

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-527246

(P2018-527246A)

(43) 公表日 平成30年9月20日(2018.9.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 4 G 1/26 (2006.01)	B 6 4 G 1/26	Z
F 0 3 H 1/00 (2006.01)	F 0 3 H 1/00	
F 0 3 H 99/00 (2009.01)	F 0 3 H 99/00	B
	F 0 3 H 99/00	C

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

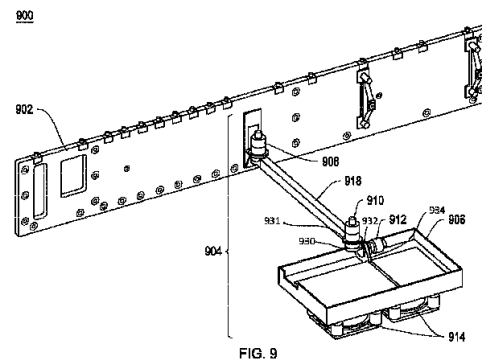
(21) 出願番号	特願2018-514270 (P2018-514270)	(71) 出願人	505205351
(86) (22) 出願日	平成28年9月19日 (2016.9.19)		オービタル サイエンスズ コーポレーシ ョン
(85) 翻訳文提出日	平成30年3月29日 (2018.3.29)		アメリカ合衆国 20166 ヴァージニ ア, ダレス, ワープ ドライブ 45
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/052500		101
(87) 国際公開番号	W02017/049297	(74) 代理人	100105957
(87) 国際公開日	平成29年3月23日 (2017.3.23)		弁理士 恩田 誠
(31) 優先権主張番号	14/858,240	(74) 代理人	100068755
(32) 優先日	平成27年9月18日 (2015.9.18)		弁理士 恩田 博宣
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気スラスタを備えた地球周回衛星のための操作システム

(57) 【要約】

ビークルの上のスラスタを装着するためのシステム及び方法が本明細書で説明される。スラスタ装着構造体は、第1、第2、及び第3の回転ジョイント、ブーム、及びスラスタ・パレット、ならびに、スラスタ・パレットに取り付けられているスラスタを含むことが可能である。第1の回転ジョイントは、ビークルに取り付けられ得、また、第1の軸線において回転するように構成され得る。第1の回転ジョイントは、ブームに接続され得、第1の軸線の周りにブームを枢動させるように構成され得る。ブームは、第2の回転ジョイントに接続され得、第2の回転ジョイントは、第3の回転ジョイントに接続されており、第1の軸線において第3の回転ジョイントを回転させるように構成されている。第3の回転ジョイントは、スラスタ・パレットに接続され得、また、第1の軸線に対して垂直の第2の軸線においてスラスタ・パレットを枢動させるように構成され得る。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ビークル上にスラスタを装着するためのシステムにおいて、第 1 のスラスタ装着構造体を備え、

前記第 1 のスラスタ装着構造体は、

ビークルに取り付けられている第 1 の回転ジョイントであって、第 1 のブラケットを介して前記ビークルに接続されている第 1 の静止部分を備え、及び、第 1 の軸線において回転する第 1 の可動取り付け部分を備える、第 1 の回転ジョイントと、

前記第 1 の可動取り付け部分において前記第 1 の回転ジョイントに直接接続されているブームであって、前記第 1 の回転ジョイントは、前記第 1 の軸線の周りに前記ブームを枢動させる、ブームと、

前記ブームに直接接続されている第 2 の静止部分を備え、及び、前記第 1 の軸線において回転する第 2 の可動取り付け部分を備える、第 2 の回転ジョイントと、

前記第 2 の回転ジョイントに直接接続されており、また、前記第 1 の軸線に対して垂直な第 2 の軸線において回転する第 3 の可動取り付け部分を含む第 3 の回転ジョイントであって、前記第 2 の回転ジョイントは、前記第 1 の軸線の周りに前記第 3 の回転ジョイントを枢動させる、第 3 の回転ジョイントと、

前記第 3 の回転ジョイントの前記第 3 の可動取り付け部分に直接接続されているスラスタ・パレットであって、前記第 3 の回転ジョイントは、前記第 2 の軸線の周りに前記スラスタ・パレットを枢動させる、スラスタ・パレットと、

前記スラスタ・パレットに固定して取り付けられているスラスタとを備える、システム。

【請求項 2】

前記スラスタ・パレットは、矩形の面を有し、前記第 3 の回転ジョイントは、前記矩形の面の長い縁部に沿って前記スラスタ・パレットに取り付ける、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記第 1 のスラスタ装着構造体は、格納位置に配置され、前記ブームが前記ビークルに対して実質的に平行に及び同一平面上に位置決めされるようになっており、前記スラスタ・パレットは、前記ビークルに接続されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記スラスタ・パレットは、前記ビークルに対して同一平面上にある、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記スラスタは、前記ビークルに対して実質的に垂直の方向に面している、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記第 1 のスラスタ装着構造体は、ステーション・キーピング位置に配置され、それによって前記ブームが前記ビークルに対して平行でなく位置決めされるようになっている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記スラスタは、前記スラスタによって発生されるスラスト・ベクトルが前記ビークルの重心を通る方を向く、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記第 1 のスラスタ装着構造体は、軌道上昇位置に配置され、前記ブームが前記ビークルに対して実質的に垂直に位置決めされるようになっている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記スラスタ・パレットは、前記ビークルに対して実質的に平行の方向を向いている、請求項 8 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記スラスタは、前記ビークルから間隔を離して配置された距離にある、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記第 1 の軸線は、前記ビークルのロール軸又は前記ビークルのヨー軸のうちの 1 つである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記第 2 の軸線は、前記ビークルのピッチ - ヨー平面又はピッチ - ロール平面のどこかにおいて、前記第 1 の軸線に対して垂直である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記第 1 の回転ジョイント及び前記第 2 の回転ジョイントは、電動回転ジョイントである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記スラスタは、電気スラスタである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記ビークルは衛星である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 16】

第 2 のスラスタが前記スラスタ・パレットに取り付けられている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記第 2 のスラスタは、前記スラスタと実質的に同一である、請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記ビークルに取り付けられている第 4 の回転ジョイントであって、第 3 のブラケットを介して前記ビークルに直接接続されている第 4 の静止部分を備え、及び、前記第 1 の軸線において回転する第 4 の可動取り付け部分を備える、第 4 の回転ジョイントと、

前記第 4 の可動取り付け部分において前記第 4 の回転ジョイントに直接接続されている第 2 のブームであって、前記第 4 の回転ジョイントは、前記第 1 の軸線の周りに前記第 2 のブームを枢動させる、第 2 のブームと、

前記第 2 のブームに直接接続されている第 5 の静止部分を備え、及び、前記第 1 の軸線において回転する第 5 の可動取り付け部分を備える、第 5 の回転ジョイントと、

前記第 5 の回転ジョイントに直接接続されており、また、前記第 2 の軸線において回転する第 6 の可動取り付け部分を含む第 6 の回転ジョイントであって、前記第 5 の回転ジョイントは、前記第 1 の軸線の周りに前記第 6 の回転ジョイントを枢動させる、第 6 の回転ジョイントと、

前記第 6 の回転ジョイントの前記第 6 の可動取り付け部分に直接接続されている第 2 のスラスタ・パレットであって、前記第 6 の回転ジョイントは、前記第 2 の軸線の周りに前記第 2 のスラスタ・パレットを枢動させる、第 2 のスラスタ・パレットと、

前記第 2 のスラスタ・パレットに固定して取り付けられている第 2 のスラスタと

を備える、第 2 のスラスタ装着構造体

をさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記ビークルは、矩形角柱を含み、前記第 1 のスラスタ装着構造体及び前記第 2 のスラスタ装着構造体は、前記矩形角柱の両面に装着されている、請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記第 1 のスラスタ及び前記第 2 のスラスタは、前記ビークルの 6 つの自由度を制御する、請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 21】

前記第 3 の回転ジョイントは、前記第 2 の回転ジョイントの前記第 2 の可動取り付け部

10

20

30

40

50

分に直接取り付けられている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 2 2】

前記スラスタ・パレットは、第 2 のブラケットを含み、前記スラスタ・パレットは、前記第 2 のブラケットを介して前記第 3 の可動取り付け部分に直接接続されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 2 3】

前記第 2 の回転ジョイント及び前記第 3 の回転ジョイントは、前記第 2 のブラケットを介して共に直接接続されている、請求項 2 2 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は電気スラスタを備えた地球周回衛星のための操作システムに関する。

