

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4701318号
(P4701318)

(45) 発行日 平成23年6月15日 (2011. 6. 15)

(24) 登録日 平成23年3月11日 (2011. 3. 11)

(51) Int. Cl.	F I
FO2B 75/18 (2006.01)	FO2B 75/18 P
FO2B 33/22 (2006.01)	FO2B 75/18 K
	FO2B 75/18 H
	FO2B 33/22 A

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2010-511221 (P2010-511221)	(73) 特許権者	504023903
(86) (22) 出願日	平成20年6月11日 (2008. 6. 11)		スクデリ グループ リミテッド ライア
(65) 公表番号	特表2010-529355 (P2010-529355A)		ビリティ カンパニー
(43) 公表日	平成22年8月26日 (2010. 8. 26)		アメリカ合衆国 01089 マサチュー
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/007313		セッツ州 ウェスト スプリングフィール
(87) 国際公開番号	W02009/020489		ド エルム ストリート 1111 スイ
(87) 国際公開日	平成21年2月12日 (2009. 2. 12)		ート 33
審査請求日	平成21年12月8日 (2009. 12. 8)	(74) 代理人	100077481
(31) 優先権主張番号	60/963, 742		弁理士 谷 義一
(32) 優先日	平成19年8月7日 (2007. 8. 7)	(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	フォード エー. フィリップス
			アメリカ合衆国 78254 テキサス州
			サンアントニオ ストロング ボックス
			ウェイ 9303

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 早期開成クロスオーバー圧縮バルブを備える分割サイクルエンジン

(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の回りに回転可能なクランクシャフト、
圧縮シリンダー内に摺動可能に収容された圧縮ピストンであって、クランクシャフトの
1回転の間に吸気ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように、クランクシャ
フトに作用的に連結された圧縮ピストン、

膨張シリンダー内に摺動可能に収容された膨張ピストンであって、クランクシャフトの
1回転の間に膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように、クランクシャ
フトに作用的に連結された膨張ピストン、及び

圧縮シリンダーと膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路であって、圧力
チャンバーを間に画成するクロスオーバー圧縮 (XovrC) バルブ及びクロスオーバー膨張 (
XovrE) バルブを含むクロスオーバー通路、を備え、

該クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブに
おいてクロスオーバー通路の上流圧力より低いときに開くようにタイミング付けられてい
ることを特徴とする分割サイクルエンジン。

【請求項 2】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにお
いてクロスオーバー通路の上流圧力より少なくとも 5 bar 低いときに開くようにタイミン
グ付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクルエンジン。

【請求項 3】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力より少なくとも10 bar低いときに開くようにタイミング付けられていることを特徴とする請求項2に記載の分割サイクルエンジン。

【請求項4】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力より少なくとも15 bar低いときに開くようにタイミング付けられていることを特徴とする請求項3に記載の分割サイクルエンジン。

【請求項5】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力に達する前の少なくとも1.5度クランク角で開くようにタイミング付けられていることを特徴とする請求項1に記載の分割サイクルエンジン。

10

【請求項6】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力に達する前の少なくとも3.0度クランク角で開くようにタイミング付けられていることを特徴とする請求項5に記載の分割サイクルエンジン。

【請求項7】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力に達する前の少なくとも4.5度クランク角で開くようにタイミング付けられていることを特徴とする請求項6に記載の分割サイクルエンジン。

20

【請求項8】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーから外方に開くことを特徴とする請求項1に記載の分割サイクルエンジン。

【請求項9】

エンジンのクランクシャフト軸線の回りに回転可能なクランクシャフト、
圧縮シリンダー内に摺動可能に収容された圧縮ピストンであって、クランクシャフトの1回転の間に吸気ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように、クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストン、

30

膨張シリンダー内に摺動可能に収容された膨張ピストンであって、クランクシャフトの1回転の間に膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように、クランクシャフトに作用的に連結された膨張ピストン、及び

圧縮シリンダーと膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路であって、圧力チャンバーを間に画成するクロスオーバー圧縮(XovrC)バルブ及びクロスオーバー膨張(XovrE)バルブを含むクロスオーバー通路、

を含む分割サイクルエンジンを運転する方法であって、

クロスオーバー圧縮バルブを、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力より低いときに開くようにタイミング付けることを備えることを特徴とする方法。

40

【請求項10】

クロスオーバー圧縮バルブが、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力より少なくとも5 bar低いときに開くようにタイミング付けることを含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項11】

クロスオーバー圧縮バルブが、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力より少なくとも10 bar低いときに開くようにタイミング付けることを含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項12】

クロスオーバー圧縮バルブが、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにお

50

いてクロスオーバー通路の上流圧力より少なくとも1.5 bar低いときに開くようにタイミング付けることを含むことを特徴とする請求項11に記載の方法。

【請求項13】

クロスオーバー圧縮バルブが、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力に達する前の少なくとも1.5度クランク角で開くようにタイミング付けることを含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項14】

クロスオーバー圧縮バルブが、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力に達する前の少なくとも3.0度クランク角で開くようにタイミング付けることを含むことを特徴とする請求項13に記載の方法。

10

【請求項15】

クロスオーバー圧縮バルブが、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力に達する前の少なくとも4.5度クランク角で開くようにタイミング付けることを含むことを特徴とする請求項14に記載の方法。

【請求項16】

クロスオーバー圧縮バルブを、圧縮シリンダーから外方に開くことを含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この出願は、2007年8月7日に提出された米国特許仮出願第60/963,742号の利益を主張している。

20

【0002】

本発明は、4つのストロークの各々がクランクシャフトの1回転で完了される状態で、1つのピストンが吸気及び圧縮のストロークのために用いられ、及びもう1つのピストンが膨張(すなわち、動力)及び排気のストロークのために用いられる、一对のピストンを有する分割サイクルエンジンに関する。

