

社会を変えた QR コード

○川中孝章 (東京大学)

QR code that changed society

* T. Kawanaka (The University of Tokyo)

Abstract—QR code is a matrix-type two-dimensional code that expresses information by arranging white and black cells in a grid pattern. Based on a development philosophy focused on the field of use, the code was developed with emphasis on enhanced reading performance, such as all-direction high-speed readability, resilience against smudges and damage, and resistance to distortion of the code. Thus far, this code continues to evolve. In addition to the excellence of the code, we are proud of the fact that we declared the code public domain to be used freely without exercising patent rights and worked to popularize it, i.e., the behavioral style of photographing the code with a camera and accessing information. This code has had a huge impact on society, creating new lifestyles, such as payment methods, ticket gates, and entrance methods to venues, thereby inducing changes in the behavior of people. The Japan Society for Management Systems recommends the QR code, which originated in Japan and has become popular globally, for its Kototsukuri-Collection.

Index terms—Two-dimensional code, barcode, JIS/ISO standard, open and closed strategy, settlement

1. 推薦対象および推薦理由の概要

現在, 広く社会に普及している QR コードは 1994 年に日本電装株式会社 (当時) で開発された¹⁾²⁾. 製造, 物流, 流通, 公共サービスなどの幅広い分野で, 生産管理, 販売管理, 電子チケット, トレーサビリティ, 決済システムなどをはじめとする様々な用途で使用されており³⁾, 社会にかかせないインフラの一つとなっている. 日本経営システム学会 (Japan Association for Management Systems) は, QR コードをコトづくり至宝の登録に向けた第一段階であるコトづくりコレクションに推薦する.

開発を当初から直接担当されてきた現株式会社デンソーウェアの原昌宏氏によると⁴⁾, QR コードの名称は, その最大の特徴である高速読み取りを表す「Quick Response」から命名されたものである¹⁾. 開発の原点は, 自動車業界の生産管理において部品点数の増加に伴い大量情報を扱う必要が生じ, 当時使用されていた 1 次元バーコードに対し, 高密度印字が可能な 2 次元コードの開発に原氏が着手したことである¹⁾. そして, 初期のバージョンを発表後も, 社会ニーズの変化を的確に捉えコードを進化させるとともに, 普及に向けた環境作りを行ってきた⁵⁾⁶⁾. 結果として, 世界中の様々な場面で活用されるに至っている.

本稿では, QR コードが優れたコトづくりであることを示すために, その開発の背景から, 構造, 特徴, 普及・進化の過程, 開発者の思い, 社会にもたらした価値について述べる.

2. 推薦対象の定義および構成要素

2.1 推薦対象の定義

QR コードは格子状に白と黒のセルを配置し情報を表現するマトリックス型 2 次元コードである⁷⁾⁸⁾. 本稿でコトづくりコレクションに推薦する対象は, コードそのものに加えて, 特許権利を行使せず自由に使用できるコードとしてパブリックドメインを最初に宣言し普及に努めたこと⁵⁾⁶⁾, コードをカメラで撮影し情報にアクセスする行動スタイルや, 店舗での決済, 改札・会場への入場方式をはじめとする新たな生活スタイル

を創出したことなど, 人々の行動変容を誘発したことも, コトづくりの対象として含める.

2.2 推薦対象の構成要素

A) QR コードの構造

QR コードは, Fig.1 に示すように読み取りをしやすくするためのタイミングパターン, アライメントパターン, ファインダパターンとデータ領域 (図の灰色部分) から構成されている⁵⁾⁶⁾. 例を Fig.2 に示す. QR コードは格納する情報量に応じてコードサイズが異なり, その概略仕様は Table.1 のとおりである.

