

# 超音波式ヒートシール検査機 「ULTRASONICA<sup>®</sup>」について

ヤマハファインテック株式会社 FA 事業部 FA 事業企画部

主事 佐藤 優典 ・ 主事 奈良 晃寛 ・ 部長 林 高廣

Y. Sato

A. Nara

T. Hayashi

## “ULTRASONICA<sup>®</sup>” : the Ultrasonic Heat Seal Tester

In recent years, the automation of heat-seal testing for packaging bags in food production lines has garnered significant attention. This interest stems from two primary factors : the declining workforce due to a decrease in the working-age population and the escalating risk of brand damage caused by quality complaints. We have introduced the “ULTRASONICA<sup>®</sup>” UE-02 heat seal tester, featuring our proprietary aerial ultrasonic camera technology. This innovation serves as the cornerstone of our fully automated solution for heat-seal inspections. In this paper, we explain the measurement principles of the UE-02 and establish a clear correlation between jamming in the heat-sealed area, as revealed through ultrasonic transmission imaging, and the heat-seal strength. In the samples exhibiting wrinkles and flour biting, an uneven sealed state was identified through ultrasonic transmission images. Additionally, in a sample with curry jamming, an irregular sealed state was observed in the ultrasonic transmission image immediately after heat sealing, attributed to the evaporation of water present in the curry. These defective samples consistently exhibited lower heat-seal strength compared to satisfactory samples, highlighting the effectiveness of heat-seal testing using in-air ultrasound.

## はじめに

近年、労働人口の減少に伴う作業員不足の深刻化と、品質クレームによるブランド毀損リスクの高まりに起因し、食品製造ラインにおける製袋包装のヒートシール検査自動化に注目が集まっている。現状のヒートシール検査においては、最適な検査方法がなく依然作業員による破袋検査（作業員による加圧・破壊検査）を全数または抜き取りで実施している。一般的に充填・包装後の工程では、ヒートシール検査、異物検査、印字検査等を経てパレットへの整列工程が続く。これら工程ではX線

内部検査、画像検査、ロボット活用など自動化ソリューションが存在するが、ヒートシール検査が原因となり無人化が実現できていない。

このような社会課題を解決すべく当社では、自社が保有する音響信号処理技術を適用した超音波式ヒートシール検査機「ULTRASONICA<sup>®</sup>」UE-02を製品化し、ヒートシール検査の全数完全自動化ソリューションを提案している。本稿では、UE-02を用いたヒートシール不良の検出例について紹介していく。

## 1. 装置の概要

### 1.1 測定原理

超音波は異なる材料の界面で反射・透過する性質があり、超音波を測定対象物に送信し、その透過波や反射波を計測することで材料内部の気泡や異物を検出することができる。この際、界面を形成する二つの物質の固有音響インピーダンスが大きく異なるほど透過率は低下する。

ヒートシール部の典型的な欠陥として、空気や水蒸気を含んだ異物の噛みこみが挙げられる。固体である包材の構成材料と比較し、これらの気体は固有音響インピーダンスが小さく、このような欠陥部を透過した超音波の信号強度は正常部に比較して低下する（図1）。本現象をもとに欠陥の位置や大きさを特定し、良品、不良品の判定を行うことができる。

### 1.2 製品の特長

今回製品化した UE-02 の外観を図2に示す。本製品は、空気を媒質としている点と、新開発の20チャンネルのレイセンサーを有している点を特徴としている。このため製品を水没、汚染することなくラインスキャンで瞬時に撮像することができ、食品製造ラインにおける全自動での全数検査を可能としている。

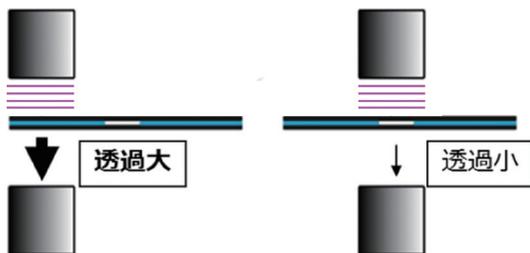


図1 超音波透過強度の違い



図2 超音波式ヒートシールテスター「ULTRASONICA®」UE-02の外観写真

## 2. サンプルの測定例

ここでは、各種ヒートシールサンプルの超音波画像測定とヒートシール強さを測定した事例を紹介する。包材としてアルミパウチ（福助工業株式会社製レトルトパウチNタイプ 15-22）とナイロンパウチ（福助工業株式会社製ナイロンポリ新Lタイプ規格袋 No.7B4（15-20））を使用し、これらを PACRAFT 株式会社製ロータリー式充填機 TT-12C を用いてヒートシールサンプルを作製した。

