

Title	NC工作機械に関する考察 (3) : ファナックのビジネスモデルと工作機械メーカー
Sub Title	A study on numerically controlled machine tools (3) : FANUC's business model and machine tool manufacturers
Author	日高, 千景(Hidaka, Chikage)
Publisher	慶應義塾大学出版会
Publication year	2022
Jtitle	三田商学研究 (Mita business review). Vol.65, No.4 (2022. 10) ,p.41- 62
JaLC DOI	
Abstract	工作機械産業の国際競争力に関わる研究の多くでは、NC装置専門メーカー・ファナックが開発した相対的に低価格なNC装置を利用しえたからこそ、日本の工作機械産業は廉価なNC旋盤やマシンングセンターの製品化に成功したという評価が示されている。その一方で、他社と同じ標準型NC装置を製品に搭載するということが工作機械メーカーの経営にどのような影響を与えていたのかという問題については、等閑視される傾向にあった。本稿は、1980年代初頭に至るまでの時期のファナックと工作機械メーカーの関係に光を当てて、この問題に対する考察を試みたものである。本稿での考察から、日本の工作機械産業の発展に果たしたファナックの役割は言うまでもなく大きいものであるが、80年代初頭独自の付加価値を創出するために敢えてファナックへの依存を断ち切り、NC装置の自社開発に踏み切った有力工作機械メーカーの存在もまた、同産業の新たな発展軌道を創り出す上で重要な役割を担っていたことが明らかにされる。
Notes	論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-20221000-0041

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

NC 工作機械に関する考察（3）

—— ファナックのビジネスモデルと工作機械メーカー ——

日 高 千 景

<要 約>

工作機械産業の国際競争力に関わる研究の多くでは、NC装置専門メーカー・ファナックが開発した相対的に低価格なNC装置を利用しえたからこそ、日本の工作機械産業は廉価なNC旋盤やマシニングセンターの製品化に成功したという評価が示されている。その一方で、他社と同じ標準型NC装置を製品に搭載するということが工作機械メーカーの経営にどのような影響を与えていたのかという問題については、等閑視される傾向にあった。本稿は、1980年代初頭に至るまでの時期のファナックと工作機械メーカーの関係に光を当てて、この問題に対する考察を試みたものである。本稿での考察から、日本の工作機械産業の発展に果たしたファナックの役割は言うまでもなく大きいものであるが、80年代初頭独自の付加価値を創出するために敢えてファナックへの依存を断ち切り、NC装置の自社開発に踏み切った有力工作機械メーカーの存在もまた、同産業の新たな発展軌道を創り出す上で重要な役割を担っていたことが明らかにされる。

<キーワード>

CNC, NC工作機械, NC装置, NC旋盤, マシニングセンター, ファナック, 山崎鉄工所, マザトロール, 大隈鉄工所

1. はじめに

1976年9月8日から17日までの10日間、シカゴで国際工作機械見本市（IMTS: International Machine Tool Show）が開催された。工作機械関連の専門誌『月刊・生産財マーケティング』の同年11月号が伝えるところでは、この見本市は世界の工作機械工業におけるいくつかの重要な変化を象徴していた¹⁾。

変化の1つは、米国工作機械業界の製品動向に関するものである。米国メーカーからの出品の

1) ニュースダイジェスト社編『月刊・生産財マーケティング』1976年11月号, A-32。

中心は、それまで大量生産用の専用機やトランスファ・マシンなどであったが、この見本市では、中量生産体制の合理化に資する機械、およびいわゆるジョブショップの需要を喚起するための機械へとシフトしていた²⁾。もう1つの変化は、NC工作機械の制御技術の世代交代である。すなわち、従来のNC工作機械は演算や論理機能をリレーやトランジスタなどを連結した電子回路に実装していたが、その後ミニコンを組み込んだもの、さらに70年代半ばにはマイクロプロセッサを内蔵したものが登場した。これらコンピューターを備えた新世代のNC工作機械はCNC (Computerized Numerical Control) と呼ばれるようになったが、この76年の見本市では出品された約200台の工作機械のうちCNCタイプが過半を占めるに至った³⁾。

もう1つの重要な変化は、国際的な勢力図に関わるものである。シカゴの見本市はマコーミックとアンフィシアターという2つの会場から構成されるが、メインはマコーミック会場の2階で、従来そこは米国の一流工作機械メーカーが独占してきた。しかし、この76年の見本市では、マコーミック会場2階の中央部に米国の一流メーカーと並んで日本の山崎鉄工所が約280㎡もの展示スペースを設け⁴⁾、その向かいにも大隈鉄工所や大阪機工・オーエム製作所等が新鋭機を展示し、近接する日立精機や東芝機械のブースとともに日本街ともいべき様相を呈していた⁵⁾。

別稿で示したように1960年代半ばの米国では、フレキシブルな生産体制への脱皮を図る武器としてのNC工作機械の有用性が認識され、それを実現するためジョブショップ向け製品の開発の進展が期待されていた⁶⁾。しかし、以後の開発の焦点が再びハイエンドな専用機に移ったこともあって、米国工作機械生産に占めるNC工作機械の比率(台数)は68年の20.5%をピークに減少に転じ、72年には13.4%にまで低下していた。この比率が20%台に回復するのは75年のことで、上記見本市が開催された76年の数字は23%にまで上昇している⁷⁾。見本市の出品の趨勢とこの数字から、ようやく米国のNC工作機械メーカーもこれまで看過してきた市場の需要に応える姿勢を見せ始めたことがうかがえる。

しかし、拡大する米国NC工作機械市場を現実に支配することになったのは、自国ではなく日本のメーカーだった。上記の見本市で初めてメイン会場の中央部に進出した日本の工作機械メー

2) 同上、A-35。

3) 同上、A-40。文献によってはCNC化以降のNC装置を「CNC装置」と表記するものもあるが、本稿では煩雑さを避けるためにこの区別は行わず、全て「NC装置」と表記する。

4) わが国の工作機械メーカーの中で最も早く米国に本格進出したのは山崎鉄工所である。同社は1974年にシンシナティに工場を建設し、既に米国市場で好調な売れ行きを見せていたNC旋盤などの現地生産(KD方式)を始めていた(日刊工業新聞、1973年11月8日)。さらに76年夏には、現地化の先行によって「マザック」ブランドが浸透したことや米国産業界全般で工作機械への買い気が増勢に転じたことを背景に、同工場の生産能力を50%増強するなど積極策を打ち出していた(日刊工業新聞、1976年8月19日)。

5) 『月間・生産財マーケティング』(前掲)、A-47。同誌の記者は日本企業のブースについて「つい数年前まで、欧米のショー会場でわが国出品メーカーを探し出そうとすれば、いつも壁ぎわの、死角にあたるようなコーナーを歩かねばならなかった」と記している(A-47, 48)。

6) 日高千景「NC工作機械に関する考察(1)——1950年代・1960年代の米国——」『三田商学研究』第62巻第2号、2019年6月。

7) Mazzoleni, Roberto, "Innovation in the Machine Tool Industry: A Historical Perspective on the Dynamics of Comparative Advantage," in Mowery, David C. and Richard. R. Nelson (eds.), *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*, Cambridge U.P., 1999, p.174.

カーは、当時の勢いそのままに米国市場でのシェアを年々拡大していった。その中心機種となったのが、まさにジョブショップで活躍する NC 旋盤とマシニングセンターである。日本製 NC 旋盤の米国市場におけるシェア（台数）は1980年時点で40%、85年には65%にまで増大している⁸⁾。日本製品の流入が続く中、米国工作機械工業会（NMTBA: National Machine Tool Builders' Association）は83年3月、米国通商法（1962年通商拡大法232条）の国家安全保障条項にもとづき、国家安全保障を損なう恐れのない水準にまで工作機械の輸入量を抑制する措置をとることを求めて提訴に踏み切った⁹⁾。

ちなみに1976年時点では、日本の工作機械生産全体に占める NC 工作機械の比率は16.2%で、米国との間にはまだ7ポイント近い隔りがあった。しかし、翌77年には18.7%（米国は20.2%）と差を縮め、78年には21.7%（米国は20.7%）と逆転し、80年代に入ると両者の差は拡大する一方となった。85年時点での数字は、米国の30.2%に対して日本は55.4%と大きな差を認めることができる¹⁰⁾。こうして日本は、NC 工作機械を生み出した当の米国に代わって NC 大国となったのである。

1980年代に入ると、工作機械産業で起きたこの逆転劇をめぐって調査や研究が活発に行われるようになった。これらの研究の多くは、いち早くマイクロプロセッサを用いた標準型 NC 装置を開発・量産したファナックに注目し、同社の供給する相対的に低価格の NC 装置を利用しえたからこそ、日本の工作機械産業は廉価な NC 旋盤やマシニングセンターの製品化に成功し、国際競争力を高めることができたという評価を下している。その一方で、日本の多くの工作機械メーカーが同じ標準型 NC 装置を使用するということが、彼らの経営にどのような影響を与えていたのかについて掘り下げた研究は乏しい。

