

2 次元シンボル

2 次元シンボル

1 章 QR コード

1-1 QR コードの開発の背景

QR コードの開発背景を、1 次元/2 シンボルの歴史から簡単に紹介する。コンピュータの自動入力を簡単にする為に、1950 年に IBM 社が数字 13 桁の UPC コードを開発した。現在では、このシンボルは POS システムで幅広く利用されている。時代が進むにつれて、情報量の増加要求に伴い 30 桁程度の英数字が扱えるコード 39 が開発された。1980 年代前半になると、100 桁程度扱えるマルチローシンボル体系（多段 1 次元シンボル）のコード 16K、コード 49 が開発された。そして、近年の高度情報化時代で更なる情報量の増加、漢字表現ができるコードの要求が高まった。この要求を実現するには、高密度印字が必要となり、マルチローシンボル体系の限界を越えるようになってきた。そこで情報量が約 7000 桁で、漢字も効率的に扱える QR コードが 1994 年に開発された。

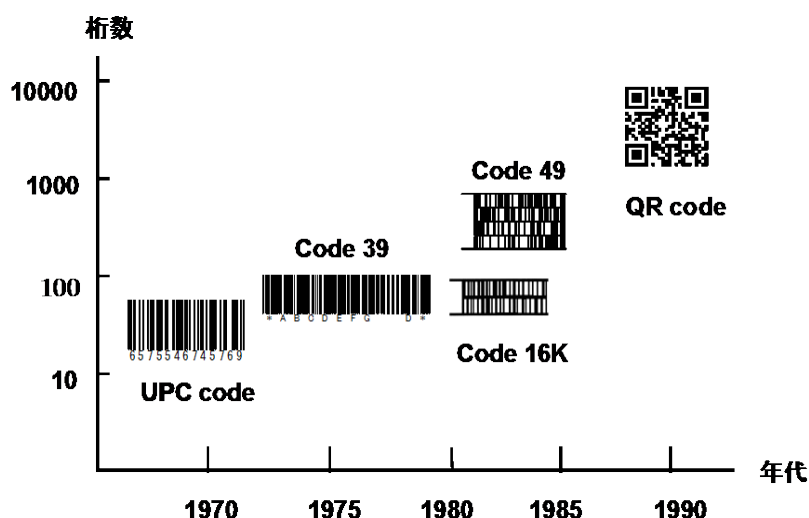


図 1-1 QR コード開発の歴史

大容量、高密度を実現するシンボルを技術面から見みると、図 1-2 のような流れにある。1 次元シンボルから始まり、1 次元シンボルを多段に配置した多段 1 次元シンボル、多段 1 次元シンボルを拡張したマルチローシンボル体系、データをマトリックス状に配置したマトリックスシンボル体系と進化してきた。マトリックスシンボル体系の印字効率が一番優れており、これからの主力シンボルとして期待されている。

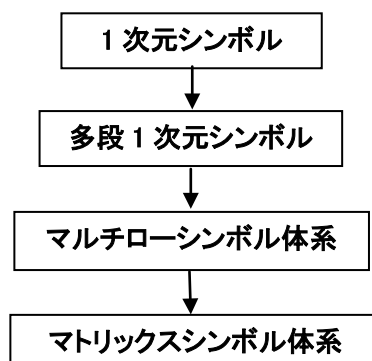


図 1-2 シンボル開発の歴史

QR コードは、この大容量、高密度を追求したマトリックスシンボル体系である。一般的に 2 次元シンボルは、バーコードに比べ扱うデータが非常に多い（約 100 倍）為に処理時間が掛かり、

処理内容も複雑化している。そこで、通常のマトリックスシンボル体系の特長に加えて、弱点だった読取り性能を追求して読取り易さを実現し、またアジア圏の漢字を効率よく扱えるように工夫したのが QR コードである。

1-2 QR コードの構造

QR コードはマトリックスシンボル体系の 2 次元シンボルであり、正方形に配置されたセルから構成される。そして、読取りを支援するための機能パターンとデータを格納するデータ領域から構成されている。QR コードには、切出しシンボル（ファインダパターン）、アライメントパターン、タイミングパターン、クワイエットゾーン（マージン）の機能パターンがある。

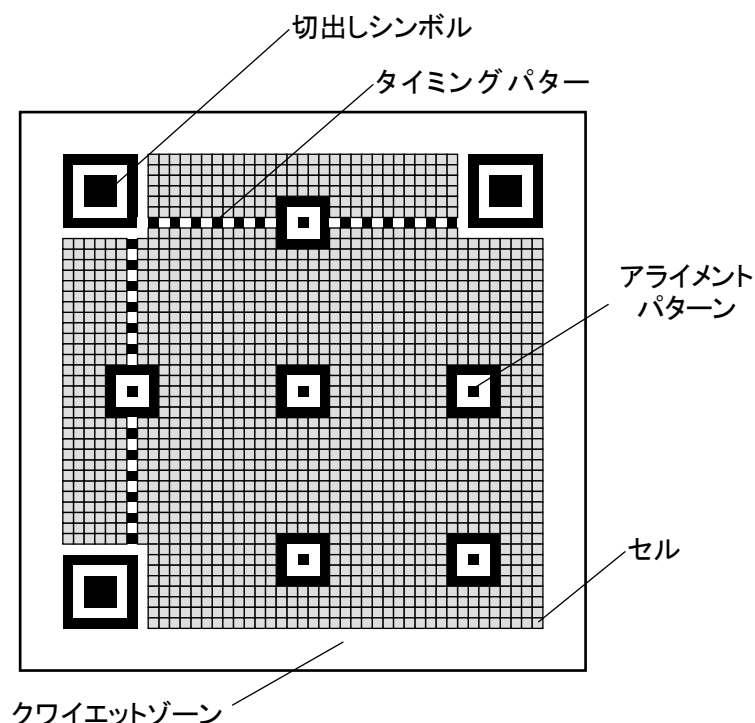


図 1-3 QR コードの構造

(a) 切出しシンボル（ファインダパターン）

シンボルの位置を検出するためのシンボルである。シンボルの 3 つの頂点に配置する事により、シンボルの位置、大きさ、傾きも検出できる。この切出しシンボルは、360° 全方向で検出可能な構造になっている。

(b) アライメントパターン

シンボルの歪みを補正するためのパターンである。特に非線形歪みを補正するのに効果を発揮する。アライメントパターンの中心座標を求めて、シンボル歪みを補正する。このため、アライメントパターンに黒の孤立セルを配置し、中心座標を検出しやすい構造になっている。

(c) タイミングパターン

各セルの中心座標を求めるパターンで、白、黒のパターンが交互に配置されている。シンボルが歪んだり、セルピッチに誤差が生じたりしている場合、データセルの中心座標を補正するために用いる。縦方向と横方向の 2 方向に配置されている。

(d) クワイエットゾーン

実際のシンボルの読取りにあたって必要とされる余白スペースである。このクワイエットゾーンにより、シンボルの境界が検出しやすくなる。QR コードの場合は、4 セル以上必要とする。

(e) データ領域

データはこの領域に格納される。図 1-3 のグレイ部分がデータ領域である。データは、決められた規則に基づいて「0」と「1」の 2 進数に符号化し、白/黒セルに変換してデータ領域に配置する。データ領域には、入力データと誤り訂正機能を実現するリードソロモン符号が配置されている。

1-3 QR コードの仕様

QR コードの仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1 QR コードの仕様

項目	内容	
コードの大きさ	最小 21×21 セル～最大 177 セル×177 セル (4 セル間隔)	
情報の種類 および情報量	数字	最大 7089 文字
	英字、記号	最大 4296 文字
	バイナリ (8bit)	最大 2953 文字
	漢字	最大 1817 文字
データ変換効率	数字モード	3.3 ビット (セル) / 文字
	英数記号モード	5.5 ビット (セル) / 文字
	バイナリモード	8 ビット (セル) / 文字
	漢字モード	13 ビット (セル) / 文字
誤り訂正機能	レベル L	シンボル面積の最大約 7%を復元
	レベル M	シンボル面積の最大約 15%を復元
	レベル Q	シンボル面積の最大約 25%を復元
	レベル H	シンボル面積の最大約 30%を復元
連結機能	最大 16 シンボルまで分割可能	

(a) シンボルの大きさ

QR コードは、色々な用途に使えるようにするために、データ量や読取り方法などに対応して、セルサイズを自由に選べるようになっている。コードの大きさは 21×21 セル、25×25 セル、29×29 セル、……と縦横に 4 セルずつ増えていき、最大 177×177 セルまで 40 種類（型番情報）用意されている。例えば 45×45 セルの場合、1 セルの大きさが 0.25mm の正方形とすると、コードの 1 辺は、 $45 \times 0.25\text{mm} = 11.25\text{mm}$ となる。これにクワイエットゾーンが最小 4 セル（モジュール）必要となり両側に加わるので、実際に必要とされるスペースは、 $(4+45+4) \times 0.25\text{mm} = 13.25\text{mm}$ の正方形となる。

(b) 情報の種類及び情報量

QR コードでは、数字、英字、記号、漢字、ひらがな、カタカナ、制御コード、イメージなど、あらゆるデータを扱う事ができる。これらのデータを混在させる事も可能である。扱える情報量の最大容量は表 1-1 の通りである。

(c) データ変換効率

QR コードでは、入力データを符号化するために、数字、英数記号、バイナリ、漢字の 4 種類の変換モードがある。各モードは、データ変換効率を良くする工夫がされている。各モードの 1 文字当りに必要なセル数は表 1-1 の通りである。

(d) 誤り訂正機能

QR コードは、データを復元する誤り訂正機能を持っている。使用環境に応じて使い分けできるように、復元能力を 4 レベル用意している。それぞれの復元能力は表 1-1 の通りである。

1-4 QR コードの特徴

QR コードは、2 次元シンボル本来の特徴である大容量データ（数字で最大 7089 文字）・高密度記録（1 次元シンボルの約 100 倍）の他に、読取り性能や機能の面でも以下の優れた特長がある。この点からも、QR コードは読取り性能を追求した 2 次元シンボルと言える。

(a) 360° 全方向・高速読取り

通常、マトリックスシンボル体系の読取りは CCD カメラ（エリアセンサ）を用いて行う。CCD カメラによって取り込まれた各走査線の画像データをいったんメモリ上に展開した上で、ソフトウェアで詳細に解析し、切出しシンボル等の判別を行い、シンボルの位置・大きさ・傾き等を検出しデコードを行うというプロセスになる。従来の 2 次元シンボルは、シンボルの位置・傾き・大きさの検出に時間がかかり、1 次元シンボルに比べ読取りフィーリングの面で劣るという問題があった。QR コードは、シンボルの 3 コーナにシンボル位置を知らせる切出しシンボルを配置して 360° 全方向高速読取りを可能にしている。切出しシンボルは、360° どの方向からでも切出しシンボルの中心を通る走査線の白黒比が 1 : 1 : 3 : 1 : 1 になっている。この独特の比率を検出することにより、画像の中から切出しシンボルを素早く検出でき、QR コード位置も素早く確定で

きる。また、3つの切出しシンボルの位置関係から、コードの大きさ(L)、傾き(θ)、コード外形もたやすく検出できる。切出しシンボルをシンボルの3コーナーに配置することにより、QRコードの読取り速度を他の2次元シンボルに比べ約20倍速くすることができる。また切出しシンボルの検出は、ハードウェア化が容易にでき、さらに高速化が可能である。

