

ソフトウェア品質プロフェッショナルに求められる専門性と倫理性



早稲田大学 グローバルソフトウェアエンジニアリング研究所 所長

鷺崎 弘宜

ソフトウェア品質のプロフェッショナルは、知識、スキル、コンピテンシから成る高い専門性と、高い倫理性の両方を備える必要がある。本稿では、自身や他者が品質のプロであることを客観的に示すために必要な代表的な知識体系やスキル・コンピテンシの枠組み、及び、それらを用いる上での留意点を説明する。また職業として真にプロフェッションと認められることに向けて倫理の重要性を説明する。

1 はじめに

ソフトウェア品質のプロフェッショナルとは、顧客や社会から要求されるソフトウェア品質を、与えられた制約下で効率的に組み入れ、及び、保証する専門家である。開発・運用する人々の能力はプロセス品質に影響し、プロセス品質はプロダクト品質に影響する。品質のプロフェッショナルというためには人的能力として、妥当かつ十分な知識やスキル (Skill) 及びコンピテンシ (Competency) を備えている必要がある。

情報技術における知識、スキル、コンピテンシの定義は様々にあるが、おおむね以下が共通する。

- 知識とは、特定のタスクや業務を遂行する上で把握している必要のある事柄を認知・把握した結果である。
- スキルは、特定のタスクや業務を遂行する上で必要な専門的あるいは一般的能力である。
- コンピテンシは、知識やスキルを用いて、特定のタスクや業務を遂行する上で必要な総合的な能力である。

更に社会に対し実質的な価値を提供し「プロフェッショナル」と認められるためには、高い専門性を形成する人的能力のみならず、高い倫理性を持ち望ましい行動規範に従う姿勢が重要である。

本稿では最初に、品質のプロフェッショナルが備えるべ

き知識を整理した幾つかの知識体系を説明する。続いて、品質のプロフェッショナル (やそれを目指す者) が参照可能な人的能力の枠組みを説明する。更に、ソフトウェア品質に携わる職業がプロフェッションであると認知されることに向けて必要な倫理や行動規範、更には、それらに基づくコミュニティにおけるプロフェッショナルの認定について解説する。

2 品質の知識体系

コミュニティによって妥当と認められた知識群について特定の専門領域を定義づけるように整理及び構造化した全体を知識体系 (Body Of Knowledge; BOK) と呼ぶ [鷺崎 2014]。

ソフトウェア品質に携わる者は、品質を扱う知識体系を参照することで、日々の学習や業務により得られる知識を構造化して整理し、周囲の知識の広がりや関係を把握し、深さを追求することができる。結果として、品質のプロフェッショナルに求められる妥当かつ十分な知識を定着させることにつながる。

以降において品質を直接に扱う代表的な知識体系として、ソフトウェア・エンジニアリング全般の SWEBOK、ソフトウェア品質に特化した SQuBOK、更には品質の側面に特化した知識体系を取り上げる。特徴を表 1 に示す。

表1 知識体系のスコープと品質の扱い

知識体系	スコープ	ソフトウェア品質の扱い
SWEBOK	ソフトウェア・エンジニアリング	【知識領域】ソフトウェア品質 / 【トピック分類】基礎概念、マネジメントプロセス、実践上の考慮事項、品質ツール 【知識領域】要求※、設計※、構築※ ※品質の作り込みに言及
SQuBOK	ソフトウェア品質活動	【カテゴリ】基礎概念 【カテゴリ】ソフトウェア品質マネジメント / 【サブカテゴリ】組織レベル、プロジェクトレベル（共通）、プロジェクトレベル（個別） 【カテゴリ】ソフトウェア品質技術 / 【サブカテゴリ】工程に共通、工程に個別、専門的品質特性

2.1 SWEBOK

Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK Guide) は、大学卒業後4年以上の実務経験を持つソフトウェア・エンジニアリングの実務家が知るべき知識を体系化している [SWEBOK2014]。IEEE CS と ACM によりまとめられ、現在は IEEE CS が所管している。