【背景技術】

【0003】

明確化の目的のために、本出願で用いられるとき、用語「従来のエンジン」とは、周知のオットーサイクルの全ての4つのストローク(すなわち、吸気、圧縮、膨張及び排気のストローク)がエンジンのピストン/シリンダーの組み合わせの各々に包含されている内燃機関を意味している。また、明確化の目的のために、先行技術に開示されたエンジンに適用され、及び本出願に言及されるように、用語「分割サイクルエンジン」について以下の定義が提供されている。

30

【0004】

ここに言及される分割サイクルエンジンは、クランクシャフト軸線の回りに回転可能なクランクシャフト、圧縮シリンダー内に摺動可能に収容された圧縮ピストンであって、クランクシャフトの単一の回転の間に吸気ストローク及び圧縮ストロークを通して往復動するようにクランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストン、

40

膨張シリンダー内に摺動可能に収容された膨張(動力)ピストンであって、クランクシャフトの単一の回転の間に膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復動するようにクランクシャフトに作用的に連結された膨張ピストン、及び

圧縮シリンダー及び膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路(ポート)であって、間に圧力チャンバーを画成するクロスオーバー圧縮(XovrC)バルブ及びクロスオーバー膨張(XovrE)バルブを含むクロスオーバー通路、を備えている。

【0005】

2003年4月8日にCarmelo J. Scuderiに許可された特許文献1(ここで、「Scuder

50

i」と云う)は、分割サイクル及び同様なタイプのエンジンの広範囲に亘る議論を含んでいる。加えて、該特許は、さらなる開発から成る本発明のエンジンの先行バージョンの詳細を開示している。

【0006】

図1を参照するに、特許文献1に記載されたタイプの先行技術分割サイクルエンジンの概念の例示的な実施形態が概括的に数字10で示されている。この分割サイクルエンジン10は、従来の4ストロークエンジンの2つの隣接するシリンダーを、1つの圧縮シリンダー12及び1つの膨張シリンダー14の組合せに置き換えている。これらの2つのシリンダー12及び14は、クランクシャフト16の1回転毎にそれらのそれぞれの機能を遂行する。吸入空気及び燃料の充填物が典型的なポペット型の吸気バルブ18を介して、圧縮シリンダー12内に引き込まれる。圧縮ピストン20が充填物を加圧し、及び、膨張シリンダー14に対して吸気通路として作用する、クロスオーバー通路22を通して充填物を後押しする。

10

【0007】

クロスオーバー通路の入口において、阻止型のクロスオーバー圧縮(XovrC)バルブ24がクロスオーバー通路22から圧縮シリンダー12への逆流を防止するために用いられている。すなわち、該チェックバルブ24は圧縮シリンダー12からクロスオーバー通路22への一方向の流れのみを許容する。

【0008】

クロスオーバー通路22の出口においては、クロスオーバー膨張(XovrE)バルブ26が、膨張ピストン30がその上死点位置に到達した直後に充填物が十分に膨張シリンダー14に進入するように、加圧された吸気充填物の流れを制御する。点火プラグ28は、吸気充填物が膨張シリンダー14に進入した後、直ぐに点火され、結果として生じる燃焼が膨張ピストン30を下方に駆動する。排気ガスはポペットの排気バルブ32を介して膨張シリンダーの外に排出される。

20

【0009】

図2を参照するに、分割サイクルエンジン33の代替的な先行技術の設計がSuhその他への特許文献2(ここで、「Suh」と云う)に開示されている。図2(「Suh」の図4aに相当)に示されるように、分割サイクルエンジン33は、クロスオーバー通路36によって相互に連結された圧縮シリンダー34及び膨張シリンダー35を含む。圧縮ピストン37及び膨張ピストン38は、シリンダー34及び35内で、それぞれ、往復する。内開きのポペット型のXovrCバルブ39及び内開きのクロスオーバーバルブ40が、クロスオーバー通路36を介しての膨張シリンダー35への圧縮された燃料/空気充填物41の流れを制御し、膨張シリンダー35で点火プラグ42により充填物41が着火される。

30

【0010】

「Suh」の分割サイクルエンジン33は、「Scuderi」の分割サイクルエンジン10と少なくとも2つの方法で異なる。すなわち、

1) 燃料/空気の充填物41は、膨張ピストン38のTDC位置の後よりもむしろ、膨張ピストン38がそのTDC位置に到達する前に着火される(「Suh」の14欄、39乃至41行を見よ)。

40

2) 「Suh」のXovrCバルブ39は、チェックバルブというよりもむしろ、内開きのポペットバルブである(「Suh」の14欄、29乃至30行を見よ)。

【0011】

図3(「Suh」の図5に相当)を参照するに、XovrCバルブ39を遅く開く、すなわち、シリンダー34から通路36へ正の差動圧力が存するときに開くようにタイミング付けることによって、クロスオーバー通路36から圧縮シリンダー34への逆流を防いでいる点において、「Suh」は「Scuderi」と一致している。グラフ43は、圧縮シリンダーの圧力(線45)、さらに、クロスオーバーバルブの開き(線46)、クロスオーバーバルブの閉じ(線47)、XovrCバルブの開き(線48)、及びXovrCバルブの閉じ(線49)のタイミングとの対比で、クロスオーバー通路の圧力(線44)の関係を示している。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】米国特許第6,543,225号明細書

【特許文献2】米国特許第6,789,514号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

XovrCバルブは、圧縮シリンダーの圧力45がクロスオーバー通路の圧力44より大きいときの、圧縮ピストン37のTDC前約60度でのみ開くようにタイミング付けられているので、クロスオーバー通路36から圧縮シリンダー34への逆流は防止されている。

10

【0014】

分割サイクルエンジン、特に、膨張ピストンがその上死点位置に到達した後に充填物を着火させる(「Scuderi」のような)分割サイクルエンジンにとっては、クロスオーバーバルブの動的な作動に厳しい要求がある。これは、「Scuderi」のエンジン10のクロスオーバーバルブ24及び28が、通常、180から220度のクランク角内でバルブを作動させる従来のエンジンに比べて、極めて短い期間のクランクシャフトの回転(一般に、約30度のクランク角)で燃料-空気の充填物を完全に移送するために、十分なリフトを達成しなければならないからである。このことは、「Scuderi」のクロスオーバーバルブが従来のエンジンのバルブよりも約6倍の速さで作動されることができねばならないことを意味する。

