

プラットフォーム構築プロジェクトを対象とした品質管理指標の分析

Analysis of the quality control indicators for platform construction projects

日本電気株式会社 ソフトウェアエンジニアリング本部

NEC Corporation Software Engineering Division

○谷口修 上野 拓也¹⁾ 守屋 整¹⁾ 野中 誠²⁾

○Osamu Taniguchi Takuya Ueno¹⁾ Hitoshi Moriya¹⁾ Makoto Nonaka²⁾

Abstract In this paper, we report the results of analyzing 874 project data through three years with the aim of establishing quality control indicators for platform construction projects within our organization. As a result of the analysis, it was confirmed that the quality control indicators using the number of licenses of the master OS as a metric equivalent to scale, and normalizing the person-hours and the number of bugs, etc., could be used stably without major fluctuations over several years. In addition, the number of licenses of the master OS was separated into servers and clients, and as a result of multiple regression analysis using the person-hours of the project as an independent variable, it was available with the same level of prediction accuracy as in an existing study.

1. はじめに

システム稼働の基盤となるプラットフォームの設計と構築に要する工数は、アプリケーションソフトウェアの開発工数と並んで、システム開発プロジェクトの大部分を占めている。また、プラットフォームの品質も、ソフトウェアの品質と同様に重要な管理対象である。そのため、プラットフォーム構築プロジェクトの工数と品質を適切に管理する組織的な取り組みが求められる。

筆者らの組織では「ソフトウェア品質会計」^{[1][2]}を代表例として、ソフトウェア開発やシステムインテグレーション（SI）のプロジェクトを対象とした定量的品質マネジメントの仕組みが定着している^[3]。具体的には、ソフトウェア開発規模を主要な基準として、開発規模に対する工数や品質の状況を把握している。プラットフォーム構築プロジェクトについても開発規模に相当するメトリクスを設定し、定量的品質マネジメントを推進しているが、その指標としての妥当性と有効性の評価が十分に行われていたとはいえず課題であった。

筆者らは、プラットフォーム構築プロジェクトにおいても工数を実績データに基づいて計画し、品質状況を定量的に把握するための品質管理指標の確立を目指している。そして、この品質管理指標に基づく品質マネジメントを組織内に定着させ、プラットフォーム構築に関するプロジェクト管理の高度化を目標としている。そのためには、プラットフォーム構築プロジェクトの実績データに基づく実証分析を行い、品質管理指標としての有用性を示すことが求められる。本稿では、複数年にわたる 878 件のプラットフォーム構築プロジェクトの実績データを対象に、規模相当メトリクスとして妥当なものを選定し、これを基準とした品質管理指標の有用性について分析した結果を報告する。

日本電気株式会社 ソフトウェアエンジニアリング本部

Software Engineering Division, NEC Corporation

東京都港区芝 5-7-1 Tel: 03-3798-6968 e-mail: o-taniguchi@nec.com

5-7-1, Shiba, Minato-ku, Tokyo Japan

1) 日本電気株式会社 ソフトウェアエンジニアリング本部

Software Engineering Division, NEC Corporation

2) 東洋大学 経営学部

Faculty of Business Administration, Toyo University

【キーワード：】プラットフォーム構築、規模相当メトリクス、品質管理指標、経年分析

2. 既存研究

これまでにプラットフォーム構築に関わるプロジェクトマネジメントの事例^{[4][5][6]}や議論の成果^{[7][8]}などが示されているが、これらの多くは個別プロジェクトのマネジメントに関わるものである。組織レベルでの品質マネジメントの観点からは、プラットフォーム構築に関する組織レベルでの工数および品質管理の取り組みも求められる。

