

第3章

人に優しい制御をめざして

(モートロニクスの歴史と展望)

モートロニクス本部長代理 岩本 弘



3.1 まえがき

モートロニクスは、富士通のラジオ部と通信機部のエンジニアが集まり、約20名で昭和46年にスタートした。富士通テンが設立される1年前である。翌47年富士通テンの設立と同時にTF技術委員会が発足し将来方向が検討された。

以後、富士通テンの重点分野として順調に拡大し、20年後の現在では800名の大部隊に成長した。

昭和40年代は、トヨタカローラ、ニッサンサニーに始まるモータリゼーションの進展、大阪万博、列島改造ブームなど産業が急拡大し、アポロ月面着陸に代表されるハイテクが開花した時期である。

一方で工場の排煙、廃液および自動車の排出ガス等の公害問題、第一次オイルショックなど社会問題が顕在化した時代だった。特に、自動車メーカーは排出ガス対策として48年から始まる規制に対応するため、エレクトロニクスに活路を見付けようと模索していた。

したがって、46年のモートロニクス設立は時代の趨勢を見た適切な判断であった。自動車メーカーとの接点がカーオーディオ主体であった当社が、トヨタ自動車からの打診であったとはいえ、今日のカーエレクトロニクスの急激な発展を予見した当時の関係者に敬意を払いたい。

	昭和45年 (1970)	昭和50年 (1975)	昭和55年 (1980)	昭和60年 (1985)	平成2年 (1990)	平成7年 (1995)
パワートレイン 制御						
シャシー・走行 制御						
安全・ボディ 制御						
事業						

表3.1 モートロニクス主要製品の変遷

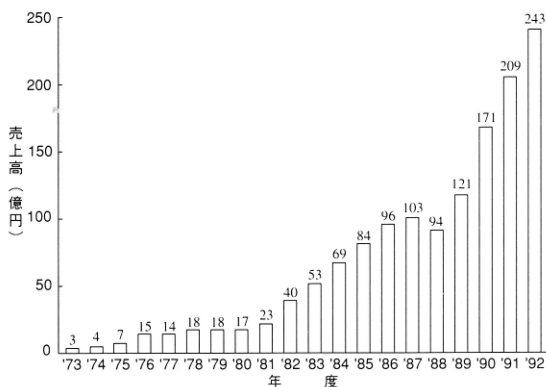


表3.2 モートロニクス売上高の推移

3.2 省資源とクリーンな車 くエンジン制御への取り組み

3.2.1 取り組みの始まり

モートロニクス発足当初、「何をやるべきか」について活発に議論を重ねたが、自動車の心臓部に当たるエンジン制御系への取り組みが最重点であ

ることは、全員が一致した方向であった。まず、シャーシダイナモに代表される評価設備を購入し、開発の準備にかかった。しかし、エンジン制御と言う機械系の長い歴史と高い完成度の中で、機械系の何処をどう電気系に変えていけば、コスト低減、精度向上などを図った製品化が可能なのかが最初の壁であった。ましてや、新しい機能の提案など全く思いも及ばない期待であった。

したがって、当社独自でエンジン制御系の弱点を把握し、電子化を進めなければならない状況が続いたならば、エンジン制御の機能を十分に知る能力のない当社にとって何をなすべきかを全く見出せなかったかも知れない。

しかし、TF技術委員会の方向づけのもとで当社が、昭和48年の排出ガス規制による電子化の流れに乗り、製品作りの中からエンジン制御技術を吸収、蓄積していくことになったことは非常に幸運であった。昭和50年代の前半はキャブレタ制御を中心として、50年代後半から電子燃料噴射（E



図3.1 平成3年

モートロ20周年の会合でご参集された方々

F I : Electronic Fuel Injection) 制御を中心として、新しい技術にチャレンジすることになった。

キャブレタ制御においては、周辺機能の精度向上のためのオープンループ制御、排出ガス浄化システムの最適化のクローズドループ制御、燃焼および排出ガスのトータルシステムの最適化のためのフィードバック制御へと発展していくことになる。

しかし、その中でも思い出深いチャレンジの一つは、 O_2 センサによる空燃比フィードバック制御の開発である。それまでのエンジン制御は、機械系でやっていた制御の電子化であり、制御精度の向上が主な狙いであった。したがって、スイッチング制御がほとんどであり、エンジンルーム特有のノイズ対応での技術蓄積がメインであった。

3.2.2 基礎づくり

キャブレタでの O_2 センサ処理では、初めて電気系でなければならないことを50年頃からやり始め、これ以降パワートレイン制御での製品化が活気付き、大きな柱の1つとして根付いたものとなっていった。

O_2 センサ処理の課題としては、空燃比のフィードバック中心値をいかに安定させるか、また、振り巾を小さくしてフィードバック周波数をいかに高くするかであったが、回路技術の中でさまざまな検討ができ、 O_2 センサ処理技術が一気に向上すると同時にエンジン制御の中身をしっかりと把握し始めた時期でもあった。この頃の技術は改良すればそれが排出ガス浄化に直接結びついてエンジニアとして苦勞しがいのある毎日であった。

この時期の苦い思い出としては、 O_2 センサのA G C処理回路の特許が一月の遅れで他社に先願されたことである。その後のエンジン制御で他社

特許で苦しめられることになるが、A G C処理回路の特許が予見していたのかもしれない。

キャブレタ制御が中心であった昭和50年の前後においては、48年と、53年の排出ガス規制、また、49年、54年のオイルショックを経験し、その度に付加機能に対応し、膨張する回路規模には、I C開発で対応してきた。この時期のエンジン制御用I C開発が、その後のI C開発の基礎となっている。そして富士通の技術と結びついて、当社がトヨタ自動車に対し富士通の技術を活用していくという企業目的の遂行を果たすエンジニア集団作りの第1ステップであったと言える。

この時期のI Cには、ユニークなものが多数あり、当時のエンジニアの苦勞が随所に感じられる。この当時のI Cテクノロジーは、今から考えると実に幼稚な技術で、いかに簡素な回路（素子数）で構成するかがポイントであり、エンジニアとしてチャレンジした結果が、明確なコスト差として現れる時代でもあった。このI Cをエンジン制御にうまく展開していったことがモトロニクス部門での自信となり、また、トヨタ自動車からエンジン制御におけるパートナーとして認められる基本となった技術であると自負している。

しかし、このI C技術を見ても、テクノロジーの進歩がエンジン制御において回路設計の余裕度

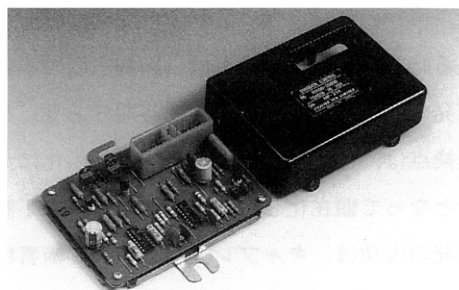


図3.2 エミッションコントロール用E C U
M P - 214 '75米国向

を与えてくれる代わり、ノイズに対する余裕度を失っていく状況に、エンジニアとはいつの時代にも新たな課題を課せられているとつくづく思わざるをえない。

3.2.3 キャブレタからE F Iに

キャブレタ制御での基本特性は70~80%をキャブレタそのものが占め、電子化は20~30%の範囲で適合させているに過ぎない。一方、E F Iはインジェクタを電子的に制御することで、基本特性の70~80%の適合ができる。やがて、排出ガス浄化、燃費向上、動力性能向上と要求性能が高まっていくにしたがい、キャブレタ制御での機能の向上とコストのバランスが悪くなってきた。そして、E F Iとのコスト差が狭まっていき始めたのが昭和50年代半ばの頃である。

当然のこのようにエンジン制御分野での主体はその後E F Iに移っていくが、当社でも50年代後半には、キャブレタ制御からE F Iへの主役交替となっていた。(しかし、キャブレタ制御にはキャブレタの良さがあり、今後共、残されていくことであろう)

