組込みスキル標準 (ETSS) の概要

Outline of Embedded Technology Skill Standards (ETSS)

渡 辺 登^{*1}
Noboru WATANABE

The purpose of Embedded Technology Skill Standards (ETSS) is strengthening of the development power for embedded software. ETSS systematically arranges the skill required of the engineer and the manager.

Keywords : Engineer Education, National Policy, Corporate Education, Skill, Career Path

キーワード：技術者教育，国公行政施策，企業教育，技能，キャリアパス

1. 組込みソフトウェア開発力強化とスキル標準

近年，電気電子機器や自動車，工業機械などの機械製品にはプロセッサが搭載され，組込みソフトウェアによって高度な処理や制御が行われている．日本経済の輸出において大きな貢献をしている機械製品にとって組込みソフトウェアは重要な部品として，日本の産業競争力を支える技術として広く認知されてきた．

組込みソフトウェアは，携帯電話機やデジタル家電，自動車，精密機器などの製品やサービスの価値を高め，ものづくり日本に貢献している．

現状の組込みソフトウェアは，大規模・複雑化といった大きな課題を抱えている．この大規模で複雑なシステムを，半年や一年といった短期間で開発することが求められているが，製品の品質が確保できない状況に陥っている．電源が入らないテレビや，ブレーキが利かない自動車など品質問題が発生し，製品の信頼性を落とすだけでなく，企業やブランドのイメージや株価値を落とすことになってしまっている．

原因は，急激な規模拡大と短い開発期間に追従できていないことであり，組込みソフトウェアを開発する際に必要となる技術と，これら技術を使いこなす優秀な人材の観点で追従できていない状況にある．開発現場の声としては，新たな技術の獲得を図るといったエンジニアリング的な課題よりも，人が足りない，スキルが足りないといった意見が多い．

ETSS（組込みスキル標準）は，組込みソフトウェア開発力強化を目的に，2003年10月から活動している経済産業省の『組込みソフトウェア開発力強化推進委員会』によって策定された．図1を参照．2005年度は，開発現場からの要求が高い『キャリア基準 Version1.0』の策定と，人材育成を実現するために定義が求められる『教育研修基準 Version1.0』を策定し公開した．また Version1.0 公開済みであったスキル基準も『スキル基準 Version1.1』として，レベル感などの表現充実を図り公開した．これら3つのセットは『組込みスキル標準 (ETSS) 2006年版』として公開されている．

図1

2. スキル基準

2. 1 スキルとは

開発現場で求められるのは開発作業を遂行できる人材である．知識を保有するだけの人材でなく，実際に手を動かして作業できる人材である．作業の要求に対して，キチンとした成果を出せる作業遂行能力，すなわちスキルが求められる．

技術（知識）とスキルの違いを，プログラミング言語とプログラミングスキルの違いで説明する．C言語などのプログラミング言語（技術）は，言語仕様として広く伝達することが可能である．しかし，プログラミングスキルは人に依存したものであり，情報として伝達することができても，本当の意味で伝えることができない．プログラミングスキルは，人によって生産

平成18年8月16日受付

^{*1} 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

性が大きく異なる。適性、センスなどが求められ、勉強や訓練によってスキルを高めることが可能であるが、埋めることのできない差は大きい。プログラミングスキル以外にも、デバッグスキルやテストスキルも人への依存度が高い。バグを見抜く力、バグをたたき出す力はスキルであり、情報の伝達だけでは向上できない。適性、センス、経験、知識、勘といったものが大きく影響し、OJT（On the Job Training）などによるスキルの伝承を行うことが求められる。

2. 2 スキルの体系化

組込みソフトウェア開発は開発対象の製品が多岐に渡っており、求められるスキル也多岐に渡る。開発対象となる製品ドメインに依存したスキルが重要であるが、これは限定された範囲で求められるスキルでもある。これまで、製品ドメインに依存したスキル以外にどのようなスキルが求められるのか、共通的なスキルはなんであるか、と言ったことは明確な答えが提供されていない状況であった。

ETSSでは、製品依存性が高いスキルが存在すること、さらに新たな技術の誕生や活用が行われることを前提に、追加や変更も許容するスキルのフレームワークを開発した。企業や製品開発によって特異なスキルや、他社に隠蔽したいスキルや作業方法を追加可能としつつも、組込みソフトウェア開発で求められる共通的なスキルを定義可能としている。

