

## 自動追尾のための環境認識

### Recognition of Surrounding Environment for Person Following Vehicle

○菊地一徳\*, 末永貴俊\*\*

○Kazunori Kikuchi\*, Suenaga Takatoshi\*

\*仙台高等専門学校

\*National Institute of Technology, Sendai College

キーワード： 電子マップ (Online map), 傾斜センサ (Inclinometer), 距離センサ (Distance sensor),  
自動追尾 (Automatic tracking),

連絡先： 〒 989-3128 仙台市青葉区愛子中央 4-16-1

末永貴俊, Tel.: 022-391-5531 E-mail: sue@sendai-nct.ac.jp

#### 1. はじめに

近年、電子マップが目的地への情報取得手段のひとつとして確立されている。電子マップから得られる情報には、位置情報、地形図や衛星写真などさまざまある。これらをもとに目的地までの最適な経路を確認することができる。得られる情報の中には、傾斜情報がある。傾斜情報は、衛星写真などの情報を用いて傾斜を計算できる。しかし衛星写真からの情報では実際に歩行者が歩くような歩道や小道での傾斜情報は正確に表示できず、また GPS は誤差を含むため不十分である。傾斜は高齢者、子供や障害者にとって大きな負担となるため、傾斜情報を得ることで、目的地までの負担の少ない経路選択が可能になる。

傾斜情報をより正確に取得するためには、実際の路面を直接測定することが最も適している。しかし傾斜のある道で、実際に人が歩いて傾斜情報取得することは測定者にとって負担になる。

また傾斜情報を直接取得するために用いる傾斜センサの扱い方が重要になる。本研究で用いる誘導液体式センサは、傾斜によりキャパシタプレート間の誘導液体による静電容量の変化から傾斜を取得する。しかし、センサへの極端に大きな揺れが影響しやすく、正確な傾斜情報を得るためには考慮しなければならない。これらのことから本研究では、測定者への負担が少なく簡単に傾斜を測定できる、測定者に自動追尾する傾斜情報取得ロボットの開発し、傾斜情報の検討を行う。

#### 2. 自動追尾ロボットの開発

##### 2.1 環境認識のためのセンサ

距離情報を取得することで自動追尾実現のための環境認識を行う。距離センサでは追尾対象者だけを検知することはできないため、追尾環境の環境認識を行い、それが追尾対象者であるかを判

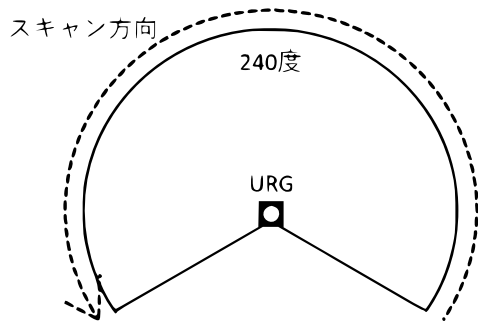


Fig. 1 URG の検知範囲. Scan range .

別する必要がある。自動追尾に十分な検知距離とサンプリングレートを備えた非接触型の距離センサとして、超音波式と光学式がある。本研究で用いた光学式センサには北陽電機の二次元走査方光学式距離センサ URG-04LX-UG01(URG)を用いた。測距分解能 0.001m, 角分解能 0.36度で測距範囲は距離 0.02m 5.60m で Fig.1 のような角度 240 度を 100ms で測定できる。超音波式と比較すると、検知距離と測距分解能に大きな差はないが、データ取得速度がはるかに早く、広範囲に多くの測定点を取得できる。しかし光学式は、屋外で予想される太陽光や埃などが外乱として影響することがあるため考慮する必要がある。

## 2.2 自動追尾ロボットの構成

自動追尾ロボットの構成は Makeblock をベースとした。Makeblock はアルミ製のブロックを使った自由に形を構築できるロボットで、Arduino UNO の互換基板 MeOrion で制御することができる。また、URG を用いるために Raspberry Pi 3 を増設し、Raspberry Pi 3 上で Robot Operating System(ROS) による環境認識システムを構築した。ROS はロボット開発のためのフレームワークで、ロボット開発に関するさまざまなライブラリやツールが利用できる。全体のシステム構成を Fig.2 に示す。モータは MeOrion から PWM の出力をモータドライバを通して制御し、傾斜情報の取得には Arduino Pro mini を

