



## 目次

はじめに .....	3
Part1 組込みシステム開発の課題と取組み	
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組み .....	10
Part2 ETSSとは	
2.1 ETSSの全体像 .....	12
2.2 スキル基準 .....	14
2.3 キャリア基準 .....	26
2.4 教育研修基準 .....	51
Part3 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 .....	63
3.2 組込みスキル基準分析サンプル .....	67
3.3 教育カリキュラムデザイン .....	76
付録 組込みスキル標準 (ETSS) に関してよくある質問 .....	80
用語集 .....	84

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、教育研修基準）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の提示や教育カリキュラムデザインガイドについて紹介します。

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://sec.ipa.go.jp/>

2006年6月

## 1

組み込みシステム開発の課題と  
取組み

第1部では、組み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、組み込みスキル標準の意義について解説します。

## 1.1

## 組み込みシステム開発を取り巻く状況

## ■ 現代生活における組み込みシステム

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、組み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。経済産業省が実施した『組み込みソフトウェア産業実態調査』の結果からも組み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。

組み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。

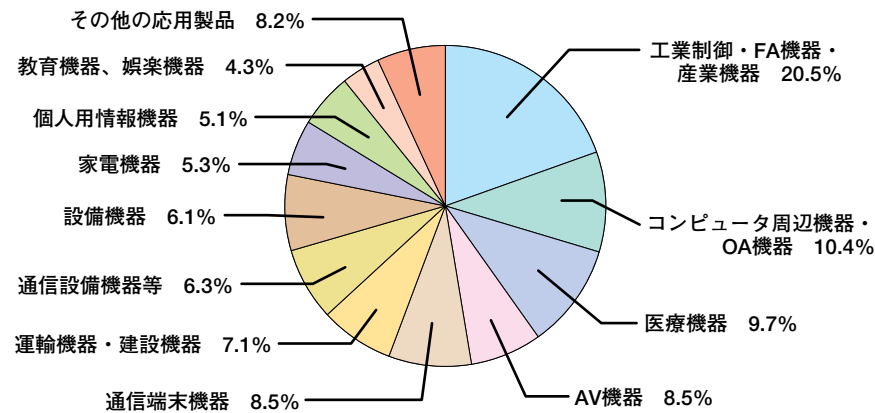


図1.1 開発している製品カテゴリ (組み込みソフトウェア開発産業実態調査 経済産業省)

## ■ 組み込みソフトウェアの重要性

前述の通り、組み込みシステムは、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、組み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、組み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、組み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、組み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。

このように、組み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、組み込みソフトウェア開発力の強化が必要です。

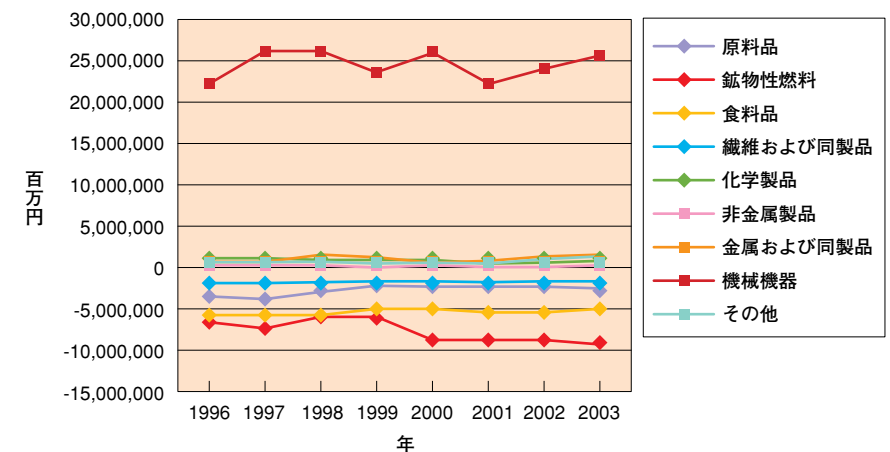


図1.2 製品別輸出入差額の年別変化 (財務省 貿易統計 新聞発表)

## ■ 組込みシステム開発の特徴

組込みシステム開発には、いくつかの特徴があります。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スキルも重要とされます。

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。

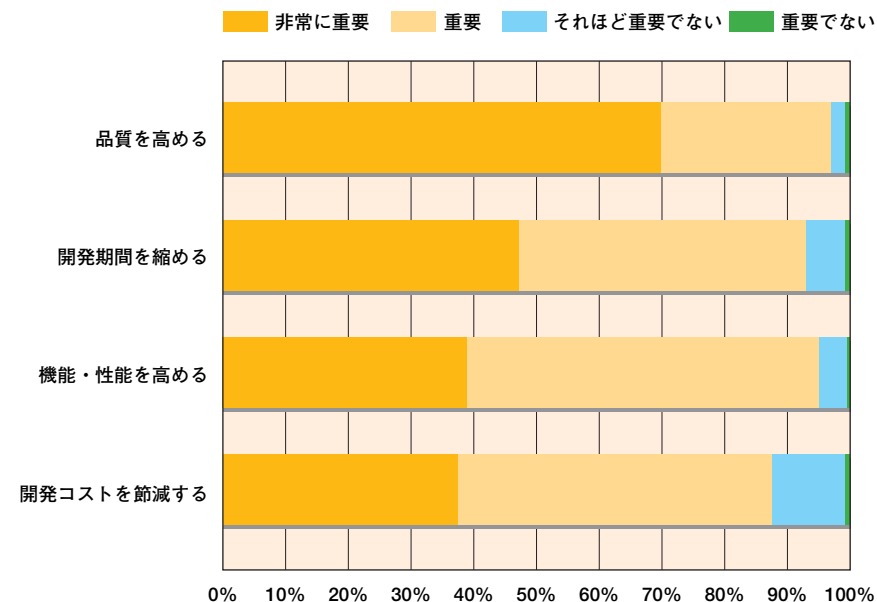


図1.3 組込みソフトウェアの改善すべき領域（組込みソフトウェア開発産業実態調査 経済産業省）

## 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、個人の経験やスキル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およ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。

個人や組織が持つ業務遂行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、現在は十分に答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。

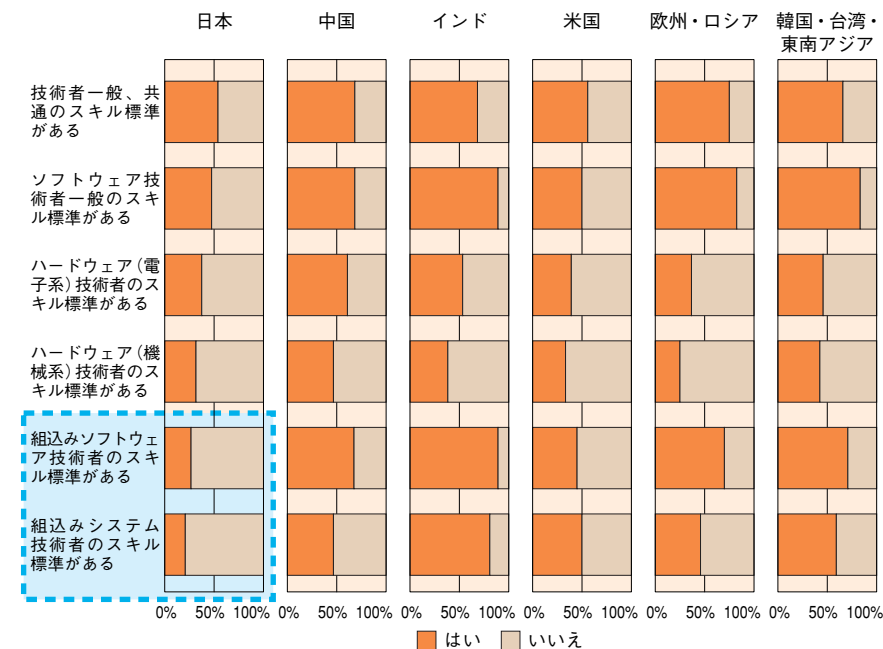


図1.4 組込みソフトウェア技術者のスキル標準やスキルの評価制度（組込みソフトウェア開発産業実態調査 経済産業省）

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推進委員会」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。

翌年の2006年6月には、それまでDraft版とされていたキャリア基準と教育研修基準が正式バージョン化され、ETSSを構成する3つの要素が揃いました。

組込みソフトウェア開発力強化推進委員会では、今後も継続してETSSの内容に関する見直しを行い、さらなるブラッシュアップを行っていきます。

## ■ 組込みソフトウェア開発に関する技術スキルの体系化

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。

これらの体系的に整理されたスキルは、キャリア基準や教育研修基準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人材育成カリキュラム

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『教育研修基準』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。

## 2

## ETSSとは

第2部では、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、教育研修基準のそれぞれの解説を行います。

## 2.1

## ETSSの全体像

## ETSSの概要

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つの要素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実現する『教育研修基準』

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求められるかを表現するため、スキル基準にて定義されたスキルを利用します。

また、教育研修基準では教育カリキュラムで履修する内容がどのようなスキルに対応するかをスキル基準で整理されたスキルを用いることで対象とする教育範囲やレベルを具体的に表現します。

このように、キャリア基準や教育研修基準は、スキル基準で整理されたスキルとそれぞれ関係を持つことになります。

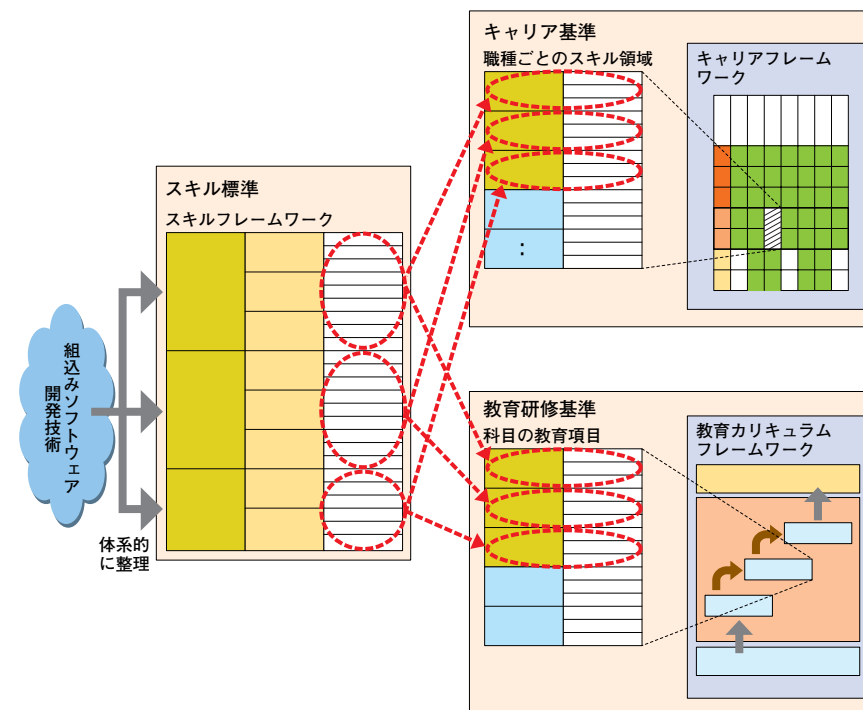


図2.1 組込みスキル標準 (ETSS) の全体像

## 2.2

## スキル基準

## ■ 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、図2.2のような構造を持ち、以下3つの観点で組込みソフトウェア開発に求められるスキルを整理しています。

- (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。

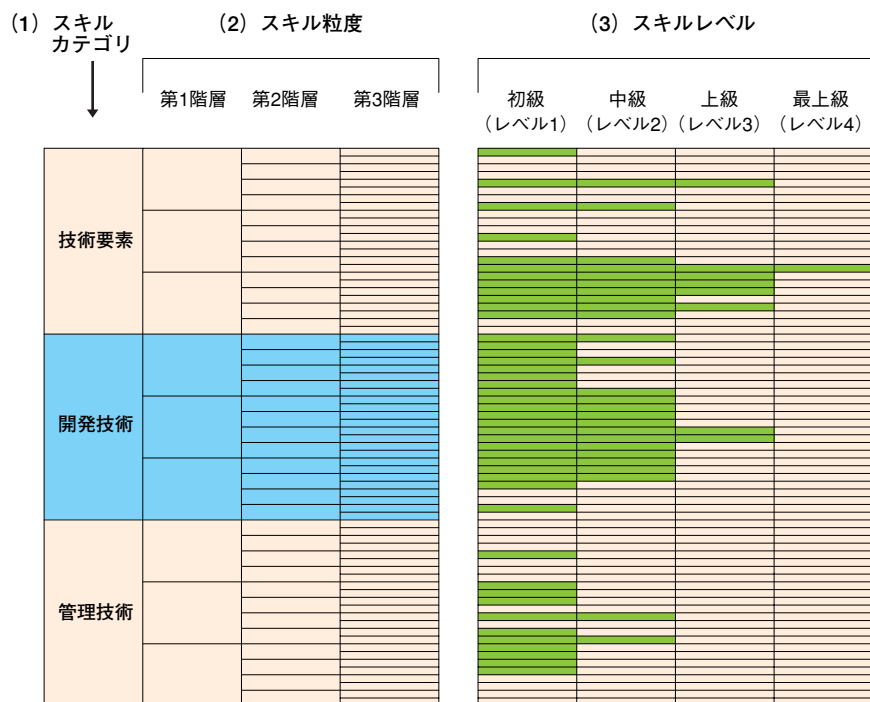


図2.2 スキルフレームワーク

## ■ 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。イメージは図2.3の通りとなります。

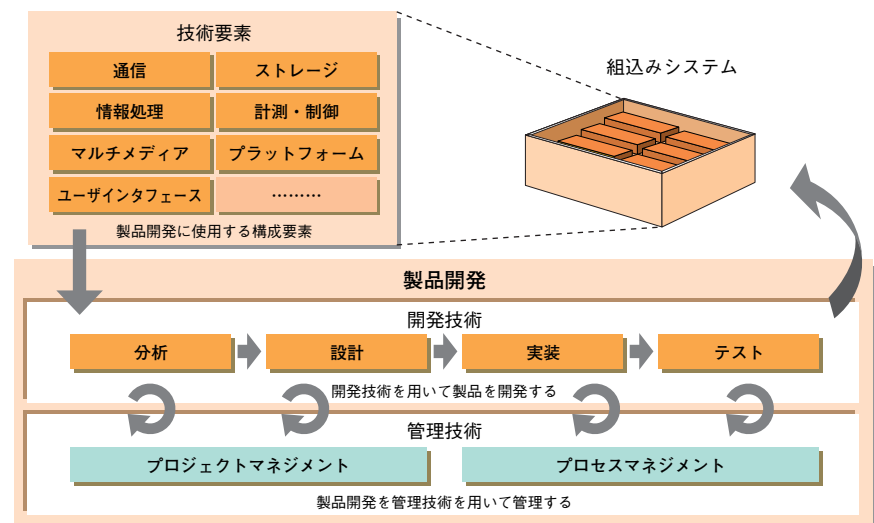


図2.3 スキルカテゴリの関連イメージ

## ■ 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、次のように定義しています。



- ①通信：通信に関する要素
- ②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
- ③マルチメディア：音声、静止画、動画の処理に関する要素
- ④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
- ⑤ストレージ：蓄積系制御および処理に関する要素
- ⑥計測・制御：外部デバイスに関する計測および制御に関する要素
- ⑦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ーの第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図2.4です。

