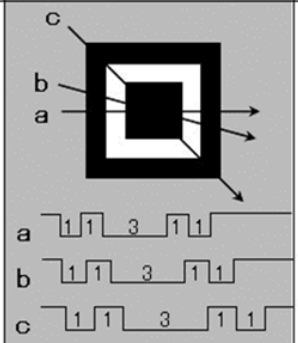
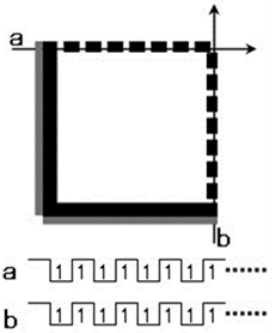
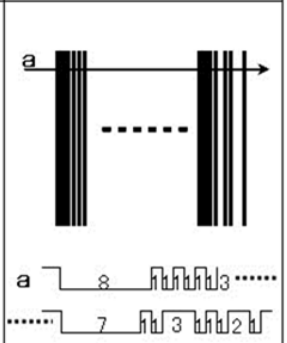
QR コードと各種シンボルとの比較

1.　ファインダパターン

ファインダパターンの役割はリーダのセンサに映し出された画像の中からシンボルの位置を素早く特定するためのものである。画像の中に占めるシンボルの面積が大きい場合は認識スピードはそれほど変わらない。しかし、画像の中に占めるシンボルの面積が小さく、画像の中に図形や文字が多い場合、シンボルの位置を特定するのに時間がかかる。シンボルの位置を特定する時間を短縮するためにQRコードのファインダパターンは他の2次元シンボルと比べると特徴のある形状をしている。QRコードのファインダパターンは図形や文字などを含む模様をスキャンした場合、1、1、3、1、1の連続パターンがほとんど出現しないと言う調査結果に基づいている。

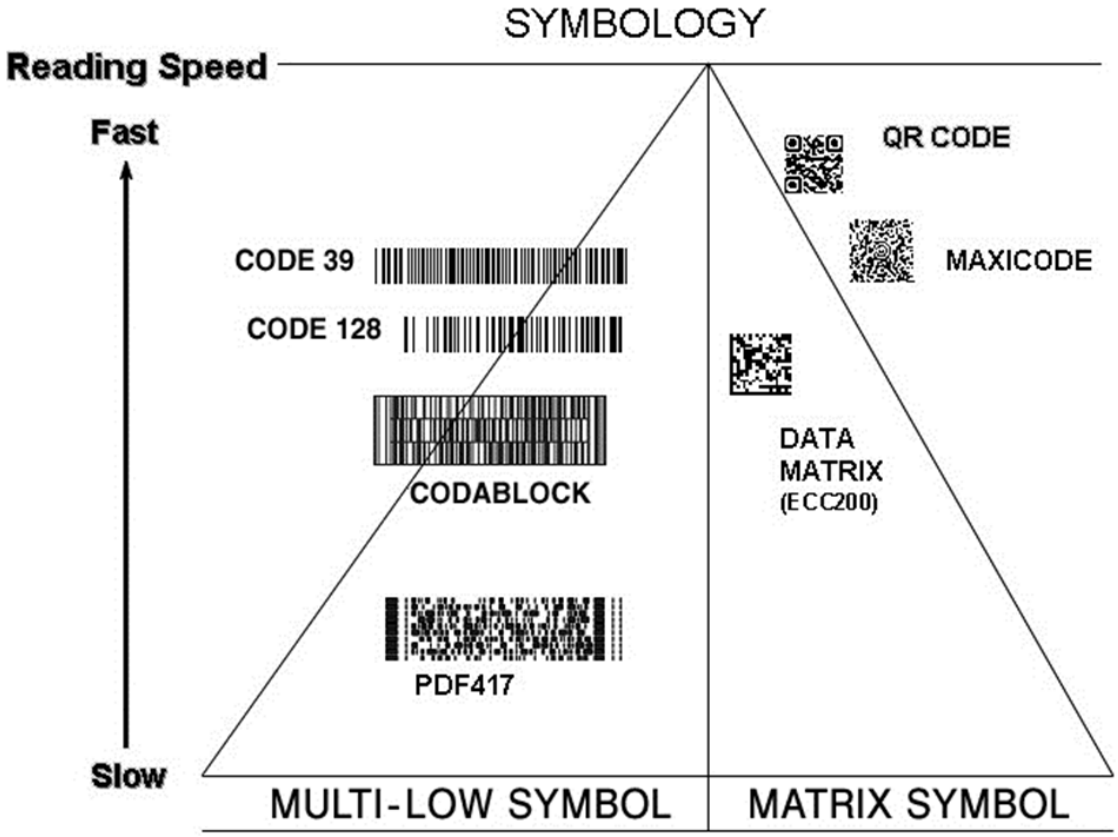
データマトリクスのファインダーパターンはL字型である。図形や文字などを含む模様をスキャンした場合、スキャンデータの中には比較的多くL字パターンが存在するのでその中からデータマトリクスのファインダパターンであるL字パターンを見つけるのは容易ではない。印刷された書籍やラベルには直線の交差パターンが比較的多く存在する。またデータマトリクスのタイミングパターンである、1、1、1・・・・のパターンも画像の中に比較的多く存在する。例えば、画像の中に破線があると同じパターンになる。PDF417のスタートパターン、ストップパターンは直線であるため画像の中にデータマトリクスのL字パターンよりさらに多く存在する。レーザタイプのリーダで人がラベルを見てスキャンする場合は問題ない。しかし、固定式のCCDタイプリーダで読ませる場合は通常、シンボルが画像に対して回転するのでシンボルの位置を特定するのに時間がかかる。マキシコードは特徴のあるファインダーパターンを持っている。しかし、マキシコードは桁数が固定されており、特別な用途向けに開発されたのでここでは説明しない。

