

# プロセス標準化に着目したソフトウェア保守ベンチマーク構築の試み

## A Challenge to Build Benchmarks for Software Maintenance Efficiency Focusing on Process Standardization

角田 雅照\* 門田 暁人† 松本 健一‡ 高橋 昭彦§ 押野 智樹¶

あらまし 本研究では、ソフトウェア保守における作業効率のベンチマークを構築することを目指し、保守プロセスの標準化状況（プロセス標準化済、未標準化など）を中心に分析し、作業効率との関連を明らかにするとともに、標準化状況で層別した場合の作業効率の分布を図示する。分析では、技術者あたりのプログラム修正本数と保守工程に占める修正実施工程の割合を、作業効率を示す指標とみなした。分析の結果、プロセス標準化状況と作業効率との関連が見られ、プロセス標準化済組織の作業効率が高い傾向が見られた。

### 1 はじめに

近年、ソフトウェア保守の実施割合が増加しており、それに伴い保守コストも増加傾向にある。ソフトウェアは運用される過程において、ビジネス環境の変化により、機能の拡張、修正が必要となる。保守とは、リリース後の欠陥を除去することだけでなく、それらも含んだ作業であり、是正保守、予防保守、適応保守、完全化保守の4つに分類される [7]。保守では、ソフトウェア開発企業（保守受託企業）とユーザ企業・組織（保守委託企業）間で契約を結ぶことが多いが、前述のコスト増加に伴い、契約の妥当性（契約期間中の作業効率が低くないかなど）を判断するための資料の必要性が高まっている。

本研究では、保守契約の妥当性判断に用いる資料として、保守作業効率のベンチマーク（業界標準と比較するための基準値 [3]）を構築することを試みる。そのためには、複数の組織から収集されたデータ（企業横断的データ）を用い、かつ作業効率に影響する要因（例えばシステム構成など）で層別した基準値を示す必要がある。そこで保守プロセスの標準化状況（プロセス標準化済、未標準化など）を中心に分析を行い、作業効率との関連を明らかにするとともに、標準化状況で層別した場合の作業効率の分布を図示する。分析対象のデータ件数は、ベンチマークとして汎用的に用いるには十分ではなく、本研究で示す作業効率の分布を絶対視すべきではないが、保守に関する企業横断的データの分析事例は少なく、有用性が高いと考える。

分析に際し、技術者あたりのプログラム修正本数を作業効率とみなした（数値が大きいほど作業効率が高いとみなす）。修正プログラム行数や修正ファンクションポイントを用いる方がより適切であるが、欠損値が多かったため用いなかった。修正本数は修正行数などに比べて保守委託企業が把握しやすいため、委託企業がベンチマーク参照をしやすくなるという利点がある。

分析結果を補強するために、保守工程に占める修正実施工程の割合を、作業効率を間接的に示す指標であるとみなした分析も行った。修正実施比率は作業効率を直接示すわけではないが（一般に、作業効率は成果物÷作業工数で定義される）、比

\*Masateru Tsunoda, 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

†Akito Monden, 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

‡Ken-ichi Matsumoto, 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

§Akihiko Takahashi, 財団法人経済調査会 経済調査研究所

¶Tomoki Oshino, 財団法人経済調査会 経済調査研究所

率が高いほど多くのプログラムを修正できると考え、分析に含めた。

以降、2章で分析の概要について説明する。3章で技術者あたりプログラム修正本数に関する分析について、4章で修正実施比率に関する分析について述べる。5章で関連研究について説明し、最後に6章でまとめを述べる。

## 2 分析の概要

### 2.1 分析対象データ

分析対象のデータは、財団法人経済調査会によって2007年度に83組織から収集された。各組織における代表的な事例1つに関するデータを（数値は直接、その他の項目は選択肢から）記入してもらった。78件が事務系のシステムの事例、また46件が定額契約（一定期間の保守業務を一定の金額で契約 [8]）の事例である。調査は、主に保守を委託する組織に対して行われた。

各項目の詳細を表1に示す。問題把握・修正分析などの各工程の定義は、共通フレーム2007 [5]に従っている。人的要因からツール要因の各項目（まとめて生産性変動要因と呼ぶ）は、文献 [8]に基づいて定義された項目であり、3段階で評価される（値が小さいほど要求が厳しい）。

