

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7104773号

(P7104773)

(45)発行日 令和4年7月21日(2022.7.21)

(24)登録日 令和4年7月12日(2022.7.12)

(51)国際特許分類

F I

B 6 4 G 1/64 (2006.01)

B 6 4 G 1/64

Z

B 6 4 G 1/22 (2006.01)

B 6 4 G 1/22

B 6 4 G 4/00 (2006.01)

B 6 4 G 4/00

請求項の数 22 (全39頁)

(21)出願番号 特願2020-502142(P2020-502142)

(86)(22)出願日 平成30年7月20日(2018.7.20)

(65)公表番号 特表2020-527504(P2020-527504  
A)

(43)公表日 令和2年9月10日(2020.9.10)

(86)国際出願番号 PCT/US2018/043180

(87)国際公開番号 WO2019/018819

(87)国際公開日 平成31年1月24日(2019.1.24)

審査請求日 令和3年4月12日(2021.4.12)

(31)優先権主張番号 62/535,747

(32)優先日 平成29年7月21日(2017.7.21)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 520128820

ノースロップ グラマン システムズ コ  
ーポレーションアメリカ合衆国 2 2 0 4 2 バージニア  
州 フォールズ チャーチ フェアビュー  
パーク ドライブ 2 9 8 0

(74)代理人 100118902

弁理士 山本 修

(74)代理人 100106208

弁理士 宮前 徹

(74)代理人 100101373

弁理士 竹内 茂雄

(72)発明者 ニコルソン, ジェームズ・ギャレット  
アメリカ合衆国バージニア州 2 0 1 4 8  
, ブロードランズ, ウィスパーヒル・コ  
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 宇宙船作業用デバイス、ならびに関連の組立体、システム、および方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

宇宙船作業用デバイスと、

少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも1つのポッドであって、前記宇宙船作業用デバイスによって運ばれる、少なくとも1つのポッドと

を備え、

前記宇宙船作業用デバイスが、前記少なくとも1つのポッドの前記少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船で作業することを目的として、前記ポッドの推進システム及び/又は前記宇宙船作業用デバイスの推進システムを用いて少なくとも1つのポッドをターゲット宇宙船まで移送して前記ターゲット宇宙船に1以上の寿命延長作業を提供するように構成され、

前記宇宙船作業用デバイスが、前記ターゲット宇宙船に対して前記少なくとも1つのポッドが固定されるようになるまで前記少なくとも1つのポッドに少なくとも部分的に物理的に接触した状態を維持するように構成され、

前記宇宙船作業用デバイスが、前記ターゲット宇宙船に対して前記少なくとも1つのポッドが固定された後で前記少なくとも1つのポッドとの物理的接触を解除するように構成され、

前記少なくとも1つのポッドの前記少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素は、前記ターゲット宇宙船の軌道または速度のうちの少なくとも1つを変化させるように構成される、スラスト組立体を備える、

宇宙船作業用システム。

【請求項 2】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記ポッドの推進システムのみを用いて前記少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成される、請求項 1 に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 3】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記ターゲット宇宙船の外側部分へ前記少なくとも 1 つのポッドを移送するようになっている、請求項 1 に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 4】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記宇宙船作業用デバイスを 6 つの移動軸で移動させるように構成される推進システムを備える、請求項 1 に記載の宇宙船作業用システム。

10

【請求項 5】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記ターゲット宇宙船の一部分の特性を検出するように構成される少なくとも 1 つのセンサを備える、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つのセンサが、前記ターゲット宇宙船のドッキング構造に関連する特性を検出するように構成される、請求項 5 に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つのセンサが、前記少なくとも 1 つのポッドの、配備、装着、または取り外しのうちの少なくとも 1 つを行うことを目的として、前記ターゲット宇宙船に対してのランデブーオペレーションまたは近接オペレーションのうちの少なくとも 1 つを容易にするように構成される、請求項 5 に記載の宇宙船作業用システム。

20

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのポッドが複数のポッドを含む、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 9】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記複数のポッドを保管して前記複数のポッドの各々を複数のターゲット宇宙船のうちの 1 つのターゲット宇宙船に配備するように構成される、請求項 8 に記載の宇宙船作業用システム。

30

【請求項 10】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記少なくとも 1 つのポッドを前記ターゲット宇宙船に配備するように構成される少なくとも 1 つの可動機構を備える、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの可動機構が、前記複数のポッドを前記ターゲット宇宙船に配備するように構成されるロボットアームを備える、請求項 10 に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 12】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記ターゲット宇宙船からの前記少なくとも 1 つのポッドを回収するようによび / または前記ターゲット宇宙船からの前記少なくとも 1 つのポッドに燃料補給するように構成される、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の宇宙船作業用システム。

40

【請求項 13】

少なくとも 1 つの別のポッドを前記宇宙船作業用デバイスに供給するように構成される再供給デバイスをさらに備える、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 14】

前記宇宙船作業用デバイスが、前記ターゲット宇宙船に隣接する位置に前記少なくとも 1 つのポッドを配置するように構成され、前記少なくとも 1 つのポッドが、前記少なくとも 1 つのポッドを前記ターゲット宇宙船に固定することを目的として前記ターゲット宇宙船

50

に隣接する位置において前記ターゲット宇宙船に係合されるように構成される結合機構を備える、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 15】

前記少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素が、前記ターゲット宇宙船に対して、静止位置の保持、軌道上昇、運動量のバランシング、姿勢制御、再配置、軌道離脱、燃料補給、構成要素の交換、構成要素の追加、または修理、のうちの少なくとも 1 つを実施するように構成される、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の宇宙船作業用システム。

【請求項 16】

宇宙船作業用システムであって、

少なくとも 1 つの光学的センサを備える宇宙船作業用デバイスと、

10

少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも 1 つのポッドであって、宇宙船作業用デバイスによって運ばれる、少なくとも 1 つのポッドと

を備え、

前記宇宙船作業用デバイスが、前記少なくとも 1 つのポッドの前記少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船で作業することを目的として前記少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船の外側部分まで移送するように構成され、

前記少なくとも 1 つの光学的センサが、前記ターゲット宇宙船のドッキング機構に関する特性を検出するように構成され、

前記宇宙船作業用デバイスが、前記少なくとも 1 つの光学的センサにより検出された特性に基づいて、前記少なくとも 1 つのポッドと前記ターゲット宇宙船との間でのアタッチメントの方法を決定するようになっている、

20

宇宙船作業用システム。

【請求項 17】

宇宙船で作業する方法であって、

前記宇宙船に近接するところに宇宙船作業用デバイスを配置するステップと、

前記宇宙船作業用デバイスに対して少なくとも 1 つのポッドが物理的に接触しているときに、少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を備える複数のポッドのうちの少なくとも 1 つのポッドを前記宇宙船の外側部分まで移送するステップと、

前記宇宙船に接続され、前記宇宙船の外の、所定の位置に少なくとも 1 つのポッドを残しながら、前記宇宙船に対して前記少なくとも 1 つのポッドが固定された後で前記少なくとも 1 つのポッドとの物理的接触を解除するステップと、

30

前記少なくとも 1 つのポッドを有する前記宇宙船に 1 以上の寿命延長作業を提供するステップと、

を含む、

方法。

【請求項 18】

前記少なくとも 1 つのポッドの前記少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を用いて前記宇宙船で作業するステップをさらに含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記宇宙船作業用デバイスが選択される量の前記複数のポッドを複数の宇宙船まで移送した後で再供給用宇宙船を用いて別の複数のポッドを前記宇宙船作業用デバイスに供給するステップをさらに含む、請求項 17 に記載の方法。

40

【請求項 20】

宇宙船作業用システムであって、

宇宙船作業用デバイスと、

ターゲット宇宙船に対して 1 以上の寿命延長作業を提供するための少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも 1 つのポッドであって、前記宇宙船作業用デバイスによって運ばれる、少なくとも 1 つのポッドと

を備え、

前記宇宙船作業用デバイスが、前記少なくとも 1 つのポッドの前記少なくとも 1 つの宇宙

50

船作業用構成要素を用いて前記ターゲット宇宙船で作業することを目的として、前記少なくとも1つのポッドを前記ターゲット宇宙船まで移送するように構成され、  
前記少なくとも1つのポッドが、前記少なくとも1つのポッドを前記ターゲット宇宙船に固定するための結合機構をさらに備え、  
前記結合機構が、前記少なくとも1つのポッドが前記ターゲット宇宙船の外のロケーションのところに配置されたままのように、前記ターゲット宇宙船の外側部分に係合されるように構成される、  
宇宙船作業用システム。

【請求項 2 1】

前記宇宙船作業用システムの推進システムのみを利用して前記少なくとも1つのポッドを前記ターゲット宇宙船まで移送するように構成される、  
請求項 2 0 に記載の宇宙船作業用システム

10

【請求項 2 2】

宇宙船作業用デバイスおよび複数のポッドを備える、宇宙船作業用システムであって、  
前記宇宙船作業用デバイスが、前記複数のポッドのうちの少なくとも1つのポッドをターゲット宇宙船の推進機関の一部分に装着するように構成され、  
前記宇宙船作業用デバイスが、  
前記複数のポッドのうちの前記少なくとも1つのポッドを前記ターゲット宇宙船の前記推進機関の前記一部分から分離すること、  
前記複数のポッドのうちの前記少なくとも1つのポッドを前記ターゲット宇宙船の前記推進機関の前記部分に再装着すること、  
前記複数のポッドのうちの前記少なくとも1つのポッドを別のターゲット宇宙船の推進機関の一部分に再装着すること、  
前記複数のポッドのうちの前記少なくとも1つのポッドに燃料を供給して再利用することのうちの少なくとも2つを行うようにさらに構成される、  
宇宙船作業用システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

優先権の主張

30

本出願は、米国特許法第 1 1 9 条 ( e ) に基づき、その開示のその全体が本参照により本明細書に組み込まれる、2 0 1 7 年 7 月 2 1 日に提出された米国仮特許出願第 6 2 / 5 3 5 , 7 4 7 号の利益を主張するものである。

【0 0 0 2】

本開示の実施形態は、概して、宇宙船 (例えば、人工衛星) のための作業用 ( s e r v i c i n g ) デバイスに関する。詳細には、本開示の実施形態は、1 つまたは複数の脱着可能な作業用デバイス (例えば、ポッドまたはモジュール) を有する作業用システム、ならびに関連のデバイス、組立体、および方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

40

数千の宇宙船が、例えば、テレコミュニケーション、GPS ナビゲーション、気象予報、および地図作製を含めた、種々の機能を遂行するために地球の軌道を周回している。すべての機械と同様に、宇宙船は、宇宙船の機能の耐用年数を延ばすための作業を定期的に必要とする。作業には、例えば、構成要素の修理、燃料補給、軌道上昇、静止位置の保持、運動量のバランシング、または他の保守管理が含まれてよい。これを達成するために、作業用宇宙船が、保守管理を必要としているクライアント宇宙船 ( c l i e n t s p a c e c r a f t ) にドッキングするために軌道に送られ得、ドッキング後に、クライアント宇宙船に対して寿命延長のための保守管理を実施する。寿命延長のための保守管理を行わない場合、これらの宇宙船が活動停止する可能性がある。一般に、交換には非常に膨大な費用がかかり、リードタイムが数年になる可能性もある。

50

## 【 0 0 0 4 】

多様な特許文献および特許公報がこのような宇宙船の作業および関連の特徴を考察して発行されており、これには、米国特許 3, 5 0 8, 7 2 3 号、米国特許第 4, 2 1 9, 1 7 1 号、米国特許第 4, 3 9 1, 4 2 3 号、米国特許第 4, 5 8 8, 1 5 0 号、米国特許第 4, 6 6 4, 3 4 4 号、米国特許第 4, 8 9 8, 3 4 8 号、米国特許第 5, 0 0 5, 7 8 6 号、米国特許第 5, 0 4 0, 7 4 9 号、米国特許第 5, 0 9 4, 4 1 0 号、米国特許第 5, 2 9 9, 7 6 4 号、米国特許第 5, 3 6 4, 0 4 6 号、米国特許第 5, 3 7 2, 3 4 0 号、米国特許第 5, 4 9 0, 0 7 5 号、米国特許第 5, 5 1 1, 7 4 8 号、米国特許第 5, 7 3 5, 4 8 8 号、米国特許第 5, 8 0 3, 4 0 7 号、米国特許第 5, 8 0 6, 8 0 2 号、米国特許第 6, 0 1 7, 0 0 0 号、米国特許第 6, 2 9 9, 1 0 7 号、米国特許第 6, 3 3 0, 9 8 7 号、米国特許第 6, 4 8 4, 9 7 3 号、米国特許第 6, 5 2 3, 7 8 4 号、米国特許第 6, 7 4 2, 7 4 5 号、米国特許第 6, 8 4 3, 4 4 6 号、米国特許第 6, 9 4 5, 5 0 0 号、米国特許第 6, 9 6 9, 0 3 0 号、米国特許第 7, 0 7 0, 1 5 1 号、米国特許第 7, 1 0 4, 5 0 5 号、米国特許第 7, 2 0 7, 5 2 5 号、米国特許第 7, 2 1 6, 8 3 3 号、米国特許第 7, 2 1 6, 8 3 4 号、米国特許第 7, 2 4 0, 8 7 9 号、米国特許第 7, 2 9 3, 7 4 3 号、米国特許第 7, 3 7 0, 8 3 4 号、米国特許第 7, 4 3 8, 2 6 4 号、米国特許第 7, 4 6 1, 8 1 8 号、米国特許第 7, 4 8 4, 6 9 0 号、米国特許第 7, 5 1 3, 4 5 9 号、米国特許第 7, 5 1 3, 4 6 0 号、米国特許第 7, 5 7 5, 1 9 9 号、米国特許第 7, 5 8 8, 2 1 3 号、米国特許第 7, 6 1 1, 0 9 6 号、米国特許第 7, 6 1 1, 0 9 7 号、米国特許第 7, 6 2 4, 9 5 0 号、米国特許第 7, 8 1 5, 1 4 9 号、米国特許第 7, 8 2 3, 8 3 7 号、米国特許第 7, 8 2 8, 2 4 9 号、米国特許第 7, 8 5 7, 2 6 1 号、米国特許第 7, 8 6 1, 9 7 4 号、米国特許第 7, 8 6 1, 9 7 5 号、米国特許第 7, 9 9 2, 8 2 4 号、米国特許第 8, 0 0 6, 9 3 7 号、米国特許第 8, 0 0 6, 9 3 8 号、米国特許第 8, 0 1 6, 2 4 2 号、米国特許第 8, 0 5 6, 8 6 4 号、米国特許第 8, 0 7 4, 9 3 5 号、米国特許第 8, 1 8 1, 9 1 1 号、米国特許第 8, 1 9 6, 8 7 0 号、米国特許第 8, 2 0 5, 8 3 8 号、米国特許第 8, 2 4 0, 6 1 3 号、米国特許第 8, 2 4 5, 3 7 0 号、米国特許第 8, 3 3 3, 3 4 7 号、米国特許第 8, 4 1 2, 3 9 1 号、米国特許第 8, 4 4 8, 9 0 4 号、米国特許第 8, 8 9 9, 5 2 7 号、米国特許第 9, 1 0 8, 7 4 7 号、米国特許第 9, 3 0 2, 7 9 3 号、米国特許第 9, 3 2 1, 1 7 5 号、および米国特許第 9, 3 9 9, 2 9 5 号；米国特許出願公開 2 0 0 4 / 0 0 2 6 5 7 1 号、米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 1 4 5 0 2 4 号、米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 1 5 1 6 7 1 号、米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 2 2 8 2 2 0 号、米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 0 0 1 2 2 1 号、米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 1 1 2 0 0 9 号、米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 3 2 5 9 7 2 号、米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 0 3 1 9 3 号、米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 0 0 8 2 9 0 号、米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 3 1 4 8 9 3 号、米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 3 9 5 4 3 号、および米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 3 9 5 4 4 号；EP 0 5 4 1 0 5 2、EP 0 7 4 1 6 5 5 B 1、EP 0 7 4 1 6 5 5 B 2、および EP 1 6 5 4 1 5 9；PCT Pub. 2 0 0 5 / 1 1 0 8 4 7、PCT Pub. 2 0 0 5 / 1 1 8 3 9 4、PCT Pub. 2 0 1 4 / 0 2 4 1 9 9、および PCT Pub. 2 0 1 6 / 0 3 0 8 9 0；Japan Patent No. JPH 0 1 2 8 2 0 9 8；「Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft」Fehse、Wigbert 編、Cambridge University Press、2 0 0 3 年；「On-Orbit Servicing Missions: Challenges and Solutions for Spacecraft Operations」Sellmaier, F. ら編、SpaceOps 2 0 1 0 Conference、AIAA 2 0 1 0 - 2 1 5 9、2 0 1 0 年；ならびに「Towards a Standardized Grasping and Refueling On-Orbit Servicing for Geo Spacecraft」Medina, Alberto ら編、Acta Astronautica 1 3 4 1 - 1 0、2 0 1 7 年；「DE

10

20

30

40

50

OS - The In - Flight Technology Demonstration of German's Robotics Approach to Dispose Malfunctioned Satellites」Reintsema, D.ら編、が含まれ、これらの各々の開示はその全体が本参照により本明細書に組み込まれる。

【0005】

しかし、宇宙船のための多様な作業オプションを提供する高い信頼性および堅牢性を有する作業用宇宙船には法外な費用がかかる可能性がある。他方で、低コストのオプションでは多様な作業オプションを提供することができない可能性があり、また多くの用途で必要となる高い信頼性および堅牢性を有する作業上の機能を提供することができない可能性がある。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の実施形態は、宇宙船作業用デバイスと、少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも1つのポッドとを有する宇宙船作業用システムを含む。少なくとも1つのポッドが宇宙船作業用デバイスによって運ばれる。宇宙船作業用デバイスが、少なくとも1つのポッドの少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船(target spacecraft)で作業することを目的として、宇宙船作業用システムの推進を利用して少なくとも1つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成される。宇宙船作業用デバイスが、ターゲット宇宙船に対して少なくとも1つのポッドが固定されるようになるまで少なくとも1つのポッドに少なくとも部分的に物理的に接触した状態を維持するように構成され、宇宙船作業用デバイスが、ターゲット宇宙船に対して少なくとも1つのポッドが固定された後で少なくとも1つのポッドとの物理的な接触を解除するように構成される。

