

1次元シンボルの上手な活用法

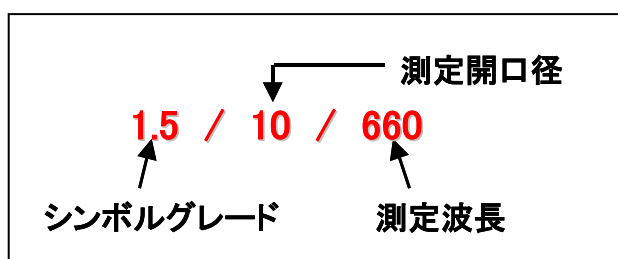
1. 用語

1次元シンボルを上手に活用するためには、まずシステムを明確にする必要があります。最低限、1次元シンボルで表わすキャラクタの意味・内容・構造を明確にしたアプリケーション標準を作成する必要があります。社内標準であれ、業界標準であれ、国際標準であれ、そのアプリケーション標準で使用する用語が、正確でなければなりません。標準は多数の人が関わるので、読む人によってその解釈が異なるようでは標準としては失格です。

1次元シンボルは長い間、業界標準として運用されてきましたが、1996年から始まったISO国際標準化（ISO/IEC JTC1 SC31）の過程で、用語の見直しが重点的に行なわれました。過去の慣用的に使用されてきた用語とは異なった用語が数多く採用されていますが、今後は新しい用語に基づく標準の記述が必要です。最新の用語はJIS-X0500 データキャリア用語として発行されていますので参照して下さい。

2. 1次元シンボルのグレード指定

従来の1次元シンボルの印刷品質はシンボルを作成するための規格であり、作成したシンボルを評価するための規格ではありませんでした。これに対し、新しい印刷品質規格は、作成したシンボルを評価するための規格であることが大きく異なっています。また、新しい1次元シンボルの印刷品質規格JIS-X0520（ISO/IEC 15416）ではアプリケーションで使用するシンボルのグレードをアプリケーション規格で規定しなければならないようになっています。具体的には、アプリケーション規格で図1のように指定します。



X Dimension (mm)	Aperture diameter (mm)	Reference number
$0.100 \leq X < 0.180$	0.075	03
$0.180 \leq X < 0.330$	0.125	05
$0.330 \leq X < 0.635$	0.250	10
$0.635 \leq X$	0.500	20

図1 グレード指定の例

シンボルグレードは、このアプリケーションで使用できるシンボルの最低グレードを表わします。したがって、この場合、グレード1.5以下のシンボルは使用することができません。次にグレードを測定する検証器の測定開口を指定します。測定開口は使用するシンボルの細エレメント幅で決まります。この例の10は、細エレメント幅が $0.330 \leq X < 0.635$ の範囲にあることを示しています。最後に検証器で検証するときの光の波長（使用するリーダの照明光の波長）を指定します。この例では、赤色LEDの波長である660nmが指定されています。このようにアプリケーション側でシンボルのグレードを指定し、アプリケーション側でこのグレードをクリアできる印刷又はプリンタを選定し、このグレードを読むことができるリーダを選定しなくてはなりません。

従来のシンボルを作成するための規格で作成したシンボルは、この新しい印刷品質規格ではシンボルグレードが4になってしまいます。グレード4のシンボルは、製作にかなりのコストがかかるため、現実的には規格はずれのシンボルが市場に多数存在することになってしまいました。これでは規格の意味がありません。今後はアプリケーション側でグレードを指定することにより、より現実的に運用する必要があります。

3. 総合的アプローチ

1次元シンボルシステムは図2に示すように、使用環境、オペレーション、リーダの性能、ラベルの精度（プリンタの性能）、ホストコンピュータの性能の各々がマッチした部分で良好な運用が可能となります。例えば、オペレーションの項では、図3に示すように1度添付したシンボル

ラベルの上から、訂正のシンボルラベルを添付した場合、下のシンボルが透けて見えるようでは、上手に運用することはできません。また、使用環境の項では、図4に示すようにリーダの光軸上に水滴がついた場合、リーダはその性能を十分発揮することができません。このように全ての項目をうまくマッチさせるようなアプリケーション側の配慮があって初めて、システムを上手に運用することができます。

