

F-1 情報ネットワークシステム

F-1 Information Network System

畑 中 雅 史*

Masashi Hatanaka

小 野 松 明*

Matsuaki Ono

山 下 裕 一*

Hirokazu Yamashita

要 旨

F-1 レースにおいても、エンジンや車の電子制御化が進み、同時に制御のためのデータ収集と解析、通信といった情報処理が重要な要素となってきた。

本稿では、F-1 レース活動を支援したコンピュータシステムの概要を述べ、さらに実走計測データ解析システム、ベンチ計測システム、エンジン組立データベース、問題点管理データベースについて紹介する。

ABSTRACT

The advances made in electronic control technology for engines and racing cars in F-1 racing led to data processing becoming a very important element. This consists of data gathering, analysis, communication and other information processes related to electronic control.

This paper describes an outline of the computer system developed to support F-1 racing activities, and introduces the vehicle measurement data analysis system, bench-test measurement system, engine assembly database and problem management database.

1. ま え が き

車としての性能、レース戦略、そしてドライビングテクニックを世界最高の舞台で競うF-1 レースは、同時に開発戦略を競う世界にもなっている。ホンダは、組織活動をシステムとしてとらえ、高性能エンジンの開発とともに、目標達成のための展開と推進の速さ、ならびに信頼性向上の手法をチームとして推進してきた。

組織資源として挙げられる要員、物、費用とともに、情報の活用法も有効な資源として組織運営には欠かすことはできないものとなっている。情報の有効活用には、情報の信頼性の高いこと、伝達スピードが速くタイミングのよいこと、判断のための適切な情報が備わっていることが必要である。不確実な情報や情報の遅れ、誤った判断があると、レースで勝ち続けることは困難である。

また、情報を判断するのは人であり、時間的な制約もある。したがって、プロジェクトを支援するコンピュータシステムにおいて、必要な情報を判断し易い形で、適時プロジェクトメンバーに供給することが非常に重要になってくる。

以上のような考えに基づいて、情報の共有化とその有効活用を支援するコンピュータシステムを構築してきた。

本稿では、データベースシステムを中心として構成された実走計測システム、ベンチ計測システム、エンジン組立データベース、問題点管理データベースなど、F-1 コンピュータシステムについて述べる。

これらのシステムは、エンジン開発の本拠地である日本の研究所とF-1 活動のベース基地であるホンダUK ラングレーオフィス（以下UKL）、ならびにサーキット現地の情報ネットワークで活用され、ワールドワイドのレース活動を支援してきた。

2. コンピュータシステムの構成

Fig. 1 にF-1 コンピュータシステムの構成図を示す。研究所とUKLは国際専用回線で結ばれ、管理系システムのホストであるIBMメインフレームと、技術系データベースサーバーであるVAXコンピュータ、多くのパーソナルコンピュータ（以下PC）、エンジニアリングワークステーション（以下WS）がネットワーク化され

*和光研究所

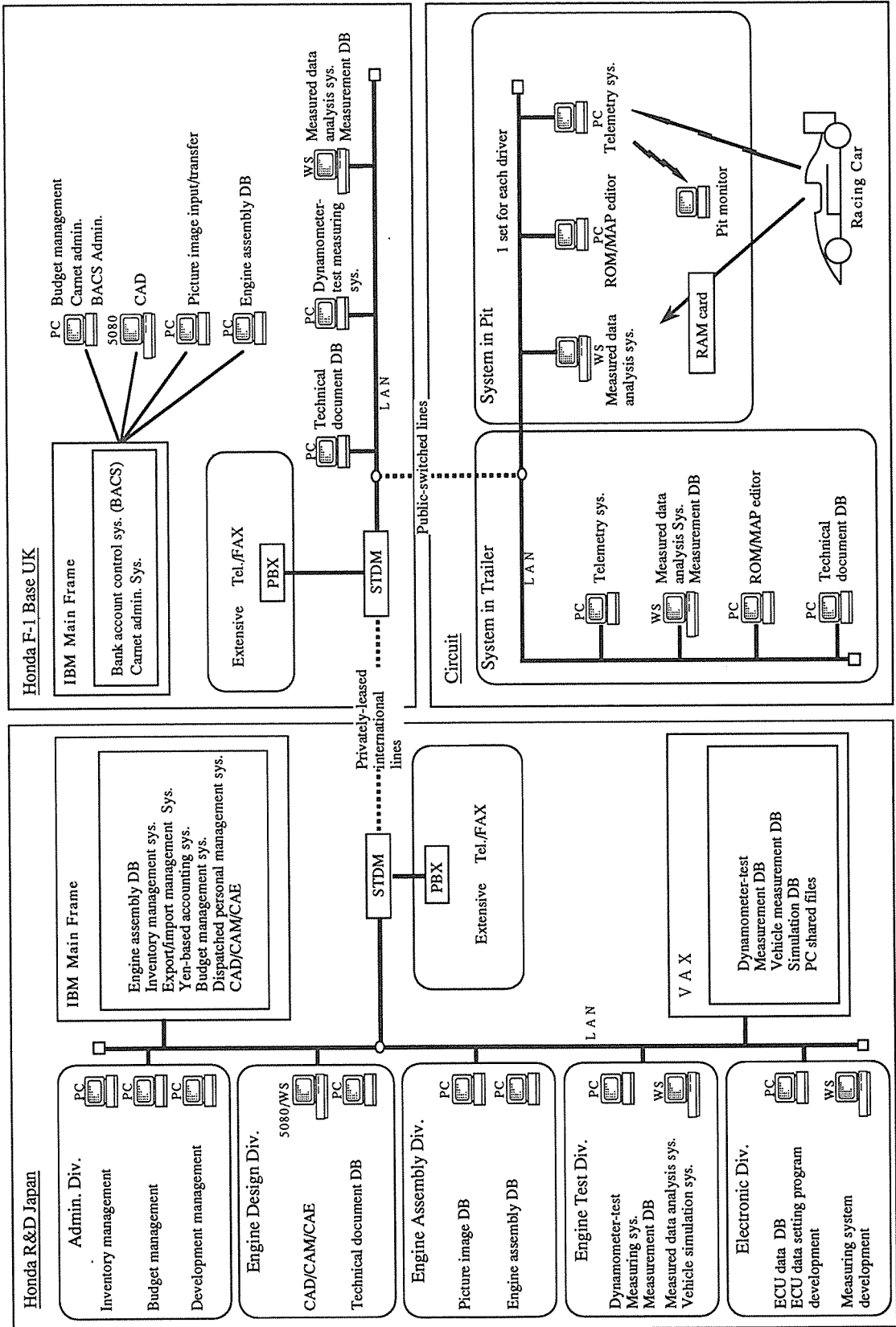


Fig. 1 Computer System Overview

Table 1 Computer Utility Objects

| Computer Utility Objects | Type | Operating System |
|---|----------------|--------------------|
| Emulator terminal Bench-test Measurement system Picture image input/transfer system ECU data setting, program development Data processing applications (word processing, table calculation) | PC | MS-DOS (WINDOW) |
| Bench-test/vehicle measured data analysis system Circuit simulation CAE | WS | VMS unix |
| Managing database system Technology database server/computing server File server for sharing with PCs (technical documents, etc.) CAD/CAM/CAE | Host System | MVS VMS |

