

ダイレクトマーケティング

ダイレクトマーキング

1章 ダイレクトマーキングとは

1-1 ダイレクトマーキングの定義

ここでの「ダイレクトマーキング」とは、商品（製品、部品及びその梱包）にラベルやシールを貼るのではなく、「各種の方法で、商品に記号を直接マークする技術及びマークされた記号を自動認識する技術の総称」と定義する。

1-2 マーク技術

商品に直接マークする技術としては、レーザマーキング、ドットインパクトマーキング、インクジェットマーキング、サーマルマーキング、サンドブラストマーキングなどの技術があるが、現在すでに使用実績の多いレーザマーキング、ドットインパクトマーキング、インクジェットマーキング、サーマルマーキングについて述べる。

1-3 マーク記号

自動認識の目的で利用可能なマーク記号としては、OCR (Optical Character Recognition)、1次元シンボル、2次元シンボルなどがあるが、マトリクス型の2次元シンボルがダイレクトマーキングに比較的適している。

1-4 市場ニーズ

IT技術の進歩により、情報システムは目覚ましい発展を遂げており、物流（工程、工場、輸送）における情報化においても、製品の製造から販売まで一貫した情報管理が可能となり、良い製品を安く消費者に提供するという製造業者の使命に大きく役だっている。近年、大きな問題となっている環境問題や資源の有効活用などを考慮すると、製品のリサイクル、リユースまでを視野に入れた製品のライフサイクル管理の仕組みを早急に確立することが望まれている。また、消費者の安全、安心を求める意識の高まりに企業はどのように答えていくかが重要になっている。ここ数年、日本の食品業界では、遺伝子組換え品、残留農薬、無認可食品添加物の安全性の追求、BSE（狂牛病）による発病問題、食中毒菌の蔓延など、食品業界だけの問題だけではない出来事が多くなってきている。

厚生労働省、農林水産省では、HACCP (Hazard Analysis and Critical Control)方式の導入も含めた食品の安全、安心確保技術に対して積極的に取り組み始めている。特に実際の食品に対して安心を提供する表示に対しては、原産地偽証問題などから改ざん防止手段の一つとして、ラベルを使用せず食品のパッケージに直接表示するニーズが高まっている。

これらの市場要求に答えるためには食品を含めた商品1つ1つのトレーサビリティシステムを確立する必要がある。そのためには多量に同種の商品を提供する場合、従来の共通商品コードに代表される番号体系や各商品の製造者品番体系では情報量が不十分であり、家電商品にみられるシリアル番号などを従来の情報に追加することによる個体管理が不可欠となる。個体管理のためにシリアル番号（連番でなくてもよい）などを事前に印刷されたラベルを貼り付けることもできるが商品完成時に、商品に直接マーキングするダイレクトマーキングが有効な手段となる。

1-5 課題

ダイレクトマーキングは、多種多様な製品、素材にマーキングしなければならない。したがって、マーキング方式も素材の多様性に依じて、レーザ、ドットインパクト、インクジェット、サーマルなどを使用する必要がある。そのため、紙に印刷するのに比べるとマーキング品質の標準化は容易ではない。しかし、各企業が独自の方法で行うと、企業、業界の枠を越えての利用が困難になるばかりではなく、逆に共通利用の障害となる可能性があり、どうしても標準化を推進する必要がある。

1-6 用途

(a) 生産管理

製品に対応した工程の情報がペーパーレスで、データベース化が可能になる。すなわち、製造履歴としてライン名、検査データおよび製造年月日などを自動的に記録し管理できる。これらの用途では、管理に要するデータ量が比較的多く、マーキングスペースは少ないのが常である。マーク法として従来はラベル貼付で対応していたが、はがれたり、ラベル発行／貼付の工数がかかったりリサイクル時ラベルが付いているとリサイクルが行いにくいなどの側面から、レーザマーキングやシルク印刷などによるダイレクトマーキングが活用されている。

(b) サービス

航空機、鉄道車輛、自動車などは安全性を確保するためにメンテナンスが必須となっている。この場合、部品レベルでの情報が必要であり、例えば 10 個の部品をメンテナンスしたとすると、1 部品当り、50 桁以上の情報入力が必要になる。したがって、全体で 500 桁以上のキー入力が必要になるが、この作業効率が大きな問題となる。しかし、部品に情報（企業番号、品番、ロット番号、製造年月日等）がダイレクトマーキングされていれば、メンテナンス内容を入力するだけで、効率的に、しかも正確にメンテナンス内容のデータベース化が可能になる。したがって、次回メンテナンスの計画立案が容易になる。

(c) 品質保証

ISO 9000 では、商品が市場故障した場合、その故障原因の究明と対策及び設計へのフィードバックが義務づけられている。市場故障した場合、現状では手書き伝票処理によって実施されているケースが多く、迅速な市場故障情報の入手が困難である。したがって、リコールなどにつながる様な市場故障への対応も後手に回ることが多い。故障解析には現物が必要であるが、故障のすべての現物を回収することは不可能であり、選択的回収をせざるを得ない。この場合、現状のネームプレート等に表示してある情報程度では、情報不足（ロット不良等の対策が不可）であるが、詳細情報を部品にダイレクトマーキングしていれば迅速な選択的回収が可能になる。

(d) リユース/リサイクル

現在、世界的にリユース/リサイクルが注目を集めている。しかし、リユース/リサイクルは、部品を破砕して、分別回収すれば良いというものではなく、再利用出来る部品は使用していくという基本的考え方が重要である。この再利用を促進するためには、現状の部品情報では不足であり、さらに現場での自動入力手段が必要になる。その為には部品に必要十分な情報が付加出来るダイレクトマーキング技術の活用が重要である。

(e) 環境保全

過去のフロン、重金属、環境ホルモンなどの環境問題は、環境への影響が確認された時点ですでに市場に影響物質が出回っており、回収が困難となっている。それはその影響物質を含む部品（特に樹脂部品、アッセンブリ部品）に必要十分な情報が付加されていないからである。今後は、ダイレクトマーキングにより部品（特に化学部品）に詳細情報を付与することにより、回収の迅速化が可能になる。

1-7 ダイレクトマーキングの階層

リサイクルまでを視野に入れた製品のライフサイクル管理の仕組みを確立するためには、ダイレクトマーキングに関する総合的な標準化が不可欠である。表1-1にダイレクトマーキング標準化の階層を示す。階層0は素材へのマーキング技術であり、印字機器メーカーの範囲である。階層1は、マーキングの読取り技術であり、リーダメーカーの範囲である。階層2はデータキャリアの標準化であり、特に階層0と階層1との整合性を保証する役目を果たす。これにより利用者がデータキャリアを安心して利用することが可能となる。階層3はデータキャリアにどのような内容を格納するかを決定するもので、利用者に直接関わるレイヤである。階層4はデータキャリア利用者の情報システムに関わるものである。階層5はアプリケーション標準化階層であり、階層3、階層4の標準化である。この階層0～階層5までを完成させるためには、まず、階層0～2を完成させる必要があり、その技術の確立が重要である。

表1-1 ダイレクトマーキングの階層

階層 5 アプリケーション標準化	
ISO TC20、ISO TC122、IEC TC91、 AIAG、ODETTE、EIA、EDIFICE、JAMA/JAPIA、JEITA … 参照規格：ANSI MH10.8.7、AIAG B-4、EIA 706、EAN/UCC UCC1、NASA HDBK-P027	
階層 4 情報システム（ネットワーク検索／受発注システム）	
検索	受発注
詳細情報、危険物、環境影響物質、 メンテナンス、保障限度 …	企業コード、ロケーションコード、製品コード、 製造年月、使用年月、価格、数量、納期 …
階層 3 コンテンツの決定	
企業コード、製品コード、製造年月日、保障条件、構成素材、材料明細 …	
階層 2 マーキング標準化	
ISO/IEC JTC1 SC31 参照規格：ISO/IEC 15416（印刷品質）、ISO/IEC 15423（読取り機）、 ISO/IEC 15426（検証器）	
階層 1 ダイレクトマーキングの読取り技術	
光源	読取り技術
自然光、ハロゲン、 蛍光灯、電灯、赤色光	照明角度 受光センサ
階層 0 素材へのダイレクトマーキング技術	
素材	マーキング技術
金属（鉄、アルミ、銅） 樹脂（ゴム、回路基板） ガラス、シリコン	レーザ、インクジェット ドットインパクト、ケミカルエッチング サンドブラスト、ドライトランスファー

2章 レーザマーキング

2-1 概要

レーザ方式は、従来、刻印・捺印・ラベル貼り付け等によりマーキングを行ってきた多くの分野・用途において、高品質なマーキングおよび、消えないマーキングが可能で、マーキングスピードが速い。また、レーザ方式は非接触マーキングなのでワークにストレスがかからない、等のメリットがあり、市場で多く使用されている。レーザ方式には、マスク式とスキャニング式の2種類があり、使用するレーザもCO₂レーザとYAG/ファイバー（Yttrium Aluminum Garnet:ヤク）/ファイバー（Fiber）レーザに大別され、それぞれのタイプは各々の特徴によって住み分けられている。YAGレーザ及びファイバーレーザはレーザ波長がほぼ同じであるが発振方式が異なる。