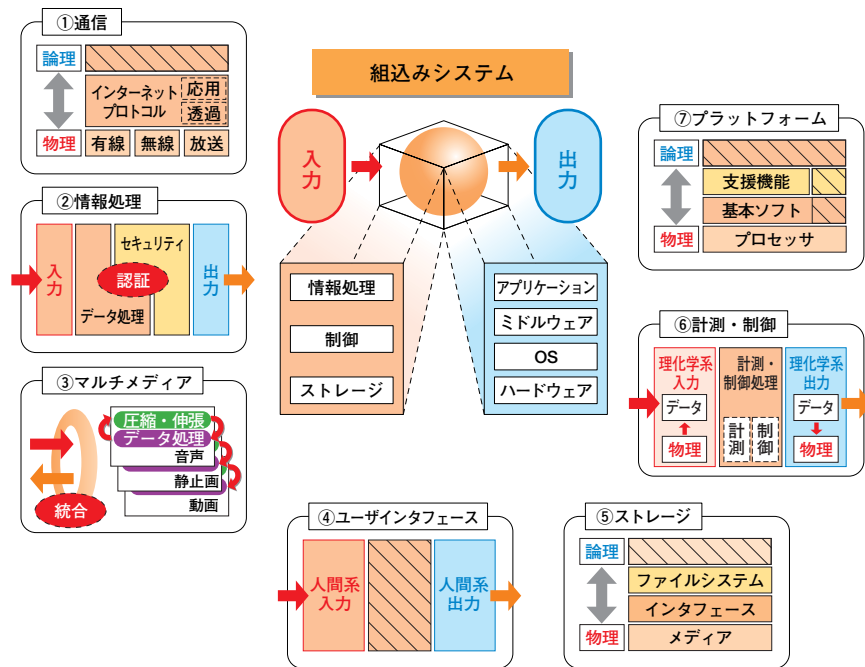


図2.4 技術要素スキルカテゴリーの概要と相関

スキル基準における技術要素スキルカテゴリーの抜粋とスキル項目の展開例を図2.5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		
	4 インターネット	1 透過的データ転送	3	icmp			
			4	arp			
			5	tcp			
			6	udp			
			2 応用処理	1	http		
				2	smtp		
		3		telnet			
		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ー）

## ■ 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）、およ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。個々のタスクごと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。

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図2.6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。

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 X0160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係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図2.7に記します。

第1階層	第2階層	説明
1 プロジェクト マネジメント	1 統合マネジメント	WBS、EVM、会議運営メソッド、レビュー手法など
	2 スcope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	
1 プロジェクト マネジメント	3 タイム マネジメント	1 アクティビティの定義	1 WBS	
			2 組織ナレッジ	
			3 成果物レビュー	
			4 プロジェクト計画書	
		2 スケジュールの作成	1 PDM法	
			2 ADM法	
			3 アクティビティネットワークテンプレート	
			4 類推見積り技法	
			：	：
			：	：
3 スケジュールコントロール	：	：		
	：	：		

### スキル評価要件（例）

ADM（Arrow Diagramming Method）法を使ってタイムマネジメントにおけるスケジュール作成を実現できる。

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が可能となるよう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が、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。

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隠蔽も可能となります。

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

スキル基準は、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4 最上級 新たな技術を開発できる
- レベル3 上級 作業を分析し改善・改良できる
- レベル2 中級 自律的に作業を遂行できる
- レベル1 初級 支援のもとに作業を遂行できる

各スキルレベルが対応すべき業務について、入力（業務の前提として期待できるもの）、処理（実現すべき業務）、出力（成果として期待されているもの）として整理すると図2.8のようになります。

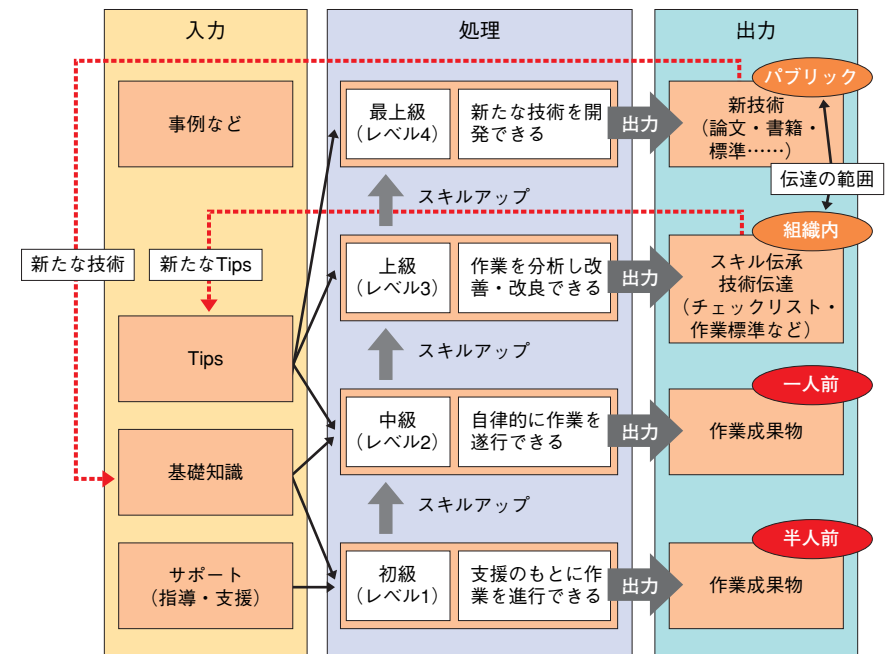


図2.8 スキルレベルごとに期待される成果物（出力）

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。スキル基準では、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：「与えられた環境の下で、○○技術を実現することができる。」  
⇒○○：技術要素名称  
使えるスキル：「与えられた環境の下で、要求された機能を実現するために○○技術要素を組み込むことができる。」  
⇒○○：技術要素名称

### ・開発技術の評価要件

「□□を使って、△△ができる。」  
⇒□□：開発技術手法名称、開発ツール名称  
△△：開発プロセス名称

### ・管理技術の評価要件

「□□を使って、△△ができる。」  
⇒□□：管理技術手法名称、管理ツール名称  
△△：管理プロセス名称

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（表2.1）。

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 ⇒ 情報処理技術者試験（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 ⇒ 情報処理技術者試験の（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

### ■ ETSS キャリア基準の概要

ETSS のキャリア基準では、組込みシステム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10職種に分類し、その職種ごとに個別の専門分野を設けています。

キャリア基準は、エンジニアリングの観点で適材適所の配置や人材育成ができる環境の実現を目指しています。「組込みソフトウェア開発の役割は組込みソフトウェアエンジニア」「組込みソフトウェア開発マネジメントの役割は組込みソフトウェア・プロジェクトマネージャ」といった共通認識を得るための指標となるように検討しています。

キャリア基準で提示した指標をもとに、「人材育成として何をどう学び経験すべきか」、「人材活用としてどのような戦略・戦術を取るべきか」などに対してエンジニアリング的な観点でアプローチを行い、行動されていくことを期待しています。

キャリア基準で分類を行った、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

経営的観点のもとに、製品の企画・開発・製造・保守などにわたる製品ライフサイクルを統括する責任者。

#### プロジェクトマネージャ

製品開発プロジェクトの構築ならびに遂行にあたり、プロジェクトを計画・指揮・監督する責任者。

#### ドメインスペシャリスト

特定の技術・製品分野について高度で専門的な知識や開発経験を有する専門技術者。

#### システムアーキテクト

システムの利用・開発等の要件を満たすシステム構造ならびに開発プロセスを設計する技術者。

#### ソフトウェアエンジニア

ソフトウェアの各開発工程において開発・実装・テストを担当する技術者。

#### ブリッジSE

組織的・地理的に分散するプロジェクト組織間の調整作業を担当する技術者。

#### 開発環境エンジニア

プロジェクトで使用するツール・設備等、開発環境の設計・構築・運用を担当する技術者。

#### 開発プロセス改善スペシャリスト

開発プロセスとその実施状況をアセスメントし、改善の推進を担当する専門技術者。

#### QA スペシャリスト

プロジェクトの全工程において品質の確保・維持・向上の推進を担当する専門技術者。

#### テストエンジニア

テスト設計、テスト実行などの作業の実施を担当する技術者。

## ■ 職種の責任

組込みシステム開発に参画する職種には、それぞれ果たすべき役割と責任が存在します。

ETSSのキャリア基準では、職種が担う責任の範囲や責任の例を提示し、各職種が果たすべき役割を明確にしました。職種ごとに必要とされるスキルや知識は、これらの責任を果たす上で、求められるものになります（表2.2）。

職種名称	責任	
	責任の範囲	責任の例
プロダクトマネージャ	商品開発の事業	収益、貢献
プロジェクトマネージャ	プロジェクト	品質、コスト、納期
ドメインスペシャリスト	技術の展開	プロダクト（商品）開発の効率性
システムアーキテクト	システム構造・実現方式	開発の効率性・品質
ソフトウェアエンジニア	ソフトウェア開発の成果物	品質、生産性、納期
ブリッジSE	外部組織との共同作業	品質、コスト、納期
開発環境エンジニア	開発環境の品質	使用性、作業効率
開発プロセス改善スペシャリスト	組織の開発プロセス改善実施	プロセス改善効果
QAスペシャリスト	プロセス品質 プロダクト品質	出荷後の品質問題
テストエンジニア	システムの検証	品質、テスト効率性、テスト納期

表2.2 各職種に求められる責任

前述の各職種が果たすべき責任を、組織やプロジェクト体制という観点で整理したものが図2.9です。

組織の中で、各職種が業務で果たすべき責任の対象範囲（組込みシステムか組込みソフトウェアか）や、位置（ポジショニング）から、必要となるスキルや知識を関連付けることができます。

