QR コードの概要

1.開発の背景

QR コードの開発背景を、リニアシンボルの歴史から簡単に述べる。1970 年にコンピュータへの自動入力を実現するために、IBM 社が数字 13 桁の UPC シンボルを開発した。この UPC シンボルは現在でも POS システムで広く使用されている。1974 年に 30 桁程度の英数字がコード（シンボル）化できるコード 39 が開発された。そして、1980 年代前半に 100 桁程度格納できる多段シンボルのコード 16K やコード 49 が開発された。そして、近年の情報化の進展で更なる情報量の増加、英語以外の言語の表現ができるシンボルの要求が高まった。これを実現するには、多段シンボルより高密度なシンボルが必要となる。そこで 1994 年に情報量が最大 7000 桁で、漢字も扱える QR コードが誕生した。

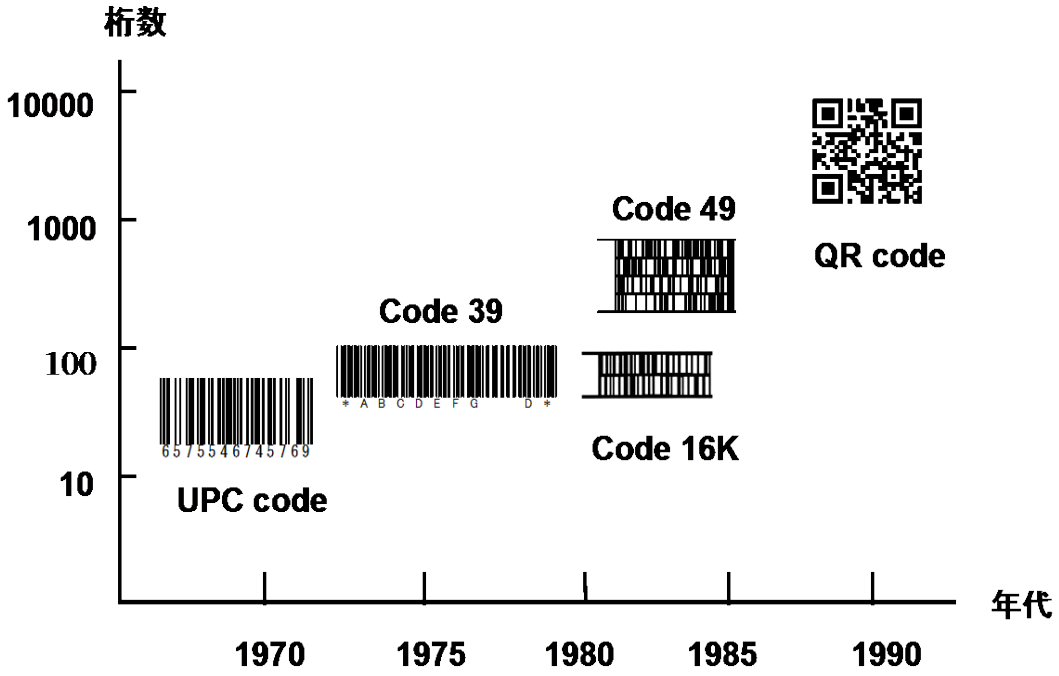


図 1　シンボルの歴史

大容量、高密度を実現するシンボルを技術面から見ると、図 2 のような経緯になる。まづ、数字をコード（シンボル）化できるインターリーブド 2 オブ 5 やコーダバーが開発され、次に英数字がコード化できるコード 39 が開発された。情報化の進展によりフルアスキーのコード化が必要になりコード 128 が開発された。次に、これらのリニア（1 次元）シンボルを多段に配置した多段シンボルが開発された。トヨタ自動車のかんばんコードは世界初の多段シンボルである。コンピュータの普及に伴い、コードは多段シンボルを拡張したマルチローシンボル体系、データをマトリクス状に配置したマトリクスシンボル体系と進化した。

