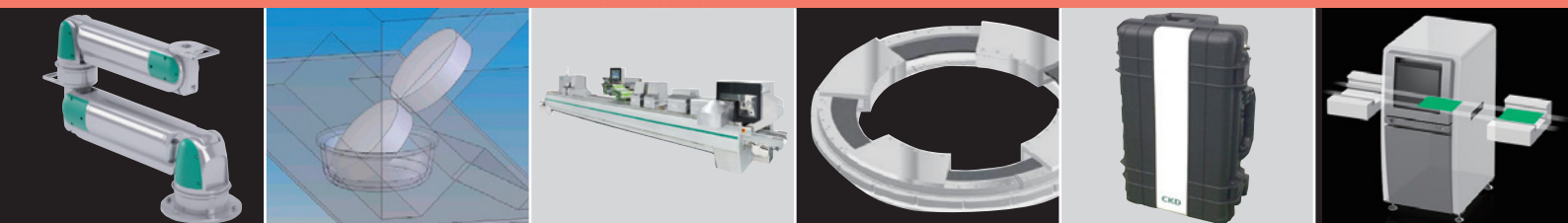


CKD技報

CKD TECHNICAL JOURNAL

Vol.6

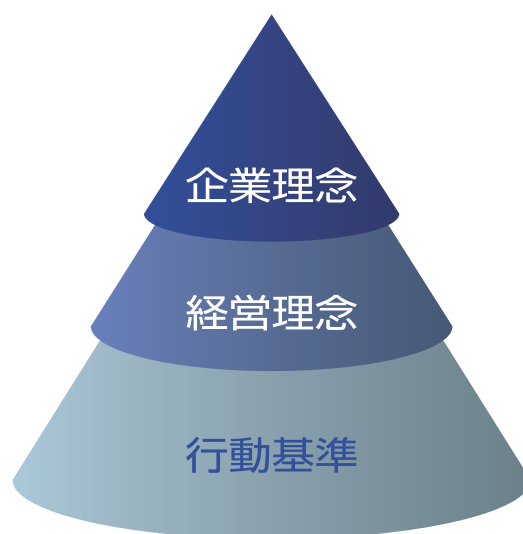


企業理念・経営理念・行動基準 Corporate Philosophy and Corporate Commitment

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「安心・安全」













 PTP包装ラインのPart11対応	2
 助力装置 パワフルアームPAWシリーズの開発	6
 ウォータハンマ低減技術	12
 PTP包装機における充填シミュレーション技術	15
 食品包装機における新包装形態「Vパック」	19
 はんだ印刷検査機「VP9000」	24
 リチウムイオン電池巻回機の周長可変巻芯の紹介	29
 τ Flex Linear Servo Saburoku [∞] の開発	32
 非接触サーボバルブ	36
 キャリアブルエアサプライユニットの開発	39

Table of Contents

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

Special Report on "Safety" and "Assurance"

 PTP Packaging Line Compatible with Part11	2
 Development of PAW Series Power Arm Human Assist Device	6
 Water Hammer Reduction Technology	12
 Feeding Simulation System for Blister Packaging Machine	15
 "V PAK", the New Style of Packaging in Food Packaging Machines	19
 Solder Paste Inspection Machine "VP9000"	24
 Introduction of Variable Perimeter Mandrel of Lithium Ion Battery Winding Machine	29
 Development of τ Flex Linear Servo SABUROKU ∞	32
 Non-Contact Servo Valve	36
 Development of the Portable Air Supply Unit	39

社会の変化に答える技術へ

To the technology that responds to social change

奥岡 克仁 Katsuhito Okuoka

CKD株式会社

代表取締役専務執行役員

CKD Corporation

Director and Senior Managing Executive Officer



グローバル化や多様化が加速する中、モノづくりの現場では、IoTや自動化へのニーズが益々高まっています。その一方で、職場環境においては、今まで以上にダイバーシティへの対応が大きな課題となっています。そのどちらにも求められているのは「安心」や「安全」というキーワード。これが今回のCKD技報Vol.6の特集テーマとなります。

当社の自動機械事業部門が有する医薬品や食品などのPTP包装技術では、「安心できる製造工程」の実現にお応えする内容を掲載しています。そして、機器事業部門では、空気圧や流体制御技術を応用した「人に優しい安全な職場環境」を提供するためのヒューマンアシスト技術を紹介しています。このように技術で社会の変化にお応えすることが、私たちCKDの使命と考えています。本刊では、その他にもお客様からのご指導も頂戴しながら培った技術や様々なご要求に応えるべく磨いてきた技術の一部を紹介していますので、皆様の事業やモノづくりに貢献できる技術がございましたら、何なりと当社まで申し付けください。皆様の課題解決の一助になれば幸いです。

最後になりますが、令和という新たな時代を迎え、CKDグループでは足元のコア技術を見つめ直し、その技術の応用に加えて、他の技術とのマッチングによりさらなる深化や領域の拡大を目指していく所存です。

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。

As business is becoming more globalized and more diversified, the needs for IoT and automation in the manufacturing industry are increasing more than ever before. At the same time, more needs to be done to improve diversity in the work environment. “Safety” and “Assurance” are the keywords for achieving these two requirements. The feature article in this CKD Technical Journal Vol. 6 is about safety and assurance.

Our automatic machinery division's PTP packaging technology for pharmaceutical and food products and reliable manufacturing processes as well as our component product division's human-assist technology are discussed in this edition. Human-assist technology, to which pneumatic pressure and fluid control technology is applied, is used to provide a people-friendly, safe work environment. At CKD, we believe it is our mission to technically respond to social change. In this edition, we are also presenting some of our technologies that we have developed and improved to take customer's advice into consideration and to meet their various requests. Please do not hesitate to contact us if you require any technology we have that may be useful in assisting you with your business operations or manufacturing processes. We would be very happy to provide solutions to your challenges. Japan has entered the new era of Reiwa. All of us at the CKD Group are absolutely committed to reviewing our core technology and using it for wider applications, and seek to further improve and expand it by combining it with other technologies. We thank you for your continued support and welcome your guidance and suggestions.



PTP包装ラインのPart11対応

PTP Packaging Line Compatible with Part11

伊藤 遼 Ryo Ito

近年、データインテグリティ対応が薬品業界で話題になっている。21 CFR Part11対応やデータインテグリティ対応は、データ改ざんや消失防止、記録、アクセス制限などセキュアな対応をし、医薬品の開発・製造に関する設備・システムの安心・安全を担保する。

Part11に準拠するためには、作業者の特定および電子記録の書き換え・消失を防止できるシステム、データの作成・変更・削除の日時とユーザを記録するシステム、紙書類に代わって電子的に承認処理ができるシステムでなければならない。

また2019年にはGood Manufacturing Practiceが改訂され、データインテグリティの対応が追加されており、医薬食品業界では対応が必須となる。本稿では当社のPTP包装ラインのPart11対応を紹介する。

Recently Data Integrity compliance has become a popular topic of conversation in pharmaceutical industry. 21 CFR Part 11 and Data Integrity requests secure compliance in data tampering/loss prevention, record, access restriction etc. to ensure safety and assurance of facility and system for development and manufacturing of pharmaceutical products.

Part 11 compliance requests the systems 1) enabling to specify operators and prevent rewriting and loss of electronic record, 2) enabling to record date of data creation, change and deletion and user involved, and 3) enabling to approve electronically instead of paper documents.

In 2019 Good Manufacturing Practice has been revised to add Data Integrity compliance, which pharmaceutical and food industries are required to follow.

In this article we like to introduce Part 11 compliance of our blister packaging lines.

1 はじめに

「21 CFR Part11(以下、Part11と呼ぶ)」は米国食品医薬局: Food and Drug Administration(以下、FDAと呼ぶ)の連邦法第21章として1997年3月に発布され、同年8月発効された。

Part11とは電子記録、電子署名および電子記録上への手書き署名を紙の記録物および手書き署名と同等のものとして規制対象企業からFDAが受け入れることを可能とする法律である。電子記録および電子署名が改ざんされないこと、変更の履歴が残ることなどを要求している。また、米国FDAに対して規制対象企業が提出する記録または提出しないが保存が義務付けられている記録に関して紙の記録を電子記録へ、従来の署名を電子署名へ変えても良いが変える場合にはPart11に準拠することを要求している。

規制対象企業は「医薬品、医薬品原材料、医療機器、食品、化粧品等」の製品を米国へ出荷または米国で製造している企業で、2019年にはGMP(Good Manufacturing Practice: 医薬品および医薬部外品の製造管理・品質管理の基準)が改訂され、データインテグリティ対応の要求事項が追加された。データインテグリティとはデータ完全性とも呼ばれ、米国FDAではデータが完全で一貫性があり正確であることと定義している。データインテグリティはPart11の新たな要

求事項ではなく、従来の各要求事項の中でデータの完全性・正確性に対するリスクを再認識し、適切なデータ管理システムの構築を求めるものである。そのため、医薬食品業界ではPart11対応は必須となる。

2 Part 11 対応項目

Part11に準拠するためには以下の3点に対応したシステムでなければならない。

①セキュリティ

作業者の特定、電子記録の故意または過失による書き換え、消失を防止できるシステム。(真正性の確保)

②監査証跡

データの作成、変更、削除の日時とユーザを自動的に記録するシステム。また変更前のデータの消失を防ぐシステム。

③電子署名

紙書類の署名、捺印に代わって電子的に承認処理を行うことができるシステム。

3 システム構成

当社ではPart11サポートシステムとして機械とは別置きのパソコンでセキュリティ・監査証跡・電子署名

を管理している。パソコンが設置されているラックにはPLCを搭載しており、機械側のPLCと光ファイバケーブルで接続することにより、機械の温度データや出来高データなどを収集している。監査証跡や電子署名もこのネットワークを使用して機械とやり取りを行う。

また、当社の製品であるインライン検査システムのフラッシュパトリもPart11サポートシステムで管理しており、こちらはEthernetで接続している。(Fig. 1)

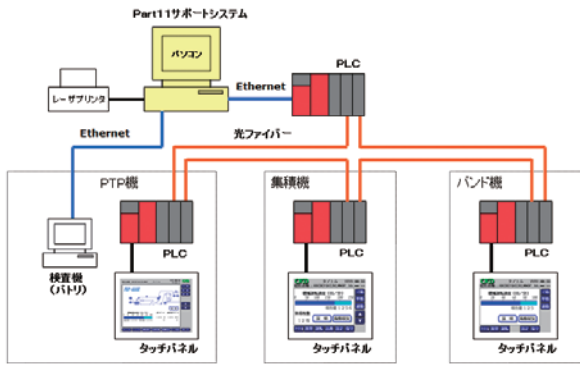


Fig. 1 システム構成図

4 Part 11 サポートシステムによる管理

4-1 記憶データ管理

ID・パスワード・権限等の個人データが含まれるユーザー管理マスタ、設定値変更・電子署名等の監査証跡データが含まれる履歴管理マスタ、フラッシュパトリで変更した設定値の監査証跡データをPart11サポートシステムにて記憶している。(Fig. 2)

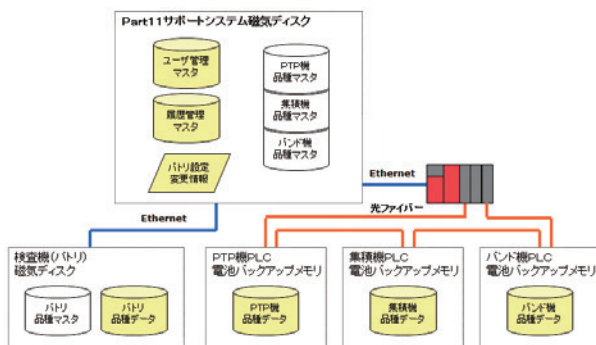


Fig. 2 記憶データ管理図

4-2 ユーザ管理

管理者権限でログインすると以下の作業を行うことができます。

- ・ユーザ新規登録
- ・ユーザの権限レベル設定
- ・ユーザのパスワード設定
- ・ユーザの削除(一度削除したユーザのIDはシステムが永久的に記憶し再使用できない)

4-3 権限認証

機械側からのユーザ認証要求に対して権限を与える。(Fig. 3)

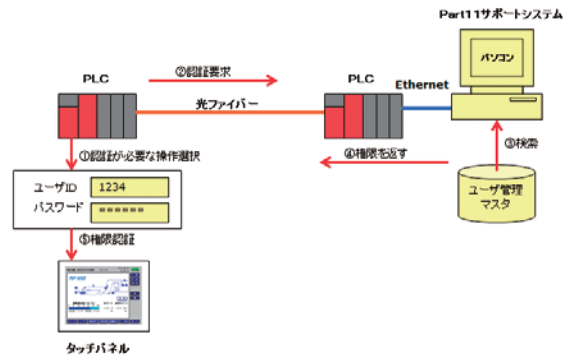


Fig. 3 権限認証システム図

4-4 監査証跡(記録)

ユーザログイン、設定値変更等の事象を記録する。機械側で発生した事象の情報はネットワークを介してPart11サポートシステムに送られる。Part11サポートシステムで発生する事象もあわせて履歴管理マスタで一括管理する。(Fig. 4)

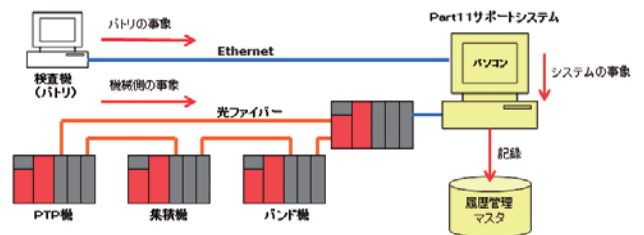


Fig. 4 監査証跡システム図

4-5 電子署名

機械側で設定値の変更を行うと、変更しようとしている値が適切であるか、管理者の承認を得るために承認依頼をPart11サポートシステムに送る。この時点で設定データが未承認となり機械を運転不可状態にすることで、不適切な設定での生産を防ぐ。(Fig. 5)

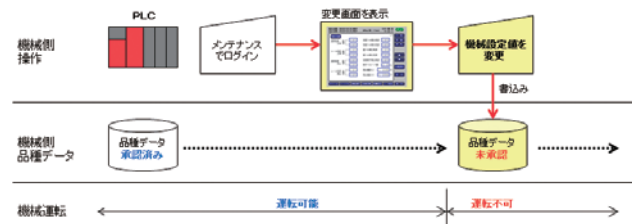


Fig. 5 電子署名 (設定値変更)

Part11サポートシステムには「いつ」「誰が」「どの機械で」「どの品種の」「どの設定値を」「何から何に変更したか」が記録されているので管理者は確認後、査

関承認作業を行う。尚、同一人物が承認まで行うのを防ぐために承認依頼者・閲覧者・承認者はそれぞれ別の人物でないと承認できないようになっている。承認まで完了すると、機械側の設定データが承認済みとなり機械を運転することができる。(Fig. 6)

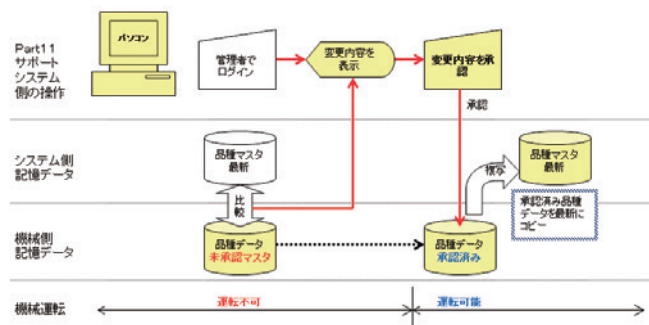


Fig. 6 電子署名 (承認)

5 機械側のユーザ認証

5-1 機械運転

機械運転を行う作業員個人を認識、記録するためにユーザ認証を行う。この認証は誰が機械を起動したか明確にする機能のため、起動ボタンを押すたびに必要となる。認証を行わないと誰が起動したか不明確になるため、機械を起動できないようにしている。

また認証後機械を起動する前にその場を離れたとき、認証を受けていない第三者が起動してしまうのを防ぐために認証は30秒間のみ有効になり、30秒を超えると再認証が必要となるシステムにしている。

5-2 品種切替

品種切替を行う作業員個人を認識、記録するためにユーザ認証を行う。Part11サポートシステムには「いつ」「誰が」「どの機械で」「品種Aから品種Bに切り換えた」という情報が記録される。

5-3 設定値変更

設定値変更を行う作業員個人を認識、記録するためにユーザ認証を行う。認証した権限は設定値変更を終了するまで有効となる。一定時間の操作がないとき、自動的に設定値変更を終了しタイトル画面に切り換える自動ログオフ機能を有している。

6 外部出力

6-1 プリンタ(紙管理)

Part11要求事項「電子データの内容を必要に応じ肉眼で見読できる状態に容易に変換できること」(見読性の確保)に対応するため、ディスプレイ装置とラックに搭載しているプリンタによる書面への印字を行う。日付、作業員、データの意味(作成、承認)等の条件を指定

し検索することにより、電子データの内容をディスプレイ装置およびプリンタで即座に見読することができる。

6-2 バックアップ・リストア

Part11要求事項「電子媒体に劣化等が起こる前に交換して保存できること」(保存性の確保)に対応するため、USBメモリにバックアップを作成する機能を有している。万が一システムトラブルでPart11サポートシステム内の電子データが消失した場合、バックアップデータをUSBメモリからリストアすることができる。

6-3 汎用ファイルに変換

Part11要求事項「電子データは将来(10年、20年)に渡り読み出し可能とすること」(将来に渡り真正性・見読性・保存性の確保)に対応するため、CSVファイル形式に変換する機能を有している。

7 時刻合わせ

Part11サポートシステムパソコンと各機械PLCの時刻を合わせることができる。ラインで時刻を統一することで各機械・装置のタイムスタンプの差異を無くすことができる。(Fig. 7)

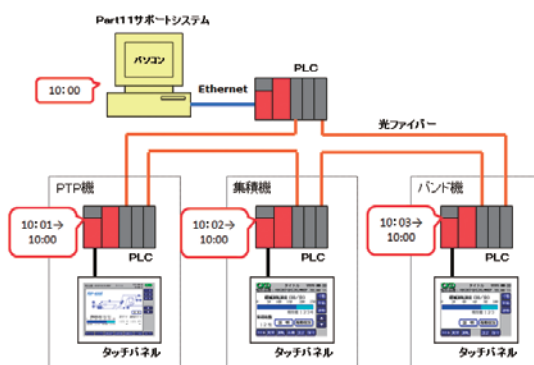


Fig. 7 時刻合わせ

8 おわりに

本稿では当社のPTP包装ラインのPart11対応について紹介した。

GMPが改訂されデータインテグリティ対応の要求事項が追加されたことにより、今後医薬食品業界におけるPart11対応の需要が更に高まることが想定される。Part11サポートシステムは当社製の機械以外に他社メーカー機にも接続が可能のため、PTP包装ラインを一括して設備・システムの安心・安全を担保することが可能である。

執筆者プロフィール



伊藤 遼 Ryo Ito

自動機械事業本部

技術開発統括部 AC技術部

Advanced Control Engineering Department

Automatic Machinery Business Division

助力装置 パワフルアームPAWシリーズの開発

Development of PAW Series Power Arm Human Assist Device

若杉 諭 Satoshi Wakasugi 稲山 公憲 Kiminori Inayama 松本 成隆 Shigetaka Matsumoto

当社では、2014年に「働く人のために」をコンセプトに、職場での作業負担軽減と作業者の安全確保に貢献するため、助力装置であるパワフルアームPFBシリーズの販売を開始した。

床面からのアクセスを可能にした新しい方式の助力装置で、用途や場所に合わせて最大3軸まで自由な組み合わせが選べ、より高く、より遠くへの重量物搬送を可能とした。多軸仕様では折りたたみ格納が可能でコンパクトに収納することができる。

この度、安全性の高いデザインとし欧州安全規格CEマーキングに適合(軸本体)したグローバルモデルで、許容モーメントを従来比40%向上(φ100にて)させたパワフルアームPAWシリーズを開発した。本稿では、パワフルアームPAWシリーズについて紹介する。

In order to contribute to reducing workloads in the workplace and ensuring worker safety based on the concept of “for those who work”, CKD started selling PFB Series Power Arm human assist device in 2014.