3.2.4 E F I制御の萌芽時期

E F Iの製品化においては、三度の変換点があった。第一の変換点は、E F Iの開発に戦力を結集する時期、第二の変換点は、制御精度の不足から開発の中断を余儀なくされた時期であり、第三の変換点は、他社特許問題によって製品化に大きな壁となって顕在化した時であった。E F I制御の開発の成功は、キャブレタ制御での技術蓄積があって始めて可能であったことは言うまでもないが、富士通および富士通グループの協力が大きな力となったと言える。そして、三度の変換点にお

いては、多くの人達のご尽力により、今日に至る道を見出してきた。以下、それぞれの変換点について振り返って見たい。

昭和50年代に始まったE F I開発においては、始めから燃料噴射をテーマとして進めていたわけではなかった。燃料供給に対しては、キャブレタ制御がまだまだ主流であり、システムコストの高いE F Iはなかなか一般化されないであろうとの判断しかできなかった時期であった。したがって、最初に開発のテーマとして取り上げていったのは点火時期の制御であった。

最適な点火時期制御は、ノンリニアな制御が要求され、マイコンによる制御は正にうってつけと思われた。事実、その後の展開においてエンジン制御でのマイコンの適性さは十分に実証されていくが、開発の最初においては、一人のエンジニアが可能性を信じて黙々と取り組んでいたのが歴史の始まりである。そのうちに一人、二人と職制を越えて集まって、次第にプロジェクトを形成していくことになった。製品化の可能性などまだまだ見えない時期に人が集まって来だしたのは、マイコンの持つ可能性への期待を真夜中に唯一人ポツポツと機械言語をタイピュータに打ち込んでいる姿に、エンジニアとしての情熱を感じたからであった。しかし、初期の開発環境は非常に貧弱な状態で、プログラム開発は紙テープを記録媒体としていた。したがって、E F I開発の過程で、周辺のサポート技術の重要性を身を持って知らされた。以後、製品開発とサポート技術開発は平行して進めるノウハウを身に付けた。

しかし、開発の初期には予期せぬことがよく起こるものである。例えば、実験室で作り込んだ大きなケースの点火時期制御が、自信を持って持ち込んだトヨタ東富士研究所のエンジンベンチで1

発だけの点火で動かなくなった時など、自信もなくなったものである。

3.2.5 富士通グループの結集

こうして、動きだした当社のE F I開発は、関係各社の暖かい協力と理解に支えられて少しずつ力と形をつけていった。しかし、E C U (Electronic Control Unit)のマイコン化だけではE F I開発のためには微々たる戦力であり、単に研究だけに終わっていたであろう。この時期、当社では、前述のように排出ガス浄化、燃費向上、動力性能向上といったニーズがあるもののキャブレタ制御に比べて、システムコストの高いE F Iの将来性を疑問視する意見も多く、E F Iの開発については、幾度も議論を交わしていた。第一の変換点である。そして、排出ガス規制の強化という背景からシステムコストを低減すればE F Iの将来性は開けると判断され、戦力を結集し課題にチャレンジすることになった。しかし、トヨタ東富士研究所から示された課題は厳しいものであった。その目指すべき課題とは、8ビットマイコンを使ったE C U、エアフローメータに代わる半導体式圧力センサ、構造の単純なチタニア式O₂センサ、そして、1つのインジェクタで燃料を供給するシングルポイントインジェクション方式であった。E F Iシステムの主要構成の全てで考えられる最も低コストの組み合わせであり、実現は難しいが、実現すれば、E F Iの将来性が大きく開けてくるシステムであった。幸いなことに課題の多くが富士通グループの将来開発すべき技術と結びついていたことである。8ビットマイコンを富士通が、圧力センサとO₂センサを富士電機㈱が、E C U開発を当社が分担して、トヨタ東富士研究所のエンジン開発に協力していくことになる。これを可能

ならしめたものはキャブレタ制御開発での富士通および富士通グループとの協力の成功があったからである。

こうして、一気に戦力を結集してE F I開発が動きだし、その後E F I技術がモータロニクスの基礎技術となっていったが、それはこの時期マイコン、圧力センサ、およびO₂センサの開発を通じて巾広い関連技術およびエンジン制御技術を基礎から経験できたことが大きい。

3.2.6 E F I制御の製品化

T F技術委員会という公式の連絡の場が設けられ、システム開発は着々と進んでいき、さらに、低コストE C U開発を目指して周辺I C開発、ハイブリッドI C開発と増強し、トヨタ東富士研究所での基礎開発を終えてトヨタ自動車の第一技術部およびエンジン部における製品開発へと展開していった。

活性化温度を下げられなかったチタニア式O₂センサの開発は中断を余儀なくされたが、全体としてうまくいっているものと思われた開発も、やがて制御精度の不足からE F I開発全体も中断を余儀なくされることとなった。この時が第二の変換点であった。制御精度という壁は当社エンジニアには成す術もなく、夢へのチャレンジもここまでかと思った。しかし、しばらくの中断の後、マルチポイントインジェクション方式での開発再開という朗報を受けたときには、天に感謝したものである。直ちに課題として残されていた低コストマイコン、半導体式圧力センサに対し、新たなチャレンジ精神を呼び起こしたことは言うまでもない。同時に、制御の理解を深めるべく、E F I用E C UのためのL A (Laboratory Automation)の開発も並行して行なっていた。しかし、シン

グルボイントインジェクション方式の気筒間の空燃比バラツキは無くなっても、8ビットマイコンによる制御精度の悪さをどう改善すべきか、課題は山積みされたままであった。エミッションチャートのペンが振り切れた時のトヨタエンジン部実験担当の冷たい視線、実りのなかったベンチ試験後の芝生の上での反省会話、明日の実験に備えて無理にお願いしてTSS端末を深夜まで動かして頂いたことなど多くのトヨタ自動車での思い出は尽きない。この時期の急激な制御精度の向上により、製品化への目処が立っていくが、同時に他のサブシステム、とりわけECT制御の開発、キャブレタ制御の高度化、ディーゼルにおけるプリヒーティングタイマ制御の開発へと広がっていった。またアイシン精機株式会社、愛三工業株式会社との共同開発とも結びつき、マイコンシート、ABS (Antilock Braking System)、LPGでの協力関係にも発展していくが、その出発の時期でもあった。昭和50年代後半はまさにパワートレイン系の成長期というべき時期となった。これらの広がりはその後に実行されていく、サブシステムの融合（統合制御、総合制御）のときの当社の強みとなっていくことになる。

EFI開発における第三の変換点は、他社特許問題である。問題特許を絞り込んで回避の検討をトヨタ自動車と共に十分な時をかけて実施したが、特許判断の難しさもあり他社特許に抵触するとの結論に到った時が当社のEFI製品化の最後の壁であった。しかし、幸いにもトヨタ自動車、日本電装、富士通のトップに特許契約の道を選択頂き、モートロニクス発足当時からの夢であったEFIを製品化することができた。これは、当社だけでなく、トヨタ自動車、富士通、富士電機のEFI開発に携わった多くのエンジニアの熱意と開発の

成果がトップの意志決意を促したものと信じている。

3.2.7 その後

EFIの開発までの歴史を振り返るとき、EFI担当の第二のメーカーとして当社が選択された幸運、さらに特許問題が最後の段階まで顕在化されなかった幸運（いずれの幸運も大きな手の中の管理下にあった気もする）が意識されるが、やはり、先駆者の夢を形にしたいといった技術屋魂が長期に渡る開発を成功に導いたと敬意を感じずにいられない。また、反省すべきは、開発の初期において特許出願に十分な対応が図れなかったことである。昭和58年の製品化後はキャブレタのEFI化、自動車生産の順調な増加により、EFI用ECUの増産が続いていくが、いかに効率よく開発を行うかが依然として最大の課題である。円高時の低コスト化対応、また、対米規制強化による制御の大規模化への対応に際しても、自動プログラム解析装置 (CAPAS: Computer Aided Program Analysis System) の開発、IC開発の強化、16ビットマイコンの開発、C言語対応、D²-J制御方式（当社独自の方式）の開発と遅れることなく対応

