

オートマチックトランスミッションへのマイコン応用

Application of Microprocessor to Automatic Transmission System

上 田 政 博⁽¹⁾ 河 田 庄 二⁽²⁾ 宮 崎 晃⁽³⁾
Masahiro Ueda Shoji Kawata Akira Miyazaki

要 旨

近年、オートマチックトランスミッション車の伸びが目ざましい。これは、オートマチック車本来の運転の容易さに加えて、技術の進歩によって、燃費の低減や動力性能の向上が達成されてきたためと考えられる。

新技術の一つとして、マイコンを利用したオートマチックトランスミッション(ECT)を紹介する。ECTは、従来油圧制御式であった制御機構のうち変速パターンの制御など基本的な部分を電子制御化することにより、性能・信頼性の向上を図ったものである。

本システムは、トヨタ自動車^(株)、アイシン精機^(株)、および富士通テン^(株)の三社が共同で開発したものである。本システムは、1981年にクラウンに初めて装着され、順次他車種にも搭載されている。

Recently the automatic transmission is used remarkably wide because of its easy drivability and improvement in fuel consumption and power efficiency.

This paper introduces one of the latest electronic controlled automatic transmissions (ECT) using a microprocessor. ECT have been developed for adapting vehicle control applying electronics to basical controls, such as transmission shift pattern control, instead of the conventional hydraulic controls.

TOYOTA MOTOR CORPORATION jointly with AISIN SEIKI CO., LTD. and FUJITSU TEN LIMITED, developed the ECT system. Initially, in early 1981, the system was applied to Toyota Crown since when it has been adopted on various other models.

(1) トヨタ自動車株式会社

(2) アイシン精機株式会社

(3) 富士通テン^(株)モータロニクス技術部

1. ま え が き

オートマチックトランスミッションには種々の方式があるが、現在主流となっているのはトルクコンバータとプラネタリギア（遊星歯車）を用いた変速機を組合せた方式である。ECT (Electronic Controlled Transmission) は、このオートマチックトランスミッションを基本に、変速制御機構を油圧制御から電子制御に置き換えることにより、きめ細かい変速制御と、ロックアップ領域の拡大を可能とし、マニュアルトランスミッション車に匹敵する燃費を実現したものである。

近年、半導体技術の進歩によって、1チップマイコンが量産化されたことにより、小型軽量かつ低価格のECU (Electronic Control Unit) によって、複雑な制御を行うことが可能となった。

ECTシステムは特にマイコンの持つメモリ機能や演算機能などをフルに活用したものであり、マイコンなしでは小型で高性能なECUの開発は困難であった。

この論文ではECTシステムの概要とECUの機能およびECU設計上の要点について述べる。

2. ECTシステム

オートマチックトランスミッションは、駆動系の振動の吸収やスムーズな発進、トルクの増大作用などの機能を持つトルクコンバータ、広範囲の走行状態において最適な動力を得るための変速機部、変速や変速過渡時のショックなどを制御する制御機構から構成される。

ECTとは制御機構のうちの変速を制御する部分を従来の油圧制御から電子制御に置き換えたものである。

また、トルクコンバータには、ロックアップクラッチが設けられており、特定の領域では直結してスリップによるロスを除くようになっている。ECTではこのロックアップクラッチの制御も合わせて電子制御化している。

2.1 システムの概要

ECTシステムの構成図を図-1に示す。ECUは車速センサとスロットルセンサの信号を受けて、図-2に示すような変速パターンに従い変速ギアを制御する。変速ギアは表-1に示すように2つのソレノイドのON/OFFの組合せにより、4段の変速比を構成する。また、同様にロックアッ

