

QR コードの開発と普及

— 読み取りを追究したコード開発とオープン戦略による市場形成 —

原 昌宏

高度化する情報化時代を迎えるにあたり、これまで情報入力手段として普及していたバーコードでは限界にきていた。そこで、バーコードに変わる次世代のコードとしてQRコードを開発した。コードの開発では、画像認識技術を活用して読み取り性能を追究した。また、社会変化に伴う新しい市場ニーズに対応する為にQRコードを進化させてきた。普及については、QRコードをオープンにし、多くの企業に協力してもらい市場形成した。その結果、最初は業務効率と利便性を向上する用途で利用されていたが、今では人と情報を繋ぐコミュニケーションツールとしても使われ、世界中の人が利用するまでに普及した。

キーワード: 2次元コード、バーコード、画像認識技術、誤り訂正符号、オープン・クローズ戦略

Development and popularization of QR code

—Code development pursuing reading performance and market forming by open strategy—

Masahiro HARA

Due to advances in information technology, we predict the widespread decline of barcodes as an information tool. Instead, we developed QR codes, to replace barcodes, using image recognition techniques. We have made innovations to QR codes to meet market needs. To popularize QR codes, we made QR codes available to the public and have formed a market in cooperation with many companies. As a result, QR codes have been used to improve work efficiency and convenience. QR codes are currently available as a communication tool for people all over the world.

Keywords: Two-dimensional code, barcode, image recognition techniques, error correction code, open and closed strategy

1 はじめに

QRコード^{用語1}は、高度化する情報化時代に必要な情報の多様化、大容量化と製造現場の部品レベルまで個品管理の要望を実現する高密度印字のニーズに対応する為に、1994年に開発したコードである。QRコードは、マトリックス型の2次元コードであり、囲碁で使用する碁盤の様に格子状に白・黒のセルを配置して情報を表現する。一方、これまで普及しているバーコードはバーの幅が太いか細いかで情報を表現する。バーコードは1次元的にしか情報が表現できないのに対し、QRコードは2次元的に情報を表現できるので大容量の情報を高密度で記録できることから、コンピュータやネットワークの進歩と共に次世代の情報化時代を担うコードとして普及してきた。また、QRコードを普及させる為に、いち早くパブリックドメイン（特許権利を行使せずに自由に使用できるコード）を宣言した。その効果も

あり、最近ではスマートフォンと連携した色々なサービスに使われ、一般社会、市民に活用され世界中で普及している。

QRコードが誕生してから24年目を迎えた今でも、日々新しい活用が生み出されており、QRコードはまだまだ普及し続けている。

2 開発の背景

デンソーは、約40年前にトヨタの「カンバン」にバーコードを入れ、物と情報の一元管理する生産システムを提案した。「カンバン」はトヨタ生産方式の基本思想であるジャストインタイムを実現する道具で、「カンバン」は部品と一緒に回る作業指示書の役割であった。生産量が多くなると売上に関する伝票処理が多くなり、その当時はコンピュータのデータ入力の手入力で行っていた為にミスが多くなった。そこで、「カンバン」にバーコードを入れ、それを読み

デンソーウェーブ AUTO-ID 事業部 〒470-2297 知多郡阿久比町大字草木字芳池1番
DENSO WAVE INCORPORATED AUTO-ID Bissiness Unit 1 Yoshiike, Kusaki, Agui-cho, Chita-gun 470-2297, Japan E-mail: masahiro.hara@denso-wave.co.jp

Original manuscript received October 9, 2018, Revisions received December 9, 2018, Accepted December 10, 2018

取るリーダーを開発してコンピュータへの自動入力を実現した。ここで、デンソーは情報の重要性を知り、今後はコンピュータの普及により情報化時代を迎えると確信し、コンピュータの情報入力装置を色々と開発した。その中 QR コードの開発を開始したのは 1992 年である。その当時、印刷媒体による情報システムへの正確、迅速、安価な入力手段として、バーコードが広く利用されていた¹¹⁾。しかし、バブル崩壊で製品を作れば売れる時代は終わり、大量生産から多品種少量生産へと変わっていった。

そこで生産現場ではきめ細かな生産管理をするようになり、扱う情報量は格段と多くなり、ある製造現場では管理用に 10 個ぐらいのバーコードを読ませていた。これでは、生産効率が非常に悪くなり、作業者の疲労にも繋がることから多くの苦情が出ていた。またバブル崩壊後は、製品の差別化として高品質を追求する企業が増え、部品レベルまで管理したいことから、IC 等の極小部品にも印字できるコードのニーズが高まっていた¹²⁾。一方、情報化時代を迎えるにあたり、当時の通商産業省が推進する企業間の電子データ取引 (EDI) 構想があった。そこで使う業界標準伝票に漢字の扱える大容量データに対応したコードの要求が出始めていた。さらに、森林破壊等の環境問題の観点から紙の使用量が削減できる高密度印字が可能なコードのニーズも高まっていた。今後の高度化する情報化時代では、さらに多くの情報が扱われ、これまで情報入力手段として普及していたバーコードでは限界の時期であると感じた。そこで、高度化する情報化時代に対応できる次世代のコードとして QR コードを開発した。

3 開発と普及のシナリオ

3.1 開発コンセプトと開発目標

どのような優れたコードを開発しても、社会に広く実用化されなければ企業としては成功と言えない。そこで、QR コードを世界中に普及させる目標を持ち、以下の開発コンセプトで QR コードを開発した。

- ①高度化する情報化時代にも対応できるコードを提供し、時代の変化に応じて進化させる。
- ②使用する者の視点に立った読み取りしやすい (読み取り性能に優れた) コードを開発する。
- ③ユーザが自由に安心して使える環境を構築し、実用化を図る。

