

グローバル対応検査装置—試験設備の共通化・標準化対応—

Measuring Equipment for global use

磯川 雅人 *Masato Isokawa*
山本 和幸 *Kazuyuki Yamamoto*
菊輪 佳郎 *Yoshio Kikuwa*
糸魚川 功 *Isao Itoigawa*



要 旨

近年の急激な環境変化や消費者ニーズの変化により、製品の高度化、高機能化が進んでいる。それに伴いこれらの多様化した製品の品質確認のため生産工程での検査の比重が高まっている。しかし、実装技術の高密度化などによりこれらの検査が非常に困難になってきており、製品開発と連動した検査方法の改革が求められている。

また一方、部品の調達、生産のグローバル化にともない当社も海外工場での生産量が増大し、それに伴う検査設備の標準化・グローバル化が求められており、設備の低価格化・高速化とともに重要な課題になっている。本文では、これらのニーズに適用するため製品開発と連動させた検査システムに開発事例として、エンジン制御用 ECU の検査装置の開発を取り上げ、グローバルスタンダードを志向した新検査システムの開発について紹介する。

Abstract

In recent years, our products have been getting advanced and multi-functioned, due to drastic changes of consumer demands and other conditions. Under the circumstances, quality control of our products in the manufacturing process has become more important year by year. Mounting technologies for high density, however, have caused performance tests for products to be very difficult.

So we have to drastically reform testing methods, linking to development of our products.

On the other hand, increasing number of products have been produced in our foreign factories, and it has brought us needs for standard testing systems for global use. And testing systems are also demanded low cost and high efficiency..

This paper introduces the global standard automatic performance test equipment for our factories including foreign factories. And we show you cooperative development of a product and a testing equipment for it, taking up ECU(Electric Control Unit) as an example.

1. はじめに

自動車産業における当社の役割は、車室内での音作りや操作性・安全性などの快適な車社会のための製品を提供する事である。これら製品の品質を確保するために、生産工程に検査工程を配置している。

また、国際社会の中で現在部品調達化等による生産拠点のグローバル化が進む中で、品質維持向上のための検査が重要視されている。

近年、製品の高度化・多機能化により、検査が複雑化し、工数的にも増加傾向にある。そこで、製品の検査内容・検査方法の改革と、それに伴う検査装置の改革のための汎用化・高速化・標準化を製品開発とコンカレントに実現する必要がある。

2. 開発のねらい

当社の製品には、オーディオ製品と車載用電子部品（以下モータロ製品という）との2つの大きな柱がある。オーディオ製品とは、ラジオ・CD・TV等の車載用音響機器や近年増えてきたナビゲーションシステム等の機器であり、モータロ製品は、EFI・ABS・エアバッグ等の自動車の電子制御機器である。

これらの製品は、自動車に搭載されて使用されるという点では同じだが、求められる機能がまったく違う。このためこれら製品を検査する装置も、まったく別のチームで、ハード・ソフト共違うコンセプトで開発されてきた。

しかし、近年の海外工場の拡大にともない、同一工場で両製品を生産することが多くなり、検査装置に関する次のような違いが大きな問題として急浮上してきた。

- ① 操作性・メンテナンス性の違い。
- ② データの管理方法の違い。
- ③ 設備の構成の違い(転用できない)。
- ④ 二重の検査装置開発投資。

これらを解決するため、両製品の検査装置を根本から見直し標準化およびコストダウンを図ることで、国内・海外の区別なくグローバルに使える設備を開発することとした。

また製品設計が完了してから検査方法を開発するのではなく製品設計と連動して検査装置を開発することで、検査方法そのものの改革も同時に行い、検査工程の画期的な効率化を実現することをもう一つのねらいとした。

