

クルーズコントロール

電子応用技術部



電子技術課
鈴木俊夫



電子技術課
橋本茂喜

1. はじめに

クルーズコントロール装置とは、定速走行装置のことであり、ドライバーの代わりに機械が、アクセルをコントロールし、車速を一定に保つという機能を持つものである。

その目的とするところは、長距離ドライブ等におけるドライバーの疲労軽減であり、最初に4輪車用に開発され世に出た。2輪車用としては、ライダーの右手の疲労軽減、快適性向上を目的として、米国でアフターマーケット商品として販売されている。

クルーズコントロールの基本機能は、上記の通り、自動車を一定速度で走行させる制御であるが、最近では付加機能として、增速、減速、復帰（リジューム）等の機能が追加され、便利さが向上している。

ヤマハでは、1981年から、装置開発の検討を始め、1983年にZ開発、X開発を行ない、84モデルX V Z 1200 T Dに搭載した。その後、86モデルX V Z 1300 D Sには、上記の様な、增速、減速、復帰等の機能を追加したシステムを開発、搭載し、市場より高い評価を頂いている。本文では、84モデルのシステムを中心にヤマハのクルーズコントロール装置の基本的な部分について説明する。

2. 4輪車の動向

4輪車においては、表1に示す様に各社共上級車に装備されており、その大部分のトランスミッションはATとなっている。（また、クルーズコントロール装置の大きなポイントであるアクチュエータとしては、ガバナを用いた機械式のものからサーボモータを用いたものへ変化し、現在は大部分が、エンジンの吸入負圧を用いた空気式アクチュエータとなっている。）

機能的には、表1に示す様に、定速走行機能に、增速、減速、復帰の機能を有し、各社ほとんど差がないのが、現状である。

表1 4輪各社システム

	トヨタ	日産	本田
搭載車種	①ソアラ(GT系VX) セリカXX クラウン、クレスタ	②スカイラインE・X・S グロリア レバード	③アコードビガー(全車) プレリュード
システム名	オートドライブ	A S C D (auto speed control drive)	クルーズコントロール
制御方法	アナログ電子回路	マイコン	マイコン(8bit)
アクチュエータ方式	エンジン負圧による バキュームアクチュエータ	←	←
操作SW.	メインSW. セットSW. (減速SW.) リジュームSW. (增速SW.)	メインSW. セットSW. (?) アクセラートSW. リジュームSW. (減速SW.)	メインSW. セットSW. (減速SW.) リジュームSW. (增速SW.)
速度制限	40km/h ~ 100km/h	60km/h ~ 100km/h	45km/h ~ 100km/h
その他	・ブレーキペダル ・クラッチペダル ・メインSW.OFF ・イグニッションSW.OFF ・パークランプブレーキ	・ブレーキペダル ・アクセルペダル	・メインSW.OFF ・ブレーキペダル ・クラッチペダル ・急激なスピード変化 ・エンジン回転の上昇
特記事項			

	トヨタ	日産	本田
S.W.の車体取付位置	操作SW.は全てコンソールボックス	メインSW.はコンソールボックス、その他はライトSW.バー	メインSW.はコンソールボックス、その他はステアリングコラム
インジケータランプ	有	有	有
セット誤差	±1.5m/h (80km/h, 30分)		±1km/h 以内
その他 特記事項	・オーバードライブコントロール機能有 ・アクセルペダルによる1次加速OK	←	・エンジン回転数センス ・システム自己診断機能数 ・加速用バルブ ・ドライブ回路ノイズ誤動作→解除 ←

3. ヤマハのクルーズコントロール装置

ヤマハのクルーズコントロール装置は、塔載車輌の呼称より“VENTURE CRUISE”と名付けられている。以下にこの“VENTURE CRUISE”システムについて詳述する。



