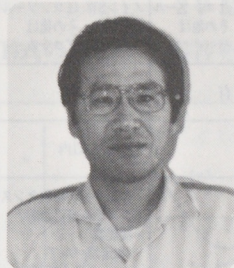
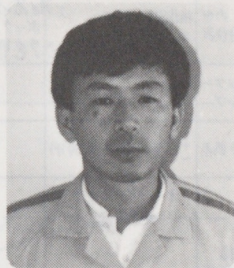


クルーズコントロール



電子技術課
鈴木 俊 夫



電子技術課
橋 本 茂 喜

電子応用技術部

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、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、増速、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XVZ1200TDに搭載した。その後、86モデルXVZ1300DSには、上記の様な、増速、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、増速、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。

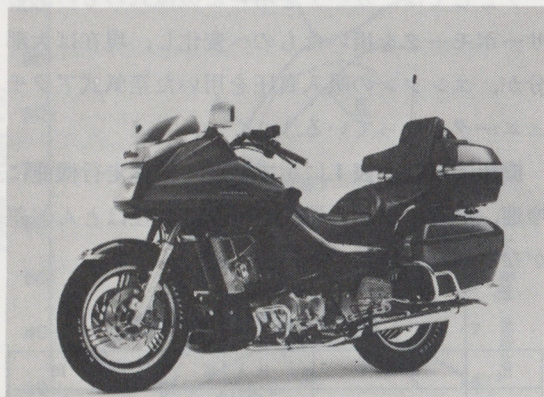
表1 4輪各社システム

	ト ヨ タ	日 産	本 田
搭載車種	◎ソアラ(GT系VX) セリカXX クラウン、クレスト	◎スカイラインE・X,S) グロリア レパード	◎アコードビガー(全車) プレリウド
システム名 称	オートドライブ	ASCD (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.(増速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.(増速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	・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
特記事項	・イグニッションSW.OFF ・パーキングブレーキ		・急激なスピード変化 ・エンジン回転の上昇

	トヨタ	日産	本田
SW. 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. パー	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	± 1.6 km/h (80km/h, 30分)		± 1 km/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、塔載車輛の呼称より“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。

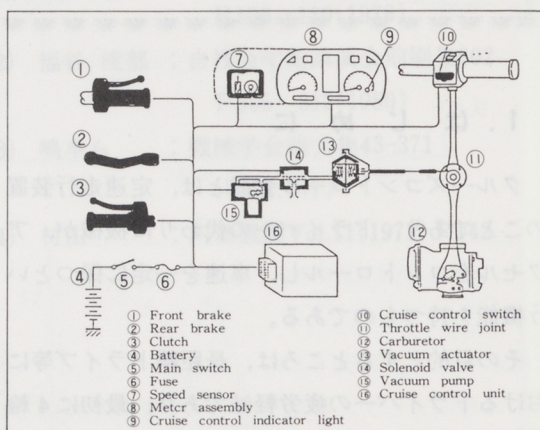


図1 システム構成図

①フロントブレーキ、②リアブレーキ、③クラッチの信号は、⑬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、⑬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、⑬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。

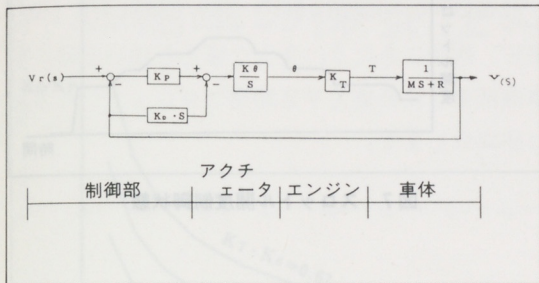


図2 ブロック線図

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。

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

T_v : 速度 V_r における走行抵抗

(1)式において、 $t \rightarrow \infty$ 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の根を求めると

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

(2)式において

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

又、 $(R + K_D K_\theta K_T)^2 < 4 M K_p K_\theta K_T$ 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_o は、

