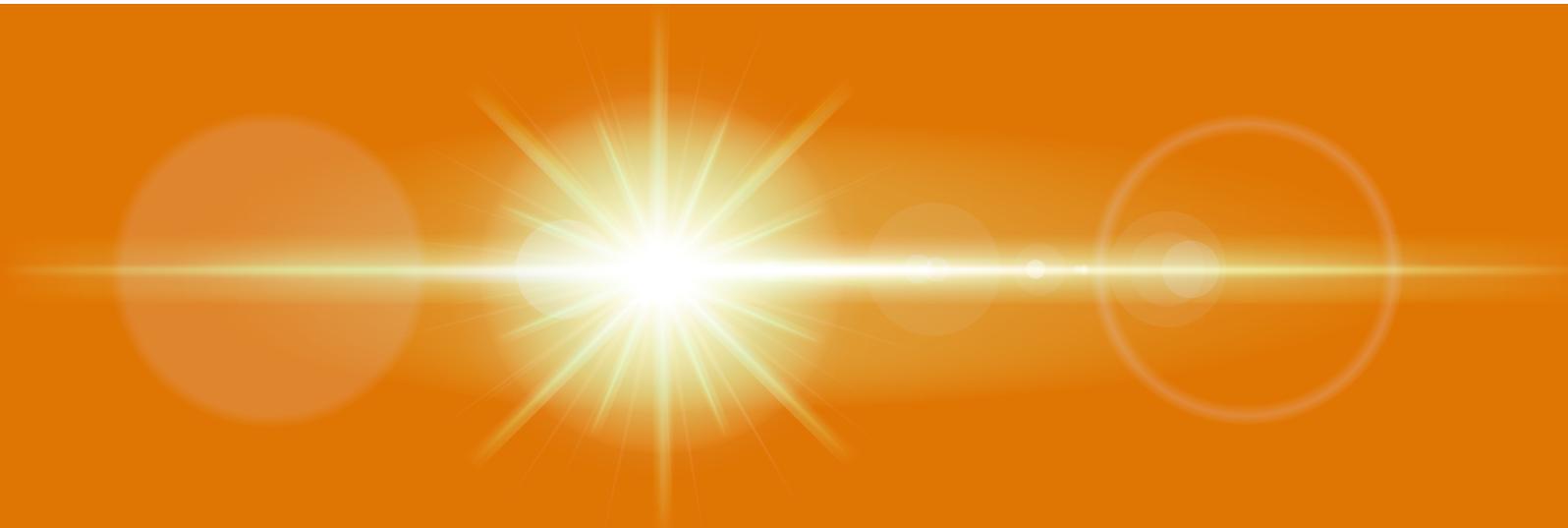


CKD技報

CKD TECHNICAL JOURNAL

Vol.3

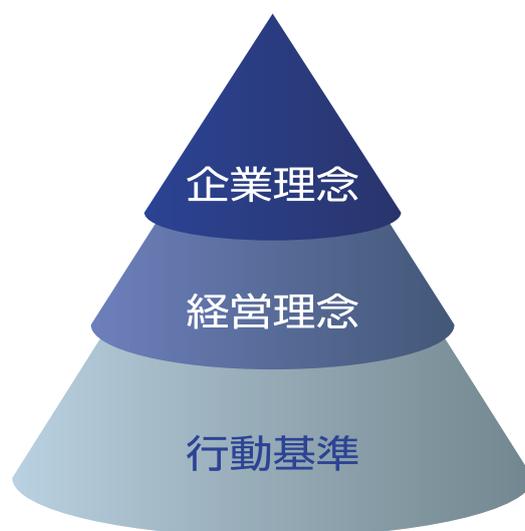


企業理念・経営理念・行動基準 Corporate Philosophy and Corporate Commitment

企業理念には当社グループの進むべき方向を明確にするため「流体制御と自動化の革新」を明記し、社会に貢献することを宣言しております。

経営理念は、企業理念を実現するために全社員が守らなければならない約束ごとを5項目に分け、全社員が責任を持って実行できる体制を目指してまいります。

行動規準は企業理念および経営理念に基づき、全社員が順守し実践すべき具体的な事項を定めたものです。



企業理念

私達は創造的な知恵と技術で
流体制御と自動化を革新し
豊かな社会づくりに貢献します。

Corporate Philosophy

With creative knowledge and technology,
We shall innovate fluid control and automation,
Thus contribute to build rich society.

目次

	社会に貢献する価値ある技術へ	1
	ブリスター包装機における成形シミュレーション技術	2
	包装ラインと連続生産～コツ・ノウハウ	8
	新型画像検査装置	12
	リードリフローと両面はんだ印刷検査機	17
	リチウムイオン電池用巻回機の自動材料交換機構	21
	ダイレクトドライブアクチュエータの小型化技術	24
	抗菌・除菌フィルタの要素・評価技術	28
	土壌水分センサ技術	32
	薬液用バルブのボディ剛性向上技術	36
	CAE解析技術の精度向上に対する取り組み	39

Table of Contents

Technology worth contributing to society	1
 New Simulation System for Blister Packaging Machine	2
 Introduction of blister packaging line for continuous manufacturing ~ knack know-how	8
 New Vision Inspection Machine	12
 Lead reflow and the Solder Paste Inspection Machine for Double Sides	17
 Automatic Material Changer for Lithium Ion Battery Winding Machine	21
 Technologies Behind the Downsizing of Direct Drive Actuator	24
 Key Underlying Technologies and Evaluation Techniques for Anti-bacterial/Bacteria Removing Filters	28
 Soil Moisture Sensor Technology	32
 Technology Used in Improving Body Stiffness of Air-operated Valves for Chemical Liquids	36
 Approaches for Improving Precision of CAE Analysis Technology	39

社会に貢献する価値ある技術へ

Technology worth contributing to society

西尾 竜也 Tatsuya Nishio

CKD株式会社

取締役 執行役員

CKD Corporation

Director & Executive Officer



今年度よりCKDは、10年先を見据えた新たな中期経営計画「Challenge CKD 2018」をスタートしました。重点方策の核となるのはもちろん商品です。これまで培ってきた大切なコア技術に、最新の素材や最新の工法、そしてユニークなアイデアを加え、社会に貢献する価値ある技術へと進化させ、グローバルNo.1商品を目指します。

多くの失敗から生まれる新しい技術を、お客様へも紹介しようと始めたこの技報も今年で第三刊となりました。技報の発刊がCKD技術開発のバロメーターでもあり、技術者のモチベーション向上につながることを期待しています。そして興味を持っていただいたお客様とのディスカッションから、また新たな技術開発に挑戦できれば、これほどうれしいことはありません。

CKD(Creative Knowledge for Development)らしいチャレンジ溢れる技術テーマのいくつかを今回も載せることができました。私たちの流体制御、自動化技術が、皆様の生産性向上にほんの少しでもお役に立てられれば幸いです。

During this fiscal year, CKD created a medium-term management plan “Challenge CKD 2018” focusing on the next 10 years. This strategic policy is of course centered round products. Our core technologies which have been cultivated over the years will be integrated with the latest materials and newest manufacturing methods as well as innovative ideas to evolve into a new worthy technology that will contribute to our society by creating the Global No.1 products. Ever since we began to introduce to our customers the new technologies born from the pains of many setbacks, this is now our technical report vol. 3. The technical reports serve as a barometer of CKD’s technological development and we anticipate it will improve motivation among the engineers. In addition, if we can develop new technologies through discussions with interested customers, there would be nothing more worthwhile challenging ourselves with.

Some of CKD (Creative Knowledge for Development) technical themes that overflow with motivational challenges are published in this report. Contributing in any way we can to improving your productivity with our fluid control and automation technologies is regarded as our mission of utmost importance.



ブリスター包装機における成形シミュレーション技術

New Simulation System for Blister Packaging Machine

鎌子 奈保美 Naomi Kamako

矢野 嗣士 Masashi Yano

近年ますます設備リードタイム短縮が要求される中、ブリスター包装機におけるポケット成形の要求レベルも上がってきている。例えば食品のロングライフ化である。包装フィルムの中にバリア層が加わり、バリア層が容器内に侵入する酸素の量を抑える仕組みで賞味期限を延ばすことが出来る。このバリア性を維持するためには、フィルム全体を伸ばしながらもバリア層を破らないようにポケットを成形する必要がある。このとき重要になるのが肉厚分布である。ポケットの肉厚分布を均一にすることが、バリア層の肉厚保持に繋がる。肉厚分布を均一にするため、従来は型を試作してから正規部品を製作していたが、失敗したらやり直しをする様な時間の余裕は無い。

そこで当社は独自に成形シミュレーション技術を構築し、肉厚分布を予測できる技術確立した。

With demand for shorter lead time for machine production recently, requirement level of pocket forming quality on blister packaging machines has been advanced.

Long life of food, for example. This can be realized by using packaging film with barrier layer to minimize intrusion of oxygen to container. In order to keep this barrier property, film forming needs to be done without breaking barrier layer.

Important point is distribution of formed film thickness, and evenness of formed film thickness will lead to securing barrier layer thickness.

To verify evenness of formed film thickness, we made a trial die first and then made a formal die, however such time allowance is not available any more now and time for remaking cannot be considered.

Under this situation, we have developed unique simulation technology for forming to calculate distribution of formed film thickness.

This article introduces our simulation technology for forming which is utilized on our blister packaging machines.

1 はじめに

当社の食品向けブリスター包装機(Fig. 1)では、ゼリーやガムシロップなどを、それぞれに適した形状で包装している。(Fig. 2)



Fig. 1 食品向けブリスター包装機



Fig. 2 包装例

最近では、個食ブームの影響もあり、食品のロングライフ化が一層進んでいる。ロングライフ化とは、食品の劣化を、製造条件や保存条件、そして包装によって遅らせることである。劣化する要因には

- ・水分、湿度
- ・酸化
- ・光
- ・温度
- ・微生物

がある。温度については保管方法の考慮、微生物については殺菌という方法があり、それ以外の要因に対しては包装が鍵になってくる。水分に関しては、乾燥剤が効果的な一方、包装の面からは、水蒸気バリア包材による包装が有効になる。酸化に関しては、真空包装・不活性ガス置換包装・脱酸素剤封入・酸素バリア包材による包装が効果有り。光に対してもUVカット包装などが効果的である。

バリア包材とは、一般的に、包装フィルムの中にバリア層が加わり、バリア層が容器内に侵入する酸素や水蒸気などの量を抑える仕組みである。(Fig. 3)このバリア性を維持するためには、ポケット成形時にフィルム全体を伸ばしながらもバリア層を破らない必要がある。このとき重要になるのが肉厚分布である。ポケットの肉厚分布を最適にすることが、バリア層の肉厚保持に繋がるのである。

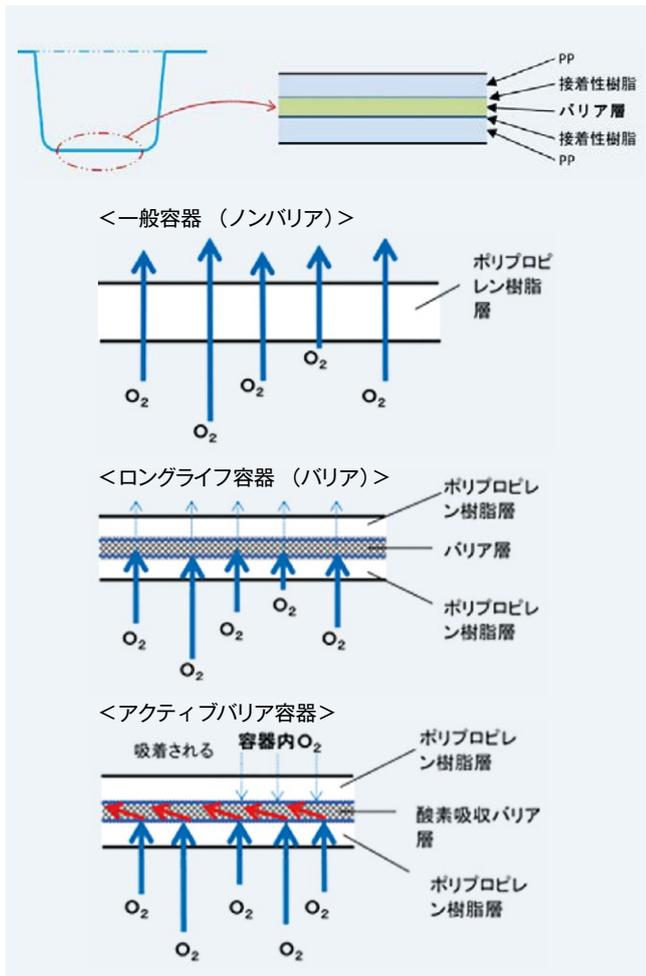


Fig. 3 バリア包材の断面図

2 フィルムの成形技術と課題

ブリスター包装機で容器包材として使われるのは、熱可塑性フィルムである。PVC(ポリ塩化ビニル)やCPP(無軸延伸ポリプロピレン)、A-PET(ポリエチレンテレフタレート)、バリア層の入った各種フィルムなど、様々なものがあるが、ポケットを形作る原理は変わらない。

工程としては、容器包材である熱可塑性フィルムを

- (1) 加熱ゾーンで温めて軟化させる
- (2) 成形ポジションに移動
- (3) 成形上型と成形下型で挟む
- (4) プラグ型でフィルムを押し伸ばす
- (5) 圧空エアを吹く

という流れになる。この成形方式を、プラグアシスト圧空成形と言う。(Fig. 4)

また、薄い軟質フィルムなどで包装する際には、加熱されたフィルムに、プラグを使わずにエアのみ吹くまたは真空引きして形作ることもある。

この様にして、下型に加工されたポケット形状(凹形状)にフィルムが倣い、狙いのポケットを形作ることが出来る。その後、充填工程で内容物を詰めて、蓋をして(シール)、最終形状に切り出す(打抜)という流れになる。(Fig. 5)

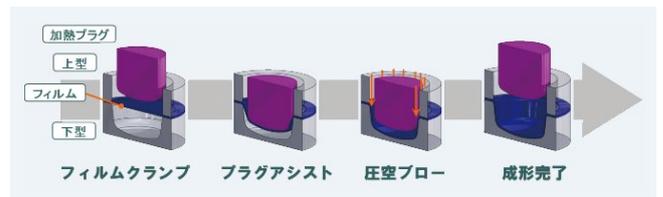


Fig. 4 プラグアシスト圧空成形

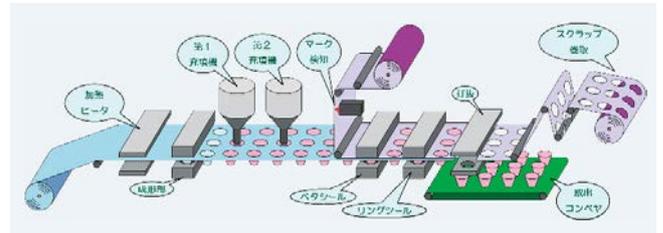


Fig. 5 全体工程図

先にも述べたとおり、成形する時に一番重要なのが、ポケットの肉厚分布である。特にバリア包材の場合は、フィルムに薄いバリア層が入っているため、肉厚が極端に薄いと一番薄いバリア部分から破れてしまう。如何に最適な厚みに仕上げるかが重要である。

フィルムの厚みを最適なものにする要素の一つとして、成形ポケットを形作る下型の形状と、全体のフィルム厚みを左右するプラグの形状がある。これを誤ると成形ポケットの一部が破れたり、極端に薄くなったりして、内容物を保護するというブリスター包装としての役割を果たせなくなってしまう。また、ランニングコストを抑えるためには包装材料の厚みを少しでも薄くしたい。一方、中身の商品を衝撃から守るために包装材料を厚くせざるを得ない場合もある。

包装の機能としては、内容物の保護が第一優先ではあるが、包材コストも抑えたい。当社が目指すところは、成形後のフィルムの各部厚みを最適に保ちつつ、最小限の包装材料を使って内容物を衝撃から守れるようにすることである。

今まではフィルム厚みを左右するプラグを何度も作り直すこともあった。試作して、成形して、肉厚を測り、プラグを修正してまた成形して、ということを繰り返して、最適な形状を見つけていた。しかし最近では求められるリードタイムがますます短くなってきており、そのような時間が取れない場合が多い。つまり、ポケット形状・プラグ形状を一度決めたらやり直しがきかないケースが多くなってきたのである。

3 成形シミュレーションの活用

短期間でリスクを低減できる技術として、CAE(Computer Aided Engineering)を用いた“成形シミュレーション解析”を行っている。金型とプラグ、フィルムのモデル(Fig. 6)を作成し、機械特性と各種材料物性パラメータを入力することにより、成形後のポケットの肉厚分布を事前予測することが可能となる。

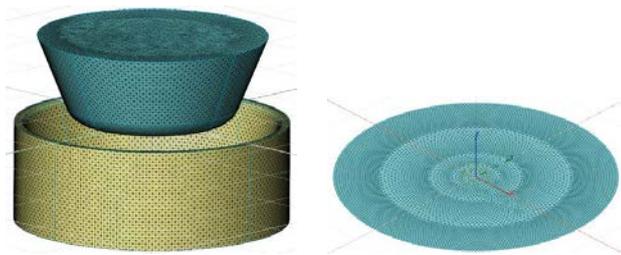


Fig. 6 解析モデル

この材料物性パラメータを設定する為には、対象となるフィルムの物性を知る必要がある。これに関しては、対象となる素材(フィルム)の測定試験をしている。粘性や引張強度について、各種測定をしてデータを採取する。このデータを使って、解析ソフトのパラメータを決めることができる。Fig. 7に測定データの一例(伸張粘度)と、それを基にフィッティングした結果を示す。このグラフからわかることは、歪みが大きくなると粘度も高くなるということである。成形時、変形すればするほど粘度が高くなり、変形するのに必要な力が大きくなっていくということが解る。試験データを完全に再現するのは難しいので、主に計算に使う範囲内を合わせ込むのがコツである。

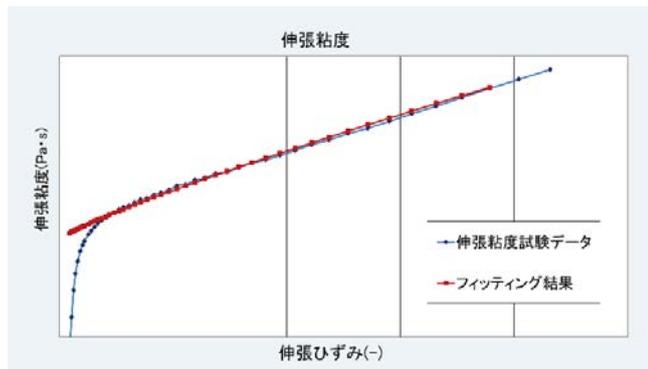


Fig. 7 材料の測定データ

材料物性がわかれば安心というわけではない。プラグとフィルム間のすべりを考慮する必要がある。すべりとは、物と物が擦れあう時に発生する摩擦力と考えて良い。同じポケット形状でも、すべりが違うだけで肉厚分布は大きく変わる。この値を決めるには、合わせ込みが必要となる。実際に成形したポケットの肉厚実測データを基にして、すべり値を様々に変えてシミュレーションを行い、一番近い解析結果から、最適なすべり値をみつけるという方法である。シミュレーションを行う時、このすべりに関する入力項目についてはフィルム材質やプラグ材質に合わせて変えている。

この様にして成形シミュレーションを行った結果(Fig. 8)から、成形後のポケットの肉厚がどの程度か、最薄部はどこでどれくらいの厚みかを判定し、最適な肉厚分布が得られなかった場合にはプラグの押し込み量を変更したり、プラグ形状を修正したりして、再度シミュレーションを行う。シミュレーションなので、すべ

てPC上で行うことが出来、試作部品代も部品製作時間もかからず、コストを抑えられるのが大きなメリットである。

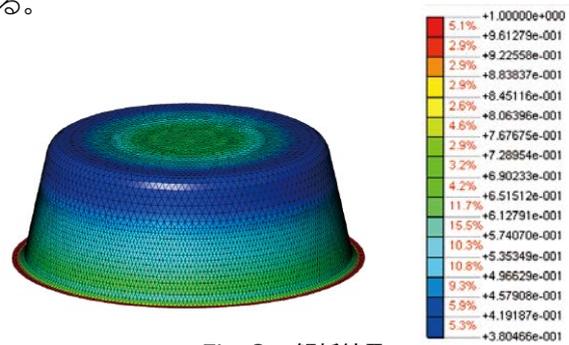


Fig. 8 解析結果

シミュレーションで最適な肉厚分布が得られてから実際に金型を作って成形したものが、Fig. 9のポケットである。

シミュレーション時の肉厚分布と実際に成形したポケットの肉厚分布の比較をFig. 10に表す。特に最薄部の肉厚が同等であることがわかる。



Fig. 9 実際の成形品

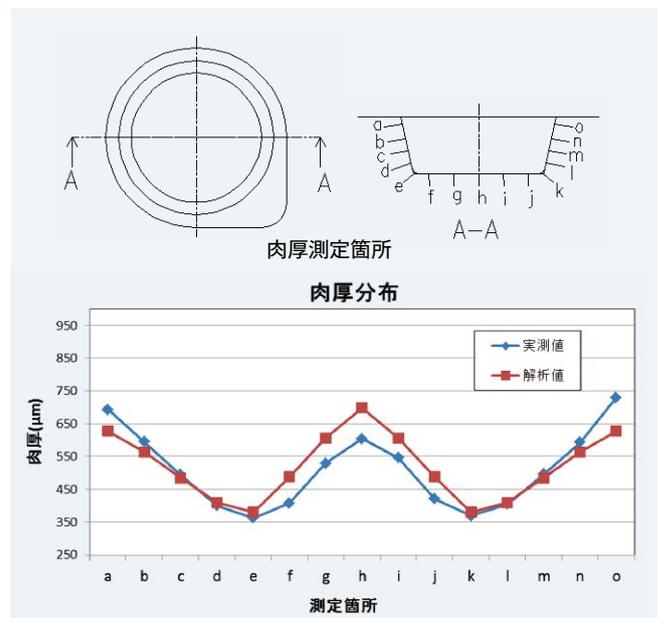


Fig. 10 肉厚分布比較

4 他への展開 (薬品包装機)

ここまで食品向けブリスター包装機の成形シミュレーションについて述べてきたが、薬品向けブリスター包装機(薬品包装機=PTP包装機=Fig. 11)でも成形シミュレーションは活用されている。



Fig. 11 薬品包装機

PTP包装とは薬を包装する方法の1つで、錠剤やカプセルを、成形された樹脂フィルムに詰めて、アルミフィルムで蓋をしたものである。(Fig. 12) PTPとはPress through Packageの略で、薬の入ったプラスチック部分を強く押す事で蓋をしていたアルミフィルムが破れ、中の薬が1錠ずつ取り出される仕組みになっている。容器材料にはPVCやCPP、蓋材料にはアルミがよく使われる。



Fig. 12 PTP包装例

また、容器包材にアルミラミネートフィルムが使われる場合もある。両面アルミPTPと呼ばれ、蓋材にアルミフィルム、容器材にアルミラミネートフィルムを用いたPTP形態である。(Fig. 13) 海外(欧米、韓国など)では、この両面アルミPTPの比率が日本よりも高い。両面アルミPTPが選ばれる理由としては、薬剤特性により最高レベルの防湿性、遮光性が求められること、ピロー包装などの二次包装が不要となり、過剰包装でなくなること、1ポケット毎に品質保持が出来ること、新薬開発のスピードアップのために用いられることなどが考えられる。