最新の Version 3.0 は次の 15 の知識領域から構成される：要求、設計、構築、テスト、保守、構成管理、マネジメント、プロセス管理、モデル・手法、品質、プロフェッショナルプラクティス、経済学、計算基礎、数学基礎、エンジニアリング基礎。

要求、設計、構築の各知識領域において、品質要求を含む要求全般の定義と設計、実装という形で品質の作り込みについて言及している。

更に品質特有の扱いについては、ライフサイクルの全体にわたってかわるため、要求や設計といった開発工程から独立した知識領域の一つとしてソフトウェア品質を位置付けている。品質の知識領域においては最初に「ソフトウェア品質はソフトウェア・エンジニアリングのいたるところにかかわる問題」と明確に謳っている。

品質の知識領域の構成を図1に示し、内容を以下にまとめる。

- 基礎概念：ISO/IEC25010 に代表されるプロダクトの品質モデルに加えて、エンジニアリングプロセスの品質の基準や標準として ISO9001 や CMM についても幾らか言及している。また、品質へのコミットメントを共有することがソフトウェア技術者の文化として期待されることを明確に謳い、合わせて職業倫理 (Code of ethics) について言及している。更に、安全・安心な社会基盤としてソフトウェアが重要性を増す中で、ソフトウェアセーフティが追加されている。
- マネジメントプロセス：品質保証プロセスと検証・妥当性確認プロセス (Verification & Validation; V&V) を中心に、それらの共通点や相違、計画や実施の流れを整理している。
- 実践上の考慮事項：静的技法としてのレビューやソフトウェア測定・メトリクス、欠陥分類の技法などを取

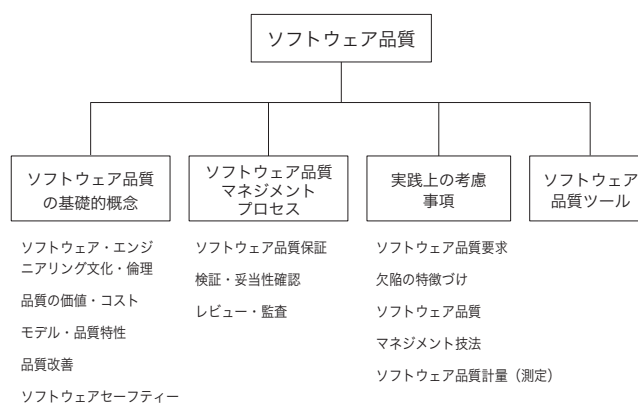


図1 SWEBOK v3.0 のソフトウェア品質知識領域

り上げている。動的な品質保証技法としてのテスト (動的テスト) は主にテストの知識領域で扱っている。

- 品質ツール：ソフトウェアの静的解析ツールについて幾らか説明している。動的解析ツールは構築、テスト、保守の知識領域で扱われている。

2.2 SQuBOK

ソフトウェア品質知識体系ガイド (Guide to the Software Quality Body of Knowledge; SQuBOK Guide) [SQuBOK2014] は、ソフトウェアの品質保証に携わるエンジニアやソフトウェア技術者・管理者を対象として、ソフトウェア品質の基本概念、マネジメント、品質技術の知識を体系化している。日本科学技術連盟ソフトウェア品質管理 (SQiP) 研究会と品質管理学会によりまとめられ、現在は SQiP 研究会が所管している。

内容をカテゴリごとに以下にまとめる。

- 基礎概念：品質の定義は時代背景や視点により変化するため、多数の品質の定義や規格を整理している。その中では、仕事や工程、人の質も含めて全体として品質と捉えることや、品質の向上により結果として納期やコストの要求を満足するという品質第一といった日本的な品質管理の考え方も含まれている。

- 品質マネジメント：構成を図2に示す。組織レベルの品質マネジメントプロセス、プロジェクト中で工程によらず扱うマネジメントプロセス（例えば構成管理）、及び要求分析やレビュー・テストといった工程に応じて扱う活動のマネジメントプロセスをそれぞれ分けて整理している。
- 品質技術：構成を図3に示す。メトリクスや品質計画に始まり、要求分析、更にはレビューという具合に主に品質の計画や確認の技術を工程に沿ってまとめている。

