

# RoboCup Logistics League における フィールド内の障害物検知に関する一考察

## About the detection of the obstacles on the field of RoboCup Logistics League

植村 渉<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 龍谷大学

<sup>1</sup> Ryukoku University

**Abstract:** 工場のオートメーション化を想定した自律移動ロボットの競技大会として、RoboCup Logistics League[1]がある。本リーグでは、フィールド上に14台の工作機器が設置され、さらに相手チームを含めて最大6台のロボットとフィールドに対する審判などの数名の人間が動き回っている。この環境下で自由に動き回るためには、工作機器や壁、そして障害物となる他ロボットや人間の検知が重要である。本研究では、工作機器と壁の識別を目的とする。工作機器は立方体の形をしており、長辺側は75cmとなっている。一方、壁は、長さに規定がなく、大会ごとに変わる可能性があるため、単純に長さだけでMPSと壁の識別をすることは望ましくない。すなわち、レーザーレンジファインダーのみでは、識別が難しい。そこで、本研究では、カメラ画像からの物体検知を併用することで、MPSと壁との識別を行う可能性について検討する。

## 1 はじめに

工場のオートメーション化を想定した自律移動ロボットの競技大会として、RoboCup Logistics League[1]がある。本リーグでは、壁で囲われたフィールド内に、Modular Production System(MPS)と呼ばれる14台の工作機器が設置され、さらに相手チームを含めて最大6台のロボットとフィールドに対する審判などの数名の人間が動き回っている。この環境下で自由に動き回るためには、障害物となる他ロボットや人間の検知が重要である。

また、フィールドの周囲の壁は、すべてを覆っているのではなく、一部は壁のない部分が存在するため、フィールドの外が見える環境となっている。そのため、ロボットの自己位置の推定精度が悪いと、センサー等で検知している対象物がフィールドの中の物か外の物かの判断が難しい。著者が所属している龍谷大学のチーム(BabyTigers - R)は、残念ながら試合開始時の自己位置の推定精度があまり良くなく、自己位置を用いたフィールド内外の判定が難しい状態になっている。この状態でも適切に競技を進めるためには、MPSと壁の認識が重要になる。MPSは立方体の形をしており、長辺側は75cmとなっている。一方、壁は、長さに規定がないため、単純に長さだけではMPSと壁の識別を

することは難しい。すなわち、レーザーレンジファインダーのみでは、識別が難しい。そこで、本研究では、カメラ画像からの物体検知を併用することで、MPSと壁との識別を行う可能性について検討する。

## 2 RoboCup Logistics League

RoboCup Logistics League (RCLL) では、工場のオートメーション化を想定し、無人搬送ロボット(Automatic Guided Vehicle: AGV)の技術を競う競技である。チームは、最大3台のフェスト社製移動式ロボットRobotinoを用いて、競技に参加する。フィールドは14m×8mの大きさで、周囲は50%以上70%以下の割合で高さ約50cmの壁に囲われている。すなわち、外枠のうち半分弱は壁のない部分があり、外が見えている状態である。図1に2019年世界大会のフィールドを示す。図の右側がチームブースで、左側が競技フィールドである。長方形の形をしているが、上辺側にはほとんど壁がないことが確認できる。

RCLLでは、競技のフェーズとして、準備フェーズ(setup phase)、探索フェーズ(exploration phase)、そして生産フェーズ(production phase)の3つに分かれている。本研究では探索フェーズを主として扱うが、他のフェーズ、特に生産フェーズにおいても有効である。

\*連絡先：龍谷大学理工学部電子情報学科  
〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷1-5  
E-mail: wataru@rins.ryukoku.ac.jp

