

feature article

# 高信頼・高品質な組込みシステムの開発を支える 日立グループのソリューション

Solutions of Hitachi Group that Supports Development of High-reliability and High-quality Embedded Systems

鈴木 康夫 Yasuo Suzuki   松尾 正 Tadashi Matsuo   熊本 国夫 Kunio Kumamoto   打越 進吾 Shingo Uchikoshi  
山口 由二 Yuji Yamaguchi   木村 禎雄 Yoshio Kimura   軽部 勲 Isao Karube

高度情報通信社会の到来とともに、携帯電話や家電製品から自動車に至るまで、身の回りのあらゆるところで組込みシステムが利用され、人々の生活と社会を支えている。多製品・多品種を特徴とした組込みシステムの分野では、特に高い品質と信頼性が求められており、開発期間の短縮や組込みソフトウェアの開発規模増大など環境変化も著しい。日立グループは、家電、自動車などの組込み機器メーカーの組込みシステム開発現場に向けて、品質向上や生産性向上に寄与するさまざまなツールやソリューションを提供している。

## 1. はじめに

日立グループは、多種多様な分野でソフトウェアを開発し、培ってきた技術を基に、さまざまな組込みシステム分野を対象にしたハードウェア・ソフトウェアの開発を支えるソリューションとして、各種のツールやサービスを用意している。

こうしたツールやサービスは、組込みシステムの開発工程を幅広くカバーするとともに、高い技術力で組込み機器メーカーの高信頼・高品質な組込みシステム製品の開発を

強力に支援している（図1参照）。

組込みシステムの構造と、その開発を支援する日立グループのサービスの関係を図2に示す。組込みシステムは、マイクロコンピュータなどのハードウェア、周辺機器などの制御を行うデバイスドライバ、組込み向けに機能を特化した組込みOS (Operating System)、共通技術を標準化したミドルウェア、用途に応じたアプリケーションソフトウェアから構成される。

組込みシステム製品を開発する場合、これらの構成要素



図1 組込みシステム開発ニーズに応える日立グループのソリューション

高品質・高機能・高生産性などの組込みシステム開発の顧客ニーズに応え、日立グループでは幅広いソリューションを提供している。

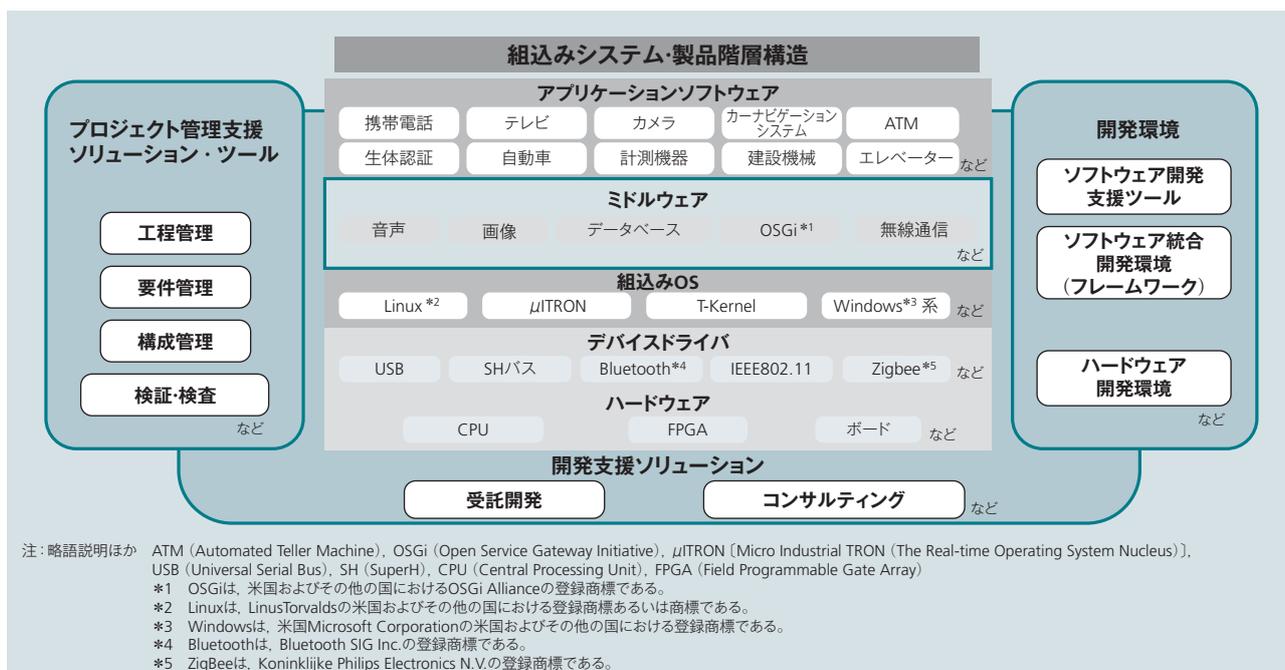


図2 組み込みシステムの構造と、その開発を支援する日立グループのソリューションの関係

日立グループは、組み込みシステムを構成するさまざまな階層の技術を有し、幅広いソリューションを組み込み機器メーカーに提供している。

を最適に組み合わせる必要がある。日立グループは、ハードウェアやソフトウェアに関する幅広い技術と経験を有しており、組み込みシステムの開発実務だけでなく、開発プロジェクトの管理や開発環境に至るまで、組み込み機器メーカーの開発を支えるトータルなソリューションを提供している。

