

パワートレーン制御用Rapid Prototype ECUの開発

Development of Rapid Prototype ECU for Power Train Control

| | | |
|----|----|-------------------|
| 樋口 | 崇 | Takashi Higuchi |
| 加納 | 弘一 | Kouichi Kanou |
| 今田 | 昭吾 | Shougo Imada |
| 木村 | 修治 | Shuuji Kimura |
| 樽本 | 拓啓 | Takuhiro Tarumoto |



要旨

近年、自動車業界においては量産ECUのみならず、先行検討用ECUにおいても、開発期間短縮とコスト削減が要求されている。これらの要求を実現するためには、汎用的で再利用可能なRapid Prototype ECUが必要である。

Rtypeは、当社が企画・開発したパワートレーン制御開発用Rapid Prototype ECUである。その中には、当社の得意とするECU設計のノウハウに加え、シミュレータCRAMAS開発のノウハウが注ぎ込まれており、非常に高速でありながら、ECUとの互換性が高い製品である。したがって、5年から10年先のレベルを想定したECU試作が容易に実現可能になる。当社は今後、Rtypeを用いた制御開発プロセス改革のソリューションを自動車メーカーやサプライヤーに展開していく。

Abstract

In recent years in the automobile industry, there has been demand for shortened development periods and reduced costs, not only for mass-produced electronic control units (ECUs), but also for experimental research ECUs. In order to meet this demand, a multi-purpose, reusable Rapid Prototype ECU is needed.

The Rtype is a Rapid Prototype ECU that Fujitsu Ten planned and developed for the experimental research of power train control. Its design is based on Fujitsu Ten's expertise in both ECU design and the development of the simulator Computer Aided Multi-Analysis System (CRAMAS), and the Rtype achieves extremely high-speed processing and high compatibility with the ECU. The combination of these qualities makes it possible to easily develop an ECU prototype based on a level assumed to exist 5 or 10 years in the future. Fujitsu Ten plans to introduce its Rtype solutions for the innovation of control development processes to automobile manufacturers and suppliers.

1

開発の背景

パワートレーン制御は、排ガス規制クリアや低燃費と高出力の両立などの難題を解決するため、年々複雑さを増している。制御の複雑さに反して、市場競争の激化、景気低迷のため、開発期間短縮・コスト削減が重要なテーマとなっている。特に先行開発においては、システム開発を行うための先行検討用ECUの準備にかなりの時間と費用を要しており、画期的な改善が望まれている。

ECU試作の準備に時間と費用を要する要因としては、新規検討部分の仕様が決定するまでECU設計に着手できないことや、着手しても仕様変更で設計をやり直すなどの手戻りが発生するという問題があげられる。また、試作品のためECU開発費用も高つくという問題点もある。その解決策として、準備期間が短く再利用可能なRapid Prototype ECUがあげられる。しかし、先行開発分野で使われる制御は、新規に検討される制御が主体であり、一般的なRapid Prototype ECUを使うことが難しい。そのため、当社では、ECU開発のノウハウとシミュレータ開発のノウハウを融合して、独自のパワートレーン制御用Rapid Prototype ECU（以下Rtype）を開発した。

2

基本概念

開発期間短縮と開発コスト低減を行うため、設計自由度の拡大を実現するとともに、新しい開発手法・概念を取り入れることが望まれる。

Rtypeは、次に述べるような制御開発を大きく変化させる新しい開発手法・概念に対応できる高度な機能・能力をもっている。

2.1 IPの活用

開発を効率化するには、設計・評価に関する技術資産を簡単に再利用できる環境が必要である。当社では開発・設計・評価・生産といったものづくりの各場面で技術資産・ノウハウを有効に再利用できる形としてまとめたものをIPとよんでいる。開発の場面では、過去の技術資産は既存IPとして、新規の開発アイテムは新規IPとしてIPデータベースに蓄積しておき、蓄積されたIPを組み合わせることで、効率良く開発をすすめることが可能である。Rtypeはこの

IPを活用し、ソフト・ハードの組み合わせにより、開発時にベースとなる先行検討用ECUを簡単に構成するものである。従来の先行検討用ECUと同様に、シミュレータやエンジンを動作させることも可能であり、開発した制御の評価・検証が短期間で行える。

