

パワーエレクトロニクス機器向け組込みソフトウェアにおける機能数とメトリクスの関係調査

佐藤 芳信[†]

富士電機アドバンステクノロジー (株)[†]

1. はじめに

電気エネルギーを効率良く使い省エネルギーを実現するパワーエレクトロニクス機器では、CPU 性能の増加にともないソフトウェアで実現する機能数が年々増加し、さらに製品をタイムリーに提供する市場要求により開発期間も短くなっている。そのため、ソフトウェアの開発効率を高める取り組みが行われている。^[1]

開発効率を高めるためには、まずは、現状ソフトウェアのメトリクス計測^{[2], [3]}による傾向把握を行い、そこで明らかになった課題を解決していくことが必要である。

そこで本稿では、パワーエレクトロニクス機器向け組込みソフトウェアにおけるメトリクスを計測し、複数プロジェクトにおけるメトリクスをソフトウェアで実装する機能数で規格化し、どのような傾向があるか確認する。

2. ソフトウェアの特徴と計測例

パワーエレクトロニクス機器では、電圧や電流の値をセンサで検出し、それを指令値に追従させるために必要なパワー半導体のスイッチングパターンを演算処理している。物理現象を扱っているため、一定期間内に必要な演算処理を終わらせるために、アプリケーションソフトだけでなく、センサ信号や CPU を管理するシステム部分においても RTOS を使用せずに演算処理部分も全て C 言語で実装しているものが多く、今回計測を行ったソフトウェアも全て C 言語で記述している。

ソフトウェアの開発を効率良く行うためには、不具合を早期に発見するのが有効であり、そこで、プロジェクトの規模のメトリクスと単体試験後の検証試験での検出バグ数との関係に着目した計測を行った。

図 1 にファイル毎のコード行数（実行行数）と検証試験時にそのファイルで検出したバグ数との関係を示す。総バグ数の 1% 以上を占めるバグが検出されソースファイルはコード行数 200 行以上であること、さらに 1000 行を超えたファイルでは検出されるバグの割合が高いことが分かる。

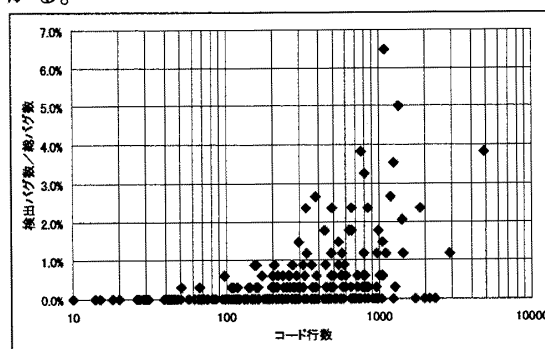


図 1 ファイル毎のコード数と検出バグ数の関係

また、表 1 にファイル毎に含まれる関数の数とファイルで検出したバグ数の関係を示す。図 1 で示した結果と同様に、全体の 25% を占める関数の数が多いファイルに、バグの 54% が検出されていることが分かる。

表 1 ファイルに含まれる関数の数とバグ数の関係

ファイルに含まれる関数の数	20 以上	19~10	9 未満
ファイル(割合)	25.5%	23.4%	51.0%
バグ数(割合)	54.3%	22.1%	23.6%

今回の結果から、一般的に言われるように規模の大きいソースファイルに多くのバグを検出することが確認できたので、規模のメトリクスを利用することでバグが作り込まれ易いファイルの特定が容易になり、効率の良い試験計画を立てることが可能となる。

3. メトリクスの傾向把握

次に上記のように得られたメトリクスをもとに他の開発プロジェクトと比較し、現在のソフトウェア開発の傾向確認を行った。機能と規

Research for the relation between functions and software metrics for power electronics equipments

[†]Yoshinobu Sato

Fuji Electric Advanced Technology Co., Ltd.

