

組織的要因がソフトウェア品質に与える影響

The Impacts of Organizational Factors on Software Quality

野中 誠¹⁾
Makoto Nonaka¹⁾

西 康晴²⁾
Yasuharu Nishi²⁾

Abstract The primary objectives of this paper are: (1) to demonstrate that quantitative quality assurance measures have limited effects to detect failure-prone projects in matured organizations, (2) to show that there are differences on organizational factors such as shared values among project members between success and failure projects in terms of quality, and (3) to elicit influential factors of shared values among members for project success. The authors carried out a questionnaire survey of 16 software projects from five matured organizations which had established processes and audit standards. The result showed that the cumulative defect detection rate had a limited capability for detecting failure projects, there were differences on shared values between success and failure projects, and several organizational factors such as flexibility, objectives and information sharing, and adherence were identified to have influences on project success.

1. はじめに

日本のソフトウェア組織では、ソフトウェア品質¹⁾の達成水準が諸外国に比べて高い—この命題に対する客観的な裏付けはないが、同様の認識を持つ実務家は少なくないであろう。この認識を部分的に裏付けるデータとして、Cusumano らがソフトウェア製品の欠陥密度²⁾を国際比較した結果、日本の調査対象の中央値は 0.02 欠陥/KLOC であり、米欧印に比べて 10~20 倍良いという報告がある[2]。しかし、近年の組込みソフトウェアの大規模化や、基幹システムの重要性が一層高まっている状況などを考えると、さらに高い品質水準が求められよう。

卓越した品質水準の達成には、適切な開発技術やマネジメント技法の適用が求められる。そのようなプラクティスは、CMM (Capability Maturity Model) または CMMI (CMM Integration), ISO 9000 シリーズ, SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge), PMBOK (Project Management Body of Knowledge) など形式知として共有されつつあり、一定の成熟を見せている。また、CMM/CMMI レベル 5 相当の組織の多くでは、プロジェクト監査基準を設けて品質保証に取り組んでいる。しかし、そのような組織でも、監査基準の網では捉えられずに失敗するプロジェクトが少なからず存在する。

失敗プロジェクトを避けるために、監査基準の網を細かくすることも一つの方法だが、実務的には限度がある。重要なのは、高品質ソフトウェア実現のために必要な行動をメンバーが確実に実施すること、またそのような行動を是とする価値基準をメンバーが共有することであろう。このような価値基準が共有されていないと、監査基準の上では問題なくとも、メンバーの行動において質的な差が生じ、プロジェクトの失敗に結びつく可能性が高まると考えている。

このような組織的要因とプロジェクト成否の因果関係やその影響度は、これまで十分に解明されていない。組織的要因に着目することにより、卓越した品質レベルのソフトウェア開発への道筋を見出すとともに、「日本のソフトウェア品質管理」の強みの抽出に結びつくと考えている。

本研究の主な目的は、以下の 3 点である。第一に、高いプロセス成熟度に到達したソフトウェア組織では、品質保証に関する定量的な指標だけでは品質的失敗プロジェクトを十分に検出できないことを示す。第二に、価値基準の共有の度合いによって、プロジェクトの品質的成否の傾向に差があることを示す。第三に、品質的成否に影響を与える価値基準を抽出することである。本論文では、国内の複数ソフトウェア企業のプロジェクトを対象に、価値基準に関するアンケート結果と、プロジェクトの品質保証に関するデータを分析した結果を報告する。

1) 東洋大学経営学部

Faculty of Business Administration, Toyo University

2) 電気通信大学電気通信学部システム工学科

Department of Systems Engineering, Faculty of Electro-Communications, The University of Electro-Communications

2. 従来研究

2.1 ソフトウェア品質への影響要因

ソフトウェア品質に影響を与える要因として、継続的な CMM の適用[5]、要員能力とプロセス要因[5]、CMM レベルの向上[3]、失敗分析[6]などが先行研究により示されている。また、TQC (Total Quality Control) の適用がソフトウェア品質の向上に結びつくことも知られている[10]。

Agrawal らは、CMM レベル 5 組織に限定すると、ソフトウェア品質³に影響を及ぼす統計的有意な要因はプログラム規模のみであると述べている[1]。この結果は、出荷後に発見される欠陥数はソフトウェア規模に比例して増加し、その傾向の制御は困難であることを示唆している。これは、大規模化する組込みソフトウェアや、社会的影響度の高い大規模基幹システムなどの品質を高いレベルで達成しようとしている組織にとっては、悲観的な結論ともいえる。

