特集
システムとソフトウェアの品質

基般

# 10. ソフトウェア品質の知識体系

鷲崎弘宜（早稲田大学）

## 正統なエンジニアリングであるために

ソフトウェア品質のための技術活動や学問体系が，行きあたりばったりや経験任せではなく「正統なエンジニアリング」と主張するために何が必要か．エンジニアリング領域が「正統なエンジニアリング・ディシプリン」であり，社会的に認められた専門職業と認知されるために，Paul Starr は次の要件を満たす必要があるとしている[1)]．

- 職業人が持つ当該専門分野の知識および適格性に関する妥当性を，同業者コミュニティ中で判定できる環境が作られている
- 同業者コミュニティによって妥当であると確認される知識が，合理的で正当な科学的な基盤に基づいている
- 職業人が果たす判断，行為，助言が，社会のなかで実質的な価値の集成を形成する

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付けるように整理および構造化した全体を知識体系（Body Of Knowledge : BOK）と呼ぶ．知識体系は，当該領域の職業人が持つべき知識や技能，適格性を判定する基盤を与える．つまり，ソフトウェア品質にかかわる技術活動が「正統なエンジニアリング」であるために，知識体系とその形成や社会貢献を担うコミュニティが必要である．

以降では，情報システムやソフトウェア全般の知識体系の広がりを取り上げ，その中で特にソフトウェア品質に関する知識体系の現状と改訂予定，および活用方法を述べる．その上で，知識体系が乱立する今日から将来における１つの展望として，特定領域の専門性を確保するという意味では閉じていて，他領域との接続について開かれているという「オープン・クローズド（Open-Closed）」化を議論する．

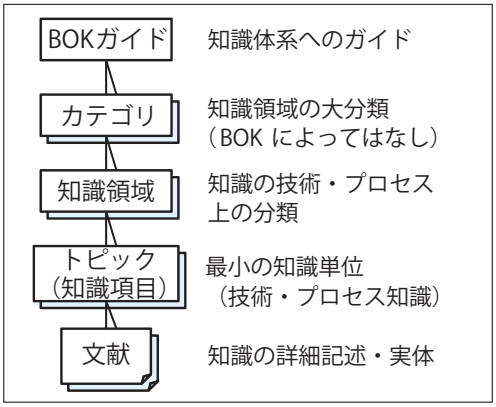


図 -1　BOK の知識記述の構成

## 知識体系とガイド

知識体系は通常，単なる知識の集合ではなく，何らかの分類や階層に従って構造化されていることで，利用者が知識の広がりや関係を把握し，深さを追求することの便宜を図る．典型的には**図 -1** に示すように，カテゴリや知識領域を通じて個々の知識の説明を分類し，最終的に各トピックから文献を参照する．

ここで，知識は書籍や論文といった文献に記述されているため，知識体系（BOK）は実際には，知識への参照をまとめたガイド（BOK ガイド）としてまとめられて利用される（以降，「xBOK ガイド」を「xBOK」と略す）．ソフトウェアや情報システムが関係する代表的な BOK を**表 -1** に示す．またそれらが扱う範囲を，ソフトウェアを中心としたビュー上で**図 -2** に示す．

これらのうち以降では特にソフトウェア品質を直

| 名称 | 領域 | ソフトウェア品質との関係 |
|---|---|---|
| BABOK : A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge | ビジネス分析 | いくつかの知識領域で非機能要求，要求の品質，プロダクト品質，トレーサビリティを含む要求のマネジメントプロセス，技法としてレビューや根本原因分析などの扱い． |
| A Guide to the Project Management Body of Knowledge（PMBOK） | プロジェクトマネジメント | 独立した知識領域としてまとまってプロジェクト品質マネジメントのプロセスや品質管理ツールの扱い．主にプロダクト品質の観点． |
| 要求工学知識体系（Requirements Engineering Body of Knowledge ; REBOK） | 要求工学 | いくつかの知識領域で品質要求，要求の品質やプロダクト品質，要求の割り当て，管理プロセスの扱い． |
| Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge（SEBoK） | システムズエンジニアリング | いくつかの知識領域で非機能要求モデルの品質，システム要求分析，システム設計における要求の組み入れへの言及． |
| Guide to the Software Engineering Body of Knowledge（SWEBOK）[2] | ソフトウェアエンジニアリング | 独立した知識領域として，プロダクト品質とプロセス品質，品質モデル，品質マネジメントプロセス，レビュー等の静的技法の扱い（動的技法は他知識領域）． |
| ソフトウェア品質知識体系ガイド（Guide to the Software Quality Body of Knowledge ; SQuBOK）[3] | ソフトウェア品質 | 全知識領域において，主にプロダクトの品質，品質マネジメントプロセス，静的・動的技法の扱い． |

