

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 24 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00096

研究課題名(和文) Happy Coding: 感情推定によるソフトウェア品質予測システムの開発

研究課題名(英文) Happy Coding: Software Quality Prediction using Emotional Estimation

研究代表者

水野 修 (Mizuno, Osamu)

京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・教授

研究者番号：60314407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ソースコード管理に用いるリポジトリに蓄積されたコミットコメントに対して感情推定を行い、開発者の感情極性の推移とプロジェクトの特性について調査を行った。4つのソフトウェアプロジェクトに対して実験を適用した結果、成果物の特性や開発言語に基づいて2グループに分けた場合に、コミットコメントの感情極性推移において、それぞれの感情極性において有意な差が存在するところを発見した。また、コミットコメントに感情推定を適用する際に不都合が生じるコメントが存在することを発見し、その分析を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, we analyze the relationship between the transitions of the developers' emotional polarities of commit comments and the characteristics of the projects, by applying sentiment analysis to the commit comments stored in source code repositories. We apply this experiment to four open source software projects. As a result, we found that there are cases where there is a significant difference in their emotional polarities among those two groups of the four projects which divided based on the characteristics of the projects and mainly used programming language. We also found and analyzed that there are comments that inconvenience when applying sentiment analysis to commit comments.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェア不具合予測 感情推定 リポジトリマイニング

## 1. 研究開始当初の背景

従来のソフトウェア開発管理技法は、ソフトウェア開発全体をプロセスと見なし、そのプロセスの効率を最適化する方法を競った。しかし、その一方で、ソフトウェア開発者個人の行動については、あまり深く研究されてきていない。

心理学において、幸せな人はよりクリエイティブであり、学習意欲が高く、仕事においてより多くの成功を収めると言われている。また、テキストから著者の感情を推定する研究 (sentiment analysis) が近年行われてきている。これは、テキスト文書を解析することで、事前に感情関連語に対して割り振られた感情値を与え、文単位での感情の値を算出するものである。

ソフトウェア工学の分野でも、感情値の分析が取り入れ始められている。例えば、Guzman らはコミットコメントから感情値を取り出してプロジェクト毎に比較している。また Kim らは開発者が望んだ機能がユーザの望んだ機能になっているかを感情値の分析によって明らかにしようとしている。

研究代表者はこれまでソフトウェア中に不具合が存在する場所を特定するための手法を提案する過程で、大規模なソフトウェア開発リポジトリの精査技術を確立してきている。また、開発者個人個人を区別して各開発者が行った開発の履歴などを抽出する研究も実施してきた。これまでに得られた技術を用いて大規模なリポジトリから開発者の言動に関するデータを収集することは可能であり、そこに感情推定を行うことで、これまで行われてきていない大規模な開発者感情調査を行うことが可能であると判断した。また、その結果を、従来の研究で蓄積した不具合や工数の情報と統合することで、新たな指標として定義できると判断した。

## 2. 研究の目的

本研究では、ソフトウェア開発者が開発中に持っていた感情が、ソフトウェア開発における諸属性、品質、コスト、期間にどのように影響するのかを解明することを目指す。具体的には、開発者個人の感情推定の履歴を追うことで、関連するプロダクトの品質の予測を行う手法の開発、および、プロジェクト全体の感情推定から、その開発が成功するか否かを予測する手法の開発を行う。

## 3. 研究の方法

本研究は将来的に、プロジェクトの開発現場において、開発者らがもつ感情の推移傾向を特定し、プロジェクトの進捗停滞などの原因特定や予測を行うことにより、開発者の精神的負担を軽減することを目的としている。

この目的のために、本研究では、開発者の感情極性の推移とコミットコメントの間に関係が存在するかを調査する。

従って、本研究では次に設定する研究設問について調査を行う。

RQ1 コミットコメントから感情分析を行う際に不都合が生じるコメントが存在するか。  
RQ2 特性の異なるプロジェクトにおいてコミットコメントの感情極性に差があるか。

RQ1 では複数のプロジェクトを選定し、コミットコメントから感情極性を抽出する。そして、感情極性推移を分析する際に不都合が生じると考えられるコミットコメントについて調査する。

