

(2-1) 仕様にしたがって、STEP1 の (1-7) で得たデータ列を QR コードのデータおよび誤り訂正コード語領域に配置する。

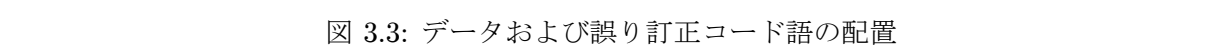


図 3.3: データおよび誤り訂正コード語の配置

(2-2) モジュールパターンに市松模様 (000) のマスク処理を施す。

(2-1) の図 3.3 に市松模様 (図 3.4) のマスクをかけます。すなわち、同じ番号で

明かつ明ならば明 $(0 \oplus 0 = 0)$

明かつ暗ならば暗 $(0 \oplus 1 = 1)$

暗かつ暗ならば明 $(1 \oplus 1 = 0)$

のように排他的論理和をとります。ただし、灰色の部分は除きます。なお、マスクをかけた後の QR コードは図 3.6 をご覧ください。

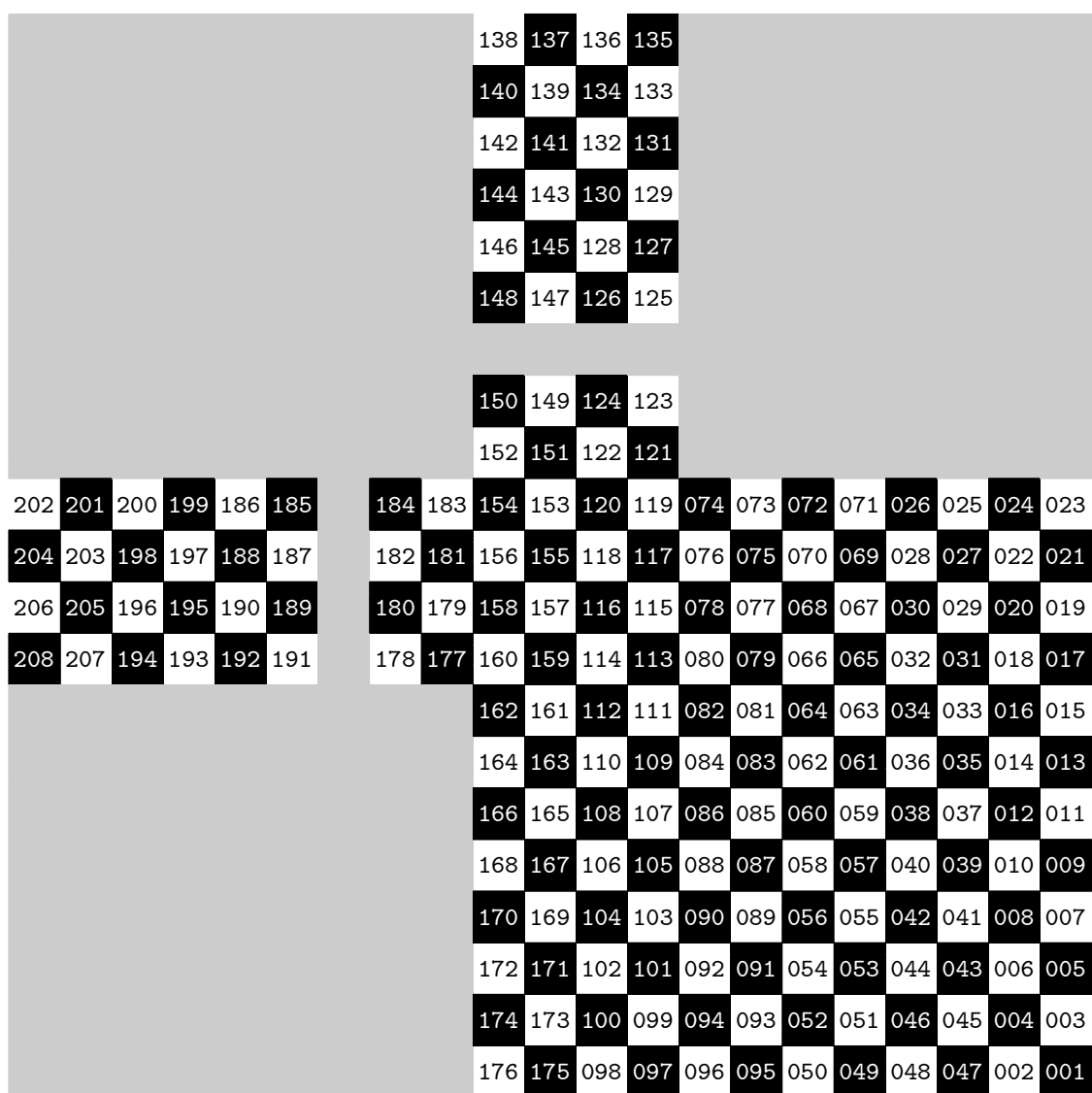


図 3.4: 市松模様によるマスクパターン

STEP3 形式情報の符号化

(3-1) 誤り訂正レベル (L : 01) とマスクパターン (市松模様 : 000) を連結する。

$$(01, 000) \rightarrow (0, 1, 0, 0, 0)$$

(3-2) (3-1) で得たデータ列 (01000) から誤り訂正コード語 (生成多項式による剰余) を求める。

GF(2) 上の 3 個 (最小距離 7) の誤りが訂正可能な [15,5]BCH 符号として、誤り訂正コード語を求めます ($m = 4, t = 3$)。すなわち、GF(2^4) の原始元を α とすると、生成多項式は

$$\begin{aligned} G(x) &= (x - \alpha^1)(x - \alpha^2)(x - \alpha^3)(x - \alpha^4)(x - \alpha^5)(x - \alpha^6)(x - \alpha^8)(x - \alpha^9)(x - \alpha^{10})(x - \alpha^{12}) \\ &= x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1 \end{aligned}$$