表 -1　ソフトウェア品質に関連するソフトウェア・情報システムの知識体系

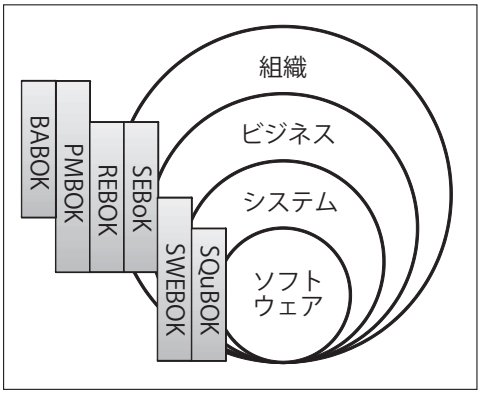


図 -2
BOK が扱う範囲

接に扱う SWEBOK，SQuBOK その他を取り上げる．図 -2 におけるほかの知識体系は，主要な関心がソフトウェア以外である場合に，その関心の扱いにおけるソフトウェア品質のかかわり（特に品質要求の定義や，プロジェクト全体のプロセスにおける品質管理）の整理に役立つ．たとえばプロジェクトマネジメントを主要な関心とする場合，PMBOK によりその全体を整理の上，マネジメント上で必要な品質の扱いを把握できる．

## ソフトウェア品質の知識体系

ソフトウェア品質の知識を整理するにあたり，基礎概念，プロセス，技法の 3 つの観点を挙げることができる．

- 達成すべき目標としてのソフトウェア品質の根本的な捉え方や基礎概念
- その目標達成に必要な組織やプロジェクトの運営上の品質マネジメント・保証プロセス
- プロセスにおいて活用する品質技法

以降ではこれらの観点に基づき，ソフトウェア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，さらには品質の一側面に特化した知識体系群（TABOK）やその他の取り組みを取り上げる．

### SWEBOK

IEEE CS と ACM によりまとめられ，現在は IEEE CS が所管している．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 10 の知識領域（要求，設計，構築，テスティング，保守，構成管理，マネジメント，プロセス管理，ツール・手法，品質），および，トピックから構成される．そのうち要求，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．

さらに品質特有の扱い（識別，保証など）については，ライフサイクルの全体にわたってかかわるため，要求や設計といった開発工程から独立した知識領域の 1 つとしてソフトウェア品質を位置付けてい