Fig. 13 両面アルミPTP包装例

5 PTP包装の成形技術と課題

PVCやCPPなどの樹脂フィルムを使ったPTP包装を樹脂PTPとし、両面アルミPTPとの区別をして説明する。

樹脂PTPの場合、ポケット側フィルムは熱可塑性樹脂フィルムである。このフィルムの成形は、事前にフィルムを適正な温度で加熱し、軟化した状態で成形する。その成形方法は、圧空成形やプラグ成形、または真空成形である。浅めのポケットの場合、プラグを使わない圧空成形や真空成形で成形可能であるが、深いポケットの場合にその成形方式を使うと底の部分のフィルム厚みが薄くなってしまふ。その場合にはプラグを使用して成形する必要がある。プラグでフィルムを底の方まで押し運び、全体的にフィルム厚みを均一にするイメージだ。当社で主流な成形方式は、エアアシストプラグ成形(Fig. 14)と、プラグアシスト圧空成形(食品向けブリスターと同じ方式)である。

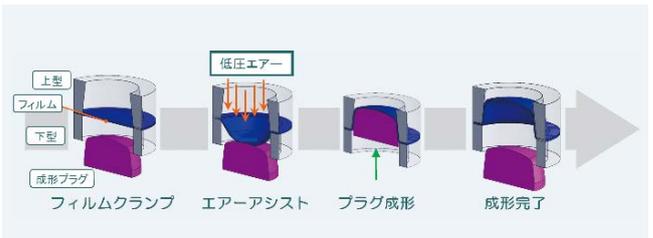


Fig. 14 エアアシストプラグ成形

一方、両面アルミPTPのポケット側フィルムは一般的に「NY25 μ m/接着剤/印刷/AL40or45 μ m/接着剤/PVC60 μ m」という構成が主である(Fig. 15)。

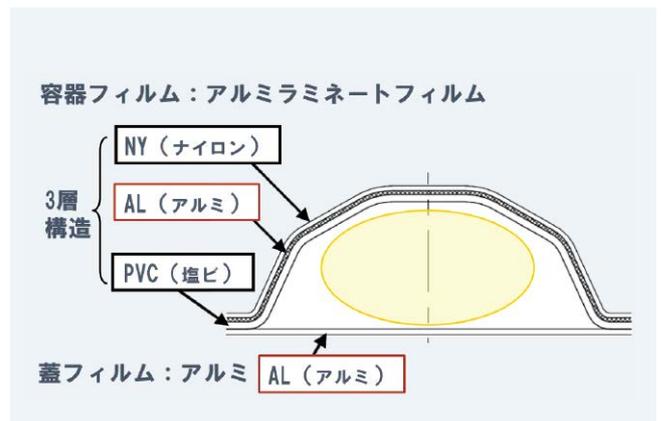


Fig. 15 両面アルミPTPの構成

熱可塑性樹脂フィルムの成形は、食品向けブリスター包装と同様、事前にフィルムを適正な温度で加熱してから成形するが、アルミラミネートフィルムには事前の加熱が適さない。加熱することにより接着層間に剥離が生じて成形時に破れてしまう可能性がある。よって、一般的にはアルミラミネートフィルムの成形には冷間成形(コールドフォーミング)(Fig. 16)が適している。フィルムに熱を加えずに成形するので、

加熱した柔らかい樹脂フィルムを成形するのに比べ、無理にフィルムを伸ばすとアルミ層のピンホール、クラック(Fig. 17)を発生させてしまうことがある。このピンホール、クラックをいかに発生させずにアルミラミネートフィルムを成形するかが重要な課題である。

ポケットの間口を広くし、ポケットの深さを浅くすれば上記課題の克服は容易であるが、当社はより樹脂成形に近い(ポケット深さに対してポケット間口を無駄に広げない)ポケット形状を目指している。これはPTPシートサイズの小型化、携帯性の向上、省資源化のためである。また、製薬メーカからもそういった要望は多い。

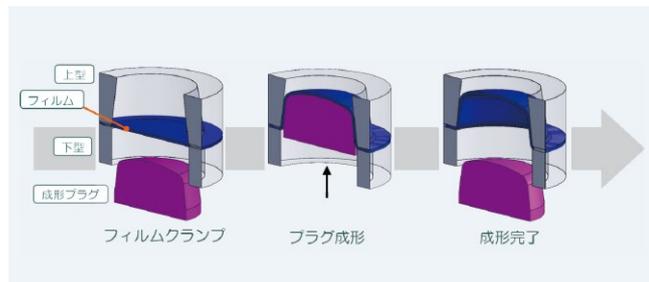


Fig. 16 冷間成形



Fig. 17 ピンホール・クラック

では、如何にピンホールやクラックを出さないようにするか。これも、食品用のブリスター包装と同様に最適な肉厚にする事である。通常、アルミラミネートフィルム内のアルミ層は40~45 μ mあるが半分以下の厚みになるとピンホールの可能性があると言われている。当社では、過去のテスト実績から、アルミラミネートフィルムの接着層を含めた総厚み(135~140 μ m前後)に対しておよそ半分の厚みを下回ると、ピンホールの可能性が高くなると判断している。つまり、最薄部をアルミラミネートフィルムの総厚みのおよそ半分以上にする必要がある。

6 PTPへの成形シミュレーションの活用

PTPの成形シミュレーション時にもすべりが重要になってくる為、合わせ込みを行い、最適なすべり値を見つけ出してシミュレーションに利用している。

Fig. 18とFig. 19に樹脂PTPの成形シミュレーション結果(コンター図と肉厚分布グラフ)を示す。シミュレーションの結果で成形後のポケットの最薄部の肉厚がどの程度かを判定し、成形可能かどうかを判断するようにしている。

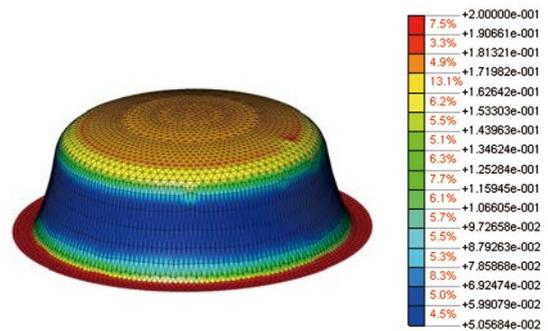


Fig. 18 樹脂PTPの解析結果

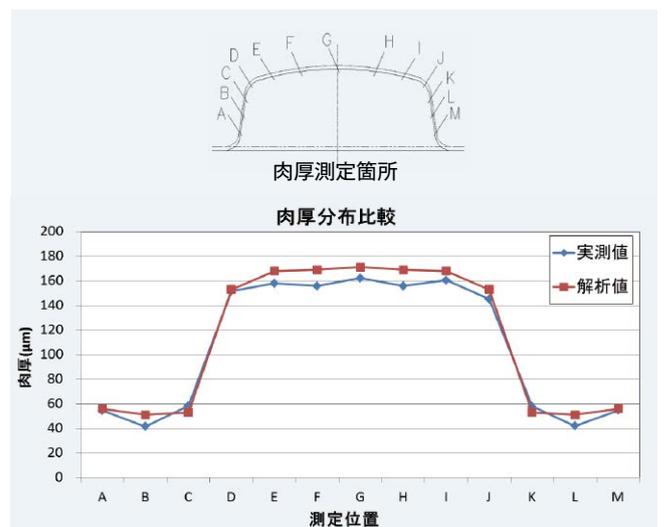


Fig. 19 樹脂PTPの解析結果

同様に、Fig. 20、Fig. 21に両面アルミPTPの成形シミュレーション結果を示す。実際に成形したポケットの肉厚実測値を比較すると、最薄部の値がほぼ同じになっている。両面アルミPTPの場合は特に最薄部が重要になってくるので、最薄部の値を優先的に合わせ込んだ。

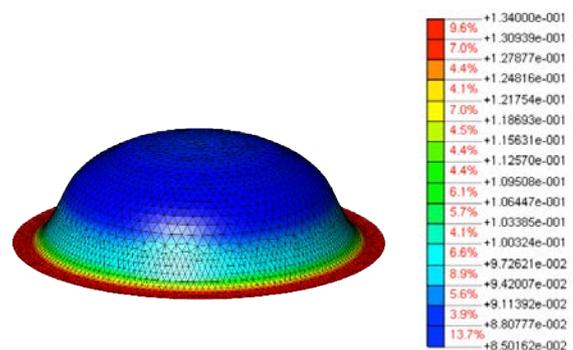


Fig. 20 両面アルミPTPの解析結果

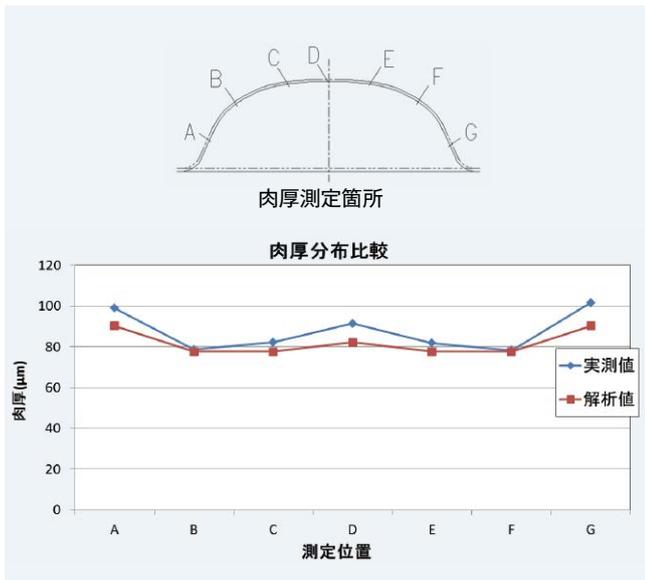


Fig. 21 両面アルミPTPの解析結果

7 今後の課題

今までは、製品の品質を保持することを目的としたCAEの活用に取り組んできた。一方で、最近では、高齢者や子供にも対応できるように、ユニバーサルデザインの考え方がある。今後は、消費者がより使いやすい包装へ改善する為にCAEを活用していく。例えば、ゼリーなどの蓋をめくりやすくする為に「蓋フィルムのピール性の改善」、錠剤を取りだし易くする為に「押し出し性の改善」などに取り組んでいく。

執筆者プロフィール



鎌子 奈保美 Naomi Kamako
 自動機械事業本部 開発部
 Research & Development Department
 Automatic Machinery Business Division



矢野 嗣士 Masashi Yano
 自動機械事業本部 開発部
 Research & Development Department
 Automatic Machinery Business Division



包装ラインと連続生産～コツ・ノウハウ

Introduction of blister packaging line for continuous manufacturing ~knack know-how

真川 達也 Tatsuya Sanagawa

当社では、さまざまな包装設備を製造販売している。

医薬品包装(身近なところでは処方箋や薬局などで受け取る薬の包装)は、指で押し出す包装形態からPTP (Press Through Pack)と呼ばれており、10錠や14錠などの薬を一枚のシート状にしたものをPTPシートという。

そのPTPシートを所定の枚数重ね合わせ、荷崩れしないようにテープを巻き付け、個包装用の袋に入れ、小箱詰め、ダンボール詰めまでを行う一連の流れがPTP包装ラインである。

当社では、これらの工程をライン化し、一貫連続生産を実現している。それにより、生産効率UPに寄与している。

本稿では、当社PTP包装ラインにおける連続生産の考えや取り組み、技術などを紹介する。

We are involved in producing and selling various kinds of packaging machines.

One of the popular packaging styles for pharmaceutical products (prescribed medicine for example) is called PTP (press through pack) on which tablet can be pushed out by finger. This packaging style is mainly used for packing 10 or 14 tablets per one PTP sheet.

PTP packaging line consists of a series of machines from accumulating certain number of said PTP sheet, banding with tape to avoid collapse, pillow-wrapping, cartoning, finally to casing in corrugate box.

We have realized these processes in line and continuous production, which can be contributed to improvement of our customers' production efficiency.

This article introduces our concept, effort and technologies for continuous production of PTP packaging line.

1 はじめに

従来から、製剤工程ではバッチプロセスによる生産が主流だが、石油、化学、食品産業など多くの業界では連続生産システムが確立されている。

連続生産システムには「生産効率向上」や「一貫工程による省人化」など多くのメリットがあると認められながらも、製剤工程で採用されなかった。その背景には、医薬品に求められる厳格な均一性・均質性および安全性を担保するために、生産効率よりも製品品質を重視してきた経緯がある。また、万トラブルが発生した場合、連続生産システムではトラブルの影響範囲を明確にすることが困難で、その間の製品が全て不良損失となるリスクが大きいのもその要因の一つと考えられる。

しかし、近年のさらなる高齢化やジェネリック医薬品の拡大により、製剤工程においても高品質を維持しながらの生産効率向上が必要という認識が広まってきている。

造粒および打錠などを扱う「製剤工程」と、医薬品(錠

剤やカプセル)を保護する目的の「包装工程」とでは、その生産プロセスと求められる性格が異なるものの、連続生産で生産効率を上げるという課題は共通である。

「包装工程」では、数十年前から連続生産のメリットが認識され、PTP包装機からダンボールケーサまでの一貫連続包装ラインが実現できている。

本稿では、当社の包装ライン(Fig. 1)における連続生産の考えやノウハウなどを実施事例も交えて紹介する。

2 包装ラインの連続生産について

当社では、医薬品、食品、化粧品、文房具などさまざまな包装設備を製造販売しているが、ここでは、そのうちの医薬品包装ラインの連続生産について述べる。

容器包材(主に樹脂かアルミ)にポケットを成形し、そこに医薬品(錠剤やカプセル)を1錠ずつ充填し、蓋包材(主にアルミ)を熱圧着シールした後、所定の大きさにトリミングしてPTPシート(Fig. 2)を作成する。



Fig. 1 包装ライン (PTP 包装機～ピロー包装機)



Fig. 2 PTPシート

それを所定の枚数に集積し、バンドテープ掛けを行い、ピロー包装、小箱詰め、ダンボール詰めまでを行う一連の流れである。

包装ラインは多くの工程と機械で構成され、それぞれに求められる役割が異なる。

そのような包装ラインの連続生産に求められることとしては、主に

- ①各工程のシステム化
- ②システムの信頼性
- ③機械の安定稼働

が挙げられる。

3 連続生産に対する当社の取り組み

3-1 各工程のシステム化に向けて

連続生産を行うにあたってネックとなるのは、各工程の処理速度が異なることである。

また、どこかの工程が停止した時にシステム全体が止まり非効率となる懸念もある。

3-1-1 工程間の処理速度差

連続生産では、文字どおり各工程を連続でつなぐ必要があるが、ただ単純に並べるだけではシステムとして成り立たない場合がある。

それは、動きや役割の違う工程間には処理速度差が存在するため、システムとして連続化するにはその差を吸収する必要がある。

1)ダンサーローラ

PTP包装機においては、加熱成形(間欠)・シール(連続)・打抜き(間欠)など、処理速度が異なる工程があり、それを「ダンサーローラ」(Fig. 3)で吸収している。

ダンサーローラとは、連続的につながっているローラ送り部において前後工程間のテンションを一定に保つものである。間欠動作と連続動作の工程間を定テンションに保つことで、前後工程を連続化している。

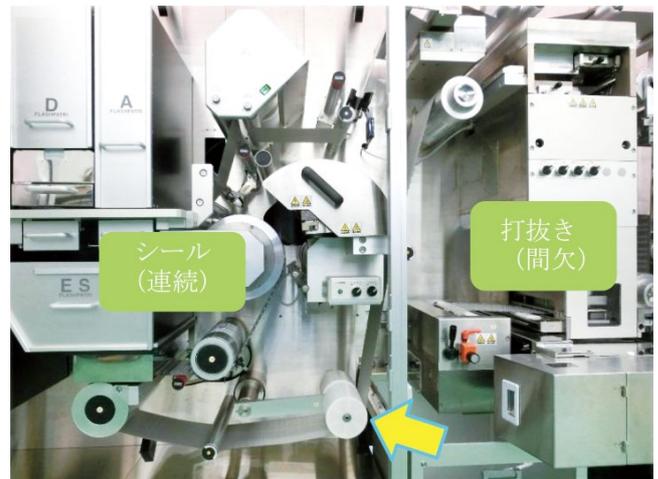


Fig. 3 ダンサーローラ(シール後)

2)バッファ装置

PTP包装機と集積機のように異なる機械を連続的につなげる際には、その処理速度差を吸収するバッファ機能が必要である。

集積機では、所定枚数のPTPシートを集積するが、PTP包装機の生産量が一時的に低下(不良検知排出など)した場合に、その不足となった分を「待つ」必要がある。

10枚集積する品目で1枚不足している場合、次の1枚がくるまでバッファ装置(Fig. 4)内で待機し、所定枚数が揃ったことを確認したうえで次工程へ進める制御とすることで、前後工程の処理速度差を吸収する。これにより、枚数不足排出や人手による補充も不要な連続化を実現している。

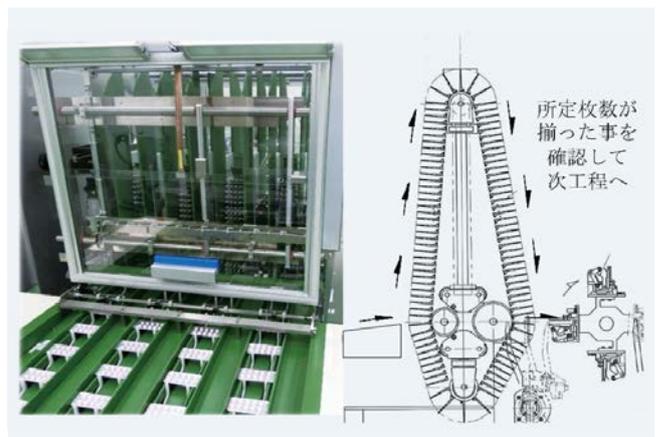


Fig. 4 バッファ装置

3-1-2 生産効率を低下させない工夫

やむを得ずどこかの工程を停止させたときにも、極力全体の生産効率を低下させない工夫が重要である。包装ラインでは、トラブルによる停止だけでなく、資材の切り替え時にもシステムを止めない配慮が必要である。

1)資材の自動継ぎ

包装ラインでは単位時間ごとに資材(包材やテープ)を新しいものへ切り替えていく。

人手で資材を切り替えるにはシステムを一旦停止する必要があるが、ここに「自動継ぎ装置」と「ダンサーローラ」を具備することで、使用中資材の残りを自動で検知し、システムを停止することなく次の資材へ切り替えることが可能となる。当社の包装ラインでは、本機能をPTP包装機の容器包材部と蓋包材部、バンドテープ部およびピロー包材部に設けている。

3-2 システムの信頼性向上に向けて

前項では、各工程のシステム化に向けての重要設計要素を述べたが、それらをただ配置するだけでは意味がない。連続生産において最も重要とって過言でない「システムの信頼性」が確保されてこそ、はじめて連続生産といえる。

3-2-1 インライン検査

連続生産では、バッチプロセスのように品質検査のために機械を止めることができないため、連続的に流れる製品をインラインで素早く良否判定する必要がある。そして、不良品が次工程へ流出しないプロセスを構築することが肝心である。

当社では、インライン検査システム“フラッシュパトリ”を自社開発している。

これは、PTPシートを作成する過程で発生する異物や異種混入、および錠剤の品質不良をカメラで監視するものである。

(Fig. 5)に示す通り、検査項目は多種多様であり、これらを人の目で100%判別することは至難の業といえる。

フラッシュパトリは、最速8,000錠/分というスピードで全数検査する。その膨大な検査データを瞬時に処理し、良品を検知し良品と認めたもののみを次工程へ通過させ、良品と認められないものは自動で系外に排出する制御としている。

これら自動化・無人化・全数検査の考えは、GMP^(※1)の3原則である「汚染および品質低下を防止する」、「人為的な誤りを最小限にする」、「高い品質を保証するシステムを設計すること」に則したものである。

※1: Good Manufacturing Practice医薬品及び医薬部外品の製造管理及び品質管理の基準に関する省令



Fig. 5 検査項目

3-2-2 ポジティブフェイルセーフ

自動系外排出部の振り分けダンパは基本排出側を向いており、良品と認めたものが通過するときのみ受け渡し側へ向くように設定している。万一、機器のトラブルがあっても、不良品が次工程へ流れない設計である。

さらに、振り分けダンパ部には「動作確認」センサを設置し、次工程の入り口部には「不良品の排出」と「良品の通過」を同時に確認するセンサを設置することで二重三重の砦とし、システムとして高い信頼性を実現している。

3-3 機械の安定稼働に向けて

連続生産において、機械をただ続けて動かすだけではなく、仕掛け中の中間製品をスムーズに次工程に移行する配慮が重要である。

以下に、包装ラインで経験したトラブルとその解決事例を紹介する。

3-3-1 CPPのカール抑制

従来、PTPシートの容器包材は、PVC(Poly vinyl chlorideポリ塩化ビニル)が主流であったが、環境問題により2000年代からCPP(Cast polypropyleneポリプロピレン)が増えてきた。

PTP包装機には熱を加える工程があり、熱がかかった容器包材は冷却工程によりそれぞれの収縮率で変形する。

中でもCPPはその度合いが大きく、さらに「時間をかけて進行する」特徴がある。加熱冷却工程で収縮する容器包材(樹脂)と収縮しない蓋包材(主にアルミ)を熱圧着シールすると、バイメタル(Fig. 6) (熱膨張率が異なる2枚の金属板を貼り合せたとき、温度の変化によって曲がり方が変化する性質)のような作用によりPTPシートにカールが発生する。

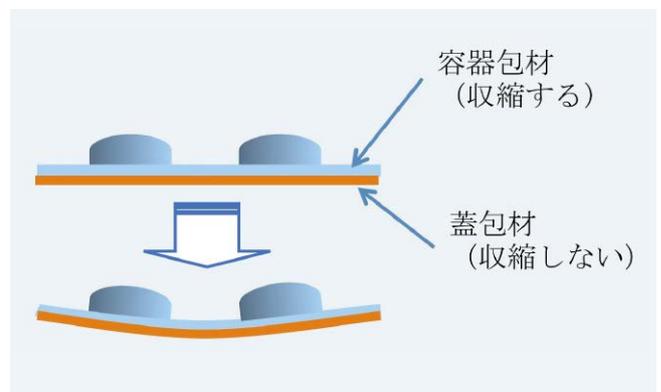


Fig. 6 カールのバイメタル的効果

PTPシートのカールは見た目だけでなく、CPPの「時間をかけて収縮が進行する」特徴により、「PTPシート集積後の高さ」が時間経過によって変化し、それが次工程の安定稼働を阻害する。

PTP包装機で使用されるCPPは、フィルム状にされた段階で約4%が結晶化しており、加熱による温度上昇に比例して冷却時の結晶化が進行し、100℃を超えると結晶化が50%を超える。また、140℃で1分間放置すると冷却後の結晶化はほぼ100%となり、成形しにくくなる。

そこで、CPPに必要以上に高い熱をかけないように、成形する箇所のみを加熱（加熱されない部分が変形に対する補強の役目を果たし収縮を軽減）するピンポイント加熱型（Fig. 7）を開発し、さらに機械停止時に長時間高温に曝されないように加熱型の開口を広くする、スリット部に冷却ブローを吹きかけるなどの改善を加えている。

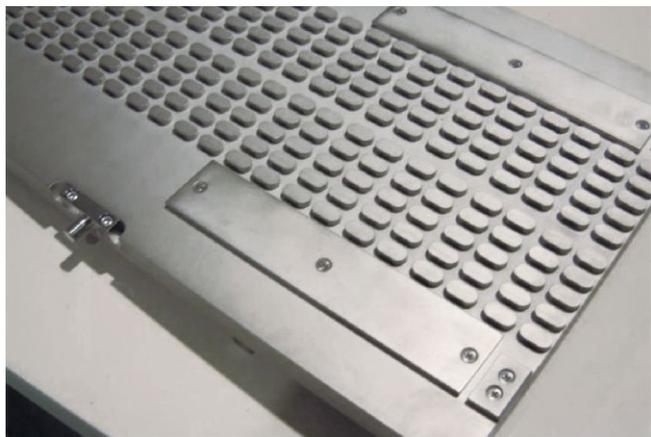


Fig. 7 ピンポイント加熱型

これらの改善で、CPPのカールに起因する諸問題を解決し、機械の安定稼働を実現している。

4 包装ラインの今後について

4-1 予防保全

ここまで、機械稼働における連続生産について述べてきたが、今後は予防保全を含めた安定性が求められると考える。

当社では、各種見える化や保守保全をサポートする“SmartRIn（スマートリン）”（Fig. 8）を提案している。



Fig. 8 SmartRIn（スマートリン）

このシステムはタブレット形の端末を使用したもので、取扱説明書や型替え手順書、トラブル表示およびト

ラブルシュートの閲覧機能、生産情報の管理ソフトなどを搭載しているほか、オプションで「メンテナンス時期お知らせ機能」などを用意している。

「メンテナンス時期お知らせ機能」とは、生産のたびに対象の交換型に取り付けたRFIDタグに動作回数などの情報を書き込んでいくもので、設定した値を超えるとSmartRIn本体に警告を通知するものである。

あらかじめ対象部品を登録しておくことで、修理や点検の時期を事前に把握でき、予防保全を含めた生産計画が可能となる。

4-2 製剤工程とのシステム化

近年、製剤工程における連続生産の設備事例が報告されている。その先には、製剤工程と包装工程の一貫連続生産ラインがある。

錠剤印字および印字検査など、その間の課題はあるものの、システム化が実現できればトータルの生産効率が飛躍的に向上することが考えられる。

5 おわりに

本稿では、当社の包装ラインにおける連続生産について、考えやノウハウを紹介した。

医薬品の包装ラインにおいては、さらなる生産効率向上に向けて長時間無人運転など取り組むべき課題があり、連続生産はその基礎となっている。

当社の包装ラインが、医薬品・医療業界の発展に寄与し、包装技術・自動化技術を通して社会に貢献できれば幸いである。

執筆者プロフィール



真川 達也 Tatsuya Sanagawa
自動機械事業本部 第1技術部
Engineering Department No. 1
Automatic Machinery Business Division

■ 出典 ■

PHARM TECH JAPAN 2016年2月号（じほう刊）
p15-18掲載内容を一部改変



新型画像検査装置

New Vision Inspection Machine

脇田 隆司 Ryuji Wakita

近年、医薬品の取り違えを防止するために錠剤・カプセル本体への製品名の表示やPTPシートのデザインの工夫による視認性向上、飲みやすさ、扱いやすさなど他社との差別化を図るため色や形状、成分など多種多様な錠剤が増加している。

PTP包装における検査においては、多種多様な錠剤への対応は勿論のこと、高精度で安定した検査が求められている。

こうしたニーズに応えるために、「高解像度」、「省スペース」、「操作性向上」、「多機能」の4つの特徴をもつ新型錠剤異物検査装置フラッシュパトリFP630・330シリーズを開発した。

本稿では、フラッシュパトリFP630・330シリーズについて紹介する。

In order to prevent taking wrong medicine, such counter-measures have been taken recently as improvement of invisibility by indication of product name on tablet/capsule, ingenuity of blister sheet design, wide variety of shapes and ingredient of tablets to differentiate from other companies in ease in taking and handling.

