工作機械の制御規格*

International Standard for Controlling Machine Tool

坂本千秋**

Chiaki SAKAMOTO

Key words

NC program, machine tool control, machining feature, data model, process data model, machining center, micro process planning, international standard

1. はじめに

工作機械の代表的な制御規格としては、数値制御工作機械用の NC プログラム様式とそこで使用される G コード、M コードなどを規定している ISO6983 (Numerical control of machines-Program format and definitions of address words) が上げられる。

ISO/TC184/SC1 (機械と装置の制御) の WG7 では、この従来からの NC コードの代わる数値制御工作機械への指令方式として ISO14649 (Data model for Computerized Numerical Controllers) の開発を 1995 年から進めている。この開発の狙いとしては、

- (1) どの NC コントローラ、工作機械でも共通に使用できる (ポストプロセッサが不要)。
- (2) 人間に理解しやすい。
- (3) 新しい機能に対応しやすい。
- (4) CAM を使用して作成することを前提とする。
- (5) CAD で作成された製品情報を活用できる。

が挙げられていたが、現状で必ずしもこれらすべてを満足する状態には至っていないと思われる。

この ISO14649 の開発に関しては、わが国は国内対策委員会として日本工作機械工業会に CNC データモデル分科会を設置して、開発の初期段階から積極的に参画して、わが国の意向を規格に反映させている。

本稿では、この ISO14649 の現状と今後の動向に関して紹介させていただくこととする。

2. ISO14649 の規格構成

現在までに以下の Part が IS (国際規格) となっている¹⁾。

- ・ Part-1 Overview and fundamental principles
- ・ Part-10 General process data
- ・ Part-11 Process data for Milling
- ・ Part-12 Process data for Turning

- ・ Part-111 Cutting tools for Milling machines
- ・ Part-121 Cutting tools for Turning machines

また以下の放電加工機用の規格が DIS 投票を通過して、国際規格として発行される直前にある。

- ・ Part-13 Process data for wire EDM
- ・ Part-14 Process data for sink EDM

ISO14649 (Data model for Computerized Numerical Controllers) は、その名称が示すようにその規格の内容は Data model であり、その記述には ISO/TC184/SC4 (産業用データ) で開発された EXPRESS 言語 (ISO10303-11) が使用されている。

なお、ISO10303 (Product data representation and exchange) は、通称 STEP 規格と呼ばれているものである。

3. データモデルの種類

マシニングセンター用 (規格文書では Milling machine) 規格は、以下の 3 つのデータモデルから構成されている。

3.1 加工形状特徴モデル (Machining feature model)

これは、加工対象部位の仕様 (形状など) を示すためのモデルであり、加工形状特徴の例を図 1 に示す。

また、図 2 には加工形状特徴モデルの概要を示す。この図は、EXPRESS 言語の図式表現である EXPRESS_G で表現されており、四角の box は Entity を示し、Entity 間の太線は supertype と subtype の関係を示し、(ABS) の付いた supertype は分類上の (実存しない) supertype を示している。また、Entity に付属している実線はその Entity の属性を表現している。

加工形状特徴モデルは ISO10303-224 でも定義されているが、Region (自由曲面) などこの規格特有の加工形状特徴がある、形状表現や属性が異なるものがあるなどの理由で独自のデータモデルを定義している。

加工形状特徴モデルは Part-10 で規定されている。

3.2 加工プロセスモデル

加工方法を表現するための加工プロセスモデル (図 3 参照) が ISO14649 の大きな特徴である。

加工機械に共通する加工プロセスモデルは Part-10 で、

*原稿受付 平成 24 年 4 月 23 日

**正 会 員 (有)設計生産工学研究所 (東京都品川区小山 6-9-4-202)

マシニングセンター用は Part-11 で規定されている。

このモデルでは、Workingstep と呼ばれる加工作業が基本となり、まずはどの加工形状特徴 (Machining_feature) のための作業であるかの関係をもっている。

