

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：32689  
研究種目：基盤研究(C) (一般)  
研究期間：2017～2019  
課題番号：17K00112  
研究課題名(和文) ソフトウェアモデルの有用性優先モデリング手法の研究

研究課題名(英文) On Utility-First Modeling Method

研究代表者

岸 知二 (Kishi, Tomoji)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：30422661

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェアが大規模複雑化する一方、変化が常態化しており、そのソフトウェアモデルを常に完成度の高い状態に保つことが困難になっている。本研究では、限られたリソースでより効果的なモデリングを行うために、より有用性の高いモデル化部分を特定する手法を提案した。具体的には製品系列開発で用いられるフィーチャモデルを対象に、それが潜在的に表しているフィーチャ構成のうちどれがより有用性が高いかを判断する。提案手法では、ユーザプロファイルからフィーチャ構成を導出する際の意思決定確率を決定し、それに基づきフィーチャペアの生起確率を求めることで、有用性を判断する。シミュレーションにより本手法の有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

完成度の高いソフトウェアやモデルを作ることは重要だが、本研究で扱ったフィーチャモデルのようにシステムの構成を扱うモデルは、その構成数が組み合わせ的になるため、あらゆる組み合わせに対しての確認は現実には不可能である。そこで、より有用性の高いと考えられる部分を特定し、そこにリソースを使うことが現実解であると考えられる。本研究は、実世界での使われ方に基づき、そのモデルが表現する構成の生起確率を決定し、重要なモデル化部分を特定するものである。これは全体最適の観点からより効果的にモデリングを行うひとつの手法を与えるものであると共に、モデルの一部にリソースを費やすことの説明の根拠を与える意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：The size and complexity of software models become larger and also they are constantly changing. Thereby, it becomes more difficult to make the software model high-quality finish form. In this research, we propose a method to identify parts of software model that are expected to be more "useful" in terms of actual use. Concretely speaking, we focus on feature model that are used in SPL (software product-line) development and prioritize feature configurations in terms of usefulness. In the method, we determine decision making probabilities based on user-profile, and calculate probabilities of obtaining feature pairs, and then determine the usefulness of feature configurations. We evaluate the method in terms of simulations.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェアモデル ソフトウェアプロダクトライン フィーチャモデル ペアワイズテスト

## 1. 研究開始当初の背景

ソフトウェアの大規模化、複雑化の中、ソフトウェア開発において利用されるソフトウェアモデルの規模や複雑さも増加している。また、形式手法やモデル駆動工学といった、モデルを計算機処理して活用する手法の発展や実用化に伴い、モデルはより精密かつ厳密になっている。その一方で、ソフトウェアを取り巻くビジネス環境や技術環境はめまぐるしく変化しており、結果としてモデルを常に完成度の高い状態に保つことが困難になっている。ソフトウェア工学では、近年のこうした状況を不確かさと捉え、過度な完成度を求めずそれなりに有用な近似解を求める有用性(utility)優先の考え方が提案されている[1]。アジャイル開発におけるタイムボックスアプローチ等も同様の考え方に基づくものである。一方、モデリング研究においては、形式手法などを適用し、モデルを完成度の高い状態に保つための研究が依然として主流である。しかしながらモデルの規模の拡大や変化の速度は一層加速しており、理論面からも実務面からも既存研究の方向性では限界が危惧され、新たな解決策の研究が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、ソフトウェアモデルの有用性に関わる特性を評価し、有用性に見合ったそれなりの完成度をめざす有用性優先のモデリング手法を提案することである。ソフトウェアの大規模・複雑化、変化の常態化の中、過度な完成度を求めず、それなりに有用なソフトウェアを適時提供する有用性優先の考え方が提案されている。ソフトウェア開発に利用されるモデルも常に完成度の高い状態に保つことが困難になっており、モデリングにおいても有用性優先の考えが有効と考えるが、その研究は進んでいない。本研究では、モデルの有用性に関わる特性とその間の因果関係を整理し、求められる有用性に見合った完成度レベルを特性に照らして設定し、設定レベル以上の過度な完成度を求めない有用性優先のモデリング手法を提案する。

## 3. 研究の方法

ソフトウェアモデルの種類やモデリングの状況は多様であり、それに応じて有用性やモデリング手法の在り方は異なる。本研究では、過度な一般化をせず特定の問題に基づいて研究を進めた。具体的には、ソフトウェアプロダクトライン(Software Product Line, 以下 SPL)開発において活用されるフィーチャモデル(feature model, 以下 FM)を対象に検討を進めた。検討はインクリメンタルに行い、徐々に手法を洗練させた。

