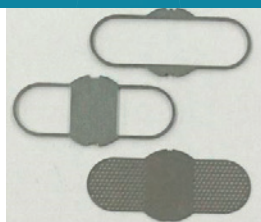
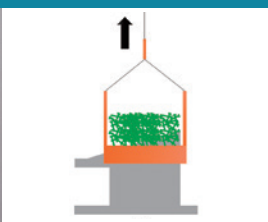
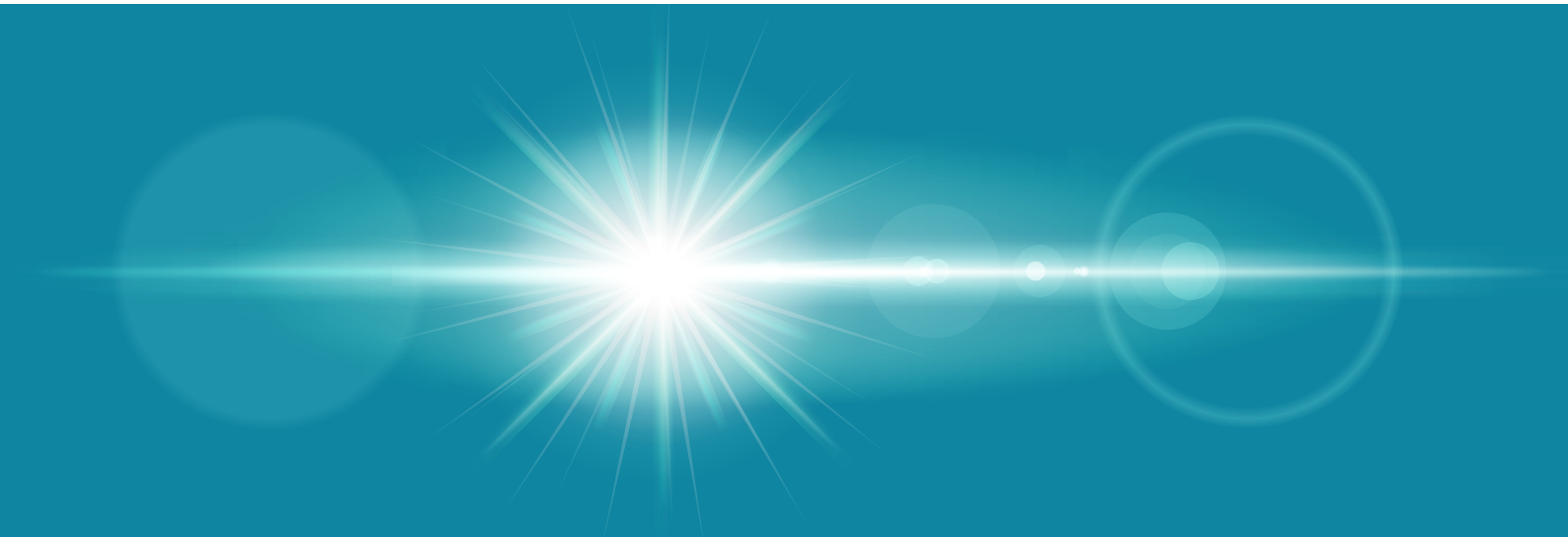


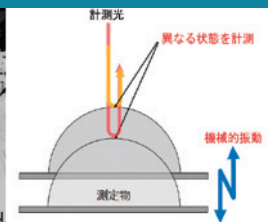
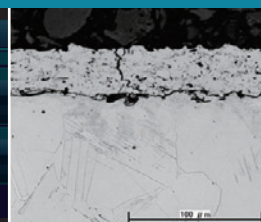
CKD技報

CKD TECHNICAL JOURNAL

Vol.7



Rineps			
生産履歴			
機種	0001		
品名	0001		
数量	10000		
開始日時	2023/10/01		
終了日時	2023/10/01		
生産実績			
機種	品名	数量	単位
0001	0001	10000	個
0001	0001	10000	個
0001	0001	10000	個

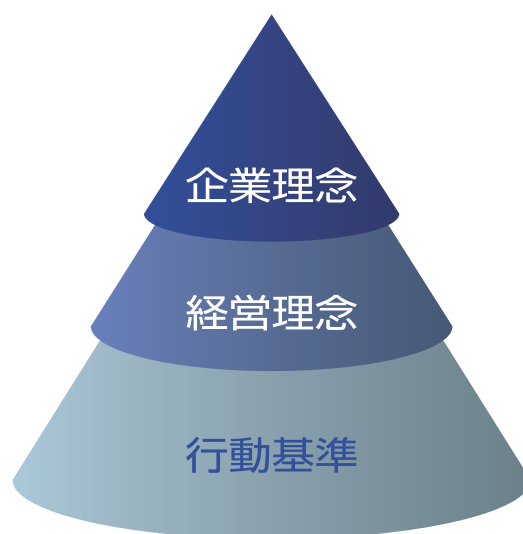


企業理念・経営理念・行動基準 Corporate Philosophy and Corporate Commitment

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

ごあいさつ	1
-------	---








巻内特集 テーマ「サービスビジネス」

 生産性向上システム「RINOPS」	2
 クリーンガスサポート	6
 画像処理ビジュアルプログラミングツールFacilea	9
 PTP包装機向けポケット成形技術	15
 2波長デジタルホログラフィによる高精度形状計測技術の確立	19
 積層型電池のための高速カット技術	24
 真空圧力制御システムの開発	27
 ガス流量センシング技術	32
 ステンレスの表面改質	37
 からくり改善と協業ロボットの融合	40

Table of Contents

Greetings	1
-----------------	---

Special Report on "Service Business"

 Productivity Improvement System "RINOPS"	2
 Clean Gas Support	6
 Facilea -Visual Programming Tool for Image Processing-	9
 Methodology for Pocket-Forming Used in PTP Blister Packaging Machines	15
 Establishment of High-Precision Shape Measurement Technology by Two-Wavelength Digital Holography	19
 High-Speed Cutting Technology for Stacked Battery	24
 Development of Vacuum Pressure Control System	27
 Gas Flow Sensing Technology	32
 Surface Modification of Stainless Steel	37
 Fusing Cooperative Robot and KARAKURI Unit	40

世界の大きな変化に 대응する技術へ

Providing technology that meets the world's major changes

林田 勝憲 Katsunori Hayashida

CKD株式会社
取締役執行役員

CKD Corporation
Director and Executive Officer



新型コロナウイルスの蔓延により世界的に経済活動が大きく停滞しています。景気への悪影響はリーマンショックを遥かに上回り、元のレベルに戻るには数年規模の時間が掛かるとも言われています。

また、米中関係の悪化に伴い、グローバルにおけるサプライチェーンやロジスティクスも変化を余儀なくされ、従来の人・モノの移動が制限される中、在宅勤務やリモートワークなど働き方も大きく変わってきています。今まで例外と考えられていたことが短期間のうちに当たり前になってきたと感じています。

このような中、製造メーカにおいても、デジタル化への対応やDX(デジタルトランスフォーメーション)の推進など従来のモノづくりだけでは生きていけない時代に突入しています。そして、SDGsなど持続可能な社会・地球環境の実現に向けた積極的な取り組みも必須となってきました。

今回お届けするCKD技報Vol.7は「サービスビジネス」を特集テーマとしています。自動機械装置や流体制御機器、アクチュエータといった従来のハードに加えて、ソフトや新しい規制に対応するご提案、アフターサービス等、今までにない商品群にて皆様のお役に立てる新しいビジネスも紹介しております。

大きく変わる世界においても、お客様のニーズにしっかりとお応えしていくことが私たちCKDグループの責務であると考えております。引き続き皆様からのご指導ご鞭撻をよろしくお願い申し上げます。

Economic activity has stagnated significantly across the globe due to the spread of the novel coronavirus. The detrimental effects of the pandemic on business conditions are far greater than those of the global financial crisis, and some are predicting that it will take several years to return to their previous level.

Further, with the deterioration of US-China relations, we have had to make changes to our global supply chain and logistics, and with the movement of people and goods restricted, we are also seeing major changes in the way we do our jobs, including work-from-home and remote work. Things that had, until now, been thought of as exceptions, have become the norm in a very short time.

Under such circumstances, manufacturers have been plunged into an era in which conventional manufacturing alone is not enough for them to survive. They must respond to digitalization and push ahead with digital transformation (DX) themselves. It is also imperative that they adopt a proactive approach to the realization of a sustainable society and global environment, by fulfilling the SDGs and other goals.

The feature article in this CKD Technical Journal Vol. 7 is "Service Business". In addition to our traditional "hardware," or tangible product offerings, such as automatic machinery and equipment, fluid control devices, and actuators, we also present our new businesses, in which we will assist you with products we have never offered before, including software, proposals for responding to new regulations, and after-sales services.

We believe that it is the responsibility of the CKD Group to meet our customers' needs firmly, even in this greatly changing world. We thank you for your continued support and welcome your guidance and suggestions.



生産性向上システム「RINOPS」

Productivity Improvement System “RINOPS”

森 俊三 Shunzo Mori

近年、日本の課題である少子高齢化は、労働人口減少という形で産業界に影響を及ぼしており、当社のユーザ企業においても、人手不足を訴える声が大きくなってきている。そのようなお客様の課題を解消するために、生産性向上を図るツールが必要と考え、生産性向上システム「RINOPS」を開発した。本システムは、当社の包装機とスマートデバイスをクローズドネットワークで接続し、機械の稼働状況やトラブル状況をいち早く察知することができる。生産状況を一元管理かつ遠隔確認が可能なため、作業性も上がり生産性向上が期待できる。また作業員や管理者も同様の内容を共有できるため、コミュニケーションツールの一環としても活用できる。本稿では、その内容について紹介する。

Recently the issue of declining birthrate and aging society in Japan has been affecting the industrial world with a phenomenon of decline of labor force population.

Appeals regarding labor shortage from our customers are also growing gradually.

In order for our customers to solve such issue, we have developed productivity increase system”RINOPS” as a tool to realize their productivity increase.

This system connects our packaging machines with smart devices in the closed network, enabling to observe machine operation status and trouble status quickly.

Since production status can be centrally managed and be checked from a remote place, workability and productivity are expected to be increased.

In addition since operators and managers can share same information, this system can also be used as a communication tool.

In this article I like to introduce the content of this system.

1 はじめに

現在、日本は少子高齢化による人手不足が問題になっており、厚生労働省の調査によると、製造業においては4割の企業が人手不足になっている。また、人員を確保できないことで、事業に深刻な影響をきたしている企業は1割弱あるとされている。このことは産業界においても、当社においても大きく影響を受けることが考えられる。

2 開発背景

当社は、薬品包装機(以下、包装機とする)を製造している。包装機は、医薬品製造工程の錠剤をプラスチックとアルミで挟み込み、手で押し出せるようなシート状に包装する工程を担っている。この包装機を使用する当社のユーザにおいても、人手不足に当てはまるケースが多くなっている。工場によっては、人が集まらない、または継続的な雇用ができないとの声がある。今後このような事例が多くなっていくことが想像できる。そのため、人手不足の解消をフォローできるような生産性向上システム「RINOPS」を開発した。

3 開発コンセプト

医薬品製造工程は、人体に投与される薬を製造しているため、法令で定められた厳しい基準に従った環境で製造しなければならない。そのため、清浄度が高いクリーンルームが必要である。また、製造ライン全体を一つの部屋でなく、決まった工程ごとに個別の部屋とし、適切な清浄度を保てるように管理している。この環境を維持するため、部屋の往来はクリーンウェアに着替え、エアシャワを浴びなければならない。このような手順など、作業員の負担や時間ロスになることが多くある。生産性を上げるためには、作業員・管理者の負担軽減や作業効率向上が必要であると考え、具体的に生産性向上のため以下の課題に取り組んだ。

1. 稼働状況確認の負荷軽減
2. 生産対応の負荷軽減
3. トラブル発生時の負荷軽減

4 システム構成

機器の構成は、データを集めるサーバと、データを閲覧する各種デバイス(スマートウォッチ、タブレット、管理用PC)とした。ネットワークの構成は、複数の包装機とサーバ間を有線LANケーブルで接続し、サーバと各種デバイス間を無線LANで接続した。この構成

より、複数の包装機からサーバへデータを集約し、アクセスポイントを介して、各種デバイスに情報を伝達し、工場内で完結するシステムとした。工場建屋全体を網羅するため、製造現場にいらなくても、通信が届く範囲であれば、生産状況を把握することが可能である。また製薬業界では、データの機密性を重要視しており、情報の外部流出を防ぐことを最優先事項とするユーザ企業が多い。そのため、クローズドネットワークを構築し、物理的にインターネットに接続させないことで情報漏洩を防いでいる。(Fig. 1)

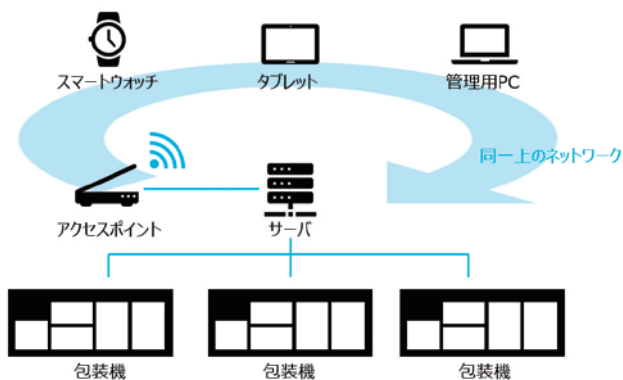


Fig. 1 システム構成図

4-1 機器

①スマートウォッチ

Androidのスマートウォッチに、自社製のアプリケーションを搭載した。アプリケーションを起動することで、専用のユーザインターフェースが開く。このアプリケーションで、機械のトラブル状況や材料状況を確認することができる。(Fig. 2)



Fig. 2 Androidのスマートウォッチ

②タブレット

Androidタブレットで、全ラインの生産数や材料状況、トラブル状況をブラウザで閲覧できる。(Fig. 3)



Fig. 3 Androidのタブレット

③管理用PC

ノートPCで、全ラインの生産数や材料状況、トラブル状況をブラウザで閲覧できる。(Fig. 4)

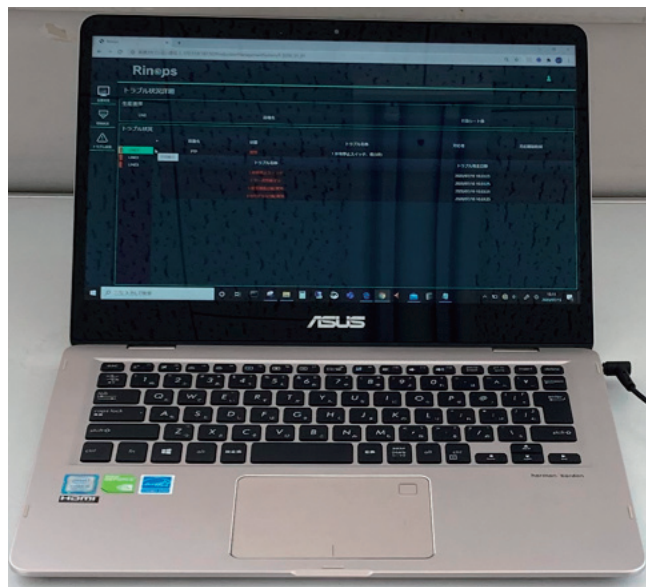


Fig. 4 管理用PC

④包装機

包装機はPLCで制御しており、生産数や材料状況、トラブル状況のデータをサーバと通信している。(Fig. 5)



Fig. 5 包装機

5 機能

5-1 表示機能

タブレットや管理用PCで各機械の情報を一元管理し、表示することが可能である。優位性としては以下のものがある。

①生産状況

サーバに送られた包装機の生産数などのデータを、一括で表示できるため、視認性が向上する。(Fig. 6)

生産状況詳細				
生産進捗				
LINE	品種名	打錠シート数		
LINE1	1.CKD A mg	3,129		
LINE2	2.CKD B mg	2,987		
LINE3	3.CKD C mg	2,897		
生産実績				
LINE/装置名	打錠シート数	良品シート数	不良シート数	良品率
▲ LINE1	3,129	3,112	17	99.46%
▲ LINE2	2,987	2,788	199	93.34%
▲ LINE3	2,897	2,890	7	99.76%

Fig. 6 生産状況画面

②材料状況

サーバに送られた包装機材料状況を一括で確認できるため、状況を把握しやすくなる。(Fig. 7)

材料状況詳細				
生産進捗				
LINE	品種名	打錠シート数		
LINE1	1.CKD A mg	3,129		
LINE2	2.CKD B mg	2,987		
LINE3	3.CKD C mg	2,897		
材料残量				
LINE	品種名	材料	残り時間	対応者
LINE1	PIP	不良排出	30	
LINE2	PIP	不良排出	30	
LINE3	PIP	不良排出	30	
LINE1	PIP	異常	50	

Fig. 7 材料状況画面

③トラブル状況

サーバに送られた包装機のトラブル状況がまとめて確認ができる。また発生しているトラブル名称まで分かるため、機械の操作パネルと同じ情報を得ることができる。(Fig. 8)

トラブル状況詳細				
生産進捗				
LINE	品種名	打錠シート数		
LINE1	1.CKD A mg	3,129		
LINE2	2.CKD B mg	2,987		
LINE3	3.CKD C mg	2,897		
トラブル状況				
装置名	状態	トラブル名称	対応者	対応開始
LINE1	PIP	異常		
LINE2				
LINE3				

Fig. 8 トラブル状況画面

5-2 通知機能

材料の残量が少なくなった場合やトラブルが発生した場合はスマートウォッチに通知する。通知の際はスマートウォッチが振動し、身に着けた作業者がトラブルの発生を把握することができる。通知時は、以下のフローのようにスマートウォッチに通知が行われ、初回発生時のみ振動する。(Fig. 9)

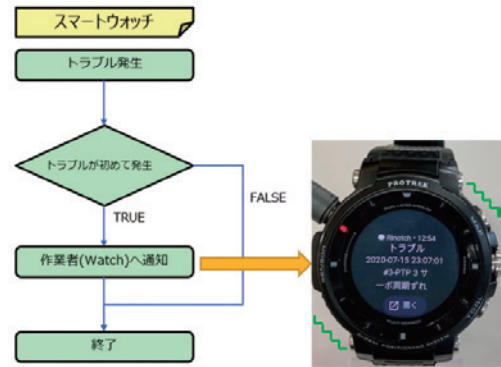


Fig. 9 通知フロー

6 本システムの導入効果

本システムにより、一元管理や遠隔での確認が可能になり、作業員や管理者の負担を軽減できる。

6-1 稼働状況確認の負荷軽減

①作業員の移動に伴う手間や時間の軽減

<現状>

医薬品製造工程は、同一ラインでも高い清浄度を維持するため部屋が分けられているのは前に述べた通りであり、移動に手間と時間がかかってしまう。

<本システム>

作業員は前後工程を移動する必要がなく、その場で状況確認が可能になるため、着替えやエアシャワに伴う移動の手間と時間を軽減できる。(Fig. 10)

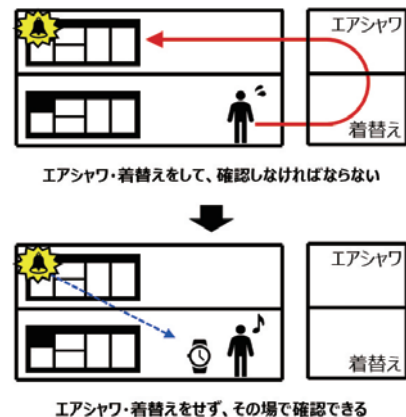


Fig. 10 作業員の生産状況確認

②管理者の移動に伴う負荷軽減

<現状>

管理者が生産状況を確認したいとき、製造現場の機械の操作パネルの前へ移動して確認するが、複数台あると移動も手間で時間も掛かってしまう。

<本システム>

一元管理で各機械の状況をまとめて把握できるようになるため、管理者の生産状況確認に伴う手間や時間を削減できる。(Fig. 11)

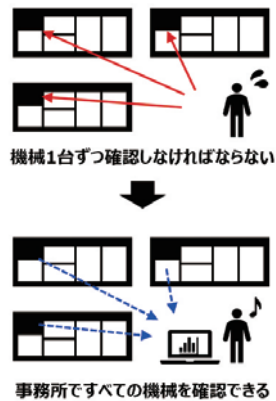


Fig. 11 管理者の生産状況確認方法

6-3 トラブル発生時の負荷軽減

<現状>

経験の浅い作業者の場合、慣れていないトラブルは復旧に時間が掛かってしまう。

<本システム>

トラブル情報が共有できるため内容を確認して、他の作業者がフォローに行くことができる。これにより、復旧時間の短縮および作業者の負担軽減が期待できる。(Fig. 13)