Inspection for blister sheets is required not only to meet wide variety of tablets but to perform highly accurate and stable inspection.

In order to respond to these requirements, we have developed Flash Patri FP630/330 series, new inspection machine for tablet and foreign particle of blister sheet, with four outstanding features of "High resolution", "Space saving", "Improved operability" and "Multi function".

This article introduces Flash Patri FP630/330 series.

1 はじめに

当社では、1980年代からPTP包装におけるインライン検査に取り組んできた。当初は、錠剤の有り無し、大きな欠けといった簡素な検査を行っていたが、製薬メーカーの多くの要求に応えるために、パーソナルコンピュータの普及とともに様々な検査項目を追加、検査精度の向上を行ってきた。

2003年に現在のインライン検査システムのベースとなる「フラッシュパトリシリーズFP600シリーズ」を開発した。そして、2015年に更なる進化を遂げたフラッシュパトリシリーズ4世代となるFP630・330シリーズを開発した。

本稿では、フラッシュパトリFP630・330シリーズについて紹介する。

2 FP630・330シリーズの紹介

2-1 概要

フラッシュパトリは、PTP機に搭載するインライン検査装置である。大きく分けると3つのステージで検査を行っている。

①容器フィルム原反検査(FP-C)

容器フィルムの加熱・成形前の工程にて、容器フィルム原反に付着、または練り込まれた異物を検査する。

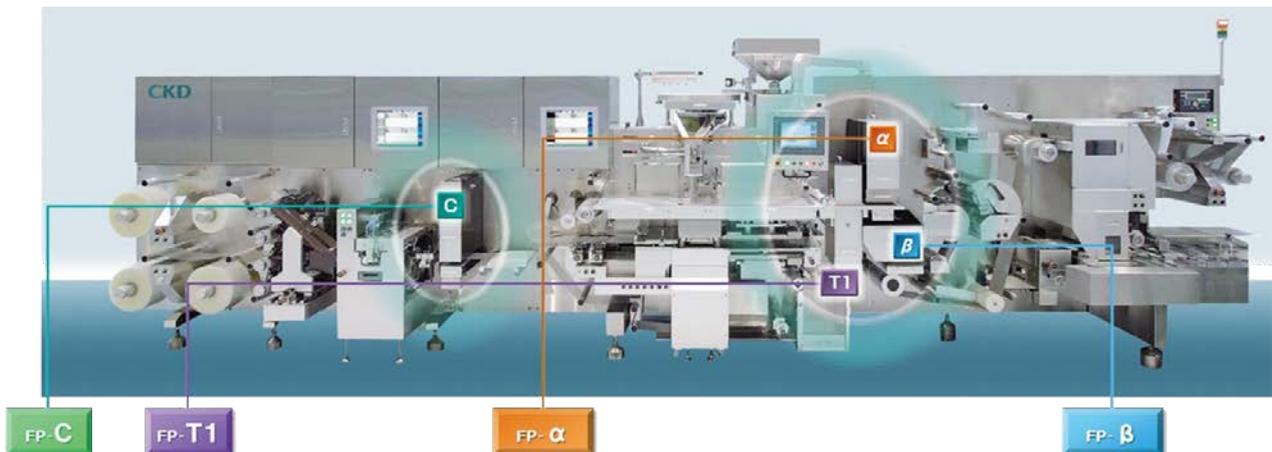


Fig. 1 インライン検査システムの搭載位置

②シール前検査(FP- α 、T1)

容器フィルムに錠剤を収納するポケットを成形し、そこに錠剤を充填した直後、蓋アルミ包材を熱シールする前の工程にて、錠剤・容器フィルムに付着した異物、錠剤の割れ、欠け、チッピング(錠剤表面の欠け)の検査を行う。

③シール後検査(FP- β)

蓋アルミ包材を熱シールした直後、スリット・刻印を入れる前の工程にて、錠剤あるいは蓋アルミ包材に付着した異物、錠剤の割れ、欠け、ノンシール(蓋アルミ包材未接着)、蓋アルミ包材のシワ、蓋アルミ包材の破れの検査を行う。(Fig. 1、Fig. 2)

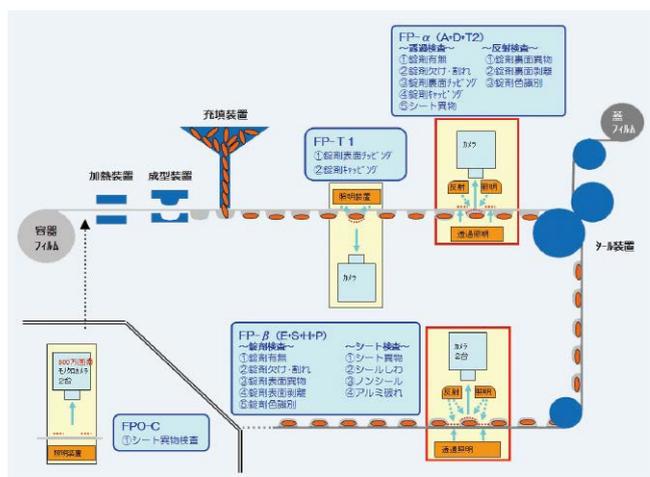


Fig. 2 インライン検査システムの検査内容

なお、FP630シリーズは、6000錠以下のPTP機(2列シート取り、最大300ショット/分)に搭載され、FP330シリーズは3000錠以下のPTP機(1列シート取り、最大300ショット/分)に搭載される検査装置である。

2-2 高解像度カメラによる安定した検査

PTPシートを検査する上で重要な項目の1つに異物の検査がある。錠剤上の異物、シート上(容器フィルム上、蓋アルミ上)の異物を安定して検出するためには、異物を鮮明に大きく写すことが重要な要素となる。FP630・330シリーズでは、全ての機種において、800万画素という高解像度のカメラを使用している。これは、従来のFP620・320シリーズの500万画素カメラから大幅にアップした。(Fig. 3、Fig. 4)

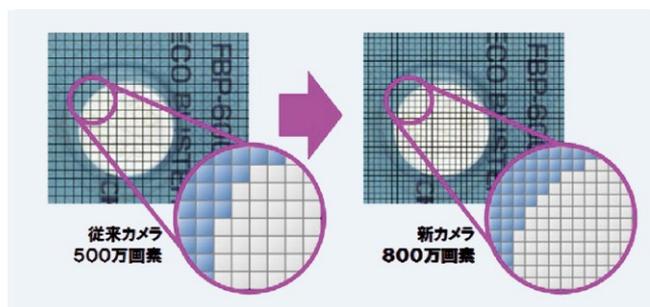


Fig. 3 解像度比較イメージ



Fig. 4 異物の解像度比較

高解像度カメラの採用によって、容器フィルム、蓋フィルムの光学的な影響(てかりなど)を受けやすく検出が困難なシール後の検査においても安定した異物検査が可能となった。(Fig. 5)

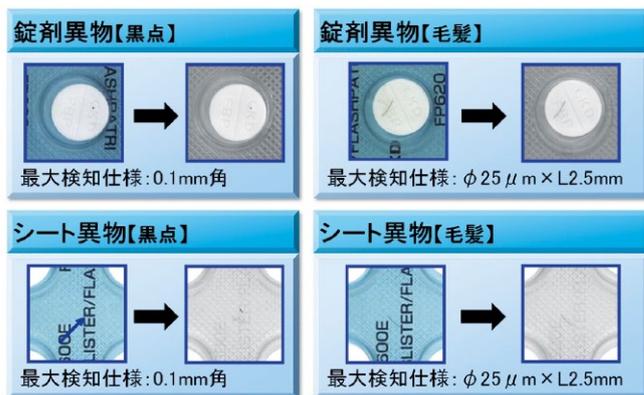


Fig. 5 シール後の検査装置における異物の撮影画像

2-3 検査ステージの省スペース化

近年、医薬品の取り違えを防止するために錠剤・カプセル本体への製品名の表示やPTPシートのデザイン工夫による視認性向上、飲みやすさ、扱いやすさなど他社との差別化を図るため色や形状、成分など多種多様な錠剤が増加している。PTP包装におけるインライン検査においても様々な検査を行っており、フラッシュパトリシリーズでは、現在10機種ある。(Fig. 6)

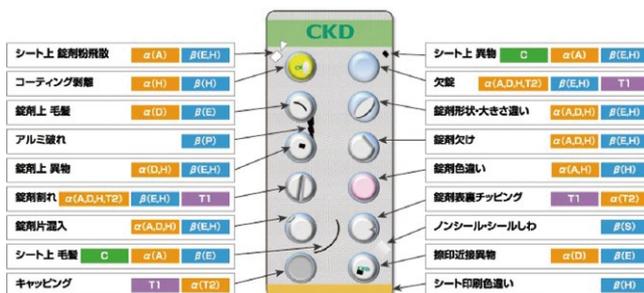


Fig. 6 各検査装置における検査内容

搭載する機種数が多くなると、それに伴い検査装置の設置スペースも大きくなるためPTP機によっては、そのスペースを確保できず搭載できない、あるいはスペースを設けるためPTP機が大きくなる問題があった。

検査ステージの設置スペースを削減するために、従来のFP620シリーズの5つの検査ステージから3つの検査ステージに統合を図り、従来スペース比40%減を実現した。(Fig. 7)

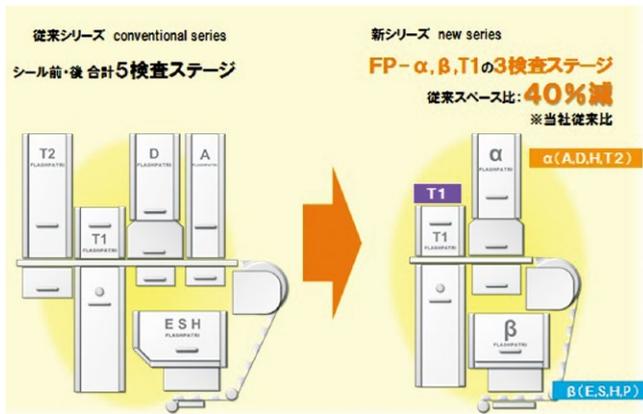


Fig. 7 検査ステージの統合

装置を統合するにあたり、カメラの台数を削減した。従来のFP620-A/D/T2の3つの機種をFP630- α に集約した。従来のFP620・320では、1シートあたり4台のカメラで5回の撮影を行っているが、FP630・330シリーズでは、高速かつ高解像度な撮影が可能なカメラを採用し、1台のカメラで最高6回の撮影を可能にした。

高速かつ高解像度なカメラを採用するには、様々な課題がある。代表的な課題と対策を以下にあげる。

課題① 撮影した画像の伝送性能

PTP機のインライン検査の場合、撮影部(カメラ、照明など)と処理部(撮影した画像を処理する演算装置)との距離が5m~10mとなるため、長距離、長時間安定した撮影が求められる。

課題② 撮影した画像の安定性

同じ対象物を連続して撮影した場合に画像の変化が少ないこと。

課題①、②の対策として、カメラ画像伝送に光伝送方式を開発し、従来に比べ6倍の高速な伝送能力で安定した撮影が可能になった。

課題③ 撮影した画像の高速演算

検査時間を低下させることなく、高速で演算できること。

課題③の対策として、検査アルゴリズムの見直し、使用する演算処理装置に対する最適化、検査タイミングを解析し可能な限りの並列処理を行うことで、従来に比べ6倍の処理能力を実現した。

2-4 操作性の向上

検査装置として、検査項目、検査精度、安定性を向上させることが重要であるが、検査装置の性能を十分に発揮するには正しく設定されていることや、設定方法・調整方法が容易であることも重要である。この点について、FP630・330シリーズで新たに追加した3つの機能について紹介する。

2-4-1 設定支援機能

FP630・330シリーズの設定手順は

- ①撮影するタイミングの設定
- ②設定の基準となる画像の撮影
- ③検査位置などの検査条件の設定
- ④検査を行ない、検査が正常に行われているかどうか確認

の通りである。

設定を行うには、いくつかの画面を切替えながら行う必要がある。熟練者であれば、どの画面でどのような設定を行ない、次にどの画面に切り替える必要があるか容易にわかるが、初心者はそうはいかない。初心者でも容易に設定ができるように設定ガイダンス機能を追加した。(Fig. 8)



Fig. 8 ガイダンス機能

次の画面に進む場合は、「NEXT」ボタンを押し、1つ前の画面に戻る場合は「BACK」ボタンを押すと自動的に画面が切り替わり、設定を行う内容が表示される。表示された内容に従って設定を行ない完了したら「NEXT」ボタンを押すという作業を繰り返すことで、一連の設定を確実に完了することが可能になり、また、次に設定すべき内容を把握し、画面に迷うことなく設定が可能である。

2-4-2 FP-ADRAGE

PTP機に搭載する機種は、製造する品種に応じて選択する。それぞれの機種には検査状況(良品数、不良項目ごとの不良数)が表示される。(Fig. 9)

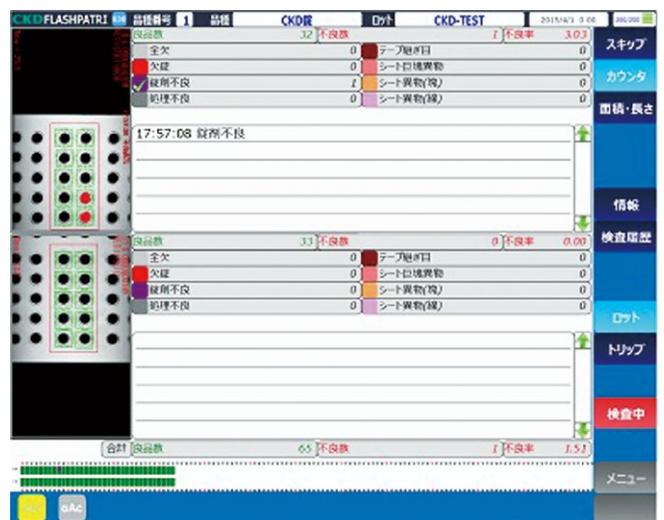


Fig. 9 検査中の画面

例えば3機種(FP630- α (A)、 α (D)、 α (T2)) (検査内容については、Fig. 2を参照)がPTP機に搭載され

ている場合は、3つの画面で良品数、不良数を確認する必要がある。また、それぞれの機種は独立して検査を行っているため、例えば欠錠のシートが1枚発生した場合、 $a(A)$ 、 $a(D)$ 、 $a(T2)$ それぞれの機種で欠錠の不良がカウントされる。不良として排出されるシートは1枚であるが、不良のカウントは $a(A)$ で1シート、 $a(D)$ で1シート、 $a(T2)$ で1シートの合計3シートとなり、排出されたシート数と不良数が一致しない。どの機種でどのような検査項目で不良検知したかを正確に把握することは、歩留まりを向上させるためには重要なことである。

搭載されている全ての機種の検査結果を統合することで、不良として排出されるシート数やどの機種でどのような不良が多いかなど、生産の状況を把握しやすくするためにFP-ADRAGEという新たな装置を開発した。主な機能は、下記の通りである。

①検査カウンタ・不良シフト*1の統合

搭載されている全ての装置の検査カウンタ、不良シフトを1つの画面にて確認できる。(Fig. 10)

*1:不良シフト:検査結果をグラフィックスにて履歴表示する機能

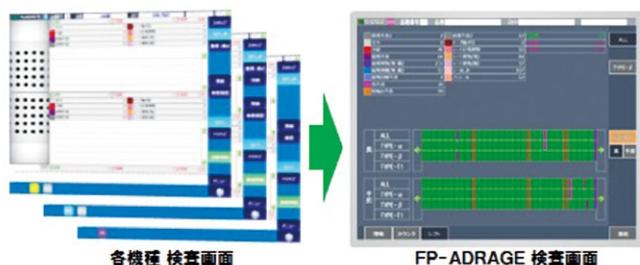


Fig. 10 検査画面の統合

②再検査

検査中に発生した不良について、生産を止めることなく再検査を行ない、不良状況を確認できる。(Fig. 11)

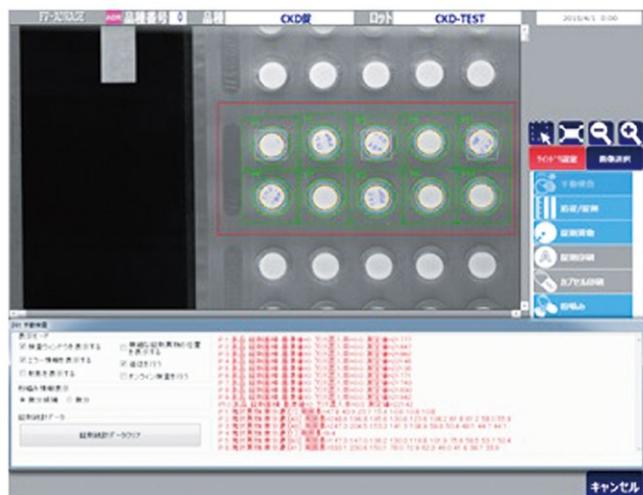


Fig. 11 再検査画面

③タブレット端末による遠隔での確認

タブレット端末を使用して無線LANによって、離れた場所からもFP-ADRAGEの操作ができる。(Fig. 12)



Fig. 12 タブレット端末による遠隔操作

2-5 多機能

多種多様な品種に対応するため追加した4つの機能について紹介する。

2-5-1 褐色錠剤対応

フラッシュパトリの名前の由来でもあるフラッシュ機能は、近赤外線光を照明に用いることで錠剤印刷、シート印刷(蓋フィルムの印刷)の影響を受けることなく、シート全面の異物検査が可能となる。近赤外線は、異物検査には非常に有効な手段であるが、ごく稀に褐色錠剤の場合に、錠剤が近赤外線を吸収することで錠剤とシートとの明るさの差が少なくなり、判別が難しい品種がある。従来のFP620・320シリーズでは、可視光による検査装置を追加することで対応してきたが、FP630・330シリーズでは、近赤外線光を使う白黒画像による検査と可視光を使うカラー画像による検査を品種毎に切り替えることができる。(Fig. 13)この機能によりフレキシブルな検査を可能とした。



Fig. 13 褐色錠剤対応

2-5-2 レーザ印刷対応

医薬品の取り違えを防止するために錠剤・カプセル自体に製品名の表示をする品種が増えてきた。錠剤印刷機(錠剤に文字や図柄を印刷する機械)の性能向上に伴い、錠剤に様々な情報を印刷されるようになり、錠剤表面に占める印刷範囲の割合がより広がってきた。特にUVレーザを照射することで錠剤に印刷を行った場合、フラッシュ機能が機能しないため印刷範囲を異物検査の対象外とする(以降マスク処理という)必要がある。(Fig. 14)



Fig. 14 従来の錠剤印刷マスク処理

マスク処理を行った場合、錠剤印刷範囲が広いほど、異物を検査する範囲が狭くなってしまふ。そこで錠剤印刷の形にマスク処理を施す機能を追加した。マスク処理を行う範囲を最小限にすることで、異物を検査する範囲が拡大した。(Fig. 15)



Fig. 15 錠剤印刷の形のマスク処理

2-5-3 アルミ破れ検査(FP-β(P))

蓋アルミ包材の走行ライン(通り道)において、様々な要因により、突発的に穴、亀裂、破れがごく稀に発生することがあり、これを検査する装置である。

シール後の検査装置FP630-βに薄型の透過照明を追加し、検査ステージを増やすことなく検査を実現した。(Fig. 16、Fig. 17)

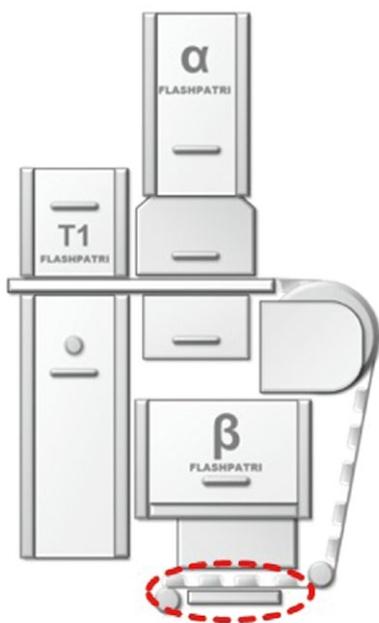


Fig. 16 薄型透過照明の搭載位置

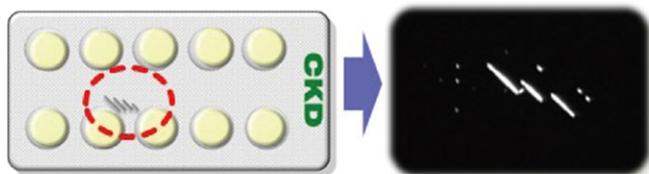


Fig. 17 アルミ破れの撮影画像イメージ

2-5-4 仮想精度バリデーション機能

検査装置において、精度確認は非常に重要な作業である。FP630・330シリーズでは、錠剤上の異物、シート上の異物の検出精度は、0.1mm角、φ25μm×2.5mmである。精度確認は、2種類の異物について錠剤上、又はシート上に付着させ、検査を行うことで不

良として検出されるかどうかを確認する。非常に小さな異物を扱うため手間がかかり、時間もかかる作業である。検査における設定を変更した場合は、検査条件が異なるため精度確認を都度行う必要がある。

仮想精度バリデーション機能は、予め取り込んでおいた異物データを仮想的に錠剤上または、シート上に付着させることができる機能である。検査を行う画像上で異物を付着させたい位置をマウスクリックすることで仮想的に異物を付着させることができる。これにより設定変更の際、容易に精度確認をすることができる。(Fig. 18)

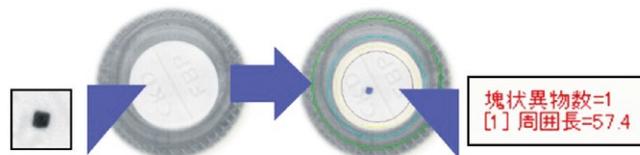


Fig. 18 仮想バリデーション

3 おわりに

フラッシュパトリFP630・330シリーズでは、検査精度だけではなく、安定性、省スペース、操作性にも焦点を当てて開発した。

検査装置の開発となると検査精度のみを追求しがちであるが、今回の開発を通じて、それ以外の部分の重要性を再認識した。

今後もPTP包装機のトップメーカーとして、常にお客様のニーズに耳を傾けながら、検査性能(検査精度と検査項目)と使い易さを両立した検査装置開発に取り組んでいく。

執筆者プロフィール



脇田 隆司 Ryuji Wakita
自動機械事業本部 第1技術部
Engineering Department No. 1
Automatic Machinery Business Division



リードリフローと両面はんだ印刷検査機

Lead reflow and the Solder Paste Inspection Machine for Double Sides

梅村 信行 Nobuyuki Umemura

従来、表面実装部品とリード部品が混在した基板においては、表面実装部品を搭載しリフローではんだ付けした後に、リード部品を実装し手はんだもしくは噴出タイプのフローではんだ付けするという2工程ではんだ付けをしていた。

昨今の効率化への要求に対し、工程簡略化、製品の生産タクト短縮の為、表面実装工程のスクリーン印刷ではんだ面よりリード部品用のスルーホールにはんだを同時に印刷し、リード部品を実装し表面実装部品と同時にリフローする事で、はんだ付けを完了する工法(以下リードリフロー)が新たに提案されてきた。

本機は、このスルーホールに印刷されたはんだ量を計測するために、基板の両面より検査を実施しはんだ量の確認する事で、リフロー工程における挿入部品のはんだ付け品質の向上を図る事ができる装置の紹介をする。

Print circuit board on which both surface mount components and lead components are mounted has been soldered through two processes as follows. First process is that surface mount components are mounted and soldered in reflow oven, and second process is that lead components are mounted and soldered by hand or with flow soldering.