【背景技術】

【0002】

衛星及び他の宇宙船は、典型的には、化学的なロケット推進システムを利用し、それらを軌道の中へ推進させ、ミッション動作を実施する。そのような推進システムは、比較的大量のスラストを提供するが、ロケット推進システムは、一般的に、推進剤効率が悪く、比推力が低い。その結果、ロケット推進システムによって推進される衛星及び宇宙船は、典型的には、それらの質量の大部分を推進剤として運搬し、ミッション・ペイロードに利用可能なのは比較的小さい割合の質量になる。電気推進システムは、長距離のミッション又は長期間のミッションのためのロケット推進システムに対する実行可能な代替例を提供し、それは、大量の推進剤を必要とする。電気推進システムは、電気エネルギーを使用することによって、推進剤、典型的にはイオン化されたガスの粒子を、高速で吐き出すように動作する。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

このようにして、それらは、ロケット推進システムと比較して、比較的高い比推力及び推進剤効率を実現するが、比較的小さい量のスラストを作り出す。これらの特性は、電気推進システムを長距離のミッション又は長期間のミッションに適切なものにし、衛星及び/又は宇宙船は、長期間にわたって加速され得る。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

スラスタをピークルの上に装着するためのシステム及び方法が、本明細書で説明されている。システムは、スラスタ装着構造体を含むことが可能であり、スラスタ装着構造体は、第 1 の回転ジョイントを含み、第 1 の回転ジョイントは、ピークルに取り付けられており、第 1 の軸線において回転するように構成されている。スラスタ装着構造体は、ブームをさらに含むことが可能であり、ブームは、第 1 の回転ジョイントに接続されており、第 1 の回転ジョイントは、第 1 の軸線の周りにブームを枢動させるように構成されている。スラスタ装着構造体は、第 2 の回転ジョイントをさらに含むことが可能であり、第 2 の回転ジョイントは、ブームに取り付けられており、第 1 の軸線において回転するように構成されている。スラスタ装着構造体は、第 3 の回転ジョイントをさらに含むことが可能であり、第 3 の回転ジョイントは、第 2 の回転ジョイントに取り付けられており、また、第 1 の軸線に対して垂直の第 2 の軸線において回転するように構成されている。第 2 の回転ジョイントは、第 1 の軸線の周りに第 3 の回転ジョイントを枢動させるように構成され得る。スラスタ装着構造体は、第 3 の回転ジョイントに取り付けられているスラスタ・パレットをさらに含むことが可能であり、第 3 の回転ジョイントは、第 2 の軸線の周りにスラスタ・パレットを枢動させるように構成されており、また、スラスタ装着構造体は、スラスタ・パレットに固定して取り付けられているスラスタを含むことが可能である。いくつかの実施形態では、スラスタ・パレットは、矩形の面を含み、第 3 の回転ジョイントは、矩

40

50

形の面の長い縁部に沿ってスラスト・パレットに取り付けるように構成され得る。

【 0 0 0 5 】

ビークルは、衛星又は他の宇宙船を含む、任意の適切なビークルであってよく、また、任意の適切な形状を含むことが可能である。本明細書で説明されているシステム及び方法は、立方体又は矩形角柱のように形状決めされている衛星に関連して考察されているが、当業者によって理解されるように他の衛星及び宇宙船形状も企図され得る。また、スラスト装着構造体は、立方体 / 矩形角柱の平坦な表面を含む、ビークルの任意の適切な表面上に装着され得ることを理解されたい。当業者によって理解されるように他の装着表面も企図され得る。そのうえ、本明細書で説明されているシステム及び方法は、電気スラストの観点から説明されているが、任意の適切なスラストが、本明細書で説明されている装着構造体とともに利用され得ることを理解されたい。

10

【 0 0 0 6 】

いくつかの実施形態では、第 1 の軸線は、ビークルのロール軸であってよく、第 2 の軸線は、ビークルのヨー軸、ピッチ軸、又は、ピッチ軸及びヨー軸の組み合わせであってよい。いくつかの実施形態では、第 1 の軸線は、ビークルのヨー軸であってよく、第 2 の軸線は、ビークルのロール軸、ピッチ軸、又は、ロール軸及びピッチ軸の組み合わせであってよい。いくつかの実施形態では、第 1 の回転ジョイント及び第 2 の回転ジョイントは、電動回転ジョイントであってよい。たとえば、回転ジョイントは、モータ、サーボ、又は、回転移動を変化及び維持するための任意の他の適切なメカニズムを用いることが可能である。いくつかの実施形態では、回転ジョイントは、回転角度を変化及び維持するために、制御入力を受け取ることが可能である。いくつかの実施形態では、回転ジョイントは、回転角度を変化させるための制御が受け取られるまでに、回転角度を強固に維持するように構成され得る。いくつかの実施形態では、第 2 のスラストは、スラスト・パレットに接続され得る。第 2 のスラストは、第 1 のスラストと実質的に同一であってよく、又は、それは、実質的に異なっているがよい。たとえば、第 2 のスラストは、冗長なスラストとして作用するために、第 1 のスラストと実質的に同じスラストを提供するように構成され得る。

20

【 0 0 0 7 】

回転ジョイントの組み合わせを通して、スラスト装着構造体は、格納位置、ステーション・キーピング位置、及び軌道上昇位置を含む、さまざまな位置に、スラスト・パレットを向けることが可能であり得る。格納位置では、ブームは、ビークルに対して実質的に平行に及び / 又は同一平面上に位置決めされ得、スラスト・パレットは、ビークルに接続され得る。いくつかの実施形態では、スラスト・パレットは、保持受容部に嵌合され得、保持受容部は、スラスト・パレットが展開されていない状態でスラスト・パレットを固定することが可能である。たとえば、スラスト・パレットは、打ち上げの間にビークル本体部に固定され、スペースを最小化することが可能であり、また、スラスト装着構造体の上の振動及び他の力を最小化することが可能である。いくつかの実施形態では、スラスト・パレットは、格納位置において、ビークルに対して同一平面上にある状態で維持され得る。いくつかの実施形態では、スラストは、ビークルに対して、又は、スラスト装着構造体が装着されているビークルの面に対して、実質的に垂直の方向に面していることが可能である。たとえば、スラストは、実質的に外側に、又は、実質的にビークルに向けて、ビークルの面に対して垂直の方向に指向され得る。

30

40

【 0 0 0 8 】

いくつかの実施形態では、スラスト装着構造体は、ステーション・キーピング位置に配置され得る。ステーション・キーピング位置は、さらに詳細に下記に考察されているように、衛星 / 宇宙船の軌道が維持され得るようにスラスト・ベクトルを位置決めすることが意図された、多種多様な向きを含むことが可能である。ステーション・キーピング位置において、スラストは、ビークル本体部から解放され、第 1、第 2、及び第 3 の回転ジョイントを使用して操縦されることになる。いくつかの実施形態では、ブームは、ステーション・キーピング位置において、ビークルに対して平行ではないことになる。いくつかの実

50

施形態では、ブームは、ピークルに対して又はピークルの面に対して垂直な状態を維持されることになる。いくつかの実施形態では、ステーション・キーピング位置にあるスラストは、ピークルの重心を通る方を向くスラスト・ベクトルを発生させることが可能である。

【 0 0 0 9 】

いくつかの実施形態では、スラスト装着構造体は、軌道上昇位置に配置され得る。軌道上昇位置では、ブームは、ピークルに対して、又は、ピークルの面に対して、実質的に垂直に位置決めされ得る。スラスト・パレットは、ピークル本体部の上の任意の拘束受容部から解放され得る。軌道上昇位置において、スラスト及び/又はスラスト・パレットは、ピークルに対して実質的に平行の方向に向けられ得る。スラストは、たとえば、ブームによって、ピークルから間隔を離して配置された距離にあってよい。このようにして、スラストは、ピークルの軌道を上昇又は転移させるために使用され得るスラスト・ベクトルを発生させるように位置決めされ得る。

