

## 高粘度・固形入りスープ缶飲料対応 インライン缶内圧検査機の開発

### 1. はじめに

「コーンポタージュ」や「おしるこ」など秋冬が訪れるにつれて需要が高まるホット飲料は近年様々な商品が発売されるようになり、その中でもスープ缶飲料は多くの消費者に支持され定着している。消費者からはスープ缶飲料の具の食感やコクや旨みのあるスープを手軽に楽しむことができるため、その利便性により好評を得ている。

一方、食の安全・安心について消費者の関心が一層高まってきている状況のなか、各飲料充填メーカーでは高品質で安全な商品を消費者へ提供するため、食品材料の安全性や衛生面の検査、製造工程の製品検査などに十分配慮し製造を行っている。

しかし、大量生産時には稀に不良品が発生することもある。缶飲料は充填後に気密状態に密封されるが、例えば、製造工程において充填巻き締め時に巻き締め不良が発生すると缶体内部への外気の吸い込み、あるいはレトルト殺菌時でのレトルト水の吸い込みなどが発生し缶内圧に変化が生じる。いずれの場合も内容物が変敗するなど事故が発生する危険性がある。

各飲料充填メーカーでは内容物を充填密封し、レトルト殺菌した後の缶飲料の内圧を検査し、内圧不良品をラインから排除している。この内圧検査方法として、缶飲料の缶蓋に電磁波による打撃力を与えて缶蓋に振動を生じさせ、その振動音を解析して、内圧、すなわち気密状態を検査する打検機（缶内圧検査機）がある。

最近の缶飲料は様々なバリエーションがあり、冒頭にも述べた通り、高粘度・固形入りの内容物、例えばコーンポタージュのように粘度が高く大きな粒が多く入った缶飲料は打検機による検査が難しいことが知られている。その理由は内圧検査時

に電磁波による打撃力を付与される缶蓋の内面に内容物が付着する場合があります、しかもその量や位置が一定しないからである。そのために打検によって生じる音の周波数やその分布が内容物の付着具合によって異なってしまい、内圧が正常であるにもかかわらず不良の判定をしてしまう、あるいは不良にもかかわらず正常と判定してしまう不都合が生じている。このため打検のような音に代わる検査方法の開発が求められている。

このような問題を解決するため大和製罐(株)ではレーザーによる距離測定技術に着目し、缶内圧検査に応用する技術を開発した。ここでは、レーザー変位センサーを用いた高粘度・固形入りスープ缶飲料のインライン缶内圧検査機について紹介する。

### 2. 従来の検査方式について

前述の通り、打検は缶詰の底部または蓋部<sup>なた</sup>に叩いて発した音の周波数から缶内圧異常を検知する検査方法である。その実施方法は、かつては打検棒で缶蓋を叩き、その音を耳で聞いて判定する方法も用いられていたが、現在では、コイルが埋め込まれた打缶ヘッドより缶蓋に電磁パルスを発信し缶蓋を振動させ、その振動音を音響センサーで検出し周波数解析することで缶内圧を判別するシステムになっている。

内容物がコーヒーなど低粘度で固形分を含まない缶飲料の場合は打検による検査方式で問題なく検査ができる。しかし、高粘度・固形入りの内容物、例えばコーンポタージュのようなスープ系の缶飲料の場合、缶底に粘性のある液体やコーンの粒が付着したままインライン打検機を通過することがあるため打検音が変化してしまい正確な缶内圧の検査ができない。

このため各飲料充填メーカーではレトルト殺菌

装置より排出された缶飲料がインライン打検機までに到達するまでのコンベヤーを長くとり、コンベヤー上を逆置で搬送しながら時間を稼ぐことで底蓋に付着した内容物を落として打検機を通すなど対策をとっているが、誤認識が多い、内容物によっては底蓋への付着が解消せず打検による検査ができないなど問題点を抱えているのが現状である。