	QR CODE	DATA MATRIX	PDF417
recognition algorithm			
quiet zone	4 modules	1 module	1 module
recognition speed	fast	medium	slow

2.　読取り速度

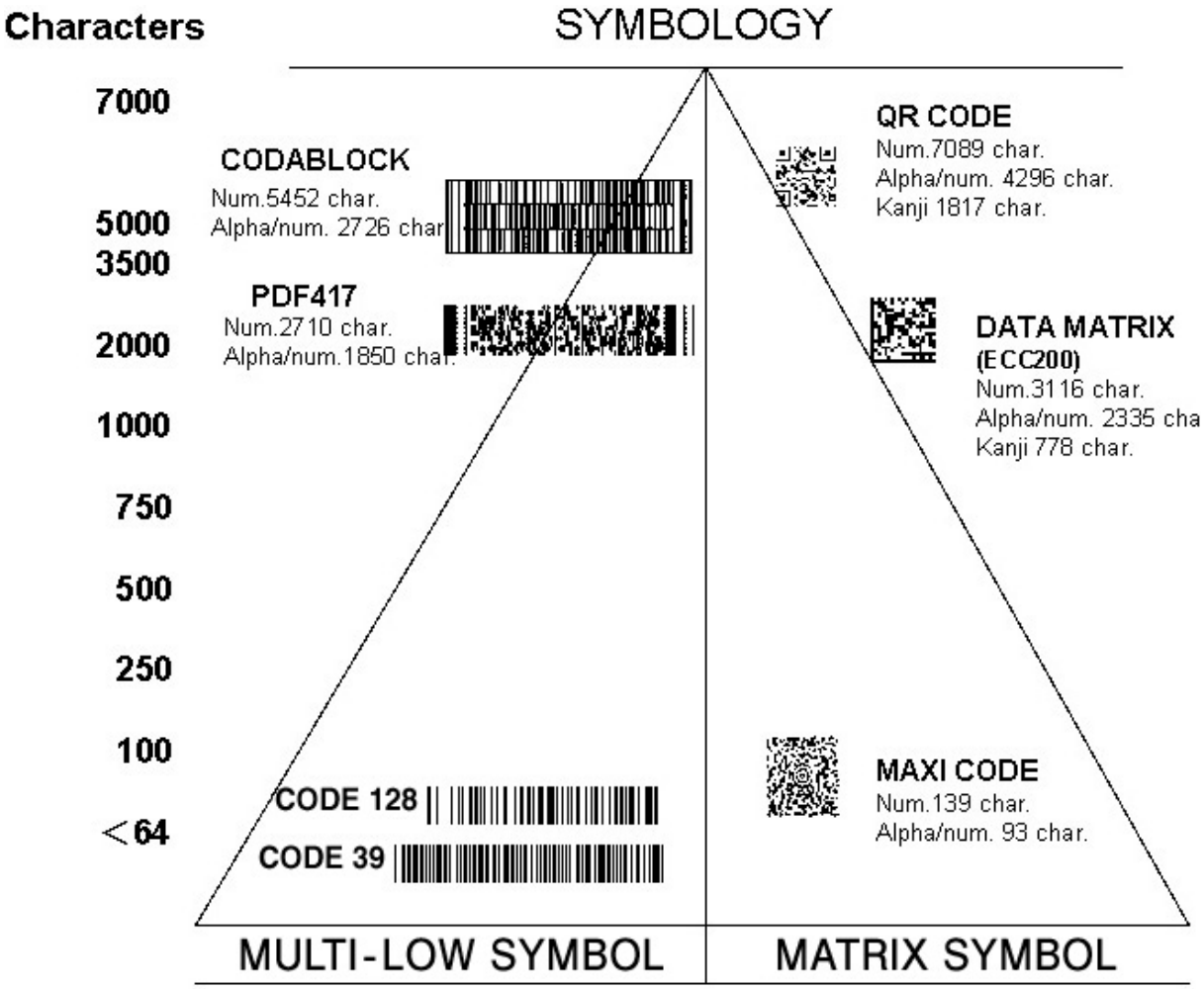
高速読取りはマルチローシンボル（スタックドシンボル）よりマトリクスシンボルが適している。CCD タイプリーダで入手した画像の中ではシンボルは通常、回転している。回転した画像の中からマルチローシンボルのデータ列（直線的ビットストリーム）を見つけ出し、バーやスペースの幅を計算してデータ変換するのに時間がかかる。マルチロー型の 2 次元シンボルは高速読取りに適さない。マトリクスシンボルは直交する座標軸の交点が黒か白かで 2 値化を行っているので回転画像に対して 2 値化が容易である。マトリクスシンボルの中でも、QR コードは特殊なファインダパターンにより読取りの高速化を実現している。約 80 キャラクタをエンコードした QR コードでは 1 秒間に 30 シンボルの読取りを実現している。高速読取り用に開発されたマキシコードは桁数が固定（約 100 桁）されているが、それでも 1 秒間に 20 シンボル以上の読取りが可能である。リニアシンボルは 20 桁程度であれば 1 秒間に約 15 シンボルを読取ることが可能であるが、シンボル高さ（バーの長手方向の距離）を高くする必要がある。リニアシンボルはシングルビームレーザやリニア CCD センサで読取る場合が多いが、このときスキャンラインを正確にリニアシンボルのバー方向と直角にする必要がある。下の比較表でシンボルへの格納情報は以下である。