用いた。取得したセンサ情報や、URG のデータは Raspberry Pi 3 を通して Wi-Fi (アドホック通信) で Linux が動作する PC に送信することができる。開発したロボットの外観を Fig.3 に示す。

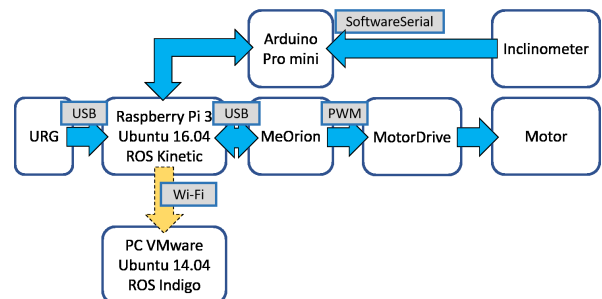


Fig. 2 自動追尾ロボットの構成. System of automatic robot.

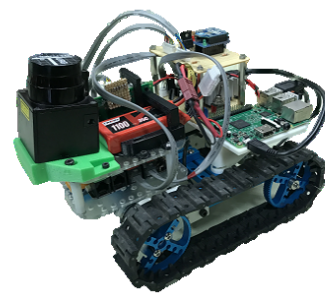


Fig. 3 自動追尾ロボット. Appearance of automatic robot.

## 2.3 モータの性能と制御

開発するロボットのモータは、最大回転数が人間の平均歩行速度の分速 80m と同程度であり、トルクが最大 20 度の坂道を登るために十分な RS-385VC を用いた。モータ制御は PID 制御で制御した。しかしキャタピラを使用しているため、超信地旋回ができない可能性があるため、今回は超信地旋回をしないように制御した。

## 2.4 環境認識

環境認識のためのプログラム構成を Fig.4 に示す。まず本研究で使用した URG では、屋外

の照度がセンサの許容照度を超えるため太陽光による外乱の影響が出る。外乱は物体と比較すると、より離散的なため、距離の分散値を比較することで区別した。また、外乱は距離情報に一貫性がないため、それを利用した方法でも区別を試みた、その結果、後者の方法の方が、必要な情報を除去せずに外乱を十分に除去した。壁のような平面の物体や角は、追尾対象者と大きく形状が異なり、特定の形を持っているため、それを利用して判別した。また URG の距離情報には誤差が 3 % 程度存在するため、フィルタの閾値の前後でデータがぶれることがある。これは前のスキャンデータと比較することで軽減させた。

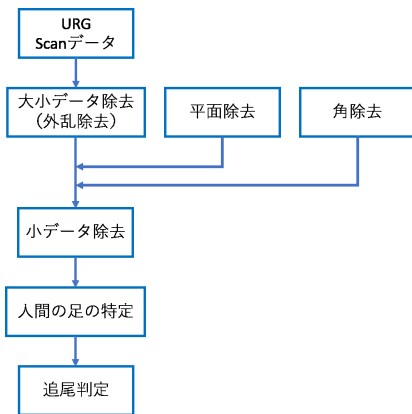


Fig. 4 環境認識の構成. Structure of recognition of surrounding environment

## 2.5 追尾対象者の判別

提案手法では、はじめに URG で追尾対象者の両足を検知する。この特徴からフィルタを通した後のデータをさらに判別することができた。また、左右の足は交互に前進するためその距離情報を直接ロボットの追尾目標にすると、ロボットが左右に動きながら前進することになり、追尾誤検知の可能性の一つになる。このとき左右の足の位置情報の代わりに、中間位置の情報を新たに追尾対象データをすることで、追尾対象を一つに絞ることができ、自動追尾時の左右のぶれを軽減できる。この場合、Fig.5 に示すよう

