

組み込みソフトウェア開発力強化へのアプローチ

Approach for Strengthening Embedded Software Development Capability

江口 和俊

■ EGUCHI Kazutoshi

近年、組み込みシステムの高度化に伴い、組み込みソフトウェアは急激に大規模・複雑化している。このため多くの製品群で、組み込みソフトウェア開発が製品開発のクリティカルな要素になっている。

このような状況に対応して東芝は、ソフトウェアプラットフォーム イノベーション、ソフトウェアプロダクション イノベーション、及びソフトウェアピープル イノベーションから成るソフトウェア開発プロセス イノベーション戦略を基に、組み込みソフトウェア開発力強化を推進している。

Embedded software has recently shown drastic increases in complexity and scale with the progress of embedded systems. Embedded software development has become a critical element of embedded system development.

In these circumstances, Toshiba is promoting the strengthening of embedded software development capability through a strategy of "software development process innovation." This strategy is composed of "software platform innovation," "software production innovation," and "software people innovation."

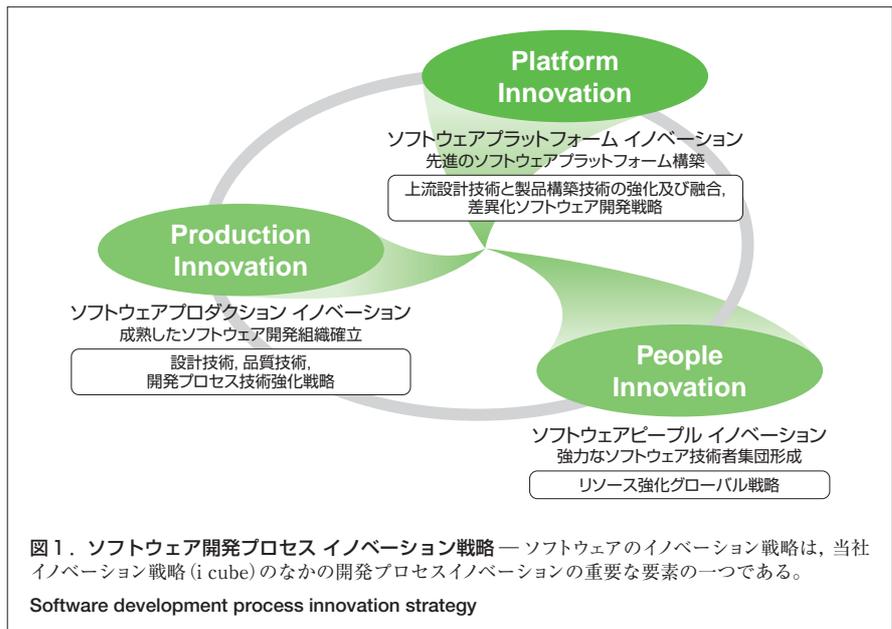
組み込みソフトウェアを取り巻く状況

近年、家電機器や、通信用機器、産業用機器、自動車など多くの分野で、マイクロコンピュータを核にした高機能化が急速に進展している。

また、デジタル家電、携帯電話やカーナビゲーションなど、大量のデジタルデータを処理するコンシューマ製品領域では、機器の高機能化と並行して、機器のコンパクト化や低価格化の要請も非常に強く、機器の中核を構成するコンピュータシステムは、マイクロコンピュータを核に複数の機能分散プロセッサを一つのシステム LSI に搭載した SoC^(注1) が使用されることが多くなっている。このような機器に搭載されるコンピュータシステムを“組み込みシステム”と呼び、その上で動作するソフトウェアを“組み込みソフトウェア”(囲み記事参照)と呼ぶ。

(注1) SoC (System on a Chip)

プロセッサやメモリ、入出力制御機能など装置を構成する主要な要素を搭載した半導体チップ。ホストプロセッサとメディア処理のような特定の処理を行う機能分散プロセッサといった、複数のプロセッサを搭載することが多い。