Samples for a message of 80 characters:
1234567890-123456720-123456-30-234567-40
ABCDEFGH50IJKLMNOP60QRSTUVWX70YZABCDEF80



3.　最大収納キャラクタ数

QR コードは最大、数字なら 7089 キャラクタ、英数字なら 4296 キャラクタ、漢字なら 1817 キャラクタ格納することができる。コーダブロックは最大、数字なら 5452 キャラクタ、英数字なら 2726 キャラクタ格納することができる。コーダブロックは PDF417 より格納容量が大きい。マキシコードは 2 次元シンボルのなかで唯一、キャラクタ数が固定されている。マキシコードは数字なら 139 キャラクタ、英数字なら 93 キャラクタ格納することができる。実際のデータ（格納キャラクタ）が少なくても、マキシコードの大きさは一定である。リニアシンボルは読取りの操作性を考えると最大 30 キャラクタ程度と考えられるが、アプリケーションによっては約 50 キャラクタを格納して使用している例もある。しかし、読取りの操作性を考えると 30 キャラクタ程度が限界と思われる。



4.　1キャラクタを格納するビット数

1キャラクタを格納するビット（モジュール）数はシンボルの種類で異なっている。基本的に1キャラクタを格納するビット数でシンボルの情報密度が決まる。QRコードはモデル2データマトリクスはECC200を対象とする。QRコードは1つの数字を3,3ビット、1つの英数字を5,5ビットで格納することができる。データマトリクスは1つの数字を4,0ビット、1つの英数字を5,3ビットで格納することができる。PDF417は1つの数字を5,8ビット、1つの英数字を8,5ビットで格納することができる。