

日立グループシナジーを生かした 組み込みシステム開発力強化の取り組み

Enforcement of Ability to Develop Embedded Systems Applying Group Synergy of Hitachi

小泉 忍 Shinobu Koizumi

川口 進 Susumu Kawaguchi

鍵政 豊彦 Toyohiko Kagimasa

菊池 淳 Jun Kikuchi

求められる組み込みシステムの開発力強化

「組み込みシステム」とは主に二つの意味で使われている。

一つはマイクロプロセッサが組み込まれることによって、さまざまな機能を実現した製品機器（としてのシステム）という意味であり、もう一つは、そのような機器に組み込まれたマイクロプロセッサを中心とする計算機システムそのものを指す場合である。本特集では、いずれの意味でも用いているが、主にそれらで必要となる「組み込みソフトウェア」に焦点を当てて述べている。

情報社会の未来像として語られてきた「ユビキタス社会」が、現実のものとなりつつある昨今では、実際に身の回りのあらゆるものが急速に「組み込みシステム化」してきており、組み込みシステムは一種の社会インフラであると言っても過言ではない。一方、組み込みシステムの中のソフトウェア規模は爆発的に増大し、品質の確保が課題となっている。

新聞・ニュースなどで話題となった、携帯電話のソフトウェアのバグによる回収騒動などを契機に、こうした「組み込みソフトウェアの危機」が広く認知されるようになってから、すでに5年以上が経過している。

このような課題に対応するため、2004年10月にIPA (Information-technology Promotion Agency, Japan: 独立行政法人情報処理推進機構) 内にSEC (Software

Engineering Center) が設立され、日本全体として、組み込み分野のソフトウェアエンジニアリングに対する取り組みが強化されてきた。

日立グループでも、IPA/SECの設立と同時期に「組み込みシステム改革活動」を開始した。多様な組み込みシステム製品と開発技術を有すると同時に、大規模ソフトウェア開発の経験も豊富であることから、それらのシナジーを生かし、組み込みシステム製品の開発力強化を図り、グループ一体となって組み込みソフトウェアの生産性向上・品質向上に向けたさまざまな活動を推進している。

組み込みシステム開発の課題

組み込みソフトウェアの規模は、組み込みプ

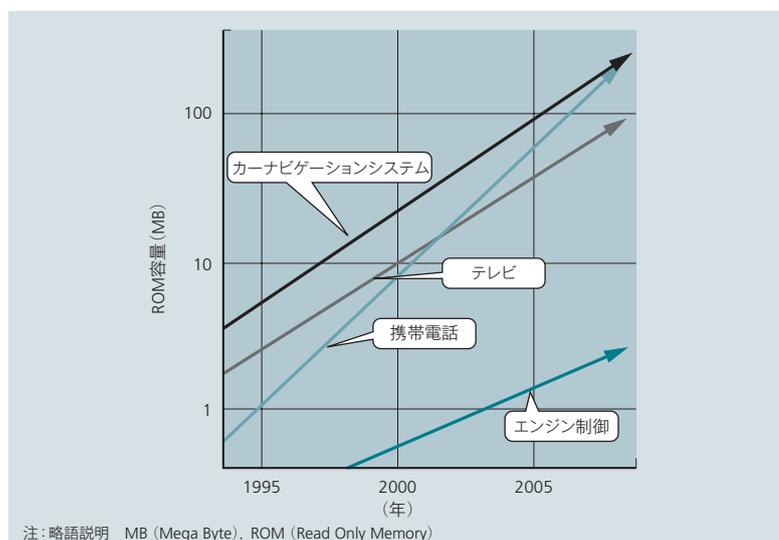


図1 組み込み製品におけるソフトウェア規模の推移
 コンシューマ向け製品では、半導体における「ムーアの法則」に沿って組み込みソフトウェアの規模が拡大している。

ロセッサメモリの規模に左右されるため、半導体の集積度における「ムーアの法則＝18～24か月ごとに2倍」に支配されていると考えてよい。図1に示すように、機能・価格競争の激しい「コンシューマ系製品」ではこの仮定がよく当てはまる。

