

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5005766号
(P5005766)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int. Cl.		F I	
F O 2 B 75/18	(2006.01)	F O 2 B 75/18	C
B 6 4 D 27/04	(2006.01)	B 6 4 D 27/04	
F O 2 B 75/22	(2006.01)	F O 2 B 75/22	J
F O 2 B 75/24	(2006.01)	F O 2 B 75/24	
F O 2 B 33/22	(2006.01)	F O 2 B 33/22	Z

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-528240 (P2009-528240)	(73) 特許権者	504023903
(86) (22) 出願日	平成19年9月4日(2007.9.4)		スクデリ グループ リミテッド ライア
(65) 公表番号	特表2010-522837 (P2010-522837A)		ビリティ カンパニー
(43) 公表日	平成22年7月8日(2010.7.8)		アメリカ合衆国 01089 マサチュー
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/019458		セッツ州 ウェスト スプリングフィール
(87) 国際公開番号	W02008/033254		ド エルム ストリート 1111 スイ
(87) 国際公開日	平成20年3月20日(2008.3.20)		ート 33
審査請求日	平成22年6月29日(2010.6.29)	(74) 代理人	100077481
(31) 優先権主張番号	11/518,828		弁理士 谷 義一
(32) 優先日	平成18年9月11日(2006.9.11)	(74) 代理人	100088915
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	クリフォード ディー. ヒートン
			アメリカ合衆国 01082 マサチュー
			セッツ州 ウェア ホースシュー サーク
			ル 19

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分割サイクル航空機エンジン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンのクランクシャフト軸線を中心として回転するクランクシャフト、
該クランクシャフトの1回転中の膨張行程と排気行程を通して往復するように、動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作動可能に連結された動力ピストン、

該クランクシャフトの1回転中の吸気行程と圧縮行程を通して往復するように、圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作動可能に連結された圧縮ピストン、

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを作動可能に相互に連結するガスクロスオーバー通路であって、両者間に圧力チャンバーを画成する入口弁及び出口弁を含むガスクロスオーバー通路、

該圧力チャンバーの該入口弁及び該出口弁の間の位置でリザーバー通路によって該圧力チャンバーに作動可能に連結されている空気リザーバーであって、圧縮シリンダーから圧縮空気を受け入れ、且つ、エンジンの運転中に動力をクランクシャフトに伝達するのに用いるために該圧縮空気を動力シリンダーに配送するべく、選択的に作動可能な空気リザーバー、

該圧縮シリンダー、該動力シリンダー、及び該空気リザーバーの内外へのガスの流れを選択的に制御する弁、

を備える分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジンであって、

10

20

該エンジンは航空機に搭載され、且つ、該空気リザーバーが該航空機に配置されており、

該エンジンは、高圧(H P)モードで作動可能であり、該H Pモードでは、

該圧縮シリンダーが、膨張行程及び排気行程を有する動力シリンダーとして作動するべく選択的に制御可能であり、及び

該動力シリンダー及び圧縮シリンダーの両者が空気リザーバーから圧縮空気を受け入れ、該圧縮空気が、該動力シリンダー及び圧縮シリンダーのそれぞれの膨張行程において膨張され、そして、それぞれの排気行程において排出されることを特徴とする分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項2】

該航空機は翼を有し、該空気リザーバーが該翼に配置されていることを特徴とする請求項1の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項3】

該航空機はそれぞれの翼に翼桁を有し、該空気リザーバーが該翼桁の少なくとも1つに配置されていることを特徴とする請求項2の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項4】

該航空機は、コックピット、尾翼、及び該尾翼近傍の後部胴体を有し、該空気リザーバーが該後部胴体に配置されていることを特徴とする請求項1の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項5】

該空気リザーバーは該尾翼近傍に配置されていることを特徴とする請求項4の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項6】

該圧縮シリンダーは、圧縮ピストンを圧縮モード又はアイドルモードに置くために、選択的に制御可能であることを特徴とする請求項1の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項7】

該動力シリンダーは、動力ピストンを動力モード又はアイドルモードに置くために、選択的に制御可能であることを特徴とする請求項1の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項8】

該エンジンは、少なくとも内燃エンジン(I C E)モード、空気圧縮機(A C)モード及び予圧縮空気動力(P A P)モードで作動可能であり、

I C Eモードでは、圧縮ピストン及び動力ピストンはそれぞれそれらの圧縮及び動力モードにあり、圧縮ピストンが吸入空気を引き入れて、動力シリンダーでの使用のために圧縮し、そして圧縮空気が膨張行程の始まりにおいて燃料と共に動力シリンダーに受け入れられ、燃料は動力ピストンの同じ膨張行程において着火され、燃焼され、及び、膨張されて、動力をクランクシャフトに伝達し、そして、燃焼生成物が排気行程で排出され、

A Cモードでは、圧縮ピストンは圧縮モードにあり、動力シリンダーでの後の使用のために空気リザーバーに貯留される空気を引き入れて圧縮し、及び

P A Pモードでは、動力シリンダーは動力モードにあり、動力ピストンの膨張行程で膨張される圧縮空気を空気リザーバーから受け取り、動力をクランクシャフトへ伝達し、膨張された空気が排気行程で排出される、

ことを特徴とする請求項7の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項9】

P A Pモードでは、燃料が膨張行程の始まりにおいて圧縮空気と混合され、混合気が動力ピストンの同じ膨張行程で着火され、燃焼され、そして膨張され、クランクシャフトに動力を伝達し、そして燃焼生成物が排気行程で排出されることを特徴とする請求項8の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

PAPモードでは、動力シリンダーに受け入れられた圧縮空気が、燃料を加えることなく、すなわち、燃焼を始めることなく、膨張されることを特徴とする請求項8の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項 11】

動力シリンダーでは、膨張行程の始まりにおいて燃料が圧縮空気と混合され、動力シリンダーの同じ膨張行程で着火され、燃焼され、そして膨張され、及び
圧縮シリンダーでは、圧縮シリンダーに受け入れられた圧縮空気が、燃料を加えることなく、すなわち、燃焼を始めることなく、圧縮シリンダーの膨張行程で膨張されることを特徴とする請求項1の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

10

【請求項 12】

燃料は、動力ピストンがその上死点(TDC)位置に到達後、5ないし40度のクランク角(CA)の範囲内で、着火されることを特徴とする請求項1の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【請求項 13】