RQ2 では複数のプロジェクトに対して特性ごとにグループ分けを行い、コミットコメントから感情極性を抽出する。そして、特性の異なるプロジェクトの間に、有意な差が存在するかどうかを調査する。

## 4. 研究成果

### 4.1 コミットコメントの感情推定

本研究では、以下の手順でコミットコメントの感情極性を推定し、その推移の可視化を行う。

- ソフトウェアリポジトリからコミットコメントを抽出する。
- 抽出したコミットコメントから感情推定を行う。
- 全てのコミットに、対応するコミットコメントの感情極性をタグ付けする。
- プロジェクト毎に感情極性の推移をグラフとして可視化する。

また、対象プロジェクトにおけるコミットコメントのうち、感情推定やその分析に際して意図しない影響を及ぼすコミットコメントを調査する。

さらに、特性の異なるプロジェクト間の感情極性推移について調査し、プロジェクトの特性と感情極性推移の関係を調査する。

### 4.2 コミットコメントの抽出

バージョン管理を行っているソフトウェア開発プロジェクトでは、ソースコードの更新をリポジトリにコミットする際、その更新内容についてのコメントを残すことが慣習となっている。

それらのコメントをコミットコメントと呼ぶ。コミットに紐付けて管理されており、必要に応じてコミットに関する情報とともに参照することができる。

本研究では、Git リポジトリで管理されているオープンソースソフトウェアプロジェク

トを研究対象とする。  
python パッケージの gitpython や git コマンドを用いて、本研究に用いるコミット ID、コミット時刻、コミットコメントを Git リポジトリから抽出することができる。

#### 4.3 感情推定

前節で得られたコミットコメントを文章とみなして感情推定を行う。  
本研究では、NLTK に実装された VADER の感情極性推定手法を用いた。VADER はマイクロブログのようなソーシャルドメインに用いられるテキストに対して有効であることが分かっている。また、VADER による感情推定において、学習データは不要である。  
この手法では、入力した英語の文章に対して感情推定を行い、次の 3 つの感情極性を 0.0 から 1.0 の範囲をとる数値として出力する。  
**positive** : 良い印象を与える度合い  
**negative** : 悪い印象を与える度合い  
**neutral** : 良し悪しの判断がつかない度合い

これらの三要素の総和は 1 となる。NLTK に実装された VADER によって感情推定を行う場合、これらの三要素に加え compound という値が同時に出力される。これは positive, negative, neutral を統合した数値であり、-1.0 から 1.0 の範囲をとる。

例えばある文章に対し、NLTK を用いて VADER の感情推定を行い、以下の結果が出力されるとする。

```
{'neg': 0.437, 'neu': 0.316, 'pos': 0.247, 'compound': -0.4215}
```

このとき、三要素のうちの negative の数値、つまり悪い印象を与える度合いの数値が他の二要素より大きく、また compound の数値がマイナスの値をとっていることが分かる。よって、この感情推定を行った文章は比較的悪い印象を与える文章であるといえる。

また本実験では、得られた感情極性の 4 つの値のうち、統合値である compound の値を感情推定の結果として採用した。

これにより、後に行う分析や可視化に際して、処理を簡単に行うことができる。

#### 4.4 感情値のタグ付け

前節で行った感情推定の結果を、ソフトウェアリポジトリのコミットに対してタグ付けし、参照を容易にする。

本研究では、バージョン管理システムである Git のタグ機能により、全てのコミットにそれぞれ対応するコミットコメントからの感情推定値をタグ付けする。

このとき、感情値は 1 つのプロジェクト内において同値をとるものが存在すると予想されるが、Git タグの仕様により同値のタグを付与することはできない。そのため、感情値

に番号を付随させたものを感情値タグとして付与し、可視化や分析を行う際に、再度感情値のみに変換する方法を取る。

#### 4.5 感情推移の可視化

前節で付与した感情値タグを用いて、ソフトウェアリポジトリ全体における感情極性の推移を可視化する。

Git のログ取得機能を用いて、コミットの感情値を感情値タグから抽出し、同時にそのコミットが行われた時刻情報を取得する。

また取得した感情値データを、折れ線グラフとして出力する。

グラフの出力には Python のパッケージである Plotly を用いる。

#### 4.6 意図しない影響を及ぼすコミットコメントの特定

対象のプロジェクトにおけるコミットコメントのうち、感情推定やその分析に際して、意図しない影響を及ぼす可能性のあるコミットコメントを、以下の手順で特定する。

1. 完全に同じ文章のコミットコメントの出現回数を数える。
2. 出現回数の多いコミットコメントの感情値を調査する。
3. 2 の結果から、感情推定やその分析に際して何らかの影響を及ぼすコミットコメントを特定する。

