

2サイクルエンジンの不整燃焼評価法

Evaluation Method of Irregular Combustion in 2-Stroke Cycle Gasoline Engine

関 根 正 男* 石 川 友 美*
Masao Sekine Tomomi Ishikawa

要 旨

2サイクル・ガソリン・エンジンは低回転・低負荷域において不整燃焼が発生し、それにより二輪車では車体振動が生じて、乗車感を悪くする一因となっている。この乗車感の評価をエンジン台上試験に置き換える為、不整燃焼を定量化する評価システムを確立した。エンジン台上試験における不整燃焼評価法とライダーによる乗車感を比較する事により、不整燃焼評価法によって得られた結果と乗車感とに相関がある事がわかった。

従って、この評価法を用いる事によってエンジン台上試験で実車における乗車感評価の予測が可能となった。更に代表的なエンジン運転因子である空燃比、及び点火時期の不整燃焼に及ぼす影響について調べた結果、両者とも不整燃焼の発生が少なくなる設定範囲のあることがわかった。

ABSTRACT

At low-revolution and -load ranges, 2-stroke engines are prone to irregular combustion. This causes vibration of the body, a detrimental factor to ride quality.

A system of quantifying irregular engine combustion was established to enable engine bench tests to assess ride quality. Correlation was verified between the bench test measurement and actual ride quality.

This system has enabled the bench test measurements to act as a clue to identify actual ride quality. Impact of major engine performance elements such as air to fuel ratio and ignition timing on irregular combustion was also studied. This has led to the conclusion that those elements can be adjusted to reduce irregular combustion.

1. ま え が き

2サイクル・ガソリン・エンジンは比出力が高く、軽量で構造が簡単な為、小排気量の二輪車に多く使用されている。2サイクル・ガソリン・エンジンを低回転・低負荷で運転すると、失火サイクルを伴う不整燃焼が起り、二輪車では燃焼変動に起因する車体振動（サージ）が生じ、実車で乗車感を悪くする。この乗車感を悪くする不整燃焼は2サイクル・ガソリン・エンジン特有の現象であり、不整燃焼を定量評価する事は、それを改善する為にも重要な項目である。従来より乗車感

を評価する方法として、次に示す様な評価方法がとられている。

- (1) エキスパート・ライダーの実走による主観的な評価方法
- (2) 車体の前後方向の加速度変動を測定し、その振幅の大きさにより定量的に評価する方法⁽¹⁾
- (3) 車体に搭載したエンジンのクランク軸の回転変動を測定し、その変動率により定量的に評価する方法⁽²⁾

しかし、これらの評価方法ではエンジンを車体に搭載した状態でなければ評価できないので、エ

* 朝霞研究所

ンジン単体の開発時にエンジン台上試験によって実車での乗車感を予測する評価方法が望まれていた。

そこで、乗車感はエンジン燃焼変動に大きく起因する事に着目し、エンジン台上試験において、図示平均有効圧力 (P_{mi}) の標準偏差 ($\sigma_{P_{mi}}$) を求め不整燃焼を定量化して、エキスパート・ライダーによる乗車感との相関性を検討した。次いで、不整燃焼評価法の実用的な応用として、エンジン台上試験において、代表的なエンジンの運転因子である空燃比 (A/F) と点火時期 (θ_{ig}) の不整燃焼への影響を検討し、各々の最適な設定値を求めた。

2. 不整燃焼評価システム

実車における乗車感はエンジン燃焼変動に大きく起因する事に着目して、図1に示すような不整燃焼評価システムを構成した。テストエンジンはダイナモ・メータによって運転制御し、所定の条件下でデータの収集を行う。測定データは燃焼圧力 (P)、クランク角 (CA)、ピストン上死点 (TDC) で、1000 サイクルの信号を A/D 変換器を通して演算装置に取り込む。