Power Arm is a new type of human assist device that allows access from the floor surface. Up to 3 arms can be freely selected and combined according to the application and location, making it possible to transport heavy objects to higher and farther locations. The arms can be folded so that even the multiple-arm model is compact when stored.

Recently, we have developed PAW Series Power Arm. It is a global model that has a high safety design and is in compliance with the CE marking requirements in the European safety standard (arm unit). Its allowable moment has been improved by 40% (at Ø100) compared with the conventional model. This paper introduces the PAW Series Power Arm.

1 はじめに

負傷に起因する業務上疾病のうち、腰痛(災害性腰痛)は8割を超えている。^{*1}

腰痛の原因となる重量物の搬送作業は、日常的に行われている重作業である。少子高齢化が進む日本では、女性やシニアの活躍が必要だが、重作業が残された職場ではそれもままならない。職場環境の整備は急務であると考えられる。

当社では自社のシリンダ技術と、日産自動車株式会社(以下日産自動車)と国立大学法人東京工業大学(以下東京工業大学)が共同で構築された特許技術^{*2}を活用し、重量物を搬送する際の作業負担軽減と作業者の安全確保を目的とした新しい方式の助力装置の開発に取り組んだ。

2 パワフルアームの概要

空気圧を活用した助力装置は一般的である。空気圧シリンダに精密レギュレータを介して空気圧を供給することで、ピストンロッド先端に取り付けた質量Wと、空気圧シリンダにより発生する推力を等しくする事で位置保持も可能となる(Fig. 1)。重量物を搬送する場合は、空気圧シリンダの摺動抵抗と空気圧の吸排気時の圧力変化によるわずかな抵抗力で動かすことが可能である(Fig. 2)。

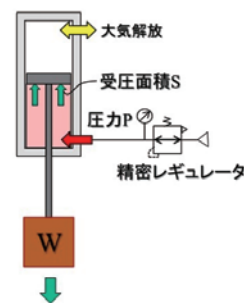


Fig. 1 空気圧を利用した助力装置の原理

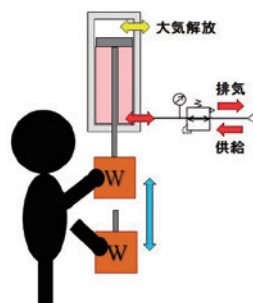


Fig. 2 操作時の原理

一般的な4節リンク機構に空気圧シリンダを組み合わせた助力装置は多数存在するが(Fig. 3)、パワフルアームでは空気圧シリンダを内部に配置することにより小型化、軽量化を可能とした。内部構造および原理をFig. 4に示す。

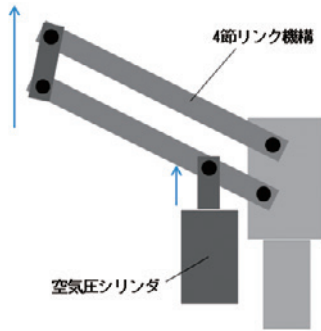


Fig. 3 一般的な助力装置

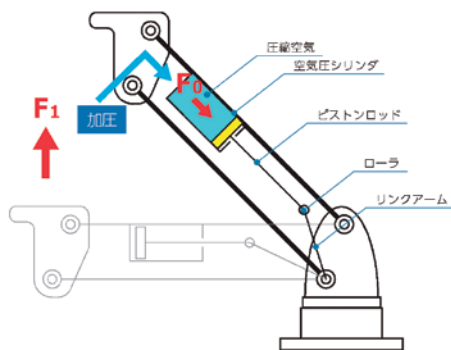


Fig. 4 パワフルアームの内部構造および原理

空気圧シリンダに加圧するとシリンダ推力 F_0 はリンクアームにより上昇方向への力 F_1 に変換され、ローラを介し4節リンクを構成している本体自身を上昇させる。

これが一つの「軸=パワフルアームユニット」となる。当該部品は1軸でも使用できるが、軸の端部どうしをベアリング内蔵の回転ユニットにて最大3軸まで連結して使用することも可能である。搬送する場合はアームを伸ばすことでより大きな可動範囲(Fig. 5、Fig. 6)を得ることができ、使用しない場合は折りたたむことでコンパクトに収納できる。操作イメージをFig. 7、連結イメージをFig. 8、収納イメージをFig. 9に示す。

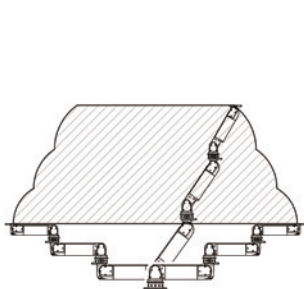


Fig. 5 上下可動範囲図

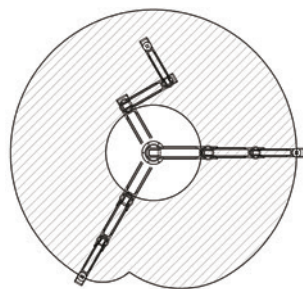


Fig. 6 水平可動範囲図



Fig. 7 操作イメージ

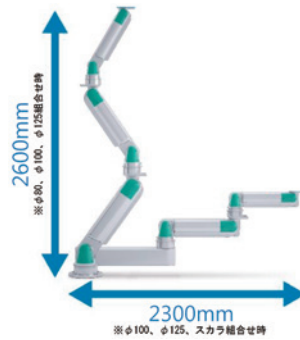


Fig. 8 連結イメージ

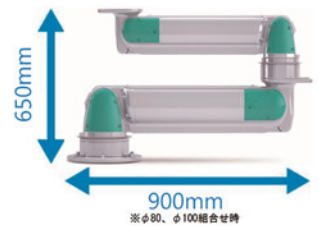


Fig. 9 収納イメージ

3 パワフルアームの歴史

PAWシリーズは、パワフルアームの第3世代機である。

初めは日産自動車において、車両組立作業員の自動車重量部品の持ち上げ作業、取り付け作業が困難といった声を受け、東京工業大学と共に助力装置の開発を開始し、その実用化に際し空気圧シリンダ技術に強みを持つ当社に装置の試作を依頼してきたことにある。

装置を完成させ、日産自動車の工場に試作機を導入して効果が確認できたため、他の工場にも導入を開始した。

そうした中で、日産自動車より外販希望があり、日産自動車と当社の間で技術ライセンス契約を締結してパワフルアームとして開発をスタートさせた。

2014年、第1世代機 PFBシリーズ(Fig. 10)を製品化、次に量産モデルとして2015年に第2世代機 PFB2シリーズ(Fig. 11)を製品化し製造・販売を開始した。2016年にはPFB2シリーズに大口径モデル(φ125)を追加、そして2019年、グローバルに拡販することを狙った第3世代機 PAWシリーズを製品化するに至っている。



Fig. 10 第1世代機 PFBシリーズ



Fig. 11 第2世代機 PFB2シリーズ

ユニットの接続部には、締結に使用するボルトを隠すための樹脂カバー(難燃ABS製)を取り付けるのだが、そこに当社のコーポレートカラーを取り入れ、デザイン上のアクセントとしている。

4節リンクを構成する各部品は3DCADによる強度解析を実施(Fig. 13)、デザインと強度を両立する設計が可能となった。特に専用アルミニウム押出材を開発したことで、胴体部はPFB2に対し約30%小断面化することができた(Fig. 14)にもかかわらず、全体では20%以上の剛性をアップしている。

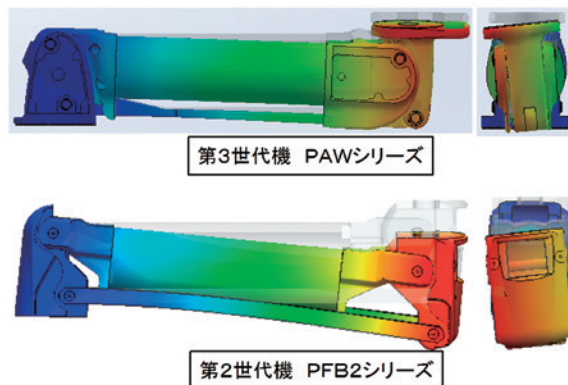


Fig. 13 強度解析結果

4 パワフルアームPAWシリーズで採用した主な技術

4-1 柔らかく、スマートな洗練されたデザイン

PAWシリーズを開発するにあたり、重要視した部分はデザイン、外観である。

第2世代機 PFB2シリーズは内部の空気圧シリンダや4節リンク他の構造物を板金カバーで覆う構造で、全体としてはスクエアなデザインであった。PAWシリーズのデザインコンセプトは「柔らかく、スマート」で、曲面を多用したラウンドフォルムを採用することとした(Fig. 12)。

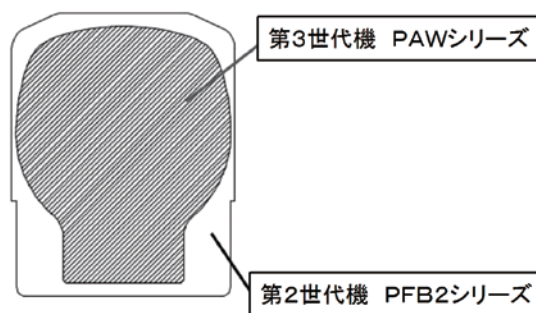


Fig. 14 胴体部断面比較



Fig. 12 PAWシリーズ外観

アームの表面をアルマイト処理、梨地とすることにより柔らかいイメージを表現した。

4-2 組み合わせ組立工程の簡略化、メンテナンス性の向上

PAWシリーズより、パワフルアームユニット、回転ユニット、スカラアームユニット、回転ロックユニットの各ユニットをモジュール化した。

これにより、各ユニットを下から4本のボルトで締結しながら積み上げていくことで、簡単に組み合わせ製品を完成させることができる(Fig. 15)。

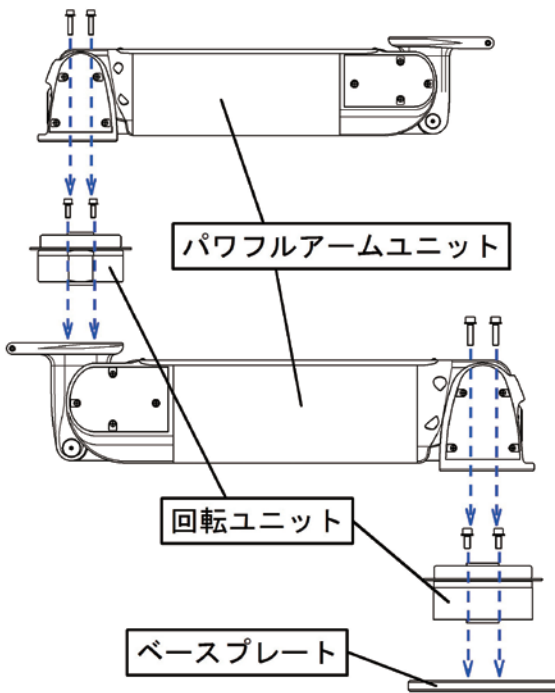


Fig. 15 各ユニットのモジュール化

分解時には、逆に上から順番に分解することができるので、ユーザ、セットメカ、システムインテグレータでのメンテナンス性も向上した。

4-3 動力(エア、電力)ダウン時の位置保持

PFB2シリーズでも採用されていた内蔵ブロックバルブによる落下防止機構はそのままに、新しくノーマルクローズタイプの回転ロックユニットを採用した (Fig. 16)。回転ロックユニットのベースとなったのは、当社で製造・販売しているリニアガイドロック「LMLシリーズ」(Fig. 17)である。

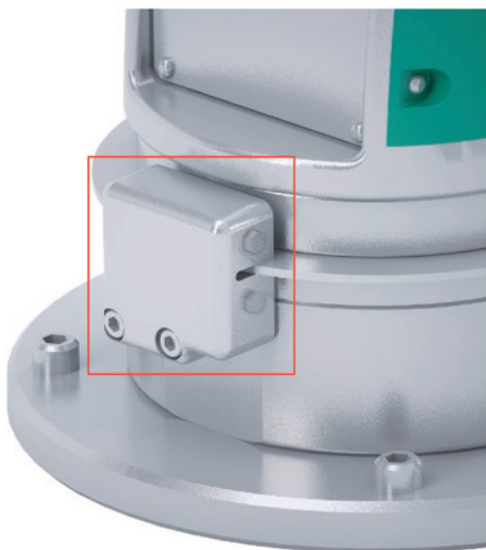


Fig. 16 回転ロックユニット



Fig. 17 リニアガイドロック LMLシリーズ

LMLシリーズはリニアガイドのレールを保持するためのロックユニットである。信頼性のある基本構造はそのままに、回転ユニットのロック用ディスクを挟み込んで保持できるように変更して製作した。

第2世代機 PFB2シリーズで採用していた回転ロックは、エアを加圧した時にロックがかかる「ノーマルオープンタイプ」であった。動力(エア、電力)ダウン時には内蔵ブロックバルブにより上下方向(落下方向)へのロックは働くのだが、回転方向へのロックが働かなくなるため周囲の人や設備への接触の恐れがあった。

PAWシリーズでは、エアを排気した時にロックがかかる「ノーマルクローズタイプ」のため、動力(エア、電力)ダウン時に上下方向、回転方向共に位置保持が可能となり、フェイルセーフを実現できた。

また大きさも1/6となり、外側への張り出しを大きく減少させることができた (Fig. 18)。

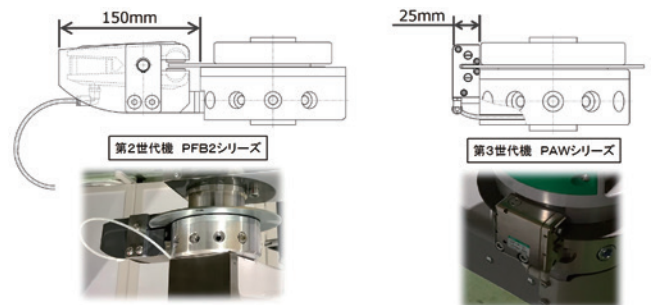


Fig. 18 回転ロックユニットの大きさ比較

4-4 操作力の低減

人が操作する助力装置であれば、操作力は軽い方が良い。連続的に操作していると疲労が蓄積してくるからである。

操作力とは装置各部の抵抗を積み上げたものであるが、その中でも内蔵している空気圧シリンダの摺動抵抗に着目した。第1世代機、第2世代機では当社の独自技術を使用し、低摺動の空気圧シリンダを製作して操作力を低下させていた。

PAWシリーズでは、パッキン、グリスの摺動設計を見直すことで、さらに摺動抵抗を減らすことに成功し

操作力を低下させた。

第2世代機PFB2シリーズとの圧力に対する操作力の比較グラフをFig. 19に示す。

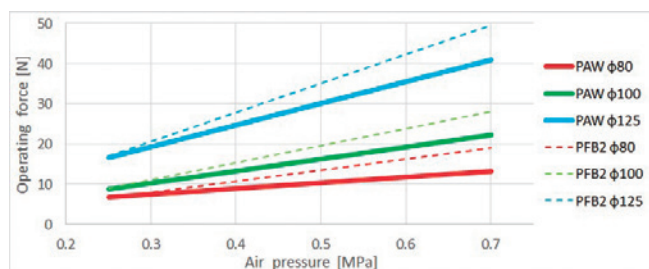


Fig. 19 操作力の比較

4-5 CEマーキング適合

CEマーキングは、EUで販売される製品がEUの基準に適合していることを表示するマークである。その製品が分野別のEU指令や規則に定められる必須要求事項に適合したことを示すもので、「PAWシリーズ」ではCEマーキング 機械指令2006 / 42 /EC EN 14238:2004+A1:2009に適合させた。開発時より安全性、環境性能に注視して設計を行ったのだが、その一部を紹介する。

第2世代機 PFB2シリーズは内部の空気圧シリンダや4節リンク他の構造物全体を板金カバーで覆う構造であったため隙間が少ない設計ではあったが、人体の挟み込みが発生する可能性を残す構造であった。

PAWシリーズでは、上下動作(アーム角度変化)におけるどの状態においても、すべての隙間を指先が入り込まない5mm以下、もしくは指先が入っても挟まらない12.5mm以上になるよう、安全が確保できる設計(Fig. 20)を行った(一部の構造において特許出願中)。

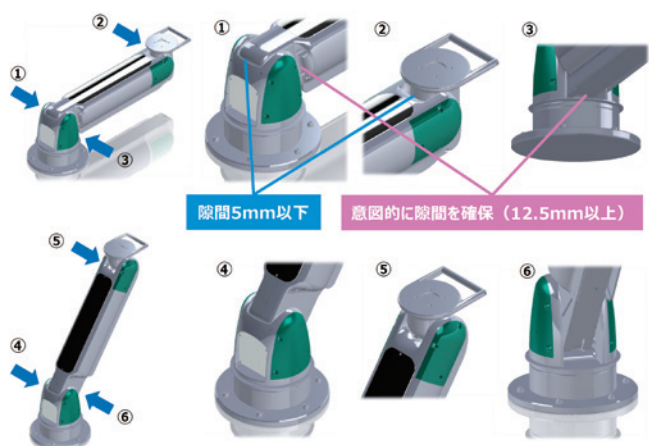


Fig. 20 PAWシリーズの安全設計

5 おわりに

PAWシリーズは愛着を持って長年使用して欲しいという思いを含め、威圧感や圧迫感を感じさせない丸

みを帯びた形状を採用し、CEマーキングにも適合させ安全性も向上した。また、分解や調整が簡単にできるようにしてメンテナンス性も大幅に向上させた。

今後も、女性・シニアが活躍できる職場づくりや、単独や複数人で行う重作業の負担低減や小人化に貢献が可能なHA(ヒューマン・アシスト)商品を開発していく所存である。

※1 厚生労働省:業務上疾病発生状況等調査(平成30年)

※2 特開2010-76089関節駆動装置及び多関節アーム装置
特許権者:日産自動車(株)、国立大学法人東京工業大学

この製品は「2019年“超”モノづくり部品大賞の機械・ロボット部品賞」と「2019年度グッドデザイン賞」を受賞しました。



執筆者プロフィール



若杉 諭 Satoshi Wakasugi
コンポーネント本部
FAシステムBU HA事業開発部
HA Business Development Department
FA System Business Unit
Components Business Division



稲山 公憲 Kiminori Inayama
コンポーネント本部
FAシステムBU HA事業開発部
HA Business Development Department
FA System Business Unit
Components Business Division



松本 成隆 Shigetaka Matsumoto
コンポーネント本部
FAシステムBU HA事業開発部
HA Business Development Department
FA System Business Unit
Components Business Division



ウォーターハンマ低減技術

Water Hammer Reduction Technology

大杉 滋 Shigeru Ohsugi

当社はこれまで半導体・液晶製造装置向けに薬液用のエアオペレート式バルブを開発し、販売してきた。当社の薬液用バルブは主に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。

装置には薬液用バルブだけではなく純水用バルブも多数必要となる。当社においては薬液用バルブで培われた技術を基に純水用バルブも開発している。

純水の使用量は非常に多く、大流量のバルブが必要となるがこれに伴いウォーターハンマが発生しやすくなる。開発着手時は市場でウォーターハンマによる配管破損のトラブルが頻発している情報を得ていた。

本稿では純水用バルブの開発におけるウォーターハンマ低減技術を紹介する。

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

In addition to chemical liquid valves, the equipment also requires a large number of pure water valves. Utilizing the technology accumulated in the development of chemical liquid valves, CKD has also been developing pure water valves.

