

組込みソフトウェア開発のための

ETSS

標準ガイドブック

—組込みスキル標準に基づく技術体系と詳細スキル

独立行政法人 情報処理推進機構

ソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC) : 監修

組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会 (SESSAME) : 編

組込みソフトウェア開発のための ETSS標準ガイドブック

—組込みスキル標準に基づく技術体系と詳細スキル

2006年7月31日 初版発行

監修 情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC)
編者 組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会 (SESSAME)

発行人 藤堂安人
発行 日経BP社
東京都港区白金1-17-3 〒108-8646
読者サービスセンター
電話 (03) 5696-1111
<http://techon.nikkeibp.co.jp/books/>

デザイン 山本恵美
制作 日経BPクリエイティブ
進行 佐々木三奈
印刷所 大日本印刷株式会社

©井沢澄雄 西川幸延 牧野進二 渡辺登 2006

●本書の無断転載を禁じます ISBN4-8222-0257-7

組込みソフトウェア開発のための

標準ガイドブック

—組込みスキル標準に基づく技術体系と詳細スキル

独立行政法人 情報処理推進機構

ソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC) : 監修

組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会 (SESSAME) : 編

江苏工业学院图书馆
藏书章

～監修者から～

『ETSS標準ガイドブック』発刊に寄せて

家電製品や車、医療機器など、製品の機能を実現する部品としての組込みソフトウェアの重要性は増すばかりである。ものづくりの基盤技術となっている組込みソフトウェアの開発力強化は、日本の産業競争力強化に直結することは明らかである。組込みソフトウェアの品質を向上させ、産業競争力を高めていくための最重要課題は人材育成である。

しかし、人材育成は個々の企業の努力だけで解決できるものではない。情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センターはこうした課題に正面から取り組み、「組込みスキル標準(ETSS: Embedded Technology Skill Standards)」を策定した。

ETSSはスキル基準をベースに、キャリア基準、教育研修基準を規定したものである。スキル基準は個々の企業における技術(知識)とその技術を使いこなすスキルを整理し、個人やプロジェクトチームのスキル分布を可視化するためのツールである。

ただし、ETSSはすべての企業に共通な技術やスキルの項目を具体的に規定するものではない。スキル基準は技術を整理する知識構造と、その技術を使いこなすスキルレベルの判定基準およびスキルレベルの分布を示すことができる構造からなっている。具体的なスキル項目や経験を洗い出して標準化を目指すのではなく、技術論に基づいて導き出した構造を標準とした点が他のスキル標準と異なるETSSの特徴でもある。ETSSを使いこなして、自社もしくはプロジェクトの人材のスキルマネジメントや人材育成、キャリアパスなどのデザインを行うためには、ETSSの知識構造の中に企業ごとに技術項目を記入していく必要がある。しかし、ETSSではこうした技術項目を整理するための方法や具体的な事例までは示していない。

本書は、こうしたETSSというツールを使いこなすためのガイド役を果たすものであり、詳しくETSSを説明している。本書の著者は、日本の組込みソフトウェア技術者の人材育成に役立つカリキュラム作成や方法論の研究を行っている「組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会(SESAME: Society of Embedded Software Skill Acquisition for Managers and Engineers)」の技術者集団である。何とかして日本の中で組込みソフトウェア技術者を育成し増やしたい、そのためのツールとしてETSSを各企業が使えるようにしたいという彼らの気持ちが本書の至るところに溢れている。

そのため、多少、自己主張し過ぎかなと思われる個所がある。しかし、それは彼らの気持ちの勢いが表れたものであり、読者にはむしろその勢いを肌で感じ取っていただきたいと考え、監修者としてはできるだけそうした個所は生かすようにした。本書はこれからETSSを導入・活用しようとしている企業のみならず、組込み技術や組込みソフトウェアを学ぼうとしている人たちにとっても、技術とスキルのガイドブックとして役に立つ内容になっている。

独立行政法人 情報処理推進機構
ソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC)
リサーチフェロー、組込みスキル標準領域主査
東海大学教授

