

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330091

研究課題名(和文)大規模不整合モデルの近似的構成管理手法の研究

研究課題名(英文)On Approximate Configuration Management Method for Inconsistent Software Models

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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：大規模・複雑化し変化が常態化しているソフトウェアモデリングにおいて、未完成部分や未検証部分など不整合の残存を前提とした活用が必要となる。本研究では、ソフトウェアプロダクトライン開発における製品導出を例題に、不整合に基づく構成管理上の後戻りを減らすための近似的構成管理手法を提案した。本手法は、要求を満たしかつ後戻りの期待値の少ない製品導出を低コストで可能とするものである。さらに不整合がある状況では小さな構成を得ることが有用であるとの観測から、本来高計算量となる小さな製品導出を、近似解ながら低コストで行う手法を提案し、その有用性をシミュレーションで確認した。

研究成果の概要(英文)：The size and complexity of software models become larger and also they are constantly changing. As a result, models tend to include undefined and/or unverified parts in them; it is quite difficult to make software models always consistent. In this research, we examine product derivations in software product lines development, and propose an approximate configuration management method considering such inconsistencies. We also observe that deriving smaller size of configurations is beneficial, and propose a method to derive smaller size of configurations at lower cost. We evaluate the method in terms of simulations.

研究分野：情報学

キーワード：ソフトウェア ソフトウェア工学 ソフトウェアモデリング 構成管理 プロダクトライン開発

1. 研究開始当初の背景

ソフトウェア開発においてモデルの活用が進んでいるが、大規模・複雑化し変化が常態化する中、モデルを未完成部分や未検証部分を含まない状態に常に維持することは困難であり、結果不整合が残存する。例えばプロダクトライン開発で用いられる製品群の可変性モデルは、産業規模では数千のモデル要素が含まれ、数百万種類の製品を導出可能とすることも珍しくない。こうしたモデルを常に完成され検証された状態に保ち続けるには多くのコストがかかるため、ビジネス環境・技術環境が目まぐるしく変わる状況では、不整合が内在してしまいモデルの活用を阻害している。また、モデル駆動開発、モデルベースドテストなどマシン処理を前提としたモデルの高度な活用が進んでいるが、これらの活用にはより精密で厳密なモデルが必要とされ、不整合の除去をより難しくしている。こうした中、モデルの不整合に関する議論が徐々になされているが、多くの研究は不整合の自動検出や修正による整合性保持など、不整合を排除する方向の研究が主流である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、不整合を内在したモデル群を扱える、新規な構成管理手法を提案することである。

我々は過去に一定の不整合を内包したモデルを扱うための近似的モデリング手法の研究を進めてきた。ここではモデルを粗くする過大近似とモデルを限定化する過小近似の二つの近似化概念を導入し、不整合を内在したモデルを近似インタフェースというフィルタを通して使うことで、近似化されているが不整合の少ないモデルとして利用する手法を提案した。

現実のソフトウェア開発では複数のモデルが利用されるため、利用目的(コード生成、テストケース生成、検証など)に応じてモデル群を適切に関連付け構成する必要がある。これには構成管理技術が使われるが、現状の構成管理技術は不整合を許容したモデルを考慮していない。本研究は、不整合を内在したモデル群を扱える、新規な構成管理手法を提案するものである。

3. 研究の方法

ソフトウェアモデルの活用は多様であり、その活用によって不整合のもたらす影響は異なる。本研究では、過度な一般化をせずに特定の問題に基づいて研究を進めた。具体的には、プロダクトライン開発において、可変性モデルが多段階に関係づけられている際にその間に不整合がある状況を想定して、そこにおける製品導出を行うための近似的構成管理の手法を検討・提案した。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。なお、シミュレーションにより、手法の

有効性を確認した。

4. 研究成果

(1) 課題の分析

プロダクトライン開発では、可変性モデルを多段階に関連づけて活用することが多い。図1は要求など問題空間の可変性を表すフィーチャモデル(FM)と、ソフトウェア部品など解空間の可変性を表すアセットコード(AC)の構造を表すモデルとがあり、その間にトレーサビリティリンク(TL)が定義されている例である。

