

三次元計測による食品の定貫加工機開発

株式会社ニッコー システム部 下山 利美 ○菊野 博昭
北海道大学 金子 俊一

要旨

昨今の食品加工において、原料価格の上昇に伴い加工歩留りの高い加工機が望まれている。これに対し、三次元での形状計測により各種特徴値（全長、最大巾、最大厚み、体積等）の計測ならびに、設定された目標値（重量、長さ、巾）を満たす加工位置の算出／加工を実現する装置の開発をおこなった。

1. はじめに

使用する三次元計測方式として、レーザープロジェクタ& CCDカメラによる光切断法を採用した。

これは、用途を主として食品加工機に絞るため、極力機構部の少ない構成が必要であること、および部品コストの面で有利であることが理由である。

また、加工データが加工対象により大きく変動するため、加工部には市販多軸ロボットを採用し、専用機構による制約を極力排除するよう心がけた。

2. 三次元計測における各種補正処理

定貫精度を重視するうえで、長さ／高さ各方向の計測精度は重要な要素であり、市販レンズの歪み、上面計測のみによる死角など、計測精度を悪化させる要因に対し、ソフトウェアによる数学的補正処理にて対処している。

2-1. レンズ特性による計測誤差の補正

測定対象サイズを、巾最大250mm、厚み最大150mmとしているため、市販テレセントリックレンズで使用できるものはない。このため通常のCマウント型レンズ使用により、オリジナルな補正関数により高さのパラツキによる倍率変動を補間している。

2-2. 側面死角の補正

CCDカメラ1台による計測システム構成のため、裏面ならびに側面反り返りによる死角が体積誤差要因となる。

このうち側面反り返りによる死角補正として、下記2種類の補正処理を用意し、任意選択可能として対処している。

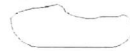
〈ワーク断面原形〉



〈無補正時断面〉



〈円弧補間時断面〉



〈楕円補間時断面〉

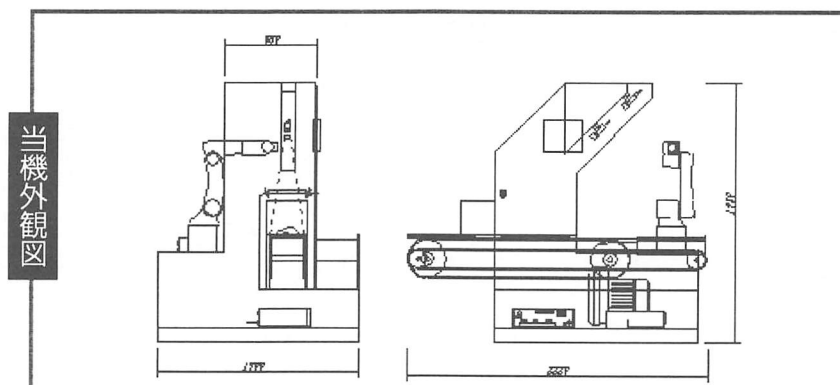


3. 加工位置データ算出方法

目標値に対する加工位置の追い込みは、以下の要素順におこなう。

- A 暫定切断点算出
- B 暫定切断点における目標長さを満たす旋回角度を算出する。
- C 暫定切断点における目標巾を満たす傾斜角度を算出する。
- D 暫定切断点における切断面（傾斜／旋回による断面）での体積を算出する。

比重値（固定またはワーク重量計測による随時算出選択可）と体積による重量換算をおこない、目標重量値と比較して暫定切断点を増減し、A～Dを目標公差に収束するまで繰り返す。



3-1. 傾斜/旋回切断面による体積算出

旋回角度 θ 、傾斜角度 ϕ 、切断面のX軸交点座標 X_0 とする。
切断平面の法線は

$$N = \begin{pmatrix} -\cos \phi \cdot \sin \theta \\ -\sin \phi \cdot \cos \theta \\ \sin \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow \begin{pmatrix} a/\sqrt{a^2+b^2+c^2} \\ b/\sqrt{a^2+b^2+c^2} \\ c/\sqrt{a^2+b^2+c^2} \end{pmatrix}$$

