

マルチプロトコル自動認識技術を用いた 汎用製品診断システム

Diagnostic System for Power Products Using Automatic Recognition Technology for Multi-protocols

土 橋 学*

Manabu DOBASHI

三 輪 あさぎ*

Asagi MIWA

山 村 誠*

Makoto YAMAMURA

山 中 真*

Makoto YAMANAKA

要 旨

ECUを搭載しているHondaの汎用製品には、通信プロトコルとして、シリアル通信、CAN通信、K-Line通信が採用されている。これらのマルチプロトコルの通信電圧の差と、ECUの製品IDデータの違いを利用して、通信プロトコルの自動認識の可能性を検討した。通信ユニット(I/Fユニット)は、入力された通信電圧をアナログ-デジタル変換し、CPUへ取込んだ後、通信プロトコルの判定をおこなう。電圧閾値による判定と、製品IDデータ取得コマンドの戻り値の有無による再確認により、確実に通信プロトコルを自動認識できる技術を構築した。

この自動認識技術を用いて、汎用製品の運転情報、故障情報を確認できる診断システムを開発した。ECU診断に用いるパソコンのアプリケーションソフトには、正確に診断の補助ができる機能を取り入れ、幅広い年齢層の作業者でも、屋内外を問わず使いやすい画面構成とした。また、新製品への対応も容易にできることを可能とした。

ABSTRACT

Honda has adopted serial communication, CAN communication and K-Line communication as communication protocols for its power products equipped with ECUs. Capabilities for automatic recognition of these multi-protocols were examined, using the difference in communication voltages and the difference in the ECUs' product ID data. An interface unit (I/F unit) conducts analog-to-digital conversion of the input communication voltages, transfers the data to the CPU, and determines the communication protocols. A technology has been developed to automatically and precisely recognize the protocols by checking the threshold voltages and recheck for return values of the acquisition command for product ID data.

A diagnostic system with this technology has been developed to check the operation data and malfunction data of power products. The PC application software used in the system provides functions to assist in conducting precise diagnosis. The screen display is easy to use for a wide range of operators, regardless of whether it is used indoors or outdoors. Data for new power products can also be easily built in to the system.

1. まえがき

Hondaの汎用製品には、ECUを搭載している汎用エンジン⁽¹⁾、除雪機⁽²⁾、船外機⁽³⁾、発電機、電動カート⁽⁴⁾などがある。一方、ECU非搭載の汎用製品も数多く販売されている。ECU非搭載の汎用製品を扱うサービス店では、作業者のスキルに依存したサービス業務をおこなっている現場が多い。しかし、ECU搭載の汎用製品も扱うサービス店において、作業者のスキルだけでは、サービス業務の限界があった。

自動車のサービス現場では、ECU診断機の使用が一般的

となっている。汎用製品のECU診断機は、船外機「BF225」⁽⁵⁾の販売開始に合わせた船外機専用として、2003年に初めて導入された。しかしながら、船外機以外の製品を扱う販売店からも、運転情報や故障情報の可視化を確実にこなえる診断システムが求められていた。

ECU搭載の汎用製品には、独自フォーマットである半二重調歩同期式のシリアル通信を採用した汎用エンジンや除雪機、自動車の通信用として用いられているK-Line通信を採用した船外機、Drive by wire(DBW)システムとしてCAN通信を採用した電動カートなど、製品ごとに複数の通信プロトコルが採用されている。ECU搭載の汎用製品における

*汎用開発センター

複数の通信プロトコルを自動認識する機能を有したECU診断機を検討した。

本稿では、複数の通信プロトコルを自動認識する機能を有する I/F ユニットと、屋外でのサービス現場を考慮した診断システムの技術内容を紹介する。

2. マルチプロトコル自動認識システム

従来の診断システムでは、各々の通信プロトコルに対して専用の I/F ユニットを持っていた。例えば、船外機は専用診断機、汎用エンジンは専用エンジンパラメータ設定ツール⁽⁶⁾のように、製品ごとに ECU 診断をおこなっていた。その使い勝手を向上させるため、共通な I/F ユニットで、これらの複数の通信プロトコルと接続できるシステムを実現した。

2.1. 通信プロトコル自動認識

通信プロトコルは Table 1 に示すようなシリアル通信、CAN 通信、K-Line 通信の仕様がある。Fig. 1 は、これらの通信プロトコルを自動的に認識する機能を有する I/F ユニットのシステムブロック図を示す。

