

4. システムおよびソフト ウェアの品質評価

— SQuaRE 適用の実際と今後の展開 —

江崎和博 (法政大学) 坂本健一 ((株) NTT データ) 安原典子 ((株) 日立製作所)

標準化の背景

多様化したビジネスや社会生活において、さまざまなサービスを実現するシステムやソフトウェアはなくてはならない存在になっており、依存度がますます高まっている。

一方、社会のインフラである金融や公共システム等で、近年、いくつかの大規模な障害が発生し、これらのシステムの品質が特定の個人だけではなく社会に大きな影響を及ぼす事態も起こっている。したがって、これらの社会に密接に関係するシステムの実現に際しては、まず、多様化した利用者のニーズから、利用時の品質要求を明確化し、これに基づくシステムレベルの品質要求を、さらにソフトウェアレベルの品質要求へと具体化していく必要がある。次に、ソフトウェアの開発中は、できあがったソフトウェア中間製品の品質を、あらかじめ要求仕様で定めた内部品質測定量で検証し、妥当性確認を行う。

さらに、運用段階では実現された動作中のシステム品質を外部品質測定量および利用時の品質測定量で評価する。このように、システムやソフトウェアの品質評価では、あらかじめ目標とした品質が、要求仕様どおりに実現されていることを保証しなければならない。

そこで、システムの品質改善は、システムを実際に使用した利用者からのさらなるニーズを得て、PDCA サイクルを繰り返すというプロセスになる。

近年、国際規格でも、このような品質要求定義と評価のプロセスを促す動きが見られ、前世代規格の、ISO/IEC 9126 シリーズ「ソフトウェア製品の品質」^{3), 9), 10)} および ISO/IEC 14598 シリーズ

「ソフトウェア製品の評価」を再編、強化し、次世代のシステムおよびソフトウェア品質要求と評価の国際規格として ISO/IEC 25000 (SQuaRE) シリーズ^{1), 11)} を順次制定している。SQuaRE シリーズでは、規格のスコープが従来のソフトウェアからシステムに拡張され、さらに従来、スコープ外となっていた品質要求定義のプロセスが加えられ、品質要求定義の結果を前提とした品質評価が規定されている。

本稿では情報システムを例として挙げるが、システムの定義に基づけば、企業組織システムや人的資源も広義のシステムと解釈することができ、これらの広範なシステムに対しても、システムの品質要求と評価の考え方が適用できると考えられる。そこで、本稿では、SQuaRE シリーズを現場で実際に利用するために、品質特性^{3), 4)} を使用した大規模かつクリティカルな社会基盤システムの品質保証の事例や、システムの品質評価方法の推奨例および情報システム以外のほかの広範なシステムへの活用の可能性を紹介し、SQuaRE を読者に身近に感じていただくとともに、システムの品質評価の一助になればと考える。

活用事例

● システム要求定義における適用

システム要求定義プロセスでは、顧客は自らの要求を認識し、開発者は顧客のニーズ、期待等を過不足なく把握する必要がある。そして内容を分かりやすくするために、要求定義書では全体から細部へといったストーリー展開を用いて、次のような構成をとることはよく見られる。

システム要求事項の分類				要求定義書の構成	
システム要求事項	ソフトウェアへの要求事項	ソフトウェア製品への要求事項	機能への要求事項	第4章	
			ソフトウェア固有の特徴への要求事項	ソフトウェア品質への要求事項	第6章
				利用時の品質要求事項	
		外部品質要求事項			
	割り当てられた特徴への要求事項	管理面への要求事項（たとえば、価格、納期、製品の将来性、製品の供給者に対する要求事項を含む）	第7章		
ソフトウェア開発への要求事項	開発プロセスへの要求事項	第7章			
		開発組織への要求事項	第7章		
その他のシステムへの要求事項	たとえば、コンピュータ、ハードウェア、データ、機械・部品、人手による業務プロセスへの要求事項		第2章 第3章 第5章		

表-1
システム要求事項の分類、および対応する要求定義書の構成例

- 第1章：システム化の目的、ねらい
- 第2章：システム概要
- 第3章：業務フロー
- 第4章：実現機能
- 第5章：入出力
- 第6章：目標品質
- 第7章：スケジュール、開発体制、その他

