

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)公表特許公報(A)

(11)公表番号  
特表2023-537726  
(P2023-537726A)

(43)公表日 令和5年9月5日(2023.9.5)

## (51)国際特許分類

F 16 H	1/32 (2006.01)	F 16 H	1/32
B 64 C	27/26 (2006.01)	B 64 C	27/26
B 64 U	30/295 (2023.01)	B 64 U	30/295
B 64 U	30/296 (2023.01)	B 64 U	30/296
H 02 K	7/116 (2006.01)	H 02 K	7/116

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全18頁)

(21)出願番号	特願2023-507918(P2023-507918)
(86)(22)出願日	令和3年8月12日(2021.8.12)
(85)翻訳文提出日	令和5年2月17日(2023.2.17)
(86)国際出願番号	PCT/US2021/045703
(87)国際公開番号	WO2022/108635
(87)国際公開日	令和4年5月27日(2022.5.27)
(31)優先権主張番号	63/064,413
(32)優先日	令和2年8月12日(2020.8.12)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(81)指定国・地域	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, 最終頁に続く

(71)出願人	520339482 ジョビー エアロ インク J O B Y A E R O , I N C . アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サン タクルーズ ウッドペッカーリッジ 340 340 Woodpecker Ridge e Santa Cruz, CA, U.S . A .
(74)代理人	100207251 弁理士 矢島 弘文
(72)発明者	ジョーダン ギシュラー アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サン タクルーズ フォーティーンスアベニュー 755
(72)発明者	バイシャ ペイ

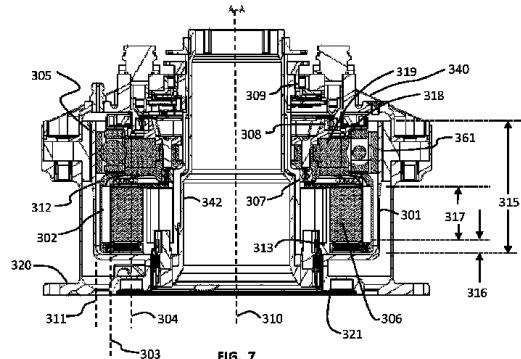
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 小型オフセットアウトランナーランナーライド型ロータリアクチュエータおよびそれを使用した展開システム

## (57)【要約】

フレックススプラインカップ内にあるモータを備えた小型撓み噛合い駆動システム。モータはウェーブジェネレータと比較してフレックススプラインカップのより内部に存在し、モータの空隙はウェーブジェネレータ軸受の内部よりも半径方向に離れている。モータは、磁石で構成された外側のロータを備えたアウトランナ構成を使用することができ、空隙までの大きな半径方向距離を可能にし、より高いトルクをもたらす。内部固定子巻線は、駆動システム構造に熱的に十分に結合されている。小型撓み噛合い駆動は、回転軸に垂直なモーメント荷重を支持するように適合された展開システムに結合され、それらの荷重が小型撓み噛合い駆動によって支持されないようにすることができる。

【選択図】図 7



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ロータリアクチュエータを備えた、小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、

前記ロータリアクチュエータは、

第1フランジと、

第1の軸の周りで前記第1のフランジに回転可能に結合された第2の出力フランジと、  
駆動モータと、

前記駆動モータの外部ロータに固定結合されたウェーブジェネレータと、

前記第1のフランジに固定的に連結されたカップフレックスススプラインと、

10

前記第2の出力フランジに固定結合された円形内部スプラインと、

を備え、

前記駆動モータは、

前記第1のフランジに固定結合された固定子と、

前記固定子と前記ロータとの間に前記固定子から半径方向外部に空隙を形成するように配置され、前記固定子に回転可能に結合され、かつ、前記第2の出力フランジに回転可能に結合された、前記外部ロータと、

を備え、

前記ウェーブジェネレータは、

ウェーブジェネレータカムと

20

前記ウェーブジェネレータカムの外面に取り付けられた内面を有するウェーブ軸受と、  
を備え、

前記駆動モータは、前記ウェーブジェネレータカムよりも前記カップフレックスススプライン内に存在し、前記モータギャップは、前記ウェーブ軸受の内部レースの内面よりも前記第1の軸からさらに外部に存在する、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

**【請求項 2】**

請求項1に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、

前記第2の出力フランジは、単一の軸受によって前記第1のフランジに回転可能に結合され、

30

前記外部ロータは、単一の軸受によって前記固定子に回転可能に結合され、かつ、単一の軸受で前記第2の出力フランジに回転可能に結合されている、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

**【請求項 3】**

請求項1に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、

前記第1の軸から前記空隙までの半径方向距離が、前記空隙から前記カップフレックスススプラインの外径までの半径方向距離の80%よりも大きい、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

**【請求項 4】**

請求項1に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、

前記第1の軸から前記空隙までの半径方向距離が、前記空隙から前記カップフレックスススプラインの外径までの半径方向距離の85%よりも大きい、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

**【請求項 5】**

請求項2に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、

前記第1の軸から前記空隙までの半径方向距離が、前記空隙から前記カップフレックスススプラインの外径までの半径方向距離の80%よりも大きい、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

**【請求項 6】**

請求項2に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、

50

前記第1の軸から前記空隙までの半径方向距離が、前記空隙から前記カップフレックススライインの外径までの半径方向距離の85%より大きい、  
ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

#### 【請求項7】

請求項1に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、展開システム支持構造をさらに備え、

前記展開システム支持構造は、前記第1のフランジに連結された内部構造と、前記第2のフランジに回転可能に結合された外部構造と、を備え、

前記内部構造および前記外部構造は、第1の軸受および第2の軸受と回転可能に連結され、前記第1の軸受および前記第2の軸受は、前記第1の軸に沿って変位する、  
ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。 10