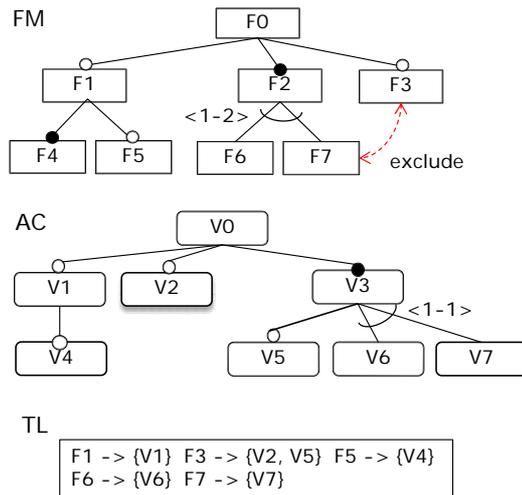


図1 多段的な可変性モデルの例

製品導出に際しては、FM中で必要とするフィーチャ(F1等)群を選択することで、まずFM中で指定したフィーチャ群を含む正しいフィーチャの構成を導出し、次にその構成に含まれるフィーチャ群とTLによって関連づけられたバリエーション(V1等)群を識別し、そのバリエーション群を含む正しいバリエーションの構成を得るという手順を踏む。

この際、FMとACの間に意味的不整合(FM中での正しいフィーチャ構成に対応する正しいバリエーション構成がAC中に存在しない状況)があると、作業に手戻りが生じる問題が発生する。図2はフィーチャF5を指定した例であるが、FM中では4つのフィーチャ構成が得られるが、不整合のためそれらのひとつの構成に対応するバリエーション構成がない状況を示している。

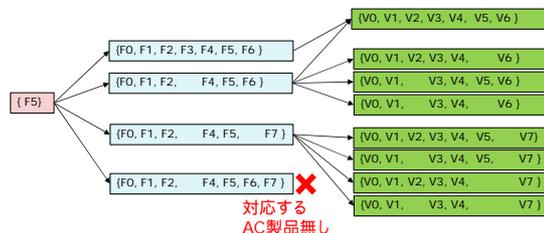


図2 FMとACの間の意味的不整合の例

得られたフィーチャ構成 に対応するバリエーション構成がないと、他のフィーチャ構成を導出して再度バリエーション構成を求める必要があり手戻りが発生する。FM や AC 中の正しい構成を得るための計算量は NP 完全であり、大規模のフィーチャモデルではこうした手戻りは問題となる。

(2) 基本的な構成管理手法と特性比較

上述したような不整合化に対して、いくつかの基本的な構成管理の手法を検討し、その得失を検討した。

- 刈り取り方式：フィーチャモデルのサイズを小さくして計算量を減らすために機械的に枝を刈り取って、縮退したモデルを使って構成管理を行う方法である。モデルサイズは小さくなるが、正しい構成を得られる保証はない。
- 指定フィーチャ方式：指定フィーチャ群の実現だけを目的として、指定フィーチャ群に対応したバリエーション群を含む構成を求めるもので、FM で正しいフィーチャ構成が存在するかどうかを確認しない方式である。求めるフィーチャは実現できるが、それに対応するフィーチャ構成が問題空間で許容される保証はない。
- コア構成方式：FM, AC, TL を用いてグラフの連結性を利用し、指定フィーチャの構成と直交するモデル部分を近似的に同定し、その部分だけを用いてバリエーション構成を求める方式である。この方式はコスト削減が必ずしも保障されないが、必ず正しい製品が得られる安全な手法である。

図 3 に 3 つの方式の違いを直感的に示す。

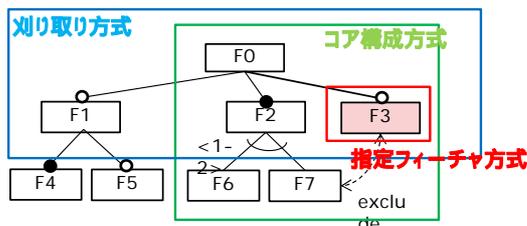


図 3 基本的な構成管理の方式

コア構成方式は要求フィーチャの確認という意味からは最も低コストで手戻りが発生しない方式であり、プロトタイプ的な製品導出に適している。一方指定フィーチャ方式はコスト低減の期待値は低いが、安全な方式であり、通常の製品導出ではこの方式の利用が妥当であると考えられる。

(3) 構成管理の戦略

図 2 に示すように、指定されたフィーチャを含むフィーチャ構成や、それらを実現するバリエーション構成は一般に複数ある。その際、構成に含まれるフィーチャやバリエーションと

