

オーディオ機器用評価システム

Evaluation system for Audio Equipment

竹内 博⁽¹⁾ 川崎 唯夫⁽²⁾ 伊藤 辰男⁽³⁾
Hiroshi Takeuchi Tadao Kawasaki Tatsuo Ito

要 旨

オーディオ機器は、ファッション化し、『感性』、『高性能』、『高機能』を備えたインテリジェント機器へと変貌しつつある。高度化するオーディオ機器の高い信頼性を確保するため、開発段階からアフターサービスまで一貫した評価システムが不可欠である。

そこで従来のラジオ用自動検査装置を発展させ、開発から検査、品質管理まで一貫し、使用できるオーディオ用評価システムを開発し、製品評価装置、プリント基板アッシー評価装置、電源変動評価装置（電源シミュレータ）として展開している。

本稿では、この評価システムのねらい、機構、内容について述べる。

Audio equipment has growing to be an intelligent mashine with sense, high performance and sophisticat cated function.

In order to maintain the high reliability of such an intelligent mashine, it is neccessary to evaluate consistently from development through after service.

A new evaluation system applicable for consistent evaluation from the development through the quality control have been developed and used the product evaluation equipment, the assembled PC board evaluation equipment and the power supply simulator (duarability evaluation equipment for power supply voltage fluctuation).

This report describes the aim, mechanisms and function of the evaluation system.

(1), (3) 第一開発部

(2) 第一オーディオ本部製造技術部

1. はじめに

自動車エレクトロニクスは、本格導入以来10数年を経過し、車の商品性向上に重要な役割を果たしてきた。

システム的に見れば、エレクトロニクス機器は、第一期スタンドアロンシステム、過渡期における第二期サブシステムを経過し、第三期インテリジェントシステムへと変貌しつつある。エレクトロニクス機器の整理、統合、低コスト化が課題である。

一方、オーディオ機器は、CD、DATのニューメディア機器の登場により、高性能、多機能かつインテリジェントなシステムの時代を迎えている。

『新製品開発の成功には、開発から設計・製造・サービスに至るスムーズな技術情報の流れが不可欠である。そのために、各部門よりプロジェクト・チームを編成し、全部門共通のツールによって、設計支援、製造工程検査、製品評価を実現し

なければ……』と言う思いから、オーディオ機器用評価システム（以下：評価システム）の開発に取り組んだ。

プロジェクトチームは、従来より展開中であったパーソナル・コンピュータ（以下：パソコン）を使用した自動検査装置 HAMS (High-speed Automatic Measurement System) を核に各 ECU (Electronic Control Unit：電子制御装置) 間の制御インタフェースを有効活用した自動評価装置を実現した。また新たにプログラマブル電源による電源過渡期変動やノイズ下での動作シミュレーション評価装置、プリント基板アッシーの評価装置などを開発した。

2. 開発の背景とねらい

自動車エレクトロニクス機器は図-1に示すように推移しており、高度化する機器の信頼性の確保がますます重要になってきた。

さて、当社における自動検査装置への取組は表-1のように、1974年、RATS-1 (Radio Auto-

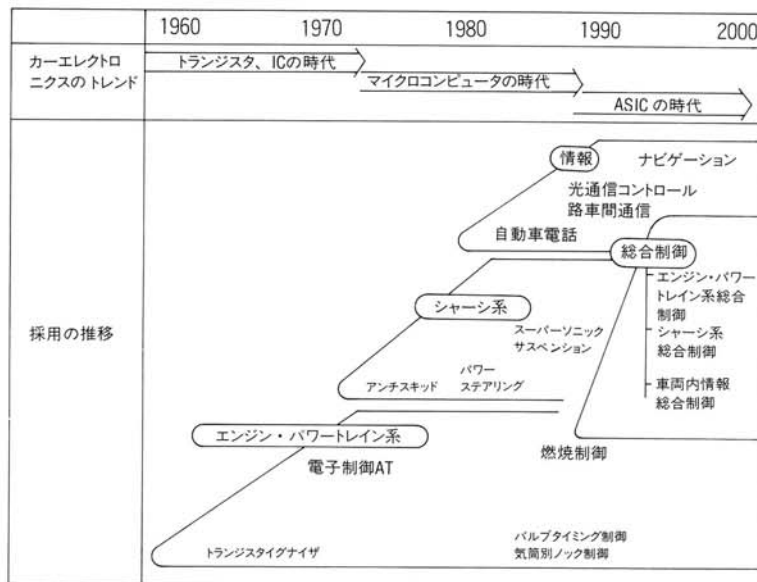


図-1 自動車エレクトロニクスの推移
Fig. 1 Progress of car-electronics.