ている。この専用回線は、コンピュータデータだけでなく直通内線電話、ファックス回線としても使用された。また、サーキットではビットとトレーラ内のWSやPCを結び、実走計測データの解析を同時に行なえる仕組みになっている。

IBMメインフレームでは、要員、物流、費用に関する開発管理用データベースシステムとエンジン設計用CADシステムが稼働している。一部のUKL内業務支援システム以外は研究所で一元管理されるとともに、UKLからも利用できる。端末機はPCを導入し、端末機能に加えてワープロや表計算などにも活用した。

技術系システムはWSを中心にシステム運用、ソフトウェア開発を行い、増大する計測データの効果的な運用と管理、ならびにPCデータの共有化を目的にデータベースサーバーとしてVAXを配置した。これにより、過去の全実走計測データを即時に検索でき、さらにベンチ計測データの一元管理が可能になった。また、VAXはコンピューティングサーバーとしても活用し、シミュレーション計算の高速化にも役立てた。

Table 1 に利用形態とコンピュータ種別の対応を示す。ネットワーク上のデータには以下に示すようなものがある。

- ・ 研究所、UKLでのエンジン計測データ
- ・ サーキットの実走計測データ
- ・ 設計のCAD図面、部品の写真画像
- ・ テストレポートなどの技術資料
- ・ エンジン部品データと在庫管理データ

- ・ 開発管理データ
- ・ ECUデータ

これらは、研究所とUKLの双方から必要なデータが得られるようになっている。特に、実走計測データはサーキットにおいて最も重要なデータであり、トレーラ内、ビット内でも即座に検索できるようにしていた。

3. エンジン開発とコンピュータシステム

Fig. 2 はF-1 エンジン開発の各プロセスを支援するコンピュータシステムを示す。

エンジン図面が出図されると、その部品リストが組立部門にわたる。そしてエンジン組立データベースを用いて部品在庫のチェックを行い、エンジンの組立後、使用部品をデータベースに登録する。このシステムは組み込まれた部品ごとに使用経歴の時間データを持ち、部品の信頼性管理を支援している。

エンジンは性能テスト、耐久テストにかけられ、ベンチ計測システムを用いてテストデータを解析し、適用した技術の効果や問題点の検証を行なう。発送用エンジンは性能の最終チェックを行い、発送データをベンチ計測システムのデータベースに登録する。また、新たに出てきた問題点に対しては、原因分析を行い、設計変更や仕様変更などの対策案を立案して、次のテスト計画に組み入れることになる。