To improve efficiency and reduce production speed, such a soldering method (which is called "lead reflow") has been newly suggested as soldering for both surface mount components and lead components can be completed through reflow process of surface mount process, which can be realized by printing solder in through hole for lead component at screen printing process at the same time.

This article introduces inspection machine which enables to measure solder volume printed in through hole and inspect from both upper and lower sides of PCB, and to realize quality improvement of soldering for lead components in the reflow process.

1 リードリフローについて

電気製品に組み込まれるプリント配線基板には、通常多くの電子部品が搭載されている。

電子部品には一般的に、表面実装部品とリード部品が存在しており、それぞれ用途に分けて使用されている。

高電力・大容量な部品(コンデンサ、コイル、トランスなど)が搭載される電源基板や、信頼性が必要な自動車関連部品などははんだ付け面積が大きいリード部品が多く使用されている。

一方で小型化・省電力化が要求される、携帯電話、スマートフォン、AV機器などには表面実装の部品が多く使用されている。

ただし、表面実装基板は、すべてが表面実装部品で補う事ができず、一部の部品(例えば、大型の電解コンデンサやコネクタなど)はリード部品を採用し、搭載を行っているのが通常の実装となっている。

- ①ソルダペースト印刷
- ↓
- ②表面実装部品搭載
- ↓
- ③リフロー工程(1回目)
- ↓
- ④基板反転
- ↓
- ⑤ソルダペースト印刷(スルーホール以外)
- ↓
- ⑥表面実装部品搭載
- ↓
- ⑦リフロー工程(2回目)
- ↓
- ⑧リード部品挿入
- ↓
- ⑨フラックス塗布
- ↓
- ⑩噴流タイプはんだ槽 or 手はんだなど
- ↓
- ⑪実装完了

既存の工程

この為、表面実装部品を使用する基板は次の様な工程となっており、複数回のはんだ付けが必要となっている。

この工程に対し近年、工程を改善し生産性を向上させるために、各社でリード部品を表面実装部品と同時に搭載し、リフローで同時にはんだ付けまで実施する試みが進んできた。

一般的にはリードリフロー工程と呼ばれている工程で右記となる。

- ①ソルダペースト印刷
- ↓
- ②表面実装部品搭載
- ↓
- ③リフロー工程(1回目)
- ↓
- ④基板反転
- ↓
- ⑤ソルダペースト印刷(スルーホール含む)
- ↓
- ⑥表面実装部品搭載、リード部品挿入
- ↓
- ⑦リフロー工程(2回目)
- ↓
- ⑧実装完了

本工程の場合、下記のメリットがある。

- ①はんだ付け工程を1回省くことができる。
- ②工程短縮や設備が不要となる。
- ③はんだ槽が不要となる為、廃棄はんだが発生しない。
- ④はんだ量の削減、工程の削減により生産コストの削減が可能。

ただし、リードリフローには下記課題もある。

- ①リード部品が高温のヒータに晒される為、部品の耐熱性をあげる必要がある。
- ②はんだ量のコントロールが難しい。

しかしながら、近年耐熱性が低い部品に対し耐熱力バーを追加する事で、特殊な部品を採用しなくてもリフローを使用する事ができる技術も研究されている。さらにはんだ量のコントロールも、はんだ印刷機、はんだ印刷検査機の開発により対応が可能になってきており、今後ますますの市場拡大が見込まれる。

2 はんだ印刷について

通常、表面実装部品の場合にはんだは基板表面のみの塗布となる為、表面に印刷されたはんだ量を管理する事で、実装の安定性を確保している。

リードリフロー工程では、スルーホールも含めすべてクリームはんだ印刷機ではんだを印刷し、そのはんだでリード部品もはんだ付けを実施する。

この際、一回の印刷ですべてを実施する場合と、印刷機を2台使用し、スルーホール部のみ別印刷する場合があるが、現実的な工程は、1回の印刷での実施となる。

スルーホール印刷との混合印刷は通常は表面実装部品用の表面のみ印刷する場合と違い、スルーホールへのはんだ押し込み力が必要となる為、通常の印刷部がにじみ易くなり、印刷条件出しが難しくなる為、印刷状態の管理が重要なポイントとなってくる。

リード部品を搭載するためにはリードが挿入されるスルーホールまでクリームはんだを印刷し、はんだ量を確保する必要がある。

スルーホールへのはんだ印刷は色々な印刷が提案されているが、一般的には表面の印刷を多く確保し、はんだの流れ込みを誘うように印刷されている。(Fig. 1)

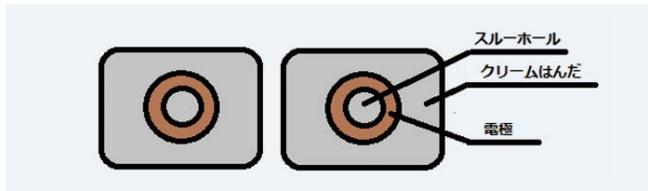


Fig. 1 スルーホールのピッチがある場合の印刷例

ピッチがある場合はスルーホールを中心に配置し印刷する事で適切なはんだの印刷量を確保できる。

しかし、実際にはコネクタの高密度化によりスルーホールピッチは非常に細くなり、はんだの印刷も下記のようにスルーホールに対し、オフセットした状態での印刷となる事が非常に多くなっている。(Fig. 2)

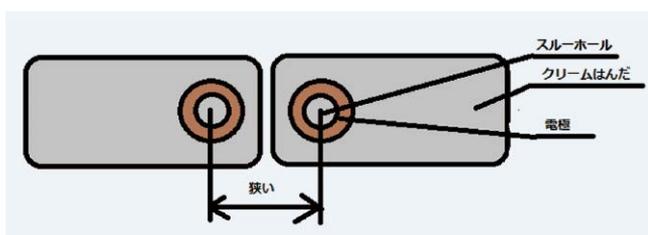


Fig. 2 スルーホールのピッチが狭い場合のはんだ印刷例

オフセットした印刷を実施した場合は特にはんだ量を適切に管理しないと、ブリッジやはんだ不足による不良が発生する可能性があり注意が必要となる。

ここで具体的に、実際にスルーホール印刷をする時の適正はんだ量について述べる。

必要はんだ量は一般的なクリームはんだの場合、リフロー後のはんだ量は、50%程度である。

この為、必要はんだ量は下記の計算となる。

$$\text{クリームはんだ量} = (\text{スルーホール体積} - \text{リードワイヤ体積} + \text{上下部フィレット体積}) \times 2$$

さらに近年の狭ピッチなコネクタの場合、表面にはんだ量を多く取る事が出来ない為、スルーホール全体へのクリームはんだ充填が必要となる。

たとえば、下記の条件で必要はんだ量を計算すると実質的にスルーホールの体積の倍以上のはんだ量が必要となる。

(簡略化の為フィレットの量は無視して計算する)

リードワイヤ直径	0.5mm	
スルーホール直径	1mm	
基板厚	1.6mm	の場合

スルーホールの体積=3.2mm³

リードワイヤの体積=0.3mm³(約10%)

この結果表面に十分なはんだ量を確保する為には下記の面積が必要となる。

マスク厚150μm時:21mm²(2.1mm×10mm)

今日の微細なコネクタを搭載する場合だと本面積を確保する事が非常に難しい。

かつ、本面積を確保してもスルーホールのはんだのみで、両面のフィレットを形成できるはんだは無い為、表面のみではんだ量が不足する可能性が高い。

この為、スルーホール両面でフィレットを形成できるようにスルーホール下側に更に0~1mm程度はんだが吐出されると安定したはんだ付けが可能となる。

通常の印刷条件と違い、スルーホール印刷の場合にはんだの押し込み力が必要となる為、印刷状態を見ながら印圧、スキージ角度の調整が必要となる。当然ながらこの変更を行うと、通常の印刷部分への押し込み圧も強くなり、にじみが発生しやすくなる為注意が必要である。

また、複数の会社から、印刷中に印圧を変更できるスキージシステムが発表されている。このような印刷システムを使用する事で、さらなる安定印刷が可能となる場合がある。

スルーホール印刷のはんだ吐出量についてはある程度以上あればよい判断となるが、あまり多すぎると、基板からはんだの落下やリフロー後のフィレットがうまく形成できずにはんだ不良となる場合がある。

この為、スルーホール印刷を実施するためには表面だけでなく裏面のはんだ吐出量管理が必須となる。

表面の印刷面については、従来より販売されているはんだ印刷検査機VPシリーズで検査する事が可能だが、スルーホール内に印刷されたはんだについては検査する事が出来ない。

この課題を開解するために、基板の両面を同時に検査する事が可能な機械を新たに開発した。

3 両面はんだ印刷検査機について

ここで開発した製品について解説する。

両面はんだ印刷検査機、VP5200/6000MR-V (Fig. 3)



Fig. 3 両面はんだ印刷検査機

本機械は、はんだ印刷済みの基板を取り込み、基板両面の検査を実施、スルーホール内のはんだを確認する事が可能である。

次に本機の特長を示す。

- ① 基板両面の検査を実現するために機械背面に制御盤を配置し、裏面検査機構を機械内に搭載した。
- ② 裏面検査時の死角を軽減するために、基板搬送ユニットの検査エリア薄肉化を実施し、搬送レールからの無検査エリアを削減した。
- ③ 薄肉のコンベアでありながら、基板の検査状態を常に同一の条件で検査する為に、上下クランプ機構を搭載し、基板のそりの矯正を行い基板の検査状態を一定に保持できる様にした。
- ④ 下側の検査ヘッドへのはんだ、フラックスの落下を防止する為に、ヘッドカバーガラスを設置。さらに、ヘッドカバーへの異物落下時に検査エラーを発生させない為に、カバーガラスを予め検査する機能を追加した。
- ⑤ はんだ量を管理するために、両面の印刷結果出力に基板厚みを加味して合算する機能を搭載し、より正しいはんだ量検査を実現した。
- ⑥ 当社の既存検査機と同様にエアレスで使用可能、標準のデータステーション、データ管理システムとの連携も可能となっている。

次に検査ルーチンを示す。

標準的な基板検査と同様に前工程から基板を搬入し、表面の検査を実施する。

その後裏面の検査が必要か否かを判断し、裏面の検査が必要な場合は裏面検査も実施する。この場合、裏面検査はスルーホール部分のみの実施となる。

裏面検査完了後両面で不良がなければ基板排出し、不良があった場合は機械を停止し不良確認を行える様にアラームを出力する。

アラームが出た際は、機械オペレータがはんだの形状を確認し、良不良の最終判定を実施する段取りとなる。

実際にはんだが印刷された結果は次の様な形状となる。(Fig. 4、Fig. 5)

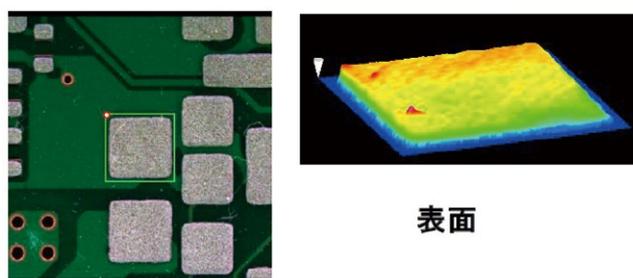


Fig. 4 表面形状

表面からはスルーホールの有無が確認できない。

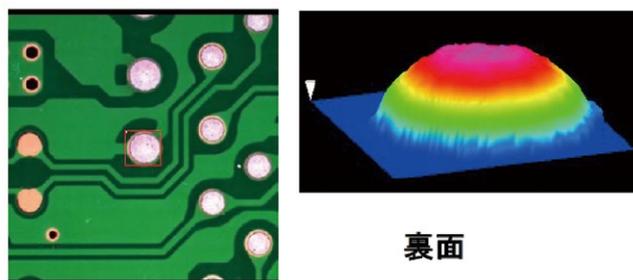


Fig. 5 裏面形状

図のように表面とは大きく違う形状が裏面には形成される。当然、表面の印刷結果からは裏面の形状、はんだ量が足りているかの判断をすることは出来ない。

品質管理の為には、スクリーン印刷時点での検査を行う事が必要で、実際にはんだ印刷検査機を使用する事が生産での主流となっている。

特にスルーホール印刷を実施した場合は通常のはんだ印刷部とスルーホール印刷部では最適な条件が違うため、両立できる印刷条件をいかに設定し生産を行うかが重要となり、その生産状態を維持するためには、両面の検査が必須となる。

この両面検査を実施する為に、両面検査機専用の機能も備えている。

検査運用上、通常の基板検査と同じプログラム表示を行うと、通常のはんだとスルーホールのはんだは画面上から判断することは出来ない。

この為、スルーホールのはんだは、検査確認画面では、色付けを行い、通常のはんだパットでは無い事を明確にしている。(Fig. 6)
 (赤枠で囲われたはんだパット周辺が白くなっている所)

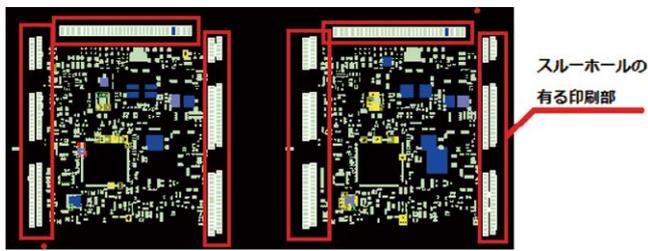


Fig. 6 検査基板イメージ画像

さらに、はんだ形状確認の際に両面のはんだ結果が分かるようにする為に、スルーホールのはんだ計測結果には、両面の体積の合算値を表示する。

表示用のタッチパネルモニターを2個配置可能となっており、スルーホールのはんだを選択した場合は、自動的に下側のはんだ形状も表示されるようになっており、瞬時に印刷結果を確認する事が出来る様になっている。(Fig. 7、Fig. 8)

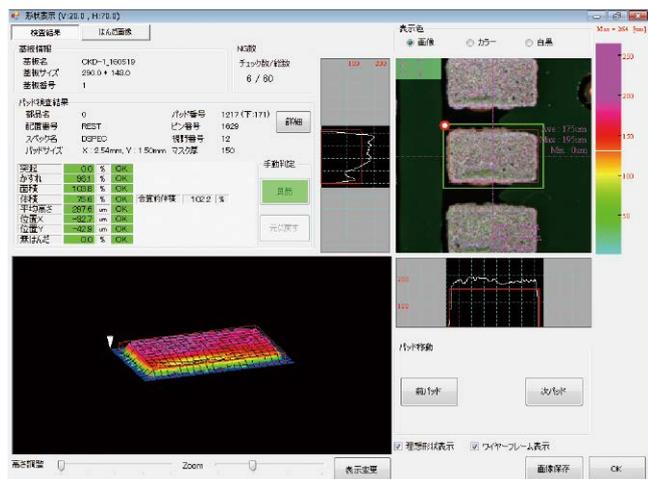


Fig. 7 はんだ計測画像 (表面形状表示)

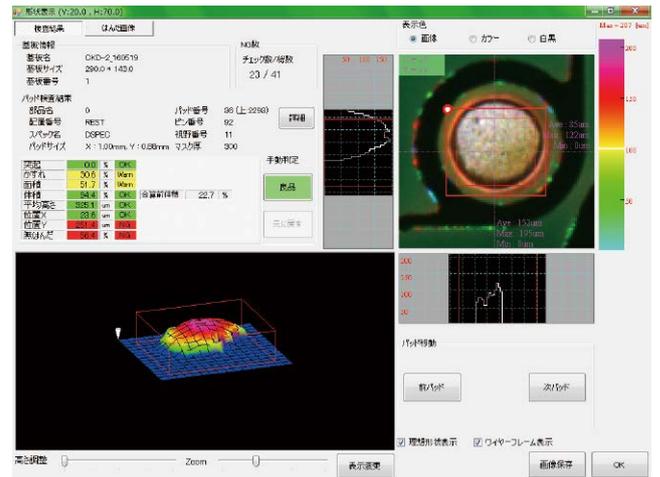


Fig. 8 はんだ計測画像 (裏面形状表示)

この様にスルーホール両面検査に特化した機能を充実させているが、標準的な表面のみの検査も可能となっており、通常の生産ラインに導入することも可能となっている。

4 まとめ

当社では、標準的なMサイズ(330mm x 250mm)、Lサイズ(510mm x 460mm)の基板に対応した機械以外にも、本機のような基板両面検査機、LED搭載基板向けの長尺サイズ(1200mm x 450mm)基板対応検査機や、大型サイズ(610mm x 610mm)基板対応用検査機などニーズに合わせた各種機械をラインナップし個々の生産状態に合わせた対応ができる様になっている。

今後もラインナップを拡大し、生産ニーズに合った製品をリリースしていく。

執筆者プロフィール



梅村 信行 Nobuyuki Umemura
 自動機械事業本部 第3技術部
 Engineering Department No. 3
 Automatic Machinery Business Division

リチウムイオン電池用巻回機の自動材料交換機構

Automatic Material Changer for Lithium Ion Battery Winding Machine

熊谷 勝成 Katsunari Kumagai

近年、世界的に環境意識が高まっており、ハイブリッド車や電気自動車の需要が増加している。それに伴い、電池メーカーは車載用リチウムイオン電池の生産性向上が大きな課題となっている。

電池製造設備の1つであるリチウムイオン電池巻回機を手掛けている当社はこの課題解決に注力してきた。

本稿では、その課題解決の手段として

- ①材料供給などによる機械停止時間短縮(稼働率向上)
- ②材料交換時の不良低減(歩留り向上)

の改善を図った自動材料交換機構を紹介する。

Recent raising of environmental awareness on a global basis has led to an increase in demand for hybrid car and electric vehicle.

To meet this demand, improvement of production efficiency for automotive lithium-ion battery has been a major issue for battery manufacturers.

Our company has been involved in producing lithium-ion battery winding machines, one of the battery production processes, and have been making effort in solving this issue.