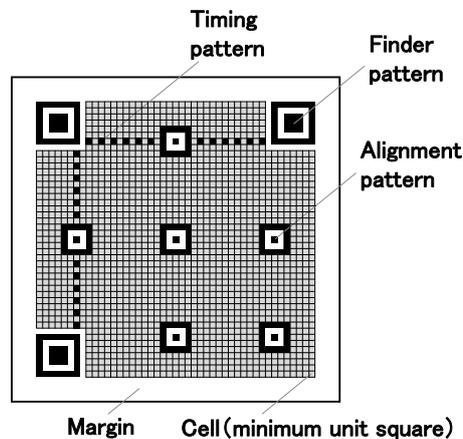


Fig.1 Structure of QR code⁶⁾



Fig.2 Sample of QR code

Table 1 Outline of specifications for QR code⁶⁾

Item	Specifications	
Size of code	Minimum 21×21 cells Maximum 177×177 cells (4 cell intervals) ☆In cases cell size is 0.25 mm ・ Numerals 40 digits: 5.25 mm square ・ Numerals 7,089 digits: 44.25 mm square	
	Type and volume of information	
Data restoration function	Numeral	Maximum 7,089 characters
	Alphanumeric	Maximum 4,296 characters
	Binary	Maximum 2,953 characters
	Kanji	Maximum 1,817 characters
Linkage function	Linkage of up to 16 codes is possible (Maximum about 46 Kbyte storage)	

B) 普及過程

特許を取得し標準化を推進したが、コードの使用者に対しては権利行使を行わないパブリックドメインとした。

C) 行動様式の創出

カメラ撮影によるインターネットアクセス、モバイル決済、電子チケットなど、それまでの様々な生活シーンを変えた。

3. 当該コトづくりの背景

QR コードは 1992 年に開発が開始された¹⁾³⁾。当時は、例えば自動車業界ではユーザーニーズの多様化により部品点数が増え生産管理のために大量情報を扱う必要性が生じていた⁹⁾¹⁰⁾。そのころのバーコードは 20 文字程度しか扱えず、工場で 10 個ほどのバーコードを印刷しそれを読み込ませ、さらに油污れでバーコードが読み取りにくくなるという問題も生じており、同じバーコードを何度も読み込ませるといった作業効率の低下が発生していた¹⁾。当時、通商産業省が推進する企業間の電子データ取引 (EDI: Electronic Data Interchange) 構想があり、そこに業界標準伝票に漢字が扱える大容量データに対応したコードの要求事項があったこともあり、既存のバーコードに比べて大容量の情報を記録でき、迅速かつ正確に読み取れるコードの開発が始まった²⁾。

最初のバージョンが世に出た後、自動車業界にとどまらず広くコードを普及させようと、特許や規格を活用しながら普及への計画が実行された¹¹⁾。開発者は並行して社会ニーズに対応すべくコードを改善し、他の追随を許さないコードへと進化させた¹⁾。カメラ付き携帯電話やスマートフォンが登場すると、2 次元コードの読み取りがさらに容易になり普及に弾みがつき¹⁰⁾、用途がさらに拡大した。

情報化社会の進展に伴う大容量化のニーズ、現場に軸足を置いた開発姿勢、普及優先の発想、携帯端末の高機能化といった社会背景や企業ポリシーが当該コトづくりの背景にあると考えられる。

4. 達成された内容および生じた状態変化

QR コードの開発、概要、普及、進化、社会にもたらした価値について述べる。

4.1 開発のコンセプト⁵⁾⁶⁾

- 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) ユーザーの視点に立った読み取りやすいコードを開発する。
- 3) ユーザーが自由に安心して使える環境を構築し、実用化を図る。

4.2 QR コードの概要

4.2.1 構造¹⁾³⁾⁵⁾⁶⁾

Fig.1 に示した QR コードの構造について説明する。

- 1) ファインダパターン
切り出しシンボルとも呼ばれており、QR コードの位置を検出するためのシンボルである。これを 3 コーナーに配置することでコードの外形 (大きさ)、傾きが検出できる。
- 2) アライメントパターン
コードの歪みを補正するためのパターンである。特に非線形の歪みを補正するのに効果を発揮する。
- 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ためのパターンである。ファインダパターン間の縦横の 2 か所に白と黒のパターンが交互に配置されている。
- 4) データ領域
QR コードのデータは図 1 の灰色部分にあたるデータ領域に格納されている。データは規則に基づいてバイナリの '0' と '1' に 2 値符号化され、'0' は白セル、'1' は黒セルに変換され配置されている。データ領域には、誤り訂正機能を実現するリード・ソロモン符号が付加されている。

