慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	NC工作機械に関する考察 (2) : 1950年代・1960年代の日本
Sub Title	A study on numerically controlled machine tools (2) : Japan in the 1950s and 1960s
Author	日髙, 千景(Hidaka, Chikage)
Publisher	慶應義塾大学出版会
Publication year	2020
Jtitle	三田商学研究 (Mita business review). Vol.62, No.6 (2020. 2) ,p.73- 94
JaLC DOI	10.14991/007.20200200-0073
Abstract	日本の工作機械産業の国際競争力を論じる多くの研究が注目してきたのは，1970年代，特にCNC 化以降のNC 装置メーカーや工作機械メーカーの経営行動であるが，本稿では，これに先立つ1960年代までの日本企業の歩みの中に，のちの競争力に関わる経営資源の蓄積を見出せることを明らかにする。戦後の工作機械メーカーは長らく低迷を続けたが，1950年代後半以降質・量ともに大きく変化しはじめる。とりわけ旋盤分野では，大隈鉄工所の実用高速旋盤LSの開発と生産に象徴される，新たな市場の開拓に照準を合わせた戦略的な展開が生まれた。一方，リードユーザー不在の中で発足以来赤字を続けてきた富士通のNC 部門は，1960年代初頭にNC装置事業でいかにして利益を出すかという問題に向き合ったのち，普及型の製品で量産を追求するというビジネスモデルを定める。これを最初に具現化したFANUC260の登場に呼応して，既に普通旋盤分野でユーザー・ニーズに即した製品を開発・量産する能力を蓄えてきた工作機械メーカーはNC旋盤の量産へと進むことになった。
Notes	論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-20200200-0073

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.

三田商学研究
第62巻第６号
2020 年 ２ 月

2019年12月９日掲載承認

NC 工作機械に関する考察（２）

―― 1950年代・1960年代の日本 ――

日　髙　千　景

＜要　　約＞

日本の工作機械産業の国際競争力を論じる多くの研究が注目してきたのは，1970年代，特にCNC 化以降の NC 装置メーカーや工作機械メーカーの経営行動であるが，本稿では，これに先立つ1960年代までの日本企業の歩みの中に，のちの競争力に関わる経営資源の蓄積を見出せることを明らかにする。

戦後の工作機械メーカーは長らく低迷を続けたが，1950年代後半以降質・量ともに大きく変化しはじめる。とりわけ旋盤分野では，大隈鉄工所の実用高速旋盤 LS の開発と生産に象徴される，新たな市場の開拓に照準を合わせた戦略的な展開が生まれた。一方，リードユーザー不在の中で発足以来赤字を続けてきた富士通の NC 部門は，1960年代初頭に NC 装置事業でいかにして利益を出すかという問題に向き合ったのち，普及型の製品で量産を追求するというビジネスモデルを定める。これを最初に具現化した FANUC260の登場に呼応して，既に普通旋盤分野でユーザー・ニーズに即した製品を開発・量産する能力を蓄えてきた工作機械メーカーは NC 旋盤の量産へと進むことになった。

＜キーワード＞

稲葉清右衛門，NC 装置，NC 旋盤，大隈鉄工所，実用高速旋盤 LS，FANUC260，富士通，牧野常造，牧野フライス，山崎鉄工所

１．はじめに

機械工業振興臨時措置法（以下機振法と略記）を通じて工作機械産業と深く関わることになった日本開発銀行（以下開銀と略記）は，この産業に関していくつもの調査レポートを残している。その１つである「戦後工作機械工業の到達点と課題」（1962年３月）ではこの産業の過去を振り返り，「わが国の工作機械工業は技術水準が低く，工作機の切削能力・精度・耐久力がいちじるしく劣り，その上模倣性が強いことは伝統的ですらあった[1)]」と述べている。戦後少なくとも10年の間は，工作機械産業に対して国内外からこの記述と同様な厳しい評価が下されていた。

その日本の工作機械産業が，米国で誕生したNC工作機械を通じてなぜ競争優位を築くことができたのか。前稿では1950年代・1960年代の米国に焦点を当て，NC工作機械の初期の開発プロセスおよびその後の生産の動向を確認した[2)]。本稿では同じ時期の日本の工作機械産業に目を転じ，NC開発に関わる事象を辿る。米国の場合と同様，日本についても1950年代の工作機械産業の状況やNCの開発の経緯に関しては比較的多くのことが書き残されているが，60年代については情報が乏しい。そこで本稿では，可能な限り同時代の資料をもとに，NC工作機械に関わる1960年代の動向についても接近を試みたい。

本稿で1960年代までの日本に注目するのには，以下に示す理由がある。前稿でみたように，米国のNC工作機械の開発は軍需や宇宙開発などハイエンドな市場向けに傾斜し，ごく一般的な中小の製造現場のニーズの充足には向かわなかった。その間隙を埋めることになったのが日本のNC工作機械で，1970年代後半以降，汎用性の高いNC旋盤やマシニングセンターが米国をはじめとする海外市場におけるシェアを高めはじめる。このような趨勢を受けて，1980年代以降の工作機械産業関連の研究では日本の競争力に関する言及も目立つようになった。それでは，かかる研究の中で，当時の日本の工作機械産業はどのように描かれているのだろうか。多くに共通する指摘は，「日本の工作機械産業は1960年代までは米国に後れをとってきた。しかし，1970年代半ばにNC装置専業メーカーである富士通ファナック[3)]が他に先駆けてマイクロプロセッサーを採用してNC装置のCNC化を推進した。日本の工作機械メーカーは，このCNC化によって利便性が増しかつ廉価になったNC装置を中・小型のNC旋盤やマシニングセンターに適用し，さらにそれら製品の標準化を図り量産を追求することで低価格を実現し，それまで看過されてきた市場の開拓に成功した」というものである[4)]。

上記のCNC化について説明を補足すると，NC工作機械は機・電を一体化させた製品であることから，エレクトロニクス産業の急速な発展と不可分な関係にある。1952年にMITが完成さ

1）日本開発銀行「戦後工作機械工業の到達点と課題」『調査月報』1962年3月，p.29。

2）拙稿「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。

3）今日のファナック。1972年に富士通のNC部門が独立して富士通ファナック株式会社となり，82年にファナック株式会社に社名変更した。

4）このような説明は，例えば以下の研究に見出せる。Organization for Economic Co-operation and Development, *Technical Change and Economic Policy-Sector Report: The Machine-Tool Industry*, 1980; Sciberras, E. and B. D. Payne, *Technical Change and International Competitiveness-1 Machine Tool Industry*, Longman Group Limited, 1985; Jacobsson, Staffan, *Electronics and Industrial Policy: The case of computer controlled lathes*, Allen & Unwin Ltd., 1986; Fransman, Martin, "International Competitiveness, Technical Change and the State: The Machine Tool Industry in Taiwan and Japan," *World Development*, Vol.14, No.12, 1986; Ashburn, Anderson, "The Machine Tool Industry: The Crumbling Foundation," in Hicks, Donald A.（ed.）, *Is New Technology Enough?: Making and Rethinking U.S. Basic Industries*, American Enterprise Institute, 1988; Carlsson, Bo, "Smale-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*, Vol.27, Issue 2, 1997; Mazzoleni, Roberto, "Innovation in the Machine Tool Industry: A Historical Perspective on the Dynamics of Competitive Advantage," in Mowery, David C. and Richard R. Nelson（eds.）, *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*, Cambridge U.P., 1999.

せた NC 試作 1 号機の回路素子には膨大な数の真空管が使われていたが，まもなくトランジスタや IC が登場する。これら半導体や電子部品を用いた論理回路をプリント板に実装し，それらを夥しい数の配線でつなぎ合わせて，特定の機能を発揮させるのが NC 装置の基本形であった[5]。しかし，1970年代に入ると，ミニコンさらにはマイクロプロセッサーとコンピュータ機能を小型化する技術が進化し，小型コンピュータを内蔵した NC 装置，すなわち CNC（computerized numerical control）が開発されるに至る[6]。従来 NC 工作機械に新たな機能を加えるにはハードウェアに変更が必要であったが，CNC 化によってソフトウェアの変更だけで済むようになり，利便性は飛躍的に高まった[7]。つまり CNC 化は，NC 工作機械の普及を大きく加速する要因となったのである。

さて，既存研究が指摘する上述のような1970年代の動向はいずれも事実である。しかし，これらの研究においては，1970年代の CNC 化以降の日本企業が築いた競争優位とそれまでの時代の彼らの経営行動との関わりには目が向けられていない。CNC 化に先立つ1960年代までの日本の工作機械メーカーあるいは NC 装置メーカーの歩みの中に，のちの時代の競争力の基盤をなすような経営資源の蓄積を見出しうるかを考察することが，本稿の課題である。

以下，本稿の構成を示す。まず第 2 節では，先行研究に依拠しながら1950年代に始まった NC 開発の経緯を概観する。ここでは，初期の NC 開発が米国とは全く異なる条件下で行われたことを確認する。第 3 節 1 ・ 2 項では，1950年代前半までの工作機械産業の状況と同産業に対して展開された産業政策について，先行研究に依拠しつつ概説する。続く 3 項では，1950年代後半以降の工作機械産業に現れはじめた重要な変化についてとりあげる。第 4 節では，NC 工作機械をめぐる1960年代の動向に注目しながら先に述べた課題を検討する。第 5 節では考察をまとめた上で，今後の課題を示す。