今回は、この検査装置の標準化及び製品検査方法の改革事例について述べる。

3. 検査装置の現状

本章では、それぞれの製品向けに開発されてきた検査装置の概要を示し、生産技術の共通化・標準化の観点からのターゲットの選定について述べる。

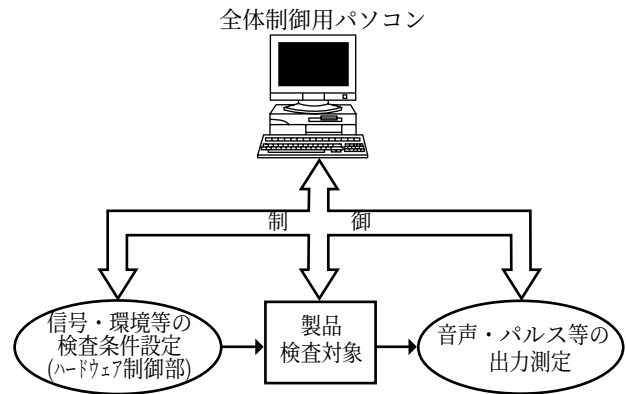


図-1 検査基本構成

Fig.1 Basic structure of measuring equipment

3. 1 検査装置の基本構成

製品の検査は、検査対象製品に、所定の信号や動作条件を外部より与えて、その条件下での検査対象の出力(映像、音声、パルス、ON/OFF等さまざまな)を測定し、データを規定された規格値と比較することで行う。

装置としては、装置全体の制御にパーソナルコンピュータを使用し、検査条件・出力測定には、市販の計測器・発振器で、装置を制御するための電磁弁・入出力等のハードウェア制御には内製のI/Oユニットを組み合わせ使用している。

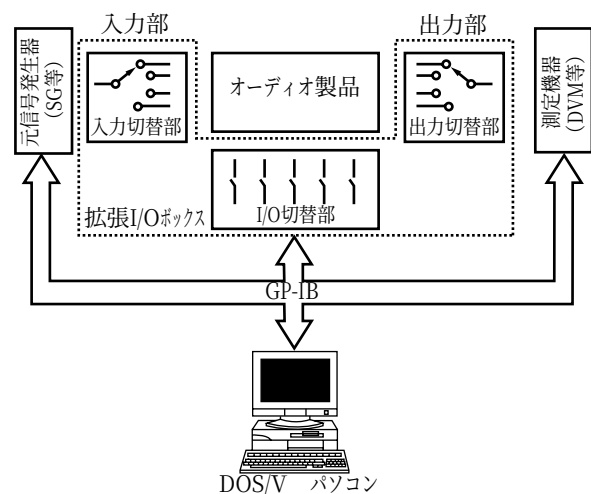


図-2 オーディオ検査装置ブロック図

Fig.2 Measuring equipment for audio products

3. 2 オーディオ製品の特徴及び検査装置

オーディオ製品の検査は、ラジオやテレビのような放送局の替わりになるダミー信号や各種音楽メディアの再生信号を用意して、製品の入力部に信号を加え結果として出てきた音声信号や映像信号を測定することで実現される。

装置の構成としては、シグナルモジュレータ・変調器などの元信号発生器や、電圧計・歪率計などの計測器を、汎用の計測器インターフェースであるGP-IB(IEEE-488規格に準拠)にて制御し、これらの信号を切り換えるために自社開発した拡張I/Oボックスから成り立っている。

オーディオ製品検査では、これらの接続機器の組み合わせで各種製品に対応することができる。ソフトウェアに関しても、ボードマイコンを利用したアセンブラから始まって、初期のパソコンとBASICを組み合わせた装置、DOSを搭載したことによりファイルシステムを最大限に活用し、開発言語をC言語に置き換えた現在の汎用検査システムへと開発ステップを進めてきた。