サンプル評価に関しては、ヒートシール直後、及び冷却シール後における UE-02 を用いたヒートシール状態の撮像と JIS Z 0238：1998 に基づくヒートシール強さの計測を実施した。

### (1) アルミパウチ包材

今回作製したヒートシールサンプルは以下の4種で、各々の外観写真を図3に示す。

- ・良品) 通常条件にて作製
- ・シワ) 縦に二重に折りシワを作り作製
- ・小麦粉の噛みこみ) 小麦粉10mg を入れて作製
- ・カレーの噛みこみ) カレー20 $\mu$ L を入れて作製

なお、図中の青枠は超音波画像測定範囲を示している。

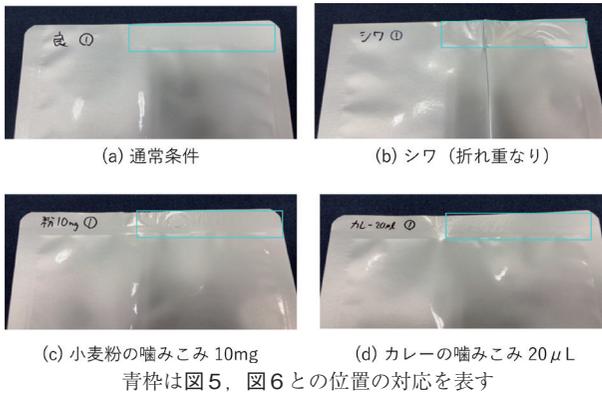


図3 作製したアルミパウチサンプル

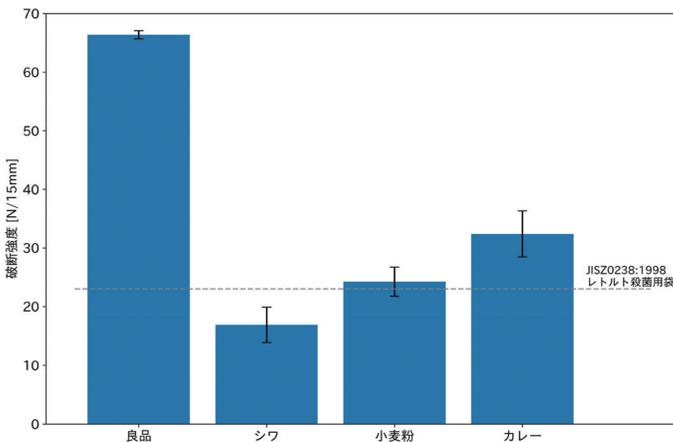


図4 アルミパウチサンプルの破断強度(平均値±標準偏差, N=5)

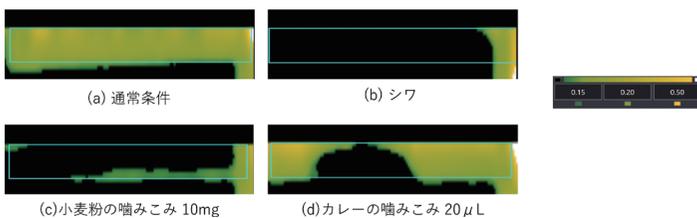


図5 アルミパウチの検査結果 (ヒートシール直後)

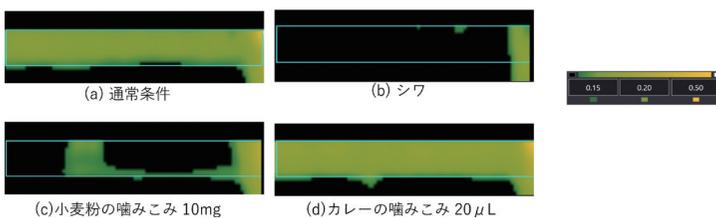


図6 アルミパウチの検査結果 (冷却シール後)

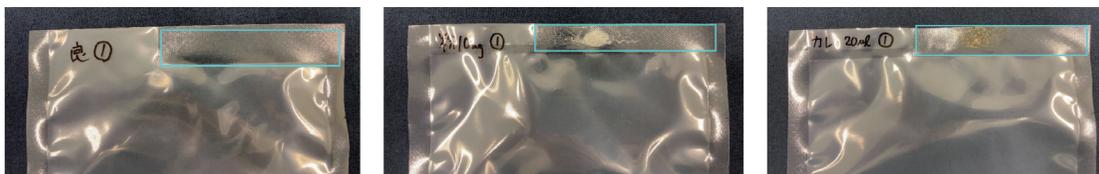
図4ではヒートシール強さ計測により得られた各種サンプルの破断強度を示してある。

良品と比較し、不良加工したサンプルは破断強度が大幅に低いことが確認され、包材の気密性不十分や、内容物の漏出が危惧される。

UE-02を用いて計測した超音波の透過画像は図5、図6に示すとおりである。なお、図5はヒートシール直後、

図6は冷却シール後で十分に冷却された状態の結果である。ヒートシール直後、冷却後ともに良品ではシール部分の透過強度が一樣に強く、シワ、小麦粉の噛みこみサンプルでは超音波の透過強度が弱い領域が確認された。これら不良サンプルはヒートシール部の破断強度も低く、小麦粉やシワなどの不良部位に起因してヒートシール時の熱と圧力が不均一になったものと考えられる。