工数見積りモデルの構築は、組織レベルの品質管理の取り組みの一例である。ソフトウェアの工数見積りについては多くの研究と実践事例が報告されているが^{[9][10][11][12][13][14]}、プラットフォーム構築プロジェクトを対象としたものは少ない。プラットフォーム構築プロジェクトを対象としたものとして、金子^[15]は WBS (Work Breakdown Structure) をベースとした概算工数見積り手法を示している。ただし、筆者らの組織におけるソフトウェア開発規模を主要な基準とした管理手法との整合性を考慮すると、WBS ベースではなく、開発規模相当のメトリクスをベースとした手法に対するニーズがある。JUAS の研究会^[7]では CoBRA 法^[16]に基づくプラットフォーム構築プロジェクトの工数見積り方法について議論しているが、金子^[15]と同様に開発規模相当のメトリクスをベースとしておらず、また、実証データによる検証がなされていない。小澤^[17]は方式設計ポイントおよびサーバ構築ポイントをベースとした手法を提案しているが、実証データによる検証が十分に示されていない。井ノ口^[18]は論理サーバ数と非機能要求グレード^[19]などをベースとした工数見積りモデルを示しているが、品質と関連づけた分析がなされていない。

このような既存研究の動向を踏まえた上で、筆者らの組織内で蓄積したプラットフォーム構築プロジェクトデータを用いて実証分析し、品質管理指標の確立に向けた成果を報告することは、この分野における経験の蓄積に貢献するものと筆者らは考えている。

3. 調査データの概要

SI 領域におけるシステムは、サーバーや OS などのシステム基盤と、その上に構築される運用基盤や業務のアプリケーションなどから構成される。本稿が対象とするプラットフォーム構築のプロセスは、システム基盤や運用基盤の製品のインストールおよび設定と、それにとまなう設計や設定後の評価を含んでいる。

調査対象のデータとして、2013～2019 年度のプラットフォーム構築プロジェクトの実績データのうち、以降の分析に必要な項目が記載された 878 件を収集した。収集したデータのハードウェアおよび構成環境種別（オンプレ、クラウド等）の構成比率の経年推移を調べたところ、2017 年度以降は構成比率に大きな差異がないことを確認した。一方、2016 年度まではデータ提供部門に偏りがあったこと、2015 年度まではサンプル数がいずれも 100 件未満であったことから、以降では 2017～2019 年度の 538 件のデータを分析対象とする。

4. 分析

4.1 規模相当メトリクスの選定

分析対象のデータに含まれる規模相当メトリクスの候補は次の通りである。

- ・ハードウェア台数
- ・マスター OS のライセンス数
- ・パラメータ数（インストールする OS およびプログラム製品（PP）の設計パラメータ数の合計）

これらの規模相当メトリクスの候補と、プロジェクト全工数、ドキュメント量（ページ数）、全テスト項目数、品質（全新規バグ数）との相関係数を年度ごとに示したものを表 1 に示す。なお、後者の 4 変数を便宜上、目的変数と呼ぶ。目的変数と相関関係の強いものは、規模相当メトリクスとして妥当なものであると考えられる。ここで、相関係数はピアソンの積率相関係数に加えて、スピアマンの順位相関係数を並記している。プロジェクトのデータは一般に正規分布に従ったものとはならず、右に大きく歪んだ分布、すなわち、規模の小さなプロジェクトが多数あり、規模の大きなプロジェクトが少数ある傾向が見られるためである。表中の p 値は、スピアマンの順位相関係数についての無相関検定の結果を示している。

表 1 規模相当メトリクスと目的変数との相関

変数1 (※4)	変数2	2017年度			2018年度			2019年度		
		相関係数 R	Spearmanの 順位相関係数	p値	相関係数 R	Spearmanの 順位相関係数	p値	相関係数 R	Spearmanの 順位相関係数	p値
HW台数	全工数	0.16	0.41	<.0001	0.57	0.54	<.0001	0.10	0.59	<.0001
	ドキュメント量	0.49	0.47	<.0001	0.17	0.54	<.0001	0.04	0.53	<.0001
	全テスト項目数	0.26	0.51	<.0001	0.21	0.54	<.0001	0.14	0.48	<.0001
	全新規バグ数	0.62	0.47	<.0001	0.21	0.46	<.0001	0.15	0.49	<.0001
OS数	全工数	0.49	0.37	<.0001	0.62	0.53	<.0001	0.10	0.49	<.0001
	ドキュメント量	0.52	0.46	<.0001	0.14	0.57	<.0001	0.02	0.45	<.0001
	全テスト項目数	0.11	0.41	<.0001	0.11	0.53	<.0001	0.07	0.46	<.0001
	全新規バグ数	0.56	0.40	<.0001	0.39	0.45	<.0001	0.12	0.48	<.0001
パラメータ数	全工数	0.40	0.51	<.0001	0.16	0.46	<.0001	0.40	0.51	<.0001
	ドキュメント量	0.29	0.32	0.0005	0.52	0.40	<.0001	0.29	0.32	0.0005
	全テスト項目数	0.33	0.24	0.0094	0.42	0.37	<.0001	0.33	0.24	0.0094
	全新規バグ数	0.17	0.35	0.0002	-0.07	0.18	0.0195	0.17	0.35	0.0002

