

移動型サービスロボット向けの安全度評価モジュールの基本構成

○村上弘記(東大) 田村雄介(東大) 浅間一(東大)

Structure of Safety Status Evaluation Module for Movable Service Robot

*Hiroki MURAKAMI, Yusuke TAMURA, Hajime ASAMA (The University of Tokyo),

Abstract — In this paper, we propose the safety status evaluation module for movable service robots under intelligent environment space. The module evaluates the robot status based on location information of moving objects from the environment server. To use the information from environment sensors, this module computes the safety status around the robot that it is difficult to recognize for the robot. By acquiring the information on a safe state from environment, the sensor and recognition system on the robot can be simplified. The robot which shares environment with human can move high speed, only when there is no person near the robot. The safety status evaluation module makes the movable robot improve performance.

Key Words: Safety status evaluation module, Intelligent environment, movable service robot

1. はじめに

移動型サービスロボットの実用化の期待は大きいですが、人間と環境を共有するシステムにおいて、安全性の確保が重要となっている。これまで、様々なロボットシステムの開発[1][2]や試運用に取り組まれている。特に、人の作業を代替する移動型ロボットでは、ロボット本体の重量が大きくなり、安全を確保するためには、高速動作させることが難しい。この結果、提供するサービスの性能が十分得られないことが多い。サービスロボットの安全性に関しては、愛知万博における検討から、様々な使用環境とリスクについて検討する方法について検討[3]されている。

一方、ロボット単体での性能向上だけではなく、ロボットが動作する環境を知能化して、環境を含めた全体システムとしての知能化空間の提案と実証[4][5]が進められている。これらは、環境側に画像、レーザレンジファインダなどの計測センサを配置し、エリア内にいる人、ロボットなど移動する物体の位置を計測、保管することで、様々なサービスに展開することを考えている。

筆者らは、ロボットが人と共存する環境でロボットに作業を実行するための作業知能モジュール群の開発[6]に取り組んでいる。環境内に存在する様々な物体の位置および速度情報を管理し、情報を提供する環境サーバの開発[7]が進んでいる。本システムは、対象作業をフードコートにおける下膳作業として検討を進めている。本報告では、環境サーバから提供される環境内の人とロボットといった移動オブジェクトの情報に基づき、移動型ロボットの安全度を評価するモジュールの基本構成について述べる。

2. 移動型サービスロボットの安全度の概念

2.1 対象とするロボットシステム

サービスロボットは、様々な用途で使用されるため、形状、機能が多岐にわたるが、本稿では、以下のようなロボットシステムを対象として安全度を検討する。

- ① 動作環境を人間と共有する車輪型移動のシステムとする。したがって、動作停止状態が安全な状態とする。
- ② 実行する作業は、人間と直接接を必要としないものとする。
- ③ 人間の行う作業を代替するロボットシステムとし、移動するロボットシステムはおおむね人間と同じ程度の大きさ（フットプリント、高さ等）とする。

また、ロボットシステムは、基本的な安全のためのセンシング、処理機能を搭載しているものとする。また、移動経路の計画、障害物回避の機能は、あるレベルで搭載されているものとする。

2.2 安全度の概念

移動型サービスロボットの移動性能は、サービスにおける重要なものとなる。一方、人間と環境を共有していると、人間との衝突の危険を回避することが不可欠となる。

環境を共有するロボットと人の距離により評価する。安全度により、ロボットに対しての許容速度を提供する。

1 自由度の例では、ロボットの移動速度、制御周期、制動性能から安全距離 x_s は、式(1)のように定義できる。

$$x_s = x_b + x_{dr} + z_c \quad (1)$$

ここで、 x_b は制動距離、 x_{dr} は制御周期による空走距離、 z_c は安全余裕距離である。また、この概念図を図1に示す。

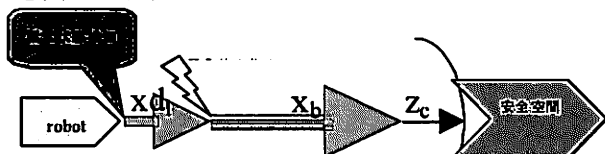


図1 安全距離の概念図

3. 安全度評価モジュールの基本構成

3.1 モジュール内の構成

安全度評価モジュールでは、環境サーバから得られるロボットおよび人の位置、速度情報を時刻情報とともに入手する。環境サーバには様々な環境におかれたセンサからの情報が入力されることから、環境サーバから安全度評価モジュールへの情報提供は、環境サーバで情報更新されるイベントに伴い通信を発生させることとする。これは、モジュール間の通信と情報の時間遅れを最小限にするためである。一方、安全度評価モジュールは、その主要部分が環境側に設置されるため、ロボットとは通信で結ばれることとなる。通信の健全性が、安全度評価結果のリアルタイム性に影響することから、定周期による処理とする。また、通信のトラブルに対応する機能をモジュール内に持たせるため、ロボット側にも受信処理を行う機能をもたせることとする。以上の構成を図2に示す。