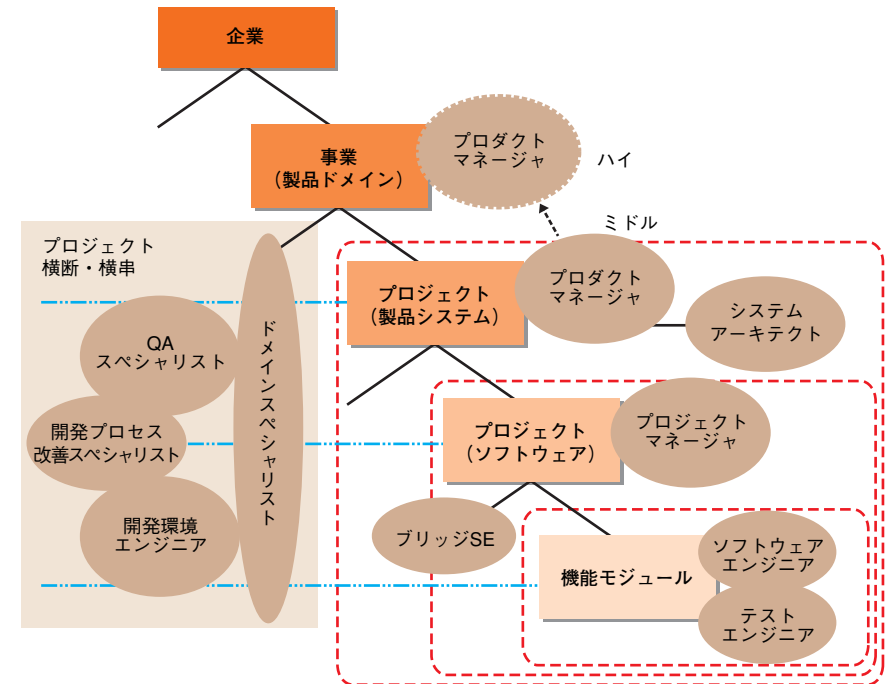


図2.9 組織と職種の関係イメージ

### ■ 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（図2.10）。

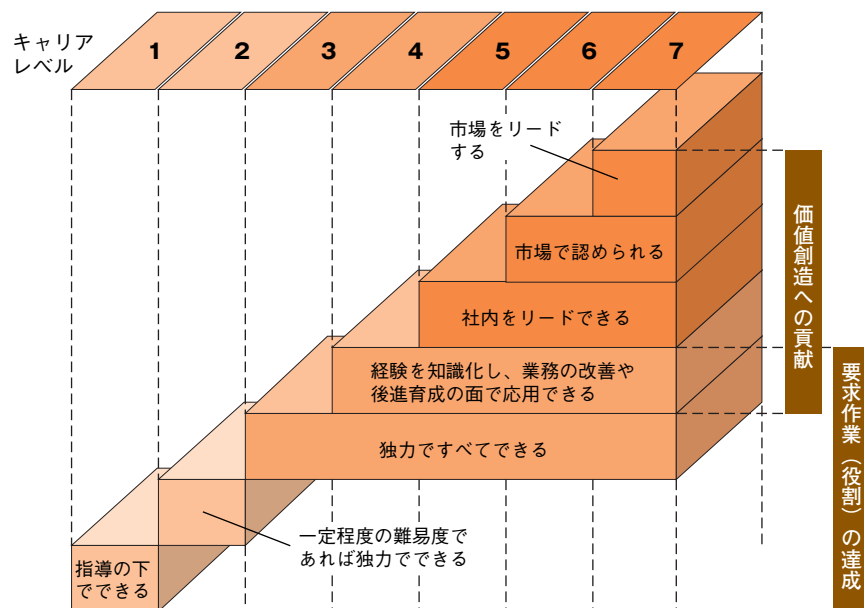


図2.10 キャリアレベルと社会に対する経済性と責任性の関係

職種・専門分野のレベルを横断的に整理すると、図2.11のようになります。

図2.11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SE	開発環境エンジニア	開発プロセス改善スペシャリスト	QAスペシャリスト	テストエンジニア
専門分野	組み込みシステム	組み込みソフトウェア開発	組み込み関連技術	組み込みアプリケーション	組み込みプラットフォーム	組み込みアプリケーション	組み込みプラットフォーム	組み込みソフトウェア開発	組み込みソフトウェア開発	組み込みソフトウェア開発
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	■	■	■	■	■	■	■	■	■
エントリーレベル	レベル2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	レベル1	■	■	■	■	■	■	■	■	■

図2.11 キャリアフレームワーク

## ■ キャリアパスの考え方

キャリア基準で定義された職種・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、その人のスキル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。いいかえれば、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2.12)。

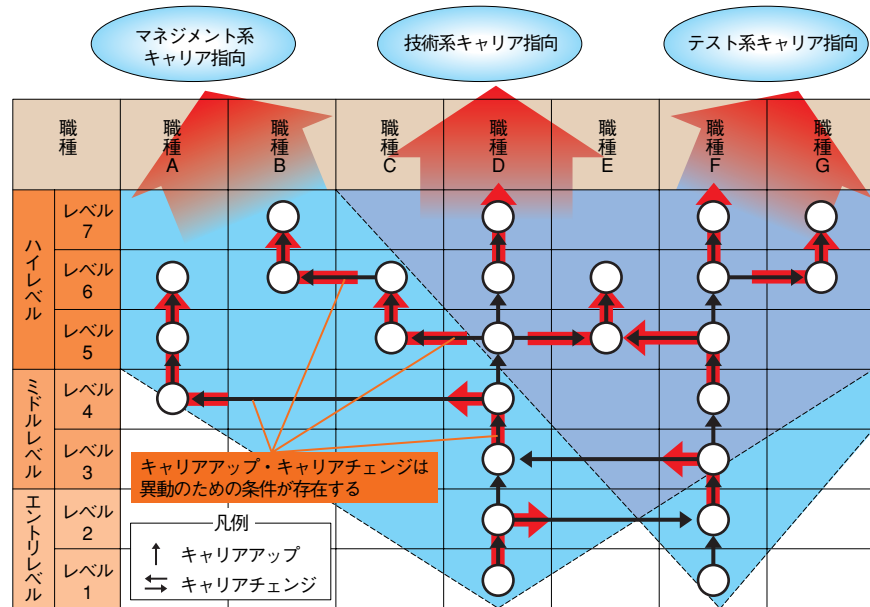


図2.12 キャリアアップ、キャリアチェンジの関係

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(図2.13)。

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。

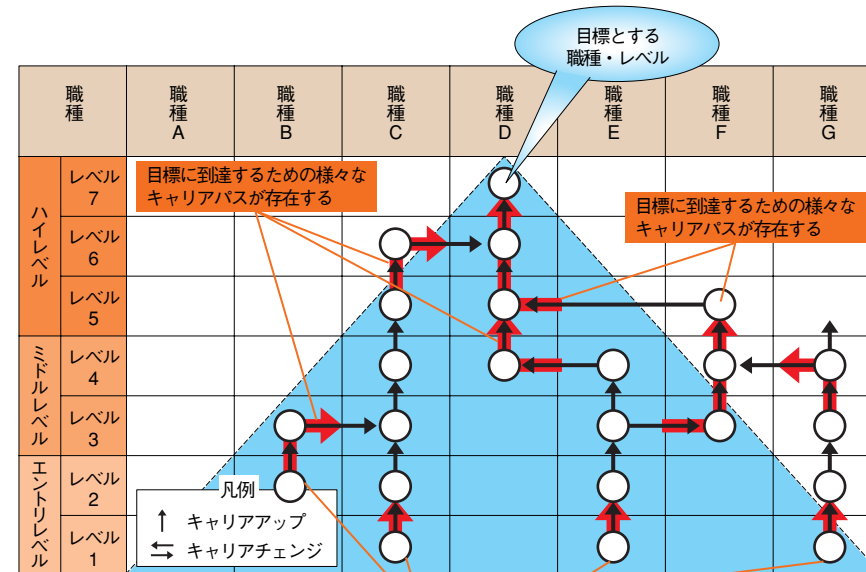


図2.13 様々な職種レベルを起点として目標をめざす  
様々な職種レベルを起点として目標をめざすことは可能

## ■ 技術以外のスキルについて

ETSSのキャリアレベルは、ビジネスやプロフェッショナルとしての価値創出に応じた貢献の度合いとしています。これらの貢献を実現するためには技術スキルだけでは不十分であり、パーソナルスキルやビジネススキルなどが必要となります。

図2.14は、ビジネスの成果を出すために必要とされる要素をアイスバーグモデルで表したものです。

ビジネスの成果を出すためには、スキルや知識を活かした行動が求められます。ETSSのスキル基準では、このスキルとして技術スキルを定義しています。これらのスキルや技術を活かすには、パーソナルスキルやビジネススキルといった基盤的な要素が必要になります。

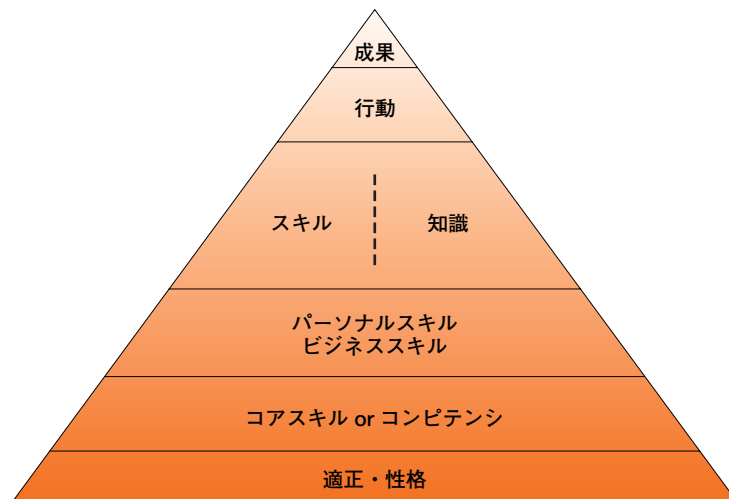


図2.14 アイスバーグモデル：ビジネス成果を出すために必要な要素

このようなことから、ETSSのキャリア基準では、ビジネスの成果を出し、責任を果たすうえで必要なスキルや知識として、パーソナルスキルとビジネススキルを定義しています（表2.3）。

スキルカテゴリ	第一階層	説明
パーソナルスキル	1	コミュニケーション 話す、聞く、書くなど
	2	ネゴシエーション 質問、調査、主張など
	3	リーダーシップ 能力開発、時間管理、動機付けなど
	4	問題解決 着眼・発想、問題発見・分析、論理思考など
ビジネススキル	1	経営 分析、戦略、評価など
	2	会計 財務分析、経理など
	3	マーケティング 分析、市場調査、戦略など
	4	HCM* 人事戦略、要員管理、能力開発など

\* HCM：Human Capital Management

表2.3 ビジネス・パーソナルスキル一覧

「パーソナルスキル」や「ビジネススキル」以外にも、ビジネスの成果を実現するためには、技術者倫理やコンプライアンスなど、開発者として理解し実行することが求められる事項も存在します。

## ■ スキル分布特性

職種とそのキャリアレベルごとに、果たすべき責任と役割が異なるために、必要とされるスキルや知識の項目や、求められるスキルレベルも異なってきます。

図2.15は、各職種で求められる、「技術」「管理」「戦略」といった要素の割合の例をイメージしたものです。例えば、「ソフトウェアエンジニア」は製品を開発するための「技術」的な要素に重きが置かれます。「プロ



プロジェクトマネージャ」は、「管理」の要素に重心を置き、事業的な「戦略」についてもある程度の重要度を持ちます。「技術」に関しては、責任の範囲である“プロジェクト”を遂行する上で必要なものだけが要求されます。

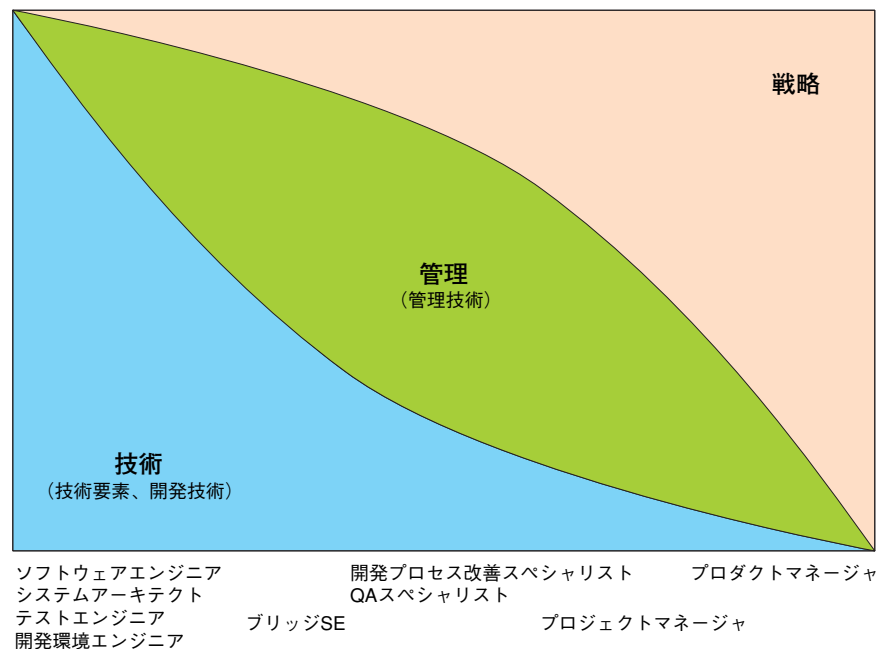


図2.15 技術・管理・戦略の割合イメージ

ETSSのキャリア基準では、このような職種ごとの責任を果たすために必要なスキルや知識を、標準書の中の「スキル領域」と「スキル分布特性」といったドキュメントで表現しています。

ETSSのキャリア基準では、職種とレベル（エントリーレベル、ミドルレベル、ハイレベル）ごとにスキル分布特性を定義しています。キャリア基準のスキル分布特性は、ETSSのスキル基準で定義された3つの技術スキル（「技術要素」「開発技術」「管理技術」）と、キャリア基準で定義した技

