

移動ロボットのためのエレベータ操作表示盤認識

Elevator's control panel recognition for mobile robot

齋藤 昌和 (筑波大) 川田 浩彦 (筑波大)
正 大矢 晃久 (筑波大) 正 油田 信一 (筑波大)

Masakazu SAITO, Univ. of Tsukuba
Hirohiko KAWATA, Univ. of Tsukuba
Akihisa OHYA, Univ. of Tsukuba
Shin'ichi YUTA, Univ. of Tsukuba

Abstract— The aim of this research is giving a robot the capability of using elevators without a priori information, like elevator size, button position, and so on. The elevator's control panel detection is done by number recognition in images around the elevator door from a pan-tilt-zoom camera using image processing without "template matching" so it can be used in any elevator. To achieve detection of elevator's control panel by a mobile robot, this paper proposes a method using Laser Range Finders(LRF) to measure the shape of the elevator door; a method to compute the position of target images around the door and necessary pan-tilt-zoom operations; and a method for image geometry conversion, recognition of floor button position, and recognition of floor button numbers.

Keywords: Image processing, Mobile robot, Recognition, Elevator

1. はじめに

近年、オフィスや病院などで人の代わりにいろいろなサービスを提供したり、建物内を警備するなどといったことが出来るロボットが活躍し始めている [1]。また、建物の高層化に伴いこのようなロボットは他階へ移動する機能が必要になってきており、階段・エレベータなどを利用するロボットも開発されている [2]。本研究ではこのようなロボットのうち、エレベータを利用して他階へ移動するロボットに着目する。今まで開発されていた、エレベータを利用するロボットの昇降動作はエレベータボタンの「位置」・「形状」・「大きさ」の情報、階表示の「位置」・「種類」の情報を既に知っているエレベータで行われており、これらの情報が分からない未知のエレベータでは昇降動作が出来ないという問題がある [3][4]。したがって、この問題を解決することが必要である。

そこで、移動ロボットが未知のエレベータでも階移動出来るように、ボタン認識・階表示認識などの操作表示盤認識機能を構築することを目的とする。一般的にボタン・階表示はエレベータドアの周囲にあることから、本研究ではエレベータドアの周囲に沿ってパンチルトカメラで取得した画像に対して画像処理・数字認識をすることで、ボタン認識・階表示認識をする。ただし、未知のエレベータのボタン・階表示を認識するために、従来のエレベータを利用するロボットで使用された画像処理の「テンプレートマッチング」とは異なる画像処理・数字認識手法を用いる。

本稿では、操作表示盤認識機能を構築する為に必要なドア周辺形状計測・画像取得位置導出・パンチルトズームの決定・画像の幾何変換・階ボタンの位置認識・階ボタンの数字認識について述べる。

2. 実験システム

2.1 測域センサ「URG-04LX」

測域センサとして北陽電機(株)社製レーザ走査型距離センサ「URG-04LX」(以降、URGと表記する)を使用する。URGは重量が約160[g]、外形寸法が50×50×70[mm]であり、小型軽量で小型移動ロボットに搭載するには適している。URGは内部にあるミラーを回転させることでレーザ光を走査し、2次元平面をスキャンする [5]。

2.2 パンチルトカメラ「VC-C4」

画像を取得するためにCanon製パンチルトカメラ「VC-C4」を使用する。重量は375[g]、38万画素CCD、光学16倍のズームレンズを搭載していて、パン角度範囲(±100度)・チルト角度範囲(-30~90度)で動かすことが出来る。

2.3 移動ロボット「Beego」

URGとパンチルトカメラを搭載するロボットとして本研究室で開発された図1の移動ロボット「Beego」を使用する [6]。そして、画像の幾何変換の計算誤差を小さくするため、パンチルトカメラは高さ850[mm]となるような位置に設置する。



Fig. 1 Mobile robot "Beego"

3. 操作表示盤認識

3.1 画像取得

3.1.1 ドア周辺形状計測

一般的にエレベータの階ボタンはドアの右辺、又は左辺にあり、階表示はドアの上辺にある。したがって、エレベータの中で階ボタンや階表示を見つけるためにはパンチルトカメラでドアの周りに沿って探していかなければいけなく、またズームの倍率を決定するためにもボタンまでの距離が必要になる。そこで、測域センサを地面に対して水平方向・垂直方向にスキャンしてドア周辺形状・距離を測定する。図2は測域センサを地面に対して水平・垂直にスキャンした時のイメージを表したものである。また、図3と図4は筑波大学第三エリア総合研究棟B棟のエレベータ内を測域センサでスキャンしたものである。図3は地面に対して水平方向にスキャンして得られたデータであり、+X方向がエレベータのドア・±Y方向が左右の壁となっている。図4は地面に対して垂直方向にスキャンして得られたデータであり、+X方向がエレベータのドア・+Y方向が天井・-Y方向が床となっている。