大原 茂之

～まえがき～

ETSSはエンジニアによるエンジニアのためのスキル標準

「組込みスキル標準（ETSS：Embedded Technology Skill Standards）」は、組込みソフトウェアの開発力を強化するために作られた。本書は、ETSSを活用しようとする企業の経営者や人材育成担当者、プロジェクトチームのマネージャやリーダー、個人のエンジニアのためのガイドラインである。

企業やプロジェクトチーム、個人がETSSを利用する場合、それぞれ導入の仕方や注意すべきところは変わってくる。しかし、いずれの場合も、エンジニアの実力を引き出し、作業遂行能力（スキル）を高めようとするのは変わらない。ETSSはあくまでもエンジニア自身に焦点を当てている。

これはETSS策定のなかで一貫していることである。ETSSの源流の一つは、組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会（SESSAME：Society of Embedded Software Skill Acquisition for Managers and Engineers）が作成した「SESSAMEスキル標準」である。2002年からSESSAMEスキル標準の作成にかかわった筆者は、当時、通信機器の組込みソフトウェア開発の現場にいた。スキル標準を作ろうとした背景には、職人気質で口下手だが優秀なエンジニアが正当に評価されるように、筆者のようなダメなエンジニアでも良いところが見つかり適材適所で作業ができるようになってほしいという思いがあった。エンジニアの強みを明らかにすることで、エンジニアもマネージャも会社も活気が出てくるのではないかと考えた。

最終的にSESSAMEスキル標準とETSSによって、新しい形でエンジニアの強みを明示できるようになった。つまり、これらはエンジニアによるエンジニアのためのスキル標準なのである。

ところで、強みが明らかになれば、弱みもはっきりしてくる。そうなれば、エンジニアは強みを伸ばし、弱みについては助け合えばよい。職場には弱いところをケアしてくれる相棒や仲間、上司がいるものだ。互いにサポートしながら、あるいは切磋琢磨しながら、成長していることが実感できればエンジニアは生き生きと仕事ができるようになる。そんな環境をつくり上げるための道具としてETSSが使われることを願っている。

SESSAMEスキル標準も、SESSAMEの多くの会員が自分の強みを持ち寄り、弱みを補い合って作り上げた。ETSSも、さらに多くの人がかかわって出来上がった。本書の執筆においても、非常に多くの方々の支援をいただいた。監修をしていただいた情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター（SEC）の方々、執筆を支援してくれたITスキル研究フォーラム（iSRF）の方々、情報や知見をくださった経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会やRTECH会、ベリサーブ、ITSSユーザ協会、グロービスの方々には、心より感謝の意を表します。最後に、本書の原稿を入念にチェックしてくれたSESSAMEのメンバにも感謝の気持ちをお伝えしたい。