術以外のスキル（「パーソナルスキル」「ビジネススキル」）ごとに、各職種のレベルが責任を果たすために必要とされるスキルレベルの分布特性を提示しています。

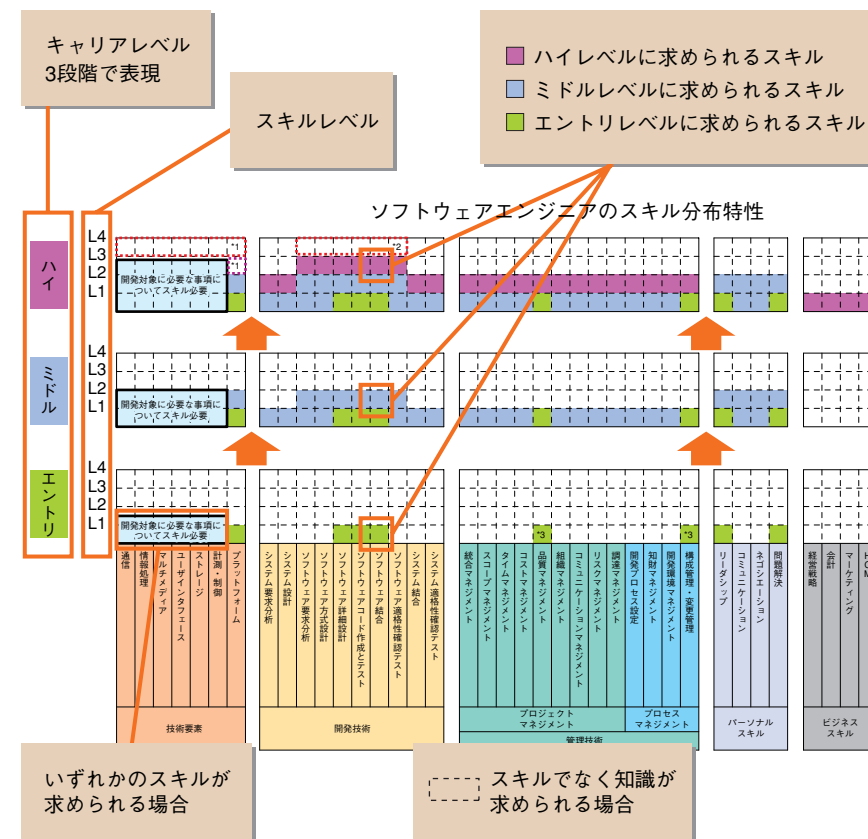


図2.16 職種ごとのスキル分布特性

キャリア基準で定義した職種ごとのスキル分布特性を以降に記述します。

### ソフトウェアエンジニアのスキル分布特性 (図2.17)

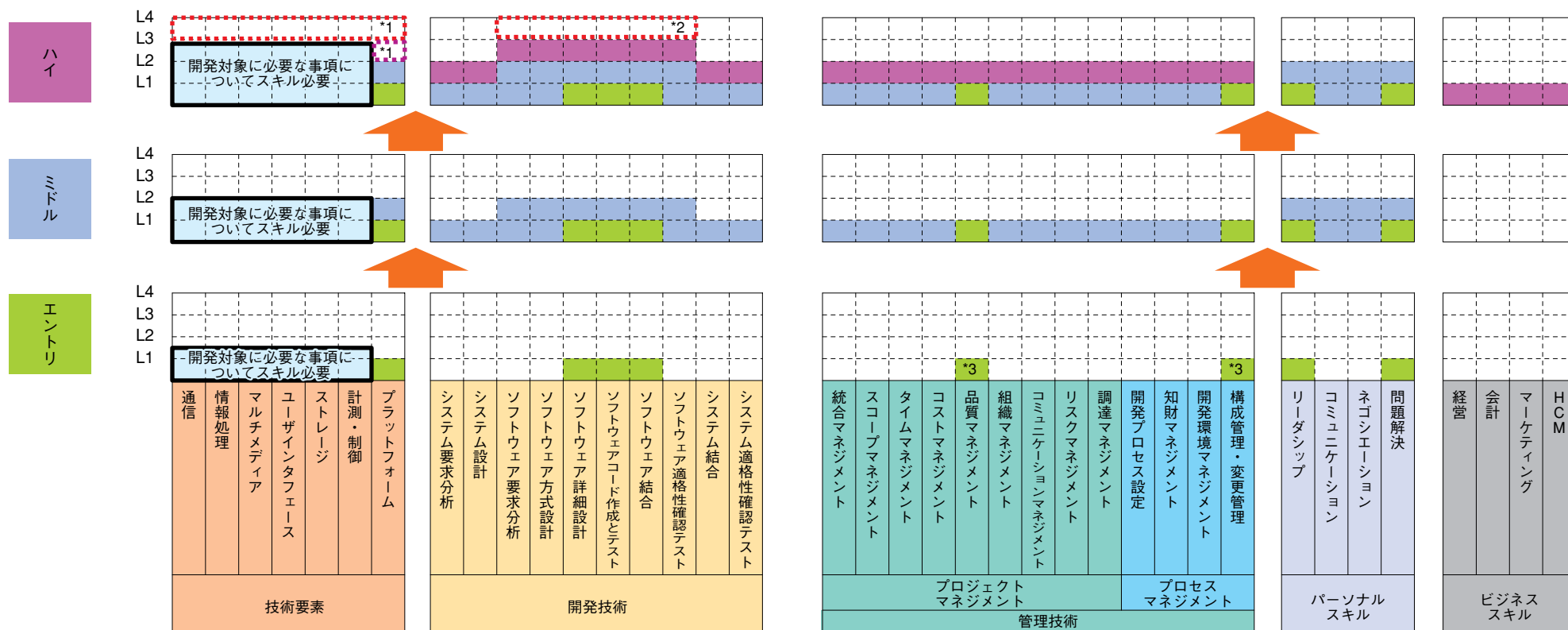
ソフトウェアエンジニアは、組込みシステム開発において上位開発プロセスで定義・設計された、システム要件やシステムアーキテクチャ等に基づいた、サブシステムのソフトウェアの設計・実装・テストを実現できる技術者です。

ETSSのキャリア基準では、ソフトウェアエンジニアという職種には、技術要素の「プラットフォーム」技術を開発できるスキルを要求される「組込みプラットフォーム」と、それらを調達して実現できるスキルを要

求される「組込みアプリケーション」の2つの専門分野があります。

ソフトウェアエンジニアは、「ソフトウェア開発の成果物」に関する責任を主に受け持ちます。その責任を果たすために、キャリアのレベルが高くなるにつれ、開発技術のソフトウェアの実装に関わる項目を中心に、必要とされるスキルのレベルの高さと対象領域が広がっていきます。

管理技術に関しては、プロジェクトマネージャや、上位レベルの技術者の指導のもとに、担当するサブシステムの管理情報の収集や報告などの支援的な管理業務を実施できるスキルが要求されます。



\*1: キャリアレベル7の場合、いずれかのスキルについてスキルレベル4が求められる。

\*2: 専門分野が「組込みプラットフォーム」の際にスキルが求められる。

\*3: マネジメントについては、被マネジメントに関するスキルが求められる。

図2.17 ソフトウェアエンジニアのスキル分布特性

### プロジェクトマネージャのスキル分布特性 (図2.18)

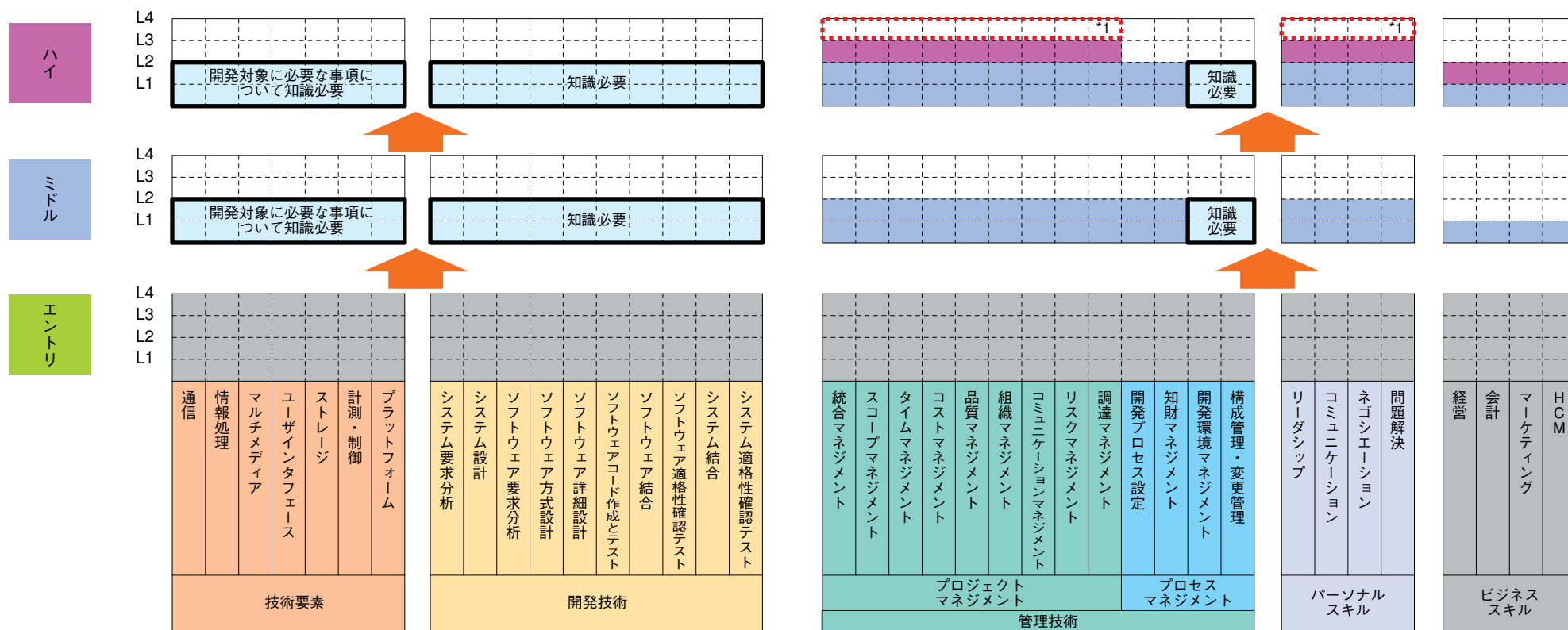
プロジェクトマネージャは、製品開発プロジェクトの構築や遂行の局面で、プロジェクトを計画し、指揮・監督を行う責任者です。

キャリア基準で定義したプロジェクトマネージャの責任範囲は、「プロジェクト」です。その責任を果たすために、プロジェクトマネージャのスキル分布特性は管理技術を中心とした、プロジェクトを適切に管理するための技術に重点が置かれています。また、プロジェクトを推進するための「リーダーシップ」や、ステークホルダとの調整を実現するための「ネゴシ

エーション」、商品の価値創造や利益創出を実現するためのビジネススキルなども必要になってきます。

プロジェクトマネージャは、直接ソフトウェアの開発を行わないため、技術要素はスキルではなく、対象製品に関する知識を要求されます。

開発技術も同様に、実際にソフトウェアを開発する技術スキルは要求されませんが、開発プロジェクト遂行上の判断や決定を行うために必要となる全般的な知識を要求されます。



\*1: キャリアレベル7の場合、いずれかのスキルについてスキルレベル4が求められる。

図2.18 プロジェクトマネージャのスキル分布特性

### テストエンジニアのスキル分布特性 (図2.19)

テストエンジニアは、テスト設計・テスト実行などの作業の実施を担当する技術者です。

ETSSのキャリア基準では、テストエンジニアは製品開発プロジェクトの中で「システムの検証」を責任の範囲として受け持ちます。

テストエンジニアは、その責任を果たすために、テストに関する技術スキルだけでなく、テスト設計やテストの妥当性を実現するために仕様書を読み取るスキルが必要となってきます。また、製品の品質をコントロール

するために品質マネジメントや構成管理などの管理技術も必要になります。

適切なテストを実現するためには、開発製品に要求される品質特性も理解しなければなりません。そのため開発製品に対する、技術要素の知識が必要になります。

これら業務を円滑に実現するために、「コミュニケーション」や「リーダーシップ」などのパーソナルスキルもテストエンジニアには、重要かつ必要なスキルです。

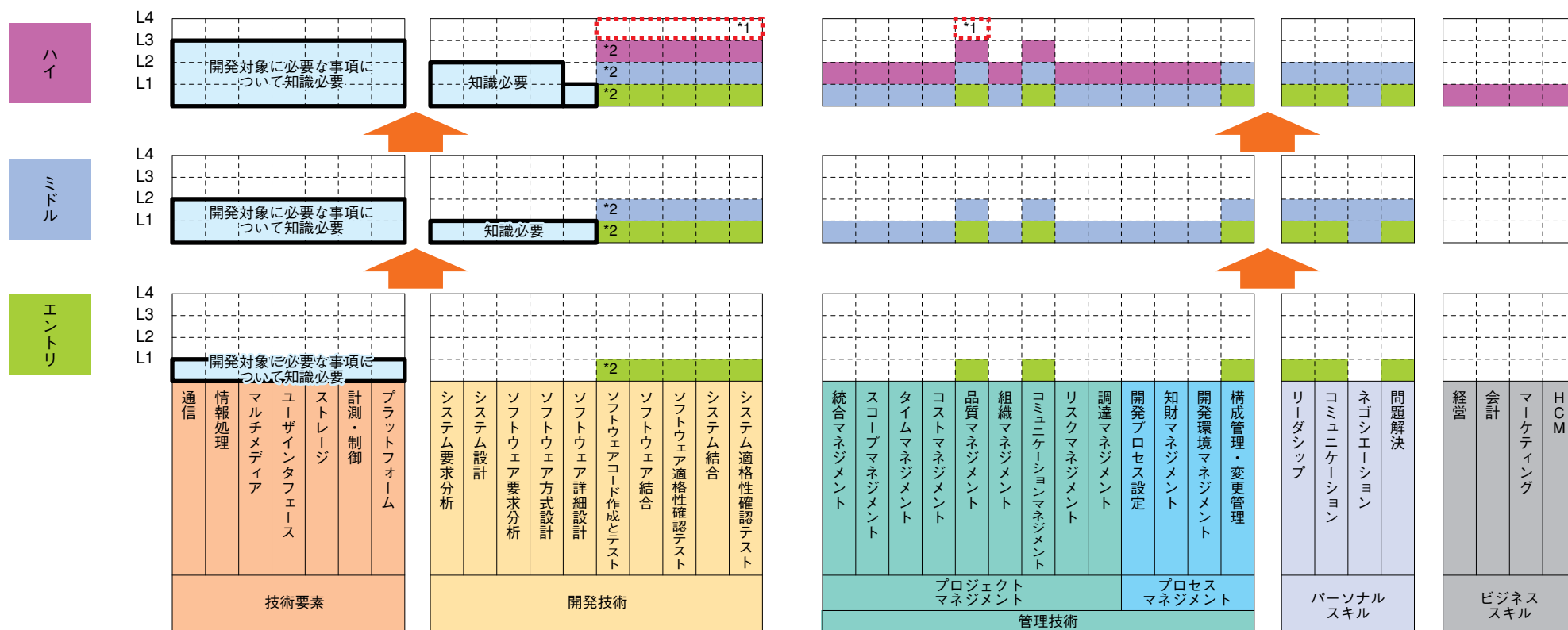


図2.19 テストエンジニアのスキル分布特性

\*1: キャリアレベル7の場合、いずれかのスキルについてスキルレベル4が求められる。  
 \*2: 専門分野が「組込みプラットフォーム」の際にスキルが求められる。

