

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：25301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K15975

研究課題名(和文) 激しく変化するソフトウェア産業での適用を見据えた工数見積もりモデルに関する研究

研究課題名(英文) A study on effort estimation models for lively changing software industries

研究代表者

天崎 聡介 (Amasaki, Sousuke)

岡山県立大学・情報工学部・助教

研究者番号：00434978

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェア工数見積もりモデルを構築する際に使用するプロジェクトデータの「鮮度」を適切に設定することで見積もり精度が向上できることを複数の工数見積もりモデルを用いて明らかにした。また、「鮮度」の設定が有効でない組織について、先行研究で推測されていた要因がその原因ではないことを示した。これらの知見を踏まえ、工数見積もりを実施する際に、プロジェクトデータの「鮮度」を考慮して工数の見積もりを行うべきか自動で判別する手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：This study first revealed that using recent project data and throwing away old project data could contribute to improving the estimation accuracy of software effort estimation models with empirical studies on multiple estimation models. On a negative case where the focus on the recent data was not effective, data analysis made it turn out that some possible factors that past studies considered as a cause of the ineffectiveness were not really the cause. An automatic classification method was then developed for suggesting whether a project to be estimated could gain a more accurate estimate by using only recent project data or not.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：「鮮度」を考慮した工数見積もりの有効性 「鮮度」の有効性の自動判別

## 1. 研究開始当初の背景

(1) ソフトウェア開発に要する工数を正確に見積もることは、ソフトウェア開発プロジェクトの成否に大きく影響することが知られている。現在、工数見積りの方法の一つとして、ソフトウェア開発プロジェクトの特徴を定量的尺度（メトリクス）によって数値化し、そのプロジェクトデータと統計的手法や機械学習を組み合わせた工数見積りモデルの研究が盛んである。

(2) 近年、プロジェクトデータの時間的特性に関する研究が少しずつ行われてきている。これらの研究では、プロジェクトデータの「鮮度」を適切に保つことで見積り精度が向上する可能性が示されている。ここで「鮮度」とは、見積り対象となるプロジェクトと比べて見積りの根拠に用いるプロジェクトが古過ぎないことを意味する。「鮮度」を考慮することは、変化の激しい環境に置かれた昨今のソフトウェア産業に適したアプローチと考えられるが、その一般性や工数見積りへの活用方法などについては未だ不明である。

## 2. 研究の目的

(1) ソフトウェア開発プロジェクトで収集されるデータの「鮮度」と工数見積りモデルの精度の関係について、実際のソフトウェア開発プロジェクトで収集されたデータを用いた実証的な実験および定量的分析に基づいて解明し、有益な知見をもたらすことが目的の一つである。

(2) 実証的な実験および定量的分析により得られるプロジェクトデータの「鮮度」と工数見積り精度の関係に関する知見に基づいて、過去のプロジェクトデータの傾向などから「鮮度」の影響度を自動で設定できるように工数見積りモデルの構築方法に変更を加えることで、激しく変化する環境に置かれたソフトウェア開発組織の工数見積り精度向上を目指す。

## 3. 研究の方法

(1) プロジェクトデータの「鮮度」と工数見積り精度との関係について、様々な工数見積りモデルの間で共通する点があるか確かめるため、分析システムを構築した。工数見積りモデルの研究は古くから行われており、無数の工数見積りモデルが提案されている。先行研究を調査して、主要な工数見積りモデルを適用できるような構成とした。

(2) 分析システムと実際のソフトウェア開発プロジェクトで収集されたプロジェクトデータを用いて実証的に実験を行い、プロジェクトデータの「鮮度」と工数見積り精度に関するデータを収集した。また、収集したデ

ータから「鮮度」と精度の関係性について定量的に分析を行った。

(3) 分析によって得られた結果を整理して、「鮮度」を考慮した工数見積りモデルの構築方法について検討した。この際、機械学習法を用いた最適化手法や過去のプロジェクトデータに基づいた指標など複数のアプローチを検討した。

## 4. 研究成果

(1) プロジェクトデータの「鮮度」と工数見積り精度との関係について、複数の工数見積りモデルを用いた分析により、適度なプロジェクトデータの鮮度というものが存在すること、また、工数見積りモデルの種類によって適度な鮮度の度合いが異なっていることを実証的に示すことが出来た。

工数見積りモデルの種類は様々な候補があったが、最終的に「多くの研究でベンチマークなどに用いられており一定の信頼を得ていること、もしくは、近年の研究でその有望性が示されていること」という基準で選択した。また、他の研究者と同じ条件で実験を行うことが出来るように、信頼できる実装が提供されている場合はそちらを優先して利用することとした。

前者の条件を満たすものとして、工数見積りモデルの中でも特に研究の進んでいる線形回帰モデルと類推法を選択した。また、後者として、回帰木とニューラルネットワークを選択した。