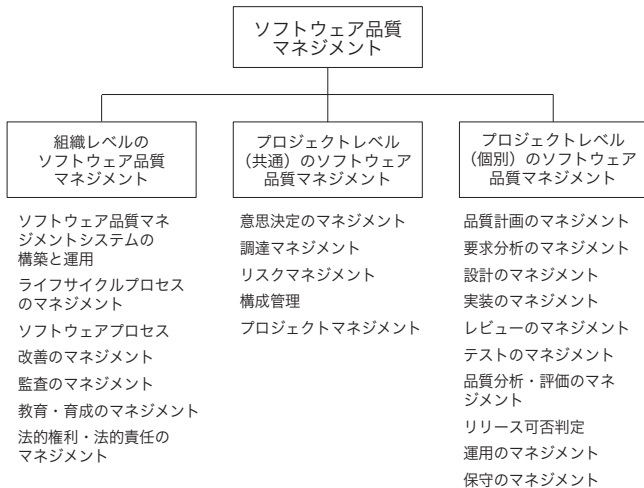


図2 SQUBOKのソフトウェア品質マネジメントの構成

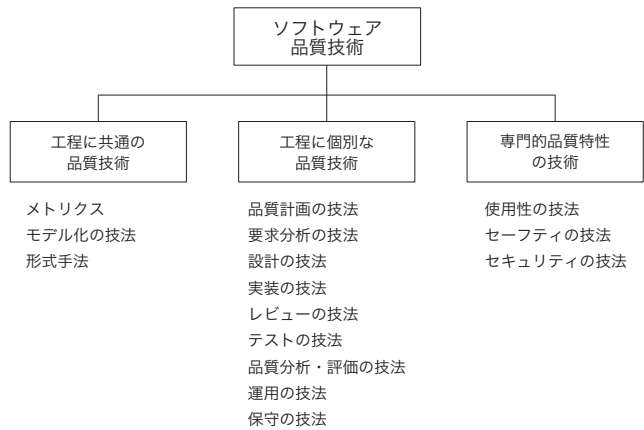


図3 SQUBOKのソフトウェア品質技術の構成

2.3 その他の品質の知識体系

ソフトウェアの品質評価や保証に特化した他の知識体系としては、品質測定における9つの論点（目標、コスト・リスク、コンテキストなど）をまとめたBody of Knowledge for Software Quality Measurement [Schneidewind2002]、テスト自動化に必要なスキルをまとめたTest Automation Body of Knowledge (TABOK) [TABOK2011] などがある。またテストについては、テスト技術者資格認定ISTQB^{※1}

のシラバス・用語集や、ISO/IEC/IEEE 29119-1 Software testing - Part 1: Concepts and definitions も知識体系を与えているといえる。

3 品質のスキル・コンピテンシの枠組み

前章で述べた知識に加えて、スキル及びコンピテンシを整理した枠組みを参照することで、品質のプロフェッショナルとして必要な人的能力を総合的に確認することができる。とくに品質は開発・運用のあらゆる段階にかかわるため、特定技術のみ詳しくればよいということではなく、プロであることを客観評価するために全体を整理した枠組みの参照が不可欠である。

以降において、エンジニアリング全般の国際的参考文献としてIEAプロファイル [IEA2013]、情報技術全般の標準の一種としてSFIA やCCSF/ITSS、iコンピテンシ・ディクショナリ、更にはソフトウェア・エンジニアリングにおける枠組みとして国際標準ISO/IEC 24773 [ISO24773] 及びIEEE CSのSWECOMを取り上げる。それらの特徴を表2にまとめる。

3.1 IEAプロファイル

国際エンジニアリング連合 (International Engineering Alliance; IEA) では、エンジニアリングの教育における卒業生に求められる属性、及び、プロフェッショナルエンジニアに求められるプロフェッショナルコンピテンシを定義しプロファイルとしてまとめている [IEA2013]。

同プロファイルにおいては、プロフェッショナルコンピテンシを13の観点（例えば知識の理解と適用、問題分析、倫理など）について、プロフェッショナルエンジニア、エンジニアリングテクノロジスト、エンジニアリングテクニシャンの3職位に沿って定義している。