開発の背景でも述べたように、社会ニーズは、大容量のデータを高密度印字できるコードであるが、今後のコンピュータやネットワークの進歩が著しいことを考慮すると、10 年後の社会ニーズの予測は非常に困難である。そこで、予測できる範囲のニーズでコードを開発し、その後、変化

する社会ニーズに応じて QR コードを進化させていくことにした。また社会ニーズは、システムやアプリケーションを構築する人等からの一般的なニーズしか表面化しないことが多い。しかし、幅広く普及させるには、実際にそれを使う人が使いたくなる装置、サービスが提供できるかがポイントである。そこで、QR コードを使用する現場の視点に立ったコードを開発することにした。特に、開発する QR コードは読み取れなければ、使用者には全く生産性がなく、無駄な行為となってしまう。その為に、QR コードの読み取り性能が重要なポイントになると考えた。さらに、新しいコードを使ってもらうには、インフラが整備され、安心して使用できる環境を提供することも必須である。安心して提供できる環境とは、1 社独占で事業不振による事業撤回や他社の特許侵害で利用差止・ライセンス料請求等がなく、長期的に安定して QR コードが利用できることである。

QR コードを開発し、社会に広く実用化を図るシナリオとして、図 1 に示すように市場ニーズ、技術・製品開発、普及活動、市場活性化の 4 フェーズで構築した。

3.2 開発目標とシナリオ

ニーズ調査では、社会ニーズの調査よりもバーコードを読ませている現場の人からの要望等の意見が鍵になると考え、優先的に収集した。その結果、バーコードの読み取り性能と読み取り装置の操作性についての改善要望がほとんどであった。特に要望が多かった内容は、以下の通りである。

- ①多くの情報 (複数のバーコード) を早く読み取れるようにして欲しい。
- ②汚れ、破損したバーコードを読めるようにして欲しい。
- ③誤読 (誤った情報として読む) しないようにして欲しい。
- ④バーコードは読み取り方向に制限があり、読み取り装置に当てやすくして欲しい。

読み取り性能と操作性の向上については、画像処理技術を使って読み取り装置で実現する方が一般的であるが、コードに工夫を加えて、読み取りしやすいコードを開発することとした。その理由は、画像処理技術を使えば処理時間が掛かるが、コードに特徴を出すことで他のコードと差別化が図れるからである。さらに処理能力が低い低価格な読み取り装置でも性能が出せる方が市場に受け入れやすく、QR コードを幅広く実用化させる上で重要と考えた。そこで、社会ニーズと現場の声から表 1 の開発目標を設定した。具体的な目標値は、バーコードを基準にして決定した。

開発フェーズでは、大容量のデータをあらゆる環境化でも高速かつ正確に読めるコード開発に重点を置いた。2 次元コードは大きく二つのタイプに分類される。一つは、複数のバーコードを縦に積み重ねた形態のスタック型バーコード

表1 QRコードの開発目標

項目	目標値	バーコード
情報量	英数字:4,000文字以上 漢字:1,600文字以上	約30文字
情報種類	英数字、漢字 バイナリデータ	漢字未対応
読み取り方向	制限なし	制限あり
読み取り速度	30ms(100桁)	約30ms(20桁)
復元能力	面積の30%復元可能	無し
誤読率	10 ⁻⁹ 以下	約10 ⁻⁶

であり、もう一つは、格子状に白黒を配置する形態のマトリックスコードである。スタック型バーコードは、読み取り原理が従来のバーコードと同様であり、比較的読み取り時間が早く、読み取り装置をバーコードと兼用しやすい利点があるが、バーコードと同様に高密度印字ができず大容量データを扱うのに適さず、さらに読み取り可能な方向も制限される。マトリックスコードは、格子の中心が白か黒かを判断して読み取る方式により、印刷精度が要らず高密度印字ができ大容量データを扱うのに適している利点があるが、構造がバーコードより複雑な為に読み取りに時間が掛かる^[3]。この二つの方式から、今後さらに高度化する情報化時代を考へて、大容量データ、高密度印字において発展性のあるマトリックスコードを採用した。当社では、約40年にわたりバーコード、OCR等の光学的情報読み取り装置の製品開発を行ってきた実績があり、そこで培った画像認識技術

を駆使して、読み取りしやすいマトリックスコードの開発に取り組んだ。

高速読み取りに関しては、マトリックスコードの読み取り時間の大半を撮像画像からコードを抽出する処理に費やしていた。そこで、コード抽出に適した特徴のあるシンボルをコードに配置して高速読み取りを可能にし、バーコードの5倍の情報量でバーコードと同等の約30msの読み取り時間を実現した。

コード汚れの読み取りに対しては、誤りを復元できる誤り訂正符号として訂正効率が高く、汚れなどのバースト誤りに適したリード・ソロモン符号を採用し、コードの30%が汚れ、破損しても読み取りができるようにした。また、リード・ソロモン符号は、符号の設計自由度が高く、付加した冗長データの一部を誤り検出として利用し、誤ったデータとして読む確率を10⁻⁹以下にした^[4]。

操作性に関しては、読み取り装置とコードのなす角度で発生する光学歪や曲面に印刷された歪んだコードでも安定して読めるように、歪を補正するシンボルをコードに配置した。

3.3 普及のシナリオ

どんなに良いコードを開発しても、インフラが整備され、誰もが自由に安心して使えなければ普及はしない。特にインフラ整備は当社だけでは困難であり、また普及に時間が掛かると他の2次元コードや新しい技術が浸透する可能性がある。そこで、普及フェーズでは多くの企業にQR市場への参入を促し、インフラ整備に協力してもらい、早期にQR市場を形成させることが鍵になると考えた。その為には、業界標準、国際規格の取得が必須となるが、非常に

