

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6080552号
(P6080552)

(45) 発行日 平成29年2月15日 (2017.2.15)

(24) 登録日 平成29年1月27日 (2017.1.27)

(51) Int. Cl. F I
B 6 4 G 1/66 (2006.01) B 6 4 G 1/66 Z

請求項の数 14 (全 34 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-541143 (P2012-541143) (86) (22) 出願日 平成22年11月22日 (2010.11.22) (65) 公表番号 特表2013-512145 (P2013-512145A) (43) 公表日 平成25年4月11日 (2013.4.11) (86) 国際出願番号 PCT/US2010/057665 (87) 国際公開番号 W02011/066233 (87) 国際公開日 平成23年6月3日 (2011.6.3) 審査請求日 平成25年10月29日 (2013.10.29) 審判番号 不服2015-18693 (P2015-18693/J1) 審判請求日 平成27年10月15日 (2015.10.15) (31) 優先権主張番号 61/264,386 (32) 優先日 平成21年11月25日 (2009.11.25) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 512128597 ポウロス エアー アンド スペース アメリカ合衆国90278 カリフォルニア州 リドンドビーチユニット エイ ゲイツ アヴェニュー 2010 (74) 代理人 100082072 弁理士 清原 義博 (72) 発明者 ポウロス, デニス アメリカ合衆国90278 カリフォルニア州 リドンドビーチユニット エイ ゲイツ アヴェニュー 2010</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不安定なスペース・デブリスの安定化

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

不安定なスペース・デブリスを安定させる方法であって、該方法は、不安定なスペース・デブリス上の少なくとも第1及び第2の目標点を含む多数の目標点を目標とし、不安定なスペース・デブリスに力の量を加え、その結果、安定したスペース・デブリスを生成する工程を含み、

第1目標点は第1目標軸上に位置するか、あるいは第1目標軸に近接し、第2目標点は第1目標軸とは異なる第2目標軸上に位置するか、あるいは第2目標軸に近接し、第1及び第2目標軸のそれぞれは第1、第2及び第3スペース・デブリス軸から選ばれ、前記第1、第2及び第3スペース・デブリス軸は不安定なスペース・デブリスの質量中心で互いに直交しており、

ここで、当該力の量は、隣接した人工衛星によって生成され適用されたガスプルームによる不安定なスペース・デブリスのガスの衝突によって生成され、前記ガスプルームは不安定なスペース・デブリスに多数の目標点だけで衝突し、

また、ここで、当該力の量は不安定なスペース・デブリスの質量中心を中心とする3個の互いに直交する回転軸の1つ以上の周りの回転運動量を緩衝させる不安定なスペース・デブリス上のトルクを生成するのに充分である方法。

【請求項2】

前記不安定なスペース・デブリスに適用される力の量は、前記不安定なスペース・デブリスの運動、前記不安定なスペース・デブリスの質量中心の状態ベクトル、前記不安定な

スペース・デブリの互いに直交する回転の軸、前記不安定なスペース・デブリの慣性モーメント、前記不安定なスペース・デブリの回転運動量、前記不安定なスペース・デブリの目標点、又はそれらの組み合わせに依存することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

適用されている力の量は、多数の目標点を破損しないことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

第 1、第 2 及び第 3 スペース・デブリ軸は、不安定なスペース・デブリの質量中心を中心とする 3 つの互いに直交する回転軸である 請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 5】

第 1 目標点は第 1 スペース・デブリ軸上に位置し、第 2 目標点は第 2 スペース・デブリ軸上に位置し、

多数の目標点は更に第 3 スペース・デブリ軸上に位置する第 3 目標点を有し、多数の目標点のそれぞれは危険にさらされずに前記力を吸収するのに十分に構造上剛性であることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記不安定なスペース・デブリ上の多数の目標点は、質量中心、質量中心の速度ベクトルの方向及び大きさ、慣性モーメント、不安定なスペース・デブリの互いに直交する 3 つの回転の軸の周りの回転運動量、またはそれらの任意の組み合わせに依存することを

20

【請求項 7】

質量中心で集中する 3 つの互いに直交する回転の軸の 1 つを安定させるために必要なガスプルームのパルス数は、回転の他の 2 つの軸を安定させるのに必要なガスのパルスの数に依存しないことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記ガスプルームは、窒素ガス、キセノンガス、アルゴンガス、ネオンガス、酸化剤及び推進剤の化学的燃焼からの豊富な高初速残留物、触媒上の単元推進剤の発熱を伴う化学分解からの豊富な高初速残留物、水素ガス、ヘリウムガス、又はそれらの任意の組み合わせから選択されるガスを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 9】

前記ガスプルームは、未広ノズル、先細ノズル、及び平行にされたノズルから選択されるノズルから出ること

【請求項 10】

前記ガスプルームは、多数の目標点の内の少なくとも 1 つに隣接するノズルから出ることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ガスプルームは、前記不安定なスペース・デブリの回転の軸の 1 つに隣接するノズルから出ること

【請求項 12】

前記ガスプルームは、機械的に展開可能なアーム上で見出されるノズルから出ること

40

【請求項 13】

前記安定したスペース・デブリを捕捉する工程をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記安定したスペース・デブリの軌道パラメーターを変更する工程をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

この出願は、2009年11月25日に出願したアメリカ合衆国仮特許出願第61/264,386号からの優先権を請求し、その全体における参考として本明細書に組み入れられる。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

地球のまわりの軌道において、現在追跡されている20,000個以上の人造の（人為的に導入された）スペース・デブリが存在する。いくつかのスペース・デブリは、ロー・アース・オービット（LEO）（例えば200kmと2,000kmの間の高さの）において見出される。いくつかのスペース・デブリは、ミーディアム・アース・オービット（MEO）（例えば2,000kmと35,586kmの間の高さの）において見出される。いくつかのスペース・デブリは、ジオシンクロナス・オービット（GEO）（例えば35,786km±200kmの高さの）において見出される。いくつかのスペース・デブリはGEO地帯を超えた高さで見出される。スペース・デブリの多く（およそ40%）は、200kmと2,000kmの間の安定した円弧状または楕円軌道に集中される。

10

【 発明の概要 】

【 0 0 0 3 】

スペース・デブリは、安全に地球軌道への宇宙船を操作する能力を脅かす増大する問題である。スペース・デブリはアクティブで積極的な制御下にないので、スペース・デブリは宇宙船に対して衝突の原因となる。現在、作用される（例えば、衝突を回避するために操作される）のは宇宙船である。しかしながら、デブリを回避するために操作することは高くつく。デブリを回避するために操作することは、他のミッションの本質的な事象のために意図される燃料消費により宇宙船（例えば人工衛星または積荷）の有効寿命を人為的に減少させる。

20

【 0 0 0 4 】

代替的に、不安定なスペース・デブリは、作用されることができ、宇宙船の軌道経路から除去されることができる。宇宙の対象とドッキングし、かつ当該対象の近くで接近操作を処理する性能は実証されているが、（a）不安定なスペース・デブリが軌道離脱のために捕らえられるか、（b）デブリの軌道パラメーターが安全な軌道、または軌道離脱のいずれかに変更され得るように、不安定なスペース・デブリを安定させる、実証された方法は、現在、存在しない。無重力と零圧力の環境でスペース・デブリを安定させる、安全な技術は、技術的な挑戦のうちの1つである、それはまだ宇宙のコミュニティーによって対処されていない。したがって、不安定なスペース・デブリを安定させる方法に対するニーズがある。

30

【 0 0 0 5 】

本明細書には、特定の実施形態中で、次のものを含む不安定なスペース・デブリを安定させる方法が開示されている。不安定なスペース・デブリ上の目標点で不安定なスペース・デブリに力を加え、安定化されたスペース・デブリを生成する工程；ここで、当該力は、隣接した人工衛星に適用されたガスプルーム（gas plume）による不安定なスペース・デブリの空気の衝突によって生成される；また、ここで、力は不安定なスペース・デブリの回転軸の1つ以上に関する回転運動量を緩衝させる不安定なスペース・デブリ上のトルクを生成するのに充分である。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリに適用される力の量は、不安定なスペース・デブリの運動、不安定なスペース・デブリの質量中心の状態ベクトル、不安定なスペース・デブリの互いに直交する回転軸、不安定なスペース・デブリの慣性モーメント、不安定なスペース・デブリの回転運動量、不安定なスペース・デブリの目標点、あるいはそれらの組み合わせに依存する。幾つかの実施形態では、適用された力の量は目標点を破損しない。幾つかの実施形態では、目標点は、質量中心における回転中心の互いに直交する3つの軸に位置するか、あるいはその近くに位置する。幾つかの実施形態では、目標点は、それぞれ（a

40

50

) 質量中心での回転中心の互いに直交する 3 つの軸に位置づけられる、かつ (b) 危険にさらされずに力を吸収するのに十分に構造上剛性を有する。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリ上の目標点は、質量中心、質量中心の速度ベクトルの方向及び大きさ、相互に直交する 3 つの回転軸に関する慣性モーメント及び回転運動量、またはその任意の組み合わせに依存する。幾つかの実施形態では、質量中心の回転中心の互いに直交する 3 つ軸のうちの 1 つを安定させるために必要なガスプルームのパルスの数は、回転の他の 2 つの軸を安定させるのに必要なガスのパルスの数に依存しない。幾つかの実施形態では、ガスプルームは、次のものから選ばれたガスを含む：窒素ガス；キセノンガス；アルゴンガス；ネオンガス；酸化剤と推進剤の化学的燃焼から豊富な高初速残留物；触媒上の単元推進剤の発熱を伴う化学分解からの豊富な高初速残留物；水素ガス；ヘリウムガス；またはそれらの組み合わせ。幾つかの実施形態では、ガスプルームは、未広ノズル、先細ノズルおよび平行にされたノズルから選ばれたノズルから出る。幾つかの実施形態では、ガスプルームは少なくとも 1 つの目標点に隣接しているノズルから出る。幾つかの実施形態では、ガスプルームは、不安定なスペース・デブリの回転軸のうちの 1 つに隣接しているノズルから出る。幾つかの実施形態では、ガスプルームは機械的に展開可能なアーム上で見出されるノズルから出る。幾つかの実施形態では、前記方法は、安定したスペース・デブリを捕らえることをさらに含む。幾つかの実施形態では、前記方法は安定したスペース・デブリの軌道パラメーターを変更することをさらに含む。

10

【 0 0 0 6 】

本明細書には、特定の実施形態中で、不安定なスペース・デブリを安定させるための人工衛星であって、(a) 当該人工衛星の操作用の手順システムおよびサブシステムと、(b) 不安定なスペース・デブリの回転の軸の 1 つ以上に関する回転運動量を緩衝させるのに十分なガスプルームを生成し配向するための手段を含むことが開示されている。幾つかの実施形態では、人工衛星は、接近操作中に、および不安定なスペース・デブリの軌道パラメーターを安定させるか変更するためにガス衝突システムを使用する間に、人工衛星の位置および姿勢を維持するために、さらに積極的な制御系を含む。幾つかの実施形態では、人工衛星は、不安定なスペース・デブリの運動を分析するための手段をさらに含む。幾つかの実施形態では、人工衛星はさらにレーザー追跡方法、レーダー（あるいは他の無線周波数）追跡システム、光追跡システムまたはそれらの組み合わせを含む。幾つかの実施形態では、人工衛星はさらにレーザーまたはレーダー追跡システム、および光追跡システムを含む。幾つかの実施形態では、人工衛星は、不安定なスペース・デブリに適用されるガスプルームのパルスの濃度、およびガスプルームのパルスの数、持続時間並びにタイミングを算出するための手段をさらに含む。幾つかの実施形態では、人工衛星は、それ自体軌道から外されなければならないということなく、あるいは宇宙へ新しい人工衛星を打ち上げなければならないということなく、多数の数片のスペース・デブリの軌道を安定させるか、捕らえるか、変更することができるように、点検されかつ燃料が補給される手段をさらに含む。

20

30

【 0 0 0 7 】

本明細書には、特定の実施形態中で、次のものを含む不安定なスペース・デブリを安定させる方法が開示されている。すなわち、不安定なスペース・デブリの質量中心 (C M) に集中された互いに直交する軸に置かれた 1 つ以上の目標点に力を加える工程を含み、ここで当該力は、不安定なスペース・デブリの回転軸の 1 つ以上に関する回転運動量を緩衝させるのに十分なトルクを不安定なスペース・デブリに生成し、及び当該力は隣接した人工衛星によって生成され加えられる。幾つかの実施形態では、力を加えることは、隣接した人工衛星によって生成されたガスプルームによって不安定なスペース・デブリの衝突を含む。幾つかの実施形態では、ガスプルームの 1 つのパルスは不安定なスペース・デブリに衝突する。幾つかの実施形態では、ガスプルームの多数のパルスは不安定なスペース・デブリに衝突する。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリ上の運動の軸を安定させるのに必要なガスプルームのパルスの数は、不安定なスペース・デブリの運動の他の軸に関する慣性モーメントを緩衝させるのに必要なガスプルームの

40

50

パルスの数に依存しない。いくつかの実施形態において、ガスプルームは、窒素ガス；キセノンガス；アルゴンガス；ネオンガス；アンモニアガス；フロン・ガス；酸化剤と推進剤の化学的燃焼からの豊富な高圧残留物；単元推進剤（例えばヒドラジン、モノメチルヒドラジン）、その変形または過酸化水素と、触媒との間の化学反応からの豊富な高圧残留物；水素ガス；ヘリウムガス；イオン化されたセシウム；イオン化された水銀；テフロン（登録商標）などの化合物から生成されたプラズマ；またはそれらの組み合わせを含む。幾つかの実施形態では、ガスプルームはガスを圧縮することにより生成される。幾つかの実施形態では、ガスプルームは酸化剤と推進剤の燃焼によって生成される。幾つかの実施形態では、ガスプルームは、触媒で反応する単元推進剤の発熱性の化学分解によって生成される。幾つかの実施形態では、ガスプルームは、1つ以上の推進剤の電熱か、静電気か、電磁気加速によって生成される。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリス上の目標点はコンピューター分析、人手による分析またはそれらの組み合わせによって測定される。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリス上の目標点は、(a) 質量中心、(b) 不安定なスペース・デブリスのボディの質量中心に関する回転の方向と大きさ、および(c) 不安定なスペース・デブリスのボディの質量中心の速度ベクトルの量に依存する。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリス上の目標点は、質量中心において中心にある運動の相互に直交する3つの軸に依存する。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリス上の目標点は、危険（すなわち、破損される）にさらされることなく、適用される力を吸収するために構造上十分な剛性を有する。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリス上の目標点は、(a) 運動の相互に直交する3つの直交軸の1つ以上の上若しくはその近傍、および(b) 危険（すなわち、破損される）にさらされることなく、適用される力を吸収するために構造上十分な剛性を有する。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリスに適用された力の量は、(a) デブリスの運動、(b) 不安定なスペース・デブリスの質量中心のための状態ベクトル、(c) 相互に直交した軸、(d) 慣性モーメント、(e) 回転運動量、(f) 質量中心から目標点の距離、あるいは(g) それらの任意の組み合わせに依存する。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリスに加えられた力は、目標点の構造的な限度を超えない。幾つかの実施形態では、力は多数の機械的に連結されたアームを備えた単一の人工衛星によって生成され、かつ加えられる。幾つかの実施形態では、力は多数の隣接した人工衛星によって生成され、かつ加えられる。幾つかの実施形態では、力は1つの回転軸当たり1つの隣接した人工衛星によって生成され、かつ加えられる。幾つかの実施形態では、力は1つの回転軸当たりの多数の人工衛星によって生成され加えられる。幾つかの実施形態では、当該方法は、不安定なスペース・デブリスの軌道の経路を変更する工程をさらに含む。幾つかの実施形態では、当該方法は、軌道離脱のために不安定なスペース・デブリスを捕らえる工程をさらに含む。幾つかの実施形態では、当該方法は、不安定なスペース・デブリスの軌道パラメーターを変更する工程をさらに含む。