10

【 0 0 1 0 】

いくつかの実施形態では、システムは、第2のスラスト装着構造体を含むことが可能である。第2のスラスト装着構造体は、第1のスラスト装着構造体と実質的に同様であってよい。いくつかの実施形態では、ピークルは、矩形角柱形状を含むことが可能であり、第1のスラスト装着構造体及び第2のスラスト装着構造体は、矩形角柱の両面に装着され得る。このように、第1のスラスト装着構造体及び第2のスラスト装着構造体は、軌道高度、軌道傾斜角、離心率、及び/又はドリフトなどのような、ピークルの運動を変化させるために、独立して制御され得る。第2のスラスト装着構造体は、ピークルに取り付けられている第4の回転ジョイントを含むことが可能であり、第4の回転ジョイントは、第1の軸線において回転するように構成されている。第4の回転ジョイントは、第1のスラスト装着構造体の第1の回転ジョイントの軸線と実質的に同じ軸線において回転するように構成され得る。第2のスラスト装着構造体は、第2のブームをさらに含むことが可能であり、第2のブームは、第4の回転ジョイントに接続され得、第4の回転ジョイントは、第1の軸線の周りにブームを枢動させるように構成されている。第2のスラスト装着構造体は、第5の回転ジョイントを含むことが可能であり、第5の回転ジョイントは、第2のブームに取り付けられ得、また、第1の軸線において回転するように構成され得る。第2のスラスト装着構造体は、第5の回転ジョイントに取り付けられている第6の回転ジョイントをさらに含むことが可能であり、第6の回転ジョイントは、第2の軸線において回転するように構成されており、第5の回転ジョイントは、第1の軸線の周りに第6の回転ジョイントを枢動させるように構成されている。第2のスラスト装着構造体は、第6の回転ジョイントに取り付けられている第2のスラスト・パレットをさらに含むことが可能であり、第6の回転ジョイントは、第2の軸線の周りに第2のスラスト・パレットを枢動させるように構成されており、第2のスラストは、第2のスラスト・パレットに固定して取り付けられ得る。

20

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図1】衛星の例示的な実施形態を示す図。

40

【図2】衛星軌道の例示的な図。

【図3】軌道上昇操作の例示的な図。

【図4】第1及び第2のスラスト装着構造体の例示的な図。

【図5】ステーション・キーピング位置に位置決めされている第1及び第2のスラスト装着構造体の例示的な図。

【図6】軌道上昇位置に位置決めされている第1及び第2のスラスト装着構造体の例示的な図。

【図7】格納位置に位置決めされているスラスト装着構造体の例示的な図。

【図8】ステーション・キーピング位置に位置決めされているスラスト装着構造体の例示的な図。

50

【図 9】軌道上昇位置に位置決めされているスラスト装着構造体の例示的な図。

【図 10 A】さまざまな位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体の例示的な図。

【図 10 B】さまざまな位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体の例示的な図。

【図 10 C】さまざまな位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体の例示的な図。

【図 10 D】さまざまな位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体の例示的な図。

【図 10 E】さまざまな位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体の例示的な図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本明細書で説明されているシステム及び方法の全体的な理解を提供するために、ここで、特定の例示的な実施形態が説明されることになる。しかし、本明細書で説明されているシステム及び方法は、他の適切な用途のために適合及び修正され得ること、ならびに、そのような他の追加及び修正は、その範囲から逸脱しないことになることが当業者によって理解される。

【0013】

電気スラスト及び電気スラスト装着スキームは、以下の米国特許文献により詳細に説明されており、それらは、その全体が本願明細書に援用されている：1998年2月23日に出版された米国特許第6,032,904号；2003年2月21日に出版された米国特許第7,059,571号；1999年1月27日に出版された米国特許第6,296,207号；1992年4月28日に出版された米国特許第5,349,532号；2001年12月21日に出版された米国特許第6,565,043号；及び、2002年4月3日に出版された米国特許第6,637,701号。

【0014】

図1は、衛星100の例示的な実施形態を示している。衛星100は、衛星本体部102、ソーラ・パネル104、ソーラ・パネル装着システム105、通信アンテナ106、及び通信アンテナ装着システム107を含むことが可能である。衛星100は、例示的なためだけに提供されており、本明細書で説明されているスラスト装着構造体は、任意の適切な衛星の中に一体化され得ることを理解されたい。

【0015】

衛星本体部102は、それに限定されないが、立方体又は矩形角柱を含む、任意の適切な形状であってよい。ソーラ・パネル104は、入射太陽光から電力を発生させるように構成され得、また、ソーラ・パネル装着システム105を通して、衛星本体部102の任意の適切な面の上に装着され得る。ソーラ・パネル装着システム105は、アクチュエータを含むことが可能であり、アクチュエータは、ソーラ・パネル104を回転させるように、及び/又は、ソーラ・パネル104に角度を付けるように構成されている。たとえば、ソーラ・パネル装着システム105は、ソーラ・パネル104を回転させるか又はソーラ・パネル104に角度を付け、太陽を追跡することが可能であり、これによって衛星のためのほとんどの電力を発生させるようになっている。また、ソーラ・パネル装着システム105は、ソーラ・パネル104をしまい込む及び/又は展開するための手段を含むことが可能である。たとえば、ソーラ・パネル104は、貯蔵のために折り畳めるように、及び、展開のために広がるように設計され得る。ソーラ・パネル装着システム105は、アクチュエータ及び/又はラッチを含み、ソーラ・パネル104を展開するように制御信号が受け取られるまで、格納位置にソーラ・パネルを維持することが可能である。通信アンテナ106は、衛星からのデータを通信するための任意の適切な機器であってよい。たとえば、通信アンテナ106は、ミッション・コントロールと通信するために、地球の上の地上ステーションに向けて方向付けられた電磁波を発生させることが可能である。通信アンテナ106は、通信アンテナ装着システム107を通して、衛星本体部102に接続され得る。ソーラ・パネル装着システム106と同様に、通信アンテナ装着システム107は、通信アンテナ106を展開するように制御信号が受け取られるまで、格納状態（たとえば、衛星本体部102に対して折り畳まれている）に通信アンテナ106を維持するために、アクチュエータ及び/又はラッチを含むことが可能である。

【 0 0 1 6 】

また、衛星 1 0 0 は、さらに詳細に下記に説明されているスラスタ装着構造体のうちの 1 つ又は複数を含むことが可能である。スラスタ装着構造体は、衛星本体部 1 0 2 の任意の適切な表面の上に装着又は一体化され得る。たとえば、2 つのスラスタ装着構造体は、ソーラ・パネル 1 0 4 と同じ面の上に装着され得、それぞれの面に対して 1 つずつ装着され得る。このようにして、1 対のスラスタ装着構造体は、連絡し合って働き、2 つ以上のスラスタを位置決めし、ステーション・キーピング操作又は軌道上昇 / 転移操作のためのスラスタ・ベクタリングを提供することが可能である。スラスタ装着構造体は、任意の適切なタイプの推進システムを含むことが可能である。たとえば、いくつかの実施形態では、スラスタ装着構造体は、電気スラスタを含むことが可能である。それに限定されないが、イオン・スラスタ、プラズマ・ベースのスラスタ、静電スラスタ、電熱スラスタ、及び電磁スラスタを含む、任意の適切なタイプの電気スラスタが利用され得る。いくつかの実施形態では、衛星 1 0 0 は、宇宙船本体部 1 0 2 の任意の適切な表面の上に装着された従来のロケット・ベースのスラスタをさらに含むことが可能であり、衛星 1 0 0 は、化学ベースのロケット推進システム及び電気推進システムの組み合わせによって推進されるようになっている。これらの実施形態では、化学ベースのロケット推進システムは、本明細書で説明されているスラスタ装着構造体を使用して、又は、任意の他の適切な方法によって、衛星本体部 1 0 2 に装着され得る。いくつかの実施形態では、衛星 1 0 0 は、電気推進システムだけを含むことが可能である。そのような実施形態では、衛星 1 0 0 は、他の手段を通して衛星本体部 1 0 2 に装着されている電気スラスタに加えて、下記にさらに説明されているようなスラスタ装着構造体を通して衛星本体部 1 0 2 に装着された電気スラスタを含むことが可能である。このようにして、スラスタ装着構造体は、1 次的な推進システムに加えて、冗長な又は追加的な推進能力を提供することが可能である。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、衛星軌道 2 0 0 の例示的な図を示している。衛星 2 0 4 は、図 1 に関連して説明されている衛星 1 0 0 と実質的に同様であってよく、また、天体 2 0 2 の周りの軌道に乗ることが可能である。天体 2 0 2 は、それに限定されないが、地球、月、太陽、惑星、星、又は、任意の他の天体を含む、任意の適切な天体であってよい。衛星 2 0 4 は、天体 2 0 2 の周りの軌道 2 0 6 を確立することが可能である。軌道 2 0 6 は、以下の軌道特性、すなわち、高度、長半径、離心率、傾斜角、及び近点引数、昇交点黄経、近点通過時刻、近点の半径、及び、遠点の半径のうちの 1 つ又は複数を含むことが可能である。例示的な例として、通信衛星は、地球の赤道の上方の 3 5 , 7 8 6 k m の高度において静止 (G E O) 軌道を確認することが可能であり、これによって地球の表面の上方の一定の位置を維持するようになっている。別の例示的な例として、地球マッピング衛星は、比較的高い傾斜角 (たとえば、赤道に対して 9 0 度に近い) で極軌道を確認することが可能であり、それが、それぞれの軌道の上の異なる経度において赤道を通過するようになっている。軌道 2 0 6 は、円形軌道、楕円形軌道、又は 8 の字形の形状を含む、任意の適切な形状を含むことが可能である。