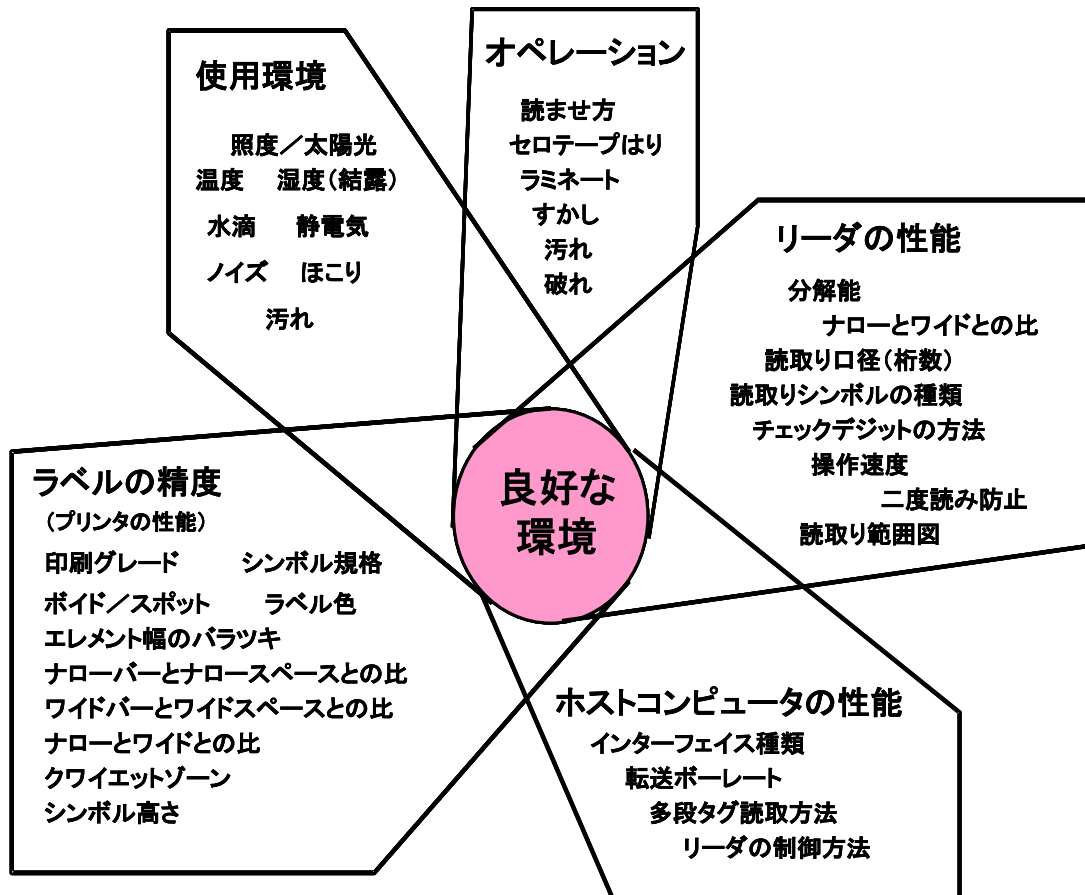


図2 1次元シンボルの効果的な運用環境



図3 透けて二重になったシンボル

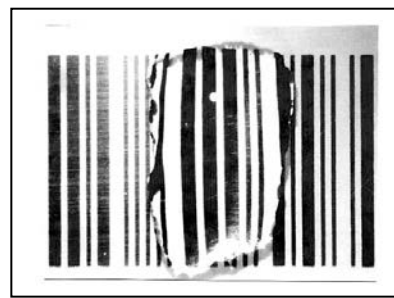


図4 水滴のついたシンボル

4. シンボル

4-1. シンボルの選定

1次元シンボルを選定する前に、シンボル化する情報内容と桁数を決定する必要があります。情報の中にISO/IEC 646 (フルASCII) でないと表せないキャラクタ (例えば特殊キャラクタ) があれば、コード128を選定します。使用するキャラクタが英数字であればコード39かコード128を選

定します。情報内容がすべて数字であれば、インターリーブド2オブ5を使用することができます。

4-2. 印字密度

印字面積が小さい場合は印字密度の高いシンボルを選定する必要があります。インターリーブド2オブ5とコード128は印字密度が高いシンボルです。一般に、シンボル密度はキャラクタ/インチで表します。

表1 シンボル密度 (キャラクタ/インチ)

シンボル種類	密度
インターリーブド2オブ5	12
コード39	5
コーダバー	8
コード128	7または14

4-3. エレメント (モジュール) 幅

エレメントは基本的に黒エレメント (黒バー) と白エレメント (白バー) に分けられます。シンボルの白い部分は余白ではありません。エレメント幅はリーダの分解能やプリンタの印字密度を考慮すると、0.19mm以上を推奨します。国際的なアプリケーション規格のほとんどは0.19mm以上を推奨しています。リーダの性能は最近よくなっており、0.15mmでも安定的に読めるものもあり、0.15mmを採用する場合は、印字側のバラツキ (工程能力) を十分確認する必要があります。