2．NC 装置開発の端緒

前稿でみたとおり米国において NC 工作機械の開発が始まったのは，パーソンズが空軍との間

5）当時の NC 装置の構造については，例えば以下を参照のこと。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，pp.5–6；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.18, 75–76。大隈鉄工所で NC 工作機械の開発にあたった長岡振吉氏の上記論文（p.6）および同氏の別の論文には，当時の NC 装置の「夥しい数の配線」の写真がある。（「設計と加工のかねあい」『日本機械学会誌』第80巻第698号，1977年 1 月，p.66。）この当時は，コネクタの接触不良や配線不良のチェックが欠かせず，同社ではこれらの配線を手で叩いて調べることを「バサバサテスト」と呼んでいたという。（オークマ株式会社『オークマ創業100年史』1998年，p.143。）

6）多くの研究の中で日本の工作機械産業の発展を牽引したと評価されている富士通ファナックは，1975年にマイクロプロセッサーを用いた FANUC2000C シリーズ（旋盤用）および同3000C シリーズ（マシニングセンター用）の開発に成功（日刊工業新聞，1975年 4 月19日）し，さらに1979年にはインテルの高速マイクロプロセッサーを用いたシステム 6 を開発（日刊工業新聞，1979年 8 月 8 日）するなど，マイクロプロセッサーの活用で世界に先行した。

7）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.65–66, 76–77。CNC 化には，この他にも信頼性の向上，小型化，保守負担の軽減，コストの低下など多くのメリットがあった。なお1973年の *American Machinist* には，ミニコン時代の CNC のメリットと将来性を論じた記事が掲載されている。（“Hard facts about ‘soft-wired’ NC,” *American Machinist*, Vol.117, July 23, 1973, pp.53–55.）

に契約を結んだ1949年６月のことである。その後，開発プロジェクトの主導権がパーソンズからMITサーボ機構研究所に移るなどの曲折を経て，1952年９月にNC工作機械試作第１号機が完成する。

日本に米国のNC工作機械の情報が伝えられたのは，この１号機完成から１年を経た1953年９月のことであった。この時は技術の詳細はわかっていなかったようだが，東京大学および東京工業大学の研究室でNCの基礎理論の究明がスタートした。翌年に東京工業大学は，老舗工作機械メーカーである池貝鉄工と協力してNC旋盤の試作品を製作するが，これは実用に耐えるものではなかったという。55年には工業技術院機械試験所で「工作機械のオートメーション化」について，実用化を目指した３年間の研究を実施することが決まり，日立精機，日立製作所などの協力の下，翌56年初めから研究がスタートした。[8)]

工業技術院機械試験所での共同研究が始まったのと同じ頃，のちにファナックを率いる稲葉清右衛門氏は，米国で開発されたNC工作機械に関する情報に接する。1956年に同氏が所属していた「自動制御研究会」（のちの計測自動制御学会）の講演会で，カリフォルニア大学の高橋安人教授がMITのNCフライス盤を紹介したのである。[9)]当時の稲葉氏は，勤務する富士通信機製造（1967年に富士通に社名変更，以下では富士通と略記）の尾見技術担当常務から，来たるべき「３C（Communication, Computer, Control）」の時代に向けて「コントロール」の開発を担当するよう命じられ，[10)]その方向性を模索していた。講演会で紹介されたMITのサーボ機構に強い関心を抱いた稲葉氏は，研究開発テーマをNCに定める。[11)]その後，富士通川崎工場の一角に小さな実験室が設けられ，電気および機械の技術者４～５名からなるコントロールチームが発足する。[12)]稲葉氏の回顧によれば，彼らは「まず，MITレポートを全員で精読し，その中から最も実用の可能性がある方針を決定」し，制御機構は「なるべく簡単にして，信頼性のあるもの」を目指した。[13)]

その後の研究を経て試作されたNC装置が富士通下館工場で使われていたタレットパンチプレスに搭載され，川崎工場に場所を移して1956年12月に公開された。[14)]このデモには，東大や東工大の研究者や機械試験所の関係者と工作機械メーカー３社（牧野堅フライス製作所，日立精機，池貝鉄工）が招かれたが，稲葉氏は回想の中で「当時私どもは，３社しか工作機械メーカーさんを存じ上げていなかった」と語っている。[15)]米国とは対照的に，日本のNC開発が明確なユーザー・ニーズのない状況から始まったことを物語る言葉である。

8）日本開発銀行「数値制御工作機械――その開発および普及における諸問題――」『調査月報』1968年２月，pp.72–73；工業技術院機械試験所『機械試験所二十五年史』1963年，p.162；機械振興協会経済研究所『技術水準の格差』1968年６月，p.148。

9）SME東京支部「日本の工作機械を築いた人々　稲葉清右衛門氏」SME LIBRARY 25，p.3。

10）稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，p.14。この経緯は，稲葉清右衛門『黄色いロボット』日本工業新聞社，1991年にも記載されている。以下では重複する記述については『ロボット時代を拓く』のページのみを記す。

11）同上，p.16。

12）SME東京支部，SME LIBRARY 25，前掲，p.3。

13）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12月２日。

14）稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，pp.21–22。

15）日本工作機械工業会『“母なる機械”30年の歩み』1982年，p.169。

この試作機のデモからまもなく，稲葉氏らのチームは牧野竪フライス製作所[16]（以下では牧野フライスと略記）から NC 装置開発の依頼を受ける。その背景には，工作機械業界ではよく知られる以下のようなエピソードがあった。1956年 9 月，経団連と日機連共催で「訪印機械工業使節団」が組織され，これに当時日本工作機械工業会（以下日工会と略記）会長であった牧野常造氏も加わった。牧野氏らは連日インドの政府関係者らと協議を重ねたが，その中の一人に商工省企画局長カレルカ氏がいた[17]。彼は MIT で工作機械を学んだ人物で，席上 MIT が NC 工作機械を開発したことを話題にし，日本はまだその水準にないだろうと評した。牧野氏はこれに対し，「日本では賠償機械というのが山ほどあって，新しい機械は全然いらないし，今はそれをつくっているところもないが，NC をつくれとおっしゃるならつくりますよ[18]」と答え，2 年後の大阪国際見本市に NC 工作機械を出品することを約束した[19]。

牧野氏は稲葉氏に開発の協力を持ちかける前に通産省を訪れ，NC 工作機械開発のための資金援助を申し入れたが，日本の機械工業の研究開発は NC のような不確実性の高いものでなく，より実現可能性の高い目標に注力すべきだというのが当時の担当者の判断であったという[20]。この判断の妥当性については後に触れたい。他方，上記タレットパンチプレス用の位置決め制御と並行して連続切削制御の研究を進めていながら，具体的な開発計画を欠いていた富士通の制御チームにとって，牧野氏からの申し出は貴重だった[21]。

かくして牧野の代表機種であった一番立フライス盤に富士通の NC 装置を組み合わせた試作機の開発が始まり，完成した NC フライス盤は1958年 4 月の大阪国際見本市に出品された[22]。これが国産 NC 工作機械の 1 号機である。国際見本市の後，富士通社内ではこの NC 装置の商品化を推進すべしとの声が上がるが，一方の牧野フライス側は技術的にもまた自社の体力的にも商品化は尚早と考え，踏みとどまった。その後牧野フライスはこの試作 1 号機を社内設備として研究を続けるとともに，現実の商品としては，相対的に安価なプログラム・コントロール方式による自動化フライス盤に注力した[23]。同社が NC 高速立フライス盤を商品化するのは，これから 6 年を経た1964年のことである[24]。

以上の記述からわかるように NC 開発が始まった当時の日本の工作機械産業は，最先端のイノ

16）同社は1937年に牧野常造氏が創業した牧野商店製作部を前身とし，1942年に牧野竪フライス製作所と改称。さらに1961年の改称を経て今日の株式会社牧野フライス製作所となった。

17）同使節団は，インドの経済建設第 2 次 5 カ年計画策定にあたって日本がどの程度の経済・技術支援を行えるかを提言するためのものであった。日本工作機械工業会，前掲，p.15。

18）SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々　牧野常造氏」SME LIBRARY 1，p.6。牧野氏は当時を回顧し，「これはもう，技術や商売を離れた心情の問題でした」と語っている。

19）日本工作機械工業会，前掲，p.15。

20）Holland, Max, *When the Machine Stopped: A Cautionary Tale from Industrial America*, Harvard Business School Press, 1989, p.117.

