

我が国の社会的特性に着目した組込みシステム開発の方向性 —エレクトロニクス化された耐久消費財におけるソフトウェア開発の強化策—

第4期科学技術基本計画では、産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化の一つとして、多様な市場のニーズへの対応が取り上げられ、その中で組込みシステム開発技術の高度化が示されている。グローバルな知識経済化の下では無形資産の重要性が高まっており、その代表としてソフトウェアがあるが、ソフトウェアは組込みシステムの主要構成要素でもある。

ところで、我が国では貿易収支のほとんどを第二次産業が担っている。しかし、すでに我が国の製造業は東アジア諸国等の新興国との競争にさらされており、そこでは単なる生産コストや市場獲得戦略の違いだけでなく、新興国の技術力向上も、競争の大きな要因になっている。このようなことが生じている典型的な産業分野として、家電製品や自動車などの耐久消費財（以下、耐久消費財）がある。近年、これらでは組込みコンピュータが多用されるなど、高度にエレクトロニクス化されており、各製品の開発コストに占める割合において、それらのコンピュータを動かすための組込みソフトの割合が極めて高くなっている。しかし、これに関しても東アジア諸国の技術力が向上し、これまでの我が国の優位性が脅かされつつある。

組込みソフトとは、自動車のエンジン制御や携帯電話での情報処理など、特定用途向けに特化された組込みコンピュータ上で走行するソフトウェアで、パソコンなどの汎用コンピュータに比べ、さまざまな面で制約条件が厳しい。一方、製品の高度化・高機能化を受け、ソフトの高度化・複雑化・肥大化が進み、短納期化や品質向上、さらにコスト削減などの要求が高まっている。組込みソフト開発の競争力の長期的な維持・向上には、科学技術イノベーションとともに、新興国とのいたずらな価格競争を避けるため、コミュニケーションにおけるハイコンテクスト性・生産者と消費者が共に持つ高い品質意識・ニーズが多様化した消費志向・カスタムソフトの豊富な開発経験といった我が国の社会的特性を認識し、活用することが重要である。

組込みソフト開発は、部品を微妙に相互調整し、全体として性能を高め高品質な製品をつくりあげる「すり合わせ」力を発揮し易いが、そこではハイコンテクスト性やカスタムソフトの開発経験が活かせる。また、開発者には掴み切れない多様なニーズを速やかに把握し製品に反映する、消費者を巻き込んだニーズドリブン型ラピッドプロトタイピングが考えられるが、ここでは高い品質意識や多様化した消費志向が有効である。このように我が国の社会的特性を活かす一方で、ハイコンテクスト性の背景にあるコミュニケーションの論理性欠如への対策として、初中等教育段階から国語を中心とした幅広い科目の連携や、高校の情報教育における論理教育の強化も図るべきである。

我が国の社会的特性に着目した組込みシステム開発の方向性 —エレクトロニクス化された耐久消費財におけるソフトウェア開発の強化策—

刀川 眞
客員研究官

1 はじめに

第4期科学技術基本計画では、産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化の一つとして、多様な市場のニーズへの対応が取り上げられている¹⁾。そこでは、要素技術の統合化、ハードとソフトの連携に関する研究開発などとともに、組込みシステム開発技術の高度化が示されている。

ところで、いずれの先進国においても、持続的発展のためには国際競争力を持つ産業の強化は必須であるが、日本では貿易収支のほとんどを第二次産業が担う構造が続いている。ただし、その方向性には大きな変化が生じており、2011年度の経済財政白書では、グローバル化と生産性や研究開発との関係がより詳しく論じら

れ、グローバルな知識経済化の下で無形資産の重要性が高まっていることが強調されている²⁾。ソフトウェアは、無形資産に分類される代表的資産の一つであり、当然ながら、今後の成長が見込まれるグローバル市場への対応や、新たな付加価値の創出が求められる。

しかし、すでに我が国の製造業は東アジア諸国等の新興国との競争にさらされており、そこでは単なる生産コストや市場獲得戦略の違いだけでなく、新興国の技術力向上も、競争の大きな要因になっている。このようなことが生じている典型的な産業分野として、家電製品や自動車などの耐久消費財（以下、耐久消費財）がある。近年、これらでは組込みコンピュー

タが多用されるなど、高度にエレクトロニクス化されており、各製品の開発コストに占める割合において、それらのコンピュータを動かすための組込みソフト開発の割合が極めて高くなっている。この部分に関しても東アジア諸国の技術力は向上し、これまでの我が国の優位性が脅かされつつある。

これらの状況を踏まえ、本稿では、産業競争力の強化に向けた共通基盤の一つとして、エレクトロニクス化された耐久消費財における組込みソフトウェア開発を取り上げ、我が国の社会的特性を生かした強化策では、どのような点に着目し、何を達成していくべきかを考えていく。

2 組込みソフトについて

2-1

組込みソフトとは

パソコンに代表される汎用コンピュータは、その上で実行される

アプリケーションプログラムによってさまざまな機能を実現する。例えば一台のパソコンを、走行するアプリケーションプログラムによって電子メール・ウェブブラウジング・文書処理・事務処理・科学技術計算などさまざまな用途に

使うことができる。これに対し、組込みコンピュータは、自動車・携帯電話・家電製品・産業機械などに組込まれており、エンジンの制御や通話の実現など、特定用途向けに特化された使われ方をする。コンピュータである以上、そ

の上で動作させるソフトウェアが必要であり、それが組込みソフトである。

組込みコンピュータは、宇宙・防衛・通信など高度・高機能が求められる分野から、一般ユーザ向けの民生用までさまざまな機器内部で用いられている（図表1）。大量生産が必要な一般ユーザ向けは、低コスト化が厳しく要求されるのに対し、特定ユーザ向けは信頼性が重視され、中でも高機能かつ大規模な製品には極めて高い信頼性が求められることが多い。

近年は組込みコンピュータが使用される分野や製品が広がると同時に、一つの製品の中で用いられるコンピュータ数も増大している。例えば自動車では、エンジン制御用をはじめとして、エアコン・エアバッグ・ABS（Anti-lock Braking System）・パワーウィンドウ・カーナビゲーション・オー

ディオシステムなど、自動車1台につき数十個から百個を超えるコンピュータが搭載されるようになっている（図表2）。

2-2

組込みソフトに求められる要件

組込みコンピュータは製品の一部として他の部品とスムーズに連動することが必要であり、組込みソフトには次のような要件を満たすことが求められる。

(1) リアルタイム性

リアルタイム性とは、必要な処理を規定時間内に終えることである。パソコンでは起動に多少時間がかかることや、処理時間がいまいなことは許容される。し

かし、ほとんどの組込みコンピュータは、電源投入後、直ちに立ち上がることが必要で、処理時間もはるかに厳密に規定される。特に制御系機器では、外部からの要求が頻繁かつ同時に発生することが多い。そのような状況でも組込みソフトには瞬時に処理を済ませ、製品としてのリアルタイム性を維持することが求められる。