20

【0015】

増大されたバルブリフト及び/又は増大されたバルブ作動の持続期間は、流れの制約及びポンピング仕事を減少させるので、一般的に、エンジン性能を向上させる。しかしながら、バルブリフト及び作動期間は、ポンピング仕事を増大させ、エンジン性能を低下させる逆流の可能性によって、一般的に、制限される。加えて、バルブリフト及び作動期間は、バルブ列の動力学及びバルブの衝撃によって制限される。これは、特に、速く作用するクロスオーバーバルブを備えた分割サイクルエンジンの場合にそう云える。それ故に、分割サイクルエンジンのクロスオーバーバルブについて、リフト及び/又は作動の持続期間を増大させる必要性が存する。

30

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明によ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の回りに回転可能なクランクシャフト、

圧縮シリンダー内に摺動可能に収容された圧縮ピストンであって、クランクシャフトの1回転の間に吸気ストローク及び圧縮ストロークを通して往復する圧縮ピストン、

膨張シリンダー内に摺動可能に収容された膨張ピストンであって、クランクシャフトの1回転の間に膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復する膨張ピストン、及び、

圧縮及び膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路を含み、クロスオーバー通路は、両者の間に圧力チャンバーを画成するクロスオーバー圧縮(XovrC)バルブ及びクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含み、

40

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力より低いときに開くべく、タイミング付けられている。

【0017】

エンジンのクランクシャフト軸線の回りに回転可能なクランクシャフト、

圧縮シリンダー内に摺動可能に収容された圧縮ピストンであって、クランクシャフトの1回転の間に吸気ストローク及び圧縮ストロークを通して往復する圧縮ピストン、

膨張シリンダー内に摺動可能に収容された膨張ピストンであって、クランクシャフトの1回転の間に膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復する膨張ピストン、及び、

50

圧縮及び膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路を含み、クロスオーバー通路は、両者の間に圧力チャンバーを画成するクロスオーバー圧縮(XovrC)バルブ及びクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含む分割サイクルエンジンの運転方法は、

圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー圧縮バルブにおいてクロスオーバー通路の上流圧力より低いときに、クロスオーバー圧縮バルブを開くべくタイミング付けるステップを含んでいる。

【0018】

追加の特徴は、以下を含む。

【0019】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー通路の上流圧力より少なくとも5乃至15 bar低いときに開くべくタイミング付けられ得る。

10

【0020】

クロスオーバー圧縮バルブは、圧縮シリンダーの圧力がクロスオーバー通路の上流圧力に到達する前の少なくとも1.5乃至4.5度のクランク角で開くべくタイミング付けられ得る。

【0021】

本発明のこれらの、及び他の特徴及び利点は、添付の図面と共になされる本発明の以下の詳細な説明から、より完全に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

20

【図1】本発明のエンジンに関連する先行技術の分割サイクルエンジンの横断面図である。

【図2】他の先行技術の分割サイクルエンジンの概略的表示である。

【図3】図2のエンジン表示についての圧力プロットである。

【図4】本発明による例示的な分割サイクルエンジンの横断面図である。

【図5】燃料インジェクターが重ね合わされた状態の、図4の5-5線を通して採られた図4の分割サイクルエンジンの頂断面図である。

【図6】一定のピークリフトでの種々のクロスオーバー圧縮(XovrC)バルブの開きクランク角において、図4及び図5のエンジンについて予測される指示及びブレーキトルクのグラフである。

30

【図7】一定のピークリフトでの基準及び早開きクロスオーバーバルブについての、クランク角に対するXovrCバルブのリフトのグラフである。

【図8】初期逆流を有する本発明の早開きXovrCバルブについての、クランク角に対する質量空気流量のグラフである。

【図9】一定のピークリフトでの種々のバルブ開きタイミング値についての、XovrCバルブ開きクランク角に対する空気流れのグラフである。

【図10】一定のピークリフトでの種々のXovrCバルブ開きタイミング角における、圧縮及び膨張シリンダーの最大圧力のグラフである。

【図11】可変のピークリフトで、基準及び早開きクロスオーバーバルブについての、クランク角に対するXovrCバルブのリフトのグラフである。

40

【図12】圧縮シリンダーピストンのストローク及び移動の範囲に亘る、基準及び増大されたXovrCバルブリフトを比較する平均有効シリンダー圧力のグラフである。

【図13】本発明の早開きXovrCバルブタイミングを備える自然吸気最適化分割サイクルエンジンの予測された圧力及びタイミングのグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

用語解説

ここに用いられる用語の頭字語及び定義の以下の用語解説が参照のために提供される。

ポンピング仕事(すなわち、PV仕事): ポンピング仕事とは、吸気及び排気的气体をシリンダー内及びシリンダー外に、バルブ及びガスの流れでの他の全ての制限によって起こ

50

される圧力低下を越えて、移動させるのに費やされる仕事として定義される。それは、一般的に、圧力低下に容積流れが乗じられた積分として計算され、かくて、この計算は、通常、「PV仕事」と略称される。

