

## 技術紹介

# 次世代産業用ロボット「NEXTAGE」の 動作自動生成に関する技術検討

Consideration of the Automatic Path-planning for NEXTAGE, Next-generation Industrial Robot

長嶋 功一 \*1

Koichi NAGASHIMA

金平 徳之 \*2

Noriyuki KANEHIRA

五十棲 隆勝 \*3

Takakatsu ISOZUMI

## はじめに

川田工業ロボティクス事業部では、工場での組立や検査作業などを行う次世代型の産業用ロボットとしてNEXTAGEを販売しています。この販売を通じ、NEXTAGEの動作プログラムの作成、およびティーチング（位置合せ）を行う際に必要となるスキルと作業量の低減に課題があることが分かってきています。

一方、学術研究機関などにおけるロボットの研究では、自動動作生成やシミュレーションに関する研究がおこなわれており、オープンソースのソフトウェアツールなども公開されています。川田工業は研究者向けの双腕ロボットとしてHIROを、NEXTAGEとは異なる制御ソフトウェア体系で提供し、様々な可能性について自由に研究していただいています。

今回川田工業では、前述した動作生成に関わるスキルと作業量の低減に関する課題の解決方法を模索するため、産業技術総合研究所デジタルヒューマンリサーチセンターの加賀美副所長ら<sup>1)</sup>と、HIROをプラットフォームとして共同研究を行ない、自動で動作生成を行うソフトウェアに関する検討を実施しました。本紹介記事ではこのソフトウェアの概要について説明します。

## 1. 基盤ソフトウェアの選定

HIROは産業技術総合研究所が研究開発を行なっている「RTミドルウェア」<sup>2)</sup>(RT: Robotics Technologies)をロボット制御用の基盤ソフトウェアとして使用しています。この基盤ソフトウェアは二足歩行ロボットHRP-2、HRP-4でも採用されており、川田グループのゼネラルロボティクス社がサポートを行なっています。

RTミドルウェアは標準規格<sup>3)</sup>として世界展開を図っていますが、欧米ではROS(Robot Operating System)<sup>4)</sup>をロボット制御用の基盤ソフトウェアとして使用している

研究が活発<sup>5),6)</sup>であり、HIROに興味をもつ海外の顧客からはROSへの対応についての問い合わせを多く受けています。

RTミドルウェアとROSはロボット制御用の基盤ソフトウェアとしての基本的な考え方は同じで、すなわち、両者とも処理単位モジュールとその通信ネットワークからなる分散型システムです。「RTミドルウェア」は厳密には規格（仕様）を指し、その実装は複数存在することが可能ですが、その相互接続性は規格によって保証されています。一方ROSはオープンソースで公開されて日々進化しており、相互接続性はユーザーの自己責任で管理するものとなっています。現在工業向けに有償のコンソシアムを形成しようという動き<sup>7)</sup>もあります。

本研究では、将来の海外の顧客への対応を視野に入れ、英語圏での情報が豊富なROSでの動作実績をつくることも目的の1つとして、基盤ソフトウェアとしてROSを採用することとしました。

なお、東京大学を中心として「RTM-ROS相互運用プロジェクト」<sup>8)</sup>が進められており、将来RTミドルウェアベースのHIROにROSシステムを接続できるようになる可能性もあると考えられます。

## 2. 動作自動生成シミュレーション環境

動作の自動生成では一般に、ロボット自身の形状モデルや周辺環境の形状モデルを用い、シミュレーションによって干渉しないことを確認しつつ、手先軌道や各関節角度の時系列を計算します。

本研究ではモーションプランニング（自動動作生成）のシミュレーションプラットフォームとしてOpenRAVE(Open Robotics Automation Virtual Environment)<sup>9),10)</sup>を使用します。OpenRAVEには運動学、動力学、幾何学干渉などの演算機能が含まれ、HIROなどの研究用のロボットのモデルデータも各種公開されています。

\*1 川田工業株式会社ロボティクス事業部営業部技術グループ 係長

\*2 川田工業株式会社技術研究所情報機械研究室 室長

\*3 川田工業株式会社ロボティクス事業部 事業部長

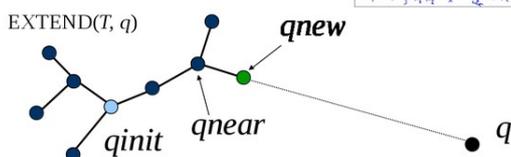
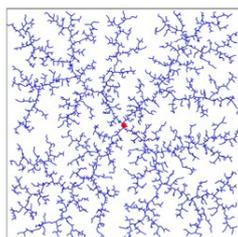
また、OpenRAVE はプラグインを追加することにより、様々な機能やプランナを追加することができ、RRT (Rapidly exploring Random Trees) 法<sup>11)</sup>など様々なパスプランナが公開されています。