本実験では、「何らかの影響を及ぼすコミットコメントである」と判断する基準として、以下の二項目を採用した。

- 感情値が neutral ではなく、positive または negative に偏っている。つまり、compound  $\leq$  0.0 である。
- 該当するコミットコメントの出現回数が全コミット数の 1% 以上である。

#### 4.7 対象プロジェクト

本研究では次の 4 つのオープンソースプロジェクトのリポジトリを実験対象とする。現在も開発が継続している統合開発環境 (IDE) の開発プロジェクトに限定した。

- Apache NetBeans  
NetBeans は、Java をはじめとするいくつかのプログラミング言語に対応したオープンソースの IDE である。NetBeans の開発言語には主に Java が採用されている。
- Eclipse Platform  
Eclipse は、Java をはじめとするいくつかのプログラミング言語に対応したオープンソースの IDE である。Eclipse Platform の開発言語には主に Java が採用されている。
- mbed OS  
mbed は、同名のワンボードマイコン専用の IDE である。mbed OS の開発言語には主に C 言語が採用されている。

- Arduino Platform  
Arduino は、同名のワンボードマイコン専用の IDE である。Arduino Platform の開発言語には主に C 言語が採用されている。

#### 4.8 特性の異なるプロジェクト間の感情極性

まず、プロジェクトの成果物とプロジェクトの主な開発言語に基づき、特性の異なる複数のグループにプロジェクト进行分类する。このプロジェクトグループのそれぞれの要素であるプロジェクトについて、グループ間のすべての組み合わせにおいて、コミットコメントから抽出した感情極性に差があるかを調査する。これに基づき、特性の異なるプロジェクトグループ間に差があるかを調査する。

#### 4.9 感情極性推移

実験方法に示した手順に従って、対象プロジェクトのリポジトリからコミット情報を抽出し、さらにそれらのコミットコメントから感情極性を抽出した。

プロジェクト毎の感情極性について、表 1、表 2 に示す。表 1 は取得した全てのコミットのデータを使用したものであり、表 2 は感情値が neutral をとるコミットを除いたデータを使用したものである。

表 1: プロジェクトごとの統計量

	平均	分散	中央値	標準偏差	最大値	最小値
NetBeans	-0.01083	0.02222	0	0.14905	0.7506	-0.7778
Eclipse	-0.06785	0.03536	0	0.18804	0.7845	-0.8591
Eclipse <sub>com</sub>	-0.01279	0.03940	0	0.19850	0.7845	-0.8591
mbed	0.00937	0.03025	0	0.17394	0.8047	-0.8316
Arduino	-0.00062	0.03408	0	0.18462	0.8198	-0.8294

表 2: プロジェクトごとの統計量(neutral 除く)

	平均	分散	中央値	標準偏差	最大値	最小値
NetBeans	-0.06558	0.13163	-0.2263	0.36281	0.7506	-0.7778
Eclipse	-0.14384	0.06404	-0.2023	0.25305	0.7845	-0.8591
Eclipse <sub>com</sub>	-0.05008	0.15254	-0.2057	0.39056	0.7845	-0.8591
mbed	0.04559	0.14564	0.2263	0.38163	0.8047	-0.8316
Arduino	-0.00266	0.14572	0.0516	0.38173	0.8198	-0.8294

## 5 実験と結果

### 5.1 コミットコメントの抽出

4 節の手法を用いて、対象プロジェクトにおける全てのコミットに対応するコミット id、コミットコメント、コミット時刻を得た。

### 5.2 感情推定

4 節の手法を用いて、前項で抽出した全てのコミットコメントについて感情推定を行った。Python のパッケージである NLTK の ntl.sentiment.vader を用いて、4 節で示した compound の値を得た。