燃料は、動力ピストンがその上死点(TDC)位置に到達後、10ないし30度のクランク角(CA)の範囲内で、着火されることを特徴とする請求項12の分割サイクル空気ハイブリッド航空機エンジン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は分割サイクルエンジン、より詳しくは、分割サイクル航空機エンジンに関する。

【背景技術】

【0002】

本出願に用いられている用語、分割サイクルエンジンは、エンジン技術分野における当業者に一般に知られ、定着した意味をまだ受け取っていないかもしれない。したがって、明瞭化の目的のために、先行技術に開示されたエンジンに適用され、そして本出願で言及され得るように、用語、分割サイクルエンジンについて、次の定義が提供される。

【0003】

30

ここに言及される分割サイクルエンジンは、
エンジンのクランクシャフト軸線を中心として回転するクランクシャフト、
該クランクシャフトの1回転中の動力(すなわち、膨張)行程と排気行程を通して往復するように、動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された動力ピストン、

該クランクシャフトの1回転中の吸気行程と圧縮行程を通して往復するように、圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストン、及び

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガス通路であって、両者間に圧力チャンバーを画成する入口及び出口(すなわち、クロスオーバー)のバルブとを含むガス通路、を備えている。

40

【0004】

本発明の譲受人に全て譲渡されている特許文献1、特許文献2及び特許文献3は、ここに定義されたような分割サイクル内燃機関の例を開示している。これらの特許は、これらの特許が許可される際に背景として引用された、米国及び外国の特許及び出版物の広範囲なリストを含んでいる。用語、「分割サイクル」はこれらのエンジンのために用いられてきた。というのも、これらは、従来の圧力/容積オットーサイクルの4つの行程(すなわち、吸入、圧縮、動力、排気)を、2つの専用のシリンダー(すなわち、一のシリンダーは高圧の圧縮行程に、他のシリンダーは高圧の動力行程に専用される)によって、文字通り分割するからである。

50

【 0 0 0 5 】

航空機エンジンに関連している技術分野では、航空学的用途のために星形エンジンを使用することが知られている。例えば、星形エンジンは、第二次世界大戦の航空機及び初期モデルの商用飛行機で一般に用いられた。星形エンジンは、若干のプロペラ駆動の航空機で現在もまだ用いられている。

【 0 0 0 6 】

星形エンジンは、直列及びV型のエンジンのような他の普通の内燃エンジンとは、エンジンシリンダーの配列において異なる。星形エンジンでは、シリンダーと対応するピストンがエンジクラクシャフトの周りに円形のパターンで半径方向に配置される。

【 0 0 0 7 】

星形エンジンは、飛行機への適用のためには有利である。というのも、それらは大きい量の出力を生じさせることができ、それらは、プロペラを駆動するのに減速ギアの必要性を回避して、相対的に低い最大エンジン速度 (r p m) を持ち、そして、それらは水冷システムの必要性を排除して、空冷に適しているからである。

【 0 0 0 8 】

星形エンジンは、信頼性が高い航空機エンジンであり、そして他の型式の航空機エンジンよりも安価であるけれども、飛行機での星形エンジンの使用は実質的に減少している。従来の星形エンジンは騒々しく、そして他のエンジン設計よりも多くのオイルを消費する傾向がある。また、従来の星形エンジンは、エンジンの不使用の間にオイルが下方のシリンダーに徐々に流れるというような機械的問題を有している。このオイルは、エンジンの始動の前に、手でエンジンを回動することによって、シリンダーから取り除かれねばならず、それはパイロット又は地上整備員にとって不便である。

【 0 0 0 9 】

航空機エンジンの技術分野ではまた、航空機のプロペラを駆動するのに、「ボクサー」エンジンとしてまた知られている、水平対向エンジンを用いることが知られている。ボクサー型式のエンジンは、エンジンシリンダーが水平方向に対向された関係で配列されているという点で、他の内燃エンジンと異なる。

【 0 0 1 0 】

水平対向エンジンは、よりコンパクト (小型) であり、そして他のエンジン構成よりも低い重心を有するという利点を有している。水平対向エンジンは、星形エンジンのように、潜在的に、別個のエンジン冷却システムの必要性を排除して、そしてそれによってエンジンの全体重量を軽減させて、空冷であってもよい。それ故に、水平対向エンジンは航空機の用途に適している。水平対向エンジンはまた、それぞれのピストンの運動量がそれに対向しているピストンの対応する運動によって釣り合わされるので、良好に均衡がとれている。このことは、バランスシャフト又はクラクシャフト上の釣合い錘の必要性を減少又は排除しさえし、さらに、エンジンの全体的な重量を減らす。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、水平対向エンジンは、V型エンジン及び直列エンジンのような他のエンジン構成よりもノイズが多い。また、水平対向エンジンはエンジン区画内に取り付けるのがより困難である。というのも、水平対向エンジンは他のエンジン構成よりも幅広になる傾向があるからである。

【 0 0 1 2 】

航空機において、圧縮空気について多くの用途があることは航空学でさらに知られている。しかしながら、従来の航空機は、便利で効率的な圧縮空気源を欠いており、これにより圧縮空気の可能性ある使用を実行不可能にしている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 3 】

【 特許文献 1 】 米国特許第 6, 5 4 3, 2 2 5 号明細書

【 特許文献 2 】 米国特許第 6, 6 0 9, 3 7 1 号明細書

10

20

30

40

50

【特許文献3】米国特許第6,952,923号明細書

【発明の概要】

【0014】

本発明は、圧縮空気を貯留して、そしてその圧縮空気をエンジン又は他の航空機の構成部品に配送することができる、プロペラ駆動の航空機用の種々の分割サイクルのエンジン配列を提供する。