QRコードは10ビットで3つの数字を格納するので1数字は3,3ビットとなり、11ﾋﾞｯﾄで2英数字を格納するので1英数字は5,5ビットとなる。5,5ビットで格納できる英数字の種類はコード39と同じで、数字0～9、英字A～Z、スペース、ドル、パーセント、アスタリスク、プラス、マイナス、ピリオド、スラッシュ、セミコロンの45種類である。データマトリクスは8ビットで2つの数字を格納するので1数字は4,0ビットとなり、16ﾋﾞｯﾄで3英数字を格納するので1英数字は5,3ビットとなる。5,3ビットで格納できる英数字の種類は数字0～9、英字A～Z、スペースの37種類である。英数字の場合、QRコードよりデータマトリクスの方が格納ビット数は小さいが、特殊記号はスペースのみであることに注意すべきである。PDF417は1コードワードが17ビットである。PDF417は15コードワード（255ビット）で数字44桁を格納するので1数字は5,8ビットとなり、1コードワード（17ビット）で2英数字を格納するので、1英数字は8,5ビットとなる。バイナリモード（バイトモード）では5コードワード（85ビット）で6桁を格納するので、1桁は14,2ビットとなる。

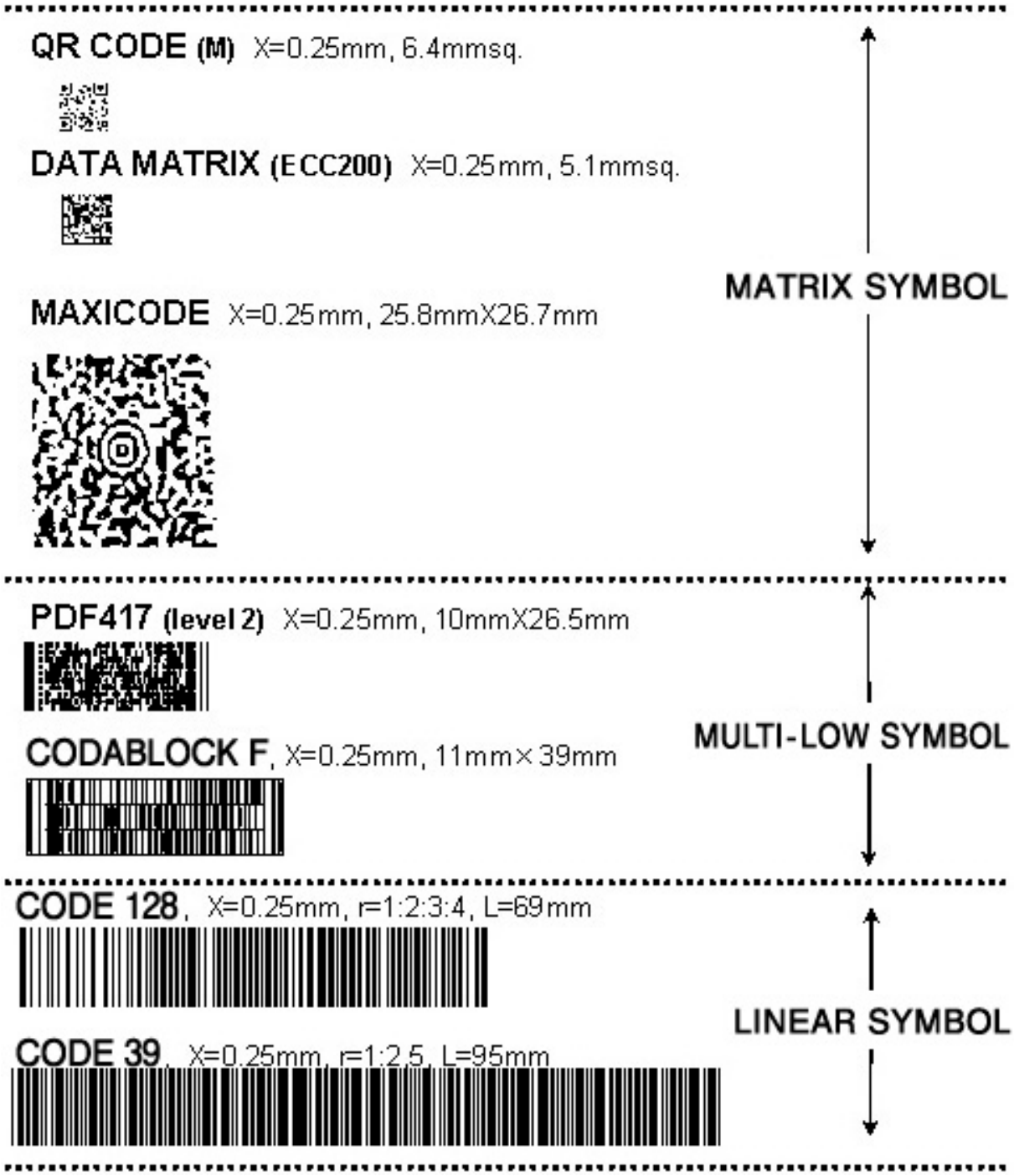
Encoding mode	QR CODE	DATA MATRIX	PDF417
numeric	3.3bits	4bits	5.8bits (modules)
alphanumeric	5.5bits	5.3bits	8.5bits (modules)
binary (kanji)	8bits (16bits)	8bits (16bits)	14.2bits (modules) (28.4bits)(modules)
Kanji	13bits	to be encoded in binary mode	to be encoded in binary mode