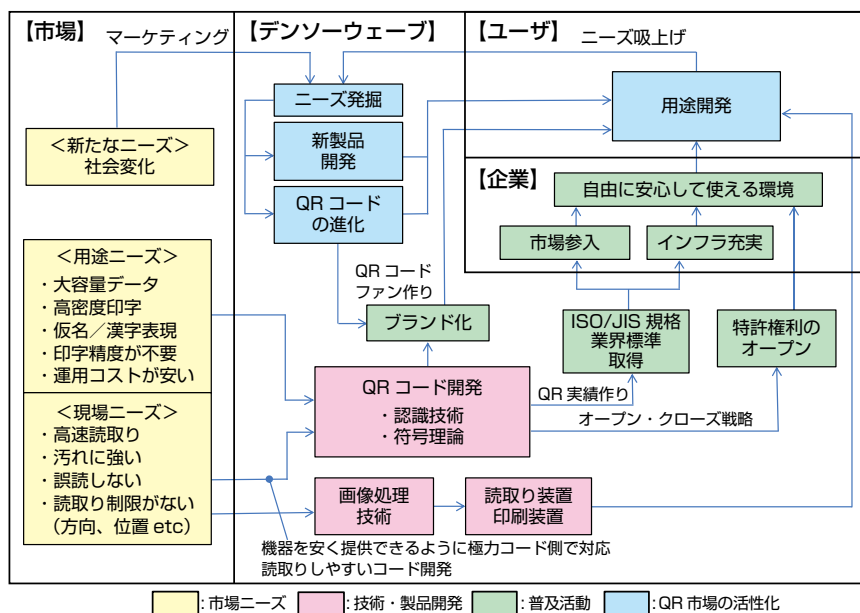


図1 QRコードの開発と普及のシナリオ

労力が掛かり、特に国際規格である ISO 規格を取得するには時間が掛かる。そこで、少しでも早く取得する為に、グローバルで連携している自動車、電機・電子、流通業界の活用実績を優先的に作り、業界標準を取得し、業界から ISO の規格化を要請してもらい、QR コード誕生から 6 年で ISO 規格を取得した。

誰もが自由に安心して使える環境作りでは、上記以外に QR コードの特許を以下のように活用した。QR コードの利用者には特許権利をオープンにし、QR コードの模倣品や不正用途に関しては特許権利を行使して、市場から排除する方針を採った。また、特許権利を取得したことで、他の特許侵害で訴えられない証明となり、ユーザが自由に安心して使える環境を提供した。

市場活性化フェーズでは、ユーザの価値を創造する用途開発が鍵になると考えた。幅広い用途開発ができればできるほど、QR 市場は拡大するので、当社の経験がない分野の用途開発はユーザの力を活用することにした。その為には、ユーザにとって QR コードが魅力のあるコードでなければならない。そこで、QR コードは高性能、高品質、安心といったイメージを構築し、ブランド化した。また、技術の進歩による社会変化に伴い新しい用途開発が行われ、そこで対応できない新たなニーズに対して QR コードを進化させてきた。これにより、QR コードの陳腐化を防ぎ、常に時代の先端を行くコードとして市場に提供してきたことでブランド力が向上し、QR コードは爆発的に普及した。

3.4 事業化のシナリオ

当社の QR 事業については、自社の強み／弱みを考慮したオープン・クローズ戦略で取り組む方針を採った。QR コードの市場形成を他社に協力してもらう為に、規格化・標準化をした上で QR コードをオープンにした。一方、事業収益は慣れ親しんだ読み取り装置・サービスを QR 市場に提供することにし、QR コード読み取り装置をクローズにした。読み取り装置の核となる画像認識技術は特許出願せず秘匿化し、それ以外の読み取り装置に関しては特許を取得してライセンス提供する方針を採った。そして、読み取り性能と自動車分野の物作り品質を武器に読み取り装置、ソリューションビジネスを事業収益の柱とした。

バーコード事業で培った画像認識技術、ノウハウと QR コードを開発したメーカーとしてのブランド力で競合他社と差別化を図り、事業成長を実現してきた。また、QR コードを進化させる技術とノウハウを活用してユーザの用途開発をサポートすることにより、いち早く市場ニーズを把握でき、競合他社より優位に立てることもできた^[5]。

4 QRコードの概要

QR コードの名前は、最大の特長である高速読み取りを表現する「Quick Response」に由来している。QR コードは、色んなアプリケーションで使いやすさを主眼において開発した。2次元コードの特長である大容量、高密度記録の他に、高速読み取りができ、汚れ・破損・歪のあるコードでも正確に読めるなど読み取り性能を最大限に追求したコードである。

4.1 QRコードの構造

QR コードは、図 2 に示すように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の読み取りを支援する機能パターンとデータ領域（灰色部分）で構成される。

4.1.1 ファインダパターン

QR コードの位置を検出する為のシンボルである。このファインダパターンは、検出しやすいように印刷物であり存在しない左右対称の固有パターン(黑白比率が 1:1:3:1:1)で構成されており、360° 全方向でこの固有パターンが出現するように工夫されたシンボルである。このファインダパターンを 3 つのコーナーに配置することにより、コード周囲に文字や図形等の模様が印刷されていても、コードの位置、大きさ、傾きを即座に検出できる^{[6][7]}。

4.1.2 アライメントパターン

コードの歪みを補正する為のパターンである。特に非線形歪みを補正するのに発揮する。アライメントパターンの中心座標を求めて、コードの歪みを補正する。この為、アライメントパターンは中心に黒の孤立セルを配置し、中心座標を正確かつ検出しやすい構造にして、高精度な補正ができる。これにより歪んだコードでも正確に読み取ることができる^{[6][7]}。