表 1 の通り、すべての項目において有意な相関があることが示された。このことから、ハードウェア台数、マスターOS のライセンス数、およびパラメータ数のいずれもが規模相当メトリクスとして妥当である可能性があるといえる。ただし、パラメータ数については、ドキュメント量、全テスト項目数および全新規バグ数との相関が他の規模相当メトリクスに比べて弱い傾向にあることが読み取れる。

表 1 に示した結果と、データ提供組織との議論などを踏まえた結果、マスターOS のライセンス数を主な規模相当メトリクスとして採用することが妥当であると判断した。その理由として、仮想化環境におけるプラットフォーム構築での工数の多くが仮想サーバに関する作業であり、ハードウェア台数よりもマスターOS のライセンス数の方が納得性が高いためである。また、パラメータ数については、表 1 に示した通り相関が他に比べてやや弱いことと、OS やプログラム製品によっては計測結果にばらつきが生じ、計測の信頼性に課題があることが指摘されていたことなどを考慮したためである。

4.2 品質管理指標の安定性評価

それぞれの目的変数のメトリクスを、選定した規模相当メトリクスであるマスターOS のライセンス数で割ることで、単位規模当たりの工数（工数/OS 数）、単位規模当たりのバグ数（バグ数/OS 数）といった品質管理指標を得る。そして、それぞれの品質管理指標の分布幅の推移を経年で見ることで、それらが一定の範囲に収まっていることを確認する。これにより、品質管理指標の安定性を確認する。

品質管理指標の分布幅の経年推移の一例として、工数/OS 数とバグ数/OS 数を図 1 の左と右にそれぞれ示す（縦軸の値は都合により非表示としている）。ここでは 2017～2019 年度だけでなく、2014 年以降のデータの分布幅を示している。図中の横線は、社内目標値の候補として示した参考の水準である。工数/OS 数とバグ数/OS 数のいずれも、四分位範囲については大きな変動がないことが読み取れる。また、中央値については、連続する 2 年間の組において、いずれも有意差がないことが確認された。このことから、品質管理指標の安定性は十分なものであると考える。

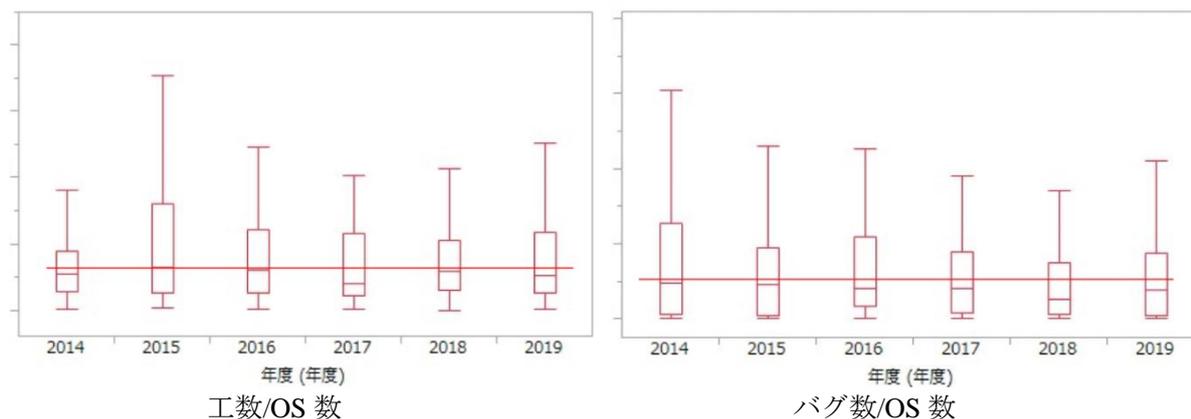


図1 品質管理指標の分布幅の経年推移

4.3 工数見積りへの適用可能性

ここでは、規模相当メトリクスとして選定したマスターOSのライセンス数が、工数見積りモデルの説明変数として妥当なものであることを確認する。その際、すべてのプラットフォーム構築プロジェクトのデータを対象に一律に扱うのではなく、特定の条件を満たしたセグメントのデータのみを対象にする。

