Cube シリーズ自動電子計量機の開発

Development of Cube Series Automatic Combination Weigher

若林信之 Nobuyuki Wakabayashi,井上隆治 Takaharu Inoue,小泉孝治 Koji Koizumi,村上 淳 Jun Murakami

「要旨]

計量サイクルの短縮とフレームの高剛性化による秤の高速・高精度化とアンリツ独自の VM (Verticl Memory) 計量方式の採用により、160個/分、0.3gの高速・高精度計量を可能とした Cubeシリーズ自動電子計量機を開発した。この Cubeシリーズでは部品数の低減とフルオープン機構付きカバーの採用により高い清掃性を実現し、さらに計量機内での計量品の落下高さの低減と欠け検知機能の追加により、割れ欠け品の発生の低減も実現した。

[Summary]

High-speed, high-accuracy scale by reduction of weighing cycle time and strong frame and Anritsu's unique Vertical Memory (VM) method are the key technologies behind development of the high-speed (160 products/minute) Cube Series Automatic Combination Weighers with a high weighing accuracy of 0.3 g. Moreover, the Cube Series has fewer parts as well as high cleanability by using a cover with full open mechanism. The number of broken/chipped products is reduced by lowering the drop height and by installing a chip detection function.

1 まえがき

自動電子計量機は、質量にばらつきのある複数の個体から規定質量に限りなく近い集合をつくり、次工程の包装機等に供給する装置であり、菓子・スナック等の食品工場の計量袋詰め行程で広く使用されている。自動電子計量機が発明される以前の装置は、1つの供給装置と秤で構成され、質量にばらつきのある固体を供給装置で秤に送り、規定質量の間近になったところで供給を停止することで集合を作っていた。そのため、最大約個体1個分の質量誤差を発生させ、規定質量に近づけることが困難であった。自動電子計量機は、複数の供給装置と複数の秤で構成され、それぞれの秤に規定質量以下の適当量を供給装置で送り、計量し、その中から規定質量に最も近い組合せを選定して集合を作る。そのため、自動電子計量機はばらつきがあり1個あたり数gある食品から、規定質量+1g以下の高精度な集合を作ることを可能とする。1)

近年,食品の包装形態は,消費者の食の多様化に伴い,コンビニエンスストアで見られるような小袋化が主流となっている。そのため,食品メーカは生産数の増加に伴い,自動電子計量機には高精度に加え,従来に増して高速化を求めている。

また、食品メーカは消費者に安全・安心な商品を提供することが 使命であり、生産設備の衛生確保のため食品が接触する部品を毎 日取外し、確実な清掃を行っている。このため自動電子計量機に は、清掃する部品を短時間に脱着できる構造と、清掃しやすい部 品形状が求められている。さらに、食品メーカは外観品質向上と商 品価値を確保するため、食品の割れや欠けの低減を行っている。 ポテトチップスやビスケットなどの食品の割れ欠けは、生産ラインの食品搬送で発生する落下衝撃により発生する。自動電子計量機は、原理上、食品を落下により搬送するため、装置内部で割れ欠けの発生が多く、その低減が求められている。

自動電子計量機の高速・高精度化には、1 つの秤を高速・高精度化すると共に、規定質量に近い組合せを得るため秤の数を増加する必要がある。しかし、秤数の増加は同時に食品を蓄え清掃を必要とするホッパ数の増加を招き、清掃性を低下させるという問題があった。また、従来機のホッパは装置円周上に1つ1つ配置され、脱着に時間を要し、清掃性を悪化させる要因となっていた。

さらに、秤数の増加は秤を装置円周上に配置する関係上、装置 直径を大きくし、強いては秤から排出された商品を落下集合させる 円錐形状のシュートを大きくする。シュートの大型化は商品の落下高 さを増加し、商品の割れ欠けを発生させやすいという問題があった。

今回開発した Cube シリーズは、計量サイクルの短縮とフレームの高剛性化による秤の高速・高精度化を実現すると共に、秤の数を増やすことなく組合せ数を増加させる VM 計量方式を採用することで高速・高精度計量を実現した。同時に、ホッパを含む部品を装置の手前と奥側の2面のみに配置し、脱着部品点数の低減とシンプルなホッパ構造とすることで高い清掃性を実現した。さらに、新たに考案した VM 計量方式の採用により秤の数を低減し、シュートを小型化し落下高さを低減することで商品の割れ欠けの発生を低減した。