2-2 レーザ方式の特徴

レーザ方式にはマスク式とスキャニング式の2種類ある。マスク式は、マーキング内容の種類数だけマスクを必要とする為、マスク生産に多額なコストが発生する。また、品種を切替る時にマスクを交換する手間が発生する。一方、スキャニング式では、マーキング内容の変更は、データの変更のみで、簡単に行え、コストもかからない。

スキャニング式とは、図1に示すように、レーザ発振器からのレーザビームをガルバノメータスキャナと呼ばれる駆動素子（X軸・Y軸）に取付けられたミラーにより自在に2次元走査させ、集光レンズによってワークに結像させてマーキングを行うものである。そのマーキングは500文字／秒と非常に高速である。またレーザは集光性に優れパワー密度が高く、小さなビームスポットが得られる為、微細なマーキングが可能である。

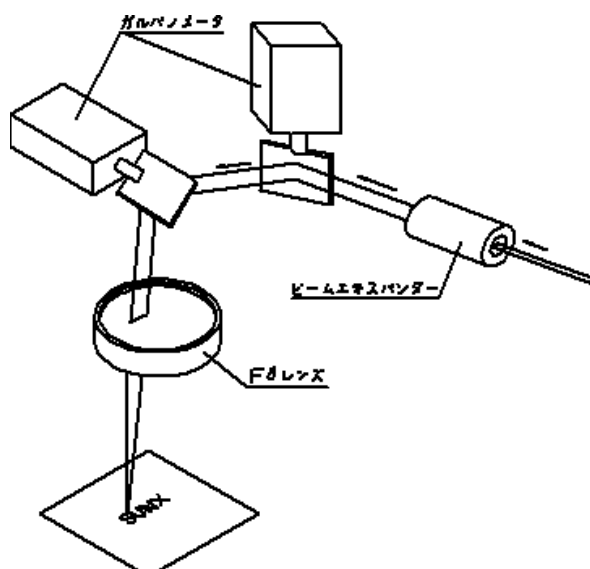


図1 スキャニングレーザーマーカ

レーザーマーカは使用するレーザー発振器の種類により、CO₂ と YAG/ファイバーに大別できる。その波長の違いにより、用途は住み分けされている。レーザーによるマーキングの加工形態は、樹脂ケースや半導体パッケージといった樹脂素材に発泡／化学変化によりコントラストを発生させる「表面変質」、自動車部品などの金属素材に、深堀により視認性を発生させる「表面除去」、携帯電話のキートップなどの塗装膜付樹脂成型部品に塗装膜を除去する事でコントラストを発生させる「塗装膜除去」、樹脂成型部品などの樹脂素材に、熱によりマーキング部を溶かす事により視認性を得る「表面融解」等、その加工形態は様々である。YAG/ファイバーレーザーは、装置が高価であるが、金属への「表面除去」や樹脂への「表面変質」が可能である、CO₂ レーザーは、装置が安価であるが、金属への「表面除去」はできず、樹脂に対しては「表面融解」により視認性を得る。このような加工形態の違いがあるので、ユーザのアプリケーションに合った、マーカを選択すべきである。

2-3 レーザーマーカ

(a) CO₂ レーザーマーカ

CO₂ レーザーマーカの例を写真 2-1 及び写真 2-2 に示す。



写真2-1 横型CO₂レーザーマーカーの例



写真2-2 縦型CO₂レーザーマーカーの例

(b) YAG/ファイバーレーザーマーカ

ファイバーレーザーマーカの例を写真 2-3 に示す。

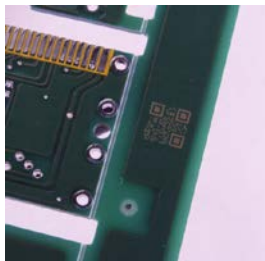


写真 2-3 ファイバー レーザマーカの例

2-4 レーザマーカでのマーキング例

(a) CO₂ レーザでのマーキング例

CO₂ レーザでの主なマーキング対象物は、ガラエポ基板、紙、アルマイトが挙げられる。(写真 2-4) 樹脂部品等の一般的な樹脂素材、及び、金属部品等の金属素材に対しては CO₂ レーザでは十分な発色（コントラスト）が得られない為、リーダ側での読取りが難しく、YAG/ファイバーレーザを使用するケースが多い。



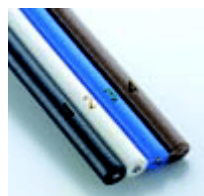
ガラエポ基板



紙



アルマイト板



ビニール



金属

写真 2-4 CO₂ レーザのマーキング

(b) YAG/ファイバーレーザでのマーキング例

YAG/ファイバーレーザでの主なマーキング対象物は、一般樹脂部品、金属部品が挙げられる。これら材質には、十分なコントラストが得られる為、読取りが確実な 2 次元シンボルをマーキングできる。(写真 2-5)



ABS 樹脂



リードフレーム



金属部品

写真 2-5 YAG/ファイバーレーザのマーキング例

2-5 導入の手順

図 2-2 に導入の手順を示す。

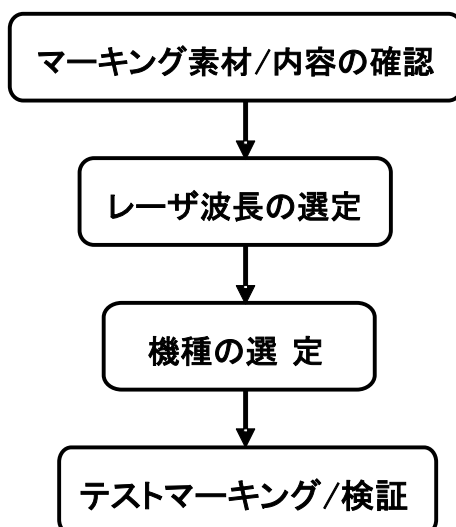


図 2-2 導入の手順

(a) マーキング素材/内容の確認

2 次元シンボルをマーキングする対象は、紙／樹脂／金属等、様々な材質があり、2 次元シンボルを如何に「コントラスト良く」、「正確な位置にマーキング」できるかが最大のポイントである。その場合、マーキング対象物により、マーキング手順／レーザパワー／スキャニングスピード等の調整が不可欠である。

レーザマーカは、使用するレーザ波長、スポット径、レーザパワーやスキャニングスピード、マーキング対象物の材質等により、マーキングする 2 次元シンボルのコントラストや線幅が異なる。この現象はマーキングする 2 次元シンボルのサイズが小さくなればなるほど顕著に現れる。したがって、マーキングワーク材質・使用するレーザ波長・スポット径等に合わせた最適なマーキングパターンを任意に設定・調整する機能が必要である。(写真 2-6)



写真 2-6 セルマーキングパターンのマーキング例(ガラエポ基板)

(b) レーザ波長の選定

マーキングするワークの材質と必要な視認レベルにより、仕様レーザー（波長）を決定する。マーキングワークの材質として、金属、樹脂、ガラスなど様々ある。一般的にレーザーマーカは CO2 レーザ（波長=10.6μm）と YAG/ファイバー（波長=1.06μm）とに分類され、YAG/ファイバーは金属マーキング、発色性が優れた樹脂マーキングが可能で、CO2 は金属にはマーキングできないが、低価格で樹脂マーキングが可能という特徴を持っている。マーキングワーク材質と必要な視認性レベルにより、最適なレーザーを選定する必要がある。

(c) 機種を選定

マーキングする文字の大きさとマーキングエリアにより、最適な機種を選定する。マーキングする文字の大きさやマーキングワークの大きさも、アプリケーションにより様々ある。一般的に 0.5mm 以下の文字をマーキングする場合、光学系でレーザーのスポット径を 110μm 程度まで絞る必要がある為、小文字タイプのレーザーマーカを選択する必要がある。同様に、マーキングエリアについても、必要なマーキングエリアにより、50×50mm～150×150mm の範囲で最適な機種を選定する。

(d) テストマーキング

極力最悪条件でテストマーキングを行い、読取器での読取り確認、できれば検証器による検証を行う。

3 章 ドットインパクトマーキング

3-1 概要

ドットインパクト方式とは、図 3-1 に示すように、スタイラスと呼ぶ針状のペン先をマーキング対象物に衝突させて、対象物（ワーク）に物理的なくぼみをつくる方式である。レーザーやインクジェットがワークに対して非接触でマーキングするのに対して、ドットインパクト方式は接触式であることが大きな特徴である。

スタイラスの上下動は圧縮空気を電磁弁で開閉して行う。くぼみの深さは圧縮空気の圧力、スタイラスの先端形状や、ワークの材質によって変わるが、通常は 40～80μm 程度である。また、くぼみの断面形状はスタイラス先端の形状に依存する。