#### 【請求項8】

請求項2に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、展開システム支持構造をさらに備え、

前記展開システム支持構造は、前記第1のフランジに連結された内部構造と、前記第2のフランジに回転可能に結合された外部構造と、を備え、

前記内部構造および前記外部構造は、第1の軸受および第2の軸受と回転可能に連結され、前記第1の軸受および前記第2の軸受は、前記第1の軸に沿って変位する、  
ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。 20

#### 【請求項9】

請求項4に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、展開システム支持構造をさらに備え、

前記展開システム支持構造は、前記第1のフランジに連結された内部構造と、前記第2のフランジに回転可能に結合された外部構造と、を備え、

前記内部構造および前記外部構造は、第1の軸受および第2の軸受と回転可能に連結され、前記第1の軸受および前記第2の軸受は、前記第1の軸に沿って変位する、  
ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。 30

#### 【請求項10】

請求項6に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、展開システム支持構造をさらに備え、

前記展開システム支持構造は、前記第1のフランジに連結された内部構造と、前記第2のフランジに回転可能に結合された外部構造と、を備え、

前記内部構造および前記外部構造は、第1の軸受および第2の軸受と回転可能に連結され、前記第1の軸受および前記第2の軸受は、前記第1の軸に沿って変位する、  
ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。 30

#### 【請求項11】

前記内部構造が航空機の翼端に構造的に結合されている、請求項7に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

#### 【請求項12】

前記内部構造が航空機の翼端に構造的に結合されている、請求項8に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。 40

#### 【請求項13】

前記回転アクチュエータが、前記第1の軸に沿って前記回転アクチュエータ全体を通る貫通孔をさらに備える、請求項1に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

#### 【請求項14】

前記回転アクチュエータが、前記第1の軸に沿って前記回転アクチュエータ全体を通る貫通孔をさらに備える、請求項2に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。 40

#### 【請求項15】

前記回転アクチュエータが、前記第1の軸に沿って前記回転アクチュエータ全体を通る貫通孔をさらに備える、請求項11に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

【請求項16】

ロータリアクチュエータを備えた、小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、

前記ロータリアクチュエータは、

第1フランジと、

第1の軸の周りで前記第1のフランジに回転可能に結合された第2の出力フランジと、  
駆動モータと、

前記駆動モータの外部ロータに固定結合されたウェーブジェネレータと、

前記第1のフランジに固定的に連結されたカップフレックススプラインと、

前記第2の出力フランジに固定結合された円形内部スプラインと、

を備え、

前記駆動モータは、

前記第1のフランジに固定結合された固定子と、

前記固定子と前記ロータとの間に前記固定子から半径方向外部に空隙を形成するように適合され、前記固定子に回転可能に結合され、かつ、前記第2の出力フランジに回転可能に結合された、前記外部ロータと、

を備え、

前記ウェーブジェネレータは、

ウェーブジェネレータカムと

前記ウェーブジェネレータカムの外面に取り付けられた内面を有するウェーブ軸受と、  
を備え、

前記第2の出力フランジは、単一の軸受によって前記第1のフランジに回転可能に結合され、前記外部ロータは、単一の軸受によって前記固定子に回転可能に結合され、かつ、単一の軸受によって前記第2の出力フランジに回転可能に結合されている、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

【請求項17】

請求項16に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステムであって、展開システム支持構造をさらに備え、

前記展開システム支持構造は、前記第1のフランジに連結された内部構造と、前記第2のフランジに回転可能に結合された外部構造と、を備え、

前記内部構造および前記外部構造は、第1の軸受および第2の軸受と回転可能に連結され、前記第1の軸受および前記第2の軸受は、前記第1の軸に沿って変位する、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータシステム。

【請求項18】

小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータであって、

前記撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータは、

第1フランジと、

第1の軸の周りで前記第1のフランジに回転可能に結合された第2の出力フランジと、  
駆動モータと、

前記駆動モータの外部ロータに固定結合されたウェーブジェネレータと、

前記第1のフランジに固定的に連結されたカップフレックススプラインと、

前記第2の出力フランジに固定結合された円形内部スプラインと、

を備え、

前記駆動モータは、

前記第1のフランジに固定結合された固定子と、

前記固定子と前記ロータとの間に前記固定子から半径方向外部に空隙を形成するように適合され、前記固定子に回転可能に結合され、かつ、前記第2の出力フランジに回転可能

10

20

30

40

50

に結合された、前記外部ロータと、

を備え、

前記ウェーブジェネレータは、

ウェーブジェネレータカムと

前記ウェーブジェネレータカムの外面に取り付けられた内面を有するウェーブ軸受と、  
を備え、

前記第2の出力フランジは、第1の軸受と第2の交差軸ローラー軸受によって前記第1の  
フランジに回転可能に結合され、前記外部ロータは、単一の軸受によって前記固定子に回  
転可能に結合され、かつ、単一の軸受によって前記第2の出力フランジに回転可能に結合  
されている、

10

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータ。

#### 【請求項 1 9】

請求項18に記載の小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータであって、

前記駆動モータは、前記ウェーブジェネレータカムよりも前記カップフレックススライ  
ン内に存在し、前記モータギャップは、前記ウェーブ軸受の内部レースの内面よりも前記  
第1の軸からさらに外部に存在する、

ことを特徴とする小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0 0 0 1】

##### 【0 0 0 2】

本発明は、位置決め機構に関し、より具体的には小型アセンブリに関する。

##### 【0 0 0 3】

関連出願の相互参照

##### 【0 0 0 4】

本出願は、ギシュラーらによる2020年8月12日出願の米国仮特許出願第63/0  
64,413号に対する優先権を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれ  
る。

##### 【0 0 0 5】

関連技術の説明

##### 【0 0 0 6】

航空機は通常、航空機の姿勢変化に影響を与えるため、または翼の揚力特性を変更する  
ために、必要に応じて動かされる多くの操縦翼面を有する。さらに、垂直離着陸（VTO  
L）航空機は、動力付き推力生成装置からの推力方向を変更するために構成要素を構成す  
る場合がある。これは、ダクトの動きまたは変更である場合もあれば、ロータアセンブリ  
全体の回転および関節運動である場合もある。

