

2サイクルレーシングエンジン用デトネーションコントロールシステム

Detonation Control System for Two Stroke Racing Engines

早崎良明 Yoshiaki Hayasaki

●モータースポーツ開発室

1 はじめに

近年ロードレースでは鉛含有量の多い高価なスペシャルガソリンで性能を向上させてきた。しかし、環境への配慮と参加者の金銭的負担軽減の観点から、1997年より全日本選手権では各サーキットで供給されるガソリン（市販無鉛ハイオク）の使用が義務づけられた。又、世界選手権（WGP）でも1998年より無鉛化された。このため、エンジンの異常燃焼（デトネーション）対策が必要となり、性能や、燃焼室まわりの耐久性が低下すると共に、点火時期やキャブレタセッティングの要求範囲が狭くなった。

そこで、ファクトリーレーサーYZR250では、デトネーションコントロールシステム（以下、DCSという）を制御技術室と共同で開発し、性能と信頼性を向上させることができた。基本的には4輪エンジンではポピュラーなノック制御（KCS）に類似したものだが、殆ど設計変更なしで燃焼圧力センサを気筒毎に設け、最高回転14000rpm以上の2サイクルエンジン（毎秒230回以上の燃焼）での制御を可能にした。それを実戦投入し、全日本GP250クラスでは1998チャンピオン（9戦中8勝）と

1999開幕4連勝中（本稿執筆時）と他を圧倒し、又1999年より復帰したWGP250における好成績（第2戦で早くも優勝）に貢献している。以下に本システムの概要ならびに効果を紹介する。

2 仕様

表1にエンジンの主要諸元、図1に搭載マシンを示す。エンジンは、原田哲也氏が1994年にWGP250チャンピオンを獲得した時の発展型であり、それを熟成したものである。

表1 エンジン主要諸元

呼 称 / 型 式	YZR250/OW
機 関 形 式	2サイクル水冷90度V型2気筒
排 気 量	249cc
最 大 出 力	90PS (66.2kW) 以上
デ バ イ ス	YPVS, デューティ制御パワージェット



図1 DCS搭載車YZR250

3 デトネーション

3.1 デトネーションの定義

一般に衝撃波を伴う超音速の火炎伝播を指すが、2サイクルエンジンでは、正規の点火以外による高速の燃焼を総称してデトネーションと呼んでいる。これにはカーボンデポジット等のヒートスポットからの着火（プレイグニッションの類）や、圧縮されたエンドガスからの着火がある。更に無鉛ガソリンでは、2サイクルエンジン特有の高回転域の高温残留ガスによる着火も新たな問題となった。排気温度は500℃以上に達するが、ガソリンの着火温度は約300℃である。

又これらは、シリンダボア径にもよるが、一般に10kHz以上の高周波が燃焼圧力波形にのるので、圧力センサにより検出は容易である。図2にデトネーション発生時の燃焼圧力波形を示す。

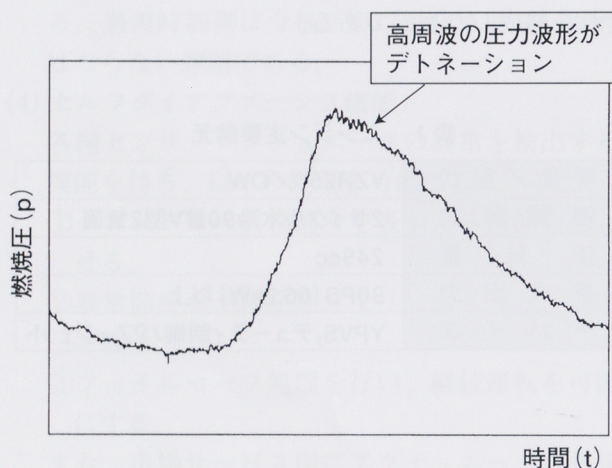


図2 デトネーション発生時の燃焼圧力波形

3.2 エンジンへの影響

デトネーションが発生すると、高速の火炎により、燃焼室表面を覆う低温の境界層が局所的に破れ、虫食い状態のダメージ（エロージョン）をもたらす。高温で弱くなったピストン母材表面を爆風が吹き飛ばすと言われているが、性能低下はもちろん、焼きつき等のトラブルに至ることがある。

