



空気・水・土をきれいにする技術 特集

## 二輪車の燃費改善

### Improving the Fuel Economy of Motorcycles

都竹 広幸 Hiroyuki Tsuzuku

●研究創発センター コア技術研究室

There is an increasing call to improve the fuel economy of motorcycles as a means to deal with environmental problems like global warming resulting from CO<sub>2</sub> emissions and also for limiting consumption of petroleum resources.

In Japan, transportation and transport vehicles account for about 21% of the country's total output of CO<sub>2</sub> emissions and the current trend is for that percentage to increase year by year. As a result, there is discussion and planning of countermeasures to reduce primarily automobile CO<sub>2</sub> emissions from a number of fronts, ranging from the adoption of fuel-economy target levels and strengthening development efforts for new types of clean vehicles to improvement of the traffic system<sup>2)</sup>.

The motorcycle is by nature a very economical form of transportation, and since it is usually ridden for shorter distances than automobiles, thus it contributes less to CO<sub>2</sub> emissions as a whole. For such reasons, there have not been specific regulations imposed for motorcycle emissions until now in Japan. However, with the rapid growth in the motorcycle market in Asia and other areas, motorcycles are fast becoming a main form of transportation in people's daily lives. When seen in this light, the overall environmental impact of motorcycles on a global scale is by no means small. For this reason Taiwan has established fuel-economy standards for motorcycles and other countries have begun to put in place emissions regulations.

As consciousness grows in this way and "environmental measures" including emissions levels become part of the definition of performance in vehicles with internal combustion engines, YMC is working actively within the context of its environmental management policies and with a global perspective to reduce the amount of CO<sub>2</sub> emissions (improve fuel economy) produced by our motorcycles.

In this report, we introduce an example of efforts to identify the principal points of fuel economy in motorcycles and efforts to improve actual engine fuel economy.

## 1 はじめに

近年の CO<sub>2</sub> 排出による地球温暖化をはじめとする地球環境への関心と、石油資源の消費抑制に応えるため、二輪車への燃費向上要求は高まってきている。

わが国における輸送部門の CO<sub>2</sub> 排出量は、CO<sub>2</sub> 総排出量の約 21%<sup>1)</sup> を占めており、年々その寄与率は増える傾向にある。そのため自動車を中心に、その削減に向けた燃費目標値の導入およびクリー

ン機関の開発強化・交通システムに至るまで多方面からの議論や施策検討が行われている<sup>2)</sup>。

二輪車においては、本来経済性の高い乗り物として、また自動車と比較して利用走行距離が短いなどの理由からCO<sub>2</sub>排出全体への寄与が低く、国内においては燃費規制などの具体化された例はなかった。しかしながら、アジアを中心に急激な二輪車市場拡大が続いており、生活の中心的な移動手段としての位置付けも高いため、世界的な目でみると環境に与える影響は小さくない。そのため、台湾における燃費規制をはじめ、他の国においても排ガス規制強化と同時に燃費規制化の動きも出てきている。

この様に内燃機関そのものにおける性能という定義が、従来の排ガス対応を加えた『対環境』という認識が高まる中、ヤマハ発動機(株)としても環境重視の経営を掲げ、グローバルな視点から二輪車におけるCO<sub>2</sub>削減に積極的な取り組みを行っている。

ここでは、二輪車における燃費の現状と改善のポイント、およびそのエンジンにおける燃費改善取り組みの一例について紹介する。

## 2 二輪車の燃費の現状

二輪車の燃費改善を述べる前に、自動車と二輪車との大まかな燃費とCO<sub>2</sub>排出の比較例を示す。例えば、自宅から5km先のスーパーへ買い物に行ってきた場合を想定しよう。図1は、自動車（1リットルカー）と二輪車（原付スクーター）を利用した場合のガソリン消費量とCO<sub>2</sub>排出量を示したものである。往復10kmを二輪車に代用することで、ガソリン消費が半減し、CO<sub>2</sub>排出量にして灯油ポリタンク18個分の排出を抑制することができる。二輪車が、経済性が高い乗り物であるという所以である。ちなみに国内二輪車保有台数は、約1,400万台であり、そのうち原付/小型（125cm<sup>3</sup>未満）がおよそ75%を占めている。