従来のソフトウェアエンジニアリングの分野では、ソフトウェアの規模増大にかかわる「ソフトウェアの危機」は、古典的な課題として知られている。なお、この「ソフトウェアの危機」という言葉の初出は、1968年に開催されたNATO（北大西洋条約機構）科学委員会主催の「NATOソフトウェアエンジニアリング・カンファレンス」である。

計算機が発明されて以来、その性能・規模の増大および価格の低下に伴って、応用分野が広がってきた。一度ある分野で計算機の応用が始まると、機能競争が激化することにより、ソフトウェアの規模拡大が始まり、数年後には臨界点に達して各種問題が噴出するという構図が、何年かごとに異なる分野で繰り返されてきたのである。

このようなソフトウェア規模の爆発がもたらすものは、以下の3点と考えられる。

(1) 複雑度の上昇

ソフトウェアの構造にもよるが、プログラムの実行可能なパスの数は規模に応じて組み合わせ的に増大する。これは、例えば、テストすべき項目数が爆発的に増大することを意味しており、テスト工数が開発期間を圧迫することになる。逆に、テスト工数を限定した場合、品質の低下を招くこととなる。

(2) 開発組織の拡大

個人差や習熟度の違いはあるが、ある程度経験を積んだ技術者のソフトウェア生産力は、それほど大きく変動することなく一定だと考えてよい（応用分野によって異なるが、0.5～1 Kstep/人・月という数字が一つの目安である）。これは、ソフトウェアの開発規模の増加に伴って、開発人員・組織も比例的に大きくする必要があらうことを意味する。開発組織の拡大は、コミュニケーションや管理のオーバーヘッドの増大

をもたらし、それだけでも開発効率の低下につながる。また、大規模ソフトウェア開発では、規模に応じたプロジェクト管理のスキルが要求されるが、ムーアの法則のように急速に組織規模が拡大（7～8年で約10倍）した場合、スキル獲得や人材育成が間に合わないケースがほとんどである。

(3) 開発期間の短期化

さらに、最近の組込みソフトウェアでは、開発期間の短期化も大きな課題である。過去の大規模ソフトウェアの開発においては、対象が社会インフラや企業システムであり、比較的長い開発サイクル（2～4年）であった。一方、身近な組込みシステムである、携帯電話・デジタルテレビなどのコンシューマ機器は、新製品の投入が6か月ごとであり、ベースとなる製品の開発サイクル自体も6か月から1年と、以前の大規模ソフトウェア開発に比べて開発期間の短期化が顕著であり、ソフトウェア規模増大の問題をより深刻にしている。

これら三つの結果が、品質の低下（ソフトウェアが起因の故障の増大）という形で表出したのが、現在の組込みソフトウェアの問題である。

日立グループにおける組込みソフトウェア改革の歴史と組込みシステム開発への取り組み

日立グループの製品分野は多岐にわたっており、鉄道の運行管理や座席予約システム、各種製造プラントの制御システム、電力・送電線の系統監視制御システム、金融機関のオンラインシステム、大形計算機やその周辺機器の関連ソフトウェアなど、30年以上前から大規模なソフトウェア開発を経験してきている。

日立製作所における組込みソフトウェア改革の歴史は非常に古く、1980年には、各工場に「ソフトウェア技術センタ」を設置している。当時の役割は、CAD/CAM^(a)、DA^(b)などに必要な技術計算の普及・支援という側面が大きかったが、「製品用組込みソフトウェアの生産性向上」や「ソフトウェア新生産技術の普及」なども目標に掲

