

社会や産業の安心・安全に寄与する製品展開

1. はじめに

近年、我々を取り巻く生活環境や社会・産業における安心・安全が脅かされる事象が数多く見られるようになってきた。従来は地震や台風等の自然災害による不安や、各種プラントや発電所等の基幹産業設備における災害や事故により安全が脅かされる場合が一般的であったが、アメリカの同時多発テロやロンドンサミット時の地下鉄爆発事件のようなテロによる危険、レジャー施設での人身事故や六本木ヒルズの回転扉挟まれ事故のように、身近でかつ何時、誰に起きても不思議でない事件、事故が頻発するようになった。そのために社会や産業の安全・安心に寄与できる製品の必要性が今までになく高まっている。

当社では発足当初から、検査計測サービスを提供してきたが、その技術をベースとした検査計測機器の製作販売も行ってきた。当初、非破壊検査装置の自動化から始め、その後、各種の自動検査計測装置を開発し、商品化してきた。現在ではその軸足を社会や産業の安心・安全に置き、これに寄与できる各種の検査計測装置あるいは試験装置を製造販売している。

最初に原子力関連設備の安全を確保するための製品として、IHIが開発した原子炉压力容器や格納容器あるいは配管の定期検査等に使用する自動検査装置（ISIロボット）の製作を始め、その後各種の検査計測試験装置を製作してきた。その中で特徴的な製品としては次のものがある。

- ・油タンク底板自動板厚測定装置
- ・水中あるいは空中壁面走行自動検査装置
- ・配管内自走式自動検査装置
- ・航空エンジン部品等の大型自動蛍光探傷装置

- ・セメントキルンタイヤ部検査装置
- ・人体シミュレーション試験装置
- ・プラントのオンライン型設備診断システム
- ・化学分析自動化機器

現在では、自動車関連試験装置、X線検査装置および液晶基板検査関連装置のような我々の生活や、それを支えるや製品の安心・安全を担保するための検査試験装置を中心に商品展開を行っている。

自動車関連試験装置は当社の自動検査装置のベースであるメカトロ、ロボット制御技術に、永年培ってきたセンサ計測技術を織り込んだ自動車の性能や耐久性の向上を支援するための試験装置で、自動車部品のみならず、車体関連まで幅広い試験装置を提供している。

X線検査装置は、当初は増加傾向にあった拳銃や麻薬などの密輸品を検査するための装置として製作を始め、主に輸入貨物を検査する目的で税関向けに納入されたが、現在では空港手荷物や郵便物の検査用のX線検査装置を開発し、製造販売している。

液晶基板検査用関連装置としては現在レーザーカッタに注力しており、液晶基板の大型化の進展にあわせて開発し、製品を納入している。

当社では、これらの主力商品に加えて、従来からの原子力関連の自動化機器、ミニプラントの開発・製造・販売およびメンテナンスを展開している。その技術と製品群について以下に紹介する。

2. 自動車の性能向上のための技術と製品

2.1 自動車部品用試験装置について

近年、環境問題がますます大きくなっており、自動車メーカーは排出CO₂削減のためエンジンのハイブリッド化や転がり抵抗の低減、車体の軽量

化など様々な低燃費化を目的とした開発を行っている。同時に、安全性、性能向上にかかわる製品開発も継続的に行われており、自動車の性能向上には目を見張るものがある。

こういった製品を開発するためには、非常に高精度な計測技術や、実際に自動車がかかっている複雑な環境条件を忠実に再現できる技術が必要である。

当社では様々な検査計測業務で培った計測技術と各種システム設計技術を融合させ、高度化する自動車部品を開発するための試験装置を提供しているので紹介する。

2.2 評価試験装置要素技術と設計技術

(1) 高・低温環境下での複合動作試験技術

自動車部品は走行中に様々な振動・衝撃等の外乱負荷を受けるため、部品単体・装置システム単位で製品に長期間の荷重負荷をかけて耐久性を評価する試験が実施されている。しかし、自動車部品は荷重負荷以外に外気温やエンジン熱などの熱負荷にも大きな影響を受ける。以前は、試験装置の制約から荷重負荷試験を行った後、熱環境負荷試験を行っていたが、試験時間が個別に必要なため試験期間が長期になる問題があった。また、常温と熱環境下では部品の耐久性に差がでるため、実際の使用状況と異なる試験結果が出てしまうなどの問題もあった。そこで、最近の試験装置は温度環境を変化させることができる機器と一体化し、供試体の周囲温度を変化させつつ荷重負荷を与えることができる複合試験装置が主流になりつつある。供試体に温度負荷を与えると、試験装置自身にも温度負荷が加わるため、試験装置設計には色々な配慮が必要となる。

一つはアクチュエータやセンサの熱対策である。供試体に荷重負荷を与えるアクチュエータ

には電気サーボモータや油空圧シリンダなどが多く用いられる。これらは常温環境下での使用を前提として作られた物が多いため、そのまま高・低温環境下で使用すると正常な機能・性能が得られない。特別に高・低温環境で動作するアクチュエータを採用することもあるが、コスト面から市販品を使用する場合は熱計算を行った上で様々な熱対策を施し使用している。

もう一つは断熱設計である。供試体近傍の高・低温環境を維持するためには周囲を断熱壁で囲う必要がある。しかし、一般的に断熱壁に用いられる断熱材は軽量で空気層を多く含む物が多く剛性が低い。このため、供試体に直接断熱材を取り付けて荷重負荷を加えると供試体が動いてしまい試験ができない。金属に供試体を固定すると金属部から熱が外部に逃げてしまうため、供試体の周囲温度の悪化を招くだけでなく、結露による外部機器の破損などの問題が発生する。したがって、試験内容に応じて、断熱計算を行い、熱損失と強度をバランス良く配慮した装置設計を行う必要がある。当社では高・低温環境を考慮した複合的な負荷条件の試験を行うことができる試験装置設計技術を有しており、数多くの実績がある。今後も様々な客先ニーズに応え、高・低温環境機能を備えた複合動作試験装置を提供していく所存である。

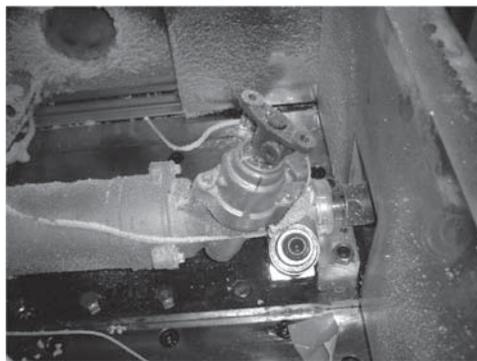


図1 低温試験中の供試体

(2) 油圧サーボに置き換わる電動サーボによる装置設計

従来、高出力を必要とする試験装置の場合、電動サーボでは得られる動力が小さいため、油圧サーボを駆動源とするシステムが採用されており、稼働中の試験装置では多くの場合、油圧サーボが採用されている。近年、電動サーボの出力が大きくなってきており、これまで油圧サーボでしか実現することができなかったシステムを電動サーボで構築できるようになってきた。さらには、電動サーボ特有の性能を利用し、油圧サーボを使用した試験装置よりも優れた試験装置を開発することが可能となった。

(ア) 電動サーボのメリット

電動サーボを使用するメリットは、①導入コストが安価②設置スペースが小さい③位置決めが高精度④エネルギーロスが小さくランニングコストが安価⑤低騒音⑥メンテナンスが容易⑦油漏れの心配が無い等である。

(イ) 電動サーボのデメリット

電動サーボを使用した場合のデメリットは①既に油圧源を設置してある施設での電気ノイズ対策が必要②出力が6kWを超えると既製品の中では選択肢が少なくなるため高コストとなる場合がある等である。

(ウ) 電動サーボ化の実績

①ステアリングコラム疲労・振り試験装置

自動車用のステアリングコラムに対し、MAX120rpm、500Nmでトルクを掛ける機構部で使用する。

②半径方向負荷耐久試験装置

回転ドラムにタイヤをMAX 50kNで押付ける機構部で使用する。

③端当て試験機

自動車用の電動パワーアシスト付操舵機構部に対し、MAX 150rpm、80Nmでトルク

を掛ける機構部で使用する。

以上述べたように、どちらのシステムも一長一短があり、仕様と目的を十分に検討し上で選択する必要がある。しかし、電動サーボで仕様を満足させることが可能であり、且つ、油圧源が設置されていない施設内で使用する場合、油圧サーボを採用するケースは殆どない。特に小型の装置に於いては顕著である。当社では可能な限り積極的に電動サーボを使用することを推奨している。

(3) エアーベアリング制御技術

近年ニーズが増えているタイヤ試験機用フラットベルトシステムでは、タイヤの荷重を支える機構が重要となっている。タイヤの試験荷重は数百キログラムから数トンと非常に大きいため、ベルトの張力だけで支えることはできない。そのため、ベルトの下にこの荷重を支え、かつベルトとの摩擦が小さい荷重支持の構造が必要となる。現状の試験機では小径ローラーを多段に並べて擬似的なフラット面を作り出したり、ベルトと支持構造の間に水の被膜を形成して水ベアリングで支えたりする構造が採用されている。しかし、小径の多段ローラーは正確な意味でのフラット面にはならないために精度を要求される計測には適さず、多段ローラー部分でベルトに繰り返しの曲げが作用するためにベルト寿命も低下させるという問題がある。また、水ベアリングは、ベルトと支持機構の間に形成された水被膜がベルトと一緒に連れまわってしまうために周囲に水を飛び散らせてしまい、装置側の防水処理や水の回収循環に要する付帯設備も非常に大掛かりとなる。そのため、周囲の装置に悪影響を与えず、水回収の必要もないエアーベアリングの採用が求められている。次に、エアーベアリングで物体を浮上させるための技術として必要なことを簡単に述べる。

空気で物体を支持するには、支持する物体と

空気との間に「空気圧力×支持面積>物体荷重」の関係を連続して維持しなければならない。

この関係から、支持面積は空気圧力が高いほど小さくできるが、使用可能な空気圧力により決定され、面積を確保するために図2に示すリセスという空間を設ける。

リセス内の空気圧力は、オリフィスからの空気供給量とリセスからの排気（漏洩）量とのバランスにより決まる。オリフィスは、リセス内の空気圧力が物体を浮上するために必要な圧力以上を維持できるように設計する。実際の装置使用時にはリセス内の空気圧力を一定値に維持するために細部を調整する。

2.3 自動車の性能向上を支援する製品群

(1) タイヤホイール変位計測装置

自動車用タイヤホイールは自動車走行中に様々な複合荷重を受けて複雑に変形する。ホイールの剛性は自動車の操縦安定性はもちろん、乗り心地などの人の感覚に密接に関わっており、ホイールの性能把握のために、剛性・荷重に対する撓みを正確に計測する装置が求められている。当社では、タイヤホイールに様々な荷重を加えつつ高精度に変位量を計測し、剛性・各種特性を計測する装置を製作している。図3に装置外観を表1に主要仕様を示す。タイヤをとりつけたホイールを装置中央の主軸部分に取り付け、下方より鉛直方向・水平方向の荷重を

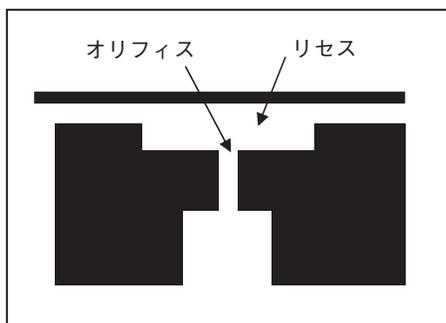


図2 エアーベアリング断面図

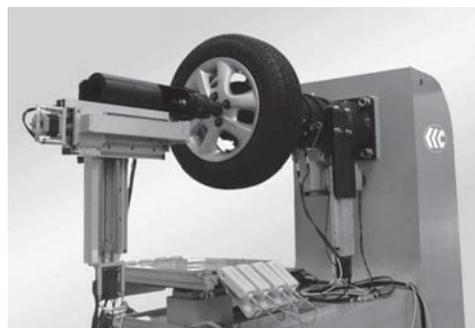


図3 タイヤホイール変位計測装置外観写真

表1 タイヤホイール変位計測装置主要仕様

計測対象ホイール諸元	仕様
呼び寸法	13~23インチ
リム幅	4(137mm)~12(304)インチ
タイヤ幅	最大350mm
タイヤ径	φ460~φ1000mm
オフセット量	-30~80mm
センターホール	φ50のシャフトが貫通可能であること
ホイール材質	スチール/アルミ
計測精度	
変位計測精度	±20μm以下
計測位置精度	±1μm以下
計測位置再現性	±1μm以下
負荷計測精度	±100N以下
負荷荷重精度	
垂直方向(y軸)	最大10000N
水平方向(x軸:車軸方向)	最大10000N
水平方向(z軸:進行方向)	なし
キャンバー角	±10°

加えた状態で、ホイールの外側・内側双方からホイールの変形量を高精度過電流センサにより自動計測する。センサヘッドは超高精度なXY直交ロボットに取り付けられており、変位計測精度±20μm、変位計測再現性±1μmという精度でホイールの変形を計測できる。

(2) 車両傾斜角測定装置

本装置は自動車の安定性の審査に用いるための検査用装置である。車両を傾斜テーブル上に搭載し、テーブルを傾斜させることで、車両の横転限界角度を審査するために利用される。自動車は、道路運送車両法により左右それぞれ35度まで傾斜しても転覆しないものであることが義務付けられており、主に新車種、大型ト



図4 車輛傾斜角測定装置試験状況写真

ラックや高所作業者等の特殊車両に対して安定性の審査が実施される。

(ア) 装置仕様

- 最大傾斜角 : 45°
- 傾斜テーブル寸法 : W 3000mm×D 9000mm
- 最大搭載車両重量 : 25t

(イ) 今後の展望

本装置を用いた審査では、対象車両が横転するか否か、実際に傾斜させなければ判らないため、万一、大型車両が横転すると危険な場合がある。また、車両を台板上にワイヤーで固定するなど事前準備に時間がかかり、実際に審査角度である 35 度まで車両を傾斜させるまでに時間がかかるため、審査時間の短縮が課題となっている。そこで、車体を少し傾斜させるだけで、重心の移動を計算し、車両の転倒角度を予測する機能を有する装置を開発中である。転倒を予防する事前準備が不用になり、車両を 35 度まで傾斜させずに済むために、審査時間の短縮と審査官の危険を防止することができるようになる。

