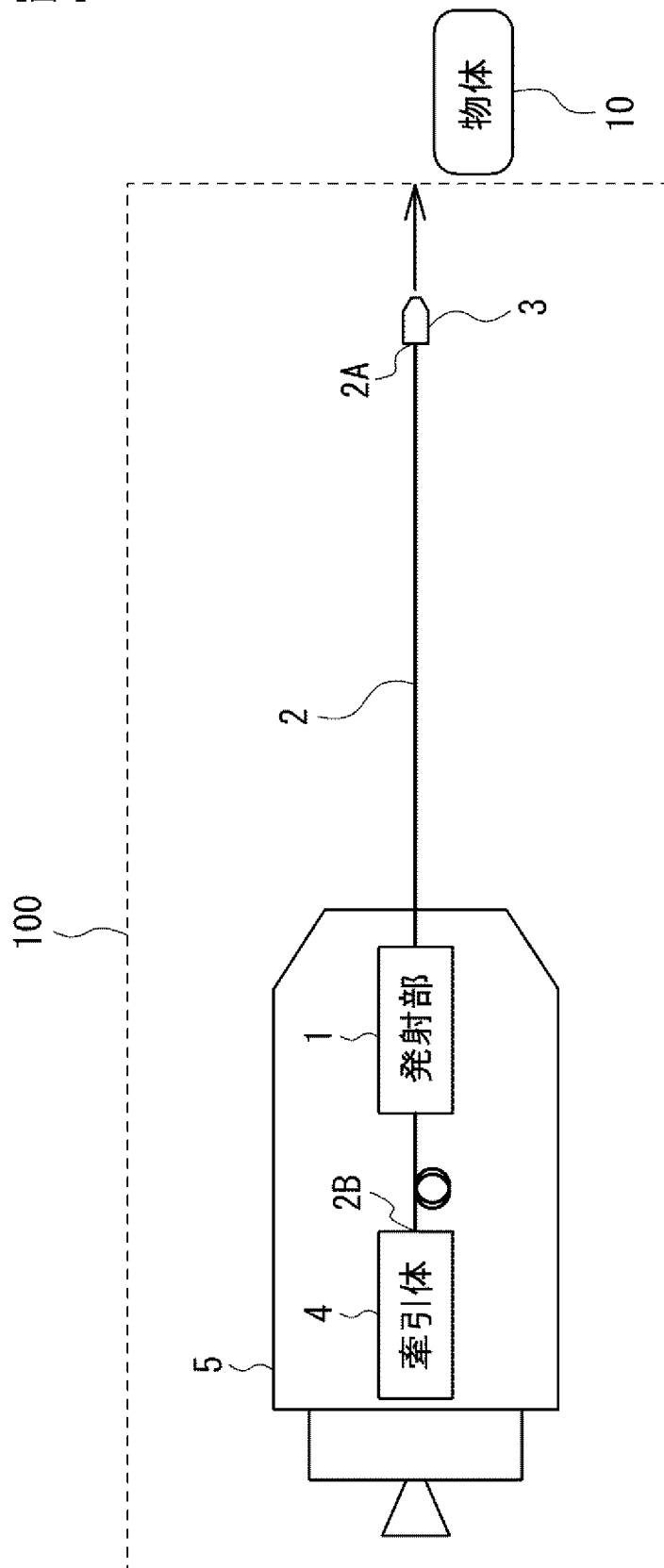
[請求項24] 前記牽引体は、宇宙空間の希薄大気の抗力を受ける部材として構成され、前記抗力によって前記物体を牽引する、

請求項 1 4 乃至 2 1 のいずれか一項に記載の物体の軌道変更方法。

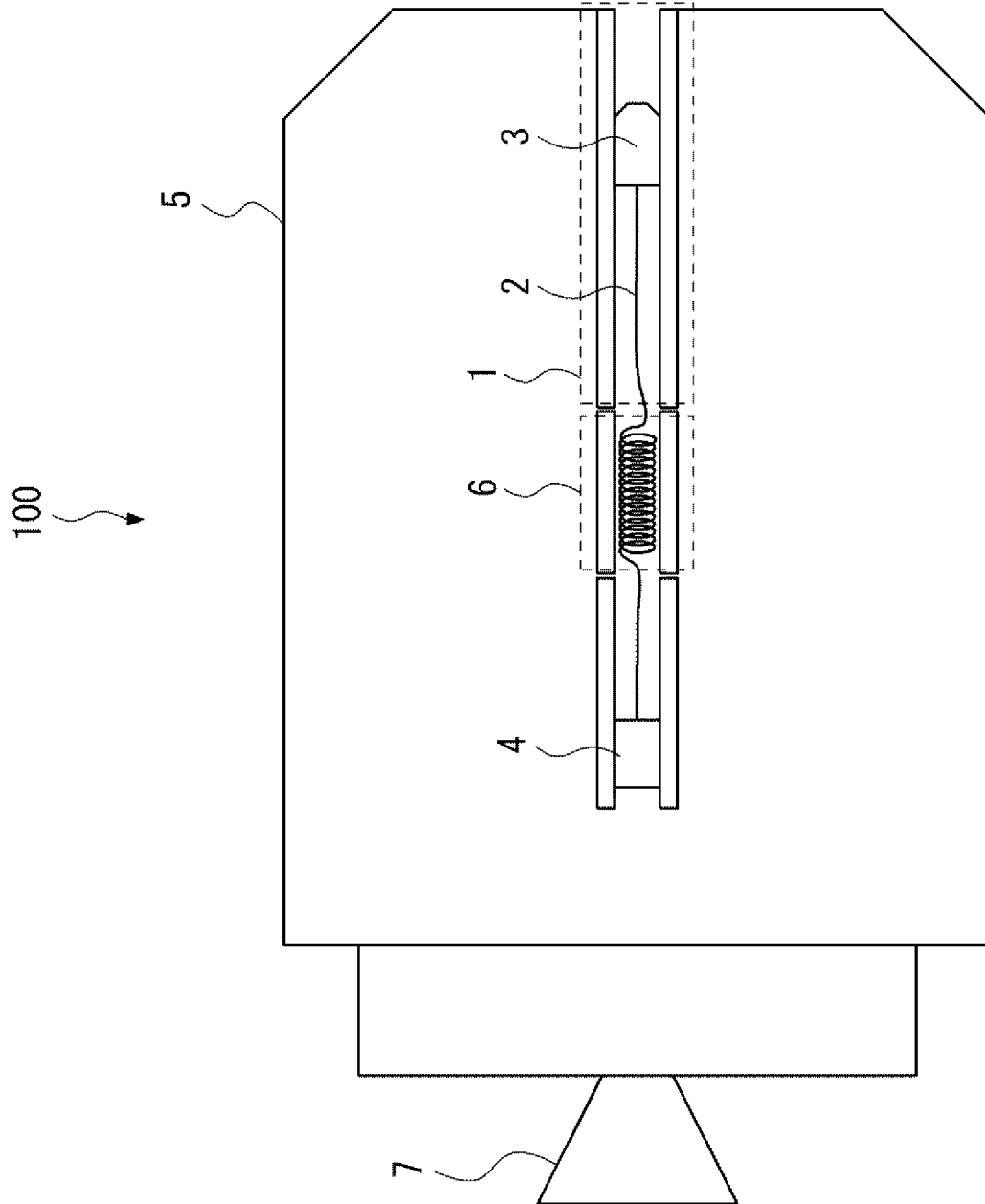
[請求項25] 前記牽引体は、前記発射体とともに前記発射部から発射される収納部に折りたたまれて収納され、前記収納部が発射された後に宇宙空間に放出される、