しかしながら、著者らの経験的な認識では、プロセス成熟度の高いソフトウェア組織において、大規模であっても品質問題を起こさなかったプロジェクトは存在する。その逆に、社内プロセス標準などの監査基準を満たしたプロジェクトでも、品質的に失敗したプロジェクトも多い。プロセス成熟度が必ずしも高くない組織であれば、品質向上のためのプラクティスがソフトウェア品質に大きく影響することは疑問の余地はない。しかし、プロセス成熟度の高い組織に限定すると、ソフトウェア品質への影響要因は明らかになっているとは言い難い。

2.2 組織的要因

本研究では、ソフトウェア品質に影響する組織要因として、プロジェクトメンバー間で共有された価値基準に着目している。価値基準は、メンバーの行動規範に影響を与え、作業の質の良し悪しに差がでると考えられる。例えばバグ分析やレビューなどを実施する場合に、どのレベルまで追究してそのタスクを行うのかは、組織のプロセス標準で定めてあったとしても、実際に行動するメンバーがどのような共通価値観を持っているかに依存するであろう。

価値基準が組織レベルで共通化・共有化されると、組織文化が形成されたといえよう。Kotter らは、組織文化と経済的成果に関する諸モデルを、強い文化モデル、戦略適合化文化モデル、適応モデルの 3 つに分類している[4]。これらのうち強い文化モデルとは、目標の一致度が高く、従業員のモチベーションが高く、公式の統制システムがなくても統制が可能な組織文化を意味する。

ソフトウェア組織が「品質中心の組織文化」を持つことの重要性は、これまでも指摘されている[7]。しかし、組織的要因とソフトウェア品質の関係に着目した研究は、著者らが知る限り十分ではない。その理由として、プロセス成熟度が低い組織では実施プラクティスの差異が品質に大きく影響するため、組織的要因に対する研究上の関心が相対的に低かったことが挙げられよう。

2.3 品質的成否の評価

組織的要因がソフトウェア品質に与える影響を分析するにあたり、プロジェクトの品質的成否の評価方法を検討しなければならない。先行研究の多くは、出荷後のある一定期間に報告された欠陥数をソフトウェア規模で正規化した値、または欠陥数を用いている[1][2][3][5]。しかし、この評価方法はソフトウェア製品の利用者数に依存するため、製品間比較に適した指標とは言い難い。また、個々の欠陥がもたらす影響度は一律ではなく、重大なものから軽微なものまで多様である。

納期短縮やコスト圧縮要求が強まっている近年の状況を考えると、従来の欠陥密度や欠陥数による評価だけではなく、重大欠陥による品質的損失の度合いなども考慮する必要がある。さらには、開発プロセス中で生じた品質問題のために開発コストが膨れあがる場合もあるが、このような状況も品質保証の観点からは成功プロジェクトとは言い難い。したがって、出荷後だけではなく出荷前におけるプロジェクトの品質的成否を評価するが求められる。

3. 研究対象と研究モデル

3.1 研究対象プロジェクト

本研究では、研究対象とするプロジェクトを、(1) プロセス成熟度の高い組織において、(2) 製品を出荷できた、(3) 開発プロセス中にプロジェクト監査基準を概ね満たしていた、(4) プロジェ

クトの終盤近くまでは品質的成否の区別がつかなかった、の3つの条件すべてを満たしたプロジェクトとする。(1)のプロセス成熟度は、CMM/CMMIのレベル4または5相当を想定しているが、公式アプレイザルの有無は求めていない。これらの基準は、研究協力者⁴との議論により設定した。

これらの基準から推測できる通り、本論文中での「品質的成功および失敗プロジェクト」は、いずれも総合的な評価では比較的上位に位置するプロジェクトであり、産業界でしばしば取りざたされて問題視されるような「失敗プロジェクト」とは異なる。

3.2 研究モデル

図1に、本論文における研究モデルの概念的構造を示す。以下、各要素について説明する。

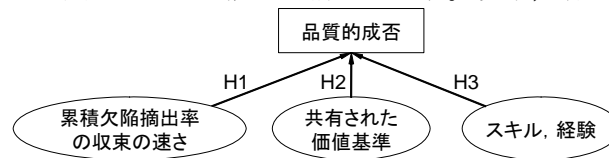


図1 研究モデルの概念的構造

(1) 品質的成否

本研究では、3.1節で述べた基準を満たしたプロジェクトのうち、品質保証の観点から大きな問題のなかったプロジェクトを「品質的成功」と呼び、品質保証の観点から許容できない問題があったものを「品質的失敗」と呼ぶ。ここで、「品質保証の観点から許容できない問題があった」と判断する基準は、2.3節で述べた通り、出荷後だけでなく出荷前までの品質問題を対象としている。具体的には、以下に挙げたQCD (Quality, Cost, Delivery) のいずれか (または複数) に関する問題がプロジェクト終盤あるいは出荷後に生じたプロジェクトを「品質的失敗」と捉える。