4-4. エレメントの太細比

エレメントは2種類 (例えばコード39) か4種類 (例えばコード128) の幅が存在します。議論を簡単化するため2種類のエレメントを例にします。太いエレメントと細いエレメントとの幅の比率を太細比と言い、シンボルの重要な指標になっています。エレメント太細比 (N) はシンボルの規格では一般的に2.2~3.0の範囲になっています。プリンタでシンボルを生成する場合、エレメントの太細比はプリンタの解像度と密接に関係しています。一般的に、デジタル方式のプリンタの解像度はdpi (ドット/インチ) で表し、代表的なdpiを表2に示します。

表2 代表的dpi

公称 dpi	実際 dpi	dpmm	実ドット間隔 mm	N=2,0	N=2,5	N=3,0
200	203,2	8	0,1250	2:4	2:5	2:6
300	304,8	12	0,0833	2:4	2:5	2:6
400	406,4	16	0,0625	3:6	4:10※	3:9
600	609,6	24	0,0417	4:8	4:10	4:12

※細エレメント幅を3ドットにすると太エレメント幅が2,5倍では7,5ドットになる。割り切れないため正確な太細比が実現できない。

アプリケーション規格では、エレメント太細比 (N) は2,5~3,0の範囲を推奨している規格が多い。その場合、細エレメントは極力3ドット以上で構成することを勧めます。例えば、細エレメント:3ドット、太エレメント:9ドットを推奨します。プリンタは300dpi以上を推奨しますが、できれば400dpi以上が望ましい。図5に細エレメントを1ドットで、太エレメントを2ドットで印字している例を示しますが、印字がかすれて、黒い細エレメント (黒細バー) が切れたり、黒い太エレメント (黒太バー) が細くなったりしているのが解ります。図6に細エレメントを1ドットで、太エレメントを2ドットで印字している例を示しますが、印字がところどころ欠けて細くなっているのが解ります。これは、シンボル高さを高くするために印字ヘッドを重ね打ちする場合によくみられる例です。

図7にリボンなどのインク不足により黒エレメントが割れた場合の例を示します。この例では細エレメントを1ドットで、太エレメントを3ドットで印字していますが、太エレメントのドット間

