

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500053

研究課題名(和文)大規模ソフトウェアモデリングのための近似的モデリング手法の研究

研究課題名(英文)Studies on an Approximate Modeling Technique for Scalable Software Modeling

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) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェア開発で使われるモデルは、年々詳細化、厳密化されその構築コストが大きくなり有効活用を阻害している。本研究では、本来の意図よりも概略化あるいは局所化した近似モデルを構築すること、ならびにモデル間の整合化を近似的に行うことによりモデル構築コストを低減させる近似的モデリング手法を考案した。本手法では表現する情報量が低減するため、それを後工程で補うなどのペナルティが発生する。そこでモデル群の構造をモデリングアーキテクチャとして捉え、メトリクスを用いてペナルティの少ない適用箇所を推定する方法をあわせて提案した。

研究成果の概要(英文)：Software models are becoming more detailed and precise, and the development cost is increasing. In this research, we proposed an approximate modeling technique in which we develop approximate model (abstract and/or partial model) and make consistency among models approximately. Though this technique reduces the modeling cost, we need to complement information in the later phases. Hence, we also propose a technique to estimate parts of models at which application of approximate modeling technique yields less penalty utilizing metrics on the modeling architecture.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：計算基盤 ソフトウェア ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェア モデリング モデル駆動開発 プロダクトライン開発

### 1. 研究開始当初の背景

ソフトウェアの大規模化や複雑化が進み、またビジネス環境や技術環境も目まぐるしく変わっている。そうした中、プログラム言語よりもより抽象度高くソフトウェアを扱える UML などのソフトウェアモデル（以下モデル）の活用が着実に広がりを見せており、モデルベース開発・テスト、プロダクトライン開発、形式検証などの分野ではモデルが中心的な役割を果たすようになってきている。

しかしながらこうした高度なモデルの活用は、厳密で詳細かつ整合のとれたモデルを必要とするため、モデルの構築や維持のコストが大きくなりすぎ、産業規模のソフトウェアではモデリングが困難なことも起こる。

無制限にコストをかけていいのであれば、十分に厳密で整合性のとれたモデルの構築が可能であるが、現実にはかけることのできるコストには限りがあるため、どの部分の厳密性や整合性にコストをかけるのが有利なのかを判断するモデリングの戦略付が必要となる。本研究はこうした背景と問題意識に基づくものである。

### 2. 研究の目的

本研究は「多くの情報量を持ったモデルを整合性のある形にするためのモデリングコストは多大であり、ソフトウェアの大規模化、開発サイクルの短縮、変化の速さなどを考慮すると、厳密な整合性を常に要求するモデリングは現実的でない」という仮説に基づき、設計や検証を主対象に、緩やかな整合性を許容する近似的モデリング手法の確立を目指すものである。そのために以下を達成することを目的として研究を実施した。

(1) 基本概念の整理：緩やかな整合性に関する基本的枠組みの整理：研究のベースとして、近似モデルや近似的モデリングの基本的、概念的な枠組みについて検討、整理する。

(2) 近似的モデリングメカニズムの提案：緩やかな整合性を実現する一手段としての近似的モデリングのメカニズムを提案する。

(3) 近似的モデリング手法と環境の提案：粗い近似を用いて低コストでモデリングを行い、許容されるコストの中で徐々に近似精度を上げていく近似的モデリング手法を提案する。さらにそうしたモデリングや手法を支援するための環境を試作する。

### 3. 研究の方法

本研究は以下の方法に基づいて行った。

(1) 仮説に基づく基本概念の整理：本研究は新たなモデリング手法を構築することを目指しており、まず仮説と基本概念の整理を、関連文献調査等を踏まえて行った。

(2) 具体例に基づく評価とそれに基づくインクリメンタルな改善：次に具体的な例題や事

例をベースに、基本概念の妥当性の確認を行いながら、概念のリファインを進めた。

(3) モデリングメカニズムや支援環境の開発：一定のリファインを行った後、具体的なモデリングメカニズムの検討と、その支援環境の開発を行った。

### 4. 研究成果

(1) 基本概念：近似的モデリングに関して以下の基本概念を定義した。

① 近似モデル：本来であれば明示的な記述が意図されるモデル上の概念を近似的に表現したモデルである。なお本来であれば記述が意図されたモデルをベースラインモデルと呼ぶ。概念を近似的に記述する方法として、典型的には以下を想定する。