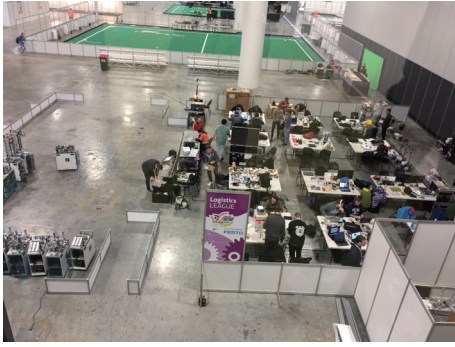


図 1: 2019 年度 RoboCup 世界大会の Logistics League のフィールド

準備フェーズは、各チームがロボットをフィールドに持って行き、ネットワークに接続したりプログラムを起動したりする時間である。同時に、審判の役割を果たすプログラムである RefBox は、フィールド内の加工マシン (modular production system: MPS) のレイアウトをランダムに決定し、人間の審判は、その決定に従って MPS をフィールドに配置する。それら試合の準備が終わると、探索フェーズになる。

探索フェーズは、工場のラインの頻繁な変更を想定しており、加工マシンである MPS がフィールド上にランダムに配置される。現場において、ラインの変更のたびに、加工マシンの位置情報を手動で作成するのは手間であるため、ロボットに自動で調べさせるのがこのフェーズである。本競技では、5 種類の加工マシンを使い、そのマシンの種類も本来はロボットが自動で識別すべきであるが、現段階ではその技術はテクニカルチャレンジとして扱い、MPS の側面に貼った二次元バーコードである ALVAR のタグから種別を読み取る。そして、MPS の置いてある場所 (ゾーン名)、角度、そして種類を RefBox に報告することで得点となる。

生産フェーズは、審判プログラムの RefBox からいくつかの注文が提示され、作るべき製品の種類 (オプション等の有無)、配送する時間、そして必要とする個数が示される。各チームのロボットは、その情報を基に、各ロボットの動きを決定し、ロボットは製品の素材を扱うために MPS 間を移動する。なお、生産フェーズは探索フェーズに続いて実施されるが、探索フェーズの成果とは分離して扱うため、生産フェーズに入ったと同時に RefBox から加工マシンの位置情報等は告知される。そのため、生産フェーズにおいては、フィールド情報は既知となり、最短経路の算出が可能となる。しかし、フィールド上には、相手チームのロボットや審判、そして補助作業によってチームメンバーが入る場合があり、障害物検知と経路再設定の機能は必要である。

探索フェーズでは、フィールド上の MPS を見つける

必要がある。MPS の形は、幅 70cm、奥行き 35cm、高さ約 90cm の直方体であり、レーザーレンジファインダーで 70cm の直線を見つかることができれば、MPS の長辺であることがわかる。なお、短辺側はアクリル板の構造となっており、MPS の内部の機器 (バッテリーやエアコンプレッサーなど) が見えるため、短辺をレーザーレンジファインダーで検知するのは難しい。ここで、フィールドの外周の一部に壁のない部分が存在することに気をつけなければならない。場合によっては、70cm 前後の長さの壁が存在することもあり、それを MPS と認識する場合もある。また、フィールドの外が見える環境となっていることにも気をつけなければならない。ロボットの自己位置の推定精度が悪いと、センサー等で検知している対象物がフィールドの中の物か外の物かの判断が難しく、フィールドの外に置いている MPS に反応する場合もある。

著者が所属している龍谷大学のチーム (BabyTigers - R) は、残念ながら試合開始時の自己位置の推定精度があまり良くなく、自己位置を用いたフィールド内外の判定が難しい状態になっている。この状態でも適切に競技を進めるためには、MPS と壁の識別が重要になる。レーザーレンジファインダー単体での識別が困難であるため、本研究では、カメラ画像による物体検知を併用することで、MPS と壁との識別を行う可能性について検討する。

### 3 レーザーレンジファインダーによる MPS の識別

2019 年度の BabyTigers-R では、FESTO 社製のプログラミング言語である RobView を用いてロボットを制御した。RobView は、DIN EN 61131 に基づくブロック形プログラミング言語である。HOKUYO 社製のレーザーレンジファインダーである URG-04LX-UG01 に対応しており、レーザーのファンクションブロックがある。このブロックには 2 つの引数があり、検知する範囲 (角度) と、検知開始角度を指定する。その指定した範囲内における最近接点までの距離が出力される (図 2)。

