

## 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

助川 修司<sup>†</sup> 伊藤 正都<sup>††</sup> 近藤 圭佑<sup>††</sup> 大園 忠親<sup>††</sup> 新谷 虎松<sup>††</sup>

名古屋工業大学工学部情報工学科<sup>†</sup> 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻<sup>††</sup>

### 1 はじめに

本稿では、QR コード [1] を多色化により大容量化した 2 次元コードについて述べる。近年、情報雑誌やパンフレット等の様々な紙媒体において、自社サイトの URL が格納された QR コードに代表される 2 次元コードが添付されるようになった。これは携帯電話が高機能化し、携帯電話での QR コードの読み取りが可能になったためである。しかし、現状の QR コードでは携帯電話によって読み取れるデータサイズには限度があり、インターネットのアドレスやメールアドレス、短いテキストデータ等を格納するに留まっている。

そこで、本研究では、RGB 値の異なる QR コードを重ねることによって多色化を行い、大容量化を図る。QR コードでは読み取りサイズの制限によりアドレスのみを格納した場合には、コンテンツを得るために Web への接続が必要である。しかし、この大容量化により 2 次元コード自体にコンテンツを格納することができる。それにより、通信無しでコンテンツを得ることができる。

しかしながら、2 次元コードの多色化には問題点も存在する。2 次元コードをプリントおよびスキャンした場合には本来出力した値とは異なる値が読み取られてしまう。これを本稿では減色と呼ぶ。これはモニタ上の色空間に比べプリントしたものをスキャンする時の色空間が小さいために起こる。

### 2 多色化手法

本研究での多色化はそれぞれ単色で生成された複数の QR コードを層として重ねる事で実現する。これにより層ごとに規定の色を設定し、各層を加法混色によって合成し多色 2 次元コードを生成する。各層の規定色は RGB 値で与えられる。3 層に分割する場合には R 値、G 値、B 値それぞれを層として R 値が 0 か 255 で変化する層、G 値が 0 か 255 で変化する層、B 値が 0 か 255 で変化する層を作成する。また 3 層以上に分割する場合には R 値、G 値、B 値をそれぞれを更に分割していく。分割方法はそれぞれで 2 層を表現する場合には 2 桁の二進数を考え、1 層目を 1、2 層目を 2 として 2 つの層が重なっている部分を 3 と考える。すなわち、255 を 3 分割し 1 層目は 0 か 88、2 層目は 0 か 160 で変化する層を作成する。これにより、RGB 3 色 × 2 層 = 6 層の多色 2 次元コードを実現する。また、3 層を表現する場合には、3 桁の二進数を考え 1 層目を 1、2 層目を 2、3 層目を 4 として 255 を 7 分割して層を作成する。ここで二進数を考える理由は加法混色した時、ただ等分しただけでは混色された色でどの層が重なっているかを判断できなくなってしまうためである。また減色を考慮しない理想状態であれば R 値、G 値、B 値をそれぞれ 255 まで使用して最大 8 ビットまで表現できるため 24 層まで増やすことができる。

### 3 多色 2 次元コードシステム

QR コードの多色 2 次元コードシステムは、色数分の QR コードを色で合成を行い多色 2 次元コードを生成する符号器と、読み込んだ多色 2 次元コードを色について層を分解し QR コードとしてデコードする複合器で構成される。本シス

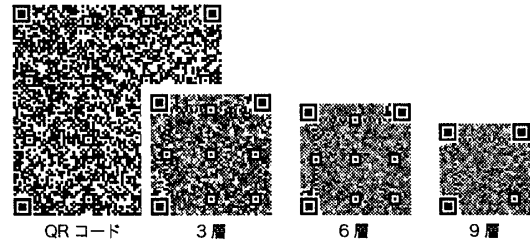


図 1: 本システムによる多色 2 次元コードの例

テムでは、QR コードのエンコードおよびデコードは既存の QR コードのエンコーダおよびデコーダを用い、色の処理のみによって大容量化を図る。また、より大きいデータを扱うための分割および連結機能を持つ。本システムによって生成された多色 2 次元コードの例を図 1 に示す。これは同一データを格納した QR コード (バージョン 17) と本システムによって生成された 3 層 (バージョン 8)、6 層 (バージョン 7) および 9 層 (バージョン 5) の多色 2 次元コードを比較した例である。