【 0 0 1 8 】

その軌道を維持するために、衛星 2 0 4 は、ステーション・キーピング操作 2 0 8 及び 2 1 0 を実施することが可能である。本明細書で使用される場合、「ステーション・キーピング」は、所望の軌道を維持するために必要とされる軌道操作を表している。ステーション・キーピングは、空気抗力、太陽輻射圧、及び、太陽 / 月からの重力などのような、衛星 2 0 4 の軌道を悪化させる複数の外力に起因して、衛星 2 0 4 に必要である可能性がある。いくつかの実施形態では、そのような外力は、衛星 2 0 4 の軌道速度を減少又は増加させ、それに応じて軌道 2 0 6 の高度 (又は、長半径) を減少又は増加させ得る。そのような実施形態では、衛星 2 0 4 は、衛星 2 0 4 の軌道速度を増加又は減少させるために、及び、外力に対抗するように、軌道の方向に、又は、衛星 2 0 4 の移動の方向に、ステーション・キーピング操作 2 0 8 を実施することが可能である。いくつかの実施形態では、衛星 2 0 4 は、フィードバック・ループにしたがってステーション・キーピング操作 2

08を実施することが可能であり、衛星204の軌道速度及び/又は高度が検知されるようになっており、また、衛星204の軌道速度及び/又は高度が所望の軌道速度又は高度と同じではないことを検出したことに応答して、ステーション・キーピング操作208を実施する。いくつかの実施形態では、フィードバック・ループは、衛星204の軌道パラメータを決定するために、天体202の上の地上ステーションとの通信、又は、別の軌道衛星もしくは宇宙船との通信を含むことが可能である。上記に考察されているようなフィードバック・ループは、例示的なためだけに提供されており、また、任意の適切な制御スキームが、ステーション・キーピング操作208によって利用され得ることを理解されたい。

【0019】

10

いくつかの実施形態では、外力は、衛星204の移動の方向以外の方向に、衛星204の速度の増加又は減少を提供する可能性がある。そのうえ、外力は、正味のトルク又は回転を衛星204に付与することが可能である。そのような場合では、ステーション・キーピング操作210は、そのような速度変化又は回転変化を補正するために使用され得る。たとえば、外力は、軌道206の以下の軌道パラメータ、すなわち、離心率、傾斜角、及び近点引数のうちの1つ又は複数に影響を与えることが可能である。ステーション・キーピング操作208に関連して上記に考察されているように、フィードバック・ループは、軌道パラメータの変化を補正するために使用され得る。いくつかの実施形態では、軌道パラメータのうちの1つ又は複数は、衛星204によって直接、又は、地上ステーションもしくは別の衛星によって、検知され得、検知された軌道パラメータが所望の軌道パラメータとは異なっていると決定したことに応答して、ステーション・キーピング操作210を実施する。いくつかの実施形態では、ステーション・キーピング操作208及び210の組み合わせが、軌道パラメータの変化を補正するために利用され得る。ステーション・キーピング操作208及び210は、直交するものとして図2に示されているが、ステーション・キーピング操作208及び210は、軌道パラメータに対する変化を補正するために任意の適切な方向を向くことが可能であることを理解されたい。また、ステーション・キーピング操作208及び210は、化学的なロケット・ベースのスラスタ及び電気的なスラスタ、ならびに、任意の数のスラスタ又はスラスタの組み合わせを含む、任意の適切なスラスタによって作り出され得ることを理解されたい。たとえば、いくつかのスラスタは、衛星204の重心を通る方を向くように構成され得、また、衛星204に正味の速度を付与するように設計され得るが、いくつかのスラスタは、衛星204の重心を通る方を向いていないスラスト・ベクトルを提供するように構成され得、また、衛星204に正味の回転を付与するように設計され得る。いくつかのスラスタは、正味の速度及び正味の回転の両方を衛星204に付与するように構成され得る。いくつかのスラスタは、適切な位置又は回転に固定され得るが、他のスラスタは、6つの自由度(3つの並進自由度、3つの回転自由度)のうちの少なくとも1つにおいてスラスタが移動することを可能にするように、装着され又はジンバルに支持され得る。たとえば、衛星204の上に装着されているスラスタのうちの1つ又は複数は、本明細書で説明されているスラスタ装着構造体を使用して装着され得る。

20

30

【0020】

40

図3は、軌道上昇操作300の例示的な図を示している。本明細書で使用されているように、「軌道上昇」又は「軌道転移」は、第1の軌道303から第2の軌道306へ衛星304の軌道を変化させる任意の軌道操作を表している。軌道上昇操作300は、ホーマン転移として図3に示されているが、軌道上昇操作300は、それが円形であろうが楕円形であろうが任意の初期軌道において始まることが可能であり、また、以下の軌道パラメータ、すなわち、高度、長半径、離心率、傾斜角、及び近点引数、昇交点黄経、近点通過時刻、近点の半径、及び、遠点の半径のうちの少なくとも1つを変化させる任意の適切な軌道操作であってよいことを理解されたい。

【0021】

図3に示されているように、衛星304は、初期軌道303において、天体302の周

50

りの軌道に乗ることが可能である。衛星 304 は、図 1 に示されている衛星 100 と実質的に同様であってよい。天体 302 は、図 2 に示されている天体 202 と実質的に同様であってよい。初期軌道 303 は、他の軌道パラメータに加えて、最終的な軌道 306 の半径よりも下の半径 305 を有することが可能である。初期軌道は、他の軌道パラメータに加えて、楕円形の軌道であってよく、近地点は、最終的な軌道 306 の下にあり、遠地点は、最終的な軌道 306 の下方にあるか、最終的な軌道 306 にあるか、又は、最終的な軌道 306 の上方にあってよい。衛星 304 は、1 つ又は複数の軌道公転にわたって連続的に、又は、それらの任意の組み合わせにわたって、軌道の中の離散的なポイントにおける有限な持続期間の多数のスラスタ燃焼 310 を実施することが可能であり、これによって所望の速度の変化を付与し、最終的な軌道 306 に到達するようになっている。スラスタ燃焼ベクトル 310 は、衛星 304 の移動の方向になっているか、衛星 304 の移動の方向の反対側になっているか、又は、それらの間の任意の方向になっていることが可能である。スラスタ燃焼ベクトル 310 は、軌道の中で、及び、軌道平面に対して、任意の角度になっていることが可能である。

10

20

30

40

50

【0022】

図 4 は、スラスタ装着スキーム 400 の例示的な図を示しており、衛星本体部 402 は、第 1 及び第 2 のスラスタ装着構造体 404 を含む。衛星本体部 402 は、図 1 に示されて上記に考察されている衛星本体部 102 と実質的に同様であってよい。第 1 のスラスタ装着構造体 404 は、スラスタ・パレット 406、第 1 の方位角 (azimuth) アクチュエータ 408、第 2 の方位角アクチュエータ 410、仰角アクチュエータ 412、スラスタ 414、及びブーム 418 を含む。第 2 のスラスタ装着構造体 419 は、第 1 のスラスタ装着構造体 404 と実質的に同じコンポーネントを含むことが可能である。図 4 に示されているように、第 1 及び第 2 のスラスタ装着構造体 404 及び 419 は、衛星本体部 402 の両面に装着され得る。

【0023】

第 1 の方位角アクチュエータ 408 は、第 1 の方向 424 に回転するように構成され得る。いくつかの実施形態では、方向 424 は、図 4 に示されているように、z 軸の周りの回転であってよい。いくつかの実施形態では、第 1 の方位角アクチュエータ 408 は、第 1 の方向 424 だけに回転するように構成されている。すなわち、第 1 の方位角アクチュエータ 408 は、他の 2 つの回転方向に対しては、回転方向に硬い。同様に、第 2 の方位角アクチュエータ 410 は、第 2 の方向 426 に回転するように構成され得、仰角アクチュエータ 412 は、方向 428 に回転するように構成され得る。第 1 の方位角アクチュエータ 408 と同様に、第 2 の方位角アクチュエータ 410 及び仰角アクチュエータ 412 は、いくつかの実施形態では、それぞれの方向だけに回転するように構成され、他の回転自由度において固定であるように構成され得る。いくつかの実施形態では、第 1 の方位角アクチュエータ 408、第 2 の方位角アクチュエータ 410、及び仰角アクチュエータ 412 は、回転位置、回転速度、及び / 又は回転加速度に関する制御信号及び / 又はセットポイントを受け取るように構成された電動アクチュエータであってよい。

