

[2次元コードが経済の動きを加速させる]

1 QRコードの進化と普及

—QRコードの軌跡と今後—



原 昌宏 (株)デンソーウェーブ エッジプロダクト事業部



QRコード^{☆1}の概要

今では目にしない日がないといってもよいQRコードですが、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1994年に開発しました。

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」から命名しました。高速かつ正確に読めることが認められ、製造、物流、流通、公共サービスなど幅広い分野で使用され、今では新しい生活スタイルを生み出し、社会に欠かせないインフラへと成長しました。

QRコードの開発背景

QRコードの開発を開始したのは1992年です。その当時は、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行きました。特に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現場ではきめ細かい生産管理をするために多くの情報を扱うようになっていました。当時、バーコードは20文字程度しか扱えないので10個のバーコードを印刷し、それを1つ1つ読ませていたので時間がかかり作業効率も悪く、作業者の疲労の原因にもなっていました。さらに、自動車業界の工場では、バーコードが油などの汚れで誤読する問題も発生し、同じバーコードを何回か読ませ、多数決でデータを決定する

ところもありました。

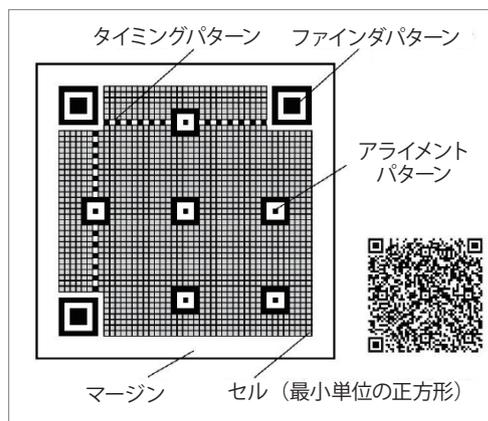
一方、当時の通商産業省が推進する企業間の電子取引(EDI)構想がありました。そこでは、業界標準伝票に漢字の扱える大容量データに対応したコードの要求がありました。このような問題を解決し、さらに高度化する情報化時代には、もうバーコードでは限界と思いました。そこで大容量の情報を高密度に記録でき、正確で迅速に読み取れるQRコードを開発することにしました。

QRコードの構造

QRコードは、-1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、読み取りを支援する機能パターンとデータ領域で構成されています。

ファインダパターン

QRコードの位置を検出するためのシンボルです。このファインダパターンは、検出しやすいように印



■ 図-1
QRコードの
構造

☆1 QRコードは(株)デンソーウェーブの商標登録。

特集
Special Feature

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、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す。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ます。

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す。特に線形歪みを補正するのに効果を発揮します。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します。このため、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、簡単に高精度な補正ができます。

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す。ファインダパターン間の縦横の2カ所に白、黒のパターンが交互に配置されています。コードが曲面に印刷されたり、印刷精度によるセルピッチずれを起こした場合でも、データセルの中心座標を補正することができ正確に読み取ることができます。

データ領域

QRコードのデータは、グレイ部分のデータ領域

に配置されています。データは、決められた規則に基づいて‘0’と‘1’の2値に符号化され、‘0’は白セル、‘1’は黒セルに変換し、各セルに配置します。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ます。

QRコードの仕様

QRコードは、格納するデータ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ます。また、16個のQRコードを連結できる機能があり、最大約46キロバイトのデータが格納できます。

表-1 に QRコードの概略仕様を示します。

QRコードの特徴

QRコードは、大容量データを高密度に記録でき、汚れ・破損・歪みのあるコードでも高速かつ正確に読める読み取り性能を最大限に追求したコードです。ここでは読み取り性能にこだわった特長について紹介します。

全方向高速読み取り

2次元コードの読み取りはCCDカメラ（エリアセンサ）を用いて行います。カメラによって取り込まれたデータをいったんメモリに記録し、ソフトウェアで詳細に解析し、コードの位置・大きさ・傾き等を検出してデコードを行います。特に、コードの位置の検出に時間がかかり、バーコードに比べ読み取り時間が非常に遅くなります。QRコードは、シンボルの3コーナーにコード位置を知らせるファインダパターンを配置して360°全方向で高速読み取りを可能にしています。