得られたクランク角度毎の燃焼圧力データを用いて、毎サイクルの図示平均有効圧力 (P_{mi})、

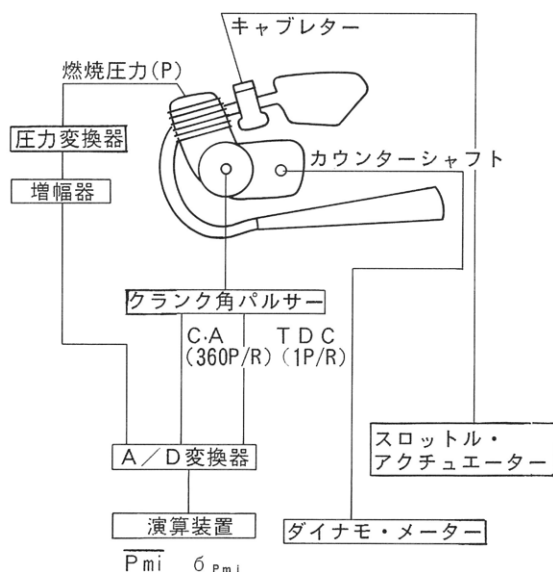


図1 不整燃焼評価システム

表1 テスト車主要諸元

	テスト車 A	テスト車 B
エンジン形式	2サイクル 水冷単気筒	2サイクル 水冷単気筒
掃気方式	5ポート シュニーレ式	5ポート シュニーレ式
吸気方式	クランク リードバルブ	クランク リードバルブ
ボア × ストローク	66.0 × 72.0 mm	66.0 × 57.0 mm
排気量	246 cm ³	195 cm ³
圧縮比	6.2	6.5
掃気タイミング	122 ° ATDC BTDC	122 ° ATDC BTDC
排気タイミング	86 ° ATDC BTDC	82 ° ATDC BTDC
1次減速比	2.600	3.058
変速比	1速	3.181
	2速	2.750
	3速	1.937
	4速	1.875
	5速	1.400
	6速	1.411
2次減速比	2.090	1.142
車輻重量	1.000	0.956
	0.916	0.818
2次減速比	2.857	3.117
車輻重量	128 kg	123 kg

及び測定した全サイクルの図示平均有効圧力の平均値 ($\bar{P}_{mi}$) と標準偏差 ($\sigma_{P_{mi}}$) を演算して求める。

3. テスト方法及びテストエンジン諸元

3.1. 評価相関性テスト方法

評価相関性のテストは排気量の異なるテスト車 A, B で行った。2種類のテスト車の諸元は表1に示す。シャーシ・ダイナモにおける不整燃焼評価は、図2に示すテスト装置で行った。

シャーシ・ダイナモ上で等価走行抵抗での運転はシフト位置をトップにして行い、前記の不整燃焼評価システムを用いて、各車速の $\sigma_{P_{mi}}$ を測定した。同様にして、各シフト位置における各車速の $\sigma_{P_{mi}}$ を測定した。実車における乗車感評価は3名のライダーによって、路面の凹凸の少ない直線コースで、風の弱い日に行った。運転条件はシャーシ・ダイナモ・テストと同条件で行い、実車乗車感評価は表2に示した4段階評価で行った。

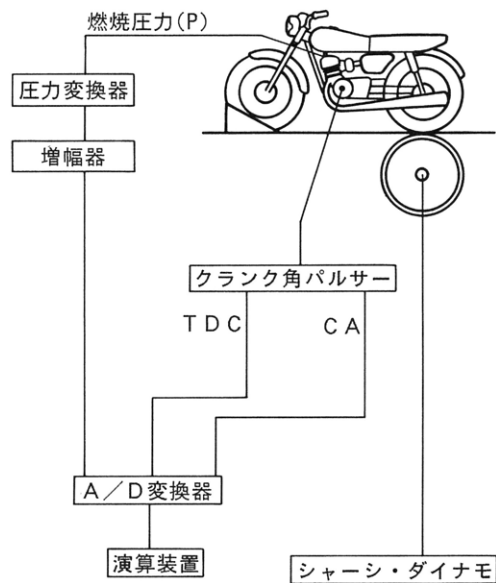


図2 シャーシダイナモにおける不整燃焼テスト装置

3.2. 応用テスト方法

実車における乗車感をエンジン台上試験で評価をする為、不整燃焼評価法を応用していくつかのテストを行った。最初のテストとして、同一車体で乗車感の良いエンジンCと悪いエンジンDにおける不整燃焼評価の比較テストを行った。

各々のエンジン諸元は表3に示す。次いで、乗車感の悪いエンジンDを用いて、乗車感に及ぼす空燃比(A/F)の影響をみるテストを行い、さらに同一エンジンにおいて乗車感に及ぼす点火時期(θ_{ig})の影響をテスト検討した。

4. 不整燃焼評価法と乗車感との相関性

不整燃焼評価法と実車における乗車感との相関性を検討する為、テスト車をシャーシ・ダイナモ上で運転し、 $\sigma_{P_{mi}}$ を測定した。その後、テストコースにて乗車感の評価を行い、 $\sigma_{P_{mi}}$ との相関性を検討した。不整燃焼評価と実車における乗車感評価との相関性は図3と図4に示すように、2種類のテスト車とも、乗車感は $\sigma_{P_{mi}}$ とかなり相関性があり、乗車感が問題となる不整燃焼レベルは $\sigma_{P_{mi}} = 60\text{kPa}$ 以上である事が確認された。

