

105 ガソリン機関の高膨張比化が熱効率に及ぼす影響

Effect of High Expansion Ratio on the thermal Efficiency in a S.I Engine

正 廣岡 康之 (群馬大・院)

○宮下 洋一 (群馬大)

正 志賀 聖一 (群馬大)

正 柄澤 隆夫 (群馬大)

微正 中村 壽雄 (群馬大)

Seiichi SHIGA, Yasuyuki HIROOKA, Youichi MIYASHITA, Takao KARASAWA, Hisao NAKAMURA
Gunma University, 1-5-1 Kiryu, Gunma 376-8515

In this study, the more-expansion effect is realized by changing the valve timing. Compared to early-closing, late-closing resulted in a higher thermal efficiency, and thus variation of late-closing was investigated. The expansion ratio was also varied and investigated. A thermodynamic analysis was made, and results showed reasonable agreement with the experimental data.

Key Words: Spark-Ignition Engine, More-Expansion Cycle, Late-Closing, Pumping loss, Expansion Ratio

1. まえがき

ガソリン機関の熱効率は圧縮比の増大と共に、一般的には増大するが、実際上はノッキングの問題から圧縮比の増加による熱効率向上には限界がある。これを解決する方法の1つとして、ミラーサイクルまたはアトキンソンサイクルといわれるものがある。これは圧縮比よりも膨張比を大きく取ることで熱効率を改善しようとするものであり、吸気弁閉じ時期を大幅に変化させることで圧縮比を減らして相対的に膨張比を増大させるものである。超過膨張サイクルは、排気行程時に等圧排気過程を持つ。この時、等容排熱を若干含むものをミラーサイクル、排熱過程がすべて等圧で行われるものをアトキンソンサイクルと呼ぶ⁽¹⁾。

これまで設定した膨張比、すなわち幾何学的圧縮比は11と18.6が中心であったが、今回は、そのバリエーションを3種類追加して膨張比を広範に変化させた時の吸気弁遅閉じの効果を調べるとともに、早閉じよりも遅閉じの方が

高いポテンシャルを有することが明らかとなっている⁽²⁾⁽³⁾ので、遅閉じのバリエーションを1つ追加し、これについての効果も調べた。さらに得られた結果と熱力学的モデルとの比較も試みた。

2. 実験装置及び方法

実験装置概略を図1に示す。供試機関は、ボア×ストローク=70mm×64.8mm、行程体積249ccの水冷単気筒4ストローク4弁式ガソリン機関で、オリジナルのスペックは、圧縮比11、最高出力18.8kW/8500rpm、MAX.BMEP=1.17MPa/7000rpmである。吸気側のカムに標準のものと、閉じ時期下死点後90度のもの(以降LC90)、LC90をさらに遅らせたもの(同LC100)、ピストンとしては膨張比(幾何学的圧縮比)11、14.8、18.6、20、23.9の5種を用意した。表1にピストン諸元を示す。電子制御式燃料噴射装置でA/Fを制御し、各実験条件で一定のA/Fになるように計測をおこなった。

Table I. The relation between expansion ratio and compression ratio in case of late-closing of intake valve.

$\epsilon_e = 11$	$\epsilon_c = 6.01$
$\epsilon_e = 14.8$	$\epsilon_c = 7.91$
$\epsilon_e = 18.6$	$\epsilon_c = 9.81$
$\epsilon_e = 20$	$\epsilon_c = 10.51$
$\epsilon_e = 23.9$	$\epsilon_c = 12.45$

3. 結果及び考察

図2、図3はそれぞれ体積効率に対する吸気管負圧の変化、図示平均有効圧力grossIMEPに対するポンプ損失(ポンプ平均有効圧力)PMEPを示す。吸気管負圧もポンプ損失もLC90の方が低い。これは吸気弁遅閉じによって吸気量制御が行われるのでオリジナルに対してLC90が同じ体積効率を得るために絞り弁開度が大きくなり吸気管負圧が減少しその結果絞り損失も小さくなりポンプ損が少なくなるためだと考えられる。