マトリクスシンボル体系は印字面積が一番小さく、これからの主力シンボルとして期待されていた。QR コードは、PDF417 の大容量、データマトリクスの高密度印字、マキシコードの高速読取りの特長を研究し、そのすべてを実現したマトリクスシンボル体系である。2 次元シンボルは、一般的に、リニアシンボルに比べ扱うデータが非常に多い（約 100 倍）ため、データ処理時間が長くなり、処理も複雑になる。そこで、QR コードはファインダパターンを工夫することにより高速の読取りを実現した。

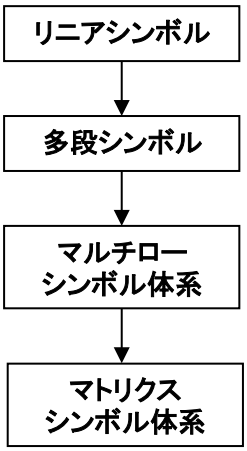


図 2　シンボルの進化

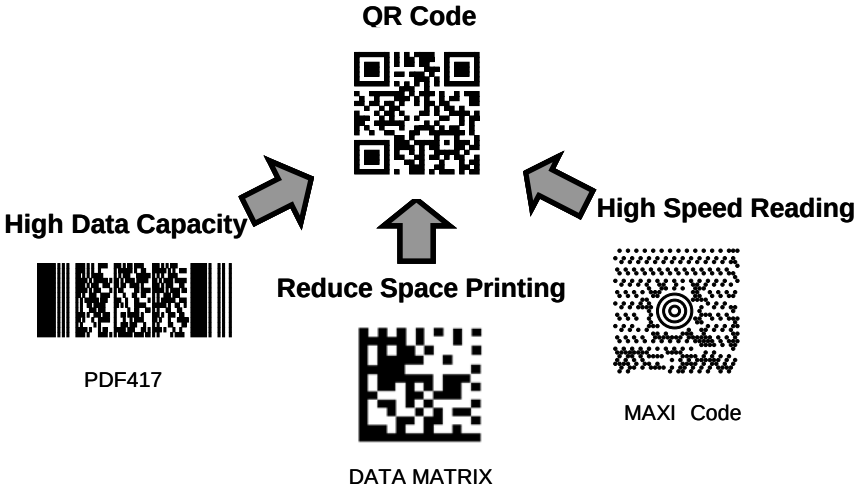


図 3　QR コードの開発

2.QR コードの特長

QR コードは、2 次元シンボルの特長である大容量データ（数字で最大 7089 文字）・高密度記録（リニアシンボルの約 100 倍）、高速読取りの他に、性能や機能の面でも優れた特長がある。

2-1.全方向（360°）高速読取り

マトリクスシンボルの読取りは CCD センサ（エリアセンサ）を用いて行う。センサに取り込まれた各走査線のデータをいったんメモリに格納する。その後、ソフトウェアを用いて詳細に解析し、ファインダパターンなどの判別を行い、シンボルの位置・大きさ・傾きなどを検出しデコード処理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、リニアシンボルに比べ読取りフィーリングが劣るという問題があった。QR コードは、シンボルの 3 つのコーナにシンボル位置を知らせるファインダパターンを配置して全方向（360°）での高速読取りを可能にしている。ファインダパターンは、360°どの方向からでもファインダパターンの中心を通る走査線の白黒比が 1: 1: 3: 1: 1 である。この独特の比率を検出することにより、CCD センサで捉えた画像の中からファインダパターンを短時間で検出でき、QR コードの位置も短時間で確定できる。また、図 5 に示すように CCD センサの画像視野のなかから 3 つのファインダパターンの位置関係を見出すことで、 シンボルの大きさ(L)、傾き(θ)、シンボル外形も同時に検出できる。ファインダパターンをシンボルの 3 つのコーナに配置することにより、QR コードのデコード速度を他のマトリクスシンボルに比べ約 20 倍速くできる。また、