ここでは、組み込み機器メーカーの組み込みシステム開発を支える、日立グループの各種ツールやサービスとその特徴について述べる。

## 2. 組み込みシステム開発支援およびプロジェクト管理支援ソリューション

組み込みシステムの開発では、ハードウェア開発との同期やサンプルリリースが何度も繰り返されるなど、開発プロジェクトの管理が複雑化し、きめ細かい管理が必要となる。

### 2.1 統合型組み込みシステム開発支援ソリューション

#### (1) 概要

統合型組み込みシステム開発支援ソリューション<sup>1)</sup>では、開発支援を提供するうえでの品質管理システムの中核として、ハードウェア、ソフトウェア両方の組み込み開発を考慮した統一組み込み開発プロセスを規定している。また、このプロセスの下で専任の部門が品質、工程、生産性について改善を行っている。相互に連携する三つの改善をこのプロセスに統合することによって、継続的な改善を繰り返している(図3参照)。

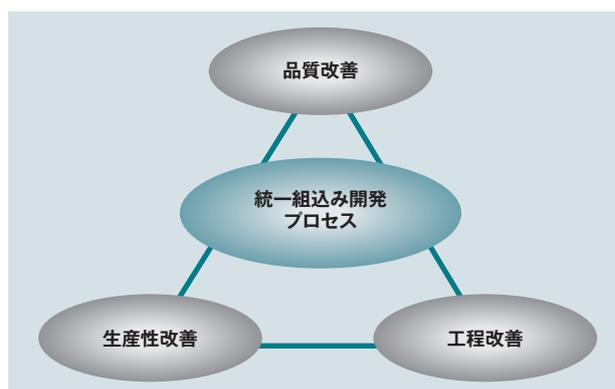


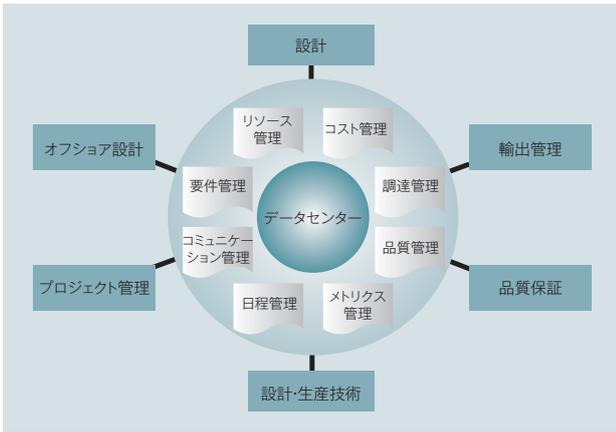
図3 組み込みシステム開発を支援する三つの改善

統合型組み込みシステム開発支援ソリューションでは、品質管理システムの中核として、品質、生産性、工程の三つの改善を標準プロセスに組み込んで実施している。

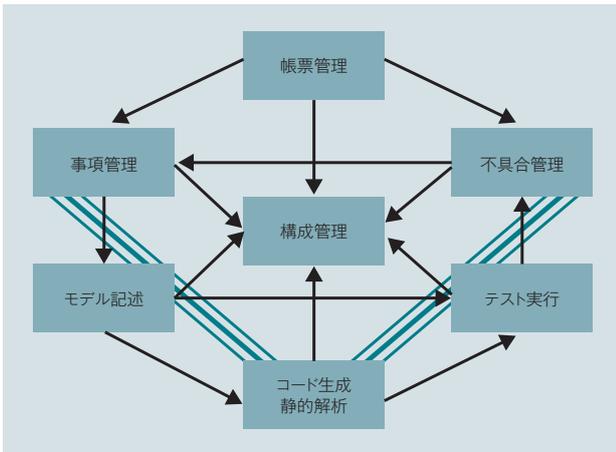
#### (2) 特徴

統合型組み込みシステム開発支援ソリューションでは、各プロジェクトが生成する管理情報をデータセンターで一元管理し、さまざまな専門部署で共有することによって、それぞれのプロジェクトが得た教訓を展開している。各専門部署がサマライズした情報は、プロジェクト管理だけでなく、顧客との情報共有によるプロジェクト全体の「見える化」に活用している(図4参照)。

また、プロジェクトは開発の各工程においてさまざまなツールを連携して利用する。構成管理ツールをツールの連携を実現するためのハブと位置づけ、さらにプロジェクトを標準プロセスに基づいてガイドするための管理ツールを利用することにより、全工程を通じたツールチェーンの実現を推進している(図5参照)。