4.2.2 特徴¹⁾²⁾¹²⁾

- 1) 全方向高速読み取り
QR コードは読み取りを速くするためにファインダパターンを使用してコードの切り出しを行っている。一般的に二次元コードの読み取りはイメージセンサによって取り込まれた画像を一旦メモリに展開し、ソフトウェアで画素を詳細に探索した上で、コードの位置、大きさ、傾き等を検出してコードを抽出する。この方法ではコードの位置の検出に手間取り、バーコードに比べて読み取りに非常に時間がかかってしまう。ファインダパターンは、Fig.3 のように 360°どの方向から見ても中心を通る走査線の黒白の比率が 1:1:3:1:1 になっている。この比率は、コードの背景となることが多い文字や図形を開発者が調査し、その中から出現頻度が少ない比率として求められている。どのような角度からでも読み取り可能となるように点対称の図形になっており、この比率を検出する

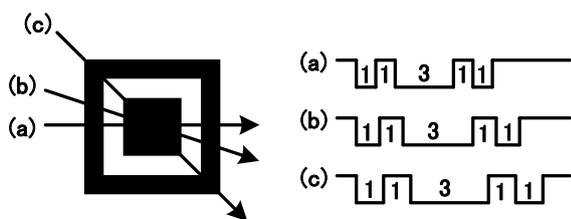


Fig.3 Characteristics of finder pattern ⁶⁾

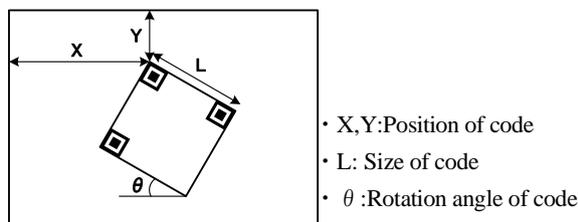


Fig.4 Detection of shape of code ⁶⁾

ことで画像の中から QR コードを素早く見つけ出すことができ、瞬時に外形が特定できるようになっている (Fig.4) .

2) 汚れ・破損に強い

QR コードは汚れや破損によって読み取り不可になる可能性に対して、そのようなバースト的な誤りに強い誤り訂正符号であるリードソロモン符号を採用している。汚れや破損の程度をコード面積の 7%, 15%, 25%, 30% の 4 段階で設定して、そこから復元できるように、例えば綺麗なオフィスでは 7%, 汚れやすい工場では 30% といった具合にレベル設定できるようにしている。さらに、白黒セルが偏らず満遍なく配置されるようマスキング処理を施しており、オリジナルデータに対して 8 種類のマスクパターンを用意して、白黒比率が 50% に近いもの、白や黒のセルが固まらないもの、ファインダパターンの 1:1:3:1:1 と同じパターンが少ないもの、を条件として最終的にコード生成している。これによりコード全体の輝度のむらが改善され、光の当たり具合によるコントラストの影響などからの読み取り不具合が改善されている。

3) コード歪みに強い

QR コードは読み取りにコツがいらず、印刷面の多様な形状に対応できるよう、工夫がなされている。アライメントパターンとタイミングパターンがその機能を担っている。例えば、台形歪みのある QR コードに関して、外形から推測する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差異を求め、この差異に応じて各セルの中心位置を補正する。これにより、線形、非線形歪みのある QR コードでも読み取ることができる。さらに、円形歪みと台形歪みが同時に発生するケースでは、コードの外形から各セルの中心位置を求めることが非常に困難になるため、タイミングパターンを用いて補正する。タイミングパターンはファインダパターンの間

にあり、白と黒のセルが交互に配置されており、それぞれのタイミングパターンのセル幅を求めることで各セルが配置されている格子の間隔を求めることができる。これを使って各セルの中心位置は正確に求められ、確実な読み取りが可能になる。

4.3 QR コードの進化 ²⁾⁵⁾⁶⁾

QR コードは社会ニーズの変化にいち早く対応すべく、変化を続けている。「小型化」「大容量化」「デザイン性」「セキュリティ性」の観点からその進化の足取りをまとめる。

- 1) 小型化
 - 英数字 20 文字程度のデータを 1mm 角で印字できるマイクロ QR コード (1998 年開発)
 - 試験管の形状等に対応した長方形の iQR コード (2008 年開発)
- 2) 大容量化
 - 中国、台湾、韓国語対応 (2001 年開発)
- 3) セキュリティ
 - 公開部と非公開部の 2 層構造とし、偽造・改ざんを防ぐ SQRC (2007 年開発)
 - 複製防止 QR コード (2011 年開発)
- 4) デザイン
 - コードの中央部に画像やロゴを配置しデザイン性を追求したフレーム QR (2014 年開発)

