

エンジン性能データ収録システムの開発

Development of Engine Performance Data Acquisition System

長 島 慶 一*
Keiichi NAGASHIMA
高 岡 伸 明*
Nobuaki TAKAOKA

前 田 義 男**
Yoshio MAEDA
田 高 健***
Takeshi TADAKA

木 村 泰 之*
Yasuyuki KIMURA
畠 山 謙 一***
Kenichi HATAKEYAMA

要 旨

複雑化するエンジン制御に対応すべく高精度な解析能力を備えた次世代エンジンデータ収録システムを開発した。このシステムは収録データを Windows 上で処理することが可能で指圧波形解析もできるシステムである。また、本システムは仕様の異なるベンチおよび ECU にも対応可能で、自動運転も行えるものである。

本装置の開発にあたっては、既存設備をできるだけ活用し、パーソナルコンピュータをベースに収録データの処理を行い簡素なシステムであるようにした。また、多様なデータ収録処理にはリアルタイム OS を用いてタイミングコントロールを行うこととした。

これにより、安定したデータの収録・解析力の向上と解析時間の短縮が図れた。

ABSTRACT

To correspond to the recent trend of complicated engine control we developed the new generation engine data acquisition system which was equipped with the high precision analyzing capability.

As for this system, it is possible to process the measured data by the Windows operating system and also it equips the engine combustion analysis function.

The system platform is personal computer-based, using the Windows operating system for data processing, and minimal complexity. Also, to enable simultaneous data acquisition and processing, the system employs a real-time OS.

As a result, we are able to achieve an stable data acquisition, an improvement of analysis capability, and analysis time reduction.

1. まえがき

近年、地球環境問題解決に向け自動車における低燃費・低エミッション化の要求がますます強まっている。エンジンにおいては燃料量、吸入空気量、点火系などを制御するコンピュータ(Electronic Control Unit: 以下 ECU)の高性能・高速化が進んでいる⁽¹⁾。このエンジン制御をより高精度なコントロールとするためには詳細なエンジンデータが必要であり、このためには高精度で高性能なデータ収録システムの開発が必要となる。

今回、開発したエンジン性能データ収録システムは、簡単な操作で瞬時に測定結果を確認、解析できネットワーク上でいつでも他のデータと比較できるシステムで、自動運転でのデータ収録も可能なシステムである。このデータ収録システムを用いることによって、より細かな ECU データ設定とテスト時間の短縮が可能である。

本報告では、エンジン性能データ収録システム(Engine Analyzing System: 以下 EASY)の装置概要と導入効果について紹介する。

2. エンジン性能データ収録システム

高精度で高性能なデータ収録システムを開発するにあたり、従来からエンジン性能テストに用いられてきた各種ツールの問題点を洗い出し、改善すべき項目の明確化を行った。

従来から用いられてきた、主なエンジン性能テスト関連の計測・解析ツールには次のようなものがある。

○性能データ収録装置

概要: PC ベースの性能データ収集・収録装置

機能: 性能データ収集・収録

性能データに基づく作表・作図

* 栃木研究所

** Honda R and D North America

*** (株)ケーヒン

○ECU モニタ(Monitor Mark5 : 以下 MM5)

概要：エンジン運転時の ECU データモニタ

機能：ECU データのモニタ，データ通信(シリアル通信)

○燃焼解析装置

概要：独自開発の指圧波形収録，解析装置

機能：指圧波形収録，IMEP 計算，熱計算

これらのツール群は個々に独立した計測器であり簡単な操作で瞬時に測定結果を確認，解析できるシステムとなっていない。また，個々の装置ごとのデータフォーマットが異なり一般に広く用いられている OS である Windows 上での処理ができない独自形式のファイルフォーマットを持っているなどの問題がありデータ整理・解析に費やす工数が大きくなっていった。

そこで，これらツール群の機能を統合化したシステムに構築し直し，問題点の解決を図った。

3. EASY システムの概要

3.1. EASY のコンセプト

多くのエンジンテスト情報を集録でき測定中でも他データと比較，解析できるデータ収録システムを基本とし指圧波形解析も同時に行える機能を兼ね備えた統合的なエンジン性能データ収録システムを開発目標とした。