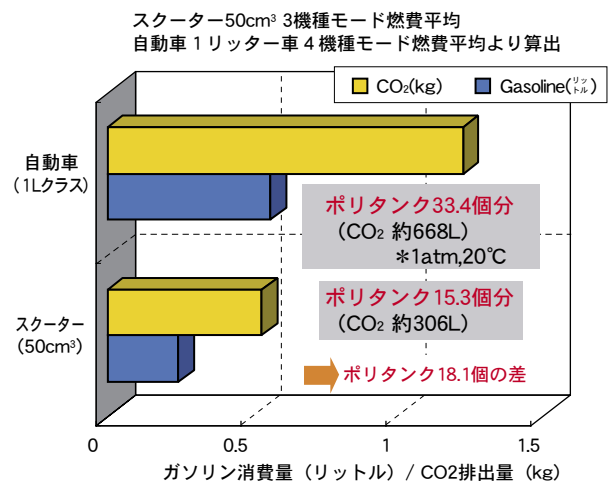


図1 自動車とスクーターの燃費 (CO<sub>2</sub>排出量) 比較

また、実用的な燃費は走り方によって大きく影響を受ける。大都市における慢性的な道路の混雑状況が、自動車や二輪車を問わず大きく燃費に影響を及ぼしていることは言うまでもない。速度の低下は、時間効率の低下を招くとともに燃費の悪化と排ガスの増大をもたらすことになる。1999年に報告された「21世紀の交通社会における二輪車の役割に関する調査研究」(自動車工業会)<sup>3)</sup>の中に、一つのシミュレーション例が記載されている。それによると東京都内国道1号線のある区間において、乗用車5.5台のうち1台を二輪車で代替利用すれば(主要都市の乗用車10台のうち7台は一人乗車<sup>4)</sup>)、平均走行速度が約35%アップしCO<sub>2</sub>がおおよそ30%削減できるという結果が報告されている。二輪車の持つ低燃費性・速達性による効果である。

これからの交通社会においては、二輪メーカーとして、エンジンベースのさらなる燃費向上に取り組むことは当然のこととして、いかにユーザーに魅力ある都市型コミュータが提案できるか、かつ行政と一体となった交通システムとしての取り組みに展開できるかも大きなミッションの一つではないかと考えている。

### 3 燃費改善のポイント (モード解析の例)

少し回り道をしたが、本題の二輪車の燃費改善について小型エンジンの一例を挙げて紹介したい。従来二輪車においては定地走行燃費が用いられる場合が多かったが、最近では、排ガスと合わせたモードでの評価に移りつつある。図2は、二輪車での代表的なモードの走行基本パターンと走行パターン毎の時間割合を示したものである。また、図3には排気量125cm<sup>3</sup>前後の2機種(いずれもキャブレタ仕様)のモード走行パターン毎の燃費寄与を示す。B機種は、ベルト式無段変速車であるA機種に対してミッション車であり、混合気のリーンセッティング等によりモード燃費の良い車両である。図3から、燃費の良し悪しに関わらず、これらのエンジンの間では運転パターン毎における燃料消費の寄与に大きな差はない。およそアイドル15~20%、定常40%、加速25%、減速20%程度となっており、アイドルと減速時の燃料消費寄与が意外に高い。二輪車においてはその走り、すなわち加速レスポンスを重視するケースが多く、消費燃料の削減対象は寄与の高い定常域、そして走りに直接影響を与えないアイドルおよび減速域でその消費量をどれだけ減らせるかがポイントになる。また、図4にモード走行時の使用領域マップを示す。一般的に二輪車の特性上、モード域と言えどもエンジンの使用回転数はかなり高く、その使用回転数を下げる

