

レーザーポインタを用いたホームロボット操作システムの構築 Construction of a home robot's operation system using the laser pointer

○高橋伸寿, 中沢洋介, 梅田和昇 (中央大学)

Nobuhisa TAKAHASHI, Yousuke NAKAZAWA, Kazunori UMEDA

Chuo University, 1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8551

Abstract: Home robots that not only mentally but also physically help a man are thought to be necessary. This paper proposes a concept of operating a mobile robot by using a laser pointer as one of the technologies of user interface for home robots, and 3-dimensional measurement of the laser spot by sub-pixel accuracy for fine operation is constructed. The method is robust and easily realized, and thus applicable for practical use. A prototype system for the concept is constructed, and a simple operation of a mobile robot is performed.

Keyword: mobile robot, image processing, laser pointer, home robot

1 序論

我々の生活している環境の中には、様々なロボットが見られるようになった。現在の高齢化社会やアミューズメント分野への関心の高まりから、より親密に人と接しコミュニケーションを行うロボットが多く研究されている。今後は、ただ人を楽しませ、癒しを与えるだけではなく、様々な室内での状況の中で、物理的に手助けをし、人間の役に立つホームロボットが必要となってくることが考えられる。

本研究では、ホームロボットの実用性を考える上で必要なロボットの操作法の一つを提案し、プロトタイプを用いた実験によってその有効性と実用性を確認する。

2 レーザーポインタを用いた移動ロボット操作のコンセプトの提案¹⁾

レーザーポインタを用いることによって、自然かつ正確にロボットに指示を与えることを考える。田中ら²⁾は、自然な動作であるジェスチャにより移動ロボットを操作することを試みた。しかし、ジェスチャでの動作には限界があり、ロボットに与える指示の種類が限られてしまう。長谷川ら³⁾は産業用ロボットに対する作業指示のために、レーザー光を対象物にあて、その形状、位置、姿勢などを計算させた。

本研究では、病室やオフィスなどの室内での利用を想定し、レーザーポインタにより移動ロボットに指示を与えることを考える。レーザーポインタで指すことにより、物体を指示し、さらにロボットが視覚を用いて3次元位置を計測することが可能である。それだけでなく、レーザー光を動かすことにより様々な指示を与えることが可能であると考えられる。

また、ジェスチャや音声などによるインタフェースとの併用も有効であると考えられる。例えば、音声で物を取ってくるように指示した後に、その物をレーザーポインタで指し示すことにより、正確な指示が実現できる。Fig.1に以上のコンセプトの概念図を示す。

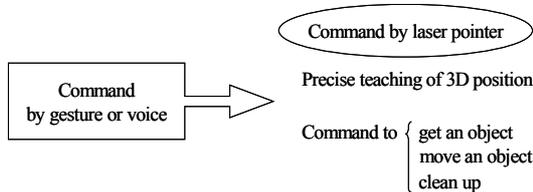


Fig.1 Operation of a mobile robot by using a laser pointer

3 操作システムのプロトタイプの構築

提案したコンセプトの有効性を実現するため、移動ロボット操作システムのプロトタイプを構築する

3.1 平行ステレオカメラ

Fig.2に示すように、SONYのCCDカメラXC-55を2台平行に7[cm]離して設置固定し、平行ステレオカメラを構成し使用する。



Fig.2 Constructed stereo camera

3.2 サブピクセル精度でのスポット光重心検出

2台のカメラでFig.3, Fig.4に示すようにレーザー光が照射されたシーンを入力する。画像を2値化し(Fig.5参照)、スポット光が飽和した座標を求める。飽和した外周から距離1,2画素の輝度値とX,Y座標(Fig.4参照)に式(1)の2次曲面を当てはめ、ピークを求めそれを重心座標とする。

$$Z_n = aX_n^2 + bY_n^2 + cX_nY_n + dX_n + eY_n + f \quad (1)$$

Z: 輝度値 X: X座標 Y: Y座標

a, b, c, d, e, f: 未知パラメータ

式(1)より最小二乗法を用いて未知パラメータ a, b, c, d, e, f を求める。

$$\text{式(1)においてピーク: } \frac{\partial Z}{\partial X} = \frac{\partial Z}{\partial Y} = 0 \text{ より}$$

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 2a & c \\ c & 2b \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} d \\ e \end{pmatrix}$$

となり重心座標 (u, v) が求まる。

もう一方の画像に対しても同じ処理を行い求めた重心座標を (u', v') とする。

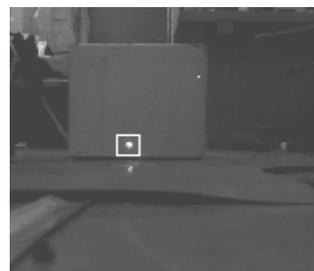


Fig.3 Original image

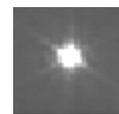


Fig.4 Enlarged image

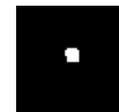


Fig.5 Saturated region

		X-coordinate																	
		224	225	226	227	228	229	230	231	232									
Y-coordinate	191	76	103	137	156	155	146	132		77	61								
	192		91	145	222	236	222	234	199		87	70							
	193			102	178	253	253	253	253	158		90							
	194				115	194	253	253	253	253	180	119							
	195					93	123	218	253	253	253	188	111						
	196						69	85	129	213	227	199	218	153		105			
	197										56	57	102	125	135	148	77		99

Fig.6 Intensity values of a spot light

レーザーポインタによって指されたレーザー光は、輝度が高いため画像処理で容易に抽出可能であり、ステレオカメラの課題である対応点問題も起こらない。

2台のカメラで Fig.3 に示すようにレーザー光が照射されたシーンの画像を入力する。画像を2値化、ラベリングし(Fig.5 参照)、レーザー光の画像中での座標 $(u, v), (u', v')$ を求める。