4.4 QR コードの普及

4.4.1 普及過程

1994 年に誕生後、当初は工場や物流倉庫など業務用途で用いられてきた ³⁾。1999 年に JIS 規格、2000 年に ISO 規格に制定された後は ^{11) 13)}、車検証や飛行機の電子チケットなどにも使用されるようになった。2002 年に携帯電話にカメラ機能が搭載され QR コードが読めるようになると一般の人々がインターネットにアクセスする際に用いられるようになり、さらに 2005 年以降は、スマートフォンの登場や、SNS の普及とともに、読み取り・表示・共有機能が充実し、活用の幅がさらに広がった ¹⁾。人と情報を繋ぐコミュニケーションツール、モバイル決済、非接触への対応など、社会の様々な場面で活用が進んでいる。

4.4.2 普及戦略

最初の立ち上げフェーズでは、多くのユーザーの獲得に向けてまず自動車、電機・電子、流通業界などで活用実績を作り、JIS 規格、ISO 規格の取得につなげた ¹¹⁾。次に QR コードのユーザーには特許権利をオープンにし ¹⁴⁾、模倣品や不正用途に対しては特許権利を行使して、市場からの排除を行った ⁵⁾⁶⁾。市場の活性化フェーズでは、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ていった ⁵⁾⁶⁾。さらに新しいニーズに応えるべく QR コードを進化させ、常に時代の先端を行くコードを市場に供給しながらブランド力の維持・強化を図った。

4.5 社会にもたらした価値

QR コードの機能は、誰でも簡単にデータを記録しそれを容易に読み取れるようにすることである。比較的シンプルな機能であるが、このコードが持つ汎用性は大きく、現在では幅広い分野で活用が進んでいる。

QR コードは人々が暮らす 3 次元のアナログ空間からサイバー空間への橋渡し役を果たしており、3 次元空間における光学的写真撮影（読み取り）によりお目当てのホームページに容易にアクセスすることを可能にした。決済のキャッシュレス化、クーポンの利用拡大、改札・入場の迅速化、非接触による感染症対策などにも貢献した。

このように、QR コードはそれまで街中で見られた風景を変え、社会の仕組みや人々の生活スタイルを変化させた。3 次元空間という物理環境、自然環境に左右されやすい場面での使用に耐え得るように、開発者は現場の視点から改良を重ねてきた⁴⁾。QR コードは進化を続けながら社会に価値をもたらしている。

5. 主たる貢献者

QR コードの開発当初から直接担当されてきたのが日本電装株式会社（当時）の原昌宏氏である²⁾⁴⁾¹⁴⁾。QR コード事業はその後、株式会社デンソーウェーブに引き継がれ、原氏の所属も現在後者である。原氏は長年このコードの開発を主導し、その意味で主たる貢献者である。多数の特許取得、および日本学士院賞・恩賜賞¹⁶⁾¹⁷⁾など多くの個人受賞もそれを裏付けている。さらにコードの普及に関しては、原氏の所属企業の役割も大きく、社会を変えた当該コトつくりの後押しをしたといえる。

6. 価値の観点による考察

QR コードが社会にもたらした価値を先導力、規範力、意味力、解決力の 4 つの観点から述べる。

① 先導力

1 次元コードから 2 次元コードへ進化する過程で大容量化、高密度化を先導した。社会環境の変化やユーザーニーズの変化を現場目線でいち早く捉え、常にコードを進化させながら新しい価値を創造してきた先導力は、このコードが世界に普及した実績により証明されている。

② 規範力

オープンクローズ戦略によりブランド力を強め、2 次元コードとして他の追随を許さない状況を計画的に作り上げたことが、このコードの規範力を高め、世界レベルでの普及につながった。

③ 意味力

利便性、効率性、非接触性など、QR コードを利用するメリットは人々に共感とともに受け入れられており、記録と読み取りの機能を通じ、人々の行動スタイルを変え、新たな社会的価値を生み出したことは、コトつくりとは何かを考える上で重要な示唆を与えている。