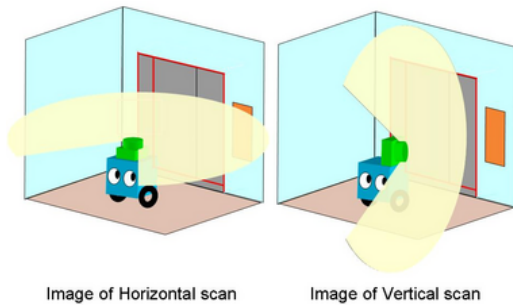


Fig. 2 Horizontal and vertical scan by sokuiki sensor

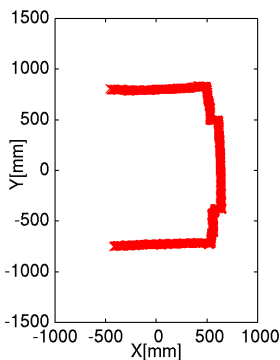


Fig. 3 Horizontal scan data of elevator

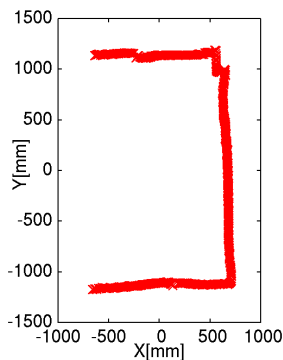


Fig. 4 Vertical scan data of elevator

3.1.2 画像取得位置導出

画像を取得していくためのパン・チルト・ズームを決定するために、画像取得位置を導出する。ここで画像取得位置を

導出する際には、パンチルトカメラで画像を取得するときに映って欲しい画像の範囲 $H \times W$ [mm] を決定する必要がある。本研究では $H=160$ [mm]・ $W=190$ [mm] として、その映って欲しい画像の範囲の中心位置を画像取得位置とする。そしてこの画像取得位置を映って欲しい画像の範囲が $\frac{1}{3}$ ずつ重なるように移動させる。これをドアの周りに沿って行う。図5はドア周辺形状計測の結果からそれぞれの画像取得位置を導出し、表したものである。

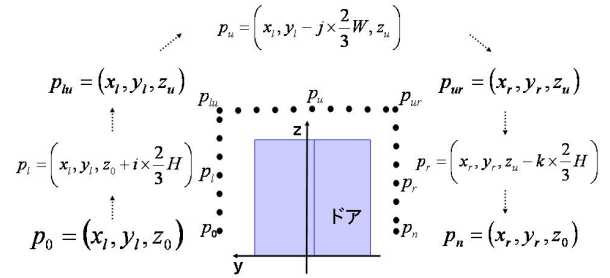


Fig. 5 Position of target images around the door

3.1.3 パン・チルト・ズームの決定

画像取得位置が決定したら、それぞれの点 $p = (x, y, z)$ に対してパン (δ)・チルト (γ)・ズーム (Zoom) を決定する。

式(1)に点 $p = (x, y, z)$ に対するパン・チルトを示す。

$$\begin{cases} \delta = \tan^{-1} \frac{y}{x} \\ \gamma = \tan^{-1} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{cases} \quad (1)$$

ズームに関しては図6を参考にする。図6は映って欲しい画像の範囲を $H \times W$ [mm] になるように距離に応じてズームの値 (0~2142) を決定したグラフである。本研究では $H=160$ [mm]・ $W=190$ [mm] としている。したがって図6において $\text{Distance}(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2})$ に対応するズームの値を Zoom とする。

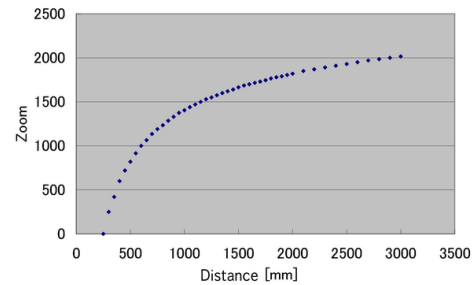


Fig. 6 Graph of zoom value corresponding to distance

3.1.4 画像の幾何変換

前項で導出した画像取得位置に対して、パン・チルト・ズームの値を決定して、パンチルトカメラを使用してドアの周りに沿って画像を取得していく。しかし、取得した画像はエレベータ内の中央位置から撮影した画像であるので、画像中の階ボタン・階表示が変形して見えてしまう。図 8 は画像中の階ボタンが変形して見える画像の例である。図 8 は筑波大学第三エリア内総合研究棟 B 棟のエレベータ内において、パン角:43 度・チルト角:37 度の向きで撮影した画像であるので斜め下から見上げているように見える。