前稿で示したとおり1960年代に入った富士通の NC 担当部門は、発足以来続いた赤字から脱却¹¹⁾するために特注品の開発・生産をやめ、量産を見込める標準型 NC 装置に集中することを決めた。この方針を具現化した FANUC260 の登場によって、日本の工作機械メーカーは中小企業市場も視野に入れた NC 工作機械の商品化に踏み出しやすくなった。同部門は1972年に富士通から独立して富士通ファナック株式会社に、さらに82年にはファナック株式会社へと名称を変えていくが、その間も最大規模の市場を見込める標準型 NC 装置を開発し量産するというビジネスモデルは一貫していた¹²⁾。本稿では、この状況を工作機械メーカーの側から考察していきたい。同業他社と同

8) 日高千景・金容度「工作機械に関する日米貿易摩擦」平成16年度経済産業政策研究報告書、経済産業省、2005年3月、p.3。

9) 同上、pp.37-38。

10) Mazzoleni, *op. cit.*, p.174。

11) 前稿（「NC 工作機械に関する考察（2）——1950年代・1960年代の日本——」『三田商学研究』第62巻第6号、2020年2月）においては、富士通自動制御部門に赤字対策委員会が設置された時期について特定できていなかったが、稲葉清右衛門氏の長男で現ファナック会長稲葉善治氏が最近著した「私の履歴書」の中に同委員会に関する記述がある。それによれば同委員会の設置は1963年、解散を許されたのが67年とのことである。稲葉善治「私の履歴書（11）NC 装置揺籃期」日本経済新聞、2022年1月12日。

12) 本稿では煩雑さを避けるため、特に区別の必要のない場合には富士通ファナック株式会社の期間についてもファナックと表記する。

じ標準型 NC 装置を採用した工作機械メーカーは、どのようにして他社と戦っていたのか。工作機械メーカーには、自社製品に独自の価値を付加する何らかの方法があったのか。あるいはファナックの側が、自らの事業の採算性を高めるための NC 装置の標準化と、工作機械メーカーが求める最終製品の差別化とを両立させる何らかの方法を講じていたのか。これらの疑問を解明することが本稿の課題である。

以下、本稿の構成を示す。まず次節では、工作機械産業の国際競争に関する既存研究がファナックについてどのように評価しているのかを確認する。上述のとおり先行研究の多くは、標準型 NC 装置の供給者であるファナックの存在が日本の工作機械産業の競争力向上に寄与したとしているが、その中で唯一、1982年から83年にかけて実施されたヒアリング調査等をふまえた研究においては、標準型 NC 装置に依存する工作機械メーカーは競争上不利な立場にあるということが指摘されている。この指摘をふまえて第3節では、FANUC260以降当該調査の行われた時期までのファナックの主力製品の展開とその特徴を概観する。次いで第4節では、FANUC260以降同社の標準型 NC 装置を用いていた有力工作機械メーカーの1社が、1980年代初頭に製品差別化を図るべく NC 装置の自社開発に踏み切ったことに光を当てる。第5節では、1970年代から80年代半ばに至る時期のファナックと工作機械メーカーの関係について整理し、上記の疑問への答えを提示する。

2. ファナックと日本の工作機械産業——先行研究における評価——

工作機械産業の競争力に関わる研究は、国際競争の構図の大きな変化が顕著となった1980年代以降活発化した。それらの多くは、米国の工作機械産業が競争力を失ったのはなぜかを問うことを主題とし、比較のために日本の工作機械産業の特徴について言及している。興味深いことに、このような研究において日本の工作機械メーカーが個別に論じられることはほとんどないのに対し、NC 装置メーカーであるファナックについてはほぼ全ての研究が社名を明記した上で、その製品や戦略について何らかの指摘を行っている。以下、それらのうち主要なものを紹介していく。¹³⁾

1) マイクロプロセッサの先駆的採用

ファナックに関して多くの先行研究が共通して指摘しているのは、同社が1970年代半ば他社に先駆けてマイクロプロセッサを用いた相対的に低価格の NC 装置を市場に投入し、前述の CNC 化を先導したことである。¹⁴⁾

13) 本稿の考察対象である時期との関係から、1980年代半ばまでの時期を論じていることが明確な研究だけを取り上げる。

14) 例えば以下を参照のこと。Real, Bernard, *Technical Change and Economic Policy: Sector Report, The Machine-Tool Industry*, Organization for Economic Co-operation and Development, 1980, p.25; Sciberras, E. and B. D. Payne, *Technical Change and International Competitiveness-1: Machine Tool Industry*, Longman Group Ltd., 1985, pp.30-31; Jacobsson, Staffan, *Electronics and Industrial Policy: The case of computer controlled lathes*, Allen & Unwin Ltd., 1986, pp.9, 56-57; Ashburn, Anderson, "The Machine Tool Industry: The Crumbling

ここで CNC 化に関する一般的な説明を補足しておきたい。従来のハードワイヤード型の制御装置は、制御する機械ごとに専用設計を行い、複雑な配線を施して組み立てるもので、仕様の変更やオプションの追加を行う際には相当な時間をかけて部品や回路を入れ替える必要があった¹⁵⁾。また、このハードワイヤード型の NC 装置には、機械式のテープリーダーを使うことに由来する読み取りエラーやデータ供給の遅さなどの難点もあった。これに対して新たに登場したのが、上述の回路をミニコンピューターに置き換え、数値制御ロジックをソフトウェア化したいわゆるソフトワイヤード型の NC 装置である。従来の配線の大部分をソフトウェアで置き換えることから、よりフレキシブルに様々な機種や加工に適用することも可能となった。また、プログラムの保存にメモリーを使うことで、テープスピードや読み取りエラーの問題を解消することも可能となった。さらに1970年代に誕生したマイクロプロセッサを利用することによって、NC 装置はよりコンパクトになり、また廉価を目指すことが可能になったとされている¹⁶⁾。

さて、多くの先行研究がこの文脈でファナックに特に注目するのは、マイクロプロセッサが米国で生まれたものでありながら、当の米国の NC 装置メーカーはその導入に消極的で、日本のファナックの先行を許したことによる。米国の NC 装置メーカー最大手の GE や同じく大手の Allen-Bradley は長らくハードワイヤードにこだわり続け、廉価でフレキシビリティの高い NC 装置を求める工作機械メーカーの声に耳を貸さなかった。業を煮やした米国工作機械メーカーが次々と NC 装置の内製化や廉価なファナック製品の採用にシフトしはじめて、ようやく両社はマイクロプロセッサの本格採用に踏み切るが、それは1979年から80年のことであった¹⁷⁾。Ashburn は、日本の NC 工作機械が米国市場で台頭した最大の理由は、マイクロプロセッサベースの NC 装置を米国より4年早く採用したことにあるとする米国工作機械メーカーの見解を紹介している¹⁸⁾。Ehrnberg & Jacobsson も、日本の工作機械メーカーが小型で低価格の CNC 旋盤やマシンングセンターという分野で欧米企業に対する優位性を築けた最大の要因は、ファナックがマイクロプロセッサ搭載の NC 装置の開発に先行したことにあると説明している¹⁹⁾。

なお、ファナックが NC 装置に採用を決めた当時のマイクロプロセッサは、まだ技術的に不確実性を残していた²⁰⁾。1979年、同社は新しい NC 装置システム 6 を発売したが、この製品にはイ

↘ Foundation," in Hicks, Donald A. (ed.), *Is New Technology Enough? - Making and Remarking U.S. Basic Industries*, American Enterprise Institutes, 1988, pp.57-58; MIT Commission on Industrial Productivity, *The US Machine Tool Industry and its Foreign Competitors*, The MIT Press, 1989, p.36; Carlsson, Bo, "Small-Scale Industry at a Crossroads: U.S. Machine Tools in Global Perspective," *Small Business Economics*, 1, 1989, p.253; Ehrnberg, Ellinor and Staffan Jacobsson, "Indicators of discontinuous technological change: an exploratory study of two discontinuities in the machine tool industry," *R&D Management*, 27, 2, 1997, p.114.

15) オークマ株式会社『オークマ創業100年史』1998年, p.153。また、NC 工作機械の機能の充実を図るほど機械の裏側の配線は複雑になり、検査や保守も難しくなっていた。長岡振吉「これからの数値制御工作機械」『機械の研究』第27巻第10号, 1975年, p.1216。

16) Ashburn, *op. cit.*, pp.52-53.

17) Sciberras & Payne, *op. cit.*, p.40。上述の1976年シカゴ見本市では、長らくハードワイヤードにこだわってきた米国 NC 装置製造最大手の GE が、初めてマイクロプロセッサ搭載の CNC1050形を展示したことも話題となっていた。ニュースダイジェスト社編『月刊・生産財マーケティング』(前掲), A-41。

18) Ashburn, *op. cit.*, p.58.

19) Ehrnberg & Jacobsson, *op. cit.*, p.114.