ファインダパターンは、図-2のように360°どの方向からでも中心を通る走査線の白黒比が1:1:3:1:1となります。この比率を検出することにより、画像の中からQRコードを素早く見つけるこ

■表-1 QRコードの概略仕様

項目	仕様	
コードの大きさ	最小21×21セル～最大177×177セル(4セル間隔) ☆セルサイズが0.25mmの場合 ・数字40桁：5.25mm角 ・数字7,089桁：44.25mm角	
情報種類および情報量	数字	最大7,089文字
	英数字	最大4,296文字
	漢字	最大1,817文字
データ復元機能	コード面積の7%、15%、25%、30%を復元可能(4段階で選択)	
連結機能	最大16個まで連結可能(約46キロバイト格納可能) <6連結の例> 	

特集
Special Feature

とができます。3つのファインダパターンの位置関係から、コードの位置(X,Y),大きさ(L),回転角(θ)が分かり、瞬時にコードの外形が特定できます。これにより、バーコードの5倍の情報量をバーコードと同等の時間約0.03秒で読み取ることを可能にしました。

汚れ・破損に強い

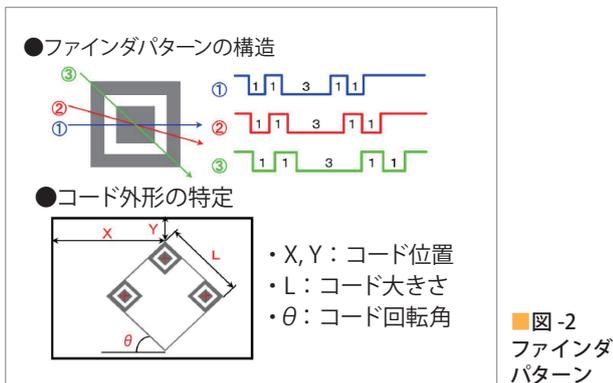
QRコードは、汚れ・破損に適したバースト誤りに強い誤り訂正符号であるリード・ソロモン符号を採用し、コード面積の7%・15%・25%・30%が汚れ・破損しても復元できる4つのレベルを設定しました。オフィスなどの綺麗な環境では7%、工場などの極悪な環境では30%を使用するように環境条件やアプリケーションに応じて選べるようにしています。30%の復元可能なコードで汚れ・破損、スマートフォンの液晶割れでも読み取り可能な例を図-3に示します。

コード歪みに強い

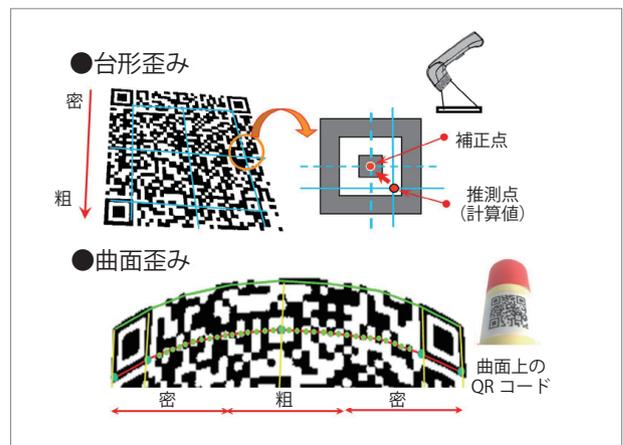
QRコードは、作業者が読み取りにコツがいらず

に簡単に読み取りができ、また色々な形状の製品に印刷しても確実に読み取りできるように工夫をしています。

作業者がQRコードに読み取り装置をラフに当てると光学的に図-4のような台形歪みが発生します。この歪みにより、QRコードは台形になり、各セルの中心位置はコード外形から推測した位置と実際の画像の位置に誤差が発生します。この誤差をアライメントパターンで簡単かつ正確に補正でき、確実な読み取りが可能となります。また、曲面上に印刷されたQRコードは曲面歪みが発生し、QRコードの中央のセル間隔は粗く、外側のセル間隔は密になります。このQRコードを読み取り装置で読ませると円形歪みと台形歪みが同時に発生し、コードの外形から各セルの中心座標を求めることは非常に困難です。そこで、ファインダパターン間にあるタイミングパターンを利用します。タイミングパターンは、白セル、黒セルが交互に配置されているので、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が求められます。これにより、各セルの中心座標が正確に求められ読み取ることができます。このタイミングパターンを利用すれば、円柱や球に印刷されたQRコードでも読み取ることができます。