同プロファイルはエンジニアリング全般を対象とするため具体的な知識やスキルの項目は含まず、専門領域における具体的な知識やスキルを別途参照して用いる。

3.2 SFIA

Skills Framework for the Information Age (SFIA) は、情報技術全般におけるスキルの枠組みを、7段階のレベルに沿ってまとめている [SFIA2011]。具体的には、次の6つのカテゴリごとに2～4のサブカテゴリ及び5～20程度のスキル項目が定義されている：戦略とアーキテクチャ、ビジネス変化、ソリューション開発と実装、サービス管理、調達とマネジメントサポート、クライアントインターフェース。これらのカテゴリ（及びサブカテゴリ）は、情報システムの開発と運用におけるプロセスにおおむね相当する。各スキル項目については、自律性、影響力、複雑性、ビジネススキルの4つの観点で必要なスキルが定義されている。

【脚注】

※1 <http://www.istqb.org/>

表2 スキル・コンピテンシの枠組みのスコープや品質の扱い

枠組み	スコープ	ベースとする知識体系	スキルのレベル	ソフトウェア品質の扱い
IEA プロファイル	エンジニアリング全般	指定なし	3段階 (3職位)	言及なし
SFIA	情報技術全般	指定なし	7段階	【カテゴリ】調達とマネジメントサポート / 【サブカテゴリ】品質と適合性 / 【スキル】品質マネジメント、品質保証、品質標準、適合性レビュー、セーフティアセスメント、技術監査
ITSS	情報技術全般	CCSF	7段階	【ほぼ全職種】 / 【スキル】品質計画、品質保証、管理 【職種】ソフトウェア開発 / 【スキル】品質検査
ISO/IEC 24773	ソフトウェア・エンジニアリング	SWEBOK	指定なし	言及なし
SWECOM	ソフトウェア・エンジニアリング	SWEBOK	5段階	【領域】品質 / 【スキル】ソフトウェア品質マネジメント、レビュー、監査、統計的管理 【領域】セキュリティ 【領域】セーフティ 【領域】測定 (及び他の領域で品質の作り込みの扱い)

品質についてはカテゴリ「調達とマネジメントサポート」中にサブカテゴリ「品質と適合性」の中で関係するスキル項目を挙げている(表2)。

SFIAは情報技術の専門能力がプロフェッショナル(専門)スキル、行動スキル、及び知識から構成されるものと定義し、それを経験や技術者認定・資格認証が裏付けとしている。

SFIAは、情報技術全般のスキルの枠組みとして事実上の世界標準である。世界各国の異なる情報技術者認定・資格認証間の相互参照を目的としたInternational Professional Practice Partnership(IP3^{※2})において共通の参照モデルとして採用され、IEEE CSにおいて策定中のIT Body of Knowledge(ITBoK^{※3})においてもSFIAの利用が明言されている。ヨーロッパにおける各種のスキル標準の共通枠組みe-Competence Framework^{※4}においても、SFIAは対応付けて用いる一例として説明されている。

更に日本国内で広く普及しているITスキル標準(ITSS)は、もともとSFIAを参考として策定されており、スキル項目やレベルの概念など相当の部分で共通している。ただしSFIAがビジネスプロセスごとにスキルを定義していることに対して、ITSSは職種ごとに定義している点異なる[IPA2011]。

3.3 CCSF/ITSS及びiコンピテンシ・ディクショナリ

IPAではスキルを「知識を活用して成果を生み出す能力」と定義し、IT人材に必要なITスキルと知識を共通キャリアスキルフレームワーク(Common Career Skill Framework; CCSF[CCSF2012])にまとめている。CCSFは、IPAが策定あるいは実施するスキル標準や情報処理技術者試験から共通に参照可能な標準及び知識体系として位置付けられている。

ITスキル標準(ITSS[ITSS2011])は、情報技術のエンジニアに求められるスキルを、職種ごとに7段階のレベルに

沿ってまとめている。個々のスキル項目の配下に知識項目があり、知識を適用する能力としてスキルを捉えることができる。またコンピテンシは、ヒューマンスキルやコンセプチュアルスキルから成るものとして別途定義している。

