

# SSV シリーズ複運用重量選別機の開発

飯田 敦 Atsushi Iida, 田村淳一 Junichi Tamura, 山田健太 Kenta Yamada, 鈴木康平 Kohei Suzuki,  
佐藤弘典 Hironori Sato, 伊藤誉将 Takamasa Ito, 安齋裕貴 Hirotaka Anzai, バホ マーク Mark Bajo

## [要旨]

業界最小の連ピッチ 50 mm, 最大 12 連の複運用重量選別機を開発した。秤量部には、新たに省スペース機向けにフォースバランス方式秤を開発し採用した。さらに、秤量コンベアを軽量化し、重心の最適化により耐振動性能を向上させ、現場環境での振動影響を低減し高精度な計量を実現した。また、設置スペース上の課題であった従来機の大型指示部を、制御基板の低消費電力化、集積化、省配線化によるコンパクト設計を行い、設置面積を 40% 削減した。

## 1 まえがき

重量選別機は、主に食品・薬品の製造ラインにおいて生産される商品の質量を全数測定し、質量の過不足による不良品を後段の選別部により系外排出する検査機器である。導入目的は、商品の量目・欠品チェックによる選別に留まらず、充填ロスの最小化を目的とした充填機へのフィードバック制御、データ収録による生産管理や生産ラインの異常監視など多岐にわたり、生産ラインで必要不可欠な機器となっている。

近年では、不良品の流出防止に向けた検査品質の厳格化や商品回収のリスク回避対策として、生産ラインにさまざまな検査工程が追加導入されており、検査装置の省スペース化への要求が高まっている。また、製造メーカーでは原材料の高騰に伴い、包材・原料ロス低減に向けた歩留まり改善や少子高齢化に伴う労働人口減少に対応するために、自動化や省人化といった取り組みが活発化している。重量選別機においても確実な質量検査を維持しつつ、省スペース化に加え、原材料や排出ロス低減に向けた高精度化や、作業効率向上へのニーズがますます高まっている。

複数の質量検査用のレーンを備えた複連タイプの重量選別機は、主に三方・四方シール分包品やカップアイス・ヨーグルトといった多列充填生産ラインの質量検査として使用されている。近年、分包菓の飲みやすさや開封のしやすさから、分包品の包装形態が三方・四方シール包装品から細身のスティック包装品に包装形態が変化しており、多列充填ラインの狭ピッチ化が進んでいる。また、東南アジアなど新興国におけるインスタントコーヒーなどの嗜好品の普及や核家族化に伴い、商品を小袋化・個包装化した 1 回使い切り商品への移行が進み、個包装商品の生産量が増加している。これらの生産能力を向上するため充填包装機の連数は増加傾向にある。さらに、消費者ニーズの多様化もあり、連ごとに異なる品種を同時

に生産可能なアソート(詰合せ)商品に対応した生産設備の導入も進んでいる。こういった市場の変化により、複運用重量選別機においても連数増加や狭ピッチ化、多品種同時生産への対応も求められている。

市場要求に対応するため、SSV シリーズのキーコンセプトであるセーフティ&バリデーションを継承しつつ、生産ロス低減や省スペース化に貢献する複運用重量選別機を開発した(図 1)。本稿では、我々が取り組んだ技術的アプローチについて紹介する。



図 1 SSV シリーズ複運用重量選別機の外観

## 2 複運用重量選別機の基本構成と動作原理

### 2.1 装置の基本構成

複運用重量選別機は、図 2 のように、複数のレーンである「連」を備えている。各連は、助走部、秤量部、選別部の 3 種類のコンベアにより構成される。秤量部には新規開発のフォースバランス方式秤が搭載されている。



図2 SSVシリーズ複運用重量選別機のユニット構成

## 2.2 秤量部（はかり）

はかりは、秤量コンベアの下部に配置され、計量品の荷重を重量値に変換し、操作部に重量値を伝達するユニットである。本開発では、複連ピッチに対応した幅狭タイプのフォースバランス方式秤を開発した。