【0024】

スラスタ・パレット 406 は、金属、炭素繊維、又は複合材料などのような、任意の適切な材料から作製され得る。スラスタ・パレット 406 は、図 4 に示されているように、矩形角柱を含む、任意の適切な形状に構成され得る。スラスタ 414 は、それに限定されないが、ねじ、リベット、ボルト、溶接、接着剤、又は、それらの任意の組み合わせを含む、任意の適切な手段を使用して、スラスタ・パレット 406 の上に直接装着され得る。2 つのスラスタ 414 が図 4 に示されているが、任意の数のスラスタが、スラスタ・パレット 406 の上に装着され得ることを理解されたい。そのうえ、スラスタ 414 は、電気スラスタ及び / 又は化学的なロケット・スラスタを含む、任意の適切なタイプのスラスタであってよい。

【0025】

ブーム 418 は、金属、炭素繊維、又は複合材料などのような、任意の適切な材料から

作製され得る。ブーム 4 1 8 は、任意の適切な形状及び長さであってよい。たとえば、ブーム 4 1 8 は、方形断面を有する中空の部材であってよい。ブーム 4 1 8 は、それに限定されないが、ねじ、リベット、ボルト、溶接、接着剤、又は、それらの任意の組み合わせを含む、任意の適切な手段を使用して、第 1 の方位角アクチュエータ 4 0 8、第 2 の方位角アクチュエータ 4 1 0、及び / 又は仰角アクチュエータ 4 1 2 のうちの 1 つ又は複数に取り付けられ得る。たとえば、ブーム 4 1 8 は、第 1 の方位角アクチュエータ 4 0 8 に取り付けられ得、第 1 の方位角アクチュエータ 4 0 8 がブームを方向 4 2 4 に枢動させることができるようになってい

10

第 2 の方位角アクチュエータ 4 1 0 は、それに限定されないが、ねじ、リベット、ボルト、溶接、接着剤、又は、それらの任意の組み合わせを含む、任意の適切な手段によって、スラスト・パレット 4 0 6 に取り付けられ得る。第 2 の方位角アクチュエータ 4 1 0 は、スラスト・パレット 4 0 6 を方向 4 2 6 に枢動させるように構成され得る。いくつかの実施形態では、方向 4 2 4 及び方向 4 2 6 は、同じであってもよい。仰角アクチュエータ 4 1 2 は、スラスト・パレット及び / 又は第 2 の方位角アクチュエータ 4 1 0 に接続され得る。仰角アクチュエータ 4 1 2 は、スラスト・パレット 4 0 6 を方向 4 2 8 に枢動させるように構成され得る。

【0026】

第 1 の方位角アクチュエータ 4 0 8 は、それに限定されないが、ねじ、リベット、ボルト、溶接、接着剤、又は、それらの任意の組み合わせを含む、任意の適切な手段を使用して、衛星本体部 4 0 2 に直接取り付けられ得る。第 1 の方位角アクチュエータ 4 0 8 は、スラスト・パレット 4 0 6 を方向 4 2 4 に回転させ、スリュー角 (slew angle) 4 2 2 を提供することが可能である。スリュー角 4 2 2 は、スラスト 4 1 4 がスラスト・ベクトルを移動の方向又は軌道方向の接線方向に作り出すことを可能にすることができる。これは、衛星の経度ドリフト・レート及び離心率ベクトルの制御を可能にすることができる。いくつかの実施形態では、第 2 の方位角アクチュエータ 4 1 0 は、スラスト・パレット 4 0 6 を回転させ、スラスト方向 4 2 0 を提供することが可能であり、スラスト方向 4 2 0 は、衛星の重心を通る方を向いている。衛星の重心は方形断面の中心として示されているが、重心は、衛星本体部 4 0 2 の中の任意のポイントに位置付けされ得る。いくつかの実施形態では、重心は、衛星本体部 4 0 2 の外側にあってよい。

20

【0027】

図 5 は、ステーション・キーピング位置に位置決めされている第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 5 0 4 及び 5 1 9 を含む、スラスト装着スキーム 5 0 0 の例示的な図を示している。第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 5 0 4 及び 5 1 9 は、図 4 に関連して説明されている第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 4 0 4 及び 4 1 9 と実質的に同様であってよい。衛星本体部 5 0 2 は、図 4 に関連して説明されている衛星本体部 4 0 2 と実質的に同様であってよい。図 5 に示されているように、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 5 0 4 及び 5 1 9 は、衛星本体部 5 0 2 の 1 つの縁部に沿って装着され得る。図 5 に示されている例示的な例では、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 5 0 4 及び 5 1 9 は、衛星本体部 5 0 2 の y 面の上に装着されている。ステーション・キーピング位置では、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 5 0 4 及び 5 1 9 は、図 4 に示されている仰角アクチュエータ 4 1 2 などのような、仰角アクチュエータを使用し、スラストを枢動させ、スラスト・ベクトル 5 2 0 を作り出すことが可能であり、スラスト・ベクトル 5 2 0 は、衛星の重心を通る方を向いている。これは、カント角 5 3 0 を作り出すことが可能であり、カント角 5 3 0 は、スラスト・ベクトル 5 2 0 と宇宙船本体部 5 0 2 の x y 平面との間の角度として測定される。カント角 5 3 0 は、移動の方向又は衛星の軌道方向に対して垂直及び / 又は半径方向のスラスト・ベクトルをスラスト 5 1 4 が作り出すことを可能にすることができる。これは、軌道傾斜角及び離心率ベクトルの制御を可能にすることができる。いくつかの実施形態では、カント角 5 3 0 は、軌道傾斜角及び離心率ベクトルの同時制御を可能にすることができる。いくつかの実施形態では、衛星の速度は、衛星の角運動量と同時に又は別々に制御され得る。たとえば、カント角 5 3 0、及び、第 1 の方位角アクチュエータ 4 2 4 又は第 2 の方位角アクチュエータ 4 2 6 のいずれかの使用を通して、スラスト 4 1 4 に

30

40

50

って作り出されるスラスト・ベクトルは、重心を通る方を向くように構成され得、それによって、トルクのない速度変化を作り出し、又は、重心からわずかにオフセットされるように構成され得、それによって、正味のトルクを作り出す。ステーション・キーピング操作に関して、第1のスラスト装着構造体504もしくは第2のスラスト装着構造体519のいずれか又は両方に関連するスラストが燃焼され得る。図2に関連して上記に考察されているように、スラスト燃焼は、特定の軌道又は軌道特性を維持するために実施され得る。図4に示されているカント角530及びスリュー角422の使用を通して、幅広い範囲の制御オプションが、衛星本体部502を制御するために有効にされ得、それによって、ミッション最適化及び推進剤消費の低減を可能にする。いくつかの実施形態では、完全なステーション・キーピング動作は、2つのスラストの使用によって、及び、1日又は軌道周期あたり2つの操作によって、完了され得る。いくつかの実施形態では、第1及び第2のスラスト装着構造体504及び519は、衛星本体部502の6つの自由度(3つの並進自由度、3つの回転自由度)を制御するように構成され得る。したがって、完全な軌道及びステーション・キーピング制御が、2つのスラストの使用だけで実現され得る。

【0028】

図6は、軌道上昇位置に位置決めされている第1及び第2のスラスト装着構造体604, 619を含む、スラスト装着スキーム600の例示的な図を示している。第1及び第2のスラスト装着構造体604, 619は、図4に関連して説明されている第1及び第2のスラスト装着構造体404, 419と実質的に同様であってよい。衛星本体部602は、図4に関連して説明されている衛星本体部402と実質的に同様であってよい。図6に示されているように、第1及び第2のスラスト装着構造体604, 619は、衛星本体部602の1つの縁部に沿って装着され得る。図6に示されている例示的な例では、第1及び第2のスラスト装着構造体604, 619は、衛星本体部602のy面の上に装着されている。軌道上昇位置では、第1及び第2のスラスト装着構造体604, 619は、図4に示されている仰角アクチュエータ412などのような、仰角アクチュエータを使用し、スラストを駆動させることが可能であり、スラストが、図6に示されているように実質的にピークル602のz方向にスラスト・ベクトル620を作り出すようになっている。いくつかの実施形態では、z方向は、移動の方向、移動の方向の反対側、又は、それらの間のどこかであってよい。スラスト・ベクトル620と衛星本体部602のxy平面との間に生成されるカント角630は、実質的に90度であってよい。いくつかの実施形態では、カント角は、図5に示されているようにピークル520の重心を通る方向を含むそれ以下の他の方向を向くことが可能である。軌道上昇操作に関して、第1及び第2のスラスト装着構造体604, 619に関連するスラストのいずれか一方又は両方が燃焼され得る。図3に関連して上記に考察されているように、スラスト燃焼は、初期軌道から最終的な軌道へ衛星の軌道を変化させるために、及び/又は、特定の軌道特性を変化させるために実施され得る。