その背景として、筆者らの組織では2017年度以降、マスターOSのライセンス数を基準とした単位規模当たりの工数、ドキュメント量、バグ数、レビュー工数、テスト項目数を品質管理指標として提示し、見積りへの参考として各組織に提供してきた。その際、プラットフォームの構成の差異によって参考値を変えて提示することはしていなかった。しかし、プラットフォームの構成、すなわちサーバ、クライアント、ネットワーク、ストレージ等の構成数、さらにはハードウェア種別や構成環境はプロジェクトによって差異がある。このようにプラットフォーム構築プロジェクトにおいては複数の条件が混在しており、このことが工数見積りを困難なものとしていた。

データを抽出する条件として、次を設定した。

- ・ハードウェアおよび構成環境がほぼ同様の2017～2019年度のデータを使用する
- ・その上で、ハードウェア種別や構成環境の差異による工数の違いを確認する (4.3(1)参照)
- ・サーバ、クライアント、ネットワーク、ストレージ等に設定されるOS数に基づき、分析対象とするセグメントを特定する (4.3(2)参照)

(1) HW種別や構成環境の違いによる工数の比較

2017～2019年度のデータにおいて、ハードウェア種別や構成環境の単位規模当たりの工数の差異を調べる。図2に、ACOSにて構成されるものと、ACOS以外のサーバをさらにオンプレとクラウドに分類した上で、マスターOSのライセンス数を基準とした工数の比較結果を示す(縦軸の値、および中央値は都合により非表示としている)。比較の結果、それぞれの構成において工数/OS数の中央値に乖離があり、いずれも有意差があることが確認された。このため、ハードウェア種別および構成環境に分けて以降の分析を行う。その際、サンプル数が290件ともっとも大きいオンプレを以降の分析対象とする。

(人H/OS) 全工数/OS



図2 ハードウェア種別や構築環境の違いによる工数/OS 数の比較

(2) セグメントの特定、OS 数の制限

オンプレに相当する 290 件のデータについて、特定の同一組織から提供され、類似開発の経験があり、信頼性要求水準が TypeII 以下であり、かつ新規構築プロジェクトという条件をすべて満たした 127 件のデータを抽出した。さらに、外れ値と呼ぶべきデータを除外するために、このデータについて、サーバ、クライアント、ネットワーク、ストレージのそれぞれにインストールし設定作業を行う OS 数の分布を図 4 に示す。それぞれの OS 数が 10 以下（図 3 の赤枠部分）のデータは 114 件あり、抽出した 127 件のサ 90%以上を占めている。以降では、この 114 件のデータを対象に分析する。

