

自動車電子制御システムの動向と整備技術

手塚 繁 樹

A Trend of Automotive Electronic Control System and Maintenance Technology

Shigeki TEZUKA

1. はじめに

本格的な自動車電子制御システムは'60年代後半の排気ガス規制に対応する為の電子制御式燃料噴射から始まった。その後、図1に示す様にエンジンパワートレイン制御、シャシー制御、そして最近では情報通信と多くの電子制御システムが搭載されるようになった。今後これらは、新エネルギー対応制御やITS制御に進展を続けるものと思われる。

これらを電子制御の立場でトレンドとして見ると'90年を境に大きくメカトロ化とインテリジェント化に分けて考える事が出来る。ここではインテリジェント化の中心的な技術である適応制御や、この制御を用いた最新動向について解説する。さらにIT技術を使いどのような方向に進もうとしているのか述べる。また、整備技術の中で現在中心的な役割を果たしている診断ツールの問題点と今後のインテリジェント化に対応する為の故障探求の在り方、IT技術を使う事によってどのような診断システムが考えられるかについても述べる。

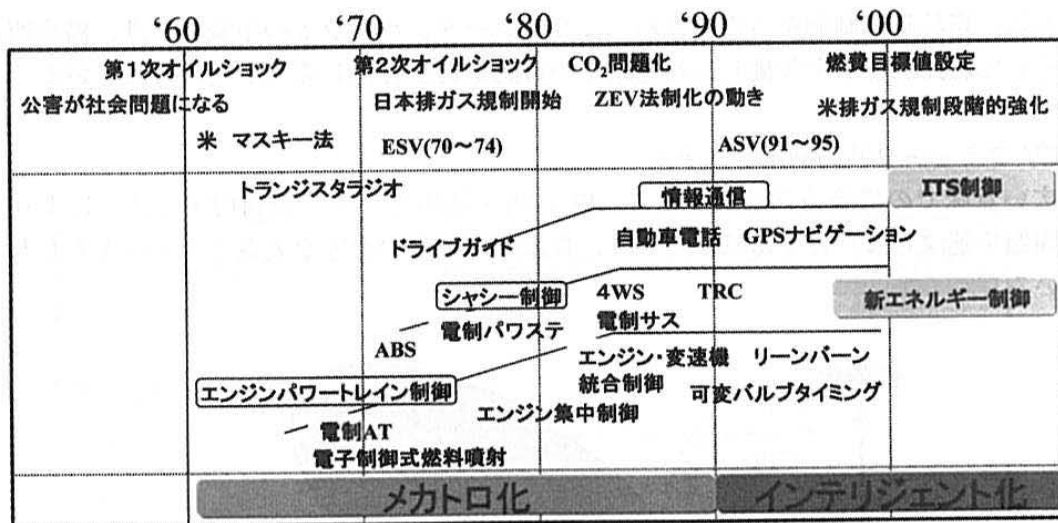


図1 電子制御システムの動向

2. 電子制御システム

2.1 メカトロ化とインテリジェント化

メカトロ化とは高性能化、高信頼性化、低コスト化を狙いとした、機械制御部品の電子制御部品への置き換えである。この置き換えは、ほぼ'90年代初めには終了したと思われる。これに対しインテリジェント化は、人と車の相互補完／協調を高める為に制御の中に適応能力、学習能力、問題解決能力等を組み入れる事と言われており¹⁾'90年代以降盛んに開発が進められてきた。

その結果、直噴エンジンの電制スロットルに見られるように人間が直接アクチュエータを操作する

のではなく間接的にしか操作をしなくなった。このような制御方法を Drive By Wire と呼んでおり²⁾、そのベースとなる制御理論は適応制御である。この適応制御を応用した例をいくつか紹介する。

2. 2 NAVI 協調制御

これは環境適応制御の一例である。ナビゲーションからのカーブ情報と車両からの傾斜情報を基に走行している道路の状況を 3 次元的に判断し、最適なモデルをリアルタイムに構築しミッションを 5 速～3 速の間で最適に制御するシステムである。

2. 3 車間距離制御

これも環境適応制御の一例である。ミリ波レーダーセンサからの情報を基に前方の状況を判断し、最適なモデルをリアルタイムに構築しスロットルとブレーキの制御を行い、そして車間距離を一定に保つシステムである。