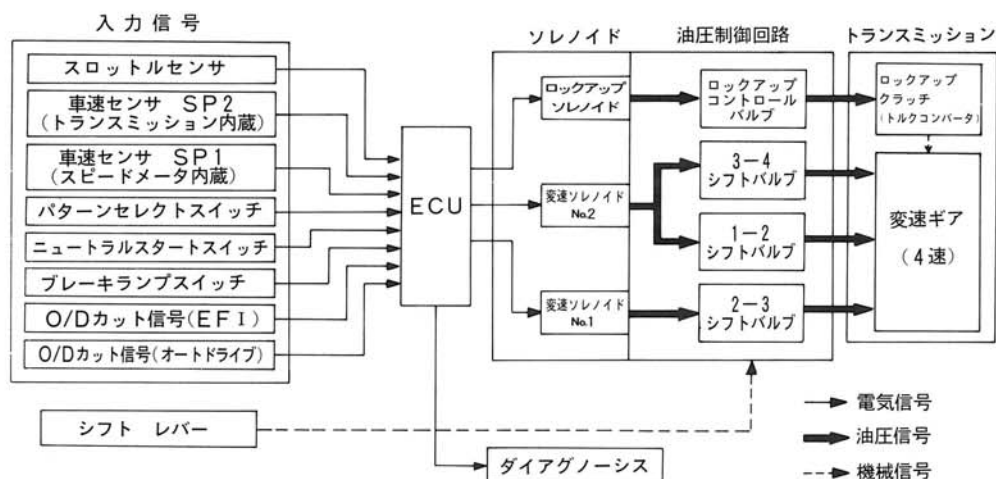


図-1 ECTシステムの構成図

Fig. 1 ECT system.

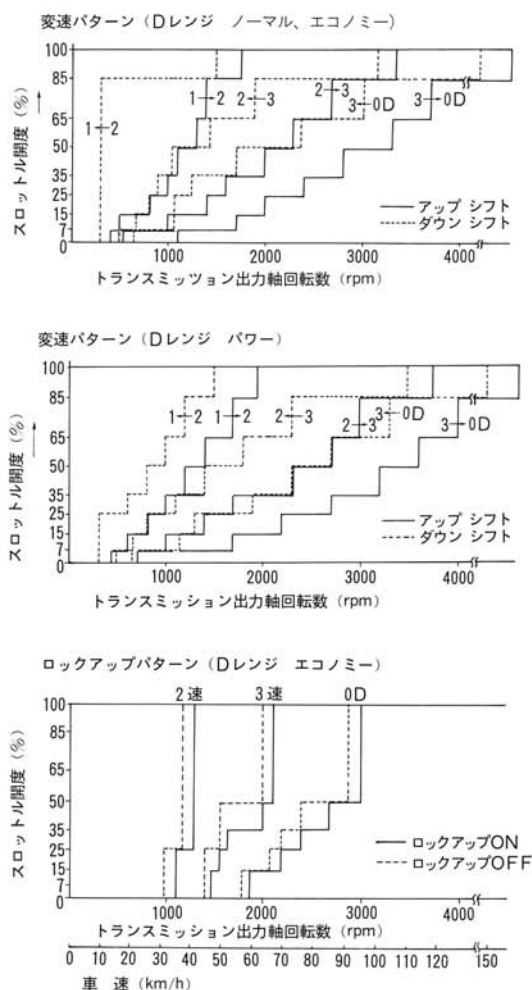


図-2 変速、ロックアップパターン
Fig. 2 Shift and lock-up pattern.

プパターンに従って、トルクコンバータのロックアップクラッチの結合および解放の制御を行なう。ロックアップクラッチはマニュアルトランスミッションのクラッチに相当する機構であり、変速時には一時的に解放する必要がある。ECUは適切なタイミングでこれを制御し、スムーズな変速を実現している。

また、ECUは各種の入力信号を受けて、変速パターンセレクト機能やODカット（4速禁止）機能などの付加的な機能を実現するとともに、車速センサ、ソレノイドの故障時のフェイルセー

表-1 変速制御論理

変速段	1速	2速	3速	4速 (O/D)
変速ソレノイド No. 1	○	○	×	×
変速ソレノイド No. 2	×	○	○	×
変速ギア比	2.810	1.549	1.000	0.706

○……通電 ×……非通電

フ、および故障を知らせるためのダイアグノーシス（故障診断機能）を有している。

2.2 電子制御化のメリット

電子制御化（マイコン応用）によって、次のようなメリットが得られた。

- 1) 制御定数などを高精度かつ自由に設定できるため、車両にあった最適な適合が可能となり、燃費やドライバビリティが向上出来た。
- 2) 開発段階で適合のための制御変更が簡単に行えるため、短期間に効率よく適合を完了することが可能となった。
- 3) パターンセレクト機能などの複雑な付加機能を容易に実現でき、商品性が向上した。

パターンセレクトは従来なかった機能であり、ドライバはスイッチによって、エコノミー、パワー、ノーマルの3つの変速パターンを選ぶことができる。ちなみに、エコノミーは燃費重視、パワーは動力性能重視、ノーマルは走行のスムーズさを重視したパターンとなっている。

