

特集：環境

10

ECU用小型データロガーの開発 Development of Compact Data Logger for Electronic Control Unit

吉川 尚好*¹ 寺島 将太*²
Hisayoshi Yoshikawa Shota Terashima

要約

i-stopや水素自動車などの環境対応自動車では、制御の高度化が進むとともに、電子システムの搭載量が増大し、システムを制御する電子制御ユニットやユニット間のデータ通信の重要性が高まっている。このため車両走行中の電子制御ユニットの状態や、通信を効率的に長期にわたり収集することが、製品の品質を確保する上で重要となった。

そこで、電子制御ユニットの内部状態、ユニット間の通信データや、温度などの走行環境を一括で記録し、車両の運転状態に合わせて自動で記録の開始と終了を行うことを可能とする小型データロガーを開発した。本稿では、先行技術開発や商品開発での運用を開始した小型データロガーについて、設計の各段階における開発目標と実現方法を紹介する。

Summary

Sophisticated electronic control units and data communication among the units are becoming increasingly important as electronic systems are widely used in the environmentally friendly vehicles such as i-stop and hydrogen vehicles. Therefore, long term monitoring of conditions and communications in the electronic control units are very important to ensure product quality.

A unique compact data logger, which can record internal conditions of electronic control units, data communications, and environmental conditions such as temperatures, has been developed. The unit automatically starts and stops the recordings in conjunction with driving conditions. This report explains the design of the data logger, which are widely used during the advanced development and product development in Mazda.

1. はじめに

近年の環境対応車両は、i-stop⁽¹⁾や水素自動車⁽²⁾⁽³⁾などの例に見られるように、制御の高度化が進み、電子システムの搭載量が増大することで、システムを制御するECU (Electronic Control Unit) や、ECU間のデータ通信が複雑化している。そのため、車両の品質を確保するには、ECUやECU間のデータ通信に関わる品質の確保も重要である。

ECUの状態やデータ通信情報は、運転者や同乗者が装

置を操作してデータを収集していたが、簡便で長期運用が可能な情報収集装置を開発することによって、車両走行中のECUの状態量や、通信を効率的に収集することができる。更に、制御に影響を与える加速度、温度、走行位置などを同時に収集することができれば現象の再現も容易となる。

一方、近年の車両は、電子システムの増大に対し、故障診断システムであるOBD (On-Board Diagnosis) を用いることで、データ通信を利用した効率的な車両整備⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾を行っている。OBDを用いることで、通常のECU間のデー

*1, 2 技術研究所
Technical Research Center

タ通信には出てこないECUの状態などの内部データを計測することが可能となる。しかし、不正データ書き込みを防止する観点からセキュリティガードの設定があるなど、ECUの開発と連携して情報収集機能を自社開発する必要があった。

本稿では、OBDをデータ収集に用いたECU用小型データロガーについて、設計の各段階における開発目標と実現方法を紹介する。

2. システム設計

2.1 システム要件の定義

簡便で、長期運用ができ、効率的な情報収集を可能とするデータロガーの開発を行うため、以下3点を目標とした。

- 運転者に装置の存在を意識させない
- ECU間の通信データと内部状態データを記録できる
- PCと連携できる

これらの開発目標から、システムに求められる要件を、以下6点と定義した。

- (1) 計測の開始、終了に運転者の作業が不要
- (2) 車両の改造が不要
- (3) 長期間の計測が可能
- (4) CAN通信データを取得できる
- (5) ECUの内部データを取得できる
- (6) 計測データをPCに転送できる

2.2 システムアーキテクチャ

実現するシステムのアーキテクチャの設計を行い、Fig.1のシステム接続図を作成した。

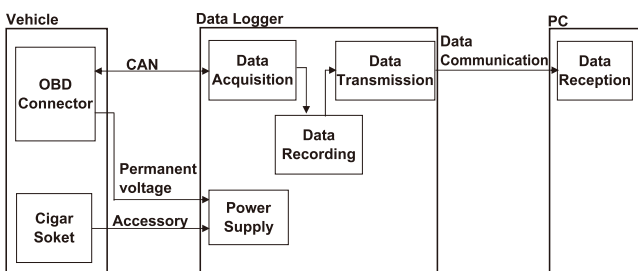


Fig.1 Diagram of System Connection

車両とデータロガーの接続には、車両に標準で装備されているOBDコネクタとシガーライターソケットを用いた。これにより、要件「(2) 車両の改造が不要」を実現した。

OBDコネクタは、CAN通信機能と常時ONの電源を備え、要件「(4) CAN通信データを取得できる」を実現した。更に、CAN通信上にOBD規格を利用することで要件

