

ペルチェ素子を利用した温度ランドマーク

Development of the Thermo-Landmark using Peltier device

富沢哲雄 中島篤 モラレス佐伯洋一 清水威博 関口博司 大矢晃久 (筑波大)

Tetsuo TOMIZAWA, Atsushi NAKAJIMA, Yoichi MORALES SAIKI
Takehiro SHIMIZU, Hiroshi SEKIGUCHI, Akihisa OHYA (University of Tsukuba)

Abstract— This paper describes the development and function of a landmark position estimation process using a Peltier device as a temperature mark and an Infra-red temperature camera to detect it. Moreover the position calculation process applied in a robotic system is presented.

Key Words: Thermo-Landmark, IR Camera, Mobile Robot

1. はじめに

屋内外で走行する移動ロボットは、自分自身や対象物の位置を正確に認識することが不可欠である。一般的な移動ロボットは、カメラや LRF など何らかのセンサにより環境やランドマークを測定し位置を特定するが、同一の特性を持つ物体が多数存在する場合や、外乱光などのノイズやオクルージョンがある場合は、ランドマークを正しく検出することができず、計測可能な環境が制限されてきた。

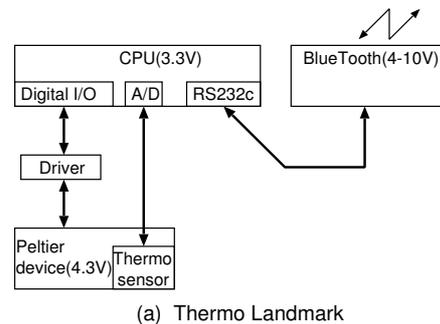
本研究では、光や音ではなく、熱源(ランドマーク)を赤外線温度カメラで検出しトラッキングするという手法を提案する。これにより、屋内外の環境において、特定の対象をロバストに識別でき、その場所を正確に検出することができる。本稿では、提案したシステムの構成とマークの抽出方法、および本システムの有効性について述べる。

2. 温度ランドマークシステム

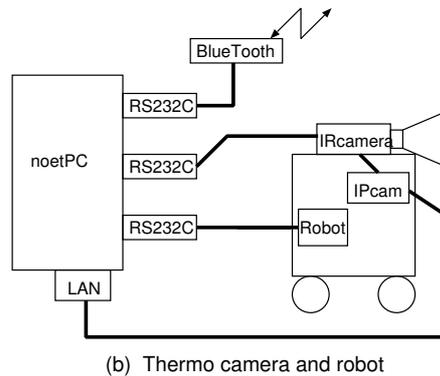
本システムは、「温度ランドマーク」と、それを計測する「赤外線カメラ」から構成する。それぞれの構成は Fig.1 の (a)(b) に示す。基本的なマーク抽出戦略は以下のとおりである。

1. 赤外線カメラから温度ランドマークに対して、ある温度を指示する。
2. 赤外線カメラで、マークの温度に近い熱源を探索する。
3. 熱源の候補が複数存在するときには、ランドマークに対して別の温度に変更するように指示する。(変更すべき温度は、周囲の空間の温度ヒストグラムから、最も頻度の少ない温度を選択する。)

赤外線カメラと温度ランドマークが通信し、周囲の環境変化に対してランドマーク自身の性質を変化させることにより、様々な条件の環境に適応できる。同様なケースとしては、ランドマークから符号化した光や電波を送信することも考えられるが、太陽光などの外乱がある環境では、センサが発信元を正確に特定するのは困難である。



(a) Thermo Landmark



(b) Thermo camera and robot

Fig.1 Structure of the thermo-landmark system.

3. システム構成

3.1 仕様

赤外線カメラシステムは移動ロボットに搭載し、環境中を動きながら温度ランドマークを計測する。計測時のカメラとマークの距離は、1m から 3m の範囲とする。

3.2 温度ランドマーク

3.2.1 ハードウェア構成

本システムでキーとなるペルチェ素子は STS 社の T151-40-031S(Fig.2(c)) を使う¹。常温で使用した場合

¹ペルチェ素子とは、電圧を印可すると一方の面から反対の面へ熱が移動する素子。電流の向きを変えると、冷却面と加熱面は逆になる。

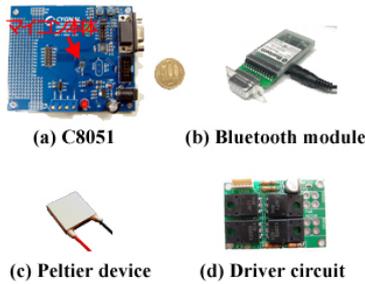


Fig.2 Components of the thermo-landmark.



Fig.3 Developed thermo-landmark unit.

