

# 同時 5 軸マシニングセンタの特徴と性能評価\*

和合 健\*\*、飯村 崇\*\*、堀田 昌宏\*\*

5 軸マシニングセンタは高精度、短納期、複雑形状に対する優位性が期待されており、日本における製品製造の海外との差別化策の一つとなり得る。ここでは、岩手県工業技術センターでの 5 軸マシニングセンタ導入にあたりその使用目的や仕様について調査した。その結果、幅広い要望に対応するために大型ワーク加工かつ高精度加工の両方に対応できる 5 軸マシニングセンタを導入した。

**キーワード : 5 軸マシニングセンタ、5 軸 CAM、設備導入、割り出し 5 軸加工**

## Features and Performance of Simultaneous Five-Axis Machining Center

**Takeshi Wago, Takashi Iimura and Masahiro Hotta**

Five-axis machining centers are expected to provide the processing technique required for high-precision, high-efficiency, complicated feature work, thus giving Japanese producers a processing advantage over foreign competitors. In this study, we investigate the purpose and machine specifications for a five-axis machining center at IIRI. To respond to wide-ranging requests, we propose to equip the center with both high-precision-processing and large-workpiece-processing capabilities.

**key words : five-axis machining center, five-axis CAM, equipment installation, dividing five-axis processing**

### 1 緒言

近年、製造費用の低減化を目的に人件費を含めた製造単価が安い中国や東南アジアにおいて工業製品製造が行われている。日本で製造を行うためにはこれらの製品製造との差別化が必要になり高精度、短納期、複雑形状など諸外国では対応できない製品製造を実施するための高度技術が求められている。その中で多軸加工法は一回のワーク取付けで製品加工ができる短納期及び高精度に有利な方法である。またマシニングセンタ加工を例にとると 3 軸加工機では突き出し部の下側つまりオーバーハング部の加工はワークを取り外して天地反転する作業が必要であるが、A 軸と C 軸を付加した 5 軸マシニングセンタでは一度のワーク取付けでオーバーハング部を有する複雑形状も加工完結できることから魅力が高い加工機の一つとなっている。

ここでは同時 5 軸マシニングセンタの当工技センターでの導入にあたりその加工機械の特徴、使用用途等について今後の活用を見据えて調査・検討した。

### 2 同時 5 軸マシニングセンタとは

5 軸マシニングセンタは 3 軸マシニングセンタに A 軸と C 軸を付加したものである。代表的な構造は、通常の X 軸、Y 軸、Z 軸を有する立型マシニングセンタのテーブルに X 軸に平行となる回転軸を配置して YZ 平面を振り子運動する A 軸とその中にロータリーテーブルとなる

C 軸を内蔵した構成がある。また、大型重量物ワークの積載を目的とした場合はテーブルを固定しそのテーブル中にロータリーテーブルとなる C 軸を内蔵し、X 軸、Y 軸、Z 軸、A 軸はすべて主軸側に付加した構成であり、特に A 軸は主軸を傾けることにより達成する方式である。同時 5 軸マシニングセンタの同時とは 5 軸を一度に動作させることを言い、特別な機能の一つである。同時 5 軸と対比して割り出し 5 軸という用語が用いられ、割り出し 5 軸とは A 軸と C 軸を動作させてワーク姿勢を一旦変更後に、この 2 軸を固定させて他の X 軸、Y 軸、Z 軸の 3 軸で加工を行う方法のことを言う。ワーク形状によってはこの割り出し 5 軸で十分に対応できる製品も多く見られる。

### 3 導入に関するニーズ調査

5 軸マシニングセンタの導入にあたり県内企業を対象にしたニーズ調査を行った。本調査の趣旨は以下のとおりである。5 軸マシニングセンタは 3 軸マシニングセンタに A 軸と C 軸の 2 軸を付加することで新しい狙いの加工が実現できる装置である一方、部品加工、医療用人工骨加工、金型加工、シリンダブロック加工、タービン翼加工、光学レンズ加工、精密治具加工など、どの領域を狙うかにより同時 5 軸マシニングセンタの仕様が異なる。当工技センターでは県内製造業の今後の方向性や当工技センターの技術ロードマップと照らし合わせながら仕様

\* 平成 23 年度 基盤的・先導的技術研究開発事業

\*\* 材料技術部 (現 素材材技術部)