表1 分析を行った各項目の詳細

項目名	詳細
標準化状況	ソフトウェア保守プロセスの標準化の状況（標準化済、標準化作業中/作業予定、未標準化）。この項目のみ、組織全体における標準化の状況を表す（その他の項目は個別の事例における状況を表す）
システム構成	保守対象のソフトウェアが動作するシステムの構成（クライアントサーバ、Web系、メインフレーム）。1つの事例が複数のシステム構成を持つ（例えば、メインフレームとWeb系など）こともある
問題把握・修正分析比率	保守工程に占める問題把握・修正分析の工程の割合
修正実施比率	保守工程に占める修正実施の工程の割合
レビュー・受入れ比率	保守工程に占めるレビュー・受入れの工数の工程の割合
母体プログラム本数	保守対象のソフトウェア（母体）のプログラム本数
修正プログラム本数	保守を実施したプログラムの本数
技術者数	受託者側の常駐しているソフトウェア保守技術者の要員数
技術者あたり修正本数	修正プログラム本数÷技術者数
人的要因	保守プロジェクトあるいは保守組織の大きさと熟練度に関する要求の厳しさ
問題要因	対象とする問題の型と重要度、要求仕様の構成、問題解の制約、波及度合いに関する要求の厳しさ
プロセス要因	要求仕様言語、設計/プログラミング言語、開発方法論に関する要求の厳しさ
プロダクト要因	対象システムの信頼性、規模、効率、制御構造、複雑度に関する要求の厳しさ
資源要因	対象とするハードウェア、期間、予算に関する要求の厳しさ
ツール要因	ライブラリ、コンパイラ、テストツール、保守ツール、リバースエンジニアリングツールに関する要求の厳しさ

### 2.2 分析方法

分析では、標準化状況に加え、システム構成、生産性変動要因、母体プログラム本数、技術者数と、作業効率との関連を示した。作業効率とある項目との関連が見られた場合、影響を除外するために、その項目で層別した分析も行った（例えばシステム構成で層別して、標準化状況と作業効率との関連を分析した）。データには欠損値が含まれていたため、分析によってデータ件数が異なっている。

外れ値の影響を避けるために、代表値として中央値を用い、差の検定にはマン・ホイットニーのU検定を用いた。同様の理由で、比例・間隔尺度間の分析には、スピアマンの順位相関係数（以降、単に相関係数と記述する）を用いた。また、名義尺度と比例・間隔尺度間の分析には、箱ひげ図を用いた。図のひげは四分位範囲の1.5倍以内の値で最大と最小のケース、丸印は四分位範囲から1.5倍以上離れたケース、星印は3倍以上離れたケースを示す。図の可読性を高めるため、一部の外れ値は省略した。有意水準は5%とした。

### 3 技術者あたり修正本数の分析

#### (1) 母体プログラム本数、技術者数との関連

母体プログラム本数（保守対象のソフトウェア（母体）のプログラム本数）や技術者数などを分析した結果、以下の傾向が見られた。

- 技術者数が多いほど、修正プログラム本数も多い（相関係数 0.56,  $p$  値=0.03）。
- 母体プログラム本数は、技術者数の多寡に強く結びついていない（相関係数 0.23,  $p$  値=0.30）。
- 技術者数の多寡は、技術者あたり修正本数に影響を与えていない（相関係数 0.03,  $p$  値=0.92）。すなわち、同程度の作業量（修正本数）を少数の技術者でこなしているために、結果的に作業効率が高くなっているわけではない。

母体プログラム本数は、修正プログラム本数、技術者あたり修正本数と正の相関があった（前者の相関係数 0.70,  $p$  値は 0.00, 後者はそれぞれ 0.60, 0.02）。母体プログラム本数が多いと、修正プログラム本数も多くなり、その結果、技術者あたり修正本数が多くなっている可能性もある。そこで、母体プログラム本数あたりの修正本数（修正プログラム本数÷母体プログラム本数）を技術者数で除した、母体・技術者あたり修正本数を加えて分析する。

#### (2) システム構成との関連

技術者あたり修正本数（図 1）の箱の位置及び中央値は、メインフレームが最も大きく、Web系が最も小さかった。母体・技術者あたり修正本数（図 2）についても、値にばらつきがあるがメインフレームが最も大きくなっていた（ただし中央値に有意差があるとはいえなかった）。今後さらにデータを増やして分析を行う必要があるが、技術者あたり修正本数を比較する際には、システム構成を考慮したほうがよいと考えられる。

