

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月15日現在

機関番号：54601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700043

研究課題名（和文）ソフトウェアレビューにおける熟練者の視線移動に着目した暗黙知の分析

研究課題名（英文） An analysis of implicit knowledge in software review based on reviewer's eye movements

研究代表者

上野 秀剛（UWANO HIDETAKE）

奈良工業高等専門学校・情報工学科・助教

研究者番号：70550094

研究成果の概要（和文）：

本研究課題の目的はソフトウェアレビューを効率的に行うことができる、開発文書の読み方を明らかにすることである。ソースコードや設計書から不具合を検出する際の視線の動きを視線計測装置で計測することで、熟練者と初心者で文書の読み方がどのように異なるか分析する。本研究課題の成果として、不具合の検出割合や検出効率が高いレビューアと低いレビューアで異なる視線移動のパターンが確認された。また、詳細設計書を対象としたレビューとソースコードを対象としたレビューで異なる読み方をすることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

This research analyses relationship between review performance and reading procedure of developers on software review. I experimentally evaluated eye movements of good/bad reviewers in design review and code review with eye mark tracker. As a result, I confirmed different eye movement patterns between the good/bad reviewers. Also the result suggests a design document review and source code review require a different reading procedure.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,100,000	330,000	1,430,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア工学，可視化，ソフトウェア開発効率化・安定化，ソフトウェアレビュー，視線計測

1. 研究開始当初の背景

■計画調書背景

ソフトウェア開発の現場においては、より高品質なソフトウェアを作ることが求めら

れており、そのために開発者のスキル向上が重要であると言われている。2009年に経済産業省が行った組込みソフトウェア産業実態調査によると、ソフトウェアの品質向上のために必要なのは技術者のスキル向上と回答

した経営者が最も多かった(33.3%)。また、2008年に情報処理推進機構(IPA)が行ったエンタプライズ系の開発者を対象とした調査でも、開発現場の問題点として要員調達(66.3%)と開発者のスキル(64.2%)が最も多く回答されており、スキル向上のための支援が求められている。

開発者のスキルが大きく影響する作業の一つに、設計書やソースコードを精読することで誤りを検出するソフトウェアレビュー(以下ではレビューと呼ぶ)が上げられる。レビューの効果(どれだけ多く不具合を検出できるか)・効率(どれだけ短時間で不具合を検出できるか)は、開発者が用いる戦略や読み方によって大きく異なるため、レビュー戦略や手法に関する研究が数多く行われている。しかし、多くの研究結果は手法よりも個人差の影響が大きいことを示している。図1は文献[1]で行われた手法の比較実験の結果である。彼らの提案手法により、不具合検出率が8%程度高くなるのに対して、同じ手法を用いた被験者間で50%近い差があることを示している。

レビューは各工程で作成された文書に対して行われ、複数人で実施するピアレビューと、ピアレビュー前に開発者が個別に実施する個人レビューがある。レビューを実施する開発者(レビューア)は個人レビューにおいて、対象文書と開発の前工程で作成された文書(上位文書と呼ぶ)を併せて精読する[2]。レビューアは上位文書からシステムの構造や機能を理解し、レビュー対象文書に含まれる不具合を検出する。

これまでの研究で、個人レビューを効果的に行うことが、その後のピアレビューでの不具合の検出効率・効果を大きく高めることが

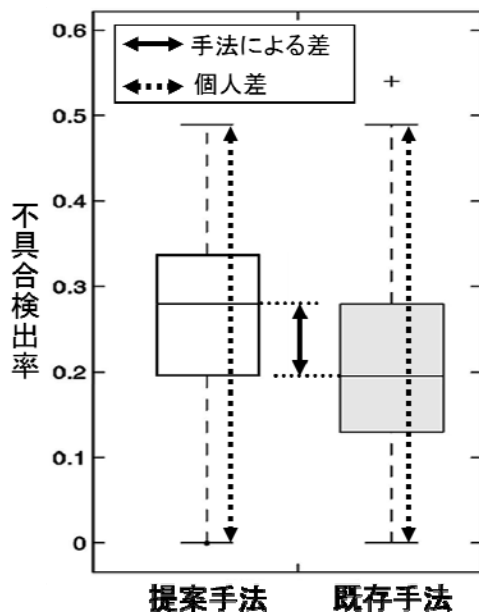


図1. 手法による差と個人差[1]