実走テストでは実走計測システムを用いて計測データを解析し、基本性能の検証を行なう。そして実走行中のデータ解析結果から実走行における問題点の洗い出しと

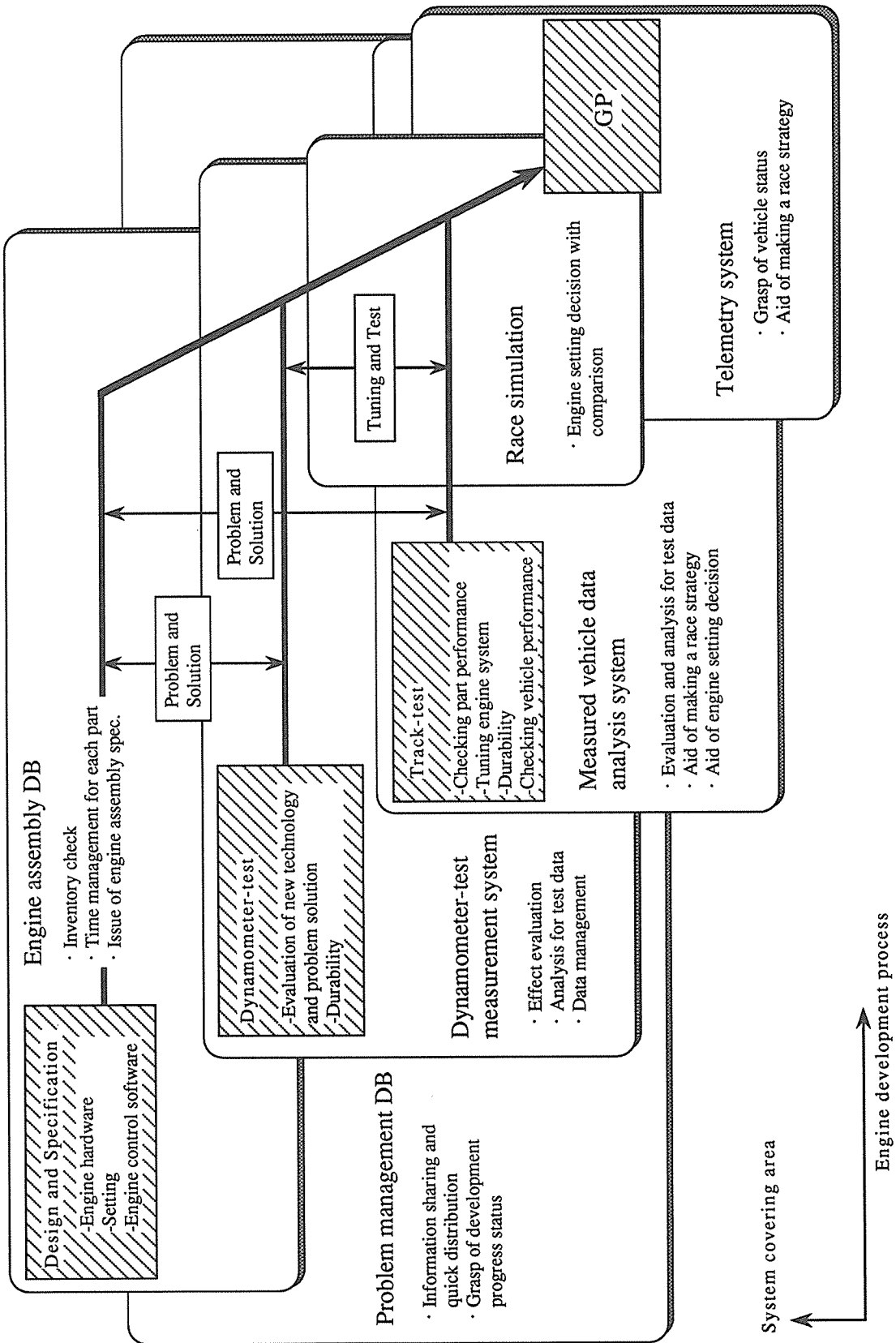


Fig. 2 Development Process and Computer System

対策を行なう。

また、研究所では、レースに向けての最終的な仕様の煮詰めが行なわれ、サーキットシミュレーションを用いてラップタイムの予測を行なって仕様決定の判断材料とする。

レースでは、これらの仕様をベースにして、現地の気象条件、走行中の異常の検知と対応を加味したセッティングを行うが、そのためにも計測データのチェックと判断は欠かすことができない。さらにレース中にテレメトリシステムを通じて送られてくるデータでエンジン状態を把握し、ドライバーとともにレースを組み立てていく。

4. 実走計測データ解析システム

4.1. システムの開発

初期の実走計測データの解析は、ECU内に記録された計測データとエンジンコントロールデータをペンレコーダに出力し、読み取ることで行なっていた。その手法では出力に時間がかかり、数値読み取り、頻度計算などの2次解析処理はさらに多大な工数を必要とし、十分な精度も得られなかった。そのため、グラフィック能力を持つWS上に計測データ解析システムを構築し、リアルタイムでのデータ処理を可能にした。

このシステムの具体的な機能要件として以下に示すような項目が挙げられる。

- ・エンジン状態の速やかな把握
- ・レース戦略決定の支援
- ・レポート作成の効率化
- ・精度の高いレース想定ベンチ耐久モードの作成

4.2. システムの構成

4.2.1. ハードウェア構成

Fig. 3 に機器構成を示す。サーキットでのセットアップや移動を容易にするため、キャスタ付のラック中にWS、RAMカードリーダー、MO（光磁気）ディスクドライブなどを組み込んだ。そして、ドライバー1人に対して1台のデータ解析用WSをピット内に置き、トレーラ内にもサポートあるいは解析予備用に1台設置した。この3台のWSはLAN（Local Area Network）で結ばれている。

4.2.2. ソフトウェア構成

大きく分けて、データ管理、計測データ解析、ネットワークの3種類の機能がある。Fig. 4 にデータベース構

造図、Fig. 5 にソフトウェア構成と機能図を示す。

データ管理部では、ファイルシステムのディレクトリ構造を利用して、開発エンジン、イベント、ドライバー順の階層構造でデータファイルを管理している。システムはRAMカードに記録された計測データを読み込むと、走行ラップごとのインデックスを作成して保存する。

データ解析部には、実走計測データ解析部、発送データ解析部、およびECUデータのマップ検討部がある。実走計測データ解析部はエンジン状況の解析と様々なデータ表示機能を持ち、発送データ解析部には研究所とUKLにおける発送時データ一覧、性能グラフ表示および編集機能がある。そしてマップ検討部はアクセルスロットルマップの作成と修正に応じた性能曲線表示を行なう。これらの表示機能は、過去のデータ、他ドライバーなどのデータとの重ね合わせ表示が可能であり、比較検討が簡単にできる。

ネットワーク化することにより、他のWSのデータも自WSのデータと同じように表示、解析ができる。また、テレメトリシステムを通して転送されるリアルタイムの計測データを、随時、表形式で出力できるようにした。

