

解説

自動車システムへの応用*

鶴岡 久** 山口 昇**

1. まえがき

自動車の排気ガスおよび安全性の確保が大きな社会問題として認識されてきたが、制御方式の観点からすると自動車そのものの改善による対策と道路交通網の整備による対策とにわけることができよう。ここではマイクロプロセッサの応用という立場から前者の代表例として自動車に搭載するオンボードプロセッサ、後者の代表例として径路誘導用路上機について述べる。

2. オンボードプロセッサ

自動車の排気安全問題の解決の方法として化学的、電気機械的もしくは電子的方法などさまざまな方法が検討されている。電子制御方法は高い制御精度が得られるばかりではなく、半導体技術の急速な進歩は近年半導体部品の価格の著しい低下と信頼性の向上をもたらしている。そこで現在主としてアナログ回路で構成された燃料噴射制御、電子変速制御、アンテスキッド、速度制御等の電子装置が一部の車種に採用されるまでに至っているが、さらにマイクロプロセッサのような LSI 化デジタル計算機で総括的に制御する可能性も検討されている。

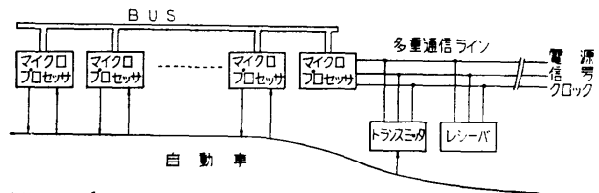
2.1 制御対象とシステム構成

自動車の電子制御の対象としては前述の項目の他に灯火制御、エアバッグ、酒酔運転防止、警報表示などが考えられている。これらの制御項目は一応どれもマイクロプロセッサの制御対象になりうるが、そのシステム設計の考え方として次

のような方法が考えられている¹⁾。

- (1) 既存の制御システムを各制御項目別に独立に LSI 化専用マイクロプロセッサに置きかえる。
- (2) 既存の制御システムをいくつかの制御項目別にグループにまとめ、グループに対し一台のマイクロプロセッサを割り当てる。
- (3) 自動車のすべての制御項目を一台のマイクロプロセッサで実行する。

(2)および(3)に対する代表的な構成例を図-1 および図-2 に示す。ここで多重通信ラインとは主として警報や表示に使用される多数の配線を数本の時分割伝送ラインに簡素化したものであり、比較的处理速度の遅いデジタル信号がその対象となる²⁾。どのようなシステム構成を採用するかは価格/性能、信頼性、保守性、融通性などによって決定される。また当然のことであるが対象とする制御項目がマイクロプロセ



(注) マイクロプロセッサの何台かが専用回路になることも考えられる。

図-1 マルチマイクロプロセッサによる自動車制御

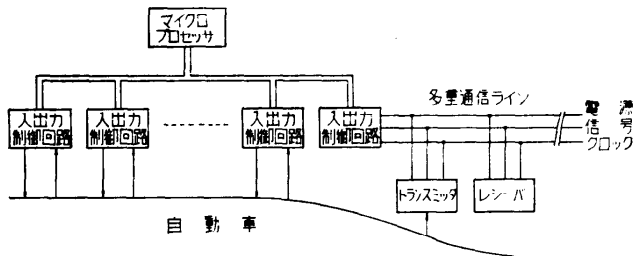


図-2 シングルマイクロプロセッサによる自動車制御

* Microprocessor Utilization in Automobile System Control by Hisashi TSURUOKA and Noboru YAMAGUCHI (Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.)

** (株)日立製作所中央研究所

サで制御されるためには専用アナログ回路、専用デジタル回路に対する優位性がはっきりしなければならぬことはいうまでもない。

2.2 各社の状況

マイクロプロセッサは市場に出現してから5年程であり製品価格も信頼性も自動車に適合したものになってはいない。マイクロプロセッサの主要制御対象である安全およびエンジン制御は、その法規制が流動的なこともあって半導体に量産効果をもたらしめるに至っていない。しかし将来に対する基礎的検討は各社とも進めているようである。GMは1971年に1台の中央計算機と5台の衛星制御回路で構成される $\alpha-1$ システムを使って計算機制御に関する問題点の抽出を行った³⁾。続いて汎用宇宙航空ミニコンを使った $\alpha-2$ システム、PDP-11を使った $\alpha-3$ システムを経て、現在IC4個で構成される専用マイクロプロセッサを使った $\alpha-5$ システムを完成している。これらの基礎実験を通して1台のマイクロプロセッサですべての制御項目を制御したときの演算速度は加減算で数マイクロ秒でよいという結果も得ている。