3. 3 モータロ製品の検査装置

モータロ製品は、機能別に分類すると31種類(約450機種)と多く、検査装置はそれぞれの機能別に存在する。

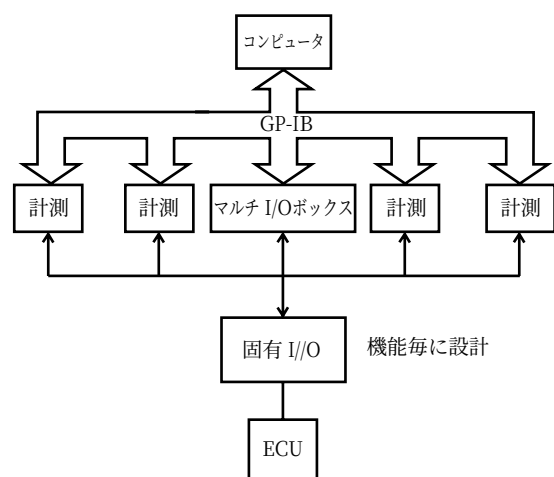


図-3 検査装置構成図
Fig.3 Configuration of measuring equipment

従来の検査装置構成図は図-3 のように、パソコン、ユニバーサルカウンタ、DVM（デジタルマルチメータ）などの計測器、機能固有のI/O（ECUと各計測器をつなぐインターフェース）から構成されており、固有機能のI/Oおよび特殊な計測器以外は標準化されている。

しかし、市販計測器は必要以上に機能が豊富で高価で

あり、固有のI/Oにいたっては、機種機能が変わるたびに再制作が必要になり、開発工数と設備費がかかる。また、市販品にない特殊な計測方法は、機能にあわせハード的に開発が必要であった。したがって、装置1式の金額も高く、検査内容により、数式必要な場合もある。ソフトウェアは、BASICが主流であり、割り込み機能やサブプログラム化などの機能を駆使し、計測ソフトをルーチン化して、標準化した。

機種別データとして、メイン測定プログラムと規格設定プログラムは基本プログラムを基に、各機能別のマスタープログラムが作成されており、一部の修正・追加により作成する。このように、プログラム作成のプロセスが完全に確立されている。しかし今後立ち上がる製品は高速な検査が必要で、BASIC言語は、スピード的に問題があり、ハード部分にたよるざるをえない部分がある。

3. 4 ターゲット製品の選定

全節で述べたように、検査装置として、大別すれば、オーディオ製品とモータロ製品用の2種類がある。製品の特徴からそれぞれに企画・開発されてきたため、両方の共通性があまりなく海外生産拠点での生産支援を行う上で問題となる。また、製品の高機能による検査工数の増加に対し、検査スピードの高速化の要求が高まり、GP-IB制御やインタプリタであるBASIC言語ではこの要求が満足できなくなってきた。

今回、グローバルスタンダードな検査装置の開発にあたって、海外工場での量産開始を予定していた新しいエンジン制御用ECUをターゲットに取り上げ、従来の検査システムの見直しだけでなく、製品開発と同期させ製品のソフトを活用して検査を行う、新しい検査方法への変革を実現させた。

なおエンジン制御ECUは、機能的に規模が大きく、図-4のように他のモータロ製品をカバーできる。

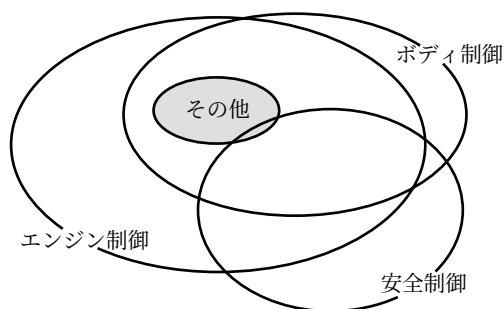


図-4 製品別機能図
Fig.4 Function of each product

4. 検査ソフトの製品組み込み

本章では、コンカレント開発として製品側に検査ソフトを組み込んだ検査方法について説明する。

4. 1 モーター製品検査の問題点

モーター製品における製品検査は、製品の入力条件に対する出力の状態、変化などのアナログ値を計測器でチェックする部分が多い。したがって、入出力の多い製品は検査時間が長くなる傾向にあり、高機能製品や複雑な製品にいたっては当然検査項目が多く、測定工数がかかる。

また、製品によっては特有のタイマー機能や遅延機能などを有する場合、それだけで検査時間が2倍、3倍となることもある。これらの製品を流動するラインの検査工程は、工程設計の上では、ネック工程となる。

