

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5872284号  
(P5872284)

(45) 発行日 平成28年3月1日(2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>B 6 4 C 27/30</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 4 C	27/30
<b>B 6 4 C 27/473</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 4 C	27/473

請求項の数 12 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-288557 (P2011-288557)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成23年12月28日(2011.12.28)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2012-180083 (P2012-180083A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成24年9月20日(2012.9.20)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	平成26年10月23日(2014.10.23)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	13/037, 205	(74) 代理人	100109726
(32) 優先日	平成23年2月28日(2011.2.28)		弁理士 園田 吉隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100101199
			弁理士 小林 義教
		(72) 発明者	ポドガルスキー, ダニエル マイケル
			アメリカ合衆国 ペンシルバニア 193
			42, ウェスト チェスター, キルダフ
			フ サークル 937

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスクローター引き込みシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ディスクローターブレード引き込みシステムであって、  
油圧シリンダを組み込み、且つスクリュースレッドを有するメインブレードスパーと、  
前記メインブレードスパー内部で同心円状に支えられ、且つ中間スパーに接続された外側端部及び前記油圧シリンダ内で往復運動を受け止める油圧ピストンを有するボールナットを動作可能に支えるボールスクリュートと、  
前記ボールスクリュートに動作可能に係合する第一ギヤ式アクチュエータと、  
前記メインブレードスパーのスクリュースレッドに動作可能に係合する第二ギヤ式アクチュエータと、  
前記油圧シリンダの外側端部に接続された油圧作動油アキュムレータと、  
前記第一及び第二のギヤ式アクチュエータの作動用の制御装置と  
を含むディスクローターブレード引き込みシステム。

【請求項 2】

前記メインブレードスパーに同心円状に係合するピッチ制御アセンブリをさらに含む、  
請求項 1 に記載のディスクローターブレード引き込みシステム。

【請求項 3】

前記ピッチ制御アセンブリが前記メインブレードスパーのボールスプラインの溝に係合するボールスリーブを含む、請求項 2 に記載のディスクローターブレード引き込みシステム。

10

20

## 【請求項 4】

前記ピッチ制御アセンブリが、ローターハブによって支えられているカラー内で回転するように装着されている、請求項 2 又は 3 に記載のディスクローターブレード引き込みシステム。

## 【請求項 5】

前記中間スパーが少なくとも 1 つのアウトエアロパネルを支持する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のディスクローターブレード引き込みシステム。

## 【請求項 6】

前記中間スパーの外側端部がチップエアロパネルに接続され、前記チップエアロパネルは引き込み時にミッドエアロパネル内へ伸縮自在に受け入れ可能である、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のディスクローターブレード引き込みシステム。

10

## 【請求項 7】

前記ミッドエアロパネルが前記メインブレードスパーによって支持されているルートエアロパネル内に引き込み可能で、前記ルートエアロパネルがディスクフェアリングに引き込み可能である、請求項 6 に記載のディスクローターブレード引き込みシステム。

## 【請求項 8】

前記アキュムレータ及び油圧シリンダの間にあるチェックバルブと、  
前記アキュムレータ及び油圧シリンダの間にある圧力開放バルブと、  
前記油圧シリンダに前記圧力開放バルブを選択的に接続する電磁バルブであって、前記制御装置に反応する前記電磁バルブと  
を組み込んだ液体マニホールドをさらに含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のディスクローターブレード引き込みシステム。

20

## 【請求項 9】

ディスクローターブレードを操作する方法であって、  
複数のブレードを引き込む指令と、  
各ブレードに対する  
油圧作動油のフローがアキュムレータからチェックバルブを経由して流れるようにするための電磁バルブの設定と、  
第一ギヤ式アクチュエータへの電力の供給と、  
前記第一ギヤ式アクチュエータに反応するボールスクリュウの回転の利用、及びピストンヘッドに作用するアキュムレータからの加圧された油圧作動油の支援による、ボールナットに接続されたチップエアロパネルの、ミッドエアロパネル内への伸縮自在な引き込みと、  
入れ子になったチップエアロパネルとミッドエアロパネルの、ルートエアロパネルへの引き込みと、  
ボールスクリュウ上のボールナットが引き込み限界に達した時点での前記第一ギヤ式アクチュエータからの電力の遮断と、  
各ブレードの第二ギヤ式アクチュエータへの電力の供給と、  
ディスクフェアリングにメインブレードスパーを引き込む前記ルートエアロパネルを支えるメインブレードスパーのスレッドに作用する、第二ギヤ式アクチュエータによるさらなるナットの回転と  
を含む方法。

30

40

## 【請求項 10】

前記メインブレードスパーがボールスプラインを含み、前記さらなるナットの回転のステップが、

ボールスリーブアセンブリを経由するメインブレードスパーの引き込みと、  
前記ボールスリーブアセンブリを回転するため各ボールスリーブアセンブリに接続されたピッチアーム経由の入力、及び前記メインブレードスパー及びブレードを回転する前記ボールスプラインによるボールスリーブアセンブリの係合による、各ブレードのピッチの制御

50

をさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

ブレードを伸展するコマンドと、  
各ブレードに対する

前記さらなるナットを逆回転するための前記第二ギヤ式アクチュエータへの電力の供給と、

前記ディスクフェアリングから前記ルートエアロパネルを延ばすための前記スレッドによる前記メインブレードスパーの伸展と、

前記ルートエアロパネルを完全に伸展した時点での、レギュレータによる油圧作動油のフローを調整するための電磁バルブの位置決めと、

前記ボールスクリューを逆回転するための前記第一ギヤ式アクチュエータへの電力の供給と、

前記ルートエアロパネルからの前記入れ子になったチップパネル及びミッドパネルの伸展と、

前記ブレードに働く遠心力及び前記第一ギヤ式アクチュエータからの力による、前記アキュムレータへ油圧作動油を流し込む加圧と、

前記ボールナットの伸展限界に達した時点での、第一ギヤ式アクチュエータからの電力の遮断と

を含む、請求項 9 または 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第一ギヤ式アクチュエータから電力を遮断した時点でのモーターブレーキの作動をさらに含む、請求項 9 ~ 11 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は概して回転翼航空機に関し、より詳しくは、スクリュー及び油圧の作動を統合した二段階の引き込みシステムを使用する引き込み式ディスクローターシステムの実施形態に関する。