4.1.3 タイミングパターン

各データセルの中心座標を正確に求めるのを支援するパターンである。ファインダパターン間の縦横の 2 か所に白、

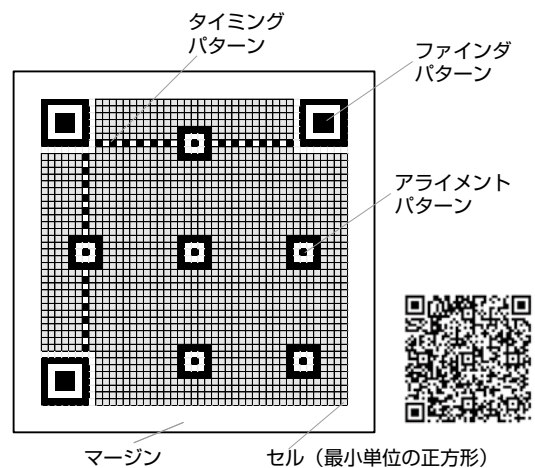



図 2 QR コードの構造

表2 QRコードの概略仕様

項目	仕様	
コードの大きさ	最少 21×21 セル～ 最大 177×177 セル（4 セル間隔） ☆セルサイズが 0.25 mm の場合 ・数字 40 桁 : 5.25 mm 角 ・数字 7089 桁 : 44.25 mm 角	
情報の種類 及び 情報量	数字	最大 7089 文字
	英数字	最大 4296 文字
	バイナリ	最大 2953 文字
	漢字*	最大 1817 文字
データ 復元機能	コード面積の約 7%、15%、25%、 30% が破損しても復元可能（4 段階で選択）	
連結機能	16 個まで連結可能（最大で約 46 K バイト 格納可能） ☆6 連結の例 	

*QRコードは JIS 第 1、第 2 水準を 13 ビットに圧縮

黒のパターンが交互に配置されている。コードが局部的に歪んだり、印刷精度によるセルピッチずれが生じた場合でも、データセルの中心座標を補正し正確に読み取ることができる^{[6][7]}。

4.1.4 データ領域

QRコードのデータは、灰色部分のデータ領域に配置されている。データは、決められた規則に基づいて‘0’と‘1’の2値符号化され、‘0’は白セル、‘1’は黒セルに変換し、各セルに配置する。データ領域には、誤り訂正機能を実現するリード・ソロモン符号も配置されている^{[6][7]}。

4.2 QRコードの仕様

QRコードは、格納する情報量に応じてコードのサイズが大きくなり、21×21セルから最大177×177セルまで4セル間隔で用意されている。また、16個のQRコードを連結できる機能があり、最大約46Kバイトのデータが格納できる。表2にQRコードの概略仕様を示す。

5 QRコードの特長

ここでは、QRコードの特に優れた高速読み取りと汚れ、破損に対しても正確に読める特長について紹介する。

5.1 全方向・高速読み取り

通常、2次元コードの読み取りは2次元イメージセンサを用いて行う。2次元イメージセンサによって取り込まれた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、コードだけを抽出し、コードの位置・大

きさ・傾き等を検出し、各セルの中心座標を求めてデコードをする。一般的なマトリクスコードでは取り込み画像をソフトウェアで探索し、黒い部分を検出するとその外周検出を行いコードかを判断し、コードでないと次の黒い部分の検出を行う為、読み取りに要する時間の大半をその処理で費やしている。特に、背景に文字等の模様等のノイズがある場合は、処理する情報量がバーコードの約800倍になり、非常に処理時間が掛かり、バーコードに比べ読み取りフィーリングが劣る。QRコードは、3コーナにコード位置を検出するファインダパターンを配置し360°全方向で高速読み取りを可能にしている。図3に一般的なマトリクスコードとQRコードの処理プロセスの比較を示す。

QRコードのファインダパターンは、図4のように360°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黒白比が1:1.3:1となる。この固有の比率は、文字や図形を構成する白黒比率を調査した上で、極端に出現率が低いことを見つけ出した。この比率は2次元イメージセンサからラスタースキャンで画像を出力する時に検出できるので、文字や図形等がある画像の中から、メモリを探索しなくてもQRコードの位置が特定できる。また、3つのファインダパターンの位置関係から、コードの大きさ、傾きが分かり、コード外形が瞬時に検出できる^[8]。従って、ファインダパターンを検出することにより、取り込み画像の中からコードシンボ

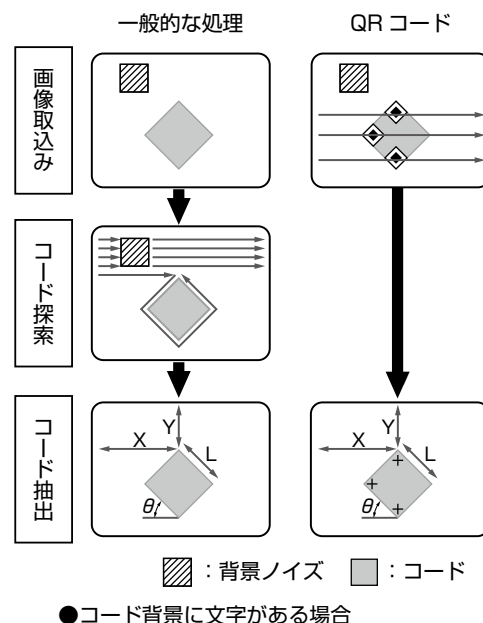


図3 コードの位置、外形検出プロセス

ル境界線と周辺を探索する必要がなくなり、一般的なマトリックスコードの処理に比べて読み取り速度を約 50 倍速くできる^{[7][9]}。当時の機器組込に使われる汎用的な CPU (32 bit RISC CPU : 18 MIPS 相当) でも、バーコードの 5 倍の情報量をバーコードと同等の約 30 ms で読み取れる。またファインダパターンの検出はハードウェア化が容易に実現でき、ハードウェア化で画像の取り込みと同時に QR コードの外形が検出できるようになり、高速移動している QR コードをリアルタイム画像で読み取りが可能となる。