FordはGMより活発な発表はないが、PDP-11を使った予備検討の後、1974年に12ビットの専用マイクロプロセッサを開発してイグニッション制御と排気制御を行わせている⁴⁾。ヨーロッパではBosch、Lucasなどが個別の専用デジタル回路を開発しているがマイクロプロセッサを使ったシステムの発表はない。Volkswagenでもサービス工場にマイクロプロセッサをおき保守サービスを自動化する方に力点を置いているようである。日本の自動車メーカーでもオンボードプロセッサを検討しているようであるが公式の発表はまだない。

2.3 今後の問題点

オンボードマイクロプロセッサを自動車に採用する際の問題点について述べよう。

(1) コスト

オンボードマイクロプロセッサを自動車に採用する際の最大のきめ手はコストであり、その成否の多くを半導体技術に依存している。各種半導体デバイスの中ではCMOSが本命の一つと考えられ、GM、Fordの専用プロセッサもCMOSで構成されている。しかし制御出力の駆動にはパワー部も必要であり、バイポーラも重視されている⁵⁾。またシステム構成ではプロセッサ周辺回路部におけるアナログ処理とデジタル処

理、およびハード処理とソフト処理の最適配分が半導体技術との関連で最も重要になるであろう。

(2) 信頼性、安全性

次に信頼性、安全性の面ではまず自動車環境が通常のマイクロプロセッサと異なり、たとえば動作温度範囲で $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 、振動で10Gといった値が要求される。また電源には精度の高い電圧調整器を付加することは無理があり、バッテリーで直接駆動できることが望まれる。その変動範囲は6V \sim 15V程度である。さらに自動車のエンジンルームにはイグニッション雑音や発電機から発生する雑音、およびサージが存在する。このような環境条件の下でもマイクロプロセッサシステムの誤りや故障により、人命に関する問題および乗員に多大の面倒をひきおこす問題を生ずることは絶対に許されない。

コストに対する厳しい条件から従来の計算機技術で採用されてきた信頼性、安全性の向上のための各種技法をそのままあてはめることには困難が生ずる場合が多い。Fordではこの点に関して冗長技法を使えば1.5 \sim 2倍に信頼度を改善するのに5 \sim 10倍のコスト上昇を招き、とても受け入れられないという見解を出している⁶⁾。

(3) 保守性

量産車に搭載する場合には特に保守やサービス体制の問題が重要になってくる。自動車サービスマンには計算機の知識も必要とされる新しい事態が生ずる可能性も考えられよう。

さらに忘れてはならないことにオンボードプロセッサには各種のセンサが必要であり、その量産性と信頼性の問題はプロセッサに劣らぬ難しさを備えていると思われる。とはいえ自動車用部品として低価格で高信頼のマイクロプロセッサが大量生産されるとなると、その市場の大きさはもとより他産業に与える影響は測りしれないものがある⁷⁾。

3. 径路誘導用路上機

ここで紹介する径路誘導用路上機は通産省工業技術院の大型プロジェクト「自動車総合管制技術の開発」で現在試作研究されているものである。径路誘導システムはこの自動車総合管制技術のメインフレームを構成し、走行車に対する個別的な径路誘導情報の提供を行うことにより交通流の制御を行い、交通混雑渋滞の緩和を図るとともに、2次的にも排ガス減少、交通事故防止への狙いを持っている。

ここでは、この経路誘導用路上機についてマイクロプロセッサの応用例として具体的に述べ、その後、このシステムおよび関連するシステムにおけるマイクロプロセッサ応用の動向と問題点についてふれてみたい。

3.1 経路誘導用路上機の機能

経路誘導システムは図-3 に示すように中央コンピュータ、地区コンピュータから成る管制系、路上機(端末系)、車載装置(入出力系)により構成される。これらのサブシステムが担当する分担機能は各々以下のとおりである。

