(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6030127号
(P6030127)
(45)発行日　平成28年11月24日(2016.11.24)　(24)登録日　平成28年10月28日(2016.10.28)

(51)Int.Cl.　F I
F02B 75/32 (2006.01)　F02B 75/32 B

請求項の数 15 (全 60 頁)

(21)出願番号	特願2014-511486 (P2014-511486)
(86)(22)出願日	平成24年5月16日 (2012.5.16)
(65)公表番号	特表2014-517894 (P2014-517894A)
(43)公表日	平成26年7月24日 (2014.7.24)
(86)国際出願番号	PCT/US2012/038117
(87)国際公開番号	WO2012/158782
(87)国際公開日	平成24年11月22日 (2012.11.22)
審査請求日	平成27年5月12日 (2015.5.12)
(31)優先権主張番号	61/488,067
(32)優先日	平成23年5月19日 (2011.5.19)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	61/540,715
(32)優先日	平成23年9月29日 (2011.9.29)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　513288366
ウィルキンス,　ラリー　シー.
アメリカ合衆国　フロリダ　３３３０１,
フォート　ローダーデール,　イー.
ラス　オラス　ブールバード　４０１,
ナンバー１３０－２６０
(74)代理人　100078282
弁理士　山本　秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下　夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田　貴敏
(74)代理人　100181641
弁理士　石川　大輔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】カムを含むクランクピン、従動子を含む連接ロッド、およびクランクピンと連接ロッドとを含む内燃機関

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
内燃機関であって、該内燃機関は、
シリンダを画定するシリンダブロックと、
クランクピンを備えるクランクシャフトであって、該クランクシャフトは、該シリンダブロックに回転可能に連結され、かつ縦クランクシャフト軸に沿って回転し、該クランクピンは、縦クランクピン軸を画定し、該縦クランクピン軸は、該縦クランクシャフト軸に平行であり、かつ該縦クランクシャフト軸から離間されている、クランクシャフトと、
該シリンダ内で往復運動するように構成されているピストンと、
近位端および遠位端を備える連接ロッドであって、該近位端は、該クランクピンに動作可能に連結され、該遠位端は、該ピストンに動作可能に連結される、連接ロッドと
を備え、
該クランクピンは、
少なくとも１つのクランクピンジャーナルであって、該連接ロッドがその周りを旋回する、少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、
第１のカムプロファイルを備える第１のカムと、
第２のカムプロファイルを備える第２のカムと、
第３のカムプロファイルを備える第３のカムと
を備え、
該第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なり、

該第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、該縦クランクピン軸と該連接ロッドの該近位端との間に相対的な直線移動を提供するように構成されている、内燃機関。

【請求項２】

前記連接ロッドの前記近位端は、細長い円形開口部を備え、前記クランクピンは、該細長い円形開口部の中に受容され、該クランクピンおよび該連接ロッドは、該クランクピンが該細長い円形開口部の縦軸に沿って移動するように構成されている、請求項１に記載の内燃機関。

【請求項３】

前記連接ロッドは、

前記細長い円形開口部の第１の端部と関連付けられる第１の従動子であって、該第１の従動子は、第１の従動子表面を画定する、第１の従動子と、

該細長い円形開口部の該第１の端部と関連付けられる第２の従動子であって、該第２の従動子は、第２の従動子表面を画定する、第２の従動子と、

該細長い円形開口部の第２の端部と関連付けられる第３の従動子であって、該第３の従動子は、第３の従動子表面を画定する、第３の従動子と

を備え、

該細長い円形開口部に沿う前記移動は、前記第１、第２、および第３のカムのうちの少なくとも１つと、該第１、第２、および第３の従動子のうちの少なくとも１つとの間の相互作用に基づいている、請求項２に記載の内燃機関。

【請求項４】

前記少なくとも１つのクランクピンジャーナルは、前記細長い円形開口部内に受容され、該少なくとも１つのクランクピンジャーナルは、２つのクランクピンジャーナルを備え、前記第１、第２、および第３のカムは、該２つのクランクピンジャーナルの間にある、請求項２に記載の内燃機関。

【請求項５】

前記連接ロッドは、第１の対の脚部と、第２の対の脚部とを備え、該第２の対の脚部は、該第１の対の脚部から離間されており、かつ該第１の対の脚部と第２の対の脚部との間に隙間を提供し、該第１の対の脚部および第２の対の脚部は、第１の細長い円形開口部および第２の細長い円形開口部を少なくとも部分的に画定し、第１のクランクピンジャーナルは、該第１の細長い円形開口部の中に受容され、第２のクランクピンジャーナルは、該第２の細長い円形開口部の中に受容される、請求項４に記載の内燃機関。

【請求項６】

前記連接ロッドは、前記第１および第２の対の脚部に連結されるキャップ部分を備え、該キャップ部分および該第１の対の脚部は、前記第１の細長い円形開口部を画定し、該キャップ部分および該第２の対の脚部は、前記第２の細長い円形開口部を画定する、請求項５に記載の内燃機関。

【請求項７】

前記第１のカムプロファイルは、前記縦クランクピン軸から前記第１のカムの縁面までの半径方向距離を画定し、該半径方向距離は、最小半径方向距離から最大半径方向距離まで変化し、前記縦クランクシャフト軸から該縦クランクピン軸に向かう線に沿って延在する第１の方向において、該第１の方向と関連付けられる該半径方向距離は、該最大半径方向距離よりも小さく、該縦クランクピン軸から該縦クランクシャフト軸に向かう線に沿って延在する第２の方向において、該第２の方向と関連付けられる該半径方向距離は、該第１の方向と関連付けられる該半径方向距離よりも大きい、請求項１に記載の内燃機関。

【請求項８】

前記クランクピンは、第４のカムと、第５のカムとをさらに備え、該第４のカムは、第４のカムプロファイルを備え、該第４のカムプロファイルは、前記第２のカムの前記第２のカムプロファイルと実質的に同一であり、該クランクピンは、第５のカムプロファイルを備える第５のカムをさらに備え、該第５のカムプロファイルは、前記第３のカムの前記

第３のカムプロファイルと実質的に同一である、請求項１に記載の内燃機関。
【請求項９】
前記クランクピンは、２つのクランクピンジャーナルを備え、前記第１、第２、第３、および第４のカムは、該２つのクランクピンジャーナルの間にある、請求項８に記載の内燃機関。
【請求項１０】
前記第１および第２の従動子は、前記連接ロッドに対して振動するように構成されている、請求項３に記載の内燃機関。
【請求項１１】
前記第１の従動子表面は、第１の凹状半径を備え、該第１の凹状半径は、前記第１のカムプロファイルの凸状半径の一部分と実質的に同一であり、前記第２の従動子表面は、第２の凹状半径を備え、該第２の凹状半径は、前記第２のカムプロファイルの凸状半径の一部分と実質的に同一である、請求項３に記載の内燃機関。
【請求項１２】
前記第１の従動子表面は、第１の表面領域を画定し、前記第２の従動子表面は、第２の表面領域を画定し、該第１の表面領域は、該第２の表面領域よりも大きい、請求項３に記載の内燃機関。
【請求項１３】
前記細長い円形開口部の中に受容されるスリーブをさらに備え、該スリーブは、前記クランクピンを受容し、かつ該細長い円形開口部内で往復運動するように構成されている、請求項２に記載の内燃機関。
【請求項１４】
請求項１に記載の内燃機関と、
該機関に動作可能に連結される変速機と、
仕事を行うように構成されている駆動部材であって、該駆動部材は、該変速機に動作可能に連結される、駆動部材と
を備える、伝動機構。
【請求項１５】
請求項１に記載の内燃機関と、
該内燃機関に動作可能に連結される変速機と、
仕事を行うように構成されている駆動部材であって、該駆動部材は、該変速機に動作可能に連結される、駆動部材と
を備える、車両。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（優先権の主張）
本ＰＣＴ国際特許出願は、米国仮特許出願第６１／５４０，７１５号（２０１１年９月２９日出願）および米国仮特許出願第６１／４８８，０６７号（２０１１年５月１９日出願）の優先権の利益を主張し、これらの両出願の開示は参照することによって本明細書において援用される。
【０００２】
（開示の分野）
本開示は、クランクシャフト、連接ロッド、および内燃機関に関する。具体的には、本開示は、向上した燃料効率および／またはパワー出力を有する内燃機関に関する。
【背景技術】
【０００３】
（背景）
内燃機関の動作と関連付けられる高い燃料費および望ましくない排出物を削減する所望が、動作中の燃料効率を向上させることへの関心をこれまで新たにしてきた。したがって

、従来の内燃機関の効率を向上させることが望ましくあり得る。

【０００４】

従来の内燃機関は、クランクシャフトを受容するジャーナルを画定するシリンダブロックと、連接ロッドを介してクランクピンにおいてクランクシャフトに動作可能に連結されるピストンを収納する１つ以上のシリンダとを含む。従来の動作において、ピストンは、内燃機関のパワーストローク中に、ピストン、シリンダ、およびシリンダヘッドによって画定される燃焼室内の空気／燃料混合物の燃焼が、ピストンをクランクシャフトに向かって押し込むようにシリンダ内で往復運動する。ピストンがクランクシャフトに向かって進行するとき、クランクシャフトは、連接ロッドおよびクランクピンを介して回転させられ、それにより、空気／燃料混合物の燃焼と関連付けられるエネルギーを機械仕事に変換する。

【０００５】

従来の内燃機関の構造に起因して、ピストンが最大圧縮と一致するシリンダ内の位置にある（すなわち、ピストンがクランクシャフトから最も遠いときに、燃焼室がその最低容積にある）とき、クランクシャフトの中心とクランクピンの中心との間に延在する半径方向軸は、連接ロッドの軸と同一線上とまではいかなくても、ほぼ同一の線上にある傾向がある。これらの相対位置において、ピストンが最初に、パワーストローク中にクランクシャフトに向かってその移動を開始するとき、連接ロッドの軸と半径方向軸との間に生成される非常に短いモーメントアームだけが存在する（該当する場合）。結果として、燃焼の瞬間に空気／燃料混合物によって最初に生成される力は、モーメントアームの長さがさらに大きい場合に伝達するであろうほど大きいトルクをクランクシャフトに伝達しない。この状況は、燃焼事象によるピストンへの力は、燃焼中およびその直後にその最大規模に近づくので、特に望ましくない場合がある。さらに、ピストンがクランクシャフトに向かってシリンダの下方に進行し、モーメントアームの長さが増加するときに、ピストンに作用する燃焼事象からの力の規模が急速に消散する。したがって、ピストンへの最大力の時間中に、連接ロッドの軸と半径方向軸との間に生成される非常に短いモーメントアームが存在するので、燃料プロセスから発生させられる仕事の効率は、所望のものよりも小さくなり得る。

【０００６】

したがって、動作中の内燃機関の効率を向上させる構成を有する内燃機関を提供することが望ましくあり得る。さらに、所望の性能特性の調節を可能にする構成を有する内燃機関を提供することが望ましくあり得る。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【０００７】

以下の説明において、ある側面および実施形態が明白となるであろう。側面および実施形態は、それらの最も広い意味で、これらの側面および実施形態の１つ以上の特徴を有することなく実践できることを理解されたい。これらの側面および実施形態は、例示にすぎないことを理解されたい。

【０００８】

本開示の一側面は、内燃機関用のクランクシャフトに関する。クランクシャフトは、第１のジャーナル中心を画定する円形断面を有する第１のジャーナルであって、内燃機関のシリンダブロックに回転可能に連結されるように構成されている、第１のジャーナルを含んでもよい。クランクシャフトはさらに、第２のジャーナル中心を画定する円形断面を有する第２のジャーナルであって、内燃機関のシリンダブロックに回転可能に連結されるように構成されている、第２のジャーナルを含んでもよく、第１および第２のジャーナル中心は、縦クランクシャフト軸を画定する。クランクシャフトはまた、縦クランクピン軸を画定し、および連接ロッドに連結されるように構成されているクランクピンを含んでもよく、縦クランクピン軸は、縦クランクシャフト軸に平行であり、および縦クランクシャフト軸から離間されている。クランクピンは、少なくとも１つのクランクピンジャーナルと

、第１のカムプロファイルを含む第１のカムと、第２のカムプロファイルを含む第２のカムと、第３のカムプロファイルを含む第３のカムとを含んでもよい。第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なってもよく、第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、クランクピンに連結される連接ロッドのストロークに影響を及ぼすように構成されてもよい。

【０００９】

別の側面によれば、内燃機関用の連接ロッドは、ロッド部分と、キャップ部分とを含んでもよく、ロッド部分およびキャップ部分は、内燃機関のクランクピンを受容するように構成されている細長い円形開口部を画定する。細長い円形開口部の第１の端部は、ロッド部分と関連付けられてもよく、細長い円形開口部の第２の端部は、キャップ部分と関連付けられてもよい。連接ロッドはさらに、細長い円形開口部の第１の端部と関連付けられる第１の従動子と、細長い円形開口部の第１の端部と関連付けられる第２の従動子と、細長い円形開口部の第２の端部と関連付けられる第３の従動子とを含んでもよい。第１の従動子は、第１の従動子表面を含んでもよく、第２の従動子は、第２の従動子表面を含んでもよく、第１および第２の従動子表面は、相互に異なってもよい。

【００１０】

なおもさらなる側面によれば、内燃機関は、シリンダを画定するシリンダブロックと、クランクピンを含むクランクシャフトとを含んでもよく、クランクシャフトは、シリンダブロックに回転可能に連結されてもよく、および縦クランクシャフト軸に沿って回転してもよい。クランクピンは、縦クランクシャフト軸に平行であり、および縦クランクシャフト軸から離間されている縦クランクピン軸を画定してもよい。この機関はさらに、シリンダ内で往復運動するように構成されているピストンと、近位端および遠位端を含む連接ロッドとを含んでもよく、近位端は、クランクピンに動作可能に連結され、遠位端は、ピストンに動作可能に連結される。クランクピンは、連接ロッドがその周りを旋回する少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、第１のカムプロファイルを含む第１のカムと、第２のカムプロファイルを含む第２のカムと、第３のカムプロファイルを含む第３のカムとを含んでもよい。第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なってもよく、第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、縦クランクピン軸と連接ロッドの近位端との間に相対的な直線移動を提供するように構成されてもよい。

【００１１】

さらに別の側面によれば、内燃機関は、シリンダを画定するシリンダブロックと、クランクピンを含むクランクシャフトとを含んでもよく、クランクシャフトは、シリンダブロックに回転可能に連結され、および縦クランクシャフト軸に沿って回転する。クランクピンは、縦クランクシャフト軸に平行であり、および縦クランクシャフト軸から離間されている縦クランクピン軸を画定してもよい。この機関はさらに、シリンダ内で往復運動するように構成されているピストンと、近位端および遠位端を含む連接ロッドとを含んでもよく、近位端は、クランクピンに動作可能に連結され、遠位端は、ピストンに動作可能に連結される。クランクピンは、連接ロッドがその周りを旋回する少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、第１のカムプロファイルを含む第１のカムと、第２のカムプロファイルを含む第２のカムと、第３のカムプロファイルを含む第３のカムとを含んでもよい。第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なり、第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、クランクピンと連接ロッドの近位端との間に相対的な直線運動を提供するように構成されてもよく、クランクシャフトが回転するとき変化する、縦クランクピン軸とピストンの上面との間の距離をもたらす。

【００１２】

なおもさらなる側面によれば、内燃機関は、シリンダを画定するシリンダブロックと、クランクピンを含むクランクシャフトとを含んでもよく、クランクシャフトは、シリンダブロックに回転可能に連結され、および縦クランクシャフト軸に沿って回転する。クランクピンは、縦クランクシャフト軸に平行であり、および縦クランクシャフト軸に対する距

離によってオフセットされる縦クランクピン軸を画定してもよい。この機関は、シリンダ内で、ピストンのストロークを画定する、間隔のあいたストローク終端点同士の間で往復運動するように構成されているピストンを含んでもよい。この機関はさらに、近位端および遠位端を含む連接ロッドを含んでもよく、近位端は、クランクピンに動作可能に連結され、遠位端は、ピストンに動作可能に連結される。クランクピンは、連接ロッドがその周りを旋回する少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、第１のカムプロファイルを含む第１のカムと、第２のカムプロファイルを含む第２のカムと、第３のカムプロファイルを含む第３のカムとを含んでもよい。第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なってもよい。縦クランクシャフト軸と縦クランクピン軸との間に延在する線は、クランクシャフトの半径方向軸を画定してもよい。第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、縦クランクピン軸と連接ロッドの遠位端との間の距離を変化させるように構成されている。この機関は、クランクシャフトが回転するとき、ピストンがストローク終端点のうちの少なくとも１つに到達した後、シリンダ内のピストンの進行方向の逆転が、縦クランクピン軸と連接ロッドの近位端との間の相対運動を介して遅延させられるように構成されてもよい。

【００１３】

その上さらなる側面によれば、内燃機関は、シリンダを画定するシリンダブロックと、クランクピンを含むクランクシャフトとを含んでもよく、クランクシャフトは、シリンダブロックによって回転可能に受容され、および縦クランクシャフト軸に沿って回転する。クランクピンは、縦クランクシャフト軸に平行であり、およびそれに対する距離によってオフセットされる縦クランクピン軸を画定してもよい。この機関はさらに、シリンダ内で往復運動するように構成されているピストンと、近位端および遠位端を含む連接ロッドとを含んでもよく、近位端は、クランクピンに動作可能に連結され、遠位端は、ピストンに動作可能に連結される。クランクピンは、連接ロッドがその周りを旋回する、少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、第１のカムプロファイルを含む第１のカムと、第２のカムプロファイルを含む第２のカムと、第３のカムプロファイルを含む第３のカムとを含んでもよい。第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なる。縦クランクシャフト軸と縦クランクピン軸との間に延在する線は、クランクシャフトの半径方向軸を画定してもよく、第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、縦クランクピン軸と連接ロッドの遠位端との間の距離を変化させるように構成されている。この機関は、第１のモードであって、縦クランクピン軸と連接ロッドの遠位端との間の距離は、クランクシャフトの半径方向軸の角度位置に基づく第１の方式に従って変化する第１のモードと、第２のモードであって、縦クランクピン軸と連接ロッドの遠位端との間の距離は、クランクシャフトの半径方向軸の角度位置に基づく第２の方式に従って変化する第２のモードとを含む、２つのモードで選択的に動作するように構成されてもよい。第１の方式は、第２の方式と異なってもよい。

【００１４】

さらに別の側面によれば、伝動機構は、上記の側面のうちのいずれかに記載の内燃機関と、機関に動作可能に連結される変速機と、仕事を行うように構成されている駆動部材とを含んでもよい。駆動部材は、変速機に動作可能に連結されてもよい。

【００１５】

なおもさらなる側面によれば、車両は、上記の側面のうちのいずれかに記載の内燃機関と、機関に動作可能に連結される変速機と、仕事を行うように構成されている駆動部材とを含んでもよい。駆動部材は、変速機に動作可能に連結されてもよい。

【００１６】

本開示の付加的な目的および利点は、以下に続く説明に部分的に記載されるであろう、または開示された実施形態によって習得されてもよい。

【００１７】

上記に記載される構造および手順の編成は別として、実施形態は、以降で説明されるものの等のいくつかの他の編成を含むことができる。前述の説明および以下の説明は、例示的

にすぎないことを理解されたい。
本発明は、例えば、以下を提供する。
（項目１）
内燃機関であって、該内燃機関は、
シリンダを画定するシリンダブロックと、
クランクピンを備えるクランクシャフトであって、該クランクシャフトは、該シリンダブロックに回転可能に連結され、および縦クランクシャフト軸に沿って回転し、該クランクピンは、縦クランクピン軸を画定し、該縦クランクピン軸は、該縦クランクシャフト軸に平行であり、および該縦クランクシャフト軸から離間されている、クランクシャフトと、
該シリンダ内で往復運動するように構成されているピストンと、
近位端および遠位端を備える連接ロッドであって、該近位端は、該クランクピンに動作可能に連結され、該遠位端は、該ピストンに動作可能に連結される、連接ロッドと
を備え、
該クランクピンは、
少なくとも１つのクランクピンジャーナルであって、該連接ロッドがその周りを旋回する、少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、
第１のカムプロファイルを備える第１のカムと、
第２のカムプロファイルを備える第２のカムと、
第３のカムプロファイルを備える第３のカムと
を備え、
第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なり、
該第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、該縦クランクピン軸と該連接ロッドの該近位端との間に相対的な直線移動を提供するように構成されている、内燃機関。
（項目２）
前記連接ロッドの前記近位端は、細長い円形開口部を備え、前記クランクピンは、該細長い円形開口部の中に受容される、項目１に記載の内燃機関。
（項目３）
前記クランクピンおよび前記連接ロッドは、該クランクピンが前記細長い円形開口部の縦軸に沿って移動するように構成されている、項目２に記載の内燃機関。
（項目４）
前記連接ロッドは、
前記細長い円形開口部の第１の端部と関連付けられる第１の従動子であって、該第１の従動子は、第１の従動子表面を画定する、第１の従動子と、
該細長い円形開口部の該第１の端部と関連付けられる第２の従動子であって、該第２の従動子は、第２の従動子表面を画定する、第２の従動子と、
該細長い円形開口部の第２の端部と関連付けられる第３の従動子であって、該第３の従動子は、第３の従動子表面を画定する、第３の従動子と
を備え、
該細長い円形開口部に沿う前記移動は、前記第１、第２、および第３のカムのうちの少なくとも１つと、該第１、第２、および第３の従動子のうちの少なくとも１つとの間の相互作用に基づいている、項目３に記載の内燃機関。
（項目５）
前記少なくとも１つのクランクピンジャーナルは、前記細長い円形開口部内に受容される、項目１に記載の内燃機関。
（項目６）
前記少なくとも１つのクランクピンジャーナルは、２つのクランクピンジャーナルを備え、前記第１、第２、および第３のカムは、該２つのクランクピンジャーナルの間にある、項目５に記載の内燃機関。

（項目７）
前記連接ロッドは、第１の対の脚部と、第２の対の脚部とを備え、該第２の対の脚部は、該第１の対の脚部から離間されており、および該第１の対の脚部と第２の対の脚部との間に隙間を提供し、該第１の対の脚部および第２の対の脚部は、第１の細長い円形開口部および第２の細長い円形開口部を少なくとも部分的に画定し、第１のクランクピンジャーナルは、該第１の細長い円形開口部の中に受容され、第２のクランクピンジャーナルは、該第２の細長い円形開口部の中に受容される、項目６に記載の内燃機関。
（項目８）
前記連接ロッドは、前記第１および第２の対の脚部に連結されるキャップ部分を備える、項目７に記載の内燃機関。
（項目９）
前記キャップ部分および前記第１の対の脚部は、前記第１の細長い円形開口部を画定し、該キャップ部分および前記第２の対の脚部は、前記第２の細長い円形開口部を画定する、項目８に記載の内燃機関。
（項目１０）
前記第１のカムプロファイルは、前記縦クランクピン軸から前記第１のカムの縁面までの半径方向距離を画定し、該半径方向距離は、最小半径方向距離から最大半径方向距離まで変化し、前記縦クランクシャフト軸から該縦クランクピン軸に向かう線に沿って延在する第１の方向において、該第１の方向と関連付けられる該半径方向距離は、該最大半径方向距離よりも小さい、項目１に記載の内燃機関。
（項目１１）
前記縦クランクピン軸から前記縦クランクシャフト軸に向かう線に沿って延在する第２の方向において、該第２の方向と関連付けられる前記半径方向距離は、前記第１の方向と関連付けられる前記半径方向距離よりも大きい、項目１０に記載の内燃機関。
（項目１２）
前記連接ロッドは、ロッド部分と、キャップ部分とを備え、該ロッド部分と該キャップ部分とは、前記細長い円形開口部を画定する、項目２に記載の内燃機関。
（項目１３）
前記細長い円形開口部は、前記少なくとも１つのクランクピンジャーナルの直径に対応する幅を有する、項目２に記載の内燃機関。
（項目１４）
前記クランクピンは、第４のカムと、第５のカムとをさらに備える、項目１に記載の内燃機関。
（項目１５）
前記第４のカムは、第４のカムプロファイルを備え、該第４のカムプロファイルは、前記第２のカムの前記第２のカムプロファイルと実質的に同一である、項目１４に記載の内燃機関。
（項目１６）
前記クランクピンは、第５のカムプロファイルを備える第５のカムをさらに備え、該第５のカムプロファイルは、前記第３のカムの前記第３のカムプロファイルと実質的に同一である、項目１に記載の内燃機関。
（項目１７）
前記第１のカムは、前記第２のカムと第４のカムとの間にあり、該第２および第４のカムは、前記第３のカムと第５のカムとの間にある、項目１４に記載の内燃機関。
（項目１８）
前記クランクピンは、２つのクランクピンジャーナルを備え、前記第１、第２、第３、および第４のカムは、該２つのクランクピンジャーナルの間にある、項目１４に記載の内燃機関。
（項目１９）
前記第１の従動子表面は、第１の半径を備え、前記第２の従動子表面は、第２の半径を

備え、該第１の半径と第２の半径とは、相互に異なる、項目４に記載の内燃機関。
（項目２０）
前記第３の従動子は、第３の従動子表面を備え、該第３の従動子表面は、前記第１および第２の従動子表面とは異なる、項目１９に記載の内燃機関。
（項目２１）
前記第３の従動子表面は、実質的に平面の表面を備える、項目２０に記載の内燃機関。
（項目２２）
前記第３の従動子表面は、第３の半径を備え、該第３の半径は、前記第１および第２の半径とは異なる、項目２０に記載の内燃機関。
（項目２３）
前記第１および第２の従動子は、前記連接ロッドに対して振動するように構成されている、項目４に記載の内燃機関。
（項目２４）
前記第１の従動子表面は、第１の凹状半径を備え、該第１の凹状半径は、前記第１のカムプロファイルの凸状半径の一部分と実質的に同一である、項目４に記載の内燃機関。
（項目２５）
前記第１のカムプロファイルの前記一部分は、少なくとも約９０度の間に、実質的に一定の凸状半径を画定する、項目２４に記載の内燃機関。
（項目２６）
前記第２の従動子表面は、第２の凹状半径を備え、該第２の凹状半径は、前記第２のカムプロファイルの凸状半径の一部分と実質的に同一である、項目４に記載の内燃機関。
（項目２７）
前記第２のカムプロファイルの前記一部分は、少なくとも約９０度の間に、実質的に一定の凸状半径を画定する、項目２６に記載の内燃機関。
（項目２８）
前記第１の従動子表面は、第１の表面領域を画定し、前記第２の従動子表面は、第２の表面領域を画定し、該第１の表面領域は、該第２の表面領域よりも大きい、項目４に記載の内燃機関。
（項目２９）
前記細長い円形開口部の前記第１の端部と関連付けられる第４の従動子をさらに備え、該第４の従動子は、第４の従動子表面を備え、該第４の従動子表面は、前記第２の従動子表面と実質的に同一である、項目４に記載の内燃機関。
（項目３０）
前記第１の従動子は、前記第２の従動子と第４の従動子との間にある、項目２９に記載の内燃機関。
（項目３１）
前記第１の従動子は、前記連接ロッドに対して前記第２および第４の従動子とは独立して振動するように構成されている、項目３０に記載の内燃機関。
（項目３２）
前記第２および第４の従動子は、前記連接ロッドに対して一緒に振動するように構成されている、項目３１に記載の内燃機関。
（項目３３）
前記第１、第２、および第４の従動子は、前記連接ロッドに対して一緒に振動するように構成されている、項目２９に記載の内燃機関。
（項目３４）
前記細長い円形開口部の前記第２の端部と関連付けられる第５の従動子をさらに備え、該第５の従動子は、第５の従動子表面を備え、該第５の従動子表面は、前記第３の従動子表面と実質的に同一である、項目２９に記載の内燃機関。
（項目３５）
前記第３および第５の従動子は、前記連接ロッドに対して一緒に振動するように構成さ

