



目次

はじめに	3
Part 1 組込みシステム開発の課題と取り組み	
1-1 組込みシステム開発を取り巻く状況	4
1-2 組込みシステム開発における課題	8
1-3 人材に関する課題に対する取り組み	10
Part 2 組込みスキル標準(ETSS)とは	
2-1 組込みスキル標準(ETSS)の全体像	12
2-2 スキル基準(Version 1.0)	14
2-3 キャリア基準(ドラフト)	26
2-4 教育カリキュラム(ドラフト)	34
Part 3 組込みスキル標準(ETSS)の活用	
3-1 組込みスキル標準(ETSS)活用イメージ	38
3-2 組込みスキル基準分析サンプル	41
付録	
組込みスキル標準(ETSS)に関してよくある質問	50
用語集	54

はじめに

組込みソフトウェアは、産業向け機器をはじめ、自動車、携帯電話、家電製品など、我々を取り巻く多くの電機・電子機器に搭載され、その機能の中核を担っています。組込みソフトウェアは、国際競争力を持ち、情報化社会を支える重要なキー技術といえます。

『組込みスキル標準（ETSS）』は、組込みソフトウェア開発力強化のために、『人材の育成』や、『人材の有効活用』のための指針となるように策定されています。

本概説書は、入門書として『組込みスキル標準（ETSS）』とはどのようなものであるかを、紹介するために作成しました。

第1部では、組込みスキル標準策定にあたっての背景や経緯、課題などについて解説します。

第2部では、3つのブロック（スキル基準、キャリア基準、教育カリキュラム）ごとに、組込みスキル標準の構成や概要についての説明を行います。

第3部では、組込みスキル標準の利用イメージ例を提示します。

この概説書を通じて、少しでも組込みスキル標準の理解を深めていただければ幸いです。

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

<http://www.ipa.go.jp/software/sec/>

2005年5月

Part 1 組込みシステム開発の課題と取組み

第1部では、組込みスキル標準を策定に至った背景や課題、その課題に対する取組みと、組込みスキル標準の意義について解説します。

1-1 組込みシステム開発を取り巻く状況

▶▶ 現代生活における組込みシステム

私たちの身のまわりには、デジタルカメラ、携帯電話、情報家電、カーナビ、自動車など、組込みシステムを活用した多岐にわたる製品があります。これらの製品は、現在の情報化社会において重要な役割を果たしており、その恩恵は計り知れないものがあります。昨年度、経済産業省が実施した『組込みソフトウェア産業実態調査』の結果からも組込みソフトウェアが実装される領域の広さをあらためて確認することができます。

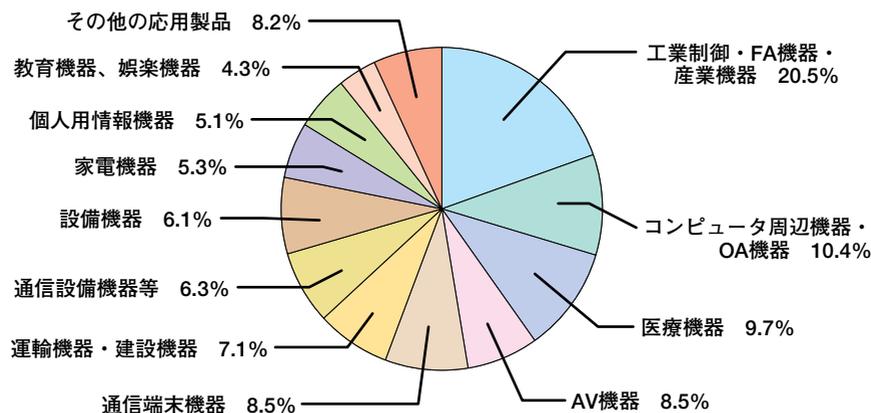


図1.1 開発している製品カテゴリ (2004年版 組込みソフトウェア開発産業実態調査 経済産業省)

組込みシステム製品なしに、現代の情報化社会は成立しないといっても過言ではありません。

▶▶ 組込みソフトウェアの重要性

前述の通り、組込みシステムは、様々な製品分野で横断的に使われています。製品の付加価値は、組込みソフトウェアの高機能化、多機能化によって実現されることも多く、組込みソフトウェアが製品価値を決める重要な要素となってきました。

図1.2は、財務省によって毎年発表される貿易統計を基に製品別輸出入差額の年別変化をグラフ化したものです。この貿易統計の中で組込みソフトウェアと密接に関わる「一般機械」「電気機器」「輸送用機器」「精密機器」を合計したものを機械機器としています。このグラフからも、組込みソフトウェアと関係の深い機械機器が、わが国の国際的な競争力を牽引していることがわかります。

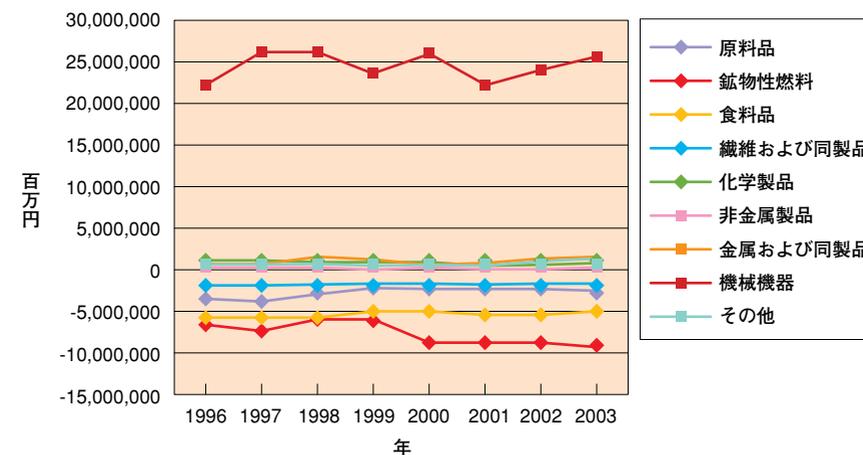


図1.2 製品別輸出入差額の年別変化 (財務省 貿易統計 新聞発表)

このように組込みソフトウェア開発が産業に与える影響は大きく、これまで以上に国際的な競争力を維持・拡大していくためには、組込みソフトウェア開発力の強化が必要です。

組込みシステム開発の特性

組込みシステム開発には、いくつかの特性があります。

組込みソフトウェアは、動作するハードウェアが限定的であるため、プロセッサの選択肢や搭載メモリ容量などの使用できる資源に強い制約を受けることがあります。また、ハードウェア制御やリアルタイム制御の実現や、信頼性を求められる状況下での使用などにより、高品質であることが当然とされます。このような組込みシステム開発に対する要求を実現するためには、ソフトウェアだけでなく、メカニクスやエレクトロニクスなどの動作の背景となる知識や技術も重要とされます。

その他にも、開発期間の短縮などの目的のために、ハードウェアとソフトウェアを並行開発（コンカレント開発）することは組込みシステム開発の特徴的な開発形態です。

組込みシステム開発における近年の傾向

近年の傾向として、製品の差別化を図るために多機能化、高性能化の要求が高まり、それに伴う組込みソフトウェアの大規模化、複雑化が進みました。また、製品開発競争の激化による開発期間の短縮や、低コスト化、絶え間のない新技術への取組みも要求されています。

これらの要求により、開発プロジェクトも巨大化し組込みソフトウェア開発に必要な人材リソースの慢性的な不足が発生しています。

また、組込みソフトウェアに起因する品質問題も顕在化しています。組込みソフトウェアの更新は、専用の機材を必要とするケースが多く、対応

に多大なコストがかかるとともに、企業や製品のイメージに大きなダメージを与えます。

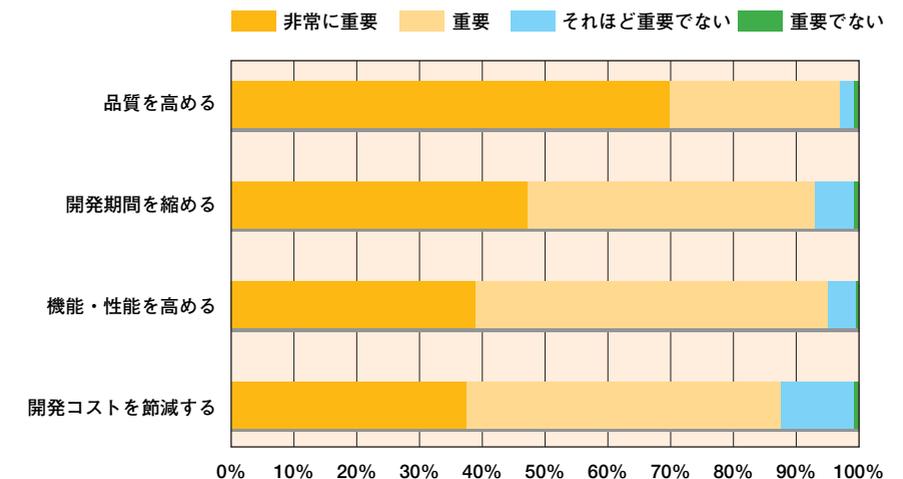


図1.3 組込みソフトウェアの改善すべき領域
(2004年版 組込みソフトウェア開発産業実態調査 経済産業省)

1-2 組込みシステム開発における課題

▶▶ ソフトウェア・エンジニアリングの重要性

ソフトウェア・エンジニアリングとは、工学的なアプローチによって、ソフトウェア開発過程における信頼性を向上させ、その相乗効果によって生産性や品質の向上を高めていく考え方です。

これまで組込みソフトウェア開発分野では、比較的開発規模も小さくプロジェクトも少人数であったため、ソフトウェアの開発手順やプロジェクト管理などは、個人の経験や知識に依存していました。小規模で製品開発サイクルの周期が長い条件下では、このようなやり方が理にかなっている部分もありました。

ところが、近年の組込みソフトウェア開発は、これまで通りに高い品質を維持し、これまで以上の大規模かつ短期間での製品開発に対応しなければならなくなりました。このような状況に対応するために、組込みソフトウェア開発にも、ソフトウェア・エンジニアリングやプロジェクトマネジメントなどの手法導入及び運用の必要性が増してきました。

▶▶ 人材に関する課題

このようなソフトウェア・エンジニアリングやプロジェクトマネジメント、そして組込みシステムを構成する要素に関する技術など、いずれの優れた技術や手法も、それを十分に扱える人材がいなければ成果を出すことはできません。

個人や組織が持つ能力をスキルとした場合、「この人（個人）は何ができるのか?」「この組織では何ができるのか?」といった問いかけに対して、現在は十分に応えることのできる指標がありません。このため、人材