早期XovrCバルブ開き： 早期クロスオーバー圧縮バルブ開きとは、バルブを越えて正の圧力が発生する前の、バルブの開きとして定義される。

エンジン全負荷すなわち100%エンジン負荷： 所与の速度で、エンジンが発生し得る最大トルクである。

指示(図示)トルク： エンジンの機械的摩擦及び補助システムの損失の作用の前に計算された、エンジンのピストンクラウンでのトルク出力である。

ブレーキトルク： エンジンの出力軸でのトルク出力である。

自然吸気エンジン： 自然吸気エンジンとは、ターボチャージャー、スーパーチャージャーなどによりブーストされていない吸気ストロークを備えるエンジンである。

ブレーキ平均有効圧力： 平均有効圧力値に関して表わされたエンジンのブレーキトルク出力である。それはエンジン排気容積で除されたブレーキエンジントルクに等しい。

指示平均有効圧力： それはエンジン排気容積で除された指示エンジントルクに等しい。

上死点： ピストンがサイクルを通して到達する、シリンダーヘッドへ最も近い位置であり、最も小さいシリンダー容積を提供する。

バルブの開き： ここでの目的のためには、バルブの開きは少なくとも0.06mmのバルブリフトとみなされる。

クランク角： クランクシャフトの回転角度である。

【0024】

説明

さて、図面の図4及び5を詳細に参照するに、数字50は、本発明によるクロスオーバー通路78に早開きのクロスオーバー圧縮(XovrC)バルブ84を有する分割サイクルエンジンの例示的な実施形態を概括的に指示している。ここでより詳細に論じられるように、早開きのXovrCバルブ84は、圧縮シリンダー66の圧力がクロスオーバー通路78の圧力より低い(すなわち、XovrCバルブ84を越えて負の差動圧力がある)ときに開くようにタイミング付けられている。有利なことに、早開きXovrCバルブ84は、高められた分割サイクルエンジン50の性能に帰す、より大きなバルブ作動の期間、及びより大きなバルブリフトをもたらす。

【0025】

エンジン50は、クランクシャフト軸線54の回りを、図面に示されるように、時計回り方向に回転するクランクシャフト52を含んでいる。クランクシャフト52は、連結ロッド60、62にそれぞれ連結され、隣合う角度的に変位された先行及び従属のクランクスロー56、58を含んでいる。

【0026】

エンジン50は、一对の隣り合うシリンダーを画成するシリンダーブロック64をさらに含む。特に、エンジン50は、クランクシャフト52と反対のシリンダー端部においてシリンダーヘッド70により閉鎖された圧縮シリンダー66及び膨張シリンダー68を含んでいる。

【0027】

圧縮ピストン72は圧縮シリンダー66に収容され、そして上死点(TDC)及び下死点(BDC)の位置の間でのピストン72の往復のために、従属の連結ロッド62に連結されている。膨張ピストン74は膨張シリンダー68に収容され、そして同様のTDC/BDCの往復のために、先行する連結ロッド60に連結されている。

【0028】

シリンダーヘッド70は、シリンダー66及び68へ、シリンダー66及び68から、及びシリンダー66及び68の間のガスの流れのための構造を提供している。ガスの流れの順において、シリンダーヘッド70は、吸入空気が圧縮シリンダー66に引き入れられ

10

20

30

40

50

る吸気通路 76、圧縮シリンダー 66 から膨張シリンダー 68 に圧縮された空気が移送される、一对のクロスオーバー (Xovr) 通路 78、及び費やされたガスが膨張シリンダー 68 から排出される排気通路 80 を含んでいる。クロスオーバー通路 78 の各々はまた、クロスオーバーバルブが閉じられたとき加圧されたガスが貯留される圧力チャンバー 81 を画成している。

【 0 0 2 9 】

圧縮シリンダー 66 へのガスの流れは、内開きのポペット型の吸気バルブ 82 によって制御される。クロスオーバー通路 78 の各々への、及びそれらからのガスの流れは、一对の外開きのポペットバルブ、すなわち、クロスオーバー通路の入口端部におけるクロスオーバー圧縮 (XovrC) バルブ 84、及びクロスオーバー通路の出口端部におけるクロスオーバー膨張 (XovrE) バルブ 86 によって制御され得る。排気通路 80 の外の排気ガスの流れは、内開きのポペット型の排気バルブ 88 によって制御される。これらのバルブ 82、84、86 及び 88 は、機械的に駆動されるカム、可変バルブ作動技術などのような適切な方法で作動されてもよい。

10

【 0 0 3 0 】

各クロスオーバー通路 78 は、それに配置された少なくとも 1 つの高圧燃料インジェクター 90 を有している。燃料インジェクター 90 は、クロスオーバー通路 78 の圧力チャンバー 87 内の圧縮された空気充填物に燃料を噴射するべく作用する。

【 0 0 3 1 】

エンジン 50 はまた、1 つ以上の点火プラグ 92 又は他の着火装置を含む。点火プラグ 92 は、混合された燃料及び空気の充填物が着火され、及び膨張ストロークの間に燃焼し得る、膨張シリンダー 68 の端部の適切な位置に配置されている。

20

【 0 0 3 2 】

外開きの XovrC ポペットバルブ 84 のタイミングを含み、分割サイクルエンジン 50 の種々の幾何学的なパラメータを最適化するために、コンピューターでの検討が利用された。XovrC バルブ 84 の最適化に関しては、事実上、全ての分割サイクルエンジン技術が、最適な性能のためには逆流の防止が要求されることを、以前に論じられた先行技術の「Scuderi」及び「Suh」の特許に例示されるように、教示している。

【 0 0 3 3 】

加えて、逆流、特に、XovrC バルブ 84 をよぎる逆流と分割サイクルエンジンの性能 (例えば、トルク、圧力、質量流れ等) との関係は以前には知られていなかった。さらに、分割サイクルエンジン 50 の性能への逆流の作用についての不確実性の程度は複雑であった。というのも、エンジン 50 は、圧縮シリンダー 66 から離れて開く外開きの XovrC バルブ 84 を含んでおり、一方、他の先行技術の分割サイクルエンジンは、XovrC バルブのために、「Scuderi」におけるようなチェックバルブ又は「Suh」におけるような内開きのポペットバルブのいずれかを利用していているからである。したがって、これらの不知の故に、コンピューターでの検討は、XovrC バルブ 84 について逆流を誘発する種々の早開きタイミングの走査を含んだ。このコンピューターでの検討は、ここに詳細に説明される予期し得ない結果を生み出した。