#### 3.1 符号器

本システムの符号器は、データ分割、QR コードのエンコード、QR コードの合成を行う。データ分割では、入力データを設定した層数に等分する。QR コードにはバージョンによるデータ格納量の制限があり、各層に均等にデータを分割することで最小のバージョンでコードを生成できる。各層に振り分けられたデータサイズが大きく異なると、QR コードのバージョンが変わりコードのセル数も変わってしまうため層の合成ができなくなってしまう。そこで大きいバージョンに揃えようと、本来小さいバージョンで収まっていた層も大きいバージョンに合わせなければならなくなり、格納できる容量に無駄が生じる。QR コードのエンコードでは、分割された入力データをそれぞれ QR コードとしてエンコードする。そして生成された QR コードを 2 章で示した多色化手法によって設定された色に変更する。QR コードの合成では、異なる色で生成された QR コードを合成する。その際、複数の層において同一の位置にセルが存在して重なっている場合には加法混色を行い、その色を表層のセルの色として 2 次元コードを表現する。また、単一の層においてセルが存在し、他の層に情報セルが存在しない場合にはその層の色を表層のセルの色として 2 次元コードを表現する。これで生成されたコードが本システムの多色 2 次元コードである。

#### 3.2 複合器

本システムの複合器は、層分割、QR コードのデコード、データの結合を行う。層分割では、入力された多色 2 次元コードの色を判断し、各層を分割する。分割方法としては 2 章で示した多色化手法の逆変換を行う。減色を考慮しない理想状態であれば多色化手法の逆変換のみで層分割が行えるが、実際には減色が発生する。本システムでは重回帰分析によって求められた回帰式を利用して減色を推定し、回帰式に基づくフィルタによって層を分割する。ここで回帰式に基づくフィルタとは、回帰式に基づいて層を分割する閾値を設定し、層分割を行うフィルタである。フィルタに用いる回帰式はカラープリンタ EPSON Offirio LP-M5500F とスキャナ EPSON GT-8200U を使用してデータの取得を行った。RGB

A High Capacity Multicolored 2D BarCode Based on QR Code  
Shuji SUKEGAWA, Masato ITO, Keisuke KONDO, Tadachika OZONO, and Toramatsu SHINTANI  
Dept. of Computer Science, Nagoya Institute of Technology, Gokiso, Showa-ku, Nagoya, 466-8555 JAPAN

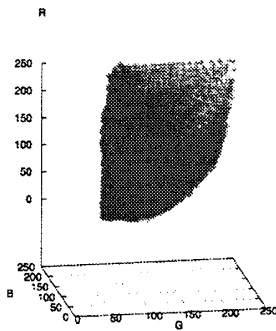


図 2: 重回帰分析に用いたデータのプロットグラフ

値それぞれ変化させ  $33 \times 33 \times 33 = 35,937$  点のデータを取得し重回帰分析して回帰式を算出した。図 2 は取得したデータをプロットしたものである。本来立方体である RGB 空間が減色によってつぶれてしまっている。QR コードのデコードでは、層を分割した QR コードをデコードする。この時、層分割されたコードには各層の色がついている。そのため色を白黒に変換した後にデコードする。データの結合では、デコードされた各層に分割されていたデータを結合し、データを出力する。

### 3.3 分割多色 2 次元コード

本多色 2 次元コードは分割および連結機能を持つ。QR コードのバージョンによる大きさの制限により、最大のバージョン 40 で格納できないデータはコード化することができない。しかし、分割および連結機能を用いることで、複数の多色 2 次元コードを連続で読み込むことでより大きなデータの 2 次元コード化を可能にする。この手法の実現のために、符号時に QR コードのバージョンを指定し、入力データを各バージョンに格納できるサイズに合わせて分割する。そして分割されたデータをそれぞれ多色 2 次元コードとして本システムの符号器で符号化を行う。また、復号時には本システムの複合器より受け取ったデータを結合することによってもとのデータを出力する。