4.3. システムの利用

このシステムを用いた、実際のレース戦略立案を紹介する。予選前の段階では、ギヤレシオや油圧などの設定値を決定し、決勝レースの前ではさらに燃料積載量を決

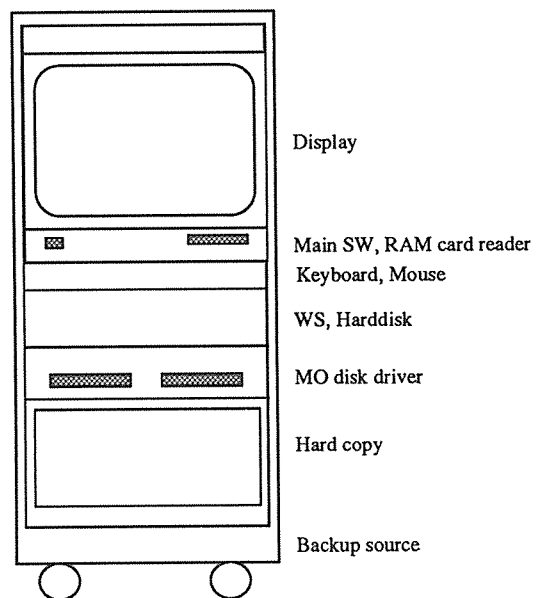


Fig. 3 System Configuration

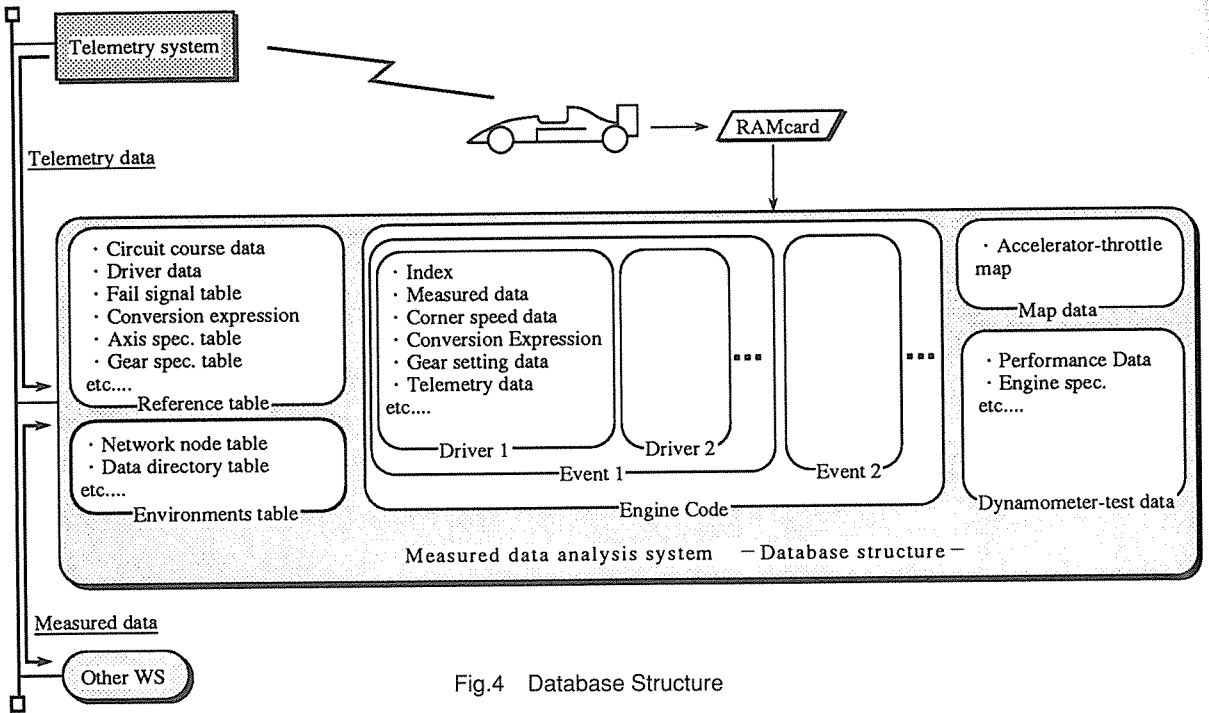


Fig.4 Database Structure

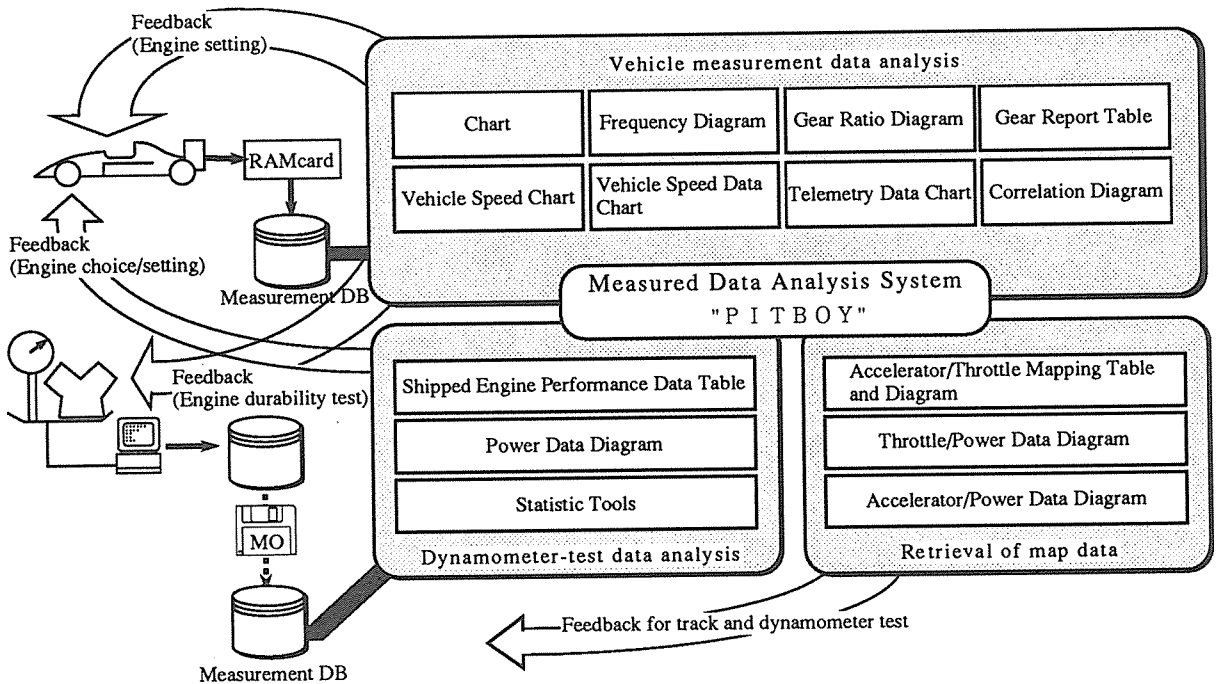


Fig.5 System Usage Outline

定してレースに臨む。ギヤレシオの決定は過去の実走データ（チャート図、コーナー車速図）を基本に、当日の気象状態と燃料積載量による車体重量変化を考慮して、ウィングの設定と同時に行なわれる。油圧については、ベンチ耐久や実走テストの結果を基に外気温の変化や安全率などを考慮して、油温油圧の相関図を用いて低めに設定される。燃料消費量は、走行ラップタイムと燃料消費量の相関図を用いて、燃料重量変化を考慮した予想ラップタイムから決められる。エンジン状況の解析は、走行終了ごとに行なわれ、異常信号の有無、各計測項目の波形とデータ値をチェックする。

実走テストの主な目的は、新規適用技術の効果や問題点对策技術の検証である。このため、各データのチャート図や頻度図を用いた解析を行なう。またエンジンが破損した場合は、主に頻度図を用いて機構、材質と使われ方などによる耐久性の検討を行なう。

ベンチでのレース想定耐久テストは、過去のデータのエンジン回転数頻度図やチャート図を参照して運転モードを決定する。さらに、エンジンパワーの増加分なども考慮して過去の走行データの差分実例より設定する。

また、レースでの判断とレース戦略立案に重要なレポートは、1日のイベント終了後の定型的なものも含めてワンタッチで出力できるようにして、エンジニアの工数削減を行なった。

5. ベンチ計測システム

5.1. システム開発

F-1エンジンのベンチテストには、エンジンの最終確認テスト、シミュレーション耐久テスト、新技術の効果確認テストなどがある。これらのテストにより、エンジンの基本仕様が決定され、サーキットでセッティングを行なう際の重要な情報となる。シーズン中では、テスト頻度も多い中で信頼性の高いテスト結果が求められた。