(3) ディファレンシャル特性試験装置

本装置は、自動車に使用されているディファレンシャルギアの伝達誤差などの特性を計測す

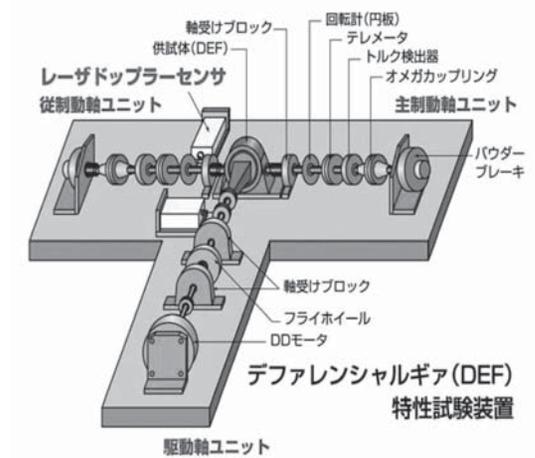


図5 ディファレンシャルギア特性試験装置概要

る装置である。

(ア) 特徴

本装置の特徴は下記の通りである。

- ①ダイレクトドライブモータを使用し高精度かつ高トルクで入力可能
- 主制動軸、従制動軸の制動力を独立制御可能
- 入力軸を上下前後に、制動軸を前後に位置調整でき、複数サイズのギアに対応可能
- トルク計により、ギアへ実際に掛かっている制動力を計測可能
- レーザドップラーセンサーにより、ギアの入力軸と出力軸間の伝達特性を計測可能
- FFT アナライザーを使用し、回転ムラの周波数特性の解析が可能

(イ) 仕様

- 装置サイズ：D2200mm×W2800mm×H1500mm (センサ込み)
- 入力仕様：回転数 120rpm、トルク 200N・m (定格)、検出分解能 0.72 秒
- 制動力仕様：400N・m
- 各軸の調整範囲
- 駆動 (入力) 軸：上下 60mm、前後 300mm
- 主従制動軸：前後 300mm

付属機器：ギア用潤滑油供給装置、レーザー計測器

(4) 車載電装スイッチ耐久・性能試験装置

最近の自動車にはモータやコンピュータなどの数多くの電装品が搭載されており、これらの電装品を人間が操作するために使う機能部品がスイッチである。車載スイッチには非常に多くの種類があり、中にはエンジンの始動キーやウインカー・ワイパーなど安全上、非常に重要なスイッチもある。自動車用電装スイッチメーカーでは自動車を安全に動作させるため、非常に過酷な環境下でも、安全に、かつ正確にスイッチが動作することを確認する試験を行っている。当社では様々な試験内容に応じた試験装置を製作し、自動車部品の品質向上に貢献している。スイッチの形状、試験種類が多岐にわたるため、試験装置も様々な形式がある。大きく分類すると、長期間スイッチを押す操作を繰り返して行い、スイッチの耐久性を評価する試験と、スイッチを押すときの荷重計測等の性能評価試験にわけることができる。

以下に耐久製を確認する試験装置の一例を紹介する。本試験装置はハンドル部分に取り付けられるレバーコンビネーションスイッチと呼ばれるスイッチの耐久性を評価するものである。

L C S (レバーコンビネーションスイッチ)

とは、ウインカーやワイパー操作を行うレバー型のスイッチがつけられているもので。試験ではレバーの左右操作（ウインカー操作）や前後操作（ライトパッシング操作）、およびハンドル旋回操作などを様々なパターンを組み合わせることで試験を行うことができる。試験装置に複数のスイッチを搭載し、高・低温試験を行う場合は試験装置ごと、恒温槽内部に設置して試験を行うことができる。試験装置内部にはモータやセンサ類が格納されており、高・低温試験を行う場合は試験装置自身が熱によって破損しないように周囲を断熱箱で囲い、さらに適切な温度維持ができる装置となっている。

スイッチの性能を検査する装置も試験装置の外観は類似しているが、ロードセルやトルクセンサ等を内蔵し、スイッチの押し操作力やトルク、スイッチ操作ストロークなどの変位を高精度に計測し、スイッチ押し操作力を一定に制御するなどの機能が搭載されている点が異なっている。

スイッチ用試験装置はユーザの工場・試験場で数十台近く稼働しており、製品の安全・安心を守るために、昼夜活躍している。

(5) 電動式パワステ試験装置

現在、殆どの自動車にはハンドル操作力を軽減させるためのパワーアシスト機構（略称パワステ）

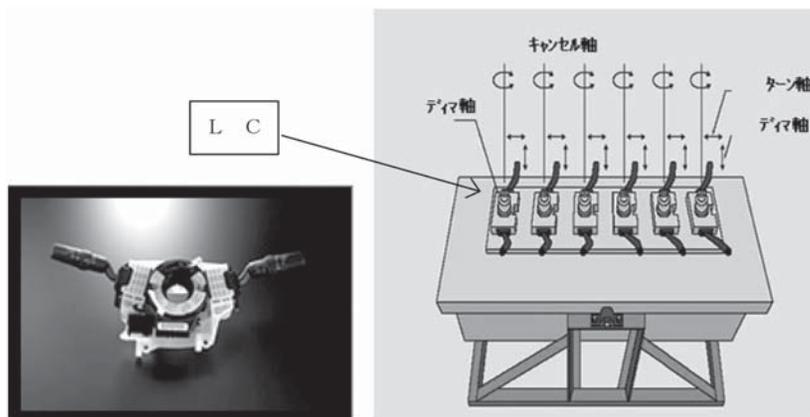


図6 車載電装スイッチ耐久性能試験装置

が搭載されている。このアシスト力を発生させる動力減として、エンジンの動力を利用し油圧を発生させる方式が主流である。しかし、近年、動力源に電気を使用する電動式パワステ（EPS）搭載車種が急速に増えている。これは、EPS が有する特性として①エネルギーロスが少ない。すなわち省エネ、②アシスト力をコントロールし易い、③システムが油圧に比べてコンパクトなため車体に搭載し易い等の理由によるものである。

当社では EPS 用の試験装置として複数の実績があるが、ここでは 2 種類の試験装置を紹介する。

(ア) EPS 減速機耐久試験機

EPS はハンドル操作力を電動モータでアシストするが、モータの回転力をハンドル操作力に変換するためにウォームギアを用いた減速機が搭載されている。本試験装置は減速機に正転・逆転動作を繰り返し行わせ、製品の耐久性を評価するものである。供試体の入力軸、出力軸にはそれぞれ AC サーボモータと DD モータおよびトルクセンサが接続され、単純な回転動作だけでなく、操作トルクを一定範囲内に制御しながら回転させ、ギアの伝達効率を計測することができる。

主要仕様

サーボモータ軸最大駆動トルク：20Nm

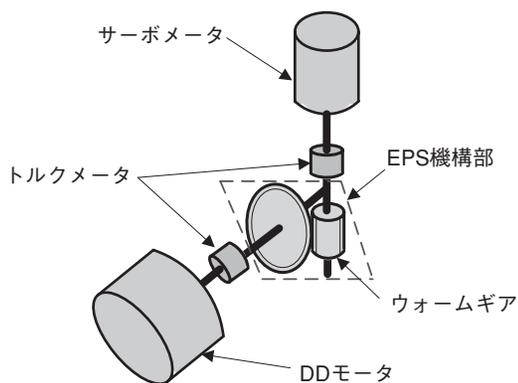


図7 EPS減速機耐久試験機

同 最大回転速度：1200rpm

DD モータ軸最大駆動トルク：200Nm

同 最大回転速度：150rpm

適応減速比範囲：1～20

(イ) ステアリングシステム耐久評価試験機

EPS を搭載したステアリング機構部試験体を実車搭載状態相当に固定し、ハンドル操作を DD モータにより模擬して、端当て（機械的限界位置でストップと衝突）にて衝撃を発生させる動作を繰り返し、耐久性能を評価する試験装置である。端当て時に衝撃的に変化するトルクをトルクセンサで検出し、設定した範囲内に収まるように DD モータを制御している。高速な応答性が必要であり、高度なサーボ制御技術を活用して実現している。

主要仕様

最大駆動トルク：80Nm

最大回転速度：150rpm

(6) フラットベルト試験装置

従来のタイヤ、およびサスペンション試験では、タイヤをドラムに当てて試験を行っていた。

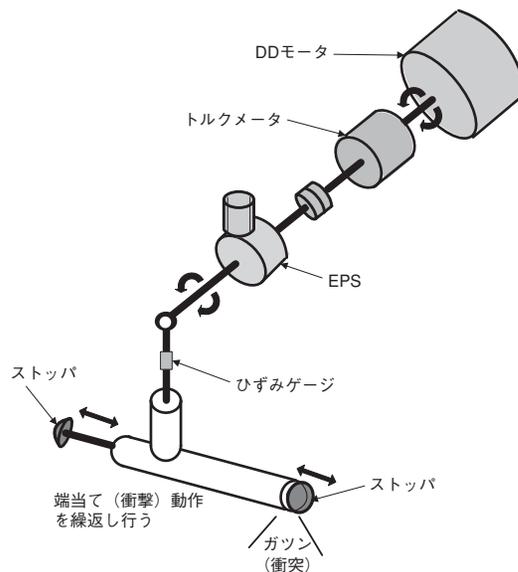


図8 ステアリングシステム耐久評価試験機

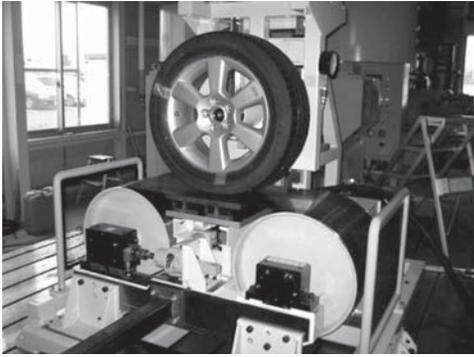


図9 開発中のフラットベルト試験装置の例

しかし、実際の自動車では、走行路面は平面であり、実走行状態を模擬して、より精度よく計測するためには試験機でもタイヤを平面で回転させながら試験する必要がある。そのために、小型のベルトコンベヤ構造であるフラットベルト試験装置が必要となっている。当社では、このニーズにこたえるためにフラットベルト試験機を開発している。このフラットベルト試験では、ベルトを高速回転させながら蛇行を制御する技術とタイヤからの負荷荷重を支持する支持機構の技術が重要となっている。

ベルトは時速 200km/h 以上の速度が必要となるため、わずかな蛇行で直ぐにベルトが横にずれてしまう。これを防止するには、時速 200km/h の状態でもベルトの蛇行量を数ミリ以下に抑えておく非常に繊細な制御が必要である。また、速度が増加することにより、通常の搬送コンベヤなどとは異なる動きや、遠心力、摩擦などの影響も無視できなくなってくるので、蛇行制御はフラットベルト試験機において非常に重要な技術である。

また、タイヤからの荷重を支える技術として、当社ではエアベアリングを採用している。その他にも小型ローラーを多段で配列したものや、水ベアリングなどの方式もあるが、ベルトの耐久性や取り扱いの容易性からエアベアリ

ングを採用している。

図 8 の装置は、負荷荷重 1 トンで時速 180km/h の速度まで出せるように設計されている。現在タイヤは垂直押し付けのみであるが、スリップ角、キャンバー角をつけられる機構を開発中である。また、この機構で路面凹凸を模擬する機構も開発中である。

3. 空港・港湾貨物および手荷物の危険物検査装置

3.1 X線検査装置への取り組み

X線検査装置は、平成 7 年に開発し、財務省（当時の大蔵省）税関で必要としていた「輸入が禁止されている社会悪物品（麻薬、拳銃など）が貨物等に隠匿されていないか検査、確認を行なうための装置」として、高出力エネルギー（300kV）の X 線発生器を搭載した第一号機を横浜税関に納入した。

当初の税関向け X 線検査装置は、検査対象貨物の大きさにあわせて検査間口を 1.5m×1.5m または 1.0m×1.0m とし、X 線は 1 方向照射であったが、社会悪物品の検出精度を向上させるために 2 方向照射を提案し、その後の税関要求仕様は 2 方向照射（上下、左右）が主流になっている。

現在では、X 線検査装置の設置場所や地区固有の貨物に適した各種仕様の装置を製作すると共に不具合時の即時対応体制を整備しており、顧客から高い評価と信頼を得ている。

次に、セキュリティー装置として武器、火薬、可燃性物質など持ち込みが禁止されている危険物などを検出するため、空港手荷物検査などを対象にした小型の X 線検査装置を製造・販売している。検査間口は 750mm×550mm で、140kV 程度の X 線発生器を採用し、照射方向はアップシュートの 1 方向である。

その他、郵便貨物を集積したロールパレットを丸ごと X 線検査する装置やチャーター機用など不特定の場所で使用できるように搬入口前後にフ

リーローラを組み込んだ可搬式X線検査装置も製造・販売している。

今後は現状のX線検査装置に限らず、オーダーメイド的な特殊仕様にも対応すると共に耐久性に優れ使いやすいX線検査装置を市場に供給していく所存である。

開発したX線検査装置の一例を以下に紹介する。

3.2 基本技術とその検査装置への適用

(1) X線遮へい技術

X線検査装置は、人が内部に入ることなく、また、放射線漏えい量を非常に少なくして装置外部が管理区域にならないようにすることにより、労働安全衛生法・「電離放射線障害防止規則」に定められているX線作業主任者の選任が不要になる。この規定を適用するため、X線検査装置外表面でのX線漏洩を $1\mu\text{Sv/hr}$ 以下になるよう遮蔽している。X線検査装置は、ラインセンサーでX線を受光しているため、フィルム撮影のように広範囲のX線照射は不要で、漏洩X線量を少なくするため、X線の照射幅が数mmになるようにスリットを設けている。

検査対象貨物は連続してX線検査装置のコンベア上を流れ、連続して検査するため、検査室の出入口には短冊状の鉛入りカーテンを設置している。

出入口を短冊状のカーテンにすることによりカーテンが対象貨物の形状に倣い、内部からのX線漏洩を遮蔽している。

検査中に荷物の転倒など発生しないように、鉛入りカーテン表面にはスベリが良く、引っ掛かりが無い材質を選定している。

(2) データ採取技術

X線検査装置に使用しているデータ採取システムは、X線センサ基板（図11参照）、センサ・タイミングIF基板、フレームグラバー基板、上位系PCで構成し、ライン・センサ方式を採用している。