いった要素の数を構成のサイズと定義する。

可変性モデルが多段階で構成されている際には、前の段階で大きなサイズの構成を導出すると、次の段階で多くの要素が指定されるため制約がきつくなり、構成が得られず手戻りが発生する可能性が高くなる。逆に小さなサイズの構成を導出すると、次の段階の制約が小さくなるため、手戻りの発生が減少することが期待される。従って、不整合が存在する状況ではより小さなサイズの構成を得ることが戦略的に有利であると考えられる。

(4) 小さな製品の近似的導出

複数存在する構成の中からより小さなサイズの製品を得るには、例えば FM のスライシングなどの技術を利用することが可能である。しかしながら FM スライシングの計算量は NP 困難であり、コストが高い。そこで近似的な手法でより小さな製品構成を求める手法を検討した。

この手法では、FM などの可変性モデルを、クラスタと呼ばれるサブ木に分割し、その単位に指定されたフィーチャ群からの製品導出に影響を持つかどうかを判断する。この計算量は多項式時間(N^3)であり低コストである。図 4 は FM を F1, F2, F3 を頂点とするサブ木に分割したときに、例えば指定フィーチャ {F3, F6} からの製品導出においては、F1 を頂点とするサブ木が製品導出において直交していることを直感的に示している。

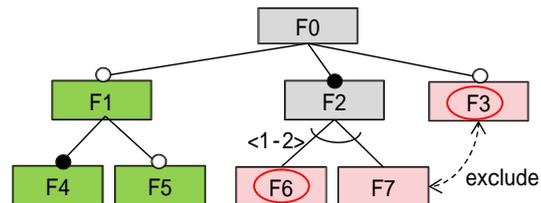


図 4 直交するサブ木の例

また、木の枝の部分にも、指定されたフィーチャ群からの製品導出において直交する部分が存在することがある。図 5 は F3 と F6 が指定フィーチャであるとき F5 の選択は直交していることを示している。この部分を識別する計算量も同様に多項式時間(N^3)であり低コストである。

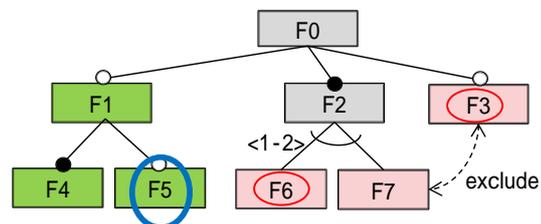


図 5 直交する枝の例

製品導出にあたっては、まず直交するサブ木と直交する枝を識別し、直交しないサブ木

群と直交するサブ木群とを分離して、それぞれから製品構成を求め、両者の集合和を取ることによって最終的な製品構成を得ることができる。この際に直交する枝は非選択にすることでさらに導出コストを小さくすることができる。図6は上記の例で、二つのサブ木から得られる構成の例を示している。

直交部分のサブ木や枝の選択状態は指定フィーチャとは無関係なため、小さなサイズの構成を得るためには、それらの部分のフィーチャは非選択にすることで導出コストを削減することができる。

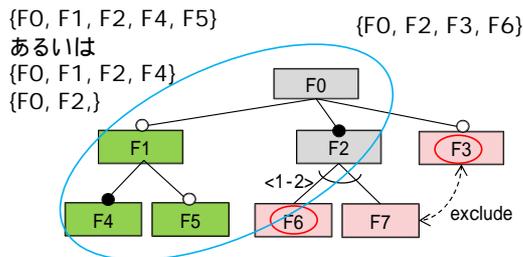


図6 サブ木群を分割した製品導出

提案手法の有効性を確認するために、ランダムに生成した可変性モデルや、公開されているリポジトリ中の可変性モデルを利用して、指定フィーチャなどの条件を変えながらシミュレーションを行った。

図7は提案手法による可変性モデルの規模の削減効果を示している。上述した様に構成の導出時に直交したサブ木や枝は非選択にしてよい場合可変性モデルから除去できる。図はリポジトリ中のFMにおいてどの程度フィーチャ数が非選択、つまり減少できたかを箱ひげ図で示している。リポジトリ中の現実的なFMでは、平均的には3割程度までフィーチャ数が減ることがわかる。なお横軸はFM中のサブ木の数である。このように本手法は導出コストの削減に寄与する。