図5(d)、図6(d)ではカレーの噛みこみサンプルの測定結果を示している。本例ではヒートシール直後にはカレーに起因した透過強度の弱い領域が存在するが、冷却後には弱い領域が確認されていない。この現象は、ヒートシール時の加熱によってカレーの水分が蒸気となり観察されたものが、冷却シール時の押圧により外部に押し出され、均質な超音波像として観察され

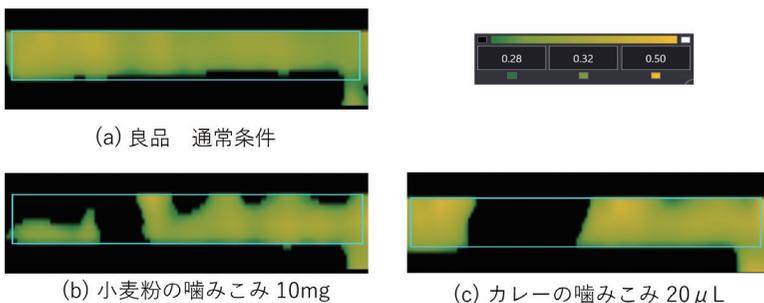


(a) 良品 通常条件

(b) 小麦粉の噛みこみ 10mg  
青枠は図8、図9との位置の対応を表す

(c) カレーの噛みこみ 20 $\mu$ L

図7 作製したナイロンパウチサンプル

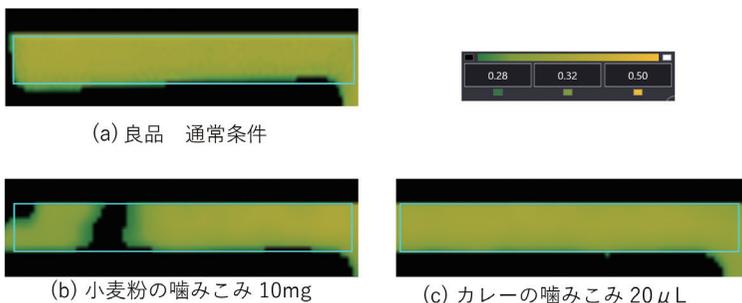


(a) 良品 通常条件

(b) 小麦粉の噛みこみ 10mg

(c) カレーの噛みこみ 20 $\mu$ L

図8 ナイロンパウチの検査結果 (ヒートシール直後)



(a) 良品 通常条件

(b) 小麦粉の噛みこみ 10mg

(c) カレーの噛みこみ 20 $\mu$ L

図9 ナイロンパウチの検査結果 (冷却シール後)

たものと考えられる。一方で破断強度が良品に比較して弱いことから残った固形分によりヒートシール状態としては弱溶着の状態にあると考えられる。

## (2) ナイロンパウチ包材

図7～図9にはナイロンパウチ包材を利用したサンプルの外観写真と超音波画像を示してある。良品、カレーの噛みこみに関してはアルミパウチと同様の結果を示しているが、小麦粉の噛みこみに関してはアルミパウチと異なり、小麦粉の噛みこみ部位で欠陥が観察

され、小麦粉が存在しない領域では良好なシール状態が確認された。このことからナイロンパウチがアルミパウチに比較して柔軟な材質となっており、シールの追従性が高いことが示唆される。

## まとめ

本稿では、「ULTRASONICA<sup>®</sup>」UE-02の測定原理を説明し、超音波透過画像によるヒートシール部での噛みこみの状態とヒートシール強さ試験により得られた破断強度との関係を明らかにした。

当社では、ヒートシール検査の全数完全自動化を実現すべく、引張強度に代表される現在のヒートシール品質管理手法とUE-02による測定結果との相関を調査していく。

そのうえで、超音波という手法のみにとらわれることなく充填機メーカーやX線、画像検査等の検査機メーカーと協力し、一つのチームとして包装検査工程の完全自動化を目指していく。これにより、次世代の労働環境の構築に貢献していきたい。