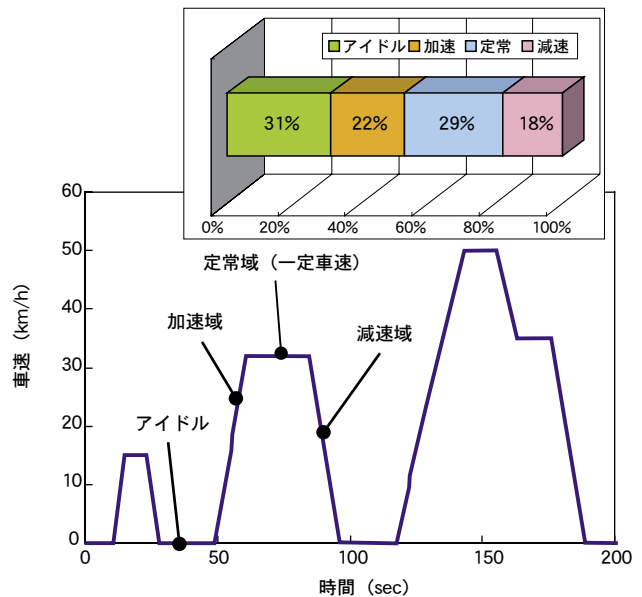


図2 二輪車のモード (ECE40) と運転パターン毎の時間割合

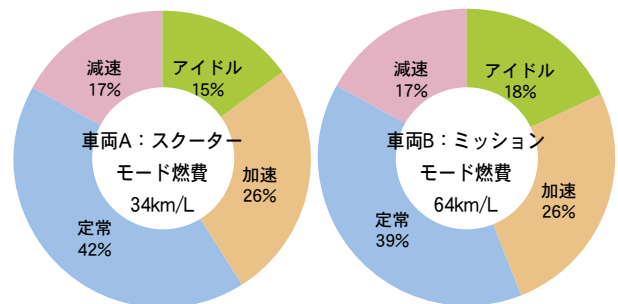


図3 運転パターン毎のモード燃費寄与

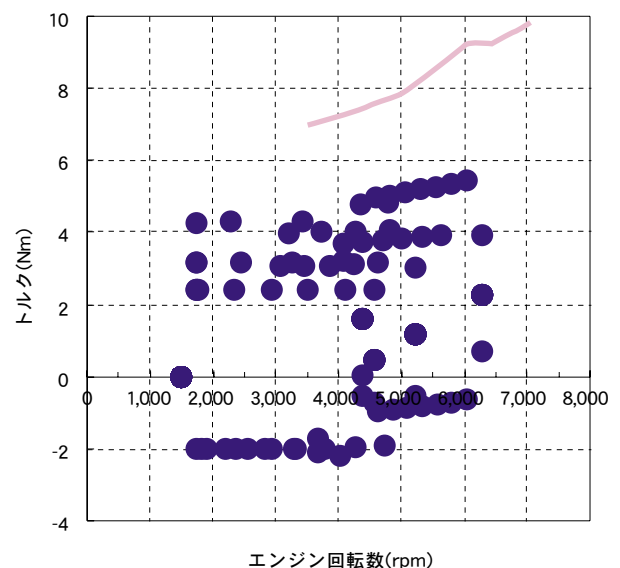


図4 モード運転領域の例 (125cm<sup>3</sup> 単気筒)

ことができれば燃費改善に繋がる場合が多い。その意味で、全開出力特性の開発まで踏み込んだ取り組みが燃費改善には必要となる。

## 4 燃費改善の検討例

上記では、現状の二輪車におけるモード走行の解析を例に使用域に関わる改善ポイントを示したが、実際にはその使用域毎の改善と合わせ、エンジンベースとしていかに熱効率をあげるかと言った要因毎の細かな積み上げが必要となる。エンジンの熱効率を向上する方法は、大別すると①供給した燃料を効率良く燃焼させる、②エンジン内部の摩擦損失を低減する、ことにあると言える。

ここでは、水冷 125cm<sup>3</sup> エンジンにおける試作エンジンでの検討例を示す。最近では、小型エンジンにおいても細かな混合気濃度 A/F の制御を行う目的で電子制御式燃料噴射の採用が進みつつある<sup>5)</sup>。以下に示す結果は、これを標準仕様とした。

図5、図6は、熱効率向上を狙って種々の改善策を折り込んだ試作エンジン (Prototype) の、全開性能と摩擦損失を同一排気量の生産エンジン (STD) と比較したものである。STD 仕様に対して、最大出力を低速側で維持しながら低中速トルクを最大 40%以上向上させている。この結果は、多弁化 (2弁→4弁)、高リフト狭作用角カム、ボア径や冷却系見直しによる高圧縮比などの体積効率と熱効率向上手法の折り込みとともに、図6にも示した摩擦損失の大幅な改善によるものである。摩擦損失低減には、ローラロック動弁系と各摺動部にわたる表面処理の採用とともに、構造解析による可動部の軽量化やピストン形状やリング張力などを含めた細部にわたる見直しを行った。これらにより全開燃費は最大約 20%、モード燃費もモード使用域の低速化によって、およそ 30%以上の向上が図れた。