## 2.3 コンベア

コンベアは、はかり上部に搭載される秤量部と、助走部、選別部で構成される。秤量部では、計量時に1つの計量品のみが安定して乗っている必要があるため、助走部は計量品の搬送間隔を広げ、秤量部と等速に計量品を投入する機能を持つ。

さまざまな計量品寸法および使用環境に対応したコンベアを開発した。計量品を安定搬送をさせるこぼれ防止ガイドや整列ガイドも取り付けられる。

## 2.4 操作部

操作部は、重量測定値、判定結果、統計データ等の表示およびパラメータの設定を行う。視認性の良い15インチTFT(Thin-Film-Transistor)カラー液晶タッチパネルを採用した。また、操作部を指示部から分離してフリーレイアウト化にも対応した。

## 2.5 選別部

選別部は、検査結果により良品または不良品を振り分けるユニットである。本機では、不良品を下方向へ排出するドロップアウト方式を採用し、選別方向2または3方向に対応した。また、選別不良による不良品流出防止のための選別確認センサも搭載できる。

## 2.6 基本動作原理

重量選別機の基本動作原理を図3に示す。

前段装置から搬送される計量品を助走コンベアと秤量コンベアの間に配置されている光電センサにて検知し、重量が安定するまでの一定時間後に測定を行う。その測定結果とあらかじめ設定され

たリミット値に基づき良品か否かの判定を行い、不良品の場合は選別部にて排除する。

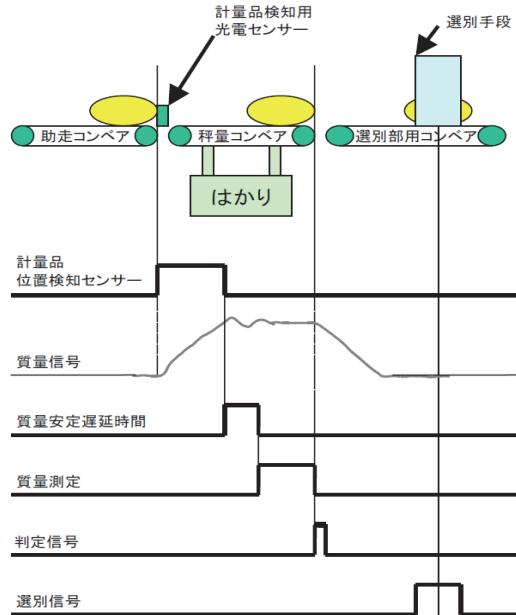


図3 基本動作原理

## 3 開発方針

本開発では、市場要求に対し下記を重要課題として取り組んだ。

- (1) 最大12連に対応した狭ピッチ・省スペース設計
  - ・従来機比1.5倍となる最大選別能力1200個／分(最大12連)
  - ・細身スティック包装品の生産に対応した業界最小となる連ピッチ50mmを実現
  - ・指示部の小型化による設置スペース削減
- (2) 高精度・生産ロス低減
  - ・最高選別精度±0.01gの実現(従来機比1.5倍)
  - ・充填包装機などの周辺装置や床の振動影響を低減
  - ・2個乗りエラー低減機能SMF(Smart Measurement Function)による歩留りの向上
- (3) アソート生産に対応(複数品種同時生産)
- (4) 作業者の作業効率向上
  - ・大型操作画面1台で最大12連まで集中操作
  - ・操作部のフリーレイアウト化による操作・視認性向上
  - ・工具レスで簡単に清掃が可能

## 4 開発ポイントと実現手段

### 4.1 狹ピッチ・高精度フォースバランス方式秤の実現

#### 4.1.1 フォースバランス方式秤の基本メカニズム

フォースバランス方式秤量機構を図4に示す。本秤は、機械的なバランス機構に位置検出センサと電磁力を用いて荷重とつりあわせる方式である。秤量台に連結されたロバーバル機構の変位を変位拡大機構により拡大し、その変位を位置検出センサで検知する。位置検出センサの出力が平衡状態を保つようにフォースコイルの電流を制御し、このときの電流を重量値に変換することで重量測定を行うものである。