【0015】

本発明の1つの実施形態において、分割サイクルの空気ハイブリッド航空機エンジンは、クランクシャフトの軸線回りに回転するクランクシャフトを含む。動力ピストンは、動力シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、クランクシャフトの単一の回転の間に膨張行程と排気行程を経て動力ピストンが往復運動をするように、作動可能にクランクシャフトに連結されている。圧縮ピストンは圧縮シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、クランクシャフトの単一の回転の間に吸気行程と圧縮行程を経て圧縮ピストンが往復運動をするように、作動可能にクランクシャフトに連結されている。ガスクロスオーバー通路は、圧縮シリンダーと動力シリンダーを作動可能に相互に連結している。ガスクロスオーバー通路は入口弁と出口弁を含み、それらはそれらの間に圧力チャンバーを画成している。空気リザーバーは、圧力チャンバーの入口弁と出口弁との間の位置でリザーバー通路によって圧力チャンバーと作動可能に連結されている。空気リザーバーは、圧縮シリンダーから圧縮空気を受け取るべく、且つ、エンジン運転中にクランクシャフトに動力を伝達するとき用いるために動力シリンダーに圧縮空気を配送するべく、選択的に作動可能である。空気リザーバーはまた、航空機の他の構成部品に圧縮空気を配送することができる。弁は、圧縮及び動力シリンダー、及び、空気リザーバーの内外のガスの流れを選択的に制御する。エンジンは航空機に搭載され、そして空気リザーバーは航空機内に配置される。選択肢として、空気リザーバーは航空機の翼、航空機の後部胴体又はその両者に位置されてもよい。空気リザーバーのための代替位置は本発明の範囲内である。

【0016】

もう1つの本発明の実施形態では、航空機の用途で用いられる水平対向(すなわち、「ボクサー」)エンジンが提供される。分割サイクルの水平対向エンジンは、動力シリンダーが1回転置きと言うよりもクランクシャフトの回転毎に一度発火することを許容して、そして圧縮シリンダーがクランクシャフトの回転毎に充填空気を圧縮することを可能にする。分割サイクルの水平対向エンジンはまた、圧縮シリンダーが、エンジンの中に吸入される空気の容積を増やすために、動力シリンダーに比べてより大きい直径で作動することを許容し、外部の過給機の使用なしでのエンジンの過給を可能にする。

【0017】

より詳細には、本発明による分割サイクルの水平対向(「ボクサー」)エンジンは、クランクシャフト軸線回りに回転できるクランクシャフトを含む。分割サイクルのボクサーエンジンは、さらに、クランクシャフトのいずれかの側に一对の水平に対向された動力シリンダーを含む。動力ピストンがそれぞれの動力シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの動力ピストンがクランクシャフトの単一の回転の間に膨張行程と排気行程を通して往復運動をするように、クランクシャフトと作動可能に連結されている。

【0018】

分割サイクルのボクサーエンジンはまた、クランクシャフトのいずれかの側に同じく一对の水平に対向された圧縮シリンダーを含んでいる。圧縮ピストンは、それぞれの圧縮シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの圧縮ピストンがクランクシャフトの単一の回転の間に吸気行程と圧縮行程を通して往復運動をするように、クランクシャフトと作動可能に連結されている。ガスクロスオーバー通路がそれぞれの圧縮シリンダーを軸線方向に隣接する関連付けられた動力シリンダーと相互に連結している。ガスクロスオーバー通路は、間に圧力チャンバーを画成している入口弁と出口弁を含む。弁は圧縮シリンダーの中への、そして、動力シリンダーから出るガスの流れを制御する。空気リザーバーは、それぞれの圧力チャンバーの入口弁との出口弁の間の位置でリザーバー通路によ

10

20

30

40

50

って圧力チャンバーと作動可能に連結されてもよい。空気リザーバーは、圧縮空気を受け取り、且つ、配送するべく選択的に作動可能である。

【0019】

本発明のさらにもう1つの実施形態では、航空機の用途に用いられ得る分割サイクルの星形エンジンが提供される。分割サイクルの星形エンジンは、シリンダーの連続的な発火を可能にし、エンジンのトルクを増大させる。分割サイクルの星形エンジンはまた、クランクシャフトに対してエンジンシリンダーをオフセットさせることを可能にし、さらに、エンジンのトルクを増やし、そしてピストンスカート摩擦を減少させる。さらに、分割サイクルの星形エンジンは、より大きい容積の充填吸入空気を吸い込むことができ、空気が希薄な高い高度でのエンジン性能を改善する。

10

【0020】

より詳細には、本発明による分割サイクルの星形エンジンは、クランクシャフトの軸線回りに回転するクランクシャフトを含んでいる。分割サイクルの星形エンジンは、クランクシャフトの周りに半径方向に配置された複数の動力シリンダーを含む動力バンクをさらに含む。動力ピストンは、それぞれの動力シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの動力ピストンがクランクシャフトの単一の回転の間に膨張行程と排気行程を通して往復運動をするように、クランクシャフトと作動可能に連結されている。圧縮バンクは、動力バンクに軸線方向に隣接している。圧縮バンクは、クランクシャフトの周りに半径方向に配置され動力シリンダーの数に等しい量の複数の圧縮シリンダーを含む。圧縮ピストンは、それぞれの圧縮シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの圧縮ピストンがクランクシャフトの単一の回転の間に吸気行程と圧縮行程を通して往復運動をするように、クランクシャフトと作動可能に連結されている。それぞれの圧縮シリンダーは関連付けられた動力シリンダーと対にされている。それぞれの圧縮及び動力シリンダーの対は、圧縮シリンダーとその対の動力シリンダーを相互に連結するガスクロスオーバー通路を含む。ガスクロスオーバー通路は、間に圧力チャンバーを画成している入口弁と出口弁を含む。弁がまた、圧縮シリンダーへの、及び、動力シリンダーからのガスの流れを制御するべく設けられている。空気リザーバーは、それぞれの圧力チャンバーの入口弁と出口弁の間の位置でリザーバー通路によって圧力チャンバーと作動可能に連結されてもよい。空気リザーバーは、圧縮空気を受け取り、且つ、配送するべく選択的に作動可能である。

20

30

【0021】

本発明のこれらと他の特徴及び利点は、添付の図面を伴う以下の本発明の詳細な説明からより十分に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン及び圧縮空気タンクを含む航空機の模式的側面図である。

【図2】図1の航空機の模式的平面図である。

【図3】図2において、3-3線で取った航空機の断面図である。

【図4】空気貯留タンクを有し、エンジンのピストンが上死点付近にあるのを示す、本発明による水平対向（ボクサー）エンジンの模式図である。

40

【図5】図4において、5-5線で取った分割サイクル水平対向エンジンの断面図である。

【図6】図4において、6-6線で取った分割サイクル水平対向エンジンの断面図である。

【図7】ピストンが下死点付近にあるのを示す、図4の分割サイクル水平対向エンジンの他の模式図である。

【図8】図7において、8-8線で取った分割サイクル水平対向エンジンの断面図である。

【図9】図7において、9-9線で取った分割サイクル水平対向エンジンの断面図である

50

。【図10】空気貯留タンクを有し、本発明による分割サイクル星形エンジンの模式図である。

【図11】図10の分割サイクル星形エンジンの圧縮バンクの模式図である。

【図12】図10の分割サイクル星形エンジンの動力バンクの模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

