

研究種目：若手研究（スタートアップ）
研究期間：2008～2009
課題番号：20800020
研究課題名（和文） エージェント指向を利用したコンポーネントベース開発の拡張に関する研究
研究課題名（英文） An extension of component-based software development based on agent technologies
研究代表者
中川 博之（NAKAGAWA HIROYUKI）
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・助教
研究者番号：40508834

研究成果の概要（和文）：

本研究では、近年急激に複雑化しているソフトウェアに対して、要求を確実に満たす高品質ソフトウェアの構築手法確立を目的とし、要求分析結果からコンポーネント実装までを包含した統合的ソフトウェア開発フレームワークを提案した。具体的には、システムアーキテクチャとゴール指向要求記述との関連を定義し、要求分析結果からシステムアーキテクチャを決定する手法と、エージェントプラットフォーム JADE を拡張したコンポーネント実装手段と実行プラットフォームを提案し、2種類のソフトウェア開発実験を通じてその有効性を評価した。

研究成果の概要（英文）：

This project aimed to establish a component-based development framework for current complex software systems from requirements analysis to the implementation. I proposed the framework by connecting a requirements description with an architecture model and providing an implementation and execution framework based on an agent platform JADE. I also evaluated the framework on two software development case studies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,330,000	399,000	1,729,000
2009年度	1,190,000	357,000	1,547,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,520,000	756,000	3,276,000

研究分野：コンピュータ科学・ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：工学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア工学，コンポーネント，要求分析，エージェント

1. 研究開始当初の背景

ソフトウェアの担う役割が増加し、ソフトウェアが社会に与える影響がますます大きくなる一方で、ソフトウェアは大規模・複雑化の一途を辿るとともに開発工期も短縮傾向にあり、ソフトウェアの品質を維持することが困難となっていた。ソフトウェアの効率的な開発という観点から、部品化再利用の概念に基づいたコンポーネントベース開発手法が注目され始めていたが、大規模・複雑化するソフトウェアに対応するためには、コンポーネントの粒度を大きくするとともに、柔軟に結合できるメカニズムが必要であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、近年急激に複雑化しているソフトウェアに対して、要求を確実に満たす高品質ソフトウェアを短期間で構築するための開発フレームワークを提供することである。その特徴は、要求から導出される各機能を自律的なコンポーネントと見立てて抽出すると共に、仕様により機能を記述されたコンポーネント（エージェント）を構築あるいは再利用して組み合わせることで、要求を実現するソフトウェアを効率的に構築するところにある。これにより、ソフトウェア開発工期を短縮させると共に、要求や環境の変化にも柔軟に対応できるソフトウェア開発が実現できる。

3. 研究の方法

(1) 課題設定：本研究では、まず以下の課題を設定し、これらの課題を解決する開発支援フレームワークの実現を目指した。

①（課題1）機能分解・トレーサビリティの扱い：従来手法の多くは要求から導出される機能をユースケース図やユースケース記述を用いて表現するが、ユースケースだけでは多様化するユーザの要求と、複雑化するシステムの機能とを対応付けることは困難である。また、要求に対する追跡や要求変更への対応もますます重要となる。従って、要求から機能への系統立った分析法と、トレーサビリティを確立するための手段を提供する必要がある。

②（課題2）コンポーネント選択・有効活用の扱い：現状では、自然言語により記述されたコンポーネントの仕様から目的に合致したコンポーネントを選択しなければならな

い。しかし、コンポーネントの仕様は作成者ごとに記述の粒度や正確性が異なり、期待した機能を提供するコンポーネントを得るには試行錯誤や経験・知識が必要である。これではソフトウェアの複雑化・大規模化のスピードに対応することはできない。目的に合致するコンポーネントを高速に検索するための機構が必要である。

③（課題3）柔軟なコンポーネント結合の扱い：現状では、コンポーネント間の依存関係や開発言語の差異により、コンポーネント結合時の制約・コストが小さくない。今後さらにコンポーネントを利用するためには、柔軟にコンポーネントを結合できる仕組みが必要となる。

(2) サブテーマへの分割：これらの課題に対し、本研究では高品質ソフトウェア開発フレームワーク実現を目的として、以下の5つのサブテーマに分割して研究を進めた。サブテーマ1, 2は（課題1）に対応し、サブテーマ3, 4はそれぞれ（課題2）, （課題3）に対応する。サブテーマ5は、ソフトウェア開発フレームワークとしてのサブテーマ1～4の統合に該当する。

①サブテーマ1：要求モデル記述法・分析手順の提案

アーキテクチャや機能を記述する基本設計モデルとの連携を考慮し、適切な粒度の機能を抽出できるとともに、要求の管理が可能な要求モデルの記述法に関する研究を進める。本サブテーマでは、まず要求モデルに求められる要件を整理し、モデル記述言語を定義する。その後、提案するモデル記述法を用いた効果的な分析手順を確立する。