##### 【0 0 0 7】

撓み噛合い駆動アセンブリは、角度精度とバックラッシュの欠如が設計目標であるシ  
ステムで使用される場合がある。撓み噛合い駆動ギアは、ほぼゼロのバックラッシュ、高速  
減速比、小型サイズ、軽量などの魅力的な特性により、宇宙および航空機用途、ロボット  
工学、精密位置決めシステムで広く使用されている。

##### 【0 0 0 8】

撓み噛合い駆動アセンブリは、典型的には、ウェーブジェネレータ、フレックススライ  
ン、および円形スラインを含む。ウェーブジェネレータは、軸受アセンブリに囲まれ  
た楕円形のカムである。フレックススラインはさまざまな構成で提供される場合がある  
が、通常は、外部に外歯が機械加工された薄肉の柔軟な鋼製シリンダーである。円形ス  
ラインは、内歯を備えた中実の厚肉リングである。フレックススラインは円形スライ  
ンよりわずかに小さく、歯数が少ない場合がある。撓み噛合い駆動は、モータに取り付け  
られたモジュラーギアユニットで、モータシャフトがウェーブジェネレータに結合されて  
いる場合がある。

20

30

40

50

## 【0009】

用途によっては、高トルクを提供し、良好な熱管理も可能にする、駆動モータを備えた非常に小型な撓み噛合い駆動アセンブリが望まれる場合がある。求められているのは、ドライブアセンブリ内にモータが組み込まれた小型のモータ駆動の撓み噛合い駆動アセンブリであり、高トルク出力も提供できる。

## 【0010】

## 【0011】

## 【発明の概要】

## 【0012】

フレックススラインカップ内にあるモータを備えた小型撓み噛合い駆動システム。モータはウェーブジェネレータと比較してフレックススラインカップのより内部に存在し、モータの空隙はウェーブジェネレータ軸受の内部よりも半径方向に離れている。モータは、磁石で構成された外側のロータを備えたアウトランナー構成を使用することができ、空隙までの大きな半径方向距離を可能にし、より高いトルクをもたらす。内部固定子巻線は、駆動システム構造に熱的に十分に結合されている。小型撓み噛合い駆動は、回転軸に垂直なモーメント荷重を支持するように適合された展開システムに結合され、それらの荷重が小型撓み噛合い駆動によって支持されないようにすることができる。

10

## 【0013】

## 【図面の簡単な説明】

## 【0014】

20

【図1】本発明のいくつかの実施形態による小型回転アクチュエータを備えた垂直飛行構成の航空機を示す。

【図2】本発明のいくつかの実施形態による小型回転アクチュエータを備えた前進飛行構成の航空機を示す。

【図3】本発明のいくつかの実施形態による小型噛合い駆動型ロータリアクチュエータの斜め上方から見た斜視図である。

【図4】本発明のいくつかの実施形態による小型噛合い駆動型ロータリアクチュエータの斜め上方から見た斜視図である。

【図5】本発明のいくつかの実施形態による小型噛合い駆動型ロータリアクチュエータの上面図である。

30

【図6】本発明のいくつかの実施形態による小型噛合い駆動型ロータリアクチュエータの側面図である。

【図7】本発明のいくつかの実施形態による小型噛合い駆動型ロータリアクチュエータの断面図である。

【図8】本発明のいくつかの実施形態による支持構造を有する小型噛合い駆動型ロータリアクチュエータの側面図である。

40

## 【0015】

## 【0016】

## 【0017】

## 【0018】

## 【0019】

## 【0020】

## 【0021】

## 【0022】

## 【発明を実施するための形態】

## 【0023】

いくつかの態様では、航空機は、離陸中に推力を提供するために電気モータによって動力を与えられるブレード付きプロペラを使用することができる。プロペラ/モータユニットは、ロータアセンブリと呼ばれることがある。いくつかの態様では、プロペラが離陸および着陸のための垂直推力を提供するように、翼上のモータ駆動プロペラユニット自体が

50

固定翼に対して回転することができる。ロータアセンブリの回転は、プロペラと電気モータの両方を回転させることによって推力の方向を変えることを可能にすることができ、したがって、回転ジョイントの周りでの、または回転ジョイントを介しての、モータからプロペラへのトルク駆動のジンバルまたは他の方法を必要としない。いくつかの態様では、延長されたナセルは、翼の先端または後部Vテール要素の端に存在し、離陸および着陸中にV T O L プロペラが垂直推力を提供できるように回転するように適合されてもよい。

#### 【 0 0 2 4 】

いくつかの態様では、翼に取り付けられたモータ駆動ロータアセンブリは、モータとロータの質量を翼のかなり前方に配置するように適合されている。いくつかの態様では、この前方位置により、主に翼の前縁の前方に空気流を有する垂直スラスト方向へのロータの回転が可能になり、V T O L 動作中の翼による空気流の衝突が減少する。いくつかの側面では、ロータとモータの質量をこのように前方に配置することで、前進翼などの異常な翼構成が可能になり、この質量配置によって、より高いGが操縦中に発生する可能性のある欠点が部分的または完全に緩和される。

10

#### 【 0 0 2 5 】

例示的な実施形態では、図1の垂直離陸構成に見られるように、航空機200は、垂直離陸と着陸の両方および前進飛行に適合した異なるタイプのロータを備えた後退翼(固定翼)202、203を使用する。航空機本体201は、左翼202および右翼203を支持する。翼に取り付けられたモータ駆動ロータアセンブリ206は、プロペラを含む翼に取り付けられる。翼端モータ駆動ロータアセンブリ207は、翼端に取り付けられる。航空機本体201は後方に延び、隆起した後部スタビライザ204にも取り付けられている。後部スタビライザには、後部ロータアセンブリ205、208が取り付けられている。