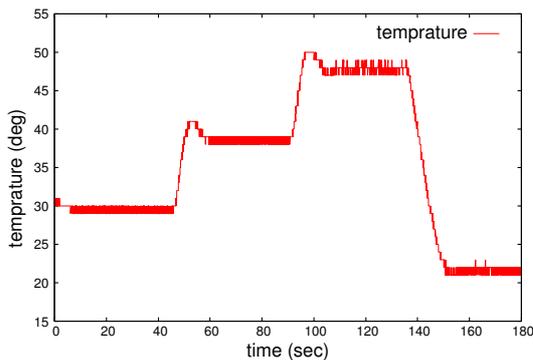


Fig.4 Thermo responses of a peltier device.

の温度変化範囲は 0 から 90 程度である。このペルチェの表面を外向きに露出させ、裏面には放熱板を取り付けている。

温度ランドマークのコントローラとして、Cygnal社のワンチップマイコン c8051(Fig.2(a))を使用し、iXsリサーチ社のモータドライバ iMDs03(Fig.2(d))に PWM 信号を介してペルチェ素子に電力を送る。また、PCとの通信は、ベストテクノロジー社の bluestick コードレスアダプタ (Fig.2(b)) による無線通信で実現した。この装置は、bluetooth 規格を採用しており、およそ 10m 以内の距離においては、シリアル信号を最大 723kbps の速度で通信が可能である。これらをユニット化した温度ランドマークを図 Fig.3 に示す。

3.2.2 ペルチェ素子の温度特性

ここでは、ペルチェ表面の温度を温度センサ IC で計測しながら、PWM スwitching 方式でフィードバック制御する方式を採用した。Fig.4 に、目標温度にステップ入力を加えたときの温度変化の様子を示す。常温の使用においては、約 10 /秒の傾きで温度を変更でき

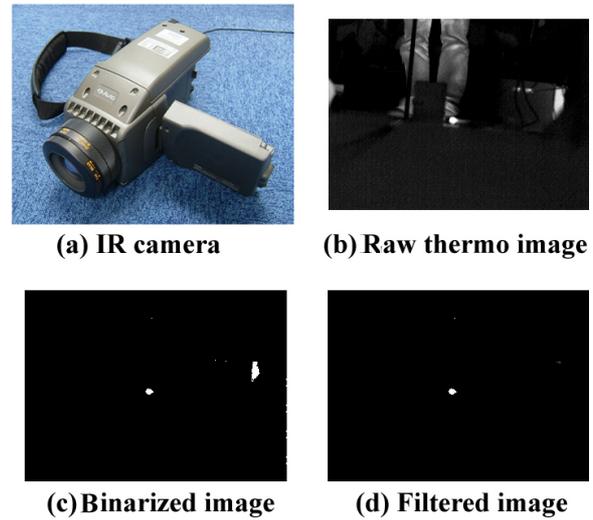


Fig.5 Thermo camera and thermo images.

る。本システムでは、1つのペルチェ素子を使用しているが、より高速で広範囲な温度変化が必要な場合には、ペルチェを多層化すればよい。

3.3 温度カメラ

マークは Avio 社の赤外線熱画像カメラ (Fig.2(a)) で撮影し、得られた熱画像 (Fig.2(b)) は画像処理装置 SuperIPcam でマークを抽出する。赤外線カメラは、対象物の表面から放射される赤外線を受け、その強さにより濃淡画像を出力するものである。カメラはシリアルケーブルで PC と接続することができ、プログラムからカメラの設定を変更することが可能である。本システムでは、PC から撮影する温度範囲の変更ができるよう、プログラムにカメラのプロトコルを実装している。

4. ランドマーク位置検出方法

取得した熱画像には、周囲の温度変化が濃淡画像として現れる。まず、画像中に映ったマークを抽出し、画像中の座標 (u, v) を求め、その後でカメラとマークの実空間相対座標 (x, y, z) を計算するという手順を行う。

4.1 熱画像中のマーク座標

マーク温度に近い領域を取り出し、ノイズ除去処理を施すことにより、マークのみを抽出する。具体的には、温度濃淡画像に対して、(1) 範囲 2 値化 (2) 面積フィルタ (3) 形状フィルタ の順で処理を行い、最後に残ったエリアの重心を求め、その座標 (u, v) をマーク座標とする。以下に示す画像処理は、SuperIPCam の内部でハード的に処理されるので、1 フレームの画像に対してすべての処理を施しても、30msec 以内に完了する。

4.1.1 温度領域抽出

赤外線カメラで熱画像を取得する際、同時にマークに対し、現在のペルチェ表面温度 α を問い合わせ、その温度に近い物体のみを選ぶ。常温から離れるほど外気温がペルチェ温度に与える影響が強くなるため、常温との温度差により温度範囲を変更する。具体的には、 $\alpha - (\text{周囲の気温})$ を β としたとき、以下の T_{max} から T_{min} の温度範囲に含まれるピクセル領域を抽出した。