の能力を測るために、「経験年数」や「業務経歴」などといった、必ずしも実際のスキルの充足度合いと一致しない指標が代替的に使用され続けています。

組込みソフトウェア開発におけるスキルの標準化の遅れは、組込みソフトウェア産業実態調査の結果からも浮き彫りになっています。

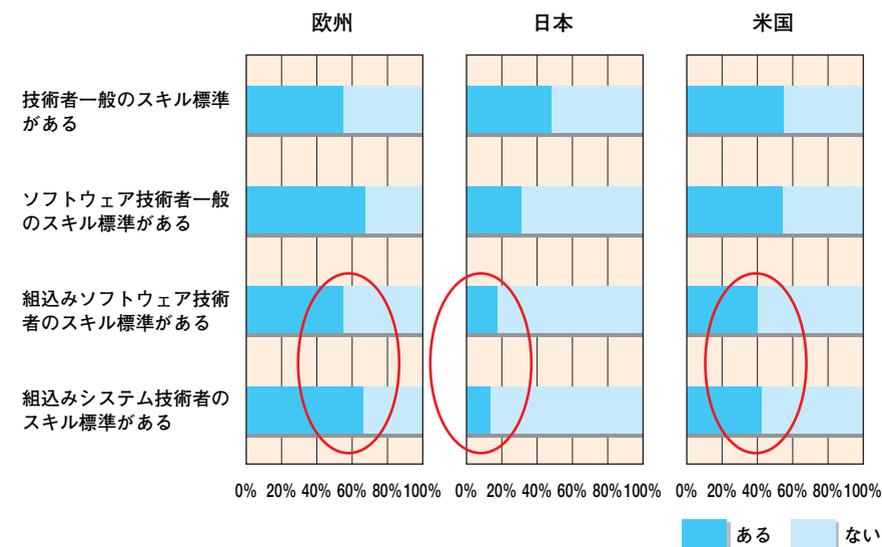


図1.4 組込みソフトウェア技術者のスキル標準やスキルの評価制度
(2004年版 組込みソフトウェア開発産業実態調査 経済産業省)

人材育成に関しても組込みソフトウェアに関する適切な指標がないために、個人や開発チームのスキルを定量的に可視化できず、適切な育成計画立案や教育カリキュラム選択・開発を阻害しています。

慢性的な人材不足の状況に対して、開発プロジェクトに対する最適な要員配置や、企業・大学などによる人材育成が適切に行われていない状況で、これまで組込みソフトウェア製品の開発力を支えてきたものは、技術者の熟練度と勤勉さに頼る部分が大きかったといえます。

1-3 人材に関する課題に対する取組み

▶▶ 組込みスキル標準策定のあゆみ

『組込みスキル標準』（Embedded Technology Skill Standards：以降ETSSと称す）策定の取組みは、2003年10月に、『組込みソフトウェア開発力強化推進委員会準備会』の設置からはじまりました。本準備会における検討の結果、組込みソフトウェア開発におけるスキル標準の重要性と必要性が確認されました。

準備会の検討結果を経て、2004年7月から、産学官の有識者で構成される『組込みソフトウェア開発力強化委員会』によって策定のための検討が継続され、2005年5月にETSSが発表されることとなりました。

今回のETSS（2005年版）では、キャリア基準や、教育カリキュラムはドラフト版です。今後も継続して、組込みソフトウェア開発力強化委員会では、スキル基準も含めた内容の見直しを行い、これらの正式版の公開や、さらなるブラッシュアップを行っていきます。

▶▶ 組込みスキル基準の体系化

組込みソフトウェア開発技術者の産業横断的に使用できる『スキル基準』を調査・抽出し体系化を図ります。組込みソフトウェア開発に必要なスキルを可視化し、開発力の強化を図ります。

これらの体系化されたスキルは、キャリア基準や教育カリキュラムのベースとなります。

▶▶ 組込み開発に関する職種（キャリア）の提示

組込みソフトウェア開発において必要な職種名称や職掌を定義する

『キャリア基準』を策定します。エンジニアリング観点の専門分化と深化によって、開発力の強化を図ります。

▶▶ 組込みソフトウェア開発向けの教育カリキュラム

組込みソフトウェア技術者に要求される特性や状況を考慮した、産業横断的に使用可能な『教育カリキュラム』を策定します。組込みソフトウェア開発における人材育成によって、開発力の強化を図ります。

Part 2 組込みスキル標準 (ETSS) とは

第2部では、組込みスキル標準 (ETSS) の全体的な概要と、それを構成するスキル基準、キャリア基準、教育カリキュラムのそれぞれの解説を行います。

2-1 組込みスキル標準 (ETSS) の全体像

組込みスキル標準 (ETSS) の概要

組込みスキル標準 (ETSS) は、組込みソフトウェア開発力強化のための人材育成と人材活用の実現を図るものです。ETSSは、次の3つの部分で構成されています。

- 組込みソフトウェア開発スキルを体系的に整理するためのフレームワークとしての『スキル基準』
- 組込みソフトウェア開発に関わる職種名称や職掌を定義する『キャリア基準』
- 組込みソフトウェア開発に関する人材育成を目的とした『教育カリキュラム』

キャリア基準では、組込みソフトウェア開発に関する職種／専門分野の役割の遂行にどのようなスキルが関係するかを表現するため、スキル基準にて定義されたスキル項目を利用します。

また、教育カリキュラムでは研修コースで履修する内容がどのようなスキルに関連するか、スキル基準で整理されたスキル項目を用いることで研

修内容や対象レベルを具体的に表現できるようにします。

このように、キャリア基準や教育カリキュラムはスキル基準で整理されたスキル項目と各々関係を持つことになります。

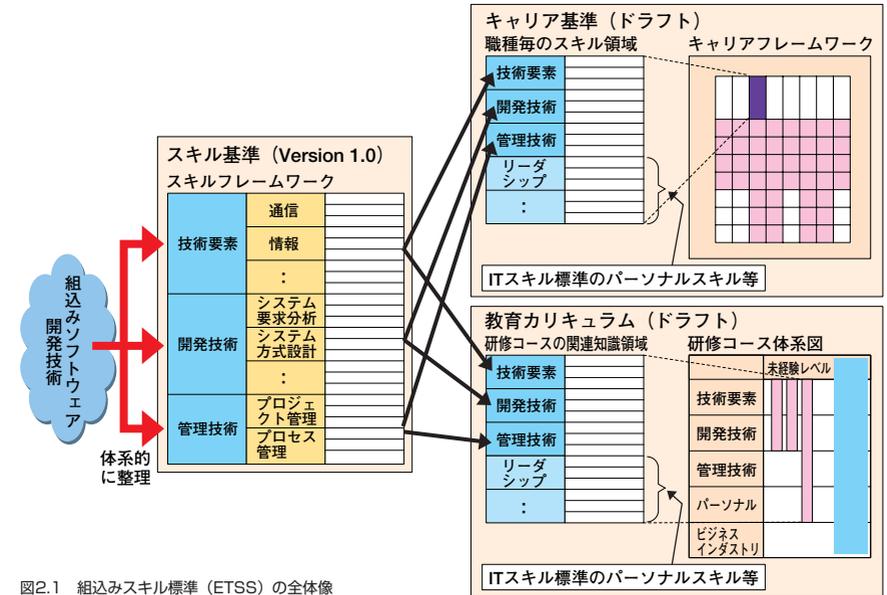


図2.1 組込みスキル標準 (ETSS) の全体像

2-2 スキル基準 (Version 1.0)

▶▶ スキル基準のフレームワーク

スキル基準のフレームワークは、下図のような構造を持ち以下3つの観点で組み込みソフトウェア技術を整理することを目的とします。

- (1) スキルカテゴリ：スキルのカテゴリ分けを表します。
- (2) スキル粒度：スキルのカテゴリの深度を表します。
- (3) スキルレベル：スキルのレベルを表現します。

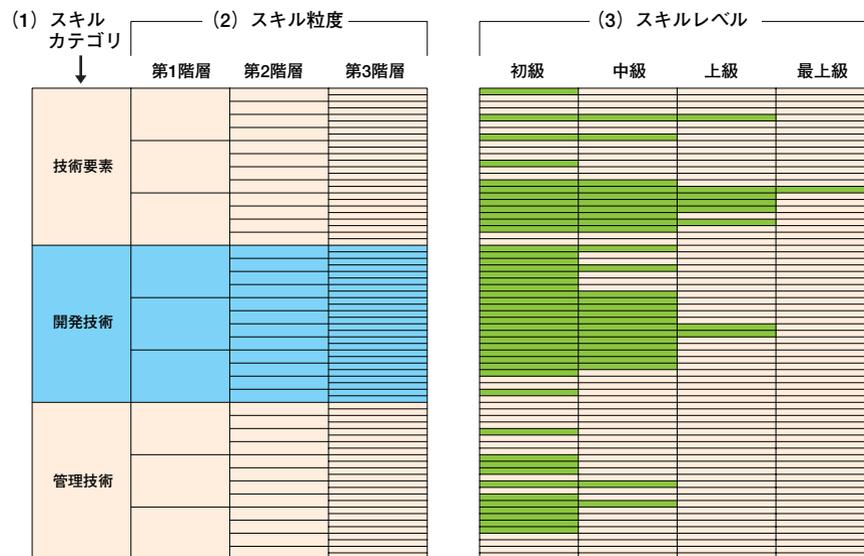


図2.2 スキルフレームワーク

▶▶ スキル基準の3つのカテゴリ

スキル基準は「技術要素」「開発技術」「管理技術」の3つのカテゴリで構成されます。

これらのスキルカテゴリの関係は、『組み込みシステム製品を開発する際に「技術要素」を構成要素として、「開発技術を用いて」開発を行い、「管理技術を駆使して」開発プロジェクトを管理する』となります。