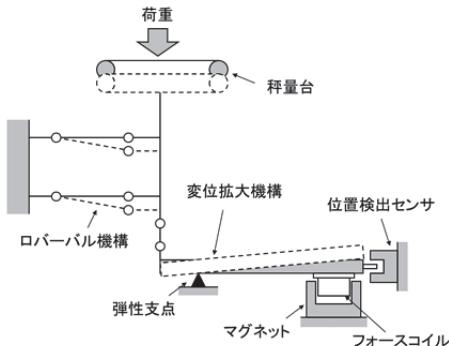


図4 フォースバランス方式秤量機構の構造

#### 4.1.2 秤ロバーバル機構の横剛性と測定精度の関係

重量選別機では、静止ばかりとは異なり、計量品をコンベアで搬送しながら数百ms程度の短い時間で計量を行う。そのため、ばかりは計量品の荷重や外乱振動に素早く追従し整定することが要求され、高精度の実現には秤応答性の向上が必要になる。

秤機構部をバネ・マス・ダンパを要素とした1自由度系の振動で簡易的にモデル化した場合、その動特性である、変位量(x)、固有角振動数(ω)、減衰係数(ζ)は(1)～(3)式で表せる。

$$x = \sqrt{Mg/K} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\omega = \sqrt{K/(m+M)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\zeta = C/(2(m+M)K) \quad \dots \dots \dots (3)$$

M=計量品質量、g=重力加速度、K=系全体のバネ定数

m=コンベア質量、C=ダンパによる減衰係数

一方、ばかりに計量品を乗せてから安定するまでの時間tは、理想的なステップ応答と仮定すると、(4)式となる。ここで、εは許容誤差である。

$$t = \frac{1}{\zeta\omega} \log \frac{1}{\varepsilon\sqrt{1-\zeta^2}} \quad \dots \dots \dots (4)$$

ばかりの応答性の向上には、(4)式の時間(t)を短縮することが必要であり、それはω(固有角振動数)を大きくすることで達成される。具体的には、上下方向または横方向のバネ定数を大きくしたり、マスとなるコンベア質量mの軽量化といった処置が必要となる。

ばかり上下方向の荷重による変位は、フォースコイルによる電磁力で高速に制御ができるが、横方向の変位に対しては制御する手段がなく、秤ロバーバル機構の幅が狭くなると剛性の低下により、応答性が悪化する傾向にある(図5(a))。さらに、秤量台の大きさや重心位置による影響も剛性低下となり、応答性に影響する(図5(b))。

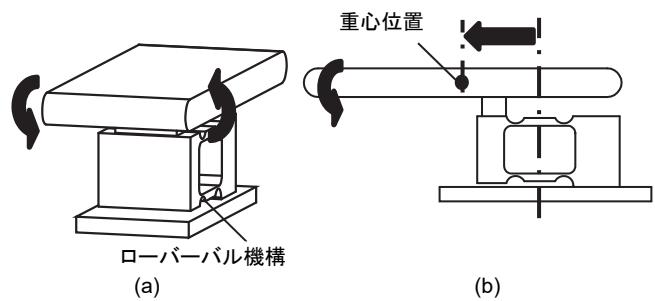


図5 秤ロバーバル機構の横剛性

#### 4.1.3 連ピッチに対応する秤量機構の最適設計

複数で生産される商品の連ピッチは商品幅寸法に応じて異なるため、狭ピッチ50mmから140mmへの対応が必要となる。そのため、本開発では対応可能な最小連ピッチを従来機80mmから50mmにするために幅狭タイプ秤の開発を進めた。しかし、最小ピッチ50mmに対応するために秤幅を狭くしていくと、上述のように秤ロバーバル機構の幅が狭くなり応答性能を悪化させるため、表1の要求仕様に基づき秤量機構の最適設計を実施した。