21）日本工作機械工業会，前掲，p.169。当時のエピソードは以下にも描かれている。稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，pp.23–25。

22）同上。

23）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，p.599。

24）同上；日刊工業新聞，1964年 4 月30日。

ベーションとは大きく距離を隔てたところに位置していた。節を改めて，1950年代までの工作機械産業を概観する。

3．工作機械産業の低迷

1）戦後の10年間の概況

戦時には大量の工作機械が必要となる。わが国の工作機械生産は，戦時体制下で増産に努めた1943年に14万t の水準に達した。しかし，終戦の年の45年には１万2,985t へと急減，その後は46年に4,289t，47年に3,228t，48年に4,690t，49年に4,473t と低迷を続け，50年には2,948t にまで落ち込んだ[25]。主要産業の合理化が始まった1950年代前半には工作機械に対する国内需要は急拡大していくが，それを主に満たしたのは外国製品（1955年の輸入依存度57.7％）であり，55年時点での工作機械生産はなお6,591t という低い水準にとどまった[26]。

工作機械産業がこのように長らく低迷を続けた背景にはいくつもの要因があった。第１に，終戦とともに最大の需要先である軍需市場を失ったことである。戦時下で工作機械製造を手掛けていた企業の中には繊維機械等他分野を本業とするものもあったが，工作機械専業の場合は，残った資材で生活必需品や農機具などを作って窮状をしのぐことを余儀なくされたという[27]。終戦直後の国内産業には設備投資を行う余力は到底なく，唯一鉄道幹線の復旧と輸送力強化を急ぐ国鉄のみが工作機械の需要先となっていた[28]。しかし，その国鉄でさえ，1949年にはドッジ・ラインの影響下で工作機械購入を大幅に削減するに至る[29]。

第２の要因は，戦後賠償にまつわる問題である。GHQ は，日本の非軍事化の一環として工作機械の大幅な削減を目論むとともに，軍需工場内の工作機械を撤去し，戦争の賠償として日本の侵略国に移設する計画を立てた。1946年11月，連合国賠償委員会使節団（1945年11月来日，調査）は，日本から60万台の工作機械を撤去し，国内には15万5,000台のみを残すことを勧告する内容の最終報告（ポーレー最終報告）を発表した[30]。この残置機械台数は，1935年当時の年間生産１万台を基準としたものであった。これに先立つ46年８月には，90の工作機械工場が賠償工場として管理保全指令下に入ることになり，これら工場の大部分では工作機械の製造を中止するかあるいは工場そのものを閉鎖することになった[31]。

25）機械振興協会経済研究所『工作機械工業戦後発展史（Ⅰ）』1984年５月，p.20。
26）同上，p.35。
27）同上，pp.21-23；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，p.62。
28）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.23。
29）同上，p.24；海老原敬吉「最近の工作機械工業」『日本機械学会誌』第55巻第405号，1952年10月，p.3。
30）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.19；長尾克子『日本工作機械史論』日刊工業新聞社，2004年，p.66。
31）同上。工作機械の稼働工場数の推移は以下のとおりである。1944年３月＝446（最大），45年８月＝328，46年12月＝186，47年６月＝173（賠償工場90を含む），48年８月＝80，49年３月＝47，50年５月＝18，51年６月＝22。（海老原，前掲，p.3。）

しかし，米国の対日方針の転換にともない，この賠償計画も変容していく。1947年 8 月に米国陸軍省から委嘱されて現状調査に訪れたストライク調査団は，翌年 2 月，ポーレー最終報告の撤去案を否定し，全工作機械の残置を勧告する内容の報告書を提出した[32]。この勧告内容は1949年 5 月の極東委員会における「マッコイ声明」によって正式な決定となり[33]，日本政府は同年11月，賠償対象品目に指定されていた工作機械の転活用促進措置を発表し，大量の機械の貸与・払い下げが行われることになった[34]。

工作機械メーカーのおかれた状況は，この一連の展開によって好転したわけではなかった。すなわち，工作機械の撤去は中止されたものの，賠償工場指定は未だ解除されなかった[35]上，大量の工作機械が一挙に市場に出回ることになった。かくして終戦から深刻な需要の縮小に直面していた工作機械メーカーの苦境は一段と深刻化したが[36]，その一方でこの時期に中古機械の修理・販売を手がけて経営基盤を整えた企業もあった。のちに世界的な工作機械メーカーとなる山崎鉄工所[37]（現ヤマザキマザック）もその 1 社であり，同社は1948年頃から「工作機械のオーバーホール自体が商売になるのではないか[38]」との発想から，それをビジネスの主軸に据えた。同社は中古機械の中に含まれた世界の一流工作機械のオーバーホールを通じて，それらの機械の優れた性能やメカニズムを深く学習したという[39]。前述のように NC 工作機械の試作を先駆けた牧野フライスも，この当時は海外の一流機械のオーバーホールを通じて技術の蓄積に努めたという[40]。

工作機械産業の低迷をもたらした第 3 の要因は，欧米工作機械に対する大きな技術格差である。この技術格差の背景には 2 つの事情があり，その 1 つは日本の工作機械業界が長らく外国機械の模倣に依存し，機械設計に関わる基礎的な能力の十分な蓄積を欠いていた上に，戦時下で欧米からの技術流入が途絶したため，いっそうの遅れが生じていたというものである。いま 1 つは，工作機械メーカー自身の設備の劣悪さである。元々戦時下の工作機械メーカーの設備は，「少数の大工場を除いて，ほとんど例外なしにその設備工作機械は貧弱低級[41]」と評されるような状態であった上，極端な増産を求められる中で酷使され，疲弊と老朽化が著しく進んでいた。無論，工作機械メーカーには本格的な設備投資を行う余裕はなかった。

1952年 3 月には主要産業の設備更新を促す「企業合理化促進法」が制定され，新規取得設備機

32）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.19。
33）長尾，前掲，p.67。
34）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.21；沢井実『マザーマシンの夢――日本工作機械工業史』名古屋大学出版会，2013年，p.351。
35）賠償工場指定が解除されるのは，日米講和条約が発効となった1952年 4 月のことである。機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.20；長尾，前掲，pp.67-68。
36）1949年末，通産省は工業界各分野から 1 名ずつから成る工業視察団を米国に派遣することを企画したが，疲弊の著しい工作機械業界ではこれに応じうる企業がなかった。永瀬恒久「工作機械界の75年と今後」『日本機械学会誌』第75巻第646号，1972年，p.94。
37）山崎鉄工所は1919年に山崎定吉氏が製畳機械製造を目的に創設した企業で，その後社内設備用に旋盤やフライス盤の製造を自ら手がけるようになり，1928年には初めて旋盤を外販する。久芳，前掲，pp.48-54。
38）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.3。
39）同上；久芳，前掲，pp.65-66。
40）久芳，前掲，p.65。
41）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.16。

械に対して初年度50％の特別償却が認められることとなった[42]が，上記のような技術格差ゆえに，ユーザーの視線は外国製工作機械へと向けられた[43]。同年の工作機械輸入依存度は，前年の14.4％を大幅に上回る35.7％となった[44]。日工会の第３代会長を務めた牧野フライスの牧野常造氏（前出）は，この当時の技術格差について「20年とも，30年ともいわれた欧米先進諸国に対比する技術的立ち遅れは歴然とし，輸入される海外一流機にはとても歯の立たない悲哀をしみじみ味わうはめとなりました[45]」と回顧している。

同じ頃，このような大きな技術格差を早急に埋めるため，欧米企業との技術提携によって「時間を買[46]」うという動きも出はじめた。嚆矢となったのは，1952年７月の津上製作所（仏クリダン社，ねじ切り旋盤）や翌53年の昌運工作所（仏カズヌーブ社，倣い旋盤）である[47]。巨額のロイヤリティを支払って製造されたこれら製品の多くは日本市場で人気を博し，なかでも昌運工作所のカズヌーブ旋盤は商品として大成功を収めるとともに，技術面でも日本企業に大きな影響を与えた[48]。

２）産業政策の展開

1950年代に入り主要産業が設備近代化へと動き出すと，日本政府も工作機械産業の実態に目を向け，適切な政策を模索しはじめる[49]。1952年３月，通産省が第１回工作機械設備等実態調査を実施したところ，工作機械メーカーの保有する工作機械3,767台のうち経過年数が５年未満の機械はわずか２％であることが判明した[50]。この設備の老朽化ぶりを問題視した政府は，翌４月に「工作機械輸入補助金交付規定」を告示する。これは，工作機械メーカーの機械設備近代化，とりわけ高い精度・性能を達成するために不可欠なマザーマシンの近代化を促すために，工作機械輸入価格の２分の１を国が補助（輸入完了後３年据え置き５年償還）するという措置であった。

前述の牧野フライスは，この補助金を利用してグレイ社のプレーナを購入した。牧野常造氏が後年インタビューで語ったところによれば，本来はグレイ社のプレーナとデブリーグ社のジグミルの２機がほしかったものの，いずれも約2,000万円と高価であったためグレイ社の機械のみとしたのだが，それでもなお残りの1,000万円の工面さえ苦労したという[51]。この述懐からもうかが

42）通商産業省編『商工政策史　第19巻　機械工業（下）』1985年，pp.75-76。
43）沢井，前掲，pp.351-353。
44）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.35，表２。
45）日本工作機械工業会，前掲，p.14。岡本工作機械製作所の隅山良次氏も，当時の技術格差を回顧して「戦後輸入された欧米工作機械に対し，われわれは戦りつを覚えた状態であった」と表現している。（隅山良次「工作機械工業の展望」『日本機械学会誌』第63巻第492号，1960年１月，p.40。）
46）同上，p.32。
47）技術提携の一覧は以下を参照。同上，p.80，表２；日本開発銀行「戦後工作機械工業の到達点と課題」前掲，p.22，第４表。
48）大高義穂「この50年，産業の飛躍を支えてきた話題の工作機械と人物」『機械技術』第49巻第12号［2001年11月臨時増刊号］，pp.87-88；オークマ株式会社，前掲，pp.106-107；長尾克子『工作機械技術の変遷』日刊工業新聞社，2002年，pp.274-276。
49）1950年代初頭の政策当局内部には，「金のかかる工作機械工業は何ゆえに国内に興す必要があるか。欲しい機械は輸入した方がよい」等の意見もあったという。隅山，前掲，p.40。
50）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），pp.27-28；通商産業省編，前掲，p.201。
51）SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々　牧野常造氏」前掲，pp.5-6。ここで登場するプレーナす↗

えるように，当時の工作機械メーカーにとって外国製の優れたマザーマシンを工場に装備することは焦眉の急であったが，補助金でカバーされない半額分を捻出できないというのが実情であった。このため，輸入補助金として交付が予定されていた2億7,000万円のうち約1億7,000万円しか消化しきれず，残りは軸受け・工具などの関連業界に割愛する結果となった[52]。なお，このときに補助金交付を受けた工作機械メーカーは10社[53]で計26台の欧米の工作機械が輸入されたが，皮肉なことに，それら輸入機械のきわめて高い性能が一般ユーザーの目を引き，のちの輸入工作機械ブームの一因にもなったとも言われている[54]。