図4、図5はそれぞれ正味平均有効圧力BMEPに対する体積効率 η_v の変化、正味平均有効圧力BMEPに対する正味燃料消費率BSFCの変化を示す。図4を見ると膨張比

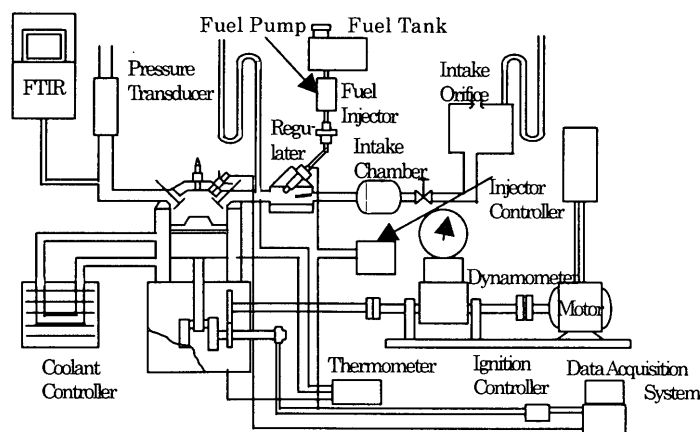


Fig 1. Schematic of experimental apparatus.

の大きい方が体積効率が小さくなっている。A/Fが一定で、BMEPに対する η_v が低下しているということは、より少ない燃料(混合気)で同一のBMEPを出すことができることを意味しており、確かに図5のBSFCも低下している。このオリジナルとLC90の同一BMEPに対する体積効率低下とこれによるBSFC低下は超過膨張の効果が影響していると

考えられる。一方、膨張比 $\varepsilon_e=11$ ではオリジナルと差が見られない。このことは、以下に述べる熱力学的解釈において説明できる。

図6、図7はそれぞれ空気サイクルにおけるT-S線図、圧縮比 ε_c に対する熱効率 η_{th} の関係を表す。図6は初期温度 $T_a=300K$ 、初期圧力 $P_a=0.098MPa$ 、供給熱量 Q^* =一定として得られたものである。 $\varepsilon_e=11$ の場合はオリジナルとの比較で圧縮比の低下分、温度上昇が少なくb点はb'点となるが、供給熱量一定であるためb'-c'区間が長くなり超過膨張によりd'点となる。その結果、オリジナルと面積がほぼ一致する。 $\varepsilon_e=22$ の場合はa-b-c区間がオリジナルと同じでd点のみがd'点となるため、オリジナルよりLCの方が面積が大きくなる。T-S線図の面積は熱効率であるから、図7において(1)と(2)がほぼ一致し、膨張比のみ増加する(3)の熱効率が增加する。実験で用いたピストンの組み合わせは①~⑤に対応しており、実験結果とほぼ一致する。以上のことから、膨張比の方が圧縮比よりも熱効率に影響することが明らかとなった。

4. 結言

- (1) 吸気弁閉じ時期による吸気量制御は設定した膨張比の値に関わらずポンプ損失を低減させることができることが明らかとなった。
- (2) 吸気弁遅閉じによる超過膨張によって熱効率を増大させることが可能であり、その結果BSFCが低減するが、その程度は膨張比の値に対応して大きくなることが明らかになった。
- (3) (2)に述べた熱効率の増大の効果は、主として膨張比増大の貢献であり、圧縮比よりも膨張比が決定的に熱効率に影響することが、簡単な熱力学モデルによって説明できることが明らかとなり、超過膨張によって熱効率向上効果が発生するというメカニズムを系統的に明らかにすることができた。

5. 参考文献

- (1) 富塚 清, 内燃機関の歴史, 三栄書房, (1978), 42.
- (2) 志賀聖一・他5名, 日本機械学会論文集(B編)62巻596号(1996), .
- (3) Seiichi SHIGA, et al, JSAE Spring Convention Proceedings, No. 9831045, (1998), 43.
- (4) J.B.Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill Book Company, (1988), 183.