【背景技術】

【0002】

垂直離着陸（VTOL）航空機であるヘリコプターの効率的な運行は、一般的に巡航速度によって制限を受けるが、この速度はローターの前進及び後退の臨界速度を超えることはできない。巡航には固定翼の揚力を利用するシステムが好ましいが、この要件を低減するために、二重反転ローター及び他のアプローチが利用されてきた。翼の支援による巡航飛行へ転換できるよう、ローターブレードを部分的に又は完全に引き込むことができるディスクローターシステムが提案されており、これにより高速化が可能になっている。既存の解決策及び発想は十分に開発されておらず、ローターブレードを引き込むためのワイヤーケーブル又はボールスクリューなどの単一の装置が使用されている。このような先行技術設計には、故障を防止するように設計された複雑な補助的安全機構が備わっていない、又は必要となることがある。ケーブル機構は、ローターブレードに加わる大きな遠心荷重を支えることができる比較的重いケーブルを必要とする。このケーブル機構はまた、ブレードの引き込みに要求される大きな力を実現するため、大型の巻き上げ機、ギヤ減速器及び遊び滑車を必要とする。ケーブルは負荷によって比較的大きな伸びの影響を受けるため、ブレードごとの引き込み位置を同期させることが困難になることがある。大きな遠心荷重を考慮に入れた場合、ボールスクリューのみを使用する装置は、ローターブレード内部に収めるためにはボールスクリューを十分に小さくすることが必要なため、信頼性が低下し又寿命が短くなることがある。ボールスクリューに電力を供給する装置が故障した場合、遠心力による負荷に対抗しうる十分に大きな制動力がないと、スクリューは引き戻される可能性がある。引き戻し力によって、単一のブレードが指令によらずに伸展することがあり、ローターの不均衡を引き起こす結果となる。ボールスクリューと同様の装置、専用

10

20

30

40

50

油圧シリンダも、ローターブレード内部に収まるよう十分に小さくしなければならない。これだけ小型であっても、5000ポンド/平方インチ(psi)程度の油圧が有効でなければならない。柔軟性のあるアセンブリ内にこのような高い圧力を密封することは困難であろう。

【0003】

そのため、ローターブレードコード内部に収納できるコンパクトな配置を提供しつつ、ブレード引き込み同期の問題点及び指令によらない伸展動作を解消する、ディスクローター引き込みシステムを提供することが望ましい。

【発明の概要】

【0004】

一つの例示的实施形態では、油圧シリンダが組み込まれたメインブレードスパーを有し、且つスクリュースレッドを有するディスクローター引き込みシステムを提供する。ボールスクリューは、メインブレードスパー内部で同心円状に支えられており、油圧シリンダ内で往復運動を受け止める油圧ピストンと共に、中間スパーに接続された外側端部を有するボールナットを動作可能に支える。第一ギヤ式アクチュエータはボールスクリューに係合し、第二ギヤ式アクチュエータはメインブレードスパーのスクリュースレッドに係合する。加圧した油圧作動油を供給する油圧作動油アキュムレータは、油圧シリンダの外側端部に接続され、制御装置は第一及び第二ギヤ式アクチュエータを作動させる。

【0005】

ディスクローターは、複数のローターブレード用のディスクローターブレード引き込みシステムを使用し、各ブレードはチップエアロパネル、ミッドエアロパネル及びルートエアロパネルを有する。各ブレードは、油圧シリンダ及びスクリュースレッドを有するメインブレードスパーを組み込む。ボールスクリューは、メインブレードスパー内部で同心円状に支えられており、油圧シリンダ内で往復運動を受け止める油圧ピストンと共に、中間スパーに接続された外側端部を有するボールナットを動作可能に支える。第一ギヤ式アクチュエータはボールスクリューに係合し、第二ギヤ式アクチュエータはメインブレードスパーのスクリュースレッドに係合する。加圧した油圧作動油を供給する油圧作動油アキュムレータは、油圧シリンダの外側端部に接続され、制御装置はディスクローターの各ブレードに対して、第一及び第二ギヤ式アクチュエータを作動させる。

【0006】

ディスクローターブレード引き込みシステムの操作の実施形態は、複数のブレードの引き込みを指令することによって開始される。各ブレードに対して、油圧作動油のチェックバルブを経由するフローがアキュムレータから流れるように電磁バルブを設定する。ボールスクリューを回転し、ピストンヘッド上に作用するアキュムレータからの加圧された油圧作動油の支援により、ボールナットとピストンヘッドの双方に接続された中間スパーを用いてチップエアロパネルをミッドエアロパネルへ伸縮自在に引き込む第一ギヤ式アクチュエータに電力が供給される。入れ子になったチップエアロパネル及びミッドエアロパネルは次に、ルートエアロパネルに引き込まれる。ボールスクリュー上のボールナットの引き込み限界に達すると、ギヤ式アクチュエータから電力が遮断され、モーターブレーキが作動する。次に、メインブレードスパーをディスクフェアリングに引き込むため、ルートエアロパネルを支えるメインブレードスパー上のスレッドに係合するナットを回転する各ブレード用の第二ギヤ式アクチュエータに電力が供給される。

【0007】

他の例示的实施形態では、

ディスクローターシステムであって、

複数のローターブレードと

チップエアロパネル、ミッドエアロパネル及びルートエアロパネルを有する各ブレードと

ローターハブによって支持される引き込みシステムを有し、ルートエアロパネルを支えるメインブレードスパーを組み込み、油圧シリンダを組み込んだ各ブレードと

10

20

30

40

50

スクリュースレッドを有するメインブレードスパーと  
 を備えたディスクローターシステムと；  
 ミッドエアロパネルを支える中間スパーに接続され、さらに油圧シリンダ内で往復運動  
 を受け止める油圧ピストンに接続された外側端部を有するボールナットを動作可能に支え  
 るメインブレードスパー内部で同心円状に支えられているボールスクリュートと；  
 外側端部でチップエアロパネルに接続された中間スパーと；  
 ボールスクリュートに動作可能に係合する第一ギヤ式アクチュエータと；  
 メインブレードスパースクリュースレッドに動作可能に係合する第二ギヤ式アクチュエ  
 ータと；  
 油圧シリンダの外側端部に接続された油圧作動油アキュムレータと；  
 各ブレードに関連する第一及び第二ギヤ式アクチュエータを同時に作動させるための制  
 御装置と；  
 ローターハブによって支持されるディスクフェアリングと、  
 を提供する。

【0008】

上記ディスクローターシステムでは、ピッチ制御アセンブリはメインブレードスパーと  
 同心円状に係合する。

【0009】

上記ディスクローターシステムでは、ピッチ制御アセンブリはメインブレードスパーの  
 ボールスプラインの溝に係合するボールスリーブを含む。

【0010】

上記ディスクローターシステムでは、ピッチ制御アセンブリはローターハブによって支  
 えられたカラー内で回転するように装着されている。

【0011】

上記ディスクローターシステムでは、引き込みが行われると、チップエアロパネルはミ  
 ッドエアロパネル内へ伸縮自在に取り込み可能となる。

【0012】

上記ディスクローターシステムでは、ミッドエアロパネルはルートエアロパネル内に引  
 き込み可能で、又ルートエアロパネルはディスクフェアリング内に引き込み可能である。

【0013】

上記ディスクローターシステムでは、各ブレードの引き込みシステムは、アキュムレー  
 タ及び油圧シリンダの間にあるチェックバルブと、アキュムレータ及び油圧シリンダの間  
 にある圧力開放バルブと、又油圧シリンダに圧力開放バルブを選択的に接続するための電  
 磁バルブと、制御装置に反応する電磁バルブを組み込んだ、液体マニホールドをさらに含  
 む。