## ■ 職種に関する補足説明

ETSSのキャリア基準で定義した職種の中には、現状の組込みソフトウェアの開発現場では、その役割や責任が目立っていないものもあります。しかしながら、大規模や複雑化の進む組込みシステム開発分野において、今後その役割や責任が重要になると考えられるものです。そのいくつかについて説明を補足します。

### 開発拠点を橋渡しする「ブリッジSE」

ETSSのキャリア基準におけるブリッジSEとは、組織的・地理的に分散するプロジェクト組織間の調整作業を担当する技術者です。

ブリッジSEには、コーディネータ系のブリッジSEと、テクニカル系のブリッジSEといった2つの傾向が存在します。

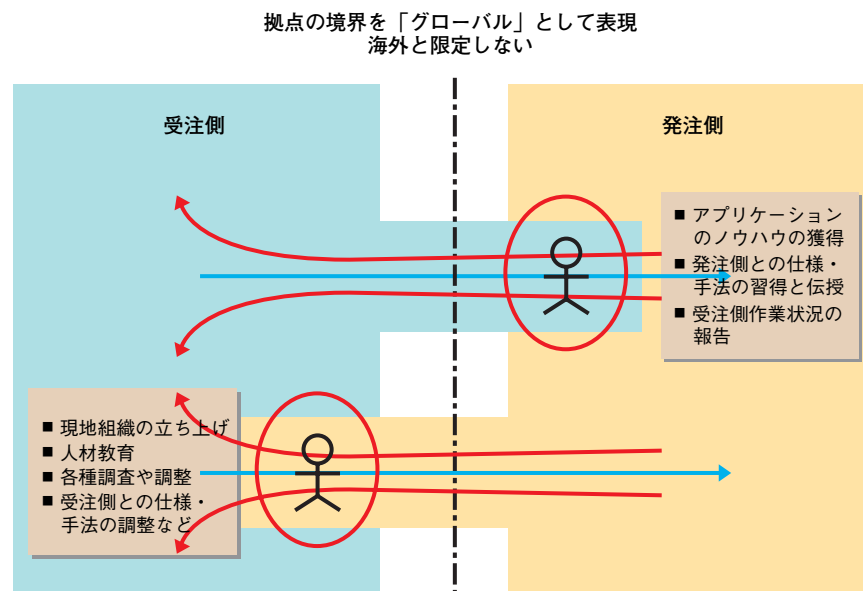


図2.20 ブリッジSEの受発注に関するイメージ

コーディネータ系は、受発注先の組織に出向き、各種地ならしを行うような人材です。マネージャとしてのスキルや、コミュニケーションスキルが果たすべき責任を実現するために必要となります。

テクニカル系は、開発プロジェクトの主幹となる拠点に駐在し、開発対象製品分野のアプリケーション的なノウハウの収集や、開発手法や規約などのギャップを解消できる技術者です。このため技術的な内容に関する調整や作業やコミュニケーションスキルがその責任を果たすために必要な要素となります。

### 組込みシステム技術のスペシャリスト「ドメインスペシャリスト」

ETSSのキャリア基準におけるドメインスペシャリストとは、特定の技術・製品分野において高度で専門的な知識や開発経験を有する専門技術者です。ドメインスペシャリストには、「技術要素に関するスペシャリスト」と、「製品ドメインに関するスペシャリスト」の2つの対応領域に関する傾向があります。

「技術要素に関するスペシャリスト」は、例えば、“画像屋”や“OS屋”などと称されることがあるように、個々の技術要素の専門家といえます。「技術要素に関するスペシャリスト」は、様々な組込みシステムに対して技術を展開する役目を担っています。

「製品ドメインに関するスペシャリスト」は、例えば、“プリンタ屋”や“交換機屋”といったように、開発対象製品に関する深い知識とスキルをもつ専門家です。複数の製品開発プロジェクトに対して、既存開発のTipsなどを反映していく役目も担っています。

製品開発の局面におけるドメインスペシャリストは、プロジェクトに属するプロジェクトマネージャやソフトウェアエンジニアなどのメンバと協調して作業を行います。



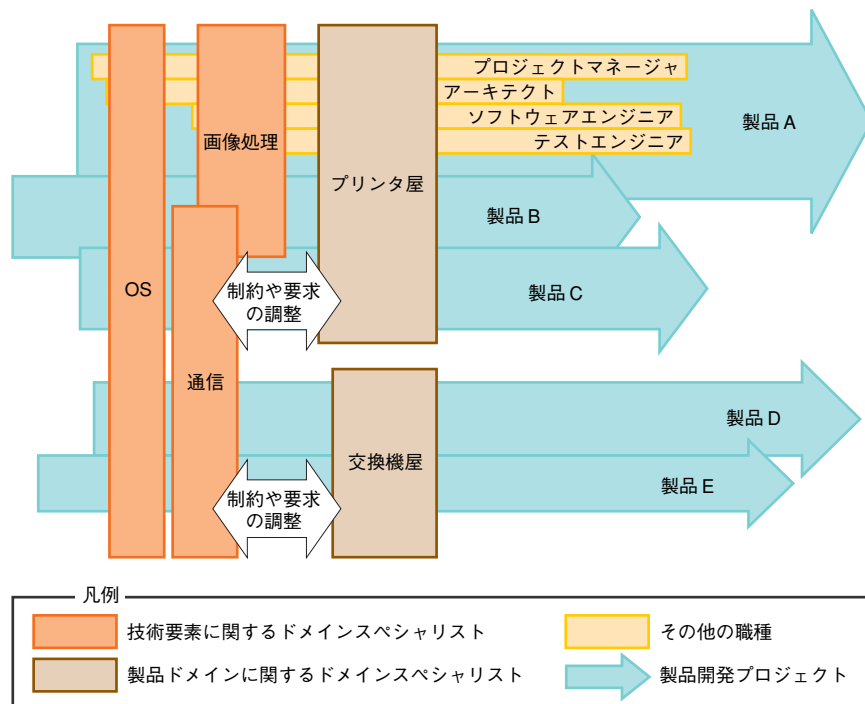


図2.21 ドメインスペシャリストと他職種の関係

## ■ キャリア基準を使った職種の定義

### 職種に関する課題

これまで、組み込みソフトウェア開発分野で使用されている職種の名称といえば「プログラマ」「SE」「マネージャ」が多くを占めていました。IPAが組み込みシステム開発者に対して実施したアンケートで、「現在使用している職種名称は？」という質問の回答でも、前述の3つの職種名称が上位を占め、このことを裏付けています（図2.22）。

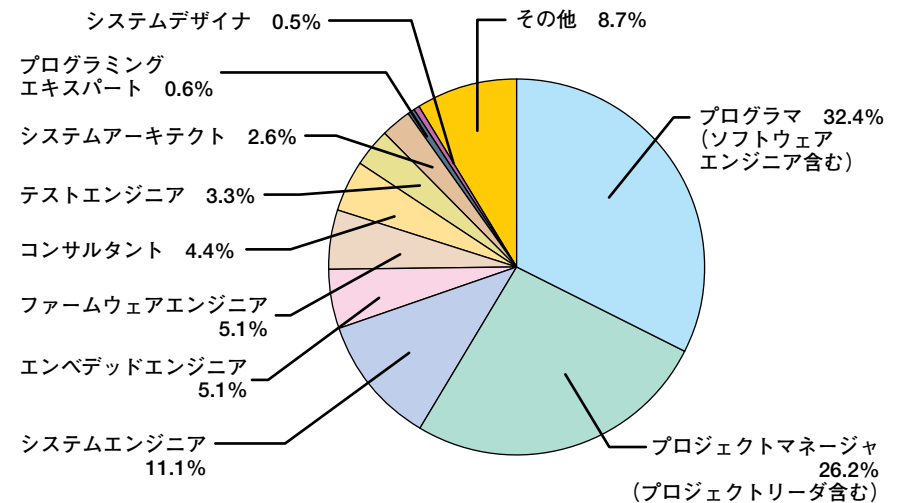


図2.22 組み込み開発者は自分の職種をなんと呼んでいるのか（ETSS アンケート調査 IPA/SEC）

組み込みシステム開発の現場では、プログラミングスキルだけを有する単なる開発者ではなく、設計からテストに至る一連の開発ができる人材が求められています。「プログラマ」と称していても、実際は設計からテスト、さらには管理の作業まで実施している開発者が散見できます。本来の職種名称が持つその役割以上に、広範囲な職務内容を実施している現状があります。

### ETSS キャリア基準の活用

このような職種の定義状況に対して、ETSSのキャリア基準では組み込みシステム開発分野に向けた、業界横断的に使用可能な10の職種を定義しました。

これらの職種には、現状の組み込みシステム開発分野でよく使われている「プロジェクトマネージャ」「SE」「プログラマ」といった職種を対応付け

られるように考慮しています。また組込みシステム開発分野で、その役割の重要性が増すと考えられる職種の定義を行っています（図2.23）。

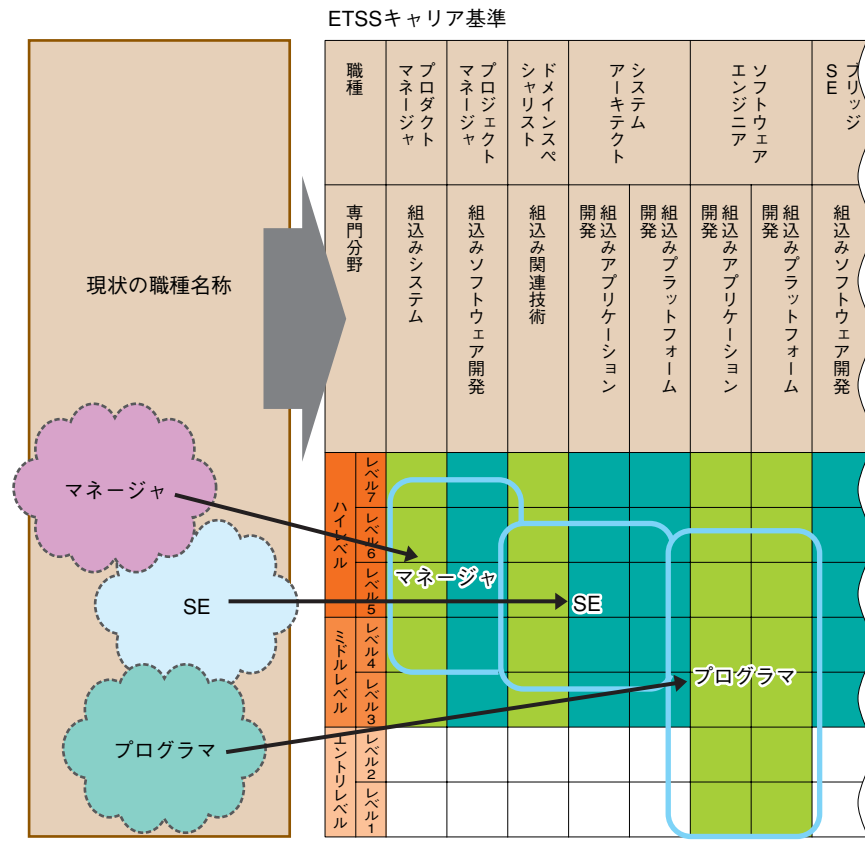


図2.23 ETSSのキャリア基準は現状の職種の配置を意識して策定

しかしながら、ETSSのキャリア基準を導入しようとした場合に、「組織の中に既存の職制や職種名称があり、「ETSSのキャリア基準の定義は、それと乖離している」「ETSSのキャリア基準の認知度がまだそれほど高くない」「ETSSのキャリア基準より専門性の高い職種定義を行いたい」

などといった課題があるのではないかと思います。

まだ、ETSSのキャリア基準は公開されて間もなく、普及という面において過渡期であることから、上記のような課題があがると考えています。

ETSSのキャリア基準の活用として、組織の中で使われている職制や職種の定義を、すべてETSSのキャリア基準に変更してしまうという方法もあります。ただ、現時点では前述したとおり課題も多く、無理やり導入することで混乱や不信を生じることが考えられます。そのため、本来の目的である「人材活用」や「人材育成」のための指標とかけ離れてしまう可能性があります。

もうひとつの活用方法として、現在使用している職制や職種名称と、ETSSのキャリア基準との併用運用が考えられます。現在、組織で使用されている職種、例えば「システムエンジニア」「モデラ」「プログラミングエキスパート」「アシスタントプログラマ」などを、それぞれその責任や役割についてETSSのキャリア基準で定義された内容と照らし合わせます。その結果として、職種のETSSのキャリア基準における相対的な位置関係（ポジショニング）を把握することができます。図2.24の例でいえば、「プログラミングエキスパートは、ETSSキャリア基準のソフトウェアエンジニアのレベル5からレベル6に相当する」と表現できます。

また、組織の中で職位の定義として、例えば「エキスパート」「シニア」「チーフ」「アシスタント」などの定義が使用されることがあります。これらについても、ETSSのキャリアレベルと相対的にレベル定義を行うことができます。