## 4 評価

評価実験として復号化の正否判定を行った。評価実験には、3.2 節で使用したプリンタおよびスキャナを使用した。誤り訂正レベルは最も訂正率の高いレベル H を使用し、バージョンは最小のバージョン 1 を使用した。入力データはバージョン 1 で格納できる最大文字数を格納した。層数は試作した 3 層、6 層および 9 層の多色 2 次元コードで実験を行った。実験方法として、入力データを変化させて 10 回の符号化および復号化を行った。

実験の結果、3 層多色 2 次元コードでは 10 回全てで復号に成功した。しかし、6 層および 9 層多色 2 次元コードでは 1 回も成功しなかった。そこで、さらに、層分割した QR コードをそれぞれデコードを行い、その正否判定を行った。その結果を表 1、表 2 に示す。この表は各層の QR コードをデコードした際の結果を示した表である。表中の '×' はデコード失敗を、'△' はデコードはできたがデコードされたデータの間違いを、'○' はデコード成功を示している。また復号に成功した 3 層多色 2 次元コードはカラープリンタ OKI MicroLine 9300 PS を用いて復号化の実験を行った。こちらでも 10 回全てで復号に成功した。

この実験により 3 層多色 2 次元コードはスキャナによる復号化が可能であると判断できる。表 1 より 6 層多色 2 次元コードの 2 層目のデコードは全て成功している。また、表 2 より 9 層多色 2 次元コードの 1 層目、2 層目に比べ 3 層目はデコードの成功が多い。これは 6 層多色 2 次元コードでは各

表 1: 6 層多色 2 次元コードの復号化

	1 層目			2 層目		
	×	△	○	×	△	○
R	4	6	0	0	0	10
G	6	4	0	0	0	10
B	7	3	0	0	0	10

表 2: 9 層多色 2 次元コードの復号化

	1 層目			2 層目			3 層目		
	×	△	○	×	△	○	×	△	○
R	10	0	0	8	2	0	3	7	0
G	10	0	0	8	2	0	3	5	2
B	9	1	0	5	5	0	0	7	3

色の 2 層目が、9 層多色 2 次元コードでは各色の 3 層目が二進数の最上桁に相当しており層分割の際の判定が閾値 1 つで行われているからである。しかしながら、'△' はデータは取り出せておらず、結果として復号化の成功例は得られなかったため、今回の減色の予測の精度での復号化は困難である。

3 層での大容量化では QR コードの 3 倍の容量を格納できる。これにより、A4 サイズに 6 つの QR コードを並べた場合、バージョン 16 を使用すると 3.43KByte (586Byte × 6) のデータを格納できる。そこで、3 層多色 2 次元コードを 6 つ並べた場合には 3 倍の 10.3KByte (1.71KByte × 6) のデータを格納できる。さらに、高密度でプリント、スキャンができる環境であればより大きいバージョンを A4 用紙に印刷することが可能になる。そこで、最大のバージョンであるバージョン 40 を A4 用紙に 6 つ並べた場合には 51.9KByte (8.65KByte × 6) のデータを格納することができる。

## 5 応用例

本システムを利用する事で、長文テキストの格納が可能となる。例えば、ダイレクトメールなどに載せきれない情報を符号化してプリントすることで、ダイレクトメールに興味を持った人に復号するだけで多くの情報を提供できる。

また、符号時に色空間を歪ませて符号化し、その補正フィルタをキーとして、文章の暗号化に応用できる。符号化の際には、必要なデータを格納しないダミーの層を使用する。それにより、復号の際にどのように層を分割したのかを容易に判断できないため、簡単な文章の暗号化として応用できると考える。

## 6 おわりに

本稿では、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述べた。本システムのデコーダでは 9 層多色 2 次元コードは実用には耐えられない事が分かった。プリンタとスキャナの減色に関する特性が分かれば、3 層タイプのデコードは十分に可能であることが分かった。3 層での大容量化ではバージョン 40 で 8.65KByte 格納でき、A4 用紙に 6 枚並べた場合には 51.9KByte 格納できる。本稿ではスキャナによる読み込みに留まった。今後の課題としてモバイル機器への対応が挙げられる。スキャナと違いモバイルカメラの場合は光源が一定でなくその場の環境の影響を大きく受けると考えられる。それを考慮して携帯電話に対応していかなければならない。

## 参考文献

- [1] 高速読取り対応 2 次元コード [QR コード] の開発, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.52, pp. 253-254, 1998.