請求項 2 4 に記載の物体の軌道変更方法。

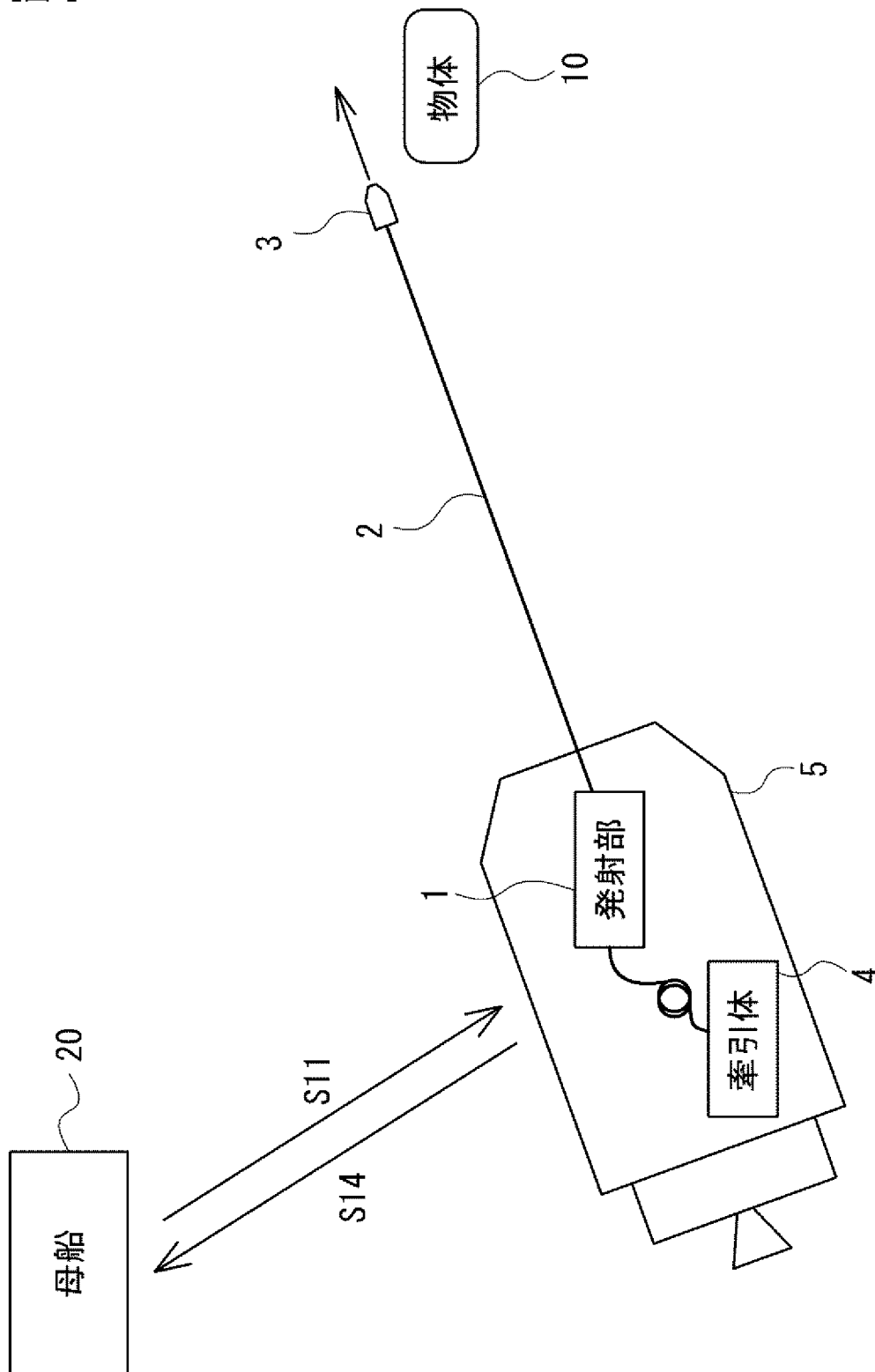
[図1]



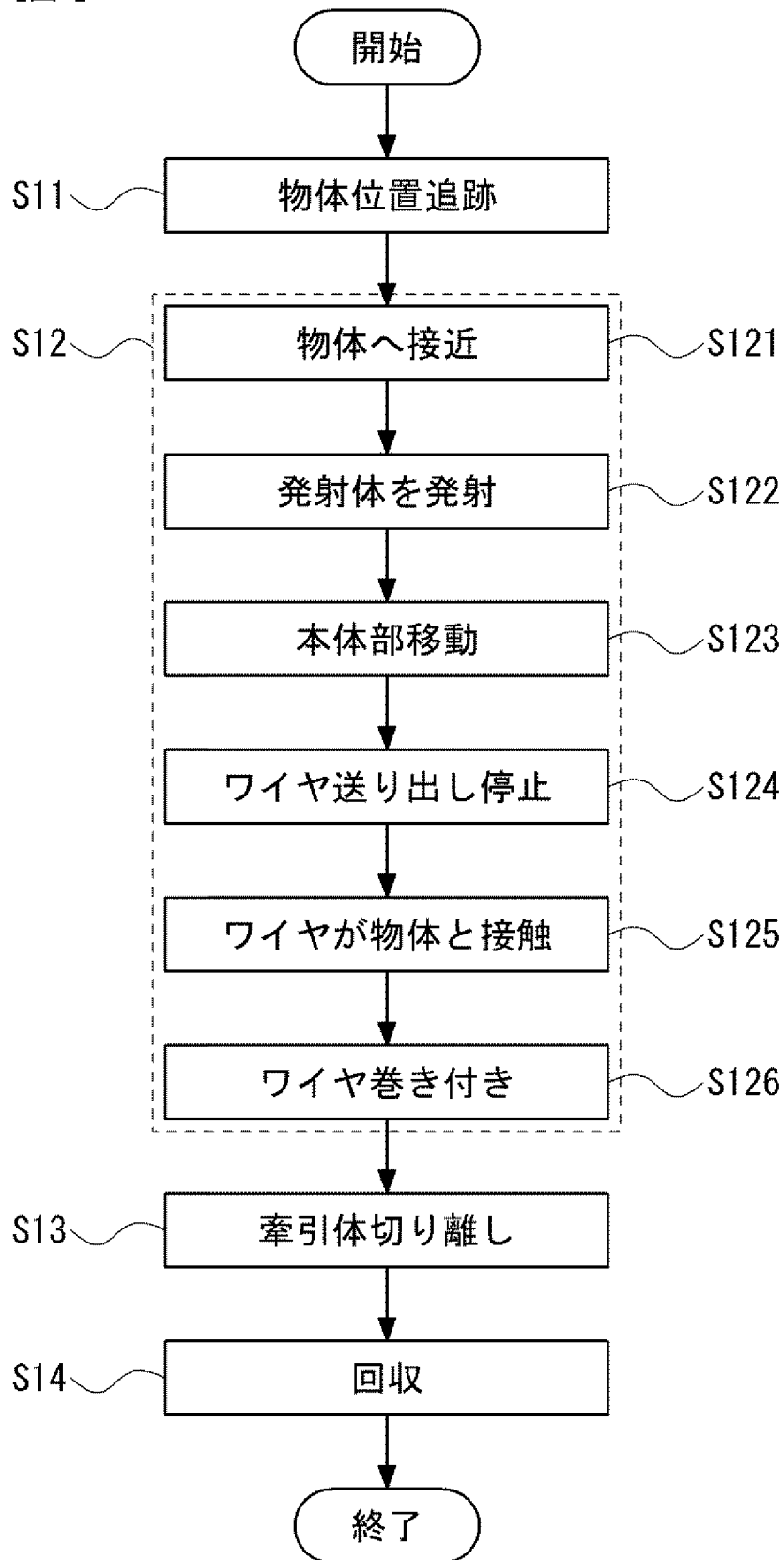
[図2]



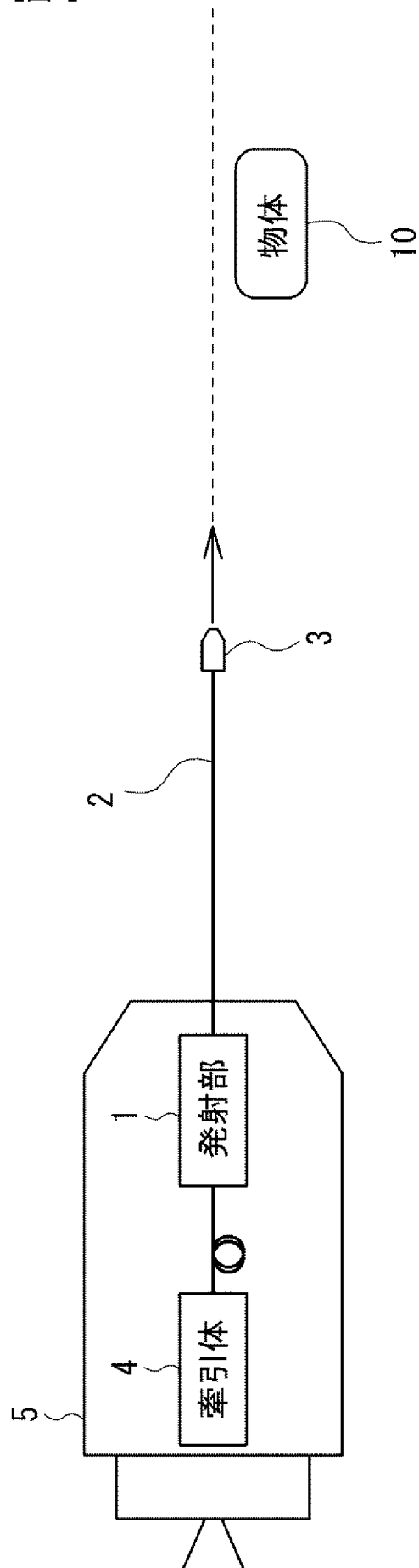
[図3]