■図-3 復元機能による読み取り可能コード



■図-4 歪んだコードの読み取り

QRコードの進化

QRコードを発表してからも、社会ニーズの変化を一早く捉えユーザの価値を創出するためにQRコードを図-5のように進化させてきました。

QRコードの登場により、電子部品、医薬品、貴金属製品等の極小部品や商品の管理に利用したい要求が年々高まっていました。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1mm角で印字できるマイクロQRコードを1998年に開発しました。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したい要望からデータ効率を向上させ長方形の形状をサポートしたiQRコードを2008年に開発しました。大容量化では、2000年に入り海外にQRコードが普及すると、日本以外の漢字やハングル文字など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いたい要望が高まっていました。そこで中国、台湾の漢字と韓国のハングル文字などアジアの言語に対応したQRコードを2001年に開発し、アジア各国の国家規格を取得しました。

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が普及したことで、誰でも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ました。この課題を解決するために、2007年にSQRC（暗号機能を持ったQRコード）を開発しました。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などのすべての読み取り装置で読み取れますが、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ることができません。このSQRCの暗号機能により、データ改ざんができないことから、新たな用途としてチケットに使いた要望が高まってきました。そこで、コピー機で複製できないように、SQRCを印刷し、その上に特殊な光を通すインクで隠蔽した、複製とデータ改ざんできない複製防止QRコードを2011年に開発しました。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