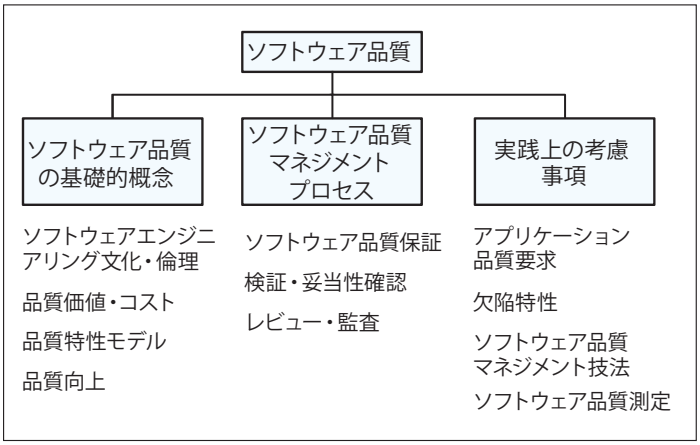


図 -3　SWEBOK ver.2004 のフトウェア品質知識領域

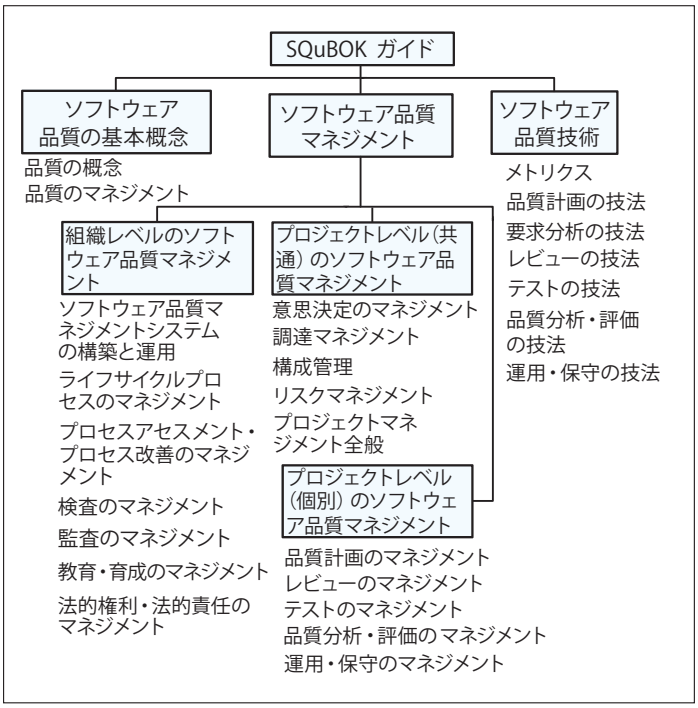


図 -4　SQuBOK ガイド第 1 版の構成

る．ver.2004 における同知識領域の構成を**図 -3** に示し，その内容を以下にまとめる．

- 基礎概念：ISO/IEC 9126-1 : 2001（ISO/IEC 25010 : 2011）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 ISO 9001 や CMM についてもいくらか言及している．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．
- 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．
- 技法：静的技法としてのレビュー，ならびに，ソフトウェア測定・メトリクスや欠陥分類の技法を取り上げている．動的な品質保証技法としてのテスト（動的テスト）はほかの独立した知識領域で扱っている．

SWEBOK は現在，ISO/IEC TR 19759 : 2005 として国際的な標準参照として位置付けられている．さらに IEEE CS は 2013 年現在，ver.2004 を改訂しつつあり，品質関連の改訂予定の事項を以下に示す．

- 品質の知識領域内では，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，ソフト安全性（セーフティ）およびソフトウェア品質ツールの説明が追加される．たとえばセーフティハザードの分析技法などがツールとして整理される．
- SWEBOK 全体としてはソフトウェアエンジニアリングプロフェッショナル実践，ソフトウェアエンジニアリング経済，計算基礎，数学基礎，一般エンジニアリング基礎の 5 つの知識領域が追加される予定である．特にエンジニアリング基礎の中で生産性や価格，リスクと品質のかかわりが説明される．

## SQuBOK

日本科学技術連盟（日科技連）と日本品質管理学会によりまとめられ，現在は日科技連が所管している．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・管理者を主な対象読者としており，基本構造を**図 -4** に示す．扱う内容を以下にまとめる．

- 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．

- プロセス：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（たとえば構成管理），およ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．
- 技法：メトリクスや品質計画に始まり，要求分析，さら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．

SQuBOK は 2007 年に日本語で出版された後，中国語に翻訳され，英語版の準備も進められている．さらに 2013 年現在，筆者も含めた部会により以下の改訂が進められている．

- プロジェクトレベル（共通）の品質マネジメントプロセスとして，ISO/IEC 12207 : 2008 を参考に，もとの構成管理の知識領域を拡充させて品質管理，トレーサビリティ管理，要求管理および情報・文書管理の各知識領域が新設される．
- 要求定義，設計，実装において品質を作り込む各種の技法，および，その計画と実践・評価の管理サイクルがそれぞれ知識領域として追加される．たとえば，設計の技法の知識領域では品質を組み入れる各種のアーキテクチャ方法論や設計方法論が取り上げられる．SWEBOK における開発工程の各知識領域といくらか重複するが，品質を軸として一定の量の解説がなされている点が異なる．
- 要求定義や設計，実装において品質要求の明確化と組み入れにあたり根本的に必要な考え方として，モデル化（および形式手法）を独立した知識領域で扱う．
- 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必要なセキュリティ，セーフティ，および，ユーザビリティの各専門的品質特性の作り込みや保証の技法が知識領域として新設される．