組み込みシステムは、近年、非常な勢いで進化してきている。組み込みシステムを構成するマイクロコンピュータの高性能化、メモリの大容量化など半導体技術の高度化とあまって、組み込み

ソフトウェアは大規模・複雑化の一途をたどっている。

そのような状況下で事業を進めるために、組み込みソフトウェアの開発力がますます重要となっている。

組み込みソフトウェア開発力強化

東芝は、ソフトウェア開発力をより強

化するために“ソフトウェア開発プロセスイノベーション戦略”を策定している。これは、当社イノベーション戦略“i³”(i cube)^(注2)の開発プロセスイノベーションをソフトウェア開発の領域に展開したもので、次の三つのイノベーションから成る(図1)。

- (1) ソフトウェアプラットフォーム イノベーション
- (2) ソフトウェアプロダクション イノベーション
- (3) ソフトウェアピープル イノベーション

ソフトウェアプラットフォーム イノベーションは、上流設計技術と製品構築技術の強化・融合、及び差異化ソフトウェア開発の強化や、先進ソフトウェアプラットフォームの構築を促進する。

ソフトウェアプロダクション イノベーションは、ソフトウェア設計・品質技術を深耕し、また、ソフトウェア開発プロセス技術を強化して、成熟度が高く生産性に優れたソフトウェア開発組織の確立を促進する。

ソフトウェアピープル イノベーションは、グローバルな視点でソフトウェア

開発リソースの強化施策を立案・実行して、強力なソフトウェア技術者集団の形成を促進する。

組込みソフトウェアの領域では前述したとおり、組込みシステムの急激な進化に伴い、製品に搭載されるソフトウェア規模の増大、開発するソフトウェア量の拡大、及び複雑化、高機能化、高品質要求といった質の高度化など、急激な変化が起こっている。当社は、前記戦略を軸に、このような状況に対応した組込みソフトウェア開発力の強化を推進している。

組込みソフトウェア

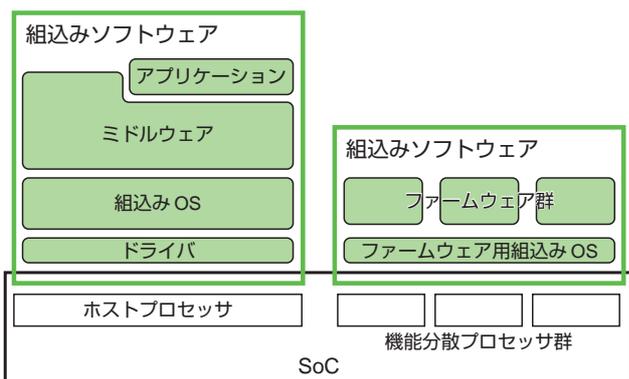
“組込みソフトウェア”は、組込みシステムの中核であるマイクロコンピュータやSoC内のホストプロセッサ上で動作するソフトウェアや、機能分散プロセッサ上で動作するいわゆるファームウェアを総称したものである。また、組込みシステムに使用されるオペレーティングシステム(OS)を、特に“組込みOS”と呼ぶこともある(図A)。

