

バーコード システム

野田 茂 登^{*1)}・足立 隆 行^{*2)}

1. まえがき

情報の多様化、大容量化や技術の進歩によって、データ処理の多くをコンピュータを用いて行うのが一般的となっており、特に、生産・物流分野においては、合理化やシステム化が一段と加速されており、多くの企業において情報システムの高度化が図られている。

その様な状況下で、安価でしかも高速にかつ正確に、データを入力する手段としてバーコードが登場し、急速に伸びている。

昭和53年の共通商品コード用の JAN コードの JIS 制定に続き、昭和62年3月に物流商品コード用の ITF コードの JIS 化が施行された。これは近い将来の物流システムの高度化に対応しようとしたものであり、この JIS 施行を契機に広く企業全域に浸透していく段階に入った。

バーコードリーディングシステムは、表1のような機器、装置群で構成されるが、本稿では主としてスキャナについて解説する。

2. ペンスキャナ

2.1 バーコードを読み取るしくみ

バーコードリーダはペンタイプ、CCDタイプ、レーザタイプとさまざまであるが基本的な考え方はいずれも同

じである。

バーコードスキャナは、図のように印刷された白黒パターンを電気信号に変換するものであり、構成としてはLEDなどの光源、フォトダイオード、光学レンズを組み合わせた光学センサ(図1参照)と、その入力信号(アナログ)をデジタル化する信号処理回路とによって構成される。(図2)

では、ペンスキャナにおける光学特性、電気特性などについて説明する。

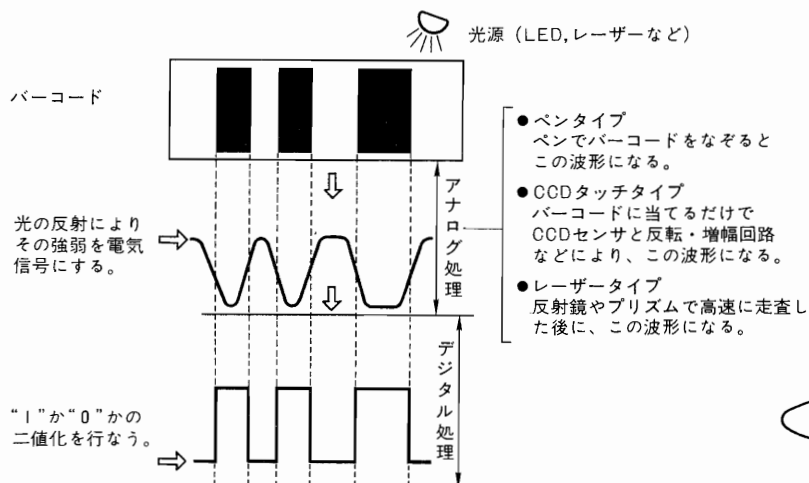
2.2 光学特性

1) スポットサイズ

ペンスキャナに採用されている光学系は、反射光を利用した光学センサである。この光学センサは、バーコードの小さな領域にスポット光を当ててレンズにより集光した光をフォトダイオードで受光する。バーコードラベル上を走査した時のペンスキャナのアナログ信号は、スポット光のサイズに左右される。

スポット光のサイズは、バー(黒)、スペース(白)に応じたアナログ信号が出力されるように、ペンスキャナ固有の分解能(最小読み取り可能幅)に比べて小さい事が望ましい。(図3)