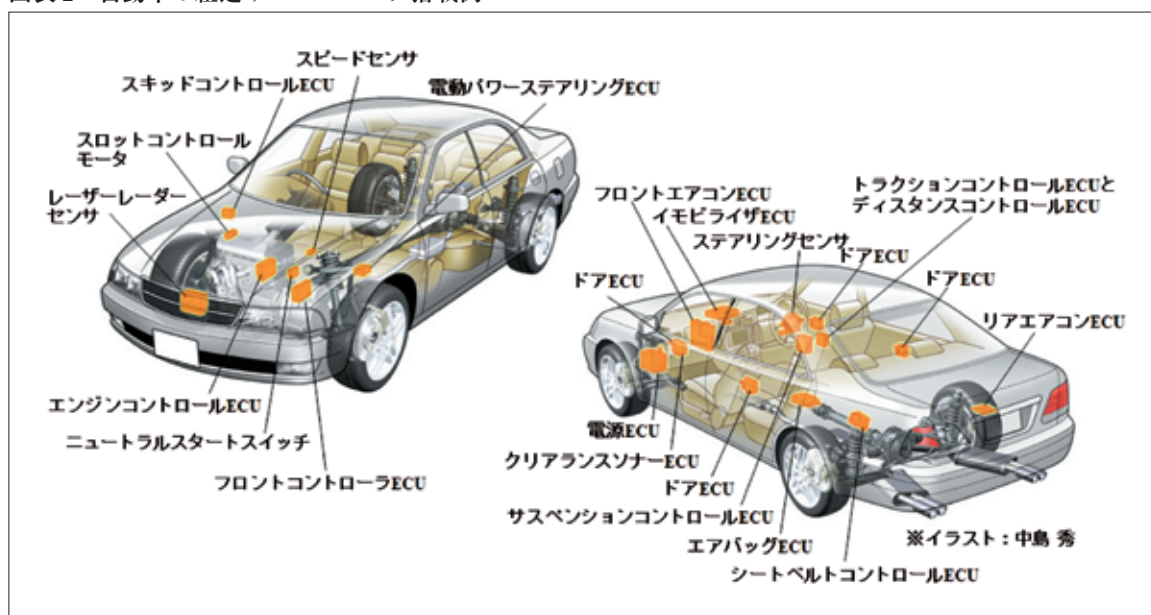
(2) 高信頼性・安定性

自動車のブレーキ制御に代表されるように、組込みコンピュータが使用される製品には人間の生命確保に直結するものがある。その一方で、激しい振動にさらされたり、炎天下や極寒で使われるなど、過酷な使用環境を前提にしなければならないものもある。また、多数のセンサーから信号が非同期に入力されたり、誤操作により想定外の使われ方がされる場合

図表1 組込みコンピュータ搭載機器の例

	特定ユーザ向け (少量生産)	一般ユーザ向け (大量生産)
高機能、 大規模	・通信インフラ ・人工衛星	・携帯電話 ・自動車
低機能、 小規模	・ビル照明制御 ・計測機器	・洗濯機、冷蔵庫 ・パソコン周辺機器

図表2 自動車の組込みコンピュータ搭載例³⁾



もある。このようなときパソコンなら、例えばフリーズして動かなくなっても電源を再投入し立ち上げ直すということが許容される。しかし、自動車などの組み込みコンピュータでは、基本的にあらゆる入力条件・状態を想定した高い信頼性・安定性が求められる。

(3) 開発に対する厳しいリソース制約

組み込みコンピュータが利用される製品には、携帯電話のように物

理的サイズが制約されるものがある。また一般向け大量生産品では、コスト削減のためぎりぎりまで内部スペックを落とすものがある。そのような場合は、メモリをはじめとするリソースを十分に搭載できず、組み込みソフトの開発も厳しいリソース制約を前提にしなければならない。

(4) 高完成度

パソコンなど汎用コンピュータでは大部分のソフトをハードディ

スクなどの外部記憶装置に格納しておき、必要の都度、メモリに呼び出して動作させる。このため修正ソフトの入れ替えなどは外部記憶装置上で行えばよい。しかし組み込みソフトは製品の製造段階でROM (Read only Memory) などを実装・固定化されており、ほとんどの場合、ユーザによる追加・変更・削除が行えない状態になっている⁴⁾。したがって、ユーザによる保守はないという前提で開発時に高い完全度が求められる。

3 我が国の組み込みソフト開発の現状と課題

3-1

開発費の大きさ

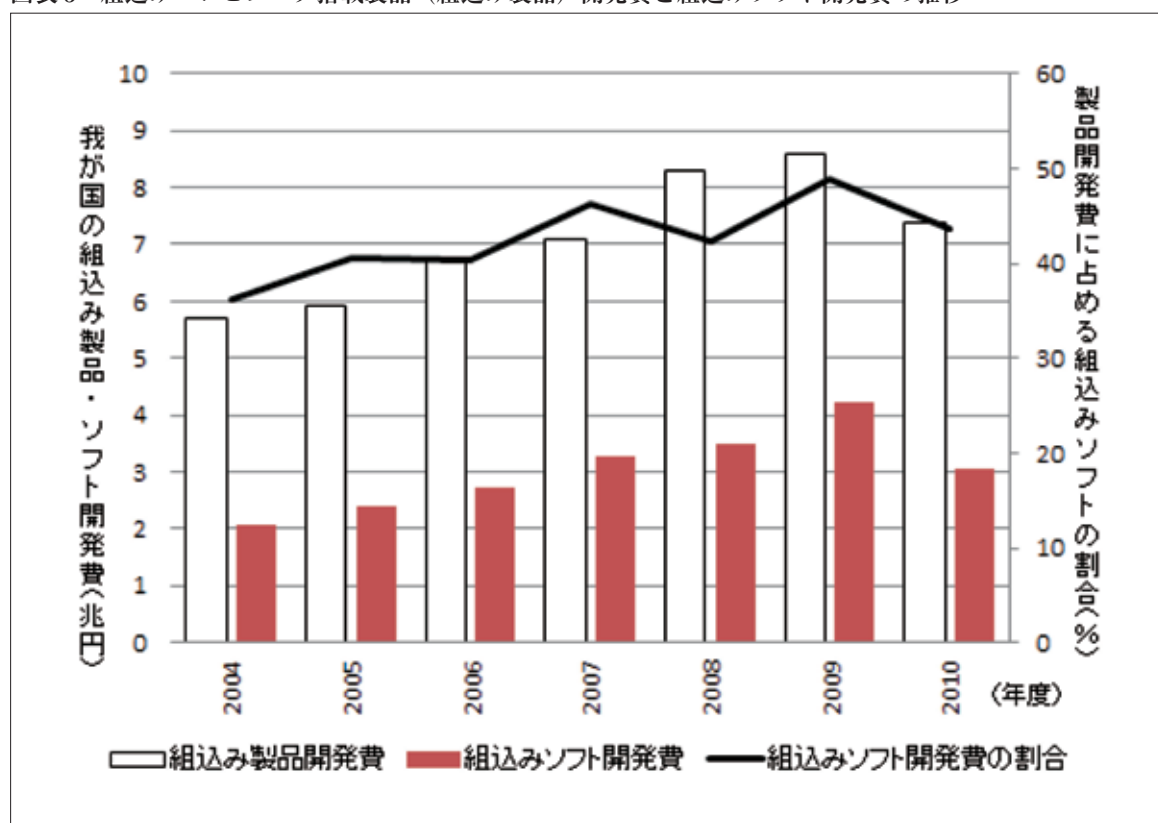
組み込みソフトは多くの製品で利用されているが、組み込みコンピュータと共に製品と一体化され