表1 要求仕様

連ピッチ	狭ピッチ 50 mm	80 mm～140 mm
対象商品	スティック包装品 三方・四方シール カップアイス 非包装食品など	
対象商品質量	概ね50g以下	300g程度まで
対象商品の幅	10mm～20mm	40mm～
コンベアベルト幅	25mm	40/70/100mm
保護等級・外装への要求	防塵・防水IP65 ステンレス	

(1) 連ピッチ80mm～140mmへの対応

50mmピッチに比べてコンベア寸法が大きく、また防水構造の必要性からコンベア質量も重くなる。秤幅140mmの従来機では図6のようばかりを千鳥配置することで80mmピッチを実現していたが、このばかりの配置は秤量コンベアの重心位置が偏置となるため、秤剛性が低下し精度が悪化する。この偏置影響の低減に向けて秤

幅は並列に配置できる寸法とし、また搭載されるコンベア寸法に最適な秤ロバーバル機構の剛性を確保した幅狭秤を開発した。

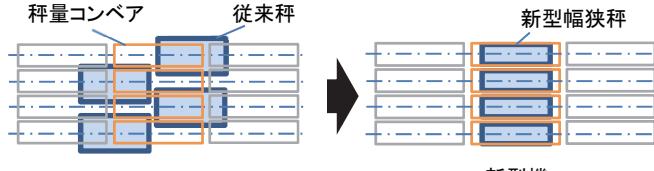


図 6 秤配置イメージ(連ピッチ 80 mm)

## (2) 連ピッチ 50 mm への対応

検査対象品の質量が限定されているため、秤量コンベアの小型・軽量化が可能で、はかりの剛性確保がしやすいことに着目し、図 7(a)に示すように前記新型幅狭秤を用いた千鳥配置構造を採用した。コンベア材質にアルミニウムを採用して従来機比約 65% の軽量化を実現し、また搬送用モータを中心付近に配置した構造により偏置を低減したコンベアにより狭ピッチ 50 mm を実現した(図 7(b))。

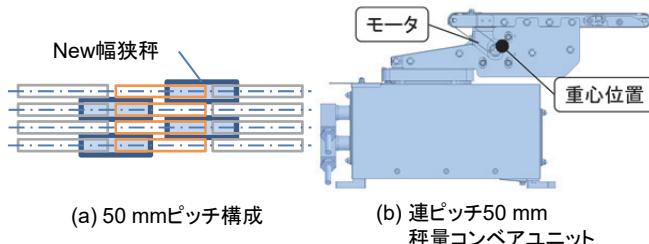


図 7 連ピッチ 50 mm への対応

### 4.1.4 狹ピッチ・高精度化の効果

#### (1) 狹ピッチ化による効果

業界最小 50 mm ピッチを実現することで、充填包装機のラインピッチを広げるための拡幅コンベアが不要となった。これにより、省スペース化と設備導入コストの抑制を実現した。さらには、拡幅コンベアにて発生していた搬送乱れによる歩留まりも低減され、排出口ス低減にも繋がっている(図 8)。

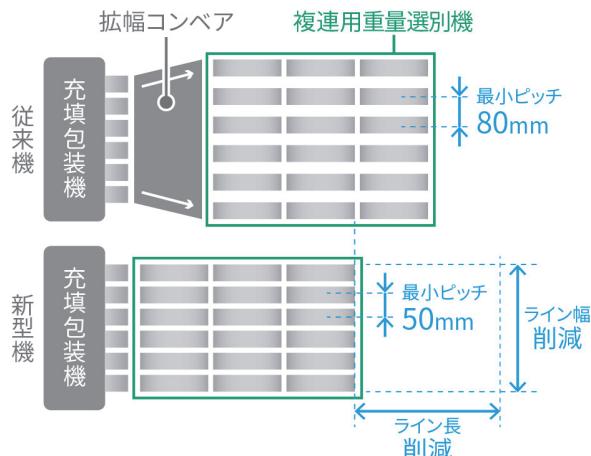


図 8 拡幅装置削減による省スペース化

## (2) 耐振動性能向上による高精度化

秤量機構の最適設計により、最高選別精度  $3\sigma = \pm 0.01 \text{ g}$  を実現した。また、周辺装置や設置場所の床振動による影響を従来機比  $1/2$  に低減することにも成功した。環境振動の影響を受けにくく、充填包装機により近い場所に設置されても高精度を維持することが可能となった。加振機で外乱振動を与えたときの従来機と新型機における重量値ばらつき  $3\sigma$  を図 9 に示す。