れている、項目３４に記載の内燃機関。
（項目３６）
前記細長い円形開口部の中に受容されるスリーブをさらに備え、該スリーブは、前記クランクピンを受容し、および該細長い円形開口部内で往復運動するように構成されている、項目１に記載の内燃機関。
（項目３７）
前記第１のカムプロファイル、第２のカムプロファイル、第３のカムプロファイル、第１の従動子表面、第２の従動子表面、および第３の従動子表面のうちの１つ以上は、それぞれのプロファイルと表面との間の流体力学的潤滑または流体膜潤滑を促進するように構成されている、項目４に記載の内燃機関。
（項目３８）
内燃機関用のクランクシャフトであって、該クランクシャフトは、
第１のジャーナル中心を画定する円形断面を有する第１のジャーナルであって、該第１のジャーナルは、内燃機関のシリンダブロックに回転可能に連結されるように構成されている、第１のジャーナルと、
第２のジャーナル中心を画定する円形断面を有する第２のジャーナルであって、第２のジャーナルは、該内燃機関のシリンダブロックに回転可能に連結されるように構成されており、該第１および第２のジャーナル中心は、縦クランクシャフト軸を画定する、第２のジャーナルと、
縦クランクピン軸を画定し、および連接ロッドに連結されるように構成されているクランクピンであって、該縦クランクピン軸は、該縦クランクシャフト軸に平行であり、および該縦クランクシャフト軸から離間されており、該クランクピンは、
少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、
第１のカムプロファイルを備える第１のカムと、
第２のカムプロファイルを備える第２のカムと、
第３のカムプロファイルを備える第３のカムと
を備え、
該第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なる、クランクピンと
を備え、
該第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、該クランクピンに連結される連接ロッドのストロークに影響を及ぼすように構成されている、クランクシャフト。
（項目３９）
前記第１のカムプロファイルは、前記縦クランクピン軸から前記第１のカムの縁面までの半径方向距離を画定し、該半径方向距離は、最小半径方向距離から最大半径方向距離まで変化し、前記縦クランクシャフト軸から該縦クランクピン軸に向かう線に沿って延在する第１の方向において、該第１の方向と関連付けられる該半径方向距離は、該最大半径方向距離よりも小さい、項目３８に記載のクランクシャフト。
（項目４０）
前記縦クランクピン軸から前記縦クランクシャフト軸に向かう線に沿って延在する第２の方向において、該第２の方向と関連付けられる前記半径方向距離は、前記第１の方向と関連付けられる前記半径方向距離よりも大きい、項目３９に記載のクランクシャフト。
（項目４１）
前記少なくとも１つのクランクピンジャーナルは、２つのクランクピンジャーナルを備え、前記第１、第２、および第３のカムは、該２つのクランクピンジャーナルの間にある、項目３８に記載のクランクシャフト。
（項目４２）
前記クランクピンは、第４のカムと、第５のカムとをさらに備える、項目３８に記載のクランクシャフト。
（項目４３）

前記第４のカムは、第４のカムプロファイルを備え、該第４のカムプロファイルは、前記第２のカムの前記第２のカムプロファイルと実質的に同一である、項目４２に記載のクランクシャフト。

（項目４４）

前記第５のカムは、第５のカムプロファイルを備え、該第５のカムプロファイルは、前記第３のカムの前記第３のカムプロファイルと実質的に同一である、項目４２に記載のクランクシャフト。

（項目４５）

前記第１のカムは、前記第２のカムと第４のカムとの間にあり、該第２および第４のカムは、前記第３のカムと第５のカムとの間にある、項目４２に記載のクランクシャフト。

（項目４６）

内燃機関用の連接ロッドであって、該連接ロッドは、

ロッド部分と、

キャップ部分と

を備え、

該ロッド部分および該キャップ部分は、内燃機関のクランクピンを受容するように構成されている細長い円形開口部を画定し、

該細長い円形開口部の第１の端部は、該ロッド部分と関連付けられ、該細長い円形開口部の第２の端部は、該キャップ部分と関連付けられ、

該連接ロッドは、

該細長い円形開口部の該第１の端部と関連付けられる第１の従動子と、

該細長い円形開口部の該第１の端部と関連付けられる第２の従動子と、

該細長い円形開口部の該第２の端部と関連付けられる第３の従動子と

をさらに備え、

該第１の従動子は、第１の従動子表面を備え、該第２の従動子は、第２の従動子表面を備え、

該第１の従動子表面と第２の従動子表面とは、相互に異なる、連接ロッド。

（項目４７）

前記第１の従動子表面は、第１の半径を備え、前記第２の従動子表面は、第２の半径を備え、該第１の半径と第２の半径とは、相互に異なる、項目４６に記載の連接ロッド。

（項目４８）

前記第３の従動子は、第３の従動子表面を備え、該第３の従動子表面は、前記第１および第２の従動子表面とは異なる、項目４７に記載の連接ロッド。

（項目４９）

前記第３の従動子表面は、実質的に平面の表面を備える、項目４８に記載の連接ロッド。

（項目５０）

前記第３の従動子表面は、第３の半径を備え、該第３の半径は、前記第１および第２の半径とは異なる、項目４８に記載の連接ロッド。

（項目５１）

前記細長い円形開口部は、クランクピンジャーナルの直径に対応するように構成されている幅を有する、項目４６に記載の連接ロッド。

（項目５２）

前記ロッド部分は、４本の脚部を備え、該４本の脚部は、前記細長い円形開口部の前記第１の端部および第２の細長い円形開口部の第１の端部を少なくとも部分的に画定する、項目４６に記載の連接ロッド。

（項目５３）

前記ロッド部分は、前記細長い円形開口部の前記第１の端部を少なくとも部分的に画定する第１の対の脚部と、第２の細長い円形開口部の第１の端部を少なくとも部分的に画定する第２の対の脚部とを備え、該第２の対の脚部は、該第１の対の脚部から離間されてお

り、それにより、該第１の対の脚部と該第２の対の脚部との間に隙間を提供する、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目５４）
前記第１および第２の従動子は、前記隙間と関連付けられる、項目５３に記載の連接ロッド。
（項目５５）
前記キャップ部分は、前記第１および第２の対の脚部に連結されるように構成されている、項目５３に記載の連接ロッド。
（項目５６）
前記第１および第２の従動子は、前記ロッド部分に対して振動するように構成されている、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目５７）
前記第１および第２の従動子は、前記ロッド部分に対して相互に独立して振動するように構成されている、項目５６に記載の連接ロッド。
（項目５８）
前記第１の従動子表面は、第１の凹状半径を備え、該第１の凹状半径は、クランクシャフトと関連付けられるカムの凸状半径の一部分と実質的に同一であるように構成されている、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目５９）
前記第２の従動子表面は、第２の凹状半径を備え、該第２の凹状半径は、クランクシャフトと関連付けられるカムの凸状半径の一部分と実質的に同一であるように構成されている、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目６０）
前記第１の従動子表面は、第１の表面領域を画定し、前記第２の従動子表面は、第２の表面領域を画定し、該第１の表面領域は、該第２の表面領域よりも大きい、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目６１）
前記細長い円形開口部の前記第１の端部と関連付けられる第４の従動子をさらに備え、該第４の従動子は、第４の従動子表面を備え、該第４の従動子表面は、前記第２の従動子表面と実質的に同一である、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目６２）
前記第１の従動子は、前記第２の従動子と第４の従動子との間にある、項目６１に記載の連接ロッド。
（項目６３）
前記第１の従動子は、前記ロッド部分に対して前記第２および第４の従動子から独立して振動するように構成されている、項目６２に記載の連接ロッド。
（項目６４）
前記第２および第４の従動子は、前記ロッド部分に対して一緒に振動するように構成されている、項目６３に記載の連接ロッド。
（項目６５）
前記第１、第２、および第４の従動子は、前記ロッド部分に対して一緒に振動するように構成されている、項目６１に記載の連接ロッド。
（項目６６）
前記細長い円形開口部の前記第２の端部と関連付けられる第５の従動子をさらに備え、該第５の従動子は、第５の従動子表面を備え、該第５の従動子表面は、前記第３の従動子表面と実質的に同一である、項目６１に記載の連接ロッド。
（項目６７）
前記第３および第５の従動子は、前記キャップ部分に対して一緒に振動するように構成されている、項目６６に記載の連接ロッド。
（項目６８）

前記細長い円形開口部の中に受容されるスリーブをさらに備える、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目６９）
前記キャップ部分は、陥凹を備え、前記第３の従動子は、ロッカー部材と関連付けられ、該ロッカー部材は、該ロッカー部材がキャップ部材に対して枢動するように、該陥凹の中に受容される、項目４６に記載の連接ロッド。
（項目７０）
付勢部材をさらに備え、該付勢部材は、前記ロッカー部材に対して付勢力を提供するように構成されている、項目６９に記載の連接ロッド。
（項目７１）
内燃機関であって、該内燃機関は、
シリンダを画定するシリンダブロックと、
クランクピンを備えるクランクシャフトであって、該クランクシャフトは、該シリンダブロックに回転可能に連結され、および縦クランクシャフト軸に沿って回転し、該クランクピンは、縦クランクピン軸を画定し、該縦クランクピン軸は、該縦クランクシャフト軸に平行であり、および該縦クランクシャフト軸から離間されている、クランクシャフトと、
該シリンダ内で往復運動するように構成されているピストンと、
近位端および遠位端を備える連接ロッドであって、該近位端は、該クランクピンに動作可能に連結され、該遠位端は、該ピストンに動作可能に連結される、連接ロッドと
を備え、
該クランクピンは、
少なくとも１つのクランクピンジャーナルであって、該連接ロッドがその周りを旋回する、少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、
第１のカムプロファイルを備える第１のカムと、
第２のカムプロファイルを備える第２のカムと、
第３のカムプロファイルを備える第３のカムと
を備え、該第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なり、
該第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、該クランクピンと該連接ロッドの該近位端との間に相対的な直線運動を提供し、該クランクシャフトが回転するときに変化する、該縦クランクピン軸と該ピストンの上面との間の距離をもたらすように構成されている、内燃機関。
（項目７２）
内燃機関であって、該内燃機関は、
シリンダを画定するシリンダブロックと、
クランクピンを備えるクランクシャフトであって、該クランクシャフトは、該シリンダブロックに回転可能に連結され、および縦クランクシャフト軸に沿って回転し、該クランクピンは、縦クランクピン軸を画定し、該縦クランクピン軸は、該縦クランクシャフト軸に平行であり、および縦クランクシャフト軸に対してある距離だけオフセットされる、クランクシャフトと、
ピストンであって、該ピストンは、該シリンダ内で、該ピストンのストロークを画定する間隔のあいたストローク終端点同士の間で往復運動するように構成されている、ピストンと、
近位端および遠位端を備える連接ロッドであって、該近位端は、該クランクピンに動作可能に連結され、該遠位端は、該ピストンに動作可能に連結される、連接ロッドと
を備え、
該クランクピンは、
少なくとも１つのクランクピンジャーナルであって、該連接ロッドがその周りを旋回する、少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、
第１のカムプロファイルを備える第１のカムと、

第２のカムプロファイルを備える第２のカムと、
第３のカムプロファイルを備える第３のカムと
を備え、該第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なり、
該縦クランクシャフト軸と該縦クランクピン軸との間に延在する線は、該クランクシャフトの半径方向軸を画定し、
該第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、該縦クランクピン軸と該連接ロッドの該遠位端との間の距離を変化させるように構成されており、
該機関は、該クランクシャフトが回転するとき、該ピストンが該ストローク終端点のうちの少なくとも１つに到達した後に、該シリンダ内における該ピストンの進行方向の逆転が、該縦クランクピン軸と該連接ロッドの該近位端との間の相対運動を介して遅延させられるように構成されている、内燃機関。
（項目７３）
前記シリンダ内における前記ピストンの前記進行方向の前記逆転は、前記クランクシャフトの前記半径方向軸が、前記少なくとも１つのストローク終端点に対応する点を過ぎて少なくとも約１０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７２に記載の内燃機関。
（項目７４）
前記シリンダ内における前記ピストンの前記進行方向の前記逆転は、前記クランクシャフトの前記半径方向軸が、前記少なくとも１つのストローク終端点に対応する点を過ぎて少なくとも約２０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７２に記載の内燃機関。
（項目７５）
前記シリンダ内における前記ピストンの前記進行方向の前記逆転は、前記クランクシャフトの前記半径方向軸が、前記少なくとも１つのストローク終端点に対応する点を過ぎて少なくとも約３０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７２に記載の内燃機関。
（項目７６）
前記シリンダ内における前記ピストンの前記進行方向の前記逆転は、前記クランクシャフトの前記半径方向軸が、前記少なくとも１つのストローク終端点に対応する点を過ぎて少なくとも約４０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７２に記載の内燃機関。
（項目７７）
内燃機関であって、該内燃機関は、
シリンダを画定するシリンダブロックと、
クランクピンを備えるクランクシャフトであって、該クランクシャフトは、該シリンダブロックによって回転可能に受容され、および縦クランクシャフト軸に沿って回転し、該クランクピンは、縦クランクピン軸を画定し、該縦クランクピン軸は、該縦クランクシャフト軸に平行であり、および該縦クランクシャフト軸に対してある距離だけオフセットされる、クランクシャフトと、
該シリンダ内で往復運動するように構成されているピストンと、
近位端および遠位端を備える連接ロッドであって、該近位端は、該クランクピンに動作可能に連結され、該遠位端は、該ピストンに動作可能に連結される、連接ロッドと
を備え、
該クランクピンは、
少なくとも１つのクランクピンジャーナルであって、該連接ロッドがその周りを旋回する、少なくとも１つのクランクピンジャーナルと、
第１のカムプロファイルを備える第１のカムと、
第２のカムプロファイルを備える第２のカムと、
第３のカムプロファイルを備える第３のカムと
を備え、該第１、第２、および第３のカムプロファイルは、相互に異なり、
該縦クランクシャフト軸と該縦クランクピン軸との間に延在する線は、該クランクシャフトの半径方向軸を画定し、
該第１、第２、および第３のカムプロファイルのうちの少なくとも１つは、該縦クランクピン軸と該連接ロッドの該遠位端との間の距離を変化させるように構成され、

該機関は、２つのモードにおいて選択的に動作するように構成され、該２つのモードは、

該第１のモードであって、該縦クランクピン軸と該連接ロッドの該遠位端との間の距離が、該クランクシャフトの該半径方向軸の角度位置に基づく第１の方式に従って変化する、第１のモードと、

第２のモードであって、該縦クランクピン軸と該連接ロッドの該遠位端との間の距離は、該クランクシャフトの該半径方向軸の角度位置に基づく第２の方式に従って変化する、第２のモードと

を備え、該第１の方式は、該第２の方式とは異なる、内燃機関。

（項目７８）

前記第１の方式は、前記第２の方式に対応するパワー出力よりも高いパワー出力で、前記内燃機関を操作することに対応する、項目７７に記載の内燃機関。

（項目７９）

前記第２の方式は、前記第１の方式に対応する効率よりも高い効率で、前記内燃機関を操作することに対応する、項目７８に記載の内燃機関。

（項目８０）

前記クランクシャフトおよび前記連接ロッドは、前記ピストンが、前記シリンダ内で該ピストンのストロークを画定する間隔のあいたストローク終端点同士の間で往復運動するように構成され、前記第２のモードにおいて、該シリンダ内での該ピストンの進行方向の逆転は、該クランクシャフトの前記半径方向軸が、該ストローク終端点のうちの少なくとも１つに対応する点を過ぎて少なくとも約１０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７７に記載の内燃機関。

（項目８１）

前記クランクシャフトおよび前記連接ロッドは、前記ピストンが、前記シリンダ内で該ピストンのストロークを画定する間隔のあいたストローク終端点同士の間で往復運動するように構成され、前記第２のモードにおいて、該シリンダ内での該ピストンの進行方向の逆転は、該クランクシャフトの前記半径方向軸が、該ストローク終端点のうちの少なくとも１つに対応する点を過ぎて少なくとも約２０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７７に記載の内燃機関。

（項目８２）

前記クランクシャフトおよび前記連接ロッドは、前記ピストンが、前記シリンダ内で該ピストンのストロークを画定する間隔のあいたストローク終端点同士の間で往復運動するように構成され、前記第２のモードにおいて、該シリンダ内での該ピストンの進行方向の逆転は、該クランクシャフトの前記半径方向軸が、該ストローク終端点のうちの少なくとも１つに対応する点を過ぎて少なくとも約３０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７７に記載の内燃機関。

（項目８３）

前記クランクシャフトおよび前記連接ロッドは、前記ピストンが、前記シリンダ内で該ピストンのストロークを画定する間隔のあいたストローク終端点同士の間で往復運動するように構成され、前記第２のモードにおいて、該シリンダ内での該ピストンの進行方向の逆転は、該クランクシャフトの前記半径方向軸が、該ストローク終端点のうちの少なくとも１つに対応する点を過ぎて少なくとも約４０度だけ回転するまで、遅延させられる、項目７７に記載の内燃機関。

（項目８４）

項目１に記載の内燃機関と、

該機関に動作可能に連結される変速機と、

仕事を行うように構成されている駆動部材であって、該駆動部材は、該変速機に動作可能に連結される、駆動部材と

を備える、伝動機構。

（項目８５）

前記駆動部材は、推進装置を備える、項目８４に記載の伝動機構。
（項目８６）
前記推進装置は、車輪およびプロペラのうちの少なくとも１つを備える、項目８５に記載の伝動機構。
（項目８７）
回転パワーを電力に変換するように構成されている発電機であって、該発電機は、前記内燃機関に動作可能に連結される、発電機と、
電力を貯蔵するように構成されている電力貯蔵デバイスであって、該電力貯蔵デバイスは、該発電機に動作可能に連結される、電力貯蔵デバイスと
をさらに備え、
該変速機は、電気モータを備える、項目８４に記載の伝動機構。
（項目８８）
項目１に記載の内燃機関と、
該内燃機関に動作可能に連結される変速機と、
仕事を行うように構成されている駆動部材であって、該駆動部材は、該変速機に動作可能に連結される、駆動部材と
を備える、車両。
（項目８９）
前記駆動部材は、推進装置を備える、項目８８に記載の車両。
（項目９０）
前記推進装置は、車輪およびプロペラのうちの少なくとも１つを備える、項目８９に記載の車両。
（項目９１）
回転パワーを電力に変換するように構成されている発電機であって、該発電機は、前記内燃機関に動作可能に連結される、発電機と、
電力を貯蔵するように構成されている電力貯蔵デバイスであって、該電力貯蔵デバイスは、該発電機に動作可能に連結される、電力貯蔵デバイスと
をさらに備え、
前記変速機は、電気モータを備える、項目８８に記載の車両。
（項目９２）
前記車両は、自動車、バン、トラック、ボート、船、電車、および飛行機のうちの１つを備える、項目８８に記載の車両。
【００１８】
この説明の一部に組み込まれ、それを構成する添付図面は、例示的実施形態を図示し、説明とともに、実施形態の原理を説明する働きをする。
【図面の簡単な説明】
【００１９】
【図１】図１は、内燃機関の例示的実施形態の概略部分斜視図である。
【図２】図２は、図１に示される例示的実施形態の一部分の概略部分斜視図である。
【図３】図３は、図１に示される例示的実施形態のためのクランクシャフトの例示的実施形態の概略斜視図である。
【図４】図４は、図１に示される例示的実施形態のための連接ロッドの例示的実施形態の概略斜視図である。
【図５Ａ】図５Ａは、図４に示される例示的な連接ロッドの一部分の概略斜視図である。
【図５Ｂ】図５Ｂは、図４に示される例示的な連接ロッドの別の部分の概略斜視図である。
【図６】図６は、図１に示される例示的実施形態の概略上面図である。
【図７】図７は、図６の線Ａ－Ａに沿って得られた概略部分側断面図である。
【図８Ａ】８Ａは、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分断面図である。
【図８Ｂ】図８Ｂは、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分断面図である。

【図８Ｃ】図８Ｃは、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分断面図である。
【図９－１】図９Ａは、０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図９Ｂは、図９Ａの概略詳細図である。
【図９－２】図９Ｃは、０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図９Ｄは、図９Ｃの概略詳細図である。
【図９－３】図９Ｅは、０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図９Ｆは、図９Ｅの概略詳細図である。
【図１０－１】図１０Ａは、１５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図１０Ｂは、図１０Ａの概略詳細図である。
【図１０－２】図１０Ｃは、１５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図１０Ｄは、図１０Ｃの概略詳細図である。
【図１０－３】図１０Ｅは、１５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図１０Ｆは、図１０Ｅの概略詳細図である。
【図１１－１】図１１Ａは、３５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図１１Ｂは、図１１Ａの概略詳細図である。
【図１１－２】図１１Ｃは、３５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図１１Ｄは、図１１Ｃの概略詳細図である。
【図１１－３】図１１Ｅは、３５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図１１Ｆは、図１１Ｅの概略詳細図である。
【図１２－１】図１２Ａは、９０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図１２Ｂは、図１２Ａの概略詳細図である。
【図１２－２】図１２Ｃは、９０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図１２Ｄは、図１２Ｃの概略詳細図である。
【図１２－３】図１２Ｅは、９０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図１２Ｆは、図１２Ｅの概略詳細図である。
【図１３－１】図１３Ａは、１２０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図１３Ｂは、図１３Ａの概略詳細図である。
【図１３－２】図１３Ｃは、１２０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図１３Ｄは、図１３Ｃの概略詳細図である。
【図１３－３】図１３Ｅは、１２０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図１３Ｆは、図１３Ｅの概略詳細図である。
【図１４－１】図１４Ａは、１５０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図１４Ｂは、図１４Ａの概略詳細図である。
【図１４－２】図１４Ｃは、１５０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する

、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図１４Ｄは、図１４Ｃの概略詳細図である。
【図１４－３】図１４Ｅは、１５０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図１４Ｆは、図１４Ｅの概略詳細図である。
【図１５－１】図１５Ａは、１８０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図１５Ｂは、図１５Ａの概略詳細図である。
【図１５－２】図１５Ｃは、１８０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図１５Ｄは、図１５Ｃの概略詳細図である。
【図１５－３】図１５Ｅは、１８０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図１５Ｆは、図１５Ｅの概略詳細図である。
【図１６－１】図１６Ａは、２７０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｂ－Ｂに沿って得られた概略部分端断面図である。図１６Ｂは、図１６Ａの概略詳細図である。
【図１６－２】図１６Ｃは、２７０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｃ－Ｃに沿って得られた概略部分端断面図である。図１６Ｄは、図１６Ｃの概略詳細図である。
【図１６－３】図１６Ｅは、２７０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図７の線Ｄ－Ｄに沿って得られた概略部分端断面図である。図１６Ｆは、図１６Ｅの概略詳細図である。
【図１７】図１７は、内燃機関の別の例示的実施形態の一部分を示す、図７に類似する概略部分側断面図である。
【図１８－１】図１８Ａは、０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図１８Ｂは、図１８Ａの概略詳細図である。
【図１８－２】図１８Ｃは、０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図１８Ｄは、図１８Ｃの概略詳細図である。
【図１８－３】図１８Ｅは、０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図１８Ｆは、図１８Ｅの概略詳細図である。
【図１９－１】図１９Ａは、１５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図１９Ｂは、図１９Ａの概略詳細図である。
【図１９－２】図１９Ｃは、１５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図１９Ｄは、図１９Ｃの概略詳細図である。
【図１９－３】図１９Ｅは、１５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図１９Ｆは、図１９Ｅの概略詳細図である。
【図２０－１】図２０Ａは、３５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図２０Ｂは、図２０Ａの概略詳細図である。
【図２０－２】図２０Ｃは、３５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図２０Ｄは、図２０Ｃの概略詳細図である。
【図２０－３】図２０Ｅは、３５度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、

図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図２０Ｆは、図２０Ｅの概略詳細図である。
【図２１－１】図２１Ａは、９０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図２１Ｂは、図２１Ａの概略詳細図である。
【図２１－２】図２１Ｃは、９０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図２１Ｄは、図２１Ｃの概略詳細図である。
【図２１－３】図２１Ｅは、９０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図２１Ｆは、図２１Ｅの概略詳細図である。
【図２２－１】図２２Ａは、１２０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図２２Ｂは、図２２Ａの概略詳細図である。
【図２２－２】図２２Ｃは、１２０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図２２Ｄは、図２２Ｃの概略詳細図である。
【図２２－３】図２２Ｅは、１２０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図２２Ｆは、図２２Ｅの概略詳細図である。
【図２３－１】図２３Ａは、１５０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図２３Ｂは、図２３Ａの概略詳細図である。
【図２３－２】図２３Ｃは、１５０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図２３Ｄは、図２３Ｃの概略詳細図である。
【図２３－３】図２３Ｅは、１５０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図２３Ｆは、図２３Ｅの概略詳細図である。
【図２４－１】図２４Ａは、１８０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図２４Ｂは、図２４Ａの概略詳細図である。
【図２４－２】図２４Ｃは、１８０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図２４Ｄは、図２４Ｃの概略詳細図である。
【図２４－３】図２４Ｅは、１８０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図２４Ｆは、図２４Ｅの概略詳細図である。
【図２５－１】図２５Ａは、２７０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｉ－Ｉに沿って得られた概略部分端断面図である。図２５Ｂは、図２５Ａの概略詳細図である。
【図２５－２】図２５Ｃは、２７０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｈ－Ｈに沿って得られた概略部分端断面図である。図２５Ｄは、図２５Ｃの概略詳細図である。
【図２５－３】図２５Ｅは、２７０度で示されたクランクシャフトの半径方向角を有する、図１７の線Ｊ－Ｊに沿って得られた概略部分端断面図である。図２５Ｆは、図２５Ｅの概略詳細図である。
【発明を実施するための形態】
【００２０】
ここで、例示的実施形態を詳細に参照する。可能な限り、同一または類似部品を指すた