そこでベンチテストの効率と精度を上げるため、速やかなデータ処理が行なえ、複数のベンチデータを一元管理できるベンチ計測システムを、以下の要件で開発した。

- ・サーキットでの実走想定性能検討ができ、計測結果に対する補正機能を持つ
- ・研究所内、U K Lの異なるベンチ間のテストデータが一元管理できる
- ・性能データ表とグラフ、エンジン仕様書、エンジン発送一覧表を作成、出力できる

5.2. システムの概要

Fig. 6に機器構成図を示す。各ベンチに配置したPCでは、エンジン計測盤からのオンラインによるデータ収集と編集を行なう。各PCはそれぞれローカル計測データベースを持ち、テスト室ごとにエンジンの仕様とテスト結果の管理を行なう。

データベースサーバーとしてのVAX上には、プロジェクトで共有化すべきベンチ計測データを登録するマスターデータベースがあり、各ベンチのPCから検索ができるようになっている。さらにWS上のデータ解析システムもこのマスターデータベースを利用でき、実走計測データベースと併せて、ベンチテストと実走テストの結果を関連づけて解析できるようになっている。

このように、各ベンチに共通の計測システムを置いてネットワーク化し、データの一元管理を行なうことで、柔軟で効率的なテストの運営とデータ解析を可能とした。

5.3. システムの利用

Fig. 7にテストのフローに合わせた機能図を示す。

まず、気象条件を初めとするテスト条件設定を行い、テストを開始すると、エンジン回転数、空燃比、油温、油圧などの計測データから軸出力、トルク、燃料消費率などが計算されて表示される。これらの表示データによって、テストの成果と妥当性が判断される。

1項目のテスト終了後、エンジンの仕様データを入力し、テスト結果とともにローカルデータベースに登録し、全テスト終了後に必要なデータのみをローカルデータベースからマスターデータベースに登録する。マスターデータベースから、エンジンの必要なデータを所定の書式で得ることができる。

レースでは、個々のエンジンの仕様と性能を、発送エンジン一覧表、性能グラフから把握し、現地の条件にあったエンジンを選択する。さらに計測データ解析システムによって、エンジン性能データから、気象条件や油圧補正、ECUマップデータの変更による性能差を計算し、現地でのセッティングに活用する。

6. エンジン組立データベース

6.1. システムの開発

F-1エンジンは、レースやテストが終わる度に分解し、再組している。その際、各部品の使用可能限界時間と実際に使用された時間から、使用可能な残時間が求め

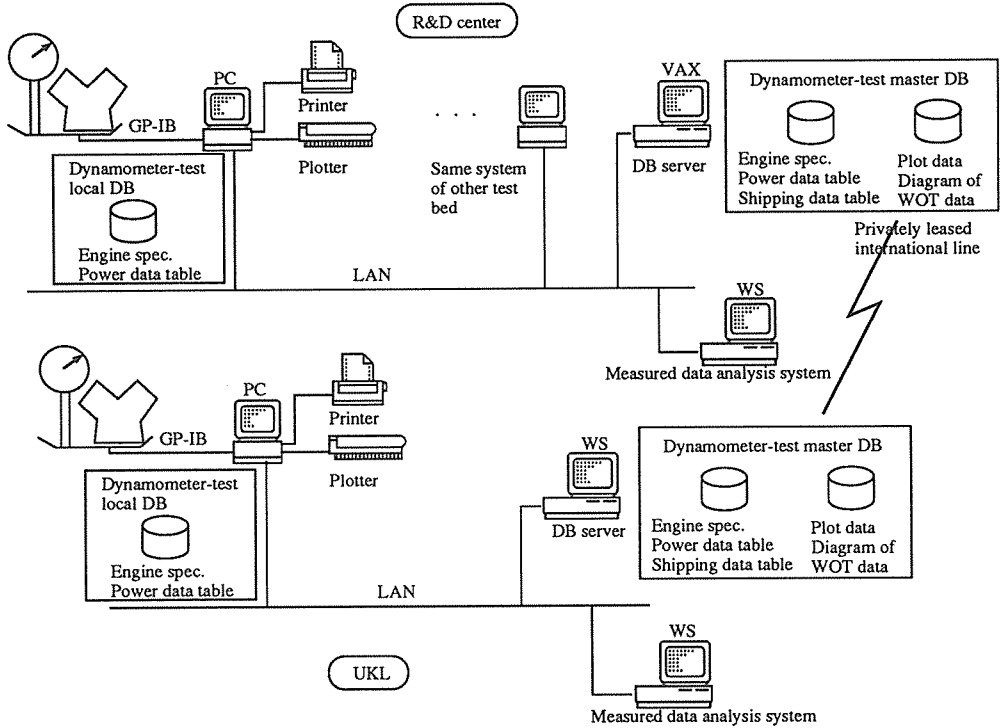


Fig. 6 System Overview

られる。これは、次にこのエンジンを使用する際の部品交換の必要性を判断するためである。

時間管理の必要なエンジン部品が数十点あり、1イベント当たりのエンジン台数も7~8台と多く、レースシーズン中の部品ごとの管理は非常に困難であった。しかしながら、部品個々の時間管理ができなければエンジンの破損につながったり、未だ使用可能な部品を廃棄して費用の増加につながるため、多くの部品の時間管理が効率良く行なえるエンジン組立データベースの開発が必要

であった。

6.2. システムの概要

Fig. 8 にシステムの概要を示す。エンジン組立データベースは、IBMメインフレーム上でDB2を用いてリレーショナルデータベースとして構築した。

このシステムは部品の時間管理として開発したが、部品在庫管理システムと結びつけて、以下の特徴を持つシステムとして活用された。

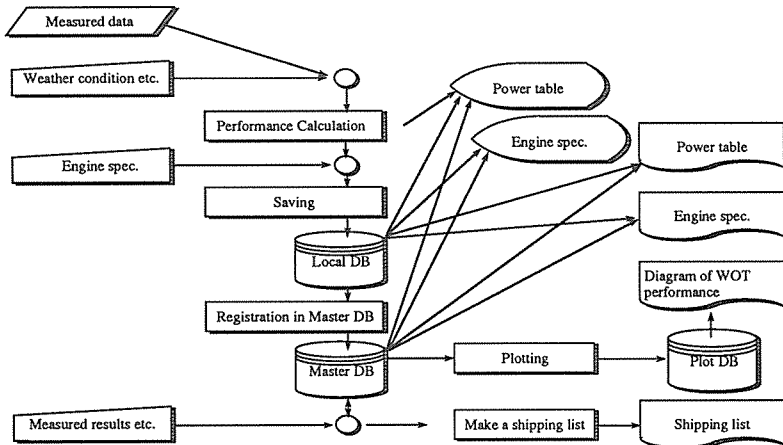


Fig. 7 Functional Diagram of System

(1) 部品の使用時間管理

エンジンごとに使用時間を入力すると、登録されている各部品の使用時間、経歴が更新される。

(2) 部品供給

エンジンの組み込み仕様に従い、各部品の使用可能残時間と予想使用時間を比較し、交換が必要な部品の在庫をチェックする。全エンジンについて自動的に行ない、欠品部品のリストを出力する。

