

ロボットの立ち位置を知るためのマッピング技術

ロボットが目的地まで安全かつ正確に走行するために、センサーで周囲を検知して自動的に地図を作るマッピング技術の研究が進められている。

7

地図を作り、自律移動を可能にする

人間は初めて訪れる場所でも歩道を歩き、障害物などを避け、たとえ地図を持っていなくても、自分がどのあたりにいて、どの方向に向かって進んでいるかも、まわりを見て判断できる。これは周囲の状況情報を取り込み、確認と判断を繰り返しているためだ。今後、社会のさまざまな環境下で、自律型の移動ロボットを導入しようと期待されているが、このとき不可欠なのが、「SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)」と呼ばれる、自分の位置(自己位置)の推定と周辺環境を分析して、自分がいる環境の地図を作製する技術だ。

人間の目の届く範囲内や、ロボットに搭載したカメラ映像をもとに遠隔操作するぶんには、自己位置の推定も地図の作製も必要ないが、自律移動を求められるロボットはそうはいかない。もちろん、事前に走行するコースをプログラミングしておくこともできるが、現実世界では予測不可能なことが次々と起こり得るため、ロボットが移動しながら地図を作ることが必要になってくる。

SLAMの研究は、ロボットが平面を移動して2次元地図を作る研究から始まったが、実社会は3次元の世界である。そこで近年、

盛んに行われているのが3D SLAMの研究だ。自己位置を確認するにはGPSなどのセンサーを使い、周囲の状況を計測するにはレーザー・レンジ・ファインダーというレーザー・スキャナーを使う方法と、カメラを使う方法が一般的である。

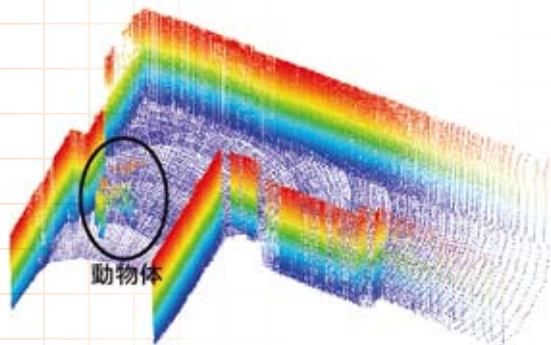
レーザー・レンジ・ファインダーの原理自体は極めてシンプルで、レーザーを照射し、物体に反射して戻ってくるまでの時間から、距離を測定するというもの。ロボットに搭載する場合は、前方に扇状にレーザーを照射し、床から一定の高さの平面上にある物体までの距離を測定するセンサーと、垂直方向に360度回転するセンサーを使うことが多い。

水平・垂直の2つのレーザーで得られた情報をもとに、距離だけでなく、周囲の形状も3次元で表し、自己位置データと組み合わせることで3次元の地図ができあがる。また、時間差のあるデータを比べることで、そこに歩く人間などの移動体があるかどうか検出できる。GPSを使えない場所では、自己位置の確認にもレーザー・レンジ・ファインダーのデータを使うことが多いようだ。

カメラを使って3次元地図を生成する

高速かつ正確に計測するためにはレーザーは適しているが、カメラを使えば、距離や形状の情報だけでなく、色や模様などの

3次元地図



2台のレーザー・スキャナーを搭載したロボットが、計測データをもとに生成した3次元地図。垂直方向を計測するレーザー・スキャナーによって、壁の高さもはっきり表現されている。また、歩行中の人物も動物体として再現されている。画像は静岡大学の金子・小林研究室からの提供。