【0014】

上記ディスクローターシステムでは、各ブレード引き込みシステム用のアキュムレータ  
 及び液体マニホールドは、ディスクフェアリング内のハブに装着された構造トレイ上に装  
 着されている。

【0015】

検討された特徴、機能、及び利点は、本発明のさまざまな実施形態で個別に実現するこ  
 と、又は以下の説明及び図面を参照して理解可能な他の実施形態のさらなる詳細と組み合  
 わせることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1A】図1Aはローターブレードが伸展した状態でのディスクローターシステムの例  
 示的な実施形態の部分断面等角図である。

【図1B】図1Bは二段階引き込みシステムの操作構成要素の模式図である。

【図2A】図2Aは対向する一対のブレードを示すディスクローターシステム対の上部断  
 面図である。

10

20

30

40

50

【図 2 B】図 2 B は明確にするため各ブレード対を取り除き、残存する低位のブレードを 90 度ずらしたディスクローターシステムの正面断面図である。

【図 3 A】図 3 A はディスクローターの作動部品の等角部分断面図である。

【図 3 B】図 3 B はボールスプライン、ボールスリーブの模式断面図である。

【図 4】図 4 は図 1 の実施形態についてのローターハブの等角図である。

【図 5 A】図 5 A は、複合ボールスクリュウ作動システム、並びに伸展位にあるミッドエアロパネル及びアウターエアロパネル用の第一段階引き込みシステムの油圧ピストンとシリンダの詳細な正面断面図である。

【図 5 B】図 5 B は図 5 A の第一段階引き込みシステムの詳細な上面断面図である。

【図 6 A】図 6 A は第一段階引き込みシステム及び第二段階引き込みシステムのボールスクリュウシステム用のドライブアクチュエータの詳細な正面図である。

【図 6 B】図 6 B は図 6 A の第一及び第二段階引き込みシステムの構成要素の詳細な上面図である。

【図 7】図 7 は明確にするためローターブレードの構成要素を取り除いた複合作動システムの等角図である。

【図 8】図 8 は第二段階引き込みシステムの作動構成要素の詳細な部分断面図である。

【図 9】図 9 はアウターエアロパネル及びミッドエアロパネルを示す等角断面図で、A は完全に伸展した位置を、B は部分的に引き込んだ位置を、C は完全に引き込んだ位置を示す。

【図 10】図 10 はローターを完全に引き込んだディスクの正面図である。

【図 11】図 11 は引き込みシステムの制御構成要素の模式図である。

【図 12 A】図 12 A は第一及び第二段階引き込みシステムの機能操作のフロー図である。

【図 12 B】図 12 B は第一及び第二段階引き込みシステムの機能操作のフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本明細書に記載の実施形態は、複数のブレード 12 a、12 b、12 c 及び 12 d、3 個の伸縮自在な部品を含む各ローターブレード、ルートエアロパネル 14 a、ミッドエアロパネル 14 b 及びアウターエアロパネル 14 c を有するディスクローター 10 に関して、図 1 A に示したようにシステムを実証する。ブレードパネルは、これ以降でさらに詳細に説明するように、ローターブレードの引き込みを分離された二段階で行う引き込み機構により、中央のディスクフェアリング 16 に引き込まれる。例示的な実施形態では、4 個のローターブレードが航空機の上の異なる高さ位置で対向する 2 つの対になるように、ブレード 12 a と 12 c からなる第一の対はブレード 12 b と 12 d からなる第二の対の上方に装着され、図 1 A に示したローターの直径 13 b の約 4.5% に等しい距離 13 a (図 2 B に最もわかりやすく表示) だけ垂直に分離される。対向するブレード対は、これ以降でさらに詳細に説明するように、引き込み間隔に関してローター直径 13 b の約 6.8% に等しい距離 13 c (図 2 A に最もわかりやすく表示) だけ水平に分離される。二段階の引き込みシステムは、1 本のブレードについて図 1 B に模式的に示す。詳細な機構の実施形態はこれ以降に説明する。第一の引き込み段階は、メインブレードスパー 22 内部で同心円状に支えられている高効率のボールスクリュウ 24 を駆動するギヤ式電動アクチュエータ 20 を用いる補完的なブッシュプル動作で機能する。ボールスクリュウ 24 に載っているボールナット 60 は、ボールスクリュウ 24 を伸縮自在に受け入れる中間スパー 26 の内側端部と一体になったピストンヘッド 62 に連結されている。ピストンヘッド 62 は、メインブレードスパー 22 に不可欠な油圧シリンダ 54 内で支えられている。加圧した油圧作動油がアキュムレータ 74 から油圧シリンダ 54 に供給される。ギヤ式電動アクチュエータ 20 の操作は、ピストンヘッド 62 に作用する油圧が当該の内側の動きを補償しつつ、ボールナット 60 をメインブレードスパー 22 内に引き入れる。これ以降でさらに詳細に説明するように、チップエアロパネル 14 c (図 1 A に表示) は中間スパー 26

10

20

30

40

50

の外側接続金具 80 に接続され、ミッドエアロパネル 14 b (図 1 A に表示) は中間スパーによって支えられている。中間スパー 26 のメインブレードスパー 22 への引き込みは、これ以降でさらに詳細に説明するように、チップエアロパネル 14 c を伸縮自在にミッドエアロパネル 14 b へ、又ミッドエアロパネルを伸縮自在にルートエアロパネル 14 a へ引き入れる。

【 0018 】

第二の引き込み段階は、メインブレードスパー 22 の A C M E スレッド 34 に係合する A C M E ナット 36 を回転する第二ギヤ式電動アクチュエータ 30 を使用する。A C M E ナットの回転により、ルートエアロパネル 14 c (伸縮自在に入れ子になったチップエアロパネル及びミッドエアロパネルを伴う) を引き込むメインブレードスパー 22 をディスクフェアリング 16 の中へ引き戻す。

10

【 0019 】

図 2 A 及び 2 B に示すように、各ブレード 12 a、12 b、12 c 及び 12 d に関して、ギヤ式電動アクチュエータ 20 は、チップエアロパネル及びミッドエアロパネルを引き込むボールスクリュウ 24 を回転するメインブレードスパー 22 に装着される。ボールスクリュウ 24 は、引き込み中にチタン製中間スパー 26 内へ陥入する。既に説明したように、ボールスクリュウはアキュムレータによって加圧された油圧システムと連係して動作し、これによってブレードのチップエアロパネル及びミッドエアロパネルを結合して押し込み、これ以降で図 5 A 及び 5 B を参照してさらに詳細に説明するように、ボールスクリュウを補強する。

20

【 0020 】

図 2 B、3 A 及び 3 B に示すように、各ブレード 12 a、12 b、12 c 及び 12 d に対する第二の引き込み段階は、ローターハブ 32 に装着された第二のギヤ式電動アクチュエータ 30 によって作動するが、詳細については図 4 を参照して説明する。既に説明したように、第二の引き込み段階はメインスパー 22 に加工された A C M E スクリュースレッド 34 と共に機能する。A C M E ナット 36 (図 8 に示したように、又これ以降図 8 を参照してさらに詳細に説明する外部ブルギヤ 37 を有する) は、メインブレードスパー 22 及び連結されたルートエアロパネル 14 a を引き込み且つ保持するため、スクリュウスレッド 34 に係合する。