【0008】

本明細書には、特定の実施形態中で、不安定なスペース・デブリスを安定させるための人工衛星が開示されており、当該人工衛星は、(a) 標準的なサブシステムおよび接続を備えた人工衛星バス、(b) 不安定なスペース・デブリスの回転軸の1つ以上に関する回転運動量を緩衝させるのに十分な力を生成し、伝達するための手段、(c) 1つ以上の外部センサー（レーダー、レーザーレーダー（LIDAR）、光学若しくは画像センサー）、及び(d) 前記センサーからのデータを分析し、安定化計画を展開するために設計された電子システムを備えており、当該安定化計画は、空気（ガス）噴射（プルーム）の力、持続時間、数、方向および大きさを含んでいる。幾つかの実施形態では、人工衛星は人工衛星の位置を維持するために、さらに能動的な制御システムを含む。幾つかの実施形態では、人工衛星は、さらに反動制御システム（RCS）、コントロールモーメント・ジャイロスコープ（CMG）、姿勢制御用の磁気トルクコンバーター、またはそれらの組み合わせを含む。幾つかの実施形態では、人工衛星は、不安定なスペース・デブリスの運動を遠隔で走査し、かつ分析するための手段をさらに含む。幾つかの実施形態において、人工衛

10

20

30

40

50

星は、レーザー追跡システムを更に備えている。幾つかの実施形態において、人工衛星は、レーダー追跡システムを更に備えている。幾つかの実施形態において、人工衛星は、光追跡システムを更に備えている。

幾つかの実施形態では、人工衛星は、不安定なスペース・デブリ（不安定なスペース・デブリ上の目標点の方に伝達され、かつ目標点に衝突する、空気（ガス）パルス（ブルーム）の数、持続時間およびタイミング）、またはそれらの組み合わせに加えられる力の量を算出するための手段をさらに含む。幾つかの実施形態では、人工衛星はさらにオンボード・コンピューター・モジュールを含む。

幾つかの実施形態では、人工衛星は、安定したスペース・デブリへの結合用の軌道離脱モジュールをさらに含む。幾つかの実施形態では、軌道離脱モジュールは、再突入パスおよび誘導の中へのスペース・デブリ、ナビゲーションおよび制御系を置くために十分なスラストを備えたロケット・モータおよび燃料を含む。

幾つかの実施形態では、人工衛星は、不安定なスペース・デブリを集めるための方法をさらに含む。

幾つかの実施形態において、人工衛星は、再配置ロボットアームを更に備えている。幾つかの実施形態では、人工衛星は安定したスペース・デブリを捕らえるためにさらにコンテナを含む。幾つかの実施形態では、人工衛星は、捕らえられたスペース・デブリを格納するための方法をさらに含む。

幾つかの実施形態では、人工衛星は捕らえられたスペース・デブリの格納のためにさらにコンテナを含む。いくつかの実施形態において、人工衛星は点検可能である。いくつかの実施形態において、人工衛星は、燃料補給が可能である。

【0009】

本明細書には、特定の実施形態中で、本明細書に開示された方法によって安定させられるスペース・デブリが開示されている。

【0010】

本明細書には、特定の実施形態中で、本明細書に開示された方法によって捕らえられるスペース・デブリが開示されている。

【0011】

本明細書には、特定の実施形態中で、本明細書に開示された方法によって軌道から外されるスペース・デブリが開示されている。

【0012】

本明細書には、特定の実施形態中で、本明細書に記載された人工衛星の使用によって安定させられるスペース・デブリが開示されている。

【0013】

本発明の、新規な特徴は、添付の特許請求の範囲内に特に明記されている。本発明の特徴と利点とのよりよい理解は、本発明の原理を利用している、説明に役立つ実施形態と、添付図面と、に明記される、後述する詳細な説明を参照することによって、得られるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、不安定なスペース・デブリの運動の座標系および軸を示している。

【図2】図2はガス衝突目標点の例である。

【図3】図3は、衝突システムによってスペース・デブリ上に与えられた力のベクトル（ F_x 、 F_y 、 F_z ）を示す。

【図4】図4は、スペース・デブリとドッキングするために操作し、運動分析を行なうスペース・デブリ回復人工衛星を示す。

【図5a】図5aは、3つの直交軸周りで、空気噴射を配向させるシングルスペース・デブリ回復人工衛星を示す。

【図5b】図5bは、3つの直交軸周りで、空気噴射を配向させる多数のスペース・デブリ回復人工衛星を示す。

10

20

30

40

50

【図 6 a】図 6 a は、スペース・デブリスを安定させるために、目標点にガスプルームを適用するシングルスペース・デブリス回復人工衛星を示す。

【図 6 b】図 6 b は、スペース・デブリスを安定させるために目標点にガスプルームを適用する多数のスペース・デブリス回復人工衛星を例証する。

【発明を実施するための形態】

【0015】

スペース・デブリスは操作不能な人工衛星および積荷すなわち軌道から外れない浪費されるロケット段と、破滅的に失敗する人工衛星および積荷からの残存デブリスとを含んでいる。正常に機能している間、人工衛星と積荷は内部管理システムによって能動的にまたは受動的に制御される。これらのシステムの「寿命末期」(EOL)では、軌道から外され 10
られない人工衛星および積荷は制御されず、したがって、不安定になり得る。さらに、人工衛星と積荷は設計されたEOLの前に不意に失敗するかもしれない、その時に人工衛星及び積荷は制御しがたく、不安定になり得る。その結果、人工衛星及び積荷は、タンピングするか、あるいは運動の1つ以上の軸で回転し始め得る(不安定になる)。軌道から外されない消費されたロケット段と、破滅的に失敗する人工衛星および積荷からの残存デブリスは、制御システムを有しておらず、それらの回転運動は不安定になり得る。

【0016】

スペース・デブリスは、宇宙船を安全に地球軌道に操作する能力を脅かす増大する問題である。スペース・デブリスが能動的な明確な制御下にないので、スペース・デブリスは 20
他の宇宙船との衝突の危険性を意味する。現在、作用される(例えば、衝突を回避するために操作される)のは、作業用の宇宙船である。しかしながら、デブリスを回避するために操作することは高価である。それは、他のミッションの本質的な事象のために意図される燃料の消費により、作業用の人工衛星(及び関連する積荷)の有効な寿命を人為的に減少させる。

【0017】

代替的に、不安定なスペース・デブリスは作用され得る - すなわち、不安定なスペース・デブリスは宇宙船の軌道の経路から除去される。
宇宙の対象物とドッキングし、かつ当該対象物の近傍への接近操作を行う性能は実証されているが、不安定な回転運動をもつスペース・デブリス(以下、不安定なスペース・デブリス)を安定させて、(a)スペース・デブリスが軌道離脱のために捕らえられるか、或 30
いは(b)スペース・デブリスの軌道パラメーターが変更され得る、実証された手段は現在のところ存在しない。無重力と零圧力の環境で不安定なスペース・デブリスを安定させる、安全な技術は、技術的な挑戦の1つであるが、まだ実証されていない。したがって、不安定なスペース・デブリスを安定させる方法のニーズがある。

特定の用語

【0018】

本明細書で使用されているように、「人工衛星」は、ヒトの努力によって軌道内に置かれるが任意の対象を意味する。幾つかの実施形態では、人工衛星は自律制御ができる。幾つかの実施形態では、人工衛星は、地上のオペレーターによって制御される。

【0019】

本明細書で使用されているように、「スペース・デブリス」は宇宙で見出される操作不能の人工の対象物、および宇宙で見出される自然物を意味する。幾つかの実施形態では、スペース・デブリスは、発射の残物(操作不能のブースター、または動力が供給された操作中にロケット本体から放出されるデブリス)であり;ステージング(staging)の残物(爆発したボルトの残骸又は他のハードウェアであって、ステージング中に展開されるか、或いは作動される);不意に作動するのを止めるか、制御不能であるが、そうでなければ完全な人工衛星または積荷;破滅的に失敗する人工衛星または積荷;破滅的な故障以外の原因によってばらばらになる人工衛星または積荷;破損されるか、他の人工衛星または積荷を備えた弾着または自然物によりばらばらになる人工衛星または積荷;および、人工衛星のデブリス又は積荷であって、物理的に攻撃されるか、または軍事行動により 40

作動するのを止められたもの。

【0020】

スペース・デブリスは能動的な制御下にはないので、それは不安定になる傾向がある。特定の例において、スペース・デブリスの運動は、タンプリング、ヨーイング及び回転の組み合わせであり、三次元において結合された時、不安定か、ランダム、または無秩序である(すなわち、非一様)運動を生成する。

より大きな数片のスペース・デブリスの場合には、対象が、大きい慣性モーメントを有することができ、および不安定な運動は著しい回転運動量を発生することができる。

【0021】

本明細書で使用されているように、「空気の衝突」はガスプルームによる対象物との衝突を意味する。幾つかの実施形態では、ガスプルームにはスペース・デブリス上のトルクを生成する十分な力がある。いくつかの実施形態において、対象は、不安定なスペース・デブリスである。

10

【0022】

本明細書で使用されているとおりの「安定している」とは、基準の固定されたフレームに対して測定された宇宙の対象物の力学的な運動が、運動の3つの主要な軸のうち少なくとも2つの周りで零となり(又は実質的に零である)、3つ目の軸のまわりの力学的な運動が加速せず、あるいは零に減速する状態を意味する。

【0023】

本明細書で使用されているとおりの「安定させる」とは、宇宙の対象物への力の印加を意味し、すなわち、それは拘束されない運動中に印加することで、固定された基準フレームに対して測定されたその対象物の力学的な運動を、運動の主要な3つの軸のうち少なくとも2つの軸の周りで約零(又は、実質的に零)まで減じる、及び3つ目の軸の周りで力学的な運動が加速せず、あるいは約零まで減速することを意味する。

20

【0024】

本明細書で使用されているとおりの「安定した」とは、固定された基準フレームに対して測定された、減じられた力学的な運動を備えたスペース・デブリスを意味する。幾つかの実施形態では、力学的な運動は、運動の3つの主要な軸のうち少なくとも2つの周りで約零(実質的に零)に減じ、3つ目の軸のまわりの力学的な運動が加速せず、あるいは零に減速することを意味する。

30

【0025】

本明細書で使用されているとおりの、「ガスプルーム」、「ガス噴射」および「ガス流」という用語は、相互に交換可能に使用され、高速で開口部から放出されるガスの集まりを意味する。ガスは(一般に)同時に、同じ方向に移動する。用語のどれも、ガス体が特定の形態を有していることを示唆しない。幾つかの実施形態では、ガスプルームは未広がりする、リニアの(すなわち、未広がりしない)、あるいは集中する(すなわち、収斂する)。

【0026】

本明細書で使用されているとおりの「軌道パラメーター」とは3つの空間上の次元を意味し、位置と、基準の慣性フレームに対する基準で測定されたとおりの、当該3次元の各々における速度とは慣性系、基準の慣性フレーム内で測定されたとおりの、当該3次元の各々における加速度とを定義する。

40

【0027】

本明細書で使用されているとおりの「宇宙に入れない」とは、人工衛星の安全を保証するために、本明細書に開示された不安定なスペース・デブリスと人工衛星との間の最小の離脱を意味する。幾つかの実施形態では、宇宙に入れないとは、不安定なスペース・デブリスが回転し、ヨーイングし、及び/又はタンプリングする、空間の体積によって定義される。

【0028】

明細書で使用されているとおりの、「宇宙船を維持する操作」とは、宇宙の他の対象物

50

から割り当てられた軌道で、または特異的な距離及び方向で宇宙船を維持するための操作を意味する。

【 0 0 2 9 】

本明細書で使用されているとおりの「回転運動は実質的に零である」とは、回転運動は零である、オリジナルの回転運動の約 1 % である、オリジナルの回転運動の約 2 % である、オリジナルの回転運動の約 3 % である、オリジナルの回転運動の約 4 % である、オリジナルの回転運動の約 5 % である、オリジナルの回転運動の約 6 % である、オリジナルの回転運動の約 7 % である、オリジナルの回転運動の約 8 % である、オリジナルの回転運動の約 9 % である、またはオリジナルの回転運動の約 1 0 % であることを意味する。スペース・デブリ安定化への現在のアプローチ。

10

【 0 0 3 0 】

スペース・デブリは、操作不能の人工衛星および積荷、軌道から外れない消費されたロケット段と、破滅的に失敗する人工衛星および積荷からの残物とを含む。正常に機能している間、人工衛星と積荷は内部制御システムによって能動的にまたは受動的に制御される。これらのシステムの「寿命の末期」(EOL)では、軌道から外れない人工衛星および積荷は制御されず、したがって、不安定になり得る。さらに、人工衛星と積荷は設計されたEOLの前に不意に失敗するかもしれず、その時に人工衛星と積荷は制御しがたく、不安定になり得る。その結果、人工衛星と積荷は、運動の1つ以上の軸でタンプリングするか回転し始める可能性がある(不安定になる)。軌道から外れない消費されたロケット段および破滅的に失敗する人工衛星および積荷からの残余のデブリは、制御系を有し得ず、それらの回転運動も不安定であり得る。不安定なスペース・デブリを安定させる方法のニーズがある。不安定なスペース・デブリを安定させる方法

20

【 0 0 3 1 】

本明細書には、特定の実施形態中で、不安定なスペース・デブリを安定させる方法が開示されている。幾つかの実施形態では、当該方法はデブリ上の正確な点(すなわち目標点)に力を加えることを含む。

【 0 0 3 2 】

幾つかの実施形態では、当該方法はデブリ上の正確な点で空気の衝突を含む。幾つかの実施形態では、当該方法は、ガスプルームを備えたデブリ上で特定の目標点と衝突することを含む[図2参照]。いくつかの実施形態において、各目標点は、同時に衝突する。いくつかの実施形態において、各目標点は、順次に衝突する。

30

【 0 0 3 3 】

幾つかの実施形態では、ガスプルームは、デブリの慣性モーメントをすべて緩衝するに十分な力が適用される。幾つかの実施形態では、スペース・デブリの回転運動が回転の3つの軸のうちの少なくとも2つ周りで約零(あるいは、回転運動は実質的に零である)に減じるまで、ガスプルームが適用される。

【 0 0 3 4 】

幾つかの実施形態では、ガスプルームのパルスは各目標点に適用される。本明細書で使用されているように、「パルス」は、ガスプルームの単一で急な放出を意味する。パルスの数は、回転軸の各々での全慣性モーメントと、各パルスが各目標点で付与する力の量に依存する。