めに、同一の参照番号が図面および説明で使用される。

【００２１】

図１－１６Ｆに示される例示的な機関１０は、往復ピストン内燃機関である。図１に示されるように、機関１０は、シリンダブロック１２を含む。例示的なシリンダブロック１２は、それぞれ縦シリンダ軸ＣＬを画定する、いくつかのシリンダ１４を画定する。本明細書でさらに詳細に説明されるように、例示的なシリンダブロック１２のいくつかの実施形態は、いくつかの従来のクランクピンよりも比較的長いクランクピンを有する、クランクシャフトに適応するように、従来のシリンダブロックよりも比較的長い長さL_Bを有してもよい。

【００２２】

示される例示的実施形態では、機関１０は、直列構成と、４つのシリンダ１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、および１４ｄとを有する。例示的な機関１０は、「直列４気筒」構成と一般的に呼ばれる構成を有するが、機関１０は、例えば、「Ｖ型」、「Ｗ型」、「Ｈ型」、「水平」、「水平対向」、および「放射状」と一般的に呼ばれる構成等の当業者に公知である他の構成を有してもよい。さらに、例示的な機関１０は、４つのシリンダを有するが、機関１０は、例えば、１、２、３、５、６、８、１２、１６、２０、および２４等の当業者に公知である他の数のシリンダを有してもよい。したがって、機関１０は、「水平４気筒」、「水平６気筒」、「直列６気筒」、「Ｖ型６気筒」、「直列８気筒」、「Ｖ型８気筒」、「Ｖ型１０気筒」、「Ｖ型１２気筒」、「Ｗ型１２気筒」、および「Ｈ型１６気筒」と一般的に呼ばれる構成のうちのいずれか１つを有してもよい。さらに、例示的な機関１０は、４ストローク動作に関して本明細書で説明されるが、例えば、２ストローク、３ストローク、５ストローク、および６ストローク動作等の当業者に公知である他の動作が考慮される。例示的な機関１０は、当業者に公知である火花点火機関、圧縮点火機関、またはそれらの組み合わせおよび／修正であってもよい。

【００２３】

図１および２に示されるように、例示的な機関１０は、シリンダ１４に対応するピストン１６、例えば、４つのピストン１６ａ、１６ｂ、１６ｃ、および１６ｄを含む。図１に示されるように、ピストン１６ａおよび１６ｄが、それぞれ、シリンダ１４ａおよび１４ｄの上端（すなわち、図１に示される機関１０の配向に対して「上方」）に配置される一方で、ピストン１６ｂおよび１６ｃは、それぞれ、シリンダ１４ｂおよび１４ｃの中で下方に配置されているので、図１においては可視的ではない。シリンダ１４の中のピストン１６の相対位置が、機関１０の相対点火順序（すなわち、シリンダによって識別されるような燃焼事象の逐次的順序）を示す傾向がある程度に、例示的な機関１０は、当業者に公知であるように、異なる発火順序を有するように構成されてもよい。

【００２４】

例示的な機関１０のシリンダブロック１２は、クランクシャフト２０が、クランクシャフト２０によって画定される縦クランクシャフト軸ＣＳに沿ってシリンダブロック１２に対して回転し得るように、クランクシャフト２０を受容するためのいくつかの軸受（図示せず）を画定する。例えば、図３に示されるように、クランクシャフト２０は、断面中心を有する円形断面を有するいくつかのクランクシャフトジャーナル２２を画定する。クランクシャフトジャーナル２２の数は、シリンダブロック１２によって画定される軸受の数に対応し、クランクシャフトジャーナル２２は、クランクシャフト２０が縦クランクシャフト軸ＣＳに沿って回転し得るように、軸受によって受容される。

【００２５】

図２および３に示される例示的なクランクシャフト２０はまた、ピストン１６の数に対応するいくつかのクランクピン２４も画定するが、クランクピン２４の数は、必ずしもピストン１６の数に等しいわけではない。図３に示されるように、例示的なクランクピン２４のそれぞれは、クランクピンカム２７によって分離される一対のクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂと、一対の二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂと、一対の三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄとを含む。示される実施例では、二次クランクピ

ンカム２７ａおよび２７ｂは、クランクピンカム２７の両側に位置し、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄは、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂの反対側に位置する。いくつかの実施形態（図示せず）によれば、クランクシャフト２０は、１つだけの二次クランクピンカム２７ａと、１つだけの三次クランクピンカム２７ｃとを含んでもよい。そのような実施形態では、二次クランクピンカム２７ａは、クランクピンカムが、クランクピンカム２７、二次クランクピンカム２７ａ、および三次クランクピンカム２７ｃとして連続的に配列されるように、三次クランクピンカム２７ｃがクランクピンカム２７から二次クランクピンカム２７ａの反対側に位置する状態で、クランクピンカム２７の片側に位置してもよい。代替として、二次クランクピンカム２７ａは、クランクピンカムが、三次クランクピンカム２７ｃ、クランクピンカム２７、および二次クランクピンカム２７ａとして連続的に配列されるように、三次クランクピンカム２７ｃが二次クランクピンカム２７ａからクランクピンカム２７の反対側に位置する状態で、クランクピンカム２７の片側に位置してもよい。（本明細書で使用されるように、「二次」および「三次」という用語は、相対的重要度を示さない。むしろ、これらの用語は、類似種類の構造を相互に区別するために使用される。）

【００２６】

例示的なクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂは、断面が円形であり、それぞれの円形断面は、中心Ｃを画定してもよく（例えば、図８Ａ－８Ｃ参照）、それがひいては、クランクピン軸ＣＰがクランクシャフト軸ＣＳに対して平行であり、およびオフセットされるように、それぞれのクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂの断面の中心Ｃを通って垂直に延在する、縦クランクピン軸ＣＰを画定する。例えば、クランクピン軸ＣＰは、クランクシャフト２０の縦軸ＣＳから距離Ｔ（図３および９Ａ参照）だけ離間される。クランクシャフト２０はまた、ピストン１６および連接ロッドと組み合わされたときに、クランクシャフト２０の回転平衡を提供する（または向上させる）ためのいくつかの平衡錘２６を含んでもよい。縦クランクシャフト軸ＣＳと縦クランクピン軸ＣＰとの間に延在する線は、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡを画定する（例えば、図９Ａ－１６Ｆおよび１８Ａ－２５Ｆ参照）。

【００２７】

例えば、図８Ａに示されるような例示的なクランクピンカム２７に関して、クランクピンカム２７は、クランクピン軸ＣＰからクランクピンカム２７の縁面３１までの半径方向距離r_dに対応するカムプロファイル２９を画定する。半径方向距離r_dは、カムプロファイル２９を画定するように、最小半径方向距離から最大半径方向距離まで変化する。図８Ａに示される例示的実施形態によれば、クランクピンカム２７のカムプロファイル２９は、カムプロファイル２９の少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）実質的に一定の半径を有するカムプロファイル２９の一部分を有する略凸状半径を画定する。いくつかの実施形態によれば、カムプロファイル２９は、カムプロファイルの少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）実質的に一定の半径方向距離r_dを画定する、一部分を有してもよい。

【００２８】

図８Ａに示される例示的実施形態では、縦クランクシャフト軸ＣＳから縦クランクピン軸ＣＰに向かう線に沿って延在する第１の方向d_1において、第１の方向d_1と関連付けられる半径方向距離r_{d1}は、最大半径方向距離よりも小さい。また、縦クランクピン軸ＣＰから縦クランクシャフト軸ＣＳに向かう線に沿う第２の方向d_2において、第２の方向d_2と関連付けられる半径方向距離r_{d2}は、第１の方向d_1と関連付けられる半径方向距離r_{d1}よりも大きい。

【００２９】

クランクピンカム２７と同様に、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂは、図８Ｂに示されるように、クランクピン軸ＣＰから、それぞれ二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂの縁面３１ａおよび３１ｂまでの半径方向距離r_d’に対応する、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂを画定する。半径方向距離r_d’は、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂを画定するように最小半径方向距離から最大半径方向距離まで変化する。図８Ｂに示されるように、縦クランクシャフト軸ＣＳから縦クランクピン軸ＣＰに向かう線に沿って延在する第１の方向d_1において、第１の方向d_1と関連付けられる半径方向距離r_{d1}’は、最大半径方向距離よりも小さい。また、縦クランクピン軸ＣＰから縦クランクシャフト軸ＣＳに向かう線に沿って延在する第２の方向d_2において、第２の方向d_2と関連付けられる半径方向距離r_{d2}’は、第１の方向d_1と関連付けられる半径方向距離r_{d1}’よりも大きい。いくつかの実施形態によれば、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂは、クランクピンカム２７のカムプロファイル２９と実質的に同一であり得る。いくつかの実施形態によれば、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂは、クランクピンカム２７のカムプロファイル２９とは実質的に異なってもよい。

【００３０】

三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄは、図８Ｃに示されるように、クランクピン軸ＣＰから、それぞれ三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄの縁面３１ｃおよび３１ｄまでの半径方向距離r_d”に対応する、三次カムプロファイル２９ｃおよび２９ｄを画定する。半径方向距離r_d”は、三次カムプロファイル２９ｃおよび２９ｄを画定するように最小半径方向距離から最大半径方向距離まで変化する。図８Ｃに示されるように、縦クランクシャフト軸ＣＳから縦クランクピン軸ＣＰに向かう線に沿って延在する第１の方向d_1で、第１の方向d_1と関連付けられる半径方向距離r_{d1}”は、最大半径方向距離よりも小さい。また、縦クランクピン軸ＣＰから縦クランクシャフト軸ＣＳに向かう線に沿って延在する第２の方向d_2で、第２の方向d_2と関連付けられる半径方向距離r_{d2}”は、第１の方向d_1と関連付けられる半径方向距離r_{d1}”よりも大きい。

【００３１】

いくつかの実施形態によれば、カムプロファイル２９、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂ、ならびに三次カムプロファイル２９ｃおよび２９ｄは全て、相互に異なってもよい。いくつかの実施形態によれば、カムプロファイル２９、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｄ、ならびに三次カムプロファイル２９ｃおよび２９ｄのうちの１つ以上は、実質的に同一であり得る。例えば、カムプロファイル２９、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｄ、ならびに三次カムプロファイルｓ２９ｃおよび２９ｄのうちの１つ以上は、実質的に同一であり得るが、相互に対してクランクピン軸ＣＰの周りを旋回させられてもよい。

【００３２】

図２を参照すると、ピストン１６は、ピストン１６の数に対応するいくつかの各連接ロッド２８を介して、クランクピン２４に動作可能に連結される。例えば、例示的な連接ロッド２８（例えば、図４参照）は、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂを有する近位端３０と、第２の開口３６を有する遠位端３４とを含む。例示的な連接ロッド２８の近位端３０は、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂを介してクランクシャフト２０のクランクピン２４に動作可能に連結され、連接ロッド２８の遠位端３４は、ピン３８を介してピストン１６に動作可能に連結される。

【００３３】

図４、５Ａ、および５Ｂに示されるように、例示的な連接ロッド２８は、ロッド部分３３と、キャップ部分３５とを含む。例示的なロッド部分３３および例示的なキャップ部分３５は、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂを画定し、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂはそれぞれ、概して、連接ロッド２８の縦軸ＣＲに平行に延在し得る、縦軸を画定する。細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂは、概して、クランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂの断面直径に対応する、縦軸に対して直角な幅を画定し、それにより、クランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂが、連接ロッド２８に対して直線的に移動するこ

とを可能にする。この例示的な構成は、縦クランクピン軸ＣＰと連接ロッド２８の近位端３０との間の相対的直線移動を可能にする。

【００３４】

図４および５Ａに示されるように、例示的なロッド部分３３は、第１の対の脚部３７ａおよび３７ｂと、第１の対の脚部３７ａおよび３７ｂから離間されている第２の対の脚部３９ａおよび３９ｂとを含み、それにより、第１の対の脚部と第２の対の脚部との間に隙間４１を提供する。第１の対の脚部３７ａおよび３７ｂは、第１の細長い円形開口部３２ａを少なくとも部分的に画定し、第２の対の脚部３９ａおよび３９ｂは、第２の細長い円形開口部３２ｂを少なくとも部分的に画定する。

【００３５】

図４に示される例示的実施形態では、スリーブ４６が、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂの中に提供されてもよい。例えば、図４に示される例示的なスリーブ４６は、クランクピン２４のジャーナル２５ａおよび２５ｂのうちのそれぞれ１つのための軸受表面５０を画定する、スリーブの半分４８を含む。スリーブの半分４８は、スリーブ４６が細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂの中で組み立てられたとき、一対の脚部３７ａおよび３７ｂならびに３９ａおよび３９ｂが、それぞれのスリーブ４６の対向フランジ５２の間で挟持されるように、対向フランジ５２を含む。スリーブ４６は、クランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂが回転する軸受表面５０を提供しながら、クランクピン２４が細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ内で往復運動することを可能にする。

【００３６】

図５Ａおよび５Ｂに示されるように、ロッド部分３３は、隙間４１と関連付けられる、従動子４３と、二次従動子４３ａおよび４３ｂとを含む。例えば、示される例示的実施形態では、従動子４３ならびに二次従動子４３ａおよび４３ｂは、第１の対の脚部３７ａおよび３７ｂならびに第２の対の脚部３９ａおよび３９ｂの頂点において隙間４１の中に位置する。連接ロッド２８のロッド部分３３は、クランクピン２４のカム２７、二次カム２７ａおよび２７ｂ、ならびに三次カム２７ｃおよび２７ｄが隙間４１の中に配置された状態で、第１の対の脚部３７ａおよび３７ｂならびに第２の対の脚部３９ａおよび３９ｂが、それぞれ、第１のクランクピンジャーナル２５ａおよび第２のクランクピンジャーナル２５ｂと関連付けられるように、クランクシャフト２０に連結される（図２参照）。例示的なキャップ部分３５（図５Ｂ参照）は、キャップボルト（図示せず）によって第１の対の脚部３７ａおよび３７ｂならびに第２の対の脚部３９ａおよび３９ｂに連結されてもよく、それにより、カム２７、二次カム２７ａおよび２７ｂ、ならびに三次カム２７ｃおよび２７ｄが連接ロッド２８の隙間４１に閉じ込められた状態で、それぞれのクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂの周囲でそれぞれの細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂを取り囲む。いくつかの実施形態は、単一の二次クランクピンカム２７ａに対応する単一の二次従動子４３ａのみ、および／または単一の三次クランクピンカム２７ｃに対応する単一の三次従動子４２ｃのみを含んでもよい。

【００３７】

図５Ａに示される例示的実施形態によれば、例示的な従動子４３ならびに二次従動子４３ａおよび４３ｂは、ロッド部分３３に対して振動し、それぞれのクランクピンカム２７と従動子４３との間、およびそれぞれの二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂと二次従動子４３ａおよび４３ｂとの間の摩擦および摩耗を低減させるように構成されている。従動子４３ならびに二次従動子４３ａおよび４３ｂは、相互に対して一緒に振動するように、単一の部品で形成されてもよい。いくつかの実施形態によれば、従動子４３ならびに二次従動子４３ａおよび４３ｂは、相互に独立して振動し得るように、相互に独立して形成されてもよい。いくつかの実施形態によれば、二次従動子４３ａおよび４３ｂは、従動子４３から独立しているが、一緒に振動するように構成されてもよい。

【００３８】

従動子４３は、（例えば、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を３５度だけ過ぎたときに（例えば、１１Ａ図参照）、例えば、パワーストロークの開始の遅延の終了

と一致する半径方向軸ＲＡの角度位置で）パワーストロークが始まる点で、カムプロファイル２９の相補的凸状半径と実質的に同一である、カム２７の表面に隣接する凹状半径を提供するように成形される従動子表面を含んでもよい。例えば、従動子４３は、カムプロファイル２９の少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）実質的に同一の半径を有するカムプロファイル２９の凸状半径の一部分と実質的に同一の凹状半径を有する従動子表面を有してもよい。そのような例示的な構成は、カム２７と従動子４３との間の接触面積を増加させ、それにより、カム２７および／または従動子４３の摩擦および／または摩耗を低減させる働きをし得る。

【００３９】

いくつかの実施形態（例えば、図１７－２５Ｆに示される例示的実施形態）によれば、二次従動子４３ａおよび４３ｂは、例えば、パワーストロークが始まる点で、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂの相補的凸状半径と実質的に同一である、二次カム２７ａおよび２７ｂの表面に隣接する凹状半径を提供するように成形される、それぞれの従動子表面を含んでもよい。例えば、二次従動子４３ａおよび４３ｂは、二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂの少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）実質的に同一の半径を有する二次カムプロファイル２９ａおよび２９ｂの凸状半径の一部分と実質的に同一の凹状半径を有する、従動子表面を有してもよい。そのような例示的な構成は、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂとそれぞれの二次従動子４３ａおよび４３ｂとの間の接触面積を増加させ、それにより、二次カム２７ａおよび２７ｂおよび／または二次従動子４３ａおよび４３ｂの摩擦および／または摩耗を低減させる働きをし得る。

【００４０】

図９Ａに示される例示的実施形態では、例示的な従動子４３はまた、ロッド部分３３の相補的表面に隣接する凸状半径を含んでもよく、ロッド部分の相補的表面に対して従動子４３が振動する。この例示的な構成は、従動子４３とロッド部分３３の表面との間の接触面積を増加させ、それにより、ロッド部分３３および／または従動子４３の摩擦および／または摩耗を低減させる働きをし得る。同様に、図９Ｃに示されるように、例示的な二次従動子４３ａおよび４３ｂはまた、ロッド部分３３の相補的表面に隣接する凸状半径を含んでもよく、ロッド部分の相補的表面に対して二次従動子４３ａおよび４３ｂが振動する。この例示的な構成は、二次従動子４３ａおよび４３ｂとロッド部分３３の表面との間の接触面積を増加させ、それにより、ロッド部分３３および／または二次従動子４３ａおよび４３ｂの摩擦および／または摩耗を低減させる働きをし得る。

【００４１】

いくつかの実施形態によれば、従動子４３および／または二次従動子４３ａおよび４３ｂは、弧状スロット（図示せず）を含んでもよく、ロッド部分３３は、それぞれ、カム２７ならびに二次カム２７ａおよび２７ｂの表面が、従動子４３ならびに二次従動子４３ａおよび４３ｂに乗座すると、従動子４３ならびに二次従動子４３ａおよび４３ｂがロッド部分３３に対して振動するように、ピン（図示せず）を含んでもよい。これは、従動子４３、４３ａ、および４３ｂならびにカム２７、２７ａ、および２７ｂのそれぞれの表面とロッド部分３３との間の増加した接触面積を維持し、カム２７、２７ａ、および２７ｂ、ロッド部分３３、および／または従動子４３、４３ａ、および４３ｂの摩擦および／または摩耗を低減させる働きをし得る。

【００４２】

それぞれのカムと従動子との間の相対運動に起因する摩擦および／または摩耗を低減させるために潤滑剤が使用されてもよい。例えば、潤滑剤が、従動子４３、４３ａ、および４３ｂの表面のうちの１つ以上と、カム２７、２７ａ、および２７ｂのそれぞれの表面との間の摩擦および／または摩耗を低減させるように提供されてもよい。いくつかの実施形

態によれば、従動子４３、４３ａ、および４３ｂの表面のうちの１つ以上、ならびにカム２７、２７ａ、および２７ｂのそれぞれの表面は、それぞれの表面の間の流体力学的潤滑または流体膜潤滑を推進するように構成されてもよい。

【００４３】

図５Ｂに示される例示的実施形態では、連接ロッド２４のキャップ部分３５は、それぞれの三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄに従うように構成されている、それぞれの三次従動子４３ｃおよび４３ｄを含む。例えば、図４および５Ｂに示される例示的実施形態では、三次従動子４３ｃおよび４３ｄは、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂのキャップ端部の頂点に位置する。連接ロッド２８のロッド部分３３およびキャップ部分３５は、それぞれ、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄが三次従動子４３ｃおよび４３ｄと整列させられるように、クランクシャフト２０に連結される。いくつかの実施形態は、単一の三次クランクピンカム２７ｃおよび単一の三次従動子４３ｃのみを含んでもよい。三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄならびに三次従動子４３ｃおよび４３ｄは、ピストン１６に作用する燃焼力がない場合に、クランクシャフト２０がシリンダ１４の下方へピストン１６を引く、機関１０の吸気ストローク中に（すなわち、機関１０が４ストローク機関であるときに）シリンダ１４の下方へ連接ロッド２８およびピストン１６を引く働きをし得る。三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄと三次従動子４３ｃおよび４３ｄとの間の相互作用は、クランクピン２４が細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ内で拘束されていない態様で摺動することを防止することによって、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄ、三次従動子４３ｃおよび４３ｄ、ならびに連接ロッド２８を介して、クランクピン２４からピストン１６へけん引力を伝達する。

【００４４】

図５Ｂに示されるように、連接ロッド２８は、例えば、ボルト（図示せず）等の締結具を介して、第１および第２の対の脚部３７ａ、３７ｂ、３９ａ、および３９ｂに連結される、単一のキャップ部分３５を含んでもよい。示されるように（例えば、図１０Ａ参照）、例示的なキャップ部分３５は、空洞６６（例えば、孔）を有するキャップ陥凹６４を含む。示される例示的実施形態では、キャップ陥凹６４は、弧状面を有する１つの端部６８を含み、キャップ陥凹６４は、ロッカー部材７０とキャップ部分３５との間の振動運動等の運動を促進するように、キャップ陥凹６４の端部６８に対して相補的に弧状である表面７２を有する１つの端部を有する、ロッカー部材７０を受容する。付勢部材７４が、キャップ部分３５のキャップ陥凹６４に対して外に枢動するように、ロッカー部材７０を付勢するよう空洞６６の中に提供されてもよい（例えば、図９Ｅおよび９Ｆ参照）。付勢部材７４は、例えば、１つ以上のバネ、油圧アセンブリ、および／またはガス加圧アセンブリ等の任意の公知の付勢配列を含んでもよい。

【００４５】

いくつかの実施形態によれば、ロッカー部材７０は、三次従動子４３ｃおよび４３ｄが溝５４の中で振動し、または別様に概して移動し得るように、溝５４を補完するそれぞれの表面を有する、三次従動子４３ｃおよび４３ｄを受容する溝５４（例えば、弧状断面を有する）を含んでもよい。三次従動子４３ｃおよび４３ｄは、従動子基礎４４の反対端に載置され（例えば、図５Ｂ参照）、したがって、三次従動子４３ｃおよび４３ｄはまた、キャップ部分３５に対して振動し、または別様に概して移動してもよい。いくつかの実施形態によれば、ロッカー部材７０は、振動中に三次従動子４３ｃおよび４３ｄが溝５４の中で拘束されることを防止するのに役立つ、溝５４ならびに三次従動子４３ｃおよび４３ｄに隣接する１つ以上の突出４５を含んでもよい。

【００４６】

例示的なロッカー部材７０は、それぞれの三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄと三次従動子４３ｃおよび４３ｄとの間の接触を実質的に維持する働きをし得る。例えば、図１１Ｅ、１１Ｆ、１２Ｅ、および１２Ｆに示されるように、ロッカー部材７０は、それぞれの三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄに対して三次従動子４３ｃおよび４３ｄを保持するように付勢力を提供する、付勢部材７４を有するキャップ部分３５に対して枢

動する。これは、機関１０の動作中に、低減した摩擦、摩耗、および／または雑音をもたらし得る。

【００４７】

示される例示的実施形態では、三次従動子４３ｃおよび４３ｄは、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄのカムプロファイル２９ｃおよび２９ｄとのより大きい接触面積を提供するように、凹状である従動子表面を含んでもよい。例えば、従動子表面は、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄの最小凸状半径に対応する凹状半径を有してもよい。いくつかの実施形態によれば（例えば、示されるように）、三次従動子４３ｃおよび４３ｄの従動子表面は、それぞれの三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄならびに三次従動子４３ｃおよび４３ｄの幅の少なくとも一部分を横断する少なくとも２つの離散接触点で、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄに接触するように構成されてもよい（例えば、図９Ｆ、１０Ｆ、１１Ｆ、１２Ｆ、１３Ｆ、１４Ｆ、１５Ｆ、および１６Ｆ参照）。これは、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄと三次従動子４３ｃおよび４３ｄとの間の摩擦および／摩耗を低減させる働きをし得る。

【００４８】

いくつかの実施形態によれば、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄの表面が、三次従動子４３ｃおよび４３ｄに乗座し、それらを通過すると、従動子４３ｃおよび４３ｄは、例えば、図９Ｆ、１０Ｆ、１１Ｆ、１２Ｆ、１３Ｆ、１４Ｆ、１５Ｆ、および１６Ｆに示されるように、キャップ部分３５に対して振動する。これは、三次従動子４３ｃおよび４３ｄと三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄの表面との間の増加した接触面積を維持し、それにより、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄ、および／または三次従動子４３ｃおよび４３ｄの摩擦および／または摩耗を低減させる働きをし得る。

【００４９】

それぞれの三次カムと三次従動子との間の相対運動に起因する摩擦および／または摩耗を低減させるために潤滑剤が使用されてもよい。例えば、潤滑剤が、三次従動子４３ｃおよび４３ｄの表面のうちの１つ以上と三次カム２７ｃおよび２７ｄのそれぞれの表面との間の摩擦および／または摩耗を低減させるように提供されてもよい。いくつかの実施形態によれば、三次従動子４３ｃおよび４３ｄの表面のうちの１つ以上、ならびに三次カム２７ｃおよび２７ｄのそれぞれの表面は、それぞれの表面の間の流体力学的潤滑または流体膜潤滑を推進するように構成されてもよい。

【００５０】

クランクピンカム２７、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂ、三次カム２７ｃおよび２７ｄ、従動子４３、二次従動子４３ａおよび４３ｂ、ならびに三次従動子４３ｃおよび４３ｄのうちの１つ以上は、カムと従動子との間の相互作用と関連付けられる摩擦に耐えるように構成されている、硬化材料から形成されてもよい。例えば、カムおよび従動子のうちの１つ以上は、当業者に公知である硬化軸受材料から形成されてもよい。いくつかの実施形態によれば、従動子４３、二次従動子４３ａおよび４３ｂ、三次従動子４３ｃおよび４３ｄのうちの１つ以上は、従動子が対応するカムに接触するよう付勢されるように、付勢された態様で載置されてもよい。そのような付勢力は、例えば、バネ、油圧付勢力、および／またはガス加圧付勢力によって提供されてもよい。そのような付勢は、例えば、クランクピンカム２７、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂ、ならびに三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄと、それぞれの従動子４３、二次従動子４３ａおよび４３ｂ、ならびに三次従動子４３ｃおよび４３ｄとの間の接触を維持する、および／または例示的な機関１０の動作と関連付けられる雑音を低減させる働きをし得る。