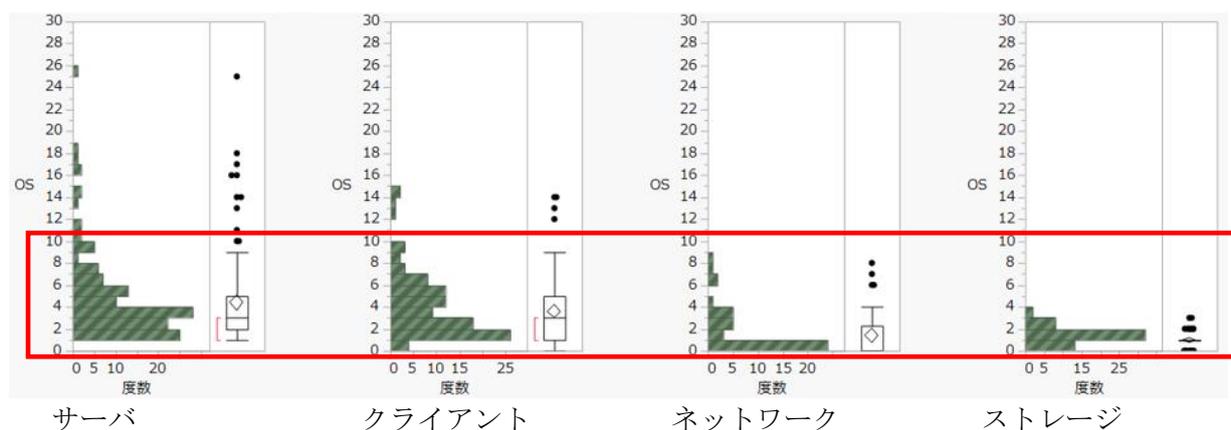


図3 構成要素数ごとの設定 OS 数の分布

(3) 重回帰分析

前述の通り絞り込んだ 114 件のデータに対して、サーバ、クライアント、ネットワーク、ストレージのそれぞれに設定される OS 数を説明変数とし、工数を目的変数とした重回帰分析を行った。その結果、回帰係数において有意な値が得られたのは、サーバ設置 OS 数とクライアント設置 OS 数のみであった。そこで、サーバ設置 OS 数およびクライアント設置 OS 数のみで再度、重回帰分析を行い、式(1)に示す重回帰モデルを得た。

$$\text{予測工数} = \alpha \times \text{サーバ設置 OS 数} + \beta \times \text{クライアント設置 OS 数} + \gamma \quad (1) : \text{線形モデル}$$

また、各メトリクスを対数変換し、同様に式(2)に示す重回帰モデルを得た。

$$\text{予測工数} = \gamma' \times \text{サーバ設置 OS 数}^{\alpha'} \times \text{クライアント設置 OS 数}^{\beta'} \quad (2) : \text{対数モデル}$$

予測工数と実績工数のグラフを図 4 に示す。図 4 の左は式(1)の線形モデル、図 4 の右は式(2)の

対数モデルである。

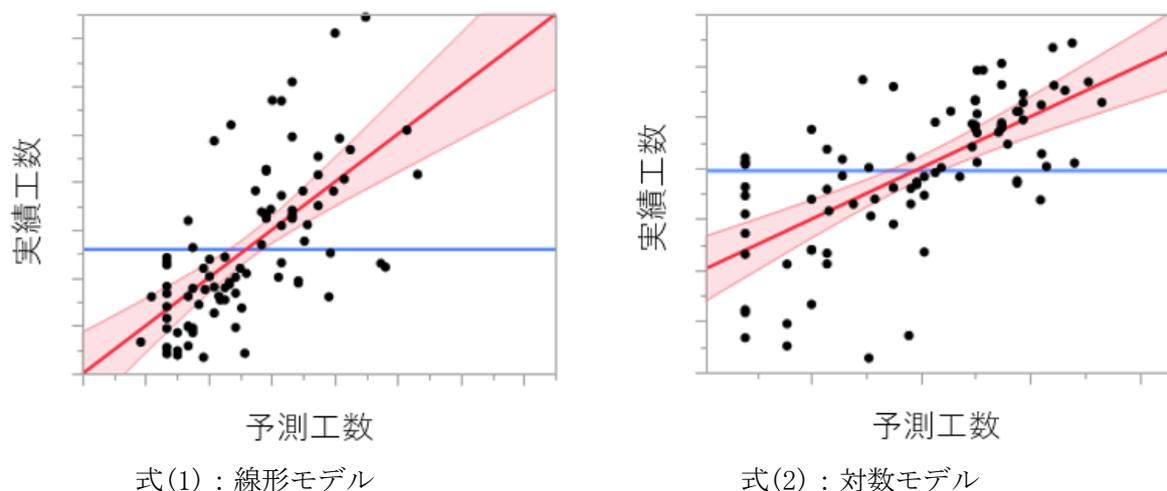


図4 予測工数と実績工数との散布図

また、予測精度の妥当性検証のため、工数予測モデルの妥当性評価において一般に利用される MdMRE と Pred25 を基準とする。

- ・MdMRE (Median of MRE): 下記の式(3)で相対誤差(MRE: Magnitude of Relative Error)を算出し、対象プロジェクトの中央値を算出したもの

