

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2007～2008
課題番号：19500028
研究課題名 (和文) 体系的なモデル変換原理に基づく組み込みソフトウェア開発環境の研究
研究課題名 (英文) A Study on Development Environment for Embedded Software Based on the Systematic Model Transformation
研究代表者
沢田 篤史 (SAWADA ATSUSHI)
南山大学・数理情報学部・教授
研究者番号：40273841

研究成果の概要：

本研究では、モデル中心型の組み込みソフトウェア開発において、アスペクト指向に基づくソフトウェアアーキテクチャ記述のスタイルである E-AoSAS++を基礎に、モデルやプログラムコードの自動生成を中心とする開発支援環境のプロトタイプを構築するとともに、要求仕様とソフトウェアアーキテクチャの対応付けについての検討を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：モデル駆動アーキテクチャ，モデル変換，アスペクト指向，開発支援環境，組み込みソフトウェア

1. 研究開始当初の背景

組み込みシステムの大規模・複雑化の進展に伴い、組み込みソフトウェア開発効率の向上が急務であるといわれ、モデリング技術に代表される抽象化により規模と複雑さの問題に対処する必要性が強調されていた。組み込みシステムの大きな特徴として、それが展開され、使用される外部環境との密接な関わりがあり、業務系ソフトウェアと同様の開発方法論が素直に適用できないという問題点が存在した。

2. 研究の目的

本研究は、モデル中心型の組み込みソフトウェア開発においてモデル変換論理を形式的に記述するための方式を確立することを目的とする。開発に用いられる各種モデルに対するメタモデリングの体系的な適用を技術的な中核と位置づけ、メタモデリングツール、ソフトウェアリポジトリ、モデル変換ツールを、開発現場のニーズに合わせてカスタマイズ可能な統合的支援環境として実現する。

3. 研究の方法

本研究では、外部環境との密接な関連から生じる要求に対し、それを実現するための重要な開発上のポイントは、組込みソフトウェアのアーキテクチャ設計にあるという着想に基づき、アプリケーション論理のトップダウン分割と物理デバイス論理のボトムアップ統合とをシームレスに実現するために、次の三つのアプローチで研究を行った。

(1) アスペクト指向に基づくソフトウェアアーキテクチャ記述方式の確立

外部環境やハードウェアなどを要因とする要求とアプリケーション論理に対する要求とが複雑に絡み合う組込みソフトウェアのアーキテクチャをアスペクト指向に基づいて記述する方式を確立する。

(2) アスペクト指向に基づくソフトウェアアーキテクチャ設計方式の研究

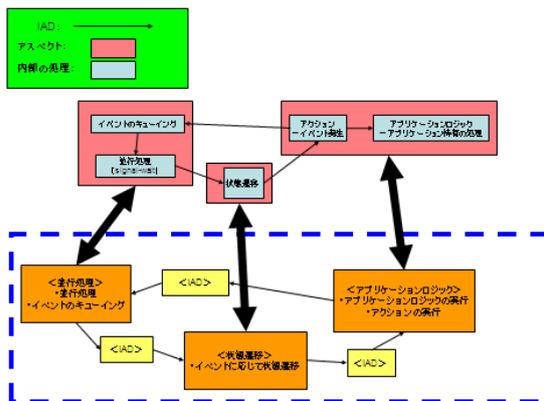
(1)で検討した記述方式を基礎に、多様な視点を考慮しながら、要求仕様からソフトウェアアーキテクチャを設計する手法についての研究を行う。

(3) メタモデルに基づくプログラムコード自動生成ツールの構築

(1)で検討した記述方式に基づいて設計されたソフトウェアアーキテクチャから、JavaやC++などのプログラムコードを自動生成する方式について検討し、自動生成ツールと検証ツールのプロトタイプを構築する。

4. 研究成果

研究方法(1)のアスペクト指向に基づく組込みソフトウェアアーキテクチャ記述方式の確立においては、組込みソフトウェアに共通する要求を主にボトムアップの視点から整理し、典型的な関心事を下図に示すアスペクトとして抽出した。