となります。また、データ (情報) を多項式表現すると

$$I(x) = 0x^4 + 1x^3 + 0x^2 + 0x + 0 = x^3$$

となります。したがって、誤り訂正コード語の多項式表現は

$$\begin{aligned} R(x) &= [I(x)x^{10}] \bmod G(x) \\ &= 1x^9 + 1x^8 + 1x^7 + 1x^6 + 0x^5 + 1x^4 + 0x^3 + 1x^2 + 1x + 0 \end{aligned}$$

となります ($10 = 15 - 5$)。

(3-3) (3-1) で得たデータ列に (3-2) で得たデータ列を連結する。

形式情報の符号語 (データ + 誤り訂正データ語) を作成しましょう。GF(2^4) 上および GF(2) 上の演算であることに注意すれば、巡回符号 (BCH 符号) の符号語の多項式表現は

$$X(x) = I(x)x^{10} - R(x) = I(x)x^{10} + R(x)$$

によって与えられましたから、(3-2) より多項式の係数を並べれば、符号語

$$\rightarrow (0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0)$$

が得られます。

注意 : 第 2 章では右から高次の係数を並べましたが、ここでは、左から高次の係数を並べます。これは本質的な問題ではなく、仕様の問題です。

(3-4) (3-3) で得たデータ列と 101010000010010 の排他的論理和をとる。

$$\begin{array}{r} 010001111010110 \\ \oplus) 101010000010010 \\ \hline 111011111000100 \end{array}$$

$$\rightarrow (1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0)$$

(3-4) で得たデータ列を、0 ならば明、1 ならば暗で、図 3.5 に記述してある 01 から 15 の番号順に埋めていきます。なお、形式情報はデータおよび誤り訂正コード語の解釈に必修の情報であるため、2ヶ所に配置することで冗長性を高めています。

