

8ビットマイコン搭載定速走行装置

Cruise-Control Unit (with 8-bit Micro Chips)

赤堀 重孝⁽¹⁾ 寺谷 達夫⁽²⁾ 高橋 稔⁽³⁾
Shigetaka Akahori Tatsuo Teratani Minoru Takahashi

門 脇 勇⁽⁴⁾ 一津屋 正樹⁽⁵⁾ 宮崎 晃⁽⁶⁾
Isamu Kadowaki Masaki Hitotsuya Akira Miyazaki

要 旨

当社では、従来より4ビットマイクロコンピュータを搭載した定速走行装置を生産し市場へ送り出している。しかし、近年、ユーザの自動車に対する高性能化、高機能化の要求は強く、定速走行装置もその例外でない。このユーザの期待に応えるため、高速かつ、状況に応じた制御を可能にする8ビットマイクロコンピュータを搭載した定速走行装置を開発した。

今回開発した定速走行装置は、高精度で安定性が高く、広範な路面状態に追従する定速走行機能に加え、トランスミッション制御機能、安全性を更に高めたフェールセーフ機能、およびサービス性向上のための自己診断（ダイアグノーシス）機能を備えている。本装置は、トヨタ自動車㈱と当社が共同開発したものであり、1986年から、セリカ、マークⅡ等に搭載されている。

We have successfully manufactured and marketed cruise-control units with 4-bit micro chips. However, in recent years a greater demand for automotive high performance and functionality has been grown up. To meet users' requirements and expectations, we have developed a cruise-control unit with an 8-bit micro chips giving higher speed and greater controllability. As well as having extremely high precision and stability, this unit has cruising functions to handle various road conditions; it is also equipped with transmission control, fail-safe functions and a self-diagnostic function for improved serviceability. This unit developed jointly with TOYOTA MOTOR CORPORATION is being installed on CELICA & MARK II, etc. from 1986.

(1), (2) トヨタ自動車株式会社

(3)~(6) 富士通テン㈱ モーターロニクス技術部

1. ま え が き

自動車用定速走行装置は、運転者が希望する車速を設定すると、様々な路面状態に対応しながら一定の車速で走行を続けるものである。

近年、実走行車速と目標車速の偏差改良と、路面変化への応答向上の要求が強く、またスピードメータのデジタル化も進み、運転者が走行状態をきめ細かく感じられる状況になって来た事もあって、定速走行装置の性能向上への期待が高まって来た。

その期待に応え今回、8ビットマイクロコンピュータを搭載し、高精度で安定性が高くかつ安全性を追求した定速走行装置を開発した。本稿では、8ビットマイクロコンピュータ搭載の定速走行装置を、安定性解析を含め紹介する。

2. ね ら い

今回、定速走行装置のシステム改良開発を行うにあたり、使用するマイコンの必要機能を次のように位置づけた。

- 1) 路面変化への適応性、設定車速への実走行車速の追従性、および運転者の目標車速変化指示に対する応答性、それぞれの向上の為にきめ細かな状態把握とそれに適応する制御量の為の多彩な演算ができる事。
- 2) 基本的な主要入力である車速センサ信号のフィルタリングと定速走行システム系の安定性余裕向上の為に精度の良い演算ができる事。
- 3) 演算機能と出力系のセルフチェックの追加および、安全性、サービス性を更に高めるフェールセーフ、ダイアグノーシスの充実のために処理容量が大きいこと。

以上の機能を持ち、かつ今回のシステム開発を迅速に進める事を可能にし、また、今後のシステム充実および将来他システムとの融合によるより

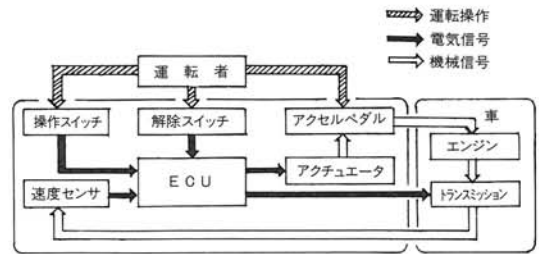


図-1 定速走行装置の構成図

Fig. 1 Cruise control system.