このように製品の特徴にて左右される検査時間をラインタクトと同期をとるために、検査装置や、方法に工夫が必要だが、現状では、同一装置を複数台導入するなどの設備投資を実施し、複数台検査・項目分割検査にて対応する場合が多い。

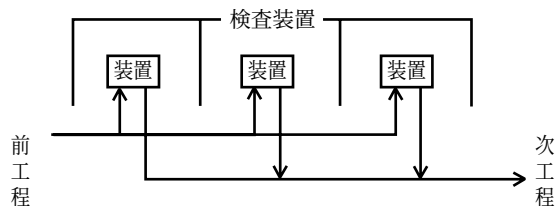


図-5 複数台検査例

Fig.5 Example of measuring by machines

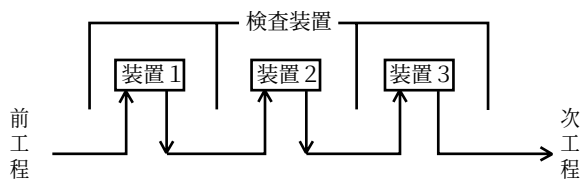


図-6 項目分割検査例

Fig.6 Example of measuring by Item division

4. 2 製品内検査プログラムの開発

今回開発した検査装置は、いままでの問題点を考慮し装置・検査方法両方で、こうした問題を解決した。装置面については次章で述べるとする。

検査方法として、

- ①アナログ測定をデジタル測定方式に変更

- ②入出力を製品のソフトにとらわれない一括チェック

- ③ハードによるチェックからソフトによるチェックについて検討し、問題を解決した。

4. 2. 1 アナログ測定からデジタル測定

ECUの出力端子のON/OFFチェックなどは電圧計などの計測器での測定であるが、計測器は条件設定や読み取りタイミングなどの前処理時間が必要で、演算・読み取り等にも時間を要するが、デジタル（ビット）チェックにすれば、処理時間もほとんど必要なく測定でき、また一括チェックによる時間短縮も可能となる。

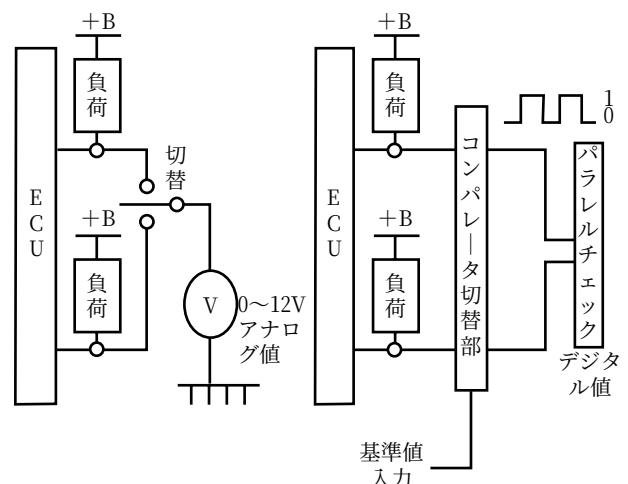


図-7 アナログ測定とデジタル測定概念図

Fig.7 Conception of analog measuring and digital measuring

4. 2. 2 製品のソフトにとらわれない一括チェック

通常の検査では、製品の機能どおり、入力信号を与えることで出力の状態（ON/OFF）が決まる。製品の出力端子をチェックするには入力信号を何回か変化させる必要がある。入力信号をある条件下に設定することにより、出力端子すべてを製品の機能とは別に順にON/OFFを繰り返すようにすれば、入力信号の変化回数を減らすことができ、デジタル化による一括チェックも可能となる。

4. 2. 3 ハードからソフトのチェックへ

通常の検査装置の機能ではチェックできない場合など装置側に特別なハードを設計・設置し、その条件下製品機能をチェックできるようにしていた。

しかし、パソコン機能（通信、タイマ、割り込み等）を活用することでソフト的に機能チェックが可能となれば、特殊なハード設計も不要となる。

特に4.2.2項に関しては、製品の本来の機能とは別の方

法で動作させることが必要になる。そこで、製品に搭載されたマイコンの空領域に検査用のプログラムを内蔵させ、このプログラムをある条件下で走らせることにより製品内での検査を実行し、検査装置と連携のため検査結果を通信信号としてシリアルに出力（RS232C）できる端子を設け検査の自動化を実現した。これらを設計部門の協力で検査装置の開発と同期させることにより測定時間の大幅な短縮と検査装置の簡素化、共通化、標準化が実現できた。