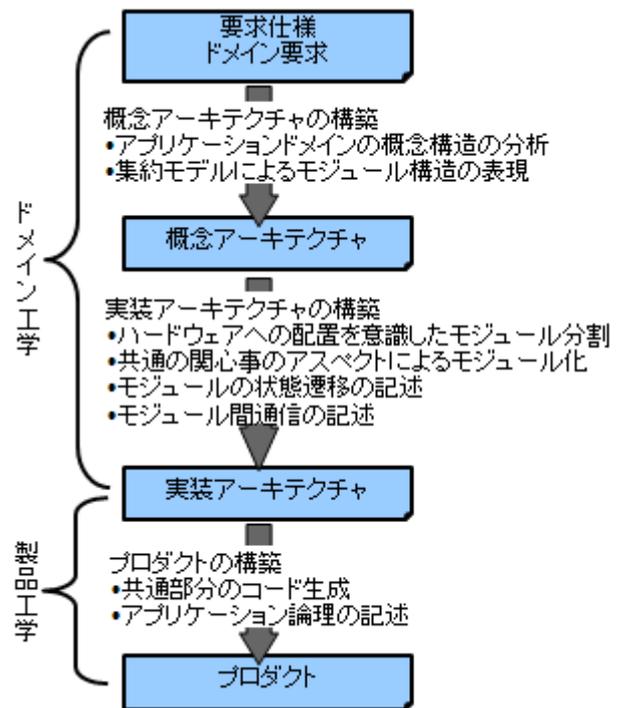


この整理に基づいて、ソフトウェアアーキテクチャ記述方式を次表のような体系として整理し、それぞれの記法をUML (Unified Modeling Language) を拡張することで定めた。

概念アーキテクチャ	モジュールの集約構造
実装アーキテクチャ	モジュールの複合構造, モジュール間の利用・依存関係
・システム静的構造	モジュール間の利用・依存関係
・モジュール振舞い	外的イベントに対するモジュールの振舞い
・モジュール間通信	モジュール間でのイベントのやり取り
・モジュール配置	モジュールの計算実体(ハードウェアやプロセス)への割り当て

これらの記述体系を組込みソフトウェアのためのアスペクト指向アーキテクチャスタイル E-AoSAS++ (Aspect-oriented Software Architecture Style for Embedded Systems) として発表した。

研究方法(2)の設計方式の研究では、E-AoSAS++を用いた開発の流れをプロダクトラインソフトウェア工学の考え方に基づいて下図のように整理した。

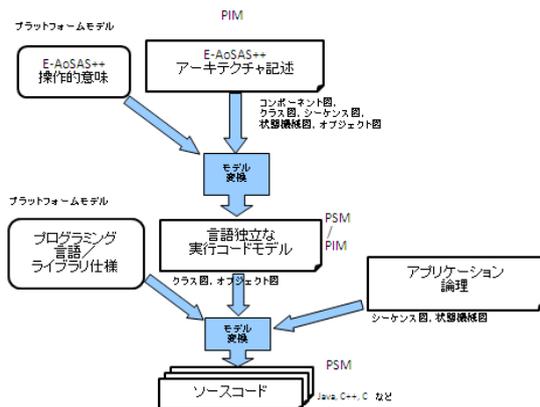


このような開発支援方式の妥当性を検証するために、飛行船制御ソフトウェアの開発を題材に用いた。ここでは、ロバストネス分析と呼ばれる手法を用いて、要求分析からアーキテクチャの設計を行い、適切なアーキテクチャ設計結果を導くことができることを示した。この例題を用いた開発経験を通じて、E-AoSAS++によるモジュール(アスペクト)と要求分析過程に作成されるロバストネス図の間には何らかの規則性が見出せる可能

性があることが明らかになってきた。これらを定式化することで、要求分析からアーキテクチャ設計に至る上流工程を自動化により支援できるが、その方式の検討・実現・検証は今後の課題として残されている。

研究方法（3）のプログラムコード自動生成ツールの構築では、E-AoSAS++に基づいて設計されたソフトウェアアーキテクチャ（実装アーキテクチャ記述）から、Java や C++ のプログラムコードを自動生成するツールの試作を行った。