This article introduces automatic material changer for lithium-ion battery winding machine as one of our solutions for above issue, which is expected to improve;

1. Reduction of machine down time for material change (improvement of operation efficiency)
2. Reduction of defective products in material change (improvement of production yield)

1 はじめに

当社ではリチウムイオン電池の製造工程の1つである巻回工程を自動化したリチウムイオン電池巻回機(以下、巻回機)を製作している。

巻回工程とはシート状の正極材、負極材、セパレータ材2枚の計4枚の電池材料(以下、材料)を重ねて巻芯にて同時に巻き取る工程である(Fig. 1)。

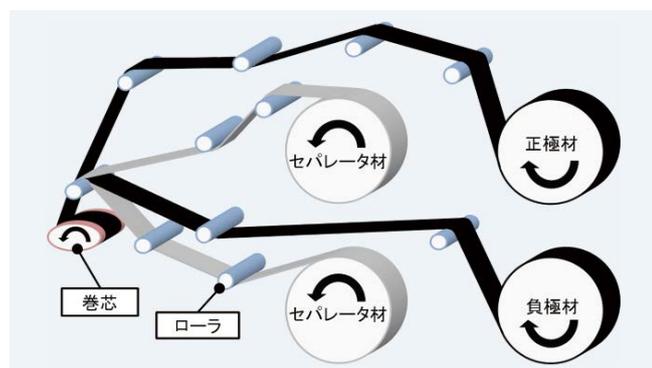


Fig. 1 巻回イメージ

電池製造設備の生産性向上への関心は年々高まっており、当社巻回機も多様な技術や最新機器を用いて機械タクトを向上させてきた。しかし、機械タクトが向上したことにより各材料の消費が早くなり、時間当たりの各材料の交換頻度が増加した。また、従来は材料交換を手で行っていたため、材料交換時の不良発生のリスクが高く、作業の熟練を必要としていた。

これらの問題を解決するため、自動材料交換機構の開発に至った。

2 材料手動交換による課題

人手による材料交換作業の課題について説明する。

2-1 材料交換に要する時間

人手による材料交換作業は工程が多く、時間を要する作業となっていた。

材料交換部外観図(Fig. 2)と材料交換作業手順を以下に示す。

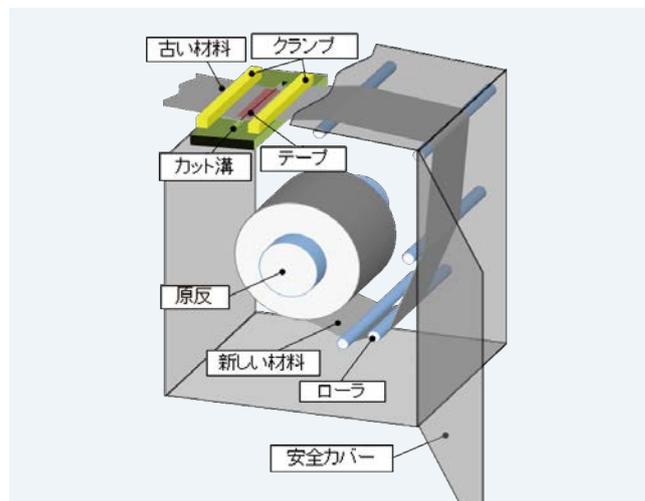


Fig. 2 材料交換部外観図

材料交換作業手順(手動交換)

- ①自動生産中に材料が少なくなる
- ②巻回機が材料の終わりを検知し、自動生産の停止と警報を鳴らす
- ③安全カバーを開ける
- ④材料をカットし、カット部を一時固定する
- ⑤古い材料の原反を取り外す
- ⑥新しい材料の原反を取り付ける
- ⑦新しい材料と古い材料をテープで継ぐ
- ⑧安全カバーを閉じる
- ⑨自動生産を再開する

上記作業による材料交換は5分程度要し、機械の稼働率を下げる要因となっていた。

2-2 人手作業による相対位置不良

人手による継ぎ作業では、古い材料と新しい材料のエッジ位置を合わせる事が難しく、巻き取り後の相対位置不良の要因となっていた(Fig. 3)。

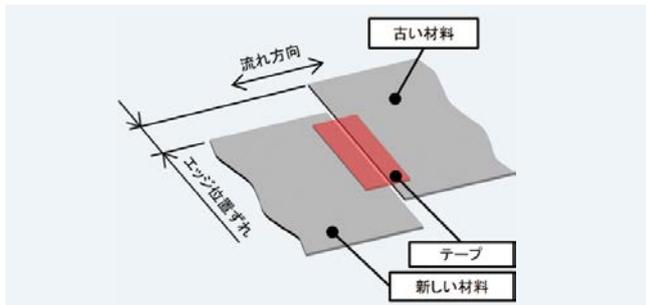


Fig. 3 材料のエッジ位置ずれ

リチウムイオン電池において電池容量や安全面の観点から各材料の相対位置が重要であるため(Fig. 4)、エッジ位置が許容量以上にずれた場合は不良となり、歩留りが低下する。つまり、材料交換時のずれが大きいと、蛇行補正機構の補正が十分機能するまでに不良部分を作ってしまう、歩留りが低下する。

これを防ぐためには、新しい材料と古い材料のエッジ位置をあらかじめ許容範囲内に揃えておくことが必要である。当社巻回機にはこの自動位置決め機能を標準で用意している。

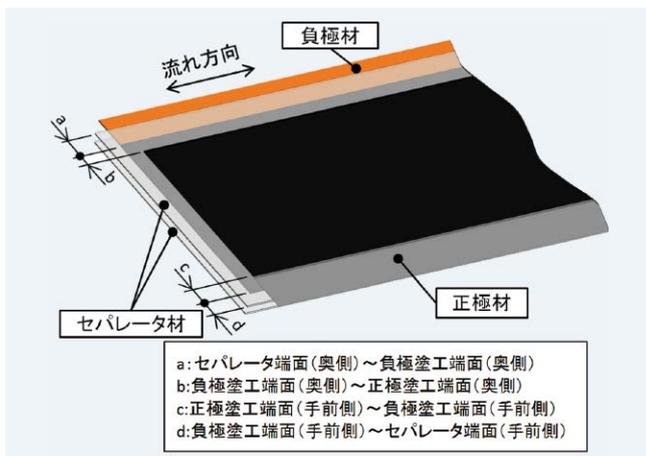


Fig. 4 材料間の相対位置関係

3 課題に対する解決策

3-1 自動材料交換

課題である材料交換時間短縮のため、自動で材料を交換する機構を開発した。

本機構では予備用の原反掛け軸が設置され、生産側の材料が無くなり次第、予備側に予め仕掛けてある材料に自動で繋ぎ変える機構とした(Fig. 5)。

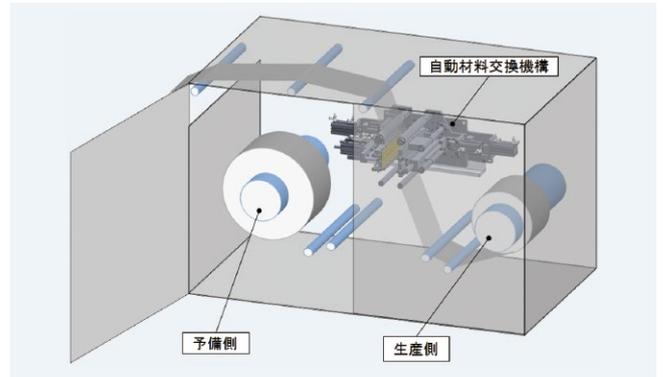


Fig. 5 自動材料交換機構外觀図

材料交換作業手順(自動交換準備)

予備側に予め材料を仕掛けておく手順を以下に示す。

- ①生産側原反で自動生産中に予備側の安全カバーを開ける
- ②予備側の古い材料の原反を取り外す
- ③予備側へ新しい材料の原反を取り付ける
- ④予備側原反材料を規定パスラインへ仕掛ける
- ⑤材料継ぎ用テープを自動材料交換機構の規定位置へ仕掛ける
- ⑥予備側の安全カバーを閉じる

ここまでの作業は巻回機が自動生産中に作業可能であるため、生産停止時間は0秒である。

次に材料終了時の自動交換動作を以下に示す。

- ①自動生産中に材料が少なくなる
- ②材料の終わりを検知する
- ③材料をカット・保持する
- ④生産側材料と予備側材料をテープで貼り、継ぎ合わせる
- ⑤自動生産を再開する

上記による自動交換動作時間は10秒である。

自動材料交換機構を設置する事により、材料交換1回当たりの生産停止時間を人手作業の5分から10秒へ短縮した(約97%削減)。

3-2 自動位置決め機能

材料継ぎ時のエッジ位置ずれによる相対位置不良を改善するため、自動位置決め機能を追加した。

本機能は予備側に材料を仕掛けた直後に予備側材料のエッジ位置を自動で測定し、基準エッジ位置とのずれがある場合はエッジ位置を自動で基準位置へ移動させる(Fig. 6)。

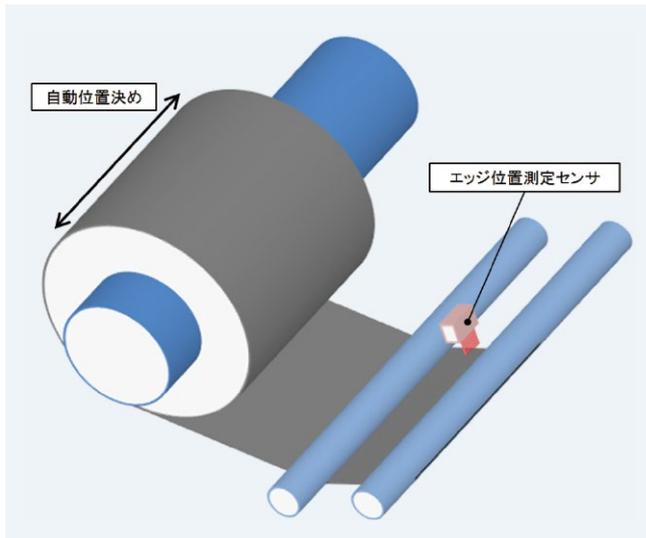


Fig. 6 自動位置決め機能

本機能を付加する事により、材料交換後の基準位置に対する材料エッジ位置精度が向上し、不良率の低減に成功した。

4 おわりに

本稿で紹介した一例の通り、当社巻回機は機械タクトだけに限らず、その他の目線でも常に改善を行っている。今後も、新たな課題に積極的に挑戦し、改善を図っていきたい。

執筆者プロフィール



熊谷 勝成 Katsunari Kumagai
自動機械事業本部 第2技術部
Engineering Department No. 2
Automatic Machinery Business Division



ダイレクトドライブアクチュエータの小型化技術

Technologies Behind the Downsizing of Direct Drive Actuator

霧森 宏樹 Hiroki Tsurumori

これまで液晶製造装置や電子部品製造装置、自動車部品組立装置などでは、ダイレクトドライブ(DD)アクチュエータを用いたインデックステーブルが利用されてきた。また近年ではスマートフォンやタブレットをはじめとしたコミュニケーションデバイスの製造装置や、医療機器、コネクタ、スイッチなど小物部品の製造装置においてもDDアクチュエータが使用されている。

上記のようなシステムにおいて、近年では装置の小型化・軽量化や環境対応のために小型のDDアクチュエータの要求が増えており、当社では業界最小となるDDアクチュエータを開発した。本製品は、「位置検出器の小型化」、「巻線システムの小型化」、「ドライバ・コントローラの小型化」により、使い勝手は同等で、従来の最小機種との体積比で約70%減となる小型化を実現した。

本稿ではこれらの小型化の技術を紹介する。

Until recently, direct drive (DD) actuators have been used mainly in indexing tables employed in such equipment as LCD manufacturing equipment, electronic parts manufacturing equipment, and automobile parts assembly equipment. However, DD actuators are now also being used in equipment for manufacturing communication devices, including smartphones and tablets, and in equipment for manufacturing small components such as medical devices, connectors, and switches. Since the applications described above require smaller, lighter, environmentally-friendly equipment, the demand for smaller DD actuators has increased in recent years, and to meet this demand, CKD has developed the smallest DD actuator in the industry. This DD actuator, compared with the smallest conventional model, maintains the same level of usability but is about 70% smaller in volume, which was accomplished by downsizing the position detector, the winding system, and the driver and controller.

This paper describes these downsizing technologies.

1 はじめに

大きなトルクと位置決め精度を必要とする用途、例えば液晶製造装置や電子部品製造装置、自動車部品組立装置などでは、ダイレクトドライブ(DD)アクチュエータを駆動源としたインデックステーブルが使用されてきた。また近年ではスマートフォンやタブレットをはじめとしたコミュニケーションデバイスの製造装置や、医療機器、コネクタ、スイッチなど小物部品の製造装置においてもDDアクチュエータが使用されている。

これらの用途では、インデックステーブル上にワーク保持のために空気圧機器(小型エアシリンダなど)が搭

載されることが多い。あるいは揺動(往復運動)によるワークの搬送にDDアクチュエータを使用する場合は、ワークのピック&プレース用に空気圧機器が使用される。いずれの場合においても空気圧機器用の配管チューブは、DDアクチュエータの中空穴を用いて配管される(Fig. 1)。

左記のような装置において、当社では業界最小となるDDアクチュエータを開発し、これまで以上に空気圧機器との共存性を高めた。本稿では、小型DDアクチュエータの概要と特徴について紹介する。

2 小型DDアクチュエータの概要

小型DDアクチュエータは、モータとそれを動かすためのドライバ・コントローラで構成される。小型DDアクチュエータの外観を示す(Fig. 2)。



Fig. 1 使用事例



Fig. 2 小型DDアクチュエータ外観

DDアクチュエータはギアやベルトなどを介さずに直接負荷を駆動するため、過負荷時のギアの破損や、ギアの摩耗による位置決め精度の変化を心配する必要がないところが長所として挙げられる (Fig. 3)。

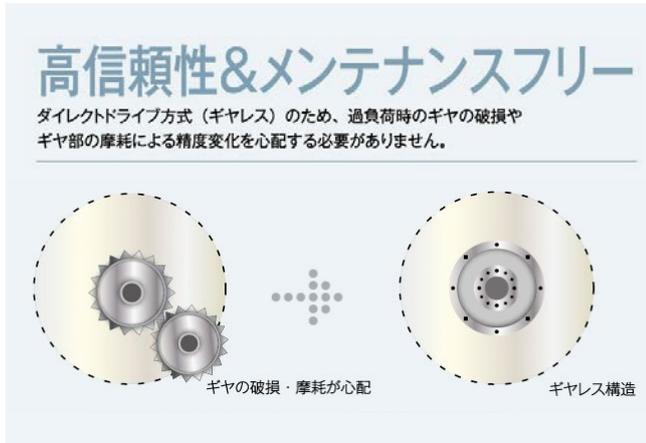


Fig. 3 DDアクチュエータの特徴

3 DDアクチュエータの小型化技術

小型DDアクチュエータの開発にあたって、主に「位置検出器」、「巻線システム」、「ドライバ・コントローラ」の小型化を行った。

Fig. 4にモータの内部構造を示す。

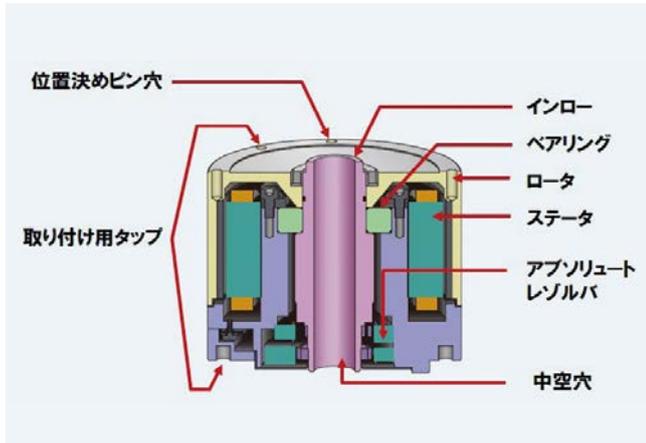


Fig. 4 モータ内部構造図

3-1 位置検出器の小型化

DDアクチュエータが使われる装置では、DDアクチュエータの位置決め精度が装置の組立精度や検査精度に直結するため、高分解能な位置検出器が搭載される。当社のDDアクチュエータは、自社開発したアブソリュートレゾルバを搭載している。当社のレゾルバは、単極 (1x) と多極 (nx) のレゾルバを組合せてアブソリュート位置を検出している。

従来、コイルを基板にはんだ付けにて固定していた構造を見直し、コイル自身のワイヤーを配線として使用することで基板とはんだ付けを削減し、体積70%減の小型化を実現した (Fig. 5, Fig. 6)。

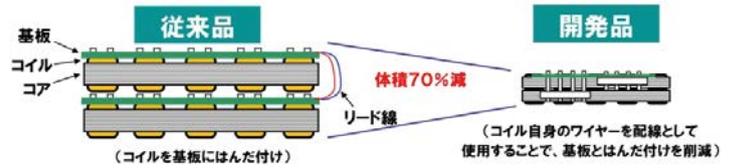


Fig. 5 レゾルバの模式図

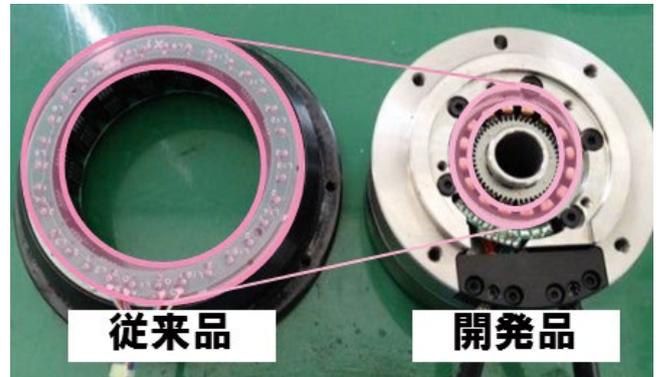


Fig. 6 小型化したレゾルバ

一般的に、小型化すると多極レゾルバの極数が減少し分解能が低くなることで位置決め精度が劣化する。少ない極数であっても、従来機と同等の検出分解能を得られるよう、位置検出のアルゴリズムを再設計した。

またレゾルバを単純に小さくすると作業が細かくなり、製造工程にも影響が出てしまう。

当社のレゾルバは組立後にデジタル補正処理を行うことで、製造工程に負担をかけずに高い位置決め精度を実現できる。このデジタル補正技術を小型DDアクチュエータ用に最適化することで、割出し精度 $\pm 90''$ および繰返し精度 $\pm 10''$ を実現した。

3-2 巻線システムの小型化

従来はマグネットワイヤとコアの間を絶縁するために、絶縁紙を挟みマグネットワイヤを巻いていた。このため絶縁紙の厚みや余分な隙間ができてしまっていた。これに対しDC24Vを電源として駆動するモータとすることで、AC100VやAC200Vを電源とする従来機では採用できなかった新しい絶縁工法である紛体絶縁塗料を採用することができた (Fig. 7)。紛体絶縁塗料の採用により、コイルエンド高さを抑え、コイルスロット幅を極限まで小さくすることができ、小型化に寄与した。



Fig. 7 新絶縁工法の巻線システム

ただし、紛体絶縁塗料の場合、絶縁距離を塗料の膜厚で管理する必要がある。0.2mm～0.3mmの膜厚に入る工程を確立し検査・管理している。

Fig. 8に開発時のコア切断写真を示す。

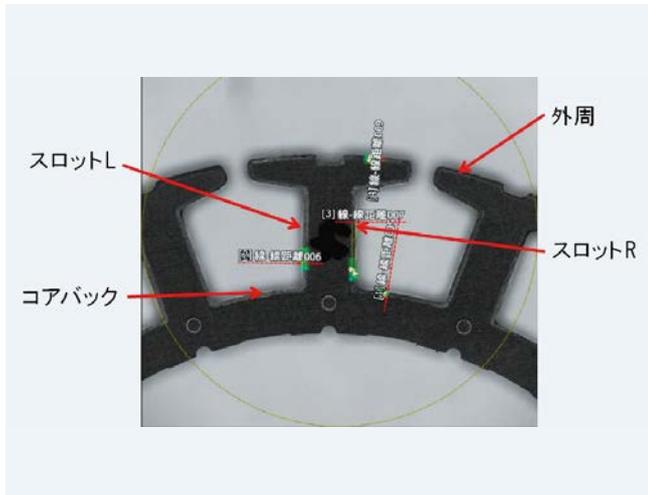


Fig. 8 コア切断写真

3-3 ドライバ・コントローラの小型化

ドライバ・コントローラは従来機の4枚基板構成に対し、3枚基板構成となっている(Fig. 9)。小型化だけを考えれば1枚基板構成としたほうが有利だが、小型化と従来機種相当の使い勝手を両立させるために、3枚基板構成を採用した。



Fig. 9 ドライバ・コントローラ構成

①制御回路

従来機では表示基板に7セグLED×2個とゲイン調整用のディップスイッチ×2個が搭載されていた。7セグLEDはチップLEDに変更し、ゲイン調整は調整用パソコンツールを用いた調整に変更しスイッチを削減した。スイッチを削減することで直観的な操作感を損なわないようにするために、パソコンソフトのゲイン調整機能を刷新しAI調整機能を搭載している(Fig. 10)。AI調整機能を使えば、これまで熟練者が行っていたゲイン調整と同等の調整を数回クリックするだけで再現することができる。ゲイン調整のアルゴリズムは、実際に熟練者がゲインを調整する際のノウハウをデータ化し利用した。



Fig. 10 AI調整機能

②主回路・電源回路

MOS-FETによる駆動回路の小型化にも取り組んだ。またモータと合わせてDC24V仕様としたため、P-N間のコンデンサも小型の物を採用できた。

さらに電子部品もDIP品をSMT品に変更して部品高さを抑えることで、基板間距離も高さを抑えている。

4 小型化による環境負荷低減

モータ、ドライバ・コントローラおよびケーブルで、従来は最小機種で7.3kgだった重量が、小型DDアクチュエータにより2.7kgまで74%もの削減になった。例えば愛知ー東京までの輸送にかかるCO²排出量を算出すると、従来機の約60%減となり、環境負荷を低減することができた。(Fig. 11)

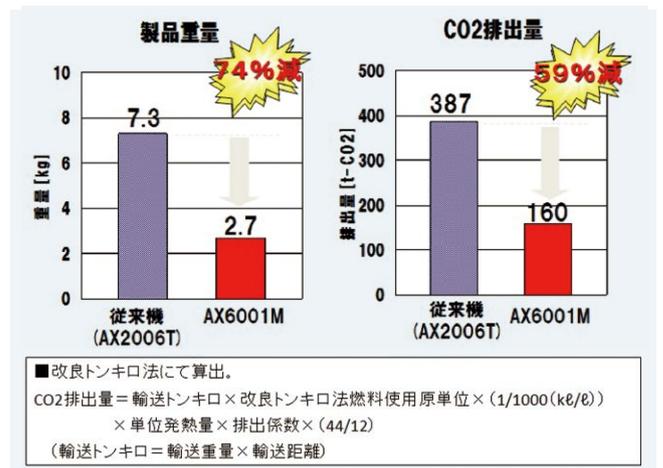


Fig. 11 輸送時のCO²排出量

5 おわりに

以上紹介した小型DDアクチュエータはこれまでのダイレクトドライブ方式の使い勝手を保ちながら小型化することで、例えば中型・大型のアプリケーションのインデックステーブル上に、小型DDアクチュエータを搭載するなど、これまでのDDアクチュエータとは異なる使われ方もされている。

ユーザーの新しい発想を促し、DDアクチュエータの新しい用途を開拓していくことで顧客満足度の向上に繋がると確信している。

執筆者プロフィール



鶴森 宏樹 Hiroki Tsurumori

コンポーネント本部

FAシステムBU 第2技術部

Engineering Department No. 2

FA System Business Unit

Components Business Division

■ 出典 ■

- 1) 出願特許:多段式レゾルバ 特許第5547687号(特開2012-249417)
- 2) 経済産業省 物流分野のCO²排出量に関する算定方法ガイドライン



抗菌・除菌フィルタの要素・評価技術

Key Underlying Technologies and Evaluation Techniques for Anti-bacterial/Bacteria Removing Filters

余語 敏文 Toshifumi Yogo

「食の安全と安心」に関心が高まる中、食品機械・装置に対して安全で衛生的な対応がより強く求められている。食品・飲料などに直接触れる圧縮空気の異物・細菌混入防止を目的として開発した抗菌・除菌フィルタの特長や要素技術および評価技術について紹介する。

Amid increased interest in food safety and reliability, the demand for safety and sanitation in food processing equipment is rising steadily. To meet this demand, CKD has developed anti-bacterial/bacteria removing filters aimed at preventing foreign particles and bacteria from contaminating compressed air that comes in direct contact with food and beverage. This paper presents the features of these filters and the key underlying technologies and evaluation techniques used in their development.