**図4 プロジェクト管理情報共有の概要**  
プロジェクトの管理情報を一元管理し、プロジェクトが得た教訓を展開して、プロジェクト全体の「見える化」を図っている。



**図5 ツールチェーンの概要**  
設計の各工程でさまざまなツールを連携して利用している。

(3) 適用事例

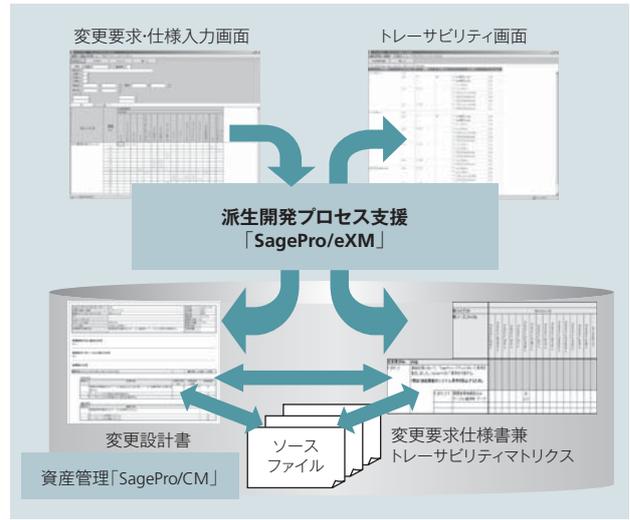
携帯電話向けソフトウェア開発プロジェクトでは、ツールを活用して品質と工程の「見える化」を行い、平均4か月間隔の多品種並行開発における高品質ソフトウェア開発を実現した。

**2.2 組込みソフトウェア向け派生開発プロセス支援ツール「SagePro/eXM」**

(1) 概要

組込みソフトウェアの開発においては、既存の製品に機能を追加したり変更したりする、いわゆる「派生開発」が主流となっている。派生開発では、部分理解のままでソースコードを変更することに起因するトラブルが発生するケースが多いため、変更要求、変更箇所、変更内容を文書化してレビューすることが有効であると言われている。

組込みソフトウェア向け派生開発プロセス支援機能を実装した「SagePro (セイジプロ) /eXM」<sup>2)</sup>は、派生開発のプロセスに焦点を当てた開発・変更管理機能を実装し、多品種の製品を一元管理するための、組込みソフトウェア特有の成果物管理を強力にサポートする (図6参照)。



**図6 派生開発に対応した「SageProシリーズ」の概要**  
「SageProシリーズ」は、変更要求入力情報から変更要求仕様書、トレーサビリティマトリクス、変更設計書までを作成し、厳格に資産管理できる。

(2) 特徴

(a) 派生開発に適した管理機能

変更要求仕様書や変更箇所を表すトレーサビリティマトリクス、具体的な変更方法を記述する変更設計書の作成支援機能を提供する。

(b) 資産管理ツール「SagePro/CM」との連携強化

個々の変更要求から作成したトレーサビリティマトリクスや変更設計書、ソースファイルを同一シリーズの資産管理ツール「SagePro/CM」で管理することにより、成果物を容易に検索・参照することができる。

(c) カスタマイズや運用支援などのサービスが充実

このツールは、日立グループが独自開発した製品であり、自社開発の強みを生かし、顧客の開発プロジェクトに適したカスタマイズや、きめ細かな運用支援サービスを提供する。

(3) 適用事例

派生開発に適した標準プロセスを定義して、このツールとともに組込み製品開発プロジェクトに適用した結果、不良発生率が半減した。特に、総合試験以降の不具合(リリース後の顧客指摘件数)は $\frac{1}{10}$ 程度に低下するなど顕著な効果が見られた。

**3. 組込みシステムのアプリケーションソフトウェア開発を支援するミドルウェア**

ミドルウェアは、OSとアプリケーションソフトウェアの中間的な処理・動作を行う高度で具体的な機能を持つソフトウェアであり、日立グループは、高い品質と実績を持つ豊富なレパートリーのミドルウェアを提供している。

### 3.1 データ管理・検索を担う組込みデータベース「Entier」

#### (1) 概要

「Entier (エンティア)」<sup>3)</sup>は、カーナビゲーションシステム、携帯電話、ハードディスクレコーダなどで利用できる組込み型のリレーショナルデータベースである。組み込む機器に適した小さなロードサイズでありながら、高速、安全、柔軟なデータアクセス機能を備えている。

Entierの導入により、組込みソフトウェアの開発・保守効率が飛躍的に向上する。データ管理に関する複雑なアプリケーションロジックを、オープンインタフェースであるSQL (Structured Query Language) でシンプルに記述できるため、開発期間を短縮し、同時に品質を高めることが可能になる(図7参照)。