ているため、永らく産業として個別に把握されず、2007年度になってようやく日本標準産業分類に加えられた⁵⁾。

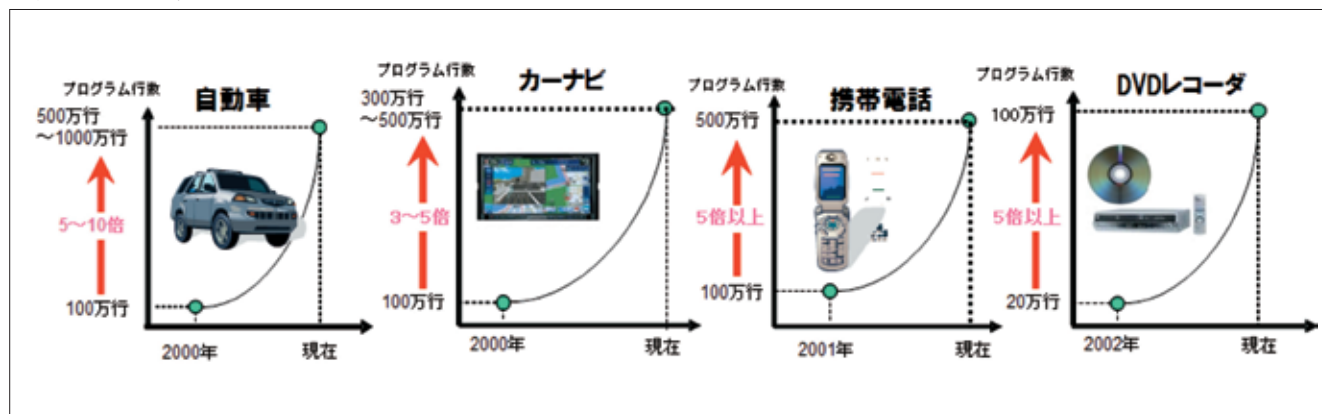
近年、組み込みソフト開発費は、4兆円を超えることもあり、その後も概ね増加傾向にある。これは我が国のソフトウェア業の売上高

(15.6兆円：2009年⁶⁾) から見て無視し得ない大きさである。また、製品開発費に占める組み込みソフトの割合も増加しており、全開発費における割合は4割を超えている^{4,7)} (図表3)。

図表3 組み込みコンピュータ搭載製品（組み込み製品）開発費と組み込みソフト開発費の推移



参考文献⁸⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表4 急拡大する組込みソフトウェア規模¹¹⁾

3-2

開発を取り巻く状況の変化

自動車や家電製品など、組込みコンピュータが搭載される耐久消費財は、開発競争が激しく高度化・高機能化が進んでいる。また、製品のライフサイクルの短いものが多い。そこで低コストを武器に各国が参入し、近年では新興国の技術力も向上しつつある。

組込みソフト開発を取り巻く状況は、以下のように大きく変化しつつある。

(1) 高度化・複雑化・肥大化

製品の高度化・高機能化を受け、組込みソフトも高度化・複雑化・肥大化している。例えば最近の携帯電話のソフトの開発量は機種個別部で数十万ステップを超え、OSやミドルソフトも含めると代表的な企業情報システムである都市銀行の基幹系システムの開発量をはるかに凌駕する⁹⁾。あるいはガソリン・エンジンと電動モータを搭載したハイブリッドカーのソフトは1,000万ステップを超えており、これは1990年頃に各都市銀行がそれぞれ保有していたソフトウェア量に匹敵する¹⁰⁾。さらに1つのコンピュータの中に複数のコア（演算回路）を持つマルチプロセッサや、製品が相互にネットワークを組むことなども、

ソフトウェアの高度化・肥大化・複雑化の要因となっている。（図表4）

(2) 短納期化

特に我が国の国内市場では、商品ライフサイクルが短納期化している。家電や情報端末などの個人向け市場では年4回の新商品販売タイミングのため、組込みソフトも開発期間がわずか3ヶ月に過ぎないことも珍しくない¹²⁾。

(3) 品質向上とコスト削減要求

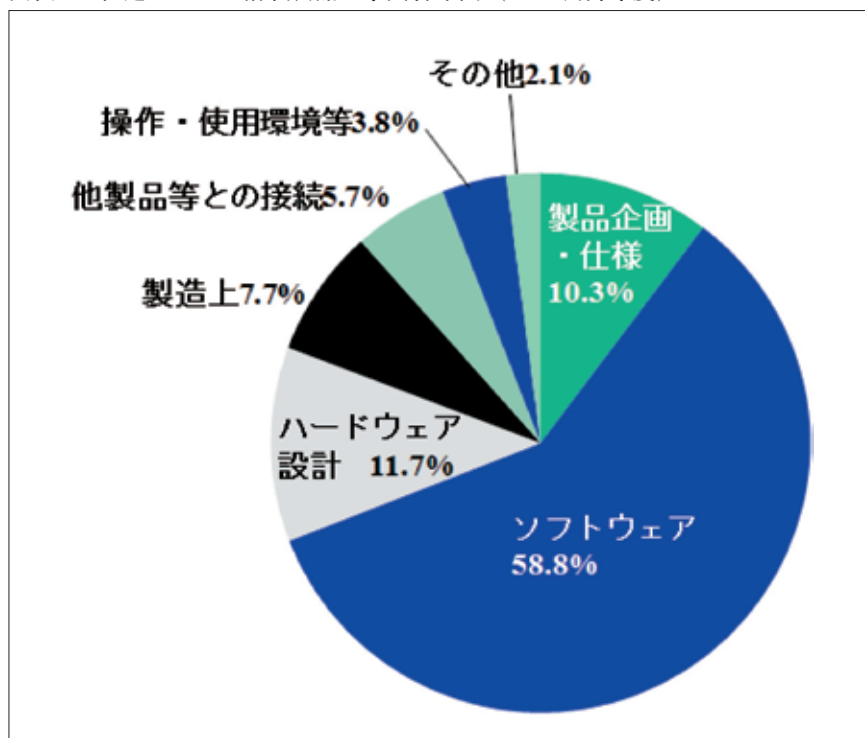
組込みソフト搭載製品で発生した不具合の原因として、ソフト

ウェアの不具合が6割近くを占めている（図表5）。そのため品質の向上と、さらに開発コストの削減が挙げられる。これらは従来も求められていることではあるが、ソフトの高度化・複雑化・肥大化・短納期化に伴い、一層、意識されるようになってきた。