40

【 0 0 3 5 】

幾つかの実施形態では、単一パルスは各目標点に適用される。幾つかの実施形態では、一連のパルス(例えば短パルス)は各目標点に適用される。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリ上の運動の軸を安定させるのに必要なガスプルームのパルスの数は、不安定なスペース・デブリの運動の他の軸に関する慣性モーメントを緩衝させるのに必要なガスプルームのパルスの数に依存しない。幾つかの実施形態では、軸の周りの回転運動量の変化は各パルスの後で計算される。幾つかの実施形態では、運動の軸の周りの回転運動が安定したときに、目標点へのガスの印加が停止される。幾つかの実施形態では、回転運動が、回転の3つの軸のうちの少なくとも2つの周りで約零(あるいは、回転運

50

動は実質的に零である)まで減じるとき、目標点へのガスの印加が停止される。

【0036】

3つの軸すべてにおいて不安定である不安定なスペース・デブリを安定させるために、相互に直交する軸の各々の上、又は近傍に、少なくとも1つの「目標点」が存在しなければならない。目標点の各々にアクセスするために、ガスプルームが放出される開口部は、ガスプルームが目標点に衝突するが、空間から締め出された外で維持されるように、配向されなければならない。幾つかの実施形態では、ガス噴射が放出される開口部は、適所に操作される操縦アームに位置づけられる。幾つかの実施形態では、ガス噴射が放出される開口部は人工衛星に固定され、空気衝突システムが作動している間、人工衛星のポジショニング (p o s i t i o n i n g) 及び位置並びに姿勢の維持によって適所に操作される。

10

空気の衝突のために使用されるガスの特徴

【0037】

本明細書には、特定の実施形態中で、不安定なスペース・デブリを安定させる方法が開示されている。幾つかの実施形態では、当該方法は、特定の目標点における不安定なスペース・デブリの空気の衝突を含む。幾つかの実施形態では、ガス噴射は任意の適切なガスを含む。ガスの適合性に影響を及ぼす因子は、限定されないが、ガスが圧力(圧縮)によって加速されるか、ガスが蒸発によって加速されるか、ガスが燃焼によって加速されるか、ガスが触媒で反応する単元推進剤の発熱性の化学分解によって加速されるか、ガスが電磁気的手段によって加速されるか、毒性、コスト、密度、ハンドリングの容易さ、貯蔵の容易さ又はそれらの組み合わせを含む。

20

【0038】

幾つかの実施形態では、当該方法は、冷たいか又は暖かいガスのプルームによって不安定なスペース・デブリ上の目標点に衝突することを含む。本明細書で使用されているとおり、「コールドガス」とは、圧縮または蒸発によって加圧されており、加圧されたガスが含まれた圧力容器の内部圧力と、周囲の環境(「宇宙」)の外部圧力との間の圧力差によって加速され、ついで開口部を介して放出されるガスを意味する。開口部は任意の適切な開口部である。幾つかの実施形態では、開口部は、ノズルである。

幾つかの実施形態では、開口部は、末広がりタイプのノズル、先細りタイプのノズル、リニアのタイプ(あるいは平行にされたタイプ)のノズルまたはそれらの組み合わせである。

30

【0039】

本明細書で使用されているとおり、「暖かいガス」とは、蒸発によって開口部を介して加速され、ついで放出されるガスを意味する。本明細書において用いられているとおり、「蒸発」とは、その沸点を過ぎた液化ガスを加熱し、その結果、ガスに移行することを意味する。液体が蒸発するにつれて、液体が蒸発した容器内の圧力が十分に増加する。ガスが蒸発チャンバーの内部圧力と周囲の環境(「宇宙」)の外部圧力との間の圧力差によって開口部を介して放出されると、ガスが加速される。(a)圧縮または(b)蒸発によって開口部を介して加速され、ついで放出され得る例示的なガスは、限定されないが、水素(H_2)、ヘリウム(He_2)、キセノン(Xe)、アルゴン(Ar)、ネオン(Ne)、フロン、ガスのアンモニアまたは窒素(N_2)を含む。開口部は任意の適切な開口部である。幾つかの実施形態では、開口部は、ノズルである。幾つかの実施形態では、開口部は、末広がりタイプのノズル、先細りタイプのノズル、リニアのタイプ(あるいは平行にされたタイプ)のノズルまたはそれらの組み合わせである。

40

【0040】

幾つかの実施形態では、当該方法は、熱いガスのプルームによって不安定なスペース・デブリ上の目標点に衝突することを含む。幾つかの実施形態では、熱いガスは、酸化剤(例えば液体酸素(LOX)、酸素ガス(GOX)、フッ素(F_2)、2フッ化酸素(OF_2)、四弗化ヒドラジン(N_2F_2)、塩素ペンタフルオリド(ClF_5)または他の同様の酸化剤)および推進剤(例えば水素(H_2)、ロケット推進剤1($RP-1$)のよ

50

うなケロシンプロダクトおよびロケット推進剤 2 (R P - 2))、開口部を介して高初速で放出されるメタン (C H ₄)、モノメチルヒドラジン (M M H) または他の前記推進剤の化学的燃焼から結果として生じる豊富な高初速残留物の支流である。幾つかの実施形態では、ガスは、イリジウム、銀、または開口部によって高初速で放出される白金のような (しかし限定されない)、推進剤と触媒の間の発熱反応によって引き起こされたヒドラジン (N ₂ H ₄) または過酸化水素 (H ₂ O ₂) のような (しかし限定されない) 単元推進剤の化学分解からの豊富な高初速残留物である。

【 0 0 4 1 】

幾つかの実施形態では、当該方法は、ガスプルームによる不安定なスペース・デブリス上の目標点に衝突することを含む。幾つかの実施形態では、ガスは、開口部を介して高初速で放出される、電熱的手段、静電気手段または電磁気的手段によって加速される。電熱的手段、静電気手段または電磁気的手段によって加速することができる、例示的なガスは、限定されないが、水素 (H ₂)、ヘリウム (H e ₂)、キセノン (X e)、アルゴン (A r)、ネオン (N e)、窒素 (N ₂) またはイオン化されたセシウム (C s) またはイオン化した水銀 (M g) を含む。

10

【 0 0 4 2 】

幾つかの実施形態では、ガスが放出される開口部は、ガスが適切な衝撃角度で不安定なスペース・デブリス上の目標点に衝撃を与えるように、不安定なスペース・デブリスと相対的に位置づけられている。

【 0 0 4 3 】

幾つかの実施形態では、ガス噴射が放出される開口部は任意の適切な大きさである。開口部の適切な大きさは、これらに限定されないが、複数因子に依存する、どれだけの力が生成されることになっているか、開口部からガス噴射が収斂する点までガスのパルスはどれくらいの時間続かなければならないか、ガス噴射の温度、及び背圧といった技術解析を含む複数の要因に依存する。

20

【 0 0 4 4 】

幾つかの実施形態では、加速されたガスが放出される開口部は末広がりタイプのノズルであって、円錐状の形状を呈したガスプルームを形成しているが、当該ノズルから以下の排出を発散する。ガスプルームが末広がりタイプのノズルによって形成されるとき、目標点に影響を与える支流の部分は、乖離率、目標点のサイズ、ノズルから距離またはそれらの任意の組み合わせに依存し；

30

そして、ノズルから目標点までの距離が増加するにつれて、当該支流の部分は比例して減少する。幾つかの実施形態では、加速されたガスが放出される開口部は、平行にされたガスプルームを形成するリニアのタイプ (あるいは平行にされたタイプ) のノズルであり、実質的に末広がりではなく、ノズルから所定距離で集中することもない。

リニアのノズルが平行にされたガスプルームを形成するとき、目標点に衝突する支流の部分は、平行にされたガスプルームの大きさ、目標点の大きさ、目標点にガスプルームを向けるために使用されるシステムの指向精度、あるいはそれらの任意の組み合わせに依存し；そして、航続距離 (ガスプルームが遠距離場中で当然分岐し始めるまで) で比較的定常性のままである。幾つかの実施形態では、加速されたガスが放出される開口部は、ノズルから特定された範囲 (距離) における特定された地点に支流を実質的に収斂させるガスプルームを形成する先細りタイプのノズルであり、当該ノズルに続いて、広がり始める。ガスプルームが先細りノズルによって形成されるとき、目標点に衝突する支流の部分は、収斂の割合、目標点の大きさ、目標点にガスプルームを向けるために使用されるシステムの指向精度、ノズルからの距離、あるいはそれらの任意の組み合わせに依存し；そして、当該支流の部分は、ガスプルームが収束点に達するまで比例して増加し、ノズルからの距離が増加するにつれて、当該支流の部分は、当該収束点において減少する。

40

目標点の測定

【 0 0 4 5 】

本明細書には、特定の実施形態中で、不安定なスペース・デブリスを安定させる方法が

50

開示されている。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリス上の正確な目標点に力を印加する工程を含み、その結果、当該力が不安定なスペース・デブリスにトルクを発生し、回転軸の1つ以上の周りの回転運動量を緩衝させるか、或いは逆らう工程を含む。幾つかの実施形態では、当該方法は、不安定なスペース・デブリス上の正確な目標点に力を印加する工程を含み、その結果、当該力が回転の3つの軸のうち少なくとも2つの周りの回転運動を約零（あるいは、回転運動は実質的に十分に零である）まで減じる。幾つかの実施形態では、当該方法は、正確な目標点でのデブリスの空気の衝突を含む。

【0046】

幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリス上の目標点は不安定なスペース・デブリスの運動の分析によって測定される。幾つかの実施形態では、方法は、不安定なスペース・デブリスのボディの（a）質量中心、および（b）度ベクトルの方向および大きさを同定することを含む。幾つかの実施形態では、方法は、質量中心を中心とした運動の相互に直交する3つの軸を同定することを含む。幾つかの実施形態では、方法は、質量中心を中心とした運動の相互に直行する3つの軸に対する不安定なスペース・デブリスのボディの回転方向、速度、慣性モーメントおよび回転運動量を同定することを含む。幾つかの実施形態では、目標点は不安定なスペース・デブリスボディ上の構造上の位置である。幾つかの実施形態では、目標点は不安定なスペース・デブリスボディ上の構造上の位置であり、当該目標点は、相互に直行する運動の3つの軸のうち1つの上又はその近傍である。幾つかの実施形態では、目標点は、ガスプルームが不安定なスペース・デブリス上で与える力を吸収するように、構造上、十分に剛性を有する不安定なスペース・デブリスボディ上の構造上の位置である。幾つかの実施形態では、目標点は不安定なスペース・デブリスボディ上の構造上の位置であり、当該目標点は、（a）相互に直行する運動の3つ軸のうち1つの上又はその近傍にあり、及び（b）ガスプルームが与える力を吸収するに十分な構造上剛性を有する。

印加される力の大きさの測定

【0047】

本明細書には、特定の実施形態中で、不安定なスペース・デブリスを安定させる方法が開示されている。幾つかの実施形態では、当該方法は、不安定なスペース・デブリスにトルク（例えば、空気の衝突）を生成する力の印加を含む。幾つかの実施形態では、力は正確な目標点で印加される。幾つかの実施形態では、スペース・デブリスの回転運動が回転の3つの軸の少なくとも2つの周りで約零（あるいは、回転運動は実質的に零である）まで減じるまで、力が印加される。

【0048】

幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリスに印加される力の大きさは、（a）デブリスの運動、（b）不安定なスペース・デブリスの質量中心での状態ベクトル、（c）相互に直交した軸、（d）慣性モーメント、（e）回転運動量および（f）目標点に依存する。幾つかの実施形態では、当該方法は、デブリスに印加される力を計算することを含む。

【0049】

幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリスに印加された力は、目標点の構造上の限界を超えない。

幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリスに印加された力は、構造上の故障の結果として生じない。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリスに印加された力は、不安定なスペース・デブリス分裂を結果として生じない。

【0050】

幾つかの実施形態では、構造上の限界は、対象物の分析によって（例えばデブリスを構築するために使用されるデブリスと材料の概略設計の分析によって）測定される。幾つかの実施形態では、目標点に印加される力は、衝突（例えば、前の衝突に続く）の前に計算される。

【0051】

10

20

30

40

50

幾つかの実施形態では、構造上の限界は、デブリスの目視検査デブリス、デブリスの走査、必要に応じて力のベクトルの漸増によるデブリスへの最小の力の印加またはそれらの組み合わせによって測定される。

【 0 0 5 2 】

幾つかの実施形態では、目標点に印加された力は、ガスプルームの速度、および目標点に衝突するガスプルームの質量に依存する。

モジュール性

【 0 0 5 3 】

幾つかの実施形態では、スペース・デブリスは大きなスペース・デブリスである。幾つかの実施形態では、不安定なランダムな回転運動中の大きいスペース・デブリスは、空間を締め出す大きい体積を定義する。特定の例において、当該大きいスペース・デブリスによって生じた前記締め出された空間を回避するのに充分長い展開可能なアームを使用することは非実用的である。したがって、幾つかの実施形態では、本明細書に、示された方法は多数の人工衛星を使用する。幾つかの実施形態では、当該方法は、1つの回転軸当たり1つの人工衛星を使用することが本明細書に開示されている。幾つかの実施形態では、当該方法は、1つの回転軸当たりの多数の人工衛星を使用することが本明細書に開示されている。

10

【 0 0 5 4 】

幾つかの実施形態では、各人工衛星は、(a)それが目標点へのアクセスを有し、及び(b)前記締め出された空間を回避するように、位置づけられる。

20

【 0 0 5 5 】

幾つかの実施形態では、各人工衛星は独立して作動する。例えば、各人工衛星は、アーススペースの地上のオペレーターを介して独立して位置づけられる。

【 0 0 5 6 】

幾つかの実施形態では、前記人工衛星は互いに自動的に連携される。幾つかの実施形態では、前記人工衛星は互いに自動的に連携され、地上のオペレーターによって監視される。

【 0 0 5 7 】

幾つかの実施形態では、各人工衛星は小さいか、或いは中間の大きさのスペース・デブリスを独立して安定させることができる。

30

空気の衝突以外の力の源

【 0 0 5 8 】

不安定なスペース・デブリスに力を加えるために使用することができる多数の方法がある。幾つかの実施形態では、力は、機械的要素(例えば、アームまたは人工衛星バスの一部)による物理接触によって印加される。しかしながら、システムの慣性運動または回転運動量において貯蔵されたエネルギーは、デブリスまたは機械的要素の構造上の故障を結果として生じるのに十分に大きく、それにより、追加のデブリスを生成し得る。

【 0 0 5 9 】

幾つかの実施形態では、力は、強粘液(例えば水またはより多くの塑性流動性液体)で不安定なスペース・デブリスを接触させることによって印加される。幾つかの実施形態では、液体の粘性および質量は不安定なスペース・デブリスに力を与え、それゆえその回転を遅くする。

40

【 0 0 6 0 】

幾つかの実施形態では、力はレーザーにより不安定なスペース・デブリスを照射することによって加えられる。幾つかの実施形態では、レーザーは不安定なスペース・デブリスの1つの側を照射し、素材のうちのいくつかを蒸発させる。幾つかの実施形態では、素材が蒸発し、不安定なスペース・デブリスから排出され、素材は等しく、かつ逆向きの力を生成する。当該力は、蒸発した素材の質量と、放出される速度に依存する。幾つかの実施形態では、レーザーは、レーザーが照射するスペース・デブリスの側と、レーザーが照射しないスペース・デブリスの側の間で差異を示す放射圧を生成する。また、この放射圧の