#### (2) 特徴

先進的な検索機能として、「空間検索機能」、「インクリメンタル検索機能(絞り込み検索機能)」を提供している。

例えば、検索文字を1文字入力するたびに、ほぼリアルタイムに対象を絞り込めるインクリメンタル検索機能を適

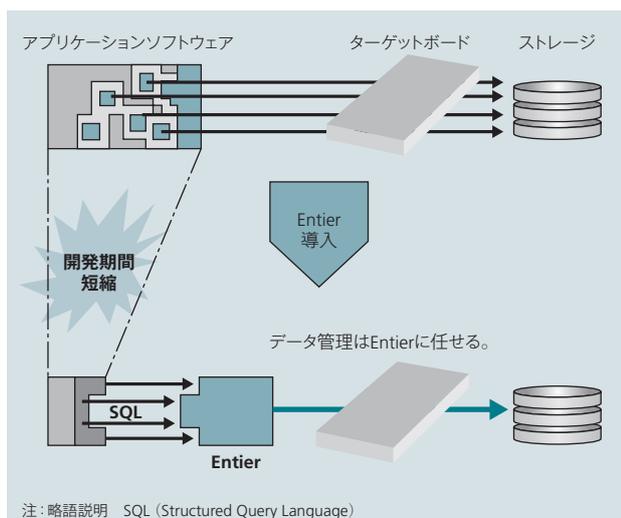


図7 組込みソフトウェアの開発スピードを向上する「Entier」

「Entier」によって、データ管理処理を組込みデータベースに任せると、開発工数削減と品質維持を両立できる。

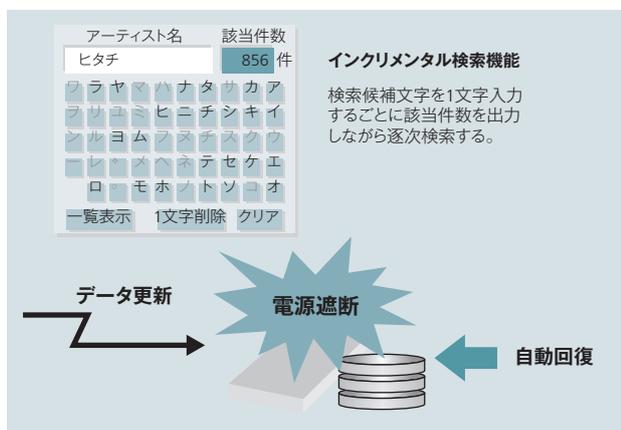


図8 Entierの多彩な検索機能とデータ保護機能

インクリメンタル検索機能などの多彩な検索機能と電源遮断後のデータベース自動回復機能を備えている。

用すれば、タッチパネルやリモコンの入力操作を簡略することができる。さらに「部分一致検索機能(全文検索機能)」では任意のキーワードにより、例えば、地図上の地名に含まれる任意のキーワードで目的の場所を探すことができる。

また、ファイルシステムとデータベースの両方のレイヤでデータを保護する機能を備えており、データ更新中に突然の電源遮断があっても、ログ情報から自動的にデータベースを復旧することができる(図8参照)。

### 3.2 組込みシステムのリモート制御を実現するOSGi準拠ミドルウェア「SuperJ Engine Framework」

#### (1) 概要

「SuperJ Engine Framework」<sup>4)</sup>は、OSGi (Open Service Gateway Initiative) Release 4でOSGi AllianceのCertificationを取得(2008年4月現在)したJava<sup>※)</sup>ベースのサービスプラットフォームである。OSGiではコンポーネント化したJavaプログラムをバンドルと呼び、この製品ではOSGiバンドルの実行環境(フレームワーク)と、OSGiが規定する標準バンドル、さらにリモート制御のためのサーバサイドのコンポーネントを提供する(図9参照)。

#### (2) 特徴

##### (a) 遠隔地からプログラムの管理が可能

リモート制御や保守が必要な機器に、業界標準の遠隔管理機能を提供する。ネットワークを介して、バンドル単位で独立した配布、導入、起動、停止、削除などの操作が可能である。

##### (b) 機器組込み用に最適化した設計

高速起動、小フットプリント、軽量動作を実現した。

##### (c) プロビジョニング用コンポーネントを提供

※) JavaおよびすべてのJava関連の商標およびロゴは、米国およびその他の国におけるSun Microsystems, Inc.の商標または登録商標である。

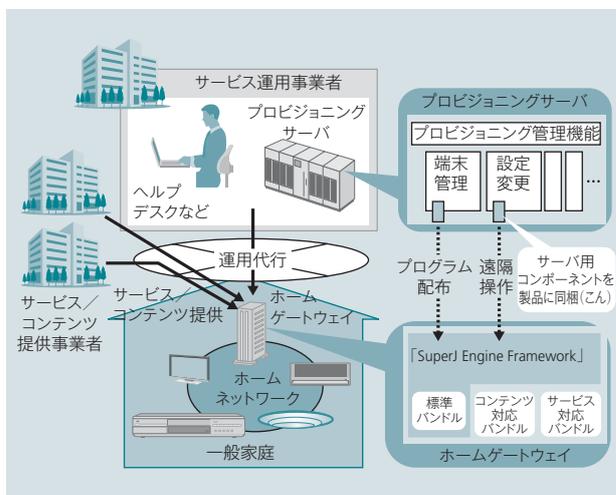


図9 「SuperJ Engine Framework」の運用イメージ

ホームゲートウェイなどに「SuperJ Engine Framework」を搭載し、サービス運用代行者がゲートウェイ上の各種プログラムの管理設定などを一括代行することで、利用者は複雑な操作やプログラムの更新作業から解放される。