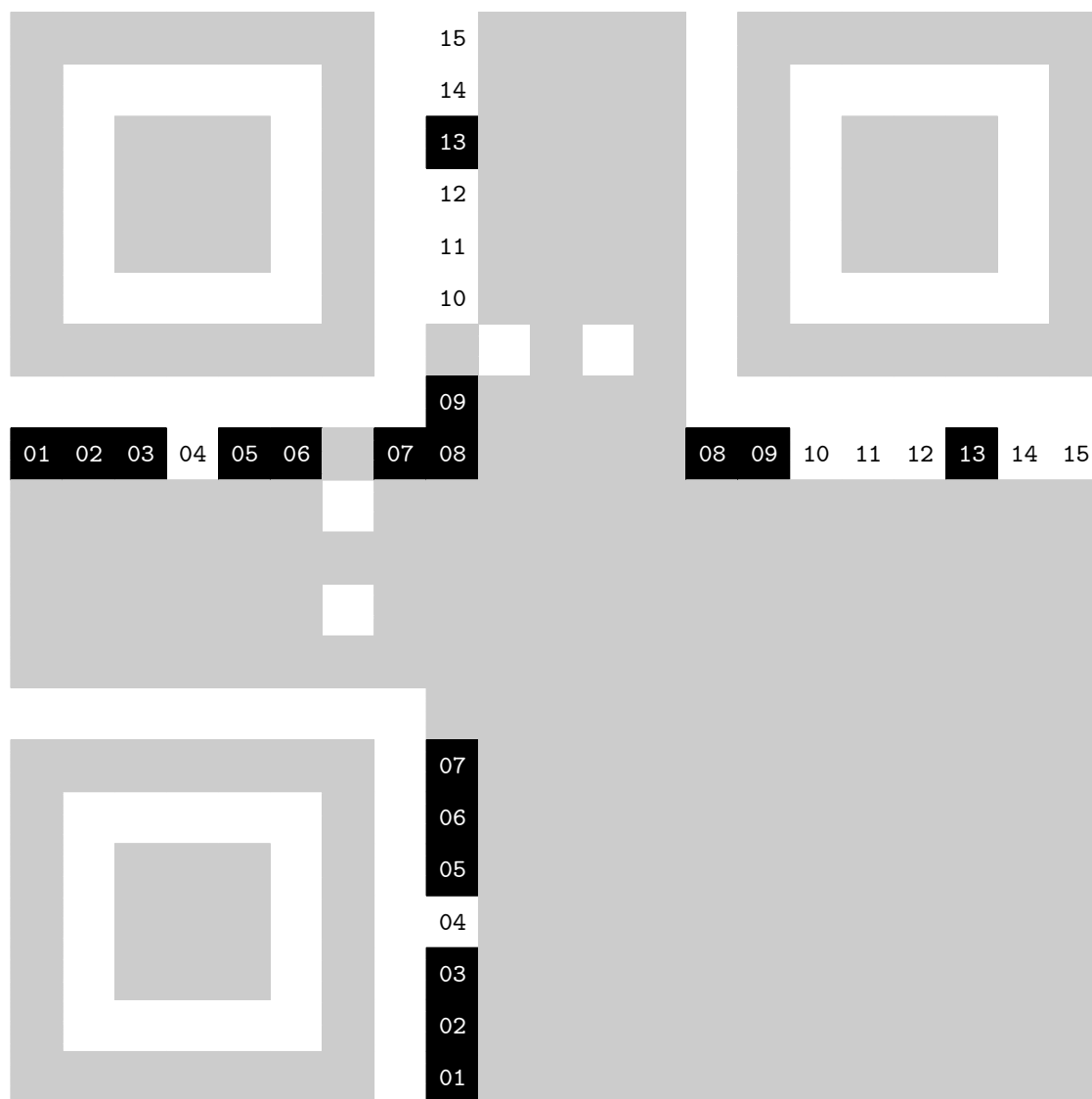


図 3.5: 形式情報の配置

完成!!! (2-2) で得たデータおよび誤り訂正コード語にマスク処理を施したもの、および、(3-5) の形式情報、タイミングパターン、位置検出パターンを1つにまとめれば、図 3.6 のような QR コードが完成します。