合わせて，パーソナルコンピュータ(Parsonal Computer: 以下 PC)ベースで ECU データに基づくテストエンジンの運転条件設定を行い自動運転のできる高効率なデータ収録システム化を目指した。

3.2. システム構成

EASY では，次の項目を基本要素としてシステム構築を行った。

- (1) 性能データ収録・ECU データ収録・指圧波形解析・自動運転を同一ソフトで行う。
- (2) データを Windows 上で処理可能な形式にする。
- (3) 8000rpm までデータ収集可能なハードウェアを設計する。
- (4) 既存の装置(操作盤・排気ガス分析計など)をできるだけ活用する。

EASY ハードウェア構成部品を Fig.1 に，システム全体の構成を Fig.2 のブロック図に示す。

EASY システムでは操作盤からの計測データ(GP-IB 通信)，指圧波形データ，ECU データ(専用通信)を一括してターミナルボックスに入力し，モトローラ社提唱の標準バスユニット(Versa Module Europe : 以下 VME)へ転送する方式を採用している。また，このターミナルボックスには自動運転時インターロック用のリレーボックス及びマッピングボックスが連結され，一連のシステムを構成している。な

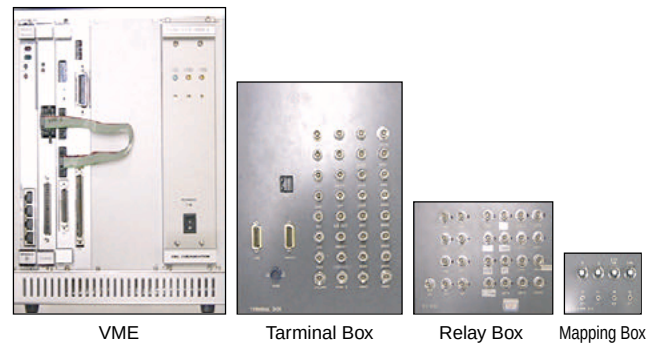


Fig.1 Hardware of EASY system

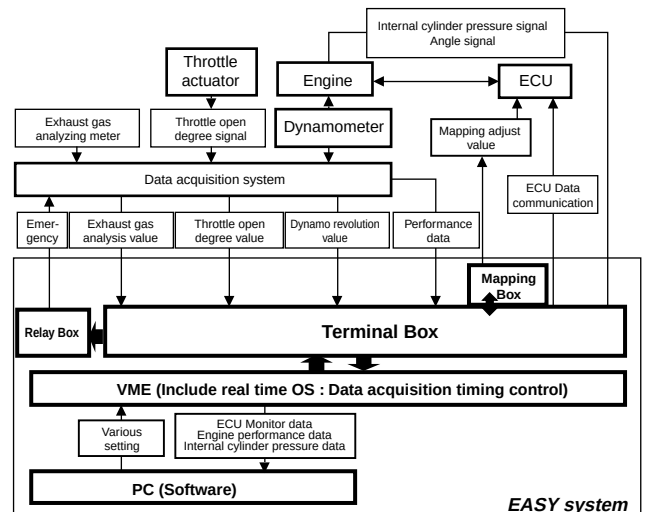


Fig.2 EASY system block diagram

Table 1 Hardware specifications of EASY system

High-speed A/D	100kHz/8ch (Possible to same time sampling)
Low-speed A/D	100Hz/8ch (Possible to same time sampling)
Memory capacity	4MB (1MB : exclusive for wavy acquisition)
ECU monitor communication method	Original method (50 ~ 375kbps)
GP-IB communication method	(Each 1ch of) mastering and slave function
Engine revolution sensor	1pulse/revolution 360pulse/revolution
Relay input/output	Input 8ch/output 16ch
Mapping operation terminal	4ch
Power supply	AC100V

お，ここで用いられているハードウェア主要諸元はTable 1の通りである。

次に，各ハードウェア構成品の概要を述べる。

(1) VME

VME は CPU ボード，高速 A/D ボード，GP-IB ボード及びデータを一時的に格納するメモリが粗込まれ，かつリアルタイム OS を粗込むことによってシステム全体の制御，通信を行っている。また，VME には計測用 PC の負荷軽減