高度な定速走行制御を目指す事をねらいとして8ビットマイクロコンピュータを採用した。

3. 定 速 走 行 装 置

定速走行装置の構成図を図-1に示す。運転者は、ステアリングパッドやコラムスイッチレバーに取付けられた操作スイッチと、ブレーキペダル等に取付けられた解除スイッチを操作して電子制御装置（ECU）へ希望する走行状態を指示する。

ECUは、操作スイッチ、解除スイッチおよび車速センサからの信号を用いて、アクチュエータとオートマチックトランスミッションのオーバードライブ機構を運転者の指示に対応するように制御する。アクチュエータはスロットルリンクを介して、エンジンのスロットル開度を調整する。車速信号は、スピードメータに取付けられた車速センサによって検出され、ECUに送られる。

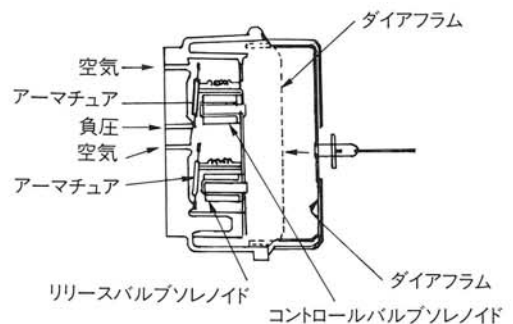


図-2 アクチュエータの断面

Fig. 2 Actuator cross sectional view.

3.1 アクチュエータ

アクチュエータの断面図を図-2に示す。

アクチュエータは内部に2つのソレノイドバル

ブを有している。1つは、定速走行制御に入った時に大気開放孔を閉じ、制御が解除されると大気開放孔を開いてアクチュエータ内に大気を導入す

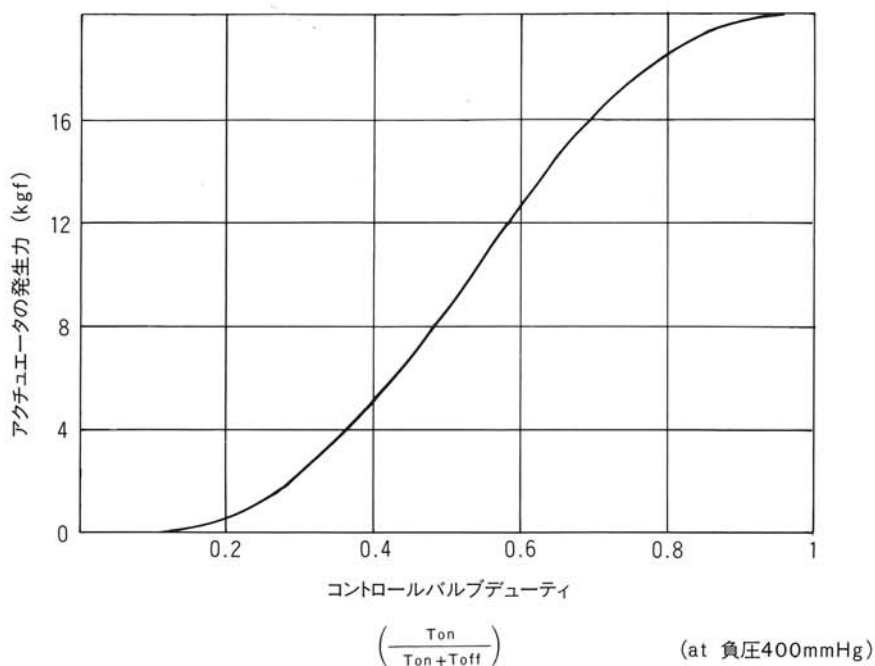


図-3 アクチュエータの特性
Fig. 3 Actuator characteristics.