30

【 0 0 3 4 】

図 6 を参照するに、グラフ 100 は、4000 rpm 及び 100% エンジン負荷での自然吸気の分割サイクルエンジン 50 のサイクルシミュレーションのための、一定のピークリフトにおけるクロスオーバー圧縮バルブ 84 の開きクランク角に対する、分割サイクルエンジン 50 についての、「指示トルク」及び「ブレーキトルク」のコンピューター検討の予測された結果を示している。プロットされた線 102 は、ニュートンメートルでの「指示トルク」を表わし、及びプロットされた線 104 はニュートンメートルでの「ブレーキトルク」を表わしている。トルクは、膨張ピストン 74 の TDC 位置に対して、上死点前 (BTDC) の 18.5 度のクランク角 (CA) (すなわち、上死点后 (ATDC) の -18.5 度 CA) から BTDC の 5 度 CA まで、各々 1.5 度のクランク角 (CA) の増分で、計算された。

40

【 0 0 3 5 】

50

クロスオーバー圧縮バルブ 8 4 の開きの基準タイミングは、膨張ピストンの上死点前(BTDC)の 9.5 度CA(すなわち、指示トルクについては参照点 1 0 6、及びブレーキトルクについては参照点 1 0 8)である。すなわち、BTDCの 9.5 度CAで、XovrCバルブ 8 4 が少し早目に開くようにタイミング付けられ、XovrCバルブを越える逆流は検出されたが最小であった。

【 0 0 3 6 】

予期されたように、遅いタイミングはトルクの低下をもたらした。しかしながら、意外に、早いタイミングは、膨張ピストン 7 4 の 1 4 度BTDC(参照番号 1 1 8 及び 1 2 0)より早いまでは、無視し得る効果を有した。すなわち、予測された「指示トルク」及び「ブレーキトルク」は、XovrCバルブ 8 4 が、膨張ピストン 7 4 のBTDCの 9.5 度CAの基準に対して、少なくとも 1.5 度CA早く(参照点 1 1 0 及び 1 1 2)、少なくとも 3.0 度CA早く(参照点 1 1 4 及び 1 1 6)、又は少なくとも 4.5 度CA早く(参照点 1 1 8 及び 1 2 0)開かれたとき、著しくは変わらなかった。

10

【 0 0 3 7 】

図 7 を参照するに、グラフ 1 2 2 は、BTDC 9.5 度CAの基準点で作動が開始されたとき(曲線 1 2 4)、及び 4.5 度CA早く作動が開始されたとき(曲線 1 2 6)の、XovrCバルブ 8 4 の一定ピークリフトでのバルブリフトプロフィールを示している。ここで留意すべきは、曲線 1 2 6 の下の面積は曲線 1 2 4 の下の面積よりも大きく、これは、早めに作動されたXovrCバルブ 8 4 のより大きな作動期間中に空気質量流れが通過するための、より開いた容量が存在することを意味することである。

20

【 0 0 3 8 】

図 8 を参照するに、グラフ 1 2 8 は、4.5 度CAだけ進角された早開きタイミングのXovrCバルブ 8 4 について、クランク角に対しての質量流量のプロットを示している。曲線 1 3 0 にプロットされているように、XovrCバルブ 8 4 を越える圧力デルタが負(すなわち、圧縮シリンダー 6 8 の圧力がクロスオーバー通路 7 8 の圧力より低い)である、膨張ピストン 7 4 のBTDC 1 4 から 9.5 度CAの間では著しい逆流がある。一旦、BTDC 9.5 度CAの点が到達されると、圧力デルタは正(すなわち、圧縮シリンダー 6 8 の圧力がクロスオーバー通路 7 8 の圧力を超える)になり、及び質量流量は前方の方向へと戻る。

【 0 0 3 9 】

図 9 を参照するに、グラフ 1 3 2 は、一定ピークリフトでのXovrCバルブ 8 4 の開きタイミングに対する空気流れのプロットである。再度、XovrCバルブは、曲線 1 3 4 に示されるように、膨張ピストン 7 4 のBTDC 5 度CAからBTDC 1 8.5 度CAまでで 1.5 度の増分で段階付けられた。曲線 1 3 4 は、早期のバルブ開きタイミングによる初期の逆流にもかかわらず、全体の空気流れがBTDC 9.5 度CA(参照点 1 3 6)の基準タイミングと同じである。すなわち、XovrCバルブ 8 4 が、ちょっと早く(参照点 1 3 6)、1.5 度CA早く(参照点 1 3 8)、3.0 度CA早く(参照点 1 4 0)、又は 4.5 度CA早く(参照点 1 4 2)開かれるか否かにかかわらず、空気流れは凡そ 1 3 2 kg/hrであった。

30

【 0 0 4 0 】

図 1 0 を参照するに、グラフ 1 4 4 は、一定ピークリフトでBTDC 9.5 度から 1 4 度にタイミングを進角させると、圧縮シリンダーにより大きく作用して、両シリンダーのピークシリンダー圧力を低下させることを示している。すなわち、タイミングがBTDC 9.5 度から 1 4 度に進角されたとき、ピーク圧縮シリンダー圧力(曲線 1 4 5 で示される)は、5 2 barから約 4 8.5 bar間で低下し、一方、ピーク膨張シリンダー圧力(曲線 1 4 6 で示される)は凡そ 4 4.5 barから 4 3 barまで低下した。シリンダー圧力を低下させることはシリンダー摩擦を減少させ、これは、逆向きの初期の流れの増大されたポンピングを伴っても、何故にタイミングの進角によるトルクの損失がないかを説明し得よう。

40

【 0 0 4 1 】

図 1 1 を参照するに、グラフ 1 4 7 は、クロスオーバー圧縮バルブ 8 4 の開きの持続期間における増大がまた、ピークバルブリフトにおける 2.4 3 mm(曲線 1 4 8)から 2.6 0 mm(曲線 1 4 9)への追加の増大を許容したことを示している。すなわち、バルブリフト曲

50

線 1 4 8 及び 1 4 9 に対して同じ加速度及び減速度が与えられるとすると、基準のバルブ曲線 1 4 8 についての 2.43mm のピークリフトよりも、より高い 2.60mm のピークリフトがより大きな開き持続期間を有する早開きのバルブ曲線 1 4 9 で得られるであろう。