通信プロトコルの認識において、CPU は I/F ユニットへ入力された通信電圧をアナログ-デジタル変換し、閾値と比較して判定する。Fig. 1 の ECU への送信側(以下 Tx)の電圧値を V_{Tx} とし、ECU からの受信側(以下 Rx)の電圧値を V_{Rx} とする。1 ms 周期でサンプリングした値を、それぞれ V_{Tx1} , V_{Rx1} とし、通信プロトコルを確定するための評価値を、式(1)、式(2)に示し、それぞれ V_{Txave} , V_{Rxave} とする。

$$V_{Txave} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Tx1}}{n} \quad (1)$$

$$V_{Rxave} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Rx1}}{n} \quad (2)$$

Table 1 Communication protocols

Protocol	Signal voltage level (V)	Communication speed (kbps)
Serial	$0 \leq V \leq 5.0$	9.6
CAN	$1.5 \leq V \leq 3.5$	500.0
K-Line	$0 \leq V \leq \text{Battery voltage}$	10.4

Table 2 Threshold level of communication voltage

Signal	Pin name		Communication voltage level (V)
No device	Tx	0	$V \leq 0.7$
	Rx	0	$V \leq 0.7$
Serial	Tx	$0 \leq V \leq 5.0$	$V \leq 0.7$
			$4.0 \leq V \leq 5.2$
	Rx	$0 \leq V \leq 5.0$	$V \leq 0.7$
			$4.0 \leq V \leq 5.2$
CAN	CAN_L	$1.5 \leq V \leq 3.5$	$1.4 \leq V \leq 3.6$
	CAN_H	$1.5 \leq V \leq 3.5$	$1.4 \leq V \leq 3.6$
K-Line	K-Line	$8.0 \leq V \leq 16.0$	$6.0 \leq V \leq 16.0$
	SCS	$0 \leq V \leq 5.0$	$4.0 \leq V \leq 5.2$
Error	Tx	$17.0 \leq V$	$17.0 \leq V$
	Rx	$17.0 \leq V$	$17.0 \leq V$

次に各通信電圧を判定する閾値を Table 2 に示す。この閾値に基づき通信電圧値の評価値と比較して、通信プロトコルの判定をおこなっている。

通信プロトコルは式(3)、式(4)を満足した場合にCAN通信と確定する。

$$V_{Txave} \geq 1.4 \wedge V_{Txave} \leq 3.6 \quad (3)$$

$$V_{Rxave} \geq 1.4 \wedge V_{Rxave} \leq 3.6 \quad (4)$$

また、式(5)、式(6)を満足した場合にK-Line通信と確定する。

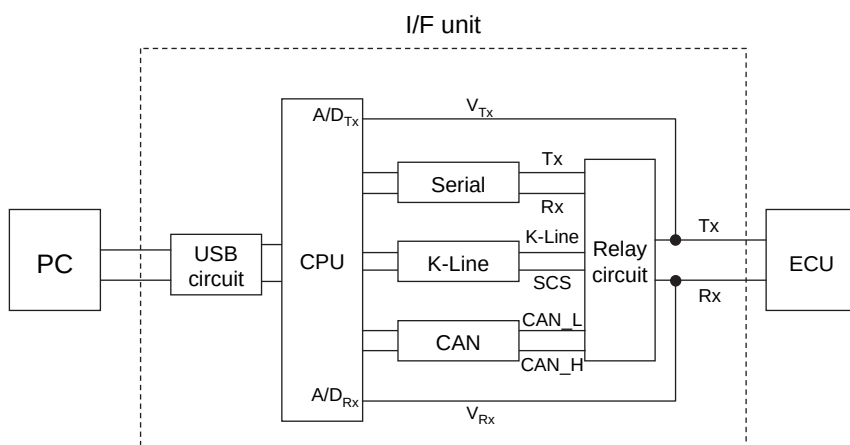


Fig. 1 I/F unit system block diagram

Table 3 Average voltage of each communication protocol

Signal	Test result voltage level (V)		Threshold voltage level (V)
Serial	V_{Txave}	0	$V \leq 0.7$
		4.8	$4.0 \leq V \leq 5.2$
	V_{Rxave}	0	$V \leq 0.7$
		4.8	$4.0 \leq V \leq 5.2$
CAN	V_{Txave}	2.5	$1.4 \leq V \leq 3.6$
	V_{Rxave}	2.5	$1.4 \leq V \leq 3.6$
K-Line	V_{Txave}	11.8	$6.0 \leq V \leq 16.0$
	V_{Rxave}	4.9	$4.0 \leq V \leq 5.2$

$$V_{Txave} \geq 6.0 \wedge V_{Txave} \leq 16.0 \quad (5)$$

$$V_{Rxave} \geq 6.0 \wedge V_{Rxave} \leq 16.0 \quad (6)$$

シリアル通信は、初期状態の通信電圧が不定なため、接続中か未接続かを判定できない。そこで、式(7)の条件が成立したときに、I/Fユニットはプロトコルをシリアル通信と仮定して、仮通信をおこなう。ここで、I/Fユニットは、ECUに対して製品ID取得コマンドを送信する。再送信を含め5 sec以内にECUから返信があった場合、通信プロトコルをシリアル通信と判定する。5 sec以内にECUから返信がない場合は、未接続と判定する。