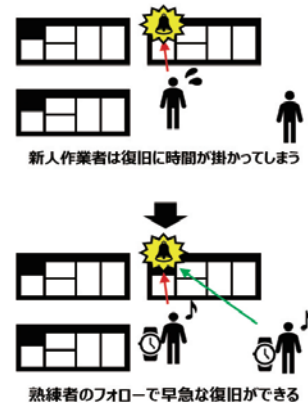


Fig. 13 トラブル発生時の対応

6-2 生産対応の負荷軽減

<現状>

トラブル発生時は、ブザーとタワーライトで作業者に知らせるため、機械の側にいないとトラブルの発生を知ることができず、対応できない。そのため、離れた場所での作業に従事することが難しい。

<本システム>

トラブルが発生したら作業者が身に着けたウォッチが振動するため、機械の側にいなくてもトラブルを把握できる。また、その場で発生している詳細を確認することができるため、すぐに対応しなければならないトラブルか判断できるようになる。(Fig. 12)

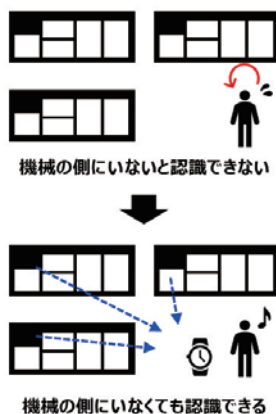


Fig. 12 生産時の対応

7 終わりに

今後は、他社製機械への対応を行い、より多くの機械に接続できるようにする。また昨今の社会情勢を鑑み、セキュアなリモート機能も取り入れて、より効果が見込めるシステムにしていく。作業者の負荷軽減や省人化を通し、最終的には工場の自動化を見据えて邁進していく。これからも機能拡充を行い、生産性向上を躍進させ、更なる人手不足解消に貢献していく。

執筆者プロフィール



森 俊三 Shunzo Mori
自動機械事業本部
Automatic Machinery Business Division

FP クリーンガスサポート Clean Gas Support

渡辺 貴大 Takahiro Watanabe

近年、食品安全に関する法改正、規格改定が行われており、食品関連製造会社にとってその対策が大きな課題となっている。特に、今まで管理対象となっていなかった食品に直接、もしくは間接的に接触するガス類についても、科学的根拠(数値)に基づいて管理が必要になる。しかし、多くの食品工場では圧縮空気(ガス)の測定方法や測定器具が分からず、測定の経験があるスタッフもいないため、頭を悩ませている企業も多い。

そこで空気圧機器・流体制御機器・自動機械装置の総合メーカーである当社では、JISに準拠した方法での圧縮空気の測定サービス「クリーンガスサポート」の提供を開始し、その測定結果に基づいて当社のHACCPコーディネータが空気圧回路のアドバイスをを行っている。

本稿ではクリーンガスサポートの内容について紹介する。

Food-related manufacturing companies have been facing a major challenge in dealing with recent revisions to food safety laws and standards.

In particular, gases that come into direct or indirect contact with foodstuffs, which have not been subject to control until now, need to be controlled based on scientific evidence (numerical values). This has become a headache for many companies since many food factories do not know how to measure compressed air (gas), do not know how to choose proper measurement equipment, and do not have staff with experience in measurement. To address this issue, CKD, as a comprehensive manufacturer of pneumatic components, fluid control components, and automatic machinery, has started a service called "Clean Gas Support". In this service, the compressed air is measured in accordance with JIS standards, and our HACCP coordinator provides advice on pneumatic circuits based on the measurement results.

This paper introduces the services available in "Clean Gas Support".

1 はじめに

近年、ISO22000『食品安全マネジメントシステムに関する国際規格』の改定やHACCP『原材料受入から製品出荷までの各工程の中で、食中毒などの健康被害を引き起こす可能性のある危害要因を科学的根拠に基づき管理する手法』の制度化など、食品安全に関する規格は国際基準に沿った改定が加えられており、厳しさを増している。

食品工場の中では酸化防止用の窒素ガス充填、搬送や異物除去のためのエアブローなどで圧縮空気(ガス)を使用している。しかし、今までの規格では圧縮空気(ガス)に対する規定がないため、その清浄度については管理していない食品製造メーカーが多かった。

ところが、ISO22000:2018の改定内容には食品に直接、もしくは間接的に接触するガス類についても、埃・水・油・菌を管理する旨の記載が追加されたため、使用する圧縮空気(ガス)の清浄度測定が求められるようになった。その要求に応えるために当社でも圧縮空気(ガス)の清浄度測定業務「クリーンガスサポート」を2020年より開始した。

2 JIS による圧縮空気の清浄等級

ISO/TS22002『食品安全のための前提条件プログラム』において食品に関する圧縮空気の管理が必要にな

る旨が追加されたが、測定方法や規格値については具体的に示されていない。食品関連の規格ではないが、これらを明確に規定しているのがJIS B 8392-1『圧縮空気—第1部:汚染物質及び清浄等級』であり、この規格を目安としているメーカーが多い。圧縮空気中の汚染物質測定方法が規定されており、汚染物質の濃度で清浄等級を分類している。

Table 1に示すように等級が規定されているのは個体粒子、水、オイルのみでガスおよび菌の汚染物質は等級が規定されていない。菌数の規格値については各メーカーが必要な値を決める必要がある。

Table 1 JIS B 8392-1:2012による圧縮空気清浄等級

等級	固体粒子			湿度及び水分		オイル	
	粒子径d(μm)に対応した1m ³ 当たりの最大粒子数			質量濃度Cp mg/m ³	圧力露点 °C		水分濃度Cw g/m ³
	0.1<d≤0.5	0.5<d≤1.0	1.0<d≤5.0				
0	等級1より厳しい条件で、使用者又は納入業者が指定する。						
1	≤20,000	≤400	≤10	-	≤-70	≤0.01	
2	≤400,000	≤6,000	≤100	-	≤-40	≤0.1	
3	-	≤90,000	≤1,000	-	≤-20	≤1	
4	-	-	≤10,000	-	≤+3	≤5	
5	-	-	≤100,000	-	≤+7	-	
6	-	-	-	0<Cp≤5	≤+10	-	
7	-	-	-	5<Cp≤10	-	Cw≤0.5	
8	-	-	-	-	-	0.5<Cw≤5	
9	-	-	-	-	-	5<Cw≤10	
X	-	-	-	Cp>10	-	Cw>10	

3 クリーンガスサポートとは

圧縮空気使用状況のイメージをFig. 1に示す。

圧縮空気を使用する際には、それを使用する機器や製品（食品・医薬品など）に合わせた清浄等級の空気が求められる。

当社ではJISに準拠した方法だけでなく、独自の方法でも測定を行い、圧縮空気の清浄等級確認を行っている。また、その結果を基にエア質改善のための機器の提案も併せて行っている。これは数多くの空気圧機器を展開している当社の強みである。

これらの業務を当社ではクリーンガスサポートと称している。

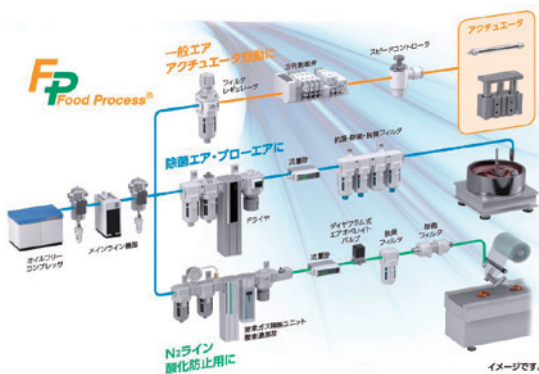


Fig. 1 圧縮空気使用状況のイメージ

4 クリーンガスサポートでの測定内容

当社が実施している圧縮空気清浄度の測定内容をTable 2に示す。

当社では個体粒子、露点、油分、菌の4項目の測定を実施している。JISに規定された測定方法だけでなく、独自の測定方法も実施しており、迅速な測定にも対応可能である。

この測定方法であれば、1ヶ所当たりの作業時間が短いため、測定箇所が多い場合などは効率良く測定できるメリットがある。

Table 2 圧縮空気清浄度の測定内容

測定対象		標準的な測定方法	独自の測定方法
個体粒子	測定方法	等流速管にてエアをサンプリングし、レーザーパーティクルカウンタで個体粒子数を測定する	ディフューザーを使用してエアを等速サンプリングし、レーザーパーティクルカウンタで個体粒子数を測定する
	結果が分かるまでの時間	1~2時間	30分
露点	測定方法	測定対象に合わせた露点計にて測定する(ミラー式、または静電容量式)	
	結果が分かるまでの時間	30分~2時間 (ただし、低露点の場合は1~2日必要)	
油分	測定方法	ろ紙にて油分を捕集し、FT/IR分析で油分量を算出する	光散乱式のセンサにてオイルミスト量を測定する
	結果が分かるまでの時間	2~3日 (持帰っての分析が必要)	30分
菌	測定方法	エアーサンプラーにて培地にエアを吹きかけ、その後に培地の菌を培養する	フィルターに捕集した菌を蛍光染色し、その数を測定する
	結果が分かるまでの時間	3~7日 (培養に数日必要)	1~2時間

5 食品業界での圧縮空気管理

5-1 現状での主な測定内容

食品業界で圧縮空気の清浄等級をしっかりと管理しているところはあまり多くない。食品製造工程で最も注意していることは菌の有無になるが、最終製品で菌がないことを確認しており、途中工程である圧縮空気中の菌は気にしていない(認識していない)のが現状である。

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』による測定方法としてエアーサンプラーを使用した方法があるが、検体を培地にブローした後には菌の培養を2~3日間行う必要があるため、結果が分かるまでに時間が掛かるという難点もある。

そのため、すでに圧縮空気の清浄度管理を実施している業者の一部では、代用測定として菌の代わりに微粒子(パーティクル)を測定している。Fig. 2に示すように菌のサイズは $0.3\mu\text{m}$ 以上の大きさであり、 $0.3\mu\text{m}$ 以上の粒子が測定できるパーティクルカウンタで菌も測定できるからである。ただし、この測定方法は菌かパーティクルかの判断ができないため注意が必要である。

当社独自の測定方法である蛍光染色式の測定であれば短時間で菌のみを測定できる。初めに菌を含むパーティクルをフィルタに捕集し、蛍光染色液で染色する。この染色液は菌の細胞と反応するものであり、パーティクルは染色しないため菌のみを測定することができる。次に検出装置にてフィルタ上の光点の数を検出し、これが菌の数となる。(検出装置で撮影した写真をFig. 3に示す。)培養法と違って培養時間が不要なため、短時間での測定が可能である。

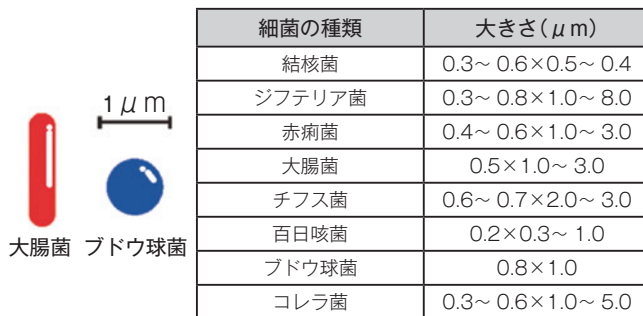


Fig. 2 細菌の大きさ^{*1}

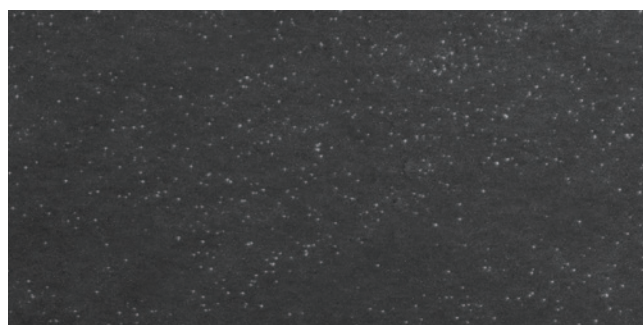


Fig. 3 蛍光染色での検出写真

5-2 今後増加する測定内容

菌測定の代用として、多くの箇所の測定結果が速くわかることから圧縮粒子測定が圧倒的に多いが、今後は別の対象を測定することが多くなると考える。

食品安全のための前提条件プログラムISO/TS22002-1『食品製造』、ISO/TS22002-4『食品容器包装の製造』において直接、偶発的に製品に接触するガス類は、埃・油・水が取り除かれている供給源でなければならないと記載された。これにより、菌以外にも埃(個体粒子)・油分・露点の管理が必要になるため、それらの測定需要が増えると予想でき、当社も一層協力できると考える。

6 おわりに

食品業界では圧縮空気の清浄度測定需要は今後も高まってくると考える。当社は食品工場向けの機器開発だけでなく、複数のHACCPコーディネータが在籍し、食品関係のお客様にも安心してご相談いただける体制を整えている。今後も機器開発で培ったノウハウを測定サービスにも活かしていき、FAトータルサプライヤーとして産業の発展に貢献したいと考えている。

※1 神奈川県衛生研究所:細菌の構造と大きさ

執筆者プロフィール



渡辺 貴大 Takahiro Watanabe
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

画像処理ビジュアルプログラミングツールFacilea

Facilea -Visual Programming Tool for Image Processing-

上岡 洋介 Yosuke Kamioka

当社は、はんだ印刷検査機VPシリーズや錠剤包装・異物検査装置フラッシュパトリシリーズと様々な画像処理技術を使った製品を販売している。

しかし当社が扱う製品は、自動化ラインに特化したもので特定の製造現場でしか活用できないことがほとんどである。

そこで、当社の画像処理技術を応用し、知識や経験がなくても様々な用途で誰でも簡単に画像処理プログラムを構築することができる画像処理ビジュアルプログラミングツールFacileaを開発した。

ここではFacileaの機能及び活用シーンについて紹介する。

We sell products using various image processing technologies such as the solder printing inspection machine VP series and the tablet packaging and foreign matter inspection device Flash Patri series. However, most of the products we handle are specialized for automation lines and can only be used at specific manufacturing sites.

Therefore, by applying our image processing technology, we have developed Facilea, an image processing visual programming tool that allows anyone to easily construct an image processing program for various purposes without any knowledge or experience.

Here, we will introduce the functions and usage scenes of Facilea.

1 はじめに

近年、手作業ラインの機械化や自動搬送、ロボット活用など工場の自動化とIoT、AIなどのIT活用が、同時かつ急速に進んでおり、まさに変革の時代を迎えている。さらに、新型コロナウイルス感染症の影響によりテレワークが一気に普及し、当初の予測を大きく超えたスピードで工場の自動化が進むことが予想される。

当社では、医薬品包装工程の中で包装シートの異物やリーク、錠剤の違いや欠けなどを高速で検査するフラッシュパトリ、基板実装工程でクリームはんだの量や位置ずれなどを検査するVPシリーズなど画像処理製品を、20年以上前から販売してきた(Fig. 1、Fig. 2)。一方、自社工場内の検査工程は一部自動化されているものの、様々な理由により人が検査している部分も少なくない。そうした状況から検査工程の自動化を促進するために、当社が保有する画像処理技術を応用し、誰でも簡単に使いこなすことができる画像処理ビジュアルプログラミングツールFacileaを開発したので紹介する。



Fig. 1 はんだ印刷検査機の検査画面

FLASH PATRI

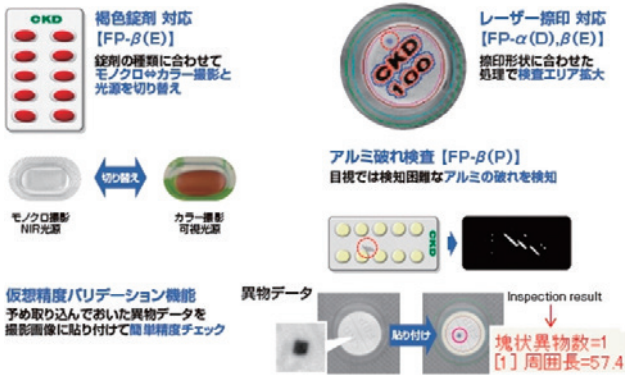


Fig. 2 フラッシュパトリ検査内容

画像処理の活用 要件別：150か所以上/フロア
 この中でシステム化できているところは2割弱



Fig. 4 課題の分類

2 画像処理ビジュアルプログラミングツールFacilea

2-1 開発経緯

自動化のニーズが高まる中、当社でも生産ラインの自動化を考える上で、工程設計部門、工程改善部門、製造部門の現状把握を行った。画像処理要件を抽出したものがFig. 3である。課題を抽出するにあたり、費用対効果や実現性を一切考慮せず、ブレインストーミング法を使いながら抽出したところ、150か所以上の現場でカメラを用いた画像処理システムの要件が出てきた。

要件カテゴリ

- ・製品検査、部品検査、組立確認など
- ・実績収集(1D/2Dコード)
- ・安全確認
- ・動線確認

Fig. 4のように課題を分類すると、最も多いと思われていた工程検査の用途は全体の約半分に留まり、安全確認や生産管理における用途が50%を占める結果となった。さらに自動化が進むことで、検査以外の用途が増えてくると考えている。そこで様々なシーンで活用できるアプリケーションの開発をスタートした。

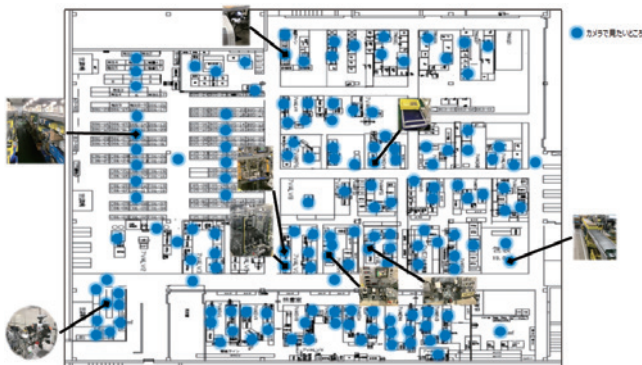


Fig. 3 画像処理要件

2-2 コンセプト「初めてでも20分！即検査」

今までの画像処理は、一定程度以上の経験と知識がなければ難しい分野とされてきた。当社の工場でも、検査工程を構築するとき、機械・電気担当者に加えて、検査設備経験のある担当者が設計を担当するケースがある。さらに難易度が高い検査になると、専門のベンダーに相談することもある。これは納期・費用の面で大きく影響する。

そこでFacileaは、画像処理スキルがない方でも「簡単に」、「とりあえず試してみる」ことができると同時に、画像処理のスキルも向上し、工場の自動化が進むサイクルを実現できるアプリケーションを目指した。

2-3 特徴

Fig. 5 特徴

- ・誰でもすぐに
- ・組み合わせ自由自在
- ・複数台接続
- ・自動化連携

画像処理を行う場合、汎用機器を使う方法や汎用ライブラリを使用して独自実装する方法などがある。汎用機器はユーザーの使い勝手を重視し、照明の自動調光機能や活用シーンにあった機能を選択するだけで検

査を行えるものが多く、簡単ではあるが細かな調整ができず辛いところに手が届かない場合がある。一方、独自実装する方法は、実装の自由度はあるものの、画像処理知識に加えてプログラミング言語の知識が必要となり、実装難易度が高い。そこで画像処理のプログラミング手法にビジュアルプログラミングを採用し、マウス操作だけで簡単に画像処理プログラムを作成できるようにした。

ビジュアルプログラミングとは、プログラムコードを記述することなく、オブジェクトを操作することでプログラミングが行える手法である。近年このビジュアルプログラミングを採用した製品が多く、プログラミング初心者を対象としたプログラミング教室や小学校の授業でも使われている。