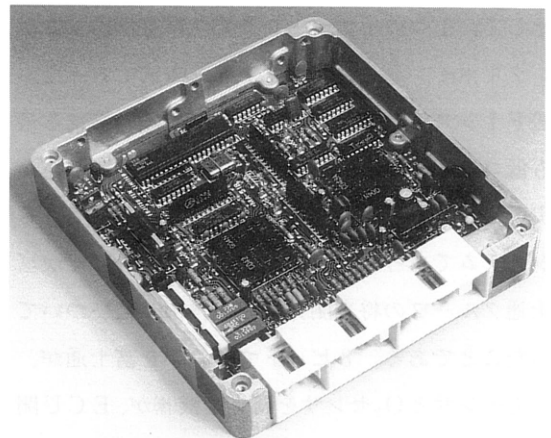


図3.3 エンジンコントロール用ECU
MA-518 '83国内向

を図ってこれたと思っている。これも開発の初期の苦労で身につけた課題にチャレンジするエンジニアとしての使命感が組織の中に受け継がれていたからと思っている。

今後は、車のエレクトロニクス化は総合制御システムとしてサブ制御システムと結合され、より高度に、より複雑になっていくであろう。しかし、そのいつの時にもパワートレイン制御がシステムの中心であり、全体開発のリーダーシップを持つものである。

多くのエンジニアを育て上げたことと、今後のエレクトロニクス化の中でも常に中心であるべきパワートレイン関係の製品を持てたことに、幸運と誇りを感じると共に多くの関係者に感謝している。

3.3 より運転しやすい車

(クルーズコントロールに代表されるイーゼードライブ)

3.3.1 クルーズコントロールの開発

当社初のクルーズコントロールは、昭和53年に世に送り出した。(図3.4) クルーズコントロールとはアクセルを踏むことなく、一定の速度で走行するためにアクセル開度を路面状態に応じて自動

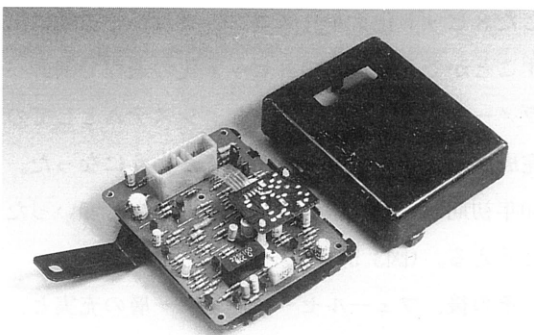


図3.4 アナログ式クルーズコントロール用 ECU
ME-106B '78国内向

的に調節するものである。すなわち車速を検出し、一方で何らかの形で記憶された車速情報とを常時比較することにより、現在の走行車速との差分を修正するようにアクチュエータを制御し、スロットルリンク機構を介して、スロットルを制御することで一定車速を保つシステムである。ここでの開発の1つのポイントは所望の車速情報をどんな形で保持するかであった。

純電子式のアナログ制御ではコンデンサに蓄積された電荷量という形で保持するのが最適である。そのために、低漏れ電流のコンデンサ、高インピーダンスの回路素子としてFET (Field Effect Transistor)を使用し、プリント基板実装後はシリコン樹脂による防湿処理を施した。

この開発は、トヨタ自動車を中心にアクチュエータを担当したアイシン精機を含め三社と共同開発した。システムが一定速度を保ちながら走ることを狙いとするため、評価試験は東名高速道路を使用し、豊田インターと牧之原インターを何回となく往復し乗り心地改善を行った。開発初期の頃はアクチュエータ、リンク等の位相遅れとECUの進角補償の最適化に苦しみ、何回にもなる東名高速テストでも成果が出ず、高速道路の何十枚もの通行領収書だけが残り途方に暮れたこともあったが、コンピュータシミュレーション等も加え、努力の甲斐があり当社初のクルーズコントロールを世に送り出した。

昭和50年代になると、マイコンが徐々に使われ始めてきた。車載用の厳しい条件にどこまで耐えられるかが採用のポイントであったが前述の車速情報を安定に長時間保持するためにはデジタル記憶が最も信頼できるため、当社のモータロニクス製品で初めてマイコン化に挑戦した。

当時はソフトウェアの開発設備は皆無に等しく、

貧弱な研究開発用のツールを使い、カードパンチ、紙テープ作成、ROM焼き付けといった作業のくり返しであった。また、従来ハードウェアで実現していた制御をソフトウェアに置き換えるために理論計算式をわずか4ビットの演算プログラムでどう実現していくかが難問であり、デジタル制御特有のデジタル誤差による走行フィーリングへの影響の解決に苦しんだ。このため、マイコン化の開発と並行して従来タイプのアナログ式の設計をも進めていったが、昭和56年世界初のマイコン式クルーズコントロールが無事誕生し、トヨタ自動車のマークIIに採用された。この間の開発の成果として非線形制御の安定性に関する論文をトヨタ自動車と共同執筆し、IEEEのコンバージェンスにてトヨタ自動車より発表された。

この頃、より快適なカーライフを目指してモータリゼーションが急展開した時代であり、自動車の北米向け輸出急増に支えられクルーズコントロールも大きく車種展開することとなった。日本の道路事情を考えると今一つ普及に弾みのつかないクルーズコントロールも北米では必需品に近い装備であり、国情の違いを感じさせられた。

ところで、走行フィーリングと定速走行性とはある意味で反比例の関係にあり、路面状態の変化に速く応答させればゴツゴツとした感じになってしまうことがあって制御性能の改善が市場から強く要求されてきた。また急激な車種展開により、車両毎に制御パラメータを合わせ込むためのマッチングに大幅に手を取られることとなり、量産直前まで設計変更をくり返すことが多くなってきた。

市場ニーズへの適合を第一にトヨタ自動車の強力なバックアップもあって制御性能の大幅な向上を図るべく、社内プロジェクトを結成して改善に取り組んだ。連日、深夜までシャーシダイナモを

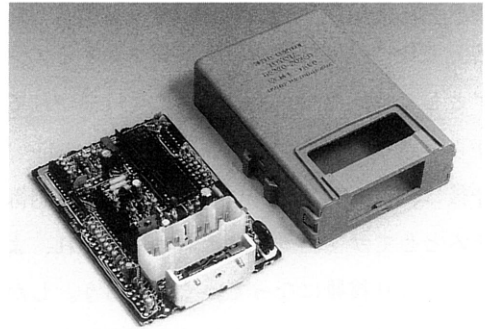


図3.5 8ビットマイコン・モータ式
クルーズコントロール用ECU
ME-1590 '86国内向

使ったの実験をくり返し、また社外走行で結果を確認することの連続であった。ドライバーにとってエンジンを制御する手段はアクセルのみであり、クルーズコントロールもこのアクセルに連動するスロットルケーブルの引き加減のみを制御しているのであるが、実はさまざまなバイパス路がありドライバーの知らない所でエンジンを制御しているのである。この解決のために、状態に最適な補償要素の多重結合と、制御演算を高速化する必要があり、マイコンの8ビット化は必須であった。また、当社は既にEFIを量産しており、その制御ノウハウも走行フィーリング改善に多に役立った。

約半年の短い開発の後、61年に制御内容を一新した8ビット化クルーズコントロールを市場に出すことができた。この8ビット化の過程で制御パラメータの理論付けも確立し、システムとしての完成度も高まったと自信が持てるようになった。50年初期から約10年かけて技術を確立していったと言える。(図3.5)

その後、フェールセーフ機能の一層の充実と、低消費電力化設計を進めていった。またECUの制御機能が向上するにつれて、エンジンの状態に依存して出力特性が変化してしまう負圧式アクチ