今、図面を詳細に参照するに、符号10は全体としてプロペラ駆動の航空機を示す。図1ないし3に示されるように、航空機10は、一対の翼12、翼12内の翼桁14、コックピット16、尾翼18及び後部胴体20を有している。航空機10は、両翼12に及んで1つの翼桁14を有するか、又は別個の翼桁がそれぞれの翼12に位置されてもよい。本発明による分割サイクルエンジン22は、プロペラ24を駆動するためにコックピット16の前方で航空機10搭載にされている。空気貯留タンク26は、翼桁14、後部胴体20、又は両者に位置されてもよい。空気貯留タンクはまた、航空機10内の他の適切な位置、例えば、翼桁14以外の翼12の中の適切な位置に位置されてもよい。

【0024】

最初に図4ないし図9に向かうと、本発明の一実施形態において、分割サイクルエンジン22は水平対向(「ボクサー」)式の分割サイクルエンジンであることができる。分割サイクルのボクサーエンジン22は、クランクシャフト軸線30の回りに回転するクランクシャフト28を含んでいる。分割サイクルのボクサーエンジン22は、クランクシャフト28のいずれかの側に水平に対向する一対の動力シリンダー34をさらに含む。動力ピストン36はそれぞれの動力シリンダー34の中に摺動可能に收容され、そして、それぞれの動力ピストン36がクランクシャフト28の単一の回転の間に、膨張行程と排気行程を通して往復運動するように、作動可能にクランクシャフト28と連結されている。分割サイクルのボクサーエンジン22はまた、クランクシャフト28のいずれかの側に水平に対向する一対の圧縮シリンダー40を含んでいる。圧縮ピストン42はそれぞれの圧縮シリンダー40の中に摺動可能に收容され、そして、それぞれの圧縮ピストン42がクランクシャフト28の単一の回転の間に、吸気行程と圧縮行程を通して往復運動するように、作動可能にクランクシャフト28と連結されている。ガスクロスオーバー通路44は各圧縮シリンダー40を関連づけられた、軸線方向に隣接する動力シリンダー34に相互に連結している。ガスクロスオーバー通路44は、圧力チャンバー50を間に画成している入口弁46及び出口弁48を含む。圧力チャンバー50内の空気圧は、エンジンのサイクルを通して上昇された最小圧力に維持される。弁52が圧縮シリンダー40へのガス流れ、及び動力シリンダー34からのガス流れを制御する。弁44、46、52は、チェック弁、ポペット弁、又は他の全ての適切な弁であってもよい。弁44、46、52は、カムによる駆動、電子的駆動、空気圧での駆動、又は油圧での駆動であってもよい。空気リザーバー26は、それぞれの圧力チャンバー50の入口弁46と出口弁48の間の位置でのリザーバー通路54によって、圧力チャンバー50と作動可能に連結されていてもよい。空気リザーバー26は、圧縮空気を受け入れ且つ配送するべく選択的に作動可能である。

【0025】

図4ないし図9に示される分割サイクルのボクサーエンジン22は、合計で4つのシリンダーにつき一対の動力シリンダー34と一対の圧縮シリンダー40を含む。もし追加の馬力が望まれるなら、合計で8つのシリンダーにつき、もう一対の動力シリンダー34ともう一対の圧縮シリンダー40が加えられてもよい。しかしながら、エンジン22は、偶数の動力シリンダー及び偶数の圧縮シリンダーがあり、(それぞれの動力シリンダーは圧縮シリンダーと対にされなければならないので)動力及び圧縮シリンダーの等しい数がある限り、シリンダーの数はいくつでもよいことが理解されるべきである。

【0026】

動力シリンダー34は、エンジン運転中においてより高温の動力シリンダー34の改善された空気冷却を許容するために、圧縮シリンダー40の前に配置されてもよい。各圧縮

10

20

30

40

50

シリンダー 40 及び各動力シリンダー 34 の長手方向の軸線 56 は、クランクシャフト 28 の回転軸線 30 からオフセットされてもよい。クランクシャフトの軸線 30 からシリンダーの軸線 56 をオフセットすることで、より大きな機械的利益と増大されたトルクを得ることができる。エンジン 22 のそれぞれの側で、一対の水平に対向するシリンダーの一方がクランクシャフト 28 の回転軸線 30 より上方に上げられ、他方がクランクシャフト 28 の回転軸線 30 より下方に下げられている。さらに、圧縮シリンダー 40 は動力シリンダー 34 から分離しているので、圧縮シリンダー 40 は動力シリンダー 34 より大きい直径を有するべく設計され得る。このことは、動力シリンダー 34 より大きい容積を有する圧縮シリンダー 40 となり、外部の過給機を用いることなく、エンジンが過給されることを可能にする。このことはまた、従来のエンジンと比較して、希薄な空気のより大きい容積をエンジンに吸入するのを許すことによって、より高い高度でのエンジン効率を改善することができる。動力ピストン 36 はまた、動力シリンダー 34 でガスを余剰に膨張させ且つ増大された効率、すなわち、ミラー効果をもたらすためのより長いストロークの圧縮ピストン 42 と比較して、クランクシャフト 28 のより長いスローを有して設計することができる。

【0027】

圧縮ピストン 42 は、動力ピストン 36 の後に（クランクの回転角で）僅かに遅れをとる。これは、隣接する対のピストンが 180 度のクランク角度離れて移動する従来の水平対向エンジンと対照的である。エンジン 22 の運転中に、圧縮ピストン 42 が上死点（TDC）に達するとき、動力ピストン 36 は既に TDC 到達し、そして動力行程を開始している。燃料は、動力シリンダー 34 に関連付けられた動力ピストン 36 が、その上死点位置に到達した後（ATDC の角度）、5 から 40 のクランク角度の範囲内で、各動力シリンダー 34 において点火される。好ましくは、燃料は、ATDC 10 から 30 度の範囲内で、各動力シリンダー 34 において点火される。