図10 「SuperJ Engine Framework」を搭載したホームゲートウェイ評価機の外観

「SuperJ Engine Framework」は株式会社日立コミュニケーションテクノロジーが開発したホームゲートウェイ評価機に搭載され、各種実証実験に採用された。

リモート制御を実現するためのセンター側管理機能を同梱（こん）し、プロビジョニングサーバなどとの統合が可能である。

(d) 自社開発ならではのきめ細かいサポート

純国産製品であり、開発者の直接支援が得られる。

### (3) 適用事例

ネットワークを介したサービスの追加や設定を安全に行い、提供元の異なる複数のサービスを同時に稼働させることができるため、次世代ネットワークのサービス提供基盤などに適している。このことから、株式会社日立コミュニケーションテクノロジーの次世代ネットワークホームゲートウェイ評価機に採用され、各種実証実験で好評を得た（図10参照）。

## 4. 組込みシステムハードウェア／ソフトウェアの開発環境

日立グループでは、組込み機器メーカーの製品開発を強力に支援するハードウェア、ソフトウェアの開発環境を提供している。

### 4.1 デザインイノベーションを実現する

#### 組込みシステム開発プラットフォーム「LogicBench」

#### (1) 概要

近年、組込みシステムの高機能化、高性能化に伴い、開発すべきハードウェア／ソフトウェアは、ますます複雑化しており、開発期間・コストは増大する傾向にある。

一方、市場への製品投入は競争激化によって早期化を迫られ、より短期で低コストな組込みシステムの開発が求められている。「LogicBench（ロジックベンチ）」<sup>5)</sup>は、このような課題を解決する開発プラットフォームである。

#### (2) 特徴

従来の組込みシステム開発は、ハードウェア製造前にソフトウェアの事前確認ができず、開発期間の長期化や開発コストの増大を招き、開発が収束しないという大きな課題があった。

LogicBenchは、複数のFPGA（Field Programmable Gate Array）を搭載した汎用モジュールに大規模論理を最適にマッピングし、設計の初期段階で実際の装置に近い動作速度で検証可能なシステム開発環境を提供する。ユーザー自身による専用のFPGAボードを製造することなく、ソフトウェアを実装置レベルの動作速度で実行し、ハードウェアとの仕様整合確認を可能とする。

これにより、ソフトウェアとハードウェアの並行開発が可能とし、開発期間の大幅短縮、コストの大幅削減など組込みシステム開発のデザインイノベーションを実現する。

また、組込みシステムの新しい設計手法として注目されているモデルベース開発において、LogicBenchは大規模論理の書き換えが容易であるという特徴を生かし、一部のモデルをハードウェア化させ、モデル全体のシミュレーションを加速させる用途にも活用され始めている。

LogicBenchは、下記の三つの製品で構成されている。

#### (a) 大規模論理対応LogicBenchモジュール

高密度40層基板実装技術を採用し、1モジュール当たり最大1,000万ゲートの論理をコンパクトなLogicBenchモジュールに収納可能とした。さらにスタックブル機構により、1,000万ゲートを超える大規模論理にも対応する（図11参照）。

#### (b) FPGAマッピングソフトウェア「LogicBench Compiler」

LogicBench Compilerは、大規模論理を複数のFPGAへ効率的に分割・配置支援し、複数のFPGAをあたかも一つのFPGAとして取り扱い可能とする。

#### (c) 並行開発を実現する「VirtualTurbo- II」

PCと高速に連動可能なVirtualTurbo- IIは、PC上の各種ソフトウェア開発環境（デバッガ）との連携を可能とし、ハードウェアとの並行開発を実現する（図12参照）。

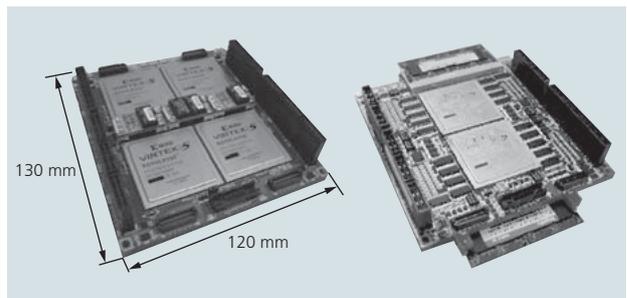
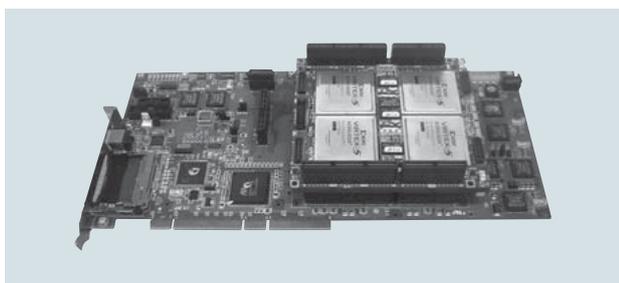