に白い隙間が存在しています。このような場合、一般的に不読になります。

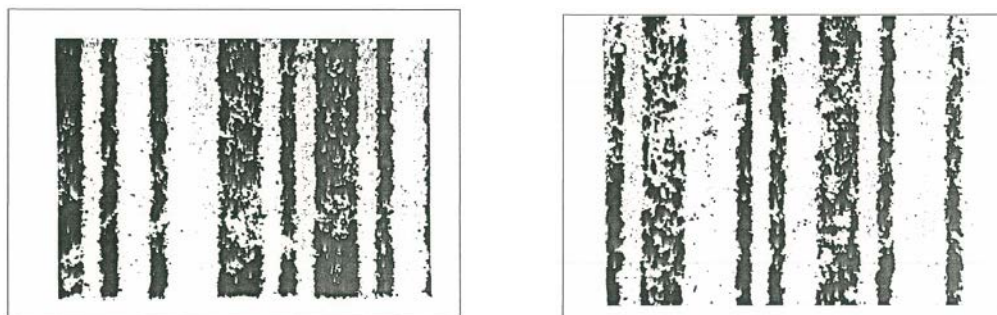


図5 黒いエレメントのかすれ

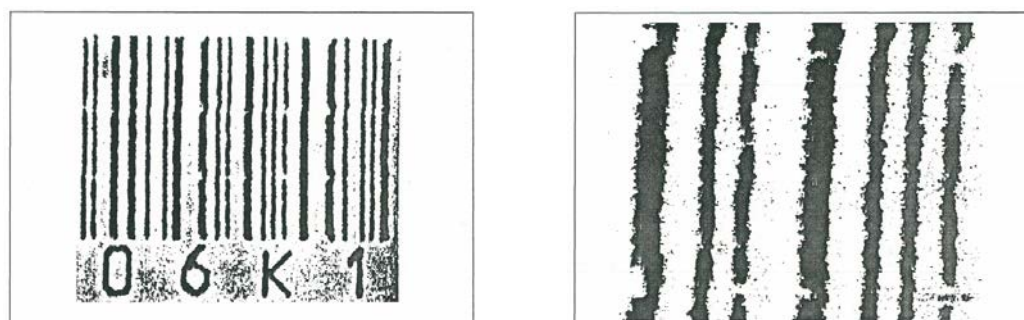


図6 黒いエレメントの欠け

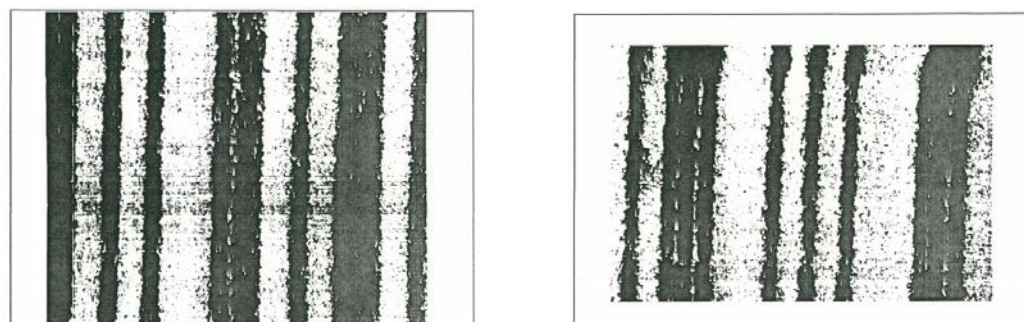


図7 黒いエレメントの割れ

図8に1次元シンボルのエレメント幅の理想的な分布を示します。図の上部は黒エレメント（黒バー）の分布で、図の下部は白エレメント（白バー）の分布です。図の縦軸は個数で横軸はエレメント幅です。黒バーと白バーは同じ分布になるのが理想的です。図8は理想的な分布になっています。細エレメント幅が $400\mu\text{m}$ 、太エレメント幅が $1000\mu\text{m}$ で太細比は2.5になっています。

図9に1次元シンボルのエレメント幅の現実的な分布を示します。分布の裾野が広くなり幅のバラツキが大きくなっています。インクリボンなどを使用するプリンタはインクが十分ある間は黒バーが太くなり、それに比例して白バーが細くなります。印字を繰り返すと、インクの量に応じてだんだん黒バーが細くなり、白バーが太くなっていきます。したがって、リーダは黒バーと白バーを分けて扱う方式のものが安定した読み取りを実現できます。

リーダは読み取ったバー幅から太いエレメントか細いエレメントかを判断しなくてはなりません。その判断数値をしきい値と呼びます。図10に示すように、エレメントの分布は中心寸法を中心に正規分布になります。その正規分布の裾野が狭いものが良い分布になり、広いものが悪い分布になります。