2. 4 ハイブリッドカー制御

これは運転者適応制御の一例である。運転者のアクセル操作からの要求駆動力と現在の走行状態から最適なモデルをリアルタイムに構築しエンジン駆動、モータ駆動、回生ブレーキを最適に制御するシステムである。

2. 5 AHS での制御

AHS (Advanced Cruise-Assist Highway System) は ITS プロジェクトの中で進められている将来システムである。環境適応制御をさらに進め、ミリ波レーダ、カメラ等の車載センサ、路車間通信、車車間通信そして経路誘導等を装備し高速道路での自動走行を目指し開発が進められている。

2. 6 EV コミュータ共同利用システム

これも広い意味での環境適応制御である。IT 技術を活用し車を共同利用することにより車の抱える様々な問題を解決しようとする試みであり、将来の車社会の形態を大きく変えるかもしれないと考えられている。

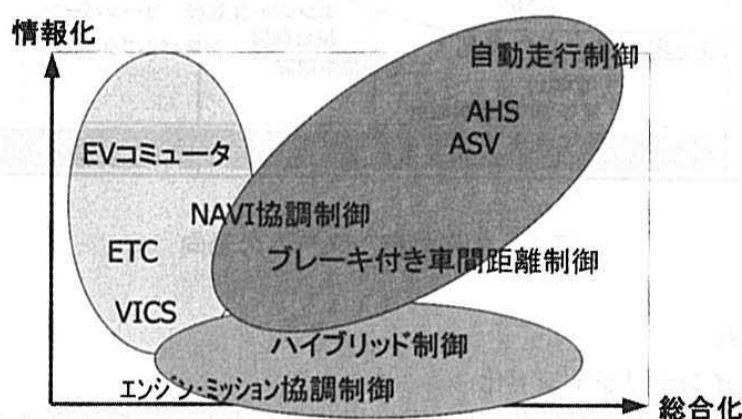


図2 電子制御システムの動向

2. 7 電子制御システムの動向

これまで述べてきた電子制御システムは二つ軸の空間にマッピングされると考えられる。その一つ

の軸は IT を活用した制御の情報化で、もう一つの軸は制御の総合（統合）化である。この空間に、これまでのシステムをマッピングすると図 2 の様になる。

そして、これらは三つのグループに分けられる。その一つは VICS、ETC（自動料金徴収システム）や EV コミュータの様に車の中に積極的に情報を取り入れる流れである。もう一つはエンジン・ミッション協調制御、ハイブリッド制御等の制御の総合（統合）化の流れである。さらにブレーキ付き車間距離制御、NAVI 協調制御、ASV（Advanced Safety Vehicle）、AHS と言った、自動走行の流れである。

社会的背景として IT 革命、燃料枯渇問題、交通問題、環境問題等がある限りは、どうしても電子制御システムの高度化・複合化は避けられないと考えられる。

3. 整備技術

故障診断ツールは電子制御システムの登場に伴い整備技術の中で重要な位置付けを担ってきた。

3. 1 故障診断ツール

故障診断ツールは次の過程を経て進化して来た。

- (1) オフボード診断：専用のチェッカーを ECU とハーネスの間に挿入し診断する方法
- (2) オンボード診断：チェッカーを必要とせず ECU 自身で診断を行う方法
- (3) オンボード+オフボード診断：従来のオンボード診断機能は、そのままに携帯型診断ツールを用いて一ヶ所から複数の ECU の診断を行う方法

図 3 に、これまでの故障診断システム、特に携帯型故障診断ツールがどのような変遷で発達してきたかを示す。携帯型故障診断ツールは海外メーカーが先行する形でスタートしたが、その後国内メーカーも'90年代には、ほぼ全メーカーが揃った。最近サードパーティの診断ツールが増えてきた事は注目に値する。これは OBD II 対応の影響によるものと考えられる。

	'80	'90	'00
トレンド	オフボード診断	オンボード診断	オンボード+オフボード診断
海外メーカー		★Ford スター ★GM TECH1	★GM TECH1A
国内メーカー		★日産 CONSULT ★三菱自工 第一世代	★本田 PGM テスタ ★トヨタ DST ★三菱自工 第二世代 ★日産 CONSULT II
Third party			★日立 HDM2000 インターサポート VM-II ★ Vetronix GST ★ AUTOLAND OB91 ★ ★AUTOXRAY EZLINK