20

【0007】

本開示の実施形態は、宇宙船作業用デバイスと、少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも1つのポッドとを有する宇宙船作業用システムをさらに含む。少なくとも1つのポッドが宇宙船作業用デバイスによって運ばれる。宇宙船作業用デバイスが、少なくとも1つのポッドの少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船で作業することを目的として、少なくとも1つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成される。

30

【0008】

本開示の実施形態は、少なくとも1つのセンサを備える宇宙船作業用デバイスと、少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも1つのポッドとを有する宇宙船作業用システムをさらに含む。少なくとも1つのポッドが宇宙船作業用デバイスによって運ばれる。宇宙船作業用デバイスが、少なくとも1つのポッドを備える少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船で作業することを目的として、少なくとも1つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成される。少なくとも1つのセンサが、少なくとも1つのポッドをターゲット宇宙船まで移送することに関連するターゲット宇宙船の一部分の特性を検出するように構成される。

40

【0009】

本発明の実施形態は、宇宙船に近接するところに宇宙船作業用デバイスを配置することと、少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素を備える複数のポッドのうちの少なくとも1つのポッドを宇宙船まで移送することと、宇宙船に対して少なくとも1つのポッドが固定された後で少なくとも1つのポッドとの物理的な接触を解除することと、を含む、宇宙船で作業する方法をさらに含む。

【0010】

本開示の実施形態は、宇宙船作業用デバイスと、複数のポッドとを備える宇宙船作業用システムをさらに含み、ここでは、宇宙船作業用デバイスが、複数のポッドの、装着、補給、燃料補給、脱着、再装着、または再使用、のうちの少なくとも2つを行うように構成さ

50

れる。

【 0 0 1 1 】

上記の概説は示される各々の実施形態を説明することを意図されず、また本開示のすべての実装形態を説明することも意図されない。

本出願に含まれる図面は本明細書に組み込まれるものであり、本明細書の一部をなすものである。図面は本開示の実施形態を示しており、本記述と併せて、本開示の原理を説明するものである。図面は特定の実施形態のみを示しており、本開示を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】図 1 A は、本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、宇宙船作業用システム、および作業を行われるターゲット宇宙船を示す簡略化された概略図である。図 1

10

B は、図 1 A の宇宙船作業用システムの 1 つまたは複数のデバイス上に実装され得る燃料タンク供給デバイスの実施形態を示す図である。

【図 2 A】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による宇宙船作業用デバイスを示す簡略化された概略図である。

【図 2 B】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による宇宙船作業用デバイスを示す簡略化された概略図である。

【図 2 C】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 D】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 E】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

20

【図 2 F】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 G】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 H】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 I】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 J】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 K】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による結合機構の実施形態を示す図である。

【図 2 L】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による宇宙船作業用デバイスを示す斜視図である。

【図 3】本開示の 1 つまたは複数の実施形態によるミッション延長用ポッド (mission extension pod) を示す簡略化された概略図である。

30

【図 4】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、2 つの推進ベクトルの向きにおいて宇宙船に取り付けられたミッション延長用ポッドを示す簡略化された概略図である。

【図 5】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、2 つのスラストベクトルの向きにおいて宇宙船に取り付けられたミッション延長用ポッドを示す別の簡略化された概略図である。

【図 6】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による宇宙船作業用システムの再供給デバイスを示す簡略化された概略図である。

【図 7】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、宇宙船作業用デバイスに結合された複数のポッドを有する宇宙船作業用デバイスの実施形態を示す図である。

【図 8】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、宇宙船作業用デバイスに結合された複数のポッドを有する宇宙船作業用デバイスの実施形態を示す図である。

40

【図 9】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、宇宙船作業用デバイスに結合された複数のポッドを有する宇宙船作業用デバイスの実施形態を示す図である。

【図 10】本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、宇宙船作業用デバイスに結合された複数のポッドを有する宇宙船作業用デバイスの実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

本明細書で提示される図は、任意特定のデバイス、組立体、システム、またはそれらの構成要素の実際的な図であることを意図されず、説明的な実施形態を説明するために採用される単に理想化された図である。図面は必ずしも正確な縮尺ではない。

50

## 【 0 0 1 4 】

所与のパラメータの言及において本明細書で使用される「実質的に」という用語は、許容される製造公差の範囲内にあるなどといったように、わずかな程度の差異量で所与のパラメータ、特性、または状態が適合すると当業者であれば理解するような範囲を意味し、そのような範囲を含む。例えば、実質的に適合するパラメータは、少なくとも約 90 % で適合するものであってよいが、少なくとも約 95 % で適合するものであってよいが、または少なくとも約 99 % で適合するものであってよい。

## 【 0 0 1 5 】

本開示の実施形態は、概して、宇宙船（「クライアント」とも称される）に対して寿命延長のための作業を提供するための宇宙船（例えば、人工衛星、または他のビークル）作業用デバイスに関連する。宇宙船作業用システム、宇宙船作業用組立体、または宇宙船作業用デバイスが（例えば、宇宙船、ビークル）、宇宙船作業用デバイス（例えば、MEP マザーシップ（MEPM: MEP mother ship）またはミッションロボットビークル（MRV: mission robotic vehicle））に初期状態で取り付けられている 1 つまたは複数の配備可能な宇宙船作業用デバイス、ポッド、またはモジュール（例えば、ミッション延長用ポッド（MEP: mission extension pod））を有することができる。宇宙船作業用デバイスが、クライアント宇宙船まで / クライアント宇宙船から、ポッドを移送することができる。宇宙船作業用再供給デバイスが、宇宙船作業用デバイスのための追加のポッドを提供することができる。

## 【 0 0 1 6 】

ポッド（例えば、マザーシップによって提供される、5 個のポッド、6 個のポッド、10 個のポッド、15 個のポッド、またはそれ以上のポッド）がターゲット宇宙船に提供され得（例えば、宇宙船に個別に配備され得るおよび / または取り付けられ得る）、それにより宇宙船に対して寿命延長のための作業を供給し、これには例えば、構成要素の修理、燃料補給、軌道上昇または他の修正（例えば、軌道離脱）、再配置、傾斜角引き下げ（inclination pull-down）、静止位置の保持、運動量のバランシング、運動量調整、供給物の補給、新しい供給物または部品の提供、および / または他の保守管理が含まれる。いくつかの実施形態では、ポッドが、静止位置の保持、傾斜角引き下げ、軌道再配置、および廃棄を含めた、宇宙船の速度、配置、および / または軌道の調整のために利用され得る。いくつかの実施形態では、ポッドが、運動量を管理するのに、および宇宙船の姿勢制御を実現するのに、使用され得る。いくつかの実施形態では、ポッドが交換品および追加の構成要素を供給することができる。例えば、ポッドが、故障部品を交換するのに、既存部品を補完するのに、ならびに / あるいは宇宙船に対して、部品、選択された機能および構造部などを追加するのに、利用され得る構成要素（例えば、飛行制御構成要素、リアクションホイールなどの航空電子工学構成要素、モータ構成要素、通信構成要素、動力システム構成要素、センサ構成要素、光学構成要素、熱制御構成要素、遠隔測定構成要素、その組み合わせ、など）を装備することができる。さらなる例として、ポッドが、例えば、フォトセルまたはカメラ（例えば、スタートラッカー）を使用して星の位置を測定する光学デバイスなどの、遠隔測定用の構造部を有することができる。このようなデバイスが、宇宙船の航行の特性（例えば、姿勢）を監視および / または修正するためにポッド上に供給され得る。

## 【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイスが、軌道内での人工衛星の作業のために、ロボットの宇宙船作業用デバイス（例えば、種々のタスクのための 1 つまたは複数のエンドエフェクタを備える、1 自由度またはそれより高い自由度を可能とする 1 つまたは複数のロボットアーム）を使用しての作業を必要とする場合に、ポッドのうちの 1 つまたは複数のポッドを配備して宇宙船に取り付けることができる。例えば、宇宙船作業用デバイスがポッドのうちの 1 つまたは複数のポッドを配備して宇宙船の一部（例えば、分離リング（separation ring）、エンジン、外部付属物、あるいは他の任意適切な機械的アタッチメントまたは結合構造）に取り付けることができる。いくつかの実施

10

20

30

40

50



形態では、宇宙船作業用デバイス自体が、宇宙船に対してのポッドの配備の前に、配備中に、および／または配備後に、一部の作業タスクを実施することができる。

【 0 0 1 8 】

宇宙船作業用デバイスが、作業の必要時に、宇宙空間において宇宙船までまたは宇宙船の間を移動してミッション延長用ポッドを宇宙船の上に装着することができる。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイスが、作業のために、ポッドを宇宙船に取り付け、取り付けられたポッドから離れることができる。例えば、ポッドが宇宙船に永久的に取り付けられ得、実質的に宇宙船の別の構成要素となることができ、この別の構成要素は宇宙船の既存のシステムに繋がっていてもまたは繋がってなくてもよい。このような実施形態では、ポッドが、選択される時間にわたって作業を行うように構成され得る（例えば、数分にわたるか、数週間にわたるか、数ヶ月にわたるか、数年にわたるような、短時間の作業および／または長時間の作業、あるいはその組み合わせ）。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイスまたは別の同様のデバイスが、選択される量の作業後に、ポッドを取り外すことができるか、ポッドに対して補給（燃料補給）を行うことができるか、および／またはポッドを交換することができる。例えば、作業用システムの一部（例えば、宇宙船作業用デバイス、または上で考察した再供給デバイスなどの別の部分）が、ポッドに1つまたは複数の消耗品（例えば、燃料、ガス、部品、など）を再供給（例えば、補充、補給、補完、など）するためにポッドのところに再訪することができる。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイスがこのような消耗品を有する追加のデバイス（例えば、タンク）をポッドに取り付けることができる。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイスが、宇宙船からポッドを脱着することができ、ポッドの補給および／または修理調整を行って同じ宇宙船もしくは別の宇宙船に対してポッドを再装着することができる（例えば、ポッドを再使用することができる）。

【 0 0 1 9 】

ポッドが、宇宙船に対して取り付けられると、起動され得、例えば宇宙船の方向を変化させること（例えば、宇宙船の軌道、位置、または他には向きを変化させることによる）を含めて、速度を変化させることにより（例えば、 $V$ を提供することにより）、例えば軌道維持を実現することができる。適切な時間および方向において、宇宙船およびミッション延長用ポッドの合計の質量に対して速度変化を与えることにより、ミッション延長用ポッドが、例えば、宇宙船の推進機能を交換することにより（例えば、完全に交換することにより）、または所望の速度、位置、および軌道を維持するのに必要である宇宙船の燃料消費速度を低下させることにより、宇宙船の軌道内に留まる期間（*in-orbit life*）を延ばすことができる。ミッション延長用ポッドが、宇宙船に関連するデータから提供されるスケジュールに従って宇宙船に対してこのような速度変化を与えることができる。いくつかの実施形態では、操縦スケジュールのために必要であるデータがミッション延長用ポッドに予めプログラムされ得る。いくつかの実施形態では、ポッドが発射された後および／または宇宙船に結合された後で、このようなスケジュールおよび他のデータがミッション延長用ポッドに伝送され得る。いくつかの実施形態では、ポッドが、宇宙船の他のシステムまたは付属部品と他の形で相互作用することなく、宇宙船に推進力（例えば、比較的小さい推進力）を提供することのみを行うように構成され得る。いくつかの実施形態では、ポッドが宇宙船を中心とするトルクを提供するように構成され得、その結果、宇宙船がその運動量を調整することができる。他の実施形態では、ポッドが他の作業を実現することができ（例えば、本明細書で考察されるように）、および／または宇宙船の1つまたは複数のシステムまたはサブシステムと少なくとも部分的に通信することができる。

【 0 0 2 0 】

いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス上のポッドの数が減少するかまたは使用が果たされた後で、ミッション延長用ポッドの供給デバイスまたは再供給デバイス（*MEPR: mission extension resupply device*）により、人工衛星作業用システムが、宇宙船作業用デバイスにポッドを供給または再供給するように

10

20

30

40

50

構成され得る。例えば、ミッション延長用ポッドの供給物が減らされるかまたは使い果たされると、宇宙船作業用デバイスがポッドの新しい供給物を得ることができ（例えば、5個のポッド、6個のポッド、10個のポッド、15個のポッド、またはそれ以上のポッド）、それにより見込まれる宇宙船に対しての寿命延長のための作業の提供を継続することができる。

#### 【0021】

ミッション延長用ポッド再供給デバイス（例えば、宇宙船）が、宇宙船作業用デバイスとランデブーするためにおよびデバイスにポッドを供給するために、多数のポッド（例えば、2個、3個、4個、5個、またはそれ以上のポッド）を運ぶことができる。例えば、宇宙船作業用デバイスがそのロケーションまでランデブーする間において、ミッション延長用ポッドを備えるポッド再供給デバイスが地球同期軌道（GEO）または他の軌道に配置され得る。宇宙船作業用デバイスがミッション延長用ポッド再供給デバイスに接近すると、宇宙船作業用デバイス上のおよび／またはポッド再供給デバイス上の1つまたは複数のデバイス（例えば、宇宙船作用行デバイスのロボットアーム）が、ミッション延長用ポッドを、ミッション延長用ポッド再供給デバイスから宇宙船作業用デバイスへと再配置することができる。他の実施形態では、ポッド再供給デバイスが宇宙船作業用デバイスまで移動するように構成され得る。他の実施形態では、ポッド再供給デバイス上の1つまたは複数のデバイスが、宇宙船作業用デバイスまたはポッド再供給デバイスにポッドを供給するように構成され得、宇宙船作業用デバイスが、ポッドのうちの1つまたは複数のポッドを移送することを目的として一体に結合されるかまたは他の形で物理的に接続されるように構成され得る。

10

20

#### 【0022】

いくつかの実施形態では、ミッション延長用ポッド再供給デバイスが、宇宙船作業用デバイスに対しての追加の供給を実現することができるかまたは宇宙船作業用デバイスの作業を実現することができる。例えば、ポッド再供給デバイスが、必要時に、宇宙船作業用デバイスの操縦のための追加の推進燃料を提供することができる。いくつかの実施形態では、ポッド再供給デバイスが、燃料補給オペレーションを行うことによりおよび／または推進燃料を充填したタンクを再供給デバイスから宇宙船作業用デバイスまで移送することにより（例えば、宇宙船作業用デバイスおよび再供給デバイスのうちの一方または両方の上にある1つまたは複数のロボットアームを用いる）、宇宙船作業用デバイスに推進燃料を移送することができる。

30

#### 【0023】

いくつかの実施形態では、ミッション延長用ポッドの送達のための、宇宙船作業用デバイスおよび宇宙船のうちの一方または両方が、ESPAS tarとして知られる、バージニア州、フォールズチャーチのNorthrup Grummanによって開発された宇宙船などの、Evolved Expendable Launch Vehicle (EELV) のSecondary Payload Adaptor (ESPAまたはESPAリング) のクラスの宇宙船、あるいは適切な地球同期軌道または別の軌道を可能にし得るような他の任意適切な種類のデバイス、宇宙船、または発射ビークルを用いて管理され得、および／またはそれらを備えることができる。

40

#### 【0024】

いくつかの実施形態では、人工衛星作業用システムの1つまたは複数のデバイスまたは構成要素が、例えば、選択される地球同期軌道から地球同期の墓場軌道（geosynchronous graveyard orbit）まで輸送されることにより（例えば、宇宙船作業用デバイスおよび／またはミッション延長用ポッド再供給デバイスの場合）、または宇宙船上の定位置に棄てられることにより（例えば、ミッション延長用ポッドの場合）、廃棄され得る。

#### 【0025】

図1Aが宇宙船作業用システム10の簡略化された概略図を示しており、ここでは、宇宙船作業用システム10の少なくとも一部分が、デバイス（例えば、別のビークルまたは宇

50

宙船 20) に接近するように、デバイスを捕獲するように、デバイスにドッキングするように、および/またはデバイスで作業を行うように、動作させられ得る。しかし、いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス 100 が、後でより詳細に考察されるように、宇宙船 20 に接近するように、および 1 つまたは複数のモジュールまたはポッド 102 (例えば、ミッション延長用ポッド 102) を宇宙船 20 まで移送するように、構成され得る。

#### 【0026】

このような宇宙船 20 は、低地球軌道にあってよい、中高度地球軌道にあってよい、地球同期軌道にあってよい、地球同期軌道を越えていてよい、または地球などの天体の別の軌道にあってよい。宇宙船 20 が、ポッド 102 を宇宙船 20 に機械的に結合するのを実現するのに使用され得る、例えば、エンジン、分離リング、および宇宙船の分野で既知であるおよび/または実装されている任意の他の種類の構造部などの、構成要素を有することができる (例えば、推進デバイスまたはシステム 22、燃料タンク 24、など)。例えば、エンジンは、液体アポジエンジン、固体燃料モータ、スラスタ、あるいは他の種類のエンジンまたはモータであってよい。エンジンが宇宙船 20 の天頂デッキ上に配置され得、天頂デッキは、地球の軌道を周回する宇宙船の場合は、地球の反対側に実質的に配置される宇宙船デッキである。