イメージは下図の通りとなります。

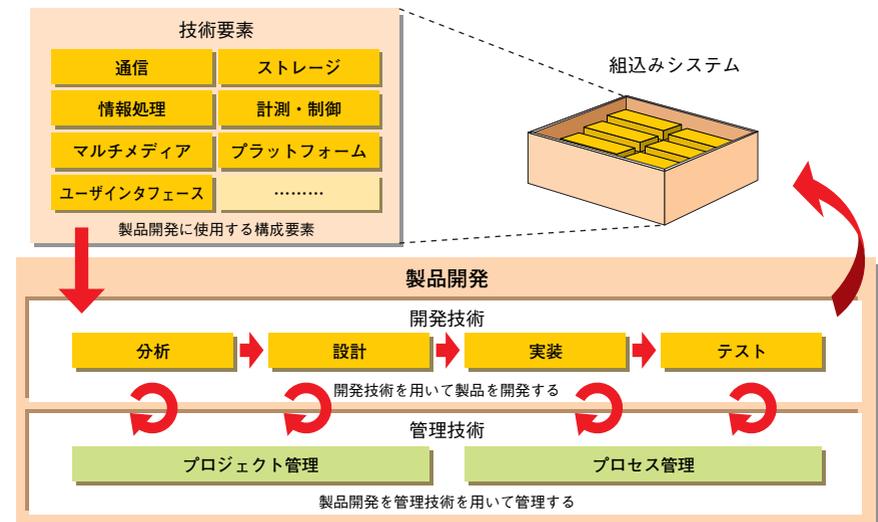


図2.3 スキルカテゴリの関連イメージ

▶▶ 技術要素スキルカテゴリ

技術要素スキルカテゴリは、システムに組み込まれ、機能を実現するものです。アルゴリズム、ロジック、部品、規格……、などの様々な技術要素を体系的に整理したものです。機能の実現方法は、ハードウェア、ソフトウェアを問いません。

技術要素スキルカテゴリの第1階層は、次の項目で定義しています。

- 通信：通信に関する要素
- 情報：主にハードウェアに依存しないデータ処理などに関する要素
- マルチメディア：音声、静止画、動画の処理に関する要素
- ユーザインタフェース：対人系デバイスの制御に関する要素
- ストレージ：蓄積系制御および処理に関する要素
- 計測・制御：外部デバイスに関する計測及び制御に関する要素
- プラットフォーム：アプリケーションの実現のための基盤に関する要素

技術要素スキルカテゴリにおける第1階層項目(①~⑦)と、それに含まれる第2階層の相関関係をイメージしたものが次の図です。

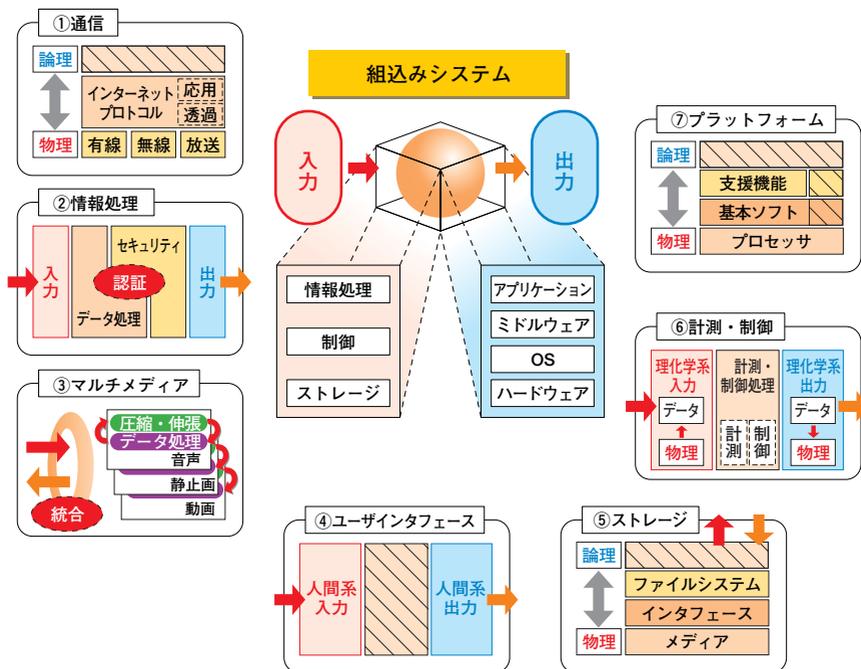


図2.4 技術要素スキルカテゴリの概要と相関

スキル基準における技術要素スキルカテゴリの抜粋とスキル項目の展開例を次に記します。

第1階層	第2階層	説明
1 通信	1 有線	WAN、LANなどの有線通信技術
	2 無線	電気通信事業用無線、一般業務用無線などの無線通信技術
	3 放送	デジタル放送、アナログ放送などの放送技術
	4 インターネット	透過的データ転送、アプリケーションなどのインターネット接続技術
2 情報処理	1 情報入力	データ入力、音声入力など情報入力
	2 セキュリティ	暗号、著作権保護などのセキュリティ技術
	3 データ処理	圧縮、データベースなどのデータ処理技術
	4 情報出力	マークアップランゲージや文書ビューアなど、情報出力技術
3 マルチメディア	1 音声	データ処理、圧縮伸張などの音声処理技術
	2 静止画	データ処理、圧縮伸張などの静止画処理技術

*詳細は組込みスキル基準Ver.1.0を参照してください。

展開

第1階層	第2階層	第3階層	スキル項目	スキルレベル				
				作れる	使える			
1 通信	3	:	:	1 ppp				
				2 ip				
				3 icmp				
				4 arp				
				5 tcp				
				6 udp				
				1 http				
				2 smtp				
				3 telnet				
	4 インターネット	1 透過的データ転送	2 応用処理	4 ftp				
				5 sip				
				6 dns				
				7 pop				
				8 dhcp				
				9 snmp				

スキル評価基準 (例)

- ・作れるスキル
必要な仕様・条件・特性・事例・情報などを使ってftpを実現できる。
- ・使えるスキル
必要な仕様・条件・特性・事例・情報などを使ってftpを用いた機能を実現できる。

図2.5 スキル項目展開例 (技術要素スキルカテゴリ)

▶▶ 開発技術スキルカテゴリ

開発技術スキルカテゴリは、組込みシステム開発で用いられる技術や技能を整理しています。例えば、プログラミング技術、デバッグ技術、テスト技術などです。組込みシステム開発に関する要求分析に始まり、設計、実装、テストに至るまでの一連の開発作業に関するスキルを整理しています。

開発技術スキルカテゴリの第1階層は次の10項目を定義しています。

- システム要求分析
- システム方式設計
- ソフトウェア要求分析
- ソフトウェア方式設計
- ソフトウェア詳細設計
- ソフトウェアコード作成とテスト
- ソフトウェア結合
- ソフトウェア適格性確認テスト
- システム結合
- システム適格性確認テスト

上記の第1階層のスキル項目はJIS X 0160（ソフトウェアライフサイクルプロセス）における開発プロセスを用いています。第2階層として情報処理技術者試験のテクニカルエンジニア（エンベデッドシステム）及び、ソフトウェア開発技術者で定義されたスキル基準の該当タスク（管理技術除く）を割り当てています。個々のタスク毎に開発スキルを定義することで、組込みソフトウェア開発に関する開発技術スキルの可視化を図ることができます。

現在、組込みソフトウェア開発力強化推進委員会の開発プロセス技術部会において組込みソフトウェア開発に則した開発プロセスが検討されています。開発技術スキルカテゴリは、今後の開発プロセス部会の検討成果を受け、その上で見直しを行います。

開発技術スキルカテゴリの抜粋とスキル項目の展開例を次に記します。

第1階層	第2階層	説明
1 システム要求分析	1 要求の獲得と調整	インタビュー手法、マーケティング手法など
	2 システム分析と要求定義	モデリング手法、分析手法、要求定義など
	3 システム分析と要求定義のレビュー	レビュー手法、インスペクション手法など
2 システム方式設計	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	性能見積もり、FMEA、FTA、ソフトウェア見積もり手法、知的財産権など
	2 実現可能性の検証とデザインレビュー	レビュー手法、インスペクション手法など
3 ソフトウェア要求分析	1 ソフトウェア要求分析の定義	モデリング手法、分析手法、要求定義など
	2 ソフトウェア要求事項の評価	レビュー手法、インスペクション手法など

*詳細は組込みスキル基準Ver.1.0を参照してください。

展開

第1階層	第2階層	スキル項目	スキルレベル
1 システム要求分析	1 要求の獲得と調整	1 ビジネス判断	
		2 インタビュー技法	
		3 コンサルティング技法	
		4 マーケットリサーチ	
		5 ポジショニング	
		6 プレゼンテーション	
		7 要求定義書	
		8 コンセプトシート	
	:	:	
2 システム分析と要求定義	2	1 モデリング手法	
		2 分析手法	
		3 要求定義	
	:	:	
	:	:	

スキル評価要件 (例)
 モデリング手法を用いて、顧客の要求からシステム要求分析を行うことができる

図2.6 開発技術スキルカテゴリのスキル項目展開例

▶▶ 管理技術スキルカテゴリ

管理技術スキルカテゴリは、組込みシステムの開発を円滑に進行するための管理技術や技能を整理したものです。ITスキル標準の職種としてすでに定義されている「プロジェクトマネジメント」の知識領域と、JIS X 0160における支援プロセスなどを整理しています。

開発プロジェクト計画策定から構成管理・変更管理などまで、組込みソフトウェア開発における管理業務に関するスキルを整理しています。

管理技術スキルカテゴリの第1階層には次の2つが定義されています。

- プロジェクトマネジメント
- 開発プロセスマネジメント

管理技術スキルカテゴリは組込みソフトウェア開発プロジェクトに関するマネジメントを対象としています。

組込みソフトウェア特有の要素が含まれない組織の管理（ラインマネジメント）などは対象としていません。

スキル基準における管理技術スキルカテゴリの抜粋とスキル項目の展開例を次に記します。

第1階層	第2階層	説明
1	1 統合マネジメント	WBS、EVM、会議運営メソッドロジ、レビュー手法など
	2 スコープマネジメント	WBS、変更管理など
	3 タイムマネジメント	パート図、ガント図、見積もり手法など
	4 コストマネジメント	ROI、ROE、見積もり手法、EVMなど
	5 品質マネジメント	監査、故障解析、統計的手法、傾向分析など
	6 組織マネジメント	チームビルディング、OBSなど
	7 コミュニケーションマネジメント	情報配布手法など
	8 リスクマネジメント	リスク分析、デシジョンツリー分析、リスク等級など
	9 調達マネジメント	企画、調達先選定、契約、実績管理など
	1 開発プロセス設定	システム開発プロセス設定、レビュー設定など

*詳細は組込みスキル基準Ver.1.0を参照してください。

展開

第1階層	第2階層	スキル項目	スキルレベル	
1	1 総合マネジメント	1 WBS		
		2 EVM		
		3 管理運営メソッドロジ		
		4 レビュー手法		
		:	:	
	2 スコープマネジメント	1 WBS		
		2 変更管理		
		:	:	
	3 タイムマネジメント	1 パート図		
		2 ガント図		
		:	:	

スキル評価要件 (例)

ガント図を使って作業工程を作成しプロジェクトのタイムマネジメントを実現できる。

図2.7 スキル項目展開例 (管理技術スキルカテゴリ)