図 3 携帯型故障診断ツールの変遷

3. 2 OBD II（On-Board Diagnostic II）

OBD II は 1994 年に排気関連の故障を持つ車両による大気汚染を抑える事を目的に CARB（California Air Resources Board：カリフォルニア州大気資源局）により導入された。その規制は触媒診断、失火診断、燃料システム診断、O₂ センサ診断、EGR 診断、CCM（Comprehensive Component Monitoring：入出力部品総合診断）そして GST（Generic Scan Tool：汎用スキャンツール）対応の義

務化である³⁾。

この中で GST 対応は全メーカーに統一して使用できるオフボード診断ツールの対応を要求しており、この事が近年サードパーティの汎用故障診断ツールの増加を助長していると思われる。

3. 3 故障診断ツールの機能

現在、入手可能なメーカー製、汎用型、PC 型の故障診断ツールの機能^{4)、5)} 比較を図 4 に示す。OBD II 規制に対応する為、ダイアグコード点検、データモニターの基本機能はどの診断ツールも総て兼ね備えている。アクティブテスト、汎用計測機能は PC 型では持ち合わせていない。今後の開発が望まれる。

現時点、トラブルシュートの充実で選ぶならメーカー製、汎用性で選ぶなら汎用型と考えられる。

	メーカー製	汎用型 例HDM2000	PC型
ダイアグ コード点検	◎	○	○
データ モニター	○	○	○
アクティブ テスト	○	○	×
汎用計測	○	○注	×
特徴	トラブル シュート	汎用性	安価 データ活用

注: 大型表示
器型のみ

図 4 各故障診断ツールの機能比較

3. 4 故障診断ツールの問題点

現在の故障診断ツールは、完全に故障を診断してくれるものではない。その一例を紹介する^{6)、7)}。

【現象】 ミニカ E-H22 突然再始動出来なくなった。

【診断ツール】 ダイアグコード表示 “クランク角センサ信号系統異常”

【原因】 バッテリ端子の腐食による始動電流不足に陥っていた。

この例からも分かるように診断ツールが自動で診断してくれるのは限られた範囲だけを対象としており、それをまとめると次の様になる。

- (1) センサから読み出せるデータである事
- (2) 設計者が予め想定した故障である事
- (3) ECU 側から見た一次故障である事

ここで特に注意しなければいけないのは診断ツールのダイアグコードには “ECU 側から見た一次故障” を表示してくる事である。先ほどの例にもあるように診断結果からそのまま修理見積もりを作成するのは危険である。しかし、診断ツールは故障探求の貴重な糸口を提供してくれる事は間違い無い。利用する側が診断ツールの提供してくれる情報を正しく理解し、自動診断出来なかった所はデータ記録や汎用計測機能を活用し総合的に判断する事が重要である。

3. 5 インテリジェントシステムの故障探求

今後、本格化してくるインテリジェントシステムに対する故障探求の問題点について述べる。その前に、故障探求にはいくつかのレベルがあると言われており⁸⁾、それを次に挙げる。

Level 1：スキルベースの故障探求

(直接故障判断できる)

Level 2：ルールベースの故障探求

(手順を踏む事によって故障判断できる)

Level 3：知識ベースの故障探求

(経験則を利用し手探りで故障判断できる)

これまでの故障診断ツールは主に Level 2：ルールベースの故障探求を対象としてきた。しかし、インテリジェントシステムの故障の場合、次のような状況に遭遇する可能性があると思われる。

(1) これまで経験した事の無い全く新しいシステムでの故障

(2) 修理書に記載されていない状況での故障

つまりこの様な状況に遭遇すると Level 3：知識ベースの故障探求になってしまう可能性が高い。

3. 6 知識ベース故障探求の実験

インテリジェント化が最も進んでいる自動車工場にて知識ベースの故障探求の実験が行われた。その内容は次の通りである。

優秀と言われている入社14年目の保全員A氏と一般的な入社12年目の保全員B氏に同じ故障原因の事象 (Level 3 相当) を対象に故障探求を行ってもらい後から、その思考過程の比較を行った。その時の実験結果を図5に示す。思考過程を調査した所、次の事が分かった。