また 4 節の手法を用いて、コミットコメントから得られた感情値を各コミットにタグ付けした。

### 5.3 感情極性推移の可視化

前項でタグ付けした感情値を、4.4 節の手法を用いて可視化した。時刻を x 軸、感情値を y 軸にとり、折れ線グラフとして出力した。また y 軸の範囲は compound の値のとりうる範囲と同じく、 $-1 \leq y \leq 1$  である。

### 5.4 影響を及ぼすコミットコメントの抽出

4 節の手順に従い、分析などに際して意図しない影響を及ぼすコミットコメントを調査した。これにより、本実験で用いた 4 つのリポジトリにおいて、4 節に示した基準を満たすコミットコメントを特定した。

### 5.5 プロジェクトグループ間の差の調査

まず、4 つの対象プロジェクトを、プロジェクトの成果物の種別によって分類を行うと、以下のようになる。

- ・汎用統合開発環境: NetBeans, Eclipse
  - ・組み込み系統合開発環境: mbed, Arduino
- また、プロジェクトの主な開発言語によって分類を行うと、以下のようになる。

- ・Java : NetBeans, Eclipse
- ・C 言語: mbed, Arduino

よって、成果物の種別による分類と主な開発言語による分類は同じ組み合わせとなる。本論文では、以下のように 2 つのグループを定義する。

- ・GrA : NetBeans, Eclipse
- ・GrB : mbed, Arduino

なお、本実験では、前項の結果で特定したコミットコメントを含むコミットのデータを除いたものを実験対象として扱う。

これら 2 グループにおける全てのコミットコメントから抽出した感情極性に関して、それぞれのプロジェクトの組み合わせにおいて差があるかを調査する。

さらに、GrA, GrB から感情値が neutral をとるコミットを除いたものについても実験対象とし、それぞれ GrAzero, GrBzero と置く。検定にあたり、統計解析向けのフリーソフトウェアである R を用いる。

図 1~4 に各プロジェクトについて感情極性の推移を調査した結果を示す。

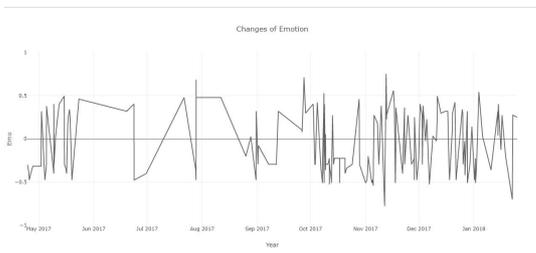


図 1: Apache Netbeans

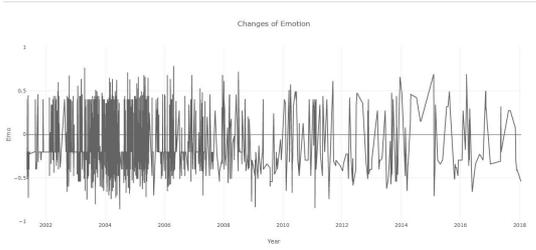


図 2: Eclipse platform

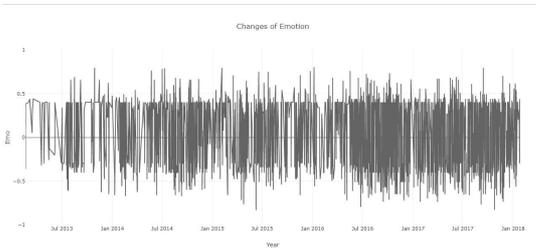


図 3: mbedOS

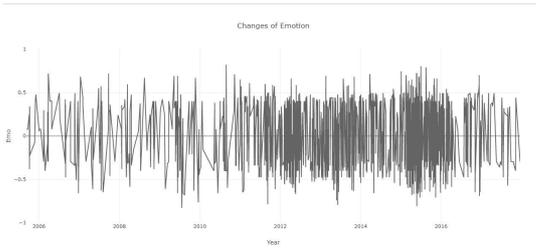


図 4: Arduino platform

## 5.6 研究設問に対する考察

研究設問を通して、実験結果に対する考察を示す。

### RQ1: コミットコメントから感情分析を行う際に不都合が生じるコメントが存在するか。

コミットコメントから感情推定や分析を行う際に何らかの影響を及ぼす可能性のあるコメントは、Eclipse Platform のプロジェクトにのみ存在し、以下の文字列であった。

```
*** empty log message ***
```