- ・照明制御
- ・画像入力
- ・前処理(クレンジング・画像変形など)
- ・計測処理
- ・出力処理

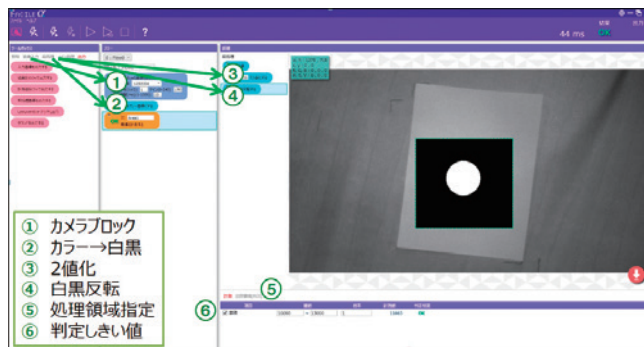
Facileaは、これらを機能ブロックとして用意しており(Fig. 6)、自由に配置することができる。また、画像入力の前に前処理が来ることがないように、順番に不備がある場合は自動整列される(Fig. 7)。部品面積検査程度の簡単な検査であれば、画像入力から結果出力までわずか6ステップでできる。画像処理経験がない方は、とりあえず機能ブロックを置いていくことにより、画像がどのように処理されて変化していくかをリアルタイムに確認しながらプログラミングすることができるため、画像処理そのものの学習教材として活用できると考えている。

接続できるデバイスは多種多様で、産業用カメラに加えてUVC規格に対応したWEBカメラにも使用でき、簡易的な用途であれば非常に安価なシステムを構築できる。また照明は各社の産業用照明に対応しており、I/Oトリガで制御することが可能で、外部機器との連携方法として、PCやPLCに加えてI/O・TCP・HTTP(HTML、JSON)などの上位システムと連携できる仕様になっている。今後のバージョンアップでさらに連携の拡充を図っていく。

- ◆ 照明ブロック
- ◆ 画像入力ブロック
- ◆ 前処理ブロック
- ◆ メイン処理ブロック
- ◆ 出力ブロック



Fig. 6 ブロックとして用意された機能



わずか6ステップでカメラ撮影～検査設定まで完了

Fig. 7 自動整列した画面

2-4 ターゲット

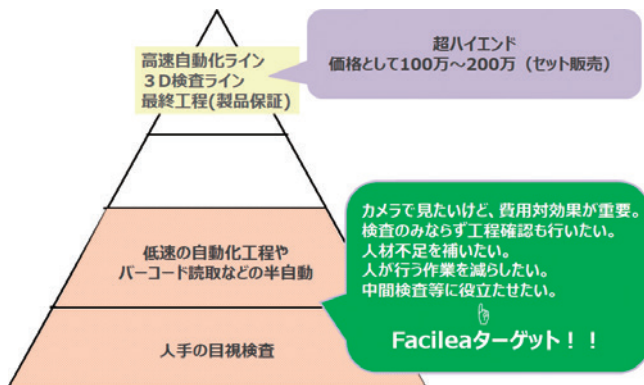


Fig. 8 ターゲット

- ・目視で確認していて省力化したいが、費用が掛けられない
- ・画像で検査・チェックできるか、まずはやってみたい
- ・人材教育

前記の通り、Facileaは誰でも簡単に、画像知識を必要とせず使えることが最大の特徴である。加えて産業用カメラとWEBカメラを複数接続できることもシステムを構築する上では大きなメリットになる。通常、画像処理機器は複数のカメラを接続できる仕様であっても最大8カメラ程度が多い。一方Facileaは、接続可能カメラ台数に制限を設けていない。例えば、工場のフロア全体で50ライン分のインラインQRコードリー

ダーの導入を検討している場合、Facilea 1アカウントとWEBカメラ50台で構築することができる。これは、単に価格が安くなるだけではなく、1つのアプリケーションで管理することで、QRコードを読込んだ時刻を統一できるため、一元管理が可能となり、データの信頼性が担保される。

部品の取り付け忘れや取り付け方向、色違い確認など、費用対効果が合わずに諦めていた目視検査の自動化にも適している。例えば、単価が安い製品を製造する生産ラインの場合、自動化設備を導入するとコストが合わなくなるため、人が組立・検査を行っていることが多い。人による検査は、単純な検査であっても間違ってしまう可能性があるため、検査機を導入したいといったニーズに対し、Facileaは安価に構築できる。そして、組立作業完了のスイッチを押したら検査が開始される、といった生産の流れの中に簡単な設定をするだけで組み込むことができる。

2-5 機能・計測

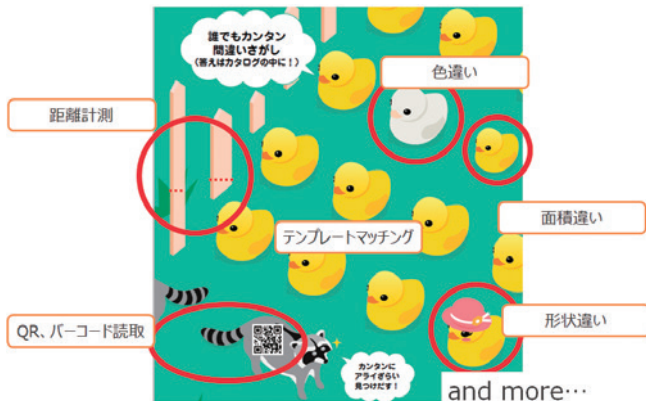


Fig. 9 機能・計測

Facileaは、Fig. 10のような機能ブロックを用意しており、画像処理初心者から経験者まで幅広い方々が簡単に使うことができる。前処理ブロックと計測ブロックは、1つのフロー(プログラム)内に複数配置することができるため、長さ計測、色計測、型番判定などが同時に行える。例えば、生産フロアの天井にWEBカメラを複数配置して、設備の稼働中・異常発生を知らせる表示灯の部分に検出領域を複数配置することにより、簡単に設備の状態監視が可能となる。また、連続実行しながらファイル保存やデータ転送することで、稼働実績とすることもできる。今までは、生産技術や製造部門が画像処理を使って検査を行う用途が多かったが、今後は生産管理や購買でも使われていくことを期待している。

その他、

・新機能: ドライブレコーダ機能搭載

検査工程において、良否判定することは重要だが、経緯を知ることにより、不良品の発生率を下げる改善を行うことも非常に重要である。ドライブレコーダ機

能は、事象発生時の前後を録画できる。トリガは外部トリガだけでなく、計測ブロックでNGと判定された場合のみ録画するなど様々なトリガを選択することも可能である。また、カメラは計測で使用中のカメラとは別のカメラを選択することにより、検査とは異なるアングルで録画できる。録画した動画は、Facileaで読み込み全フレームを再検査し、改善策の検討をするPDCAを回せるようになる。

グループ	内容	グループ	内容
初期動作	照明用電源ユニット操作	計測・判定	バーコード判定
画像入力	Webカメラの画像取り込み 産業用カメラ画像取り込み bmp.png.jpg形式の画像読み込み		テンプレートマッチング
前処理	二値化処理 変形処理 フィルタ処理 ノイズ処理 エッジ処理 色処理		傾斜計測 距離計測 エッジ距離距離計測
実行方法	I/O信号 タイマー httpプロトコル TCPプロトコル	出力方法	文字認識 動画読み込み 入力画像、前処理画像 I/O信号出力 音出力 CSV結果出力 JSON出力

Fig. 10 用意されている機能

3 使用例

ここで、当社の社内活用事例を紹介する。

3-1 スナッピング有無検査

部品の脱落を防止するために使用するスナッピングの有無確認は、製品種類が多く製品単価の問題もあり、検査機を導入できずに人が目視検査をしている。これを自動化することにより、人の凡ミスを防ぐことが可能である。

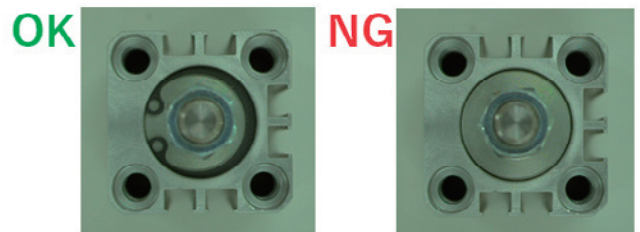


Fig. 11 スナッピング有無検査

3-2 チップコンデンサ欠落検査

小ロット生産の基板では、特に検査機を導入することは難しい。しかし、チップコンデンサのような非常に小さな部品は、目視検査では見落とす可能性があ

る。Fig.12では、まず基板の外観からチップコンデンサの検出領域を位置・角度補正して、有無検査をしている。複数の計測ブロックを配置できるため、計8個のチップコンデンサを同時に検査している。

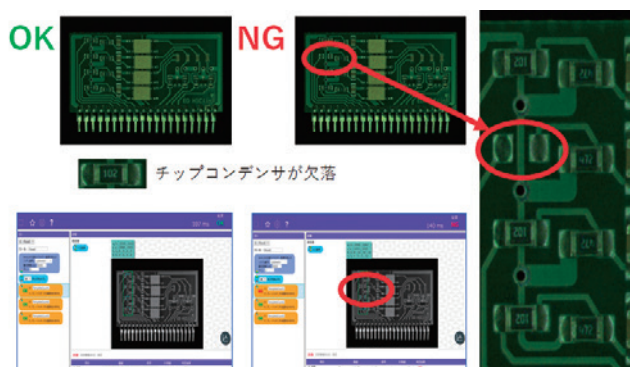


Fig. 12 チップコンデンサ検査

3-3 製品組立間違い確認

部材の共通化を図るため、部材外観を統一させることは多々ある。Fig.13の流量センサも同様に、外観は全スペック統一されているが、ガスの流量により内径が異なるため、組立間違いが発生していた。そこで、QRコードを読み取り組立中の製品を認識させ、次に部材の内径を計測することにより、適した部材を使用されているか確認するようにした。さらにNG判定になった時は音を鳴らすことにより、作業者に気づかせ凡ミスをなくすことができた。

流量センサ：FSM3



内径・ボディ・材質・ねじ形状 など

24 種以上の判定を自動判別

Fig. 13 流量センサ

3-4 その他

周長・面積・長さの計測ブロックを使うことにより、Fig.14のような錠剤の欠け・異物検査が可能となり、文字認識ブロックを使うと、印字検査や紙で運用されている帳票などのデジタル化も可能である。

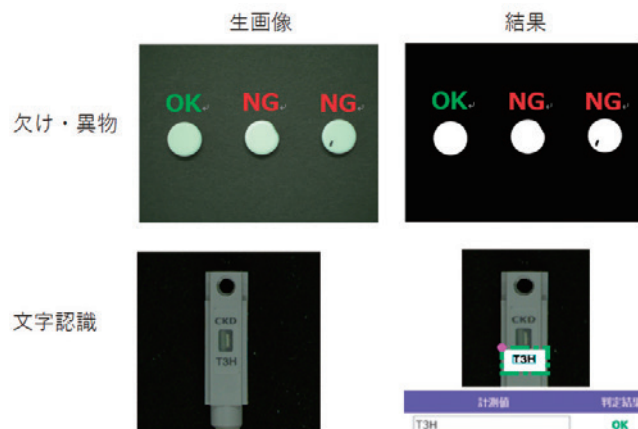


Fig. 14 検査事例

4 おわりに

本稿では、当社の画像処理ビジュアルプログラミングツールFacileaの概要と活用シーンを述べた。

近年DX・CPS・IoTとサプライチェーン・エンジニアリングチェーン全体が変革を迎える中、画像処理は全ての工程で重要となる技術にも関わらず、専門知識と経験を要求されるため活用が思うように進んでいない。しかしながら、知識や経験を必要とせずとも、AI検査のように予め仕分けられた画像をインプットするだけで検査ができるものやワンタッチ設定で画像処理ができる製品は今後増えてくると考えている。当社もFacileaを通して、製造現場に関わる方やそれ以外の方々にも画像処理スキルの向上とともに、画像処理の面白さを知ってもらい、様々な分野で活用が進むように貢献していきたいと考えている。

引用文献：日本工業出版、「検査技術」第25巻 第11号 (通巻289号), 2020年11月号

Facile

執筆者プロフィール



上岡 洋介 Yosuke Kamioka
新規事業開発室
New Business Development Office



PTP包装機向けポケット成形技術

Methodology for Pocket-Forming Used in PTP Blister Packaging Machines

鴻谷 英志 Hideshi Kohtani

PTP包装機向けの成形方式の種類には主に圧空成形方式、真空成形方式、およびプラグ成形方式の3種類がある。どの成形方式においても予備成形を組み合わせることで成形ポケット肉厚分布をコントロールすることが可能である。圧空成形方式および真空成形方式には成形圧力に正圧・負圧の違いはあるが、成形後のポケットに大きな違いは生じない。どちらも成形ポケット肉厚分布としてポケット底面が薄い。一方、プラグ成形方式の場合は成形ポケット肉厚分布として底面が厚いという特徴がある。

当社では圧空成形方式とプラグ成形方式の2種類を採用しており、お客様のニーズに合わせて提案している。本稿では当社で採用している錠剤やカプセル剤の形状に合わせたポケット形状を成形するための技術について紹介する。

There are three major forming methods on pharmaceutical blister packaging machines, which are pressure air forming method, vacuum forming method and plug forming method.

All forming methods can control film thickness distribution of blister pocket by combining with preforming.

Between pressure air forming method and vacuum forming method there is difference in kind of pressure to be applied for forming whether positive air pressure or negative pressure, but no big difference can be seen in formed pocket made by either method, which means bottom surface of formed pocket is made thinner in the film thickness distribution, on the other hand, in case of plug forming method bottom surface of formed pocket is made thicker in the film thickness distribution.

Our company applies two forming methods of pressure air forming method and plug forming method, and propose either method suitable for our customers' requirements.

In this article, we like to introduce pocket forming technology on pharmaceutical blister packaging machines to form pocket shape matching with shape of tablet and capsule.

1 はじめに

当社はこれまでブリスタ包装技術を用いて食品包装機械や医療・医薬品業界向けの包装機械を開発してきた。その中でもPTP包装機は国内トップシェアを持ち、海外への事業展開も積極的に進めている主力製品群である。

当社のPTP包装機の開発を振り返ると、その時代のニーズに合わせて柔軟に変化を続けてきた歴史があり、現在も変わらず大切にしている技術ノウハウや、取捨選択により現在は採用しなくなった技術もある。本稿では当社が長年培ってきたブリスタ成形技術の中からPTP包装機におけるポケット成形技術について紹介する。(Fig. 1)



Fig. 1 当社のPTP包装機の歴史

2 PTP包装について

PTP包装とは錠剤やカプセル剤などを対象にする包装形態のひとつである。PTPとはPress Through Packの略称で、内容物を指で押し出して取り出すことに由来している。

PTP包装の基本構成は容器フィルム、蓋フィルム、および内容物の3要素で構成されている。

容器フィルムとはポケット成形の対象となるプラスチックシートのことである。また、成形ポケットには内容物を保護する目的があり、その一方で容易に押し出すことができる適度な強度が必要である。

蓋フィルムとはヒートシールにより成形後の容器フィルムと貼り合わせて、内容物を密封するための薄いフィルムのことである。蓋フィルムは主にアルミニウム箔からなるフィルムが採用されているが、包装仕様により例外もある。(Fig. 2)

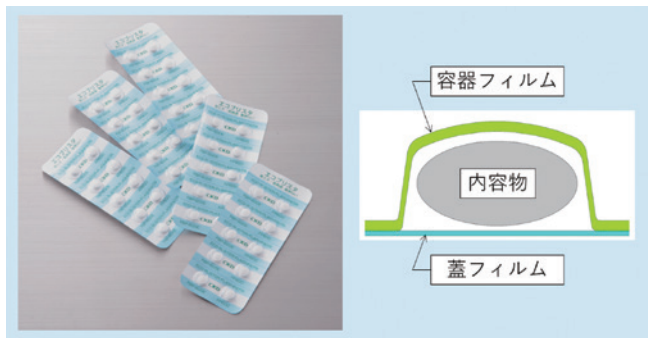


Fig. 2 PTP 包装とは

3 容器フィルムの種類について

ブリスタ包装の成形技術において容器フィルムの性質は最も重要な要素のひとつである。PTP包装向けの容器フィルムには一般的に熱可塑性プラスチックが用いられており、加熱工程で適切に熱軟化させた状態の容器フィルムを成形工程へ搬送してポケットを成形する。

容器フィルムは主にPVC(ポリ塩化ビニル)およびCPP(無延伸ポリプロピレン)からなる単層フィルムまたはラミネートフィルムが用いられる。ラミネートフィルムの場合は異種プラスチックを構成材として用いることにより、防湿性などの機能を向上させることができる。

また、ラミネートフィルムの構成材として用いられるプラスチックの種類として代表的なものにはPVDC(ポリ塩化ビニリデン)、PE(ポリエチレン)、PCTFE(ポリクロロトリフルオロエチレン)、COC(環状オレフィンコポリマ)およびNY(ナイロン)などがある。

プラスチック以外にもアルミニウム箔をラミネートフィルムの構成材に用いる場合がある。これを用いたPTP包装は容器フィルムと蓋フィルムの両方にアルミニウム箔を用いることから両面アルミブリスタ包装と呼ばれており、PTP包装の中では最高水準の遮光性と防湿性を有する包装仕様として知られている。

金属であるアルミニウムはプラスチックのような温度領域では熱軟化しないため、両面アルミブリスタ包装では加熱をせず、強力な成形力を有するプラグ成形方式を採用している。この方式を冷間プラグ成形方式と呼んでいる。

4 フィルム搬送方式について

フィルム搬送方式には連続搬送と間欠搬送がある。連続搬送とは運転中に止まることなく搬送する方式で、間欠搬送とは工程の度に一時停止を繰り返す方式である。加熱・成形工程を含む各工程が安定して稼働するためには連続搬送に同期しながら稼働する、または間欠搬送の一時停止時に稼働する必要がある。また、これらの搬送は各工程に適した方式を採用している。

5 ドラム式と平板式について

成形工程やヒートシール工程において部品形状が円筒形状をしている場合はドラム式、平板形状をしている場合は平板式と呼ばれている。本稿では成形工程についてのみ取り扱うものとする。

ドラム式の成形工程は主に連続搬送と組み合わせて採用される。成形の繋ぎ目が無く、フィルム搬送を待つ時間が無いため無駄なく成形時間を確保することができる。ただし、成形後の容器フィルムを平面に近づけるため成形ドラムの直径を大きくする必要があり、一般的にドラム式の成形型は重く大きなものになる。

平板式の成形工程は主に間欠搬送と組み合わせて採用される。成形型は開閉動作を行う必要があり、これによって成形の繋ぎ目が生じる。フィルム搬送時間が必要となるため成形工程に費やせる時間は短くなるが、成形型はドラム式に比べてコンパクトに設計できる。(Fig. 3)

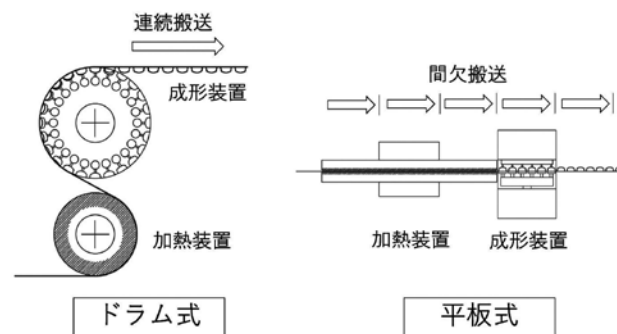


Fig. 3 ドラム式と平板式

6 加熱方式について

加熱工程とは成形前に容器フィルムを熱軟化させる工程のことである。当社の現行PTP包装機の場合はフィルム搬送には間欠搬送、加熱・成形には平板式を採用している。生産能力の高速化によって成形サイクル時間が短くなれば加熱時間も同様に短くなるため、加熱工程では複数回の動作を重ねることで加熱時間を補っている。

ポケットを成形するためには十分な加熱が必要になる一方で、加熱・冷却を経て容器フィルムは収縮する性質がある。また、大きなフィルム収縮は機械適性上の多くの問題を生じさせる要因となる。

6-1 フラット加熱方式

フラット加熱方式は容器フィルム全体を加熱範囲とするため、ポケットの配置に合わせた専用設計を必要としない。ただし、フラット加熱方式は加熱範囲が広い場合フィルム収縮が大きな容器フィルムには適さない。(Fig. 4)

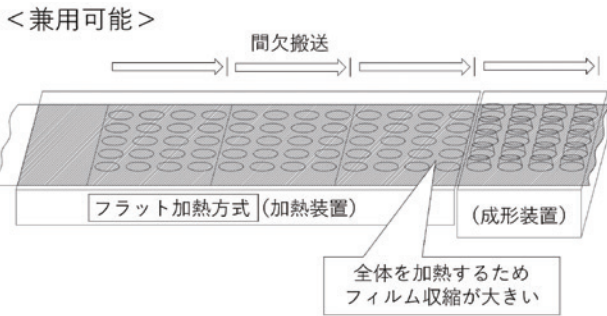


Fig. 4 フラット加熱方式

6-2 ピンポイント加熱方式

ピンポイント加熱方式とは成形に必要な最小限のみを加熱する方式である。加熱されない部分があることで、フラット加熱方式と比べてフィルム収縮を抑える効果がある。また、加熱装置と容器フィルムの接触面積を最小限にすることで、容器フィルムからの無駄な伝熱を防ぐことができる。