1 はじめに

「食の安全と安心」に関心が高まる中、食品機械・装置に対して安全かつ衛生的な対応がより強く求められている。食品生産では包装・充填・圧送・洗浄・乾燥・攪拌工程で圧縮空気の用途がある。例えば、食品を包装する際、圧縮空気で包装材を開封したり、食品の充填時にブローしたり、圧縮空気で食品材料を攪拌する用途において異物の混入防止、細菌対策等の要求が高まっている。当社では細菌の増殖を抑制する「抗菌」と、菌の数を減らし清浄度を高める「除菌」技術に注目している。そこで、当社は長年培ってきた工作機械等を対象とする工業用フィルタのろ過技術と抗菌・除菌材料の要素技術を融合し、食品業界の要求に対応するためのSFC/SFSシリーズ「抗菌・除菌フィルタ」を開発した。本稿ではこの抗菌・除菌フィルタの特長や要素技術および評価技術について紹介する。

2 細菌について

細菌はその形により球菌、桿菌およびらせん菌に大きく分けられている。(Fig. 1) 球菌の大きさは直径0.5~1 μ m (1mm= 1,000 μ m)であり、その配列や集合状態から単球菌、双球菌、連鎖球菌などと呼ばれる。桿菌は棒状の細菌で、普通は幅0.5~1 μ m×長さ2~4 μ mであるが、中には比較的短い形の短桿菌や幅に比較して長さの大きい長桿菌もある。一般に細菌の大きさは0.3 μ m以上と言われている。

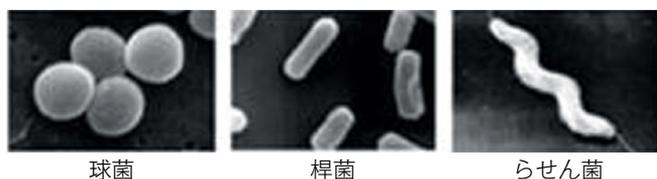


Fig. 1 細菌の分類

3 抗菌・除菌とは

抗菌は日本工業規格JIS Z 2801で、「製品の表面における細菌の増殖を抑制する状態」と定義されている。また、洗剤・石けん公正取引協議会が定義する除菌とは、「物理的、化学的または生物学的作用などにより、対象物から増殖可能な細菌の数(生菌数)を、有効数減少させること」と定義されている。いずれも清浄度を高めることであり、細菌がなくなるということではないこと、ろ過度以下のウイルス等は除去できないことに注意が必要である。

4 抗菌・除菌フィルタに求められる性能と要素技術

抗菌除菌フィルタに要求される性能と指定事項を以下のTable 1に示す。

Table 1 要求される性能と指定事項

必要な性能	要求値	要素技術	評価試験
エレメント濾材の抗菌性能	殺菌活性値0以上	抗菌剤を添加したフィルタ濾材の開発と評価技術	JIS L 1902「繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果」
ろ過性能	99.99%以上	フィルタエレメントの設計と製造技術	JIS B8392-4「個体粒子含有量の試験方法」
細菌捕捉性能	LRV8以上	フィルタエレメントの製造技術と評価技術	JIS K 3835「精密ろ過膜エレメント及びモジュールの細菌捕捉性能試験方法」
食品衛生法に適合した合成樹脂材料とゴム材料の採用	食品衛生法に適合	流体通路部樹脂材料とゴム材料の選定と評価	食品、添加物等の規格基準として昭和34年度厚生省告示第370号の材質試験と溶出試験
食品機械用潤滑剤の採用	NSF H1グリース	使用グリースの選定	アメリカ国立科学財団NSFが認証するH1グリース
抗菌加工品(合成樹脂)の抗菌性能	抗菌活性値0以上	無機抗菌剤練り込み技術と評価技術	JISZ2801抗菌加工製品 抗菌性試験方法・抗菌効果

5 当社の抗菌・除菌フィルタ技術

当社の抗菌・除菌フィルタは3タイプの抗菌・除菌フィルタで構成している。各フィルタの特長を紹介する。(Fig. 2)



Fig. 2 抗菌・除菌フィルタ

5-1 抗菌5μmプレフィルタ

抗菌プレフィルタはルーバディフレクタのサイクロン効果により水分及び個体粒子を分離する当社独自の構造を取っている。

最適形状を求め、解析ソフトを使用し、物質に働く遠心力で異物を除去できる流路を見極めた。その結果、異物の多くはエアの流れで除去でき、フィルタの長寿命化を実現している。(Fig. 3)

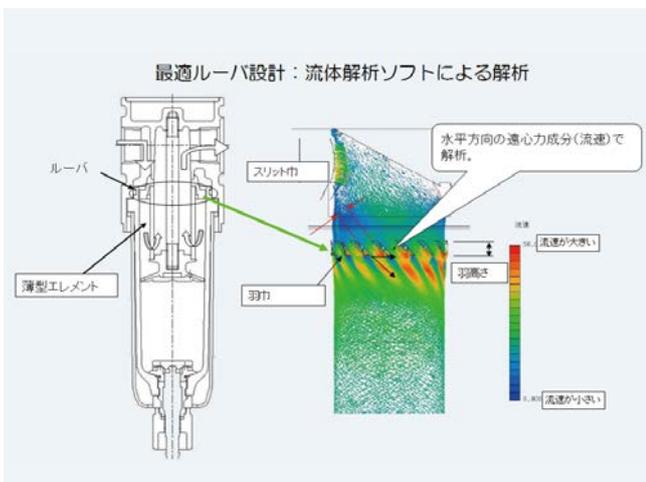


Fig. 3 抗菌5μmプレフィルタ

ルーバ構造だけでは分離できない細菌においては、抗菌フィルタを使用し、異物除去と合わせ、抗菌効果により増殖を抑制することで2次側への流出を減らし、2次側フィルタの寿命を延ばしている。フィルタエレメント(Fig. 4)のろ材には銀系無機抗菌剤とスギ花粉・ヒノキ花粉・ダニ等吸着除去する2つの機能をハイブリッドしたオリジナル繊維を採用している。銀系無機抗菌剤は従来の一般的な銀系粒子に対してナノサイズの微粒子を採用し、一般的な抗菌剤に対して1000倍の表面積を実現し抗菌効果を高めている。



Fig. 4 抗菌5μmプレフィルタエレメント

5-1-1 抗菌剤について

無機系、有機系に大別される。無機系抗菌剤は銀を用いたものが多く、安全性が高い。他に銅、亜鉛、酸化チタンを用いたものもある。細菌・カビ・酵母の広範囲で効果を発揮し、有機溶媒等による溶出はなく長期にわたり抗菌性を発現する。また、耐熱性に優れ、プラスチックに練りこむことが可能である。有機系抗菌剤は即効性はあるが水、熱等により蒸発・分解を生じやすく、効果が低下する。

当社では銀イオンを使用している。上記の微粒子を使いフィルタ繊維に均一に添着させることで、抗菌効果の均一性を持たせることができた。溶出した銀イオンが細菌の内部に侵入し、細菌が栄養を取り入れる酵素の働きを停止させ死滅させると考えられている。(Fig. 5)



Fig. 5 酵素障害説

5-1-2 抗菌能力

JIS L 1902「繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果」10定量試験 10.1菌液吸収法により、黄色ブドウ球菌と肺炎かん菌で抗菌力試験を行った結果、殺菌活性値3の優れた抗菌性能を有している。試験機関は一般財団法人日本食品分析センターへ依頼した。

この試験は抗菌繊維の18時間培養後の生菌数と標準布の試験菌接種直後の生菌数とを測定し、次の計算式で求める。殺菌活性値=Ma-Mc Ma:標準布の試験菌接種直後の生菌数の常用対数値、Mc:検体の18時間培養後の生菌数の常用対数値。殺菌活性値がゼロより大きければ抗菌(制菌)効果があると定義されている。試験結果を(Fig. 6)に、培養後の生菌数測定平板を(Fig. 7)に示した。



Fig. 6 抗菌力試験結果



Fig. 7 培養後の生菌数測定平板 (右側)

5-2 抗菌高性能フィルタ

抗菌5 μm プレフィルタに対し、更なる過度を高くすることを目的に、ろ材には有機系の抗菌剤に比べ安全性、持続性、耐熱性等に優れた銀系無機抗菌剤による抗菌加工を行ったグラスファイバー入りPET不織布 (Fig. 8) を採用した。さえぎり・慣性・拡散・重力沈降・静電気の5つの捕集機構が総合的に作用して捕捉するコアレスニングフィルタである。抗菌高性能フィルタエレメント (Fig. 9) はプラスチック製網状部材とろ材と一緒に渦巻状に巻回された当社特許構造及び製造方法で製作されている。(Fig. 10) これにより、生産効率の問題を解決できた。

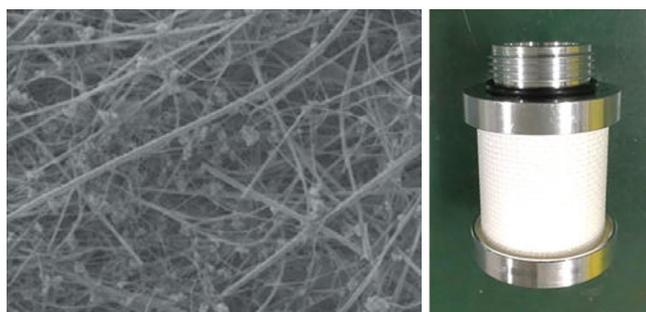


Fig. 8 抗菌不織布

Fig. 9 抗菌高性能フィルタエレメント

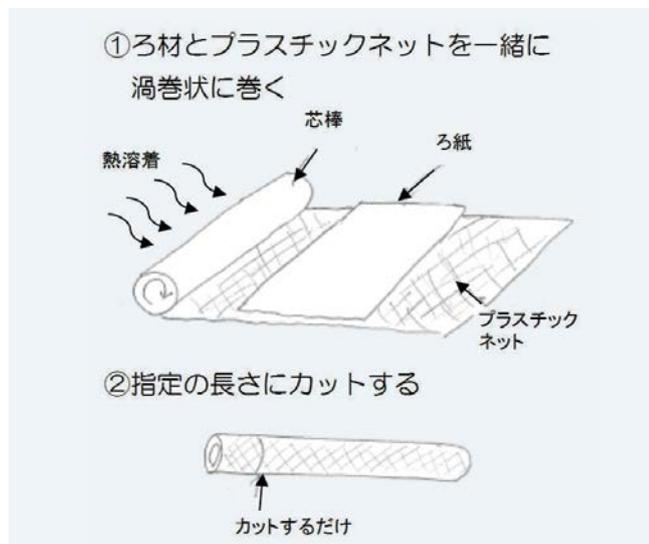


Fig. 10 エレメント構造

5-2-1 ろ過性能

JIS B 8392-4「個体粒子含有量の試験方法」に準拠して当社でろ過性能試験を実施し、当社独自構造のエレメントにて、0.1 μm ろ過効率99.99%以上(実力値)、細菌サイズの0.3 μm 以上については100%(実力値)の優れたろ過性能を実現した。

5-3 除菌フィルタ

除菌フィルタエレメント (Fig. 11) はストロー状の繊維の壁面に特殊な超微細孔がある中空糸膜 (Fig. 12) で精密濾過を行う。

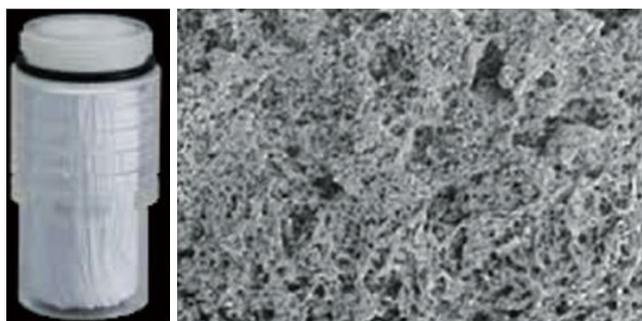


Fig. 11 除菌フィルタエレメント

Fig. 12 中空糸膜

5-3-1 ろ過性能

JIS B 8392-4「個体粒子含有量の試験方法」に準拠して当社でろ過性能試験を実施し、0.01 μm ろ過効率99.99%の優れたろ過性能を実現した。

5-3-2 除菌性能

JIS K 3835「精密ろ過膜エレメント及びモジュールの細菌捕捉性能試験方法」に準拠した除菌性能試験を行った結果、LRV8以上の優れた細菌捕捉性能を有している。試験機関は日本微生物クリニック株式会社へ依頼した。

この試験の供試菌は *Brevundimonas diminuta* ATCC19146 (Fig. 13) 菌数 8.5×10^8 の細菌をIN側から流し込み除菌フィルタのOUT側へろ液中漏出菌数 (Fig. 14) を測定し、次の計算式で求める。LRV 値 = \log_{10} 原水中の総菌数 / ろ液中漏出菌数 (0のとき1代入) $\log_{10} 8.5 \times 10^8 / 1 \geq 8.93$



Fig. 13 供試菌 Fig. 14 チャレンジ菌数(左)と漏出菌数(右)

6 菌・カビの測定技術

JIS B 8392-7 圧縮空気—第7部: 微生物汚染物質含有量の試験方法で測定する方法である。この試験は圧縮空気中に存在する固体粒子からコロニーを形成できる微生物(例えば細菌やカビ)を区別する試験方法である。サンプリング培養及び微生物粒子数量の決定手段である。エアースンプラーで微生物を捕捉する原理は、空気源から供給された圧縮空気は湿った寒天培地の表面に向かって狭いスリットあるいはホールを通して加速される。このとき空気分子は偏向させられるが微生物は慣性によって寒天培地の表面に衝突する。適切に培養された微生物はコロニーに増殖し一つの微生物が一つのコロニーを発生させるという仮定のもとで計数される。

7 おわりに

今後、抗菌・除菌技術はさまざまな業界での需要が見込まれると考えている。医薬品・化粧品製造での異物や細菌混入防止等要求仕様を調査し、抗菌・除菌フィルタのシリーズ展開を図り、安全面での貢献を狙う。

執筆者プロフィール



余語 敏文 Toshifumi Yogo

コンポーネント本部
FAシステムBU 第1技術部
Engineering Department No. 1
FA System Business Unit
Components Business Division

■ 出典 ■

JIS B 8392-4 圧縮空気—第4部:固体粒子含有量の試験方法
JIS B 8392-7 圧縮空気—第7部:微生物汚染物質含有量の試験方法
JIS K 3835 精密ろ過膜エレメント及びモジュールの細菌捕捉性能試験方法
JIS L 1902 繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果
JIS Z 2801 抗菌加工製品—抗菌性試験方法・抗菌効果
抗菌力試験結果 一般財団法人日本食品分析センター第15037764001-0101号
細菌捕捉性試験結果 日本微生物クリニック株式会社試験成績書発行番号 CJ2014.10-1
細菌の分類 Kusuri-jouhou.com微生物学



土壌水分センサ技術

Soil Moisture Sensor Technology

原田 良一 Ryouichi Harada

緑化、農業、ゴルフ場などの散水設備において、植物の育成にとって重要な土壌の水分を確認する手段は重要なことであるが、現状価格と性能のバランスが整ったセンサが無い。そこで土壌水分センサの新規技術の検討とともにその応用技術として制御(散水)システムの一例について考察する。

Soil moisture is fundamental to plant growth, and the means for monitoring water content in soil is important for watering facilities, such as those for greening, agriculture, and at golf courses. However, at present, there is no sensor that achieves a good balance between cost and performance. This paper aims to examine the new soil moisture technology and an example of its application in the control (sprinkler) system.

1 はじめに

近年まで、散水設備における必要水分量は、土の表面ではなく数cm下の土中に水分があるかどうかを確認していたが、実使用に適したものではないため、タイマー制御のみによる散水で、水分量の適・不適に関係なく散水するしかなかった。

ただし最近では半導体素子の低価格化、電子回路の低消費電力化、デバイスの小型化、さらにWi-Fiなどの無線技術の一般利用化により、これまでの低品質もしくは高価/高精度であった土壌水分のセンシング技術が、飛躍的に進化し市場へ投入されつつある。

しかし、ほとんどのセンサにおいて、なんらか土壌と電気接触する必要があるため、長期使用中の電気腐食は避けられないものになっている。

また電気接触部をコーティング処理し絶縁している製品においても、高度な電極部間の静電容量を測定する方法が必要となり、電子回路側への負担がかかりコスト的に高額となるため、研究機関や植物工場などでは使用できたとしても一般農家、個人ユーザもしくは汎用設備業者にとっては実設置へのハードルが高いのが実状である。

2 新規技術

本土壌水分センサの基本原理は光学利用した既存製品(Fig. 1)「水位レベルセンサ」と同じである。本来は水位レベルの検出を行う製品であり、プリズム部を持った樹脂ケースの中に光学素子付の基板を内蔵したシンプルな構成となっている。



Fig. 1 水位レベルセンサ

水位センサの基本原理はプリズム部が空気中では光学素子の光が反射して帰ってくる(Fig. 2)が水中では光が透過して帰ってこない。(Fig. 3)

この原理を利用して水中と空気中を識別している。

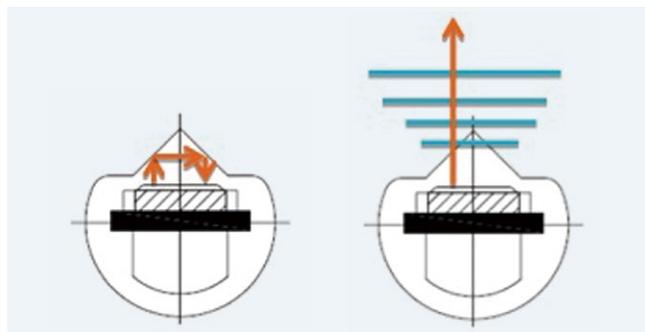


Fig. 2 空気中

Fig. 3 水中

今回この既存製品に、特殊機能を付加し、土中の水分の浸透/補水状況を電圧信号で検出/モニタすることを可能とした。

本センサは特長として、全体が樹脂モールドされており土とは完全非接触となっているため電気腐食する部位が無い。

あわせて水位センサとしての構成上、水没、水中作動が基本性能となっているため土の中に完全に埋設されても問題なく使用することが可能となる。

その結果、電圧信号のアナログ値として、土中の水の浸透状況と変化をモニタリングすることが可能な土壌水分センサとなった。

価格面においても、コアパーツとなる光学部品も汎用的な光素子を使用しており高価な発振部品やマイコンは使用していない。よって一般ユーザにとっても購入しやすい、安価な価格設定が行える。

3 散水対象

この特性を活かした制御方法の一例として路地栽培などの培養土における水分の検出ではなく、制御精度の必要な水耕栽培用のロックウールを想定して、スポ

ンジへの水分の浸透性制御について試験確認と考察を行った。実際にスポンジを培土として水耕栽培を行う場合もある。

スポンジもロックウールと同様に高い補水力がある。よって水耕栽培において一般的にその補水状況は育成時期に合わせて60～90%の範囲で変化させ、成長と収量をコントロールし、速やかに根圏を发育させることが重要となる。その際に水もしくは肥料養液のコントロールは育成条件の重要な管理条件となりその際の補水量の誤差は5%程度と言われている。

4 制御性の確認と最適制御の一例

本センサの特長は土中の水分の浸透具合をアナログ値でモニタリングできることである。そこで市販マイコンボードを使用して、センサの出力電圧をAD変換1024分割し、補水状態と乾燥状態を本センサでモニタしながら水耕栽培をシミュレーションして、最適な制御性の簡易試験確認を行った。

先のマイコンボードによりスケッチ(Fig. 4)と呼ばれるソフトウェア作成、ハードウェアとしてデータログをとるためのSDカード、数値モニタ用液晶を準備した。(Fig. 5)



Fig. 5 マイコンボード

スケッチとしては1秒割り込みでセンサからの数値をSDカードへ書き込むとともに、散水の制御性の確認のために間欠時間の設定が行えるものとした。つまり連続で散水するのではなく、1秒散水/1秒休止などの間欠制御で連続散水時の応答遅れによる余分な散水の改善が行えるように簡易的な制御性を持たせた。

散水には汎用の小型ポンプを使用しミスト散水用のノズル(Fig. 6)にて散水する。ポンプはDC 9V:最大揚程1.5M:吐き出し口外径:8mm;最大流量:200L / Hとなるものを使用した。



Fig. 6 ミスト散水ノズル

またスポンジは40×20×30mmのサイズ2個でセンサを挟みコップ内へのミスト散水を行い、試験確認を進めていく。(Fig. 7)

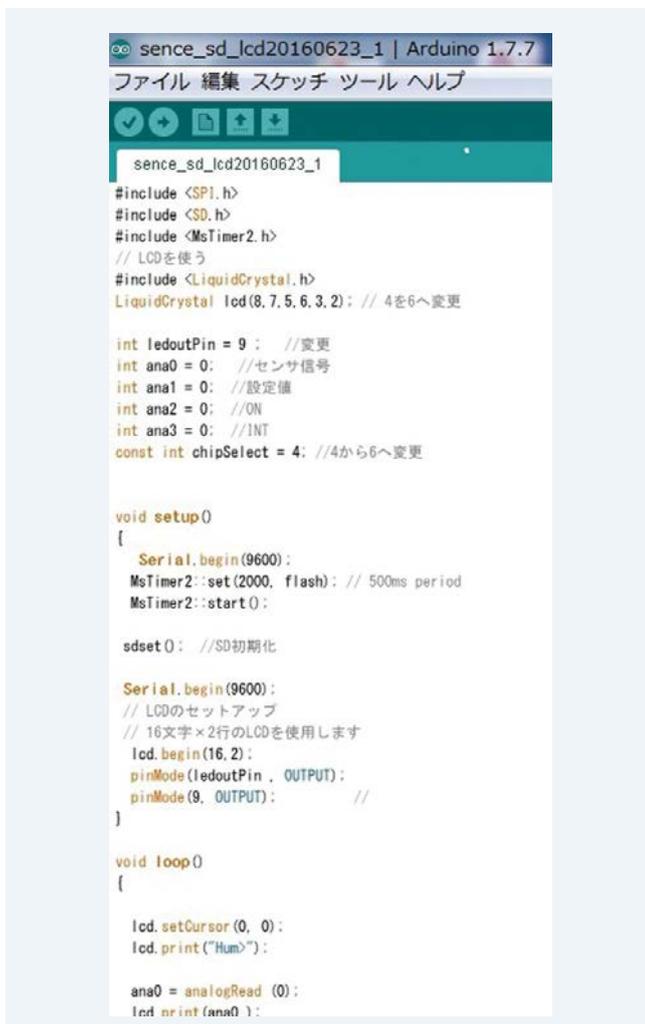


Fig. 4 スケッチの一部



Fig. 7 スポンジへのミスト散水

まず補水のフルスケール比を確認するために連続散水でセンサの出力値(A/D変換で得られた電圧信号)にて補水飽和値を確認する。(Fig. 8)のグラフで示すように完全乾燥値が990であり飽和値が790である。グラフの縦軸はセンサの出力電圧のA/D変換値、横軸は経過時間(秒)を示す。

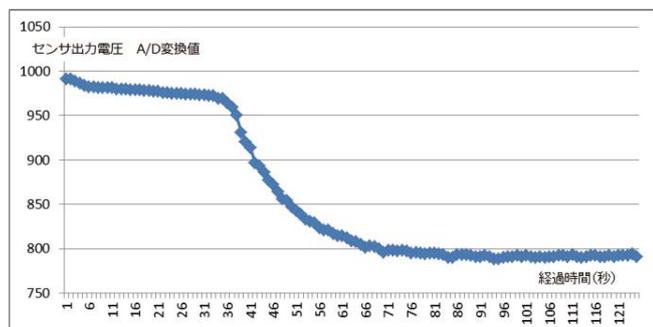


Fig. 8 連続散水でセンサの出力値

よって本センサにおいて乾燥から補水飽和までのA/D変換値の変化は200となり0.5% F.Sの分解能をもつと考えられる。今回はこの分解能を精度として考察を進める。また本来は重量比で初期の土壌と加えられた水の量を測定し、本検出値への補正校正が必要と考えられるが今回は省略した。

このグラフより培土/スポンジに水が浸透し、飽和するまでの変化として浸透時間が最初は緩慢でありその後浸透が早くなり、飽和寸前でまた緩慢になる変化を有することがわかる。

おそらく目標値到達時にポンプを止めるだけのオンオフ制御では、余分に散水してしまい、オフセットと呼ばれる目標に対してのズレが発生するのではないかと考えられる。

そのズレが水耕栽培上の誤差となり制御性の良し悪しの尺度になると考える。

PID制御も検討できるが、一般農家においても理解しやすいレベルでの制御であることが必要と考え、簡便で最適性の得られるコントロールを試すために、先にも記載したが連続で散水するのではなく1秒散水/1秒休止などの、間欠制御で、応答遅れによる余分な散水を行わない改善が行える制御性を持たせた。

オンオフ時間の組み合わせは(Table 1)とする。

Table 1 組み合わせ表

	①設定	②設定	③設定	④設定
オン時間	1秒	2秒	1秒	2秒
オフ時間	1秒	0.5秒	0.5秒	1秒

制御性の確認として制御目標の補水値を飽和しない830と設定し乾燥状態からミスト散水による補水を行い、ポンプ通電を完全に停止させる設定値への到達までの変化を計測した。(Fig. 9)