- Q: 出荷後に、軽微とはいえない品質問題が発生した。
- C: 出荷判定基準および納期を守るために、無視できない程度の品質保証コストを要した。
- D: 出荷判定基準が満たせず、納期遅れが生じた。

ただし、「軽微」や「無視できない」といった部分の判断基準については、複数の企業を調査対象としていることもあり、明確な定義は与えていない。したがって、データ収集の際には、社内で妥当な判断が下せる評価者の主観に委ねた。「品質的成否」の定義は、現時点では必ずしも明確な判断基準に基づくものではなく、主観的判断に頼らざるを得ない側面を含んでいる。

(2) 累積欠陥摘出率の収束の速さ

監査基準に関する定量的な指標として、本論文では、累積欠陥摘出率の収束の速さを用いる。ここでは、コードレビュー工程開始から出荷後一年間までに摘出・報告されたすべての欠陥を100%としたときの、コードレビュー終了時 (CR 完)、単体テスト終了時 (UT 完)、統合テスト終了時 (IT 完)、および出荷時までに摘出した累積欠陥数の比率を用いて、累積欠陥摘出率の収束の速さを表す。いずれの比率も、パーセント表示での小数第3位までの精度で表現する (例: 99.667%)。これらのメトリクスはプロセス成熟度が低い組織では測定できない項目であるため、そのような組織では有効な指標とはならない可能性がある。

なお、累積欠陥摘出率の速さは、幾何平均により指標化したり、工程別に累積欠陥摘出率の閾値を設けたりすることで比較またはグループ化する方法が考えられる。しかし、組織によって開発プロセス中に「欠陥」として記録する基準が異なることなどから、特定の指標を用いた評価は行わずに、累積欠陥摘出の推移に関する全体的傾向を捉えて収束の速さを主観的に判断する。

(3) 共有された価値基準

1章で述べたように、本研究では、高品質ソフトウェアづくりを是とする価値基準がメンバー間で共有されることにより、監査基準の網にかからない行動のレベルで差異を生み出し、結果として品質的成功に結びつくと考えている。これは、2.2節で述べたKotterらによる「強い文化モデル」に相当する概念を、組織ではなくプロジェクトのレベルに適用したものと捉えられる。

また、日本のハードウェアを中心とした品質管理で、組織文化が品質向上に大きな影響を与えてきた。それは日本的品質管理[8]ないし日本的ものづくりとも呼ばれ、種々の定義がなされている。細谷はTQCの成功に「全員参加」の概念が欠かせないと述べている[12]。藤本はもの造りの

ための組織能力として、生産現場の改善能力および迅速な問題解決サイクルが特徴的だと述べている[11]。これは高度な改善技法や高価なツールによるものではなく、「自律」して一つ一つの小さい改善を迅速に実施し、標準に囚われず累積的改訂を行うサイクルによって実現されている。また遠藤は「ねばちっこさ」と呼ぶ継続力や粘着力こそ日本の独自能力だと述べている[9]。

以上に挙げた組織文化研究および日本の品質管理の特徴を参考に、研究協力者とのブレインストーミングにより「共有された価値基準」のアンケート質問項目を設定した(付表)。各項目への回答は、5段階リッカート尺度により記録する(5:非常にそう思う, 4:ややそう思う, 3:どちらとも言えない, 2:ややそう思わない, 1:非常にそう思わない)。また、共有された価値基準だけでなく、人間関係などの要因もアンケート項目に含めた。

(4) スキル・経験

スキルや経験に関する分析は本研究の主要な関心事ではないが、一般的には品質的成否に影響する要因と考えられる。ここでは、品質的成否に対する影響について、共有された価値基準と比較するためにアンケート項目に含める。

3.3 仮説

本研究では以下の仮説を立てた。

- 仮説 1 (H1): 累積欠陥摘出率が速く収束するプロジェクトは、品質的に成功する。ただし、個別プロジェクトの品質的成否を判別する能力は限定的である。
- 仮説 2 (H2): 価値基準の共有レベルの高さは、品質的成功に貢献する。
- 仮説 3 (H3): 共有された価値基準は、スキルや経験も品質的成功に大きく影響する。

仮説 1 の前半は、品質保証の立場からすれば常識的な命題であろう。しかし、3.1 節で述べたようなプロセス成熟度の高い組織におけるプロジェクトに限定した場合には、品質的失敗プロジェクトを検出する能力が限定的なものになると思われる。仮説 2 について、これは、価値基準さえ共有していれば品質的に成功するという意味ではない。3.2 節第 3 項で述べた通り、監査基準の網にかからないレベルでの行動について、価値基準の共有度合いが高品質ソフトウェアづくりに必要な行動の質に影響し、結果として品質的成功の可能性が高まるであろうという仮定である。仮説 3 は、スキルや経験も品質的成功に影響するが、それ以上に共有された価値基準の方が大きな影響度を持つであろうとの仮説を立てた。