アナログ信号の、バー/スペースでのレベル差が、デジ



このあとでデコーダと呼ばれる回路により、コンピュータ等が受け取るデータの形に変換する。

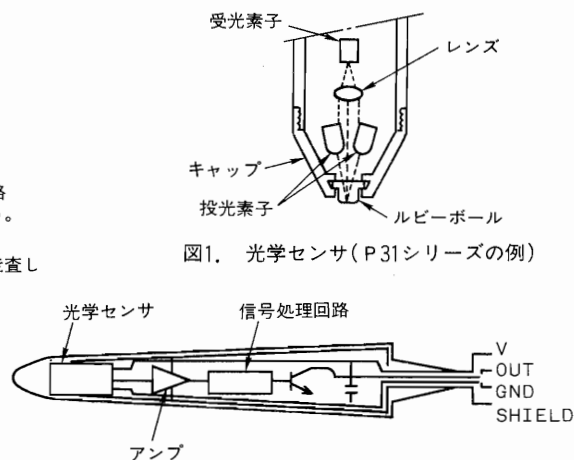


図2. ペンスキャナの内部構成

*1) アイデックコントロールズ(株) BCR システム技術課 課長
*2) 同上 本社営業部 グループリーダー

表1 バーコードリーディングシステムの構成

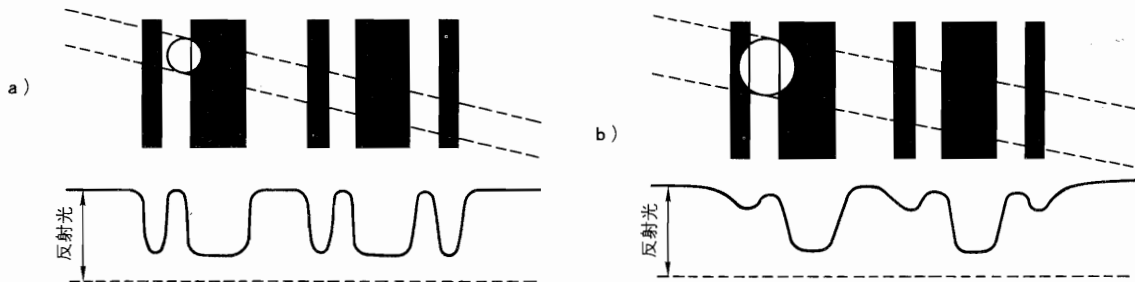
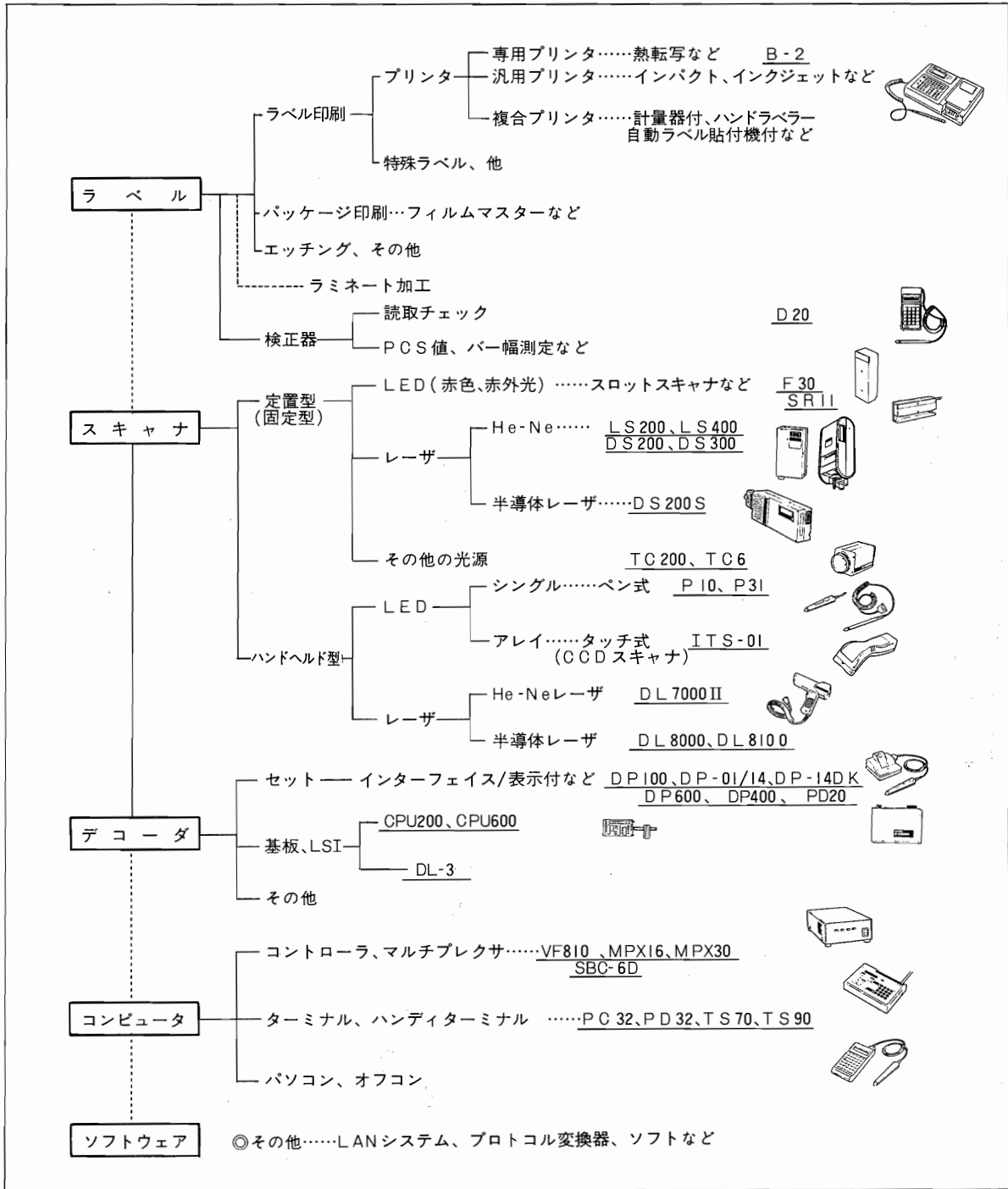