目的で演算の一部を分担させている⁽²⁾。

指圧波形収録用の高速 A/D は、応答性の向上を図るとともに電気ノイズをキャンセルするために基準電位を与える差動入力を採用し電気的ノイズの影響排除を図った。

メモリは指圧波形収録を最大 4ch で 400 サイクルの収録が可能な配分を設定した(8ch 時は連続 100 サイクルまでの収録が可能)。

(2)ターミナルボックス

ターミナルボックスは操作盤からのデータや ECU からのデータ及び汎用的なアナログ信号など、多種多様の計測信号を一括して集約し VME との間でデータのやりとりを行う機能をもっている。

また、このターミナルボックスにはエンジン運転中に異常が生じた場合にインターロックを作動させるためのリレーボックスや運転条件微調整を行うマッピングボックスも接続されている。

(3)リレーボックス

リレーボックスは、自動運転時の操作盤インターロック接点を集約した端子ボックスである。このリレーボックスは、ターミナルボックスを介して VME に接続され、異常時には操作盤インターロック接点を動作させエンジンおよび装置の保護を行う。

(4)マッピングボックス

自動運転実施時、各運転条件の設定ポイントはソフトウェア側の運転条件設定ファイルによって制御される。しかし、自動運転の開始及び終了時には手動運転との切替えを行わなくてはならない。このとき、点火時期、燃料噴射量を手動で適切にコントロールすることで、手動から自動及び自動から手動の切替えが円滑に行なえるようにこのマッピングボックスを用いる。

3.3.2. データ収録

性能データや指圧波形など一連のデータ収録が一つの共通ソフトウェアで行えるようにした。

一方、指圧波形解析を行わない場合には VME を使用せずにデータ収録を行うことも考慮し、VMEの有無によらず使用するソフトウェアを共通化し、Fig.3のようなフローに沿って処理を行っている。

また、EASYでは操作盤タイプ、通信設定、ECU 通信設定などの各種設定項目をソフトウェア上で選択可能にしたことで汎用性を広げ、既存設備を有効に活用できるようになっている。

(1)性能データ・ECU データ収録

EASY における性能データ収録及び ECU データ収録は、Fig.4のようなフローになっており、性能データと ECU データは一旦ターミナルボックスに集約された後、VMEを経て PC へ転送され PC 上で演算処理が行われる。一方、VME を使用しない場合は直接 PC へデータ転送され、PC での演算処理が行われる。