【0029】

図7は、格納位置に位置決めされているスラスト装着構造体704の例示的な図を示している。スラスト装着スキーム700は、宇宙船本体部702、スラスト装着構造体704、第1の方位角アクチュエータ708、ブーム718、スラスト・パレット706、及びスラスト714を含み、図4に関連して上記に考察されている対応するコンポーネントと実質的に同様であってよい。第1の方位角アクチュエータ708は、ブラケット720を介して宇宙船本体部702に直接接続されている。コンポーネント同士を共に直接接続すること、又は、1つのコンポーネントを別のコンポーネントに取り付けることは、それぞれのコンポーネントがそれぞれのコンポーネント間に延在する長尺状部材によって接続されてはいないことを意味しており、そのような長尺状部材は、ブームであり得る。したがって、共に直接接続されているか又は互いに取り付けられているコンポーネント同士は、ごく接近して置かれることになり、ブラケットなどによって共に固定され得る。第1の方位角アクチュエータ708は、静止部分722及び可動取り付け部分724を含む。いくつかの実施形態では、静止部分722は、アクチュエータ708を宇宙船本体部702

に装着するために、ブラケット 720 に直接接続されている。いくつかの実施形態では、可動取り付け部分 724 は、接続されているコンポーネントを移動又は回転させるために回転可能なアクチュエータ 708 の一部分である。図 7 に示されている格納位置では、ブームは、衛星本体部 702 に実質的に平行になっていることが可能である。いくつかの実施形態では、ブーム 718 は、衛星本体部 702 に接触していることが可能である。いくつかの実施形態では、ブーム 718 は、衛星本体部 702 から間隔を離して配置された距離にあってよい。いくつかの実施形態では、ブーム 718 は、アクチュエータ 708 の幅 726 に等しい距離だけ、衛星本体部 702 から間隔を置いて配置されている。いくつかの実施形態では、スラスト・パレット 706 は、スラスト 714 が衛星本体部 702 に対して実質的に平行となるように位置合わせされ得、衛星本体部 702 に対して実質的に垂直な方を向くスラスト・ベクトルを有する。いくつかの実施形態では、スラスト・パレット 706 は、装着構造体を使用して、衛星本体部 702 に取り付けられ得る。たとえば、装着構造体は、アクチュエータを含むことが可能であり、アクチュエータは、打ち上げの間に適切な場所にスラスト・パレット 706 を維持することが意図されており、また、衛星のミッションの間の適当な時間にスラスト・パレット 706 を展開することが意図されている。

10

20

30

【0030】

図 8 は、ステーション・キーピング位置に位置決めされているスラスト装着構造体 804 の例示的な図を示している。スラスト装着スキーム 800 は、宇宙船本体部 802、スラスト装着構造体 804、第 1 の方位角アクチュエータ 808、ブーム 818、ブラケット 820、静止部分 822、可動取り付け部分 824、第 2 の方位角アクチュエータ 810、スラスト・パレット 806、及びスラスト 814 を含み、図 4 に関連して上記に考察されている対応するコンポーネントと実質的に同様であってよい。方位角アクチュエータ 808 は、可動取り付け部分 824 を含み、可動取り付け部分 824 は、接続されているコンポーネントを移動又は回転させるために、アクチュエータ 808 によって回転可能である。たとえば、図 8 に示されているステーション・キーピング位置では、ブーム 818 は、可動取り付け部分 824 に直接接続されている。したがって、第 1 の方位角アクチュエータ 808 は、衛星本体部 802 から内又は外にブーム 818 を回転させることが可能である。図 8 のブーム 818 は、衛星本体部 802 に対して実質的に垂直であるとして説明されているが、ブーム 818 は、ステーション・キーピング位置の中の他の角度へ回転され得ることを理解されたい。いくつかの実施形態では、第 2 の方位角アクチュエータ 810、及び、図 4 に示されている仰角アクチュエータ 412 などのような仰角アクチュエータが、スラスト・パレット 806 を回転させるために使用され得、スラスト・ベクトルが衛星本体部 802 に対して垂直にならないようになっている。第 1 の方位角アクチュエータ 808、第 2 の方位角アクチュエータ 810、及び仰角アクチュエータは、図 2 に関連して上記に考察されているように、1 つ又は複数の軌道パラメータの中の偏差を補正するために、スラスト・パレットをさまざまな位置へ回転させるために利用され得ることを理解されたい。

【0031】

図 9 は、軌道上昇位置に位置決めされているスラスト装着構造体 904 の例示的な図を示している。スラスト装着スキーム 900 は、宇宙船本体部 902、スラスト装着構造体 904、第 1 の方位角アクチュエータ 908、ブーム 918、第 2 の方位角アクチュエータ 910、仰角アクチュエータ 912、スラスト・パレット 806、及びスラスト 914 を含み、図 4 に関連して上記に考察されている対応するコンポーネントと実質的に同様であってよい。図 8 に示されている軌道上昇位置では、第 1 の方位角アクチュエータ 908 は、衛星本体部 902 から外にブーム 918 を回転させることが可能である。図 9 のブーム 918 は、衛星本体部 902 に対して実質的に垂直であるとして説明されているが、ブーム 918 は、軌道上昇位置の中の他の角度へ回転され得ることを理解されたい。いくつかの実施形態では、第 2 の方位角アクチュエータ 910 及び仰角アクチュエータ 912 が、スラスト・パレット 906 を回転させるために使用され得、スラスト・ベクトルが衛星

40

50

本体部 902 に対して実質的に平行になるようになっている。いくつかの実施形態では、第 2 の方位角アクチュエータ 910 は、可動取り付け部分 930 及び静止部分 931 を含む。いくつかの実施形態では、静止部分 931 は、ブーム 918 に直接接続されている。いくつかの実施形態では、可動取り付け部分 930 は、仰角アクチュエータ 912 の可動取り付け部分 932 に直接接続されている。いくつかの実施形態では、第 2 の方位角アクチュエータ 910 及び仰角アクチュエータ 912 は、スラスト・パレット 906 の上の装着ブラケット 934 を介して直接接続されている。したがって、いくつかの実施形態では、第 2 の方位角アクチュエータ 910 及び仰角アクチュエータ 912 は、少なくとも 2 つの軸線においてスラスト・パレット 906 を回転させるように協働することが可能である。図 9 に示されているように、ブーム 918 は、衛星本体部 902 から間隔を置いて配置された距離に、スラスト・パレット 906 及びスラスト 914 を位置決めすることが可能である。いくつかの実施形態では、スラスト 914 は、ビークルの z 方向と実質的に一致する合成スラスト・ベクトルを作り出す。いくつかの実施形態では、個々のスラストは、個々のスラスト・ベクトルが z 方向とビークルの重心を通る方向との間のどこかの方を向くように回転され得る。図 3 に関連して上記に考察されているように、この向きのスラストは、初期軌道から最終的な軌道へ衛星の軌道を変化させるために使用され得る。

10

20

30

40

50

【0032】

図 10A ~ E は、さまざまな位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 1004 の例示的な図 1000 を示している。宇宙船本体部 1002、スラスト装着構造体 1004、第 1 の方位角アクチュエータ 1008、ブーム 1018、第 2 の方位角アクチュエータ 1010、スラスト・パレット 1006、及びスラスト 1014 は、図 4 に関連して上記に考察されている対応するコンポーネントと実質的に同様であってよい。図 10A は、格納位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 1004 を示している。図 7 に関連して上記に考察されているように、格納位置では、ブーム 1018 は、衛星本体部 1002 に実質的に平行であり、及び / 又は、同一平面状にあってよい。スラスト・パレット 1006 は、その最も長い縁部に沿って平行となるように回転されることができ、スラストが衛星本体部 1002 から外側を指向するようになっている。図 7 に関連して考察されているように、スラスト・パレット 1006 は、装着スキームを使用して衛星本体部 1002 に固定され得、装着スキームは、衛星のミッションの間の適当な時間にスラスト・パレット 1006 を解放又は展開するように構成されている。このようにして、格納位置は、必要とされる貯蔵スペースを最小化し、また、たとえば、打ち上げの間に、スラスト・パレット 1006 に付与される任意の逆向きの力を最小化することが可能である。