このようにETSSのキャリア基準を、組織でそれぞれ運用されている基準との相対的な位置やレベルの相対的な指標として活用することで、複数の組織で定義された職種や職位などの基準間の相場感の共有を得ることが可能になります。

# 2.4

## 教育研修基準

### 教育研修基準とは

ETSSの教育研修基準では、組込みソフトウェア開発分野における教育や訓練などの構造や仕組みを定義します。

組込みシステム開発分野には多種多様な技術が存在し、開発対象の製品分野などによって取り扱う技術分野も異なります。業界横断的に利用できる標準的な技術やスキルの体系がこれまでなかったために、教育で実施する技術範囲やレベルの指定などを正確に伝達できていませんでした。

標準的な指標がないために、組込みシステム開発分野の開発者がスキルアップやキャリアアップなどの、目的にあった教育を検索や選択する際に不都合な状況であったといえます。

また、このような状況が、組込みシステム開発分野に即した教育開発を阻害する一因ともなっていました。

教育研修基準では、教育カリキュラムに関する構造や用語を定義する「教育カリキュラムフレームワーク」と、「組込みシステム開発未経験者向け教育カリキュラム」を定義しています。

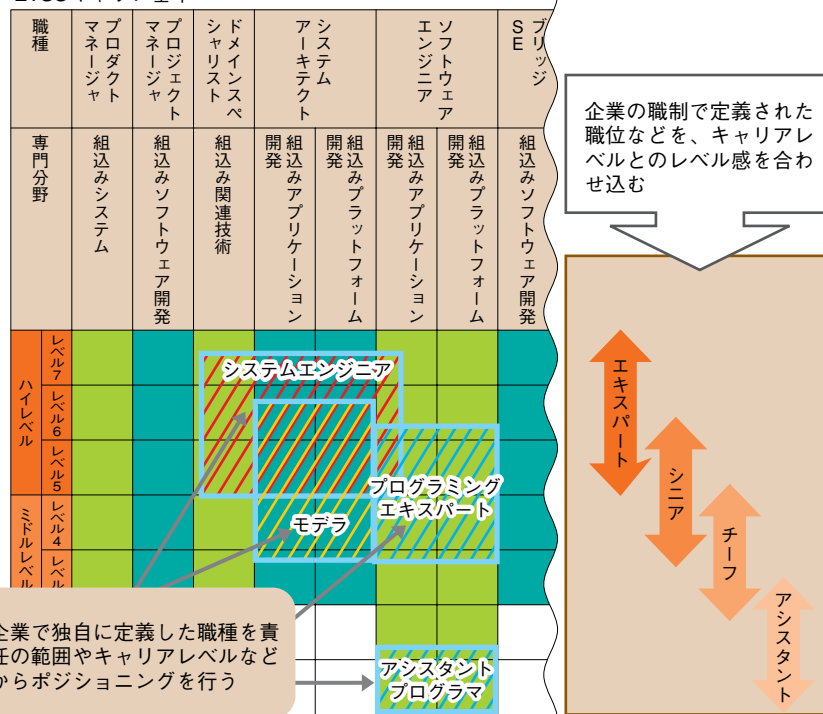
### 教育カリキュラムフレームワーク

組込みシステム開発分野における人材育成の具体的な施策である教育カリキュラムについて、構造や用語の定義したものが教育カリキュラムフレームワークです。

本来、教育カリキュラムには、どのような人材（教育対象）をどのような人材に育成する（教育目標）といった明確な目的があるはずで、教育カリキュラムは、その目的を果たすための課程といえます。

教育研修基準の教育カリキュラムフレームワークでは、「教育対象」や

ETSSキャリア基準



企業の職制で定義された職位などを、キャリアレベルとのレベル感を合わせ込む

企業で独自に定義した職種を責任の範囲やキャリアレベルなどからポジショニングを行う

図2.24 ETSSのキャリア基準をモノサシとして活用する

「教育目標」として設定する人材についてより明確にするために、ETSSのキャリア基準やスキル基準のフレームワークを利用しています。また、教育カリキュラムの教育項目についても、これらのフレームワークを利用して明確化します。

これらのETSSの各基準のフレームワークを利用することで教育カリキュラムを明確化するだけでなく、ETSSのスキル基準やキャリア基準と連携した、教育カリキュラムの実現を目指しています。

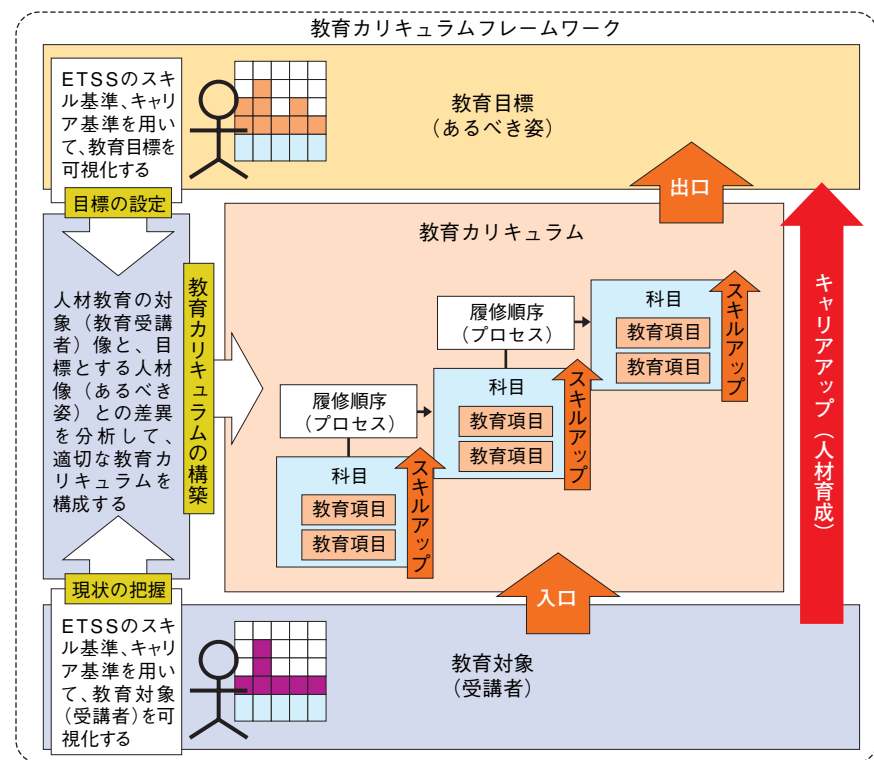


図2.25 教育カリキュラムフレームワーク

教育カリキュラムフレームワークで定義した主要な用語を以降に説明します。

### 教育対象

教育カリキュラムの実施対象となる受講者の人材像です。

ETSSのスキル基準やキャリア基準を用いて定量的に設定します。

### 教育目標

教育カリキュラムが、その効果として目標とする人材像です。

教育対象と同様に、ETSSのスキル基準やキャリア基準を用いて、定量的に設定します。

### 教育カリキュラム

教育対象の人材を（受講者）を、目標とする人材像（あるべき姿）へ育成するために必要となる科目を、適切な履修順序で組み合わせたものです。

教育対象と、教育目標との間にある差異を分析・抽出して、足りない知識やスキルを習得するための科目を組み合わせて実施します。

### 科目

特定の技術分野に関する、知識やスキルを習得するために必要となる教育項目の組み合わせです。

### 教育項目

教育や訓練で習得すべき技術項目です。ETSSの教育研修基準では、スキル基準やキャリア基準で定義されたスキルの分類に準じた形で表現します。

## ■ キャリア基準と連携させた教育カリキュラム

ETSSのキャリア基準では、組込みシステム開発分野における職種に割り当てられた、責任を果たすために必要となるスキルの分布特性を提示しています。いいかえれば、教育カリキュラム受講者がこのスキル分布特性で提示された技術に関して知識やスキルを習得できれば、その職種のキャリアレベルに応じた責任を果たすことが期待できます。

教育カリキュラムの教育目標や教育対象を、職種ごとに提示されているこのスキル分布特性に準じることで、キャリアアップやキャリアシフトに適した教育カリキュラムを構成することができます。

以下のような手順ののち、キャリア基準と連携した教育カリキュラムを構成していきます。

- ① ETSSのキャリア基準で職種ごとに定義されているスキル分布特性をもとに、教育対象と教育目標の人材像がもつスキル分布特性を設定します。
- ② 教育対象と教育目標に設定したスキル分布特性の差異を分析し、不足している技術やスキルなどの要素を定量的に把握します。
- ③ 分析の結果、不足が判明した技術やスキルに対して、不足を補うための科目を、新規開発や既存の流用などをして、適切に組み合わせていきます。
- ④ 組み合わせた科目は、効率的かつ現実的な履修順序（プロセス）を計画し、教育カリキュラムを実施・運用します。

図2.26は、キャリア基準で定義されたスキル分布特性を利用して、キャリアアップを目的とした教育カリキュラムの構築アプローチをイメージしたものです。

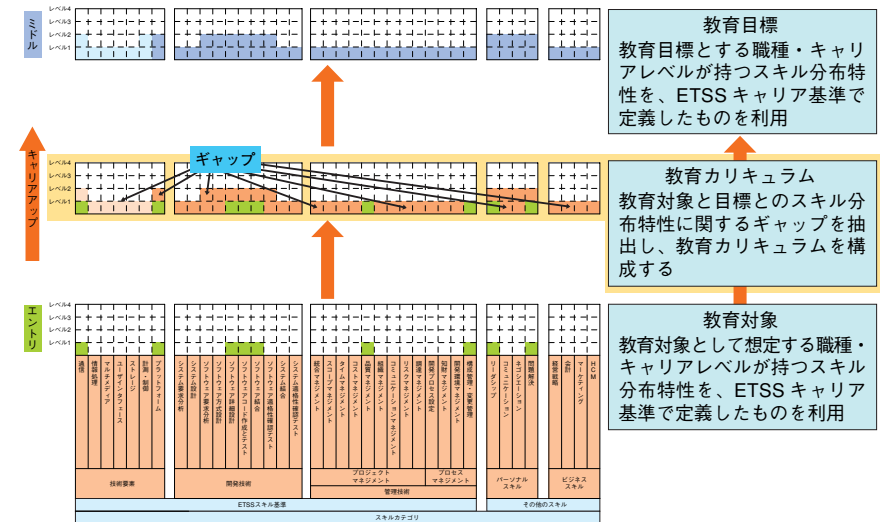


図2.26 教育カリキュラムとキャリア基準の連携

教育カリキュラムの教育内容は、「教育対象（受講者）」や「教育目標」の設定によって変わるものです（図2.27）。すでに習得済みのスキルや知識を、再履修するような教育カリキュラムであれば時間とコストのムダとなります。逆に必要となるスキルや知識に対応した科目が不足していると、カリキュラムの教育目標を実現することは困難となります。

「教育対象（受講者）」のスキル分布特性を把握し、「教育目標」との差異を適切に分析した上で、ムダや不足のない適切な科目構成の教育カリキュラムを構築することが大切です。

また、技術やスキルによってはOJTのように実務を通じた訓練や独習などのほうが習得効果の高い実施形態もあります。習得すべき技術やスキルの特性を考慮した上で適切に教育の実施形態を選択してください。



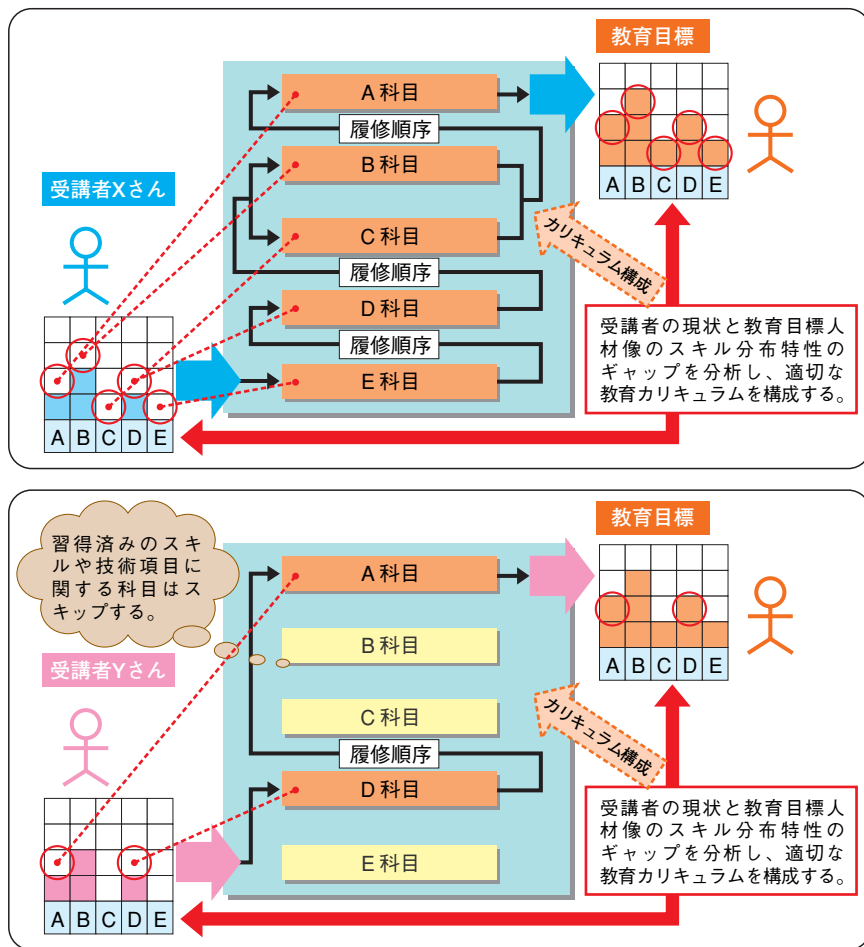


図2.27 教育の「対象」や「目標」が変われば内容も変わる

### 科目について

ETSSの教育研修基準では、教育カリキュラムの科目の教育対象や教育目標に設定するスキルや技術の項目分類、習得レベルなどをETSSのスキル基準やキャリア基準のスキルフレームワークを用いて定義します。