「(5) ECUの内部データを取得できる」を実現した。また、シガーライターは、ECUの動作中を示すアクセサリ信号を供給することができる。そこで、データロガーをシガーライターの信号と連動して動作させ、要件「(1) 計測の開始、終了に運転者の作業が不要」を実現した。

また、要件「(3) 長期間の計測が可能」を実現するため、大容量の記憶媒体を装備し、要件「(6) 計測データをPCに転送できる」に対しては、PCとの通信機能を持たせた。

3. ハードウェア設計

3.1 ハードウェア要件の定義

システムアーキテクチャの設計結果より、ハードウェアの要件を定義した。以下にハードウェア要件を示す。

- (H1) 500MByte以上の記憶容量を有する
- (H2) データの記録年月、時間が分かる
- (H3) CAN送受信機能を1ch以上有する
- (H4) 1時間以内にPCへのデータ転送を終了する
- (H5) 車両の電源で動作する
- (H6) OBDコネクタ、シガーライターに接続する
- (H7) PCに標準的な接続方法を使用する

3.2 ハードウェア開発

ハードウェア要件「(H1) 500MByte以上の記憶容量を有する」に対しては、入手性とシステム設計の容易性を考慮し、CF (CFカード) を記憶媒体に選択した。また、要件「(H2) データの記録年月、時間が分かる」を実現するため、内蔵電池でバックアップした時計機能を搭載した。

データ取得に対応する要件「(H3) CAN送受信機能を1ch以上有する」については、OBDコネクタの接続用と拡張性を考慮して、CANの送受信機能を2ch準備した。

要件「(H4) 1時間以内にPCへのデータ転送を終了する」と「(H7) PCに標準的な接続方法を使用する」を実現するため、ほぼ全てのPCに標準的に装備されているUSB (Universal Serial Bus) を使用した。また、要件「(H6) OBDコネクタ、シガーライターに接続する」については、データロガーの使い勝手を良くし、筐体に自由度を持たせるため、データロガーとOBDコネクタを専用のケーブルで接続するようにした。

要件「(H5) 車両の電源で動作する」に応えるためには、車両の電源を、電子回路の動作に適した電圧に変換しなければならない。この電圧変換の際に放射される電磁波が、車両のラジオなどに影響を及ぼさないように、回路配置と筐体形状を工夫した。

開発したデータロガーのハードウェア仕様を以下に示す。また、その外観をFig.2に示す。

- 32bitマイコン 動作周波数 240MHz
- CF 512MByte以上の記録媒体
- 時計機能
- OBD用CAN1ch, 電源2系統の車両接続用コネクタ
- 拡張用CAN1ch, 電源1系統の拡張用コネクタ
- PCと接続するためのUSBコネクタ
- 車両電源 (12V) または, 5Vで動作
- 外形 90×130×20mm

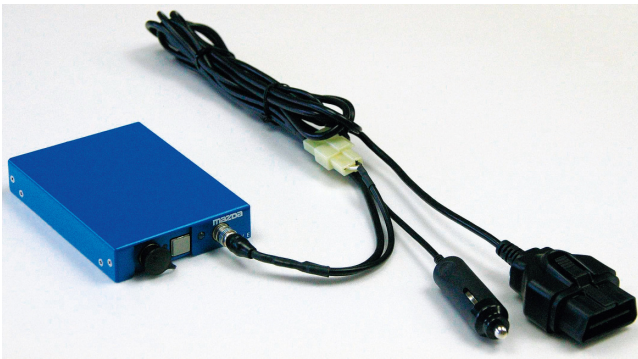


Fig.2 Data Logger and Cable

4. ソフトウェア設計

4.1 ソフトウェア要件の定義

システム要件とハードウェア仕様より, 以下のようにソフトウェア要件を定義した。

- (S1) システムの起動後, 直ちに計測を開始する
- (S2) ECU停止時, データ記録完了後に動作を停止する
- (S3) ECU動作中のデータを一つのファイルに記録する
- (S4) OBD規格に従い, ECU内部データを取得する
- (S5) 必要なCANデータのみを取得する
- (S6) PCとファイルの送受信を行う

システムの記憶容量が大きいため, 記録データはファイル単位で扱った。また, データ解析を容易にするため, 要件「(S3) ECU動作中のデータを一つのファイルに記録する」を設定した。更に, PC上で動作設定をファイルで変更できるように, 要件「(S6) PCとファイルの送受信を行う」を設定した。

計測動作の開始と終了を, それぞれ「(S1) システムの起動後, 直ちに計測を開始する」, 「(S2) ECU停止時, データ記録完了後に動作を停止する」と定義してシステム要件「(1) 計測の開始, 終了に運転者の作業が不要」を満足させた。