20

#### 【 0 0 2 6 】

航空機200は、右翼203に2つのロータ、および左翼202に2つのロータを有することができる。各翼のスパンに沿って取り付けられたロータアセンブリは、垂直方向の展開位置に跳ね上がるよう適合された翼に取り付けられたロータ206を有することができる。離着陸時、前進飛行への移行中は格納位置に戻り、前進飛行中はブレードを格納してネストする。外側のロータアセンブリ207は、後述するように枢動することができる。同様に、各後部スタビライザ204は、それに取り付けられた枢動ロータユニット205、208を有することができ、垂直離陸および着陸、移行モード、ならびに前進飛行中に使用されるように適合される。航空機200の前進飛行構成が図2に示されている。

30

#### 【 0 0 2 7 】

図3～7は、本発明のいくつかの実施形態による小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータ300を示している。ロータリアクチュエータ300は、アクチュエータが回転支持および回転位置決めを提供するが、他の負荷がシステムによって別個に維持されるシステムを支持するように適合される。ロータリアクチュエータ300は、例えば航空機構造に結合され得る固定フランジ321を有する。回転体340は、固定フランジ321に対して回転するように適合される。回転体340は、出力フランジ320を有する出力体341に連結され得る。円形固定フランジに外接する円形出力フランジ320は、半径方向および縦方向に支持および拘束される一対の同心嵌合取り付けブラケットの作動および回転位置決め制御を可能にする。いくつかの態様では、回転を設定範囲に制限するために、固定フランジ321上の1つまたは複数の機械的止め具322が、出力フランジ320上の嵌合止め具と係合し得る。

40

#### 【 0 0 2 8 】

図7は、本発明のいくつかの実施形態によるロータリアクチュエータ300の断面を示している。ロータリアクチュエータ300は、モータロータギャップの位置が中心軸310から大きな半径方向距離にあるために非常に高いトルクを提供すると同時に、モータがフレックススプラインの奥深くに位置するために非常にコンパクトであるという利点を提供する。加えて、より効率的に主構造に熱的に結合することができる固定子の巻線の使用は、ロータリアクチュエータのより良い熱管理を可能にする。外部ロータに薄い磁石を使

50

用すると、ロータのギャップをより大きな半径方向の距離に配置できるため、トルク出力が向上すると同時に、巻線ロータに比べてロータの熱負荷が軽減される。

#### 【0029】

図7に見られるように、固定フランジ321は、固定子マウント313に固定して結合される。固定子マウント313は、固定子巻線306を支持する。構造コンポーネントのこの固定セットは、フレックススラインカップ301にも固定される。1つのフランジ321を固定されるものとして最初に指定し、別のフランジを出力フランジ320として指定することは任意であり、使用中の構成および取り付けに関連する、ということは理解されるべきである。構造コンポーネントの固定セットは、アクチュエータ中心軸310と一致する中心軸を有する。固定子マウント313および固定子巻線306は、内部シャフト342に構造的にかつ固定的に結合される。

10

20

30

40

#### 【0030】

モータロータ構造312は、固定子巻線306の周りを回転するように適合されたロータ磁石302を支持する。モータ空隙303は、中心軸310からかなりの半径方向外側距離位置にあり、フレックススラインカップの外径のかなりの割合である距離位置にある。いくつかの態様では、中心軸から空隙までの半径方向距離は、中心軸からフレックススラインカップの外径までの半径方向距離の80%を超える。いくつかの態様では、中心軸から空隙までの半径方向距離は、中心軸からフレックススラインカップの外径までの半径方向距離の85%を超える。いくつかの態様では、中心軸から空隙までの半径方向距離は、中心軸からフレックススラインカップの外径までの半径方向距離の88%を超える。中心軸からの距離が増加し、フレックススラインカップの外径に対するこの距離の割合が増加すると、ロタリアクチュエータの全体サイズが小さくなり、より高いトルクが得られる。

#### 【0031】

御覧のように、モータ空隙303は、ウェーブ軸受318の内部レース304の内部サイドの外側にある。さらに、いくつかの態様では、固定子巻線306は、ウェーブ軸受318の内部レース304の内部サイドよりもさらに半径方向外側に延在する。いくつかの態様では、固定子巻線306の半径方向中間点は、ウェーブ軸受318の内部レース304の内部サイドよりもさらに半径方向外側にある。このような構成により、フレックススラインカップ内に含まれるモータにかなりのトルクを与えることができる。

#### 【0032】

モータはまた、フレックススラインカップ301内の奥深くにあり、ウェーブ軸受318およびウェーブカム319よりも深いフレックススラインカップ301の深さ315のさらに中にある。固定子巻線306とフレックススラインカップ301の底部との間のギャップ316も、設計をコンパクトにするために最小化される。例示的な実施形態では、フレックススラインカップ301の全深さ315は67.2mmであり、巻線306の深さ317は35.5mmであり、巻線はフレックススラインカップ301の底部から4.8mm以内にある。いくつかの態様では、巻線306の軸方向長さ317に対する巻線316の下の距離の比率は、0.2未満である。いくつかの態様では、巻線306の軸方向長さ317に対する巻線316の下の距離の比率は、0.15未満である。いくつかの態様では、巻線306の軸方向長さ317に対する巻線316の下の距離の比率は、0.14未満である。以下の組み合わせ、すなわち、アウトランナーモータ構成と、薄型の磁石を含む外部ロータを使用すること、モータをカップ内でウェーブジェネレータ軸受318の下に配置すること、ウェーブ軸受318の内部レース304の内部サイドよりも半径方向外側にモータギャップ303を有することは、ロタリアクチュエータに新しい特性を提供し、小さな体積対パフォーマンスを提供する。さらに、中央シャフト342の内面内の中空の内部は、ロタリアクチュエータ300を通る配線または他の材料の通過をさらに可能にする。