自動生成方式は下図に示す二段階のモデル変換として実現した。



この構成により、プログラミング言語の選択に対する柔軟性と、E-AoSAS++の操作的意味の選択に対する柔軟性の両方を確保することを狙っている。

これら二段のモデル変換を実現するために、アーキテクチャ記述やプログラムコードに対するメタモデルを独自に設計し、それら間の対応関係としてモデル変換論理を実現した。このモデル変換論理とともに、プログラミング言語（Java および C++）に特化した並行処理や状態遷移、モジュールのインスタンス処理についての共有ライブラリを設計、実現した。

プロトタイプツールを用いて、簡単な例題アプリケーションのアーキテクチャ記述に設計者が記述するアプリケーション論理を加えることで、実行可能なプログラムの生成が可能であることが分かった。

より現実的な組込みアプリケーションに対して、本プロトタイプの有効性を検証することは今後の課題として残されている。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 4 件）

1. 沢田篤史, 野呂昌満, 蜂巢吉成: “ソフトウェアアーキテクチャスタイル E-AoSAS++ に基づく開発支援環境”, ソフトウェア工学の基礎 XIV / 日本ソフトウェア科学会 FOSE2007, 査読有, pp. 209-214, 近代科学社, 2007.
2. Noro, M., Sawada, A., Hachisu, Y., and Banno, M.: “E-AoSAS++ and its Software Development Environment”, Proc. of the 14th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC2007), 査読有, pp. 207-213, IEEE Computer Society, 2007.
3. 蜂巢吉成, 野呂昌満, 沢田篤史: “遅延パーサを用いた高速な XQuery 処理系”, ソフトウェアエンジニアリング最前線 2008 / 情報処理学会 SES2009, 査読有, pp. 119-122, 近代科学社, 2008.
4. 沢田篤史, 小林隆志, 金子伸幸, 中道上, 大久保弘崇, 山本晋一郎: “飛行船制御を題材としたプロジェクト型ソフトウェア開発実習”, 組込みシステムシンポジウム 2008 論文集, 査読有, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol. 2008, No. 9, pp. 5-14, 情報処理学会, 2008.

〔学会発表〕（計 6 件）

1. 沢田篤史: “組込みシステムを題材としたモデリング教育”, 情報処理学会ウィンターワークショップ 2008・イン・道後論文集, 査読無, pp. 3-4, 松山市, 2008 年 1 月 24 日.
2. 沢田篤史: “確率的言語モデルを用いたソフトウェア解析の試み”, 情報処理学会ウィンターワークショップ 2009・イン・宮崎論文集, 査読無, pp. 5-6, 宮崎市, 2009 年 1 月 23 日.
3. 蜂巢吉成, 野呂昌満, 沢田篤史: “高速軽量の XQuery 問い合わせプログラム生成系の設計と試作”, 電子情報通信学会技術研究報告, 知能ソフトウェア工学研究会, 査読無, Vol. 109, No. 449, pp. 49-54, 名古屋市, 2009 年 3 月 6 日.
4. 加藤大地, 蜂巢吉成, 沢田篤史, 野呂昌満: “アスペクト指向に基づくソフトウェアアーキテクチャの文書化方式”, 電子情報通信学会技術研究報告, 知能ソフトウェア工学研究会, 査読無, Vol. 109, No. 449, pp. 55-60, 名古屋市, 2009 年 3 月 6 日.
5. 長大介, 加藤大地, 蜂巢吉成, 沢田篤史, 野呂昌満: “E-AoSAS++ に基づく開発支援環境—コード生成ツールの提案—”, 情報

処理学会研究報告，ソフトウェア工学研究会，査読無，Vol.2009，No.31，pp.113-120，東京都千代田区，2009年3月18日。

6. 加藤大地，蜂巢吉成，沢田篤史，野呂昌満：“E-AoSAS++に基づく開発支援環境—実行前検査ツールの提案—”，情報処理学会研究報告，ソフトウェア工学研究会，査読無，Vol.2009，No.31，pp.121-128，東京都千代田区，2009年3月18日。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沢田 篤史 (SAWADA ATSUSHI)

南山大学・数理情報学部・教授

研究者番号：40273841