【 0021 】

図 3 A 及び 3 B に示すように、ボールスプライン 38 の溝はメインブレードスパー 22 上を長手方向に延び、各ブレード 12 a、12 b、12 c 又は 12 d のピッチ制御を行うため、各メインブレードスパー 22 の第二の機能を提供する。ボールスリーブアセンブリ 40 は、インナーボールスリーブ 42 及びアウターボールスリーブ 44 と共にボールスプライン 38 に係合し、ブレードの荷重をメインブレードスパーからスリーブアセンブリ 40 の外径の周囲に適合するピッチベアリング 94 及び 96 に移すように働く。各ブレードに関して、ブレードピッチアーム 56 は、ローラーピッチベアリング 94 及び 96 並びにローラー 47 を有する遠心力保持ベアリング 46 内で回転可能な、ボールスリーブアセンブリ 40 のピッチリンク 58 に接続されている。これにより、ピッチベアリング 94 及び 96 並びに保持ベアリング 46 内で回転するボールスリーブアセンブリ 40 内のボールスリーブ 42、44 と共にメインブレードスパー 22 上でのボールスプライン 38 の係合を利用して、任意の引き込み位置でのピッチ制御が可能になる。

30

40

【 0022 】

各ブレードに関して、メインブレードスパー 22 及び関連するボールスリーブアセンブリ 40、ピッチベアリング 94 及び 96 は、図 4 に示すハブ 32 の各ハブカラー 48 に装着されている。ハブカラー 48 は、フランジインターフェイス 52 を経由して、下端で伝動機構 53 (図 1 に表示) に接続されているローターシャフト 50 によって支えられている。ローターシャフト 50 はまた、上端にディスクフェアリング連結ブラケット 55 を提供する。

【 0023 】

50

図5 A及び5 Bでチップ部分の、図6 A及び6 Bでルート部分の詳細を示すように、メインブレードスパー2 2は多機能な構成要素である。スレッド引き込みACMEスクリー  
 ー3 4及び外表面上のスプライン3 8の提供に加えて、スパーの内径によって作り出されるチャンパーは、第一段階の引き込みシステムに対して油圧シリンダとしての役割を果たす。図5 A及び5 Bに示すように、ブレードが完全に伸展した状態で、ボールナット6 0  
 はボールスクリー2 4の上に載り、中間スパー2 6の内側端部から伸びるピストンヘッド6 2に、結合用ボルト締めフランジを用いるハウジング6 3と共に連結されている。メ  
 インブレードスパー2 2の端部に挿入された油圧シリンダヘッド6 4は油圧シリンダ5 4  
 を覆い、中間スパー2 6が組み込まれている油圧シール6 5を提供する。ここに示した実  
 施形態では、ルートエアロパネル1 4 aのルート鍛造物6 8を介して連結されているポ  
 ート6 6を経由して導入された油圧作動油は、導管6 9を介してシリンダヘッド6 4とピ  
 ストンヘッド6 2との間の油圧シリンダの中へ流入する。図7に最もわかりやすく示したよ  
 うに、各油圧シリンダの油圧作動油はフレックスライン7 2を経由してポート6 6に接続  
 されているバルブマニホールド7 0を介して制御される。マニホールド7 0に接続された  
 アキュムレータ7 4は、動作圧で油圧作動油を蓄積する。

#### 【0024】

図5 A及び5 Bに戻ると、チップエアロパネル及びミッドエアロパネルに関しては、ギ  
 ヤ式モーターアクチュエータ2 0はボールスクリー2 4を回転し、油圧ピストンヘッド  
 6 2に連結された関連ボールナット6 0を油圧シリンダ内に引き戻す。加圧された油圧作  
 動油は、油圧シリンダの外側端部から内側端部へピストンヘッドの移動を促すブレードの  
 引き込み動作中に、アキュムレータから排出される。外側端部でのボールスクリーの位  
 置合わせは、ボールスクリー上でメインブレードスパー内部に伸縮自在に組み込まれた  
 中間スパー2 6の内周に載った自動調心固定振れ止めスライダベアリング7 8によって実  
 現される。ブレード伸展中には、ブレードの遠心力並びにボールナット6 0及び連結され  
 たピストンヘッド6 2を伸展させるためにボールスクリー2 4を駆動するギヤ式アクチ  
 ュエータの力を利用して、導管6 9、フレックスライン7 2及びマニホールド7 0を介し  
 て油圧作動油を押し戻すピストンヘッドによりアキュムレータ7 4を再加圧する。

#### 【0025】

図9のAに示す伸展位置から、第一の引き込み段階は最初に、中間スパー2 6上の外側  
 接続金具8 0に連結されたブレードチップエアロパネル1 4 cのみを、図9のBに示すよ  
 うに伸縮自在にブレードミッドエアロパネル1 4 bに引き込むことによって、遠心荷重を  
 分離する。ブレードの半径が小さくなりチップの荷重が低下したら、図9のCに示すよ  
 うに、陥入したブレードチップエアロパネル1 4 cとミッドエアロパネル1 4 bをルートエ  
 アロパネル1 4 aに引き込むステップがこれに続く。

#### 【0026】

図7に示すように、マニホールド7 0は電磁バルブ8 2、フローを油圧シリンダへの一  
 方向にする油圧チェックバルブ8 4、及びアキュムレータを再加圧する手段を提供する油  
 圧システム内のクロスフローのための圧力開放バルブ8 6を組み込む。各マニホールドは  
 、アキュムレータの初期並びに保守点検時の補充のための補充栓8 3及び圧力ゲージ8 5  
 を含む。チェックバルブ8 4を経由するフローに対して設定した電磁バルブ8 2により、  
 チェックバルブ8 4はブレーキとして作用し、電動アクチュエータが故障した際に遠心力  
 によってボールスクリーが引き戻されるのを防ぐ。圧力開放バルブ8 6により、遠心力  
 及びアクチュエータの電力は十分な圧力を発生させ、アキュムレータの圧力設定値に打ち  
 勝って再加圧することができる。油圧ブレーキに加えて、例示の実施形態の各ブレードの  
 ギヤ式電動アクチュエータ2 0は、油圧システムが故障した際の油圧ブレーキのバックア  
 ップとして機能する統合型モーターブレーキを組み込む。図面に示す代表的な実施形態  
 では、風洞モデルの大きさにしたW i t t e n s t e i n M o t i o n C o n t r o l 社  
 製ギヤ式アクチュエータ、部品番号T P M 0 0 4 S 0 2 1 M 5 P B 1 0 5 3 B  
 W 1を、エンコーダ、温度センサー及びブレーキを含む3 2 0ボルトアクチュエータに対  
 してギヤ比2 1 : 1で使用する。図面に示す実施形態では、アキュムレータ7 4、油圧マ