(4) オフショア化

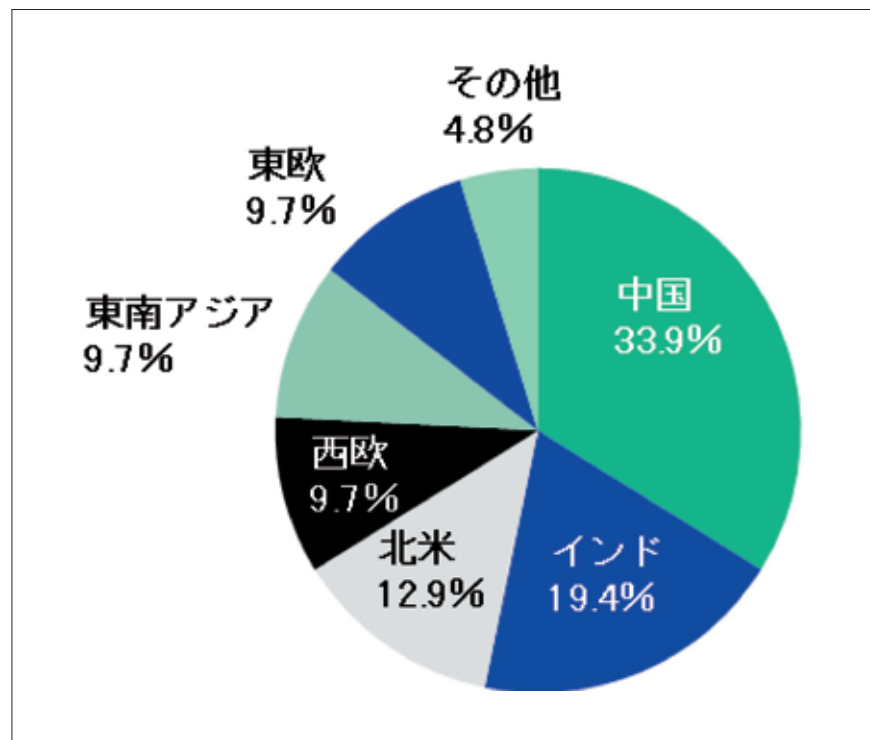
他のソフト同様、組込みソフトの開発も基本的に労働集約的色彩が濃い。特に我が国ではソフトウェア開発に対し過酷な労働イメージが要因となって、需要の増加とは裏腹に開発従事者が大幅

図表5 組込みソフト搭載製品の不具合原因（2008会計年度）



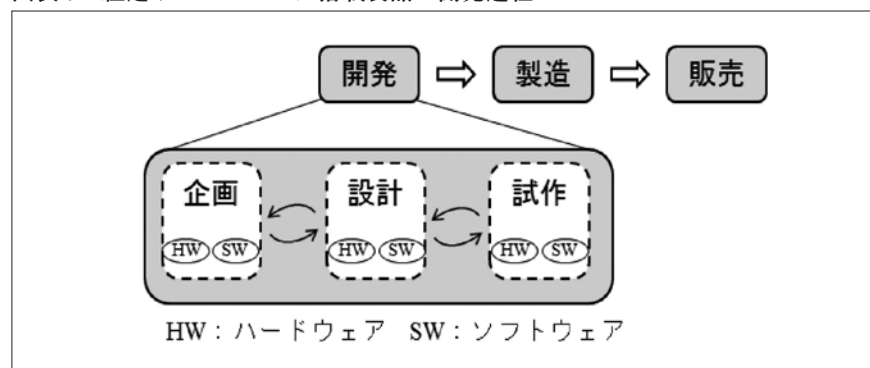
参考文献⁷⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表6 我が国の組込みソフト開発の海外委託先



参考文献¹³⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表7 組込みコンピュータ搭載製品の開発過程



に増える状況にはない。このことから、開発費の削減要求と併せて中国やインドを中心に海外アウトソーシング（オフショア化）が進みつつある（図表6）。

3-3

我が国の現状の研究開発体制の課題

我が国では製造業が貿易収支の主力産業であり、輸出の約6割を占める自動車や電子機器などでは組込みソフトの役割がかなり大きい¹⁴⁾。

一般にある製品を開発するには、企画から試作までいくつかの課程を踏むが、組込みコンピュータを搭載する場合、各段階でハードウェア、ソフトウェアが関係してくる（図表7）。組込みソフトの開発はモノと密着しているため「すり合わせ」力を発揮し易く、それによる高品質化が日本製品の国際競争力に寄与している。

「すり合わせ」とは企画、設計、試作という各開発段階で発生し得るものであり、部品を微妙に相互調整し全体として性能を高め高品質な製品をつくりあげる作業または業務プロセスを指す¹⁵⁾。これに対して部品間のインターフェース

を明確に規定し、最適な部品を調達し組み立てることを「組合せ」と呼ぶ。

3-2で示した開発を取り巻く状況の変化の多くは、「すり合わせ」力を減じる方向に作用する。なぜなら、我が国では組込みソフトは当初、ハードウェアの付属物という位置づけで作成され、その後、開発規模の増大に伴いハードから分離されたものの、ハード知識を持ったソフトウェア・エンジニアによる職人文化とでもいべきカルチャーの中で作成されてきた。しかし、ソフトウェアがあまりにも複雑化・肥大化すると、職人的アプローチでは限界がある¹⁶⁾。「すり合わせ」作業は関係者が相互に意思疎通を図りながら製品の最適化を目指して調整を繰り返すことであるが、短納期化が進むとこのようなことを行う時間的余裕がなくなり、十分な「すり合わせ」ができなくなるからである。

しかしながら、これまで我が国が得意としてきた「すり合わせ」から離れ、「組合せ」に転換することは今後も容易ではない。また海外市場における各国との研究開発競争を考慮した場合、従来の優位性の源泉を安易に手離すことは必ずしも適切とは言えない。そこで「すり合わせ」力を維持しつつ、現状を克服することが必要であり、そのためには以下の課題を達成することが必要である。