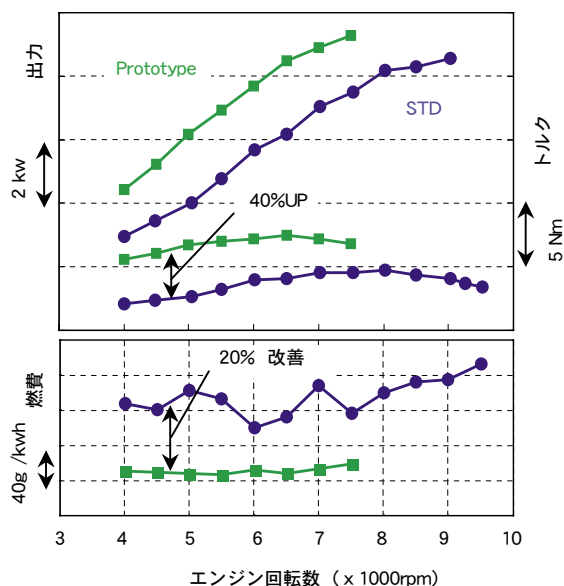


図5 全開性能の向上例 (低速化)

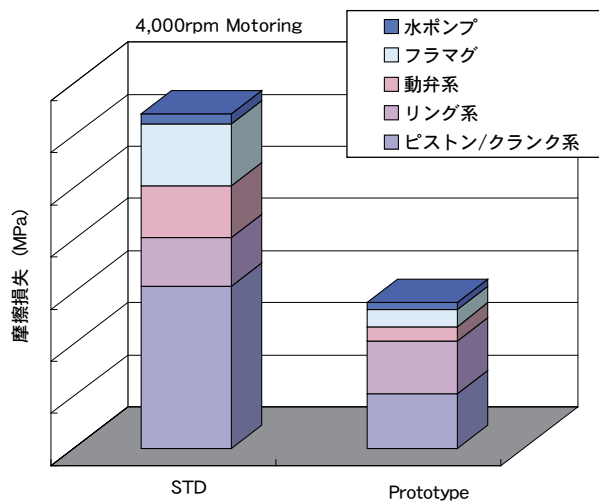


図6 摩擦損失の低減例

次にモード使用域毎での対応例について示す。定常域改善においては、主に燃焼改善を目的に、かつ過渡時のレスポンスも考慮しながら、インジェクタの取り付け位置 / その特性（噴霧粒径 / 形状）および筒内流動の最適化を図っている。図7、図8に、その一例を示す。図は、マニホール噴射位置仕様（STD）に対し、インジェクタ位置を吸気弁近傍に取り付け、かつ燃料噴霧の微粒化と筒内流動の最適化を図った仕様の燃費比較と A/F 変化に対する追従性を比較したものである。微粒化や筒内流動の強化（図7の映像参照）による燃焼改善、またインジェクタ位置選定によるレスポンス改良を行いながら、定常走行時における燃費およびリーン限界が向上している例である。

アイドルの燃費低減には、車両停止時にエンジンそのものを止めてしまうアイドルストップ機構が自動車を中心に一部採用されている。図9は、クランク軸直付けのモータによるアイドルストップ機構でのモードにおけるアイドル燃費改善効果を示したものである。アイドルストップの効果は比較的大きく、最大10%程度の効果が得られている。また、減速時には、不要な燃料削減のための燃料カットを適用することによって、モードで約4%程度の改善効果があった。これら燃費効果は、そのエンジンにおけるモード使用回転数によって影響をうけるが、電子制御式燃料噴射採用によって調整の自由度は大きく向上した。

電子制御式燃料噴射の採用は、排ガス対応はもちろん燃費対応にも順応性が高く、小型エンジンにおいても搭載拡大が図られようとしている。しかしながら、燃料噴射化により車両全体の消費電力は確実に増加し、その発電補強による燃費の悪化は決して小さくない。燃料噴射システムのコスト削減と合わせ、車両消費電力の低減も忘れてはならない点の一つである<sup>6)</sup>。