Since the amount of pure water used is very large, valves for large flow rate are required; however, using these valves causes water hammer to occur easily. By the time we began the development of pure water valves, we had information from the market that there were frequent occurrences of piping damage due to water hammer.

This paper describes the water hammer reduction technology adopted in the development of pure water valves.

1 はじめに

ウォーターハンマは液体の流れを止めるバルブにおいて避けられない現象であり設計時に考慮しなければならない重要なポイントとなる。ウォーターハンマによるダイアフラム、ボディの破損だけではなく配管振動やレギュレータのバイブレーションの要因となることもある。

純水用バルブ(AMD□1L)の開発にあたっては純水を流す塩ビ配管においてウォーターハンマによる配管破損が市場で頻発していることに着目して「ウォーターハンマ低減バルブ」と銘打ち市場に投入した。

ここにウォーターハンマを低減するための設計技術を紹介する。

2 ウォーターハンマの理論式

例えばいま管の断面積A、管長Lの管内を速度V1の水が流れておりこれが時間Tだけかかって速度V2になり圧力上昇 ΔP が生じたと考える。このV1からV2に変わる運動量(質量×加速度)が全て ΔP に変換されたとすると次の関係式で表される。(ρ:流体の密度)

$$\Delta P \cdot A = (\rho \cdot A \cdot L) [(V1 - V2) / T] \quad (1)$$

右辺第1項は管長Lにおける流体質量、第2項は加速度(減速度)である。

Tが0に近づく、すなわちバルブを瞬間的に閉じると右辺は無限大に近づき過大なウォーターハンマが発生することになる。また、管長Lが増すと運動している物の質量が増しウォーターハンマが増すことになる。

尚、(1)式はあくまで関係式であり数値を代入しても ΔP の真値は求められない。これは運動量が全て ΔP に変換されるという想定のものであり、現実には圧力による管の変形、振動、流体と管壁との摩擦などにも変換されているからである。

本項の理論式を用いて過去のウォーターハンマのテストデータを解析した結果を4項に示す。

3 ウォーターハンマ低減設計の解説

(1)の理論式より流速の減速度すなわちバルブの開動作スピードを抑えることによりウォーターハンマを低減できることがわかる。「ウォーターハンマ低減バルブ」AMD□1Lにおいては、この点において下記の工夫をしている。

- (1) 操作ポートに微小オリフィスを設け排気を絞ることにより開動作スピードを抑える。
- (2) ダイアフラムの受圧面積を小さくすることにより(1)の動きを安定させている。
- (3) 口径の大きいAMD61L~81Lにおいてはダイアフラムの弁シート部分に凸部を設け弁が開

じる直前に減速度を抑えている。
次に(1)~(3)の各々について解説する。

3-1 操作ポートオリフィスについて

単純にオリフィスを小さくすればするほど操作エアの排気が絞られ閉動作スピードは遅くなる。しかしながらオリフィスを小さくしすぎると操作エア中の異物がオリフィスに詰まる危険があるため当製品ではフィルタを施し異物から保護している。

オリフィスの絞り具合で閉動作スピードがどの程度遅くなるかは有効断面積Sとタンク容量V、放出時間tとの関係式を用いて推察できる。

$$S = 12.1 \cdot V / t \cdot \log_{10}[(Ps + 0.100) / (P + 0.100)] \cdot \sqrt{(293 + T)} \quad (2)$$

S:有効断面積(mm²) V:空気タンク容量(dm³) t:放出時間(sec)

Ps:放出前タンク内圧力(MPa) P:放出後タンク内圧力(MPa) T:絶対温度(K)

(2)式から導き出した操作エアの排出時間はFig. 1のようになり、バルブの閉動作として動き出す圧力P₁(NCスプリング動作荷重/ピストン受圧面積)と閉動作が終了する圧力P₂(セット荷重/ピストン受圧面積)をFig. 1上にプロットすることにより実際に動いている時間(動作時間)を求めることができる。

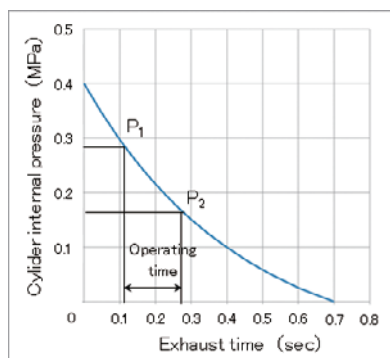


Fig. 1 操作エア排気時間

3-2 ダイアフラムの受圧面積について

従来のダイアフラムバルブをFig. 2に示す。ダイアフラム膜はバルブ2次側の圧力を受けることになり、この力は閉動作に対する抵抗力となる。バルブの開状態では2次側の圧力は高くダイアフラム受圧面積が大きければ抵抗力も大きい。しかしバルブが閉じる直前では流量が絞られ圧力が急激に低下するため抵抗力が急激に減り弁閉スピードが急激に増してしまう。

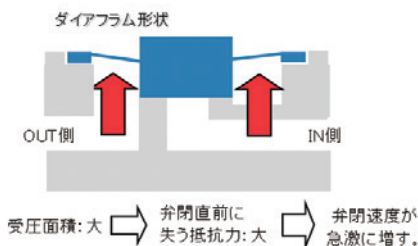


Fig. 2 従来のダイアフラムバルブ

ウォーターハンマ低減バルブをFig. 3に示す。ダイアフラム膜の内径をバルブオリフィスより内側に設けることにより受圧面積は小さくなっている。従って抵抗力自体が小さくなるため弁閉直前の急激な低下が無くなり安定したスピードで閉動作できる。

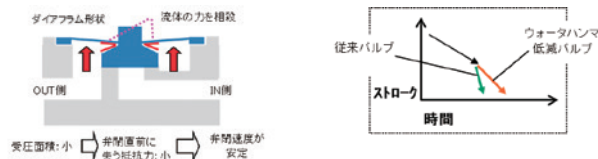


Fig. 3 ウォータハンマ低減バルブ

3-3 ダイアフラムの弁シート凸部について

口径の大きいタイプにおいてはFig. 4に示すようにダイアフラムの弁シート部分に凸部を設けている。これにより弁が閉じる直前の流路面積の減少が緩やかになり減速度を抑えることができる。しかし凸部を設けるにあたっては弁開状態においてバルブの流量性能が満足できるかを考慮する必要がある。

従ってこの設計はストロークの大きい大口径のバルブに有効である。

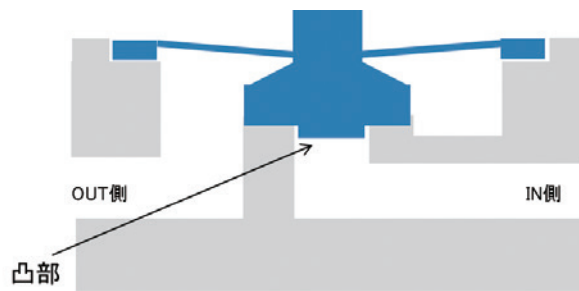


Fig. 4 大口径ウォータハンマ低減バルブ

4 ウォータハンマデータの解析

(1)の理論式を用いて過去のウォーターハンマのテストデータを解析する。

(1)式はウォーターハンマの運動量が全て圧力に変換されるという前提になっているが、現実的に即して考えると流体と管壁との摩擦や配管の振動、ふくらみにも変換されている。よって圧力に変換されている割合を考慮して実効率の係数kが必要であると考えられるようになる。

$$\Delta P \cdot A = k \cdot (\rho \cdot A \cdot L) [(V1 - V2) / T] \quad (3)$$

(3)式の(ρ・A・L) [(V1-V2)/T]の部分でウォーターハンマ指数とし過去のウォーターハンマ測定時のウォーターハンマ指数を算出する。これに対するウォーターハンマ値との関係を見る。この時の試験サンプル、配管長さ、材質の条件をTable 1に示す。また測定回路をFig. 5に示す。

Table 1 測定条件

試験サンプル	配管長さ2次側	配管材
製品A	長さ1	鋼管
製品B	長さ2	PFA
製品C	長さ3	塩ビ
製品D	長さ4	
製品E		
製品F		
製品G		

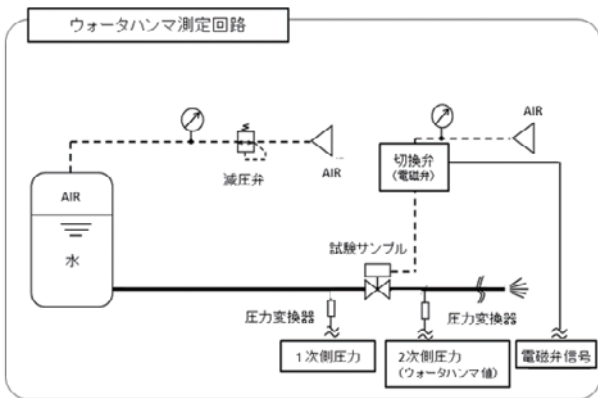


Fig. 5 測定回路

配管材を鋼管とした時のウォーターハンマ指数に対するウォーターハンマ値の関係を表したグラフをFig. 6に示す。またこれにPFAと塩ビを加えた全体のグラフをFig. 7に示す。

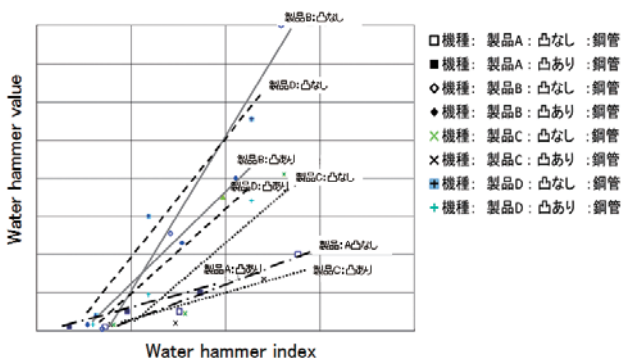


Fig. 6 ウォータハンマ値（鋼管）

Fig. 6より理論通りウォーターハンマ値は質量(配管径・長さ)と減速度に比例している。

また直線の傾きが実効率kとなるが、凸形状品のkが小さくウォーターハンマを下げることに寄与していることがわかる。

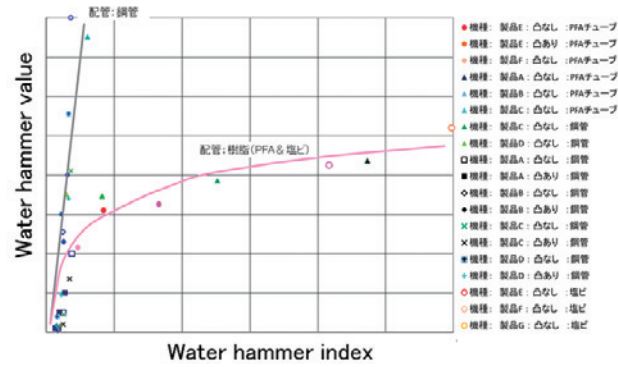


Fig. 7 ウォータハンマ値（全体）

Fig. 7よりPFA、塩ビなどの樹脂配管はウォーターハンマ値が高くなると比例せずに飽和してくる。これは運動量がかなりの割合で配管の振動、ふくらみに変換されていると考える。

5 おわりに

製造装置において機器の破損要因だけでなくパーティクルレスの観点からもウォーターハンマ低減のニーズは更に高まっていくと思われる。この市場の要求に対し本設計技術は非常に有意である。本技術を他のエアオペレートバルブにも展開、進歩させ更にお客様に満足いただける商品を開発していく。

執筆者プロフィール



大杉 滋 Shigeru Ohsugi
 コンポーネント本部
 ファインシステムBU 第1技術部
 Engineering Department No. 1
 Ultra High Purity Products Business Unit
 Components Business Division

PTP包装機における充填シミュレーション技術

Feeding Simulation System for Blister Packaging Machine

外山 智也 Tomoya Toyama

錠剤やカプセルに代表される経口固形製剤を包装するPTP包装の中でも「充填技術」はコア技術の1つであり、「充填技術」の向上がPTP包装の完成度を上げるといっても過言ではない。しかし、従来の2次元図面による検討では、充填時における錠剤の挙動を経験や理屈を元に行っているが、実際の挙動とは一致せず、充填がうまくいかない場合が少なからずある。その都度、試行錯誤をしながら充填部品の再製作をし、解決してきた。

そこで、独自に3次元モデルを駆使した検討が可能となる充填シミュレーションシステムの構築に取り組んだ。本稿では、当社が採用している充填方式を紹介するとともに、充填シミュレーションの実例を紹介する。

For blister packaging machines to pack oral solid dosage forms such as tablets and capsules, “feeding technology” is one of the core technologies.

It is not too much to say that improvement of “feeding technology” can increase degree of completion of blister packaging machines, however, technical evaluations for feeding have been done based on conventional two dimensional drawings to presume how tablet would behave during feeding according to our experience and logic.

There have not been a few cases in which actual tablet behavior does not match our presumption, and consequently actual feeding is not done well.

Every time they happen, we have solved such issues by trial & error and reproduction of feeding parts.

Considering the above situation, we have tackled building simulation system for tablet feeding, which enables us to evaluate by making full use of 3D model.

In this article we like to introduce our simulation system for tablet feeding and actual simulation examples.

1 はじめに

PTP包装の包装工程において、錠剤やカプセルを充填する技術はコア技術の1つである。

高能力化が求められてきた近年において、様々な形状や特性が存在する錠剤を安定して毎分MAX6000錠(当社FBP-600E機10錠シート時)という速度で充填するためには、「どのような方式」で「どのような条件」とするかを十分検討する必要がある。以下に3次元モデルによる充填シミュレーションシステム(以下、本システムと呼ぶ)の実例について説明する。

2 PTPと錠剤形状について

PTP(Press Through Package)とは押し出して取り出す包装形態のことであり、樹脂フィルムをポケット形状に変形させ、被包装物を充填し蓋側となるフィルムでシールしたブリスタ包装の1つである(Fig. 1)。PTP包装で充填される錠剤形状の種類はFig. 2に示す物に大きく分けられる。(分類名は様々あるが、当社ではFig. 2の名称で呼んでいる。)



Fig. 1 PTP 包装例

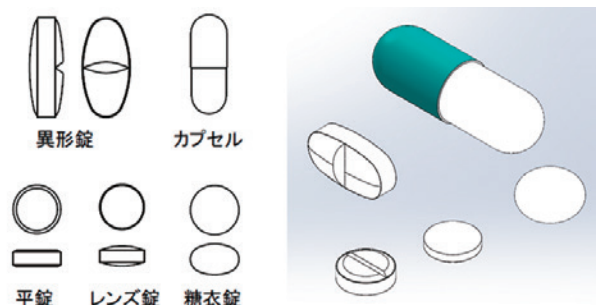


Fig. 2 錠剤形状の種類

3 充填工程について

錠剤がポケットへ充填されるまでの供給工程をFig. 3に示す。①ホッパに溜められた錠剤は②-1直進フィー

ダシュートから④スプリングシュートまでの各工程を搬送され、⑤充填シュート部を通過して、ポケットに1錠ずつ挿入し充填される。

本システムでは、ポケットに1錠ずつ挿入する際の錠剤挙動に適用している(Fig. 4)。

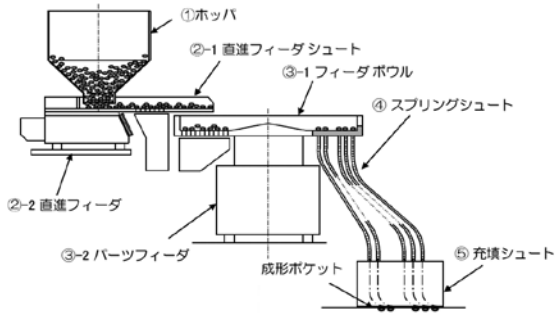


Fig. 3 充填工程の概略図

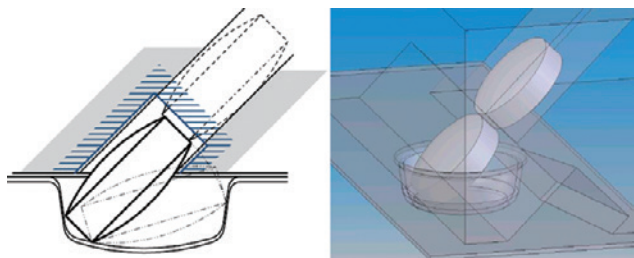


Fig. 4 ポケットへの充填例

4 充填シミュレーションシステムの構築と導入について

先にも述べたとおり、従来は2次元図面に錠剤挙動を作図し決定してきた。しかし、2次元の作図では実際の錠剤挙動を捉えきくことは困難であり、またポケットが搬送される「時間」や挙動時に発生する摩擦抵抗といった「力」の要素を盛り込むことも難しく、そのため経験を元に決定してきた。

本システムでは、3次元モデルを活用して、時間や力といった要素を盛り込んで検討ができるようなシステムを構築した。

5 充填方式と充填シミュレーションの実例

充填条件によって様々な充填方式を有しており、本稿では、シュート内の錠剤の整列姿勢の違いによる「縦積み」シュート充填方式(以下、縦積み方式と呼ぶ)(Fig. 5)と「横積み」シュート充填方式(以下、横積み方式と呼ぶ)(Fig. 6)について充填シミュレーションの実例とともに述べる。

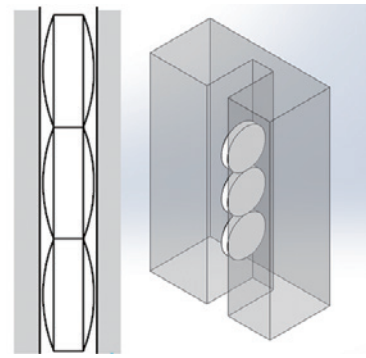


Fig. 5 縦積み方式の錠剤姿勢

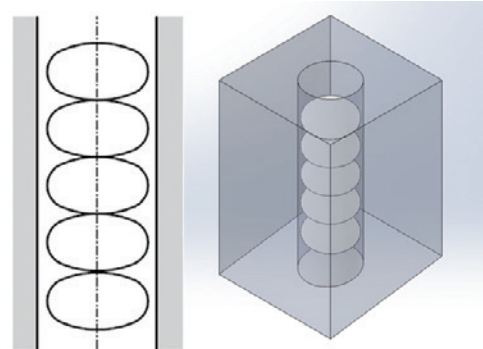


Fig. 6 横積み方式の錠剤姿勢

5-1 縦積み方式と2次元での検討について

縦積み方式は、平錠やレンズ錠といった、シュート内で縦積み可能な錠剤に最も多く採用している。錠剤の通る溝形状はポケットへの挿入時、錠剤がポケット内に倒れやすくなるようにカーブ形状としている(Fig. 7)。