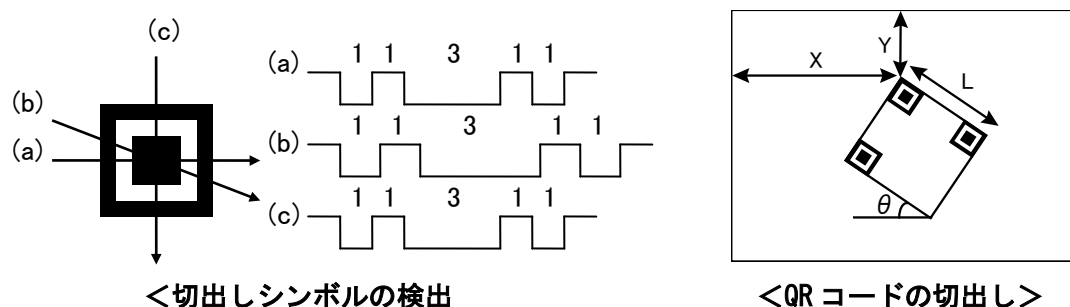


図 1-4 360° 全方向・高速読取り

(b) シンボルのひずみに強い

シンボルが曲面に貼られたりした場合や、リーダの仰角・傾角（エリアセンサ面とシンボル面がなす角度）などでシンボルが歪む。この歪みを補正する為に、QRコードではシンボル内に一定間隔でアライメントパターンを配置している。シンボルの外形から推定したアライメントパターンの中心位置に対し、実際のアライメントパターンの中心位置誤差を求め、この誤差に応じてマッピング（各セルの中心位置を求める）を補正する。これにより、線形・非線形歪みのあるコードでも性能良くデータを読取ることができる。



図 1-5 ひずみ補正

(c) 汚れ・破損に強い

QRコードは、4段階（シンボル面積当たり7%・15%・25%・30%）の誤り訂正レベルを有している。誤り訂正機能は、汚れ・破損などのバースト誤りに強いリードソロモン符号を採用し、QRコードのデータ領域に配置することで行っている。この誤り訂正機能により、誤り訂正レベルまでの汚れ・破損があっても正しく読取ることが可能である。誤り訂正レベルはユーザがシンボルを作成する時に任意に選択できるので、シンボルの使用環境によって、汚れる可能性が高い場合は最も高い30%を選択する等の使い分けが可能である。

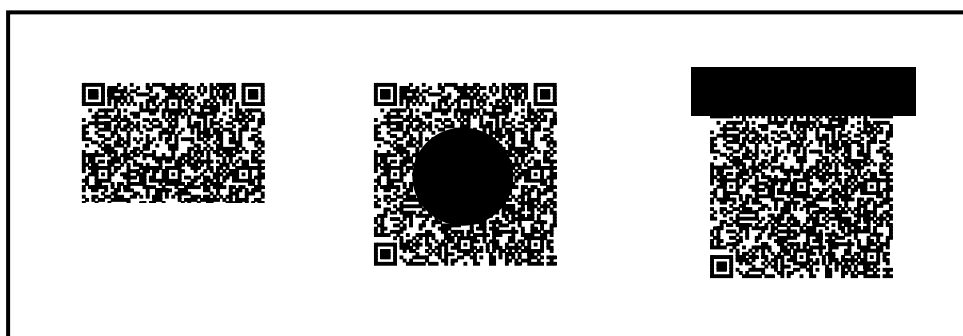


図 1-6 シンボルの汚れ

(d) 漢字・カタカナを効率よく表現

QRコードは日本国内で使用されることを念頭に置き、あらかじめシンボルの規格に JIS 第一・第二水準の「漢字・かな」をキャラクターセットとして定義している。また、一般的な 2 次元シンボルで日本語表現を行う場合、バイナリ対応となる為、1 文字 16 ビット (2 バイト) を用いた表現になるが、QRコードは日本語を 1 文字 13 ビットで表現するようにしている為、日本語表現を他の 2 次元シンボルに比べて、20%以上効率よく行うことが可能である。換言すれば、同一データ量であれば、より小さな面積にシンボルを表現することが可能であるということになり、この意味でも日本語表現に最適な 2 次元シンボルである。また、日本以外の漢字圏国 (中国、韓国、台湾) の言語にも対応が可能である。

(e) 連結機能

QRコードは連結機能がある。連結機能とは、1 つのコードを複数に分割して表現することである。最大 16 個まで分割することが可能である。1 つの QRコードを分割すると、シンボルの中には、分割数と何番目のシンボルかを示すインジケータが入っている。従って、リーダーでどのような順番でシンボルを読んでも、データを編集して結果を出力することができるので、1 つのコードを読んだときと同じ結果になる。これにより、細長い印字スペースしか無く印字できなかった場合でも、連結機能により運用が可能になる。

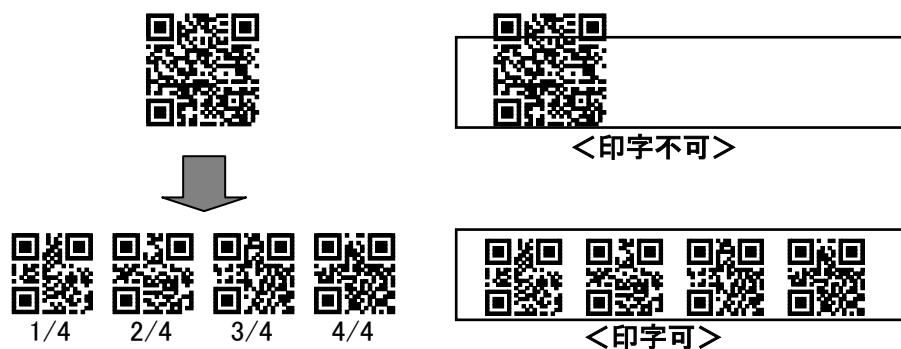


図 1-7 連結機能

(f) マスキング処理

QRコードを特殊なパターンでマスク処理をすることにより、切出しシンボルがシンボル内に現れることがない。また、白黒のセルをバランスよく配置できるようにマスキングパターンが工夫されており、読み取りやすいシンボルになっている。データ領域に切出しシンボルの 1:1:3:1:1 の固有パターンが数多く存在すると読み取り時間が増加する。また、読み取りの 2 値化処理を正確に行うには、白セルや黒セルが偏ることなく、バランス良く配置されていることが重要である。

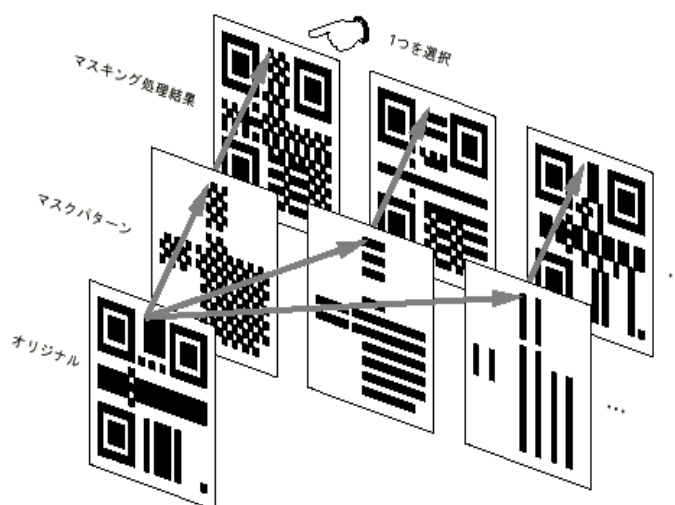


図 1-8 マスキングパターン

そこで、データを符号化しデータ領域に配置し、各セルについてあらかじめ用意したマスクパターン（テンプレート）の各セルとの間で EX-OR 演算を行う。演算を行った結果のデータ領域に対して固有パターンの存在数、白・黒セルのバランス評価を行う。マスクパターンは 8 種類用意されており、それぞれのマスクパターンについて評価を行い、その中で評価がもっとも高かったマスクパターンとの EX-OR 演算結果を採用する。具体的なイメージを図 1-8 に示す。

(g) ダイレクトマーキング

QR コードでは、レーザマーカでダイレクトマーキングされたシンボルでも、優れた読取り性能を発揮する。レーザマーキングでは、図 1-9 のようにセル形状が正方形でなく円形でも、また下地の色や光の当り具合で白／黒セルが反転しても安定した読取りができる。さらに、ガラスなどの透明なものにマーキングされたシンボルを裏面から読取ることも、シンボルのデータ構造の特徴から容易にできる。



図 1-9 ダイレクトマーキング

1-5 QR コードの標準化

2 次元シンボルが普及するには、利用者が安心して使えるようにインフラ整備をしなければならない。その中で 1 番重要なのは、シンボルの標準化である。QR コードも積極的に国際標準化に取り組んできた。その結果、1997 年 10 月に自動認識業界の国際的な規格である AIM（自動認識工業会）国際規格として制定された。その後、日本の基幹産業でもある自動車業界において、EDI 標準帳票の標準 2 次元シンボルに採用された。国内規格である JIS 規格、さらに国際規格である ISO 規格として制定の要望が高まり、1999 年 1 月に JIS 規格として制定され、2000 年 6 月には ISO 規格として制定された。また、漢字を効率良く扱えることから、2000 年 12 月に中国国家規格、2002 年 6 月に韓国国家規格として制定された。

1-6 QR コードの応用事例

QR コードは紹介した特長を活かし、また 1999 年に JIS 規格、2000 年に ISO 規格を取得したことにより様々なアプリケーションで実用化されている。QR コードを用いた活用事例の一部を紹介する。QR コードは、今後の更なる情報化社会の進展に伴う高度な情報処理システム実現の一端を担うことができると期待されている。

(a) 省スペース



コンタクトレンズの POS 管理



単庫本の棚卸

(b) 高速移動読取り



馬券の発券/換金処理（リサイクル可能により磁気カードから変更）

(c) 大容量印字



百貨店の納品書

(d) 追跡管理



商品のトラッキング

2 章 マイクロ QR コード

2-1 開発の背景

近年、レーザマーキング等の発達により、電子部品、プリント基板、自動車部品などにシンボルをダイレクトマーキングして生産管理やトレーサビリティを行う要求が高まっている。レーザによるダイレクトマーキングは、高精度で微細なマーキングができることから、小物への印字も可能である。また従来のラベルを貼るのに比べてコストが掛からず、製造工程の熱処理や洗浄処理を施してもシンボルが消えないなど、半永久保存が可能である。2 次元シンボルの登場とレーザマーカの性能向上により、ダイレクトマーキングが急速に発展している。これにより、省スペースで、数字 10 桁ぐらいの極小シンボルの必要性が出てきた。また化粧品、医薬品、医療材料、文具、貴金属等の小物商品では、1 次元シンボルをマーキングする場所がないことや、マーキングすると美観を損なうという意見があるなど、1 次元シンボルによる検品システムや POS システムの導入が困難であった。2 次元シンボルは、これらの問題を一気に解決してくれると期待され

た。そこで、少量データを扱うシンボルで、データ効率を優先したマイクロ QR コードが開発された。図 2-1 に 1 次元シンボル、QR コード、マイクロ QR コードのデータ量とシンボルサイズの関係を示す。

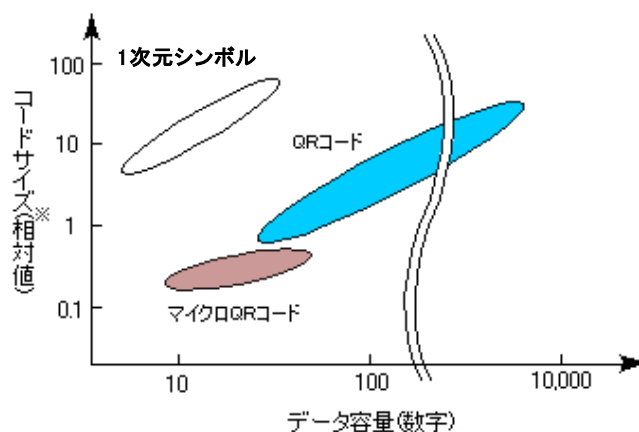


図 2-1 シンボル比較

2-2 マイクロ QR コードの構造

マイクロ QR コードは、オリジナルの QR コードのデータ効率を改良した 2 次元シンボルである。読取りを支援するための機能パターンを必要最小限にし、データ効率を向上させている。マイクロ QR コードには、切出しシンボル（ファインダパターン）、タイミングパターン、クワイエットゾーンの各機能パターンがある。マイクロ QR のシンボル例を図 2-2 に示す。

