

知能化環境におけるオブジェクトの位置データ解釈と ロボットへの安全情報の提供

○田村雄介 (東大) 寺田善貴 (東大) 濱崎峻資 (東大) 森下壮一郎 (東大/電通大)
岡本浩幸 ((有) ライテックス) 浅間一 (東大)

1. はじめに

日常生活環境で動作するロボットの実現には、ロボットに搭載されたセンサのみではなく、環境側に様々なセンサ等を配置することで環境を知能化することが有効である。知能化された環境においては、ロボットや各種のセンサが多様なオブジェクトの計測を行うとともに、様々なロボットが様々な状況でオブジェクトの位置情報を必要とすると考えられる。したがって、環境中に存在する様々なオブジェクト（静止物体、稼働物体、移動物体）の位置データを適切に管理・解釈することが必要となる。

一方、ロボットが人の生活環境で動作するためには、安全性が非常に重要な問題となる。ところが、自身に搭載されたセンサのみでロボットを安全に動作させようとすると、環境が複雑になればなるほど非効率的な動作しかできなくなってしまう。これに対して、上述のように知能化された環境から、周囲の人間の位置データを取得することができれば、安全性を担保しつつ効率的な動作を実現できることが期待される。

これらのことから、我々は次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト [1] において、データ解釈モジュールおよび安全情報提供モジュールの開発を行っている。本稿では、これらのモジュールの機能について述べるとともに、モジュールの動作検証結果を示す。

2. 位置データの解釈

複数のセンサが分散されて配置されているような知能化環境においては、各センサは計測したオブジェクトの位置データをデータベースに格納し、そのデータをロボットをはじめとする各種エージェントが利用するというのが一般的である。ロボットがデータベースに格納された位置データを利用する場合、各ロボットの動作に適した座標系に変換されていることが望ましい。一般に、ロボットが全てのセンサの持つ座標系と、自分の利用したい座標系との関係を把握していることは現実的ではない。同様に、データの利用時に求められる座標系は未知なので、各センサが座標変換の役割を担うのも現実的ではない。本研究では、各ロボットからの要求に応じて、データベースに登録された位置データを適切に座標変換して提供するモジュールを開発した。

図1にデータ解釈モジュールの機能の概念図を示す。例えば、テーブルの上にあるカップの位置姿勢は、テーブルに設置されたセンサによって計測され、テーブル座標系での位置姿勢としてデータベースに格納される。また、テーブルの位置姿勢は世界座標系で記述されている。一方、ロボットはこのカップを操作するために

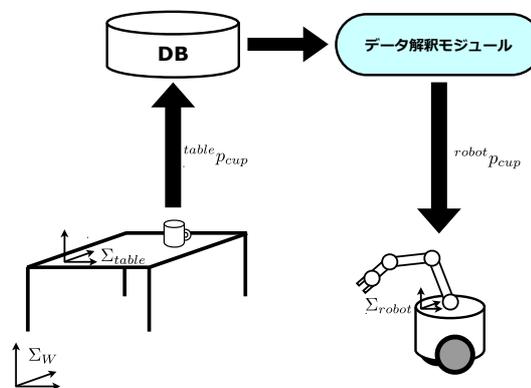


図1 データ解釈モジュールの概念図

ロボット座標系でのカップの位置姿勢を必要としている。このような状況で、ロボットは所望の座標系を指定した上でデータ解釈モジュールにカップの位置姿勢を問い合わせれば、データ解釈モジュールがデータベースに格納されているカップとテーブルの位置姿勢情報、座標系情報に基づいて座標変換を施すことで、ロボットの要求通りの座標系での位置姿勢が提供される。

このようにしてデータベースとロボットの間でデータ解釈モジュールを設けることによって、ロボットは自分が必要としているオブジェクトの位置データがどの座標系で記述されているかについての知識を持つ必要がなくなる。

3. 安全情報の提供

環境中に設置されたセンサからデータベースに人間の位置データが格納されるならば、その情報を利用することで、ロボットは自身に搭載されたセンサだけでは検出できないエリアにいる人間との衝突を回避できる可能性が高まる。しかしながら、単純に人間の現在の位置の情報を利用するだけでは、あまり効率的な動作を期待することはできない。ロボットの安全性と効率性を両立させるためには、周囲の人間の移動を予測することが不可欠である。

本研究では、人間の動きを短期的に予測し、数秒後までのロボットとの衝突可能性を考慮することで、安全かつ効率的な動作を実現するモジュールを開発した。具体的には、ロボットから移動経路（ノードの系列）と現在の状態（現在ノード、目的ノード、停止中/移動中）を、データベースから人間とロボットの位置・速度を受け取り、これらの情報に基づいて最大5秒後までの人間とロボットの位置を予測して衝突の可能性を判定する。この際、ロボットは現在位置から目的ノード