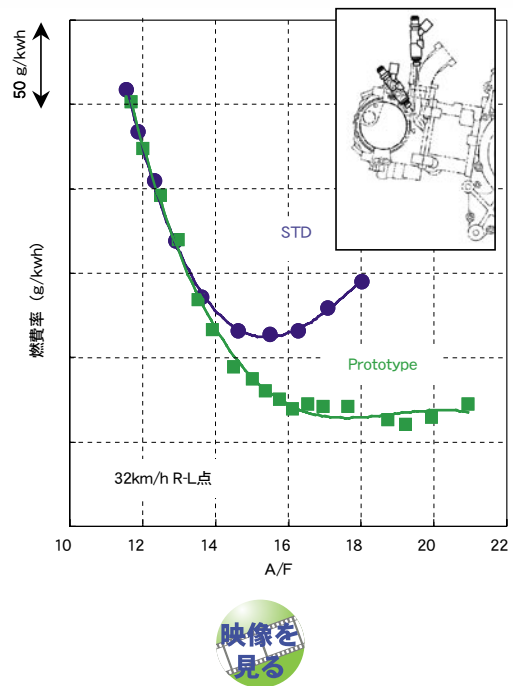


図7 定常域の燃費改善例  
(\*映像は、筒内流動の計測例；PIV法)

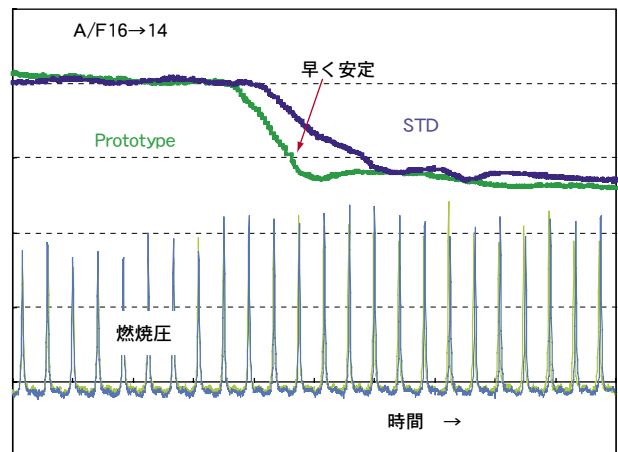


図8 改善仕様の燃料追従性比較

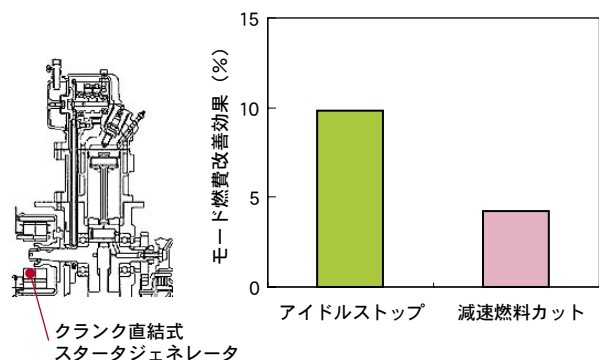


図9 アイドルストップ・燃料カットのモード効果

## 5 おわりに

小型エンジンをもとに二輪車の燃費改善例をいくつか示したが、これらは二輪車における燃費向上のポテンシャルの一例を示したにすぎない。しかしながら、現状の二輪車はコスト競争の中にあると言ってもよく、燃費改善手法の多くは、そのコスト、そして二輪車の命ともいえる‘走り’とトレードオフの関係にある場合が多い。

今後もそれらの要件と燃費とを両立させるべく、地道な努力を積み重ねるとともに、次世代の二輪車とはどうあるべきかを常にイメージしながら、環境にやさしい技術開発にむけての取り組みを継続したい。

### ■ 参考文献

- 1) 2002 日本の自動車工業，日本自動車工業会
- 2) 自動車交通研究 環境と政策 2002，日本交通政策研究会
- 3) 21世紀の交通社会における二輪車の役割に関する調査研究，1999 日本自動車工業会
- 4) 全国都市パーソントリップ調査，旧建設省
- 5) 高橋博幸 ほか5名，スクーター Majesty125-Fi，ヤマハ発動機技報 2003-3 No.35
- 6) 中村友治 ほか4名，小型二輪車 Fi システム，ヤマハ発動機技報 2003-3 No.35

### ■ 参考文献



都竹 広幸