検討においては、まず FM が他のモデルと関連付けられている状況を設定し、FM のどの部分が、他のモデルのモデリングに影響を与えるかに関するメトリクスを設定して FM のモデル化の戦略付けを行う手法を検討した[2]。その後、モデルに閉じたメトリクスより、実世界での使われ方を反映したメトリクスの方がより適切ではないかとの考えに至り、実世界での使われ方を確率として扱ってモデルに反映する手法の検討を行った。ここでは FM が表現する膨大な数のフィーチャ構成(これは現実世界の製品に対応する)に注目し、それらの中でどのフィーチャ構成が現実世界の使われ方に照らして有用であるかという観点からフィーチャ構成に優先度をつける手法を検討した。すなわちそのフィーチャ構成に関わるモデリング作業がより優先すべきものであるという意味になる。なお、フィーチャ構成は組み合わせ的な数を持ち膨大であるため、ペアワイズ法の考えに基づきフィーチャ構成を選択し、それらに対して優先度をつける状況を設定した。以下、[3]に沿って、この後者に関わる成果について報告する。

## 4. 研究成果

### (1) 問題意識

SPL 開発のドメインエンジニアリングにおいて、開発したコア資産のテストを行う際に、導出可能なすべての製品をテストすることは非現実的なため、いくつかの代表的な製品群に対してテストを行う方法がある。そうした方法ではどのように代表的な製品群を決定するかが重要となるが、ペアワイズ法の考えを応用して、FM 中の任意の二つのフィーチャの組み合わせを網羅するようにフィーチャ構成群を導出し、それに対応する製品群をテスト対象とする手法などが提案されている[4]。その際 FM の制約を踏まえるので、例えば排他関係にあるフィーチャ群などは組み合わせから排除される。前述したように、本研究では FM が表現するフィーチャ構成の優先度付けを行うという問題を設定したが、これはこうしたテストにおける代表的な製品に対する優先付けの問題と同様である。すなわち有用性の高いフィーチャ構成(製品)に関わるモデル部分がより有用であるという意味に理解できる。

### (2) 着眼点

本研究ではユーザプロファイルからユーザの特性を確率情報として得て、それに基づいて FM からフィーチャ構成を導出する際のフィーチャ選択における意思決定の傾向として反映させる。現実世界における有用性を得る方法としては、運用プロファイルや機能プロファイルなどの、製品に近いレベルの情報に基づく方法や、顧客プロファイルやユーザプロファイルなどの利用者

特性に基づく方法など様々な方法があるが、本研究では、モデルの活用（FM に基づきフィーチャ構成を選択する）の傾向を得るためにより適切と考えられるユーザプロファイルを活用する方法を採用した。

以下、図 1(a)のスマートフォンのFM を例に説明をする。

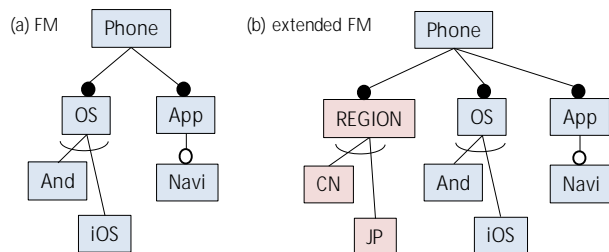


図 1 FM と extended FM

### (2) ユーザプロファイルの分析

ここで、このスマートフォンに関して、次のユーザプロファイルを仮定する。「ユーザの 60% が中国(CN)のユーザで、40%が日本(JP)のユーザである。中国のユーザの 80%が Android を使い、25%がナビを使う。一方、日本のユーザの 33.3%が Android を使い、75%がナビを使う」。図 1(b) は、このプロファイルを FM に反映させるために、日本と中国を表すフィーチャ(REGION)を加えて拡張した FM (extended FM) である。

### (3) フィーチャ選択プラン

次に、フィーチャ選択プランを作成する。フィーチャ選択プランは、フィーチャ構成を決定する際にどのような順序でフィーチャ選択を進めるかという順序付けである。まず FM 中に含まれる全てのフィーチャ選択箇所（任意やフィーチャグループなど）を、いくつかのクラスタに分割する。この分割はフィーチャ選択を誰があるいはどの組織が行うかといった運用を踏まえて行う。次にクラスタ間をまたがるフィーチャの階層関係やクロスツリー制約に基づき、クラスタ間の依存関係を判断する。

この依存関係に基づき、クラスタを意思決定の単位としてプランを作成する。クラスタ間に一方向の依存関係のみがある場合には、被依存側の意思決定を先行させるが、相互依存の場合には、まずクラスタ毎の意思決定を独立に行い、それぞれの意思決定が終わったらそれらの結果をマージする。図 2 は、図 1(b)の extended FM に対応したフィーチャ選択プランの例である。ここではさらにユーザプロファイルの分析から得られた条件付き確率が付与されている。

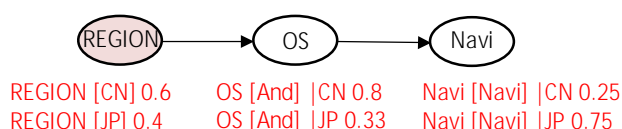


図 2 フィーチャ選択プラン

### (4) フィーチャペアの生起確率の計算

この extended FM と確率が付与されたフィーチャ選択プランを用いて、extended FM に含まれるフィーチャのすべてのペアの生起確率を計算するアルゴリズムを提案した。これを用いることで、ユーザプロファイルから得られた確率を踏まえ、それぞれのフィーチャのペアが生起する確率を求めることができる。extended FM には、ユーザを表す疑似的なフィーチャが含まれているが、それは除外するように考慮する結果、必須でないフィーチャすべてのペア (And, Navi)、(iOS, Navi)、(And, !Navi)、(iOS, !Navi)の生起確率はそれぞれ 0.22、0.23、0.39、0.15（小数点 2 桁まで）であることが求められる。

