

2 ストロークエンジンのトルクマップによる ドライバビリティ簡易定量評価法

Driveability Evaluation of Two-stroke Engine at Part Throttle Operation Using Torque Map

岡田 和典* 小池 育雄* 前田 浩幸*
Kazunori OKADA Ikuo OIKE Hiroyuki MAEDA
瀧沢 勝三* 新井 清志*
Katsumi TAKIZAWA Kiyoshi ARAI

要 旨

二輪車用2ストロークエンジンにおいて、オフ路面走行時の部分負荷領域におけるドライバビリティを改善するために、エンジンのトルクマップを用いたドライバビリティの簡易的な定量評価を試みた。

異なる制御特性を与えた3種類のエンジンを試作し、それぞれのトルクマップを作成した。次に、実車使用条件の頻度分布調査によりトルクマップ上の経過曲線を特定すると、本曲線のトルク変動巾と、ドライバビリティの官能評価値との間には相関があることがわかった。

これにより、エンジン仕様に関するドライバビリティの簡易定量評価が可能になった。テストエンジンにおいてはトルク変動巾が約 $100\text{N}\cdot\text{m}^+$ (トルク変動巾の単位を $\text{N}\cdot\text{m}^+$ と定義した) 以下になるようエンジンの諸元設定を行うと、ほぼ満足のできるドライバビリティが得られた。

ABSTRACT

To improve the driveability of two-stroke motorcycle engines in the partial load region running over off road surfaces, an attempt was made to develop an evaluation method using the engine torque map.

Three engines with different control characteristics were produced and torque maps were plotted. The identification of passage curves on the torque maps by means of frequency distribution during the running of actual motorcycles has revealed the presence of correlation between the range of the torque fluctuation on passage curves and the evaluated value of driveability.

This made a quick quantitative evaluation of driveability possible. It has been shown that, in the provided engines, nearly satisfactory driveability can be obtained when the range of torque fluctuation is less than about 100Nm^+ .

1. まえがき

多くの国々で根強い人気のあるモトクロスレースやエンデューロレースに代表されるオフ路面の走行に用いる二輪車には小形、軽量、高トルクの特徴を持つ2ストロークエンジン搭載車が多く使われる。オフ路面走行時に多用される部分負荷領域のドライバビリティ (以降DRと呼ぶ) の評価は、一般に定量的な表し方が難しいため¹⁾、²⁾、実車走行によるライダーの官能評価によって行われており、多くの工数とライダーの熟練を必要としている。なお、本稿で論じるDR評価とは、