但し、軽い適度なデトネーションレベルが性能上ベストとなるので、レーサーの場合、この辺りを狙った仕様作りとセッティングを行っていることが多い。図3にデトネーションによるダメージを受けたピストンの例を示す。



図3 デトネーションによるダメージ

4 デトネーションコントロールシステム(DCS)

4.1 システム

図4にDCSのシステムを示す。主構成品の仕様は以下のようなものである。

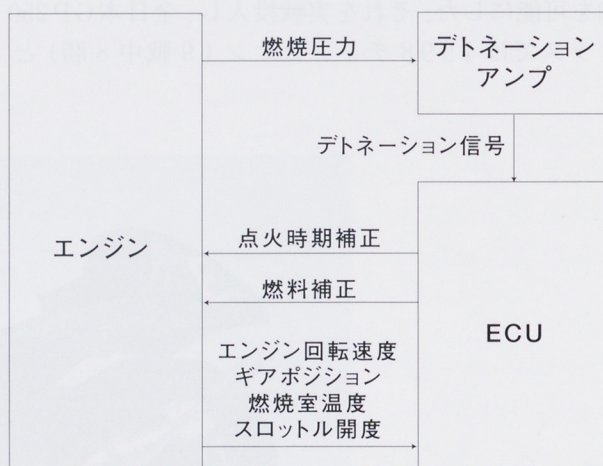


図4 DCSシステム概要

(1) ECU

ハードおよびソフト共、社内制御技術室製の多機能デジタルCDI（YZR 500 共通）、デトネーションアンプや各センサからの情報をもとに点火時期、燃料流量、排気デバイスなどを制御する。

(2) 圧力センサ

日本特殊陶業社（NTK）製座型圧力センサ（スパークプラグ共締め）、間接的に燃焼圧力を検出するので絶対圧力は採れないが、S/N比が高い。又、非共振型なので高回転型のレーシングエンジンにも適している。

(3) ヘッドシリンダ

プラグ穴周りの追加工または小改造が必要。専用のロングリーチプラグを用いれば無改造で対応できる場合もある。

(4) デトネーションアンプ

燃焼圧力信号を増幅後ハイパスフィルタにかけ、ピークを一定時間ホールドする。（機種毎に微調整要）これをECUへ出力する。

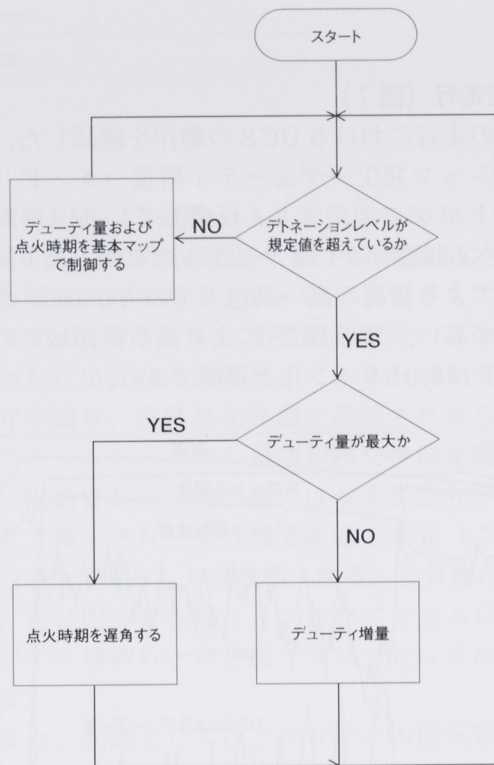


図5 DCS制御フローチャート

4.2 制御フローチャート（図5）

デトネーションがあるレベルを超えたら、キャブレタに装着されたデューティ制御パワージェットの開弁時間を延ばし、A/Fをリッチ側へ補正する。デューティ量が最大値まで達したら更に点火時期補正（遅角）に入る。デトネーションレベルが基準値を下回ったらデューティ量と点火時期を元に戻す。A/F補正を優先したのは性能への影響が少ないためである。点火時期補正はレスポンスが良い半面、性能低下も早い。