- (1) 管制系……交通状況の把握、交通データの処理およびファイリング、最適経路の計算、ガイドテーブルの作成、路上機との通信およびその管理
- (2) 路上機……管制系との通信、車載装置との通信、誘導情報の導出(ガイドテーブルの検索)、交通データの収集
- (3) 車載装置……目的地コード等入力データの設定、誘導情報の表示

経路誘導システムにおいては、路上機は各交叉点に設置され、各交叉点入口 100 m ほど手前に埋設されているループアンテナを介してそこを通過する車と個

別的に通信をすることができる。したがって、走行車は車載装置に目的地コード等をセットしておけば、交叉点にさしかかるたびに路上機と交信し誘導情報を得ることができる。誘導情報としては進入する交叉点の形状、進路指示(直進、右左折の指示)、車線選択等があり、ドライバーはこれに従って運転してゆけば目的地まで交通状況に応じた最適経路に沿って到達することができるわけである。また、各交叉点の路上機における誘導情報の導出は目的地コード、車種等車からの入力データと誘導情報を対応づける表であるガイドテーブルを検索することによって行われる。このガイドテーブルは管制系で約 15 分ごとに交通状況に応じて作成され路上機へ送られる。このような機能は管制系が各交叉点の路上機のガイドテーブルを操作することにより、かなりの範囲(誘導情報の提供はドライバーに対する視覚的表示だけであり、物理的、法的な強制力はない)で交通流の制御が可能であることを意味している。

次に路上機のハードウェアの構成について述べる前に、今一度その機能を整理しておく必要がある。路上機に課せられる機能は次のとおりである。

(1) 管制系とのデータ通信を行う

路上機と管制系は半2重4線式、伝送速度 1,200 bps の公社回線で結合され、データの授受は管制系からのポーリング/セレクティング方式によって行われる。路上機ではその通信制御を行う必要がある。

(2) 管制系からの指令の解読応答処理を行う

上記(1)で定められる通信制御手順で管制系からデータとして送付されてくる指令コードを解読しそれにより要求される応答処理を行う。指令は路上機の処理モードの切換えや、各種テーブルの送受信に際してはラベルとしての機能を果たす。

(3) 車載装置とのデータ通信を行う

車載装置とは交叉点の手前に埋設されたループアンテナを介した局所的な微弱電波による無線通信によって結合される。ここにおけるデータ授受は往復各々 9 Byte ずつであり、その制御はさほど複雑ではない。しかし、一つの路上機にはその交叉点への入レーンに対応する数のループアンテナが結合されるので、複数回線(多いところでは 16 回線)の同時制御が必要とされる。

(4) 誘導情報を導出する

車載装置からは目的地コードのほか車種、車番が送られてくるが、路上機ではこれらのデータおよびデー

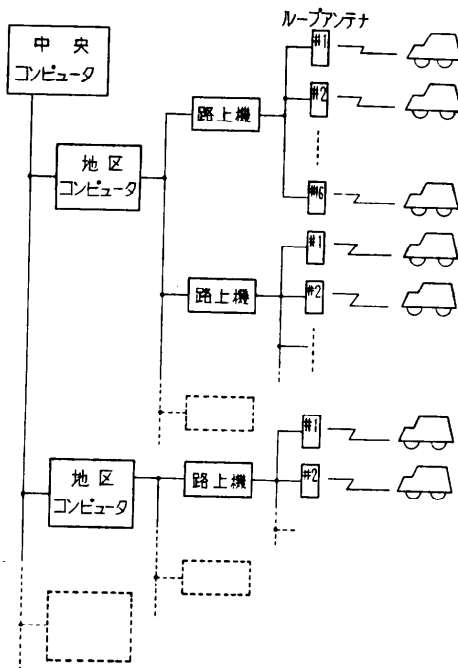


図-3 経路誘導システムの構成

タが得られたアンテナ番号（つまり車が通過している入レーン番号）により、ガイドテーブルの検索を行い誘導情報を導出する。

(5) 交通データを収集する。

管制系が交通状況を実時間で把握するためには不可欠の機能である。車載装置がすべての車に装着された場合には、路上機は即車両感知器としても機能するが、その装着率が低い場合は補助的に従来の車両感知器の助けが必要である。収集されたデータはポーリングにより管制系に吸い上げられる。