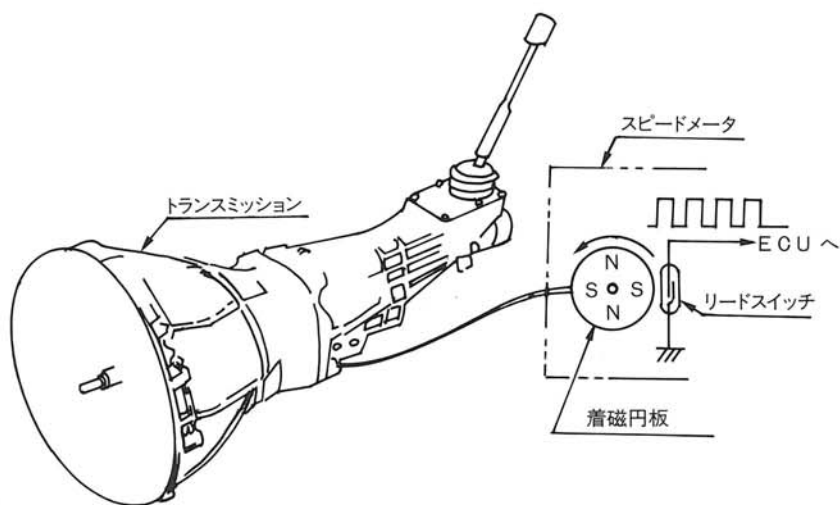


図-4 車速センサの構成
Fig. 4 Speed sensor configuration.

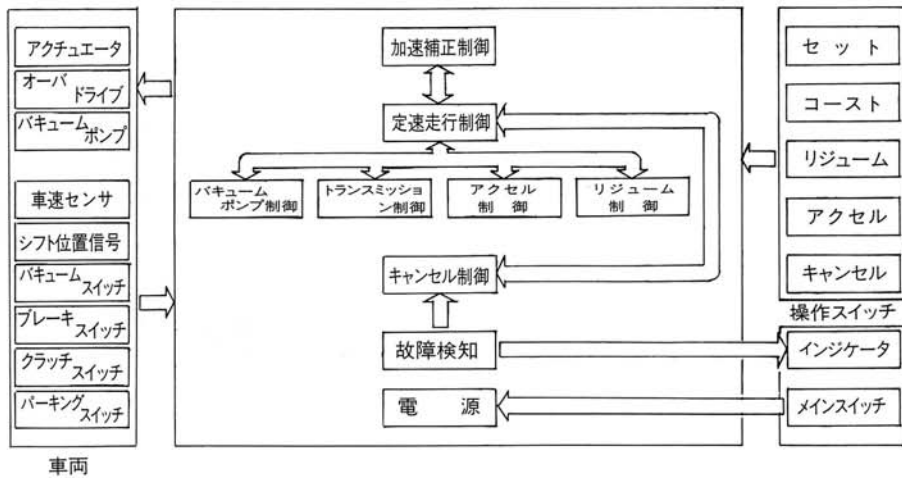


図-5 システム構成

Fig. 5 System diagram.

るリリースバルブである。もう一つは、大気孔とインテークマニホールドに繋がった負圧孔に作用し、この2つの孔を交互にある比率(デューティ)で開く事により、アクチュエータ内の圧力を調整するコントロールバルブである。このバルブは定速走行制御が解除されると負圧孔を閉じ大気孔を開ける。図-3にデューティに対するアクチュエータ発生力を示す。そしてこの発生した力がスロットルリンクに継がり、その力に応じたスロットル

開度を作り出す。

3.2 車速センサ

車速センサの構成概要を図-4に示す。

トランスミッションの出力軸の回転を、スピードメータケーブルを介し、スピードメータ内に取り付けられた着磁円板に伝え、着磁円板が回転する事により、リードスイッチが開閉し、方形波信号を送り出す。

