

サークルコードへの傾き検出機能の実装

山根 祐紀* 和田 泰治* 河野 清尊*

* 米子工業高等専門学校

Implementation of a Tilt Angle Detecting Function for Circle-Code

Yuki Yamane* and Taiji Wada* and Kiyotaka Kohno*

*Yonago National College of Technology

Abstract: We originally devised a round bar code, which is named "Circle-Code". A recognition program of the Circle-Code for smart phone was developed in order to apply the Circle-Code to Augmented Reality (AR). However, tilt angle detecting function has not been implemented in the Circle-Code. In this paper, we propose tilt detecting method using form change of the Circle-Code.

1. はじめに

独自に考案した円形バーコード（サークルコード）を用いて、本型入力インタフェースおよびカード型入力インタフェースを開発してきた¹⁾²⁾。しかし、これまでの研究では、傾き検出機能が実装されておらず、今後応用が期待されるAR(拡張現実)コードとしての利用には不十分であった。

そこで本研究では、サークルコードの形状の変化を用いた傾き検出方法を提案するとともにMATLABを用いてその評価を行う。

2. サークルコード

独自に考案したサークルコードの構成をFig.1に示す。サークルコードは4つの同心円で構成される。最も内側の同心円は座標認識コード(Fig.1(a))と呼び、この閉じた円を検出することにより2次元座標とサークルコードの大きさを決定する。最も外側の同心円は回転角度認識コード(Fig.1(b))と呼び、回転角度を認識するとともに、16ビット情報コードの読み取り開始位置を決定する。残りの2つの同心円は16ビット情報コード(Fig.1(c), Fig.1(d))と呼び、それぞれの同心円を8等分し、計16ビットの情報(Fig.2)を表す。サークルコードは任意の大きさで印刷することを想定しているため、サイズは比と角度で表す(Fig.3)。

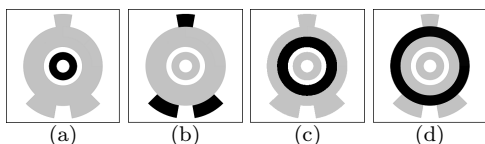


Fig.1 Structure of Circle-Code

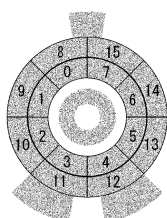


Fig.2 The information of 16 bits

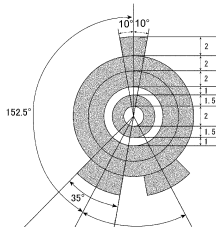


Fig.3 The size of Circle-Code

Table 1 Comparison with traditional bar codes

	情報量	情報の種類	認識の容易さ
	○ (91ビット)	数字	△
	◎ (441 ~ 31329ビット)	英数字 漢字	○
	△ (16ビット)	16ビットデータ 座標 回転角度 拡大率	◎

サークルコードは、表すことのできる情報量は16ビットと少ないものの、2次元座標、回転角度、拡大率など情報の種類の豊富さおよび認識の用意さに優れ、しかも離れた距離から複数のコードを同時に認識できるという特長がある。

3. 傾き検出方法

3.1 傾き検出の概要

Fig.4に示すように、X、Y、およびZの3方向の回転軸を考える。Z軸についての回転は、回転角度認識コードを用いて検出が可能となっている。一方サークルコードの傾きについては、X軸とY軸についての回転で表すことができるので、両軸についての回転方向と回転量(角度)を検出する方法を検討する。各軸の回転方向については、原点に向かって時計回りを正、逆を負と定義する。

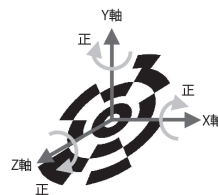


Fig.4 Rotational direction

サークルコードの回転方向および回転量は、座標認識コードの形状変化を用いて判定する。すなわちFig.5(d)に示すように、座標認識コードを中心から水平および垂直方向に4分割し、それぞれの面積を A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 とし、この面積の大小関係および比を用いて傾きを検出しようというものである。 $A_1 \sim A_4$ の面積は画像のピクセル数で表すものとする。また、Fig.5(a)に示すように、座標

Table 1 に従来のバーコードとの比較を示す。

認識コードの直径を d , 座標認識コードとカメラとの距離を l とする (Fig.5(b) , Fig.5(C)) ,

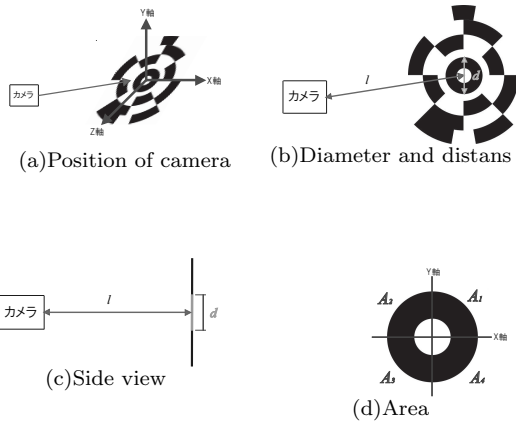


Fig.5 Outline of tilt angle detecting

3.2 回転方向の判定

Table 2 に示すように座標認識コードの面積 A_1 , A_2 および A_4 の大小関係を用いて回転方向の判定を行う .