表-1 ラジオ・カセットデッキ単体検査装置の変遷

検査装置	年代	'74	'76	'78	'80	'82	'84	'86	'88	備 考
ラジオ		RATS-1 (ミニコン)								1項目/1ステーション 8~9秒/1項目
		RATS-3 (現在6台稼働中) 16ビット μ com専用機								ハードウェア 依存型 3~4秒/1項目
		HAMS 16ビット 汎用パソコン								GP-IB制御 ソフトウェア 依存型 2~3秒/1項目
カセットデッキ		CATS-1 (PANAFACOM製 C-280)								
		CATS-2 (富士通製 FM-11)								GP-IB制御 BASIC+ 機械語

matic Testing System-1) の開発から始まる。

現在では、コスト効率の高いパソコンによるGP-IB (General Purpose Interface Bus) 制御方式の自動検査システムが主流となった。その理由は、下記である。

- 1) 製品の多品種少量生産化の対応
 - 2) 製品自体の構成の変貌
 - 3) 測定設備の高性能・高能率化への要求
- プロジェクトでは、次のようなねらいで開発に取り組んだ。

- 1) C言語の採用：

ソフトウェア資産の流通性の確保、ハードウェアの技術革新への柔軟性

- 2) マン・マシン・インタフェースの重視
- 3) HAMSの基本理念の継承：
開発効率の向上
- 4) 評価対象の拡大：
カセットデッキ、CDプレーヤ自動検査機能の付加
- 5) 会話型評価システム：
製品をインタフェースにより制御
- 6) 5)により、アクチュエータ制御の廃止：
評価の高速化

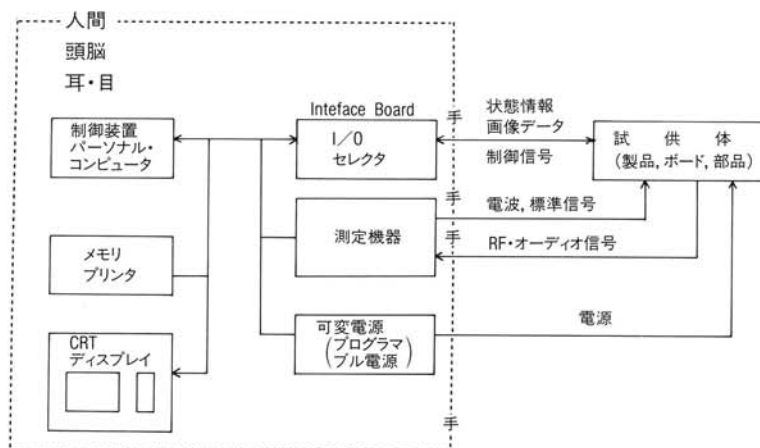


図-2 評価システムの基本構成

Fig. 2 Evaluation system configuration.

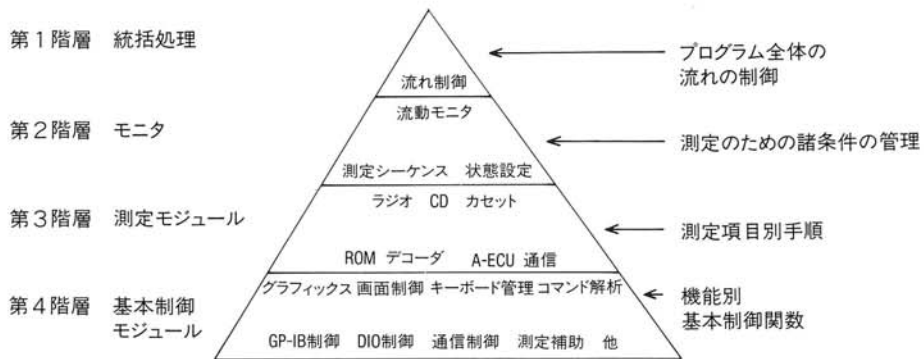


図-3 評価システムのソフトウェア基本構造

Fig. 3 Software structure of evaluation system.

7) 自動車装着時と同一条件での評価：

耐環境性

8) 評価能力の向上：

修理、解析への支援

9) 評価システムの一元化：

ハードウェアの統一

なお、今回は、新型クラウンに搭載されるオーディオ本体（ラジオ、カセットデッキ、CDプレーヤーの一体機）およびオーディオECU（以下A-ECUという）を対象に評価システムの開発を行った。

3. 評価システムの概要

3.1 評価システムの基本概念

評価システムは、図-2に示されるようにパソコン、測定器およびインタフェース・ボードによる会話型システムのハードウェア構成をもたせた。評価システムのオペレーションは、CRTディスプレイに製品の動作状態、パソコンへの指示用キーボード等の図形表示により、操作・認知性の向上を図った。また評価結果の出力は項目、内容等を明確に指示し、解析の容易性を実現した。