センサ基板は、入射X線を変換するX線変換素子と光を電気信号へ変換するフォトダイオードで構成した検出器モジュールをセンサ基板へ直線上に並べており、そのセンサ基板を照射X線に正対させ配置している。IF基板は、同時サンプリングした数千チャンネルものデータをフレームグラバー経由で上位系PCへデー

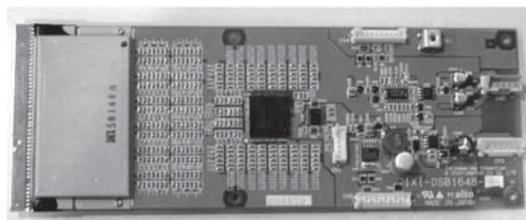


図11 X線センサ基板

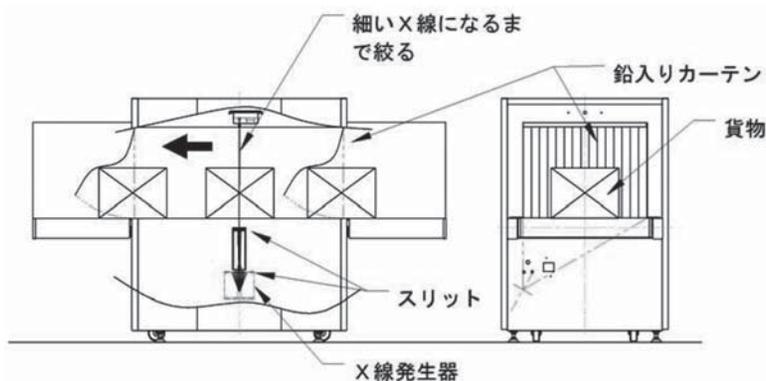


図10 X線漏洩遮蔽の概要

タ送出するため、その送出するタイミングとデータ配列を調整している。

更にフレームグラバ基板は上位系 PC に組み込み、PC 上の所定メモリ領域へ入力された数千チャンネルものデータを DMA 転送する。これらを用い一定周期でセンサ基板を横切る検査対象からの透過 X 線データを採取し、2次元の X 線透過画像を得ている。

センサ基板は 1 枚で 48ch の検出器を備え、検査対象物を透過する X 線の強弱をアナログ信号として検出している。検出器の使用チャンネルの総数は大型のもので数千チャンネルにもなるが、従来の処理技術ではアナログ信号をマルチプレクサにより時分割で信号経路を切り替えて A/D 変換していたため、サンプリング速度に限界があり、その結果、検査装置の検査間口（チャンネル数）と搬送速度（解像度）に制約があった。

この問題を解決するため A/D 変換に $\Delta\Sigma$ 方式（アナログ信号を“粗”、“密”のパルス（0 または 1）列に変換）を採用した。 $\Delta\Sigma$ 方式の A/D 変換（概要を図 12、13 参照）はデジタル回路で実現できるため FPG A（フィールド・プログラマブル・ゲートアレイ）に実装することで、

FPGA 単体で検出器全チャンネルの A/D 変換を同時に行っている。これによりサンプリング速度の高速化（1msec：従来の 6 倍の速度）が実現できた。

(3) データ処理・描画技術

X 線データ処理・描画ソフトウェアは、データ採取システム（ハードウェア）で採取した検査対象物の二種類の X 線データ（低エネルギー透過 X 線データと高エネルギー透過 X 線データ）を元に、チャンネル毎の電気的な特性（バラツキ）補正を行ない、加算平均処理後、透過画像、材質識別の画像を表示している。この表示画像を検査員が見やすい画像にするため、さらにエッジ強調（輪郭強調）や表示画像サイズの補正等の処理を行っている。

セキュリティ用途の X 線検査装置は、不特定な物体が入った手荷物などを透過検査しているため、検査員が物体の判断、識別、判定がしやすいように透過画像を表示し使いやすさに重

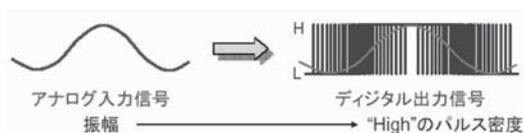


図13 $\Delta\Sigma$ AD の出力信号

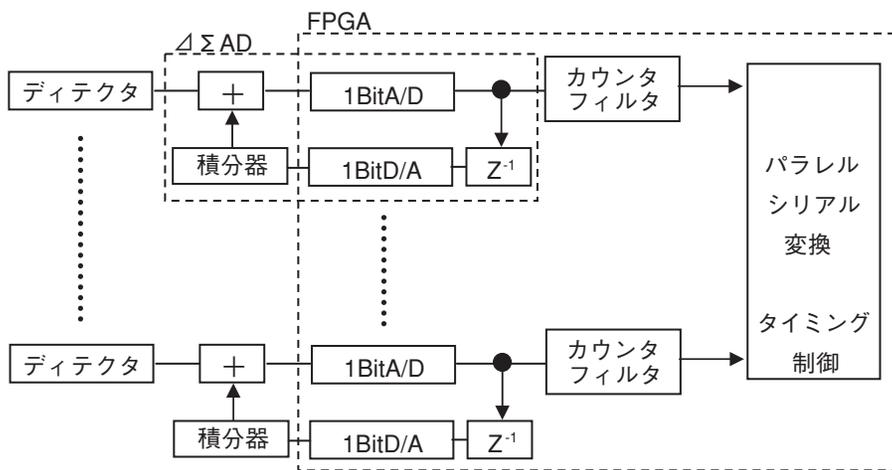


図12 X線センサ基板の回路ブロック

点を置いた描画処理を行なっている。その代表的な処理例を記述する。

通常、透過画像（白黒画像）、材質画像（カラー画像）の二種類が用いられる。透過画像は主に厚さと形状の識別判断に用いられ 255 階調のグレースケールで表示し、材質識別画像は、二種類のセンサーデータ（低エネルギーと高エネルギー）の減衰量の差から検査対象物を構成する材質のみかけ上の原子番号を演算し、無機物（青色表示）、中間物（緑色表示）、有機物（橙色表示）に分類した材質識別（カラー）画像を作成・描画している（図 14(a) (b) 参照）。特に爆発物や麻薬など有機物系と重火器の無機物系を色分けし、その色と同じ位置の透過画像を確認することで形状認識がしやすくなるように描画している。

更に、検査時間の短縮及び操作性向上（ワンボタン操作）を目的に、X 線透過厚みが厚物（暗く濃く表示しているもの）または薄物（明るく薄く表示しているもの）を見やすくなるように明暗調整（コントラスト調整）できる描画処理（図 15）や、通常表示画像（低エネルギーデータの画像）では表示できない厚い物体（濃い色）が混在している画像に対して、厚い物体の部分のみ高エネルギーデータ（厚いものを透過した画像）を合成する描画処理（図 16）、更には X 線が透過しにくい厚い物体に着色し、鈍器（重火器）の疑いを分かりやすくする描画処理（図

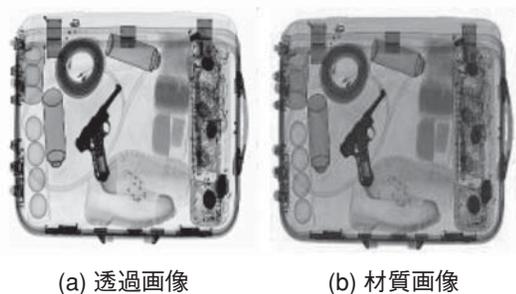


図14 検査画像（通常）

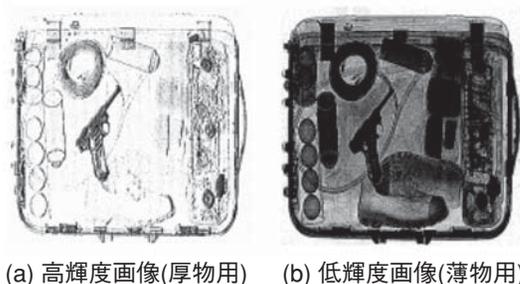


図15 輝度調整した検査画像



図16 High Sense画像

17) 等を行っている。

3.3 空港手荷物、港湾等大型貨物検査装置

(1) 出力可変式 2 方向 X 線検査装置

本装置は、主に港湾における輸出入貨物の検査に使用されている X 線検査装置である。特徴として、従来の検査装置より X 線の照射出力が強力な 300kV の X 線発生装置を搭載し、これまで透視が不可能であった大型貨物（横 1.5m × 縦 1.5m × 長さ 1.6m）の検査を可能とした。

また、X 線発生装置を縦方向と横方向に配置しているため、一回の検査で 2 方向からの透視画像が得られることから、検査貨物の向きや



図17 High Density画像

方向を変えることなく高精度な検査がおこなえる。図18に装置外観を、表2に代表的な装置の主要仕様を示す。

装置は、検査室、コンベア部、操作部で構成している。検査室は、鉄板と鉛の複合構造でX線を遮へいしている。また、検査中のX線を遮へいするため、搬入出口と検査室内部に固定

式（のれん式）の鉛カーテンを備えている。検査貨物を搬送するコンベア部は平ベルトを用いている。貨物の受け面を平面構造として検査中に貨物の揺れ動きを防いでいる。

(2) 出力固定式2方向X線検査装置

本装置は、港湾、空港などにおける中型の輸出入貨物（横 1.0m×縦 1.0m×長さ無制限）の



図18 出力可変式2方向X線検査装置 IXI300-150150D 外観

表2 出力可変式2方向X線検査装置 IXI300-150150D 仕様

項目	IXI300-150150D-1000
検査速度	200mm/sec
検査/搬送可能質量	1,000kg以下
装置外形寸法	幅 3,200mm×高さ 2,500mm×長さ 5,600mm
貨物搬送間口	幅 1,500mm×高さ 1,500mm
装置質量	約 8,000kg
コンベア高さ	床上 400mm
X線管電圧	300kV
X線管電流	2.0mA
X線発生器冷却方法	空冷
漏えいX線量	装置表面 50mmにて 1 μ Sv/h以下
X線センサチャンネル数	1536チャンネル（水平）/1008チャンネル（垂直）
A/D分解能	16ビット
モニタサイズ/台数	17インチ/3台
画面解像度	横 1,024ピクセル×縦 768ピクセル
透視可能エリア	ベルトコンベア表面 5mmより上の貨物すべて
画像処理	拡大（等倍、2倍、4倍）、輝度調整、エッジ強調、材質識別、爆発物検知サポート機能、擬似カラー
安全装置	非常停止ボタン、作業スイッチを配備 搬入・搬出口の左右壁面に1組ずつ計4組 操作パネル上に非常停止スイッチのみ1個
電源仕様	AC200V3相、50A、50Hz
使用環境	温度 0~40℃、湿度 20~90%（結露しないこと）

検査に使用されている X 線検査装置である。特徴として出力の低い X 線発生装置（140kV）を用いて検査室を小さく構成しながらも、水平方向と垂直方向の 2 方向に X 線発生装置を搭載しており、いわゆる固定式のコンパクトな良さと 2 方向検査の良さを兼ね備えた装置であ

る。図 19 に装置外観を、表 3 に代表的な装置の主要仕様を示す。

(3) 出力固定式 1 方向 X 線検査装置

本装置は、主に空港におけるセキュリティの検査に使用されている X 線検査装置である。出力が低い X 線発生装置（140kV）を使用し、



図19 出力固定式 2 方向 X 線検査装置 IXI140-100100D 外観

表3 出力固定式 2 方向 X 線検査装置 IXI140-100100D 仕様

項目	IXI140-100100D
検査速度	200mm/sec
検査/搬送可能質量	100kg以下
装置外形寸法	幅 1,800mm×高さ 1,500mm×長さ 3,400mm
貨物搬送間口	幅 1,000mm×高さ 1,000mm
装置質量	約 1,200kg
コンベア高さ	床上 400mm
X線管電圧	150kV
X線管電流	1.2mA
X線発生器冷却方法	油冷
漏えい X 線量	装置表面 50mmにて 1 μ Sv/h以下
X線センサチャンネル数	1200チャンネル（水平/垂直）
A/D分解能	16ビット
モニタサイズ/台数	17インチ/4台
画面解像度	横 1,024ピクセル×縦 768ピクセル
透視可能エリア	ベルトコンベア表面より上の貨物すべて
画像処理	拡大（等倍、2倍、4倍）、輝度調整、エッジ強調、材質識別、 爆発物検知サポート機能、擬似カラー
安全装置	非常停止ボタン、作業スイッチを配備 搬入・搬出口の左右壁面に 1 組ずつ計 4 組 操作パネル上に非常停止スイッチのみ 1 個
電源仕様	AC200V単相、40A、50Hz
使用環境	温度 0～40℃、湿度 20～90%（結露しないこと）

機内持ち込み手荷物（横 0.75m×縦 0.55m×長さ無制限）の検査に適した小さな検査室で構成している。X線発生装置は縦方向または横方向のいずれかに配置できる。図 20 に装置外観を、表 4 に代表的な装置の主要仕様を示す。

(4) 可搬式 X 線検査装置

本装置は、機動性を高めるため、移動を可能



図20 出力固定式1方向X線検査装置 IXI-7555 外観

にしたX線検査装置である。従来のX線検査装置は据え置き型であるため、設置が終わると容易に動かすことができなかった。

可搬式X線検査装置は、設置スペースが狭くX線検査装置を設置したままにできない、あるいはチャーター便への対応などで検査場所が固定できない等の条件に対応するため、可搬性と保管の利便性とを追求した装置である。

可搬性に重点をおきつつ、搬送コンベア突き出し部を折りたためる構造としたので、設置しやすく保管時の占有面積が小さい検査装置になっている。図 21 に保管状態を、図 22 に使用状態を示す。

装置は、検査室、搬送コンベア、操作部で構成している。検査室には検査中のX線を遮へいするため、搬入口と搬出口にそれぞれ固定式（のれん式）の鉛カーテンを備えている。検査室から張出した搬送コンベア部はベルト