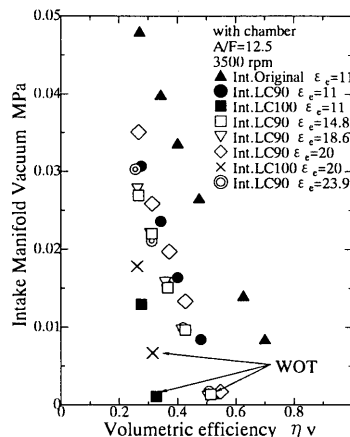


Fig 2. Variation of intake manifold vacuum with volumetric efficiency(3500rpm).

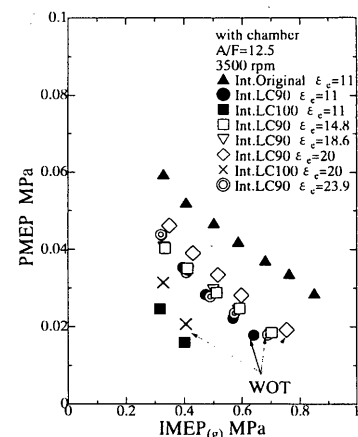


Fig 3. Variation of PMEP with IMEP(3500rpm).

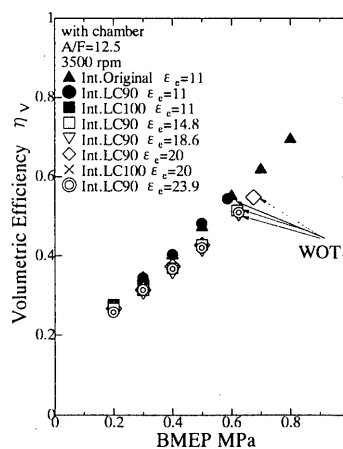


Fig 4. Variation of volumetric efficiency with BMEP(3500rpm).

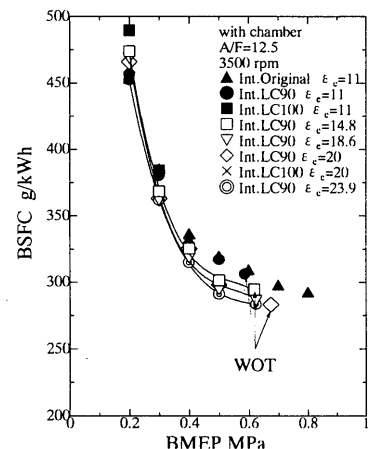


Fig 5. Variation of BSFC with BMEP(3500rpm).

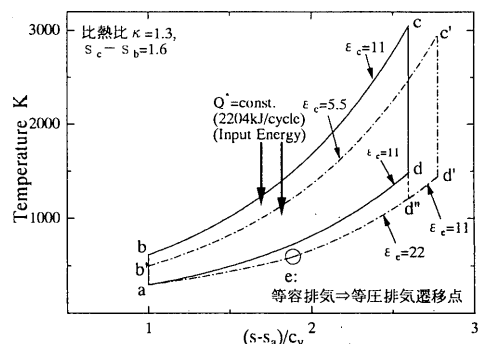


Fig 6. T-S diagrams of air cycle simulation.

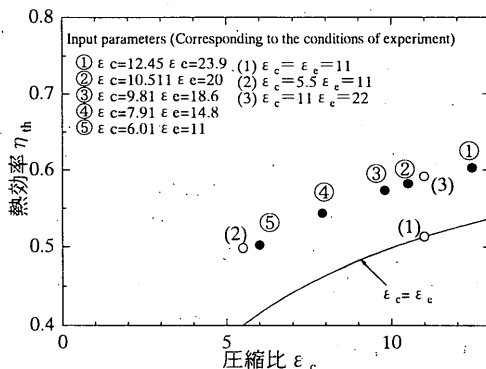


Fig 7. Variation of thermal efficiency η_{th} with the compression ratio ε_c .