【0028】

図 4 から図 6 は、およそ TDC 位置にある圧縮ピストン 42 と、TDC から下死点（BDC）に向けて去っている動力ピストン 36 とを図示している。クランクシャフト 28 の回転方向（図 5）及び動力ピストン 36 の相対的な運動（図 6）が、それらの対応する構成部品に関連付けられた矢印で、図面に示されている。図 7 から図 9 は、およそ BDC 位置にある圧縮ピストン 42 と、BDC から TDC に向かって去っている動力ピストン 36 とを図示している。クランクシャフト 28 の回転方向（図 8 及び図 9）と動力ピストン 36 及び圧縮ピストン 42 の相対運動（図 7 及び図 9）がそれらの対応する構成部品に関連付けられた矢印で、図面に示されている。

【0029】

動力ピストン 36 は、クランクシャフト軸線 30 に関して 180 度離間している別のクランクピン/ジャーナル 43 によって、クランクシャフト 28 に作動可能に連結されてもよい。したがって、対の動力ピストン 36 は、同時に、上死点に到達する。同様に、圧縮ピストン 42 は、クランクシャフト軸線 30 に関して同じく 180 度離間している別のクランクピン/ジャーナル 43 によって、クランクシャフト 28 に作動可能に連結されてもよい。したがって、対の圧縮ピストン 42 はまた、同時に、上死点に到達する。

【0030】

点火プラグ（不図示）が、点火制御による精確な時点での空気 - 燃料充填物を着火すべく、各動力シリンダー 34 中に延在することができる。もし望むなら、エンジン 22 はディーゼルエンジンとして形成されてもよく、そして、点火プラグなしで運転され得ることが理解されるべきである。さらに、エンジン 22 は、一般に、往復ピストンエンジンに適した、水素、天然ガス又はバイオディーゼルの如何なる燃料でも作動すべく設計されてもよい。

【0031】

空気リザーバー 26 の使用により、分割サイクルのエンジン 22 は空気ハイブリッドとしての機能を果たすことができる。圧縮シリンダー 40 は、圧縮ピストン 42 を圧縮モー

10

20

30

40

50

ド又はアイドルモードに置くべく、選択的に制御可能である。動力シリンダー 34 は、同様に、動力ピストン 36 を動力モード又はアイドルモードに置くべく、選択的に制御可能である。さらに、エンジン 22 は、内燃エンジン (ICE) モード、空気圧縮機 (AC) モード、及び、予圧縮空気動力 (PAP) モードを含む、少なくとも 3 つのモードで作動可能であってもよい。ICE モードでは、圧縮ピストン 42 と動力ピストン 36 とが、それぞれ、圧縮及び動力モードにある。そこで、圧縮ピストン 42 は、空気を吸引し、動力シリンダー 34 で用いるために吸入空気を圧縮し、そして、圧縮された空気は膨張行程の始めに燃料と共に動力シリンダー 34 に受け入れられる。これは、動力ピストン 36 の同一の膨張行程で点火され、燃焼され、そして膨張され、クランクシャフト 28 に動力を伝達し、燃焼生成物が排気行程で排出される。AC モードでは、圧縮ピストン 42 は圧縮モードにあり、空気を吸引し、以下により詳細に説明されるように、動力シリンダー又は他の航空機構成部品において後で用いるために空気リザーバー 26 に蓄えられる空気を圧縮する。PAP モードでは、動力シリンダー 34 は動力モードにあり、そして、空気リザーバー 26 から動力ピストン 36 の膨張行程で膨張される圧縮空気を受け取り、クランクシャフト 28 に動力を伝達し、そして膨張された空気は排気行程で排出される。

10

【0032】

選択肢として、PAP モードでは、燃料が膨張行程の始まりにおいて圧縮空気と混合され、この混合気が動力ピストン 36 の同一の膨張行程で点火され、燃焼され、そして膨張され、クランクシャフト 28 に動力を伝達し、燃焼生成物が排気行程で排出されてもよい。代わりに、PAP モードで、動力シリンダー 34 に受け入れられた圧縮空気は、燃料の

20

【0033】

超過の圧縮空気、すなわち、動力シリンダー 34 で燃焼のために用いられない空気は、圧力チャンバー 50 から空気貯留タンク 26 にリザーバー通路 54 を介して移送される。貯留された圧縮空気は種々の用途のために使われ得る。このような用途は、限定されるわけではないが、

- a) 電気式スターターに代えてのエンジンの始動、
- b) キャビンの加圧、
- c) 加圧された航空機における膨張可能封止ドアの膨張、
- d) ブレーキシューを動作させる、及び/又は、回転している車輪に対する加圧空気の積極的な抵抗を介しての車輪制動、
- e) エンジンへの燃料噴射なしでの短距離タキシング (自らの動力による移動) のためのプロペラの回転 (上記 PAP モード参照)、
- f) エンジンを始動せず且つプロペラを回さずに、航空機を移動させるべく航空機の手輪を駆動する (安全なタキシングが可能)、
- g) 着陸の際に車輪が地面に接触するときのタイヤの磨耗を減らすべく、着陸前に航空機の手輪の回転を上げる、
- h) 迅速な停止のために、航空機の通常の制動に加えて航空機の手輪に制動力を提供する、
- i) 圧縮シリンダーがアイドルモードのとき、圧縮空気で作動させる (上記 PAP モード参照)、
- j) ジャイロを利用する飛行計器を作動させる、
- k) 燃料ポンプの故障時に燃料圧力を提供する、
- l) 例えば、空気圧力調整弁が制御面に微調整された平衡用圧力を提供するべく用いられ、及び、前縁スラットを作動させ得るであろう、飛行制御機及び着陸装置を動作させる、
- m) 航空機の手輪から氷を駆逐する、
- n) 衝突保護用のエアバッグを膨らませる、
- o) ロケットモーターに代えて、全航空機落下傘回復システムの全航空機回復落下傘を作動させる、
- p) 緊急避難シュートを作動させる、

30

40

50

q) 特別用途の航空機から農薬、難燃剤、照明弾軍需品及び他の物品を展開する、r) 航空機の浮き及び水陸両用航空機の艇体から水を放出する、及び、
s) 低速時において渦発生器の作用を模倣すべく、翼頂部の小孔から空気を出すことを、含んでいる。

【0034】

選択肢として、エンジン22は、ここに高出力(HP)モードと指定される少なくとも第4のモードで、作動可能である。HPモードでは、圧縮シリンダー40が、事実上、吸気行程及び圧縮行程の代わりに膨張行程及び排気行程を有している追加の動力シリンダーとして作動すべく、選択的に制御可能である。