表2 乗車感4段階評価

優	Very Good	サージを全く感じない
良	Fair	サージを少し感じる
可	Acceptable	サージがあるが乗車感不快でない
不可	Poor	サージが大きく乗車感が不快

表3 テストエンジン主要諸元

	エンジン C	エンジン D
エンジン形式	2サイクル 水冷単気筒	2サイクル 水冷単気筒
掃気方式	5ポート シュニーレ式	5ポート シュニーレ式
吸気方式	クランク リードバルブ	クランク リードバルブ
ボア × ストローク	66.0 × 72.0 mm	66.0 × 72.0 mm
排気量	246 cm ³	246 cm ³
圧縮比	6.2	6.2
掃気タイミング	122 ° ATDC BTDC	122 ° ATDC BTDC
排気タイミング	108 ° ~86 ° ATDC BTDC	102 ° ~91 ° ATDC BTDC
気化器	PEφ32 改良後	PEφ32 改良前
備考	乗車感が良い	乗車感が悪い

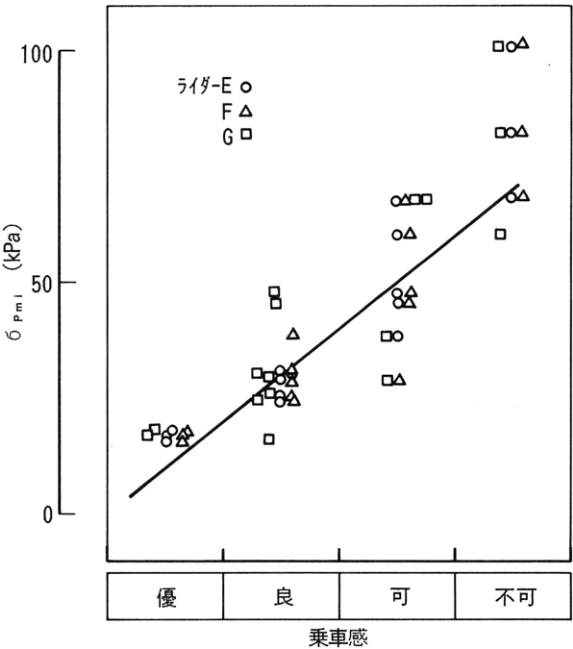


図3 テスト車A 実車における乗車感と $\sigma_{P_{mi}}$ の関係

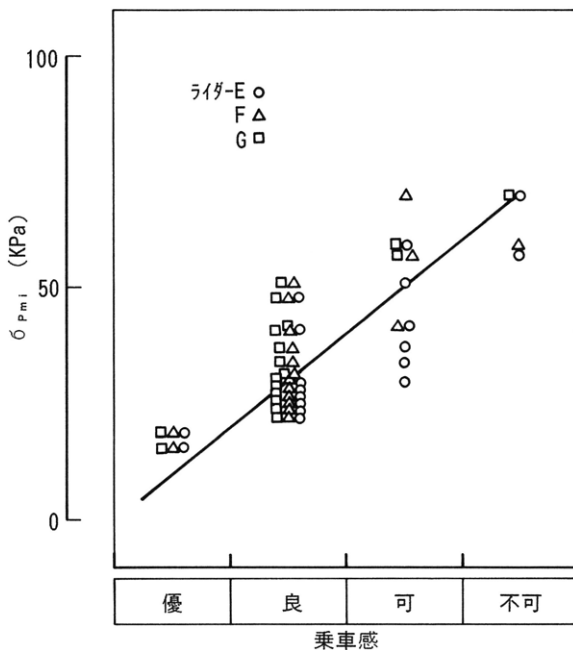


図4 テスト車B 実車における
乗車感と σ_{Pmi} の関係

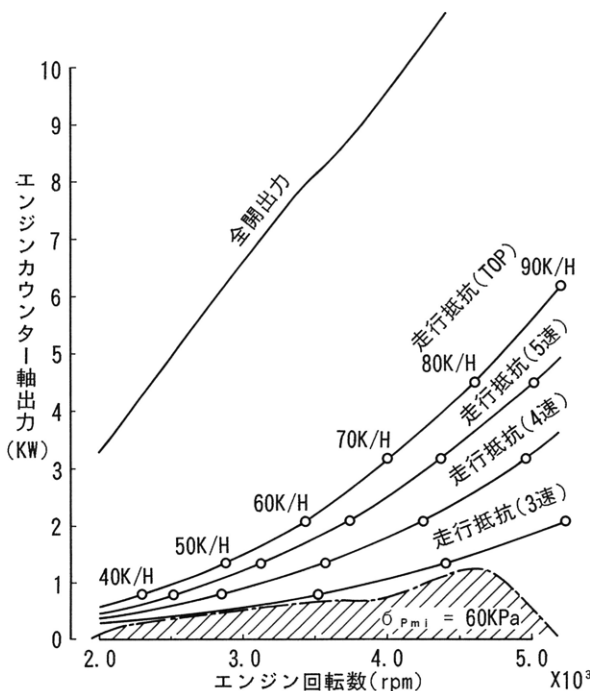


図5 乗車感の良い車の