$$V_{Txave} \leq 0.7 \wedge V_{Rxave} \leq 0.7 \quad (7)$$

ここで式(8)の場合、通信電圧に異常があると判断し、診断用アプリケーションソフトに対して電圧異常発生を送信する。

$$V_{Txave} \geq 17.0 \vee V_{Rxave} \geq 17.0 \quad (8)$$

CPUで通信プロトコルの判定をおこなった後に、リレー回路を動作させ、通信ラインを開き、I/Fユニットとの通信を確立する。通信確立後、診断用アプリケーションソフトより各通信プロトコル共通の製品ID取得コマンドをECUへ送信し、ECUの製品IDデータを取得する。これにより、診断用アプリケーションソフトおよびI/Fユニットは通信プロトコルを正しく認識していることを再確認することができる。また、この通信プロトコル自動認識機能は、通信中でも通信電圧値を常時監視している。CPUは、ECUとの通信線の切断や通信の電圧異常を判定し、即座に未接続状態へと切り換える。

2.2. テスト結果

各通信プロトコルの認識において、式(1)、式(2)の実測値に基づく V_{Txave} 、 V_{Rxave} の一例をTable 3に示す。 V_{Txave} 、 V_{Rxave} が、閾値の最小値および最大値に収まっていることがわかる。この結果から、各々の通信プロトコル間において、判定の重複がないことが実証された。

Table 4 Pin assignment of connector

Pin No.	Serial	K-Line	CAN
1	GND	GND	GND
2	Tx	K-Line	CAN_L
3	Rx	SCS	CAN_H
4	—	12 V	—

3. 汎用製品診断システム

汎用製品診断システムの概略図をFig. 2に示す。この汎用製品診断システムを構築するために取り組んだ内容を下記に示す。

- (1) 通信コネクタの統一
- (2) 診断用アプリケーションソフトの開発
- (3) 新製品データ追加

3.1. 通信コネクタ

通信ユニットと汎用製品を接続する通信コネクタは、接続時の利便性を良くすることと、コスト低減のため共通化する必要があった。そのため、汎用製品に取り付けられる通信コネクタを、船外機用ECU診断機のコネクタに統一した。各通信プロトコルにおいて機能割り当てを実施したピン配置をTable 4に示す。

3.2. 診断用アプリケーションソフト

ECU診断は、パソコンを用いて汎用製品の診断を実施するため、I/Fユニットに加えて診断用アプリケーションソフトが必要である。ここでは、その診断用アプリケーションソフトの各機能の紹介をおこなう。

3.2.1. 診断機能

診断用アプリケーションソフトには、ECU情報を読み出すことで的確な診断を可能とするために、下記の項目に留意した。

- (1) 正確な診断の補助ができる
 - (2) より早く故障特定部位に辿り着くことができる
- その機能と特徴をTable 5に示す。

Table 5のData list, DTC, All history, Initial settingは、

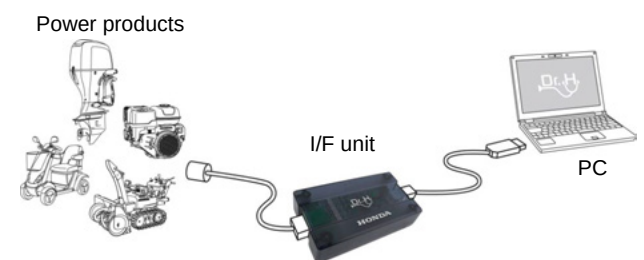


Fig. 2 Diagnostic system diagram

Table 5 Functions of application software

Screen	Detail
Data list	Checks data in real time
DTC (Data trouble code)	Checks operational errors, warnings and failures
All history	Checks history of past errors
Initial setting	Checks ECU setting information
Simple diagnostic	Chooses data and checks data automatically
Function test	Function test of single device
Graph mode	Graph and storage function
Service manual linkage	Service manual linkage
Service report function	Outputs service report

運転、履歴情報等を確認する機能である。Function testは、ECUと接続されている単体デバイス、例えば、スロットルモータや燃料インジェクタなどが、正常に動作するかどうか、デバイスの単体試験を実施する機能である。Graph modeは、Fig. 3に示すように、ECUが持っているデータの波形を表示、保存する機能であり、異常が発生する瞬間を確認することができる。