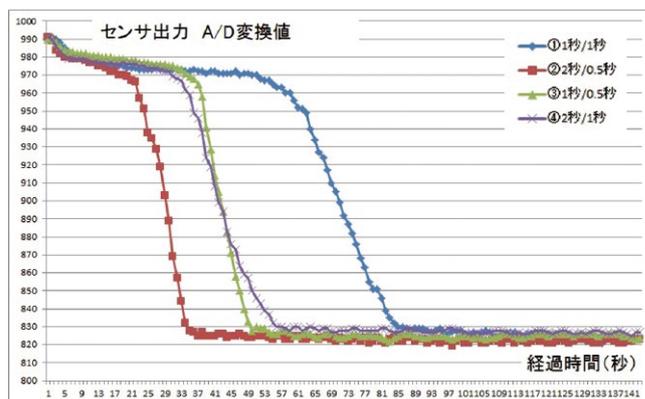


Fig. 9 補水変化グラフ

今回測定したデータより、設定値830に対しての誤差となるオフセットを確認した。(Table 2)

Table 2 オフセット値

	①1秒/1秒	②2秒/0.5秒	③1秒/0.5秒	④2秒/1秒
オフセット	5	8	5	3

今回の制御の補水量の誤差は5%を目標と考えた。

本制御では電子回路のA/D変換の最少分解数は0.5%であるためオフセットとして換算すると5%はA/D変換値で10となる。

結果として設定②では応答が早いオフセットが大きく目標に対しての誤差となる。

設定③①もオフセットが大きい。

さらに設定①は安定するまでに時間が長い。

結果として設定④2秒/1秒が最もオフセットも小さく、安定時間も短い最適な制御となった。

このように簡易的な制御においても安定度を得られることが確認できるのは、水分センサにて培土内の補水状態のモニタリングができてからであり、システムとして制御系を構成する際、とても容易にかつ誤差の少ない制御が行えることが確認できた。

参考として(Fig. 10)のように培養土としての検出確認のために、鉢植えの土壌について連続ミスト散水で土中への補水状況を本センサにて検出し(Fig. 11)にグラフ化した。

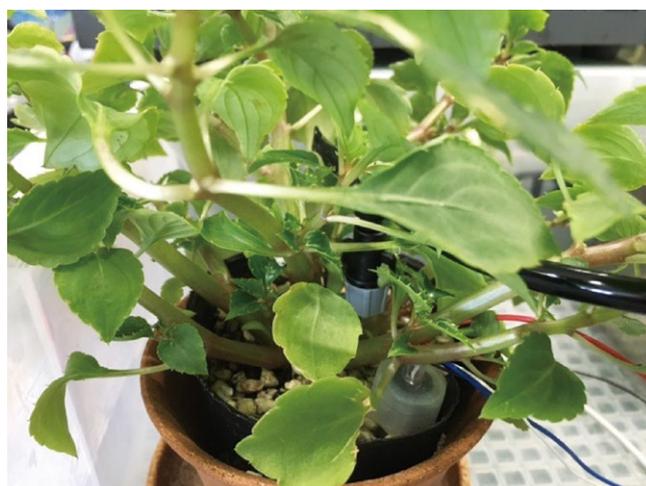


Fig. 10 鉢植えでの土壌ミスト散水モニタ

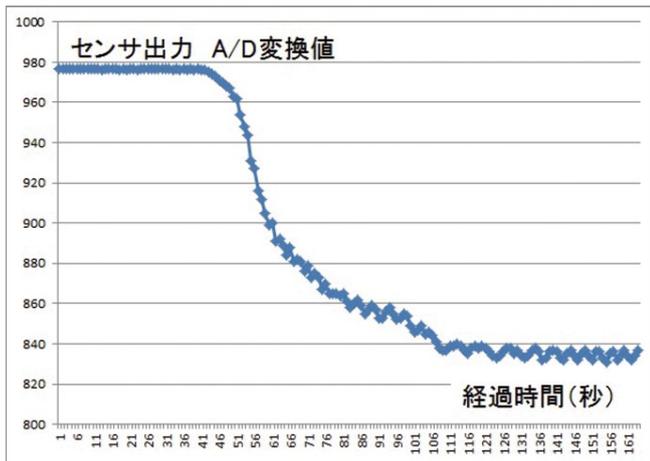


Fig. 11 実際の鉢植え土壌による補水グラフ

結果として土壌においてもスポンジ同様に補水状況のモニタリングが可能であることが確認できる。

しかし実際の水耕栽培制御においては一定の補水状態を保持継続するための誤差幅、外乱があった場合の安定性など多くの検討課題が存在する。また実際の土壌散水においても水耕栽培とは異なり、定量水分量制御ではなく、補水充満確認などの別使用方法になると考えられる。今後はこれらの使用方法を考慮した、コントローラ側のソフトウェアとの整合性が重要課題と考える。

6 おわりに

本土壌水分センサの利用により過去容易に行えなかった培土の補水量のセンシング/モニタリングが行えることが確認できた。これは制御系を構成せずに土中の補水状況を確認できないタイマー制御のみの使用方法からフィードバック制御による高精度の水耕栽培まで、展開範囲が広がることがわかった。

今後、本センサによる、センシング/モニタリングは植物育成のための重要なユーザ要求を実現できると考えられるため、さらなる検証を深めていきたいと考える。

執筆者プロフィール



原田 良一 Ryouichi Harada
 コンポーネント本部
 制御システムBU 技術部
 Engineering Department
 Fluid Control System Business Unit
 Components Business Division

■ 出典 ■

出願番号:特願2015-185384



薬液用バルブのボディ剛性向上技術

Technology Used in Improving Body Stiffness of Air-operated Valves for Chemical Liquids

今村 明奈 Akina Imamura

当社はこれまで半導体製造装置向けに薬液用のエアオペレート式バルブ、マニュアル式バルブ、レギュレータなどを開発し、販売してきた。当社の薬液用バルブは主にウエハの洗浄および現像液の塗布等の工程で用いる薬液を制御するために使用されている。

ウエハの洗浄は酸、アルカリなどの薬液を用いることが特徴で、洗浄プロセスによって、薬液用バルブの使われる条件(薬液、流体温度・流体圧力など)が変わる。特に近年では高い流体温度および高い圧力条件下で使用できる薬液用バルブの要求が高まっている。

本稿ではこれらの条件下でも使用可能なことを実現したオールインワンバルブであるAMDパート3Rのボディ剛性向上技術について紹介する。

For years, CKD has been developing and selling air-operated valves, manual valves and regulators for chemical liquids for use in semiconductor manufacturing equipment. Our chemical liquid valves are mainly used to control chemical liquids in semiconductor manufacturing processes such as wafer cleaning and developer coating.

One characteristic of wafer cleaning is the use of chemical liquids such as acids and alkalis. Depending on the cleaning process, the conditions under which the chemical liquid valves are used (such as type of chemical liquid, fluid temperature, fluid pressure) change. Especially in recent years, the demand for chemical liquid valves which can be used under high fluid temperature and high pressure conditions is growing.

This paper presents the technology used in improving body stiffness of AMD part-3 series all-in-one valve, which made use under these adverse conditions possible.

1 はじめに

薬液用バルブは半導体製造装置に搭載され、ウエハの洗浄液や現像液などの供給を制御する目的で使用される。(Fig. 1)

ウエハの洗浄にはSC-1(アンモニアと過酸化水素混合液)、SC-2(塩酸と過酸化水素の混合液)のような酸やアルカリ液が使用される。そのため、洗浄装置に搭載する機器の接液部(薬液が直接接触する部品)はこれらの薬液に侵されないこと、逆に薬液を侵さないことが求められる。また、半導体の製造、洗浄プロセスによって薬液の温度、流体圧力、種類が変わる。近年、高い薬液温度、高い流体圧力条件下で多種の薬液を流せるバルブが求められている。このような多様な使用環境下で薬液を制御できるオールインワンバルブの開発において実施項目の一つであるシール性能向上を目的としたボディ剛性向上技術について紹介する。

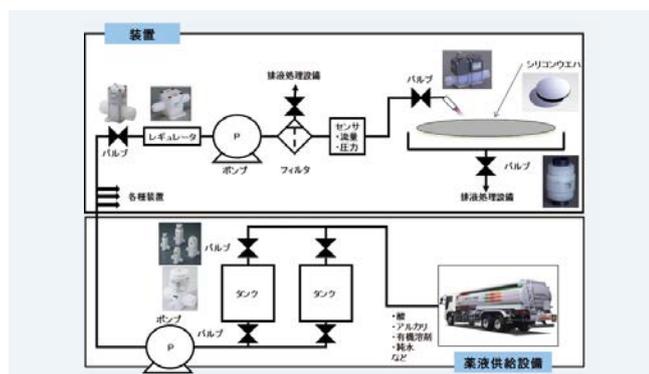


Fig. 1 半導体製造工程と薬液用バルブの用途

2 薬液用バルブの動作原理と部品材質

薬液用エアオペレートバルブは主に

- 1) ノーマルクローズ形(以下、NC形)
- 2) ノーマルオープン形(以下、NO形)
- 3) 複動形

の3種類がある。操作圧が入っていない状態でクローズ(弁閉)しているものをNC形、オープン(弁開)しているものをNO形、各操作ポートに圧力を加えて、オープン、クローズさせるものを複動形と呼ぶ。(Fig. 2)

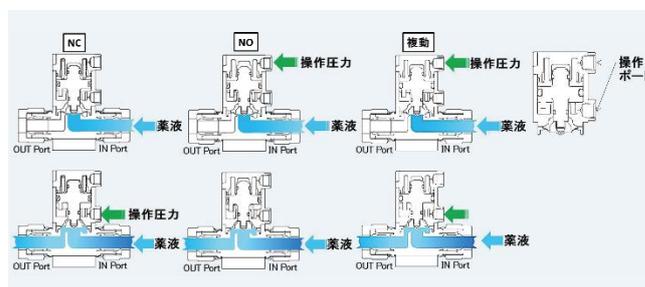


Fig. 2 薬液用バルブの種類

NC形を例に薬液用バルブの動作原理について説明する。(Fig. 3) NC形はアクチュエータの操作ポート(NC形は下側)からエアを加え、ピストンロッドを持ち上げることで締結されている弁体が持ち上がり、OUT側に薬液が流れるという仕組みになっている。(弁開状態)薬液を止める際は、操作ポートのエアを除去するとピストンロッドは下がり、弁体が下がることでボディと当接し、薬液を遮断する。(弁閉状態)

薬液用バルブの部品構成はFig. 4に示すように駆動部となるアクチュエータと薬液に直接接触する当接部品となる弁体、ダイヤフラム、ボディで構成されている。それらは接液部品のため薬品耐性の高いふっ素樹脂を使用している。(Table 1)

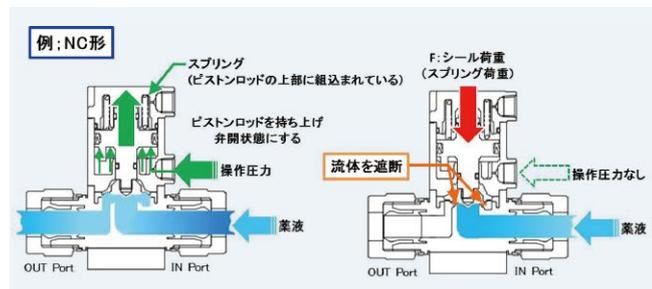


Fig. 3 薬液用バルブの動作原理

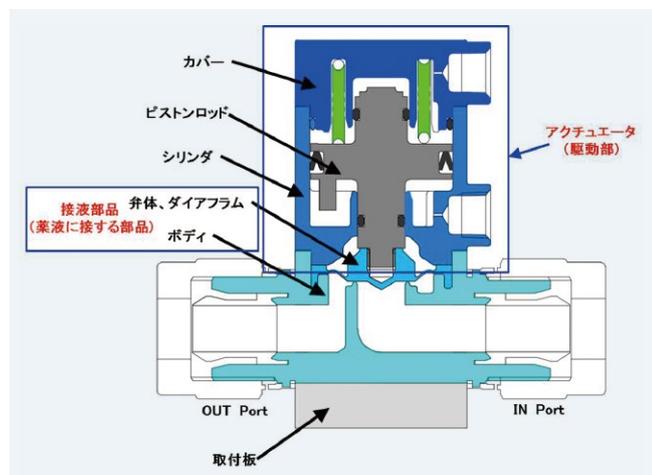


Fig. 4 薬液用バルブの構成

Table 1 薬液用バルブに使用している樹脂材料

部品名称	材質
アクチュエータ	PPS、PP、PVDF
弁体、ダイヤフラム	PTFE
ボディ	PFA、PTFE
取付板	PPS、PP、PVDF

3 シール性能低下メカニズム

薬液用バルブは2項で説明したように弁体とボディを当接(シール)させ、IN側から供給された薬液を遮断する構造になっている。Fig. 5に示すボディ構造からわかるように当接箇所の直下に流路があるため、強度が部分的に弱い箇所がある。そのポイントにシール荷重が繰り返し加わると沈み込みによるひずみが発生する。このひずみが大きくなるとOUT側に薬液が漏れ出すことがある。また、ボディは薬液に直接接触する部品であるため、耐薬品性の優れたふっ素樹脂を採用している。樹脂材料は金属材料よりも強度が弱く、特に高温下ではより変形しやすい。

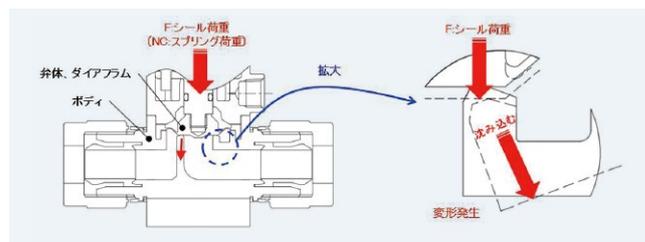


Fig. 5 シール性能低下メカニズム

4 ボディ構造の最適化

シール性能を向上させるためには、従来品より高いシール荷重を加える必要がある。高いシール荷重を加えるとよりボディのひずみは大きくなる。高いシール荷重で高い流体温度、流体圧力下で繰り返し弁体とボディを当接させてもひずみを抑えられる優れた剛性を持つ新構造ボディの開発を行った。

開発にはFig. 6に示すように構造解析を使用し、高い流体温度、高い流体圧力下で繰り返し当接動作によるひずみが発生しやすい箇所の肉厚を増やし、強度補強を試みた。また、流体の流れ性が悪化し、流量損失が大きくなっていないか確認するため、Fig. 7で示すように流体解析も用いて検証を実施した。

流速の分布を確認し、流れ性への影響が少ないa部を最適な補強量と補強形状(Fig. 6で示す弓型形状)にすることで、流量損失の少ないボディ構造となった。

Fig. 8に従来品と開発品のシール荷重を加えた状態でボディの沈み込み量を比較した結果を示す。開発品のボディは従来品よりシール荷重による変形が少なくなったことがわかる。

解析ツールを用いて効率良く最適構造のボディを設計することができた。

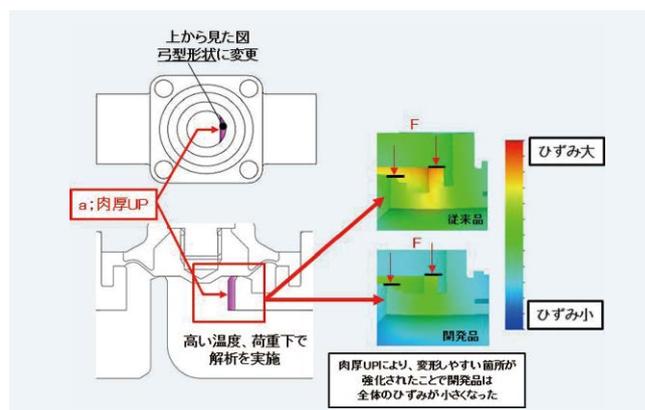


Fig. 6 構造解析結果

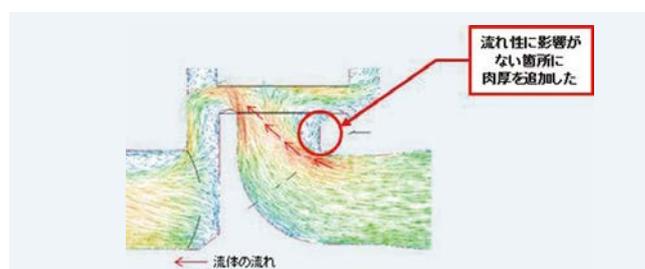


Fig. 7 流体解析結果

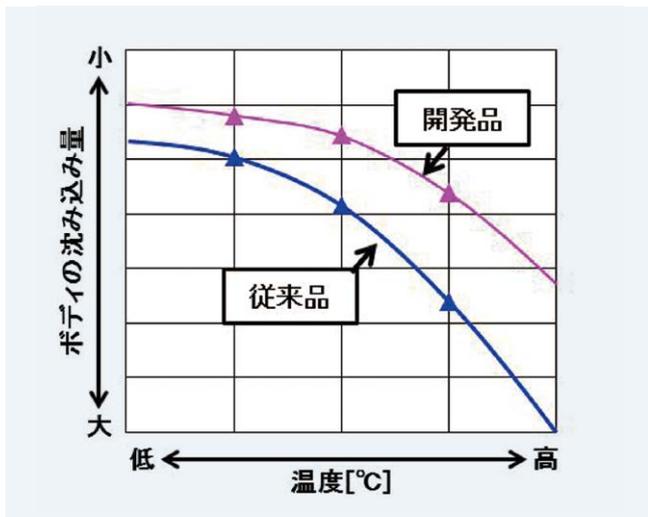


Fig. 8 ボディ沈み込み量比較結果
(シミュレーション結果)

5 開発品のシール性能実測結果

4項で設計した最適構造のボディを用いてサンプルを製作し、従来品とシール性能を比較した実測結果をFig. 9に示す。内部シール性能は従来品より50%向上を達成した。また、流量についても測定し、Fig. 10に示すように従来品と同等レベルであることを確認できた。

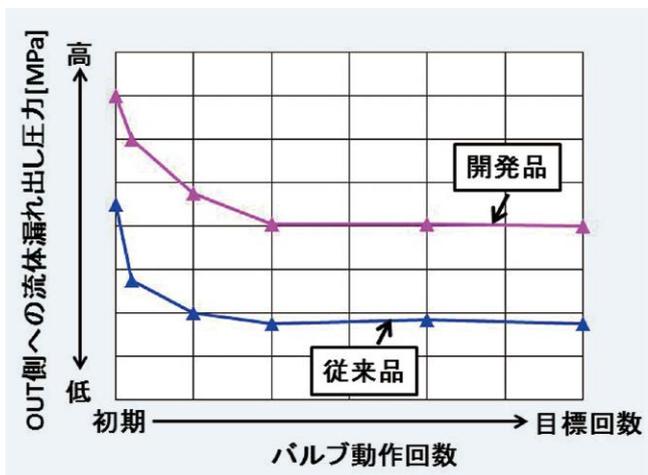


Fig. 9 従来品と開発品のシール性能比較

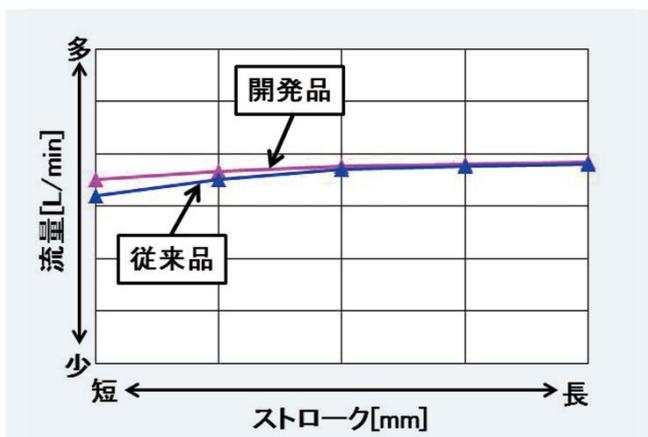


Fig. 10 従来品と開発品の流量比較

6 おわりに

半導体製造業界は開発スピードが早く、そのスピードに追従し、要求に見合った適正な品質を有する製品の販売をしていく必要がある。当社はこれまで培ってきた設計ノウハウ、成形技術、加工技術を活かし、今後も半導体製造装置向け薬液用機器の開発に取り組んで行く。

執筆者プロフィール



今村 明奈 Akina Imamura

コンポーネント本部

ファインシステム統括BU 第1技術部

Engineering Department No. 1

Ultra High Purity Products Administration Business Unit

Components Business Division



CAE解析技術の精度向上に対する取り組み

Approaches for Improving Precision of CAE Analysis Technology

柴田 康之 Yasuyuki Shibata

最近のモノづくりでは、コンピュータのめざましい進歩により、従来から行われてきた実機評価に代わり、コンピュータ上で性能を作り込むCAE解析が様々な産業分野で広く行われている。

CAEは、Computer Aided Engineering(コンピュータ支援エンジニアリング)の略称であり、当社においても、高度化する技術的課題や多様化するお客様のニーズに応えるため、新製品開発や製品の改良などにCAE解析を積極的に活用している。

本稿では、当社で行っているCAE解析の活用事例とともに、CAE解析の精度向上の取り組みについて紹介する。

In today's manufacturing world, thanks to remarkable advances in computer technology, CAE analysis, a method in which product performance is refined to perfection on the computer, is widely used in various industrial fields, instead of the conventional method of performing analysis on the actual equipment.

CAE stands for Computer-Aided Engineering, and CKD is actively utilizing CAE analysis in product development and product improvement to meet customer needs that are growing more diversified and to address technical challenges that are becoming increasingly sophisticated.

This paper presents examples of how we utilize CAE analysis in our company and the approaches we are using to improve the precision of CAE analysis.