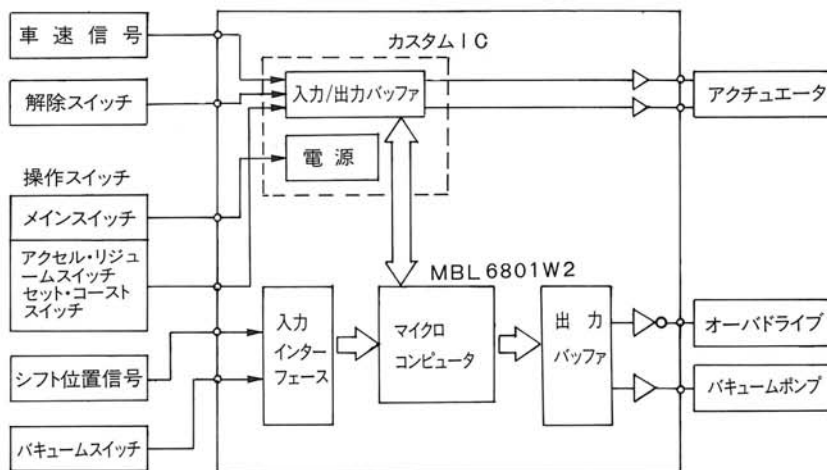


図-6 ECUの構成

Fig. 6 ECU Configuration.

4. システム

図-5に定速走行装置のシステム構成を示す。

主な制御の内容は次の通りである。

4.1 定速走行制御

目標車速への追従を基本制御とし、運転者および乗員へのフィーリングを重視した閉ループ制御を行う。そのため、走行車速や路面状態など、様々な走行条件の変化のもとで最適なゲイン、制御定数のきめ細かな調整、選択を行う。

4.2 加速度補正制御

急激な路面変動、定速走行開始直後、および、トランスミッション制御によるシフトチェンジ発生時に応答遅れを補正し、正常な制御状態に短時間かつ滑らかに復帰させる。

4.3 バキュームポンプ制御

登坂路走行時のインテークマニホールド内負圧の不足によるスロットル開度制御性の低下を補助する。

4.4 トランスミッション制御

広範な定速走行制御を実現するためには、定速走行装置によるスロットル開度の制御だけでは充分でなく、シフト位置の選択も必要である。そのため、負荷状態の情報をオートマチックトランスミッション制御と共有し、最適なシフト位置を選択しながら、定速走行する。

今回、8ビットマイクロコンピュータの採用により、定速走行開始から、時々刻々と変化する走行状態の変化に応じて、制御方式、定数をきめ細かく選択する事が可能となった。また、単にスロットル開度を調整する定速走行制御にとどまらず、従来、定速走行と別個の制御であったトランスミッション制御とも、積極的な融合を行い、自動車の定速走行として、より広範な走行条件でも適合できるようになっている。今後更に、定速走行制御は自動車制御全体の中の一つとして位置づ

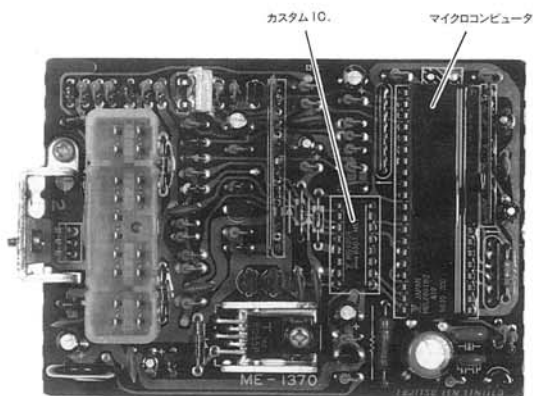


図-7 ECU

Fig. 7 ECU

けられ、他の制御との融合や情報交換を行う、より高度な制御に展開するであろう。今回の適応制御はそのための第一歩である。

5. ECU

5.1 ECUの構成

定速走行装置用ECUの構成を図-6に示す。

ECUはMBL 6801W2 (8ビットマイクロコンピュータ) とカスタムのバイポーラICを使用している。MBL 6801W2は、4KバイトのROM、192バイトのRAM、29個のI/Oポート、16ビットのカウンタを内蔵しており、その最小作動時間は、4MHzの発振に対して1 μ sである。