本稿では、最高計量能力 160 個/分、最高計量精度 0.3 g の高速・ 高精度計量と清掃時間 1/2 (従来機比) の高い清掃性を実現し、 計量品の割れ欠けを30%低減(従来機比)したCubeシリーズについて、開発方針と設計の要点について紹介する。外観を図1に示す。



図 1 外観 External view of Cube series Automatic Combination Weigher

2 自動電子計量機の基本計量動作と計量サイクル

自動電子計量機の基本計量動作を図2に示す。自動電子計量機は、制御・演算部と計量品を供給するトラフと、計量品を一時に蓄えるストックホッパと、質量を測定する計量ホッパと、計量品を集合させる集合シュートで構成される。自動電子計量機は、次工程の包装機等から計量品の要求信号を受け取ると、すでに計量を完了している計量品の組合せの中から①規定質量に一番近い組合せを演算し、秤に接続され計量品を蓄えた計量ホッパを選定する。そして、②選定されたホッパ下部のシャッタを開き計量品を落下集合させ、規定質量の計量品を包装機等に供給する。③空になった計量ホッパはストックホッパから計量品を受け取り計量を行う。④ストックホッパはトラフから計量品を受け取り次の要求信号への備えが完了する。図3は一つの秤が計量品要求信号を受けてから計量完了するまでの計量サイクルを示す。計量サイクルは、組合せ演算時間とシャッタ開閉時間と質量安定遅延時間と質量測定時間で決定される。

3 開発方針

3.1 高速・高精度化

Cube シリーズは、下記を開発方針とし、最高計量能力 160 個/分(従来機比 20%向上)、最高計量精度 0.3 g(従来機同等)を実現する。

(1) 秤の計量サイクルを従来機比で 20% 短縮する。

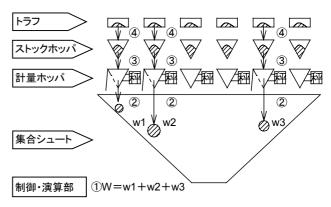


図 2 自動電子計量機の基本計量動作 Automatic Combination Weigher weighing process

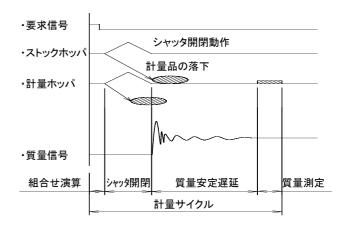


図 3 秤の計量サイクル Weighing cycle time

- (2) シャッタ動作による振動ノイズを秤に伝達しない高剛性フレームとする。
- (3) 従来機と同等以上の組合せ通り数を確保しながら、秤(= 計量ホッパ)の数を低減する VM 計量方式を採用する。

3.2 清掃性の向上

清掃性の向上は、ホッパやトラフの清掃部品の脱着性の向上と、ホッパを清掃し易い形状とすることで、清掃時間を15分(従来機1/2)に短縮する。清掃部品の脱着性は、計量機の本体形状を角型にしホッパとトラフを装置の手前と奥側の2面のみに配置し、清掃部品の多くを占めるホッパを一体化して脱着する回数を低減することで向上させる。またホッパやトラフの脱着を阻害する装置を覆うカバーのフルオープン(完全な開放)を可能とすることで脱着を容易にする。

3.3 割れ欠け品の低減

装置内部での商品の割れ欠けを低減するには、商品の落下高さが1番大きくなる集合シュートを小型化し、落下高さを低減することである。この集合シュートの大きさは秤の数に依存する。Cubeシ

リーズは秤の数を低減する VM 計量方式を採用し,集合シュートを 小型化し,商品の割れ欠けを低減する。(従来機比-30%)

計量品の割れ欠けは、計量機の前工程でも発生し計量品に混入している場合がある。Cube シリーズは、品質上特に問題となる欠け品(商品の一部が欠損している商品)が計量品に混入していることを検出する機能を追加し、商品への混入を防止する。

4 設計の要点

4.1 高速・高精度計量の実現

4.1.1 計量サイクルの短縮(従来機比 20%短縮)

計量サイクルの短縮は、シャッタをモータでダイレクトに駆動する 機構の採用と、モータの駆動パターンの高速化により、シャッタ開 閉時間を短縮することで実現した。(図4)計量ホッパのシャッタ開 閉機構を図5に示す。従来のシャッタ開閉機構は、秤とモータが分 離配置されシャッタ閉時にはモータとシャッタは分離され、シャッタ はホッパに配置されるバネ力により閉める構造となっていた。その ためシャッタを閉める速度はバネ定数に依存し、シャッタの高速化 にはバネカの増加とモータの大型化を必要とするが、バネの耐久 性維持や寸法の制約上モータの大型化に限界があった。Cube シ リーズでは、モータを秤に搭載することでシャッタをモータでダイレ クトに駆動しバネ力に依存しないモータの高速駆動を可能とした。 モータの秤への搭載は、秤部の質量を増加させ質量信号の振動 収束時間(質量安定遅延時間)を延ばし計量サイクルの遅延につ ながる。このCubeシリーズでは秤の高剛性化により、質量信号の振 動収束時間の遅延を防止しモータの秤への搭載を可能とし、シャッ タのダイレクト駆動による計量サイクルの短縮を可能とした。