写1 VENTURE ROYAL

3-1 VENTURE CRUISEの特徴

①アクチュエータは空気式であるが、負圧源としてモータで駆動する負圧ポンプを用いている。

②エンジン負圧を使用しないため、スロットル開度を大きくとることができ、高負荷の領域まで制御が可能である。

③アクチュエータが小型である。

④自己診断機能を持ち、故障内容を表示できる。

⑤フェイルセーフ思想を取り入れた安全性が高い設計である。

3-2 システム構成

本システムの構成を図1に示す。

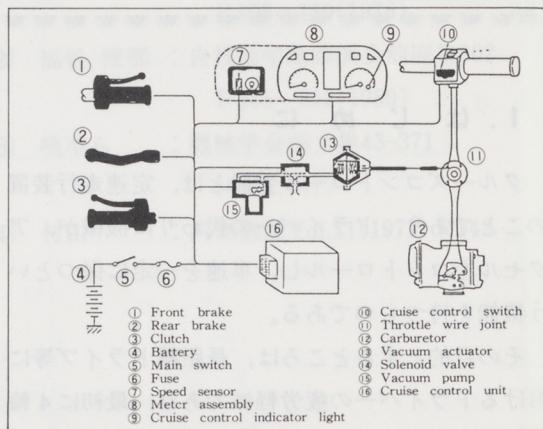


図1 システム構成図

①フロントブレーキ、②リヤブレーキ、③クラッチの信号は、⑯コントロールユニットへ送られ定速走行状態の解除に用いられる。

⑩コントロールスイッチは、システムの電源スイッチの機能と定速走行のセットの機能があり、その信号は、⑯コントロールユニットに送られる。

⑨インジケータライトは、システムの状態をライダーに伝えると共に、故障時の異常表示の機能を持つ。上記、⑩コントロールスイッチにより、定速走行の指令が出されると、⑯コントロールユニットは、⑦スピードセンサより車速を検知し、その車速を維持するように、⑭ソレノイドバルブ、⑮バキュームポンプを動作させ、負圧を制御し、⑬バキュームアクチュエータで、負圧を変位に変換し、⑪ワイヤジョイントを介して、⑫キャブレタのスロットルバルブを開閉する。

以上が、各パーツの働きである。

3-3 M/Cを含めた制御系

本システムのブロック線図を図2に示す。尚、簡単のため、エンジンの時定数及びスロットル弁廻りのヒステリシスは、省略している。また、Rは走行抵抗の内、ある速度における微分値である。

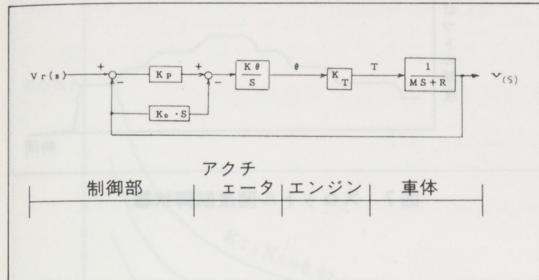


図2 ブロック線図

図2において、速度 v のラプラス変換 $v(s)$ は、以下のようになる。

$$v(s) = \frac{K_p K_i K_T V_r(s) + T_v}{M s^2 + (R + K_D K_i K_T) s + K_p K_i K_T} \quad \dots \dots \dots (1)$$

T_v ：速度 V_r における走行抵抗

(1)式において、 $t = \infty$ における速度は

$$v = \lim_{s \rightarrow 0} S v(s) = S V_r(s)$$

となり、目標値 $V_r(s)$ がステップ関数とすると

$V_r(s) = V_r/s$ であるから

$v = V_r$ となり、速度は目標値に一致する。

又、(1)式において、Sの根を求める

$$\lambda = \frac{-(R + K_D K_i K_T) \pm \sqrt{(R + K_D K_i K_T)^2 - 4M K_p K_i K_T}}{2M} \quad \dots \dots \dots (2)$$

(2)式において

$(R + K_D K_i K_T)^2 \leq 4M K_p K_i K_T$ であれば、図2の系は振動しない。

又、 $(R + K_D K_i K_T)^2 < 4M K_p K_i K_T$ の時、系は減衰振動を起こす。このとき、固有角周波数を ω_n 、減衰率を ζ とすると、系の振動角周波数 ω_0 は、

$$\omega_0 = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_p K_i K_T}{M}} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\zeta = \frac{R + K_D K_i K_T}{2 \sqrt{M K_p K_i K_T}} \quad \dots \dots \dots (4)$$

(1)式のステップ応答を図3に示す。

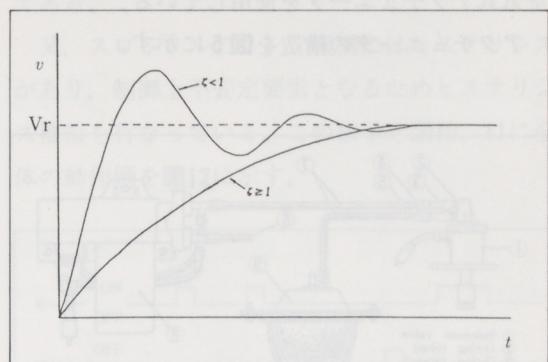


図3 ステップ応答

3-4 センサ、アクチュエータ

(1) スピードセンサ

スピードセンサはM/Cの走行速度を検出するものであり、前輪の回転数に比例した周波数のパルスを発生する。このスピードセンサは、メータケース内にあり、マグネットホイールとリードスイッチを組合せている。又、パルス周波数と、速度の関係は、(5)式で表わされる。