図3. スポットサイズとアナログ信号

タル化する際の歪を少なくするので、デコーダに正確な情報が送られ、しいては読み取り率が向上する事になる。現在、ペンスキャナ先端にルビーボールレンズ等を装着し、スポットサイズを小さくする工夫がなされている。

2) 光源波長

光源波長の違いは、バー/スペース間の反射率の違い、つまりコントラストの違いとして読み取り率に影響をおよぼす。読み取り率を向上させるにあたっては、ペンスキャナがバー/スペースの差を確実に識別できるように、十分なコントラストの確保が必要である。ペンスキャナが反応することのできるコントラストは、波長により違いがある。

現在、多くのペンスキャナが採用している光源波長は、赤色光(660nm)、近赤外光(820nm)、赤外光(900nm)である。コントラストが十分得られる対象としては、赤色光では、カーボン系インクを含め染料系黒インキ、色インキが適し、近赤外光ではカーボン系インキが適しているが、染色系の黒インキにも有効である。赤外光では、カーボン系のインキが適している。

このように、光源波長により特徴が違うので、適切な光源波長を選択することが、読み取り率向上につながる。

3) 焦点深度

焦点距離とは、ペンスキャナをバーコード上で、走査させた時、バーコード解読可能な最大垂直距離で表わされる。ペンスキャナ光学系と先端キャップの形状などにより、焦点深度はペンスキャナの最大スキャン角度を決定する重要な要素でもある。

焦点深度、および結果として最大スキャン角度はこれらの値が大きい程望ましく、オペレータの熟練度の差による読み取り率のバラツキを抑え、オペレータの負担を減ずる。更に、シワになったバーコードや凹凸の激しいバーコードの読み取りが可能となり、読み取り率向上に寄与する。

2.3 電気特性

1) 出力形態

ペンスキャナの出力形態には、デジタル出力タイプとアナログ出力タイプがあるが、殆んどの場合デジタル出力が用いられる。なぜなら、アナログ出力タイプはデジタル出力タイプと比較してノイズに弱く、また、当然ペンスキャナはバーコードシステムとして運用されるもので、ペンスキャナはデジタル処理をするデコーダ回路に必然的に接続される。このとき、アナログ出力タイプの場合は、アナログ/デ

ジタル変換回路を余分に設けなければならないからである。

2) 電 源

ペンスキャナに供給する電源は、一部のアナログ出力タイプを除いて殆んど、単一5V電源である。電源に関して、読み取り率を左右する要素は、商用電源から動作させる機器にペンスキャナを使用する場合である。その場合には、必ずシールドタイプのペンスキャナが必要である。

これは、手とペンスキャナ内部のアンプおよび、電源ラインとの容量性結合によるループ電流により商用電源周波数ノイズが出力に乗るのを防ぐためである。このような事が、読み取り率向上に深く係わってくるので注意が必要とされる。

2.4 分解能

ペンスキャナで、正確に読み取れる最小ナローバー幅は、分解能に依存する。基本的に分解能は、スポットサイズ、光学系受光スリット径および、回路の設計方式により左右される。ペンスキャナの分解能は一般的に、特定モジュール分解能でのエラー性能で規定される。それは、あらかじめ決められたモジュール分解能(ナローバー/スペース幅)のテストバーコードを走査する時に起こるエラー特性で規定する。測定方法を以下に掲げる。