#### 【0033】

ロタリアクチュエータ300は、互いに回転する3つのセクションを有するように適

50

合されている。固定フランジ 321 に結合された第 1 の回転セクションは、モータ固定子とフレックススプラインカップを含む。モータが段階的または他の方法で駆動されると、外部ロータ構造 312 が固定フランジに対して移動し、ウェーブカム 319 を回転式に駆動する。ロータ構造とウェーブカムは、モータがステッピングされると、固定子の周りを回転する第 2 回転セクションの一部である。第 3 の回転セクションは、出力フランジ 320 に結合される。出力フランジ 320 は、出力ハウジング 341 に結合され、出力ハウジング 341 は、図 6 に示される出力ハウジングキャップ 340 に結合される。出力ハウジングキャップ 340 は構造的に剛性円形スプライン 361 に結合される。カム 319 が回転すると、フレックススプライン 361 が剛性円形スライド 305 の内歯車歯と係合する。フレックススライド 361 と円形スライド 361 の差動係合により、出力フランジ 320 に結合された第 3 セクションが回転する。内部シャフト 342 は、アクチュエータの内側を横切って固定フランジを結合し、ナット 343 で固定される。

10

20

30

40

50

#### 【0034】

モータシャフトの各端部で軸受対によってモータロータがモータ固定子に結合される典型的なモータとは対照的に、本発明の態様では、3つの軸受システムを使用することができる。第 1 の軸受 307 は、固定子構造 313 とモータロータ構造 312 との間に存在する。モータロータは、モータロータ構造と出力構造との間の軸受 308 によって二次的に支持される。第 3 の軸受 309 は、出力構造を固定構造に結合する。したがって、これらの 3 つの同軸軸受は、以前は 2 つの軸受の 2 組以上でサポートされていた機能を実行する。いくつかの態様では、第 1 の回転セクションは、単一の軸受だけで第 2 の回転セクションに回転可能に結合される。いくつかの態様では、第 2 の回転セクションは、単一の軸受だけで第 3 の回転セクションに回転可能に結合される。いくつかの態様では、第 3 の回転セクションは、単一の軸受だけで第 1 の回転セクションに回転可能に結合される。この非正統的な軸受方式は、ロータリアクチュエータ 300 のコンパクトな性質にさらに貢献する。

#### 【0035】

上述のロータリアクチュエータ 300 の軸受方式は、ロータリアクチュエータがアクチュエータ中心軸 310 の回転の周りの負荷を支持する際に完全に機能し得るが、垂直軸のモーメント方向のモーメント支持能力が低下し得るという制限を有し得る。ロータリアクチュエータ 300 は、互いに回転可能に結合され、ロータリアクチュエータの入力および出力フランジにも結合されるが、垂直モーメント荷重および他の場合にはロータリアクチュエータによってサポートされていたであろう軸方向荷重、のすべてをさらに支持する他の構造コンポーネントが存在する様な、展開システムの一部である様に適合される。

#### 【0036】

図 9 は、第 1、第 2、および第 3 の回転セクションを断面図で示している。異なる断面線の種類を使用して、異なる回転セクションと、それらの間の軸受を表している。固定フランジ 321 に結合された第 1 の回転セクション 401 は、モータ固定子およびフレックススライド 361 を含む。第 1 の回転セクションと呼ばれるが、このセクションは固定されていると見なすことができ、すべてが回転する。モータが段階的または他の方法で駆動されると、外部ロータ構造 312 が固定フランジに対して移動し、ウェーブカム 319 を回転式に駆動する。ロータ構造およびウェーブカムは、第 2 の回転セクション 402 の一部であり、モータがステッピングされると、固定子の周りを回転する。第 3 の回転セクション 403 は、出力フランジ 320 に結合される。

#### 【0037】

図 8 は、小型撓み噛合い駆動型ロータリアクチュエータ 300 を組み込むことができる展開システム 380 を示している。固定内部構造 330 は、例えば、航空機構造に結合することができる。固定内部構造 330 は、固定フランジ 321 に結合される。固定内部構造 330 は、内側軸受 332 および外側軸受 333 を使用して、回転プラケット 331 に回転可能に結合される。回転プラケット 331 は、出力フランジ 320 に結合される。この例示的な実施形態では、システムの半径方向および軸方向の荷重は、内側軸受 332 お

よび外側軸受 333 によって支持され、半径方向の位置決めおよび半径方向位置の保持は、内側軸受 332 および外側軸受 333 搾み噛合い駆動型ロータリアクチュエータ 300 によって実行される。

#### 【0038】

本発明のいくつかの実施形態では、図 10 に見られるように、展開システム 380 は、図 1 および 2 に示されている翼端ロータ 207 を展開するために使用される。外部ナセルシェルは、ロータリアクチュエータの一部と同様に、明確化のために省略されている。回転プラケット 331 は、展開可能なモータ駆動ロータアセンブリの支持構造に結合され、翼端で翼構造から伸びる固定内部構造 330 (図示せず) の周りを回転するように適合される。いくつかの態様では、ロータリアクチュエータ 300 は、展開可能なモータ駆動ロータアセンブリの支持構造の内側サイドよりも航空機本体から見てより外側にあるという点で、外側サイドにある。

#### 【0039】

図 11 ~ 13 は、本発明のいくつかの実施形態による別的小型搾み噛合い駆動 350 を示している。固定フランジ 351 は、固定子マウント 363 に固定結合される。固定子マウント 363 は、固定子巻線 356 を支持する。構造コンポーネントのこの固定セットは、フレックススプラインカップ 351 にも固定される。構造コンポーネントの固定セットは、アクチュエータ中心軸 360 と一致する中心軸を有する。固定子マウント 363 および固定子巻線 356 は、内部シャフト 392 に構造的かつ固定的に結合される。