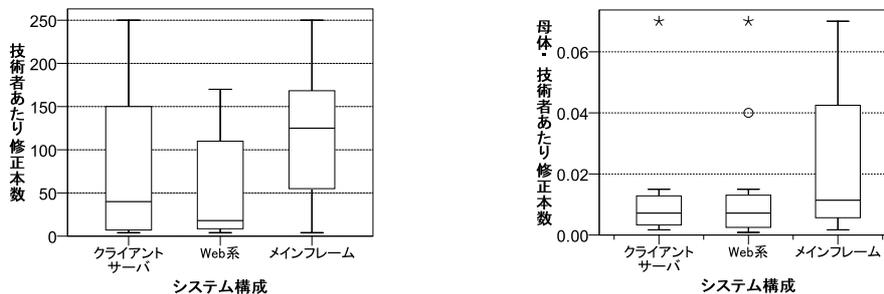


図 1 システム構成別 技術者あたり修正本数 図 2 システム構成別 母体・技術者あたり修正本数

#### (3) 標準化状況との関連

技術者あたり修正本数、母体・技術者あたり修正本数は、値にばらつきはあるが、どちらも標準化済組織のほうが箱の位置及び中央値が大きかった（図 3, 4）。前者は、標準化済と標準化作業予定の組織で有意差がなかったが（ $p$  値=0.11）、後者では有意差があった（ $p$  値=0.02。比較可能なデータが 1 件のみだったため、未標準化組織は分析対象外とした）。よって、標準化状況と技術者あたり修正本数には関連があると考えられる。

紙面の都合上、図は省略するが、システム構成で層別して分析した場合も、（メインフレームでの技術者あたり修正本数を除き）標準化組織の母体・技術者あたり修正本数、技術者あたり修正本数が多い傾向が見られた。同様に標準化状況で層別した場合、メインフレームの母体・技術者あたり修正本数、技術者あたり修正本数が多い傾向が見られた。層別後の各グループのデータ件数が少ないことに留意すべき

であるが、技術者あたり修正本数に対し、システム構成と標準化状況の両方が影響していると考えられる。

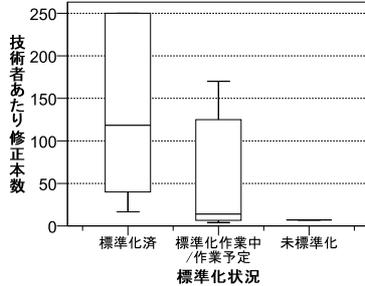


図3 標準化状況別 技術者あたり修正本数

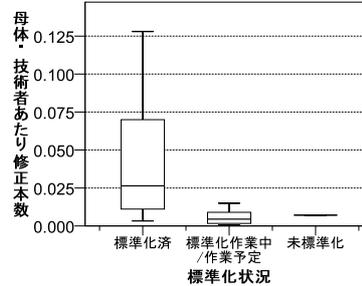


図4 標準化状況別 母体・技術者あたり修正本数

#### (4) 生産性変動要因との関連

生産性変動要因と、技術者あたり修正本数、母体・技術者あたり修正本数との相関係数を表2に示す。問題要因と技術者あたり修正本数の相関係数は比較的大きかったが、母体・技術者あたり修正本数との相関係数は小さく、この分析からは問題要因との関連については結論づけられなかった（後述する修正実施比率とは関連が見られた）。その他の要因については、相関係数が小さいか関連の傾向が一貫しておらず、技術者あたり修正本数と関連があるとはいえなかった。

表2 生産性変動要因と技術者あたり修正本数との相関係数

		人的要因	問題要因	プロセス要因	プロダクト要因	資源要因	ツール要因
技術者あたり 修正本数	相関係数	-0.09	0.38	0.20	0.32	-0.02	0.07
	有意確率	76%	20%	51%	29%	96%	81%
	件数	13	13	13	13	13	13
母体・技術者 あたり修正本数	相関係数	-0.26	-0.10	-0.23	-0.01	0.06	0.00
	有意確率	39%	74%	46%	97%	85%	100%
	件数	13	13	13	13	13	13