生産能力の高速化対応として当社の現行PTP包装機では3回の加熱により加熱時間を確保している。(Fig. 5)

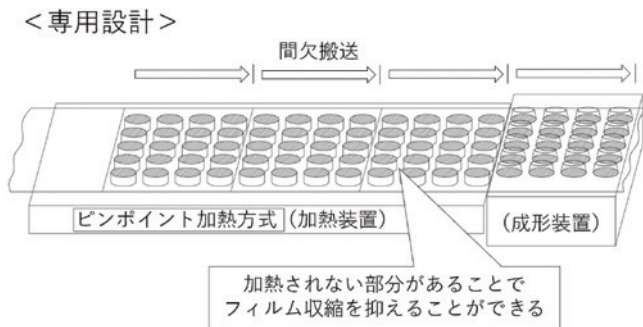


Fig. 5 ピンポイント加熱方式

7 成形方式について

成形方式の種類には真空成形方式、圧空成形方式、およびプラグ成形方式がある。これらの成形方式は予備成形を組み合わせることによって成形ポケット肉厚分布をコントロールすることができる。

容器フィルムは加熱・冷却を経てフィルム収縮によりポケット位置が変動する。当社のPTP包装機では、この変動を予め見越して金型を設計製作している。

圧空成形方式と真空成形方式には正圧・負圧の違いはあるが、どちらも空気の圧力を利用して容器フィルムを成形する。そのため、成形ポケット肉厚の分布傾向は似ており、どちらもポケット底面が薄く、ポケット側面は厚くなる。一方、プラグ成形方式による成形ポケット肉厚の分布傾向はポケット底面が厚く、ポケット側面は薄くなる。ただし、両面アルミブリスタ

包装専用の冷間プラグ成形方式は例外である。

7-1 真空成形方式

真空力は大気圧以上の圧力を得られず、その弱い成形力でポケットを成形するためには容器フィルムを加熱工程で十分に熱軟化しなければならない。そのため、加熱工程では高い温度設定と熱量を与えるための時間が必要である。また、成形力が弱いためにポケット成形完了までの時間が長い。しかし、ポケット外側から吸引力で成形するため、内容物が収まる成形ポケット内の異物混入リスクが非常に低いという利点がある。

当社のPTP包装機の歴史においても真空成形方式を採用していた時代がある。ただし、高温成形による金属腐食のリスクや、弱い成形力が生産能力の高速化とユーザビリティの追求の障害となり採用しなくなった背景がある。

7-2 圧空成形方式

圧縮空気は真空力と比較して高い圧力を容易に得られる。また、圧縮空気による強い成形力によってポケット成形完了までの時間が短い。ただし、圧縮空気はポケット内側に向けて作用するため成形ポケットへの異物混入に対して配慮する必要がある。また、圧空成形方式の場合は予備成形としてプラグアシストと組み合わせることによって成形ポケット肉厚分布をコントロールすることが可能である。また、プラグアシストの無い成型型も対応可能である。(Fig. 6)

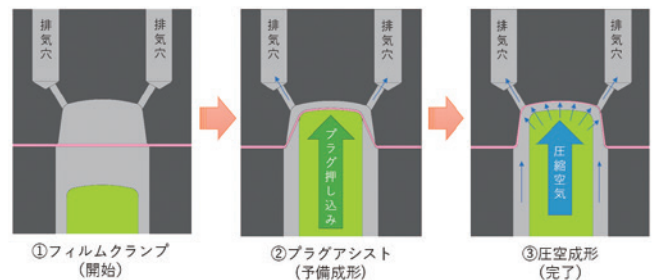


Fig. 6 圧空成形方式

7-3 プラグ成形方式

プラグ成形方式とはプラグを容器フィルムに押し込み、プラグの先端形状に倣ってポケットを成形する成形方式である。機械動力によって成形力を得ているため、圧空成形よりも成形力が強い。成型型は圧空成形方式と比較してコンパクトにすることができる。また、予備成形としてエアアシストと組み合わせることによって成形ポケット肉厚分布をコントロールすることが可能である。エアアシスト成形ではポケット外側から圧縮空気によってポケット部の容器フィルムを膨らませるようにして伸ばす。また、エアアシスト成形の場合はポケット外側から成形力が作用するため、

内容物が収まる成形ポケット内の異物混入リスクが非常に低い。(Fig. 7)

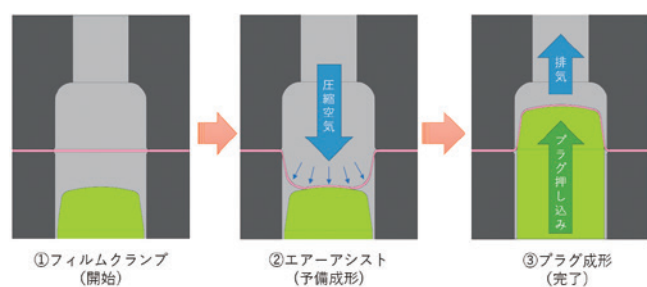


Fig. 7 プラグ成形方式

7-4 冷間プラグ成形方式

冷間プラグ成形方式とは両面アルミブリスタ包装専用の加熱工程を必要としないプラグ成形方式である。当社の冷間プラグ成形方式の場合は成形上型のポケット部周りに配置した滑り止め用のゴムシートによって容器フィルムを把持する。

熱軟化されていない状態の容器フィルムを強力な成形力によってポケット成形する必要があるため、エアアシストによる予備成形は対応できない。(Fig. 8)

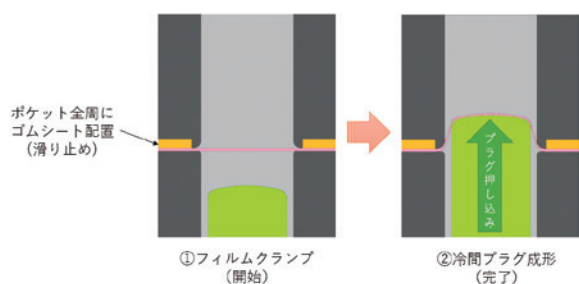


Fig. 8 冷間プラグ成形方式

8 おわりに

本稿では当社のPTP包装機向けのポケット成形技術について紹介した。今後も当社の得意とするブリスタ包装技術を応用して多様な分野に挑戦したい。

また、冷間プラグ成形方式の予備成形に相当する技術については複数回に分けて段階的にポケット成形する手段もあるが、これを実現するためには成形システム全体を見直す必要がある。今後は、冷間プラグ成形方式に対応した予備成形技術の確立を目指す。

執筆者プロフィール



鴻谷 英志 Hideshi Kohtani
自動機械事業本部
Automatic Machinery Business Division

2波長デジタルホログラフィによる高精度形状計測技術の確立

Establishment of High-Precision Shape Measurement Technology by Two-Wavelength Digital Holography

石垣 裕之 Hiroyuki Ishigaki

世界各国がスーパーコンピュータの計算能力を競っている事実が裏付けるように、我々の社会は高度な自動化やAI等、複雑で膨大な計算を必要とする時代に入っている。これらの計算を可能とする半導体デバイスはコンピュータの心臓部であり、超高密度、高性能化が進んでいる。半導体デバイス内では半導体チップ同士が高さ10 μ m程の高さの半球状の金属(バンプ)で接続されているため、今後バンプの高速3次元検査の必要性が高まることが予想される。しかし市場にある検査装置はこの要求を達成するに至っていない。そこで我々はこの要求を満足する新たな計測技術、2波長レーザーによる高精度ワンショット計測技術を確立した。これは独自の光干渉システムとデジタルホログラフィを融合することで、高精度、高速、ロバスト性を同時に達成する独自技術である。本稿ではこの計測システムの原理と、基本的な性能評価について述べる。

It is a fact that all over the world are competing to increase the computing power of supercomputers. Our society is now entering an era which requires complex calculations such as advanced automation and Artificial Intelligence (AI). Semiconductor devices, which enable these complex calculations, serve as a central part of computing and are developing to become high-dense and high-performance devices. Inside a semiconductor device, semiconductor chips are connected by hemispherical metal that is 10 μ m in height. We project the demand for high-speed 3D inspection systems for solder bumps will increase in the near future. However, inspection machines in the market have not been able to keep up with demand. In response to the demand, we have established a new measurement technology, High-precision Shape Measurement Technology by Two-wavelength Digital Holography. This technology is unique and capable of simultaneously achieving high-precision, high-speed and robustness by combining our unique Optical Interference System and Digital Holography. This article will describe the principles of this measurement system and outline a basic performance evaluation.

1 はじめに

半導体デバイスへの更なる高性能化、小型化の要求は、コアとなる半導体チップへの要求と捉えることができる。しかし、半導体チップの性能向上や小型化には非常に多くの時間とコストがかかるため、複数種類の半導体チップをシリコンインターポーザ^{*1}に搭載することで高機能化を図るケースが増えている。半導体チップとシリコンインターポーザを接合するのはマイクロバンプ(バンプの中でも直径が20 μ m程度以下の微細なもの)であるが、半導体チップとシリコンインターポーザは共に平面であるため、その間にある多くのマイクロバンプは高さの均一性が重要となる。従って、マイクロバンプの高さを高速に計測できることは半導体デバイスの製造過程において非常に重要な事であると言える。

当社はこれまで基板実装業界において、印刷はんだのインライン高速3次元検査装置(VPシリーズ)を展開してきた。この分野で長年培った画像処理による3次元計測技術とデジタルホログラフィ¹⁾の技術を融合し、これまでにない高精度計測技術を確立した。その内容を本稿で報告する。

2 従来技術 (2波長法)の課題

2-1 2波長法

バンプは金属であるため、その表面は鏡面である。

鏡面は画像処理計測技術にとって困難な計測対象の一つである。それは通常の3次元計測のように、パターン光を投影し三角測量の原理で高さを求めようとする際、パターン光が鏡面で反射されてしまい、撮像できないからである。従って鏡面の計測方法の一つとして光干渉計測が用いられる。光干渉計測は光の波動性を利用した計測方法であるため、鏡面を高精度に計測できる反面、計測レンジが非常に小さい(250nm程度)という特徴がある。このため高い計測レンジを得るため、2波長法という手法が提案されている。²⁾2波長法によれば、使用する二つの波長を合成し、一つの大きな波長(合成波長)を作り出すことができる。元になる2つの波長を $\lambda_1, \lambda_2 (\lambda_1 < \lambda_2)$ とすると、合成波長 Λ は次式で表される。

$$\Lambda = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1) \quad (1)$$

上式から、2波長法は2つの波長差が小さい程合成波長が大きくなる。すなわち、計測レンジがより拡大されることが分かる。

2-2 2波長法の課題

Fig. 1は一般的な2波長法の構成の概念を示したものである。

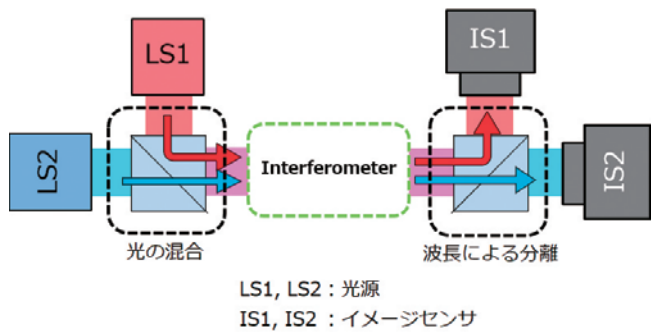


Fig. 1 2波長法の一般的な構成

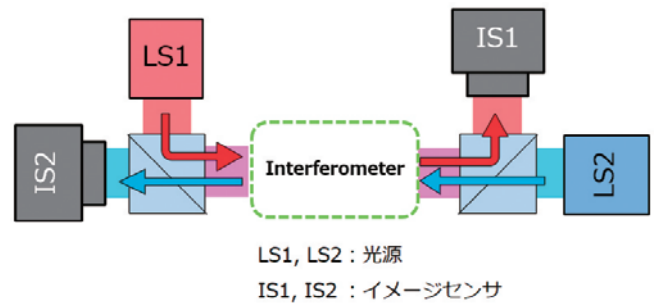


Fig. 3 提案する光学システムの構成図

2波長法による計測のステップはおよそ以下の通りである。

- ①使用する2種類の光を混合する。
- ②混合した光をInterferometer(干渉計)に入射する。
- ③計測光をダイクロイックビームスプリッタなどの光学フィルタで波長ごとに分離する。
- ④イメージセンサで取得したそれぞれの波長の干渉縞画像から3次元計測を行う。

ここで③の分離プロセスに問題がある。(1)式から分かるように、バンプを計測するためには波長差を数nmまで接近させる必要があるが、これほど近接した光は一般的な光学フィルタでは分離できない。短時間に光源の波長をわずかに変化させて2回撮像する方法も考えられるが、複数回撮像による計測は、Fig. 2のように撮像の間に外的振動などの影響を受け、計測精度が悪化する。更に、計測対象が微細であるため僅かな振動でも計測精度の悪化を招く恐れがある。実験室とは異なる生産現場では、装置に伝わる振動を限りなく0にすることは非常に困難であるため、複数回撮像以外の方法でこの問題を解決する必要がある。

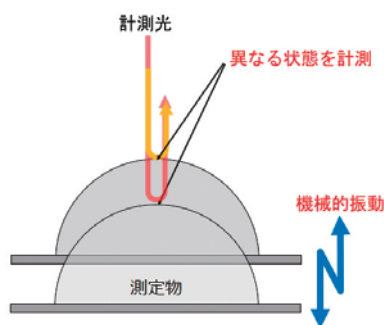


Fig. 2 外的振動の影響

3 課題の解決方法

3-1 新しい光学システムの提案

近接した2波長における2波長法の問題は波長分離の部分であった。この問題を解決する光学システムを提案する。Fig. 3はその構成図である。

この光学システムはFig. 1のLS2とIS2の位置を入れ替えることで構成される。こうすることでLS1とLS2から出た光はそれぞれIS1とIS2へ、光の性質上互いに影響を与えることなく、同時に別々のカメラへ届く。これによりワンショット計測が可能となり、振動の問題も解決できるのである。この光学システムは当社独自の技術(特許第6271493号)である。この光学システムのもう一つの特徴は特殊な光学部品を使用しないことである。一般的なビームスプリッタがあれば構成することができるため、システムを安価に構築することができる。

3-2 デジタルホログラフィによる計測

本システムは前述の光学システムと合わせて、2波長デジタルホログラフィを採用した。Fig. 4にデジタルホログラフィの概念図を示す。

デジタルホログラフィの4つのプロセス

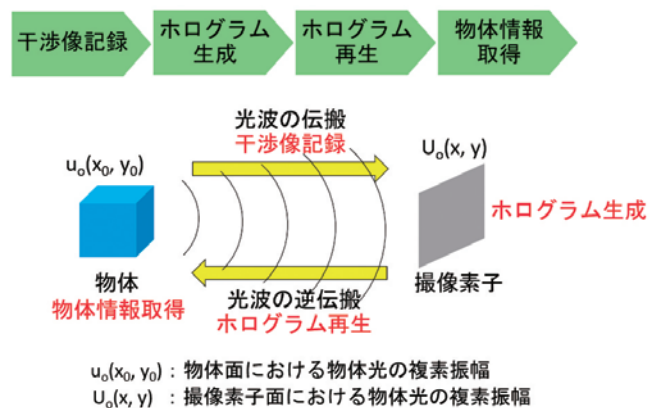


Fig. 4 デジタルホログラフィの基本概念

デジタルホログラフィは干渉縞画像から生成されるホログラムに対して光伝搬計算を行うことで任意の位置の複素振幅(光の位相と振幅)を再生する技術である。3次元計測に応用する場合、イメージセンサで得た干渉縞画像から物体面上での複素振幅の再生にデジタルホログラフィを使う。こうして再生された複素振幅の位相から、物体の3次元情報を得るのである。

4 テスト装置の説明

4-1 光学システム

本計測システムの基本的な性能評価を行うためのテスト装置における光学システムについて説明する。(Fig. 5)

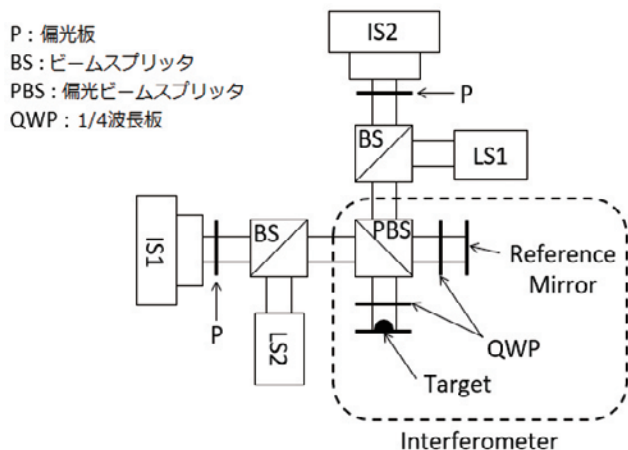


Fig. 5 テスト装置の光学システム図

Interferometer の内部はマイケルソン干渉計であり、Reference Mirror は干渉計における参照面である。Interferometer 部とBS、IS、LSが3-1にて提案した光学システムの構成となっていることが確認できる。

4-2 計測原理

このテスト装置の光学システムは構成が簡単になるように、物体光のホログラムの取得にはフーリエ変換法^{3,4)}を採用した。これは参照面を傾斜させることでキャリア縞のある干渉縞画像を作り、干渉縞画像をフーリエ変換することで、物体光と非回折光を分離し、物体光のホログラムのみを取得する手法である。(Fig. 6参照)

フーリエ変換法

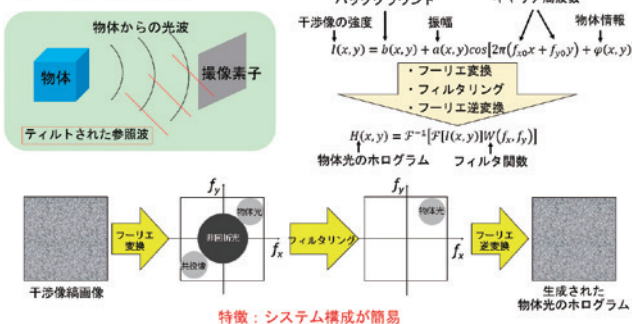


Fig. 6 フーリエ変換法によるホログラム取得

フーリエ変換法によって得られた2つの波長における物体光のホログラムから得られる光波 $u_1(x,y), u_2(x,y)$ は次式で表される。

$$u_n(x,y) = a_n(x,y)\exp[i\phi_n(x,y)] \quad (2)$$

ここで n は光源の番号 (1 or 2)、 a_n は振幅、 ϕ_n は位相である。物体面での複素振幅は、(2)式に対し光伝搬計算を行うことで得られる。イメージセンサ面を $z=0$ 、 λ_n を光源 n の波長とすると次式で表される。

$$u_n(x,y; z) = \mathcal{F}^{-1} \left[\mathcal{F}[u_n(x,y; 0)] \exp \left\{ i \frac{2\pi}{\lambda_n} z \sqrt{1 - (\lambda_n f_x)^2 - (\lambda_n f_y)^2} \right\} \right] \quad (3)$$

ただし、式中の \mathcal{F} はフーリエ変換を表し、 $U(f_x, f_y; z) = \mathcal{F}[u(x,y; z)]$ の関係がある。(3)式より得られた複素振幅 $u_1(x,y; z), u_2(x,y; z)$ の位相 ϕ_1', ϕ_2' から、2波長法により物体面の高さ $\Delta L(x,y)$ が次式により得られる。⁵⁾

$$\Delta L(x,y) = \Lambda \frac{\phi_1'(x,y) - \phi_2'(x,y) + 2\pi p}{2\pi} \quad (4)$$

$$\begin{cases} p = 0 & \phi_1'(x,y) - \phi_2'(x,y) \geq 0 \\ p = 1 & \text{上記以外} \end{cases}$$