図11 「LogicBench」モジュール

高密度・コンパクトで1,000万ゲート以上の論理を収容可能な大規模論理に対応する「LogicBench」モジュールを示す。



**図12 「VirtualTurbo-II」**  
Cベース設計、論理シミュレータ/エミュレータなどサードパーティEDA (Electronic Design Automation) ツール、各種プロセッサ開発環境に対応したPC高速運動ボード「VirtualTurbo-II」を示す。

### (3) 適用事例

LogicBenchは、発売以来すでに約60サイト500モジュールの販売実績を持ち、画像、通信、CPU開発などさまざまな分野に先進の開発プラットフォームとして採用され、デザインイノベーションに貢献している。主な適用事例は以下のとおりである。

#### (a) ヘテロジニアスマルチコアLSI開発

3,000万ゲート規模の大規模論理を実装したLogicBenchとソフトウェアデバッグ環境を連動させ、マルチコア間のバス評価を含めたアーキテクチャ検証を実現した。

#### (b) 画像処理IP (Intellectual Property) 開発

実速度に近い動作性能により、LSI製造前にリアルタイム画像の確認、アプリケーションソフトウェアのデバッグ・チューニングなどソフトウェアとハードウェアとの並行開発を実現し、開発期間を約30%短縮した。

## 4.2 機能拡張性に優れ、高コストパフォーマンスの産業機器向け組込みボード「MS7764BR01BW-A/B/Cシリーズ」

### (1) 概要

近年、組込みシステムにおける開発期間短縮、開発コスト削減への要求はますます強くなってきている。

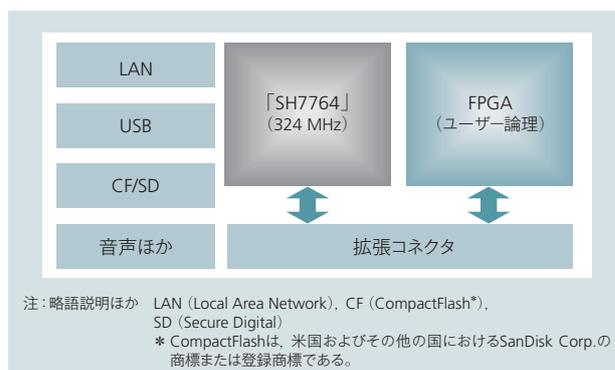
株式会社ルネサス テクノロジーの「SH7764」を搭載した産業機器向け組込みボード「MS7764BR01BW-A/B/Cシリーズ」<sup>6)</sup>は、顧客のシステム開発期間をさらに短縮することを目的として新たに企画・開発した製品である。

この組込みボードのコンセプトは、高性能CPUとユーザー論理の搭載による高機能の実現、および拡張コネクタの採用による多様なニーズへの対応である (図13参照)。

製品化にあたっては、これまでに500社を超える顧客に、ハードウェアからアプリケーションに至る幅広い組込みシステム向けの開発プラットフォームを提供してきたノウハウが生かされている。

### (2) 特徴

顧客の多様なニーズに応えるために、(a) 使用する組込



**図13 新組込みボードのコンセプト**

コンセプトは顧客の多様なニーズをCPU+FPGAで実現することである。

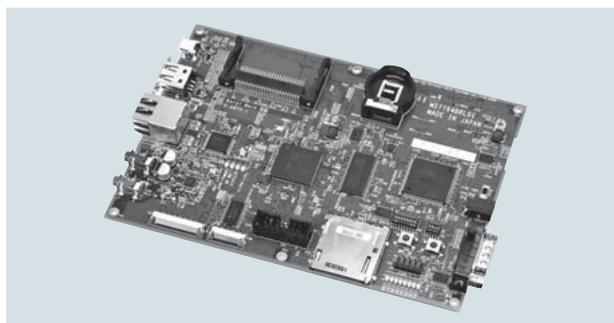
みOSに応じたメモリ容量の選定、(b) 各種外部リムーバブルメモリ I/F (Interface) の有無などにより、3製品をシリーズ化している。フル機能を搭載した「MS7764BR01BW-A」を図14に示す。

このシリーズでは、PLD (Programmable Logic Device) の搭載により、ユーザー論理の搭載を可能にしたことで、フラッシュメモリ上のユーザープログラムの読み出し禁止 (ユーザープログラム保護)、ネットワークを介したユーザープログラムの書き換えなどが可能となっている。加えて、CPUのリセット、割り込み、モードピンなどの拡張コネクタを搭載し、顧客の多様なニーズへの対応を容易に実現した。

また、産業機器分野をターゲットとし、LCD (Liquid Crystal Display) ・タッチパネル、音声入出力 I/F などの豊富な周辺機能を内蔵したSH7764を搭載することで、高いコストパフォーマンス、高機能、高信頼性を実現している。