※MRE の値域は 0~∞であり、値が小さいほど精度が高い

$$\text{MRE} = | \text{実績工数} - \text{予測工数} | / \text{実績工数} \quad (3)$$

- ・Pred25 : MRE が 0.25 以下で予測されたプロジェクト数の割合
- ※Pred25 の値域は 0~100%で値が大きいほど精度が高い

MdMRE と Pred25 による評価結果と、既存研究^[18]との比較結果を表2に示す。

表2 既存研究^[18]との予測精度の比較

モデル	本論文		既存研究 ^[1]		
	式(1):線形モデル	式(2)対数モデル	-		
データ年度	2017~2019		2008	2009~2011	2012
サンプル数	114		10	33	43
MdMRE	0.36	0.34	0.31	0.46	0.34
Pred25	36%	39%	40%	33%	44%

比較の結果、MdMRE、Pred25 とともに、既存研究^[18]と同等レベルの予測精度が得られており、実用に耐えうるモデルを構築できたと考えられる。

5. 考察

特定の条件下（オンプレ、特定の組織、類似開発の経験あり、信頼性要求水準 TypeII 以下、新規構築、サーバ、クライアントの OS 数制限）ではあるが、実務に活用可能なレベルでの工数予測が可能であることを確認した。これはプラットフォーム構築において工数に関する要因が複雑に絡み合っているため、条件を限定することで説明変数の影響が主要因となり、かつ統計的に

意味のあるサンプル数のデータを活用できたためと思われる。他の特定の条件にて同様の分析を試みたが、サンプル数が少なく、実用に耐える結果とはならなかった。このため、他の条件で工数を推定する場合、今回提示した計算式(例えば式(2))を用い、異なる条件での統計的結果を追加して考慮する方法が考えられる。例えば、4.3(1)の結果から、オンプレよりクラウドの方が単位 OS 数あたりの工数が低いことがわかっている。このため、式(2)を使い工数を計算し、その結果に対して、工数を減らす(例えば、4.3(1)の図3において、単位 OS 数あたりの工数が、オンプレの半分がクラウドだとすれば、工数を半分にする)等が考えられる。他にも、開発経験者の工数は開発未経験者より低いことが分析において分かっており、同様に活用等が可能である。ただし、クラウドにおいては、サーバとクライアントによる影響が異なることが考えられ結果に注意が必要である。

また、指標値算出において、工数だけでなく、ドキュメント量(页数)、テスト項目数、レビュー工数、バグ数についても単位 OS 数あたりの品質管理指標の参考値として提示している。今後の分析においては、工数の見積りの手法を用いて、他の品質管理指標の高精度化を検討している。

加えて、近年のプラットフォーム構築の構成において、クラウドが伸張し、また自動構築の活用が活発である。特に自動構築による工数削減の効果の見積り等の問い合わせが多い。従来のプラットフォーム構築のデータを活用しつつ、特徴にあわせモデルを変え高精度に各メトリクスを算出する方法を今後検討する。

6. まとめ

本取り組みでは、プラットフォーム構築プロジェクトの品質管理指標を確立することを目的として、2013年から2019年までの実績データ878件の分析を行った。その結果、マスターOSのライセンス数を規模相当メトリクスとし、工数やバグ数などを正規化することで品質管理指標として利用できる可能性を示すことができた。工数、バグ数、ドキュメントページ数、およびテスト項目数は、品質計画の段階で適切な値を示すことが望ましく、また、プロジェクトの進行に応じて推移を把握し、社内基準値や他のプロジェクトと比較しながらプロジェクト管理に活用することが求められる。マスターOSのライセンス数で正規化した品質管理指標を用いることで、これらのニーズに応えることができるものと期待できる。

また予測工数の算出においては、限定的であるが、マスターOSのライセンス数をサーバとクライアントに分けて集計したものをそれぞれ説明変数とし、プロジェクトの実績工数を目的変数とした重回帰分析を114件のデータからなるセグメントに対して行った結果、既存研究^[18]と比べて同等程度の予測精度を得ることができた。