10

20

30

40

50

ニホールド 70 及び関連構成要素は、ディスクフェアリング 16 内のハブ 32 に装着された構造トレイ 87 によって支持されている。

【0027】

引き込みの第二段階では、図 6A 及び 8 に最もわかりやすく示したように、各ブレードに関して第二ギヤ式アクチュエータ 30 はシャフト 88 を介してピニオンギヤ 90 に回転力を与え、これにより ACME スクリュースレッド 34 (ボールスリーブ 42 によって係合するスプライン 38 の溝を明瞭に表示するため、スパーの長さ部分のみを示す) に係合する ACME ナット 36 上のブルギヤを駆動し、メインブレードスパー 22 は図 10 に示したブレードの反対方向に、ボールスリーブアセンブリ 40 及びハブカラー 48 を介して後退する。入れ子になったチップエアロパネル 14c 及びミッドエアロパネル 14b と共にルートエアロパネル 14a をディスク 16 に引き込むことに加えて、この構成は引き込みの第二段階でブレードを平衡させる。引き込みシステムの第二段階に対する代替的な実施形態では、ACME スクリューは、第一段階のボールスクリューと同様な方法でボールスプラインとの組み合わせによって機能する、さらに効率的なボールスクリューで置き換えられる。引き込みの第二段階が完了すると、第二ギヤ式アクチュエータ 30 の統合型モーターブレーキが作動して、引き込み位置でのブレードの保持を支援する。

10

【0028】

本明細書に開示する例示的な実施形態では、スパー 22 は金属及び炭素繊維複合材の積層構造である。スパーの外殻は金属で、ボールスプライン 38 用の溝及び遮断された ACME スクリュー用のスレッド 34 を提供する。ACME スクリュー 34 は、本来的に摩擦がきわめて大きいため、負荷状態では引き戻すことができない。電動アクチュエータが故障した場合にはモーターブレーキは係合し、ACME スクリューは摩擦ブレーキとして作動してブレードを最終の位置に保持する。図 11 に示すように、電子制御装置 100 は、全ブレードのギヤ式アクチュエータ 20、30 に電力を供給し、過剰な温度を示す統合型温度センサー及びエンコーダー (又は代替的な実施形態での他のセンサー) からのセンサー入力、又は指令を出した位置と実際のエンコーダーの位置との差を利用して、アクチュエータの故障を検出することができる。制御装置 100 は、ローターの不均衡を回避するため、算出したエンコーダーの位置で故障したユニットの位置を保持するため、残りのアクチュエータすべてに指令を出すことができる。制御装置 100 はさらに、チェックバルブ 84 を経由する油圧作動油の方向フロー制御のため、電磁バルブ 82 を制御する。

20

30

【0029】

図 5A、5B、6A 及び 6B に戻ると、本実施形態は、油圧シリンダ用インナーシールを提供するメインブレードスパー 22 のインナー端部に支えられたインナーボールスクリュー及びブレード保持ベアリングアセンブリ 92 (図 6A 及び 6B に最もわかりやすく表示) を使用する。さらに、ボールスリーブアセンブリ 40 用のベアリング 46 による回転支持は、インナーブレードピッチローラーベアリング 94 及びアウトブレードピッチローラーベアリング 96 によって補完されている。引き込みトルク停止カラー 98 (図 6A 及び 6B に表示) はブレード引き込み中のボールスクリューの過剰な回転を防止し、一方、伸展トルク停止カラー 99 (図 5A 及び 5B に表示) はブレードの伸展中のボールスクリューの過剰な回転を防止する。

40

【0030】

図 12A に示したように、ディスクローター引き込みシステムの操作は制御装置 100 によって行われ、航空機の操縦士 (又は無人航空機用の自動指令システム) によってブレード引き込みの指令 (ステップ 1200) が出されると、制御装置はチェックバルブ 84 を経由するフロー用にマニホールドアセンブリ 70 の電磁バルブ 82 を設定 (ステップ 1202) し、油圧作動油がアキュムレータから流れるようにし、各ブレードの第一ギヤ式アクチュエータ 20 に電力を供給する (ステップ 1204)。図 9 の A、B 及び C に関して既に説明したように、ギヤ式アクチュエータ 20 に反応するボールスクリュー 24 が回転し、ピストンヘッド 62 上に作用するアキュムレータ 74 からの加圧された油圧作動油の支援により、チップエアロパネル 14c はミッドエアロパネル 14b 内へ伸縮自在に引

50

き込まれる（ステップ1206）。入れ子になったチップパネル及びミッドパネルは次にルートエアロパネル14aに引き込まれ（ステップ1208）、ボールナット60の引き込み限界に達すると、制御装置はギヤ式アクチュエータ20から電力を遮断し、モーターブレーキを作動させる（ステップ1209）。制御装置は次に各ブレードの第二ギヤ式アクチュエータに電力を供給する（ステップ1210）。第二ギヤ式アクチュエータ30、シャフト88、ピニオンギヤ90及びブルギヤ37/ACMEナット36が回転すると、ボールスリーブアセンブリ40のボールスリーブ42,44を通るACMEスレッド34によって、メインブレードスパー22がディスクフェアリング16に引き込まれる（ステップ1212）。ブレードのピッチ制御は、ボールスリーブアセンブリ40上のピッチリンク58を通るピッチアーム56を介した入力によって常時実現することができ、ボールスプライン38によるボールスリーブ42及び44の係合によって、メインブレードスパー及びブレードを回転する（ステップ1214）。ディスクへの引き込みの第二段階では、ブレードピッチを一定に保たなければならない。引き込みの過程ではアクチュエータ30が引き戻されるのを回避するため、ブレードピッチは一定に保ち、ディスクフェアリング16に入る際にはブレード間隔を維持しなければならない。引き込みの第二段階が完了すると、モーターブレーキが作動する。

#### 【0031】

図12Bでブレードの伸展に関して続けると、指令を出すと（ステップ1216）制御装置100はモーターブレーキを解放し、各ブレードの第二ギヤ式アクチュエータ30に電力を供給する（ステップ1217）。第二ギヤ式アクチュエータ30、シャフト88、ピニオンギヤ90及びブルギヤ37/ACMEナット36が逆回転すると、ボールスリーブアセンブリ40のボールスリーブ42,44を通るACMEスレッド34によって、ディスクフェアリング16からルートエアロパネルを伸ばすようにメインブレードスパー22が伸展する（ステップ1218）。ルートエアロパネルが完全に伸展すると、制御装置100は電磁バルブ82の位置を設定して圧力開放バルブ86に油圧作動油を流し（ステップ1220）、モーターブレーキを解放して各ブレードの第二ギヤ式アクチュエータに電力を供給する（ステップ1222）。ギヤ式アクチュエータ20に反応するボールスクリュウ26が逆回転すると、遠心力及び油圧作動油を加圧してアキュムレータ74に流し込むギヤ式アクチュエータの力（ステップ1227）によって、入れ子になったチップパネル及びミッドパネルはルートエアロパネル14aから伸展され（ステップ1224）、又チップエアロパネル14cはミッドエアロパネル14bから伸縮自在に伸展される（ステップ1226）。ボールナット60の伸展限界に達すると、ブレードは完全に伸展され、制御装置はギヤ式アクチュエータから電力を遮断し、モーターブレーキを作動させる（ステップ1228）。