ポケットへの挿入工程における錠剤挙動を2次元で検討したものがFig. 8である。

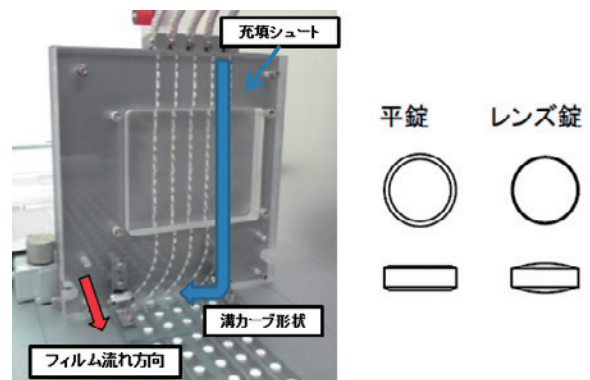


Fig. 7 縦積み方式

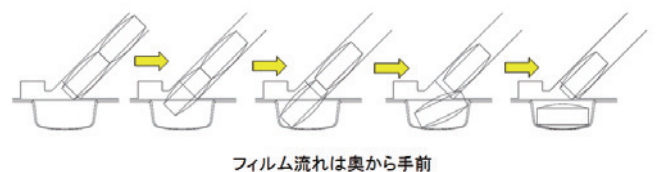


Fig. 8 縦積み方式の2次元検討図

5-2 縦積み方式の充填シミュレーションについて

2次元検討では、ポケットが搬送される「時間」や摩擦抵抗といった「力」が盛り込まれていない。本システムを使用することで、ポケット搬送速度(時間)を変えると錠剤挙動がどのように変化するか検証を行った。シミュレーション条件は下記とした。

<条件1>ポケット搬送速度:12m/minの場合

<条件2>ポケット搬送速度:16m/minの場合

<条件1>の充填シミュレーション結果をFig. 9に示す。

錠剤の挙動は成形ポケットに斜めに落下し、成形ポケットがシュート下を通過するまで斜めの状態を維持し、シュート下を抜けた後に倒れて成形ポケットに収まる状態が確認できた。これは、2次元図面の検討と近い結果である。

<条件2>の充填シミュレーション結果をFig. 10に示す。

錠剤の挙動は成形ポケットへ錠剤が落下しきらずに、成形ポケットがシュート下を通過してしまい、錠剤がシュート出口と成形ポケットの間で挟まれて、成形ポケットに入らない(欠錠)状態が確認できた。

以上より、2次元図面では検討ができなかったポケット搬送速度(時間)の違いによる錠剤の挙動を3次元で検討し、確認することが可能となった。

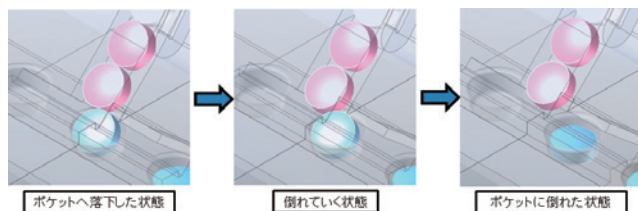


Fig. 9 錠剤の挙動<条件1>

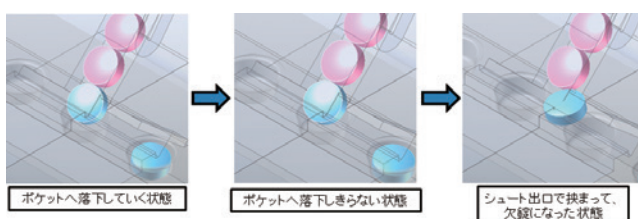


Fig. 10 錠剤の挙動<条件2>

5-3 横積み方式と2次元での検討について

横積み方式は主に糖衣錠を充填する際に採用している。また、レンズ錠においても製造上錠剤厚み寸法のバラツキが大きいものは横積みシュート充填を採用している。この理由として、厚み寸法が小さな錠剤が傾いた際、Fig. 11のようにスキマに入り込み詰まってしまう場合があるためである。シュート角度はポケットへの挿入時、錠剤がポケット内に落下しやすくなるようポケットに対し、傾いている。

また、シュートを奥、手前方向にずらすことで、錠剤がポケットに落下する挙動が変わるが、2次元検討では、錠剤の傾き方の検討が困難である(Fig. 12)。縦積み同様、ポケットへの挿入工程における錠剤挙動を2次元で検討したものがFig. 13である。

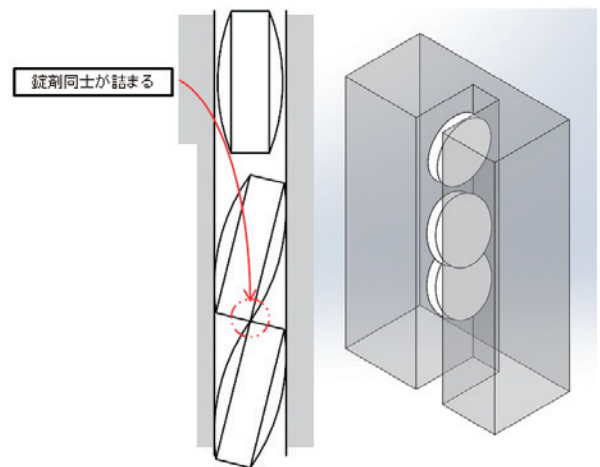


Fig. 11 縦積み方式の錠剤詰まり

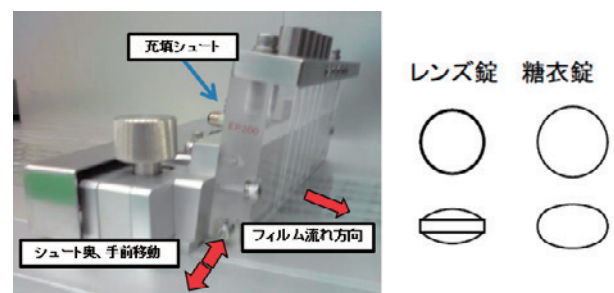


Fig. 12 横積み方式

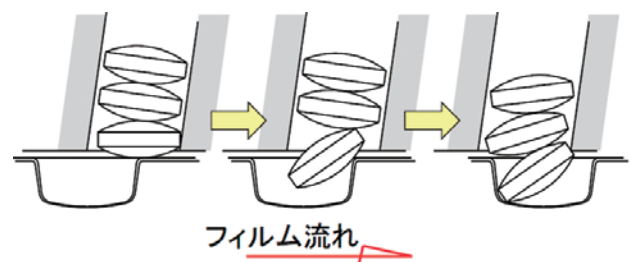


Fig. 13 横積み方式の2次元検討図

5-4 横積み方式の充填シミュレーションについて

2次元検討では、3次元的な錠剤挙動の表現が困難である。本システムを使用することで、シュートをポケットに対して奥にずらすと錠剤挙動がどのように変化するか検証を行った。シミュレーション条件は下記とした。

<条件1>シュート位置:ポケット中心と同じ場合

<条件2>シュート位置:ポケット中心から奥側に0.7mmずらした場合

<条件1>の充填シミュレーション結果をFig. 14に示す。

錠剤の挙動は傾きながら落下し、傾いた姿勢のままシュート出口と成形ポケットの間に挟まれる状態が確認できた。これは、2次元図面の検討と近い結果である。

<条件2>の充填シミュレーション結果をFig. 15に示す。

錠剤の挙動は傾きながら落下するが、傾き量は<条件1>より小さく、シュート出口と成形ポケットに挟まれることなくポケットに収まり、2錠目の錠剤が乗り越える状態が確認できた。

以上より、2次元図面では検討ができなかったシュート位置の違いによる錠剤の挙動を3次元で検討することが可能となった。

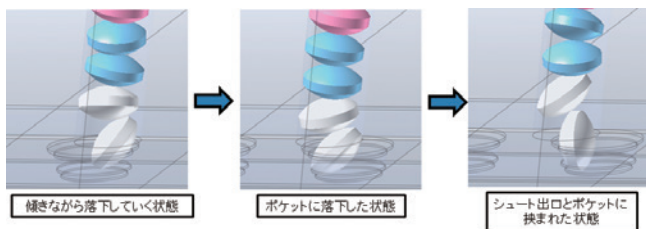


Fig. 14 錠剤の挙動<条件1>

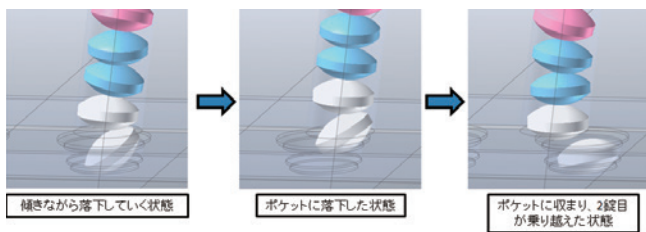


Fig. 15 錠剤の挙動<条件2>

6 おわりに

本稿で紹介した充填シミュレーションシステムの実例はほんの一部である。今後は、充填シュート部のみならず、フィーダボウル内の錠剤の挙動をシミュレーションできるようなシステムを構築し、「充填技術」の向上を目指していく所存である。

執筆者プロフィール



外山 智也 Tomoya Toyama

自動機械事業本部

技術開発統括部 第1技術開発部

Engineering and Development Department No. 1

Automatic Machinery Business Division



食品包装機における新包装形態「Vパック」

“V PAK”, the New Style of Packaging in Food Packaging Machines

渡邊 聡 Satoshi Watanabe

日本は急速に高齢化が進み、個食化要求も高まってきている。また世界中で食品ロスが大きな問題となっている。このような社会背景で求められる食品形態は、使い切りの包装形態である。当社が長年培ってきたブリスタ包装は、このような社会的要求に合致した包装形態と言える。

2017年に「Vパック」を発売開始した。これは従来のブリスタ包装に、ユニバーサルデザインとしての付加価値を加えたものである。手を汚すことなく片手で開封でき、使い切ることを実現している。このVパックの特長や機械について紹介する。

Japan is heading for the aging society very rapidly, and individual meal is demanding.

Food loss has become one of the serious issues globally.

Under these social background, desired form of food is the package for one time usage amount.

Blister packaging technology CKD have been accumulated for many years is the packaging style matching recent social need like this.

In 2017 CKD officially launched “V PAK” in the market.

This is the package in which additional value of universal design is added to conventional blister package, realizing easy opening by one hand and without getting your fingers sticky and consuming its content all up at one time.

In this article we like to introduce features and machine for “V PAK”.

1 はじめに

平成29年内閣府が発表した高齢社会白書では2016年度の65歳以上の人口比率は27.3%を占めており、2065年度には人口比率の38.4%を占めるとされており、益々高齢化が進むと推測されている。これらの社会背景より今後の日本食文化は、ユニバーサルデザインでありかつ個食対応が求められることは間違いない。当社が長年培ってきたブリスタ包装は、このような社会背景に合致した包装形態である。

この度、当社のブリスタ包装技術を活かし、市場ニーズであるユニバーサルデザインという付加価値を加えたワンハンドオープンブリスタ包装体「Vパック」を2017年に発売開始した(Fig. 1)。

この「Vパック」は株式会社開伸が発明した包装体における独占販売権を取得し、包材メーカーを含め共同で製品化した新包装形態である。片手で手を汚すことなく開封でき、内容物を使い切ることを実現している。目の不自由な方でも開口方法が分かりやすいデザインとなっている。他社にて類似の包装体が販売されているが、これとは異なる数々の優位性(特に熱殺菌が可能)を有している。

本稿では、このVパックの特長やVパックを製造する機械について紹介する。



Fig. 1 Vパック外観

2 Vパックの概要

Vパックは上蓋中央に開口機能を有した硬質複合材と、深絞り成形された軟質複合材で構成されている。

これを開口部分を下に向け片手でV字型に折り曲げ、中身を搾り出す包装形態である(Fig. 2)。ワンハンドで容易に開封でき、高粘体の中身も全て出し切ることができる。



Fig. 2 Vパック開封方法

Vパックの容量は、必要量に応じた使い切りサイズで、小サイズは～5ml、中サイズは～15ml、大サイズは～40mlの3種類を用意している。そして各包装体を繋げた連包体の形態を想定している(Fig. 3)。

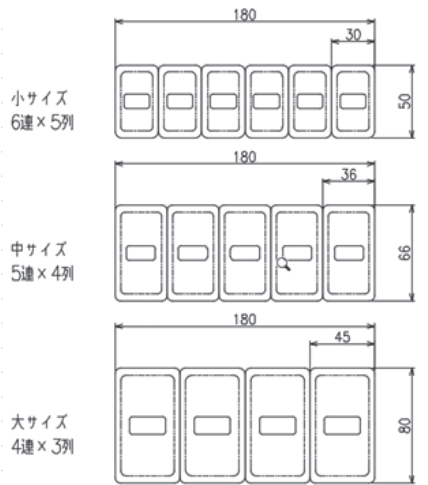


Fig. 3 Vバックサイズ

機械はプリスタ包装機CFF-360Eを使用する(Fig. 4)。最大生産能力は、小サイズの場合6連×5列×20shot/分の毎分600個、中サイズの場合5連×4列×20shot/分の毎分400個、大サイズの場合4連×3列×20shot/分の毎分240個である。

生産工程は容器フィルムを加熱成形し、中身を充填し、上蓋とシール・トリミングするインライン一貫工程で生産を行う(Fig. 5)。

上蓋は予めV加工(開口スリット、折り曲げ罫線、AL(アルミ)箔封止の加工)されたものを使用する(Fig. 6)。上蓋中央には中身を出す開口スリットが貫通しており、その上部をAL箔で封止している。その両側にはV字型に折りやすくするため、罫線を入れている。下材は中身をスクイズ(搾り出すこと)し易いように、軟質フィルムを使用し、2山ポケットを成形する。



Fig. 4 CFF-360E 外観

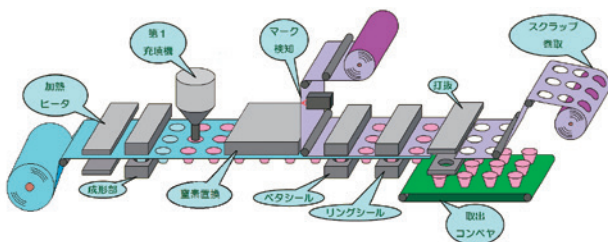


Fig. 5 プリスタ工程

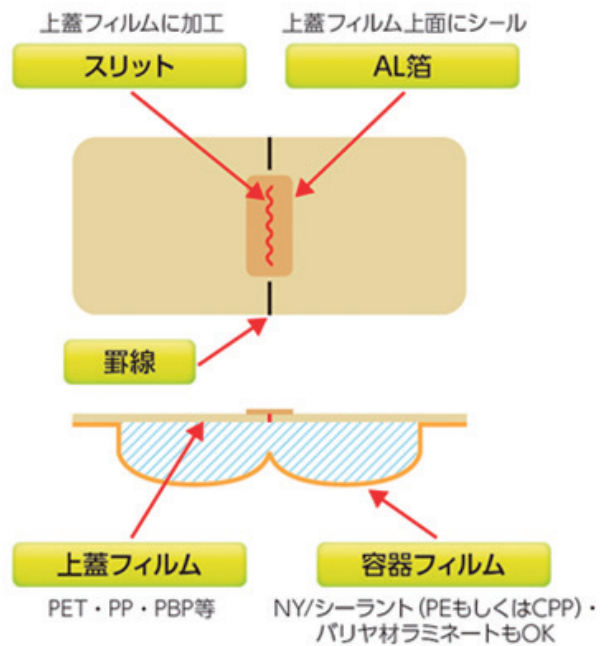


Fig. 6 Vバック構成図

内容物は、低粘体から高粘体の液体や、胡麻程度の固形物入りにも対応可能である。またポケットをそれぞれ分離すれば2液入りも可能である。例えば、餃子のタレとラー油を想定すると、それぞれの好みによって使い分けられるよう、ポケットを二つに分け、必要に応じて1液/2液を出し分けることが可能である。開口部スリット形状は、中身を充填し開封テストを行い決定する。中身の粘度に応じて、開口時に絞り出し易い形状を準備している。開口スリット形状を選択することで、中身入りのソースや固形物入りソースにも対応する(Fig. 7)。

中身	開口部スリット形状
醤油・カラシ・ オリーブオイル濃縮液	
マヨネーズ・ケチャップ 粒入りマスタード	
2液 ケチャップ+マスタード 醤油+わさび 焼肉のタレ+コチジャン	
固形物入りドレッシング パスタソース	

Fig. 7 Vバック開口スリット形状

3 Vパックの特徴

この「Vパック」の特徴を、当社のブリスタ包装機と比較しながら挙げる。

①手を汚さず片手で開封できる

ブリスタ包装体は片手で容器を支えて、もう片方の手で蓋材をめくことで開封する。このとき内容物をこぼさないよう注意して開封する必要があるが、Vパックは片手で開口部分を下向きにして内容物を絞り出すため、手を汚す心配がない。

これは他の包装形態である袋包装などの包装形態でも手を汚すおそれがあり、Vパックの大きな特長といえる。

②中身を容易に使い切ることが可能

ブリスタ包装で特に内容物の粘度が大きい場合、中身が最後まで出ない可能性が高い。Vパックはスクイズして、内容物を最後まで使い切ることができる。

さらに従来の他社類似品と比較し、

③熱殺菌(レトルト殺菌)が可能

まずレトルト殺菌について説明する。食品の賞味期限は菌や酸素・光・水分によって影響を受けるため、これらの影響をいかに小さくするかが重要である(Fig. 8)。菌の繁殖する条件は温度・水分・栄養であり、Vパックの想定している内容物は、水分活性が高く中性で糖などの栄養があるため菌が繁殖しやすい。この菌の繁殖を抑える方法に、包装後の熱殺菌が挙げられる。熱殺菌方法も食品及び流通方法により異なり、加熱温度100℃以下のボイル殺菌と100℃以上のレトルト殺菌に大別される。このレトルト殺菌は、食品内に耐熱性の高い菌に対しても殺菌できる方法で、一般的な殺菌条件は加熱温度120℃×30分以上といわれている。