5 テスト装置による性能評価

5-1 平面計測

平面ミラーを計測した結果を示す。Fig. 7は撮像された干渉縞画像、Fig. 8はそれにより再生された振幅画像、Fig. 9は再生された位相画像である。Fig. 10は合成波長による位相画像を表しており、中央付近(赤線部)の高さ断面グラフをFig. 11に示す。尚、画像左側にある縦方向の線と中央やや下方にある横方向の線はミラー表面につけたケガキ線である。

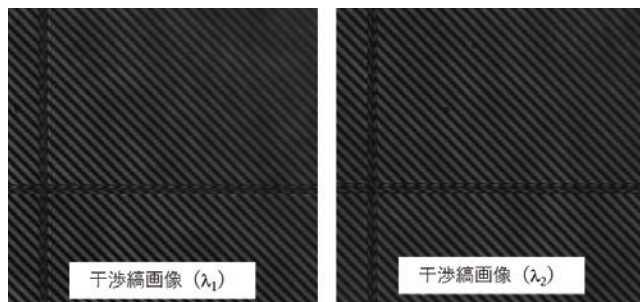


Fig. 7 平面ミラーの干渉縞画像

λ_1 と λ_2 の波長の違いにより、干渉縞の明暗の位置が異なることが確認できる。また、 $\lambda_1 < \lambda_2$ であるため、目視では困難だが、 λ_2 の干渉縞の方が縞の間隔が広い。

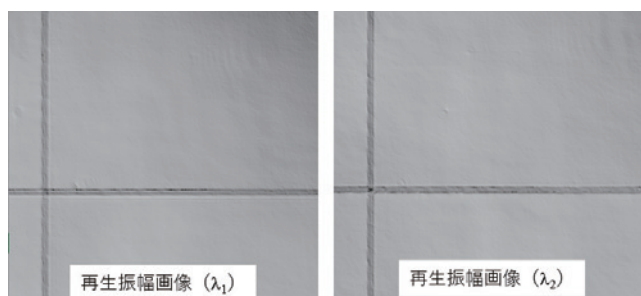


Fig. 8 再生された振幅画像

光の振幅の二乗は強度であり、強度とはイメージセンサが感知する明るさに相当するため、振幅の強弱は明るさの強弱と考えることができる。平面ミラーの反射光は波長の違いによる明るさの差はないため、振幅画像はほぼ同じ画像になる。

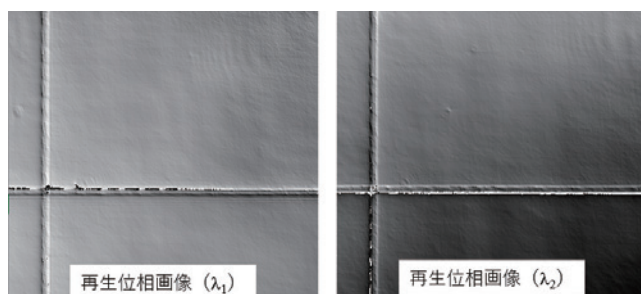


Fig. 9 再生された位相画像

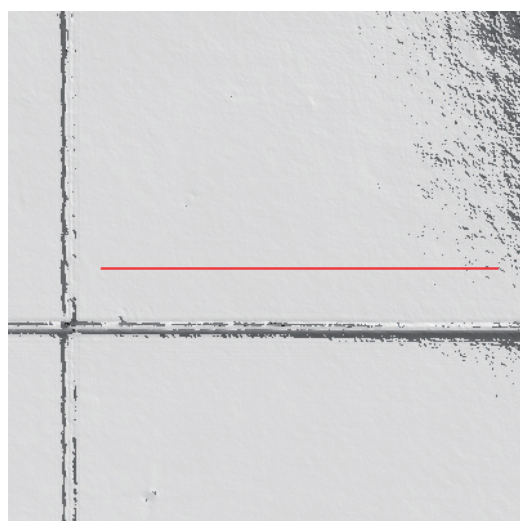


Fig. 10 合成波長による位相画像

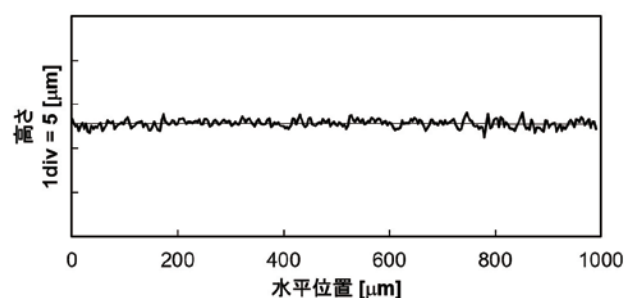


Fig. 11 2波長計測結果の断面グラフ

位相画像(Fig. 9)は参照面と物体との光路差情報を持っている。二つの位相画像からFig. 10の合成波長による位相画像が得られ、物体の高さを得ることができる。Fig. 11において、回帰直線とのRMS誤差^{*2}は1 μ m以下となった。基本的な平面計測は問題なくできていることが確認できた。

5-2 高さ計測結果の検証

次に、1波長では計測できない高さの、計測対象となるミラーをピエゾステージで1 μ mずつZ方向へ動かし、ミラーの高さ計測を行った。結果をプロットしたものをFig. 12に示す。

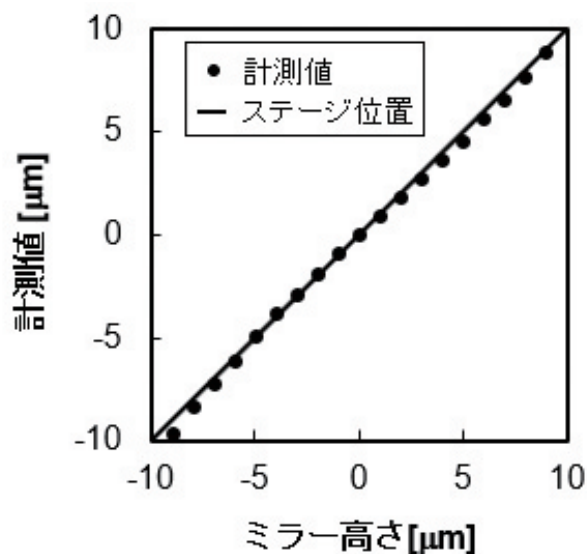


Fig. 12 高さ検証結果

1波長による計測では約250nmまでしか計測できないが、2波長計測によりそれを大きく超える高さの計測が可能となった。

6 おわりに

本稿にて、2波長デジタルホログラフィによる高精度形状計測技術が確立できた。これにより1回の撮像で干渉計測の計測レンジをはるかに超える鏡面の計

測が可能となった。今後はこの計測システムを基本とし、バンプなどの計測に取り組んでいく。

- 1) U. Schnars and W. Jueptner, Digital Holography(Springer, Berlin, 2010)
- 2) U. Kumar, B. Bhaduri, M. Kothiyal, N. KrishnaMohan, Opt. Lasers. Eng. 47, 223-229(2009)
- 3) M. Takeda, H. Ina, and S. Kobayashi, J. Opt. Soc. Am. 72, 156-160(1982).
- 4) M. Takeda and K. Moutoh, Appl. Opt. 22, 3977-3982(1983).
- 5) S. Tamano, M. Otaka, and Y. Hayasaki, Jpn. J. Appl. Phys. 47, 8844-8847(2008)

※1:半導体チップ間の配線を担うことを主目的とするシリコン製の中継基板。

※2:二乗平均平方根誤差。

執筆者プロフィール



石垣 裕之 Hiroyuki Ishigaki
新規事業開発室
New Business Development Office



積層型電池のための高速カット技術

High-Speed Cutting Technology for Stacked Battery

伊藤 興一 Koichi Ito

近年世界的に環境対応車への移行が始まり、航続距離を延ばすために車載向電池には電池容量アップが求められている。電池容量アップに対して積層型電池はスペース効率に優れるだけでなく体積変化に強いいため、巻回型電池と比べると大きなポテンシャルを秘めている。

反面、巻回型電池に比べ積層型電池は生産スピードが遅いため、積層機には巻回機に対抗しうる高速化が求められている。そこで高速積層に必要な要素技術の開発を行った。高速積層を実現するためには、高速でワークをカード状にカットする技術が必須となる。しかし巻回機に対抗しうる高速化を実現するためには動作時間を5分の1まで縮める必要があり、現在のカット方式で対応することは困難であった。本稿ではこれを解決するための高速カット技術の開発について紹介する。

Recently transition to environment-friendly vehicles has been started globally and automotive battery is requested to increase its capacity to extend driving distance.

Stack type battery is not only superior in space efficiency to increase battery capacity but is strong in change of volume, so it is expected to have more potential than winding type battery.

On the other hand production speed of stack type battery is slower than winding type battery, so stacking machine is requested to increase production speed to compete with winding machine.

We have developed elemental technology necessary for high speed stacking. In order to realize high speed stacking, the technology to cut material into pieces in high speed is needed, however, cutting operation time is needed to be shortened to 1/5 to compete with winding machine, which was difficult to be achieved with current cutting method. In this article I like to introduce our development of high speed cutting technology to solve this issue.

1 はじめに

近年地球環境への配慮の為、ガソリン車からPHVやEVといった環境対応車への移行が進みつつある。バッテリーを使用する環境対応車においては航続距離の向上が重要課題であり、それを実現するために車載向け電池にはさらなる電池容量アップが求められている。

積層型電池は巻回型電池に比べ、以下の点において電池容量アップに対し構造上有利である。(Fig. 1)

- (1)パッケージングした際のデッドスペースが少ないためスペース効率が高い。
- (2)材料の体積が変化した際に電池が劣化しづらいため、従来の材料よりも体積変化の大きいSi系材料が使用できるなど、電池材料の変更による観点から電池容量アップを見込むことができる。

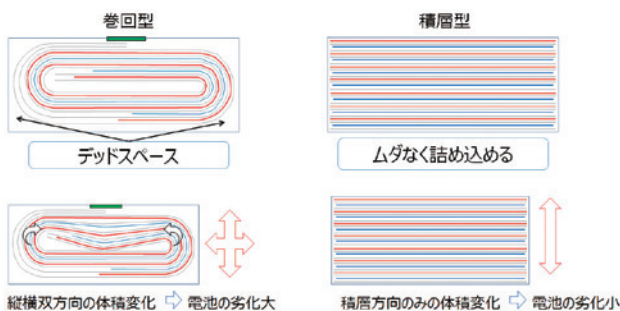


Fig. 1 電池構造の違い

その反面、電池の生産能力で積層型電池は巻回型電池に大きく劣る。巻回型電池に対抗しうる生産能力を実現するためには0.1秒/シートの積層能力が必要となるが、従来の積層機の積層能力は最速でも0.5秒/シートであり目標から大きく離れている。またサイクルタイムが0.1秒以下の機械は当社において技術的な実績がない。

そこで高速積層機の実現に向け必要な要素開発を実施した。そのなかの一つであるワークの高速カット技術について紹介する。

2 従来のカット方式の課題

積層機ではロール状のワークを電池サイズに合わせた寸法にカットし、切り出された個片(個別のシート)を積層している。

従来の積層機のカット方式についてFig. 2に示す。

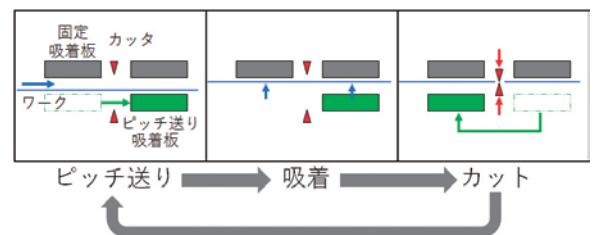


Fig. 2 従来のカット方式

従来の積層機のカット方式ではピッチ送り→吸着→カットの3工程を繰り返し行っている。

しかし、これらすべての工程を0.1秒以内で完了させようとすると、各工程に使える時間が短くなる。特にピッチ送りの工程は前進→待機→後退→待機の4つのステップが必要となるため、目標の時間内に動作を完了させることが困難である。

3 高速カット技術について

3-1 概要

上述した従来の課題を解決するために、ワークを停止状態ではなく流れている状態でカットする技術を開発した。

本開発では従来とは異なるカット技術を実証するために、カット装置を製作しテストを行った。

3-2 装置の構成

製作したカット装置の構成をFig. 3に示す。

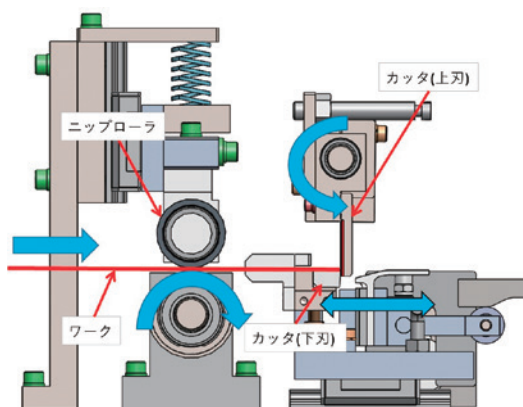


Fig. 3 カット装置構成

この装置はワークを一定速度でカッタ部に供給する送り部、供給されたワークをカットするカッタ部に構成される。

送り部ではニップローラでワークを挟み込みローラを回転させることで、カット部にワークを供給する。ローラの回転速度を一定に保つことで、ワークは常に一定の速度でカッタ部に供給される。

カッタ部は円運動をする上刃と左右に往復運動をする下刃で構成される。それぞれの動作は連動しており、下刃は常に上刃の円運動に伴って左右に往復をする。上刃が円運動の下側に来る際に下刃と重なるため、ワークを挟み込んでカットすることができる。ワークの流れ方向に対してカッタを移動させながらカットを行うことで、ワークを流れている状態でカットすることを可能にした。

3-3 カット精度に対する課題

流れているワークをカットする場合、個片の寸法精度を出すためには、カッタの移動速度とワーク流れ方向の速度を合わせる必要がある。速度差がある場合、カッタがワークに対して相対的に斜めに進むことになり、斜めに個片が切り出される。(Fig. 4)

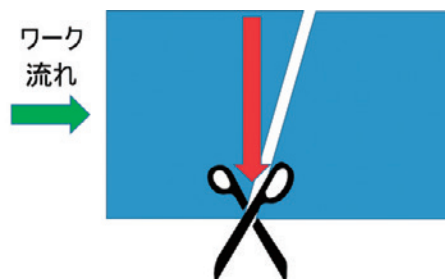


Fig. 4 速度差による影響のイメージ図

ワークの速度が一定で繰り返されるのに対して、カッタの移動速度は円運動の横方向の速度を利用しているので常に変化している。

よってワークを高精度で個片に切り出すためにはカッタ部の回転駆動をワーク速度に合わせて加減速する必要がある。

3-4 課題の解決方法

カット区間においてカッタの横方向の移動速度 V_x はカッタ部の速度 V_c (\propto 角速度 ω_c)の余弦に等しい。 V_x をワークの速度 V_w と一致させるため、ワーク速度 V_w が一定の時のカッタ部の角速度 ω_c を送り部ローラの角速度 ω_w で表す計算式を求めた。また、カット区間以外ではカッタ部は一定速度とし、カット区間との変化点で急加速により過負荷とならないよう整合を取った。これらをデータテーブル化し制御することでワークとカッタの移動速度を合わせ、移動中のワークでも直線的に切り出すことができた。(Fig. 5)

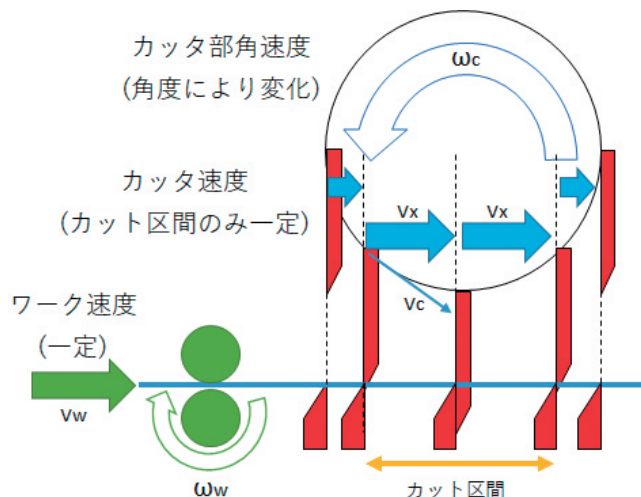


Fig. 5 カッタ速度同期イメージ

4 検証テスト

製作したカット装置の高速動作テストを以下の条件で実施した。(Table 1)

Table 1 テスト条件

動作タクト	0.1sec/シート
ワーク速度	550mm/sec
ワーク幅	74mm
個片目標寸法	幅74mm×長さ55.1mm
目標精度	±0.3mm

5 検証結果

切り出した個片の寸法を測定しカット精度の評価を実施した。(Fig. 6)

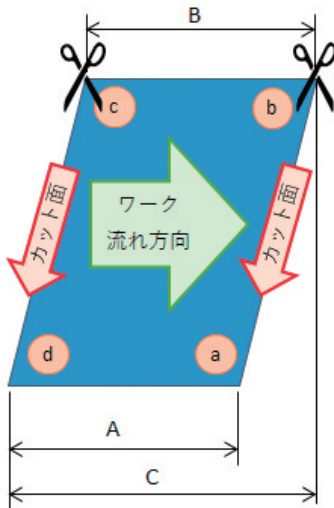


Fig. 6 個片の寸法測定

カット精度の評価方法として、Fig. 6の角の座標a～dを測定することで個片寸法を得た。a—d間をA、b—c間をB、b—d間をCとして、カット長さを評価した。幅は材料寸法であるため評価しない。

測定の結果をFig. 7に示す。

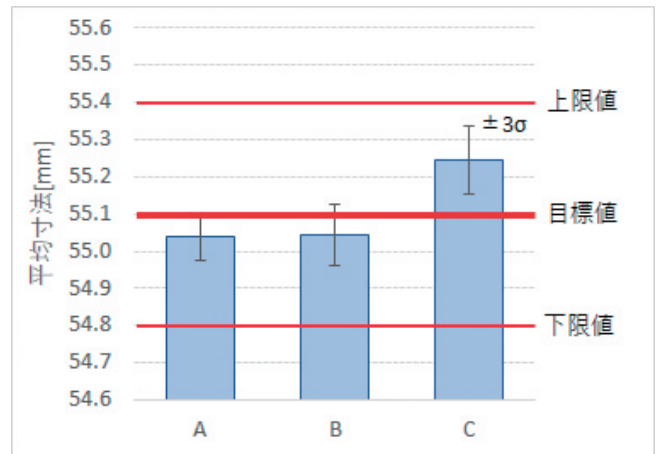


Fig. 7 カット長さ測定結果(n=15)

測定結果は目標精度±0.3mmを満足する範囲内に収まった。

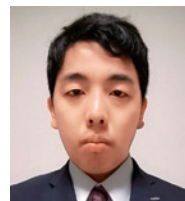
速度、精度ともに目標を達成し、高速積層機に必要なカット技術を実現することができた。

6 終わりに

高速カット技術の実現により、積層型電池の高速化における課題をひとつ解決することができた。

今後も従来の課題を解決し高性能な機械を実現することで、電池業界の発展、並びに環境問題への解決に貢献していきたい。

執筆者プロフィール



伊藤 興一 Koichi Ito

自動機械事業本部

Automatic Machinery Business Division



真空圧力制御システムの開発

Development of Vacuum Pressure Control System

河野 哲児郎 Tetsujiro Kono

当社では半導体製造装置向けファインシステム機器として、プロセスガスの供給系に使用される機器から排気系に使用される機器まで幅広い製品の製造、販売をしている。その中に、排気系に使用される真空圧力制御システムがあるが、半導体製造装置の中で化学反応によりウエハの表面に薄膜を形成するCVD (Chemical Vapor Deposition) 装置に採用されており、装置反応炉内の真空圧力を広範囲かつ高精度に制御を行う機器でキーパーツの一つである。発売からおおよそ25年が経過しているが、半導体の微細化・高性能化に伴い日々進化し続けている半導体市場の要求に対応してきたことで、常に業界ナンバーワンの地位を維持し続けてきた。本稿では、真空圧力制御システムの要素技術および最新の市場要求への対応について一例を紹介する。

CKD manufactures and sells a wide range of products, from components used for supplying process gases to components used for exhausting process gases, as ultra-high purity components for use in semiconductor manufacturing equipment. One of which is a vacuum pressure control system used for exhausting process gases. This system is used in a CVD (Chemical Vapor Deposition) device that forms a thin film on the wafer surface through a chemical reaction in semiconductor manufacturing equipment. This component is one of the key parts of the CVD device and controls the vacuum pressure in the reaction chamber with wide range and high accuracy. Although about 25 years have passed since its release, it has always maintained its number one position in the industry by meeting the demands of the semiconductor market, which continues to evolve day by day as semiconductors become smaller and provide better performance. This paper presents an example of the key underlying technologies of vacuum pressure control system and how the system meets the demand of the latest market.