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

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

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

(1)式のステップ応答を図3に示す。

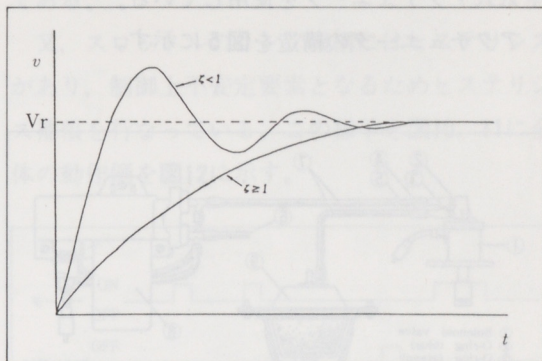


図3 ステップ応答

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が発生する。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。

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

スピードセンサの構造、出力を図4に示す。

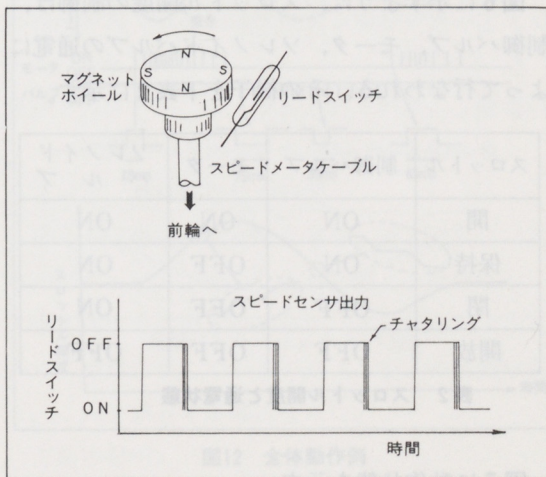


図4 スピードセンサ構造、出力図

(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。

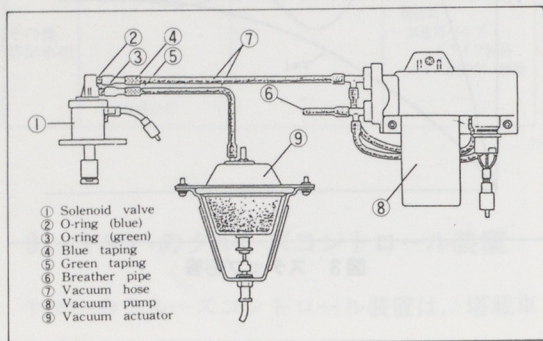


図5 アクチュエータ構造図

図5を模式的に描くと図6のようになる。

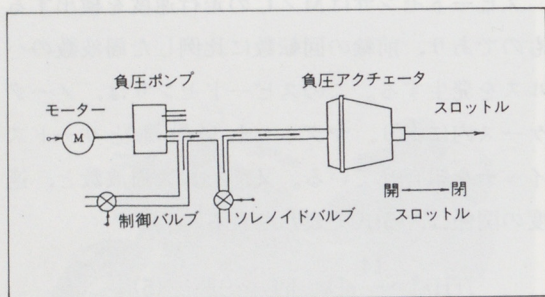


図6 アクチュエータ模式図

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。

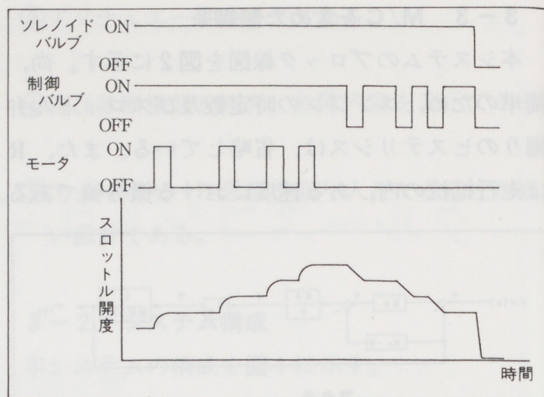


図7 スロットル開度制御状態

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。制御の中核はソフトウェアであり、マイクロコンピュータ内の ROM に内蔵されている。