また、別の検査方式として渦電流式変位センサーを用いた方法がある。検査方法は、缶における缶蓋の中心部分の凹み程度を測定し、その凹み部分の変形量を算出することで、その変形量と基準値を比較して缶内圧を判別する方式である。この検査方式は、缶飲料の缶蓋の形状の変化により缶内圧を判別するため、内容物の粘度や固形分の有無の影響を殆ど受けずに検査することができる。

しかし、渦電流変位センサーは測定対象物にセンサーヘッド径の約1.5～2倍の面積を必要とし、その面積の平均値を変位として測定する特徴がある。このため測定対象物の面積が小さい場合や曲面の場合は測定精度が下がってしまう傾向にあり、缶内圧により変化する缶蓋の微小な変形具合を測定する測定器としては不向きである。

### 3. レーザー変位センサーを用いた缶内圧検査機の概要

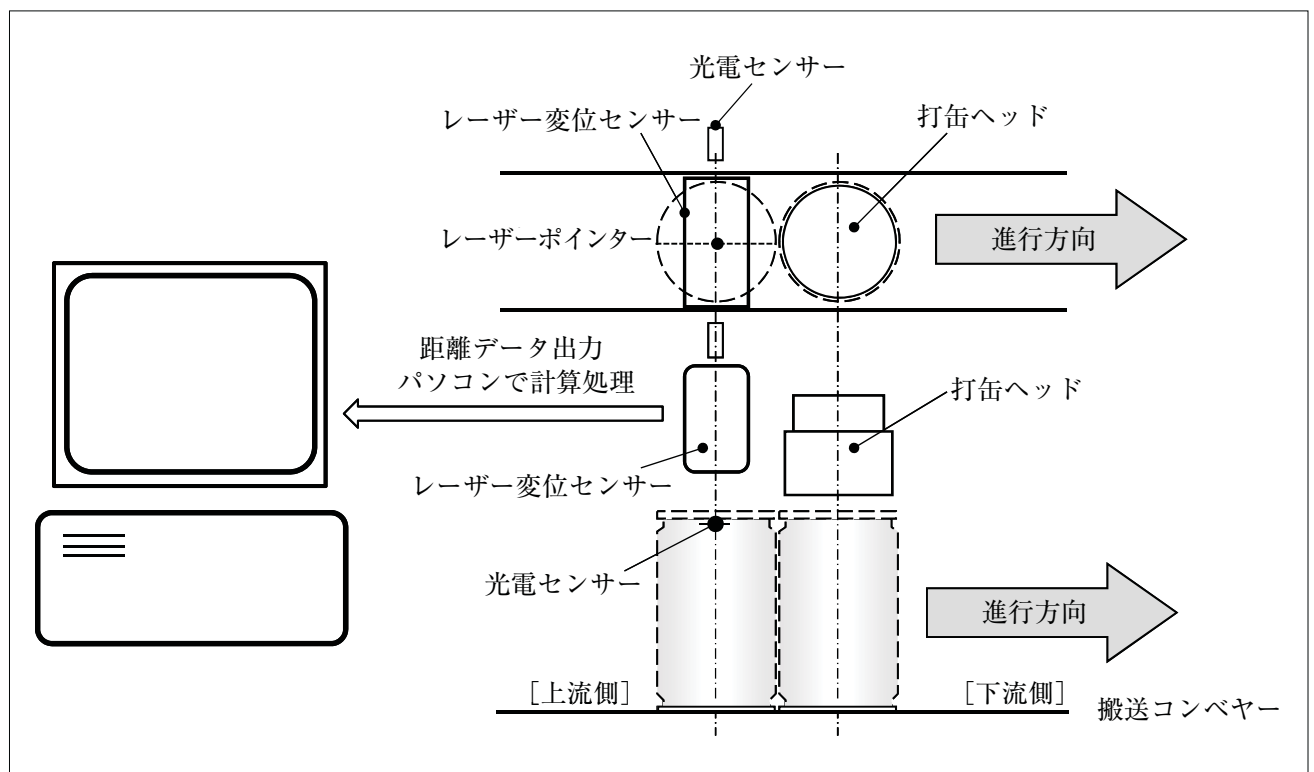
前項で述べたように、高粘度・固形入り缶飲料の内圧検査には打検や渦電流変位センサーによる検査では問題点も多い。これらの問題を解決するためレーザー変位センサーを用いた検査方法を開発した。