ンテルがその前年に開発したばかりのワンチップ・マイクロプロセッサ 8086が用いられた。この8086は、のちのインテルの躍進を支えていくいわゆる「x86」の起点となる製品で、1981年にIBMがその廉価版である8088を用いて「IBM-PC」を発売したことで知られている。しかし、ファナックが8086の使用を決めたのは、そのようなコンピューター業界の動向以前のことであった。²¹⁾このためファナックは、「まだ本格的な量産出荷前であり多くの不具合を潜在的に抱えていた」²²⁾8086の問題点を、インテルとともに克服するという困難な過程を経て、「8086最初のボリューム・ユーザー」²³⁾となったのである。

2) 圧倒的なシェアへの注目

先行研究の中には、米国との比較の観点から日本のNC装置市場におけるファナックのシェアの大きさに言及するものも多い。米国の初期のNC装置市場では、GEやAllen-Bradleyなどが相対的に大きなシェアを保っていたものの、圧倒的なシェアをもつ製品は存在しなかった。²⁴⁾1960年代末以降NC装置市場における競争は、新規参入者の登場と工作機械メーカーによる内製の増大によって激しさを増し、70年代半ばにはSperry VickersやSuperior Electricなどのような有力専門メーカーも市場から撤退した。これらが撤退してもなおこの市場の集中度は低いままで、かつてのリーダー格の企業はシェアを落としていき、81年時点ではAllen-Bradleyのシェアが16%、GEは13%にまで後退した。²⁵⁾同じ81年の時点で、内製メーカーで最大のシェアを占めたのはCincinnati Milacronだが、そのシェアは12%という水準にとどまっていた。²⁶⁾

このような米国のNC装置市場とは対照的に、日本ではファナックが70~80%という高いシェアを維持していた。Carlssonは、大多数の日本の工作機械メーカーがNC装置の供給をファナックに依存したことで、ファナック側は量産の優位性を得ることができ、工作機械メーカー側もまた限られた研究開発資源をNC装置以外の分野に集中させることができたとの評価を下している。²⁷⁾またMazzoleniは、ファナックがNC装置市場で独占に近い地位を占めていたことについて、工作機械メーカーにとってそれはリスクではなかったとしている。むしろファナックがそうした地位にあるがゆえに工作機械メーカーやユーザーから豊富な情報フィードバックを得ることができ、²⁸⁾それらを製品開発に活かすという望ましいサイクルが生まれていたと評価している。

20) 柴田友厚『モジュール・ダイナミクス』白桃書房、2008年、p.81。

21) 当時のインテルは16ビットMPUのデファクト・スタンダードの座をかけて、ライバルのモトローラ「68000」から顧客を奪うべく「クラッシュ作戦」を展開していた(テドロウ、S・リチャード著、有賀裕子訳『アンディ・グロープ(上)』ダイヤモンド社、2008年、p.272)。同作戦では各業界のナンバーワン企業の攻略が目標とされ、NC分野ではファナックが選ばれた。詳細は以下を参照。奥田耕士『傳田信行 インテルがまだ小さかった頃』日刊工業新聞社、2000年、pp.141-142。

22) 柴田、前掲、p.81。

23) 奥田、前掲、p.142。

24) 日高「NC工作機械に関する考察(1)」(前掲)、p.77。

25) Mazzoleni, *op. cit.*, pp.186-187。

26) *Ibid.*, p.187。

27) Carlsson, *op. cit.*, p.255。

28) Mazzoleni, *op. cit.*, p.191。同論文では、ファナック以外にもNC装置メーカーが存在したことやファナックメ

3) ファナックと工作機械メーカーの関係

このように先行研究の多くは主に米国との比較という観点からファナックの独自性を捉え、その存在を日本の工作機械産業の躍進の重要な要因として位置付けている。またそこでは、標準型 NC 装置への特化によって圧倒的なシェアをもつファナックとその供給を受ける工作機械メーカーとは、言うならば Win-Win の関係として捉えられている。

これに対して、工作機械主要生産国の代表的な工作機械メーカーおよび NC 装置メーカーに対するヒアリング調査 (1982~83年に実施) をふまえて著された Sciberras & Payne の研究²⁹⁾では、標準型 NC 装置を供給するファナックと工作機械メーカーの関係がやや異なる構図で描かれている。この描写が登場するのは、工作機械メーカーによる川上統合、すなわち NC 装置の内製化が競争力に与える影響を考察する文脈で、あらかじめ一般論として次のような見解が示されている。まず工作機械メーカーによる NC 装置の内製化については、「特別に設計された NC 装置には、当該企業の NC 工作機械の差別化につながりうる独自の特徴を盛り込むことができる。標準型の『汎用の』NC 装置 (standard 'general purpose' numerical controllers) は標準型であるがゆえに工作機械の設計に一定の制約を課すが、NC 装置を内製する工作機械メーカーはそうした制約に縛られることはない³⁰⁾」。一方、標準型の NC 装置については、「標準的な NC 装置のメーカーは、様々な種類の工作機械を対象にしなければならない。そのため標準型装置は、個々の工作機械メーカーの求めるものよりも広い範囲の機能や能力を考え併せて設計される。この場合、NC 装置には多くの不要な能力が備わってしまう。また、標準型の NC 装置は、個々の工作機械メーカーが求める機能を除外してしまう場合もある。NC 装置を内製化していない工作機械メーカーは、このような欠点を甘受しなければならない³¹⁾」と述べている。

Sciberras & Payne はこのような見解に続いて日本での調査の結果を紹介している。それによれば、当時の日本では NC 装置を内製もしくは電機メーカーと共同で製造している工作機械メーカーが 3 社あり、彼らは自社の工作機械に最も必要な機能を NC 装置に盛り込むことによって、いずれも製品差別化に成功している³²⁾。一例として、ある工作機械メーカーが内製している NC 装置は、何らかの事情で加工中に電源が切れても絶対位置を検出できる方式を採用している。これは工作機械の設計と加工現場の実態の双方を理解しているからこそ生まれたもので、標準型 NC 装置には備わっていない特徴である³³⁾。また、別の工作機械メーカーが開発した NC 装置は、標準型³⁴⁾では数時間かかるプログラミングを数分で作成できるという特徴をもつ。また、同社の独自

↘ は常に積極的に技術開発を推進していたことなどから、同社が独占に近い状態にあることへのリスクは考慮しなくて良いとしている。

29) Sciberras & Payne, *op. cit.* この調査研究は、日本・米国・ドイツ・英国・イタリア・スイス・台湾各国の関係省庁や業界団体、主要企業の経営者たちの協力を得て、1982年から83年にかけて行われたものである。

30) *Ibid.*, p.106.

31) *Ibid.*, pp.108-109.

32) 米国では NC 装置を内製化する工作機械メーカーは珍しくなかったが、著者らによれば、多くの場合そうした企業では機械部門と制御部門の間で良好な協働体制が確立されておらず、競争力の構築につながらなかったという。*Ibid.*, p.107.

33) *Ibid.*, p.108.

NC装置の生産台数は、月産3,000台に達するファナックとは大きな隔たりがあるが、同社がファナックから購入していた頃と比べれば、コストは半分程度に抑えられているという証言も紹介されている³⁵⁾。一方、自社でNC装置を内製していない工作機械メーカーもこうした内製の利点を認識しており、著者らが調査した3社のうち2社は近々NC装置の設計・製造に乗り出そうと考えていることも紹介されている³⁶⁾。

以上のように、詳細なヒアリング調査をもとに Sciberras & Payne が描き出した工作機械メーカーとファナックの関係は、その他の研究の評価とは異なっている。標準型 NC 装置市場のリーダーであるファナックは規模の経済性を享受しているが、それを用いる工作機械メーカーの側は独自の NC 装置を搭載するライバルのように製品の最適化を追求することはできず、製品差別化に後れを取っていることが示唆されているのである。

ここで現実の製品展開に即してみると、Sciberras & Payne が調査を行った1982～83年当時のファナックの主力製品はシステム6（1979年完成）である。その後85年にファナックはこのシステム6の技術をもとに、新たな標準型 NC 装置としてシリーズ0をリリースしている。ちなみにシリーズ0は、リリースから2004年の生産終了までに合計35万台が出荷され、同社の中でも群を抜くベストセラーとなった商品である³⁷⁾。ファナックに関する研究で知られる柴田友厚氏は、同社の追求する標準化と工作機械メーカーの求める特注化とを両立させ、大きな成功を収めた例として、このシリーズ0を大きく取り上げている³⁸⁾。

これらを考え合わせると、このシリーズ0が誕生するまでの過程にファナックの追求するロジックと工作機械メーカー側の求めるロジックとの間に何らかの乖離が存在し、それが Sciberras & Payne の調査に反映されている可能性、そしてシリーズ0はその乖離の修正を図ったものである可能性を想定できる。そこで次節では、FANUC260以降シリーズ0誕生までの同社の主な製品展開を追い、それらが工作機械メーカーにとってどのような製品だったのかをみることにしたい。

3. ファナックの NC 装置

1) FANUC260以降の展開——ハードワイヤード時代のモジュール化——

富士通 NC 部門は、1965年2月にNC装置の「普及版」としてFANUC260を開発したことを発表した。FANUC260の第1号機は66年10月に開催された第3回日本国際工作機械見本市で展示実演され、67年6月から本格的な発売が始まった³⁹⁾。富士通のNC装置は68年1月末時点で累積受

34) *Ibid.*, p.109.