4.2 ソフトウェア外部インタフェースの定義

(1) 記録データファイルフォーマット

計測データの処理時間を軽減するため, 必要なパラメー

タだけを記録するようにした。パラメータの時間変化を解析するためには, CANデータの有無や, ECUの内部データを取得できたかどうかを認識する必要がある。そこで, 計測タイミング毎のデータ量が同じとなるように, 応答がない場合にもデータを記録すると同時に, データの取得成功を示すフラグを付加した。

(2) 計測設定ファイルフォーマット

ECUの内部データの計測において, データを取得する周期とパラメータは, 車両に合わせて設定する必要がある。この設定変更を容易に行うため, 必要な動作設定を一覧できる計測設定ファイルを用いた。

また, PC上でデータを解析する際, バイナリデータでは扱いにくいいため, データ転送後に, PC上で物理値に変換することとした。計測データを物理値に変換するには, パラメータ一つ一つの変換係数が必要である。そのため, 計測設定ファイルには, 変換係数の情報も記述することとし, 変換時に参照するようにした。

4.3 ソフトウェアアーキテクチャ設計

ソフトウェアの構造をFig.3に示す。CAN, USB, CFなどのハードウェアを動作させるデバイスドライバと, 機能を実現するアプリケーションソフトウェア (以下, アプリケーション), ファイルなどを扱うミドルウェア, OSの根幹の部分であるカーネル, カーネル領域とアプリケーション領域の境界のインタフェースであるシステムコールで構成した。アプリケーションは, データロガーの計測機能部分のデータ計測アプリケーションと, データロガーとPC間のファイル転送機能部分のデータ管理アプリケーションから成り立っている。

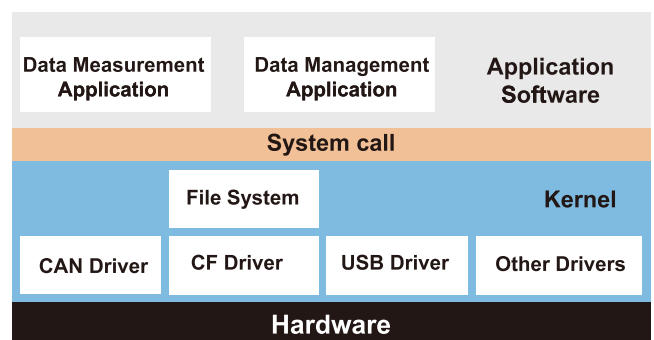


Fig.3 Data Logger Software Architecture

データ計測アプリケーションは, 計測設定ファイルの記述に基づいて, データ取得周期ごとにCANドライバから計測対象となるデータを取得し, ファイルシステムとCFドライバを通して, ハードウェアへのデータ書き込みを行う。そして, ECU停止を示すアクセサリ信号OFFを検出すると, データ書き込み完了後, システム全体の終了処理を行う。

データ管理アプリケーションは、USBドライバからの通信状態の通知に基づいて、CFに蓄えたデータの転送やUSB通信データのCFへの書き込み、データ消去などを行う。

4.4 管理ソフトウェア

データロガーの状態を管理するために、PC上で動作するソフトウェアを開発した。主な機能は、データロガーの個体の情報、記録した計測データの情報などのユニット情報の管理のほか、計測データの転送と削除、計測設定ファイルの作成支援、PCに転送したデータファイルのCSV形式や物理値への変換などである。

計測設定ファイルの作成を支援するため、パラメータごとの設定を全て入力する方法、あるいは設定可能なパラメータリストから選択する方法の、どちらへも対応できるようなツールを具備した。また、EXCELマクロを用いてCANデータ信号表からパラメータリストを作成できる。

5. 外部温度計測ユニット

5.1 要件の定義

目的によっては、ECUの制御データと同時に、部品や外気の温度などの外部環境データを計測し、データロガーに記録する必要が生じる。データロガーの拡張インタフェースを介して動作する外部温度計測ユニットを開発した。

外部温度計測ユニットの要件を以下に示す。これらの要件を満たすハードウェアとソフトウェアを設計した。次節以降で詳細を述べる。

- (E1) 熱電対を直結して温度計測ができる
- (E2) 複数種類の熱電対を使用できる
- (E3) 複数本の熱電対を使った計測ができる
- (E4) 0.1℃の分解能を持つ
- (E5) 温度データを変換し、CAN通信でデータロガーに送信することができる