表4 出力固定式1方向X線検査装置 IXI-7555 仕様

項目	IXI-7555
検査速度	200mm/sec
検査/搬送可能質量	150kg以下
装置外形寸法	幅 1,000mm×高さ 1,500mm×長さ 2,500mm
貨物搬送間口	幅 750mm×高さ 550mm
装置質量	約 700kg
コンベア高さ	床上 750mm
X線管電圧	150kV
X線管電流	1.2mA
X線発生器冷却方法	油冷
漏えいX線量	装置表面 50mmにて 1 μ Sv/h以下
X線センサチャンネル数	1152チャンネル
A/D分解能	16ビット
モニタサイズ/台数	15インチ/2台
画面解像度	横 1,024ピクセル×縦 768ピクセル
透視可能エリア	ベルトコンベア表面より上の貨物すべて
画像処理	拡大（等倍、2倍、4倍）、輝度調整、エッジ強調、材質識別、爆発物検知サポート機能、擬似カラー
安全装置	非常停止ボタン、作業スイッチを配備 搬入・搬出口の左右壁面に1組ずつ計4組 操作パネル上に非常停止スイッチのみ1個
電源仕様	AC200V単相、20A、50Hz
使用環境	温度 0~40 $^{\circ}$ C、湿度 20~90%（結露しないこと）



図21 可搬式X線検査装置 IXI100-6545-R
外観（保管状態）

コンベアとフリーローラで構成し、折りたたみ可能である。

装置の4隅に運搬用のキャスターと、装置固定用のストッパーを備えている。X線の照射は下から上への1方向で、X線発生装置の最大出



図22 可搬式X線検査装置 IXI100-6545-R
外観（使用状態）

力は110kVである。

表5に主要仕様を示す。

(5) ロールパレット用X線検査装置

本装置は、航空保安の強化を図るため、航空機に搭載する小包郵便物等について検査し、隠匿される爆発物等の危険物を検出するために使用するものである。

今までの検査装置では、ロールパレット（郵

表5 可搬式X線検査装置 IXI100-6545-R 仕様

項目	IXI 100-6545-R-100
検査速度	200mm/sec
検査/搬送可能質量	100kg以下
装置外形寸法	幅 900mm×高さ 1,000mm×長さ 2,700mm
貨物搬送間口	幅 650mm × 高さ 450mm
装置質量	約 490kg
コンベア高さ	床上 400mm
X線管電圧	110kV
X線管電流	0.6mA
X線発生器冷却方法	油冷
漏えいX線量	装置表面 50mmにて1μSv/h以下
X線センサチャンネル数	672チャンネル
A/D分解能	16ビット
モニタサイズ/台数	17インチ/1台
画面解像度	横 1,024ピクセル× 縦 768ピクセル
透視可能エリア	ベルトコンベア表面 5mmより上の貨物すべて
画像処理	拡大（等倍、2倍、4倍）、輝度調整、エッジ強調、材質識別、爆発物検知サポート機能、擬似カラー、画像保存、画像エクスポート
安全装置	非常停止ボタン、作業スイッチを配備 搬入・搬出口の左右壁面に1組ずつ計4組 操作パネル上に非常停止スイッチのみ1個
電源仕様	AC100V単相、15A、50Hz
使用環境	温度 0～40℃、湿度 20～90%（結露しないこと）

便物、小包などを配送するときに使用しているかご型状の台車) から一旦検査物を降ろし、個々に検査装置を通さなければならず、検査に時間がかかっていた。今回開発した装置は、ロールパレットを丸ごと検査可能とし、検査効率の向上を図っ

た。構成は、出力可変式2方向を基本に水平一方向照射に改造し、検査対象貨物が特定された装置であることと、検査時間の短縮を図るため工夫した構造を比較表6に示す。図23から図25には、ロールパレット用検査装置の外観を示す。

表6 ロールパレット用X線検査装置の改善

	IXI300シリーズ	改善したロールパレット用X線検査装置概要
検査室構造	箱型	門型
搬送機構部	コンベア形状：1列、フラット 搬送速度：200mm/sec 搬送面材質：TPU (熱可塑性ポリウレタン)	コンベア形状：2列、傾斜付 搬送速度：300mm/sec 搬送面材質：POM (ポリオキシメチレン)
鉛カーテン機構部	2重、固定式(のれん式)	1重、自動開閉式
搬送貨物	さまざまな形状 (サイズ：間口100mm)	ロールパレット 客先特別仕様のカーゴ

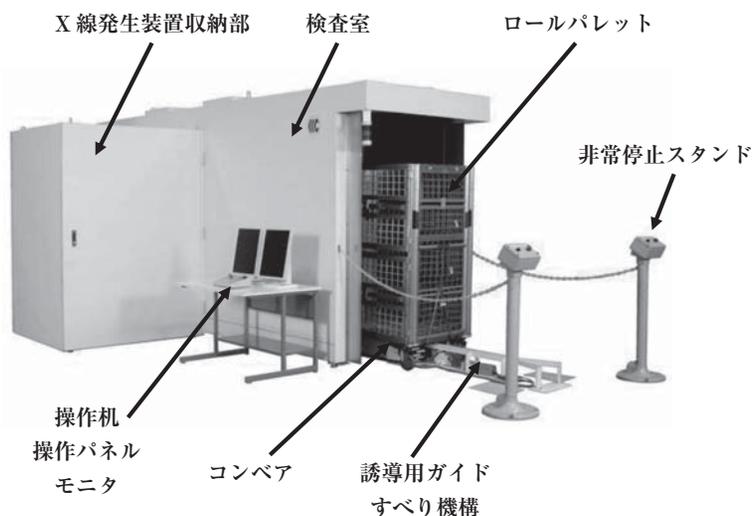


図23 ロールパレット用X線検査装置 外観



図24 鉛カーテン開状態



図25 鉛カーテン閉状態

4. 液晶産業向け液晶基板検査工程内装置

IHIグループは、1990年代始めに液晶ディスプレイの市場拡大を予測し、新規事業参入を目標に液晶ディスプレイ用アレイ基板検査装置の開発に着手した。この液晶アレイ基板検査装置の開発により、生産の歩留向上に寄与するアレイ検査プロセスのインライン化構想を提案してきた。アクティブマトリクス型液晶ディスプレイは、現在ノートパソコンを始め、液晶テレビの主流となっているが、弛まない表示性能向上、大型化への取組が不可欠である。液晶ディスプレイは百万単位の画素の集合から構成されており、この画素一つ一つの性能が液晶ディスプレイの表示性能を左右している。そのため、画素の欠陥検査を画素が形成される工程（アレイ工程）で検出して、その欠陥レベルによって欠陥を分類すれば、可能な欠陥のリペアなど後工程の無駄を省く効果がある。現在、液晶業界は、液晶ディスプレイの需要がますます高まっている中、激しい販売価格の低下に晒されており、表示性能の向上と生産性向上を目指して凌ぎを削る努力を続けている。当社のような装置メーカーは、生産効率向上に寄与することが装置販売における不可欠且つ必須条件であることを認識し、常に液晶基板の大型化に対応できる装置大型化と性能向上、コスト低減を実現していかなければ生き残れない。当社は、液晶基板の大型化に対応した装置を実現すべく、負荷軽量化を図り、高比強度、高比剛性を実現するなど、生産効率向上（TACTダウン）に向けた開発を進めている。本節では、当社が開発してきた液晶関連装置の内、レーザカッターに関して、当社の持つ要素技術とこれらをどのようにレーザカッターに生かしたかについて紹介する。

4.1 液晶検査工程内レーザカッター

レーザカッターは、液晶検査工程内で運用されて

いる液晶基板検査装置、欠陥リペア装置と並んで、当該工程内インライン装置として運用されている装置で、当社の主力装置である。ここでは、レーザカッターに関する当社固有の要素技術、及び液晶基板の大型化に対応して納入してきた主なレーザカッターを紹介する。液晶テレビは、現在40インチサイズが広く市場に浸透しつつあるが、1990年代は、パソコン用液晶ディスプレイが主流で、10～17インチクラスが主に生産されていた。参考として、**図26**に液晶ディスプレイ用液晶基板のサイズの変遷を示す。市販の液晶ディスプレイ、液晶テレビのサイズが**図26**の液晶基板サイズより小さいのは、液晶ディスプレイサイズに相当するTFTアレイをガラス基板上に複数枚形成し、後工程で各サイズにカットするからである。なお、次節で**図26**の第4世代、第6世代、第8世代について、各世代のレーザカッターを紹介する。

4.2 要素技術

(1) 画像処理による精密位置決め（サーボ）技術

液晶基板上のアレイパターンを精密にレーザカットするためにガラス基板のアレイ位置を認識するための技術である。レーザカッターでは、液晶アレイ基板にパターンされたアライメント用マークを画像処理によって正確に認識することで、精密な位置決めを行っている。画像処理による位置決めや焦点合わせは一般的に適用される技術であるが一辺3000mmを超える液晶基板上にアレイパターンを正確（確度±30um以下）にレーザカットする技術は当社固有の技術で、機械的手段による超大型ガラス基板の位置決め技術と画像処理技術を組合せたものである。液晶基板上には位置を特定するためのマークが配置されており、これをアライメント用マークと呼ぶ。そのマークの位置を計測することで、精密な位置決めを実現する。液晶基板は、ローダアンローダによってレーザカッター内に搬

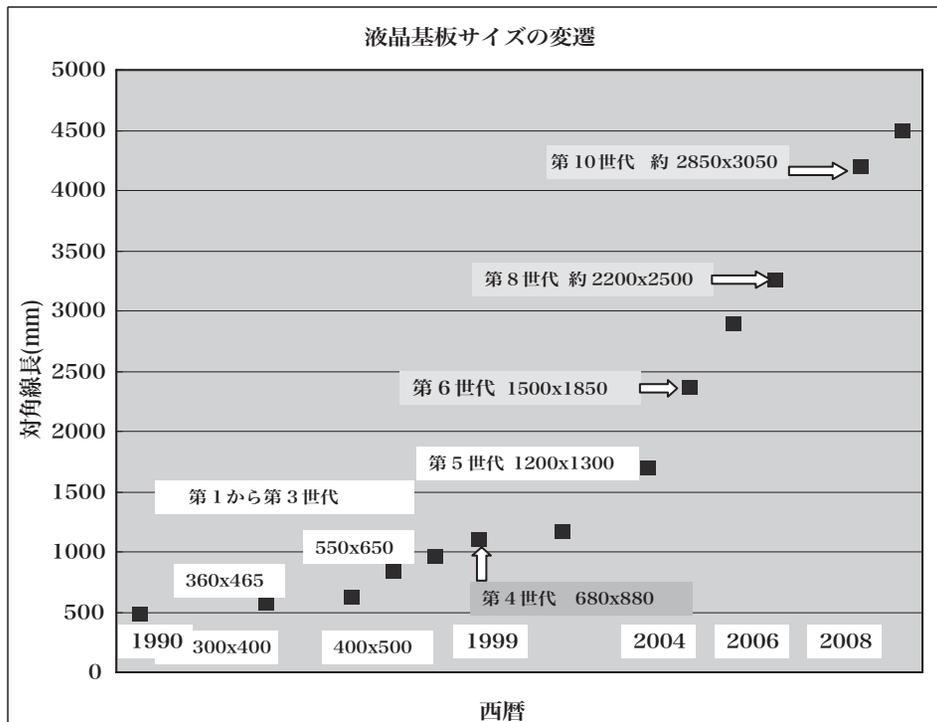


図26 液晶ガラス基板サイズの変遷

送され、装置内に設けた着脱チャックのパッド上に置かれる。その液晶基板を位置決めしやすい状態に保持した状態で周囲からプッシャー機構で移動させ、機械的位置決めを行う。機械的な位置決め精度は、当社の実績から約0.5mm以下である。画像処理システムは、その位置決めズレを考慮した視野でマークを撮像し(図27①)、マークの位置を計測する。ステージおよび光学系の誤差を含む最終的なカット精度(繰返し精度)は±30μm以下を実現している。位置決め処理について簡単に解説する。

ア. ティーチング

予め撮像位置及びマークのイメージ(図27②)を登録し、パターンマッチングによりマークのワーク座標(液晶基板上の座標)およびステージ座標を合わせる。

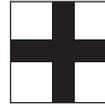
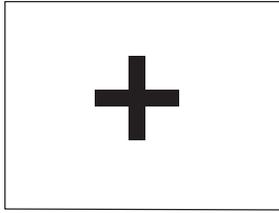
イ. パターンマッチング

正規化相関法をベースとし(図28)、マーク

の輪郭エッジ位置が大きく異なるものを除外して、類似度の最も高い位置を探索する方法を採用している。画像処理の高速化のためCPU拡張命令であるSSE(Streaming SIMD Extensions)を用いて演算処理を行っている。なお、レーザカッタにおいては、ティーチング位置でマークが検出できなかった場合に対処するため、撮像位置を周囲部分に移してマークを探索するアルゴリズムも開発している。

(2) レーザ強度・波長・波形制御技術

レーザカッタに適用するレーザシステムは、液晶基板上に形成された液晶パターンを精密にカットする装置である。従って、レーザビームサイズを最適化し、パターンを破壊することがないカットを保証しなければならない。異常な入熱によってガラスに傷をつける、あるいは、ガラス表裏の熱膨張差によってガラス割れを誘発するようなことは許されない。当社では、液



① マーク位置確認時のイメージ ② ティーチング時の登録マークイメージ

図27 アライメントマークの例

探索画像

パターン画像

$$r(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (f(x+i, y+j) - f_{ave}) \cdot (t(i, j) - t_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (f(x+i, y+j) - f_{ave})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (t(i, j) - t_{ave})^2}}$$

$f(x+i, y+j)$: 探索画像の画素値
 f_{ave} : 探索画像の対象領域の画素平均値
 $t(i, j)$: パタン画像の画素値
 t_{ave} : パタン画像の画素平均値

図28 正規化相関関数の説明

晶パターンに含まれる金属や高分子、或いは素ガラスの部分へのレーザー照射実験を行い、レーザー波長の選定、ビームサイズの最適化、ビームエネルギー密度とビーム形状の最適化、そして光学部品の選定を通じて光学系の最適化を図った。レーザー光学系サブシステムの開発の成果を確認したカット写真を図29に示す。これから液晶基板上的のアレイのみが完全にカットされ、ガラス基板上に熱的な異常をきたしていないことがわかる。(本写真は旧・台湾 QDI 社提供)。また、図30にレーザービームのプロファイル例を示す。レーザーカッターに装備している光学ヘッドは、レーザーヘッドから光学系までを含めた

