

## 土壌調査ロボットの制御手法に関する検討 Preliminary study on soil survey robot control

池田 成澄<sup>†</sup> 小山 博幸<sup>‡</sup> 松井 謙二<sup>†</sup>

Yokuto Ikeda Hiroyuki Koyama Kenji Matsui

### 1. はじめに

ロボット、AI、IoT、ビッグデータによる技術革新と相まってGPSの高精度化による新たな土壌関連のサービスが生まれつつある。[1],[2] また農業従事者の高齢化が進んでおり、作業負担の軽減は重要な課題である。

本研究は、農業や公園整備などの省力化を目的とした、土壌調査を自動的に行うロボットの基本的な制御手法の検討を目的とする。特に、競技用芝グラウンドの場合、極めて均一な土壌コンディションが要求されるため、日々の広範囲な土壌測定には長時間の作業を必要とする。このような作業負担を軽減するため、クラウドネットワーク型ロボットによる自動測定および土壌データマップの生成を目指す。[3],[5]

### 2. 土壌調査ロボットの設計

基礎検討のための条件設定として、ロボットは決められた正四角形の土地を走行し、一定間隔でセンサーを挿入することにより、土壌の温度、水分、PH、硬さを測定し、その土地の土壌データマップを自動的に作成することをタスクとする。実験機は、予め入力された土地の座標から各WAYPOINTを算出し、電子コンパスとGPSにより走路を決定して土地全体を走行する。そして一定距離間隔でセンサーの挿入を行い、測定値をメモリに記録する。図1は本土壌調査ロボットの構成図である。センサブロックを挿入するためロボットの自重が必要になる。100kg程度の重量を想定し、150W程度のモータを使用する。センサブロックを挿入するには極めて高い加圧が必要になるためシリンダモータを用いた挿入機構を製作した。走行制御は、GPSモジュールと電子コンパスによりWAYPOINTまでの距離と方向を算出し、更新しながら走行する仕様とした。更新周期は50cm~1m毎に行っている。

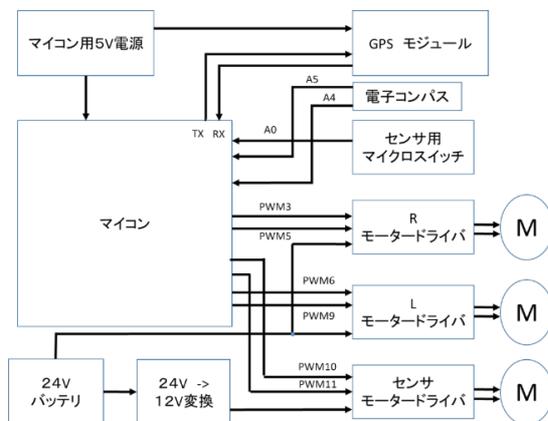


図1 実験機のハードウェア構成

<sup>†</sup> 大阪工業大学 Osaka Institute of Technology

<sup>‡</sup> ヤンマー(株) Yanmar Corp.

### 3. 土壌調査ロボットの制御

制御用マイコンにはArduinoを使用し、後輪モータ、センサブロック用モータ、GPS、電子コンパスの制御を行う。図2にロボットの制御の概要を示す。実際には、5mのサンプリング間隔で走行するため、距離と方向の算出は頻繁に行っている。

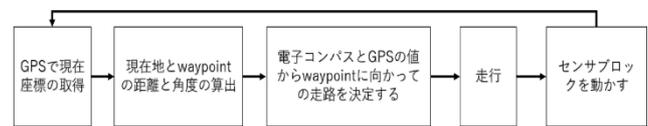


図2 ロボットの制御概要

GPSと電子コンパスでWAYPOINTまでの距離と方向を計算し、WAYPOINTへの走路を決定する。アクションの選択として、簡単のためWAYPOINTは常に前方にあるものとして、直進、右、左方向の3つのみとした。5m走行毎に停止して、センサブロックを挿入し、土壌測定を行う。測定後、以上の処理を繰り返す。図3に製作した実験用ロボットの外観を示す。

### 4. センサブロックの構成

ロボットに搭載しているセンサブロックは、測定時間、測定位置、土壌温度、土壌水分、貫入硬度、表面硬度を測定することができる。中心部に制御BOXコントローラーとバッテリーが搭載されており、単体での測定も可能である。SDカードへのデータ格納およびBTによるホストPCへの転送も行う。

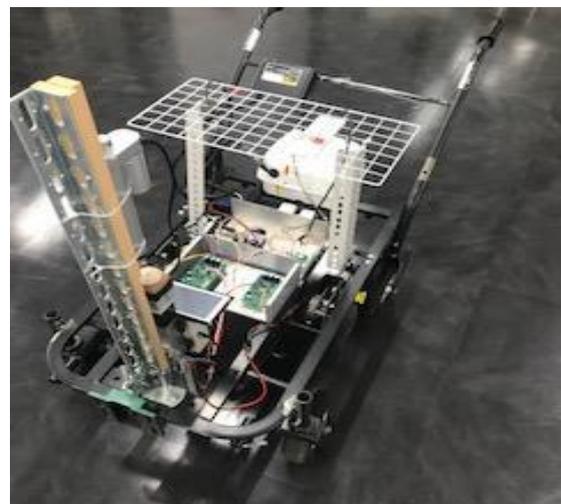


図3 実験用ロボットの様子

センサブロックはシリンダモータにより土中に挿入され各測定値が記録される。図4にセンサブロックを示す。



図4 センサブロック本体

## 5. 走行実験

簡易な走行実験を行った。芝面のグラウンドにて走行させて現在地を更新しながら目的地の方向に向かって走行し、各測定点にて測定動作可能なことが確認できた。硬度のばらつきによって、センサブロックが安定的に挿入するのが難しく、硬度に応じて予めロボットの車重を調整する必要があった。予め基準座標を設定し5m間隔での測定仕様としている。走行速度は20cm毎秒である。以下の表1にセンサブロックの測定例を示す。