レーザー変位センサーはレーザー光の径が非常に小さいため缶蓋の巻締部や缶底の曲面を描いた形状の正確な測定に適している。本検査機には、光源がスポットタイプの赤色半導体レーザー（スポット径 $\phi 30\mu\text{m}$ ）、サンプリング周期は $50\mu\text{s}$ 以下の性能を満たすセンサーを採用している。

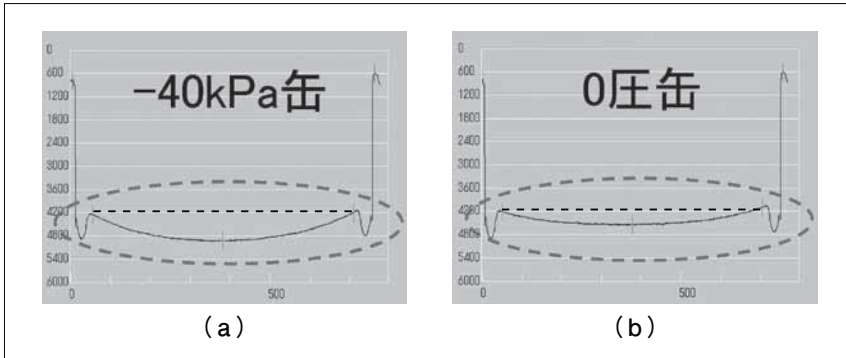
本検査機はインラインで缶内圧を検査する装置であり、従来のインライン打検機の打検機能に加えレーザー変位センサーを追加搭載したものである。このため打検機能はそのまま使用することができ、製造する内容物に適した検査方式を選択することが可能である。