このコミットコメントは-0.2023 の感情値をとる。これは、"empty" という単語が-0.2023 の感情値をとることが原因である。

また表 1, 表 2 における Eclipse の項目と Eclipse\_com の項目とを比較すると、該当の

コミットコメントの有無によって、感情値の平均値に大きな差異が生じていることが分かる。

これらのことから、抽出されたコミットコメントは、コミットコメントから感情推定を行う際に意図しない影響を及ぼすコメントであると考えられる。

本論文内での紹介は省略するが、他の Eclipse の開発プロジェクトにおいてもこのコミットコメントと同じコミットコメントが多く見られた。これは、cvs から git にリポジトリが変換されたときに生成された自動メッセージであり、元々のコミットにはコメントが存在しなかったことを示している。コメントが存在しないことは開発における非推奨事項である。バージョン管理システムにおいてコミットコメントを記述する本来の目的は、対応するコミットにおける変更内容の記録であり、これにより効率的にプロジェクトの開発を行うことが可能となる。今回抽出したコミットコメントの内容は、「空のログメッセージ」を意味しており、その目的に沿っていないと考えられる。なお、このことから、今回抽出したコミットコメントは、感情推定や分析に際して不都合が生じるだけではなく、バージョン管理システムにおいてコミットコメントを記述する本来の目的にも沿っておらず、使用を推奨されない内容のコミットコメントであると言える。なお、Arduino Platform の開発プロジェクトにおいては、同様に影響を与えるコミットコメントは見られなかった。この結果より、感情推定や分析に際しては、不都合が生じるコミットコメントを含むコミットを除いたデータを調査対象として用いるのが妥当であると考えられる。

### RQ2: 特性の異なるプロジェクトにおいてコミットコメントの感情極性に差があるか。

GrA と GrB について、コミットコメントの感情極性に有意な差が存在するかどうかを調べるため、次のような仮説を設定した。

H0 : GrA と GrB の間には有意な差がない。

NetBeans と Arduino の関係について調査した検定結果が  $p > 0.05$  であったため、仮説 H0 は棄却されず、GrA と GrB に有意な差が存在するとは言えないことが分かる。

次に、GrA\_zero と GrB\_zero について、コミットコメントの感情極性に有意な差が存在するかどうかを調べるため、次のような仮説を設定した。

H1 : GrA\_zero と GrB\_zero の間には有意な差がない。

本検定における有意水準 5% とすると、全ての場合において  $p < 0.05$  であることが分かつ

た．よって仮説 H1 は棄却され，GrA\_zero と GrB\_zero には有意な差が存在すると言えることが分かる．

これらのことから，プロジェクトの特性が異なる GrA と GrB において，以下のことが分かる．

- 感情値が neutral をとるコミットコメントを含む場合には有意な差が存在するとは言えない．
- 感情値が neutral をとるコミットコメントを含まない場合には有意な差が存在すると言える．

よって，感情値が neutral でないコミットコメントについて考慮した場合には，特性の異なるプロジェクト間の感情極性の推移に差が存在すると思われる．

## 6．主な発表論文等

〔学会発表〕(計 4 件)

[1] 中川 要, "ソフトウェア開発プロジェクトにおける感情極性推移の分析," 修士学位論文, 京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科, 2018 年.

[2] 松井 章, "コミットメッセージの感情推定とソースコードにおける不具合出現の関係分析," 修士学位論文, 京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科, 2016 年.

[3] 山田 晃久, 水野 修, "ソースコードの特性を考慮した感情極性の分析," 電子情報通信学会技術研究報告, 115(SS2015-77), pp. 7-12, 2016 年 3 月. (宮古島市, 沖縄県)

[4] 山田 晃久, "ソースコードにおける不具合出現と感情推定の関係分析," 修士学位論文, 京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科, 2016 年.

〔その他〕

ホームページ等:

<https://se.is.kit.ac.jp/>

## 7．研究組織

(1) 研究代表者

水野 修 (MIZUNO, Osamu)

京都工芸繊維大学

情報工学・人間科学系 教授

研究者番号: 60314407