カスタムのバイポーラICは入力/出力バッファ回路、定電圧供給回路およびアクチュエータの電磁弁に短絡が発生した場合の保護回路を内蔵している。

図-7はECUの写真である。この図で右側にある40ピンのICがMBL 6801W2で、その左隣にある16ピンのICがカスタムICである。

図-8にECUの各制御の処理フローチャートを示す。

5.2 フェールセーフ

定速走行装置は、入力スイッチ、センサおよびアクチュエータの故障に対して安全を確保するた

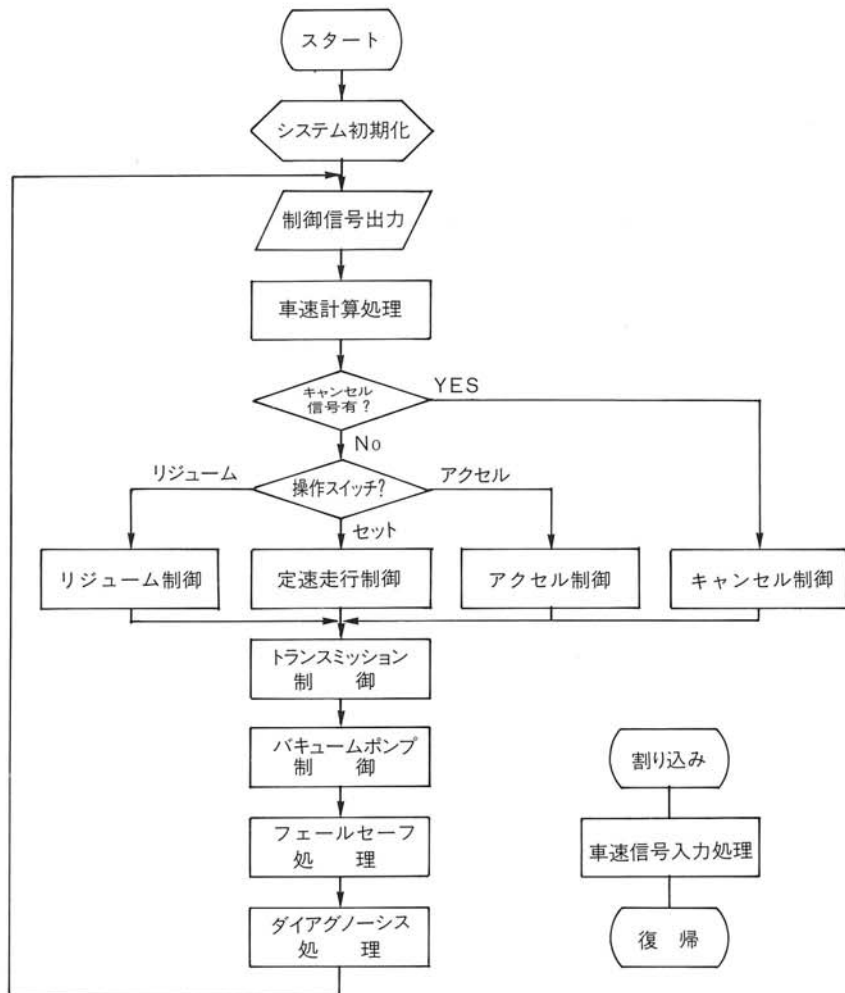


図-8 ECUの信号処理フローチャート

Fig. 8 ECU signal processing flowchart.