2.2 システムの再利用

Rtypeは、インストールするIPの組み合わせを変えることで別のプロジェクトで使用するECUに変化する。従って、従来のようにプロジェクト毎にECUを新たに製作する場合に比べて、開発期間を短縮できると共に、開発コスト（ランニングコスト）を低減できる。

2.3 高性能CPUの採用

従来の先行検討用ECUでは制御用マイコンを用いており、マイコンの性能が足かせとなって、開発者の評価したい制御アルゴリズムをプログラム化し実行することができない場合が多かった。Rtypeでは、マイコンに処理能力の高いパソコン用CPUと最新チップセットを採用することにより、量産ECUと比較して数十倍の処理速度を確保している。大容量メモリのフラッシュディスクの採用とあわせ、実行できる制御アルゴリズムのプログラム規模や演算時間の制約を取り払い、システム開発の自由度を格段に高めている。

2.4 MATLAB/Simulinkの実行環境

制御アルゴリズム開発を効率化する手法としてMATLAB/Simulinkのようなモデリングツールを使用したプログラム開発が用いられるようになってきている。MATLAB/Simulinkは制御モデルをブロック線図で記述するもので、シミュレーションの実行や設計した制御モデルのプログラムコードを生成できるツールである。これを用いると従来のC言語に比べ、はるかに生産性の高いプログラム開発が可能となる。しかも開発したプログラムを直ちにシミュレーションで検証できるため、理論に基づく制御アルゴリズムの開発が容易となる。しかしながら、従来の先行検討用ECUではマイコンの処理能力が不足しているためMATLAB/Simulinkで開発した制御アルゴリズムをそのまま実行することはできなかった。Rtypeではプログラム実行用に高性能パソコンと同じCPUを採用しており、また次

に述べるシステム構成によりプログラムで制御される信号を実際の信号として入出力する機能を備えている。したがって、MATLAB/Simulinkで記述したブロック線図から生成されたプログラムを実装し、リアルタイムに実行できる能力を有している。このことから、Rtypeを使うことにより制御アルゴリズム開発の期間を大幅に短縮することが可能である。

3 システム構成

Rtypeは、マイコンコア相当の機能を実現する“Mother Board”，マイコン周辺IO相当の機能を実現する“CORE Board”，ECUハード相当の機能を実現する“IF Board”および“Function Board”の4種類のボードで構成される。

“Mother Board”は、動作周波数2GHzのパソコン用高速CPU（Pentium4）を有し、先行開発に対応できる高い処理能力をもっている。

“CORE Board”は、プログラム可能な大規模集積回路であるFPGAによりマイコン周辺IO機能を実現している。FPGAのプログラムを変更することで制御に必要なIO機能の追加、修正が可能であり、ECUに使用するマイコンに応じて周辺IO機能を自由に設定することができる。（図1）

“Mother Board”および“CORE Board”には、マイコンコアと周辺IOを接続するバス相当の機能を実現するIOドライバが実装されており、その間はPCIバスで接続される。

そして、“IF Board”と“Function Board”の組み合わせにより、ECUの入出力インターフェースに相当する機能を実現する。

3.1 ソフト構成

短時間で先行検討用ECUを仕立てるためには、現状あるソフト資産を用いてベースとなる制御ソフトを簡単に提供する必要がある。また、開発終了後、Rtype上で開発した制御ソフトが製品ソフトにうまく継承されなければ、スムーズに量産ステップへ移行できないため効果は半減する。そのため、制御ソフトの移植性が重要なポイントとなる。そこで、ソフト構成面において、このソフト移植性に重点をおき開発を行った。

Rtypeに実装する制御ソフトは、アプリケーション部とIOドライバ部が分割されており、その間は標準のアプリケーションインターフェース（API）で接続する構成となっている。マイコンを直接操作するIOドライバ部はマイコン周辺IOの種類に依存しており、マイコンの変更に伴いIOドライバの変更も必要となるが、標準APIで接続されるアプリケーション部は変更の必要がなく、ソフト資産として継承することができる。この構成を利用し、標準APIを持つRtype用のIOドライバをマイコンの周辺IOに応じて予め準備することで、アプリケーションソフトを変更する必要がないため、短期間での制御ソフト構築が可能となる。（図2）