3.2.2. Graphical User Interface(GUI)デザイン

汎用製品のサービス業務は、屋外でのメンテナンスをおこなうなど、汎用製品特有の作業環境をもっている。また、幅広い年齢層の作業者がユーザとして想定されるため、パソコン画面の見やすさや使い勝手を考慮する必要がある。

そこで、日光の下や暗闇における視認性の観点から、背景色と文字色の明度バランスや配色などを考慮し、画面全体を視認性の高い色彩計画にすることで、さまざまな光環境の中でも作業しやすい GUI デザインを目指した。

また、作業者に少しでも抵抗なく使用してもらえるよう、操作ボタンや表示文字を工夫し、画面内の各汎用製品をイラストで表示するなど、親しみやすい画面づくりにも力を



Fig. 3 Graph mode screen

入れた(Fig. 4)。こうすることで、ただの無機質な作業ツールになってしまいがちな本システムを、愛着をもって作業者に使用してもらうことができる。

3.3. 新製品データ追加機能

従来は汎用製品がモデルチェンジもしくはマイナーチェンジされるたびに、診断用アプリケーションソフトの追加開発に、長い時間を要することが多かった。診断用アプリケーションソフトでは、ECUデータ割り当て表というExcelデータを使用している。このECUデータ割り当て表とは、データ名称や物理値変換式、単位等の情報を、指定のアドレスセルに入力したものである。本開発では、ECUデータ割り当て表のExcelデータから、Extensible Markup Language (XML)データに自動で変換するファイル変換ソフトを作成した。

このファイル変換ソフトにより、モデルチェンジもしくはマイナーチェンジする汎用製品も、容易に製品データを追加することが可能となった。Fig. 5に汎用製品を追加する流れを示す。これらのすべての流れが、ファイル変換のみで実行可能となり、新製品データの追加に際しても、低コスト、短期間での開発を実現した。



Fig. 4 Top screen of diagnostic system

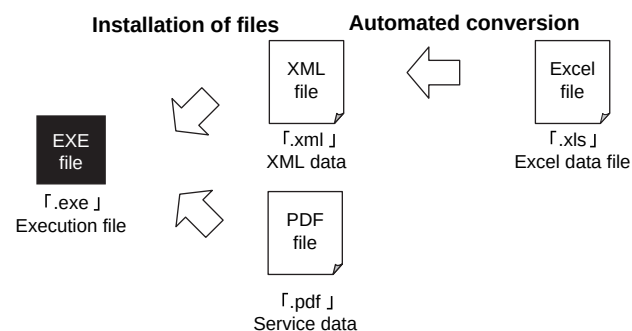


Fig. 5 File generation

また、この汎用製品診断システムを、すべての汎用製品を診断するという思いより、「Dr.H」(製品を診断するHondaサービスマン)と名づけた。

4. まとめ

新しく提案した汎用製品診断システムを導入することにより以下の効果が得られる。

- (1) 通信電圧の差と、ECU の製品 ID データの違いを利用して、通信プロトコルの自動認識が可能となった。
- (2) ECUを搭載した汎用製品と接続が可能な、汎用製品診断システムを構築した。
 - ・ 通信コネクタを統一し、汎用製品診断システムへ接続するときの利便性が向上した。
 - ・ ファイル変換ソフトにより、新製品データの追加が短期間で可能となった。
 - ・ 視認性や操作性、親しみやすさを考慮したGUIデザインにすることにより、人や場所を選ばない作業ツールとしての可能性が広がった。

参考文献

- (1) 伊藤慶太, 本田宗平, 斉藤照幸, 倉田真秀, 直江学: 電子制御汎用エンジン iGX440 の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.17, No.2, p.44-51
- (2) 脇谷勉, 川上俊明, 清水則和, 山崎信男: 電子ガバナ付エンジン搭載除雪機の制御システム開発, Honda R&D Technical Review, Vol.18, No.1, p.51-56
- (3) 米沢道, 松田佳之, 田和寛基, 設楽貞文, 豊後圭一郎, 鈴木幸夫: 高出力, 低燃費船外機 [BF150] の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.1, p.29-38
- (4) 市川勝久, 廣瀬好寿, 山本隆弘, 山岸善彦, 石川智明: 電動カート「モンパル ML200」の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.18, No.2, p.28-35
- (5) 角田正樹, 大角雅之, 米沢道, 古谷健太郎, 設楽貞文, 木全隆一: ホンダ船外機のフラグシップ「BF225/200」の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.11-20
- (6) 新荻義久, 山村誠, 土橋学, 福岡友樹: 汎用製品データマネジメントシステムの構築, Honda R&D Technical Review, Vol.18, No.2, p.52-55

■ 著 者 ■



土橋 学



山村 誠



三輪あさぎ



山中 真