著者代表

組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会（SESSAME）理事

渡辺 登

目次 Contents

監修者から……………3

まえがき……………5

第1章 はじめに …………… 9

1.1 本書の目的 …………… 11

1.2 組込みソフトウェアとは…………… 12

第2章 ETSS入門 …………… 21

2.1 ETSSの概要…………… 24

2.2 スキル基準 …………… 29

2.3 キャリア基準…………… 44

2.4 教育…………… 82

2.5 ETSSの効果…………… 85

第3章 ETSS導入と活用 …………… 89

3.1 企業の導入と活用…………… 91

3.2 プロジェクトチームの導入と活用…………… 100

3.3 個人の導入と活用…………… 102

第4章 スキル基準の使い方 …………… 105

4.1 スキル基準策定の方針…………… 106

4.2 記述項目…………… 107

4.3 使用上の注意…………… 109

4.4 スキル項目一覧…………… 110

第5章 スキル基準 技術要素の展開 …………… 115

5.1 通信…………… 118

5.1.1 有線 122

5.1.2 無線 127

5.1.3 放送 133

5.1.4 インターネット 138

5.2 情報処理…………… 143

5.2.1 情報入力 145

5.2.2 セキュリティ 150

5.2.3 データ処理 155

5.2.4 情報出力 159

5.3 マルチメディア…………… 163

5.3.1 音声 165

5.3.2 静止画 170

5.3.3 動画 174

5.3.4 統合 178

5.4 ユーザインタフェース…………… 183

5.4.1 人間系入力デバイス 185

5.4.2 人間系出力デバイス 189

5.5 ストレージ…………… 193

5.5.1 メディア 196

5.5.2 インタフェース 197

5.5.3 ファイルシステム 198

5.6 計測・制御…………… 200

5.6.1 理化学系入力 203

5.6.2 計測・制御処理 205

5.6.3 理化学系出力 206

5.7 プラットフォーム…………… 208

5.7.1 プロセッサ 210

5.7.2 基本ソフトウェア 218

5.7.3 支援機能 223

第6章 スキル基準 開発技術の展開 …………… 229

6.1 システム要求分析…………… 232

6.1.1 要求の獲得と調整 233

6.1.2 システム分析と要求定義 235

6.1.3 システム分析と要求定義のレビュー 236

6.2 システム方式設計…………… 238

6.2.1 ハードウェアとソフトウェア間の機能
および性能分担の決定 239

6.2.2 実現可能性の検証とデザインレビュー 241

6.3 ソフトウェア要求分析…………… 243

6.3.1 ソフトウェア要求事項の定義 244

6.3.2 ソフトウェア要求事項の評価・レビュー 245

6.4	ソフトウェア方式設計……………	247
6.4.1	ソフトウェア構造の決定	248
6.4.2	ソフトウェア構造のデザインレビュー	251
6.5	ソフトウェア詳細設計……………	252
6.5.1	ソフトウェアの詳細設計	253
6.5.2	ソフトウェアの詳細設計のレビュー	254
6.6	ソフトウェアコード作成とテスト……………	256
6.6.1	プログラムの作成と プログラムテスト項目の設計	257
6.6.2	コードレビューと プログラムテスト項目のデザインレビュー	259
6.6.3	プログラムテストの実施	261
6.7	ソフトウェア結合テスト……………	262
6.7.1	ソフトウェア結合テスト仕様の設計	264
6.7.2	ソフトウェア結合テストの実施	265
6.8	システム結合テスト……………	268
6.8.1	システム結合テスト仕様の設計	269
6.8.2	システム結合テストの実施	271

第7章 スキル基準 管理技術の展開……………273

7.1	プロジェクトマネジメント……………	275
7.1.1	統合マネジメント	279
7.1.2	スコープマネジメント	287
7.1.3	タイムマネジメント	294
7.1.4	コストマネジメント	302
7.1.5	品質マネジメント	309
7.1.6	人的資源マネジメント	315
7.1.7	コミュニケーションマネジメント	321
7.1.8	リスクマネジメント	327
7.1.9	調達マネジメント	334
7.2	開発プロセスマネジメント……………	339
7.2.1	開発プロセス設定	341
7.2.2	知財マネジメント	346
7.2.3	開発環境マネジメント	349
7.2.4	構成管理・変更管理	356

第8章 キャリア基準 パーソナルスキル・ ビジネススキルの展開 …… 361

8.1	パーソナルスキル……………	363
8.1.1	コミュニケーション	365
8.1.2	ネゴシエーション	369
8.1.3	リーダーシップ	373
8.1.4	問題解決	378
8.2	ビジネススキル……………	382
8.2.1	経営	384
8.2.2	会計	387
8.2.3	マーケティング	390
8.2.4	HCM	392

第9章 キャリア基準の応用……………395

9.1	キャリア基準導入作業……………	398
9.2	自社キャリア基準の作成……………	400

第10章 教育カリキュラム例……………407

10.1	教育カリキュラム開発の考え方……………	408
10.2	教育カリキュラムの開発……………	409
10.3	自己啓発……………	414

索引……………416

著者略歴……………431

1 章

はじめに

- 1.1 本書の目的
- 1.2 組込みソフトウェアとは

2005年5月、経済産業省、および情報処理推進機構（IPA：Information-technology Promotion Agency, Japan）のソフトウェア・エンジニアリング・センター（以降、SEC：Software Engineering Center）から、「組込みスキル標準（ETSS：Embedded Technology Skill Standards）」が公開された。これは組込みソフトウェアの開発力強化を目的とした取り組みの一つであり、経済産業省の「組込みソフトウェア開発力強化推進委員会」において人材育成に取り組む「組込みスキル領域」の活動成果である。