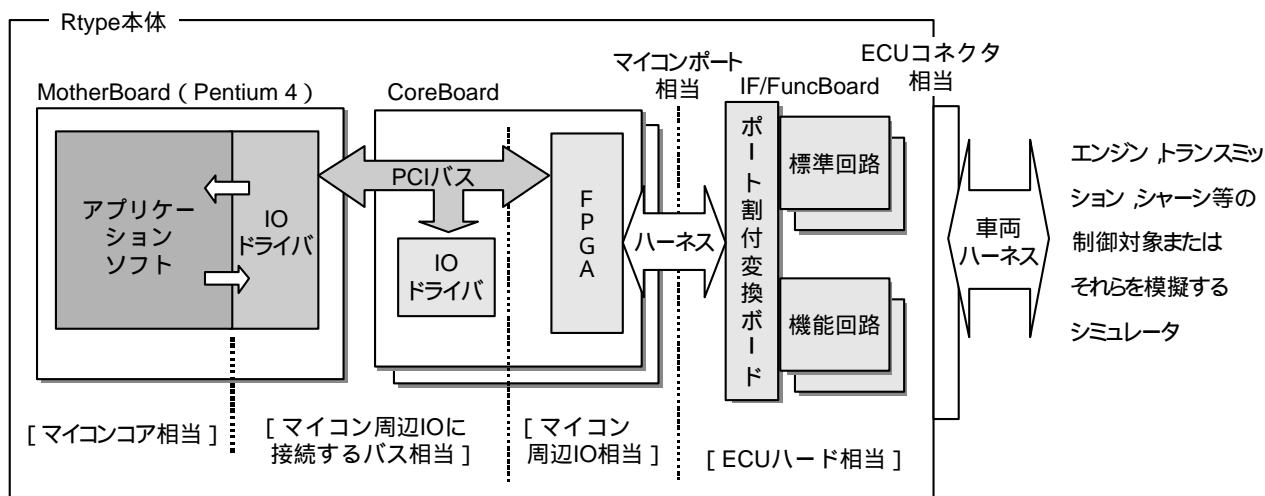


図-1 Rtype構成
Fig.1 Rtype configuration

3.2 ハード構成

ECUの入出力インターフェースに相当する部分は“IF Board”および“Function Board”の2種類のボードからなる。前者には、ECUに搭載されている標準的なスイッチ・センサ等の入力処理回路やソレノイド・ランプ等を駆動する出力回路で構成されている。一方、後者にはセンサ処理回路やアクチュエータの駆動回路など新規検討を行わない機能を切り出し、Rtypeを短期間で構成できるようにしている。

車両あるいはエンジンベンチとRtypeの間はワイヤーハネスで接続し、マイコン周辺IOに相当する“CORE Board”と“IF Board”および“Function Board”の間は“割り付け変換ボード”を介しておこなう。これら各ボードの組み合わせにより、Rtypeは量産ECU相当の機能を実現している。

4 エンジン制御ECU適用事例

システムの実現性を見極めるため、量産ECUと開発したRtypeの比較評価を行った。

まず、評価対象ECUを決め、そのECUのアプリケーションソフトをRtypeに移植し、同一アプリケーションソフト

トを搭載するECUとRtypeを準備した。次に、エンジン制御ECUの主要機能における測定条件をピックアップし、この測定条件を用いて、ECUとRtypeのそれぞれを評価し、両者の比較を行った。その結果、ほぼ同等の性能が確認され、開発したRtypeの実現性を確認した(図3)。

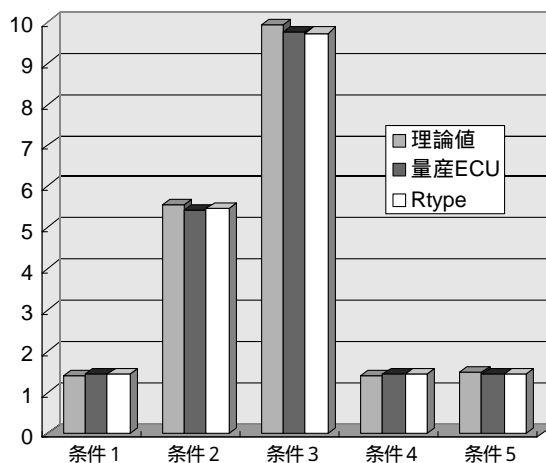


図-3 燃料噴射特性の比較

Fig.3 Comparison of fuel injection characteristics

この評価過程で量産ECUの制御ソフトをRtypeに移植する作業を通じ、マイコン依存命令を使用するIOドライバ以外、アプリケーションソフトを変更することなく移植できることを確認した。