5.2 汚れ・破損に強い

QR コードは、誤り訂正符号であるリード・ソロモン符号を採用し、コード面積の 7%・15%・25%・30% が破損しても復元できる 4 つのレベルを設定した。オフィス等の綺麗な環境化では 7%、工場等の極悪な環境化では 30% と使用する環境やアプリケーションによって選べるようにしている^[6]。また、誤訂正率が総てのコードバリエーションで 10^{-9} 以下になるように設計した。その他にも、読み取り性能をよくする為に、白黒のセルが偏らずバランス良く配置されるように工夫している。この処理はマスク処理と呼び、図 5 の様に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あらかじめ用意されているマスクパターン（テンプレート）のセルとの間で EX-OR 演算（両方のセルが黒、又は白の場合は白、それ以外は黒）を行い、その結果、一番バランス良く白黒のセルが配置されたパターンを QR コードとして採用している^[10]。この白黒のセルをバランス良く配置することで、特に輝度むらのある粗悪な QR コードの読み取りに効果を発揮する。一般的な 2 値化処理は、画像の輝度値のヒストグラムを取り、谷部の輝度 T1 を閾値として T1 以上の輝度を白セル、T1 未満の輝度を黒セルとする。この場合、QR コードの左部分は白セルが多くなり、右部分は黒セルが多くなり、2 値化の閾値 T1 が悪いことが判る。そこで、閾値 T1 より輝度が低い所と高い所にそれぞれ谷 T2、T3 があり、白セル多い領域は閾値 T3、黒セルが多い領域は閾値 T2 とすると正確にセルの白黒判別ができ、粗悪な QR コードでも読み取ることができる。

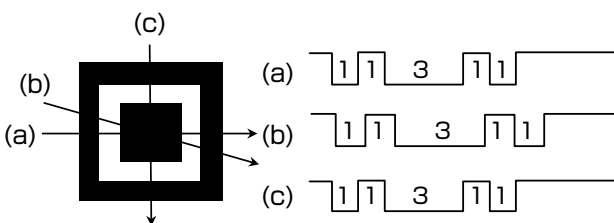


図4 ファインダパターンの特長

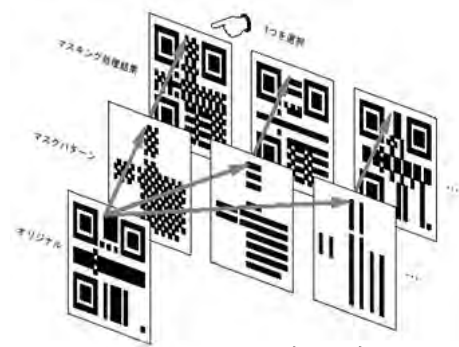
6 QRコードの進化

QR コードの誕生からこれまで、社会ニーズの変化を一早く捉え、ユーザ価値を創出することを重点に考えて、「小型化」「大容量化」「デザイン性」「セキュリティ性」という 4 つのカテゴリで新しい QR コードを開発し、進化させてきた。図 6 に QR コードの進化の歴史を示す。

QR コードの登場により、これまでバーコードで管理できなかった電子部品、医薬品、貴金属等の小物商品や極小部品の管理に利用の要求が年々高まっていた。そこで、QR コードの読み取り性能を継承し、品番とシリアル番号等が扱える英数字 20 文字程度のデータを 1 mm 角で印字できるマイクロ QR コードを 1998 年に開発した。さらに、医療分野や製造現場では曲率の高い試験管や円柱状の小型部品も管理との要望からデータ効率を向上させた長方形の形状をサポートした iQR コードを 2008 年に開発した。大容量化では、2000 年に入ると日本企業が中国等アジアに進出し、日本以外の漢字やハングル文字等アルファベット圏でないマルチバイト文字を効率良く扱う要望が高まっていた。そこで中国、台湾の漢字と韓国のハングル文字等アジアの言語に対応した QR コードを 2001 年に開発した。それに伴い、アジア各国の国家規格も取得した。

セキュリティ性では、2004 年頃から QR コード読み取り機能を搭載した携帯電話の普及で、誰でもが QR コードを読み取れるようになり、企業が使っていた管理用の QR コードがお客様に簡単に読み取られてしまうなどの課題も出てきた。この課題を解決する為に、2007 年に SQRC を開発

●マスク処理



●2 値化処理

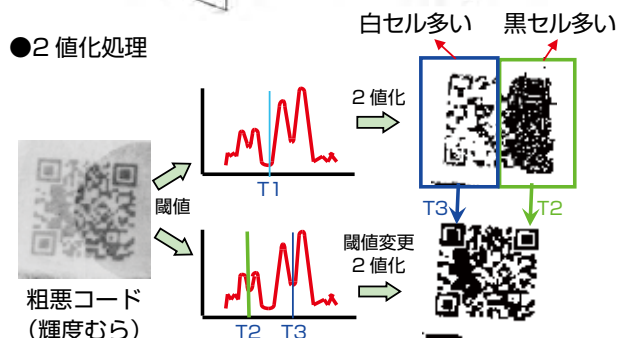


図5 マスク処理の効果

した。SQRCの最大の特長は、公開情報領域と非公開情報領域の2層構造になっており、公開情報領域は携帯電話等の総ての読み取り装置で読み取れるが、非公開領域は情報が暗号化されており、SQRC専用の認識ソフトウェアが搭載され、暗号キーが一致した読み取り装置しか読み取れない。このSQRCの暗号機能により、データ改竄ができないことから、新たな用途としてチケットに使用のニーズが高まってきた。ただ、コピー機で簡単に複製できるので高額チケット等には使用できない。そこで、SQRCを印刷した後に、特殊な光を通すインクで隠蔽し、複製とデータ改竄できない複製防止QRコードを2011年に開発した。ブラックライト（紫外線）を照射すると蛍光色で光る技術は知られているが、複製防止QRコードは特殊波長の光を照射しても人間に見えなく、どこにSQRCがあるか分からないのでセキュリティ性が向上する。