▶▶ スキルの粒度

スキルカテゴリは、それぞれ階層的にスキルを整理（詳細化、具体化）しています。

スキルカテゴリの階層は、1～4階層を目安としています。最下位の階層には、具体的なスキルとして“技術名称”が出現するように設定します。この技術名称をスキル項目とします。スキルをカテゴリ化する際に、スキルとしての具体的な技術名称が出現しないような場合は、必要に応じて5階層以上の階層を設定します。

技術名称とは、そのスキルを表す上で広く認知されている技術項目名称を指します。例えば、標準化されている方式、市場で商品化されている方式、文献等で公開されている方式などです。

スキル基準では、スキルの体系的な枠組みのみを提供しますが、具体的な技術名称の提示や公開をしていません。これはスキル基準が、標準として具体的な技術を限定することで技術の進歩や拡がりを制限する可能性があると考えられるためです。

▶▶ スキル項目・カテゴリの追加

スキルカテゴリやスキル項目は必要に応じて追加可能です。これは、利用者側で必要に応じてスキルカテゴリやスキル項目を追加し、実状にあったスキル基準の作成を可能なフレームワークとしているからです。応用ドメインの業界団体や企業などで、独自のスキル項目を追加することで、特徴のある実用性が高いスキル基準の運用が可能となります。

スキル項目は、必ずしも一般に公開する必要はありません。独自に追加したスキル項目などは、一般に非公開とすることで、競争力の確保や保有技術の流出防止も可能となります。

逆に、スキル項目を一般に公開することで、該当する応用ドメインや企

業で必要となっているスキルを明示して人材確保やスキルアップを促進することも期待できます。

▶▶ スキルのレベル定義

各スキル項目に対してレベルを定義し、スキル測定した結果を可視化できるようにします。

スキルレベルは、初級・中級・上級の3つに加え最上級が定義され、3+1のレベルで表現されます。

スキルレベル

- | | | |
|--------|-----|-------------------------|
| ● レベル1 | 初級 | 上位者の指導のもとに実施できる |
| ● レベル2 | 中級 | 上位者の指導が無くとも自律的に実施できる |
| ● レベル3 | 上級 | 下位の技術者の指導が出来る |
| ● レベル4 | 最上級 | 経験を体系化し先進的なやり方を工夫・開発できる |

技術要素スキルカテゴリでは、『作れるスキル』と『使えるスキル』を分けて、スキルレベルを表現しています。これは、技術要素自体を機能として“作る”ことができるのか、あるいは技術要素を“使って”機能を実現できるのかによって、持ちうるスキルの性質やレベルが異なるという事に対応しています。

▶▶ スキルの測定

スキル項目を満たす要件を定義しているのがスキル評価要件です。

スキル基準 (Version 1.0) は、全体的に共通な評価要件を提供しています。

技術要素の評価要件

作れるスキル：「必要な仕様・条件・特性・事例・情報などを使って、

○○機能を実現できる。」

⇒○○：技術要素名称

使えるスキル：「必要な仕様・条件・特性・事例・情報などを使って、

○○を用いた機能を実現できる。」

⇒○○：技術要素名称

開発技術および管理技術の評価要件

「□□を使って、△△ができる。」

⇒□□：開発・管理技術（手法、ツールなど）名称

△△：作業・管理名

評価要件で使用している『～ができる』には動作と知識に関する2つの視点が必要です。

『～ができる』ということは、実際に動作としての作業が行えるということです。作業を行う際には、「正確性」や「効率性」などが基本的に求められ、さらには適切な「状況判断」といった応用力も求められます。

このような動作をするための前提として、作業に使用する手法やツールに関する知識が必要です。また、手法やツールを使う対象物や環境、手順などに関する知識も必要になります。

これらの動作や知識をチェックすることで『～ができる』ということ判断することができるようになります。

スキル測定方法に関して、いくつかの例を提示します。

ここで提示したスキル測定方法は、あくまでも例示です。スキルの測定

方法を、これらの方法に限定するものではありません。スキルの測定は、労力・コストと測定値の信憑性とトレードオフの関係となるため、スキル基準を利用する目的に合った方法を選択していただきたいと考えています。

評価方法		概要
自己申告		本人申告、または上長などのメンターとの面談結果を含めた申告 ⇒ 現状、多くの企業ではこの評価方法が主流
エビデンス		『できる』という事に、業務経歴書などの証拠を持って評価を行う ⇒ ISO9001 相当。個々の技術スキルに対するエビデンス定義は非常に困難
試験	選択回答	選択形式問題の回答による評価 ⇒ 情報処理試験（午前）、ベンダ系認定試験相当
	記述	自由記述形式問題の回答による評価 ⇒ 情報処理試験の（午後Ⅰ）相当
	論述	小論文記述試験による評価 ⇒ 情報処理技術者試験の小論文相当
	AO (Admission Office)	実績や面談による評価
	実技	ケーススタディや、評価用作業の実施による判定
試用		一定期間の試用を通じてスキルを評価する

表2.1 スキル測定方法の例

2-3 キャリア基準(ドラフト)

▶▶ キャリア基準の概要

キャリア基準では、組込みソフトウェア開発に関わる職種を「プロジェクトマネージャ」「システムアーキテクト」「ソフトウェアエンジニア」などの9つに分類し、その職種ごとに個別の専門分野を設けています。

「職種と活動局面」の図は、組込みソフトウェア開発の工程の各局面において職種／専門分野がどのような役割を果たすのか例示しています。この図はあくまでも、キャリア基準で定義した職種／専門分野をイメージしたもので、実際のソフトウェア開発における作業工程や役割や制限や強制するものではありません。各職種／専門分野の相対的な位置関係を理解していただき、各企業の実情に合わせた運用をしてください。

キャリア基準で分類した、各職種の概要を以降に記述します。

プロダクトマネージャ

製品開発に必要なプロジェクト体制の構築及び統括管理を実施する。プロダクトライン全体を考慮した開発製品の企画を検討する。

プロジェクトマネージャ

プロジェクトの提案、立ち上げ、計画策定、遂行および管理／統制を実施し、計画された最終成果物に対して品質、コスト、納期に責任を持つ。

ドメインスペシャリスト

特定の技術について高度で専門的な知識や技術や経験を有し、技術的な中核として活動を行う。

システムアーキテクト

システムに対する要求仕様を分析し、システムの枠組みを策定するとともに、アーキテクチャ（構造）を設計する。

ソフトウェアエンジニア

サブシステムの仕様分析、設計、プログラミング及びテストを実施する。

ブリッジエンジニア

開発拠点の間でコミュニケーションを円滑かつ迅速に行い、拠点間のギャップの極小化を実現する。アウトソース利用が80%以上におよぶ現状を考えると、企業間のインタフェースとなるこの役割の明確化が必須である。

サポートエンジニア

プロジェクト活動を円滑かつ、効率的に行われるように各種支援業務を実施する。開発環境を構築することと、開発プロセスに関する支援を対象とする。

QAスペシャリスト

ソフトウェア品質の向上と品質欠陥のリスクに対する戦略立案の実施、成果物の品質要求の明確化、測定、評価、改善を行う。

テストエンジニア

ソフトウェアテストの設計、テストツールや手法の選択、テストデータ設計と作成を行い、各局面におけるテストを実施する。

職種	専門分野	企画	システム 要求分析	システム 方式設計	ソフトウェア 要求分析
プロダクト マネージャ	組込みシステム	プロダクト 調査・分析 システム 戦略策定	要求分析 要求仕様策定		
プロジェクト マネージャ	組込みソフトウェア開発		プロジェクト 計画立案		
ドメイン スペシャリスト	組込み関連技術 ※組込みスキル標準の技術要素 や製品名称、標準規格など		要求仕様 策定	システム 方式設計	ソフトウェア 要求分析
システム アーキテクト	組込みアプリケーション		要求仕様 策定	システム 方式設計	ソフトウェア 要求分析
	組込みプラットフォーム		要求仕様 策定	システム 方式設計	ソフトウェア 要求分析
ソフトウェア エンジニア	組込みアプリケーション				ソフトウェア 要求定義策定
	組込みプラットフォーム				ソフトウェア 要求定義策定
ブリッジ エンジニア	組込みシステム開発			コミュニケーション 計画立案	
				リモートプロジェクト 管理計画立案	
サポート エンジニア	組込みシステム開発環境			システム開発 環境設計/ 開発環境 調達立案	
	開発プロセス				
QA スペシャリスト	組込みソフトウェア開発			品質監査 計画立案	
テストエンジニア	組込みシステム開発				

表2.2 職種/専門分野と活動局面の関係

ソフトウェア 方式設計	ソフトウェア 詳細設計	ソフトウェア コード作成 およびテスト	ソフトウェア 結合	システム結合 テスト	ソフトウェア 導入	保守
要求仕様変更の検討および決定						保守変更 機能策定
プロジェクトマネジメント						
レビューア			レビューア	レビューア		保守変更機能 設計/ レビューア
ソフトウェア 方式設計/ レビューア	ソフトウェア 詳細設計/ レビューア		レビューア	レビューア		保守変更機能 設計/ レビューア
ソフトウェア 方式設計/ レビューア	ソフトウェア 詳細設計/ レビューア		レビューア	レビューア		保守変更機能 設計/ レビューア
ソフトウェア 方式設計	ソフトウェア 詳細設計	ソフトウェア コード作成/ モジュール テスト	ソフトウェア 結合テスト	システム結合 テスト		保守変更機能 実装/モジュール テスト
ソフトウェア 方式設計	ソフトウェア 詳細設計	ソフトウェア コード作成/ モジュール テスト	ソフトウェア 結合テスト	システム結合 テスト		保守変更機能 実装/モジュール テスト
拠点間のコミュニケーション管理					納入物評価・ 支援	保守変更機能 実装/テスト
リモートプロジェクトのマネジメント						
システム開発環境保守・運用						システム開発 環境保守・ 運用
開発プロセス設計/開発プロセスステラリング/開発プロセス運用支援/開発プロジェクトモニタリング						
設計品質監査		ソフトウェア コード品質 監査	ソフトウェア 結合テスト	システム結合 テスト		
	システム結合 テスト設計	ソフトウェア 結合テスト 設計	ソフトウェア 結合テスト	システム結合 テスト	ソフトウェア 導入試験	保守変更機能 確認試験