3.2 ソフトウェアの基本構造

ソフトウェアの基本構造は図-3に示すように、階層構造を持たせ、各モジュールを独立したプログラムによるライブラリ化（プログラムに対する入出力パラメータの標準化）を実施した。この標準ライブラリの組み換えおよび評価対象への最適化によりシステム展開を容易に実現できた。

特に最下位階層に形成する基本制御モジュールは今回の評価システムのみならず、一般制御プログラムや測定支援プログラム等に应用展開が可能となるよう、社内標準化を推進している。

3.3 評価システムの展開

開発・設計部門からサービス部門にいたる評価システムの展開を図-4に示す。このようにハード

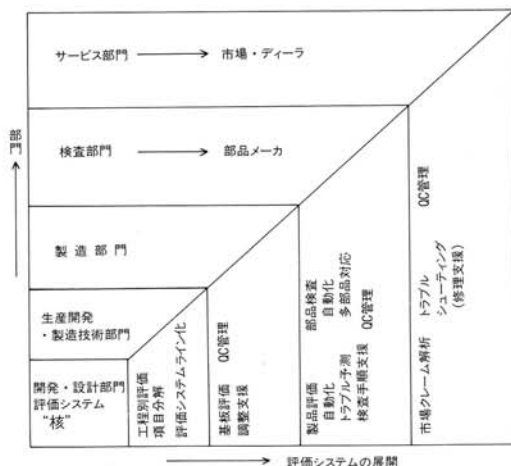


図-4 評価システムの展開

Fig. 4 Development of evaluation system.

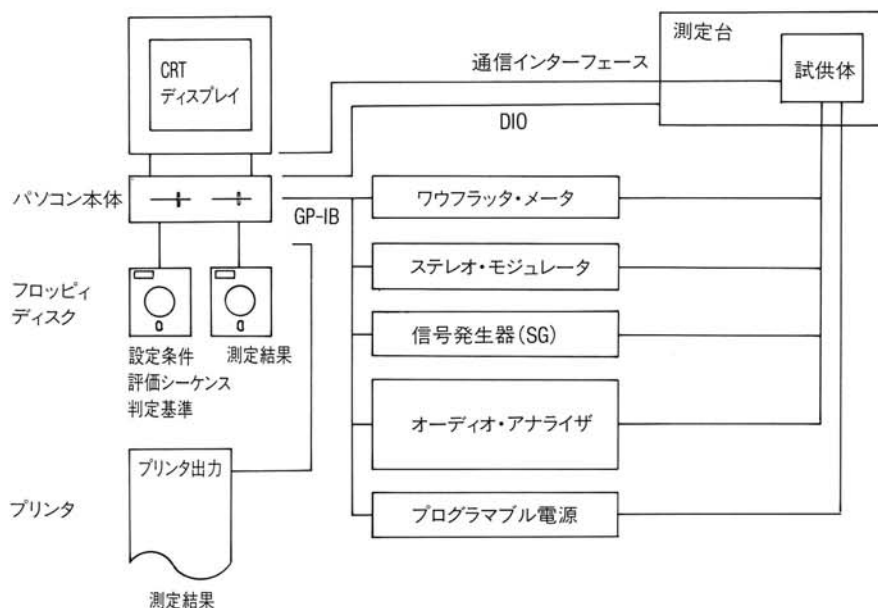


図-5 ASCOTハードウェア構成
Fig. 5 ASCOT hardware configuration.

ウェアの統一およびモジュールの展開により部門間のソフトウェア資産の流通が容易になり開発の効率化が図れた。

4. 評価システムの設計

ここまで、評価設備全体について述べてきたが、本章では個々のシステムの概要を述べる。

4.1 オーディオ本体評価設備

第3章で述べた基本概念に基づきオーディオ本体用に適用展開したのが、図-5に示したオーディオ本体用自動評価装置（以下ASCOT; Automatic Serial Communication Tester）である。このシステムは、オーディオ本体の構成要素であるチューナ、カセットデッキ、CDプレーヤの『性能』、『機能』を測定・評価するものである。

ソフトウェア構造は図-3に基づき、統括階層、モニタ階層、機能別測定モジュール階層、基本制御モジュール階層の4階層により構成した。

統括階層はプログラムのメイン処理である。対

人間とのインターフェースおよび下位階層にある実処理のプログラムを読みだす。

モニタ階層は測定項目、条件設定のための記録の読みだし、実行や測定動作時の流動状況の格納、表示等の役割を果たす。ここに与えるパラメータ（設定条件）により、評価の項目、性格（機能・性能優先）、判定基準等が変更でき、ユニット検査（プリント基板ユニット（基板アッシー）、機能別ユニット（ラジオ、カセット、CDプレーヤ））工程に必要な機能評価など、容易に展開が可能である。