レーザー光学系サブシステムで、当社固有のものである。製作状況の例を図31に添付する。

(3) CIM 通信技術

LAN (10/10BaseTX) によって接続された外部機器 (ローダアンローダ) と SECS II の通信 (半導体製造装置通信スタンダード2に基づいた通信) を行う技術である。通信システムは、同様の液晶基板製造プロセスに採用されているものであるが、当社は、客先仕様に合わせてソフトウェアを作成することになるため、基本的な部分については共通化を図り、標準化している。主な通信内容としては以下のものがある。
 ア. オンライン/オフラインの切り替え

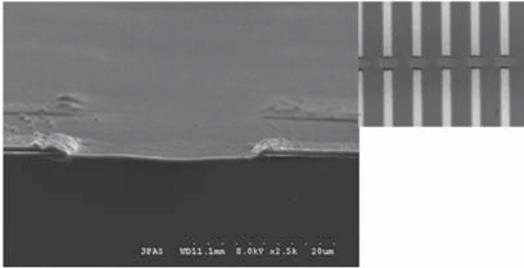


図29 液晶基板上のアレイパターンカット例

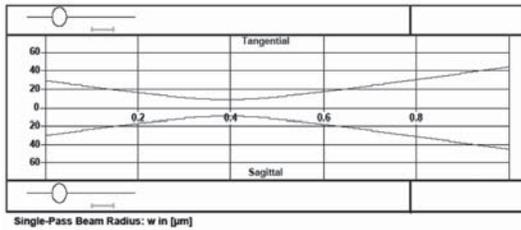


図30 レーザカット装置用光学ヘッドのレーザービームプロファイル例

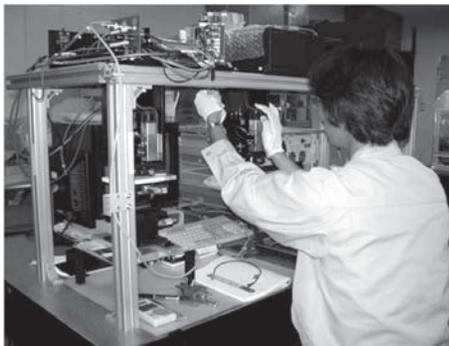


図31 レーザヘッド装置用光学ヘッドの組立状況

- イ. 投入された液晶基板の製品情報
- ウ. ローダアンローダのステータス
- エ. 装置のステータスおよびアラーム

(4) クリーン技術

液晶製造ラインのアレイ工程では、クラス10といわれるクリーン雰囲気のアレイ基板が処理されている。レーザーカットは、レーザーによって直接アレイパターンをカットアウトするため、レーザーによってカットされたダストが装置内に生成されることになる。従って、このレー

ザカットによって発生したダストを後工程に影響しないクリーン度にすべく、効率的にダストを吸引する技術を開発し、レーザーカットに適用している。効率的にイオンを利用してカット時に発生するダストの吸引効率を上げている。ダスト吸引システムの構成を図32に示す。また、図33に実基板で検証したダスト吸引のデータを参考に示す。(本写真とデータは旧QDI社の提供)。

(5) 光学式オートフォーカス技術

オートフォーカスは、対物レンズの自動焦点合せができるシステムである。液晶基板表面とレーザー照射対物レンズ間の距離を常に一定に保持するシステムとして開発した。従来、オートフォーカス手段として画像処理システムを応用し、特定点のオートフォーカスのみを実行する方法を採用していた。しかしレーザーカット処理時間の短縮が求められる中、画像処理による方法では、画像処理に時間を要すること、繰り返し実行されるカットポイント毎の画像処理によるフォーカシングはさらにレーザーカットの運用効率を低下させるなど問題が多かった。この

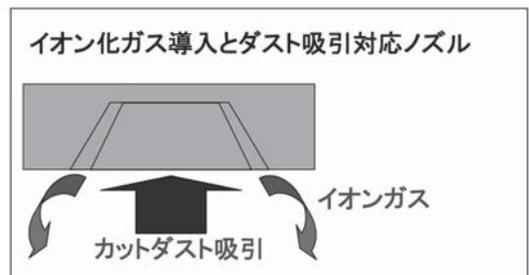


図32 ダスト吸引システムの構成

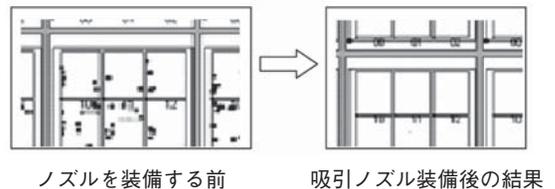


図33 ダスト吸引効果の検証実験例

課題を解決するため、オートフォーカス用専用レーザを照射し、レーザ光の基板からの反射光を CCD で捕えることで、ミリ秒単位でフォーカスできるシステムを開発した。リアルタイムでのフォーカシングは、プロセス制御コンピュータと独立にオートフォーカス用マイクロプロセッサを用いて対物レンズと液晶基板表面間の距離を制御できる。オートフォーカスシステムは、レーザカット動作中、

- ア. ステッピングモータへの動作指令
- イ. オートフォーカス用レーザ反射光の CCD 輝度レベル同定
- ウ. 反射光ピークから対物レンズ位置決め動作指令
- エ. プロセスデータ収集と動作中及び完了後の状態チェック

を行う。なお、フォーカシングを確認するため、割込チェックも可能である。オートフォーカスシステムの基本動作は 100mm/秒毎のギャッピング、途中エラー発生時のギャッピング動作の停止、液晶パターンカット中のエラー発生に対しカット終了点状態チェック等々であり、基板上の突起、基板平坦度の局所的な変形があったかどうか確認できる。カット中あるいはラインカットの開始点、終了点で基準位

置（基板板厚毎に定義する位置）から焦点深度範囲内に焦点を絞り込めないような大きなたわみが液晶基板に発生している場合を想定し、ステッピングモータの動作範囲を 5mm 確保している。開発したオートフォーカスシステムで捉えた CCD の反射光波形を 図 34 に示す。

実験では、可視光から赤外線まで、液晶基板表面にパターンされた固有の物質の反射強さ、カット用赤外線レーザの影響、オートフォーカス用レーザ光量最適化を異なる波長を持つレーザを用いて調査し、最適感度を有するレーザを選定している。写真は左側が画像表示画面におけるオートフォーカス用レーザのスポットを示し、右側の写真は CCD に感知された液晶基板の表面及び裏面からの反射強度波形を示す。 図 34 のように反射光のピークを明確に把握して焦点調整を自動で行っている。

4.3 レーザカッタ紹介

上述した要素技術を応用し、液晶基板アレイ検査工程で採用され、運用されている各世代のレーザカッタについて、紹介する。レーザカッタは、液晶基板アレイの静電破壊防止用ショートリングを後工程の検査に支障がないようにカットする装置として運用されている。レーザカッタは、第四世代以前までは液晶基板検査装

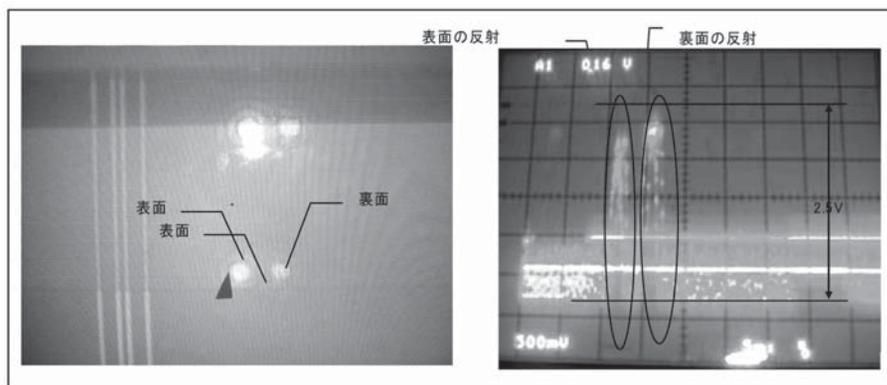


図34 オートフォーカス用レーザによる液晶基板表面位置確認データ例

置に組み込まれており、ローダアンローダ（基板搬送システム）、カセットステーション、液晶基板検査装置及びレーザーカッターを含めて一つの検査装置システムを形成していた。しかし、液晶基板の大型化が進むにつれてカセットステーションやローダアンローダは、液晶基板製造工場の基板搬送システムとして独立し、液晶基板検査装置、並びにレーザーカッターはそれぞれ独立システムとしてアレイ検査工程に組み込まれるようになった。その結果、第4世代以降、ローダアンローダに複数の検査装置やレーザーカッターの液晶基板処理状況を把握する機能を持たせることで、カセットとレーザーカッター、検査装置間でタイムリーに基板の搬送、供給、取出ができるようになり、検査プロセスは効率化された。レーザーカッターを開発するに当たり、要素技術であるレーザー制御技術、画像処理技術、クリーン技術を集約し、システムとして最適化を図った。またローダアンローダとのインターフェースを直接通信するなどCIM技術の充実も図ってきた。レーザーカッターは、第8世代液晶基板の製造ラインに採用され、装置安定稼動、高速処理、品質維持を実現し、後工程の検査に

支障を与えない高精度のレーザーカット機能を発揮している。現在、第8世代レーザーカッターの実績を踏まえて、第10世代用レーザーカッターの開発に取り組んでいるところである。レーザーカッターのシステム構成を纏めると次のようになっている。基本的にサブシステムの改善は世代装置毎に実施しているが、システム構成は図35に示すとおり標準化している。これら基本システムのうち、ガラス基板の大型化に伴って実施してきた開発・改善は以下のようなものがある。

- ア. Zステージをオートフォーカスシステムとして小型化
- イ. アライメント用 CCD カメラのコンパクト化
- ウ. レーザヘッド、CCD カメラ、照明、Zステージ、対物レンズを光学ヘッドとして一体化し、全世代レーザーカッター搭載用に標準化
- エ. XYステージは、液晶基板の大型化に伴い、軽量化を図り、高比剛性、高比強度化を実現
- オ. カットダスト吸引システムの改善と検証
- カ. 基板着脱チャックに静電気防止システムを組み込み、基板位置決め精度改善
- キ. 第8世代以降降光学ヘッドのダブルヘッド化

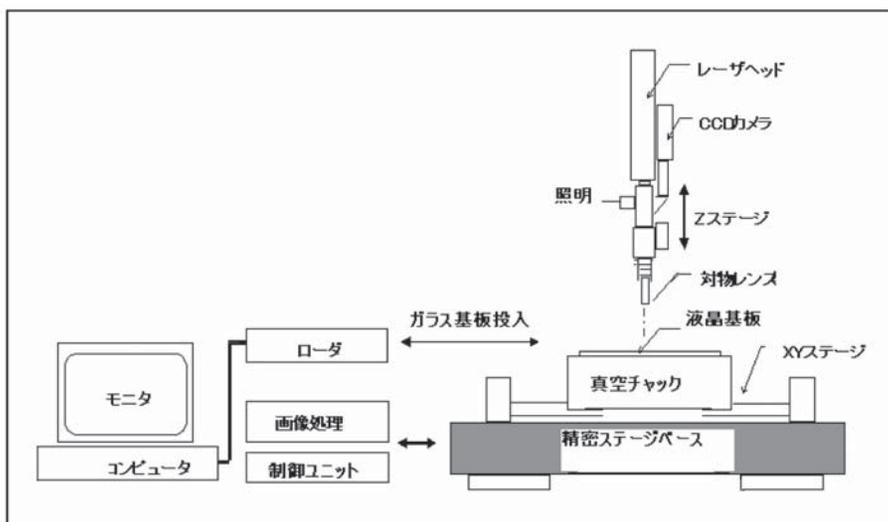


図35 レーザカッターの基本システム構成

ク、その他、ガラス基板平坦度調整機構の組込み等々

図 36 に各サブシステムを組み込んだ光学ヘッド内部の写真を示した。

次に各サブシステムについて概要説明する。

(1) レーザ光学系サブシステム

本サブシステムは、光学ヘッド、レーザ電源、および光学系コントローラから構成される。光学ヘッドには、高性能赤外線固体レーザ、ビーム形状制御用光学系、オートフォーカスシステムと対物レンズ駆動機構が収納されている。レーザ電源は、電源、レーザダイオード、コントローラ及びドライバが収納されている。光学系コントローラは、レーザ遮断機制御、オートフォーカス制御、レーザ光学系と他システム間同期等々を行う制御系がある。レーザ仕様は以下の通りである。

レーザ種類：半導体レーザ励起固体レーザ

波長：1,064nm 出力：Max 150μJ

繰り返し周波数：30kHz ~ 100kHz

レーザスポット径：約 50μm 以下

(2) オートフォーカスサブシステム

本システムは、レーザ照射用対物レンズと液晶基板表面間のワーキングディスタンスを一定に制御するシステムであり、レーザの焦点をガラス基板上のパターンに合わせてカットする。

焦点合わせ用の特殊なレーザ光を使い、リアルタイムでギャップを調整しながらガラス基板上をレーザカットしていく。このオートフォーカスシステムは第6世代のレーザカッタ以降、採用している。

(3) ダスト吸引ノズル

光学ヘッドのレーザ照射端部に、レーザカットによって生じたダストを吸引するダスト吸引ノズルを装備している。ダスト吸引は、液晶基板上のアレイパターンをレーザカットしたときに発生するダストが基板に残留し、液晶基板アレイに予想外の欠陥を発生させたり、カットダストが後工程での液晶基板検査装置による欠陥検出結果に悪影響を及ぼしたりしないように、装置内でカットダストを除去している。

(4) レーザカッタのトータルシステム

レーザカッタは、シャッタの開閉動作、液晶基板の位置決め、基板アレイカットに要する時間 (TACT) を最小限にするため、光学ヘッドの台数を最適化している。複数の光学ヘッドを有する場合も各々の光学ヘッドがカットファイルで指定されたカットを最短の時間で効率よくカットできる。レーザカッタの特徴をまとめると、