ファインダパターンの検出は、ハードウェアで行うことが容易にでき、さらに高速化が可能である。

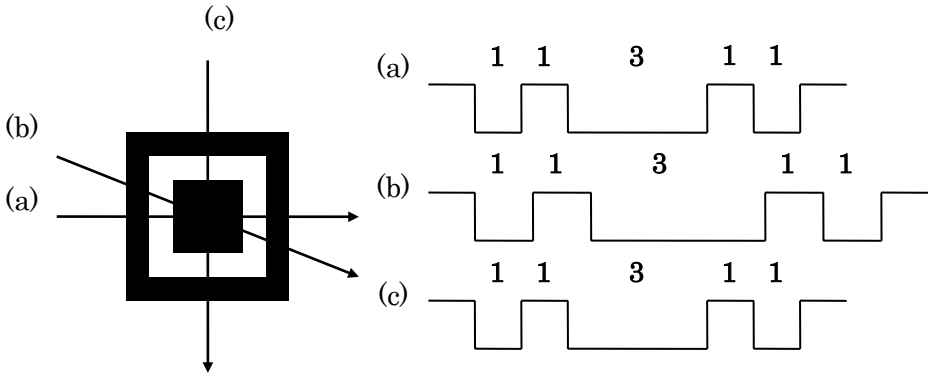


図 4　ファインダパターン

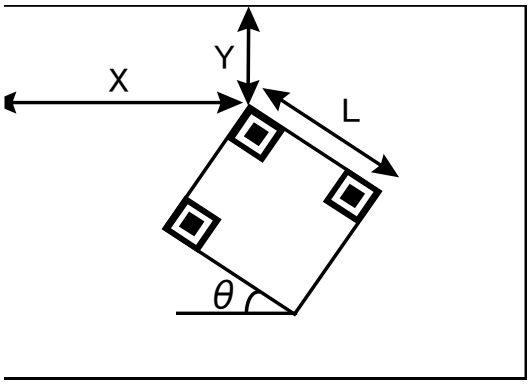


図 5　QR コードの抽出

2-2. シンボルの歪みに強い

シンボルが曲面に貼られたり、リーダの仰角・傾角（CCD 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 コードはシンボルの範囲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と実際のアライメントパターンの中心位置との誤差を求め、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・非線形歪みのあるシンボルでも読取ることができる。

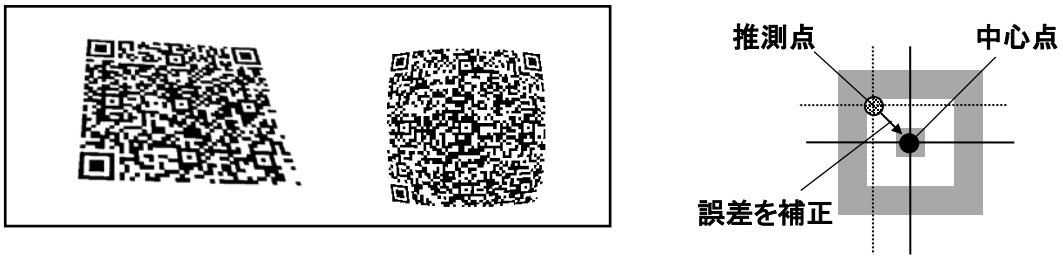


図 6　シンボルの歪み補正

2-3. データ復元機能（シンボルの汚れ・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%）の誤り訂正レベルがある。誤り訂正機能は、汚れ・破損に適合し、バースト誤りに強いリードソロモン符号を採用している。リードソロモン符号は QR コードのデータ領域に配置している。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できる。誤り訂正レベルはユーザがシンボルを作成する時に設定できるので、ユーザ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%を選択すると良い。