#### 【0027】

図 1A に示されるように、宇宙船作業用デバイス 100 が、宇宙船 20 に接近して作業を行うように設計される別個の宇宙船であってよい。宇宙船作業用デバイス 100 が、静止位置の保持、軌道上昇、運動量の調整 (例えば、1 つまたは複数の軸を中心とした運動量を取り除く (unload))、姿勢制御、再配置、軌道離脱、燃料補給、修理、傾斜角引き下げ、または軌道上で行われ得る他の作業、を含めた作業を宇宙船 20 に対して行うのを容易にすることができる。宇宙船作業用デバイス 100 が、初期状態において宇宙船作業用デバイス 100 に取り付けられている 1 つまたは複数の配備可能なポッドまたはモジュール 102 を有する。ポッド 102 が宇宙船 20 に提供され得 (例えば、宇宙船に配備され得、および/または取り付けられ得る)、例えば、構成要素の修理、交換、および/または追加、燃料補給、軌道上昇、静止位置の保持、運動量のバランシング、供給物の補給、新しい供給物の提供、ならびに/あるいは他の保守管理を含めた、作業を行うことを目的として (例えば、宇宙船 20 に寿命延長作業を供給する)、作業用部品 103 (例えば、明瞭さのためにポッド 102 の 1 つの例のみで示される) を有することができる。

#### 【0028】

図 1A に描かれるように、これらの作業を供給することを目的として、少なくとも 1 つのポッドが宇宙船作業用デバイス 100 から提供され得、宇宙船 20 に結合され得る (例えば、宇宙船の質量中心の近傍であるか、または宇宙船の質量中心を通過して延在する軸に沿うように)。

#### 【0029】

いくつかの実施形態では、宇宙船作業用システム 10 が、例えば、宇宙船作業用デバイス 100 上のポッド 102 の数が減少するかまたは使い果たされた後で、宇宙船作業用デバイス 100 にポッド 102 を供給または再供給するように構成されるミッション延長用ポッド供給または再供給デバイス 30 を有することができる。例えば、ミッション延長用ポッド 102 の供給物が減少するかまたは使い果たされた後で、作業用デバイス 100 がポッド 102 の新しい供給物を得ることができ (例えば、5 個のポッド、10 個のポッド、15 個のポッド、またはそれ以上のポッド)、それにより見込まれる宇宙船 20 に対しての寿命延長のための作業の提供を継続することができる。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス 100 がそのロケーションまでランデブーする間において、ミッション延長用ポッド 102 を備えるポッド再供給デバイス 30 が地球同期軌道 (GEO) に配置され得る。宇宙船作業用デバイス 100 がミッション延長用ポッド再供給デバイス 30 に接近すると、宇宙船作業用デバイス 100 およびポッド再供給デバイス 30 のうち的一方または両方の上の 1 つまたは複数のデバイス (例えば、後で考察される、宇宙船作業用デ

10

20

30

40

50

バイス 100 の上にあるロボットアーム) が、ミッション延長用ポッド 102 のうちの 1 つまたは複数のミッション延長用ポッド 102 を、ミッション延長用ポッド再供給デバイス 30 から宇宙船作業用デバイス 100 へと再配置することができる。いくつかの実施形態では、ポッド再供給デバイス 30 および宇宙船作業用デバイス 100 のうちの一方が、ミッション延長用ポッド 102 を再配置することを目的としてもう一方を保持するように構成され得る。例えば、宇宙船作業用デバイス 100 がポッド再供給デバイス 30 に接近することができ、ポッド再供給デバイス 30 にドッキングすることができるかまたは他の形で係合され得る。ドッキングされると、宇宙船作業用デバイス 100 が、1 つまたは複数のポッド 102 を、再供給デバイス 30 から宇宙船作業用デバイス 100 まで、移送することができる(例えば、ロボットアームを使用する)。次いで、宇宙船作業用デバイス 100 が切り離され得、別のポッドを他のデバイスに配備することができる。他の実施形態では、ポッド再供給デバイス 30 が、宇宙船作業用デバイス 100 まで移動するように構成され得る。他の実施形態では、ポッド再供給デバイス 30 の上にある 1 つまたは複数のデバイス(例えば、ロボットアーム) が、宇宙船作業用デバイス 100 にポッド 102 を供給するように構成され得る。

10

#### 【0030】

ポッド 102 をターゲット宇宙船 20 上に配置することを目的として、宇宙船作業用デバイス 100 が、ポッドを配置するように、移動させるように、および/または装着するように構成される 1 つまたは複数の機構 122 (図 2A) の到達可能範囲内にポッド 102 を配置して保管することができる。後で考察するように、この機構が、1 つまたは複数のロボットアーム 122 を、ならびに/あるいは後で考察するように宇宙船作業用デバイス 100 をポッド 102 に固定するように構成される後で考察される配備デバイス 160 に類似の延伸可能なおよび/または拡大可能なブームなどの別の種類の配備デバイス(例えば、結合機構)を備えることができる。いくつかの実施形態では、1 つまたは複数のロボットアーム 122 が、1 つまたは複数の移動軸に沿うアーム 122 の移動を可能にする 1 自由度またはそれより高い自由度を有することができる。例えば、アーム 122 がいくつかの実施形態では 1 つの移動軸に沿って平行移動することができる延伸可能なブーム(例えば、後で考察する配備デバイス 160 に類似する)を備えることができるか、あるいは 1 つまたは複数の移動軸に沿って回転および/または平行移動することができるデバイスを備えることができる。第 1 の単一の機構(例えば、アーム)による到達可能範囲では不十分である場合、任意選択で、第 2 の機構(例えば、第 2 のアーム、あるいはポッド 102 を移動させることができるかまたは再方向付けすることができる何らかの他のデバイス)が実装され得、それによりターゲット宇宙船 20 上にポッド 102 を装着するのに使用される第 1 の機構の到達可能範囲内までポッド 102 を移動させることができる。

20

30

#### 【0031】

例えば、ポッド 102 が、ロボットアームの到達可能範囲内において、宇宙船作業用デバイス 100 の構造の上にまたはその中に配置され得る。単一のアームによる到達可能範囲では不十分である場合、任意選択の第 2 のアームまたは他のデバイスが、ターゲット宇宙船 20 の上にポッド 102 を装着するのに使用されるもう一方のロボットアームの到達可能範囲内までポッド 102 を移動させるのに使用される。

40

#### 【0032】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 がロボットアームの到達可能範囲内において 1 つまたは複数の分離可能な構造の上に配置され得る。ポッド 102 が使い果たされると(例えば、完全に使い果たされる)、分離可能な構造が宇宙船作業用デバイス 100 から脱着され得る。このような実施形態では、宇宙船作業用デバイス 100 の燃料消費が、その後のランデブーのためにまたは作業活動のために、低減され得る。

#### 【0033】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 が別のデバイス(例えば、宇宙船作業用デバイス 100 と共に発射されるポッド再供給デバイス 30) 上で運ばれ得、次いで発射後にポッド 102 が宇宙船作業用デバイス 100 まで移送され得る。例えば、宇宙船作業用デバイ

50

ス 1 0 0 がポッド再供給デバイス 3 0 を地球同期軌道または他の軌道まで引くのに使用され得、次いでピークルが分離することができる。宇宙船作業用デバイス 1 0 0 が、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 上のドッキング機構およびポッド再供給デバイス 3 0 上の相補的な構造またはデバイスを使用して、ポッド再供給デバイス 3 0 にドッキングすることができる。ドッキングされると、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 の上のロボットアームが、1 つまたは複数のポッド 1 0 2 を、ポッド再供給デバイス 3 0 から宇宙船作業用デバイス 1 0 0 上の収容ロケーションまで、移送することができる。このようにして、ターゲット宇宙船 2 0 とのその繰り返しのトランジットおよびランデブーのために、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 の総質量が最小となり、それによりミッションのライフサイクル全体にわたっての燃料使用が最小となる。ポッド再供給デバイス 3 0 が、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 によりポッド 1 0 2 を戻したり再供給したりするために所望の軌道ロケーションに配置されるように協働的に制御され得る。

10

#### 【 0 0 3 4 】

上で考察したように、システム 1 0 の一部分（例えば、ポッド 1 0 2、宇宙船作業用デバイス 1 0 0、および / または再供給デバイス 3 0）が、システム 1 0 の別の部分または外部デバイス（例えば、ポッド 1 0 2、宇宙船作業用デバイス 1 0 0、および / または宇宙船 2 0）に結合され得、それによりデバイスに 1 つまたは複数の消耗品（例えば、燃料、ガス、部品、など）を再供給（例えば、補充、補給、補完など）することができる。いくつかの実施形態では、このような供給物が、デバイスに取り付けられた追加の外部タンクの中に供給され得、および / または既存の構成要素を使用する交換（例えば、燃料補給）手順を介して供給され得る。

20

#### 【 0 0 3 5 】

宇宙船は一般に、ミッションライフ中にポジショニングおよびポインティングを維持するのに、推進燃料（例えば、キセノン、ヒドラジン）を使用することになる。この推進燃料が使い果たされると、一般に、ミッションライフが終了する。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス 1 0 0、ポッド 1 0 2、および / または再供給デバイス 3 0（「燃料供給デバイス」）が、システム 1 0 の別の部分にまたは外部デバイス（例えば、ポッド 1 0 2、宇宙船作業用デバイス 1 0 0、および / または宇宙船 2 0（「ターゲットデバイス」））に、追加の推進燃料を提供することができる。他の実施形態では、燃料供給デバイスが、例えば、タンク一杯分の、高圧キセノン、ヒドラジン、ヘリウム、四酸化窒素（ $\text{N}_2\text{O}_4$  : nitrogen tetroxide）、低毒性の推進燃料、これらの組み合わせ、または任意適切な他の燃料、などの、他の燃料または流体を供給するように機能することができる。いくつかの実施形態では、推進燃料または燃料の選択が、ポッド 1 0 2 に用途に基づくものであってよい（例えば、宇宙船 2 0 の構成に基づくものであってよい）。

30

#### 【 0 0 3 6 】

図 1 B が、システム 1 0（図 1 A）の 1 つまたは複数のデバイス上に実装され得るような、燃料供給デバイスの燃料タンク供給デバイス 1 4 0 の実施形態を描いている。図 1 B に示されるように、いくつかの実施形態では、燃料タンク供給デバイス 1 4 0 上の管類 1 4 2 が、タンク 1 4 1 内の燃料（例えば、高圧キセノン）を調整器 1 4 3（例えば、機械的なおよび / または電氣的な調整器）に供給することができる。調整器 1 4 3 が、ターゲットデバイスのシステムによって使用され得るようなレベルにするように圧力を制御することができる（例えば、低下させることができる）。追加の管類 1 4 4 が調整器 1 4 3 の下流に配置され得、対合するアダプタ 1 4 5 に接続され得る。対合するアダプタ 1 4 5 が、ターゲットデバイスの燃料に連通されるターゲットデバイスの結合装置（例えば、作業用ポート弁）に接続され得る。いくつかの実施形態では、燃料供給デバイスのこのような対合するアダプタ 1 4 5 が、ターゲットデバイスのタンクに結合されるための接続用の付属具（例えば、迅速脱着式の付属具、協働的な作業用弁、および / または単純な形の機械的な作業用弁）を有することができる。例えば、このような対合するアダプタ 1 4 5 が、流れ経路を開けたり閉じたりする弁（例えば、回転弁またはナット）を備えることができる

40

50

。対合するアダプタ１４５が、ターゲットデバイス（例えば、相補的な雄型の結合部材）の結合装置（例えば、弁ポート）に取り付けられ得る結合部材（例えば、雌型の結合部材）を有することができる。

【００３７】

いくつかの実施形態では、ターゲットデバイスとの結合において、対合するアダプタ１４５がキャップまたはプラグを取り外すことによって準備を整えられ、ターゲットデバイスが任意の構造（例えば、プランケットならびに／あるいはキャップまたはプラグ）を取り外すことによって準備を整えられ得る。準備が整えられると、対合するアダプタ１４５がターゲットデバイスの作業用弁に機械的に取り付けられ得、１つまたは複数の弁（例えば、ターゲットデバイスの上にあるかまたは燃料タンク供給デバイス１４０の上にある）が開けられ得、圧力が監視され得る（例えば、ターゲットデバイスのシステム内で圧力が検出され得る）。この圧力が低下することで、燃料タンク供給デバイス１４０のアダプタと燃料タンク供給デバイス１４０の対合するアダプタ１４５との間で不適切な対合が生じていることが示され得る。接続が確認されると、対合するアダプタ１４５の上流にある弁が開位置へと移動させられ得、タンク１４１がターゲットデバイスのタンクに燃料を供給することになる。燃料タンク供給デバイス１４０のタンク１４１が圧力の遠隔測定を欠くような実施形態では、ターゲットデバイスのシステムが、燃料タンク供給デバイス１４０のタンク１４１が枯渇状態に達したかどうかを判断することを目的として燃料の使用を監視するのに利用され得る。燃料供給デバイス１４０のタンク１４１が枯渇状態に近づくと、燃料タンク供給デバイス１４０のタンク１４１が、対合するアダプタ１４５およびターゲットデバイスの上流の弁を閉じることにより連通状態から外され得、新しいタンクがターゲットデバイスに接続され得る（例えば、前のタンクを交換することにより、同じ燃料タンク供給デバイス１４０上に置かれ得るか、または前のタンクを接続した状態で維持するのを可能にし得るように、別の燃料タンク供給デバイス上に置かれ得る）。この燃料タンク供給デバイス１４０が、初期状態においてシステムを与圧するための作業用弁１４６、設備のためのおよびターゲットデバイスに対しての取り付けのための機械的サポート、握持用の付属物、ならびに／あるいは受動的熱制御装置を有することができる。

【００３８】

図２Ａが、宇宙船作業用デバイス１００（例えば、図１Ａの宇宙船作業用デバイス１００）の実施形態の簡略化された概略図を描いている。図２Ａに示されるように、宇宙船作業用デバイス１００が、初期状態において宇宙船作業用デバイス１００に取り付けられている１つまたは複数の配備可能なポッドまたはモジュール１０２を有する。宇宙船作業用デバイス１００が、天体の周りの軌道内に位置する人工衛星または他の宇宙船であってよい。

【００３９】

ポッド１０２を別の宇宙船まで送達するために、ポッド１０２を別の宇宙船に取り付けるために、および／またはポッド１０２を別の宇宙船へと回収するために、宇宙船作業用デバイス１００が化学的なまたは他の種類の反動エンジンを有することができ、ならびに／あるいは電氣的に動力供給される推進システムを有することができる。例えば、宇宙船作業用デバイス１００が、１つまたは複数のスラスタ１０４と、化学的なおよび／または電氣的な推進源（例えば、イオンスラスタのためのキセノン推進燃料および／またはヒドラジン推進燃料を収容する燃料タンク１０６）を有する動力システムと、電力処理ユニット１０８とを有することができる。宇宙船作業用デバイス１００の推進システム（例えば、スラスタ１０４を有する）が、１つまたは複数の移動軸内で宇宙船作業用デバイス１００を移動させるのを可能にすることができる（例えば、３つの平行移動軸と、３つの回転軸との、合計で６つの移動軸）。宇宙船作業用デバイス１００が、ソーラーアレイ１１０（例えば、脱着可能なソーラーアレイ）と、バッテリー１１２と、電力分配アセンブリ１１４などの電力調整電子部品と、制御サブシステム１１６（例えば、コマンド・データ処理、熱制御、誘導、ナビゲーション、および制御）と、通信サブシステム１１８（例えば、関連付けられるアンテナ１２０との無線周波（RF: radio frequency）通信）と、アクセサリツール１２１（例えば、作業用部品、および／または後で考察される

ロボットアームのためのエンドエフェクタ)と、を有することができる。これらの構成要素が、作業されることになる別の宇宙船の近傍のロケーションまで宇宙船作業用デバイス100を操縦するのを可能にすることができる。

#### 【0040】

ポッド102を別の宇宙船の上に配備するために、ポッド102を別の宇宙船の上に取り付けるために、および/またはポッド102を別の宇宙船へと回収するために、宇宙船作業用デバイス100が、配備および/または取り外しデバイス(例えば、1つまたは複数の可動アーム(例えば、1自由度、2自由度、3自由度、4自由度、5自由度、または6自由度を有するロボットアーム122))、エンジンの内部部分などのポッド102の一部分に結合され得る後で考察するランスおよび/または延伸可能な配備デバイス)を有することができ、この配備および/または取り外しデバイスが、付随の撮影システム(例えば、カメラ124)と、制御・動力システム(例えば、ロボットアビオニクス126および電力供給源128)とを備える。これらのデバイスおよび構成要素が、宇宙船作業用デバイス100上のポッド102に係合される(例えば、取り付けられる)のに利用され得る。例えば、ロボットアーム122のうちの1つまたは複数のロボットアームが、1つのポッド102に結合されて(例えば、エンドエフェクタを用いる)ポッド102をターゲット宇宙船の近傍まで移動させるのに、ポッド102を宇宙船に取り付けるのに、および取付後にポッド102を解放するのに、使用され得る。

10

#### 【0041】

いくつかの実施形態では、他のデバイスおよび方法が、ポッド102を宇宙船まで送達するのにおよび/またはポッド102を宇宙船に取り付けるのに利用され得る。例えば、宇宙船作業用デバイス100自体が、選択されるポッド102を宇宙船に接触させるように配置することを目的として宇宙船を基準として方向付けられることが可能であるか、宇宙船作業用デバイス100自体が、ポッド102を適用する間において宇宙船を捕獲することができるかまたは他の形で保持することが可能であるか、ポッド102が、ポッド102を制御するためのおよび取り付けのための1つまたは複数の搭載されるシステムを有することが可能であるか、宇宙船作業用デバイス100が、ポッド102を送達するように構成される推進ユニット制御装置を備える、個別に制御可能である再使用可能なユニットを有することが可能であるか、あるいは上記を組み合わせることも可能である。