ここでいう高速シリアル通信方式とは、製品の入力信号やアナログ入力値をマイコンがRAM値として記憶し、そのデータをパソコン側からリクエストすることにより、シリアルコードデータとして排出、これをパソコンが取り込み確認する方式で、図-8はその概要を表し、通信仕様の概略は図-9に示す。

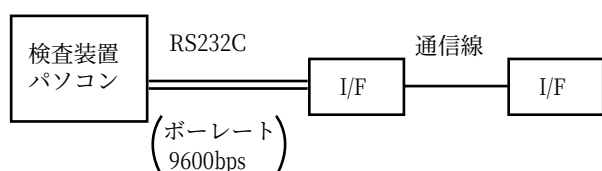


図-8 高速シリアル通信概要
Fig.8 Outline of high speed serial communication

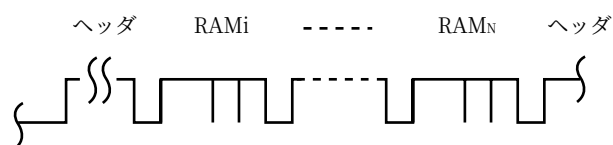


図-9 シリアル通信仕様
Fig.9 Specification on serial communication

5. システム構成概要

この章では、製品側に組み込んだ検査ソフトに対応した検査装置の構成について説明し、汎用化・高速化・標準化を可能にした検査システムとプログラムについて述べる。

5.1 検査システムの課題

当社の検査装置（オーディオ系・モータロ系共）は、計測器部・入出力部・特殊信号処理部・チェッカ部・それらをコントロールする制御部から成り立っている。

計測器部は、GP-IBを用いた、市販のスタンドアロン

の計測器の組み合わせである。入出力部・特殊信号処理部は、オーディオ製品検査向けとモータロ製品向け検査装置用に、別々に企画・設計した拡張ボックスを採用し、個々に内製した基板を挿入する構成でシステムを構築していた。オーディオ検査用がDIO-BOX、モータロ製品検査用をマルチI/Oボックスとそれぞれ呼んでいる。

両拡張ボックスともに、GP-IBで接続し制御部からみれば計測器として扱えるように設計されている。

しかし、今回製品側に検査用ソフトを内蔵させたことで、製品入出力の検知スピードが飛躍的に向上する。そのために、全てGP-IBにより制御されていた検査装置側にも高速化対策が必要になり、従来システムを見直さなければならなかった。

そこで、品質に影響する精密計測のみを従来のスタンドアロンのGP-IB計測器を用い、それ以外の計測部・入出力部・特殊信号処理部を、OA・FAで広く普及して高速かつ安価に入手可能なISA(Industry Standard Architecture)バス規格の拡張ボックスに置き換えることとした。

課題と対策をまとめると、

①高速化 GP-IB I/O → ISA化

②多チャンネル制御

2種類の拡張ボックス → 市販拡張ボックス化

③特殊信号の発生と計測

個別設計 → 汎用信号発生基板と計測基板設計

となる。

5.2 システム構成

図-10に本検査装置のシステム基本構成を示す。

本装置は、世界的に広く普及し、安価で容易に入手可能なIBM互換パーソナルコンピュータを全体制御部としている。

コンピュータの制御BUSを拡張し14枚基板を格納することのできるISAバス規格拡張BOXの中に、汎用入出力基板と特殊用途基板（当社内製基板）を格納する入出力制御部、精密測定や従来の検査装置との互換性を保つためのGP-IB計測器制御部、ソフトウェアチェック等の製品とデータのやりとりを行うRS232Cをもちいた通信制御部により構成され、これらを組み合わせることで、従来からの製品と、今回開発した検査ソフト内蔵のエンジンECU検査を実現している。勿論装置構成が一本化したことで、検査ソフトの共通化が可能となった。