また，翌1953年度からは政府により「工作機械等試作補助金」の交付が行われた[55]。これは，2年前に設立された日工会からの要望に加え，国産工作機械の性能向上を求める自動車業界等ユーザー側からの要望を背景としていた[56]。補助金交付額は試作機械販売予定価格の2分の1以内とされ，試作完了後，3年据え置き後に5年で償還するという条件であった[57]。55年度までの3年間にわたった同制度の下で，主要工作機械メーカー28社，国産化未開発機械61機種の試作が補助対象となり[58]，日立精機（3年間で6件），池貝鉄工・大隈鉄工所・芝浦機械（同各5件）のように1年に複数機種の試作を手がけたメーカーもみられた[59]。なお，同補助金は3年間で計2億8,000万円とさほど大規模なものではなかったものの，試作機械の審査は工業技術院機械試験所が行い，その結果は一般に公開されるなど，試作の意義を高める仕組みが整えられていた。長らく外国製工作機械の模倣を基本としていた工作機械業界が，ようやくこの頃から基礎技術の研究を本格化させていくことになる[60]。

ここで，上記の自動車業界からの要望について若干付言しておきたい。1954年3月，自動車工業会は「自動車メーカーのみた日本の工作機械工業」と題する報告書を発表する。これは，53年下半期に自動車メーカー 7社が工作機械メーカー14社を調査した結果をまとめたもので，その内容は当時の国産工作機械の①設計の後れ，②耐久度，精度の根本的再検討の必要，③組付部品

↘ なわち平削り盤とは大型の工作物の平面切削を行う重要なマザーマシンの1つで，特に米国グレイ社のそれは当時の工作機械メーカーにとって憧れの逸品であった。1952年度の工作機械輸入補助金を利用して，牧野フライスの他に新潟鉄工所，日立精機，大阪工作所が同社のプレーナを購入している。（沢井，前掲，pp.353, 356–357。）

52）日本工作機械工業会，前掲，p.63；機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.28；通商産業省編，前掲，p.201；沢井，前掲，pp.356, 358。

53）補助金を交付された10社は，日立精機，三菱造船，津上製作所，大阪工作所，牧野竪フライス製作所，三井精機工業，日平産業，大隈鉄工所，池貝鉄工，新潟鉄工所（沢井，前掲，p.358）。各社の導入機械については，以下を参照のこと。機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.40。

54）日本工作機械工業会，前掲，p.160。

55）概要は以下を参照のこと。通商産業省編，前掲，pp.201–202。

56）長尾『日本工作機械史論』前掲，p.71。

57）機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），p.28；通商産業省編，前掲，pp.201–202。

58）日本工作機械工業会，前掲，p.63；通商産業省編，前掲，p.201；長尾『日本工作機械史論』前掲，p.71。

59）交付先一覧は以下を参照のこと。日本工作機械工業会，前掲，p.79。

60）日本工作機械工業会，前掲，pp.63, 160–161。なお，通産省は当時を振り返り，工作機械メーカーは元々企業規模が小さかったことに加え，戦後は長らく不振に苦しみ研究投資の余裕もなかったことなどから，この試作事業においても2，3の例外を除けば大半が模倣であったと厳しい評価をくだしている。（通商産業省「機械工業振興法指定予定業種概要 Ⅰ」1960年10月，p.13。）

（油圧装置・ベアリング・電装品・クラッチ等）の不良，④部品の折損・破壊による機構上の故障の多さなどを指摘したものであった[61]。特に設計に関しては，国産工作機械が戦前・戦中の設計から脱しておらず，戦後のユーザー・ニーズに合致していないことを厳しく指摘し，「設計を飛躍的に近代化する努力を要望」するとの見解が示されている[62]。当時の自動車業界は，1952年４月に政府が決定した「乗用車関係外資導入基本方針」の下で外国メーカーと技術援助契約を結び，国産乗用車の技術水準，特に遅れが著しい部品設計技術の向上に取り組んでいる最中であった[63]。外国メーカーとの技術援助契約には，５年以内に部品の90％以上を国産化するなどの条件付きで外資法上の認可が与えられていたこと[64]などから，部品の製造に不可欠であり，またその品質や製造効率に大きく影響する工作機械に対する要望は，きわめて切実なものであったことがうかがえる。

以上からも示されるとおり，自動車をはじめとする産業が発達していくためには工作機械のレベルアップが不可欠であり，そのためには工作機械メーカー自身のマザーマシンや工作機械に関わる要素技術のレベルアップも必要である。1956年６月に施行された機振法は，このような要請に応えようとするものであった。周知のように第１次機振法（1956～60年度）の対象となった21業種のうち，工作機械産業は開銀融資額において最大の支援を受けることになる。機振法が工作機械産業に及ぼした効果については，対象企業への融資を行った日本開発銀行による詳細な調査があり，またその他の研究でも明らかにされているため，ここでは説明を割愛する[65]。

第２節で示したとおり牧野常造氏がインドのカレルカ氏の言葉に触発されてNC工作機械の開発を企図し，その支援を求めて通産省を訪ねたのは，機振法が施行された1956年のことである。当時の工作機械産業の水準からすれば，通産省がNC開発の支援に応じなかったのも無理からぬことであったと言える。一方で，まだ工作機械産業がこのような状況にある時代に，富士通の稲葉氏はNC装置の開発に乗り出していたわけである。当然，それを「事業」として成り立たせることは容易ではなかったことが推し測れる。この点については第４節で詳しくみる。

３）新たな軌道の模索

1950年代後半の５年間で，工作機械産業は大きく変化した。最も端的な変化は生産量の急増である。1955年に約18,000台（36億8,000万円）であった工作機械生産は，1960年には80,000台超（451億円）にまで達している[66]。これは，神武景気および岩戸景気の中で展開された旺盛な設備投資の

61）日本開発銀行「戦後工作機械工業の到達点と課題」前掲，p.29；日本工作機械工業会，前掲，p.78。
62）日本工作機械工業会，前掲，pp.78-79；機械振興協会経済研究所，前掲（Ⅰ），pp.29-30。
63）通商産業省編，前掲，pp.238-239；山崎修嗣『日本の自動車サプライヤー・システム』法律文化社，2014年，pp.16-18。日産自動車が英国オースティン社と技術提携し，部品国産化に取り組んだ様子は同社社史に描かれている。（日産自動車株式会社調査部編纂『21世紀への道　日産自動車50年史』1983年，pp.97-99。）
64）通商産業省編，前掲，p.238；山崎，前掲，p.18。
65）日本開発銀行営業第三部編『特定機械融資とその合理化効果――第一次合理化基本計画達成状況――』1963年３月；日本工作機械工業会，前掲，pp.64-65；通商産業省編，前掲，pp.202-204；長尾『日本工作機械史論』前掲，pp.72-74；沢井，前掲，pp.370-374；日高千景「高度経済成長の進展と政策金融の展開」宇沢弘文・武田晴人編『日本の政策金融 Ⅰ 高成長経済と日本開発銀行』東京大学出版会，2009年，pp.228-233。
66）機械振興協会経済研究所『工作機械工業戦後発展史（Ⅱ）』1985年２月，p.38，表３。

影響であることは言うまでもない。また，1955年に57.7％にまで達していた工作機械の輸入依存度は，60年には31.1％と大幅に低下している[67]。これは，外貨不足と輸入制限によって輸入が抑えられたことに加え，前述した産業政策の支援等を背景に，国産工作機械の性能がユーザーの求める性能に近づいてきた結果でもあろう[68]。

一方，1950年代後半の工作機械業界においては，このような量的変化のみならず重要な質的変化をも見出すことができる。それは，新たな市場の開拓を目指した，工作機械メーカーの戦略的な行動が展開されはじめたということである。まず，その背景から確認しておこう。

1940年代末，対日占領方針の転換によって賠償工作機械が市場に放出されたことは既に述べた。これらの機械の中には，前述のように山崎鉄工所や牧野フライス等がオーバーホールを通じて機械の設計や機構を学んだ欧米の一流機械もあったが，台数としてはるかに多くを占めたのは戦時下で急造された国産工作機械であった。そして，それら中古の国産工作機械は，輸入品を購入する余裕のない中小企業に大量流入していった。開銀が作成したある調査レポートによれば，1950年代の中小電気機器メーカーに設置された工作機械は，大部分を国有機械の払い下げに依存し，次いで親企業からの払い下げまたは貸付が占め，新製品の購入はきわめて僅かで，新製品を購入するとしても価格が安く性能の劣る中小工作機械メーカーの製品が多かった[69]。このような記述から，中小下請け企業の使用していた工作機械は，概して質の劣るものであったことがわかる。しかし，1950年代半ば以降，家電製品の普及やモータリゼーションが急速に進みはじめるのにともなって，部品の標準化・規格化が進み，中小下請け企業にも高い精度での加工が求められるようになっていく[70]。