指摘されている[3],[4]。しかし、効果的な個人レビューを行うための戦略や具体的な方法論は存在していない。そのため、個人レビューの効率・効果は開発者の能力に依存しているのが現状である。また、レビューアの読み方や戦略についての定量的な分析を行った研究も存在しない。複数の文書を用いる個人レビューでは、レビューアが各文書をどのような順序で、どの程度の時間をかけて読むかによって結果が大きく異なると考えられる。したがって、熟練した開発者のレビュー戦略や方法を理解することは、より効率的なレビュー手法や支援環境の開発、および開発者の教育において重要である。

2. 研究の目的

本研究課題では、スキルの高いレビューアとスキルの低いレビューアで文書の読み方がどのように異なるか分析し、効率的なレビューのための知見を得ることを目的とする。熟練者が持つ知見の多くは暗黙知であり、インタビューやアンケートからの分析は困難である。本研究では、各文書に対する視線を時系列に記録することで、熟練者に特有のパターンとレビュー性能の相関を分析した。本研究によって、従来の研究では分析が困難であった熟練者の詳細な戦略を明らかになると期待される。

特に、個人レビューにおける上位文書の読み方が、レビューの効率(短時間で誤りを検出できるか)や品質(多くの誤りを漏らさず検出できるか)にいかに関与するか、定量的に調べることを目的とする。具体的には以下の問題群について回答を求めた。

- ・ 短時間で多くの不具合を検出する読み方と、より多くの不具合を検出する読み方は異なるのか。
- ・ ソースコードレビューと詳細設計書レビューで適した読み方は異なるのか。
- ・ 不具合の種類(データ、インタフェース、要求と設計のずれなど)で適した読み方は異なるのか。

3. 研究の方法

本研究課題の実施においては視線計測装置を用いて開発者の視線移動を計測し、効率的なレビューアと非効率的なレビューアの文書の読み方を分析する。研究の目的を達成するために、以下のサブゴールを設定し研究を進めた。

(1) 視線移動の計測データから頻出パターンを抽出するためのアルゴリズム構築

視線計測装置によって計測できる視線移動のデータはディスプレイ上の座標情報が連続した、時系列データとして出力される。レビューアの読み方を分析するためには、これらの座標情報からソースコードや設計書

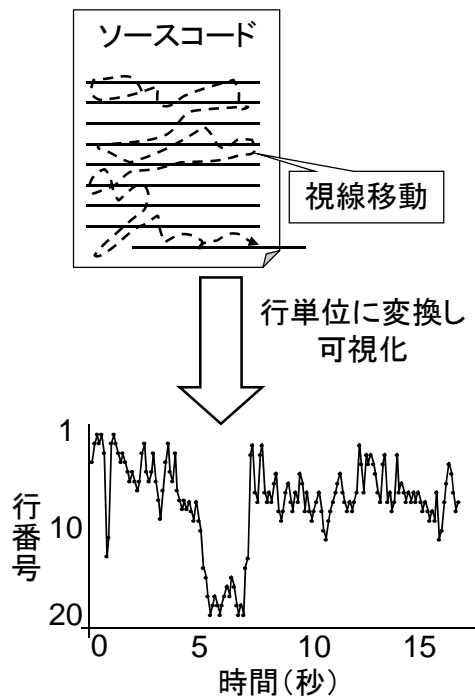


図2. 視線移動データの行単位への変換

の各行、または複数行からなるブロックに対する視線を求め、そこからパターンを抽出する必要がある。本研究課題では、過去の研究で確立した、座標情報から複数あるレビュー対象文書のどの行に対する視線か分析し、可視化する方法を用いた(図2)。また、対象とする時系列情報はアイテム数が多く、手動による分析は困難なためパターンを抽出するためのアルゴリズムを作成し、妥当性の検証を行った。

