03213 多連秤を用いた高精度質量計測

Precise Mass Measurement using Multi-stage Conveyor Belt Scales

○山崎 敬則 (小山高専) 田崎 良佑 (小山高専) 大西 秀夫 (新光電子)
 ○小林 政明 (新光電子) 黒須 茂 (クロテック)

Takanori YAMAZAKI, Ryosuke TASAKI, Oyama National College of Technology, 771 Nakakuki, Oyama, Tochigi
 Hideo OHNISHI, Masaaki KOBAYASHI, Shinko Co., Ltd.
 Shigeru KUROSU, Research Inst. Crotech.

In the automatic weighing of packages in motion, the sequence of products is generally completely random. Long, short, heavy and light products are passed over the conveyor belt scale in any kind of random sequence. Through the multi-stage conveyor belt scale, a weighing scale can be created which will adjust the conveyor belt length to the product length. Our interest is directed to solve many technical problems when we put the multi-stage conveyor into practical use. Consequently, our weighing algorithm proposed here will give us an accurate and desirable performance with the possible improvements.

Key words: Mass Measurement, Conveyor Belt Scale, Multi-stage Measurement

1. はじめに

著者らは、コンベアライン上で搬送される秤量物の長さ
 が計量コンベアの長さより短い場合について、FIRフィルタ
 で平滑化した測定データの最大値から秤量物の質量を推定
 する簡易測定法を提案している^{1),2)}。様々な長さや質量の秤
 量物が連続的に搬送される状況で、コンベアラインを停止
 させずに高精度で質量を測定する方法として、複数の計量
 コンベア (多連秤) を配置し、その出力を組み合わせた多連
 秤による質量測定がすでに実用化されている³⁾が多連秤の
 性能には、益々厳しい要求が課せられつつある。メーカ側
 では主としてハードウェアの改良に力が注がれているよう
 である。そこで本研究では、多連秤による質量測定を信号
 処理として捕らえ、ソフトウェアの側面から数理的に検討
 している。

2. 計測システムの概要

コンベアライン上で搬送されるダンボール箱に装てんさ
 れた様々な長さや質量の秤量物の質量を連続的に計測する
 システムを考える。計測システムの基本的な構成の概略を
 図1に示す。ここで、 l_i : 秤量物の長さ (cm), L_i : 計量コン
 ベアの長さ (cm), d_i : 連続した秤量物の間隔 (cm), v : コン
 ベアの搬送速度 (m/s) である。

荷重受部は1点でロードセルによって支持されたベルト
 コンベア (計量コンベア) であり、これを複数配置して多
 連秤を構成する。秤量物が計量コンベアに載ると、搬入側
 に取り付けられた光電スイッチが働き、計測が開始される。
 秤量物の通過する時間内に荷重がロードセルによって検知

Fig. 1 Multi-stage conveyor belt scale

され電圧信号として取り出される。電圧信号はA/D変換を
 通してパソコンへ送られる。パソコンではFIRフィルタの
 アルゴリズムによって高周波成分が除去され、過渡応答の
 形状から秤量物の質量が推定される。

3. 幾何学的な測定条件

Fig.1において、 $l_i \leq L_1, L_2, L_3$ である場合に、単体の計量
 コンベア (単連秤という) に印加される入力荷重 m_i の時間
 的变化を示したのが Fig.2である。同様に、 $l_i \geq L_1, L_2, L_3$
 である場合に、三連秤での印加される入力荷重 m_i の時間
 的变化を示したのが Fig.3である。

Fig. 2 Time behavior of loading input ($L_i > l_i$)
 (for a single-stage conveyor belt scale)

Fig. 3 Time behavior of loading input ($L_i < l_i$)
 (for a three-stage conveyor belt scale)

Fig. 4 Distributions of estimation errors (for a single-stage conveyor belt scale)

Fig. 5 Distributions of estimation errors (for a two-stage conveyor belt scale)

Fig. 6 Distributions of estimation errors (for a three-stage conveyor belt scale)