20

#### 【0042】

いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス100が、ロボットアームを使用することなく、ポッド102を宇宙船まで送達することができるか、ポッド102を宇宙船に取り付けることができるか、および/またはポッド102を宇宙性へ回収することができる。例えば、1つまたは複数のポッド102が取り付けられた状態で、宇宙船作業用デバイス100がターゲット宇宙船とランデブーすることができる(例えば、後で考察するように、ターゲット宇宙船の位置および/または向きを検出するためにセンサを利用する)。ポッド102が宇宙船作業用デバイス100に取り付けられている間、後でも考察されるポッド102の結合機構がターゲット宇宙船のところに配備されてターゲット宇宙船に係合され得る。ポッド102が宇宙船作業用デバイス100から解放され得、解放の前、解放中、および/または解放の後において、ポッド102をターゲット宇宙船に固定するためのすべての残りのドッキング手順が完了され得る。

30

40

#### 【0043】

ポッド102を配備するのに、ポッド102を取り付けるのに、および/またはポッド102を回収するのに利用される特定の機構または構造部に関係なく、宇宙船作業用デバイス100が、宇宙船作業用デバイス100の1つまたは複数の部分を使用してポッド102をターゲット宇宙船のロケーションまで直接に送達する(例えば、機構および/または構造部を介する)ように構成され得る。例えば、宇宙船作業用デバイス100が、宇宙船作業用デバイス100の上に(例えば、その一部分の上に)常在する配備機構および/または配備のための構造部(例えば、ロボットアーム122、延伸可能なおよび/または拡大可能なドッキング機構、など)のみを使用して、ポッド102を配備することができる

50

か、ポッド１０２を取り付けることができるか、および／またはポッド１０２を回収することができる。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス１００の上に常在する配備機構および／または配備のための構造部のみが利用され、この間、ポッド１０２上のいかなる操縦デバイス（例えば、推進デバイス）も利用されない。例えば、ポッド１０２が宇宙船作業用デバイス１００により直接に操作され得、この間ポッド１０２自体の動力下でまたは推進力下でポッド１０２がターゲット宇宙船に隣接するロケーションまで独立して操縦および／または操作されない。定位置まで移動させられた後、宇宙船作業用デバイス１００の機構および／または構造部（例えば、ロボットアーム１２２、延伸可能なおよび／または拡大可能なドッキング機構）ならびに／あるいはポッド１０２の構造部（例えば、配備デバイス１６０などの、結合機構）が、ポッド１０２をターゲット宇宙船に固定するのにも利用され得る。いくつかの実施形態では、ポッド１０２が宇宙船作業用デバイス１００に少なくとも部分的に接触した状態を維持する間において、ポッド１０２がターゲット宇宙船に固定され得る。例えば、ポッド１０２がターゲット宇宙船に少なくとも部分的に接触した状態になると（例えば、固定される）、ポッド１０２が宇宙船作業用デバイス１００から解放され得る。

10

#### 【００４４】

いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス１００が、ランデブー・近接オペレーション１３０などの、センサ組立体を有する（例えば、光検出および測距１３２、赤外線センサ１３４、および／または可視光線センサ１３６）。このような構成要素が、宇宙船作業用デバイス１００により他の物体（例えば、ポッド１０２、作業に関連する機能が遂行されているときの他の宇宙船、など）を監視および／または検出するのを可能にすることができる。例えば、これらのセンサのうちの１つまたは複数のセンサ（例えば、光検出および測距１３２、赤外線センサ１３４、および／または可視光線センサ１３６）が、ポッド１０２（図１Ａ）を配備すること、装着すること、および／または取り外すことを目的として、宇宙船作業用デバイス１００によりターゲット宇宙船２０（図１Ａ）を基準としたランデブー・近接オペレーションを容易にすることができる。

20

#### 【００４５】

いくつかの実施形態では、センサのうちの１つまたは複数のセンサ（例えば、光検出および測距１３２、赤外線センサ１３４、および／または可視光線センサ１３６）が、宇宙船作業用デバイス１００によりターゲット宇宙船２０（図１Ａ）の１つまたは複数の構造物を検出するのを可能にすることができる。例えば、宇宙船作業用デバイス１００のセンサのうちの１つまたは複数のセンサが、ポッド１０２をターゲット宇宙船２０に取り付けるときの手法を決定することを目的として、ターゲット宇宙船２０のドッキングのための構造部（例えば、ドッキング機構、係留機構、または結合機構）あるいはターゲット宇宙船２０の他の構造部（例えば、構造的特徴）を検出することができる。

30

#### 【００４６】

いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス１００が、宇宙船作業用デバイス１００によって実施されるオペレーションを容易にするように少なくとも部分的に再構成され得る。例えば、宇宙船２０（図１Ａ）に結合されるとき（例えば、ドッキングされるとき）、デバイス１００が種々の構造および／または構成要素（例えば、宇宙船２０にドッキングするのに使用される支柱）を再配置することができる（例えば、収容したり外に出したりすることができる）。これらの構造および／または構成要素は１つまたは複数のツール（例えば、ロボットアーム１２２）によって脱着され得、一時的な保管ロケーションに配置され得る。これらの構造および／または構成要素は、ターゲット宇宙船２０に対して宇宙船作業用デバイス１００がドッキングさせられるときに（例えばさらには、作業を行うときに）、取り付けられてよい。

40

#### 【００４７】

いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス１００の上にある構造部が他のデバイス（例えば、宇宙船）を再構成するのに使用され得る。例えば、宇宙船作業用デバイス１００の１つまたは複数のツール（例えば、ロボットアーム１２２）が、発射後に、宇宙船作

50



業用デバイス100の上方でsecondary payloadを積み重ねるのを容易にするための構造を取り外すのに、使用され得る。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス100（例えばさらには、取り付けられたポッド102（図1A））が、ESPAリングまたは何らかの他の適切な構造に取り付けられ得る。発射後（例えば、軌道内において）、ロボットアーム122がポッド102を脱着して保管ロケーションに再配置することができ、さらには発射時廃棄（launch disposal）中にまたは一時的な保管中に使用されるアクセサリ構造を脱着することができる。

#### 【0048】

図2Bが図2Aの宇宙船作業用デバイス100に実質的に類似してよい宇宙船作業用デバイス150の実施形態の簡略化された概略図を描いており、宇宙船作業用デバイス150は、描かれるように、宇宙船作業用デバイス100の構成要素のうちの一部、その大部分、またはそのすべてを有することができる。図2Bに示されるように、宇宙船作業用デバイス150が、他のデバイス（例えば、宇宙船20などの他の宇宙船、ポッド102、再供給デバイス30、など）に結合されるための結合機構152（例えば、ドッキング機構、係留機構、保持機構、または他の形の取り付け機構）を有する。

10

#### 【0049】

上で考察したように、その初期状態での供給物としてポッド102を備える状態で軌道上来くると、宇宙船作業用デバイス100が、ポッド102を装着するために、ターゲット宇宙船20（図1A）からターゲット宇宙船20まで移動する。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス100が、ポッド102を装着するのを（例えば、ロボットにより装着するのを）可能にすることを目的として宇宙船20を基準とした最適な位置を保持するための追加の制御テクニックを採用することができる。この最適な位置は宇宙船20の中心であってよいかまたは中心ではなくてもよく、ポッド102およびロボット122を宇宙船の上まで移動させるための空間を得るようにするために選択される距離だけ宇宙船20から距離を置かれてよい。ランデブーセンサからのデータが宇宙船作業用デバイス100の上にあるロボット制御用コンピュータに送信され得、その結果、機械ビジョン・ロボット運動制御アルゴリズムが2つの宇宙船の相対位置および運動の事前情報を有することができるようになる。

20

#### 【0050】

図2Cから2Kが、本開示の1つまたは複数の実施形態による結合機構の種々の実施形態を描いている。図2Cおよび2Dに示されるように、結合機構152が、宇宙船20のうちの少なくとも1つの宇宙船の受け部分（例えば、エンジン156）（例えば、エンジンの一部分、または機械的結合を行うことができる任意の他の部分）で受けられるように構成される拡大可能なドッキング機構160（例えば、スピア形状を有する）を備えることができる。拡大可能なドッキング機構160が、宇宙船作業用デバイス100（図2A）のみにより、またはロボットアームにより最終的なドッキングを誘導するという手法により、定位置まで誘導され、この間、宇宙船作業用デバイス100が宇宙船20に対しての位置を保持することになる。定位置にくると、1つまたは複数の拡大可能な部分が配備され得、受け部分156に接触することができ、それにより拡大可能なドッキング機構160を宇宙船20に固定する。

30

40

#### 【0051】

このような拡大可能なドッキング機構160が、例えば、「SYSTEMS FOR CAPTURING A CLIENT VEHICLE」と題される、2017年12月1日出願された、米国特許出願第15,829,807号に開示されており、その開示の全体が本参照により本明細書に組み込まれる。例えば、拡大可能なドッキング機構160が図2Cに示されるように宇宙船20のエンジン156の中に挿入され得る。エンジン156の中に挿入されると、拡大可能なドッキング機構1560の1つまたは複数の部分が移動させられ得（例えば、拡大される、延伸される）、それによりエンジン156に接触し、拡大可能なドッキング機構160がエンジン156に固定され、それによりポッド102（図1）を宇宙船20に固定する。固定の前に、固定中に、および/または固定の後で

50

、拡大可能なドッキング機構 160 が、ポッド 102 を宇宙船 20 により接近させるように配置するために後退させられる延伸アームを有することができる。

【0052】

図 2 E および 2 F に示されるように、結合機構 152 が、宇宙船 20 の受け部分 156 に係合されるように構成される拡大可能なおよび / または後退可能なドッキング機構 162 (例えば、チャックの形状を有する) を備えることができる。ドッキング機構 162 が、上述の手法と同様の手法で定位置まで誘導され得る。定位置にくると、ドッキング機構 162 が後退または拡大することができ、それにより拡大可能なドッキング機構 162 が宇宙船 20 に固定される。

【0053】

図 2 G および 2 H に示されるように、結合機構 152 がスネア式の (snare) ドッキング機構 164 (例えば、空洞の開口部のところに配置される、例としては網状の金属ワイヤなどの、複数のワイヤを有する) を備えることができる。ドッキング機構 162 が、上述の手法と同様の手法で定位置まで誘導され得る。スネア式のドッキング機構 164 が、受け部分 156 をワイヤ内の開口部の中に入れるのを可能にすることにより、宇宙船 20 の受け部分 156 に係合されるように構成される。定位置にくると、スネア式のドッキング機構 164 が、ワイヤによって画定される開口部をワイヤにより少なくとも部分的に制限することになるように、移動し (例えば、回転する)、それによりスネア式のドッキング機構 164 が宇宙船 20 に固定される。

【0054】

図 2 I および 2 J に示されるように、結合機構 152 が、宇宙船 20 の受け部分 156 に係合されるように構成されるクランプ式のドッキング機構 166 (例えば、可動部材および 2 つの固定部材を有する 3 点クランプ機構) を備えることができる。ドッキング機構 166 が、上述した手法と同様の手法で定位置まで誘導され得る。定位置にくると、ドッキング機構 166 の可動部材が固定部材の方に移動することができ、それにより拡大可能なドッキング機構 166 を宇宙船 20 に固定する。

【0055】

図 2 K に示されるように、結合機構 152 が、宇宙船 20 の受け部分 156 に係合されるように構成される膨張可能なクランプ式のドッキング機構 168 (例えば、受け部分 156 の外側部分および / または内側部分上で受けられるように構成される 1 つまたは複数の膨張可能なバッグ) を備えることができる。ドッキング機構 168 が、上述の手法と同様の手法で定位置まで誘導され得る。定位置にくると、膨張可能なバッグ (例えば、環状バッグ) または複数の膨張可能なバッグ (例えば、2 つの対向するバッグ) が膨張することができ、それにより拡大可能なドッキング機構 168 が宇宙船 20 に固定される。いくつかの実施形態では、バッグに流体 (例えば、液体) が充填されていてよく、この流体が構造間に少なくとも部分的である強固な接続を形成するように少なくとも部分的に固体化する。

【0056】

図 2 L が、上述のデバイスと同様であってよい宇宙船作業用デバイス 180 の斜視図である。描かれるように、宇宙船作業用デバイス 180 が E S P A リングを備えるボディ 182 を有し、ここではポッド 102 がボディ 182 の周りに結合される。各ポッド 102 が、ターゲット宇宙船 20 (図 1 A) および任意選択のソーラーアレイ 186 に結合されるための結合機構 184 を有することができる。上記と同様に、結合機構 184 が、ターゲット宇宙船 20 のエンジンに係合されるように構成されるスピア形状の延伸可能なデバイスを備えることができる。

【0057】

図 1 A を参照すると、追加の実施形態において、ポッド 102 の構造部分 (例えば、支柱または他のフレーム部材) が、宇宙船 20 にドッキングするのに利用され得る。例えば、ロボットアームまたは他の構造部 (例えば、非ロボット式の方法) が、最初に、宇宙船 20 の幾何形状および構造部ならびに宇宙船 20 の構成要素 (例えば、分離リング) の幾何

10

20

30

40

50

形状および構造物に応じて所定のロケーションのところにポッド 102 を配置する。次いで、宇宙船作業用デバイス 100 が、ポッド 102 の構造部分を使用して宇宙船 20 にドッキングすることができる。ドッキングが完了すると、ポッド 102 の構造部分が宇宙船 20 に固定され得る（例えば、クランプを作動させることによるか、あるいはロボットインターフェースを通した電子コマンドを介するかまたはロボットインターフェースからの電気機械的な駆動力を介して他の形で結合を強化することによる）。次いで、宇宙船作業用デバイス 100 の一部分（例えば、ロボットアーム）がポッド 102 を解放することができ、宇宙船作業用デバイス 100 が宇宙船 20 から切り離され得、ポッド 102 を宇宙船 20 に装着したままにしておく（例えば、分離リング上）。

#### 【0058】

追加の実施形態では、宇宙船作業用デバイス 100 の一部分（例えば、ロボットアーム）がポッド 102 のところまで延伸してポッド 102 を宇宙船の一部分（例えば、宇宙船 20 の分離リングまたは他の適合する機械的構造部）の上に配置する。次いで、いずれかのデバイス上の結合機構または電子機械駆動装置を作動させるための、ポッド 102 または宇宙船 20 への電子コマンドが、ポッド 102 を宇宙船 20 上の定位置に固定するのに使用され得る。

#### 【0059】

図 2 A を参照すると、ポッド 102 を配置するのにロボットアームが使用されるような例において、ロボットアーム 112、エンドエフェクタ、および / または他のツールが、2 つのピークルの間の無重力の接触力学を最小にするような、ドッキング機構 166 に関連するテクニックを採用することができる。このようなテクニックには、限定しないが、接触インターフェースのところの摩擦を最小にすること、最初の接触と強化との間の時間（例えば、ドッキングまたは他の形での結合を完了するための時間）を最小にすること、経路にある程度の余裕を与えることが含まれる。いくつかの実施形態では、受動的および能動的な最初の接触による静電気放電（ESD: electrostatic discharge）の軽減テクニックが、ポッド 102、ロボットアーム 112、宇宙船作業用デバイス 100、および再供給デバイス 30 の設計において、最初の接触による ESD を最小にするかまたは排除するのに、採用され得る。このような ESD 軽減が、例えば、「ELECTROSTATIC DISCHARGE MITIGATION FOR A FIRST SPACECRAFT OPERATING IN PROXIMITY TO A SECOND SPACECRAFT」と題される、2017 年 12 月 1 日に出版された、米国特許出願第 15 / 829,758 号に開示されており、その開示の全体が本参照により本明細書に組み込まれる。

#### 【0060】

図 1 A を参照すると、ポッド 102 を宇宙船 20 の上に装着するときに宇宙船作業用デバイス 100 と宇宙船 20 との間の接続部を可能な限り単純なものとすることが望ましい可能性がある。いくつかの実施形態では、ポッド 102 の装着中、宇宙船 20 および宇宙船作業用デバイス 100 が短い時間（例えば、数秒から数分）のみににおいて一体にフリードリフトしてよく、ここでは、この短い時間においてポッド 102 の装着が確立され、宇宙船作業用デバイス 100 がポッド 102 を解放して 2 つのピークルの間の機械的接続を切り離す。次いで、宇宙船作業用デバイス 100 の推進システムが再起動され得、宇宙船作業用デバイス 100 が安全なロケーションまで後退することができる。その後すぐに、宇宙船 20 の姿勢制御システムが再起動され得、その結果、ターゲット宇宙船 20 がそのポジショニングを再確保することができるようになる。

#### 【0061】

図 1 A および 2 A を参照すると、いくつかの実施形態では、装着後、ポッド 102 が、例えば：ポッド 102 内の送受信機への地上コマンド、ロボットアーム 112 からの電子コマンド、を介して、起動され得、ここでは例えば、宇宙船作業用デバイス 100、再供給デバイス 30、またはロボットアーム 122 のいずれにもポッド 102 が接続されていないことをポッド 102 が感知するのを可能にするためのタイマーやセンサ（例えば、断線

10

20

30

40

50

タイマー ( break - wire timer ) または同様のセンサ ) が用いられる。いくつかの実施形態では、このようなセンサが、ドッキングまたは装着のための機械的活動が完了することによって起動される 1 つまたは複数の機械的リミットスイッチを有することができる。

