

品質向上の効果的なアプローチによる小規模ソフトウェア開発
の生産性向上の要因分析

Factor Analysis for Productivity Improvement in Small-Scale Software
Development by Effective Quality Improvement Approach

日本電気株式会社 ソフトウェア&システムエンジニアリング統括部
NEC Corporation, Software and System Engineering Department

○齊藤 拓也 守屋 整¹⁾ 谷口 修¹⁾ 上野 拓也¹⁾ 野中 誠²⁾
○Takuya Saito Hitoshi Moriya¹⁾ Osamu Taniguchi¹⁾ Takuya Ueno¹⁾ Makoto Nonaka²⁾

Abstract Factors contributing to quality improvement in waterfall software development have been quantitatively reported. IPA [1] identifies factors such as the upstream defect detection rate, the density of design review comments and effort, and the density of design documentation. Yanagida [2] presents factors associated with the development maturity of an organization, including the number of upstream defects per KLOC, the upstream defect detection rate, and the number of test phase defects per KLOC. However, they indicate that the primary factor distinguishing quality is the development scale, with quality after shipment generally being good for small-scale software development. However, according to Saito [3][4], even when focusing on small-scale development, the upstream defect detection rate and upstream review effort ratio are beneficial to quality and additionally contribute to productivity. While quality and productivity are generally considered to be in a trade-off relationship, research results [3-5] have shown simultaneous improvements in both. Identifying these factors may provide guidelines to achieve both quality and productivity, highlighting its significant importance. In this study, we further analyze the results indicating that quality improvement contributes to productivity, as shown by our research. We report on the analysis of factors that contribute to productivity through effective approaches to quality improvement within the context of small-scale software development using the waterfall model.

1. はじめに

ウォーターフォール型ソフトウェア開発における品質の向上に関わる要因として、定量的に示された報告がある。IPA[1]は、信頼性向上に関わる要因として、上流工程での不具合摘出比率、設計レビューの指摘密度および工数密度、設計文書化密度を挙げている。柳田他[2]は、組織の開発成熟度別の要因として、上工程バグ数/KL、上工程バグ摘出率、テスト工程バグ数/KLなどを挙げている。ただし、品質良否を分ける第一要因は開発規模であり、小規模ソフトウェア開発であれば出荷後品質はほぼ良好であることを示している。

しかし、齊藤他[3][4]によると小規模開発に対象を絞った場合でも、上工程バグ摘出率や上工程レビュー工数比が品質に有用であり、さらに生産性にも寄与していることを示している。また、一般に品質と生産性はトレードオフと考えられがちだが、品質向上と同時に生産性が向上するという報告も示されている[3-5]。その要因を特定することで、品質と生産性を両立するための指針を示すことができる可能性があり、その意義は大きいと考える。本研究では、弊社の研究で示されている品質向上が生産性に寄与している結果をさらに深堀分析し、ウォーターフォール型の小規模ソフトウェア開発を対象に、品質向上の効果的なアプローチが生産性向上に寄与する要因を分析した結果を報告する。

2. 分析対象と分析方法

2.1 品質管理技法と開発プロセス

はじめに、前提とする品質管理技法と開発プロセスについて説明する。弊社では、ソフトウェア開発の標準的な品質管理技法として品質会計[6]を適用している。品質会計の前提とする開発プロセスを図1に示す。開発プロセスはV字モデルであり、基本設計、機能設計、詳細設計、コーディング、単体テスト、機能テスト、システムテストの工程(以降、BD, FD, DD, CD, UT, FT, STと記載)からなる。なお、設計工程からコーディング工程を上工程という。

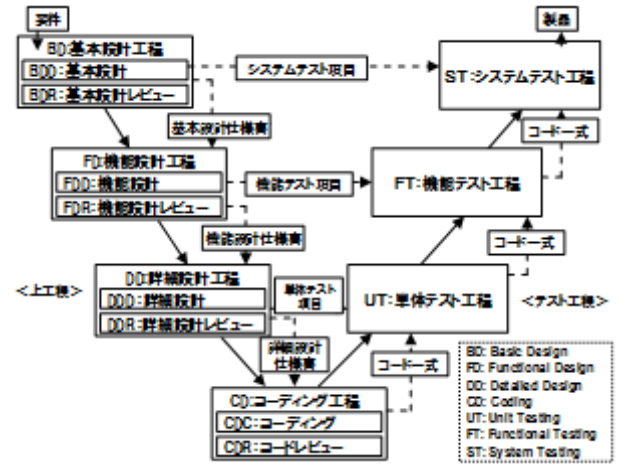


図1 開発プロセス

2.2 メトリクス

(1) 結果指標：生産性

ソースコード行数(行)を工数(人時)で割った値を生産性(行/人時)とする。

(2) 管理指標

各工程の生産性に影響を及ぼす管理指標の候補として、工程ごとのメトリクスを用いる。また先行研究[3][4]と同様に、ソースコード行数を基準尺度としたものは分析の対象から除外する。その一覧を表2に示す。