機能別測定モジュール階層は文字通りチューナ、カセットデッキ、CDプレーヤ用の各測定項目の測定手順をプログラム・モジュール化したものである。上位のモニタで設定された条件により実際に測定を実行する。

基本制御モジュール階層にはインターフェースや測定のための基本制御用のプログラムがモジュール化されている。

表-2 オーディオ本体評価項目

	ラ ジ オ	カ セ ッ ト デ ッ キ	C D プ レ ー ヤ
評 価 項 目	サーチ感度 残留歪 忠実度 S/N 最大感度 実用感度 AGC リミッタ感度 ステレオ分離度 選択度 ATC忠実度 AM抑圧比	周波数特性 ワウ・フラッタ テープ・スピード クロストーク チャンネル・セパレーション S/N 残留歪 ドルビー効果 PROG動作 FF動作 REW動作 EJECT動作 STOP動作 BLANK SKIP動作 テープエンド動作 PAUSE動作	出力レベル 耐傷性 周波数分離度 S/N ディエンファシス周波数特性 歪率 FAST動作 TRACK動作 EJECT動作 REPEAT動作
	電源変動	最大・最小、リップル	動作保証電圧

1988/01/27 15:47:42

☐ CS 測定スタート ☐☐ CD 測定スタート ☐☐ AR 測定スタート ☐

*** CD の NG 項目 ***

5:セパレーション R

測定値=9999.00

規格値= 55.0~9999.0

<<<測定スタート待ちです>>>

A	R	OK
C	S	OK
C	D	NG
NG		S G
		S M
		A A
		POW
		WOW

-AR	-CS	-CD	
簡易分岐	TIME 測定		
PRO.解析	DI/O 制御	DISP 指定	
流動	状況		

R 英大

図-6 パソコン画面の表示例

Fig. 6 Example of CRT display.

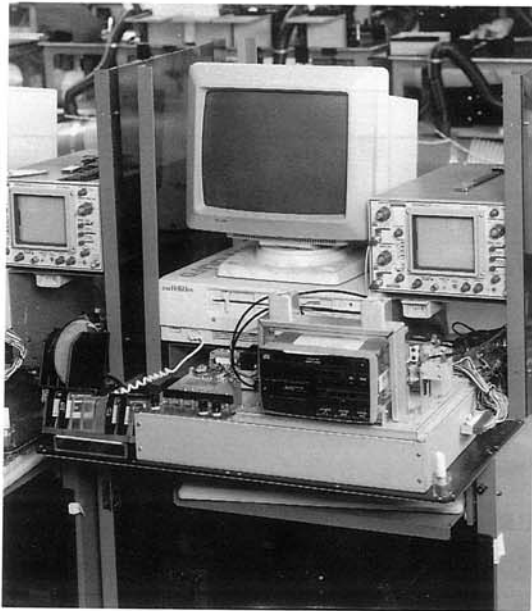


図-7 ASCOT外観

Fig. 7 Exterior view of ASCOT.

基本的な評価のシーケンスは、オーディオ本体および測定器を評価可能状態に設定し、オーディオ本体に所定の信号を入力した時の出力を測定し判定基準と比較評価する。評価は、パラメータとして外部より与えられた評価項目・判定基準などに従って順次測定器を制御しながら進め、全項目が判定基準を満たした場合のみ良品と判定する。

不良品と判定した評価対象に対しては、不良箇所の解析に役立てられるように不良項目以外に代表的な不良原因も出力する。

実際の評価内容としては、ラジオ、カセットデッキ、CDプレーヤに対し表-2に示す項目を実施している。

また、マン・マシン・インタフェースとして次の項目を実施している。

1) パソコン指示を与えるための操作キーの定義を画面上に表示する

2) 評価対象となるオーディオ本体動作状態のグラフィック表示：

オーディオ本体のLCD表示器の状態

3) 人間にオーディオ本体を操作させる指示をグラフィック表示：

オーディオ本体操作ボタンの場所を指示

4) 評価状況の動作・判定のモニタ表示

以上の項目の実施により、操作性、視認性の向上を図っている。図-6は評価結果の表示例である。

図-7にライン稼働中のASCOT全景を示す。

4.2 プリント基板評価装置

従来のプリント基板評価装置は、機種毎に一品一様で設計・製作・デバックを実施しており、開発効率、応用性、評価能力のパラツキ等に問題が

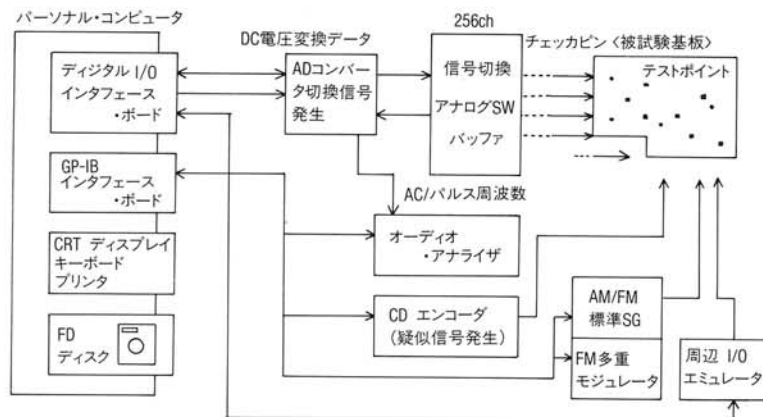


図-8 プリント基板評価装置ハードウェア構成

Fig. 8 Hardware configuration of PC-board evaluation system.

