ノート

飲料用新型液体容器および量産技術の研究開発

大野　宏[*]　木嶋　祐太[**]　石井　啓貴[***]
本間　克美[****]　澤田　恒輝[****]　野﨑　拓夢[****]　井口　大亮[****]

Development of New Liquid Container for Beverages and Its Production Technology

OHNO Hiroshi[*], KIJIMA Yuta[**], ISHII Hirotaka[***],
HONMA Katsumi[****], SAWADA Kouki[****], NOZAKI Hiromu[****] and IGUCHI Daisuke[****]

1. 緒　　言

国内の飲料市場において，ペットボトルや缶入りに代表されるコーヒー，紅茶，日本茶，ジュースなどの飲料は，販売数量の多さもあって激しい競争となっている。このような状況の中，家庭で簡単・安価に香りと美味しさを楽しめるよう濃縮飲料の市場が拡大している。濃縮飲料は消費期間が長くなるため，従来の紙容器やペットボトルなどの液体容器に入れた場合，開封後の味や香りなどの品質の劣化が問題となっている。また，海洋プラスチック問題への関心が高まっており，プラスチック使用量を削減した新しい容器の開発が望まれている。

（株）悠心が開発した鮮度保持容器 PID（Pouch in Dispenser）は，その機能が認められ，ヤマサ醤油の「鮮度の一滴 [1)]」としてヒットした。また，経済産業省における新市場創造型標準化制度を活用した標準化案件として採択された。ただ，PID は調味料用の容器としてのみ販売を行っている。

本研究では新しい市場展開を目指し，同社の持つ PID 技術をもとに，濃縮飲料用の新型容器の開発とその容器の量産技術の開発に取り組んだ。（株）悠心は新型容器と量産装置の開発を，当所は量産装置の画像処理による検査機能の開発を担当した。

*　　中越技術支援センター
**　　研究開発センター
***　下越技術支援センター
****　（株）悠心

なお，本研究は経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業に採択され，平成 30 年度から令和 2 年度までに実施したものである。

2. 飲料用新型容器

PID は逆止弁機能を持つ注ぎ口を備えており，開封後に内容物を繰り返し注ぎ出しても，使い切るまで密封状態を保つ。内容物は空気に触れないため酸化せず，腐敗も低減できる。今回開発した新型容器は図 1 に示すとおり，飲料を充填した PID 内袋を紙製外容器に投入し一体化しており，同容量のペットボトルに比べてプラスチック使用量を 80%も削減できる。

また，この容器の吐出量は 10ml/sec である。

3. 量産装置

飲料用新型容器の量産装置を図 2 に示す。製造ラインは生産量を増やすために 2 ライン構成とし，手作業で投入した PID 内袋は 1 列から 2 列に振り分けられ，外容器は平らな状態から箱型へ自動で組み立てられる。この外容器に PID 内袋を投入し，2 回ヒートシールを行って完成となる。