表2 管理指標

指標名	定義
上工程レビュー工数比 (%)	上工程の全工数に対する、上工程のレビュー工数の比率。
工数 (人時)	設計・開発・テスト、レビュー、管理などの工数の合計。工程ごとの指標も使用する。
レビュー工数 (人時)	レビューに要した工数。工程ごとの指標も使用する。
テスト項目数 (項目数)	テスト工程で実施するテスト項目数。工程ごとの指標も使用する。
テスト工数/テスト項目数 (人時/項目数)	テスト工数(人時)をテスト項目数(項目数)で割った値。テストの効率を表すと考えることができる。工程ごとの指標も指標する。

なお本報告では、データ公開方針の都合により、実データの中央値を100とした相対値に変換した値を用いている。

日本電気株式会社 ソフトウェア&システムエンジニアリング統括部
 NEC Corporation, Software and System Engineering Department

東京都港区芝 4-14-1 Tel: 080-9276-3394 e-mail:takuya.saito@nec.com
 4-14-1, Shiba, Minato-ku, Tokyo Japan

- 1) 日本電気株式会社 ソフトウェア&システムエンジニアリング統括部
 NEC Corporation, Software and System Engineering Department
- 2) 東洋大学 経営学部
 Faculty of Business Administration, Toyo University

【キーワード：】 小規模ソフトウェア開発, 品質管理, 品質分析, 生産性, 工程別メトリクス

2.3 データ

2019年度から2022年度までに実施されたウォータフォールによる弊社ソフトウェア開発プロジェクトのうち、5KL未満のプロジェクトを小規模ソフトウェアと定義し、この定義に当てはまるプロジェクトを対象とした。なお、プロジェクト特性（開発、システムインテグレーションなど）やプロジェクト種別（新規、改修、移行など）、主要言語などは様々であり、同質的なプロジェクトのみを含んだものではない。

2.4 分析方法

上工程レビュー工数比について、10%未満よりも10%以上の方が、生産性が高い要因となるメトリクスを探索的データ分析で導き出す。具体的な手法については、表2のメトリクスを用いて、Wilcoxonの順位和検定（以降、検定）によって10%以上と未満の2つの層の統計的な差異を確認し、有意な差があるメトリクスを導出する。なお有意水準は5%を使用する。

3. 分析結果

3.1 対象データ

対象データの開発規模の分布に違いがあると、分布の違いによる差異が検定によって検出される可能性があるため、事前に開発規模とPJ期間の分布を比較し、大きな差異がないことを検定によって確認した。また、齊藤他[3][4]の先行研究と同様に上工程レビュー工数比により生産性に有意な差があることを確認した。その結果を表3に示す。表中においてアスタリスク(*)を示した組み合わせが有意な差があり、それ以外はすべて有意な差はないである。

表3 上工程レビュー工数比による規模と生産性の差異

指標	上工程レビュー工数比	N	中央値	平均	標準偏差
開発規模 (行)	10%以上	515	100	110	78
	10%未満	197	90	110	85
PJ期間 (日)	10%以上	466	100	122	81
	10%未満	190	99	129	102
生産性 (行/人時)	10%以上	504	109(*)	154	232
	10%未満	197	89(*)	132	196

(*) 検定により有意差あり

3.2 各工程の工数

上工程レビュー工数比により、工程ごとの工数を確認した結果を表4に示す。上工程レビュー工数比10%以上は10%未満と比べて、すべての工程で工数の中央値が小さかった。またDDを除く6つの工程で有意な差が確認された。特にCD工程の工数差異が大きい。

表4 上工程レビュー工数比による工程別の工数比較（単位：人時）

上工程レビュー工数比	BD	FD	DD	CD	UT	FT	ST
10%以上	90(*)	92(*)	99	86(*)	94(*)	94(*)	90(*)
10%未満	115(*)	132(*)	118	149(*)	126(*)	119(*)	138(*)

(*) 検定により有意差あり

3.3 各工程のレビュー工数とテスト項目数

表5に示す通り、上工程レビュー工数比10%以上は10%未満と比べて、すべての工程でレビュー工数の中央値が大きかった。また上工程（BD, FD, DD, CD）は検定によりすべて有意な差が確認された。テスト工程（UT, FT, ST）はFTのみ有意な差が確認された。

表 5 上工程レビュー工数比による工程別のレビュー工数比較 (単位：人時)

上工程レビュー工数比	BD	FD	DD	CD	UT	FT	ST
10%以上	130(*)	115(*)	123(*)	122(*)	120	105(*)	110
10%未満	80(*)	58(*)	57(*)	66(*)	95	83(*)	86

(*) 検定により有意差あり

表 6 に示す通り、上工程レビュー工数比 10%以上は 10%未満と比べて、すべてのテスト工程でテスト項目数の中央値が大きかった。また UT, FT 工程は有意な差が確認された。

表 6 上工程レビュー工数比による工程別のテスト項目数 (単位：項目数)