1 はじめに

従来の真空圧力制御システムは、ガスの流れを遮断するための遮断弁、反応炉の高真空領域の圧力を制御するためのバタフライ式開度比例弁、低真空領域の圧力を制御するためのバイパス回路という構成が一般的であった (Fig. 1)。

市場から半導体製造装置のコンパクト化、容易なメンテナンス性、バイパス回路からのパーティクル発生リスクの低減などの要求を受け、当社では新しく真空圧力制御システムを開発した。

① 遮断機能と圧力制御機能の統合

ガスの遮断と圧力制御を一つのバルブで行う。

② ワイドレンジ圧力制御

高真空領域から低真空領域まで一つのバルブで圧力制御を行う。

③ バイパス回路機能

バイパス回路は、一定の圧力に制御する機能と大気圧から徐々に減圧する機能を有しており、これをバルブで対応する。

3 システム構成

一般的なバタフライ式開度比例弁は駆動にモータを使用しているため、停電などで電源が落ちた場合、弁がその位置で停止してしまう。真空ポンプが停止することで排気ガスが逆流してしまうため、排気ガスの遮断として別途エア駆動の遮断弁を設置する必要があった。また、流路内の弁体が回転し開度を変化させる構造のため、高真空領域の制御性は良いが、低真空領域では弁体周辺部からガスが漏れ出てしまい圧力制御ができないため、バイパス回路を使用して、低真空領域の圧力制御を行っていた。そこで、遮断機能・圧力制御機能・バイパス回路機能を一つのバルブで対応可能なエア駆動のノーマルクローズタイプのポペット式開度比例弁を開発した (Fig. 2)。

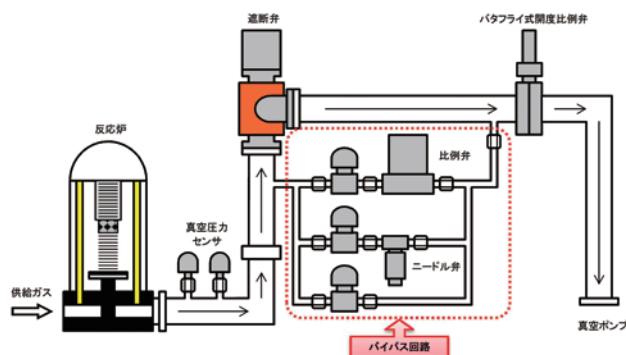


Fig. 1 従来の真空圧力制御システム

2 開発コンセプト

市場からの要求に応えるために、次にあげるコンセプトのもと開発を行った。

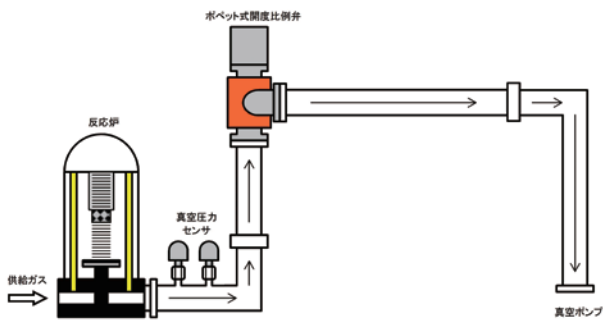


Fig. 2 当社の真空圧力制御システム

4 開発のポイント

遮断機能と圧力制御機能を一つのバルブで行うためには、エア駆動のノーマルクローズタイプのポベット式遮断弁構造が適しておりベースとした(Fig. 3)。しかし、一般的なシリンダでは、スティックスリップの発生や、ヒステリシスが大きいいため、高精度な圧力制御ができなかった。そこで、低摺動で動作しスティックスリップの発生がなく、ヒステリシスの小さいダイヤフラムシリンダを採用した(Fig. 4)。

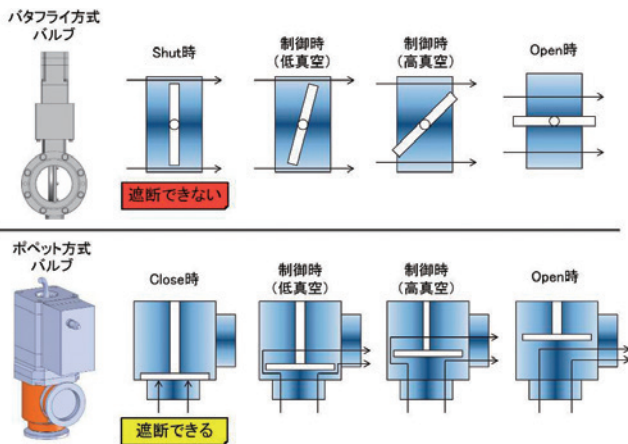


Fig. 3 ポベット式遮断弁

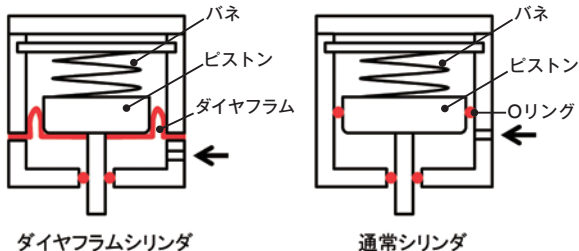


Fig. 4 ダイヤフラムシリンダ

さらに、開度比例制御機能として、当社の電空レギュレータ技術を採用した。電空レギュレータは、入力信号と内部に搭載された圧力センサ信号との差に応じてフィードバック制御を行い、入力信号に比例して空気

圧を変化させる機器であるが、圧力センサを位置センサに変更することで、入力信号に比例して開度を変化させることが可能となった。さらに電空レギュレータは、微小流量のエアを制御することが可能なため、高分解能で開度制御を行うことが可能となった。ダイヤフラムシリンダと組み合わせることで、高精度な圧力制御を行うことを可能にした。

しかし、ダイヤフラムシリンダへのエア供給が微小流量の電空レギュレータのみでは、バルブの全開全閉に時間が掛かってしまう。市場の要求としては、高速に全開全閉できることも重要であるため、全開全閉動作を高速にするため、別途オリフィスの大きな電磁弁を搭載し、高精度な圧力制御と高速な全開全閉を別々の制御で行えるようにした(Fig. 5)。

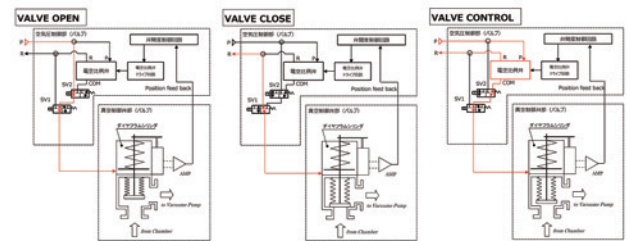


Fig. 5 空気圧回路

次に、高真空領域から低真空領域まで一つのバルブで圧力制御を行う方法について説明する。ノーマルクローズタイプのポベット式遮断弁は、スプリングの推力を利用して弁体部のシール部材(Oリング)を弁座部に押し付けることで流体の流れを遮断する構造である。従来、弁体部のOリングは流体の完全遮断を目的として使用されていた。しかし、Oリングに加わる荷重と弾性体変形量とはリニアな関係にあることが分かり、Oリングに加える荷重をコントロールすることで、任意の弾性体変形量を実現できることに着目した(Fig. 6)。

そこで、真空圧力容器内の圧力を一定にした時の弾性体変形量と流量の関係の実験を行った(Fig. 7)。

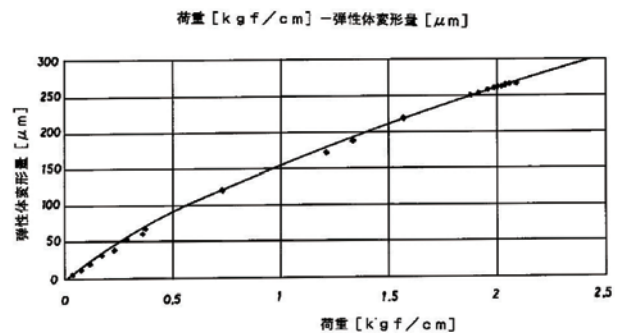


Fig. 6 荷重と弾性体変形量の関係

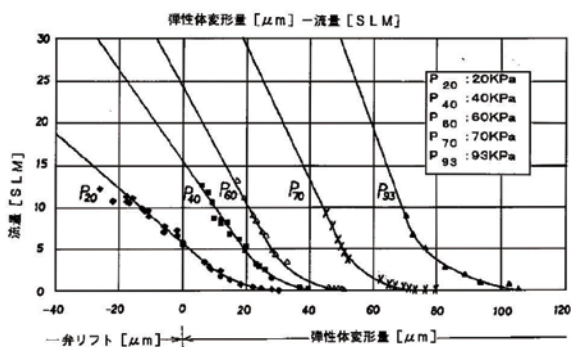


Fig. 7 弾性体変形量と流量の関係

その結果、Oリングの弾性体変形量と流量が、ほぼリニアな関係にあることが分かった。Fig. 7グラフ内の P^{**} は、真空圧力容器内の圧力を示す。

したがって、前述のとおり高分解能の開度制御にてOリングの弾性体変形量をコントロールすることで、高真空領域から低真空領域まで一つのバルブで圧力制御を行うことが可能となった(Fig. 8)。

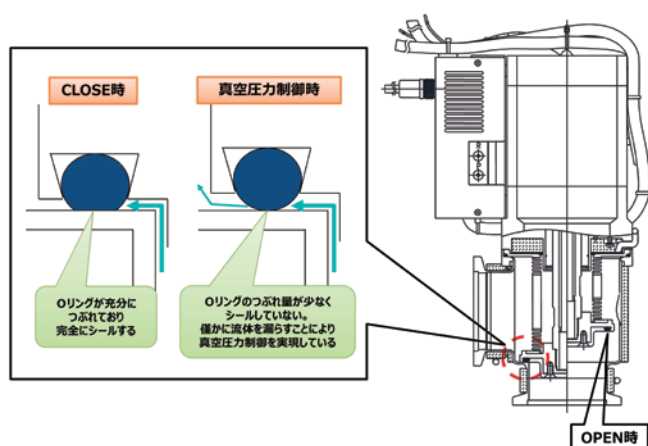


Fig. 8 弾性体変形領域の圧力制御

バイパス回路の機能として、反応炉圧力を大気圧から徐々に減圧するものがある。急激な減圧は、反応炉内のパーティクルを巻き上げ、シリコンウエハの薄膜工程に悪影響を与えてしまう。また、反応炉や真空ポンプに大きなダメージを与える可能性もある。この機能をバルブで対応する必要がある。

開発したバルブは、高分解能での開度制御によりワイドレンジな圧力制御が可能である。そこで、指定した真空圧力変化速度で圧力を減圧制御するソフトウェアを開発することで、この課題を解決することができた。これまでバイパス回路では、徐々に圧力を減圧させることはできても、圧力が減圧する速度までは制御することができなかった。しかし、反応炉圧力を指定した真空圧力変化速度で減圧することが可能となり、パーティクルの巻き上げ防止だけでなく、目標の真空圧力に到達するまでの時間も管理できるようになり、

処理時間の短縮にも貢献できた。この機能は当社のオリジナル機能であり、スロー排気制御と呼んでいるが、高精度の圧力制御とスロー排気制御ができることが、市場で標準採用される理由にもなった。

5 評価結果

当社の真空圧力制御システムの評価結果をFig. 9～Fig. 11に示す。図中のAPCは、当社が開発した真空圧力制御バルブを示す。

Fig. 9は高真空領域から低真空領域までの圧力制御を行った波形である。1.2kPaの高真空圧力から93.1kPaの低真空圧力まで、圧力制御が可能であることがわかる。

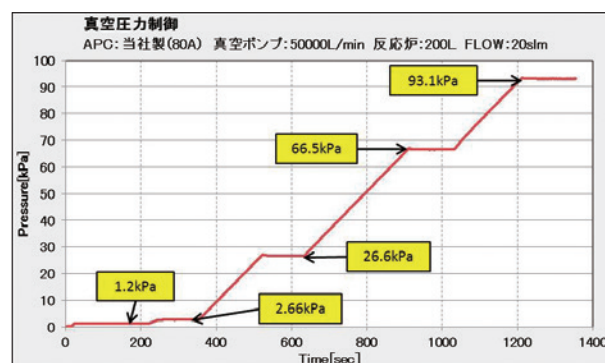


Fig. 9 真空圧力制御

Fig. 10は単一速度でのスロー排気制御、Fig. 11は速度を変えさせた時のスロー排気制御を行った波形である。スロー排気制御では、指定する真空圧力変化速度をリアルタイムに変更することで、段階的に減圧速度を可変させることが可能である。

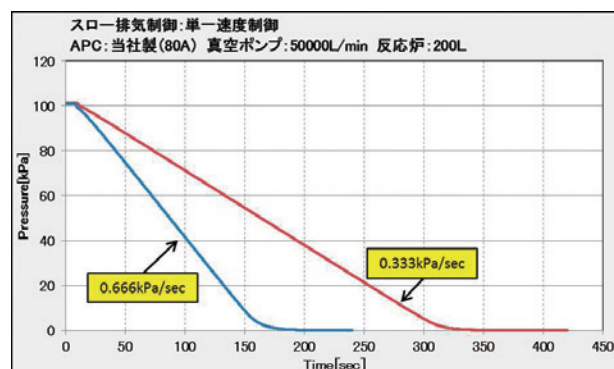


Fig. 10 スロー排気制御 (単一速度)

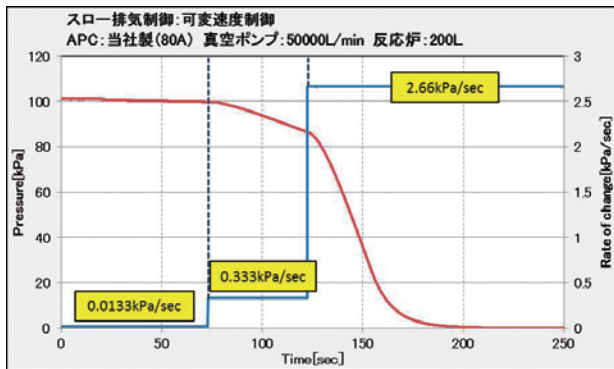


Fig. 11 スロー排気制御 (可変速度)

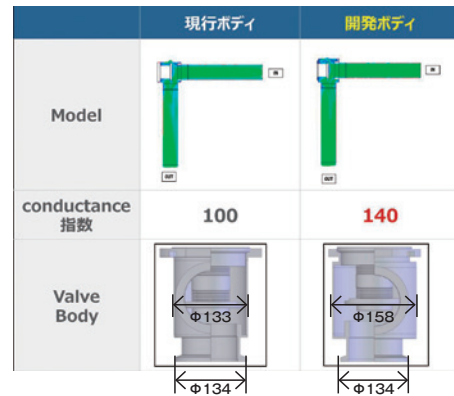


Fig. 12 流体解析によるボディ形状検討

6 バリエーションと最新の動向

発売から25年経過した真空圧力制御システムであるが、市場要求に対応してきたバリエーションと最新の製品について紹介する。

最初に発売した製品は、口径が80Aのバルブであり、接ガス部の温度は100℃を目標としていた。CVDプロセスでは成膜時に副生成物が発生するが、温度が低いと固体化する特性があり、これがバルブ内部に付着し、内部漏れを起こすトラブルとなった。そこで、ヒータの開発を行い接ガス部の温度を150℃まで引き上げることで、副生成物の固体化を防止し、内部漏れの問題を解決した。その後、40A/50A/100Aの口径対応、ボディ材質の変更、開度制御の高速化、小形・軽量対応を行ってきた。

最新の市場要求として、口径は同じでコンダクタンス向上がある。コンダクタンスを向上させる方法として、口径を大きくする、開度を大きくする手段が考えられる。しかし、市場要求として口径を変更することはできない。口径を大きくすると、装置が大きくなってしまい、装置内部のレイアウトを変更しなければならないなどの問題が発生するからである。また、開度を大きくするためには、バルブ構造を一から検討する必要があり、要求スピードに対応できなくなる。

そこで口径・開度は同じで、ボディ形状を変更することでコンダクタンス向上が可能か流体解析を実施し、最適なボディ形状の検討を行った(Fig. 12)。

Fig. 13は流体解析の結果から決定したボディ形状でのコンダクタンスの測定結果である。流体解析の結果と同じ現行ボディのコンダクタンスに対して40%向上する結果が得られた。流体解析を活用することで、市場の要求スピードに対応することができた。また、口径・開度が同じであるため、現行バルブと置き換えが可能であり、装置側の変更なしにコンダクタンス向上を行うことができるメリットにもなった。

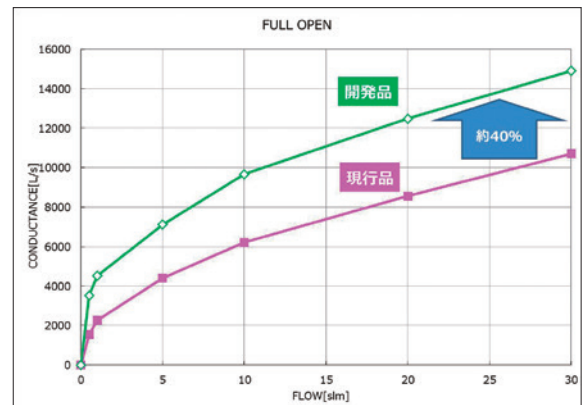


Fig. 13 コンダクタンス測定結果

7 おわりに

当社の真空圧力制御システムの要素技術について紹介を行ってきたが、半導体デバイスの高集積化と高性能化に対応するため半導体製造プロセスの技術進化は激しく、これに追従していく必要がある。これまで培ってきた要素技術を活かしながら、難易度の高い要求に対して応えることができる製品の開発に取り組んでいく。

執筆者プロフィール



河野 哲児郎 Tetsujiro Kono
コンポーネント本部
ファインシステムBU 第2技術部
Engineering Department No. 2
Ultra High Purity Products Business Unit
Components Business Division



ガス流量センシング技術

Gas Flow Sensing Technology

松岡 芳宏 Yoshihiro Matsuoka 世古 尚嗣 Naotsugu Seko

近年、工場・装置のIoT化・ロボット化が進む中で、人の五感の代わりとなるセンサの需要が急速に増加している。当社も、エアシリンダの作動状態や位置を検出するための磁気センサや工場エアの圧力を管理するための圧力センサ、気体や液体の流れを検出する流量センサなどのセンサ機器を開発・販売している。その中でも、シリコンマイクロ加工技術を応用した気体用流量センサは、空気圧機器業界に先駆けて2002年に商品化を実現した。本稿では、当社が保有するガス用流量センサに関わる技術として、センサチップの製造技術、流体の分流技術について紹介する。

In recent years, with the progress of IoT and robotization in factories and devices, the demand for sensors that can replace the five human senses has been increasing rapidly. CKD has been developing and selling sensor devices such as magnetic sensors for detecting the operating state and position of air cylinders, pressure sensors for controlling the pressure of air used in plants, and flow rate sensors for detecting the flow of fluids and gases. In particular, we were the first in the pneumatic components industry to commercialize a flow rate sensor for gas that uses Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) technology in 2002. This paper introduces the sensor chip manufacturing technology and the fluid flow dividing technology, which are the technologies related to our flow rate sensors for gases.