#### 【 0 0 6 2 】

追加の実施形態では、ポッド 1 0 2 が、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 とポッド 1 0 2 との間のインターフェースに組み込まれる構造部を介して、起動され得る。例えば、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 の配備デバイス的一部分 ( 例えば、ロボットアーム 1 2 2 の上にある、ツール駆動機構またはエンドエフェクタ ) が、付属物を起動することおよび / または初期状態において付属物をポッド 1 0 2 上に配備することを補助することができる。このよう  
10  
のようなテクニックは潜在的に、ポッド 1 0 2 の配備および始動を実施する ( 例えば、ポッド 1 0 2 に対して 1 回のみ作動する ) ための宇宙船作業用デバイス 1 0 0 のロボットアーム 1 2 2 の機能 ( 例えば、ロボットアーム 1 2 2 のエンドエフェクタ ) を利用することにより、ポッド 1 0 2 の機構を単純化する。ロボットアーム 1 2 2、ならびに / あるいはロボットアーム 1 2 2 の構成要素およびツールが、ポッド 1 0 2 の軌道内での組み立てを少なくとも部分的に遂行することができる。例えば、ポッド 1 0 2 に対して付属物を最終的に組み付けるのにロボットアーム 1 2 2 を使用することにより、発射のためのポッド 1 0 2 の構成要素を、単純化すること、軽量化すること、および / またはそのパッケージングを低コスト化することを可能にすることができる。

#### 【 0 0 6 3 】

図 3 が、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 のポッド ( 例えば、図 1 A のミッション延長用ポッド 1 0 2 ) の実施形態の簡略化された概略図を描いている。図 3 に示されるように、ミッション延長用ポッド 1 0 2 が、ポッド 1 0 2 を、およびポッド 1 0 2 のメインボディ 2 0 1 に取り付けられる任意の他の構造を制御する ( 例えば、方向付けて移動させる ) ための 1 つまたは複数のデバイス  
20  
を有する。例えば、ポッド 1 0 2 が化学的なまたは他の種類の反動エンジンを有することができ、ならびに / あるいは電氣的に動力供給される推進システムを有することができる。描かれるように、1 つまたは複数のスラスト組立体 2 0 0 が、可動 ( 例えば、回転可能な ) 結合装置 ( 例えば、ジンバル 2 0 4 およびブーム 2 0 6 ) を用いてポッド 1 0 2 に取り付けられる ( 例えば、移動可能に取り付けられる ) 1 つまたは複数のスラスト 2 0 2 ( 例えば、電気推進 ( EP : electric propulsion ) スラスト ) を有することができる。いくつかの実施形態では、メインボディ 2 0 1 を基準としたスラスト 2 0 2 のポジショニングが、ポッドを取り付けるところの宇宙船の 1 つまたは複数の特性 ( 例えば、サイズ、寸法、質量、質量中心、これらの組み合わせ、など ) に基づいて、選択され得る。いくつかの実施形態では、スラスト 2 0 2 が、推進燃料タンク内を動き回る推進燃料を原因とする外乱を最小にするかまたは排除するために、比較的低い加速度を実現することができる。

#### 【 0 0 6 4 】

図 3 の実施形態は単一のブーム 2 0 6 の上にある 1 つのスラスト組立体 2 0 0 を示しているが、他の実施形態では、ポッド 1 0 2 が複数のブームの上にある複数のスラスト組立体を有してもよい ( 例えば、2 つ、3 つ、またはそれより多いスラスト組立体、および付随  
40  
のブーム ) 。例えば、2 つのスラスト組立体が 2 つのブームの上に設けられ得、ここでは、一方のスラスト組立体がもう一方のスラスト組立体に対して実質的に鏡像をなす。さらに、いくつかの実施形態では、複数のスラスト組立体が単一のブームの上に設けられてもよい。このような実施形態では、複数のスラストが、十分なシステムのライフタイムスループット能力を実現するのをおよび所望の推進レベルに達するのを保証するように、実装され得る。いくつかの実施形態では、1 つまたは複数のスラスト組立体 2 0 0 がブームの上に設けられなくてよく、ポッド 1 0 2 の上に直接に装着され得る。いくつかの実施形態では、1 つのスラスト組立体 2 0 0 が、宇宙船の再配置、静止位置の保持、傾斜角引き下げ、運動量の調整、および / または寿命末期 ( EOL : end of life ) での廃棄を含めた、寿命延長のための作業のために使用され得る。いくつかの実施形態では、複数  
50

のスラスト組立体 200 の各々が寿命延長のためのすべての作業のために使用され得るか、または寿命延長のための異なる作業のために分けられ得る。例えば、1つまたは複数のスラスト組立体 200 が静止位置の保持の作業のために1つまたは複数のブームの上に設けられ得、対して1つまたは複数のスラスト組立体 200 が、軌道再配置、傾斜角引き下げ、および EOL での廃棄のためにポッド上に装着され得る。

【0065】

いくつかの実施形態では、アンテナ 208 がスラスト組立体 200 の上に配置され得る。いくつかの実施形態では、アンテナ 208 が別個の配備可能なブームの上に配置され得る。いくつかの実施形態では、動力を発生させるための追加の太陽電池がスラストブーム組立体 200 の上に配置され得る。

10

【0066】

ポッド 102 が、1つまたは複数の動力源と、付随の部品とを有する動力・推進システム 210 を有することができる（例えば、動力システムの少なくとも一部分が電気推進の動力システムであってよい場合）。例えば、動力・推進システム 210 が、1つまたは複数の推進燃料タンク（例えば、キセノン推進燃料、または電氣的または化学的な推進システムのための任意適切な他の推進燃料を収容する）と、スラスト（例えば、電子スラスト）と、付随の電力処理ユニットとを有することができる。ポッド 102 が、ソーラーアレイ 212 と、1つまたは複数のバッテリー 214 とを有することができる。いくつかの実施形態では、ソーラーアレイ 212 がメインボディ 201 に強固に結合され得るか、またはソーラーアレイ 212 を太陽の方に向けるための1つまたは複数の運動軸を備える可動（例えば、回転可能な）結合装置に取り付けられ得る（例えば、1つ、2つ、またはそれ以上の軸を中心とする移動を実現するような、1つまたは複数のジンバル 216 または他の可動ジョイント、およびブーム 218）。

20

【0067】

いくつかの実施形態では、ジンバルを有するソーラーアレイ 212 が、同様の柔軟性を有さないアレイと比較して多くの利点を有することができる。例えば、ジンバルを有するソーラーアレイ 212 は、ソーラーアレイ 212 をターゲット宇宙船 20 のスラストから取り外す/離間させるのを可能にし、その結果、ターゲット宇宙船 20 が、ポッド 102 のソーラーアレイのところまでターゲット宇宙船 20 のスラストが入り込む懸念を最小にしながら軌道維持を遂行することができる。ジンバルを有するソーラーアレイ 212 はさらに、ターゲット宇宙船 20 からポッド 102 を熱的に切り離すことができ、太陽を追跡するのを可能にすることによりソーラーアレイ 212 の効果を向上させることができる。ジンバルを有するソーラーアレイ 212 の効果が向上することにより、ポッド 102 のスラストをより長時間作動させることが可能となり、また、より小型で、より軽量で、より安価なバッテリーを使用することも可能となる。より長時間作動する推進システムにより、重いターゲット宇宙船 20 に対して作業を行うことが容易となり得る。いくつかの実施形態では、ジンバルを有するソーラーアレイ 212 が、運動量を節約するような形で（例えば、正味、運動量が分与されないような形で）軌道上にあるターゲット 20 に関節接続され得る。

30

【0068】

いくつかの実施形態では、ソーラーアレイ 212 が、ソーラーアレイ 212 の動力発生を最大にしてそれによりソーラーアレイ 212 およびバッテリーのサイズを最小にすることを目的として、人工衛星の太陽に照らされる部分が作業を行う間において、ポッド 102 に記憶されている論理を利用して太陽を追跡することができる。いくつかの実施形態では、例えば、機械的デザインを単純化することを目的として、ならびに宇宙船アレイが影で覆われるのを、スラストブームがポッド 102 および/または宇宙船 20 に衝突するのを、センサまたはアンテナがポッド 102 および/または宇宙船 20 に干渉するのを、または他のシステムの制約が発生するのを、排除するかまたは最小にすることを目的として、ソーラーアレイ 212 の移動が制限されてよい。いくつかの実施形態では、ソーラーアレイ 212 が、1つまたは2つの運動軸を有する2つの別個の翼を有することができる。い

40

50

くつかの実施形態では、ジンバルを有するソーラーアレイ 2 1 2 が、ポッド 1 0 2 の回転に抵抗するように構成される 1 つの移動軸を有することができる。

【 0 0 6 9 】

ポッド 1 0 2 の実施形態が、格子付きイオンスラスタ、Hall 効果スラスタ、コロイドスラスタ/場効果スラスタ (field effect thruster)、アークジェット、およびレジストジェットなどの、低動力の (例えば、電気) 推進システムを使用することにより、比較的物理的に小さいパッケージおよび低フットプリントの形で、宇宙船ビークル 2 0 (図 1 A) に対して、宇宙船のための作業を提供することができる。このような電気推進システムは、宇宙船 2 0 のポジショニングを調整するための 1 回または複数回の噴射のために、選択される時間にわたって必要となる量の推進を引き起こすことができる (例えば、2 4 時間で 2 回の噴射)、ここでは、各々の推進が選択される時間だけ継続する。いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 が、宇宙船およびポッド 1 0 2 のソーラーアレイ 2 1 2 の天頂の方を向く側 (例えば、地球の反対側) に配置され得、それにより一日のうち少なくとも 1 2 時間にわたって邪魔されることなく日光を受けることができる。いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 のソーラーアレイ 2 1 2 が完全に照らされている間において 1 回のスラスタ噴射が行われ得、対してポッド 1 0 2 のソーラーアレイ 2 1 2 が宇宙船ボディによって完全に覆い隠される間において 2 回目のスラスタ噴射が行われる。

10

【 0 0 7 0 】

いくつかの実施形態では、2 4 時間の間における各々のスラスタ噴射が、宇宙船 2 0 のボディによりポッド 1 0 2 のソーラーアレイ 2 1 2 が覆い隠される時間のうちの一部分を有してもよい。いくつかの実施形態では、2 4 時間の間における各スラスタ噴射が、ポッド 1 0 2 のソーラーアレイ 2 0 2 が完全に照らされている間において、行われてもよい。バッテリー (例えば、リチウム - イオンバッテリーなどの、バッテリー 2 1 4) が、ポッド 1 0 2 が太陽に照らされている時間において、エネルギーを保存するのに使用され得、バッテリー 2 1 4 が、日光のない時間におけるポッド 1 0 2 のバスパワードロー (bus power draw) さらにスラスタ噴射の動力をサポートするようにサイズ決定され得る。いくつかの実施形態では、スラスタ噴射が化学的なスラスタを用いて実施される。

20

【 0 0 7 1 】

いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 の動力・推進システム 2 1 0 の推進燃料が、選択される期間 (例えば、少なくとも複数年) にわたって宇宙船 2 0 (図 1 A) の静止位置の保持 (例えば、必要とされる操縦および運動量の調整) をサポートするための量の推進燃料を有することができる (例えば、約 2 5 k g、5 0 k g、1 0 0 k g、1 5 0 k g、またはそれ以上)。ポッド 1 0 2 が発射前に推進燃料を充填されていてよく、その結果、軌道内にくると推進燃料の移送が必要なくなる。宇宙船 2 0 が動作寿命の継続のために異なる軌道口セッションへと再配置されるのを必要とするかまたはその動作寿命の終了に近づいている場合、動作寿命の延長または寿命末期での廃棄のために宇宙船 2 0 を、異なる軌道まで、異なる軌道位置まで、またはその組み合わせで、移動させることを目的として、ポッド 1 0 2 の推進のスケジュールおよび位置が、宇宙船 2 0 の軌道速度の方向において速度変化をもたらすように、調整され得る。

30

40

【 0 0 7 2 】

いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 の燃料または推進燃料が、宇宙船 2 0 の 1 つまたは複数のシステムに依存することなく、宇宙船 2 0 で作業を行うのに利用され得る。例えば、宇宙船 2 0 で作業を行うのに (例えば、操縦、および/または宇宙船 2 0 の姿勢を含めた少なくとも 1 つの運動量の調整)、ポッド 1 0 2 の推進燃料のみが利用され得る。

【 0 0 7 3 】

図 1 A および図 3 を参照すると、いくつかの実施形態では、宇宙船 2 0 で作業を行うのに、宇宙船 2 0 の燃料タンク 2 4 が迂回され得る (例えば、利用されない)。例えば、ポッド 1 0 2 の推進燃料 (例えば、図 1 B に示される構成と同様の構成においてタンク 1 4 1 から供給されるか、またはポッド 1 0 2 の推進システム 2 1 0 のタンクから供給される)

50

が、（例えば、宇宙船 20 の燃料タンク 24 を迂回しながら）ターゲット宇宙船 20 の推進燃料システム 22 の一部分へと供給され得る（例えば、直接に供給され得る）。このような実施形態では、推進燃料を宇宙船 20 のタンク 24 へと移送（例えば、燃料補給）することなく（例えば、燃料補給手順を介する）、宇宙船 20 で作業を行うのにポッド 102 の推進燃料が利用され得る。例えば、ポッド 102 の推進燃料が、宇宙船 20 の燃料システムの一部に連通され得る（例えば、結合機構 152、対合するアダプタ 145（図 1B）、などを介して流体連通され得る）。いくつかの実施形態では、このような既存の接続部が宇宙船 20 上に存在してよい。いくつかの実施形態では、宇宙船作業用デバイス 100 およびポッド 102 のうちの一方または両方が、宇宙船 20 上の接続部の少なくとも一部分のところに装着され得る。

10

【0074】

ポッド 102 からの推進燃料がターゲット宇宙船 20 の推進燃料システム 22 の中まで移送され得、推進燃料システム 22 の 1 つまたは複数のスラスタを例えば使用して、宇宙船 20 で作業を行う（例えば、操縦、および / または宇宙船 20 の少なくとも 1 つの運動量の調整）のに利用され得る。

【0075】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 が、ポッド 102 を独立して移動させるための推進デバイスを有さなくてよい。

いくつかの実施形態では、ポッド 102 が、例えば 700 キログラム（kg）未満といったように、比較的小さい総質量を有することができる（例えば、600 kg 未満、500 kg 未満、400 kg 未満、350 kg 未満、300 kg 未満、またはそれ以下）。

20

【0076】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 が、宇宙船 20 の上に永久的に留まり、回収または交換されないように、構成される。いくつかの実施形態では、ポッド 102 が宇宙船 20 から脱着され得、別のクライアント宇宙船上で使用され得る。いくつかの実施形態では、ポッド 102 が宇宙船 20 から脱着され得、宇宙船作業用デバイス 100 または再供給デバイス 30 によって燃料補給され得、宇宙船 20 に再び取り付けられ得る。

【0077】

ポッド 102 が、任意適切な種類のかつ任意適切な数の電子デバイス上に設けられるような、電力制御装置（例えば、単一の回路ボードの電力制御装置 220）と、飛行制御装置（例えば、単一の回路ボードの航空電子工学制御装置 222）とを有することができる。

30

【0078】

ポッド 102 が、アンテナ 208 および送受信機（XCVR）と通信するかまたは通信状態にある通信サブシステム 224 を有することができる（例えば、無線周波（RF））。ポッド 102 の通信サブシステム 224 が、継続的な接触を必要とするのではなく断続的な接触を用いる市販の通信サービスで動作するように設計され得る。

【0079】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 の通信デバイス（例えば、通信サブシステム 224）が、ターゲット宇宙船 20（図 1A）の軌道または速度のうちの少なくとも一方に関連する（例えば、宇宙船 20 の運動量に関連する）データを受信することができる。このようなデータが、ポッド 102 から離れたところにあるロケーションからポッド 102 へと伝送され得るかまたは他の形で伝えられ得る（例えば、直接に、または地上局、衛星中継、直接的な伝送、および / またはターゲット宇宙船 20 などからの直接の電気接続を介して、間接的に、）。このようなデータが関連の噴射のための計算を含むことができ、および / またはポッド 102 のシステムがデータに基づいて噴射のための計算を実施することができる。いくつかの実施形態では、遠隔測定データが、直接に、または地上局を介して間接的に、ターゲット宇宙船 20 からポッド 102 へと提供され得る（例えば、無線周波リンクを介する）。いくつかの実施形態では、遠隔測定データが、ターゲット宇宙船 20 および宇宙船作業用デバイス 100 のうちの一方または両方から、または地上局から、直接にまたは間接的に、ポッド 102 へと提供され得る。

40

50

## 【 0 0 8 0 】

ポッド 1 0 2 が一定期間（例えば、8 時間から 1 2 時間）にわたって遠隔測定データを保存することができ、選択されるスケジュールに基づいてポーリングする（例えば、一日に 2 回または 3 回）ときにこのデータを通信ネットワークに戻すことができる。全体のデータセットは比較的少量であってよく、それにより接触時間を相対的に短縮することができ、それにより複数年の期間にわたって多数のポッド 1 0 2 を動作させることにおいて低コストのフットプリントを実現する。いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 が、ターゲット宇宙船 2 0（図 1 A）の地球ではない方を向く側に配置され得る。地上局のアンテナまでのおよび/または軌道を周回する通信サービスまでの見通し線を提供するために、送受信機のアンテナ 2 0 8 がスラスト組立体 2 0 0 を担持する同一のブーム上に配置され得、それによりクリアな見通し線が得られる。比較的妥当であるようなゲインアンテナ 2 0 8 と併せて、地球同期軌道範囲と、本質的に低動力であるポッド 1 0 2 の構成要素とが与えられることにより、ポッド 1 0 2 が比較的低いデータ速度（例えば、1 k b / 秒未満、数 k b / 秒未満、など）でデータを転送および返信する。したがって、ポッド 1 0 2 が、地球からの宇宙船 2 0 のための宇宙船オペレータによって指定される調整に従うようにその推進スケジュールおよびブームのポインティングを調整するための限定のセットのコマンドを受信することができる。