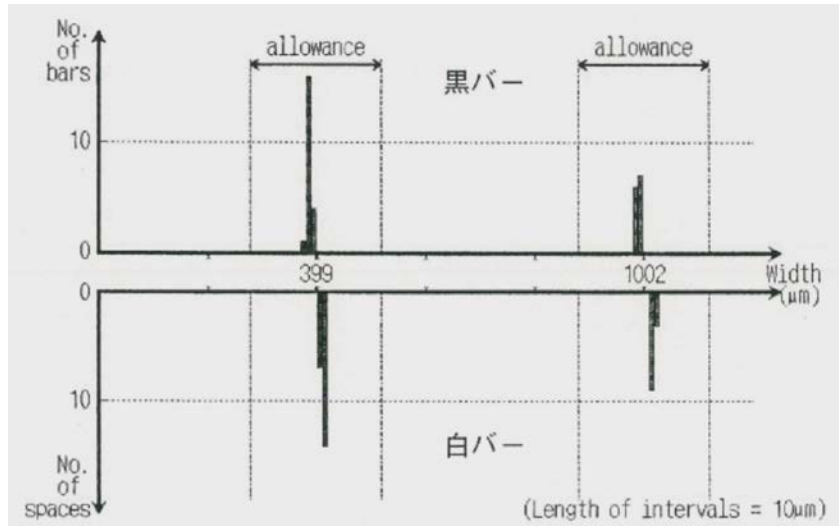


図8 エレメント幅の理想的な分布

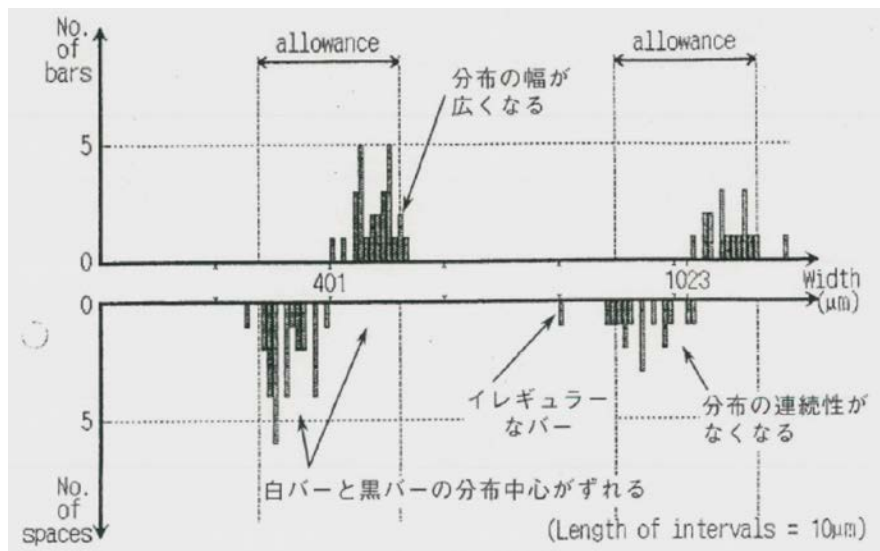


図9 エレメント幅の現実的な分布

しきい値は太いエレメントと細いエレメントの分布の間にもってくる必要があります。このしきい値の設定方法によりリーダーの性能が左右され、各社のノウハウになっています。しかし、図11に示すように太いエレメントと細いエレメントの分布の裾野が重なってしまうとしきい値の論理的設定が困難になります。そうするとリーダーでの不読が多くなり、最終的には誤読する可能性が大きくなります。分布の状況によっては太細比を1:3,0にしなければならない場合も存在します。太細比を大きくするとシンボルの全体長が長くなり、決められたスペースに入らない場合があります。前述したように、黒バーと白バーを分けて扱う方式のリーダーの方が安定した読取りを示すことがあります。シンボルが規格内の品質を保持している場合はどこのメーカーのリーダーでも同じような性能を示しますが、シンボルが規格から外れてくるとメーカー間の差が大きくなります。したがって、シンボルのエレメント幅や太細比はリーダーの性能も含めて、総合的に決定する必要があります。

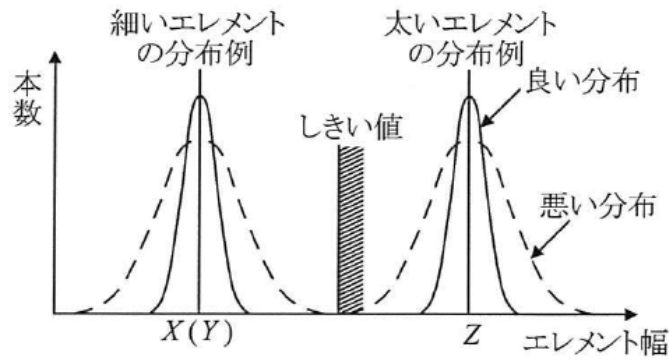


図10 エレメント幅の分布形態

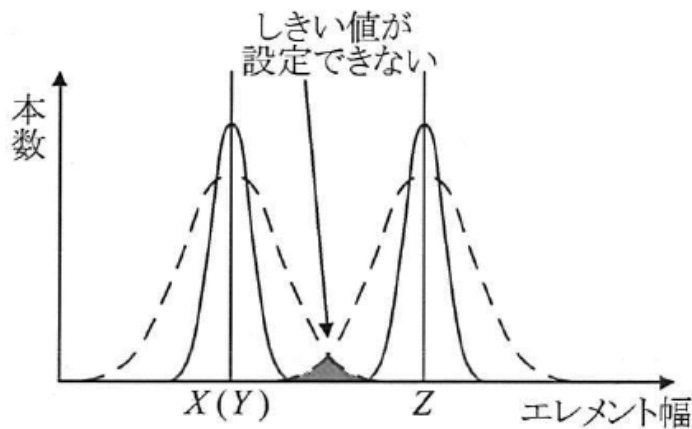


図11 エレメント幅の規格外分布

4-5. ボイドとスポット

白いエレメントの汚れをボイド、黒いエレメントの白ぬけをスポットとそれぞれ呼んでいます。1次元シンボルのリーダーは一般的に1次元のCCDセンサーやレーザービームを使用して、画像を取得します。この1回の読み取り動作をスキャンと言います。シンボルの高さ方向に何度もスキャンして画像を取得し、そのデータの整合性をチェックし読み取りデータとします。

シンボルにボイドやスポットがあると図12や図13に示すように、シンボルの論理に不整合が発生し読み取りができなくなります。これを、シンボルのセルフチェック機能と呼んでいます。