(a) CAD/CAM

CADはComputer-aided Designの略で、コンピュータの支援を受けて設計すること。CAMはComputer-aided Manufacturingの略で、コンピュータの支援を受けながら製造すること。CAD/CAMは二つの統合を意味し、CADで設計された製品のデータを製品の製造ラインのCAMに用いることなどにより、設計から生産までの大幅な工期短縮を可能にする。

(b) DA

Design Automationの略。設計自動化。半導体や電気回路などの設計をコンピュータプログラム化することによって自動化する手法。

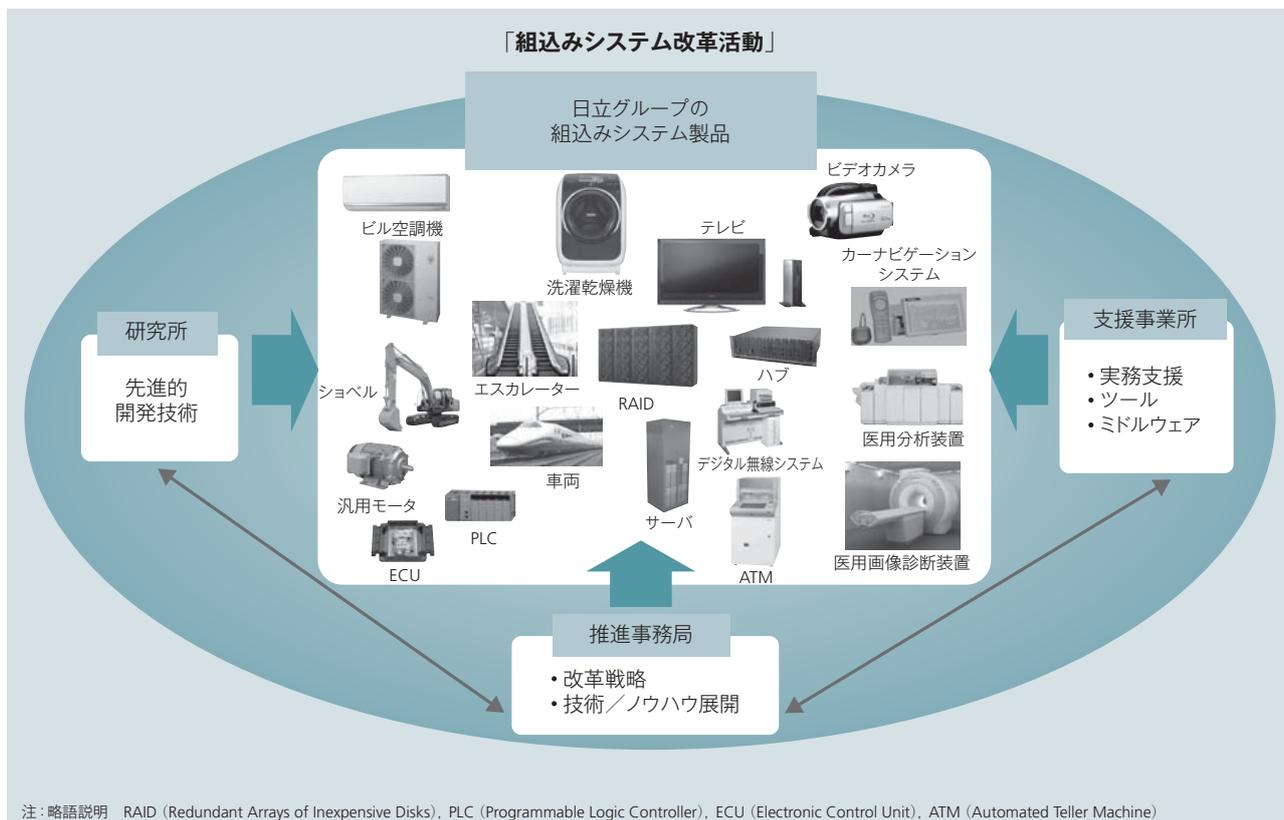


図2 組込みシステム改革活動

日立グループの各種組込みシステム製品開発に対し、主にグループ内のソフトウェア関連のエンジニアリング会社から構成される支援事業所、研究所、推進事務局が一体となって改革の支援を実施している。