ITSSにおいてソフトウェア品質に関するスキルは全職種、及び、ソフトウェア開発の職種において定められている(表2)。

更にIPAは、ITSS等のスキル標準やCCSF、SWEBOK、SQuBOKに代表される各種の知識体系におけるスキル・知識項目と、典型的なタスクをそれぞれ整理し、更にその間の関係を含めてiコンピテンシ・ディクショナリ[iCD2014]にまとめている。

3.4 ISO/IEC 24773

ISO/IEC 24773:2008は、ソフトウェア・エンジニアリングの専門家の認定や資格認証の参照モデルであり、異なる認定・資格認証間の比較枠組みとして機能する[ISO24773]。

24773はスキルを、特定のタスクを遂行するために知識を適用する能力と定義している。また、ISO/CASCO 17024-1:2012を参照する形でコンピテンシを、知識やスキルを適用するものとして示された能力と定めている。

24773は枠組みであるため特定の知識やスキル項目を定義していないが、24773に照らして扱う認定や資格認証において特定の知識体系に基づいていること、及び、体系中の知識項目をSWEBOKに対応付けることを求めている。

【脚注】

※2 <http://ipthree.org/>

※3 <http://www.computer.org/web/education/itbok>

※4 <http://www.ecompetences.eu/>

3.5 SWECOM

A Software Engineering Competency Model (SWECOM) は、ソフトウェアエンジニアのコンピテンシとして、認知スキル、行動属性・スキル、及び、テクニカルスキルを定めている。

テクニカルスキルは次の13の領域から構成され、各領域においてスキル項目及び各スキル項目における活動を、5段階のレベルに沿って定めている：ソフトウェア要求、設計、構築、テスト、維持、プロセス・ライフサイクル、ソフトウェアシステムズエンジニアリング、品質、セキュリティ、セーフティ、構成管理、測定、ヒューマン・コンピュータインタラクション。

背景として求める知識及びスキル領域の構成はおおむねSWEBOOKに基づいているが、専門性の高い品質特性であるセキュリティとセーフティ、及び、横断的なスキルとして測定を独立して扱っている点が異なる。

ソフトウェア品質に関しては上述の3つの領域に加えて、SWEBOOKと同様に品質の作り込みについて他の領域で扱い、更に品質保証関係について品質の領域で扱っている(表2)。

4 知識体系やスキル・コンピテンシ枠組みの使いこなし

ここまで解説した知識体系やスキル・コンピテンシの枠組みを個人や組織におけるプロフェッショナル育成に活用するにあたり留意すべき事柄を以下に説明する。

4.1. 一般的な留意事項

ソフトウェア品質に限らず以下に留意すべきである。

- 体系化の観点の差異：知識体系やスキルの枠組みはそれぞれ異なる観点でまとめられており、目的に応じて選択すべきである。例えばスキルは、職種別にまとめられている場合と、プロセス別にまとめられている場合がある。
- スキルやコンピテンシの定義の差異：スキルとコンピテンシ及び知識を含む三者の関係は、体系や枠組みによって異なって定義されている。例えば「コンピテンシ」というとき、知識やスキルを適用する能力を指す場合と、テクニカル・ITスキル以外のヒューマンスキルを指す場合がある。とくに広範な領域の扱いを目的として、異なる複数の体系や枠組みを参照して知識やスキルの項目単位で対応付けを試みる場合、それらの定義の差異に留意すべきである。

4.2. ソフトウェア品質特有の留意事項

更に以下に示す品質特有の性質に留意すべきである。

- ライフサイクルに対する横断性：ソフトウェアの品質は、要求定義から設計を経て実装に至る品質の組み入

れ活動と、レビューやテストを経て運用に至る品質の確認・保証・管理活動のあらゆる時点で関係する。従って知識体系やスキルの枠組みを用いるにあたり、品質にフォーカスした領域のみではなく、他の領域についても品質との関係に着目して参照すべきである。逆に言うと、レビューやテストがソフトウェア品質の確保にあたり重要な位置を占めていることは間違いないが、レビューやテストの知識やスキルさえあれば品質を確保できると誤解してはならない。このようなライフサイクルに対する横断性は結果として、ソフトウェア品質は、特定の工程を担う専門職種に限らずあらゆる職種で関係することを意味する。