mode indicator	4bits	8bits	17bits (modules)

5.　情報密度

5-1　英数字 27 キャラクタ

モジュール寸法を 0,25mm に統一する。QR コードの誤り訂正を M（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正レベル）、PDF417 の誤り訂正をレベル 2（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正符号）とする。データマトリクスの誤り訂正レベルは自動的に決定される。その場合、英数字 27 キャラクタをエンコードすると QR コードは 6,4 平方ミリ、データマトリクスは 5,1 平方ミリ 、PDF417 は 10mm×26,5mm となる。下の比較図でシンボルへの格納情報は以下である。

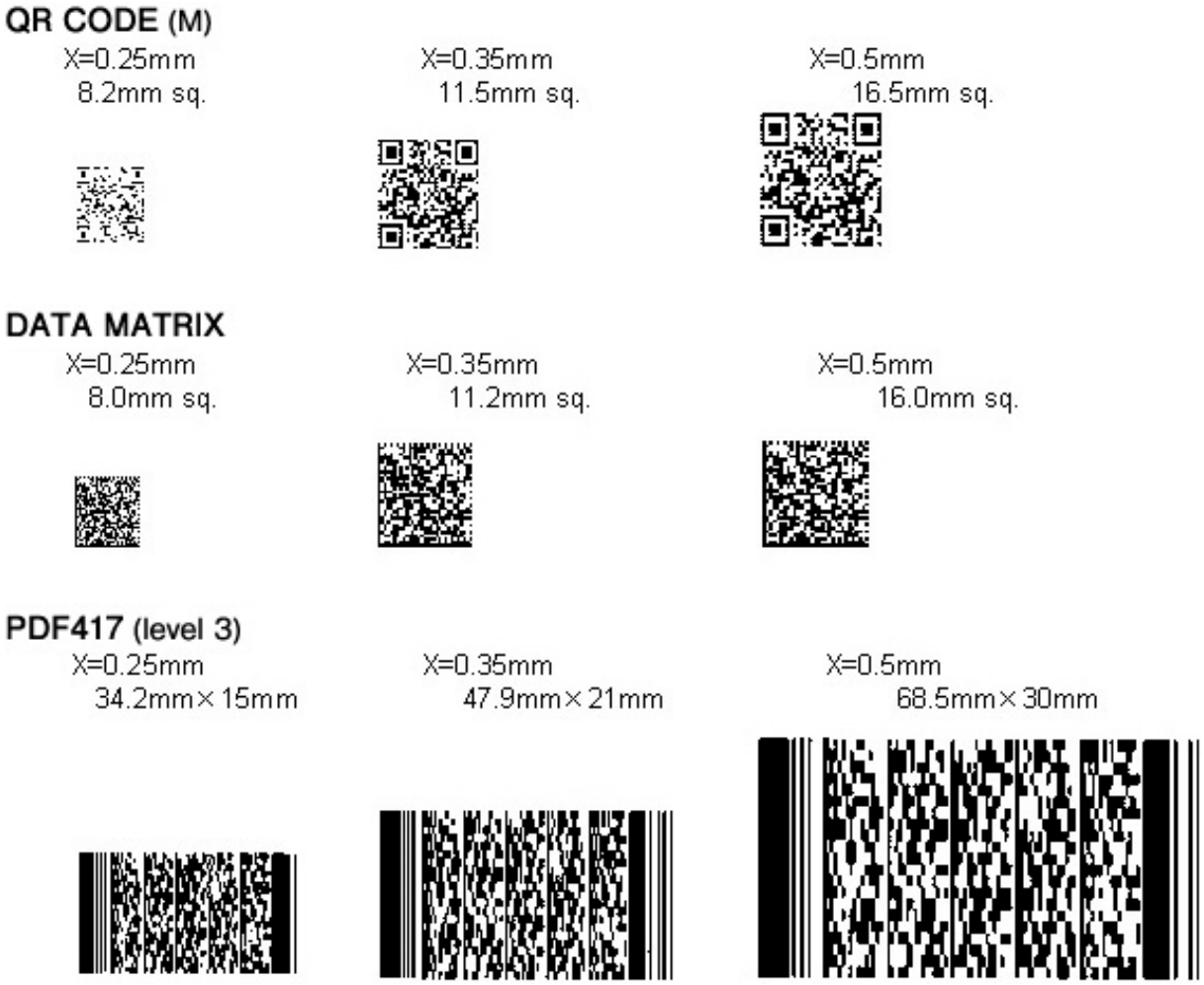


Samples for a message of 27 characters: +HIBC12345678901/9901510234

5-2.　英数字 80 キャラクタ

モジュール寸法を 0,25mm、0,35mm、0,5mm の 3 種類の場合に QR コード、データマトリクス、PDF417 の寸法を比較する。QR コードの誤り訂正は M（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正レベル）とし、PDF417 の誤り訂正はレベル 3（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正符号）とする。データマトリクスの誤り訂正レベルは自動的に決定される。シンボルへの格納情報は英数字 80 キャラクタである。以上の条件では QR コードとデータマトリクスはほぼ同じ大きさであるが PDF417 は QR コードと比べると約 4 倍の大きさとなる。下の比較図でシンボルへの格納情報は以下である。

Samples for a message of 80 characters:
1234567890-123456720-123456-30-234567-40
ABCDEFGH50IJKLMNOP60QRSTUVWX70YZABCDEF80



5-3.　日本漢字 120 キャラクタ

