

松村 一夫
K. Matsumura

津田 淳一郎
J. Tsuda

大筆 豊
Y. Ofude

品質の高いソフトウェアを提供するには、ソフトウェア製品としてのプロダクトの品質保証・管理はもちろん、より良い開発プロセスと、より成熟した開発組織が大切である。つまり、品質改善のための構成要素を“プロダクト”、“プロセス”、“組織”の3階層ととらえ、それぞれに品質向上のための技術や活動を組み込み、全体としてバランスのとれたシステムとして構築し、改善を継続することが品質向上への着実な道と考える。

ここでは、ソフトウェア品質技術の動向や課題を述べるとともに、個々の階層の品質向上技術として、品質評価および管理技術、ならびに検査および検証技術、さらにはQCP(品質管理工程)に代表される組織的な標準化活動など、当社の最近の取組みを紹介する。

In order to develop high-quality software, it is important not only to assure and/or control the quality of the software product itself, but also to create a better development process and to establish a more mature development organization. We consider software quality improvement activity to be a three-layer model consisting of “product,” “process,” and “organization.” By constructing each layer’s technologies and activities so as to form a totally well-balanced system, a timely and steady means of quality improvement is realized.

In this paper, we describe the trends in software quality improvement technologies and introduce recent activities of Toshiba in this field. Our activities include quality evaluation and control technologies, verification and validation technologies, and organizational standardization activities such as the implementation of a standard quality control process.

1 まえがき

コンピュータを利用した製品やシステムが社会に及ぼす影響がますます大きくなり、これらに組み込まれるソフトウェアには高い品質と信頼性が要求されている。品質管理および品質保証に関する国際規格 ISO 9000 シリーズが欧米を中心に普及し、わが国でも 1995 年 7 月に PL 法が施行され、品質に関する社会的制度が確立されつつある。一方、開発技術面ではオープン化が急速に進み、業界標準や複数ベンダのソフトウェアを積極的に利用する開発形態へと大きく変化している。

このような背景のなかで、高品質を保証したソフトウェアを開発するための技術が、改めて重要な課題となっている。ここでは品質関連技術の動向や課題を述べるとともに、当社の最近の取組みについて述べる。

2 ソフトウェア品質向上への課題

ソフトウェア品質向上のための課題を列挙する。

(1) 客観的で定量的な品質評価と CS (顧客満足) ソフ

表 1. ソフトウェア品質特性の構造 (ISO/IEC 9126)
Structure of software quality characteristics (ISO/IEC 9126)

品質特性	副 特 性
機能性	含目的性, 正確性, 相互運用性, 標準適合性, セキュリティ
信頼性	成熟性, 障害許容性, 回復性
使用性	理解性, 習得性, 運用性
効率性	時間効率性, 資源効率性
保守性	解析性, 変更性, 安定性, 試験性
移植性	環境適応性, 設置性, 規格適合性, 置換性

ソフトウェア品質にも広い意味があり、国際規格 ISO/IEC 9126 では、ソフトウェア品質を表 1 に示す六つの特性と定義している。これらの品質特性をどのように客観的かつ定量的に計測・評価し、またその評価結果を開発者側と顧客との間で利用していくかが大きな課題である。また、製品の最終評価は CS である。多様化する要求の中から真の顧客の要求を見つけ出し評価すること、例えばソフトウェアの使い勝手の良さや、保守やサービスでの CS の度合いを評価し改善につなげることなども課題である。

(2) 網羅的なテストの困難さを克服する手法 ソフトウ

ウェアの正しさを完全に保証するには、すべての入力とタイミングの組合せを100%網羅してテストすることが必要である。また、プラント制御システムなどでは実際のプラント環境が存在しない状況下での、できる限り網羅的なテストが望まれる。しかし、すべての入力、タイミング、環境を尽くしてテストすることは事実上難しい。テストカバレッジ計測、形式仕様検証、シミュレーション、フォールトトレラント技術などはこれらの問題を解決する技術であり、これらを大規模システムで適用できるようにすることが課題である。

- (3) 組織における開発・管理能力の改善 ソフトウェア生産は人間の創造的活動で、しかも個人に依存した側面がまだ残っている。開発技術や管理技術を向上させ組織として改善を継続させることが課題である。そのためには後述の組織改善の手法やTQC (Total Quality Control) 活動を含め、新しい組織活動をめざす必要がある。
- (4) システム構築時の導入ソフトウェアの品質確保 オープンシステムの構築では、ブラックボックスに近い形態の外部導入ソフトウェアのテストが必要となる。規格適合性テスト、ベンチマークテスト、システムモデル検証テスト(代表パターンで組合せ確認)、プロトタイプ評価テスト(ボトルネック部分の実現性評価)などによる事前の確認が課題となる。
- (5) 品質に関する情報共有化のシステム作り 品質情報はその性格から開示しにくく、ノウハウとして共有することが難しい。企業内やさらには企業間で、インターネットを利用した品質情報のデータベース化が課題である。