### 4. 装置構成

第1図に本検査機の構成図を示す。検査部分にはレーザー変位センサーと打缶ヘッドが配置され



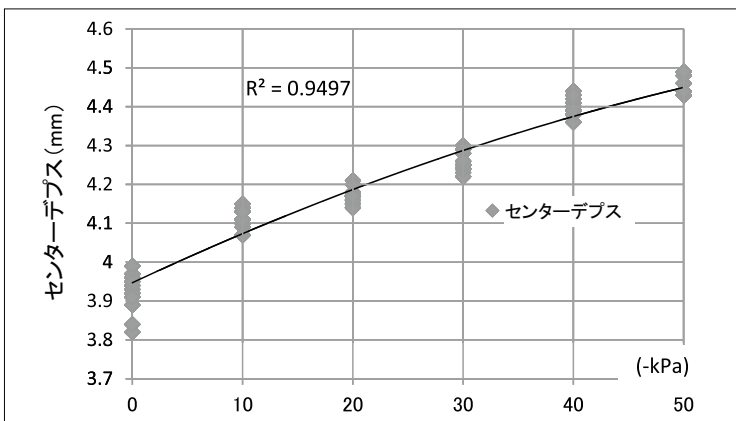
第1図 装置構成



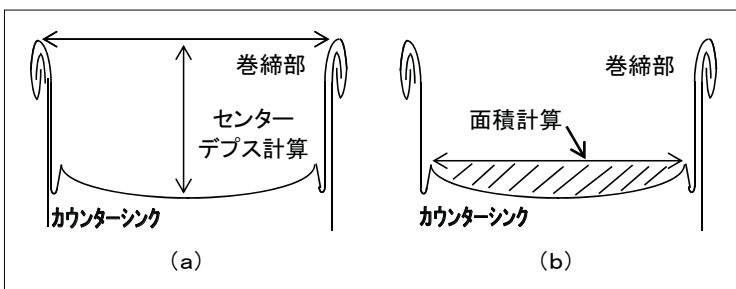
第2図 缶蓋形状データ

る。レーザー変位センサーはそのレーザー光が缶蓋の中心部分を照射するように配置される。1列のコンベヤーで搬送される缶飲料はレーザー変位センサーの下方を通過する。コンベヤー上には缶通過時に遮光するよう光電センサーが配置されている。レーザー変位センサーはこの光電センサーの信号で測定を開始し、缶の進行方向での前端側の巻締部から後端側の巻締部までの缶蓋の形状を距離データとして測定する。測定した距離データはパソコンに出力される。打缶ヘッドは音打検で使用するもので、従来通りの性能を備える。

パソコンでは取り込まれた距離データを基に底



第3図 缶内圧とセンターデプス（実測値）の相関図



第4図 缶内圧計算方法

蓋形状を計算し、さらにその形状をディスプレイに表示する。

第2図はパソコンに取り込まれた距離データを基に缶蓋形状を表示したものである。レーザー変位センサーは缶通過時に多数のポイントの距離データを計測しているため図のような形状表現が可能となる。表示部分は逆置の缶の底蓋部分であり、缶蓋の巻締部、カウンターシンク、底蓋形状が表現できていることが分かる。

第2図(a)は内圧が-40kPaの缶を測定した時の底蓋の形状データで、第2図(b)は0kPaの缶を測定した時の底蓋の形状データである。二つの形状データを比較すると底蓋の凹みの程度が異なることが確認できる。これより缶内圧により変化する微小な底蓋の凹みを測定できていることが分かる。

### 5. 缶内圧とセンターデプスの相関特性

第3図に缶内圧とセンターデプス（実測値）との相関図を示す。測定には、0kPa、-10kPa、-20kPa、-30kPa、-40kPa、-50kPaの内圧に合わせたWORC缶（広口リシール缶）を各内圧で複数缶準備し、それぞれのセンターデプスを測定する。図からも分かるように缶内圧とセンターデプスには相関関係が得られる。すなわちセンターデプスを測定することで缶内圧を判別できることが分かる。0kPaと-50kPaとのセンターデプスの差は約0.5mmである。この微小な変化をレーザー変位センサーで読み取ることによって検査機への応用が可能となる。

### 6. 缶内圧計算方法

レーザー変位センサーを用いコンベヤー上を移動する缶のセンターデプスを算出する方法として第4図(a)に示すように巻締部までの距離2点の平均値と缶底中心部までの距離の差を計算する方法が考えられる。この計算方法は缶底の凹み部1点の深さを計算したものである。原理的には巻締部2点と缶底中心部1点を同時に安定した検出

ができれば検査は可能であるが、実際はこの3点の測定には時間差がある。コンベヤー上の缶はコンベヤーの振動などが原因で振動したり一瞬傾いたりすることが考えられ、測定中に缶がこのような挙動を示すとそれが計算ポイント3点の近くであれば直接測定値に影響を及ぼしてしまうため正確な検査ができない可能性がある。

