

自律分散型工具管理と工具情報モデル

青山英樹*・岸浪建史**
斎藤勝政**・佐藤 眞***

Distributed Autonomic Tool Management and Tool Information Model

Hideki AOYAMA, Takeshi KISHINAMI, Katsumasa SAITO and Makoto SATO

Abstract

This paper deals with a manufacturing system based on a distributed autonomic tool management method, functions of an intelligent cutting tool for actualizing the tool management method, and information-model of the tool. In the manufacturing system, it is unnecessary for the host computer to manage cutting tools and decides machining routing of a machine tool; that is, the host computer only feeds out output-model-information into a machine tool. The manufacturing system is constructed on the basis of a distributed autonomic tool management method, and also the tool management method is based on intelligent cutting tools. An intelligent cutting tool to build up such system needs three functions for storing information in a memory part, detecting itself conditions by sensor parts, and managing the information by a processor part. In addition, a tool-information-model stored in a memory part is investigated. As a result of it, it is clarified that a memory part requires a capacity of 1.5 k bytes.

Key words : tool management, intelligent cutting tool, FMS, distributed management, autonomic management

1. 緒 言

需要の多様化、製品のライフサイクルの短縮化に伴い、その要求に応えるべく1つの生産形態としてFMS (Flexible Manufacturing System)が開発されてきた。従来のFMSにおいて、切削工具は工具自身とそれに関する情報が分離された状態で管理されてきた。すなわち、切削工具は工作機械あるいは工具室のマガジン内に置かれ、情報はFMSホストコンピュータの外部記憶装置に記録されていた。筆者らは、このような管理方式

において、次のような3つの問題点が生ずることを指摘してきた¹⁾。すなわち、

- (1) 切削工具自身(物)あるいはその情報のどちらか一方のみが欠落する可能性があり、その場合、工具管理システムが正しく機能しなくなる。
- (2) 管理すべき工具の増加に伴い、FMSの機能が低下する。
- (3) 切削中にダイナミックに変動する切削工具状態のリアルタイム管理が困難である。

これらの問題点を解決するため、インテリジェント切削工具²⁾を提案するとともに、同工具を基にした自律分散型の工具管理システム¹⁾を提案してきた。本研究では、自律分散型工具管理に基づく生産形態について提案し、同生産形態を可能と

* 助手 機械工学科

** 教授 北海道大学 工学部 精密工学科

*** R & Dセンター長 (鶴牧野フライス製作所)

するインテリジェント切削工具とその機能および自律分散型工具管理法について再検討する。さらに、インテリジェント切削工具で管理される工具情報モデルを明かにする。

2. 自律分散型工具管理に基づく生産システム

図1は、インテリジェント切削工具を用いた自律分散型工具管理に基づく生産形態の概要を示している。同図に示されるように、同工具管理法では、FMS ホストコンピュータは、切削工具のみならず、工作物や個々の工作機械の加工手順等に関する管理さえも要求されていない。すなわち、ホストコンピュータは、FMS を構成する CNC 工作機械との関わりにおいて、工作機械に内蔵された CNC 用コンピュータに対して、その工作機械から出力されるべき加工物情報、すなわち出力モデル情報を与えることが役割となっている。言い替えば、工作機械を物理モデル変換機と認識することにより、どの工作機械を用いてどのような物理モデルの変換を行うかを決定し、それぞれの工作機械にその出力モデル情報を与えることがホストコンピュータの位置づけとなる。図1において、ホストコンピュータから個々の CNC 用コンピュータへ与えられる出力モデル情報の流れが A で表されている。この情報は、工作機械が最終

的に加工物として出力するモデル情報であり、形状モデル、公差モデル、形状特徴モデル、表面情報モデルが含まれている。

CNC 用コンピュータは、ホストコンピュータからその工作機械の出力モデル情報を受けたならば、同情報と工作機械に運ばれてくる工作物に内蔵されている入力モデル情報（工作物に関する情報であり、図1において F で表示されている。）を基に、その工作機械における加工手順を決定する。ここで提案する生産システム形態では、物とその情報を一致させることを基本としているため、工作物に関しても、その情報は何等かの情報記憶デバイス（IC カードなど）に記憶され内蔵されているものとする。このような工作物をインテリジェント工作物と呼ぶことができる。

CNC コンピュータは、工作機械に対する入力モデル情報と出力モデル情報から、加工に必要な工具を検討し、同工作機械の工具マガジンに設置されているインテリジェント切削工具から必要な情報を得る（図1において B で表示されている。）。また、工具マガジン内に設置されている以外の工具が必要とされる場合には、その工作機械の CNC 用コンピュータは工具管理室コンピュータへ工具要求命令を出力する（図1において C で表示されている。）。工具管理室コンピュータは、この命令に従って自動工具搬送車を用いて工具室から必