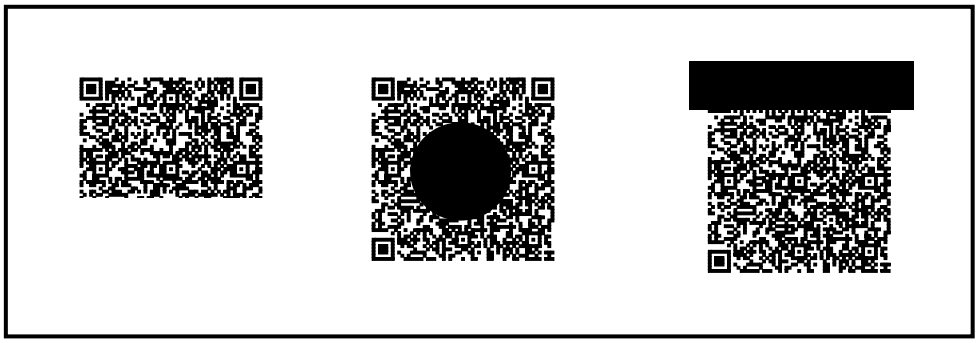


図 7 シンボルの汚れ・破損

2-4. 漢字、カナを効率よく符号化

QR コードは日本での使用を前提としている。シンボルの規格に日本語の JIS 第一・第二水準の漢字・カナを効率よく符号化している。他の 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 ビットで符号化している。したがって、QR コードは日本語の符号化を他の 2 次元シンボルに比べて、20%以上効率よく行うことができる。また、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。各国の国内用途ではその国の言語を使用するので、この機能はその国の言語を効率よく符号化することができる。例えば中国では中国漢字、ベトナムではベトナム語を効率よく符号化できる。

2-5. シンボルの連結機能

QR コードは連結機能がある。連結機能とは、1 つのシンボル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。図 8 は QR コードを 4 分割した例で、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格納されている。したがって、リーダでどのような順番でシンボルを読んでも、データを編集して全データをコンピュータに送信することができる。これにより、細長い印字スペースしか無く 1 つの QR コードでは印字できない場合でも、連結機能により QR コードの印字が可能となる。

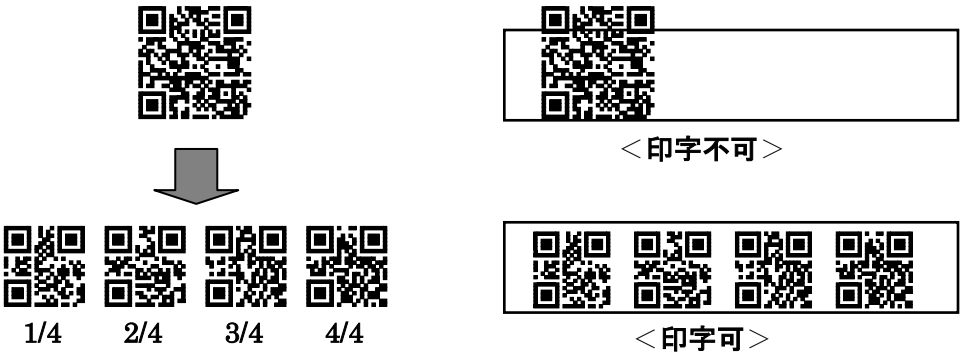


図 8　シンボルの連結

2-6. マスキング処理

QR コードは特殊なパターンでマスク処理をすることにより、白黒のセルをバランスよく配置できるように工夫されている。読取りの 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、バランス良く配置する必要がある。そこで、格納データを符号化してデータ領域に配置する時、データ領域のセルとマスクパターン（テンプレート）のセルとの間で EX-OR 演算を行なう。演算を行ったデータ領域に対して固有パターンの存在数、白セルと黒セルのバランス評価を行なう。マスクパターンは 8 種類ある。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 演算結果をデータ領域に格納する。