1 はじめに

当社では、空気圧制御機器、駆動機器、空気圧関連機器、ファインシステム機器、流体制御機器などの開発、設計を行っている。

製品競争力の維持、強化に必要な性能・信頼性向上の評価手法として、統計・品質工学的な手法である実験計画法や信頼性工学の手法であるFMEAやFTAなどとともにCAE解析も取り入れている。

CAE解析は、

- ①コンピュータ上で対象形状をモデル化する。
- ②モデル化した対象形状に仮想試験の条件設定をする。
- ③条件設定を行ったモデルに対し、有限要素法に代表される解析手法を用いて数値計算をする。
- ④数値計算で得られた結果を求め分析する。

という流れで行われ、設計の妥当性や性能予測、問題点の洗い出しなどを行なうシミュレーション技術である。

2 CAE解析の用途

CAE解析を活用する利点は、設計時に創出したアイデアを仮想試作し、その妥当性を評価できることである(Fig. 1)。

そのため、CAE解析は開発期間の短縮、開発コストの低減、品質改善・性能向上に大きな効果が期待できる。

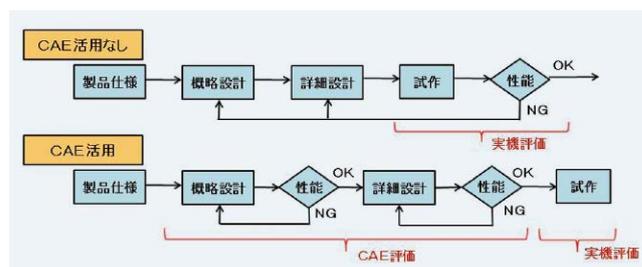


Fig. 1 CAE活用フロー

3 当社で実施しているCAE解析

当社では以下に示す分野のCAE解析を実施している。

3-1 構造解析

製品の機械的強度や熱の影響(熱応力・熱伝導)の評価が行われており、取り扱われる材質も金属、樹脂、ゴムなど多岐に渡る。解析ソフトは、単一部品や簡単な組み合わせ構造物を対象とした操作性重視の「設計者向け構造解析ソフト」と機能性を重視した専任者向けの「汎用構造解析ソフト」を内容に応じて使い分けている。

3-2 流体解析

設計した流路形状内での流れの効率や流量などの性能確認を目的とした解析が主に行われ、部品間・部品内に存在する気体・液体を伝熱媒体とした熱流体解析の活用ニーズも増えてきている。

3-3 樹脂流動解析

射出成形を行なう樹脂部品に対し、樹脂流れのバラ

ンス、ショートショット、エアトラップ、ソリやひけによる変形などの問題発生の可能性を事前評価するために樹脂流動解析を活用している。生産技術的な活用が大部分を占めており、エアトラップやウェルドの発生位置に大きな影響をおよぼすゲート位置を最適化することで、多大な費用と時間がかかる金型の修正回数低減に貢献している。

3-4 磁場解析

空圧バルブや流体制御バルブのソレノイドや工場内の省人化装置として使用されるDDモータ、磁気センサーなど電磁機器製品の設計に活用されており、当社製品の小型化、高能力化、高応答化、省電力化に貢献している。

4 CAE解析の精度向上

CAE解析で使用する物性値が実物とかけ離れている場合、実測との誤差が発生する。CAE解析を行なう際入力する物性値には、カタログ記載の定値を入力し計算できる内容もあれば、物性値が定値として表現できない非線形性を有するデータもある。前者の物性値としては弾性構造解析を行なう場合に必要となる金属材料のヤング率やポアソン比、流体解析で使用する粘度などが挙げられ、解析ソフトのデータベースに標準登録されていたりインターネット検索により比較的容易に入手出来る場合が多い。

後者の物性値としては、磁場解析における磁性材料の初磁化曲線やゴムの構造解析で必要となる応力-ひずみカーブなどが挙げられ、使用したい材料物性値が解析ソフトに登録されておらず、インターネット上からも情報を入手できない。当社ではこのような非線形性材料物性値を測定、データベース化し、解析ユーザーが社内ネットワーク上から使用したい材料データを選択し活用できる状態にしている。

ここで各解析に使用する材料データの測定方法と解析事例について紹介する。

4-1 磁場解析

磁場解析では、磁性材料の初磁化曲線を材料データとして使用する。

4-1-1 試験サンプルと測定

測定対象材料をリング状に加工後、絶縁処理を行い、励磁・検出用2種類のマグネットワイヤを巻き試験片を作製する(Fig. 2)。

試験片を直流磁化特性測定装置(Fig. 2)に取り付け、励磁用コイルに電流を流して磁界を緩やかに変化させて、試験片内に発生した磁束密度を測定すると、Fig. 3に示すような横軸が磁化力H(A/m)、縦軸が磁束密度B(T)のヒステリシスループが得られる。

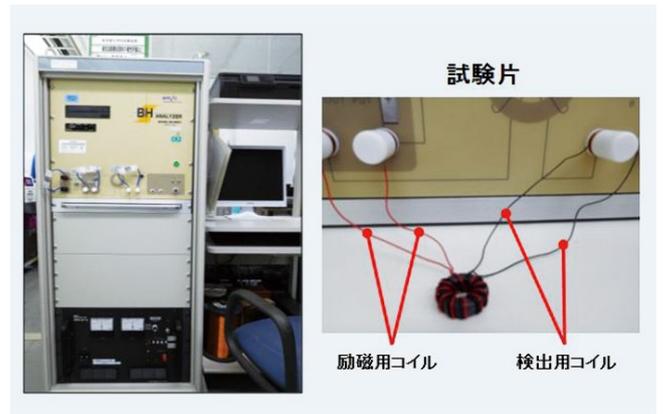


Fig. 2 直流磁化特性測定装置

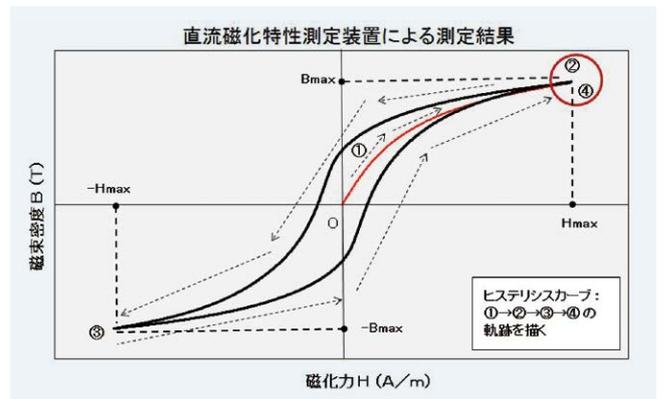


Fig. 3 測定データ (ヒステリシスカーブ)

初磁化曲線はFig. 4に示すHmaxの異なるヒステリシスカーブを複数条件測定し、その(Hmax, Bmax)をつないだデータとなる。

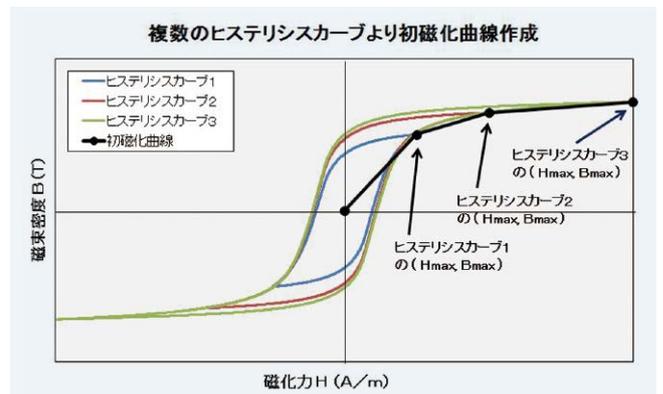


Fig. 4 初磁化曲線の作成

精度良い解析を行うには、磁束密度の飽和域までの初磁化曲線が必要となるため、巻数100turn以上となる試験片を作製することで、出来る限り大きな磁化力を発生させている。

4-1-2 測定値の解析データ化

(Hmax, Bmax)をつないだままの初磁化曲線ではガタつきがあり、解析の収束性が悪くなるため、滑らかに変化するように測定データを微調整している(Fig. 5)。

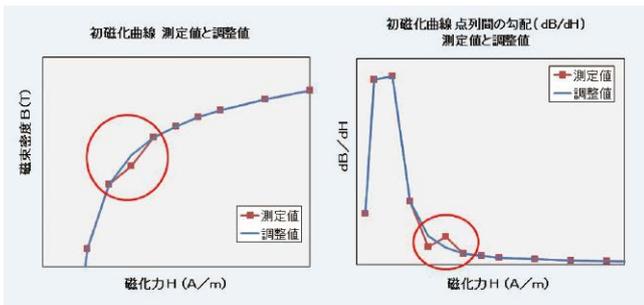


Fig. 5 測定データの調整

また、飽和磁束密度が必要となるため、初磁化曲線の最後の測定点との傾きが真空の透磁率となるような仮想データを1点加えている(Fig. 6)。

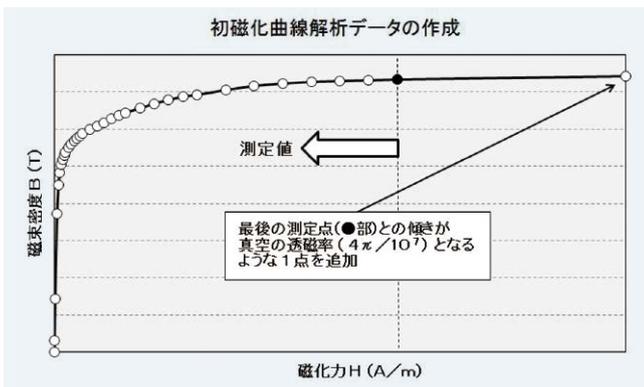


Fig. 6 初磁化曲線の解析データ

4-1-3 測定した物性値での解析

Fig. 7に示すソレノイドの磁性材Aに社内で測定した初磁化曲線と一般公開された初磁化曲線を使用した場合(Fig. 8)の解析結果として、ストローク-吸引力特性を比較する(Fig. 9)。

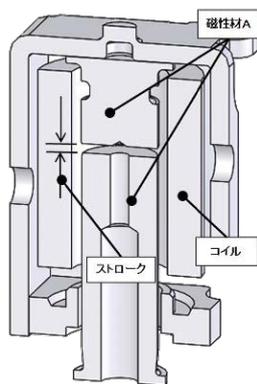


Fig. 7 解析対象形状

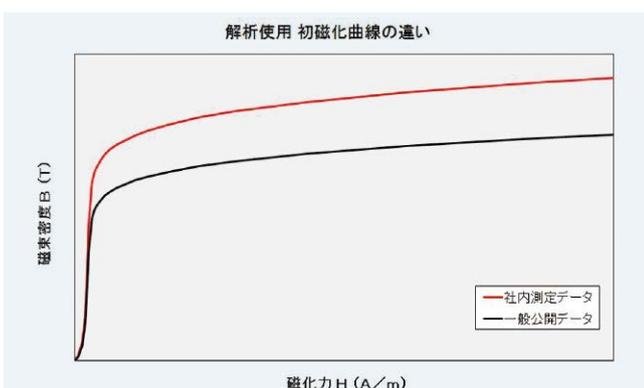


Fig. 8 解析使用初磁化曲線

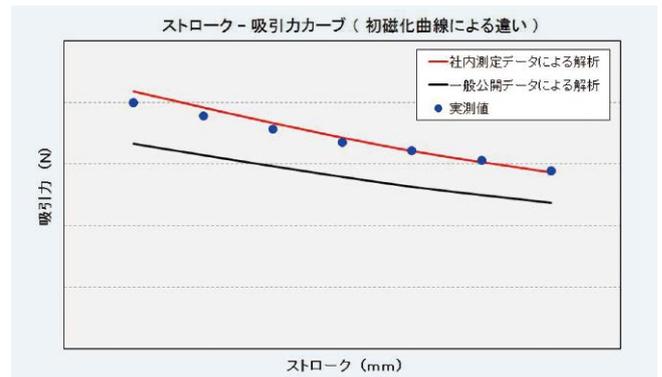


Fig. 9 ストローク-吸引力特性解析結果

解析結果より、一般公開データを使用した吸引力解析値は実測値との差異が生じているが、社内測定データによる吸引力解析値は実測値に良く一致した。

磁性材料は磁気特性を向上させるため熱処理を実施するが、一般公開データは、ごく一般的な熱処理を行っていると思われる。一方、当社では最高の磁気特性が得られるような独自の条件を求め、部品の熱処理を実施している。そして初磁化曲線を測定する試験片にも同じ熱処理を実施するので、社内測定データによる解析結果は、実測値に良く一致している。

このように、当社の磁場解析では磁性材料の熱処理による性能の違いや、鍛造などの塑性加工の影響を考慮した解析を行っているので、より現物に近い条件を入力したCAE解析により精度良く性能評価を実施している。

4-2 構造解析

構造解析では金属、樹脂、ゴムなどで作られた部品の解析を行っている。ここで、当社で物性値を測定しているゴムの構造解析について紹介する。

4-2-1 応力-ひずみカーブによる解析

構造解析に使用するゴム材料の物性値として、専用試験片を社内の引張・圧縮試験機で変形させて得られた応力-ひずみカーブ(SSカーブ)を使用している(Fig. 10)。このSSカーブは一般に1(mm/min)程度の低速で変形させて、一定の変位量毎に十分緩和させて得られた静的な特性である。

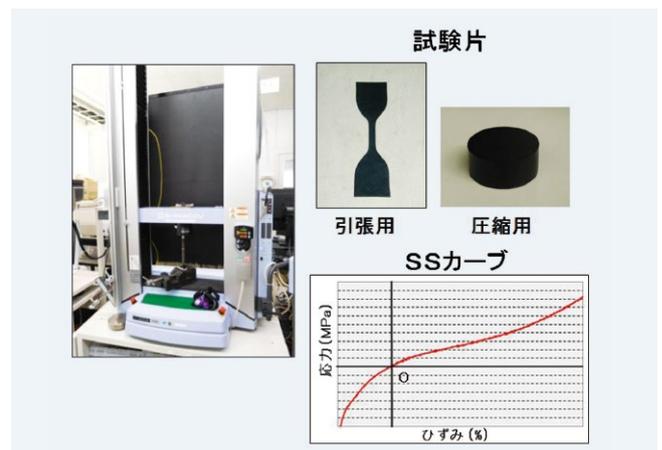


Fig. 10 引張・圧縮試験機

このため、変形速度が非常に遅い静的な状態を対象とする解析では、実測値と良く一致する。例として、上記測定で得られた静的なSSカーブを物性値として与え、専用試験片での引張・圧縮変形を解析し、応力とひずみの関係を求めると、実測値と一致することが確認できる(Fig. 11)。

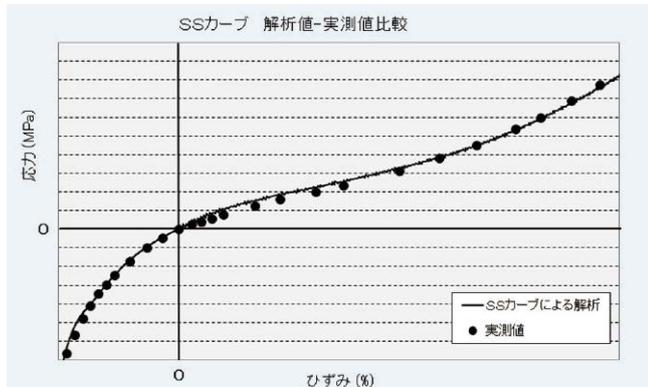


Fig. 11 試験値と解析値の比較

4-2-2 ひずみ速度依存性の影響

しかし、ゴムや樹脂などの高分子材料では材料の変形挙動が動作速度により変化するひずみ速度依存性という特性があり、Fig. 12に示す様に、ひずみが同じ条件でも速度が高くなると応力が高くなる現象が見られる。

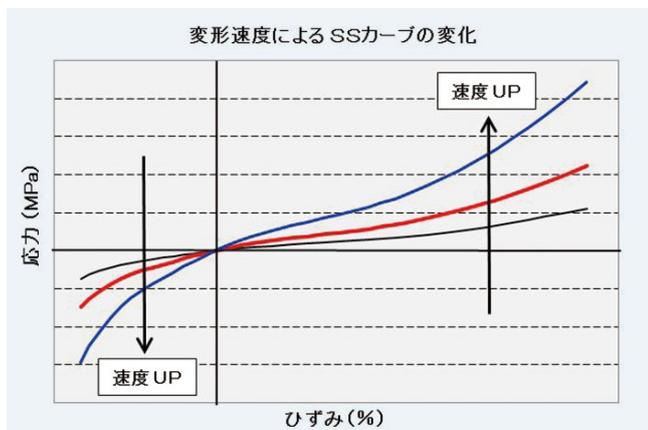


Fig. 12 変形速度によるSSカーブの変化

そのため、変形速度が高くなるにつれ、静的なSSカーブで計算された解析結果と実物の変形挙動が一致しなくなる。

また、ひずみ速度依存性の代表的な挙動として一定応力下でのクリープ変形や一定ひずみ下での応力緩和があり、静的なSSカーブを使用した解析ではこれらの挙動を求めることができない。

例として、バルブの弁の開閉に使用されるゴムダイヤフラムをFig. 13に示す矢印方向へ低速と高速の条件で同じ変位量だけ変形させて放置した時の反力解析を静的なSSカーブで実施した結果をFig. 14に示す。

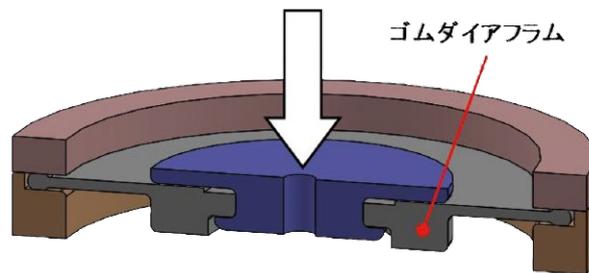


Fig. 13 ゴムダイヤフラムの変形

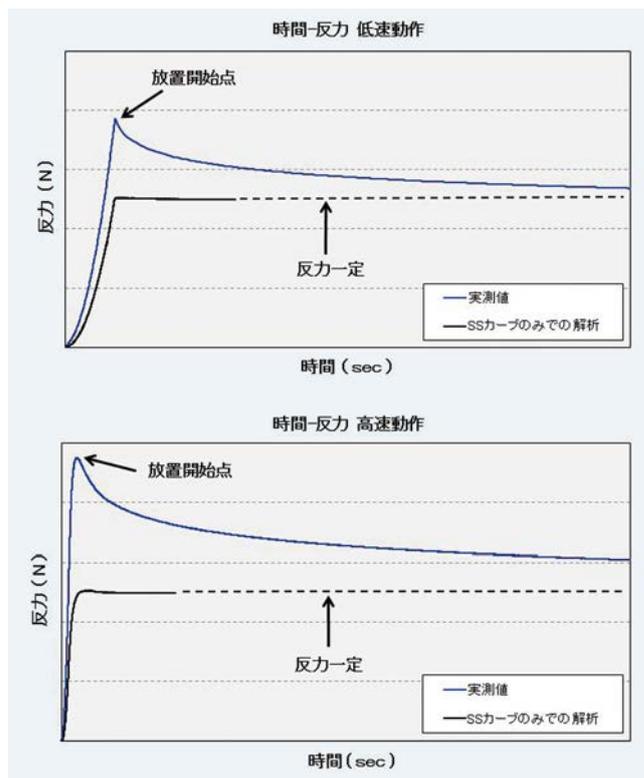


Fig. 14 実測値と解析結果(SSカーブ)比較

Fig. 14より、動作速度が非常に低い静的なSSカーブでの解析結果は、ひずみ速度依存性が考慮されていないため、放置後の反力は低下せず一定値となる。また、同じ変位量で変形させているため、異なる速度で解析しても反力は同じ値となる。一方、実測値ではひずみ速度依存性の影響により低速動作よりも高速動作の反力ピークが高くなる。

このように静的なSSカーブによる解析では、実測との差異が現れる。

4-2-3 粘弾性特性の測定と解析データ化

ひずみ速度依存性を解析するためには、粘性と弾性の特性を組み合わせた粘弾性特性を考慮する必要がある。

粘弾性特性の測定は、動的粘弾性試験装置を使用して試験片に正弦波振動となるひずみを与え弾性率を求める。粘弾性特性は速度依存性とともに温度依存性も持つため、時間-温度換算則により各温度での時間と弾性率の関係を求める。この温度ごとの測定結果をシフト

関数により水平移動させて一本の線にすることで、解析に使用するマスターカーブが作成される。このマスターカーブをprony級数でカーブフィットし(Fig. 15)、得られた係数が物性値となる。

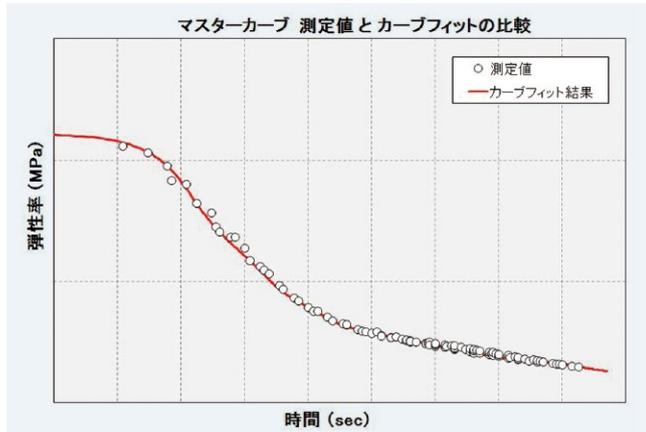


Fig. 15 マスターカーブの作成とカーブフィット

4-2-4 測定した物性値での解析

Fig. 14で示した静的なSSカーブで行ったダイアフラムの変形解析に対し、粘弾性特性を考慮し解析した結果をFig. 16に示す。

動作速度を変更しても解析値が実測値に追従しており、反力のピーク値も実測値にほぼ一致する。また、動作停止後の緩和域における反力の低下も実測値に近い。

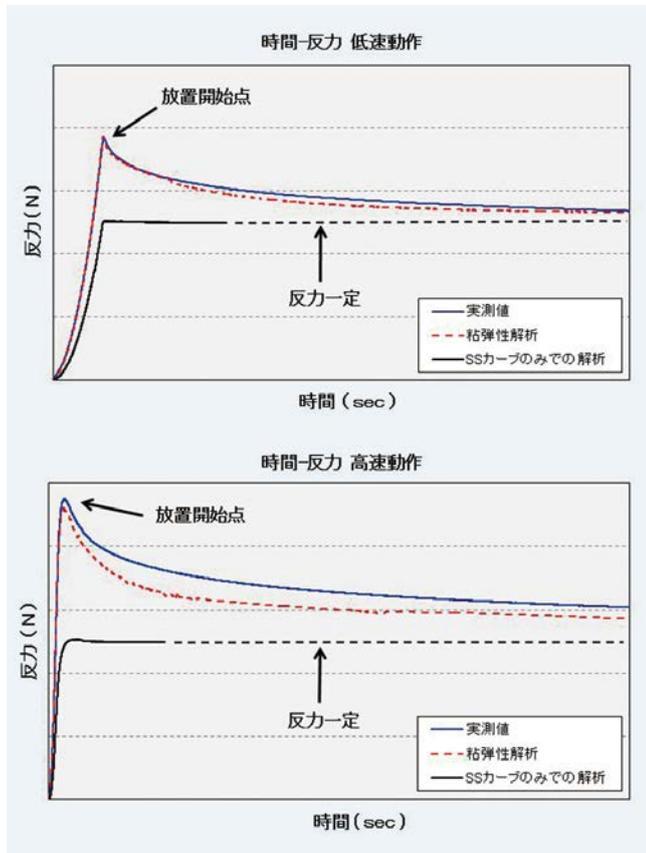


Fig. 16 実測値と解析結果(粘弾性解析)比較

このように、粘弾性特性を考慮した解析の有効性が確認できたため、今後は樹脂材料へも展開していく。

5 おわりに

以上当社で実施しているCAE解析の紹介を行ったが、最近では塑性加工や流体+構造、樹脂流動+構造といった連成解析のニーズも増えており、更なる解析のレベルアップが必要である。

また、設計部門においても磁場解析や流体解析で計算時間を要する過渡解析に取り組む機会が増えているため、計算時間短縮化を図り、複数のCPUを使用した並列計算処理が可能なソフトへの移行により開発リードタイムの短縮を目指す。

執筆者プロフィール



柴田 康之 Yasuyuki Shibata

コンポーネント本部

技術統括部

Engineering Administration Department

Components Business Division

■ 会社概要

設 立 1943年4月
代 表 者 代表取締役社長 梶本 一典
資 本 金 110億16百万円
株 式 上 場 東証、名証1部
事 業 内 容 自動機械装置及び省力機器、空気圧制御機器、駆動機器、
空気圧関連機器、ファインシステム機器、流体制御機器など
機能機器の開発・製造・販売・輸出

CKD技報 Vol.3

発 行 2017年 1 月 1 日
発行責任者 中島 隆夫
監修責任者 野田 尚彦 菅 正
発行事務局 諫山 洋子

印 刷 所 竹田印刷株式会社
発 行 所 CKD株式会社
〒485-8551 愛知県小牧市応時二丁目250番地
0568-77-1111 (代表電話)

※本誌に掲載されている論文は、下記URLより閲覧が可能です。

<http://www.ckd.co.jp/company/giho/index.htm>

※本誌に掲載されている製品名は、当社が所有する商標または登録商標である場合があります。



自動化で未来を拓く

CKD