1 はじめに

ガスの流量計は、半導体製造装置でのパージガス流量の管理、電子部品に代表される小物部品搬送時の吸着確認、ペットボトル・食品包装などの漏れ検査など、様々な用途で用いられている。その中で、設備のコスト削減やフットスペースの削減、タクトタイムの短縮や工場及び設備のIoT化による生産性向上に貢献するためには、流量計に対しても低価格、小形化、高速応答であることが要求される。

ガスの流量計には様々な原理のものがあるが、当社では上記を鑑みて、微細な構造を大量生産できるシリコンマイクロ加工(Micro Electro Mechanical Systems: MEMS)技術をセンサチップに応用した。これが小形流量センサ「ラピフロー」®シリーズである。この名前は、RAPID(速い)とFLOW(流れ)の略であるが、その名の通り従来の流量計と比較して、高速応答で、かつ小形であることが一番の特長である。2002年に初代モデルが製品化され、その後シリーズ展開を進め、あらゆる用途において活用されるようになっている。

2 ガス用流量計の分類

流量計は大きく分けて「体積流量計」と「質量流量計」がある。

「体積流量計」は単位時間あたりに流れる流量の体積を計測しており、「質量流量計」は流体の質量を計測するものである。

「体積流量計」には、テーパ管に浮き子を入れて、テーパ管と浮き子と隙間で発生する差圧と浮き子の重さで釣合った位置で流量換算する面積式(Fig. 1)と配管の途中に設置したオリフィスの前後にできた差圧を利用する差圧式(Fig. 2)などがある。

「体積流量計」は、温度・圧力などに流量値が大きく影響を受けるため、温度や圧力の補正が必要である。

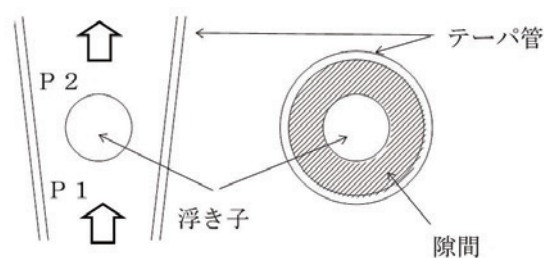


Fig. 1 面積式流量計原理図

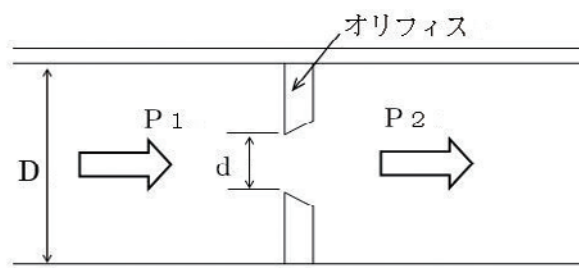


Fig. 2 差圧式流量計原理図

「質量流量計」には、コリオリ力により生じた配管のねじれ角を測定し流量換算するコリオリ式や、熱式(下記で詳細説明)がある。気体の質量を測定するため、温度、圧力の影響を受けることはなく、半導体製造など、ガスの化学反応や燃焼、冷却などを制御するには質量流量計が適している。当社のガス用流量計はこの「質量流量計」に相当し「熱式」の原理を採用している。

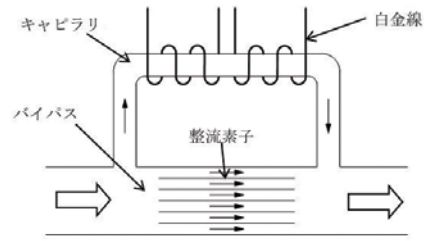


Fig. 3 バイパスキャピラリ方式

3 熱式流量計

3-1 熱式流量計の原理と種類

熱式流量計とは以下の原理のものである。

流体の中に加熱された物体を入れると、流体との間で熱交換が行われ、物体の熱は流体に伝達される。伝熱状態はヌセルト数(Nu: 伝導と伝達の比)によって表される。

$$Nu = \alpha \times L / \lambda$$

(α = 流体の熱伝達率、 L = 代表長さ、 λ = 流体の熱伝導率)

平行平板上の強制対流の場合Nuはレイノルズ数(Re)とプラントル数(Pr)の積として表される。

$$Nu = a \times Re^b \times Pr^c \text{ (a, b, cは係数)}$$

※一般的には $a=0.664$, $b=1/2$, $c=1/3$ などが実験的に求められている。

Reは以下の式で表されるので、Nuは流速の関数として表される。

$$Re = u \times L / \nu$$

(u = 流速、 L = 代表長さ、 ν = 動粘度)

$$Nu = a \times u \times L / \nu \times Pr^c$$

つまり、伝熱量は流量(流速×流路断面積)の関数として表される。この原理を応用して熱式流量計にもいくつかの構造が考案されている。(Table 1)

Table 1 熱式流量計の構造

方式	巻線式	チップ式(白金、サーミスタ)	チップ式(MEMS 式)
構造			
抵抗体(ヒータ)	白金	白金、又はサーミスタ	白金
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 精度が良い コストが高い 応答性が悪い 半導体製造工程のガスコントロールに多く用いられている 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的大流量の計測に適する 低コスト 応答性が悪い 	<ul style="list-style-type: none"> 低コスト 応答性が良い 小型化が可能

熱式流量計として代表的なものは、巻線式である。これらの多くはバイパスキャピラリ方式が採用されている。Fig. 3のように直径が1mm以下のステンレス製毛細管の外側に線径約20 μ m白金線を巻き付けて流量を計測している。

この方式は分流比が安定するため、高精度化には適しているが、センサ部の熱容量が大きくなり高速応答化が困難である。

また、生産性が悪くコスト面でも不利となる。

3-2 当社の熱式流量計

当社の熱式流量計には、前述した小形・高速応答を実現するためにFig. 4のようなシリコンマイクロ加工技術を応用した白金センサチップ(約3mm×4mm、センサ部1mm×0.4mm)を採用している。

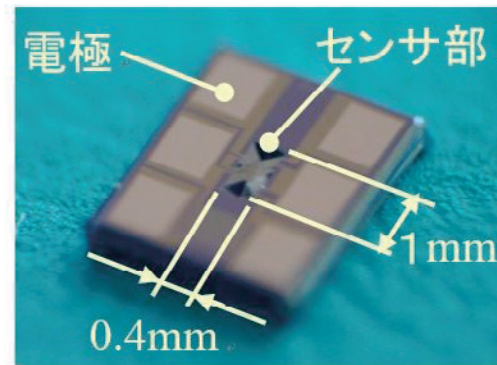


Fig. 4 白金センサチップ

3-3 センサチップと計測原理

センサチップの断面図をFig. 5に示す。

センサ部には、2つの温度センサがヒータを挟んで配置されている。温度センサの材質には温度によって抵抗値が変化する白金を用いている。センサ部は、白金の線幅10 μ m、厚さ1 μ mと非常に薄く、かつシリコン基板から浮いた状態になっており、極めて熱容量が小さい。そのため、Fig. 6のように従来のバイパスキャピラリ方式に比べ高速応答であり高感度である。

原理の詳細をFig. 7に示す。

ヒータRhに通電加熱すると、流れが無い場合は温度分布がヒータを中心に対称となるが、流れがある場合は2つの温度センサに温度差が生じる。この温度差は抵抗値R1,R2の差となるため、Fig. 7のような回路を作っておくと電圧の差として出力することができる。

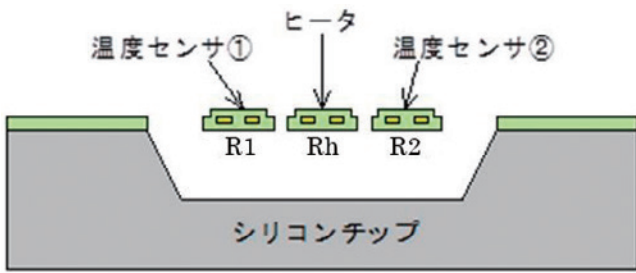


Fig. 5 白金センサチップの断面

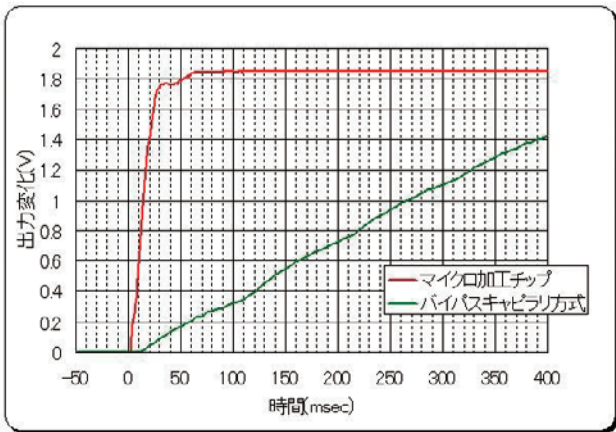


Fig. 6 応答性比較

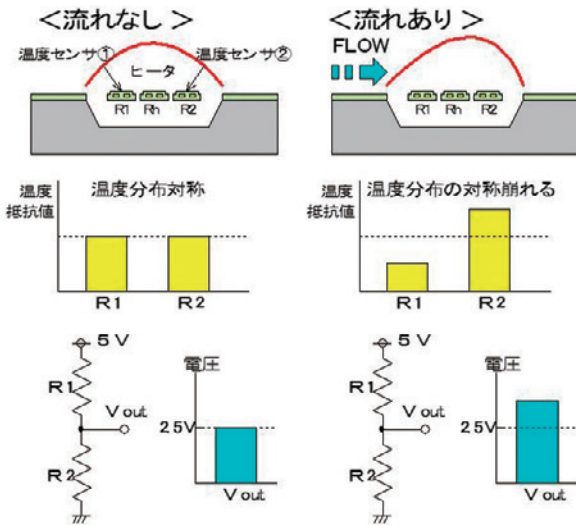


Fig. 7 測定原理

4 センサチップの製造技術

センサチップの断面図をFig. 8に示す。

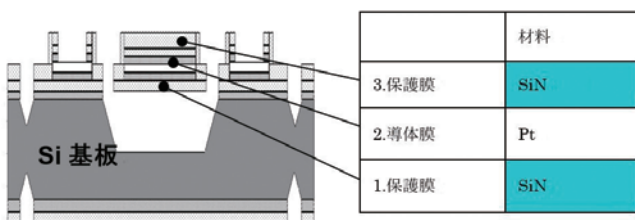


Fig. 8 センサチップの断面

センサチップは、Si基板上に導体膜である白金膜と導体膜を保護するための窒化シリコン膜が成膜されてきている。センサの安定性と耐久性を得るため、これらの膜は1 μ m以下の厚さで均一に成膜されている。また、エッチング装置によりヒータと温度センサの下をくり抜き、ブリッジ構造として、熱容量を小さくしている。

当社のクリーンルームのセンサチップ製造装置をFig. 9に示す。クリーンルームは、クラス1000をベースに必要なに応じてエリアを分けてクリーン度を向上させている。



Fig. 9 製造ライン

当社は半導体ウエハへの抵抗体および保護膜の成膜、エッチング処理などのすべての工程を社内設備で行うことができる技術を持ち、ガス用流量計のセンサチップから製品まで一貫生産を行っている。

5 流路の構造

流路の構造をFig. 10に示す。

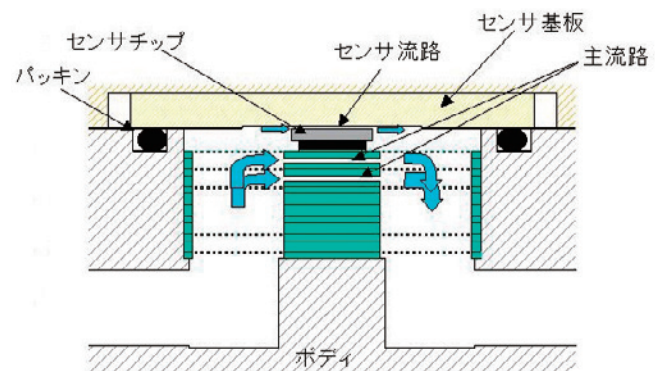


Fig. 10 流路構造

5-1 センサ基板

センサ流路はFig. 11に示すように、溝加工したセンサ基板にセンサチップをハンダ実装し、形成する。

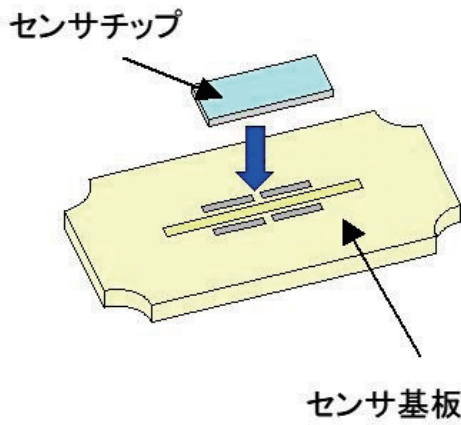


Fig. 11 センサ流路の作り方

センサチップの電気接続はワイヤボンディングが主流となっているが、この方式の場合、電子部品の搭載と同様にセンサチップを自動搭載することで生産性が向上でき、過流量によるワイヤの断線の課題も解決できる利点がある。

5-2 独自の分流機構

分流機構の一例としてFig. 12のような微細に加工されたステンレス製の薄板をボディ内に積み重ねることによって分流と整流を行っている。また、センサチップを中心として分流機構を対称形状にすることで双方向の流れを検出することができる。

これは独自の分流機構であり、当社特許技術の一つである。

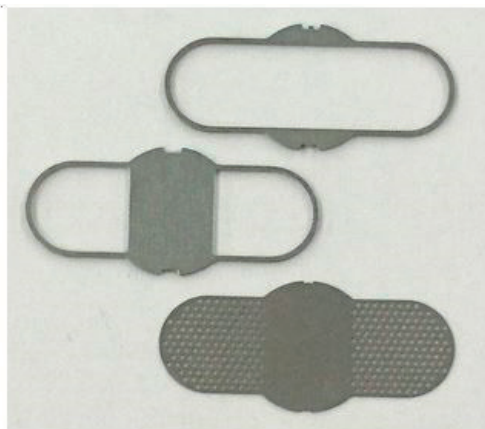


Fig. 12 ステンレス製の薄板

しかし、この構造の場合、流体は複数ある薄い流路を流れるため圧力損失が大きくなる課題もあった。これを解決させたのが、2018年に発売されたFSM3シリーズで採用した分流機構である。

5-3 新型整流機構

新開発の分流構造(Fig. 13)により、小形化を維持しつつ低圧力損失を実現することができた。

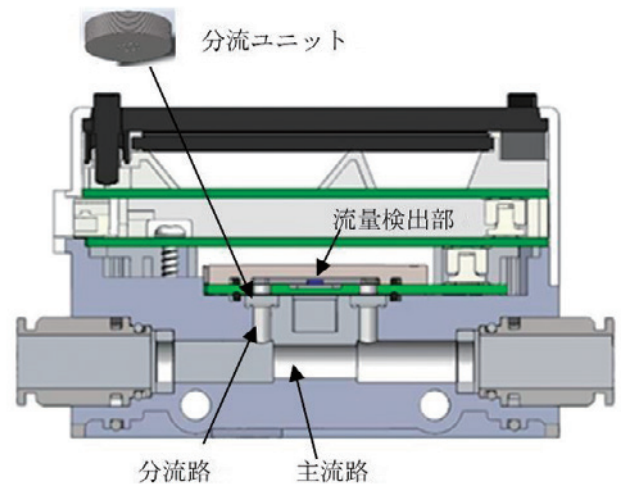


Fig. 13 FSM3の流路構造

この構造は、オリフィスとフィルタが一体となった「分流ユニット」を用いている。「分流ユニット」は流体の圧力が変化しても分流量が一定となるような独自の設計がされている。

Fig. 14に流体圧力と流量検出部への分流量の関係を示す。分流量は正圧側では一定であるのに対し、負圧領域では大きく変化している。これは主流路と分流路のそれぞれに圧力特性があるためである。Fig. 15に主流路、Fig. 16に分流路の圧力特性を示す。

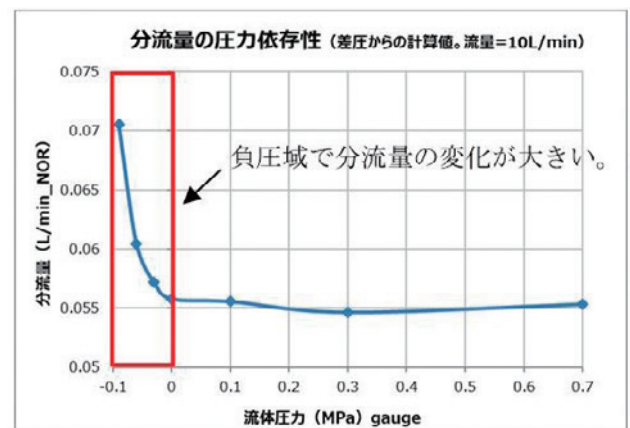


Fig. 14 流体圧力と分流量の関係

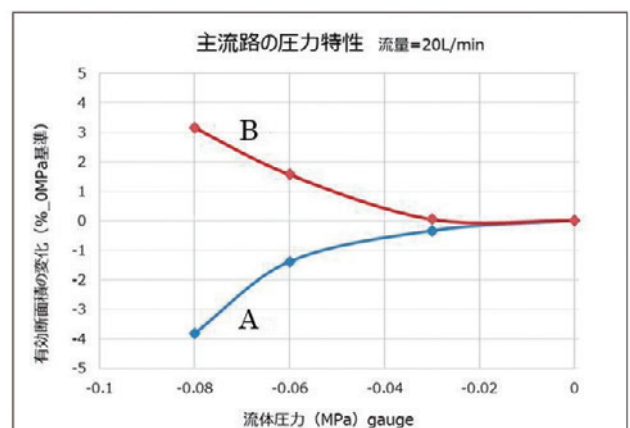


Fig. 15 主流路の圧力特性

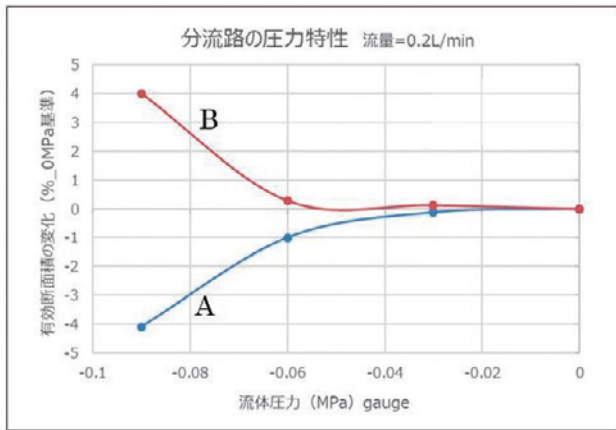


Fig. 16 分流路の圧力特性

横軸に流体圧力を、縦軸に有効断面積(流れやすさの指標)をプロットしている。

例えば、主流路がFig. 15 A、分流路がFig. 16 Bのような傾向を持つ流路構造とすると、負圧下では、主流路の有効断面積は減り分流路は増えるため、相乗効果により分流量は大きく増加し、Fig. 14のような特性になる。分流路がFig. 16 Aのような傾向を持つと圧力特性は相殺され、分流量の変化は抑えられる。

このような流路の特性は形状によることがわかったため、最適な形状を選択することによって、流体圧力の影響を受けにくくして、ガス用流量計の高精度化を実現している。

6 おわりに

当社のガス流量センシング技術、および小形流量センサ「ラピフロー」シリーズの紹介をした。流量センサの用途は、幅広く、今後も産業の様々な分野で利用されていくであろう。当社としても製品のさらなる改良を重ね、お客様の要望にお応えしていきたいと考えている。

執筆者プロフィール



松岡 芳宏 Yoshihiro Matsuoka
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



世古 尚嗣 Naotsugu Seko
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



ステンレスの表面改質

Surface Modification of Stainless Steel

橋爪 潤也 Junya Hashizume 三浦 滉大 Kodai Miura 澤田 俊之 Toshiyuki Sawada 西川 俊一郎 Shun-ichiro Nishikawa

半導体製造装置に使用される機器においては、その環境および流体として使用される腐食性の高いガスや液体に対する耐性が求められている。

今回、SUS304に対しレーザを用いて表面改質することにより、耐食性を向上させる技術を開発したので、本稿で紹介する。

The components used in semiconductor manufacturing equipment are required to withstand the environment in which they are used and be resistant to corrosive gases and liquids that are used as working fluids.

This paper introduces a technology we have developed that improves corrosion resistance of SUS304 stainless steel by modifying its surface using a laser beam.