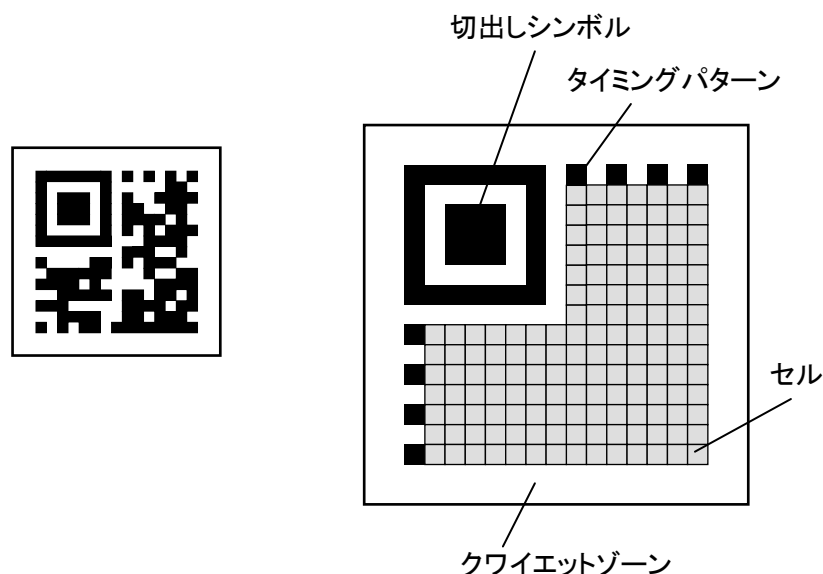


図 2-2 マイクロ QR コードの構造

(a) 切出しシンボル（ファインダパターン）

マイクロ QR コードの位置を検出するためのシンボルである。QR コードでは 3 つの頂点に配置しているが、マイクロ QR コードは 1 つの頂点だけに配置しデータ領域を増やしている。1 つの頂点だけに切出しシンボルを配置しても、コードの位置、傾きも検出できる。

(b) タイミングパターン

各セルの中心座標を求めるパターンで、白、黒のパターンが交互に配置されている。シンボルが歪んだり、セルピッチに誤差が生じたりしている場合、データセルの中心座標を補正するために用いる。切出しシンボルを挟むシンボルの 2 辺に配置されており、縦方向、横方向の補正がしやすい構造になっている。

(c) クワイエットゾーン

実際のコード読取りにあたって必要とされる余白スペースである。このクワイエットゾーンに

より、シンボルの境界が検出しやすくなる。マイクロ QR コードの場合は、2 セル以上のクワイエットゾーンが必要である。

(c) データ領域

図 2-2 のグレイ部分がデータ領域である。データは、決められた規則に基づいて「0」と「1」の 2 進数に符号化し、白/黒セルに変換してシンボルに配置する。データ領域には、QR コード同様に入力データと誤り訂正機能を実現するリードソロモン符号が配置されている。

2-1 マイクロ QR コードの特徴

マイクロ QR コードは、印字面積が小さく大量のデータを必要としないアプリケーションを対象に QR コードよりシンボルサイズが小さく設計されている。それ以外のデータキャラクタのエンコード方法、誤り訂正方法など、多くのシンボルの特徴は QR コードと同一である。

(a) 省スペース

読取りに必要な最小限の機能セル（切出しシンボル 1 個と 2 辺のタイミングセル）、およびクワイエットゾーンを 2 セルにする事より、シンボルの省スペースを可能にしている。数字 10 桁で、シンボル面積は QR コードの約 25% である。

(b) 誤り訂正機能

マイクロ QR コードは、QR コード同様にリードソロモン符号により、3 段階（コード面積当たり 7%・15%・25%）の誤り訂正レベルが用意されている。使用環境に応じてユーザが選択できるようになっている。

(c) マスキング処理

QR コードのところで説明したように、マイクロ QR でもマスキング処理を行っている。マイクロ QR は、切出しシンボルが 1 個しかない為にタイミングセルの無い 2 辺（図 2-3 の灰色部分）のシンボル境界が区別しにくい。そこで、マスキング処理の目的は、タイミングセルの無い 2 辺の部分になるべく黒セルが多く配置されるマスクパターンを採用して、シンボルの境界を区別し易くすることである。

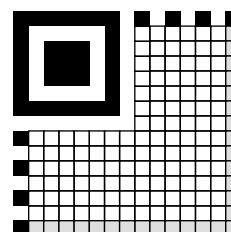


図 2-3 マスキング処理

2-3 マイクロ QR コードの仕様

マイクロ QR コードの概略仕様は表 2-1 の通りである。

表 2-1 マイクロ QR コードの仕様

項目	内容	
コードの大きさ	11×11 セル、13×13 セル、 15×15 セル、17×17 セル （クワイエットゾーン 2 セル）	
情報の種類および 情報量	数字	最大 35 文字
	英字、記号	最大 21 文字
	バイナリ	最大 15 文字
	漢字	最大 9 文字
誤り訂正機能	レベル L	シンボル面積の最大約 7%を復元
	レベル M	シンボル面積の最大約 15%を復元
	レベル Q	シンボル面積の最大約 25%を復元

参考： 2次元シンボルの基礎

1. データ圧縮

2次元シンボルではデータを格納する前にデータ圧縮を行う。シンボル体系によって圧縮方式が異なるが、一般に n 進数を m 進数に変換することによって圧縮する可逆圧縮方式である。

$n < m$ 、可逆圧縮：圧縮前の内容と伸張後の内容が同一

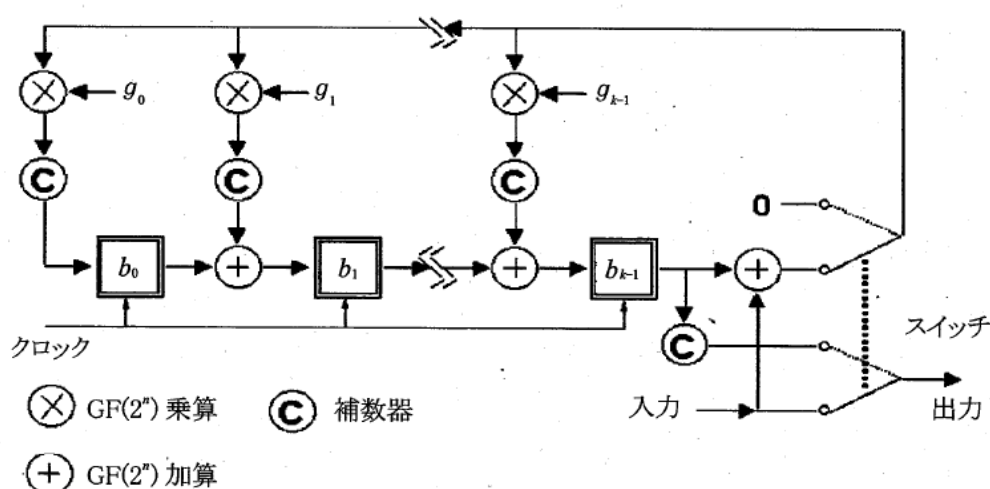
2. 誤り検出および自動誤り訂正

誤り訂正コード語の生成は図に示す除算回路で生成するのが一般的である。

(a) 最初にシフトレジスタ $b_0 \sim b_k$ をゼロに初期化する。

(b) スイッチが下向き状態でデータおよびクロックをシフトレジスタの個数分入力する。

(c) スイッチを上向きにしてシフトレジスタの個数分のクロックを与える。この時、出力されるデータが誤り訂正用のコード語である。



リーダで読むときに読めないコード語または誤って読んだコード語があると、誤り訂正用のデータ領域からデータを引き出し、読取りデータを補完して正しいデータにする。この時、既知の箇所で欠けているか、または復号不能なコード語を「消失誤り」(QRコードのJISでは棄却誤り)と言う。不明の箇所で誤って復号されたコード語を「代入誤り」と言う。

3. 拡張チャネル解釈

2次元シンボルはISO/IEC646のキャラクタ以外も扱うことができる。ISO/IEC10646(ユニコード)で規定される言語は全て扱うことができる。言語を扱うには、拡張チャネル解釈(ECI: Extended Channel Interpretation)を用いる。QRコードのJISの規定での拡張チャネル解釈は「いくつかのシンボル仕様で、規定の文字集合の解釈とは異なるデータ列の出力を可能にするために用いられる規約」と定義されている。

3章 データマトリクス

3-1 概要

データマトリクスは 1987 年 ID マトリクス社によって開発されたマトリクスシンボル体系の 2 次元シンボルである。現在、データマトリクスといえば ECC200 であるが、古くは ECC000 から ECC140 までのバージョンがある。

3-2 データマトリクスと誤り訂正機能

データマトリクス ECC000-140 の誤り訂正機能はコンボリ्यूション（畳み込み）方式で、ECC000, ECC050, ECC080, ECC100, ECC140 の 5 種類のエラー訂正レベルがあり、それぞれのデータ量と訂正レベルが異なっている。表 3-1 に各モードの情報量と誤り訂正率を示す。

表 3-1 各モードの情報量と誤り訂正率

モード	最小サイズ	最小情報量	最大サイズ	最大情報量	誤り訂正率
ECC000	9×9	2 英数字, 3 数字	49×49	413 英数字	0%
ECC050	11×11	1 英数字, 1 数字	49×49	305 英数字	2.8%
ECC080	13×13	3 英数字, 4 数字	49×49	268 英数字	5.5%
ECC100	13×13	1 英数字, 1 数字	49×49	200 英数字	12.6%
ECC140	17×17	1 英数字, 2 数字	49×49	96 英数字	25%

3-3 データマトリクス ECC200 の仕様

ECC000-ECC140 に対し、1995 年に ID マトリクス社がデータのさらなる大容量化と読取り能力を向上させた ECC200 を開発した。

表 3-2 データマトリクス ECC200 のデータ量

最小サイズ	最小情報量	最大サイズ	最大情報量
10×10	6 数字	144×144	3116 数字
	3 英数字		2335 英数字
	1 バイト (8bit)		1556 バイト (8bit)

ECC200 の誤り訂正方式はリードソロモンであり、訂正率はシンボルサイズにより異なる。「消失誤り」に対する誤り訂正率は 27.1% から 38.9%、「代入誤り」に対する誤り訂正率は 14.2% から 25% である。シンボルが小さくなると訂正率が高くなる。また、データマトリクス ECC200 はシンボルサイズにより訂正率が自動的に決定されるため、ユーザが訂正率を決定することはできない。

3-4 データマトリクス ECC200 の特徴

(a) セル構成

データマトリクスのセル構成は最小 10×10、最大 144×144 であり、必ず偶数セル数で構成される。データ量が多く、シンボルが大型化した場合、歪を補正するために 1 ブロックは最大 24×24 セルとなっている。したがってセルサイズが 26×26 セルを超えときには、シンボルを分割する必要がある。

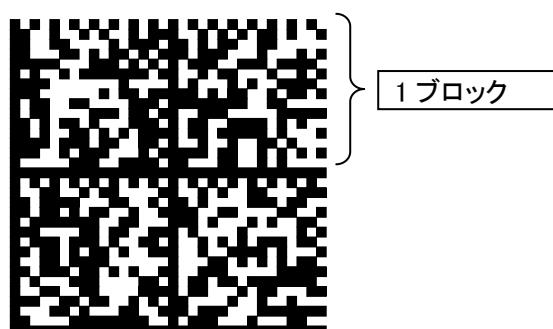


図 3-1 セル構成

(b) シンボルの形状

データマトリックス ECC200 には正方形と長方形の 2 種類の形状が存在する。長方形は幅が狭い部分にシンボルを印字する必要がある場合に有利である。



図 3-2 シンボル形状

(c) シンボルの明暗反転

ダイレクトマーキングによる印字のシンボルを画像化したときには、白黒が反転する場合がある。そのため、データマトリックス ECC200 では白黒反転画像についても規定されている。セル部分が黒のコードを dark on light、セル部分が白のコードを light on dark と呼び読取りが可能である。また、周辺のクワイエットゾーンに対し、印字部分を on cell、非印字部分を off cell という呼ぶ場合もある。