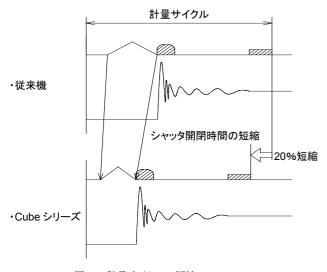


図 4 計量サイクルの短縮 Reduced weighing cycle time

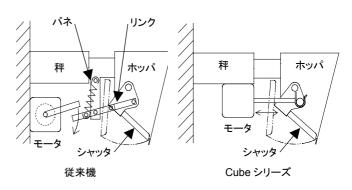


図 5 シャッタ駆動機構
Driven shutter structure

4.1.2 フレームの高剛性化

秤精度の実現には、シャッタの高速開閉で発生する振動を、秤に伝達しないフレーム強度が課題となる。とくに秤を支持するフレームは、すべての計量ホッパを支持し、シャッタ開閉の振動影響を受けやすく、その高剛性化が高精度実現のポイントとなる。Cubeシリーズの開発では 3DCAD による応力解析と固有振動数解析の活用により、振動影響を受けない高剛性フレームを実現した。図6に秤支持フレームの固有振動数解析に使用した 3D解析モデルの一例を示す。

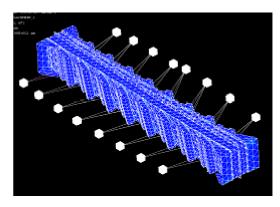


図 6 秤支持フレームの固有振動数解析モデル Natural frequency analysis of balance frame support

また、自動電子計量機は包装機の上部にフレームを組んで設置され、そのフレーム振動の影響を受ける。従来機はこの振動影響を信号処理により除去していたが低周波領域での減衰特性が不十分であった。Cube シリーズでは、当社の重量選別機で実績のある低周波領域での高い減衰特性をもつローパスフィルタ²⁾を採用し、外部振動ノイズを除去し、高精度を実現した。

4.1.3 VM(Vertical Memory)計量方式

規定質量により近づける高精度計量には、組合せ通り数の増加を必要とし、秤の数を増やす必要がある。¹⁾ しかし、秤の数を増やすことは装置の大型化、保守性の悪化、コストの増加を招くことにな

りふさわしくない。Cube シリーズでは、計量ホッパの下部にメモリホッパを装備し、秤の数を増やすことなく組合せ数を増加する VM (Vertical Memory)計量方式を考案した。

VM計量は、計量ホッパに加えて計量ホッパで測定した計量品を蓄え計量値を記憶するメモリホッパを装備し、計量ホッパと組合せることで、秤の数を増加することなく組合せ通り数を増加させる方式である。(図 7)例えば 10 個の秤を使用した場合、理論上の組合せ通り数は $1023(=2^{10}-1)$ 通りから $59049(=3^{10}-1)$ 通りに大幅に増加させることが可能となった。

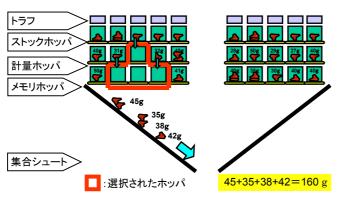


図 7 VM 計量方式 VM Weighing method

このように計量サイクルの短縮,フレームの高剛性化,VM計量方式により,目標の160個/分,0.3gの高速・高精度計量を実現した。図8の能力線図が示すように,Cubeシリーズは従来機(KE731A)と比較して20%以上能力を向上させることができた。

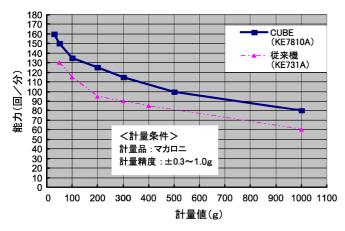


図 8 能力線図 Weighing performance: Weighing speed and target weight

4.2 清掃性の向上

4.2.1 脱着性の向上

(a) 一体型ホッパ

Cube シリーズは、計量機本体を角型にした。これにより、ホッパの直線的な配置による複数ホッパの連結を可能とし、取外すホッパ数を本来30個のところ14個(KE7810ADの場合)に低減した。ホッパの連結は、個々のホッパを2本のシャフトにネジ止めにより固定する構造とした。手前側に1本、奥側には水平に並んだ2本のピンを持ち、この3本のピンによって各個別ホッパの傾きを規制し、各々が位置ずれを生じない一体化構造を実現した。(図9)