表-3 プリント基板動特性評価装置の仕様

項 目	仕 様	備 考
測定ポイント数	256	16ビット A/D コンバータ
測定時間		無調整使用 実14ビット
DC電圧時	100 μ s/ポイント	変換時間 15 μ s
AC電圧時	500ms/ポイント	※ AC電圧 オーディオ・アナライザ使用
周波数特性	0~100 kHz-3 dB	
差動グランド切換	30msec	バイポーラ差動入力
必要待ち時間		32ポイント毎の共通グランド (リレイ 切換)
測定レンジ	+12~-8V	測定レンジ +10V~-10V (電圧シフト処理)
測定分解能	10mV	

あった。そこで次の構想で改善を図った。

- 1) 本体自動評価装置：(ASCOT)との融合化による共通評価装置
- 2) 汎用ツールとして今後の製品展開を容易にする。
- 3) 良品データの吸い上げによる、照合評価を実現する。
- 4) 不具合解析の支援機能を持たせる。：

故障解析・修理

これを実現したのが、図-8に示すプリント基板評価システムである。

これはプリント基板の入出力状態をパソコンによって制御し、その状態の動特性を測定・評価するものである。主な諸元を表-3に示す。このように本評価システムでは回路の要所を監視しDC電

圧・AC電圧の評価(主に回路のDCバイアス電圧をAD変換)により良否判定を行う。

テストポイントは最大256箇所であり、1条件当たりすべてのポイントを採用しても26msecと高速性を有している。また、各テストポイント間の干渉を出来るだけ避けるために、各32ポイント毎を共通グランドで接続する差動入力を採用している。これは、各ブロック単位およびデジタル/アナログ・グランドの分離を考慮したものである。

そのほか、音信号の評価はオーディオ・アナライザによる測定を行っている。

ソフトウェア処理は、図-9に示されるような各プリント基板用のデータをディスクから読み込み、読み込んだ測定シーケンス情報、コマンド解

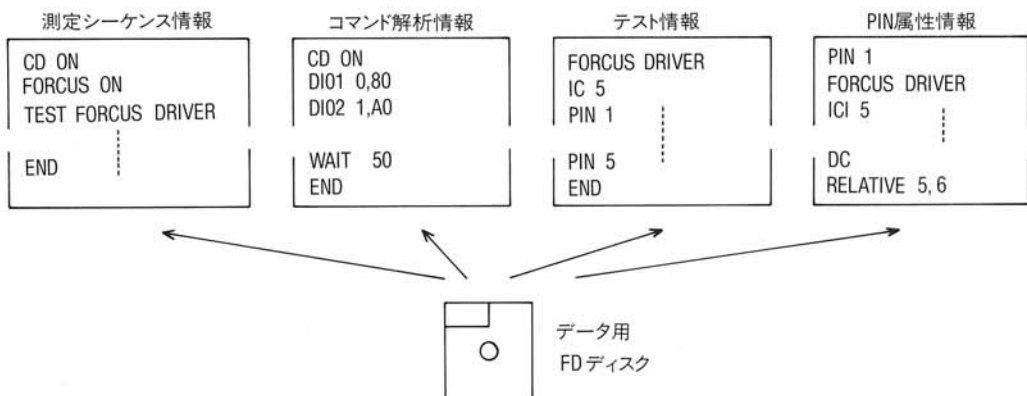


図-9 プリント基板評価用データ構成

Fig. 9 Data configuration of PC board evaluation system.



図-10 プリント基板評価装置外観

Fig 10 Exterior view of PC board evaluation system.

