

# ロボットオペレーティングシステム上での コンテキスト指向プログラミングの 実現

佐伯 優太

平成 29 年 2 月

電気情報工学科

# 概 要

コンテキストアウェアなロボットの開発のためには、コンテキストの変化に対して振る舞いを変更するメカニズムを提供する必要がある. 本稿ではロボットオペレーティングシステム (ROS) 上でコンテキストに依存する振る舞いを変更させる仕組み ContextROS を提案する.ContextROS はコンテキストに依存する振る舞いをレイヤにまとめて記述することができる. また、文脈依存の振る舞いをコンパイル時に静的に解釈することで振る舞いの変更を行うことができる.

# 目次

|            |                            |          |
|------------|----------------------------|----------|
| <b>第1章</b> | <b>はじめに</b>                | <b>1</b> |
| 1.1        | 研究背景 . . . . .             | 1        |
| 1.2        | 提案手法 . . . . .             | 2        |
| 1.3        | 論文の構成 . . . . .            | 2        |
| <b>第2章</b> | <b>関連技術</b>                | <b>3</b> |
| 2.1        | コンテキスト指向プログラミング . . . . .  | 3        |
| 2.2        | ロボットオペレーティングシステム . . . . . | 4        |
| 2.2.1      | 特徴 . . . . .               | 4        |
| 2.2.2      | 機能 . . . . .               | 5        |
| 2.3        | 関連研究 . . . . .             | 5        |
| <b>第3章</b> | <b>提案手法</b>                | <b>6</b> |
| 3.1        | 概要 . . . . .               | 6        |
| 3.2        | レイヤ記述 . . . . .            | 7        |
| 3.2.1      | 構成 . . . . .               | 7        |
| 3.2.2      | 解釈 . . . . .               | 7        |
| 3.3        | レイヤアクティベーション . . . . .     | 8        |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 目 次                     | ii |
| 第 4 章 評価                | 9  |
| 第 5 章 おわりに              | 10 |
| 5.1 本研究の主たる成果 . . . . . | 10 |
| 5.2 今後の課題 . . . . .     | 10 |
| 謝辞                      | 11 |
| 参考文献                    | 13 |
| 発表論文                    | 14 |

# 第1章

## はじめに

### 1.1 研究背景

近年, ロボットの研究が注目されている. 中でも知能ロボットと呼ばれる人間の手足や指などに相当する運動機能のほかに, 視覚, 触覚, 聴覚などの感覚機能, および学習, 連想, 記憶, 推論などの思考機能を備えたロボットの研究がめざましい. 従来のロボットに比べ柔軟に対応することができる知能ロボットはより様々な場で活躍することが期待される. 例えば, 災害現場で人が立ち入るのが困難な場所へ向かい周囲の情報を提供したり, 被災者を発見したりといったことを行う災害救助ロボットや, 掃除や洗濯といったことを行う家庭用マルチサービスロボットなどが考えられる. これらのロボットではコンテキストと呼ばれる周囲の状況や, 内部の状態によって振る舞いを変えることが必要となる. 災害救助ロボットでは, 災害の状況によって移動方法を車輪からプロペラに変えたり, バッテリーの残量に応じて機能を制限したりする必要がある. また, 家庭用マルチサービスロボットでは, 周囲の湿度に合わせて掃除の方法を乾拭きから水拭きに変えたり, 屋内にいるか屋外にいるかで自己位置推定の方法を変更したりする必要がある. このようなコンテキストに応じて振る舞いを変えるようなロボットのことをコンテ

キストアウェアなロボットとする.

現在, ロボットの開発プラットフォームの標準化に対する研究が行われており, 中でも ROS(ロボットオペレーティングシステム) と呼ばれるオープンソースのロボットソフトウェアが注目されている. ROS はメッセージベースのピアツーピア型のロボットミドルウェアであり, ROS 上で開発されたソフトウェアモジュールは, 汎用性, 再利用性, 移植性に優れている.