■ : 主たる活動局面

■ : 従たる活動局面

▶▶ キャリアレベルの定義

キャリア基準では、キャリアレベルを職種／専門分野ごとに、プロフェッショナルとして要求される経済性と責任性の度合いを7段階のレベルで提示します。

キャリアレベルが上位になるにつれて、社会に対する経済性と責任性の度合いが増加することになります。

職種／専門分野のレベルを横断的に整理すると、次の表のようになります。

		エントリレベル		ミドルレベル		ハイレベル			
		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5	レベル6	レベル7	
要求作業 (役割)の 達成	価値創造 への貢献	上位レベルの指導の下で、業務上の課題の発見・解決ができる		業務上の課題の発見・解決をリードする		テクノロジーやメソッドロジ、ビジネスをリードする		新技術開発や標準化などにより社内・社外をリードする	
								市場をリードする	
								市場で認められる	
						社内をリードする			
						経験を知識化し、業務の改善や後進育成の面で応用できる			
				独力で全てできる					
				一定の難易度であれば独力でできる					
		指導の下でできる							

表2.3 キャリアレベルと社会に対する経済性と責任性

以下の表は、職種／専門分野ごとにキャリアレベルが存在する部分を着色しています。

職種／専門分野によっては下位レベルが、プロフェッショナルとしての経済性や責任性が要求されないものもあります。

職種	プロダクトマネージャ	プロジェクトマネージャ	ドメインスペシャリスト	システムアーキテクト		ソフトウェアエンジニア		ブリッジエンジニア	サポートエンジニア		QAスペシャリスト	テストエンジニア
				組込み	プラットフォーム	組込み	プラットフォーム		組込み	開発プロセス		
専門分野	組込みシステム	組込みソフトウェア開発	組込み関連技術(※1)	組込みアプリケーション	組込みプラットフォーム	組込みアプリケーション	組込みプラットフォーム	組込みシステム開発	組込みシステム開発環境	開発プロセス	組込みソフトウェア開発	組込みシステム開発
ハイレベル	レベル7											
	レベル6											
	レベル5											
ミドルレベル	レベル4											
	レベル3											
エントリレベル	レベル2											
	レベル1											

表2.4 キャリアフレームワーク

※1 組込みスキル標準の技術要素や製品名称、標準規格など

▶▶ キャリアパスの考え方

キャリア基準で策定された職種・専門分野に対する、キャリアアップやキャリアチェンジなどのキャリアパスの考え方をまとめます。本概説書では、同一職種・専門分野でレベルアップしていくケースをキャリアアップとし、職種・専門分野間の異動をキャリアチェンジとします。

組込みソフトウェア開発に参画できる職種・専門分野のレベルは、その人の技術や経験によって限られたものとなりますが、そこを起点として、進むべき指向にあった目標に向けて様々なキャリアデザインを描くことができます。

キャリアアップやキャリアチェンジを行う場合、変更後の職種のレベルに設定された関連スキルなど満たすべき様々な条件があります。言い換えれば、その条件をクリアできれば、現状の職種のレベルから、目標とする職種のレベルにキャリアチェンジやキャリアアップできるということになります。

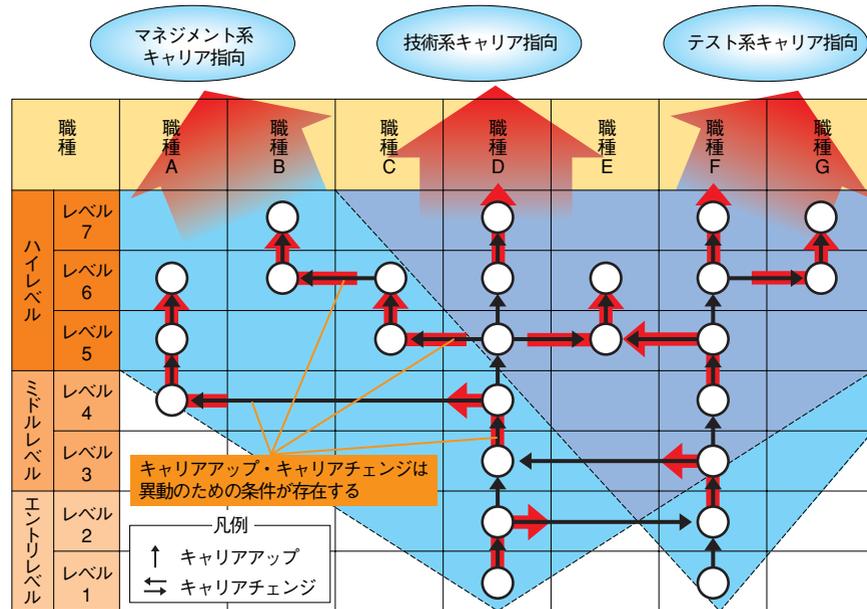


図2.8 キャリアアップ、キャリアチェンジの関係

現状の職種とレベルを起点として、目標とする職種とレベルに到達するための経路として、様々なキャリアパスが考えられます。例えば、多種多様な職種をキャリアチェンジで経験して幅広い技術や経験を積んだり、特定の職種の専門分野で一貫したキャリアアップを繰り返すことで専門性を極めたりするようなキャリアパスを描くこともできます。

キャリアパスの到達すべき目標は必ずしも、各職種の最上位のレベルの7であるとは限りません。到達すべき目標は、社会や所属する企業の状況

や、個人が持つキャリアに対する価値観などによってそれぞれ定められるものです。

また、社会の変化や技術の進歩によって職種の重要性の変化、新たな職種や専門分野が追加されることが考えられます。このような状況の変化に応じて、到達すべき目標を柔軟に見直してください。

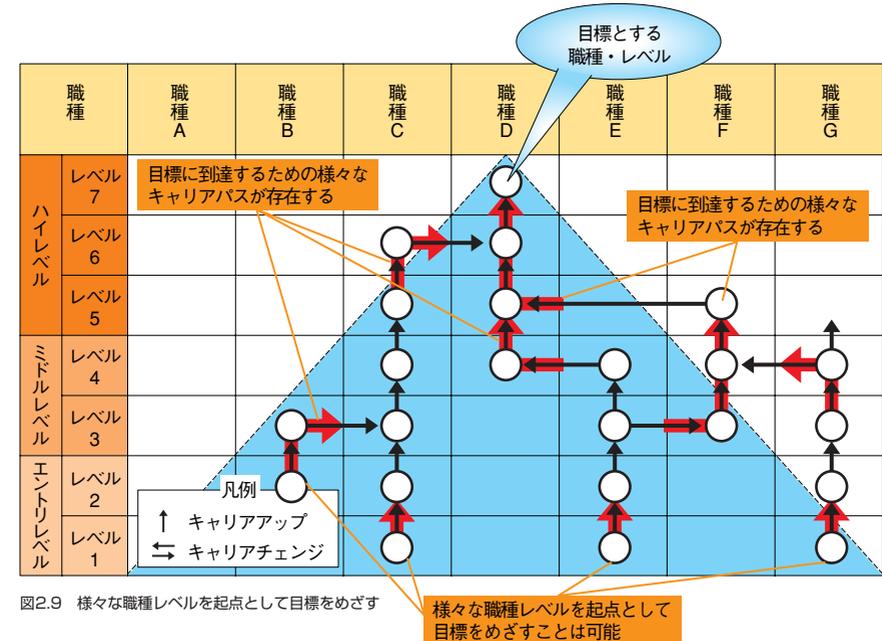


図2.9 様々な職種レベルを起点として目標をめざす

様々な職種レベルを起点として目標をめざすことは可能

▶▶ 教育カリキュラムの必要性

組込みソフトウェア開発における近年の傾向として、複雑な仕様、大規模開発、短期間開発、高品質などの要求や課題に対応できる人材リソースが慢性的に不足しています。

このような質と量の不足を補う代表的な候補として「大学などの教育機関からの就職者」「他分野からの転職者」「既存の就業者」などが考えられます。

組込みソフトウェア開発分における、これらの人材育成に対して体系的な教育カリキュラムがこれまで不足していました。組込みソフトウェア開発の特性と実情や、「大規模化」「複雑化」「短期開発」の要求に応えるためにソフトウェア・エンジニアリングや組込みシステム開発の特性などの要素を考慮した教育カリキュラムの必要性が高まっています。

▶▶ 未経験者向け教育カリキュラムの概要

今回の教育カリキュラム（ドラフト）では、未経験者を対象とした「組込みシステム開発未経験者向けカリキュラム」に対する検討結果を報告しています。未経験者向け教育カリキュラムを提供することで、組込み分野への人材シフトのギャップを軽減し、組込み分野入門者のレベルアップを促進して、人材リソースの不足解消への寄与が期待できるからです。

未経験者向け教育カリキュラムでは、組込み未経験者を受講対象者として、組込みソフトウェア開発業務に従事できる状態に人材育成することを目的とします。

この教育カリキュラムでは技術要素、開発技術、管理技術、パーソナル

がスキルカテゴリとして関連知識項目の対象となります。

本教育カリキュラムは、大学などの高等教育機関や、企業による新人向け研修、あるいは他分野からの組込み分野へのキャリアチェンジを支援する研修など、それぞれ利用される局面を考慮した教育カリキュラムとなっています。

レベル スキル カテゴリ	未経験レベル			
	ITスキル標準 教育ロードマップ (未経験レベル)		組込みスキル標準 教育カリキュラム (ET入門コース)					
技術要素	IT基本1	IT基本2	組込みシステム技術	組込みプログラミング演習	組込みソフトウェア開発 プロジェクト型演習			
開発技術								
管理技術								
パーソナル								
ビジネス/インダストリ								

図2.10 教育カリキュラム、研修コース体系図

研修コース名	概要	関連知識項目
組込みシステム技術	組込みソフトウェア技術者として必要な組込み基礎技術を習得する。	組込みシステムの歴史、組込みシステムの特徴、組込みシステムの現状、I/O 制御、スタートアッププログラム、メモリ管理、割り込み処理、ハードウェア監視、排他制御、トレードオフ設計、ハードウェアアーキテクチャ、MPU 周辺技術、基本 I/O、外部周辺機器、実装技術、高信頼性設計、安全性設計、システム LSI、組込みソフトウェアの概要と歴史、組込みソフトウェアの特徴、リアルタイムカーネル、デバイスドライバとミドルウェア、マルチタスクプログラミング、実行環境、開発環境、組込みソフトウェア開発技術、……など
組込みプログラミング演習	組込みソフトウェア技術者として必要な C 言語を中心とするプログラミング技術を習得する。	メモリ配置、スタックサイズ、スタートアッププログラム、割り込み処理、I/O アクセス、コーディング作法、最適化、開発支援ツール (統合開発環境、コンパイラ、デバッガ、…)、アセンブリ言語、要求定義、ソフトウェア設計、プログラム実装、テストとデバッグ、……など
組込みシステム開発プロジェクト型演習	組込みシステム開発未経験者向け教育カリキュラムの総まとめとしての位置づけとして、組込みソフトウェア開発に従事するために必要な技術や知識をプロジェクト型演習にて体験の上、習得する。	※本研修コースの履修条件である、「ET 入門コース」カリキュラムにおける「組込みシステム技術」、「組込みプログラミング演習」の関連する知識項目、及びこれらの履修条件となっている、IT スキル標準の教育ロードマップにおける「IT 基本 1」、「IT 基本 2」の研修コース群の関連知識項目をプロジェクト型演習で実際に活用し、より実践的な知識や技術の習得を行う