(1) スロットルレスポンス: スロットル開閉時の応答性

(2) スロットルリニアリティ: スロットル開度に対して出力が直線的に比例して出る感覚

(3) トラクタビリティ: 荒れた路面状況でのコントロール性、低回転域での粘り感および登り坂でのトルクの余裕

などを判定することをいう。

一方、廉価で、かつ良好なDRを有する二輪車を短期間で開発することが要求され、そのためにはDRの簡易的な定量評価法を確立する必要があった。

本研究では、まずオフ路面走行におけるスロットル開度とエンジン回転数の頻度分布を調査し、次にベンチ台

* 朝霞研究所

上での解析により求めたエンジンのトルクマップを用いて、使用頻度の高い部分のトルクの起伏程度に着目し、その特性と DR の官能評価値とを関係付けた。

これをもとに、トルクの起伏程度を表すトルク変動巾を計算することにより簡易的にオフ路面走行時の DR の官能評価程度を得ることが可能となった。

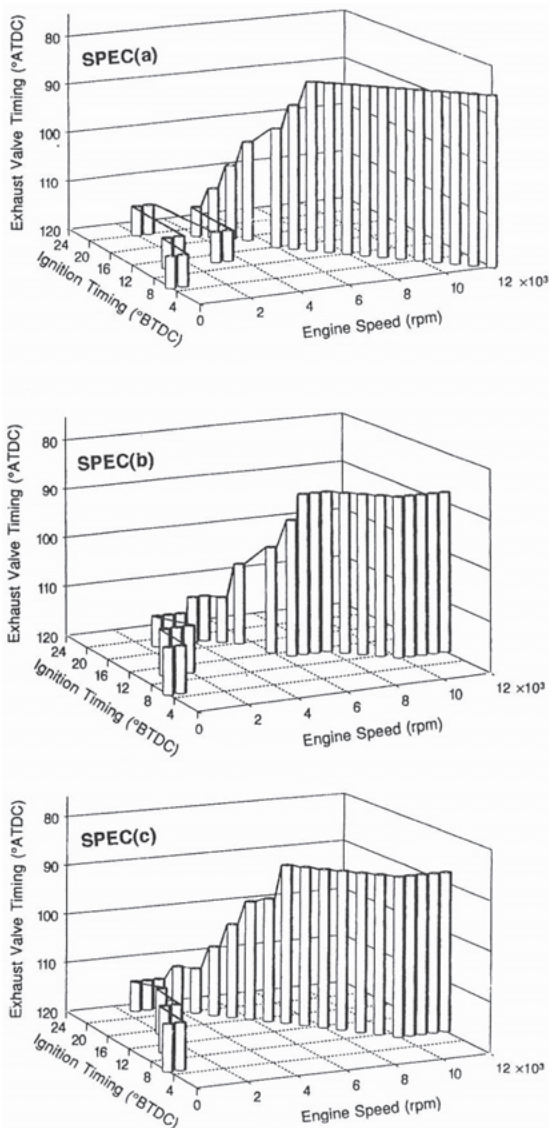


Fig. 1 Engine Control Characteristics

Table 1 Specifications of Base Engine

Engine Type	Liquid Cooled Single Cylinder, Case Reed Valve, 2 Stroke Engine	
Bore	(mm)	66
Stroke	(mm)	72
Displacement	(cm ³)	246.3
Compression Ratio		6.4:1
Scavenging Type		Schnürle
Scavenging Port Timing		124° ATDC
Exhaust Port Timing		86° ~ 114° ATDC
Diameter of Main Inlet Port	(mm)	32
Scavenging Port Area	(cm ²)	15
Exhaust Port Area	(cm ²)	13
Exhaust System		Expansion Chamber
Maximum Power Output	(kW/rpm)	29/8,000
Maximum Torque	(N·m/rpm)	36/6,500

2. テスト手法

2.1. ベンチ台上テスト

台上トルク値の測定は、エンジン回転速度 500rpm ごとに定常状態で行った。トルクマップの作成は、SAS システムを用い測定点間の補間はスプライン関数にて行った。

テストのベースエンジンに、Table 1 に示す排気量 246cm³ の水冷単気筒エンジンを用いた。排気ポート開き時期はもとも 86° ~ 114° ATDC の間で可変である。

テストエンジンは、SPEC(a)、(b)、(c) の 3 種類であり、エンジン回転速度に対してそれぞれ固有の点火時期および排気ポート開き時期の制御特性を持つ (Fig. 1)。棒グラフの先端を結んだラインが、制御特性である。SPEC(a) は、ベースエンジンそのものである。

2.2. 実走テスト

テスト車のベースには、市販車である HONDA CRM250R を用いた (Fig. 2)。Table 2 にテスト車の主



Fig. 2 Exterior View of HONDA CRM250R

Table 2 Specifications of Test Motorcycle

Length/Width/Height (m)	2.195/0.835/1.225
Curb Mass/Dry Mass (kg)	127/114
Carburetor Type	Piston Valve
Ignition System	PGM-DC-CDI
Transmission System	6-speed, Constant Mesh
Caster (deg.) /Trail (mm)	27.5/113
Tire Size	(F) 3.00-21, (R) 4.60-18
Suspension Type	(F) Telescopic, (R) Swing Arm
Frame Type	Semi-double Cradle

