

# 行動履歴を考慮した組込みソフトウェアの アーキテクチャ設計に関する研究 —目覚ましロボットを題材として—

2013SE084 小林寛典

指導教員：沢田篤史

## 1 はじめに

近年、組込みシステムの多機能化や高性能化が進み、多数のセンサを搭載したシステムが登場してきた。このようなシステムでは、周辺の環境や人や物の変化をコンテキスト情報としてより正確に取得できるようになり、コンテキスト情報に対応し柔軟に振舞いを変化させる、コンテキストアウェアな処理を実現することが可能となった。コンテキストアウェアな組込みシステムの増加に伴い、設計の効率化が求められるようになった。

より高度にコンテキストアウェアな組込みシステムの実現に向け、行動履歴の利用に対する関心が高まっている。行動履歴とは、システムやユーザの振舞いの変化を記録したものであるが、これもコンテキストの1つとして扱うことができる。ユーザやシステムの行動履歴を利用することにより、ユーザの振舞いに応じて常に変化する要求や、非機能要求に柔軟に対応することができると考えられる。行動履歴をコンテキストとして扱うシステムのプログラムには、その保守性に課題がある。行動履歴は、コンテキストとして定義することができるが、コンテキストに応じて実行される処理を活性化するプログラムにおいて条件式が複雑となる。これにより、プログラムの変更を困難にし、保守性を低下させる。行動履歴を統一的に扱うシステムの構築には、行動履歴の扱いを明確にしたアーキテクチャが必要である。

本研究の目的は、行動履歴を統一的に扱うソフトウェアの開発支援である。行動履歴を考慮した組込みシステムのためのソフトウェアアーキテクチャの設計を行なうことで、目的の達成を目指す。

行動履歴は、システムやユーザの過去の振舞いを表すコンテキストであり、次に行なうべき処理の決定に影響を与える。本研究では、行動履歴をメタコンテキストとして扱うことで、他のコンテキストと組合せた処理を容易にし、行動履歴の統一的な取扱いの実現を狙っている。自律走行ロボットの事例のモデル化を通じ、行動履歴をメタコンテキストとして扱うアーキテクチャの有用性を明らかにする。

## 2 背景技術

### 2.1 コンテキスト指向

コンテキストに応じて振舞いを変化することができるようモジュール化するプログラミング手法をコンテキスト指向プログラミング (Context Oriented Programming :

COP[2]) と呼ぶ。コンテキストとはプログラムから観測することができる外部環境やシステムの内部状態で、時間や場所とともに変化し、それがプログラムの様々な実体の実行に影響に与えるものを指す。コンテキストに依存した振舞いは、システムのモジュール設計における支配的分割に対する横断的関心事となる [2]。多くの COP 言語はコンテキスト依存な振舞いをレイヤというモジュールに記述し、コンテキストに応じてそれらを切り替える。

### 2.2 アスペクト指向

アスペクト指向では、横断的関心事を独立したコンポーネントに分離する [3]。コンテキスト依存の振舞いは、横断的関心事である。本研究では、アスペクト指向技術によりコンテキストをアスペクトとしてモジュール化する。

### 2.3 メタコンテキスト

メタコンテキストとは、ベースコンテキストの振舞いを決定付けるためのコンテキストである。コンテキストを表現する情報は、2層に分離しベースコンテキスト情報とメタコンテキスト情報で構成される [4]。ベースコンテキスト情報は、コンテキストが直接表現する情報である。メタコンテキスト情報は、そのベースコンテキスト情報をコンピュータが処理するための情報である。

### 2.4 コンテキストアウェアな組込みシステムのためのアーキテクチャ

コンテキストアウェアな組込みシステムの構造を規定するアーキテクチャとして江坂らの提唱しているアーキテクチャがある [1]。本アーキテクチャは、オブジェクト指向をプライマリコンサーンとしている。また、並行性、実時間性、耐故障性などの非機能特性や状態遷移をセカンダリコンサーンとして設計している。セカンダリコンサーンの分離にアスペクト指向技術を適用することで実現している。

## 3 メタコンテキストを扱うアーキテクチャ

### 3.1 コンテキストの定義

本研究ではコンテキストを物理量から定義される概念、レイヤをコンテキストに応じて変化する振舞いをモジュール化したものと定義し、アーキテクチャの設計を行う。

### 3.2 行動履歴

行動履歴に起因するコンテキストをメタコンテキストとして分離し、他のコンテキストの振舞いを変化させるために利用する。行動履歴は、過去の振舞いを表す情報であり、

考慮することで次の振舞いの決定に影響を与えることが可能である。周りの環境が同じように変化した場合であれ、過去の振舞いによって次にとるべき振舞いは異なる。したがって、行動履歴は他のコンテキストを適用する前段階で考慮するべきである。