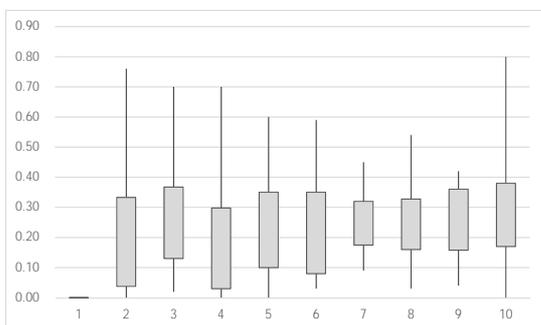


図7 FMのフィーチャ数の減少効果

本手法によってどの程度小さなサイズの構成が得られるかを実験した結果を図8に示す。これもリポジトリ中のFMを対象に、導

出できた構成のサイズを箱ひげ図で示したものである。なお横軸はFM中のフィーチャ数を示している。このようにFMのフィーチャ数が多くなるほど、より小さなサイズの構成の導出が期待される。

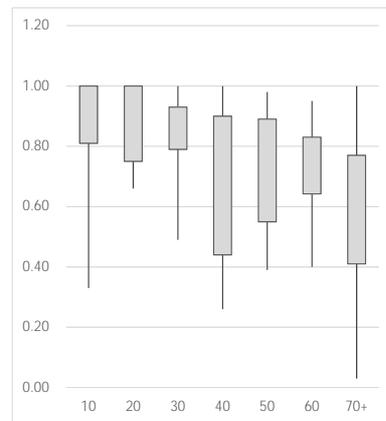


図8 サイズの削減効果

(5) 貢献と課題

本研究ではプロダクトライン開発における可変性モデル間の不整合の問題を対象として、そこにおける近似的な構成管理の手法を提案し、その有効性をシミュレーションで確認した。近似化のためのコストは低く、多くの場合に効果が期待できるため有効性が高い手法であると考えられる。一方、FMの形状やパターンは多様であり、シミュレーションでの確認には限界があることも事実である。また実事例でのさらなる確認も必要である。

ソフトウェア開発で使われるモデルやその利用方法は多様であるため、そこでどのような課題があるのか、あるいはそのためにどのような構成管理手法が妥当であるのかということも、今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

- [1] 岸知二, 野田夏子: 近似化によるフィーチャモデルからの製品導出法, 電子通信情報学会 知能ソフトウェア工学研究会, KBSE2016-41, pp.13-18, 2017. (査読無)
- [2] 岸知二, 野田夏子: SPLの近似的製品導出における近似度に関する考察, ソフトウェア工学の基礎 XXIII, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2016, pp.169-175, 2016. (査読有)
- [3] 岸知二, 高松幸平: フィーチャモデルの近似化と製品導出コストに関する考察, 電子通信情報学会 知能ソフトウェア工学研究会, KBSE2015-55, pp.43-47, 2016. (査読無)
- [4] 岸知二, 野田夏子: SPLにおける近似的製品導出に関する一考察, ソフトウェア工学の基礎 XXII, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2015, pp.115-120, 2015. (査

読有)

- [5] 岸知二, 宮里章太, 野田夏子: 近似的構成管理について, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会, 2014-SE-186, pp.1-7, 2014. (査読無)
- [6] 岸知二, 川島優樹, 野田夏子: 近似的モデリングアーキテクチャに関する考察, 情報処理学会, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2014 論文集, pp.152-157, 2014. (査読有)

〔学会発表〕(計 6 件)

- [1] 岸知二: 近似化によるフィーチャモデルからの製品導出法, 電子通信情報学会 知能ソフトウェア工学研究会, 2017年3月3日, ITビジネスプラザ武蔵, (石川).
- [2] 岸知二: SPL の近似的製品導出における近似度に関する考察, 本ソフトウェア科学会 FOSE 2016, 2016年12月2日, 琴参閣, (香川).
- [3] 岸知二: フィーチャモデルの近似化と製品導出コストに関する考察, 電子通信情報学会 知能ソフトウェア工学研究会, 2016年3月3日, 湯布院公民館, (大分).
- [4] 岸知二: SPL における近似的製品導出に関する一考察, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2015, 2015年11月27日, ほほえみの宿, (山形).
- [5] 岸知二: 近似的構成管理について, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会, 大阪大学, 2014年11月14日, (大阪).
- [6] 岸知二: 近似的モデリングアーキテクチャに関する考察, 情報処理学会, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム, 2014年9月2日, 芝浦工業大学(東京).

6. 研究組織

(1) 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