げ、これらを実現するために全社的な取り組みが始められた。

IPA/SECの設立とほぼ同時期の2005年からは、取り組みの対象を製品に組み込まれるソフトウェアの開発に絞り、日立製作所内に推進事務局を設立した。大規模なソフトウェア開発の経験を数多く持つ日立製作所の各事業所、および日立グループのエンジニアリング会社各社の実務的な支援を受け、先進的なソフトウェア開発技術を研究所が担当し、グループを挙げて製品開発に取り組んでいる(図2参照)。

改革推進事務局では、P (Process) = 開発プロセス, A (Architecture) = アーキテクチャ, D (Design) = 設計・開発技法, E (Education) = 技術者教育の四つの視点からの改革が必要だと考えている(図3参照)。

(1) 開発プロセス (P)

開発プロセスとは、企画・要求分析→設計・コーディング→テストという開発全体の流れのことであり、ここでは特にその管理面に焦点を当てている。

開発人員が数名程度であれば、開発プロセス自体は生産性向上の大きなファクターにはならないが、組織的な開発となると話は別である。前述のように、ソフトウェア規模の増大は開発組織の拡大に等しく、数名による開発体制の延長の形で、開発プロ

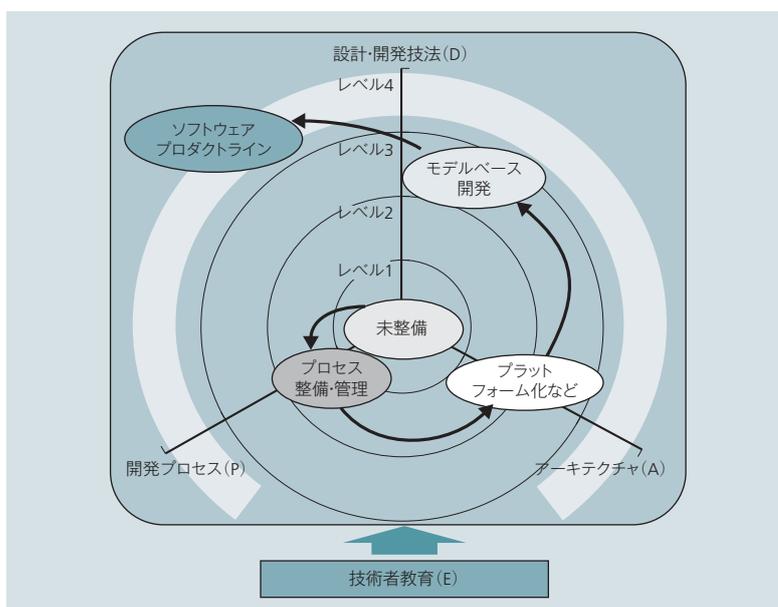


図3 組込みシステム改革の視点とスパイラルモデル

過去の経験から、P, A, Dの順にステップアップしていくことが、組織レベルでの改革定着化に重要だと考えている。その全体を支えるのが技術者教育(E)である。

(c) POL

Problem-oriented Languageの略。問題向け言語。ハードウェアを意識せずに、特定の問題のみを処理の対象として、その解決を図る手続きを記述するために開発されたプログラミング言語。

(d) DSL

Domain Specific Languageの略。ドメイン固有言語。C言語などの汎用プログラミング言語とは反対に、特定の領域の問題解決や、特定の作業の実行に特化したプログラミング言語を指す。

(e) MBD

Model-based Developmentの略。モデルベース開発。ソフトウェア開発において、機能をシミュレーション可能なモデルで表現し、検証と修正を繰り返しながら開発を進めていく手法。ソフトウェア開発効率を向上する手法として注目されている。抽象度の高いモデルとしてソフトウェアの構造を可視化することで、ソフトウェアの再利用性が高まるなどの利点がある。