ETSSスキルフレームワークは、『スキルカテゴリ』、『スキル階層化』、『スキルレベル』という考えを基にしている。スキルカテゴリは、上述した組込みソフトウェア開発で求められる技術に関するスキルを体系的に整理したものである。ETSSでは『技術要素』、『開発技術』、『管理技術』の3カテゴリとしている。スキル階層化はスキルカテゴリ配下を構造的に詳細化することであり、技術の体系的整理をより詳細に表現するものである。階層化の際には、技術の親和性や作業手順の詳細化などのポリシーをもって階層的に技術を整理する。最下層には具体的なスキルが明示されるように注意する必要がある。スキルレベルは、最下層に定義されたスキルレベルや、上位階層における技術分類に対するスキルレベル（主にポテンシャルとしてのレベル）を設定する。

(1) スキルカテゴリと階層化

スキルカテゴリは、図2で示すように、『技術要素』、『開発技術』、『管理技術』の3つを定義しており、製品の組立工場と類似するイメージである。組込みソフトウェア開発はものづくりであり、組込み製品を生産する工場と同じイメージで表現可能である（ソフトウェアエンジニアリングにおけるソフトウェアファクトリ、ソフトウェア工場とは異なる概念である）。

技術要素は組込みシステムを構成する機能や部品である。組込み製品の筐体を開けてみると、多くの部品

図2

が存在する。組込みソフトウェアの観点では筐体を開けてもわかるものではないが、ソフトウェア機能ブロック図相当で見てみると、多くの機能や部品が存在する。技術要素はこれら機能や部品に関するスキルであり、通信機能、ストレージ機能、OS（Operating System）を開発するスキルを、技術の親和性という観点で体系的に整理している。

開発技術は、組込みシステムと組込みソフトウェアを作る技術である。開発対象物に対する要求分析からはじまり、設計・実装・テストといった作業で用いられる技術を体系的に整理している。前述の技術要素は、開発技術において部品として利用されるイメージとなる。

管理技術は、開発作業を円滑に、効率よく、確実にを行うための技術である。前述の開発作業を管理・マネージメントすることで、計画通りのQCD（Quality, Cost, Delivery）を確保することが目的となる。

(2) スキルレベル

スキルレベルは対象となる技術の作業遂行能力に関する状態を数値的に表現するものである。レベル1から4の4段階でスキルレベルを表現している。レベル1～3を基本として定義し、最上級のスキルとしてレベル4も定義した。

レベル1は初級であり、支援のもとに作業を遂行できる。レベル2は中級であり、自律的に作業を遂行できる。レベル3は上級であり、作業を分析し改善・改良できる。レベル4は最上級であり、新たな技術を開発できる。

2. 3 技術要素

技術要素は、組込みソフトウェア開発において欠かすことの出来ないスキルである。

(1) 第一階層の分類

技術要素の第一階層は、組込みシステムで共通的に利用される機能や部品の分類である。プロセッサやOSなどの『プラットフォーム』、センサやアクチュエータの制御を行う『計測・制御』、データの格納・蓄積を行う『ストレージ』、利用者への表示や操作を提

供する『ユーザインタフェース』、音声や映像の処理を行う『マルチメディア』、データの入出力処理や加工を行う『情報処理』、通信を実現する『通信』の7つを第一階層として定義している。

機能や部品との表現は、組み込みソフトウェアにおけるソフトウェア部品の分類ともいえる。OSはソフトウェア・プロダクトとして流通しており、通信プロトコルや情報処理関係の機能はミドルウェアとして流通している。市場への流通のみでなく、社内でソフトウェア部品として管理・利用しているものも多い。通信プロトコルやマルチメディア処理、暗号化処理などは、ソフトウェアとして処理するか、DSP (Digital Signal Processor) で処理するか、ハードウェアで処理するかといった実現方法が重要である。技術要素では、それら実現方法に関しては特に規定せずに、適材適所での選択と実現が可能なスキルを想定している。