デザイン性では、2005年以降から急激にソーシャルネットワークが普及し、企業や個人のアドレスをQRコード化する人が急増するようになった。その中で、自分だけのオリジナルなQRコードが欲しいとの要望が高まり、さらに企業側では、自社のサイトにアクセスさせる為に読ませたくなるユニークなQRコードの要望も高まっていた。そこで、デザイン性を最大限に追求したフレームQRを2014年に開発した。フレームQRは、コードの中央部に画像やロゴが入る専用キャンバスを設け、QRコードの読み取り性能を継承したコードである^[11]。デザイン性向上だけでなく、画像やイラストから、このコードはどのような情報のサイトに繋がっているか分かるので利便性も向上する。このように、社会ニーズに応えるQRコードの進化と共にQR市場は拡大した。

7 QRコードの広がり

図7にQRコードの広がり状況を示す。1990年代は、主に製造、物流分野で使われていたこともあり、QRコードは一般の人には見る機会はありませんでした。

2000年にISO規格に制定されると馬券、車検証や飛行機のチケットに使われ、2002年に携帯電話でQRコードが読めるようになるとWEBサイトのアクセスに使われ、新聞、雑誌、ポスターにQRコードが付くようになり、誰もがQRコードを目にするようになった^[12]。その頃から公共・行政・流通での活用が増え、QR市場は急激に拡大した。

さらに、2005年以降はソーシャルネットワークの普及により、人の情報を繋ぐコミュニケーションツールとしての活用が多くなり、ゲームや営業拡販ツール等の一般消費者向けの分野で市場が形成され、さらに、2010年頃から海外でもスマートフォンの普及で世界中の人々がQRコードを活用するようになり、QR市場は爆発的に拡大した。

8 おわりに

QRコードが普及すると、独占すれば良かったのと言う人がいる。実際、独占していたらどうなっていたか分からないが、ここまでは普及しなかったであろう。多くの企業がQR市場に参入し、それぞれの企業が競争することでより良い技術・製品やサービスが開発されたことがQRコードを爆発的に普及させた原動力になったと思う。当社も競合他社と競争する中で、技術開発を切磋琢磨しQRコードを進化させることができた。また、この開発した技術が他の分野にも活かされ、この点においてもQRコードをオープンにしたことは成功であった。