もともと通商産業省（現・経済産業省）は1980年代から、マイコン応用技術者試験や情報処理技術者試験テクニカルエンジニア（エンベデッドシステム）試験などを通して、組込みソフトウェア技術者の人材像とスキルを定義していた。21世紀になり、産業競争力の根幹として組込みソフトウェア開発の重要性を認識した経済産業省は、2003年から組込みソフトウェア開発力強化に着手した。委員会を立ち上げ、産学官の有識者を招聘し取り組みを開始した。

技術者のコミュニティであり、組込みソフトウェアの人材育成に取り組んでいた組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会（SESSAME：Society of Embedded Software Skill Acquisition for Managers and Engineers）は、この委員会の取り組みに参加し、積極的にETSSの策定に協力してきた。SESSAMEでは2002年から組込みソフトウェア開発者向けのスキル標準策定を行った。この活動の目的は、SESSAMEが提供する教育コンテンツを体系的に整理し、現場に提供することだった。

SESSAMEは、経済産業省の委員会が策定するスキル標準に対して、これまでの成果を提供しながら一本化を図る方向で対応した。委員会では、産学官の有識者によるディスカッションが繰り返され、その結果まとまったのがETSSである。

SESSAMEでは、開発現場でのETSS有効活用を推進するためには、ETSSのスキル構造を基に、より詳細なスキルを加えた全体像を作ることが重要と考え、本書の執筆に至っている。

以下では、本書の目的や、前提となる組込みソフトウェアの定義について解説する。

1.1

本書の目的

ETSSでは、組込みソフトウェア開発に必要なスキルの構造を提示している。これは企業や団体、プロジェクト・チーム、技術者が参照可能なスキルに関する共通の基準でもある。ただし、国（経済産業省）が作成したのは基礎部分である。本書はETSSを組込みソフトウェア開発力強化に結び付けるための活用方法を解説する。

本書の必要性

ETSSのコアとなるスキル基準について、国は第2階層までの公開にとどめている。技術やスキルは企業ごとに見方や扱いが異なることが多く、かつ変化が速いからである。企業がETSSを活用して開発力強化を図るためには、その企業に合った第3階層以下のスキルを詳細に定義する必要がある。しかし、あまり余裕のない企業や、技術が多岐にわたる企業では、ETSSの詳細化は難しいと思う場合も多いであろう。そこで、そのような企業の参考になるように本書は第3階層以下のスキルを例示している。

具体的なスキルを策定するときは、ETSS導入の目的や、自社の現状、将来像などをきっちりと理解しておかねばならない。このような取り組みは、既成の標準やルールを単純に持ち込み、そのまま利用するだけでは効果が出ないものである。

このため、ETSSを利用する企業は本書や他社が定義したスキルをそのまま利用してはならない。本来の目的であるスキルの体系的整理を怠り、自社の技術戦略を反映しないのでは意味がない。

本書はこのような注意点も挙げながら、組込みソフトウェア開発企業や団体におけるETSS導入と成功を支援し、人材育成や人材戦略に貢献することを目指している。

本書の対象読者

本書は、ETSSの導入・活用推進に携わる方々を主な対象読者と考えている。具体的には、教育部門や技術部門のマネージャをイメージし、必要な情報を提供する。例えば、自社に合った具体的なスキルを策定する人材教育担当者や、プロジェクト編成時に必要なスキルとメンバを考えるプロジェクトマネージャに役立つようにしている。さらにETSS導入の仕方も具体的に例示した。

もちろん、開発現場のリーダーや技術者個人も利用してほしい。自分に関係するチームレベルでの導入でも有用だ。本書には、必要なスキルや若手へのアドバイスの仕方なども書いてある。ただし、ボトムアップだけでは限界があることも理解しておく必要がある。部門全体あるいは全社レベルでのスキル策定など組織的な取り組みが望ましいのは言うまでもない。

本書によって、個人のスキルアップ、キャリアアップを支援し、組織としての開発力が強化されることを願っている。技術者の成長やマネージャ・経営者としての成功を人材育成とうまく関連付けることで、個人が生き生きと仕事をすることができ、企業が活性化する環境を実現できると考えている。

