

修士論文

カラーQRコードの提案と
その応用技術について

(Proposal for a color QR code and its application examples)

池田 新

立命館大学大学院
理工学研究科電子システム専攻

2026年3月

内容梗概

近年、技術的背景や、権利的背景、社会的背景から、QRコード (Quick Response code) が広く普及している。QRコードは、高速読み取りが可能な二次元コードの一種であり、従来使用されてきたバーコードに比べて、記録可能な情報量が多く、誤り訂正能力が強いかつ高速な読み取りが可能という技術的な優位性があった。また、自動車部品のトレーサビリティ管理のために開発されたという背景がありながらも、特許権を行使しないと宣言したことで世界中での特許フリーな使用が可能となっている。さらには、スマートフォンのような、高性能かつ多機能なデバイスが世界的に普及したことで、広告媒体や、決済手法としてQRコードの利用がなされている。しかし、現状のQRコードは単一の色の濃淡で表現されており、その色については、符号化する情報量増加の余地が残されている。そこで本研究では、RGBを用いたカラーQRコードの実装を行い、その有用性について検討した。本研究で扱うカラーQRコードは、RGBの単色カラー画像に変換したQRコードを重ね合わせることで作成し、計8色(赤、青、緑、シアン、マゼンタ、イエロー、白、黒)のカラー画像となっている。具体的には、カラーQRコードの検出アプリの実装、従来のQRとの検出距離の比較実験を行い、さらには、近年、技術向上が進んでいる画像生成AIを使用したQRコード検出可能なイラスト生成AIの実装方法について検討を行った。本研究の結果として、カラーQRコードは、従来のQRコードには検出性能で劣るといったデメリットがあるが、従来のQRコードではできなかった用途での利用が可能であることが確認できた。

目次

第1章 序論	1
1.1 研究背景	1
1.2 本研究の目的	1
第2章 カラー QR コードに関する先行研究	3
2.1 Henryk Blasinski の先行研究	3
2.2 三重大の先行研究	3
第3章 カラー QR コード検出システムの開発	5
3.1 エンコード方法	5
3.2 デコード方法	5
3.3 読み取りアプリの開発	5
第4章 検出性能の比較実験	7
4.1 実験手法	7
4.2 実験結果	7
4.3 考察	7
第5章 カラー QR コードを用いた AI イラストの生成	9
5.1 イラストに見える QR コード	9
5.2 イラスト生成 AI の原理	9
5.3 使用したソフトとモデル	9
5.4 実験結果	9
5.5 考察	9
第6章 結論	11
6.1 まとめ	11
6.2 今後の展望	11
参考文献	11
謝辞	19
発表論文リスト	21

图 目 次

表 目 次

第1章 序論

1.1 研究背景

近年、高速かつ安定した読み取りが可能な2次元コードであるQRコード(Quick Response code)が世界的に使用されている。このような技術の普及には、大きく分けて三つの背景があると考えられる。それは、技術的背景、権利的背景、社会的背景の3つである。

初めに、技術的背景について、これはQRコードが持つ技術的な優位性から由来する。従来使用されてきたバーコードと比較して、QRコードは記録可能な情報量が多く、誤り訂正能力が強い、かつ高速で安定した読み取りが可能というように使用するメリットが複数存在している。

次に、権利的な背景について、これはQRコードが特許フリーなため誰でも自由に使用可能なことに由来する。QRコードは自動車部品のトレーサビリティ管理のためにデンソーの一事業部(現デンソーウェーブ)によって開発された。しかし、デンソーはその仕様をオープンにし、特許の自由な使用を許可した。これにより、QRコード決済や、航空券等のチケット管理など、本来開発者が想定していなかったような用途でも使われ、社会に広く浸透していった。最後に社会的な背景について、これはQRコードの読み取りを可能にする電子機器、特にスマートフォンの普及に由来する。半導体製造技術の向上により、高性能かつ低消費電力な電子デバイスが安価に手に入るようになったことで、2010年代からスマートフォンが急速に普及してきた。日本において、その保有率は2010年で10%程度に留まっていたものが、2021年には90%近くに達している。このスマートフォンの普及は、誰もがQRコードを読み取り、情報を取得する事ができるという土台を作り、QRコードの普及を後押ししただろう。現にSNSアカウントの共有や、市中の広告でもQRコードが使用されている。