ュータの制御性の悪さが目立ち始め、これをモータ式アクチュエータに変えてエンジン依存度を無くし、システムトータルでの制御性を更に向上させ今日に至っている。

クルーズコントロールの将来は、車両前方センシング、ブレーキ制御との組み合わせにより過密な国内の道路事情にも適合するものとなっていくと考えられる。車を我々の最も身近な移動手段と考えるとき、ここにもまた夢多きテーマがあると思われる。

3.3.2 多方面にわたる製品開発

車にはその開発当初から、移動手段という本来の目的と同時に、居住空間としての機能をユーザは期待し、またそのために当社も快適性、利便性を追求する様々な製品を開発してきた。

以下順を追って製品開発の歩みを追って見る。

1) OKモニタ（昭和50年）

50年にモートロニクス専用工場として設立された中津川テン株式会社（現在の当社中津川工場）が、52年に稼働を開始し、この時の製品第一号がOKモニタであった。

OKモニタとは名前の通り車両各部の状態（燃

料残量、ランプ類の断線、オイル量、液量等）をモニタし、異常時にはその項目を表示し、正常時には、「OK」と表示するマルチインジケータシステムである。（図3.6）

当然、その構成は車両各部に配置された多様なセンサの信号を受けて項目ごとに処理する電子回路群であり、その記憶回路にサイリスタを採用した。これが泣き所で車両ノイズにより時折誤作動し、ポート（輸出車の船積場）での対策品への交換作業に走り回ったことも今では思い出の一駒となっている。

製品化当時はECUのみであったが、3年後には当社独自のパルスモータを使った回転ドラム型表示のディスプレイ一体型へと展開し、その後7年間にわたって生産が続いた。

2) 間欠ワイパ（昭和51年）とレインセンサ（昭和63年）

間欠ワイパは当初の電装品開発の中で利便性を追求した初めての市販商品であり、当時半導体素子としては珍しい機能素子であったPUT（Programmable Unijunction Transistor）を使用し、回路構成の簡素化と低コスト化を狙った。

装着車種を選ばない一般市販向とあって付属ハーネス、取付治具の設定に車両マニュアル、解説

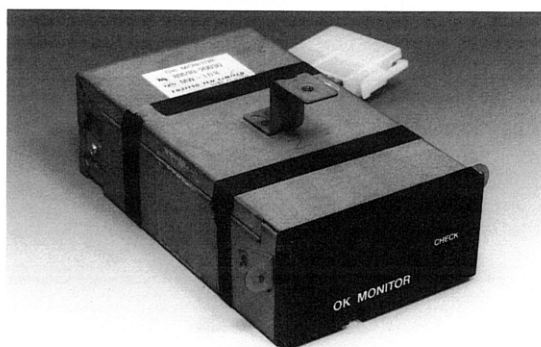


図3.6 回転式OKモニタ
MW-108 '85国内向

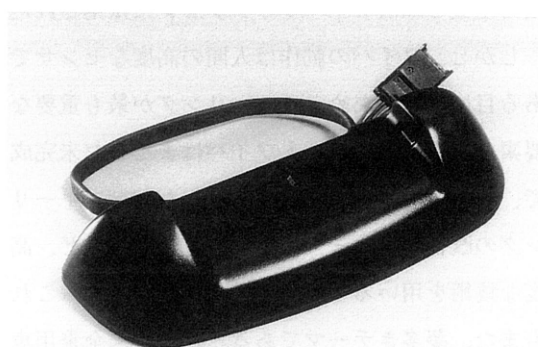


図3.7 レインセンサ
MD-8230 '91国内向

書を調べての実車確認など、周辺業務の膨大さに驚いたものである。

これを機に市販商品開発体制を整備し、現在のVSS (Vehicle Security System) の展開へと継がっていく基礎となった。商品として今一つ市場のニーズを捉えきれなかった感のあった間欠ワイパに対し、社内の開発会議で一つの提案が出た。

当時光センサ開発グループが近距離障害物の検知を目的として開発したセンサ (図3.7) を雨滴の検知に用いて間欠ワイパの作動を自動化しようという計画がたてられた。これが、オートワイパである。

雨も降り始めは、雨滴の密度が低く、狭い検知エリアでいかに精度良く検知するか、降雨量の変化をドライバーの感覚といかに一致させるか、今で言うヒューマンインタフェースの問題などが山積みの中で、空模様を眺めながら「雨だ！それ出かけろ」と実車試験をくり返して仕様決めをしていった。

商品化に対しては、電装品としては初めての本格的デザイン商品でありセンサ部は車両デザインの一部ともなるため、外観設計の点でも異色の製品となった。トヨタ自動車、ダイハツ工業、ホンダ技研工業と順次ディーラオプションに採用された。

しかし、ワイパの動作は人間の高度なセンサである目に慣れるため、フィーリングが最も重要な要素である。今のオートワイパはまだ未完成で、運転中のフィーリングに合った制御フィーリングの改善にはニューロ、ファジィ制御など、高度な技術を用いる必要があるかもしれない。これもまた、夢多きテーマである。近い将来全乗用車に全自動オートワイパが必需品として採用されるようになるう。

3) ランプフェイリアセンサ (昭和56年)

ストップランプ、テールランプの断線検知センサであり、ランプの接続数により2灯式と4灯式に分かれる。

当社にとって特筆すべきことは、当社独自で回路設計、レイアウト設計をした初めてのカスタムICを製品化した点である。

ランプのフィラメントの抵抗特性は極端な非線形性を有し、これをICの回路内で補償し、またランプの製品ばらつき、経時変化も含めて設計することが課題であった。富士通川崎工場へ通いつめてのIC開発であった。

センサと言うには異色の製品であるが、今日に至るまでは開発当初の形態で生産の続いている息の長い商品である。

4) シートコントロール (昭和56年)

ドライバーにとってのより快適なカーライフの実現を追及する中で、ドライビングポジションを記憶し、自動セッティングする機能を有するものである。(図3.8)

当社にとって車載用制御機器の開発をアイシン精機と共同で進めることとなった最初のシステムであった。

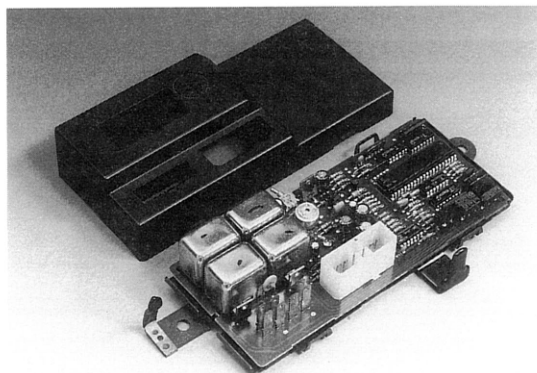


図3.8 シートコントロール用ECU
MJ-101 '81国内向

定常電流10Aクラスのモータを制御し、シート位置をモータ回転量として計測、制御するシステムであり、マイコンのデジタル記憶という特徴により商品化が可能となった。

製品化当時は、月産50台から100台程度であったものが、その後の車両の高級化の波に乗り平成3年には月産5000台を越えるまでになったことは感慨無量である。

5) ハイトコントロール（昭和57年）

乗員の搭乗状態によって車室内の重量バランスが変わるものを、車高の前後のバランスをとることで、乗り心地を更に改善するものである。

アイシン精機との共同開発によって商品化し、現在でもトヨタセンチュリー用として生産が続けている。

6) ワイヤレスドアロック（昭和63年）とセキュリティシステム（平成元年）

ワイヤレスドアロックは、当社の無線技術と制御技術が結びついた初めての製品であり、車体工業株式会社との商談により製品化した。

送信機は運転者が身に付けて利用するため、従来、車両内取付のECU設計に慣れてきた設計者に取っては屋外での落下に耐える耐衝撃性、防水構造、業務利用での操作耐久性の解決など困惑することが多々あった。また実車評価を繰り返していた頃、近隣のFM局の出す電波により送信電波がマスキングされ全く動作不能になったことなどの失敗を重ねての開発であった。