探索フェーズでは、フィールド内の MPS を見つける必要があるが、もし、MPS がこのレーザーレンジファインダーの範囲内にある場合、それに対する一番近い点は、MPS の角の場合と、面の場合が考えられる。ここで、その見つけた最近接点から左右を確認すると、どちらも、その確認点と最近接点は直線になるはずである。そして、さらに左右に進めたときに、その直線と、左右にある点との距離が 0 (実際には誤差を考慮して  $\pm\alpha$  の幅を持たせる) である限り、最近接点から直線が続いていると考えられる。また、距離が一定以上離

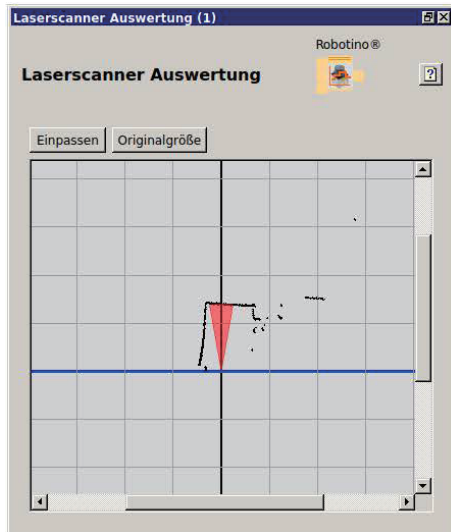


図 2: robView における LRF のファンクションブロック。

れた場合、直線から点であることがわかり、その一つ前の点と最近接点との間に面が存在することがわかる。MPS の角の場合は、最近接点の左側と右側の面が直交しているはずであり、面が最近接点の場合は、左側も右側も同一直線上に存在するはずである。実際には、MPS の短辺側はアクリルの板を使っているため、MPS の内部が見えてしまい、面を構成していない場合がある。その場合は、長辺側の長さを確認し、MPS の長辺 (70cm) と近いかどうかで MPS を判断する。フィールド上には、類似した長さの壁も存在するため、できる限り壁が見えないようにフィールドの内側を向いて走行することで、誤検知を避けている。

## 4 画像処理による MPS の識別

本研究では、壁と MPS を識別するために、GPU として Jetson nano を用いる。また、リアルタイムオブジェクト検出で代表的な yolo[2] の適用を目指す。レーザーレンジファインダーによる距離情報や、MPS 検知と組み合わせるためには、レーザーレンジファインダーの検知範囲とカメラの撮影範囲とを合わせる必要がある。そこで、今回はそれらを同時に扱えるステレオカメラを利用することも検討した。ステレオカメラの実行結果を図 3 に示す。

## 5 まとめ

RoboCup Logistics League において、フィールド上の機器と壁との識別方法について検討した。従来のレーザーレンジファインダーによる識別では、誤検知の可

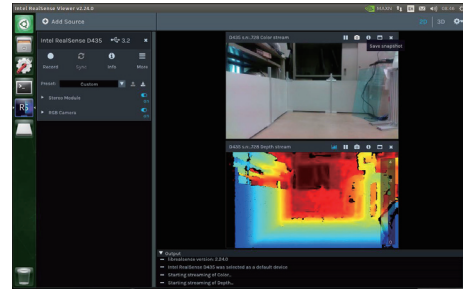


図 3: Jetson Nano 上で realSense で取得した距離情報

能性があったため、画像処理による識別を併用した。次回以降の大会にて、性能が向上することを期待したい。

## 謝辞

本研究成果は、科学技術振興機構事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 機能検証フェーズの支援を受けた。

## 参考文献

- [1] RoboCup Logistics League (RCLL), <https://ll.robocup.org/home/> (閲覧日, 2019 年 07 月 31 日)
- [2] <https://pjreddie.com/darknet/yolo/> (閲覧日, 2019 年 07 月 31 日)