課題1：多様なニーズを速やかに反映する開発プロセスの確立

「すり合わせ」の特性をより活かし、開発プロセスにおいて多様なニーズを速やかに把握し製品に反映する方法を確立する。

課題2：一層の品質向上とコスト削減

「すり合わせ」の効用を活かしつつ、品質の向上と開発コストの削減を図る。

4 組込みソフト開発の強化に向けた基本認識

(1) コスト競争の回避と高付加価値化の追求

一般に高度化・複雑化した製品は、内部構成がモジュール化される。その際、モジュール間のインターフェースが明確かつオープンであれば、コストを含め最適なモジュールを調達し組合せることで製品を開発できる（これが「組合せ」である）。この場合、製品開発が比較的容易なため、市場へ新規参入し易い。特にモジュールの事実上の標準化が進んでいる場合には、製品の差別化要因が少なく、結果的に価格競争が激しくなる。一方、モジュール間インターフェースを厳密には規定できない場合、市場へ新規参入するにはモジュールから開発しなければならない。またインターフェースを厳密に規定できない以上、モジュールを持ち寄り微調整を繰り返す必要がある（これが「すり合わせ」である）。

ところで製品の特性には、価格、品質、機能などスペックとして明示できるもの（以下では「タイプA」と呼ぶ）と、デザイン、使い勝手、静粛性など、スペックとしては明示できないものがある（以下では「タイプB」と呼ぶ）。タイプAは部品の組合せで実現し易い。後発プレーヤが市場に参入するには、まずタイプAを満たす製品を提供し、市場を獲得するのに従って次第にタイプBを満たす製品も提供していくことが多い。後発プレーヤは低価格を武器に参入することが多く、たいいていの場合、先行プレーヤは後発プレーヤと同じ方法では価格面で対抗できない。先行プレーヤは正面からのコスト競争は避け、製品の高付加価値化、すなわちタイプBにより重点を置くようになる。

ただしタイプBでは、利用者が何に魅力を感じるかを明らかにしなければならない。当然、魅力に感じる要因は利用者によって異なるため、製品の「魅力的品質」を高めるためには対象者のニーズ把握が重要となる。

(2) 成熟化製品開発における「すり合わせ」力の価値

先行プレーヤがタイプBを考えるには、組込みソフトが搭載される製品の成熟度にも着目しなければならない。製品の成熟化時期には、「組合せ」から「すり合わせ」への回帰が見られる¹⁷⁾。

例えば自動車の場合、自動車が登場した時期には機能の実現に対する部品がはっきりとは切り分けられてなかったが、普及期には車体は搭載能力を、エンジンは馬力を、サスペンションは振動吸収を担うといったように、部品と機能の対応付けが明確になる。さらに自動車の利用形態が多様化してくると、燃費向上、静粛性、安全性など、個々の部品だけではなく、システムとしての特性を高めるよう自動車を総合的に扱わねば対応できないニーズが高まってくる（図表8）。この背景には自動車が社会に広く受容され、製品として成熟化してきたという経緯がある。その段階ではオープンな市場から部品を調達して組み上げる「組合せ」型よりも、部品間の微妙な調整を行いつつ全体としての完成度を高める「すり合わせ」型の方が適合的となる。

一方、パソコンの場合、登場期には、技術に詳しいユーザがAP、OS、CPUなど部品ごとに調達し組み立てていた。普及期にはパソコンメーカがこれらをまとめて提供する形が主流となった。現

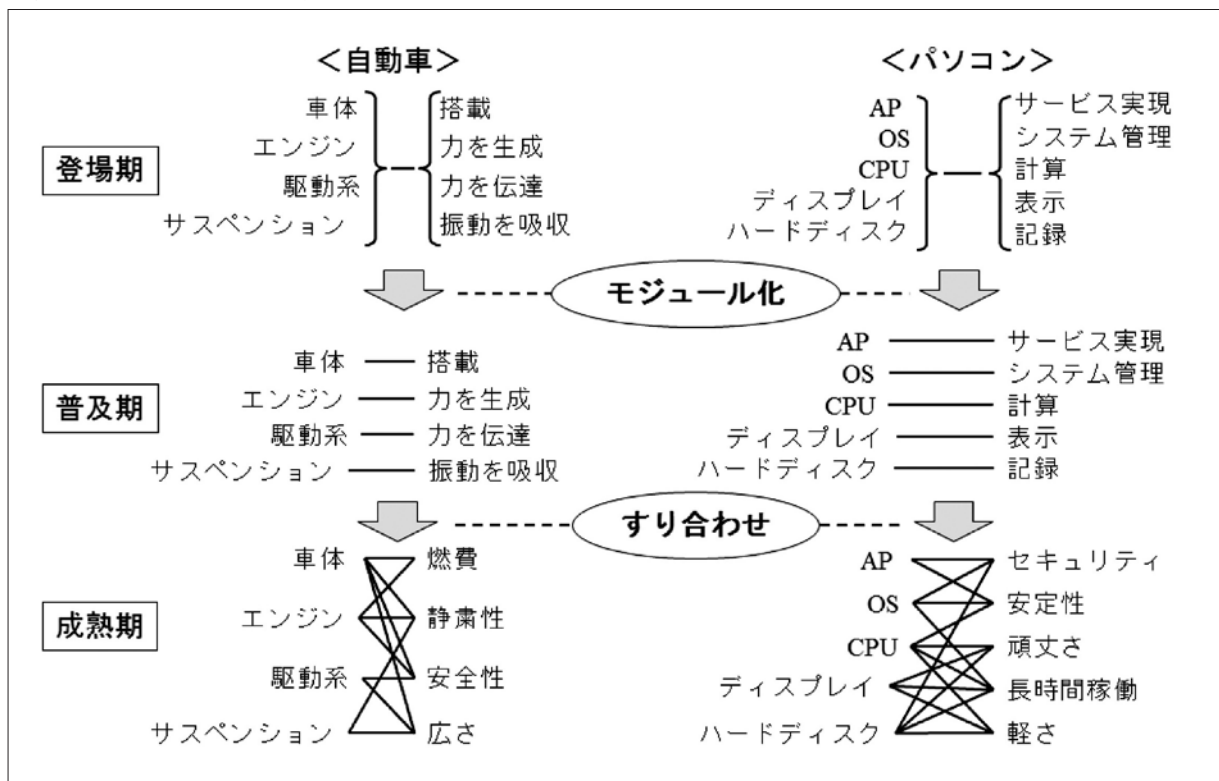
状はまだ成熟期に向かう過渡期であり、例えばCPUは〇〇社製でクロック数は〇GHzなどと表現されるように、部品のスペックがそのまま製品のスペックとなっている。しかし多くのユーザにとっては個別スペックよりも、パソコン全体としてセキュリティが強く、途中でハングアップしない安定性があり、長時間使っても疲労の少ないことの方が本質的となり、「すり合わせ」の有効性が高まる（図表8）。