35) *Ibid.*

36) *Ibid.*

37) 稲葉清右衛門「技術と経営」第5回精密工学会国際賞記念講演、2005年、p.10。

38) 柴田友厚『日本のものづくりを支えたファナックとインテルの戦略』光文社新書、2019年、pp.167-168。
シリーズ0の特徴や開発の経緯については、柴田『モジュール・ダイナミクス』（前掲）、pp.148-150でより詳しく説明されている。

注実績が690台であったが、FANUC260は早くもその4割に当たる279台の受注を数えるに至った。⁴⁰⁾ 68年1月末には池貝鉄工が、また同年10月には山崎鉄工所が、それぞれFANUC260を搭載したNC旋盤の量産計画を発表したことは前稿で紹介したとおりである。⁴¹⁾ 好調な需要を背景に、富士通は翌69年12月にはNC装置増産のため日野市に年産4,000台という大規模な新工場の建設に着手した。ちなみに年産4,000台というのは、当時米国でNC装置最大手のGEの2倍にあたる規模であった。⁴²⁾

柴田氏らによれば、富士通は1969年にこのFANUC260を完全モジュール化した。⁴³⁾ FANUC260は、3種類の基本制御ユニット・約9種類の基本オプション・約20種類の付加ロッカーをそなえ、これらのモジュールの接続は機器のねじ止めやケーブルのコネクタによって行われ、ハンダ付けなどが不要となったという。⁴⁴⁾ 69年の富士通のNC装置の出荷台数は前年度の数倍に達したが、柴田氏らはこの急増はモジュール化に負うものとしている。⁴⁵⁾ すなわち、NC装置は工作機械に装着してはじめて機能を発揮することから、機械の仕様に合わせてNC装置の仕様も決定される、いわばオーダーメイドの性質をもち量産になじみにくいが、モジュール化によって「多種多様なNCを量産するという一見矛盾する要求を満たすことができ、ファナックはNCの出荷台数を大幅に増やし、シェアを拡大することができた」と説明している。⁴⁶⁾

なお、富士通はFANUC260で導入したモジュール化を既存製品FANUC220（1962年発売）にも応用しようとしていたことがうかがえる資料がある。それは日本金型工業会の『会報』（1971年、No.2）に掲載された「NCマシンの金型工業への導入について」と題する記事で、金型工業会の代表者らが稲葉清右衛門氏および牧野フライス製作所の日比孝氏と東芝機械の百地正氏を来賓として開いた座談会（70年12月7日開催）の内容を伝えたものである。⁴⁷⁾ この中で金型工業会のメンバーの一人から、現在使用しているFANUC220にオプションで「ある装置」⁴⁸⁾ を付けることがで

39) 日刊工業新聞、1965年3月29日；同6月28日；1966年10月14日。

40) 日刊工業新聞、1968年5月6日。

41) 日刊工業新聞、1968年1月30日；同10月11日；日高「NC工作機械に関する考察（2）」（前掲）。

42) 日刊工業新聞、1969年12月27日。

43) FANUC260のモジュール化については以下に記載がある。柴田友厚・玄場公規・児玉文雄『製品アーキテクチャの進化論』白桃書房、2002年、pp.62-64；柴田『モジュール・ダイナミクス』（前掲）、p.61；柴田友厚・児玉充『マネジメントアーキテクチャ戦略』オーム社、2009年、pp.177-178；柴田『ファナックとインテルの戦略』（前掲）、pp.65-67。

44) 柴田・玄場・児玉、前掲、pp.63-64。

45) なお柴田氏は以下の論文に依拠して、1969年の同社NC装置の出荷台数は前年度の約5倍（68年388台、69年1,683台）としている。Mazzoleni, Roberto, "Learning and path-dependence in the diffusion of innovations: comparative evidence on numerically controlled machine tools," *Research Policy*, 26, 1997, p.420. 一方、富士通ファナックが刊行した著書によれば、同社出荷台数は68年483台、69年1,184台である（稲葉清右衛門編著『やさしいNC読本』（4訂版）日本能率協会、1980年、p.8図1.4）。

46) 柴田・玄場・児玉、前掲、pp.64-65。

47) 日本金型工業会「座談会 NCマシンの金型工業への導入について」（第2回）『会報』1971年、No.2、pp.1-15。稲葉氏は当時富士通計算制御技術部長・計算制御営業部長、日比氏は取締役技術部長、百地氏は営業部営業技術課長であった。

48) ここで話題になっているのは、「刃物が折れたとき位置を記録して、ボタンを押してそこまで戻ってくれる」装置がオプションで付けられるかどうかである。同上、p.12。

きるかどうか問われた稲葉氏が、220と230を合わせて完全にモジュール化したものを71年6月から売り出そうと準備中であり、それが完成すれば様々なオプションの追加が可能になると答えている⁴⁹⁾。様子が伝えられている。

これに関連して、翌72年3月の日刊工業新聞の記事の中に「同社は工作機械用のNC装置としてモジュールFANUCとカセットFANUCを用意している。モジュールFANUCはNCに求められる様々な機能を分割（モジュール化）し、ユーザーの必要に応じて選択できるのが特徴で、既にFANUC260A、同B、同C、同240A、同B、同C、同220A等の陣容を揃えている⁵⁰⁾」という記述もある。

以上から、富士通がFANUC260以降NC装置のモジュール化を推進していたこと、また、エンドユーザー側もモジュール化によって必要に応じた機能を選択・追加できることを歓迎していた様子がうかがえる。ただ、NC装置のモジュール化やそれにとまなうオプションの増大は、エンドユーザーの多様なニーズの充足とコストの抑制とを両立させ、NC工作機械市場の拡大に資するものであるとはいえ、工作機械メーカー側からすれば、それらはライバルメーカーも等しく利用しうるもので、彼らの差別化の武器とはなりえなかった。

2) シリーズ0に至るまでの主要製品

上記の金型工業会メンバーとの座談会で話題の1つとなっていたのは、NC工作機械の価格である。金型工業会側から稲葉氏に対し、NC工作機械の価格が一般の工作機械の2～3倍と高価であることについて、人件費上昇等の事情を考えれば機械本体の値下げは望めまいが、NC装置については量産や技術進歩によってより安くできるのではないかという質問が出されている。これに対して稲葉氏は、今後NC装置の価格は安くなると答え、その理由についてはICの価格が年々低下傾向にあること、および⁵¹⁾今後はNC装置の配線が要らなくなることをあげ、後者については試作を進めていると説明している。

① FANUC200A シリーズ

1972年7月、ファナックは上記の「配線の要らない」NC装置の第一弾として、ミニコンピュータ内蔵のFANUC200Aシリーズを完成させた。当時の日刊工業新聞は「このシリーズはモジュール化されたハードウェアとパッケージ化されたソフトウェアによりNC機能を自由に変えることのできる新しい思想のCNC⁵²⁾」と説明している。それによれば、ハードウェアは①ベーシック・ユニット（基本モジュール）、②ベーシック・オプション（基本的な機能を決めるオプション）、③ドライブ・ユニット（パルスモーターの型式と軸数に応じて適宜選択して構成）、④付加オプション（直線切削・直線補間・円弧補間等）という4つのモジュールで構成され、FANUC260⁵³⁾

49) 同上。

50) 日刊工業新聞、1972年3月15日。

51) 日本金型工業会、前掲、p.11。

52) 日刊工業新聞、1972年7月22日。

53) 同上。

以来の設計思想が継承されていることがうかがえる。また、200A シリーズはコアメモリーを使用しているため、ソフトウェアについても機能の変更が容易であった。

ここで補足すると、CNC 化以降の NC 装置は「ソフト可変形」と「ソフト固定形」の2種類に分かれる。⁵⁴⁾ソフト可変形はコアメモリーや RAM (random access memory) 等を使用しているためソフトを変更でき、ユーザーのニーズに応じた機能の変更が可能であるが、高価格である。一方、ソフト固定形は比較的安価な ROM (read only memory) を用いるため、価格はその分抑えられる。ただし、ソフトウェアはいったん製造工場に ROM に書き込まれたのちは変更ができない。つまりソフト固定形の場合、先述のハードワイヤードの短所は完全には解消されないということになる。

② FANUC2000C・3000C シリーズおよびシステム 5 シリーズ

さて、上記の FANUC200A シリーズは CNC 化の第一歩となる製品ではあったが、ミニコンとコアメモリーを用いているために高価格で、ファナックの製品ラインナップの中核をなすボリュームゾーン向けの製品ではなかった。⁵⁵⁾ボリュームゾーンに向けた最初の CNC として FANUC2000C シリーズ (旋盤用) と同 3000C シリーズ (マシニングセンター用) が発表されたのは、1975 年 4 月のことである。⁵⁶⁾2000C と 3000C の CNC 回路には複数個の汎用 LSI から構成されるマイクロプロセッサが導入され、また、制御をつかさどるソフトウェアの収容には ROM が使用された。稲葉氏は、ROM の採用に踏み切ったためにハードワイヤード以下の価格と性能面の大幅向上とが実現できたと説明している。⁵⁷⁾

さらに 1976 年 3 月には、この C シリーズの下位機種としてシステム 5 シリーズが発表された。システム 5 シリーズは、C シリーズ同様ソフトウェアの収容に ROM を採用したほか、C シリーズでは最低でも 5 枚必要だったプリント基板を 2 枚にまで減らすことで大幅なコストダウンを実現した。⁵⁸⁾この 5 シリーズの販売は大幅に伸長し、79 年 3 月期ではファナックの NC 装置部門の売上高の約 44% を占める主力商品となっている。⁵⁹⁾

③ FANUC システム 6

その後のファナックが新たな標準型 NC 装置として開発したのが、FANUC システム 6 (1979 年 8 月発表) である。上記 FANUC2000C で用いたマイクロプロセッサはワンチップ型ではな