【0033】

図 10B は、軌道上昇位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 1004 を示している。図 6 及び図 9 に関連して上記に考察されているように、軌道上昇位置では、スラスト 1014 は、合成スラスト・ベクトルが実質的に z 方向を向くように回転され得る。いくつかの実施形態では、スラストは、個々のスラスト・ベクトルが z 方向とビークルの重心を通る方向との間のどこかの方を向くように回転され得る。図 3 に関連して上記に考察されているように、 z 方向のスラストは、衛星の速度を増加させ、軌道の変化をもたらすことが可能である。図 10B に示されているように、ブーム 1018 は、衛星本体部 1002 の xz 面に対して垂直でなくてもよい。いくつかの実施形態では、軌道上昇操作に関して、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体に関連するスラストの両方は、衛星本体部 1002 の上の任意の望ましくない回転を低減させるために燃焼され得る。

【0034】

図 10C は、ステーション・キーピング位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 1004 を示している。図 5 及び図 8 に関連して上記に考察されているように、ステーション・キーピング位置では、スラスト 1014 は、さまざまな位置へ回転され、特定の軌道パラメータの偏差を補正することが可能である。図 10C に示されている位置では、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 1004 は、傾斜角及び離心率の両方の偏差を補正することが可能である。たとえば、スラスト 1014 の向きは、 z 方向及び y 方向の両方の力

を作り出すことが可能であり、それは、それらの方向の外力を補償することが可能である。図 10C に示されているように、ブーム 1018 は、衛星本体部 1002 の x z 面に対して垂直でなくてもよい。いくつかの実施形態では、ステーション・キーピング操作に関して、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体に関するスラストのうちの一方又は両方は、必要に応じて、軌道偏差を補正するために燃焼され得る。

【0035】

図 10D 及び図 10E は、他のステーション・キーピング位置にある第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 1004 を示している。図 5 及び図 8 に関連して上記に考察されているように、ステーション・キーピング位置では、スラスト 1014 は、さまざまな位置へ回転され、特定の軌道パラメータの偏差を補正することが可能である。図 10D 及び図 10E に示されている位置では、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体 1004 は、傾斜角、離心率、及びドリフトの偏差を補正することが可能である。たとえば、スラスト 1014 の向きは、x 方向、y 方向、及び z 方向のすべてに力を作り出すことが可能であり、それは、それらの方向の外力を補償することが可能である。スラスト・ベクトルの角度は、第 1 の方位角アクチュエータ 1008、第 2 の方位角アクチュエータ 1010、及び、図 4 に示されているような仰角アクチュエータ 412 などのような仰角アクチュエータを使用して制御され得る。図 10D 及び図 10E に示されているように、ブーム 1018 は、衛星本体部 1002 の x z 面に対して垂直でなくてもよい。いくつかの実施形態では、ステーション・キーピング操作に関して、第 1 及び第 2 のスラスト装着構造体に関するスラストのうちの一方又は両方は、必要に応じて、軌道偏差を補正するために燃焼され得る。

10

20

【0036】

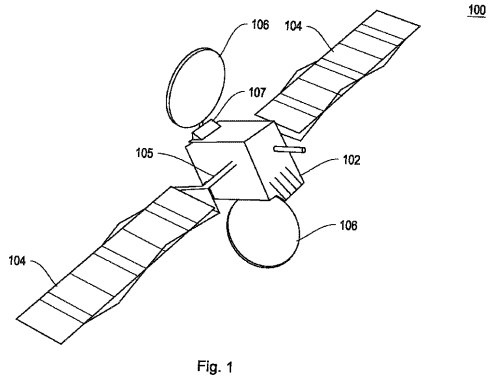
いくつかの実施形態では、衛星の重心の場所に応じて、図 10B、図 10C、図 10D、及び図 10E に示されている向きは、また、衛星本体部 1002 に正味のトルク及び/又は回転を付与することが可能である。

【0037】

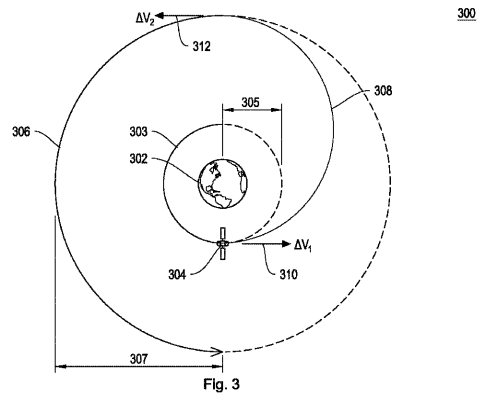
本明細書で説明されている実施形態は単なる例として提供されていることが当業者に明らかであろう。多数の変形例、代替例、変化例、及び置換例が、本発明を実践する際に当業者によって用いられ得ることを理解されたい。したがって、本発明は、本明細書で開示されている実施形態に限定されるべきではなく、以下の特許請求の範囲から理解されるべきであり、特許請求の範囲は、法律で許容される限り広く解釈されるべきであることを理解されたい。

30

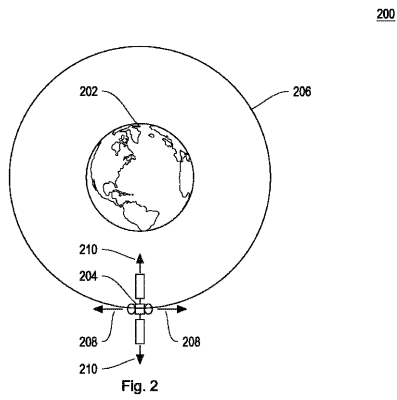
【 図 1 】



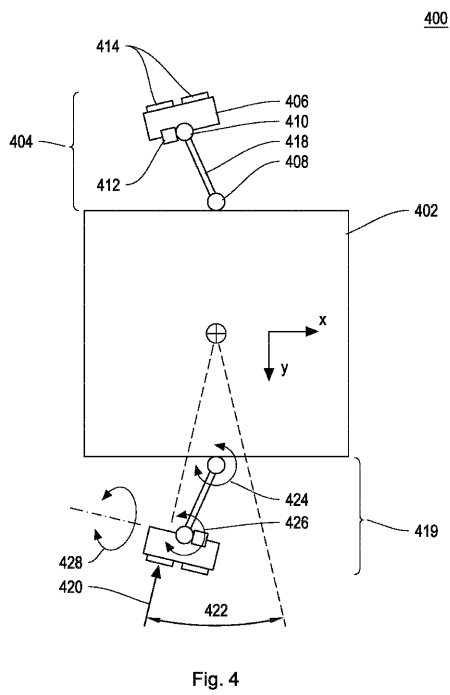
【 図 3 】



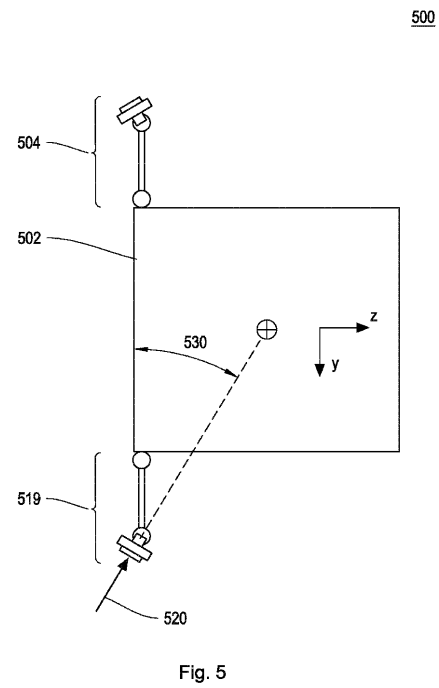
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【図 6】