次項で、新規に採用・設計をすることになったISAバス入出力制御部について詳細に説明する。

5.3 入出力制御部(基本ハード)

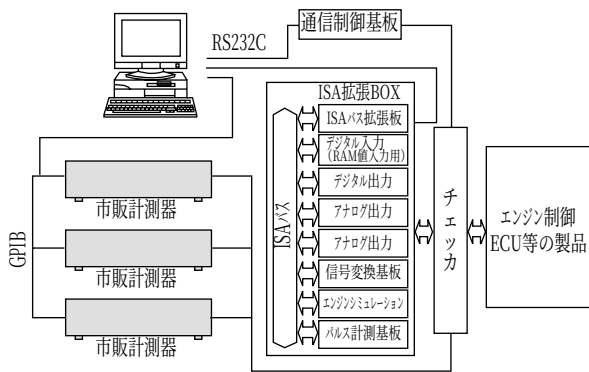


図-10 検査装置システム構成図
Fig.10 System structure of measuring equipment

当社の製品検査及び基板単体の機能検査を行うためには、

- ①複数の入力に対して、同時に異なる信号を供給
 - ②複数の入力に対して、同じ信号を供給
 - ③複数の入力に対して、同時に異なる電圧を供給
 - ④複数のデジタル入力に対し、同時に論理パターンを与える
 - ⑤複数の出力（電圧）を選択し計測
 - ⑥複数のデジタル出力の論理を読み込む
 - ⑦複数のパルスを選択し、幅と周期を計測を行う必要がある。
- ④、⑥に関しては、市販のデジタル入出力基板を、③には、市販のアナログ出力基板を利用した。

今回、②⑤の信号選択基板、①の信号発生基板、⑦のパルス計測ボードを内製化した。

5.3.1 信号選択基板

一つの信号波形をある入力に与える場合と、複数出力を選択し一つの計測器で計測する場合に利用できるマルチプレクサとして設計し、一基板で36ch選択可能である。又この基板をカスケード接続することで36ch以上の信号も選択できる。

5.3.2 信号発生基板(シミュレーション基板)

エンジン制御ECUを検査するためには、ECUにエンジンが動作している環境をシミュレーションし、ECUを正常な状態で動作させる必要がある。主にECUが必要な入力信号は、エンジンが回転している時に発する信号で、気筒判別信号・クランク角度基準信号・エンジン回転数信号からなるカムポジション認識信号とノックの強度を検出するノック信号と車速パルスからなる。