- ①大型液晶基板の場合、たわみが 400 ~ 800μm あるが、オートフォーカス機能によりカット性能を保証

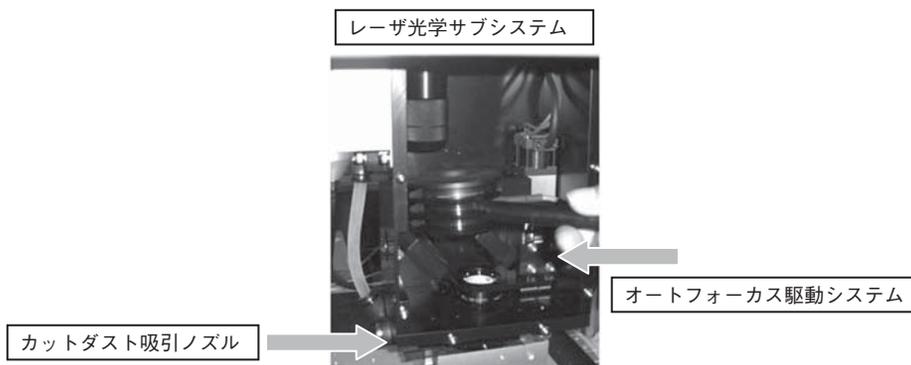


図36 光学ヘッドサブシステムの内部構造例

- ②公称 3050×2850mm とされる第 10 世代液晶では第 8 世代に対して、基板処理時間 (TACT) を半減させる機能を持たせるため、軽量化による高比剛性、高比強度を達成すべく、CFRP を採用して超大型精密ステージを開発
- ③超大型ステージでは、3m を優に超える長ストロークの真直性を精密制御技術で保証、精密レーザ加工制御技術で液晶アレイの損傷を回避
- ④画像処理システムの充実を図り、容易に活用できるアライメントマーク、カット座標などのティーチングツールを装備
- ⑤レーザ光学系対物レンズ保護マスクと自動レーザパワー測定機能装備、等々がある。
- ⑥安全リスク評価を実施し、インターロックを含む安全対策を実施している。例として、外装板およびシャッタによる安全柵構成、装置アクセス時に動作機構部およびレーザ照射を停止、シャッタ部挟まれ事故防止インターロック、瞬停時用無停電電源を装備、ポータ

ブルの非常停止ボタン等々がある。

以下にこれまで当社が納入してきたレーザカッタの内、第 4 世代、第 6 世代、および第 8 世代のレーザカッタの構造を図 37 から図 39 に示す。

5. 原子力関連機器

5.1 原子力関連機器への取り組み

原子力関連の機器開発に取り組み始めた当時は原子力発電所の定期検査時に使用する圧力容器や配管の溶接部を対象にした遠隔自動式超音波探傷検査装置 (ISI 装置) の開発、原子力発電所など設備改造時の特殊検査装置および水中検査装置の開発を手がけていた。

また、上記の機器開発を通じで得られた検査計測技術を生かし、石油貯蔵タンク底板の自動板厚測定装置やポータブル厚さ測定装置の開発を手がけてきた。

その他原子力発電所以外の放射線下で使用する機器の開発技術を生かし廃炉の解体にかかわる機



外観写真



内部写真

図37 第4世代レーザカッタ全体写真



外観写真



内部写真

図38 第6世代レーザカッタ全体写真

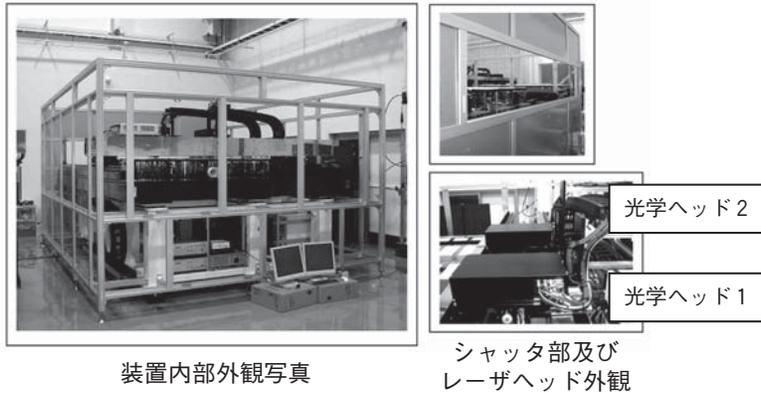


図39 第8世代レーザーカッタ全体写真

器開発、非破壊検査以外の機器開発など、耐放射線機器の知見や検査計測に欠かせない技術を多方面の機器開発に活用している。

5.2 機器の安全を維持するための技術

(1) 耐放射線機器対応

放射線の影響を受けない一般区域で使用する材料や部品の選定に対して、放射線の影響を受ける場合は樹脂や電子機器部品が放射線の影響で劣化、変質することに留意しなければならない。

当社では材料や部品の選定にあたって留意すべ知見を有しているが、耐放射線についての研究報告文献やメーカーの自主試験データも活用し、最適なものを選定できる経験と能力を有している。さらに使用する場所によっては、壊れにくい構造や最悪の事態を考慮して必ず回収できる構造を付加した設計を行なう必要がある。これは故障して回収できなくなった場合、最悪の場合遮蔽できない事態が発生し、設備全体の問題に発展する可能性があるためである。一方、放射線雰囲気での補修作業は、一般区域での作業に比べ、数倍の労力、費用が発生するため、シンプルな構造を採用する場合も多い。よって、放射線雰囲気下で使用する機器は、リスクの抽出、対策に重点を置き、最悪の事態に対応できる機構、構造を盛り込んだ設計にしなければならない。

(2) 水中機器対応

原子力圧力容器内の点検に使用する機器として、水中で使用する検査装置の設計を例に、設計上の注意点を列記する。

①イオン化傾向で劣化が発生する組み合わせの材料は使用しないこと、②防水容器内に計装空気を供給し内圧を高く保つことで水の浸入防止および水圧による変形を防止すること、③炉水に油分が混じらないよう水潤滑が可能な構造にすること、④何があっても回収ができる構造にすることなどである。

(3) 遠隔保守機器対応

放射線下に設置する機器で、運用開始後その設置場所に近づけない（人が接近できない）場合の保守は、マニプレータなどを使用し、遠隔で部品交換を実施しなければならない。

機器の設計に当たっては、マニプレータで実施できる作業範囲、保守作業手順を明確にした構造を反映しなければ、保守ができない装置となり、廃棄物が増えることになる。

マニプレータで取り扱う機器について留意すべき点として、①把持部はローレット加工することで滑り止めをする、②レバー操作で着脱できる構造にする、扱いやすいボルトサイズにする、ツーアクションで取り外せる構造などで、取扱性、安全性を重視した設計を心がけなければ

ばならない。

5.3 製品紹介

(1) 配管検査装置

(ア) 概要

配管検査装置（以下装置という）はかつて IHI 原子力事業部と共同で開発した装置である。

超音波探触子を保持したりニア駆動部と配管の周方向に駆動する旋回駆動部で構成し、旋回駆動部はローラ付チェーンで配管に取り付け、配管に取り付けたガイドレールに沿って移動する。

対象配管は、直径 216mm ～ 660mm である。

(イ) 特徴

装置の特徴として、①駆動ローラの摩擦で旋回するため配管の材質を選ばないこと、②リニア駆動アームは着脱式であるため、対象物に合わせたアームに取り替えることができること、③探触子モジュールの向きが、4方向に変えられること、④軸方向位置データ、周方向位置データを出力し検査位置を特定できることなどである。また、駆動部が故障した場合、駆動部とローラを機能的に切り離せるクラッチがあり、最悪でも手で装置を動かして探触子の位置データのみを出力し、超音波探傷データと合成

することができる工夫をしている。

装置構造概要説明図と装置写真を図 40 及び図 41 に示す。

(2) 配管内超音波厚さ検査装置

(ア) 概要

垂直配管の板厚を配管内面から板厚測定する吊り下げ型超音波厚さ検査装置である。

外観イメージ図を図 42 に示す。

(イ) 特徴

- ①探傷法：水距離 50mm での水浸法
- ②円筒配管、円筒容器内面に検査装置を設置
- ③昇降、旋回の位置決めピッチ（昇降：1mm、旋回：1°）で駆動
- ④放射線環境下で使用できる
- ⑤着脱式超音波厚さ測定用探触子（5ch）ブ

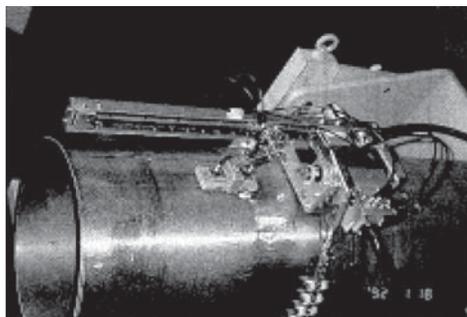


図41 配管検査装置取り付け写真例

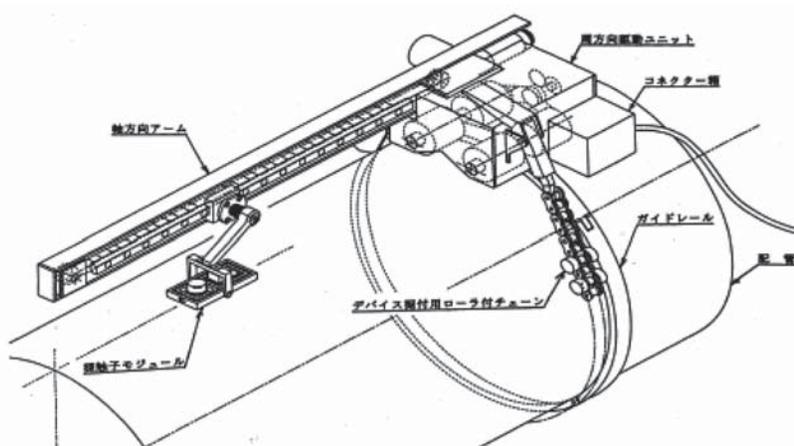


図40 配管検査装置 概要説明図

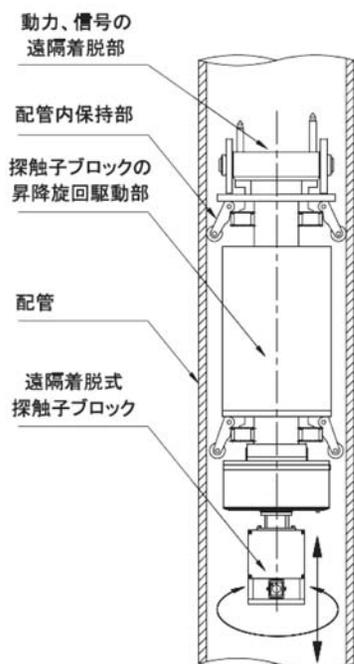


図42 超音波厚さ検査装置
外観イメージ図

ロックを搭載。探触子を上下、左右に首振りできる可動式探触子（1ch）ブロックも搭載可能

- ⑥水中で使用できる（水深1m）
- ⑦各種使用環境でも使用できるよう外表面を耐薬品性材料（SUS）で製作

(ウ) 仕様・構成

- ①本体サイズ、重量：φ210×830mm、75kg
- ②制御範囲：昇降160mm、旋回370°
- ③耐放射線仕様：集積線量 1×10^7 rad
- ④防水仕様：水深1m（試験装置全体が気密構造）
- ⑤探触子ブロック、コネクタなどマニピレータで遠隔交換可能
- ⑥スプリング式クランプレバーでヘッドを配管内面に固定（ヘッド本体は別途昇降装置で吊下げ移動させる）
- ⑦配管の厚さデータと測定位置データを合成

管理できるデータ採取装置付

- ⑧配管内に付着した気泡を除去するブラシ付き

6. ミニプラント関連設備

6.1 ミニプラント機器への取り組み

当社では、前述した自動車関連製品、X線検査装置、液晶産業関連製品、原子力関連機器以外の各種小型設備機器製品をミニプラント称している。これらは検査・計測技術と直接的には関係しない製品もあるが、さまざまな機器をシステム化し業界のニーズに応じている。

ミニプラントの例として、オゾンリーク検査装置や蛍光浸透探傷装置、夜間電力を利用した蓄熱式蒸気発生器「蒸気源」など当社の自主開発製品、燃料電池前処理装置や微粉炭燃焼試験装置などIHI関係の設備などがある。中でもオゾンリーク検査装置は当社技術研究所における基礎研究の成果から製品化した装置である。

以下にミニプラント製品の例を紹介する。

6.2 ミニプラント製品

(1) 石炭燃焼特性実証試験装置（※）

本装置は、微粉炭やバイオマス由来の固体燃料の燃焼特性を観察する装置で、大別すると燃料供給系、燃焼系、燃焼灰集じん機系、燃焼排ガス処理系の4系統で構成し、各系統部位に適したガス温度にする熱交換器、各部位の状態を監視する計測器を配備している。このような装置の仕様確認は、システム全体の機器および計器を集約したシステム構成図（P & ID）を作成し、客先要求仕様と対比する方法で行なっている。また、設備の規模により各行政の基準、規制と照合し、必要な手続きを客先に提示している。

本装置の燃焼炉には3本の微粉炭バーナを設置し、バーナの火炎方向を上下に首振るチルチング試験、二段燃焼空気の投入量やバーナか

らの投入距離を変える試験が可能である。またバーナを液体燃料用に交換し燃焼試験することが可能な構造にしている。燃料供給系には石炭などの固形燃料を粉碎、乾燥させ、微粉状燃料を製造する設備を有し、燃焼排ガス処理系にはNO_x除去用の乾式触媒脱硝装置、粉じん除去用の電気集じん機、SO_x除去用の脱硫・アルカリ洗浄装置を備え排ガス処理に関する試験が可能である。

図43に概念図を示す。

(ア) 特徴

- ① 固体燃料の粉碎および複数の固体燃料の混合が可能
- ② 各バーナの噴射角度を上下10°以内で変更可能（チルチング機能）
- ③ 二段燃焼空気の投入量およびバーナからの投入距離の変更が可能
- ④ 取熱量計算や排ガスおよび灰の分析により、燃焼特性を観察することが可能
- ⑤ 乾式触媒脱硝装置、電気集じん機、脱硫装置、アルカリ洗浄装置を有し、排ガス処理の試験が可能
- ⑥ メインバーナを交換することにより、液体燃料の燃焼試験が可能

(イ) 燃焼炉概要

燃焼炉寸法 2,500D×1,300W×10,000H

バーナ燃焼量

固形燃料：1本当り 100kg/h 計 300kg/h

液体燃料：1本当り 100L/h 計 300L/h

(※：本書に記載した仕様などは財団法人電力中央研究所殿の報告書を引用しました。)