(3) 最新データの共有

研究所で組まれたエンジンに対し、実走テストやレースでのデータ等をUKLにて入力し、研究所とUKL双方で最新のエンジン情報を検索できる。

6.3. システムの利用

Fig. 9 にエンジン組立データベースの利用形態を示す。

エンジン各部品の仕様を設計段階でエンジン組立データベースに登録する。この時システム内で自動的に該当部品の使用時間チェック、在庫チェックが行なわれ、エンジン組み込み依頼書と欠品リストが出力される。部品管理担当者は欠品リストから組立日程に合わせて部品の手配を行なう。

組立て担当者は、組み込み依頼書を基にエンジンを組立て、部品の内容データをデータベースに登録し、エンジン経歴書、エンジン組み込み書、エンジン仕様書を出力させる。エンジン経歴書は、エンジンごとの使用部品を記述したもので、エンジン使用時間を個々の部品管

理に反映するベースとなる。エンジン組み込み書は、エンジン組立て時に必要なデータや数値を記録したものである。また、エンジン仕様書は、エンジン組み込み依頼書を基に、後から発生した仕様変更を反映したものであり、エンジンの最終仕様を表す。これら3つの書類はエンジン本体に添付され、トラブルなどでエンジンを分解、再組する場合に参照される。

テストやレースが終了すると、走行状況データ（日時、

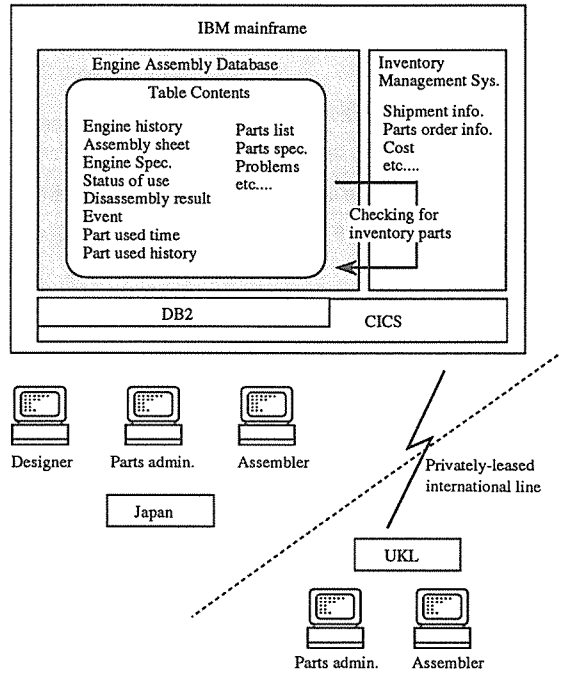


Fig. 8 System Outline

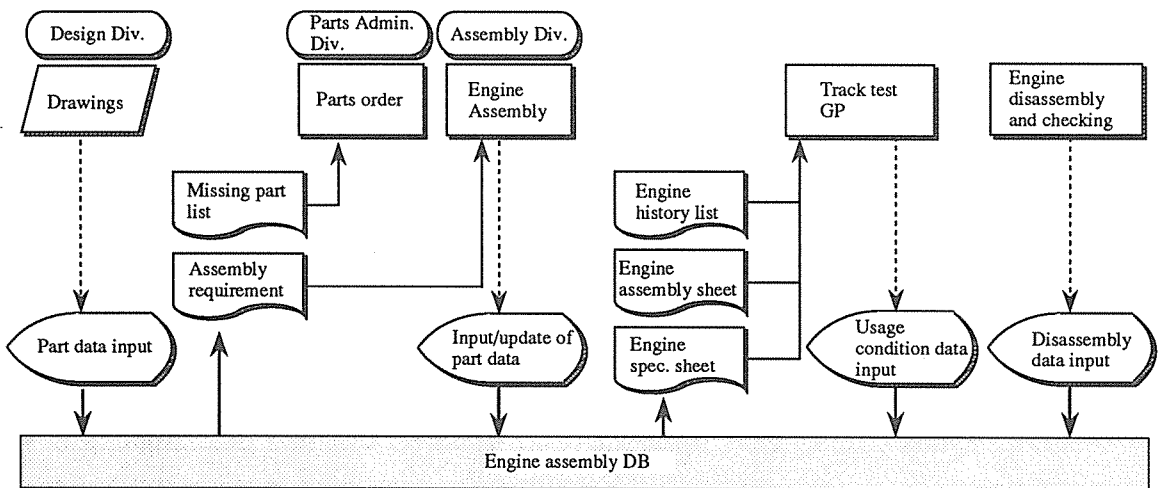


Fig. 9 System Usage

場所、ドライバー、走行距離など)をデータベースに入力する。この時走行距離は部品ごとの使用時間に換算、加算される。最後に、エンジンを分解チェックして明らかになった問題内容も今後の参考情報として入力する。

このように、エンジン組立データベースは、部品管理担当者には欠品部品の調査に要する時間の削減、組立て担当者には、部品の時間管理と再使用可能部品の照会に要する時間を削減した。また、研究所とU K Lで共通のデータ検索と更新ができるようになったことで、2拠点での組立て業務を支援することができた。

7. 問題点管理データベース

短期間に信頼性の高いエンジンを開発していくためには、発生する全ての問題点の原因究明と対策を迅速に行なわねばならない。F-1プロジェクトでは、問題点推進カードを活用したプロジェクト推進を行なった。

そのため、様々な問題点の推進カードをデータベース化し、発生問題点の内容と対策状況、および重要性のランク付けと部品別発生状況をリアルタイムで把握できるように、問題点管理データベースの構築を行なった。