製品の成熟期の研究開発に求められるのは、部品スペックとして表現できる範囲を越え、部品が持つ能力を総合的に発揮し、多くのユーザの要望である「使いやすさ」に応える開発能力である。そのためには、オープンな市場から最適な部品を調達し組み合わせるだけでは不十分であり、製品全体の最適化を図る「すり合わせ」力が必要となる。なお、成熟後期において部品間インターフェースがさらに高度化し、「すり合わせ」が不要になることも考えられる。その場合は再度、高度化された部品によるモジュール化が進むことになり、いわばモジュール化と「すり合わせ」が、製品の発展に伴ってスパイラル状に展開することになる。

(3) 組込みソフトのパッケージ性とカスタム性

組込みソフトは、同一品が大量販売されるという点ではパッケージソフト的である。しかし、あくまでも製品を作るための素材（中間財）であり、最終消費者に直接に意識されることはない。また開発に際してハードと密接なコミュニケーションが行われる点では、顧客ごとに一品づつ最適システムを作るカスタムソフトに近い¹⁸⁾。

図表8 製品の市場展開と部品間結合の変化



参考文献¹⁷⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

5 組込みソフト開発における我が国の社会的特性

組込みソフト開発を巡る状況が大きく変わる中で、我が国の競争力を維持するには、その研究開発において我が国固有の強みを持つことが必要である。特に新興国からの追い上げが激しい現在、その強みは模倣されにくいことが望ましい。もちろん科学技術イノベーションは必要である。しかし、科学技術の成果は普遍的知識がベースなため、世界共通で伝搬・拡散し易い。それに対し社会的特性に立脚したものは、社会に密着したものであるがゆえに特性の異なる社会には伝搬・拡散しにくく、したがって模倣もされにくい。つまり組込みソフト開発の競争力を長期的に維持・向上するには、科学技術イノベーションに加えて、我が国の社会的な特性を認識しそれを活かすことが重要である。

組込みソフト開発力の視点から見た我が国の社会的特性として

は、次のようなことが挙げられる。

(1) コミュニケーションにおけるハイコンテキスト性

人々がコミュニケーションを図る場合、伝えようとする内容を言葉の形で表出するだけでなく、意識、価値観、経験などのコンテキスト（文脈）の共有度が重要とされる。コンテキストの共有度が高ければ（ハイコンテキスト）、すべてを言葉で表わさなくても伝えようとする意図を察し合うことでコミュニケーションが補強される。我が国は代表的なハイコンテキスト社会とされている¹⁹⁾。特に時間や体験を共有することでいわゆる「同じ釜の飯を喰った仲」となり、「アウンの呼吸」や「言わずもがな」が通用し易くなる社会が形成されている。これに対し欧米をはじめとするコンテキスト共有度の低い社会（ローコンテキスト

社会）では、コミュニケーションは基本的に表出した言葉に依存する。そのため表出される言葉に対してより高い価値を置き、論理性、表現力、説得性などが重視されている。

両者のどちらが優れているかは状況に依存し一概には定まらないが、「すり合わせ」開発では調整のたびに細かな情報を言葉の形で表現しなくても済むハイコンテキスト社会の方がコミュニケーションコストは低い。このためハイコンテキスト社会である我が国は「すり合わせ」に対して優位性を発揮できる。ただし一方で、コミュニケーションにおける論理性の欠如を招く懸念があり、仕様をドキュメントとして明文化するなど論理を詰めるような局面では負の要因になりかねない。

(2) 高い品質意識の存在

一般的に我が国の製品は高品質であると言われ、海外では“Made in Japan”が一つのブランドになっている。過剰と揶揄されるほど品質を高めることができる背景には、高品質を追求する事業者の姿勢やそれを支える現場従業員の意識の高さがある。しかしいくら供給側が品質向上に熱心であっても需要側にそのニーズがなければ受け入れられない。供給側に能力があり、かつ需要側がそれを求めることによって初めて製品の品質向上が図れるのである。実際、我が国の消費者は世界で一番、品質に厳しい。製品の基本的機能が満たされているだけでは満足せず、少しの傷や汚れ、さらにはパッケージ

ジのへこみや汚れなどにもクレームをつけるほど要求が高い^{注1)}。我が国は高品質を実現できる供給側能力と、高品質を求める消費者の両方が存在する。

(3) 多様化した消費志向

社会が物質的に充足してくると、生活者の志向が多様化する。例えば生活者が消費財を購入する動機として単なる機能や性能を超え、デザインや生活場面での適合性に重点を置くようになる。我が国のように多様化したニーズから成る市場では、供給側からの一元的、一方的なものやサービスの提供はいわゆる「押しつけ」として受け入れられず、需要者側の細かなニーズに対応することが求めら

れるようになっている。

(4) カスタムソフト構築の経験

我が国はハードウェアに比べてソフトウェアの国際競争力が弱いと言われてきた。特に競争力が弱いのはパッケージソフトである。その一方で、従来から我が国は米国などと比べ、カスタムソフトの利用が多いと言われている。カスタムソフトは基本的に単品開発であり、開発に際してはハードウェアを含めシステム要素間で緊密かつ十分な調整を行う。そのためカスタムソフトの豊富な開発経験の蓄積があることは、「すり合わせ」が必要な組込みソフトの開発にとって有利に作用すると考えられる¹⁸⁾。

6 我が国の社会的特性を活かした組込みソフト開発強化策

(1) 消費者を巻き込んだラピッドプロトタイピングの基盤構築

自動車の場合、エンジンやブレーキの確実な制御などの基本性能は、開発側も十分に認識しており、当然、製品に反映されている。しかし、より安心感のある操作性やさまざまな状況における快適さの追求など、付加価値的な側面について評価の厳しい消費者ニーズを満たすには、実際に利用してみなければわからない場合が多い。しかし市場に投入してから後のフィードバックによる改善は、耐久消費財のような製品では膨大なコストや時間がかかってしまう。そこで早い段階で利用者の評価を受け、指摘された修正箇所を直ちに開発にフィードバックして製品の完成度を高めるラピッドプロトタイピングの基盤構築が必要であ

る。ここでは、カスタムソフト開発で培った我が国のソフト開発力と評価の厳しい消費者を結びつけ、スペックでは表現しきれないニーズに応えるような開発基盤が望ましい。

これまでもラピッドプロトタイピングの基盤構築は一部で試みられてはいるが、シーズドリブンの色彩が強い。よりニーズドリブンのアプローチが実現できるよう、消費者と密接で迅速なコミュニケーションを実現する仕組みの構築が必要である。このようなプロトタイピングの構築により、提供側が想定した機能が利用者に全く受け入れられない場合のすばやい対処や、あまり重要とは考えなかった機能が魅力的なことを見出した場合の対応など、早期に提供側の思い込みの排除が期待され

