

“MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ”における 割り出し加工の使いやすさ向上機能

中村直樹*

The Easy-to-use Function for Inclined Surface Machining in "MITSUBISHI CNC M700V Series"

Naoki Nakamura

要 旨

近年、複雑な形状の加工ワークを段取り替えなしに加工できる回転軸を搭載した加工機の普及が進んでいる。回転軸を用いた代表的な加工として、あらかじめ回転軸を回転させ、加工ワークに対する工具の姿勢を変更した上で、直交3軸で同時3軸加工する割り出し加工がある。

割り出し加工は、加工面に沿った傾斜座標系の定義や加工面の割り出しなど、3軸加工機では行わない操作が必要となるため、割り出し加工特有の操作性が求められる。

このような背景から、割り出し加工の使いやすさを向上させるための機能“R-Navi”を開発し、“MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ”に搭載した。この機能の革新的な操作性によって、割り出し加工の操作を安心かつ簡単かつスムーズに行うことが可能となる。

この機能の主な特長は次のとおりである。

- (1) 加工面に沿った傾斜座標系の簡単定義・確認
 - ・図面を見ただまま軸ごとに定義可能な座標系定義方式
 - ・定義した座標系をその場で確認可能な3Dワーク図
 - ・加工ワークの設置位置に依存しない座標系定義
- (2) 視覚的に分かりやすい加工面選択
 - ・3Dワーク図で確認しながら手動操作で選択
 - ・登録加工面を加工プログラムから呼び出し可能
- (3) 加工面の簡単・安心割り出し
 - ・自動割り出しと手動操作での安心割り出し
 - ・回転軸の回転に連動する傾斜座標系
- (4) 3軸加工用プログラムを手直しレスで使用可能
 - ・自動・手動とも加工面に沿った座標系上で動作



“MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ”における割り出し加工の使いやすさ向上機能

先進の完全ナノ制御を装備したMITSUBISHI CNCのハイグレードモデルである。高速・高精度加工技術や5軸制御技術など最先端の制御技術に加え、操作が複雑な回転軸を搭載した加工機での割り出し加工を安心かつ簡単かつスムーズに行う機能“R-Navi”を搭載している。

1. ま え が き

近年、工作機械業界では航空機部品や複数部品の一体化など複雑形状部品の増加や、段取り替え時間を含めた加工リードタイムの短縮の要求を背景として、複雑な形状の加工ワークを段取り替えなしに加工できる回転軸を搭載した加工機の需要が拡大している。回転軸を搭載することで、加工ワークに対する工具の姿勢も制御できるため、様々な形状の加工を行うことができる。回転軸を搭載した加工機での加工には、工具先端点制御に代表される直交軸3軸と回転軸2軸を同時に制御する同時5軸加工や、傾斜面加工指令に代表される加工面と工具とが垂直となるようにあらかじめ回転軸を回転させ、その後は直交3軸で同時3軸加工を行う割り出し加工(多面/傾斜面加工)などがある。インペラなどオーバハングした形状では同時5軸加工が不可欠であるが、大半を占める一般部品では同時4軸以下で加工が可能な割り出し加工が使用されることが多い。

割り出し加工は、同時5軸加工と比べると加工形状は複雑ではないものの、加工面に沿った傾斜座標系の定義や加工面の割り出しなど、3軸加工機では行わない操作が必要となる。そのため、割り出し加工用のNC(Numerical Control: 数値制御)装置には段取り(加工前準備)から加工までの一連の操作に対して3軸加工機用NCと比べて更に高い操作性が求められる。

そこで、三菱電機は、割り出し加工の操作性を改善し、安心かつ簡単かつスムーズに行うための機能“R-Navi”をMITSUBISHI CNC M700Vシリーズに搭載した。本稿では割り出し加工の使いやすさ向上に向けて開発した新機能について、その操作性を中心に述べる。

2. MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ

当社CNC(Computerized NC)のハイグレードモデルM700Vシリーズは、数値演算からサーボ制御に至るまですべてを1nm単位で制御する“完全ナノ制御”を実現するとともに、工作機械の動きを高度に制御する技術として、工具先端点制御や傾斜面加工指令などの5軸制御、当社の

独自機能である高品位で高速な加工を実現するSSS(Super Smooth Surface)制御、各種機械誤差を補正するOMR(Optimum Machine Response)制御を搭載している。

M700Vシリーズは、表示器にWindows^(注1) XPeを搭載することで高度で高機能なカスタマイズが可能な“M700VWシリーズ”と、高い基本性能はそのままにWindowsレスでユーザーインターフェースを共通化した“M700VSシリーズ”をラインアップしている(図1)。

(注1) Windowsは、Microsoft Corp. の登録商標である。

3. 傾斜面加工指令による割り出し加工

3.1 傾斜面加工指令

傾斜面の加工や多面加工を行う割り出し加工の手順は、加工面に沿った傾斜座標系を定義(座標系定義)し、加工したい面を選択(加工面選択)し、選択加工面と工具とが垂直となるように回転軸を回転(加工面割り出し)させ、直交3軸で加工(3軸加工)するのが一般的である(図2)。

座標系定義は、図面を基にワーク座標系の回転と平行移動によって定義することになる。しかし、図面に回転角度の情報が載っていないこともあり、傾斜座標系を定義するのに計算機を用いてあらかじめ計算しておかなければならない場合がある。また、加工面割り出しによって回転軸が回転し、加工ワークが動いてしまうことで傾斜座標系が加工面に沿わなくなることもあり、割り出し後に傾斜座標系を再設定しなければならない場合もある。



(a) M700VWシリーズ

(b) M700VSシリーズ

図1. M700Vシリーズ

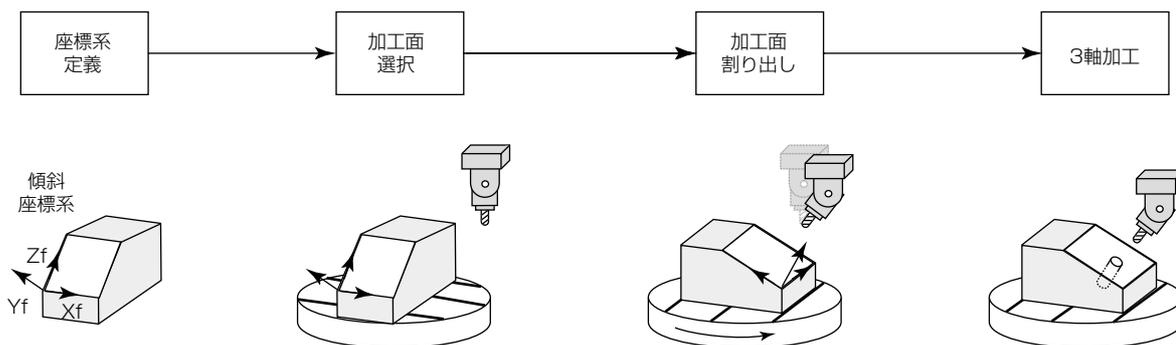


図2. 割り出し加工の加工手順

そこでM700Vシリーズには、割り出し加工用機能として、“傾斜面加工指令”を搭載している。この機能では、加工プログラムから座標系定義を行うことができる。また、定義方法として、オイラー角、ロール・ピッチ・ヨー角、平面内の3点指定、2ベクトル、投影角、工具軸方向の6種類を用意し、様々な図面に対応している。さらに、工具軸方向制御も搭載しており、加工面の割り出しによる回転軸の回転に傾斜座標系が連動するため、割り出し後に傾斜座標系の再設定を行う必要はない(図3)。