このような事情から，潜在的需要が急速に膨らみはじめていた機種の１つが旋盤であった。日本では戦前から旋盤が万能機として広く用いられていたが，戦時期の軍需生産でさらにその重要性が増し，大量に製造されるに至る。その大量の中古旋盤が戦後市場に放出され，量的には長らく需要を満たしてきた[71]。工作機械の国内生産を機種別にみた場合，旋盤は1933～37年の間の平均では6,050台（全体の49.1％）を占めていたが，1946～50年の平均で886台（15.2％），51～55年の平均でも1,041台（6.9％）と著しく後退している[72]。この大幅な後退の要因としては，大量の中古旋盤が存在したこと，および戦後の工作機械メーカーが技術的に比較的手がけやすいボール盤の生産に注力したことなどが挙げられよう[73]。しかし，1950年代後半に入ると旋盤をめぐる趨勢には変化が見えはじめ，1955年を100とした指数は56年に179，57年には445と急激に増大している[74]。その背景には，製造業における生産の急速な拡大に加え，上述のより精度の高い部品加工への要請

67）同上。
68）隅山，前掲，p.41。
69）日本開発銀行「戦後工作機械の到達点と課題」前掲，p.27。
70）同上，pp.27-28；オークマ株式会社，前掲，p.110。
71）日本開発銀行「戦後工作機械の到達点と課題」前掲，p.30。
72）同上，p.28，第15表。
73）日本工作機械工業会，前掲，p.102。
74）日本開発銀行「戦後工作機械の到達点と課題」前掲，p.28，第15表。

という事情があると考えてよいだろう。

こうした趨勢の中で潜在需要の高まりを的確に捉え，戦略的行動を展開した事例として，大隈鉄工所（現オークマ）による実用高速旋盤LS（以下LS旋盤と略記）の開発に注目したい[75]。大隈鉄工所は，日露戦争時に陸軍の命を受けて工作機械の製造を開始した老舗メーカーの１つで，第二次大戦下においても戦時型工作機械の責任工場として大きな役割を担っていた[76]。1950年代半ば頃の同社は，６～８フィート級の普及型旋盤としてLU・LG・LT形を市販していたが，それらはいずれも戦前・戦中の設計に改良を加えたモデルにすぎず，上述のような市場動向を反映したものではなかった。

1956年６月，大隈鉄工所は「市場ニーズを捉えた戦略的な実用小型旋盤」[77]の開発に乗り出す。同社の役員会は，①超硬工具を十分使いこなせる強度と剛性をもち，②高速で精密な強力切削が能率的に行え，③作業者が楽に操作でき，④加工・組立が容易な構造で経済的である，という高い目標を研究部に課し，さらに同年秋には，目標売価を既存機種よりも30～50万円安い100万円にするとの条件を追加した。つまり，時代の要請に応えうる高い切削能力を備えながら実用性に優れ，かつ価格を大幅に抑えた「大衆機」を開発せよという困難な課題である[78]。研究部はこれを受けて，自社の上記３モデルの性能・構造・部品点数・材料・製造コスト等の詳細分析，さらにはエリコンやカズヌーブをはじめとする海外機種の設計分析にも着手する。

開発の過程では上記①～③を満たすために様々な取組みが行われ，画期的な機構やのちに業界のスタンダードとなる構造が生み出されていった[79]。その１つが上記③の作業者の操作性の向上に資する「単一レバー切替機構」で，従来旋盤でネジを切る際に「インチ」と「ミリ」の切替えのために要していた手間を大幅に軽減する画期的技術であった[80]。しかし，強度・剛性・高速性・精密性・操作性等に関わるいくつもの新機軸が盛り込まれた結果，この新製品の売価見積もりは180～200万円と，「大衆機」として許容される価格をはるかに上回る額となる。求められる性能は落とさずにコストをいかに引き下げるかという課題に対して選ばれたのは，「部品の共通化」という手段であった[81]。すなわち，従来は６フィート，８フィートそれぞれ独立に設計していた部品を，ベッドなど長さに関わる部分以外すべて共通ユニット化することで量産し，コスト低減を

75）同社は，大隈栄一氏が1898年に創業した大隈麺機商会を前身とし，1916年に大隈鉄工所と改称された。LS旋盤開発の経緯は同社の社史に詳しく述べられており，ここでの記述はそれに依拠している。オークマ株式会社，前掲，pp.110–114。

76）沢井，前掲，pp.32, 249–253。

77）オークマ株式会社，前掲，p.111。

78）同社社史の実用高速旋盤LSに関する記述の中に「大衆機」という言葉が用いられている。同上，p.111。

79）当時の旋盤では直径70～75mmが主流だった主軸径をLS旋盤では100mmとし，主軸をころがり軸受にすることで高速に耐えうる構造とし，また，従来の２軸受方式を３軸受方式に変えることで剛性の向上が図られた。同上，pp.111–112。LS旋盤の開発担当者の回顧が以下に収録されている。佐藤文雄「開発者・キーマンの証言――中小企業向け超ロングセラー機の誕生」『機械技術』前掲号，p.87。

80）この「ネジ切りの能率化」に資するアイデアは，のちに「全国発明表彰」で通産大臣賞を受賞する。オークマ株式会社，前掲，p.111。

81）工作機械産業の国際比較をテーマとする研究は1980年代以降増大するが，そこでは日本の競争力の一要因として「部品の共通化」がしばしば指摘され，さらに工作機械の「モジュール化」が進んでいるとの指摘も散見される。この問題については，別稿で取り上げることにしたい。

図ろうというのである。また，機械構成については，必要性の低い部分は敢えて割愛して最も必要な部分の充実を図る，作業者の体に合った大きさにして操作性を高める等の工夫も施された[82]。

こうして完成した LS 旋盤は1958年 4 月の大阪国際見本市で初公開されると同時に，月産30台という当時としては異例の規模での生産がスタートする[83]。それでもなお旺盛な受注に生産が追い付かず，やがて月産80台体制へと移り，ついに62年 4 月からは業界初のコンベアシステムによる生産体制が敷かれるに至る[84]。この LS 旋盤が市場に投入された当時は旋盤需要が急増し，中古市場でさえ品薄になるほどの状態となり，多くの企業が旋盤の生産に注力した[85]。しかし，競合がひしめく中にあって LS 旋盤は最盛期には月産台数150台を記録したほか，その後も長らくユーザーから支持され，1997年の時点で累計生産台数 3 万台を数えるロングセラー機種となった[86]。LS 旋盤と並び歴史的名機とされる池貝鉄工の A20型旋盤を設計した伊東誼氏は，この両機について，欧米一流国の旋盤を凌駕するものであり，日本の工作機械のその後の躍進の契機となったと評価している[87]。

上記のとおり1950年代末以降の工作機械業界は旋盤ブームに沸く。1960年の時点で，日工会会員企業（66社）の中だけでも旋盤を手がける企業は26社に上った[88]。旋盤ブームに加わった企業の中には単に量のみに走るものもあったが，ここでみた大隈鉄工所のように新たな市場の開拓を目指し，戦前・戦中の設計の延長上にはない多くの新機軸を盛り込んだ機種を開発し，部品の共通化等の試みによって大幅なコスト削減を実現した企業もあった。このような試みとその成功は，工作機械業界が目指しうる発展の方向性をさし示す役割を果たしたのではないだろうか。一方，NC 装置開発を手がけていた富士通のその後の展開を追うと，のちの成長に大きく関わる重要な変化を観察することができる。節を改めてみることにしたい。

4．1960年代の NC 装置開発と NC 工作機械

1）富士通の「赤字対策委員会」

第 2 節でみたように稲葉氏が率いる富士通のコントロールチームは，牧野フライスの要請で

82）大高義穂「この50年，産業の飛躍を支えてきた話題の工作機械と人物」『機械技術』前掲号，p.86。
83）オークマ株式会社，前掲，p.112。
84）同上，pp.113–114, 118；日刊工業新聞，1962年 3 月 1 日。
85）久芳，前掲，p.68。既述のとおり1948年頃から中古機械の修理再生に従事していた山崎鉄工所も，この機を見て1958年春に旋盤の商品化の準備に入る。海外の名品の分解修理を通じて得た知識を活かして開発された同社の旋盤は翌59年 8 月に完成し，飛ぶように売れたという。（同上，p.70；SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々　山崎照幸氏」前掲，p.3。）
86）オークマ株式会社，前掲，p.118。なお同社は1975年，中小企業に NC 旋盤を普及させる戦略機種として，LS 旋盤をベースとした LS-N 形旋盤を発売した。ベストセラー機の特徴を引き継ぎながら価格は900万円台という LS-N 旋盤は，競合他社に大きな影響を与えた。（同上, pp.165–166；日刊工業新聞，1975年 4 月10日，1975年 5 月 9 日，1975年 6 月 9 日，1976年 5 月22日。）
87）伊東誼『工作機械にみる技術の系譜――技術遺伝子論によるアプローチ――』日本工業出版，2014年，p.56；同『工作機械の知られざる物語』スマッシュ，2015年，p.185。
88）日刊工業新聞，1960年10月 4 日。

NC フライス盤の開発に取り組み，1958年 4 月の国際見本市に出展する。この見本市の終了後まもなく彼らは，日立精機が三菱重工業名古屋航空機製作所に納入予定の NC フライス盤について開発協力を求められる[89]。1959年 1 月に納入されたこの NC フライス盤 MN 形が，日本における NC 工作機械実用第 1 号機となる[90]。なお，このときのフライス盤用 NC 装置（201A）に，FANUC（Fujitsu Automatic NUmerical Control）の商標名が初めて用いられた[91]。