(2) 第二階層の分類

第二階層は、第一階層で定義した技術を『論理－物理』、『入力→出力』の観点で分類している。組み込みシステムは、入力に対して処理し出力することに加え、論理的な情報から物理的なものまでが処理の対象である。この2つの『論理－物理』、『入力→出力』という観点を、第一階層それぞれに当てはめ整理しているのが第二階層である。

(3) 作れるスキル、使えるスキル

技術要素のスキルレベルを表現する場合、「作れるスキル」と「使えるスキル」を分けて表現している。これはOSを作れるのか、OSを使えるのかで開発可能な箇所が大きく異なることから理解できるだろう。汎用コンピュータの場合、Windowsを作れるのか、Windows上で動作するアプリケーションを作れるのでは、求められるスキルが大きく異なる。組み込みソフトウェアの場合、RTOS (Realtime Operating System) を作れるスキルの必要性は高い。しかし、プラットフォームの利用やソフトウェア製品・部品利用の普及によって「使えるスキル」も必要性が増している。どちらが重要であるかは、そのスキルを使ったビジネスの領域がどこであるかによって異なるが、「作れるスキル」を持っていることは、対象となる技術要素に関して深い知識を保有していると考えられる。

2. 4 開発技術

開発技術は、組み込みソフトウェアを開発するために必要な技術を対象に整理している。開発技術で求められる広義な観点でのスキルは、技術要素と比べるとイメージが明確であり、モデリング、プログラミング、テスト、デバッグなどは開発技術にあたる。

ETSSにおける開発技術は、製品ドメインに依存しない共通的な技術を対象に整理しており、開発プロセス毎に技術を整理可能としている。具体的には、JIS X 0160で標準化されているSLCP (Software Life

Cycle Process)の開発プロセスを基本に、そこで行われるアクティビティを情報処理技術者試験のソフトウェア開発およびエンベデッドシステムにおけるスキル基準を割り当て定義している。

開発技術におけるスキルの定義は、開発プロセス毎にアクティビティを定義し提示しているにとどめている。ここでどのようなスキルが求められるかは、企業における開発標準や詳細な開発プロセス定義書を見れば容易に想像がつくと考えられる。組織や団体で利用される、もしくは利用を推奨する開発技術を、開発技術のスキルとして割り当てを行うことを想定している。

2. 5 管理技術

管理技術は、組み込みソフトウェア開発を円滑に進めるための技術であり、プロジェクトマネジメントと開発プロセスマネジメントを対象に整理している。

プロジェクトマネジメントは、組み込みソフトウェア開発で従来から行われてきた品質管理に加え、PMBOKなどを参考にマネジメントスキルの強化を図る必要がある。管理技術に関する第二階層は、PMBOKの知識領域(KA)をベースに分類されている。これは、ITスキル標準で定義されているプロジェクトマネジメントという職種における知識領域との共通性と親和性を考えた結果である。

開発プロセスマネジメントは、プロジェクトマネジメントの一部ともいえるスキルであるが、組み込みソフトウェア開発において明示すべきスキルと考え分離し提示している。開発プロセスマネジメントは、SLCPの支援プロセスなどを参考に定義しており、『開発プロセス設定』、『知財マネジメント』、『開発環境マネジメント』、『構成管理・変更管理』の4つを第二階層としている。これらは組み込みソフトウェア開発において重要なマネジメント作業であるが、プロジェクトマネジメントにおいては、タイムマネジメントやスコープマネジメントにおける考慮事項の一つとして扱われてしまっている。組み込みソフトウェア開発では、第二階層で定義したマネジメント毎に専門家が存在する場合があることも、あえて分離して定義している理由のひとつである。『開発プロセス設定』に関しては、SEPG (software engineering process group) と呼ばれる開発プロセスに関するスペシャリスト、『知財マネジメント』に関しては知財部門に属するスペシャリスト、『開発環境マネジメント』に関してはツール屋と呼ばれるスペシャリストや環境構築および支援にて開発に貢献するエンジニア、『構成管理・変更管理』ではSCM (Software Configuration Management) のスペシャリストや、プロジェクトのSCM作業を遂行するエンジニアなどが該当する。