- 品質特性の多面性：ソフトウェアの開発と運用においてたいいてい、異なる複数のソフトウェア品質特性の達成が求められる。体系や枠組みにおける知識項目(及びスキル項目)が主として扱う品質特性を確認すべきである。例えば表3は、SQuBOK中の知識項目のうちで経験のある幾つかを、主に関係する品質特性について筆者が整理した結果である。このような知識やスキルと品質特性のマップを用意することで、要求される品質特性に応じて、個人や組織において保有する(あるいはこれから獲得する)知識・スキルが十分であるかどうかを判断できる。
- 専門的な品質特性：上述のようなマップは、特定の品質特性に着目して必要な知識やスキルを確認することに役立つ。とくに近年は、ソフトウェアシステムのインフラ化と多様化を背景として、セキュリティ、セーフティ、ユーザビリティの確保が重要となりつつある。これらの品質特性は実現にあたりしばしば、他の汎用的な品質知識・スキルとは異なった特有のものを求めるため、品質特性の側から必要な知識やスキルを深掘りできることは重要である。SQuBOKやSWECOMはその便宜を最初から図るため、これらの専門性の高い品質特性を項目や領域として独立に扱う。
- 品質特性のトレードオフ：品質特性の多面性は同時に、しばしば品質の実現においてトレードオフの関係をもたらす。体系や枠組みにおける各知識・スキル項目が、複数の品質特性を矛盾なく扱えるかどうか、品質特性間のトレードオフを扱えるかどうかについて確認するとよい。例えば表3中の品質駆動設計・評価は、多くの品質特性を扱い可能であり、評価においてトレードオフの分析を可能とする。
- プラットフォーム特有の品質：クラウドやIoTなどの比較的最近のプラットフォームやドメインにおいては、主に注視すべき品質特性若しくはその実現における知識やスキルが、従来のものとは異なる可能性がある。例えばクラウドにおいて一般に高い運用性やセキュリティを期待できる一方で、提供業者の撤退や情報漏洩といった頻度は低くとも致命的となりかねない問題を持つ可能性がある。知識体系やスキルの枠組みは大

抵、個別のドメインやプラットフォームから独立して汎用の形で定義されており、個々のドメインやプラットフォームに応じた知識やスキル項目の具体化と整理を別途検討すべきである。

表3 知識（技術）と品質特性のマッピングの例

技術	主に扱う品質	機能適合性	信頼性	使用性	性能効率性	保守性	移植性	セキュリティ
離散系モデリング・UML		X				X	X	
形式検証		X	X		X			X
品質シナリオ		X	X	X	X	X	X	X
ゴール指向要求分析		X	X	X	X	X	X	X
品質駆動設計・評価		X	X	X	X	X	X	X
アーキテクチャ、デザイン、セキュリティパターン		X				X	X	X
継続的統合CIほか		X	X			X		
クラウド		X	X		X	X	X	

5 倫理性とプロフェッショナリズム

倫理綱領や行動規範を自ら定め、社会にもたらす価値に責任を持ち、自ら律していく堅固なコミュニティをもって初めて、ソフトウェア品質に携わるといことが社会的に重要な専門職業（プロフェッション）と認められる。

国力・産業競争力を左右してしまうソフトウェア産業に携わる人々は、プロフェッションと呼ばれてしかるべき職業に就いていることを自覚すべきである [飯塚 2012]。しかしながら、ソフトウェア品質に携わる職業が、法的に高い倫理性が求められる医師や弁護士と並んでプロフェッションと認められているとは現状では言い難い。