(2) オゾンリーク検査装置

ドラム缶等の容器のリーク検査は、Heガスを使用したリーク検査や水没式リーク検査が用いられているが、Heガス式は高精度であるが高価であること、水没式は検査対象品を乾燥させる工程が必要などの問題があった。

当社では、これらの問題を解消する手法として、低運転コストでしかも後処理が不要なリーク検査を実現するため、オゾンガスを使用したリーク検査方法を研究し、その成果に基づいて『オゾンリーク検査装置』を製品化した。

オゾンは空気中の酸素から精製し、使用後は酸素に分解されるため環境にもやさしい装置である。

装置はリーク検出機能の他に、オゾン精製、オゾン分解ユニットおよび検査容器を連動させて自動検査装置としてシステム化している。

検査方法は、ドラム缶にオゾンガスを供給後、ドラム缶内とチャンバー内に圧力差を与えることで小さな開口部（以下欠陥という）からの漏れを促進させ、ドラム缶に貫通した欠陥がある

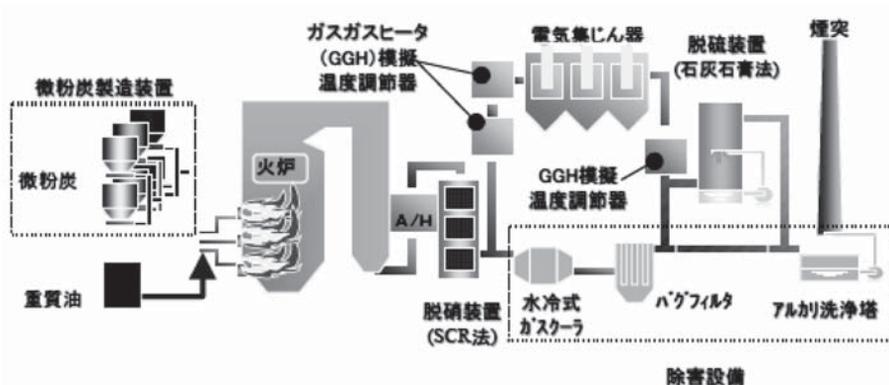


図43 石炭燃焼特性実証試験装置 概念図 (出典：財団法人電力中央研究所報告書)

場合、センサーによりリークしたオゾンガスが検出され、その濃度が一定の値を超えると欠陥（リーク）有りと判定する。

欠陥の検出限界は $\phi 60\mu\text{m}$ である。

オゾンガスを用いることにより、発泡法や水浸法と同程度の感度を低運転コストで実現でき、さらに乾燥工程が不要なドライ検査方式であるため、量産品の自動検査に適した装置である。

図44にオゾンリーク検査装置の装置写真を示す。

(3) 蛍光浸透探傷装置

浸透探傷試験は、素材、部品、機器、構造物の表面に開口した割れや、表面きずを検出する試験方法として、広く工業界で用いられている。その中でも蛍光浸透探傷法は、浸透性の高い溶剤に蛍光染料が加えられたものを基材とした探傷剤を用いることによって、特定波長の紫外光照射下（ブラックライト）で、割れや表面きずを高感度で検出することができる。

蛍光浸透探傷試験は、航空機エンジン部品やアルミ鋳造物の生産管理などに導入されており、装置化する場合のニーズとして「自動式」、



図44 オゾンリーク検査装置 外観写真

「多い処理体数」が挙げられるが、昨今、低ランニングコストを実現するために「少ないオペレータ」、「消耗品のリサイクル性」、「省スペース」も要求されることがある。

当社では、このようなニーズに応えるべく、各処理工程の機器が直列やエンドレス状に配置された従来型の装置に加え、メリーゴーランド状に配置された装置を開発した。本装置は、検査体の着脱を同一の場所で行うことができるとともに、必要な6つの処理を自動で行うことができるといった特長により、運転員1名によるオペレーションを可能性にしている。既にアルミ鋳造工場への納入実績があり、長年にわたり、生産工程の一端を担っている。

図45にメリーゴーランド式蛍光浸透探傷装置を示す。

(4) 蒸気源

汎用蒸気発生器の多くは油やガス焼きボイラーであるが、昨今の燃料費高騰の折、ランニングコストが安く経済的な熱源、さらには排ガスが発生しない環境に優しい熱源が求められている。

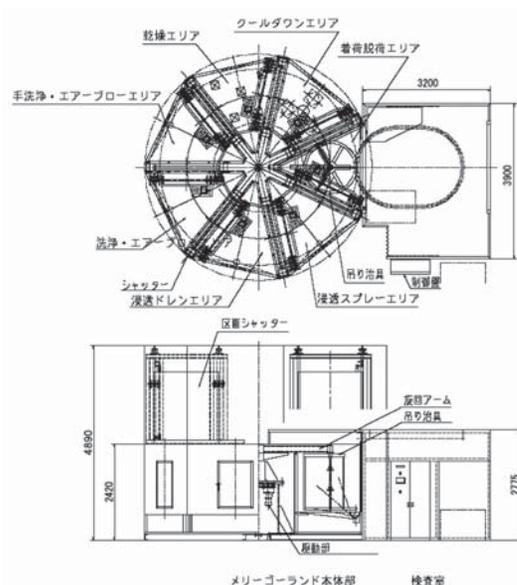


図45 メリーゴーランド式蛍光浸透探傷装置

当社は、東京電力(株) 殿、東北電力(株) 殿、北陸電力(株) 殿、中国電力(株) 殿、九州電力(株) 殿と共同で夜間電力を利用した蓄熱式蒸気発生器「蒸気源」(商標登録)を開発し、商品化した。

「蒸気源」は、割安な夜間電力を利用して蓄熱材を加熱し、高温の熱エネルギーとして蓄え、昼間にその熱を利用して厨房機器等に蒸気を供給する夜間電力蓄熱式蒸気発生器であるため、ランニングコストを低減し、また、オール電化の機器構成においても昼間のデマンド抑制に寄与する利点を持ち合わせている。

「蒸気源」の用途は、学校や事業所における大量の調理、食器洗浄用厨房設備として利用されているが、医療施設等の蒸気滅菌装置へも有効な設備として適用できる。ここでは、「蒸気源」の滅菌装置への適用に焦点を当て、その有効性について紹介する。

ア. システムの概要

「蒸気源」のシステム構成を図46に示す。また外観写真を図47に示す。

「蒸気源」は蓄熱モジュール、制御モジュールおよび給水タンクユニットで構成される。蓄熱槽にはマグネシアクリンカー (MgO) を主とする蓄熱材が充填されており、蓄熱材は蓄熱槽内のヒーターにより夜間電力を使用して480℃程度まで昇温される。

滅菌装置へ蒸気を供給する際は、水道水を軟水装置およびRO(逆浸透膜)装置で純水化し

た水を給水ポンプにより蓄熱槽内の伝熱管へ供給し蒸気を発生させる。

ボイラーと異なり、給水に薬品を添加しないためクリーンな蒸気を被滅菌物へ直接接触させることができる。

イ. 特長

①ランニングコストの低減

夜間電力を使用するため昼間の電力デマンドを抑制し、さらに、蓄熱調整契約の割引により電力料金を低減できる。

②既存装置の変更が不要

これまで使い慣れた厨房設備や蒸気式滅菌装置を今まで通り使用できる。

③クリーンで安全

燃焼部分がなく排ガスが発生しない。また、給水に薬品を添加しないため、クリーンな蒸気が直接利用でき、別途、クリーンな蒸気を発生するためのリボイラー等が不要である。

④特別な資格が不要

「蒸気源」は簡易ボイラー扱いのため(圧力1MPa以下、伝熱面積5m²以下)、取り扱い上、特別な資格が不要である。

⑤設置場所の選択肢が多い

ボイラー室や燃料貯槽/配管、排気設備、防消火設備等が不要で、屋外・屋内・屋上・地上設置が可能である。

ウ. 仕様

「蒸気源」の仕様を表7に示す。

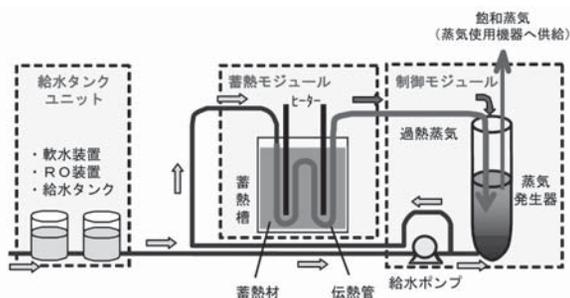


図46 「蒸気源」システム概要



図47 「蒸気源」外観

表7 「蒸気源」の仕様

項目	仕様	
型式	HTS-300	HTS-150
ボイラー種類	簡易ボイラー	
ヒーター容量	27 kW	13.5 kW
蓄熱消費電力量	240 kWh	120 kWh
蓄熱モジュール数	2台	1台
定格飽和蒸気圧	0.3~0.5 MPa	
最大蒸気出力	150 kg/h	85 kg/h
最高蓄熱温度	480 °C	
最大換算蒸発量 ※	300 kg	150 kg
出熱効率	73% 以上 (連続出熱の場合)	
使用電源	3相 AC200V (50 または 60Hz)	
本体外形寸法	幅 1.49×奥行 2.81×高さ 1.82 m	幅 1.49×奥行 1.71×高さ 1.82 m
蓄熱モジュール寸法	幅 0.90×奥行 0.97×高さ 1.53 m	
制御モジュール寸法	幅 1.26×奥行 0.40×高さ 1.75 m	
総重量 (蓄熱材込み)	3,700 kg	1,950 kg

※所要蒸気を発生させるのに要した熱量 (kJ) / 基準状態の蒸発量 (kJ/kg)

エ. 滅菌装置への適用

「蒸気源」と滅菌装置を組み合わせた滅菌試験を行い、有効な蒸気発生器であることを確認した。

① 滅菌性能の確認

実際に使用している試験キットで下記評価を行い、滅菌性能に問題ないことを確認した。

② Bowie-Dick (ボウイディック) テスト

滅菌不良を促す気体 (CO₂、N₂、O₂ など) の有無を判定

③ CI (化学的インジケータ) テスト (図 48)

適正な温度、湿度、時間、pH の判定

④ BI (生物学的インジケータ) テスト (図 48)

菌の死滅を確認

滅菌装置向けに最適な「蒸気源」台数を選定するために蒸気使用量の把握が重要となる。そこで、実際の滅菌装置を使用した試験を行い、滅菌方法および蒸気使用量を把握した。試験には目安として 200 床クラスの医療機関に対応する滅菌装置 1 台 (内容積：約 900L) を使用した。

一般的な滅菌工程は図 49 に示す通りで、外

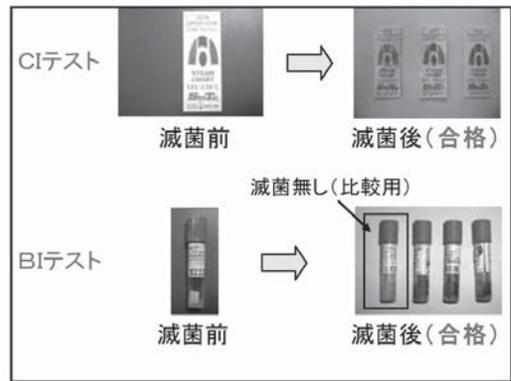


図48 滅菌試験

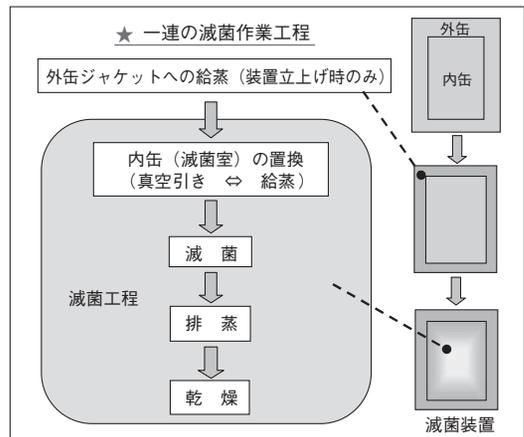


図49 滅菌工程

缶は装置の立ち上げ時のみ蒸気を多く必要とし、所定温度まで到達した後は、温度維持に要する間欠的な蒸気供給となる。

内缶は滅菌回数（バッチ）毎に蒸気供給（給蒸）→滅菌→排気（排蒸）を繰り返し、1バッチの所要時間は約1時間である。

「蒸気源」との組み合わせ試験で蒸気使用量と連続滅菌回数等のデータを取得した。

7. 飲料関連製品

7.1 PET ボトル異物検査システム

PET ボトル飲料製品の製造現場では、厳しい品質管理のもとで生産されているが、「食の安全」を守り、消費者の信頼を損なわないために、異物検査装置の導入が進められている。

当社の関連会社である高嶋技研（株）では、2005年に「PET ボトル異物検査システム」1号機を製作・納入して以来、現在までに5台を納入し、PET ボトル飲料製品の品質保証に貢献している。

以下に最新のシステムの概要を紹介する。

(1) システム概要

PET ボトル異物検査システム（以下検査システムという）は、沈殿異物の検出を目的とした底面検査装置と、浮遊・液面異物を検出することを目的とした側面検査装置、排出装置で構成されている。（図50参照）以下に概要と検出例を示す。

ア．底面検査装置

図51に示すように、グリップコンベヤでボトルを左右から確実に挟んで搬送する。フロアで検査に影響のある水滴等を除去し、下から1台もしくは2台1組の高解像度カメラでボトル底面を撮像する。

照明装置はメタルハライドランプ光源と4分岐ライトガイド（ファイバー）を使い、各撮像位置でボトル下部の側面4方向から照らし、底



図50 PETボトル異物検査システム

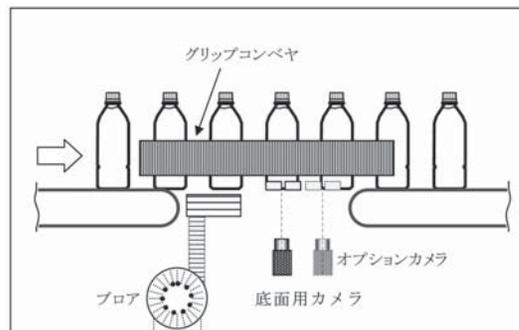


図51 底面検査のイメージ

面の画像を得ている。

図52に、底面検査での画像例を示す。

0.5mm および 0.8mm の黒色異物（試験用に高嶋技研で作成したもの）を確実に検出している。

イ．側面検査装置

図53に示すように、コンベヤ上を流れるボトルを2方向から撮像して検査する。各ステージともボトルサイズにもよるが、上下に分けて撮像するため、上下に2台ずつ最大8台のカメラで撮像する。