このように、電子制御化によって、単に従来機能をきめ細かい制御に置き換えるだけでなく、機械制御では成し得なかった多様な機能を実現することが可能となった。

3. ECU

3.1 ECUの構成

ECUの構成図を図-3に示す。ECUは大別し

て、入力インターフェイス、マイコン、出力バッファおよび電源回路から構成される。

各種のセンサ、スイッチの信号が入力インターフェイスを通してマイコンに入力される。マイコンはプログラムによって入力信号を処理し、出力バッファを通してソレノイドを制御する。出力バッファには、ソレノイドの故障を検知してマイコンにフィードバックするモニタ回路、およびソレノイド短絡時に出力電流を制限する電流制限回路が含まれている。電源回路には、マイコン用の5V定電圧供給回路のほかに、パワーオンリセット回路、電圧低下時にマイコンにリセットをかける低電圧リセット回路、および万一のマイコン誤作動時にリセットをかけるマイコン監視回路が含まれている。

マイコン監視回路は、正常時には、マイコンが出力する約30Hzのパルス信号を受けて、リセット端子を“1”レベルに保っているが、マイコンが誤作動してパルス信号が途絶えると、一時的にリセット端子を“0”レベルにしてマイコンにリセットをかけ、正常に戻す仕組みになっている。

マイコンは、富士通製MB8842（4ビット1チ

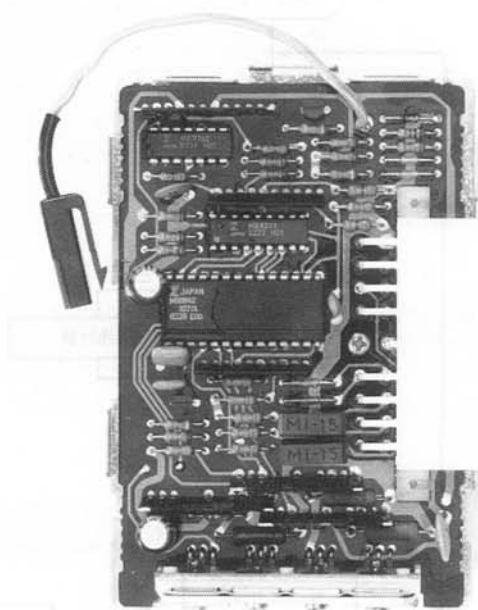


図-4 ECUの外観

Fig. 4 ECU.

ップ、ROM 2048×8ビット、RAM 128×4ビット）を使用している。ECUの論理演算機能の大部分は、マイコンによって達成されている。

図-4にECUの写真を示す。

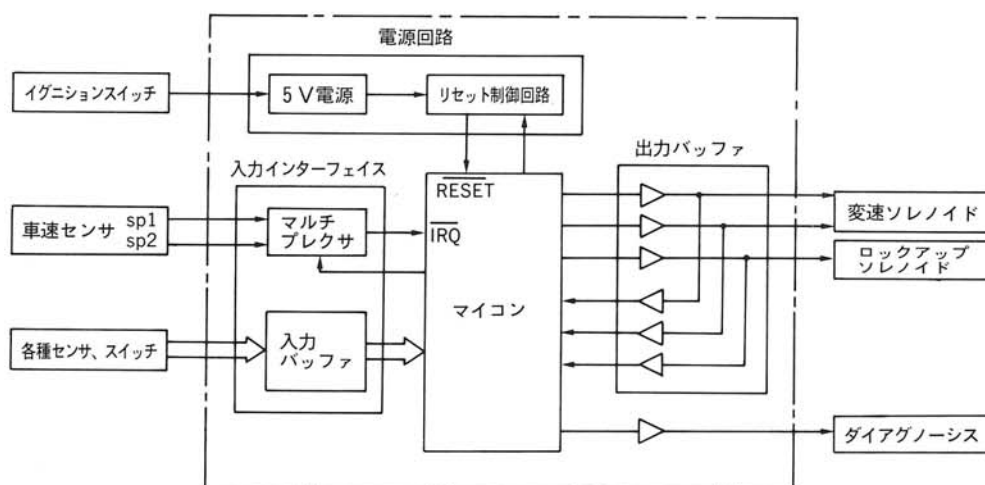


図-3 ECUの構成

Fig. 3 ECU configuration.