## 品質の一側面に特化した知識体系

ソフトウェアの品質評価や保証に特化したほか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[4]，テスト自動化に必要なスキルをまとめた Test Automation Body of Knowledge（TABOK）[5] などがある．

## その他の取り組み

IEEE CS と ACM の共同による情報技術の大学学部生向けカリキュラム標準 Computing Curriculum（CC）の取り組みでは，ソフトウェアエンジニアリング領域の標準 SE 2004[6] が策定され，知識体系 Software Engineering Education Knowledge（SEEK）が含まれている．SEEK は，SWEBOK などを参考とした上で，十分な理論的基盤を持っていて大学教育に適した知識領域を，推奨される教育時間数を明記して策定している．SEEK では，独立した知識領域としてソフトウェア品質が扱われ，品質の概念や文化，品質規格，プロセス，ならびにプロセスやプロダクトの保証について学習すべきトピックが整理されている．ただし各トピックの説明は含まれない．日本では本会により CC に基づいて日本の大学事情を勘案したカリキュラム標準 J07 が策定されている[7]．

ほかに品質関係で「知識体系」と称されるものとしては，資格認定や認証における試験の出題範囲を指すものがある．たとえば ASQ が実施するソフトウェア品質技術者認定 CSQE の出題範囲は Software Quality Engineer Body Of Knowledge[8] と称される．また IPA では，スキル標準（ITSS など）や情報処理技術者試験などの人材評価指標の参照モデルとして知識体系を含む共通キャリア・スキルフレームワーク[9] を定義している．これらは主に試験範囲を示すものであり，知識の詳細や文献参照は含まれない．

### 品質の知識体系の選択

用いる知識体系の選択は，個人や組織において注目する範囲に基づく．ソフトウェアエンジニアリング全体における品質技術活動の位置付けを把握するには SWEBOK が適し，品質技術活動の詳細の把握には SQuBOK が適する．これらは品質の概念，プロセス，技法を網羅している点で構造上共通しており，互いに行き来しやすい．また，セーフティのような安全・安心にかかわる品質の概念や技法の充実が予定されている点も共通している．

上述のような広がりの把握の上で，必要に応じて，注目する個別の品質技術について TABOK などの個々の知識体系を参照するとよい．

## 品質知識体系の利点と活用

SWEBOK や SQuBOK 等の利点は，ソフトウェア品質という幅広い領域における知識の全体像を与えること（ポータル），各知識の最低限の定義を示すこと（辞書），および，その詳細の理解に向けた優良な文献への参照がまとめられていること（ガイド）にある．これらの利点は，品質にかかわる技術者個人，組織，学会に代表される同業者コミュニティのあらゆるレベルで活用できる．

### 技術者個人

技術者のレベルや立場に応じて品質の知識体系を活用できる[10]．

レベルとしては経験の浅い初学者と，経験者を考えることができる．初学者は基礎概念をまずは学習した上で，日々の活動におけるプロセスや技法の辞書代わりとして活用できる．対して経験者は，プロセスや技法の広がりを把握し，基礎の再学習や，自身のキャリアを見据えながらさらに深めるべき知識を確認および実践することに役立てられる．

立場としては，マネージャ，開発部門，品質保証部門，プロセス改善部門，さらには顧客のそれぞれについて役立てられる．たとえばマネージャは主にプロジェクトレベルにおける品質マネジメントプロセスや実施する品質技法を参照し，開発部門は品質を作り込む開発技法の把握に役立てられる．その上で，関係する個別のプロセスや技法へと理解を広げられる．発注側やユーザの立場においても，品質の基礎概念を把握して要求する品質を確認し，プロセス・技法へと理解を深めることが可能である．

### 組織レベル

組織的な知識体系の活用として，語彙の共有，標準化，人材育成が挙げられる．具体的には，品質の基礎概念およびプロセス・技法の全体像を把握可能な辞書ならびにポータルとして役立つため，マネージャや開発部門さらには顧客といったステークホルダ間における語彙と意識の共有に役立つ．さらに，プロセスや成果物の標準化にあたり品質の知識体系を参照することで，妥当性が検証済みの知識やプロセス，技法を組織として一貫して用いることを促すことができる．