め、定速走行を解除する各種のフェールセーフ機能をもっている。

- 1) リリースバルブもしくはコントロールバルブが短絡した時
- 2) 電源が瞬断した時
- 3) ストップランプ信号線が断線した時
- 4) セットスイッチとリジュームスイッチが同時にONした時
- 5) 車速信号が125ms以上入力されない時

5.3 ダイアグノーシス

定速走行制御を解除した時、解除した原因を記憶し、原因別にコード化された信号を、インジケータランプに表示し、サービス性を向上させる自己診断機能（ダイアグノーシス）をもっている。

6. 安定性の解析

定速走行装置の、制御の各要素は、伝達関数で表すと図-9になる。

制御系は、スロットルリンク系に非線形要素を有しており、式(1)に系全体の一巡伝達関数を示

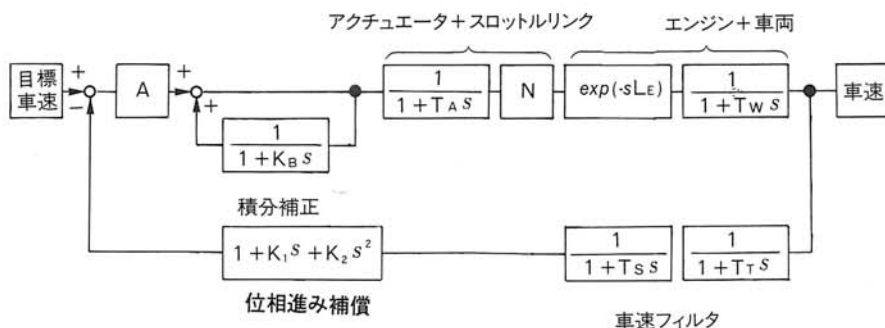


図-9 定速走行装置の伝達関数

Fig. 9 Transfer function of cruise control.

し、表-1に連続系の各パラメータと代表値を示す。

$$N \frac{\exp(-s L_E)(1+K_B s)(1+K_1 s + K_2 s^2)A}{K_B s (1+T_A s)(1+T_W s)(1+T_T s)(1+T_S s)} \quad (1)$$

6.1 車速センサーの特性

車速センサーからECUに送られる信号は、図-4に示すように方形波信号であるが、この信号周期は、トランスミッションの回転変動やスピードメータケーブルのねじれ等によって生じる 図-10に示すような変動成分を持っている。

6.2 ECUの特性

ECUは 図-11に示す様に車速センサから送られてくる車速信号を受け、2段のデジタルローパスフィルタを通した後、位相進み補償計算、デューティ計算、および積分補正と処理していく。

2段のデジタルローパスフィルタは、一般的な再帰型デジタルフィルタを用いながら、図-10に示す 2 Hz近辺の車速信号変動の充分なカットオフと、デジタル信号処理にありがちな、高周波域車速変動の低周波変調による、制御への悪影響を抑制する事を重点に設計した。

位相進み補償計算は、サンプリング時間 Δt を

用いて、式(2)から計算される。

$$V_i = Y_n + \frac{Y_n - Y_{n-1}}{\Delta t} \times k_1 + \frac{Y_n - 2Y_{n-1} + Y_{n-2}}{(\Delta t)^2} \times k_2 \quad (2)$$

表-1 リニアパラメータ

符 号	意 味	代表値
T_A	アクチュエータの応答時定数	1.4 s
L_E	エンジンの応答遅れ	0.05 s
T_W	車両の応答時定数	20 s
T_T	ECUのローパスフィルタ時定数	0.2 s
T_S	"	0.2 s
K_1	ECUの位相進み補償係数	1.8 s
K_2	"	1.08 s
A	ループゲイン	38
K_B	出力デューティ積分補正時定数	50 s

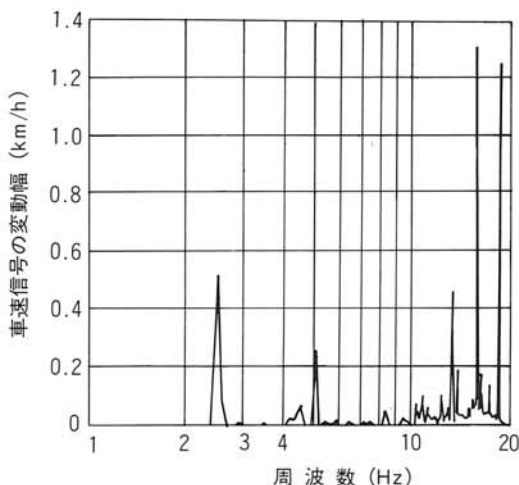


図-10 車速信号の変動スペクトラム

Fig. 10 Speed-signal fluctuation spectrum.