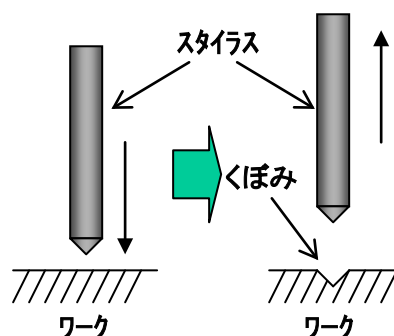


図 3-1 ドットインパクト方式の概念

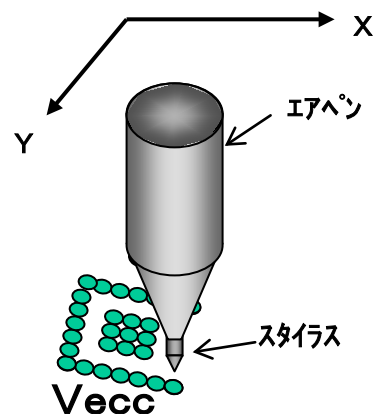


図 3-2 マーキング機構の概念

打点時の衝撃は 20～30N（2～3Kg 重）程度でありティキンやプレス式のような荷重はかからな

い。このためアルミ製のエンジン部品など歪を嫌う部品へのマーキングにも採用されている。スタイラスとスタイラスを保持する部品などで構成するエアペンを、2軸(X, Y)の数値制御装置に取付けて移動させれば文字や、2次元シンボルを描くことができる。(図 3-2 参照)

3-2 ドットインパクト方式の特徴

ドットインパクトペンを移動させドットを打つという工程を繰り返すため、マーキング速度はレーザやインクジェットには及ばない。また、文字や2次元シンボルは基本的にドットの集合であり、見た目の綺麗さはレーザやインクジェットよりも悪い。しかし、マーキングした文字やコードの深さはドットインパクトマーキングが断然有利である。また、レーザの場合はワークの材質に合わせてレーザ光の波長を選んだり、レーザ出力を調整したりする必要があるが、ドットインパクト方式の場合はある程度の硬さがあればよく、ワークの材質や油汚れに関係なく、しかも低コストで安全にマーキングできるといったメリットがある。

3-3 ドットインパクト装置

写真 3-1 にドットインパクト装置の例を示す。



写真 3-1 ドットインパクト装置の例

3-4 ドットインパクト装置でのマーキング例

写真 3-2 は、ドットインパクト装置を使用して2次元シンボルをマーキングした例である。写真 3-3 は、写真 3-2 の2次元シンボルを読み取り装置で読取った例である。

この例の場合は、マーキングした面が綺麗に切削された面であり、読み取り装置で映した画像も2次元シンボルが正確に抽出されている。実際にはこのような綺麗な面にマーキングすることは稀で、面粗の悪い場所へのマーキングが多い。

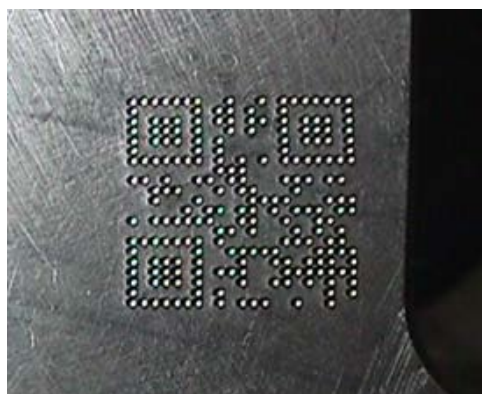


写真 3-2 ドットインパクト装置でのマーキング例



写真 3-3 読み取り例

3-5 導入の手順

導入の手順を図 3-3 に示す。

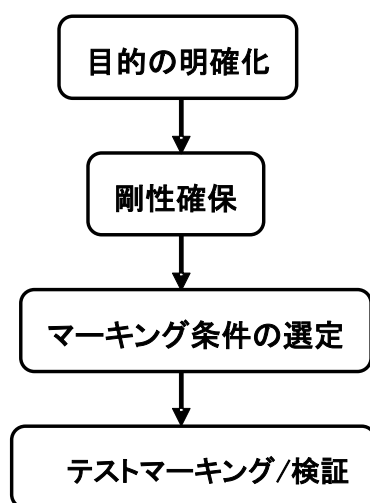


図 3-3 導入の手順

(a) 導入目的の明確化

当然のことであるが、どのような目的で、ワークの何処に何をマーキングし、どう活用するのかを明確にして、関連各部署やユーザとのコンセンサスを得ておく必要がある。

(b) 剛性確保

ワークの固定、マーキング装置の固定、読取装置の固定などの手を抜くと 2 次元シンボルが正しく打てなかったり、読取画像がぼけてしまったりして読み取れないといった問題が発生する。加工精度など要求されない工程だからと手を抜かないことが重要である。

(c) マーキング条件の選定

マーキング時の検討事項は、スタイラス先端形状や、最適なドットピッチの検討、マーキング時間などである。スタイラスの先端は円錐状になっているが、先端角度を変えることでドットの大きさと深さが変わる。図 3-4 は、スタイラス先端角度とドットの断面形状、直径の関係を示したものである。先端角度が小さいほどドットの直径(D)は小さく、深さ(H)は深くなる。このため、ドットのピッチを変えるとドットが重なったり、離れたりすることがわかる。

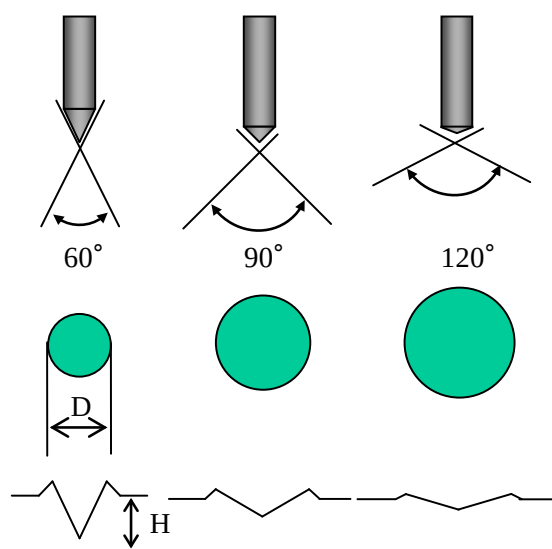


図 3-4 スタイラス形状とドット形状

写真3-5と写真3-6はマーキング条件を同じにして、ドットピッチを変えた場合の画像である。材質はいずれもアルミでスタイラス先端角度は 60° である。一般的には写真3-6のようなピッチが良い。



写真3-5 ドットピッチ小

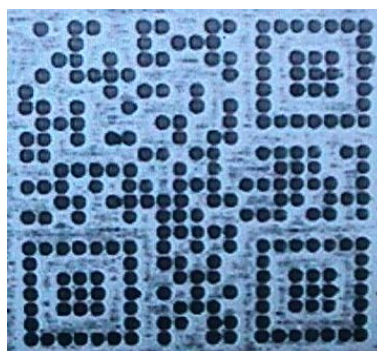


写真3-6 ドットピッチ大

スタイラス先端角度は読取時のコントラストに大きく影響する。写真3-7と写真3-8は、光源が同じという条件で、スタイラス先端角度を変えた場合の画像比較である。写真3-7は先端角度 60° 、写真3-8は先端角度 120° である。光源はいずれもリング状LEDで、高さはマーキング面から150mmである。スタイラス 120° の方がコントラストが良い。ただし、これは同じ条件での話しであり、光源の高さを変えると写真5.3-7でもコントラストを改善できる。実際の生産ラインではワークや搬送機構の干渉を避けるため、光源の種類、位置の制約を受けることが多い。こういう場合にはスタイラス先端角度を変えてコントラストを改善する方法をとる。



写真3-7 スタイラス先端角度 60°

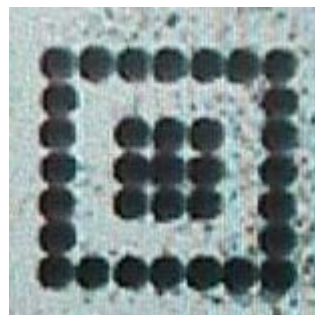


写真3-8 スタイラス先端角度 120°

(d) テストマーキング/検証

テストマーキングすることで、実際のマーキングイメージを把握できるし、読取テストの実施もできる。(写真3-9) このステップで注意することは、できるだけ現場で起こりうるバラツキの最悪条件でテストし、読取装置で確実に読み取れるマーキング条件を洗い出すことである。この条件には、マーキングする場所や、マーキング面の良否判定及び追加工の必要性の判断も含まれる。

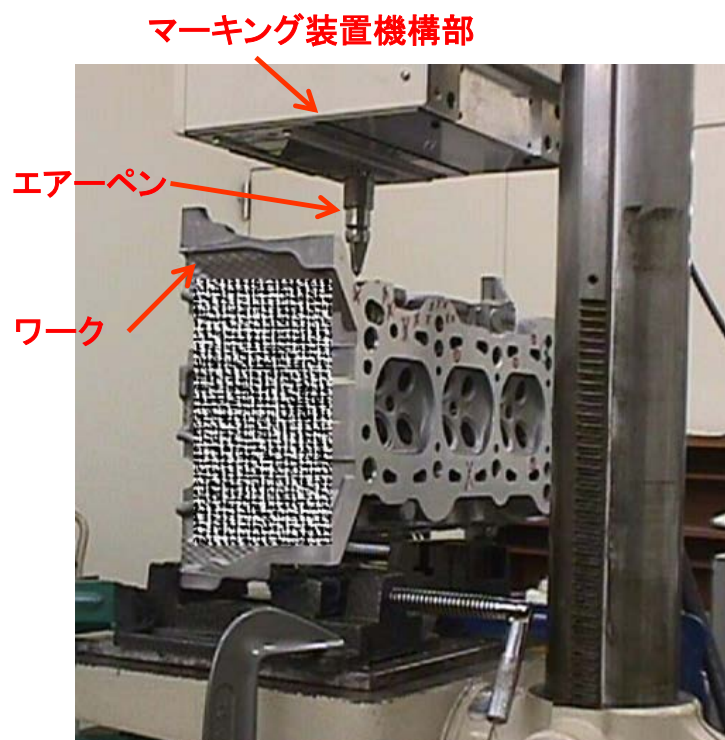


写真 3-9 テストマーキング用設備の例

4 章 インクジェットマーキング

4-1 概要

インクジェット方式とは、インクを吹き付けてマーキングをするものであり、オフィス用途では一般的である。ただし、ここでのインクジェットとは、オフィスの環境下ではなく、生産に直結し、信頼性の高い要求がある産業用のインクジェットマーキングが対象である。