3.2 経路誘導用路上機の構成例

今までに述べた路上機の機能を実現するハードウェアの構成例を図-4に示す。ここで、CPU 1, CPU 2 に各々一つずつのマイクロプロセッサがその主構成要素として用いられている。CPU 1 は指令の解読応答処理および誘導情報の導出処理を実行し、CPU 2 は対上位通信制御部、対車通信制御部とともにこれらの通信制御を管理し、また車両感知器のデータを処理する。すなわちこれはメインのプロセッサ CPU 1 に通信制御を主体とする入出力制御機能をもつ I/O プロセッサとしての CPU 2 がつながれた形とみることができよう。これら二つの CPU は各々ローカルな ROM (プログラムエリア) および RAM (ワークエリア) を持っており、相互に独立でありタスクの並列処理が可能である。また、相互のインタラクションは共有 RAM および往復 1 本ずつの割り込みラインにより行うことができる。

以上のような CPU 1, CPU 2 に対して使用するマイクロプロセッサとしては 8 ビット(またはそれ以上)の高レベルのものが必要である。その理由は路上機、車載装置間の通信がループアンテナによる局所的な通信であるため、走行している車に対しては通信時間が 100 msec 程度しかとれないこと、また入レーン数だけの同時応答処理が必要なために、CPU 1 の誘導情報

導出処理、CPU 2 の対車通信制御処理とも相当の高速度応答が要求され、ミニコンに近い性能が必要とされるからである。

マイクロプロセッサを路上機に用いた場合のメリットは、他の多くの場合と同様と思われるが、次のように整理することができる。

- (1) CPU 2 の導入により通信制御部等におけるハードワイヤードロジックのかかなりの部分のソフト化を実現でき、多少の仕様変更に対してはプログラム変更で対処し得るというフレキシビリティを得ることができる。
- (2) 同じ路上機の機能を実現するにしても、ミニコンを用いるよりも IC チップレベルでの部品数の削減が可能であり、これによる小型化、低電力化、高信頼化への効果を期待することができる。なお、この例ではマイクロコンピュータを 2 個用いたが、CPU 自体はすでに小さくあまり問題とはならない。
- (3) 路上機は街路という悪環境下におかれるため、耐熱設計、構造設計に十分意を払う必要があるが、上記低電力化の波及効果として、これら耐熱設計、構造設計に対してはその簡素化を促進する。

一方、価格面では現在 8 bit の高レベルマイクロプロセッサでは、まだ十分安価とはいえず、しかも、一般の IC に比べると高価な ROM, RAM を多く必要とすることは、一つのデメリットであるかも知れない。しかし、CPU, メモリとも将来の低価格化は、集積技術の進歩、量産効果の拡大に伴い、十分期待できるものである。

3.3 自動車交通管制システム関係応用状況

経路誘導システムの先駆は米国運輸省が GM 社に委託して開発した ERGS (Experimental Route Guidance System) である。路上機についてもこのシステムにおいて 1968 年に開発されているが⁹⁾、これは路上機の機能を全くのワイヤードロジックで実現したものであり、管制系という概念のないオフライン的な情報サービス端末であった。これは米国の交通事情が特に管制を必要としないこともあったかも知れないが、当時は IC, LSI 化の技術がまだ十分でなくむしろハードウェア的制約から路上機に複雑な機能を与えることができなかったためと考えられる。

経路誘導システムに類するシステムの各国の開発状況は 1975 年 8 月の自動車総合管制技術の欧米調査団

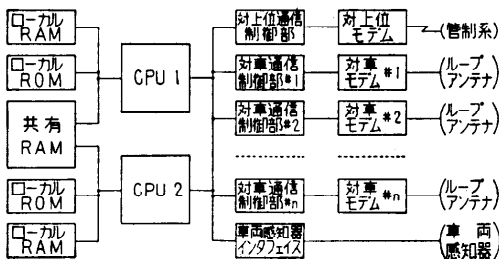


図-4 路上機のハードウェア構成

の報告¹⁰⁾に詳しく述べられている。これによると、径路誘導システムに類するシステムの例をイギリスや西ドイツ等にいくつかを数えることができる。しかし、これらのいずれの例においても路上機にマイクロプロセッサを使用したものはないようである。これは、マイクロプロセッサが世に出てまだ間もないこと、また路上機において処理すべき情報量が、日本の例に比べて相当に少なくマイクロプロセッサほどのものを使用する必要性に乏しいためと考えられる。ここで応用の対象範囲を信号制御や高速道路の管制システムに拡げても、現在のところマイクロプロセッサを実際に応用した事例はあまり見当たらない。この理由もまた上と同じであろう。