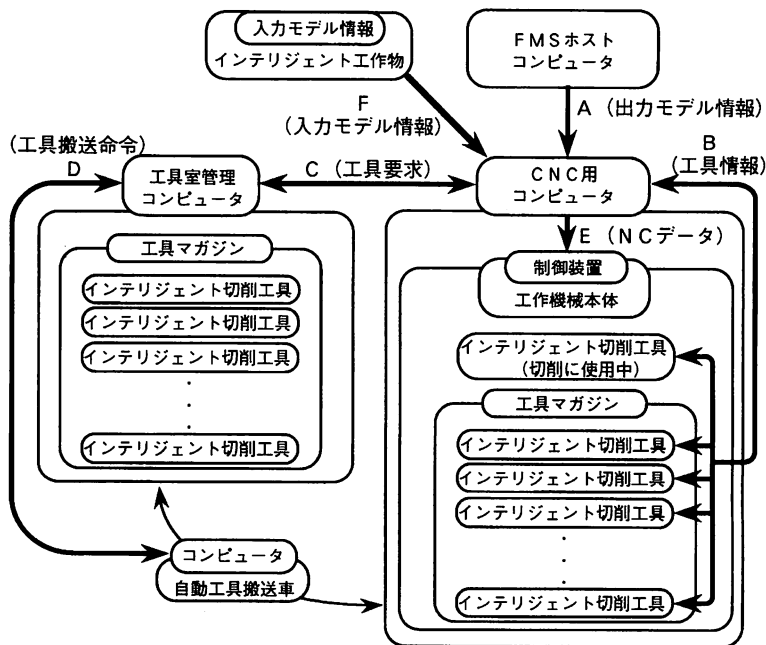


図1 自律分散型工具管理に基づく生産形態

要とされる工具を工作機械マガジンへ設置する(図1においてDで表示されている。)

CNC 用コンピュータは、加工手順を決定した後 NC データを自動生成し、加工中にダイナミックに変動する工具情報(工具摩耗量, 工具欠損, 切削抵抗力, 切削温度など)をリアルタイムで認識し, 工具摩耗および工具セッティング誤差に基づく加工誤差を補正するとともに, 切削温度, 切削抵抗力から判断し最適な切削条件となるよう NC データを逐次修正しながら制御装置へ出力する(図1においてEで表示している。)

3. インテリジェント切削工具と機能

上述したような自律分散型工具管理に基づく生産システムを構築するため, インテリジェント切削工具として次の3つの機能が要求される。

- (1) 情報の格納保持機能(メモリ部)
- (2) 自己状態の認識機能(センサ部)
- (3) 情報の管理利用機能(プロセッサ部)

インテリジェント切削工具は, これらの全ての機能を供えていることが望まれるが, 技術的および経済的観点から, 図2に示されているように, その機能を分配する。すなわち, インテリジェント切削工具には, その本体に情報の格納保持機能(メモリ部)を持たせ, 切刃に自己状態の認識機能の一部(センサ部)を持たせる。また, 情報の管理利用機能(プロセッサ部)は CNC 用コンピュータに付加機能として追加する。

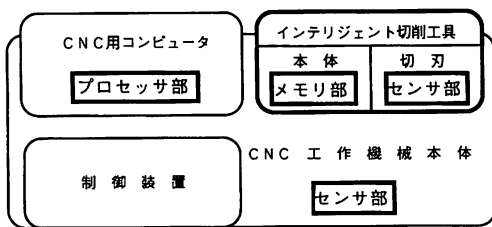


図2 インテリジェント切削工具と機能

3. 1 情報の格納機能(メモリ部)

インテリジェント切削工具は, CNC 用コンピュータがインテリジェント工作物から与えられる入力モデル情報とホストコンピュータから与えられる出力モデル情報より加工手順を決定するために必要な工具情報を記憶し格納していなければならない。また, 情報と物(工具)を一致させる必要から, 工具情報は工具本体に内蔵されてい

なければならない。このため, 工具情報の記憶デバイスは, 切削による熱や振動を受け, 切削油が注がれる条件下に置かれる。したがって, メモリ部を構築するデバイスは, このような条件においても安定して情報の読み出しおよび書き込みが可能であり, 物理的に工具本体に内蔵可能でなければならない。

このような情報記憶デバイスとして, ツール ID システムにおいてデータキャリアとして用いられている ID チップが開発されている。その容量は現在のところ最大で256バイトであるが, 自律分散型工具管理を可能とするためには, どれだけの工具情報量を格納管理する必要があるのか, すなわち, メモリ部の工具情報モデルを検討する必要がある。

3. 2 自己状態の認識機能(センサ部)