また、システムはさまざまな要素から構成されるため、たとえば、ソフトウェア、ハードウェア、データ、機械系のシステム、人間が行う業務・組織のプロセスに対する要求のように、さまざまなシステム要求事項を要求定義書で明らかにする必要がある。

そのため、JIS X 25030¹⁴⁾ (ISO/IEC 25030⁵⁾) では、表-1の左欄のシステム要求事項の分類に示す通り、システム要求事項を、ソフトウェアへの要求事項（機能・品質、納期、価格、開発体制・開発プロセス）と、ソフトウェア以外に対する要求事項（ハードウェアやデータ、人手等）に分類している。

しかし、これらのシステム要求事項を要求定義書にどのように記述するかは示されていない。

そこで、表-1にシステム要求事項の詳細分類と、要求定義書の構成との対応の例を示し、実際のシステム開発における「ソフトウェア品質要求定義の進め方」を紹介する。

通常、システム要求定義プロセスは、大きく分けて要求抽出と要求分析の2つの段階を踏んで進める。

まず要求抽出では、直接的な利害が生じる顧客だけではなく、得意先や株主等を含めた利害関係者のニーズを基にシステム要求事項を特定する。

その際には、併せてソフトウェア品質要求事項も特定するが、JIS X 25010¹³⁾ (ISO/IEC 25010⁴⁾) に規定されたシステム品質モデルおよび品質特性の視点が、ソフトウェア品質要求事項の抜けや漏れを防ぐためのチェックリストとして活用できる。

また、この段階では、顧客が自らの要求に気づかずにシステムを利用し、業務を試行して初めて気づく要求もある。このように気づいていない要求を特定するために、シナリオ、ユースケース、プロトタイプリング等の手法を用いる。

次に要求分析では、システム要求事項に、システムの実現に向けた技術的な視点を踏まえて、システム化への要求事項を具体化する。品質要求定義書では、次の事項を明示する。

- 品質測定量、目標値、許容範囲
- 対応する品質特性
- 品質要求事項に対応する機能
- 品質要求事項に対応する利害関係者の要求事項
- 品質測定量の選択基準（基準の観点：関連性、データ収集の容易さ、個人情報保護、説明のしやすさ、ライフサイクル段階に応じた適用性）
- 品質の測定・評価方法（特殊なスキル・リソースを必要とする場合は、要求されるスキルも明示する）
- 評価に要する工数・期間
- 品質要求事項間の矛盾点
- システム実装上の制約と品質要求事項との間で特定された矛盾点
- 変更、削除した品質要求事項

顧客との曖昧な合意形成に伴う後工程での手戻り

分類【①】	副分類【②】	品質特性【③】	テスト観点【④】	故障事例【⑤】
機能	検索機能	機能適合性	検索機能では，“and”や“or”を含む文字列を入力して，SQLエラーとならず正しく検索できること	検索機能で“and”を含むとSQLエラーが発生して，検索機能が動作しない
機能	インストール機能	移植性	製品を上書きや更新インストールした場合に，デフォルト以外に設定した内容が引き継がれること	製品を更新インストールすると設定ファイルが初期化されてしまう

表-2
故障事例に基づくテスト観点知識ベースの登録内容(抜粋)

機能			(2) 品質特性		
大項目	中項目	小項目	機能適合性		
			機能完全性	機能正確性	機能適切性
			(3) テスト観点		

表-3 テスト観点表

を防ぐためには，前述の事項を具体化し，要求定義書や品質計画等に明示し，顧客を交えた要件確定を行うことが重要である。

● 品質保証への取り組み

本節では，金融システム・公共システム等の社会基盤システムに組み込まれる汎用ソフトウェア開発や品質保証部門の品質保証活動¹⁵⁾に向けたJIS X 25010¹³⁾(ISO/IEC 25010⁴⁾)のシステムおよびソフトウェア品質モデルの活用事例を紹介する。

現場では市場(フィールド)で発生した故障と類似の故障が，自社のほかの類似製品でも起きるといふ再発防止の不備の問題で困っている。

これは，市場で発生した故障で得られた知見が，当該製品や当事者のプロジェクト内では活用されるものの，他製品や他プロジェクトでは，十分に共有，活用されず，水平展開できていないことが原因である。そこで，これらの再発防止の不備を是正するために，次のような仕組みを開発した。