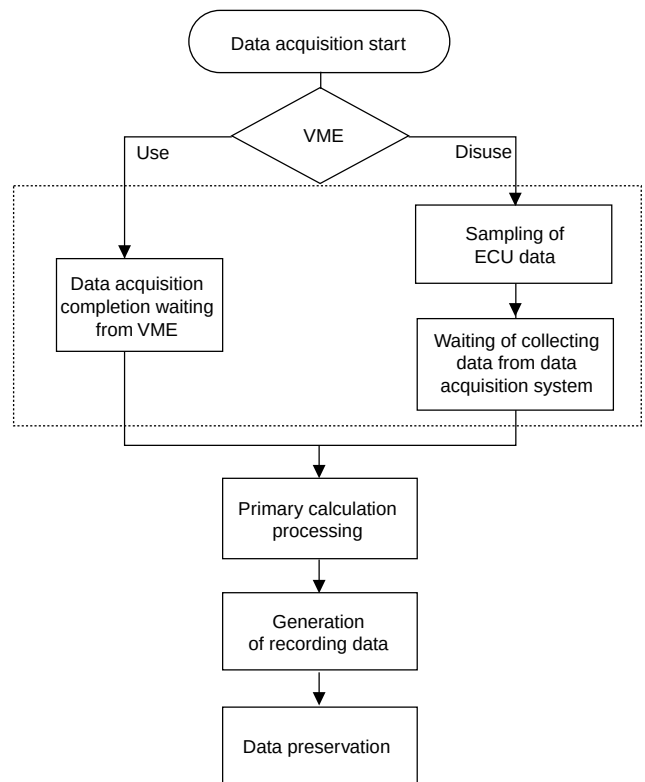


Fig.3 EASY data acquisition flow chart

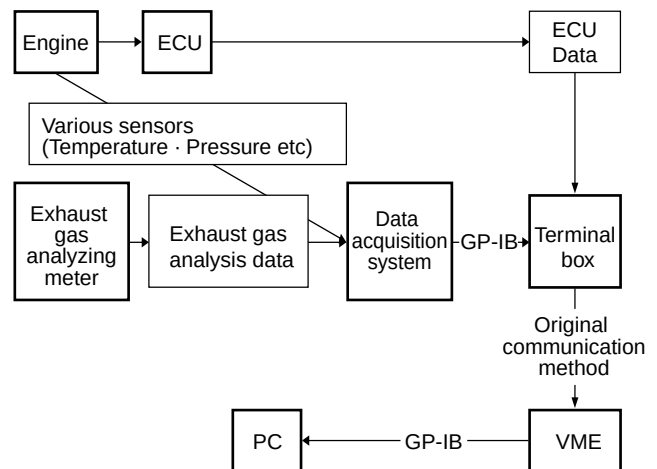


Fig.4 EASY system recording flow chart of engine performance data and ECU data

(2)指圧波形解析

EASY では VME 内に組込まれている高速 A/D ボードを用いて指圧波形収録を行うことができ、Fig.5のフローにしたがってデータ収録が行われる。

このとき、EASY によって実際に収録されていく指圧波形収録画面は Fig.6 になる。

指圧波形解析は実際のエンジン開発を考慮して次のような特徴を持たせデータばらつきの無い安定した指圧波形データの計測を可能とした^{(3)~(5)}。

○収録チャンネル数 最大 8ch

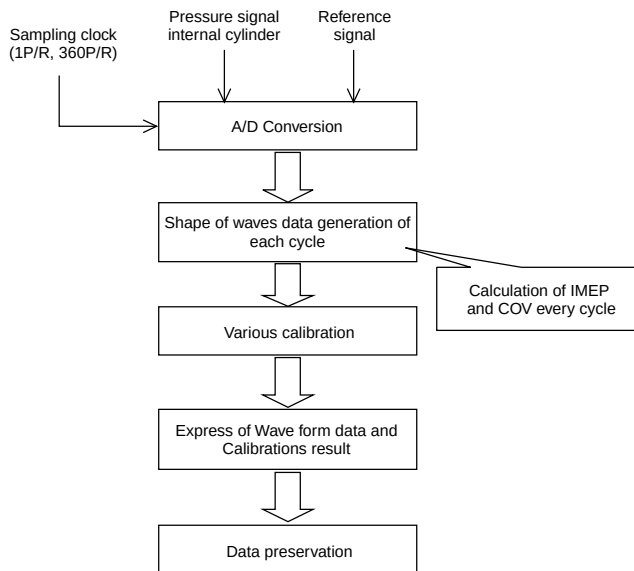


Fig.5 EASY system acquisition flow chart of Indicator diagram data

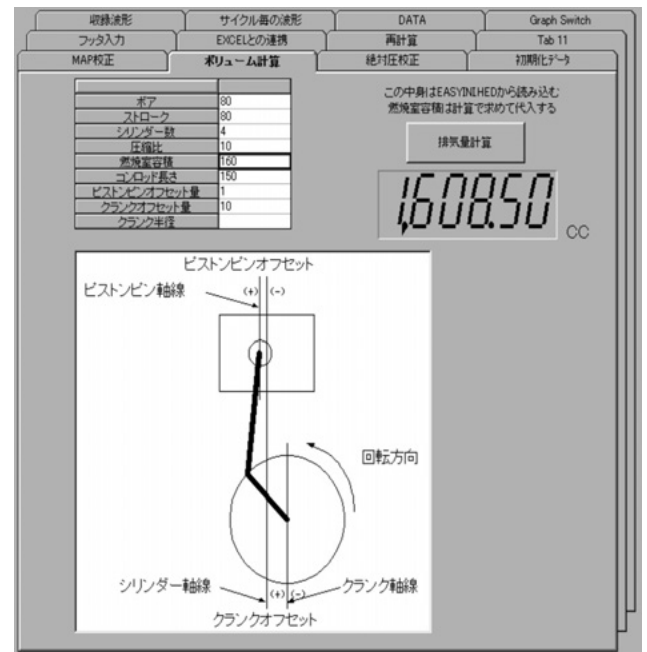


Fig.7 EASY monitor of engine specification

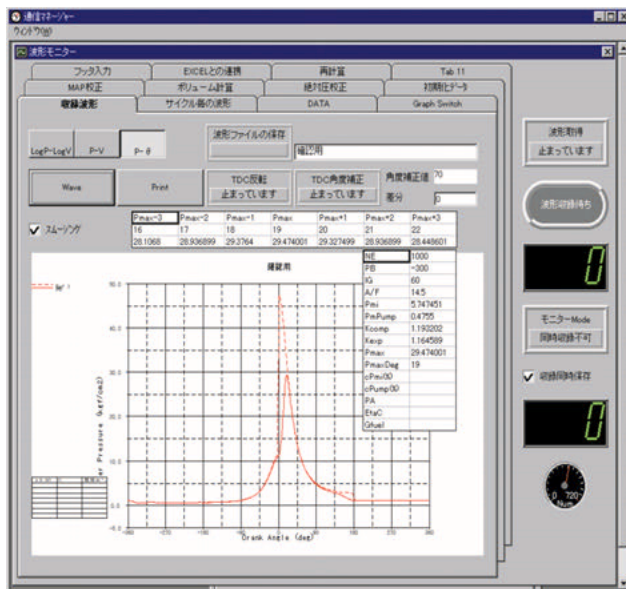


Fig.6 EASY monitor of indicator diagram

- 連続収録サイクル数 最大 400 サイクル
- TDC 信号とクランク信号を用いたトリガ機能
- 絶対圧校正手法の選択可能化
- TDC 調整機能(微調整・TDC 反転)
- 保存ファイル名称の性能データ名称リンク