この2つの点の座標から、三角測量法により、レーザーポインタによって指示した点の3次元座標 (X, Y, Z) を、式(2)を用いて算出する。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{b}{u - u'} \begin{bmatrix} (u + u') / 2\Delta_1 \\ v / \Delta_2 \\ f \end{bmatrix} \quad (2)$$

f : focal length $(u, v), (u', v')$: coordinates on image
 $\Delta_{1,2}$: pixel size (X, Y, Z) : 3D coordinates
 b : distance between camera

3.3 実験システムの構築

実験システムを Fig.7 に示す。移動ロボットに米国 RWI の B14 ロボットを用い、カメラは上で述べたステレオカメラを用いた。画像処理装置には日立製の IP5005 を移動ロボットに搭載した。

このカメラを下方向に 30°傾けてロボット上部に配置する。カメラからの情報は 0.2 秒毎にロボットに与えられる。

移動ロボットの動きは、前進、後退、左右回転のみとした。最高速度を 0.1[m/s]、 $\pi/2$ [rad/s] に設定した。レーザーポインタに最大出力 5[mw]、赤色のものを使用した。

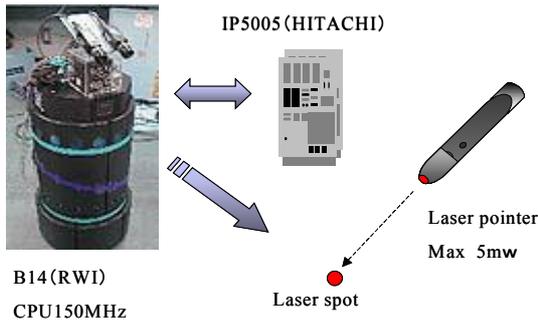


Fig.7 System configuration

4 移動ロボット操作実験

ステレオカメラを移動ロボットに搭載し実際に操作した。実験は室内で行い、移動ロボットに有利な特別な環境にはしなかった。

移動ロボットに搭載したステレオカメラから平行に一定の距離まで離れた壁の一点をレーザーポインタで指しそのスポット光までの距離をサブピセル精度で測定しロボットを移動させた。Fig.8 に移動ロボットを実際に操作して移動ロボットが指示された対象まで近づいていく様子を示す。

50cm, 200cm の距離で測定を行った。測定の結果を Fig.9 に示す。距離が近いほど精度が良いが 200cm の距離でも十分な精度がでていることが分かる。



Fig.8 Experimental view

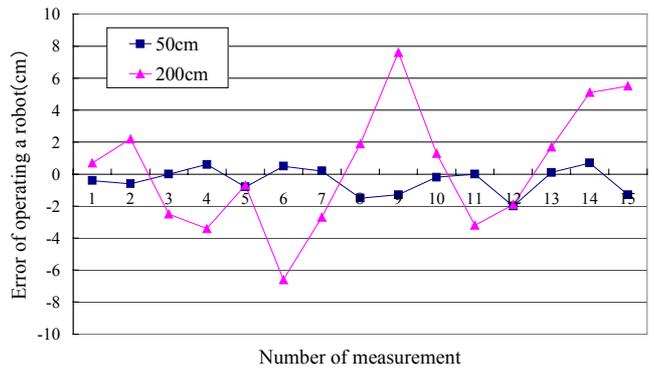


Fig.9 Experimental result

レーザーポインタで対象物を指し示しスポットを点滅させることにより、ロボットに対象物の3次元の位置を計測させ対象物を取りに行かせる。処理の流れを Fig.10 に示す。

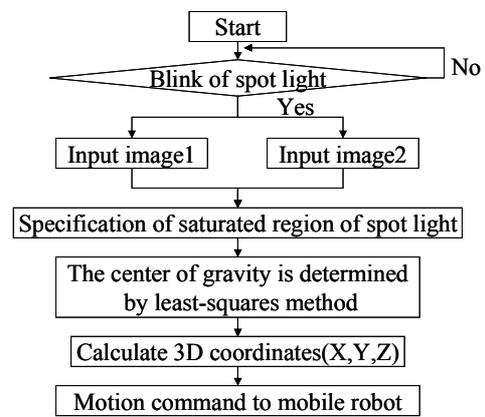


Fig.10 Flow chart of robot operation

実際に、レーザーポインタで指示した 200cm 先にある空き缶を取りに行かせることを実現した。

5 結論

レーザーポインタを用いた移動ロボット操作のコンセプトを提案し、サブピセル精度による3次元計測を実現した。また構築したプロトタイプにより移動ロボットの簡単な操作システムを構築した。

ステレオカメラによる計測範囲が狭いため、今後はジェスチャや音声などによって範囲の指定などを行うことを考える。

参考文献

- 1) 高橋伸寿, 梅田和昇: "レーザーポインタを用いた移動ロボットの操作", 日本機械学会関東支部第7期総会講演会講演論文集, pp.297-298, 2001.3.
- 2) 田中 信也, 梅田和昇: "ジェスチャ認識を用いた移動ロボットの操作システム", 平成12年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, pp.129-134, 2000.9.
- 3) 長谷川勉, 末広尚士, 高瀬國克: "環境モデルと作業スキルの統合によるロボット作業システム", 日本ロボット学会, vol.9, no.1, pp.66-74, 1991.
- 4) "画像処理標準テキストブック", 財団法人画像情報教育振興協会, 1997.
- 5) 徐剛, 辻三郎: 3次元ビジョン, 共立出版, 1998.