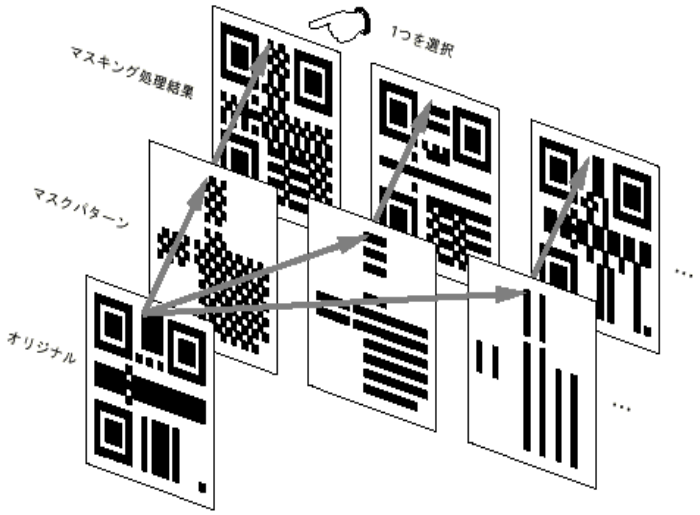


図 9　マスキング処理

2-7. コードの機密性

特殊な用途で文字種と格納データとの相関を固有のものとすることにより、QR コードは簡単に暗号化が可能である。文字種と格納データとの変換テーブルが解読されない限り QR コードを読むことはできない。

2-8. ダイレクトマーキング

QR コードは、レーザやドットピンマーカなど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。ダイレクマーキングでは、図 10 のようにセル形状が正方形でなく円形でもよい。照明光の角度により白（反射率が高い）と黒（反射率が低い）が反転しても安定した読取りができる。ガラスなどの透明な物にマーキングされたシンボルを裏面から読取ることもできる。

図 10　ダイレクトマーキング

3.QR コードの構造

QR コードはマトリックス型シンボルで、正方形に配置されたセル構造である。読取りを容易に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る。QR コードには、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がある。

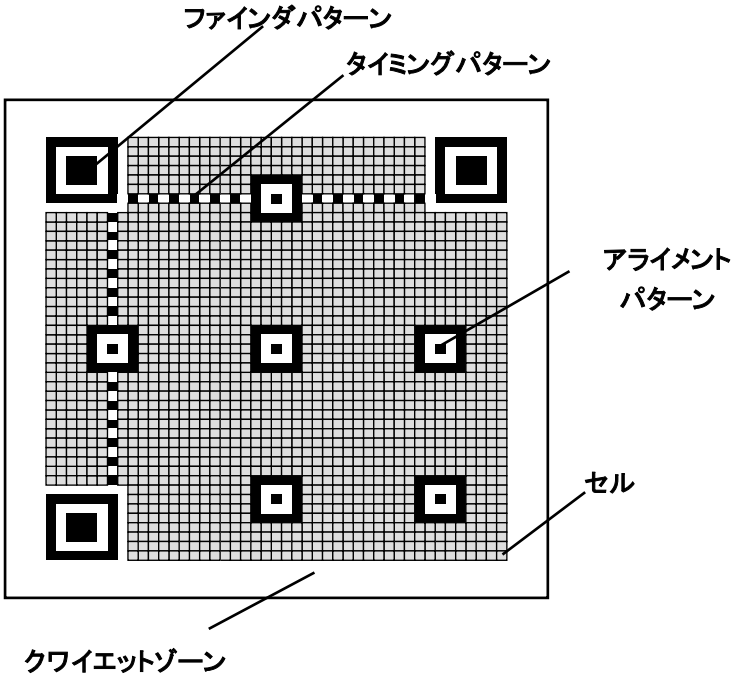


図 11　QR コードの構造

3-1.ファインダパターン

QR コードの位置を検出するためのパターンである。シンボルの 3 つのコーナに配置する事により、シンボルの位置、大きさ、傾きが検出できる。このファインダパターンは、全方向（360°）で検出可能な構造になっている。(2-1 項参照)

3-2.アライメントパターン

QR コード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有効である。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､アライメントパターンの中心座標を検出しやすい構造になっている｡(2-2 項参照)

3-3.タイミングパターン

QR コードの各セルの中心座標を求めるためのパターンで､白と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場合に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。(2-2 項参照)