組織としての成長のためには，品質面の技術者の育成・強化が必要である．大抵の知識体系についてその理解状況を問う資格認定や認証があり，それを活用して組織における人材の現状と育成目標に対する必要な教育を検討できる．たとえば IEEE CS は SWEBOK に基づき CSDA や CSDP を，日本科学技術連盟は SQuBOK に基づきソフトウェア品質技術者資格認定を実施している．

### 同業者コミュニティ

ソフトウェア品質に関する専門職業の団体・コミュニティは，既存の品質知識体系を流用するか，もしくは既存のものを参照しつつ新たに知識体系を策定し管理することで，自身らが扱う範囲と社会へもたらす価値・社会的立場を明確にできる．

知識体系の管理の上で，価値や立場を維持および向上させるために，所属を希望する技術者の認証や教育カリキュラムの作成・実施に知識体系を基盤として活用できる．また SQiP ライブラリ（www.juse.jp/sqip/library）のように，知識体系による文献や追加知識の整理・拡充も期待できる．

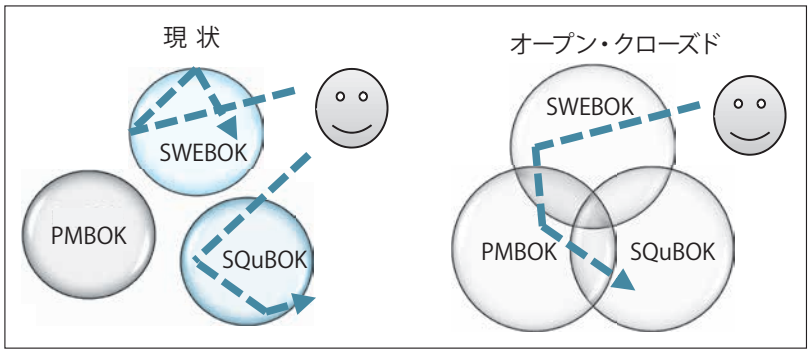


図 -5　知識体系の接続による横断的知識アクセス

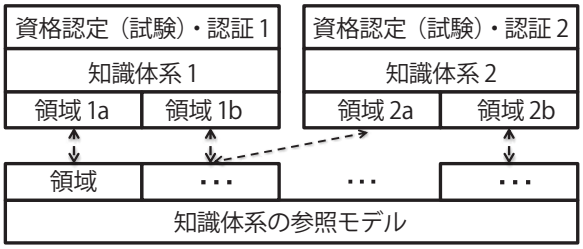


図 -6　知識体系の参照モデルと接続

## 品質知識体系のオープン・クローズド化に向けて

ソフトウェアの品質は，ソフトウェアにより制御されるシステム，ビジネス，組織さらには社会といった図 -2 に示すソフトウェアの外からの要求に基づいて定義され，その品質をソフトウェアが満足するかどうかがソフトウェアの外へと影響する．つまり，ソフトウェアエンジニアリングや品質技術は本質的に学際的学問であり，ほかの情報技術や産業・ドメイン領域との接続が欠かせない．

接続を通じて**図 -5** に示すように，知識体系を横断した知識へのアクセスが期待できる．さらに，組織において異なる資格認定・認証を受けた人材の雇用や比較・育成計画策定が可能となる．

品質技術の他領域との接続に向けて，各知識体系のオーナーはあくまでも単一の同業者コミュニティのまま一貫性を保って改訂され続けられるべきである．そのためには，将来の接続を考慮し，国際的に合意された知識体系の構成定義（あるいはメタモデル）に基づいて知識体系を構成および識別できることが望ましい．たとえば，種々の知識体系の構造比較の取り組み[11]があり，その成果を参考にできる．

ISO/IEC/JTC 1/SC 7/WG 20 においては 2013 年現在，筆者らにより ISO/IEC 24773 : 2008 Certification of software engineering professionals - Comparison framework を改訂して，知識体系における知識やスキルの記述ガイドラインを定めることを計画しており，その改訂結果が共通の構成定義として参照できると考えられる．