$$f[\text{Hz}] = \frac{14}{9} v[\text{km/h}] \quad \dots \dots \dots (5)$$

スピードセンサの構造、出力を図4に示す。

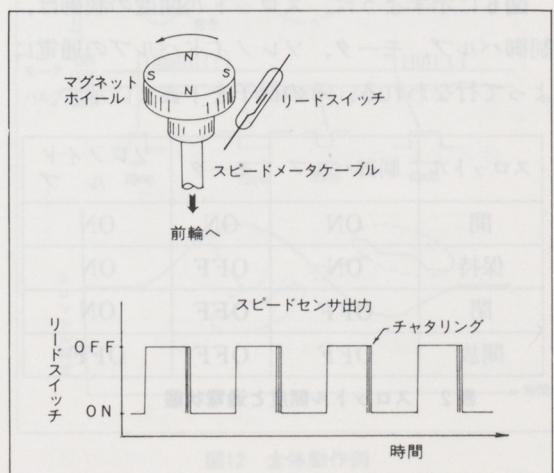


図4 スピードセンサ構造、出力図

(2) アクチュエータ

アクチュエータは、コントロールユニットの指令により、スロットル開度を制御するものであり、空気式アクチュエータを使用している。

アクチュエータの構造を図5に示す。

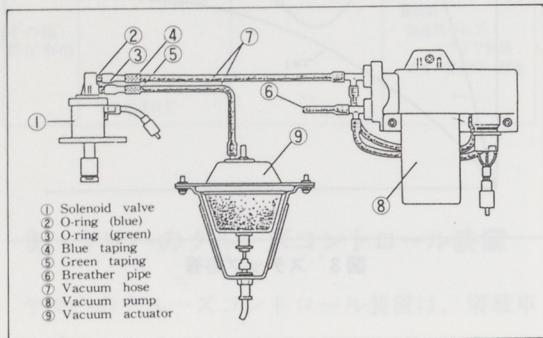


図5 アクチュエータ構造図

図5を模式的に描くと図6のようになる。

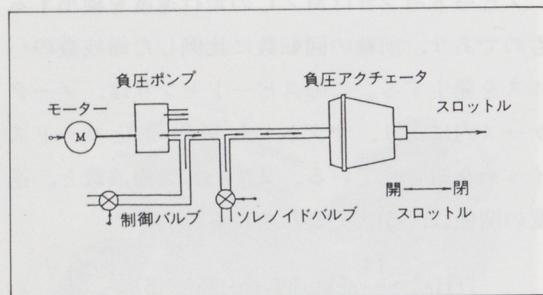


図6 アクチュエータ模式図

図6に示すように、スロットル開度の制御は、制御バルブ、モータ、ソレノイドバルブの通電によって行なわれる。その様子を下表2に示す。

スロットル	制御バルブ	モータ	ソレノイドバルブ
開	ON	ON	ON
保持	ON	OFF	ON
閉	OFF	OFF	ON
開放	OFF	OFF	OFF

表2 スロットル開度と通電状態

図7に動作状態を示す。

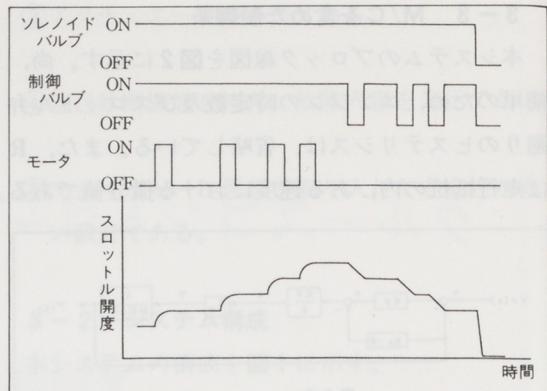


図7 スロットル開度制御状態

3-5 制御系の設計

システムとして、ハードウェアは最小限の構成とし、ソフトウェアの負担を大きくし、最小のコスト、信頼性の向上をねらっている。図8にハードウェア構成を示す。制御の中枢はソフトウェアであり、マイクロコンピュータ内にROMに内蔵されている。