析情報により、各々シーケンスにおけるハードウェア状態を設定し、測定対象ピンの状態を読み取る。この取得データをPIN属性情報により評価する。評価方法としては、テストポイントにより、関連PIN間との相対値判定やPIN単独絶対値判定を行う事が可能であり、不良の原因箇所を見つける事が容易に出来る。

この判定基準となるデータは前もって測定された良品サンプルの平均値等により自動的にセットされる学習機能を有しており効果が上がっている。

図-10 が稼働中のプリント基板評価装置の全景である。

4.3 A-ECU評価設備

A-ECU を取り巻く環境を疑似的に作り上げ

る事により、あたかも新型クラウンに搭載され、各ECUをネットワークして情報を集中表示するマルチ・ディスプレイ・システムの中で動作しているような状態に置き良否判定を行っている。

A-ECUはCRT-ECUをマスタとするマルチ・ディスプレイ・システムのネットワークとオーディオシステムとのインタフェースを果たしている。制御インタフェースによる制御・情報データ、およびCD-ROMデコーダの光インタフェースによる画像データの入出力を行っており、単体としては、操作ボタン、表示器、音などのマン・マシン・インタフェースを持たない製品である。このため、オーディオ信号での評価は不可能であり、制御インタフェース、光インタフェースにおけるデータの照合により、良否判定を行うシステムを開発した。A-ECU評価システム構成を図-11に示す。

4.3.1 A-ECU通信評価

A-ECUの基本シーケンス例を図-12に示す。④はオーディオ本体、③はCRT-ECUとの通信処理のシミュレーションである。評価手順は、図-12のシーケンスにより得られたデータをA-ECUと同等の変換処理を持つ推論エンジン（推論機構システムにおける核：人工知能用語）により導き出し、比較評価する。この評価過程においてノイズ等の影響により通信が正常に行えない場合の対処として適応的に推論される仕組みを持つ、追次比較評価を採っている。また通信プロトコル（制御インタフェースの通信仕様）に規定される時間管理およびその評価を有している。

4.3.2 CD-ROMデコーダ評価

CD-ROMデコーダの評価は、起動および制御に通信評価と同等の過程を必要とする。この通信過程によりCD-ROMデコーダの光インタフェースよりデコーダ出力が得られる。このデータはオーディオ本体から送られたCD-ROMデー

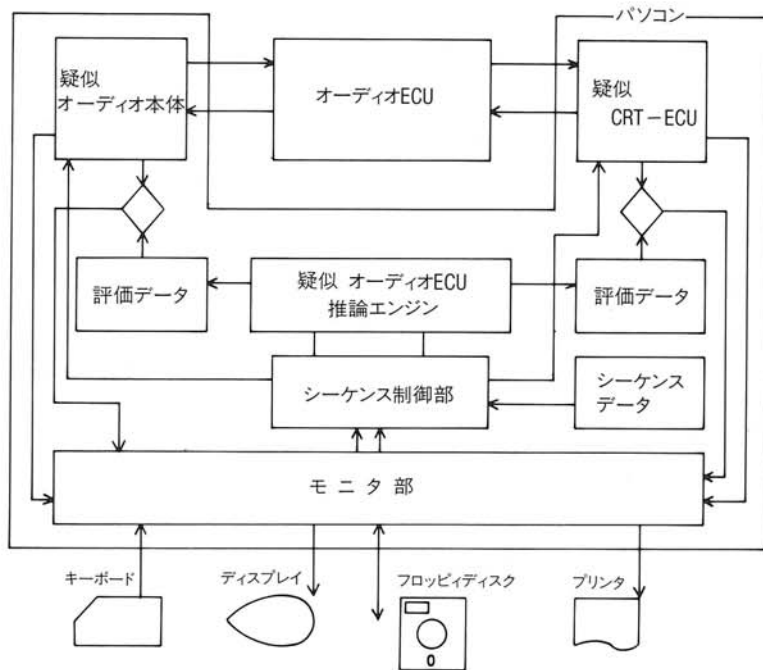


図-11 A-ECU評価システム構成図

Fig. 11 Block diagram of A-ECU communication evaluation system.

タ（通信レート：1.2Mbps=1.2×10⁶ビット/sec）をデコードした出力であり、1画面当たり約8kバイトの線、文字データ等で構成される画像データが出力される。このデコード出力をディスプレイ画面の図形として評価するのは、ほとんど不可能である。そこで、比較用データを用意しておき、

光インターフェースより入力されたデコード出力と比較評価する方法を採用している。（比較データは同システムによって良品サンプルより取得）

またデータ転送レートが大きいため、直接パソコンにデータを読み込むための高速光通信インターフェース・ボードを開発した。

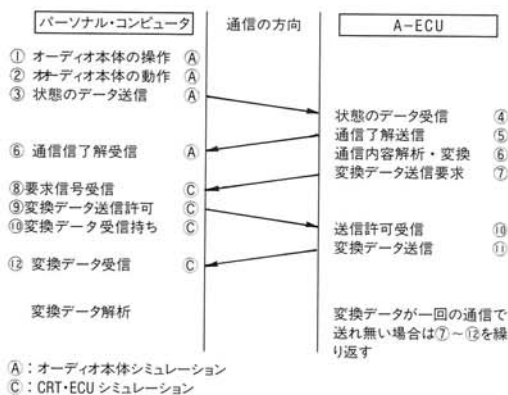


図-12 A-ECUと周辺システムとの通信の流れ

Fig. 12 Communication flow.