【００５１】

いくつかの実施形態によれば、クランクピンカム２７、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂ、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄ、従動子４３、二次従動子４３ａおよび４３ｂ、ならびに三次従動子４３ｃおよび４３ｄのうちの１つ以上は、カムのうちの１つ以上が、半径方向軸ＲＡの３６０度回転の全体を通して、従動子のうちの対応する１つ以上と接触した状態のままであるように、構成されてもよい。この例示的な態様では

、クランクピン２４と連接ロッド２８との間の相対移動は、半径方向軸ＲＡの３６０度回転の全体を通して、より綿密に制御されてもよい。いくつかの実施形態によれば、クランクピン２４と連接ロッド２８との間の相対移動は、半径方向軸ＲＡの３６０度回転の全体を通して、綿密に制御されなくてもよい。

【００５２】

従来の機関の動作中、ピストンは、内燃機関の動作ストローク中に、ピストン、シリンダ、およびシリンダヘッドによって画定される燃焼室内の空気／燃料混合物の燃焼が、ピストンをクランクシャフトに向かって押し込むように、シリンダ内で往復運動する。ピストンがクランクシャフトに向かって進行するとき、クランクシャフトは、連接ロッドおよびクランクピンを介して回転させられ、それにより、圧縮された空気／燃料混合物の燃焼と関連付けられるポテンシャルエネルギーを機械仕事に変換する。

【００５３】

しかしながら、従来の内燃機関の構造により、ピストンが、最大圧縮と一致するシリンダ内の位置にあるとき（すなわち、燃焼室がその最低容積にあり、この状態は、概して、ピストンがクランクシャフトから最も遠いときに、最大圧縮と一致する）、クランクシャフトの中心とクランクピンの中心との間に延在する半径方向軸は、連接ロッドの軸と同一線上とまではいかなくても、ほぼ同一線上になる傾向がある。これらの相対位置において、ピストンが最初に、パワーストローク中にクランクシャフトに向かってその移動を開始すると、連接ロッドの軸と半径方向軸との間に延在する非常に短いモーメントアームのみが存在する（該当する場合）。結果として、燃焼の瞬間に空気／燃料混合物によって最初に生成される力は、モーメントアームの長さがさらに大きい場合に伝達するであろうほど大きいトルクをクランクシャフトに伝達しない。この状況は、燃焼中およびその直後に、燃焼事象によるピストンへの力が、その最大規模に近づき得るため、特に望ましくない場合がある。さらに、ピストンがクランクシャフトに向かってシリンダを進行し、モーメントアームの長さが増加するとき、ピストンに作用する燃焼事象からの力の規模が急速に消散し得る。したがって、ピストンへの最大力の時間中に、連接ロッドの軸と半径方向軸との間で生成される非常に短いモーメントアームが存在するため、従来の内燃機関内の燃料プロセスから発生させられる仕事の効率は、所望より小さくなり得る。

【００５４】

対照的に、例示的な機関１０の動作中に、クランクシャフト２０が回転するとき、クランクピン中心Ｃが、クランクシャフト２０の縦軸ＣＳとそれぞれのクランクピン２４の縦軸ＣＰとの間に延在する半径方向軸ＲＡ（例えば、図３および９Ａ参照）に沿って画定される距離Ｔによって画定される半径を有する、円形経路を画定するように、クランクピン２４は、クランクシャフト縦軸ＣＳの周りを旋回する。したがって、連接ロッド２８の細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂを介してクランクピン２４に連結される、連接ロッド２８の近位端３０は、図９Ａ－２５Ｆに関して以下でさらに詳細に説明されるように、クランクピンカム２７、２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、および２７ｄのプロファイルに基づいて移動する。連接ロッド２８の遠位端３４は、シリンダブロック１２によって画定されるそれぞれのシリンダ１４内で往復して、および直線的に移動するように同様に制約される、ピストン１６に動作可能に連結されることにより、往復して、および直線的に移動するように制約される。結果として、クランクシャフト２０が回転するとき、ピストン１６は、それぞれのシリンダ１４内で往復運動し、概して、クランクピン軸ＣＰとクランクシャフト軸ＣＳとの間の距離Ｔの２倍に対応する、ピストンストロークを画定する（本明細書で説明される例示的な動作に従って影響を受けるように）。

【００５５】

例示的な機関１０では、従動子４３は、クランクピンカム２７に乗座し、二次従動子４３ａおよび４３ｂは、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂに乗座し、三次従動子４３ｃおよび４３ｄは、三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄに乗座する。カムプロファイルの半径方向距離が変化するとき、連接ロッド２８の近位端３０は、図９Ａ－２５Ｆに関してさらに詳細に説明されるように、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ内で縦軸

に沿って往復運動するクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂ（図３参照）により、縦クランクピン軸ＣＰに対して直線的に移動する。この例示的な構成の結果として、例示的なピストン１６のストロークが、クランクピンカム２７、２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、および２７ｄと、それぞれの従動子４３、４３ａ、４３ｂ、４３ｃ、および４３ｄとの間の相互作用に従って影響を受ける。本明細書でさらに詳細に説明されるように、この例示的な構成は、例示的な機関１０の動作特性（例えば、パワー出力、トルク、効率、および／または反応性）の調節を可能にしてもよい。

【００５６】

図９Ａ－２５Ｆに示される例示的実施形態によれば、クランクピン２４と連接ロッド２８との間のこの相互作用は、ピストン１６への燃焼力の伝達と、クランクシャフト軸ＣＳとそれぞれのクランクピン軸ＣＰとの間に延在する半径方向軸ＲＡとの間に、より有効なモーメントアームがある点へと、クランクシャフト２０が回転するまで、パワーストローク中のクランクシャフト２０に向かったピストン１６の大幅な移動が遅延させられるように構成されてもよい。例えば、クランクピンカムは、クランクシャフト２０が連接ロッド２８の遠位端３４のいかなる移動も伴わずに、またはいかなる有意量の移動も伴わずに回転するとき、クランクピン２４が細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ内で移動するように成形されてもよく、それにより、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離を効果的に増加させる。結果として、ピストン１６に作用する最大力が、より大きいモーメントアームに一致するため、燃焼事象のより多くの量のエネルギーが捕捉されてもよく、それにより、パワーストローク中に、クランクシャフト２０において、より多くのトルクをもたらす。燃焼の開始のタイミングは、遅延したストロークを利用するように調節されてもよい。

【００５７】

例えば、ピストン１６が、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡが０度にあるその進行方向を垂直に逆転させた場合、ピストン１６は、（１）０度にある半径方向軸ＲＡを有するそのストローク終端点に到達し、次いで、より大きいモーメントアームが連接ロッド２８とクランクシャフト軸ＣＳとの間に存在するまで、その方向の逆転を遅延させてもよく、または、（２）半径方向軸ＲＡが０度に到達した後でさえも、クランクシャフト２０から離れる方向にシリンダ１４の中で移動し続け、より大きいモーメントアームが連接ロッド２８とクランクシャフト軸ＣＳとの間に存在するまで、その方向の逆転を遅延させてもよい。結果として、ピストン１６に作用する最大力が、より大きいモーメントアームに一致するので、燃焼事象のより多くの量のエネルギーが捕捉され得、それにより、パワーストローク中に、クランクシャフト２０により多くのトルクをもたらす。

【００５８】

図９Ａ－１６Ｆは、機関１０のパワーストロークの開始時に、シリンダ１４の下方へのピストン１６の進行を遅延する働きをし得る、例示的な構成を有する、機関１０の例示的な動作を概略的に図示する。例えば、連接ロッド２８の従動子４３、４３ａ、４３ｂ、４３ｃ、および４３ｄは、クランクピン２４のカム２７、２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、および２７ｄと相互作用し、細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ内で往復運動するクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂ（図３参照）をもたらし、それにより、連接ロッド２８の有効長を効果的に変更する。図８Ａに示されるように、カムプロファイル２９、２９ａ、および２９ｂは、クランクシャフト２０が連接ロッド２８の遠位端３４を移動させることなく回転するとき、クランクピン２４が細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ内で移動することができるように変化し、それにより、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離を効果的に増加させる、縦クランクピン軸ＣＰから、それぞれの半径方向距離r_d、r_d'、およびr_d''を有する。そのような例示的な構成は、クランクシャフト２０が回転するとき、クランクピン２４がクランクシャフト２０の軸ＣＳの周りを旋回し続ける際でも、短期間にわたって実質的に固定された位置にてシリンダ１４の中でピストン１６を効果的に保持することを可能にする。いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、短期間にわたってシリンダ１４の上方に進行し続けてもよい。結果

として、ピストン１６に作用する燃焼力の伝達、およびクランクシャフ２０の中心とクランクピン２４の中心Ｃとの間に延在する半径方向軸ＲＡによって画定される、増加したモーメントアームをもたらす位置まで、クランクピン２４が旋回している間に、燃焼室の中の最高圧縮の点でピストン１６を維持することが可能である。これは、ピストン１６がクランクシャフト２０の中心から最も遠い点に（すなわち、示されるようなその上方ストロークの終わりに）ある状態で、燃焼が始まるとき、比較的多くのトルクをクランクシャフト２０に印加させる。この例示的な態様で、以下で概説される遅延方式が実装されてもよい。

【００５９】

説明を明確にする目的で、および種々の例示的な構造を示す図９Ａ－１６Ｆの断面図の限定された能力により、図９Ａ－１６Ｆに関して説明される例示的実施形態は、複数対のクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂ（図３参照）、複数対の細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ、複数対の二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂ、複数対の二次従動子４３ａおよび４３ｂ、複数対の三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄ、ならびに複数対の三次従動子４３ｃおよび４３ｄを含むが、以下の説明は、それぞれ一対だけのクランクピンジャーナル、細長い円形開口部、二次クランクピンカム、二次従動子、三次クランクピンカム、および三次従動子のうちの１つのみを参照するであろう。本明細書で前述のように、いくつかの代替実施形態は、（すなわち、複数対とは対照的に）１つだけのクランクピンジャーナル、細長い円形開口部、二次クランクピンカム、二次従動子、三次クランクピンカム、および／または三次従動子のうちの１つのみを含んでもよい。

【００６０】

図９Ａ－９Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、クランクシャフト２０の中心およびクランクピン２４の中心Ｃによって画定される半径方向軸ＲＡが、例示的な機関１０の圧縮ストローク（および４ストローク機関では排気ストローク）の終わりに概して一致する、第１のストローク終端角θ_1に概して対応する０度で配向されるように、配向される。したがって、半径方向軸ＲＡがこの配向にあると、ピストン１６は、シリンダ１４内のその上方位置にある。いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、この半径方向位置でシリンダ１４の上方へ進み続けてもよい。

【００６１】

図９Ａおよび９Ｂに示されるように、機関１０の動作中に、クランクシャフト２０は、時計回り方向に回転する。クランクピンカム２７および従動子４３が示されるように相互作用すると、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）は、ピストン１６が、そのストロークの最上部にある一方で、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡが連接ロッド２８の縦軸ＣＲと実質的に整列させられるように、細長い円形開口部３２ａの長さの中で略中心に位置する。この位置および例示的な構成は、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４（例えば、第２の開口３６の中心）との間の距離を、例えば、図１１Ａ－１５Ｆに示されるように、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離に対して短縮させる。

【００６２】

図９Ａおよび９Ｂに示されるように、例示的なクランクピンカム２７および従動子４３は、相互に接触していない。とりわけ、カムプロファイル２９の半径方向距離r_dは、クランクピンカム２７が従動子４３に接触しないほど十分短い。しかしながら、図９Ｃおよび９Ｄを参照すると、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、相互に接触しており、したがって、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離、および／または細長い円形開口部３２ａの縦軸に沿うクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する働きをする。

【００６３】

図９Ｅおよび９Ｆを参照すると、三次カム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触しており、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置が綿密に制御されてもよい。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力

を提供し、それにより、三次カム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。

【００６４】

図１０Ａ－１０Ｆを参照すると、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を１５度だけ過ぎている配向まで回転している。従来の機関では、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが１５度を回転して通るとき、クランクシャフト軸ＣＳに向かって進行を開始しているであろう。対照的に、例示的な機関１０によれば、ピストン１６は、クランクシャフト軸ＣＳに向かって、その下向きの進行をまだ開始していない。いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、実際に、第１のストローク終端角θ_1を過ぎた０度から１５度までの間、シリンダ１４のわずかに上方に進み続けてもよい。図１０Ａおよび１０Ｂに示されるように、クランクピンカム２７は、従動子４３の表面の半径がクランクピンカム２７の表面の半径よりもわずかに小さい状態で、従動子４３にちょうど接触し始めている。

【００６５】

図１０Ｃおよび１０Ｄを参照すると、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、二次カムプロファイル２９ａの半径方向距離r_d’が増加するとき、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）が細長い円形開口部３２ａの下方へ縦方向に移動し、それにより、連接ロッド２８の有効長を増加させる（すなわち、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離を増加させる）ように、接触した状態のままである。結果として、ピストン１６がシリンダ１４の下方に進む代わりに、ピストン１６は、その上向きストロークの終わりにとどまる（またはシリンダ１４の上方に進み続ける）。図１０Ｄに示されるように、例示的な二次クランクピンカム２７ａおよび例示的な二次従動子４３ａは、二次クランクピンカム２７ａの表面の半径が、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡのこの位置において、二次従動子４３ａの隣接表面の半径に類似するように構成されている。

【００６６】

図１０Ｅおよび１０Ｆを参照すると、三次クランクピンカム２７ｃと三次従動子４３ｃとは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、綿密に制御され続ける。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。

【００６７】

図１１Ａ－１１Ｆでは、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を３５度だけ過ぎている配向まで回転している。従来の機関では、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが３５度を回転して通るとき、クランクシャフト軸ＣＳに向かって有意な距離を進行しているであろう。対照的に、例示的な機関１０によれば、ピストン１６は、クランクシャフト軸ＣＳに向かって、その下向きの進行をまだ開始していない。代わりに、二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の相互作用が、連接ロッド２８の遠位端３４の移動を実質的にもたらさない態様で、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）を、細長い円形開口部３２ａの中心部分からより遠隔にある位置まで、細長い円形開口部３２ａ内で下方に（示される配向で）移動させるように、二次クランクピンカム２７ａは、二次従動子４３ａに対して回転している（図９Ｃ、１０Ｃ、および１１Ｃ参照）。とりわけ、二次カムプロファイル２９ａの半径方向距離r_d’が（図９Ｃおよび１１Ｃと比較して）増加し、それにより、クランクピンジャーナル２５ａを細長い円形開口部３２ａの下方に押し込んでいる。結果として、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離が、図９Ａおよび９Ｂに示されるクランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離に対して増加している。この距離の増加の結果として、クランクピン２４の中心ＣＰがシリンダ１４の最上部からさらに遠くにあるように、たとえクランクピン２４がクランクシャフト２０の中心Ｃに対して時計回りに回転していても、ピストン１６は、シリンダ１４の下方に進み始めていない。いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、実際に、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて０

度から３５度までの間、シリンダ１４のわずかに上方に進み続けてもよい。

【００６８】

図１１Ａおよび１１Ｂに示されるように、ここで、クランクピンカム２７は、従動子４３の表面の半径がクランクピンカム２７の表面の半径とほぼ同一（例えば、同一）である状態で、従動子４３と接触している。クランクピンカム２７および従動子４３のそれぞれの表面の半径が類似する、または同一であることにより、２つの表面の間の接触面積がより大きく、それは、機関１０のパワーストローク中に（機関１０が４ストローク機関であるときは吸気ストローク中に）、クランクピンカム２７および従動子４３の表面の間の摩擦および／摩耗を低減させる働きをし得る。

【００６９】

示される実施例では、従動子４３との接触の点または表面におけるクランクピンカム２７の半径方向距離r_dが、増加しており、それにより、連接ロッド２８の有効長を増加させている。結果として、ピストン１６がシリンダ１４の下方に進む代わりに、ピストン１６は、その上向きのストロークの終わりにとどまり、またはいくつかの実施形態では、シリンダ１４の上方に進み続ける。図１０Ｄとは対照的に、図１１Ｄに示されるように、例示的な二次カム２７ａおよび二次従動子４３ａは、もはや相互に接触しておらず、したがって、クランクピンカム２７と従動子４３との間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。

【００７０】

図１１Ｅおよび１１Ｆに示されるように、三次カム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、三次カム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次カム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。

【００７１】

図１２Ａ－１２Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を９０度だけ過ぎている配向まで回転している。図９Ａ－１１Ｆとは対照的に、ピストン１６は、クランクシャフト軸ＣＳに向かって、その下向きの進行を開始している。図１２Ａおよび１２Ｂに示されるように、クランクピンカム２７は、従動子４３と接触した状態のままであり、従動子４３の表面の半径は、クランクピンカム２７の表面の半径と類似し（例えば、同一であり）続ける。図１２Ａに示されるように、従動子４３との接触の点または表面におけるクランクピンカム２７の半径方向距離r_dは、ほぼその最大にあり、連接ロッド２８の有効長がその最大にあるように、細長い円形開口部３２ａの下方で、ほぼその最大縦位置にあるクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）をもたらす。図１２Ｄに示されるように、例示的な二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、相互に接触し続けない。結果として、クランクピンカム２７と従動子４３との間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する。

【００７２】

図１２Ｅおよび１２Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、三次カム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。しかしながら、図１２Ｅおよび１２Ｆに示されるように、ロッカー部材７０は、三次クランクピンカム２７ｃと三次従動子４３ｃとの間の相互作用が付勢部材７４を圧縮する状態で、連接ロッド２８のキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から、もはや有意に離間されていない。

【００７３】

図１３Ａ－１３Ｆを参照すると、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を１２０度だけ過ぎている配向まで回転している。ピストン１６は、シリンダ１４の下方に進み続ける。クランクピンカム２７は、従動子４３と接触した状態のままであり、従動子４３の表面の半径は、クランクピンカム２７の表面の半径と類似し（例えば、同一であり）続ける。図１３Ａに示されるように、従動子４３との接触の点または表面におけるクランクピンカム２７の半径方向距離r_dは、図１２Ａ－１２Ｆに示されるものとほぼ同一のままであり、連接ロッド２８の有効長が実質的に同一のままであるように、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）を、細長い円形開口部３２ａの中で実質的に静止した状態のままにさせる。

【００７４】

いくつかの実施形態によれば、クランクピンカム２７の表面の半径および／またはクランクピンカム２７の半径方向距離r_dは、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡの角運動の範囲の全体を通して実質的に同一のままであってもよい。半径方向距離r_dが実質的に一定のままであると、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、連接ロッド２８の有効長がクランクシャフト２０の角運動の範囲の全体を通して実質的に同一のままであるように、実質的に一定のままである。例えば、カムプロファイル２９は、カムプロファイルの少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）実質的に一定の半径方向距離r_dを画定する一部分を有してもよい。いくつかの実施形態によれば、クランクピンカム２７の表面は、カムプロファイル２９の少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）実質的に一定の半径を有してもよい。例えば、図９Ａ－１５Ｆに示される例示的実施形態では、クランクピンカム２７の表面の半径および半径方向距離r_dは、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて約３５度から約１２０度までの間、実質的に不変のままである。いくつかの実施形態によれば、カムプロファイル２９の実質的に一定の表面半径および実質的に一定の半径方向距離r_dは、一致しなくてもよい。

【００７５】

図１２Ｄとは対照的に、図１３Ｄに示されるように、例示的な二次カム２７ａおよび二次従動子４３ａは、二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d'が増加するとき、相互に接触し始める。結果として、クランクピンカム２７と従動子４３との間、および二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する。

【００７６】

図１３Ｅおよび１３Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、二次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。図１２Ｅおよび１２Ｆとは対照的に、図１３Ｅおよび１３Ｆに示されるように、ロッカー部材７０は、より拡張した構成に戻る付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間されることに戻る。

【００７７】

図１４Ａ－１４Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を１５０度だけ過ぎている配向まで、回転し続ける。ピストン１６は、シリンダ１４の下方に進み続ける。示される例示的実施形態では、クランクピンカム２７および従動子４３は、クランクピンカム２７の半径方向距離r_dが減少するとき相

互から分離し、二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離ｒ$_{d}$’は、図１４Ｃおよび１４Ｄに示されるように、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａが相互に接触する程度まで増加し始める。二次クランクピンカム２７ａの表面の半径は、図１４Ｄに示されるように、この接触点における二次従動子４３ａの表面の半径に類似する（または同一である）。二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。図１３Ａ－１３Ｆに示される位置に対して、クランクピンジャーナル２５ａは、連接ロッド２８の有効長が実質的に同一のままであるように、細長い円形開口部３２ａの中で比較的静止している縦位置にとどまる。

【００７８】

図１４Ｅおよび１４Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、二次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次カム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間された状態のままである。

【００７９】

図１５Ａ－１５Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ$_{1}$を１８０度だけ過ぎている配向（すなわち、概して、パワーストローク（または吸気ストローク）の終わりに対応する、第２のストローク終端角θ$_{2}$における）まで回転し続ける。クランクシャフト２０のこの配向において、ピストン１６は、シリンダ１４の下方へのその進行を止め、排気ストローク（または圧縮ストローク）の開始のために方向を逆転させ始める。図１５Ａおよび１５Ｂに示される例示的実施形態では、クランクピンカム２７および従動子４３は、相互から分離された状態のままであり、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、図１５Ｃおよび１５Ｄに示されるように、相互に接触した状態のままである。二次クランクピンカム２７ａの表面の半径は、この接触点において、二次従動子４３ａの表面の半径が二次クランクピンカム２７ａの表面の半径よりも大きくあるように減少し始める。二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。図１４Ａ－１４Ｆに示される位置に対して、クランクピンジャーナル２５ａは、連接ロッド２８の有効長が実質的に同一のままであるように、細長い円形開口部３２ａの中で比較的静止した縦位置にとどまる。

【００８０】

図１５Ｅおよび１５Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、二次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次カム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間されているままである。

【００８１】

図１６Ａ－１６Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ$_{1}$を２７０度だけ過ぎている配向まで、回転し続ける。クランクシャフト２０のこの配向において、ピストン１６は、シリンダ１４の上方に進み続ける。図１６Ａおよび１６Ｂに示されるように、クランクピンカム２７および従動子４３は、相互から分離された状態のままであり、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、図１６Ｃおよび１６Ｄに示されるように、相互に接触した状態のままである。二次カ

ム２７ａの表面の半径は、この接触点において、二次従動子４３ａの表面の半径に類似する（例えば、同一である）状態に戻る。二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。図１５Ａ－１５Ｆに示される位置に対して、二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d’は、減少しており、したがって、クランクピンジャーナル２５ａは、ピストン１６がシリンダ１４の上方へのそのストロークの終わりに近づくと、連接ロッド２８の有効長が短縮し始めるように、細長い円形開口部３２ａの上方へ戻って縦方向に進んでいる。

【００８２】

図１６Ｅおよび１６Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、二次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間されているままである。

【００８３】

図９Ａ－９Ｆを再び参照すると、クランクシャフト２０は、とりわけ、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1に戻るように、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を３６０度だけ過ぎている配向まで回転し続けている。クランクシャフト２０のこの配向において、ピストン１６は、そのストロークの終わりまで、シリンダ１４の上方に進んでいる。（本明細書で前述したように、いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を３６０度だけ過ぎるとき、シリンダ１４のわずかに上方を進み続けてもよい。）図９Ａおよび９Ｂに示されるように、クランクピンカム２７および従動子４３は、相互からわずかに分離した状態のままであり、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、図９Ｃおよび９Ｄに示されるように、相互に接触した状態のままである。二次カム２７ａの表面の半径は、この接触点において、二次従動子４３ａの表面の半径よりもわずかに小さい。二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する。図１６Ａ－１６Ｆに示される位置に対して、二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d’は、減少し続けており、したがって、クランクピンジャーナル２５ａは、ピストン１６がシリンダ１４の上方へのそのストロークの終わりに到達すると、実質的に最小にある連接ロッド２８の有効長をもたらして、縦位置まで細長い円形開口部３２ａの上方へ縦方向に進み続けている。

【００８４】

図９Ｅおよび９Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、二次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次カム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次カム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間された状態のままである。

【００８５】

いくつかの実施形態によれば、交互に、カム２７および従動子４３は、相互に接触してもよく、二次カム２７ａおよび二次従動子４３ａは、相互に接触してもよい。（実際の接触は、随意に、例えば、それぞれの表面の間に存在し得る流体力学的潤滑によって制限されてもよい）。例えば、カム２７および従動子４３が相互に接触している間に、二次カム２７ａおよび二次従動子４３ａは、相互に接触しておらず、逆に、二次カム２７ａおよび二次従動子４３ａが相互に接触している間に、カム２７および従動子４３は、相互に接触

していない。いくつかの実施形態によれば、カム２７および従動子４３が相互に接触している、ならびに二次カム２７ａおよび従動子４３ａが相互に接触している、半径方向軸ＲＡの角度位置の範囲があってもよい。

【００８６】

上記で説明される例示的な態様では、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４（例えば、ピン３８の中心）との間の距離は、可変である。より具体的には、距離は可変であり（例えば、図９Ａおよび１１Ｂ参照）、距離の可変性は、クランクピン２４および連接ロッド２８によって例示的実施形態で促進される。半径方向軸ＲＡが、第１のストローク終端角θ_1から第１のストローク終端角θ_1を１８０度だけ過ぎるまで（すなわち、第２のストローク終端角θ_2まで）回転するとき、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離は、最初に減少し、それにより、半径方向軸ＲＡが、示される例示的実施形態で、例えば、第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約３５～４０度だけ過ぎた点に到達するまで、パワーストロークの開始を遅延させる。燃焼の開始のタイミングは、この遅延を利用するように調節されてもよい。クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を１８０度だけ過ぎている配向に向かって回転し続けるとき、比較的一定の状態のままであってもよい（図９Ａ－１５Ａ参照）。半径方向軸ＲＡが、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて１８０度から３６０度までの間、回転するとき、距離は減少する（図１５Ａおよび９Ａ参照）。

【００８７】

いくつかの実施形態によれば、クランクシャフト２０と連接ロッド２８との間の例示的な構成および／または相互作用は、例えば、向上した効率、向上したトルク、向上したパワー出力、および／または向上した反応性等の例示的な機関１０の所望の性能特性を達成するように調節されてもよい。例えば、クランクピンカムのうちの１つ以上のプロファイルは、例えば、パワーストロークの開始の遅延のタイミングおよび規模のうちの少なくとも１つを変化させることによって、例示的な機関１０の効率および／またはパワーを向上させるように構成されてもよい。