モジュール寸法が 0,3mm の場合に QR コード、データマトリクス、PDF417 の寸法を比較する。QR コードの誤り訂正はL(データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正レベル)とし、PDF417 の誤り訂正はレベル 4（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正符号）とする。データマトリクスの誤り訂正レベルは自動的に決定される。シンボルへの格納情報は日本漢字 96 キャラクタ、スペース 12 キャラクタと”マーク 2 キャラクタの合計 120 キャラクタである。以上の条件では QR コードは 15,9 平方ミリ、データマトリクスは 19,2 平方ミリ、PDF417 は 27mm×61,5mmとなる。QRコードは13ビットで漢字を格納できるのでデータマトリクスに比べ20%格納効率が向上する。下の比較図でシンボルへの格納情報は以下である。

Samples for a message of 120 characters:

“日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会　日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会”

5-4.　日本漢字と英数字 200 キャラクタ

モジュール寸法が 0,3mm の場合に QR コード、データマトリクス、PDF417 の寸法を比較する。QR コードの誤り訂正はL(データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正レベル)とし、PDF417 の誤り訂正はレベル 4（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正符号）とする。データマトリクスの誤り訂正レベルは自動的に決定される。シンボルへの格納情報は数字 60 キャラクタ、英字 20 キャラクタ、日本漢字 96 キャラクタ、スペース 12 キャラクタと”マーク 2 キャラクタの合計 200 キャラクタである。以上の条件では QR コードは 17,1 平方ミリ、データマトリクスは 21,6 平方ミリ、PDF417 は 30,6mm×61,5mm となる。QR コードはデータマトリクスに比べ 25%格納効率が向上する。下の比較図でシンボルへの格納情報は以下である。

Samples for a message of 200 characters:

1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRST“日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会　日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会”