共通の構成定義を得た上で，異なる知識体系間で共通する部分を識別し接続するための参照モデルが必要である（**図 -6**）．ISO/IEC 24773 : 2008 は，知識体系の知識やスキルを SWEBOK にマッピングすることで，ソフトウェアエンジニアリング領域における資格認証や認定間の比較を可能とする参照モデルであり，その改訂によりソフトウェアのみならずシステムズエンジニアリングも含めて幅広く知識体系を比較する参照モデルとなる可能性がある．

SEMAT Initiative におけるメソッドアーキテクチャ[12]もまた，参照モデルの構築に利用できる可能性がある．メソッドアーキテクチャでは，ソフトウェア開発における本質的な要素（たとえば要求やソフトウェアシステム，仕事の仕方など）とそれらの間の関係をカーネルとして定め，その共通基盤としてのカーネルを用いて種々のプラクティスを記述する．知識体系間で特に共通する部分に絞ってカーネルを用いて知識を記述することで接続を進められる可能性がある．

## まとめ

本稿では，知識体系の最大公約数的な定義を示し，SWEBOK と SQuBOK を中心としてソフトウェア品質に関する知識体系の現状と展望を説明した．品質の知識体系は，ソフトウェア品質の基礎概念やプロセス・技法の全体像を把握可能なポータル，定義を把握可能な辞書，文献へのガイドとして機能する．

知識体系は，ソフトウェア品質に関する技術的活動の範囲を定義づけ，それが正当なエンジニアリングであることの基盤を与える．

本稿ではさらに，品質の知識体系をほかの知識体系と接続して横断的な知識アクセスを実現するオープン・クローズド化の展望を解説した．今後はそのような取り組みの進展，さらには，知識体系の利用ガイドライン等を通じた組織的な有効活用の進展に期待したい．

**参考文献**


1) 松本吉弘：エンジニアリング基礎知識体系とISO標準，ITSCJ Newsletter, No.88 (2010).
2) ISO/IEC/JTC 1/SC 7 : ISO/IEC TR 19759:2005, Software Engineering - Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), ANSI (2007).（最新版は http://www.sWebok.org/ より取得可能），（邦訳）松本吉弘 監訳：ソフトウェアエンジニアリング基礎知識体系―SWEBOK 2004―，オーム社（2005）.
3) SQuBOK 策定部会：ソフトウェア品質知識体系ガイド―SQuBOK Guide，オーム社（2007）.
4) Schneidewind, N. F. : Body of Knowledge for Software Quality Measurement, Computer, Vol.35, No.2, pp.77-83 (2002).
5) Automated Testing Institute, Test Automation Body of Knowledge (TABOK) Guidebook, http://www.automatedtestinginstitute.com/
6) IEEE CS, ACM : Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering (2004), http://sites.computer.org/ccse/
7) 阿草清滋，西　康晴，沢田篤史，鷲崎弘宜：ソフトウェアエンジニアリング領域（J07-SE），情報処理，Vol.49, No.7, pp.743-749 (2008).
8) ASQ : Certified Software Quality Engineer (CSQE) Body of Knowledge, http://cert.asq.org/certification/control/software-quality-engineer/bok
9) IPA：共通キャリア・スキルフレームワーク，http://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/csfv1.html
10) 町田欣史：SQuBOK ガイド（ソフトウェア品質知識体系ガイド）の概要と活用のポイント，ソフトウェア品質管理研究会 第2回例会　特別講義（2011）.
11) 山本修一郎：ソフトウェア知識体系のメタモデルについての一考察，人工知能学会 第12回知識流通ネットワーク研究会，SIG-KSN-012-02.
12) OMG : Essence – Kernel and Language for Software Engineering Methods, ad/2013-02-01 (2013), http://www.omg.org/spec/Essence/1.0


（2013年10月19日受付）


● **鷲崎弘宜（正会員）**　washizaki@waseda.jp

博士（情報科学）．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・理工学術院准教授，国立情報学研究所客員准教授．ソフトウェアエンジニアリングの研究，教育，社会展開に従事．対外活動に SEMAT Japan Chapter Chair, IEEE Computer Society Japan Chapter Secretary, ISO/IEC/JTC 1/SC 7/WG 20 国内委員会主査，SQuBOK 策定委員ほか．