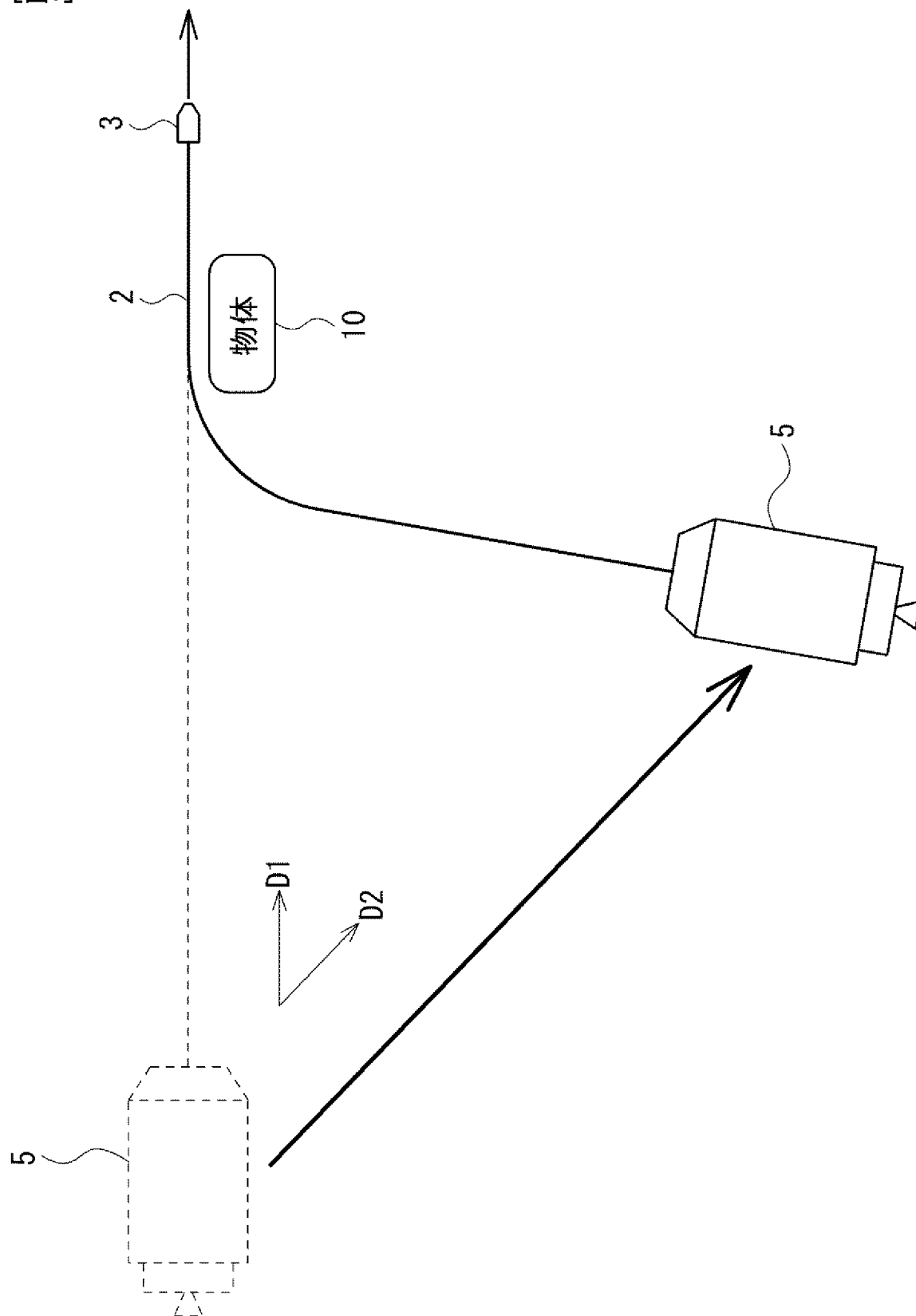
[図4]



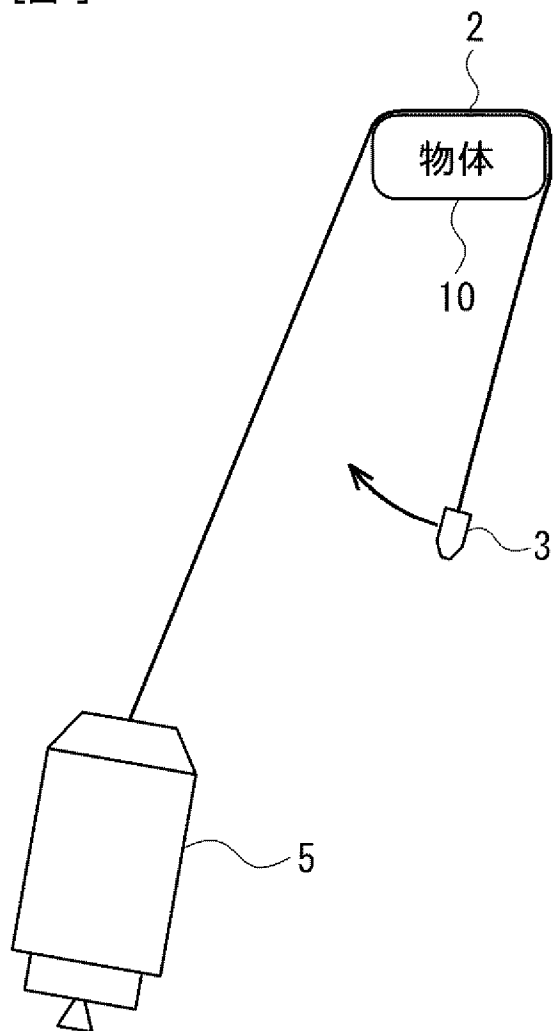
[図5]



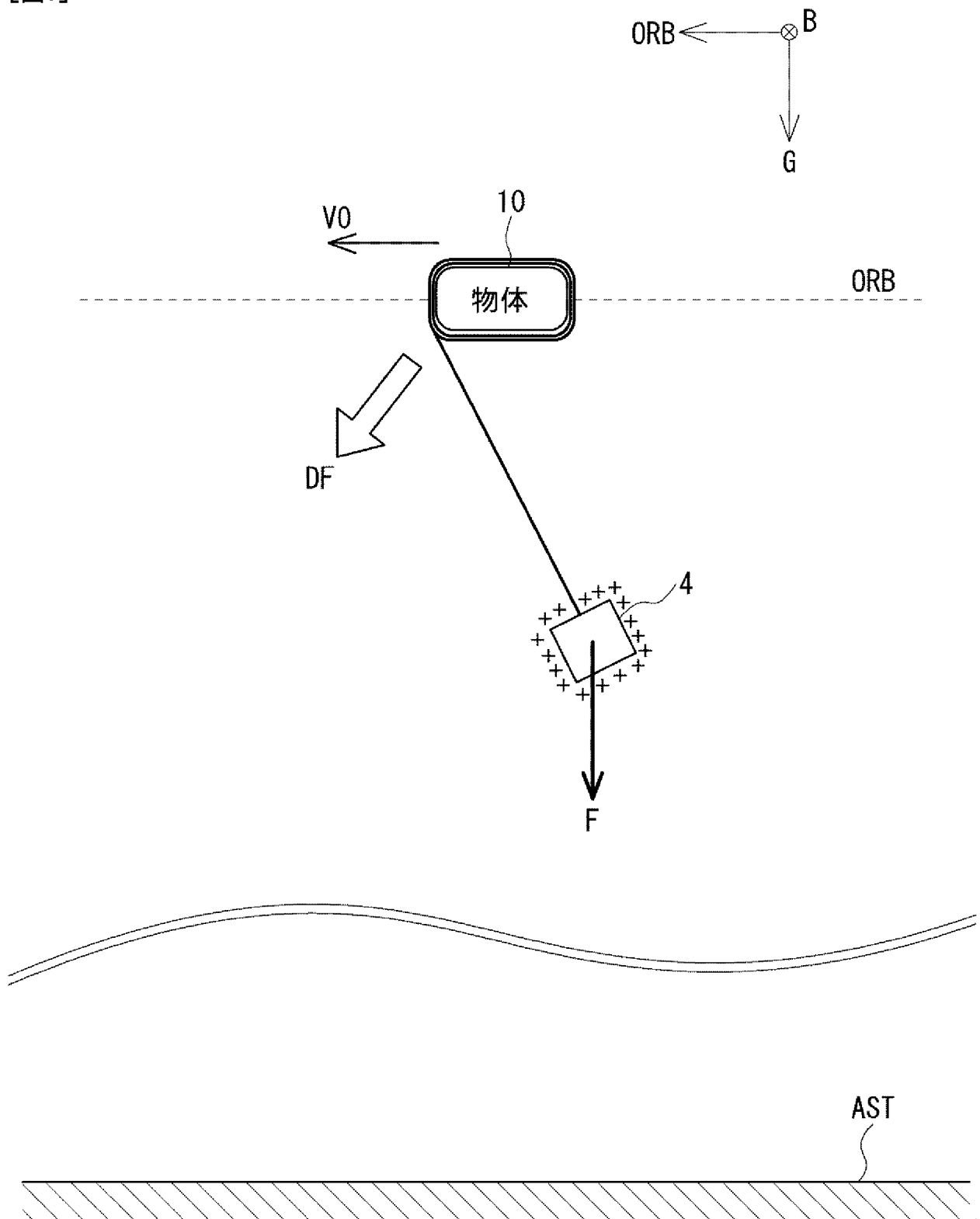
[図6]