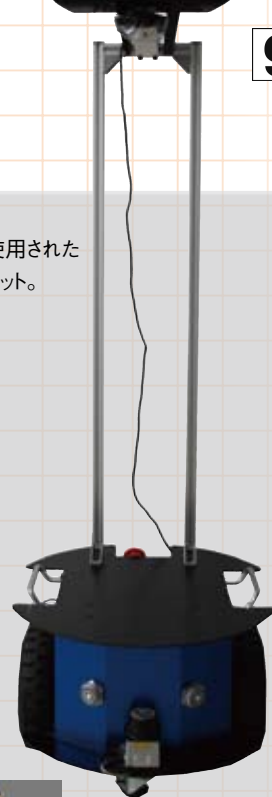
8

人の多い場所でも機能するSLAMを目指し 繁華街でも実験が行われている

これまでのSLAMの研究は、実験室など閉じられた静的な空間で行われていたが、実社会では人や車が絶えず動いている。そうした環境下の自己位置を推定し、地図を作ることが次のステージの課題である。東京工業大の長谷川修研究室では、人が多い混雑した環境でのSLAM研究に取り組んでいる。そこで使われるロボットには、ゲーム機にも使われているマイクロソフト社のキネクトセンサーを搭載。周囲の状況を撮影し、画像から特徴点を抽出して3Dの地図を生成する。左下の写真

は人通りの多い渋谷の地下街の様子だが、画像中の赤と青の○は、ロボットがその場所を認識する画像特徴点として選んだ部分を示している。その場所を通りかかった人には○がない、つまり画像特徴点が出ていないところがポイント。通行人は、たまたま通りかっただけで、特徴点として認識してしまうと、正確な地図生成ができないからだ。このシステムの自己位置の誤差は、10m進んで数cm程度。画像処理のスピードも向上させ、人の歩行とほぼ同じ速度でロボットは移動できるという。

実験に使用された移動ロボット。



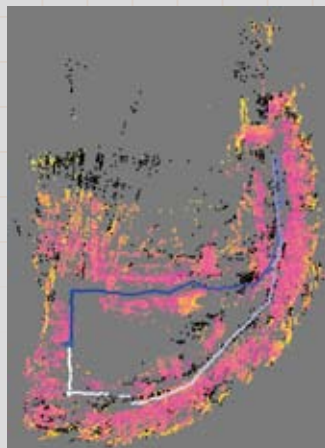
10



11



壁、手すり、照明など、固定されている部分は特徴点として認識しているが、歩行中の人は認識していない。この場所の地図を生成するには不要だからだ。



これは夕方の混雑時、大学の学食でロボットを移動させ、自動生成した地図。青いラインは、情報を収集しながらロボットが移動したルートを示している。長谷川修教授は「自律移動ロボットはもちろん、この技術は、自律移動可能な電動車いすなどの実現にも応用できる」と語る。

12

視覚情報も同時に取得できる。連続撮影した画像を重ね合わせて特徴を抽出し、3次元のデータを作成する。

画像の特徴として使われるのは、曲がり角などを示すコーナー点、物の輪郭を記すエッジ線分、エッジ点(エッジ線上の各点)だ。特にコーナー点は識別しやすいため、もっとも

多く利用される。

レーザースキャナーもカメラも、それぞれメリットはあるが、どんな環境で移動させるかが、使い分けの大きなポイントになる。室内など、どちらも特徴点を得やすく、地図生成しやすい環境なのか。屋外の不整地などや災害地なのか。環境によってセンサーや移動

機構も変わってくるため、今後もさまざまなアプローチが行われていくだろう。

自律移動はロボット基本機能の一つだが、実用化するにはまだまだ取り組むべきことが多い。SLAMは、ロボティクスの奥深さを象徴するテーマでもあるのだ。

実社会での自律移動を検証する「つくばチャレンジ」

「つくばチャレンジ」は、つくば市内の遊歩道等の実環境を、移動ロボットに自律走行させる技術チャレンジであり、地域と研究者が協力して行う、人間とロボットが共存する社会の実現を目指す最先端技術への挑戦だ。2007年より始まり、自律走行技術の発展に大きな役割を果たしたが、2013年からは、実環境(市街地の遊歩道や広場、公園など)で自律的に動くロボットについて、よりハイレベルな課題を設定するという。参加するロボットの自己位置測定にはGPSを、周囲の状況把握には、レーザースキャナー、CCDカメラなどが使われることが多い。



公共の建物内に設けられたゴールをめざし、遊歩道を自律走行するロボット。