

手招きに応じる移動ロボット

Mobile robot replying to human's beckoning action

鈴木 敬弘 (筑波大) 大矢 晃久 (筑波大/JST) 油田 信一 (筑波大)

Takahiro SUZUKI, Akihisa OHYA, Shin'ichi YUTA (University of Tsukuba)

This paper describes the development of autonomous mobile robot which is able to detect, first, humans waving hand gestures, and then approaches those humans. In order to detect the waving hand gestures, FFT is applied to time series of grayscale images to find the degree of intensity change between successive images. Furthermore, from these images, the authors enabled the robot to find the position of humans whom hands are waving and next tried to get closer to them.

Key Words: Mobile Robot, Omni-directional Camera, Gesture recognition, Approaching Behavior

1 はじめに

ロボットに人間の動作を理解させることは、ロボットの可能性を大きく広げるために非常に重要な課題である。そこで本研究では、ロボットを呼ぶという人間の手招き動作を理解して、その人間の近くまで近寄ることが可能な自律移動ロボットを開発することを目的とした。図1にロボットの動作イメージを示す。まず人間がロボットに手を振って合図をする。ロボットはその手振り動作を検出して、人間の方に近づく。本稿では、ロボットによる人間の動作認識、及びその人物までの近寄り動作の実現方法について述べ、実ロボットを用いた実験結果を示す。

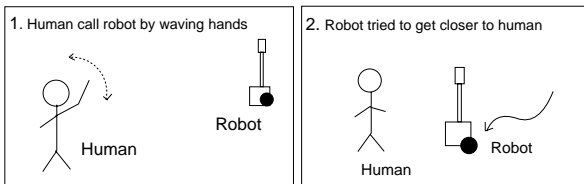


図 1: Concept of “Mobile robot replying to human's beckoning action”.

2 人間の手招き動作の認識方法

本研究では、ロボットに認識させる人間の合図として、人を呼ぶときの自然な動作である「手振り動作」を用いることにした。手振り動作の認識は、山田らに提案されている方法 [1] をベースにして行うことにした。

具体的な手振り動作の検出方法は、全方位カメラを用いて画像を取得し、平滑化および低解像度化を行った後に、それぞれの画素の時系列の濃淡変化を調べて、ある条件を満たすデータを手振りと判断するというものである。実際に取得した濃淡変化とそのパワースペクトルを図2に示す。人間の手振りが現れた画素について、32フレーム (約1秒間) のパワースペクトルを調べてみると、2~4Hz にピークがあらわれることがわかった。但し、人間の着ている服と背景のコントラストによって、パワースペクトルの値は変化するため、特定の閾値によって検出することは難しい。そこで本研究では、得られたパワースペクトル値の偏差値を求め、この値に対する閾値を用

いて手振り動作の検出を行うことにした。偏差値 D の定義は以下の通りである。

$$D = 50 + \frac{S - \sum_{i=1}^n x_i p_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 p_i}} \quad (1)$$

- x_i : 各周波数におけるパワーの値
- p_i : 確率
- S : 偏差値を求めたい周波数のパワー値
- m : 各周波数のパワー値の平均値

偏差値を用いることの利点は、パワースペクトルの母集団 (要素数は16) 中でのその周波数における相対値、つまり他の周波数に比べてどれくらい大きいかが評価ができる点である。本研究では、2~4Hz において偏差値が70以上の周波数があり、且つ6Hz以降に55を越える偏差値を持つ周波数が存在しない場合を手振りと判定することにした。この偏差値を用いることによって、濃淡変化の少ない状況でもすべて同一の閾値で手振りの判定が可能になった。以上で述べた方法を、低解像度化した全ての画素に対して適用し、濃淡画像中で手振りが存在すると思われる候補点を検出する。次に全方位カメラの中心からのそれぞれの候補点までの距離を比較し、一番距離の短い候補点を手振りの場所であると決定することにした。画像上の距離を実際にロボットが進むべき距離に変換するために、ロボットに対して人間が1mずつ離れていながら手振りを行い、どの画素に手振りと判断される濃淡変化が現れるか実験を行った結果、カメラの中心から3画素の場所が実際の距離での1m、4画素が2m、5画素が3m、6画素が4~9mに対応することが分かった。また、手振り動作の認識率は、ロボットと人間の距離が1~4mのときは100%、5~9mの時は50~75%であった。

距離が遠くなると認識率が低下する理由としては、次のようなことが考えられる。人間とロボットの距離が離れるにしたがって、全方位カメラで撮影される手振りの画像上での範囲も狭くなる。したがって、得られた画像を低解像度化したときに、手振り領域の濃淡値が平滑化

フィルタにより周囲の明るさと共に平均化されてしまう。そのため、より広い範囲に手を振る必要があるが、検出アルゴリズムの制約により手振りの周期は変えてはいけないため、ロボットとの距離が近い時に比べて手の移動速度を速くしなければならない。つまり、ロボットとの距離が遠い場合には手振りの条件に適合しない可能性が高くなり、認識率が低下するものと考えられる。