Table 3 Driveability Evaluation Scale

Scale	Evaluation of Driveability
5	Excellent
4	Good
3	Fair
(2.5)	(Acceptable Borderline)
2	Poor
1	Very Poor

要諸元を示す。テスト車には各々、先に述べたSPEC(a)、(b)、(c)のテストエンジンを搭載した。実走テストは、平均的なエンデューロコースを用いた自由走行を行い、スロットルレスポンス、スロットルリニアリティ、トラクタビリティに主眼をおいてSAE J1441を参考に設定した5段階の総合的な評価とした(Table 3)。なお、Scale(評価点数)の3はテスト車と同一カテゴリ市販車の平均的レベルを示す。テストライダーは、エンデューロレースのエキスパート、セミエキスパート、ノービスクラスからそれぞれ1名を選んだ。

3. テストエンジンの特性

ベースエンジンSPEC(a)に対しSPEC(b)、(c)は、トルクの起伏程度と全負荷特性との組み合わせの中から選択した(Table 4)。3種類のエンジンのトルクマップを、Fig. 3に示す。いずれも最大トルクおよび最大出力はほぼ同等であった。

Table 4 Characteristics of Test Engines

	SPEC(a)	SPEC(b)	SPEC(c)
Degree of Torque Inflection	Large	Relatively Small	Small
Nature of WOT Characteristics	Rather Peaky	Torque-full	Powerful
Maximum Power Output (kW/rpm)	29/8000	29/8000	30/8000
Maximum Torque (N·m/rpm)	36/6500	37/6000	36/7000

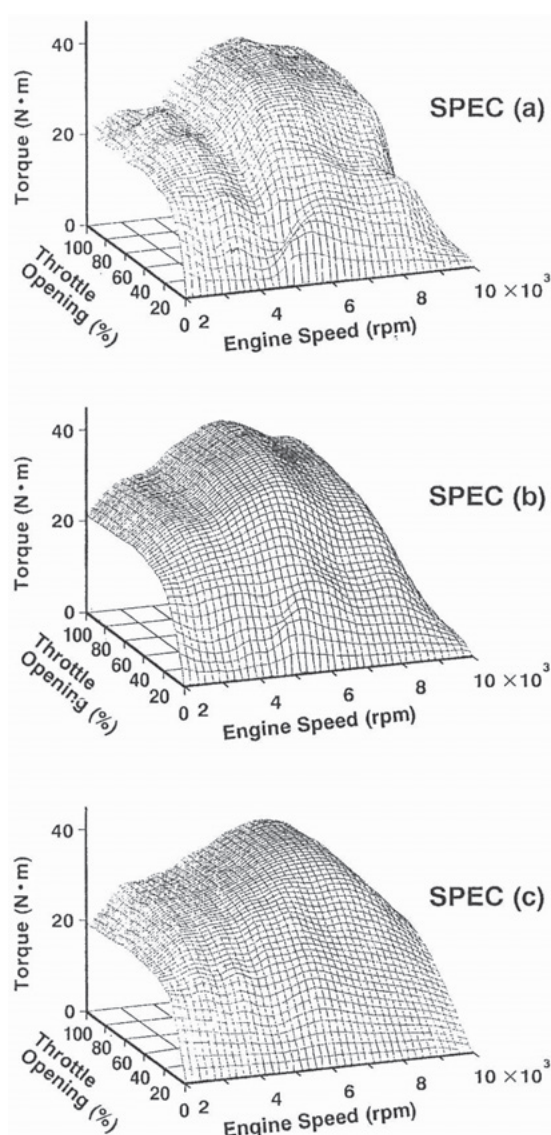


Fig. 3 Torque Maps of Test Engines

4. オフ路面走行の特徴

平均的ライダーを代表すると思われるセミエキスパートライダーにより自由走行を行って、スロットル開度とエンジン回転数の頻度分布調査をした結果を Fig. 4 に示す。