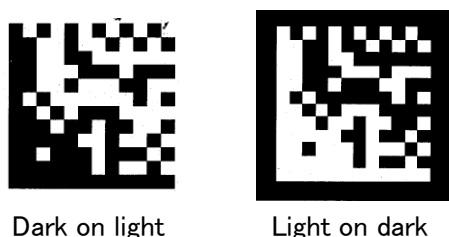


図 3-3 シンボルの白黒反転

3-5 ECC200 の構造

L 字型の直線アライメントパターンとその対辺のクロックに対応したアライメントパターンによって構成される。アライメントパターンの中がデータ領域である。アライメントパターンの外側のクワイエットゾーンは最小 1 セル分必要である。反転型コード Light on dark においても同様に外周に 1 セル分のクワイエットゾーンが必要である。

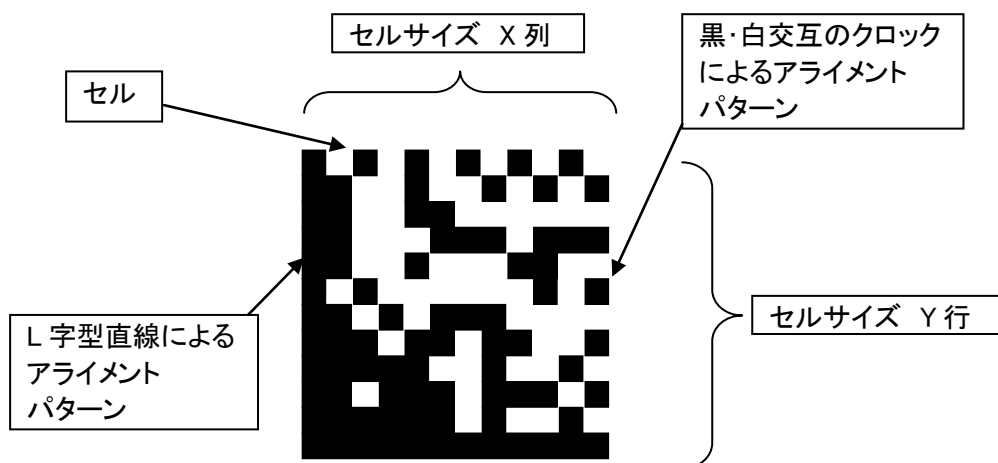


図 3-4 シンボル構造

3-5 ECC200 のシンボルサイズ

(a) 正方形

シンボルサイズ		データ領域		コードワード数		データ量			誤り訂正 冗長性%
行	列	サイズ	ブロック数	データ	誤り訂正	数字	英数字	バイト	
10	10	8×8	1	3	5	6	3	1	62.5
12	12	10×10	1	5	7	10	6	3	58.3
14	14	12×12	1	8	10	16	10	6	55.6
16	16	14×14	1	12	12	24	16	10	50.0
18	18	16×16	1	18	14	36	25	16	43.8
20	20	18×18	1	22	18	44	31	20	45.0
22	22	20×20	1	30	20	60	43	28	40.0
24	24	22×22	1	36	24	72	52	34	40.0
26	26	24×24	1	44	28	88	64	42	38.9
32	32	14×14	4	62	36	124	91	60	36.7
36	36	16×16	4	86	42	172	127	84	32.8
40	40	18×18	4	114	48	228	169	112	29.6
44	44	20×20	4	144	56	288	214	142	28.0
48	48	22×22	4	174	68	348	259	172	28.1
52	52	24×24	4	204	84	408	304	202	29.2
64	64	14×14	16	280	112	560	418	278	28.6
72	72	16×16	16	368	144	736	550	366	28.1
80	80	18×18	16	456	192	912	682	454	29.6
88	88	20×20	16	576	224	1152	862	574	28.0
96	96	22×22	16	696	272	1392	1042	694	28.1
104	104	24×24	16	816	336	1632	1222	814	29.2
120	120	18×18	36	1050	408	2100	1573	1048	28.0
132	132	20×20	36	1304	496	2608	1954	1302	27.6
144	144	22×22	36	1558	620	3116	2335	1556	28.5

(b) 長方形

シンボルサイズ		データ領域		コードワード数		データ量			誤り訂正 冗長性%
行	列	サイズ	ブロック数	データ	誤り訂正	数字	英数字	バイト	
8	18	6×16	1	5	7	10	6	3	58.3
8	32	6×14	2	10	11	20	13	8	52.4
12	26	10×24	1	16	14	32	22	14	46.7
12	36	10×16	2	22	18	44	31	20	45.0
16	36	14×16	2	32	24	64	46	30	42.9
16	48	14×22	2	49	28	98	72	47	36.4

3-6 印字品質

データマトリックスの印字品質には次のようなガイドラインが設定されている。

- ① シンボルコントラスト (Symbol Contrast) : SC
- ② シンボルの縦横比 (Axial No uniformity) : AN
- ③ セルの拡大、縮小 (Print Growth) : PG
- ④ エラー訂正不使用度 (Unused Error Correction) : UEC
- ⑤ 総合的シンボル等級 (Overall Grade) : OG

各々の項目ごとに評価し、最も低いグレードをそのシンボルのグレードとしている。グレードFは不合格である。自動読取りにはグレードAを推奨している。

(a) シンボルのコントラスト

シンボルの白いセルと黒のセルのコントラストを測定する。

グレード	内容
A	コントラスト 70%以上
B	コントラスト 55%以上
C	コントラスト 40%以上
D	コントラスト 20%以上
F	コントラスト 20%以下

(b) シンボルの縦横比

水平軸上の隣接したセル中心間の平均距離と、垂直軸上の隣接したセル中心間の平均距離の差を測定する。AN の値が大きい時、正方形であるデータマトリックスのシンボルが長方形に見える現象が生じてしまう事を評価する。

グレード	内容
A	$AN \leq 0.06$
B	$AN \leq 0.08$
C	$AN \leq 0.10$
D	$AN \leq 0.12$
F	$AN > 0.12$

(c) セルの拡大・縮小

セルの拡大、縮小の量を評価する。理想的には白いセルと黒いセルは同じサイズであるから、シンボルのサイズとセル構成からセルの大きさを決定する。それを、公称セルサイズ (Nominal Cell Size) という。公称セルサイズに対して拡大している場合は正 (+) の値を与え、縮小している場合には負 (-) の値を与える。外周 2 辺のタイミングクロックに沿って測定、評価する。

グレード	内容
A	$D \leq \pm 0.50$
B	$D \leq \pm 0.70$
C	$D \leq \pm 0.85$
D	$D \leq \pm 1.00$
F	$D > \pm 1.0$

(d) エラー訂正の不使用度

シンボルがどのくらい誤り訂正を使用しているかを表す。誤り訂正が使用されるほど UEC の値は小さくなり、印字品質が低い事を示す。

グレード	内容
A	$UEC \geq 0.62$
B	$UEC \geq 0.50$
C	$UEC \geq 0.37$
D	$UEC \geq 0.25$
F	$UEC < 0.25$

4章 PDF417

4-1 概要

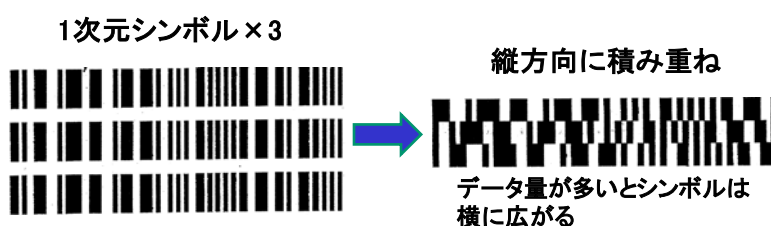
(a) 2次元シンボルの種類

2次元シンボルと呼ばれているものには、その形式から大きく2種類に分けられる。PDF417は代表的なマルチローシンボル体系の2次元シンボルである。



マルチローシンボル体系とは、既に一般に知られている1次元シンボルを縦方向に数段重ねたものと考えられる。

(b) マルチローシンボルの考え方



(c) コードワード

PDF417は、コードワードという単位で構成されている。

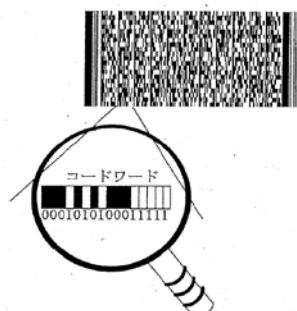


図4-1 コードワード

PDF417は、4バー、4スペースから構成される1次元シンボルを左右、上下にブロック塀のように積み重ねた2次元シンボルである。バーおよびスペースは単独または複数のモジュールから構成され、モジュールの総数は17である。大容量データを表すポータブル・データ・ファイルという意味から、その頭文字をとって「PDF417」と名づけられた。4バー、4スペースの17モジュールで「コードワード」は構成され、1コードワードは、0から928の値を持つことができる。

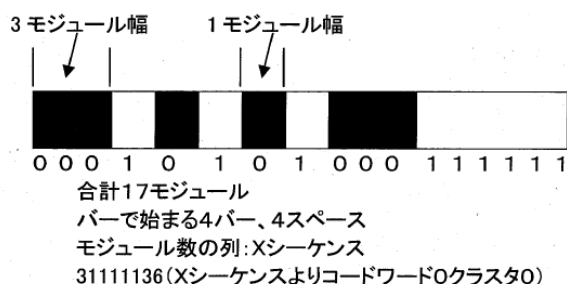


図4-2 コードワードの構造

(d) 情報量

バイト圧縮モードでは5コードワードで約6文字、テキスト圧縮モードでは1コードワードで約2字、数字圧縮モードでは1コードワードに約3文字のデータをエンコード（バーコード化）できる。つまり、このことから、最大情報量でいうと、英数字で1,850字、数字で2,725桁、バイナリで1,108バイトの情報を表すことができる。

表 4-1 PDF417 の各モードによる情報量の違い

各モード	1コードワード当りの表現可能文字数	最大情報量
バイト圧縮モード（バイナリ）	約6文字	1,108バイト
テキスト圧縮モード（英数字/ASCII）	約2文字	1,850文字
数字圧縮モード	約3文字	2,725文字

(e) 誤り訂正機能

PDF417 は、8 段階の誤り訂正能力を持ち、その最大レベルでは、データの半分が損失しても読取ることができる。

(f) 応用例

PDF417 よりも大容量・高密度の2次元シンボルは存在するが、低価格のレーザースキャナーで読取ることができることや、縦横のデザインの変更が容易であること、なによりも優れたエラー訂正機能を有することなどで、多方面で採用された。1994 年 AIMI の USS 規格に登録され、2000 年に ISO/IEC 規格になっている。国際標準物流ラベル規格 ISO15394 では、EDI データを表現する標準シンボルに採用されている。また出荷明細書、品質管理、生産支持、ID カード、免許証等に採用されている。また、米国では電子郵便切手としても使用されている。



図 4-3 冬季長野オリンピックの ID カード（1998 年）

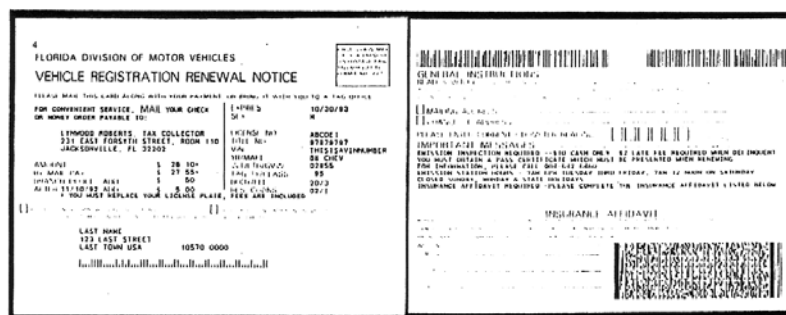


図 4-4 米国フロリダ・ニューヨークの自動車保有登録手続 ID カード

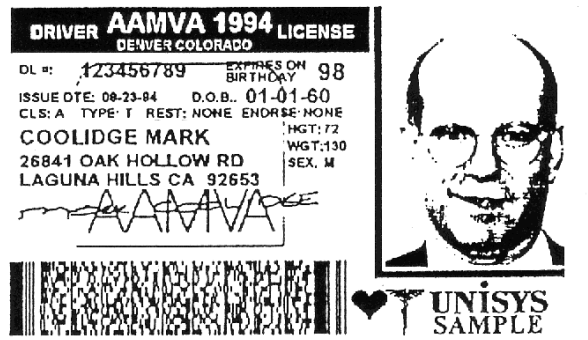


図 4-5 米国コロラド州のドライバーライセンス



図 4-6 米国の軍事基地で利用されている兵士の ID カード



図 4-7 米国ゼネラルモーターズ社で利用されている送り状

4-2 PDF417 の構造

(a) 各部の名称

PDF417 は、最左右にスタート・ストップコードがあり、次に左右のローインジケータコードワードがある。ローインジケータコードワードは、行の通し番号、各行の総数、各列の総数、誤り訂正レベルなどの情報を表している。それらに挟まれる形で中にデータ用のコードワード領域があるが、最初の行、最初のコードワードは、データ領域内のコードワードの総数を表しており、最後の行の最後尾からは、エラーの検出・修正用のコードワード領域がある。