その後、ワイヤレスドアロックとセキュリティウォーニングを組み合わせたセキュリティシステムとして商品化を進めた。また当社システムの特徴の一つとしてガラス割れの検知システムを組み込み、より確度の高い盗難防止機能を持たせている。（図3.9）

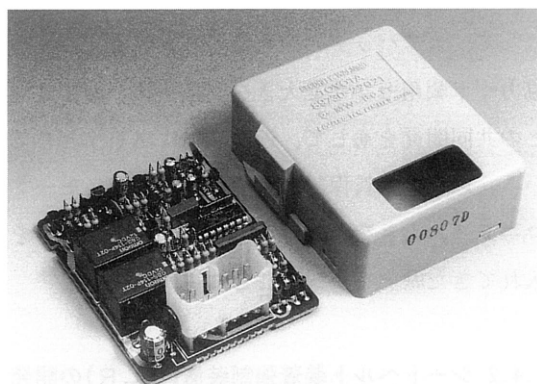


図3.9 セキュリティウォーニング用ECU
MW-8011 '84米国向

OEM主体のモートロニクス製品の中において市販を中心に展開している異色の製品であり、米国市場への投入以来欧州、台湾へと順次市場拡大を図っている。

3.4 より安全な車をめざして

3.4.1 安全な車への取り組み

安全に関する開発は、当社が発足した当時からモートロニクスの大きな柱として取り組んでいる。それらを列記すると、マイクロ波またはレーザ技術を応用した衝突防止システムの開発、雨天時や雪道で安全走行に威力を発揮するABSまた、最近では、高級車で標準装着されつつあるエアバッグシステムなどである。特に、衝突安全で重要な役割を持つエアバッグについては、平成元年秋、石井社長の独シーメンス（オートモーティブグループ）訪問を契機に技術導入の方針が決定され、その研究開発が開始された。当社のモートロニクス関係で外国より技術導入することは、前例がなかっただけに、初めての経験の連続であった。特にエアバッグのキーパーツである半導体Gセンサ関連の開発については、プロジェクト担当者だけでなく、海外営業、購買部門など全社的協力のもとに、ワールドワイドに展開してきた。このよう

にして、エアバッグの開発は海外メーカとの技術協力や車載用センサで大きな実績を持つ富士電機との共同開発を通じて、近々市場に出そうとしている。以下、乗員保護から予防安全まで、モートロニクスの大きなテーマとしてその製品化に力を入れてきた歴史をテーマごとに述べる。

3.4.2 シートベルト装着強制装置(ELR)の開発

当社がトヨタ自動車より始めてECUを受注したのは昭和46年モートロニクス部門が発足し、センサ開発を手始めに自主開発を模索している時だった。当時、世の中にマイコン応用機器は皆無で、やっとインテルが4ビットマイコンを発表した頃であり、電装品は数量、種類とも少なく、IC、マイコンを多数使用する現在のカーエレクトロニクスと較べると小規模な存在であった。(図3.10)

量産第一号となり、モートロニクスの歴史で名誉を得たELRであるが、その生涯は短くわずか2年で市場から姿を消した。しかし、その後のモートロニクス製品に与えたインパクトは大きく、とくに当時若かったエンジニアに数々の思い出を残したので、詳しく述べてみたい。

ELRは、米国での法規制に対応したシートベルト装着強制機能(ベルトを正しく掛けないとエ

ンジンが掛からないインターロック機能)とベルトロック機能をあわせ持ったものである。緊急時のベルトロック機能からELR(Emergency Locking Retractor)と呼ばれていたが、当時としてはかなり大規模のECUであった。

始めて仕様書なる物が送られてきた時、一部理解できない所や誤記らしい所が見受けられたが、気軽に電話で確認することができず、幾日もあれこれ考え悩んだことなどは、今では信じられないような話である。

現在は、マイコンによりシーケンス(順序)回路はいとも簡単に設計できるが、そのときは全てディスクリート部品のトランジスタとダイオードでロジック回路やタイマ回路を構成し、使用素子数をいかに少なくするかがエンジニアの腕前とされた。非常に非効率で設計変更への対応を考えると最適とはいえないが、個別部品特性を知り、ロジックを組み立てるという基本がエンジニアの回路技術を高めたと言えよう。

量産に移ってから、設計に起因する問題が長く尾を引き休まることはなかった。特に部品品質に関わるが多く、例えば部品のバラツキ検討不足、リレーの接点圧不足による接触不良、設計不備によるダイオードの漏れ電流による車両ノイズ対策不良など、初歩的なつまづきを数多く経験した。また、ELRはカスタムICを採用した最初のECUでもある。量産が始まってすぐの時期に小型化の要求があり、コストダウンも考慮して、カスタムIC化を決断した。このカスタムICは発熱が多くICの出来は良くなかったが、不安をいだきながら製品化をスタートさせた。米国でこのインターロック機能がドライバーの不評を買ったことにより、法律が廃止となりELRの製造も中止された。ELRが生産されたのはわずか2年

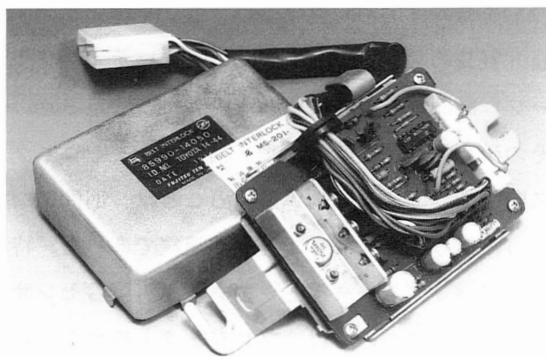


図3.10 IC化ELR用ECU
MS-201 '73米国向

ばかりであったが、月産数千台の規模で生産され、その間、設計から製造まで初めてのことで、数多くの失敗も経験したが、その後のモトロニクスの基礎を作ったと言えよう。

3.4.3 より安全なブレーキをめざして（ABSの開発）

ABSはもともと航空機用として開発された技術を基に自動車に適用したためその歴史は古い。トヨタ系では以前はESC（Electronic Skid Control）と呼ばれ、当社のモトロニクス部門が発足した直後に、少量ではあるが既に市場に出回っていた。ESCは、当時のECUの中では規模が大きく本格的なコントローラとして数少ない存在であり、エンジニアにとっては大きな目標であった。実際、開発に挑戦しようとコンピュータシミュレーション等で調査をしてみたが対地速度計の開発が先決として開発を中断した。しかし、その後、アイシン精機との共同開発のアイテムにABSが含まれてから開発が再スタートした。

1) 後2輪制御のABSの開発

最初は、FF車を対象とした後2輪制御システムの低コスト化を狙ったECUの開発であった。アイシン精機から提示された制御仕様を8ビット

マイコンで実現し、2つの車輪速度センサ信号の処理は低コスト化を考えオーディオ用アンプを使用して対応したが残念ながら受注に結び付かなかった。なぜならこの頃、乗用車を対象とするABSは4輪制御へと移行しようとしている時期であったからである。

2) 4輪制御システムの直接受注

トヨタクラウンに4輪制御ABSが採用された後、4輪制御ABSは急速に他の車種に展開されていくこととなるが、4輪制御ではカスタマイコンでないと4つの車速信号を効率よく処理しきれないとの理由で、カスタマイコンの開発能力を持つ当社が4輪制御用ECUをトヨタ自動車より試作を依頼されたがアクチュエータにからむ特許問題や性能問題でシステム全体が他システムに置き代わり、試作納入だけで終わったことは残念であった。