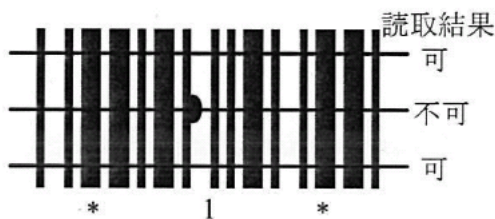


図12 1か所のボイドがあるコード39

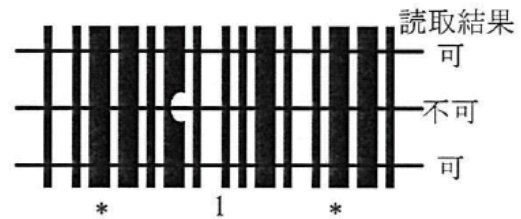


図13 1ヶ所のスポットがあるコード39

しかし図14に示すように複数のボイドやスポットが存在すると、エレメントの組み合わせが異なるキャラクタと一致する場合があります、リーダーは異なるキャラクタと認識する場合があります(図14でボイド、スポットによりキャラクタ1がキャラクタXに変化)。この場合は正規のキャラクタ構成なのでリーダーの誤読とは言えません。

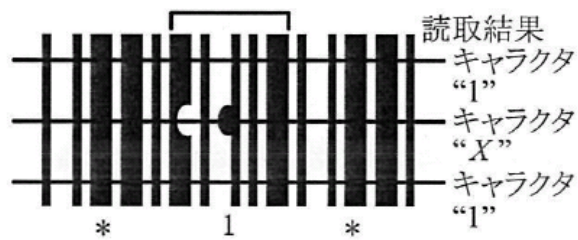


図14 2ヶ所欠陥のあるコード39

4-6. エレメントの色

原則として1次元シンボルのエレメント色は黒または白である。しかし、市場ではいろいろな色を使用してシンボルが生成されています。最終的には、印刷品質検査で規格内であればよいのですが、リーダの特性を踏まえたシンボル色を推奨します。黒エレメントは黒、紺、緑などの低反射率が望ましい。白エレメントは白、赤、黄などの高反射率が望ましい。



図15 推奨シンボル色



図16 推奨しないシンボル色

一般的にリーダは赤色（波長約660nm）を読み取り光源波長としていますので、白エレメントは赤色で高反射率色になる必要があります。赤色の光で見ると赤と白は同じ色に見えます。

図15に推奨シンボル色を図16に推奨しないシンボル色を示します。最近のリーダは自然光を取り入れて読む方式のものがあり、この場合は色の特性が変化するので注意が必要です。

4-7. シンボル生成方向

シンボルを生成するためにオフセット印刷やラベルプリンタで印字しますが、用紙の搬送方向とシンボルの生成方向の関係に注意が必要です。用紙の搬送方向とシンボルの高さ方向が同じ場合は安定した印字が可能です。その場合、用紙の搬送速度のバラツキはシンボルの高さ方向のバラツキになり読み取り精度に影響を与えません。用紙の搬送方向とシンボルの高さ方向が直角の場合は、用紙の搬送速度のバラツキがエレメント幅のバラツキになり読み取り精度に影響を与えます。十分な検証が必要になります。

5. リーダ

5-1. リーダの誤読

リーダの誤読は、そのほとんどがシンボルに原因があります。シンボルの印字の乱れ（ボイド、スポット）や汚れにより、他のシンボルキャラクタと同じパターンになれば、当然リーダは他のキャラクタと判定します。しかし、アプリケーション側からみると、これは誤読になります。また、シンボルを斜めにスキャンしたり、マルチビームのレーザ式リーダに見られるような合成読み（複数のスキャンデータを合成して1つのデータとする方式）をするリーダでは、図17に示すように、インターリーブド2オブ5を読ませたとき桁落ちをしたり、UPCをEAN-8に誤読する可能性があります。インターリーブド2オブ5を読ませたときの桁落ちはベアラバーによりシンボル全体を囲うと桁落ちを防止できます。これはリーダの問題と言うよりはシンボルの構造的な問題であると言えます。これらの誤読を防止するためには、リーダの読み取り可能シンボル種類の限定（ほとんどのリーダは複数のシンボルを自動判別して読み取りができます）、チェックデジットの採用、読み取り桁数の指定などが非常に有効です。これらはリーダにその機能を持たせることもできますが、ホスト側でもチェックして2重チェックを行なうことが重要です。