50

差異は、回転の1以上の軸の周りの回転運動量を緩衝させるのに充分である。

【0061】

幾つかの実施形態では、力は、不安定なスペース・デブリスが回転する電磁場を生成することにより印加される。幾つかの実施形態では、電磁場内で回転する不安定なスペース・デブリスは、スペース・デブリスが構成される導電性材料に電流（すなわち渦電流）を生成する。幾つかの実施形態では、電流および自然発生の惑星の磁場の相互作用は、対象物の回転を緩衝させる不安定なスペース・デブリスに電磁気力を生み出す。

【0062】

幾つかの実施形態では、力は、微粒子材料（例えば砂または他の材料）を不安定なスペース・デブリスに接触させることにより印加される。幾つかの実施形態では、微粒子材料の衝突は力を与え、運動軸の周りにドラグ（drag）を生成し、不安定なスペース・デブリスを減速する。スペース・デブリスの軌道を変更するか、スペース・デブリスを捕らえる方法

【0063】

本明細書には、ある実施形態中で、不安定なスペース・デブリスを捕らえる方法が開示されている。さらに本明細書には、不安定なスペース・デブリスの軌道の経路を変更する方法が開示されている。

スペース・デブリスの捕捉

【0064】

本明細書には、特定の実施形態中で、スペース・デブリスを捕らえる方法が開示されている。幾つかの実施形態では、スペース・デブリスは低い回転エネルギー状態をもつ小さいスペース・デブリスである。幾つかの実施形態では、スペース・デブリスは不安定であり、かつ、それは捕捉前に安定させられる。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリスは本明細書に開示された方法によって安定させられる。

【0065】

幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星とスペース・デブリスとはドッキングする。

幾つかの実施形態では、人工衛星はスペース・デブリスとエネルギー状態（例えば軌道速度）とを一致させる。

幾つかの実施形態では、人工衛星は任意の適切な手段によってスペース・デブリスを捕捉する。

幾つかの実施形態では、人工衛星は展開可能なアーム、バッグ、トウライン（tow line）、網、磁気的アフェクター、機械的アフェクターまたはそれらの組み合わせの使用によってスペース・デブリスを捕捉する。

軌道パラメーター変更

【0066】

本明細書には、特定の実施形態中で、スペース・デブリスの軌道の経路を変更する方法が開示されている。幾つかの実施形態では、当該方法はスペース・デブリスの軌道パラメーターを変更することを含む。幾つかの実施形態では、スペース・デブリスは不安定であり、かつそれは捕捉前に安定させられる。幾つかの実施形態では、当該方法は、まず本明細書で開示された方法によって不安定なスペース・デブリスを安定させることを含む。

【0067】

幾つかの実施形態では、スペース・デブリスの軌道のパラメーターは、デブリスとの軌道離脱モジュールの結合によって修正される。幾つかの実施形態では、軌道離脱モジュールは、ロボットアームの使用を介して不安定なスペース・デブリスに付けられている。幾つかの実施形態では、軌道離脱モジュールは、ドッキングに続いてロケットパックを機械的に移送することにより不安定なスペース・デブリスに付けられている。

【0068】

幾つかの実施形態では、スペース・デブリスの軌道パラメーターは、スペース・デブリスの線形運動量および速度ベクトルを変えることが意図されたデブリスの正確な点（すな

10

20

30

40

50

わち目標点)での力の印加によって修正される。幾つかの実施形態では、スペース・デブリの軌道パラメータはデブリス上の正確な点で空気の衝突によって修正される。

【0069】

幾つかの実施形態では、当該方法はデブリス上の特定の目標点に力を印加することを含む。幾つかの実施形態では、当該方法は、デブリス上の特定の目標点でガスプルームによる衝突を含む(図2参照)。幾つかの実施形態では、ガスプルームは、スペース・デブリの線形運動量および方向、並びに速度ベクトルの大きさを変える十分な力によってデブリスと衝突する。

【0070】

幾つかの実施形態では、ガスプルームのパルスは1つ以上の目標点に適用される。幾つかの実施形態では、ガスプルームは長期間目標点に適用される。幾つかの実施形態では、各ガスプルームの持続は、要求される不安定なスペース・デブリの線形運動量、および速度ベクトルの方向並びに大きさの変化の合計に依存する。

【0071】

幾つかの実施形態では、必要な速度ベクトル変更は単一のガスプルーム衝突事象によって達成される。幾つかの実施形態では、必要な速度ベクトル変更は多数のガスプルーム衝突事象によって達成される。幾つかの実施形態では、スペース・デブリの速度ベクトルの変化は各ガス衝突事象の後に測定される(例えば、計算される)。幾つかの実施形態では、不安定なスペース・デブリ速度ベクトルの方向および大きさに要求される変化が達成されるとき、目標点上のガス衝突が停止される。

人工衛星

【0072】

本明細書には、特定の実施形態中で、不安定なスペース・デブリを安定させるための人工衛星が開示され、前記人工衛星は、

(a) 標準的なサブシステムおよびインターフェースを備えた人工衛星バス、(b) 不安定なスペース・デブリの回転の軸の1つ以上の周りの回転運動量を緩衝させるのに十分な力を生成し伝達するための手段、(c) 1つ以上の外部センサー(レーダー、レーザーレーダー(LIDAR)、光学式又は画像式センサー)、及び(d) およびセンサーからのデータを分析し、力、空気(ガス)噴射(プルーム)の持続時間、数、方向および大きさを含む安定化計画を展開するために設計され電子システムを含んでいる。

【0073】

幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星は、安定させられたスペース・デブリをさらに捕捉することができる。幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星は、安定させられたスペース・デブリの軌道のパスをさらに変更することができる。

【0074】

幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星は、スペース・デブリ(例えば不安定なスペース・デブリ、または安定させられたスペース・デブリ)に力を印加する。幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星は、デブリを安定させるために不安定なスペース・デブリに力を印加する。幾つかの実施形態では、スペース・デブリの軌道の経路を変更するために、本明細書に開示された人工衛星は安定したスペース・デブリに力を印加する。幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星は空気の衝突によって不安定なスペース・デブリに力を印加する。幾つかの実施形態では、空気の衝突は、人工衛星から向けられたガスプルームに起因する。

設計

【0075】

幾つかの実施形態では、前記人工衛星は、不安定なスペース・デブリの回転の軸の1つ以上の周りの回転運動量を緩衝するか、または人工衛星の直線運動を変更するのに十分な力を生成し、その軌道パラメータを変更するための手段を含む。

【0076】

10

20

30

40

50

幾つかの実施形態では、力を生成するための手段は、ガスを圧縮するための手段である。コンテナまたはタンク（別名、圧力容器）にポンプによって高圧で印加されると、ガスが圧縮される。ガスも、無害の（非リアクタンス性）高圧気体または液体の加圧されていないガスを含んでいる圧力容器への射出によって圧縮され得る。動作ガスを圧縮するために圧力容器に噴射されるガスまたは液体は、圧力容器に直接噴射され得るか、あるいは、それは、動作ガスおよび圧縮ガス若しくは液体を分離するように設計された圧力容器の内部のチューブによって圧縮されている動作ガスから分離され得る。高圧でガスを保持するために十分な強度を有している圧力容器は、配管系、コネクタおよびバルブによって開口部に接続される。開口部は任意の適切な開口部である。いくつかの実施形態において、開口部は、ノズルの部分である。

10

幾つかの実施形態では、開口部は、未広がリタイプのノズル、リニアタイプ（あるいは平行にされたタイプ）のノズル、収斂するタイプのノズルまたはそれらの組み合わせである。バルブが正確な順序で開かれる場合、ガスは、加圧されたガスが含まれている圧力容器の内部圧力と、周囲の環境（「宇宙」）の外圧の間の圧力差によって加速され、ついで開口部を介して放出される。その加速度は、差圧と、開口部の設計に依存する。生成される力は、加速度、および放出されるガスの質量に依存する。ガスの質量は、圧力、および時間の長さ（持続時間）の長さに依存し、その値は開放した値と、閉鎖した値である。加速されることができ、ついで圧縮によって開口部を介して放出することができる、例示的なガスは、限定されないが、水素（ H_2 ）、ヘリウム（ He_2 ）、キセノン（ Xe ）、アルゴン（ Ar ）、ネオン（ Ne ）、フロン、アンモニアガスまたは窒素（ N_2 ）を含んでいる。

20

【0077】

幾つかの実施形態では、力を生成するための方法は、液化ガスを蒸発させるための手段である。「蒸発」とは、その沸点を過ぎた液化ガスを熱することを意味し、その結果、液化ガスはガスへ移行する。液体が蒸発したチャンバー内の圧力は、液体が蒸発するにつれて著しく増加する。ガスが蒸発チャンバーの内部圧力と周囲の環境（「宇宙」）の外圧との間の差圧によって開口部を介して放出されると、ガスは加速される。

蒸発によって開口部を介して加速され、ついで放出され得る、例示的なガスは、限定されないが、水素（ H_2 ）、ヘリウム（ He_2 ）、キセノン（ Xe ）、アルゴン（ Ar ）、ネオン（ Ne ）、フロン、アンモニアガスまたは窒素（ N_2 ）を含む。

30

【0078】

幾つかの実施形態では、力を生成するための手段は酸化剤と推進剤の燃焼のための手段である。力は、酸化剤（例えば、液体酸素（ LOX ）、酸素ガス（ GOX ）、フッ素（ F_2 ）、2フッ化酸素（ OF_2 ）、四弗化ヒドラジン（ N_2F_2 ）、塩素ペンタフルオリド（ CIF_5 ）または他の同様の酸化剤）と、推進剤（例えば、水素（ H_2 ）、ロケットの推進剤1（ $RP-1$ ）およびロケットの推進剤2（ $RP-2$ ）、メタン（ CH_4 ）、モノメチルヒドラジン（ MMH ）などのケロシンプロダクトまたは他のそのような推進剤の、燃焼チャンバー内への噴射後の化学的燃焼から結果として生じる残存の支流の高速への加速によって生成される。酸化剤と推進剤が燃焼室に噴射され混合された後、電気的な火花または電流の放電、炸薬、レーザー加熱または他の方法によって点火することができる。酸化剤と推進剤の爆発性の混合物の燃焼は、自己持続するようになり、燃焼チャンバー内の温度及び圧力を著しく増加させ、高エネルギーの支流を生成する。生成される力は、加速度と、放出される支流の質量に依存する。燃焼室の内部圧力と周囲の環境（「宇宙」）の外圧との間の差圧によってスロート、ついでノズルの展開部を介して放出されるとともに、支流が加速される。

40

【0079】

幾つかの実施形態では、力を生成するための手段は単元推進剤の発熱性の分解を介して存在する。力は、推進剤と、イリジウム、銀または白金（しかし限定されない）などの触媒との間の発熱反応によって引き起こされたヒドラジン（ N_2H_4 ）または過酸化水素（ H_2O_2 ）（しかし限定される）のような単元推進剤の化学分解から結果として生じる残

50

存の支流の高速の加速によって生成される。バルブは単元推進剤の量を制御するために開かれたり閉じられたりし、触媒を介して燃焼室に噴射され、単元推進剤は液体から高圧と高温のガスに切り替え、発熱を伴って分解する。生成される力は、加速度、放出される支流の質量、および単元推進剤が燃焼室に噴射され得るようにバルブが開放している持続時間に依存する。内部圧力と周囲の環境（「宇宙」）の外圧との間の差圧によってスロート、ついでノズルの展開部を介して放出されると、支流が加速される。

【 0 0 8 0 】

幾つかの実施形態では、力を生成するための方法は電磁気手段による。幾つかの実施形態では、ガスが電熱的手段、静電気手段、または電磁気的手段によってエネルギーを与えられ加速されるときに、力が生成される。「電熱」とは、本明細書で使用されているように、大量の推進剤の熱を増加させるプラズマを生成するために電磁場が使用される電磁気装置を意味する。幾つかの実施形態では、プラズマは、排出チャンバーを貫いて外で、プラズマを介して流れる電流と磁場（外部に適用されるか、流れによって引き起こされる）の間の相互作用から結果として生じるローレンツの力によって加速される。生成される力は、加速度と、放出されるプラズマ又はイオン・ストリームの質量に依存する。スロート、ついでノズルの展開部を介して放出されると、プラズマまたはイオン・ストリームが加速される。

10

【 0 0 8 1 】

幾つかの実施形態では、低分子量ガス（例えば、水素、ヘリウム、アンモニア）は、この種のシステム用の好ましい噴射剤である。

20

電熱的手段、静電気手段、または電磁気的手段によって加速され得る、例示的なガスおよび金属は、限定されないが、水素（ H_2 ）、ヘリウム（ He_2 ）、キセノン（ Xe ）、アルゴン（ Ar ）、ネオン（ Ne ）、窒素（ N_2 ）またはイオン化されたセシウム（ Cs ）またはイオン化された水銀（ Mg ）を含む。

【 0 0 8 2 】

幾つかの実施形態では、静電的にエネルギーを与えられたガスを生成するシステムは、静電気イオン・スラスタ、ホール・アフェクト・スラスタ、電界放射電気推進システムまたはそれらの任意の組み合わせである。いずれの場合も、イオンは、陽極と陰極の間の静的な電場の電位差によって加速される。

30

【 0 0 8 3 】

幾つかの実施形態では、エネルギーを与えられたガスを電磁気的に生成するシステムは、無電極のプラズマ・スラスタ、脈動誘導スラスタ、ヘリコン二重層スラスタ、磁気流体力学（MPD）スラスタまたはそれらの任意の組み合わせである。

【 0 0 8 4 】

幾つかの実施形態では、力を生成するための手段は液体または微粒子の加速による。幾つかの実施形態では、容器またはタンク（別名、圧力容器）にポンピングすることによって、高圧で加圧されると、液体は圧縮される。幾つかの実施形態では、液体は、無害の（非反応性の）高圧ガスまたは液体の非圧縮の液体を含む圧力容器内への直接の噴射によって圧縮される。動作液体を圧縮するために圧力容器内に噴射されるガス又は液体は圧力容器内に直接噴射され得るか、又は動作液体と圧縮ガス又は液体を分離するように設計された圧力容器内のチューブによって圧縮される動作液体から切り離され得る。高圧でガスを保持するために十分な強度を有している圧力容器は、配管系、コネクタおよびバルブによって開口部に接続される。開口部は任意の適切な開口部である。いくつかの実施形態において、開口部は、ノズルの部分である。高圧で液体を保持するために十分な強度を有している圧力容器は、配管系、コネクタおよびバルブによって開口部に接続される。バルブが正確な順序で開かれるとき、液体は、加圧された液体が含まれている圧力容器の内部圧力と周囲の環境（「宇宙」）の外圧との間の差圧によって加速され、ついで開口部を介して放出される。加速度は、差圧と開口部の設計に依存する。生成される力は、加速度、および放出される液体の質量に依存する。液体の質量は、圧力と時間の長さ（持続時間）に依存し、その値は開放値及び閉鎖値である。いくつかの実施形態において、微粒子物が