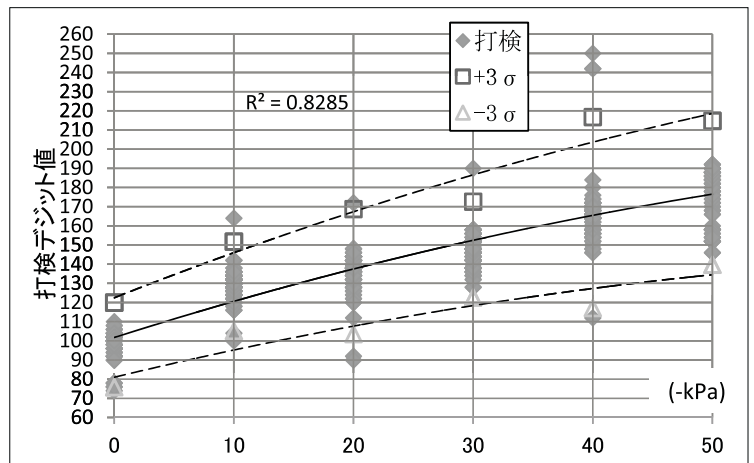
そこで本検査機は底蓋の凹みの断面積を計算し缶内圧を判別する検査方式を採用している。第2図で示したように本検査機は距離データを底蓋の形状データとして表現することができる。第4図(b)は缶底凹みの断面積の計算部分を示した図である。レーザー変位センサーはコンベヤー上を通過する缶の底蓋までの距離データを多数測定している。そして(b)斜線部分の相対変位量を演算し、その演算値を積算し面積として計算している。このため測定中の缶が振動により一瞬傾き距離データに誤差が発生しても多数の距離データを測定し変位量を積算しているため測定誤差を少なくすることができ正確な缶内圧を判別することが可能となる。

### 7. 検査装置の評価

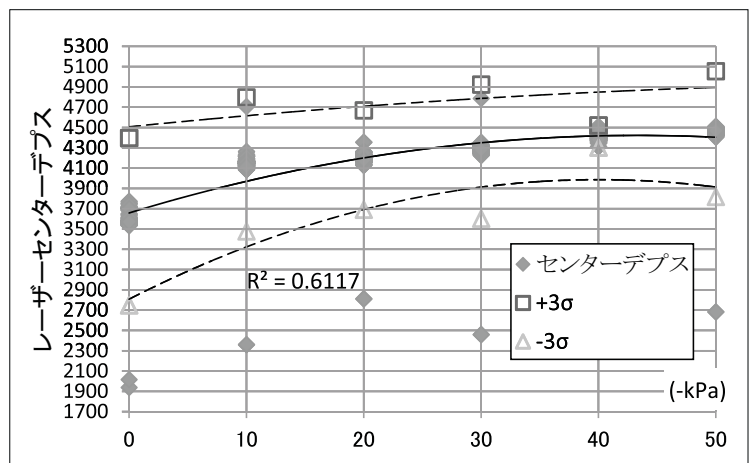
本検査機を評価するため、缶内圧が0 kPa, -10 kPa, -20 kPa, -30 kPa, -40 kPa, -50 kPaの内圧ごとに調整したサンプル缶(缶型: WORC, 内容物: 固形入り高粘度スープ)を複数缶準備した。これらのサンプル缶を速度80m/minで移動するコンベヤーで搬送し、打検機によるデジット値とレーザー変位センサーによる缶底のセンターデプスと缶底の凹みの断面積の計算値を比較するテストを行った。

第5図～第7図は実験結果であるが、同一の缶が打缶ヘッド、レーザー変位センサーを通過する時に、打検とセンターデプス・面積を同時に算出し記録した結果である。レーザー変位センサー側ではセンターデプスと面積を両方計算し出力できるようにした。

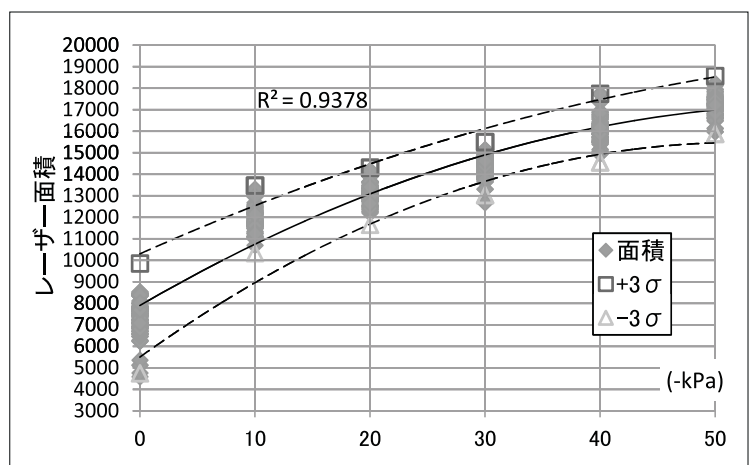
第5図は打検機によるデジット値と各缶内圧との相関図を示したものである。全体的に各缶内圧での $\pm 3\sigma$ の分布の幅が大きく、製品内圧が-30~-40kPaの場合デジット値で0 kPaの分布と重なる部分があり区別ができない。デジット値のバ