(2) 頻出パターン抽出を用いた分析ツールの開発

系列情報からの頻出パターン抽出を支援するツールは複数存在する。しかし、本研究課題が対象とする、複数文書の各行に対する視線移動の分析には適していないため、頻出パターン抽出のための分析ツールを作成した。ツールを作成する際、頻出パターンの抽出に用いる各種パラメータを変更しながら分析ができるよう工夫した。

(3) レビュー効率と関係のある視線移動パターンの分析

頻出パターン抽出によって得られた視線移動のパターンについて、パターンの有無や頻度と、レビュー効率・効果の関係を分析した。被験者実験で複数のドキュメントを対象としたレビューを実施し、得られた視線移動データから、レビュー効率の良い被験者群、効率の悪い被験者群それぞれから頻出パターンを抽出した。

[1] Thelin, T., Runeson, P., and Wohlin,

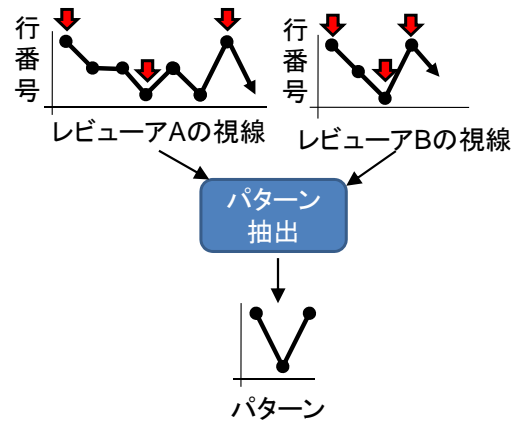


図3. 視線移動データからのパターン抽出

C.: "An Experimental Comparison of Usage-Based and Checklist-Based Reading," IEEE Trans. Software Engineering, Vol. 29, No. 8, pp. 687-704 2003.

[2] Wiegers, K.: Peer Reviews in Software - A Practical Guide; Addison-Wesley (2002).

[3] Laitenberger, O., Beil, T. and Schwinn, T.: An Industrial Case Study to Examine a Non-traditional Inspection Implementation for Requirements Specifications; Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Software Metrics, pp. 97-106 (2002).

[4] Laitenberger, O., Leszak, M., Stoll, D. and Emam, K. E.: Quantitative Modeling of Software Reviews in an Industrial Setting; Proceedings of the 6th International Symposium on Software Metrics, p. 312 (1999).

4. 研究成果

(1) 視線データから頻出パターンを抽出するアルゴリズムの構築

本研究課題においては、開発者の視線移動データ(データセット)を構成する各行に対する注視(アイテム)の数が数千に及ぶ一方で、1回の実験に時間が掛かり、多くのデータセットを集めにくいという特徴がある。これらの特徴を考慮した結果、頻出パターン抽出のアルゴリズムの一つである PrefixSpan を採用した。PrefixSpan は他の頻出パターン抽出法である apriori ベースのアルゴリズムと比べ支持数が小さい場合やパターン長が長い場合に性能面で優位であるため、本研究に適している。

また、PrefixSpan では1つのパターンを構成するアイテムの系列の間に、パターンとは関係のないアイテムが多数含まれていてもパターンとして認識される。図3に PrefixSpan におけるパターン抽出の例を示

す。PrefixSpan では図の矢印で示された注視に着目し、2人のレビューアが同じパターンを含んでいると判断される。本研究課題においては、一定期間における注視の連続に着目するために、アルゴリズムを変更し、関係のないアイテム（ノイズ）が一定数以下の時にパターンとして抽出するようにした。

(2) 頻出パターン分析ツールの開発

前述のアルゴリズムを実装した、分析ツールを作成した。ツールは入力として、視線移動の時系列データと、パターンと見なす最小のアイテム数、最大のアイテム数、および、パターンを構成するアイテム間に含まれるノイズの許容数を受付ける。出力は、条件を満たすパターンを構成するアイテムの配列と、パターンが検出されたデータセットの数から構成される。