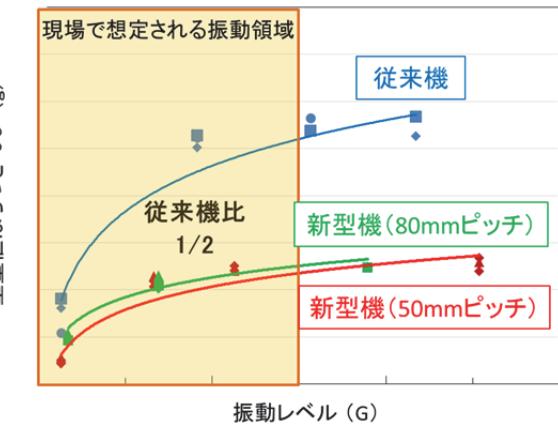


図 9 耐振動性能向上

### 4.2 指示部のコンパクト設計

従来機は、測定・選別制御ユニットの処理能力の問題により、連数分のユニットを指示部に搭載していた。そのため、指示部が大型化してしまい、省スペース化の課題となっていた。

本開発では、指示部のコンパクト化に向け、搭載するユニットの集約化と再レイアウトを実施した。

まず、装置制御をマルチタスク処理化することで 1 枚の制御ユニットで複数連の制御を可能にしてユニットの集約化を図り、また装置内高速ネットワーク通信の採用により省配線化することで、指示部に搭載するユニット面積を従来機比  $1/4$  に縮小した。

さらに、連数に応じて搭載ユニット数が増減するコンベア駆動用モータドライバを指示部から測定部側へ再レイアウトすることにより指示部の小型化を図った。しかし、測定部側の限られた容積にモータドライバを収納するためには、熱の課題があった。本開発では、モータ制御方式を高度化することで、発熱の要因であるスイッチングロスを 1 ユニット当たり 10% 低減し、熱の課題を解決した。

以上の施策により、指示部の小型化を実現し、設置スペースを 40% 削減した。



図 10 本機と従来機の装置外観

#### 4.3 2 個乗りエラー低減機能 SMF による歩留りの向上

従来機では秤量コンベアに 2 個以上の計量品が乗った場合、個々の質量を正しく測定できないため、2 個乗りエラーとして系外排出を行っていた。この重量選別機の測定方法に起因する排出は、ユーザにとって歩留りを悪化させる要因であった。2 個乗り発生を低減するため、重量選別機のベルト速度を上げ、計量品の間隔を引き離す運用を行っていたが、引き離しによる搬送乱れや搬送速度の高速化により測定精度が低下する問題があった。

SMF(Smart Measurement Function)は、2 個乗りが発生した場合でも個々の計量品の質量を測定することで、歩留まりを改善する新規に開発した当社独自の機能である。

図 11 に SMF の測定原理を示す。計量品が秤量コンベアに乗り、安定して搬送される状態から、計量品が秤量コンベアから降りはじめるまでの間を測定区間として計量品の質量測定を行う。

搬送状態が良好な場合、通常の測定区間で測定を完了するが、2 個乗りが発生した場合は測定中の計量品の質量に加え、後続の計量品の質量が負荷されるため、2 個乗りエラーと判断し、いずれの計量品も系外へ排出していた。SMF を使用した場合、後続の計量品を検知し、2 個乗りが発生するタイミングで測定区間を打ち切り、測定を完了する。後続の計量品については、測定し終えた計量品が秤量コンベアから後段へ乗り移ったタイミングで次の測定を開始する。

本機能により計量品の引き離しのためにベルト速度を上げる必要がないため、計量品の搬送が安定し、測定精度が改善される。生産能力 200 個／分の高速ラインでは測定精度が 0.4 g も改善され、2 個乗りによる排出ロス発生率は 0.15% から 0.03% へ低減し、歩留まりが向上した。