第5図 缶内圧と打検デジット値の相関図



第6図 缶内圧とセンターデプスの相関図



第7図 缶内圧と面積の相関図

ラツキは缶底への内容物付着が原因であるが、このような分布では良品と不良品との判別が難しいため、正確な缶内圧の検査ができないことが分かる。

第6図はセンターデプスを計算した実験結果である。全体的に $\pm 3\sigma$ の分布より大きく外れているデータが見受けられる。これはコンベヤー上での缶の振動や一瞬の傾きが原因だと考えられ、これも正確な缶内圧検査ができない。

一方、第7図は面積を計算した実験結果である。各缶内圧での $\pm 3\sigma$ の分布の幅が小さく、缶内圧と面積に強い相関関係が得られることが確認できる。同時に計算したセンターデプスの結果と比較しても、センターデプスでは $\pm 3\sigma$ の分布より大きく外れているデータが面積では吸収され大きなズレにならないことが確認できる。また確率分布である「R2」(EXCELで計算)で比較しても面積が最も優れており、この点においても正確な缶内圧の判別ができるものと判断できる。

## 8. まとめ

レーザー変位センサーを用い缶底の凹みの断面積から缶内圧を判別する計算原理に基づき考察し、本手法は高粘度・固形入り缶飲料の内圧検査として有効であることを示した。

本検査機は現状の打検機にレーザー変位センサーを追加し新しい缶内圧検査機として開発したものである。今までの打検機では困難であった缶飲料の内圧検査が可能になることで、より安全な製品の製造が可能になるものと確信する。

## 9. 基本仕様

下記に本検査機の主な基本仕様を示す。

### • 検査内容：

- ①音響センサーによる内圧検査（温度補正，変形缶検出含む）
- ②レーザー変位センサーによる内圧検査

### • 検査缶種：

3ピース缶（陰圧缶：缶ボトム部検査）  
202径/211径（缶種切替機構搭載）

### • 缶種選択：32品種の設定が可能

### • 内容物：

- ①コーヒー，紅茶，お茶，果汁等（音響センサー適合）
- ②コーンポタージュ，おしるこ等（レーザー変位センサー適合）

### • 検査能力：1250缶/分，202径缶時（コンベヤースピード80m/min以下）

### • 使用電源：

単相 AC100V $\pm$ 10V，50/60Hz，約15A

### • 使用エア：

圧縮ドライエア，約30L/分，0.5MPa  
※連続排斥時の消費量

### • 動作環境：

温度：0～40℃（冷却クーラー付き装置）  
湿度：85%以下（結露無きこと）

※「密封容器の内圧検査装置および内圧検査方法」として特許出願

大和製罐株式会社 総合研究所 伊集院太一

## 新刊のご案内

### 世界で出逢った 魚と人と旨いもの —わが魚類研究の軌跡—

多紀保彦著

本「食品と容器」誌に昨2011年12月まで連載された「肺魚のため息」をもとに、加筆、書き換えを行った、大変に楽しく、勉強になる著書が出版されました。著者は東京水産大学名誉教授の多紀保彦博士です。

「肺魚のため息」は1993年～2011年に本誌に掲載され、全114回に及びました。

定価（本体2191円＋税）2012年7月14日初版発行 五曜書房 発売 星雲社

☆ご購入ご希望の方は、

下記にお申し込みください☆

株式会社 五曜書房 〒101-0065 東京都千代田区西神田2-4-1 東方学会3F

TEL：03-3265-0431 FAX：03-3265-0104