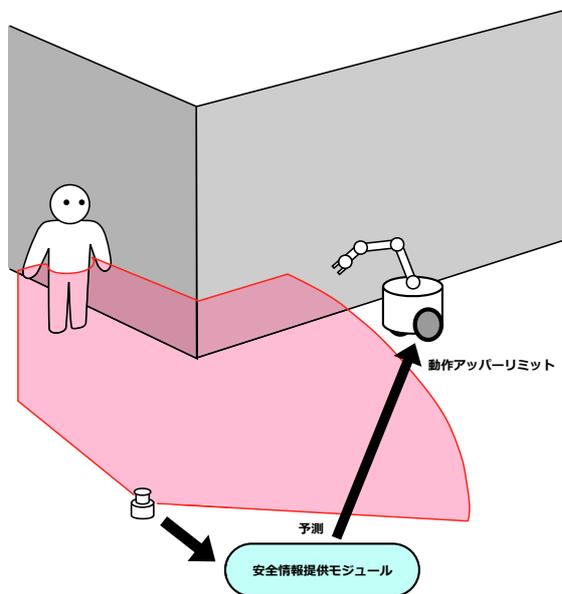


図2 安全情報提供モジュールの概念図

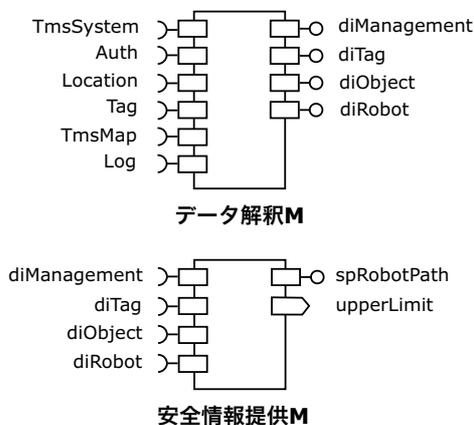


図3 各 RTC の構成

ドまで等速直線運動すると仮定し、人間の移動予測には濱崎らの手法 [2] を用いた。

ロボットに提供する動作アッパーリミットは3段階用意し、ロボットが通常速度で進んだときに衝突が予測されなければ、 v_{normal} 、通常速度で進んだときには衝突が予測されるが、低速で進めば衝突が予測されなければ、 v_{slow} 、低速で進んでも衝突が予測される場合は、 $v_{\text{stop}} (= 0)$ をそれぞれ送信するものとした。

4. モジュールの動作検証

4.1 RTC としての実装

上述した2つのモジュールについて、OpenRTM-aist-1.0.0上で動作するRTコンポーネント(RTC)として実装を行った。各モジュールの構成を図3に示す。

データ解釈モジュールは、九州大学の開発したTown Management System (TMS, [3]) をデータベースとして使用することを想定して実装した。プロバイダとして、4つのサービスポートを持ち、それぞれ、ログイン等の処理、タグ情報の処理、移動体情報の処理、ロ

ット情報の処理に用いられる。

安全情報提供モジュールは、データ解釈モジュールを通じてTMSからデータを取得する。このために必要な4つのサービスポートの他に、ロボットの経路と状態を取得するためのサービスポートと、ロボットに一定周期で動作アッパーリミットを提供するためのデータポートを持つ。

4.2 動作の検証

提案した2つのモジュールを、安川電機をはじめとするコンソーシアムでの統合実証システム [4] に組み込むことで、動作の検証を行った。データ解釈モジュールが接続するデータベースは、上述の通りTMSとし、ロボット (SmartPal V, 安川電機製) とのやりとりは、九州工業大学の開発した作業計画モジュールを介して行った。

検証は病室とナースステーションを模した環境で行い、これらの部屋間をロボットが廊下を經由して移動する状況で、安全情報提供モジュールの動作を確認した。この結果、ロボットが部屋から出る際に、廊下を歩いている人が近づいてきて衝突の危険性がある場合には、一時停止をし、歩いている人が離れていく場合や、そもそも人が廊下にはいない場合には、通常速度で移動することが確認できた。また、ロボットによる日用品の取り寄せ作業を通じて、データ解釈モジュールによって適切な座標変換がなされていることも確認できた。

5. おわりに

本研究では、知能化環境において、位置データを適切に座標変換して提供するデータ解釈モジュールと、それに基づいて衝突の危険性を予測・評価してロボットに動作アッパーリミットを提供する安全情報提供モジュールを開発した。統合システムによる動作検証を通じて、これらのモジュールの有効性を確認した。

今後は、人間の動きの予測精度を向上させるなど、モジュールの機能を向上させるとともに、各RTCのオープンソースでの公開を行う予定である。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (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。

参考文献

- [1] 佐藤知正, 比留川博久, “次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト”, 第26回日本ロボット学会学術講演会予稿集, RSJ2008AC1F1-01, 2008.
- [2] 濱崎峻資, 田村雄介, 浅間一, “移動ロボットの衝突回避のための人間の移動予測アルゴリズム”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 1P1-C12, 2010.
- [3] 村上剛司, 長谷川勉, 木室義彦, 千田陽介, 家永貴史, 有田大作, 倉爪亮, “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, vol.26, no.2, pp.192-199, 2008.
- [4] 足立勝, 他, “施設内生活支援ロボット知能の研究開発 - 作業知能モジュール群の有効性検証 (第3報) -”, 第29回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2011.