7.1. 問題点解決推進フロー

Fig.10は、プロジェクトでの問題点の対策推進を表している。詳細は別稿(F-1 レース信頼性)で紹介されているので、ここでは簡単に述べる。

問題が発生すると、問題点推進カードで担当者から打ち上げられ、プロジェクトで問題点が共有化される。そして、開発推進の各フェーズで部品別に内容、重要性ランクがまとめられて対策の推進が行なわれる。仕様変更や対策部品はベンチなどでテスト、解析され、効果の確認と評価が行なわれる。この時、各メンバーは自分に割り当てられた問題点の内容をチェックし、対策の実施、検証を適切にフォローしていく。

7.2. 問題点管理データベースの要件

問題点管理データベースの要件として、以下に列挙する異なる観点からの検索が可能でなければならない。

- ・問題点内容により検索できる
- ・重要性ランクにより検索できる
- ・部品別に検索できる
- ・検索結果を編集し、一覧表で表示する

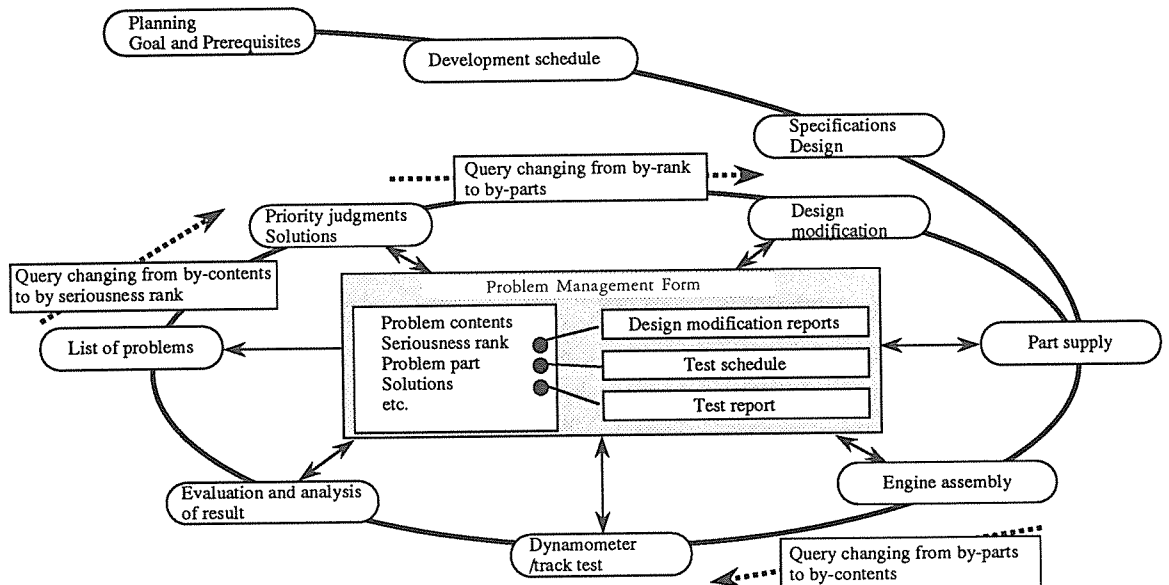


Fig. 10 Problem Management Process Model

メンバーによる問題点内容の記述は、PC上のワープロソフト、または参考図などは手書きで行なわれる。それらのデータベースへの入力を簡単にするために、PCデータを登録、検索でき、手書き文書も入力できることが必要である。

Fig.11は問題点管理データベースを、発生から対策、テスト計画の立案、テスト検証という開発推進状況の流れで示している。要件としては以下の2点が挙げられる。

- ・対策推進状況の把握ができること
- ・問題点推進カードから異なるデータベースのデータが検索できること

以上の要件を満たす問題点管理データベースを利用することにより、開発各段階での情報と判断を担当者間で共有することができ、プロジェクト全体の統一された確実な対応を可能にする。

7.3. システムの構成と利用

Table 2 に問題点管理データベースの要件に対応するソフトウェア技術項目を示す。また、Fig.12に、ハードとソフトの構成を含めたシステム概要図を示す。

問題点管理データベースは、リレーショナル検索機能

Table 2 Software Technology for Problem Management Database

| Functional Requirement | Software technology |
|--|---|
| Retrieval by details of problem | Generation of retrieval database from problem |
| Retrieval by importance ranking | |
| Retrieval by parts | |
| Edition of retrieval results and list generation | |
| Obtaining grasp of solution progress status | Linkage interface with PC files |
| PC data registration/retrieval | |
| Hand written document input | Image data processing |
| Retrieval from different database | Interface with different database (API) |

を持つオブジェクト指向データベース構築ツールを用いて設計された。問題点推進カードは、検索項目となるインデックス部と内容、対策の記述部を分けた内部構造として管理される。インデックス部は表形式であり、リレーショナル検索と一覧表表示に用いられる。各問題点推進カードのデータには、さらに関係付け部があり計測デ