4-2 インクジェット方式の特徴

産業用インクジェットプリンタでは、缶の裏への製造年月日・賞味期限表示、多種の容器に対する製造者固有記号などの管理表示が一般的である。製品に直接表示が出来ない場合には、パッケージに表示する。産業用インクジェットを、インクタイプから分類すると、表 4-1 に示すように 3 種類ある。2 次元シンボルのダイレクトマーキングには、高解像度と、にじみのないマーキングが可能な熱可塑性インクを使用するのが良い。

表 4-1 インクタイプの特徴

インクタイプ 項目	溶剤インク	水性インク	熱可塑性インク
安全性	×	△	◎
マーキング品位	△	×	◎
2 次元シンボル マーキング	△	×	◎
マーキング接着 強度	◎	△	○

◎：大変良い、○：良い、△：普通、×：良くない

産業用インクジェットプリンタの特徴を次に示す。

(a) 色が指定出来る

インクジェットの特徴としては、色が指定出来る事である。インクの色を変更すれば、製品に合わせ色を指定し、マーキングを行う事が可能である。様々な種類の製品に対して、マーキングを行うのであれば、コントラストに難がある製品もあると考えられるが、その製品毎に色の変えたインクジェットを準備し色を指定すれば、どの様な製品でもコントラストのあるマーキングをする事が可能である。

ただし、2次元シンボルのドットと空白部分との色の組合せによっては読取りできない場合があるので注意が必要である。

(b) 高汎用性

インクジェットは、製品に直接インクを付着させる為、あらゆる製品に対してマーキングが出来るという汎用性がある。ある程度の製品の変形やバラつき等は、搬送制御で規制できれば非接触機のメリットを最大限に生かすことができる。

(c) ノン溶剤

産業用インクジェットプリンタには、溶剤を使用したインクジェットプリンタが多いが、溶剤を全く使用しないインクの採用が望ましい。溶剤を使用しないと、現場、及び作業者の安全性が高く、また、溶剤が起因する機器トラブルの回避、インクの固着も防げ、安定した稼動状況を創り出すことが可能である。環境廃棄物としてのインク、溶剤の問題もない事から（通常可燃物としての廃棄が可能）、環境問題への対応も容易である。溶剤を使用しない分のランニングコストの低減というコスト面のメリットもある。

(d) 高信頼性

従来、産業用インクジェットプリンタは、必ずインクの詰まりという問題が発生していた。しかし、常温固体の熱可塑性インクを使用することにより、インクの詰まりは皆無に近い。

4-3 インクジェットプリンタ

インクジェットプリンタの例を写真 4-1 に示す。

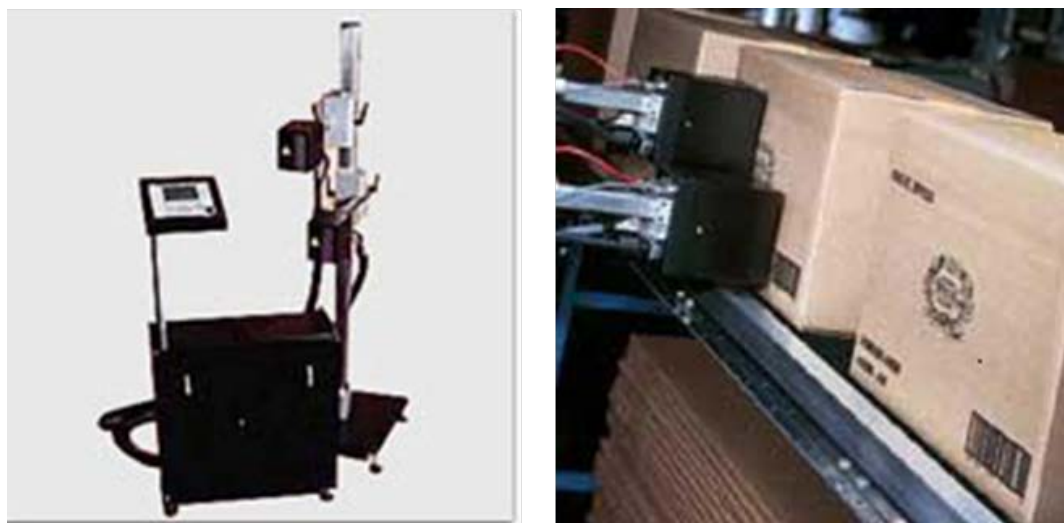


写真 4-1 インクジェットプリンタの例

4-4 インクジェットプリンタでのマーキング例

写真 4-2 に溶剤インクでマーキングしたものを、写真 5. 4-3 に熱可塑性インクでマーキングした例を示す。写真からも熱可塑性インクの方が高解像度及びにじみの少ないインクであることが理解できる。



写真 4-2 溶剤インクのマーキング例

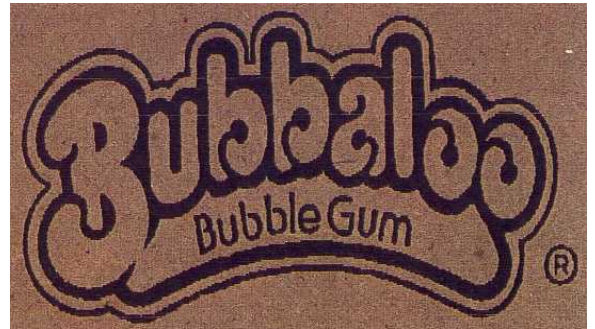


写真 4-3 熱可塑性インクのマーキング例



写真 4-4 インクジェットプリンタでのマーキング例

4-5 導入の手順

導入の手順を図 4-1 に示す。インクジェットマーキングの場合、マーキングサンプルが重要になる。特に情報の取り出しが目的である為、マーキングしただけではなく、マーキング精度の確認、マーキングのコントラストの確認等、事前にボトムラインを認識しておく必要がある。

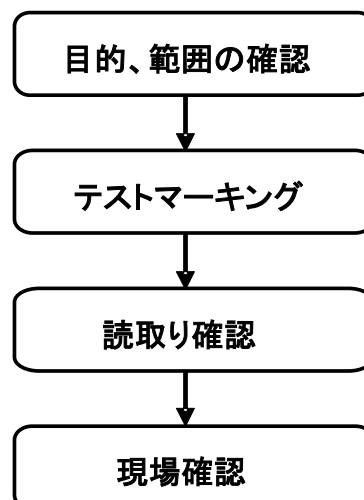


図 4-1 導入の手順

(a) 目的、範囲の確認

どの製品に、どのような情報を付加したいのか、及びマーキングの場所、大きさなどの範囲を決める。

(b) テストマーキング

必要情報が意図したレベル、サイズで表現可能か、及びマーキング精度の確認。

(c) 読取り確認

実際利用する読取り環境で、読取り精度の確認。

(d) 現場確認

設置環境（温度、湿度、粉塵等）、及び専用システムや特殊改造の必要性を確認し最終的な仕様を決定する。またインクジェットプリンタは液体を除くほとんどの製品に対してマーキングは可能だが、耐接着性・耐候性・耐熱性などはその都度製品に対して実際の搬送・流通経路でのマーキング、及び読取り確認が必要である。また、インクは熱融解性の為、実際にインクを噴出するプリントヘッド部は高温（約 120℃）になっている。取り扱い上、注意が必要である。

5章 サーマルマーキング

5-1 概要

サーマル方式とは、身近なところでは、コンビニやスーパーなどで買い物した時に受け取るレシート、電車の切符、プリペイドカードなどで現在も使用されている。しかし、産業用での活用では、生産現場で使用する為、悪環境への適合の必要性や、表示後の耐久性等の問題が発生する。ここでは、高解像度のサーマルプリンタにて包装フィルムへ製造年月日・賞味期限・製造所固有記号などの情報の他に、1次元シンボルや2次元シンボルをダイレクトマーキングするための技術について述べる。

5-2 サーマル方式の特徴

サーマルプリンタでのマーキングは、直線的に1列に並んだ発熱体に電位を与えて発熱させ、その熱エネルギーを用いたマーキングである。この熱エネルギーで反応させるものにより、ダイレクト式（感熱式）とトランスファ式（熱転写式）の2種がある。

ダイレクト式は、発熱体の熱エネルギーで直接被印刷物（感熱紙等）を反応させマーキングをする方式である。その特徴として、マーキング品質が高い、プリンタ構造がシンプル、熱転写リボンが不要等の長所がある。短所として、マーキングが熱による反応物である為、熱・紫外線・摩擦に弱いこと、マーキング速度が限定されること等がある。