1.2

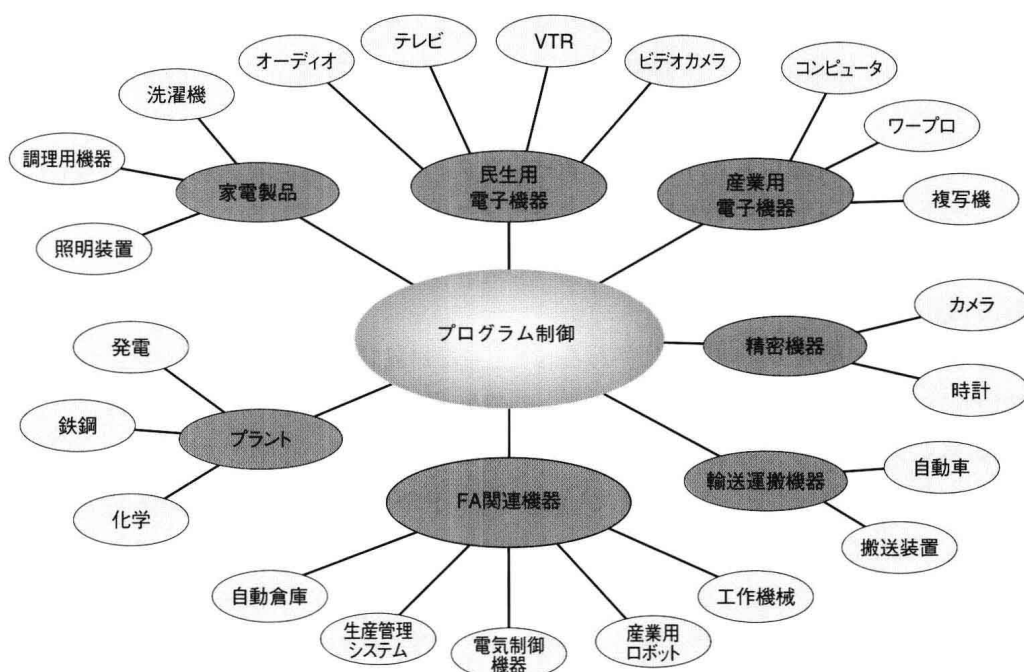
組込みソフトウェアとは

組込みソフトウェアは、人によってイメージが異なる場合がよくある。組込みソフトウェアが成長を続けていて、適用分野や適用方法が多岐にわたるためと考えられる。ここでは、組込みソフトウェアとは何かを示し、イメージを共有しておきたい。

特許庁が公開しているドキュメントの中に「プログラム制御技術応用分野の広がり」という図がある（図1-1）。これを見れば分かるように、プラントのような大きなものから照明装置のような小さなものまで、さらにはFA（factory automation）やプラントなど業務用途から家電製品のような消費財にまで、ソフトウェアが幅広く利用されていることが分かる。

組込みソフトウェアは制御ソフトウェアや制御プログラム、ファームウェアなどとも呼ばれることがある。当初は、制御が一番の処理対象、適用分野であったためである。最近では、パソコンで行うような情報処理を、組込みシステムのマイコンで実行することが増えており、組込みソフトウェアを制御ソフトウェアや制御プログラムと表現すると違和感を感じるが出てきた。つまり一口に組込みソフトウェアといっても、制御向けや情報処理向けなど応用分野は多様である（図1-2）。