まず，表-2の【⑤】に示すように，過去に市場で発生した故障事例を分析し，それらの故障の特徴を明らかにする。製品のリリース前に，その故障を取り除くためにテストすべき項目(ここでは，テスト観点と呼ぶ)として，テスト業務の経験の浅い技

術者にも理解できるような具体的なテスト観点を掲げた(表-2の【④】)。

これは，テスト経験の浅い技術者はもちろんのこと，テスト経験の豊富な技術者であっても初めて遭遇する故障に対するテスト観点の漏れを防止するために，できるだけ具体化した。

テスト観点と故障事例をほかの製品のテストでも活用できるようにするため，テスト対象製品に対する適切なテスト観点を検索できるようにするためのカテゴリ分けを，JIS X 25010¹³⁾の品質モデルで定義された品質特性の視点(表-2の【①②③】)から設定した。

これらの情報を「テスト観点知識ベース」に蓄積した(表-2はその一部の情報の抜粋である)。

次に，テストプロセスの事例を紹介する。

ある開発部門では「テスト観点知識ベース」に基づき，下記の1)～4)に示す流れでテストを実施している。

- 1) **テスト計画プロセス**：テスト計画を立案し，テスト計画書を作成する。
- 2) **テスト分析プロセス**：テスト条件の明確化のために，テスト計画書に基づいて，要求仕様書等からテスト設計書に相当するテスト観点表を作成する(表-3)。テスト観点表は要求仕様書に記述された機能(表-3(1))と品質特性(表-3(2))のマトリクスを作成し，その組合せからテスト観点(表-3(3))を抽出する。これによりテスト条件を設定するとともに，条件の漏れを防止する。

このときに「テスト観点知識ベース」に登録されている情報を活用する。また，設定したテスト条件に漏れがないか「テスト観点知識ベース」

で確認する。

3) **テスト設計プロセス**：テスト観点表の要求機能とテスト条件の組合せからテスト仕様を作成する。

4) **テスト実装プロセス**：テストを実施する。

このように、特徴の違う製品であっても SQuaRE シリーズの品質モデルと品質特性という共通技術を用いてテスト分析やテスト設計プロセスに活用することで、市場（フィールド）の製品で起きた故障を再度、自社の他製品で発生させないように、未然に防止する仕組みを実現している。

なお、この仕組みの効果であるが、テストの観点数・項目数は本仕組み導入前に比べ約1割増加し、テスト観点知識ベースが充実してきたと考えている。また、市場（フィールド）でも類似の故障の発生が減少傾向にある。

● テストおよび納入段階における適用

システム製品のテストや納入段階では、品質測定量によるテスト対象または納入予定の製品に対する品質の測定と評価が行われる。

ISO/IEC 25040⁶⁾ では品質評価に際して、次の事項をあらかじめ明確にしておくことを前提としている。

- 評価の目的
- ソフトウェア品質要求事項
- 評価対象
- 選択した品質測定量
- 品質評価方法
- 品質評価のための判定基準

実際の現場では、品質評価の実施は、プロジェクトごとに定める品質計画（または品質管理要領等）に基づき、製品（たとえば、要求定義書、設計仕様書、テスト仕様書、テスト対象の部品、実行可能な製品）の品質を測定する。

表-4に示すように、品質測定量はシステム開発ライフサイクルの各プロセスに応じて異なる。

また、品質測定量を用いて品質の評価を行う場合、件数の単純比較ではなく、件数を開発規模で除した密度で比較する必要がある。分母に用いる開発規模

プロセス	品質測定量
要求定義	レビュー指摘密度, 記述項目網羅度
設計	指摘事項の抽出密度
製造	テスト密度
	バグ検出密度
テスト	テスト密度
	バグ検出密度

表-4
システム開発の
各プロセスの
品質測定量 (例)

の品質測定量も、仕様書の作成時はページ数となり、製造以降ではソースコード行数やFP（Function Point）となり各段階に応じて異なったものとなる。

品質評価方法も要求定義やシステムテストの段階ではシステム全体を評価するが、製造や単体テスト等の開発途中の段階では処理やモジュール等の詳細な粒度別に評価を行う。

測定値は、テスト結果として記録する。テスト成績書（テスト結果）に加えて、たとえば次のような根拠資料も併せて残す必要がある。

- 検出した障害の一覧
- テスト計画書
- 品質測定量に対する評価基準

上記のような品質測定・評価結果は、開発ライフサイクル中の適切なタイミングで関係者へ報告することはもはや基本動作となっている。

そのような中で品質評価結果が受諾できず、後続の作業に影響を及ぼすような状況もよく見られる。その場合には、懸案事項を次段階への申し送り事項で安易に処理せず、懸案事項に潜んでいるリスクを徹底的に考慮した上で次の段階に進めるか否かの判断を行う必要がある。