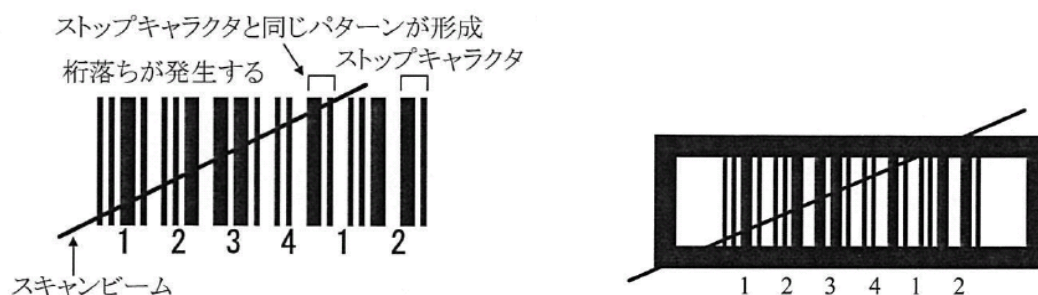


図17 インターリーブド2オブ5の桁落ち

5-2. 読み取り率

リーダの読み取り率は、読み取り操作回数に対する読み取り回数の百分率で表します。リーダは人が読み取り操作中に何回も読み取り動作をします。したがって正確な読み取り率は、リーダのスキャン回数に対する読み取り回数の百分率で表します。現在のリーダのほとんどは1回のスキャンでデータをホスト側に送信することはなく、複数回のスキャンで一致したデータをホスト側に送信する機能を持っています。そのため、データ一致回数を0にして測定する必要があるため、利用者が正確な読み取り率を測定することはほとんど不可能です。

読み取り率は、ラベルの品質、リーダの分解能、スキャン回数、アナログデジタル変換回路およびデコードアルゴリズムなどによって決まります。これらの中でもラベルの品質が、最も読み取り率に影響します。したがって、読み取り率はシンボルの品質とリーダの性能によって決まります。そのため、シンボルの品質にあったリーダを選定する必要がありますが、具体的には印字サンプルの十分な読み取り試験で確認するのが、最もよい方法です。その時に使用する印字サンプルは、使用上最悪と思われるサンプルにする必要があります。最初に作成した良好なサンプルを用いた簡単な確認で試験運用に入り、本格運用に入ったとたんにも不読が多発した例が多くみられます。

シンボルを読み取らせるオペレータのリーダを操作する方法も読取り率に大きな影響を与えます。リーダは一般的に、数 $10\mu\text{m}$ から数 $100\mu\text{m}$ の幅でパターンを解読しています。高さ 1cm あるシンボルでも、最大数 $100\mu\text{m}$ の幅でしかみていません。これは拡大鏡でシンボルを見ているのと同じです。したがって、数 $100\mu\text{m}$ の間に汚れなどがある場合、その部分は永久に読み取ることはできません。

レーザ方式や CCD 方式のリーダの場合、シンボルの読取り率を上げるにはシンボルの上端から下端に向かってなぞるようにリーダを操作するのが良い方法です。ペン方式の場合はシンボルの別部分を操作するのが良い方法です。

5-3. 分解能

分解能とは、リーダが認識できる最小の元素幅です。分解能はリーダのセンサー（例えば CCD センサー）の最小単位当たりの元素幅に比例します。CCD センサーの 1 ビットが $100\mu\text{m}$ でレンズの倍率が 1 の場合、分解能は $100\mu\text{m}$ になります。したがって、CCD センサーの 1 ビットが $10\mu\text{m}$ でレンズの倍率が 1 の場合、分解能は $10\mu\text{m}$ になり 10 倍になります。しかし分解能を上げると相対的に単位面積当たりの光量を大きくする必要があります。

最近のシンボルは小さく、細くなる傾向があります。印字する対象物の範囲が拡大するにつれ、同じスペースの中に、たくさんの情報を印字する場合や、小物のように小さなスペースに印字する場合が増加しているからです。その場合、リーダの分解能がシンボルの細元素幅（モジュールサイズ）を十分上回っている必要があります。

リーダの仕様上の最小読取り幅でシンボルを作成すると、読取り率が充分確保できない場合があります。その原因は、「リーダの性能が仕様に対して余裕のない」、「リーダの性能のバラツキが大きい」および「印字されたシンボルの幅のバラツキが大きい」などです。リーダおよび印字されたシンボルの幅には必ずバラツキがあり、このバラツキの幅により、アンマッチが生じ、読取り率が低下します。システムの運用を開始する前に十分な確認が必要です。