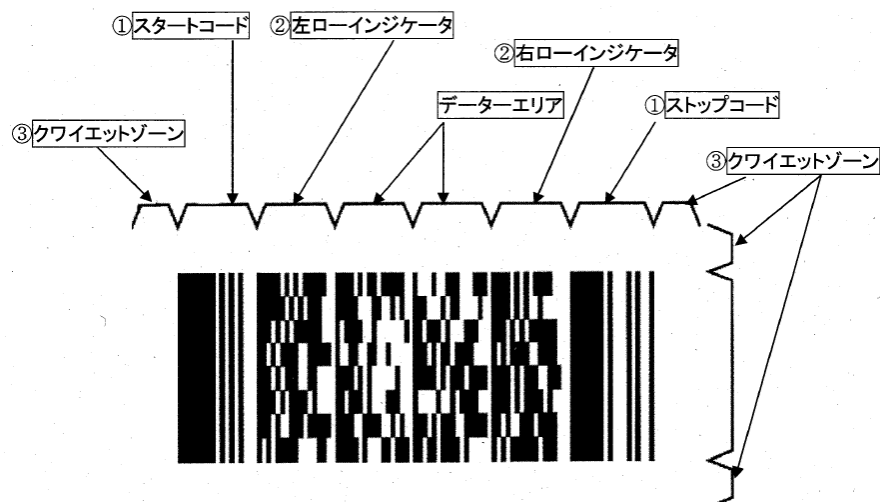


図 4-8 各部の名称

- ①左右にスタート・ストップコードがある。
- ②左右のローインジケータにより、行の通し番号、各行の総数、各列の総数、セキュリティレベルが認識可能。
- ③上下左右にクワイエットゾーンが必要。

コードワードの総数は最大 928 個であるが、データ用コードワードの他にモード変換のコードワードも必要となる為、おのずとデータに割り当てられるコードワード数は制限される。PDF417 は行・列は可変であるが、行の場合は 1 行～30 行（1 シンボルキャラクタ～30 シンボルキャラクタ）まで、列の場合は、3 列から 90 列までとなる。

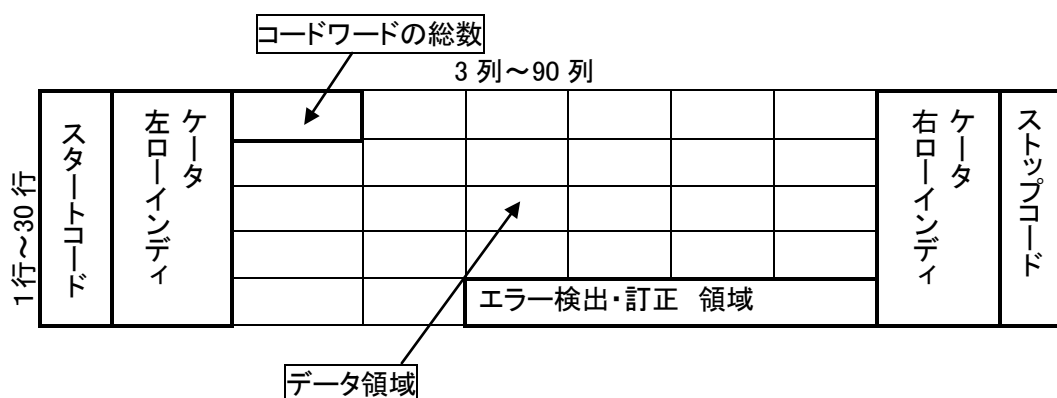


図 4-9 構造

(b) コードワード値への変換

PDF417 はテキスト圧縮モード、バイト圧縮モードおよび数字圧縮モードの 3 種類のほかに、ユーザが特定の目的で定義できるモードが用意されている。テキスト圧縮モードがデフォルトで、ユーザモードも含めたモード相互間のモード変換が特定のコードワードで行われる。

① テキスト圧縮モード

英数字と特殊文字（ASCII コードによる文字）が、英大文字、英小文字、数字と特殊文字一部のミックス、特殊文字の 4 種のサブモードに分類され、その間のシフト用コードも含めて 2 文字の 1 コードワードに收容される。すべての 2 文字の組み合わせが 0～899 のコードワード値で表される。

② バイト圧縮モード

8 ビットバイトで表現可能な 256 個（0～255）のキャラクタ。

③ 数字圧縮モード

日本語文字セットの場合、2 バイトですべての文字が標準化されているので、バイナリモードによって日本語テキストをコードワード値へ変換できる。しかし、ユーザが特定の業種用に

(c) **バーとスペースのパターンへの変換**

3 モジュール幅 1 モジュール幅

0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1

合計17モジュール
バーで始まる4バー、4スペース
モジュール数の列: Xシーケンス
31111136 (Xシーケンスよりコードワード0クラスタ0)

コードワード値0～928に対して、3種類のXシーケンスのテーブル(対応表)が設定されている。このXシーケンスのテーブルをクラスタと呼び、3種類に対して、0、3、6というクラスタ番号が付けられている。図 4-11 はクラスタ概念を現したものである。図 4-12 にXシーケンステーブルの省略形を示す。

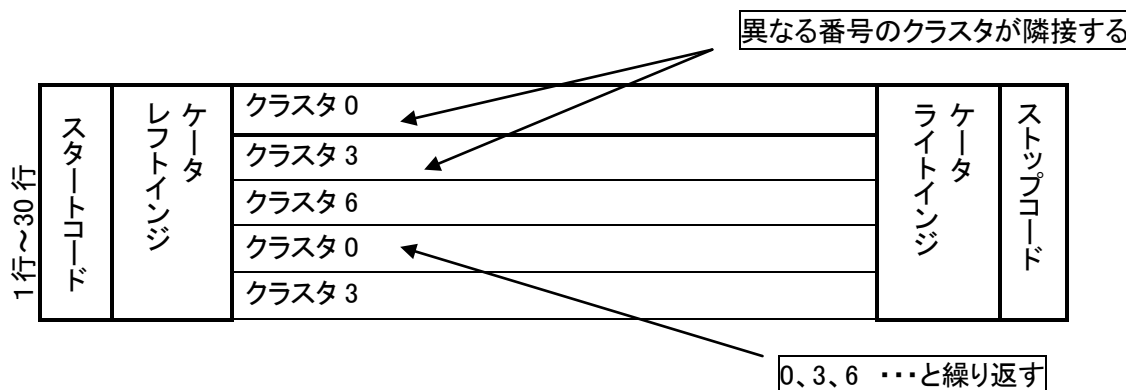


図 4-11 クラスタの概念

	コードワード値	X シーケンス クラスタ 0	X シーケンス クラスタ 3	X シーケンス クラスタ 6
データ コードワード 	0	31111136	51111125	21111155
	1	41111144	61111133	31111163
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	.	.	.	.
 モードシフト 等 	899	13323113	12512141	22612112
	900	14232212	11611124	23521211
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	928	21514112	12621221	33611111

図 4-12 Xシーケンステーブルの省略形

(d) 誤り訂正能力

PDF417 は、0 から 8 までの誤り訂正レベルを備えている。読取り出来なかった 1 個のコードワードを復元する為には、2 個の誤り訂正コードワードが必要となり、最大 512 個まで追加できる。

誤り訂正レベル	0	1	2	3	4	5	6	7	8
訂正コード語の総数	2	4	8	16	32	64	128	256	512

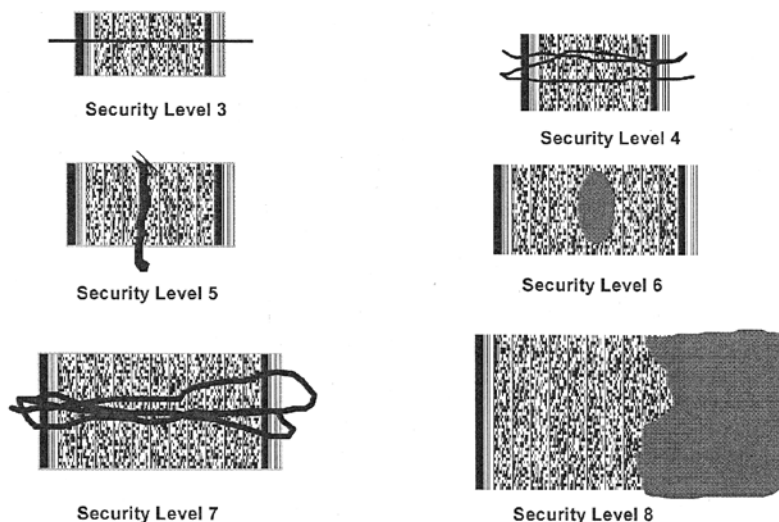


図 4-13 セキュリティレベルと読取り可能な汚れ

(e) 特殊な PDF417

① コンパクト（トランケート）PDF417

ラベルの損傷があまり起こらないような比較的良好な環境では、右ローインジケータを省略し、ストップコードを 1 モジュール幅で表現することで、簡易的な PDF417 を作ることができる。

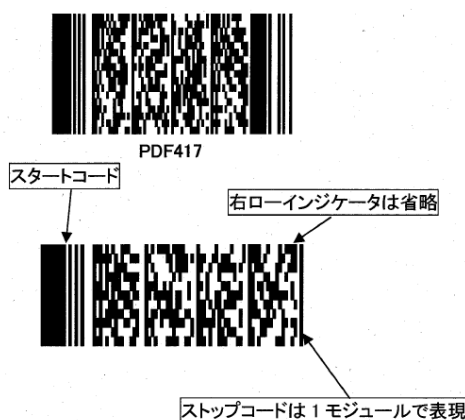


図 4-14 コンパクト PDF417

②マクロ PDF417

データがあまりにも大きくて 1 個の PDF417 では、表現できない場合がある。その場合には、マクロ PDF417 を使用し、シンボルを何個かに分けて表現することが可能である。マクロ PDF は、制御ブロック内の個別の制御情報を使うことで、複数シンボルの読取り順序に関係なくファイルを正しく再構築できる。



(a) 分割前のシンボル



(b) 2分割後のシンボル

図 4-15 マクロ PDF417

5章 マイクロ PDF417

5-1 概要

マイクロ PDF417 は、シンボルテクノロジー社が、1992 年に開発したマルチローシンボル体系の 2 次元シンボルである。GS1 合成シンボルに採用され、薬剤や医療材料等、UPC-E や EAN8 がマーキングできない製品や有効期限やロット番号等もコード化して小さくしたい場合に使用されている。



スペインでは、宝石など小さい物に使う値札やラベルに採用された。米国では、小さな基板上にロット番号をラベルで貼り付けて製品のアセンブリ単位での管理をする為に採用されている。

マイクロ PDF417 は PDF417 のスタート、ストップパターンを省いてサイズを小型化したシンボルでありエラー修正レベルが固定で、ユーザが設定することはできない。