4. 分析結果

4.1 データの概要

研究協力者の所属企業における 3.1 節に述べた基準を満たしたプロジェクトについて、質問票によりデータを得た。メンバー間で共有された価値基準を直接的に測定することは難しいため、プロジェクトの実施を通じて表出した価値基準を、品質保証部門や PMO (Project Management Office) などの客観的立場から観測できる人、またはプロジェクトリーダーに、質問票を通じて回答してもらった。なお、プロジェクトリーダーには共有された価値基準は回答してもらすが、品質的成否の判断は品質保証部門など外部による評価としている。

表 1 に、品質的成否プロジェクトの件数を規模別にクロス集計した結果を示す。得られたプロジェクトの件数は 5 社 16 件であり、このうち品質的成功が 10 件、品質的失敗が 6 件 (3 社より回答) であった。このように、十分なサンプルサイズが得られたわけではない。

表 1 開発対象および規模別の品質的成否プロジェクト件数

規模 (KLOC)	品質的成功	品質的失敗	合計
10 to 50	1	1	2
50 to 100	2	1	3
100 over	7	4	11
合計	10	6	16

図 2 に、品質的成否別の、各プロジェクトにおける累積欠陥摘出率の工程別推移を示す。線種の違いは規模の違いを表している。横軸は工程を表しており、その略称は 3.2 節第 2 項に示した通りである。出荷時における累積欠陥摘出率は、最小値 96.667%、平均 99.648%、最大値 100.000% (5 件、いずれも品質的成功) であった。

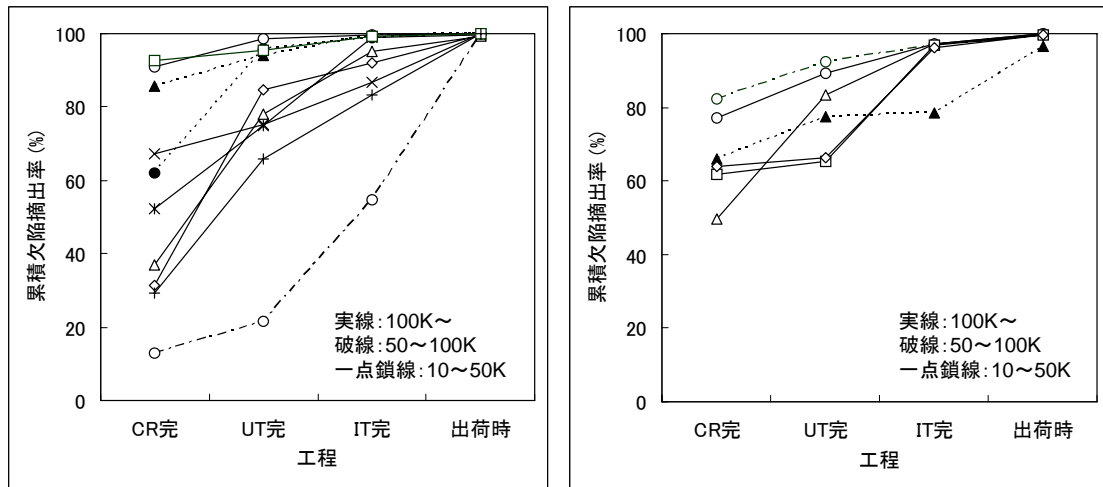


図 2 累積欠陥摘出率の工程別推移 (左：品質的成功，右：品質的失敗)

4.2 累積欠陥摘出率の収束の速さ (仮説 1)

まず、データの全体的な傾向に着目する。表 2 に、品質的成否別の、各工程までの累積欠陥摘出率を示す。ただし、図 2 の品質的成功のうち一点鎖線で示した累積欠陥摘出率の収束が最も遅いプロジェクトは、他と比べて傾向が大きく異なることから除外している。平均値および中央値を比べると、CR 完の時点では品質的成功の方が品質的失敗よりも低いものの、UT 完以降では品質的成功の方が品質的失敗を上回っている。特に UT 完時点での累積欠陥摘出率の差が大きい。したがって、全体的な傾向については、品質的成功の方が、少なくとも UT 完以降では累積欠陥摘出率が速く収束しているといえる。ただし、統計的な有意差は認められなかった。