3.2 割り出し加工の使いやすさ向上に向けた課題

傾斜面加工指令は割り出し加工を行うのに適した機能であるが、更なる使いやすさ向上に向けた主な課題を次に示す。

(1) 傾斜座標系の定義が難しい。

図面情報が6種類の座標系定義方法のいずれにも当てはまらない場合がある。また、X軸は角度、Y軸は座標値など、軸ごとに異なる方法のほうが定義しやすいこともある。その場合、いずれかの方法に応じてあらかじめ計算が必要となる。

(2) 定義した傾斜座標系の確認方法がない。

加工プログラムによって座標系定義を行うため、プログラムの意図したとおりに座標系が定義されているか否かは実際に機械を動かしてみないと分からない。

(3) 自動運転でしか座標系連動割り出しができない。

座標系連動で加工面割り出しが可能な工具軸方向制御は自動運転でのみ使用可能である。しかし、加工面割り出しは工具と加工ワークが干渉するおそれもあるため、ハンド送りなどの手動送りで行いたい場合もある。

これらにより、割り出し加工のさらなる使いやすさ向上を図るためのポイントは、次の2点となる。

①傾斜座標系が図面から簡単に定義でき、その場で意図どおりであることを確認できること

②加工面割り出しで座標系が回転軸に連動し、自動・手動のどちらでも行えること

また、各々のレベルアップだけではなく、段取りから加工までの一連の操作がスムーズに行えることも重要である。これらを踏まえ、割り出し加工の新たな操作性を実現した機能“R-Navi”を開発し、M700Vシリーズに搭載した。4章でその操作性について述べる。

4. 割り出し加工の使いやすさ向上機能“R-Navi”

4.1 傾斜座標系の簡単定義・確認

今回開発したR-Naviにおける座標系定義は、加工プログラムからの指令ではなく、あらかじめ画面操作で座標系を登録しておく方式とした(図4)。

“図面を見たまま簡単に定義できる”をコンセプトとし、5種類の定義方法(1点指定、2点指定、経度/緯度、経度/投影角、割出角度)から図面情報に合わせて軸ごとに独立して選択可能としている(図4①)。設定する軸は直交3軸から任意の2軸を選択可能であり、各定義方法のガイド図を参照しながら入力できる(図4②)。また、定義した座標系は画面上に3D表示されるため、意図通りに定義されているか否かをその場で確認することができる(図4③)。一方、座標原点は、ワーク座標原点からのオフセットで入力することによって、加工ワークの設置位置に依存しないようにしている。

また、座標系定義をより簡単に行うための機能として、“側面自動セット”と“軸方向回転”を搭載している。

“側面自動セット”は素材の上面、下面、4側面に沿った6つの座標系を自動登録する機能であり、5面加工では座標系登録が不要となる(図4④)。一方、“軸方向回転”では一旦(いったん)登録した座標系に対して、Z軸方向を反転したり、Z軸周りにX/Y軸を90度ずつ回転したりすることができ、登録後に座標系の調整を容易に行うことができる(図4⑤)。