54) 稲葉編著、前掲、pp.22-23。

55) 稲葉清右衛門「最近の NC システムの進歩」『精密機械』47 巻 10 号、1981 年 10 月、p.1。

56) 日刊工業新聞、1975 年 4 月 19 日。

57) 稲葉「最近の NC システムの進歩」(前掲)、pp.1-2。なお、ファナックがこのシリーズで特に低価格を強調した背景には、工作機械メーカーで唯一 NC 装置を内製している大隈鉄工所が、1975 年に独自開発の CNC 装置を搭載した NC 旋盤 LS-N を 900 万円台で市販することを発表したことも関わっているようである。同社は FANUC2000C シリーズの発表にあたり、機能や価格面からみて大隈の製品に劣らないことを強調している。日刊工業新聞、同上。

58) 日刊工業新聞、1976 年 3 月 3 日。

59) 富士通ファナック株式会社「有価証券報告書」1979 年 3 月。

かったが、システム6では初めて汎用のマイクロプロセッサが採用された。⁶⁰⁾当時の新聞報道によれば、エンドユーザー段階でのメンテナンスフリーを最重点目標として開発されたシステム6は、従来機種よりも部品点数を大幅に削減することによって高性能・低価格を実現している。具体的には、システム6ではユーザー段階での操作や保守管理を容易にすることと故障率を低減することに力が注がれ、①IC500個分に相当する大型LSIが独自開発され、②高速MPUや大容量バブルメモリーの採用を通じて、部品点数は従来の約半分に削減され、主回路もプリント板1枚に集約された。ファナックは、まず80年4月に国内で、続いて欧米諸国でもシステム6の納入を開始し、「世界的戦略機種」として育成する方針を示している。⁶¹⁾

1981年に刊行された専門誌の中で、稲葉氏がシステム6の特徴について述べている文章も紹介しよう。まず稲葉氏は、上記の大規模なカスタムLSIを用いたことによってNC装置に必要な部品点数が一挙に数百分の一になり、コストダウン・信頼性の向上・性能の向上・装置の小型化・保守の容易化・納期の短縮など、あらゆる面で好効果を及ぼしている⁶²⁾と述べている。また、バブルメモリーの使用によって、機能だけでなく信頼性も大幅に向上したことを強調している。具体的には、78年頃までのNC装置の故障頻度は約0.1件/月・台であったものが、バブルメモリー内蔵によって0.03件/月・台、すなわち約33か月に1回の故障頻度にまで改善したとしている。⁶³⁾

上記の記事からも稲葉氏の論稿からも、システム6では「信頼性の向上」と「部品点数の削減」が最重要視されていることがわかる。以下ではその背景について確認したい。まず「信頼性の向上」が重視された背景を探るためにシステム6が開発過程にあった当時の新聞をたどると、それまでNC装置の国内シェアで80%以上を占めてきたファナックのシェアが、1976年には一挙に10%程度減少したことが報じられている。記事によればその原因は、同社の増産に次ぐ増産でサービス面が手薄になったこと、さらに76年秋頃から増産にもかかわらず納期遅れも表面化したことにあり、その間隙について三菱電機・安川電機など下位のNC装置メーカーおよびNC装置を内製している大隈鉄工所がシェアを伸長させていた。⁶⁴⁾同じ記事では、ファナックがサービス体制の強化に乗り出し、年内にもシェア80%台を回復する計画であることが伝えられているが、このような事情が製品開発にも反映され、新しいモデルでは信頼性の向上とりわけ故障頻度の低減が重視されたと考えてよいだろう。

一方、「部品点数の削減」はコストダウンのためであることは言うまでもないが、これがことさら重視された背景として、当時のファナックが独自のビジネスモデルの確立期にあったことを付言しておくべきだろう。1982年に出版された稲葉氏の著書の中で、同社が77年11月に設立した「自動化研究所」とその目的が紹介されている。⁶⁵⁾それによれば、まず同社の言う「商品」とは「抜群の競争力と高度の利益を生み出す製品」を意味し、自動化研究所はまさにかかる商品を開

60) 日刊工業新聞、1979年8月8日；稲葉「技術と経営」(前掲)、p.8。

61) 日刊工業新聞、1979年8月8日。システム6の出荷台数は合計で89,000台にのぼった(稲葉、同上、p.8)。

62) 稲葉「最近のNCシステムの進歩」(前掲)、p.2。

63) 同上。

64) 日刊工業新聞、1977年4月21日。

65) 稲葉清右衛門『ロボット時代を拓く——「黄色い城」からの挑戦』PHP研究所、1982年、pp.72-74。

発するためにある。より詳しくみると、同社では商品開発に先立ち世界市場の調査を通じて当該商品の市場性を見きわめた上で、いかなる競合メーカーにも確実に勝てる価格をまず決定する。次にその価格に対して予め定めた利益率（原則として35%）から製造原価を算出した上で、開発に着手する。開発にあたる研究員はこの製造原価を前提として、商品の設計およびその製造システムの考案を課される。実際、彼ら研究員は当該商品の製造システムを整え、予定通りの原価で商品が製造できるようになるまでの責任を負う。このような開発プロセスの成否を握るのが部品点数の削減であり、稲葉氏は「自動化研究所の主眼は、いかに少ない部品ですむように設計するかという点にある⁶⁶⁾」と明言している。

このように、1980年代を迎えようとする頃のファナックが主力機種と位置付けていたシステム6は、当時の課題であった「信頼性の向上」と同社が高い利益率を維持するために不可欠な「部品点数の削減」という目的に適った製品であった。その一方でシステム6は、前世代の2000C・3000Cや5シリーズと同様にROMを用いたソフト固定形で、工作機械メーカーが独自に機能の変更や追加を行うことは困難だった⁶⁷⁾。ちなみに81年時点でのファナックのNC装置のラインナップのうち、各種専用機・特殊用途向けのシステム9シリーズのみがソフト可変形で、システム6・システム3・mate各シリーズはいずれもソフト固定形である⁶⁸⁾。なお、この当時の日本の工作機械メーカーで唯一NC装置を内製化していた大隈鉄工所は、1971年からNC専用高速ミニコンピュータを自社開発することで72年にOSP2000を完成、さらに76年にはマイクロプロセッサ内蔵のOSP300シリーズを完成させ自社の製品に次々と搭載していたが、CNC化以降の同社のNC装置には当初から「ソフトウェア可変」というコンセプトが貫かれていた⁶⁹⁾。無論、同社は製品差別化の観点から、このOSPを同業他社には供給していなかった。

4. 工作機械メーカーによる差別化の模索

前節からもわかるとおりCNC化以降のファナックは、エレクトロニクス技術を駆使して部品点数の削減に注力し、コストダウンと信頼性の向上を図っていった。日本の工作機械メーカーが中小企業市場に向けた低価格なNC旋盤やマシニングセンターの商品化に相次いで乗り出すことができたのは、同社のNC装置を使えたからこそであろう。例えばNC旋盤の生産企業数（ただし生産額10億円以上）は1975年時点では5社にとどまっていたが、80年には18社にまで増加している⁷⁰⁾。しかしその一方で、同社の標準型NC装置を用いる工作機械メーカー側には差別化の余地

66) 同上、p.74。

67) 柴田・玄場・児玉、前掲、pp.77-78。

68) 稲葉『ロボット時代を拓く』（前掲）、p.23表2.2。

69) オークマ株式会社、前掲、pp.153-154、168；足立光明「NC装置『OSP』開発50周年を迎えて」（オークマ株式会社HP）；花木義磨「FAソフトウェア開発競争の問題点」ニュースダイジェスト社編『FA技術年鑑 86年版』（月刊・生産財マーケティング別冊）、1986年、p.326；日経産業新聞、2022年1月13日・14日・17日。大隈鉄工所によるOSPの開発の経緯やその意義については、別稿で考察する予定である。

70) 日本工作機械工業会『成長、変革——10年の記録』1992年、p.140。

は乏しかったこともうかがえる。それでは工作機械メーカー側は、このような状況を受け容れ続けていたのだろうか。

1) サービス負担の増大と価格競争の激化

1960年代末以降、工作機械メーカーのNC工作機械市場への参入が始まった。しかし、彼らがNC工作機械の使用経験のないユーザー、とりわけ人材の乏しい中小企業市場を開拓するためには、機械の低価格化を推進するだけでなく、NC固有のサービス体制を拡充することも必要であった。他社に先駆けて中小企業をターゲットとしたNC旋盤「マザックターニングセンター」の投入に踏み切った山崎鉄工所は、製品の発売に先立ちNCトレーニングスクールの開設のほか、中小企業向けのプログラミングやテープ作成代行サービスの実施を決めている。⁷¹⁾森精機も1971年にNC旋盤に本格参入するに際し、製品を購入したユーザーに対して自社の社員を1か月間派遣して技術指導にあたるなどサービスの充実に乗り出している。⁷²⁾