【0035】

HPモードの間は、大気が吸気弁52を介して圧縮シリンダー40の中に吸い込まれない。どちらかと言えば、圧縮シリンダー40及び動力シリンダー34の両方が空気リザーバー26から圧縮空気を受け取り、それは、圧縮及び動力シリンダーのそれぞれの膨張行程で膨張され、そして、それらのそれぞれの排気行程において排出される。

【0036】

HPモードの好ましい実施形態では、動力ピストン36が燃焼プロセスを通してクランクシャフト28に動力を伝達する一方、圧縮ピストン42は燃焼なしで空気リザーバー26からの空気を膨張させるプロセスを通してクランクシャフト28に動力を伝達する。すなわち、動力シリンダー34において、燃料が膨張行程の始まりに圧縮空気と混合され、そして、混合気は、動力シリンダー34の同じ膨張行程において、点火され、燃焼され、そして膨張される。一方、圧縮シリンダー40では、圧縮シリンダー40に受け入れられた圧縮空気が、燃料を加えることなく、すなわち、燃焼を開始することなく、圧縮シリンダー40の膨張行程で膨張される。

【0037】

HPモードでエンジン22を運転することは、空気リザーバー26がHPモードを維持するのに十分な空気圧で充填されている限りの期間において、航空機に利用可能な動力行程の数を正に2倍にする。このモードは、山地の上を飛ぶために高度を増すか、又は短い離陸のための高速に速やかに加速するような、重大な短期の運転中に航空機への出力を増やすことに役立つ。さらに、空気リザーバーは、エンジン22を離陸の際により長い期間HPモードで運転できるようにすべく、地上での外部圧縮機によって余分に加圧される。

【0038】

今、図10ないし図12に向かうに、本発明の代替の実施形態において、分割サイクルのエンジン122が星形の分割サイクルのエンジンであってもよい。分割サイクル星形エンジン122は、クランクシャフト軸線130の回りに回転できるクランクシャフト128を含む。エンジン122は、クランクシャフト128の周りに半径方向に配置された複数の動力シリンダー134を含む動力バンク132を有している。動力ピストン136はそれぞれの動力シリンダー134の中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの動力ピストン136がクランクシャフト128の単一の回転の間に膨張行程と排気行程を通して往復運動をするように、クランクシャフト128に作動可能に連結されている。圧縮バンク138は動力バンク132に軸線方向に隣接している。圧縮バンク138は、クランクシャフト128の周りに半径方向に配置された複数の圧縮シリンダー140を含み、そして、動力シリンダー134の数に量において等しい。圧縮ピストン142はそれぞれの圧縮シリンダー140の中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの圧縮ピストン142がクランクシャフト128の単一の回転の間に吸気行程と圧縮行程を通して往復運動をするように、クランクシャフト128に作動可能に連結されている。それぞれの圧縮シリンダー140は、関連づけられた動力シリンダー134と対にされている。それぞれの圧縮140と動力シリンダー134の対は、圧縮シリンダー140とこの対の動力シリンダー134とを相互に連結しているガスクロスオーバー通路144を含んでいる。ガスクロスオーバー通路144は、圧力チャンバー150を間に画成している入口弁146と出口弁

10

20

30

40

50

148とを含む。圧縮シリンダー140の中へのガスの流れ、及び、動力シリンダー134からのガスの流れを制御するために弁152がまた設けられている。弁144、146、152は、チェック弁、ポペット弁、又は、他の全ての適切な弁であってもよい。弁144、146、152は、カムによる駆動、電子的駆動、空気圧での駆動、又は油圧での駆動であってもよい。空気リザーバー126は、それぞれの圧力チャンバー150の入口弁146と出口弁148の間の位置でのリザーバー通路154によって、圧力チャンバー150と作動可能に連結されていてもよい。空気リザーバー126は、圧縮空気を受け入れ且つ配送するべく選択的に作動可能である。

【0039】

動力バンク132は、エンジン運転中においてより高温の動力バンク132の改善された空気冷却を許容するために、圧縮バンク138の前に配置されてもよい。圧縮バンク138の圧縮シリンダー140は、動力バンク132の動力シリンダー134に対して回転されてもよい。換言すると、圧縮シリンダー140は、動力シリンダー134と直接的に直列でなくてもよく、しかし代わりに、圧縮シリンダー140上の空気の流れを強めるために、概ねクランクシャフト128に関して数度回転されてもよい。さらに、それぞれの圧縮シリンダー140の長手方向の軸線156がクランクシャフト128の回転軸線130からオフセットされてもよい。同様に、それぞれの動力シリンダー134の長手方向の軸線156もまた、クランクシャフト128の回転軸線130からオフセットされてもよい。圧縮シリンダー140は、より大きい容積の吸入空気を許容するべく動力シリンダー134よりも大きい直径を有することができる。圧縮ピストン142はまた、動力ピストン136より短いストロークを有することができる。

【0040】

動力ピストン136の1つは、第1の固定のマスターロッド158によってクランクシャフト128に作動可能に連結され、動力ピストン136の残りが関節ロッド160によって第1のマスターロッド158に作動可能に連結されてもよい。第1のマスターロッド158は、その一端部にハブ161を有す(そして、それ故にハブ161に固定されている)。関節ロッド160は、ナックルピン又は他の適切な手段によって、ハブに回動可能に連結されている。同様に、圧縮ピストン142の1つは、第2の固定のマスターロッド162によってクランクシャフト128に作動可能に連結され、圧縮ピストン142の残りが関節ロッド164によって第2のマスターロッド162に作動可能に連結されてもよい。第2のマスターロッドは、その一端部にハブ166を有す(そして、それ故にハブ166に固定されている)。関節ロッド164は、ナックルピン又は他の適切な手段によって、ハブ166に回動可能に連結されている。しかしながら、動力及び圧縮ピストンは、他の機械的な配列によってクランクシャフトに作動可能に連結されてもよいことが、理解されるべきである。

【0041】

分割サイクルの星形エンジン122は、3つと9つとの間の動力シリンダー及び同数の圧縮シリンダーを有することができる。図面に示された実施形態では、エンジン122は5つの動力シリンダー134と5つの圧縮シリンダー140を有している。しかしながら、分割サイクルの星形エンジン122は、等しい数の動力及び圧縮シリンダーがあり、そして、少なくとも3つの動力シリンダーと3つの圧縮シリンダーがある限り、動力及び圧縮シリンダーの特定の数に限定されないことが、理解されるべきである。