②サブテーマ2：基本設計モデルの記述・構築法の提案

システムアーキテクチャと各コンポーネントに求める機能を記述するための基本設計モデルの記述法に関する研究を進める。本サブテーマでは、まず基本設計モデルに求められる要件を整理し、モデル記述言語を定義する。その後、サブテーマ1の成果となる要求モデルを利用した基本設計モデル構築法を確立する。

③サブテーマ3：コンポーネント検索・構築法の提案

基本設計モデルに記載された機能仕様に合致するコンポーネントの検索手順と、仕様に

基づいたコンポーネントの構築手法に関する研究を進める。本サブテーマでは、まずコンポーネント仕様のインターフェースを定義し、検索ツールを構築する。並行して、コンポーネントを新規構築する場合の構築手順を確立する。コンポーネントの構築に関しては形式手法に基づいたプロセスを想定し、仕様に厳密な開発手法の構築を目指す。

④サブテーマ4：コンポーネント結合法の提案

コンポーネントの柔軟な結合手段に関する研究を進める。本サブテーマでは、サブテーマ3で定義したコンポーネント仕様インターフェースを利用したコンポーネント結合手段を検討し、結合のためのインターフェースを確定する。併せて結合手段をツール実装する。コンポーネントの結合に関しては、エージェント間の通信手段である ACL メッセージを参考に結合手段を検討する。

⑤サブテーマ5：実ソフトウェア開発実験
各サブテーマの研究結果を集めて、開発フレームワークとしての統合化を行う。統合化したフレームワーク上でソフトウェアの開発実験を実施し、その有効性を評価する。

4. 研究成果

上記の各サブテーマに関して、以下の成果が得られた。

(1) 要求モデル記述法・分析手順の提案：アーキテクチャや機能を記述する基本設計モデルとの連携を考慮して、ゴール指向要求分析法 (図1) に着目し、ゴールモデルを利用した機能抽出法を検討した。併せて、コンポーネント構築のために必要と思われる情報を抽出するためのゴール記述セマンティクスを決定した。

(2) 基本設計モデルの記述・構築法の提案：システムアーキテクチャと各コンポーネントに求める機能を記述するための基本設計モデルとして、コンポーネント仕様のフォーマットを検討した。また、ゴール指向要求分析結果であるゴールモデルの構造を利用し

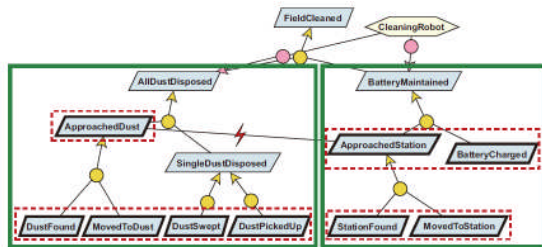


図1. ゴールモデルの例

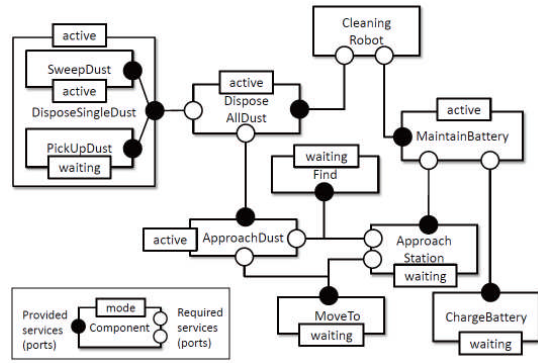


図2. 生成されるコンポーネント構成図

た、システムアーキテクチャ決定法を提案した [文献：雑誌論文-7, 16, 17]. 図2は、図1のゴールモデルを入力として生成される、コンポーネント構成図である。

(3) コンポーネント検索・構築法の提案：サブテーマ2で決定したコンポーネント仕様に基づいたコンポーネント構築 (実装) 法を検討・提案した。コンポーネントは並列実行される必要があることから、ビヘイビアの並列実行が可能であるエージェントプラットフォーム JADE に着目し、JADE のビヘイビアを拡張したコンポーネント実装手段を提案した [文献：雑誌論文-1, 2, 7, 16, 17, 18].

(4) コンポーネント結合法の提案：コンポーネントの柔軟な結合手段として、JADE を拡張利用したプログラミングフレームワークを検討した。特に、柔軟な結合に関しては、環境変化に対する柔軟な振舞い変化を実現する自己適応システム (self-adaptive systems) に着目し、自己適応システム構築用の拡張クラスを JADE 上にアドオンした開発フレームワークとプログラミングモデルを提案した (図3) [文献：雑誌論文-1, 2, 12, 18].