5-5.　英数字 1365 キャラクタ

モジュール寸法が 0,3mm の場合に QR コード、データマトリクス、PDF417 の寸法を比較する。QR コードの誤り訂正は L（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正レベル）とし、PDF417 の誤り訂正はレベル 6（データマトリクスの誤り訂正レベルに相当する誤り訂正符号）とする。データマトリクスの誤り訂正レベルは自動的に決定される。シンボルへの格納情報は ISO/IEC646 のキャラクタセットを用いた EDI のメッセージ 1365 キャラクタである。以上の条件では QR コードは 31,5 平方ミリ、データマトリクスは 36 平方ミリ、PDF417 は 2 つのシンボルに分割して格納しなければならない。2 つのシンボルの合計寸法は 42,7mm×172mm となる。下の比較図でシンボルへの格納情報は比較図の左側に示す EDI メッセージである。

```
PART1

[)>-06 -
UNH+3104  01506430+DESADV:D:95A:UN++: '
BGH+351+PN710404AA+9'
DTH+124:970630:101'
RFF+IV:PN710404AA'
DTH+3:970627:101'
RFF+AEE:***AKH***'
DTH+171:970627:101'
RFF+AFC:00625'
DTH+137:970630:101'
NAD+BY+01100::91++S234567, S.A.:SUCURSAL MADRID+RONDA DE EUROPA,5+TRES CANTOS
(MADRID)++28760+ES'
RFF+ADE:01100VPN14CY8151'
NAD+SU+::92++S234567 AG:ASI:.+VOGELWEIHERSTR. 1-15:.+NUERNBERG++90441'
RFF+JB:PP950-0000710404'
NAD+CS+EVNA5::91'
NAD+UC+::92++PAPELERA DEL CENTRO,S.A.+CRTA.EXTREMADURA,KM. 25+NAVALCARNERO
(MADRID)++28600S+ES'
NAD+FW+GES04::91++HANS GEIS+DUISBURGER STR. 45+NUERNBERG++90451+DE'
NAD+*E3+SEC05::91++SCHENKER EUROCARGO AG+WAGENGUTBAHNHOF 10+STUTTGART 1++70173+DE'
NAD+*E4+::91++SCHENKER+WAGENGUTBAHNHOF,10+STUTTGART++70173+DE'
NAD+UD+0163740::92++++++ES'
RFF+UC:04.04.97 REF.JG/BR'
TOD+6++*H'
LOC+1++:16+DE:162:5'
TDT+13++*H'
CPS+1+4'
FTX+AAK++*N'
PAC+3++*EF:ESS:91+S::SA'

PART2

MEA+WT+AAD+KGM:3286.32'
MEA+WT+AAC+KGM:3180'
MEA+PL+LN+CMT:160'
MEA+PL+WD+CMT:76'
MEA+PL+HT+CMT:110'
MEA+WT+D+KGM'
PCI+*6+PN710404AA:PN710404AA:PN710404AA'
RFF+CW:001'
PCI+3+40/MASI/V/CY8151:GIL SUAREZ JOSE VICENTE:PN710404'
LIN+1++ILA63164AA60-S:SA'
PIA+1+85015392:CV'
PIA+1+H53'
IMD+B+8+:::BAUF?:B 3   / LEIST?: 160'
MEA+WT+AAL+KGM:1060'
QTY+21:3:PCE'
FTX+CCI++J+024:028:039:046:052'
FTX+CCI++J+053:054:055:060:061'
FTX+CCI++J+063:064:066:068:091'
FTX+CCI++J+600:624'
RFF+*AG:N'
RFF+*EC:N'
SGP+PN710404AA001+1'
UNT+49+3104  01506430'
UNS+30+(BAV)97060229'
J
```

6.　ファインダパターンの欠損

2 次元シンボルはデータ領域が汚れたり、破れたりしてデータが欠損しても誤り訂正機能によりデータを復元することが可能である。しかし、ファインダパターンの欠損は復元することができない。QR コードは特徴のある 3 つのファインダパターンを有しているので、ファインダパターンの欠損に対して読取りが安定している。具体的には 3 つのファインダパターンのうち 2 つまで欠損しても安定した読取りが可能である。データマトリクスはＬ字のファインダパターンであるが、垂直線と水平線の交点付近が欠損すると、シンボル全体の基点が不明確になるため、読取りが困難になる。PDF417 は左右のスタートパターンまたはストップパターンが欠損すると読取りにくくなる。