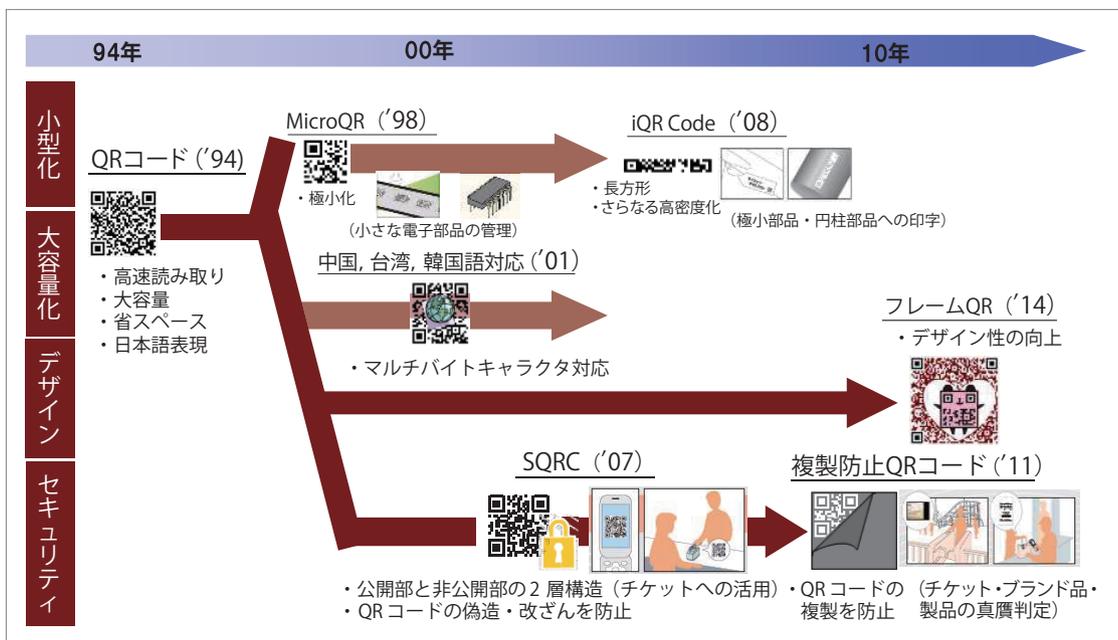


図-5
QRコードの進化

特集
Special Feature

に SQRC があるか分からないのでセキュリティ性が向上しています。

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りました。その中で、自分だけのオリジナルな QR コードが欲しい要望が高まり、さらに企業側では、自社のサイトにアクセスさせるため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ました。そこで、デザイン性を最大限に追求したフレーム QR を 2014 年に開発しました。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す。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が向上し、Web サイトへの集客性も向上します。

このように、社会ニーズとともに QR コードは進

化して、あらゆる用途で使用され QR 市場は世界中に拡大していきました。

QR コードの普及

QR コードがここまで普及した理由として、以下の 3 点があります。1 点目は、使う人の視点から読み取り性能にこだわり、あらゆる環境下でも高速で正確に読み取りができるコードを開発したことです。2 点目は時代ニーズの変化に対応すべく機能を拡張して QR コードを進化させ、常に新しい価値を創造してきたことです。3 点目は、誰もが安心して使いやすい環境を整備するために、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）にして世界標準、業界標準化に取り組み、1999 年に JIS 規格、2000 年に ISO 規格を取得したことです。これまでの QR コードの広がりについて図-6 に示します。