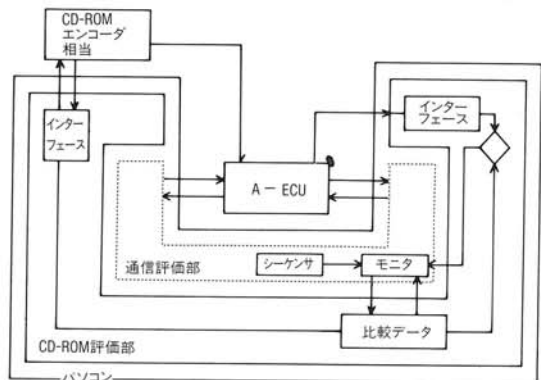


図-13 CD-ROMデコーダ評価システム構成図

Fig. 13 Block diagram of CD-ROM decoder evaluation system.

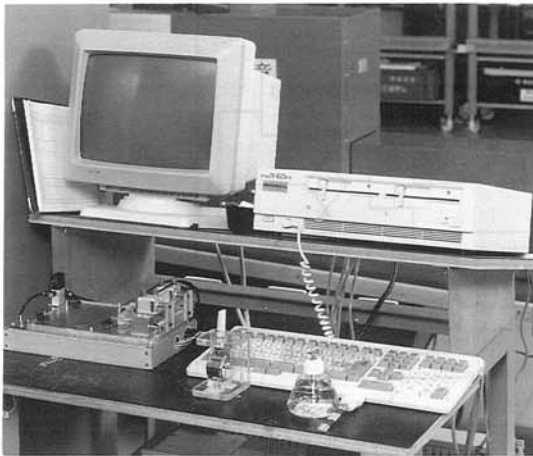


図-14 A-ECU評価システム外観

Fig. 14 Exterior view of A-ECU evaluation system.

この評価過程は図-13に示すように、図-11の通信評価にCD-ROMデコーダのデータ管理・照合処理が加えた構成により実現している。

A-ECU評価装置の全景を図-14に示す。

4. 4 電源シミュレータ

自動車内のバッテリーの安定度は、家庭用AC電源に比べると、過酷な変動を示す。このため、自動車用電子装置は、バッテリーの電源変動時に最も不具合が発生する。これを未然に防ぐために設計段階より電源変動を充分考慮に入れた製品品質を作る必要がある。

そこで設計段階から実車より電源過渡期変動パターンおよびノイズ混在データを収集し、プログラマブル電源によって再現する事で電源変動に対

する評価を行った。

この電源シミュレータの基本構成を図-15に示す。車両電源電圧波形の収集にはディジタル化可能なディジタル・ストレージ・オシロスコープを使用し、波形データを登録・加工・再生制御するためのパソコン、パソコン制御により供試機に電源を印加するプログラマブル電源からなる。

図-16はこの一連の実施手順の例を示す。このようにして再生印加される電圧波形により評価を行う。また、ワースト・ケース状態のデータ作成により電源の瞬断も、瞬断時間・電圧・繰り返し等を可変して評価を行える。

今回は、設計時に過去の不具合、予想される電源変動モード、電源の瞬断等から約100程度の状態をシミュレーションし評価を行った。従来の実車評価時期の限定の制約の問題が解消され非常に効果を上げている。

5. 成 果

本評価システムは、生産部門、品質管理部門等で1987年8月より稼働しており、製品品質の管理・向上に役立っている。成果として、次の項目が挙げられる。

- 1) 開発から製品検査まで評価設備の統一により、部門間での手法、判定基準等の標準化と評価データの有効活用の推進ができた。

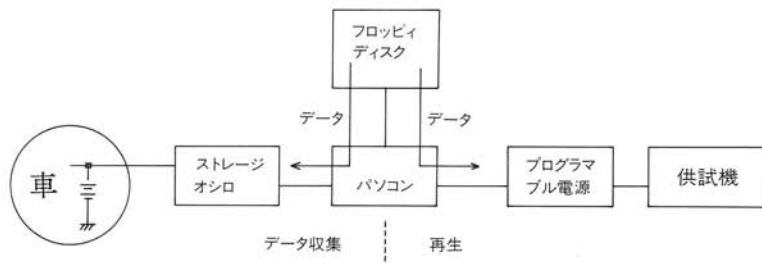


図-15 電源シミュレーション・システムの基本構成

Fig. 15 Reguration simulator configuration.