### (3) 適用事例

これまでの開発プラットフォームの課題 (多機能化対応によるコストアップ、開発用途限定など) を補ったこの組込みボードは、高いコストパフォーマンスを有しており、また組込みボードを新規に開発 (ゼロスクラッチ) する場合に比べて、約50%の開発期間の短縮を可能とするなど、2008年11月以降、多くの引き合いがある (図15参照)。



**図14 「SH7764」搭載組込みボード「MS7764BR01BW-A」**

「MS7764BR01BW-A」は、メモリ (SDRAM:64 Mバイト, FLASH:32 Mバイト)、USB (ホスト/ファンクション) インタフェース、リムーバブルメモリインタフェースのフル機能を搭載している。

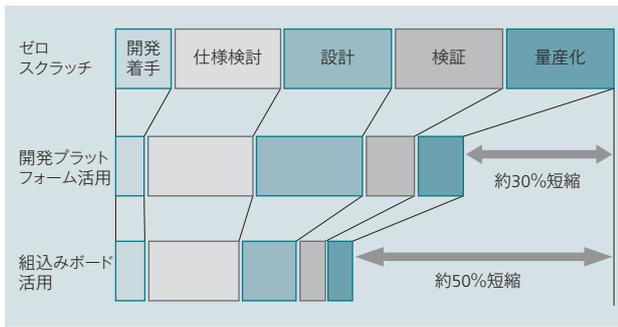


図15 「MS7764BR01BW-A」の適用効果  
この組込みボードの活用により、設計・検証・量産化工程を大幅に短縮することができる。

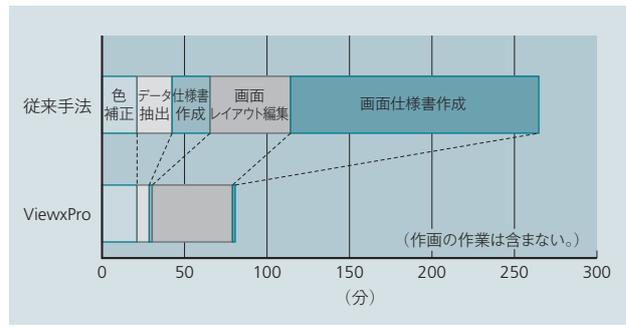


図17 「ViewxPro」の適用効果  
画面、部品のデザイン作成に「ViewxPro」を適用した際の1枚の画面データ作成にかかる作業時間の測定結果を従来手法と比較して示す。データ管理や仕様書作成の作業が大幅に削減されている。

### 4.3 HMI画面の開発期間を大幅に短縮する 統合型開発支援ツール「ViewxPro」

#### (1) 概要

組込み機器向けのソフトウェア開発規模は、製品の多機能化によって増加の一途をたどっている。これに伴い、HMI (Human-machine Interface) で要求される画面の複雑度も増大しており、画面表示の設計・開発における効率向上が望まれている。「ViewxPro」<sup>7)</sup>はこのニーズに応え、組込み機器向けにHMI画面の開発期間を大幅に短縮する統合型開発支援ツールである。

#### (2) 特徴

ViewxProはデザインやレイアウト、遷移の設計から実装、動作確認まで、HMI画面開発をトータルに支援する(図16参照)。

特徴となる三つの機能は以下のとおりである。

#### (a) 容易な設計を実現するツール群の提供

HMI画面のデザインや、表示動作の設計を支援するツール群を提供している。特に表示動作設計向けには状態遷移表エディタを提供しており、画面内の部品単位で詳細な動作を漏れなく設計できる。また、主要なパラメータを設定するだけで代表的な表示動作パターンの状態遷移表を自動生成する機能も提供し、複雑な警告表

示などを容易に設計できる。これらの機能により、大規模なシステムにおいても効率的な設計を実現することができる。

#### (b) コーディングレスでの実機組込み

設計した画面デザインと遷移情報はXML (Extensible Markup Language) 形式のデータとして保管される。そのデータをコンパイルする機能と実機向けランタイムにより、ほぼコーディング作業をすることなく、実機上でのHMI画面制御を実現する。

#### (c) データベースによる画面・遷移データの一元管理

作成されたXMLデータはデータベースにて一元管理される。画面作成から実機組込み工程まで同じデータを参照して開発を進めることで工程間の仕様のずれや漏れを防ぐことができる。