1.2 本研究の目的

第2章 カラーQRコードに関する先行研究

本章では，カラー QR コードに関する先行研究について述べる．

2.1 Henryk Blasinski の先行研究

2.2 三重大の先行研究

第3章 カラーQRコード検出システムの開発

本章では，カラーQRコードの読み取りシステムの開発について述べる．

3.1 エンコード方法

3.2 デコード方法

3.3 読み取りアプリの開発

第4章 検出性能の比較実験

本章では，従来のモノクロ QR コードとカラー QR コードの検出率の比較実験について述べる．

4.1 実験手法

4.2 実験結果

4.3 考察

第5章 カラーQRコードを用いたAI イラストの生成

本章では，イラストに見える QR コード画像について触れ，その技術の根幹を支えるイラスト生成 AI の原理について述べる．また，カラー QR コードを使用した類似画像の生成手法について検討を行った．

5.1 イラストに見える QR コード

5.2 イラスト生成 AI の原理

5.3 使用したソフトとモデル

5.4 実験結果

5.5 考察

第6章 結論

本章では，本研究のまとめと今後の展望について述べる

6.1 まとめ

6.2 今後の展望

関連図書

- [1] “一般社団法人デジタルサイネージコンソーシアム, デジタルサイネージとは.” <https://digital-signage.jp/about/>.
- [2] 中村 修二, “InGaN 高輝度青色 LED に関する研究,” 1994.
- [3] “LED デジタルサイネージジャパン 2023.” <https://www.dsignage-expo.jp/2023/about/>.
- [4] “RICOH, デジタルサイネージとは？仕組みから活用までをご紹介します.” <https://www.ricoh.co.jp/signage/column/signage.html>.
- [5] “渋谷の大型ビジョンから巨大な秋田犬が飛び出す!? 肉眼 3D 動画が公開に.” <https://www.rbbtoday.com/article/2023/06/26/210153.html>.
- [6] 猪野志織, 小室孝, 小川賀代, “インタラクティブデジタルサイネージにおける映像エフェクトの違いによる広告効果の検証,” 映像メディア学会誌, vol. Vol. 76, No.2, 2022.
- [7] Yin, Kuo-Cheng and Wang, Hsin-Chieh and Yang, Don-Lin and Wu, Jung-pin, “A study on the effectiveness of digital signage advertisement,” 2012 International Symposium on Computer, Consumer and Control, pp. 169–172, 2012.
- [8] 総務省, “4K8K とは 4K8K の魅力.” https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/housou_suishin/4k8k_suishin/about.html.
- [9] Su, Chun-Wei and Liao, Chia-Cheng and Chen, Mei-Yung, “Color transparent display using polymer-dispersed liquid crystal,” Journal of Display Technology, vol. 12, no. 1, pp. 31–34, 2016.
- [10] 日本経済新聞, “ソニー「空間再現ディスプレイ」 裸眼で OK 迫力 3D.” <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO72038730Z10C21A5000000/>.
- [11] S. Komuro, S. Kuriyama, and T. Jinno, “Mimetic code using successive additive color mixture,” IEIEC trans. inf. & SYST., vol. VOL.E98-D, no. NO.1, january 2015.