#### 【0040】

モータロータ構造 362 は、固定子巻線 356 の周りを回転するように適合されたロータ磁石 352 を支持する。モータ空隙は、中心軸 360 からかなりの半径方向外側距離位置にあり、フレックススプラインカップの外径のかなりの割合である距離位置にある。いくつかの態様では、中心軸から空隙までの半径方向距離は、中心軸からフレックススプラインカップの外径までの半径方向距離の 80 % を超える。いくつかの態様では、中心軸から空隙までの半径方向距離は、中心軸からフレックススプラインカップの外径までの半径方向距離の 85 % を超える。いくつかの態様では、中心軸から空隙までの半径方向距離は、中心軸からフレックススプラインカップの外径までの半径方向距離の 88 % を超える。中心軸からの距離が増加し、フレックススプラインカップの外径に対するこの距離の割合が増加すると、ロータリアクチュエータの全体サイズが小さくなり、より高いトルクが得られる。

#### 【0041】

ご覧のように、モータ空隙は、ウェーブ軸受の内部レースの内部サイドの外側にある。さらに、いくつかの態様では、固定子巻線 306 は、ウェーブ軸受 368 の内部レース 304 の内部サイドよりもさらに半径方向外側に延在する。いくつかの態様では、固定子巻線の半径方向中間点は、ウェーブ軸受 368 の内部レースの内部サイドよりもさらに半径方向外側にある。このような構成により、フレックススプラインカップ内に含まれるモータにかなりのトルクを与えることができる。

#### 【0042】

モータはまた、フレックススプラインカップ 351 内の奥深くにあり、ウェーブ軸受 368 およびウェーブカムよりも深いフレックススプラインカップ 351 の深さのさらに中ににある。固定子巻線 356 とフレックススプラインカップ 351 の底部との間のギャップも、設計をコンパクトにするために最小化される。いくつかの態様では、巻線 356 の軸方向長さに対する巻線の下の距離の比率は、0.2 未満である。いくつかの態様では、巻線 356 の軸方向長さ 317 に対する巻線 356 の下の距離の比率は、0.15 未満である。いくつかの態様では、巻線 356 の軸方向長さに対する巻線 356 の下の距離の比率は、0.14 未満である。以下の組み合わせ、すなわち、アウトランナーモータ構成と、薄型の磁石を含む外部ロータを使用すること、モータをカップ内でウェーブジェネレータ軸受の下に配置すること、ウェーブ軸受の内部レースの内部サイドよりも半径方向外側にモータギャップを有することは、ロータリアクチュエータに新しい特性を提供し、小さな

体積対パフォーマンスを提供する。

#### 【 0 0 4 3 】

ロータリアクチュエータ350は、互いに回転する3つのセクションを有するように適合されている。固定フランジ351に連結された第1の回転セクションは、モータ固定子およびフレックススプラインカップを含む。モータが段階的または他の方法で駆動されると、外部ロータ構造362が固定フランジに対して移動し、ウェーブカムを回転式に駆動する。ロータ構造とウェーブカムは、モータがステッピングされると、固定子の周りを回転する第2回転セクションの一部である。第3の回転セクションは、出力フランジ370に結合される。出力フランジ370は、出力ハウジング373に結合される。出力ハウジングは、構造的に剛性円形スプライン374に結合される。カムが回転すると、フレックススプラインが剛性円形スプラインの内歯車歯と係合する。フレックススプラインと円形スプラインとの差動係合により、出力フランジ370に結合された第3セクションが回転する。内部シャフトは、アクチュエータの内側を横切って固定フランジを結合する。

#### 【 0 0 4 4 】

モータシャフトの各端部で軸受対によってモータロータがモータ固定子に結合される典型的なモータとは対照的に、本発明の態様では、3つの軸受システムを使用することができる。第1の軸受357は、固定子構造363とモータロータ構造362との間に存在する。モータロータは、モータロータ構造と出力構造との間の軸受358によって二次的に支持される。第3の軸受359は、出力構造を固定構造に結合する。したがって、これらの3つの同軸軸受は、以前は2つの軸受の2組以上でサポートされていた機能を実行する。いくつかの態様では、第1の回転セクションは、単一の軸受だけで第2の回転セクションに回転可能に結合される。いくつかの態様では、第2の回転セクションは、単一の軸受だけで第3の回転セクションに回転可能に結合される。いくつかの態様では、第3の回転セクションは、単一の軸受だけで第1の回転セクションに回転可能に結合される。この非正統的な軸受方式は、ロータリアクチュエータ350のコンパクトな性質にさらに貢献する。

#### 【 0 0 4 5 】

上述のロータリアクチュエータ350の軸受方式は、ロータリアクチュエータがアクチュエータ中心軸360の回転の周りの負荷を支持する際に完全に機能し得るが、垂直軸のモーメント方向のモーメント支持能力が低下し得るという制限を有し得る。回転アクチュエータ350は、軸方向および半径方向の支持を提供し、モーメント負荷も支持するように適合された支持軸受380を含むことができる。支持軸受380は、交差軸ころ軸受であってもよい。

#### 【 0 0 4 6 】

図15は、本発明のいくつかの実施形態による、展開可能なモータ駆動ロータアセンブリのロータ展開機構の部分の側面図である。主な取り付け点127、128は、航空機へのロータ展開機構、ひいてはモータ駆動ロータユニットの構造的取り付け点である。駆動モータ126は、ロータメインハブ、ひいてはロータユニットのプロペラを駆動するように適合されている。

#### 【 0 0 4 7 】

図14は、部分的に展開位置にあるロータ展開機構を示す。ロータ展開機構は、小型撓み噛合い駆動アセンブリ350を用いて収納構成から展開構成へと駆動され得る。図16は、展開垂直離陸構成におけるロータ展開機構を示す。ロータ展開機構がロータを回転させ、変位させた。展開により、ロータハブは前方に押し出され、主取り付け点127、128から離れるとともに、主取り付け点に対して垂直に上方に押し上げられる。この垂直離陸構成では、ロータ軸は垂直である。いくつかの態様では、本明細書に記載のロータ展開機構を使用すると、ナセルの後部が固定された位置関係で翼と一緒に留まるように、ロータ展開中にナセルが分割されるように見える場合がある。ロータの展開は、ナセルから翼に沿って、または後部水平尾翼要素に沿って行うことができる。いくつかの態様では、モータおよびプロペラはナセルから展開することができる。ロータ展開機構は、翼の端部