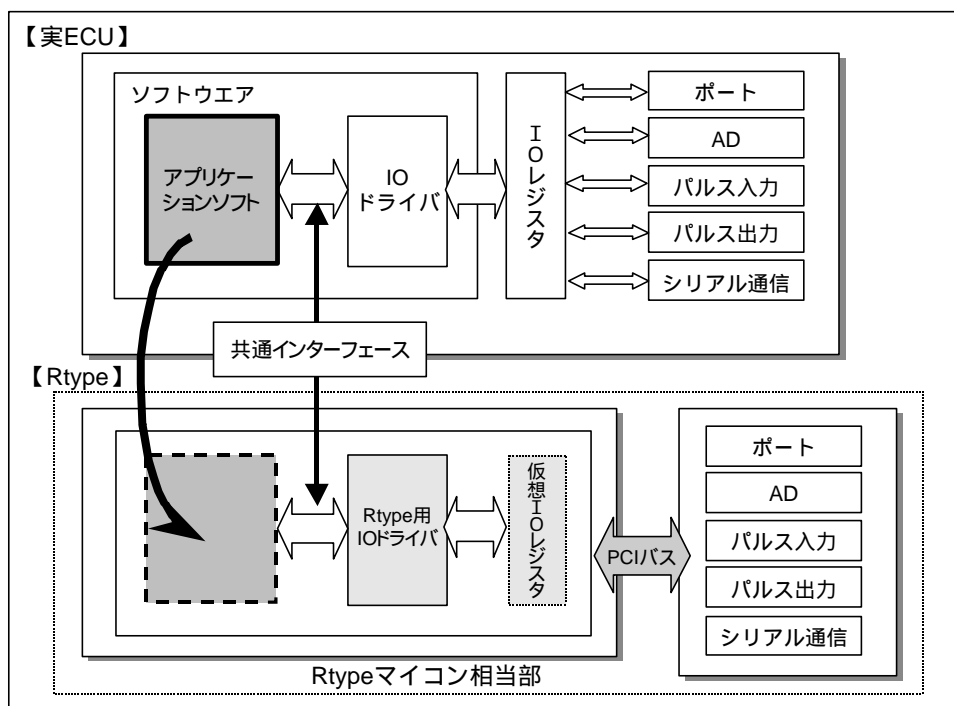


図-2 Rtypeソフト構成

Fig.2 Rtype software configuration

また、実車へRtypeを搭載したテスト走行でも、量産ECUと同等に走行できることが確認できた。

5 期待される効果

Rtype の導入により、ハード・ソフト・評価の各開発ステップでIP化が推進され、その結果、開発期間短縮・開発コスト削減の効果が上がることが期待できる。この章ではパワートレーン制御開発におけるRtypeの導入効果について述べる。

5.1 先行検討用ECUの早期提供

当社ではソフト分野、ハード分野、評価分野とECU設計に関わる全ての分野で活用できるIPのデータベース化を推進している。ソフト分野ではプログラムモジュールの標準化が進められており、それらはソフトIPデータベースとして管理され、ソフトの量産設計部門において活用されている。Rtypeでもこれら資産の有効活用のため、量産設計用のソフトIPからIOドライバ部品をRtype用に移植し、IPデータベースとして登録を開始している。またアプリケーション部品についてはRtypeでそのまま利用できる。一方、ハード分野においても仕様、回路情報、入出力特性等を含め回路機能ブロックのIPデータベース化を進めており、ECU回路設計への活用を始めている。

RtypeではECUのインターフェース回路を機能単位でIP化した上で“IF Board”に組み込む工夫をしている。

Rtypeは、これらソフトIP、ハードIPを用いて、システム開発に必要な先行検討用ECUを短時間で構成するものであり、仕様が確定してから2週間以内のECU提供を目指している。