車両の各種電源電圧波形取込み

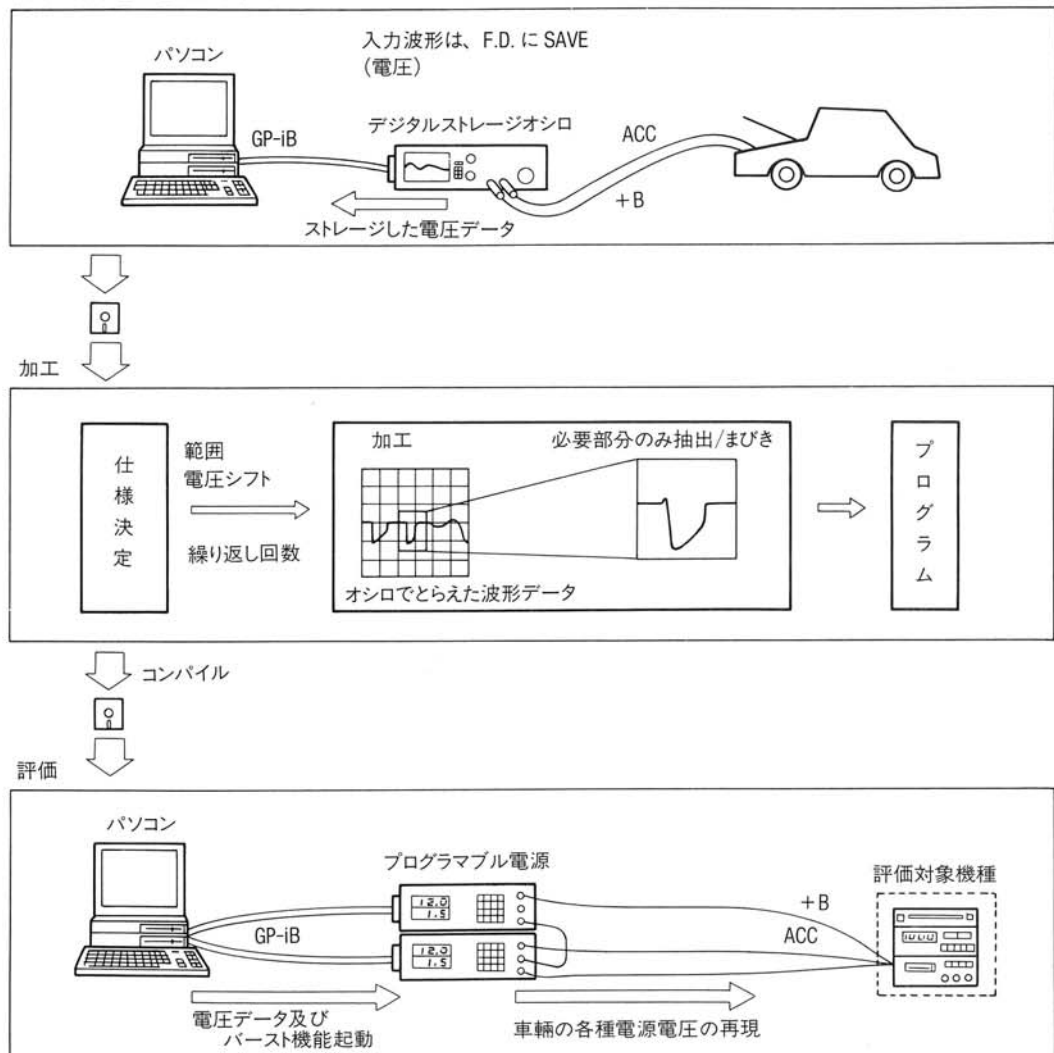


図-16 作業手順

Fig. 16 Process of simulation.

2) 評価システムの基本となるソフトウェア資産、ノウハウを蓄積できた。

3) 電源シミュレーション、プリント基板評価システムなど新しい方法を開発した。

4) 環境試験の容易化ができた。

通信インタフェース、電源シミュレータにより恒温恒湿での耐久試験、欠陥寸前状態バッテリーのシミュレーションなどの加速試験が容易になった。

6. おわりに

本プロジェクトは各部門の協力により完成した。設備の統一を始め、ソフトウェア資産の共有により、開発部門だけでしか稼働しなかったプログラムが直ちに展開ができ、今後の製品ハードウェアの複雑化等に迅速な対応が可能となる。今回の評価システムを核に、HAMSの新バージョン、CATS-3(より汎用性を持たせたラジオ用、

カセットデッキ用評価システム)の開発が終了しており、今後もソフトウェア資産の活用、補充が進む見込みである。

今後の課題として、次の事項がある。

- 1) パソコンのマルチヘッド化を進め、システム効率を高める
- 2) 生産・調整システムへの展開
- 3) 評価システムのネットワーク化を推進し、生産管理システムとして展開する。
- 4) 今回の評価システムで取り組んだ簡易型推論システムを本格的なAIシステム(人工知能システム)へと発展させ、評価システムとして機能の充実を図る。