#### 【0032】

特許法の要求に従い、本発明のさまざまな実施形態について詳細に説明を行ったが、当業者は本明細書に開示した具体的な実施形態に対する変更及び代替を認識するものとする。以下の請求項に定義するように、このような変更は本発明の領域及び意図の範囲に含まれる。

#### 【符号の説明】

#### 【0033】

- 10 ディスクローター
- 12 a、12 b、12 c、12 d ブレード
- 13 a 距離
- 13 b ローター直径
- 13 c 距離
- 14 a ルートエアロパネル
- 14 b ミッドエアロパネル
- 14 c アウターエアロパネル、チップエアロパネル
- 16 ディスクフェアリング

10

20

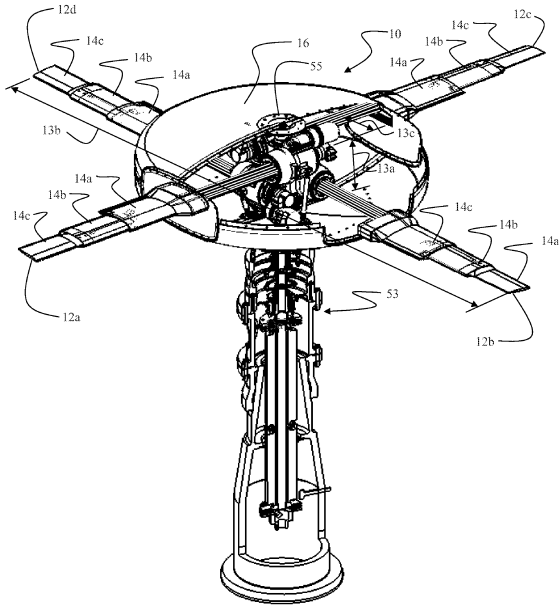
30

40

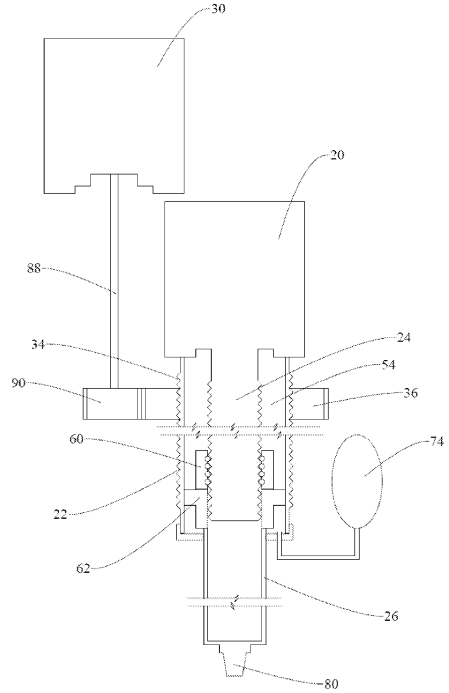
50

2 0、3 0	ギヤ式電動アクチュエータ	
2 2	メインブレードスパー	
2 4	ボールスクリュウ	
2 6	中間スパー	
3 2	ローターハブ	
3 4	A C M E スクリュースレッド	
3 6	A C M E ナット	
3 7	外部ブルギヤ	
3 8	ボールスプライン	
4 0	ボールスリーブアセンブリ	10
4 2	インナーボールスリーブ	
4 4	アウターボールスリーブ	
4 6	遠心力保持ベアリング	
4 7	ローラー	
4 8	ハブカラー	
5 0	ローターシャフト	
5 2	フランジインターフェイス	
5 3	伝動機構	
5 4	油圧シリンダ	
5 5	ディスクフェアリング連結ブランケット	20
5 6	ブレードピッチアーム	
5 8	ピッチリンク	
6 0	ボールナット	
6 2	ピストンヘッド	
6 3	ハウジング	
6 4	油圧シリンダヘッド	
6 5	油圧シール	
6 6	ポート	
6 8	ルート鍛造物	
6 9	導管	30
7 0	バルブマニホールド	
7 2	フレックスライン	
7 4	アキュムレータ	
7 8	スライダベアリング	
8 2	電磁バルブ	
8 3	補充栓	
8 4	油圧チェックバルブ	
8 5	圧力ゲージ	
8 6	圧力開放バルブ	
8 7	構造トレイ	40
8 8	シャフト	
9 0	ピニオンギヤ	
9 2	ブレード保持ベアリングアセンブリ	
9 4	インナーブレードピッチローラーベアリング	
9 6	アウターブレードピッチローラーベアリング	
9 8	引き込みトルク停止カラー	
9 9	伸展トルク停止カラー	
1 0 0	電子制御装置	