3) リアルタイムシミュレータの開発

ABSの評価はテストコースでの実車試験の外にシミュレータがあり、極めて有効な評価手段である。

最近では、特にリアルタイムシミュレータが有効であると考え、60年より数年計画で開発に取り掛かった。最初は処理スピードの早いアナログ式

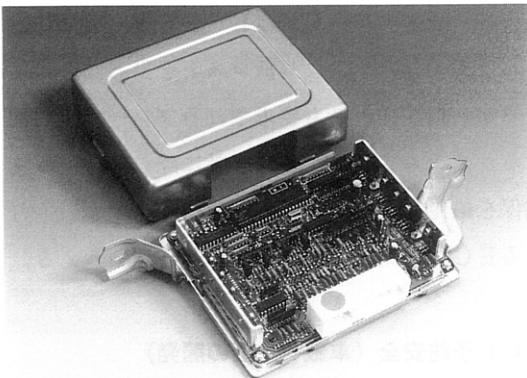


図3.11 ABS用ECU
MF-2210 '92国内向

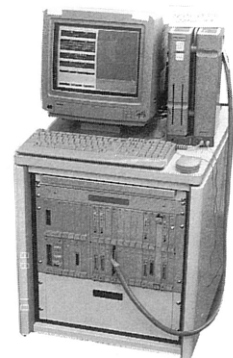


図3.12 ABS・TRC用
リアルタイムシミュレータ

のシミュレータを開発してその有効性を確認し、より使いやすいデジタル方式へと開発を進めた。問題となる処理スピードはマイコンを4個使用するマルチプロセッサ方式で解決させることができた。さらに、8ビットマイコンから16ビットマイコンにレベルアップさせることで性能も、使いやすさも向上した。現在ではトヨタ自動車でも採用されており、特に当社ではシミュレータ無しでは開発ができないと言っても言い過ぎではないほど稼働率が高い。(図3.12)

4) 実車評価

実車試験に基づくロジック開発と最終評価は、未だにシミュレーションで置き換えられない重要な領域である。当社の実車評価は60年頃より筑波市にある日本自動車研究所(JARI)のテストコースを定期的に借用し、自前の実験車を整備して評価試験を実施してきた。年に数回のテストであるが、それだけに内容の濃い実験となり、ドライビング技術、計測技術などの評価技術のレベルも少しずつ向上してきた。将来、自前のテストコースを持つことが必要となろう。

元来、ABSは凍った路面で威力を発揮するものであり、寒冷地での冬期実車試験の重要性は広く認識されており、毎冬、各メーカーとも北海道の



図3.13 実車試験 JARI試験場にて



図3.14 寒冷試験 北海道苫小牧にて

釧路、帯広地区での長期評価試験に多数の評価メンバーを送りこんでいる。当社もアイシン精機と契約を結び、同社の寒冷地試験にエンジニアを参加させ、制御ロジックの改良に努力してきた。この寒冷地試験での評価で、試験に熱中するあまり、ABSなしの状態を有りと勘違いして走行し、雪の壁に突っ込むという事故も経験した。このような実際の体験から、凍結路面での試験には十分な注意が必要と再認識すると共に改めてABSの効用に納得したものである。

5) ABSの製品化

平成4年2月にABSの生産を開始した。昭和57年に後2輪制御ABSの開発を始めてから、11年目にようやく実現し、その努力が報われた。

現在、量産中のABSはE-ABSと呼ばれ、これまでのシステムより低コストを狙ったものであるが、信頼性が最も要求されるブレーキを制御するシステムであるため、設計に際しては信頼性確保を最優先させた。今後は価格の面でも競争力あるECUを開発していくことが任務と考える。

3.4.4 予防安全(車載レーダの開発)

当社の前身である神戸工業は、テン真空管以外にもテンブランドのレーダを世に出し、レーダ技

術は業界では広く知られていた。富士通テン設立後も他の自動車関連メーカーに見られないユニークな技術としてレーダ技術が受け継がれ、自動車への応用を図ることが当社の使命であると同時にその製品化は関係者の夢とされた。

本格的にレーダ技術を使った衝突防止システムの開発をスタートさせたのは、自動車レーダに夢をはせる村田副社長の命を受けた竹鼻俊夫（現、当社専務）をリーダーとする神戸工業時代にレーダで育ったエンジニア達であった。

当時、最初に取り掛かったのが、ABSへの応用を目的とした対地速度センサであった。絶対速度を計測することにより、正確にスリップ率をコントロールする理想的なブレーキ制御をめざしたが、当時、入手できた高周波デバイスは10GHz程度であったため、アンテナが非常に大きくなったこと、また、センサ以外の周辺技術が乏しかったこともあり、基礎研究のまま新しいデバイスの開発を待つこととなった。

予防安全の領域では、事故分析の結果からもドライバーの役割が非常に大きいことを示している。例えば、表3.3は、日本における高速道路での事故詳細結果を示したものであるが、この結果からも

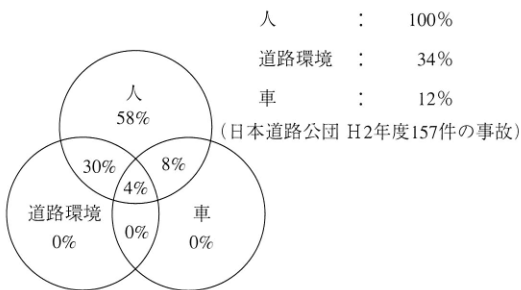


表3.3 日本の高速道路における事故要因の状況

ドライバーの認知、判断および操作ミスなど、人によるミスを防ぐことが事故低減につながる事が読み取れる。予防安全に関しては、ドライバーのモラル向上や車の基本性能が高いレベルで確保されていることが基本的条件であるが、具体的な安全装置に結びつけて考えてみると、運転支援という形でシステム機能の開発が今後の重要な方向と言える。

現在、種々の運転支援技術が提案されているが、自律型の技術としては車載レーダが最も注目されている。当社は、昭和40年代後半にマイクロ波を使った車載レーダの将来性に着目して開発に着手した。乗用車のフロントグリル部にアンテナを含めた高周波部を取り付けるには、小さくコンパクトにまとめる必要があり、ミリ波帯電波を使用しなければ性能が確保できないという問題があった。

当時、旧電々公社は通信機メーカーの協力を得て導波管伝送によるミリ波大容量通信システムの採用を検討していた。当社のFM-CWレーダは、その開発過程で得られたミリ波デバイス技術を導入し、それをベースに車載用に改良していったものである。

最初に試作した基礎検討用のレーダは、性能確保を優先させ大型のパラボラアンテナを送信と受

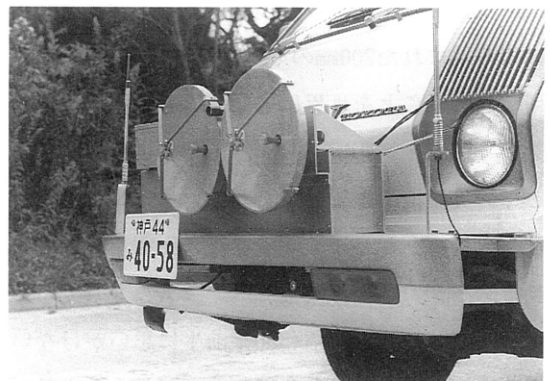


図3.15 プロトタイプレーダ搭載車

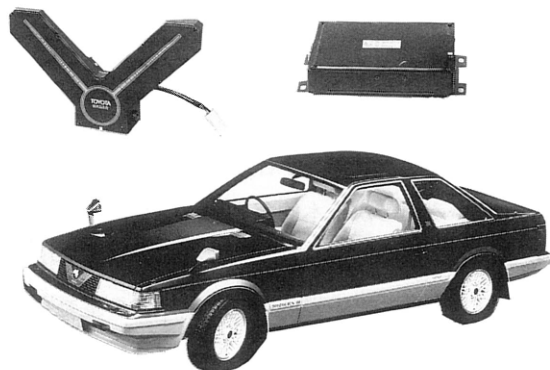


図3.16 第24回東京モータショウ出展のトヨタ自動車
V型レーダ搭載車EX-11(写真提供：トヨタ自動車)