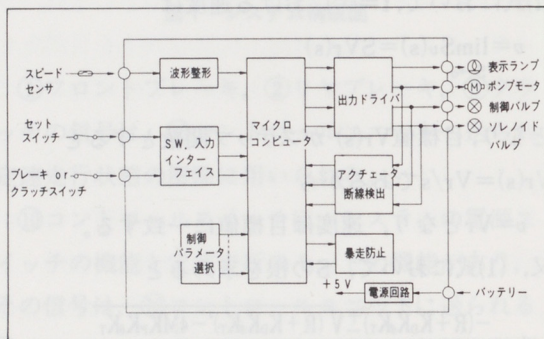


図8 ハードウェア構成

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 は対象とする車輛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 ξ 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ります。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 $\zeta \approx 1$ の条件を満足する K_D/K_P の値を示す。

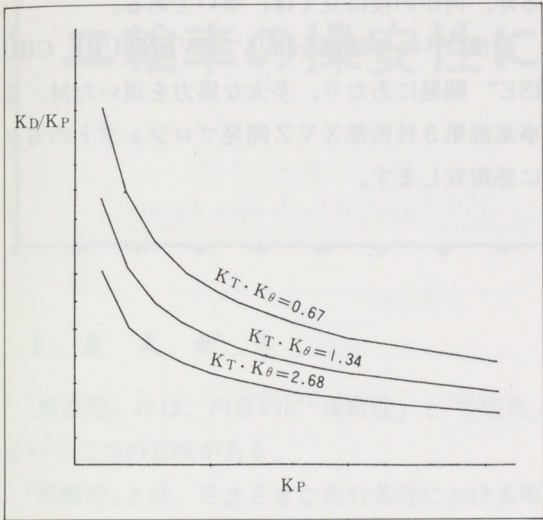


図9 K_P-K_D/K_P

このような条件を満たす制御パラメータの値は、実走行、及びシャーシ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。