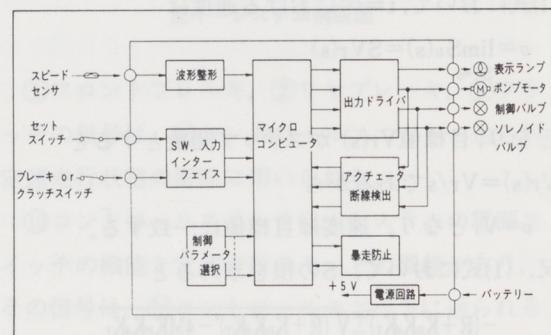


図8 ハードウェア構成

次に、図2のブロック線図に示される制御系の制御パラメータ K_p, K_d, K_θ の決定であるが、 M, K_T, R は対象とする車輌で決定されてしまうため、 M, K_T, R を固定し、制御パラメータを(4)式のとが1以上になる様に選定していく。 K_T, R は速度の関数であり、制御速度の近傍の値を採用する。

又は、 K_θ は、モータ1回転当りのスロットル回転角と演算結果によって、アクチュエータを操作する時間間隔によって決ます。モータ1回転当り

のスロットル回転角は実測結果として 0.6° という値が得られている。

図9に K_θ をパラメータとしたときの $\frac{K_D}{K_P} \geq 1$ の条件を満足する K_D/K_P の値を示す。

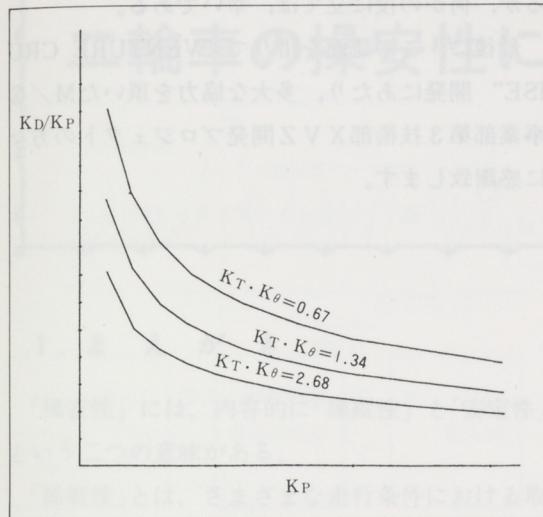


図9 K_P-K_D/K_P

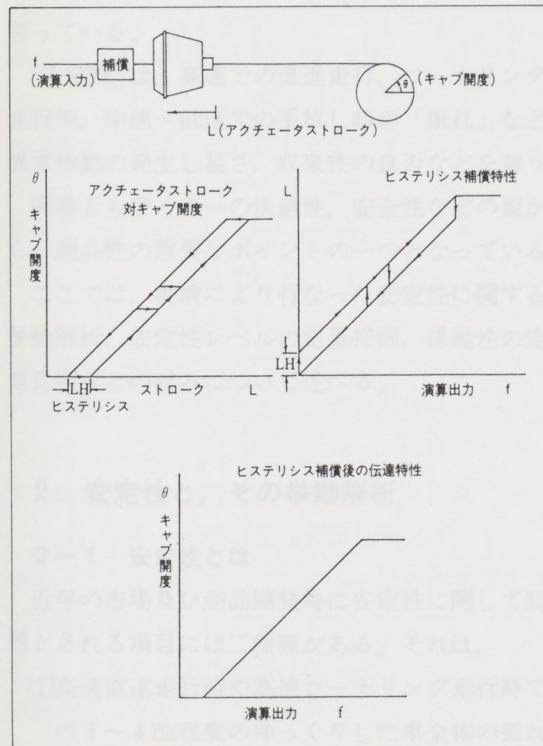


図10 ヒステリシス補償特性

このような条件を満たす制御パラメータの値は、実走行、及びシーシミュレーションで、制御フィーリングを確認しながら調整、決定したものである。