表 2 品質的成否別の工程別累積欠陥摘出率 (品質的成功の規模最小プロジェクトを除く。単位：%)

統計量	品質的成功 (9 件)				品質的失敗 (6 件)			
	CR 完	UT 完	IT 完	出荷時	CR 完	UT 完	IT 完	出荷時
平均値	60.996	84.763	94.878	99.854	66.770	78.981	93.768	99.282
中央値	62.136	84.500	99.000	99.947	64.906	80.360	96.810	99.810
最大値	92.761	98.769	99.967	100.000	82.302	92.293	97.372	99.969
最小値	29.399	65.827	83.333	99.300	49.485	65.283	78.333	96.667

次に個別のプロジェクトに着目すると、図 2 より、品質的成功には CR 完の時点ですでに累積欠陥摘出率が 80%を上回っていたプロジェクトが 3 件あり、これらは品質的失敗のいずれも上回っていたことがわかる。一方で、品質的失敗にも CR 完の時点で累積欠陥摘出率が 80%前後に達していたプロジェクトが 2 件あり、これらは品質的成功に属する 10 件と比べても収束が速い方に含まれる。このように、個別のプロジェクトに着目した場合、累積欠陥摘出率の収束の速さは、品質的成否を判定する精度が十分に高いとは言いがたい。

ただし、これは複数組織データのため、3.2 節第 1 項で述べた通り、同一の欠陥記録基準が適用されていないことに注意が必要である。特に、品質的成功における「CR 完までの累積欠陥摘出率」は最大値と最小値の差が大きく、組織による欠陥記録基準の差が影響していると推測できる。

そこで、品質的成否の両方のデータが得られた 3 社について、組織別の累積欠陥摘出の推移を分析した。品質的成功の規模最小プロジェクト 1 件を除けば、2 社は品質的成功プロジェクトの方が品質的失敗プロジェクトに比べて累積欠陥摘出率の収束が速かった。しかし、残りの 1 社は

逆の結果であった。組織別のサンプルサイズが3~4件であるため明確な結論づけはできないが、累積欠陥摘出率の収束の速さという指標だけでは、個別プロジェクトの成否を十分な精度で判別できるとは言い難い可能性がある。

以上から、累積欠陥摘出率の収束の推移を監視することは有用だが、この指標だけでは品質的失敗プロジェクトを十分に検出できない可能性が高い。したがって仮説1は支持されると考える。

ただし、累積欠陥摘出率の収束の速さは、技術的要素や開発案件の違いなどの要因も影響する。技術的難易度の高い案件や新規分野の案件などでは、経験や知識の不足のために累積欠陥摘出率の収束が鈍くなる可能性が高い。また、開発期間の余裕がどれだけあるかによっても異なるであろう。本節で示した内容は、同等の条件で比較した結果ではないことに注意が必要である。

4.3 共有された価値基準とスキル（仮説2・仮説3）

付表に、品質的成否別の各質問項目の平均および標準偏差、品質的成否間での平均の差、および品質的成否別の分類平均とその差を示す。平均の差で網掛けにしてある部分は、品質的成否での平均の差をt検定により分析した結果、有意水準5%で統計的有意差が見られた箇所である。なお、アンケート時に用いた質問票では、アンケート項目の順序による影響を防ぐために、分類間で無作為にアンケート項目を配置した。質問IDが付表において昇順でないのはそのためである。

アンケートの結果、品質的成否では、質問項目への回答の平均値に顕著な差が現れた。O16「類似した価値観」、O22「革新的技術指向」、およびO37「先鋭的な製品開発」を除いて、いずれの質問項目も品質的成功群の方が品質的失敗群よりも平均値が高かった。また、t検定で統計的有意と判定された項目が42項目中14項目、平均値の差が1.0を上回る項目が42項目中9個あり、グループ別では「柔軟性・創意工夫」「決定重視」「こだわり」「目的・情報の共有」がとくに大きな差を示した。一方、「スキル・経験」グループの質問項目およびグループ平均は、必ずしも品質的成功と品質的失敗との間に他項目に比べて際だった差が見られなかった。以上のことから、仮説2および仮説3は支持される可能性が高いといえる。

以上、本章で述べた内容を総合すると、「柔軟性・創意工夫」「決定重視」「こだわり」「目的・情報の共有」といった内容に関して、付表に挙げた質問項目の価値基準をメンバーが共有し、かつ累積欠陥摘出率の収束を速めるエンジニアリング活動が実践できていれば、品質的成功を収められる可能性が高い、との論理的帰結が得られる。