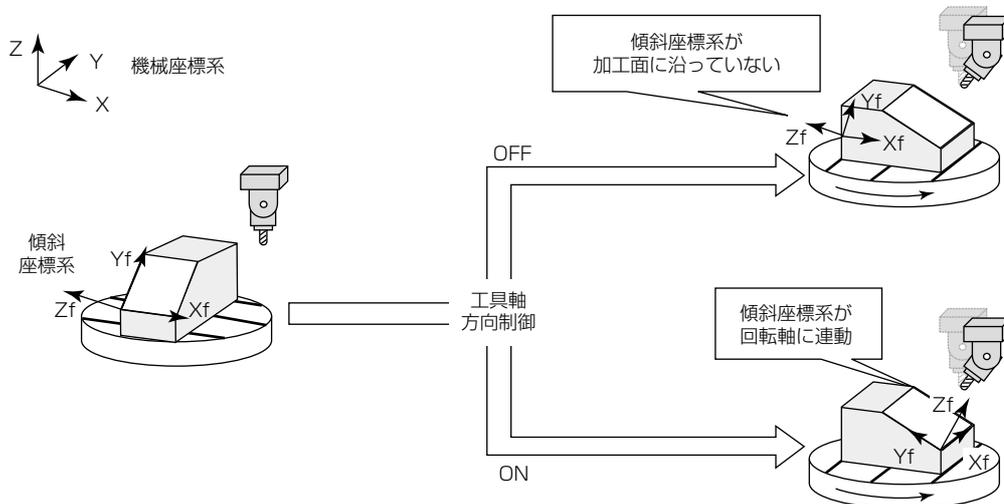


図3. 工具軸方向制御による加工面の割り出し

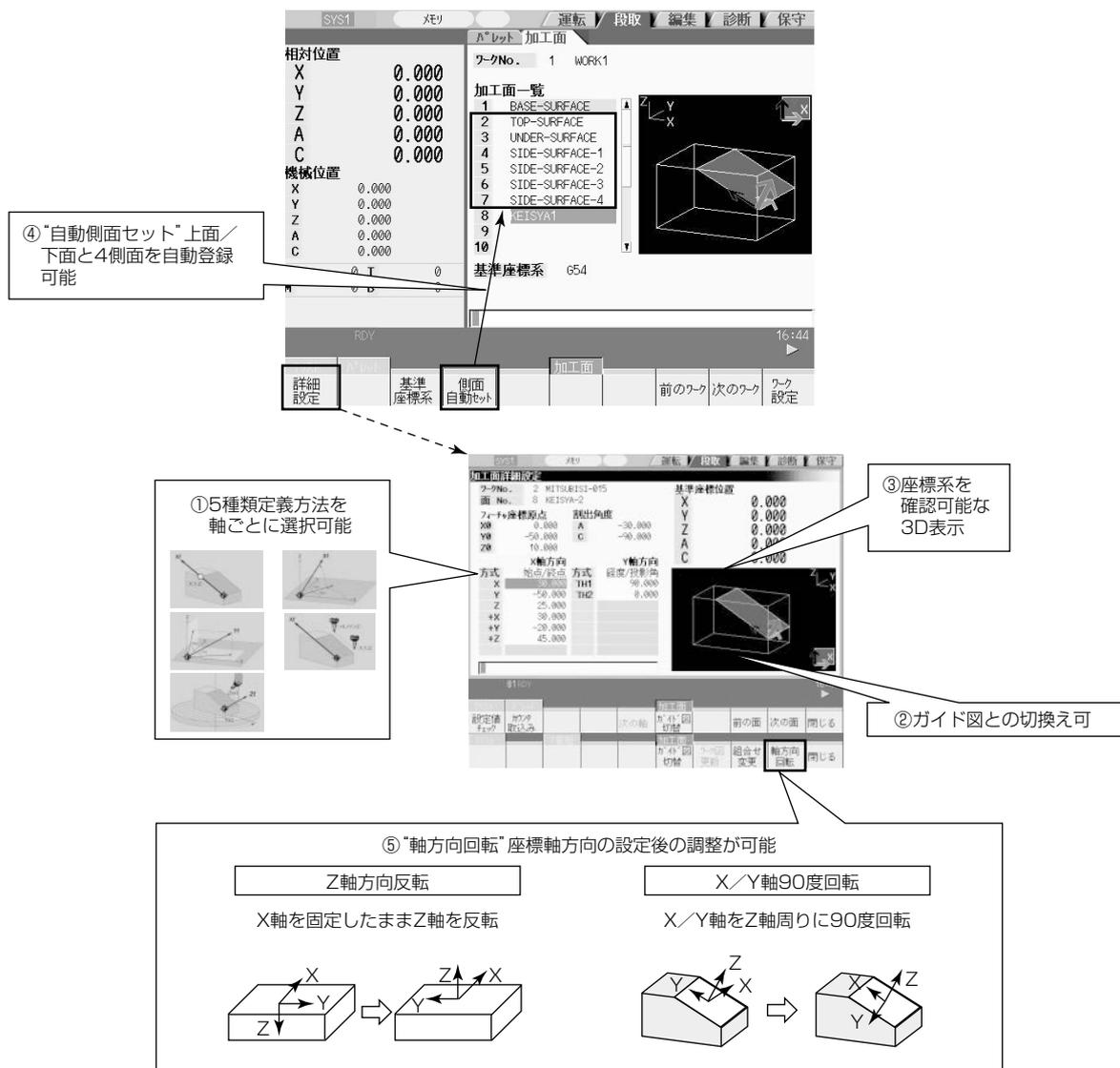


図4. 傾斜座標系の簡単定義・確認

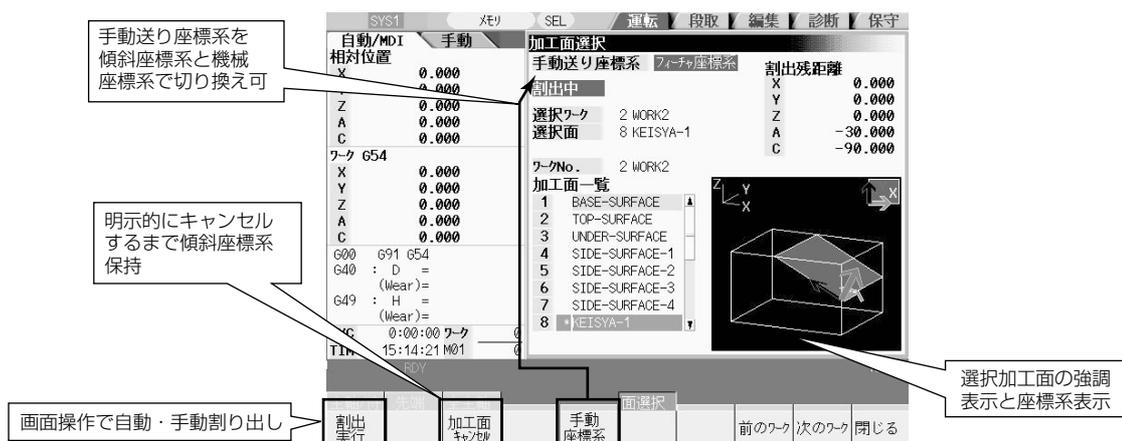


図5. 加工面の選択と割り出し

4.2 加工面の選択と割り出し

続いて、R-Naviiにおける“加工面選択”と“加工面割り出し”について述べる(図5)。

“加工面選択”では、座標系定義で登録した座標系の中か

ら加工したい面に沿った座標系を画面操作によって選択する。このとき、画面に座標系を3D表示しているため、加工面を間違えることなく選択することができる。また、加工面の選択から3軸加工までを、画面操作なく自動で行う

表1. R-Naviと傾斜面加工指令の比較

		傾斜面加工指令		R-Navi
座標系定義	定義方法	加工プログラム	/	画面操作
	角度以外での定義	あり	=	あり
	軸毎に定義方法変更	不可	<	可
	定義した座標軸方向の確認	機械を動作させて確認	<	定義時にその場で確認
加工面選択	ワーク設置位置依存	依存しない	=	依存しない
	選択方法	定義と同時に選択	/	登録面から選択
	加工プログラムによる選択	あり	=	あり
加工面	画面操作による選択	なし	<	あり
加工面	割り出し方法	自動のみ	<	自動および手動
割り出し	座標系の回転軸連動	連動	=	連動
3軸加工	傾斜座標系上の動作	可能	=	可能