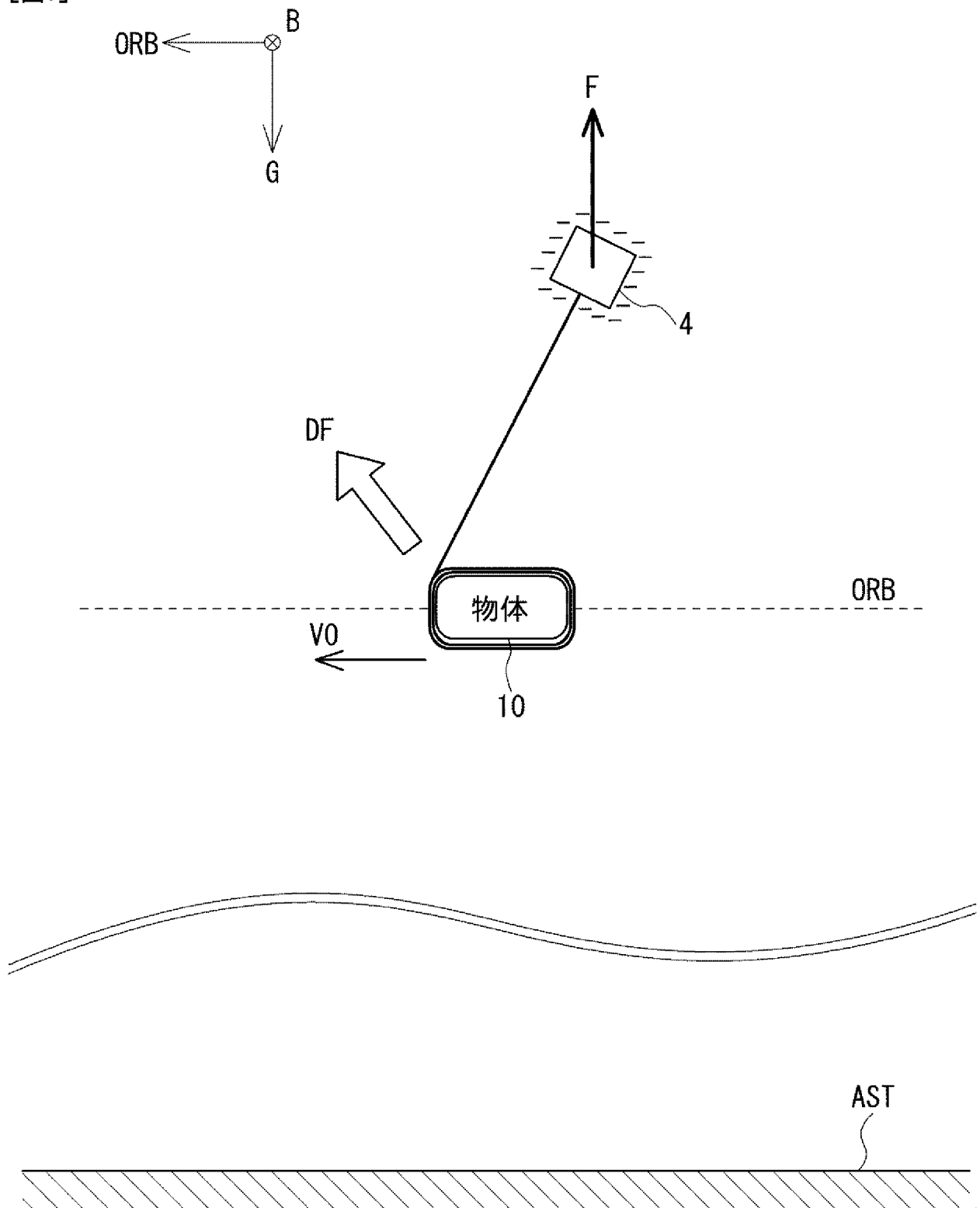
[図7]



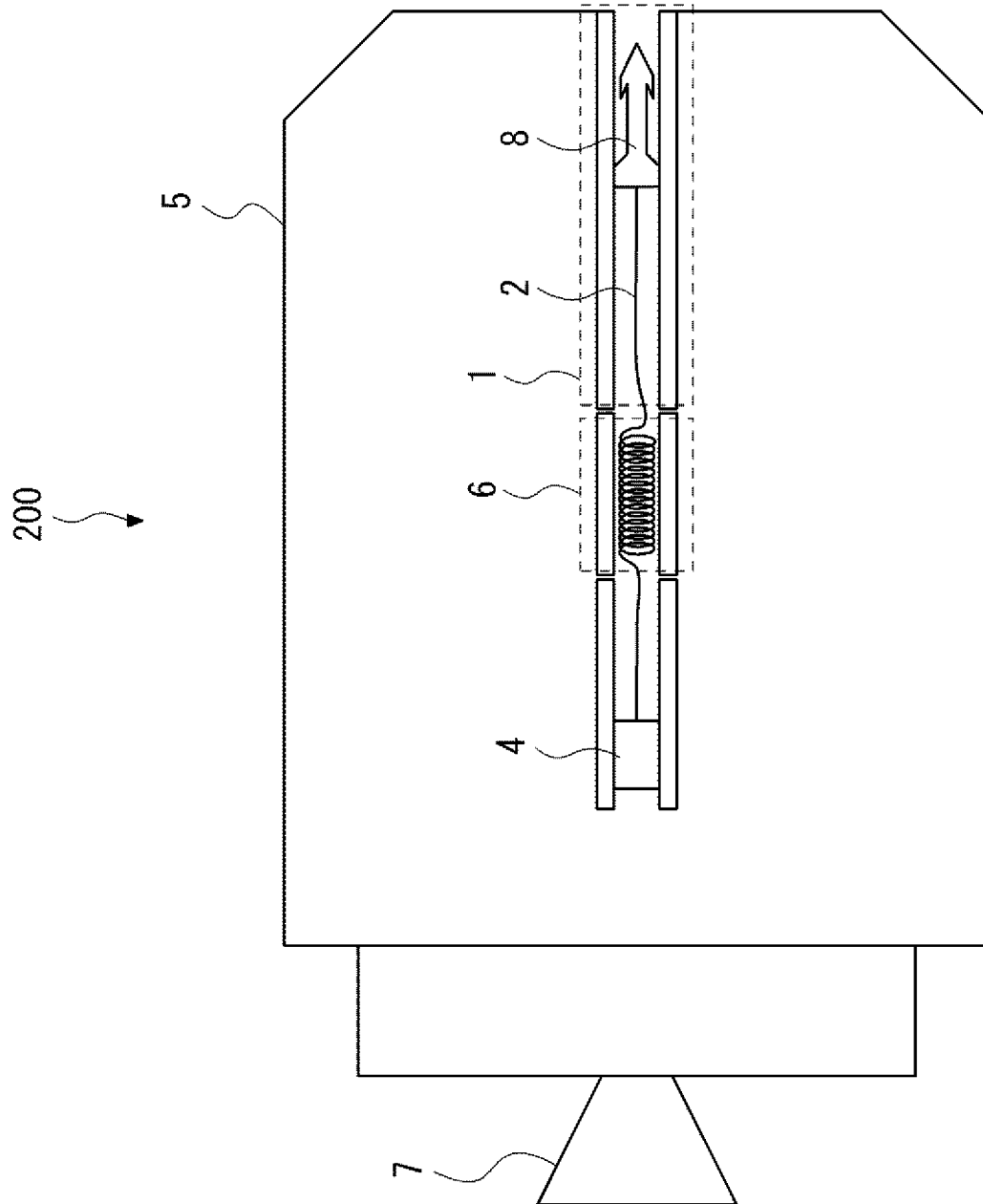
[図8]