3 ロボットの動作実験

手振り動作の認識と合わせて、ロボットの動作実験を行った。研究のために構築した移動ロボットを、図3に示す。センサとしては全方位カメラ、画像処理装置には日立製の SuperIPcam、統括制御用のノート PC、モータ制御用のコントローラモジュールを搭載している。図3が実験を行った際のロボットと人間の配置である。この環境において人間がロボットに向かって手を振りロボットを呼び寄せた。前述した方法で手振りを検出し、人間の位置を求めた結果、人間はロボットからみて 143 度右後方 3m の所に位置していると算出された。図3に示すようにロボットを中心とした座標系を設定した結果、 $(X,Y)=(-240,-181)$ と求められた。実際にロボットが移動した経路をオドメトリより取得してプロットした結果を図4に示す。目標点と実際にロボットが停止した地点 $(X,Y)=(-222,-168)$ が若干ずれているのは、ロボットの走行制御プログラム内で、ロボットが目標地点を中心に半径 20cm の円に入ったときに停止するようにしていたためである。また、X の値が一度増加してから減少しているのは、人間がロボットの後方にいたので、一度回転してから人間に近寄っているためである。

4 まとめ

本研究では、人間の手招き動作を理解し人間に近寄ることが可能なロボットの実現を目標とし、人間の手振りを判別可能な自律移動ロボットを構築した。手振りの判別方法では、取得した画像のそれぞれの画素の時系列の濃淡変化のパワースペクトルを計算し、各周波数ごとの偏差値を調べる方法を用いた。実験の結果、静止している人間にロボットが近寄ることができた。今後は全方位カメラで得られた画像を低解像度化する際に、全て同じ割合で低解像度化するのではなく、画像の中心から離れるにしたがって低解像度化する割合を低くするなど、遠距離における手振り動作の認識率の向上を図る予定である。

参考文献

- [1] 山田敏也, 入江耕太, 梅田和昇:「手振り検出を用いたインタラクティブな移動ロボット操作システム」第7回ロボティクスシンポジウム予稿集, 21B3, pp.221-226, 2002

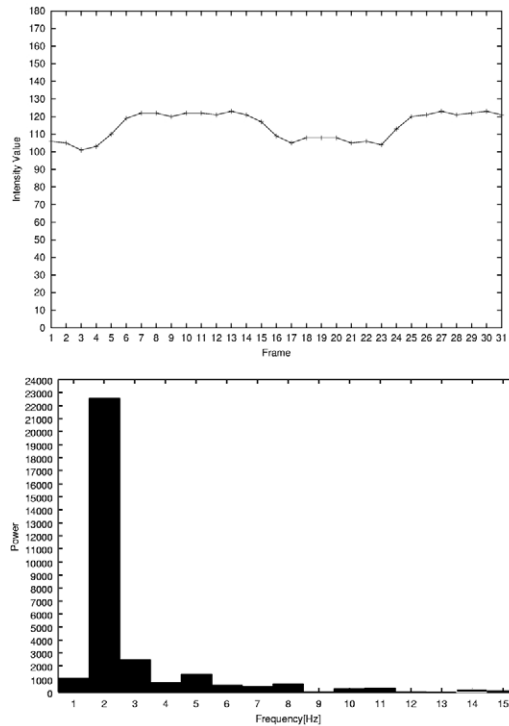


図2: Change of intensity value and its power spectrum at an image pixel where waving hand gesture have been detected.

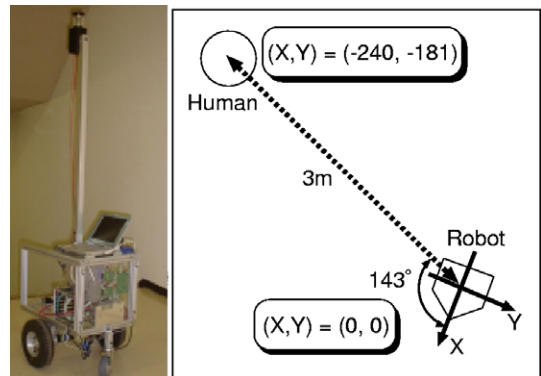


図3: Mobile robot and configuration of the robot and human in the experiment.

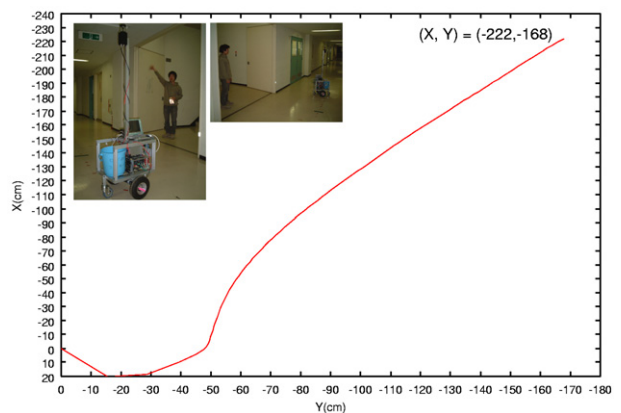


図4: Trajectory of the robot approaching to a human.