これらの信号を分類すると、

- ①エンジン回転数に同期する、3状態のパルス信号が3種類以上（エンジンの構成により増える）
- ②ノック信号の元となる、任意の周波数・振幅の正弦

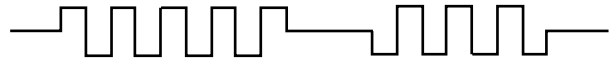


図-11 3状態パルス
Fig.11 Tree-state pulse

波信号

- ③エンジン回転数と非同期のパルス信号が3種類以上の3種類の信号元が必要である。

検査装置としては、混流生産を考慮する必要があり、さまざまなバリエーションのパルスと正弦波を動的に選択できるように設計を行った。

信号発生基板のブロック図を図-12に示す。

コスト低減と基準クロックの正確さを確保するために

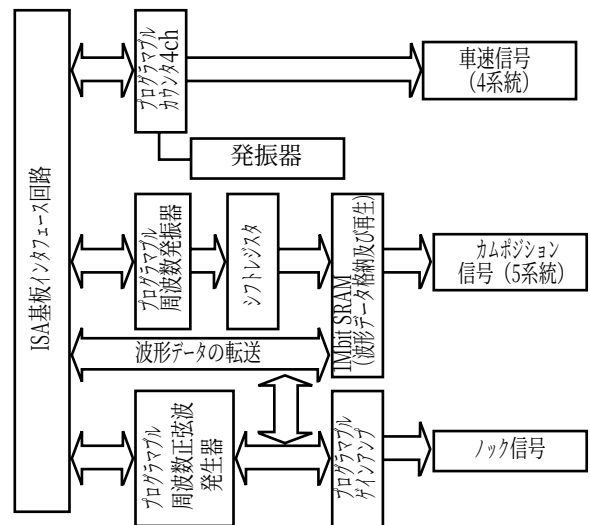


図-12 信号発生基板ブロック図
Fig.12 Block diagram of signal generation board

敢えてCPUを使わずに、データ波形記憶用の1 MBitのSRAMとモータコントロール用のプログラマブル周波数発振器を組み合わせることで、あらかじめオフラインで作成した任意の波形データを基板にダウンロードし、そのデータを基に波形を再生することで、任意の回転数（スリプも可能）でのカムポジション信号をシミュレーション行えるようにした。他の信号は個別にハードウェア

で実現した。

以下に仕様を示す。

① カムポジション信号

- ・可変周波数設定範囲 (0~240kHz)
- ・基準クロック 1°単位 (720°一回転)
- ・3状態信号 3、2状態信号 2

② ノック信号

- ・周波数設定範囲 100Hz~100kHz
- ・電圧可変範囲 ±0~±10V

③ 車速信号

- ・周波数設定範囲 10Hz~1kHz
- ・3出力

その他の機能としては、基板をカスケード接続できるように設計することで、気筒数の多いエンジンECUに対しても検査が可能である。

この基板により、エンジンの動作信号を利用するECUの検査の構成が簡素化できる上に、ソフトウェアで各種エンジンに適用可能になったために、混流生産への適応や機種切替段取り換え時間・生産準備期間の大幅な短縮が可能となる。

5.3.3 パルス計測ボード(計測器のワンボード化)

ECUを動作させる環境が整えば、今度はECUが正常に機能しているかを検査する必要がある。

主に、エンジンECUでは、エンジンへの点火信号及び燃料の噴射する信号とカムポジション間のタイミングと幅を測定する必要がある。

これらを分類すると、ある2つの信号のスライスレベルの整合を行い、パルスの同極性エッジ間の時間か異極性エッジ間の時間測定が必要である。

従来、この検査は波形形成回路を作成し、GP-IBに接続された市販カウンタ計測器にて測定をおこなっていた。

今回ISAバスを使用するにあたり、任意に波形形成できる回路と24Bitカウンタを組み込んだ計測器基板を設計した。この基板により、市販計測器と個別波形形成回路が不要になりコストダウンと高速計測が可能となった。

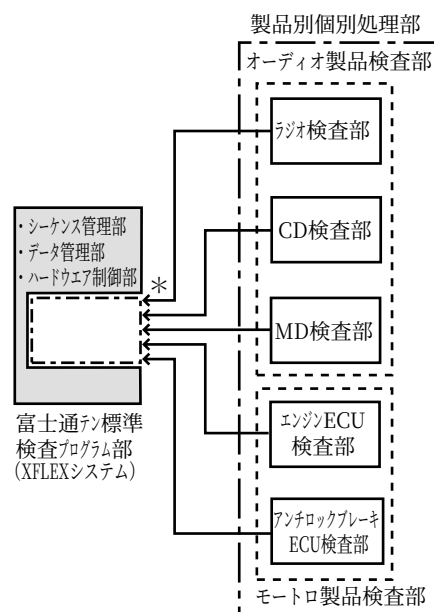
又この基板は、当社の製品である車載オーディオ系の機能測定や、エンジンECU以外のECUにも広く流用できるワンボード計測器となった。

5.4 プログラムの共通化

3章で述べたように当社の検査装置には、オーディオ系の検査装置とモートル系の検査装置があるが、生産拠点のグローバル化により同一工場での両検査装置を稼働させるために、共通性をもたせることが重要である。

そこで、海外工場での実績とプログラムの汎用性・メンテナンス性の観点からオーディオ系で開発が進められていた汎用自動検査装置に、本章で述べた装置構成を制御できる機能を盛り込み、富士通テン共通の検査が完成した。