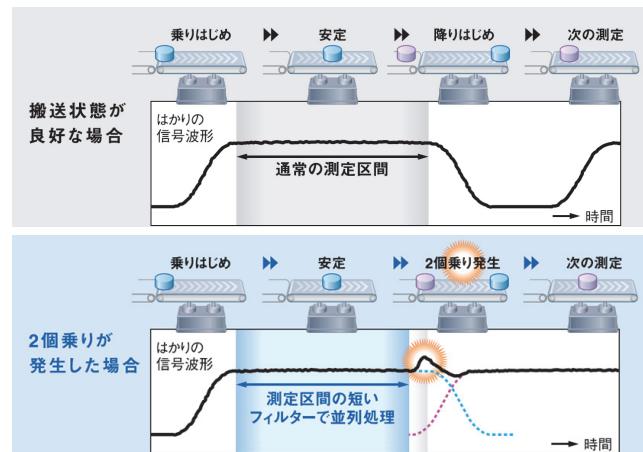


図 11 SMF の測定原理

#### 4.4 アソート生産対応

連ごとに内容物や内容量が異なるアソート生産に対応するため、基準値・上限値・下限値を連ごとに異なる設定にできるようにした(表 2)。また、品種設定によりアソート生産条件や全ライン同一の検査条件に容易に切り替え可能であり、生産計画にフレキシブルに対応することができる。1 台で多品種同時検査が可能となり、顧客の生産効率向上に貢献できる。

表 2 アソート生産機能使用時の設定例

ライン	基準値	上限値	下限値
1	120 g	+1.2 g	-1.2 g
2	120 g	+1.0 g	-1.5 g
3	100 g	+1.0 g	-1.0 g
4	90 g	+1.0 g	-1.0 g

#### 4.5 作業者の作業効率向上

##### 4.5.1 作業者をサポートする表示・操作画面

機器の稼動状態、生産状況、および異常やアラームの有無等を作業者が瞬時に把握できるように、視認性の高い 15 インチの大型タッチパネル操作画面を採用した。代表的な操作画面を紹介する。

###### (1) 充填量調整画面

充填ラインでは、重量選別機で測定した重量値と充填目標となる基準値のズレを充填機にフィードバックして充填量が目標値になるように自動補正を行う自動化されたラインがある。一方で、充填機に充填補正機能がない場合は、重量選別機の操作画面を見ながら手動で補正を行う。手動で行う場合、充填機の操作パネル前にいる作業者からの視認性の高さや、検査機側を操作しなくても必要な情報を確認できることが要求される。そのため、目標充填量となる基準値からの充填ずれ量を相対値と、直感的に認識できるカラーバーを全ライン分 1 画面で表示した(図 12)。



図 12 充填量調整画面

## (2) 統計表示画面

総統計や良品統計などの各種統計情報およびヒストグラムを図 13 のように表示した。また全ライン総統計やライン個別の統計情報への変更も可能で、ライン別の傾向や異常を把握するなど生産管理の目的に応じて使用できる。



図 13 統計表示画面

### 4.5.2 工具レス着脱による簡単清掃

本機では新たに液体充填包装品、カップアイス、包装前の商品(非包装品)などの生産ラインに対応するため防水構造 IP65 タイプもラインナップした。防水環境で使用される場合、商品の破袋による汚れや非包装品の残渣などの清掃が日常的に行われる。そのため図 14 のように、商品が直接触れる搬送コンベアの固定に板バネを採用し、工具レスでの着脱を可能にした。