5. 組織的要因に関する議論

3.2節第3項で、「全員参加」「自律」「ねばちっこさ」など日本的品質管理の特徴ないし強みを列挙した。本章ではそれを基に、4章にて収集したデータを分析する。

「全員参加」について、O15「出来事や問題点の共有度」の平均値が高く群間の差も大きいことを、まず読み取ることができる。次にO10やO14のように自分で考えて行動するかという質問項目に対しては平均値が高く群間の差も大きい一方で、O28のようにリーダーの指示に従うかという質問項目に対しては平均値が高く群間の差が小さい。ここから、リーダーからの一方的な伝達によって出来事や問題点が共有されているのではなく、全員参加によって自発的に共有していることを読み取ることができる。またO24「互いの信頼」O32「チームワーク」の平均値が高く群間の差が大きいことから、全員参加によって結束の強い集団になっていることが分かる。

「自律」について、まず先ほどのO10およびO14、ならびにO30「臨機応変」O20「あいまいな指示の解釈」の平均値が高く群間の差が大きいことから読み取ることができる。自律して仕事を進めるためにO13「意欲的な仕事のできる環境づくり」が必要であり、O23「仕事が好き」O35「自分を成長させたい」と考えるようになることも理にかなっている。

「ねばちっこさ」について、O28「リーダーの決定の遵守」O17「途中で投げ出さない」は、平均値は高いが群間の差が小さいので、あまり読み取ることができない。ここでO15「出来事や問題点の共有度」に着目すると、群間の差が大きい。すなわち品質的失敗群は、状況や問題点をメンバーが把握していないのにプロジェクトは進んでいくという状況である。これは惰性で進んでいるだけであろう。むしろ、「ねばちっこさ」には、O36「頭を使う」O27「こだわる」O42「根本

原因を追及する」O40「問題の構図を捉える」O39「裏の意図までくみ取る」といった要素が必要であることが分かる。そのためO6「小さなことでも工夫をこらす」ことによって、O43「標準の遵守」とO11やO12のような「新しい技法の取り入れ」とを両立させることが可能となる。

このように、調査結果を組織文化的要因に着目して分析すると、日本的品質管理や日本のものづくりの背後的要因が浮かび上がってくる。

6. おわりに

本論文では、高いプロセス成熟度に到達したソフトウェア組織を対象に、品質的成否に影響を与える組織的要因として、メンバー間で共有された価値基準およびその他の組織的要因について分析した。サンプルサイズが小さいため結論は限定的だが、累積欠陥摘出率の収束の速さだけでは品質的成否を十分な精度で判別できないこと、価値基準の共有の度合いによって品質的成否の傾向に差があることを示した。また、「全員参加」「自律」「ねばちっこさ」に関連した価値基準の共有が、品質的成功に結びつく可能性が高いことを示した。さらに、良い組織文化、良い価値基準を共有したプロジェクトで、累積欠陥摘出率の収束を速めるエンジニアリング活動が実践できていれば、品質的成功の確率を高められる可能性が高い、との論理的帰結が得られた。

今後の主要な研究課題として、欠陥記録基準や品質的成否の基準の統一化を図ること、サンプルサイズを大きくして統計的に意味のある分析を行うことなどが挙げられる。また、調査対象範囲を広げた場合にも本研究成果の妥当性が維持されるのかを検討する必要がある。さらには、品質的成功をもたらす組織文化を形成するために必要な取り組みなどを、実証研究を通じて示していくことが求められる。こうした研究の延長線上で「日本的ソフトウェア品質管理」の特徴および強みが抽出し、その有効性を客観的・実証的に示し、体系的に整理したいと考えている。このような研究の蓄積がソフトウェア産業の競争力強化に結びつくものと、著者らは考えている。

謝辞 本研究を行うにあたり議論およびデータ提供にご協力いただいた研究協力者の皆様に厚く御礼申し上げます。本研究の一部は日科技連 SQiP ソフトウェア品質研究会の援助による。