プログラムの構成としては、検査対象によらず必要と



*いずれかの検査部とリンクして富士通テン標準検査プログラム部は構成される。

図-13 共通化された検査システム構成図
Fig.13 Configuration of common measuring system

なるものを抜き出した標準部(シーケンス処理部・データ管理部・ハードウェア制御部)と製品対象毎に異なる個別処理部(検査アルゴリズムモジュール)から成り立っている。計測器の状態設定、製品の待ち時間等の製品・装置構成別のデータなどは、全て変数とし表現し、機種別データとしてファイルで外部から与える仕組みにしている。このため、機種毎に微妙に異なる検査内容やハード構成も、プログラムを変更することなく実現できるようになり、現在のオーディオ製品系の検査に広く使われるようになっていた。

今回は、標準部であるハードウェア制御部に、新たに開発した各種ISAバスモジュールを組み込むことと、エンジン制御ECU検査アルゴリズム開発を行うことでプログラムの共通化を進めることができた。

ハードウェア的にも、現在展開中のオーディオ用検査装置をベースに、モートル製品を検査するための計測

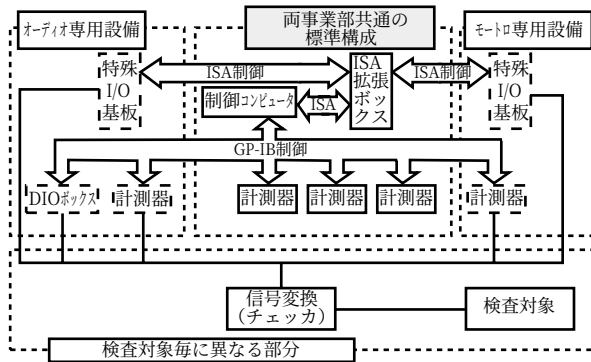


図-14標準化された検査ハードウェア構成図
Fig.14 Configuration of standard measuring hardware

器・ISAバス用特殊基板を接続することで構成することができる。

両事業部共通部分の構成は、制御用コンピュータ・ISA制御ボックス・計測器・制御ソフトからなり、システム全体の70%を占めている。この結果本システムは、全社的に転用可能でグローバルに使える検査装置とした。

本検査装置の開発により当社の標準の検査が確立できオーディオ製品・モーター製品とも基本部分での共有がはかれた。また、今回のターゲット製品であるエンジン制御ECUにおいては、以下の効果が期待できる

- ①条件設定処理スピードの短縮（検査時間20%減）
- ②ボード交換方式による製品フレキシブル対応
- ③海外検査装置と共通化による生産支援工数削減
- ④共通化・標準化による生産準備工数の低減
- ⑤計測器のボード化によるコストダウン（15%／台）

7. 今後の製品にむけて

21世紀に向けてオーディオ製品・モーター製品共に製品の形・物の作り方・仕事の仕方をプロジェクト活動として変革しようとしている。その中で、検査の方法や検査装置のあり方についても大きな転換期をむかえることになる。

今後製品の高機能・高密度化するにつれ今回のような製品内部プログラムと検査装置の連携なしには検査が成り立たなくなっている。

今回の成果をオーディオ製品にも展開し、製品開発と連動した検査システムの開発を進めていきたい。

6. 期待できる効果

筆者紹介

磯川 雅人(いそかわ まさと)



1979年入社。以来生産用自動化設備の開発に従事。現在生産技術開発部自動機開発課長。

山本 和幸(やまもと かずゆき)



1989年入社。以来自動化技術の開発に従事。現在生産技術開発部自動機開発課在籍。

菊輪 佳郎(きくわ よしお)



1983年入社。以来HIC(Hybrid IC)や自動車用電子制御機器の製造技術関連業務に従事。現在モーターエクス本部製造技術部次長。

糸魚川 功(いといがわ いさお)



1977年入社。以来自動車用電子制御機器の製造技術業務に従事。現在モーターエクス本部製造技術部第一製造技術課に在籍。