また酸素・光・水分に対しては、一般的には各分子を遮断できるバリア機能を包材にラミネートし、これらを抑制する(Table 1)。

以上の対応を行うことで、レトルト食品は常温で1年以上の賞味期限を確保することができる。

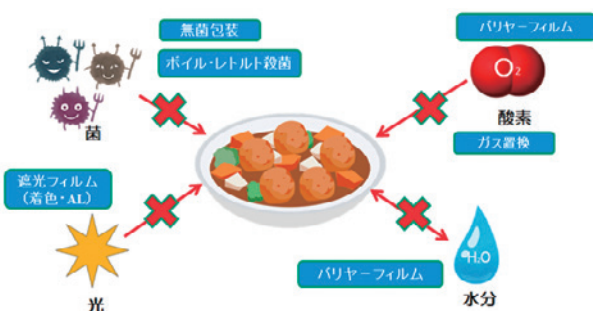


Fig. 8 食品の腐敗や変敗の原因

Table 1 各種バリア材の特徴

	透明バリア				不透明バリア		
	EVOH	PVA	PVDC	バリアNY	透明蒸着フィルム	アルミ蒸着フィルム	アルミ箔
融解バリア性	○	○	△	△	○	△	○
水蒸気バリア性 (防湿性)	×	×	△	×	○	○	○
保管性	○	○	△	×	○	○	○
レトルト適正	△	×	○	△	○	×	○
電子レンジ適正	○	○	○	○	○	×	×

4 CFF-360E Vパック対応機の紹介

ここからは、Vパックを生産する当社の機械を紹介する。

従来機からの主な違いは、加熱成形装置、シール装置、ミシン目装置の3点である。これらについて説明する。

4-1 加熱成形装置

加熱成形については、レトルト対応可否によっても分別されるが、特にレトルト対応するために、耐熱性の高い材料を間接加熱方式で加熱成形する。

従来、成形ポジション前に熱板で容器を挟み込み、容器を成形できる温度まで加熱して成形を行っている(Fig. 9)。Vパックにおいても従来方式と同様に加熱成形した結果、レトルト殺菌後に、包材が大きく収縮することが解った。成形時に応力が残ることが原因で、レトルト殺菌の熱で包材が元の形に戻ろうと収縮したと考えられる。そのため容器に応力を極力加えないよう成形する必要があった。容器は熱可塑性樹脂であり、温度を上げるほど剛性が低下し、固体から液体へ変化する融点付近にて急激に低下する。この付近まで昇温させることが有効だと考えられるが、直接加熱方式では包材が加熱板に溶着して穴あきなどが生じ、搬送することが困難となった。搬送の課題に対して加熱成形を同ポジションで行うこともできるが、この方式では機械スピードが遅くなってしまう。そこで間接加熱方式を用いて、容器を融点付近まで加熱して成形することに成功した(Fig. 10)。

次に、加熱温度が低い条件でのレトルト後の製品外観(Fig. 11)、加熱温度を融点付近まで昇温した条件でのレトルト後の製品外観を示す(Fig. 12)。図より、レトルト後の変形を抑えて加熱成形できることが解る。上蓋が厚材で容器が軟質包材を使用したワンハンドオープン形態にて熱殺菌を可能とした包装体は世界初である。

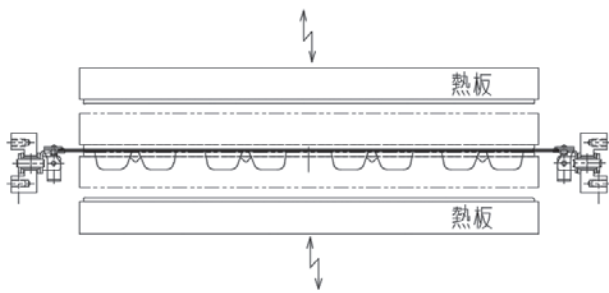


Fig. 9 直接加熱方式（レトルト非対応）

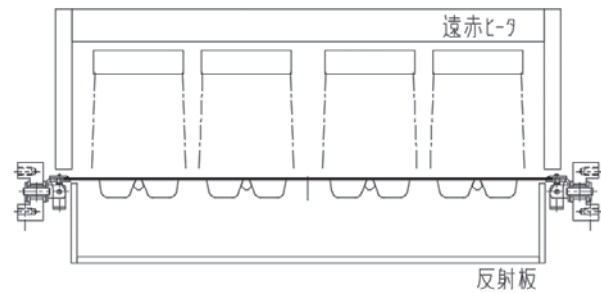


Fig. 10 間接加熱方式（レトルト対応）



Fig. 11 製品の不良品状態（レトルト後）



Fig. 12 製品の良品状態（レトルト後）

4-2 シール装置

Vパックは当社ブリスタ包装品とは異なり、上蓋はV字に折り曲げ易くするため厚く、容器はスクイズし易いよう薄い包材を採用している。そのため従来のように上から熱シールをしても十分な固着ができなかった。そこで、下から熱シールとしている。

上型と比べ、下型は内容物やフィルムカスなどで汚れが蓄積しやすく、シール不良となる可能性が高い。この不良を減らすため、網目状にシールをすることで、多少の夾雑物があってもシールできるように工夫している。またシール時に、ポケット底部を支えるように

シールすることで、内容物の影響でポケット部が変形することを抑制している。これは成形ポケットの収縮に対しても有効である(Fig. 13)。

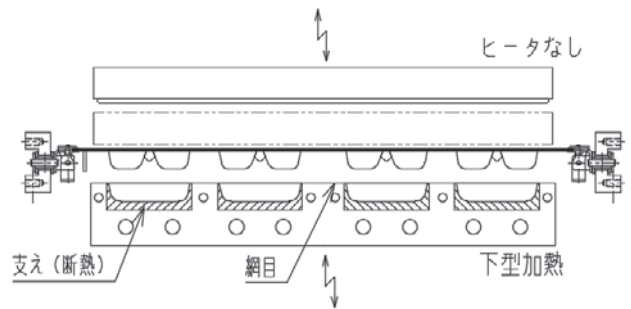
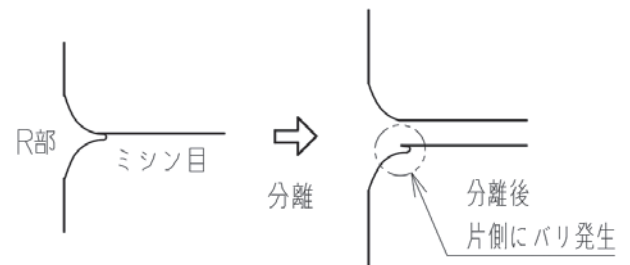


Fig. 13 シール装置

4-3 ミシン目装置

Vパックは連包体であり、各固体はミシン目状態で繋がっており、1個ずつに切り離すことができる。このミシン目部で切り離しをしたとき、手を怪我しないよう端面はR形状としている。このR形状部とミシン目を同時に形成している。

位置が合わない場合、切り離し後に鋭角になる模式図を示す(Fig. 14)。位置が合うようにミシン目とR部を同時に打抜くことで、それぞれの位置が合い、切り離したときに怪我をする危険を防いでいる。また、ミシン目部が搬送中に分離しにくく、かつ切り離し易いように、剛性と分離性を両立させるミシン目パターンとしている。



位置ズレがある場合

Fig. 14 ミシン目の説明

5 おわりに

当社のブリスタ包装に、新たな付加価値を加えたVパックを販売開始し、この機械について紹介した。まだ世の中に少ないユニバーサルデザイン包装形態であり、世界中の人々に使い易さを実感してもらい、社会に少しでも貢献できることを望んでいる。今後も食品業界全体に目を向け、ユーザの要望に応じていけるよう、更なる技術革新を進めていきたい。

執筆者プロフィール



渡邊 聡 Satoshi Watanabe

自動機械事業本部

技術開発統括部 第1技術開発部

Engineering and Development Department No. 1

Automatic Machinery Business Division



はんだ印刷検査機「VP9000」

Solder Paste Inspection Machine “VP9000”

加藤 隆治 Takaharu Kato

菊池 和義 Kazuyoshi Kikuchi

高村 健介 Kensuke Takamura

近年の実装業界では、電子部品の微細化に伴い、大型の部品から微細な部品まで、多様な基板を1台の装置で検査できることが求められる。また、同時にデザイン性も求められる傾向にあり、直線的で箱形状のデザインでは古い機械とみられ、特に欧州をはじめとしたグローバル市場に入り込めない状況に置かれていた。

こうした背景に 대응するために、多様な基板に対する検査精度と検査速度の両立を目的とした“マルチ分解能切り替え機能”、人間工学に基づいた新しいデザインを追求した“装置外観”、ユーザに必要な情報をわかりやすく表示する“GUI”を盛り込んだ新機種を開発した。

本稿では、こうして開発したはんだ印刷検査機VPシリーズの新機種「VP9000」について述べる。

Recent trends in the Surface Mount Technology (SMT) industry indicate that the demands to inspect various Printed Circuit Boards (PCBs), from large to small chips, with one inspection machine, are increasing due to the miniaturization of electric components. At the same time, customers have a tendency to place value on the machine design in addition to the machine function. Customers often think our machines are a little outdated, simply because of the linear and box-shaped design. As a result, it has become increasingly difficult to break into the global market, especially the European market.

To meet these demands, the new model, “VP9000” was developed. This model has three main features. The first feature is the “multiple inspection resolution switch” which fulfills inspection accuracy and speed of various PCBs. The second feature is the “machine exterior design” that was created with ergonomics in mind. The third feature is the “user-friendly GUI” which provides customers with the necessary information that is easier to interpret.

The following article will describe the “VP9000” in more details.

1 はじめに

VP9000では、検査機としての性能向上に加えて、デザインについてもハード(装置外観)・ソフト(GUI = Graphical User Interface)の刷新をメインテーマとして開発を進め、見た目および視認性と操作性の向上を図った。

そのため本稿ではそれらをあわせて紹介する。



Fig. 1 現行の装置外観とGUI

2 検査性能向上

2-1 検査システムの概要

VPシリーズでは、基板上を一定のエリア(視野)毎にカメラが移動と撮像を繰り返す。こうして撮像した

画像から、まず画像処理により検査対象となるはんだを抽出する。その後、位相シフト法と呼ばれる3次元計測法により高さを計測することで、はんだの印刷量を検査している。

この様に、VPシリーズでは視野単位で画像を撮像して検査を行っている(Fig. 2)。これは、基板全体の中でも実際にははんだが印刷されている範囲のみをカメラが移動することで、無駄のない検査を行うことが狙いである。

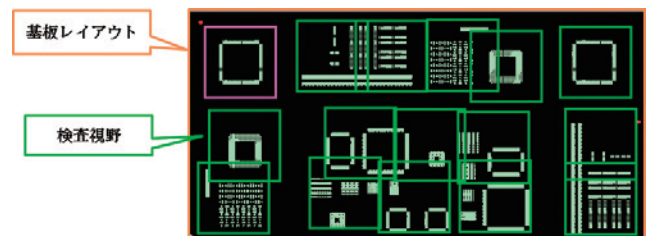


Fig. 2 視野毎の検査

2-2 分解能切り替え機能とは

VPシリーズの検査方式では、微細な対象を高精度に検査するために、カメラの水平分解能を細かくする必要があります。しかし、カメラの水平分解能を細かくした場合、1視野あたりの検査面積が小さくなるため、視野数が増加し検査速度が低下する(Fig. 3)。

水平分解能	視野割り	検査時間
25 μm		視野数：23 検査時間：10.1秒
15 μm		視野数：49 検査時間：18.3秒

Fig. 3 水平分解能と検査速度

これを解決するため、VPシリーズでは「分解能切り替え機能」を搭載している。本機能は、撮像する位置を数 μm ずらして2回撮像することで、水平分解能を疑似的に2倍に向上する機能である。微細な対象を高精度に検査できるだけでなく、任意の部品だけを高分解能化できるため、対象基板の特徴に合わせて検査速度を最適化できることを特長としている(Fig. 4)。

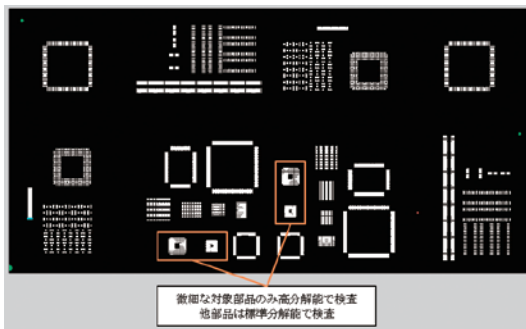


Fig. 4 分解能切り替え機能

2-3 超高分解機能

VP9000では、水平分解能を2倍へ切り替える従来の「高分解機能」に加えて、新たに3倍へ切り替える「超高分解機能」を追加した。

超高分解機能では撮像回数を5回に増やし、5枚の画像を合成することで、水平分解能を疑似的に3倍に向上させている(Fig. 5)。

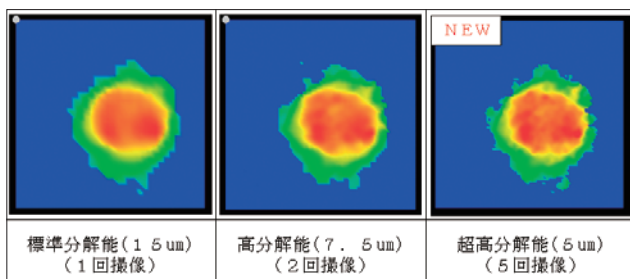


Fig. 5 超高分解機能

超高分解機能では、従来と比較すると画像枚数は5倍、合成後の画像サイズは9倍に増加する。これに比例して画像処理量が大幅に増大するため、処理時間の短縮が課題となる。

VPシリーズの検査処理には、大きく分けて「カメラの移動と撮像、2次元処理、3次元処理」の3つの処理が存在する。超高分解機能では、特に時間のかかる3次元検査処理の一部を、カメラの移動や撮像中に並列に処理し、最後に5枚の処理結果を合成することで、処理時間を最小限に抑えた(Fig. 6)。

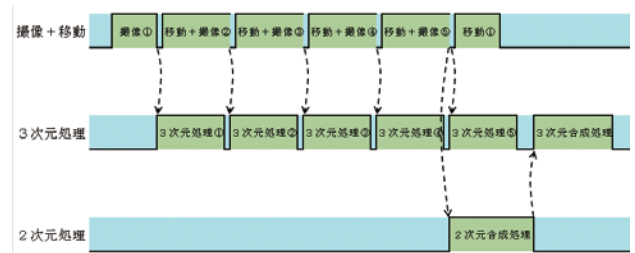


Fig. 6 超高分解機能の並列処理

2-4 検査速度比較

分解能切り替え機能を利用した検査速度の最適化については前述の通りであるが(2.2節)、さらに超高分解機能を活用した場合の検査速度の比較結果を示す(Fig. 7)。

大きいサイズは $\square 1\text{mm}$ 以上、小さいサイズは $\square 250\mu\text{m}$ まで、大小様々な検査対象を含む基板を対象として、マルチ分解能切り替え機能を使用して最適な速度で検査することで、検査速度を約40%短縮できる。

条件	視野割り	検査時間
全視野 分解能15 μm (視野数49)		18.3秒
マルチ分解能 25/12.5/8.5 μm (視野数23)		11.6秒

Fig. 7 検査速度比較

2-5 検査精度比較

これまで、カメラの水平分解能を25 μm とした場合、 $\phi 200\mu\text{m}$ の微細な対象の安定した検査は困難であった。今回、超高分解機能を追加したことで、これが

可能となる。このときの比較結果を示す(Fig. 8)。

φ200μmの対象を超高分解機能(3倍)で検査することで、体積の繰り返し精度が約40%改善する。

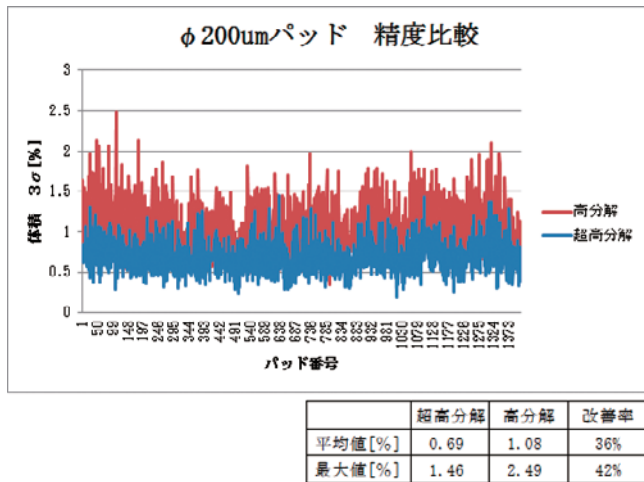


Fig. 8 検査精度比較

3 装置外観

3-1 デザインの決定

VP9000の外観デザイン開発では、グローバル進出する足掛かりとするため、社内だけでなく欧州ユーザの意見を取り入れながら次のような進め方でデザインを決定した。

Step1: デザイン案作成

この段階では生産や製作上の制約を考えずにアイデアの検討を行った。

Step2: 候補の絞り込み

社内で3案まで候補(Fig. 9)を絞り込む。

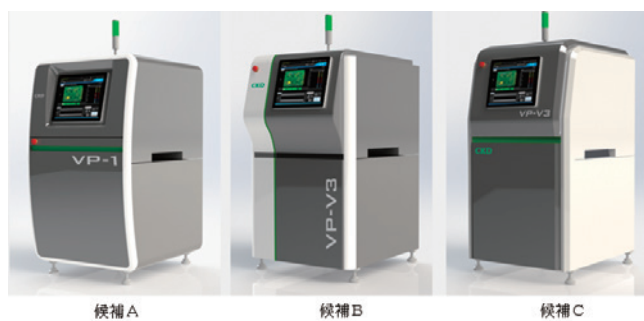


Fig. 9 デザイン候補

Step3: アンケート調査

デザインについて欧州を含めた代理店でアンケート調査を実施し、候補Aが最も選ばれる結果を得た。

Step4: 作りこみ

候補Aの形状について製作側と生産を考慮した形状に作りこみを行った。

現行と同等のコスト、海外生産を視野に入れ工法を検討し、ラウンドを持った懐が深い扉の開閉や

カバーの分割箇所を工夫し、板金加工で出来る範囲でデザインに合わせるよう作りこみを行った(Fig. 10)。



Fig. 10 作りこみのイメージ

Step5: アンケート調査(2回目)

作りこみ後のデザインについて再度アンケートを実施し、好評との総評を得た。

このように新機種VP9000のデザインを決定した。

次にその特徴について説明する。

- ①オペレータにやさしく、親しみ深い本体デザイン。本体正面のラウンドフォルムは、オペレータへの圧迫感を軽減。人が操作する角度にあわせたR形状。
- ②検査機にふさわしい知的で高性能をイメージさせるメタリックカラーを採用。
- ③CKDロゴマークはグレーを採用し、ライン内で他の機械にも溶け込めるようにした。VP9000を強く印象付けさせるよう、新ロゴをデザインしアクセントにCKDカラーを使用(Fig. 11)。



Fig. 11 VP9000デザイン

3-2 タッチパネルの角度調整

本機の基本操作は前面のタッチパネルで行うため、オペレータが無理のない姿勢で使用できるよう、タッチパネルの角度について検討を進めた。

海外を含めたオペレータの身長は、最も大柄な欧州男性の平均180cmと小柄なアジア女性の平均150cmの身長差30cmを視野に入れて設計を進めた。現行機のような固定画面では対応できないため、角度を調整