### (5) フィーチャ構成の優先度付け

フィーチャ構成中に含まれるフィーチャペアの生起確率の和が大きいものほど有用性が高いという考えに基づいて、フィーチャ構成の優先度付けを行う貪欲法のアルゴリズムを提案した。これを使って、優先度付けを行う。

この手法を用いることにより、優先度の観点からフィーチャ構成に適切な優先度付けができるかどうかを評価した。図 3 のグラフは、順序付けされたフィーチャ構成群において、より重要なペアがどの程度高い優先度のフィーチャ構成に含まれているかを示す図であり、傾きが

きい方がよりよい順序付けであることを示している。PFP は提案手法による順序付けであり、EPFP は既知のフィーチャ生起確率計算手法に基づいた順序付けである。提案手法が有用性の観点からより適切な順序付けを行っていることが示されている。その他、複数の FM に対して提案手法適用し、本手法の有用性を示すことができた。

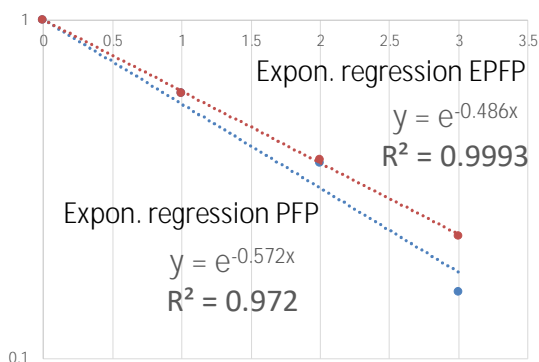


図 3 提案手法の評価結果(例題の場合)

#### (5) 貢献と課題

本研究の貢献は、有用性優先のモデリング手法のひとつの形態を、FM を対象に示し、実験によってその有効性を確認したことである。特に本研究においては、モデルの実世界での使用方を示すユーザプロファイルに基づき、フィーチャペアの生起確率を求め、それを有用性の指標としている点に大きな特徴を持つ。一方、提案したフィーチャペアの生起確率を求めるアルゴリズムは計算量が大きいという課題があり、スケーラビリティが今後の課題である。また、今回はユーザの利用特性を示すユーザプロファイルに基づいて有用性の根拠となる情報を得たが、操作プロファイルや機能プロファイルなどに基づく手法も有効であると考えられる。そうした手法についても今後の課題である。

#### < 引用文献 >

- [1] David Garlan: Software Engineering in an Uncertain World, FoSER '10, pp125-128, 2010.
- [2] 岸知二, 野田夏子: フィーチャモデル記述の妥当性に関する考察, ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE) 2017, pp.195-200, 2017.
- [3] Hirofumi Akimoto, Yuto Isogami, Takashi Kitamura, Natsuko Noda, Tomoji Kishi: A Prioritization Method for SPL Pairwise Testing based on User Profiles, Asia Pacific Software Engineering Conference (APSEC) 2019, pp.118-125, 2019.
- [4] M. F. Johansen, O. Haugen and F. Fleurey: An Algorithm for Generating t-wise Covering Arrays from Large Feature Models, the 16th International Software Product Line Conference, pp.46-55, 2012.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hirofumi Akimoto, Yuto Isogami, Takashi Kitamura, Natsuko Noda, Tomoji Kishi	4. 巻 APSEC2019
2. 論文標題 A Prioritization Method for SPL Pairwise Testing based on User Profiles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of APSEC 2019	6. 最初と最後の頁 118-125
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 岸知二, 野田夏子	4. 巻 XXV
2. 論文標題 フィーチャモデル利用の確率的側面に関する一考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ(FOSE)2018	6. 最初と最後の頁 129-134
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 岸知二, 野田夏子	4. 巻 XXIV
2. 論文標題 フィーチャモデル記述の妥当性に関する考察	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ(FOSE)2017	6. 最初と最後の頁 195-200
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 岸知二, 野田夏子	4. 巻 2017-SE-197(10)
2. 論文標題 ソフトウェアモデルにおける有用性優先についての考察	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岸知二, 野田夏子	4. 巻 59-4
2. 論文標題 フィーチャモデルの近似的解析によるフィーチャ構成導出手法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1203-1214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Tomoji Kishi
2. 発表標題 A Prioritization Method for SPL Pairwise Testing utilizing Feature Selection Probabilities
3. 学会等名 The 8th Asian Workshop on Advanced Software Engineering (AWASE 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸知二, 野田夏子
2. 発表標題 フィーチャモデル利用の確率的側面に関する一考察
3. 学会等名 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ(FOSE)2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸知二
2. 発表標題 フィーチャモデル記述の妥当性に関する考察
3. 学会等名 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ(FOSE)2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岸知二
2. 発表標題 ソフトウェアモデルにおける有用性優先についての考察
3. 学会等名 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考