

打力による球形物体の回転運動を用いた 目標位置接近に関する考察

永井 良尚 李 周浩
立命館大学

1. はじめに

近年、防災や防犯に対する関心が高まっている。現在様々な防災・防犯に関する技術が存在するが、その一つとしてセンサネットワークの利用が挙げられる。ここでセンサネットワークとは、ユビキタスコンピューティングの一つで、様々なセンサを備えた無線端末により構成される。この利点としては、システム構築が容易・小型・省電力などが挙げられる。このセンサネットワークを配置することにより、様々な場所の環境を観察することが可能となり、防災や防犯につなげることができるのである。

センサネットワークを構築するためには、センサノードを環境中に配置する必要がある。しかし、人がセンサノードを配置するには手間がかかり、危険な場所も存在する。また、センサネットワークを構築するためには、専門的な知識が必要となり、専門家以外の方が配置することは難しい[1]。

本研究では、以上の問題を解決することを目的とする。この目的を達成するために、自律的にセンサノードを配置するロボット、及びロボットをセンサノード配置場所まで移動させるためには困難な場所が存在するため、投げる・転がすという方法を用いて、遠隔地からセンサノードを配置するシステムを提案する。このシステムを実現することにより、あらゆる環境において、確実にセンサノードを配置可能なシステムを実現することができる。

2. 提案システム

2.1 概要

あらゆる環境において、確実にセンサノードを配置可能なシステムとして、センサノードを投げる・転がす機構を備えた、自律型センサノード配置ロボットを提案する。本研究では、まず転がす機構を備えたロボットを開発・評価した。

2.2 システム構成

提案したシステムを実現するためには、

- (1) センサノード認識
- (2) 地形・距離認識
- (3) 移動機構
- (4) センサノードを転がす機構

が必要である。本研究では、以上のシステムを備えた、図1のようなロボットを開発した。構成は、視覚部、パター一部、移動部の3つに分けられる。以下では、ロボットを構成する3つのシステムについて説明する。

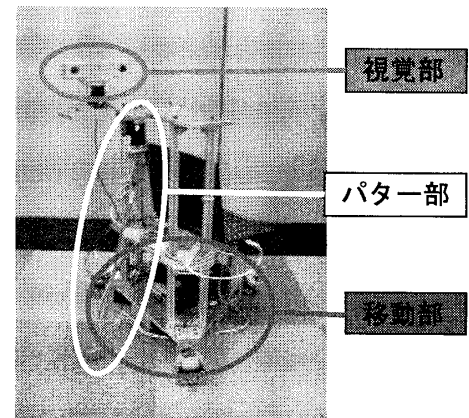


図1 センサノード配置ロボット

2.2.1 視覚部

視覚部では、ステレオカメラを用いて、空間内の3次元情報の取得を行う。画像認識によって、センサノードを認識し、また空間内の3次元情報を利用することによって、地形・距離を認識することができ、2.2の(1)と(2)を満たすことが可能となる。

2.2.2 移動部

2.2の(3)を満たすために、移動機構を構築する必要がある。本システムでは移動機構として、全方向移動機構を構築した。全方向移動可能であれば、移動の自由性・移動時間の短縮を図ることができ、ロボットの作業時間短縮にもつながるのである。

2.2.3 パター一部

本研究において、センサノードはセンサ機能と無線通信機能に絞られたものの利用を想定している。そのため、センサノードを転がすためには、外力を与えなければならない。そこで本研究では、2.2の(4)を満たす、センサノードに外力を与える機構として、ゴルフのパターによる打力を用いる。パターを用いることにより、センサノードの形状や大きさに柔軟に対応し、外力を対象に与えることができる。

2.3 球形物体の目標位置接近

センサノードを転がして目標位置に接近させるためには、センサノードの転がり運動モデルをたて、目標位置接近に必要な初速度を得る必要がある。本稿の段階では簡易化のために、転がす対象としてセンサノードに似た球形物体を使用した。また、転がる際に影響を受ける摩擦力は静止摩擦力のみであるとし、転がす面は摩擦の

“Locating a spherical object with rotational movement by putting”