SPEC(b) エンジンを搭載した二輪車の場合は、スロットル開度に関しては0～55%に、エンジン回転数に関しては3000～5000rpmに頻度の高い領域が存在することがわかった。すなわちオフ路面走行の特徴は、部分負荷領域が多用される点である。この傾向は、異なったライダーでも同様であり、ほぼ同じ領域内の分布であった。次に Fig. 4 より各頻度毎のエンジン回転数とスロットル開度の関係を等高線図にて表現し、Fig. 5 に示す。最も頻度の高い無負荷点(A: 3750rpm, 0%)と負荷点(B: 4750rpm, 25%)を結ぶABは、加速時の代表的な使用パターンとみなせる

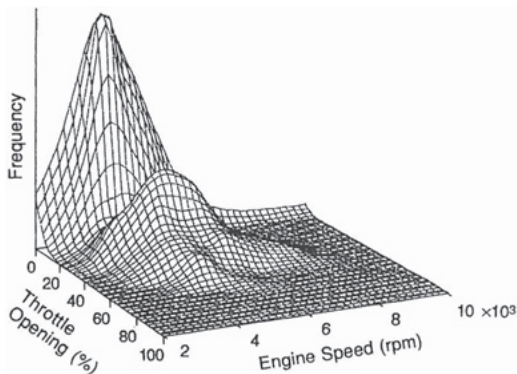


Fig. 4 Frequency Map of CRM250R with SPEC(b) Test Engine

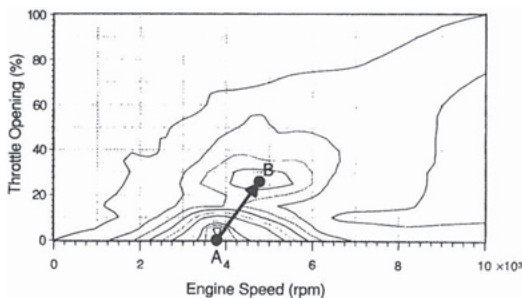


Fig. 5 Frequency Contour Line of CRM250R with SPEC(b) Test Engine

5. 経過曲線のトルク変動

実走解析によって定めた代表的な使用パターンをエンジンのトルクマップ上に当てはめた場合に、使用頻度の高い領域の代表点を結ぶ線を経過曲線と呼ぶ。SPEC(b)の経過曲線は、Fig. 6のABのように示される。経過曲線は実走時のエンジントルクの変化を表していると考えて良い。

次に、Fig. 3に示した3種類のトルクマップに関して各々経過曲線を求め、ABを含む垂直平面上において、それらの経過曲線をABの時間経過に関して求めたものがFig. 7である。実走にて加速した場合の時間経過に対す