自律分散型工具管理に基づく生産システムでは, 工具の状態に応じて最適な切削条件となるよう, また, 工具摩耗および切刃セッティング誤差に基づく加工誤差を生じないように, 加工中にダイナミックに NC データを修正し, 制御装置へ入力することが可能となる。したがって, インプロセスあるいはビトウィーンプロセスで工具状態を認識する機能が必要となるため, 工具状態を認識(検出)するためのセンサ^{3), 4)}を, 切削工具切刃先あるいは工作機械本体に内蔵する。これより, 工具摩耗量, 工具欠損, 切削温度, 切削抵抗(振動)を検出し, 切削状態をリアルタイムで認識することにより, 最適な状態となるよう NC データを修正し, 切削状態を制御する。

3. 3 情報の管理利用機能(プロセッサ部)

メモリ部の工具情報を管理し利用する機能とセンサ部より工具状態, 切削状態を認識する機能を担うことがプロセッサ部の役割であり, この機能が CNC 用コンピュータに付加される。プロセッサ部の機能は次の5項目にまとめられる。

- (1) センサ部からの情報(信号)より, 工具状態および切削状態を認識する。
- (2) メモリ部の工具情報を管理する。すなわち, メモリ部の情報を記録したり, 追加あるいは更新する。
- (3) 工作物から与えられる入力モデル情報とホストコンピュータから与えられる出力モデル情報およびメモリ部の工具情報を基に, 同工作機械が行う加工手順を決定し, NC データ

- を生成する。
- (4) 工具状態、切削状態を認識し、その工具による切削が最適となるよう、また、工具摩耗量および切刃セッティング誤差に基づく加工誤差を補正するよう、切削中にダイナミックに NC データを修正しながら制御装置に入力する。
- (5) その工作機械の工具マガジンに存在しない工具が必要な場合、あるいは、工具摩耗や工具欠損に伴い工具交換が必要な場合に、工具室管理コンピュータにその要求を出力する。

4. 工具情報モデル

4. 1 工具情報モデル概要

上述の生産システムの構築を可能とするため、インテリジェント切削工具メモリ部において管理すべき工具情報モデルについて検討する。

入力モデル情報と出力モデル情報を基に加工手順を決定し NC データを生成するためには、工具用途、工具形状、推奨切削条件が必要である。また、切削中の切削状態として切削温度および切削抵抗を認識し、これらが適当になるように切削条件を変更する。工具状態として摩耗量および切刃セッティング誤差を認識し、これらに基づく切刃位置の補正を行う。このため、工具のセッティングに基づく補正值、工具摩耗量に基づく座標補正值、切削抵抗に基づく補正係数、切削温度に基

づく補正係数等のデータが必要である。同時に、工具を使用していく過程で、その寿命の判断が累積切削時間、工具摩耗量（欠損）、切削温度、切削抵抗を基準としてなされる。さらに工具の使用履歴は、工具の購入計画や切削条件の検討に有益な情報として利用できる。表 1 は、これらの工具情報モデルとこれらの情報を ASCII コードで記録した場合の容量（バイト数）を示している。

メモリ部デバイスとして、ツール ID システムに用いられている ID チップが採用可能であることは前述したが、この ID チップは番地を指定してランダムアクセスが可能である。表 1 に示されているように、寿命情報は20バイト、補正情報は30バイト、履歴情報は1履歴につき75バイト要する。履歴情報については、履歴情報のなかの日時、加工名、被削材質、切削条件のどれかが変更されたときには、別の履歴として追加登録することとし、10ケースについて登録する場合、履歴情報として750バイトを要することになる。また、基本情報である工具仕様モデルとして128バイトの容量を確保し、切削条件モデルとして384バイトの容量を確保している。この場合、工具情報モデルとして、1,312バイトの容量が必要になるが、前述したように ID チップの最大容量が256バイトであるため、提案する工具情報モデルを実現できる記憶デバイスの開発が望まれる。また、基本情報モデル（工具仕様モデル、切削条件モデル）の具体的検討（例）は、以下で行う。

表 1 工具情報モデル

工 具 情 報			使 用 バ イ ト 数
属性情報	基本情報	工具仕様	128バイト以内（表2参照）
		切削条件	
	寿命情報	工具摩耗量（寿命値） [mm]	5バイト
		切削温度（限界値） [℃]	5バイト
		切削抵抗（限界値） [N]	5バイト
		累積切削時間 [min]	5バイト
個性情報	補正情報	セッティング補正值 X [mm]	5バイト
		Y [mm]	5バイト
		Z [mm]	5バイト
		工具摩耗量（現在値） [mm]	5バイト
		切削温度（現在値） [℃]	5バイト
		切削抵抗（現在値） [N]	5バイト
	履歴情報	日時 [年.月.日.時.分-時.分]	22バイト
		加工名	10バイト以内
		被削材質	10バイト以内
		切削条件	23バイト
		切削時間 [min]	5バイト
		工具摩耗量 [mm]	5バイト