- 1) 標準テストバーコードを、ある一定速度で走査する時にペンスキャナに発生する幅エラーを測定する。
- 2) 幅エラーは、計算により求めたバー/スペース幅と光学的測定により求められたバー/スペース幅として表され、一定速度によるスキャンニングの場合、次式で求められる。

$$B = Pb \times V \quad S = Ps \times V$$

$$be = B - b \quad se = S - s$$

B, S = 計算により求められたバー/スペース幅(mm)

b, s = 光学的測定により求められたバー/スペース幅(mm)

Pb · Ps = ペンスキャナパルス幅(sec)

V = スキャンニング速度(mm/sec), be · se = バー/スペース幅エラー(mm)

前述の測定においてペンスキャナの分解能が規定される。また、ペンスキャナの場合、分解能の違いにより次の様なことが言えるであろう。分解能は高ければ高い程よいとは言えない。なぜならば、分解能が高ければより細かいバー/スペースが読み取り可能であるが、ドットマトリクスなどで打ち出したバーコード幅の均一なバーコードを読む場合、ペンスキャナで走査する位置により幅歪が発生するため、読み取り率が低下する。一般的には高分解能タイプはオフセット、凸板、グラビアおよびイン

クジェットプリンタに適し、中/低分解能タイプは、デジホール・ドットマトリクスおよび感熱プリンタに適する。

このように、分解能によっても特徴が異なるので、こゝでも適切な選択が読み取り率向上に寄与する。

2.5 印刷誤差

ペンスキャナにてバーコードを走査すると、バー/スペースに対応した幅情報が出力される。しかし、この幅情報は真のバー/スペース幅と必ずしも一致しない。それは、幅情報の中にバーコード印刷時に生じたインクの広がりや縮み、インクポイド、インクの不均一性などによる、一種の誤差が含まれるからである。

これらの誤差により、ペンスキャナをデコーダに接続した場合、解読率が低下する事はいうまでもないが、これらの誤差に対処し、ペンスキャナにより読み取り率を向上させるには、前述のスポットサイズが必要となる。分解能および光源波長などそれぞれについて吟味する事が必要となる。

しかし、印刷誤差による解読率低下を防ぐにはペンスキャナ側だけで対処するのではなく、デコーダ側およびメディア側も含めて考えねばならない。本題から少し外れるが、例えばデコーダの場合、ナローバーとワイドバーを判別する基準になるスレッシュホールドを印刷誤差を含むバーの中からどのような条件のバーに合わせて設定するかにより、解読率が左右される。それはスレッシュホールドが、理想の値より低く設定された場合、ナローバーをワイドバーと誤判断される事実から理解できよう。

また、メディアの場合、バーコードシンボルのワイド/ナロー比を大きく設け印刷誤差に対する許容幅を増やす方法や、ワイド/ナローバーの幅を大きくするなどの方法が考えられる。

2.6 オペレータ

ペンスキャナの場合、固定スキャナと異なり、オペレータ自身の熟練度も読み取り率向上の重要な要点のひとつとして存在する事を忘れてはならない。バーコードシステムにおいて、システム中にオペレータが介入する事は、そこに潜在的な人的エラーが存在する。

潜在的な人的エラーを減少させ、読み取り率を向上させるには以下の点について留意しなくてはならない。

1) スキャン方法

オペレータは、バーコードシンボルをスキャンする事は当然であるが、バーコードシンボルの前後に存在するマージンも含めてスキャンしなければならない。

また、走査速度も極力、一定速度で行う事が望ましい。走査中に、速度が極端に変化すると、同一シンボルにも係わらず幅情報に変動が生じるので、結

果として解読率低下を招く事になる。これを避けるには、手首のみを利用してスキャンするのではなく肘を中心にして腕全体でスキャンすると好結果が得られる。

2) スキャン角度

ペンスキャナは通常、図4に示すように0~45°のスキャン角度で読み取りが可能である。しかし通常使用されるバーコードは、紙質（紙以外も存在する）、インクの種類、コーティングの有無およびコーティングの材質などにより種々雑多の形態がある。それにより、バーコードの反射率、反射パターン、透過性/半透過性なども必然的に違ってくる。これらの事がどのようにスキャン角度に影響をおよぼすかと言えば、例えば反射率の高い紙を使用した場合、垂直に近いスキャン角度ではペンスキャナに入射する光量が多くなり、ペンスキャナの電気回路を飽和させ、読み取りができなくなる。従って通常読み取りにおいてはスキャン角度20度前後でスキャンする事が望ましい。

以上、ペンスキャナに関する読み取り技術について簡単に説明したが、これらのひとつひとつの要素が固有の技術としてペンスキャナ、ひいてはバーコードシステムの技術向上に深く係わってくると思われる。