に、左右の足が確実に検知される必要がある。

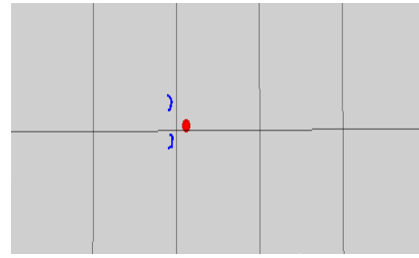


Fig. 5 追尾対象者の判別. Discrimination of tracking target person

次に URG の設置角度を調整した。地面と水平に URG を設置した場合、人間の足首のあたりを検知することになる。この位置は人間の足の中でも幅が小さく、距離データがぶれやすい。加えて、URG 極座標で環境認識を取得するため、同じ幅の物体でもセンサからの距離が大きくなると検知数が少なくなっていく。また、屋外での自動追尾ではセンサが必ずしも地面と平行になるとは限らず、センサが下を向いた場合に地面を検知してしまい追尾対象者を見失う可能性がある。これらの問題を軽減させるために、URG から検知物体までの距離を  $r$ 、 $r$  の位置での検知する高さを  $l$  として式 (1) から設置角度を算出し 10 度上を向かせた。この角度は検知距離 2.5m の地点で地面から約 0.53m 程度の位置を検知する。

$$\theta = \arctan(r/l) \quad (1)$$

## 2.6 自動追尾のための認識範囲

URG による追尾対象者の判定は、センサの前方 180 度のみにして、最もセンサ近い物体を検知対象とした。さらに、追尾対象者とロボットの距離は突然大きく離れることはないため、ひとつ前の検知位置と比較して前後、左右に存在することが不可能な範囲を除外することで、検知精度を向上させた。これにより周囲に追尾対象以外の人間が一時的に表れても影響されず、自動追尾させることができた。

### 3. 傾斜情報の測定

#### 3.1 自動追尾ロボットで取得した傾斜データ

傾斜センサには ISU インクリノメータを使用した。傾斜センサはマイコンからのシリアル通信を介したデータ送信要求に応じて傾斜情報を出力する。傾斜センサに信号を送る必要がある。この場合サンプリング間隔は約 0.6 秒になる。Fig.6 にロボット上に乗せた静止時の傾斜データの測定結果を示す。静止時でのデータのぶれは最大で 0.1 度程度であった。傾斜 0 度の平坦な道でロボットの発進から停止までの傾斜情報を Fig.7 に示す。このデータより発進・停止時には傾斜データのぶれが非常に大きいことが分かる。また停止時に大きく傾斜データが変動した時点から傾斜データのぶれが小さくなるまで約 5 点の傾斜データがプロットされている。1 プロットが約 0.6ms なので、静止時に正しい傾斜を測定するまでには約 3 秒程度が必要になる。Fig.8 には約 0 度の平地を移動している時に取得した傾斜データと、移動平均計算のためのサンプリング数を  $n$ 、直近のデータの位置を  $m$  として、式 (2) により 15 点で移動平均を取ったデータを示す。傾斜データ自体は移動時に上下に揺れているが、移動平均をとってみると、大きな変動はないことが確認できた。また、ロボットの発進・停止時の大きなぶれが影響している部分のデータを除外すると、停止時と移動時の移動平均は最大で 0.5 度上昇していることが分かる。これはロボットの移動による加速度の影響と考えられる。しかしロボットの速度に対して一定の処理を加えれば無視できる程度と考えられる。Fig.9 には発進・停止時のセンサに加わるゆれが影響した部分の傾斜データを除外し、10 点で移動平均を取ったデータを示した。このことから、発進・停止時に加わる大きな影響が除去できたことが分かる。移動平均を 10 点で取ると、発進から傾斜情報取得までに約 6 秒程度が