表2.5 教育カリキュラム、研修コース概要

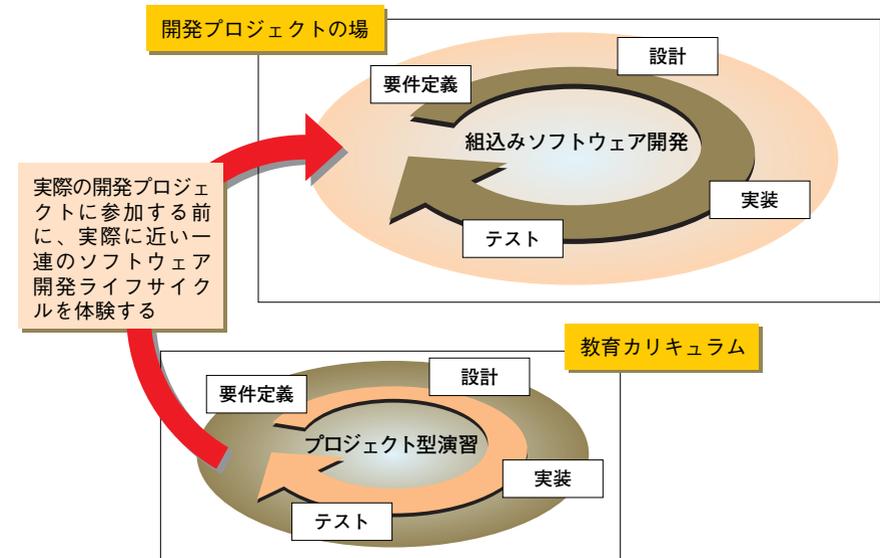


図2.11 プロジェクト型演習

実際に体験することで、習熟度を高めることができます。

▶▶ 既存カリキュラムとの親和性を考慮

未経験者向け教育カリキュラムでは受講対象者のスキルレベルや、既存のカリキュラムとの整合性などを、対応させやすいように分割しています。

未経験者向け教育カリキュラムでは、組込みシステムの特有の技術や知識の習得を目的とした科目で構成しています。他分野と共通の基本技術や知識については、IT スキル標準の研修ロードマップの未経験レベル準拠の研修コースなどの既存カリキュラムを活用し、新規カリキュラムの設計や開発などの負担軽減が期待できます。

▶▶ プロジェクト型演習

未経験者向け教育カリキュラムの総まとめの位置づけとしてプロジェクト型演習を設定しています。

多くの組込みソフトウェア開発がプロジェクト体制で推進されることから、共同作業の重要性やプロジェクトにおける役割分担を理解し、プロジェクト管理に関わるスキルやパーソナルスキル (コミュニケーション、リーダーシップ、ネゴシエーション等) を擬似プロジェクトの中で習得します。

教育カリキュラムで、それまでに履修した内容を実際のプロジェクト形式で要件定義からテストまでの一連のソフトウェア開発ライフサイクルを

Part 3 組込みスキル標準(ETSS)の活用

第3部では、組込みスキル標準活用局面の提案と、携帯電話開発とDVDレコーダ開発のスキル測定例示と解説を行います。

3-1 組込みスキル標準(ETSS)活用イメージ

▶▶ 個人における活用イメージ

(1) 技術者としての強みと弱みを認識

スキル基準を用いて技術者個人の組込みソフトウェア開発スキルを測定することでスキルレベルの分布を可視化することができます。

スキルレベルの分布から、技術者の強みや弱みを客観的に認識することができます。

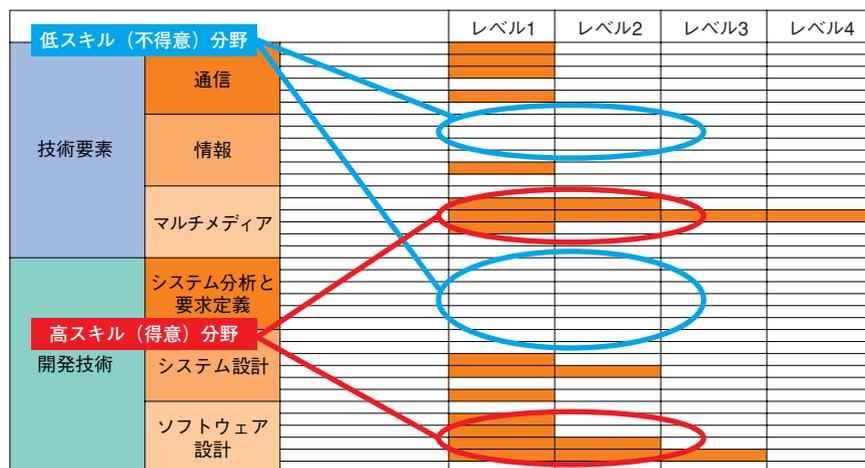


図3.1 「強み」「弱み」を可視化する

(2) 具体的なキャリアパスの確認

スキル測定された技術者自身のスキルレベルの分布状況などから、キャリア基準で定義された職種/専門分野のキャリアレベルの関連スキルと付き合わせることでキャリアレベルの妥当性を確認できます。

また、目標とする職種のキャリアレベルまでのキャリアパスをどのような経路で、どのようにレベルアップしていくのかを具体的にイメージすることができます。

▶▶ マネジャ/プロジェクトリーダーにおける活用イメージ

(1) プロジェクト編成の最適化

開発対象となる製品に必要なスキルレベルの分布と、投入予定技術者のスキルレベルの分布を用いて最適な開発プロジェクト体制を編成可能です。

また、開発工程毎に必要なスキル分布に合わせて適時、チーム体制を編成することで最適化を進めることも可能となります。

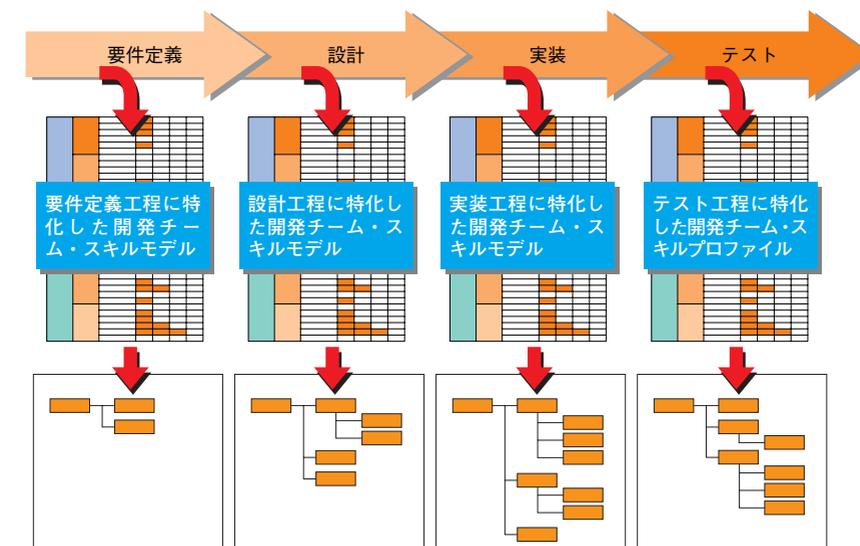


図3.2 プロジェクト編成の最適化

3-2 組み込みスキル基準分析サンプル

(2) スキルに関する開発リスクの分析

開発対象製品に必要なスキルレベルの分布と、開発チームのスキル分布を比較することでスキル不足による開発プロジェクトのリスクの分析を行うことができます。

スキルの不足部分を定量的に可視化することで、追加要員が必要なスキルのリストアップなどの的確なリスクヘッジプランの策定のための指針となります。

▶▶ 経営者における活用イメージ

(1) 人材リソース戦略立案と評価

企業内の人材のスキルを測定し、組織として統合することで、企業としての組み込みソフトウェア開発に関する強みや弱みを可視化することができます。

業界や技術などの動向と、企業のスキル測定結果を照らし合わせて、弱みとされた部分を補う人材リソースに対する戦略を定量的に策定できます。

また、策定された人材リソース戦略を、人材採用や育成を実施する際に具体的な指標として活用できます。

(2) 教育カリキュラムの開発や調達

教育サービスを提供する企業では、顧客の求める、「職種のキャリアレベル」や「スキル基準のレベル」などに的をしばった有効性の高い教育カリキュラムを開発することができます。

人材育成を必要とする企業は、目的に合った、最適な教育カリキュラムを選択することができます。また、教育結果を教育カリキュラムの目的(スキルのレベルアップなど)が果たせたかを客観的に測定する際にも活用できます。

これをフィードバックすることによって、教育カリキュラムの品質向上などに役立てることが可能となります。

▶▶ スキル基準分析サンプルについて

組み込みソフトウェア開発のスキル項目分析を具体的な製品(携帯電話、DVDレコーダ)を対象に行ったサンプルを提示します。

これは、これまで説明を行ったスキル基準のフレームワークを使用して、組み込みソフトウェア開発に必要なスキル項目の分析を行ったものです。組み込みスキル標準を使用して開発プロジェクトのスキル項目を分析する場合、このような成果物が作成されることになると思います。この分析・抽出されたスキル項目毎に、開発体制や技術者のスキルを測定してください。

これは上記の製品の標準的な機能をピックアップし、架空の製品イメージを分析しています。あくまでもスキル分析の例示のため、同様の製品を作成する場合でも、利用技術や開発手法の違いで異なる結果が得られます。

また、実際の製品開発を対象にした場合、さらに詳細かつ多岐にわたるスキル項目が抽出されることになると考えられます。

▶▶ 携帯電話開発のスキル分析サンプル

携帯電話開発におけるスキルの分析結果サンプルを提示します。

製品概要

本製品は、カメラ機能付きの携帯電話です。このカメラでは、静止画と動画を撮影することができ、データの保存や簡易加工が可能です。またこれらのデータをメモリカードへの書き込みや、メール機能などで他の端末に送信可能です。