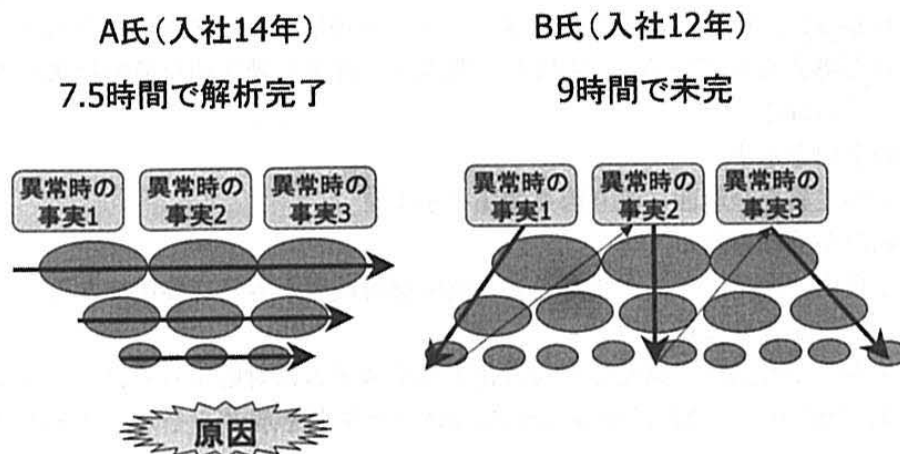


図5 知識ベース故障探求実験結果

A氏は、まず故障が発生した時の警告灯の状態、機械の状態、部品の状態、周りの状況等、異常時の事実を総て洗い出し、それぞれが起こりうる原因を総て考え、そして調査し共通する項目を絞り込む戦略を取り、それを繰り返す事により真の原因に到達していたのである。

一方B氏は故障が発生した時に、一番先に目に付いてしかも過去の経験から一番取り組み易い事実のみに注目し、そこから原因解析を行っていたのである。そして、行き詰まると他の事実は無かったのかと元に戻り解析を進め、しかもそれぞれの関連性を見ていなかった為、調査範囲は広がる一方で真の原因には到達出来なかったのである。

3. 7 インテリジェントシステムの故障探求の問題点

インテリジェントシステムの故障探求の問題は大きく故障探求行う人間側の問題とシステム側の問題に分けられる。それぞれの問題点を次に挙げる。

(1) 故障探求行う人間側の問題点

- 知識ベースの故障探求は個人差が大きい
(訓練手法が確立されていない)
- 一度に認識できるのは 7 ± 2 の事象のみ⁹⁾ (分類整理する能力が必要)
- 十分なサポートツールがない
(現在のツールはルールベース前提)

(2) インテリジェントシステム側の問題点

- 製品に不具合が内在される可能性が高い
(総ての状態を検証しバグを取り除くのは不可能である)
- 運転者とシステムの齟齬を含む可能性がある¹⁰⁾
(運転者の期待とシステムの挙動の不整合)
- 再現性が難しくなる (故障発生時の状況を時系列で正しく再現する必要が出てくる)
- 対象ユニットの拡大
(統合 (総合) 制御の進展)

これらの問題を解決するためには新しい故障診断システム及びそれをサポートするツールが必要になる。

3. 8 次世代故障診断システム

これまでの故障診断システムは、ツールや ECU を高度化し故障発見能力を高める事に主眼が置かれてきたが、これからは、それだけではなくメカニックの理解を系統的に支援する機能も持ち合わせる必要があると考えられている⁸⁾。先ほどの問題点を解決し効率的な故障探求を進める為には次のような要件が考えられる。

- 容易に解析の糸口を示す
(正常と異常の差異を全範囲に渡り因果関係を示す)
- 他者からの刺激が受けられる
(相談相手と自由に会話できる、また過去の故障解析履歴が容易に参照できる)
- シュミレーションが容易に行える

これらの要件を少しでも満たし高度化・複雑化するシステムに対応する為にモデル規範型適応システムをベースに IT を活用した故障診断システムのコンセプトを示す。そのシステムブロック図を図 6 に示す。