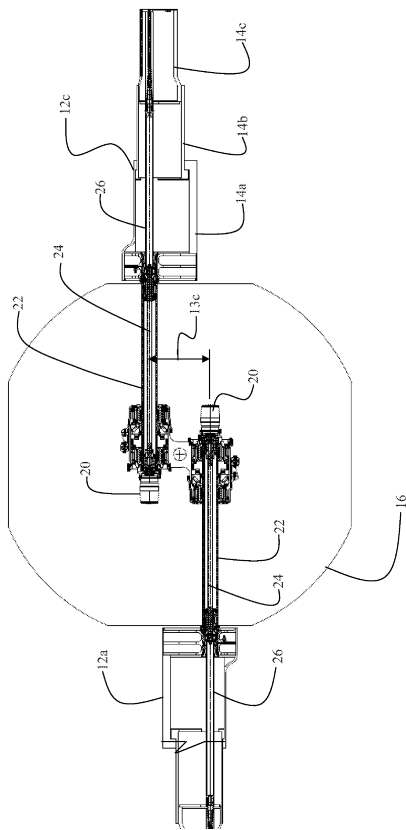
【図 1 A】



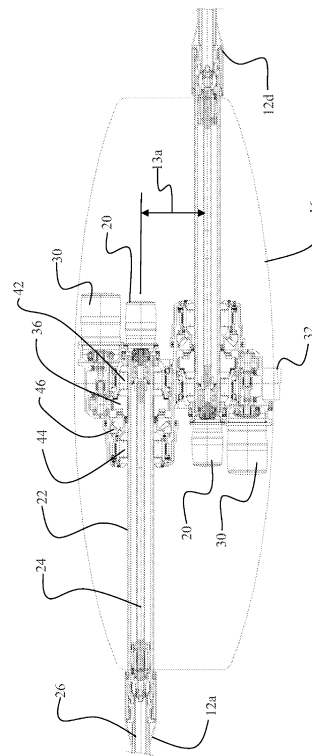
【図 1 B】



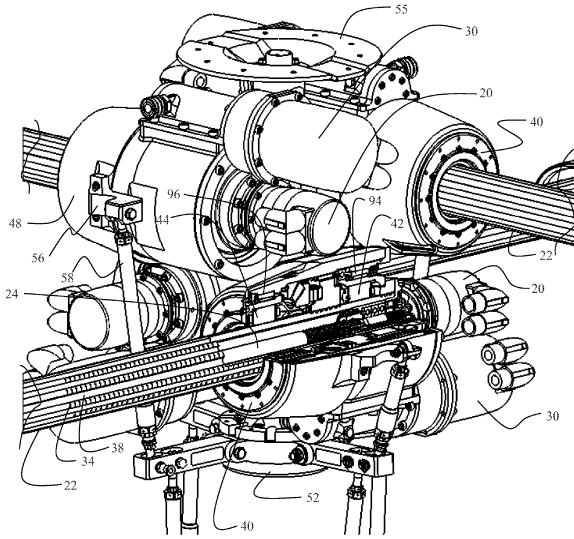
【図 2 A】



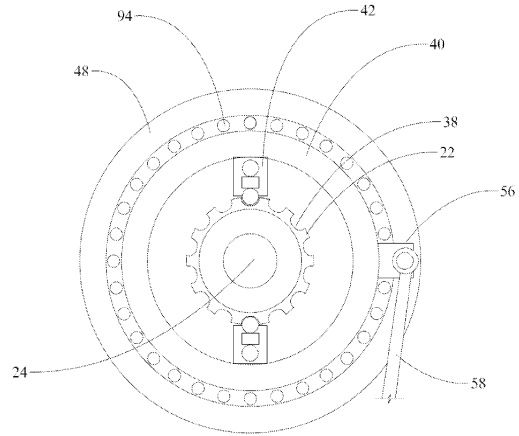
【図 2 B】



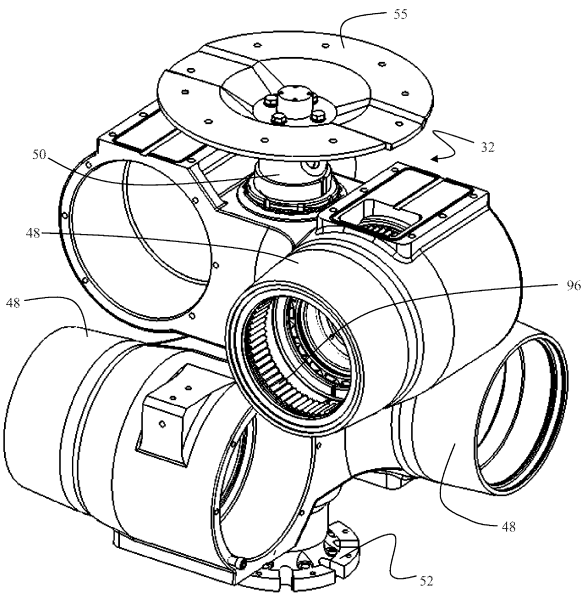
【図 3 A】



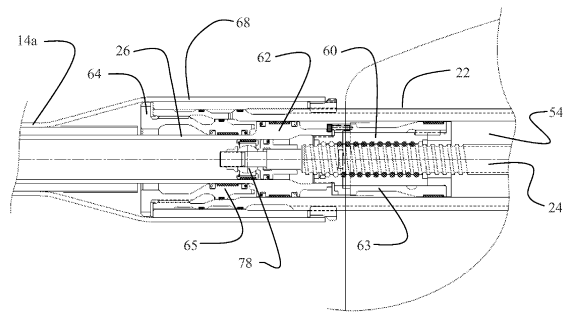
【図 3 B】



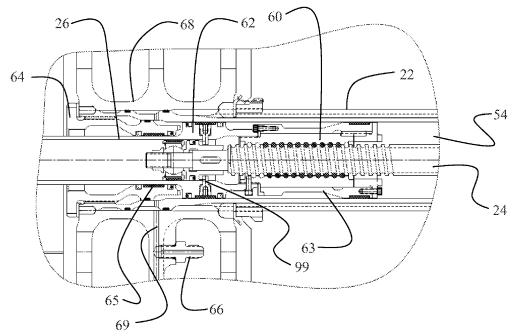
【図 4】



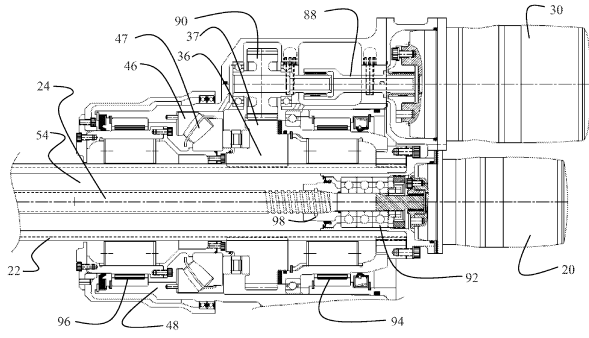
【図 5 A】



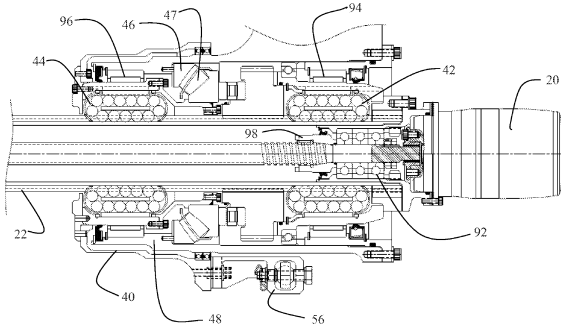
【図 5 B】



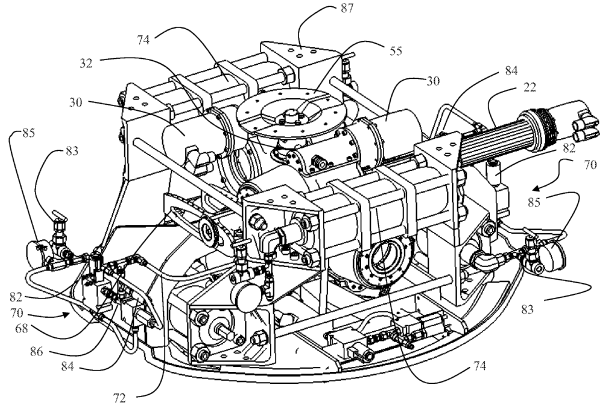
【図 6 A】



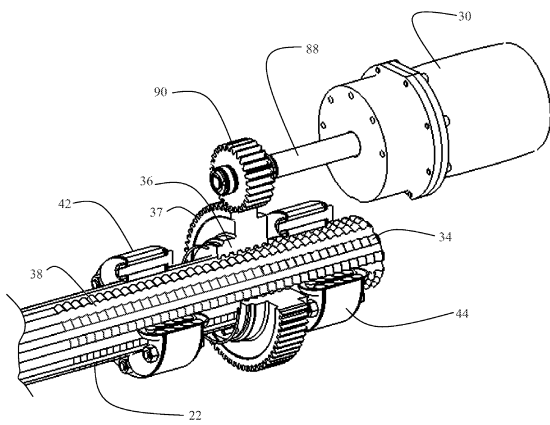
【図 6 B】



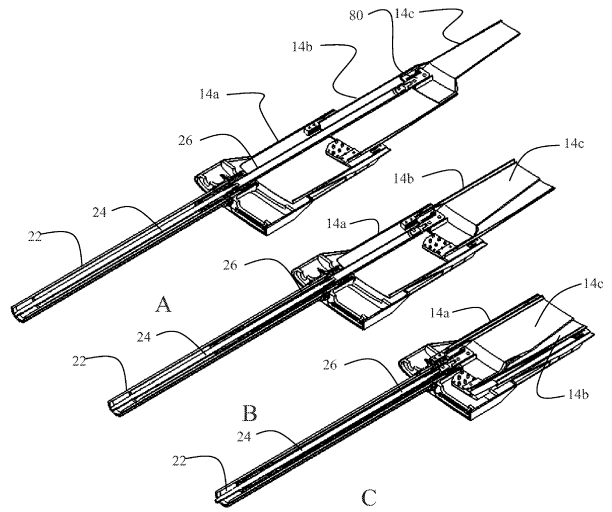
【図 7】



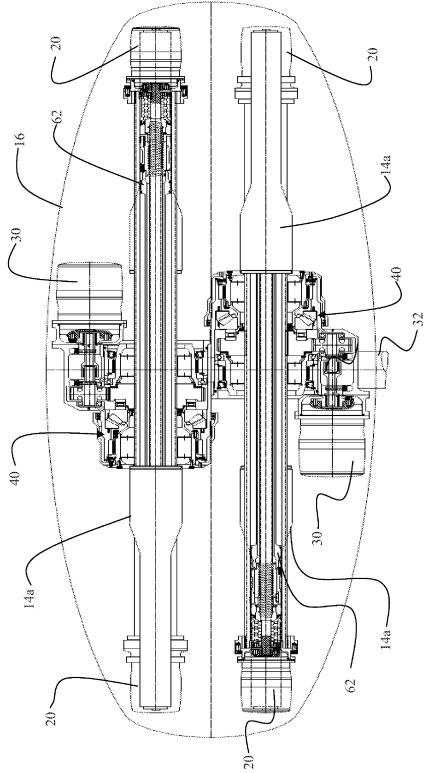
【図 8】



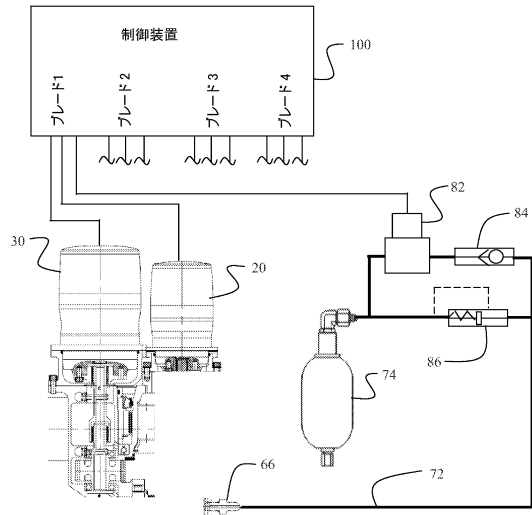