### 3. 動作生成実験

今回の共同研究ではパスプランナとして RRT法を用いました。RRT法は空間探索法の1種で、基本原理は下図のように「次の探索点の位置を乱数で決める」方法です。動作生成においては3次元空間において障害物などを配置し、動作開始位置と終了位置の両方から探索を開始して結合するまで枝を伸ばします。

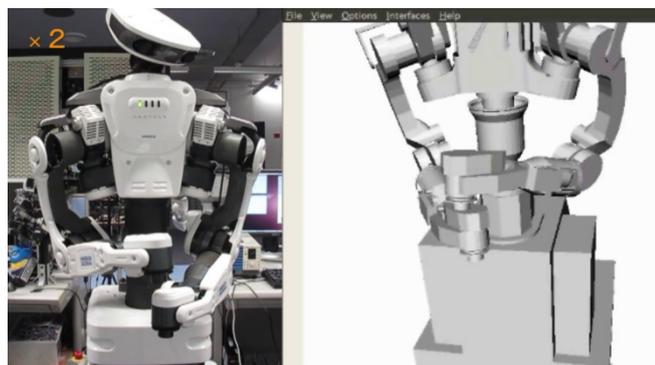
#### RRT アルゴリズム

```
BUILD_RRT (qinit) {
  T.init(qinit);
  for k = 1 to K do
    qrand =
    RANDOM_CONFIG();
    EXTEND(T, qrand)
  }
```



RRT法の動作原理図

このパスプランナを用いてHIROの双腕動作を自動生成して動作させた様子を下図に示します。この例では、最初にロボット正面やや下方にて、右手が上で左手が下になるように配置し、手の位置を入れ替える動作、すなわち、左手が上で右手が下になる動作を自動生成しました。



実機画像とシミュレーション画像

動作速度は遅めでしたが、両手がぶつかることなく動作することは確認できました。また、動作生成アルゴリズムで乱数を使用するため、実行毎に若干動作パターンが異なることも確認しました。

### 4. 製品化の効果の展望

NEXTAGE の工場の導入に際し、動作の自動生成が活用されるシーンは主に (1) 生産システムの見積りにおけるレイアウト設計とタクトタイムの算出、(2) 受注後の動作プログラムの作成、の2つと考えています。また、将来 NEXTAGE に移動機構を用意し、工場内搬送や配膳作業 (製品を1つ作るのに必要な部品を集める作業) をさせることを想定すると、NEXTAGE の移動ルートを自動計算する機能への展開も視野に入ってきます。

このように本研究で検討した動作の自動生成ソフトウェアは今後、NEXTAGEの工場導入が拡大するにつれ、適用や応用が広がるものと考えています。

### 5. おわりに

OpenRAVE による動作の自動生成について、手先が干渉しないように上下入れ替える基本的な動作を産総研との共同研究により確認しました。今後は動作速度の向上を図りつつ、ハンドを取り付けて物体の把持や操作をしたり、移動機能への拡張などを進めていきたいと考えています。

#### 参考文献

- 1) 荒井, "移動ロボットの速度と安定性を両立する経路探索のための地図情報に関する研究", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2009, 2A2-F04(1)-(4), 2009.
- 2) 特集「使える RTミドルウェア」, 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 5, 2010.
- 3) 安藤, "OMG における Robotic Technology Component (RTC) および関連仕様の標準化動向(解説)", 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 4, pp. 333-336, 2011.
- 4) Morgan Quigley, "ROS: an open-source Robot Operating System", ICRA Workshop on Open Source Software, 2009.
- 5) 「トヨタ, 生活支援ロボの試作機を公開, ミドルウェアにROSモジュール採用」, 日刊工業新聞社 ロボナブル, 2012.  
<http://www.robonable.jp/news/2012/09/toyota-0927.html>
- 6) ROS, <http://www.ros.org/wiki/>
- 7) ROS-Industrial Program, Southwest Research Institute, <http://www.swri.org/4org/d10/msd/automation/ros-industrial.htm>
- 8) RTM-ROS 相互運用プロジェクト, 東京大学大学院情報理工学系研究科情報システム研究室, <http://code.google.com/p/rtm-ros-robotics/>
- 9) 出杏光 魯仙 (Rosen Diankov), "海外の動向: ROS・OpenRAVE の新オープンソース開発環境が活かす知的マニピュレーション", 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 5, pp. 585-588, 2010.
- 10) OpenRAVE, <http://openrave.org/>
- 11) James J Kuffner Jr, "RRT-connect: An efficient approach to single-query path planning", IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol. 2, pp.995-1001, 2000.