図 9 一体化ホッパ Integrated hopper

一体型ホッパの計量機本体への取り付けは、ホッパ側面のローラと本体側の U 字形状のフックを駆動伝達のため結合する必要があり、それを複数ホッパ同時に行うことが課題であった。Cube シリーズでは、ホッパの取付け方法を連結シャフトを支点に回転することで、連結した全ホッパのローラを同時に U 字フックに誘導することを可能とした。(図10) その結果として、一体型ホッパの取付けは、ホッパのシャフトを計量機本体側のフックに載せ、それを支点にホッパを回転させるだけで簡単に行える。

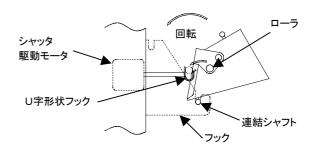


図 10 一体型ホッパの取り付け方法 Mounting integrated hopper

また、一体型ホッパは手前に回転させシャッタが開いた状態で保持する構造としたことで、生産途中で行う計量機本体から取り外さない簡易清掃も大幅に簡素化できた。(図 11)



図 11 簡易清掃時の一体化ホッパ Cleaning integrated hopper

(b) フルオープン機構付きカバー

Cube シリーズは、清掃部品を脱着するために開閉する カバーの数の低減とフルオープンを可能とすることで、ホッ パとトラフの清掃部品の取外しを容易にし、その時間を低減 した。

従来の丸型の計量機は、装置円周上にホッパが配置されているために、装置全体を覆う構造でカバーの数は12個と多く、さらにカバーを保持するためのフレームを多数必要とし、完全な開放は不可能であった。

Cube シリーズは、ホッパとトラフを装置手前と奥側の2面のみに配置することで、カバーの数を6個に低減し、さらにトラフ取り付け面の上部カバーとホッパ取付け面の前面カバーのフルオープンを可能とした。カバーの完全な開放は、上部カバーのスライド構造と前面カバーの観音開き構造により実現した。

上部カバーのスライド構造は、計量機本体から突き出された支柱に支持されたローラと、上部カバーの内側にあるガイドレールによりスライドし、ローラを支点として上部カバーを回転し開放することができる。(図12) 前面カバーの観音開き構造は、本体とカバーを蝶番で接続し、2 個の前面カバーを左右に回転することで開放することができる。

以上により、ホッパの脱着は前面カバー2個を左右に開き、トラフの脱着は上部カバー1個をスライドするだけで全開放を可能とし、清掃部品の脱着に必要な手間を低減し、その時間を短縮した。

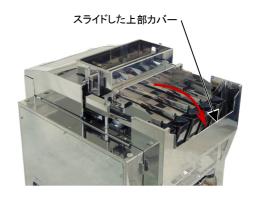


図 12 上部カバースライド構造 Sliding top cover structure

4.2.2 ホッパの清掃性向上

従来機のホッパは、図5の通りシャッタの開閉に必要となるリンクとバネを有し、また、それらの組立のためのネジも7本と多く複雑な構造であった。そのため、飛び散った食品が部品の隙間や角部に滞留し、その清掃に時間を要していた。Cubeシリーズでは、前述の通りシャッタをステッピングモータによりダイレクトに駆動することで(図5)、従来機で必要としたリンクとスプリングを不要とし、また組立に必要となるネジを3本に低減することで、突起の少ないシンプルな清掃しやすいホッパ構造を実現した。(図13)



図 13 リンクレス、スプリングレスホッパ No-Link, no-spring hopper

以上のように Cube シリーズは、一体型ホッパとフルオープン機構付きカバーによる清掃部品の脱着性の向上と、突起の少ないシンプルなホッパ構造による清掃性の向上により、清掃時間を15分(従来機比1/2)に短縮することができた。

4.3 割れ欠け品の低減

4.3.1 集合シュートでの割れ防止

集合シュートでの落差低減は、計量ホッパの下にメモリホッパを装備し、さらに内側に配置することで、集合シュートを小型化し落下高さを低減した。(図 14) 従来機は、高速・高精度化のためには秤の数を増やし、装置と集合シュートの寸法を大きくする必要があった。Cube シリーズは、VM 計量方式の採用により秤の数を低減し、装置と集合シュートを小型することを可能にした。以上により Cube