Table 2 Determining of Rotational direction

回転方向	面積の大小関係
$\theta_x = 0, \theta_y = 0$	$A_1 = A_2 = A_4$
$\theta_x > 0, \theta_y = 0$	$A_1 = A_2$ かつ $A_1 < A_4$
$\theta_x < 0, \theta_y = 0$	$A_1 = A_2$ かつ $A_1 > A_4$
$\theta_x = 0, \theta_y > 0$	$A_1 = A_4$ かつ $A_1 > A_2$
$\theta_x = 0, \theta_y < 0$	$A_1 = A_4$ かつ $A_1 < A_2$
$\theta_x > 0, \theta_y > 0$	$A_1 > A_2$ かつ $A_1 < A_4$
$\theta_x > 0, \theta_y < 0$	$A_1 < A_2$ かつ $A_1 < A_4$
$\theta_x < 0, \theta_y > 0$	$A_1 > A_2$ かつ $A_1 > A_4$
$\theta_x < 0, \theta_y < 0$	$A_1 < A_2$ かつ $A_1 > A_4$

3.3 回転量の検出

サークルコードを正面からみた場合、座標認識コードは中心を基準に上下左右対称である . また、傾きの検出には 4 分割して面積の比のみを用いるため、座標認識コードが円以外のものでも上下左右対称であれば結果は同じである . そこで Fig.6 のように座標認識コードを正方形と仮定して計算を簡単にする .

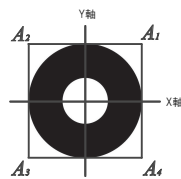


Fig.6 Approximation in square

$\theta_x > 0, \theta_y = 0$ の時、Fig.7 に回転した時の座標認識コードの大きさ、およびカメラとの距離の変化を示す .

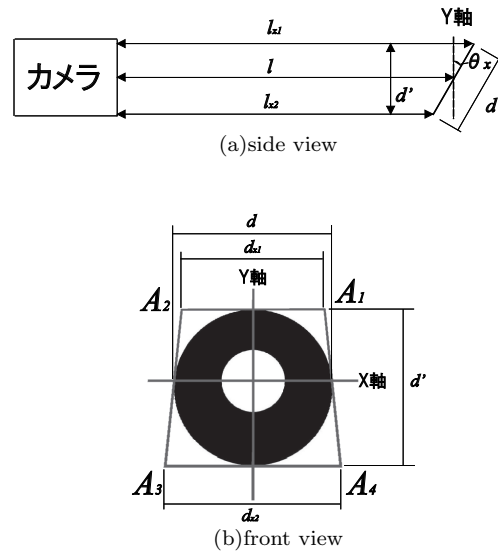


Fig.7 Coordinate recognition code rotated in the positive direction of the X-axis

面積 A_1 と A_4 の比は次式で表せる .

$$\frac{A_1}{A_4} = \frac{d + \frac{C}{l + \frac{d}{2} \sin \theta_x}}{d + \frac{C}{l - \frac{d}{2} \sin \theta_x}} \quad (1)$$

ここで $C = dl$ である . $\frac{A_1}{A_4} = \alpha$ とおき、座標認識コードの直径を $d = 5cm$, カメラとの距離を $l = 30cm$ とした時の α と回転角度 θ_x との関係を Table 3 に示す .

Table 3 Theoretical value of tilt angle

α	θ_x [度]
0.930	60
0.948	40
0.972	20
1.000	0
1.029	-20
1.055	-40
1.075	-60

4. おわりに

サークルコードの座標認識コードの形状変化を用いた傾きの検出方法を提案した . 今後は提案した傾き検出方法のパソコンおよびスマートフォンへ実装を行う .

参考文献

- 1) 村田大介, 伊藤直美, 渡邊竜二, 河野清尊:サークルコードの提案と本型入力装置への応用, 第 17 回計測自動制御学会中国支部学術講演論文集, pp.36-37(2008).
- 2) 村田大介, 河野清尊: 第 18 回計測自動制御学会中国支部学術講演論文集, pp. 108-109(2009) .