参考文献

- [1] Agrawal, M. and Chari, K. (2007): "Software Effort, Quality, and Cycle Time: A Study of CMM Level 5 Projects," *IEEE Trans. Software Eng.*, vol. 33, no. 3, pp. 145-156.
- [2] Cusumano, M., MacCormack, A., Kemerer, C. F. and Crandall, W. (2003): "Software Development Worldwide: The State of the Practice," *IEEE Software*, vol. 20, pp. 28-34.
- [3] Harter, D. E. and Slaughter, S. A. (2003): "Quality Improvement and Infrastructure Activity Costs in Software Development: A Longitudinal Analysis," *Management Science*, vol. 49, no. 6, pp. 784-800.
- [4] Kotter, J. P. and Heskett, J. L. (1992): *Corporate Culture and Performance*, The Free Press (梅津祐良訳 (1994): 『企業文化が高業績を生むー競争を勝ち抜く「先見のリーダーシップ」ー』ダイヤモンド社).
- [5] Krishnan, M. S., Kriebel, C. H., Kekre, S., and Mukhopadhyay, T. (2000): "An Empirical Analysis of Productivity and Quality in Software Products," *Management Science*, vol. 46, no. 6, pp. 745-759.
- [6] Ramasubbu, N. et al. (2004): "Effect of Quality Management Practices in Distributed Offshore Software Development: An Empirical Analysis," *Proc. Academy of Management Meeting*.
- [7] Wiegers, K. E. (1996): *Creating a Software Engineering Culture*, Dorset House (滝沢徹・牧野祐子訳 (2005): 『ソフトウェア開発の持つべき文化』翔泳社).
- [8] 石川馨 (1984): 『日本的品質管理ーTQC とは何か』増補版, 日科技連出版社.
- [9] 遠藤功 (2006): 『ねばちっこい経営』東洋経済新聞社.
- [10] 菅野文友, 吉澤正監修 (1994): 『21世紀へのソフトウェア品質保証技術』日科技連出版社.
- [11] 藤本隆宏 (2003): 『能力構築競争』中央公論新社.
- [12] 細谷克也 (1984): 『QC 的もの見方・考え方』日科技連出版社.

¹ ソフトウェア品質の定義には多様な概念が含まれるが、本稿では、欠陥の少なさに絞って議論している。

² Cusumanoらの研究では、出荷後一年間に報告された欠陥件数をプログラム規模で正規化した値で測定している。

³ Agrawalらの研究では、出荷後3ヶ月以内に報告された欠陥数で測定している。

⁴ 本研究では、CMM/CMMIやISO 9000シリーズなどへの取り組み実績が豊富な複数のソフトウェア企業の、品質保証エキスパート6名に研究協力者としてご協力いただいた。