【0042】

もし追加の出力が望まれるなら、分割サイクルの星形エンジン122はまた、クランクシャフトの周りに半径方向に配置された複数の第2の動力バンクと、クランクシャフトの周りに半径方向に配置され、動力シリンダーの数と等しい数量の複数の圧縮シリンダーを含み、第2の動力バンクに軸線方向に隣接する第2の圧縮バンクと、を選択肢として含むことができる。第2の動力バンクは、4つのバンクが続けて一列に並べられるような方法で、第1の圧縮バンクに軸線方向に隣接することができる出力は。動力ピストンは第2の動力バンクのそれぞれの動力シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの

10

20

30

40

50

動力ピストンが、クランクシャフトの単一の回転の間に膨張行程と排気行程を通して往復運動をするように、作動可能にクランクシャフトに連結されている。同様に、圧縮ピストンはそれぞれの圧縮シリンダーの中に摺動可能に収容され、そして、それぞれの圧縮ピストンが、クランクシャフトの単一の回転の間に吸気行程と圧縮行程を通して往復運動をするように、作動可能にクランクシャフトに連結されている。第2の圧縮バンクのそれぞれの圧縮シリンダーは、第2の動力バンクの関連づけられた動力シリンダーと対にされている。第2の圧縮バンクと第2の動力バンクのそれぞれの圧縮及び動力シリンダーの対は、圧縮シリンダーとその対の動力シリンダーを相互に連結しているガスクロスオーバー通路を含む。ガスクロスオーバー通路は、間に圧力チャンバーを画成している入口弁と出口弁を含む。弁はまた、第2の圧縮バンクの圧縮シリンダーの中への、そして、第2の動力バンクの動力シリンダーからのガスの流れを制御する。分割サイクルの星形エンジン122は、動力及び圧縮バンクが等しい数である限り、如何なる数のバンクをも有し得ることが理解されるべきである。

10

【0043】

圧縮ピストン142は、動力ピストン136の後に（クランクの回転角で）僅かに遅れをとる。エンジンの運転中に、圧縮ピストン142が上死点（TDC）に達するとき、動力ピストン136は既にTDCに到達し、そして動力行程を開始している。燃料は、動力シリンダー134に関連付けられた動力ピストン136が、その上死点位置に到達した後（ATDCの角度）、5から40のクランク角度の範囲内で、各動力シリンダー134において点火される。好ましくは、燃料は、ATDCの10から30度の範囲内で、各動力シリンダー34において点火される。動力シリンダー134は、クランクシャフトが回転するにつれて連続する順で発火するべく配列されてもよい。さらに、それぞれの動力シリンダー134は、クランクシャフト128の1回転毎に、一度、発火する。このことは、クランクシャフトが回転するとき、クランクシャフトの2回転毎につき全てのシリンダーが1回発火するように、1つ置きシリンダーが発火する従来の4ストロークの星形エンジンと対照的である、クランクシャフト128の回転方向は、クランクシャフトに関連付けられている、図10ないし図12での矢印によって示されている。

20

【0044】

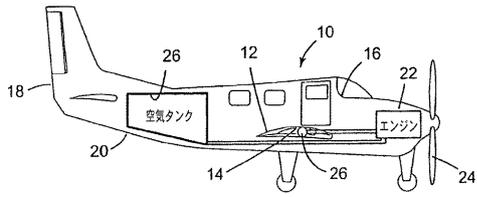
不図示の点火制御器によって正確な時期に空気-燃料充填物に点火するために、動力シリンダー134の各々内に延在する電極を有している点火プラグ168が設けられてもよい。もし望むなら、エンジン122はディーゼルエンジンとして形成され、点火プラグなしで運転され得ることが理解されるべきである。

30

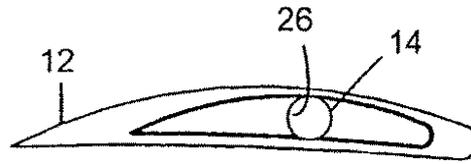
【0045】

本発明が特定の実施形態を参照することによって説明されたけれども、多数の変更が、説明された本発明概念の趣旨及び範囲内でなされ得ることが理解されるべきである。したがって、本発明は、説明された実施形態に限定されず、次の請求項の言語によって定義される全範囲を有することが意図されている。