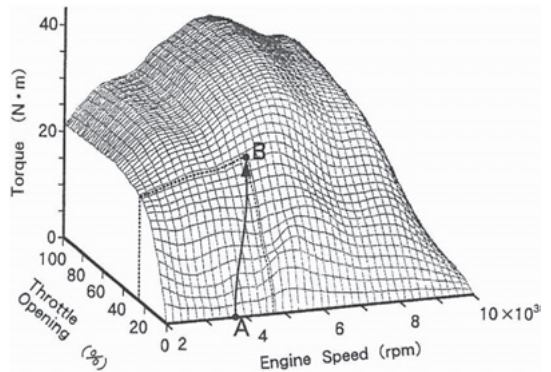


Fig. 6 Passage Curve on Engine Torque Map

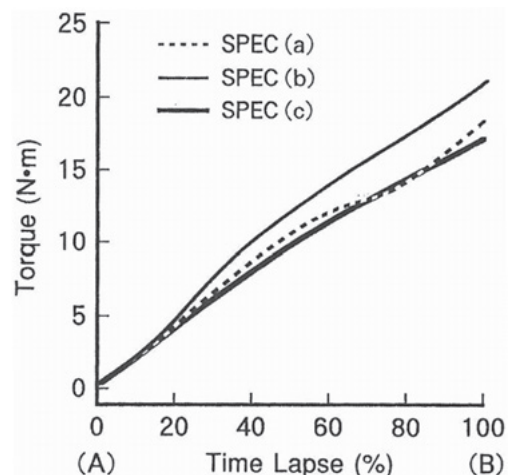


Fig. 7 Passage Curve of Test Engines

るエンジントルクの変化を表している。SPEC(c)が最も滑らかな変化を示している。

次に、変動をより見易くするために経過曲線の時間経過に対するエンジントルクの変化率に着目し、エンジントルクを経過時間（経過曲線上のA点からB点までの実変化時間を%で表示）について微分したものを経過曲線のトルク変動と呼び、その単位を $\text{N}\cdot\text{m}^+$ と定義する。これを3種類のエンジンについて比較し Fig. 8 に示す。実線は一次回帰直線を示す。各エンジン仕様共に、回帰直線の傾きはほぼ同じで、経過時間に対してエンジントルクの変化が、ほぼ同等の減少傾向になっている。上下の破線は、一次回帰直線と同じ傾きを持ち、偏り最大となる直線を示す。偏りが最大となる2直線の切片の差を経過曲線

のトルク変動巾と呼ぶ。トルク変動巾を Fig. 8 のそれぞれについて求めると、SPEC(a)では $158\text{N}\cdot\text{m}^+$ 、SPEC(b)では $87\text{N}\cdot\text{m}^+$ 、SPEC(c)では $50\text{N}\cdot\text{m}^+$ であり、SPEC(a)、(b)、(c)の順でトルク変動巾が小さくなっている。すなわち、時間経過に対して、SPEC(c)におけるエンジントルクの変化が最も滑らかであり、加速の仕方がより滑らかになると期待できる。

6. トルクマップと DR の相関

3仕様のテストエンジンを搭載した二輪車は、それぞれほぼ同等の空燃比となるようなキャブレタセッティングがなされている。LA-4 モードでの燃料経済性と排気エミッションの測定値は Fig. 9 に示すとおり、いずれもほぼ同等である。

これらのテスト車を用い、実走テストを実施して得られたDR 官能評価値と、経過曲線から求めたトルク変動巾との関係を Fig. 10 に示す。台上テストで得られた特性値であるトルク変動巾の大小と官能評価値の間には、よい相関が得られた。

したがって、定量評価が困難であるといわれてきたオフ路面走行時のDR 特性について、ベンチ台上解析データおよびオフ路面走行モードの収録データを用いて、簡易定量評価が可能である。テスト車では、変動巾が $100\text{N}\cdot\text{m}^+$ 以下になると、3.5 以上の官能評価値が得られ、ほぼ満足のできるDR 性能となる。