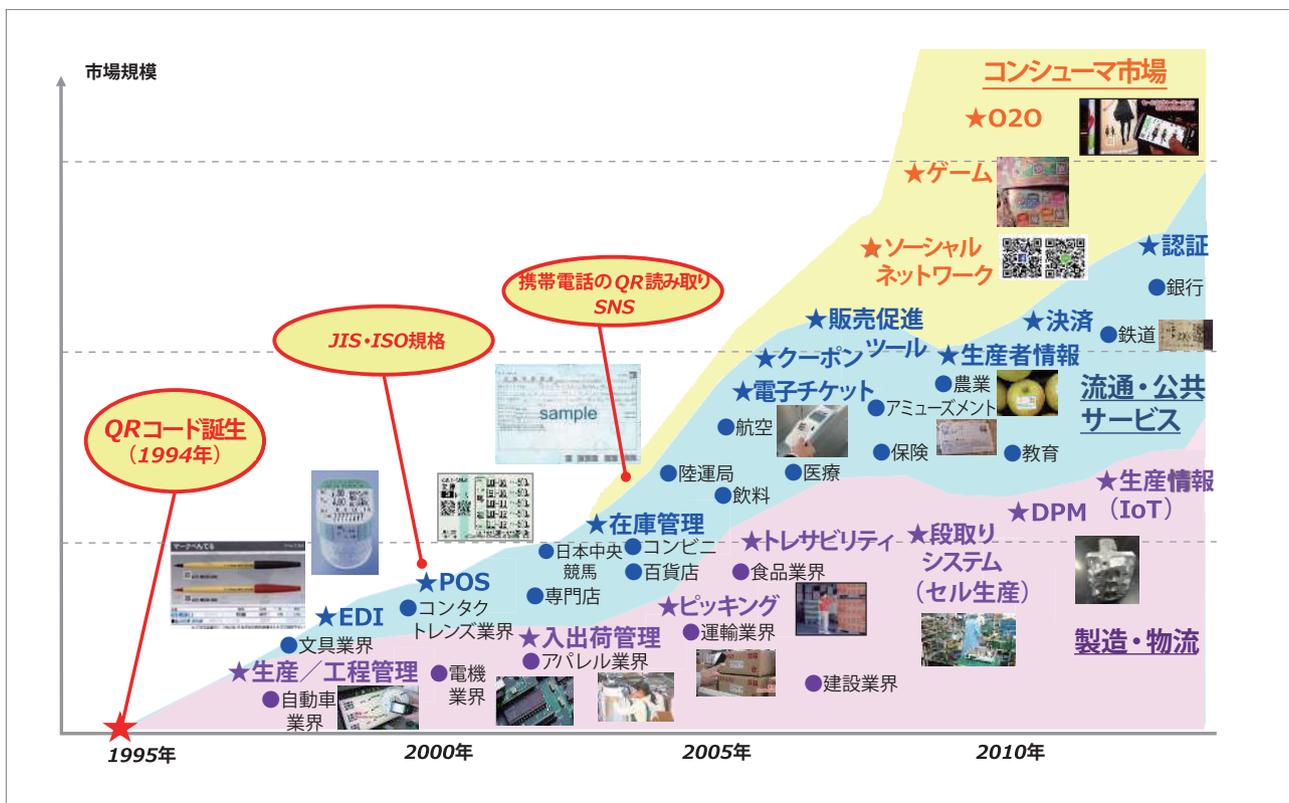


図-6 QR コードの広がり

特集 Special Feature

1990年代は、主に工場や物流倉庫の業務用途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。

1999年にJIS規格、2000年に国際規格であるISO規格に制定されると馬券、車検証や飛行機の電子チケットなど公共・行政・流通分野で使われるようになり、また、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インターネットサイトのアクセスに使われるようになり、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りました。その結果、ユーザによる幅広い用途開発が行われ、QRコード市場は急激に拡大しました。

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、ゲームや営業拡張ツールなどのコンシューマ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が普及したことで世界中の人々がQRコードを活用するようになり、QRコードは爆発的に普及しました。

最近では駅のホームドアの制御やコロナ追跡システム、コロナワクチン証明書など安心、安全面でも活用され、今ではQRコードは街中のあらゆるところで利用されています。また、アート、ファッション感覚でも使用されており、一般市民の生活に欠かせない存在となりました。今後も、新しい価値を創出するツールとして期待されています。

コロナ禍のQRコードと今後

新型コロナウイルスの影響でQRコードは海外で再びブームとなっています。2021年2月に実施したアメリカのIT企業が実施したアンケートによるQRコードの実態調査^{☆2}では、QRコードを使用し

たことがある人の割合は、イギリス、中国で約9割、アメリカ、フランス、ドイツで約8割、日本は約6割という結果になりました。

海外の主な使用用途はコロナワクチン接種が進む前はコロナ追跡システム、進んだ後はコロナワクチン接種証明書に使われています。また、お店では接触を避けるために、顧客がQRコードを読ませてWebサイトから商品を選びオーダーし、QRコード決済で支払いするシステムが普及しています。

一方、日本では皆さんの記憶にも新しい接触感染アプリの重なる不具合、アナログ業務体制により10万円の特別定額給付金が迅速に給付できないなど、日本のITインフラの問題が露見しました。毎年公表しているスイスの国際経営開発研究所(IMD)が公表している世界競争力ランキングでも日本はデジタル化、グローバル化が進まず64カ国中31位と低迷しています。特に、自治体のデジタル化が遅れており、そこに新型コロナウイルスによる感染状況確認、特別定額給付金申請、ワクチン接種予約などの業務負荷が増大してDX(Digital Transformation)化による業務効率の改善に向けた取り組みが緊急の課題になっています。自治体は民間企業の支援のもと、BPR(Business Process Re-engineering:業務改革)を推進しています。各種申請や手続きなどは紙書類からのデータ入力を廃止してWebサイトでのオンライン化をしています。国が行う統計調査の統計集計、報告作業や固定資産税、個人住民税などの納税通知書の作成、健康診断の対象者抽出、通知書などの定型業務は、RPA(Robotic Process Automation)を導入して自動化を図っています。

その一方で、住民の個人情報を扱うマイナンバー利用事務系(住民の個人情報を記録する基幹系)ネットワークには、インターネット接続が禁止されており、さらに転入届は自治体窓口で対面手続きの原則となっています。そのために、住民が転入届を記入し、職員が基幹系システムに情報を入力しなければ

^{☆2} アメリカのIvanti社の調査結果報告。 <https://www.ivanti.co.jp/company/press-releases/2021/ivanti-research-finds-83-of-respondents-used-a-qr-code-to-process-a-payment?msclkid=d4d958dbba3e11eca766db285e6c335f>