【図 9】



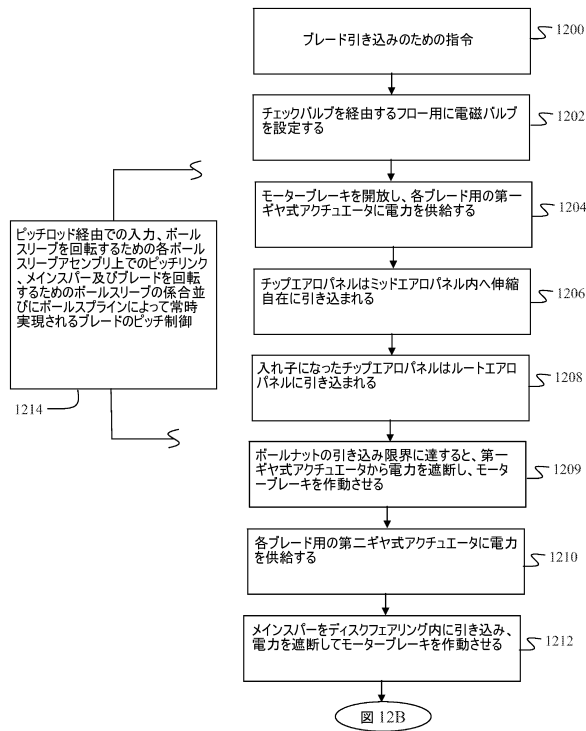
【図10】



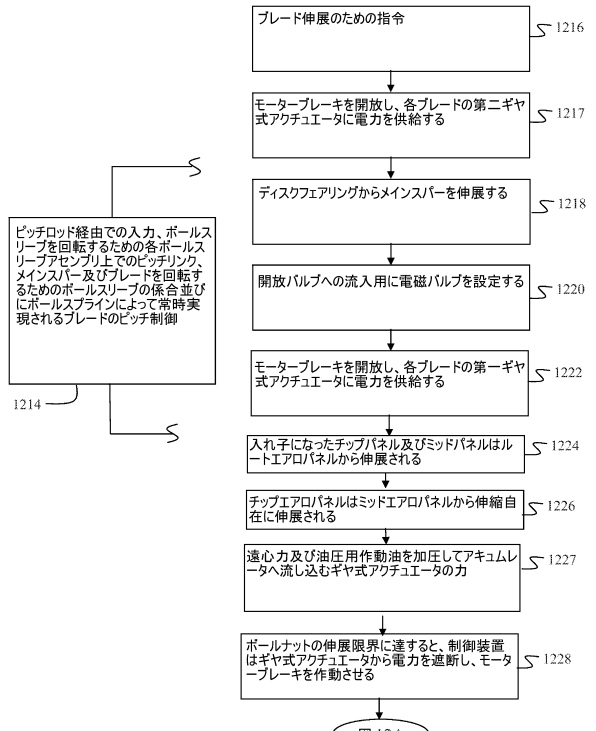
【図11】



【図12A】



【図12B】



---

フロントページの続き

審査官 志水 裕司

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0150717 (US, A1)  
米国特許第03249160 (US, A)  
米国特許第02713393 (US, A)  
米国特許第03065938 (US, A)  
米国特許出願公開第2003/0230898 (US, A1)  
米国特許出願公開第2005/0285406 (US, A1)  
特開2001-132615 (JP, A)  
米国特許第07581926 (US, B1)  
米国特許第03814351 (US, A)  
米国特許第03501248 (US, A)  
米国特許第01922866 (US, A)  
仏国特許出願公開第02960827 (FR, A1)  
特表2009-521358 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64C 3/56  
B64C 11/28  
B64C 27/22  
B64C 27/30  
B64C 27/46 - 27/473  
F03D 1/00 - 1/02  
F03D 1/06