

# メガソーラ巡回ロボットのための環境認識モジュールの開発

帝京大学 理工学部 ヒューマン情報システム学科 3年  
○横松 秀康(よこまつ ひでやす), 井元 智晶, 次六 和輝

【概要】我々は、メガソーラ発電施設においてソーラパネルを熱画像撮影して異常検知する自律移動ロボットの開発を目指している。昨年の山梨県南アルプス市での現地調査から、パネルやその支柱、パワコンなどの障害物だけではなく、大きな起伏や雑草、砂利などが存在しており、ロボットは走行可能な領域を判断しながら移動する必要があることがわかった。そこで、本研究ではロボットが環境から取得したデータに基づいて走行可能領域を認識するために必要なモジュールの開発を行う。

【栃木を元気にするには】栃木県内でもメガソーラ施設の建設が進んでおり、作業負担の軽減のため人間の代わりにロボットを導入したメンテナンスが提案されつつある。我々も、地上走行である利点を活かして栃木県内の関連事業者と連携していきたい。

## 1. はじめに

我々は、メガソーラ発電施設を自動巡回してソーラパネルを熱画像撮影・分析する自律移動ロボットを用いて異常を検知するシステムの開発を最終目標としている[1]。昨年は自律走行機能の実現をサブゴールとして、つくばチャレンジ (<http://www.tsukubachallenge.jp/>) において屋外自律走行実験を行った[2]。しかし、屋外では環境が時々刻々と変化するため、想定外のことが発生して確実に走行することが困難であった。例えば、落ち葉や木の枝によってスリップしたり、歩行者とすれ違う場面で障害物回避機能が働いて縁石や芝生エリアに進入したりするなど走行不能になるケースがあった。また、実際の現場である山梨県南アルプス市・帝京スマートエネルギーセンターにて試走を行った。その結果、図1に示すようにソーラパネルやその支柱、パワコンなどの障害物だけでなく、大きな起伏や段差、雑草、砂利など過酷な路面であること、走行可能な領域を正確に認識する必要があることがわかった。つまり、環境認識能力の向上が我々にとって次の課題である。

そこで、本研究では、ロボットが環境を認識し、走行可能領域を正確に判断するために、オブジェクト認識と路面状況認識を行う2つのモジュールを開発する。

## 2. 自律移動ロボット Progress-i MK-II

我々が開発しているロボットの構成を図2に示す。本ロボットは、T-frog プロジェクト(<http://t-frog.com>)が

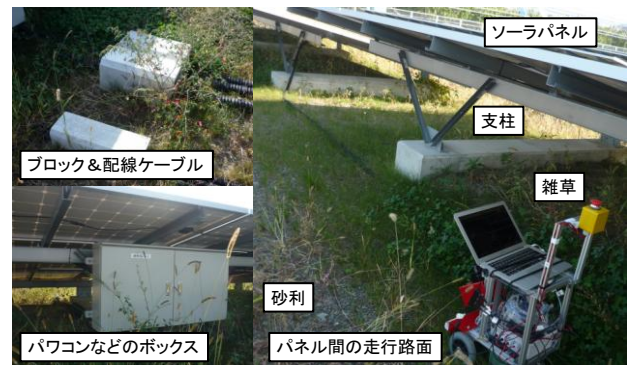


図1:メガソーラ発電施設の環境

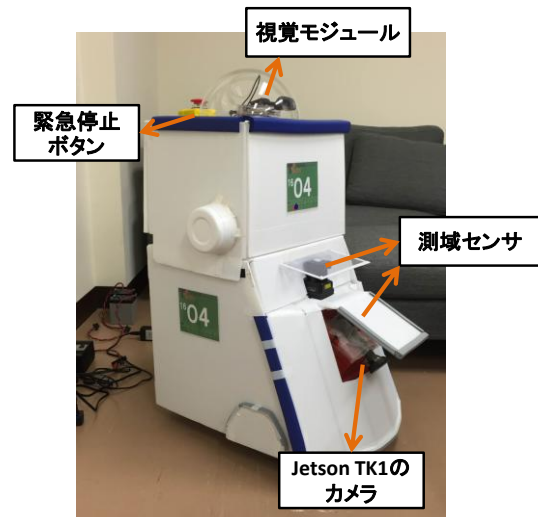


図2:Progress-i MK-II の構成

開発した独立2輪駆動式のi-Card miniをベースに利用している。市販のノートパソコンや2軸ブラシレスモータードライバ、測域センサ、RGBカメラ、3軸加速度・3軸ジャイロ・3軸地磁気センサ、GPS、IMUセンサなど