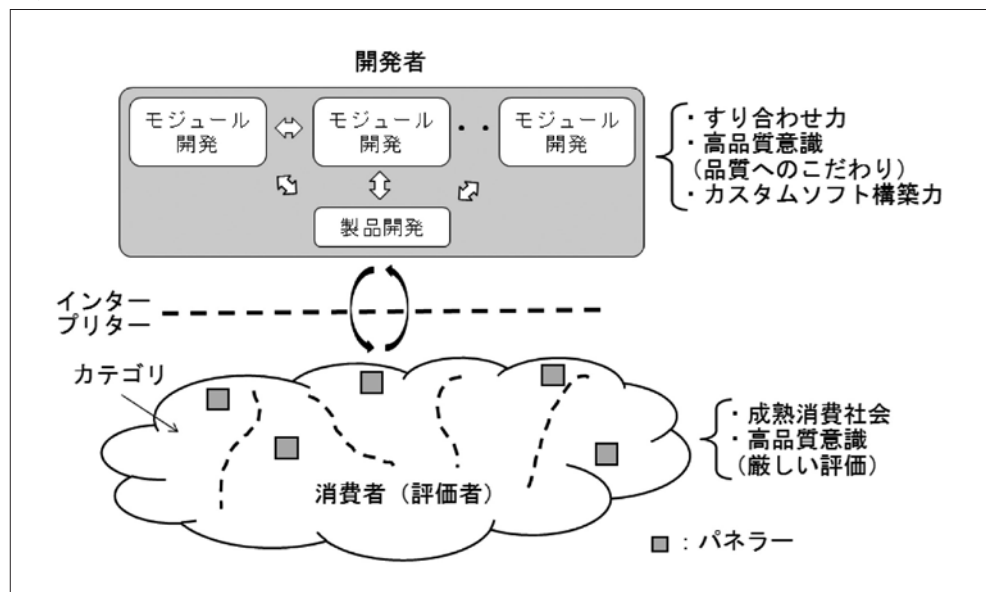
る²⁰⁾。そのためには例えば、多様な消費者をカテゴライズし、各カテゴリを代表する属性を持つ者をパネラーとして抽出しプロトタイプ品の評価を委託することが有効と考える。あるいはホームページやブログ、SNSなど電子空間上に存在する情報の分析も有効である。そこでの情報をより多く活かす形にするためには、情報の選択や抽出・解釈などを行う、いわば開発者と消費者をつなぐインタープリターの役割を担う者の育成・配置も必要である（図表9）。

(2) コミュニケーションを含めた論理力の醸成

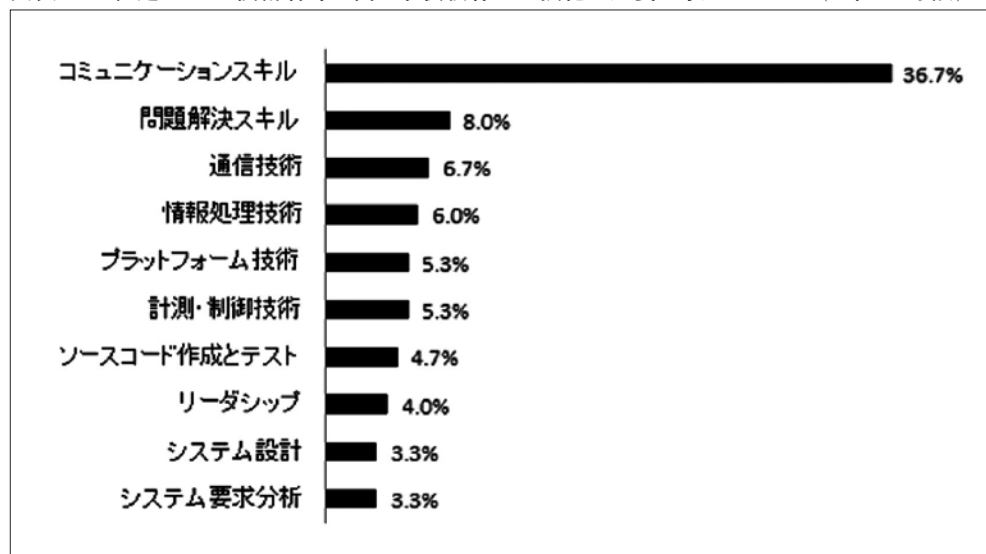
前述したように、「すり合わせ」力の背景にあるハイコンテクスト性という特性は、コミュニケーションにおける論理性の欠如をも

注1 このため例えば海外のエレクトロニクス企業の中には、「日本の消費者の要求水準は世界で最も高く、日本で鍛えられれば世界での競争力強化につながる」として、日本にデザイン研究所を設置する例もある。（日経ビジネス 2009.10.12）

図表9 ニーズドリブン型ラピッドプロトタイピング基盤



図表10 組込みソフト技術者等に関し学校教育での強化が必要と考えるスキル（上位10項目）



参考文献¹³⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

たらしかねない懸念がある。ここでいうコミュニケーションとは、単に意思疎通を図るだけではなく、当然ながら情緒的なコミュニケーションを指すわけでもない。相手の意図をきちんと把握し、自分の意思をしっかりと表現し、明確な論理によって相手を説得できる能力である。我が国が他国よ

り「すり合わせ」型開発に向いているとはいえ、モジュール間インターフェースを定めたり外部から最適な部品を調達することは当然必要であり、そこでは仕様をドキュメントとして明文化するなど論理を詰める能力が求められる。また、他工程の開発担当者と対等に話し合いができる交渉術も要る²¹⁾。

このようなコミュニケーション力の必要性は、組込みソフトウェア産業の経営者・事業責任者向け調査でも指摘されている（図表10）。現在の我が国ソフトウェア分野の技術者にはこれらのスキルが不足している懸念がある^{注2)}。

これらのスキルを養うには、言葉の教育、すなわち国語を中心と

注2 あるソフトウェア管理者は現状を「仕様書が書けない発注者、仕様書しか見ない開発者」と揶揄した。また組込みソフトウェア関係の事業責任者は技術者に対して学校教育で強化すべき項目として、技術力やビジネススキルよりも圧倒的にコミュニケーション（対話）スキルを指摘している。（経済産業省商務情報政策局：2008年版組込みソフトウェア産業実態調査—経営者および事業責任者向け調査—、平成20年 http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/downloadfiles/2008software_resarch/keiei_houkokusho.pdf）

した言語教育の充実が重要である。我が国の国語教育は従来から、ともすれば情緒面が重視されるきらいがある。これはアニメやゲームなどのコンテンツソフトの競争力の源泉になり得るという見方もある。しかし、必ずしも論理力の醸成に適した国語教育とは言えない。初中等教育段階から論理性を身に付けさせる国語教育が必須である²²⁾。これからの教育の在り方