3-4.クワイエットゾーン

QR コードの読取りに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、CCD センサの画像の中からシンボルの検出が容易になる。クワイエットゾーンは 4 セル以上必要である。

3-5.データ領域

QR コードのデータはデータ領域に格納（符号化）される。図 11 の灰色部分がデータ領域である。データは規則に基づいてバイナリの‘0’と’1’に符号化する。バイナリの‘0’と’1’を白と黒のセルに変換して配置する。データ領域には、格納データと誤り訂正機能をのためのリードソロモン符号が配置される。

4.QR コードの仕様

QR コードの仕様を表 1 に示す。

表１　QR コードの仕様

シンボルの大きさ	最小 21×21 セル～最大 177 セル×177 セル（4 セル間隔）	
情報の種類と情報量	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
変換効率	数字モード	3.3 セル／文字
	英数記号モード	5.5 セル／文字
	バイナリ(8bit)モード	8 セル／文字
	漢字モード(13bit)	13 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	

4-1.シンボルの大きさ

QR コードは格納データ量や読取り方法などに対応してシンボルの大きさを自由に選べるようになっている。シンボルの大きさは 21×21 セル、25×25 セル、29×29 セル、……と縦横に 4 セルずつ増加し、最大 177×177 セルまで 40 種類ある。
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、シンボルの 1 辺は、45×0..25mm＝11..25mm となる。これにクワイエットゾーンが最小 4 セル必要となり両側に加わるので、印字に必要なスペースは、(4+45+4) ×0..25mm＝13..25mm の正方形となる。

4-2.情報の種類および情報量

QR コードは、数字、英字、記号、漢字、ひらがな、カタカナ、制御符号、画像など、あらゆるデータを扱う事ができる。基本的には、ISO/IEC 646 や ISO/IEC 10646 に対応したキャラクタセットが使用できる。また、これらのデータを混在する事も可能である。扱える情報量の最大容量を表 1 に示す。

4-3.データ変換効率

QR コードは、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を表 1 に示す。

4-4.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、4 レベルの復元能力を持つ。それぞれの復元能力を表 1 に示す。

5.QR コードの標準化

5-1.QR コードの規格

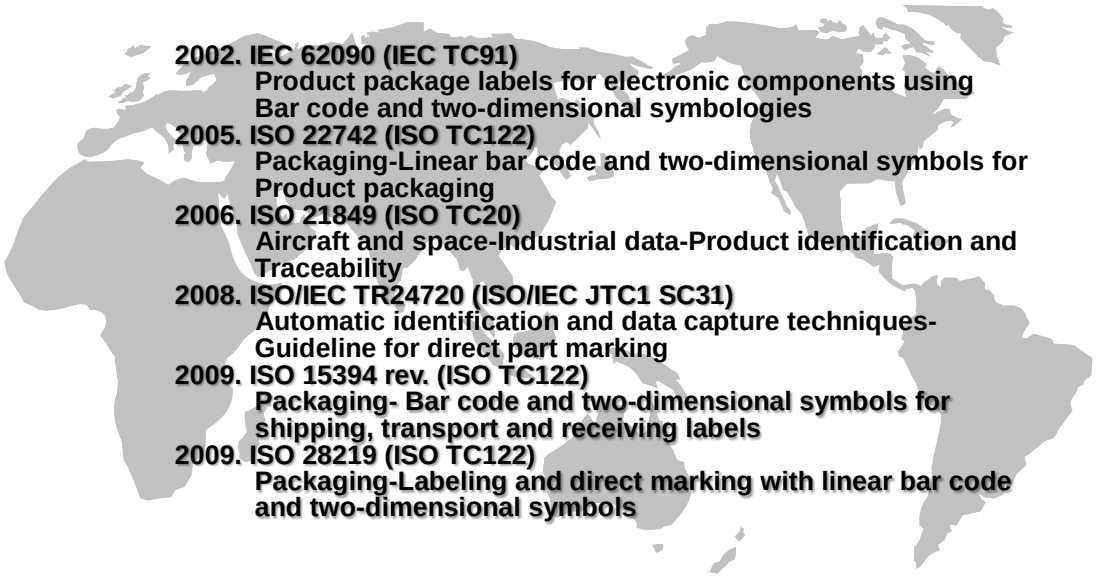
QR コードが普及するためには、ユーザが安心して使えるようにインフラ整備をしなければならない。その中で最も重要なのは、シンボルの規格化である。