1 はじめに

半導体製造装置の中で、エッチャーや洗浄装置では、流体として腐食性の高いガスや液体が使用され、そこに使用される部品には耐食性が求められる。構成部品となる金属材料としては、ハステロイ(Haynes International, Incの商標)や、インコネル(Special Metals Corporationの商標)等のニッケル基合金が使用されることが多いが、材料価格が高価な上、難加工性である問題点があった。

そこで、汎用ステンレス鋼であるSUS304に耐食性材料を溶射後、レーザ照射することにより、耐食性を向上させることができたので、その表面改質技術について紹介する。

2 表面改質方法

表面改質を以下の手順で実施する。下記手順で作成したサンプルを以後、『SUS304表面改質品』と呼ぶ。

①高耐食性材料溶射

SUS304の表面にNi基合金を20～30 μ m溶射する。その組成はCr:20～25%、Mo:24～29%、B:1～2%、Ni:残部となっており、ガスアトマイズ法により急凝固された高耐食な粉末である。

②ファイバーレーザによる改質

溶射した被膜には、ピンホールが多数あり、高耐食性を付与できない。そこでレーザ照射することにより、表面を熔融、SUS304表面と合金化させることで、ピンホールを無くし、SUS304表面を高耐食性の組成に改質する。

3 耐食性試験結果

耐食性評価として、電気化学的評価手法である孔食電位試験とアノード分極試験を実施した。

3-1 孔食電位試験

Fig. 1に示す試験系にて下記手順で実施した。(JIS G0577参照)

- ①3.5wt%NaCl溶液に試験片を浸漬
- ②ポテンシostatにて20mV/minで印加
- ③0.5mAまで電流が流れた段階で計測終了

試験結果をFig. 2に示す。金属材料の局部腐食のなかでも深さ方向に孔状に深く侵食する現象を孔食という。本試験結果の見方は、電流が上昇する電位が高いほど耐孔食性が高いとされており、SUS304表面改質品は、ハステロイC276より高耐食性能を有している。

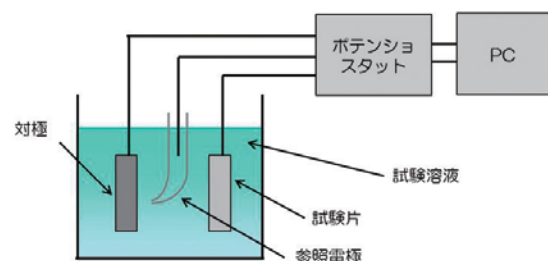


Fig. 1 電気化学試験測定系

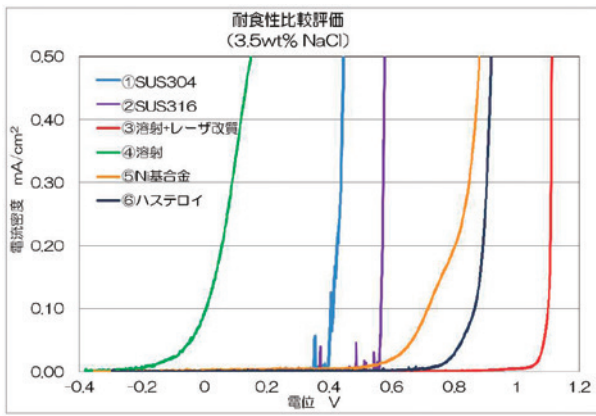


Fig. 2 孔食電位試験結果

3-2 アノード分極試験

Fig. 1に示す試験系にて下記手順で実施した。(JIS G0579参照)

- ①5wt% H_2SO_4 溶液に試験片を浸漬
- ②ポテンシostatにて60mV/minの速度で-1~+1.5Vまで電位を可変しながら電流を測定

試験結果をFig. 3に示す。アノード分極試験はステンレス表面の不動態被膜の強さを測定でき、不動態域での電流密度が低いほど、不動態被膜の強度が強いとされている。SUS304表面改質品は、ハステロイC276と同等の高耐食性能を示している。

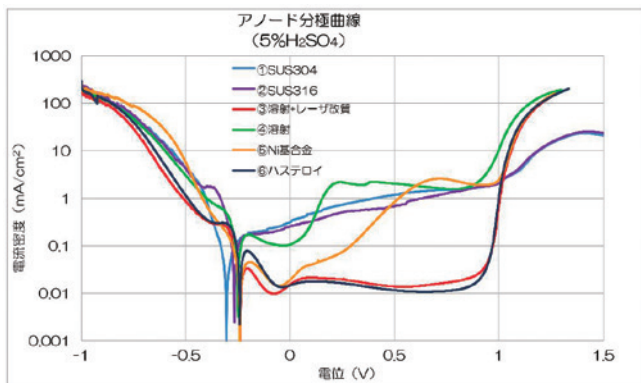


Fig. 3 アノード分極試験結果

4 分析結果

電気化学試験にて、SUS304表面改質品がハステロイC276と同等以上の耐食性能を得ることが分かった。そこで、SUS304表面改質品の分析を行った。

溶射後とレーザー改質の断面観察結果をFig. 4に、成分分析結果をTable1に示す。

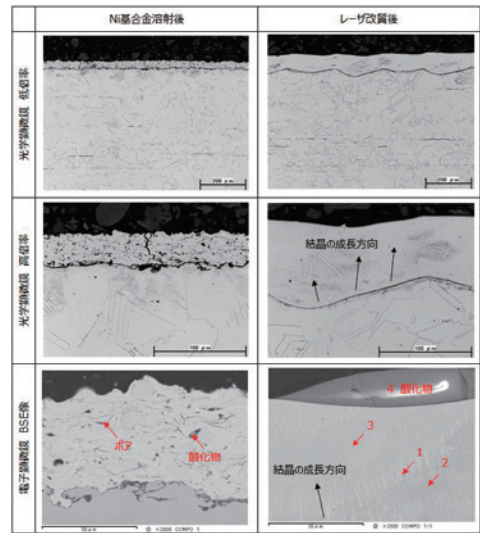


Fig. 4 断面観察結果

Table 1 EDSによる成分分析結果

測定部位		単位(wt%)							
		O	Al	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo
レーザー改質後	1	0.0	0.0	0.3	21.5	0.0	22.9	27.3	27.9
	2	0.0	0.0	0.4	19.2	0.8	50.9	21.6	7.2
	3	0.0	0.0	0.3	19.8	0.0	39.2	28.8	11.9
	4酸化物	36.2	16.8	4.0	37.0	6.0	0.0	0.0	0.0

溶射被膜の厚さは約 $30\mu m$ で、レーザー改質後は溶射膜が素地と合金化され、改質部の厚さが約 $80\mu m$ となっている。溶射被膜には、多くの酸化物およびポアが観察されたが、レーザー改質後では、酸化物等は観察されなかった。被膜組織は方向性を有する凝固組織であり、ミクロな凝固偏析が観察された(BSE像:白相はMoリッチ)。一方、レーザー改質後の表面にCrおよびAlを主体とした酸化物が観察された。また、母材(SUS304)によるNi基合金成分の希釈が観察された。

そこで、レーザー改質後の表面からの深さ方向の元素含有量を測定した(Fig. 5)。表面から深くなるに伴いFe量が増加し、NiおよびMoは減少した。Crの急激な濃度変化は観測されなかった。これはNi基合金のCr量が母材のSUS304(18%Cr)と近いためと考えられる。

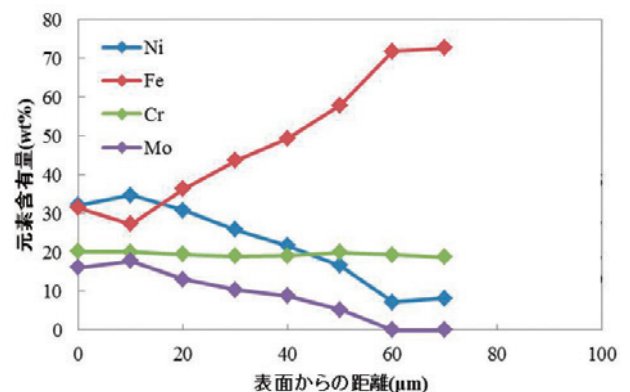


Fig. 5 深さ方向の元素含有率分布

次に、溶射後とレーザー改質後のX線回折の測定を行った(Fig. 6)。溶射被膜には、Ni固溶体のピークとハロー(非晶質)が認められた。溶射による冷却速度が速いことから、一部が非晶質(アモルファス)化したと考えられる。レーザー改質後では、Ni固溶体(母相のSUS成分と混じりあった固溶体)のピークのみ認められた。

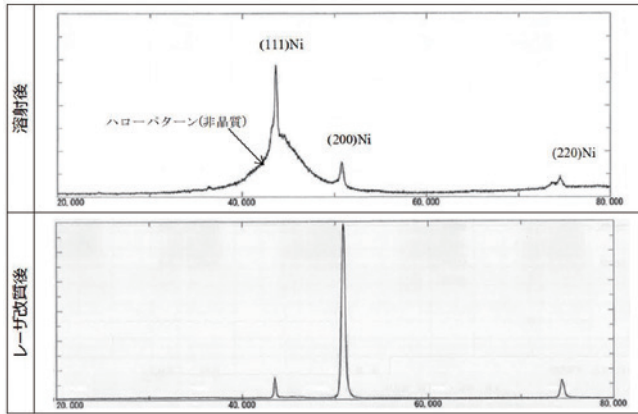


Fig. 6 X線回折結果

5 まとめ

レーザー改質後は、溶射被膜と比較し、酸化物やポアのような欠陥が非常に少なく、方向性を持った組織であった。酸化物およびポアが劇的に減少した要因としては、レーザー改質中にNi基合金に含有されるホウ素が脱酸効果を発揮し、被膜内部の酸化物およびポアを除去しながら、被膜表面に浮上させたと考えられる。酸に対する耐食性は、金属組織の均一性に大きく影響を受けるため¹⁾、この酸化物およびポアの減少は、耐食性を大きく向上させると推測される。

6 おわりに

汎用ステンレス鋼であるSUS304に高耐食性の材料を溶射後、レーザー照射することにより、高耐食性を付与できることが分かった。今後は、製品への展開を行っていく。

1) Herbert H. Uhlig, Corrosion, 19(1963) 1, pp.231-237.

執筆者プロフィール



橋爪 潤也 Junya Hashizume
コンポーネント本部
開発技術統括部
R&D and Engineering Administration Department
Components Business Division

三浦 滉大 Kodai Miura
山陽特殊製鋼株式会社
粉末事業部 粉末技術部
Metal Powder Technology Department
Metal Powder Manufacturing & Sales Division
Sanyo Special Steel Co., Ltd.

澤田 俊之 Toshiyuki Sawada
山陽特殊製鋼株式会社
粉末事業部 粉末技術部
Metal Powder Technology Department
Metal Powder Manufacturing & Sales Division
Sanyo Special Steel Co., Ltd.

西川 俊一郎 Shun-ichiro Nishikawa
山陽特殊製鋼株式会社
粉末事業部 粉末営業部
Metal Powder Sales Department
Metal Powder Manufacturing & Sales Division
Sanyo Special Steel Co., Ltd.



からくり改善と協業ロボットの融合

Fusing Cooperative Robot and KARAKURI Unit

西村 浩尚 Hironawo Nishimura

超高齢化社会を迎えた日本。労働力確保も困難になりつつあるなか、この問題を打開しようと、CKDでは生産工程の自動化に注力し生産性向上を行ってきた。特に近年では協業ロボットとからくりユニットを融合させることで従来成しえなかった「少量多品種」の生産ラインでの自動化が成功した。本稿ではこれらの取り組みについての概要・導入事例を紹介する。

Japan has become a super-aging society. It is in the midst of having become difficult to secure enough labor. In order to overcome this problem, CKD has been focusing on automating production process to improve productivity. Especially in recent years, the production line of “small-lot wide variety” which was conventionally impossible, was successfully automated by fusing cooperative robot and KARAKURI unit. This article provides an overview and case studies of these efforts.

1 はじめに

近年、ものづくり業界においてロボット技術の進歩がめざましい。特に画像処理の進化と協業ロボットの登場により、専門知識がなくてもロボットの制御ができるようになりつつある。しかし、ロボットだけでは自動化は実現できない。必ず周辺機器(パーツフィーダー、反転機構など)の準備が必要である。これらは据え置き型の専用設備であることが多く費用が高額になるため、投資回収の目線から「少品種大量生産」でしか使用ができなかった。これら周辺機器をいかに安くするかが自動化を加速するための課題であり、CKDではこの課題を解決するためにからくりを活用している。

において使用している。リード線長さは1mありそれを4回巻いた状態で出荷を行っている。生産量は日当たり約200台であり、従来の手作業での作業時間は日当たり1時間程度である。「リード線巻き巻き」を使用することでこの作業時間を3分の1に削減することができた。仕組みはFig. 1の通りだ。

2 からくり改善について

2-1 からくり改善の定義

2-1-1 シンプルな構造

テコの原理や滑車機構、カム機構を活用することで機構をシンプルにする。

2-1-2 省エネルギー

動力を重力などの自然エネルギーや、既存の設備で使用されている動力を流用することでからくり改善自体の省エネルギー化を行う。

2-1-3 お金をかけない

課題に対して現場でアイデアを出し実践することで改善にかかる費用を抑える。

2-2 からくり改善事例紹介1

名称 「リード線巻き巻き」

「リード線巻き巻き」はリード線を自動で束ねるからくり改善である。リード線の出荷作業

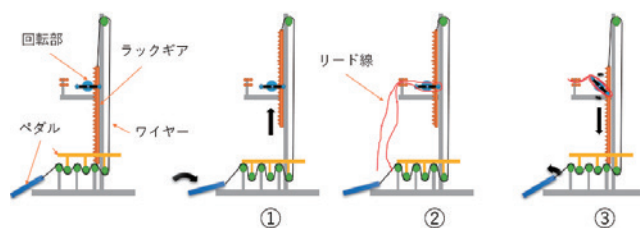


Fig. 1 リード線巻き巻き動作概要

- ①ペダルを踏むことでラックギアが持ち上がる。この時回転部は回転しない。
- ②回転部にリード線をセットする。
- ③ペダルを離すことでラックギアが自重で落下し、回転部のギアに動力がつたわりリード線が巻き取られる。

2-3 からくり改善事例紹介2

名称 「ねじねじ君」

「ねじねじ君」はねじを供給するからくりだ。自身の動力を持たず、隣にある自動設備のシリンダ動作を動力として流用している。供給するねじはM3×50であり、このサイズは市販されているねじ供給機での供給が不可能である。そのため従来では人がねじボックスから手で取り出しを行っており、1本当たり約2秒の時間がかかっていた。「ねじねじ君」を使

用することでねじ取り出し時間を4分の1に削減することができた。仕組みはFig. 2の通りだ。

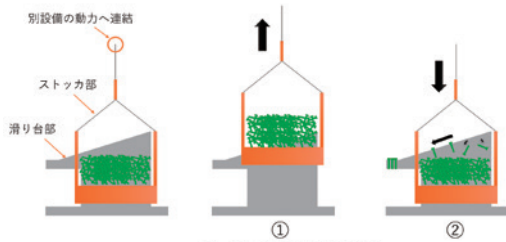


Fig. 2 ねじねじ君動作概要

- ①ストッカ部が上昇することでねじ滑り台部にねじが入り込む。この滑り台には深い溝があり、ねじの首元だけが引っかかるようになっている。
- ②ストッカ部が下降することでねじ滑り台に首元が引っかかっているねじは取り出し部へ滑っていく。それ以外のねじは供給部へ落ちる。またストッカ動かすことでストッカ内部でのネジの絡み・詰まりを防止している。

3 協業ロボットの活用

3-1 背景

2015年3月25日、経済産業省及び厚生労働省は、産業用ロボットの安全性を確保するための要求事項を定めるため、日本工業規格(JIS)を制定・改正した。人と産業用ロボットが安全柵で分離されることなく、両者で作業領域を供給できる作業状態(協業作業)、いわゆる協業作業ロボットの設置、稼働条件を明示。

ロボットの各軸モータが80W以下である場合、その使用条件に基づき適切に使用するならば、柵または囲いの設置をしなくてもよいという規制緩和が行われた。

3-2 CKDでの協業ロボット活用

CKDで初めて協業ロボット導入を行ったのはチェック弁の組立ラインである。その際、もともと人が作業を行っていたセル生産ラインをそのまま流用した。そうすることでロボットでも人でも生産が行える柔軟性の高いラインとなった。

4 からくりと協業ロボットの融合

4-1 モデルラインの構築

前述したチェック弁ラインへの協業ロボット導入の経験から、協業ロボットがほぼ人と同様の作業ができることが分かった。しかし完全に人の作業をロボットに置き換えるためにはあと少し足りないといった箇所が多数あった。そのような箇所をからくり改善で補う

ことで人の作業を完全にロボットに置き換えることができると考えた。

そこで、モデルラインとして協業ロボットが人と同様にモノづくりをするラインを構築した。具体的には部品のハンドリングに人型の双腕協業ロボットを使用し、周辺の部品供給・搬送・組立ユニットは全てからくり改善を活用した。結果、協業ロボットが20件以上のからくりユニットを活用することで人と同様モノづくりを行うラインとなった。

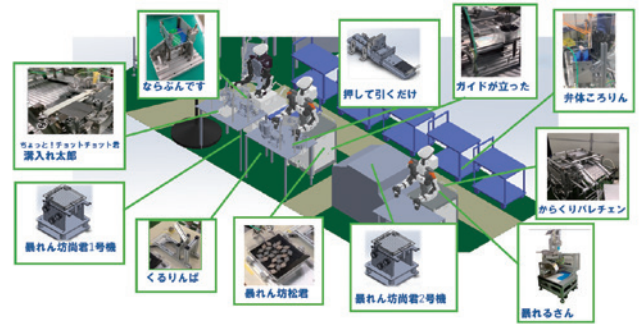


Fig. 3 モデルライン

また、従来の産業ロボットで立ち上げてきた生産ラインよりも、省スペースでメンテナンス性が高いものとなった。もちろん設備投資も従来に比べ大きく節約することもできた。

4-2 部品供給におけるからくり活用事例紹介

名称 暴れん坊松君

「暴れん坊松君」は直径18mm厚さ4mmのカバーを供給するからくりだ。ロボットがカバーを取り出す際、ロボットのビジョンシステムを使いばら積みピッキングを行うが、カバーが重なっている場合は取り出すことができない。「暴れん坊松君」を使うことでカバーの重なりを除去し、ロボットによる取り出しを可能とする。仕組みはFig. 4の通りだ。

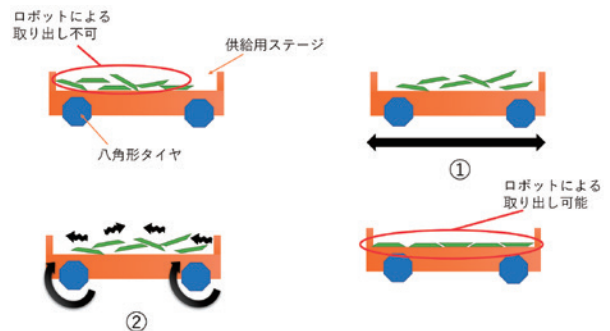


Fig. 4 暴れん坊松君動作概要

- ①暴れん坊松君を前後に動かす。
- ②八角形のタイヤが転がり小刻みな振動が発生。カバーの重なりが除去される。

4-3 反転工程におけるからくり事例紹介

名称 「くるりんば」

「くるりんば」は上記からくり「暴れん坊松君」で供給しているカバーを180度反転するからくりだ。カバーには表裏があり、組立の際には正しい方向で組み付ける必要がある。しかし「暴れん坊松君」ではカバーの反転は不可能であったため「くるりんば」を使用した。仕組みはFig. 5の通りだ。

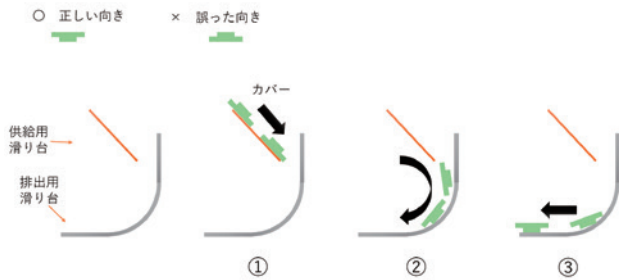


Fig. 5 くるりんば動作概要

- ①カバーを供給用滑り台の上部から落とす
- ②供給用滑り台から排出用滑り台へカバーが移る。
- ③排出用滑り台をカバーが滑り排出される。

5 終わりに

からくりと協業ロボットの融合は生産工程の自動化にブレイクスルーを起こすことができると考える。今後も他生産ラインへの展開を行い、さらなる自動化を加速させていく。

「からくり改善」は、公益社団法人日本プラントメンテナンス協会の登録商標です。

執筆者プロフィール



西村 浩尚 Hironawo Nishimura
コンポーネント本部
制御システムBU 生産統括部 生産技術部
Production Engineering Department
Production Engineering Administration Department
Fluid Control System Business Unit
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、駆動機器、空気圧制御機器、
空気圧関連機器、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.7

発 行 2021年 1 月 1 日
発行責任者 奥岡 克仁
監修責任者 山口 祐介 伊藤 彰浩
佐藤 正義 野田 尚彦
発行事務局 加藤 崇 諫山 洋子

印 刷 所 株式会社アイワット
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。

<https://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。



CKD