同じ1959年，稲葉氏らのチームは，サーボ機構の簡素化を目指した電気・油圧パルスモーター，NC 専用コンピュータ回路である代数演算方式パルス分配回路という独自技術の開発に成功する[92]。これに加えて同じ頃，真空管よりもはるかに安定性の高いトランジスタが開発されたこともあり，稲葉氏らは「NC の企業化に自信を持ち，営業活動にも力を入れはじめ[93]」たという。しかし，これらの技術的要因が直ちに NC 事業の成功をもたらしたわけではなかった。実は1960年代初めの富士通では，NC 事業に関する大きな方針転換が行われており，それこそがのちの FANUC 製品の競争力にとっても，また，日本の NC 工作機械の普及にとっても決定的な重要性をもつものと考えられる。以下，その経緯を示す。

稲葉氏の率いる富士通のコントロール開発チームは，その後電子技術部自動制御課となり，さらに「部」に昇格して独自の販売部門をもつに至る。前述のように NC の技術開発に関しては着実な成果を収めていた同部であったが，決算は赤字続きであった。やがて同社内に設けられた「赤字対策委員会」の下で，この赤字の原因が調査されることになる[94]。

富士通の社史によれば，当時の同社では1959年に社長に就任した岡田完二郎氏の下で，大規模な機構改革や損益意識の徹底などを主眼とする新たな経営路線の策定が進行していた。1960年当時の同社組織は，本社の事務部門と技術本部，および川崎その他の工場という構成であったが，岡田社長は，技術革新への迅速な対応や損益管理の徹底，技術と営業および製造間の調整の円滑化，責任の明確化などを目指して，61年 3 月に通信工業部と電子工業部の 2 工業部を中心とする工業部制へと全社組織を再編成した。これは事業部制と近似の組織で，それぞれの工業部が営業から技術，製造までを一貫して担当するとともに，損益に責任を負うことになった[95]。さらに，岡田社長はこのような機構改革の後，①各工場・各営業所の末端に至るまで原価意識および損益意識の徹底的浸透を図る，②損失発生に際しては，直ちに対策委員会を設けて，損失の原因を追究し排除に極力努める，などの方針を定め，その実践を進めていった[96]。上記の「赤字対策委員会」

89）稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，p.28；日本工作機械工業会，前掲，pp.169–170。

90）この NC 装置には100本近い真空管が用いられていたが，平均で 1 日 1 本真空管が切れるなど問題が多かった。その後富士重工業からの受注で日立精機と共同開発した NC フライス盤にも，真空管の不安定性に由来する同様な問題が生じていた。（日本工作機械工業会，前掲，p.170；稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，pp.28–29。）

91）富士通株式会社『社史 Ⅱ（昭和36～50年）』1976年，p.99。

92）稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，pp.30–33。

93）同上，p.33。

94）同上，p.35。

95）富士通株式会社，前掲，pp.30–34。

96）同上，pp.35–36。自動制御部に赤字対策委員会が設けられた正確な時期は稲葉氏の著書で明記されていないが，断片的な記述から1962年前後ではないかと推測される。（稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，pp.37,↗

表 1　FANUC シリーズ出荷台数

（単位：台）

シリーズ＼年	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	計
FANUC100	0	0	0	0	2	8	7	20	6	7	3	53
									1	1	3	5
FANUC200	1	1	2	1	5	15	11	9	19	27	29	120
							1	1	7	11	10	30
FANUC260	0	0	0	0	0	0	0	0	22	63	53	138
									17	11	12	40
FANUC300	0	0	0	0	0	0	1	0	50	28	33	112
									0	15	5	20
計	1	1	2	1	7	23	20	30	122	163	148	518

注：① FANUC100：位置決め制御，FANUC200：260を除く200シリーズ，FANUC300：パルス倣い制御装置
②1967年は 1 ～ 7 月の数字
③上段は国内，下段は輸出

出典：日本開発銀行「数値制御工作機械――その開発および普及における諸問題――」『調査月報』1968年 2 月，p.98 付表Ⅳ−4 より抜粋。元データは FANUC USERS（富士通）。

の設置も，このような岡田氏の下での一連の経営改革の一環とみなしてよいだろう。

こうして自動制御部の赤字原因の調査が行われた結果，2つの問題点が浮かび上がる[97]。1つは同部が数値制御とともに手がけていたプロセス制御の問題，いま1つは NC 装置の特注品の存在である。前者のプロセス制御は，コンピュータ技術が主体でシステムの規模が大きいために多くの技術者を必要としながら，大手計測器メーカーに対する OEM が主体で先々の競争優位を見通しがたい分野であった。このため稲葉氏はプロセス制御事業から撤退し，NC 装置事業に集中することを決めた。

ところが，その NC 装置事業についてみると，表1に示されるとおり1960年代初めの出荷実績はごくわずかである。これらの多くは売上の数字を残すために営業部門が注文を受けてきた特注品であったが，調査の結果，特注品のすべてが赤字であることが判明する[98]。この調査結果を受けて，稲葉氏は NC 装置について「特注品の受注は中止して，営業面でも，技術開発の面でも，製造の面でも，商品の領域を限定し，狭い領域を徹底的に掘り下げる[99]」という方針を固める。同氏はこの当時のことを複数の著書や講演でたびたび取り上げているが，その中ではこの赤字対策の一件を機に，それまで「技術偏重」であった稲葉氏自身が大きく変わったこと，岡田社長から「利益なくして企業は存立し得ない」ことを教えられたこと，そして領域を絞りそれに徹するこ

↘　45；稲葉『黄色いロボット』前掲，p.26。）
97）稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，pp.35-36。
98）同上，p.36。
99）同上，p.36；稲葉『黄色いロボット』前掲，p.25にも同様な記述がある。

とが企業経営の基本だと学んだことが繰り返し語られている[100]。それでは，これ以降の自動制御部の事業はどのように展開したのだろうか。

2）特注品から標準品へ

稲葉氏の著書や講演記録において，上記の赤字対策委員会が設置されたり調査結果が出された正確な時期は記されていない。一方，NC 部門が1965年に黒字に転換したことは明記されている[101]。それでは，稲葉氏の言う「商品の領域を限定し，狭い領域を徹底的に掘り下げる」という方針が最初に具体化されたのはどの製品なのだろうか。

表 1 に示されている FANUC200シリーズは，1967年時点で全 6 種類（220，230，240，260，270，280）あり，そのうち有価証券報告書から発売時期や価格が特定できるのは FANUC220と FANUC260の 2 機種で，これらが当時の主力製品であったことがわかる[102]。前者 FANUC220は1962年に発売された連続通路切削制御装置で，発売当時の価格は940万円，64年以降は1,080万円と高価である。1958年に富士通と共同で国内初の NC フライス盤を完成させた牧野フライスは，その後自社で同機を用いながら商品化開発に取り組み，ついに1964年 4 月にこの FANUC220を装着した NC 高速立フライス盤の 1 号機を完成させ，これを八幡製鉄に1,400万円で納入するとともに，以後量産化に乗り出すことが報道されている[103]。ちなみに同じ1964年の10月の日刊工業新聞では，自動車をはじめとする各業界がコストダウンのため工程簡略化や合理化に努める中で NC 工作機械に対する需要も増え始めていること，このため牧野フライスを先頭に，日立精機，大隈鉄工所，新潟鉄工所，池貝鉄工他各社が「汎用工作機械の需要が伸び悩んでいる折から，数値制御工作機械を開発，売上を伸ばそうとしている[104]」ことが伝えられている。

後者の FANUC260は1965年に発売された直線切削・位置決め制御装置で，価格は200万円と FANUC220よりはるかに廉価である。FANUC260に関しては，後年稲葉氏自らが開発の経緯を説明している[105]。それによれば，「工作機械の加工を調査すると，直線切削と穴あけの位置決め加工が大半で」あることがわかり，「直線切削と位置決め専用の NC を開発すればよい」，「素子の数も少なく価格も下がり，信頼性は向上する」と考えて，FANUC260が誕生した。この FANUC260には，制御仕様を同時 1 軸として制御回路を最小限にする，パルスモーターの駆動回路も 1 軸分のみとする，プリント板数・コネクタ個数・配線本数の削減のため大型プリント板を採用する，制御装置のキャビネットも小型化するなど，「コストを下げるべく，色々な工夫がなされ」，「大

100）稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，pp.35–37；同『黄色いロボット』前掲，pp.24–27；SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々　稲葉清右衛門氏」前掲，p.4。
101）例えば，稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，p.45。
102）富士通株式会社「有価証券報告書」各年版。
103）日刊工業新聞，1964年 4 月30日。また，同じ年の12月の *American Machinist* は，東京で開催された第 2 回国際工作機械見本市の様子を伝える記事の中で，日本で最も売れている NC 機として日立精機の MD 竪フライス盤を紹介し，同機は FANUC220を搭載していると記している。（*American Machinist*, December 7, 1964，p.99.）
104）日刊工業新聞，1964年10月13日。この当時の新聞では，まだ NC という言葉は使われていない。
105）稲葉清右衛門「技術と経営」前掲，p.8。

幅な低価格化を実現」することができたという。

ちょうどこの頃から NC に関わる新聞報道も増えている。1965年 3 月末の日刊工業新聞は，FANUC260の完成と販売開始を紹介し，「従来のものに比べ 5 割近くも安くなったので，その需要が期待される[106]」と報じている。この 3 か月後の同紙の記事は，FANUC260の特徴として，低価格，設置に特別な条件は不要，小型，電気油圧パルスモーター採用，工程数に制限がない，簡単な選択注文により広範囲な特殊仕様が満たせることなどを紹介し，発売後既に30台を受注していることを伝えている[107]。さらに翌66年10月には，富士通が制御装置に IC を全面的に採用した FANUC260の第 1 号機を完成させ，翌年 6 月から本格販売を開始すること，完全 IC 化により NC 装置の小型化・軽量化が実現したことなどを伝えている[108]。