(5) ソフトウェア開発実験：サブテーマ1～4の各成果を開発フレームワークとして統合し、提案フレームワークの実証実験を実施

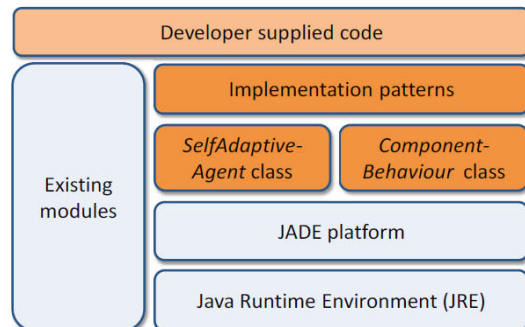


図3. 提案するプログラミングモデル

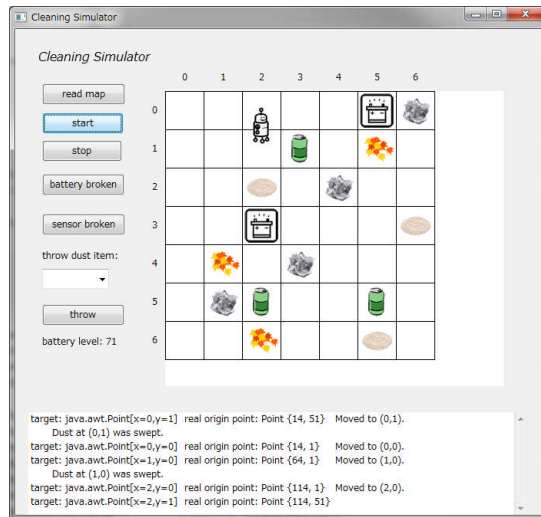


図4. 清掃ロボットシミュレータ上での
実証実験

した。実証実験には、コンポーネント結合の柔軟性が要求される自己適応システムに着目し、シミュレータ上に清掃ロボットを構築するシステム開発実験と、実サーバ上でのWebサーバ管理システムの実装実験を実施した。構築された2種類のシステムの実装コードと振舞いを観測・評価することで、提案フレームワークがソフトウェア開発に対して効果的に機能することを確認した。

本研究の成果は、国内論文誌2本に採録されるとともに、国際会議への投稿も進めており、すでに一部で論文が採録され始めるなど、海外でも評価を得ている。今後は、提案フレームワークを自動化するツールの整備と、研究室ホームページからのフレームワーク公開も検討しており、本研究の成果が幅広く活用されることが期待できる。

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 22 件)

- [1] 中川博之, 大須賀昭彦, 本位田真一: ビヘイビア記述に基づく自己適応システム実装フレームワークの提案, 人工知能学会論文誌, 査読有, Vol. 26, No. 1, 2010 (掲載予定).
- [2] Nakagawa, H., Ohsuga, A., and Honiden, S., Cooperative Behaviors Description for Self-* Systems Implementation, in Proc. of the 8th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAMS 10), 査読有,

Salamanca, Spain, pp.69-74, 2010.

- [3] Nguyen, M. T., Kawamura, T., Nakagawa, H., Nakayama, K., Tahara, Y., and Ohsuga, A.: Human Activity Mining using Conditional Random Fields and Self-Supervised Learning, in Proc. of the 2nd Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, 査読有, Hue City, Vietnam, pp.140-149, 2010.
- [4] Shin, I., Kawamura, T., Nakagawa, H., Nakayama, K., Tahara, Y., and Ohsuga, A.: ONTOMO: Development of Ontology Building Service, in Proc. the 25th ACM Symposium On Applied Computing (SAC 2010), 査読有, Western, Switzerland, pp.1442-1443, 2010.
- [5] 多胡厚津史, 中川博之, 田原康之, 大須賀昭彦: ニコニコ探検くらぶ: ソーシャルアノテーションとキーワード群に基づく動画要約, インタラクシオン2010, 査読有, 国立情報学研究所, 情報処理学会シンポジウムシリーズ Vol.2010, No. 4, pp. 47-50, 2010.
- [6] 玉田和洋, 中川博之, 田原康之, 大須賀昭彦: モデル検査による Ajax アプリケーション検証, ウィンターワークショップ・イン・倉敷, 査読有, Vol.2010, No. 3, pp. 139-140, 2010.
- [7] 中川博之, 大須賀昭彦, 本位田真一: ゴール指向要求分析を用いた self-adaptive システムの構築, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 50, No. 10, pp2500-2513, 2009.
- [8] Shin, I., Kawamura, T., Nakagawa, H., Nakayama, K., Tahara, Y., and Ohsuga, A.: ONTOMO: Development of Ontology Building Service - Evaluation of Instance Recommendation using Proper Noun Extraction, in Proc. the 12th International Conference on Principles of Practice in Multi-Agent Systems (PRIMA 2009), 査読有, Lecture Notes in Artificial Intelligence 5925, Springer-Verlag, Nagoya, Japan, pp.143-158, 2009.
- [9] 玉田和洋, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: モデル検査による Ajax アプリケーション検証のためのモデルの提案, 第16回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ(FOSE2009), 査読有, pp333-334, 2009.
- [10] 西村一彦, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: 自律システム実現に向けたアーキテクチャの構築, 第8回合同エージェントワークショップ&シンポジウム2009(JAWS2009), 査読有, pp. 524-531, 2009. (優秀論文賞受賞)
- [11] グエンミンティ, 川村隆浩, 中川博之,