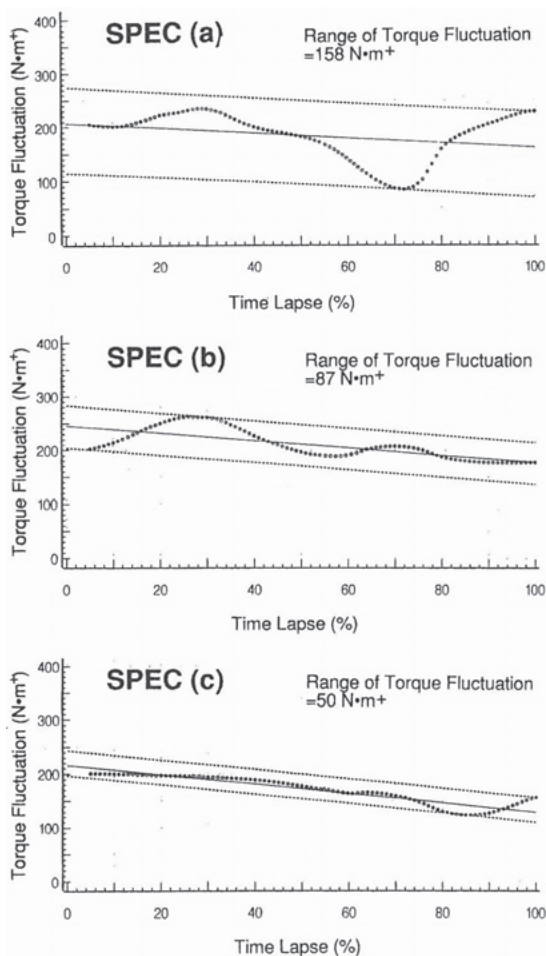


Fig. 8 Range of Torque Fluctuation on Passage Curve

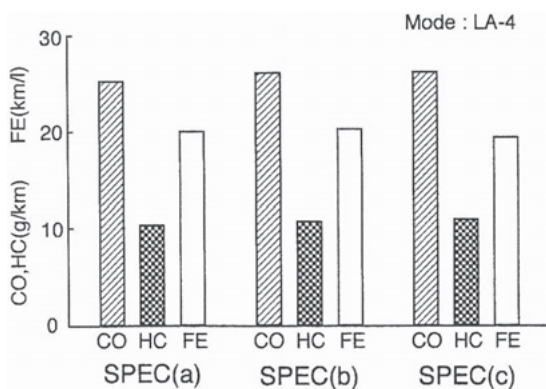


Fig. 9 Fuel Economy & Exhaust Emission of Test Engines

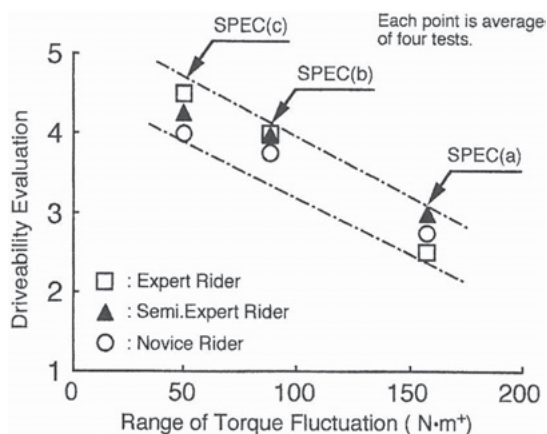


Fig. 10 Correlation between Driveability and Range of Torque Fluctuation

7. 結 論

二輪車用 2 ストロークエンジンにおいて、オフ路面走行時の部分負荷領域のドライバビリティを改善するための研究結果は、以下のように要約される。

- (1) エンジントルクマップ上における経過曲線のトルク変動中が、ドライバビリティの官能評価値と相関を持つ。

- (2) テストエンジンにおいては、点火時期と排気ポート開き時期の制御特性を、トルク変動中が $100\text{N}\cdot\text{m}^+$ 以下となるように台上において調整すると、ほぼ満足のいくドライバビリティ性能を得ることができる。
- (3) 新型エンジンの開発において、ドライバビリティに影響を与えるエンジンのトルク特性は、実走テストを行わなくても、ドライバビリティ簡易定量評価法によって決定することが可能である。

また筆者らは、本手法を用いることでオフ路面走行時だけでなく、タウンユースでも快適で疲れないドライバビリティを有する二輪車を開発できると考える。しかし、本手法はドライバビリティ改善のための一手法にすぎず、今後さらに多方面からの研究が必要である。

参考文献

- 1) R. L. Everett (1971), Measuring Vehicle Driveability, SAE Paper 710137
- 2) 池崎誠, 佐々木和也, 服部達哉, 加速感の要因と定量化の一手法, 自動車技術, Vol.42, No.11, 1988, P.1395-P.1402

■ 著 者 ■



岡田 和 典



小池 育 雄



前田 浩 幸



瀧 沢 勝 三



新井 清 志