- ・概略化：記述が意図される概念を、それを包含するより包括的な概念の記述で置き換える。クラスの記述をスーパークラスの記述で置き換える等。

- ・局所化：記述が意図される概念を、それが包含するより限定的な概念の記述で置き換える。複数のサブクラスが存在する際に、その中の一部しか記述しない等。

- ・抑制化：記述が意図される概念を記述せず、単に何らかの記述が意図されていたことのみ記述する。

② 近似的整合化：本来意図された整合化を近似的に行うことである。近似的整合化を行う方法としては、典型的には以下を想定する。

- ・抽象的整合化：モデル間の概念の整合を、本来意図されたものよりも抽象度の高い概念で行う。

- ・部分的整合化：モデルが表現している情報のサブセットのみを整合化させる。

- ・信用：他のモデルと整合をとらずにモデルを信用する。実際には整合をとらないので、整合化の範囲を狭めることに相当する。

③ 近似的モデリングのための概念尺度：モデルや整合化がどの程度の近似をしているのか、結果としてモデル間がどの程度整合しているのかを示すために、近似度と整合度という概念尺度を導入した。

- ・近似度：近似モデルや近似的整合化がどの程度の近似になっているかを示す概念尺度。ベースラインモデルを 1 として、それより小さい正数を用いる。

- ・整合度：本来の意図として整合すべきモデルに対して、どの程度整合しているかを示す概念尺度。ベースラインモデルにおける整合度を 1 として、それより小さい正数を用いる。

④ モデリングアーキテクチャ：モデリングに影響を与えるモデル群の構造をモデリングアーキテクチャと呼ぶ。モデル構築や整合化をどこまで行うかは、そのモデルを使って行う設計や検証作業というマクロな目的に対する合目的性で判断されるべきである。モデル群がどう関連しどのように使われるかを俯瞰するためには、モデリングアーキテクチャ

ャを明示的に捉え、その特性を理解することが重要である。

(2) モデリングメカニズム

①要件：近似的モデリングを行う際のモデリングメカニズムに対する要件として以下を考えた。

・モデリングアーキテクチャの記述：近似的モデリングを行う際には、モデリングアーキテクチャの検討が重要であり、その記述ができること。

・個々のモデルや整合化の近似の記述：モデリングアーキテクチャに沿って、それを個々のモデル・整合化の近似度へとブレークダウンできること。具体的には、モデルが近似モデルであることを明示できること、モデルを近似的に利用したことを明示できること、近似のレベルを変えられることが必要である。

②モデルマップ：モデリングアーキテクチャを把握するために、利用するモデルとモデル間の関係を記述するモデルマップを提案した。モデルマップは整合化を図るべきモデル中の概念の関係を示す図である。図 1 はモデルマップの記述例である。

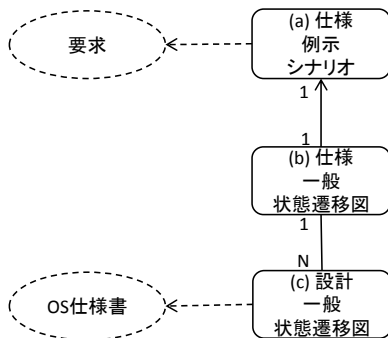


図 1 モデルマップの記述例

③近似モデルの記述：近似モデルは、近似されたモデル要素に対して近似概念を表すステレオタイプを付与することで記述する。例えば図 2 はフィーチャモデルであるが、これをベースラインモデルとして考える。

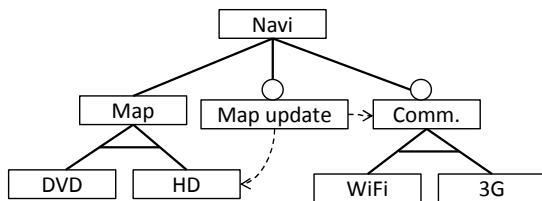


図 2 ベースラインモデルの例

図 3 はこのベースラインモデルに対する近似モデルの記述例である。ベースラインモデルではフィーチャ Map 以下に代替フィーチャとして DVD と HD の二つが定義されているが、ここでは局所化されて HD のみが残されている。一方、フィーチャ Comm.以下に代替フィーチャ WiFi と 3G が定義されているが、概略化されて Comm.以下の情報が省略されている。こうした近似化の意図がス