5 DCSの効果

5.1 ベンチ性能（図6）

前述したように、軽い適度なデトネーションレベルがベスト性能を発揮する。DCSではデトネーションに自動対応して、安全で適度なレベルでかつ広いエンジン回転域でデトネーションを発生（保持）させることが可能である。これによりエンジン仕様やパワージェットと点火時期を性能優先に見直す事ができるので、安定した最大出力（熱だれしない）とA/Fリーン化による良好なオーバーレブ特性、及び燃料消費率の改善が達成できた。

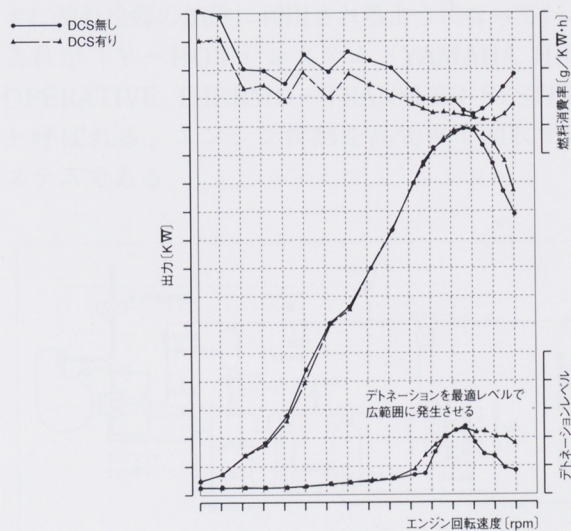


図6 DCSの効果（ベンチ性能）

5.2 実走行（図7）

実際の走行におけるDCSの動作を確認した。デトネーション発生→デューティ増量→A/Fリッチシフトがレスポンスよく反応している（筒内噴射と比べれば遅いが、2サイクルの実用上充分）。低速ギアより負荷の高い高速ギアの方がDCS作動の頻度が高い。又、DCSにより高負荷領域での平均A/Fは約0.5リーン化が可能である。

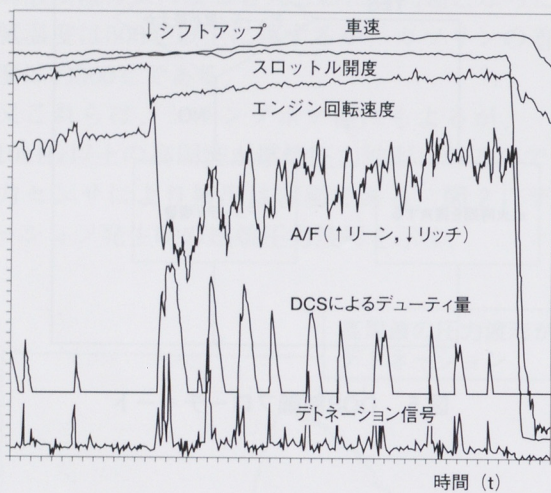


図7 DCS作動状態

6 おわりに

2サイクルレーサーというと、以前は勘と経験が重要であった。それが、小型車載計測器やセンサの進歩でデータの定量化が促進され、それとリンクしたECUにより種々の制御が可能となった（配線は複雑となったが、センシングさえできれば後はプログラミングでなんでもできる？）。尚、本システムは社内の制御技術室との共同開発のおかげで、遠慮なく評価することができ、極めて効率の良い開発ができた。今後もシステムを進化させ、「いつでも、どこでも、だれにでも」速く安全に走らせることができるレーサー作りを目指したい。

●著者



早崎良明