## 4 修正実施比率の分析

### (1) 技術者あたり修正本数、技術者数、母体プログラム本数との関連

技術者あたり修正本数、母体・技術者あたり修正本数と、修正実施比率との相関係数はそれぞれ0.43、0.30であった（ただし有意ではない）。よって、作業効率と関連を持つとみなすのは、ある程度妥当であると考えられる。また、技術者数、母体プログラム本数との関連は特に強くなく（各相関係数0.20、0.26、有意ではない）、これらは修正実施比率の影響要因として考慮しなくてよいと考えられる。

### (2) システム構成との関連

システム構成別の修正実施比率を図5に示す。箱の位置及び中央値を比較すると、システム構成によって大きな差がなく、システム構成は修正実施比率に大きな影響を与えていないと考えられる。

前述のシステム構成による技術者あたり修正本数の差は、開発言語の特性が影響している可能性がある（最も利用されている開発言語は、メインフレームでCOBOL、クライアントサーバでVisual Basic、Web系でSQLであった）。すなわち、技術者あたり修正本数の比較では、システム構成を考慮する必要があるが、その他の指標を作業効率に用いる場合、必ずしも考慮する必要がない可能性がある。

### (3) 標準化状況との関連

標準化状況別の修正実施比率の箱ひげ図（図6）より、標準化が進んでいると、修正実施比率が高い傾向があることがわかる。また、標準化済と未標準化の比率の差は統計的に有意であった（ $p$  値=0.01）。よって、修正実施比率と保守プロセスの標準化状況の関連は明確であり、技術者あたり修正本数との分析結果も考慮すると、標準化状況と作業効率には関連があるといえる。

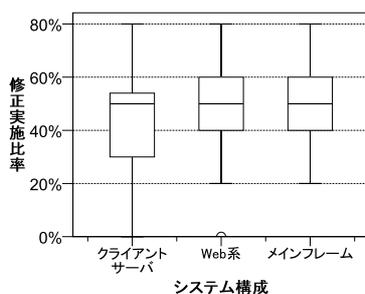


図5 システム構成別 修正実施比率

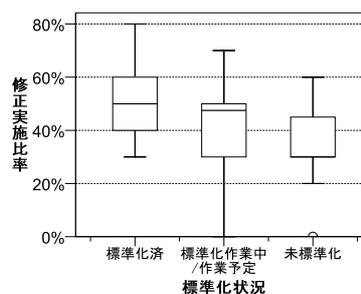


図6 標準化状況別 修正実施比率

### (4) 生産性変動要因との関連

生産性変動要因と修正実施比率との相関係数を表3に示す。問題要因と修正実施比率との相関係数が比較的大きく、かつ統計的に有意であった。問題要因が厳しい場合、プログラム修正時に問題把握・修正分析やレビュー・受入れに手間が掛かる（これらの工程の割合が増える）ため、修正実施比率が低くなっていると考えられる。その他の生産性変動要因と修正実施比率とは関連が見られなかった。

紙面の都合上、詳細は省略するが、標準化状況で層別した場合の、問題要因と修正実施比率の相関係数を確かめると、標準化状況に関わらず、一貫して正の相関が見られた（相関は必ずしも有意ではない）。また、問題要因で層別して標準化状況別の修正実施比率の箱ひげ図を作成すると、グループ（箱）によってデータ件数が少ない場合があるが、おおむね標準化が進んでいるほうが、修正実施比率が高い傾向が見られた。すなわち、修正実施比率は、問題要因と標準化状況の両方と関連があるといえ、前述の技術者あたり修正本数との分析結果と合わせると、問題要因は作業効率に何らかの影響を与えていると考えられる。

表3 生産性変動要因と修正実施比率との相関係数

	人的要因	問題要因	プロセス要因	プロダクト要因	資源要因	ツール要因
相関係数	0.02	0.36	0.10	-0.04	0.27	0.18
有意確率	90%	2%	55%	79%	10%	25%
件数	39	40	40	40	40	40

## 5 関連研究

ソフトウェア保守に関する企業横断的データを用いて、ベンチマークの確立を試みた事例は非常に少ない。経済産業省と日本情報システム・ユーザ協会との調査では、企業横断的データを用い、技術者あたりの保守対応件数を作業効率とみなして、業種別の技術者あたり対応件数を示している [4]。ただし、標準化状況と作業効率の関連については明らかにされていない。