(f) ETSS

Embedded Technology Skill Standardsの略。組込みソフトウェア分野で個々のエンジニアが保有するスキルや、求められるスキルを可視化する指標。組込みソフトウェアの開発力強化をめざす取り組みの一環として、人材育成や人材活用の活性化を目的に、有識者による「組込みソフトウェア開発力強化推進委員会」が検討を進め、経済産業省によって策定された。

セスが未整備のために起きている問題は数多い。

例えば、設計上の問題点の発見および対策は、下流へ進むほど、また関与者が多いほど、改修コストが多くかかるが、開発プロセスを詳細化し、レビューなどを義務化することで、多くの問題点を上流段階で解決できるようになる。また、実行中のプロジェクトの問題発見には「見える化」が不可欠であるが、これも開発プロセスを整備することで初めて可能となる。この分野には、大規模ソフトウェア開発の経験が豊富なエンジニアリング会社の支援がきわめて有効である。

(2) アーキテクチャ(A)

アーキテクチャとは、製品に組み込まれているソフトウェア全体の構成のことである。

製品ソフトウェア規模の拡大に対応するには、新規に開発するソフトウェアをできるだけ限定すること、言い換えれば、既存のソフトウェアを最大限に再利用することが重要である。ソフトウェア全体を小さなモジュールに分割し、相互の依存性を制限することにより、モジュール単位での再利用を可能にすることがアーキテクチャ設計では重要である。また、階層構造とすることにより、ハードウェアへの依存性を局所化し、設計・開発方式との組み合わせによって、一部のモジュールについてはソフトウェアの自動生成を実現している。

(3) 設計・開発技法(D)

一人の人間が設計・開発できるソフトウェア量には限界があり、ほぼ一定であることは前述のとおりである。逆に、設計開発に用いる言語の抽象度を上げることで、機能的な意味での生産性向上が可能である。

例えば、アセンブリ言語に代えて、C言語などの高級言語の活用や、アプリケーションを限定した自作のソースコード生成ツールなどによっても、3倍程度生産性を上げることができる。ただし、単純に3~5倍のソースが生み出されるからではなく、より高い抽象度でレビューや検証ができること(下流への持ち越し・手戻りの減

少)の方がより重要である。この考え方は、古くはPOL^(c)やDSL^(d)などとしても知られているが、MBD^(e)の根幹でもある。

(4) 技術者教育(E)

前述したIPA/SECにおける組込み領域の活動の一環として、組込みスキル標準ETSS^(f)が制定された。日立グループもその策定に参加し、ETSSに準拠した日立グループ向けのスキル標準と評価支援システムを活用している。また、それに沿った教育メニューやカリキュラムの整備も進めている。

図3はこれらの視点による改革の進め方を示している。

まず、初期の段階ではPの視点を重視する。すなわち開発プロセスを整備し、開発状況を可視化することにより、組織や管理の問題解決が図られるだけでなく、改革の進捗や効果の分析が可能となる。次の段階ではAの視点を重視する。既存のソフトウェア資産を分析し、共通的・継続的に利用可能な「プラットフォーム」と、製品ごと・世代ごとに開発する「アプリケーション」とを分離する。この結果、個々の開発がアプリケーションの部分に集中するので、さらなる効率化のためにD、すなわちアプリケーション開発に対する設計・開発技法の改革を次のステップとする。また、これら改革を進めるために、各段階で必要となる教育(E)を推進する。

最終的には「ソフトウェアプロダクトライン化」をめざす。すなわち、個々の製品に対するソフト開発に閉じるのではなく、各事業部が展開している製品群や将来に至る製品系列に合わせて、ソフトウェアの開発もプロダクトライン(=製品系列)化を図っていくことが重要である。