ユーザーがひとたびNC工作機械を受け容れると、次第に加工上の要求も高度化する。これにともなって工作機械メーカーに求められるサービスの負担は増していったようである。上述の金型工業会主催の座談会(1971年)では、NC工作機械のユーザーがプログラミングやテープ作成を行えない場合、伊藤忠電子計算サービスや日本IBMのデータセンターに委託するというルートが設けられていたものの、機械加工の知識なしではユーザーの望む実用的なプログラムは作れないため、結局は工作機械メーカーの力を借りるしかないという内容の議論が交わされている。⁷³⁾また、ユーザーがプログラミング技術を習得したとしても、なおサポートは必要である。例えば複雑な形状の場合、手計算ではテープ作成に長時間を要するが、コンピューターを利用すればその時間を数十分の一から数百分の一に短縮できる。⁷⁴⁾コンピューターを備えていない中小企業ユーザーに対しては、このような場面でもサポートの手厚さが重要であった。無論このようなサポートは、工作機械メーカーにとって大きなコスト負担をとともなう。1974年に入ると、ユーザーに対するこのような無料サービスが過剰負担になっていた上、石油危機の影響で受注が急減したこともあり、一部の工作機械メーカーがソフトサービスの有償化に乗り出す動きを見せ始めている。⁷⁵⁾

一方で、工作機械メーカーの参入が集中したNC旋盤やマシニングセンターでは価格競争が常態化し、特に第1次石油危機の影響を受けた1970年代半ばには熾烈をきわめたようである。1975年10月3日の日刊工業新聞には「工作機の安値販売をやめよ」と題する社説が掲載されているが、それによれば工作機械業界はもともと企業が乱立し企業間の競争が激しい上に、石油危機以降安値競争が長期化し、「5割引きとか3年間支払い据え置き」、さらに「ひどいものは、見積書の価

71) 日刊工業新聞、1968年10月11日；1968年10月12日。同じ頃大隈鉄工所もユーザー教育のためにNCスクールを開設したほか、牧野フライスや池貝鉄工もNCテープサービスに注力することを決めている。

72) 日刊工業新聞、1971年10月10日。

73) 日本金型工業会「座談会 NCマシンの金型工業への導入について」(第1回)『会報』1971年、No.1, p.6；同(第2回)、1971年、No.2, p.13。

74) 日刊工業新聞、1973年5月1日。

75) 日刊工業新聞、1974年7月18日；1974年12月2日。

格欄を白紙で出してユーザーに任せるケースもある」というほどであった。⁷⁶⁾

1976年8月に日本工作機械工業会が作成した「工作機械白書」においても、同業界で慣行化している取引条件が「不況期においては他業界にはあまり見られないような錯乱した状況である」ことが伝えられている。そこでは、企業存立のためとにかく売ることが優先され、販売全体の70%を占める割賦販売では割賦の回数や金利・頭金・据置期間などに様々な問題が見られ、また、不況期の最高値引率は30~40%と「常軌を逸している感がある」と記されている。⁷⁷⁾さらに、今後も「目玉商品とされるNC工作機械の販売は、益々経費負担が増大傾向にあり、このままでは企業経営に大きな影響を与えることが憂慮されるので、ソフトウェア料回収の確立、NC機の技術研修などに対する助成が必要となっている」と結ばれている。⁷⁸⁾

この白書が作成されたのちも新聞紙上では、とりわけNC旋盤をめぐっては激しい乱売戦が続いたことを伝える記事を確認できる。⁷⁹⁾1970年代は2度の石油危機に見舞われた特殊な時期であるとはいえ、これほど激しい価格競争が展開されていたことは、各社の販売する製品の差別化が不十分だったことの証左であろう。70年代当時、金属切削の機械的な機構は既に限界に達しており、それ以上の付加価値を付けるには電子分野の力を借りるしかないとされていた。⁸⁰⁾しかし、その電子分野については、多くの工作機械メーカーが標準品の量産という路線を貫くファナックに依存し、かつ、その装置には彼らが独自の付加価値を加えうる余地が乏しかった。このような状況は、CNC登場後もただちには変わらなかった。

2) 差別化の模索

上記のように、中小企業向けのNC旋盤やマシニングセンターを主戦場としている工作機械メーカーは、市場開拓のために製品の低価格化を推進するだけでなく販売条件を大幅に優遇し、さらにプログラミングに関わるサービスにコストを費やしながらかつ他社と競わなければならなかった。

それでは、このような状況が常態化していた原因はどこにあるのだろうか。また、こうした状況を脱却する方法はなかったのだろうか。まず価格や販売条件で顧客を引き付けなければならぬことの一因は、多くの工作機械メーカーが同じNC装置を使っていて製品差別化の余地が乏しかったことにある。また、プログラミングなどのサービスを行わざるをえなかったことの一因は、NC工作機械のユーザー・インターフェイスが複雑で、望ましい加工内容をユーザー自ら指示することが難しかったことにある。したがって工作機械メーカーの立場からすれば、自社独自のソフトウェアで機械を制御でき、かつ、ユーザーの求める加工内容をユーザー自身が簡単に指示で

76) 日刊工業新聞、1975年10月3日（社説）。同月24日の紙面には、森精機が国内におけるNC旋盤の販売秩序回復を図るため、割賦販売の条件を最高24回払いとするなどのルールを国内代理店に通知したとの記事も掲載されている（日刊工業新聞、1975年10月24日）。

77) 日本工作機械工業会『“母なる機械”30年の歩み』1982年、資料・32。

78) 同上。

79) 日刊工業新聞、1977年8月29日；1978年2月8日。

80) 日刊工業新聞、1976年3月2日。

きるような NC 装置を作り、それを自社の工作機械だけに搭載できれば、価格競争からも過度のサービス負担からも解放され、同時にユーザーからの支持を拡大できる可能性がある。

この可能性を現実に模索した工作機械メーカーは存在した。山崎鉄工所である。既に述べてきたように同社は1968年秋にFANUC260を活用して低価格な NC 旋盤を量産することを決めて以来、中小企業向け NC 工作機械市場の開拓と拡大の先頭を走ってきた企業である。同社は NC 工作機械という未知の商品とユーザー間の距離を埋めるため、いち早くサービス体制の整備に乗り出し、ユーザーとの情報交換を重ねてきた。また、多様なユーザーのニーズに応えるために、同じ機種についても多くのサイズを展開し、それによって生じるコストの上昇を各種ユニット・部品の共通化や図面設計の標準化の促進等で抑制するとともに、自社工場に積極的に NC 工作機械を導入して省力化にも注力してきた⁸¹⁾。それでもなお、同社のメインターゲットである中小のユーザーに NC 工作機械を広く普及させることは簡単ではなかった。その理由は、NC 工作機械はなお中小ユーザーが導入するには高価であったことに加え、操作が難しいこと⁸²⁾にあった。

次第に同社の技術者たちは「コンピューター言語屋が作った NC 言語ではなく、自分達の言葉で自分達が蓄積してきた加工ノウハウを簡単に入力でき、しかもどう動くのかがすぐに確認できるような NC 装置がほしい」と考えるようになっていた⁸³⁾。一方、同社社長（当時）の山崎照幸氏も、競合他社と同じ NC 装置を搭載し続けている限り独自性が打ち出せないという認識を強めていた。こうして山崎鉄工所は独自の NC 装置の開発に踏み出すことになった⁸⁴⁾。

山崎鉄工所はファナックを含む NC 装置メーカーに対して技術者たちの構想を伝え、共同開発の可否についての打診を繰り返した。その結果最終的に NC 装置市場でシェア 4 位であった三菱電機との間で話がまとまり、1980年春から独自 NC 装置の開発が本格的に始動する⁸⁵⁾。具体的な搭載機種は、低価格かつ操作性に優れた新機種として社内で開発が進められていた小型の 2 軸旋盤であった。開発・生産・営業各部門のスタッフで構成された開発メンバーは議論の末に、ユーザーの「段取り工程を徹底的に単純化し、一個目の製品を最短で加工すること」を開発の基本方針と定め、これを実現するために新たな NC 装置には、①自動プログラム機能を搭載すること⁸⁶⁾、②対話方式で入力を行うこと、③グラフィックディスプレイによってツールパスを確認できる機能⁸⁷⁾をもたせること、および④紙テープを廃止することを決め、具体的な開発作業を進めた。

81) 日刊工業新聞、1976年11月17日。この時点で、同社は主力の NC 旋盤については 9 機種・26シリーズ・133サイズを展開していた。

82) 大橋肇「対話型 CNC 装置『MAZATROL』の開発史」日本機械学会東海支部第60期総会記念講演会講演論文集（11.3.14-15）No.113-1, p.456。

83) 同上。

84) 日経産業新聞、1982年12月13日；久芳靖典『匠育ちのハイテク集団——古希を迎えたマザックのきのうとあす』1989年, p.174。

85) 大橋、前掲。1979年時点での NC 装置市場のシェアは以下のとおり。富士通ファナック71%、大隈鉄工所11%、安川電機9%、三菱電機6.2%、沖電気1.4%、東芝0.6%、日本電気0.5%。日経産業新聞、1982年3月13日。

86) NC 装置を内製化していた大隈鉄工所は、1972年に旋盤用自動プログラミング（LAP: Lathe Automatic Programming）を完成させていた。オークマ株式会社、前掲, p.152；花木義磨・早川幸夫・領木正人「“メカトロシステム”の新展開」ニュースダイジェスト社編『Quarter・FA 産業25年の歩み』1989年5月, p.334。