10

## 【 0 0 8 1 】

いくつかの実施形態では、システム 1 0（図 1 A）の 1 つまたは複数の部分（例えば、ポッド 1 0 2）が、フレキシブル周波数送受信機を利用することができ、このフレキシブル周波数送受信機が、宇宙船 2 0 に関連付けられる地上局とポッド 2 0 が通信するのを可能にすることができる。フレキシブル周波数送受信機を使用することによりおよび宇宙船 2 0 のための既存の地上システムを使用することにより、ポッド 1 0 2 が、ポッド 1 0 2 と宇宙船 2 0 のための地上局との間でのコマンド・遠隔測定の接続性を確立することにおいて、追加的な定期的な機関によるライセンス付与または第三者機関による作業を一切必要としなくてよい。これにより、定期的な開示またはライセンス付与をほぼ必要とすることなくまたは一切必要とすることなく、相対的に追加の出資を最小限にして、宇宙船 2 0 のオペレータがポッド 1 0 2 に対しての制御（例えば、完全な制御）を確立することが可能となる。ターゲット宇宙船 2 0 のマーケットベース（market base）には、通信のために C バンドまたは Ku バンドの RF 周波数を利用する宇宙船 2 0 が比較的多く含まれることを考慮すると、発射されるポッド 1 0 2 が、C バンドまたは Ku バンドの送受信機を有するように構成されてよい。発射前の調整により、初期能力により発射されるかまたは再供給用宇宙船内で発射されるような、C バンドベースのまたは Ku バンドベースの通信システムを備えるポッド 1 0 2 の比率を確立することができる。ターゲット宇宙船 2 0 が C バンド通信または Ku バンド通信を利用しない場合、ポッド 1 0 2 は、ターゲット宇宙船 2 0 の通信システムに実質的に適合するような種類の通信システムを実装するように構成され得るか、あるいは C バンドまたは Ku バンドのポッド 1 0 2 が、異なる種類の通信システムを有するターゲット宇宙船 2 0 と共に利用されてもよい。いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 が、選択される期間（例えば、8 時間から 1 2 時間）にわたってその遠隔測定データを保存することができ、ポーリングする（例えば、一日に 2 回または 3 回）ときにこのデータを通信ネットワークに戻すことができる。

20

30

40

## 【 0 0 8 2 】

いくつかの実施形態では、フレキシブル周波数送受信機の周波数が軌道内にあるターゲット宇宙船 2 0 に基づいて修正され得る（例えば、ターゲット宇宙船 2 0 によって利用される 1 つまたは複数の周波数帯のうちの未使用部分を利用することを目的とする）ことを理由として、フレキシブル周波数送受信機がポッド 1 0 2 を多様なターゲット宇宙船 2 0 に繋ぐのを可能にすることができる。

## 【 0 0 8 3 】

いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 と宇宙船作業用デバイス 1 0 0 との間の宇宙間コマンドおよび遠隔測定リンクが、ポッド 1 0 2 を宇宙船 2 0 の地上システムに繋げるため

50



に宇宙船作業用デバイス 100 の比較的高いゲインおよび動力を利用するように実装され得る。いくつかの実施形態では、このテクニックが、ポッド 102 に対して宇宙船作業用デバイス 100 が非常に近接しているときに採用され得、および / またはポッド 102 のスラスト噴射のスケジュールのために臨時の調整が必要となる可能性がある場合にのみ長期間のオペレーションのために宇宙船作業用デバイス 100 が据え付けられ得るときに、採用され得る（例えば、調整は毎週実施されるか、毎月実施されるか、より長いインターバルで実施される）。

#### 【0084】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 の通信システムが、宇宙船 20 のアップリンクアンテナに対してポッド 102 のアンテナを近接させることを利用するように設計される送受信機を使用することができ、それによりスペクトル拡散遠隔測定信号をポッド 102 から宇宙船 20 のアップリンク内へと送る。次いで、この信号が宇宙船 20 の通信システムによる高いゲインブーストを受け取り、それにより遠隔測定データをポッド 102 から地上へと送信する。

10

#### 【0085】

本明細書で開示されるポッド 102 内の種々の通信システムが、ポッド 102 の機能およびポッド 102 によって達成される成果をほぼ実時間で監視するのを可能にすることができ、ここでは地球同期軌道から地上までの光の速度のみがタイムラグの原因となる。このような構成は、ポッド 102 が複数の機能（例えば、上述した機能など）を遂行するのを可能にすることができ、ここではこれらの機能が性能データを地上局に返信することができる。さらに、地上局内のさらにはターゲット宇宙船 20 またはポッド 102 内のソフトウェアが、光の速度のタイムラグで「ループを閉じる」のに利用され得、その結果、ターゲット宇宙船 20 を制御するために、ポッド 102 またはターゲット宇宙船 20 からのデータがターゲット宇宙船 20 またはポッド 102 に付随のソフトウェアの中へ送達され得るようになる。いくつかの実施形態では、ポッド 102 がポッド 102 のホストである宇宙船 20 と直接に通信する必要がなく、地上局を介して光の速度の往復のタイムラグで宇宙船 20 と通信してよい。このような実施形態では、宇宙船に対してポッド 102 が作業を行う形態で実現され得るような複雑な機能の場合に「ループを閉じる」ことが可能である。例えば、この複雑な機能には、宇宙船 20 からの遠隔測定データを使用する地上のソフトウェアまたはポッドのソフトウェアの中にあるジンバル制御論理により、ポッド 102 のスラスト組立体 200 を用いて宇宙船 20 の 3 軸運動量を管理する能力が含まれてよい。

20

30

#### 【0086】

ポッド 102 を別の宇宙船 20（図 1A）の上に配備して取り付けのために、ポッド 102 が、宇宙船 20 に取り付けられるように構成される取り付け構造部（例えば、ターゲット宇宙船 20 にドッキングすること、ターゲット宇宙船 20 に係留されること、ターゲット宇宙船 20 に取り付けられること、ターゲット宇宙船 20 を保持すること、またはこれらの組み合わせ、のうちの 1 つまたは複数を行うように構成される結合機構 226）、ならびに / あるいは宇宙船作業用デバイス 100（図 2A）の構造部（例えば、ロボットアーム 122）によって係合され得る 1 つまたは複数の結合構造部（例えば、握持機構 228）を有することができる。結合機構 226 がメインボディ 201 に移動可能に設置され得る（例えば、ジンバル 230 を用いる）。

40

#### 【0087】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 のスラスト組立体 200 が多軸アクチュエータシステム（例えば、複数のジンバルならびに / あるいは平行移動デバイスまたは回転デバイスによって画定される）上に配置され得る。例えば、ジンバル 204 が第 1 の軸方向にスラスト組立体 200 を移動させるように構成され得、ジンバル 205 が、第 1 の軸方向に対して横向きである第 2 の軸方向にスラスト組立体 200 を移動させるように構成され得る。いくつかの実施形態では、ジンバル 204、205 がスラスト組立体 200 のところに配列され得る。いくつかの実施形態では、ジンバル 204、205 がブームによって分

50

離され得る。ポッド 102 が、宇宙船ボディに対してジンバル 204、205 を位置決めするための第 3 のジンバル 230 を有することができる（例えば、宇宙船 20（図 1A）を基準としてメインボディ 201 を回転させる）。いくつかの実施形態では、ポッド 102 が、ジンバル 204 の近くにある第 3 のジンバル 230 を有することができる（例えば、メインボディ 201 とブーム 206 との間）。このような第 3 のジンバル 230 が、3 自由度（例えば、3 回転自由度）を得るようにジンバル 204、205 と協働して機能することができる。

【0088】

いくつかの実施形態では、握持機構 228 が、宇宙船作業用デバイス 100（図 2A）のロボットアーム 122 に結合されるのを容易にするために 1 つまたは複数の構造 232 に

10

【0089】

ポッド 102 が、ポッド 102 を宇宙船作業用デバイス 100（図 2A）に固定するのに利用される機構を有することができる。例えば、ポッド 102 が、宇宙船作業用デバイス 100 の一部分に結合される収容機構 234（例えば、構造 232 によりメインボディ 201 から離間され得る）を有することができる。他の実施形態では、上記の既存の構造部（例えば、結合機構 226、および/または握持機構 228）のうちの 1 つまたは複数の構造部、あるいは別の構造部が、ポッド 102 を宇宙船作業用デバイス 100 に固定するのに使用され得る。

【0090】

上で考察したように、ポッド 102 が、例えば宇宙船 20 の制御システムから分離されている間において（例えば、繋がれていない）、宇宙船 20（図 1A）に対して軌道速度の変化をもたらす（例えば、静止位置の保持、再配置、EOLでの廃棄）ように構成され得る。言い換えると、ポッド 102 のみが、宇宙船 20 に取り付けられているが宇宙船 20 の制御システムに繋がれていない間において宇宙船 20 の経路（例えば、軌道）を変化させることができる。速度変化はスラスト 202（例えば、イオンスラスト、Hall 電流スラスト、格子付きイオンスラスト、Hall 効果スラスト、あるいは任意的なレベルの推進を引き起こす他の任意適切な種類の電気スラストまたは化学的なスラスト）によりもたらされ得る。

20

【0091】

いくつかの実施形態では、上で考察したように、ポッド 102 が少なくとも部分的に、宇宙船 20（図 1A）に（例えば、宇宙船 20 の外側に）結合される補助燃料タンク（例えば、高圧キセノン、ヒドラジン、ヘリウム、四酸化窒素（NTO）、低毒性の推進燃料、これらの組み合わせ、または任意適切な他の燃料のタンク）として機能することができる。例えば、ポッド 102 が、動力・推進システム 210 内にこのようなタンクのうちの 1 つまたは複数のタンクを有することができる。他の実施形態では、後で考察するように、ポッド 102 が、タンクを宇宙船 20 に取り付けタンクを宇宙船に連通させるように構成される付随の部品を備える燃料タンクのみを備えることができる。

30

【0092】

いくつかの実施形態では、ポッド 102 が、実質的に、補助タンクシステムのみを備えることができ、上述の構成要素のうちの大分部を有さなくてよい。このように補助タンクシステムポッド 102 は、初期状態においてシステムを与圧するための作業用弁、設備のためのおよび宇宙船に対しての取り付けのための機械的サポート、握持用の付属物、ならびに/あるいは受動的熱制御装置を有することができる。いくつかの実施形態では、配備デバイス（例えば、ロボットアーム）が、補助タンクポッド 102 をその目的地に配置するのに使用され得、目的地はタンクのホストとなるようにまたはタンクのホストとならないように協働的に設計され得る。この移送タンクポッド 102 のためのターゲット宇宙船 20 がガスおよび流体の移送のための協働的に設計されるインターフェースを有することができるか、または宇宙船 20 がこのようなインターフェースを有さない場合は、補助タンクポッド 102 が、この宇宙船 20 の上にある多

40

50

様なサイズおよび構成の付属具に適合するように構成されるインターフェースを有することができる。

【 0 0 9 3 】

図 4 が、第 1 の推進ベクトルの向き 3 0 1 を有する第 1 の構成 3 0 0 における、および第 2 の推進ベクトルの向き 3 0 3 を有する第 2 の構成 3 0 2 における、宇宙船 2 0 に取り付けられたポッド 1 0 2 の簡略化された概略図である。図 3 および 4 を参照すると、ジンバル 2 0 4、2 0 5、2 3 0 が、宇宙船 2 0 の質量中心を通るように推進力ベクトルを方向付けるための選択される数の自由度（例えば、2 自由度、3 自由度）を提供することができる。推進が、軌道内にある宇宙船 2 0 の初期位置に基づいて、コマンドにより（例えば、離れた地上局からの）および / またはスケジュールにより（例えば、所定のスケジュール、および / またはポッド 1 0 2 に能動的に伝送されるスケジュール）引き起こされ得、静止位置の保持における、および宇宙船 2 0 のサブシステムから運動量を取り除くことにおける、負荷を低減するかまたはさらには排除することができる。いくつかの実施形態では、推進力の大きさおよび / または推進力ベクトルが、ポッド 1 0 2 までの通信リンクを介して、任意の所望のスケジュールで、ポッド 1 0 2 に伝送され得る。

10

【 0 0 9 4 】

第 1 の推進ベクトルの向き 3 0 1 を実現するジンバル 2 0 4、2 0 5、2 3 0 の第 1 の構成 3 0 0（例えば、3 回転自由度）で示されるように、推進力が主として南の方向に加えられ得、つまり宇宙船軌道方向に対して非垂直である方向に加えられ得る。同様に、第 2 の推進ベクトルの向き 3 0 3 を実現するジンバル 2 0 4、2 0 5、2 3 0 の第 2 の構成 0 3 2 で示されるように、推進力が主として北の方向に加えられ得るか、または宇宙船軌道方向に対して垂直な方向に加えられ得る。図 4 に示されるように、各構成が、軌道速度の正方向および負方向において推進ベクトルの成分を有することができる。図 5 に示されるように、各構成（例えば、南向きの構成、および北向きの構成）における推進ベクトルがさらに、宇宙船の軌道の径方向において有意な大きさの成分を有することができる。コマンドによる（例えば、離れた地上局から）ならびに / あるいはスケジュール（例えば、所定のスケジュール、および / またはポッド 1 0 2 に能動的に伝送されるスケジュール）によるスラストベクトルおよび噴射持続時間のわずかな変化が、後で考察するように、宇宙船 2 0 の静止位置の保持さらには運動量の調整を実施するのに使用される。いくつかの実施形態では、軌道内にあるときに推進ベクトルが多様な時間において宇宙船の周りの多様なロケーションのところに適用され得、それにより宇宙船の軌道要素の制御および宇宙船の運動量の管理を最適化する。

20

30

【 0 0 9 5 】

ポッド 1 0 2 からのこの追加の推進が、例えば、9 0 % 以上で、また最大で 1 0 0 % で、宇宙船 2 0 からの推進燃料の消費速度を低減することができ、それにより宇宙船 2 0 のミッションライフを延ばすように機能する。

【 0 0 9 6 】

一般に 1 回の起動継続時間（すなわち、噴射）において宇宙船 2 0 の軌道要素のドリフトを完全に排除するようには推進力が提供され得ないことを考慮して、各々の 1 回のスラスト起動継続時間において、ポッド 1 0 2 が宇宙船 2 0 に対して 1 つまたは複数の軌道方向（例えば、軌道の径方向、垂直方向、非垂直方向、面方向）において方向性を有するわずかな速度を誘発することができ、さらには複数の起動継続時間を組み合わせることを介して、宇宙船 2 0 のすべての軌道要素の制御を達成することができる。例えば、1 回の軌道周回（例えば、一日における 2 つの 1 2 時間の継続期間）における選択されるインターバルのために、および 1 週間、2 週間、3 週間、1 ヶ月、またはそれより長い継続期間における多様な軌道周回のために、ポッド 1 0 2 の推進スケジュールが計画され得る。このようなスケジュールは、スラスト噴射と、付随のジンバル角度とを組み合わせるのを実現することができ、それにより速度変化を引き起こし、速度変化が一部のまたはすべての軌道要素を制御し、さらには速度変化と共にまたは速度変化とは別個に宇宙船の運動量を調整する。

40

50

## 【 0 0 9 7 】

図 5 が、第 1 の推進ベクトルの向き 3 0 5 を有する第 1 の構成 3 0 4 におけるおよび第 2 の推進ベクトルの向き 3 0 7 を有する第 2 の構成 3 0 6 における、宇宙船 2 0 に取り付けられたポッド 1 0 2 (例えば、図 4 の図から 9 0 度回転させられる)の別の簡略化された概略図を提供する。図 3 および 5 を参照すると、ジンバル 2 0 4、2 0 5 が、宇宙船 2 0 の質量中心 1 5 8 を通るよう推進力ベクトル 3 0 5、3 0 7 を方向付けるための 2 自由度を提供することができる。描かれるように、一日における 1 2 時間のインターバルの 2 つ期間のために(または、ターゲット宇宙船 2 0 のために所望の結果を提供する任意のインターバルのために)、ポッド 1 0 2 の推進スケジュールが計画され得る。このようなスケジュールはスラスト噴射 3 0 5、3 0 7 を組み合わせることを実現することができ、それにより速度変化を引き起こし、速度変化が互いを打ち消すことができるかまたは宇宙船の軌道の偏心を制御するのに使用される。

10

## 【 0 0 9 8 】

いくつかの実施形態では、推進のコマンドおよび/またはスケジュールが作られてポッド 1 0 2 に伝えられ得、それにより、少なくとも部分的に宇宙船 2 0 の特性に基づいて、宇宙船 2 0 の所望の軌道、位置、および/または速度を実現する。

## 【 0 0 9 9 】

いくつかの実施形態では、ポッド 1 0 2 の結合部分 3 1 0 (例えば、上で考察した拡大可能なドッキング機構 1 6 0 などの、ドッキング機構を含む)が、可動(例えば、回転可能な)ジョイントを有することができる。例えば、回転可能な結合部分 3 1 0 が、ターゲット宇宙船 2 0 を基準としてポッド 1 0 2 を回転させるのを可能にしながらポッド 1 0 2 をターゲット宇宙船 2 0 に固定することができる(例えば、ターゲット宇宙船のエンジン 3 1 4 の一部分に溶接することにより)。このような構成により、スラストブームアーム 3 1 2 の自由度を得ることが可能となる(例えば、第 3 のジンバル 2 3 0 (図 3)などの別個の可動ジョイントの必要性を排除し、さらには 2 つ以上のスラストジンバル組立体の必要性を排除する)。