3 展望と当社の取組み

ここでは、2章で述べた課題を解決するための考えかたを述べた後、当社の代表的な取組みをまとめる。

ソフトウェア品質改善の構造を“プロダクト”(作り出したソフトウェア自体のこと)、“プロセス”(プロダクトを作り出す作業手順や工程のこと)、“組織”(プロセスを実施するチームや体制のこと)の三要素からなる階層ととらえる(図1)。品質向上を達成するためには、三つの要素それぞれを、CSの観点をも踏まえてバランス良く構築することが着実な道と考える。つまり、図1の各階層に、次に示すような取組みを推進することが重要である。

- (1) 高品質プロダクトの保証・確認技術の普及
- (2) 効率的かつ適切な開発プロセスの導入
- (3) 成熟した組織への改善活動

図1では、3階層に対応した取組み事例のうち、この特集で紹介するものには*印をつけて示した。なお、CASE (Computer Aided Software Engineering) ツールやオブジェクト指向技術への取組みについては文献を参照されたい^{(1),(2)}。

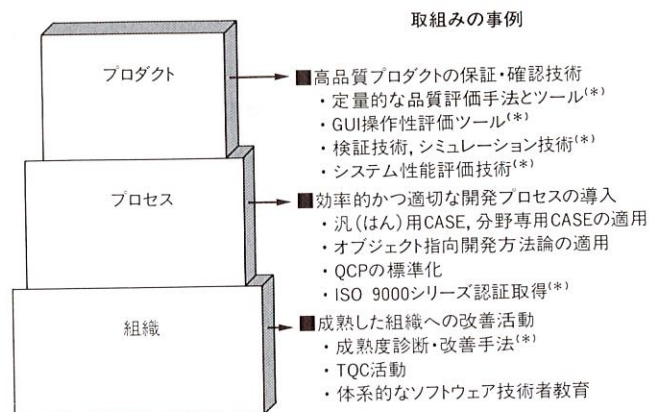


図1. ソフトウェア生産の品質改善の構造 3階層のバランスのとれた改善が大切である。*印はこの特集で紹介する事例。

Structure of software quality improvement

3.1 高品質プロダクトの保証・確認技術の普及

代表的な取組みとして、定量的な品質評価・管理、および数学的手法に基づく検査・検証について説明する。

3.1.1 定量的な品質評価・管理 エンジニアリングにおいて、高品質な製品を作るために高度な測定技術は不可欠であり、ソフトウェアも例外ではない。しかし、ソフトウェア品質の測定に関しては未成熟な点が多い。前述の国際規格ISO/IEC9126は、ソフトウェア品質に関する特性を国際間で共通認識としてもつことを目的に定められたが、表1の品質特性および副特性でわかるように、定量的に直接計測することが難しいものもある。ISOなどでは計測と評価のためのガイドを検討しているので、これらを参考に、品質評価項目の選定などに利用していくことが大切である。

定量的な品質評価・管理の取組みを、ソフトウェア生産の上流工程(システム分析～ソフトウェア基本設計)と中・下流工程(プログラム設計以降)に分けて概観する。

- (1) 上流工程の品質評価・管理 上流工程での品質保証活動の原点は品質の作込みである。代表的な技法としては、要求仕様を基に品質特性ごとの品質要件をリストアップする品質特性展開(品質機能展開)技法、上流から下流まで工程ごとに混入する欠陥数の見積りと検出除去計画を立てて欠陥摘出を実施する欠陥摘出計画法、また各種のレビュー技法などがある。これらの技法の普及を通して上流工程で品質保証計画の目標値を設定し、その実施状況を定量管理しフォローすることを推進している。
- (2) 中・下流工程の品質評価と管理 プログラムの複雑度と不具合発生との相関が高いことがわかっている。したがって、この複雑度を中心として計測・評価するツールを開発し普及させている。また、プログラムの設計レビュー、コードレビューやインスペクションの技法は広く使われている。最近ではコードインスペクションを自動的に行い、注意を促す静的解析ツールなども普及して

いる。テストでは不具合件数、不具合密度、テスト件数やテスト密度などを用いた信頼性評価法が使われている。

3.1.2 数学的手法に基づく検査・検証 ソフトウェアの高信頼化のための基本的な方法は、作成されたソフトウェアをテストすることにより欠陥を除去する技術である。しかし、通常のテストではすべての可能性を100%チェックすることは難しい。そこで、数学的手法を用いてプログラムを解析することにより網羅的にチェックを行う検証技術が注目されている。近年、これらの検証技術の中で実用レベルに成熟したものが、当社では主に制御システムを対象とした検証技術の適用が進んでいる。

