

サークルコードへの誤り訂正機能の実装

和田 泰治* 山根 祐紀* 河野清尊*

* 米子工業高等専門学校

Implementation of Error Correcting Methods for Circle-Code using the Hamming Code and the Reed-Solomon Code

Taiji Wada*, Yuki Yamane* and Kiyotaka Kohno*

*Yonago National College of Technology

Abstract: We originally devised a round bar code, which is named "Circle-Code". However, error correcting function has not been implemented in the Circle-Code. In this paper, we propose error correcting methods for the Circle-Code based on the Hamming code and the Reed-Solomon code.

1. 緒言

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、誤り訂正機能が実装されておらず、汚れや影などによりノイズが発生する実環境での使用には問題があった。そこで本研究では、ハミング符号とリードソロモン符号を用いた誤り訂正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(b)）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（3つの弧）は回転角度認識コード（Fig.1(a)）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)）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.1(d)）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.1(e)）。

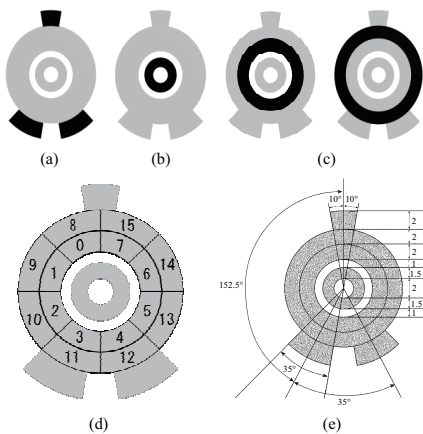


Fig.1 Structure of the 16-bit Circle-Code.

Table 1 に従来のバーコードとの比較を示す。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容易さに優れ、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を有している。

Fig.2 にサークルコードの認識の手順を示す。

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	◎

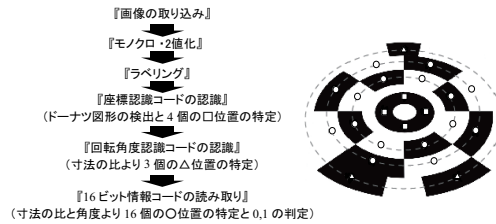


Fig.2 Recognition procedure of the Circle-Code.

3. 誤り訂正方法

3.1 ハミング符号

ハミング符号とは、1950年にベル研究所のリチャード・ハミングによって考案された誤り訂正符号で、ブロックあたり1ビットの誤り訂正が可能で、誤り検出能力が高く、複合化処理も高速に行うことができるという特徴を有している。

冗長ビット数 m 、情報ビット数 k 、全体のビット数 n の関係は以下の式で表すことができる³⁾。

$$n = 2^m - 1 \quad (1)$$

$$k = n - m \quad (2)$$

Table2 はハミング符号の冗長ビット数 m と情報ビット k の関係を表したものである。現在の16ビットサークルコードにハミング符号を適用した場合、情報量が11ビットに落ちてしまうため、16ビットの情報量を保つためには総ビット数を31ビット以上に拡張することが必要である。

Table 2 The number of bit for the Hamming code

誤りビット	冗長ビット m	情報ビット k	総ビット数 n
1	2	1	3
	3	4	7
	4	11	15
	5	26	31
6	57	63	

3.2 リード・ソロモン(Reed-Solomon) 符号

リード・ソロモン符号(以下RS符号)は,1960年にアービング・リードとギュスタブ・ソロモンによって考案された連続した複数ビットの誤りを訂正可能な符号で,符号の生成にガロア体(有限体)の概念を用いたものである.ガロア拡大体 $GF(2^r)$ の場合, r 個のビットの集合を1シンボルとして扱い,検出・訂正はシンボルごとに行われる.訂正可能なシンボル数 t , 情報シンボル数 k , 全体のシンボル数 n の関係は以下の式で表すことができる.

$$t = \frac{n - k}{2} \quad (3)$$

$$n < 2^r \quad (4)$$

Table 3 に $r = 4$, 誤りシンボル数 t を1から4まで変えた場合の情報シンボル数 k と冗長シンボル数 $n - k$ との関係を示す.16ビットの情報量を保つためには,Table 3からも分かるように,RS符号は16ビットサークルコードではビット数が不十分であり,総ビット数の拡張が必須である.

Table 3 The number of symbol and bit for the Reed-Solomon code

1シンボルあたりのビット数 r	誤りシンボル数 t	冗長シンボル数 $n - k$	情報シンボル数 k	総シンボル数 n
4	1	2(8)	2(8)	4(16)
			6(24)	8(32)
	2	4(16)	4(16)	8(32)
			8(32)	12(48)
	3	6(24)	2(8)	8(32)
			6(24)	12(48)
	4	8(32)	4(16)	12(48)

3.3 サークルコードの情報コードの拡張

16ビットサークルコードにおいて,情報コードの同心円をより細分化し,あわせて同心円を増やすことで総ビット数の拡張を行う.Fig.3(a)に情報コードの同心円を16等分して作成した32ビットサークルコードを, Fig.3(b)にさらに情報コードの同心円を1つ追加した48ビットサークルコードを示す.

4. 誤り訂正機能の評価

誤り訂正機能の評価を32ビットサークルコードとMATLABで作成したサークルコード認識および誤り訂正プログラムで行った.評価はハミング

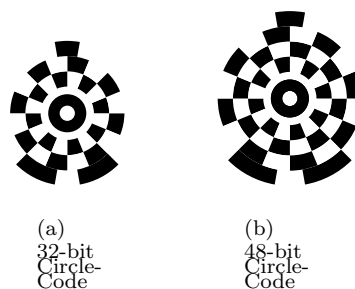


Fig.3 Extension of the information code of the Circle-Code.

符号, RS符号を用いて符号化した32ビットサークルコードにFig.4のように人為的にノイズを付加する.その後,撮影した画像をMATLABに取り込んで正しく訂正されるかをどうかを確認できた.

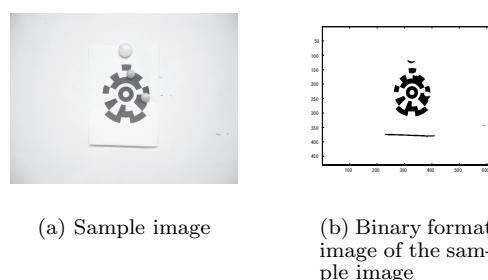


Fig.4 Sample image of a 32-bit Circle-Code with the Reed-Solomon code added some noises.

その結果,ハミング符号では1ビット誤りを,RS符号では2シンボル(8ビット)の誤りを訂正できることを確認した.

5. 結言

本研究では,ハミング符号とリードソロモン符号を用いたサークルコードの誤り訂正方法を提案するとともに, MATLABを用いてその評価を行った.今後の課題としては,パソコンやスマートフォンへの提案した誤り訂正機能の実装があげられる.

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会論文集, pp.36-37, (2008).
- 2) 村田大介, 河野清尊, サークルコードを用いた入力インタフェースとその応用, 第18回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集, pp.108-109. (2009).
- 3) イエルン・ユステセン, トム・ホーホルト著, 版田省二郎 他訳: 誤り訂正符号入門, 森北出版株式会社, (2005).
- 4) 社団法人映像情報メディア学会編著, 江藤良純・金子敏信監修: 『誤り訂正符号とその応用』(先端技術の手ほどきシリーズ), オーム社, (1996).