シリーズは、集合シュートでの商品の落下高さを従来機比 1/2 以下に低減し、菓子の中でも一番割れ欠けの発生しやすい商品(チョコレートクッキー)の割れ欠け発生率を従来機比-30%に低減した。(図 15)

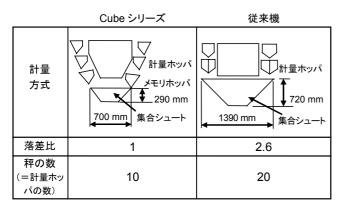


図 14 計量方式と商品の落下距離 Weighing method and product drop height

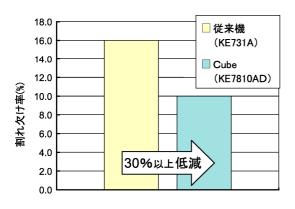


図 15 計量品 (チョコレートクッキー) の割れ欠け率 Product breakage rate

4.3.2 欠け検出機能

欠け検出機能は,各秤で計量した商品に欠け品が混入している ことを質量を測定することで検知することを可能とした。

質量による欠け品検知の原理を説明する。計量ホッパに欠けた商品が含まれない場合、その質量値は計量品単体質量の整数倍の質量分布となる。(図 16) しかし、欠け品が含まれている場合には整数倍以外の質量(図中の矢印範囲 (二)となる。本機は、質量測定値が、このような欠け品範囲の質量であることを判断することで欠け品を検出することを可能とした。

また、欠け品を排除するため、Cube シリーズは欠け品を検出した場合操作パネルにアラームを表示すると同時に計量動作を停止して、欠け品の混入を防止することを可能とした。

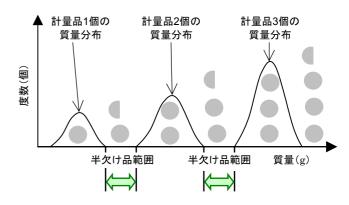


図 16 計量品の質量分布と欠け品の範囲 Product weight range and chip detection range

5 主要規格

Cube シリーズ自動電子計量機の主要規格を表1に示す。

表 1 主要規格 Specifications

形名		KE7806AD	KE7808AD	KE7810AD	KE7812ADT	KE7814ADT	KE7816ADT
計量範囲(g)		5~500					
計量精度(\overline{X}) (g)		0.3~1.0					
最小読取単位(g)		0.1					
最高計量 能力(個/分)	シングル計量	70	120	160	_	_	_
	ツイン計量	-	=	=	75×2	100×2	120×2
最大計量容積(ml)		1200					
秤数と計量方式		6, VM 計量	8, VM 計量	10, VM計量	12, VM 計量	14個, VM 計量	16個, VM 計量
表示と操作方式		10.4 インチカラーTFT 液晶, タッチパネル					
品種設定数		100 品種				50 品種	
電源と消費電力		AC200~240 V+10%-15%, 単相, 50/60 Hz, 800 VA AC200~240 V+10%-15%,単相, 50/60 Hz, 1 kVA					1 kVA
使用環境		0~40℃, 相対湿度 30~85%但し結露がないこと					
保護等級(IEC60529)		IP50					
質量(kg)		300	350	390	440	490	540
幅×奥行×高さ(mm)		$840 \times 827 \times 1267$	835×1096× 1183	950×1096× 1100	1065×1096× 1188	1180×1096× 1183	$1295 \times 1096 \times 1183$

6 むすび

Cube シリーズは、高速・高精度と高い清掃性および割れ欠け品の低減を実現し、生産性向上と食品安全および商品価値向上という食品製造メーカの要求に応えることができた。

今後、食品業界は原材料の高騰や ISO2200 制定に見られるように、ますます生産性向上と食品安全性向上の要求が高まると考える。我々は、これからも食品メーカのニーズを先取りし、計量包装ラインの中核を担う自動電子計量機を提供していきたい。

参考文献

- 富山貞義,政 文祐,内城 純:
 "新方式マルチホールド組合せ計量機", アンリツテクニカル No. 56, 1998. 9
- 2) 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 No. 82, 2006. 3

執筆者



若 林 信 之 アンリツ産機システム株式会社 開発本部 開発部



井上隆治 アンリツ産機システム株式会社 開発本部 開発部



小泉孝治 アンリツ産機システム株式会社 開発本部 開発部



村上 淳 アンリツ産機システム株式会社 開発本部 設計品質保証部