20

## 【 0 1 0 0 】

図 6 が、宇宙船作業用システムの再供給デバイス(例えば、宇宙船作業用システム 1 0 (図 1 A)の再供給デバイス 3 0)の簡略化された概略図である。図 6 に示されるように、再供給デバイス 3 0 が、構造 4 0 0 (例えば、E S P A リング)に取り付けられるかまたは構造 4 0 0 内に収容される複数のポッド 1 0 2 を有することができる。いくつかの実施形態では、各ポッド 1 0 2 が、構造 4 0 0 に結合されるためのそれぞれの取り付け機構 4 0 1 を有することができる。構造 4 0 0 が複数の結合装置を有することができる。これらは、例えば、発射ピークルの観測機器のうちの 1 つの観測機器に接続されるためのまたは発射ピークル自体に接続されるための、第 1 の結合装置 4 0 2 および第 2 の結合装置 4 0 4 である。構造 4 0 0 が、再供給デバイス 3 0 を制御すること、再供給デバイス 3 0 を監視すること、再供給デバイス 3 0 に動力供給することなどを目的とする、1 つまたは複数の宇宙船システムを備えるバス 4 0 6 を有することができる。構造 4 0 0 が、システム 1 0 (図 1 A)(例えば、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 (図 2 A))の別の部分に結合されるように構成される握持構造部 4 0 8 を有することができる。例えば、握持構造部 4 0 8 が、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 のロボットアーム 1 2 2 を結合することができるものの構造を備えることができる(図 2 A)。いくつかの実施形態では、再供給デバイスの 3 0 の構造が、分離リングおよび/または宇宙船エンジンの類似の構造部(例えば、同様の形状および/または構成を有する構造)を有することができ、その結果、宇宙船作業用デバイス 1 0 0 をそれらにドッキングすることができるようになる。

30

40

## 【 0 1 0 1 】

図 7 から図 1 0 が、本開示の 1 つまたは複数の実施形態による、宇宙船作業用デバイスに結合される複数のポッドを有する宇宙船作業用デバイスの種々の実施形態を描いている。図 7 に示されるように、宇宙船作業用デバイス 5 0 0 が、1 つまたは複数の環状構造 5 0 2 (例えば、軸方向において互いの上に積み重ねられる 2 つの E S P A リング)によって

50

画定され得る。ポッド 1 0 2 が環状構造 5 0 2 の周りに結合され得る（例えば、少なくとも 2 つのポッド 1 0 2 のスタックとして）。例えば、ポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 の周りに画定される各ポートに結合され得る。ツール（例えば、ロボットアーム 5 0 6）が環状構造 5 0 2 のうちの 1 つの環状構想に結合され得る（例えば、環状構造 5 0 2 の一方側の、径方向に延在する表面に結合され得る）。

【 0 1 0 2 】

図 8 に示されるように、宇宙船作業用デバイス 5 0 0 が、環状構造 5 0 2 の周りに結合される異なる構成のポッド 1 0 2 を有することができる。例えば、ポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 の周りに画定される各ポートに結合され得る。第 2 の列のポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 の隣に配置される（例えば、環状構造に隣接するおよび / または結合される）それぞれのポッド 1 0 2 に結合され得る。別のセットのポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 から延在する 2 つのポッド 1 0 2 のセットの間に配置され得る（例えば、結合され得る）。いくつかの実施形態では、選択される大きさのクリアランスがポッド 1 0 2 の間に設けられ得る（例えば、クリアランスが存在しないことも含まれる）。いくつかの実施形態では、最も外側のポッド 1 0 2 が、発射ビークル（例えば、観測機器のフェアリング）の一部分の直径の範囲内に配置されるか、この直径まで延在するか、またはこの直径を越えて延在するように、構成され得る。

【 0 1 0 3 】

図 9 に示されるように、宇宙船作業用デバイス 5 0 0 が、環状構造 5 0 2 の周りに結合される異なる構成のポッド 1 0 2 を有することができる。例えば、ポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 の周りに画定される各ポートに結合され得るが、各ポートから離間される。第 2 の列のポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 の隣に配置されるそれぞれのポッド 1 0 2 に隣接するように（例えば、結合されるように）配置され得る。別のセットのポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 から延在する 2 つのポッド 1 0 2 のセットの間に配置され得る（例えば、結合され得る）。

【 0 1 0 4 】

図 1 0 に示されるように、宇宙船作業用デバイス 5 0 0 が、環状構造 5 0 2 の周りに結合される異なる構成のポッド 1 0 2 を有することができる。例えば、選択される量のポッド 1 0 2（例えば、3 つのポッド 1 0 2）が、環状構造 5 0 2 の周りに画定される各ポートに結合され得る。第 2 の列のポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 の隣に配置されるそれぞれのポッド 1 0 2 に隣接するように（例えば、結合されるように）配置され得る。別のセットのポッド 1 0 2 が、環状構造 5 0 2 の隣に配置されるそれぞれのポッド 1 0 2 のいずれかの側に配置され得る（例えば、結合され得る）。

【 0 1 0 5 】

本開示の追加の非限定の実施形態には以下のものが含まれる：

実施形態 1：宇宙船作業用システムであって、この宇宙船作業用システムが：宇宙船作業用デバイスと；少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも 1 つのポッドであって、宇宙船作業用デバイスによって運ばれる、少なくとも 1 つのポッドとを備え、ここでは、宇宙船作業用デバイスが、少なくとも 1 つのポッドの少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船で作業することを目的として、宇宙船作業用システムの推進を利用して少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成され、宇宙船作業用デバイスが、ターゲット宇宙船に対して少なくとも 1 つのポッドが固定されるようになるまで少なくとも 1 つのポッドに少なくとも部分的に物理的に接触した状態を維持するように構成される。

【 0 1 0 6 】

実施形態 2：実施形態 1 の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、宇宙船作業用システムの推進のみを利用して少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成される。

【 0 1 0 7 】

実施形態 3：実施形態 1 または 2 の宇宙船作業用システムであって、少なくとも 1 つのポ

10

20

30

40

50

ッドの少なくとも1つの宇宙船作業用構成要素が、ターゲット宇宙船の軌道または速度のうちの少なくとも1つを変化させるように構成されるスラスト組立体を備える。

【0108】

実施形態4：実施形態1から3のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、宇宙船作業用デバイスを6つの移動軸で移動させるように構成される推進システムを備える。

【0109】

実施形態5：実施形態1から4のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、ターゲット宇宙船の一部分の特性を検出するように構成される少なくとも1つのセンサを備える。

10

【0110】

実施形態6：実施形態1から5のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、少なくとも1つのセンサが、ターゲット宇宙船のドッキング構造に関連する特性を検出するように構成される。

【0111】

実施形態7：実施形態1から6のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、少なくとも1つのセンサが、少なくとも1つのポッドの、配備、装着、または取り外しのうちの少なくとも1つを行うことを目的として、ターゲット宇宙船に対してのランデブーオペレーションまたは近接オペレーションのうちの少なくとも1つを容易にするように構成される。

20

【0112】

実施形態8：実施形態1から7のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、少なくとも1つのポッドが複数のポッドを含む。

実施形態9：実施形態1から8のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、複数のポッドを保管して複数のポッドの各々を複数のターゲット宇宙船のうちの1つのターゲット宇宙船に配備するように構成される。

【0113】

実施形態10：実施形態1から9のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、複数のポッドをターゲット宇宙船に配備するように構成される少なくとも1つの可動機構を備える。

30

【0114】

実施形態11：実施形態1から10のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、少なくとも1つの可動機構が、複数のポッドをターゲット宇宙船に配備するように構成されるロボットアームを備える。

【0115】

実施形態12：実施形態1から11のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、ターゲット宇宙船からの少なくとも1つのポッドを回収するようにおよび/またはターゲット宇宙船からの少なくとも1つのポッドに燃料補給するように構成される。

【0116】

40

実施形態13：実施形態1から12のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、この宇宙船作業用システムが、少なくとも1つの別のポッドを宇宙船作業用デバイスに供給するように構成される再供給デバイスをさらに備える。

【0117】

実施形態14：実施形態1から13のいずれか1つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、ターゲット宇宙船に隣接する位置に少なくとも1つのポッドを配置するように構成され、少なくとも1つのポッドが、少なくとも1つのポッドをターゲット宇宙船に固定することを目的としてターゲット宇宙船に隣接する位置においてターゲット宇宙船に係合されるように構成される結合機構を備える。

【0118】

50

実施形態 15：宇宙船作業用システムであって、この宇宙船作業用システムが：宇宙船作業用デバイスと；少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも 1 つのポッドであって、少なくとも 1 つのポッドが宇宙船作業用デバイスによって運ばれる、少なくとも 1 つのポッドとを備え、ここでは、宇宙船作業用デバイスが、少なくとも 1 つのポッドの少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船で作業することを目的として、少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成される。

【0119】

実施形態 16：実施形態 15 の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用システムが、宇宙船作業用システムの推進のみを利用して少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成される。

10

【0120】

実施形態 17：実施形態 15 または 16 の宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、ターゲット宇宙船に隣接する位置に少なくとも 1 つのポッドを配置するように構成され、少なくとも 1 つのポッドが、少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船に固定することを目的として、ターゲット宇宙船に隣接する位置においてターゲット宇宙船に係合されるように構成される結合機構を備える。

【0121】

実施形態 18：実施形態 15 から 17 のいずれか 1 つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素が、ターゲット宇宙船に対して、静止位置の保持、軌道上昇、運動量のバランシング、姿勢制御、再配置、軌道離脱、燃料補給、構成要素の交換、構成要素の追加、または修理、のうちの少なくとも 1 つを実施するように構成される。

20

【0122】

実施形態 19：宇宙船作業用システムであって、この宇宙船作業用システムが：少なくとも 1 つのセンサを備える宇宙船作業用デバイスと；少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を備える少なくとも 1 つのポッドであって、宇宙船作業用デバイスによって運ばれる、少なくとも 1 つのポッドとを備え、ここでは、宇宙船作業用デバイスが、少なくとも 1 つのポッドの少なくとも 1 つの宇宙船作業用構成要素を用いてターゲット宇宙船で作業することを目的として少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船まで移送するように構成され、少なくとも 1 つのセンサが、少なくとも 1 つのポッドをターゲット宇宙船まで移送することに関連するターゲット宇宙船の一部分の特性を検出するように構成される。

30

【0123】

実施形態 20：実施形態 19 の宇宙船作業用システムであって、少なくとも 1 つのセンサが、ターゲット宇宙船のドッキング構造に関連する特性を検出するように構成される。

実施形態 21：実施形態 19 または 20 のいずれか 1 つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、少なくとも 1 つのセンサが、少なくとも 1 つのポッドの、配備、装着、または取り外しのうちの少なくとも 1 つを行うことを目的として、ターゲット宇宙船に対してのランデブーオペレーションまたは近接オペレーションのうちの少なくとも 1 つを容易にするように構成される。

【0124】

40

実施形態 22：実施形態 19 から 21 のいずれか 1 つの実施形態の宇宙船作業用システムであって、この宇宙船作業用システムが、宇宙船作業用デバイスを 6 つの移動軸で移動させるように構成される推進システムをさらに備える。

【0125】

実施形態 23：宇宙船作業用デバイスと、複数のポッドとを備える宇宙船作業用システムであって、宇宙船作業用デバイスが、複数のポッドの、装着、補給、燃料補給、脱着、再装着、または再使用、のうちの少なくとも 2 つを行うように構成される。

【0126】

実施形態 24：宇宙船で作業する方法であって、この方法が：宇宙船に近接するところに宇宙船作業用デバイスを配置することと；宇宙船作業用デバイスに対して少なくとも 1 つ

50

のポッドが接触しているときに、少なくとも１つの宇宙船作業用構成要素を備える複数のポッドのうちの少なくとも１つのポッドを宇宙船まで移送することと、を含む。

【 0 1 2 7 】

実施形態 25：実施形態 24 の方法であって、この方法が、少なくとも１つのポッドの少なくとも１つの宇宙船作業用構成要素を用いて宇宙船で作業することをさらに含む。

実施形態 26：実施形態 24 または 25 の方法であって、この方法が、宇宙船作業用デバイスが選択される量の複数のポッドを複数の宇宙船まで移送した後で再供給用宇宙船を用いて別の複数のポッドを宇宙船作業用デバイスに供給することをさらに含む。

【 0 1 2 8 】

上述の開示のおよび添付図面に示される実施形態は本開示の範囲を限定するものではない。というのは、これらの実施形態が、添付の特許請求の範囲およびそれらの法的均等物によって定義される本開示の実施形態の単に例であるからである。いかなる等価の実施形態も本開示の範囲内にあることを意図される。実際には、本記述により、本明細書で示されて説明されるものに加えて、説明される要素の代替的な有用な組み合わせなどの、本開示の種々の修正形態が当業者には明らかとなろう。このような修正形態および実施形態も、添付の特許請求の範囲およびそれらの法的均等物の範囲内にあることを意図される。