できる機構を追加し、オペレータが自身にあった角度に調整することで無理のない姿勢での作業を可能にした(Fig. 12)。

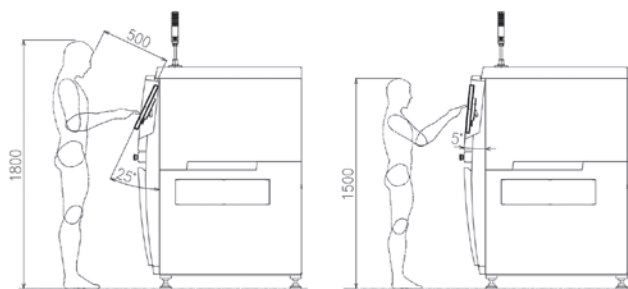


Fig. 12 タッチパネルを操作するイメージ

3-3 タッチパネルの画面サイズUP

タッチパネルの画面サイズを現行の15インチから19インチに大きくしたことで、グラフィカルな情報伝達が可能となり、視認性や操作性が向上した(Fig. 13)。

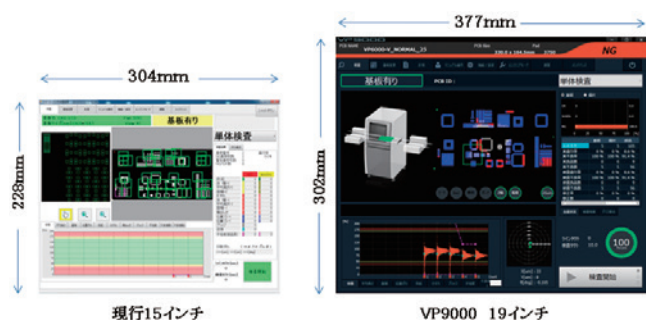


Fig. 13 画面サイズ比較

4 GUI

VP9000のGUIは、黒を基調とし、色を厳選することで高級感を出した。また、図を多用することで直観的に分かりやすくし、初めて操作する人でも迷わず操作できるようにした(Fig. 14)。

以下にVP9000から追加した表示について説明する。



Fig. 14 メイン画面

4-1 コンベア状況表示

コンベア状況を立体的な模式図を使って表現した(Fig. 15)。装置内部を見なくてもコンベアの状況が分かり、生産中の基板の様子がリアルタイムで確認できる。

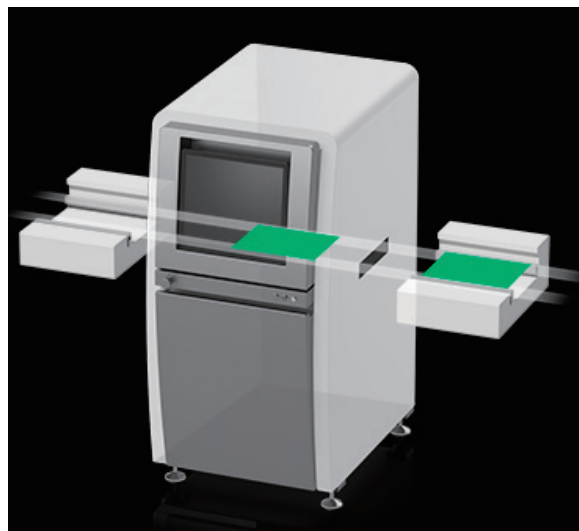


Fig. 15 コンベア状況表示画面

4-2 機能ON/OFF表示

品種で使用している機能を表示した(Fig. 16)。 unnecessary機能が有効になっていないかを確認することができる。メイン画面に表示することで設定画面まで参照する必要がなくなった。



Fig. 16 機能ON/OFF 表示画面

4-3 進捗表示

検査の進捗状況を円形の進捗バーで表示した(Fig. 17)。検査がどこまで進んだかが一目で分かるようになり、またバーを円形にすることでデザイン性を高めた。

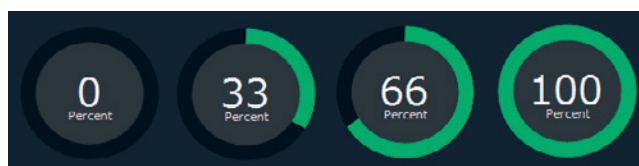


Fig. 17 進捗表示画面

4-4 印刷ずれ表示

印刷のずれをレーダーチャートを使って表示した (Fig. 18)。印刷がどの方向にずれているかが視覚的に分かり、印刷機へのフィードバック情報として役立つ。

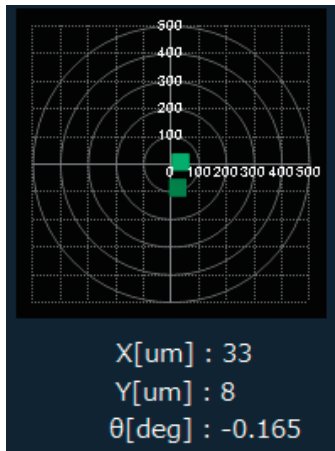


Fig. 18 印刷ずれ表示画面

4-5 判定グラフ表示

判定結果をグラフで表示した (Fig. 19)。OK(良品)、WARN(警告)、NG(不良品)の割合が視覚的に分かるので生産状況を容易に確認することができる。

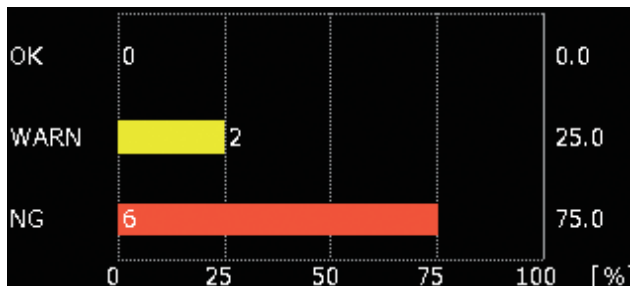


Fig. 19 判定グラフ表示

執筆者プロフィール



加藤 隆治 Takaharu Kato
自動機械事業本部
技術開発統括部 第2技術開発部
Engineering and Development
Department No.2
Automatic Machinery Business Division



菊池 和義 Kazuyoshi Kikuchi
自動機械事業本部
技術開発統括部 AC技術部
Advanced Control Engineering Department
Automatic Machinery Business Division



高村 健介 Kensuke Takamura
自動機械事業本部
技術開発統括部 AC技術部
Advanced Control Engineering Department
Automatic Machinery Business Division

5 おわりに

今回の開発で検査性能だけでなくデザインの重要性を改めて認識した。

今回はコストを含め工法に合わせた形状に見直しを行ったが、今後はよりデザインを忠実に作ることに挑戦し、実装業界の発展とはんだ印刷検査機の拡販に貢献していきたい。

リチウムイオン電池巻回機の周長可変巻芯の紹介

Introduction of Variable Perimeter Mandrel of Lithium Ion Battery Winding Machine

多賀 僚治 Ryoji Taga

首藤 圭一 Keiichi Shuto

近年、車載用リチウムイオン電池において、電池容量アップを目的に、電池内部のスペース効率を高めるため、あらかじめタブ形状に成形した電極を巻回した「成形タブ電池」が増加傾向にある。

この「成形タブ電池」に対し、当社が取り扱っているリチウムイオン電池巻回機としては、従来の巻回機能に加え、いかに複数のタブを揃えて巻回できるかが新たな技術的課題となっている。

この課題に対し、当社では巻回を行う巻芯の周長を任意の値に変化させることでタブを揃えることを目的として、周長可変巻芯を開発した。

本稿では、この周長可変巻芯について紹介する。

In the field of automotive lithium ion battery, “molded tab battery” is on the rise recently. This is the type of battery in which electrode with tab shape formed in advance is wound in order to increase space efficiency inside battery and battery capacity.

It is a new technical problem for our lithium ion battery winding machine to handle “molded tab battery” that how electrode can be wound with multiple molded tabs aligned.

For the solution of this technical problem, we have developed variable perimeter mandrel which enables mandrel perimeter to be changed to arbitrary value and realizes molded tab alignment after winding.

In this article we like to introduce the variable perimeter mandrel.

1 はじめに

当社はリチウムイオン電池製造装置の一つである巻回機を製作・販売している。巻回機とは、シート状の正極材、負極材、セパレータ材2枚の合計4枚を重ねて層状に巻き取る装置であり、この層状に巻き取る部品を巻芯と呼ぶ(Fig. 1)。

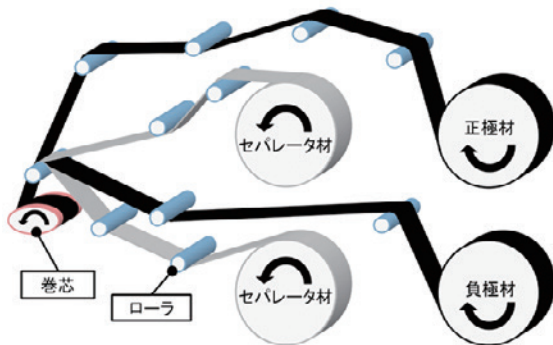


Fig. 1 巻回機イメージ

従来、この巻回機で巻かれる電極および、形成された電池形状はFig. 2の形状が主流であるが、近年、あらかじめ集電部をタブ形状に成形した電極を巻回することで形成される「成形タブ電池」(Fig. 3)が増加傾向にある。「成形タブ電池」は集電部に必要とするスペースを極力縮小することで、従来の電池に対し体積あたりの電池容量アップに繋がった形状となっている。

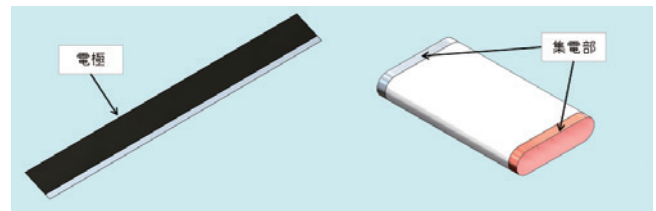


Fig. 2 従来電池形状イメージ

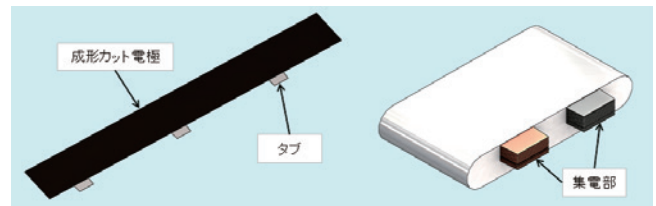


Fig. 3 「成形タブ電池」イメージ

当社も近年、この「成形タブ電池」に対応した巻回機を製作している。巻回機としては、従来の電池形状に対しタブの折れ曲り対策や先頭タブの判別等の新機能を開発した。

2 「成形タブ電池」巻回の課題

「成形タブ電池」はタブピッチの成形精度、各材料の厚み、巻芯の周長の全てが設計値通りに揃うことで、複数あるタブ位置を揃えて巻くことが出来る。しかし、そのうち一つでも設計値から外れると、タブズレが発生する。中でも、材料厚みはコントロールが難しく、少しの厚みズレでFig. 4のような大きなタブズレが発生

してしまう。

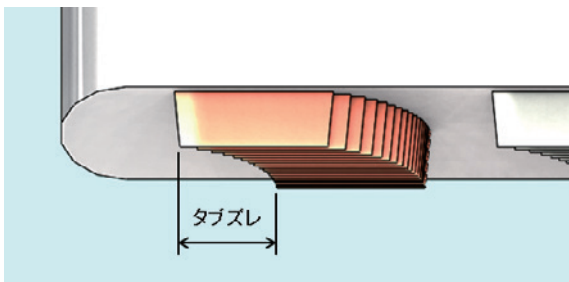


Fig. 4 タブズレイメージ

タブズレが大きくなると、巻回工程後のタブと集電金具とを接合する工程で接合不良となる可能性が高くなるため、タブは極力揃えて巻くことが要求される。

この課題に対し当社は、巻芯の周長を任意の値に変化させることで、材料厚みのズレによるタブズレを最小限に抑えることを可能にする周長可変巻芯の開発に取り組んだ。

3 巻芯の周長補正の効果

材料厚みが設計値から外れた場合、タブズレ量は2次曲線的に増加する。このタブズレに対し、巻芯周長補正の効果を確認するため、Table 1の巻取条件時での、タブズレ量シミュレーションを実施した。結果をFig. 5に示す。

Table 1 巻取条件

項目	値
巻取ターン数(巻芯回転数)	30ターン
巻取1ターンでの材料厚みズレ量 (シート4枚の設計値からの総ズレ量)	+0.01mm
巻芯周長補正量	-0.94mm

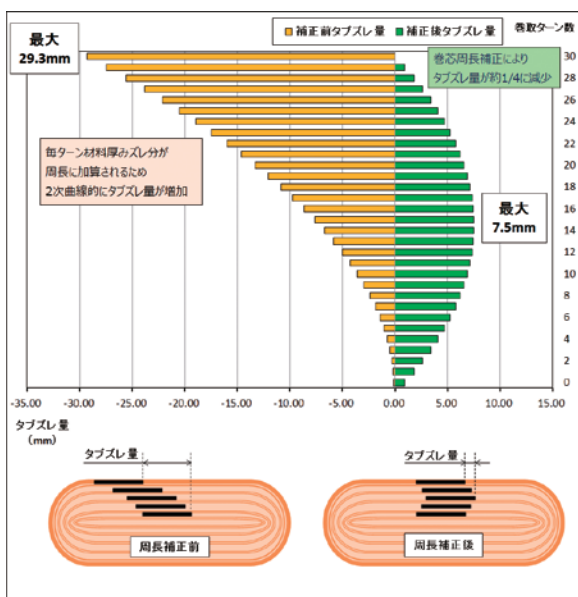


Fig. 5 タブズレ量シミュレーション結果

シミュレーション結果より、巻芯周長を補正することで、タブズレ量を約1/4に抑え込めることが確認できた。この巻芯周長補正によるタブズレ対策は、ターン数や材料厚みズレ量条件に関係なくタブズレ量を約1/4に抑える事が出来るため、タブズレ対策として非常に有効な手段であると言える。

4 周長可変巻芯の開発

今回、当社の標準機で採用している楕円巻芯を対象にして、周長可変構造を構築し、実際に製作した。構造をFig. 6に示す。

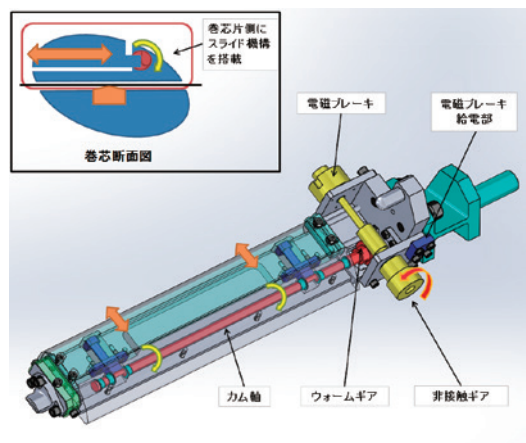


Fig. 6 周長可変巻芯構造図

楕円巻芯の片側にカム軸によるスライド機構を搭載し、外部からのサーボモータと非接触ギアによる駆動でカム軸を回転させることで巻芯可動部をスライドさせ周長を変更する(Fig. 7)。カム軸に繋がるウォームギア軸には電磁ブレーキを接続し、周長変更時には電磁ブレーキへ給電する事でカム軸をフリーにするが、周長変更後には給電を解除させることでカム軸をロックする構造となっている。

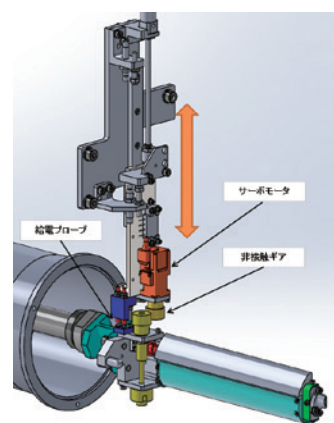


Fig. 7 周長可変巻芯駆動部

また、周長変更は巻芯スライド部の移動量をレーザーセンサで計測しながら位置決めさせることで、高精度な位置決めを可能にしている(Fig. 8)。

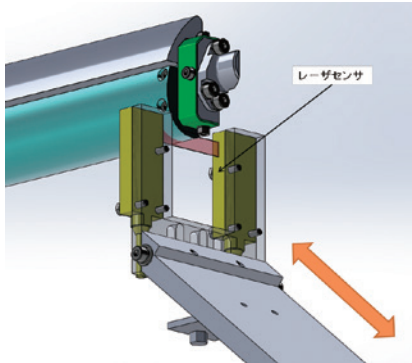


Fig. 8 周長可変巻芯駆動部

5 周長可変能力の確認

製作した周長可変巻芯ユニットを実機に装着し、実用可能な周長可変範囲および、周長変更精度を確認した。結果はTable 2の数値となる。

Table 2 周長可変能力

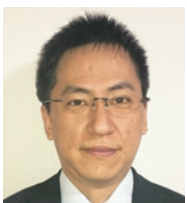
項目	値
周長可変範囲	±1.4mm
周長可変精度	±0.02mm
製作可能巻芯サイズ	周長170～340mm

いずれもタブズレ補正を可能にする十分な数値を確保でき、周長可変巻芯の実用化の目途が立った。

6 おわりに

電池業界では次々と新しいタイプの電池が開発されている。それに伴い都度新たな課題が発生しているが、今回の周長可変巻芯のように、今後も当社独自の目線で課題に挑戦し、電池業界の発展に貢献していきたい。

執筆者プロフィール



多賀 僚治 Ryoji Taga
自動機械事業本部
技術開発統括部 第93開発P
Project No.93 Engineering and Development Administration Department
Automatic Machinery Business Division



首藤 圭一 Keiichi Shuto
自動機械事業本部
技術開発統括部 第2技術開発部 E-PRO
E-PRO Engineering and Development Department No. 2
Automatic Machinery Business Division



τ Flex Linear Servo Saburoku∞の開発

Development of τ Flex Linear Servo SABUROKU ∞

竹原 良太 Ryota Takehara

工場における搬送用コンベアシステムはローラーやベルト等を使用したパレット搬送が主流であるが、近年これをリニアモータ化したフレキシブルな搬送システムが注目されている。このリニアモータはパレットに相当する部分がマグネットを配した搬送テーブルとなっており、この搬送テーブルを複数配置して多軸制御による駆動となっている。当社ではリニアモータを製品化しているが、コイル駆動方式がほとんどで、さらに単軸制御のシステムとなっており、搬送で一般的な多軸制御には対応していない。

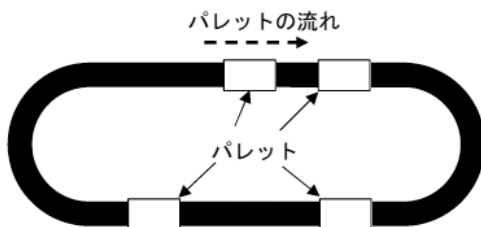
本稿では、マグネット駆動方式のリニアモータで多軸制御が行え、かつ当社の得意とする高性能なサーボ技術を融合させた「τ Flex Linear Servo Saburoku∞」を紹介する。

Pallet conveyor system equipped with rollers and belts is the most common conveyor transport system in factories; but over the last few years, flexible transport systems that use linear motors have attracted attention. These linear motors have for the part corresponding to the pallet a transfer table provided with a magnet, and a plurality of these tables are arranged and driven by multi-axis control. Most of CKD Nikki Denso's commercialized linear motors, however, do not support multi-axis control generally used for conveyance since they are coil driven and use a single-axis control system. This paper will introduce the development of "τ Flex Linear Servo SABUROKU ∞", a magnet-driven linear motor that can perform multi-axis control and to which we have integrated our high-performance servo technology.