また，稲葉氏は1967年に『数値制御入門』という著書を刊行しており，FANUC200シリーズの各製品を紹介している。そこでは FANUC260の概要として，「機械加工の80％を占めているといわれる直線加工と，位置決め用として開発されたものである。小形であって，しかも精度は高く，特に経済性を考慮してあって，NC の普及版といえよう[109]」と記されている。先の表 1 からも，FANUC260が発売からまもなく「普及版」として出荷を増大させていることを確認できる。なお，1967年後半の時点で FANUC260には 3 つのタイプがあり，旋盤用（SL）は120万円，トランジスタ式（S）は150万円，IC（デラックス）は200万円という価格であった[110]。

これらの情報から，稲葉氏の言う「商品の領域を限定し，狭い領域を徹底的に掘り下げる」という方針を最初に具現化した製品は FANUC260と考えるのが適当であろう。すなわち FANUC260は，制御の範囲を敢えて直線切削・位置決めに限定した上で，制御回路等の簡素化や IC の採用によってコストの削減を徹底追求した結果生まれた「普及版」なのである。1960年代に入ると，大手電機メーカー各社も NC 装置の開発に力を入れはじめたが[111]，60年代半ばをすぎた時点で富士通の背中ははるか遠くにあった[112]。この富士通の優位は，単に同社が NC 装置開発で先

106）日刊工業新聞，1965年 3 月29日。この「従来のもの」がどの製品を指すのかは，記事では言及されていない。

107）日刊工業新聞，1965年 6 月28日。ファナックの研究で知られる柴田友厚氏は同社のモジュール戦略に注目し，それが最初に具現化されたのが FANUC260で，1969年にその完全モジュール化が実現したとしている。ただ，その詳細や完全モジュール化までのプロセスについては説明されていない。この65年の記事にある「簡単な選択注文により広範囲な特殊仕様が満たせる」という表現は，この当時から稲葉氏らがモジュール化を指向していた表れとみることもできるのかもしれない。（柴田友厚『モジュール・ダイナミクス』白桃書房，2008年，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.65-68。）

108）日刊工業新聞，1966年10月14日。

109）稲葉清右衛門『数値制御入門』日刊工業新聞社，1967年，p.91。

110）日本開発銀行「数値制御工作機械」前掲，p.78。

111）例えば1962年 8 月 5 日の日刊工業新聞では，「数値制御装置などの自動式の電気ユニットの製作に本腰を入れ始めた」電機メーカーとして，東芝，日立，三菱電機，安川電機が紹介されている。また，日本開発銀行調査部の1968年 2 月のレポートには当時の国内 NC 装置（外販）一覧があり，富士通の他に日本電気，東芝，日立製作所，沖電気，三菱電機が列挙されている。日本開発銀行「数値制御工作機械」前掲，p.99。

112）1967年 3 月22日の日刊工業新聞によれば，65・66年の 2 年間で生産された NC 工作機械129台（日工会会員企業のみ）のうち，富士通の制御装置が105台（81％）を占めている。この詳細は以下で確認できる。日↗

行したことによるものではなく，本節でみたように，それを事業として成り立たせるためにはどうすべきかを深く検討するプロセスを経ていることと大きく関わっている。

3）NC 工作機械の趨勢

この「NC の普及版」の登場に，工作機械メーカー側も動きはじめる。それが最も顕著に表れているのが NC 旋盤分野である。NC 工作機械の統計がとられはじめたのは1967年であるが，表2に示すように67年時点では機種別の生産台数ではフライス盤が大きく先行し，旋盤は後れをとっていた。しかし，1968年以降，NC 旋盤の生産台数は飛躍的に増大し，フライス盤に代わって NC を代表する機種となっていく。

それでは，なぜ1968年以降 NC 旋盤の生産台数は急伸したのだろうか。当時の新聞で動向を確認すると，まず68年1月，老舗メーカーの池貝鉄工が NC 旋盤の生産増強と販売強化に乗り出し，A25型 NC 旋盤を以後の主力製品と位置づけて年内に月産10台のロット生産を目指すとの記事を見出すことができる[113]。この記事によれば，倣い旋盤の普及や旋盤本体に比して NC 装置の価格が割高なことなどが旋盤の NC 化を遅らせてきた。しかし，熟練工不足への対応策として，また，作業能率の向上や品質の均一化，工程管理の近代化に資するとの観点から NC 旋盤が見直されてきたことに加え，富士通が新しい旋盤用 NC 装置を開発し，価格も大幅に引き下げられたことが，池貝の上記の決断の背景にあった。さらに同社には，「普通旋盤の技術向上で，山崎鉄工や滝沢鉄工などが同社製品に対して急速に追い上げてきていることから，今後 NC 旋盤を中心機種に育て上げてこの分野で独走を図る」[114]意図があったことも報じられている。前述の山崎鉄工所は，旋盤ブームさなかの1959年にかねてから研究試作を繰り返してきた旋盤の販売に踏み切ったのち，大胆な設備投資によって短期間のうちに量産メーカーの仲間入りを果たしていた[115]。

ところが同じ年の10月，池貝鉄工が引き離しを狙った山崎鉄工所が，同じく富士通の NC 装置を用いた NC 旋盤「マザックターニングセンター」を発表する[116]。当時の日刊工業新聞の記事によれば，翌69年早々に販売を開始し，同年中に150台，70年には年間300台の販売を見込むという，池貝鉄工のそれを上回る量産計画である。というのもこの「マザックターニングセンター」は，人手不足の影響をとりわけ強く受け，その解消策として NC の導入を望みながら踏み出せずにいる中小企業へ向けた，つまり新市場の開拓を明確に意図した製品であった。既存の NC 工作機械

↘ 本開発銀行「数値制御工作機械」前掲，p.97。

113）日刊工業新聞，1968年1月30日。池貝鉄工はこの決定にともなって溝の口工場の整備に着手し，1968年末頃 NC 旋盤の専門組立ラインを完成させた。（日刊工業新聞，1968年8月5日；1969年1月23日。）A25型 NC 旋盤の元になった A25型旋盤は，池貝鉄工が1964年に発売した A20型旋盤のベッド上の振りを大きくした製品である。この A20型旋盤は，「機能，性能は向上させながらコストを低減という相反する要求へ挑戦」した製品で，幾多の優れた特徴を具えていた。詳細は以下に解説されている。伊東誼「開発者・キーマンの証言――池貝／A20型旋盤の開発」『機械技術』前掲号，pp.90–91。

114）日刊工業新聞，1968年1月30日。

115）久芳，前掲，pp.68–72, 85, 93–97。

116）日刊工業新聞，1968年10月11日。山崎鉄工所は旋盤の量産を推進するかたわら，1964年から NC 工作機械に関する研究開発を本格化させていた。（久芳，前掲，pp.105–106。）

表 2　NC 工作機械の機種別生産台数

（単位：台）

機種＼年	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
フライス盤	52	96	157	231	250	190	310
中ぐり盤	21	40	69	78	73	60	95
ボール盤	19	73	118	118	95	136	263
旋盤	8	66	282	589	595	581	1,459
マシニングセンター	6	77	206	333	295	328	564

出典：日本工作機械工業会『“母なる機械”30年の歩み』1982年，p.112より作成。

は1,000万円を大きく超え，2,000万円に達するものもあったが，中小企業ユーザーの開拓を狙う山崎鉄工所は「マザックターニングセンター」の価格を 1 台730万円ときわめて低位に設定した。[117] また同じ記事によれば，山崎鉄工所はこの価格を実現するために富士通と提携し，同社の FANUC260S をもとにしながら，敢えてネジ切りやテーパーなどの特殊機能を省略した簡易型の NC 装置の優先供給を受けることとした。[118] つまり，FANUC260という「NC の普及版」のさらなる普及版ともいうべき NC 装置によってコストを抑えるとともに，2 年間で450台という当時としては異例の大量発注によって，富士通との間で有利な価格交渉を行うことを狙ったのであろう。なお山崎鉄工所は，「マザックターニングセンター」発表の翌11月には，上記の量産を実現するために NC 専門工場の建設にも着手している。[119] 同社の社史は，現実に69年の NC 旋盤生産台数は150台，70年には300台近い実績となったことを伝えている。[120]

前節でみたように1950年代末以降，旋盤分野には多くの企業が殺到する。60年代半ばには，既に紹介した大隈鉄工所をはじめ量産能力を整えたいくつかの有力メーカー間のシェア争いも熾烈化していた。[121] FANUC260という NC の普及版の登場は，このような工作機械メーカーが次のステージへと進む上でのきわめて重要な契機となっていることがわかる。一方で，業界を代表する老舗メーカー池貝鉄工による NC 旋盤への本格進出表明のみならず，山崎鉄工所の「マザックターニングセンター」のような新しい製品構想の登場は，普及型の製品に開発の焦点を絞り量産を追求することを決めたばかりの富士通にとって，彼らのビジネスモデルの転換の適切さを確信させ，その深化へと向かわせる推進力になったものと考えられる。富士通の NC 装置の累計出荷台数は，1967年 7 月時点では518台[122]であったが，1969年には一挙に2,275台[123]に達する。稲葉氏の述

117）同上。山崎鉄工所は，価格面への配慮だけでなく，中小企業ユーザーが NC に固有のプログラミング・テープ作成・メンテナンス等の作業に不慣れであることから，NC トレーニングスクール開設のほか，ユーザーの加工図面にもとづきプログラミングやテープ作成を請け負う等，サービス体制の充実も図ることとした。（日刊工業新聞，1968年10月12日。）