検討を行っており本装置の今後の活用において県内企業のニーズが重要であることから、その要望を調査し装置(仕様)決定の参考にすることとした。選択肢にあげた二つの異なる機種を以下に示す。

- (1) 大型同時5軸マシニングセンタ(参考機種型式:例えばDMU40、DMG社)。特長はX:Y:Z軸ストローク=450:400:480mmと広く大型ワークの加工ができる。A軸がスピンドル側にある首振り型であり工具姿勢の自由度が高い。部品加工、シリンダブロック加工、医療用人工骨加工などの高自由度加工に適する。
- (2) 超精密同時5軸マシニングセンタ(参考機種型式:例えばYMC430-5AXIS、安田工業)。特長は0.1μm単位の超精密動作をするリニアガイド。運動性能(X-Y軸)は真円度0.60μm。ただし、ワーク最大回転径はφ250mm、最大積載重量は15kgと小物向け。精密金型加工、光学レンズ加工、精密治具加工などの次世代高精度加工が実現できる。

ニーズ調査の結果は、大型同時5軸マシニングセンタが24票、超精密同時5軸マシニングセンタが25票であった。つまり、各企業の業種によりその要望する性能は異なり、作業目的に応じて機種選定が必要であるという結論であった。同時に回答数は49件であり、回答率は0.315(49/158)となり自由アンケート形式の回答率が3割を超えたことから、関心の高さが示された。

#### 4 導入した5軸マシニングセンタの仕様

5軸マシニングセンタの調査を行った結果、公設試の立場では県内企業の広い業種からのニーズに対応することが必要であることが分かった。そのためには、大型ワーク加工と高精度加工の二つの両端を両立させることが必要であり、その要求仕様を満足できる5軸マシニングセンタを調査した結果、DMG/森精機のHSC55Linearが大型ワークかつ高精度加工を両立できることがわかり、本機種を導入した。また、5軸CAMの選定では5軸マシニングセンタ同様に同時5軸かつ割り出し5軸、さらには汎用2軸3軸など県内企業からの広いニーズと研究範囲を視野に入れて選定した。その結果、コダマコーポレーションのTopCAMを選定した。導入した5軸マシニングセンタの主な仕様を表1、装置外観を図1に示す<sup>1)</sup>。

#### 5 講習会の開催

県内企業への5軸加工技術の啓蒙普及を目的に講習会を開催した。内容は以下のとおりである。講習会名:5軸マシニングセンタ講習会、日時:平成24年7月19日(木)10時00分~15時30分、場所:岩手県工業技術センター、内容:5軸マシニングセンタの紹介10:00~12:00(森精機製作所)、5軸CAD/CAMの紹介13:00~15:00(コダマコーポレーション)。設備見学15:10~15:30(岩手県工業技術センター)。参加者は34名(19社)で講習会後のアンケートで講習会の印象を調査し、その結果を図2に示す。この結果から5軸加工の概要についてはほ

表1 5軸マシニングセンタの主な仕様

本体型式	-	HSC 55 Linear (DMG/森精機)
NC装置	-	Heidenhain iTNC 530
5軸構成	-	立型マシニングセンタ 方式3軸(X,Y,Z)+揺り かご式A軸+回転C軸
作業範囲	X軸,mm	450
	Y軸,mm	600
	Z軸,mm	400
旋回軸	A軸,deg	+10/-110
回転軸	C軸,deg	360
最大回転数	min <sup>-1</sup>	28000
ツールシャンク	-	HSK-A63
最大送り速度	mm/min	80000
早送り速度	X/Y/Z, m/min	80/80/80
作業テーブル	mm	460×600
ワーク最大重量	kg	600
最大加速度	g	>2g
ツールマガジン	本	16