Webブラウザ機能も有し、インターネット経由で様々なコンテンツに

アクセス可能です。ネットワークからダウンロードした音楽コンテンツの再生も可能です。

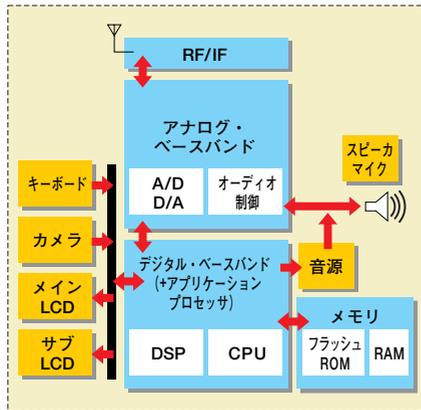


図3.3 携帯電話のハードウェア構成 (概要)

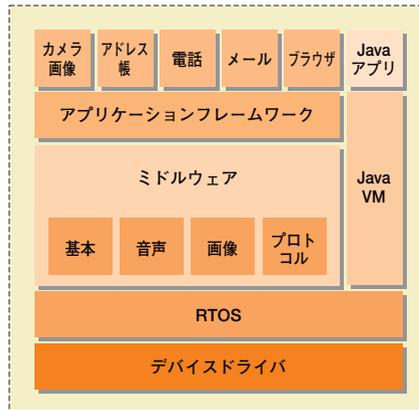


図3.4 携帯電話のソフトウェア構成 (概要)

スキル分析例

(1) 技術要素

第1階層	第2階層	第3階層	スキル項目	使える	作れる
通信	有線	PAN	USB		
			RS232C		
		無線	電機通信用無線	PDC	
	CDMA				
	インターネット	透過的データ転送	赤外線通信		
			ppp		
		応用処理	ip		
tcp					
情報処理	情報入力	イメージ入力	カメラ		
			音声入力	マイクロフォン	
		マークアップランゲージ	Webブラウザ		
	入力補助機能	画像パターン認識	2次元バーコード		
			OCR		
		データ入力補完	予測入力		
データ処理	文字・データ処理/変換	かな漢字変換			

第1階層	第2階層	第3階層	スキル項目	使える	作れる	
マルチメディア	静止画	圧縮・伸張	JPEG			
			GIF			
			PNG			
	動画	圧縮・伸張	MPEG4 (H263)			
			H264			
	音声	圧縮・伸張	ADPCM (G.726)			
CELP						
統合	モバイル	3GPP、SD-Video				
ユーザインタフェース	人間系入力	ボタン入力	ボタン			
			キーボード			
	人間系出力	座標入力	ジョイスティック	ジョイスティック		
				LED		
		表示出力	LCD	LCD		
				サウンド		
		音声出力	音源	音源		
				バイブレータ		
		振動出力	フロント	フロント		
				イメージデータ出力	バーコード	
ストレージ	メディア	リムーバブルメディア	SDカード			
プラットフォーム	基本ソフト	カーネル	NAND/NORフラッシュメモリ			
			メモリストレージ			
	パーチャルマシン・インタプリタ	JAVA	BREW			
			JAVA			
	支援機能	UI	ロギング			
			トレース			
			ソフトウェア更新			
			GUIライブラリ			

(2) 開発技術

第一階層	第二階層	スキル項目	評価要件例	スキル	
1	システム要求分析	1	要求の獲得と調整	インタビュー手法	インタビュー手法を使って、開発対象システムへの要求事項を獲得できる
				要件定義書策定規定	要求定義書作成規程を使って、要求定義書の作成ができる
				要件定義書	要求定義書を使って、ステークホルダと要求仕様の確認ができる

次頁へ続く

第一階層	第二階層	スキル項目	評価要件例	スキル
	3	システム分析と要求定義のレビュー レビュー手法 インスペクション手法 レビュー規約	インスペクションを使って、レビューができる 企業のレビュー規約を使って、召集や議事進行などレビュー運営ができる	
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 FMEA/FTA、手法 見積もり手法	FMEA/FTA手法を使って信頼性・安全性設計ができる 見積もり手法を使って、ソフトウェア規模の見積もりができる	
6	1	プログラムの作成とプログラムテスト項目の抽出 コーディング規定 アセンブラ仕様 ホワイトボックステスト	コーディング規程を使って、規定に従ったプログラミングができる 搭載マイコンのアセンブラ仕様を使って、アセンブル言語でのプログラミングができる 境界値分析を使って、ホワイトボックスでのテスト項目抽出ができる	
	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 静的解析ツール レビュー手法 インスペクション手法	ソフトウェア静的解析ツールを使って、プログラムの静的解析ができる インスペクションを使って、レビューができる	
	3	プログラムテストの実施 ドライバ/スタブ テストツール	ドライバ/スタブを使用して、HW受領前のプログラムテストができる テストツールを使って、自動プログラムテストができる	
7	1	ソフトウェア結合テスト仕様設計 テスト設計手法 カバレッジ測定法	テスト設計手法を使って、ソフトウェア結合テストを設計できる カバレッジ測定法を使って、ソフトウェア結合テストのソフトウェア要求に対する妥当性を算出できる	
9	2	システム結合テストの実施 ICE オシロスコープ	ICEを使ってシステム結合テストの実施と不具合分析ができる オシロスコープを使ってシステム結合テスト結果の不具合分析ができる	

(3) 管理技術

第一階層	第二階層	スキル項目	評価要件例	スキル
1	1	開発プロジェクトマネジメント 統合マネジメント プロジェクト計画メソッドロジ WBS (Work Breakdown Structure)	プロジェクト計画メソッドロジを使って、プロジェクト計画の立案ができる WBSを使って、プロジェクト計画書の作成ができる	
	8	リスクマネジメント リスク識別技法 リスク等級マトリックス デシジョンツリー	既存システムにおける事故事例のリスクをリスク識別技法を使って、識別ができる リスク等級マトリックスを使って、リスク分析ができる デシジョンツリーを使って、リスク分析ができる	
	9	調達マネジメント 調達基準 見積もり依頼書策定規定 外注管理規定	企業の調達基準を使って、外部調達の識別ができる 企業の見積もり依頼書作成規程を使って、外部調達の見積もり依頼ができる 企業の外注管理規程を使って、外注管理ができる	
2	1	開発プロセスマネジメント 開発プロセス設定 開発実績情報 開発プロセス標準 標準質問表	開発実績情報を使って、開発プロセスの定義ができる 開発プロセスに関する標準を使って、開発プロセスの定義ができる 標準質問表を使って、開発プロセス評価ができる	
	2	知財マネジメント 特許出願ルール 特許データベース	社内の特許出願ルールに従って、特許出願ができる 公開特許データベースを使って、特許情報の検索ができる	

解説

携帯電話機開発における技術要素はサンプルで提示した通り非常に多くの技術要素が使われています。

技術要素は、通信キャリアや端末仕様によって異なりますが、スキル粒度の第2階層や第3階層では、ほぼ同じような構成になると考えられます。

製品毎の具体的な仕様や部品の違いは、最下層のスキル項目の違いと

いった形で差分が表れることとなります。

このスキルの階層分けを参考にシステムの要素分解を行い、実際に利用されている技術名称を定義してください。

技術者や開発チームは、抽出された技術要素に対して、「対応できるスキル項目の領域を増やす」、もしくは「特定の技術要素に関して専門性を高める」といったスキルの向上を求められます。

どのようにスキルを向上させていくかは、技術者として求められる立場や役割、目標とするキャリアなども含めて考慮すべきです。

開発技術や管理技術は、開発プロセスや管理手順などが手順化されている場合、「局面ごとに行う作業は何か?」「その作業を行うために使う手法やツールは何か?」といった形でスキル項目を分析すると比較的容易に抽出することができます。

本概説書では、開発技術、管理技術を中略させた形でスキル分析例を提示していますが、実際にソフトウェアの開発工程を網羅すると、開発プロセスによっては大量のスキル項目が抽出されることとなります。

▶▶ DVDレコーダ開発のスキル分析サンプル

DVDレコーダ開発におけるスキルの分析結果サンプルを提示します。

製品概要

本製品は、市販DVDの再生と、ハードディスクおよびDVDに、テレビの地上波とBSのアナログ放送の録画と再生を行うことができます。

また、ハードディスク上に録画されたデータの簡易編集機能を実現します。

ネットワーク接続機能を有し、インターネット技術を利用した電子番組表の表示や番組予約ができます。また、ネットワーク経由で、ソフトウェアやファームウェアなどのバージョンアップも可能です。

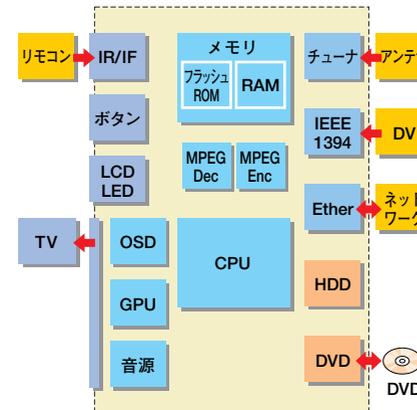


図3.5 DVDレコーダのハードウェア構成 (概要)

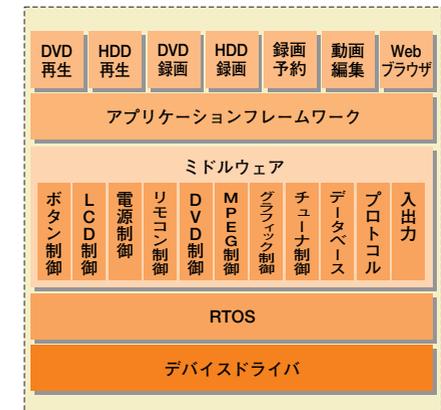


図3.6 DVDレコーダのソフトウェア構成 (概要)

スキル分析例

(1) 技術要素

第1階層	第2階層	第3階層	スキル項目	使える	作れる	
通信	有線	LAN-MAN	CSMA/CD			
		PAN	IEEE1394			
	無線	近距離通信	赤外線通信 (リモコン)			
		インターネット	透過的データ転送	TCP/IP		
	応用処理			UDP		
				http		
				dns		
			dhcp			
		ftp				
情報処理	セキュリティ	暗号化	暗号化技術			
		著作権保護・管理	CSS CPRM			
	情報入力	データ入力	電子番組表 圧縮コード予約入力			
		情報出力	マークアップランゲージ	Webブラウザ		
	動画データビューア		DVDプレーヤー			
			ハードディスクプレーヤ			
	データ処理	データベース	SQL			
			RDB			
		文字データ処理・変換	文字コード変換			
			かな漢字変換 郵便番号変換			