特集
Special Feature

ならず自動化が進んでいませんでした。

しかし、コロナ禍で住民が窓口で待たされ密状態になるのを避ける必要が出てきました。そこで図-7に示すように、SQRCを使って転入・転出・転居をWeb申請できるようにして効率的で円滑な自治体の窓口業務を実現するシステムの実用が進んできました。

このシステムは、住民が自宅や移動中にスマートフォンやパソコンから転出・転入に必要な情報を入力すると、その情報をSQRCに変換します。SQRCに変換することにより、入力した情報を、インターネット上で保存しないこととしています。来庁者がSQRC QRコードを自治体の窓口で読み取り装置にかざし、職員が内容の確認・修正を行い、その情報を住民記録システムへ連携させます。SQRCは情報を暗号化して読み出せない機能があるので個人情報が漏洩することなく安心して利用できます。複数の自治体で実証実験が行われ、実運用に入っています。これからも、DX化による自治体サービスの改革にQRコードの活用が期待されています。

一方、企業では情報のデジタル化に伴いビッグ

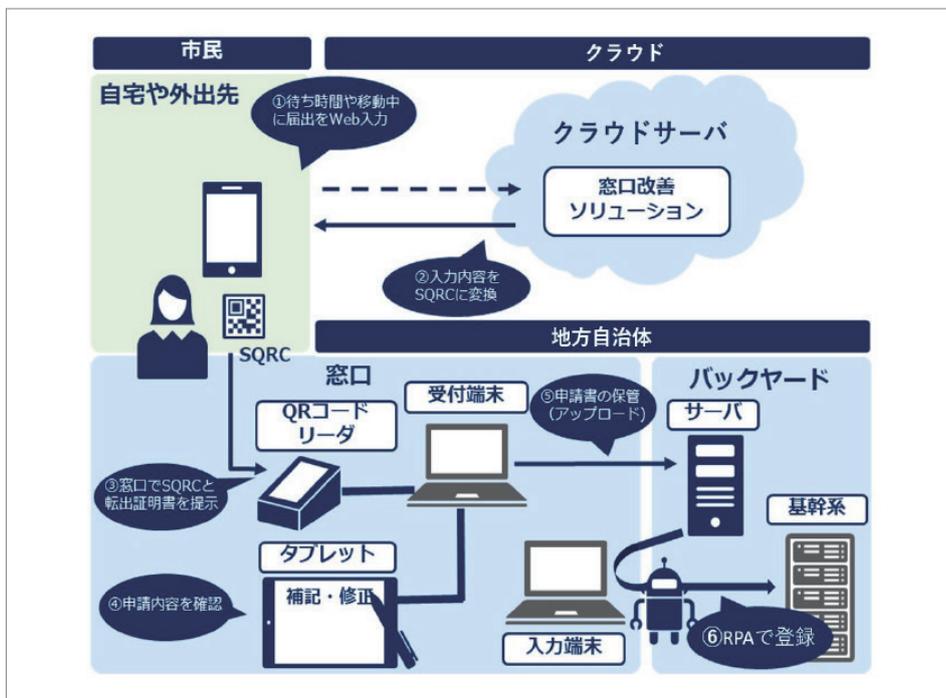
データの活用が注目されています。特にビッグデータをデータサイエンスによりマーケットや社会のトレンド、人・商品の動向をダイナミックに把握してユーザ起点のイノベーションを起こすことが企業の生き残りに必要な時代となっています。

最近のイノベーションで注目されているデータ資源の多くは個人情報に由来するもので厳密に扱わなければならない。そこで、データを取得する上で主要な技術の1つであるQRコードもセキュリティ性を向上させていきます。今後のQRコードの進化にもぜひご期待ください。

(2022年2月7日受付)

■原 昌宏 info@denso-wave.com

1980年に日本電装（現デンソー）入社。2012年にデンソーウェーブに転籍し、現在は主席技師。自動認識製品の開発に従事し、主な開発品としてはコンビニのレジで使用されているバーコードリーダー、QRコードがある。



■図-7
地方自治体の窓口改善システム