加工作業の内容は、Workingstep の属性である Maching_operation が以下の情報を有している。

(1) 加工作業の種類

まず、大きくは Milling_type_operation (フライス加工) と Drilling_type_operation (穴あけ加工) に分類され、それらはさらに細かい作業に分類される。図3では省略されているが、各作業は仕上げ代、1 回当たりの切り込み量、ドウェル時間など作業に対応した固有の属性をもつ。

図1 加工形状特徴の例

また、Two5D_milling_strategy では、フライス加工の工具の動き方の種類を指定する。例えば、平面加工を往復切削または片側からの切削かなどはここで指定される。

(2) 切削速度、送り速度 (Technology)

(3) 使用工具 (Cutting_tool)

これは、3.3 節に示す切削工具モデルで規定された工具を指定する。

(4) 切削剤の使用の有無等 (Machine_functions)

(5) 切削開始点までおよび切削終了点からの工具動作 (Approach_retract_strategy)

加工作業以外の作業としては、機械上での寸法計測作業用として、Touch_probing が用意されている。

3.3 切削工具モデル

工具刃先の種類とその属性が定義されている。マシニングセンター用工具は Part-111 で規定されている。

4. プログラム例

図4に示す対象部品のパログラム例の一部を表1に示す。

その中で、#9 の Project が一番上の親の Entity であり、#10 の Workplan が加工作業 (#11 から #15) の作業順序を設定している。#11 から #15 までの加工作業では、各作業が対象とする加工形状特徴および採用する加工方法を指定している。

この例を見ても、このプログラムはマニュアルで作成するのは大変で、CAM システムから自動的に出力されるべきであることを理解いただけると思う。

図2 加工形状特徴モデルの概要

図3 加工プロセスモデルの概要

図4 対象部品

5. 本規格の適用状況

本規格の初版 (Part-1, -10, -11) は 2003 年に発行されたがいまだに実際の加工現場での適用には至っていない。

この規格を実用に移すには、まずこのデータモデルで記述した NC プログラムをサポートしてくれる数値制御装置が必要となるが、実用レベルの制御装置は、どの制御装置メーカーからも開発されていない (デモ用の制御装置はいくつか開発例はある)。その大きな理由は、ユーザがこの

新しい NC プログラムを使用する気持ちにならないことにあると見られる。

特にわが国の場合には、従来からの NC コードでかなりきめの細かい加工指令を出しており、このレベルを維持するには、数値制御装置の負担が大きくなりまたユーザのデータベースの準備が大変になることが予想される。また、NC プログラムを工作機械上で修正するためのヒューマンインターフェースの開発もネックとなる可能性が高い。

しかし、ここで開発された加工プロセスモデルは、従来はできなかった作業設計における加工方法の記述を可能としている。これを活用することで、設計から生産準備を経て製造までのシームレスな製品情報の流れが実現できると考えられる。

その 1 例は、製品形状情報 (ISO10303-203) → 加工形状特徴情報 (ISO10303-224) → 工程設計情報 (ISO10303-240) → 作業設計情報 (ISO14649) → NC プログラム情報 (ISO6983 または ISO14649) である²⁾。

また、加工形状ごとの加工方法を図 5 のような形式で記述することにより、加工技術情報をデータベース化でき、工程設計システムで活用するとともに、技術伝達がコンピュータ情報として可能となるわけである³⁾。

ISO14649 はその実装方法に関して特に指定していないが、ISO14649 を STEP (ISO10303) 方式の実装を可能とするための AIM (Application Interpreted Model) が