Fig.2,3 より、連続秤量する場合に秤量物長さ l_i の質量 m_i を測定できる条件はつぎのように書ける。

$$\begin{aligned} d_{i-1} > L - l_i > 0 \\ d_i > L - l_i > 0 \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 d_{i-1} 、 l_i 、 d_i は光電スイッチの遮光から透光に、透光から遮光に移行する時間間隔によって逐次計測される。(1) 式の物理的意味は、秤量物の長さ l_i と前後の秤量物との間隔 d_{i-1} 、 d_i を加えた長さが、計量コンベアの長さの合計 L より大きくなければならないことである。ここで L は、単連秤では $L=L_3$ 、二連秤では $L=L_1+L_2$ 、三連秤では $L=L_1+L_2+L_3$ としている。

4. 多連秤による測定結果

多連秤による実際の測定に際して、数学モデルを用いたシミュレーションを行った結果、それぞれの秤の測定範囲について次の知見を得た。

単連秤では $l_i \leq 40$ [cm]、二連秤では $40 < l_i \leq 60$ [cm]、三連秤では $60 < l_i \leq 125$ [cm]

以上の考察のもとに、多連秤による測定実験を実施した。搬送条件はつぎのとおり。

単連秤 ($L=L_3=60$ [cm])

$l_i=20\sim60$ [cm]、 $m_i=20\sim80$ [kg]、 $d_1=d_2=100$ [cm]、

Table 1 Mean estimation errors and standard deviations

conveyor belt scale	length of product [cm]	mean value of ε [%]	standard deviation of ε [%]
single-stage	$l=20$	0.66	0.46
	$l=40$	-0.25	0.41
two-stage	$l=40$	0.55	0.42
	$l=60$	0.15	0.28
three-stage	$l=80$	-0.0044	0.44
	$l=80$	-0.18	0.46
	$l=120$	-0.0047	0.57

二連秤 ($L=L_1+L_2=80$ [cm])

$l_i=40\sim80$ [cm]、 $m_i=20\sim80$ [kg]、 $d_1=d_2=100$ [cm]、

三連秤 ($L=L_1+L_2+L_3=140$ [cm])

$l_i=80\sim140$ [cm]、 $m_i=20\sim80$ [kg]。

ここで、単連秤と二連秤では同じ秤量物を3個連続して搬送している。三連秤では測定不能となる場合が生じ、単体で搬送したので d_1 、 d_2 の記述はない。

秤量物の長さ l_i 、秤量物の質量 m_i について測定点は9点である。単連秤、二連秤、三連秤による誤差率 ε の分布をそれぞれ Fig.4~6 に示す。なお、右図は左図の拡大図で、拡大図中の二重丸は、それぞれの誤差率 ε の平均値 (平均誤差率) を示している。各長さ l_i に関して平均誤差率と標準偏差とを算出した結果を Table 1 に示す。これらの結果から、つぎのことがわかる。

- 1) 単連秤では $l_i \leq 40$ [cm]、二連秤では $l_i \leq 60$ [cm]、三連秤では $l_i \leq 120$ [cm] のとき、平均誤差率 ε が 0.7% 以下を満たしている。
- 2) 誤差率 ε の分布状況は、質量 m_i が大きいほど狭くなっている。

5. おわりに

本研究では、コンベアライン上に搬送される秤量物の質量を高速、高精度で測定するために、複数の計量コンベアの出力を組み合わせた多連秤による連続秤量をソフトウェアの側面から数理的に検討している。

本研究の成果をまとめると、つぎのようになる。

- 1) 多連秤によって秤量物の質量を連続測定するさいに、計測可能となる幾何学的条件を示した。
- 2) 秤量物の長さ 20~140 [cm] に対して単連、二連、三連秤による連続秤量を実施し、平均誤差率 0.7% 以下が保証される条件を明らかにした。
- 3) 本研究で提案した多連秤による簡易測定法が実用性のあることが明らかとなった。

参考文献

- 1) T.Yamazaki, et al.: Continuous Mass Measurement in Checkweighers and Conveyor Belt Scales, Proceedings of IMEKO TC3/TC5/TC20, Celle in Germany 295/301 (2002)
- 2) 野田、桜井、山崎、大西、小林、黒須：コンベアライン上での連続秤量における精度の向上、計測自動制御学会論文集 38-9, 759/764 (2002)
- 3) 公開特許公報：特開平10-122940、特許第3249055号 (2001)
European Patent Application : EP0953828A1 (1999)
OCS In-Motion Scales: OCS Checkweigher GmbH(Germany), Post-Expo 2002 (2002)