また、設計段階で抽出した指摘事項や懸案事項の件数、テスト・納入段階で検出した障害数や潜在バグ件数（推定値）を、次の段階に進めるか否かの判定基準として用いることはすでに広く浸透しており、よく見られることである。レビュー項目やテスト項目に信頼性以外のソフトウェア品質要求が織り込まれ、品質計画に事前に明記されているのであれば、品質評価に際して、潜在バグ件数等がある時点における総合評価に用いてもよい。

● 第三者による品質評価

顧客が現在、運用段階あるいは開発中のシステムの品質評価を開発委託先ではなく、第三者の独立評価者の会社に委託し、品質評価に関する経験や専門知識を保有する専門家の観点から、客観的で信頼できる評価を得て、製品の設計手法の見直しや、新たなシステム要求事項を抽出する等のケースが増えている。このような場合の品質評価のプロセスも、ISO/IEC 25040⁶⁾に規定された開発者や取得者が行うプロセスと基本的に共通である。

品質評価を独立評価者の会社に依頼する場合に依頼者（顧客）は、JIS X 25041 (ISO/IEC 25041⁷⁾)の開発者、取得者、独立評価者に対する要求事項を踏まえて、特に次に示す事項への対応が必要である。

- 初期の品質評価要求事項の提示
- 実際の品質評価要求事項を決めるための独立評価者との協議
- 品質評価に必要な情報の提供
- 提示情報に含まれる機密事項への守秘義務に関する要求事項の提示

他分野への適用の可能性

SQaRE は高品質システムの実現に向けたプロダクト（製品）品質の向上を目的とするが、この品質要求および評価のフレームワークはきわめて優れた汎用性を持っている。

したがってSQaREのシステムおよびソフトウェアの品質モデルや品質測定量を社会システムや企業システム、人的資源のための品質モデルや品質測定量に置き換えればSQaREで規定した品質要求および評価のフレームワークと要求事項はこれらの諸々のシステムの品質評価や改善に役立つと考えられる。

● 品質評価の対象

図-1はプロダクトとプロセスの基本概念である。人類のあらゆる活動は何らかの入力プロダクトを出力プロダクトに変換するプロセスの繰り返しで成

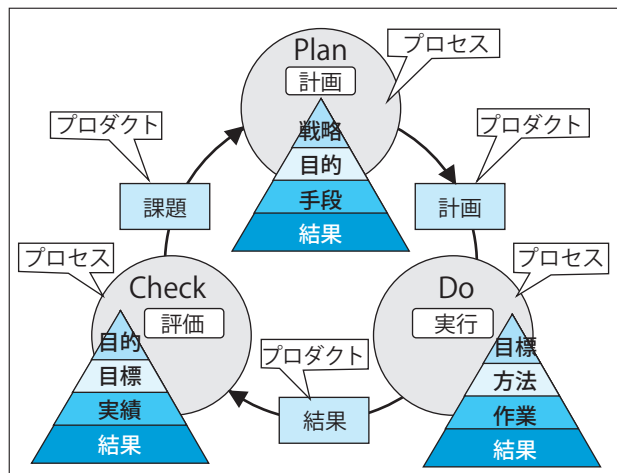


図-1 プロダクトとプロセスの概念

り立っている。また、あらゆる改善活動の流れは基本的にPDCAサイクルでなり立っている。

したがって、品質評価の対象としてはプロダクトとプロセスが存在する。SQaREの品質評価の対象はシステムおよびソフトウェアプロダクトである。プロダクトは図-1に示すように任意の活動プロセスの出力または次の活動プロセスの入力であり、一般的には成果とか製品と呼ばれる。

従来、工業製品の主なものはハードウェアであったが、近年、工業製品としてのソフトウェアが出現したことにより世の中の多くの製品は何らかのソフトウェアを含むシステムとなっている。