#### (3) 適用事例

ViewxProを画面デザイン設計作業に適用した結果、従来と比較して約70%の作業時間削減を実現した(図17参照)。

状態遷移設計や実機組込み工程へも適用することで、さらなる作業時間削減が見込まれる。

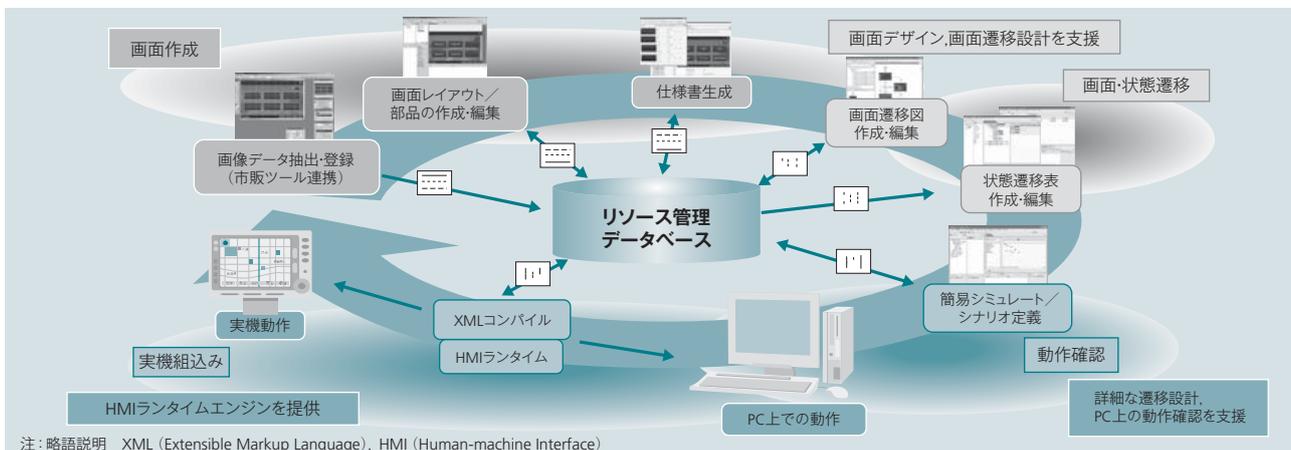


図16 「ViewxPro」の機能概要  
統合型開発支援ツール「ViewxPro」は、画面の作成から画面表示の遷移設計、実機上での動作確認までをトータルに支援する。

## 5. おわりに

ここでは、組み込み機器メーカーの組み込みシステム開発を支える、日立グループの各種ツールやサービスとその特徴について述べた。

ここで述べたツールやサービスの事例は、その一部であり、日立グループは、顧客のさまざまなニーズに応えることができる幅広いソリューションを用意している。

これらは、日立グループみずからが製品開発を実践する中で培った技術やノウハウを基にしており、高品質へのニーズの高まりに加え、開発期間の短縮や組み込みソフトウェアの開発規模増大などの環境変化に対応するうえで有効なものである。

今後も顧客のニーズを的確にとらえ、組み込みシステムのさらなる普及・発展に貢献していく考えである。

### 製品提供元

- 1) 株式会社日立アドバンストデジタル  
URL: <http://www.hitachi-ad.co.jp/>
- 2) 株式会社日立情報制御ソリューションズ  
URL: <http://www.hitachi-ics.co.jp/>
- 3) 株式会社日立製作所  
URL: <http://www.hitachi.co.jp/entier/>  
日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社  
URL: <http://hitachisoft.jp/>
- 4) 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社  
URL: <http://hitachisoft.jp/>
- 5) 日立情報通信エンジニアリング株式会社  
URL: <http://www.hitachi-jten.co.jp/>
- 6) 株式会社日立超LSIシステムズ  
URL: <http://www.hitachi-ul.co.jp/system/EB/>
- 7) 株式会社日立システムアンドサービス  
URL: <http://www.hitachi-system.co.jp/hmi/>

### 執筆者紹介



#### 鈴木 康夫

1983年株式会社日立情報制御ソリューションズ入社、組み込みシステム本部 プラットフォームソリューション部 所属  
現在、組み込み向けソフトパッケージの開発に従事  
情報処理学会会員



#### 松尾 正

1984年株式会社日立マイクロソフトウェアシステムズ入社、株式会社日立アドバンストデジタル 基幹技術部 所属  
現在、開発業務にかかわる生産性向上施策の全社展開に従事  
情報処理学会会員



#### 熊本 国夫

1988年日立製作所入社、情報・通信グループ ソフトウェア事業部 IT基盤ソフトウェア本部 Entier事業推進室 所属  
現在、Entierの事業推進に従事  
日本機械学会会員



#### 打越 進吾

1987年日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社入社、エンベデッドシステム事業部 エンベデッドソリューション本部 エンベデッド企画部 所属  
現在、組み込みシステム向けソフトウェア製品の企画に従事



#### 山口 由二

1983年日立コンピュータエンジニアリング株式会社入社、日立情報通信エンジニアリング株式会社 プラットフォームテクノロジー事業部 LogicBenchソリューション本部 所属  
現在、LogicBenchの開発・販売などを中心にEDA関係の事業に従事



#### 木村 禎雄

1984年日立マイクロコンピュータエンジニアリング株式会社入社、株式会社日立超LSIシステムズ マーケティング本部 第2プロダクトマーケティング部 所属  
現在、組み込みボードの拡販・マーケティングに従事



#### 軽部 勲

2002年日立製作所入社、株式会社日立システムアンドサービス 第三事業部 デジタルメディアソリューション本部 デジタルメディア部 所属  
現在、組み込み機器向けHMI開発支援ツール開発に従事  
映像情報メディア学会会員、電子情報通信学会会員