【 0 0 4 2 】

図 1 2 を参照するに、2.60mm のより高いピークバルブリフトの故の、結果として生じる制限の減少が、より長い圧縮シリンダーピストンのストローク及びより大きい排気量へ拡大する増加でもって、ポンピング仕事を減少させ、及び平均有効圧力を増大させた。これは、2.43 のバルブリフト(曲線 1 5 2)及び 2.60 のバルブリフト(曲線 1 5 4)についての、圧縮シリンダーピストンのストロークに対するブレーキ平均有効圧力をプロットしているのみならず、2.43 のバルブリフト(曲線 1 5 6)及び 2.60 のバルブリフト(曲線 1 5 8)についての、圧縮シリンダーピストンのストロークに対する指示平均有効圧力をプロットしている、グラフ 1 5 0 に図示されている。空気流れ、すなわち、最大トルクの損失なしでの、シリンダー圧力の低下、及び結果として生じる、往復するピストンの摩擦の減少が、本発明の分割サイクルエンジン 5 0 の運転において、向上された性能という予期しない利益を提供している。

【 0 0 4 3 】

図 1 3 を参照するに、グラフ 1 6 0 は、4000RPM、100%(全)エンジン負荷で、自然吸気最適化分割サイクルエンジン 5 0 のサイクルシミュレーションのための、クランク角に対する、予測された、クロスオーバー通路 7 8、圧縮シリンダー 6 6、及び膨張シリンダー 6 8 の圧力を示している。XovrCバルブ 8 4、XovrEバルブ 8 6、点火プラグ 9 2 の着火、インジェクター 9 0 の噴射開始(SOI)の範囲、インジェクター 9 0 の噴射終了(EOI)の範囲、及び圧縮ストロークの終わり、についてのタイミングが示されている。線 1 6 2 は圧縮シリンダー 6 6 の圧力を表わしている。線 1 6 4 はクロスオーバー通路の上流圧力(Xovr上流圧力)、すなわち、クロスオーバー通路 7 8 においてXovrCバルブ 8 4 のポペットヘッドの正に隣に位置される点で取られた圧力を表わしている。線 1 6 6 はクロスオーバー通路の下流圧力(Xovr下流圧力)、すなわち、クロスオーバー通路においてXovrEバルブのポペットヘッドの正に隣に位置される点で取られた圧力を表わしている。最後に、線 1 6 8 は膨張シリンダーの圧力を表わしている。

【 0 0 4 4 】

留意すべきは、XovrCバルブが早く開くタイミング線 1 7 0 では、XovrCバルブ 8 4 をよぎって凡そ 20bar の差動負圧があるということである。すなわち、膨張シリンダーピストンのBTDC 14度CA(すなわち、ATDC-14度CA)(タイミング線 1 7 0)では、圧縮シリンダー圧力 1 6 2 はクロスオーバー通路の上流圧力 1 6 4 より凡そ 20bar 低い。

【 0 0 4 5 】

それ故に、XovrCバルブ 8 4 は、圧縮シリンダー圧力 1 6 2 がXovrCバルブにおいて少なくとも 5bar、クロスオーバー通路の上流圧力 1 6 4 より低いとき(タイミング線 1 7 0 の参照点 1 7 2)に開くのが好ましい。加えて、XovrCバルブ 8 4 は、圧縮シリンダー圧力 1 6 2 がXovrCバルブにおいて少なくとも 10bar、クロスオーバー通路の上流圧力 1 6 4 より低いとき(タイミング線 1 7 0 の参照点 1 7 4)に開くのがより好ましい。さらに、XovrCバルブ 8 4 は、圧縮シリンダー圧力 1 6 2 がXovrCバルブにおいて少なくとも 15bar、クロスオーバー通路の上流圧力 1 6 4 より低いとき(タイミング線 1 7 0 の参照点 1 7 6)に開くのが最も好ましい。

【 0 0 4 6 】

再度、図 6 及び 9 を参照するに、エンジントルク及び空気流れの両者は、XovrCバルブの開きタイミングが膨張シリンダーのBTDC 9.5度からBTDC 14度までの範囲に維持されているときは、本質的に一定に留まっている。上で留意されたように、XovrCバルブのタイミングを進角することは増大されたXovrCバルブの開き期間から結果として生じる利益を有する。

【 0 0 4 7 】

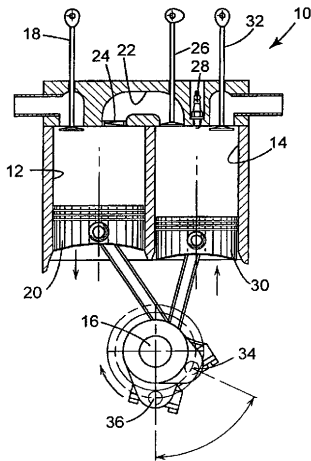
したがって、XovrCバルブ 8 4 は、圧縮シリンダーの圧力 1 6 2 がXovrCバルブ 8 4 にお

いてクロスオーバー通路の上流圧力164に達する前の少なくとも1.5度クランク角で開くことが好ましいということが明らかである。加えて、XovrCバルブ84は、圧縮シリンダーの圧力162がXovrCバルブ84においてクロスオーバー通路の上流圧力164に達する前の少なくとも3.0度クランク角で開くことがより好ましい。さらに、XovrCバルブ84は、圧縮シリンダーの圧力162がXovrCバルブ84においてクロスオーバー通路の上流圧力164に達する前の少なくとも4.5度クランク角で開くことが最も好ましい。

