E-11

ＬＲＦを用いた階段形状同定に基づくレスキューロボットの姿勢制御の研究

Research on Posture Control of Rescue Robots on Shape Identification of Stairs with LRF

○草間斐那[1]，　羽多野正俊[2]
Ayana Kusama[1], Masatoshi Hatano[2]

Abstract: This paper is concerned with a development of a search type rescue robot. We have constructed rescue robots and performed experiments in rescue fields (in RoboCup). Then, many problems have been clarified through the experiments. Then we focus on a method of a way to run over stairs in those problems. In this report, we propose a method of a posture control for a rescue robot based on a shape identification of stairs with LRF.

１．緒言

本研究は，災害救助現場における探索を目的とするレスキューロボットについて，LRF(Laser Range Finder)を用いて計測したレスキューロボットクローラの接触点となる階段の先端エッジ情報により，階段踏破時の姿勢制御を行う手法を提案したものである．

レスキューロボットが要救助者を探索するとき，複数フロアを探索するために階段昇降が必要とされる．その際，昇降中に滑り落ちたりクローラが空転したりすることにより，ロボットの自己位置推定やスムーズな階段踏破への悪影響があるといった問題点が挙げられる．そのため，階段の「踏みずら（水平な段）」や「蹴上げ（昇降可能な高さ）」により定まる形状の違いに合わせロボットの前後左右に計4つ取り付けてあるサブクローラを適切に制御する必要がある．

本研究では以上の問題点を解決するために，形状の異なる階段において，LRFを用いた三次元計測を行い，レスキューロボットクローラの接触点となる階段の先端エッジ情報により傾斜角を推定する手法を提案する．推定した階段の傾斜角に基づいて，サブクローラを制御し階段踏破時の姿勢制御を行った結果を示す．

２．探索型レスキューロボットの概要及び構造

本研究で使用した探索型レスキューロボットの全体像および諸元表をFigure 1とTable 1に示す．

走行機構にはクローラを用いた．走行を主とするメインクローラは左右独立で駆動し，前進・後進ならびに旋回が可能である．また前後左右に計4つのサブクローラが取り付けられている．これは，メインクローラだけでは走破できないような瓦礫を乗り越えるためのものである．サブクローラのアーム部分はそれぞれ固定軸を中心に独立に回転し，クローラ部分はメインクローラと同期して回る構造である．レスキューロボット上面には，走行環境や障害物までの距離を計測するためのLRF(Laser Range Finder)，探索に必要な探索用カメラや各種センサがロボットアームと共に取り付けられている．

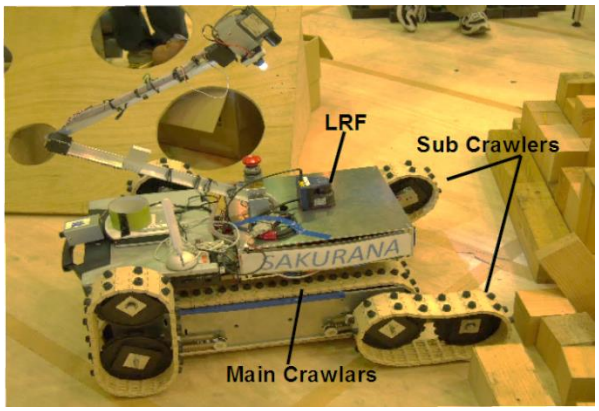


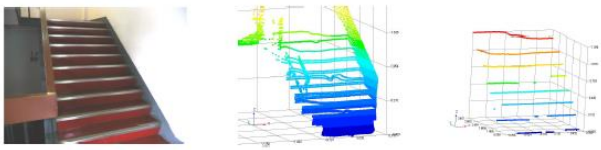
Figure 1. Overview of searching rescue robot

Table 1. Specification of the constructed rescue robot

機体長さ (サブクローラ収納時)	660[mm]
機体長さ (サブクローラ展開時)	980[mm]
機体幅	580[mm]
機体高さ	290[mm]
機体重量	34.4[kg]
ゴム足高さ	10[mm]
クローラ直径	150[mm]
トレッド	150[mm]
DC モータ	電源：DC24[V] 定格出力：90[W]×2