組込みシステムは、近年、非常に勢いで進化してきている。それを半導体技術の進化が支えているのは言うまでもないが、

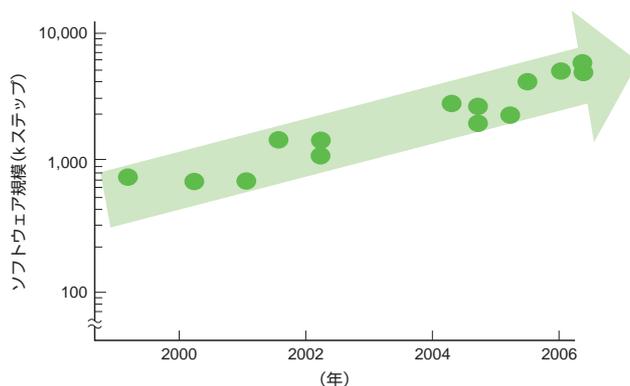
組込みソフトウェアが非常に大きく寄与していることも見逃せない。

組込みソフトウェアは、組込みシステムの進化に伴い、大規模・複雑化の一途をたどり、最先端機器ではその規模が数百万ステップに及ぶものもある(図B)。しかも、組込みシステムの開発期間は6か月未満のものも多く見られ、1年未満のものが過半を占める。またその性格上、高い品質要求や機器を構成するハードウェアの厳しい制約条件(CPUの性能制約や使用可能なメモリ容量制約など)を受けている。

組込みOSには、従来、μITRON^(注3)、VxWorksTM^(注4)やWindows[®]CE^(注5)といった組込みシステムを主対象としたOSが多く使用されてきているが、組込みシステムの多様化、高機能化に伴ってLinux^(注6)も注目されている。当社でも、オーディオ/ビジュアル系製品などのプラットフォーム基盤技術として注目している。また、一つのSoCに複数のプロセッサが搭載されるため、それらを制御するマルチプロセッサ対応のOSも注目されている。



図A 組込みソフトウェアとSoC



図B デジタル機器のソフトウェアの規模

(注2) i cube
当社は、“利益ある持続的成長”を実現するために、開発・生産・営業の各領域でプロセスイノベーションを起こして、その乗数効果を発揮させていく全社プログラム“イノベーション戦略(i cube)”を展開している。

(注3) μITRONは、Micro Industrial TRONの略称。TRONは、The Real-time Operating system Nucleusの略称。

(注4) VxWorksは、米国Wind River Systems, Inc.の登録商標。

(注5) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。

(注6) Linuxは、Linus Torvalds氏の米国及びその他の国における登録商標。

組込みソフトウェア開発技術とソフトウェア工学

ソフトウェア開発に関する技術は、次のように非常に幅広い。

- (1) 各製品領域に密接な関係のある技術 製品分野別システム技術、製品要素技術(特長技術, 差異化技術)など
- (2) 各製品領域に共通した技術 組込みOS技術, ネットワーク技術, データベース技術など
- (3) ソフトウェア工学の成果を活用し複数の製品領域に横断的に適用できる技術 設計技術, 品質管理技術, 開発プロセス技術など

ソフトウェア工学 (Software Engineering) ということばは、1960年代後半に登場し、そのころから、職人芸的なソフトウェア開発手法から工学的な開発手法へ転換するための研究が行われるようになり、多くの成果を生み出している。当社でもソフトウェア技術センターやその前身の組織で、ソフトウェア生産性の向上やシステム・ソフトウェア品質の向上を目的とした研究を推進し、その成果を製品開発に適用している。

一方、従来、組込みソフトウェアはハードウェアと密着した限られた領域にだけ使用され、その規模も比較的小さかったため、組込みソフトウェア開発に対する工学的なアプローチの必要性も比較的小さかった。ところが、近年の組込みシステムの急速な進化に伴い、組込みソフトウェアに対する要請も急激に変化し、非常な勢いで大規模・高機能化の波が押し寄せている。このような状況に対応するためには、ソフトウェア工学的な視点を持った開発手法が重要である。

■ 組込みソフトウェア設計技術

数百万ステップ規模の大規模な組込みソフトウェア開発では、商品企画はもちろん、ソフトウェア開発の上流工程である“ソフトウェア要求分析”と“ソフト

表1. ISO/IEC 9126のソフトウェア品質特性
ISO/IEC 9126 software quality characteristics

品質特性	品質副特性
機能性	合目的性, 正確性, 相互運用性, 標準適合性, セキュリティ
信頼性	成熟性, 障害許容性, 回復性
使用性	理解性, 習得性, 運用性
効率性	時間効率性, 資源効率性
保守性	解析性, 変更性, 安定性, 試験性
移植性	環境適応性, 設置性, 規格適合性, 置換性