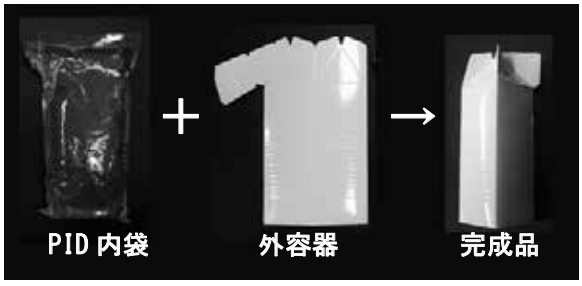


図 1　飲料用新型容器

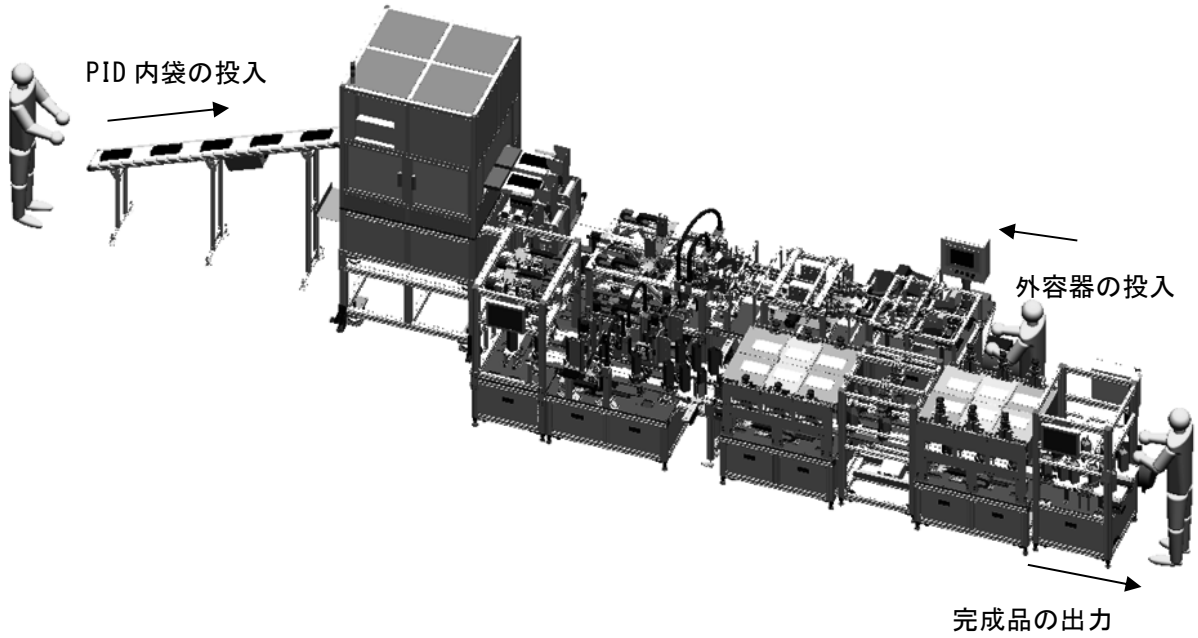


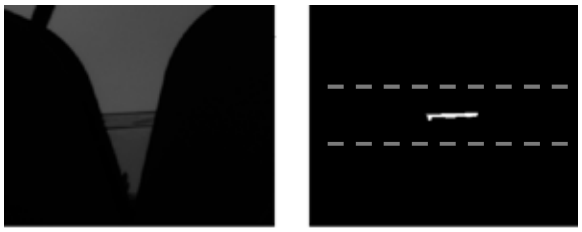
図 2　新型容器の量産装置

4.　画像処理による検査

4.1　概要

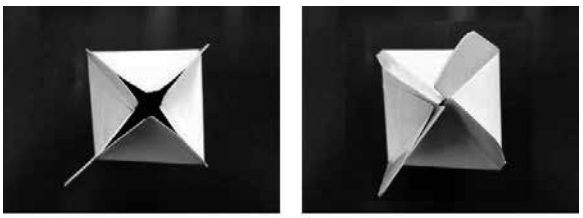
量産装置において，①PID 内袋が外容器の正しい位置に投入されたか，②2 回のヒートシールが正しく行われたか，これらを画像処理で検査するプログラムを開発した。

また，ヒートシール工程の検査結果を製造機にフィードバックし，不良が発生しないようヒートシール条件（温度，圧力，時間）を教師あり機械学習 [2)]を使い最適化する方法を検討した。画像処理による検査は，高解像度の工業用カメラを Personal Computer（PC）に接続して画像を撮像し，画像処理プログラムは無料のライブラリ OpenCV を利用した。量産装置の製作には時間がかかるため，先に簡易実験装置を作り，照明とカメラを取り付けて画像を取得し，検査プログラムを開発した。

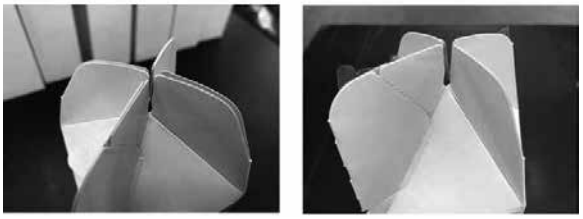


(a) 入力画像　　(b) 判定結果

図 3　内袋投入工程の検査



(a) ヒートシール不良　　(b) ねじれ不良



(c) 先端部のずれ　　(d) 内袋の飛び出し

図 4　ヒートシールの不良品

4.2　PID 内袋投入時の検査

PID 内袋が外容器の正しい位置に投入されないと，次のヒートシールで不良が発生してしまう。そのため，量産装置が PID 内袋を外容器に投入した後，所定の位置に投入されたか画像処理で検査するプログラムを作成した。

内袋は透明なビニール製のため，照明は透過型とし，PID 内袋の先端位置をソーベルフィルタを使って検出した。先端位置が図 3 の点線で示す所定の範囲内にある場合は良，範囲外の場合は不良と判定した。