5.2 ハードウェア

熱電対は、測温側の接点と入力端子側の接点（冷接点）間の相対的な温度差によって生じる熱起電力を計測するものである。そこで、冷接点の実温度を計測する温度センサを併用して、測温部の温度を補償することとした。これにより、要件「(E1) 熱電対を直結して温度計測ができる」を実現した。

熱電対の熱起電力は、1℃で50 μ V程度と微小なため、高ゲインで高精度な電圧増幅機能を持たせることで、広範囲の温度計測において、要件「(E4) 0.1℃の分解能を持つ」を満足させた。

特に、要件「(E3) 複数本の熱電対を使った計測ができる」を実現するため、冷接点温度を高精度に計測すること

ができ、かつ、複数の熱電対入力場所の冷接点温度に差が生じないように配慮した。

また、データロガーに準備した拡張用コネクタは、外部温度計測ユニットに車両電源（12V）を供給することができるが、ユニット内の電子回路を動作させるには、電子回路に適した電圧に変換する必要がある。そこで、本ユニットもデータロガーと同様、電圧の変換時に、電磁波を放射しないように、回路配置と筐体形状に配慮した。

開発した外部温度計測ユニットのハードウェア仕様を以下に示す。また、その外観をFig.4に示す。

- 16bitマイコン 動作周波数 20MHz
- データロガーとの通信用CAN1chと電源を持った拡張用コネクタ
- JまたはK型の熱電対入力が8ch可能
- 車両電源（12V）で動作
- 外形 200×125×20mm



Fig.4 Temperature Measurement Unit

5.3 ソフトウェア

各チャンネル（ch）に入力される熱電対の種類と熱起電力から、接点間の温度差を割り出すことにより、要件「(E2) 複数種類の熱電対を使用できる」を実現した。計測ソフトウェアは、温度差を割り出すとともに、冷接点の実温度によって補償して、測温部の真の温度を算出する。算出した温度は、CANデータに置換してデータロガーに一定周期で送信し、記録する。

また、計測対象である温度は、時間変化がゆっくりなため、対ノイズ性能や応答時間を考慮して、ソフトウェアフィルタを実装した。

6. 応用展開

開発したデータロガーと外部温度計測ユニットが、車両の耐久試験や市場評価での環境に対応できるかを確認するため、耐候性試験や、放射電磁ノイズ、電源変動に対する信頼性試験を実施し、いずれも問題がないことを確認した。

現在、環境負荷低減に向けて高度化した制御システムの耐久試験や市場評価で広く使用され、品質向上に貢献している。

また、外部温度計測ユニットの他にも外部拡張計測ユ

ニットを用いて、温度だけでなく路面の傾斜や凹凸、自車の位置、走行状態などの多様な環境情報を記録することができる。そのため、どのような環境で制御システムに発生した現象かを正確に把握、解析し、再現を容易にすることで、様々な地域に対応した品質向上施策を行っている。

7. まとめ

本データロガーと外部温度計測ユニットは、開発目標やシステムの要件を決定する際に、計測ツールへのニーズを徹底的に調べ、的確に把握したことで、運転者が操作を行う必要がないなど、使い勝手が良く、簡便で、長期運用が可能な情報収集装置とすることができた。

今後、このような計測ツールに求められる機能として、高速現象を確実に収集するための高サンプリング周期への対応、連携動作する多数のECUから、同期した計測を行うこと、様々な計測データを一括して扱い、開発者にシームレスな解析環境を提供すること、計測による通信線路への負荷低減、計測データを効率的に開発者に届けるため、データ回収作業の高速化、自動化などが挙げられる。

今後も品質向上に有用な計測ツールとして、使い勝手の向上、性能向上、仕様追加への対応を短期間で行っていき、環境負荷低減を実現する技術開発に貢献していきたいと考えている。

参考文献

- (1) 猿渡ほか：マツダi-stop (アイ・ストップ), マツダ技報, NO.27, p.9-14 (2009)
- (2) 齊藤ほか：RX-8ハイドロジェンREデュアルフューエル制御システムの開発, マツダ技報, NO.24, p.139-143 (2006)
- (3) 若山ほか：ハイドロジェンREハイブリッドシステムの開発, マツダ技報, NO.27, p.31-35 (2009)
- (4) 河添ほか：車載電子制御システム用の高機能故障診断 (車載ネットワークを活用した診断装置), マツダ技報, NO.9, p.199-205 (1991)
- (5) 梶山：車載多重通信システムの紹介, マツダ技報, NO.18, p.83-89 (2000)
- (6) 梶山ほか：アテンザの多重通信システム, マツダ技報, NO.20, p.44-49 (2002)

■ 著 者 ■



吉川尚好



寺島将太