図4に入力とする視線データの例を、図5に分析データが抽出した頻出パターンの例を示す。図4の例では、各行にレビューアが注視したドキュメント名とブロック名が記されている。図5の例はパターンが検出されたデータセット数に続き、パターンを構成するアイテムが順に記されている。

作成した分析ツールは、他の研究者も利用できるように以下のWebサイトで公開している。

<http://uwanolab.jp>

(3) レビュー時の視線移動パターンの分析

複数のドキュメントを用いて、対象のドキュメントから不具合を検出する被験者実験を行い、計測した視線移動データから、作成した分析ツールを用いてレビュー効率の良い被験者群、効率の悪い被験者群それぞれから頻出パターンを抽出した。なお、分析の際には、全ての被験者に見られたパターンを除外することで、それぞれの被験者群に特有の

```
詳細設計書:bukken_search
詳細設計書:search
詳細設計書:bukken_search
チェックリスト:完全性
チェックリスト:データ構造
チェックリスト:関数
詳細設計書:bukken_search
詳細設計書:write_bukkenfile
詳細設計書:main
仕様書:データファイル例
仕様書:検索条件の入力
仕様書:物件情報の表示
仕様書:検索条件の入力
仕様書:構造体
仕様書:仕様説明
```

図4.入力データの例

パターンのみを分析対象とするよう工夫した。分析の結果、以下の知見を得ることができた。

① 詳細設計書レビューにおけるパターン

詳細設計書レビューにおいて多くの不具合を検出したレビューア群は、少ないレビューア群に比べ要求仕様書と詳細設計書を連続して注視するパターンが多く見られた。不具合あたりの検出時間が短いレビューア群は検出時間が長い被験者に比べ、チェックリストと要求仕様書、チェックリストと詳細設計書を連続して注視するパターンが多く見られた。一方で、不具合あたりの検出時間が長いレビューア群は要求仕様書と詳細設計書を連続して注視するパターンが多く見られた。

要求仕様書と詳細設計書を含むパターンは、多くの不具合を検出した群と不具合あたりの検出時間が長い群の両方に見られたことから、短時間で多くの不具合を検出する読み方と、より多くの不具合を検出する読み方は異なる可能性を示唆している。

② コードレビューにおけるパターン

コードレビューにおいて多くの不具合を検出したレビューア群は、少ないレビューア群に比べ要求仕様書と詳細設計書、要求仕様書とソースコードを連続して注視するパターンが多く見られた。一方で不具合検出数の少ないレビューア群は詳細設計書とソースコードを連続して注視するパターンが多く見られた。

不具合あたりの検出時間が短いレビューア群は要求仕様書と詳細設計書を連続して注視するパターンが多く見られた。これはコードレビューにおいて多くの不具合を検出したレビューア群と同じパターンであるが、詳細設計書レビューにおいて不具合あたりの検出時間が短いレビューア群とは異なる傾向である。この結果は、レビュー対象文書が

```
9, 詳細設計書:show_house, 詳細設計書:bukken_search, 詳細設計書:show_house
```

```
11, 仕様書:エラーについて, 仕様書:物件情報の表示, 詳細設計書:show_house
```

```
10, 仕様書:エラーについて, 詳細設計書:show_house, 仕様書:仕様説明
```

```
11, 仕様書:検索条件の入力, 仕様書:データファイルフォーマット, 仕様書:エラーについて
```

図5.分析ツールの出力例

異なると、より短時間で不具合を検出するためには異なる読み方が必要になる可能性を示唆している。

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 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

①Hidetake Uwano, Yasutaka Kamei, Akito Monden, and Kenichi Matsumoto, ``An Analysis of Cost-Overrun Projects Using Financial Data and Software Metrics,`` In 6th International Conference on Software Process and Product Measurement (Mensura), pp. 227-232, 2011. 査読有り

②西口 絢人, 上野 秀剛, ``不具合検出行動の時系列に着目したデバッグ方法の比較,`` ソフトウェア工学の基礎 XVIII 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2011, 2011. 査読無し

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

<http://uwanolab.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上野秀剛 (UWANO HIDETAKE)

奈良工業高等専門学校・情報工学科・助教

研究者番号 : 70550094