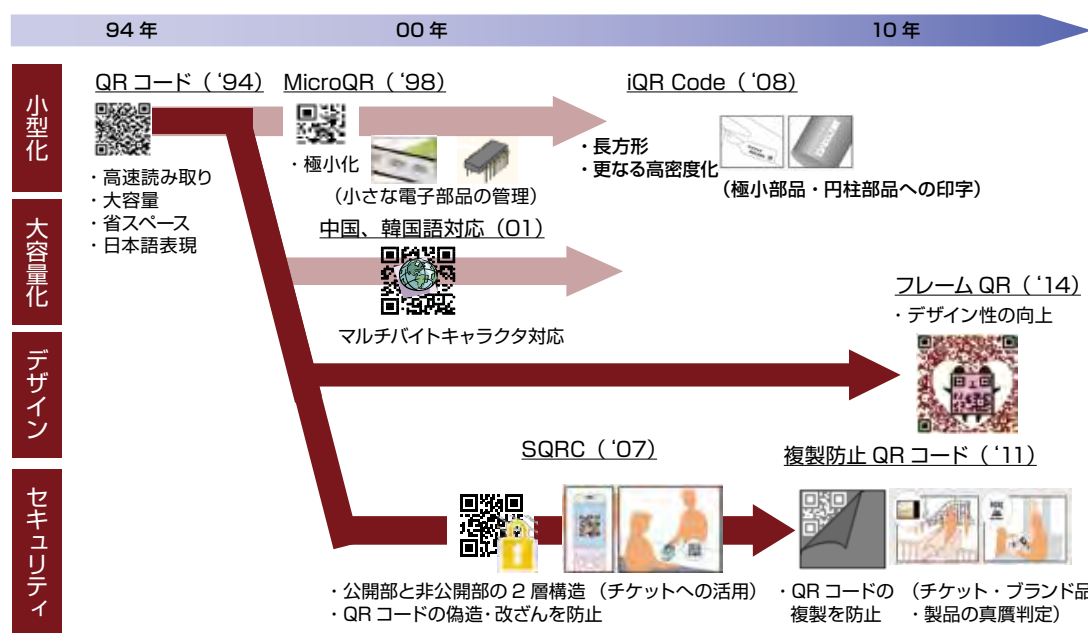


図6 QRコードの進化

用語の説明

用語1：QRコード：デンソーウェーブの商標登録。

参考文献

- [1] 流通システム開発センター：これでわかったバーコードの応用, 国際自動認識工業会.
- [2] 星野裕, 澤田善次郎, 野村政弘, 増澤洋一, 藤本義治: QRコード(2次元バーコードと品質管理への適応), 生産管理, 9 (1), 81-86 (2002).
- [3] <http://www.jaisa.jp/about/pdfs/20040219bcd.pdf>, 閲覧日 2018-10-09.
- [4] 長屋隆之, 山崎智彦, 原昌宏, 野尻忠雄: 高速読み取り対応2次元コード「QRコード」の開発, 第52回メディア情報処理学会全国大会講演論文集, 253-254 (1996).
- [5] 加藤浩一郎: 二次元バーコードのビジネスモデルと事業戦略～デンソーウェーブのQRコード～, 特許庁, <http://watanabelab.main.jp/wp-content/uploads/1ca0679d710dc1b130a20ac08e580b69.pdf>, 閲覧日2018-10-09.
- [6] 日本自動認識システム協会(編): これでわかった2次元シンボル, オーム社, (2004).
- [7] 自動車技術会: 自動車技術, 62 (1), (2008).
- [8] 岩井誠人, 佐波孝彦, 菊間信良, 原昌宏: 日本発・世界に広がる二次元コード: QRコード, 通信ソサイエティマガジン, 7 (2), 126-132 (2013).
- [9] 標準化研究会(編): QRコードのおはなし, 日本規格協会, (2002).
- [10] 2次元コードシンボル-QRコード-基本仕様 JIS X 0510, 日本規格協会, (2004).
- [11] QRコードとは?, デンソーウェーブ, <http://www.qrcode.com/about/>, 閲覧日2018-10-09.
- [12] スマートフォン経済の現在と将来, 平成29年度情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/n1100000.pdf>, 閲覧日2018-10-09.

執筆者略歴

原 昌宏 (はら まさひろ)

1980年3月法政大学工学部電子工学科卒業。1980年4月日本電装(現デンソー)入社。2012年1月デンソーウェーブに転籍し現在は主席技師、2018年1月愛知県幸田町のづくり研究センターの技術顧問兼任。これまでバーコード、OCR、QRコードの認識アルゴリズムと読取り装置の開発及びQRコードの開発に従事。これまでの主な受賞歴は、中日産業技術賞特別奨励賞(2000)、全国発明表彰発明賞(2002)、R&D 100 Awards(2002)、モバイルプロジェクトアワード最優秀賞(2004)、日本イノベータ大賞優秀賞(2007)、グッドデザイン賞 Best100(2012)、欧州発明家賞(2014)。



査読者との議論

議論1 全体について

コメント(赤松 幹之:産業技術総合研究所)

2次元バーコードであるQRコードの開発経緯とその普及戦略について述べた論文であり、情報量や回転への対応また対汚れ性など光学的コードの技術的なポイントが丁寧に記載されているとともに、開発開始時での社会情勢に基づいた目標設定やブランド化等の普及戦略、そして特許のオープン化という大胆な方針が広範な普及につながったことが書かれており、技術開発とその社会への普及のシナリオとして大いに参考になる。

コメント(松井 俊浩:情報セキュリティ大学院大学)

QRコードは、日本の企業が開発したパターンコードとして広く普及しており、コードを自由に使えることでも評価の高いシステムである。その開発の経緯をSynthesiologyに発表していただけたことは、独自技術を普及させていく方法として読者の参考になる。

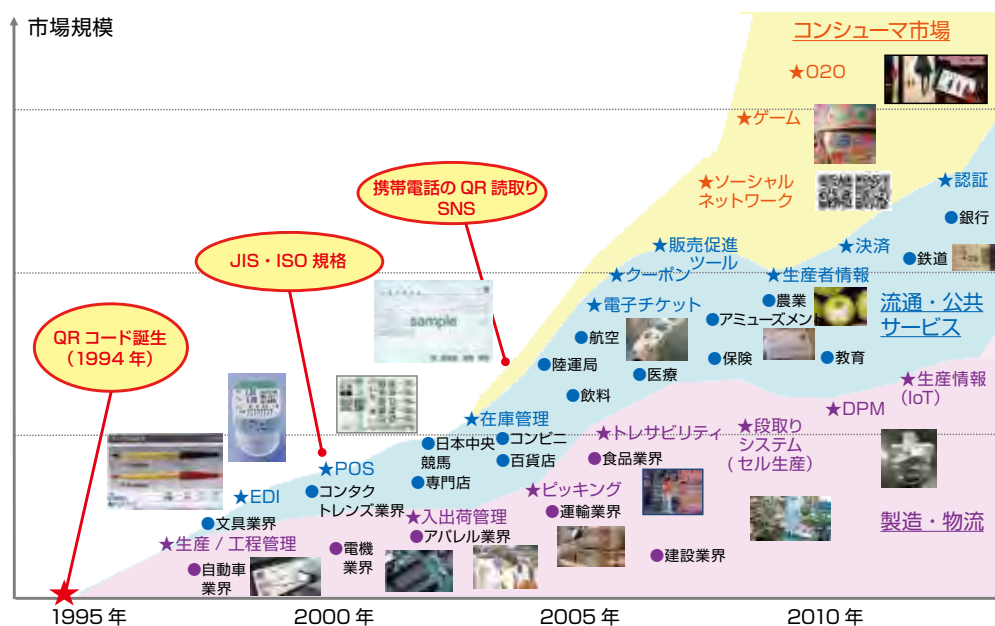


図7 QRコードの広がり

議論2 オープンクローズ戦略における知財について

質問（松井 俊浩：情報セキュリティ大学院大学）

オープンクローズ戦略を採用されているということですが、QRコードを登録商標にされたのでは利用が制限されることはないでしょうか。特許を獲得しながら、オープンにするというのが素晴らしい戦略ですが、どういう特許を取るべきかを検討されたのでしょうか。模倣品や不正使用には特許を使って排除するとは、具体的にはどのようにされたのでしょうか。クローズ部分に関することになりますが、当時、専用の読み取り機を使わなくてもスマートフォン等で手軽に読み取りが可能になることを想定されていましたでしょうか。