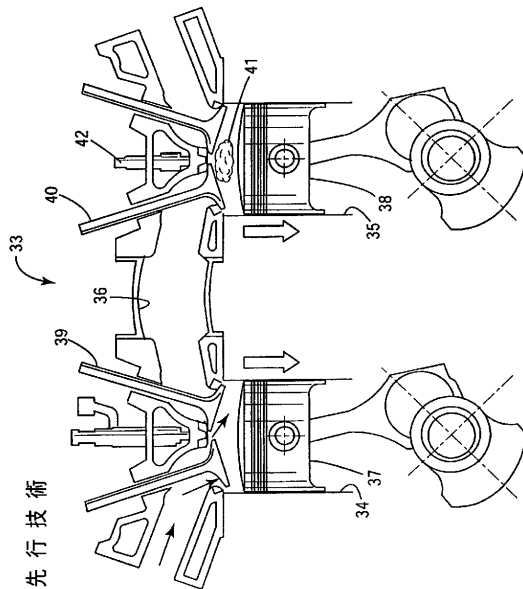
【0048】

本発明が特定の実施形態を参照して説明されたが、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ないが、しかし以下の請求項の言語で定義された全範囲を有していることが意図されている。

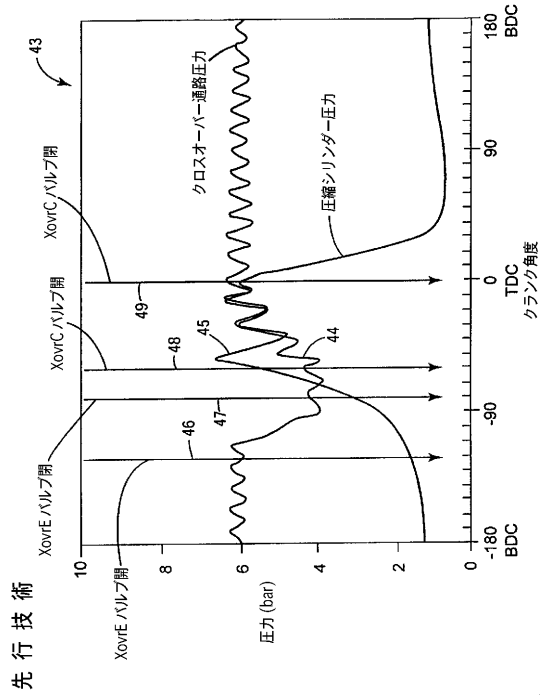
【図1】
先行技術



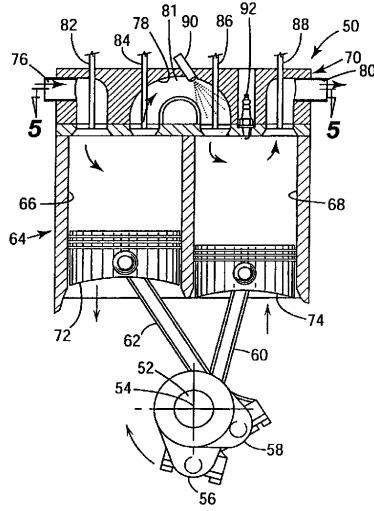
【図2】



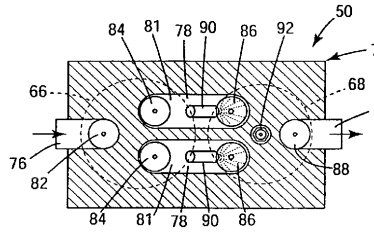
【図3】



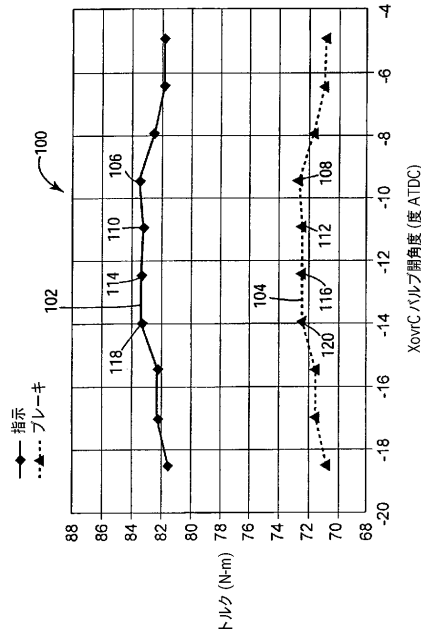
【図4】



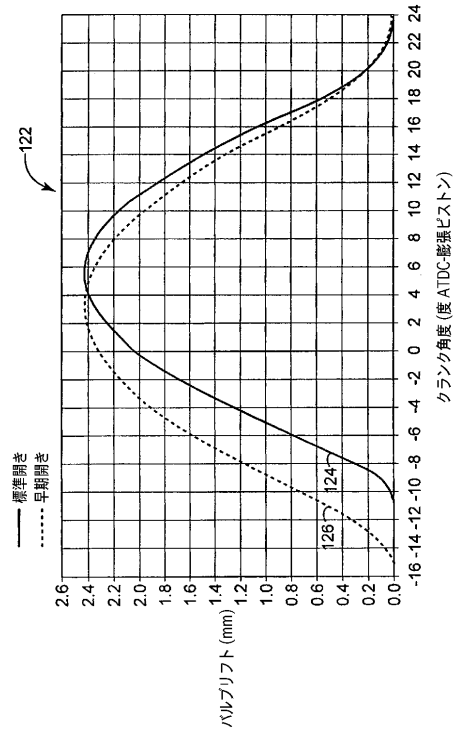
【図5】



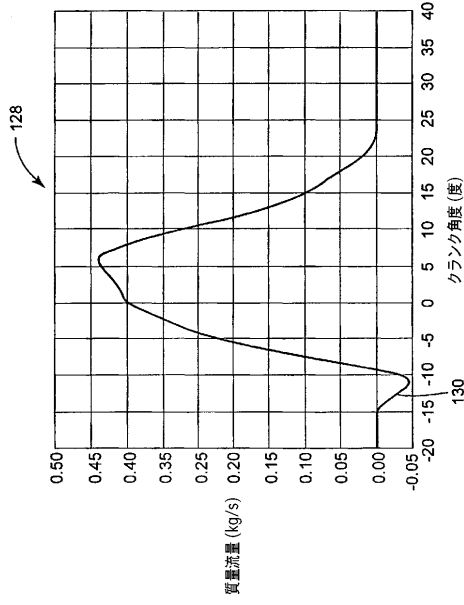
【図6】