表1 センサブロックの測定例

| 項目 | ID     | 番号   | GPS | 測定日時                   | 緯度          | 経度          | 温度   | (水分抵抗) | 水分率  | 貫入硬度 | 表面硬度 | 電池   |
|----|--------|------|-----|------------------------|-------------|-------------|------|--------|------|------|------|------|
| 様式 |        | 連番   | 状態  | UTC時間                  | DMM形式       | DMM形式       |      | A/D変換値 |      |      |      | 電圧   |
| 単位 |        |      |     | YYY/MM/DD/00/MM/SS.SSS | DDD/MM.MMMM | DDD/MM.MMMM | °C   | mV     | %    | Kg   | Kg   | mV   |
| 桁数 | 6      | 4    | 1   | 17                     | 10          | 10          | 4    | 4      | 4    | 4    | 4    | 4    |
|    | ID0001 | 0001 | 2   | 20180522050400.000     | 3439.7734   | 13523.9285  | 001F | 19F0   | 001C | 0020 | 0000 | 0F2A |
|    | ID0001 | 0002 | 2   | 20180522050949.000     | 3439.7746   | 13523.9278  | 001A | FFFF   | 0002 | 0000 | 0027 | 0F12 |
|    | ID0001 | 0003 | 2   | 20180522052140.000     | 3439.7314   | 13523.9224  | 001E | 16D8   | 001E | 0023 | 0000 | 0EF9 |
|    | ID0001 | 0004 | 2   | 20180522052159.000     | 3439.7314   | 13523.9224  | 001D | FFFF   | 0002 | 0000 | 0025 | 0F22 |
|    | ID0001 | 0005 | 2   | 20180522052915.000     | 3439.7126   | 13523.9177  | 001F | FFFF   | 0002 | 0024 | 0000 | 0F1A |
|    | ID0001 | 0006 | 2   | 20180522053019.000     | 3439.7126   | 13523.9178  | 001F | 1CEF   | 0019 | 0024 | 0000 | 0F3B |
|    | ID0001 | 0007 | 2   | 20180522053043.000     | 3439.7126   | 13523.9179  | 001E | 6B80   | 0008 | 0000 | 0026 | 0F3B |
|    | ID0001 | 0008 | 2   | 20180522053534.000     | 3439.7158   | 13523.9033  | 001F | 1AAF   | 001B | 0024 | 0000 | 0F0A |
|    | ID0001 | 0009 | 2   | 20180522053600.000     | 3439.7158   | 13523.9033  | 001E | FFFF   | 0002 | 0000 | 001A | 0F02 |
|    | ID0001 | 000A | 2   | 20180522053938.000     | 3439.7346   | 13523.9051  | 001F | 108A   | 0021 | 0024 | 0000 | 0F0A |
|    | ID0001 | 000B | 2   | 20180522053958.000     | 3439.7346   | 13523.9051  | 001F | 5CDF   | 0009 | 0000 | 0013 | 0F0A |
|    | ID0001 | 000C | 1   | 20180522054438.000     | 3439.7634   | 13523.9063  | 001F | FFFF   | 0002 | 0024 | 0000 | 0F32 |
|    | ID0001 | 000D | 1   | 20180522054508.000     | 3439.7635   | 13523.9063  | 001F | 1330   | 0020 | 0022 | 0000 | 0F32 |
|    | ID0001 | 000E | 2   | 20180522054555.000     | 3439.7632   | 13523.9081  | 001E | FFFF   | 0002 | 0000 | 0021 | 0F0A |
|    | ID0001 | 000F | 2   | 20180522054938.000     | 3439.7579   | 13523.9329  | 001E | 17F0   | 001D | 0025 | 0000 | 0F12 |
|    | ID0001 | 0010 | 2   | 20180522055045.000     | 3439.7579   | 13523.9330  | 001B | FFFF   | 0002 | 0000 | 001D | 0EF9 |

## 6. 考察および今後の展望

基本的な動作が確認できた。現在は、SDカード内にデータを蓄積しているが、今後クラウド側へのアップロードにより測定結果のマップ化、シェアリングを行う予定である。多様な土地への活用が期待できるが、それぞれの地面の起伏や硬度のばらつきに応じてロボットの重量や走行性能、センサブロックのクリアランス調整が必要である。また、基本動作の検証段階であり、障害物を想定していないが、今後、自動走行を目標とするため、障害物の回避、緊急停止などの機能を新たに付加する必要がある。現在、単眼カメラによる自動走行用強化学習を進めており、搭載予定である。[4]

今後、走行の安定性、耐久性、天候への対応など、実用化に向けた諸課題に取り組む予定である。

## 参考文献

- [1] 農林水産省、”農業分野におけるICT等の先進技術の活用の推進”、平成30年2月6日
- [2] 野口、”農業ロボットの社会実装に向けた課題と展望”、学術の動向2016年5月 pp.71~75
- [3] 澁澤、”知農ロボットの探索”、人工知能 30巻2号、2015年3月
- [4] 岡田、”運転の自動化のためのセンシング・認識技術”、2018年 電子情報通信学会総合大会、AI-4-4
- [5] 澁澤、小平、”自走型軽量土壌分析システムによる土壌マップ作成手法”、グリーンレポート No.569、2016年11月号