そこで地位向上に向けて、国内外で知識体系やスキルの枠組みの整備のみならず、倫理綱領を定めてあわせて評価しプロフェッショナルとして認定する動きが活発である。

例えば SWEBOK の最新版 v3.0 では、プロフェッショナルプラクティスの知識領域を追加して、プロフェッショナルがコミュニティの倫理綱領や行動規範を遵守することの重要性を説明している。IEEE CS が実施していたエンジニアの認定制度である Certified Software Development Professional (CSDP) においては、SWEBOK に基づき知識・スキルを確認すると同時に、IEEE CS と ACM が定めた倫理綱領及び行動規範^{※5}に従うことを被認定者に求めていた^{※6}。

国内については例えば IPA の情報処理技術者試験は、CCSF に基づき情報処理技術者に求められる知識・スキル項目を確認するが、倫理性は求めないためプロフェッションとは言い難い。この場合、2014 年に開始された情報処理学会の認定情報技術者制度^{※7}を併用することで、情報処理学会の倫理綱領^{※8}に従うこととなり認定情報技術者がプロ

フェッションを形成すると認知されうることとなる。

IEEE CS/ACM の倫理綱領・行動規範と情報処理学会のものとは異なるが、「公益への供与」「依頼者との契約の尊重」を含む点では共通している。とくにソフトウェアの品質が社会の品質を左右する時代において、個別の利益のみならず広く公益への影響に責任を持つ姿勢が重要である。

6 おわりに

品質のプロフェッショナルが備えるべき知識の体系やスキル・コンピテンシの枠組みが様々な定義され、それぞれに基づいた技術者認定や教育が進められているのが現状である。そのような状況においては、自身の目的に沿って、普及している体系や枠組みをまずは参照し、広がりを見るにあたっては、個々の違いに留意しつつ i コンピテンシ・ディクショナリや 24773 等を活用し関係を追うことを推奨したい。

さらに地位向上や社会への責任を考えると、品質のプロフェッショナルの立場が法的に定められることが望ましいが、そうではない現状ではコミュニティに属し倫理綱領・行動規範を遵守することが重要である。

【脚注】

- ※ 5 <http://www.acm.org/about/se-code>
- ※ 6 IEEE CS は CSDP の運営を終了し、新たな認定制度を計画している。
- ※ 7 http://www.ipsj.or.jp/annai/committee/education/it_shikaku.html
- ※ 8 <https://www.ipsj.or.jp/ipsjcode.html>

【参考文献】

- [飯塚 2012] 飯塚悦功：“プロフェッションとしての自覚”，SQiP 研究会ソフトウェア品質のホンネ，2012，http://www.juse-sqip.jp/wp/honne/backnumber_045/
- [鷺崎 2014] 鷺崎弘直：“ソフトウェア品質の知識体系”，情報処理，Vol.55，No.1，pp.65-71，2014
- [SWEBOK2014] IEEE CS：“Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, SWEBOK Version 3.0,” <http://www.swebok.org>
- [SQuBOK2014] SQuBOK 策定部会：“ソフトウェア品質知識体系ガイド 第 2 版—SQuBOK Guide V2”，オーム社，2014
- [Schneidewind2002] Norman F. Schneidewind：“Body of Knowledge for Software Quality Measurement,” Computer, Vol.35, No.2, pp.77-83, 2002
- [TABOK2011] Automated Testing Institute：“Test Automation Body of Knowledge (TABOK) Guidebook,” 2011, <http://www.automatedtestinginstitute.com/>
- [IEA2013] IEA：“Graduate Attributes and Professional Competencies,” Version 3, 2013, <http://www.ieagrements.org/>
- [SFIA2011] The SFIA Foundation：“Skills Framework for the Information Age, Version 5 (SFIA 5 framework reference),” <http://www.sfia-online.org/>
- [IPA2011] IPA：“欧州 IT スキル標準の概要”，<https://www.ipa.go.jp/files/000010370.pdf>
- [CCSF2012] IPA：“共通キャリア・スキルフレームワーク（第一版・追補版）”，<http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/csfv1.html>
- [ITSS2011] IPA：“IT スキル標準 V3”，2011, <http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/>
- [iCD2014] IPA：“i コンピテンシ・ディクショナリ”，2014, https://www.ipa.go.jp/jinzai/hrd/i_competency_dictionary/
- [ISO24773] ISO/IEC 24773:2008 Certification of software engineering professionals - Comparison framework