等 σ_{Pmi} ($\sigma_{Pmi} = 60\text{KPa}$) 線図

5. 不整燃焼評価法の応用テスト

5.1. 二種類のエンジンにおける

不整燃焼評価比較

同一車体で乗車感の良いエンジン C と悪いエンジン D を用いて台上試験における不整燃焼評価を行った。

図5 と図6 は各々のエンジンの $\sigma_{Pmi} = 60\text{kPa}$ 以上の範囲、つまり乗車感が問題となる運転域を斜線で示したものである。乗車感の悪いエンジン D は6速相当の走行抵抗で $\sigma_{Pmi} = 60\text{kPa}$ になるので、実車における6速(トップ)でのクルーズ走行で乗車感が問題になる事がわかる。

一方、乗車感の良いエンジン C は $\sigma_{Pmi} = 60\text{kPa}$ 以上の範囲がより小さい負荷にきているので、実車における低いシフト位置でのクルーズ走行が可能である事がわかる。

5.2. 乗車感に及ぼす空燃比の影響

図7 はエンジン回転数 3500rpm において、スロットル開度一定で、空燃比を変えた時の σ_{Pmi} とトルクを示したものである。 σ_{Pmi} に対する空燃比の最適値は各スロットル開度で、ほぼ A/F = 13 であり、トルクに対する最適値と一致している事

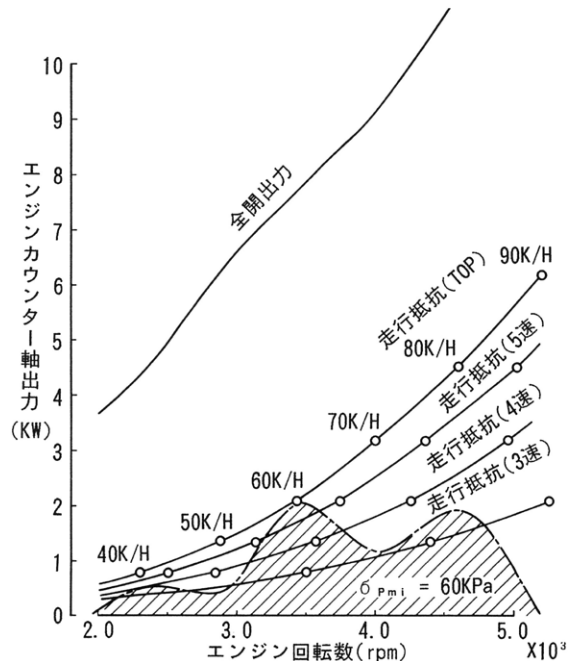
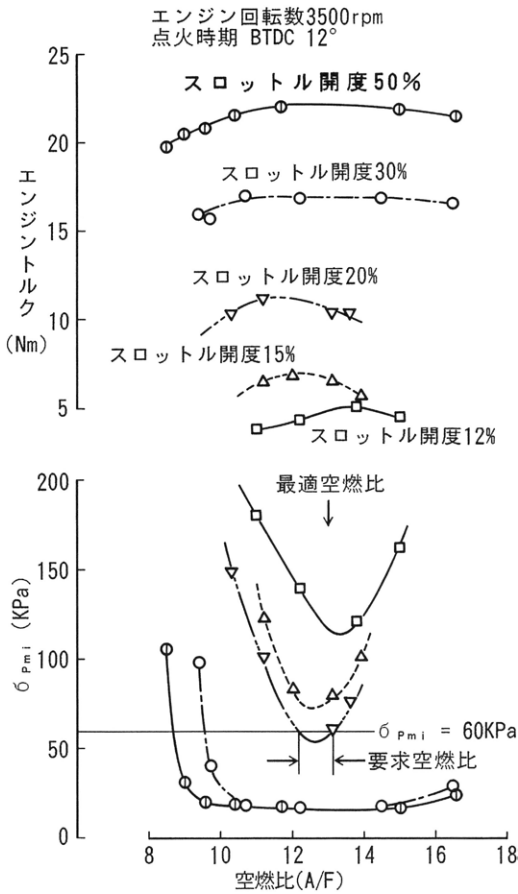