### 3.3 アーキテクチャ設計

本研究で提案するアーキテクチャを下図で示す。

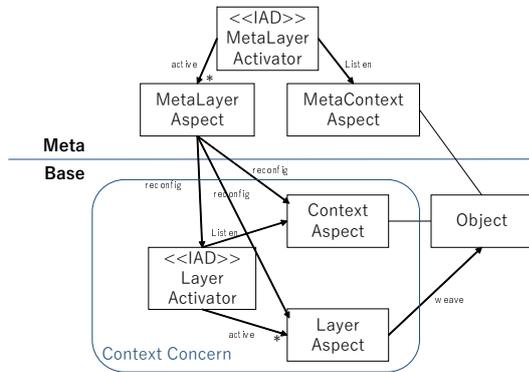


図1 メタコンテキストアウェアなアーキテクチャ

図1は、メタコンテキストを考慮したソフトウェアを実現するアーキテクチャである。メタコンテキストの変化に基づき、ベースコンテキストの振舞いを変化させることを可能とする。コンテキストに関するモジュールをメタレベルとベースレベルで明確に分離している。要素として、MetaContextAspect と MetaLayerActivator そして、MetaLayerAspect の3つのモジュールをもつ。3つのモジュールによって、コンテキストの再構成、活性化制御の対象となるレイヤの再構成、コンテキストとレイヤの from-to ラベルの再定義を実現する。

### 4 事例検証

本研究で提案するアーキテクチャに基づいて、目覚ましロボットを設計する。目覚ましロボットは、行動履歴に基づいて適切な強度でユーザを起こすシステムである。アーキテクチャに基づいて設計した事例を図2に示す。

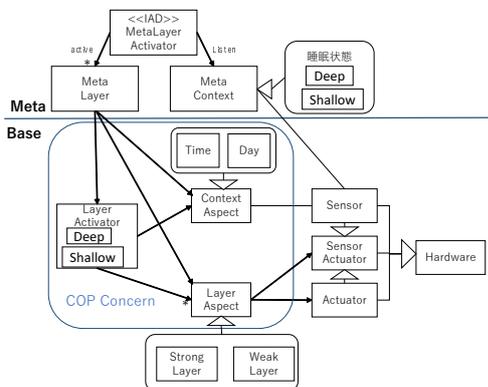


図2 事例のアーキテクチャ適用

メタコンテキストをユーザの睡眠状態(深い/浅い)、ベースコンテキストを時間(朝/昼)・曜日(平日/休日)とした。前回までのアラーム作動時のシステムの行動履歴を分析することで、ユーザの睡眠状態を認識し、次回作動時にアラームの振舞いに変化を与える。ユーザは、その時の時間や曜日によって起こしやすさが異なる。メタコンテキストに対応したベースレベルのレイヤアクティベータ(DeepLayerActivator/ShallowLayerActivator)を作成した。

### 5 考察

本研究では、行動履歴が、他のコンテキストと性質が異なり、他のコンテキストと分離するべきであることを示した。行動履歴を、他のコンテキストと分離することによって、レイヤの活性化に関わる条件式を整理することができる。我々は、行動履歴をメタコンテキストとして扱うことにより、他のコンテキストと明確に分離を行った。本研究で提案するアーキテクチャは、行動履歴を統一的に扱うことを可能にし、同時に変更の容易性や再利用性といった保守性を向上することができる。

### 6 おわりに

本研究では、行動履歴を組み込みシステムで扱うことに着目し、コンテキストアウェアなシステムの実現する方法を提案した。提案するアーキテクチャを使用することによって、コンテキストアウェアなシステムにおいて行動履歴の統一的な取り扱いを実現する。今後の課題として、他の具体的事例を用いて本アーキテクチャの有用性を検証することが挙げられる。

### 参考文献

- [1] 江坂篤侍, 野呂昌満, 沢田篤史, 繁田雅信, 谷口弘一, “コンテキストアウェアネスを考慮した組み込みシステムのためのアスペクト指向アーキテクチャの適用と実現,” ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE2016) 論文集, vol. 23, pp. 175-180, 2016.
- [2] 紙名哲生, “文脈指向プログラミングの要素技術と展望,” コンピュータソフトウェア, vol. 31, no. 1, pp. 3-13, 2014.
- [3] 千葉滋, “アスペクト指向ソフトウェア開発とそのツール,” 情報処理, vol. 45, no. 1, pp. 28-33, 2004.
- [4] 藤波香織, 山邊哲生, 中島達夫, “コンテキストアウェアなアプリケーションフレームワークにおけるメタコンテキスト情報の利用方法とその応用,” コンピュータソフトウェア, vol. 21, no. 1, pp. 46-59, 2004.