1981年5月、山崎鉄工所は自社開発の対話型 NC 装置「マザック・アルファトロン T-1」の完成を発表した。⁸⁸⁾のちに「マザトロール T-1」と改称されたこの NC 装置は、これまで中小のユーザーを悩ませてきた上記の「段取り工程」におけるプログラミングやツールセット等に関わる煩雑さを解消しうる画期的なものとなった。上の引用からもわかるように当時の NC プログラムの作成には専門用語（EIA/ISO コード）が用いられていたため、この言語を理解すること自体が難しく、プログラミングには三角関数の知識も必須とされていた。これに対して「マザトロール」では、機械加工の経験や三角関数の知識がない作業者であっても、ディスプレイに表示される「材質は？」「図形パターンは？」などの平易な質問項目に沿って必要情報を入力すれば、加工パス・切削条件・工具などが自動的に決まり、従来の1/20の時間で加工プログラムを作成することができた。⁸⁹⁾また、従来の記憶装置をもたない NC 装置では、作成したプログラムを紙テープに保存しておき、加工のたびに読み込ませる必要があった。⁹⁰⁾これに対して「マザトロール」では、作成したプログラム内容を16種類記憶でき、これを超えた場合でもカセットテープに保管できるなど、利便性向上が図られた。⁹¹⁾

この「マザトロール T-1」を搭載した小型 2 軸旋盤「クイックターン 10」は、当時停滞していた NC 旋盤需要を再び喚起する製品となった。⁹²⁾中小企業からの注文の殺到によって本社工場（愛知県大口町）だけでは生産が追い付かなくなった山崎鉄工所は、岐阜県美濃加茂市に新たに NC 旋盤の量産工場を建設することを決めている。⁹³⁾

さらに同社は1982年6月、マシニングセンター用の NC 装置として「マザトロール M-1」を完成させた。この「M-1」もやはりソフトは自社で開発し、ハードの製作は三菱電機が担当した。⁹⁴⁾「M-1」には、「T-1」と同様に初心者でも簡単に操作ができる、プログラミングにかかる時間が従来の NC 装置の1/20に短縮できるなどの特徴のほか、100種類以上の加工物のプログラムを連続して記憶できる、付属のセンサーで工具の損傷や摩耗を自動チェックし交換できるなどの新機軸が盛り込まれた。⁹⁵⁾工作機械業界ではこの年の春頃からマシニングセンターの受注が減少し、山崎鉄工所でもそれまでの月産120台から80台へと生産を縮小していたが、「マザトロール M-1」を装着した「VQC」が好評を博し受注が急増したことから、10月から月産台数を過去最高の130台に拡大することを決めている。⁹⁶⁾

87) 大橋, 前掲。

88) 日刊工業新聞, 1981年5月27日。

89) 日刊工業新聞, 同上: 長江昭充・中山睦三「工作機械メーカーにおける生産ソフトウェアの展望」JPSE-52-01, 1986-01-54, p.55。

90) 大橋, 前掲。

91) 日刊工業新聞, 1981年5月27日。

92) 日刊工業新聞, 1982年6月29日。

93) 大橋, 前掲。

94) 日刊工業新聞, 1982年6月29日。

95) 日経産業新聞, 1982年11月12日。

96) 日経産業新聞, 1982年8月28日。

3) 「マザトロール」の影響

汎用タイプのNC工作機械市場で大きなシェアを占め、ファナックにとって最大級の顧客であった山崎鉄工所が三菱電機とタッグを組んで独自のNC装置を開発したこと、そして「マザトロール」の搭載によって製品差別化を実現した機種が停滞する市場で大好評を博したことは、業界に大きなインパクトを与えた。⁹⁷⁾

1981年12月21日の日経産業新聞では、従来個々の工作機械メーカーの注文に応じたNC装置は一切生産・販売しないとしてきたファナックが、翌82年初めからカスタムNC装置を扱う方針に転じたことが報じられている。⁹⁸⁾この記事によれば、ファナックがカスタムNC装置に応じるのは3年間に3,600台以上の納入契約を結ぶ工作機械メーカーが対象で、当該メーカーが独自開発したソフトウェアを盛り込んだNC装置の仕様書をファナックに渡せば、ファナックは機密保持をして指示どおりのNC装置を生産・納入するという。

またこの翌日の日刊工業新聞では、上記カスタム化をより具体的に伝える記事が掲載されている。⁹⁹⁾それによれば、ファナックは日立精機の要望を受けてマシニングセンター用の対話型NC装置の開発に乗り出しているが、これは標準型の装置をベースにカスタム化に応えるものであるという。すなわち、ファナックが開発する汎用のマシニングセンター用の対話型NC装置のメモリー部分には、工作機械メーカー独自のソフトウェアを盛り込むことのできる「ユーザーズマクロ」と名付けられた余裕部分があり、そこに組み込んだ各工作機械メーカー固有のソフトウェアはキーロック装置によって機密保持されると説明されている。

当時の新聞ではこのように大きく報じられたものの、このファナックの対応策にはなお問題点が残されていた。まず記事が報じている3年間に3,600台以上の納入契約という条件についてみると、これをクリアできるのは業界上位のごく少数のメーカーのみである。¹⁰⁰⁾また、NC装置には工作機械メーカー独自のソフトウェアを盛り込める余地が作られたものの、その製作については従前どおりファナックに依頼する必要があるようである。¹⁰¹⁾

一方、山崎鉄工所との共同開発を成功させた三菱電機は、以後工作機械メーカーの要望に応じたカスタムNC装置の製造を強化する方針を固めた。¹⁰²⁾安川電機や日本電気などの下位NC装置メーカーも、シェア拡大を目指して工作機械メーカーへのアプローチを積極化させた。¹⁰³⁾当時の新聞報道からは、ファナックの有力顧客をめぐってNC装置メーカー各社がアプローチを積極化さ

97) 山崎鉄工所社長を務めた山崎照幸氏はインタビューの中で当時を振り返り、「以前はずっとファナックを使っていて、一時期はおそらく一番の購入者だったと思います」と語っている。SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々 山崎照幸氏」SME LIBRARY 23, p.7.

98) 日経産業新聞, 1981年12月21日。

99) 日刊工業新聞, 1981年12月22日。

100) 1980年の生産実績をみると、生産台数が最多のNC旋盤で合計12,007台、2位のマシニングセンターで5,231台である。日本工作機械工業会『“母なる機械” 30年の歩み』(前掲), 資料・45。

101) シリーズ0以前のNCソフトウェアの搭載方法については以下に示されている。柴田『モジュール・ダイナミクス』(前掲), pp.148-149。

102) 日経産業新聞, 1982年7月13日; 1982年12月20日。

103) 日経産業新聞, 1982年12月11日。

せる一方で、ファナックがそれを阻むべく営業攻勢をかけている様子、ファナックが工作機械メーカーの注文に応じるためにソフトウェアの開発体制の強化に乗り出している様子、また工作機械メーカー側もソフトウェアの自社開発を急いでいる様子などをうかがい知ることができる。¹⁰⁴⁾

4) シリーズ0の完成

第2節で紹介した Sciberras & Payne による調査は1982年から83年にかけて行われていることから、彼らの記述は日本の工作機械業界が「マザトロール」の登場でこのように大きく揺れ動いている様子を反映したものとみてよいだろう。本文の中で紹介した、かつてファナックから購入していた NC 装置を自社開発品に切り替えて製品差別化に成功した工作機械メーカーに関する記述は、山崎鉄工所からのヒアリングにもとづくものと推定できる。¹⁰⁵⁾ また、一部の工作機械メーカーが NC 装置の内製化を目指す意欲を語っていたのは、山崎鉄工所の行動によって業界の構図が大きく変わったためであろう。

第2節の末尾で言及したファナック・シリーズ0は、このような背景の中で開発された NC 装置として位置付けられる。ファナックが1985年9月に発表したシリーズ0のハードウェアには、これまでの機種同様に極力部品点数を減らす工夫が凝らされただけでなく、プログラムの作成方法を絵で示す「絵付き対話入力機能」など操作性の向上も図られていた。¹⁰⁶⁾ しかし、シリーズ0の最大の特徴は、「オーダーメイドマクロ」という新たなカスタム化機能が導入されたことにあった。柴田氏の説明によればファナックは、ハードウェアに密着した制御を担う基本ソフトウェアとユーザーに密着した制御を行うアプリケーションソフトウェアとが渾然一体となっていた従来までの NC ソフトウェアのアーキテクチャーを一新し、ベンダー管理部分とユーザー管理部分とをモジュールに切り分けた。そして、工作機械メーカーがこのユーザー管理部分を用いて独自の機能を追加できるようにしたのである。¹⁰⁷⁾

シリーズ0発表当時の新聞報道では、ファナックは同シリーズの月産台数を1,000台でスタートし、最終的に2,000台にまで引き上げるとの計画を示している。¹⁰⁸⁾ 先に示したようにこの計画は決して過大ではなく、シリーズ0は現実に未曾有の売上を達成していく。シリーズ0が世界のベストセラーとなりえた一因は、ファナックがソフトウェアのアーキテクチャーを見直し、工作機械メーカーが独自に固有のソフトウェアを盛り込むことができるプラットフォーム型の NC 装置へとシフトさせたことにあると考えるとよいだろう。¹⁰⁹⁾

104) 日経産業新聞, 1982年3月13日; 1982年7月13日; 1982年12月11日。

105) また、統合型の工作機械メーカーが生み出した特徴ある技術として紹介されているのは、大隈鉄工所の「絶対位置検出方式」であろう。

106) 日刊工業新聞, 1985年9月2日。

107) 柴田『モジュール・ダイナミクス』(前掲), pp.148-150; 柴田・児玉, 前掲, pp.30-31。

108) 日刊工業新聞, 1985年9月2日。

109) 柴田氏は以下の文献でファナックが選択した NC 装置のプラットフォーム化とその意義について論じている。柴田友厚『日本企業のすり合わせ能力 モジュール化を超えて』NTT 出版, 2012年, pp.131-134。