4.3　ヒートシールの検査

ヒートシールの検査プログラムの開発は，量産設備の設計製作と並行して開発する必要があるため，発生する不良をあらかじめ予測した。図 4 に示すとおり，①シール不良，シールは正しく行われたが，②先端部のねじれ不良，③先端部のずれ，④PID 内袋の飛び出しの 4 種類の不良が予測され，これらについて画像処理による検査プログラムを開発した。不良①と②は上からのカメラ，不良③と④は斜めからのカメラ画像から判定した。

また，正しくシールされた良品の画像を図 5 に示す。

正しくシールされたかどうかは，図 6 に示すとおり適当な閾値で 2 値化し，中心部分の面積の大きさから判定した。

先端部のねじれは図 7 に示すとおり，ソーベルフィルタでエッジを検出し，そのエッジが所定の位置にあるかどうかで判定した。

先端部のずれは図 8 に示すとおり，照明を工夫することで 2 つの先端部が 2 値化で検出されるため，この間隔から判定した。

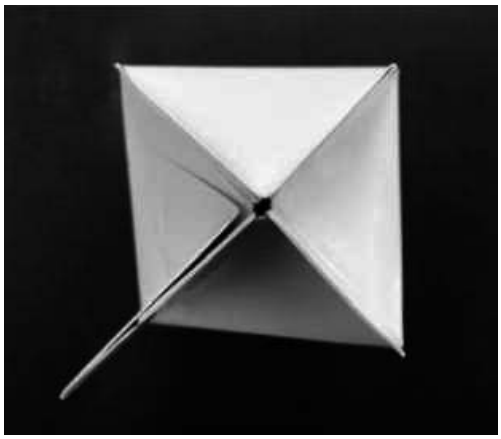


図 5　ヒートシールの良品

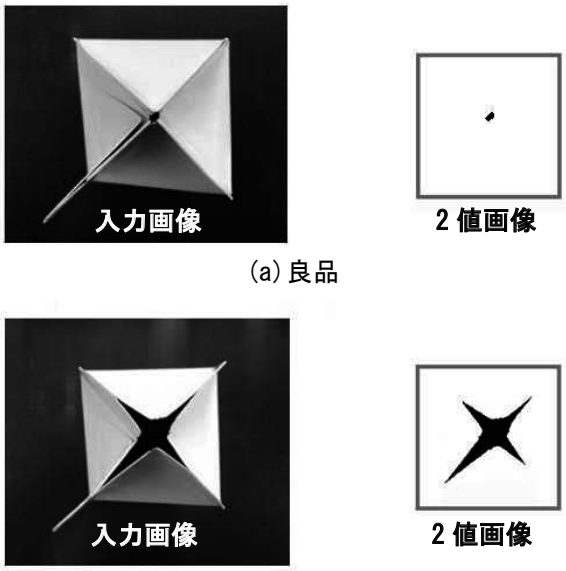


図 6　シールの判定

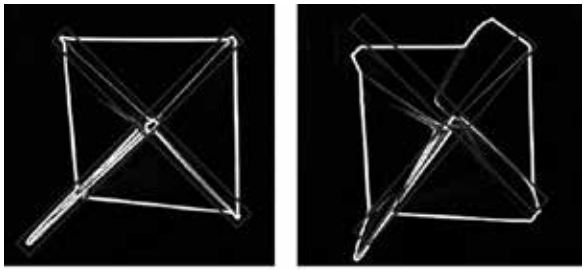


図 7　先端部のねじれの判定

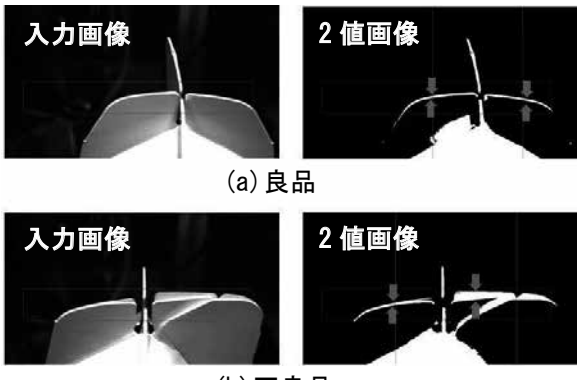
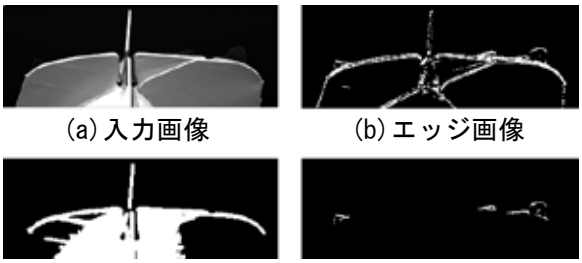