また、科目を構成する教育項目の表現も、同様にスキル基準のフレームワークに準じた形で行います。

科目では、より高い教育効果や効率を得るために、複数の教育項目を組み合わせて実施されるのが一般的です。

例えば、類似技術への応用力の向上を図るために同一分野の教育項目を組み合わせた科目（図2.28）や、プログラミングの研修などではプログラミング文法の教育だけではなく、使用ツールやプラットフォームなどの周辺技術に関する教育項目を組み合わせて教育効果の向上を実現させています（図2.29）。

スキルカテゴリ	教育項目	教育対象レベル	教育目標レベル
技術要素	TCP/IP	初級（レベル1）	中級（レベル2）
技術要素	SIP	初級（レベル1）	中級（レベル2）
技術要素	http	初級（レベル1）	中級（レベル2）
技術要素	ftp	初級（レベル1）	中級（レベル2）
:	:		

図2.28 類似技術分野の教育項目によって構成された科目のイメージ

スキルカテゴリ	教育項目	教育対象レベル	教育目標レベル
技術要素	システムコール	未経験	初級（レベル1）
開発技術	構造化設計	未経験	初級（レベル1）
開発技術	C言語	初級（レベル1）	中級（レベル2）
開発技術	デバック技法	初級（レベル1）	中級（レベル2）
:	:		

図2.29 中心となる技術教育項目に関連する周辺技術によって構成された科目のイメージ



図2.30は、未経験者向け教育カリキュラムの科目「組込みシステム技術」に関する教育項目をスキル基準のフレームワークに準じた形で記述し、抜粋したものです。

科目名称：組込みシステム技術

スキルカテゴリ		教育対象レベル	教育目標レベル	関連技術項目			
カテゴリ	第1階層				第2階層		
技術要素	計測・制御	理化学系入力	未経験	初級	外部入力装置 センサ		
		理化学系出力	未経験	初級	外部出力装置 アクチュエータ		
	プラットフォーム	プロセッサ	未経験	初級	MPU 周辺技術 基本 I/O 技術		
		基本ソフトウェア	未経験	初級	リアルタイム処理 リアルタイムカーネル システムコール 割り込み処理 デバイスドライバ ミドルウェア マルチタスク処理 メモリ管理 例外処理		
			未経験	初級	高信頼性設計 安全性設計 要求分析技法		
			システム方式設計	実現可能性の検証と デザインレビュー	未経験	初級	システム方式設計技術
			ソフトウェア 要求分析	ソフトウェア 要求事項の定義	未経験	初級	機能分析技法 要求分析技法
				ソフトウェア 方式設計	ソフトウェア構造 の設計	未経験	初級
			ソフトウェア構造の デザインレビュー		—	—	—
			ソフトウェア 詳細設計	ソフトウェアの 詳細設計	未経験	初級	モジュール設計技術 構造化設計 仕様変更
—							

図2.30 スキル基準と科目の連携イメージ（教育項目）

## ■ 科目の教育レベル

ETSSの教育研修基準では、教育カリキュラムを構成する科目の教育対象や教育目標の習得レベルの標準的な指標を示すために、ETSSのスキル基準のスキルレベルに対応した教育レベルを定義しています。科目を受講する際に、教育レベルを確認することで、目的とする教育レベルであるかについて判断する材料として利用できます。

科目の教育レベルは、科目が教育目標として設定したレベルを表します。例えば、教育レベルが「中級」の科目では、教育項目の技術に関してスキルレベル2（中級）を目指す教育のレベルとなります。

科目の教育レベルの定義を表2.4に示します。

科目の教育レベル	教育目標とするスキルレベル	教育目標とするスキルレベルの定義
最上級	レベル4 (最上級)	新たな技術を開発できる知識やスキルの習得をめざす
上級	レベル3 (上級)	作業を分析し改善・改良できる知識やスキルの習得をめざす
中級	レベル2 (中級)	自律的に作業を遂行できる知識やスキルの習得をめざす
初級	レベル1 (初級)	支援のもとに作業を遂行できる知識やスキルの習得をめざす

表2.4 科目の教育レベル

## ■ 未経験者向け教育カリキュラム

組込みソフトウェア開発分野では、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。

このような人材の質と量の不足を補うために「大学などの教育機関からの就職者」「他分野からの転職者・転換者」などの積極的な参入が望まれます。しかしながら、このような組込みシステム開発が未経験である人材の育成に対して、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、組込みシステム開発未経験者向けの教育カリキュラムが提供されることで、組込みソフトウェア開発分野の人材不足の解消につながっていくと期待しています。

### 未経験者向け教育カリキュラムの概要

ETSSの教育研修基準では、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（以降未経験者向け教育カリキュラム）」を提示しています。

未経験者向け教育カリキュラムを提供することは、組込み分野への人材シフトの際に技術やスキル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、人材リソース不足の解消がねらいです。

未経験者向け教育カリキュラムは、教育の対象（受講者）を組込み未経験者として、組込みソフトウェア開発業務に従事できる状態を教育目標として、人材育成することが目的です。この未経験者向け教育カリキュラムでは、ETSSのスキル基準で定義された「技術要素」「開発技術」「管理技術」、キャリア基準で定義された「パーソナルスキル」が教育項目となります。

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の利用を想定した教育カリキュラムとなっています。

科目名称	概要	教育項目
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、およ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 未経験者教育カリキュラムの科目概要

### 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。

未経験者向け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ののっとして、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実際に体験することで、習熟度を高めることができます。

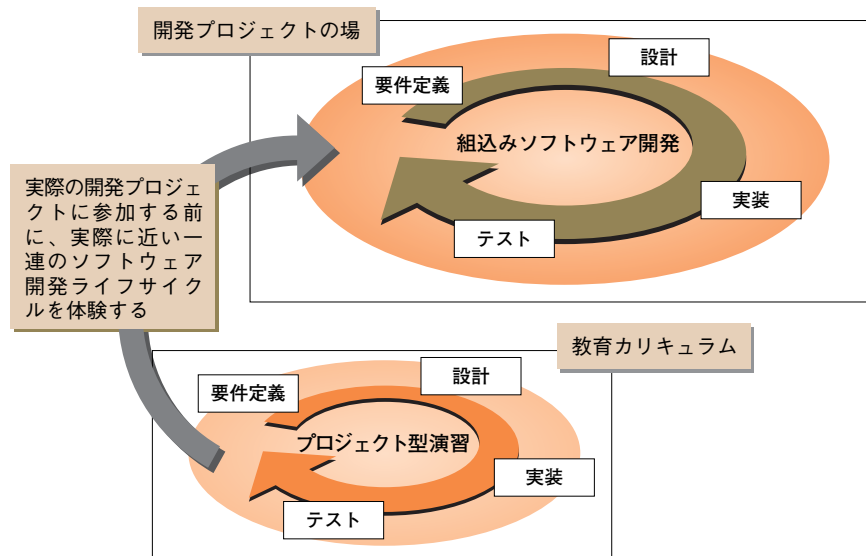


図2.31 プロジェクト型演習

### 既存カリキュラムとの信頼性を考慮

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、組み込みシステム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。

# 3 組み込みスキル標準 (ETSS) の活用

第3部では、組み込みスキル標準活用局面の提案と、携帯電話機開発とDVDレコーダ開発のスキル測定例示および解説を行います。

## 3.1 組み込みスキル標準 (ETSS) 活用イメージ

### ■ マネージャ/プロジェクトリーダーにおける活用イメージ

#### 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、開発工程ごと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3.1)。

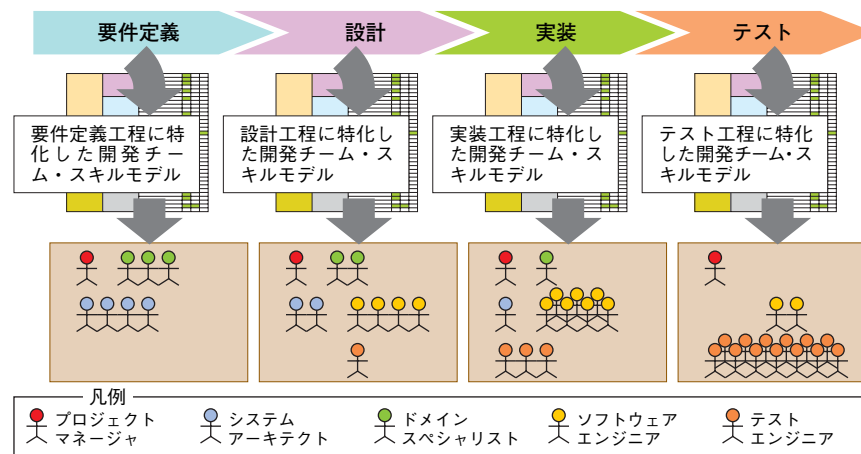


図3.1 プロジェクト編成の最適化

## スキルに関する開発リスクの分析・管理

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

### 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 (図3.2)。

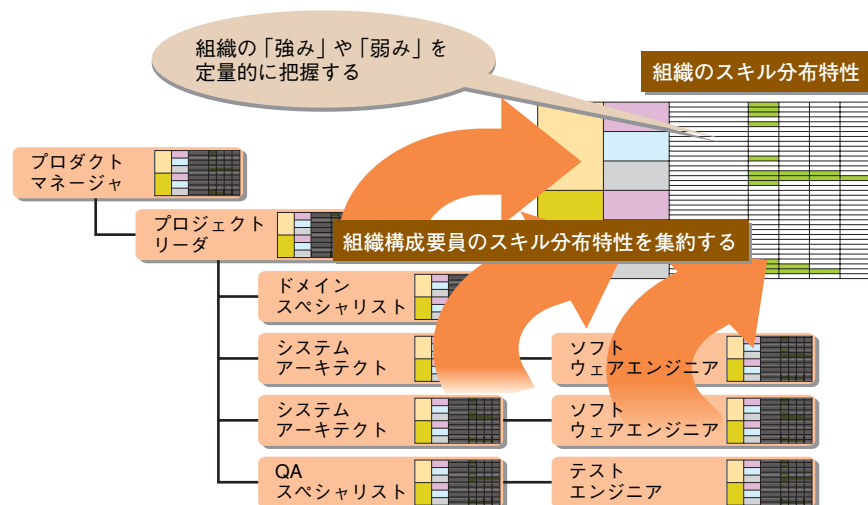


図3.2 組織のスキルを可視化する

## 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」などに的をしぼ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。

## ■ 個人における活用イメージ

### 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。

		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
低スキル (不得意) 分野	通信				
	情報				
	マルチメディア				
高スキル (得意) 分野	システム分析と要求定義				
	システム設計				
	ソフトウェア設計				

図3.3 「強み」「弱み」を可視化する



## 3.2

## 組み込みスキル基準分析サンプル

可視化されたスキルの分布特性をもとに、「広く浅く」オールラウンド的なスキル分布を目指すのか、あるいは「狭く深く」スペシャリスト的な分布を目指すのかなど、企業や個人の目的にあわせて育成戦略を立案してください。

## 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。

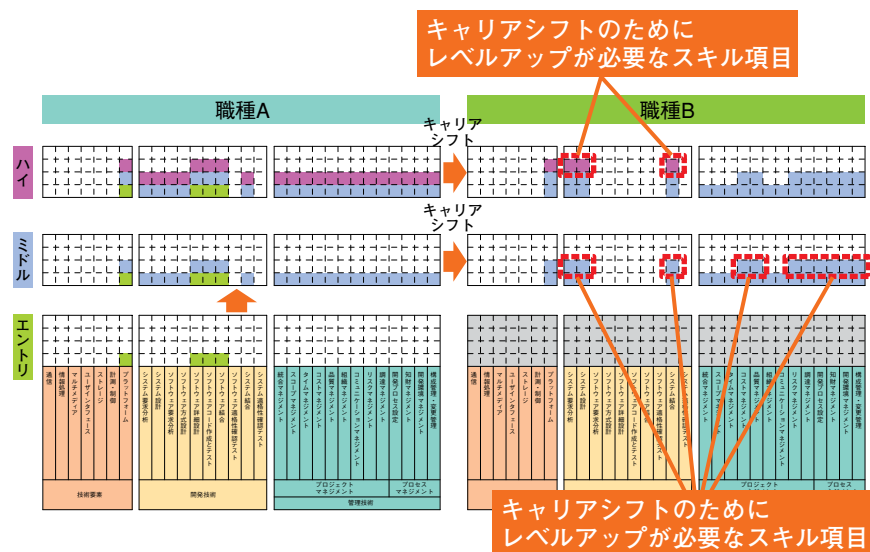


図3.4 キャリアシフトするためにレベルアップすべきスキル項目

## ■ 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(携帯電話機、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ETSSスキル基準を使用して、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。スキル基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ごとに、開発体制や技術者のスキルを測定してください。

ここでは、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ります。

## ■ 携帯電話機開発のスキル分析サンプル

携帯電話機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機です。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。

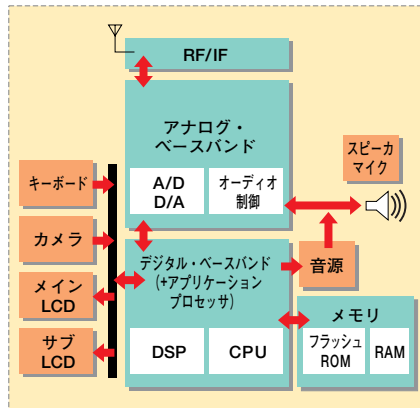


図3.5 携帯電話機のハードウェア構成 (概要)