ウェアアーキテクチャ設計”が重要な位置を占める。

組込みシステムの商品企画段階では、開発目的や、主要機能、開発期間、予算などシステム概要が決定され、システム要求分析及びシステム設計段階で、ハードウェアとソフトウェアの機能分担などが決定される。ソフトウェア開発の最上流工程に位置するのが、次工程のソフトウェア要求分析とソフトウェアアーキテクチャ設計段階である。この段階で活用されるのがアーキテクチャ設計技術である。

ソフトウェアに対する要求には、比較的明確な機能要求とあいまいで表現しにくい非機能要求がある。この非機能要求をいかに抽出しアーキテクチャに反映するかがソフトウェア開発のポイントとなる。非機能要求抽出にあたっては、将来起こりうる機能要求変更などの外的要因をリスクとしてとらえる。リスクを認識するには、多視点での検討が重要であり、ISO(国際標準化機構)のソフトウェア品質特性(表1)もその視点の一つとして検討する。抽出された非機能要求は、ユースケース分析などで明確にした機能要求と合わせ、非機能要求を満たす機能要求設計のための対策を導出し、ソフトウェアアーキテクチャに反映する。

アーキテクチャはその設計思想を共有するためにも有用である。また、先を見越したアーキテクチャは、システム間の流用及び再利用を促進し開発効率

を高めるためにも極めて有効である。

■ ソフトウェア品質管理技術

品質はISO8402^(注7)で、「製品またはサービスが明示または暗黙の要望を満たす能力として有している特徴及び特性の全体」と定義されている。この品質を確保するための品質技術は、検査・検証技術、解析技術、開発時及び運用時のリスク管理技術、プロセス構築技術など多岐にわたる。そのなかでも、組込みソフトウェア開発の全工程を対象に、チェックリスト評価やメトリクス測定などにより、品質を定量的に管理する“品質可視化技術”が重要である。特に、大規模・複雑化している組込みソフトウェアの領域では、品質可視化技術を活用し、上流で最終製品の品質を予測して、プロアクティブに品質を改善することが極めて重要になっている。

品質可視化の対象は、ソフトウェア開発プロセス、各工程で生成された仕様書、ソースコード、及び製品そのものといったプロダクトである。品質測定は品質課題ツリーや、品質メトリクス、品質特性評価リストなどを活用して行う。その測定は一般的に次の手順で行い、全品質課題に対する品質の因果関係を明確にする。

- (1) 品質課題を把握し、品質課題ツリーを作成する。
- (2) 各品質課題に対応し、品質メトリクスを用い定量的評価を行う。
- (3) 品質特性評価リストにより定性

(注7) ISO8402

ISOで制定した規格の一つで、ISOで使用されている品質用語の定義・解説をしている。

評価を行う。

ソフトウェア製品の品質を評価する品質メトリクスについては、ソフトウェア品質特性と副特性に対応して、ISO9126^(注8)のパート2で外部メトリクスが提示され、パート3で内部メトリクスが提示されている。

仕様書や設計書の品質を可視化するには、仕様策定や設計の作業結果として必要事項がどれくらい記述されているかを評価する、評価リストを用いるのが有効である。

■ ソフトウェア開発プロセス技術と組織力強化

組込みソフトウェア開発現場では、特定の個人に依存した開発体制、大規模開発のノウハウ不足、慢性的な開発リソース不足といった、組込みソフトウェア開発の急激な変化に追従できていない組織が散見される。

当社はソフトウェア開発プロセス技術として、米国カーネギーメロン大学ソフトウェア工学研究所が制定しているCMM^(注9)及びCMMI^(注10)に基づいた組織力強化施策を展開している。当社にいる公認のアセッサー(CMMIでは、アプレイザー)を中心に各部門の評価を行い、ソフトウェア技術センターに設置したコーポレートSEPG^(注11)、当社の社内