図6 乗車感の悪い車の
等 σ_{Pmi} ($\sigma_{Pmi} = 60\text{KPa}$) 線図

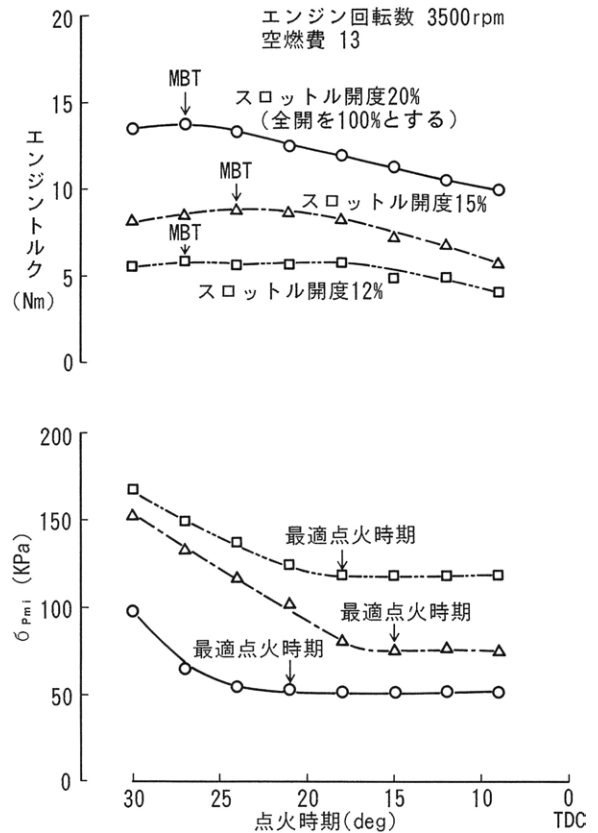
図 7 σ_{Pmi} への空燃比の影響

がわかる。今、 $\sigma_{Pmi} = 60\text{kPa}$ 以下、すなわち乗車感が問題とならない空燃比範囲を要求空燃比とすると、それは負荷の大きいスロットル開度において広く、負荷の小さいスロットル開度において狭くなる。さらに小さいスロットル開度においては、最適空燃比を与えても、 $\sigma_{Pmi} = 60\text{kPa}$ 以上となり、乗車感を満足しなくなる事がわかる。

5.3 乗車感に及ぼす点火時期の影響

図 8 はエンジン回転数 3500rpm において、スロットル開度一定で、点火時期を変えた時の σ_{Pmi} とトルクを示したものである。 σ_{Pmi} に対する点火時期の最適値はトルクが最大となる点火時期 (MBT) と一致せず、MBT より $6^\circ \sim 9^\circ$ 遅角した所に存在するという事がわかる。ここには示して

ないが、全負荷における MBT は、部分負荷の MBT より遅角した所にあり、部分負荷の σ_{Pmi} に対する最適点火時期とほぼ一致している。一般に、二輪車用エンジンの点火時期はエンジン負荷での制御は行わず、エンジン回転数のみで制御している。この点火時期制御方法は 2 サイクルエンジンの全負荷におけるトルクと部分負荷における σ_{Pmi} の両者に最適値を与えているという事がわかった。

図 8 σ_{Pmi} への点火時期の影響

6. まとめ

図示平均有効圧力 (P_{mi}) の標準偏差 (σ_{Pmi}) で不整燃焼の評価を行う「不整燃焼評価システム」が開発され、次のような結論が得られた。

- (1) 不整燃焼評価法は、実車における乗車感とほぼ相関性が有り、エンジン台上試験において乗車感を推定することが可能となった。
- (2) 不整燃焼評価において、 $\sigma_{Pmi} = 60\text{kPa}$ 以上になると実車で乗車感が問題となる。
- (3) 不整燃焼評価法を応用して、乗車感に対する

空燃比、及び点火時期の影響を検討した結果、最適空燃比はほぼ 13 に存在し、最適点火時期は MBT より 6° ～ 90° 遅角側に存在する。

- (4) 不整燃焼評価システムはエンジン台上試験において、量産開発段階のエンジンにおける不整燃焼評価に使用できる事がわかった。

参考文献

- (1) R. L. Everett (1971) “Measuring Vehicle Driveability” SAE Paper 710137
- (2) 畑、後藤 (1981) “バタフライ排気バルブによる 2 サイクル二輪車の排気制御”
内燃機関 Vol. 20, No. 250, P.11～17

■著 者■



関 根 正 男



石 川 友 美