ここでISO/IEC 15288 : 2008⁸⁾のシステムの定義では「1つ以上の明記された目的を達成するために組織された相互に作用する要素の組合せ」と規定している。すなわち、システムの定義はきわめて広義の意味を含んでおり、SQaREの評価対象である情報システムやソフトウェアだけではなく、企業組織や人的資源であっても、特定の目的を持つ有機的な要素の集合の存在として、システムとみなすことが可能である。

そこで、システムを広義に捉えると、その品質評価の対象は情報システムやソフトウェアだけに限定されず、社会システムや企業組織システムの品質、さらには人的資源の品質等の品質要求と評価にも適用できる可能性があると考えられる。

ここで、情報システムと企業組織システムや人的

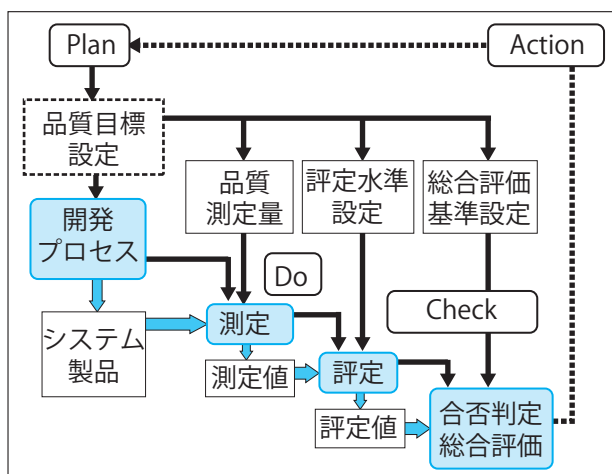


図-2 システム品質評価の基本プロセス

資源の相違点は、前者の無機システムの目的や要求事項がシステム外部の利害関係者から与えられるのに対して、人的資源によって構成される組織システムの目的や要求事項は組織システムの外部からだけでなく、自ら設定することができる点にあると考えられる。

● 他システムへの適用

前節のような観点から見ると、従来、情報システムを対象としたシステムの品質要求および評価のフレームワークや品質の概念もきわめて広義に解釈することができる。

たとえば人的資源の品質は「健康」、社会や企業等の組織システムの品質が「経営品質」であり、地球システムの品質は「環境」、従来からSQuaREが品質評価の対象としてきたシステム、ソフトウェアの品質を「製品の品質」と解釈できる。

したがって、これらの諸々の広義のシステム概念に対応した品質モデルを開発できれば、SQuaREのスコープに含まれるシステム、ソフトウェアおよび利用時の品質モデルを人的資源や企業システム等の諸々のシステムの品質モデルに置き換えることにより、SQuaREの品質要求および評価のフレームワークと要求事項が共通的に適用できると考えられる。

今後の組織的な取り組み

通常、システムの品質評価は個別プロジェクト内で行われることが多いが、品質評価の質の向上や効率化に向けては、個別プロジェクトを抱える母体組織のプロジェクト横断的な組織的な取り組みが必要である。これに対しては、JIS X 25001¹²⁾ (ISO/IEC 25001²⁾) の計画と管理に規定されたプロジェクト横断的、組織的な取り組みに対する要求事項が有効である。

図-2にシステム品質評価の基本プロセスを示す。高品質なシステムを実現するためにはシステム設計段階で要求分析の品質を高め、利用者の視点から見たシステムに対する適切な品質目標を設定し、開発・納入・保守・運用までの全ライフサイクルで品質目標の設定—実現—評価—改善というPDCAサイクルを回し、品質の作り込みと継続的な改善を進めていく必要がある。

そのためにはSQuaREの品質要求定義の概念に基づき、図-2に示すような品質測定量を使用したシステムに対する定量的な品質目標、評価水準の設定および仕様化が不可欠である。

また、品質評価では、品質要求定義書に記述された品質測定量を用いて、評価対象システムを測定し、要求定義段階で設定した品質目標が確実に実現できていることを確認する必要がある。

このように、品質要求定義および評価のプロセスは社会や企業、人的資源、サービス等のシステムについても「特定の目的を有する広義のシステムである」という視点に立てば、共通的に適用できると考えられる。したがって、それぞれのシステムの特성에対応する品質モデルおよび品質測定量を組織的に開発整備することにより、SQuaREに規定された品質要求事項および評価のプロセスに基づいて、広義のシステムの品質評価も可能と考えられる。