1 はじめに

近年、工場の搬送装置ではタクトアップ、フレキシブルな動作、レイアウト変更の容易さ、さらにはIndustry4.0に向けた大量のデータ管理とそのデータを活用した効率的な運用が重要になってきている。これらの課題を解決するためにリニアモータを使用した搬送システムが注目されている。

リニアモータを搬送ラインで使用するには、パレットに相当するマグネットを配した搬送テーブルを複数台駆動できる多軸制御ができ、搬送ラインは循環機構でライン長は数mから数十m以上が要求される。



リニアモータを使用した場合、パレットの代わりにマグネットを配した搬送テーブルとなる

Fig. 1 搬送システム例

これらの要求に対応するため、マグネット駆動方式の円形型リニアモータ「τ Flex Linear Servo Saburoku∞」(以下Saburoku。Fig. 2)を開発した。以降では、Saburokuに使用した下記の技術を紹介する。

- ・マグネット駆動方式のリニアモータ
- ・多軸制御コントローラ
- ・コイル切替制御
- ・衝突防止制御

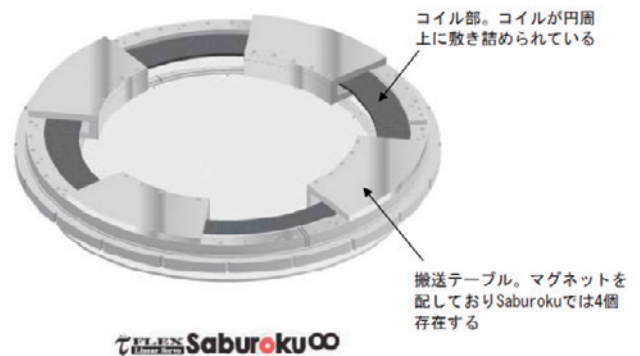


Fig. 2 「Saburoku」のイメージ図

2 リニアモータの動作方式

マグネット駆動方式とコイル駆動方式のリニアモータをFig. 3に示す。

コイル駆動方式はコイルが搬送テーブルとなるため搬送テーブルに動力用のケーブルを接続する必要があり動作範囲が制限される。これに対してマグネット駆動方式ではマグネットが搬送テーブルとなり、搬送テーブルにケーブルを接続する必要がないため、多軸、長距離、循環といったフレキシブルな動作が可能となる。

マグネット駆動方式ではフレキシブルな動作ができ

る反面、動いたマグネットに合わせて電流を流すコイルを連続的に切り替えていく特殊な制御が必要になる (Fig. 4)。これに対して、コイル駆動方式ではコイル自身が動くため、そのような特殊な制御を考える必要はなく簡単に動かすことができる。

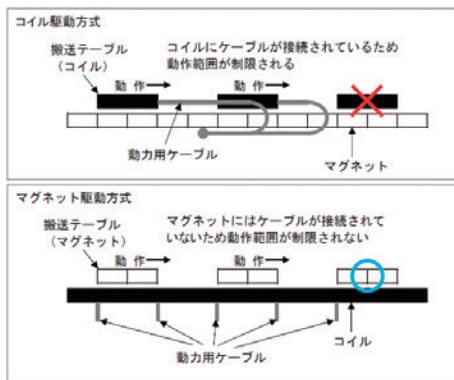


Fig. 3 リニアモータの駆動方式

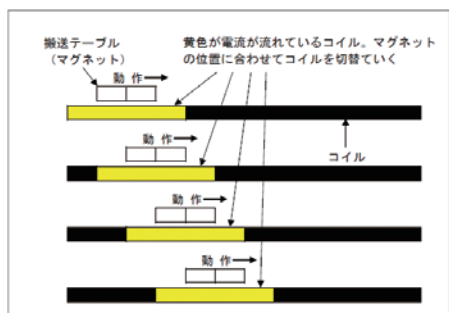


Fig. 4 コイル切替

3 多軸制御コントローラ

当社は高性能な1軸サーボドライバVPHシリーズを商品化しており、VPHシリーズの技術をベースにして多軸制御コントローラの開発を行った。VPHシリーズの外観と制御構成をFig. 5に示す。

SaburokuではFig. 6に示す構成で多軸制御を構築した。Saburokuでは搬送テーブルの数に相当する位置指令生成部、位置制御部、速度制御部が存在し、搬送テーブルの多軸制御を行う。これにより、各搬送テーブルごとに個別の目標位置と速度を持つ動作が行えるようになる。ここで問題になるのは、各搬送テーブルがバラバラで動くと衝突するということである。このため、衝突防止機能が必須となる。

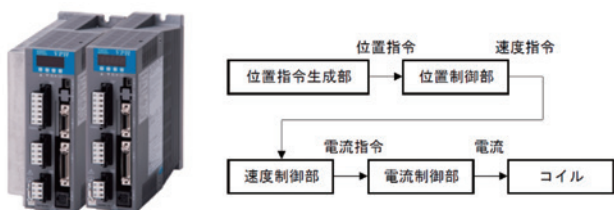


Fig. 5 VPHシリーズの外観と制御構成



Fig. 6 Saburokuの制御構成

4 コイル切替制御

Fig. 6では位置指令生成部→位置制御部→速度制御部は1:1の関係が成り立っているが、速度制御部→電流制御部ではn:mの関係となり1:1の関係は成り立たない。これは搬送テーブルの動作に合わせてコイルを切り替えていくためである。

このn:mの関係を制御するために速度制御部と電流制御部の間にコイル切替制御部を配置した (Fig. 7)。

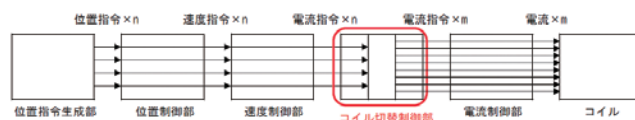


Fig. 7 Saburokuのコイル切替制御ありの構成

Saburokuは各搬送テーブルで個別に一回転の絶対位置を認識しており、コイル切替制御部では、その絶対位置を使用して速度制御部からの電流指令×nを電流制御部への電流指令×mに切り替える制御を行っている。また電流が流れるコイルの範囲は搬送テーブルの範囲をカバーするように設計し、トルクの損失が起これないようにした。

5 衝突防止制御

各搬送テーブルの衝突を回避するには二つの方式がある。

5-1 各搬送テーブルの動作命令のスケジューリングによる衝突防止制御

各搬送テーブルに目標位置と速度を指定する際に、あらかじめ衝突しないスケジューリングを行う。Fig. 8を例に説明する。

- ①搬送テーブルAとBがあり、搬送テーブルAが前方にあって両方停止しているとする
- ②搬送テーブルAとBに同時に動作命令を実行した場合、搬送テーブルBが搬送テーブルAよりも先の場所への動作命令を行うと衝突してしまうため、まずは搬送テーブルAの動作命令を行う
- ③搬送テーブルAが目標位置に到着する
- ④搬送テーブルAとBの目標位置は衝突しない位

置のため、同時に動作命令を行う

⑤搬送テーブルAが目標位置に到着する

⑥搬送テーブルBが目標位置に到着する

この方式の場合、前詰め動作が行えないため搬送効率が悪くなり、また、動作命令のスケジューリングを行うプログラムも複雑になる。

5-2 各搬送テーブルが独立して行う衝突防止制御

各搬送テーブルが他の搬送テーブルの位置と速度を監視し、独立して位置と速度の自動調整を行う。Fig. 9を例に説明する。

①搬送テーブルAとBがあり、搬送テーブルAが前方にあって両方停止しているとする

②搬送テーブルAとBに同時に動作命令を行う

③搬送テーブルAが目標位置に到着する。搬送テーブルBの目標位置はその先であるが、経路上に搬送テーブルAが停止しているため搬送テーブルBは搬送テーブルAと一定距離を保って停止する

④搬送テーブルAに動作命令を行う。搬送テーブルAが動き出すと同時に搬送テーブルBが搬送テーブルAと一定の距離を保ったまま動作を継続する

⑤搬送テーブルBが目標位置に到着する

⑥搬送テーブルAが目標位置に到着する

この方式の場合、前詰め動作が行えるため搬送効率がよく動作命令のスケジューリングも簡単になる。ただし、搬送テーブルが動作している速度が衝突防止機能により変動するため、一定速度で動く条件が必要な工程では衝突防止機能が働かないようなスケジューリングが必要になる。

5-3 当社が採用した方式

当社では制御的には難しいが搬送効率が高くスケジューリングが簡単な5-2の方式を採用した。また5-1の方式はスケジューリングでの対応であるので、スケジューリングのプログラム次第で実現可能である。

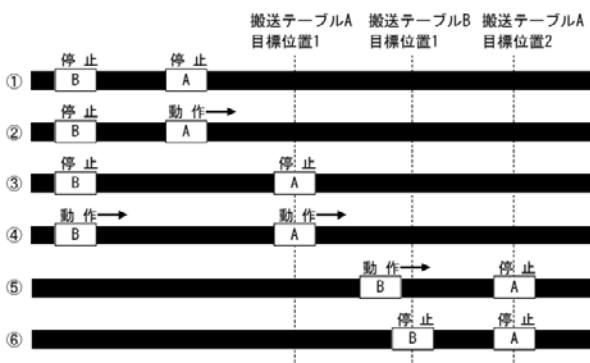


Fig. 8 スケジューリングによる衝突防止

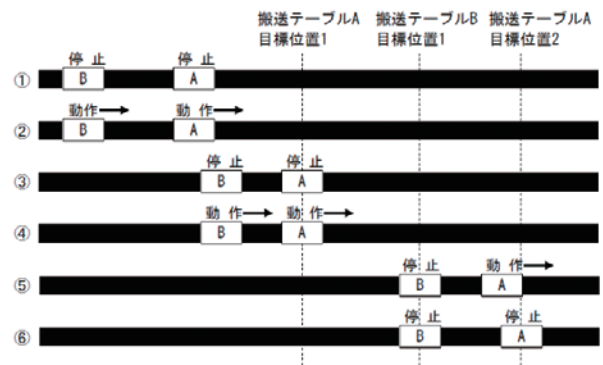


Fig. 9 マグネット部が独立した衝突防止

6 動作テストの結果

SaburokuのコントローラとPCをUSBで接続し、搬送テーブルの位置と電流の流れているコイルの状態をPCでリアルタイムにモニタ出来るようにして実際の動作を観測した(Fig. 10)。

電流の流れるコイルが搬送テーブルの動作に合わせて切り替わり、かつ電流が流れるコイルの範囲が搬送テーブルをカバーしているのがわかる。開発当初はPCでモニタする機能が整っておらず、電流が流れるコイルと搬送テーブルの位置がずれていたためにコイル切替時に大きなトルクリップルが発生していた。モニタする機能を追加したことにより位置の関係が見える化され、修正を行ったところ、コイル切替時の大きなトルクリップルはなくなり、速度リップルもほとんどなく動作することを確認した(Fig. 11)。

衝突防止制御状態についても同様にPCでリアルタイムにモニタ出来るようにした(Fig. 12)。各搬送テーブルの制御状態が見える化され、想定通りの衝突防止制御を行っていることを確認した。

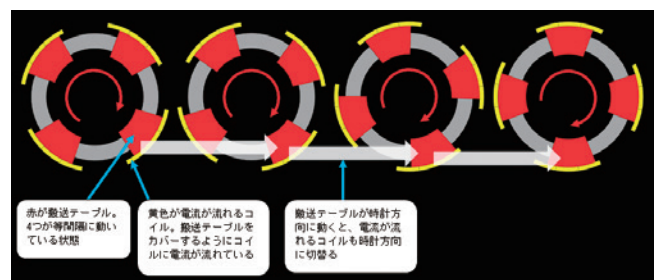


Fig. 10 搬送テーブルとコイルの状態

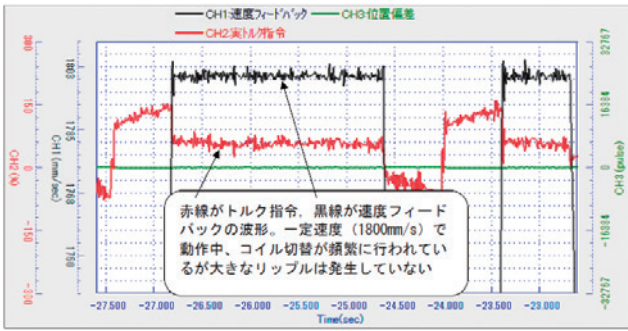


Fig. 11 トルクリップと速度リップ

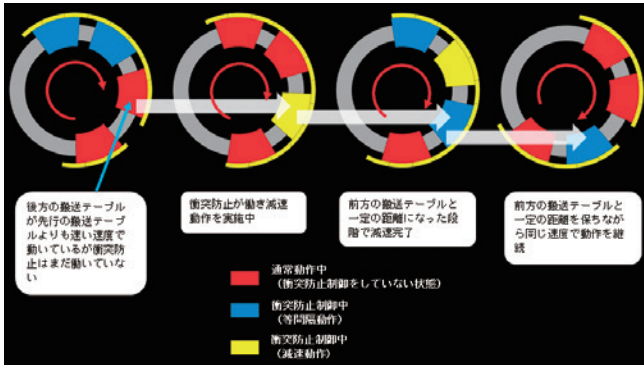


Fig. 12 衝突防止制御状態

7 Saburoku[∞]の由来

Saburoku[∞]の命名由来は、開発者の趣味のスポーツ競技であるフリースタイルスキーから来ている。この競技では横回転に360°回る技の名前を日本語でサブロクと略しており、円形型リニアモータの動きから技のサブロクを連想したため、開発者が親しみを含めSaburokuとした。また、無限に回転できるシステムと言う意味で[∞]を付加した。

8 おわりに

マグネット駆動方式の円形型リニアモータ Saburokuの開発内容について述べた。Saburokuは当社が得意とする高性能なサーボ制御技術を使用している。今後は高性能を維持したままシステムを拡張していき、高い位置決め精度や速度安定性が必要とされる用途にも対応できるよう開発を進め、搬送システムのフレキシブル化・インテリジェント化に貢献していく。

執筆者プロフィール



竹原 良太 Ryota Takehara
CKD日機電装株式会社
技術部
Engineering Department
CKD NIKKI DENSO CO., LTD

非接触サーボバルブ Non-Contact Servo Valve

瀬野 雅之 Masayuki Kouketsu

流体の圧力制御や流量制御の用途で、比例制御機器が使用されているが、近年、装置の高寿命化・高精度化の要求により、そこに使用される比例機器についても、長寿命・高精度化が求められている。

本稿では、摺動部を持たない非接触構造で、比例制御ができるサーボバルブを紹介する。

Proportional control components are used for controlling the fluid pressure and the flow rate in devices. In recent years, these devices are required to have longer service life and higher accuracy, and consequently the proportional control components are also required to have longer life and higher accuracy.

This paper introduces a servo valve which has no sliding parts (that is, a “non-contact” servo valve) that can control proportionally.

1 はじめに

装置の振動をアクティブに吸収するエアダンパーの圧力制御には、電空レギュレータ(Fig. 1)が使用されてきた。また、冷媒や温媒を用いた温度制御には、流量比例弁が使用されてきた。

電空レギュレータや流量比例弁を比例制御機器と呼ぶが、近年、装置の高寿命化・高精度化の要求により、そこに使用される比例制御機器についても、長寿命・高精度化が求められている。

本稿では、これらの要求に対応できる、摺動部を持たない非接触構造で、高速比例制御ができるサーボバルブを紹介する。



Fig. 1 電空レギュレータ

2 特徴

非接触サーボバルブ(Fig. 2)の特徴を以下に示す。

- ① 摺動部が無いため、寿命は無限大
- ② キャンド構造のため、外部漏れのリスクが極めて少ない
- ③ 直線性の良い流量比例制御ができる



Fig. 2 非接触サーボバルブ

3 構造

非接触サーボバルブの断面図をFig. 3に示す。

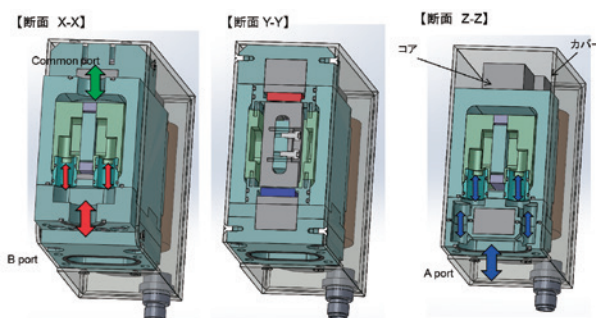
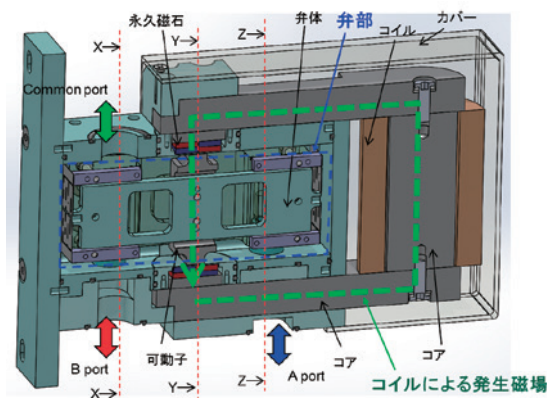


Fig. 3 非接触サーボバルブ断面図

非接触サーボバルブは3ポート弁で、流量をコントロールする弁部(青線□部)と磁気回路から構成される。弁部の詳細構造をFig. 4に示す。また、ストロークと開口率の関係をFig. 5に示す。

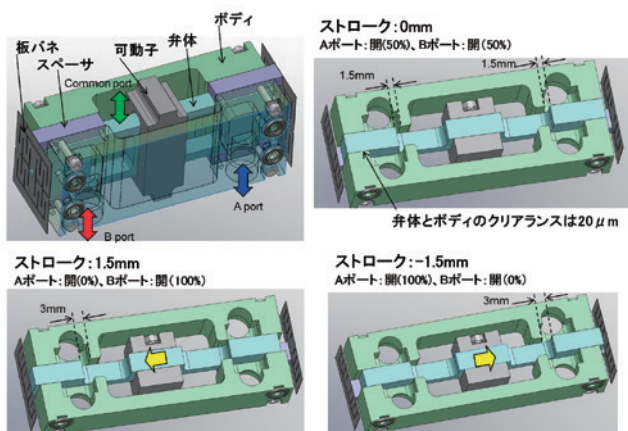


Fig. 4 弁部詳細

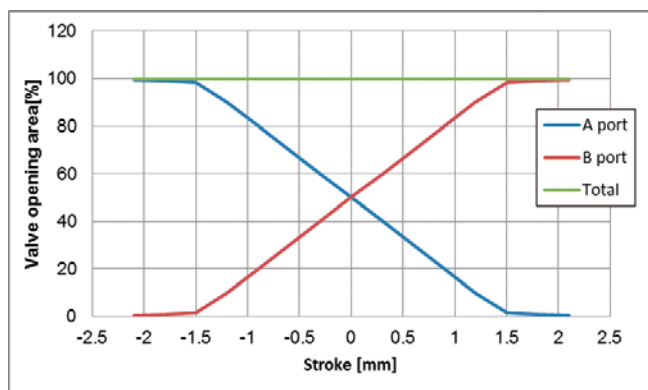


Fig. 5 ストロークと開口率の関係

板バネは、スペーサと弁体に溶接で接合されており、弁体とボディのクリアランスは $20\mu\text{m}$ に保たれるようにスペーサの厚さが設計されている。弁体はストローク方向に可動できるが、その他の方向には拘束されるように板バネが設計されている。その結果、弁体はボディに接触することなく $20\mu\text{m}$ のクリアランスを保持して可動することができる。よって摺動部が無いため、板バネの疲労破損が発生しないストロークで可動させれば、寿命は無限大であり、パーティクルを発生させることもない。