トランスファ式は、ベースフィルム上に熱溶融性インクを塗布した熱転写リボンを使用し、発熱体の熱エネルギーにより熱溶融性のインク層を溶融し被印刷物に転写するマーキング方式である。その特徴として、マーキング品質が高い、耐光性に優れている、ラベル・フィルム等のさまざまなものにマーキングできる等の長所がある。短所として、熱転写リボンを使用するためランニングコストが高くなる。ここではトランスファ式プリンタについて述べる。



写真 5-1 連続型プリンタの例



写真 5-2 間欠型プリンタの例

5-3 トランスファ式プリンタ

トランスファ式プリンタには、一般的にフィルムが1方向に動作しているときに熱転写リボンとフィルムを同調させながらマーキングを行う連続型（写真 5-1）とフィルムが止まっていると

きにサーマルヘッドを動作させマーキングを行う間欠型（写真 5-2）がある。

サーマル方式の基本的なシステム構成を、図 5-1 に示す。サーマルプリンタは、包装機等のフィルム搬送・梱包装置に搭載される場合が多く（写真 5-2 参照）、フィルム搬送状態によりサーマルプリンタは連続型か間欠型のどちらかを選択する。連続型の場合は、フィルム速度に同調させる為、エンコーダユニットが必要になる。プリンタ本体には、サーマルヘッドを上下に駆動させる為に圧縮エアーが必要となる。制御 BOX では、タッチパネルによりマーキング内容の変更や各パラメータの設定を行う。また、上位パソコンなどのシリアル通信によりマーキングデータを変更することが出来る。

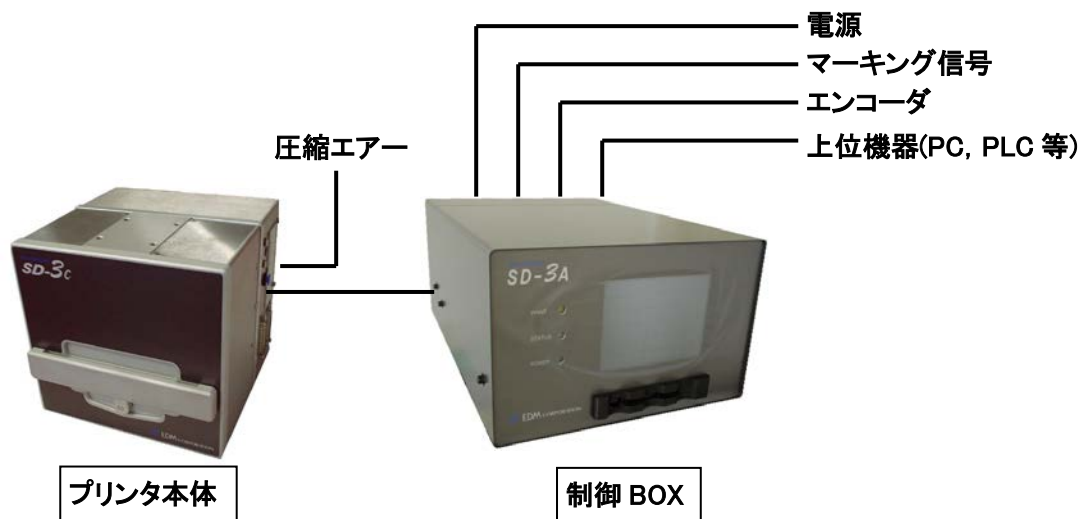


図 5-1 サーマル方式のシステム構成

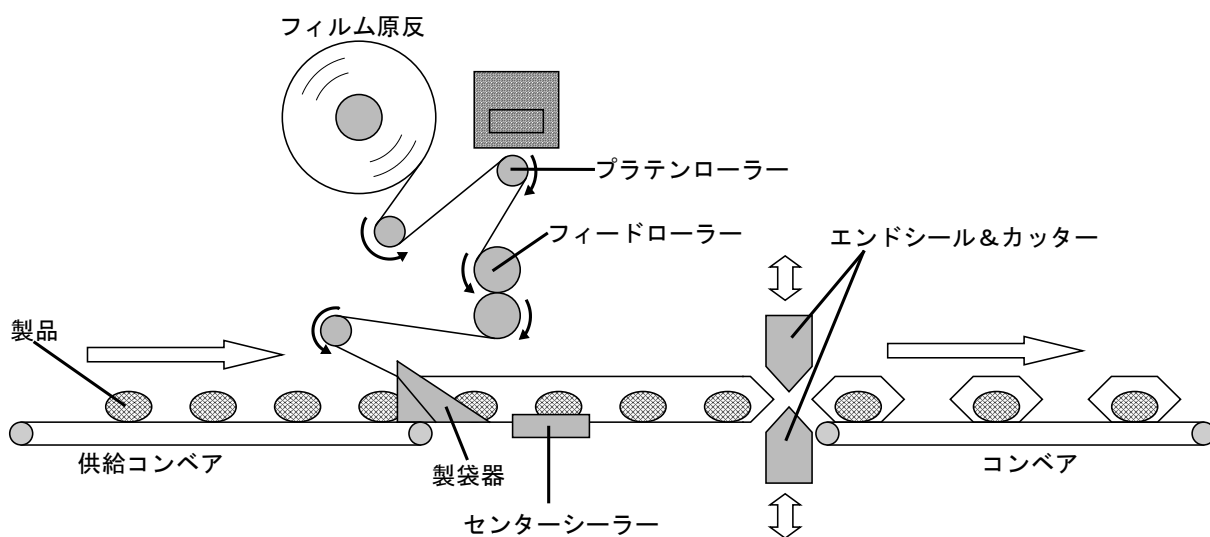


図 5-2 包装機搭載例（連続型）

5-4 トランスファ式プリンタのマーキング例

トランスファ式プリンタのマーキング例を図 5-3 に示す。



図 5.5-3 トランスファ式プリンタのマーキング例

5-5 導入の手順

導入の手順を図 5-4 に示す。

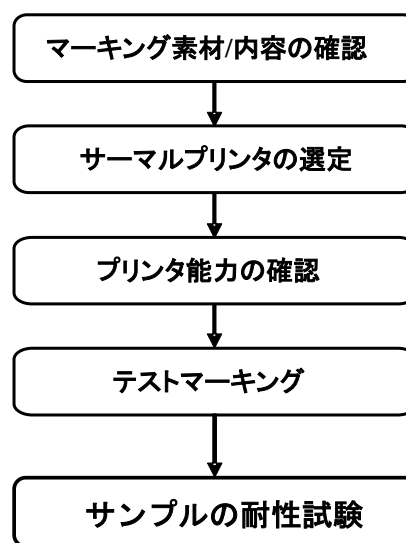


図 5-4 導入の手順

(a) マーキング素材/内容の確認

どのような情報をマーキングするか検討し、マーキングレイアウトを決定する。

(b) サーマルプリンタの選定

サーマル方式の特徴からダイレクト式かトランスファ式のどちらかを選定する。トランスファ式を選択した場合は、フィルム搬送タイプにより、連続型か間欠型のどちらかを選定する。一般的に包装フィルム動作を止めることなく包装するタイプの場合は連続型、包装フィルムが動作停止を繰り返し間欠動作しながら包装するタイプは間欠型を選定する。

(c) プリンタ能力の確認

連続型の場合は、包装フィルム速度・マーキング間隔（マーキングピッチ）・マーキング長さを確認し、サーマルプリンタの能力範囲内であるかを確認する。間欠型の場合は、包装フィルムが停止している時間内にマーキング動作を完了しなければならない為、このフィルム停止時間を確認する。間欠型サーマルプリンタのマーキング動作時間は、マーキング長さ・マーキング速度により決定する。

(d) テストマーキング

使用包装フィルムの種類や要求品質に応じて熱転写リボンを選定し、実際に使用する包装フィルムに使用する能力でマーキングサンプルを作製すると同時にサンプル作製時のサーマルプリンタの設定値を控える。

(e) サンプルの耐性試験

サンプルは、マーキング後の後工程（例えば熱殺菌処理等）の状況・物流環境・保管環境等を考慮し、マーキングの耐性を試験する。出来れば、包装状態のサンプルを作製し、各工程で実際