今後の展開としては、諸々の広義のシステムに対応した品質モデルおよび品質測定量の組織的な開発と整備、適用事例やノウハウの蓄積、技術の伝承等の取り組みを進めることで、SQuaREの品質要求お

よび評価の要求事項に基づく、広範な対象システムの品質評価と改善が可能になると考えられる。

たとえば、評価対象が人的資源の場合は社員の昇格や昇進、新しい人材の採用等において、人的資源の評価のための人材の品質モデルおよび品質測定量の整備が必要になる。

一方、企業システムの経営品質の評価においては企業の業績だけでなく、企業の組織風土や潜在的な成長性等を評価するための経営の品質モデルおよび、モデルに対応した品質測定量（KPI：Key Performance Indicator）の整備が必要と考えられる。

これらの企業システムの品質評価は企業を取り巻く諸々の利害関係者に向けて企業から発信されるIR情報や企業内部の社員に対する意識調査等に基づいて実施できると考えられる。

さらに、品質評価の効率化に向けては過去の類似プロジェクトの評価事例や品質測定量、評価のノウハウの蓄積と技術移転に向けた知識データベースの整備等の組織的な取り組みも必要と考えられる。

システムおよびソフトウェア品質評価技術の開発および標準化への取り組みは1985年にドイツのミュンヘン会議で開始されてから早28年を経過したがSQuaREはまだ開発の途上にある。

今後、人類社会の発展と安定的な運営にとって、その重要性がますます高まると考えられる地球、社会、企業、サービス、製品等のシステムの高品質の実現のために、品質要求定義と評価技術の発展が必要不可欠となっており、引き続き研究と標準化活動の継続、実社会への広範な適用を進めていく必要がある。

参考文献

1) ISO/IEC 25000 : Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Guide to SQuaRE, Int'l Organization for Standardization (2005).

- 2) ISO/IEC 25001 : Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Planning and Management, Int'l Organization for Standardization(2007).
- 3) ISO/IEC 9126-1 : Software Engineering - Product Quality - Part1 : Quality Model (2001).
- 4) ISO/IEC 25010 : System and Software Engineering - System and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and Software Quality Models (2011).
- 5) ISO/IEC 25030 : Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Quality Requirement (2007).
- 6) ISO/IEC 25040 : System and Software Engineering - System and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Evaluation Process (2011).
- 7) ISO/IEC 25041 : System and Software Engineering - System and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Evaluation Guide for Developers, Acquirers and Independent Evaluators (2012).
- 8) ISO/IEC 15288 : Systems and Software Engineering - System Life Cycle Processes - System Life Cycle Processes, Int'l Organization for Standardization (2008).
- 9) 日本規格協会：JIS X 0129 ソフトウェア製品の評価：品質特性及びその利用要領（1994）。
- 10) 日本規格協会：JIS X 0129-1 第1部：品質モデル（2003）。
- 11) 日本規格協会：JIS X 25000：ソフトウェア製品の品質要求及び評価（SQuaRE）—SQuaREの指針（2010）。
- 12) 日本規格協会：JIS X 25001：ソフトウェア製品の品質要求及び評価（SQuaRE）—計画及び管理（2012）。
- 13) 日本規格協会：JIS X 25010：システム及びソフトウェア製品の品質要求及び評価（SQuaRE）—システム及び品質モデル（2013）。
- 14) 日本規格協会：JIS X 25030：ソフトウェア製品の品質要求及び評価（SQuaRE）品質要求事項（2012）。
- 15) 日立製作所：光永 洋、田中浩和：故障事例によるテスト観点知識ベース構築とテスト設計への適用，ソフトウェア品質シンポジウム 2012.

(2013年9月30日受付)

● 江崎和博（正会員） kees959@hotmail.com

技術士（経営工学部門）、博士（工学）、法政大学理工学部経営システム工学科 准教授。

● 坂本健一 sakamotokn@nttdata.co.jp

（株）NTT データ 品質保証部所属。

● 安原典子 noriko.yasuhara.pc@hitachi.com

（株）日立製作所 情報・通信システム社 IT プラットフォーム事業本部 開発統括本部 ソフト品質保証部所属。