40

50

使用される。幾つかの実施形態では、微粒子は、上述された圧縮ガスシステムに似た高圧ガスパルスに噴射される。微粒子の使用は、圧縮ガス噴射プルームの質量および運動エネルギーを増加させる。

【0085】

幾つかの実施形態では、力を生成するための手段はレーザーである。レーザーは、素材のうちのいくつかを蒸発させる不安定なスペース・デブリスの1つの側を照射する。素材が蒸発し、不安定なスペース・デブリスから取り出されると、それは、蒸発した素材の質量と、放出される速度に依存し、当該速度で、等しく、かつ反対の方向の力を生み出す。代替的に、レーザーはレーザーが照射するスペース・デブリスの側と、レーザーが照射しないスペース・デブリスの側との間で差異のある放射圧を生成することができ、放射圧の差異は回転の1以上の軸の周りの回転運動量を緩衝させるのに充分である。

10

【0086】

幾つかの実施形態では、力を生成するための手段は、電磁場を生成するための手段である。電流が2点の間で生成される場合は常に、電磁場が生成される。幾つかの実施形態では、アンテナ中を流れる電流は、アンテナから出る電磁場を生成する。アンテナの形状が、電磁場の形状および指向性を決定する。電流は、電磁場内を運動する導電性材料中で生成される。幾つかの実施形態では、電力源を使用する人工衛星はアンテナ中に電流を生成し、当該電流がスペース・デブリス（形態と指向性）を包含する電磁場を生成する。スペース・デブリスは電磁場内で回転しており、かつ導電性材料から構成され得るので、電磁場内のデブリスの回転運動は、デブリス上又はデブリス内で小さな電流を生成する。デブリス上又はデブリス内の電流は、自然に発生する惑星の磁場と同時に相互作用をし、当該惑星の磁場は地球を囲み、力を生成し、当該力は自然に発生する惑星の磁場と一列に並ぼうとする。デブリス上又はデブリス内の電流が自然に発生する惑星の磁場と一列に並び始めると、力を発生し、当該力は回転軸の1つ以上でのデブリスの回転運動を緩衝させる傾向がある。

20

【0087】

幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星は、不安定なスペース・デブリスの回転の軸の1つ以上の周りの回転運動量を緩衝させるのに十分な力を生成するための手段の運搬（例えば、ガス、液体、粒子状物体、レーザー、電磁場）を含む。いくつかの実施形態では、運搬要素は貯溜タンク、容器または圧力容器を含む。幾つかの実施形態では、運搬要素は、貯溜タンク、容器または圧力容器から開口部に力の源を移動させるための手段（例えばガス、液体、粒子状物体）を含む。幾つかの実施形態では、貯蔵コンパートメントから開口部に力の源を移動させるための方法は、一連の相互に連結したパイプである。

30

【0088】

幾つかの実施形態では、本明細書に開示された人工衛星は、空気成分用の運搬を含む。幾つかの実施形態では、空気成分の運搬は貯蔵コンパートメントを含む。幾つかの実施形態では、空気成分の運搬は、貯蔵コンパートメントから開口部にガスを移動させるための手段を含む。幾つかの実施形態では、貯蔵コンパートメントから開口部にガスを移動させるための手段は、一連の相互に連結したパイプである。

40

【0089】

幾つかの実施形態において、人工衛星は開口部を含み、それを通して力が移動する。開口部は、任意の適切な開口部である。幾つかの実施形態において、開口部は、ノズルの一部である。幾つかの実施形態において、開口部は、末広がりタイプのノズル、リニアのタイプのノズル、先細りタイプのノズル、又はそれらの組み合わせである。幾つかの実施形態において、加速したガスが放出される開口部は、ノズルからの放出の後に広がる円錐状のガスプルームを形成する、末広がりタイプのノズルである。ガスプルームが末広がりタイプのノズルによって形成されるとき、目標点に衝突する支流の部分は、乖離率、目標点のサイズ、ノズルからの距離、又はそれらの任意の組み合わせに依存し、ノズルから目標点までの範囲が増加するのに比例して減少する。幾つかの実施形態において、加速した

50

ガスが放出される開口部は、ノズルからの所定距離のために実質的に未広がりではなく、ノズルから所定距離で集中することもない平行なガスプルームを形成する、リニアのタイプのノズルである。リニアのタイプのノズルが平行なガスプルームを形成するときの、目標点に衝突する支流の部分は、平行なガスプルームのサイズ、目標点のサイズ、ガスプルームを目標点に向けることに使用されるシステムの指向精度、又はそれらの任意の組み合わせに依存し、(ガスプルームがファーストフィールドで自然に広がるまでの)範囲によらず比較的一定のままである。幾つかの実施形態において、加速したガスが放出される開口部は、広がり始めた後にノズルからの特定された範囲(距離)での特定点に支流を実質的に収斂させるガスプルームを形成する、先細りタイプのノズルである。ガスプルームが先細りタイプのノズルによって形成されるとき、目標点に衝突する支流の部分は、収斂の速度、目標点のサイズ、ガスプルームを目標点に向けることに使用されるシステムの指向精度、ノズルからの範囲、又はそれらの任意の組み合わせに依存し、ガスプルームが減少する地点でガスプルームが収束点に達するまで、ノズルからの範囲が増加するのに比例して増加する。

10

【0090】

幾つかの実施形態において、ガス噴射が放出される開口部は、任意の適切な大きさである。幾つかの実施形態において、開口部の適切な大きさは、技術解析、どれだけの力が生成されるか、ガスプルームの計画された期間、開口部からガス噴射が集中する地点までの距離、ガス噴射の温度、背圧、又はそれらの任意の組み合わせに依存する。

【0091】

20

幾つかの実施形態において、開口部は、主衛星本体に位置付けられる。幾つかの実施形態において、開口部は、人口衛星に取り付けられたアームに位置付けられる。

【0092】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、正常な衛星サブシステム、及び外部、内部の側面(例えば、物理的構造物、コンピューター、ワイヤー、バッテリー、GNCシステム、航法センサー、環境制御システム、推進システム、通信システム)を含む、物理的構造物(即ち、人工衛星バス)を含む。本明細書で使用されるように、「人工衛星バス」は、(空気(プルーム)衝突システム、走査センサー、軌道離脱モジュール、デブリを集めるための手段、及びデブリを格納するための手段から成る)積荷を除いて、本明細書に記載される人口衛星のすべての要素を意味する。

30

【0093】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、(安定化及び姿勢制御を含む)誘導システム、ナビゲーション及び制御のシステム(GNC)、又はそれらの組み合わせを含む。

【0094】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、衛星サブシステム及び外部インターフェースを管理するための手段を含む。幾つかの実施形態において、衛星サブシステム及び外部インターフェースを管理するための手段は、コンピューターベースの車両管理システム(VMS)を介する。幾つかの実施形態において、VMSは、自律的に作動するか、地上管制局から遠隔で操作されるか、又はその両方の組み合わせである。

40

【0095】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、人口衛星に動力を供給するための手段を含む。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、出力管理システム及び出力分配システムを含む。幾つかの実施形態において、人口衛星に動力を供給するための手段は、任意の適切な出力機構である。出力機構の例は、限定されないが、太陽パネル、熱電池、燃料電池、原子炉、又はそれらの組み合わせを含む。

【0096】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、推進のための手段を含む。幾つかの実施形態において、推進のための手段は、任意の適切な推進機構である。推進機構の例は、限定されないが、化学ロケットエンジン、原子力ロケットエンジン、コー

50

ルドガソケットエンジン、又は電気ロケットエンジンを含む。

【0097】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、通信のための手段を含む。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、通信のための複数の手段を含む。幾つかの実施形態において、通信のための手段は、通信を受信するための及び通信を送信するための少なくとも1本のアンテナを含む。幾つかの実施形態において、通信は、電波、マイクロ波、光周波数、又はそれらの組み合わせを介して受信及び/又は送信される。幾つかの実施形態において、無線は、フィジカル無線 (physical radio) である。幾つかの実施形態において、無線は、ソフトウェア無線である。幾つかの実施形態において、通信のための手段は、通信を暗号化することができるコンピューターモジュールをさらに含む。

10

【0098】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、外部航法センサーを含む。外部航法センサーの例は、限定されないが、レーダー、レーザーレーダー (LIDAR)、GPS、光学的センサー (例えば、太陽センサー、スターセンサー、地球センサー)、光学観測装置、又はそれらの組み合わせを含む。

【0099】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、環境条件づけを含む。本明細書で使用されるように、「環境条件づけ」は、人工衛星が暖かくなり過ぎない又は冷たくなり過ぎないようにするためのシステムを意味する。環境条件づけの例は、限定されないが、ヒーター、リフレクター、ヒートパイプ、ラジエーター、又はそれらの組み合わせを含む。

20

【0100】

幾つかの実施形態において、人工衛星は、スペース・デブリに付けるための軌道離脱モジュールをさらに含む。幾つかの実施形態において、人工衛星は、軌道離脱モジュールを不安定なスペース・デブリに付けるための手段を含む。幾つかの実施形態において、軌道離脱モジュールは、ロボットアームの使用を介して又は機械的ラッチによって不安定なスペース・デブリに付けられる。幾つかの実施形態において、軌道離脱モジュールは、ドッキングに続くロケットパックを機械的に移送することにより不安定なスペース・デブリに付けられている。

30

【0101】

幾つかの実施形態において、人工衛星は、不安定なスペース・デブリを集めるための手段をさらに含む。幾つかの実施形態において、デブリを集めるための手段は、ロボットアームである。幾つかの実施形態において、デブリを集めるための手段は、デブリをすくい上げるバグである。幾つかの実施形態において、デブリを集めるための手段は、網である。幾つかの実施形態において、デブリを集めるための手段は、不安定なスペース・デブリの鉄金属元素上に磁氣的に引きつけ、その後ラッチする機械的アフエクターである。

【0102】

幾つかの実施形態において、人工衛星は、不安定なスペース・デブリを格納するための手段をさらに含む。幾つかの実施形態において、不安定なスペース・デブリを格納するための手段は、人工衛星に付けられるバグである。幾つかの実施形態において、不安定なスペース・デブリを格納するための手段は、人工衛星に付けられる箱である。幾つかの実施形態において、不安定なスペース・デブリを格納するための手段は、人工衛星に付けられるトウラインである。幾つかの実施形態において、スペース・デブリは、磁気引力、フックの使用、クランプの使用、鈎 (harpoon) の使用、又はそれらの組み合わせを介してトウラインに付けられる。

40

【0103】

次元

幾つかの実施形態において、不安定なスペース・デブリを安定させるのに必要なガス

50

の全容量は、不安定なスペース・デブリの慣性モーメントの合計に正比例する。

【0104】

特定の例において、大きなスペース・デブリを安定させるのに必要なガス又は液体の容量は、小さなスペース・デブリを安定させるのに必要なガス又は液体の容量より著しく大きい。従って、幾つかの実施形態において、人工衛星は、予想される最大のスペース・デブリのボディを安定させるために大きさを合わせられる。あるいは、幾つかの実施形態において、人工衛星は、計量可能であり、様々な外形寸法で製造される。

【0105】

操縦性

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、不安定なスペース・デブリとドッキングする。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、不安定なスペース・デブリの質量中心の速度ベクトルに平行するためにその軌道を変更することにより、不安定なスペース・デブリとドッキングするように作動する。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、(a) (例えば、1以上の展開可能なアームにより、又は1以上の人工衛星により)3つの相互に直交した軸へアクセスし、(b) 「締め出し空間」体積外の位置を維持するように作動する。

10

【0106】

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、(a) デブリを調査する(例えば、デブリの状態を測定する)ために、及び(b) 潜在的な目標点を識別するために、不安定なスペース・デブリのまわりで作動することによって、接近操作を行う。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、その後、不安定なスペース・デブリの運動が分析される一方で、位置を維持するために軌道保持操作を行う。[図4を参照]。

20

【0107】

幾つかの実施形態において、人工衛星によるガスの放出は、人工衛星上の力(例えば、リニア(即ち、スラスト)又はトルク(即ち、回転))を与える。幾つかの実施形態において、力は、人工衛星を進めるか又は回転させ、不安定なスペース・デブリから遠ざける。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、不安定なスペース・デブリの相互に直交したX、Y及びZ軸に関連するその方向を維持する。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、能動制御システムを有する。幾つかの実施形態において、能動制御システムは、反動制御システム(RCS)を含む、コントロールモーメント・ジャイロ스코ープ(CMG)、姿勢制御用の磁気トルクコンバーター、又はそれらの組み合わせを含む。幾つかの実施形態において、能動制御システムは、軌道保持を行なうために、及び作動するとともにガス衝突システムによって人工衛星に与えられる力に対抗するのに十分な姿勢を維持するために大きさを合わせられる。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、主エンジン及び軌道操縦システム又はスラスタをさらに含む。

30

【0108】

アーム

特定の例において、3つの軸すべてにおいて不安定である不安定なスペース・デブリを安定させるために、各相互に直交した軸上に、又はその軸に近接して、少なくとも1つの「目標点」がなければならない。各目標点にアクセスするために、ガスプルームが放出される開口部は、ガスプルームが目標点に衝突するが、締め出された空間外で維持されるように、方向付けられなければならない。幾つかの実施形態において、ガス噴射が放出される開口部は、少なくとも1つの操縦アームの使用によって適所へと操作される。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、少なくとも2つのアームを含む。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、3つのアームを含む。幾つかの実施形態において、各アームは、機械的に連結される。幾つかの実施形態において、各機械的に連結されたアームは、剛性である代わりに柔軟である。

40

【0109】

50

運動分析

幾つかの実施形態において、人工衛星は、不安定なスペース・デブリの運動を分析する。幾つかの実施形態において、デブリの運動は、レーザー追跡システムの使用を介して分析される。幾つかの実施形態において、人工衛星は、レーザー追跡のための手段を含む。レーザー追跡システム(又はLaser Radar-LIDAR)は、スペース・デブリでの短い、低出力のレーザーパルスを送信することができるレーザートランスミッター、および反射したレーザーパルスを検出し、反射したレーザーパルスの(到着の)時間及び方向を測定することができるレシーバーから成る。レーザー追跡システムからのデータは、スペース・デブリ及びその構成部分の構造的な整合性及び位置及び方向を測定する分析に使用され得る、デブリの三次元仮想モデルを開発するためのコンピューターによって処理される。レーザー追跡システムはまた、スペース・デブリ上の特定点を追跡し、それらの点の速度、方向及び加速度を識別し得る。レーザー追跡システムからのデータは、安定化計画を展開し実行する一部として、スペース・デブリの回転軸、回転速度、回転運動量、及び回転方向を測定するために、コンピューター分析される。