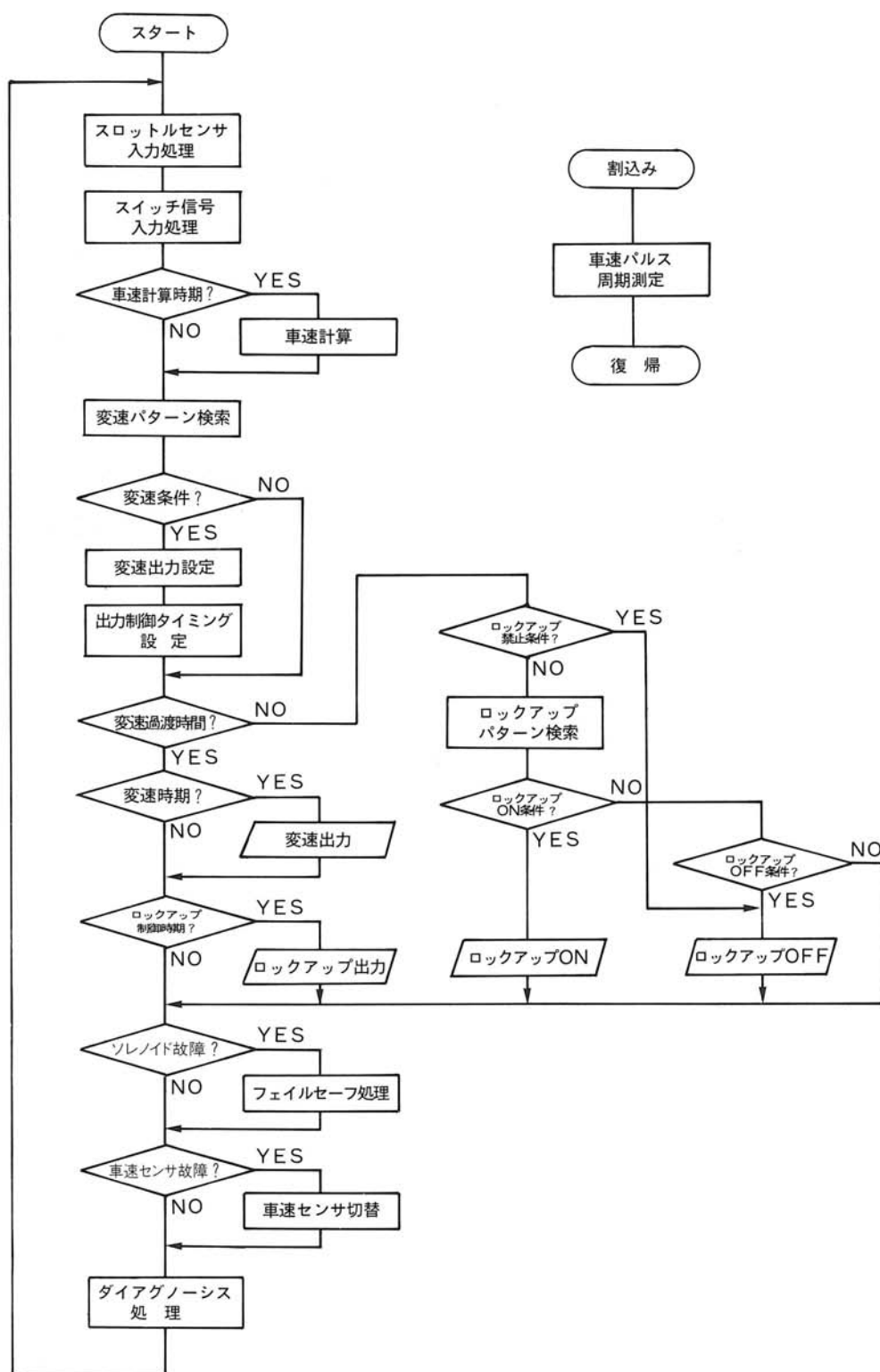


図-5 ECUの処理フローチャート

Fig. 5 ECU processing flowchart.