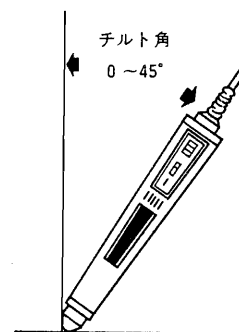


図4 ペンスキャナ

3. レーザスキャナ

3.1 レーザスキャナの内部構造

レーザスキャナの光源としては、ガスレーザおよび半導体レーザがあるが、ここではHe-Neガスレーザを使用したスキャナについて説明する。

He-Neレーザチューブより発射された可視赤色光は、各光学系回転ミラーを通り、照射窓より一本（または多数本）の光線となり、バーコードラベルのコードをスキャンし、そのコードからの反射光が回転ミラー、各光学系へと帰りフォトダイオードへと送られる。そしてそのフォトダイオードからのアナログ信号を増幅、波形整形し、デジタル信号として出力する。デコーダ内蔵タイプ

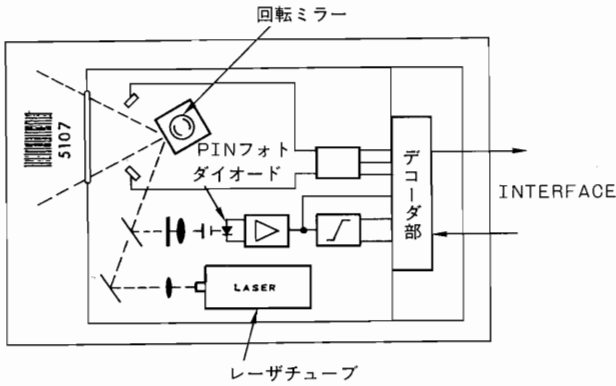


図5. レーザスキャナの内部構造

の場合は本体にデコーダを内蔵しているの、出力は、Serial ASCII となっている。(図5)

3.2 レーザスキャナの読み取り原理

レーザスキャナの読み取り原理は、前述のペンスキャナの場合と同様で、概略図6 のようになっている。

ここでは、レーザスキャナ LS200 (またはDS200) について、その動作を説明する。

(図7)

バーコードスキャナの動作

- ① 入出力コネクタよりDC12Vの供給を受ける事により、モーターが回転を始める。
- ② 回転ミラーが一定の回転数に達した事をタコメー

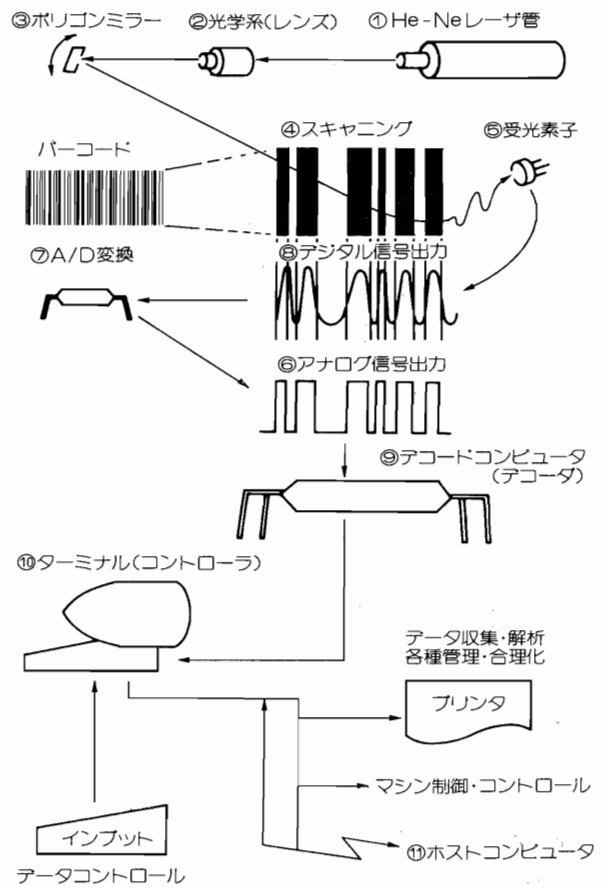
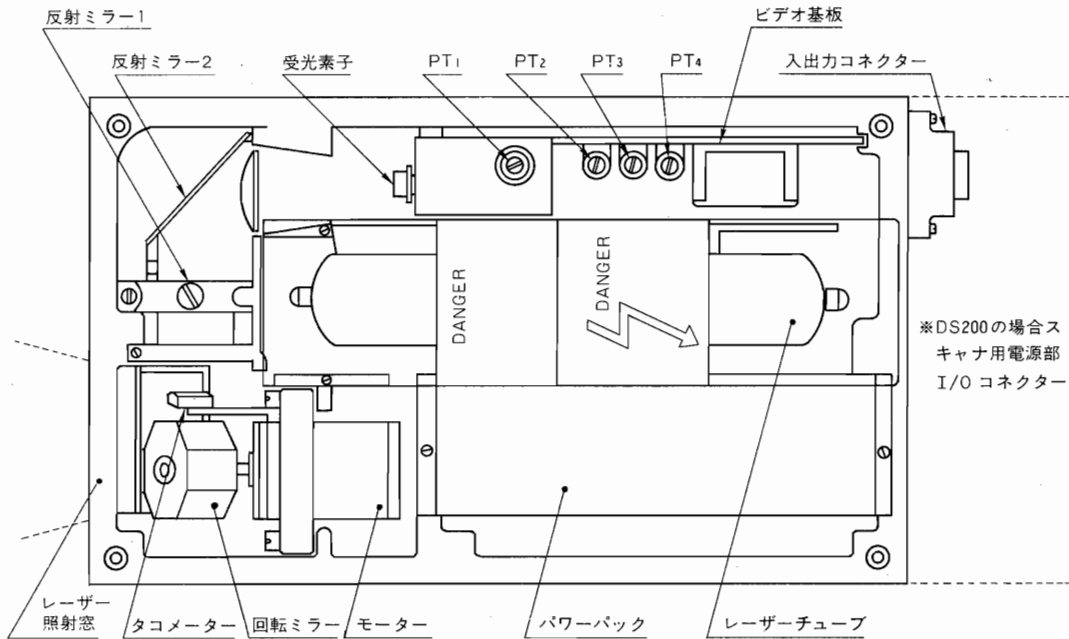