表1 ISO14649を使用したNCプログラム例

```

DATA;
#1=WORKPIECE('SIMPLE WORKPIECE',#2,0.010,$,$,$,(#57,#58,#59,#60));
#2=MATERIAL('ST-50','STEEL',(#3));
#3=PROPERTY_PARAMETER('E=200000N/M2');
#4=PLANAR_FACE('PLANAR_FACE1',#1,(#16),#42,#61,$,$,$,$,#62,());
#5=ROUND_HOLE('HOLE1 D=22MM',#1,(#19,#20),#43,#63,$,$,$,$,#64,$,#6,$,$);
#6=THROUGH_BOTTOM_CONDITION();
#7=CLOSED_POCKET('POCKET1',#1,(#21,#22),#44,#65,#66,#67,$,$,(),$,$,#8,#68);
#8=PLANAR_POCKET_BOTTOM_CONDITION();
#9=PROJECT('EXECUTE_EXAMPLE1',#10,(#1));
#10=WORKPLAN('MAIN WORKPLAN',(#11,#12,#13,#14,#15),$,$,#36);
#11=MACHINING_WORKINGSTEP('WS_FINISH_PLANAR_FACE1',#46,#4,#16);
#12=MACHINING_WORKINGSTEP('WS_DRILL_HOLE
#13=MACHINING_WORKINGSTEP('WS_REAM_HOLE1',#46,#5,#20);
#14=MACHINING_WORKINGSTEP('WS_ROUGH_POCKET1',#47,#7,#21);
#15=MACHINING_WORKINGSTEP('WS_FINISH_POCKET1',#47,#7,#22);
#16=PLANE_FINISH_MILLING($,$,'FINISH_PLANAR
FACE1',#25,10.000,$,$,#50,#30,#35,#17,#18,2.500);
#17=PLUNGE_RAMP($,$,45.000);
#18=PLUNGE_RAMP($,$,45.000);
#19=DRILLING($,$,'DRILL_HOLE1',#26,10.000,$,$,#48,#31,#35,$,0.000);
#20=REAMING($,$,'REAM_HOLE1',#27,10.000,$,$,#49,#32,#35,$,10.000,.T.,$,$);

```

「対象とする加工形状特徴」

種類	Compound_feature Round_hole (Tapered) + Round_hole (Straight)	
属性情報	[材質] 鋳鉄 [加工開始面と穴の角度] 90度	[素材の状態] 下穴あり [穴底の状態] 通り穴 [穴の直径] 30 mm 以上

1. 加工に必要な作業とその順序

順序	作業名	加工部位	Id of Data Table
1 st	穴荒加工	Compound_feature	SR_01
2 nd	面取り加工	Round_hole (Tapered)	CS_10
3 rd	穴仕上加工	Round_hole (Straight)	BR_05

2. 作業方法の詳細

Id	作業タイプ	使用工具	工具動作タイプ	切削条件	
SR_01	Side rough milling	Endmill		Contour_parallel	切削速度 = 628 m/min 送り速度 = 0.3 mm/rev 仕上げ代 = 0.5 切込代 = 3.0
CS_10	Counter sinking	Counter_sink		Drilling	切削速度 = 40.0 m/min 送り速度 = 0.65 mm/rev ドウェル時間 = 0.5 sec
BR_05	Boring	Boring_tool		Boring	切削速度 = 100.0 m/min 送り速度 = 0.1 mm/rev 穴底で主軸 定位置停止

図5 加工形状特徴の加工方法記述の例

ISO10303-238 として開発されている。

6. 今後の展望

新たな方向としては、工作機械をユーザが使用する際に必要となる工作機械の仕様情報を記述するための工作機械モデルの開発（Part-200 シリーズ）が進められている。これは TS（Technical Specification）とする予定で、その初版として、Part-201（Machine tool data model for cutting process）が、DTS 投票開始の直前の状態にある。

従来からの機械制御の延長線上では、3次元測定器用（Part-16）、Rapid Prototyping 用（Part-17）などの開発が検討されている。

参考文献

- 1) ISO 14649-1, -10, -11: Data Model for Computerized Numerical

Controllers-Part 1 : Overview and Fundamental Principles, Part 10 : General Process Data, Part 11 : Process Data for Milling.

- 2) ISO/TC184/SC1 関連活動報告会「次世代に向けた CNC データモデルの開発状況と適用事例と DESINA 規格の動向」資料，日本工作機械工業会，(2007)．
- 3) 岡野彰他：Open CAM Framework with Feature Based Machining Database, Proceedings of CIRP Manufacturing Seminar. (2001)．

坂本千秋

1965 年東京大学工学部船用機械工学科卒業。
2001 年(株)小松製作所定年退職。加工形状特徴
を活用した自動工程設計システムの開発に従事。