信それぞれに用い、導波管でつなぐ構造とした。このプロトタイプレーダは、その後の車載レーダ開発の基礎技術を得るのに大いに役立った。このレーダの実車装着の写真を図3.15に示す。この評価で得た技術をベースに、更に実用性を上げるため、導波管をなくしてコンパクトに一体化し、対向車との電波干渉対策まで考慮して生まれたのが、V型レーダである。(図3.16)

昭和50年代前半は、トヨタ自動車のエレクトロニクス研究開発プロジェクトに参加、ソアラをベースにした実用的研究実験車（EX-11）への搭載を目指して定速走行装置と組み合わせた車間距離制御用のレーダの開発を中心に進め、56年の第24回東京モータショウに出展、ラジエータグリルに組み込まれた200mmのV型レーダは、レーダの実用化の近いことを世界にアピールした。その間、数多くのフィールドデータを通して車載レーダとしての実用性を確認してきたが、オイルショック後の自動車をとりまく環境変化の影響を受け、自動車レーダの開発は大幅にペースダウンしていった。しかし、その後昭和60年前半に思いがけないことに、トヨタ自動車を通じてGM社より当社レーダを評価したいとの申し入れがあり、V型レー

ダは海を渡り、5年間GMのテクニカルセンターで評価をうけた。

このGMへのレーダ貸与と後述の郵政省の動きがトリガとなり、レーダ開発が再開されることとなる。既にグループは解散してレーダエンジニアは全員他の業務へシフトしていたため、62年の研究再開には新人を教育しながら進める外なかった。一方、ミリ波帯電波資源の活用を目指す動きが郵政省で活発化し始め、60GHz帯をセンサバンドとして使用する方向が固まってきた。この郵政省の意向を受け、周波数を50GHzから60GHzに変更するため、外国より高周波ユニットを購入してレーダを試作したが、安定性に欠け、うまくいかなかった。やはりレーダの実用化を目指すには、ミリ波デバイスの開発から積み上げていかなければならないと考え、富士通研究所の支援をえることとした。

研究所での数年間の開発の成果として、量産性に優れた新しい回路方式の提案や、特性の優れたFET、HEMTなどの半導体素子を用いる平面化回路が現実の物となり、技術的なハードルは更に低くなってきた。また、信号処理の面でも高性能のDSPによるデジタル信号処理技術が進歩し、測定精度の向上と目標認識の高度化が達成されつつあり、自動車用レーダの実用化への下地は整ってきたと言える。

今後、高齢化社会への対応と、より快適な走りを実現するため、予防安全はエレクトロニクス技術を駆使したセンサ・アクチュエータ技術、レーダ技術、画像認識技術、ヒューマンインタフェース技術などを用いてドライバーの認識、判断、操作の支援を行う高度なシステムを目指すこととなろう。さらに、インフラストラクチャと通信で結ばれ、交通システムと一体となった交通安全シス

テムへと発展して行くものと考えられる。

3.5 ダウンサイジングへの取り組み

3.5.1 IC開発への取り組み

モートロニクス用のカスタムICは昭和48年にELR用として開発したのが始まりであった。チップ写真(図3.17)が示すように100素子にも満たさない小さなICが、最初のカスタムICである。

その後、主力製品であったエミッションコントロール用としてカスタムICを年間1品種程度のペースで開発してきた。しかし、この間の開発は当社が提示した仕様にに基づき富士通で設計、製造し、完成したICを当社で評価する形態であった。

新市場であるEFIへの参入を果たすためには、低コスト化提案が絶対条件であった。そこで、52年より、マイコンから周辺のICまで低コストを主眼に置き、富士通と以下のICを共同開発した。①低コストな8ビットワンチップマイコン②4品種のカスタムIC(電源、ADコンバータ、バックアップ、入力)これらのIC化により、従来に比べ非常に低コストなEFI用ECUの製品提案が可能となり、受注を達成した。現在、モートロニクスの主力製品であるEFIの出発点はIC化

にあるとも言える。この際、ICの集中的な開発に対し富士通側だけでは対応できないため、当社エンジニアを富士通へ派遣し、指導を受けながら共同で回路設計やレイアウト設計まで担当した。

ICへの本格的な取り組みへの第一歩であった。その後、富士通のアナログICやマイコンの設計部門へ延べ9人を実習派遣し、現在ではモートロニクスの主力製品にカスタムICが多く使われている。62年からは富士通での実習経験者を集めIC設計専任グループ化し、翌63年には専任の課とした。また同時に、バイポーラICの設計に関しては富士通からの全面的な支援を得て、CADを含めたIC設計環境を整備することができた。

このような状況のもとに、EFIやABS用を中心として製品の小型化、低コスト化、機能向上に有効なIC開発を積極的に進めている。自動車用ICは、特有の厳しい条件(広い動作電圧範囲、温度範囲、電氣的サージ)で使用され、更にはフェールセーフも考慮されていることが必要となる。当社は徐々にそれに対応できるノウハウを積み重ねてきた。今後も更にノウハウを蓄積しながら、短期間でコストダウン効果の高いIC開発を進めていきたい。

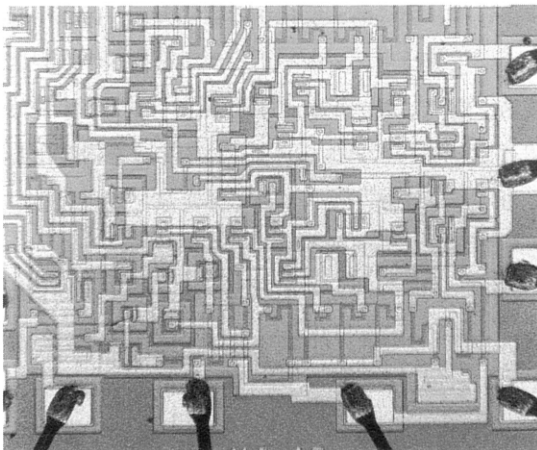


図3.17 カスタムICのチップ '73年ELR用

3.5.2 ハイブリッドICの内製化への取り組み

ハイブリッドICの内製化への取組は、昭和55年より始まる。当時、エミッションコントロール、シートベルトウォーニングのECUをラインオフさせて7年経過、自動車の電子化も非常に活発化しつつあり、また、マイコンの導入が盛んに提案され始めていた。実装技術面でも、紙フェノール基板へのリード付部品の実装の時代から高密度化へと大きい変換の時期であった。当社も、エンジン制御分野へ参入すべく、トヨタ自動車へマイコ

ン、カスタム I C と実装技術を戦略的に提案、その中で、カスタム I C 化、ハイブリッド I C 化を具体化していった。

当時は、チップ部品が拡大し始めた時であり、ハイブリッド I C も自動車へ少しづつ使われ始めつつあった。当社でもハイブリッド I C を採用すべく、各社を調査、工程を見て廻るうち、自動車用として品質を確保するためには、内製化しかないとの判断に到った。内製化の狙いとしては、マイクロエレクトロニクスの時代の到来を予測し、自動車電子機器メーカーとしての地盤を強固にするため情報、製造ノウハウの把握と蓄積および開発から生産に到るまでの新しいエレクトロニクス技術に対する体制を確立することであった。当時の起業計画書によると、56年当時、売上高10数億円に対しハイブリッド I C への設備投資額は3億数千円円の計画であり、内製化着手は当時としては非常に勇気のいる決断であった。内製化のスタートは今から考えるとトップの時宜を得た好判断であった。

ハイブリッド I C 内製化の技術は実装技術と基板印刷技術の二つに分けられる。前者は、現在の SMT 工法であり、先ず、この内製化に取り組んだ。印刷基板は外注品、アセンブリは内製の形で、

57年夏、長期にわたる各種信頼性試験を完了して製品化を達成した。開発着手後、約2年経った時であった。これと平行して印刷基板の内製化開発も進め、更に2年後の59年に内製化を開始している。

印刷基板の内製に当たっては、富士通グループから協力を得、工場での実習などを受けながら印刷導体の接着強度、印刷抵抗のバラツキなどの問題を克服していった。これらは、当社にとって経験のない分野の技術であり、製造技術と共に評価技術の向上に大きく寄与し現在も引き継がれている。