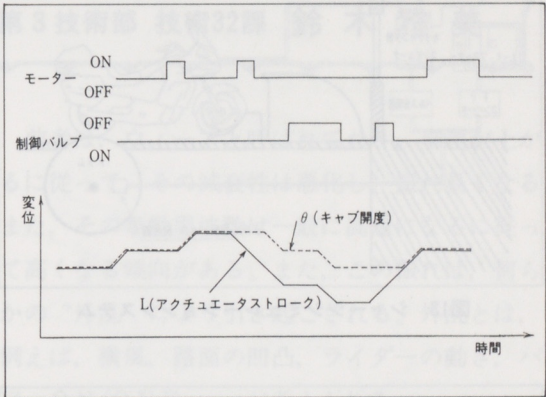


図11 ヒステリシス補償動作例

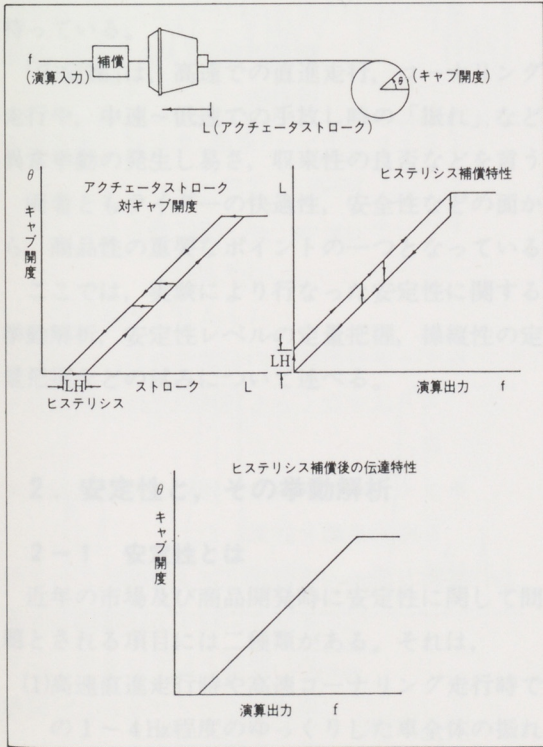


図10 ヒステリシス補償特性

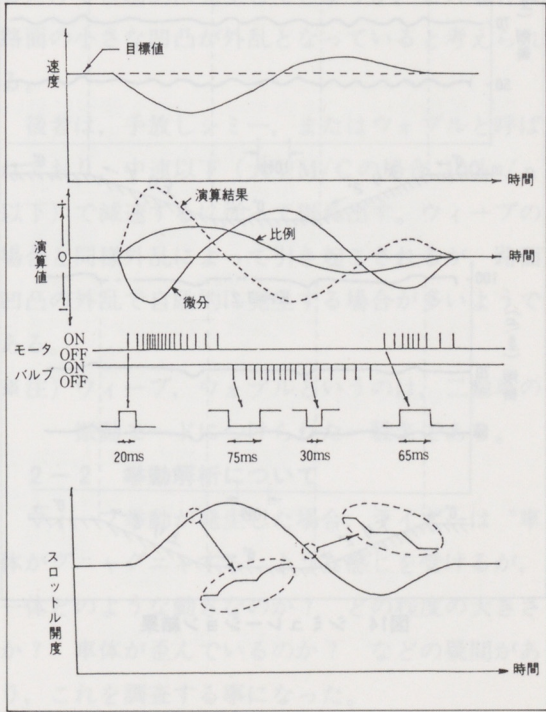


図12 全体動作例

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。

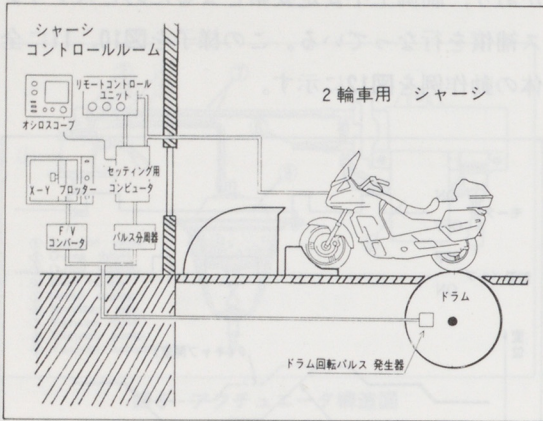


図13 シャーシシミュレーションシステム

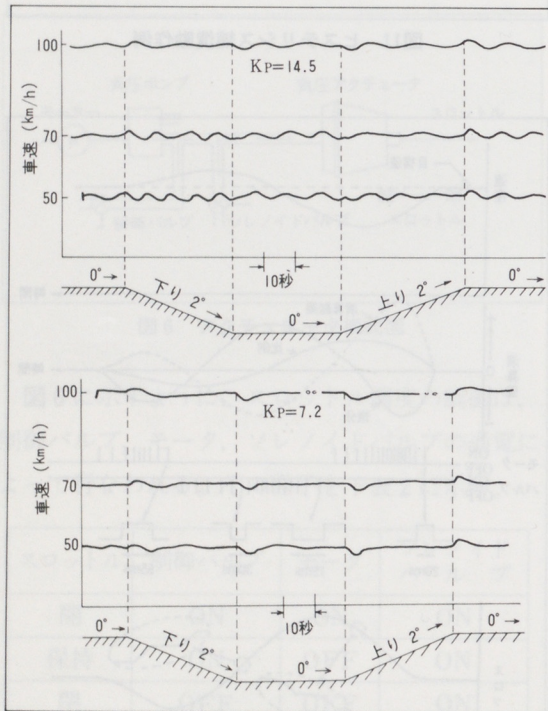


図14 シミュレーション結果

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XVZ開発プロジェクトの方々に感謝致します。