5-2 シンボルの構成

シンボルの基本単位として、コードワードが使用されている。バーとスペースの最小単位であるモジュールは 17 個で、バーとスペースは必ず 4 個ずつあり、常にバーで始まりスペースで終る構成である。

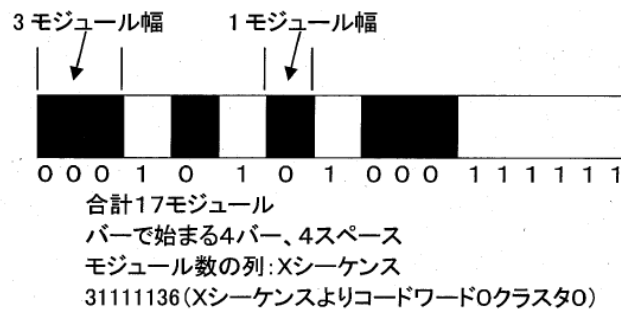


図 5-1 コードワード

マイクロ PDF417 は 4 種類のカラム（列）バージョンがある。カラムと行数の関係は、1 カラムが 11～28 行、2 カラムが 8～26 行、3 カラムが 6～44 行、そして 4 カラムが 4～44 行になる。シンボルには、行アドレスパターンが左右に付加されており、3、4 カラムバージョンには、センターにも行アドレスパターンが付加される。

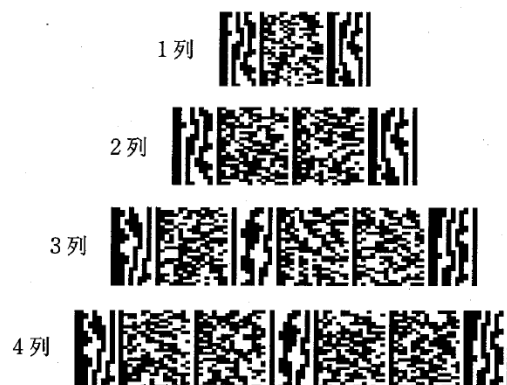


図 5-2 カラムバージョン

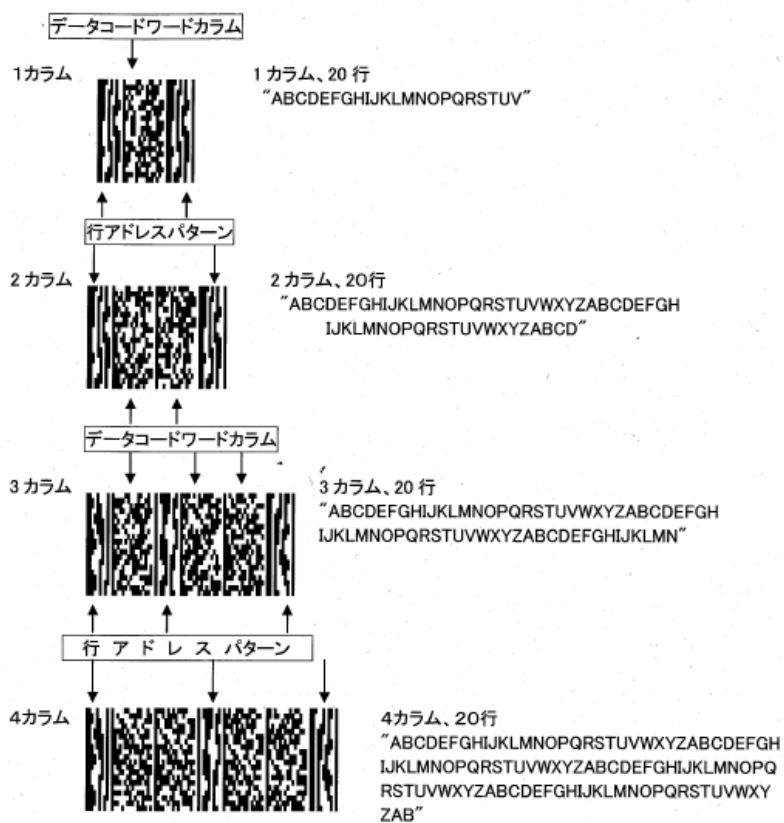


図 5-3 カラムバージョン例

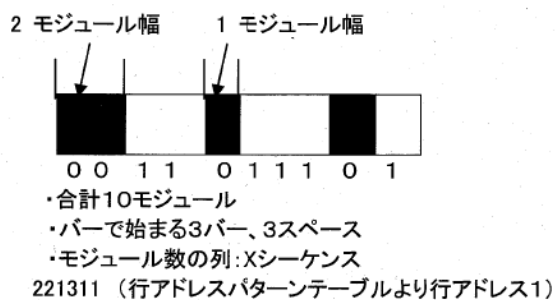


図 5-4 行アドレスパターン

5-3 データの符号化 (エンコード)

データの符号化は2段階で行われる。まず、データをコードワード値に変換し、次いで、コードワード値を特定のバーとスペースのパターンで表わすようにする。コードワード値は0～928の値を取り得るが、0～899がデータを表わす値で、900～928はコードワード値への変換の際のモードを変更するためのものと特別の目的に留保したものである。

5-4 コードワード値への変換

マイクロ PDF417 はテキスト圧縮モード(英数字、特殊文字)、バイト圧縮モード(バイナリ/ASCII)および数字圧縮モード(数字のみ)以外にも、ユーザが特定の目的で定義できるモードが用意されている。テキスト圧縮モードがデフォルトで、ユーザモードも含めたモード相互間のモード変換を、特定のコードワードで行なう。

(a) テキスト圧縮モード

英数字と特殊文字(ASCII コードによる文字)が、英大字、小文字、数字と特殊文字一部のミックス、特殊文字の4種のサブモードに分類され、その間のシフト用コードも含めて2文字が1コードワードに収容される。すべての2文字の組合せが0～899のコードワード値で表わせるようになっている。

(b) バイト圧縮モード

8ビットバイトで表現可能な256個(0～255)のキャラクタ。

(c) 数字圧縮モード

1コードワードに約3桁の数字を詰め込む。非常に桁数の多い数字コードに対して有効な変換である。10進数を900進数に変換するのであるが、最上位の桁が0の場合、消失するのを防ぐため1を追加してから変換している。

5-5 バーとスペースのパターン変換

(a) コードワードにおけるバーとスペースのパターン

コードワードにおけるバーとスペースのパターンは、それぞれを構成しているモジュール数を列として表現することができる。図5-1の例では、左から3モジュールのバー、そしてスペースとバーが1モジュールずつ5ヶ並び、さらに3モジュールのバーと6モジュールのスペースとなっている。これを31111136と表わし、Xシーケンスと呼ぶ。コードワード値0～928に対して、3種類のXシーケンスのテーブル(対応表)が設定されている。このXシーケンスのテーブルをクラスタと呼び、3種類に対して、0、3、6というクラスタ番号が付けられている。図5-4はXシーケンステーブルの省略形を示している。

一方、シンボルの各行にはどのクラスタを用いるか定まっている。行番号0、1、2、3、4、5…に対して、クラスタ番号0、3、6、0、3、6…(以下繰返す)となっている。したがって、互いに隣接する行は異なる構造で、バーとスペースのパターンが構成されることになる。

	コードワード値	Xシーケンス クラスタ0	Xシーケンス クラスタ3	Xシーケンス クラスタ6
↑ データ コードワード ↓	0	31111136	51111125	21111155
	1	41111144	61111133	31111163
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	.	.	.	.
↑ モードシフト等 ↓	899	13323113	12512141	22612112
	900	14232212	11611124	23521211
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	928	21514112	12621221	33611111

図 5-4 Xシーケンスの省略形

(b) 行アドレス番号におけるバーとスペースのパターン

行アドレス番号におけるバーとスペースのパターンは、それぞれを構成しているモジュール数を列として表現することができる。図5-4の例では、左から2モジュールのバー、2モジュール

スペース、1 モジュールのバー、3 モジュールスペース、そして1 モジュールのバー、1 モジュールスペースとなっている。これを 221311 と表わし、行アドレスパターンと呼ぶ。

行アドレス番号値 1～52 に対して、2 種類のアドレスパターンのテーブル(対応表)が設定されている。このアドレスパターンのテーブルを行アドレスパターンと呼ぶ。図 5-5 はアドレスパターンテーブルの省略形を示している。

	行アドレス番号値	左右アドレス パターン	中央アドレス パターン
↑ パターン番号 ↓	1	221311	112231
	2	311311	121231
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	51	211411	112132
	52	212311	112141

図 5-5 行アドレスパターンテーブルの省略形

5-6 誤り訂正能力

マイクロ PDF417 は、誤りを訂正する機能を備えている。ラベルの一部が汚れたり、欠けたりしていても、デコードできないコードワードを修復することができる。誤り訂正は、カラムバージョンや行数によって決められている。修正可能なコードワード数は、7～50 コードワードになる。表 5-2 に行数とカラムの組合せを示す。

5-7 仕様

仕様を表 5-1 に示す。

表 5-1 仕様

項目	内容
符号化可能な文字	256 キャラクタ およびバーナリデータ
シンボル当りの 最大データ量	コードワードで 176 テキストコンパクションモード(英数字、特殊文字) 250 文字 バイトコンパクションモード(バイナリ/ASCII) 150 文字 数字コンパクションモード(数字のみ) 366 文字
最小モジュールの 公称値	幅 (X 寸法) : 7.5 ミル (0.191mm) 高さ (Y 寸法) : 10.0 ミル (0.254mm) 高さは 0.254mm ですが、一般的に幅の 2 倍以上を推奨。
行アドレスパターン	1 行当り 2 or 3 個 (1 ラインに 3 か 4 のコードワードが存在するパターンの場合 3 個) 内容 : 行番号
コードワードに 関する制約	1 行当りのデータコードワード : 最小 1、最大 4 シンボル当りの行数 : 最小 4、最大 44
クワイエットゾーン	最小値は、上下左右とも幅 (X 寸法分) になる。

表 5-2 行数とカラムの組合せ表

カラム数	行数	エラー修正 コードワード数	数字 コンパクション モード	テキスト コンパクション モード	バイト コンパクション モード
1	11	7	8	6	3
1	14	7	17	12	7
1	17	7	26	18	10
1	20	8	32	22	13
1	24	8	44	30	18
1	28	8	55	38	22
2	8	8	20	14	8
2	11	9	35	24	14
2	14	9	52	36	21
2	17	10	67	46	27
2	20	11	82	56	33
2	23	13	93	64	38
2	26	15	105	72	43
3	6	12	14	10	6
3	8	14	26	18	10
3	10	16	38	26	15
3	12	18	49	34	20
3	15	21	67	46	27
3	20	26	96	66	39
3	26	32	132	90	54
3	32	38	167	114	68
3	38	44	202	138	82
3	44	50	237	162	97
4	4	8	20	14	8
4	6	12	32	22	13
4	8	14	49	34	20
4	10	16	67	46	27
4	12	18	85	58	34
4	15	21	111	76	45
4	20	26	155	106	63
4	26	32	208	142	85
4	32	38	261	178	106
4	38	44	313	214	128
4	44	50	366	250	150

6章 GS1 合成シンボル

6-1 概要

GS1 合成シンボルは GS1 データバー、EAN/UPC および GS1-128 による 1 次元シンボルと GS1-128 エミュレーションをした 2 次元シンボルとを合成したシンボルである。

GS1 合成シンボルは下部の 1 次元シンボルコンポーネント (製品の I. D. をコード化) と上部の 2 次元シンボルコンポーネント (バッチ番号や有効期限などの補足データをコード化) から構成される。GS1 合成シンボルは製品 I. D. がすべての走査技術によって読み込み可能になるように常に 1 次元シンボル部分を含んでいる。

6-2 特徴

(a) 符号化可能なキャラクターセット (表現できるデータキャラクタ)