付表: 共有された価値基準の質問項目と、品質的成否別の集計結果

分類	質問ID	質問内容	品質的成功		品質的失敗		平均の差	分類平均		平均の差
			mean	s.d.	mean	s.d.		成功	失敗	
スキル・経験	001	このプロジェクトのメンバーは、開発技術に関して高いスキルを持っていた。	3.8	1.03	3.5	1.52	0.30	3.78	3.21	0.57
	002	このプロジェクトのメンバーは、プロジェクトマネジメントに関して高いスキルを持っていた。	3.5	1.43	2.7	0.82	0.83			
	003	このプロジェクトのメンバーは、品質管理や品質保証に関して高いスキルを持っていた。	3.6	1.35	2.7	0.82	0.93			
	004	このプロジェクトのメンバーは、開発対象となっていたドメインの経験が豊富だった。	4.2	0.92	4.0	1.10	0.20			
職務満足	013	このプロジェクトのメンバーは、意欲的に仕事ができる環境づくりに努力していた。	3.6	1.07	2.7	0.52	0.93	3.57	2.78	0.79
	025	このプロジェクトのメンバーは、仕事が好きだった。	3.6	0.70	2.8	1.17	0.77			
	035	このプロジェクトのメンバーは、プロジェクトを通じて自分を成長させたいと考えていた。	3.5	0.85	2.8	0.75	0.67			
人間関係	008	このプロジェクトのメンバーは、インフォーマル・コミュニケーションが多かった。	3.6	0.97	3.2	0.98	0.43	3.51	2.76	0.75
	009	このプロジェクトのメンバーは、ざっばらんな雰囲気をつくることを重視していた。	3.5	0.97	2.7	0.52	0.83			
	018	このプロジェクトでは、ものごとの合意が得やすかった。	3.6	0.84	3.0	0.89	0.60			
	024	このプロジェクトのメンバーは、互いを信頼していた。	3.9	0.32	2.7	1.21	1.23			
	026	このプロジェクトのメンバーは、互いのプライベートな面までよく理解していた。	3.1	0.57	2.5	0.55	0.60			
	029	このプロジェクトには、頑張ったりよい結果を出したりすると、他人から誉められる風土があった。	3.1	0.74	2.7	0.52	0.43			
	032	このプロジェクトのメンバーは、チームワークが良かった。	3.8	1.03	2.7	1.03	1.13			
柔軟性・創意工夫	006	このプロジェクトのメンバーは、仕事において小さなことでも何か工夫を凝らしていた。	3.6	0.52	2.8	0.41	0.77	3.58	2.65	0.93
	010	このプロジェクトのメンバーは、指示されたことか自分で決めたことかに関わらず、やるべきことをすぐに実行していた。	3.7	0.67	2.2	1.17	1.53			
	011	このプロジェクトのメンバーは、新しい開発技法を柔軟に取り入れようとしていた。	3.5	0.85	3.0	0.89	0.50			
	012	このプロジェクトのメンバーは、新しいマネジメントスタイルを柔軟に取り入れようとしていた。	3.3	0.82	2.3	0.52	0.97			
	014	このプロジェクトのメンバーは、既存のやり方や他人の考え方にとらわれず、その場に最適なことを考えようとしていた。	3.7	0.95	2.7	0.82	1.03			
	020	このプロジェクトのメンバーは、あいまいな指示や事項であっても、その意味するところを自分で考えて適切に行動していた。	3.6	1.26	2.7	0.82	0.93			
	030	このプロジェクトのメンバーは、自分で臨機応変に行動しようとしていた。	3.5	0.53	2.7	0.52	0.83			
036	このプロジェクトのメンバーは、論理的、客観的に考えたり、可能性や原因を色々幅広く考える努力をしていた。	3.7	0.67	2.8	0.75	0.87				
目的・情報共有	015	このプロジェクトのメンバーは、プロジェクト内での出来事や問題を全員が共有していた。	4.2	0.92	2.3	1.03	1.87	3.60	2.79	0.81
	021	このプロジェクトのメンバーは、常に目的・目標を意識し、これを見失わず、突き進んでいこうとしていた。	3.3	0.87	3.3	0.82	0.00			
	034	このプロジェクトのメンバーは、プロジェクトの意義や方向性を共有できていた。	3.9	0.74	3.3	1.03	0.57			
	039	このプロジェクトのメンバーは、何か指示されたときに、字面では表しきれない裏の意図まで読み取れていた。	3.3	0.95	2.2	0.75	1.13			
こだわり	027	このプロジェクトのメンバーは、やっつけ仕事をせず、簡単には妥協しようとしなかった。	3.5	0.53	2.8	0.41	0.67	3.70	2.83	0.87
	042	このプロジェクトのメンバーは、課題に直面した際に、その根本原因を追究した上で解決策を考え出そうとしていた。	3.9	0.57	2.8	1.17	1.07			
技術指向	019	このプロジェクトのメンバーは、ソフトウェア製品の「美しさ」に価値を見出し、洗練されたアーキテクチャ設計などを追究しようと努力していた。	3.1	1.10	2.3	0.82	0.77	3.13	2.92	0.21
	022	このプロジェクトのメンバーは、革新的技術を創り出すことを好んでいた。	2.9	0.99	3.2	0.75	-0.27			
	033	このプロジェクトのメンバーは、多少のリスクがあっても積極的に挑戦することに価値を見出していた。	3.2	0.92	2.8	0.75	0.37			
	037	このプロジェクトのメンバーは、先鋭的な製品やサービスを提供することに価値を見出していた。	3.3	0.67	3.3	0.82	-0.03			
誇り	038	このプロジェクトのメンバーは、技術者としての「誇り」を大切にしていた。	3.9	0.57	3.5	0.84	0.40	3.80	3.25	0.55
	023	このプロジェクトのメンバーは、顧客に心から喜んでもらえるような品質の高いソフトウェアを開発することを重視していた。	3.7	0.95	3.0	1.10	0.70			
決定重視	017	このプロジェクトのメンバーは、「これをやる」とプロジェクトが決定したことを途中で投げ出さず、粘り強く、徹底的にやり抜こうとしていた。	4.0	0.82	3.3	0.82	0.67	4.10	3.17	0.93
	028	このプロジェクトのメンバーは、リーダーが決定したことは遵守しようとしていた。	4.0	0.67	3.3	0.82	0.67			
	043	このプロジェクトのメンバーは、社内の開発プロセス基準などの公的ルールを守ることを重視していた。	4.3	0.67	2.8	0.98	1.47			
その他	005	このプロジェクトのメンバーは、謙虚であり、人間的に成熟していた。	3.7	0.48	3.0	0.63	0.70			
	016	このプロジェクトのメンバーは、似たような価値観を持った人たちだった。	3.6	0.84	3.7	0.52	-0.07			
	031	このプロジェクトのメンバーは、自分の仕事ぶりを「当たり前」のことで当たり前に行っているだけだ」というように表現していた。	3.4	0.84	2.8	0.75	0.57			
	040	このプロジェクトのメンバーは、課題に直面した際に、表面化した問題の構図を捉えてスマートな解決をはかっていた。	3.3	0.48	2.0	0.89	1.30			
	041	このプロジェクトのメンバーは、課題に直面した際に、全体のバランスを重視した解決をはかっていた。	3.6	0.52	2.8	0.98	0.77			

※ 網掛部分は、t検定の結果、品質的成否別の平均値に統計的有意差が認められた項目(有意水準5%)