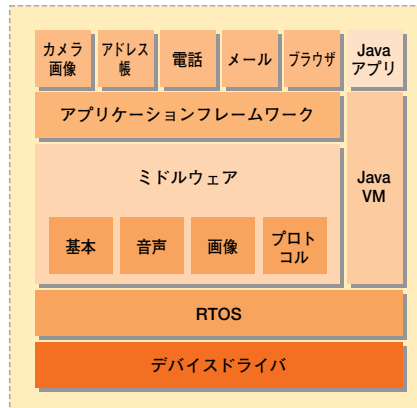


図3.6 携帯電話機のソフトウェア構成 (概要)

### 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	有線通信	PAN	USB		
			RS232C		
	無線通信	電気通信用無線	PDC		
			CDMA		
			赤外線通信		
	インターネット	透過的データ転送	ppp		
			ip		
	応用処理	http			
情報処理	情報入力	タイプ入力	かな漢字変換		
			入力予測		
		コード入力	バーコード		
			QRコード		
マークアップランゲージ	Webブラウザ				
	SVGブラウザ				

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	
情報処理	画像処理	画像フォーマット	JPEG			
			GIF			
			PNG			
		動画圧縮・伸張	MPEG4 (H263)			
		動画録画・再生	H264			
			MP4			
マルチメディア	音声処理	音声圧縮・伸張	ADPCM (G.726)			
			CELP			
			MC			
			フィルタ処理	エコーキャンセラ		
			オーディオデバイス	アンプ・スピーカ		
			マイクロフォン			
	映像・音声統合	モバイル	3GPP、SD-Video			
ユーザインタフェース	入力装置	ボタン入力	ボタン			
			キーボード			
	出力装置	座標入力	十字キー			
			表示出力	LED		
			LCD			
			サウンド			
			音源			
ストレージ	メディア	リムーバブルメディア	SDカード			
		メモリストレージ	NAND/NORフラッシュメモリ			
プラットフォーム	基本ソフト	カーネル	カーネル			
	バーチャルマシン・インタプリタ		BREW			
			JAVA			
	支援機能		ロギング			
			トレース			
UI		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	



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 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	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 ソフトウェアコード作成とテスト	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 ソフトウェア結合	1 ソフトウェア結合テスト仕様の設計	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 システム結合	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 開発プロジェクトマネジメント	1 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 開発プロセスマネジメント	1 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	過去の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思われます。製品ごと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になります。

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。

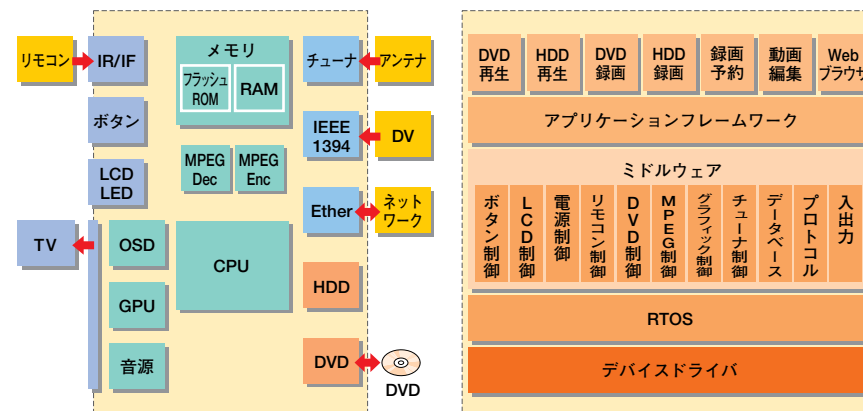


図3.7 DVDレコーダのハードウェア構成 (概要)

図3.8 DVDレコーダのソフトウェア構成 (概要)

#### スキル分析

##### (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	有線通信	LAN-MAN	CSMA/CD			
		PAN	IEEE1394			
	無線通信	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		
UDP						
応用処理	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			
		タイプ入力	文字コード変換			
			かな漢字変換			
	情報出力	マークアップランゲージ	郵便番号変換			
		Webブラウザ	Webブラウザ			
	データ処理	データベース	DVDプレーヤ	DVDプレーヤ		
			ハードディスクプレーヤ	ハードディスクプレーヤ		
			SQL			
			RDB			

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	動画	動画圧縮・伸張	MPEG2		
		音声フォーマット	PCM		
	音声	オーディオデバイス	音源制御		
			ミュート制御		
統合	メディア	DVD-Video			
			DVD-VR		
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	ボタン		
	人間系出力	座標入力	ジョイスティック		
		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、ATAPI		
	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		ログイン		
			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			

## (2) 開発技術

開発技術のスキルの分析例は、携帯電話機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機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、携帯電話機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、携帯電話機と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。

# 3.3

## 教育カリキュラムデザイン

### ■ 教育カリキュラムデザインガイドブックとは

組織や開発者が求める人材育成を実現するためには、その施策である教育カリキュラムを、適切にデザインしなければなりません。そのためには、ソフトウェアの開発作業と同様に、教育カリキュラムデザインで実施すべき作業項目を、適切な段階で行う必要があります。これらについて、適切かつ効率的に実施していくためには相応の知見や経験が必要といえます。

そこで、教育カリキュラム開発に関する有識者を集め、組込みソフトウェア開発分野の人材育成を目的とした、教育カリキュラムを開発するためにはどのような手順が存在するのか、また、その手順のなかで実施すべき具体的な作業項目や留意すべき点などを「教育カリキュラムデザインガイドブック」としてまとめました。

### ■ 教育カリキュラムデザインの工程 (図3.9)

教育カリキュラムデザインの工程は、教育カリキュラムを実施する企業や組織の状況や、教育の目標などを、どのように設定するかによって実施範囲は変化します。全ての作業手順を実施しなければならないケースもあれば、必要な部分だけを切り出して適用するだけで実施可能なケースも考えられます。各作業工程の内容と目的をよく理解した上で、デザインの対象となる目的の教育カリキュラムに、必要となる手順であるのかを予め判断しておくことが重要になってきます。

教育カリキュラムをデザインする手順は、次に示す6つの工程で構成されています。

#### 人材育成計画立案

組織が必要とする人材像と、現時点の人材の状況を把握・分析し、明確で適切な人材育成計画を立案します。

#### 教育計画立案

人材育成計画を実現するために、必要となる教育カリキュラム体系の検討を行い、教育計画としてまとめます。

それぞれの教育カリキュラムに設定された教育目標を実現するために、必要となる科目構成や科目概要についても検討していきます。

#### 科目設計

科目で実施される教育項目の明確化と、関連するスキルや知識などの習得を効果的に実現できるように、科目設計を行います。科目の中で具体的に何を学習するのか、どのような実施形態（教授方法）が適切か、などを明確にします。

#### 教材制作・調達

科目に設定された教育目標を実現するために、適切なテキストなどの各種教材の制作と調達を実施します。

#### 実施

科目に設定された教育目標を実現するために、必要となる教室などの環境や教材、備品などの準備を行います。

また、当日の円滑な運用を実現するために各種支援業務を実施します。

## 評価

教育カリキュラムの実施結果を収集し、収集した実施結果と、当初の教育目標とを比較・分析を行います。その上で問題点の抽出などを実施します。

抽出された問題点に対する改善方法について検討を行い、改善の対象となる手順へフィードバックします。

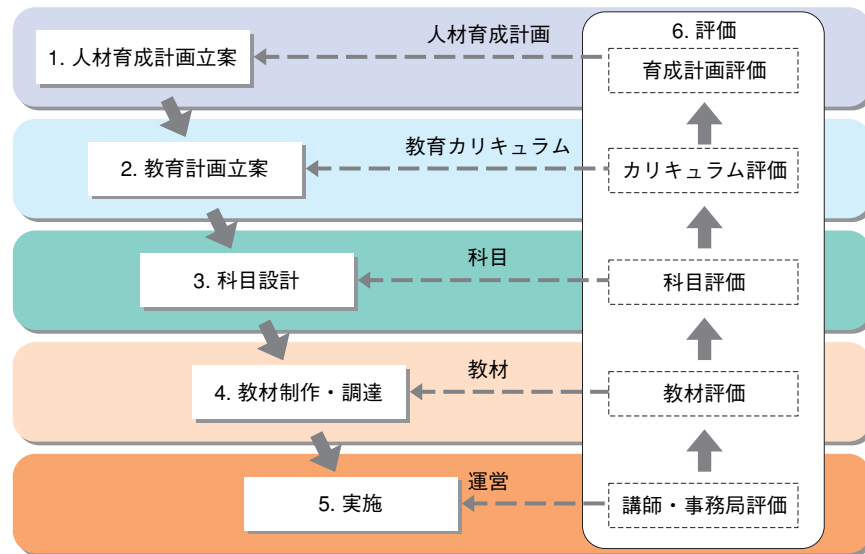


図3.9 教育カリキュラムガイドラインの工程

## ■ 教育カリキュラムデザインガイドブックの使い方

教育カリキュラムガイドブックの対象読者は、企業の人材育成を担当者を想定しています。これから、組み込みシステム開発に関する教育カリキュラムを企画・開発しようとしている担当者の方はもちろんですが、すでに、カリキュラムを開発して運営されている方にも参考になる点があると考えています。

このガイドブックでは、教育カリキュラムをデザインするための手順や

それに関する留意点や事例などを説明しています。

重要なことは、この手順をすべて行うことではありません。記述されている手順の必要性や背景について理解し、開発を行おうとしている教育カリキュラムに必要な手順を選択し実施することが大切です。場合によっては、このガイドブックに書かれていない手順を考えて拡張しなければならない項目も実際に存在するはずです。教育カリキュラムに課せられた目的や、条件などに合わせて適切な教育カリキュラムのデザイン手順を選択し、実施してください。



## 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技術を入出力、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** なぜ、具体的なスキル項目を定義しないのか？

**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** 組込み開発は技術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** 「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や、「経営」や「マーケティング」などのビジネススキルは、開発プロジェクトにおける役割を遂行する上で必要となります。キャリア基準では、組込みシステム分野における職種が受け持つ責任を果たすうえで必要となる要素として、これらのスキル項目を定義しています。

**Q** ETSS を基にした技術者認定や試験は行うのか？

**A** 今後のキャリア基準や教育研修基準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行うのか？

**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行うのか？  
どれくらいの時間がかかるのか？

**A** 技術者育成にかかる時間は、育成対象者の技術やスキルのレベルや、育成の内容や目標とするレベルなどの条件によって変わるものです。教育研修基準では、教育カリキュラムの可視化をすすめるために構造や用語などを、教育カリキュラムフレームワークとして定義しています。このフレームワークに準じた教育カリキュラムが普及されることで、教育カリキュラムの内容と適切な教育時間の相場感の共有を得ることができるものと考えています。



### 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スキル標準のキャリアフレームワークは、同様の構成を持っています。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 キャリア基準は、IT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られます。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。

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を本小冊子で行っています。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。また、「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」などは、複数のドメインで共通に使えるスキルも存在します。

すべてのスキル項目を標準化するのではなく、「組込みシステム開発分野共通のスキル項目」「応用ドメイン内共通のスキル項目」「企業内固有のスキル項目」などといったように、スキルの利用目的に合わせ、適切な領域ごとに標準化すべきものです。

### Q 優秀なエンジニアを組込みスキル標準 (ETSS) だけで育成することは難しいのではないかと？

A 確かにETSSだけで、優秀な人材を育成するといったことは困難です。しかしながら、ETSSによって優秀な人材の行動特性や、その人がどのように高度な技術を習得したのかについて分析可能です。このような分析によって得られた結果から、今後優秀な人材育成を実現するための手がかりの発見や、方法論が確立されていくものと期待しています。

# 用語集

## 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。

## 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。

## 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いません。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。

## 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/IEC 12207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）。

## キャリア

一般に「キャリア」という言葉は職業上の経歴や経験といった意味もありますが、ETSSでは「高度な専門知識や技能が求められる特定の職種」と定義します。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ごとの責任や必要とされるスキルの分布特性を定義しています。

## コアスキル

ビジネスを効果的に推進し、期待される成果を生み出すために必要な取り組み姿勢や行動力などをコアスキルといいます。

## コンピテンシ

高い成果をコンスタントに出し続ける人の仕事の仕方などに見られる行動特性をコンピテンシといいます。作業を実現する上で必要となる知識や技能、価値観などといった具体化された能力ではなく、高い成果を出す人の作業を観察・分析することで抽出される共通の行動様式を特性としてまとめたものです。

## 教育カリキュラム

ETSSでは、教育対象とする人材（受講者）を目標とする人材（あるべき姿）へ育成するための施策（研修、訓練など）の体系を教育カリキュラムとします。1つ以上の科目を適切な履修順序で実施します。

## 科目

特定の技術分野に対する知識やスキルを習得するための教育項目を組み合わせたものをETSSでは科目とします。

●本書は環境対応の材料と技術で作成しました。

表紙：古紙 100%再生紙／本文：古紙 100%再生紙／印刷インキ：大豆由来の植物性油脂を利用したインキ／製本メルト：古紙リサイクル時に不純物として容易に除去できる難細裂化メルト／表紙保護フィルム：とうもろこし樹脂を使用した保護フィルム

## 組込みスキル標準 ETSS 概説書

[2006 年度版]

---

2006年5月31日 初版第1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

---

©2006 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。

---

本書へのご質問は、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。

---

ISBN4-7981-1191-0

Printed in Japan