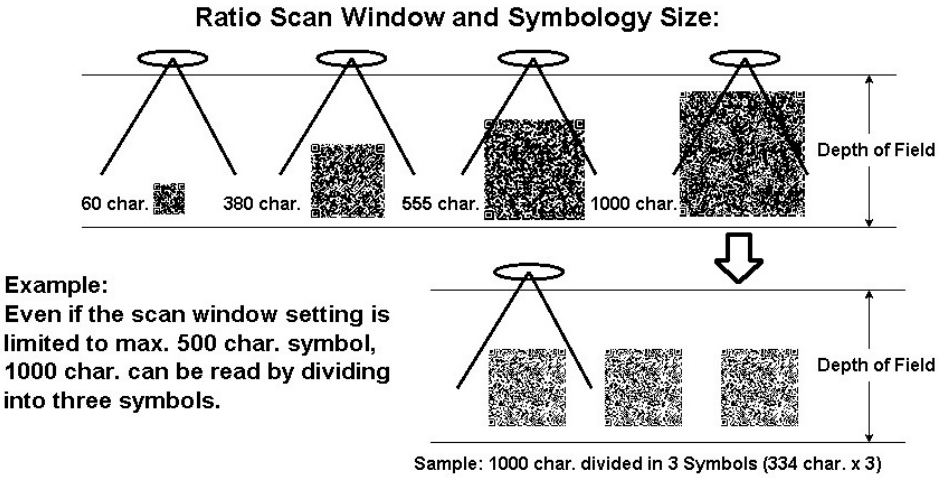
	QR CODE	DATA MATRIX	PDF417
15% clipping of corner damaged			
15% side missing			
reading	good	difficult	possible

7.　シンボルの湾曲

リニアシンボルは印刷されたシンボルやラベルを平面上に貼り付けて使用する前提で考えられている。しかし、実際のアプリケーションでは印刷されたシンボルやラベルが湾曲する場合が多い。コンビニエンスストアやスーパーママーケットで商品に添付されたリニアシンボル（GS1 コード、JAN コード）は湾曲している場合が多い。湾曲したリニアシンボルを読取るためにはバー幅の閾値を可変にする必要があり、リーダメーカはそれぞれ工夫をしている。しかし、印刷時、バー幅は 20%以上ばらつく場合が多いので、湾曲によりバー幅が 30%以上ばらつくと読取りが非常に困難になる。マルチロー型の 2 次元シンボルはリニアシンボルを積み重ねたような構造をしているので、水平方向と垂直方向の両方向の湾曲を考慮する必要があり、その読取りは不可能に近い。マトリクス型の 2 次元シンボルは水平軸と直交する垂直軸の交点情報を用いるため交点の座標補正が容易になる。QR コードとデータマトリクスはシンボルの湾曲に対応するため、同じような原理に基づいた補正パターン（アライメントパターン）をシンボル内に配置している。アライメントパターン間の寸法を測定しこの寸法の変化（平面であれば零）を基に水平軸、垂直軸の補正を行い、交点の座標を修正している。このアライメントパターンによりシンボルが湾曲しても安定した読取りを実現している。

	QR CODE	DATA MATRIX	PDF417
alignment pattern			not applicable
compensation	b a b θ a=normal length b=a x cosθ	b a b θ a=normal length b=a x cosθ	not applicable
reading	possible	possible	difficult

8.　シンボルの分割

シンボルを印刷したり、ラベルを貼り付ける面積が小さい場合、シンボルを印字するために工夫が必要である。情報量は少ないが小さな商品にシンボルをダイレクトマーキングしたり、契約書などの大容量の情報をシンボル化し限られた紙面に印字したい場合がある。このような場合、リーダの視野角に１つのシンボルでは入りきらない場合がある。QR コードは分割して印字する機能（ストラクチャーアペンド）を持っているのでデータを分割し、分割された QR コードにそれぞれのデータを格納すればよい。QR コードには分割情報が内蔵されるので、すべての QR コードを読取ったかどうか判別できるようになっている。

下図に具体的な例を示す。製造工程や物流倉庫での仕分け工程でいろいろな商品に QR コードを添付し、この QR コードを自動的に読取る場合を考察する。この場合、QR コードの大きさ（モジュール寸法）が複数存在したり、QR コードの添付位置が上下する場合が多い。そのため、視写界深度の深いレンズを使用し読取り深度を確保する。しかし、光学的な限界からリーダの光学的視野角から QR コードがはみ出る場合がある。このような場合にデータを分割（例では 3 分割）し分割したデータをそれぞれ QR コードにエンコードし、シンボルサイズを小さくすることにより、読取りが可能になる。