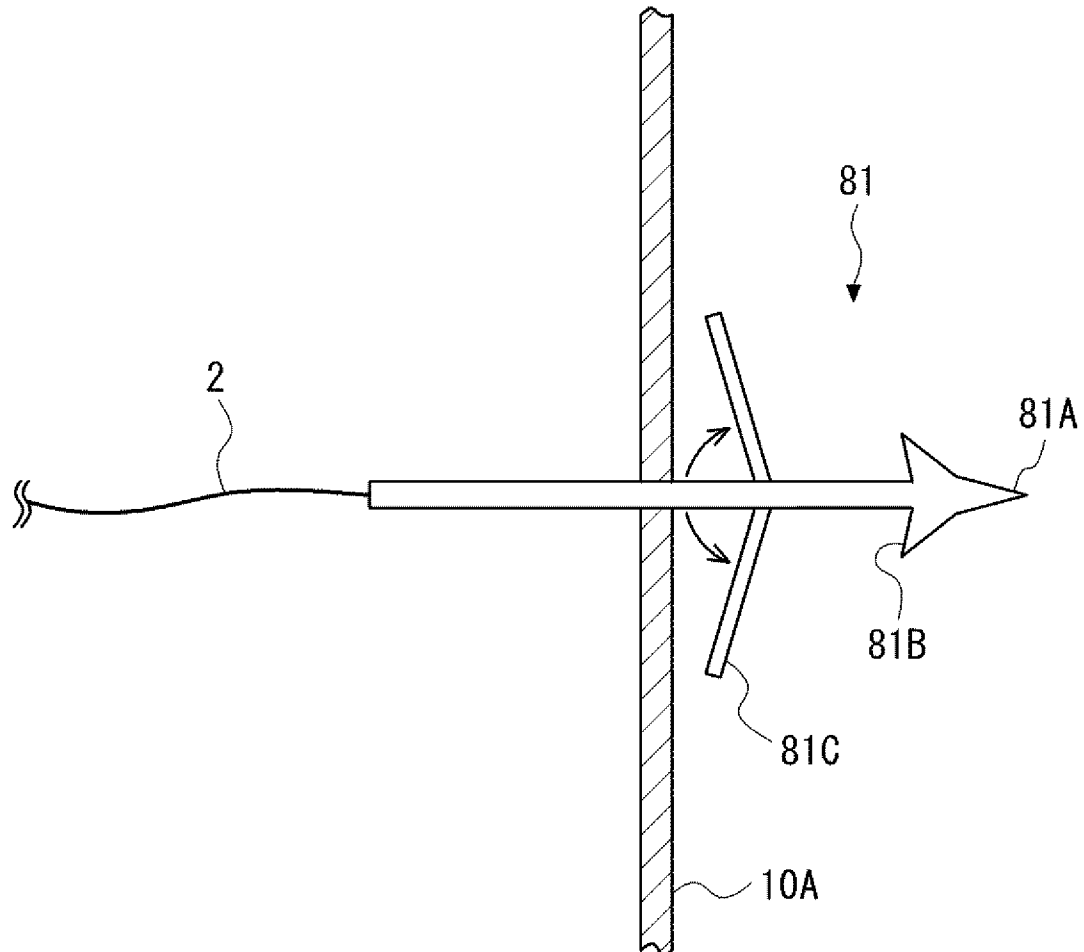
[図9]



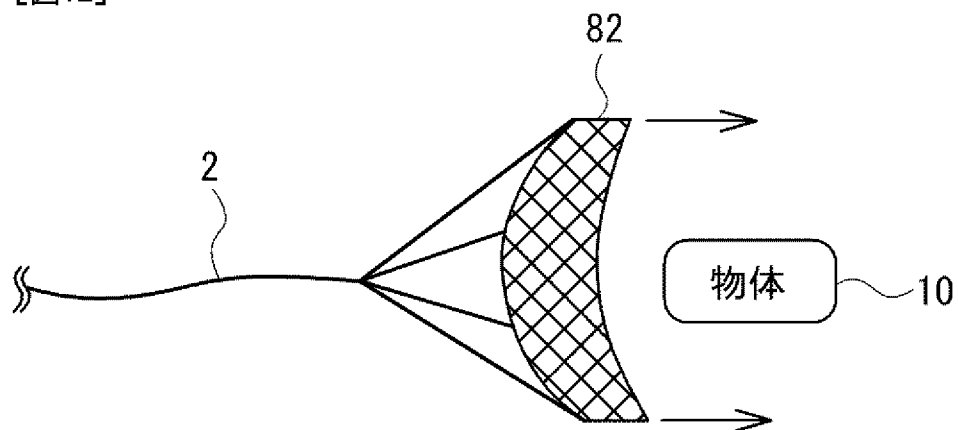
[図10]



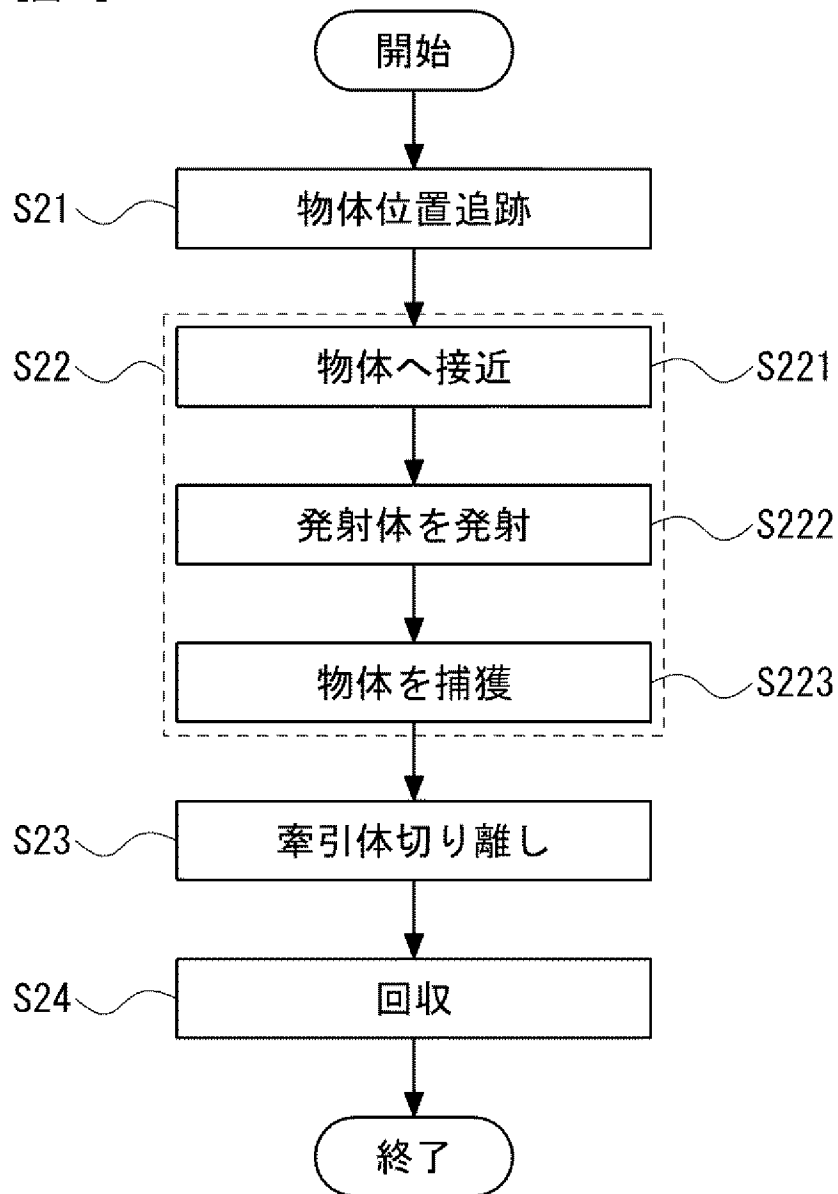
[図11]



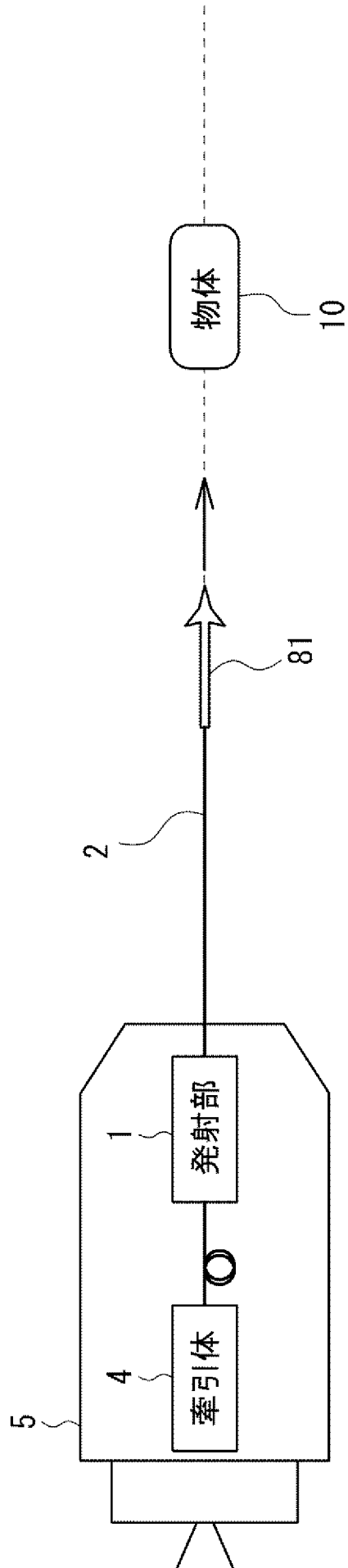
[図12]