模の異なる開発プロジェクト間での特徴を検出するためにメトリクスの規格化を行う。コード行数で規格化する方法もあるが、今回は、ソフトウェアで実現している機能数の違いによるプロジェクトの記述の違いを把握するため、機能数（仕様項目数）でメトリクスの規格化を行っている。

図2に機能数で規格化した規模のメトリクスを示す。比較した4つのプロジェクトでの機能数としては30%程度の差があり、上記で計測したプロジェクトAを基準としている。

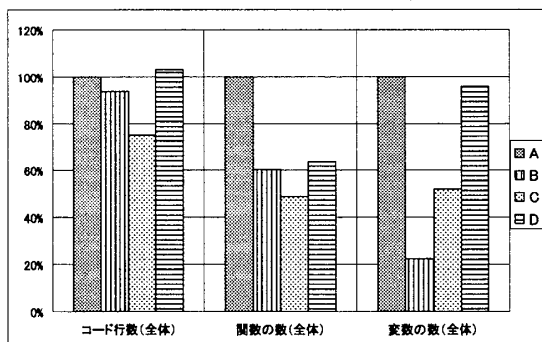


図2 機能数で規格化した規模のメトリクス

図2から、コード行数はプロジェクト間での差が小さいのに対し、関数の数や変数の数は、プロジェクト間の差が大きいことが分かる。

これら傾向の差が、各プロジェクトの特徴を示していると考えられるので、詳細に調べるため実装している関数のメトリクスである経路複雑度、ファンイン数、ファンアウト数についての計測を行った。プロジェクトによる関数の数の差が大きく単純な比較が出来ないため、各プロジェクトでのメトリクスの特徴が得られるように各メトリクス値の上位5つの合計値に対して機能数による規格化を行っている。結果を図3に示す。

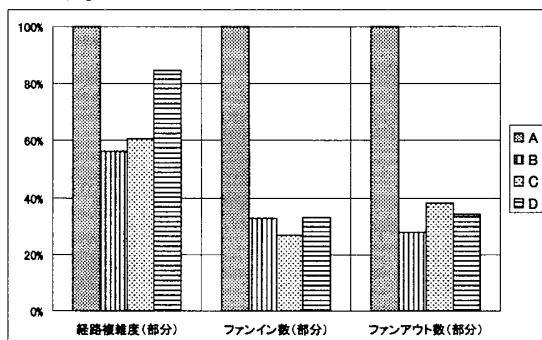


図3 機能数で規格化した関数のメトリクス

各プロジェクトの経路複雑度の傾向と、図2に示す変数の数の傾向が似ていることから、こ

れらのプロジェクトにおいては、経路複雑度が大きいものは、ある機能を実現するのに必要な条件の種類が多く、それが変数の数の増加につながっている可能性が高いと考えられる。

ファンイン数においては、プロジェクトAが他のプロジェクトに対し3倍程度大きいことから、このプロジェクトでは、ある機能を実現するために必要な関数の数が多く、その一方で図2に示すコード行数では他のプロジェクトとの差が小さいことから、関数がより細分化されているという傾向が分かる。

これらメトリクスの比較から、プロジェクトAにおいては、機能を実現するための条件を示す変数の数と、また粒度の小さい関数の数が、他のプロジェクトよりも多くある。このような状態では、機能を実現するための変数や関数の組合せパターンが多くなり、バグが作り込まれ易く、また、作り込まれたバグを発見するための試験工数が増加するという課題が潜んでいることが推測される。そこで、このようなプロジェクトのソフトウェア開発効率を改善するためには、ソフトウェアで実現する機能に対し、変数の数、関数の数を適切な規模にするための設計段階での取り組みが必要であることが分かる。

また、今回の比較では、関数のメトリクスである経路複雑度とファンイン数と、規模のメトリクスの変数の数、関数の数との相関係数は0.9と相関が高いことが確認できたので、計測が容易な規模のメトリクスをプロジェクトの特徴把握に利用可能であることが分かった。

4. まとめ

パワーエレクトロニクス機器向け組込みソフトウェア開発の効率改善の取り組みとして、メトリクスと検証試験での検出バグ数との関係を示した。また、ソフトウェアで実現している機能数でメトリクスの規格化を行いプロジェクト間での傾向を比較することで、プロジェクトの特徴と課題が把握でき、今後のソフトウェア開発プロセスの改善のための取り組みに利用できることを確認した。

参考文献

- [1]「パワーエレクトロニクス製品における要求の抽出手法の開発」 高橋 弘 他 ESS2006
- [2]「ソフトウェア開発の定量化手法 第2版」 Capers Jones 著 鶴保征城、富野壽 監修 共立出版
- [3]「21世紀へのソフトウェア品質保証技術」 菅野文友 吉澤正 監修 日科技連