回答（原 昌宏）

商標登録に関しましては、QRコードの普及の戦略の1として、QRコードは優れたコードというブランド化を図りました。QRコードが普及した時に、他の2次元コードがQRコードと名乗ってくる可能性があります。その2次元コードの性能が悪ければQRコードの評判が落ちる可能性もあるので、他の2次元コードがQRコードと名乗らせないためにも商標登録を取得しました。

特許に関しては、オープンにしたQRコードでは他の特許を侵害していないことを証明するために、QRコードで新しく開発した項目について特許を取得しました。また、当社の事業の柱である読み取り装置に関しての特許を優先的に権利化しました。

模倣品や不正用途を発見した場合は、当社の特許権利を侵害していると警告し、警告しても止めなければ権利行使することになっています。これまでに、模倣品で1件だけ警告したことがあります。

開発当時はスマートフォンでQRコードを読ませることは想定していませんでした。当社では、BtoBの用途は色々検討しましたが、デンソーの社風からしてBtoCはビジネス領域でないと考えていました。

議論3 ブランド化について

質問（赤松 幹之：産業技術総合研究所）

ブランド化も戦略の一つだったとのことですが、「高性能・高品質・安心といったイメージの構築」といったブランド化のための方策はどのようなものだったのでしょうか。

回答（原 昌宏）

QRコードをオープンにし、多くの企業に参入していただいたことにより、デンソーウェブ以外にも読み取り装置や印刷装置が製品化されます。もし、デンソーウェブ以外の製品性能が悪いとQRコードの優れた特長が発揮できません。そこで、運用に支障を与えない性能や品質が最低限に確保できるよう、読み取り、印字のノウハウ開示をしました。また、QRコードの良さを理解してもらうために、QRコードの特長を解説した「QRコード読本」というムックを作成して、ユーザに配布し、啓蒙活動を行いました。

議論4 標準化を通じた技術の普及について

質問（松井 俊浩）

普及のシナリオが興味深く語られています。初期段階で、まだ誰にも使われていない状態では、どのようなプロモーションを行うことで活用実績を蓄積できたのでしょうか。また、将来の可能性が見えない段階において、開発を続けることをどのようにして納得してもらったのでしょうか。普及のための標準化ですが、標準化を6年で達成した背景にはどのようなことがあったのでしょうか。用途開発等にユーザの力を借りるとは、具体的にどのような方法で行ったのでしょうか。

回答（原 昌宏）

最初に、色々な業界団体の集会でQRコードのプレゼン機会をもらい、そこで高速読み取りと汚れ破損しても正確に読み取りデモを実施

しました。その中で、興味を持っていただいた企業様に訪問してQRコードの詳細説明を実施して、採用に結び付けてきました。

開発当時は成功するか分からないために、2人という少人数で、開発費の掛からないコード開発からスタートさせてもらいました。そして、コードが完成して、ユーザにデモを実施して手ごたえがあれば読み取り装置を開発することで納得してもらいました。ですから、QRコードが完成してから2年後に読み取り装置を製品化させ事業をスタートさせました。

標準化については、グローバルで連携している自動車業界、電子電気業界、流通業界の実績を積極的作り、各業界からISO規格化の要請をしていただいたから早く規格化できました。

用途開発では、ユーザから現状の業務の課題や在りたい姿を聞き、それをQRコードで実現する方法を提案してきました

議論5 QRコードの特徴的技術について

質問（松井 俊浩）

4章では、QRコード技術の使いやすさ、容量、読み取り性能、信頼性が解説されています。中でもファインダパターンがQRコードの特徴でしょう。ファインダパターンが、印刷物の中では特殊であり、回転しても検出しやすい、1次元の直線的なスキャンで検出しやすいのだろうと推測しますが、回転不変性を追求するのなら、なぜ同心円にしなかったのでしょうか。

回答（原 昌宏）

ファインダパターンを同心円にしなかったのは、解像度の低いプリンターで印字するとどうしても円が大きくなります。正方形に比べて円の方が構成するドット数が多く必要になります。少しでも、小さな印刷領域で印字できることを考慮して正方形にしました。

議論6 競合技術との違いについて

質問（松井 俊浩）

海外でのQRコードの普及はどうでしょうか。医薬品の分野では、データマトリックス、データバーリミテッド等が標準化されていますが、QRコードとどのような違いがあるのでしょうか。

回答（原 昌宏）

海外でもQRコードは広く使用されています。データバーリミテッドはバーコードの仲間でも多くの情報が入りません。そのため、医薬品業界以外ではほとんど使われていません。データマトリックスは40桁までのデータの用途ではアメリカの産業界で使用されていますが、多くの情報を入れると読み取り性能が悪くなります。そのために多くの情報を扱う用途では、QRコードが広く採用されています。

議論7 QRコードの進化について

質問（赤松 幹之）

「社会ニーズに応じてQRコードを進化させる」とあります。進化の具体例としてiQRやSQRCやイラスト等挙げられていますが、このような多くの情報に対応ができるようになるための工夫はどのような点にあったのでしょうか。

回答（原 昌宏）

多くの情報を早く正確に読むために、コード認識技術を考慮した読みやすいコード構成（機能セルの配置）、データの配置に工夫しています。また、情報を効率よく圧縮して、少しでもコードの大きさが小さくなるよう工夫をしています。例えば、漢字第1水準、第2水準を13ビットで圧縮する他に、https://www.や業界で良く使われるキーワードを1バイトの予約語として扱えるようにしています。