10

20

30

40

50

または他の水平要素ではない位置に取り付けることができる。

【0048】

外側ブラケット124は、ブラケット取り付け点134、135で展開リンクージに取り付けられる。ブラケットアーム129、130、131は、ピボット点132、133を介して連結する。マルチアームリンクージを使用すると、ロータは、展開構成と収納構成の両方で好ましい位置に移動できる。図15は、垂直推力から水平推力へ、または水平推力から垂直推力への移行中に見られる、部分的に展開された構成のリンクージを備えた展開機構を示す。

【0049】

関節接合部の外側にある電気モータ/プロペラの組み合わせにより、モータへのプロペラの堅固な取り付けが可能になり、プロペラが後部ナセル部分に対してさまざまな姿勢で移動しても維持される。このような構成では、モータからの回転力は、回転ジョイントを介してのジンバルまたはその他の方法で伝達される必要がない。

【0050】

図16は、本発明のいくつかの実施形態による展開機構のための展開駆動システムを示す。ロータリアクチュエータ350は、翼内の主取り付け点127、128の取り付け点に隣接する領域で航空機に結合することができる。撓み噛合い駆動アセンブリ350は、リンクージアセンブリの第1ピボット位置383に結合することができる。撓み噛合い駆動アセンブリ350の出力インターフェース371に結合された駆動ロッド381によって、展開リンクージが格納構成から展開構成へ、および展開構成から格納構成へと駆動される。

【0051】

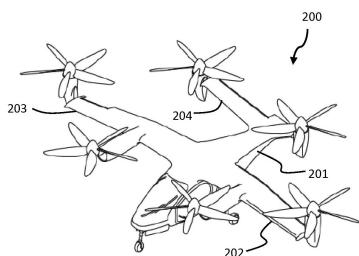
図16は、図2に示すような前進飛行で使用される格納位置にあるロータ展開機構を示す。図17は、図1に示すような垂直離着陸中に使用される展開位置にあるロータ展開機構を示す。

【0052】

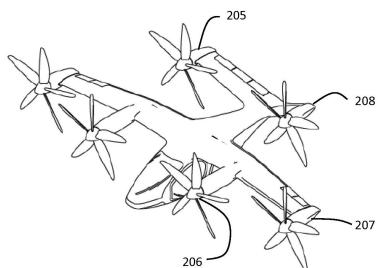
上記の説明から明らかなように、本明細書で与えられた説明から多種多様な実施形態を構成することができ、追加的利点および変更は当業者に容易に想起されるであろう。したがって、本発明は、そのより広い態様において、図示および説明された特定の詳細および説明のための例に限定されない。したがって、そのような詳細からの逸脱は、出願人の一般的な発明の意図または範囲から逸脱することなくなし得る。