日立グループが持つ組込みシステム技術

この特集では、前述のP、A、D、Eの四つのうち、P、A、Dについて、日立製作所および日立グループの代表的な組込みシステム技術を紹介する(表1参照)。

開発プロセス(P)については、グルー

プ内のソフトウェア関連のエンジニアリング会社が提供するプロセス改革実務支援のソリューションとともに、「組込みソフトウェア開発プロセス改善の取り組みと支援サービス」(38ページ参照)で詳しく紹介する。

アーキテクチャ(A)および、開発技法(D)は、ソリューションなどで社外に提供できるものについては「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」(44ページ参照)で取り上げる。また、現在社内で展開中の開発技術に関しては、研究所の活動を中心に「多様な製品展開を支える再利用型組込みソフトウェア生産技術」(30ページ参照)と「制御システムの高度化・高信頼化を支えるモデルベース開発技術」(34ページ参照)でそれぞれ紹介する。

組込みソフトウェア開発力の強化をめざして

計算機の応用分野の広がりに伴って、過去さまざまな分野で「ソフトウェアの危機」が発生しては乗り越えられてきた。その経

表1 本特集で紹介する組込みシステム技術

本特集で紹介する主な技術を示す。

改革の視点	手法・技術・ツール	本特集の論文タイトル
開発プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ・CMMI ・プロセスQA ・ピアレビュー ・派生開発手法 ・プロセス改善支援 	「組込みソフトウェア開発プロセス改善の取り組みと支援サービス」
アーキテクチャ	<ul style="list-style-type: none"> ・組込みデータベース ・リモート制御ミドルウェア ・HMI開発ツール ・ハードウェア・ソフトウェア開発プラットフォーム ・組込みボード 	「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」
設計・開発技法	<ul style="list-style-type: none"> ・SPL ・リファクタリング ・資産形成 	「多様な製品展開を支える再利用型組込みソフトウェア生産技術」
	<ul style="list-style-type: none"> ・MBD ・協調設計・検証 ・一貫シミュレーション 	「制御システムの高度化・高信頼化を支えるモデルベース開発技術」

注：略語説明 CMMI (Capability Maturity Model Integration), QA (Quality Assurance), HMI (Human-machine Interface), SPL (Software Product Line), MBD (Model-based Development)

験を生かし、日立製作所および日立グループでは、多様な領域に広がる製品分野のシナジーを発揮し、現在直面している身近な組込み機器の危機に対応している。

組込みシステムの開発力強化は、日立グループのみならず、日本全体の重要な経営課題となっている。日立グループは、改革活動の成果の一部を、関連するエンジニアリング会社などを通じて社外にも提供し、日本全体の組込みソフトウェアの開発力向上に貢献していく考えである。

参考文献など

- 1) IPA/SEC, <http://sec.ipa.go.jp/index.html>
- 2) IPA/SEC: 組込みスキル標準ETSS概説書 2008年度版, 翔泳社 (2008.5)
- 3) IPA/SEC: 改訂版 組込みソフトウェア向け開発プロセスガイド, 翔泳社 (2007.11)
- 4) 経済産業省, IPA: 2007年版 組込みソフトウェア産業実態調査 報告書, IPA/SEC (2007.10)

執筆者紹介



小泉 忍
1982年日立製作所入社, モノづくり技術事業部 組込みシステム改革戦略センタ 所属
現在, 組込みシステム改革活動に従事
情報処理学会会員



鍵政 豊彦
1980年日立製作所入社, モノづくり技術事業部 所属
現在, 組込みシステム改革活動に従事
情報処理学会会員



川口 進
1981年日立製作所入社, モノづくり技術事業部 組込みシステム改革戦略センタ 所属
現在, 組込みシステム改革活動に従事
博士 (情報学)
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員



菊池 淳
1990年日立製作所入社, モノづくり技術事業部 組込みシステム改革戦略センタ 所属
現在, 組込みシステム改革活動に従事
IEEE会員