として、思考力・判断力・表現力などの育成に、国語と数学・理科・社会など幅広い科目との連携の重要性も指摘されている²³⁾。特に高校での情報教育においては、より明確に論理教育との連携を図るべきである^{注3)}。

我が国には組込みソフト技術者がすでに30万人近くいるが、毎年1~3万人ずつ増加している¹²⁾。教育の効果が表れるまでには時間

がかかり、一見、遠回りに感じられるが、この効果は組込みソフトの人材育成だけでなくソフトウェア産業全体に対しても有効であり、より多くの分野での人材育成への波及効果が期待できる。今後、我が国が国際的に十分な競争力を維持し続けるためには必須といえる。

7 おわりに

本稿では、耐久消費財市場における海外諸国の伸びが著しい中で我が国の組込みソフト開発力の強化策として、我が国の社会的特性であるハイコンテキスト性・高い品質意識・成熟した消費性向・カスタムソフト構築力に着目し、最終利用者を巻き込んだラピッドプロトタイピングの基盤構築と、コミュニケーションを含めた論理力の醸成という強化策を提示した。

将来、自動車どうし、家電どうしがネットワークを構築し、さらに交通システムやエネルギーシステムなどとも相互に結ばれるなど、エレクトロニクス化された耐

久消費財を含み分野を横断した大規模な社会システムの出現が考えられる。このような大規模で複雑なシステムでは、組込みソフトの役割も一層重要となる。安全性・信頼性・セキュリティなどをはじめとして、分野や組織を横断する検討体制が整えられつつある^{注4)}。そのような社会システムでは、利用者にとっての利便性や生活との適合性などもさらに多様となり、供給者だけでその内容を把握することがますますむずかしくなる。このような状況においては、本稿で述べたような利用者を巻き込んだラピッドプロトタイピングが効

果を発揮する。また、コミュニケーションを含めた論理力醸成の必要性もさらに増すと考えられる。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、次の方々からご意見や有益な情報を頂戴した。ここに改めて感謝を表明するものである。佐賀聡人、永野宏治（室蘭工業大学）、平山雅之、三原幸博（情報処理推進機構）、五味弘（電子情報技術産業協会）、芳賀正憲（コスモロジック）、菊島淳治（経済産業省）（敬称略、順不同、所属などは取材時のもの）。

参考文献

- 1) 文部科学省：第4期科学技術基本計画、平成23年8月
- 2) 内閣府：平成23年度年次経済財政報告（経済財政白書）、平成23年7月
- 3) 経済産業省商務情報政策局、情報処理推進機構：組込みソフトウェアレポート2006、翔泳社、2005
- 4) 経済産業省：組込みソフトウェア産業活性化プラン、平成21年
<http://www.meti.go.jp/press/20090611001/20090611001-2.pdf>
- 5) 総務省統計局：日本標準産業分類（平成19年11月改定）
<http://www.stat.go.jp/index/seido/sangyo/pdf/19san507.pdf>

注3 新しい学習指導要領には普通科高校の情報科目として「社会と情報」「情報科学」があるが、必ずしも論理教育の重要性がうたわれているわけではない。

注4 たとえば欧州のARTEMIS（日本の組込み技術を世界一にするために：日経エレクトロニクス2011.6.13、自動車電子技術の動向調査報告書、日本自動車研究所、平成23年）

- 6) 経済産業省：平成 21 年特定サービス産業実態調査
<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/tokusabizi/result-2/h21/pdf/h21outline01.pdf>
- 7) 経済産業省商務情報政策局：2010 年版組込みソフト産業実態調査報告書—事業者向け調査—、平成 22 年
http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/downloadfiles/2010software_research/10keiei_houkokusyo.pdf
- 8) 田丸喜一郎：開発技術の高度化で牽引する組込み産業イノベーション、情報処理推進機構、2008
http://www.hkd.meti.go.jp/hokim/fm_seminar/data05.pdf
- 9) 長内伊理一、吉澤尚子：携帯電話ソフトウェア開発の取組み、FUJITSU、Vol.61, No.2, 2010
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol61-2/paper12.pdf>
- 10) 情報システム学会企画委員会「社会への提言」検討チーム：大規模システム化した自動車の安全性向上策
http://www.issj.net/teigen/1010_jidousha.pdf
- 11) 経済産業省商務情報政策局：産業競争力を担う組込み技術の今後の展開について、平成 22 年
<http://www.skill.or.jp/activities/files100428/SMA10042804.pdf>
- 12) 日本機械工業連合会、日本プロジェクトマネジメント協会：平成 21 年度擦り合わせ型指向による組込みシステム開発プロジェクトマネジメント基盤の調査研究報告書 p5、平成 22 年
http://www.jmf.or.jp/japanese/houkokusho/kensaku/pdf/2010/21hyojun_04.pdf
- 13) 経済産業省商務情報政策局：2009 年版組込みソフト産業実態調査報告書—経営者・事業者向け調査—、平成 21 年
http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/downloadfiles/2009software_research/09keiei_houkokusyo.pdf
- 14) 経済産業省商務情報政策局：情報サービス・ソフトウェア産業の現状と競争力強化について、2010
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100319b03j.pdf> p10
- 15) 藤本隆宏：日本のもの造り哲学、日本経済新聞社、2005 年
- 16) 奥村洋：日本の組込みシステム開発の特徴と今後の展開、情報処理 Vol.46 No.5、情報処理学会、2005
- 17) 田中辰雄：モジュール化の終焉、NTT 出版、2009
- 18) 田中辰雄：日本企業のソフトウェア選択と生産性、RIETI Discussion Paper Series10-J-027、経済産業研究所、2010
- 19) ET ホール：沈黙のこぼれ、南雲堂、1966
- 20) 田川欣哉：デザインエンジニア：イノベーションの現場からの報告、科学技術政策研究所講演録-267、文部科学省科学技術政策研究所、平成 22 年
- 21) 黒川利明、品川万里：ソフトウェア・テストの技術動向と課題、科学技術動向 No.85、文部科学省科学技術政策研究所、2008
- 22) 芳賀正憲：情報システムの本質に迫る 第 19 回 情報システム学発展の条件、情報システム学会メールマガジン 2009.1.5 No.03-09 [5]
<http://www.issj.net/mm/mm0309/mm0309-5.html>
- 23) 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について 平成 20 年 1 月 17 日 中教審答申

執筆者プロフィール



田川 眞

科学技術動向研究センター 客員研究官

室蘭工業大学 情報メディア教育センター 教授、センター長

<http://www.muroran-it.ac.jp/>

博士（工学）。情報通信企業でコンピュータソフトウェアや、その社会的影響に関する研究に従事した後、大学に移る。現在、情報システムと組織や社会との関係について興味を持つ。