10

【0110】

幾つかの実施形態において、人工衛星は、不安定なスペース・デブリの運動を分析する。幾つかの実施形態において、デブリの運動は、レーダー(又は他の無線周波数)追跡システムの使用を介して分析される。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、レーダー追跡のための手段を含む。レーダー(又は他の無線周波数)追跡システムは、スペース・デブリでの短い、低出力の電磁パルスを送信することができるマイクロ波周波数トランスミッター、および反射した電磁パルスを検出し、反射したパルスの(到着の)時間及び方向を測定することができるレシーバーから成る。レーザー追跡システムからのデータは、スペース・デブリ及びその構成部分の構造的な整合性及び位置及び方向を測定する分析に使用され得る、デブリの三次元仮想モデルを開発するためのコンピューターによって処理される。レーザー追跡システムはまた、スペース・デブリ上の特定点を追跡し、それらの点の速度、方向及び加速度を識別し得る。レーザー追跡システムからのデータは、安定化計画を展開し実行する一部として、スペース・デブリの回転軸、回転速度、回転運動量、及び回転方向を測定するために、コンピューター分析される。

20

【0111】

幾つかの実施形態において、人工衛星は、不安定なスペース・デブリの運動を分析する。幾つかの実施形態において、デブリの運動は、光追跡システムの使用を介して分析される。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人口衛星は、光追跡のための手段を含む。光追跡システムは、(受動的な光学システムとして定義される)周囲の反射光又は(能動的な光学システムとして定義される)光源によって発生した反射光(トランスミッター)を集める、1以上の光センサー(レシーバー)から成る。単一の光追跡センサーは、色差、光及び暗画像を追跡することができ、エッジを追跡し、記号及び用語を読み取り得る、特定の目標点の方向及び二次元の運動を測定し得る。1つより多いセンサーから成る光追跡システムは、特定の目標点に対する範囲を測定し、三次元の運動を測定するために、双眼視をさらに使用し得る。光追跡システムからのデータは、スペース・デブリ及びその構成部分の構造的な整合性及び位置及び方向を測定する分析に使用され得る、デブリの三次元仮想モデルを開発するためのコンピューターによって処理される。光追跡システムはまた、スペース・デブリ上の特定点を追跡し、それらの点の速度、方向及び加速度を識別し得る。光追跡システムからのデータは、安定化計画を展開し実行する一部として、スペース・デブリの回転軸、回転速度、回転運動量、及び回転方向を測定するために、コンピューター分析される。

30

40

【0112】

幾つかの実施形態において、人工衛星は、不安定なスペース・デブリの運動を分析する。幾つかの実施形態において、デブリの運動は、(a) レーザー追跡システム、(b) レーダー(又は他の無線周波数)追跡システム、及び/又は(c) 光追跡システムの組み合わせ

50

の使用を介して分析される。幾つかの実施形態において、人工衛星は、(a) レーザー追跡、(b) レーダー(又は他の無線周波数)追跡、及び/又は(c) 光追跡のための手段を含む。

【0113】

計算

幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、不安定なスペース・デブリに適用される力の量、不安定なスペース・デブリに適用されるガスパルスの数及びタイミング、又はそれらの組み合わせを計算するための手段を含む。幾つかの実施形態において、前述の計算を行うための手段は、オンボード・コンピューター・モジュールである。幾つかの実施形態において、これらの計算を行うための手段は、(以前に記載されたように)人工衛星と通信する地上のコンピューターモジュールである。幾つかの実施形態において、これらの計算を行うための手段は、オンボード及び地上のシステムの組み合わせである。

10

【0114】

再利用性

ほとんどの宇宙ビークルは、燃料を補給し、宇宙ビークルを軌道上に遠隔で維持する難しさにより、「寿命の末期」(EOL)に消耗されるように造られる。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、再利用可能である。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、維持可能である(即ち、構成部分は取り除かれ交換され得る)。幾つかの実施形態において、本明細書に開示される人工衛星は、燃料補給できる(操作上の推進剤(manoeuvring propellant)及び衝突ガスの両方)。

20

【0115】

本発明の好ましい実施形態が、本明細書に示され記載されているが、このような実施形態が、ほんの一例として提供されることは当業者に明白となるであろう。当業者は、ここでは、本発明から逸脱することなく、多数の変更、変化、及び置換に気付くであろう。本明細書に記載される本発明の実施例の様々な代替案が、本発明を実行するのに利用され得ることを理解されたい。以下の特許請求の範囲が本発明の範囲を定義するものであり、この特許請求の範囲及びそれらの同等物の範囲内の方法及び構造がそれによって包含されることが意図される。

【実施例】

【0116】

<実施例1 - 空気衝突を介する不安定なスペース・デブリを安定させる方法>

600キロメートル(km)と2,000kmの高度の間にロー・アース・オービット(LEO)において数百の作動しないロケット本体(r/b)及び宇宙船(s/c)があり、これらは、LEOにおいてスペース・デブリの個体数を増加させるであろう衝突の可能性を生む。衝突の確率を減少させるために、これらのロケット本体及び宇宙船のいくつかを捕捉し軌道から外す決定を毎年下す。その高度帯における作動しない宇宙船及びロケット本体を調査した後に、Rocket Body Oneが最も高い衝突の可能性があり、それ故、それを軌道から外すことが最優先事項となると決定する。また、Rocket Body Oneの姿勢及び方向が不安定であり、それが3つの軸において回転運動の特性を示し、及び回転運動が無作為となるように回転運動を3つの軸すべての中で連結させることも決定する。捕捉され、軌道から外され得る前に、Rocket Body Oneを安定させなければならない。空気(プルーム)衝突を、ロケット本体を安定させるために使用する。

30

40

【0117】

空気(プルーム)衝突安定化の宇宙船(pneumatic plume impingement stabilization spacecraft)は、Rocket Body Oneとのドッキングを実行する。空気(プルーム)衝突安定化の宇宙船をその初期軌道からRocket Body Oneの軌道へと推進するための本推進システムを使用することによって、これを行う。空気(プルーム)衝突安定化の宇宙船がRocket Body Oneとドッキングし始めるとともに、空気(プルーム)衝突安定化の宇宙船に搭載されたセンサーは、その次元を測定するためにRocket Body Oneを追跡する。Rocket Body Oneは、回転するとともに、その質量中心に関する宇宙の球積を一掃する - 「締め出し空間」

50

。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船は、Rocket Body Oneがその質量中心に関して回転するとともに一掃する球積の半径より大きい、Rocket Body Oneの質量中心からの範囲を少なくとも維持することによって、この「締め出し空間」の外側に留まる。

【0118】

次に、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Oneの周りを作動し、構造的整合性を測定するRocket Body Oneのスキャンを行い、Rocket Body Oneの三次元マップを開発する。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船に搭載されたセンサーによってRocket Body Oneのスキャンから発展した情報を、アンテナ及び太陽パネルなどの、外部付属物に基づいた構造的整合性の制限、またはスキャン中に識別された他の残余の構造的制限を超えない安定化計画を展開するために、空気(ブルーム)衝突システムプランナーによる入力として使用する。

10

【0119】

一旦ロケット本体の状態が測定されると、直線運動が特徴づけられ、Rocket Body Oneが回転する周りの軸が決定され、及びRocket Body Oneの回転運動が、Rocket Body Oneの調査中に測定されたデータの分析によって決定される。空気(ブルーム)衝突システムプランナーは、このデータに基づいたデブリ安定化計画を展開する。デブリ安定化計画は、デブリが回転している周りの軸の各々に垂直な運動の軸上の(少なくとも)1つの目標点から成る。Rocket Body Oneが3つの回転の軸すべての周りを回転しているため、デブリ安定化計画は3つの目標点を必要とする。プランナーはまた、目標点に衝突する空気噴射(ブルーム)の配列を生み出すように設計された、スラスタファイアリング(thruster firings)の配列を展開し、これらの空気噴射(ブルーム)の力を目標点に伝送し、これが、Rocket Body Oneの回転とは反対のRocket Body One上のトルクを生み出す。スラスタファイアリングの全配列を、Rocket Body Oneの回転運動を、3つの回転の軸の少なくとも2つの周りで零まで減少させるように設計する。プランナーはまた、各スラスタファイアリングの力におけるパルスの持続時間及び変化を測定する。各目標点に伝送された力は、各空気噴射(ブルーム)の力及び目標点上のブルームの衝撃の角度に依存する。Rocket Body Oneが回転しているために、各目標点が空気噴射(ブルーム)に晒される時間及び角度は、Rocket Body Oneの回転速度に応じて変化する。プランナーはまた、空気(ブルーム)衝突のファイアリングによって空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船上に与えられた力に対抗する空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の誘導、ナビゲーション及び制御システムのための計画を展開し、その結果、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Oneに対するその方向及び距離を維持するために、軌道保持を実行することができる。

20

30

【0120】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、それ自体の位置を決め、空気(ブルーム)安定化システムノズルを、安定化計画に基づいた目標点に向けるために方向付ける。空気衝突システムは、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船によって運ばれた燃料及び酸化剤の燃焼によって発生した支流から成る、空気噴射(ガスブルーム)のパルスを発生させる(二元推進剤ベースのシステム(bi-propellant base system))。

【0121】

これらのパルスを、Rocket Body One上の選択された目標点に向ける。目標点が空気噴射(ガスブルーム)に垂直であり、空気噴射(ガスブルーム)が回転のアーキに接する間に、パルスが目標点に衝突するように設定する。空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、空気衝突システムが空気衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船に与える力に対抗することによって、その位置及び方向を維持するための、その誘導、ナビゲーション及び制御システムを使用する。

40

【0122】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船が、空気衝突計画を実行している間、それは、センサーによってロケット本体を追跡し、目標点上のガスブルームの衝突によって発生するトルクが、計画されるようなロケット本体の回転のエネルギー及び運動を

50

減少させているかを測定する。空気(ブルーム)衝突システムプランナーは、センサーからデータを処理し、継続的に安定化計画をモニタリングし更新するためにそのフィードバックを使用する。

【 0 1 2 3 】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、回転運動が選択された回転の軸において零まで減少するまで、安定化計画を実行し続けて、Rocket Body Oneへの影響をモニタリングし、フィードバックを処理し、安定化計画を更新する。

【 0 1 2 4 】

<実施例2 - 不安定なスペース・デブリを安定させ、安定したスペース・デブリを捕捉する方法>

600キロメートル(km)と2,000kmの高度の間にロー・アース・オービット(LEO)において数百の作動しないロケット本体(r/b)及び宇宙船(s/c)があり、これらは、LEOにおいてスペース・デブリの個体数を増加させるであろう衝突の可能性を生む。衝突の確率を減少させるために、これらのロケット本体及び宇宙船のいくつかを捕捉し軌道から外す決定を毎年下す。その高度帯における作動しない宇宙船及びロケット本体を調査した後に、Rocket Body Twoが最も高い衝突の可能性があり、それ故、それを軌道から外すことが最優先事項となると決定する。また、Rocket Body Twoの姿勢及び方向が不安定であり、それが3つの軸において回転運動の特性を示し、及び回転運動が無作為となるように回転運動を3つの軸すべての間で連結させることも決定する。軌道から外すために、Rocket Body Twoを安定させ、その後、捕捉しなければならない。空気(ブルーム)衝突を、Rocket Body Twoを安定させるために使用する。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船は、その後、Rocket Body Twoを捕捉し、それを軌道から外すために機械デバイスを張り付ける。

【 0 1 2 5 】

空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船は、Rocket Body Twoとのドッキングを実行する。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船をその初期軌道からRocket Body Twoの軌道へと推進するための本推進システムを使用することによって、これを行う。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船がRocket Body Twoとドッキングし始めるとともに、空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船に搭載されたセンサーは、その次元を測定するためにRocket Body Twoを追跡する。Rocket Body Twoは、回転するとともに、その質量中心に関する宇宙の球積を一掃する - 「締め出し空間」。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船は、Rocket Body Twoがその質量中心に関して回転するとともに一掃する球積の半径より大きい、Rocket Body Twoの質量中心からの範囲を少なくとも維持することによって、この「締め出し空間」の外側に留まる。

【 0 1 2 6 】

次に、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Twoの周りを作動し、Rocket Body Twoの構造的整合性を測定するRocket Body Twoのスキャンを行い、三次元マップを開発し、及びRocket Body Twoが機械的に捕捉され得るRocket Body Two上の構造的に剛性な点を識別する。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船に搭載されたセンサーによってRocket Body Twoのスキャンから発展した情報を、アンテナ及び太陽パネルなどの、外部付属物に基づいた構造的整合性の制限、またはスキャン中に識別された他の残余の構造的制限を超えない安定化計画を展開するために、空気(ブルーム)衝突システムプランナーによる入力として使用する。

【 0 1 2 7 】

一旦ロケット本体の状態が測定されると、直線運動が特徴づけられ、Rocket Body Twoが回転する周りの軸が決定され、及びRocket Body Twoの回転運動が、Rocket Body Twoの調査中に測定されたデータの分析によって決定される。空気(ブルーム)衝突システムプランナーは、このデータに基づいたデブリ安定化計画を展開する。デブリ安定化計画は、デブリが回転している周りの軸の各々に垂直な運動の軸上の(少なくとも)1つの目標点から成る。Rocket Body Twoが3つの回転の軸すべての周りを回転しているため、デブリ安定化計画は3つの目標点を必要とする。プランナーはまた、目標点に衝突する空気噴

10

20

30

40

50

射(ブルーム)の配列を生み出すように設計された、スラスタファイアリングの配列を展開し、これらの空気噴射(ブルーム)の力を目標点に伝送し、これが、Rocket Body Twoの回転とは反対のRocket Body Two上のトルクを生み出す。スラスタファイアリングの全配列を、Rocket Body Twoの回転運動を、3つの回転の軸の少なくとも2つの周りで零まで減少させるように設計する。プランナーはまた、各スラスタファイアリングの力におけるパルスの持続時間及び変化を測定する。各目標点に伝送された力は、各空気噴射(ブルーム)の力及び目標点上のブルームの衝撃の角度に依存する。Rocket Body Twoが回転しているために、各目標点が空気噴射(ブルーム)に晒される時間及び角度は、Rocket Body Twoの回転速度に応じて変化する。プランナーはまた、空気(ブルーム)衝突のファイアリングによって空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船上に与えられた力に対抗する空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の誘導、ナビゲーション及び制御システムのための計画を展開し、その結果、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Twoに対するその方向及び距離を維持するために、軌道保持を実行することができる。

10

【0128】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、それ自体の位置を決め、空気(ブルーム)安定化システムノズルを、安定化計画に基づいた目標点に向けるために方向付ける。空気衝突システムは、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船によって運ばれた燃料及び酸化剤の燃焼によって発生した支流から成る、空気噴射(ガスブルーム)のパルスを発生させる(二元推進剤ベースのシステム)。

20

【0129】

これらのパルスを、Rocket Body Two上の選択された目標点に向ける。目標点が空気噴射(ガスブルーム)に垂直であり、空気噴射(ガスブルーム)が回転のアーキに接する間に、各パルスが目標点に衝突するように設定する。空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、空気衝突システムが空気衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船に与える力に対抗することによって、その位置及び方向を維持するための、その誘導、ナビゲーション及び制御システムを使用する。

【0130】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船が、空気衝突計画を実行している間、それは、センサーによってロケット本体を追跡し、目標点上のガスブルームの衝突によって発生するトルクが、計画されるようなロケット本体の回転のエネルギー及び運動を減少させているかを測定する。空気(ブルーム)衝突システムプランナーは、センサーからデータを処理し、継続的に安定化計画をモニタリングし更新するためにそのフィードバックを使用する。