コンテキストに依存する振る舞いを扱うための技術として COP(コンテキスト指向プログラミング) が提案されている. COP を用いることでコンテキストに依存する振る舞いの変更が可能になる.

## 1.2 提案手法

本論文ではロボットオペレーティングシステムにコンテキスト指向プログラミングを適用した ContextROS を提案する.ContextROS では, コンテキストの変更に応じた振る舞いの変更を可能にする. また, コンテキスト依存な振る舞いをまとめて記述することでコードの再利用性を高めている.

## 1.3 論文の構成

本論文の構成は以下の通りである. 第 2 章ではコンテキストアウェアなロボットの開発に関する技術と既存研究を紹介する. 第 3 章では提案手法についての説明を行う. 第 4 章では提案手法のの評価を行う. 最後に第 5 章でまとめとし, 本研究の主たる成果と今後の課題について言及する.

## 第2章

## 関連技術

本章では本研究に用いる要素技術についての説明と関連研究の紹介を行う。はじめに、コンテキスト指向プログラミングについて説明を行う。コンテキスト指向プログラミングはコンテキストに依存する振る舞いの変更を可能にする。次に、ロボットオペレーティングシステムについて説明する。その後、関連研究について説明を行う。

### 2.1 コンテキスト指向プログラミング

コンテキストアウェアな振る舞いを記述する手法として、COP(コンテキスト指向プログラミング)が提案されている [Context-oriented Programing]。これは、コンテキストに依存する振る舞いをレイヤと呼ばれるものにモジュール化し、コンテキストの変更に合わせてレイヤをアクティベート、非アクティベートすることで振る舞いを変更する []。COP の記述の例を図に示す。COP に関する研究は数多く存在し、COP 言語には様々なものが存在する。

- コンテキスト依存な振る舞いをレイヤと呼ばれる言語要素でモジュール化

- (COP の記述例の図を用いて説明)
- コンテキストに応じてレイヤアクティベーションと呼ばれるレイヤの切り替えを行い振る舞いを変更
- (発表に使ったような図を用いて説明)

## 2.2 ロボットオペレーティングシステム

- ロボット用のミドルウェア
- 分散処理システム
- 汎用性のあるロボット機能をノードと呼ばれる機能モジュールに表現
- ノードの組み合わせにより複雑な制御機能を分散的に表現
- ノードモジュールをパッケージにまとめて機能モジュールの共有と配布を行う

### 2.2.1 特徴

- ピアツーピア設計方式
- オープンソースのプラットフォーム
- 補助ツールが豊富
- 複数の言語に対応



### 2.2.2 機能

- プロセス間のメッセージパッシング
- トピック通信
- サービス通信

## 2.3 関連研究

- COP のサーベイ
- ロボットミドルウェアのサーベイ

## 第3章

# 提案手法

第2章で述べた COP, ROS, 2つの技術を組み合わせることでより汎用的なコンテキストウェアなロボットの開発を可能とする ContextROS を提案する. ContextROS はコンテキスト依存な振る舞いのモジュール化と, レイヤのアクティベーション, 非アクティベーションによる振る舞いの変更を行う.

### 3.1 概要

本節では, ContextROS の概要について述べる. ContextROS は ROS 上でコンテキストに応じた振る舞いの変更を容易にすることを目的とする. コンテキスト依存な振る舞いを COP の力を借りることで容易に扱えるようにする. ContextROS は2つの要素によって COP を実現している. 1つはレイヤ記述によるコンテキスト依存な振る舞いのモジュール化. もう1つは, ROS の通信を用いたレイヤアクティベーションによる振る舞いの変更である. ContextROS の全体図を図に示す.

レイヤ記述を解釈しレイヤごとに振る舞いを変更する関数を生成.

レイヤコントローラがコンテキスト情報を受け取りアクティベートするレイヤを変更

する.

アクティベートするレイヤを ROS の Topic 通信を用いて配布する.