画像中の階ボタン・階表示が変形している状態で階ボタン・階表示の位置認識や数字認識を行ってしまうと誤認識をしまったり、認識の精度が低くなってしまふ可能性がある。また、階ボタンの正確な位置も把握できなくなってしまう。したがって、斜め下から見上げているように見える図 8 を正面から見たような画像に直す必要がある。

つまり、斜め下から見上げるように見える画像を正面から見たような画像に直すということは視点変換をすることである。そこで、視点変換をする方法として透視投影変換を考える。本研究では OpenCV の関数を使用して透視投影変換を行う。この関数は透視投影変換前の四角形の 4 頂点の座標とその各頂点に対応する透視投影変換後の四角形の 4 頂点の座標を与えることで、画像を透視投影変換するものである。ここで、透視投影変換前の四角形の 4 頂点の座標を画像面の 4 頂点の座標、透視投影変換後の四角形の 4 頂点の座標をカメラ視点から画像面の 4 頂点を通る直線と階ボタンがある平面と交わる 4 頂点の座標とする。

図 7 は透視投影変換前後の四角形の 4 頂点を模式的に表したものである。図 9 は図 8 を上記の方法で透視投影変換した画像である。

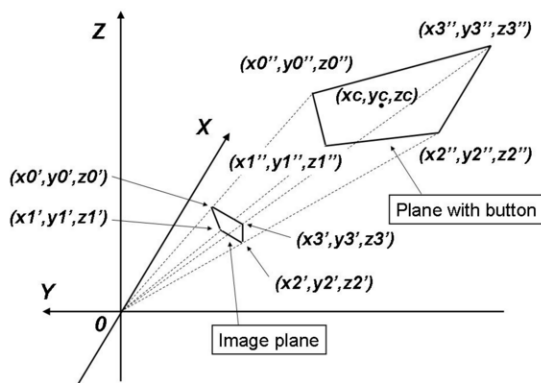


Fig. 7 Relation between image plane and button plane



Fig. 8 Floor button before image geometry conversion

Fig. 9 Floor button after image geometry conversion

3.2 階ボタン認識

3.2.1 階ボタンの位置認識

幾何変換を行った画像に対して、階ボタンの位置認識をする。幾何変換を行った画像中において OpenCV の blob 抽出のプログラムを使用して、階ボタンの大きさに対応する blob 面積でボタン部分を抽出する。ここで、階ボタンに関して、ボタン部分が抽出出来なかった場合（一つも blob 抽出が出来なかった場合には、ボタン内の数字部分に対応する blob 面積で数字部分を抽出をする。図 10 は筑波大学第三エリア総合研究棟 B 棟のエレベータで取得した画像に対し幾何変換をして、blob 面積 200 ~ 8500[pixel] の範囲にあるボタン部分・数字部分に相当する blob を白枠で囲って表示した画像例である。

3.2.2 階ボタンの数字認識

階ボタンの数字認識を行う手順を以下で説明する。

- 1) 階ボタンの位置認識をした画像中の各 blob 画像に対して二値化と OCR をかけて文字列を抽出
- 2) 各 blob 画像から得られた文字列の数字部分を抽出
- 3) どの blob の数字を使用するかを以下の条件で決定
 - ・座標の近い blob 同士を比較（閾値：25[mm] よりも近いものを近い blob とする）
 - ・数字がより大きいものを使用
 - ・数字が等しい時には blob 面積が小さいものを使用

OCR(Optical Character Recognition) とは光学文字認識のことである。活字の文書の画像（通常イメージスキャナーで取り込まれる）をコンピュータが編集できる形式（文字コードの列）に変換するソフトウェアである。本研究では OCR として tesseractocr を使用している。この OCR は HP 社が元々開発した物を google が後を引継ぎ、作成・配布をしている。画像形式は.tif のみである。

図 10 に対して上記 1・2 の事項を行い数字部分を各 blob の右下に表示した画像が図 11 である。ただし、数字部分が抽出出来ない時は'-'を表示する。図 11 に対して上記 3 の事項を行いどの数字を使用するかを決定した数字をその blob の中心に置いた画像が図 12(a) である。図 12(a) の結果より、'7'・'9'・'10'・'11'・'12' の階ボタンの数字認識出来たが、'8' の階ボタンでは正しく数字認識出来なかった。しかし、別の画像取得位置で取得して数字認識を行った結果の図

12(b)において、'8'の階ボタンが正しく数字認識出来ているので、その結果を使用して'8'の階ボタンを認識出来たことになる。そして、図12(c)は筑波大学第三エリア内A棟で取得した画像に対して階ボタンの数字認識を行った結果であり、図12(d)は筑波大学第三エリア内L棟で取得した画像に対して階ボタンの数字認識を行った結果である。図12(a)・図12(b)・図12(c)・図12(d)の結果よりすべての階ボタンの数字認識が出来ていることがわかる。