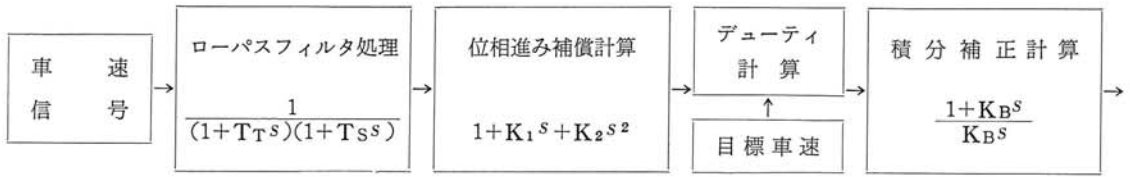


図-11 ECUの処理流れ

Fig. 11 ECU operation flow.

コントロールバルブのデューティは式(3)によって計算される。

$$D = G \times (V_o - V_i) + SD \quad (3)$$

D : デューティ

ここで、 V_o は記憶された車速で、目標となる車速である。また V_i は式(2)で求められる車速である。SDは、基本的には式(4)で表わされるデューティの積分値である。

$$SD_n = m \times (D_n - SD_{n-1}) + SD_{n-1} \quad (4)$$

即ち、デューティは目標車速と実走行車速が一致するまで変化を続ける事になる。

6.3 アクチュエータ、スロットルの特性

アクチュエータはスロットルリンクに継がり、合成された特性として、式(5)で示す一次遅れ特性と図-12に示すヒステリシス特性をもつ。

6.4 車両の特性

車両の加速度は式(6)で表わす事ができる。一方、駆動力と走行抵抗の関係は、図-13の様である事から、車両の特性は、一次遅れ特性として

式(7)で表わせる。また、スロットルの動きに対してエンジンは応答遅れを持ち、式(8)で表わせる。

$$\frac{1}{1+T_A s} \quad (5)$$

$$\alpha(\text{加速度}) = \frac{F-R}{W/g} \quad (6)$$

F : 駆動力

R : 走行抵抗

W : 車重

g : 重力加速度

$$\frac{1}{1+T_w s} \quad (7)$$

$$\exp(-s L_E) \quad (8)$$

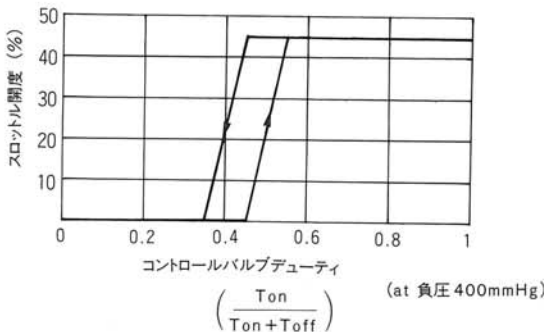


図-12 ヒステリシス特性

Fig. 12 Hysteresis characteristics.