- 諸元設定画面の平易化(±方向, 回転方向, 入力項目, Fig.7 参照)

3.3.3. 通信

操作盤との通信を行うほか, ECU データ収録のための ECU 通信など様々なデータ通信を行っている。ここでは, それらの概要を述べる。

(1) 操作盤通信

操作盤データ収録装置による各種計測データの PC 側へ

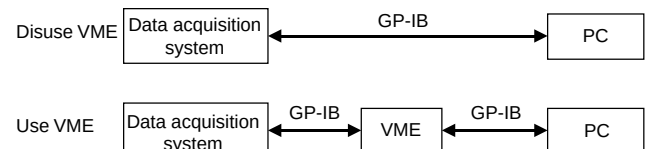


Fig.8 EASY communication between EASY and data acquisition system

の転送を GP-IB 通信で行っている。GP-IB による通信方式を採用することで, Fig.8 に示すように VME 有無による PC 側通信インターフェイスの変更を行うことなくシステムを共通化できる⁽⁶⁾。

また, 時代背景における計測ニーズを反映し, 多メーカー・多仕様の操作盤が存在しているが, これら全てに汎用性をもって対応できる様に EASY ではソフトウェア上の設定ファイルで, GP-IB チャンネル設定や設定情報を一括して設定できる仕様とした。

(2) ECU 通信

ECU データ通信は各社製の ECU において複数の通信方式が採用されているため, EASY ではソフトウェア上で通信タイプ・ボーレート・エンディアン(ワードデータの順番)を選択可能とし, 汎用性をもたせた。

また, ECU 通信で使用するラベル名称及び ECU アドレス一覧のファイルが 2 形式存在しているため, いずれの形式でも対応可能な方式を採用した。

一方, 前述のように, テスト内容によっては VME を用いずにデータ収録を行う場合もあるため, ECU 通信は, Fig.9 に示すように MM5 を介して RS-232C を用いたシリアル通信も可能としている。