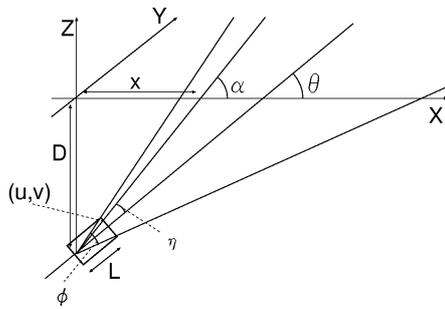


Fig.6 Camera coordinates.

$$T_{max} = \alpha - 0.02\beta + 1.8$$

$$T_{min} = \alpha - 0.12\beta - 1.4$$

この処理により、マークと大きく温度の異なるものは取り除かれる。

4.1.2 面積フィルタ

前述の通り、露出しているペルチェの面積は 15mm 四方であり、このマークを 1m から 3m の距離で撮影するため、画像に現れるペルチェの面積は必ずある範囲に収まる。そこで、最も遠い距離で撮影したとき画像に現れるペルチェの面積より小さい領域や、最も近いときの面積より大きい領域を除去する。

4.1.3 形状フィルタ

面積フィルタでは、細長い形状のノイズが残ってしまう場合があるので、形の特徴を吟味する。具体的には、領域の長軸と短軸の比が 0.5 以下もしくは 2 以上のものは、ここで除去する。

4.1.4 重心検出

これらの処理のあとに残った領域をマークとみなし、その重心座標を求める。もし、熱源の候補が見つからなかったり複数存在するときには、ランドマークに対して温度に変更するように指示する。次の目標温度は、周囲の空間の温度ヒストグラムから、最も頻度の少ない温度を選択する。

4.2 カメラとマークの相対位置

求めたマークの画像中座標 (u, v) から、実空間でのカメラとの相対座標を一意に求めることはできないので、本システムではランドマークと赤外線カメラの設置高さは一定という条件を設け、高さ Z の水平面でのマーク座標 (x, y) を求めることとした。Fig.6 に示すように、カメラを上向き θ deg の角度で取り付け、ランドマークはカメラ取り付け位置から D cm 上方の水平面に存在すると仮定すると、 x, y は三角測量の原理により以下の式で表される。

$$x = \frac{D}{\tan(\theta + \arctan \frac{v}{P_v})}$$

$$y = \frac{xu}{P_u}$$

で求められる。ここで、 P_u, P_v はレンズ焦点から投影面までの距離を水平・垂直方向のピクセルサイズ相当で表現したものである。

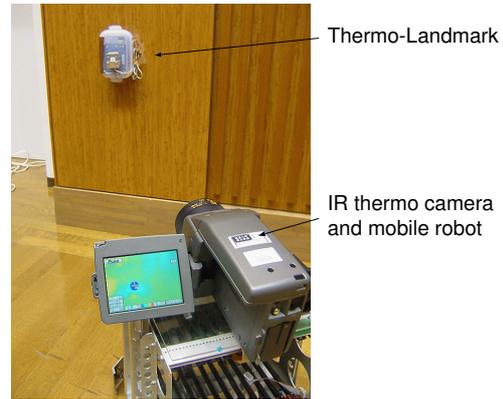


Fig.7 Scenes of experiments.

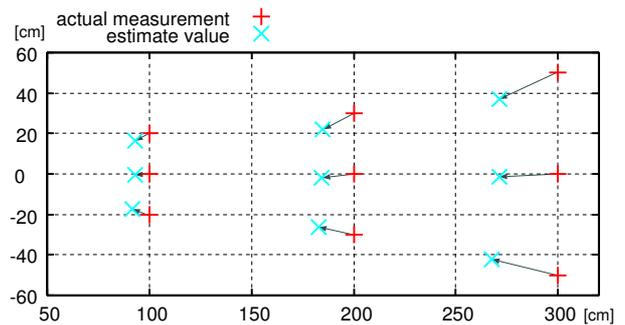


Fig.8 The recognition result of landmark position.

5. 検証実験

5.1 実験環境

本システムの有用性を確かめるために、マーク位置検出実験を行った。ここで、カメラの取付け角は 20deg、カメラとマークの高度差は 64cm とした。実験は、赤外線カメラに対して、1m から 3m まで距離を変え、また左右方向にもマークを移動させながら、それぞれの場所でマーク座標を検出した。

5.2 結果と考察

実験の様子を Fig.7 に、結果を Fig.8 に示す。カメラとマークの距離が 3m の場合のマーク位置は、真の値より前後方向に 30cm 程度近く検出されているが、1m の範囲においては 10cm 以内の精度で検出が可能であった。全体的に 5

6. まとめ

本稿では、ペルチェ素子を利用して自身の温度を制御できるマークを、赤外線温度カメラで撮影することにより、マークの位置を検出するシステムを提案し、開発したシステムの構成とその評価について述べた。今回の実験ではマークは固定していたが、移動ロボットや人間のポケットに取り付け、マークをトラッキングしながら追従走行をするシステムなどの応用を試みたい。

参考文献

- 1) 南雲, 大矢, 油田 : “発光器をガイドとした自律移動ロボットの人間追従”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 講演論文集, 2P1-H6 (2001.6)