④ 解決力

社会ニーズの変化による様々な課題に対して、

小型化、大容量化、セキュリティ性、デザイン性の面など、常に進化しながら対応が続けられている。さらに、開発者が意図しない優れた応用事例が生み出されていることは、このコードの自走力を物語っており、新たな課題解決と価値創出が期待される。

7. おわりに

QR コードは日本発で世界に普及した 2 次元コードである。情報の記録、読み取りといった技術面、機能面での進化はもとより、コードの普及に関しては、特許面や標準化の面でも特筆すべき取り組みが行われてきた。今日、様々な目的で日常生活のいたるところで用いられ、その社会的、経済的インパクトは計り知れないものがある。もはや社会インフラの一つになっていると言っても過言ではない。

以上のことから、QR コードをコトつくり至宝発掘の第一段階である「コトつくりコレクション」に推薦する。

参考文献

- 1) 原昌宏, "QR コードの進化と普及—QR コードの軌跡と今後—," 情報処理, Vol.63, No.6 (2022)
- 2) 原昌宏, 岩井誠人, 佐波孝彦, 菊間信良, "日本発・世界に広がる二次元コード: QR コード," 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン, Vol.7, No.2, pp.126-132 (2013)
- 3) 原昌宏, "QR コードの開発," 自動車技術, No.62, No.1, pp.59-64 (2008)
- 4) 株式会社デンソーウェーブ HP: QR コード開発, <https://www.denso-wave.com/ja/technology/vol1.html> (2023.10.31 閲覧)
- 5) 原昌宏, "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—," Synthesiology, pp.19-27, Vol.12, No.1 (2019)
- 6) Masahiro Hara, "Development and popularization of QR code —Code development pursuing performance and market forming by open strategy—," Synthesiology -English edition, pp.19-28, Vol.12, No.1 (2019)
- 7) 長屋隆之, 山崎知彦, 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," 情報処理学会第 52 回 (平成 8 年前期) 全国大会講演論文集, p.253-254 (1996)
- 8) 標準化研究会編: QR コードのおはなし —バーコードの数百倍のデータを扱える画期的コード—, 日本規格協会 (2002)
- 9) 野村 政弘, 澤田 善次郎, 星野 裕, 増澤 洋一, 藤本 義治, "QR コード(2 次元バーコード)の開発と生産管理," 日本生産管理学会論文誌 Vol.8, No.2, pp.107-112 (2002)
- 10) 小川 進: QR コードの奇跡 —モノづくり集団の発想転換が革新を生んだ—, 東洋経済新報社 (2020)
- 11) 柴田彰, "QR コードの事業戦略と標準化," 情報処理, Vol.63, No.8, pp.d96-d129 (2022)
- 12) 長屋隆之, 原昌宏, "QR コードの開発," 電気学会研究会資料, MSS 2023 (42・43), pp.7-10 (2023)

- 13) 星野 裕, 澤田 善次郎, 野村 政弘, 増澤 洋一, 藤本 義治,"QR コード(二次元バーコード)と品質管理への適用," 日本生産管理学会論文誌 Vol.9, No. 1, pp.81-86 (2002)
- 14) 特許庁 HP : 「QR コード」 (株) デンソーウェブ, https://www.jpo.go.jp/news/koho/innovation/01_qrcode.html (2023.10.31 閲覧)
- 15) 日商 Assist Biz,"あの人を訪ねたい 原 昌宏," <http://ab.jcci.or.jp/article/48463/> (2023.10.31 閲覧)
- 16) 日本学士院,"日本学士院 第 113 回授賞式の挙行について," <https://www.japan-acad.go.jp/japanese/news/2023/061501.html> (2023.10.31 閲覧)
- 17) 日本学士院,"原昌宏氏の「QR コード・システムの開発とその世界的普及への貢献」に対する授賞審査要旨," https://www.japan-acad.go.jp/pdf/youshi/113/hara_masahiro.pdf (2023.10.31 閲覧)

謝辞

本論文の執筆にあたり, 株式会社デンソーウェブの原昌宏氏に内容および事実関係のご確認をいただきました。QR コードの開発者に直接ご指導を賜ったことに, 紙面をお借りして心より感謝申し上げます。