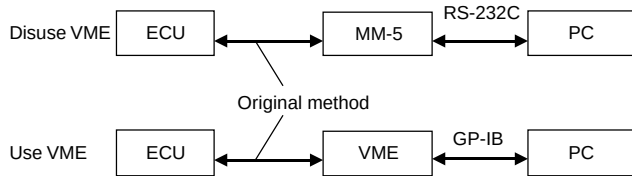


Fig.9 EASY communication between EASY and ECU

3.3.4. 収録データファイル

EASYは、次のデータを収録、解析することが可能である。

- 性能データ(回転数、軸出力、燃料流量など)
- ECU データ
- 指圧波形データ(IMEP、最大圧力値など)

これらの収録データを Windows 上で市販のアプリケーションで処理可能なファイル形式とし、データ解析工数の削減を図った。特に、処理データ量が多い指圧波形解析での効果大きい。

収録されるデータは専用のファイル形式で保存される。この保存されるファイルのうち、性能データファイルには ECU データ および 指圧波形解析演算結果も一括して書き込まれる形式に統一した。指圧波形データに関しては実際の収録波形から2次的な解析を行うことも考慮に入れ、性能データファイルに識別番号を付加した形で別途保存も行った。これによって、性能データから運転条件を探した上で、その時の指圧波形を容易に検索することが可能になった。

4. 自動運転

エンジンの運転条件(回転数、吸入管負圧、点火時期など)を設定することで、その目標運転条件に自動的にエンジン運転状態を合せ込み、データ収録を行っていく自動運転機能が付加されている。

この機能では、運転条件収束時間設定や排気ガス分析計自動校正及びインターロックが、テスト時の必要性に応じて設定でき、全開性能テストや体積効率特性テストなどのエンジン性能テストを自動運転計測できる。

しかし、現状では運転条件設定のしにくさや制御収束時間の安定性に課題があり、今後更なる改善が必要である。

EASY 自動運転機能での運転条件設定項目は Table 2 に示す。

5. 導入効果

5.1. データ解析力の向上

最近時のエンジン開発にあたっては、希薄燃焼限界や燃焼速度など、指圧波形解析が必要となるケースが増加して

Table 2 Items of condition for EASY automatic operating functions

Automatic operating functions	Item of condition
Ignition switch	ON/OFF
Exhaust gas analysis meter switch	ON/OFF
Input/Output switch	ON/OFF
Main Circuit switch	ON/OFF
Blower switch	ON/OFF
Relay connector	ON/OFF
Engine revolution	Target value
Throttle	Target value
Fuel Consumption	Value of CO or air-fuel ratio
Ignition timing	Control panel or ECU
Quantity of EGR	ECU
Data recording	ON/OFF
Timeout time	Time (s)
Waiting time	Time (s)
Keeping time	Time (s)

きた。しかし、市販の指圧波形解析ツールは高価であり、多くのベンチでの同時利用は困難であった。

今回 EASY に指圧解析機能を付加したことによって、指圧波形解析が容易に多数のテストベンチで同時に実施可能になり、データ解析精度を向上させることができた。

また、通常の量産エンジン開発においても指圧波形解析を行い、過去のデータとその場で比較したり、計測結果を裏付けとしながら各種設定を行うことが可能であり、指圧波形解析を量産エンジン開発ツールとして有効に活用できるようになった。

5.2. データ整理・解析工数の削減

EASY では、Window 上で処理可能なファイル形式を採用したことで、Fig.10 のようにデータ整理・解析時間の削減が可能になった。

また、社内 LAN を用いることで、Fig.11 に示すようにデータ流通性の向上が図れた。

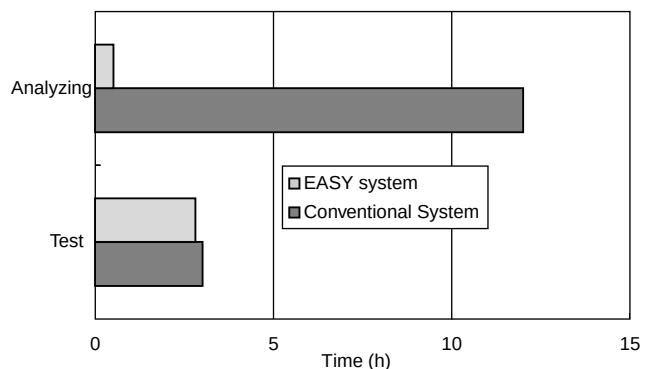


Fig.10 Analysis time of Indicator diagram for engine partial performance test effect of introduction of EASY system