制御システムのプログラムは、制御・監視対象であるプラントなどと組み合わせて機能するため、プログラム単体では十分な検証ができない。そこで、制御対象の挙動を模擬するシミュレータが不可欠である。当社では、制御システムにおける制御対象のシミュレータの作成支援およびそれと組み合わせた検証による高信頼化に取り組んでいる。制御対象のシミュレータに関しては、組込みマイコン用システムシミュレータの作成支援環境、検証に関しては、等価性判定法を用いた原子力プラントの安全保護系の検証、グローバル状態解析法によるプラントのシーケンス制御ソフトウェアの検証、などにおいて成果を上げている。

検証技術は、万能ではなく適用可能な範囲が限定されるため、現実には従来のテストと検証を補完的に用いる必要がある。今後は、同じ環境で効率的にテストと検証を行う技術の開発や、実時間性能の検査が重要な課題である。

3.2 効率的かつ適切な開発プロセスの導入

ソフトウェアの生産性や品質は、開発プロセスに大きく影響される。製品の種類や開発環境に合わせて、効率的でしかも客観的に適切であると認められる開発プロセスを作り定着させることが大切である。ここでは、当社の活動を開発プロセスの標準化、品質システムの充実の二つの側面から述べる。

(1) 開発プロセスの標準化 ソフトウェア ライフサイクルプロセス (SLCP) が国際規格 ISO/IEC12207 として制定され、それを受けてわが国ではシステム開発取引の共通フレーム (SLCP-JCF94) が制定されている。SLCP の主な目的は、ソフトウェアの開発プロセスに標準的な枠組みを設け、例えば顧客と開発者が共通の言葉で話せるようにすることである。

当社においても1980年代前半、各開発部門で実施されていた開発標準や品質標準を整理・統合して全社標準 QCP として定めた。以来、QCP を各部門で開発している製品の特性などに適合させた部門 QCP を作り運用している。現在、QCP を SLCP および共通フレームに適合させる活動を進めている。また、製品の本質安全を向上させるため PS (Product Safety: 製品安全) 活動を推進し、QCP への PS レビューの組込みなどを展開している。

(2) 品質システム (ISO 9000 シリーズ 認証登録) ISO 9000 シリーズは、製品の品質を確保するための品質システムについての国際標準である。品質システムが正しく運用されていることを保証するため、第三者による客観的な認証登録制度が実施されている。ソフトウェアについてもそのガイドとして ISO 9000-3 が制定され、それに基づく認証が進められている。当社においても東京システムセンターをはじめ各部門とも品質システムの客観的な評価を受けるため、また各部門の品質システムをさらに改善させるため積極的に取り組んでいる。

3.3 成熟した組織への改善活動

各組織で新技術の導入や開発プロセスの整備など、開発力向上に努めてきたが、その改善経過や効果は部門により異なる。カーネギーメロン大学で開発された CMM (Capability Maturity Model) は、組織改善をする前にまず組織の成熟度の現状を客観的に評価し、目標レベルと手順を定めて戦略的に改善活動を進める手法であり、欧米中心に広まりつつある。同様の目的で、ISO でも SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) が審議されている。当社ではこれらを参考にして当社の実状に適合した成熟度診断・改善手法を開発し、幾つかの部門で実施している。

4 あとがき

ソフトウェア品質技術の動向を概観し、当社の最近の取組みと、この特集で紹介する事例の位置づけについて述べた。品質の高いソフトウェアを提供することは、企業としての使命であり、品質向上のための各種技術の実用化は重要な課題である。当社は継続してこの課題に取り組んでいる。

文 献

- (1) 特集: CASE, 東芝レビュー, 49, 9 (1994)
- (2) 特集: オブジェクト指向ソフトウェア開発, 東芝レビュー, 48, 1 (1993)



松村 一夫 Kazuo Matsumura

1975 年入社。ソフトウェア生産技術の研究開発に従事。現在、研究開発センター システム・ソフトウェア生産技術研究所 長。 Systems and Software Engineering Lab.



津田 淳一郎 Jun'ichiro Tsuda

1970 年入社。ソフトウェア生産技術の研究開発に従事。現在、研究開発センター システム・ソフトウェア生産技術研究所 長。 Systems and Software Engineering Lab.



大筆 豊 Yutaka Ofude

1969 年入社。ソフトウェア生産技術の研究開発に従事。現在、研究開発センター システム・ソフトウェア生産技術研究所 主幹。 Systems and Software Engineering Lab.