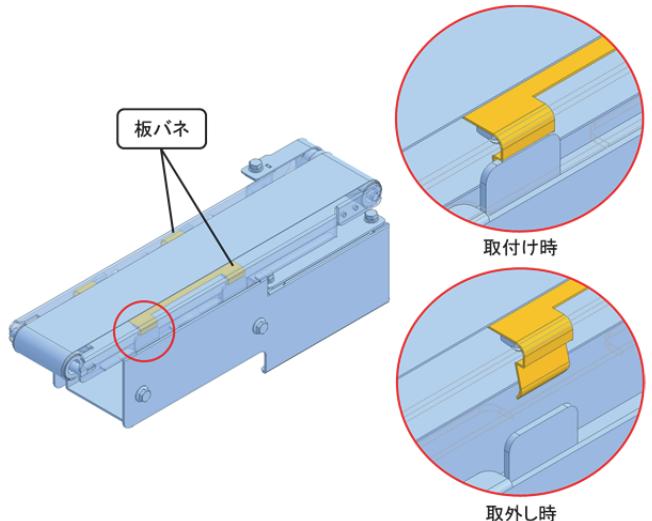


図 14 工具レス着脱

## 5 主要規格

以下に複運用重量選別機の代表機種の主要規格を表 3 に、コンベアラインナップを表 4 に示す。

表 3 主要規格

形名	KWS6031FP12	
連数	12	
計量範囲	0.4~100 g	
表示目量	0.002 g	
最高選別能力	100 個/min(1 連あたり)	
最高選別精度( $3\sigma$ )	$\pm 0.010$ g	
表示方式	15 インチワイドカラーTFT 液晶	
操作方式	タッチパネル (運転/停止/ホームボタンのみダイレクトキー)	
最大表示値	100.9 g	
品種数	最大 50 品種	
選別段階	2(オプションで 3)	
計量品	幅	10~40 mm
	長さ	46~230 mm
	高さ	5~25 mm
ベルト速度	15~30 m/min	
電源・消費電力	AC100 V~120 V+10%~15%または AC200 V~240 V+10%~15%, 単相, 50/60 Hz, 550 VA, 突入電流 30A(typ)(130 ms 以下)	
エアー源 (専用選別部付の場合)	0.4~0.9 MPa, 0.2ℓ(A.N.R) (1 連当りの選別動作 1 回当りの最大容量)	
質量	190 kg	
使用環境	0~40°C(選別精度を維持するためには 5°C/h 以下の変動のこと) 相対湿度 30~85%, ただし結露ないこと	
保護等級	IP30 準拠	
外装	ステンレススチール(SUS304)	
データ出力	USB ポート(USB2.0), イーサネットインターフェース (10BASE-T, 100BASE-TX)は標準搭載	

表4 コンベアラインナップ

タイプ	連ピッチ	ベルト幅	秤量コンベア長
狭ピッチタイプ	50 mm～	25 mm	270 mm
			345 mm
汎用タイプ (非防水)	80 mm～	40 mm	270 mm
			345 mm
	110 mm～	70 mm	270 mm
			345 mm
	140 mm～	100 mm	270 mm
			345 mm
汎用タイプ (防水)	80 mm～	40 mm	270 mm
			345 mm
	110 mm～	70 mm	270 mm
			345 mm
	140 mm～	100 mm	270 mm
			345 mm

## 6 むすび

当社の強みである自社開発の新規フォースバランス方式秤の採用により、高精度で最小連ピッチ 50 mm に対応可能な複連用重量選別機を開発した。これにより食品・薬品製造ラインの生産性の向上と品質保証に貢献できた。今後も高まる消費者の安全・安心への期待に応えるために、生産ラインの課題を独自の技術で解決する製品を開発していく所存である。

## 参考文献

- 柳瀬裕吉, 藤本秀也, 日高雅之, 綿引広明, 関口裕之, :“SV シリーズ重量選別機の開発”アンリツテクニカル 82 号, pp.1-7 (2006.3)
- 山田:計量センシング, 日本包装学会誌 Vol.22 No.2 (2013)

## 執筆者



飯田 敦  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
共通技術部



田村 淳一  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第1開発部



山田 健太  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第1開発部



鈴木 康平  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第1開発部



佐藤 弘典  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
共通技術部



伊藤 誉将  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
共通技術部



安齋 裕貴  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第1開発部



バホ マーク  
アンリツインフィビス(株)  
開発本部  
第1開発部

公知