

審査の結果の要旨

氏名 ロヨラ ハイフマン
パブロ サルヴァドール

この学位請求論文「Representation Learning for Program Analysis, Testing and Repair」では、ソフトウェア開発におけるプログラムの分析、テスト、修復において、深層学習を代表とする表現学習の適用可能性について議論し、さまざまな手法を提案するとともにその有効性を実験的に検証している。

近年、社会のさまざまな場所でソフトウェアが使われている。ソフトウェア産業の規模は拡大するとともに、ソフトウェア自体の複雑性も増している。ソフトウェアの開発方法も、個人を主体とするものからチームを主体とするものへと変化している。しかし、ソフトウェアは人間が開発するものであるため、どうしてもバグが混入する可能性がある。こうしたバグによる社会全体での経済的な損失は巨大であり、ソフトウェアの品質を検査する方法の必要性は高まっている。

これまで多くの研究が、こうしたバグの検知や自動修正を目的として行われてきた。これまでの研究では、例えば、ソフトウェア開発者同士のコミュニケーション等からバグを早期に発見する、プログラム自体の内容を把握しそこからバグの可能性を発見する、プログラムの挙動を観察してバグの可能性を発見するなどのアプローチがあるが、いずれのアプローチにおいても、人間が手作業で作ったデータの表現を用いている。つまり、アルゴリズムの恣意性が高く、特定の目的や特定の問題に対してはうまくいくが、そうした目的や問題の範囲外ではうまくいかないなどの問題を内包している。

そこで本研究は、近年、急速に進展している深層学習に注目し、深層学習によって得られた表現を用い、ソフトウェア開発におけるさまざまな問題に適用し、ソフトウェアの品質の検証に役立つかを明らかにする。そうした試みを通じて、表現学習のソフトウェア開発における活用可能性を明らかにする。そのために4つの研究課題を設定している。

1つ目の研究では、ソフトウェア開発の社会的な側面に注目し、どういったプログラムがバグを含む可能性が高いかを推定する手法を提案する。プログラ

ム自体だけでなく、開発者のインタラクションも含んだ表現を学習する手法である。どのように変更が行われたかの系譜から、プログラムの表現を構成する。スキップグラムと呼ばれる埋め込みの手法を用い、Github や Sourceforge という一般的なソフトウェア開発のプラットフォームのデータを用いることで、従来手法よりも高い精度であることを検証した。

2つ目の研究では、プログラム中でバグのある箇所を特定するために、どの部分がある可能性が高いかを優先度づける手法を提案する。コードの自然さという概念を導入し、表現の学習によって明示的に隣接していても関連するコードを参照しつつ、バグのある可能性を学習する。実際のソースコードで検証し、トピックモデルなどの従来手法に対して優れた性能であることを示した。

3つ目の研究として、プログラムの理解を開発者に促すための手法を提案する。そのために、ソースコードと自然言語をつなぐニューラル言語モデルを設計し実装する。Long-short term memory(LSTM)と呼ばれる手法を用い、ソースコードに付与されたコメントとソースコードの変化の関連を学習する。提案手法では、ソースコードを入力するとその変化内容を表す自然言語のテキストが自動的に生成できることを示した。

4つ目の研究として、プログラムの自動修正を目的とし、強化学習を導入する。プログラムのバージョンを状態とし、そのプログラムに対する修正をアクションとすることで、目的とする振る舞いおよび文法的な正しさを最大化する。簡単な例題に対して、オンライン上のデータで学習することで、従来手法よりも高い精度でプログラムの自動修正が可能であることを示した。

本研究は、ソフトウェア開発という長年研究が行われている重要な分野を対象とし、表現学習という近年急速に進展している技術の活用可能性をさまざまな面から検討するというものであり、新規性が高い。また、ソフトウェア開発における品質の評価やバグの検知と修正は、産業あるいは社会全体を考えるとそのインパクトは巨大である。本研究で明らかにしたのは、表現学習の活用可能性の一側面ではあるが、その潜在的な有用性は大きいと考えられる。以上、ソフトウェア開発に関する重要な課題に対して新規性の高い手法を提案しており学術的な貢献が高いと同時に、実社会におけるソフトウェア開発における深層学習の利用に際して新しい知見を提示している点も高く評価できる。

よって本論文は博士（学術）の学位請求論文として合格と認められる。