必要となる。また図の中央部分屋外での大きな凹凸が影響して値が変化している。このブレがその後の移動平均に大きく影響するため、これを考慮する必要がある。これを考慮した場合も 6 秒以上のデータ取得が必要となる。

$$SMA_m = \frac{p_m + p_{m-1} + \dots + p_{m-n}}{n} \quad (2)$$

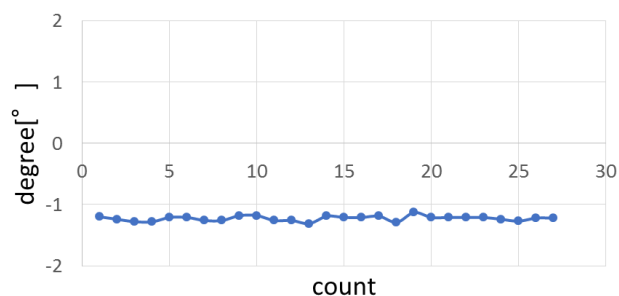


Fig. 6 静止状態での傾斜情報. Inclinator data of resting state

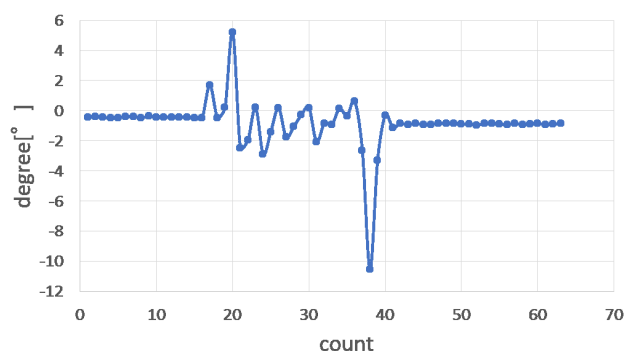


Fig. 7 発進と停止時の傾斜情報. Inclinator data when start and stop

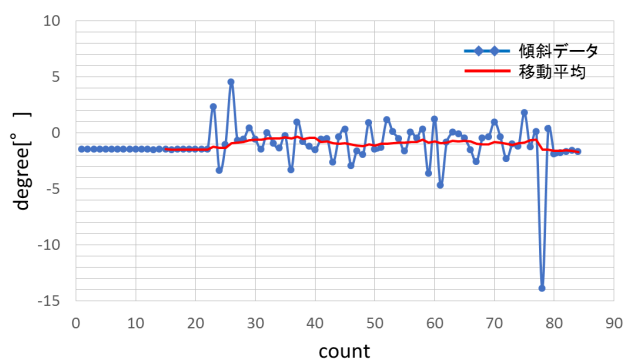


Fig. 8 移動時の傾斜情報. Inclinator data when moving

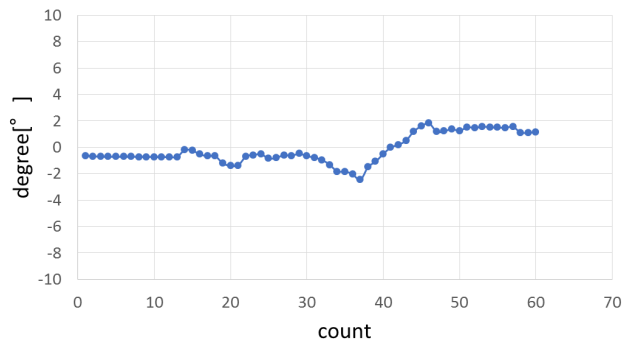


Fig. 9 発進時, 移動時の影響を考慮した傾斜情報の移動平均. Moving average of inclinometer data added the influence when start and stop

#### 4. おわりに

本稿では路面の傾斜情報を直接取得するための自動追尾方法を提案した. 今後は停止, 移動時の傾斜データの補正の仕方にも工夫を加えて行く. また GPS センサを追加し, 実際に地図上に傾斜データをマッピングしていく. 自動追尾機能に関しては, 傾斜の実測定で起こる問題を検討し向上させていく.

#### 参考文献

- 1) 平社信人, 石橋卓弥 : ジャイロ計と傾斜計を複合させたリアルタイム姿勢角検出器, 計測自動制御学会産業論文集, **10-21**, 175/181(2011)
- 2) 新田保次, 小山健一, 猪井博登, 中平明憲 : 坂道における高齢者・障害者の移動負担の計測