

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 02 / 02 / 2024 (MM/DD/YYYY)

専攻名（専門分野） Department	数学応用数理	氏 名 Name	伊達虎太郎	指 導 教 員 Advisor	楫元 印 Seal
研究指導名 Research guidance	代数幾何学研究	学籍番号 Student ID number	5122A031-6		
研究題目 Title	QR コードの多色化 ---誤り訂正能力が保証される条件---				

QR コードは汚れなどにより一部が正しく認識できなかったとしても、正しく読み取れるようにリード・ソロモン符号(以下 RS 符号)が使われている。RS 符号は任意の有限体上で扱うことができるが、QR コードにおいては白と黒の 2 色であるため標数が 2 の有限体上でしか扱われていない。

この研究では RS 符号の標数を 3 や 5 などに変更してそれに伴い QR コードを 3 色や 5 色にする状況を考える。このときどのような恩恵を得ることができ、それはどのような条件で得られるものなのかを考えていく。

先行研究として[12]による RGB 値を変化させることによって QR コードを多層化し、大容量化しようという多色化の試みや、[10]で紹介されている多色の 2 次元バーコードであるカメレオンコードなどがある。この研究ではそれらとの差別化として QR コードの仕組みのまま体の標数を変更するという手法で多色化を試みる。

いくつかの実験を行うために実験用のプログラムを作成した。特に誤りの発生確率を変更できるように設定している。

そのプログラムによる実験から得られた結果によって以下の考察が得られた。

- 多色化することで計算時間に影響があり、それは体の元の個数に依存している。具体的には 3 色や 5 色にすると 2 色のときの 2.3 倍程度、7 色にすると 1.1 倍程度の時間がかかる。
- 多色化したときの誤りの発生確率の条件次第では、多色化することで誤り訂正能力を保ったまま 2 色のときよりも小さな QR コードにすることができる。その条件とは 3 色にすることで 2 つ小さな QR コードにするときであれば以下のようになっている。

レベル(2 色)	L	M	Q	H
型番(2 色)	13	13	14	12
P_3	3%	9%	16%	22%
レベル(3 色)	L	M	Q	H

たとえば表より 2 色の 13 型以上の QR コードで誤り訂正レベルが M のものであれば、3 色のときの誤り発生

確率が 9% 以下であれば 2 つ小さな型番の 3 色で誤り訂正レベルが M の QR コードにできる、ということが読み取れる。

参考文献

- [1] D. コックス, J. リトル, D. オシー著: グレブナー基底 2. 大杉英史, 北村知徳, 日比孝之訳. 丸善出版. 2012.
- [2] 池田和興. 例題が語る符号理論. 共立出版. 2007.
- [3] イエルン・ユステセン, トム・ホーホルト著: 誤り訂正符号入門 [第2版]. 阪田省二郎, 栗原正純, 松井一, 藤沢匡哉訳. 森北出版. 2019.
- [4] tech-jp, QRコードの仕組み.
<https://www.tech-jp.com/QRCode/index.html>
(閲覧日: 2024年1月13日)
- [5] KEYENCE, バーコード講座
https://www.keyence.co.jp/ss/products/autoid/code_reader/basic2d-qr-types.jsp
(閲覧日: 2024年1月13日)
- [6] QRcode.com
<https://www.qrcode.com/en/index.html>
(閲覧日: 2024年1月13日)
- [7] デンソー技術情報
<https://www.denso-wave.com/ja/adcd/fundamental/2dcode/qrc/index.html>
(閲覧日: 2024 年 1 月 13 日)
- [8] 濱屋進. 符号理論入門: 数学的な基礎知識から「QR コード」の作成まで. 工学社. 2008.
- [9] QR のススめ, QR コード作成サイト.
<https://qr.quel.jp/>
(閲覧日: 2024年1月10日)
- [10] いろあと,
<https://www.iroato.com/cameleoncode/>
(閲覧日: 2024年1月23日)
- [11] JIS-X-0510,
<https://kikakurui.com/x0/X0510-2018-01.html>
(閲覧日: 2024 年 1 月 25 日)
- [12] 助川 修司, 伊藤 正都, 近藤 圭佑, 大冨 忠親, 新谷 虎松, QR コードの多色化による 2 次元コードの大容量化について, 全国大会講演論文集, 第 70 回 (コンピュータと人間社会)(2008), 845-846