図6 He-Neレーザスキャナの場合



- PT₁ アナログ波形 ADJ、VR
- PT₂ 微分ノイズフィルター ADJ、VR
- PT₃ モーター回転数 ADJ、VR
- PT₄ 波形デューティ ADJ、VR

図7. LS200(またはDS200)の内部構造

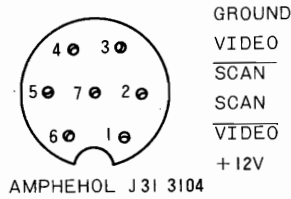


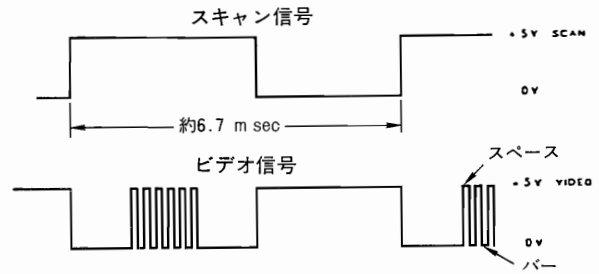
図8. コネクター図(LS200)

ターで確認し、レーザパワーパックへ電源を供給する。

- ③ パワーパックで昇圧された高電圧(約1KV)により、He-Neレーザチューブより可視赤色光が発射される。
- ④ レーザチューブより発射された赤色光は、反射ミラー1を経て、回転ミラーに当たり、レーザ照射窓より1本(または多数本)の赤色光線となりスキヤニングを始める。
- ⑤ バーコードラベルがスキヤナの前を通過すると同時に、レーザ光線がバーコードを何度もスキヤニング(150スキヤン/秒)し、バーとスペースの反射量の違いによって変調された反射光は、レーザ照射窓→回転ミラー→変調ミラー2を経て受光素子へ帰る。
- ⑥ バーコードラベルよりの反射光のアナログ信号は適度に増幅、波形整形され、A/D変換し、ビデオ信号としてデジタル出力される。また、レーザ光線が読み取り領域に向かって照射された時にゲートの働きをする信号としてスキヤン信号も合わせて出力する。(図9)