カンパニーや東芝グループ各社に設置したカンパニーSEPG、及び各開発部門を担当する部門SEPGの3階層SEPG体制で、それぞれの状況に則した組込みソフトウェア開発プロセス強化に取り組んでいる。また、CMMIで新たに導入された連続表現にも着目しており、組込みソフトウェア開発組織への適用可能性の研究を行っている。

組込みソフトウェア開発リソース強化

開発リソース強化には、海外リソースの有効活用と技術者の育成が重要である。

海外リソース有効活用については、インド及び中国を中心とした新興の組込みソフトウェア開発地域の技術者活用の拡大と、日本や、米国、欧州、アジアの各拠点を有機的に連携したワールドワイドな分散開発体制の構築を進めている。

技術者の育成には、実際の開発経験とともに、技術者個々人のスキルレベルに対応できる教育システムの拡充が重要である。当社は、東芝グループの組込みソフトウェア技術者を対象とした組込みソフトウェアスキル標準を2003年度に制定した。ここでは、スキ

ル項目、スキルレベル、職種・専門分野を定義している。このスキル標準を基に、各部門が必要とするスキル、必要な職種と人数、技術者個々人の期待職種とスキルレベルを決め、技術者が保持しているスキルレベルとのギャップを埋めるための育成・教育計画を策定し、従来の平均的で汎用的な教育システムから、技術者個々人の実情に合わせたテーラーメイド教育への転換を図っている。

また、組込みソフトウェアのグローバル開発体制に適した人材育成のため、先端IT(情報技術)教育と異文化コミュニケーション教育の両面をにらんだ集中教育もインドで行っている。

更に魅力ある製品開発に向けて

デジタルプロダクツ事業グループや電子デバイス事業グループなど当社の多くの事業領域で、数々の製品群に組込みシステムが使われて組込みソフトウェアの重要度が増大している。また組込みシステムは、その市場要請から更なる進歩を継続するものと考えている。当社は、今後もソフトウェアプラットフォーム イノベーション、ソフトウェアプロダクション イノベーション、及びソフトウェアピープル イノベーションの施策を軸としたソフトウェア開発プロセス イノベーション戦略を基に、変化の激しい組込みソフトウェアの開発力強化を促進し、品質の高い魅力ある商品をタイムリーに提供していく。

(注8) ISO9126

ソフトウェアの品質モデルを示すISOで制定した規格で、ソフトウェア品質を示す特性として“品質特性”と“品質副特性”を定めている。また、パート2、3では、ソフトウェア品質を定量的に評価するための外部メトリクス及び内部メトリクスが示されている。

(注9) CMM (能力成熟度モデル: Capability Maturity Model)

米国カーネギーメロン大学ソフトウェア工学研究所が開発した能力成熟度モデルで、以下の5段階のレベルが定義されている。

- レベル1 初期段階にあるレベル
- レベル2 再現可能なプロセスの組織
- レベル3 プロセスがよく定義された組織
- レベル4 管理がよく定量化された組織
- レベル5 最適なプロセスを維持できる組織

CMMは、米国カーネギーメロン大学の登録商標。

(注10) CMMI (Capability Maturity Model Integration)

ソフトウェア開発やシステム開発、製品開発などのプロセス能力成熟度モデルを統合したもの。CMMで定義された5段階のレベルを踏襲する段階表現と、個々の要素ごとの能力レベルを評価する連続表現がある。CMMIは、米国カーネギーメロン大学の登録商標。

(注11) SEPG (Software Engineering Process Group)

ソフトウェアプロセス改善活動を推進する組織。開発プロセスを強化するには、開発組織、SEPG、及び品質保証を行う組織(SQAG: Software Quality Assurance Group)の連携が効果的である。SEPGは、米国カーネギーメロン大学のサービスマーク。



江口 和俊
EGUCHI Kazutoshi

ソフトウェア技術センター所長。
IEEE、情報処理学会、日本データベース学会会員。
Software Engineering Center