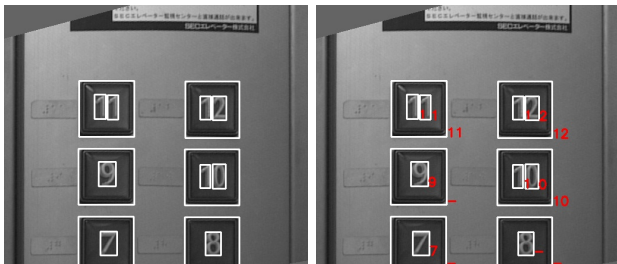


Fig. 10 Blob result of floor button at laboratory of advanced research B

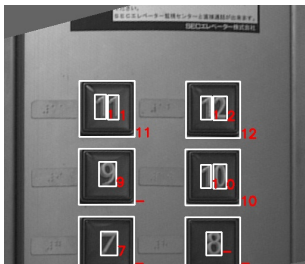


Fig. 11 Extraction of numbers at laboratory of advanced research B



(a)Recognition result (1) at laboratory of advanced research B (b)Recognition result (2) at laboratory of advanced research B



(c)Recognition result at A building (d)Recognition result at L building

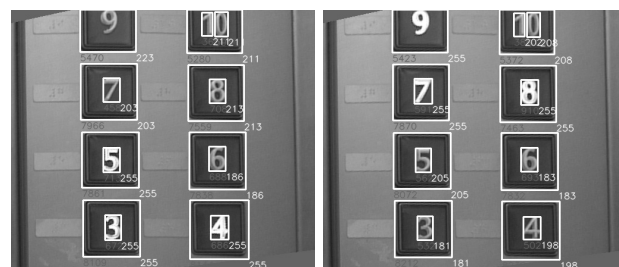
Fig. 12 Recognition result

3.2.3 階ボタンの on/off 認識

階ボタンの数字認識が出来た後、ボタンが押されているか・押されていないかの認識が必要となる。そこで、本研究では階ボタン部分の輝度の違いを調べて、認識をする。図13(a)と図13(b)は階ボタンのblob部分内の最高輝度をそれぞれ表示したものである。又、図13(a)は'3'・'4'・'5'が押された画像、図13(b)は'7'・'8'・'9'が押された画像である。輝度は0~255であり、今回、ボタンが押されている部分での最高輝度は255となっており、ボタンが押されていない部分での最高輝度は200前後となっており、違いがあることが分かっ

た。

したがって、最高輝度が255の時にはボタンがonの状態、最高輝度が0~254の時にはボタンがoffの状態であると設定する。



(a)Pushed button of 3,4,5 (b)Pushed button of 7,8,9

Fig. 13 Brightness of floor button

4. まとめ

本研究は、移動ロボットが未知のエレベータでも階移動出来るように、ボタン認識・階表示認識などの操作表示盤認識機能を構築することを目的とする。

そこで、本稿では操作表示盤認識機能を構築する為に必要なドア周辺形状計測・画像取得位置導出・パンチルトズームの決定・画像の幾何変換・階ボタンの位置認識・階ボタンの数字認識について述べた。

参考文献

- [1] 袴田和則、金本准一、堀井浩司、菅原雄介、有木孝夫: "自律移動型ロボットの警備分野への応用", 第14回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1, pp.143-144, 1996.
- [2] 北川 能, 張 亮, 江口 隆志, 李 忠日: "回転連棒による波形進行を利用した階段昇降ロボットの開発", 日本機械学会 [No.00-2] ロボティクス・メカトロニクス講演会 '00 講演論文集.
- [3] 神田 真司, 沢崎 直之, 麻田 務: "3次元視覚システム搭載の富士通サービスロボット", FUJITSU.56, 4, pp.392-399 (07,2005).
- [4] 永谷 圭司, 松浦 伸悟, 田中 豊: "自律移動マニピュレータによるエレベータ昇降動作の実現", ロボティクス・メカトロニクス講演会誌, pp.64, 2003.
- [5] Hirohiko Kawata, Akihisa Ohya and Shin'ichi Yuta, Wa-gle Santosh and Toshihiro Mori: "Development of ultra-small lightweight optical range sensor system", Proc. of IROS'05, pp.3277-3282, 2005.
- [6] 上村聡文, 吉田智章, 小柳栄次, 飯島純一, 嶋地直広, 油田信一, 他: "研究・教育用小型移動ロボット「ビーゴ」の開発", Proc. of RSJ, 2004.