QR コードは 1997 年 10 月に自動認識業界の規格である AIM International 規格（AIM-ITS 97/01）として制定された。その後、1999 年に日本工業規格（JIS-X0510）に、同じ 1999 年に日本の自動車業界において、EDI 標準取引き帳票の標準 2 次元シンボル（JAMA-EIE001）に採用された。AIM International 規格、日本工業規格や日本自動車標準コードを基礎に ISO/IEC JTC1 SC31 に規格提案を行った。2000 年に ISO/IEC JTC1 の国際規格（ISO/IEC 18004）に制定された。また、漢字などの各国言語を効率良く扱える事から、2000 年に中国国家規格（GB/T 18284）、2002 年に韓国国家規格（KS-X ISO/IEC 18004）、2003 年にベトナム国家規格（TCVN7322）、2008 年にはシンガポール国家規格（SS543）として制定された。

図 12　QR コードの規格

5-2.QR コードを利用したアプリケーション規格

1996 年頃から産業界で製品識別コードや物流で使用する輸送単位識別コードの検討が行われた。流通業界では UPC/EAN コードやライセンスプレートナンバーといわれる識別コードが使用され、それぞれ UPC/EAN（日本では JAN）シンボルやインターリーブド 2 オブ 5 が使用されている。産業界では、企業識別コードは流通業界の 7 桁に比べ 10～15 桁、製品識別コードは流通業界の 5 桁に比べ 10～15 桁と必要な桁数が 2 倍以上になっている。輸送単位識別コードも流通業界の 14 桁に対し、産業界では 35 桁となっている。また流通業界では数字のみを使用しているのに対し、産業界では英文字を使用している場合も多い。このように産業界では必要な情報量が多く、英文字を使用しているので、省スペース印字が可能な 2 次元シンボルの採用を積極的に推進した。2002 年に電子部品につけるラベル規格（IEC 62090）が成立した。IEC 62090 では QR コード、データマトリクス、PDF417 が指定されているが、実際には QR コード、データマトリクスが多く使用されている。2005 年に IEC 62090 の適用範囲を電子部品から、全ての部品、製品に拡大した規格である ISO22742 が成立した。2006 年に航空宇宙産業の部品・製品に使用する表示規格（ISO 21849）が成立した。ISO 21849 では QR コードとデータマトリクスが指定されている。また、ISO 21849 ではラベル仕様とダイレクトマーキング仕様が規定されている。ISO 28219 は ISO 21849 を全ての部品、製品に拡大した規格である。ISO 28219 は QR コード、データマトリクス、PDF417 が指定されている。ISO 15394 は輸送単位識別に使用されるが、改定された規格では QR コード、マキシコード、PDF417 が指定されている。



2002. IEC 62090 (IEC TC91)
Product package labels for electronic components using Bar code and two-dimensional symbologies
2005. ISO 22742 (ISO TC122)
Packaging-Linear bar code and two-dimensional symbols for Product packaging
2006. ISO 21849 (ISO TC20)
Aircraft and space-Industrial data-Product identification and Traceability
2008. ISO/IEC TR24720 (ISO/IEC JTC1 SC31)
Automatic identification and data capture techniques-Guideline for direct part marking
2009. ISO 15394 rev. (ISO TC122)
Packaging- Bar code and two-dimensional symbols for shipping, transport and receiving labels
2009. ISO 28219 (ISO TC122)
Packaging-Labeling and direct marking with linear bar code and two-dimensional symbols

図 13　QR コードを利用したアプリケーション規格