【００８８】

いくつかの実施形態によれば、例示的な機関１０のパワーストロークの開始は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約１５度超えて回転するまで遅延させられてもよい。他の実施形態では、パワーストロークの開始は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約３０度だけ超えて（例えば、第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約４０または４５度だけ超えて）回転するまで遅延させられてもよい。他の実施形態では、回転は、例えば、機関１０の所望の性能特性を達成するように、第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約２５または３５度超えて設定されてもよい。

【００８９】

いくつかの実施形態によれば、例えば、クランクピンカムのうちの１つ以上のプロファイルに応じて、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を過ぎて０度と、例えば、約３５～４０度との間、回転するとき、シリンダ１４の中へとわずかに上方に進み続けてもよく、その後、シリンダ１４内でのピストン１６の下向きの進行が始まる。言い換えれば、パワーストロークの遅延中に、ピストン１６は、シリンダ１４の中で必ずしも静止しているわけではないが、むしろ、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1に対する０度を過ぎたとき、シリンダ１４の中でのその位置に対して、シリンダ１４の中でのその上向き進行を続けてもよい。

【００９０】

それぞれのクランクピンカム２７、２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、および／または２７ｄのカムプロファイル２９、２９ａ、２９ｂ、２９ｃ、および／または２９ｄは、シリンダ１４内のピストン１６の進行の所望の速度および／または加速度を促進するように選択されてもよい。例えば、クランクピンカムのうちの１つ以上のカムプロファイルは、パワーストロークの開始の遅延の終了に続いて、比較的速い進行および／または高い加速度を提供

するように構成されてもよい。そのようなカムプロファイル調節が、機関１０の所望の電力、トルク、および／または効率を提供するように行われてもよい。

【００９１】

いくつかの実施形態によれば、機関１０は、少なくとも２つのモードで選択的に動作するように構成されてもよい。例えば、第１の動作モードでは、クランクピン２４の中心Ｃ（例えば、クランクピン２４の縦軸ＣＰ）と連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離が、上記で説明されるように一定の態様で変化してもよい。第２の動作モードでは、クランクピンカムのうちの１つ以上のプロファイルは、ピストン１６のパワーストロークの遅延が所望の調節に従って変化させられ得るように、半径方向に可変であり得る。これは、例えば、クランクピンカム２７、２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、および２７ｄのうちの１つ以上が、クランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂ（図３参照）に対して回転し、それにより、パワーストロークが始まる半径方向軸ＲＡの位置を変化させ得る、カム位相整合を介して、達成されてもよい。この例示的な第２の動作モードでは、ある動作パラメータに従って、機関１０の動作のパワー出力、トルク、および／または効率を変化させるように、機関１０の動作を調節することが可能であり得る。いくつかの実施形態によれば、機関１０は、第１および第２のモードの組み合わせに従って動作してもよい。

【００９２】

以下でさらに詳細に説明されるように、図１７－２５Ｆに示される例示的な機関１０は、クランクピンカム２７と、二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂと、関連付けられた従動子４３、４３ａおよび４３ｂとを除いて、図７－１６Ｆに示される例示的な機関と同様に動作する。とりわけ、クランクピンカム２７ならびに二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂの役割は、図７－１６Ｆに示される例示的実施形態に対して逆転させられる。

【００９３】

説明を明確にする目的で、および種々の例示的な構造を示す図１８Ａ－２５Ｆの断面図の限定された能力により、図１８Ａ－２５Ｆに関して説明される例示的実施形態は、複数対のクランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂ（図３参照）、複数対の細長い円形開口部３２ａおよび３２ｂ、複数対の二次クランクピンカム２７ａおよび２７ｂ、複数対の二次従動子４３ａおよび４３ｂ、複数対の三次クランクピンカム２７ｃおよび２７ｄ、ならびに複数対の三次従動子４３ｃおよび４３ｄを含むが、以下の説明は、それぞれ一対だけのクランクピンジャーナル、細長い円形開口部、二次クランクピンカム、二次従動子、三次クランクピンカム、および三次従動子を参照するであろう。本明細書で前述のように、いくつかの代替実施形態は、（すなわち、複数対とは対照的に）１つだけのクランクピンジャーナル、細長い円形開口部、二次クランクピンカム、二次従動子、三次クランクピンカム、および／または三次従動子を含んでもよい。

【００９４】

図１８Ａおよび１８Ｂに示されるように、この例示的な機関１０の動作中に、クランクシャフト２０は、時計回り方向に回転する。二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａが示されるように相互作用すると、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）は、ピストン１６が、そのストロークの最上部にある一方で、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡが連接ロッド２８の縦軸ＣＲと実質的に整列させられるように、細長い円形開口部３２ａの長さの中で略中心に位置する。この位置および例示的な構成は、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４（例えば、第２の開口３６の中心）との間の距離を、例えば、図２０Ａ－２４Ｆに示されるように、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離に対して短縮させる。

【００９５】

図１８Ａおよび１８Ｂに示されるように、例示的な二次クランクピンカム２７ａおよび例示的な二次従動子４３ａは、相互に接触していない。とりわけ、二次カムプロファイル２９ａの半径方向距離r_d'は、二次クランクピンカム２７ａが二次従動子４３ａに接触しないほど十分短い。しかしながら、図１８Ｃおよび１８Ｄを参照すると、クランクピン

カム２７および従動子４３は、相互に接触しており、したがって、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離、および／または細長い円形開口部３２ａの縦軸に沿うクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する働きをする。

【００９６】

図１８Ｅおよび１８Ｆを参照すると、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触しており、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置が綿密に制御されてもよい。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。

【００９７】

図１９Ａ－１９Ｆを参照すると、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが回転して第１のストローク終端角θ_1を１５度だけ過ぎている配向にある。従来の機関では、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが回転して１５度を通るとき、クランクシャフト軸ＣＳに向かって進行を開始しているであろう。対照的に、例示的な機関１０によれば、ピストン１６は、クランクシャフト軸ＣＳに向かうその下向きの進行をまだ開始していない。いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、実際に、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて０度から１５度までの間、シリンダ１４のわずかに上方に進み続けてもよい。図１９Ａおよび１９Ｂに示されるように、二次クランクピンカム２７ａは、二次従動子４３ａの表面の半径が二次クランクピンカム２７ａの表面の半径よりもわずかに小さい状態で、二次従動子４３ａにちょうど接触し始めている。

【００９８】

図１９Ｃおよび１９Ｄを参照すると、クランクピンカム２７および従動子４３は、カムプロファイル２９の半径方向距離r_dが増加するとき、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）が細長い円形開口部３２ａの下方へ縦方向に移動し、それにより、連接ロッド２８の有効長を増加させる（すなわち、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離を増加させる）ように、接触した状態のままである。結果として、ピストン１６がシリンダ１４の下方に進み始める代わりに、ピストン１６は、その上向きストロークの終わりにとどまる（またはシリンダ１４の上方に進み続ける）。図１９Ｄに示されるように、例示的なクランクピンカム２７および従動子４３は、クランクピンカム２７の表面の半径が、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡのこの位置において、従動子４３の隣接表面の半径に類似するように構成されている。

【００９９】

図１９Ｅおよび１９Ｆを参照すると、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、綿密に制御され続ける。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。

【０１００】

図２０Ａ－２０Ｆでは、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を３５度だけ過ぎている配向まで回転する。従来の機関では、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが３５度を回転して通るときには、クランクシャフト軸ＣＳに向かう有意な距離をすでに進行しているであろう。対照的に、例示的な機関１０によれば、ピストン１６は、クランクシャフト軸ＣＳに向かって、その下向きの進行をまだ開始していない。代わりに、二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の相互作用が、連接ロッド２８の遠位端３４の移動を実質的にもたらさない態様で、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）を、細長い円形開口部３２ａの中心部分からより遠隔にある位置まで、細長い円形開口部３２ａ内で下方に（示される配向で）移動させるように、二次クランクピンカム２７ａは、二次従動子４３ａに対して回転している。とりわけ、二次カムプロファイル２９ａの半径方向距離r_d’が（図１８Ａおよび２０Ａと比較して）増加し、それにより、クランクピンジャーナル２５ａを細長い円形開口部３２ａの下方に押し込んで

いる。結果として、クランクピン２４のと中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離が、図１８Ａおよび１８Ｂに示されるクランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離に対して増加している。この距離の増加の結果として、クランクピン２４の中心ＣＰがシリンダ１４の最上部からさらに遠くにあるように、たとえクランクピン２４がクランクシャフト２０の中心Ｃに対して時計回りに回転していても、ピストン１６は、シリンダ１４の下方に進み始めていない。結果として、シリンダ１４の中で下向き進行を始めるよりもむしろ、ピストン１６が、実質的に最大ストロークのその位置にとどまるように、距離が増加する。いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、実際に、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて０度から３５度までの間、シリンダ１４のわずかに上方に進み続けてもよい。

【０１０１】

図２０Ａおよび２０Ｂに示されるように、ここで、二次クランクピンカム２７ａは、二次従動子４３ａの表面の半径が二次クランクピンカム２７ａの表面の半径とほぼ同一（例えば、同一）である状態で、二次従動子４３ａと接触している。二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａのそれぞれの表面の半径が類似する、または同一であることにより、２つの表面の間の接触面積がより大きく、それは、機関１０のパワーストローク中に（機関１０が４ストローク機関であるときは吸気ストローク中に）、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａの表面の間の摩擦および／摩耗を低減させる働きをし得る。

【０１０２】

示される実施例では、二次従動子４３ａとの接触の点または表面における二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d’が、増加しており、それにより、連接ロッド２８の有効長を増加させている。結果として、ピストン１６がシリンダ１４の下方に進み始める代わりに、ピストン１６は、その上向きのストロークの終わりにとどまり、またはいくつかの実施形態では、シリンダ１４の上方に進み続ける。図１９Ｄとは対照的に、図２０Ｄに示されるように、例示的なカム２７および従動子４３は、もはや相互に接触しておらず、したがって、二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。

【０１０３】

図２０Ｅおよび２０Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、二次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次カム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。

【０１０４】

図２１Ａ－２１Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を９０度だけ過ぎている配向まで回転している。図１８Ａ－２０Ｆとは対照的に、ピストン１６は、クランクシャフト軸ＣＳに向かって、その下向きの進行を開始している。図２１Ａおよび２１Ｂに示されるように、二次クランクピンカム２７ａは、二次従動子４３ａと接触した状態のままであり、二次従動子４３ａの表面の半径は、二次クランクピンカム２７ａの表面の半径と類似し（例えば、同一であり）続ける。図２１Ａに示されるように、二次従動子４３ａとの接触の点または表面における二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d’は、ほぼその最大にあり、連接ロッド２８の有効長がその最大にあるように、細長い円形開口部３２ａの下方で、ほぼその最大縦位置にあるクランクピンジャーナル２５ａをもたらす。図２１Ｄに示されるように、例示的な二次クランクピンカム２７と従動子４３とは、相互に接触し続けない。結果として、ク二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する。

【０１０５】
図２１Ｅおよび２１Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置は、二次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次カム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。しかしながら、図２１Ｅおよび２１Ｆに示されるように、ロッカー部材７０は、三次クランクピンカム２７ｃと三次従動子４３ｃとの間の相互作用が付勢部材７４を圧縮する状態で、連接ロッド２８のキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から、もはや有意に離間されていない。

【０１０６】
図２２Ａ－２２Ｆを参照すると、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を１２０度だけ過ぎている配向まで回転している。ピストン１６は、シリンダ１４の下方に進み続ける。二次クランクピンカム２７ａは、二次従動子４３ａと接触した状態のままであり、二次従動子４３ａの表面の半径は、二次クランクピンカム２７ａの表面の半径と類似し（例えば、同一であり）続ける。図２２Ａに示されるように、二次従動子４３ａとの接触の点または表面における二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d’は、図２１Ａ－２１Ｆに示されるものとほぼ同一のままであり、連接ロッド２８の有効長が実質的に同一のままであるように、クランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）を、細長い円形開口部３２ａの中で実質的に静止した状態のままにさせる。

【０１０７】
いくつかの実施形態によれば、二次クランクピンカム２７ａの表面の半径および／または二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d’は、クランクシャフト２０の半径方向軸ＲＡの角運動の範囲の全体を通して実質的に同一のままであってもよい。半径方向距離r_d’が実質的に一定のままであると、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置は、連接ロッド２８の有効長がクランクシャフト２０の角運動の範囲の全体を通して実質的に同一のままであるように、実質的に一定のままである。例えば、二次カムプロファイル２９ａは、カムプロファイルの少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）、実質的に一定の半径方向距離r_d’を画定する一部分を有してもよい。いくつかの実施形態によれば、二次クランクピンカム２７ａの表面は、二次カムプロファイル２９ａの少なくとも約７０度の間（例えば、少なくとも約８０度、少なくとも約９０度、少なくとも約１００度、少なくとも約１１０度、少なくとも約１２０度、少なくとも約１３０度、少なくとも約１４０度、または少なくとも約１５０度の間）、実質的に一定の半径を有してもよい。例えば、図１７－２５Ｆに示される例示的実施形態では、二次クランクピンカム２７ａの表面の半径および半径方向距離r_d’は、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて約３５度から約１２０度までの間、実質的に不変のままである。いくつかの実施形態によれば、二次カムプロファイル２９ａの実質的に一定の表面半径と実質的に一定の半径方向距離r_d’とは、一致しなくてもよい。

【０１０８】
図２１Ｄとは対照的に、図２２Ｄに示されるように、例示的なカム２７および従動子４３は、クランクピンカム２７の半径方向距離r_dが増加するとき、相互に接触し始める。結果として、クランクピンカム２７と従動子４３ａとの間、および二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとの間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する。

【０１０９】
図２２Ｅおよび２２Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、二

次クランクピンカム２７ａ、二次従動子４３ａ、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。図２１Ｅおよび２１Ｆとは対照的に、図２２Ｅおよび２２Ｆに示されるように、ロッカー部材７０は、より拡張した構成に戻る付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間されることに戻る。

【０１１０】

図２３Ａ－２３Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を１５０度だけ過ぎている配向まで回転し続ける。ピストン１６は、シリンダ１４の下方に進み続ける。示される例示的実施形態では、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、二次クランクピンカム２７ａの半径方向距離r_d'が減少するとき相互から分離し、クランクピンカム２７の半径方向距離r_dは、図２３Ｃおよび２３Ｄに示されるように、クランクピンカム２７と従動子４３とが相互に接触するように増加し始める。クランクピンカム２７の表面の半径は、実質的に、図２３Ｄに示されるように、この接触点における従動子４３の表面の半径に類似する（または同一である）。クランクピンカム２７と従動子４３との間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。図２２Ａ－２２Ｆに示される位置に対して、クランクピンジャーナル２５ａは、連接ロッド２８の有効長が実質的に同一のままであるように、細長い円形開口部３２ａの中で比較的静止した縦位置にとどまる。

【０１１１】

図２３Ｅおよび２３Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間された状態のままである。

【０１１２】

図２４Ａ－２４Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を１８０度だけ過ぎている配向（すなわち、概して、パワーストローク（または吸気ストローク）の終わりに対応する、第２のストローク終端角θ_2）まで回転し続ける。クランクシャフト２０のこの配向において、ピストン１６は、シリンダ１４の下方へのその進行を止め、排気ストローク（または圧縮ストローク）の開始のために方向を逆転させ始める。図２４Ａおよび２４Ｂに示される例示的実施形態では、二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとは、相互から分離された状態のままであり、クランクピンカム２７と従動子４３とは、図２４Ｃおよび２４Ｄに示されるように、相互に接触した状態のままである。クランクピンカム２７の表面の半径は、この接触点において、従動子４３の表面の半径がクランクピンカム２７の表面の半径よりも大きくあるように減少し始めている。クランクピンカム２７と従動子４３との間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。図２３Ａ－２３Ｆに示される位置に対して、クランクピンジャーナル２５ａは、連接ロッド２８の有効長が実質的に同一のままであるように、細長い円形開口部３２ａの中で比較的静止した縦位置にとどまる。

【０１１３】

図２４Ｅおよび２４Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃと三次従動子４３ｃとは、相互に接触した状態のままであり、したがって、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材

７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間された状態のままである。

【０１１４】

図２５Ａ－２５Ｆに示されるように、クランクシャフト２０は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を２７０度だけ過ぎている配向まで回転し続ける。クランクシャフト２０のこの配向において、ピストン１６は、シリンダ１４の上方に進み続ける。図２５Ａおよび２５Ｂに示されるように、二次クランクピンカム２７ａおよび二次従動子４３ａは、相互から分離された状態のままであり、クランクピンカム２７および従動子４３は、図２５Ｃおよび２５Ｄに示されるように、相互に接触した状態のままである。クランクピンカム２７の表面の半径は、この接触点において、従動子４３の表面の半径と実質的に同一である状態に戻る。クランクピンカム２７と従動子４３との間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａ（図３参照）の縦位置を制御する。図２４Ａ－２４Ｆに示される位置に対して、クランクピンカム２７の半径方向距離r_dは、減少しており、したがって、クランクピンジャーナル２５ａは、ピストン１６がシリンダ１４の上方へのそのストロークの終わりに近づくと、連接ロッド２８の有効長が短縮し始めるように、細長い円形開口部３２ａの上方へ縦方向に戻るように進んでいる。

【０１１５】

図２５Ｅおよび２５Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃと三次従動子４３ｃとは、相互に接触した状態のままであり、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間された状態のままである。

【０１１６】

図１８Ａ－１８Ｆを再び参照すると、クランクシャフト２０は、とりわけ、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1に戻るように、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を３６０度だけ過ぎている配向まで回転し続ける。クランクシャフト２０のこの配向において、ピストン１６は、そのストロークの終わりまで、シリンダ１４の上方に進んでいる。（本明細書で前述のように、いくつかの実施形態によれば、ピストン１６は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を過ぎて３６０度を通過するとき、シリンダ１４のわずかに上方に進み続けてもよい。）図１８Ａおよび１８Ｂに示されるように、二次クランクピンカム２７ａと二次従動子４３ａとは、相互からわずかに分離した状態のままであり、クランクピンカム２７と従動子４３とは、図１８Ｃおよび１８Ｄに示されるように、相互に接触した状態のままである。クランクピンカム２７の表面の半径は、この接触点において、従動子４３の表面の半径よりもわずかに小さい。クランクピンカム２７と従動子４３との間の接触は、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置を制御する。図２５Ａ－２５Ｆに示される位置に対して、クランクピンカム２７の半径方向距離r_dは、減少し続け、したがって、クランクピンジャーナル２５ａは、ピストン１６がシリンダ１４の上方へのそのストロークの終わりに到達すると、実質的に最小である連接ロッド２８の有効長をもたらして、縦位置まで細長い円形開口部３２ａの上方へ縦方向に進み続けている。

【０１１７】

図１８Ｅおよび１８Ｆに示されるように、三次クランクピンカム２７ｃおよび三次従動子４３ｃは、相互に接触した状態のままであり、細長い円形開口部３２ａの中のクランクピンジャーナル２５ａの縦位置は、クランクピンカム２７、従動子４３、三次クランクピンカム２７ｃ、および三次従動子４３ｃによって綿密に制御される。付勢部材７４は、ロ

ッカー部材７０に対して付勢力を提供し続け、それにより、三次クランクピンカム４３ｃと接触した状態に三次従動子４３ｃを保持する。ロッカー部材７０は、拡張構成にとどまる付勢部材７４を有するキャップ部分３５のキャップ陥凹６４から離間された状態のままである。

【０１１８】

いくつかの実施形態によれば、交互に、カム２７と従動子４３とが相互に接触し、二次カム２７ａと二次従動子４３ａとが相互に接触してもよい。（実際の接触は、随意に、例えば、それぞれの表面の間に存在し得る流体力学的潤滑によって制限されてもよい）。例えば、カム２７と従動子４３とが相互に接触している間、二次カム２７ａと二次従動子４３ａとは相互に接触しておらず、逆に、二次カム２７ａと二次従動子４３ａとが相互に接触している間、カム２７と従動子４３とは相互に接触していない。いくつかの実施形態によれば、カム２７と従動子４３とが相互に接触し、および二次カム２７ａと従動子４３ａとが相互に接触している半径方向軸ＲＡの角度位置の範囲があってもよい。

【０１１９】

図１７－２５Ｆに関して上記で説明される例示的な態様では、クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４（例えば、ピン３８の中心）との間の距離は可変である。より具体的には、距離は（例えば、図１８Ａおよび２０Ｂ参照）、クランクピン２４および連接ロッド２８によって例示的実施形態において促進される距離の変動とともに可変である。半径方向軸ＲＡが、第１のストローク終端角θ_1と第１のストローク終端角θ_1を１８０度だけ過ぎた角度（すなわち、第２のストローク終端角θ_2）との間を回転するとき、距離は、最初に減少し、それにより、半径方向軸ＲＡが、示される例示的実施形態において、例えば、第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約３５～４０度だけ過ぎた点に到達するまで、パワーストロークの開始を遅延させる。燃焼の開始のタイミングは、この遅延を利用するように調節されてもよい。クランクピン２４の中心Ｃと連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離は、半径方向軸ＲＡが、第１のストローク終端角θ_1を１８０度だけ過ぎている配向に向かって回転し続けるとき、比較的一定のままであってもよい（図１８Ａ－２４Ａ参照）。半径方向軸ＲＡが、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて１８０度から３６０度までの間、回転するとき、距離は減少する（図２４Ａおよび１８Ａ参照）。

【０１２０】

いくつかの実施形態によれば、クランクシャフト２０と連接ロッド２８との間の例示的な構成および／または相互作用は、例えば、向上した効率、向上したトルク、向上したパワー出力、および／または向上した反応性等の例示的な機関１０の所望の性能特性を達成するように調節されてもよい。例えば、クランクピンカムのうちの１つ以上のプロファイルは、例えば、パワーストロークの開始の遅延のタイミングおよび規模のうちの少なくとも１つを変化させることによって、例示的な機関１０の効率および／またはパワーを向上させるように構成されてもよい。

【０１２１】

いくつかの実施形態によれば、例示的な機関１０のパワーストロークの開始は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約１５度だけ超えて回転するまで遅延させられてもよい。他の実施形態では、パワーストロークの開始は、半径方向軸ＲＡが第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約３０度だけ超えて（例えば、第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約４０または４５度だけ超えて）回転するまで遅延させられてもよい。他の実施形態では、回転は、例えば、機関１０の所望の性能特性を達成するように、第１のストローク終端角θ_1を少なくとも約２５または３５度だけ超えて設定されてもよい。

【０１２２】

いくつかの実施形態によれば、例えば、クランクピンカムのうちの１つ以上のプロファイルに応じて、半径方向軸ＲＡが、第１のストローク終端角θ_1を過ぎて０度から、例えば、約３５～４０度までの間、回転するとき、ピストン１６は、シリンダ１４の中へわず

かに上方に進み続けてもよく、その後、シリンダ１４内のピストン１６の下向きの進行が始まる。言い換えれば、パワーストロークの遅延中に、ピストン１６は、シリンダ１４の中で必ずしも静止しているわけではないが、むしろ、半径方向軸ＲＡが、第１のストローク終端角θ_1に対する０度を通過するとき、ピストン１６は、シリンダ１４の中のその位置に対して、シリンダ１４の中でその上向き進行を続けてもよい。

【０１２３】

それぞれのクランクピンカム２７、２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、および／または２７ｄのカムプロファイル２９、２９ａ、２９ｂ、２９ｃ、および／または２９ｄは、シリンダ１４内のピストン１６の進行の所望の速度および／または加速度を促進するように選択されてもよい。例えば、クランクピンカムのうちの１つ以上のカムプロファイルは、パワーストロークの開始の遅延の終了に続いて、比較的速い進行および／または高い加速度を提供するように構成されてもよい。そのようなカムプロファイル調節が、機関１０の所望の電力、トルク、および／または効率を提供するように行われてもよい。

【０１２４】

いくつかの実施形態によれば、機関１０は、少なくとも２つのモードで選択的に動作するように構成されてもよい。例えば、第１の動作モードでは、クランクピン２４の中心Ｃ（例えば、クランクピン２４の縦軸ＣＰ）と連接ロッド２８の遠位端３４との間の距離が、上記で説明されるように一定の態様で変化してもよい。第２の動作モードでは、クランクピンカムのうちの１つ以上のプロファイルは、ピストン１６のパワーストロークの遅延が所望の調節に従って変化させられ得るように、半径方向に可変であり得る。これは、例えば、クランクピンカム２７、２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、および２７ｄのうちの１つ以上が、クランクピンジャーナル２５ａおよび２５ｂに対して回転し、それにより、パワーストロークが始まる半径方向軸ＲＡの位置を変化させ得るカム位相整合を介して、達成されてもよい。この例示的な第２の動作モードでは、ある動作パラメータに従って、機関１０の動作のパワー出力、トルク、および／または効率を変化させるように、機関１０の動作を調節することが可能であり得る。いくつかの実施形態によれば、機関１０は、第１および第２のモードの組み合わせに従って動作してもよい。

【０１２５】

図１－２５Ｆに示される例示的な機関１０は、例えば、機関１０に動作可能に連結される変速機と、仕事を行うように構成されている駆動部材であって、変速機に動作可能に連結される駆動部材とを含む伝動機構に組み込まれてもよい。例えば、駆動部材は、例えば、車輪およびプロペラ等の推進装置を含んでもよい。いくつかの実施形態によれば、そのような伝動機構は、回転パワーを電力に変換するように構成されている発電機であって、例示的な機関１０に動作可能に連結される、発電機を含んでもよい。そのような伝動機構は、発電機に動作可能に連結され、および電力を貯蔵するように構成されている電力貯蔵デバイス（例えば、フライホイールおよび／または１つ以上のバッテリ）を含んでもよい。いくつかの実施形態によれば、変速機は、１つ以上の電気モータを含んでもよい。

【０１２６】

また、例示的な機関１０は、機関１０に動作可能に連結される変速機と、仕事を行うように構成され、および変速機に動作可能に連結される駆動部材とを含む車両に組み込まれてもよい。例えば、駆動部材は、例えば、車輪およびプロペラ等の推進装置を含んでもよい。例えば、車両は、自動車、バン、トラック、ボート、船、電車、または飛行機であってもよい。そのような車両は、回転パワーを電力に変換するように構成されている発電機に動作可能に連結される例示的な機関１０と、発電機に動作可能に連結され、および電力を貯蔵するように構成されている電力貯蔵デバイスとを含んでもよい。変速機は、例えば、電気モータであってもよい。