Yoshitaka Nagai JooHo Lee
Ritsumeikan University

一様な平面であると仮定してモデルをたてた。

2.3.1 転がり運動モデル

転がり運動モデルをたてるためには、球形物体の初速度と、停止するまでの距離の関係を知らなければならない。この関係を知るためには、運動量保存則を用いる。これは、球形物体の持つ運動エネルギーと、静止摩擦力のする仕事量が等しいことより、関係式を導出することが可能だからである。ゆえに、導出された関係式を初速度についてまとめると、式(1)のようになる。ここで、 v_0 は球形物体の初速度、 d は球形物体が動き出してから停止するまでの距離、 μ は地面の静止摩擦係数、 g は重力加速度である。

$$v_0 = \sqrt{\frac{10d\mu g}{7}} \quad (1)$$

2.3.2 静止摩擦係数の推定

球形物体が目標位置接近に必要な初速度は、式(1)より算出するが、未知の値が初速度 v_0 の他に静止摩擦係数 μ がある。そのため、まず静止摩擦係数を算出する必要がある。本研究では、静止摩擦係数を算出する方法として、あらかじめパターによってある既知の初速度 v_0 を球形物体に与え、転がった距離を測定することによって、静止摩擦係数 μ を算出する方法を提案する。その後、球形物体から目標位置までの距離 d と、算出した静止摩擦係数 μ から、式(1)を用いて初速度 v_0 を算出し、反発係数を考慮した上でパタースイング速度を制御することにより、球形物体の目標位置接近を実現する。

3. 基礎実験

3.1 実験内容と環境

本研究における、現段階での球形物体の目標位置接近の正確性を確かめるために、基礎実験を行った。目標停止距離を、500mm、1000mm、1500mmの3つとし、各距離30回ずつ転がして、目標停止距離の違いによる誤差や、ばらつきに差が出るのかを確かめた。実験環境は、図2のような1マス500mm四方の模様付で、表面状態がほぼ一様な平面である。

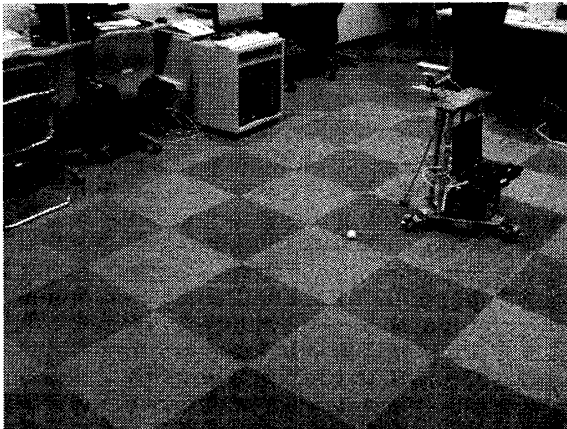


図2 実験環境

3.2 実験結果

実験結果は、表1のようになった。

表1 実験結果

	500mm	1000mm	1500mm
平均停止距離(mm)	469.7	1028.533	1304.967
標準偏差	31.790	39.242	40.01

表1の平均停止距離より、目標停止距離と実際の停止距離との誤差が生じ、誤差の大きさが各停止距離によって変化することがわかる。また、表1の標準偏差より、目標停止距離が遠くなるほど、ばらつきが大きくなっていることがわかる。

3.3 考察

表1の実験結果の標準偏差より、球形物体の停止距離にばらつきがあることがわかった。この原因を調べるために、ビデオカメラを用いて、実験中のパターヘッドと球形物体が衝突の様子を分析した。その結果、球形物体の転がる距離が衝突する位置に依存していることがわかった。そのため、球形物体の停止距離にばらつきが生じたのではないかと考えられる。そのため今後は、パターヘッドと球形物体が衝突する位置を、正確に毎回同じ場所になるように調整する機構を設ける必要がある。

また本稿の段階では、簡易化された転がり運動モデルを利用しており、転がり運動の際に影響する摩擦力は、静止摩擦のみしか考慮していない。そのため、シミュレーション上と実際の転がり運動には、差異が生じるものと思われる。ゆえに今後は、転がり運動モデルを見直し、球形物体の転がり方を分析することにより、動摩擦と静止摩擦を考慮した、新たな摩擦力の推定方法を考察する必要がある。

4. おわりに

本論文では、打力による球形物体の回転運動を用いた目標位置接近に関する研究を行った。

防災・防犯の方法の一つとしてセンサネットワークの利用を挙げ、その構築におけるセンサノードの配置方法に焦点を当てた。従来の配置方法を改善するために、外力を用い、遠隔地から転がして配置する方法を提案した。そして、以上の機能を搭載した、自律型ロボットを開発し、評価を行った。

今後の課題としては、目標位置接近の精度向上が挙げられる。また、本論文ではふれていないが、距離計測部における球形物体認識率の向上や、移動部における安定性向上も、今後の課題として挙げられる。さらに将来的には、様々な形状の場所へのセンサノード配置のために、投げることによる配置方法も搭載していく予定である。

参考文献

[1] 今枝卓也, 大澤亮, 高汐一紀, 徳田英幸, "アプリケーション適応型センサノード配置ロボットの提案", 情報処理学会 研究報告 UBI, pp29-35, 20061109.