対象製品に最適な照明を選択し、透過検査方式を採用している。

図54に、側面検査画像例を示す。

ウ．検出方式

下記の検出方式を持ち、液種、容器種類等により最適な方式を選択できる。

① 2値化による検出

撮像したボトルの輝度としきい値により検出する方法。

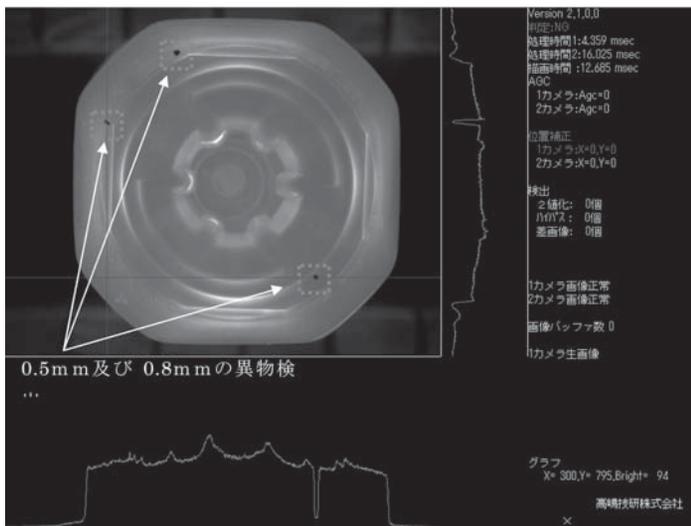


図52 底面検査画像例 ※異物は高嶋技研で作成

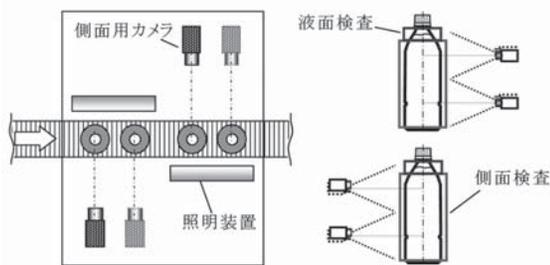


図53 側面検査のイメージ



図54 側面検査画像例

②微分 (HPF: High Pass Filter) による検出
輝度に変化している部分 (エッジ) を検出する方法。

③差画像による検出

移動した異物のみ検出する方法。

④ティーチングによる検出

事前に複数の良品サンプルを読み込んで良品データを作成し、良品には無いデータがあった場合に検出する方法。

(2) 特長

本検査システムの特長を以下に示す。

ア. 微小異物の検出

200万画素 (1600×1200) の高解像度カメラを使用しているため、500mL ボトルを 65 μ m の解像度で撮像し、0.2mm×0.2mm の黒色沈殿異物を安定して検出できる。

イ. 高速ラインに対応

高速画像処理技術により、1秒間に 13.3本 (800bpm bottle per minute) の検査ができる。

ウ. シンプルで安価な搬送方式

ストレートコンベヤとグリップコンベヤによる搬送であり、ロータリー方式を使用した搬送に比べシンプルで安価になっている。グリップ

コンベヤの幅調整もハンドル操作により簡単に行える。

エ. 精度が高い検出方式

複数の検出方式を採用し取得できるデータ量も多く、検出箇所、液種等の条件に合わせた最適な検出方式を選択または、組み合わせることにより精度の高い検出が可能になる。

オ. 標準的な検査部仕様を表8に示す。

紹介した検査システムは透明な液体を対象としたものであるが、今後不透明液など対象液種の拡大、更なる検査精度の向上、処理速度の向上等に取り組み、PET ボトル異物検査システムを進化させていきたいと考えている。

7.2 ラベル検査装置

飲料生産工場向けに高嶋技研（株）で2006年に開発した「実瓶外観検査装置」にはキャップ部の外観検査機能に加えて、図55のように直進するボトルのラベル部を4台のカラーカメラで同時に撮像し、一つの画像に結合してラベル全体を検査する画期的なラベル検査機能が組み込まれている。しかし、画像を結合した際に生ずる“ズレ”や“ゆがみ”の修正が不十分なため、高い検出能力を発揮できないという問題があった。

今回、問題となる“ズレ”や“ゆがみ”を修正する新しい方法を考案し、高い検査精度を持つ「新

ラベル検査装置」を開発した。以下にその概要を紹介する。

(1) 新方式

画像を結合するとき生ずる“ズレ”や“ゆがみ”に対して、「新ラベル検査装置」では以下の方式により補正を行った。

- ①検査対象ボトルの三次元座標の入力（図56）
- ②検査対象ボトル中心座標と4台のカメラ位置（投影面）座標の入力
- ③4台のカメラの撮像画像からのボトル位置ズレ座標の計測
- ④ボトルの三次元座標とボトル位置ズレ座標から、遠近投影法を用いたボトルラベル部の二次元座標への変換
- ⑤変換された二次元座標を使って撮像画像を補間

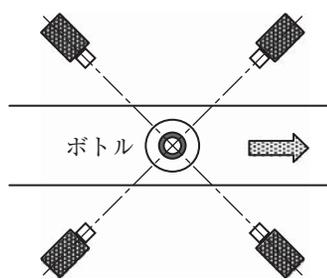


図55 カメラの配置

表8 検査部仕様

検査対象	200mL ~ 2L PET ボトル
ラインスピード	max 800 bpm = max65 m/分
検出項目	底面検査装置 TGV30-10B 0.2 × 0.2mm 以上の 黒色沈殿異物 側面検査装置 TGV30-10S 0.4 × 0.4mm 以上の 不透明浮遊異物 3 × 3mm 以上の 液面不透明浮遊異物 ※ 液面が見えること
電源	底面検査装置 AC200V（三相） 10A（検査部） 20A（機構部） 側面検査装置 AC200V（三相） 20A
装置寸法	底面検査装置 W2000×D1300×H2300（搬送ライン高さによる） 側面検査装置 W1100×D1300×H2300（搬送ライン高さによる）

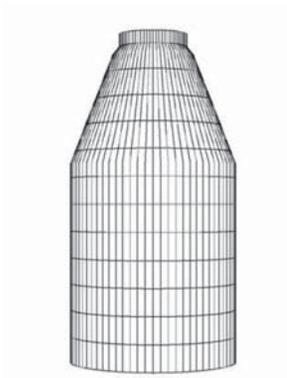


図56 対象ボトル三次元座標のワイヤースケール

以上の処理を行って得られたラベルの画像を図57(b)に示す。図57(a)は従来の方式による画像である。拡大した枠の部分は画像の結合部である。従来の方式では画像結合部の文字が潰

れているが、新方式では文字の潰れはなく良好な画像が得られている。

また、ラベル下端のラインも直線になっており、期待通りの結果を得ることができた。

(2) 装置概要

「新ラベル検査装置」の外観を図58に示す。処理装置などを含む制御部は装置下部に収納されている。

4台のカメラで撮像された各画像は、画像補正後に一つの画像に結合され、同じ向きになるように位置を補正し、パターンマッチングの方式を使ってNG箇所（欠陥箇所）を検出している。そのためボトルの向きに関係なく、どの場所においても同じ精度での検査が可能である。

図59(a)、(b)は作った欠陥サンプルのモニ



(a) 従来方式で結合された画像



(b) 新方式で結合された画像

図57 従来方式と新方式の結合画像



図58 新ラベル検査装置外観

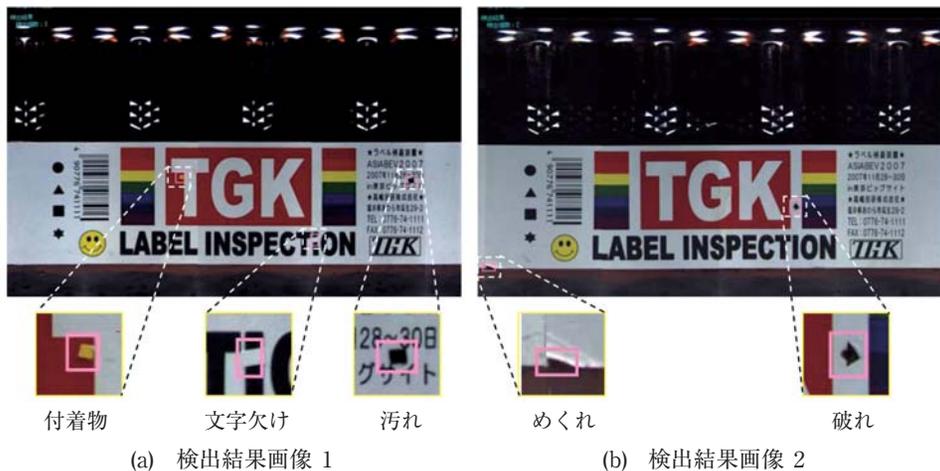


図59 検出結果画像

表9 装置仕様

項目	内容
検査対象	160mL～2L ガラス瓶・ボトル缶・飲料缶・PET ボトルなど
検査能力	Max 800bpm (= 75m/分)
検査項目・ 検出能力	(1) 異種ラベル (2) 上下ズレ 1mm 以上 (3) 破れ・めくれ 2mm ×2mm 以上 (4) 汚れ・異物 1.5mm ×1.5mm 以上
電源	AC100V 15A
装置寸法	W1000 × D1000 × H2000 (搬送ライン高さによる)

ター画像である。どちらのサンプルも NG 箇所を確実に検出している。

また、ラベルの上下ズレや斜め貼りも容易に検出できる。

表9に本装置の仕様を示す。

新方式を採用したラベル検査装置では、ボトルに貼られたラベルがあたかも平面に置いて撮像したような、極めて歪の少ない画像を得ることが可能になった。

しかし、横断面が正円であるボトルを対象として開発したため、横断面が正円でない場合には、得られた画像がどの位置・角度から撮像されたかの認識情報を得ることが難しく、画像を正確に補正することができない。今後この点を改善し、より一層の性能向上と様々な対象物へ

の応用に取り組み発展させていきたい。

8. まとめ

昨今、公共製品のずさんな点検に起因していると思われるエレベータや車輛事故、無差別テロ行為、そして環境汚染や地球温暖化に影響を与えるといわれる化石燃料の大量消費による二酸化炭素放出など、社会は多方面から安心・安全を脅かされているといっても過言ではない。

このような社会情勢の中では、社会や産業の安心・安全は、検査・計測技術の効果的な活用によって実現できるものであり、検査・計測技術はまさに社会が必要としている技術である。

しかし、このような多方面のリスクに対応できる技術は、多角的な幅広い技術力と経験の裏付が

必要である。当社は永年にわたる検査計測技術とこれら技術を総合的にシステム統合して目的とする機能を発揮させる技術（システムインテグレーション技術）を駆使して、ユニークな製品開発を展開し、社会・産業に提供していくことを使命と考え、安全チェック、予防保全のための計測装置、検査装置、性能試験装置、そして省エネルギー機器等々の製品を送り出してきた。

本章では、当社が提供している社会や産業の安心・安全に寄与する製品として、①性能向上のための評価技術を自動車に応用した製品、②画像処理技術や計測技術を応用した空港や港湾での貨物をチェックする検査装置、③精密機械技術とそのサーボ技術を応用してシステム化することにより、液晶業界の製品歩留まりに寄与する液晶基板検査関連装置、④原子力技術と計測技術を応用した原子力機器の安全点検に寄与する検査装置、そして④省エネ技術、測定技術、および自動化技術を応用した機器設備、等々を紹介した。

当社は今後も社会や産業に寄与する製品を提供し、社会に検査計測技術で貢献することに心掛け、製品展開を行っていく所存である。

文責

システム事業部 設計開発部 第一グループ
部長
技術士（機械部門 総合技術監理部門）
梶 克広
システム事業部 設計開発部 第二グループ
部長 藤川 宏
システム事業部 設計開発部 第一グループ
次長 穂積 清介
研究開発事業部 プラント技術部
プロセスグループ 次長 田原 賢一
高嶋技研株式会社 企画部部長 熊谷 敏博

参考文献

- 1) 村田谷、藤川、大野 “タイヤホイール変位計測装置”, IIC REVIEW/2004/4. No.31, p81 ~ p84
- 2) 菅井、齋藤、“ステアリング試験機”, IIC REVIEW/2006/4. No.35, p62 ~ p64
- 3) 菅井、広瀬、藤川 “ホイールライフテスター”, IIC REVIEW/2008/4. No.39, p63 ~ p67
- 4) 鎌上 “コンテナ用 X 線検査装置のデータ採取システム”, IIC REVIEW/2005/10. No.34, p46 ~ p48
- 5) 森田 “空港手荷物用 X 線検査装置 IXI100 シリーズ”, IIC REVIEW/2006/10. No.36, p59 ~ p62
- 6) 奥山、木村 “新型 X 線検査装置”, IIC REVIEW/2007/10. No.38, p69 ~ p76
- 7) 梶 “第 6 世代液晶基板用レーザカッター”, IIC REVIEW/2005/10. No.34, p61 ~ p64
- 8) 梶 “第 8 世代液晶基板用レーザカッター”, IIC REVIEW/2007/10. No.38, p63 ~ p68
- 9) 宇田川、小林 “原子力発電所 ISI 用新型配管検査装置の紹介”, IIC REVIEW/2007/4. No.37, p29 ~ p34
- 10) 原田 “オゾンによる微小漏れ検査技術”, IIC REVIEW/2003/10. No.30, p66 ~ p72
- 11) 桶谷、穂積 “オゾンリーク検査装置”, IIC REVIEW/2006/4. No.35, p59 ~ p69
- 12) 深沢、穂積 “メリーゴーランド式蛍光浸透探傷装置”, IIC REVIEW/2005/4. No.33, p78 ~ p84
- 13) 西垣内 “インライン型 PET ボトル異物検査装置”, IIC REVIEW/2007/4. No.37, p49 ~ p53
- 14) 前川 “ラベル外観検査装置”, IIC REVIEW/2008/4. No.39, p68 ~ p72