5. 結びにかえて

本稿では、標準型 NC 装置を開発し量産するというファナックのビジネスモデルと同社の NC 装置を用いる工作機械メーカーとの関係について考察してきた。先行研究が指摘するように、ファナックがマイクロプロセッサを用いたシンプルでコンパクトな NC 装置をいち早く開発・量産したことは、NC 工作機械の底辺市場の拡大に大きく寄与した。1960年代にそうであったように70年代においてもまた、ファナックの標準型 NC 装置の存在によって、日本の工作機械メーカーは潜在市場の開拓を進めることができたのである。その意味で、日本の工作機械産業の発展に果たしたファナックの役割はきわめて大きい。

しかしまた一方で、標準型 NC 装置を用いた工作機械メーカー間の競争は熾烈なものとなった。厳しい競争の中で磨かれたコスト削減やユーザーサービスに関する高い能力は、日本の工作機械メーカーが米国市場で現地メーカーと戦う際の大きな武器となったことも事実である。とはいえやはり工作機械メーカーにとっては、自らの製品に独自性を付加し、製品そのもので稼ぐ力をもつことが必要であった。標準型 NC 装置に依存している限り付加価値の源泉となる独自性を打ち出し難いと判断した山崎鉄工所は、1980年代を迎える頃、それまで蓄積してきた様々な能力をもとに独自の NC 装置の開発へと舵を切った。同社は、従来前提としてきたファナックの存在をいわば相対化しようと試みたのである。同社の決断と「マザトロール」の成功は、業界を構成する多くのプレイヤーに刺激を与え、その刺激はファナックにも及んだ。

1985年に完成したファナックのシリーズ0は、同社が一貫して追求してきた標準化をベースにしながら、工作機械メーカーの求める製品差別化にも配慮した NC 装置となった。ファナックの NC 装置の発展軌道は、ここで大きく変化したと言えるだろう。無論この軌道の変化には、ソフトウェアのアーキテクチャーに対するファナックの学習の深化という技術的要因が重要な役割を果たしているが、独自の付加価値を創出するために標準型 NC 装置への依存を断ち切るという大きな決断をした有力工作機械メーカーの存在も看過すべきではあるまい。そしてファナックの NC 装置の軌道が変わるとともに、工作機械業界の発展の軌道もまた変化した。これ以降の工作機械メーカーには、独自のソフトウェアを開発する能力や NC 装置メーカーに対する交渉力の向上が求められることになったのである。

2007年の日経産業新聞紙上で、オークマ取締役の領木正人氏は NC 化以降の日本の工作機械業界を振り返り、「NC の搭載戦略がうまくいったメーカーが生き残った」と語っている¹¹⁰⁾。既に述べたように同社は1960年代から NC 装置の内製化という道を選んでしたが、NC の搭載戦略をめぐる工作機械メーカーの動きは、本稿でみた1980年代初頭以降本格化していくことになる。

110) 日経産業新聞、2007年8月23日。役職は当時のもの。

参 考 文 献

- Ashburn, Anderson, "The Machine Tool Industry: The Crumbling Foundation," in Hicks, Donald A. (ed.), *Is New Technology Enough? – Making and Remarking U.S. Basic Industries*, American Enterprise Institute, 1988.
- Carlsson, Bo, "Small-Scale Industry at a Crossroads: U.S. Machine Tools in Global Perspective," *Small Business Economics*, 1, 1989.
- Ehrnberg, Ellinor and Staffan Jacobsson, "Indicators of discontinuous technological change: an exploratory study of two discontinuities in the machine tool industry," *R&D Management*, 27, 2, 1997.
- Jacobsson, Staffan, *Electronics and Industrial Policy: The case of computer controlled lathes*, Allen & Unwin Ltd., 1986.
- Mazzoleni, Roberto, "Learning and path-dependence in the diffusion of innovations: comparative evidence on numerically controlled machine tools," *Research Policy*, 26, 1997.
- Mazzoleni, Roberto, "Innovation in the Machine Tool Industry: A Historical Perspective on the Dynamics of Comparative Advantage", in Mowery David C. and Richard R. Nelson (eds.), *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*, Cambridge U.P., 1999.
- MIT Commission on Industrial Productivity, *The US Machine Tool Industry and its Foreign Competitors*, The MIT Press, 1989.
- Real, Bernard, *Technical Change and Economic Policy: Sector Report, The Machine-Tool Industry*, Organization for Economic Co-operation and Development, 1980.
- Sciberras E. and B. D. Payne, *Technical Change and International Competitiveness-1: Machine Tool Industry*, Longman Group Limited, 1985.
- 足立光明「NC 装置『OSP』開発50周年を迎えて」(オークマ株式会社 HP)。
- 富士通ファナック株式会社「有価証券報告書」1979年3月。
- 花木義磨「FA ソフトウェア開発競争の問題点」ニュースダイジェスト社編『FA 技術年鑑 86年版』(月刊・生産財マーケティング別冊), 1986年。
- 花木義磨・早川幸夫・領木正人「メカトロシステム」の新展開」ニュースダイジェスト社編『Quarter・FA 産業25年の歩み』1989年5月。
- 日高千景「NC 工作機械に関する考察(1)——1950年代・1960年代の米国——」『三田商学研究』第62巻第2号, 2019年6月。
- 日高千景「NC 工作機械に関する考察(2)——1950年代・1960年代の日本——」『三田商学研究』第62巻第6号, 2020年2月。
- 日高千景・金谷度「工作機械に関する日米貿易摩擦」平成16年度経済産業政策研究報告書, 経済産業省, 2005年3月。
- 稲葉清右衛門編著『やさしいNC 読本』(4訂版)日本能率協会, 1980年。
- 稲葉清右衛門「最近のNC システムの進歩」『精密機械』47巻10号, 1981年10月。
- 稲葉清右衛門『ロボット時代を拓く——「黄色い城」からの挑戦』PHP 研究所, 1982年。
- 稲葉清右衛門「技術と経営」第5回精密工学会国際賞記念講演, 2005年。
- 稲葉善治「私の履歴書(11) NC 装置揺籃期」日本経済新聞, 2022年1月12日。
- 久芳靖典『匠育ちのハイテク集団——古希を迎えたマザックのきのうとあす』ヤマザキマザック株式会社, 1989年。
- 長江昭充・中山陸三「工作機械メーカーにおける生産ソフトウェアの展望」JPSE-52-01, 1986-01-54。
- 長岡振吉「これからの数値制御工作機械」『機械の研究』第27巻第10号, 1975年。
- 日本金型工業会「座談会 NC マシンの金型工業への導入について」(第1回)『会報』1971年, No.1。
- 日本金型工業会「座談会 NC マシンの金型工業への導入について」(第2回)『会報』1971年, No.2。
- 日本工作機械工業会『“母なる機械” 30年の歩み』1982年。
- 日本工作機械工業会『成長, 変革——10年の記録』1992年。
- ニュースダイジェスト社編『工作機械工業10年の軌跡』1974年。
- ニュースダイジェスト社編『月刊・生産財マーケティング』1976年11月号。
- 奥田耕士『傳田信行 インテルがまだ小さかった頃』日刊工業新聞社, 2000年。
- 大橋肇「対話型 CNC 装置『MAZATROL』の開発史」日本機械学会東海支部第60期総会記念講演会講演論文集(11.3.14-15) No.113-1。

オークマ株式会社『オークマ創業100年史』1998年。

柴田友厚『モジュール・ダイナミクス』白桃書房, 2008年。

柴田友厚『日本企業のすり合わせ能力 モジュール化を超えて』NTT出版, 2012年。

柴田友厚『日本のものづくりを支えたファナックとインテルの戦略』光文社新書, 2019年。

柴田友厚・玄場公規・児玉文雄『製品アーキテクチャの進化論』白桃書房, 2002年。

柴田友厚・児玉充『マネジメントアーキテクチャ戦略』オーム社, 2009年。

SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々 山崎照幸氏」SME LIBRARY 23。

テドロウ, S・リチャード, 有賀裕子訳『アンディ・グローブ(上)』ダイヤモンド社, 2008年。

日刊工業新聞 1965年3月29日, 1965年6月28日, 1966年10月14日, 1968年1月30日, 1968年5月6日, 1968年10月11日, 1968年10月12日, 1969年12月27日, 1971年10月10日, 1972年3月15日, 1972年7月22日, 1973年5月1日, 1973年11月8日, 1974年7月18日, 1974年12月2日, 1975年4月19日, 1975年10月3日, 1975年10月24日, 1976年3月2日, 1976年3月3日, 1976年8月19日, 1976年11月17日, 1977年4月21日, 1977年8月29日, 1978年2月8日, 1979年8月8日, 1981年5月27日, 1981年12月22日, 1982年6月29日, 1985年9月2日。

日経産業新聞 1981年12月21日, 1982年3月13日, 1982年7月13日, 1982年8月28日, 1982年11月12日, 1982年12月11日, 1982年12月13日, 1982年12月20日, 2007年8月23日, 2022年1月13日, 2022年1月14日, 2022年1月17日。