アクティベート中のレイヤ情報を引数に生成された関数を呼び出すことでレイヤごとの振る舞いの変更を実現.

## 3.2 レイヤ記述

本節では, レイヤ記述について説明する. (レイヤ記述とは何か?) はじめに, レイヤ記述の構成について述べたのち, その記述の解釈について述べる.

### 3.2.1 構成

(BNF を使うべき?)

レイヤの記述は Layer”レイヤ名”[関数定義] の形で定義される振る舞い定義部とそれ以外の部分からなる.

### 3.2.2 解釈

- レイヤ内に書かれたそれぞれの関数の名前にレイヤ名をつけ新しく定義する.
- それぞれのレイヤ内に書かれた共通の名前の関数を宣言し, レイヤ番号で if 文を生成する
- レイヤの記述以外の部分と新たに生成した関数の定義を生成する.

### 3.3 レイヤアクティベーション

- (1) コンテキストの変更に伴うアクティブレイヤの変更依頼
- (2) アクティブレイヤの変更依頼で指定のあったレイヤ番号をトピック通信で配布
- (3) アクティブなレイヤ番号を参照し振る舞いを変更する

## 第 4 章

## 評価

## 第5章

## おわりに

### 5.1 本研究の主たる成果

何もねえ...

本当にねえ...

### 5.2 今後の課題

課題なんてあろうか. いや, あるわけがない. 全てが終わったのだから.

## 謝辞

あり～がと～

さよ～なら～

きょ～しつ～

しかられたこと～さえ～

あ～たた～か～い～

謝辞が2 ページになったときのテスト.



## 参考文献

## 発表論文

### 学術雑誌等 (査読あり)

- [1] 石田繁巳, 瀧口貴啓, 猿渡俊介, 南 正輝, 森川博之, “ブルームフィルタを用いたウェイクアップ型通信システム,” 電子情報通信学会論文誌 B: 通信, vol.J94-B, no.10, pp.1397–1407, Oct. 2011.

### 国際会議における発表

#### 口頭発表 (査読あり)

- [2] T. Takiguchi, S. Saruwatari, T. Morito, S. Ishida, M. Minami, and H. Morikawa, “A novel wireless wake-up mechanism for energy-efficient ubiquitous networks,” Proceedings of the IEEE Workshop on Green Communications (GreenComm), pp.1–5, June 2009.
- [3] S. Ishida, T. Takiguchi, S. Saruwatari, M. Minami, and H. Morikawa, “Evaluation of a wake-up wireless module with bloom-filter-based ID matching,” Proceedings of Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT), pp.1–6, June 2010.

## ポスター，デモ発表（査読あり）

- [4] S. Ishida, M. Minami, Y. Nishizawa, T. Morito, Y. Moriyama, H. Morikawa, and T. Aoyama, “Three devices for tackling practical problems in pervasive computing,” IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom), Demo, p.1, D8, March 2006.
- [5] S. Ishida, T. Takiguchi, S. Saruwatari, M. Minami, and H. Morikawa, “Implementation of bloom-filter-based ID matching for wake-up wireless communication,” Internet of Things 2010 Conference (IoT 2010), poster, Dec. 2010.

## 研究会

- [6] 石田繁巳，鈴木 誠，森戸 貴，森川博之，“低受信待機電力無線通信のための多段ウェイクアップ機構,” 電子情報通信学会技術報告, pp.355–360, 情報ネットワーク研究会 (IN2007-218), March 2008.
- [7] 瀧口貴啓，石田繁巳，猿渡俊介，南 正輝，森川博之，“ブルームフィルタを用いたウェイクアップ型無線通信システムの消費電力評価,” 電子情報通信学会技術報告, pp.269–274, 無線通信システム研究会 (RCS2009-254), Jan. 2010.
- [8] 瀧口貴啓，石田繁巳，岸 孝彦，丹羽栄二，見並一明，猿渡俊介，森川博之，“ウェイクアップ型無線通信におけるビット不一致許容 ID マッチング,” 電子情報通信学会技術報告, pp.193–198, 情報ネットワーク研究会 (IN2010-176), March 2011.