1 次元シンボル部分	EAN/UPC 標準形 GS1 データバー 制限形 GS1 データバー	0~9
	GS1-128 拡張形 GS1 データバー	ISO/IEC 646 (英大文字、英小文字、数字および 21 種類の記号)、FNC1、および拡張形 GS1 データバーで扱う文字
2 次元シンボル部分	全てのコード	シンボルキャラクタを伴う GS1-128 シンボルおよび拡張形 GS1 データバーで扱う文字
	CC-B と CC-C	2 次元合成シンボルの拡張文字

(b) シンボルキャラクタの構成

選択された 1 次元シンボル部分と 2 次元シンボル部分とは、異なる「エッジ ツー エッジ法」で復号できるシンボルキャラクタが使われる。

(c) コードタイプ

1 次元シンボル部分	連続形、(n、k) シンボル体系
2 次元シンボル部分	連続形、(n、k) シンボル体系、マルチローシンボル体系

(d) 数値データの最大容量

数値データの最大容量は、アプリケーション識別子とチェックディジットを含んでいるが、FNC1 キャラクタは含んでいない。

1 次元シンボル部分	GS1-128	48 桁
	EAN/UPC	8、12 または 13 桁
	拡張形 GS1 データバー	74 桁
	その他の GS1 データバー	16 桁
2 次元シンボル部分	CC-A	56 桁
	CC-B	338 桁
	CC-C	2361 桁

(e) 誤り検出と訂正

1 次元シンボル部分	1 つの誤り検出用チェックキャラクタ
2 次元シンボル部分	合成する 2 次元シンボルにより異なる。固定または可変のリード-ソロモン誤り訂正符号語

6-3 特徴に関する補足

(a) データ圧縮

2 次元合成シンボルはアプリケーション識別子 (AI) を使用することで効率的にデータを符号化するように設計された圧縮モードを利用する。

(b) コンポーネントの結合

GS1 合成シンボルの 2 次元シンボル部分は結合フラグを含んでおり、1 次元シンボル部分がスキャンされて結合されないと、データを送信しない。また、EAN/UPC 以外のすべての 1 次元シンボルに結合フラグを含んでいる。

(c) GS1-128 エミュレーション

GS1-128 エミュレーション・モードに設定されているリーダは、データが 1 以上の GS1-128 のシンボルで符号化していたかのようにデータを結合し、結合したデータを 1 つのシンボルとして送信する。

(d) 将来のアプリケーションサポート

GS1 合成シンボルの標準形で、符号化可能な ISO 646 キャラクタ以外のキャラクタを必要とする将来のアプリケーションをサポートする機能。

6-4 シンボルの構造

それぞれの GS1 合成シンボルは 1 次元シンボル部分と 2 次元シンボル部分とから構成される。2 次元シンボル部分は 1 次元シンボル部分の上の規定位置に 1 次元シンボル部分と同じモジュール寸法で配置され、2 次元シンボルが 2 次元リーダによってスキャンされるときにメージ処理を容易にする。

2 つのコンポーネントはセパレータパターンによって分離される。印刷を容易にするためにセパレータパターンと 2 次元シンボル部分との間は 3 モジュールの空間まで許可されている。

(a) CC-A (Composite Component -A)

図 6-1 に示すように 1 次元シンボル部分には EAN-13、UPC-A、EAN-8、UPC-E、GS1-128 および GS1 データバー（全ての種類）を用いることができる。2 次元シンボル部分には CC-A 専用の異形マイクロ PDF417 を用いる。



図 6-1 GS1 データバーを用いた CC-A の例

(b) CC-B (Composite Component -B)

図 6-2 に示すように 1 次元シンボル部分には EAN-13、UPC-A、EAN-8、UPC-E、GS1-128 および GS1 データバー（全ての種類）を用いることができる。2 次元シンボル部分には正規のマイクロ PDF417 を用い、先頭のコード語位置に連結フラグ（コード語 920）がある。



図 6-2 EAN-13 を用いた CC-B の例

(c) CC-C (Composite Component -C)

図 6-3 に示すように 1 次元シンボル部分には、GS1-128 を用いる。2 次元シンボル部分には PDF417 を用い、先頭のコード語位置に連結フラグ（コード語 920）がある。



図 6-3 GS1-128 を用いた CC-C の例

7章 マキシコード

7-1 概要

マキシコードは ISO/IEC16023 として国際規格化されているマトリクスシンボル体系の 2 次元シンボルである。マキシコードは、米国最大手の宅配業者である UPS 社 (United Parcel Service) によって 1987 年に開発された。マキシコードの切出しシンボルは、同心円となる黒い 3 本のリングという独特なものであり、またシンボルの大きさが約 1 インチ角という固定サイズの為、物流分野での高速な仕分け・読み取りを可能にしている。マキシコードは開発後、物流分野において評価され、規格化が進んだ。1996 年に AIM の ISS (International Symbology Specification) に登録、さらに ANSI (米国規格協会) や AIAG (米国自動車工業会) で規格化された。また、国際物流ラベル (ISO15394) の仕分けシンボルとしても採用されている。高速仕分けを実現する為に格納できるデータの情報は少なく、英数字で最大 93 桁となっている。(ビジネス特許問題があり UPS 社以外では使用されていない。)

7-2 特徴

特徴を表 7-1 に示す。

表 7-1 特徴

項目	内容
表現可能なキャラクタ	ISO646、バイナリ
データ容量	英数字 : 93 キャラクタ 数字 : 138 キャラクタ
シンボルサイズ	26.48 × 25.32 ~ 29.79 × 28.49 (クワイエットゾーン含む)
最小クワイエットゾーン	左右 : 1 モジュール間ピッチ、上下 : 1 モジュール行間ピッチ
モジュール形状	6 角形
モジュール数	864 モジュール
コード語	144 個 (144 × 6 ビット = 864 モジュール)
数字圧縮	9 桁を 6 コード語に圧縮
データ以外の付加情報	方向パターン (18 モジュール)、 ファインダパターン (90 モジュール)
誤り訂正	リードソロモン
ECI	可能
構造的連結機能	最大 8 個まで可能

7-3 構造

マキシコードは、中心に独特な切出しシンボル (通称 Bulls-eye) を持ち、その周りに六角形モジュールが敷き詰められていて、全体としてほぼ正方形という形をしている。六角形モジュールは、33 列あり、基本的に 1 列あたり 30 個、または 29 個ずつ交互に並んでいる。6 モジュールで 1 つのコードワード (元データとグラフィカルコード間の中間レベルのコード) をあらわしている。一般的に 6 つのモジュールが 2 モジュール毎に 3 列で表され、右上が MSB (最上位ビット)、左下が LSB (最下位ビット) と配置されている。

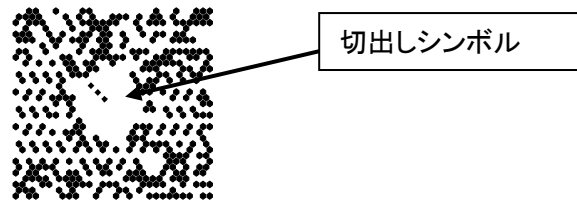


図 7-1 切出しシンボル

7-4 方向パターン

マキシコードの回転方向に関する情報は、3 モジュール毎の 6 つのパターンによって与えられている。方向パターンはファインダパターンの周囲に配置され、その位置の白、黒を判定することにより、マキシコードがどのような向きになっているかを読み取ることができる。図 7-2 の方向パターンの B で示される部分が黒、W で示される部分が白という配置になる。

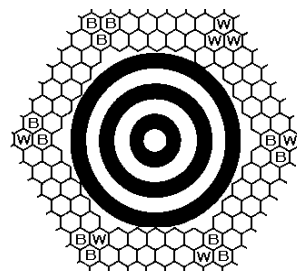


図 7-2 方向パターン

7-5 メッセージ

マキシコードでは、重要な情報部分（プライマリメッセージ）と、それ以外の情報部分（セカンダリメッセージ）が分けて配置される。重要な情報はマキシコード中心部分の切出しシンボル周辺に配置される。プライマリメッセージには 20 シンボルキャラクタ、セカンダリメッセージには 124 シンボルキャラクタを含んでいる。図 7-3 の黒色で示されているモジュールにプライマリメッセージが格納される。その他のモジュールにセカンダリメッセージ等が格納される。

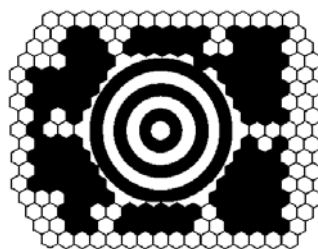


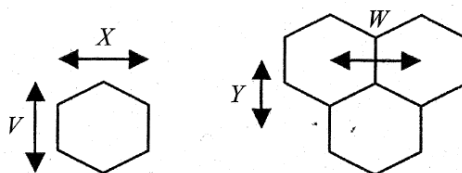
図 7-3 プライマリメッセージの配置

7-6 シンボルサイズ

マキシコードの大きさは固定である。シンボルの最上段の左端モジュール中心から右端モジュール中心までの長さの許容範囲は、24.00mm から 27.00mm となっている。また、クワイエットゾーンも上下左右の 4 端に 1 モジュール以上必要である。

7-7 モジュールサイズ

6 角形モジュールの大きさを図 7-4 に示す。（シンボル幅 : L=25.50mm の時）



W	$W=L/29$	0.88mm
V	$V=(2/\sqrt{3})$	1.02mm
X	$X=W$	0.88mm
Y	$Y=(1.5/\sqrt{3})W$	0.76mm

図 7-4 六角形モジュールの寸法

7-8 コード語

コード語は 6 モジュールで構成する。6 モジュールは 2 モジュールずつ 3 列で表し、右上が最上位ビットで左下が最下位ビットである。

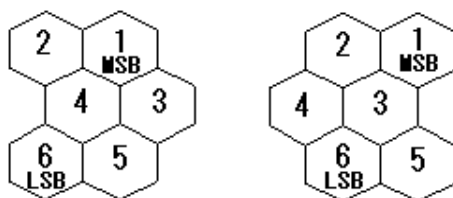


図 7-5 シンボルキャラクタ

7-9 コードセット

マキシコードには 64 個のコード語があり、それにより 256 個までの異なるキャラクタ値をコード化できる。1 コード語は 6 ビット（バイナリで 000000～111111）であらわされ、六角形モジュールの 6 個に対応している。このビット列から 256 個の値に変換される。これら 256 個の値を表すために、以下に示す 5 つのコードセットが定義されている。また、シンボル体系制御キャラクタと呼ばれるキャラクタにより、コードセット間のラッチやシフト、ダブルシフト等を行うことができる。シンボル体系制御キャラクタは、ASCII コードでは表わされない。

(a) コードセット A

英大文字、数字、スペース、15 種類の記号、8 種類のシンボル体系制御キャラクタおよび 4 種類の ASCII 制御キャラクタを含む。コードセット A はマキシコードのデフォルトコードセットである。

(b) コードセット B

英小文字、スペース、21 種類の記号、12 種類のシンボル体系制御キャラクタおよび 4 種類の ASCII 制御キャラクタを含む。

(c) コードセット C

ラテン大文字、スペース、記号、10 種類のグラフィック文字、7 種類のシンボル体系制御キャラクタおよび 3 種類の ASCII 制御キャラクタを含む。

(d) コードセット D

ラテン小文字、スペース、記号、11 種類のグラフィック文字、7 種類のシンボル体系制御キャラクタおよび 3 種類の ASCII 制御キャラクタを含む。

(e) コードセット E

32 種類の ASCII 制御キャラクタ、スペース、通貨記号、11 種類のグラフィック文字および 10 種類のシンボル体系制御キャラクタ

7-10 誤り訂正

マキシコードはリードソロモン誤り訂正アルゴリズムに基づく誤り訂正コードワードを持っている。それは、エラーの検出だけでなくエラー訂正が可能である。ユーザは、2 種類のエラー訂

正レベルを選ぶことができる。

- ① **標準エラー訂正** (SEC: Standard Error Correction) :
144 コードワード中、約 15%のエラー訂正が可能
- ② **拡張エラー訂正** (EEC: Enhanced Error Correction) :
144 コードワード中、約 21%のエラー訂正が可能