このシステムでは Internet 内に MATLAB 等の制御系 CAD で構築されたシュミレーション可能な正常車両を設けられている。さらに資料、部品情報、故障情報やリビルト部品情報等の D/B があり、メカニックは、いつでも自由にアクセス可能である。また掲示板を通じ世界中のメカニックとの相談が可能であり、その結果は故障解析情報として D/B に蓄積される。メカニックは故障を再現する為に環境条件、動作条件等を故障車両及び正常車両に設定する。すると Internet 内で設定性能と実際の性能比較を行い劣化性能から要因分析を行い、そして調査ポイントをメカニックに指示を出す。メカニックは、その調査ポイントと Internet 内の D/B 情報から新たな絞込みを行い新しい条件を設定し再びループを回す事により真の原因に到達する事が出来る。

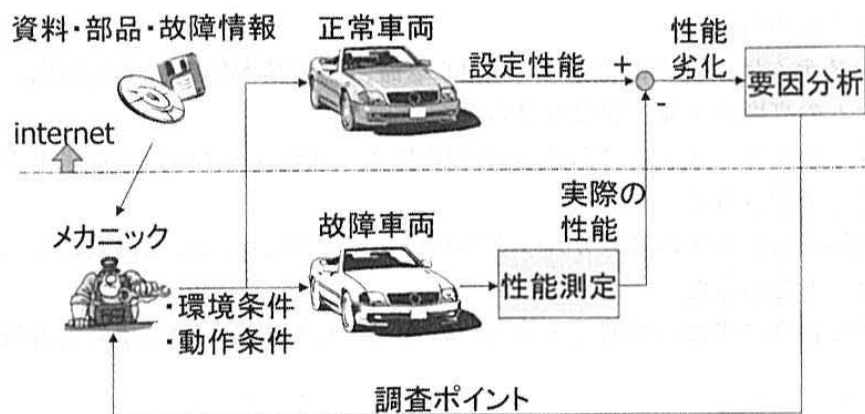


図6 次世代故障診断システム構想

3. 9 次世代故障診断ツール

次世代故障診断システムのサポートツールとしてウェアラブル PC として開発が進められている Cyber Display が活用出来ると考えられる。その構想図を図7に示す。



図7 次世代故障診断ツール構想

Cyber Display は目の前に PC とほぼ同じ画面を登場させようとしているものである。例えば、故障データベースの検索結果、正常車両と異常車両のデータ比較結果、さらに異常と思われるデータ表示そして部品構成図と言ったものが目の前に、いつでも何処でも登場させる事が可能となる。

この診断ツールを使う事によって、これまで個人技に頼っていた知識ベースの故障探求が、よりシステムのものに近づくのではないかと考えられる。また、ここで取り上げた要素技術は既に開発が進められているものばかりでありシステムのまとめ上げる方法と運用方法が確立されれば実現される日もそれほど遠くないと思われる。

4. まとめ

電子制御システムの動向と整備技術、特に IT を活用した故障診断ツールの方向性に関して述べてきた。

(1) 現状の故障診断ツールは予め想定された故障の限られた情報だけを提供する為、故障探求には

総合的な能力を求められる。

- (2) 電子制御システムは、社会的背景として IT 革命、燃料枯渇問題、交通問題、環境問題等がある為、システムの高度化・複雑化は避けられない。
- (3) 今後の高度で複雑なシステムにおける故障探求は、知識ベースの故障探求となり、益々個人差が大きくなると予想される。
- (4) 次世代の故障探求システムはメカニクスの理解を支援するものでなければならない。そのシステムのコンセプトを示した。

最後に、本調査を行うに当たって助言・協力をいただいた本短期大学吉川寿夫教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 原田ほか：自動車の制御技術、朝倉書店
- 2) 寺尾、金井：ロバスト適応制御入門、オーム社
- 3) 高畑ほか：OBD2（車載自己診断システム）の開発、日産技報、第36号（1995-2）
- 4) 故障診断ツール DST-1 プログラムカード取扱説明書、デンソー
- 5) CONSULT-II 本体取扱説明書、日産
- 6) 自動車と整備、日整連出版社
- 7) 自動車工学、鉄道日本社
- 8) 西田：教育・訓練システムのヒューマン・インターフェース、'98計装制御技術会議
- 9) Derek J. Hatley 共著、立田種宏監訳：リアルタイム・システムの構造化分析、日経 BP 社
- 10) 高橋：ITS 制御におけるソフト・コンピューティング適用の視点、日本ファジィ学会誌、Vol. 11, No. 2（1999）