【０１２７】

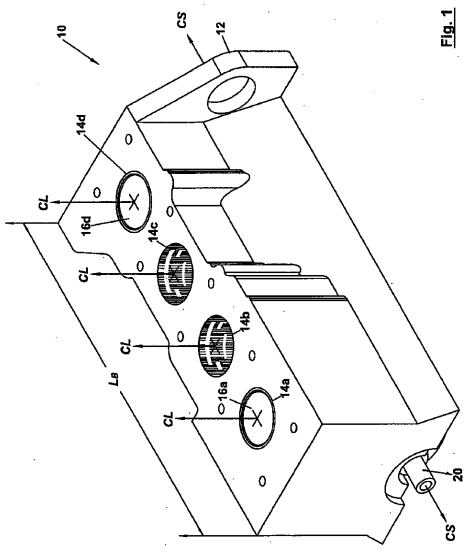
上記で概説されたシステムの例示的実施形態の少なくともいくつかの部分は、他の例示的実施形態の部分と関連して使用されてもよい。また、本明細書で開示される例示的実施形態のうちの少なくともいくつかは、相互に独立して、および／または相互に組み合わせ

て使用されてもよく、本明細書で開示されていない内燃機関に対する用途を有してもよい。

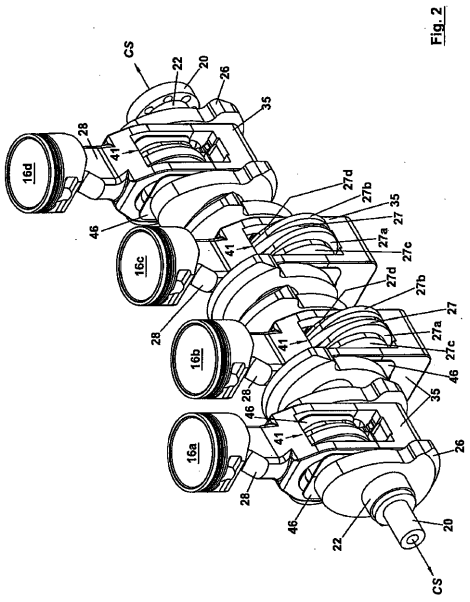
【０１２８】

種々の修正および変形例を、本明細書で説明される構造および方法に合わせて作製できることが、当業者に明白となるであろう。したがって、本発明は、説明で論議される主題に限定されないことを理解されたい。むしろ本発明は、修正および変形例を対象とすることを目的としている。

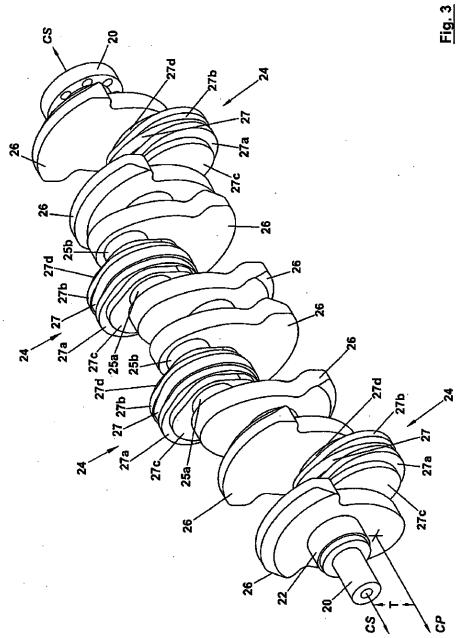
【図１】



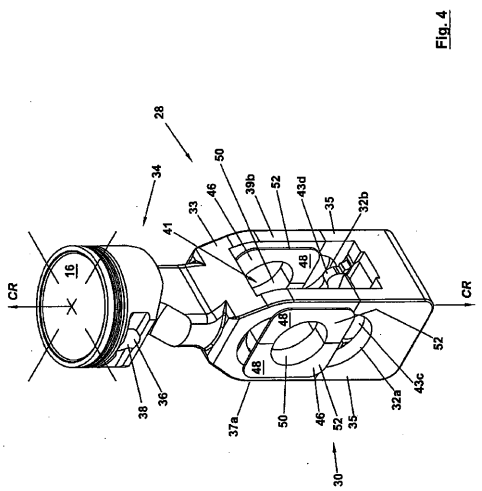
【図２】



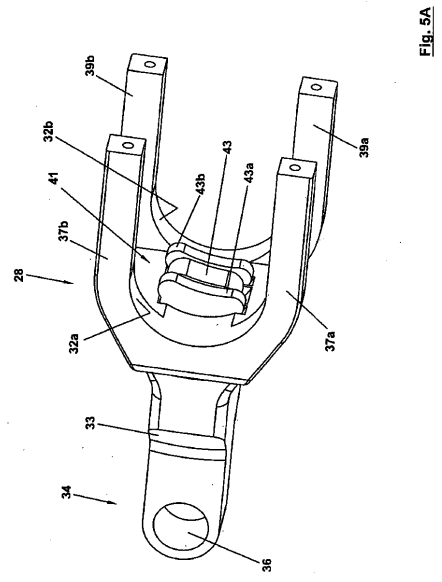
【図３】


Fig. 3
CS
20
27d
27b
24
27
27a
27c
26
25b
25a
22
T
CP

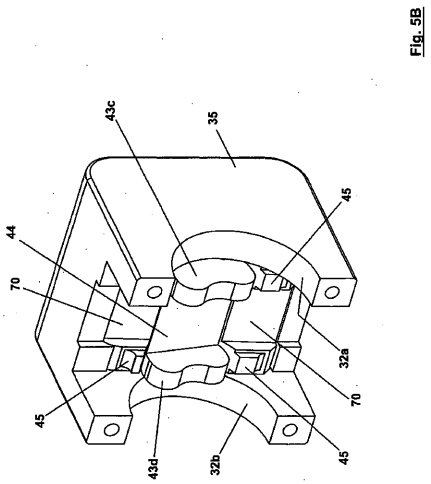
【図４】


Fig. 4
28
34
50
39b
52
43d
35
32b
46
33
41
48
16
CR
38
36
37a
30
43c
32a

【図５Ａ】


Fig. 5A
39b
32b
41
37b
28
43
43b
43a
39a
32a
37a
33
34
36

【図５Ｂ】


Fig. 5B
43c
35
45
44
70
32a
43d
32b

【図６】

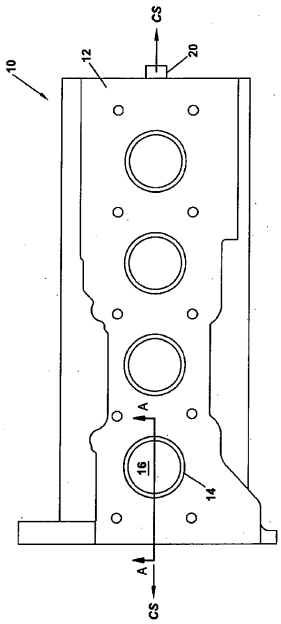
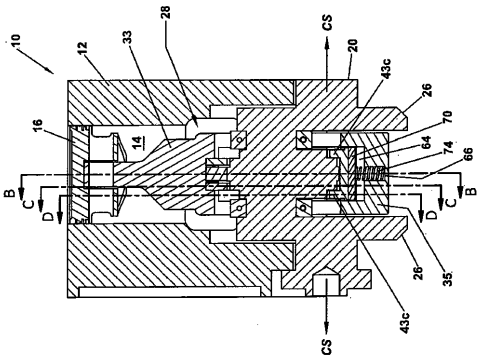


Fig. 6

【図７】



【図８Ａ】

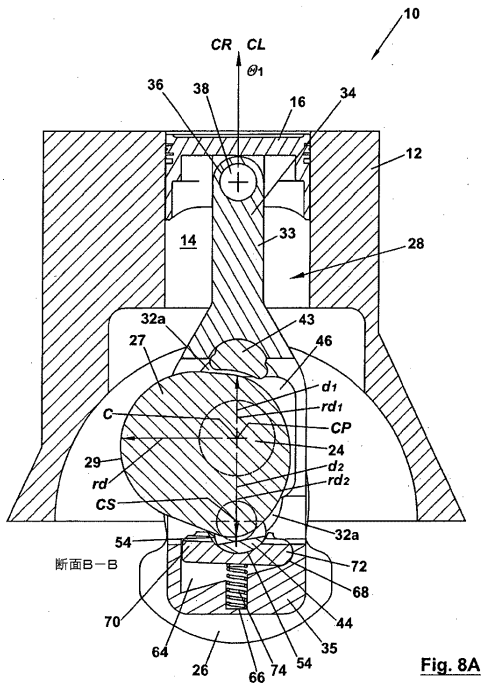


Fig. 8A

クランクシャフト0度

【図８Ｂ】

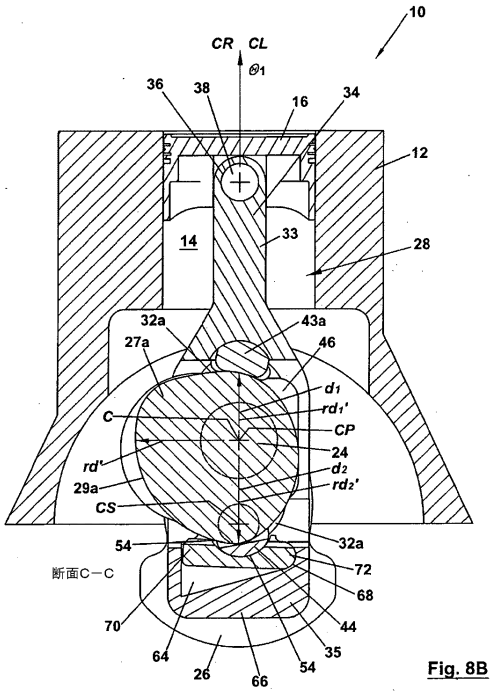


Fig. 8B

クランクシャフト0度

【図８Ｃ】

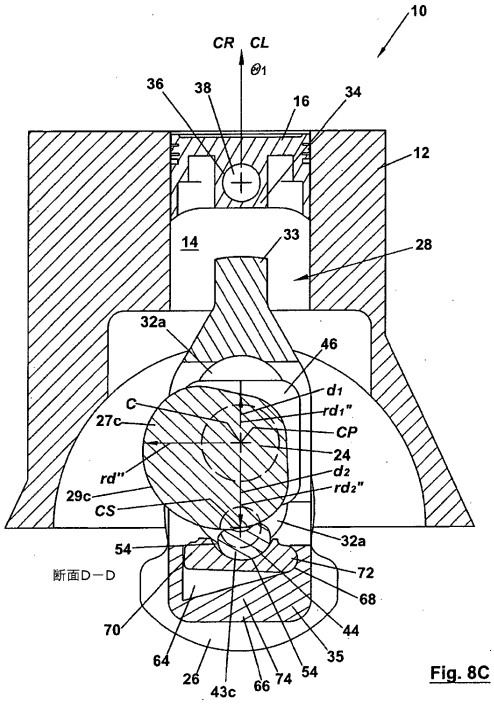


Fig. 8C

クランクシャフト0度

【図９－１】

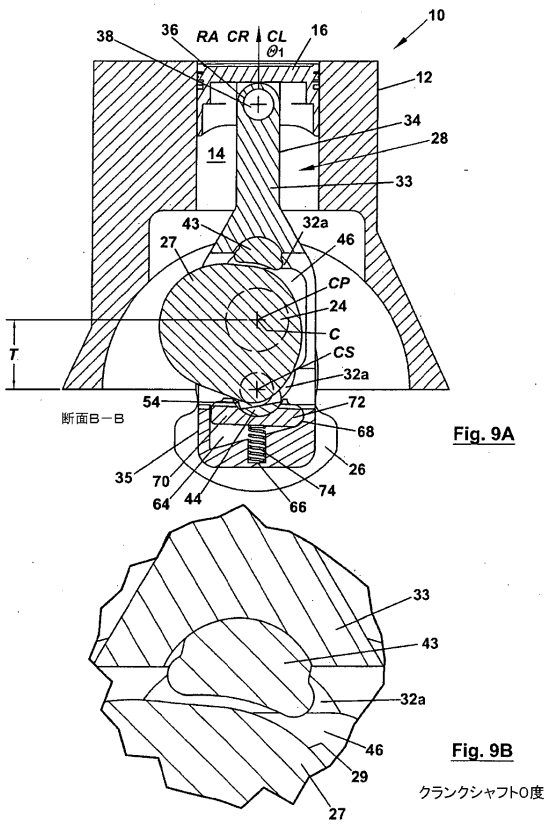


Fig. 9A

Fig. 9B

クランクシャフト0度

【図９－２】

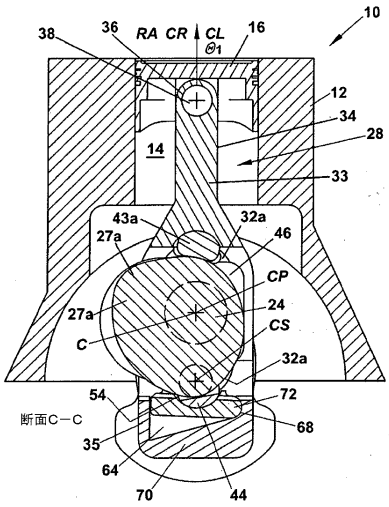


Fig. 9C

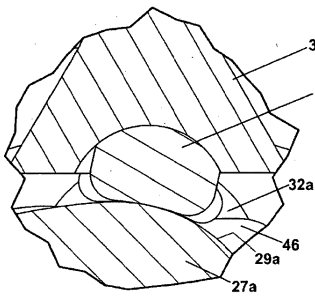


Fig. 9D

クランクシャフト0度

【図９－３】

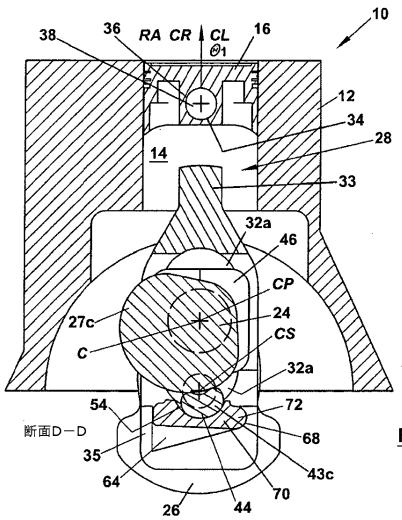


Fig. 9E

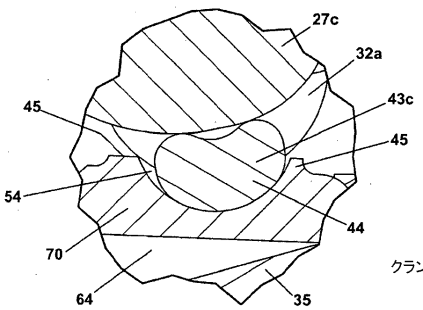


Fig. 9F

クランクシャフト0度

【図１０－１】

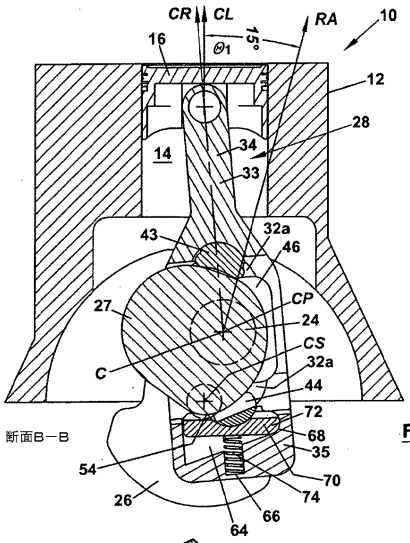


Fig. 10A

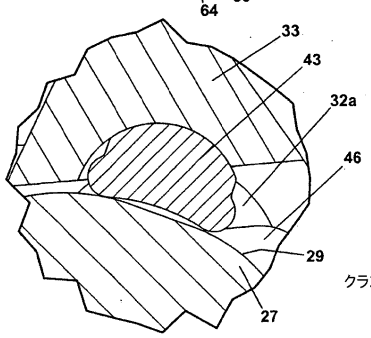


Fig. 10B

【図１０－２】

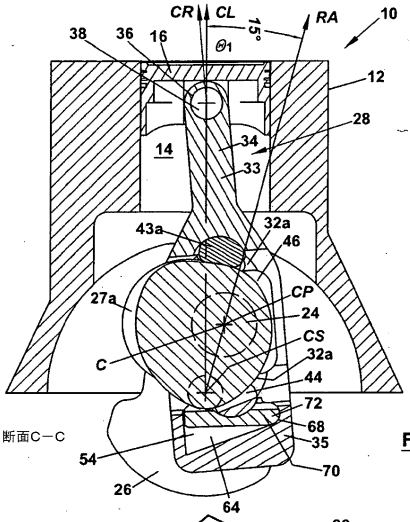


Fig. 10C

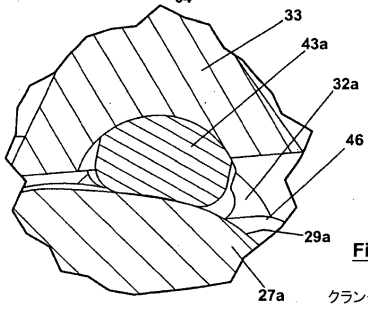


Fig. 10D

【図１０－３】

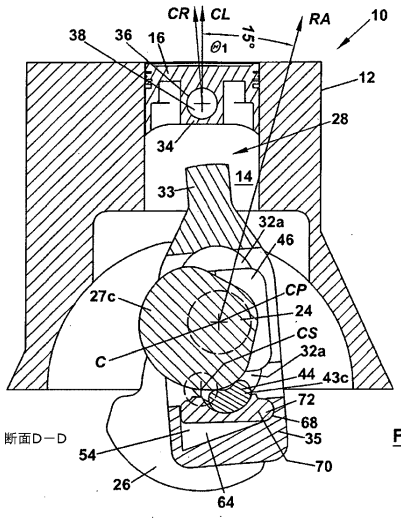


Fig. 10E

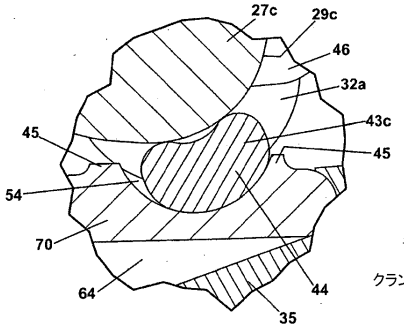


Fig. 10F

クランクシャフト15度

【図１１－１】

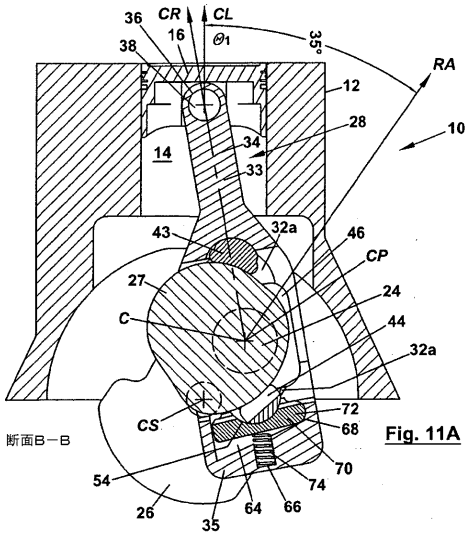


Fig. 11A

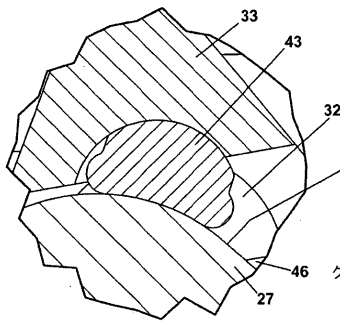
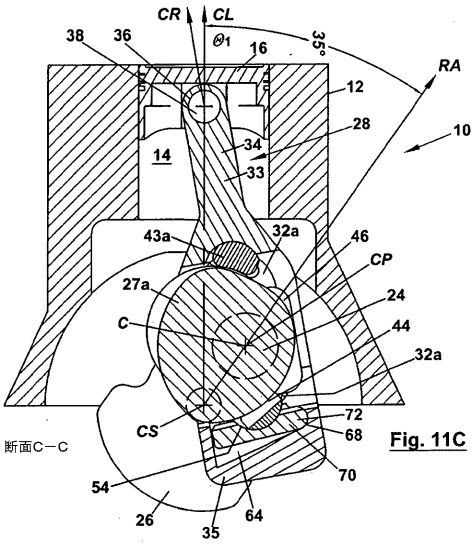


Fig. 11B

【図１１－２】



断面C－C

Fig. 11C

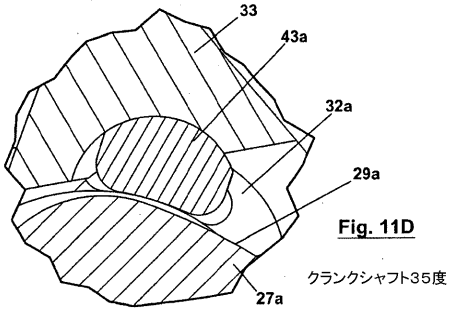
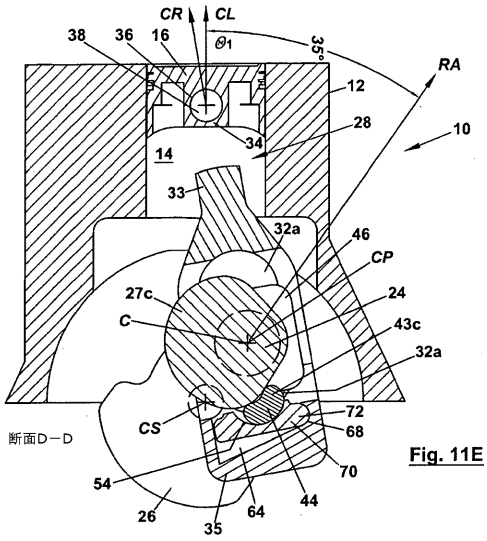


Fig. 11D

クランクシャフト35度

【図１１－３】



断面D－D

Fig. 11E

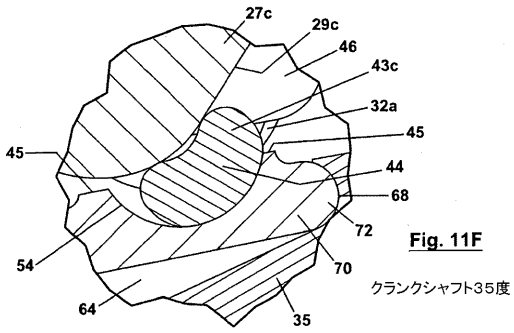
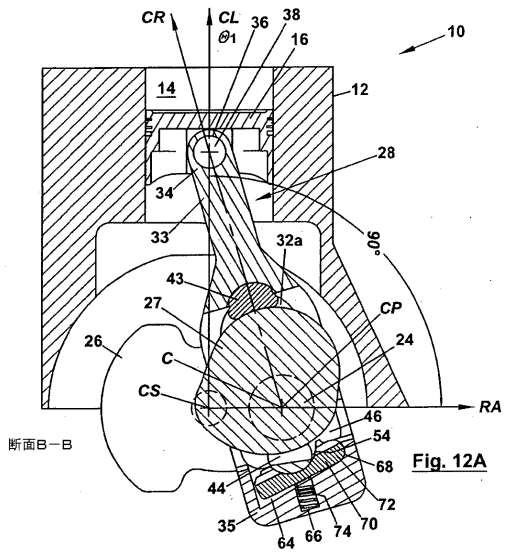


Fig. 11F

クランクシャフト35度

【図１２－１】



断面B－B

Fig. 12A

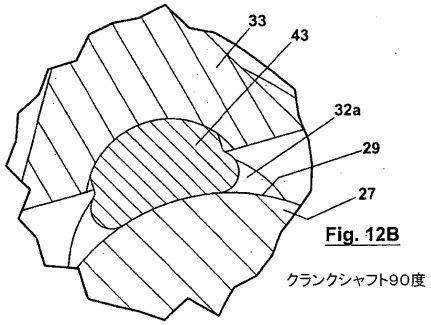
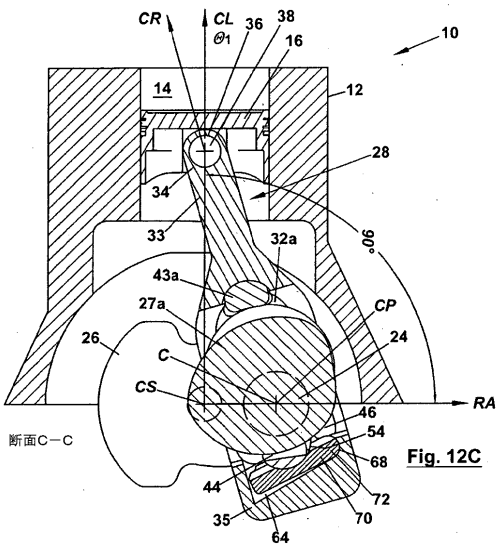


Fig. 12B

クランクシャフト90度

【図１２－２】



断面C－C

Fig. 12C

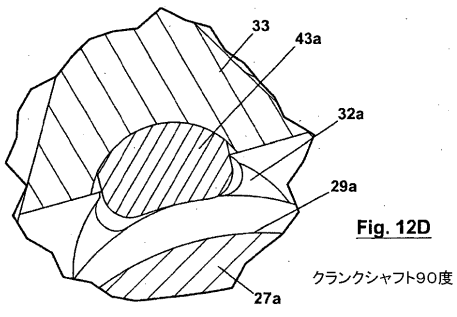
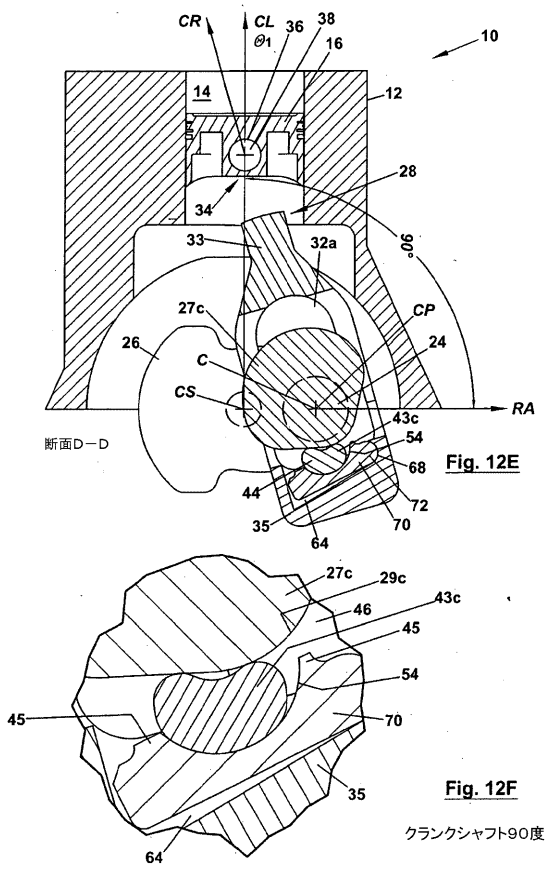