10

20

30

40

50



【図面】

【図 1 A】

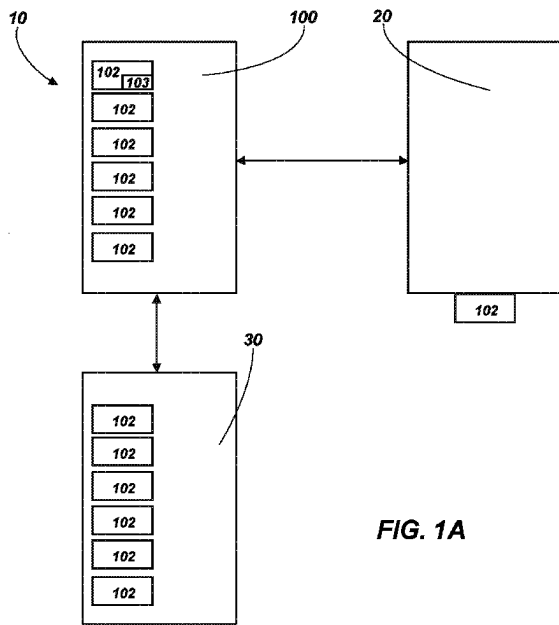


FIG. 1A

【図 1 B】

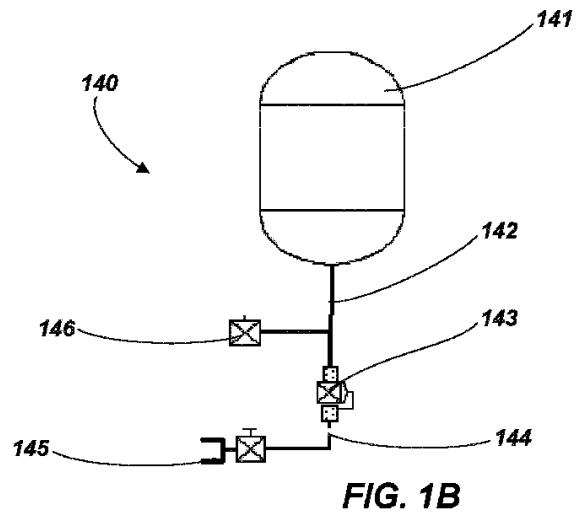


FIG. 1B

【図 2 A】

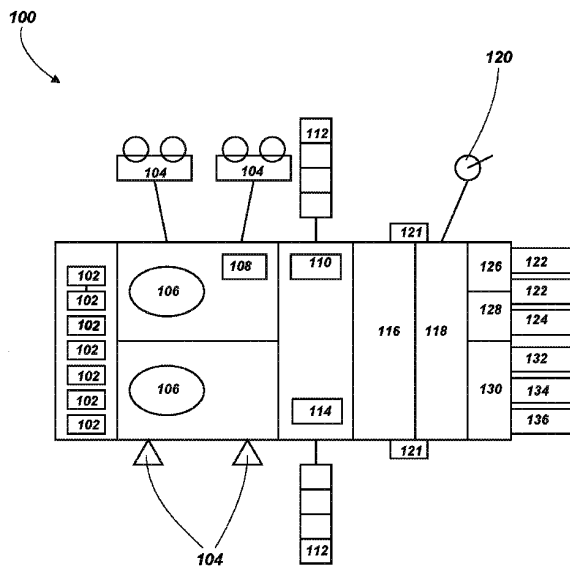


FIG. 2A

【図 2 B】

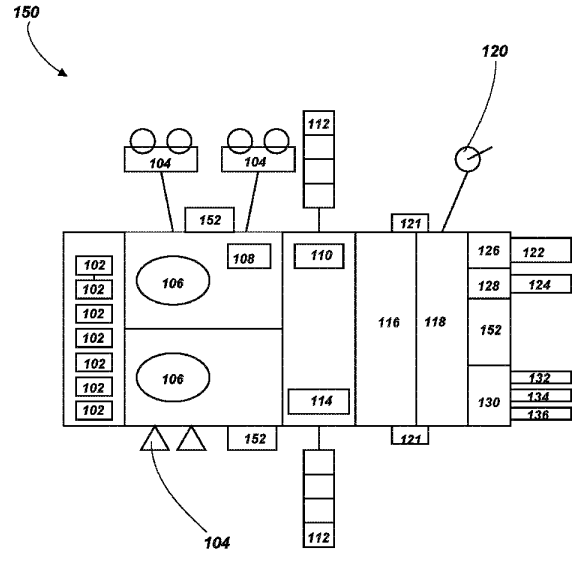


FIG. 2B

10

20

30

40

50

【図 2 C】

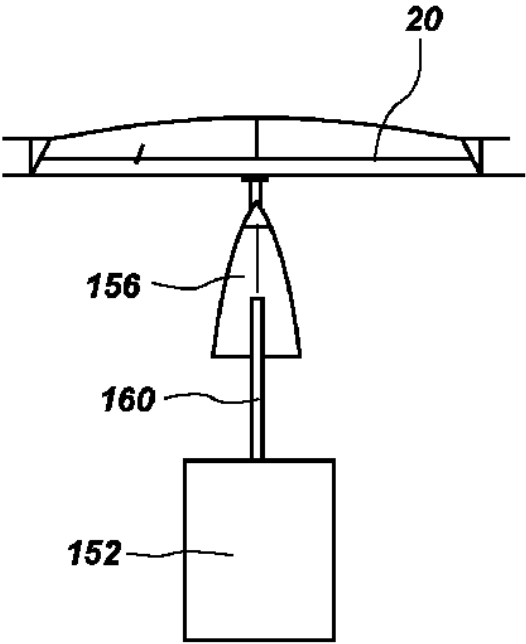


FIG. 2C

【図 2 D】

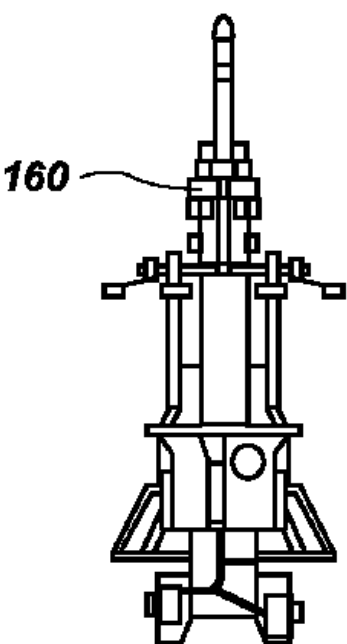


FIG. 2D

【図 2 E】

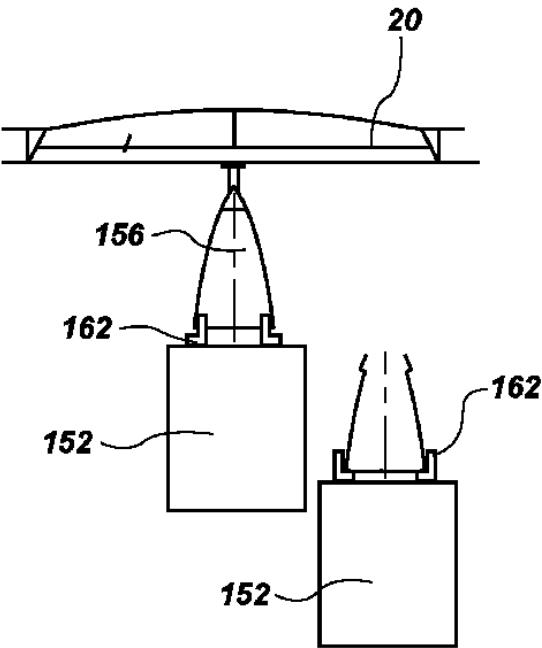


FIG. 2E

【図 2 F】

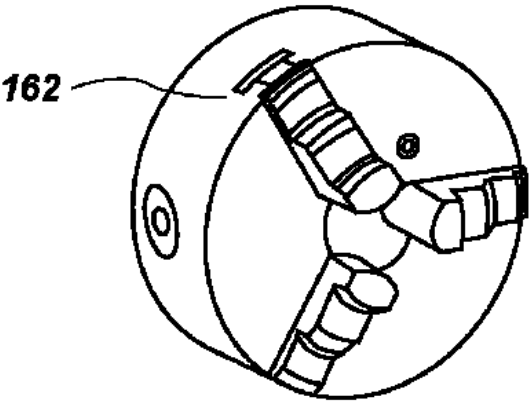


FIG. 2F

10

20

30

40

50

【図 2 G】

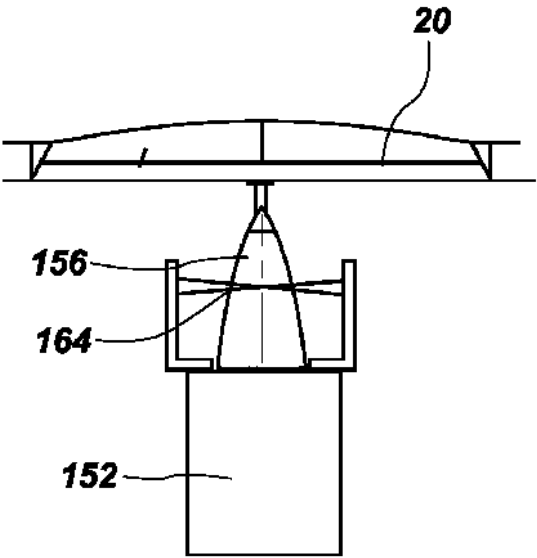


FIG. 2G

【図 2 H】

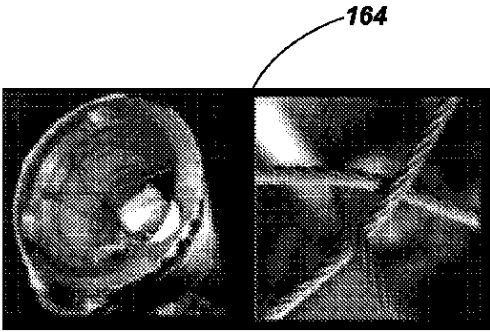


FIG. 2H

【図 2 I】

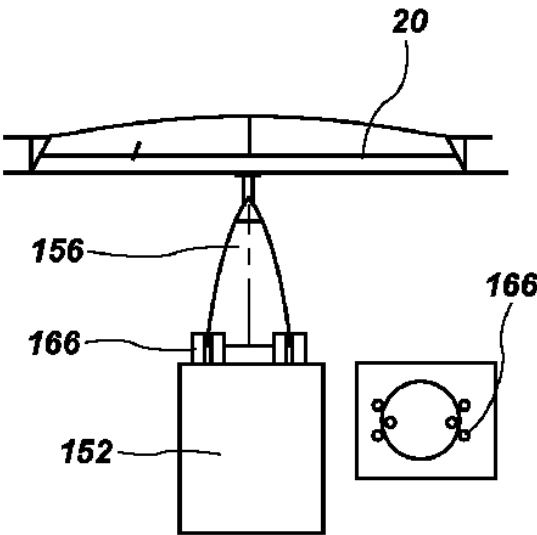


FIG. 2I

【図 2 J】

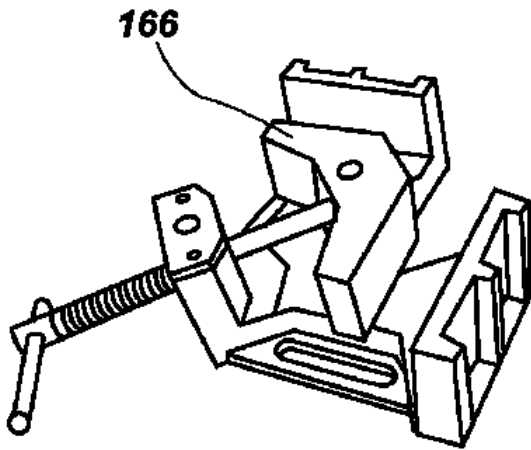


FIG. 2J

10

20

30

40

50

【図 2 K】

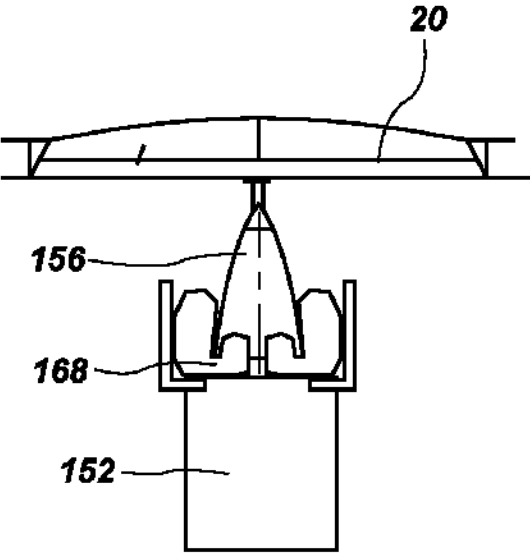


FIG. 2K

【図 2 L】

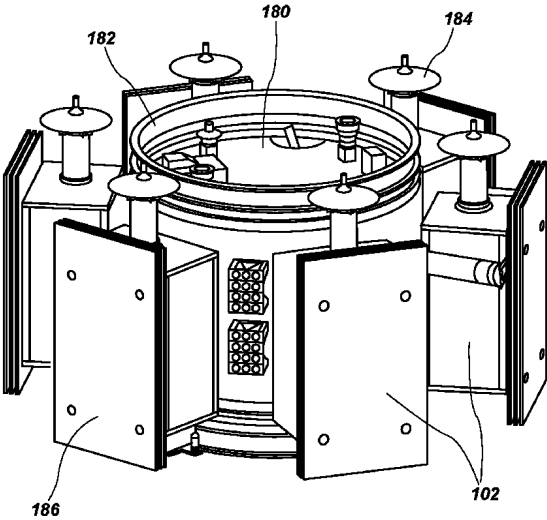


FIG. 2L

【図 3】

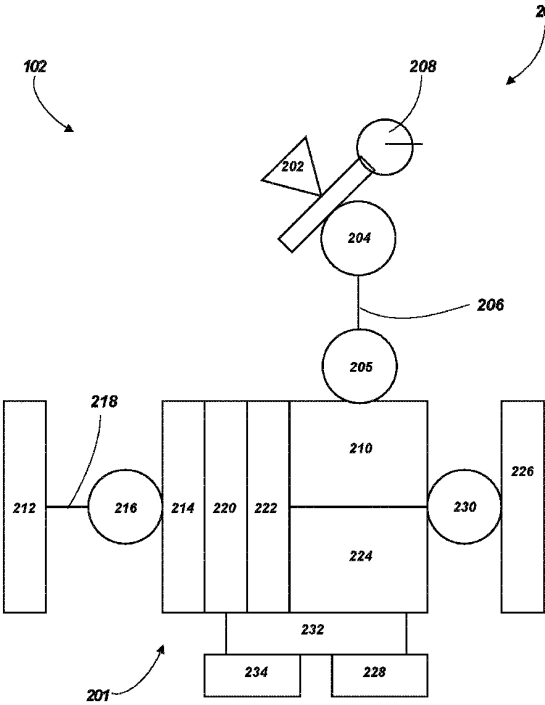


FIG. 3

【図 4】

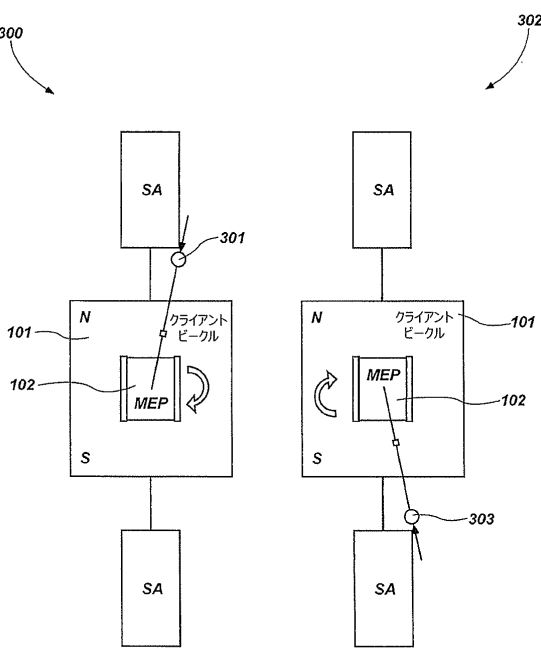


FIG. 4

10

20

30

40

50

【図 5】

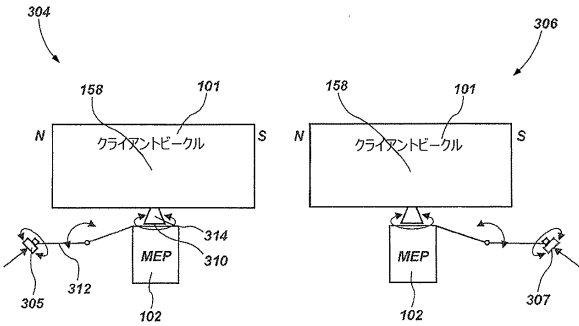


FIG. 5

【図 6】

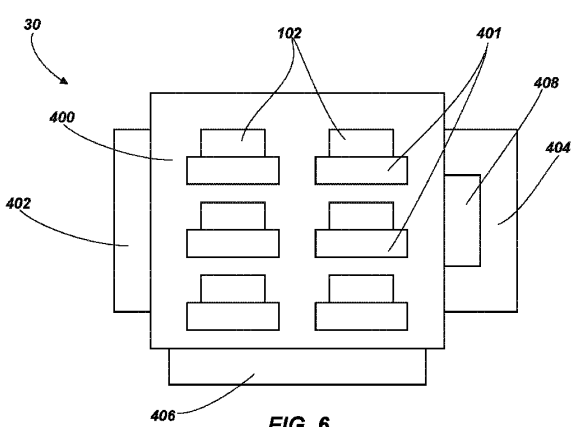


FIG. 6

【図 7】

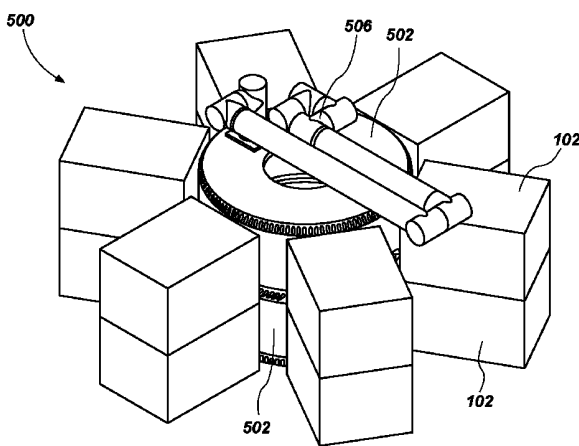


FIG. 7

【図 8】

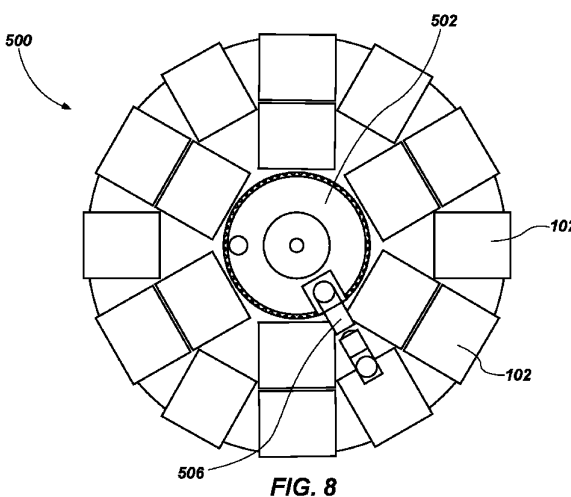


FIG. 8

10

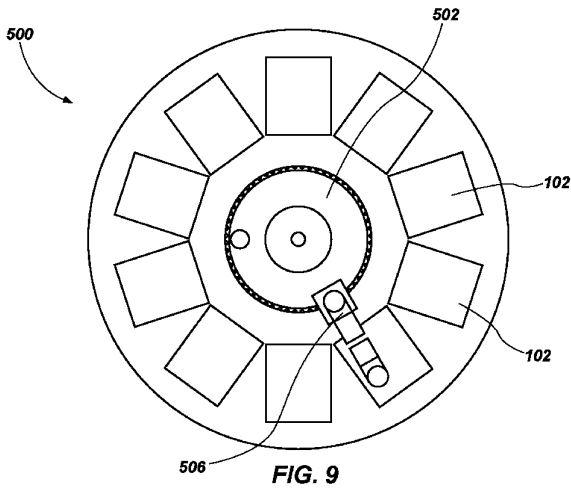
20

30

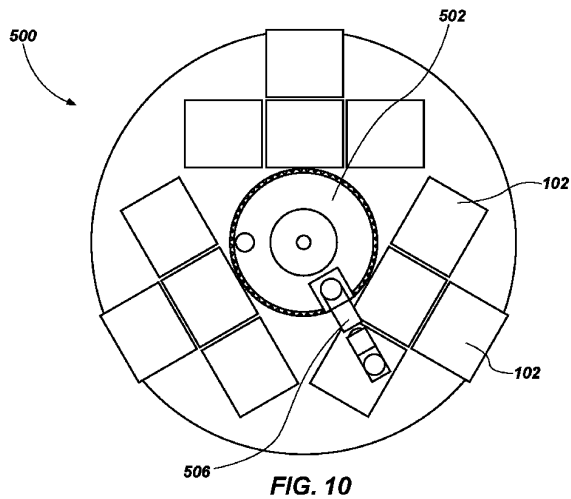
40

50

【 図 9 】



【 図 10 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

ート 2 2 1 3 1

(72)発明者 トリーチラー, ダニエル・カール

アメリカ合衆国バージニア州 2 0 1 7 5, リースバーグ, ジャニー・ストリート・サウスウエスト  
1 1 1 1

(72)発明者 オーティズ, オリバー・ベンジャミン

アメリカ合衆国メリーランド州 2 0 7 0 5, ベルツビル, ギャレット・アベニュー 4 8 1 0

(72)発明者 サリバン, ロバート・ブライアン

アメリカ合衆国バージニア州 2 0 1 5 1, シャンティリー, ビーチ・ダウン・ドライブ 3 6 2 0

(72)発明者 ニーダーストラッサー, カルロス・ギレルモ

アメリカ合衆国バージニア州 2 0 1 9 4, レストン, グローブハンプトン・コート 1 0 8 6 0

(72)発明者 グロゴウスキー, マイケル・ジョセフ

アメリカ合衆国バージニア州 2 0 1 7 6, リースバーグ, リッジバック・コート 1 8 8 5 6

(72)発明者 ロレンス, ウィリアム・エイ

アメリカ合衆国バージニア州 2 0 1 7 0, ハーンドン, マディソン・フォレスト・ドライブ 4 1 2

(72)発明者 チョウ, ケネス・シウ・キン

アメリカ合衆国バージニア州 2 2 0 6 6, グレート・フォールズ, スクワイアズ・トレイル 1 0  
1 0 0

(72)発明者 チポロ, ピーター・マイケル

アメリカ合衆国バージニア州 2 2 2 0 3, アーリントン, ナインス・ストリート・ノース 4 0 0  
1, ナンバー 6 2 5

審査官 林 政道

(56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 0 6 8 7 3 0 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

B 6 4 G 1 / 6 4

B 6 4 G 1 / 2 2

B 6 4 G 4 / 0 0

B 6 4 G 1 / 4 0

B 6 4 G 1 / 1 0