「鮮度」の定義として、「直近に組織が経験したプロジェクトの数」に基づく方法（以降 FixSize）と「直近の一定期間（カレンダー時間）」に基づく方法（以降 FixDuration）の二通りで比較評価を行った。一部実験は本課題に先立って取り組んでおり、その結果との比較となった。

まず、研究協力者から提供されたプロジェクトデータ（以降データ A）と回帰木を組み合わせた結果、FixSize の場合は「鮮度」を 40 から 60 に設定することで見積り精度が向上するが、FixDuration の場合は「鮮度」の違いが見積り精度にほぼ影響しないことが明らかとなった。

次に、精度向上の効果があつた FixSize に着目して、データ A とニューラルネットワークを組み合わせた結果、「鮮度」を 60 から 120 に設定することで見積り精度が向上することが明らかとなった。回帰木の場合と「鮮度」の設定範囲が排他的になっており、工数見積りモデルごとに「鮮度」の調整が必要である可能性が示唆された。

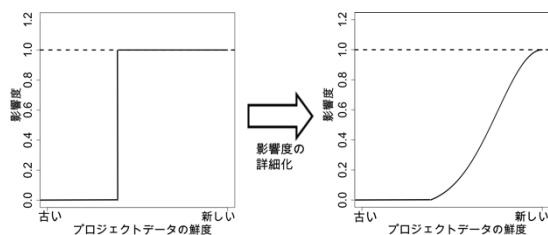
最後に、研究協力者から追加で提供されたプロジェクトデータ（以降データ B）を特に研究が進んでいる類推法と組み合わせた結果、線形回帰モデルを適用した場合と異なる結果が得られた。まず、FixSize の場合は「鮮度」に関係なく見積り精度が悪化すること

が明らかとなった。これは、線形回帰モデルをデータ B と組み合わせた先行研究と同じ傾向であった。一方、FixDuration の場合は「鮮度」を 100 ヶ月（約 8 年）とすることで見積もり精度の向上が確認できた。これは、線形回帰モデルと異なる結果であった。

以上のように、プロジェクトデータと工数見積もりモデルの組み合わせによって FixSize と FixDuration の有効性が変化することは、先行研究のように線形回帰モデルに限定せず幅広い工数見積もりモデルを試すことで明らかとなったことである。一方で、効果的な「鮮度」の設定に明確な共通性が見られないことも明らかとなった。そのため、実験に使用する工数見積もりモデルを限定し、「鮮度」の設定方法やデータセットの特性に関する分析に重点を移した。

(2) プロジェクトデータの「鮮度」の度合いについてより詳細に設定することで見積もり精度の悪化を軽減できることを明らかにした。

本課題に先だって提案した「鮮度」のより詳細な設定法（引用文献①）と従来手法との違いを以下の図に示す。



従来法（図左）では、「鮮度」が低いプロジェクトデータは全て工数見積もりモデルから除外されており、また、「鮮度」が高いプロジェクトデータは全て同じ影響度と見なされている。一方、詳細化手法（図右）では、「鮮度」が低いプロジェクトデータが除外される点は同じであるが、「鮮度」が高いプロジェクトデータについては、「鮮度」がより高いものの影響度が高くなるように設定が可能である。この影響度の重み付けの方法は無限にあるが、今回は簡易な関数で表現できる 3 種類の形状を試した。

線形回帰モデルの一種である Lasso およびデータ B と上述の詳細化手法を組み合わせた結果、FixSize の場合に生じていた工数見積もり精度の悪化が軽減されることが明らかとなった。

以上の結果は、先行研究で判明した問題を完全ではないが解決できる可能性を示した点で大きな成果であると言える。一方で、多くのプロジェクトデータの影響度が相対的に低くなることから、条件によっては工数見積もりモデルの構築が難しくなる傾向が観察された。また、重み付け関数の形状設定が「鮮度」の度合い設定と組み合わせると、考慮すべき条件が格段に増大する。さらに、対象が

データ B に似た組織の場合、詳細化手法は精度の悪化を軽減するものの改善には寄与しないと予想される。このような観察から、詳細化手法の適用範囲は限定的であると考えられる。

(3) 「鮮度」を考慮することが逆効果であるプロジェクトデータの特徴を分析することによって、先行研究で推測されていた精度悪化の要因はいずれも真の原因ではないことを明らかにした。

データ B を用いたここまでの研究で、常に「鮮度」を考慮すべきでないという知見が得られている。その要因として引用文献②などで推測されていたのが、開発部門の同質性、プロジェクトデータの数、「鮮度」として設定できる範囲の違い、の 3 つであった。これらの点でデータ A と似た特徴をもつように、データ B から仮想的なプロジェクトデータを生成して、「鮮度」を考慮した場合の工数見積もり精度の変化を観察した。その結果、上記の 3 点でデータ A と類似した仮想データでも工数見積もり精度の向上は確認できなかった。以上の成果は、先行研究では推測に過ぎなかった要因を実際に検証した点で重要な貢献であると言える。