30

【0131】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、回転運動が選択された回転の軸において零まで減少するまで、安定化計画を実行し続けて、Rocket Body Twoへの影響をモニタリングし、フィードバックを処理し、安定化計画を更新する。

【0132】

一旦空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船が、3つの運動の軸の少なくとも2つの回転運動を除去することによって、Rocket Body Twoの回転運動を安定させると、それは、本推進システムのスラストノズル上に機械的にラッチすることによって、Rocket Body Twoを捕捉することに進む。空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、スラストノズルと一直線上に及び充分離れて位置するように作動することで、エンドエフェクターにスラストノズルがないことを保証する。空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船スラスタを使用することで、安定化の宇宙船は、ロケット本体2のスラストノズルとの一直線を維持して、安定化の宇宙船とロケット本体2の間の範囲をゆっくり閉鎖する。空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船スラスタはまた、安定化工程の間に排除されない任意のロケット本体2の残余の回転速度と一致する。衝突力が宇宙船を破損しない、又は宇宙船の間の分離を強いる反応バウンス (reaction b

40

50

ounce) を引き起こさないように、閉鎖速度を制御する。1つのエンドエフェクターがスラストコーンの外部にあり、1つのエンドエフェクターがスラストコーンの内部にあるように、連結されたエンドエフェクターを有する4つの連結されたアームを位置決めする。接触後、エンドエフェクターを、ロケット本体2を捕捉するために係合させる。

【0133】

一旦捕捉が終了すると、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、軌道離脱モジュールを解放し、それ自体及びRocket Body Twoを分離するために移動する。一旦安定化の宇宙船とロケット本体2が充分離されると、軌道離脱モジュールが起動され、それは、ロケット本体2上に十分な力を与え、高度を失わせ、最終的に軌道から外れさせるRocket Body Twoの直線減速を引き起こす。

10

【0134】

<実施例3 - 不安定なスペース・デブリを安定させ、安定したスペース・デブリの軌道経路を変更する方法>

600キロメートル(km)と2,000kmの高度の間にロー・アース・オービット(LEO)において数百の作動しないロケット本体(r/b)及び宇宙船(s/c)があり、これらは、LEOにおいてスペース・デブリの個体数を増加させるであろう衝突の可能性を生む。衝突の確率を減少させるために、これらのロケット本体及び宇宙船のいくつかを捕捉し軌道から外す決定を毎年下す。その高度帯における作動しない宇宙船及びロケット本体を調査した後に、Spacecraft Oneが最も高い衝突の可能性があり、それ故、それを軌道から外すことが最優先事項となると決定する。また、Spacecraft Oneの姿勢及び方向が不安定であり、それが3つの軸において回転運動の特性を示し、及び回転運動が無作為となるように回転運動を3つの軸すべての間で連結させることも決定する。軌道から外すために、Spacecraft Oneを安定させ、その後、捕捉しなければならない。空気(ブルーム)衝突を、Spacecraft Oneを安定させるために使用する。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船は、その後、Spacecraft Oneの軌道を変更し、それを軌道から外す。

20

【0135】

空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船は、Spacecraft Oneとのドッキングを実行する。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船をその初期軌道からSpacecraft Oneの軌道へと推進するための本推進システムを使用することによって、これを行う。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船がSpacecraft Oneとドッキングし始めるとともに、空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船に搭載されたセンサーは、その次元を測定するためにSpacecraft Oneを追跡する。Spacecraft Oneは、回転するとともに、その質量中心に関する宇宙の球積を一掃する - 「締め出し空間」。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船は、Spacecraft Oneがその質量中心に関して回転するとともに一掃する球積の半径より大きい、Spacecraft Oneの質量中心からの範囲を少なくとも維持することによって、この「締め出し空間」の外側に留まる。

30

【0136】

次に、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Spacecraft Oneの周りを作動し、構造的整合性を測定するSpacecraft Oneのスキャンを行い、Spacecraft Oneの三次元マップを開発する。空気(ブルーム)衝突安定化の宇宙船に搭載されたセンサーによってSpacecraft Oneのスキャンから発展した情報を、アンテナ及び太陽パネルなどの、外部付属物に基づいた構造的整合性の制限、またはスキャン中に識別された他の残余の構造的制限を超えない安定化計画を展開するために、空気(ブルーム)衝突システムプランナーによる入力として使用する。

40

【0137】

一旦ロケット本体の状態が測定されると、直線運動が特徴づけられ、Spacecraft Oneが回転する周りの軸が決定され、及びSpacecraft Oneの回転運動が、Spacecraft Oneの調査中に測定されたデータの分析によって決定される。空気(ブルーム)衝突システムプランナーは、このデータに基づいたデブリ安定化計画を展開する。デブリ安定化計画は、デブリが回転している周りの軸の各々に垂直な運動の軸上の(少なくとも)1つの目標点から成る。Spacecraft Oneが3つの回転の軸すべての周りを回転しているため、デブリ安

50

定化計画は3つの目標点を必要とする。プランナーはまた、目標点に衝突する空気噴射(ブルーム)の配列を生み出すように設計された、スラスタファイアリングの配列を展開し、これらの空気噴射(ブルーム)の力を目標点に伝送し、これが、Spacecraft Oneの回転とは反対のSpacecraft One上のトルクを生み出す。スラスタファイアリングの全配列を、Spacecraft Oneの回転運動を、3つの回転の軸の少なくとも2つの周りで零まで(又は、略零まで)減少させるように設計する。プランナーはまた、各スラスタファイアリングの力におけるパルスの持続時間及び変化を測定する。各目標点に伝送された力は、各空気噴射(ブルーム)の力及び目標点上のブルームの衝撃の角度に依存する。Spacecraft Oneが回転しているために、各目標点が空気噴射(ブルーム)に晒される時間及び角度は、Spacecraft Oneの回転速度に応じて変化する。プランナーはまた、空気(ブルーム)衝突のファイアリングによって空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船上に与えられた力に対抗する空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の誘導、ナビゲーション及び制御システムのための計画を展開し、その結果、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Spacecraft Oneに対するその方向及び距離を維持するために、軌道保持を実行することができる。さらに、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船が、Spacecraft Oneの軌道経路を変更する、その空気(ブルーム)安定化システムを使用するために、Spacecraft Oneが、一旦安定させられると、Spacecraft Oneの速度ベクトルと一直線であり、Spacecraft Oneの主要な側面上にある構造的要素(この場合、本推進システムのスラストノズル)により方向付けられるように、安定化計画を展開する。

【0138】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、それ自体の位置を決め、空気(ブルーム)安定化システムノズルを、安定化計画に基づいた目標点に向けるために方向付ける。空気衝突システムは、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船によって運ばれた燃料及び酸化剤の燃焼によって発生した支流から成る、空気噴射(ガスブルーム)のパルスを発生させる(二元推進剤ベースのシステム)。

【0139】

これらのパルスを、Spacecraft One上の選択された目標点に向ける。目標点が空気噴射(ガスブルーム)に垂直であり、空気噴射(ガスブルーム)が回転のアークに接する間に、各パルスが目標点に衝突するように設定する。空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、空気衝突システムが空気衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船に与える力に対抗することによって、その位置及び方向を維持するための、その誘導、ナビゲーション及び制御システムを使用する。

【0140】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船が、空気衝突計画を実行している間、それは、センサーによってロケット本体を追跡し、目標点上のガスブルームの衝突によって発生するトルクが、計画されるようなロケット本体の回転のエネルギー及び運動を減少させているかを測定する。空気(ブルーム)衝突システムプランナーは、センサーからデータを処理し、継続的に安定化計画をモニタリングし更新するためにそのフィードバックを使用する。

【0141】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、回転運動が選択された回転の軸において零まで減少するまで、安定化計画を実行し続けて、Spacecraft Oneへの影響をモニタリングし、フィードバックを処理し、安定化計画を更新する。

【0142】

Spacecraft Oneが、Spacecraft Oneの速度ベクトルと一直線である本推進システムのスラストノズルにより方向付けられるように、安定化計画を実行する。本推進システムのスラストノズルは、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船が、空気衝突を使用して、Spacecraft Oneの速度ベクトルの方向と反対の力を与えることに利用する目標点である - この力は、Spacecraft Oneが軌道から外れるように、Spacecraft Oneの速度ベクトルの大きさを減少させるのに充分である。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 3 】

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Spacecraft Oneの速度ベクトルと一直線の位置まで作動する。空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船スラスタを使用して、安定化の宇宙船は、Spacecraft Oneの本推進システムのスラスタノズルをターゲットにした連続的なガス噴射(ブルーム)を発射する。一旦Spacecraft Oneの速度が、Spacecraft Oneの軌道離脱を保証するために充分減速させられると、ガス噴射(ブルーム)は中断する。安定化の宇宙船スラスタのファイアリング中に、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Spacecraft Oneに対するその位置を維持するために、その内部のGNC及びRCSシステムを使用する。Spacecraft Oneの軌道パラメータが、Spacecraft Oneを軌道から外すために充分変更された後、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の内部のGNC及びRCSシステムを、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の軌道を安定させるために使用し、その結果、それはSpacecraft Oneとともに軌道から外れない。

10

【 0 1 4 4 】

< 実施例4 - 電磁場を使用して、不安定なスペース・デブリを安定させる方法 >

600キロメートル(km)と2,000kmの高度の間にロー・アース・オービット(LEO)において数百の作動しないロケット本体(r/b)及び宇宙船(s/c)があり、これらは、LEOにおいてスペース・デブリの個体数を増加させるであろう衝突の可能性を生む。衝突の確率を減少させるために、これらのロケット本体及び宇宙船のいくつかを捕捉し軌道から外す決定を毎年下す。その高度帯における作動しない宇宙船及びロケット本体を調査した後に、Rocket Body Threeが最も高い衝突の可能性があり、それ故、それを軌道から外すことが最優先事項となると決定する。また、Rocket Body Threeの姿勢及び方向が不安定であり、それが3つの軸において回転運動の特性を示し、及び回転運動が無作為となるように回転運動を3つの軸すべての間で連結させることも決定する。軌道から外すために、Rocket Body Threeを安定させ、その後、捕捉しなければならない。軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Threeを安定させるために電磁場を使用する。軌道上デブリ安定化の宇宙船は、その後、Rocket Body Threeを捕捉し、それを軌道から外すために機械デバイスを張り付ける。

20

【 0 1 4 5 】

軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Threeとのドッキングを実行する。軌道上デブリ安定化の宇宙船をその初期軌道からRocket Body Threeの軌道へと推進するための本推進システムを使用することによって、これを行う。軌道上デブリ安定化の宇宙船がRocket Body Threeとドッキングし始めるとともに、軌道上デブリ安定化の宇宙船に搭載されたセンサーは、その次元を測定するためにRocket Body Threeを追跡する。Rocket Body Threeは、回転するとともに、その質量中心に関する宇宙の球積を一掃する - 「締め出し空間」。軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Threeがその質量中心に関して回転するとともに一掃する球積の半径より大きい、Rocket Body Threeの質量中心からの範囲を少なくとも維持することによって、この「締め出し空間」の外側に留まる。

30

【 0 1 4 6 】

次に、軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Threeの周りを作動し、Rocket Body Threeの構造的整合性を測定するRocket Body Threeのスキャンを行い、それが電磁気安定化を受けるための十分な構造的整合性を有しているか、電磁気安定化を支持するための十分な導電性材料があるかを測定し、且つRocket Body Threeの調査中に測定されたデータの分析によってRocket Body Threeの回転運動を決定する。

40

【 0 1 4 7 】

軌道上デブリ安定化の宇宙船は、Rocket Body Threeが軌道上デブリ安定化の宇宙船によって発生した電磁場内で回転するように、それ自体の位置を決め、Rocket Body Threeの方へそのアンテナを方向付ける。

【 0 1 4 8 】

50

軌道上デブリ安定化の宇宙船は、電磁場の軌道上デブリ安定化システムに動力を供給し、Rocket Body Threeを包含する電磁場を発生させ、これによって、Rocket Body Threeの一部である導電性材料上、又は導電性材料内に、電流(「渦電流」)を発生させる。Rocket Body Threeが、軌道上デブリ安定化の宇宙船によって引き起こされる電磁場内で回転し続けるとともに、Rocket Body Threeの一部である導電性材料上、又は導電性材料内の電流(「渦電流」)は、自然発生の惑星の磁界と相互作用する。この相互作用によって生み出された力は、Rocket Body Threeの一部である導電性材料上、又は導電性材料内の電流(「渦電流」)及び自然発生の惑星の磁界と一直線になるように試みる。Rocket Body Threeの回転が、渦電流と自然発生の惑星の磁界の間の力によって緩衝し始めるとともに、Rocket Body Threeの一部である導電性材料上、又は導電性材料内の電流(「渦電流」)は弱まる傾向がある。最終的に、3つの軸の少なくとも2つの周りの回転速度は、零まで(又は、略零まで)減少され、Rocket Body Threeは安定する。

10

【0149】

一旦軌道上デブリ安定化の宇宙船が、3つの運動の軸の少なくとも2つの回転運動を除去することによって、Rocket Body Threeの回転運動を安定させると、それは、本推進システムのスラストノズル上に機械的にラッチすることによって、Rocket Body Threeを捕捉することに進む。軌道上デブリ安定化の宇宙船は、スラストノズルと一直線上に及び充分離れて位置するように作動することで、エンドエフェクターにスラストノズルがないことを保証する。軌道上デブリ安定化の宇宙船スラスタを使用することで、安定化の宇宙船は、Rocket Body Threeのスラストノズルとの一直線を維持して、軌道上デブリ安定化の宇宙船とRocket Body Threeの間の範囲をゆっくり閉鎖する。軌道上デブリ安定化の宇宙船スラスタはまた、安定化工程の間に排除されない任意のRocket Body Threeの残余の回転速度と一致する。衝突力が宇宙船を破損しない、又は宇宙船の間の分離を強いる反応バウンスを引き起こさないように、閉鎖速度を制御する。1つのエンドエフェクターがスラストコーンの外部にあり、1つのエンドエフェクターがスラストコーンの内部にあるように、連結されたエンドエフェクターを有する4つの連結されたアームを位置決めする。接触後、エンドエフェクターを、Rocket Body Threeを捕捉するために係合させる。一旦捕捉が終了すると、軌道上デブリ安定化の宇宙船は、軌道離脱モジュールを解放し、それ自体及びRocket Body Threeを分離するために移動する。一旦軌道上デブリ安定化の宇宙船とRocket Body Threeが充分離されると、軌道離脱モジュールが起動され、それは、Rocket Body Three上に十分な力を与え、高度を失わせ、最終的に軌道から外れさせるRocket Body Threeの直線減速を引き起こす。

20

30

【0150】

<実施例5 - コンピューターシミュレーションを介する試験及び検証>

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の試験及び検証は、運用システムにおける実施前に、コンピューターシミュレーションを介して達成される。この同じタイプのコンピューターシミュレーションもまた、実施前に安定化計画を確認し、且つブルーム衝突過程の予想される影響がシミュレートされた計画に一致するかを確認する、実際のミッションに関する計画過程の一部として使用可能である。