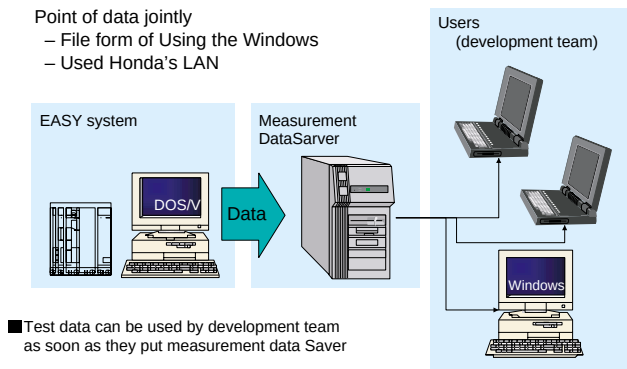


Fig.11 Data communication used Honda's LAN

6. まとめ

今回のエンジンデータ収録システム(EASY)開発にあたって、各装置間の通信やデータやりとり汎用性をもたせたことで多様な既存設備を活用できる装置とすることができ、PCベースでのシステム構成としたことで比較的手軽に多数の導入が可能となった。また、システム全体の制御にリアルタイム OS を用いたことで、データ収録タイミングなど一連の動作を適切にコントロールすることが可能になった。

上記のような特徴を本システムに持たせたことで、安定したデータの収録・データ解析精度の向上及び収録データの信頼性向上が図られ、実際のエンジン開発において以下の効果が得られた。

(1) データ解析精度の向上

指圧波形解析が容易になったことで、指圧波形解析テスト頻度が増し、現象解析が進むようになった。このことにより、諸元設定の裏付けに指圧波形解析結果が利用可能になり、開発ツールとして使用可能になった。

(2) 収録データの信頼性向上

テスト担当者によらず安定した条件でのテストが可能になり、個人差による条件設定バラツキが解消され、収録データの信頼性が向上した。

(3) テスト時間・データ処理時間の短縮

収録データを Windows 上で処理可能な形式に統一したことで、データ解析時間が短縮された。さらに、瞬時にデータの比較判断が可能になったことで、テスト自体の時間も短縮可能になった。

(4) 自動運転

全開性能テストや体積効率特性テストなどの計測を自動運転で行う機能を付加することによって、解析や検討を行う時間が増加し、開発効率の向上が図れた。

7. おわりに

データ解析精度や収録データ信頼性の高いエンジンデータ収録システムの開発ができた。

これから増大するであろう ECU データ設定工数の削減をねらい、自動運転機能部分の強化を中心に、システムの見直しを行うことが必要と考えている。

また、指圧波形解析については、現状ではテストベンチによる解析が主体であるが、実車での解析やトランジェント解析・多気筒同時解析が重要なポイントとなると考えられ、それらデータの収録可能なシステムの必要性が増すものと考えられる。

参考文献

- (1) 梅田 他：ECU データ計測総合支援システムの開発、自動車技術会前刷集(9638635), p.73-76 (1996)
- (2) 稲葉 保, 森口 章成：電子回路技術定石集, CQ 出版, p.215-272 (1992)
- (3) 長尾不二夫：内燃機関講義 上巻, 養賢堂, p.17-161 (1974)
- (4) 宮部 英也：基礎力学演習 工業熱力学, 実教出版, p.29-46, p.69-71 (1976)
- (5) 日本機械学会：機械工学便覧(基礎編), 丸善, p.1-11 (1987)
- (6) 磯部 敏夫：C言語とRS-232C/GP-IB, 工学図書, p.118-180 (1990)

■ 著 者 ■



長島 慶一



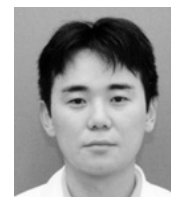
前田 義男



木村 泰之



高岡 伸明



田高 健



畠山 謙一