3.4 問題点と今後の方向

径路誘導用路上機についての応用上の問題はマイクロプロセッサ自身よりもむしろその周辺回路にあるといえる。すなわち、CPU 自身はマイクロプロセッサとして1ないし数チップにLSI化された反面、その周辺回路や通信制御部等が大きな容積比を占有するようになってしまった。これを解決するには周辺回路や通信制御回路のLSI化を積極的に押し進めることが必要である。この重要性はいずれのマイクロプロセッサのメーカーも認識しており、主としてCPUチップまわりの汎用I/OインターフェイスLSI等が開発されている。しかし、個々の機器に即したインターフェイス回路のLSI化は、それが多種多様であるために行われている例はまだ少ない。しかも、この路上機における対車通信のように多少特殊な仕様の通信装置になると、そのインターフェイスや通信制御回路も特殊にならざるを得ず、このような回路のLSI化は、径路誘導システムが広い地域で実施されLSIの量産効果を期待できるほどの需要が出るまでは望めない。このような事態を克服するためには、いろいろなところで用いられている類似の通信の仕様並びに通信制御の仕様を標準化することにより、LSI化による量産効果を生かすよう工夫する必要があると思われる。これは通信に限ることではなく、多くの入出力機器についても同じことがいえる。これらが実現されると、路上機は今以上の小型化、高信頼化、低電力化等が望める。

一方、道路交通管制一般についての応用における問題は、そのようなシステムで用いられている端末ないしは制御装置における情報処理量がまだマイクロプロセッサほどのものを必要としていない点にあると考えられる。現在街路にはいろいろなシステムの端末ない

しは制御装置が多種多様バラバラに設置されているのが目につく。例えば、信号制御機の近くに車両感知器の端末があったり、可変情報板の端末があったりする。このため、各々の端末には多機能性はあまり要求されない。これが、このようなシステムの端末ないしは制御装置にあまりマイクロプロセッサが用いられない原因であろう。そこで今後はこのような端末の統廃合を進めてゆく必要があり、こうして生まれる新しい端末にはマイクロプロセッサにふさわしい機能を与えることができよう。これを実現するには、上位コンピュータシステムの統廃合や新システムの設計等多くの困難な問題があると思われるが、端末の設置コストや通信回線コストの大幅な削減を期待することができ、制御の融通性の大幅な増加を望めるとすれば、メリットの方がはるかに大きいといえよう。

最後にいえることは、自動車交通管制一般でのマイクロプロセッサの応用は現在ではまだ十分行われていないが、今後期待できる分野であるということであろう。

参 考 文 献

- 1) QS社レポート：Worldwide Automotive Electronics, 1973.
- 2) P. W. Sognefest: Computerized Energy Distribution and Automated Control, SAE paper 720283 (Jan. 1972).
- 3) William Flangan: Putting Electronics in Cars opens multiple Design Options, Automotive Engineering, Vol. 79, No. 12, (Dec. 1971).
- 4) R. H. Temple: The use of Microprocessors as Automobile On-Board Controllers, Computer (Aug. 1974).
- 5) ギアが入った自動車エレクトロニクス, 日経エレクトロニクス, No. 66, 1973年10月.
- 6) R. S. Oswald: Design Considerations For an On-Board Computer System SAE paper 750434.
- 7) 自動車エレクトロニクスの現状と将来, 日経エレクトロニクス, No. 44, 1972年12月.
- 8) 五十嵐義男: 自動車総合管制技術の開発, 交通工学, Vol. 9, No. 2 (1973年3月).
- 9) General Motors Research: A Design for an Experimental Route Guidance System, Vol. II, A Hardware Description (15 Nov. 1968).
- 10) 自動車総合管制技術海外調査団: 「自動車総合管制技術」に関する調査報告書 (1975年8月19日).

(昭和50年12月17日受付)

(昭和51年1月12日再受付)