ことができるようにするため、加工プログラムから登録座標系を呼び出すことができる。

選択加工面と工具とを垂直とする“加工面割り出し”では、手動送りと自動運転のどちらでも回転軸を回転させることができ、割り出し途中での切り換えや直交軸の動作も可能である。そのため、加工ワークと工具との干渉を回避しながら安心して加工面を割り出すことができる。また、加工面割り出し中の座標系は回転軸の回転に連動するため、割り出し完了後に座標系を再定義する必要はない。

加工面割り出し完了後は、手動送り／自動運転とも選択加工面に沿った座標系上で動作するため、3軸加工用プログラムを手直しレスで使用することができる。また、手動送りでの動作座標系は加工面に沿った座標系と機械座標系を画面メニューで切り換えることもできる。

4.3 傾斜面加工指令との比較

R-Naviと傾斜面加工指令の操作性の比較を表1に示す。R-Naviは、傾斜面加工指令の操作性を踏襲しつつ、使いやすさを向上するための新たな操作性を搭載している。

4.4 使いやすさの向上効果の確認

ここでは、R-Naviによる使いやすさの向上効果について確認した結果の一例を示す。効果の確認には、図面を基に座標系の定義と意図どおりとなっているかの確認に要した時間を使用した。評価に用いた加工形状と傾斜座標系を図6に示す。

各座標系の定義と意図どおりの座標系となっているかの確認に要した時間を測定した結果、今回開発したR-Navi

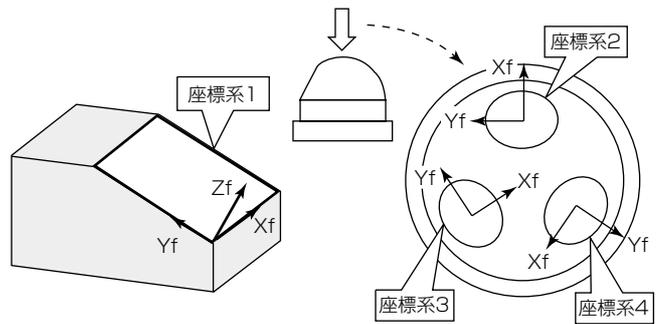


図6. 確認パターン

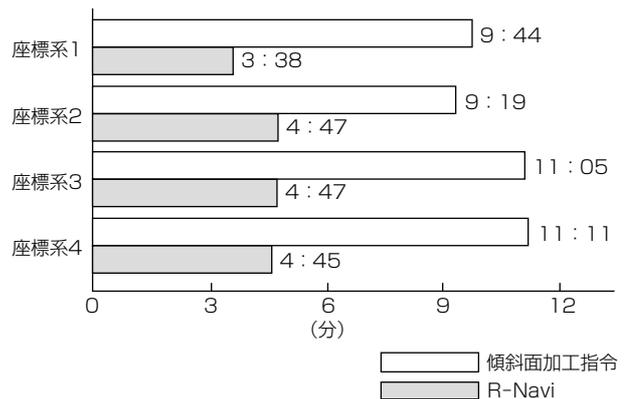


図7. 座標系定義と確認の所要時間の確認結果

は傾斜面加工指令と比べて50~60%時間を短縮できることが明らかとなった(図7)。これは、R-Naviでは定義した座標系を画面に3D表示させることで、実際に機械を動作させることなく意図どおりの座標系となっているか判断できるためである。また、座標系の定義だけでも10%前後時間短縮が図れており、作業効率向上に大きな効果があること、つまり使いやすさが大幅に向上していることが確認できた。

5. む す び

M700Vシリーズに搭載した割り出し加工の使いやすさ向上に向けた新機能“R-Navi”について述べた。この機能によって割り出し加工の段取り時間を従来と比べて約50%短縮することができるとともに、ユーザーが視覚的に確認しながら安心して加工を行うことが可能となった。

今後も更なる使いやすさ向上とともに、加工の高精度化、生産性の向上を実現する製品開発に努めていく所存である。