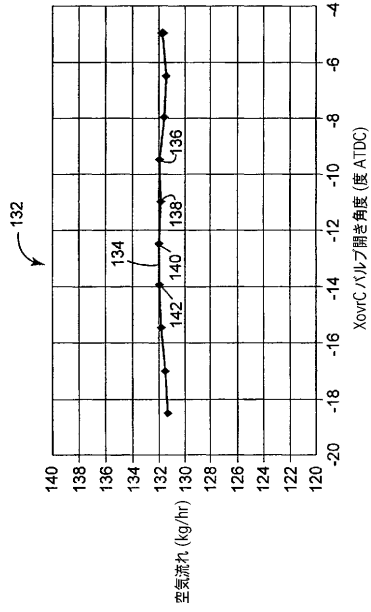
【図7】



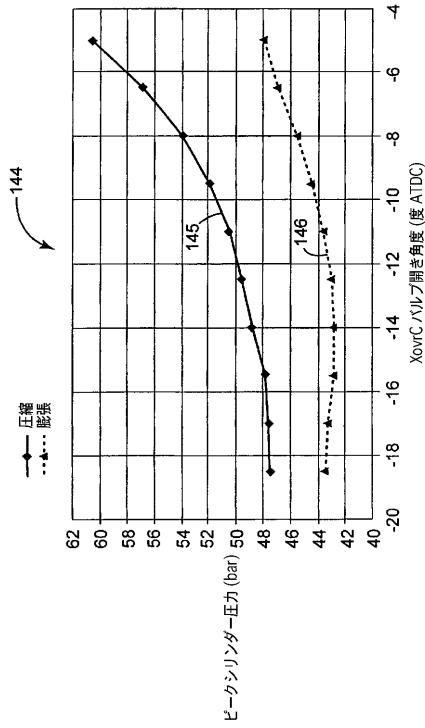
【 図 8 】



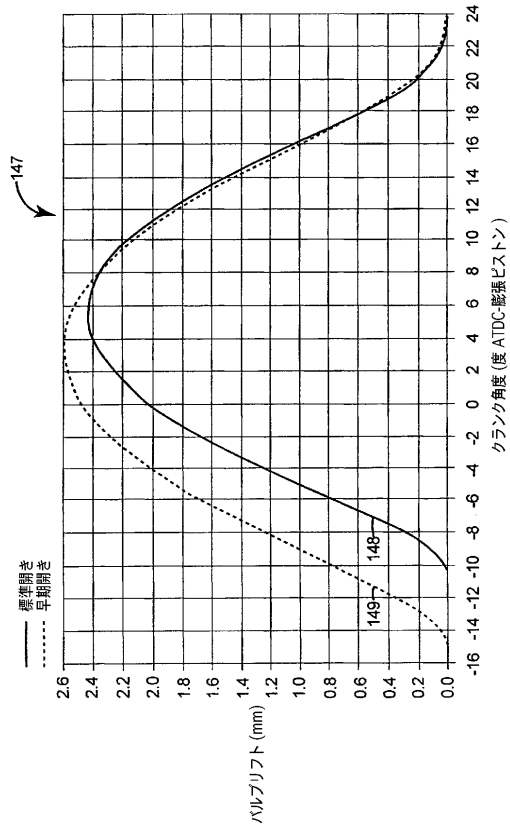
【 図 9 】



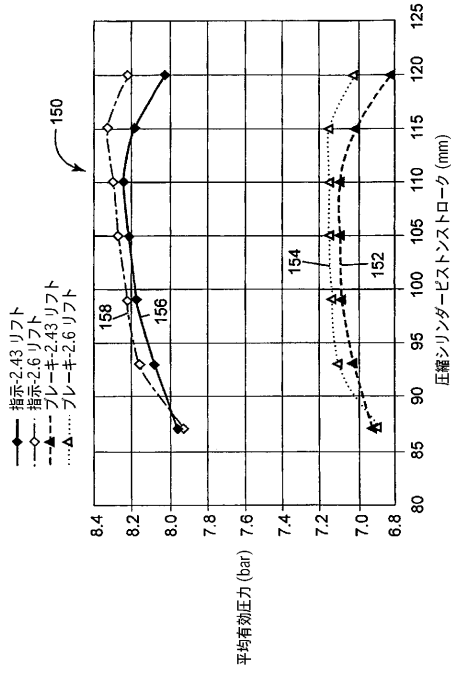
【 図 10 】



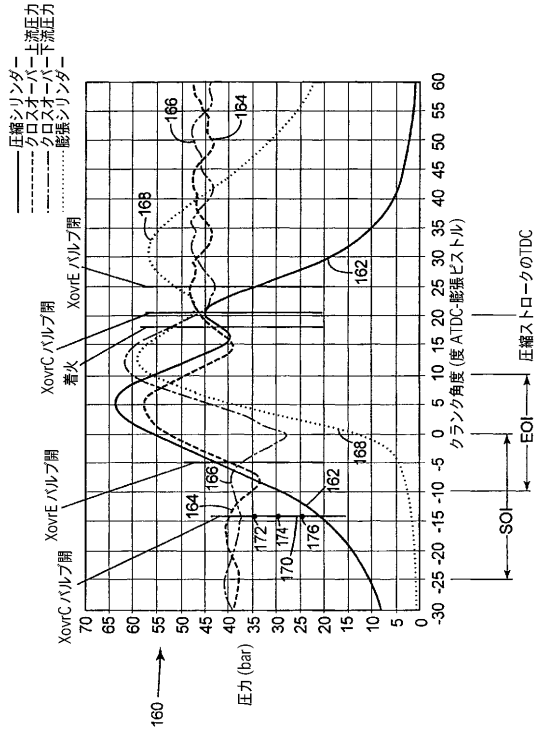
【 図 11 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 特表2004-536252(JP,A)
特表2006-528741(JP,A)
米国特許出願公開第2005/268609(US,A1)
米国特許出願公開第2003/019444(US,A1)
米国特許第4565167(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02B 75/18

F02B 33/06-33/22

F02B 53/08