図1 導入した5軸マシニングセンタの外観

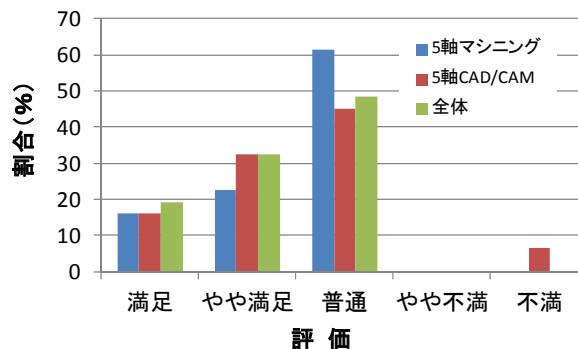


図2 講習会のアンケート結果

ぼ受け入れられたようであるが、今後の技術展開のステージで困難さが多く生じると予想される。

### 6 割り出し5軸加工による試し加工

割り出し5軸を利用して傾斜加工を行った。使用した工具はφ20mmの2枚刃スローアウェイフェイスミルである。加工物の材料はアルミニウムであり、ワーク形状を図3に示す。A軸とC軸を利用して水平面に対して15°の傾斜面の加工を行った。3軸マシニングセンタではボールエンドミルを用いて傾斜面を加工するか、または外付けの割り出し傾斜治具をテーブルに取りつけて行う加工が5軸マシニングセンタでは容易に行えた。加工後の斜面の加工面粗さ測定の様子を図4、形状測定結果を表2、加工面粗さを表3に示す。加工した傾斜面の8面のうちここで設定したワーク座標系と直交する面、つまりX軸を0°とすると90°、180°、270°に位置する傾斜面の4面の水平面との角度を測定した。その結果、平均値が15.002°、最大値と最小値の範囲で0.026°の良好な結果となった。加工面粗さでは15°の傾斜面と水平面を比較したところ、Raは平均値で傾斜面が0.18μm粗い結果となった。Rzも同様に傾斜面で1.30μm粗い結

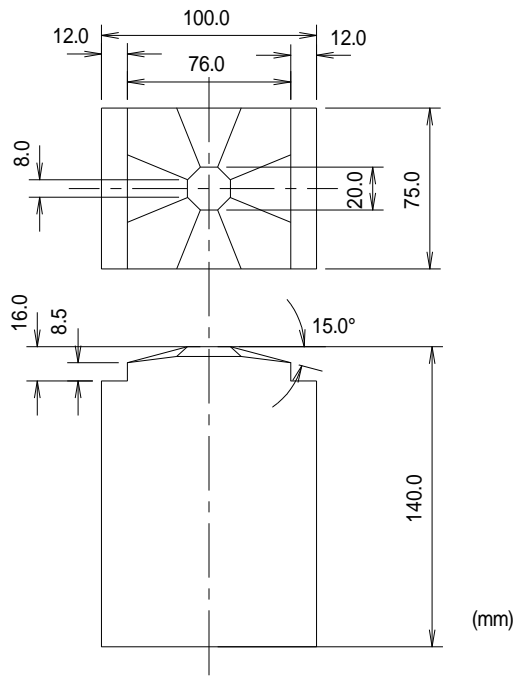


図3 加工物



図4 加工面粗さ測定

表2 形状測定の結果

要素	角度 (deg)
平面1	14.995
平面2	15.011
平面3	15.014
平面4	14.988
平均値	15.002
最大値:A	15.014
最小値:B	14.988
範囲:A-B	0.026

表3 加工面粗さの結果

項目	(μm)		
	Ra	Rz	RSm
傾斜面, 送り垂直	0.70	4.01	73.53
傾斜面, 送り平行	0.56	3.18	104.17
平均値:A	0.63	3.60	88.85
水平面, 送り垂直	0.47	2.31	81.09
水平面, 送り平行	0.43	2.27	104.17
平均値:B	0.45	2.29	92.63
A-B	0.18	1.30	-3.78

果となった。加工順番では水平面が先で傾斜面が後だったためチップの摩耗や構成歯先の影響も考えられるが、今後の検討課題とした。

### 7 結 言

5軸マシニングセンタは高精度、短納期、複雑形状に対する優位性が期待されており、日本における製品製造の海外との差別化策の一つとなり得る。ここでは、岩手県工業技術センターでの5軸マシニングセンタ導入にあたりその使用目的や仕様について調査した。

- (1) 県内企業へ5軸マシニングセンタ導入に関するニーズ調査を行った結果、回答率は0.315 (49/158) となり関心の高さが示された。
- (2) 導入した5軸マシニングセンタは大型ワーク加工かつ高精度加工の両方に対応できる性能を有し、多くの要望に対応できる。
- (3) 割り出し5軸加工による試し加工を行った結果、設計値15°斜面は4面の平均値で15.002°の良好な角度で加工され、本装置は高精度加工に適應できることが示された。

なお、本装置は国庫補助施設設備整備事業補助金で導入されたものであり、今後の技術開発に活用していく予定である。

### 文 献

- 1) DMG/森精機：HSC 55 Linear カタログ (2012)