にテスト稼動し、確認することが重要である。

6 章 読取り装置

6-1 システムの構成

2次元シンボル読取りシステムの基本的な構成を図 6-1 に示す。

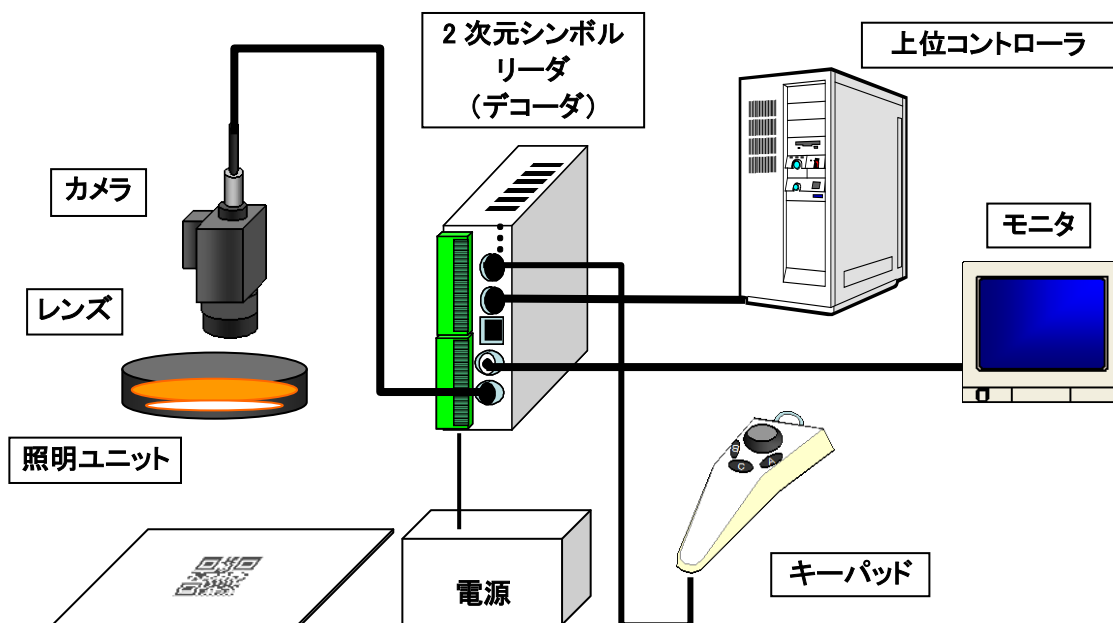


図 6-1 システムの基本的な構成

照明ユニットはワーク上にマーキングされた2次元シンボルに照明光を照射する。この照明光はワーク上の2次元シンボルの領域で反射し、この反射光がレンズを通じて、カメラのCCD面に結像する。このCCD面に結像された2次元シンボルの画像は、画像信号としてカメラより出力され、2次元シンボルリーダ（デコーダ）に入力される。2次元シンボルリーダ（デコーダ）はカメラより入力された画像信号を処理し、読取りを行い、読取りデータを出力する。モニターは、読取り結果や読み取り時の2次元シンボルの画像を確認するために用いる。また、2次元シンボルリーダの設置時に照明やレンズの微調整を行うために用いる。上位コントローラ（PC、シーケンサー等）は、シリアル通信等により2次元シンボルリーダからの読取りデータを受け、情報処理を行う。

図 6-1 ではカメラとデコーダが分離した2次元シンボルリーダを例に挙げているが、カメラとデコーダが一体となったものもある。

6-2 導入の手順

2次元シンボルリーダの導入手順を図 6-2 に示す。

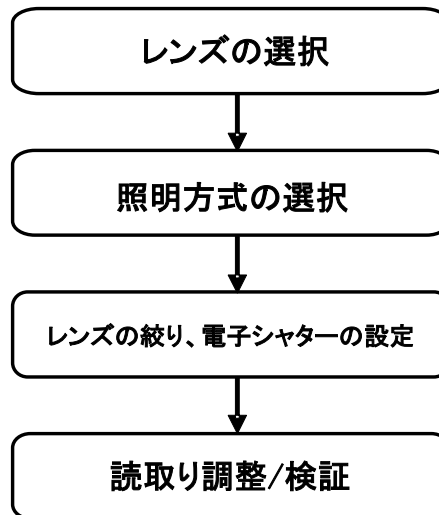


図 6-2 導入の手順

6-3 レンズの選択

レンズは、視野サイズとワークディスタンスにより選択する。(図 6-3) 視野サイズの最大値は、読み取り可能な 2 次元シンボルの解像度、つまり 2 次元シンボルのセルサイズ (1 セルの大きさ) から決まる。視野サイズの最小値は、2 次元シンボルの大きさと、その位置決め精度から決まる。通常は 2 次元シンボルの 1 辺の長さに加えてクワイエットゾーン、位置決めばらつき、またはコードの回転等を勘案したものが、視野サイズの最小値となる。

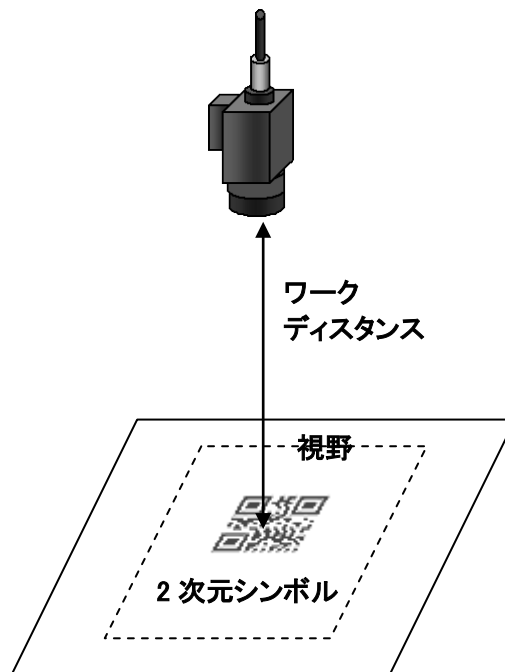


図 6-3 ワークディスタンスと視野

次に、視野とワークディスタンスからレンズを選択する。2 次元シンボルリーダのレンズとしては一般的に CCTV レンズが用いられるが、CCTV レンズの種類は、焦点距離 f で選択される。焦点距離 f は例えば 7.5mm~100mm と様々であり、各レンズの合焦点位置 (ピントが合う位置) はカメラとレンズの間に接写リングを挿入することにより調整することができる。通常、この接写リングの厚みと視野、ワークディスタンスの関係は、リーダメーカーのレンズの特性表により知ることが出来る。(図 6-4)

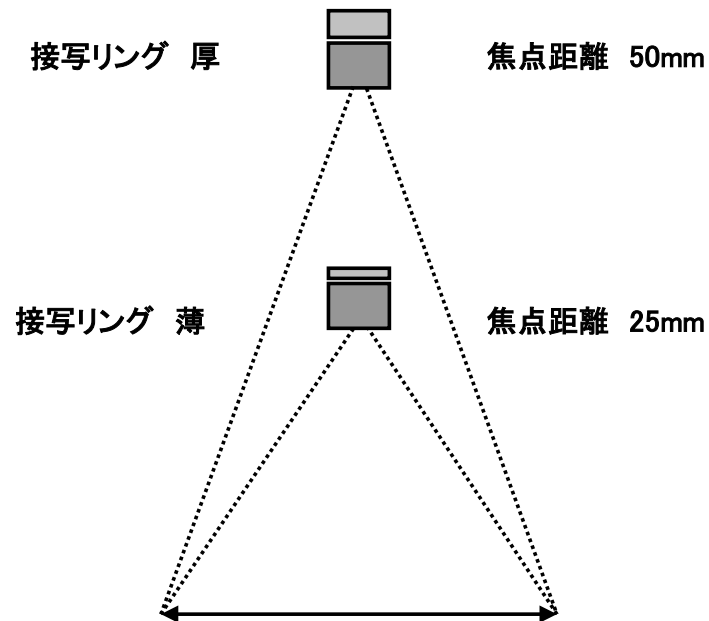


図 6-4 同一視野サイズ時のレンズの焦点距離と接写リングの厚みの関係

6-4 照明方式の選択

通常、紙等に黒インクにより印刷されている 2 次元シンボルを読み取る場合には、照明方法についてそれほど考慮する必要はない。これは紙に印刷されている場合は、レンズの焦点を正しく調整することで、読み取りに十分なコントラストが得られるためである。しかし、ダイレクトマーキングされた 2 次元シンボルの場合、そのワークの材質、ワークの形状、2 次元シンボルのマーキング方法により、適切な照明方式を選択しなければ、読み取りに十分なコントラストが得られない。

(a) 斜光照明方式（含むリング照明）

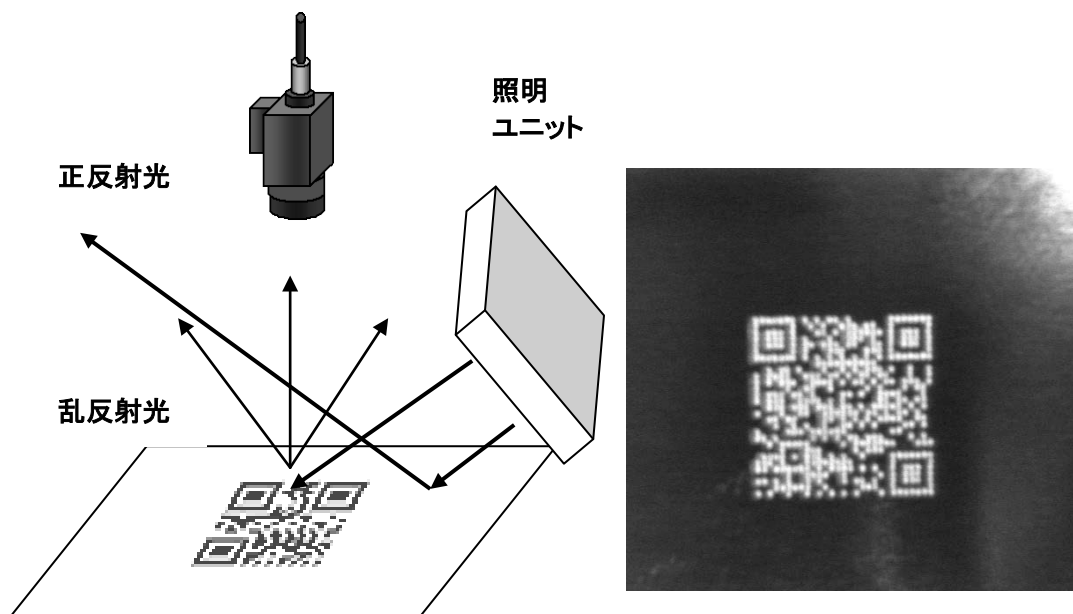


図 6-5 斜光照明

写真 6-1 斜光照明の画像

斜光照明方式は、ワークの斜めから照明を当てる方式である。(図 6-5)主にプリント基板や電子部品に印字された 2 次元シンボルの読み取りに効果的である。また、斜光照明方式の一種として、リング照明があるが、リング照明は光をより均一、かつより多く照射することができ、レンズとの接続も可能で装