- 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: 条件付確率場と自己教師あり学習を用いた行動属性の自動抽出と評価, 第8回 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2009(JAWS2009), 査読有, pp. 468-475, 2009.
- [12] 田原康之, 中川博之, 中山健, 大須賀昭彦: 統合的自己適応型セキュリティアーキテクチャの提案, 第8回 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2009(JAWS2009), 査読有, pp. 445-452, 2009.
- [13] 多胡厚津史, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: ニコシーン: ソーシャルアノテーションとキーワード群に基づく動画シーン検索, 第8回 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2009(JAWS2009), 査読有, pp. 332-339, 2009.
- [14] 沈偉, 川村隆浩, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: オントロジー構築サービス ONTOMO の開発 固有名詞抽出によるインスタンスとプロパティ自動推薦エージェントの評価, 第8回 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2009(JAWS2009), 査読有, pp. 224-232, 2009.
- [15] Yamamoto, J., Nakagawa, H., Nakayama, K., Tahara, Y., and Ohsuga, A.: A Context Sharing Message Broker Architecture to Enhance Interoperability in Changeable Environments, in Proc. 3rd International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2009), 査読有, Sliema, Malta, pp. 31-39, 2009.
- [16] Nakagawa, H., Ohsuga, A., and Honiden, S.: Constructing Self-adaptive Systems Using KAOS Model, Second IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems Workshops (SASOW 08), 査読有, Venice, Italy, pp. 132-137, 2008.
- [17] 中川博之, 大須賀昭彦, 本位田真一: KAOS モデルを利用した self-adaptive システムの構築, 第15回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ(FOSE2008), 査読有, , pp. 21-30, 2008.
- [18] 中川博之, 大須賀昭彦, 本位田真一: コンポーネントモデルを用いた JADE ビヘイビア実装手法の提案, 第7回 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2008(JAWS2008), 査読有, 2008.
- [19] 沈偉, 川村隆浩, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: オントロジー構築サービス ONTOMO の開発, 第7回 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2008(JAWS2008), 査読有, 2008.
- [20] 西村一彦, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: 階層プランニングによる Web サービスの自動合成, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2008(SES2008), 東洋大学, 査読有, ソフトウェアエンジニアリング最前線 2008, 近代科学社 (2008.10), pp. 139-146.
- [21] 中川博之, 田口研治, 本位田真一: モデル変換に基づく要求記述を利用した形式仕様記述の構築, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 49, No. 7, pp. 2304-2318, 2008.
- [22] 鄭顕志, 中川博之, 川俣洋次郎, 吉岡信和, 深澤良彰, 本位田真一: ユビキタスコンピューティングにおけるアプリケーション開発手法に関する研究動向, 日本ソフトウェア科学会コンピュータソフトウェア, 査読有, Vol. 25, No. 4, pp. 121-132, 2008.
- [学会発表] (計3件)
- [1] グェン・ミン・ティ, 川村隆浩, 中川博之, 田原康之, 大須賀昭彦: Web からの自己教師あり学習を用いた人間行動マイニング, 電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会, 査読無, 学技報 AI2009-22, 関西学院大学 東京丸の内キャンパス, pp. 19-24, 2010年1月22日.
- [2] 浜本一知, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: サービス合成時におけるプライバシー保護手法, 電子情報通信学会 第16回 Web インテリジェンスとインタラクティブ研究会, 査読無, 第二種研究会資料 WI2-2009-46~67, 学術総合センター, 2009年10月22日.
- [3] 沈偉, 川村隆浩, 中川博之, 中山健, 田原康之, 大須賀昭彦: オントロジー構築サービス ONTOMO の開発 -インスタンス自動推薦の試作と評価-, 電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会, 査読無, 学技報 AI2008-43, 関西学院大学 東京丸の内キャンパス, pp. 13-20, 2009年1月16日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 博之 (NAKAGAWA HIROYUKI)
電気通信大学・大学院情報システム学研究科・助教
研究者番号: 40508834

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし