U.D.C. 621.798.147.08:53.082.5.084-52

空壜検査装置の開発

Development of Automatic Bottle Inspecter

水野美之介* *Minosuke Mizuno*
富田義昭** *Yoshiaki Tomita*
佐藤宣郎*** *Nobuo Satô*
美馬義紀**** *Yoshiki Mima*
平石　了***** *Satoru Hiraishi*
原　靖彦****** *Yasuhiko Hara*

サッポロビール株式会社は，日立グループと相互に協力してビール壜詰ラインでの空壜検査装置を開発した。本装置はガラス壜の様々な欠陥を検出するもので，これに使用されるセンサへの要求性能も種々ある。例えば，欠陥から発生する散乱光を効率よく集光するとか，壜特有の梨地模様と欠陥とを識別することが要求されている。これらの要求を満足させるものとして，壜の口部及び胴・肩部には長円集光方式を，底部にはカメラ撮像方式を採用して全面検査装置を指向した。この試作検査装置をサッポロビール株式会社恵比寿工場に設置して稼動試験を行なった結果，良好な成績を挙げることができたので，更に改良を加えて，実用装置を製作しサッポロビール株式会社名古屋工場に設置の上，実動試験を行なっている。既に，1年近く稼動しているが，事故もなく，性能も所期の開発目標を満足する結果を得ている。なお本検査装置は，ビール以外の飲料用壜にも適用することができる。

1 緒　言

ビールを含め多くの清涼飲料業界では，ガラス壜を回収し再使用している。これは省資源，省エネルギー及び廃棄物対策の面から好ましい。回収された空壜は，十分に洗浄され，欠けきずなどをもった欠陥壜を除去する検査を経た後，中味が充塡される。現在，欠陥壜の検査は，目視によって行なわれているが，目前を多数通過するほとんどの良壜の中から，ごくまれに混入している欠陥壜を検出し除去するという，厳しい神経労働であり，かつ極めて単調な繰返し作業であって，疲労による見逃しも全くないとは言えない[1),2)]。このため，検壜には製造ラインに二人によるあるいは2回繰返しによる検査を実施するなど冗長性をもたせることになり，その結果，検壜作業員は膨大な員数となり，大きな負担となっている。当然，これに替わるべき検査装置が種々開発され，使用もされてきてはいるが，そのほとんどが，壜の底しか検査できない局部検査装置である。また，その性能も満足できるものではなく，省力効果を挙げていないのが現状である。したがって，より高い性能の全面検査装置に対するニーズは，非常に大きい。以上述べたような背景から，サッポロビール株式会社は，日立グループと相互に協力し，能力400本/分の空壜検査装置を開発した。本装置の外観を**図1**に示す。本稿はその概要について述べたものである。

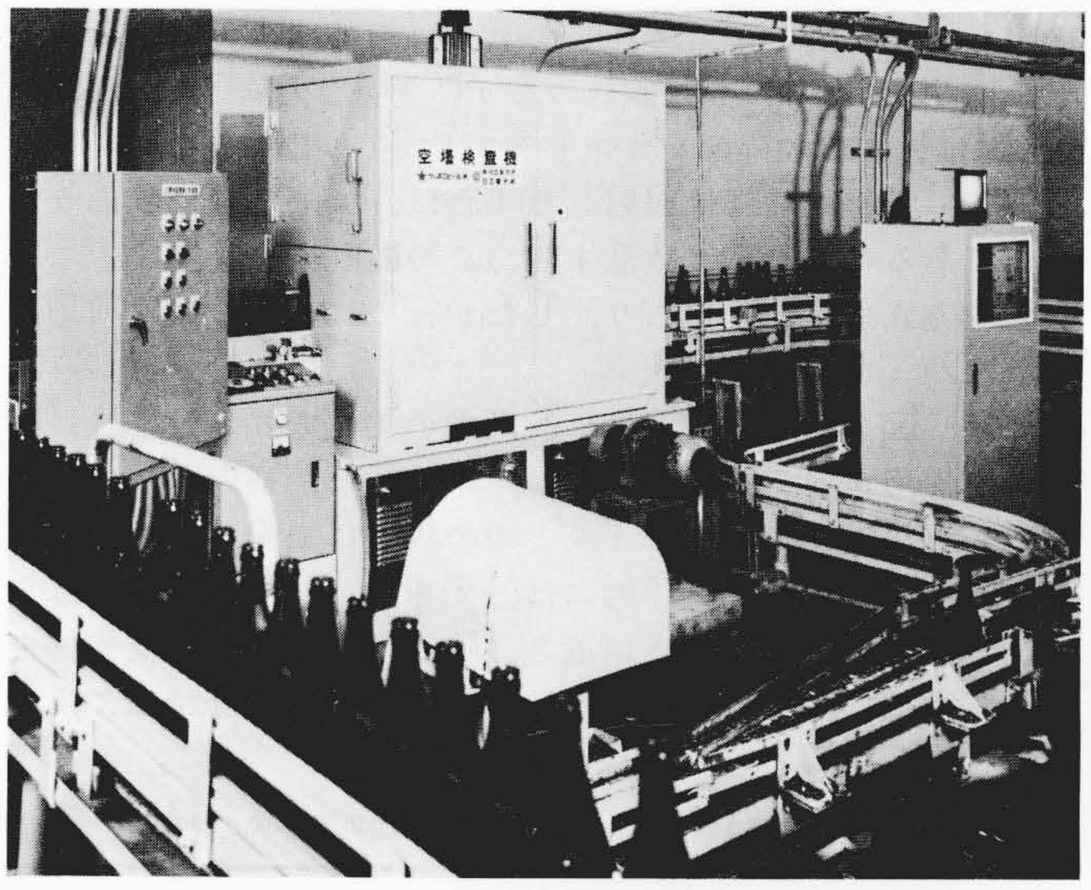

図1　空壜検査装置写真　空壜検査装置の外観を示す。

2 空壜検査方式

(1) 検査対象

検査で検出しなければならない欠陥には，欠けきず，ひび割れ，すれきず，ガラス中の石，王冠に由来する錆，汚れ，異物などがあり，その存在する箇所は，壜全部位にわたるが特に口部と底部に多い。試作装置の段階では，この口部，底部に併せて，胴・肩部の検査装置をも設け，試験を行なったが，欠陥の発生頻度，経済性，後工程での目視検査でのバックアップなどを総合的に検討した結果，実用装置の検査対象として次のように決めた。

(a) 口部：欠け，ひび割れ，ガラス中の石，口部の錆，汚れ

(b) 底部：ひび割れ，ガラス中の石や泡，汚れ，異物

(c) 裾部：欠け，ひび割れ

以上の欠陥に対する定量的検査基準は，製品の品質上，品位，安全性の面から検討し設定した。

(2) 欠陥検出方式

従来の欠陥検出方式では，光源から口部に光を照射したとき，きずのために発生する不特定方向への散乱光を受光器に集光する工夫が十分でなかったので，欠陥発生頻度の高い口部の検査が困難であった。そこで口部検査に適用できる方式として，本検査装置の特徴である長円球鏡集光方式を開発した。この方式は，従来検出が困難であったガラスの欠け，ひび割れなどの欠陥を有効に検出するものである。そのための検出方式として，光を口部に照射し，散乱光を検出する方式を採用した。これを採用した理由は次のようである。一般にガラ

* サッポロビール株式会社工作部　** サッポロビール株式会社中央研究所　*** 日立製作所システム事業部(兼)光技術開発推進本部
**** 日立電子株式会社小金井工場　***** 日立電子株式会社　****** 日立製作所生産技術研究所

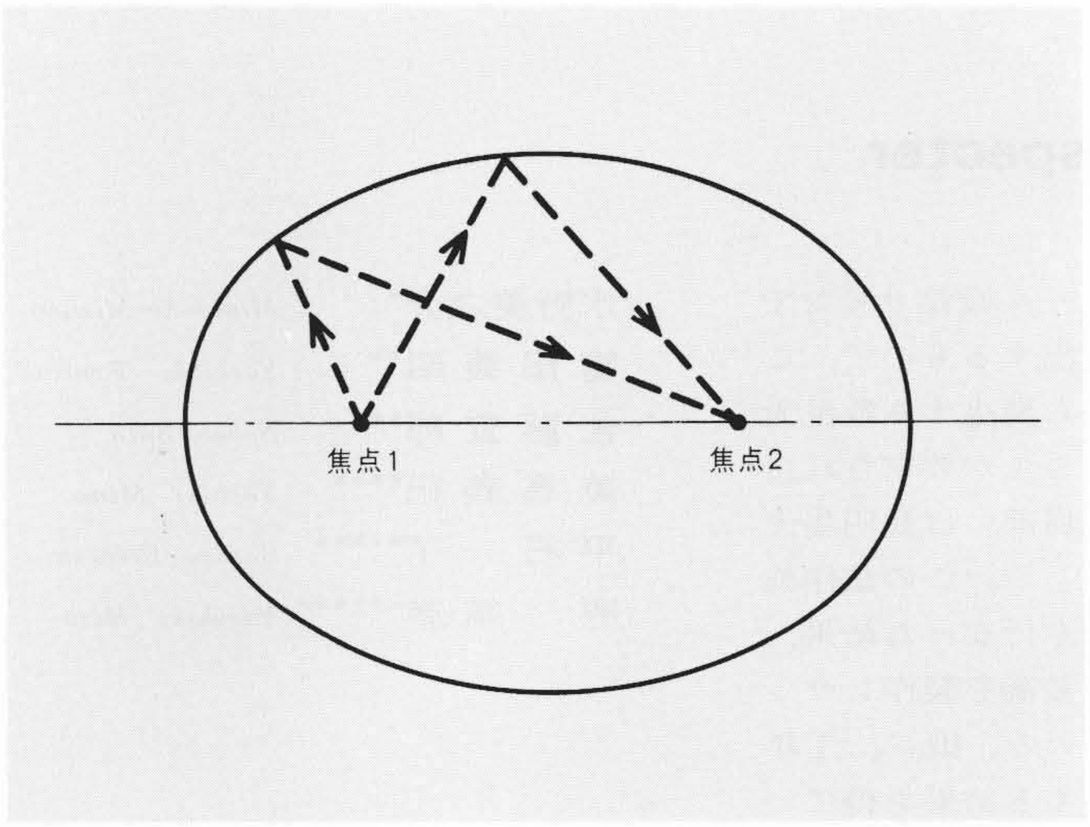

図2 長円集光の原理 焦点1からの散乱光を，焦点2で集光する原理を示している。

スを透過照明し，テレビジョンカメラなどの検出器で欠陥を検出しようとすると,「汚れ」のように不透明の欠陥はよく検出できるが，欠け，ひび割れのように透明な欠陥は，欠陥部の角度によっては欠陥部がコントラストよく検出できない。しかし一方，光を欠陥部に照射した場合は，欠陥部の形状はランダムであるので，光は散乱する。この散乱光を集光することが従来方式では困難であり，したがって高性能な欠陥検出ができなかった。

今回，**図2**に示すように，散乱光の集光方式として，長円球鏡を使用する方式を開発した。本方式は，長円のひとつの焦点から出た光が他のもうひとつの焦点に集光する性質を利用したものである。具体的には，光を口部に照射し，口部を長円球鏡のひとつの焦点に置き，他方の焦点位置に受光器を置く。口部に欠陥があると，散乱した光は長円球鏡面で反射すると，必ずもうひとつの焦点の位置にある受光器に集光し，欠陥の有無を判定する。本方式によって，ほとんどあらゆる方向へ散乱された光の集光検出が可能であり，初めて，ひび割れ，欠けなどを有効に検出する方式を確立できた。なお，長円球鏡の応用例としては電線検査[3]に使用した例があるが，ガラスを対象にしたものは本例が最初である。

底部に対しては，口部ほど，ひび割れ，欠けなどの欠陥はそれほど問題にならず，テレビジョンカメラによる検査方式を採用した。この方式は欠陥を映像としてとらえ，欠陥を判別しようとするものである。壜底部にある梨地模様を欠陥と判定しないように底部を水で満たすなど(後述)，特徴のある方式を開発した。

以上両者の方式の詳細を既存方式と対比すると**表1**のとおりで，同表からも明らかなように，長円集光方式にカメラ撮像方式を加えることによって，口，胴，底各部のいずれの欠陥にも適用できる検査方式を確立した。

3 空壜検査装置の概要

(1) 検査装置の構造

検査装置は六つの検査ヘッドを装備したロータリ式の機械である。壜コンベヤで搬送されてきた壜を，給壜スターホイルでこのロータリ検査部に導入し，検査後，真空吸着式リジェクト装置をもつ排壜スターホイルで良壜，不良壜に振分け排出する(**図3**)。なお検査装置の設計能力は，400本/分になっている。

(2) 口部検査

口部検査は，口部錆の検出部と口部の欠陥検出部とから成る。口部錆は重大欠陥ではないので，これの検出は反射光をホトダイオードで受光する方式をとった(**図4**)。口部欠陥検査は，ホトダイオード光を壜の口部に投射し，欠陥が存在したときに散乱する光を，前述したように長円球鏡で反射させ受光センサに集光する。ほかに，散光せずに透過する光の明暗変化をセンサで直接受光し，汚れの検出手段として併用し

表1 検査方式の比較 新しく開発した長円集光方式と従来のカメラ撮像方式とを組み合わせた新検査方式を開発した。その適用は◎印で示している。

方式		従来方式				新方式
		ラインセンサ・回転プリズム組合せ方式	センタ挿入方式	フライングスポット方式	カメラ撮像方式	長円集光方式
装置概要	光源	白熱灯	1.白熱灯 2.偏光	1.レーザ 2.発光ダイオード	1.白熱灯 2.ストロボ	1.レーザ 2.発光ダイオード
	光学系	レンズ 回転プリズム	レンズ	振動鏡 オプチカルファイバ 2.の場合コリメータ	レンズ	長円球鏡 2.の場合コリメータ
	検出	ホトダイオードの直線配置	ホトダイオードの上下移動	ホトマルチプライアホトダイオード	1.CCD 2.撮像カメラ	ホトダイオード
適用部位	口	×	○	×	△	◎
	肩・胴	×	○	○	○	◎
	底	○	○	○	◎	×
性能評価		●梨地部分の検出能が低い。 ●検出分解能が低い。	●高速処理に問題あり。	●機構上適用範囲が狭い。 ●高速処理に問題あり。	●検出分解能が良い。	●欠陥の検出能力が高い。
問題点		●調整が困難である。	●衛生上問題がある。 ●可動部があるため，保守性が悪い。 ●壜との衝突があり事故が多い。	●可動部があるため，装置の保守性が悪い。	——	●機構上集光範囲が制限される。

注：略語説明 CCD(Charge Coupled Device)

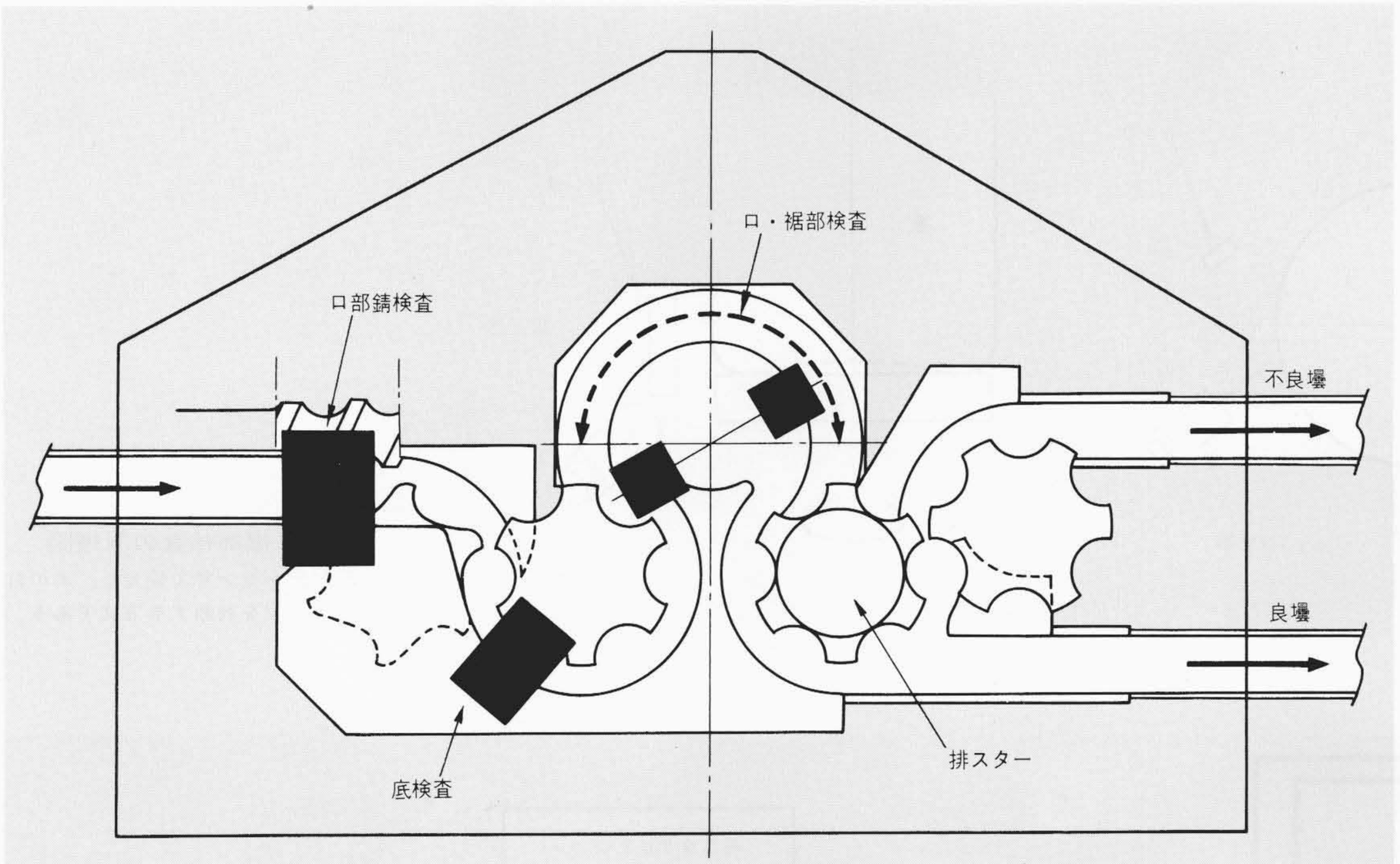

図3　空壜検査装置の平面図　　口部錆，口・底部検査の配置を示している。

ている(**図5**)。

(3)　底部検査

底部検査は，裾の欠けやひび割れの検出に当たる裾検査と底平面部を検査する底検査とから成る。裾の欠けやひび割れの検出は反射光をセンサで受光し，その乱れの状況を判断する方式である(**図6**)。底検査は，壜の到達時に発光するストロボ照明による壜底の光学像を，テレビジョンカメラで撮像し，カメラの出力信号を処理して汚れ検知を行なう。なお，壜底にある梨地模様が，映像として写ると，汚れとしての信号が出るので，水を壜底のへこみに噴き出させて消すように工夫されている(**図7**)。

(4)　信号処理

各センサからの出力信号は，それぞれプリアンプで増幅後，

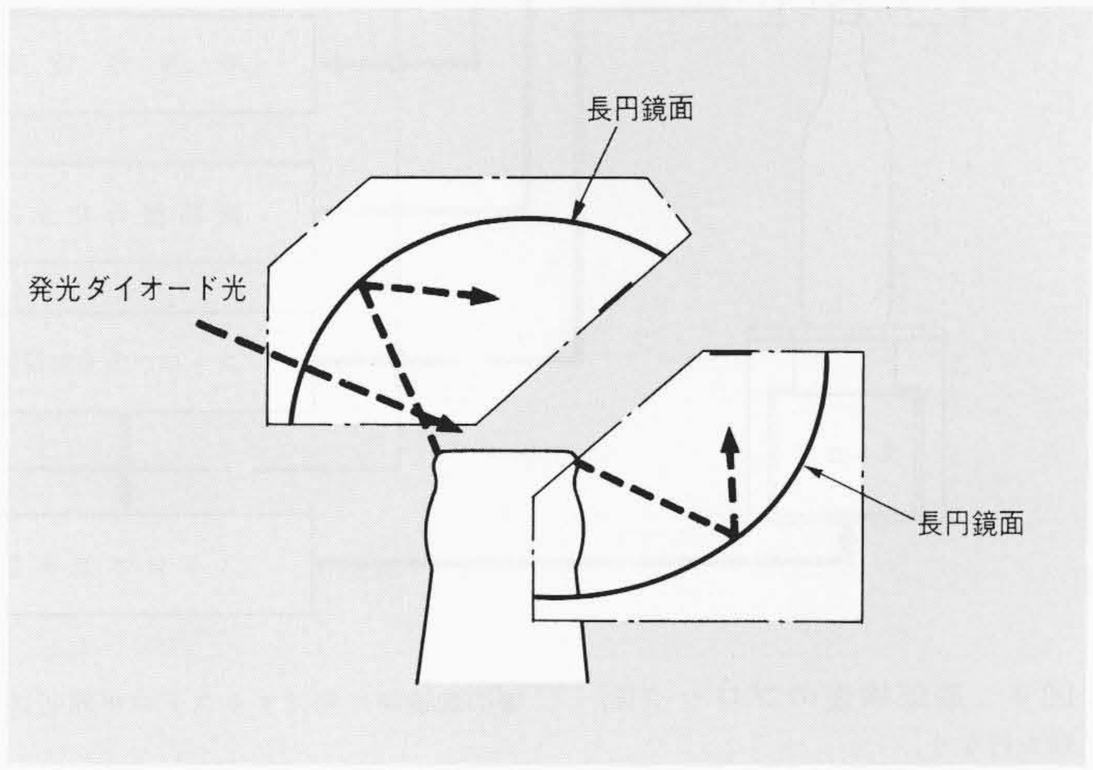

図5　口部検査の原理図　　長円鏡面の焦点の位置に存在する口部欠陥に光が当たると光は散乱し，長円鏡面の他の焦点にある受光器に集光されることを示している。

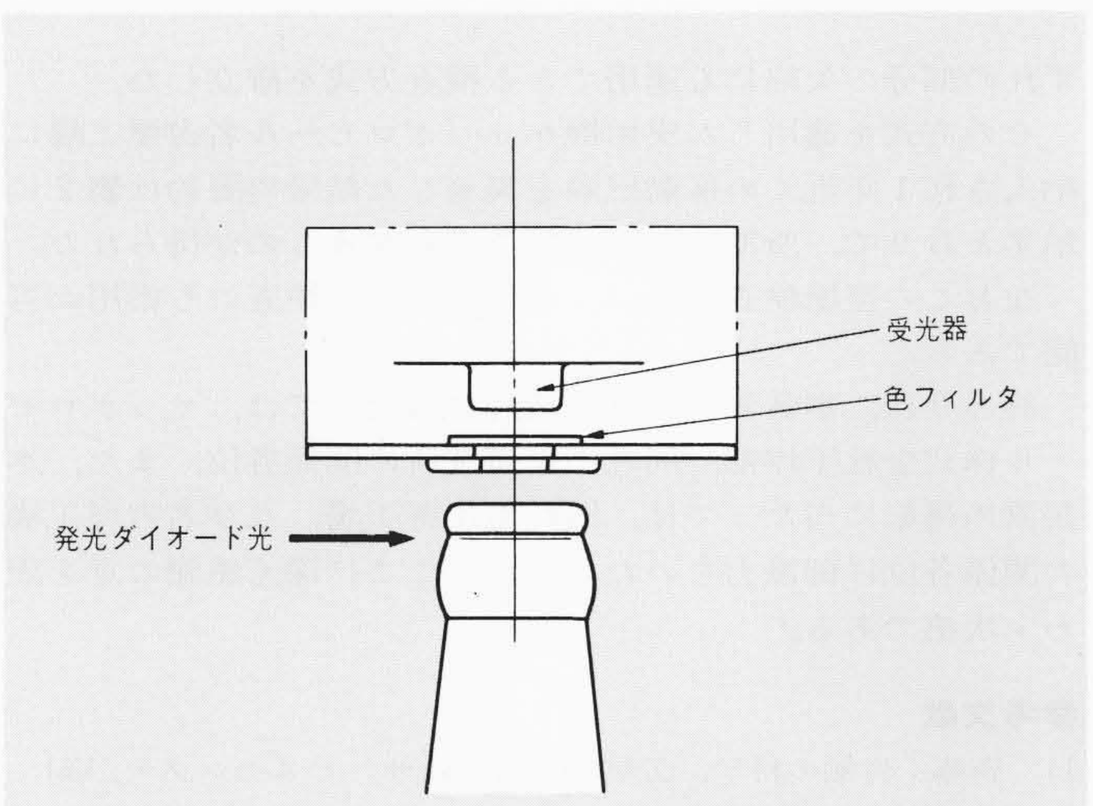

図4　口部錆検査原理図　　口部錆がある場所に光を当てると，その光が上部に反射することを利用した原理図である。

フィルタ回路でノイズを除去し欠陥信号を抽出する比較判別回路に送る。この回路での欠陥信号抽出法として，フローティング2値化法を採用した。フローティング2値化法とは，出力信号から遅延信号を作りこの信号に任意のバイアスをかけて設定レベルとし，出力信号と比較する。出力信号がこの設定レベルを上回る場合は欠陥信号を出す。

検査開始制御は，近接スイッチを使って各検査ヘッドに順次検査スタート及びエンド信号を送り，検査時間を決めている。

この間に抽出した欠陥信号だけ，壜が排スターに抱着の際，壜除去信号(リジェクト信号)として転送され，不良壜を除去する。

4　結　　言

欠陥検出方式として新しく開発した，長円集光方式に従来のカメラ撮像方式を組み合わせることにより，口，胴，底い

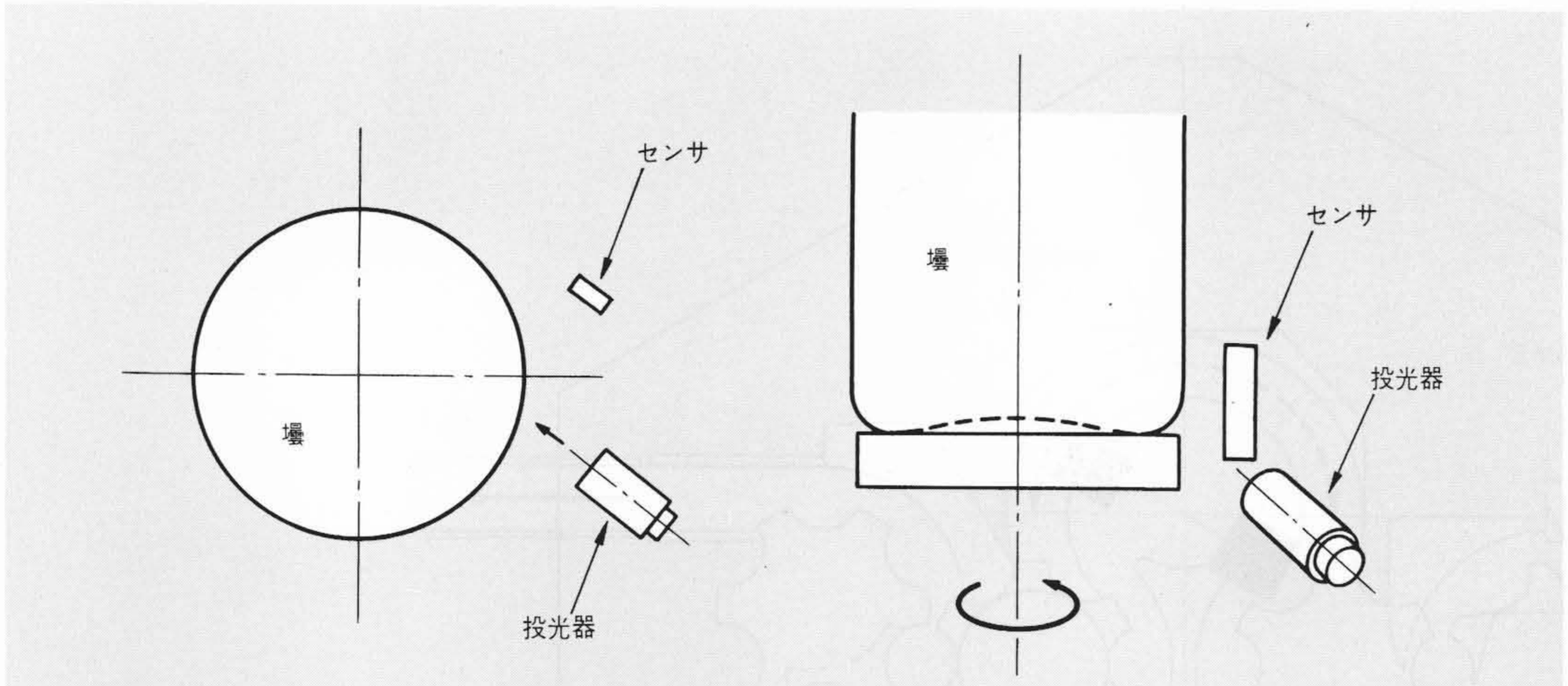

図6 裾部検査の原理図
反射光をセンサで受光し，その乱れの状況を判断する方式である。

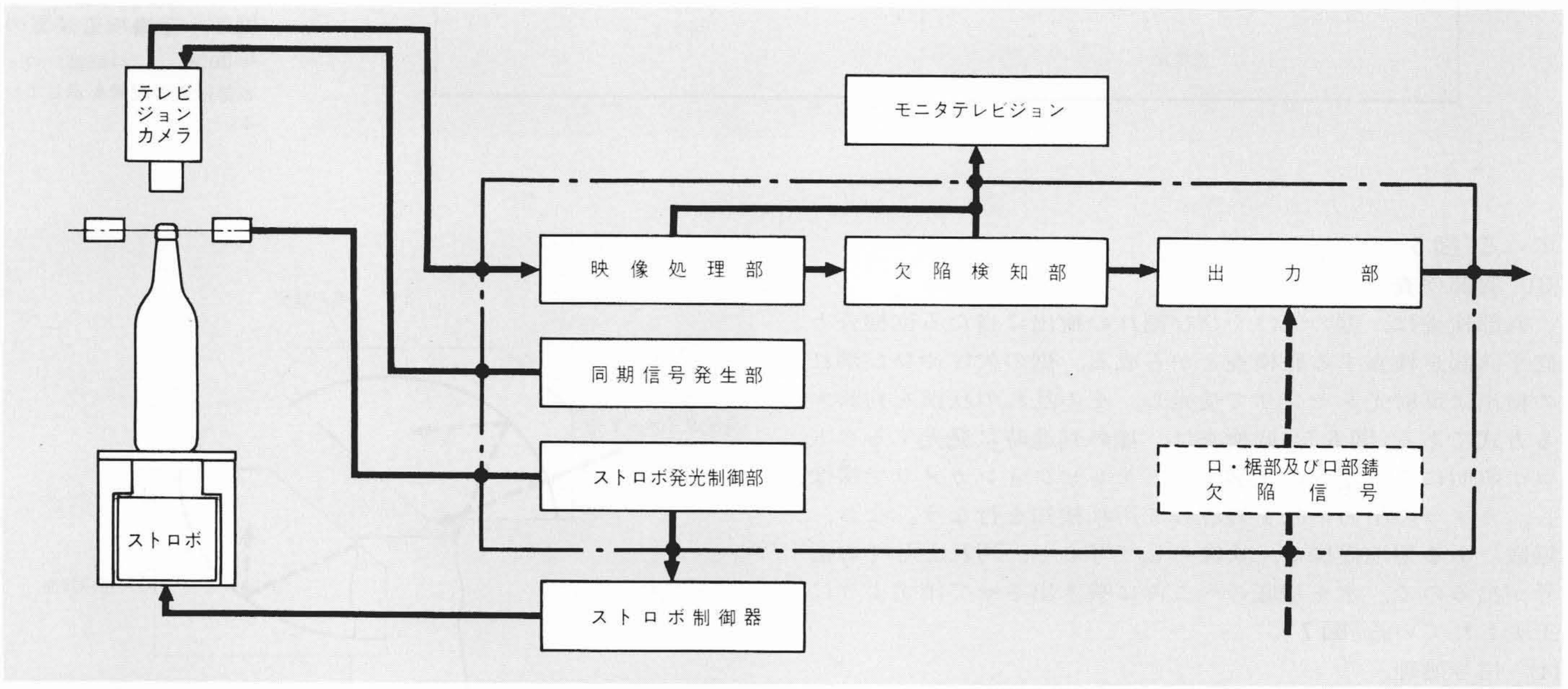

図7 底部検査のブロック図
壜の到達時に発光するストロボ照明による壜底部の光学像を，テレビジョンカメラで撮像し，その出力信号を処理し汚れ検知を行なう。

表2 試験成績表
口部，底部検出率の稼動データを示している。

欠陥の種類	項目		検出率 (%)	ミスリジェクト率*(%)
口部検査	欠けきず	大	90	0.3
		中	90	
		小	86	
	ひび割れ		70	
	口部錆		60	
底部検査	内汚れ		90	0.2
	外汚れ		100	
	異物		100	
	ガラス中の石・泡		98	
	欠けきず		85	

注：* ミスリジェクト率とは，除去しなくともよい小さな欠陥を除去すべきと判別し，除去してしまうものの割合である。

ずれの部分の欠陥にも適用できる検査方式を確立した。

その方式を適用した実用機がサッポロビール名古屋工場に納入され1年近くの稼動試験を実施した結果の要約は**表2**に示すとおりで，所期の開発目標を満足するものが得られた。

なおこの空壜検査装置は，各種飲料用壜検査にも応用が可能である。

終わりに，本装置の開発・設計に当たっては，サッポロビール株式会社工作部，同社中央研究所の関係各位，また，本装置の運転に当たっては，同社恵比寿工場，及び名古屋工場の関係各位に御協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表わす次第である。

参考文献

1) 斉藤：労働の科学，労働科学研究所サービスセンター，Vol. 26，No. 3，p 28～33（1971-3）
2) 斉藤：労働の科学，労働科学研究所サービスセンター，Vol. 48，No. 6，p 337～350（1972-6）
3) 秋山，外：第16回計測自動制御学会講演会予稿集，No. 2701（昭52-8）