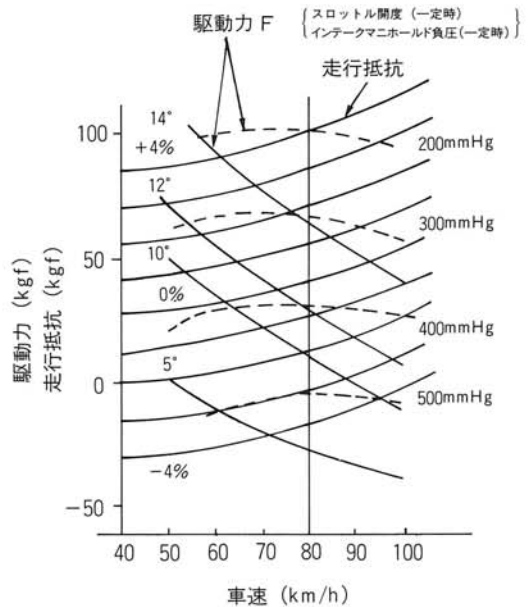


図-13 車両特性

Fig. 13 Vehicle characteristics.

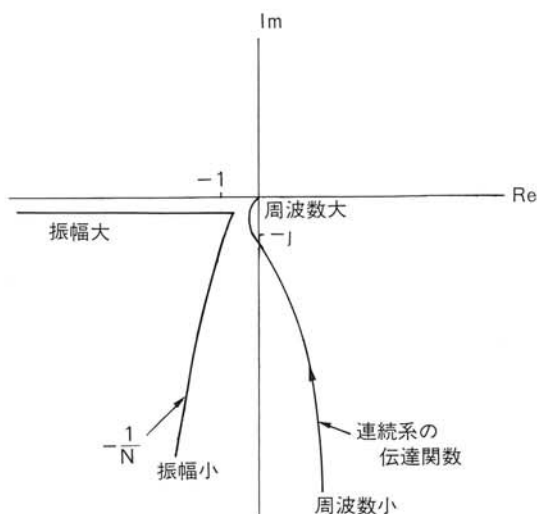


図-14 ベクトル軌跡
Fig. 14 Vector locus.

6.5 安定性

連続系の伝達関数と、非線形要素であるヒステリシス特性の記述関数を示す N に対応する $-1/N$ をベクトル線図上に表わすと図-14になる。

制御系の安定性は、この $-1/N$ と連続系の伝達関数との距離にあらわれる。言いかえれば、安定性を確保するためには、連続系の伝達関数が、ゲインが充分小さくなる周波数まで第四象限に留まる必要があるといえる。

今回、8ビットマイクロコンピュータを採用するにあたっての目標の一つである、目標車速と実走行車速を完全に一致させるため、図-9に示す積分補正を採用した。そのため図-14に示す様に連続系の伝達関数は虚軸から出発しており、先に述べた安定を得るためには、高い周波数域までの位相補償と積分補正とのマッチングが必要である。これは、状況に応じた積分補正の最適化と、8ビットマイクロコンピュータの採用により車速精度とノイズフィルタ機能が飛躍的に向上したため充分な位相進み補償を安定に与える事で実現した。

6.6 実車試験結果

表-2 走行性能

項 目	性 能
目標車速と 実走行車速のずれ	± 0.2 km/h
定走行開始から 安定までの時間	5秒以内
登坂性能	5%登坂まで 通常走行性能確保
加速・減速からの復帰	オーバ・アンダー シュート 2 km/h以内

実車試験の結果、40km/h以上の全走行車速において、車両追従可能な登坂路から降坂路にわたって満足のいく走行性能を得る事ができた。

表-2に得られた性能を示す。

7. む す び

以上の結果、8ビットマイクロコンピュータを搭載した、高精度で安定性の高い定速走行装置を市場へ提供する事ができた。

今後は、

- 1) 車両個々のパラッキに対する、適応制御の導入。
- 2) エンジン制御等他の自動車制御との融合による、より高度な制御システムの構築。
- 3) 車間距離制御及び、交通システムに適応した速度制御への展開。

を目指しよりよい定速走行装置の開発を進めていく。

参 考 文 献

- 1) 増淵：『自動制御基礎理論』、コロナ社(1973)
- 2) J. E. Gibson：『非線形自動制御』、コロナ社(1968)
- 3) 谷川他：『定速走行装置へのマイコン応用』、富士通テン技報(1983)