置自体を小型化できるため、よく使用される。プリント基板にレーザマーキングした場合には、背景に比べて照明光の乱反射の度合いが多くなるため、背景に比べて明るくなる。よって、取り込まれた画像中では2次元シンボルのセルが白くなる。(写真 6-1)。

(b) 同軸照明方式

同軸照明方式は、ワーク面に対して照明の投光軸とカメラの受光軸が垂直になる方式である。(図 6-6) 投光軸と受光軸を同軸にするために、ハーフミラーを使って、ワークに対して垂直に照明光をあてる。照明光は背景部分で全反射し、印字部分では乱反射するため、2次元シンボルのセルは黒く写る(図 6-2)。主にガラスや金属等の鏡面のワークに印字された2次元シンボルの読み取りに効果的であるが、読取りがワークの角度に左右されやすいという欠点がある。また、曲面のワークにも弱い。

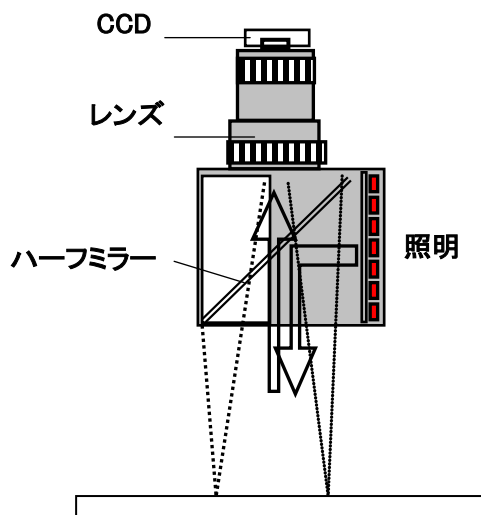


図 6-6 同軸照明



写真 6-2 同軸照明の画像

(c) 透過照明方式

透過照明方式は、ワーク後方から光を当てて、ワークの透過像（シルエット像）を見る照明方法で、バックライト方式とも言う。(図 6-7) 画像中の2次元シンボルのコントラストは、照明光に対する透過率の差で決定される。(写真 6-3) 主にガラス、液晶基板上に印字された2次元シンボルの読み取りに適している。

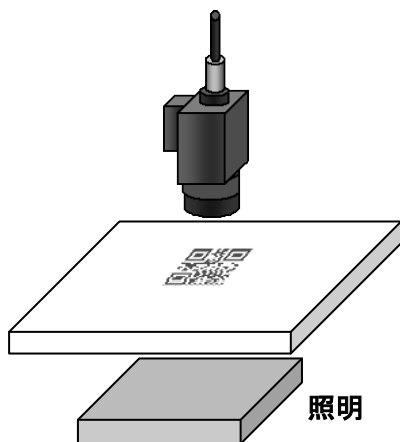


図 6-7 透過照明

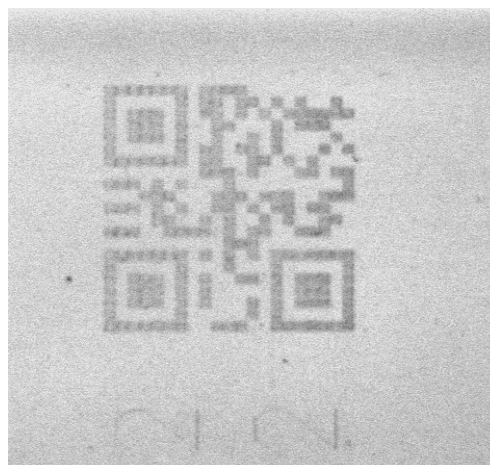


写真 6-3 透過照明の画像

6-5 レンズの絞り、電子シャッターの設定

レンズの種類、照明方式が決定した後は、実際の設置を行い、現場での調整作業を行わなければ

ばならない。ここでは、その際に必要なレンズの絞り、カメラの電子シャッター値について述べる。

レンズの絞りを変えることにより、深度方向のピントの合う範囲である「被写界深度」を変えることができる。レンズの絞りを空けると被写界深度は狭くなり、レンズの絞りを絞ると被写界深度は広くなる。例えばワークディスタンスが都度変わる場合は、レンズを絞り、被写界深度を深くしなければならない。しかし、被写界深度を深くするために、レンズの絞りを絞ると光量が少なくなり、読み取りに十分なコントラストが得られなくなる可能性がでてくる。この場合は照明を強くする必要がある。

2次元シンボルリーダやカメラによっては、電子シャッタースピード（露光時間）を変えることができるものもある。電子シャッターを高速にすることは、ワークが移動している場合、または振動している場合に読み取り性能を向上させるために必要である。電子シャッターの値は例えば、 $1/60\text{s}$ ～ $1/10000\text{s}$ と変化させることができ、電子シャッタースピードを速くすれば、移動読み取りに対応することが可能となるが、レンズの絞りと同様に光量が少なくなるため、十分なコントラストを得るためには、照明を強くするか、レンズの絞りを開けなければならない。このように、2次元シンボルの読み取りを安定的に行うためには、照明の強さ、レンズの絞り、電子シャッターの速度を総合的に調整する必要がある。

6-3 読み取り調整/検証

一般的な調整、検証の流れを図 6-8 に示す。

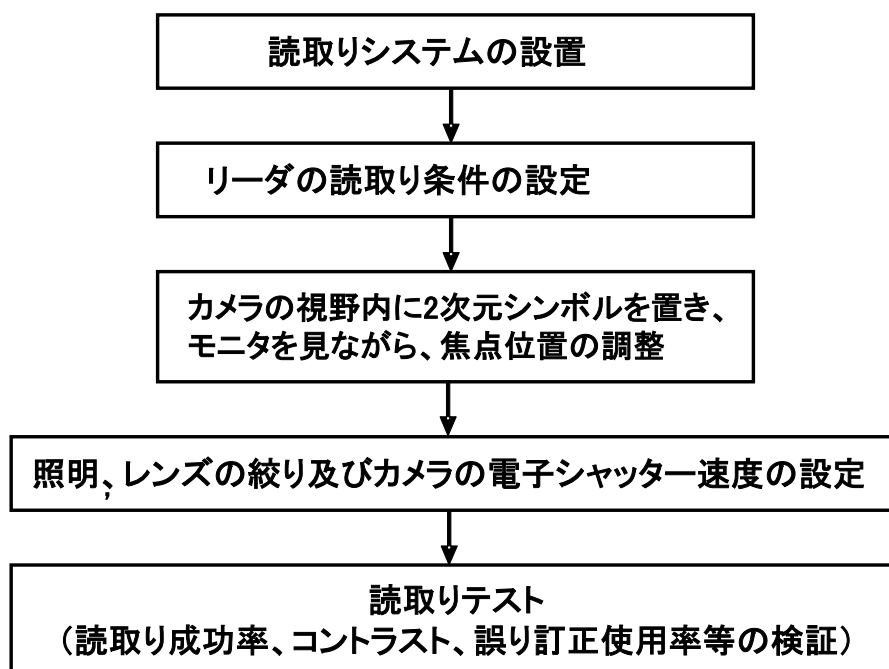


図 6-8 読み取りテストの手順

読み取りテストは、前項までに行われたレンズ、照明の設置調整、または2次元シンボルのマーキングが最適に行えているか調べるものである。ここでは、与えられたマーキングサンプルに対して、2次元シンボル読み取りシステムがどのような読み取り性能で、どの程度余裕があるかを調べなければならない。読み取り性能を測定する値としては、読み取り成功率、誤り訂正使用率、コントラスト値等がある。読み取り成功率は、読み取り成功数を読み取り試行数で割ったものである。この値は、100%に近い程良い。誤り訂正（使用）率は2次元シンボルの誤り訂正の機能をどの程度使用しているかを表すもので、この値が大きいほど誤り訂正を行っており、読み取りマージンが少ない。2次元シンボルの誤り訂正の機能は、2次元シンボルを汚れに対して強くするために、必要不可欠な機能であり、特にダイレクトマーキングについては、通常紙印字のものに比べて低品質な2次元シンボルの画像を読み取るため、より多く誤り訂正を行うが、読み取り成功率が100%であっても、誤り訂正を多く行って読み取り成功している場合は、レンズ、照明等の設置条件、マーキングの再検討を行う必要がある。

7章 検証装置

7-1 概要

ダイレクトマーキングのマーキング品質評価の国際規格は現在しない。ISO/IEC JTC1 SC31 が担当である。正式なマーキング品質評価の ISO 国際規格は日本から提案し成立した。ここでは日本から提案したテクニカルレポートの内容を紹介する。