テレオタイプによって示されている。

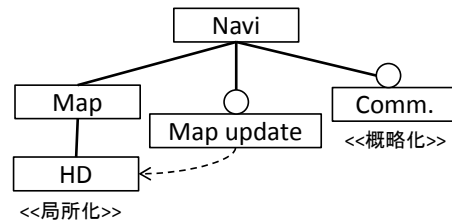


図 3 近似モデルの記述例

④近似インタフェース：近似インタフェースは、モデルに対する一種のフィルタであり、あるモデルをインポートして、そのモデルをそのままあるいは近似した形でエクスポートする機能を持つ。要件で述べたように、構築者は自己の構築したモデルが近似モデルであることを明示したいし、利用者はそのモデルを近似的に利用したことを明確にしたい。近似インタフェースはこのために用意されるメカニズムである。図 4 は近似インタフェースの使われ方を説明する図である。

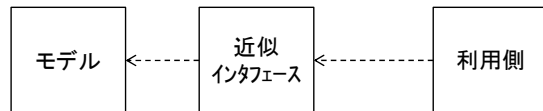


図 4 近似インタフェースの利用

モデルは実際に構築されたモデルである。もしもモデル構築者が実際に作ったモデルを近似して使ってほしいとき、モデル利用者がモデルを近似して使いたいときには、近似インタフェースを通すことで、近似モデルとしてエクスポートもしくはインポートすることができる。また近似インタフェースを変えることで、構築したモデルは変更せずに、異なった近似ができる。

(3) モデリング手法

近似的モデリングは以下の方法で行う。

①モデリングアーキテクチャの把握：モデルマップなどを活用し、構築するモデルとその間の関係を把握する。

②モデリングアーキテクチャの特性の把握：モデリングアーキテクチャの特性を把握する。特性とは整合化される概念間関係によって定義され、例えばモデル間の対応概念の定義のバランスなどを意味する。後述するように、メトリクスを活用して特性を把握する方法などを意図している。

③近似化の方針検討：上記に基づき、モデルを近似化することが有効か、有効ならどの部分を近似化することがよいかを検討する。

④近似的モデリングの適用：上記方針に基づきモデルを構築する。

(4) 適用例題

①概要：フィーチャモデル(FM)とアーキテクチャモデル(AM)を用いた可変性モデルから、製品導出を行う作業を対象に、近似的モデリングの適用が有効な状況について考察した。

一般に近似化を行うと、モデルが粗くなったり限定化されたりする。従ってベースラインモデルに比べ、粗いあるいは限定的な情報しか持たないため、それを後から補うペナルティが発生する。本製品導出の例題であれば、FMを近似化すると製品導出のための情報量が落ちて製品が絞り込めなかったりするため、AM上でそれを絞り込むなど、追加的な作業が必要となる。一般には上流の作業を下流に引き延ばすことはコスト的に不利となることが多い。しかしながら近似的モデリングが有効と考えられる状況があり、それを製品導出ステップ数を基準にした製品導出コストを元に検討した。

②有効な状況例：AMがFMに比べて粗粒度な場合には、FMを詳細なまま利用してもAMが同等の解像度を持たないために、その作業が無駄になる。こういう状況では、FMを近似化することによって無駄を省くことができる。図5にこの状況を模式的に示す。

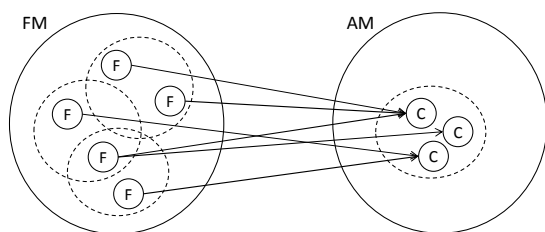


図5 AMが粗粒度な状況

また、AMが未整備でFMとの対応概念の多くが未定義な場合には、FM側で詳細な作業を行っても、対応する概念がAM側にないため、その作業が無駄になる。この状況でもFM側を近似化することで無駄が減ると考えられる。図6にこの状況を模式的に示す。