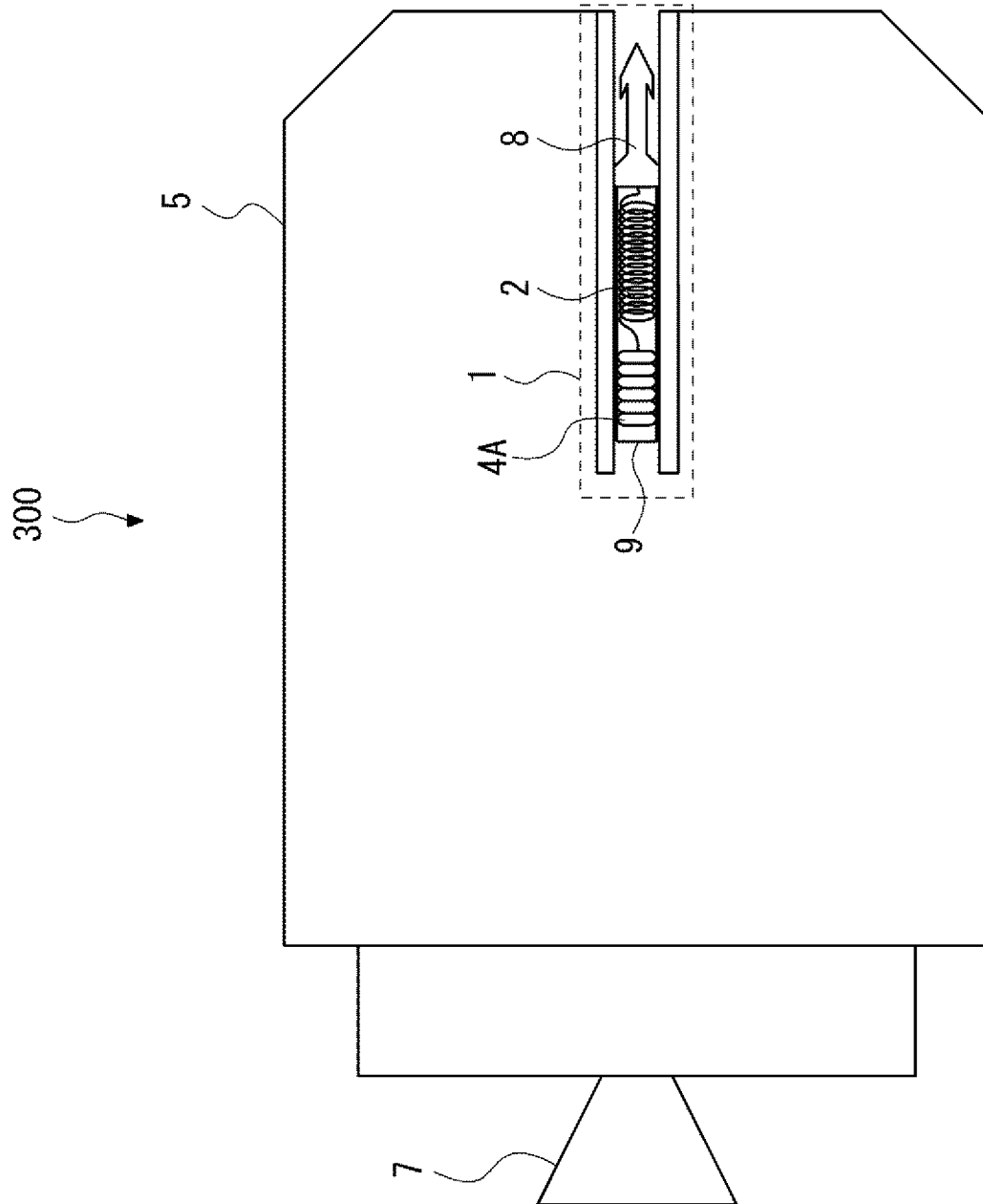
[図13]



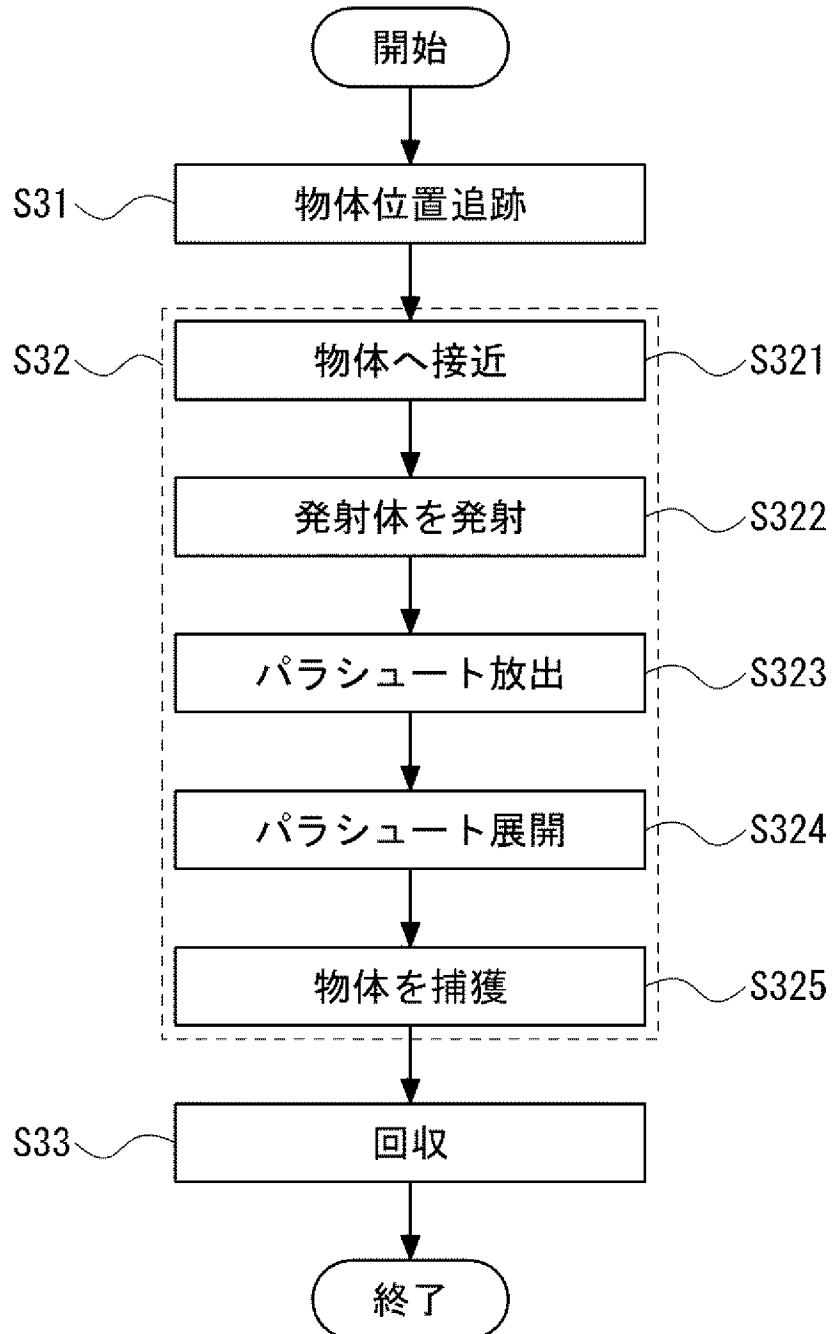
[図14]



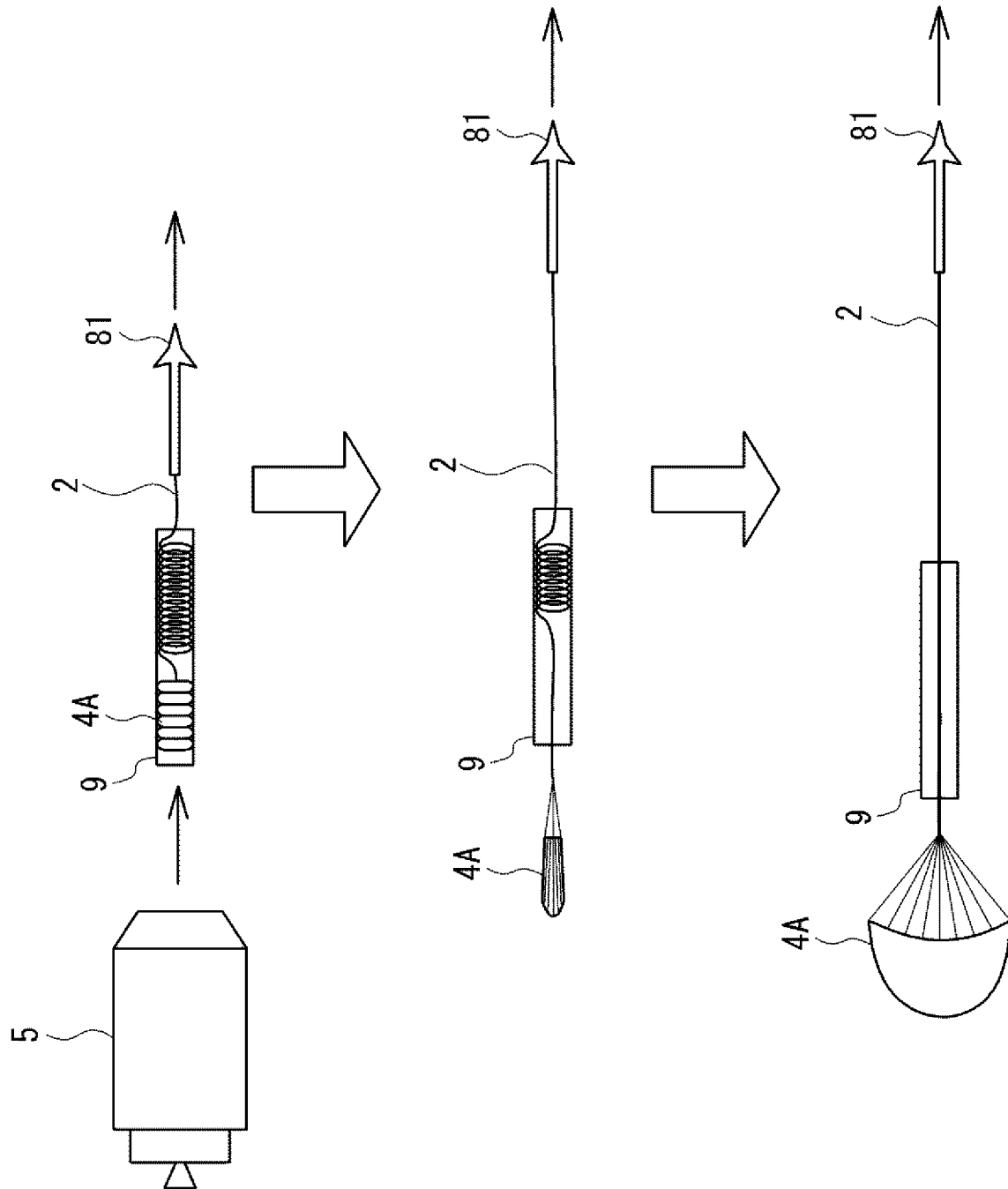
[図15]