## 全国大会

- [9] 松井壮介, 石田繁巳, 鈴木 誠, 猿渡俊介, 森川博之, “実験的アプローチによるシングルホップ通信とマルチホップ通信の消費電力の比較,” 電子情報通信学会総合大会, p.1, A-21-22, March 2007.
- [10] 石田繁巳, 猿渡俊介, 鈴木 誠, 森川博之, “サービス発見のためのゼロ受信待機電力無線システムの設計,” 電子情報通信学会総合大会, p.1, B-7-202, March 2007.
- [11] 石田繁巳, 鈴木 誠, 森戸 貴, 森川博之, “低受信待機電力無線通信のための階層型ウェイクアップ機構,” 電子情報通信学会総合大会, p.1, B-5-112, March 2008.
- [12] 石田繁巳, 瀧口貴啓, 猿渡俊介, 南 正輝, 森川博之, “ウェイクアップ型無線通信のためのグループ指定可能 ID マッチング機構の実装,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, p.1, B-5-140, Sept. 2010.
- [13] 石田繁巳, 瀧口貴啓, 猿渡俊介, 森川博之, “ブルームフィルタを用いたウェイクアップ型無線通信システムにおける ID 長の影響,” 電子情報通信学会総合大会, p.1, B-5-146, March 2011.
- [14] 瀧口貴啓, 石田繁巳, 岸 孝彦, 丹羽栄二, 見並一明, 猿渡俊介, 森川博之, “車両内ウェイクアップ型無線通信における数個のビット不一致許容 ID マッチング,” 電子情報通信学会総合大会, p.1, B-5-145, March 2011.

- [15] 岡村悠貴, 鈴木 誠, 石田繁巳, 今泉英明, 関谷勇司, 森川博之, “非同期光パケットリングにおける高帯域利用効率パケット選択方式,” 電子情報通信学会総合大会, p.1, B-10-96, March 2011.
- [16] 石田繁巳, 鈴木 誠, 森川博之, “サブスレッショルド特性を利用するウェイクアップ受信機用ミキサの初期的検討,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, p.1, C-12-16, Sept. 2011.
- [17] 金 昊俊, 長縄潤一, 石田繁巳, 鈴木 誠, 森川博之, “可変 RBW を用いた周波数占有率の測定精度の初期的評価,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, p.1, B-17-8, Sept. 2011.
- [18] 中村元紀, 中村隆幸, 荒川 豊, 東島由佳, 柏木啓一郎, 森 皓平, 松村 一, 石田繁巳, 猿渡俊介, 翁長 久, 森川博之, “uTupleSpace を利用した CO<sub>2</sub> 排出量可視化の実証実験,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, p.1, B-19-21, Sept. 2011.
- [19] 中嶋毅彰, 米川 慧, 石田繁巳, 鈴木 誠, 森川博之, “多様なサービス電力の発見・割当て・制御機構,” 電子情報通信学会総合大会, p.1, BS-4-2, March 2012.

## その他の学会等

- [20] S. Ishida, “Wake-up wireless communication system for energy-efficient ubiquitous network,” INRIA-TODAI Workshop (GCOE-INRIA Workshop), oral presentation, Dec. 2009.
- [21] S. Ishida, “Design of a zero-power-listening wireless system for service discovery,” 1st International Workshop on Microwatt Communication Technology, Jan. 2010.

- 
- [22] S. Ishida, “Wake-up wireless communication system,” Tech Talks and Mix at Google Tokyo, oral presentation, Dec. 2010.
- [23] 角田 仁, 中嶋毅彰, 石田繁巳, 猿渡俊介, 森川博之, “社会実装に向けたヘルスケア情報共有基盤,” 第5回人間情報学会講演会, ポスター, Dec. 2010.