図 8　先端部のずれの判定

PID 内袋の飛び出しは図 9 に示すとおり，飛び出している部分を次の手順で検出した。



(a)入力画像　(b)エッジ画像

(c)2 値画像　(d)飛び出し部

図 9　PID 内袋の飛び出しの判定

(a)の入力画像に対し，(b)ソーベルフィルタで検出したエッジ画像と，(c)2 値画像を求め，この 2 値画像から外容器の先端位置を求め，先端から上に(d)のエッジがあれば，PID 内袋の飛び出している部分になるため，これがある場合を不良品と判定した。

なお，4.2 で述べた投入工程の検査で PID 内袋が外容器に正しく挿入されたか検査しているため，この PID 内袋が飛び出す不良はほとんど発生しないと考えられる。

4.4　ヒートシール条件の自動調整

画像処理検査用 PC でヒートシールを検査し，その結果は量産設備を制御する Programmable Logic Controller（PLC）に送られ不良品は排出される。この判定結果を製造装置にフィードバックし，ヒートシール条件を自動で調整し，不良品をできるだけ発生させない方法を検討した。ヒートシール条件は，圧力，温度，時間があり，あらかじめ不良品が発生しないように設定する。しかし，周囲の気温が低かったり装置全体の温度が低かったりすると不良品が発生する場合がある。そのため，いろいろな条件でのデータを収集し，不良品が発生する場合は圧力，温度，時間などの条件を変更する。実際には，多くのデータを取得して機械学習を行い，不良が発生した場合は，これらの条件を変更して機械学習で結果を予測し，不良が発生しない条件に変更してヒートシールを行う。この機能を追加するためには，条件の異なるデータを多く集める必要があるため，量産装置完成後にデータ取得に取り組む。

また，機械学習には，ロジスティック回帰，サポートベクターマシン，決定木などがあり，実際に取得したデータで評価し，どの方法を使うか決定する。

5. 量産装置による実験

量産装置にカメラと照明を移設し，画像処理用 PC と量産設備を制御する PLC を接続して動作実験を行った。2 ラインのうちフロントラインにおいて，PID 内袋の外容器への投入時の検査用に取り付けたカメラと照明を図 10 に，ヒートシールの検査用に取り付けたカメラと照明を図 11 に示す。ヒートシールの検査では，上からの画像と斜め 4 方向からの画像を撮像して処理する必要があるものの，5 台のカメラを 1 台の PC で処理する場合は計算負荷がかかる。

図 10　内袋の投入の検査

図 11　ヒートシールの検査

そのため，鏡を設置して斜め 2 方向からの画像を 1 台のカメラで撮像できるようにし，4 枚の画像を処理するようにした。

検査用の画像は，容器が所定の位置に達するとセンサが反応し，量産設備を制御する PLC から画像検査用 PC に信号が送られ，カメラが画像を撮像する。この画像を PC が処理し，その結果を PLC に送信する。PLC と PC の信号の送受信では，PC に接続したデジタル入出力ユニットを介して行った。

カメラと照明の位置，画像処理プログラムの画像処理範囲やパラメータを調整し，動作実験を行った。PLC から PC に送信される画像処理開始タイミング信号の長さなども調整し，容器が所定の位置に到達すると画像を撮像し，その後に画像処理を行い，不良の場合は排出されることを確認した。

6. 結　　言

(1) PID 内袋の外容器への投入位置とヒートシールを検査する画像処理プログラムを開発した。

(2) 量産設備に画像処理検査機能を取り付け，動作することを確認した。

(3) ヒートシールの不良が発生しないようにシール条件を自動で調整する方法を検討した。

参考文献

1) “秘密は酸化を防ぐ新容器　70 日間，鮮度が落ちない醤油”，日経ビジネス，2009 年 9 月 14 日号，2009 年，p. 87.

2) 塚本邦尊他，“東京大学のデータサイエンティスト育成講座 ～Python で手を動かして学ぶデータ分析”，2019 年，pp. 197-232.