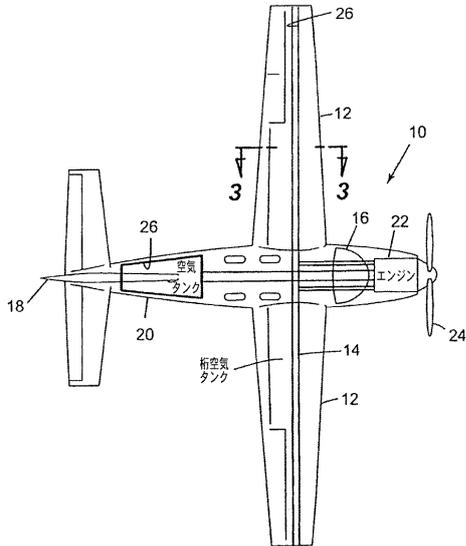
【図1】



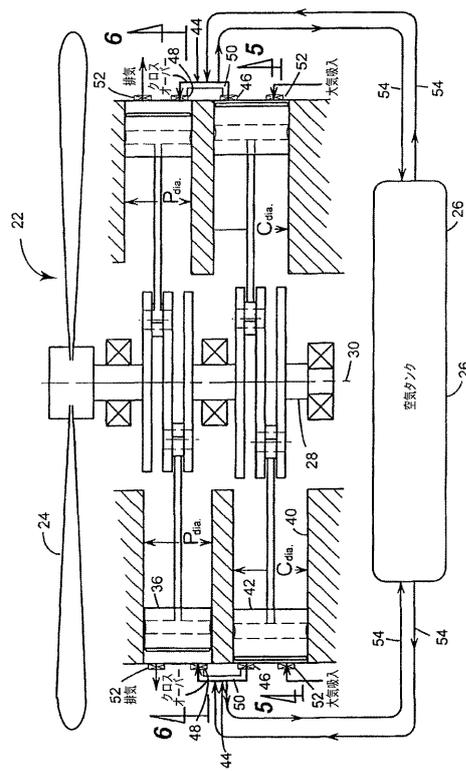
【図3】



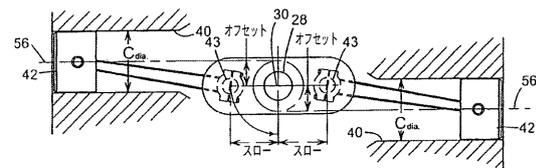
【図2】



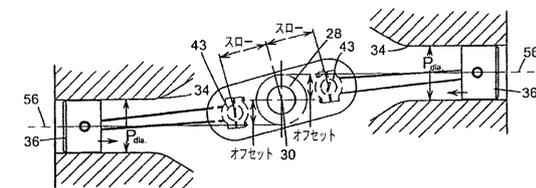
【図4】



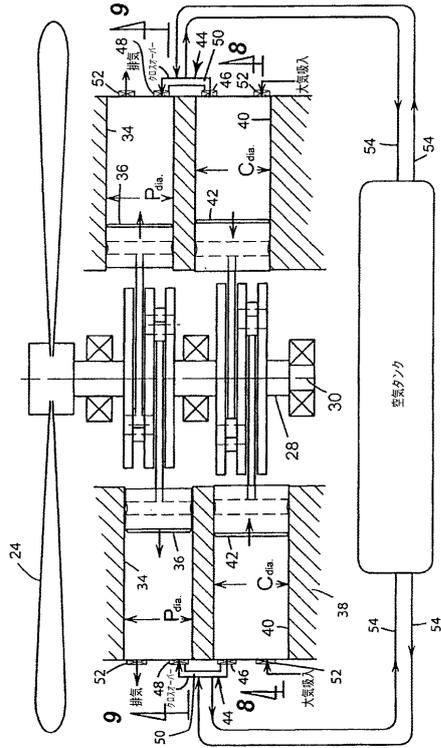
【図5】



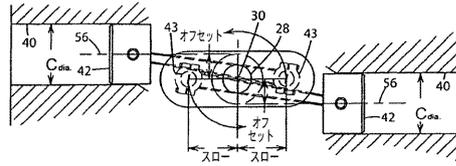
【図6】



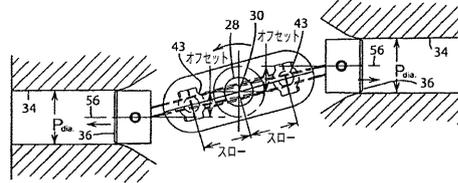
【図7】



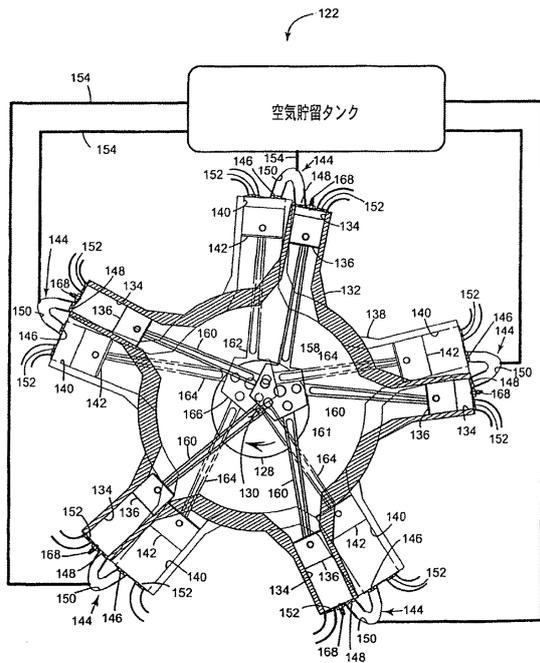
【図8】



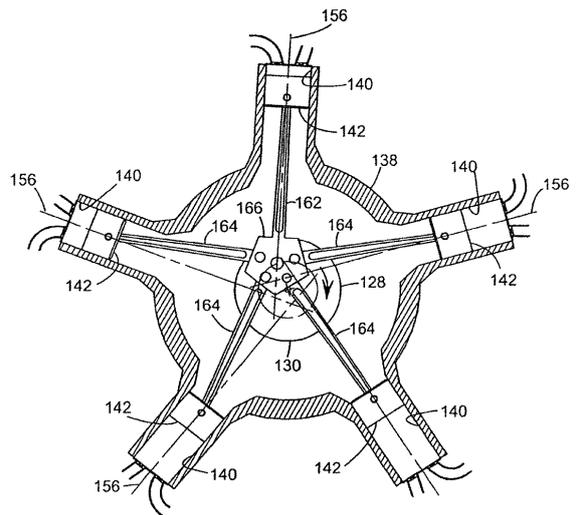
【図9】



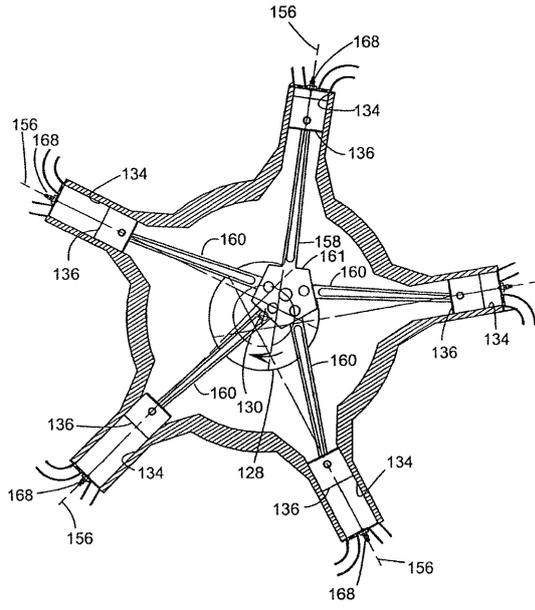
【図10】



【図11】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

審査官 石黒 雄一

- (56)参考文献 米国特許第04696158(US,A)
国際公開第2004/072448(WO,A1)
特表2005-506489(JP,A)
特表2000-514901(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

F02B 61/00-79/00
F02B 33/00-41/10
F02B 1/00-23/10
F01B 1/00-31/36
B64B 1/00- 1/70
B64C 1/00-99/00
B64D 1/00-47/08
B64F 1/00- 5/00
B64G 1/00-99/00