１：日大理工・学部・精機、２：日大理工・教員・精機

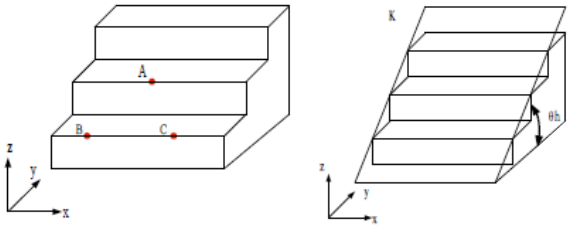
３．階段形状の認識及び傾斜角度推定法



(a) The stairs　(b) 3-D data　(c) Edge of the stairs

Figure 2. Obtained shape of stairs with LRF

Figure 2 の(a)～(c)に，階段，LRF で計測された形状，フィルタリングされたエッジデータをそれぞれ示す．LRF によって得られた階段の形状データから奥行き方向に差分を取り各段差のエッジを検出する．そして得られたエッジから 3 点(A,B,C)を Figure3(a)のように抽出し，その 3 点(A,B,C) を通る平面 K を Figure3(b)のように考える．



(a) Stairs model　(b) Estimated plane model

Figure3. The stairs model

抽出した 3 点を頂点とする△ABC を考え，その座標を A : (a1,a2,a3)，B : (b1,b2,b3)，C : (c1,c2,c3) とおき，次式によりベクトル AC と AB の外積を求める．なお，(i1，i2，i3)(i=a, b, c)はそれぞれ x, y, z 座標を表す．

$$\begin{aligned} \mathrm{AC} \times \mathrm{AB} &= \\ &\{(c2-a2)(b3-a3)-(c3-a3)(b2-a2); \\ &\quad (\mathrm{b1}-\mathrm{a1})-(\mathrm{c1}-\mathrm{a1})(\mathrm{b3}-\mathrm{a3}); \\ &\quad (c1-a1)(b2-a2)-(c2-a2)(b1-a1)\} \\ &= (\mathrm{N1}; \mathrm{N2}; \mathrm{N3}) \end{aligned} \tag{3.1}$$

$$\mathrm{r} = \sqrt{(N1^2 + N2^2 + N3^2)} \tag{3.2}$$

$$\mathrm{n1} = {}^{N1}/_{r};\ \mathrm{n2} = {}^{N2}/_{r};\ \mathrm{n3} = {}^{N3}/_{r} \tag{3.3}$$

また水平面からの傾斜角θ_h[deg] は，

$$\theta_h = \cos^{-1}(-n3) \times {}^{180}/_{\pi} \tag{3.4}$$

と求められる．

４．姿勢制御実験

(a) Step1　(b) Step2　(c) Step3

(d) Step4　(e) Step5

Figure 4. Experiments with posture controls

Figure 4に３章で述べた手法を用いて階段形状認識を行い，ロボットの姿勢制御を行った結果を示す.ここでFigure 4 (a) はロボットの初期状態であり，(b)で階段の推定した傾斜角度に各サブクローラアームの角度を合わせる．そして(c)では階段に進入する際にロボットを階段踏破に最適な姿勢にするため，徐々に変化していくロボットの姿勢に合わせて各アームを調整する．(d)でロボットは3点支持の状態となり(e)で階段に沿って登坂していることが分かる．

５．結言

本研究では，レスキューロボットの階段踏破問題に対してLRFを用いて階段の形状認識から勾配を推定する手法を提案し，階段勾配に対する姿勢制御を用いて，階段を昇降させる実験を行った．それにより，提案した手法により，階段に沿ってロボットの姿勢を変化させ昇降可能なことを確認した．

今後は多種の階段を対象とした推定精度の向上や推定を行った階段を走行するのに最適な姿勢について研究を行なう．

６．参考文献

[1]荒金陽介，町田信夫，羽多野正俊，２ 台の探索型レスキューロボットと複数台の設置式発信機を用いた SLAM の研究,日本大学理工学部修士論文(2009)

[2]大宮隆，羽多野正俊，レスキューロボットの階段踏破のための最適姿勢制御に関する研究，日本大学理工学部修士論文(2014)