[規格化]

$$\lambda = -\cos \phi \cdot \cos \theta \cdot X_0$$

X座標が切断平面上にある場合は次式を満たす。

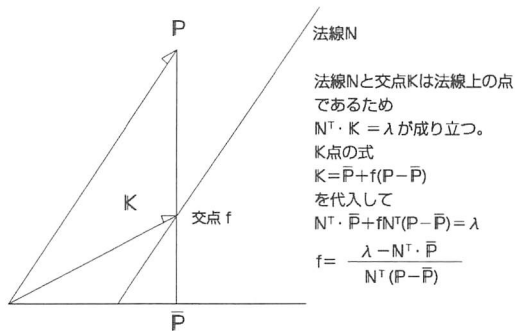
$$N^T \cdot X = \lambda$$

また、切断平面傾斜角度を0度とした時の平面 N' の法線は

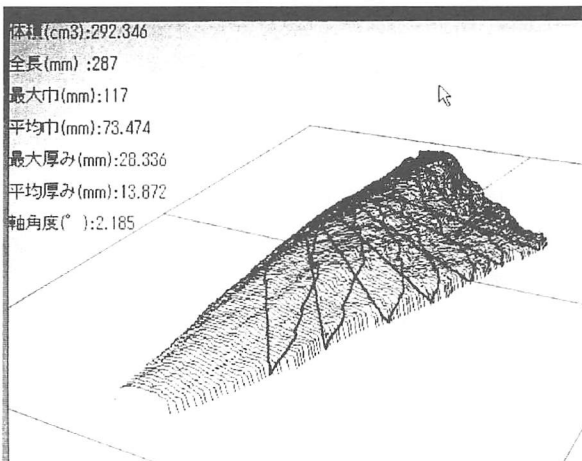
$$N' = \begin{pmatrix} a/\sqrt{a^2+b^2} \\ b/\sqrt{a^2+b^2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\lambda' = X_0 \cdot a/\sqrt{a^2+b^2}$$

- 各点群データにて、法線 N' の左側にある全データのZ値を無条件に加算する。($N'^T \cdot X - \lambda' \geq 0$ の場合)
- 法線 N より左側にある点群データの、法線 N より上にある長さ分のみ加算する。

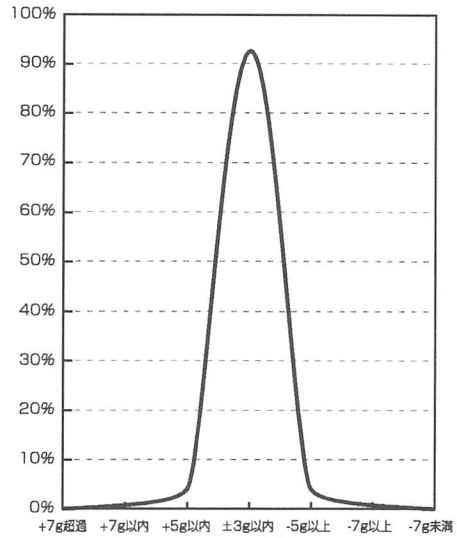


算出された切断位置による描画



4. 定貫精度データ

【切断精度】



	個数	割合(%)	±3g比率	92.5%
+7g超過	0	0.00	±5g比率	97.5%
+7g以内	1	1.25	±7g比率	100%
+5g以内	2	2.50		
±3g以内	74	92.50		
-5g以上	2	2.50		
-7g以上	1	1.25		
-7g未満	0	0.00		
サンプル総数	80			

5. まとめ

加工前に形状計測をおこなうことにより、極端な目標値からの外れ(形状・重量)をなくすることができた。(当社重量フィードバック機種との比較より)

今後は、

- プログレッシブカメラ使用による計測時間の短縮。
- 被加工物の比較分布データ採取による、定貫精度向上。

を念頭に実用性を高めるものとする。

参考文献

- [1] 大竹祐吉 レーザーの使い方と留意点 オプトロニクス社
- [2] 先端画像テクノロジー オプトロニクス社