その後、ハイブリッド I C を ECU に積極的に展開し、61年当時、生産量はピークになり、月産約36万個、金額にして約1億円と好調に推移した。しかし、その後、SMT (Surface Mount Technology) 技術が急速に進展し、プリント基板へのチップ部品の直接実装が拡大したことと、カスタム I C 化の進展により、ハイブリッド I C は減少の一途をたどった。生産量の推移グラフを表3.4に示す。その後、これらの技術を流用し、63年、オーディオ用ハイブリッド I C を内製化し生産量を拡大していく方針が出された。オーディオ用を内製するには、更に高密度化が必要であり、両面印刷技術、実装技術、スルーホール印刷技術の内製化技術を開発した。平成4年現在、オーディオで使用しているハイブリッド I C の約半分を内製化しており、品質面、コスト面で外注品と競合しながら技術レベルの向上を図っている。

以上、ハイブリッド I C も現在ではプリント基板へのチップ部品の直接実装工法に押され、今後大きく変換していくことが必要になってきている。今後の方向としては、① I C の実装密度 (配線幅 $1\mu\text{m}$) とプリント基板の実装密度 (配線幅200

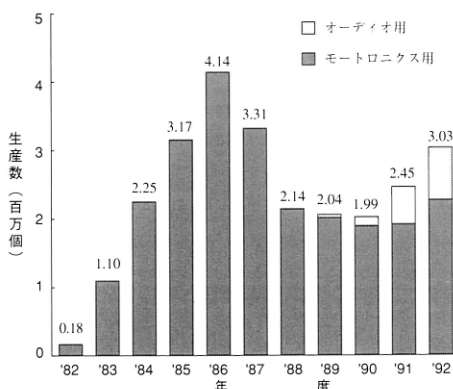


表3.4 ハイブリッド I C 生産量の推移

μm)の間をうめる高密度実装技術の開発②放熱性を要求される高温環境対応あるいはパワー素子の実装③インテリジェントセンサあるいは高機能なモジュールの実装技術の開発など、鋭意推進中である。

3.5.3 小型化・軽量化の進展

モトロニクス製品（ECU）は、昭和48年、紙フェノール基板へのトランジスタ、抵抗などリード付個別部品を実装する方法でスタートを切った。その後、車載用マイコンの実用化で電子化が急速な勢いで拡大、また、高機能化、大規模化していく中で、前述した専用IC開発、ハイブリッドIC化を軸に小型・軽量化、コストダウンを図ってきた。

実装面では、両面実装化拡大による高密度化が主流で、63年のはんだ面のチップ、両面実装IC採用などへと、展開してきた。これらは民生品より数年遅い採用であるが、自動車へ求められる信頼性確保のために十分な信頼性確認など、慎重を期した結果でもある。今後も更に微小チップ化、ICの多ピン、狭ピッチ化、ファインパターン化、

多層基板化など、高密度化は進展するが、あくまでもコストメリットを追求していくことが最大の課題である。設備の自動化、効率化などを含めた設計、製造、トータルでの最適の部品実装はどうあるべきかが現在問われている。

以上は、車室内実装ECUのトレンドを述べたが、もう一つの方角として車室内のスペースをより広く確保し、快適なものとするため、ECUをエンジンルームあるいはトランクルームなどのより厳しい環境部位へ搭載する計画も具体化しつつある。ハーネスの縮小・軽量化、ノイズの影響の低減、更には、センサ・アクチュエータのインテリジェント化、車内LANによるこれらの結合とつながるものである。高温、高湿度 環境にも耐えうる小型・高密度実装技術の開発が急務である。当社も、これまでに図3.18に示すようなエンジンルーム搭載のECUの提案もしてきており、このような環境に耐えうるICの開発、接続技術、モジュール化技術の開発を推進中である。

3.6 むすび

自動車が登場してから100年になるが、日本では

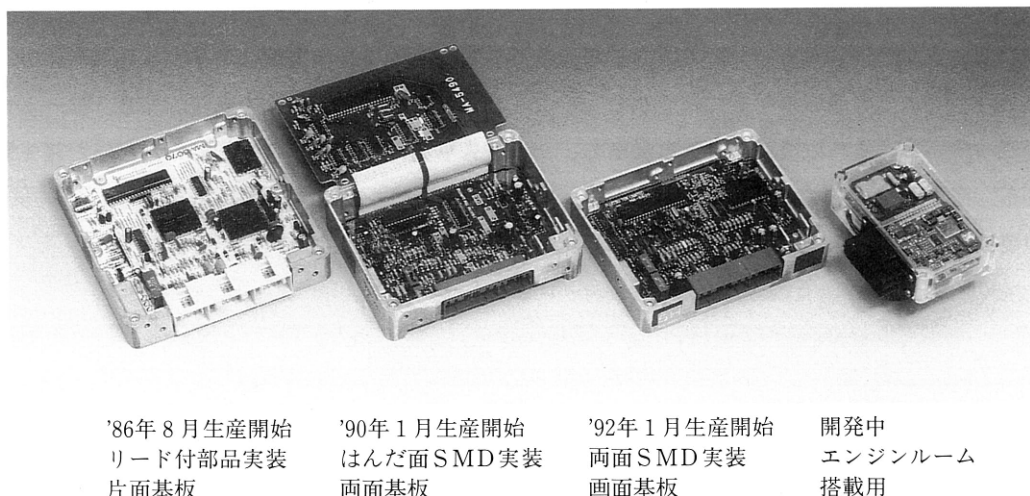


図3.18 ECU小型化の変遷

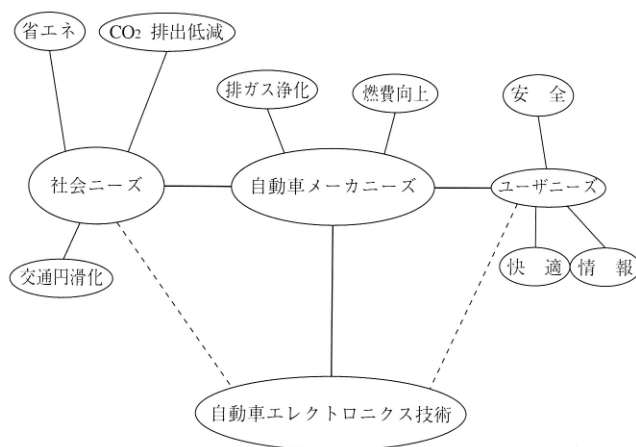


図3.19 自動車のエレクトロニクスのニーズ

昭和35年にシリコンダイオードがオルタネータに用いられたのが半導体の自動車応用の最初である。その10年後に当社はモートロニクスの事業化に着手した。今にして思えば非常に早い適切な決断であった。

その後、当社がELR、エミッションコントロールなどの実用化に着手したばかりの時、GMが初めてマイコンを使用した点火制御を実用化した。(昭和51年)

我々は、まだ4ビットマイコンキットを自動車にどう活用しようかと模索していた時で、自動車のエレクトロニクス化の進展の早さにかく然とした記憶が残っている。それ以後、トヨタ自動車の指導を仰ぎ、富士通グループと連携を取り全力でユーザの要請に対応してきた。今や、自動車エ

レクトロニクスは、基幹産業の一つとして定着し、豊かな車社会の実現に不可欠になっている。今後は、一層の排出ガス浄化、エネルギー資源の節減のために低燃費化、パッシブ安全からアクティブ安全化、更には道路交通システムに連動した情報化など、エレクトロニクス技術が社会ニーズに応えねばならない使命がますます高まってくると予測される。(図3.19)

したがって、この20年間は、自動車エレクトロニクスの成長期と位置づけ、今後は「人と環境に優しい自動車」の実現に寄与する技術開発を促進していくことが、我々の責任であり、モートロニクス事業の基礎づくりをしていただいた諸先輩への恩返しになると考えている。