5.2 モデルベース開発

現在の自動車制御では、実験データに基づくPID制御が主流であり、このため非常に多くの工数を適合作業（制御特性の合わせこみ）に費やしている。Rtypeを用いるとMATLAB/Simulinkで開発した理論に基づいた制御アルゴリズムの検証が容易となり、いわゆるモデルベース開発を行う開発環境を構築できる。当社製のHIL（Hardware In the Loop）シミュレータCRAMASとRtypeを組み合わせることで制御アルゴリズムの開発からシミュレーション実行、動作検証までを机上で行うことが可能であり、ラフ適合を行ったうえで、Rtypeを実際の車に搭載して走行試験を行うことも可能である。また、評価分野においても、試験条件・計測・判定を自動化し、その評価手法をIPとして登録できる仕組みを構築しているところであり、このIPを活用することで、開発から動作検証までを短時間で何回も繰り返し効率良く実行することが可能となる。その結果、開発の初期段階から質の高い制御アルゴリズムを作り出すことができ、開発期間を大幅に短縮することが可能となる。（図4）

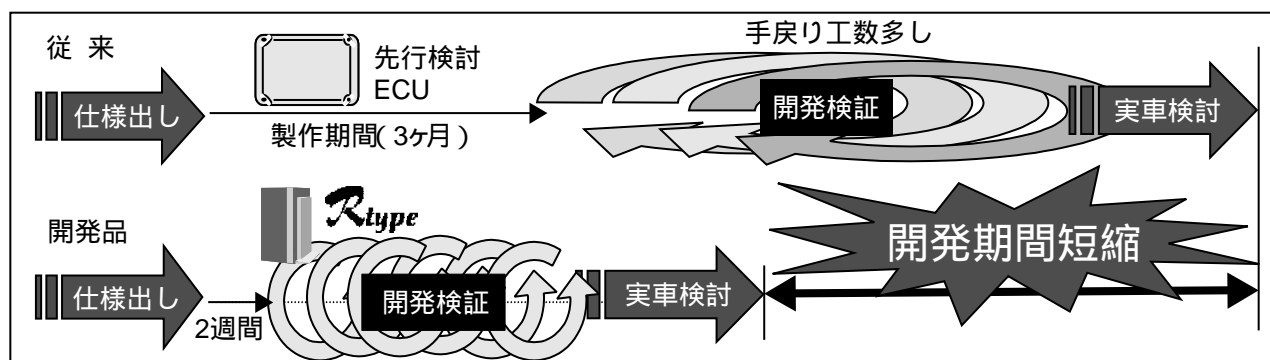


図-4 開発期間の短縮

Fig.4 Shortening of development period

6

今後の計画

現在Rtypeは試行段階である。開発環境としての使い勝手の改善や検証方法の確立を行い、2003年度からは、広範囲での本格運用を開始できるよう準備を進めている。

2002年度の残存課題（2002年10月現在）としては、車載時の耐久性向上、新しい制御手法やセンサ・アクチュエータに対応したオプションボードの開発などがあげられる。

Rtypeは、先行開発で活用される機会が多い。したがって、5年から10年先に製品化される技術の開発に使える評価環境を提供できるようRtypeの開発を進めていく。

最後に、Rtypeの開発にご協力頂いた社内外の関係者へ厚く感謝の意を表します。

筆者紹介



樋口 崇
(ひぐち たかし)

1996年入社。以来、自動車用電子機器およびITS関連技術の開発に従事。現在、モートロニクス本部 ソリューション事業部 CRAMAS技術部に在籍。



加納 弘一
(かのう こういち)

1981年入社。以来、エンジン制御ECUの開発に従事。現在、モートロニクス本部 車両制御事業部 第二制御技術部に在籍。



今田 昭吾
(いまだ しょうご)

1985年入社。以来、自動車用電子機器の開発に従事。現在、モートロニクス本部 ソリューション事業部 機能技術部に在籍。



木村 修治
(きむら しゅうじ)

1982年入社。以来、エンジン制御ECUの開発に従事。現在、モートロニクス本部 車両制御事業部 第一制御技術部部长。



樽本 拓啓
(たるもと たくひろ)

1984年入社。以来、エンジン及び、トランスミッション制御システムの開発に従事。現在、モートロニクス本部 ソリューション事業部 ソフトウェア技術部チームリーダー。