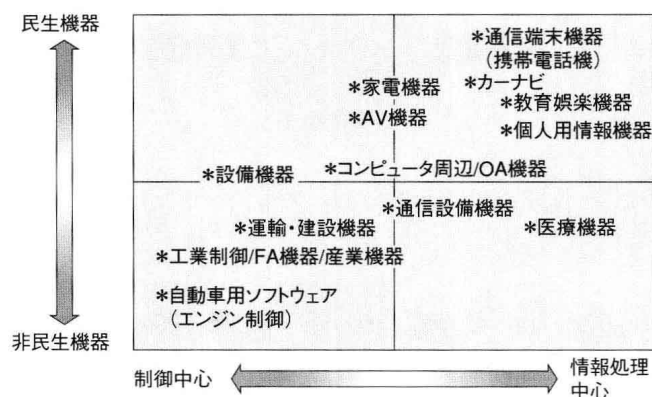
図1-1 応用分野の広がり



出所：「特許でわかるプログラム制御技術」（特許庁）

http://www.jpo.go.jp/shiryou/s_sonota/map/denki09/0/0.htm

図1-2 組込みシステムの特徴



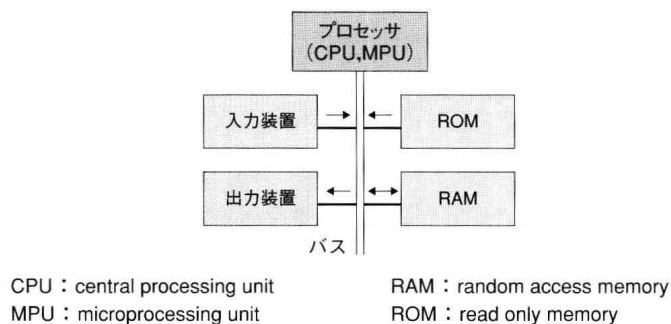
出所：2004年度 組込みソフトウェア開発力強化推進委員会活動報告（経済産業省,IPA）

1.2.1 組込みソフトウェアの定義

組込みソフトウェアが搭載される“組込みシステム”について定義しておこう。ETSSでは、組込みシステムは装置の機能を実現するコンピュータ・システムと定義されている。例えば、衛星や飛行機、自動車など大きなものから、カーナビや携帯電話機、デジタルカメラなど小さなものにまで組込みシステムが搭載されているといえる。

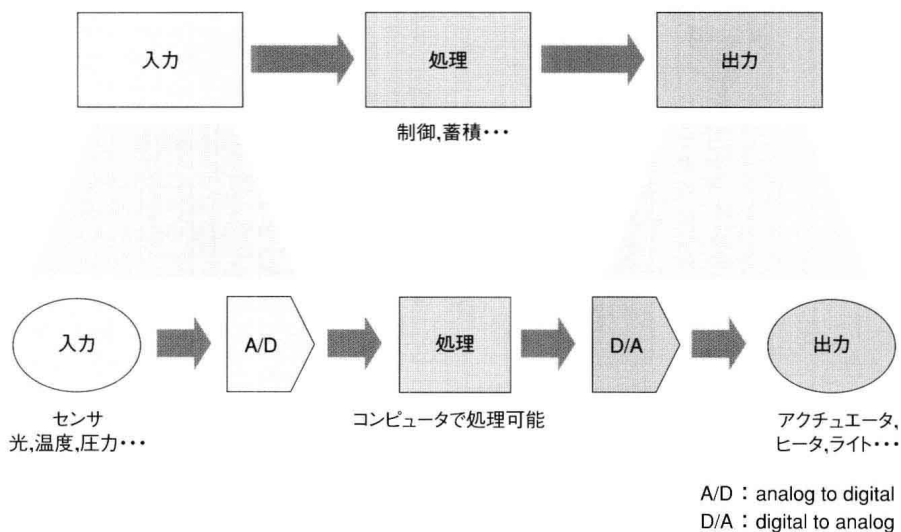
アーキテクチャは通常のコンピュータ・システムと同じである（図1-3）。プログラムを処理するCPU（central processing unit）があり、データを格納するメモリがバスで接続されている。また、コンピュータ・システムが外部と情報をやりとりするための入出力インタフェースが具備され、バスで接続されている。

図1-3 ハードウェア・アーキテクチャの単純モデル



組込みシステムの場合、入出力インタフェースは用途によって変わってくる（図1-4）。デジタルカメラの場合には、CCD（charge coupled devices）やCMOS（complementary metal oxide semiconductor）などの光素子やレンズを駆動するアクチュエータ、画像を確認する液晶パネルなどが入出力インタフェースになる。炊飯器やポットの入出力インタフェースは、温度センサやヒータなどである。

図1-4 組込みシステムの単純モデル



組込みソフトウェアは、前述のように装置の機能を実現するソフトウェアである。入出力インタフェースに接続される各種デバイスを制御したり、デジタル情報を処理したりすることで目的を達成する。いわばシステム内でタクトを振る指揮者とも言える。

組込みソフトウェアの開発においては、安全性や品質、ユーザビリティを高めなければならない。また組込みシステムへ求められる事項として、「NTCR要件」に注意しなければならない。NTCRはNature（自然法則）、Time（リアルタイム制御）、Constraint（制約条件）、Reliability（信頼性）の頭文字である。