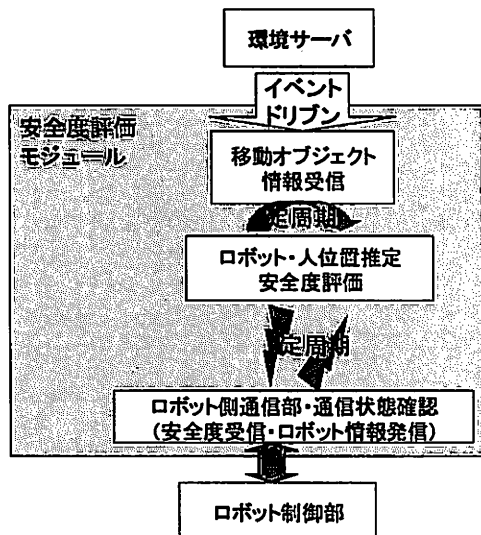


図2 安全度評価モジュール構成図

3.2 モジュールの入出力情報

安全度評価モジュールの情報のインターフェースは、立上時にロボットの各種パラメータを入手し、それ以降は、移動オブジェクト情報に基づき安全度を出力する。具体的には以下のとおりである。

起動時に、対象のロボットから、機能情報（制御サイクル、最大速度、人共存速度、停止制動加速度）を受信し、安全度評価モジュールは機能を開始する。

通常時は、環境サーバからランダムに各移動オブジェクトごとの更新された情報（ID、属性（人・ロボット）、位置・速度情報、時刻情報）を受信する。安全度評価は定周期サイクルで処理を実行し、最新の移動オブジェクト情報から、安全度を評価する。評価結果を、対象ロボットに対し定周期で、人間共存（含：遷移状態）状態（状態情報）を出力する。一方、ロボットも、通信状態を返信する機能として、

自己位置情報、動作目標値（速度等）を出力する。

4. まとめ

本報告では、環境内の移動オブジェクトの情報に基づいて、ロボットの安全度を評価する安全度評価モジュールの基本構成について述べた。環境側とロボット側に分離して搭載するモジュール構成とし、ロボット-環境間の通信の管理もできる構成とした。今後は、図3に示すような環境で、移動オブジェクトの位置推定機能を向上させて、効果的な安全度評価モジュールを構築する。

謝辞

本研究開発は平成20年度NEDO「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」の一部として実施されたものである。

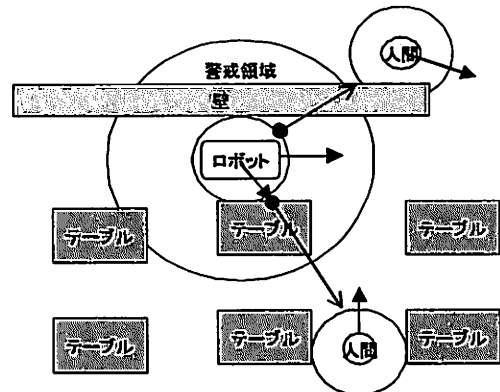


図3 サービス環境イメージ図

参考文献

- [1] 石川和良他：“屋外清掃ロボットの实用化”，日本ロボット学会誌，25，6，pp.802-812，2007。
- [2] 酒井龍雄他：“病院内搬送用自律移動ロボットシステム”，松下電工技報，53，2，pp.62-67，2005。
- [3] 加部隆史他：“サービスロボットの安全性（リスク提言移管する方法論の基礎的考察-ΔR）”，日本機械学会論文集C編，75,754，pp.1812-1820，2009
- [4] 村上剛司他：“情報構造化環境における情報管理の一手法”，日本ロボット学会誌，26，2，pp.192-199，2008。
- [5] D. F. Glas, et al.: "Laser-Based Tracking of Human Position and Orientation Using Parametric Shape Modeling", *Advanced Robotics*, 23, 4, pp.405-428, 2009.
- [6] 松日楽信人他：“ロボタストに作業を実行するための作業知能化モジュール群の開発：プロジェクト概要と進捗”，第26回日本ロボット学会学術講演会，ACIF-07，2008
- [7] I. Ha, et al.: "Design of Location Management Module and Environment Server for Constructing of Intelligent Environment Space", *The 5th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI2008)*, pp. 485-488, 2008