118）日刊工業新聞，1968年10月11日。

119）久芳，前掲，p.108。日刊工業新聞，1969年 5 月10日も参照。

120）同上，p.109。

121）同上，pp.94–97。

122）日本開発銀行「数値制御工作機械」前掲，p.98。

懐によれば，69年頃にはNC部門は「富士通内部においても押しも押されもしない高収益部門に成長していた[124]」。富士通は，同年12月には「需要が旺盛で生産が間に合わない」などの理由から，米国におけるNC装置最大手GEの2倍にあたる年間4,000台の生産規模を持つ新工場（日野市）の建設に着手している[125]。

5．結びにかえて

冒頭に述べたとおり，日本製のNC工作機械が海外市場に大量流入するのはCNC化以降のことであるため，先行研究の多くは1970年代以降の日本のNC装置メーカーや工作機械メーカーのとった行動に注目してきた。しかし，日本のNC工作機械の競争力は，CNCという新技術の採用によって唐突にもたらされたものではなく，それ以前の工作機械メーカーおよびNC装置メーカーにおける経営行動の展開と連続性を有するのではないかというのが本論文の主張である。

戦後の工作機械業界の辿った道を遡ると，新たな市場を開拓するために潜在的なユーザー・ニーズの変化を先取りした製品を開発し，設計・製造両面の工夫によって大幅なコストダウンを図り，量販機として展開するという工作機械メーカーの取り組みは，既に1950年代後半から始まっていた。第3節でみた実用高速旋盤LSをめぐる大隈鉄工所の一連の行動と顕著な成果は，同業他社の多くに影響を与え，特に旋盤分野においてはベンチマークとして全体の水準を引き上げるひとつの力になったと考えてよいだろう。既存研究の中では，1970年代半ば以降海外市場で競争力を築いた日本の工作機械メーカーに共通する戦略として，ターゲットを中小企業と定め，そのニーズ充足のための研究開発に注力し，製品設計をシンプルにすることに努め，生産量を劇的に増やし，廉価であることを競争上の重要な武器と位置づけたこと等が指摘されているが[126]，このような能力は70年代以前から少なくとも一部の工作機械メーカーには備わっていたとみなすことができる。

一方，日本におけるNC装置の開発は，米国とは異なりリードユーザーもスポンサーもない状況で始まる。これを先駆けた富士通の稲葉氏のチームは1960年代初め，NC装置を単なる「技術開発」のテーマとしてではなく，ひとつの「事業」として捉えなおすという重要な転換をはたす。その結果選ばれたのが，特定のニーズを満たすのではなく，できるだけ多くのユーザーを網羅しうるような「普及版」を開発し，量産規模の最大化を追求するというビジネスの形であった。現実に「普及版」の第一弾であるFANUC260は，有力工作機械メーカーによるNC旋盤の量産化という行動を引き出す契機となった。翻って富士通の側からみれば，このような工作機械メーカーの動きは，NC装置の「普及版」を提供するという彼らのビジネスモデルの適切さを証明し

123）稲葉『ロボット時代を拓く』前掲，p.45。
124）同上，p.47。
125）日刊工業新聞，1969年12月27日。
126）Jacobsson, Staffan, *Electronics and Industrial Policy: The case of computer controlled lathes*, Allen & Unwin Ltd., 1986, p.50.

たことになる。別稿で詳しくみるように，稲葉氏らはこののちも同じビジネスモデルに沿って事業を展開していく。1970年代以降の成功のみがクローズアップされがちなファナックであるが，60年代からの連続性を看過すべきではないだろう。

最後に今後の課題を示す。富士通の NC 部門は，1972年に富士通ファナックとなったのちも，多くのユーザーを網羅しうる普及型の NC 装置を開発し，量産を徹底追求することで圧倒的なシェアを占め続ける。既存研究の多くは，のちにファナックとなるこの NC 装置専業メーカーの存在によって，日本の工作機械メーカーは本業である機械の開発のみに専念でき，大きな恩恵を享受したと論じているが，この点については考察の余地があるだろう。工作機械メーカーのほとんどがファナックの開発・量産する普及型の NC 装置の供給に頼るとすれば，彼らが差別化を図る道は自ずと狭まる。工作機械メーカーが NC 装置メーカーとの関係をどのように捉えていたか，独自の競争力の基盤をどこに求めたかを問うていく必要がある。一方，本稿で取り上げた大隈鉄工所は，1960年代初めの一時期に富士通と共同で NC 工作機械の開発を試みたものの，以後は NC 装置内製化という道を選び，独自の OSP の開発に成功して今日に至るまで機電一体を貫いている。NC 装置の内製化・機電一体化という選択が同社の競争力にどのような影響をもたらしたのかという問題も，深く考察する価値がある。これらは次稿以降の課題としたい。

参 考 文 献

American Machinist, December 7, 1964.

American Machinist, July 23, 1973.

Ashburn, Anderson, "The Machine Tool Industry: The Crumbling Foundation," in Hicks, Donald A.（ed.）, *Is New Technology Enough?: Making and Rethinking 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*, Vol.27, Issue 2, 1997.

Fransman, Martin, "International Competitiveness, Technical Change and the State: The Machine Tool Industry in Taiwan and Japan," *World Development*, Vol.14, No.12, 1986.

Holland, Max, *When the Machine Stopped: A Cautionary Tale from Industrial America*, Harvard Business School Press, 1989.

Jacobsson, Staffan, *Electronics and Industrial Policy: The case of computer controlled lathes*, Allen & Unwin Ltd., 1986.

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

Organization for Economic Co-operation and Development, *Technical Change and Economic Policy-Sector Report: The Machine-Tool Industry*, 1980.

Sciberras, E. and B. D. Payne, *Technical Change and International Competitiveness-1 Machine Tool Industry*, Longman Group Limited, 1985.

海老原敬吉「最近の工作機械工業」『日本機械学会誌』第55巻第405号，1952年10月。

富士通株式会社『社史　Ⅱ（昭和36～50年）』1976年。

富士通株式会社「有価証券報告書」各年版。

日高千景「高度経済成長の進展と政策金融の展開」宇沢弘文・武田晴人編『日本の政策金融 Ⅰ 高成長経済と日本開発銀行』東京大学出版会，2009年。

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。
稲葉清右衛門『数値制御入門』日刊工業新聞社，1967年。
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『黄色いロボット』日本工業新聞社，1991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12月２日。
伊東誼「開発者・キーマンの証言――池貝／A20型旋盤の開発」『機械技術』第49巻第12号［2001年11月臨時増刊号］。
伊東誼『工作機械にみる技術の系譜――技術遺伝子論によるアプローチ――』日本工業出版，2014年。
伊東誼『工作機械の知られざる物語』スマッシュ，2015年。
機械振興協会経済研究所『技術水準の格差』1968年６月。
機械振興協会経済研究所『工作機械工業戦後発展史（Ⅰ）』1984年５月。
機械振興協会経済研究所『工作機械工業戦後発展史（Ⅱ）』1985年２月。
工業技術院機械試験所『機械試験所二十五年史』1963年。
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。
長尾克子『工作機械技術の変遷』日刊工業新聞社，2002年。
長尾克子『日本工作機械史論』日刊工業新聞社，2004年。
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。
長岡振吉「設計と加工のかねあい」『日本機械学会誌』第80巻第698号，1977年１月。
永瀬恒久「工作機械界の75年と今後」『日本機械学会誌』第75巻第646号，1972年。
日本開発銀行「戦後工作機械工業の到達点と課題」『調査月報』1962年３月。
日本開発銀行「工作機械工業の現状と発展の方向」『調査月報』1964年４月。
日本開発銀行「数値制御工作機械――その開発および普及における諸問題――」『調査月報』1968年２月。
日本開発銀行営業第三部編『特定機械融資とその合理化効果――第一次合理化基本計画達成状況――』1963年３月。
日本工作機械工業会『“母なる機械”30年の歩み』1982年。
日産自動車株式会社調査部編纂『21世紀への道　日産自動車50年史』1983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。
オークマ株式会社『オークマ創業100年史』1998年。
大高義穂「この50年，産業の飛躍を支えてきた話題の工作機械と人物」『機械技術』第49巻第12号［2001年11月臨時増刊号］。
佐藤文雄「開発者・キーマンの証言――中小企業向け超ロングセラー機の誕生」『機械技術』第49巻第12号［2001年11月臨時増刊号］。
沢井実『マザーマシンの夢――日本工作機械工業史』名古屋大学出版会，2013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『モジュール・ダイナミクス』白桃書房，2008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。
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。
SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々　牧野常造氏」SME LIBRARY 1。
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。
SME 東京支部「日本の工作機械を築いた人々　稲葉清右衛門氏」SME LIBRARY 25。
隅山良次「工作機械工業の展望」『日本機械学会誌』第63巻第492号，1960年１月。
通商産業省「機械工業振興法指定予定業種概要Ⅰ」1960年10月。
通商産業省編『商工政策史　第19巻　機械工業（下）』1985年。
山崎修嗣『日本の自動車サプライヤー・システム』法律文化社，2014年。
日刊工業新聞　1960年10月４日，1962年３月１日，1962年８月５日，1964年４月30日，1964年10月13日，1965年３月29日，1965年６月28日，1966年10月14日，1967年３月22日，1968年１月30日，1968年８月５日，1968年10月11日，1968年10月12日，1969年１月23日，1969年５月10日，1969年12月27日，1975年４月10日，1975年４月19日，1975年５月９日，1975年６月９日，1976年５月22日，1979年８月８日。