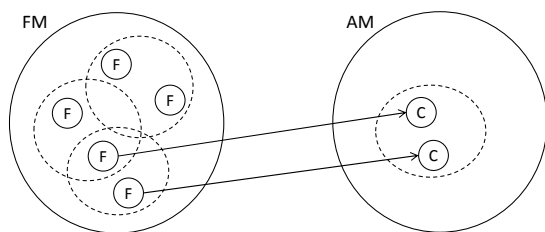


図6 AMが未整備な状況

さらに設計制約が強くFM上で導出されたフィーチャ群がAM側の制約で製品として選べない状況でもFM上の作業が無駄になる。この場合もFMを近似化して詳細な作業をAM側に持ち越す方が有利である。図7にこの状況を模式的に示す。

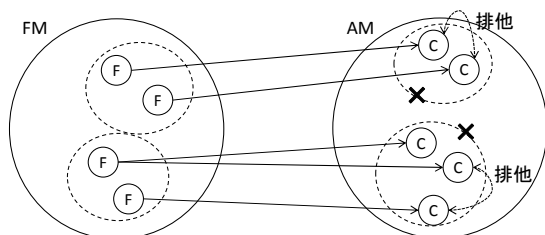


図7 AM中の制約が強い状況

③メトリクスの利用：モデル構築を進めてい

る過程で、近似的モデリングを適用することが有利かどうか検討するには、その時点でのモデリングアーキテクチャが上述した状況にあるかどうかを判断できなければならない。その判断を支援するためにFMとAMの概念の対応やバランスを判断するためのメトリクスを定義した。例えばそれぞれのモデルから導出可能なモデル要素の組合せ数の比率や、モデル間のトレーサビリティリンクの多重度などをメトリクスとして測定することで、状況を推定することができる。

#### (5) 支援環境

近似的モデリングを支援するために、近似化を行うフィルタ、上述したメトリクスを測定するツールなどの環境を検討し、試作した。なおこれらは上述したFMとAMからの製品導出に特化した形で作られている。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

- [1] 川嶋優樹, 岸知二: 可変性モデル間の製品バリエーション不均衡に関するメトリクスの提案, 情報処理学会 第76回全国大会, pp.435-436, 2014. (査読無)
- [2] 永野寛丸, 岸知二: ソフトウェアプロダクトラインにおける非機能特性を考慮した製品導出支援手法の提案, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 研究報告, Vol.2013-SE-182, no.13, pp.1-8, 2013. (査読無)
- [3] 榎藤晃徳, 岸知二: メタモデル進化に対するモデル変換共進化手法, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム2013 予稿集, pp.1-8, 2013. (査読有)
- [4] 岸知二: 近似的モデリングメカニズムについての考察, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 研究報告, Vol.2013-SE-181, pp.1-7, 2013. (査読無)
- [5] 榎藤晃徳, 岸知二: メタモデル進化を考慮したモデル変換開発手法の提案, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 研究報告, Vol.2012-SE-178, no.28, pp.1-8, 2012. (査読無)
- [6] 岸知二: 近似的モデリング技法についての考察, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 研究報告, Vol.2012-SE-177, no.34, pp.1-7, 2012. (査読無)
- [7] 岸知二: ソフトウェアモデル間のスケーラブルな整合化戦略について, ソフトウェア工学の基礎 XVIII 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2011, pp.97-102, 2011. (査読有)
- [8] 岸知二: スケーラブルなモデリング技法に関する考察, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会 研究報告, Vol.2011-SE-173, pp.1-8, 2011. (査読無)

〔学会発表〕（計 5 件）

- [1] 岸知二, メタモデル進化に対するモデル変換共進化手法, 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 2013、2013 年 9 月 9 日, 東洋大学（東京）。
- [2] 岸知二, 近似的モデリングメカニズムについての考察, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会、2013 年、7 月 17 日、和歌山県立情報交流センター（和歌山）。
- [3] 岸知二, 近似的モデリング技法についての考察, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会、2012 年 7 月 19 日, 大阪大学（大阪）。
- [4] 岸知二, ソフトウェアモデル間のスケーラブルな整合化戦略について, 日本ソフトウェア科学会 第 18 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ, 2011 年 11 月 25 日, 海扇閣（青森）。
- [5] 岸知二, スケーラブルなモデリング技法に関する考察, 情報処理学会 ソフトウェア工学研究会, 2011 年 7 月 22 日, 岡山国際交流センター（岡山）。

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

- 出願状況（計 0 件）
- 取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岸 知二 (KISHI, Tomoji)  
早稲田大学・創造理工学部・教授  
研究者番号：30422661

### (2) 研究分担者

なし