【0151】

40

コンピューターシミュレーションは、空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の仮想モデル、不安定なスペース・デブリに力を与える方法の物理学ベースのアルゴリズム、(回転運動及び軌道パラメーターの仕様を含む)不安定なスペース・デブリの仮想モデル、および(不安定なスペース・デブリ及び空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船が受けるであろう、重力及び他の外力及び圧力を含む)宇宙環境のシミュレーションを必要とする。

【0152】

コンピューターシミュレーションを、全システムパフォーマンス、各サブシステムのパフォーマンスを試験及び確認し、不安定なスペース・デブリの運動をシミュレートし、不安定なスペース・デブリに力を与える影響をシミュレートし、またすべての他のミッ

50

ション段階を試験及び確認するように使用する。

【0153】

<実施例6 - 物理的シミュレーションを介する試験及び検証>

空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の試験及び検証は、コンピューター(又は、仮想)シミュレーションの適合性及びパフォーマンスを確認するための実際の(又は、物理的)方法を介して達成される。実際の(又は、物理的)試験を地上で行う。実際の(又は、物理的)試験を二次元及び三次元において行う。

【0154】

二次元の実際の(又は、物理的)試験を、NASAで利用可能な、大きな「エアベアリングフロア (air bearing floors)」上で行う。「エアベアリングフロア」は、不安定なスペース・デブリ及び空気(ブルーム)衝突の軌道上デブリ安定化の宇宙船の物理モデルを、試験設備のフロアから注入される空気の細かいクッションにその後乗る、平底のそり上に取り付けることによって、二次元における宇宙の対象物(デカルト座標系におけるx及びy軸)の運動をシミュレートする、零点抵抗の二次元の表面をシミュレートする。このシステムを使用して、我々は、二次元におけるシステムパフォーマンスを試験及び確認し、ロール、ピッチ及びヨーイングを再現する(replicate)。二次元におけるシステムパフォーマンスを確認した後、我々は、数学的に、シミュレーションを三次元に拡張する。

10

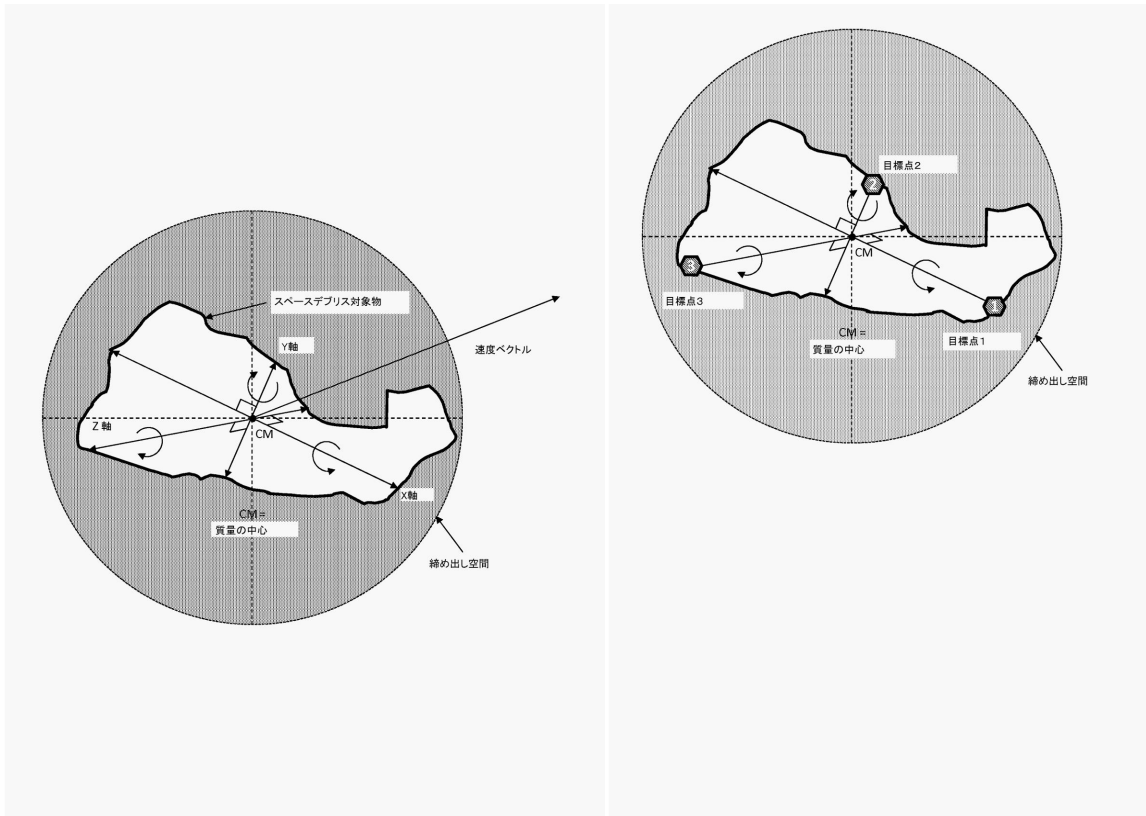
【0155】

三次元の実際の(又は、物理的)試験を、地上の固定対象物、又は「ベアリングフロア」上の可動対象物に関連する運動を力学的にシミュレートすることができるメカニカルアームを有する「オーバーヘッドガントリー」を加えることによって、同様の試験設備を使用して行う。このタイプの実際のシミュレートされた環境は、ブリッジ、トロリー、ウエスト、ショルダー、エクステンション、ロール、ヨーイング、及びピッチを含む、8つの自由度を再現し得、不安定なスペース・デブリを安定させるこの方法の完全な試験及び開発を可能にする。

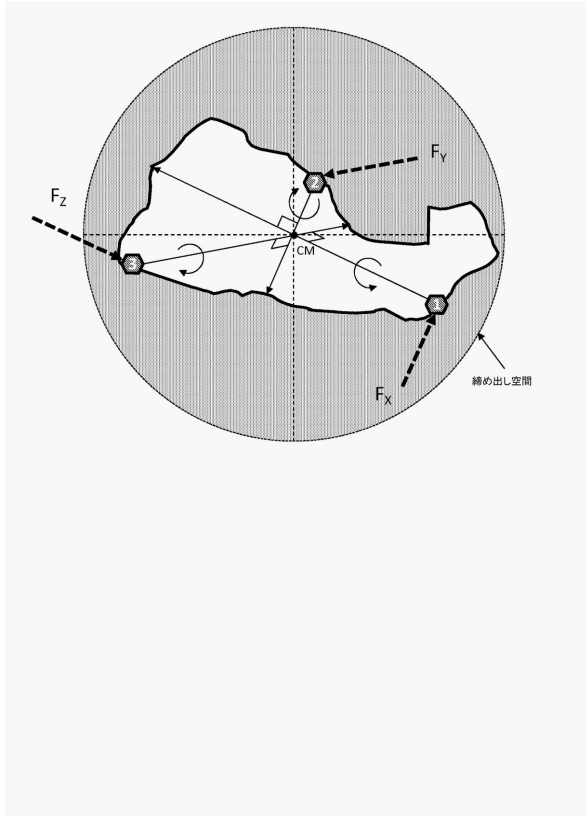
20

【図1】

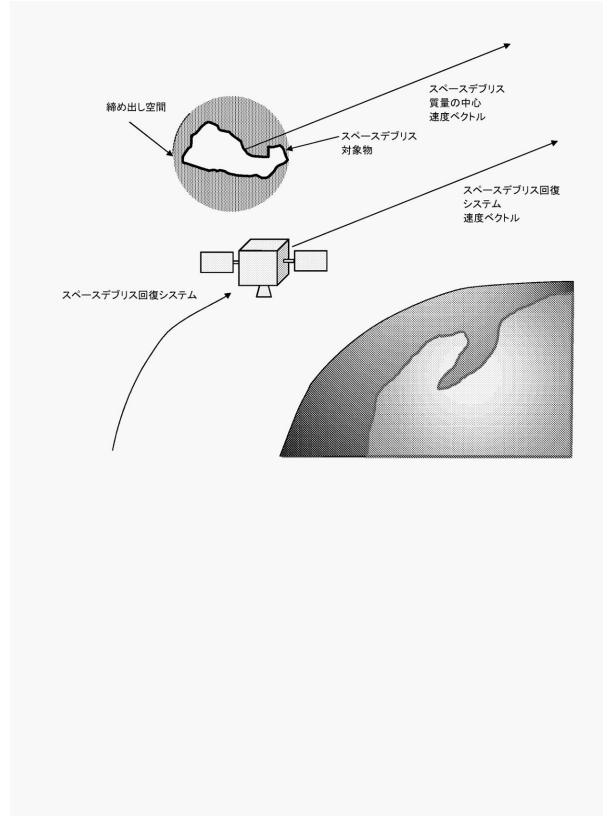
【図2】



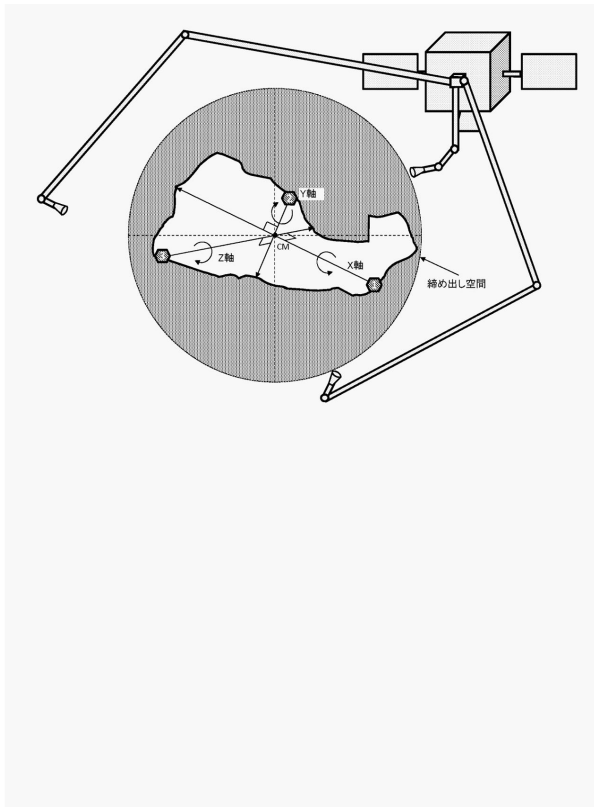
【図3】



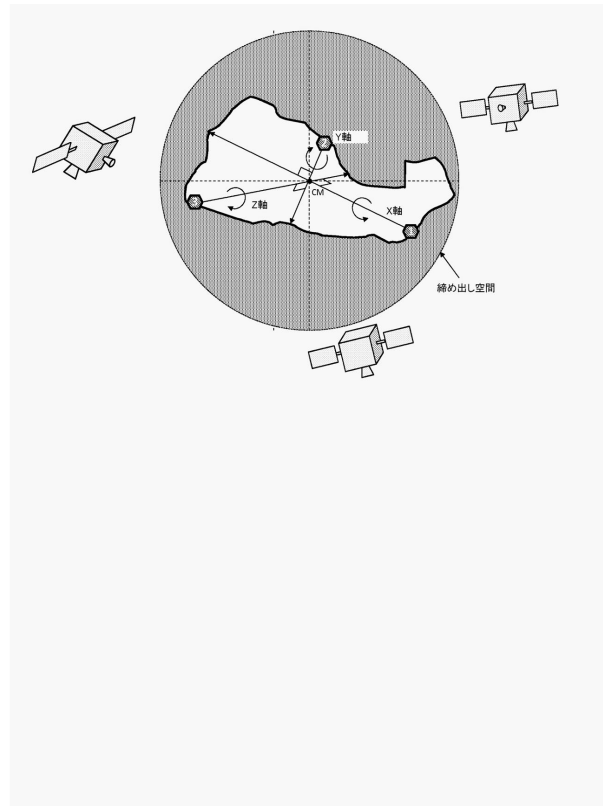
【図4】



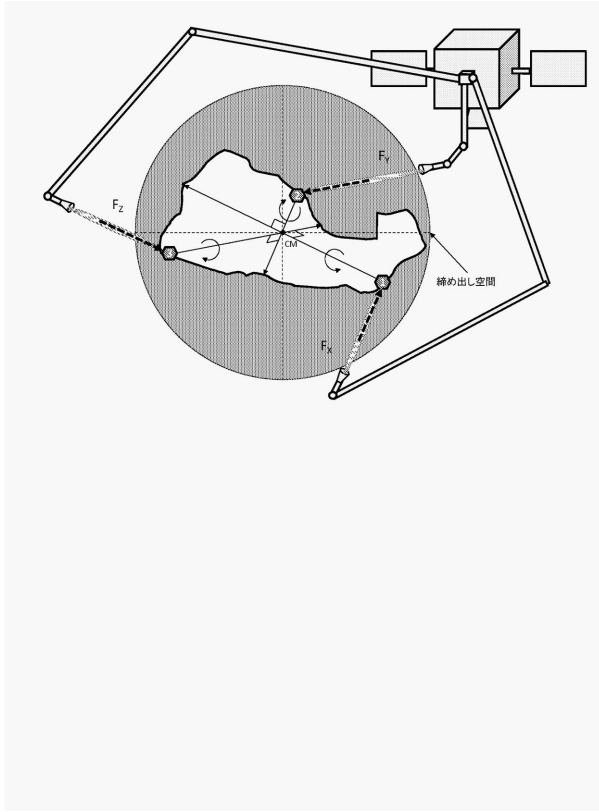
【図5 a】



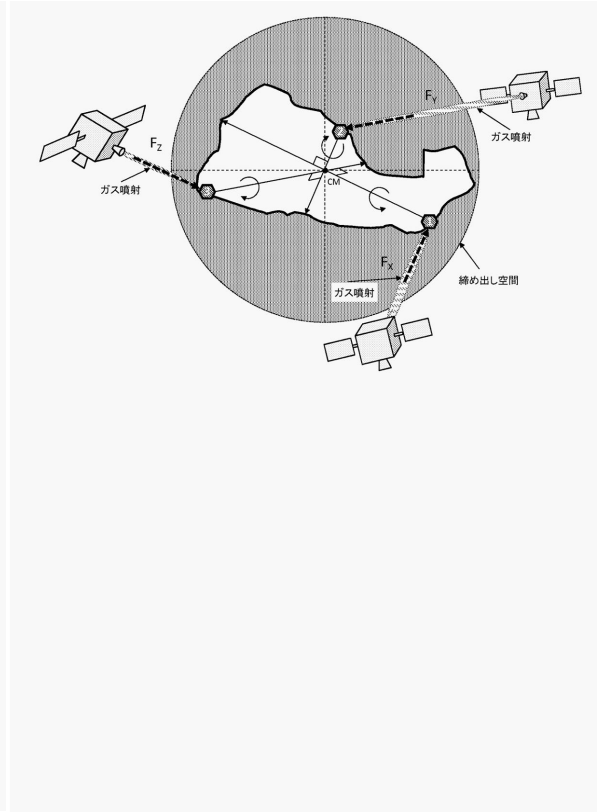
【図5 b】



【図 6 a】



【図 6 b】



フロントページの続き

合議体

審判長 島田 信一

審判官 森林 宏和

審判官 尾崎 和寛

- (56)参考文献 特開2001-114199(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0285304(US,A1)
米国特許第6655637(US,B1)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
B64G1/66,B64G1/56