【図面】

【図1】



【図2】



10

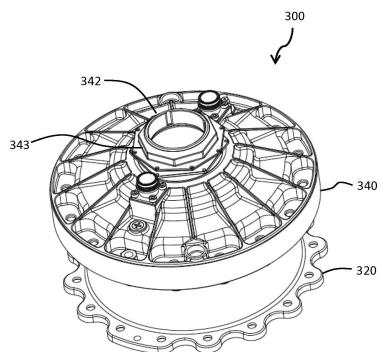
20

30

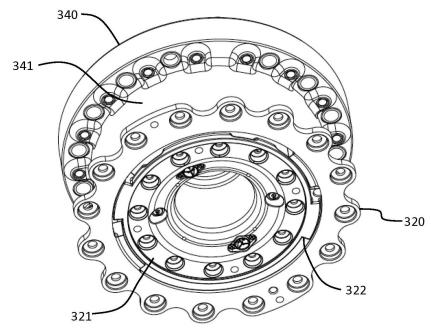
40

50

【図3】

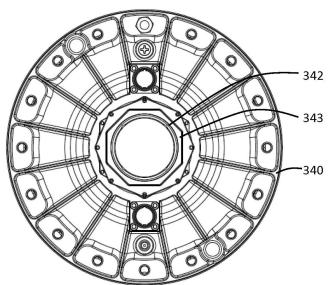


【図4】

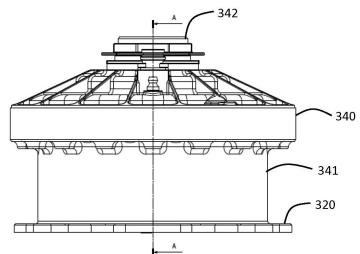


10

【図5】



【図6】



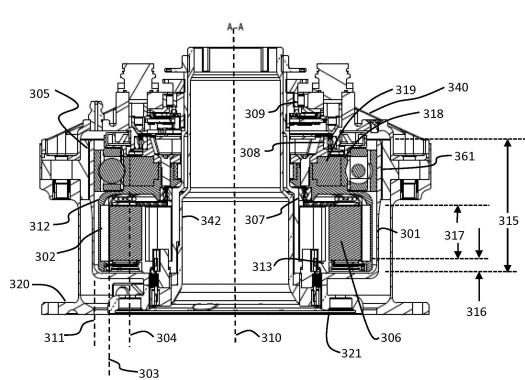
20

30

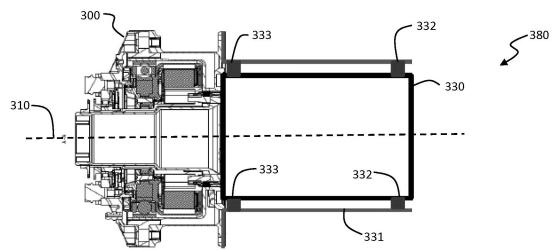
40

50

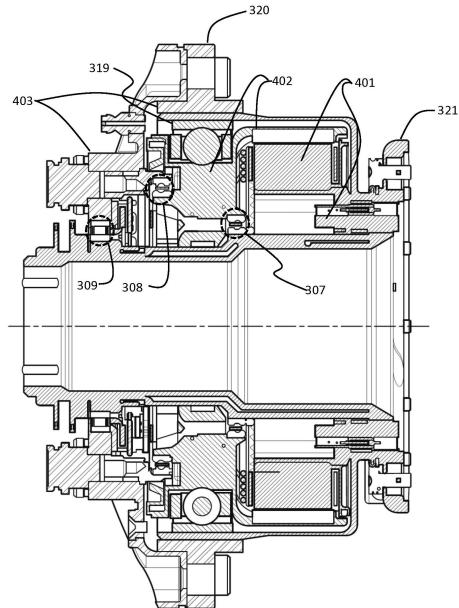
【図7】



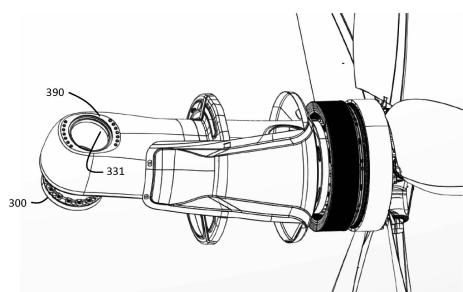
10



20



30



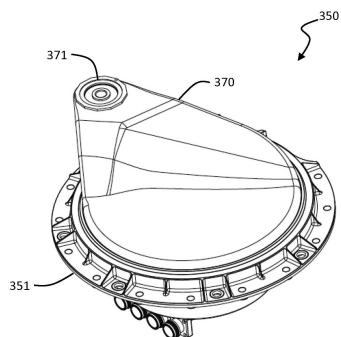
40

50

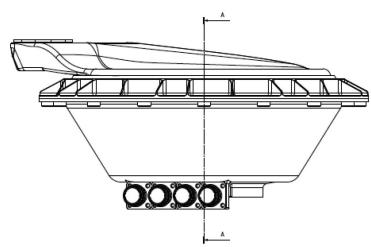
【図8】

【図10】

【図11】

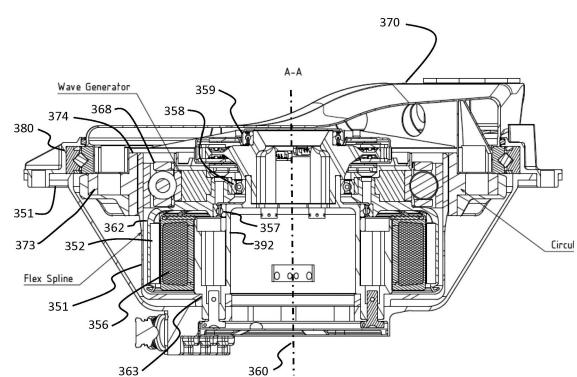


【図12】

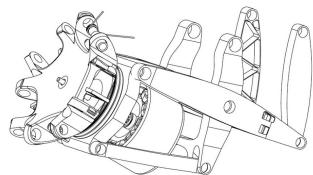


10

【図13】



【図14】



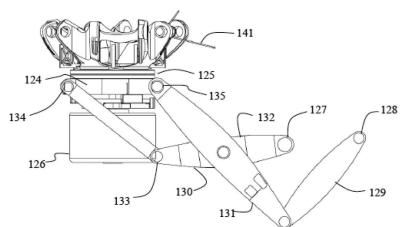
20

30

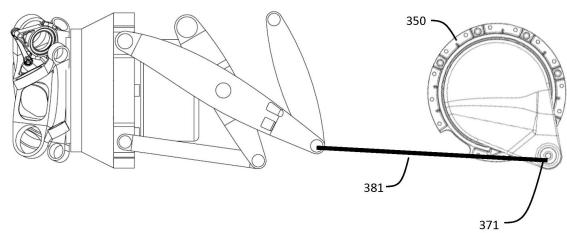
40

50

【図15】

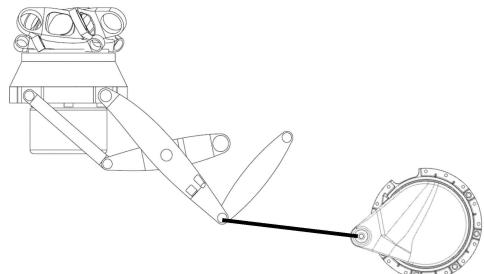


【図16】



10

【図17】



20

30

40

50

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2021/045703
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - F16H 49/00; F16H 35/00; F16H 35/18; H01F 7/08; H02K 7/11 (2021.01) CPC - F16H 49/001; F16H 35/00; F16H 35/18; H01F 7/08; H02K 7/116 (2021.08)		
<b>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</b>		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) see Search History document		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched see Search History document		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) see Search History document		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017/0338718 A1 (HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC. et al) 23 November 2017 (23.11.2017) entire document	1-5, 7-20
A	EP 1540800 B1 (E.D.M. RESOURCES INC.) 18 July 2007 (18.07.2007) entire document	1-5, 7-20
A	US 2018/0215050 A1 (KR 2013 APS) 02 August 2018 (02.08.2018) entire document	1-5, 7-20
A	WO 2018/166556 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG) 20 September 2018 (20.09.2018) see machine translation	1-5, 7-20
A	US 2013/0276575 A1 (TQ-SYSTEMS GMBH) 24 October 2013 (24.10.2013) entire document	1-5, 7-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "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		
Date of the actual completion of the international search  08 December 2021	Date of mailing of the international search report  <b>JAN 13 2022</b>	
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Harry Kim Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

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,N  
E,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,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,K  
E,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,N  
G,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,  
TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ニューアーク ウィンターグリーンドライブ 5874

(72)発明者 ロブ トーダル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サンタクルーズ スミスグレードロード 4700

(72)発明者 ジョーベン ピパート

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サンタクルーズ ウッドベックリッジ 340

F ターム (参考) 3J027 FA36 FB16 GC07 GC22 GD04 GD08 GD12

5H607 AA12 BB01 DD03 EE33 EE36