3.2 制御内容

ECUの処理フローチャートを図-5に示す。プログラムは大別して、入力信号の処理、変速ロックアップ制御、フェイルセーフ、およびダイアグノーシス処理から成る。

3.2.1 入力信号の処理

ECUは車速センサ、スロットルセンサ、および図-1に示した各種のスイッチ信号を入力して、車両の状態を検知する。

スロットルセンサは、3ビットのグレイコード接点による8ステップのスロットルポジションの検出、およびアイドル接点による全閉状態の検出を行う。グレイコードは隣り合ったステップのデータが1ビットだけ違っているコードであり、ステップの境界点で全く違ったデータが発生する恐れがないという特長を持っている。マイコンは、このグレイコード信号を入力して、大小比較のためにバイナリーコードに変換する。

パターンセレクトスイッチはE（エコノミー）、P（パワー）の2つの接点を持ち、2接点ともオープンの場合、ECUはN（ノーマル）と検出することにより、3パターンを設定を行う。

ニュートラルスタートスイッチはシフトレバーのSおよびLレンジを検出する。ECUはS、L接点ともオープンの場合、Dレンジとして処理する。SおよびLレンジは主にエンジンブレーキを効かせるためのレンジであり、ECUは変速パターンを変更して、これに対処している。

エンジン始動直後の低温時やオートドライブ走行中の登坂路などでの車速低下時には、それぞれのシステムよりO/Dカット信号が発生され、ECUはこれを受けて4速禁止の処理を行う。

車速センサの信号パルスをマイコンの割込み端子に入力して周期を計測することにより、車速を検出する。

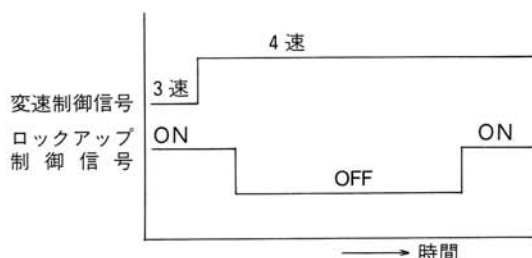


図-6 変速制御タイミングの一例

Fig. 6 Shift control timing.

3.2.2 変速、ロックアップ制御

ECUは前述の入力信号により、図-2に示した変速パターンおよびロックアップパターンに従って変速およびロックアップを制御する。変速パターンには、シフトアップとシフトダウンについて比較的大きなヒステリシスを持たせている。これは頻繁な変速動作を避けてスムーズな走行を確保するためである。

ロックアップクラッチ結合時の変速では、トルク変動を軽減するとともに、エンジン回転が滑らかに変化するようにロックアップクラッチを一時的に開放する新しい制御方法を採用している。更にシフトアップ/シフトダウン、アクセル踏み込みの状態、および変速段の種類などで区分して、それぞれ最適のタイミングを設定することにより、スムーズな変速特性を確保している。アップシフトの制御タイミングの例を図-6に示す。

3.2.3 フェイルセーフ

車速センサは2系統設けてあり、一方が故障しても他方のセンサを用いて制御が続行される。

また、ECUはソレノイドの短絡および断線を検出し、変速ソレノイドの一方が故障した場合には、他方のソレノイドの制御出力を切替えることにより、可能な範囲で運転性をできるだけ損わないようにしている。また、万一両方のソレノイドが故障した場合にも、シフトレバーにより機械的にマニュアル変速が可能である。

3. 2. 4 ダイアグノーシス

ECUにはシステムに故障があった場合に、何の故障か知らせるためのダイアグノーシス端子が設けられており適確な補修が出来るように配慮されている。車両停止時には、フェイルセーフに関連して検出した車速センサおよびソレノイドの故障を表示する。故障のない時にはスロットルポジションを電圧に変換して表示し、スロットルセンサの異常の有無を知らせる。走行時には、変速およびロックアップ状態を電圧に変換して表示し、制御系の作動状態がモニタ出来るようになっている。

4. ECU設計上の要点

4. 1 小型化要求への対応

自動車の限られたサイズの中で、車室空間を可能な限り拡大する努力がつけられている一方、エレクトロニクス応用はじめ、各種の新しいシステムが採用されてきており、ECU類の取付スペース低減の必要性はますます高まってきている。ECT用ECUの場合、1チップマイコンに論理機能の大部分を負担させているとはいえ、入出力数が多く、各種のフェイルセーフ機能のための回路も必要であるため、ディスクリート部品換算で160点の回路部品が必要な規模となった。

これに対して、回路をハイブリットIC化し、また、プログラムの短縮努力によって、タイマ内蔵タイプではローエンドと言うべきDIP28Pの4ビットマイコンの使用を可能としたことなどにより、従来のECUと比べ約2倍の高密度実装に匹敵する小型化と低価格を達成した。