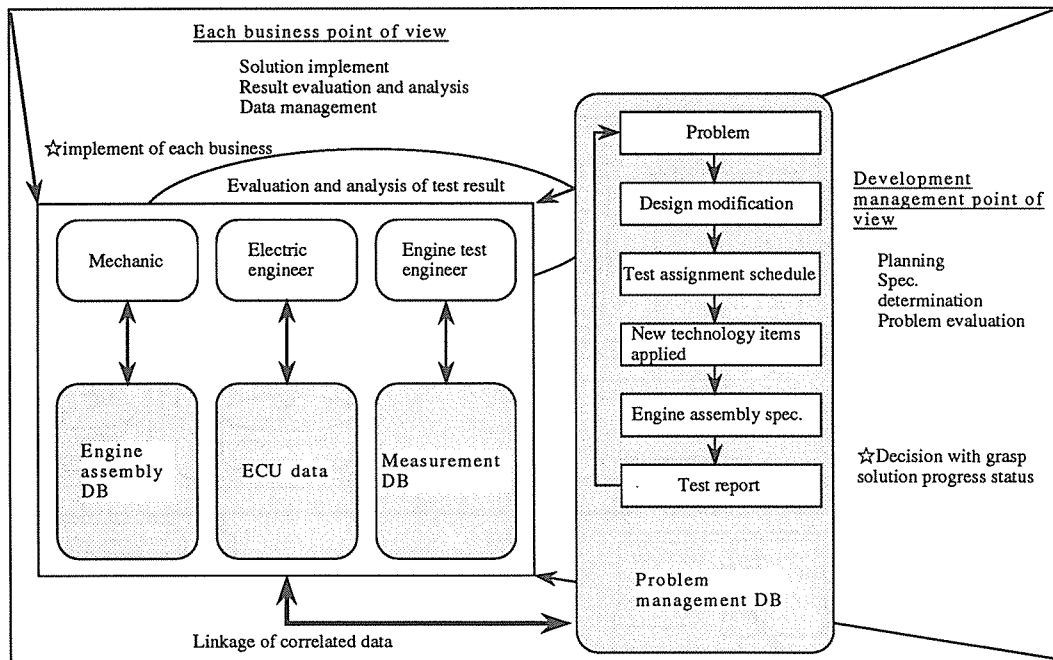


Fig. 11 Problem Management Database in Project

データベースなどの異なるデータベース内のデータを指示している。これによって個別情報のナビゲート検索も可能となり、より詳細な情報が得られる。

問題点管理データベースにテストレポートなどを登録した担当者は、問題点推進カードの推進チェック欄を更新する。これにより、問題点対策の全体の進行状況をいつでも把握できることになる。各担当者は自分に割り当てられている問題点を検索し、発生時のデータなどを分析することによって適切な対策を検討、実施できる。Table 3に異なる役割を持つメンバーの利用形態を示す。各メンバーが問題点管理データベースを利用していくことにより、問題点を通して開発状況の全体的把握と、詳

細検討が効果的に行なえるようになる。

8. ま と め

F-1 レース復帰以来、ホンダはコンピュータを利用したシステムを導入し、車のエレクトロニクス化を進めてきた。さらに、コンピュータを利用した情報システムを構築し、情報の共有化を行い、データの一元管理、解析処理を可能にした。

情報の共有化の観点から見れば以下の内容にまとめられる。

- (1)実走計測データ解析システムは、走行中の車の状態を客観的なデータにしてレースメンバー全員で共有

Table 3 Utility Objects of Members

| Member | Flow of retrieval and work | Registration |
|---------------------|--|--|
| Designer | Part retrieval → Evaluation of details of problem → Checking of test results | Notice of change in design |
| Test engineer | Electrical engineer Part retrieval → Evaluation of details of problem → Change in program/data | Notice of change in specifications |
| Electrical engineer | Newly applied items → Cheking of contents | Test reports |
| Problem maneger | Retrieval by name → Retrieval by progress status | Plan for Application |
| Project management | Retrieval by name → Determination of solutions/preson in change | Specificatins in test eqvation into engine Items for new application |
| Mechanics | Parts for which solution has been implemented → Obtain understanding of details → Assembly | Engine desassembly result report |

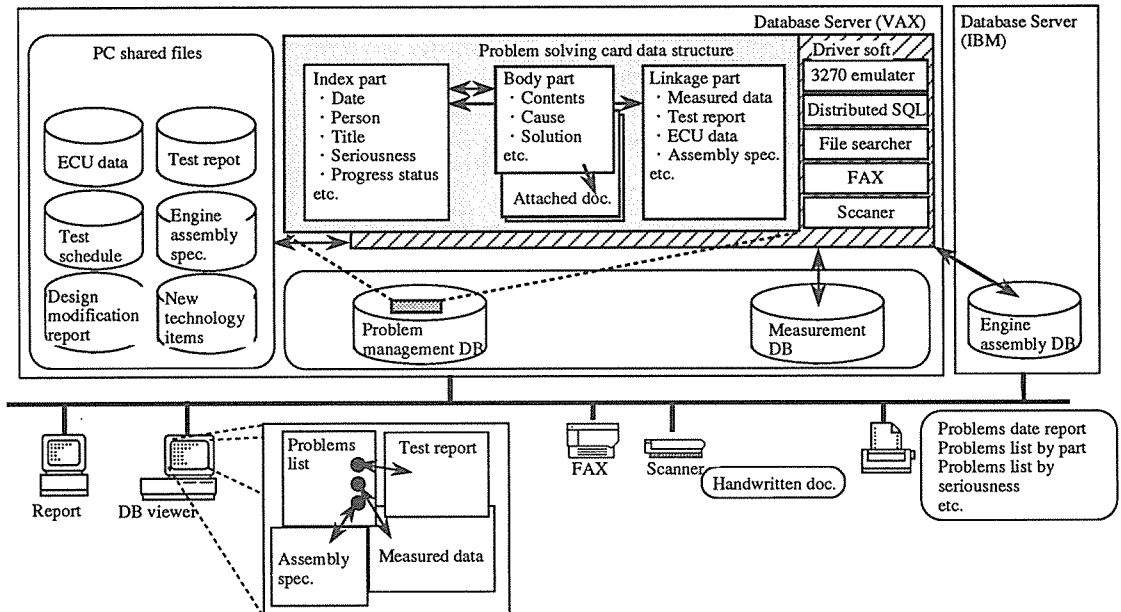


Fig. 12 System Overview

し、適切な状況把握と判断を行なえるようにした。

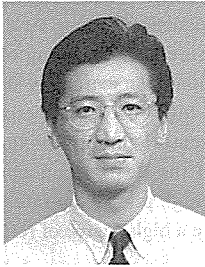
- (2)ベンチ計測システムは多くのテスト結果を一元管理することにより、効率の良いベンチテストを行なえるようにし、レース現場へのデータ供給を行なった。
- (3)エンジン組立データベースは、部品データの共有化により、効率良く的確な部品供給と組立て業務の推進を可能にした。
- (4)問題点管理データベースは、問題点を共有化することで、各メンバーの活動と全体の開発を結び付け、問題点对策の速やかな推進と開発状況把握に効果が

あった。

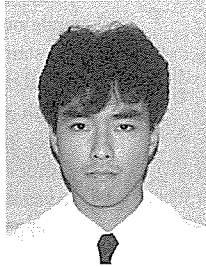
近年、コンピュータの分野でR&D業務の生産性向上を目的にした、情報の共有化とコミュニケーションの推進を行なうグループウェアが注目を集めている。

F-1プロジェクトではレースという明確な目標に全力を集中する中で、開発と運営に対する強力なサポートシステムを構築して支援してきた。今後も、F-1に限らず、コンピュータを活用した情報の共有化促進とコミュニケーションの緻密化を行なう情報マネジメントシステムの必要性が増すものと思われる。

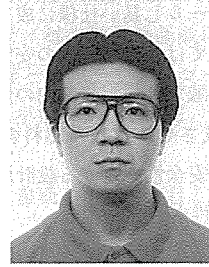
■著者■



畑中雅史



山下裕一



小野松明