7-2 システムの構成

検証装置は、各種マーキング方式によりマーキングされたサンプルの品質評価を行う装置で、画像を取り込む高解像度カメラ（メガピクセルカメラ）、マーキングサンプルを置き照明を照射する照明固定ユニット、メガピクセルカメラの画像を取り込んで検証を行う解析装置、解析装置内の検証ソフトウェアから構成され、画像データを収集する機能と収集画像データを解析（マーキング品質の検証）機能を有する。システム構成を図 7-1 に装置例を写真 7-1 に示す。

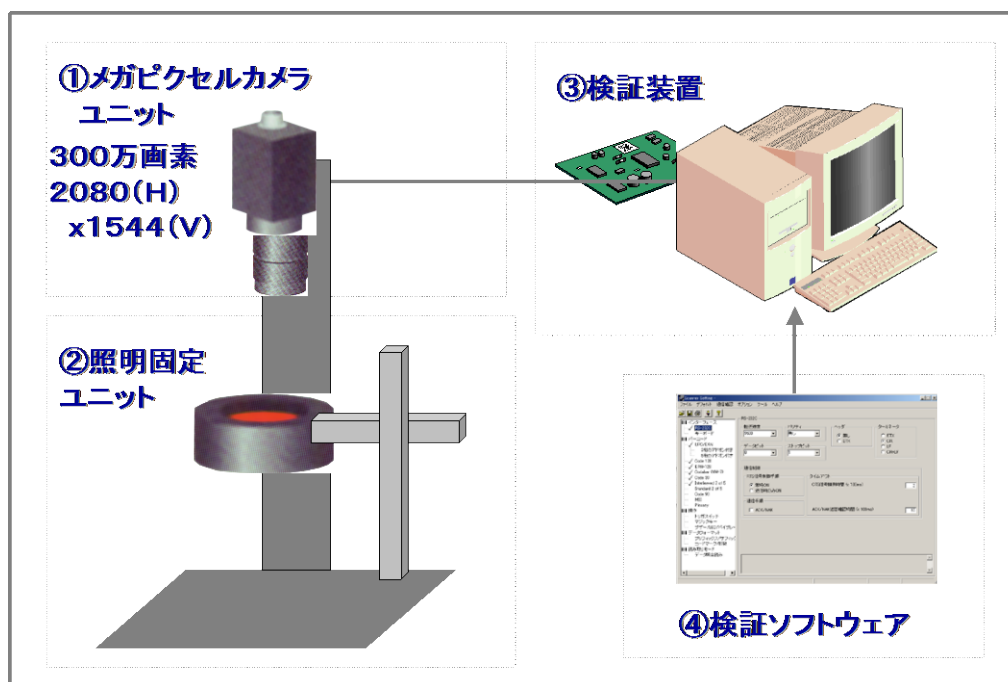


図 7-1 システム構成

図 7-1 の①は画像を取り込む高解像度カメラ（メガピクセルカメラ）でモノクロ CCD カメラである。②はカメラを保持し、マーキングサンプル（ワーク）に照明を照射する照明固定ユニットで、図 7-2 に示すようなリング照明やバー照明を保持し、角度調整や高さ調整を行いマーキングワークに対する照明を行う。写真 7-2 から写真 7-4 に 異なった照明装置の例を示す。

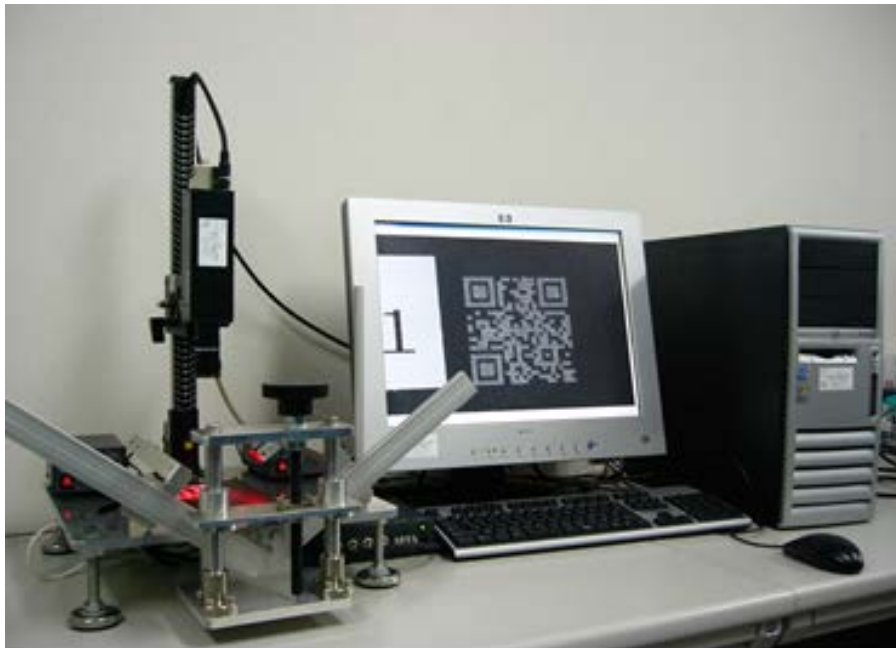


写真 7-1 検証装置全体図

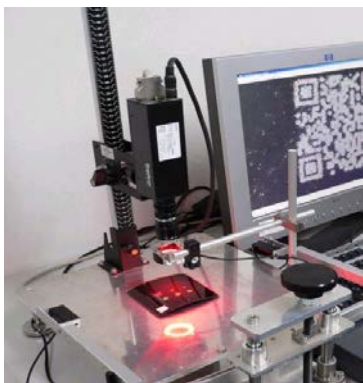


写真 7-2 リング照明



写真 7-3 透過照明

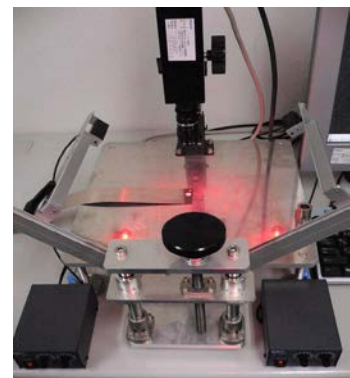


写真 7-4 斜光照明

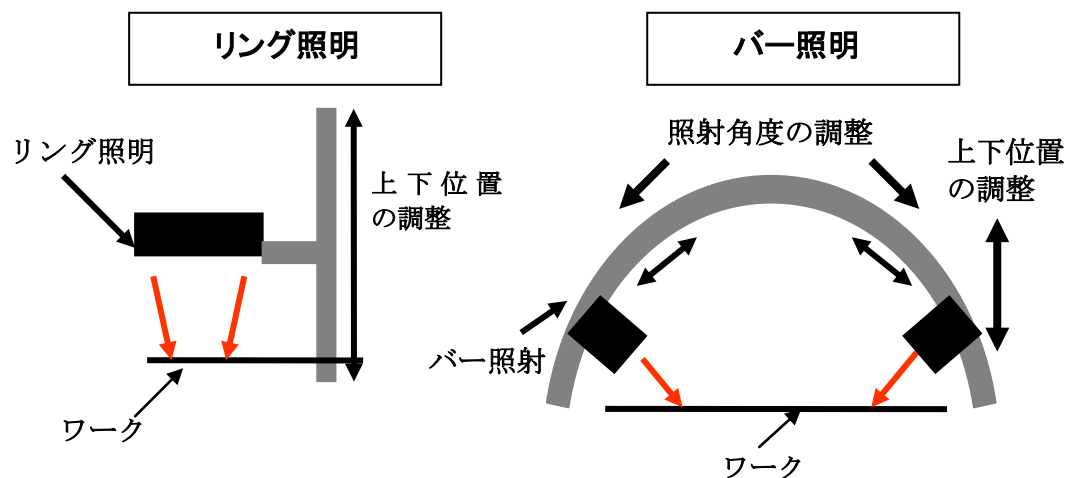


図 7-2 照明光の調整機構

③はメガピクセルカメラの画像データを取り込み画像の解析を行う検証装置で、画像を取り込む画像キャプチャーボードとパソコン（PC）と液晶モニタから構成される。④は検証装置③内で

画像データの解析を行う検証ソフトウェアである。写真 7-1 に検証装置の全体写真を示す。

7-3 画像データの収集

画像データの収集は、メガピクセルカメラの視野を 2 次元シンボルの 1 セルが 30 画素に対応するように調整して行う。収集した画像データは、ファイルとして保存する。

7-4 画像データの解析

画像データの解析は、表 7-1 に示す 6 項目の解析を行う。解析結果は、ファイルとして保存する。

表 7-1 解析項目

解析項目	具体内容
シンボルコントラスト	全セルのコントラストの分布解析
軸の非均一性	切り出しシンボル間のX1X2寸法比較
タイミングパターン寸法	タイミングパターン間の寸法ズレを測定
マーキングバラツキ	タイミングパターンの太り細りを測定
リファレンスデコード	読み取り可否
誤り訂正使用率	総合特性誤り訂正使用率を測定

引用文献:「自動認識の基礎」 オーム社

引用文献:「これでわかった 2 次元シンボル」 オーム社