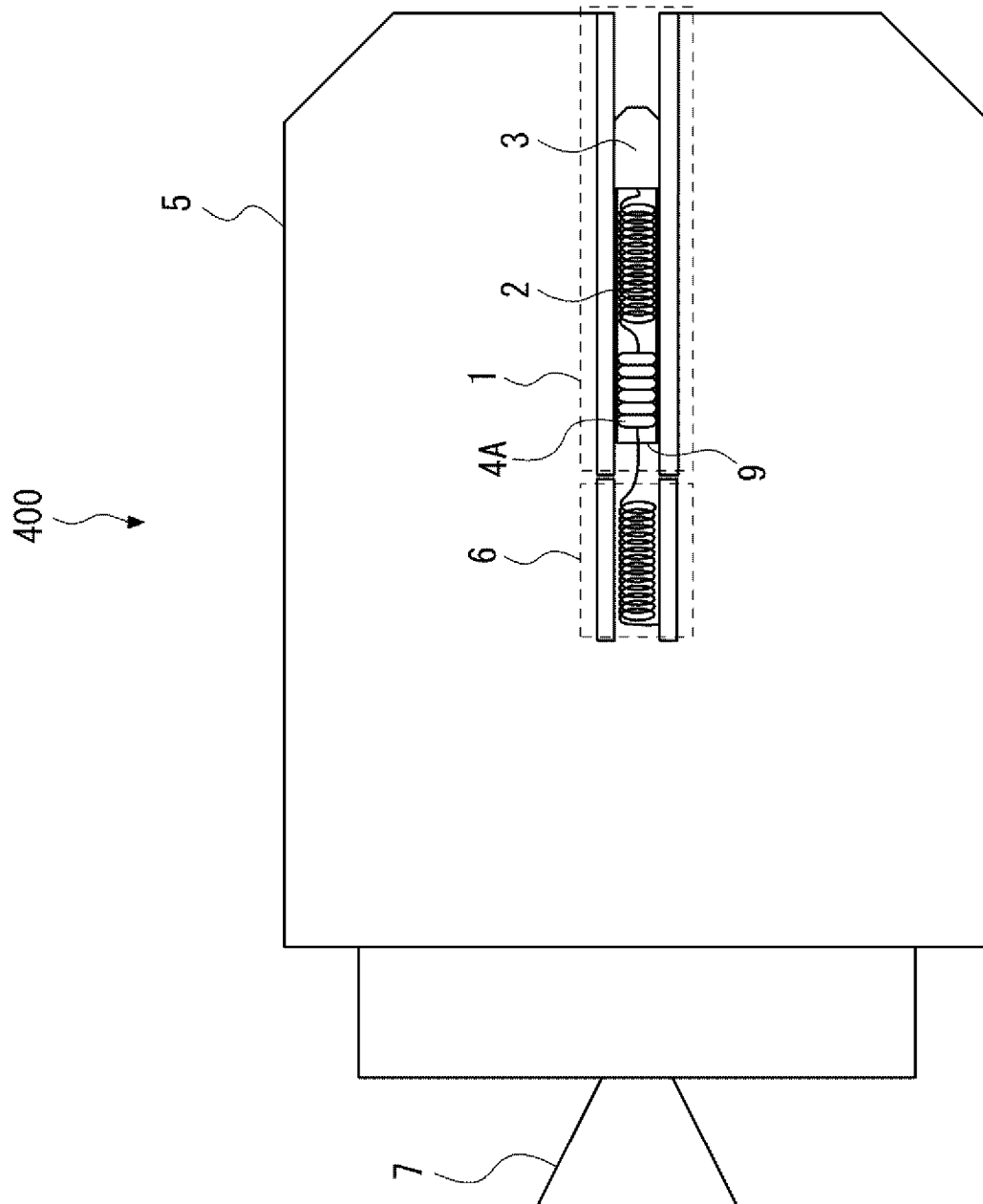
[図16]



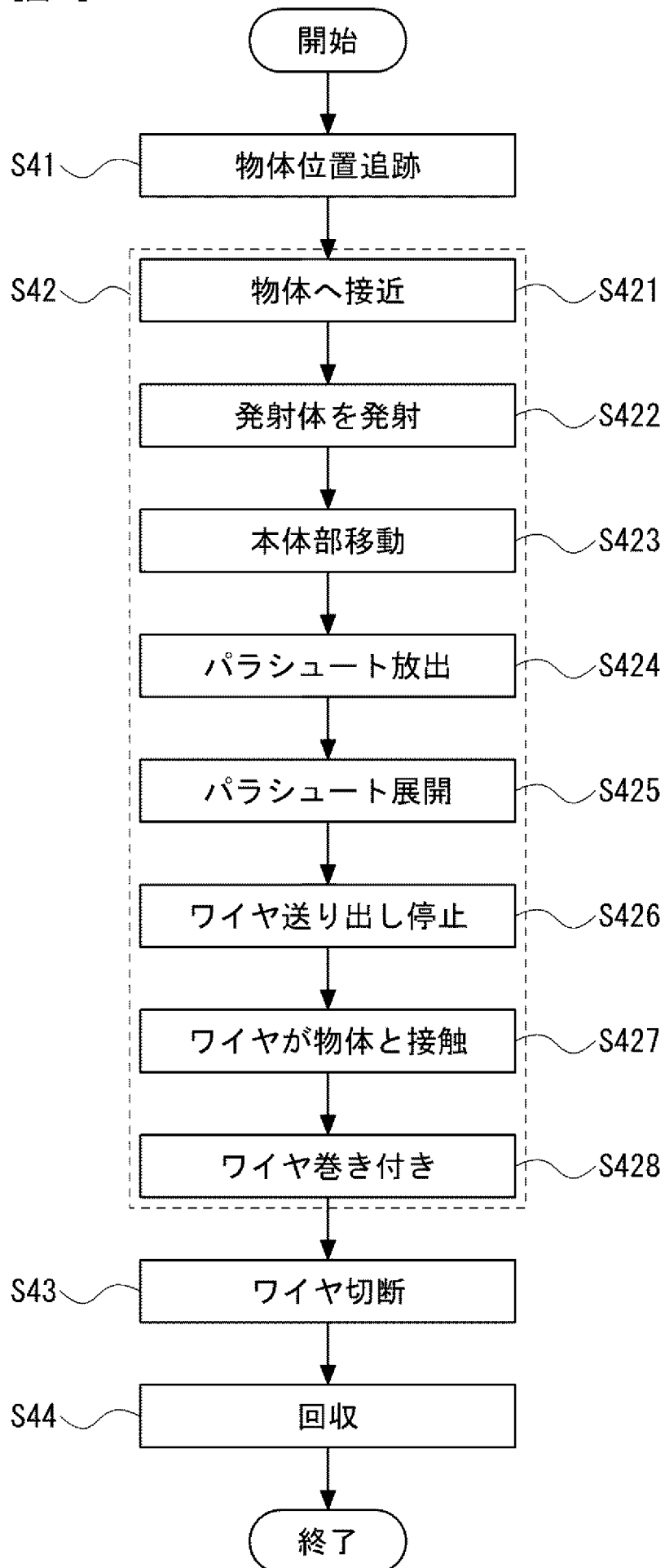
[図17]