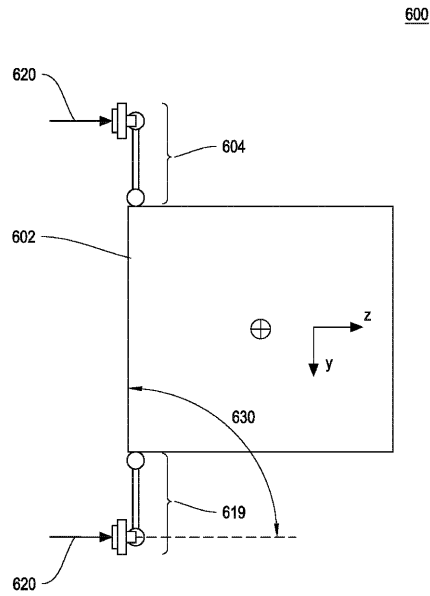


Fig. 6

【図 7】

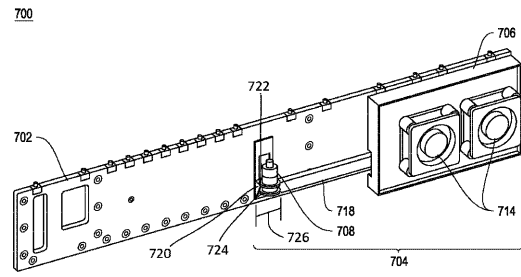


FIG. 7

【図 8】

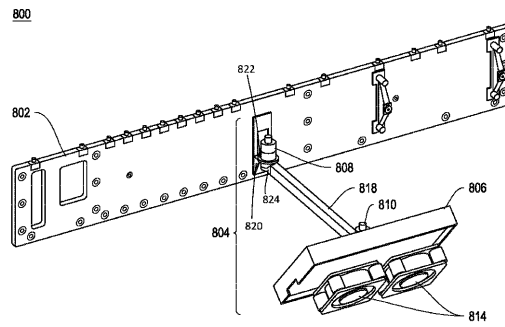


FIG. 8

【図 9】

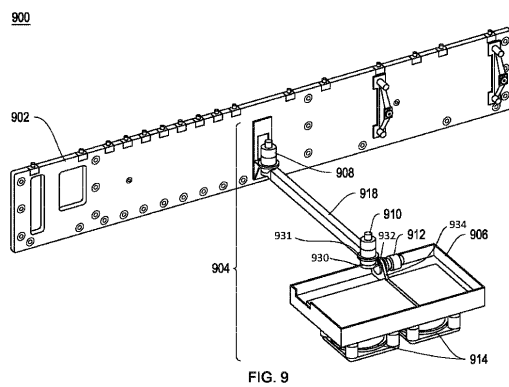


FIG. 9

【図 10 A】

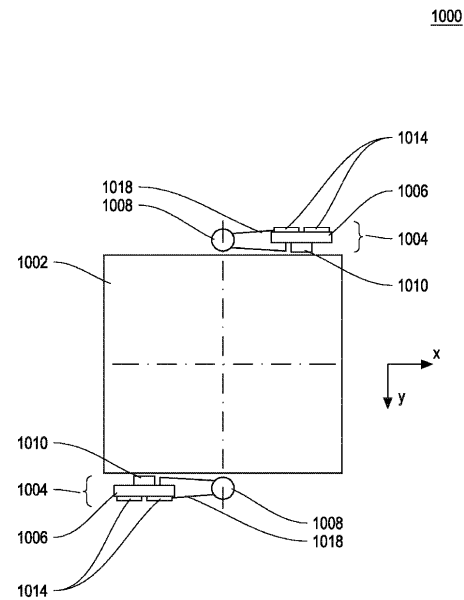


Fig. 10A

【図 10 B】

1000

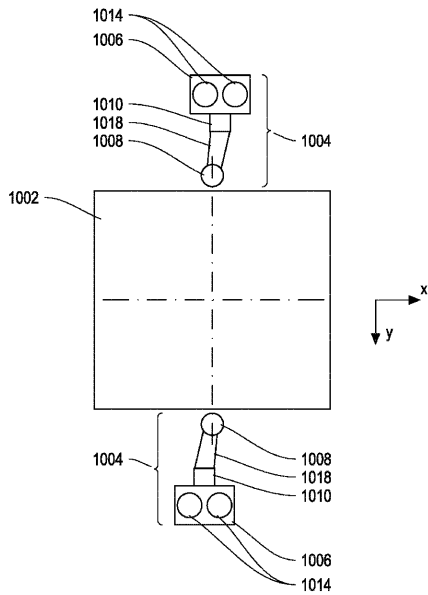


Fig. 10B

【図 10 C】

1000

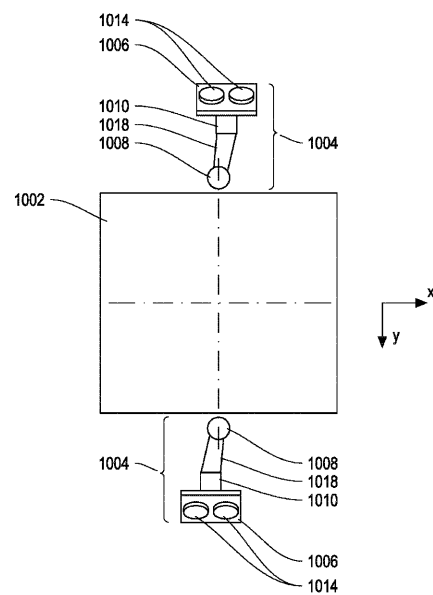


Fig. 10C

【図 10 D】

1000

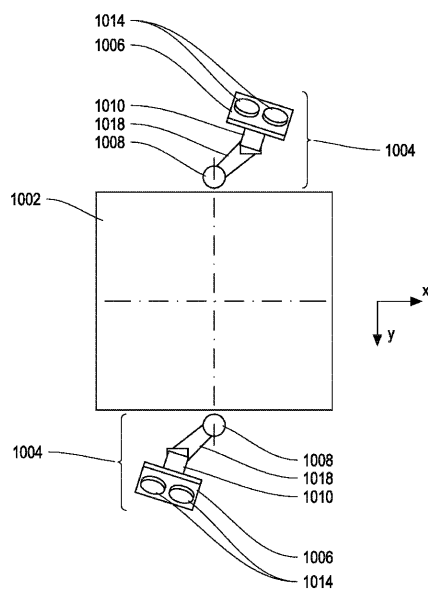


Fig. 10D

【図 10 E】

1000

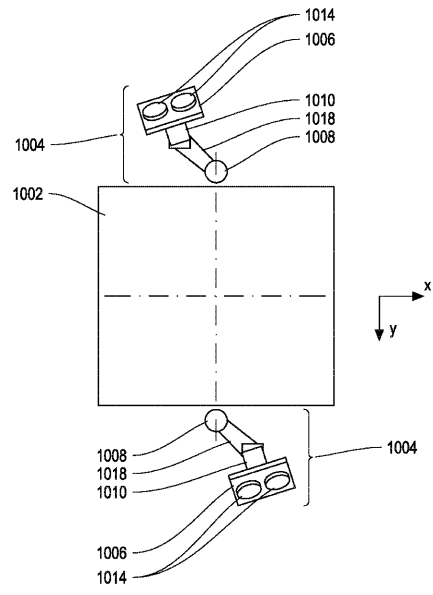


Fig. 10E

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 16/52500

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - B64G 1/00, B64G 1/22, B64G 1/24, B64G 1/26 (2016.01) CPC - B64G 1/00, B64G 1/22, B64G 1/24, B64G 1/26 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) IPC(8): B64G 1/* (2016.01) CPC: B64G 1/* Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched IPC(8): B64G* (2016.01) CPC: B64G* Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase, Google Patents, Google Web Keywords: thruster, rotation, rotating, satellite, mount, mounting, pallet, pitch, roll, yaw, joint, articulation, articulated, link, hinge, pivot		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	NL 1032158 C2 (DUTCH SPACE B V) 15 January 2008 (15.01.2008), entire document	1-23
A	US 6,837,701 B1 (GLOGOWSKI et al.) 28 October 2003 (28.10.2003), entire document	1-23
A	US 6,565,043 B1 (WITTMANN) 20 May 2003 (20.05.2003), entire document	1-23
A	US 4,955,559 A (KAMINSKAS) 11 September 1990 (11.09.1990), entire document	1-23
A	US 2005/0077425 A1 (PAYETTE) 14 April 2005 (14.04.2005), entire document	1-23
A, P	US 2016/0167810 A1 (JANU et al.) 16 June 2016 (16.06.2016), entire document	1-23
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* 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 17 November 2016		Date of mailing of the international search report 09 DEC 2016
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSRP: 571-272-7774

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JP, KE, KG, 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, 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

(72)発明者 グロゴウスキ、マイケル

アメリカ合衆国 20176 バージニア州 リーズバーグ リッジバック コート 18856

(72)発明者 オースティン、フィリップ

アメリカ合衆国 85234 アリゾナ州 ギルバート ノース クリフサイド ドライブ 1481

(72)発明者 ブルーノ、ドミニク

アメリカ合衆国 20878 メリーランド州 ゲイザースバーグ ターンハム コート 3

(72)発明者 レンタティ、アンドレ

アメリカ合衆国 22980 バージニア州 ウェインズボロ グリーンウェイ サークル 800