（トータル1,312バイト以内）

4.2 基本情報モデル例(エンドミルの場合)

表2は、エンドミルの場合の工具仕様モデル例を示しているが、この例の場合、62バイトの記憶容量を要している。また、表3は、切削条件モデル例を示している。1つの種類の被削材質に対して40バイトの記憶容量を必要としているため、例えば9種類の被削材質に対しては360バイトの記憶容量を要することになる。したがってエンドミルの場合、基本情報モデルとして422バイトを要することになる。

表2 工具仕様モデル例(エンドミルの場合)

工具仕様	例	バイト数
工具名	エンドミル	10バイト
タイプ	スクエアエンド	14バイト
用途	平面切削、 側面切削、 溝切削	28バイト
工具材質	HSS	3バイト
刃数 [枚]	2	1バイト
外径 [mm]	10	2バイト
刃長 [mm]	50	2バイト
シャンク径 [mm]	10	2バイト

(トータル62バイト)

表3 切削条件モデル例(エンドミルの場合)

切削条件	例	バイト数
被削材	普通鋼・合金鋼(HRC15-25)	30バイト以内
回転数 [rpm]	800	5バイト以内
送り [mm/min]	110	5バイト以内
被削材	普通鋼・合金鋼(HRC25-35)	30バイト以内
回転数 [rpm]	600	5バイト以内 (40バイト以内)
送り [mm/min]	80	5バイト以内
被削材	特殊鋼 (SKD)	30バイト以内
回転数 [rpm]	600	5バイト以内 (40バイト以内)
送り [mm/min]	80	5バイト以内
.	.	.
.	.	.
.	.	.

(9種類の被削材に対して360バイト以内)

5. 結 言

本研究では、自律分散型工具管理法に基づく生産システムの提案を行い、同生産システムの構築を可能とするインテリジェント切削工具とその機能について検討し、その工具情報モデルについて論じ、以下の結論を得た。

- (1) インテリジェント切削工具は、情報の格納保持機能、自己状態の認識機能、情報の管理利用機能が要求され、それぞれメモリ部、センサ部、プロセッサ部で構築される。
- (2) メモリ部、センサ部、プロセッサ部を切削工具に内蔵することは望ましいが現実的ではないため、メモリ部は切削工具体体内に、センサ部は切削工具切刃と工作機械本体に、プロセッサ部は工作機械 CNC 用コンピュータ内に構築する。
- (3) 自律分散型工具管理に基づく生産形態では、工作機械は物理モデルの変換機と考えら

れ、工作物から入力モデル情報が、FMS ホストコンピュータから出力モデル情報が与えられる。

- (4) CNC 用コンピュータ内に付加されたプロセッサ部は、入力モデル情報と出力モデル情報およびメモリ部に格納されている工具情報から、その工作機械における加工手順を決定し、NC データを生成する。
- (5) プロセッサ部は、センサ部からの情報（信号）を基に随時工具状態（工具摩耗量、工具欠損、切削温度、切削抵抗）を認識し、メモリ部における情報を常時変更修正する。
- (6) プロセッサ部は、その切削状態に応じて最適な切削条件となるよう、また工具摩耗量などに基づく切刃位置の補正を行うため、切削中にダイナミックに NC データを修正しながら制御装置へ入力する。また、工具室管理コンピュータに対して必要な工具の要求や工具交換要求を出力することもプロセッサ部の

役割である。

- (7) インテリジェント切削工具のメモリ部で管理される工具情報モデルを検討した結果、約1.5Kバイトの記憶容量を必要とすることを明かにし、エンドミルの場合の工具情報モデル例を示した。このため、1.5Kバイトの記憶容量を有するメモリ部デバイスの開発が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 青山英樹, 岸浪建史, 斎藤勝政, 佐藤眞: インテリジェント切削工具と自律分散型工具管理システムの提案, 苫小牧工業高等専門学校紀要,

第26号, 1991, 25-30。

- 2) H. AOYAMA, T. KISHINAMI, K. SAITO: A method of tool management based on an intelligent cutting tool, Journal of the Advanced Manufacturing Engineering, Vol. 1, No. 4, 1989, 210-216.
3) 青山英樹, 岸浪建史, 斎藤勝政: 逃げ面摩耗量検出センサ内蔵型スローアウェイ工具の開発, Vol. 54, No. 4, 1988, 704-709.
4) 岩田一明: 切削工具損耗のインプロセス測定, 日本機械学会誌, Vol. 82, No. 731, 1979, 1120-1125.

(平成3年11月30日受理)