表 7-2 誤り訂正

項目	SEC	EEC
全コードワード数	144	144
データ数	93	77
モードを示すコードワード	1	1
誤り訂正に使われる数	50	66
誤り訂正可能なコードワード	22	30

7-11 モード

マキシコードにはエラー訂正機能を定義する為に使われるモードがいくつかある。

表 7-3 モード

モード	内容
モード 0	旧式の為、現在は使われない。現在はモード 2 または 3 を使用。
モード 1	旧式の為、現在は使われない。現在はモード 4 を使用。
モード 2	運輸業界向けに設計。 はじめの 120 ビットが、構造化キャリアメッセージをエンコードする為に EEC を用いて使用され、残りのビットには SEC を使用。
モード 3	
モード 4	標準シンボル プライマリメッセージに EEC を、セカンダリメッセージに SEC を使用。
モード 5	FULL EEC プライマリメッセージに EEC を、セカンダリメッセージにも EEC を使用。
モード 6	リーダ制御 リーダのコンフィグレーションを変更設定するためのメッセージ。ホストには何も送信しない。

8 章 アズテックコード

8-1 概要

アズテックコードは 1995 年に米国の Welch Allyn 社によって発表された。アズテックコードはフルレンジモードおよびコンパクトモードがある。フルレンジモードはシンボルの中心に四重（コンパクトモードは三重）の正方形（切出しシンボル）を配置しその周辺にデータを格納した構造である。誤り訂正レベルを自由（5～95%）に選択できる。クワイエットゾーンを必要としない。



フルレンジモード



コンパクトモード

図 8-1 アズテックコードの例

8-2 特徴

特徴を表 8-1 に示す。

表 8-1 フルレンジタイプの特徴

項目	内容
表現可能なキャラクタ	IS0646 : 0~127、ISO/IEC8859-1 : 128~255、FNC1、ECI
データ容量	英数字 : 93 キャラクタ 数字 : 138 キャラクタ
データの表示	暗モジュール : 1、明モジュール : 0
シンボルの寸法	15×15~151×151 モジュール
クワイエットゾーン	不要
データ容量	15×15 : 数字 13 桁、英字 12 字または 6 バイト 151×151 : 数字 3832 桁、英字 3067 字または 1914 バイト
誤り訂正レベル	5~95 で選択可能 (推奨値は 23%)
構造的連結機能	最大 26 個まで可能
その他	明暗反転、表裏反転、拡張チャネル解釈対応

8-3 構造

構造を図 8-2 および図 8-3 に示す。

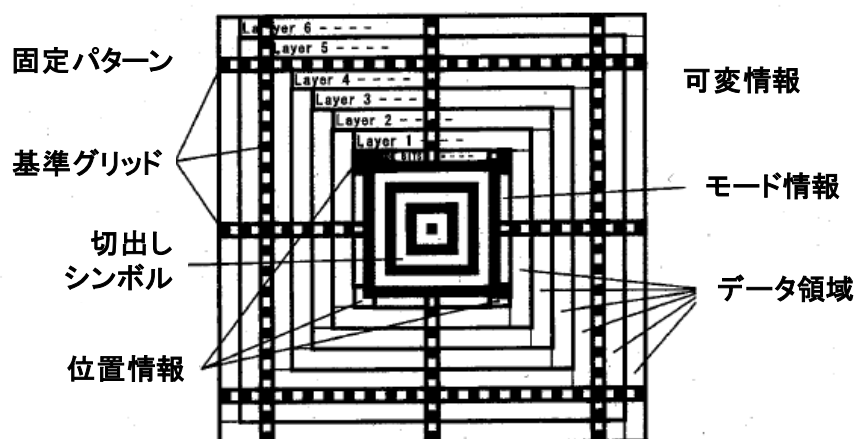


図 8-2 フルレンジタイプの構造

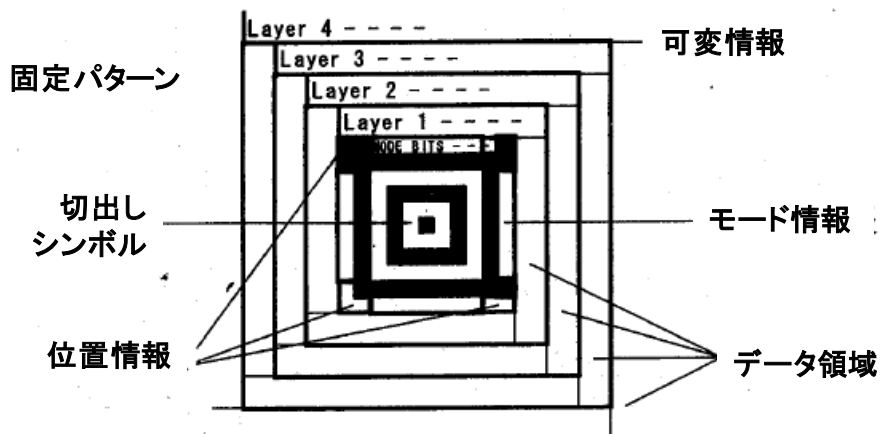


図 8-3 コンパクトタイプの構造

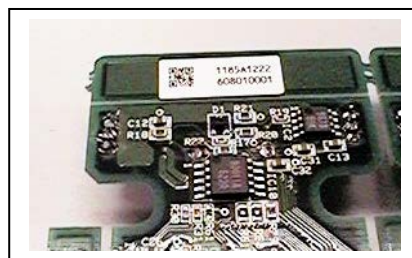
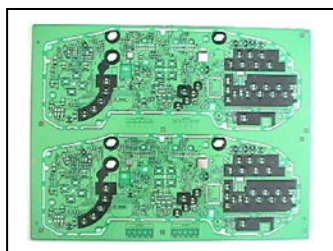
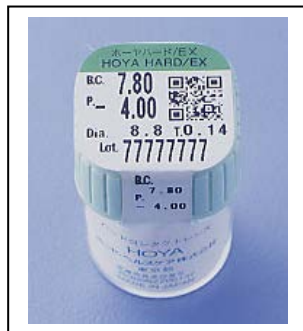
9章 2次元シンボルの上手な活用法

9-1 情報量

2次元シンボルは1次元シンボルと比べるとマキシコードを除けば100倍程度の情報量を表現することができる。この100倍の情報量をどのように利用したらよいのであろうか？多くの情報を表現する用途としては、大容量データファイルとしての利用法がある。身分証や免許証に記載された内容や納品書、請求書、受領書や契約書の内容を全てコード化するペーパーEDIとしての用途である。このような用途の場合、基本的に全てを数字だけで表すことはほとんどない。住所、氏名、企業名、商品名などは、その国の言語で記載するのが普通である。米国や英国なら英語、フランスならフランス語、中国なら中国語（中国漢字）、日本なら日本語（日本漢字、カタカナ、ひらがな）である。もちろん国際的に共通した利用では、パスポートのように英語である。しかし、国際的に共通した用途であっても、その国の国内では、パスポートの所持人記入欄はその国の言語を使用するのが一般的である。したがって、日本での利用では、日本語への対応能力が重要な要素となる。

9-2 情報密度

2次元シンボルは1次元シンボルと比べるとマキシコードを除けば10倍以上の情報密度がある。これは同じ情報量ならが、1/10以下の面積で情報を表すことができるということである。今まで1次元シンボルでは利用することができなかった用途でも、2次元シンボルなら可能になる。例えば、宝石などの貴金属商品に小さなタグをつける用途には2次元シンボルが適している。



9-3 高速読取り

2次元シンボルはマルチローシンボル体系とマトリックスシンボル体系とに分類されるが、高速読取りにはマトリックスシンボル体系の方が適している。これはシンボル体系そのものに起因するものと、リーダの特性に起因するものとがある。マトリックスシンボル体系は通常、2次元CCDセンサを搭載したリーダで読取る。マルチローシンボル体系はレーザ式リーダを用いて人がリーダを操作して読取る方法が一般的である（もちろん2次元CCDセンサを搭載したリーダでも読取り可能）。したがって、人の操作速度より電子的な操作速度の方が速いのは当たり前である。また、マトリックスシンボル体系の中でも、特に高速でシンボルを読取るように意図して開発された2次元シンボルがある。それは、マキシコードとQRコードである。これらの2次元シンボルはその独特なファインダパターンを有している。センサの視野の中からいち早く目的のパターンを検索するような処理方法を搭載すると同時に、センサの視野の中にあるいろいろな模様と区別しやすい独特なファインダパターンにより、高速読取りを実現している。

9-4 誤り訂正機能

2次元シンボルの機能で1次元シンボルにない機能は誤り訂正機能である。ISO国際標準になっ

ている 2 次元シンボルは、基本的に NASA (National Aeronautics and Space Administration) が使用しているリードソロモンという誤り訂正機能を共通的に採用している。誤り訂正機能は、シンボルが汚れなどによりその 1 部が欠損した場合に、読み取れた部分のデータから、読み取れなかった部分のデータを復元する機能である。2 次元シンボルには、1 次元シンボルのように基本的に人が読み取れる英数字を添付することはない。したがって、シンボルが汚れた場合のリカバリ手段として、誤り訂正機能は非常に重要である。2 次元シンボルの種類によって許容される誤り訂正率は異なっているが、シンボル選定の条件として、誤り訂正の大小を比較することはあまり好ましいことではない。誤り訂正率を大きくとると、使用できるデータ量が反比例的に減少するので、ただ単に誤り訂正率を大きくすれば良いというものではない。使用環境条件に適した誤り訂正率を設定すべである。

9-5 切出しシンボル (ファインダパターン) の欠損

2 次元シンボルの ISO 国際標準化の過程で、切出しシンボルの欠損率を規定する提案がされたが、採用されなかった。2 次元シンボルの切出しシンボルはシンボルの種類によって特徴があるため、単純に切出しシンボルの面積に対する欠損率を規定すると、切出しシンボルの大きなシンボルが有利になるため、シンボルそのものを差別化することになり、好ましくないというのがその理由である。しかし、データの欠損は誤り訂正機能で復元できるが、切出しシンボルは復元できない。ISO の議論を踏まえ、シンボルの開発会社は切出しシンボルの欠損について真剣に取り組み、かなり切出しシンボルが欠損しても読み取れるように工夫されている。しかし、切出しシンボルの欠損は読取り速度に大きく影響するので、2 次元シンボルを利用する場合は、切出しシンボルの欠損について、十分注意が必要である。

9-6 暗号化

2 次元シンボルは、1 次元シンボルに比べて情報暗号化のセキュリティレベルを高めることが容易にできる。これは表現可能な情報の種類が多いことが最大の要因である。したがって、セキュリティが必要な用途での利用には、2 次元シンボルが最適である。

引用文献:「これでわかった 2 次元シンボル」(一社)日本自動認識システム協会編 オーム社
引用文献:「よくわかるバーコード・2 次元シンボル」(一社)日本自動認識システム協会編 オーム社
引用文献:「自動認識システムの基礎知識」(一社)日本自動認識システム協会編 オーム社
参考文献:「これでわかったバーコードの応用」エー・アイ・エム ジャパン編 星雲社
参考文献:「バーコード・2 次元コードの知識」平本純也著 日本工業出版
参考文献:「バーコードのおはなし」流通システム開発センター編 日本規格協会
参考文献:「QR コードのおはなし」標準化研究学会編 日本規格協会
参考規格:JIS X0500-1 用語第一部 一般 (ISO/IEC 19762-1)
参考規格:JIS X0500-2 用語第二部 光学的読取媒体 (ISO/IEC 19762-2)
参考規格:JIS X0510 2 次元コードシンボル QR コード基本仕様 (ISO/IEC 18004)
参考規格:JIS X0508 バーコードシンボル体系 PDF417 (ISO/IEC 15438)
参考規格:JIS X0509 バーコードシンボル体系仕様 GS1 データバー (ISO/IEC 24723)
参考規格:JIS X0530 データキャリア識別子 (ISO/IEC 15424)
参考規格:ISO/IEC 16022 Data Matrix
参考規格:ISO/IEC 16023 Maxi Code
参考規格:ISO/IEC 24728 Micro PDF417
参考規格:ISO/IEC 24778 Aztec Code