上工程レビュー工数比	UT	FT	ST
10%以上	106(*)	118(*)	104
10%未満	82(*)	69(*)	87

(*) 検定により有意差あり

表 5 と表 6 の結果より、上工程レビュー工数比が 10%以上のプロジェクトは、レビュー・テストなどの品質活動全般を重視している傾向が確認できる。一方、品質活動を重視している中で、生産性が向上しており、その理由として以下のことが考えられる。

- ・レビューにより設計やコードの構造の質が上がり、効率的な開発やテストが実施できる。
- ・品質活動の重視の一活動として、ツールの適用なども推進しており、それにより効率化が促進されている

品質活動を重視する中で、生産性が向上する要因はいくつか考えられるが、次にレビューによりテストが効率化される結果を示す。

3.4 各工程のテストの効率化

レビューが生産性を向上する要因を確認するために、各工程のレビュー工数比に対して、テストの効率と考えられるテスト工数/テスト項目数を確認した。その結果が表 7 である。

表 7 各工程のレビュー工数比によるテスト工数/テスト項目数 (単位：人時/項目数)

BD レビュー工数比	N	UT	FT	ST
10%以上	141	100	86(*)	99
10%未満	53	79	132(*)	107

FD レビュー工数比	N	UT	FT	ST
10%以上	81	99	98	89
10%未満	116	93	89	106

DD レビュー工数比	N	UT	FT	ST
10%以上	411	91(*)	85(*)	84(*)
10%未満	163	137(*)	138(*)	160(*)

CD レビュー工数比	N	UT	FT	ST
10%以上	457	96(*)	91(*)	98
10%未満	191	137(*)	127(*)	104

(*) 検定により有意差あり

特に DD/CD レビュー工数比が 10%以上の場合に、UT/FT 工程のテスト工数/テスト項目数の効率が良い。その理由として以下が考えられる。

- ・レビューにより設計・コードの構造の質が上がり、効率的な開発やテストが実施できる。
- ・ツールの適用の効果が高いと考えられる DD/CD 工程の効率化が促進されている。
- ・小規模開発のため、DD/CD 工程のみのプロジェクトが多いため、その工程の効果が大きく出ている。

4. 考察と今後に向けて

4.1 考察

研究前の考察では、上工程レビュー工数比を確保することにより、上工程は工数がかかり、テスト工程などその後の工程で、工数が減少すると想定していた。結果からすべての工程で生産性が向上（工数が小さく）なっていることが確認された。また上工程レビュー工数比を 10%以上確保しているプロジェクトは、レビュー・テストなどの品質活動全般を重視していることが確認された。品質活動を重視している中で生産性が向上する要因として、テストの効率化が確認できた。特に DD/CD レビュー工数比が、DD/CD 工程のテスト工数/テスト項目数に寄与している。その理由としては以下が考えられる。

- ・レビューにより設計・コードの構造の質が上がり、効率的な開発やテストが実施できる。
- ・ツールの適用の効果が高いと考えられる DD/CD 工程の効率化が促進されている。
- ・小規模開発のため、DD/CD 工程のみのプロジェクトが多いため、その工程の効果が大きく出ている。

以上のことを踏まえると、上工程レビュー工数比を確保することによりテストの効率化につながり、生産性も向上することがわかる。特に小規模ソフトウェア開発においては、DD/CD 工程の効果が確認できた。品質向上として考えてきた上工程レビュー重視の開発は、生産性向上においても効果的なアプローチであると考えられる。

4.2 今後に向けて

品質重視が生産性にも寄与できていることが確認できた。ただし、生産性向上の要因はいくつか考えられ、直接的な要因までは明らかになっていない。今後はレビューの効果、ツールの効果など直接的に生産性に寄与している要因を明らかにしていきたい所存である。

5. 参考文献

- [1] 独立行政法人情報処理推進機構(2020). ソフトウェア開発データが語るメッセージ「設計レビュー・要件定義強化のススメ」. <https://www.ipa.go.jp/archive/files/000058505.pdf>
- [2] 柳田礼子・野中誠・菅田直美(2017). CMMI 成熟度レベル別に見たソフトウェア品質の良否にかかわる要因の複合的分析. SEC journal, 13(1), 8-15.
- [3] 齊藤拓也・上野拓也・谷口修・守屋整・野中誠(2023). 小規模ソフトウェア開発における品質・生産性向上のための定量分析. https://www.juse.jp/sqip/symposium/2023/timetable/files/A3-1_happyou.pdf
- [4] 野中誠・齊藤拓也(2023). 小規模ソフトウェア開発の品質・生産性向上に関わる要因分析. 研究報告ソフトウェア工学(SE), 2023(10), 1-4.
- [5] 丸山志保・柳田礼子(2017). レビュー重視と品質・生産性の関係分析 -品質と生産性の向上は両立するか-. <https://www.juse.jp/sqip/library/shousai/download/index.cgi/B2-3.pdf?id=354>
- [6] 菅田直美(2010). 「ソフトウェア品質会計」日科技連出版社, P22.