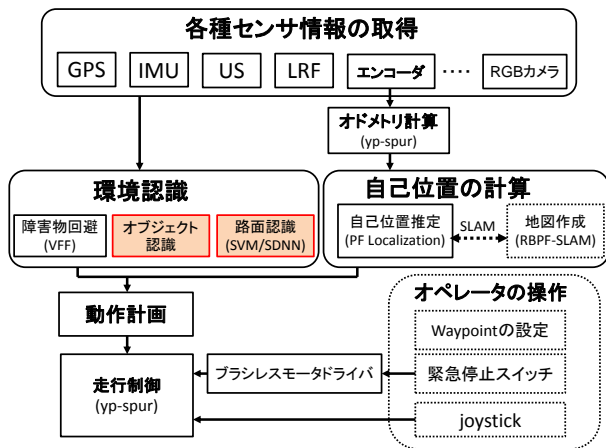


図 3: ロボットシステムの構成

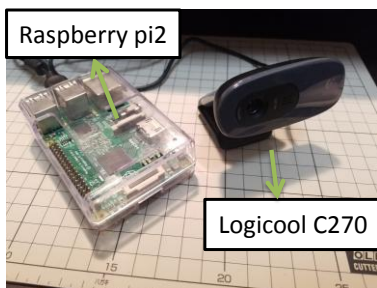


図 4: 視覚モジュールの構成

を取り付けている。

ソフトウェアを含めたロボットシステムの構成を図 3 に示す。コンピュータ上で、環境認識や自己位置推定、走行制御などを行う。

### 3. 環境認識モジュールの開発

#### 3.1 オブジェクト認識のための視覚モジュール

本モジュールは、画像から環境中のオブジェクトを認識して、目的のものであれば近寄り、障害物であれば回避するためのものである。本モジュールは、シングルボードコンピュータである Raspberry Pi 2 と Web カメラで構築した。そのハードウェア構成を図 4 に示す。

自作したプログラムではオープンソースの画像処理ライブラリである OpenCV3 を用いており、オブジェクトの認識のためにカスケード型分析器を使っている。

#### 3.2 路面状況認識のためのモジュール

複数のセンサ情報から、走行路面のパターン(アスファルト、タイル、砂利、草など)を認識する。そのために、認識に先立って学内の幾つかの場所で走行したデータを用いて学習させておく。

具体的に用いる入力変数を表 1 に示す。並進速度、鉛直方向の加速度(振動情報)など 10 変数を用いる。識別器として、新型ニューラルネットである選択的不感

表 1: 路面状況認識に用いる入力変数

入力変数	説明(なお、0~1の値に正規化している)
$x_1$	ロボットの並進速度
$x_2$	ロボットの角速度
$x_3$	オドメトリとジャイロの差(スリップ情報)
$x_4$	鉛直方向の加速度(振動情報)
$x_5$	ロボットのピッチ角(傾斜情報)
$x_6$	画像中のエッジの割合(テクスチャ情報)
$x_7$	足元の高さの平均(段差情報)
$x_8$	足元の高さの標準偏差
$x_9$	道幅
$x_{10}$	道の中央とロボットの自己位置の差

化ニューラルネット(SDNN)[3]やサポートベクタマシン(SVM)を検討している。

### 4. 実験

本学キャンパス内のトライアルコースにおいて、様々な条件の下で走行実験を行なっている。この結果から、各モジュールの性能を評価して、さらに改良していくことでシステムとしての信頼性を高めている。例えば、視覚モジュールに関して、雨天でも人の顔などのオブジェクトを認識できるかについて検討している。

一方、路面状況を認識する実験では、様々な路面の未学習サンプルに対する認識精度について SDNN を用いた場合に平均 92.4%, SVM では 83.7%であった。

### 5. まとめ

本稿では、環境認識モジュールの開発について報告した。今後は認識率の向上や認識結果に基づいてロボットを制御する方法の検討などを行い、山梨県のメガソーラ発電施設において試走を行う予定である。

謝辞

ご指導を賜りました帝京大学理工学部的小林靖之先生と山根健先生に感謝致します。

参考文献

- [1]遠山ら, “太陽光発電施設を自動巡回する移動ロボットの開発,” 第 12 回大学コンソーシアムとちぎ学生&企業研究発表会予稿集, pp.156-157, 2015.
- [2] 遠山ら, “屋外自律移動ロボット Progress-i の開発”, つくばチャレンジ 2015 参加レポート, pp.99-106, 2015.
- [3]野中ら, “階層型ニューラルネットの 2 変数関数近似能力の比較,” 電子情報通信学会論文誌(D), Vol.J94-D, No.12, pp.2114-2125, 2011.