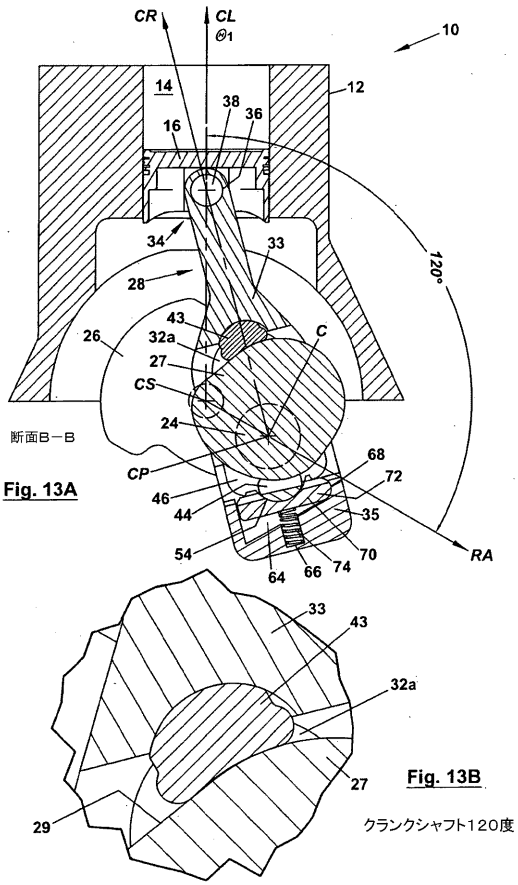
Fig. 12D

クランクシャフト90度

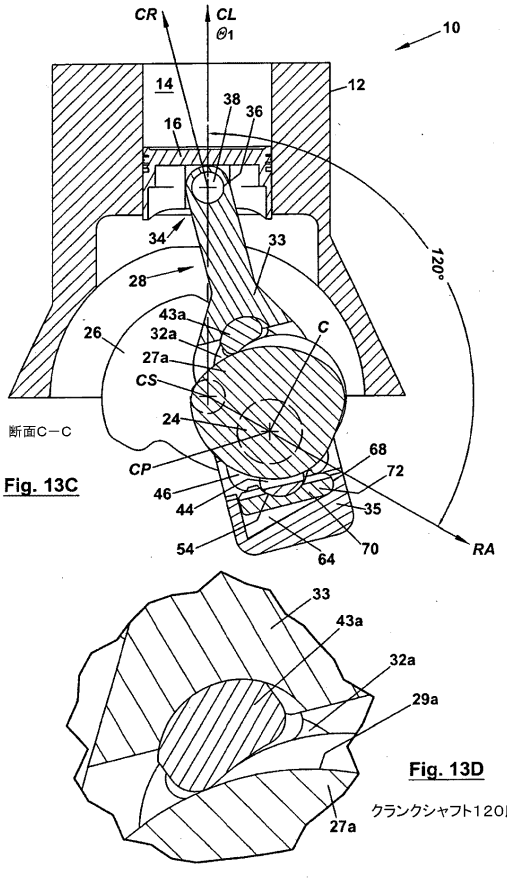
【図１２－３】



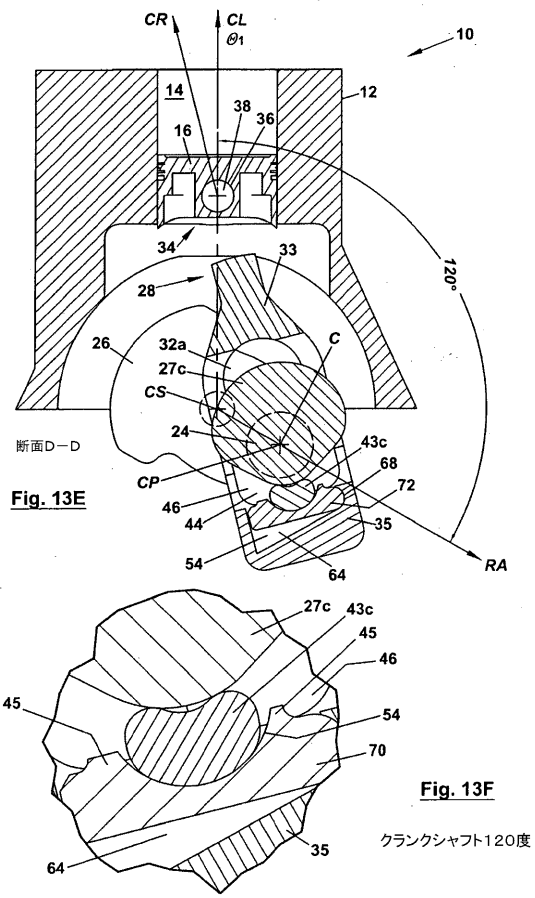
【図１３－１】



【図１３－２】



【図１３－３】



【図１４－１】

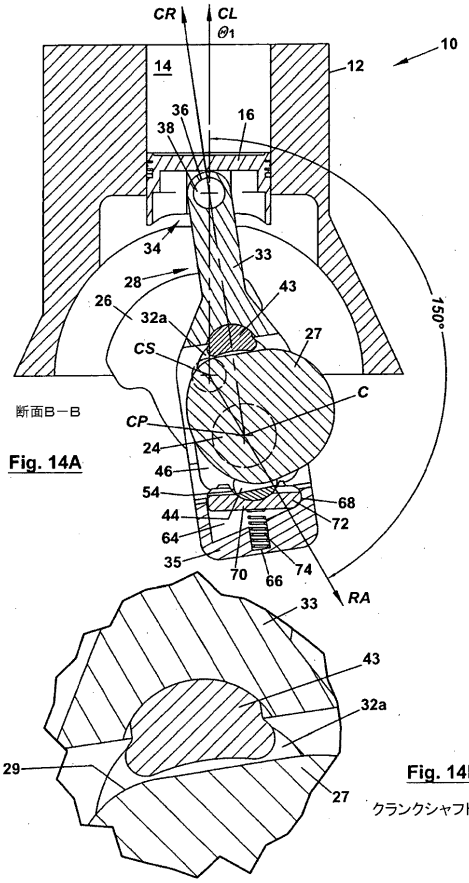


Fig. 14A

Fig. 14B

クランクシャフト150度

【図１４－２】

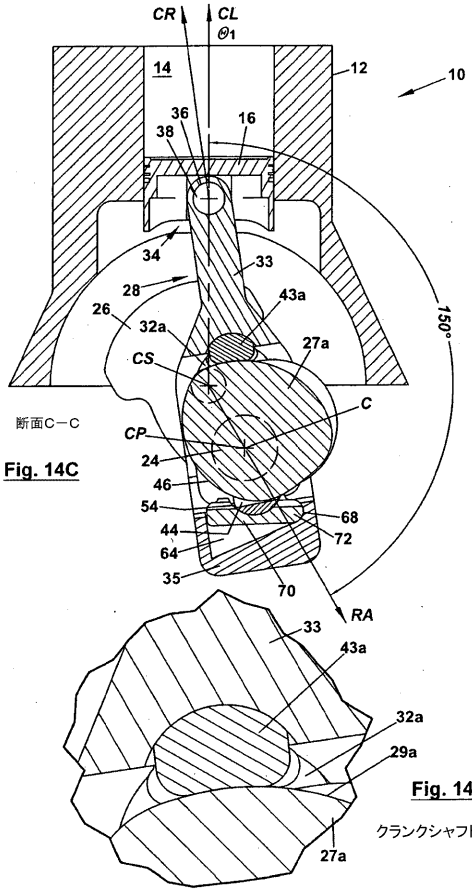


Fig. 14C

Fig. 14D

クランクシャフト150度

【図１４－３】

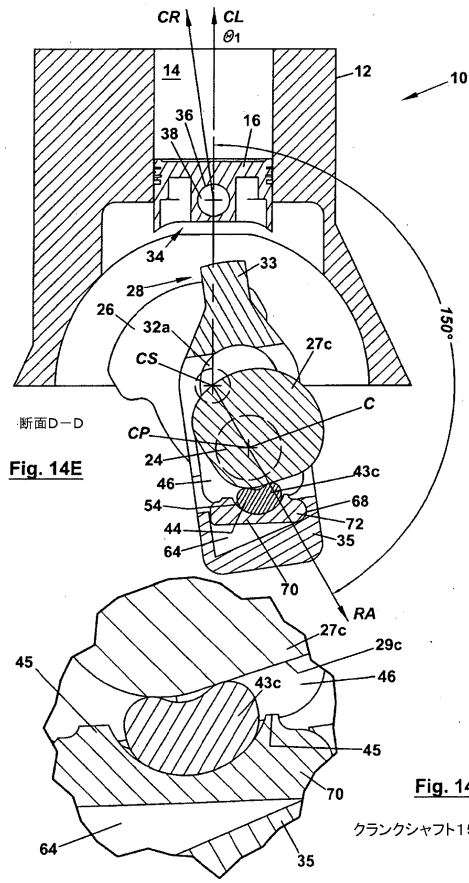


Fig. 14E

Fig. 14F

クランクシャフト150度

【図１５－１】

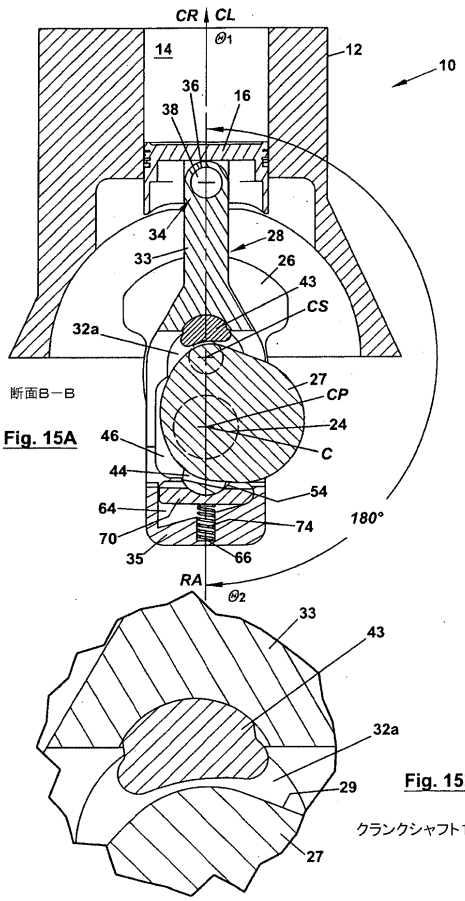
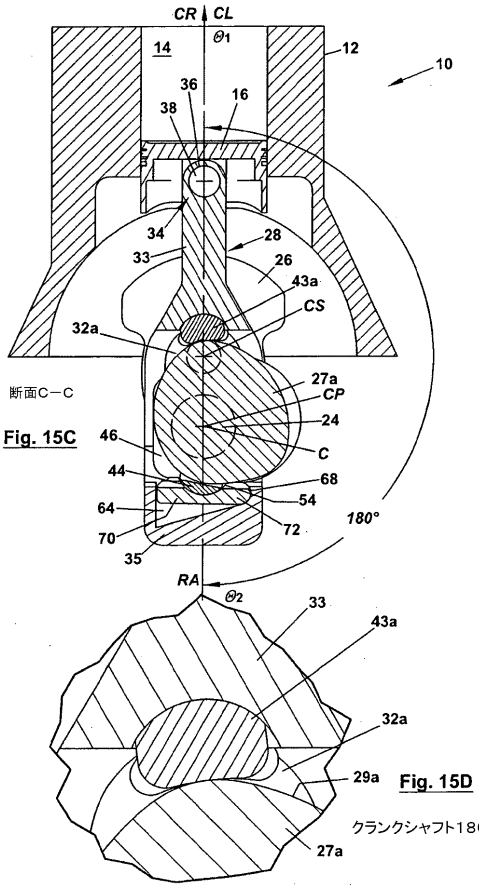