LS200の場合は、この信号を出力し、別置きのコデコーダへ信号を送る。DS200の場合は、コデコーダ内蔵のため、CPU基板へとこの信号は送られる。

- ⑦ ビデオ基板からのビデオ信号のパルス幅は、数 μ sec~数10 μ secの範囲であるため、マイクロプロセッサで直接処理させずに、専用のハードウェア、つまりプリプロセッサを用いて処理を行なう。即ち、プリプロセッサは、ホワイトカウンタおよびブラックカウンタの2台のカウンタでこれらのパルスの幅を測定し、マイクロプロセッサからアクセスできるよう、この測定値をメモリに記憶する。この場合のカウンタの基準周波数がオーバーフロータイムで、バー寸法に応じて設定する必要がある。
- ⑧ プリプロセッサは、バーおよびスペースのカウンタ数を集計する以外に有効なバーコードと判断した場合にのみ、バーおよびスペースの信号の回数だけマイクロプロセッサに信号を送る。即ち、有効なバーコードであるかどうかの判断は以下のシーケンス



SCAN	BAR	VIDEO
L	X	H
H	WHITE	H
H	BLACK	L

図9.

で決まる。

- ⑨ 広い白の領域を感知(ホワイトカウンタがオーバーフローした場合)した場合。
- ⑩ 所要の数のバーおよびスペースをカウントした場合。(セットした桁数の数で決まる。)
- ⑪ もう一方の白い領域を感知した場合。
- ⑫ この時点でマイクロプロセッサは、プリプロセッサのメモリのページに記憶してあるバー情報を読み取る段階に進み、デコーディングを試みる。もし、全てのチェックが合格し、(スタート、ストップコードの組合せおよび各キャラクタのコード化が正しくチェックデジットが正しい場合)、しかも同期センサがバーコードラベル(容器、本体でも可)を検知しているのを確認すればメモリの情報は承認され、有効となり、この結果即座にバーコードラベルの内容が表示器に表示され、I/Oポートより、ASCIIコードでデータが伝送される。
- ⑬ もし、これとは逆に、データシーケンスが拒絶された場合は、プリプロセッサは情報をリセットし、再度、正確なシーケンスの探索を開始する。
- ⑭ データシーケンスが何度も拒絶された状態の時、同期センサの検知信号が切れた場合、コデコーダは、バーコードラベルの内容が読取れなかったと判断しASCIIキャラクタ "CAN" コードを出力する。

2.3 レーザ光源について

LS200およびDS200に使用されているHe-Neガスレーザチューブは、ANS規格のCLASS IIの分類に入り、米国食品薬品管理放射能衛生局が規定するすべての条件に従って製作されている。このレーザ光線は人体に対して全く無害であるが、目に長時間当てるのは避けなくてはならない。レーザスキヤナ本体には、CLASS IIレーザであることを表示するため、以下の内容の注意ラベルが貼られている。また内部レーザチューブにも、レーザ光を直視しないこと、および高電圧危険の表示ラベルが貼られ

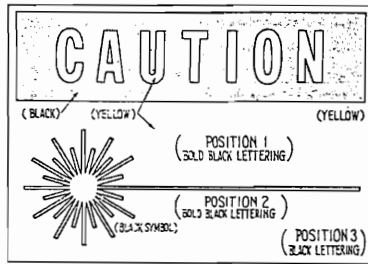


図10 注意ラベル
 POSITION 1には「レーザー光を直接見ないこと」といった注意
 POSITION 2は製品種類
 POSITION 3はレーザーのクラスを記入する

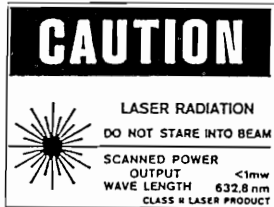
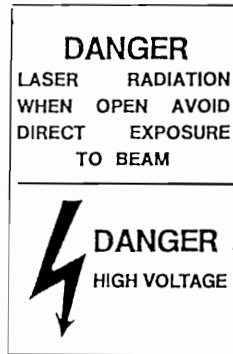


図10.