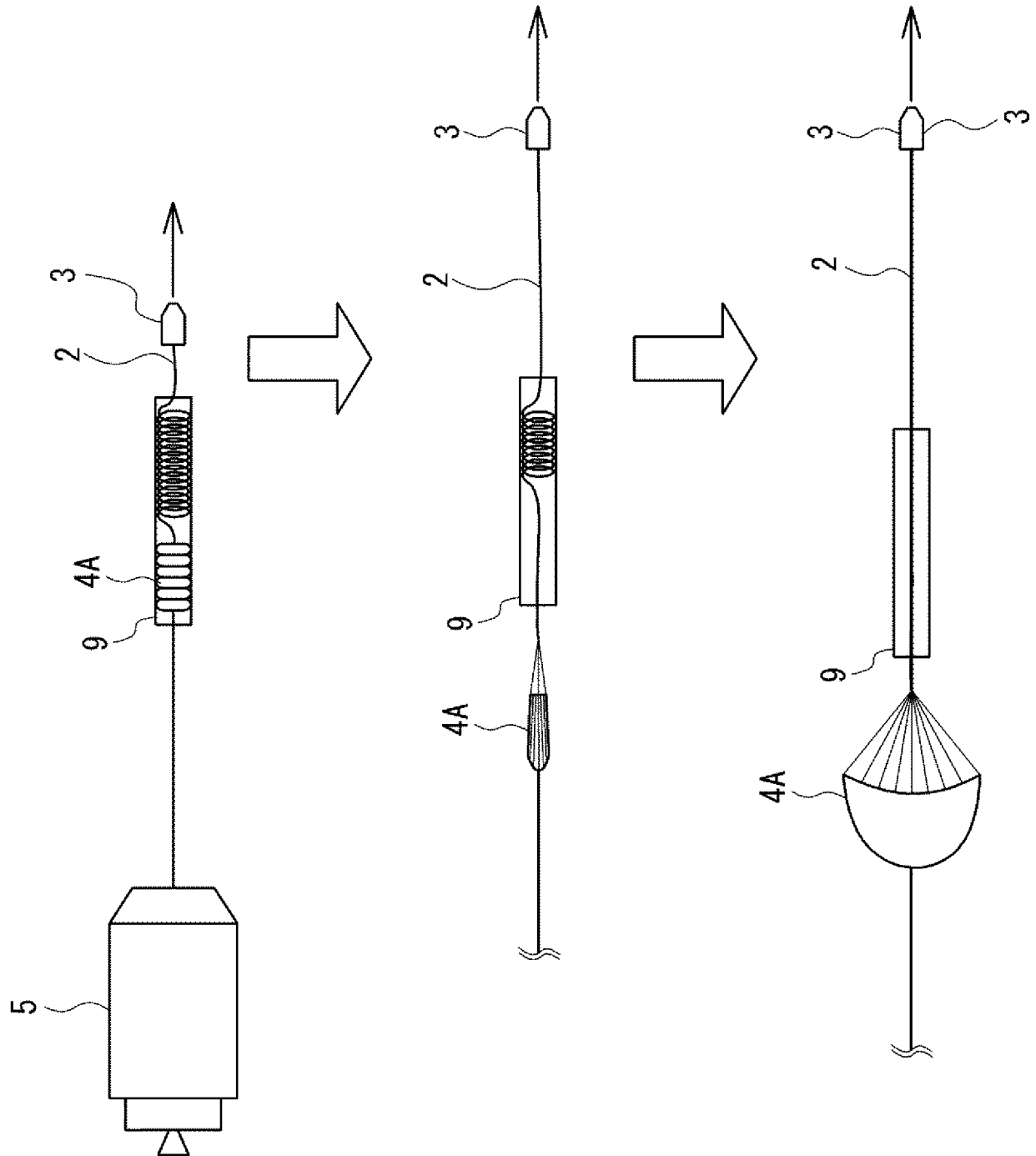
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029633

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. 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)

Int. Cl. B64G1/00-B64G1/68

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X	JP 2010-285137 A (OZAWA, Keisuke) 24 December 2010, paragraphs [0019], [0021], [0027], fig. 3	1, 6, 11, 14, 19, 24
Y	(Family: none)	2, 4-5, 7-10, 15, 17-18, 20-23
A		3, 12-13, 16, 25
Y	JP 2012-236591 A (ASTRIUM GMBH) 06 December 2012, paragraphs [0020]-[0029], fig. 1 & US 2012/0286100	2, 4-5, 15, 17-18
A	A1, paragraphs [0021]-[0037], fig. 1 & EP 2522577 A1 & DE 102011100971 A1	3, 16



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

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01.11.2018

Date of mailing of the international search report
13.11.2018

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/JP2018/029633

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/0193640 A1 (THE BOEING COMPANY) 05 August 2010, paragraphs [0018], [0024], fig. 1, 3 (Family: none)	4, 17
Y	WO 2017/204320 A1 (ASTROSCALE JAPAN INC.) 30 November 2017, paragraphs [0007], [0035], fig. 4 & JP 2017-210214 A & US 2017/0341783 A1 & EP 3248889 A1, paragraphs [0007], [0035], fig. 4	5, 18
Y	WO 2018/135118 A1 (IHI CORP.) 26 July 2018, paragraphs [0020], [0023], [0024], fig. 3 & JP 2018-114932 A	7, 20
Y	JP 2015-518796 A (AIRBUS DEFENCE AND SPACE LIMITED) 06 July 2015, paragraphs [0032]-[0034], [0047], fig. 2 & US 2015/0151856 A1 & WO 2013/182616 A1, page 8, lines 17-31, page 12, line 34 to page 13, line 12, fig. 2 & EP 2671804 A1	7, 20
Y	US 2013/0075534 A1 (COMPOSITE TECHNOLOGY DEVELOPMENT) 28 March 2013, paragraphs [0025], [0026], [0028], fig. 4, 5 (Family: none)	8, 21
Y	WO 2013/065795 A1 (IHI CORP.) 10 May 2013, paragraphs [0004], [0088]-[0090], fig. 16 & US 2014/0367523 A1 & EP 2774855 A1, paragraphs [0004], [0088]-[0090], fig. 16	9-10, 22-23
A	JP 7-251799 A (TOSHIBA CORP.) 03 October 1995, paragraph [0010], fig. 3 (Family: none)	12, 25
A	US 2012/0292449 A1 (LEVIN, Eugene M.) 22 November 2012, paragraphs [0064], [0078], [0079], fig. 8, 11, 12 (Family: none)	13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. 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. B64G1/00-B64G1/68

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X	JP 2010-285137 A（小澤 啓佑）2010.12.24, 段落[0019], [0021], [0027], 図3 （ファミリーなし）	1, 6, 11, 14, 19, 24
Y		2, 4-5, 7-10, 15, 17-18, 20-23
A		3, 12-13, 16, 25

☒ 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」国際出願日前で、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

01.11.2018

国際調査報告の発送日

13.11.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

志水 裕司

3D

9528

電話番号 03-3581-1101 内線 3341

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[0020]-[0029], 図 1	2, 4-5, 15, 17-18
A	& US 2012/0286100 A1, 段落[0021]-[0037], 図 1 & EP 2522577 A1 & DE 102011100971 A1	3, 16
Y	US 2010/0193640 A1 (THE BOEING COMPANY) 2010.08.05, 段落[0018], [0024], 図 1, 3 (ファミリーなし)	4, 17
Y	WO 2017/204320 A1 (株式会社アストロスケール) 2017.11.30, 段落[0007], [0035], 図 4 & JP 2017-210214 A & US 2017/0341783 A1 & EP 3248889 A1, 段落[0007], [0035], 図 4	5, 18
Y	WO 2018/135118 A1 (株式会社 I H I) 2018.07.26, 段落[0020], [0023]-[0024], 図 3 & JP 2018-114932 A	7, 20
Y	JP 2015-518796 A (エアバス・ディフェンス・アンド・スペース・ リミテッド) 2015.07.06, 段落[0032]-[0034], [0047], 図 2 & US 2015/0151856 A1 & WO 2013/182616 A1, 第 8 頁第 17-31 行, 第 12 頁第 34 行-第 13 頁第 12 行, 図 2 & EP 2671804 A1	7, 20
Y	US 2013/0075534 A1 (COMPOSITE TECHNOLOGY DEVELOPMENT) 2013.03.28, 段落[0025]-[0026], [0028], 図 4-5 (ファミリーなし)	8, 21
Y	WO 2013/065795 A1 (株式会社 I H I) 2013.05.10, 段落[0004], [0088]-[0090], 図 16 & US 2014/0367523 A1 & EP 2774855 A1, 段落[0004], [0088]-[0090], 図 16	9-10, 22-23
A	JP 7-251799 A (株式会社東芝) 1995.10.03, 段落[0010], 図 3 (ファミリーなし)	12, 25
A	US 2012/0292449 A1 (LEVIN, Eugene M.) 2012.11.22, 段落[0064], [0078]-[0079], 図 8, 11-12 (ファミリーなし)	13