また、可動シール部を持たないキャンド構造のため、外部漏れのリスクは非常に少ない。

4 動作原理

非接触サーボバルブの動作原理をFig. 6に示す。コイルが非通電状態では、可動子内を通過する磁束密度(それぞれの永久磁石から発生する上方向と下方向の磁束密度)が等しくなる位置(中立点)で可動子が静止

する。コイルに正方向の電流を流した場合、可動子内ではコイルから発生した上方向の磁場(緑色矢印)が加わり、左方向(可動子内の上方向と下方向の磁束密度が等しくなる方向)に推力が発生する。コイルに負方向の電流を流した場合、可動子内ではコイルから発生した下方向の磁場が加わり、右方向に推力が発生する。永久磁石と板バネから発生する引き戻す力とコイルから発生する推力が釣り合った位置に可動子は移動する。推力は電流に比例するため、可動子の位置(弁開度)の比例制御が可能である。

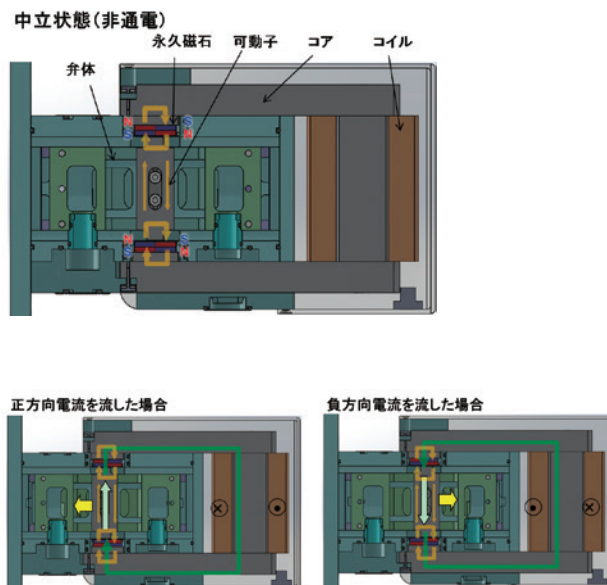


Fig. 6 動作原理

5 実際の動作

5-1 ストローク特性

コイルに電流を流した時の、弁体のストローク特性をFig. 7に示す。若干のヒステリシスはあるが、電流に比例して弁体(可動子)が変位していることがわかる。

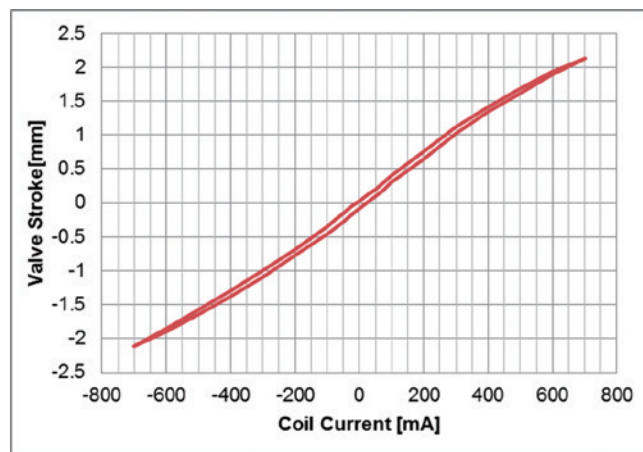


Fig. 7 電流ストローク特性

5-2 流量分配特性

Fig. 8の測定回路にて、温冷媒として用いられるフッ素系流体を流した時の流量分配特性をFig. 9に示す。この時の流体温度は25℃で、流量は30L/min一定とした。

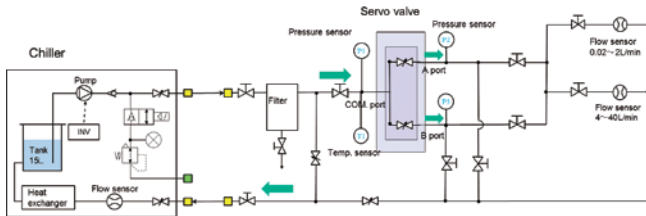


Fig. 8 測定回路

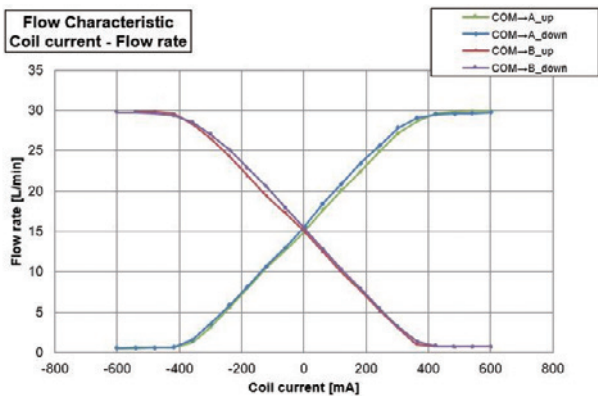


Fig. 9 流量分配特性

コイル電流によって、流量が比例的に分配されていることがわかる。

6 用途例

ウエハーの温度コントロールの使用例をFig. 10、Fig. 11に示す。

Fig. 10はヒータとサーボバルブの併用の場合で、ウエハーの加熱にはヒータを用い、冷却には冷媒を用い、非接触サーボバルブで冷媒の流量をコントロールする。

Fig. 11は高温チラーと低温チラーを2台準備し、加熱時は高温チラーからの温媒、冷却時は低温チラーからの冷媒を用いる。温度制御は、温媒と冷媒の混合比で決まる。

いずれの回路も、加熱・冷却量を自由にコントロールできるため、任意の温度に高精度な制御が可能である。

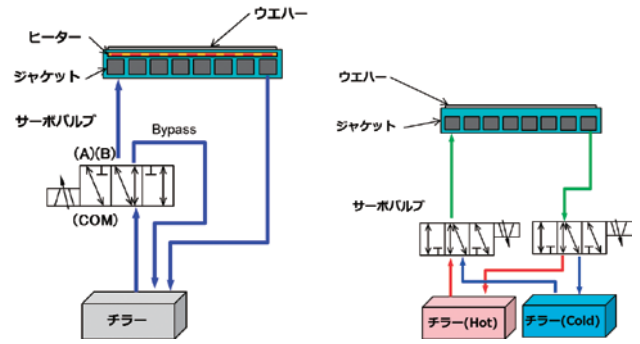


Fig. 10 用途例①

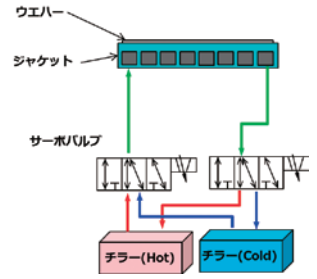


Fig. 11 用途例②

7 おわりに

非接触サーボバルブは、弁体開口部の設計を変えることにより、流量分配特性を任意に変えることができる。また、非接触(長寿命)の特長があるので、流体制御の様々な用途に対応できると考えている。

執筆者プロフィール



瀨瀬 雅之 Masayuki Kouketsu

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

キャリアブルエアサプライユニットの開発

Development of the Portable Air Supply Unit

渡辺 貴大 Takahiro Watanabe

近年、製造分野において圧縮空気のエネルギー消費に対する効率の悪さや環境対応の面から電動化への移行が進んでいる。しかし、圧縮空気を無くせない箇所もあり、完全な電動化が難しく、局所的なエア源の需要が高まっている。この様な背景を受け可搬性が良いキャリアケース形状とした、クリーンエアが供給可能なキャリアブルエアサプライユニットASU-Sを開発した。

本稿では、キャリアブル化を実現した様々な技術について紹介する。

なお、キャリアブルエアサプライユニットは、技術の独創性が認められ、2018年度超モノづくり部品大賞奨励賞を受賞している。

In recent years, due to concerns over energy consumption, efficiency, and environmental impact that arise from using compressed air, the shift to using electricity as the power source has been progressing in the manufacturing field. However, since there still are applications that require compressed air, a complete shift is difficult and the demand for an air source that can be used anywhere is increasing. For this reason, CKD has developed the portable air supply unit ASU-S which can supply clean air and is in the form of a carry-on luggage that can be easily carried and moved around.

This paper presents the various technologies that made portability a reality.

Incidentally, our portable air supply unit has received an Honorable Mention Award at the 2018 Cho-Monodzukuri Awards for its technological originality.

1 はじめに

近年、製造分野において圧縮空気のエネルギー消費に対する効率の悪さや環境対応の面から電動化への移行が進んでいる。しかし、圧縮空気を無くせない箇所もあり完全な電動化が難しく局所的なエア源の需要が高まっている。そこで可搬性が良いキャリアケース形状としたクリーンエアが供給可能なキャリアブルエアサプライユニットASU-Sを開発した。本稿ではASU-Sの特徴について紹介する。

Table 1 仕様一覧

項目	ASU-S-C6-1
定格圧力	0.4MPa
最高許容圧力	0.5MPa
吐出空気量 (50/60Hz)	19/25 L/min(ANR) ※大気解放時
定格電圧	単相AC100V (50/60Hz)
定格電流 (50/60Hz)	3.3/3.5A
騒音値	60dB (A) 蓋閉時
周囲温度	5~35℃
質量	15kg
外形寸法	幅350×奥行225×高さ560mm

2 製品概要

製品の外観をFig. 1に、仕様一覧をTable 1に示す。電源をAC100Vとして、製造現場だけでなく、あらゆる場所で手軽に圧縮空気を供給できる様にした。また、騒音値が60dBと静音のため会議室などの静かな環境でも使用できる。

3 構造

製品のエア回路図をFig. 2に、操作・点検部外観をFig. 3に示す。空気圧縮機にて圧縮した空気をアフタークーラーにて冷却する。冷却により発生した水滴をフィルタにて分離し、タンクに圧縮空気を貯蔵する。フィルタ・レギュレータで異物除去及び吐出圧力の調圧を行い、圧縮空気を吐出する。



Fig. 1 製品外観

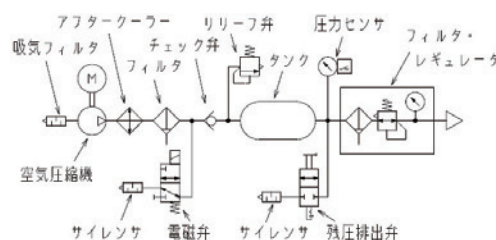


Fig. 2 エア回路図

操作・点検部をパネル正面に集約し、操作性やメンテナンス性を良くしている。(ドレンの量や吸気フィルタの汚れが視認しやすいため、メンテナンス時期の判断が容易にできる。)また、蓋を閉じることで操作・点検部の保護を行うことができる。

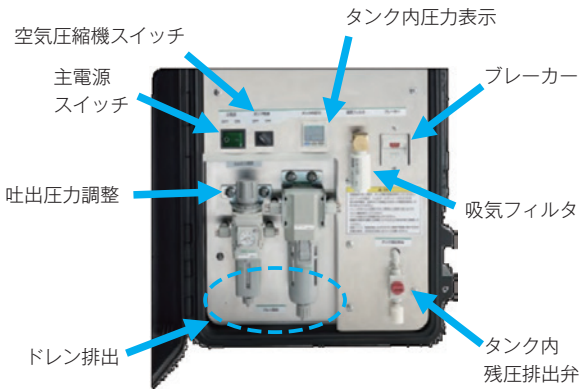


Fig. 3 操作・点検部外観

4 実現に必要な技術

4-1 可搬姿勢の自由度向上

空気圧縮機はその構造上、運転時に振動が発生するため、一般的に防振ゴムにより振動の低減を行っている。しかし、防振ゴムは大きなたわみに弱いので、横向きでの可搬が出来ない。そのため、小形の空気圧縮機であっても同一姿勢での移動に限られていた。本製品は可搬性の優れたキャリーケース形状にし、また輸送時の姿勢にとらわれない製品を目指した。Fig. 4に示すように空気圧縮機を横向きにした際には防振ゴムのたわみが大きくなり、ゴムの破損に繋がる。この対策としてFig. 5に示すように空気圧縮機の周囲をストッパで囲むことにより、防振ゴムのたわみ量を抑え、ゴムの破損を防ぐ構造とした。この構造で車載による1600km以上の横向き搬送試験をクリアしており、ストッパが十分な効果を発揮していることを確認している。

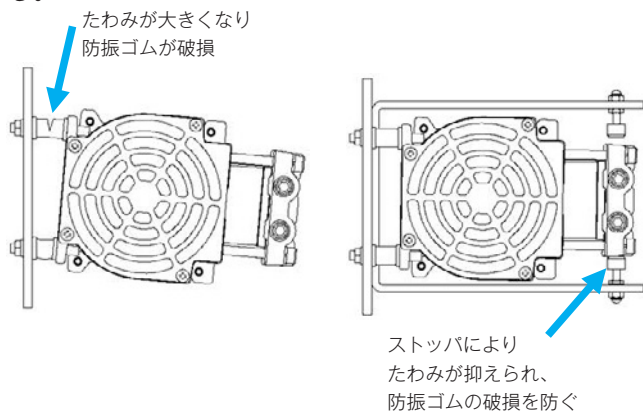


Fig. 4 防振ゴム破損対策

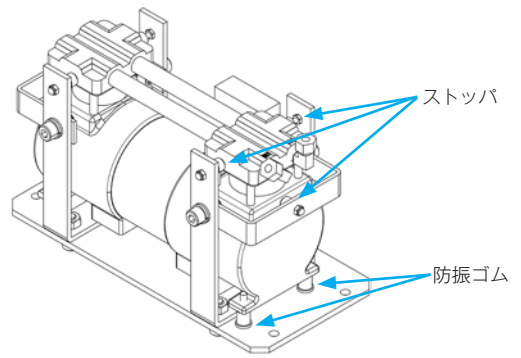


Fig. 5 空気圧縮機部構造

4-2 低発熱性

製品内の換気経路をFig. 6に示す。本製品の外装は樹脂を使用しており、熱伝導率が悪く熱がこもりやすいため、換気効率を向上させるためにA~Cの3室に分類した。

- A室:アフタークーラーや電装部品、タンク等
- B室:操作、ドレン排出等のメンテナンス部
- C室:空気圧縮機

製品側面のファンにより外気をA室に導入した後、プレートの際間からB室に送る。次にプレート上部のファンによりC室に送り、空気圧縮機により加熱されたエアは製品上部と背面のファンより外部に排気される。最も発熱する空気圧縮機を別の空間に分けることでケース全体の温度上昇を抑えている。また、A室、B室のファン数を少なくし、C室にファンを集中して配置できるため、製品全体にエアの流れを発生させつつ空気圧縮機周囲の冷却性を向上させている。

また、プレート材質には放熱性の高いアルミニウムを使用している。そのため、空気圧縮機より発生した熱を放熱しやすくし、C室に熱が籠り難くしている。

金属製の各室を区画する構造体(プレート部材)に内部部材が固定されており、空気の循環路として配置されていることから熱交換器としても作用し、樹脂筐体中でも効果的に冷却をすることができる。

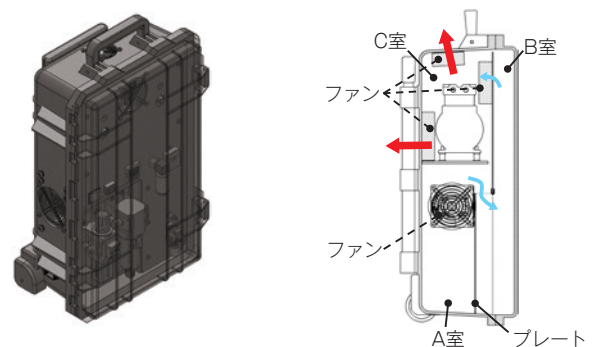


Fig. 6 換気経路

4-3 吐出エアの除湿

圧縮空気中には、水分が水蒸気形で含まれている。圧縮空気の温度が高いほど飽和水蒸気量が大きくなり、多くの水蒸気を含むことができる。逆に圧縮空気の温度が下がると飽和水蒸気量が減少し、圧縮空気中の水蒸気量がこの飽和水蒸気量を超えるとその分が水滴となる。そのため、圧縮空気を高温のまま吐出すると配管や機器内で冷却され、水滴が発生する。一般的な携帯型空気圧縮機には圧縮空気を冷却する機構が搭載されてないため、吐出エアに水滴が含まれることがある。

本製品では空冷式アフタークーラーにより圧縮空気を周囲温度付近まで冷却し、アフタークーラー二次側のフィルタで水滴を分離している。そのため、製品二次側で使用している配管や機器内での冷却を抑え、水滴の流出を防いでいる。

空冷ファンの稼働有無による温度上昇のグラフをFig. 7に示す。上記構造により、空気圧縮機周囲及び吐出エアの温度上昇を5℃以下に抑えることが出来た。これにより長時間の連続稼働と、ドレンの少ない圧縮空気の吐出が可能となった。

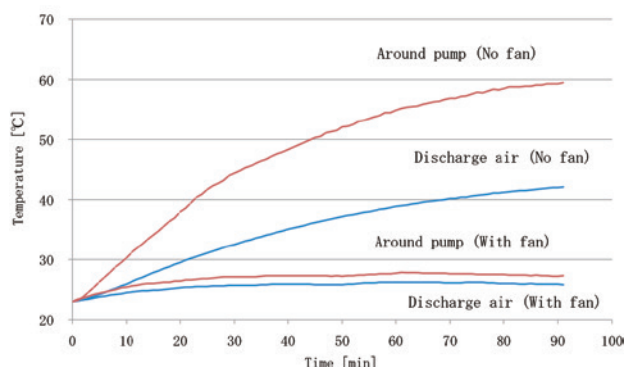


Fig. 7 温度変化

4-4 騒音の抑制

本製品は蓋を閉じた状態でも使用できる構造となっており、蓋を閉じることで稼働時に空気圧縮機より発生する騒音を抑制できる。Fig. 6に示すようにプレートと蓋の間(B室)に空気層を構成している。これにより、蓋に伝播する振動を抑え、騒音を抑制している。

5 おわりに

キャリアブルエアサプライユニットASU-Sの特徴を紹介した。2017年10月に発売開始しており、展示会や研究室でのエア源等ご利用いただき好評を博している。今後も様々な分野で利用いただける様に製品の改良・開発を重ね、シリーズ展開を行い産業の発展に貢献したいと考えている。

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 開発部
 Research & Development Department
 FA 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.6

発 行	2020年 1 月 1 日
発行責任者	国保 雅文
監修責任者	山口 祐介 伊藤 彰浩
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