プロジェクトマネジメント、および開発プロセスマネジメントともに、マネジメントの方法は、組織や製

なる。これにより組込みソフトウェアの開発力強化を実現するというスタンスである。ソフトウェアエンジニア以外にも、組込みソフトウェア開発において有効なプロジェクトや組織編成を実現するための人材モデルを複数定義している。

3. 2 キャリアレベル

キャリアのレベルは、スキル基準で定義したスキルレベルとは異なる。キャリアレベルは経済的な貢献と、プロフェッショナルとしての組織への貢献によって1から7の7レベルが設定されている。スキルの場合には、作業遂行能力としてのレベルであり、経済的な貢献などは求めている。ある意味、使われない技術に関して高いレベルで極めていても、スキルレベルは高いレベルで表現できる。しかし人材モデルを定義するキャリア基準におけるキャリアのレベルは経済的やプロフェッショナルとしての貢献が必要不可欠としている。使われない技術というような観点でなく、ビジネスとして必要な技術を提供しているか否かでキャリアレベルを決めることになる。この基本的なポリシーは、ITスキル標準と同じイメージである^{1), 2)}。

3. 3 求められる責任

キャリア基準で定義するのは、活動領域として「何処どこの開発プロセスで何々をやる」という具体的なアクションではなく、その職種が果たすべき責任としている。活動領域を明示することは、活動領域を限定するようにも捉われる可能性も高く、フレキシブルに積極的な活動が求められる組込みソフトウェア開発を阻害することにもつながりかねない。

3. 4 スキル分布特性

[illegible]

図 3

スキル分布特性は、その責任を果たすうえで求められる必要なスキルを明示している。このスキルをこのレベルで保有していればいいといった「十分条件」でなく、このスキルを持っていて且つ経済的、プロフェッショナルとしても貢献することが求められる「必要条件」としてスキルを明示している。

分布特性という表現に関しては、ETSS策定の基本ポリシーである「開発者のピーク特性を表現するスキル標準を作る」といった事項が関係する。開発者の得意技を可視化し、それをさらに伸ばすことを行うことが開発者にとっても、組織にとっても望ましいことであるというスタンスで考えている。これは苦手領域の克服を否定するものではなく、効率性や満足度などを考えた場合のアプローチである。

このキャリアはどんなスキルをどのレベルで持っていればいいのかを、図3のように、音声のレベル表示的にスキルのレベルで表現しており、直感的な表現となっている。

最下段に位置し、指導されることを前提としたエントリーレベル（キャリアレベル1, 2）の人材に求められるスキルセットをベースに、自律した作業遂行が可能なミドルレベル（レベル3, 4）のスキルセット、さらにはプロフェッショナルとして組織や業界に貢献できるハイレベル（レベル5, 6, 7）のスキルセットへの移行を可視化している。

3. 5 一般スキル

キャリアレベルは前述のように経済的貢献とプロフェッショナルとしての組織への貢献である。この成果を実現するには、スキル基準で定義した技術スキルだけでは十分でなく、パーソナルスキルやビジネススキルが求められる。ETSSでは、スキル基準を組込みソフトウェア開発に関する技術だけを対象としており、このパーソナルスキルとビジネススキルはこれを必要

とするキャリア基準にて定義している。

(1) パーソナルスキル

パーソナルスキルはヒューマンスキルとも呼ばれる個人や対人に関するスキルである。「コミュニケーションスキル」、「ネゴシエーションスキル」、「リーダーシップ」、「問題解決」がこれに該当し、キャリア基準のパーソナルスキルにおける第一階層として定義している。

ITスキル標準においても、「コミュニケーションスキル」、「ネゴシエーションスキル」、「リーダーシップ」の3つは提示されており、ETSSでは開発力強化を目的に「問題解決」も追加し積極的なスキル獲得を狙っている。

(2) ビジネススキル

ビジネススキルでは、「経営」、「会計」、「マーケティング」、「HCM (Human Capital Management)」の4つをビジネススキルにおける第一階層として定義している。ETSSのキャリア基準では経済的な貢献をキャリアレベルとして定義しており、これらのスキルが必要となる。プロダクトマネージャのような人材は、組込みソフトウェア開発を含む事業を取り仕切りつつ、ビジネスとして貢献することが求められる。その際には、事業レベルでの経営に関するスキルやその他のビジネススキルが求められる。システムアーキテクトやドメインスペシャリストなど技術に関するリーダーシップをとる人材は、マーケティングに関するスキルが求められるといった定義をしている。