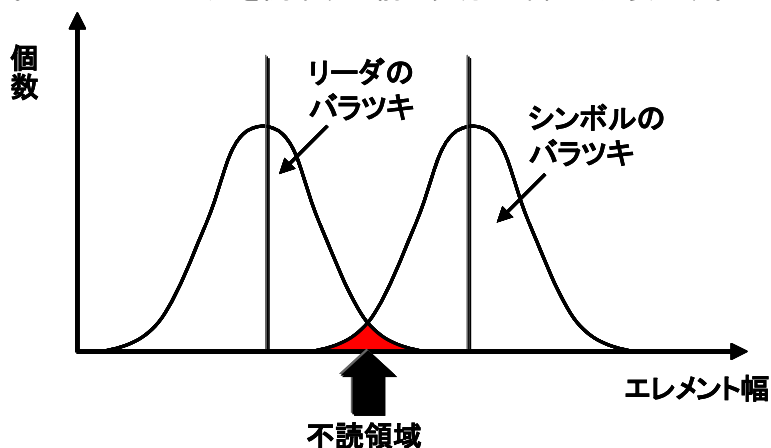


図18 リーダのバラツキとシンボルのバラツキ

分解能の高いリーダが必ずしも読取り率が高くなるとは限りません。市場からは、「分解能の高いリーダに変えたが、読取率が良くなるどころか、かえって悪くなった」と言う話を聞きます。シンボルの元素幅を細くすると、小さなボイドやスポットでも大きく影響を受けます。外乱の影響を最小限にするためには、使用するシンボルの元素幅に適した分解能のリーダを選定する必要があります。

5-4. 2度読み防止機能

人が操作するペン式のリーダを除くと、ほとんどのリーダは、2度読み防止機能が備わっています。2度読み防止機能とは、オペレータが同じデータのシンボルを当て続けた場合、同じデータを何度も送信することを防止する機能です。この機能は、コンビニエンスストアなどのレジ精算で1つしか商品を購入していないのに2つ以上同じ商品を購入したような誤精算が起こるのを防止するためです。そのため、異なったシンボルを連続的に読ませる場合は全く問題ありませんが、同じデータのシンボルを続けて読ませる場合は工夫が必要です。同じデータのシンボルを連続して読み取らせる場合は、リーダを1度シンボルから十分離し、リーダがシンボルを認識しない状態

を作りだしてから、もう 1 度、同じデータのシンボルに当て直す動作が必要となります。コンビニエンスのレジ操作では、前述の操作をするか、あるいは 1 度シンボルを読ませ、個数を人がキーインする方法を取っています。

5-5. チェックデジット

1次元シンボルはシンボルの種類に応じたチェックデジットが用意されています。リーダによるデコード誤りをチェックするためにもチェックデジットの利用を勧めます。また、チェックデジットはホストコンピュータへのデータの転送ミスを防止する目的にも利用することができます。データ転送中に静電気や磁界の変化、ノイズによってデータが化けることがあるからです。LANでは、様々なデータチェック機能によりこのような転送ミスを発見し、再送する機能を持っているので信頼性は高と思われます。しかし、RS232C やRS485等のインターフェースでは、高度なデータチェック機能がないので、チェックデジットを使用することが望ましい。

5-6. 信頼性

リーダの信頼性は、大きく性能と耐久性品質に分けることができます。性能については、特に読取り性能が重要なウェイトを占めますが、読取り性能については、ISO/IEC 15423-1 で統一的な性能評価法が規格化されています。性能表示については、従来から機器メーカーが独自の方法で規定してきましたが、今後は、国際標準に基づいた方法が普及し、利用者が公平に機器を選定することができるようになると考えられます。

しかし、耐久性品質については、統一的な国際標準がないため、利用者が機器を選定する時に注意が必要です。手持ち式のリーダでは、オペレータが誤ってリーダを落下させることがたびたびあります。そのため、落下防止策を講じることと、落下に対する機器の耐久性を確保することが必要です。例えば耐用年数が 5 年の場合、オペレータが 2 週間に 1 度リーダを落下させるとすると、約 120 回の落下耐久性が必要となります。

また、手持式リーダでケーブルによってホストと接続されているリーダでは、ケーブルの屈曲耐久性に注意が必要です。例えば、先ほどと同じように耐用年数が 5 年の場合、オペレータが 1 日に 500 回バーコードを読ませるとすると、約 100 万回の屈曲耐久性が必要となります。固定式リーダの場合は、固定される場所での振動や衝撃に対する耐久性を確認することが重要です。

引用文献：「よくわかる バーコード・二次元シンボル」

(一社) 日本自動認識システム協会編 オーム社 ISBN978-4-274-50290-3