次頁へ続く

第1階層	第2階層	第3階層	スキル項目	使える	作れる	
マルチメディア	静止画	画像フォーマット	※Webブラウザ対応フォーマット			
		動画圧縮・伸張	MPEG2			
	動画	動画録画・再生・編集		MPEG2 (カスタマイズ)		
				DVD-Video		
				DVD-VR		
			グラフィック	2D描画		
		画像デバイス	MPEG Enc/Dec			
			映像エンジン			
	音声	音声フォーマット	PCM			
		オーディオデバイス	音源制御			
			ミュート制御			
ユーザインタフェース	人間系入力	ボタン	リモコン			
			ボタン			
		座標入力	ジョイスティック			
	人間系出力	表示		LCD/LED		
				OSD		
			RGB			
		音声	サウンド			
			警告音			
ストレージ	メディア	リムーバブルメディア	CD-ROM/R/RW			
			DVD-ROM/R/RW/RAM			
		メモリ系ストレージ	フラッシュメモリ			
		大容量ストレージ	ハードディスク			
	インタフェース	常時接続型インタフェース	ATA			
	ファイルシステム		ISO9660			
			UDF			
		ext2fs				
計測・制御	制御	ドライバ制御	DVDドライブ制御			
		電源制御	電源制御			
プラットフォーム	UI		社内標準GUIライブラリ			
	支援機能		ロギング			
			ソフトウェア更新			
			メモリダンプ			
	基本ソフトウェア		システムブート			
			カーネル			
		デバイスドライバ				

(2) 開発技術

開発技術のスキルの分析例は携帯電話の項のものと同様になります。

ただし、DVDに関する標準規格や画質などに関する設計や評価の手順などが携帯電話と異なる項目としてあげられます。

(3) 管理技術

管理技術のスキルの分析例は携帯電話の項のものと同様になります。

管理技術は、製品や応用ドメインの違いだけでは、スキル項目の差はほとんど生じません。製品開発の際に、「社外や海外の人材リソースの利用」や「異なる開発プロセスを採用する」などの開発形態の違いが、スキル項目の構成に変化を与えます。

解説

開発技術と管理技術は一部、応用ドメイン特有の手法やツールなどの差が生じますが、携帯電話とはほぼ同じ内容となったため省略しました。

今回の分析では、Webブラウザや、MPEGのコーデック関連部分、GUIライブラリ、データベースなどを、既存あるいはパッケージとして購入することを前提としました。これらを作成することした場合、抽出されるべきスキル項目がさらに多岐にわたることが予想されます。

割込み処理やタスク間通信など、リアルタイムOS制御に関する技術要素は「プラットフォーム⇒基本ソフトウェア⇒カーネル」でまとめました。

組込みスキル標準(ETSS)に関してよくある質問

Q スキル項目は、どういう基準で選択されたのか？

A 「技術要素」は、組込みシステムに組み込まれる組込みシステムを
入出力、論理、物理レイヤの観点で整理しています。

「開発技術」は、組込みソフトウェア開発に必要な、開発に関する技術ス
キルを JIS X 0160 の開発プロセスに準拠させた形で整理しています。

「管理技術」は、組込みソフトウェア開発管理（マネジメント）スキルで
あり、IT スキル標準のプロジェクトマネジメント領域毎と、JIS X 0160
の支援プロセスなどから関連するものを抽出・整理しています。

Q こんなに細かい技術項目をメンテナンスできるのか？

A 技術項目は多岐にわたり、日々進化していきます。

スキル標準が、技術を具体的に定義することは組込み技術の進歩を
妨げ、また技術の拡がりを制限する恐れがあります。新規性、機密性の高
い技術に関するスキルを企業外で標準化することは現実的ではありません
。このため、組込みスキル標準ではスキルの体系的な枠組みまでを標準
化とし、具体的な項目までを定義していません。具体的なスキル項目の定
義は利用者に委ねる思想です。

この枠組みに沿って、企業や団体などを中心に今後、業界ドメインに特化
したスキルカテゴリ体系などについて策定し、ブラッシュアップが行われ
ることを期待しています。

Q 組込み開発はスキルだけではないのでは？「知識」や
「リーダーシップ」も大事であり、評価すべきではないのか？

A スキルがあるという事は、そのスキルを実現するために必要な関連
知識を持っているといえます。つまり、「動画再生プログラムを作成
できる」といったスキルには、「動画データに関する知識」や「動画再
生制御に関する知識」などが既に含まれているといえます。

「リーダーシップ」や「ネゴシエーション」などのパーソナルスキルは、
開発プロジェクトにおける役割を遂行する上で必要です。これらの要素は
今後、キャリア基準の対象として検討をおこなっていきます。

Q ETSS を基にした技術者認定や試験はやるのか？

A 今後のキャリア基準や教育カリキュラムの検討結果をふまえて、こ
れらの必要性やその効果について検討を行います。

Q ETSS に準拠した教育カリキュラムの
認定はやるのか？

A 今後の教育カリキュラムの内容の妥当性や品質保持などを考慮し、教
育カリキュラム認定の必要性や運用の実現性などの検討を行います。

Q 組込み技術者の育成はどうやるのか？
どれくらいの時間がかかるのか？

A 組込みスキル標準として、組込みソフトウェア開発技術者向け教育
カリキュラムに関する指針を提示していきます。それを参考にして
大学などの教育機関や、教育ベンダ、企業で、実態に即した教育カリキュ
ラムを開発、実施していただきたいと考えています。

教育にかかる時間については、履修者や研修の内容により変わりますが、カリキュラムの科目単位に標準的な時間を提示しています。

Q ITスキル標準 (ITSS) との関係は？

A ETSSは、組込みソフトウェア開発領域を主な対象分野とし、ITスキル標準は、情報サービス分野を対象分野としています。ETSSのキャリア基準とITスキル標準は、同様の構成要素にしています。今後、双方の相対的な対応付けを検討していきます。

Q エンタプライズ系技術者とのキャリア互換性、相互行き来は含まれるのか？

A キャリア基準（ドラフト版）は、スキル標準と同様の構成としています。従って、エンタプライズ系技術者とのキャリア互換やキャリアチェンジの対応も可能と考えます。

実際の互換性やキャリアチェンジを実現するための条件について今後検討をすすめます。

Q 情報処理技術者試験（特にエンベデッドシステム）との関係は？

A 組込みスキル標準（ETSS）の検討にあたり情報処理技術者試験（エンベデッドシステム）などについての整合性を考慮しています。

しかし、基本的に、スキルは筆記試験で測れるものではありません。

情報処理技術者試験などの公的資格の取得とスキル、キャリアのレベル評価の関係付けを行うか否かは、今後の検討課題です。

Q 古い技術の扱いは？ 技術要素は陳腐化するのでは？

A 技術の市場価値は、企業や応用ドメインによって異なり、別の領域へ展開することで新たな価値を生み出す可能性があります。

また、これらの技術が新しい技術の基礎を構成する要素となっていくことも考えられます。このようなことを考慮の上、古く陳腐化してしまった技術をスキル項目から削除するのか、評価の重み付けを変えるかは、各企業の判断に委ねるものとします。

Q スキルの評価方法は？

A スキルの評価方法については、標準の規定を設けていません。評価方法に関する一般的な例示は行いますので、これらの情報を参考に各企業でスキル項目毎に適切な評価方法を選定してください。

Q 応用ドメイン毎によってスキルは違うのでは？

A 応用ドメイン特有のスキルは当然存在します。

しかし、「管理技術」や「開発技術」などの大部分や、通信、プラットフォームなど一部の「技術要素」は、複数のドメインで共通に使えるスキルです。

用語集

ません。つまり、未経験者が「～ができそう」というレベルでは、スキルを持っているとは扱いません。

応用ドメイン

組込みシステムの利用状況や用いられる技術は、利用される産業や製品によって、それぞれ特性が存在します。このような産業や製品によって異なる、利用環境、特有の条件、用いられる技術要素などを「応用ドメイン」として分類・表現しています。

例えば、「自動車・同附属部品産業」を自動車ドメインと表現しています。「自動車ドメイン」では、製品品質が人命に関わるため、高い信頼性と安全性の保障が必要です。また、世界を対象にした、使用環境や法規の対応が必要であるなど、特徴的な条件が存在します。

キャリア

高度な専門知識や技能が求められる特定の職種。

ETSSのキャリア基準では、組込みソフトウェア開発における職種とその専門分野を定義しています。

カリキュラム

カリキュラムは対象分野における教育の全体体系であり、教育の対象とする内容・計画を教育順序・学習目的に応じて示すものです。

カリキュラムは1ないし複数の研修コースより構成され、研修コースは1ないし複数の科目より構成されるものとします。

ITスキル標準

ITスキル標準は、各種IT関連サービスの提供に必要とされる能力を明確化・体系化した指標であり、産学におけるITサービス・プロフェッショナルの教育・訓練等に有用な「ものさし」（共通枠組）を提供しようとするものです。

ITサービスの分野を、「マーケティング」「セールス」「コンサルタント」「ITアーキテクト」「プロジェクトマネジメント」「ITスペシャリスト」「アプリケーションスペシャリスト」「ソフトウェア開発」「カスタマサービス」「オペレーション」「エデュケーション」の11分野に大別しています。

それぞれの専門分野ごとに達成度指標が定義され、指標ごとに必要とされるスキルの熟達度を7段階で定義しています。

JIS X 0160

ソフトウェアを中心としたシステム開発及び取引に関する作業の標準。

1995年に、ISOとIECが中心となりISO/IEC12207という国際標準プロセスが作られました。

翌年、日本でもJIS X 0160として標準化されました（JIS X 0160-1996）。

スキル

個人や組織がもつ能力や技能を指します。

ETSSでは、スキルを作業の遂行能力として、「～ができること」を表現します。よって、知識を有するだけではスキルを持っているとして扱

組込みスキル標準 ETSS 概説書 (2005年版)

2005年5月20日 初版第1刷発行

2005年8月1日 初版第2刷発行

編著者 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
発行人 速水浩二
発行所 株式会社翔泳社 (<http://www.seshop.com>)
印刷・製本 日経印刷株式会社

©2005 IPA All Rights Reserved

本書は著作権法上の保護を受けています。本書の一部または全部について（ソフトウェアおよびプログラムを含む）、株式会社翔泳社から文書による許諾を得ずに、いかなる方法においても無断で複写、複製することは禁じられています。

本書への質問は、弊社Webサイトの専用質問フォーム
(<http://www.seshop.com/book/qa/>) をご利用ください。

ISBN4-7981-0949-5

Printed in Japan