ビジネススキルの明示は、組込みソフトウェア開発力強化が目的であり、技術偏重にならずに、企業や事業経営ができる人材の創出も必要と考えた結果である。組込みシステム製品の価値を実現する組込みソフトウェアは、事業におけるKFS (Key Factor for Success) であり、今後は組込みソフトウェア開発出

図4

身のプロダクトマネジャや事業部長，さらには経営者が増加することが期待される。

4. 教育研修基準

4. 1 教育研修基準

教育研修基準では，組込みソフトウェア開発力強化を目的に，効率的で確実な教育を実現するための枠組みを提供している。具体的な教材や講座を提供するものではなく，業界全体が効率的に機能するため，ETSSスキル基準とキャリア基準を活用する方法と例を示したものになっている。組込みソフトウェア開発を行っている企業（開発部門，教育担当），大学などの高等教育機関，教育ベンダにおいて利活用されることを想定している。

教育カリキュラムフレームワークは，図4に示すように，現状と目標を明示し，スキルアップ，キャリアアップを実現するために教育としての教育カリキュラム，科目，教育項目の関係を明示したものである。

教育カリキュラムフレームワークは，現状と目標のギャップを把握し，ギャップ解消のための科目や教材を検討する際に利用する。この場合，全てのギャップを研修で解決を図る必要は無く，ジョブローテーションなどによる実務経験機会を提供することや，業務上必要ないと割り切りをすることなども必要である。集中と選択と叫ばれる現在，やはり開発者の強みを積極的に伸ばすことの支援をすべきである。

教育研修基準では，具体的な教育カリキュラムとして未経験者向け教育カリキュラムのシラバスを公開している。これはキャリアに依存することなく，組込みソフトウェア開発の基本的な知識やスキルを習得するためのカリキュラム例であり，教育機関や企業における新人教育を想定した内容になっている。

4. 2 教育カリキュラムデザインガイドブック

教育カリキュラムデザインガイドブックは，教育の専門家をアサインできないような企業における組込みソフトウェアの教育提供を支援するために開発している。大企業の教育部門や教育ベンダ，高等教育機関では教育の専門家がキチンとした教育デザインができると考えられるが，中小企業や大企業の組込み開発部門といった場合には，教育デザインの品質が懸念される。教育デザインを理解することで，声の大きい人の要求だけを対応してしまうことや，提供する教育の質や投資対効果を高めることが可能となる。

教育デザインもソフトウェア開発と同様に，開発プロセスが存在する。図5で示すように，V字モデルの左側にある開発のフローと，右側にある評価・検証のフローとが明確に対応することで，品質の確保と向上を実現する。組込みソフトウェア開発向け教育に依存した事項としては，教育研修基準に準じて，スキルとキャリアを明確に意識した教育を行うことから，「組込みソフトウェア＝マイコン・プログラミング」とい

図5

った偏った教育提供を回避することができる。また，実機を使った実習の準備などに関する留意事項が明示されていることで，難しいといわれる組込みソフトウェア開発に関する教育デザインを支援する。

また，教育デザインのプロセスやアクティビティを定義するだけでなく，企業規模や目的（動機）などを明示したケーススタディとしての例示も提供しており，利用者のシチュエーションに合わせてテーラリングすることを容易にしている。

5. おわりに

以上，ETSSの概要について紹介した。ETSSは今後も組込みソフトウェア開発力強化推進委員会にて検討を継続し，より開発力を強化するためのツールとして改版や策定を行う予定である。下記URLを参照の事。

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

参 考 文 献

- 1) 独立行政法人情報処理推進機構ITスキル標準センター：ITスキル標準V2，経済産業省，2006
- 2) 経済産業省商務情報政策局情報処理振興課：「ITスキル標準－ITサービス・プロフェッショナル育成の基盤構築に向けて」，工学教育，51－3，pp.96－100，2003

著 者 紹 介

渡辺 登

1986年 沖通信システム株式会社入社，キャリア向け通信機器のソフトウェア開発に従事
2004年 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・センターに研究員として出向，情報処理学会 正会員，NPO法人組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会（SESSAME）理事