自然法則

組込みソフトウェアは、物理法則などの自然を相手にして機能を実現することが求められ、変位や質量、電気、電波、光、音、熱などを入出力データとして扱う場合がよくある。この入出力においては、人間が作った仕組みやルールではなく、自然法則を効率よく確実に処理することが求められる。

リアルタイム制御

リアルタイム制御については、組込みソフトウェアは厳しい実時間性の実現が求められる。テレビの電源スイッチを入れ、何秒も画面が映らないことは許されない。自動車のブレーキの反応が遅れることもあってはならない。DVDプレーヤでコマ落ちなどが頻発してはならない。

制約条件

家電などは競争が激しく、機能拡張や開発期間短縮、コスト低減の要請が厳しい。このため、組込みソフトウェアでも高機能の製品を短期間かつ低コストで作らねばならない。また、パソコンのメモリ増設のような拡張性を前提にした設計はできないことが多い。

信頼性

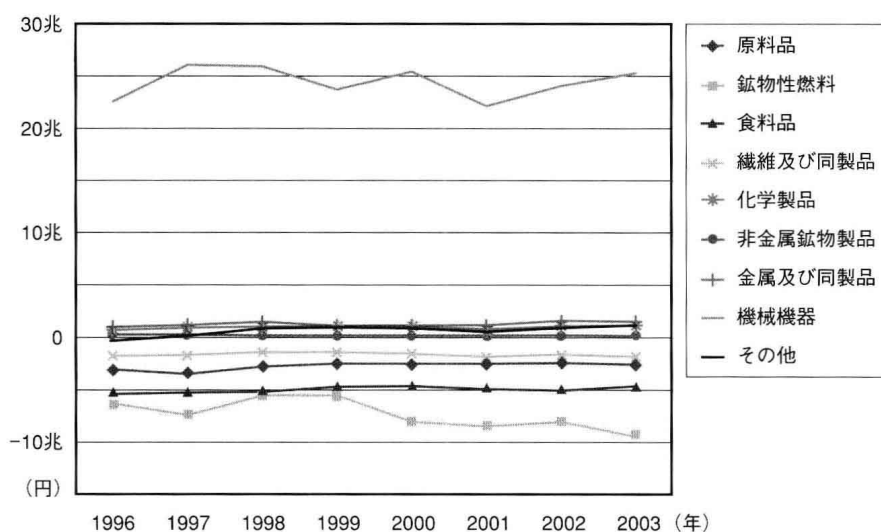
組込みソフトウェアの信頼性は非常に重要である。自動車などの輸送機器、医療機器などでは、不具合が人命にもかかわる。家電などでも不具合の修正には膨大なコストが掛かってしまう。映らないテレビ、撮れないデジタルカメラ、まれに利かないブレーキなどは許されない。

1.2.2

組込みソフトウェアの重要性

日本は、諸外国に比べると資源的に貧しい環境にある。戦後の日本は高い技術力を活かし、機械製品の開発・生産によって国際的な産業競争力を育ててきた。輸出入の統計を見ると、電子機器を含む機械機器は他の産業と比べものにならないほど輸出入差額が大きい（図1-5）。これを維持し、さらに大きくすることは日本全体で求められることである。

図1-5 製品別輸出入差額の年別変化



出所：財務省貿易統計からIPA/SEC作成

日本は技術開発において恵まれた環境にあるといわれている。一定の教育水準を持ち、新しい技術を受け入れるバイタリティを持つ人が多く存在する。このような環境において鍛えられた製品・技術は、広く海外に展開できる実力を持つことになる。

組込みソフトウェアで特徴をつくり出す

日本的な開発方法も近年、見直されている。セットメーカと部品メーカ、ベンダが垂直統合でシステムを開発する環境は、日本の強みといわれている。自動車のみならず、家電、AV機器、FA機器などでも実績を持っているといえる。ただし、すべてが垂直統合でよいとはいえない。開発の目的やスタイルに合わせ、垂直統合と水平分業を使い分けることが求められる。

液晶テレビやPDPテレビが良い例である。パネルと画像処理エンジンが既成部品として流通しており、安価にテレビを開発・生産するには、これら既成部品を組み上げることで対応でき