又、スロットルのリンク機構にはヒステリシスがあり、制御上不安定要素となるためヒステリシス補償を行なっている。この様子を図10、11に全体の動作例を図12に示す。

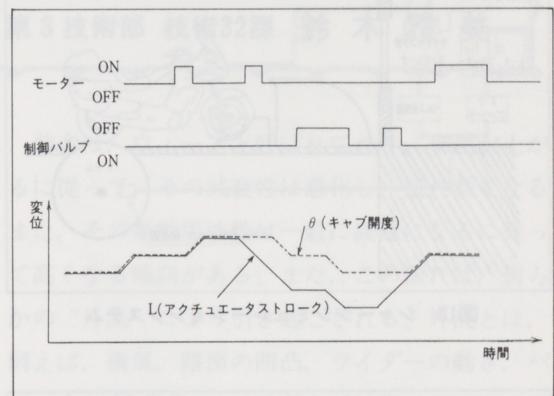


図11 ヒステリシス補償動作例

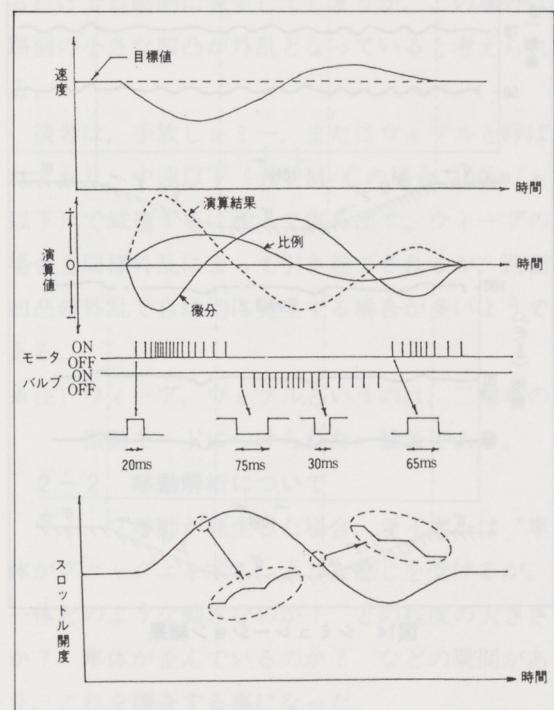


図12 全体動作例

3-6 シャーシシミュレーション

前述の通り、制御パラメータの決定をはじめとして、他の様々な仕様決定を容易にしたシャーシシミュレーションシステムを図13に、そのシミュレーション結果を図14に示す。

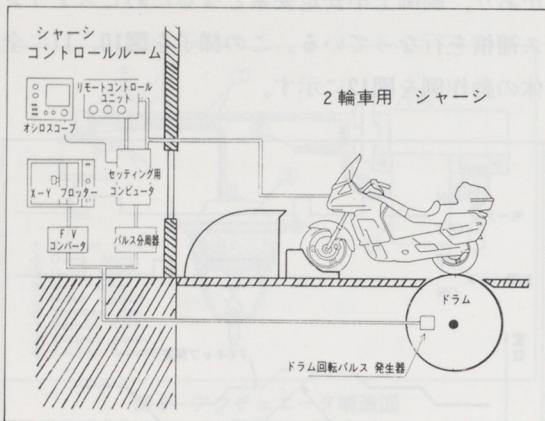


図13 シャーシシミュレーションシステム

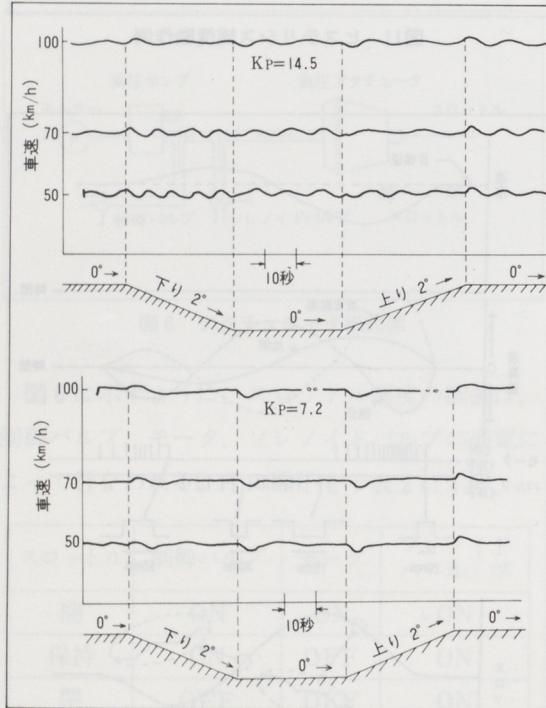


図14 シミュレーション結果

4. おわりに

はじめのところでも述べたように、本文では、ヤマハのクルーズコントロール装置の基本的な内容の説明を試みた。説明不足の点もあったと考えるが、何かの役に立てば、幸いである。

最後に、この誌面を借りて“VENTURE CRUISE”開発にあたり、多大な協力を頂いたM/C事業部第3技術部X V Z開発プロジェクトの方々に感謝致します。