Fig. 15A

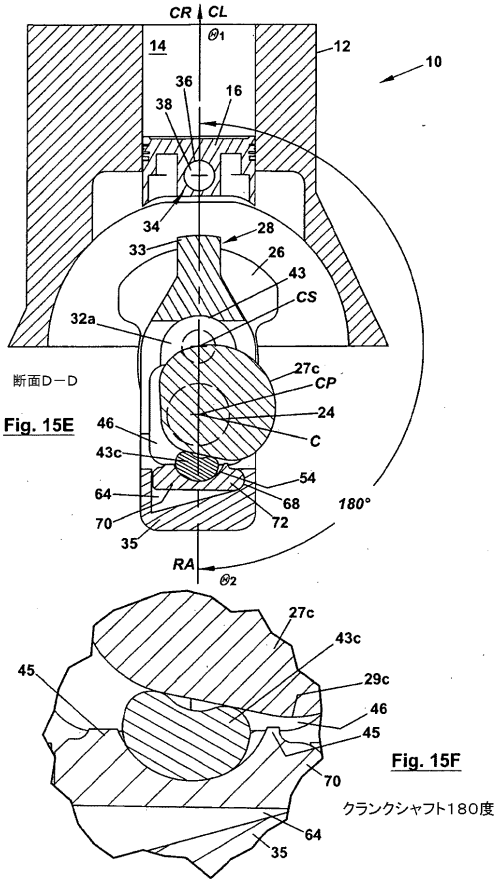
Fig. 15B

クランクシャフト180度

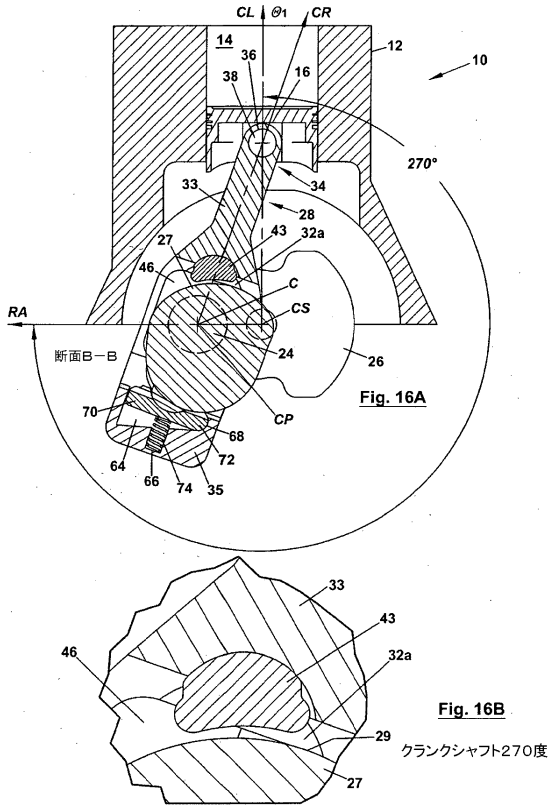
【図１５－２】



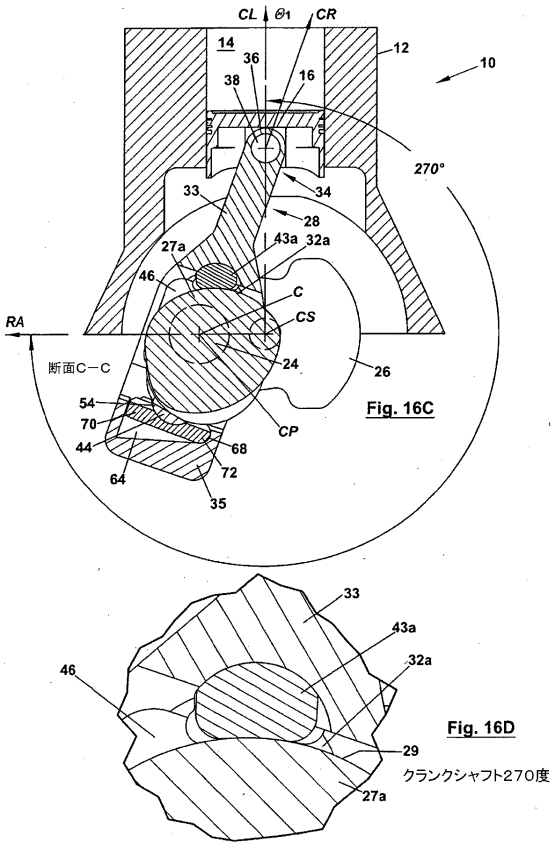
【図１５－３】



【図１６－１】



【図１６－２】



【図１６－３】

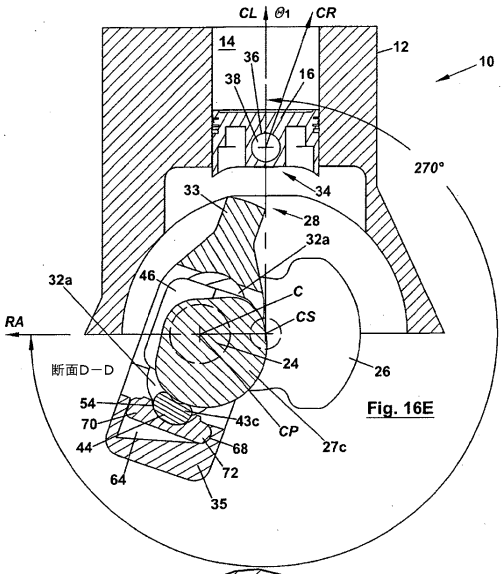


Fig. 16E

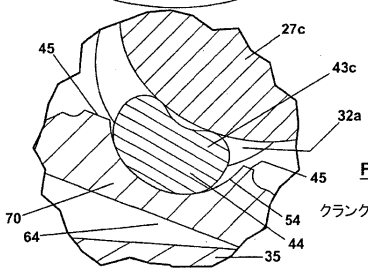


Fig. 16F

クランクシャフト270度

【図１７】

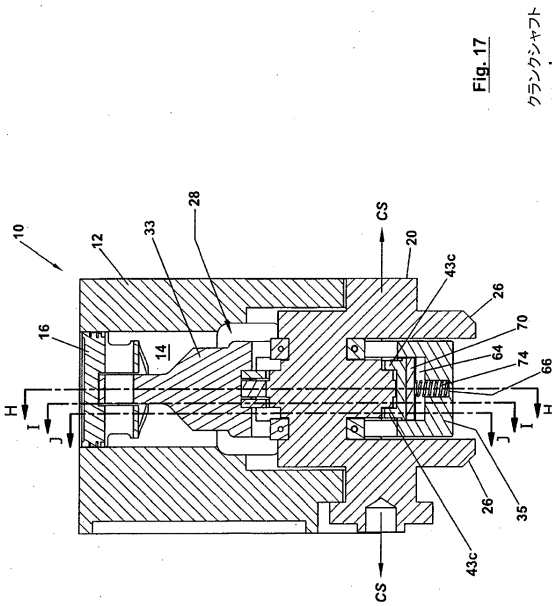


Fig. 17

クランクシャフト

【図１８－１】

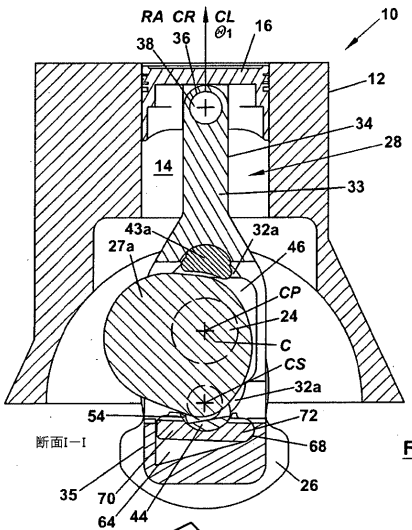


Fig. 18A

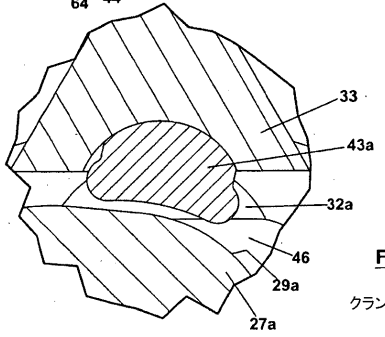


Fig. 18B

クランクシャフト0度

【図１８－２】

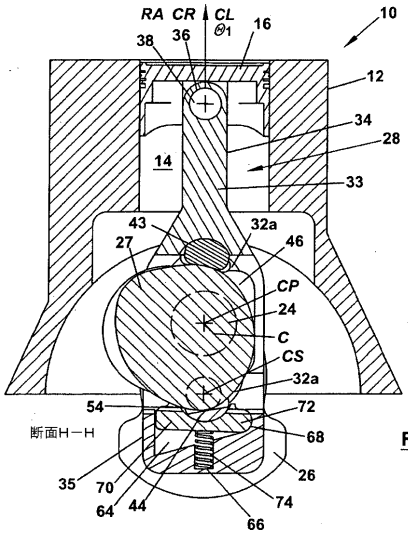


Fig. 18C

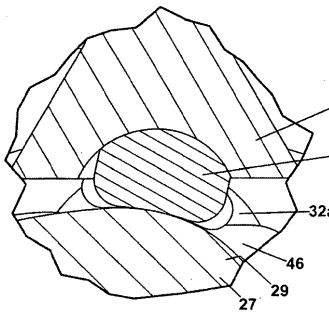


Fig. 18D

クランクシャフト0度

【図１８－３】

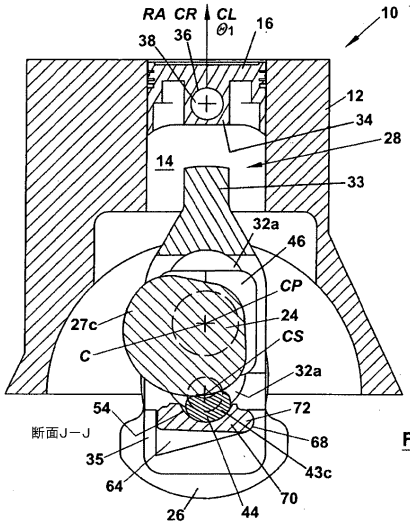


Fig. 18E

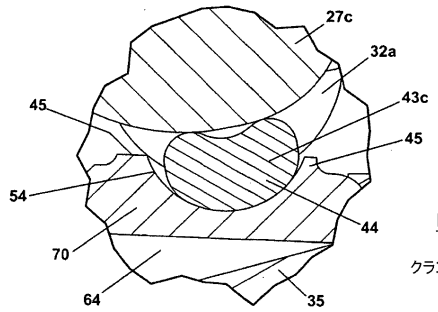


Fig. 18F

クランクシャフト0度

【図１９－１】

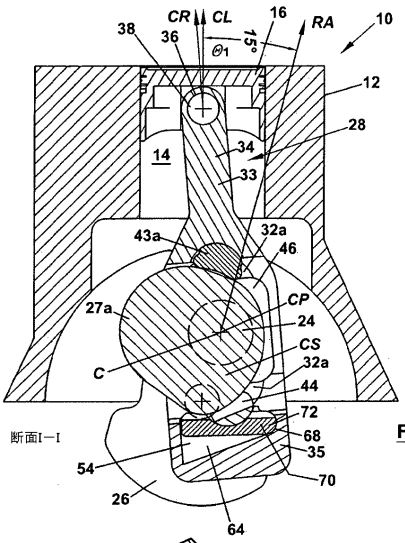


Fig. 19A

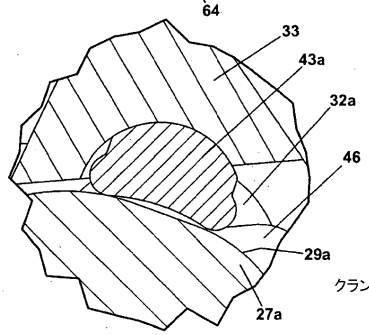


Fig. 19B

クランクシャフト15度

【図１９－２】

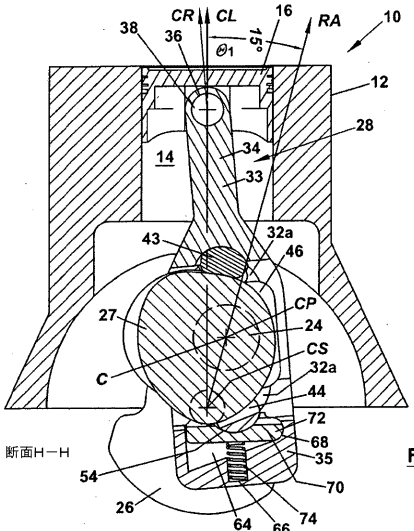


Fig. 19C

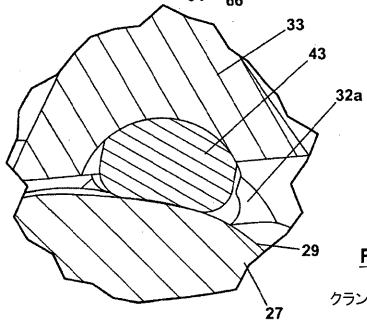


Fig. 19D

クランクシャフト15度

【図１９－３】

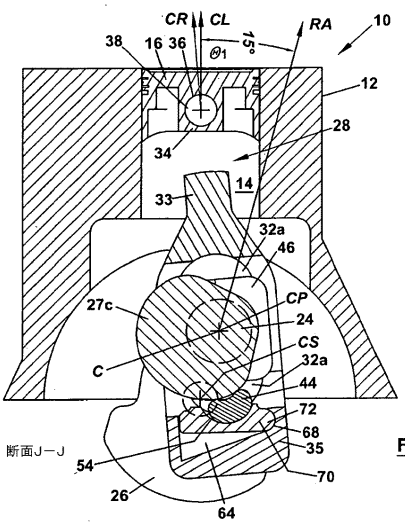


Fig. 19E

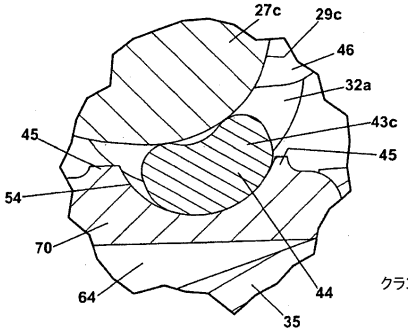


Fig. 19F

クランクシャフト15度

【図２０－１】

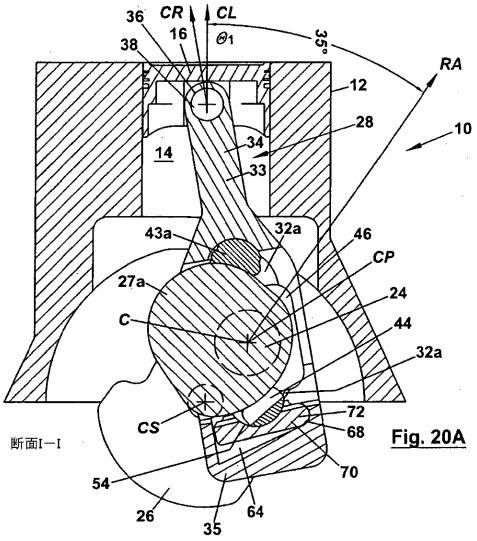


Fig. 20A

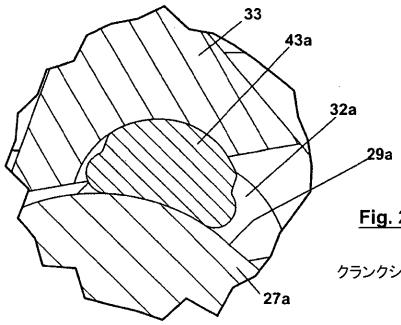


Fig. 20B

【図２０－２】

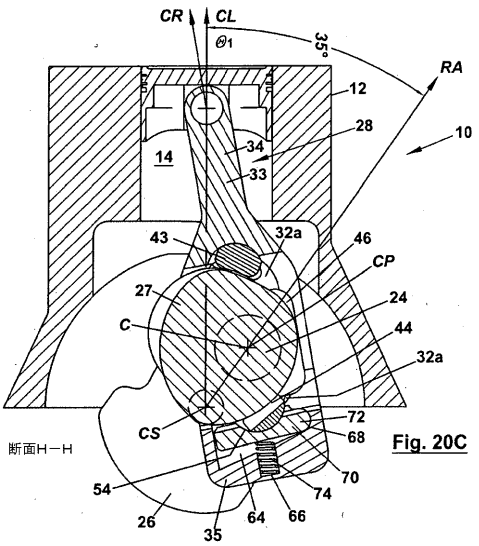


Fig. 20C

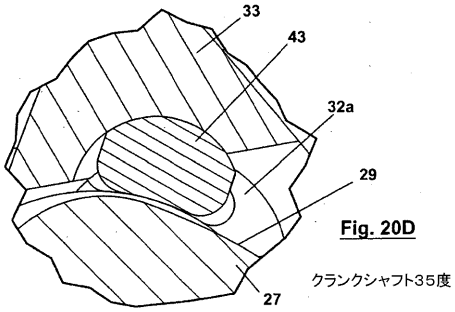


Fig. 20D

【図２０－３】

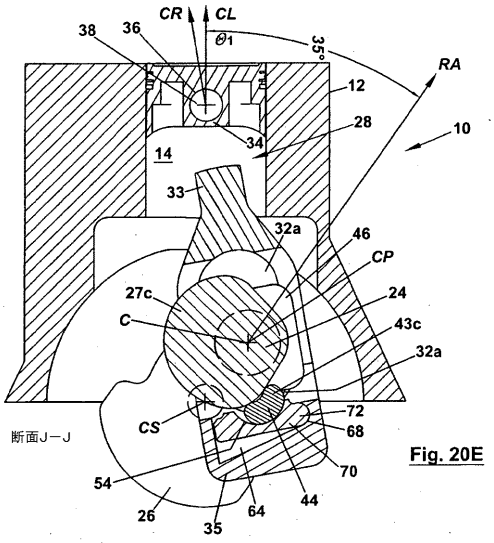


Fig. 20E

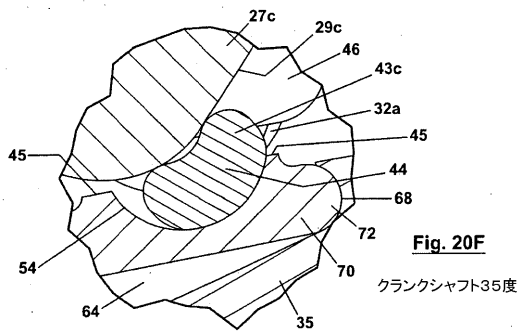


Fig. 20F

【図２１－１】

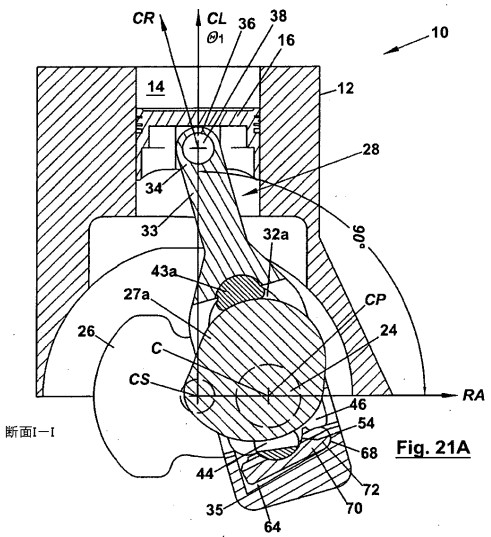


Fig. 21A

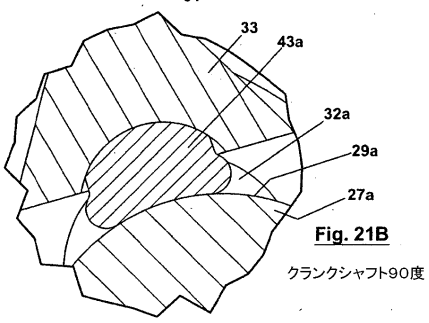
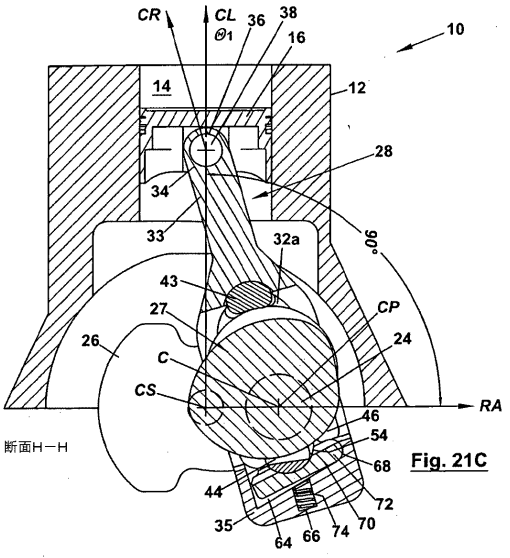


Fig. 21B

【図２１－２】



断面Ｈ－Ｈ

Fig. 21C

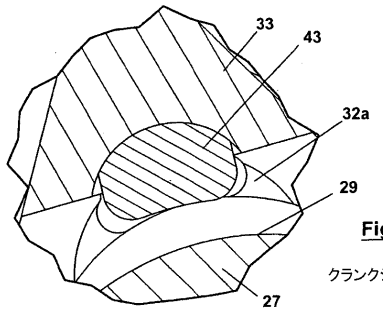
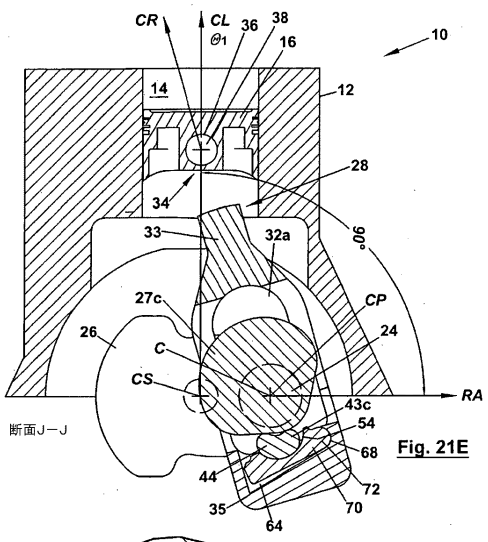


Fig. 21D

クランクシャフト90度

【図２１－３】



断面Ｊ－Ｊ

Fig. 21E

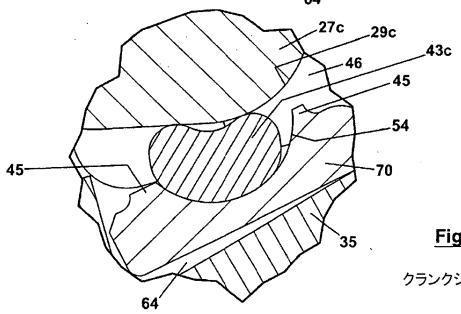
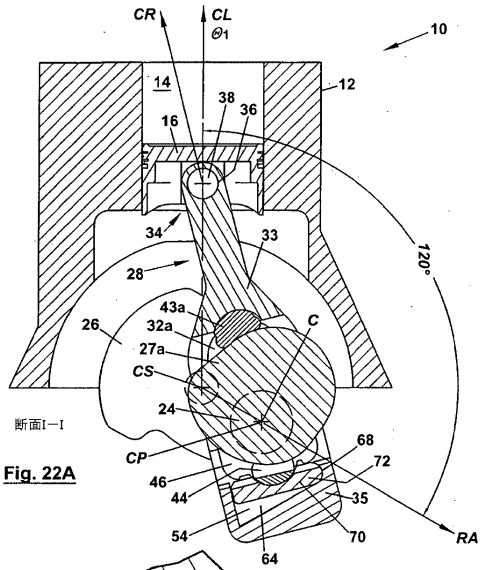


Fig. 21F

クランクシャフト90度

【図２２－１】



断面Ｉ－Ｉ

Fig. 22A

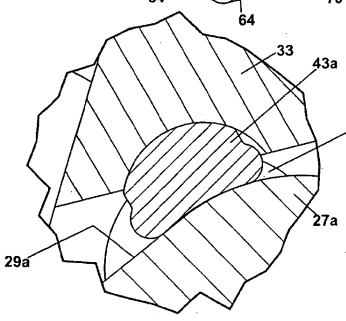
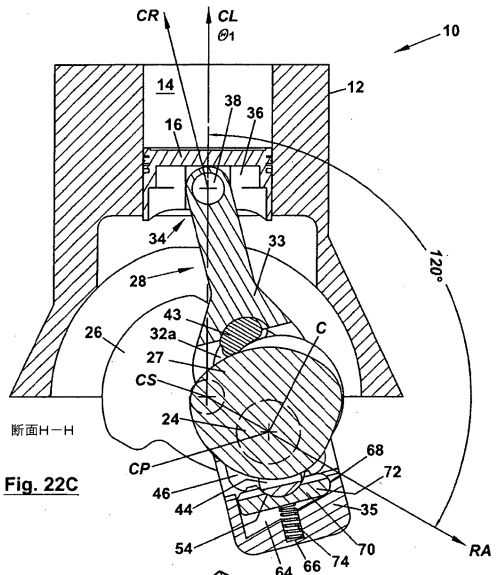


Fig. 22B

クランクシャフト120度

【図２２－２】



断面Ｈ－Ｈ

Fig. 22C

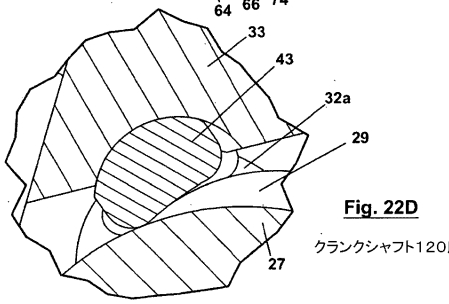


Fig. 22D

クランクシャフト120度

【図２２－３】

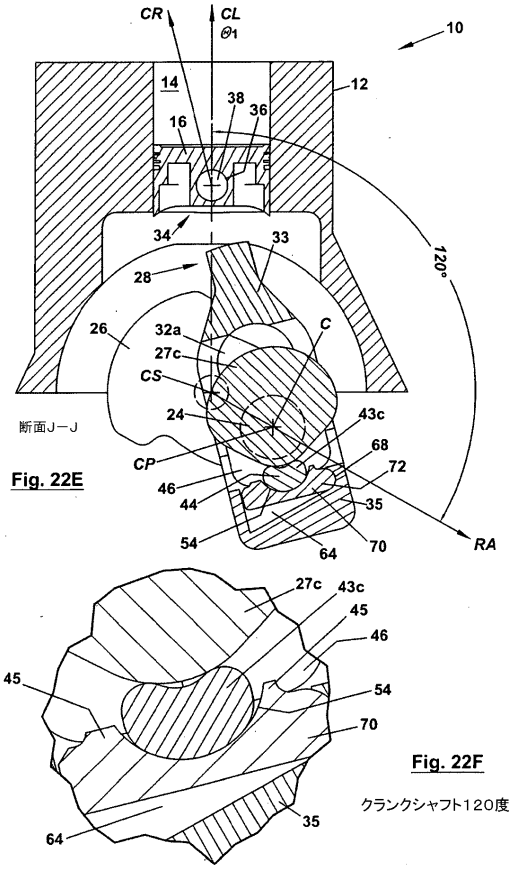


Fig. 22E

Fig. 22F

クランクシャフト120度

【図２３－１】

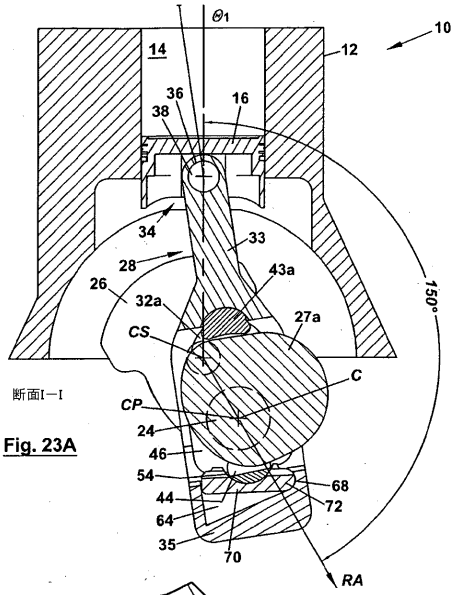


Fig. 23A

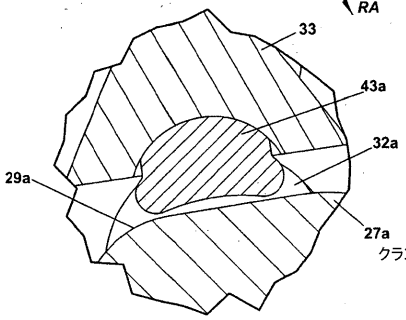


Fig. 23B

クランクシャフト150度

【図２３－２】

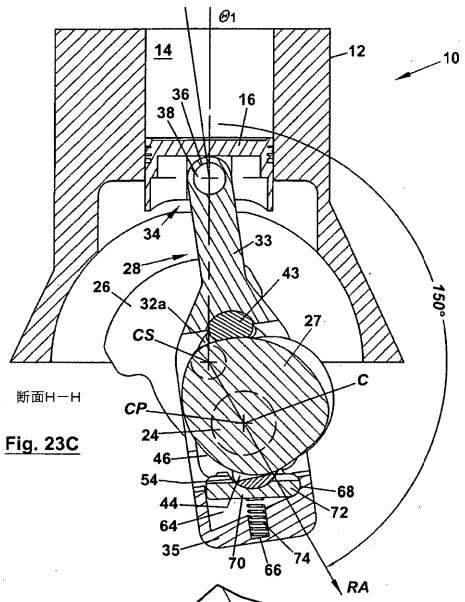


Fig. 23C

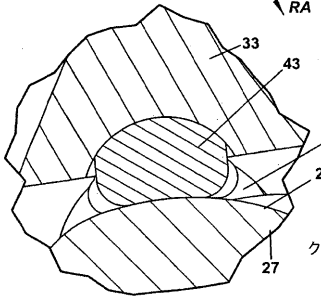


Fig. 23D

クランクシャフト150度

【図２３－３】

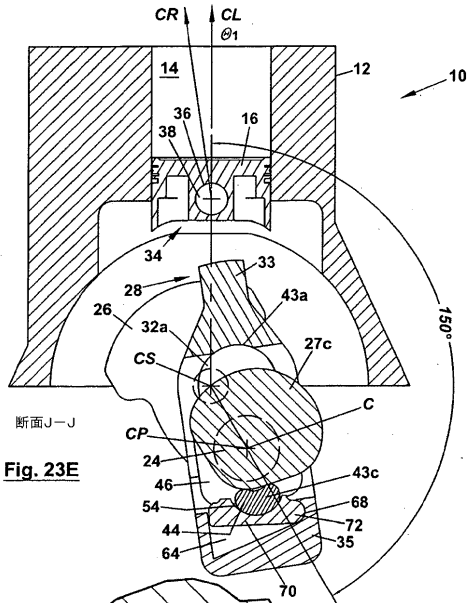


Fig. 23E

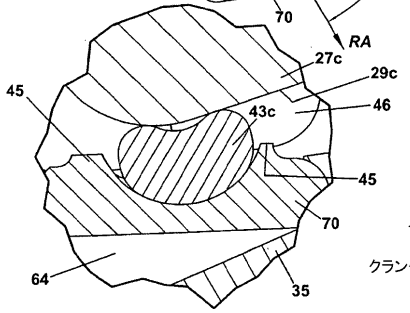


Fig. 23F

クランクシャフト150度

【図２４－１】

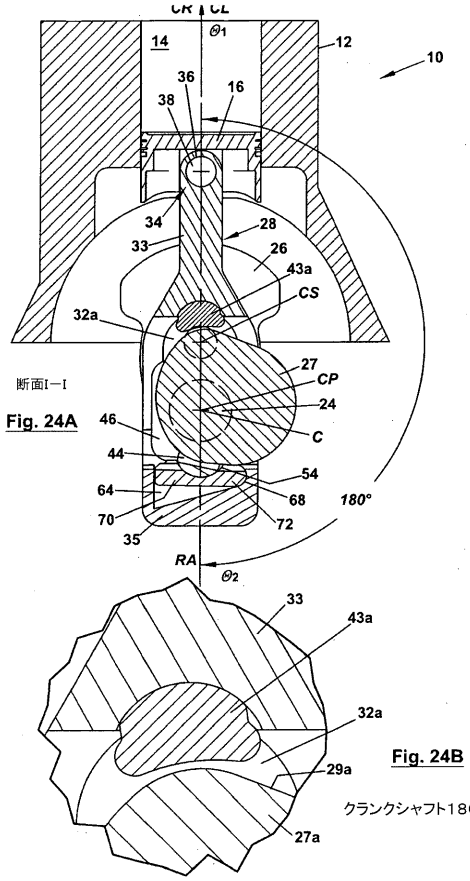


Fig. 24A

Fig. 24B

【図２４－２】

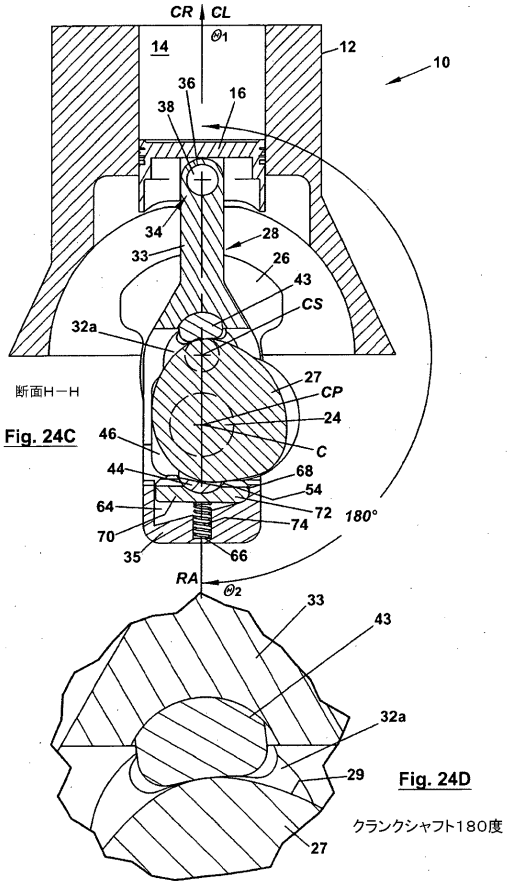


Fig. 24C

Fig. 24D

【図２４－３】

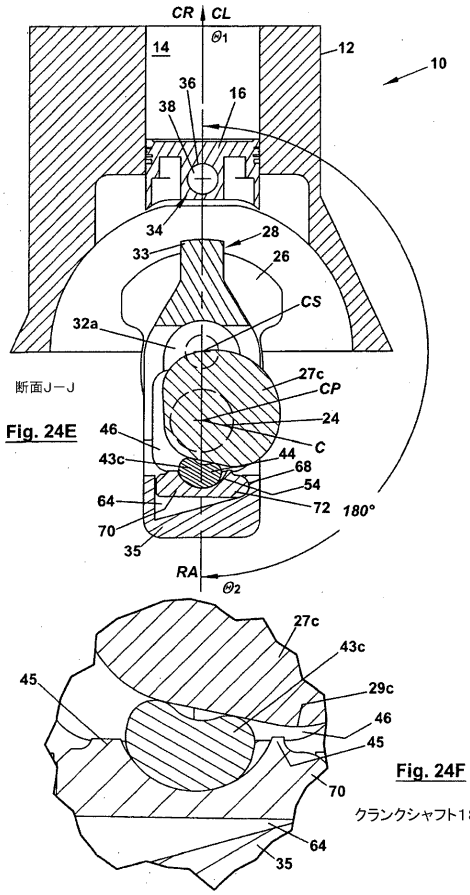


Fig. 24E

Fig. 24F

【図２５－１】

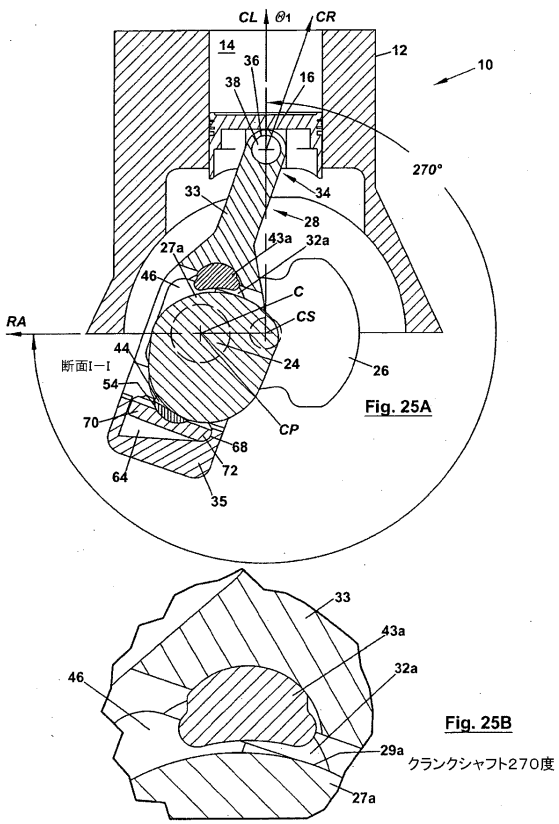


Fig. 25A

Fig. 25B

【図２５－２】

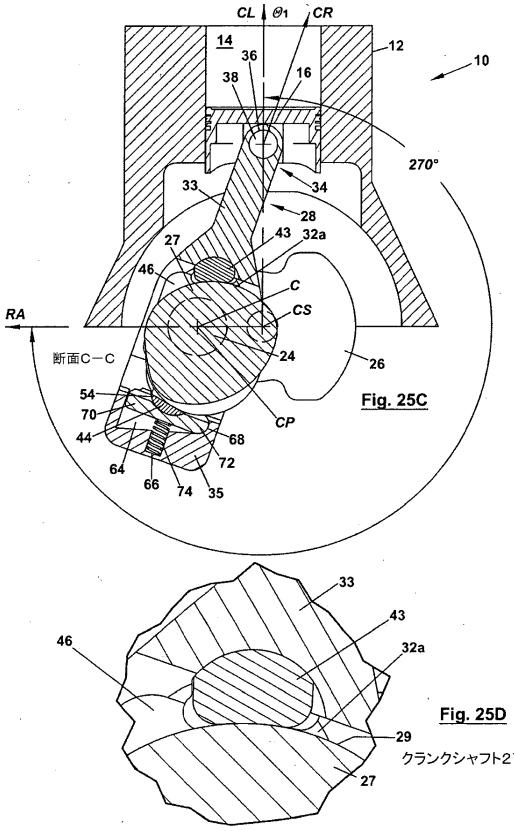


Fig. 25C

Fig. 25D

【図２５－３】

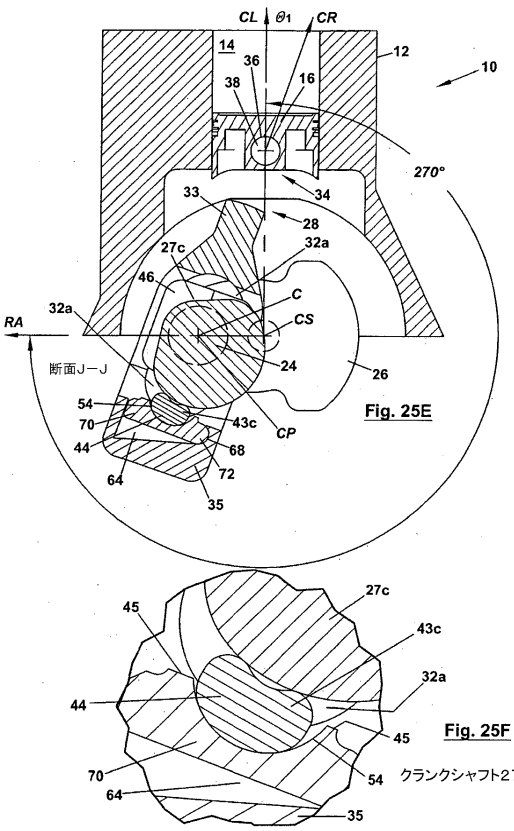


Fig. 25E

Fig. 25F

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 13/471,946
(32)優先日 平成24年5月15日(2012.5.15)
(33)優先権主張国 米国(US)

(74)代理人 230113332
弁護士 山本 健策
(72)発明者 ウィルキンス, ラリー シー.
アメリカ合衆国 フロリダ ３３３０１, フォート ローダーデール, イー. ラス オラス ブールバード ４０１, ナンバー１３０－２６０

審査官 瀬戸 康平

(56)参考文献 英国特許出願公告第００４９０５４１（ＧＢ, Ａ）
独国特許出願公開第０３０１０５６７（ＤＥ, Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｆ０１Ｂ ９／０２
Ｆ０２Ｂ ７５／０４, ７５／３２
ＤＷＰＩ（Ｔｈｏｍｓｏｎ Ｉｎｎｏｖａｔｉｏｎ）