ている。

1) LS200およびDS200に使用されているレーザーチューブの特性

波長	632.8nm
出力最小値	0.5mW
出力最大値	1.3mW
常用出力値	0.8~1.0mW
ビーム径	0.49mm
ビーム広がり角	≤ 1.7mrad.
偏光比	ランダム
スタート電圧	≤ 7KV (常用スタート電圧 3.5KV)
動作電圧	900~1100V
動作電流	3.5mA
動作温度範囲	-25~80℃
保存温度範囲	-40~80℃
相対湿度	≤ 95% (結露不可)

2) 長時間試験

チューブが劣化すると、スタート電圧および動作電圧の上昇、最適動作電流のずれ、電力損失等のパラメータ変化が起こる。大多数の用途にとって、機能に必要な最低出力を下回ると、レーザーチューブの寿命が尽きたことになる。従って、長時間試験の主

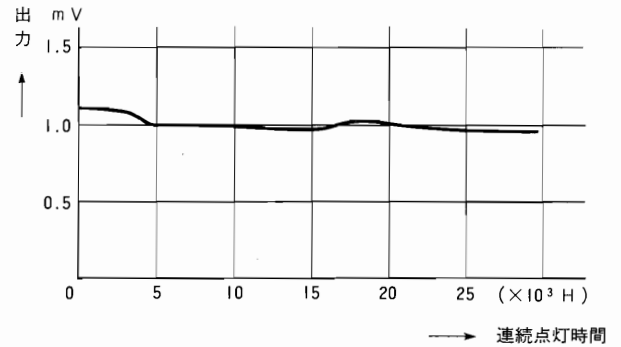


図11. 経過時間と出力の関係

要課題は、動作時間と出力の関係を調べることとなる。

チューブに電氣的、熱的過負荷をかけて、品質評価に要する時間を短縮することも可能であるが、この手順では過負荷によって故障メカニズムが系統的变化をしないことが前もって確かめられなければならない。

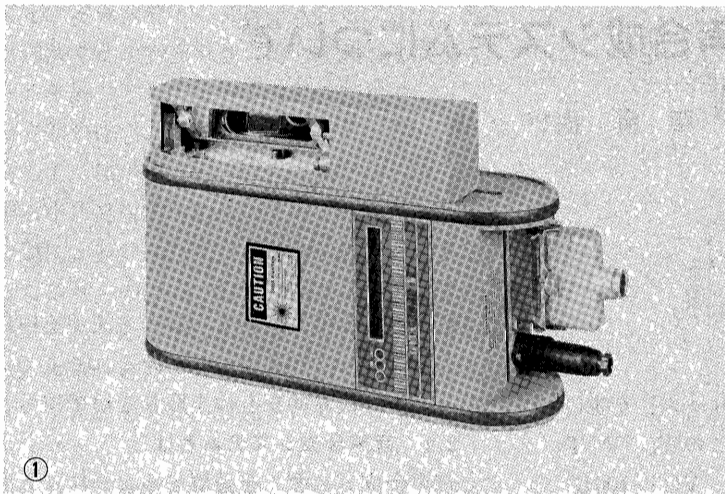
大量生産されているレーザーチューブの中の2~3年前の製造ロットから抜き取った供試品グループについて、定格電圧で動作させたレーザーの出力平均値と動作時間の関係のグラフを図11に示すが、実際のレーザー寿命は、現在までの試験した動作時間をはるかに越えると判断される。

4. おわりに

本稿では、ペンスキャナ、レーザーキャナについて解説を試みたが、スキャナとしては、その他、半導体レーザーを光源としたもの、あるいは受光素子にCCD素子を使用したものなどがあり、また、バーコードリーディングシステムの構築のためには、表1に示したように、種々な周辺機器も必要となる。それらについては、別の機会に紹介したいと思う。

参考文献

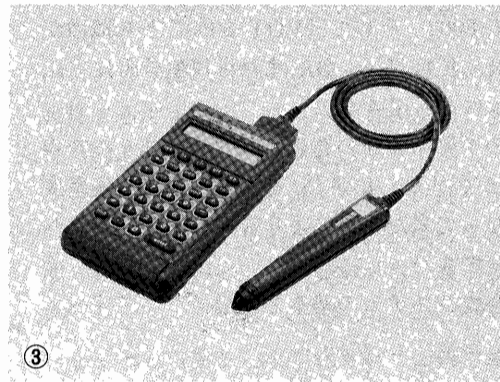
- 1) 保田孝「ペンスキャナの読取技術」計測技術, Vol.15, No.9, (1987) p.44
- 2) 足立隆行「物流・FAを合理化するバーコード関連機器と小分け包装システムへの応用例」流通研究社, 1987, p.127
- 3) 野田茂登「AIAGコードのF・A・物流ラインでの読取り」無人化技術, '88 1月号 (No.334)



①



②



③



④

- ① デコーダ内蔵レーザスキャナDS300
(AIAG仕様対応機種)
- ② レーザスキャナ DS 200
- ③ ポケットコンピュータ PC 32
- ④ 手持式スキャナ DL 8000