- [12] “大塚商会, LED 電球・LED 照明のちらつき・フリッカーの原因.” <https://www.otsuka-shokai.co.jp/products/led/knowledge/flicker.html>.
- [13] “LED のダイナミック点灯とは__大塚商会.” <https://www.otsuka-shokai.co.jp/products/led/knowledge/dynamic-lighting.html>.
- [14] 嶋田拓也, 下村優太郎, 桐原瑠也, 熊木武志, “フリッカパターンを用いた動画向け情報埋め込み手法の実装と評価,” 信学技報, vol. 119, no.2, pp. 117–122, 2020.
- [15] 下村優太郎, 嶋田 拓也, 熊木武志, “フリッカノイズによるドットマトリクス LED への実装,” LSI とシステムのワークショップ, no. no.4.
- [16] Y.Shimomura, T.Shimada, R.Kirihara, and T.Kumaki, “Live demonstration: Development of dot matrix LED using flicker noise as a base,” IEEE International Symposium on Circuits And Systems (ISCAS), May 2020.
- [17] T.Shimada, and T.Kumaki, “A study of led-based spy-photo prevention system using flicker noise for actual environment,” International Technical Conference on Circuits/Systems, 2018.
- [18] R.Kirihara, Y.Shimomura, T.Shimada and . T.Kumaki, “Live demonstration: Development of LED-based stego-panel for new smartphone usage,” IEEE International Symposium on Circuits And Systems (ISCAS), 2020.
- [19] T.Shimada, and T.Kumaki, “Development of flicker-noise-based lighting communication method,” RISP International workshop on Nonlinear Circuit, 2020.
- [20] “大塚商会, LED ドットマトリクスとは.” <https://www.otsuka-shokai.co.jp/products/led/knowledge/lighting/dot-matrix.html>.
- [21] “P4 RGB LED マトリックスパネル 64 x 32 ピクセル 256mm x 128mm 室内用.” https://www.amazon.co.jp/dp/B07KW9152T?ref_=cm_sw_r_cp_ud_dp_CRZ3W3A9GSRXYX9QM07Q.
- [22] “LED ドットマトリックスパネル HUB75 規格について調べてみた.” <https://qiita.com/onokatio/items/1b99ae9475b6a9fc2f15>.
- [23] “HUB75 規格を深掘りしてみる.” <https://ryosukeeeee.hatenablog.com/entry/2019/05/11/153910>.
- [24] “HUB75 【rasberry pi】電光掲示板にも応用できるマトリックスLEDを制御する方法.” <https://helloworldbreak.net/raspberry-pi-matrix-led-64-32/>.

- [25] “クロスフリッカー, caustics light.” https://twitter.com/causticslight/status/1471471769693593607?s=53&t=FDHx_f06kKJUNJq08hL4A.
- [26] “duty 比について.” <https://www2.denshi.numazu-ct.ac.jp/mirsdoc/mirs97/01/shousai/elec/sp/duty.html>.
- [27] “光は RGB でできている.” https://global.canon/ja/technology/kids/mystery/m_04_02.html.
- [28] “3D の仕組み, CyberLink.” <https://jp.cyberlink.com/stat/3d-support/jpn/3d-primer.jsp>.

付録

クロスフリッカ式ステゴパネル制御プログラム

sutego3.c

2段ダイナミック式ステゴパネル制御プログラム

sutegoR1219.c

```
%lstinputlisting[label=sutegoR1219]sutegoR1219.c
```

トリケラパネル制御プログラム

tricolor1127.c

謝辞

本論文の作成にあたり、貴重な助言、ご指導をして頂いた立命館大学理工学部電子情報工学科 熊木 武志教授に深く感謝の意を表します。また、本研究に関わりご助言をして頂いた立命博士氏、琵琶太郎氏、草津悟志氏に深く感謝致します。そして、実験を行うにあたってご協力をして頂いた衣笠智樹氏、茨木慎太郎氏に感謝致します。最後に、日頃から様々な事においてお世話になりましたX期生を始めとするマルチメディア集積回路システム研究室の皆様に最大の感謝をお贈り致します。

2023年3月 立命 太郎

研究業績リスト

【国内研究会等発表】

- 立命太郎, 逢坂京太郎, 安藤義男, 竹 信孝, 熊木武志, "2nm プロセスルールの SoC の製造技術可能性," ET&IoT West 2021, Jul., 2021.

【国外研究会等発表】

- Taro Ritsumei and Takeshi Kumaki, "Possibility of 2nm process rule SoC manufacturing technology," International Computers and communications (ICC), 2021.

【その他研究活動】

- ET&IoT West 2021, Jul., 2021.
- ET&IoT 2021, Nov., 2021.

【受賞】

- Yuta Moritake, Yutaro Shimomura, Ryuya Kiriara, Yuki Hirota, Xiangbo Kong and Takeshi Kumaki, "Development of invisible information lighting display "Stego-panel IV"," IEEE Grobal Conference on Consumer Electronics (GCCE), Excellent Demo! award, Gold prize, Oct., 2021.