今後、組織内への普及と促進を図り、プラットフォーム構築に関するプロジェクト管理のさらなる高度化を目指していきたいと考えている。

ソフトウェア開発を対象とした工数見積りや品質指標に関する研究や事例報告は多数あるが、プラットフォーム構築を対象としたものは筆者らの知る範囲においては限定的なものしか報告されていない。本報告が、プラットフォーム構築プロジェクトの定量的品質マネジメントを模索している方々の参考になれば幸いである。

参考文献

- [1] 菅田直美. (2010). ソフトウェア品質会計: NEC の高品質ソフトウェア開発を支える品質保証技術. 日科技連出版社.
- [2] 菅田直美, 山田茂. (2013). ソフトウェア品質会計による高品質ソフトウェア開発の実現. コンピュータ ソフトウェア, 30(2), 2_66-2_82.
- [3] 宮崎義昭, 菅田直美. (2017). NEC における定量的管理: ソフトウェア品質会計と NEC データ白書に基づく改善活動の展開 (特集 ソフトウェア開発の定量的管理). SEC journal, 13(3), 36-39.
- [4] 伊藤陽子. (2019). オフショア開発を成功に導くためのシステム基盤開発における品質マネジメント. プロジェクトマネジメント学会 2019 年度春季研究発表大会予稿集, 116-121.
- [5] 浅井宏司. (2019). アプリケーション構築の観点から見るインフラ構築のプロジェクトマネジメント

- ト. プロジェクトマネジメント学会 2019 年度秋季研究発表大会予稿集, 97-101.
- [6] 新谷良輔. (2019). 金融機関の基盤構築プロジェクトにおける品質リスクの考察. プロジェクトマネジメント学会 2019 年度秋季研究発表大会予稿集, 426-431.
- [7] 一般社団法人日本情報システム・ユーザ協会 (JUAS). (2018). 2017 年度 IT インフラ研究会活動報告. https://www.juas.or.jp/cms/media/2017/04/17_infra.pdf (2021 年 7 月 30 日参照).
- [8] 一般社団法人日本情報システム・ユーザ協会 (JUAS). (2020). 2019 年度 IT インフラ研究会活動報告. https://juas.or.jp/cms/media/2020/05/19_it-infra.pdf (2021 年 7 月 30 日参照).
- [9] Jorgensen, M., & Shepperd, M. (2006). A systematic review of software development cost estimation studies. *IEEE Transactions on software engineering*, 33(1), 33-53.
- [10] Kitchenham, B. A., Mendes, E., & Travassos, G. H. (2007). Cross versus within-company cost estimation studies: A systematic review. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 33(5), 316-329.
- [11] 野中誠. (2008). ソフトウェア開発コスト予測研究の動向と課題. ソフトウェアエンジニアリング最前線 2008, 33-40.
- [12] Keung, J. (2009). Software development cost estimation using analogy: a review. 2009 *Australian Software Engineering Conference* (pp. 327-336). IEEE.
- [13] Shekhar, S., & Kumar, U. (2016). Review of various software cost estimation techniques. *International Journal of Computer Applications*, 141(11), 31-34.
- [14] Bilgaiyan, S., Sagnika, S., Mishra, S., & Das, M. (2017). A Systematic Review on Software Cost Estimation in Agile Software Development. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 10(4).
- [15] 金子美和. (2011). 大規模 IT インフラ構築プロジェクトにおける概算工数見積り手法 : カスタマイズ可能なモデルとしての提案. プロジェクトマネジメント学会 2011 年度春季研究発表大会予稿集, 373-378.
- [16] Briand, L. C., El Emam, K., & Bomarius, F. (1998). COBRA: a hybrid method for software cost estimation, benchmarking, and risk assessment. *Proceedings of the 20th international conference on Software engineering* (pp. 390-399). IEEE.
- [17] 小澤良男. (2007). システム基盤設計構築における見積もり手法の確立. *NRI 技術創発*, 9, 70-85.
- [18] 井ノ口伸人, 大杉直樹, 伏田享平ほか. (2015). システム基盤構築工数見積りモデルの継続的改善と普及展開. *情報処理学会論文誌*, 56(2), 637-648.
- [19] 独立行政法人情報処理推進機構. (2018). 非機能要求グレード 2018 改訂情報. <https://www.ipa.go.jp/files/000066170.pdf> (2021 年 7 月 30 日参照).