1982年8月には、リセット制御回路を含んだ電源ICと入力インターフェイスICの2つのカスタムICを開発して、さらに部品点数を削減し、信頼性向上と生産性向上をはかった。

なお、1983年8月の新型クラウンでは、機能

アップのために8ビット1チップマイコンMBL 6801W2 (ROM 4096×8ビット RAM 192×8ビット)を採用している。

4. 2 車速計測

車速信号は変速パターン制御の基本となる情報であり、最も重要な入力信号であるため、車速センサはトランスミッション内(SP2)とスピードメータ内(SP1)の2ヶ所に設けられており、通常SP2が用いられるが、SP2が故障した場合には、SP1の信号によって制御が続行される。SP2はECT専用のセンサであり、SP1は他のシステムと共用している。

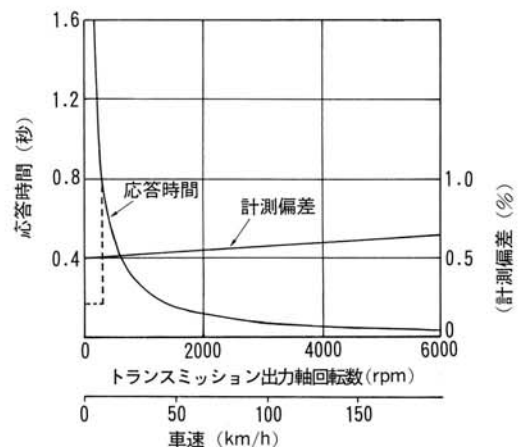


図-7 車速計測の精度と応答性

Fig. 7 Accuracy and response of speed measurement

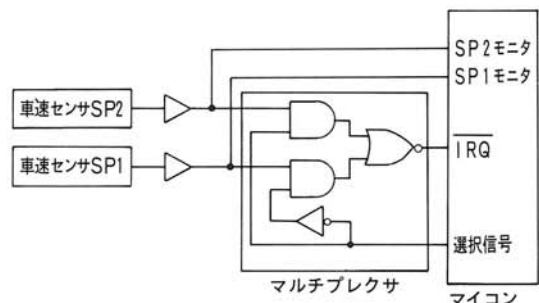


図-8 車速センサ入力回路

Fig. 8 Block diagram of speed sensor input circuit.

これらの車速センサはともにリードスイッチ方式であり、SP1の信号周波数は車速60km/h時で約42 Hzである。SP2の信号周波数は車種によって多少異なるがSP1より2割程度低目に設定されている。

ECUは車速センサ信号の4パルス分のパルス幅を計測して車速を算出する。パルス幅計測には107 μ S毎にインクリメントされるマイコン内蔵の8ビットカウンタを使用している。この方式による車速計測の精度と応答性は、マイコンのクロックの偏差を0.5%として図-7のようになり、通常走行において十分な特性値である。

前述したように、SP2故障時には、SP1に切替えて車速計測を行なう。車速センサ入力回路を図-8に示す。回路はバッファ、マルチプレクサ(入力インターフェイス用カスタムICに内蔵)、およびモニタラインから成る。

通常はマルチプレクサの選択信号を“1”にして、SP2信号をマイコンのIRQ(割込み)端子に入力する。この間、モニタラインを通してSP1信号を監視する。SP2が故障してIRQ端子に信号が来なくなった時、モニタラインよりSP1信号が確認されれば、選択信号を“0”にし

てSP1信号をIRQ端子に入力して車速計測を続行する。

この方式によって、SP1、SP2共、割込みを利用することにより、フェイルセーフ時にも正常時と同等の計測精度と応答性を確保している。

5. む す び

以上、トヨタ自動車㈱の仕様にに基づき、三社協力のもとに開発したECT用ECUでは、マイコンの応用により複雑かつ精密な制御を小型、低コストで実現することが出来た。なおECTは1981年8月クラウンに搭載されて以来多くの車種に採用されつつある。今後もさらに改良をすすめ、より高性能な自動車用マイコン制御装置を開発していきたい。

最後に開発に当たって的確なご指示を賜った関係各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 久保政徳・倉持耕治郎：“オートマチックトランスミッションの新技术”、トヨタ技術の友、Vol. 34、No. 4 (1983)