ソフトウェア保守工数見積りに関する研究は数多く行われている [1, 2, 6, 9] が、企業横断的データを用いていないため、ベンチマーク確立には至っていない。また、

保守プロセスの標準化状況と作業効率（工数）との関係について、詳細な分析を行っていない。これらの研究は、少数の組織から収集されたデータを用いており、標準化状況と作業効率との関連を分析できないためであると考えられる。

標準化状況以外の項目については、いくつかの研究で保守の作業効率との関連について分析されている。母体ソフトウェアの規模については、Jørgensen がある企業のデータを分析し、作業効率に関連がないことを示している [6]。また、開発言語（第3世代言語と第4世代言語）によって、作業効率に違いがないことを示している。生産性変動要因については、類似の概念（技術的要因、人的要因など）の変数が、Ahn らの保守工数見積モデルに含まれている [1]。

標準化状況については、横田の調査において、保守作業標準化が業務改善に有効であることがアンケート結果に基づき示されているが [10]、作業効率の実データに基づいた分析は行われておらず、ベンチマークに利用できる数値も示されていない。

## 6 おわりに

本研究では、ソフトウェア保守における作業効率のベンチマーク構築を目指し、技術者あたりプログラム修正本数と、保守工程における修正実施工程の比率を、作業効率を直接的、または間接的に表す指標とみなし、分析を行った。分析では83組織から収集された企業横断的データを用いて、保守プロセスの標準化状況（プロセス標準化済、未標準化など）と作業効率に関連があることを明らかにするとともに、標準化状況で層別した場合の作業効率の分布を図示した。また、システム構成は技術者あたりプログラム修正本数と、問題要因（対象とする問題の波及度合いに関する要求の厳しさなど）は技術者あたりプログラム修正本数と修正実施比率とに関連があるが、これらを考慮しても標準化状況が作業効率と関連があることを示した。

今後の課題は、より多くのデータを用いて分析を行い、ベンチマークの信頼性を高めるとともに、作業効率と関連の強い項目を明確にすることである。

**謝辞** 本研究の一部は、「次世代 IT 基盤のための研究開発」の委託に基づいて行われた。また、本研究の一部は、文部科学省科学研究補助費（若手B:課題番号 22700034）による助成を受けた。

## 参考文献

- [1] Y. Ahn, J. Suh, S. Kim, and H. Kim: The software maintenance project effort estimation model based on function points, *Journal of Software Maintenance: Research and Practice*, vol.15, no.2, pp.71-85, 2003.
- [2] 早瀬康裕, 松下誠, 楠本真二, 井上克郎, 小林健一, 吉野利明: 影響波及解析を利用した保守作業の労力見積りに用いるメトリックスの提案, *電子情報通信学会論文誌 D*, vol.J90-D, no.10, pp.2736-2745, 2007.
- [3] C. Lokan, T. Wright, P Hill, and M. Stringer: Organizational Benchmarking Using the ISBSG Data Repository, *IEEE Software*, vol.18, no.5, pp.26-32, 2001.
- [4] 日本情報システム・ユーザー協会 編: ソフトウェアメトリックス調査 2008, 日本情報システム・ユーザー協会, 2008.
- [5] 情報処理推進機構ソフトウェアエンジニアリングセンター 編: 共通フレーム 2007-経営者、業務部門が参画するシステム開発および取引のために, オーム社, 2007.
- [6] M. Jørgensen: Experience With the Accuracy of Software Maintenance Task Effort Prediction Models, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol.21, no.8, pp.674-681, 1995.
- [7] 日本規格協会: JIS X 0161 ソフトウェア技術-ソフトウェアライフサイクルプロセス-保守, 日本規格協会, 2008.
- [8] ソフトウェア・メンテナンス研究会: 第4年度 ソフトウェア・メンテナンス研究会報告書, ソフトウェア・メンテナンス研究会, 1995.
- [9] 和佐野哲男, 小林吉純: ソフトウェアの機能変更と移植における生産性モデル, *電子情報通信学会論文誌 D-I*, vol.J77-D-1, no.8, pp.567-576, 1994.
- [10] 横田隆夫: ソフトウェア保守環境の調査と改善事例, *プロジェクトマネジメント学会誌*, vol.5, no.2, pp.40-44, 2003.