(4) メタ学習の一種であるアンサンブル学習を用いた方法によって、「鮮度」を考慮すべきかどうかについてプロジェクトデータ主導で判別する方法を開発した。

ここまでの研究から、常に「鮮度」を考慮することが組織にとって最善ではないことが明らかとなった。一方で、個々のプロジェクトが置かれた状況によっては、「鮮度」を考慮することが有用である場合も有りうる。また、その判断は直近で完了したプロジェクトにおける状況が参考となる。アンサンブル学習手法として提案されている手法に基づいて、このような判断を行うための手法を開発した。その結果、良好な精度で「鮮度」を考慮すべき場合を判別できることが明らかとなった。

この成果は、組織として「鮮度」を考慮すべきか分析した先行研究に対して、個々のプロジェクトに合わせて判断することがある程度有効であることを示した点で重要であると考えられる。

現在、最新のサーベイ論文（引用文献③）でも時間的特性（「鮮度」）を考慮した工数見積もりの学術的独自性が認識され、単独の研究トピックとして分類されている。一方で、「鮮度」を考慮するアプローチ特有の課題が現れてきた。「鮮度」を考慮するとプロジェクトデータに偏りが生じるため、従来とは異なる特徴選択法が必要となる可能性がある。傾向スコアの活用が解決策の一つとして考えられる。また、プロジェクトデータ数が減少する問題についても対処が必要である。一般に工数見積もりモデルはデータの質と量が精

度に影響する。そのため、「鮮度」を考慮して得られる精度の向上がデータ量の減少による精度悪化で相殺されている可能性がある。今後は、本課題で単純に除外していたプロジェクトデータの活用が重要になると考えられる。

#### <引用文献>

- ① S. Amasaki and C. Lokan, On the effectiveness of weighted moving windows: Experiment on linear regression based software effort estimation, Journal of Software: Evolution and Process., vol. 27, no. 7, 2015, pp. 488-507
- ② C. Lokan and E. Mendes, Investigating the use of moving windows to improve software effort prediction: a replicated study, Empirical Software Engineering, 2016, pp. 1-52
- ③ S. K. Sehra, Y. S. Brar, N. Kaur, and S. S. Sehra, Research patterns and trends in software effort estimation, Information and Software Technology, vol. 91, 2017, pp. 1-21

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 角田雅照、天寄聡介、ソフトウェア開発プロジェクトの生産性分析に対する傾向スコアの適用、情報処理学会論文誌、査読有、58 巻、2017、pp. 1-6、  
[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=178661&file\\_id=1&file\\_no=1](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=178661&file_id=1&file_no=1)

[学会発表] (計 10 件)

- ① Sousuke Amasaki, Chris Lokan, The Effects of Duration-based Moving Windows with Estimation by Analogy, Proc. of International Workshop on Software Measurement and International Conference on Software Process and Product Measurement, 2015
- ② Sousuke Amasaki, Chris Lokan, A Replication of Comparative Study of Moving Windows on Linear Regression and Estimation by Analogy, Proc. of 11<sup>th</sup> International Conference on Predictive Models and Data Analytics in Software Engineering, 2015
- ③ Sousuke Amasaki, Chris Lokan, Evaluation of Moving Window Policies with CART, Proc. of the 7<sup>th</sup> International Workshop on Empirical Software Engineering in Practice, 2015
- ④ Sousuke Amasaki, Chris Lokan, A Replication Study on the Effects of

Weighted Moving Windows for Software Effort Estimation, Proc. of the 20<sup>th</sup> International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, 2016

⑤ Sousuke Amasaki, Chris Lokan, On Applicability of Fixed-Size Moving Windows for ANN-based Effort Estimation, Proc. of International Workshop on Software Measurement and International Conference on Software Process and Product Measurement, 2016

⑥ Sousuke Amasaki, Chris Lokan, Towards Better Selection Between Moving Windows and Growing Portfolio, Proc. of International Conference on Product-Focused Software Process Improvement, 2016

⑦ Sousuke Amasaki, A Comparative Study on Linear Combination Rules for Ensemble Effort Estimation, Proc. of the 43<sup>rd</sup> Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications, 2017

⑧ Sousuke Amasaki, On Applicability of Cross-Project Defect Prediction Method for Multi-Versions Projects, Proc. of the 13<sup>th</sup> International Conference on Predictive Models and Data Analytics in Software Engineering, 2017

⑨ Sousuke Amasaki, Chris Lokan, A Virtual Study of Moving Windows for Software Effort Estimation Using Finnish Datasets, Proc. of the 18<sup>th</sup> International Conference on Product-Focused Software Process Improvement, 2017

⑩ Sousuke Amasaki, Chris Lokan, An Evaluation of Selection Methods for Time-Aware Effort Estimation, Proc. of the 24<sup>th</sup> Asia-Pacific Software Engineering Conference, 2017

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

天寄 聡介 (AMASAKI, Sousuke)  
岡山県立大学・情報工学部・助教

研究者番号 : 434978

##### (2) 研究協力者

Chris Lokan