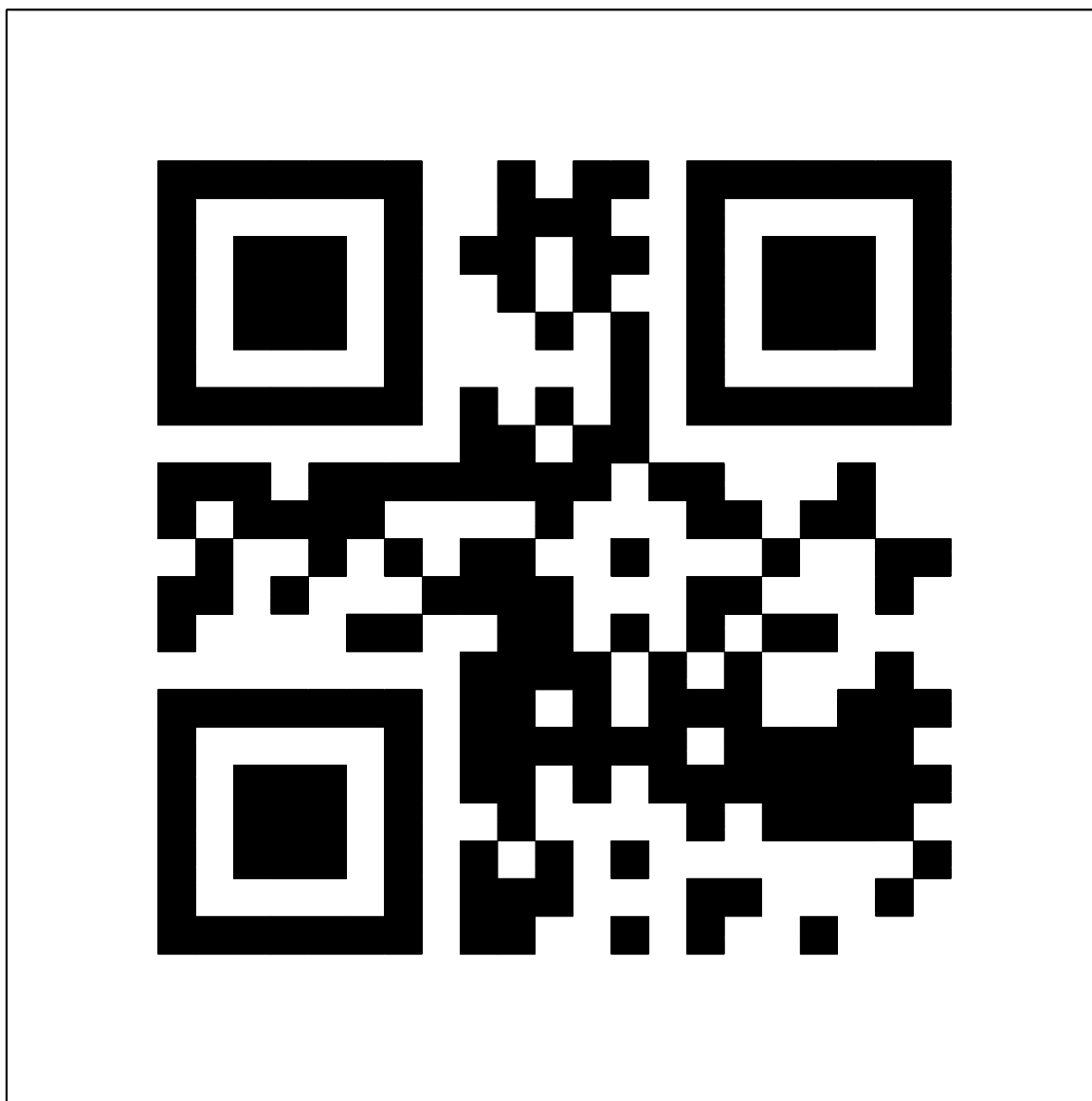


図 3.6: 完成した QR コード

如何だったでしょうか。本テキストを通して、数学を身近に感じていただければ幸いに思います。