

## 戦後日本工作機械技術の発展構造の分析

## The Structural Analyse of Technological Development in the Japanese Machine Tool after World War II

94W20396 王 洪亮

指導教官 木本 忠昭

## SYNOPSIS

This paper analyzed the technological development of the Japanese Machine Tool after World War II.

From the three points of view, the author examined this development. One is to analyze the structural change of the types of the machine tools which were mainly used; one is to analyze how changed the machine tool technology, and then one is to analyze the change in the size of the machine tools. The development of machine tool after 1945 to 1980 could be divided into 6 periods.

Japanese technology of machine tools was based on the imported machine, which were used as "mother-machine", and, through them, built up the manufacturing technology of general-machine tool. Japanese NC-machine had also its own characteristics: they were mostly those of relative small, or medium sized machines, which were easier to be exported.

## 第1章 問題設定

## 1-1. 研究の背景と目的

工作機械技術の遅れは明治以来戦後に至るまで日本技術の弱点であった。敗戦直後も戦時技術の踏襲で、依然炭素鋼高速度鋼工具時代の旧式設計が主であり、欧米との技術落差は大きいものがあつた。これが70年代に入ると、工作機械工業は輸出産業へ転じた。それらの変化を表した図1-1のグラフを見ると、工作機械の生産においては、当初の沈滞と56年以降の持続的拡大、70年代前半の幾度かの大規模減退を経て、80年代には世界最大生産の達成へと推移した。60年代の後半までは、輸入額が輸出額を完全に上回っていたが、その後一貫して輸出が輸入を上回る時代に転換したことがここに表れている。何が、この変化をもたらす要因であったかを検討することが、本研究の目的である。

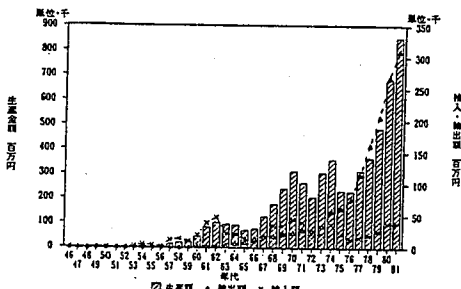


図1-1 戦後日本工作機械生産・輸出入動向

## 2-1. 先行研究

戦後日本の工作機械の発達に関する主な先行研究は、次のものがある。「戦後機械工業発展史」では、日本の機械工業の発展過程が解明された。「工作機械工業戦後発展史」では、工作機械工業の企業経営、流通構造、生産構造、技術が分析され、工作機械の産業構造の変化が市場構造に与えた影響が分析された。「戦後日本工作機械工業の発展構

造の分析」では、一国の再生産=循環構造の特質が工作機械工業の特質として反映されるというような観点から、戦後日本工作機械工業の「は行性」と「脆弱性」が解明された。

しかし、これらは概して、工業史の特性の分析ないし、経済史、あるいは工業・経済構造上の特質を分析するものであった。工業を形成する根本の技術は如何に発展してきたのか、技術的展開過程にまでは立ち入っていない。

## 1-2. 研究の方法と時代限定

工作機械技術の発展史をみる方法として、まず第一に、工作機械の機種別の変化に着目してみる。先行研究の工業史的方法でも工作機械機種に着目しているが、断片的な分析に終わっている。第二に、技術の総体的な発展過程を分析し、技術発展史として、どのような発展段階を経てきたのかを分析し、それに基づいて時代区分を行う。第三に、技術のレベルの指標化を試み、その指標で発展段階を区分する。最後に、以上を総合し、日本における工作機械技術の発展の時代区分をする。その上でこれらの発展過程の分析を通して、日本的な発達の特徴を検討し、日本の工作機械生産を発達させた要因を明らかにする。対象とする時代は、終戦直後から、先に述べたように日本の工作機械が生産高を世界のトップレベルまであげ、輸出が急速拡大した80年代初頭までとする。

## 第2章 生産発展構造の機種による分析

## 2-1. はじめに

## 2-2. 工作機械の意義と構造

## 2-3. 戦前日本の工作機械と終戦直後の現状

## 2-4. 機種別構造の変遷

工作機械生産の発展は、その需要環境から強く規定される。終戦直後から50年代の初頭まで、敗戦により工作機械の生産は落ち込んでいた。機種別生産量が詳しく統計されていなかったが、全体では年間生産金額は1億ないし10億円、生産台数4000台ないし1000台にすぎなかった。こうした日本の工作機械の現状では、戦前からの遺産としての中

技術文化論叢

古機械に依拠したことは勿論であるが、これ以外に、まず、最も初歩的な工作機械ともいべきボール盤製作が徐々に増えた。以降、普通旋盤汎用機等、中型・汎用機、NC機技術へと拡大していった。その展開過程を分析してみよう。

一般には、旋盤、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤、研削盤は、機械工場における不可欠な設備機械である。これらの機種共通点は、中小型であり、機械工場における最も標準的な機種である。図2-1は、生産された汎用機種の台数構成の推移を表すものである。

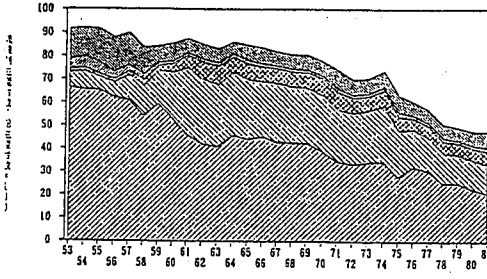


図2-1 汎用機種の台数構成の推移

一方、NC工作機械、歯車機械、平削り盤、専用機などは、特定の機械部品の製作ないし特定部品加工の能率的な実施を目的として設計されたものであり、通常、大中型であり、精密度の高い機種である。これらの機械は、各時期における設計技術と製作技術の性格とレベルを反映している。図2-2は、NC機械、歯車機械、その他、平削り盤、専用機の金額と台数構成の推移を表すものである。

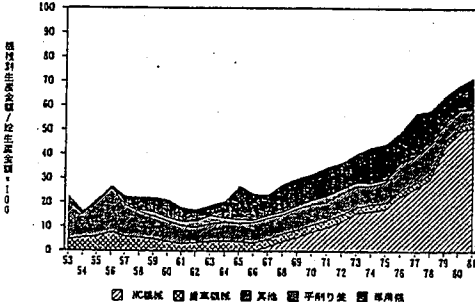


図2-2 NC機、精密、大型機の金額構成の推移

1-5. 機種別からみた時代区分

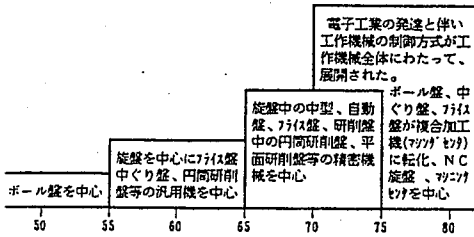


図2-3 機種による時代区分(時代区分1)

以上のような機種別に発展を分析してみると、日本の工作機械の発展は、機種別にそれぞれ時代的特徴を持っていることが明らかにできる。その特徴によって、時代区分を

試みると図2-3のようなものになると考えられる。これを時代区分1とする。

第3章 工作機械生産の発展構造と技術的変遷

3-1. 戦後初期の技術の水準(終戦-55)

戦時中、日本の工作機械メーカーでは、「国家総動員法」に基づく試験研究命令によって、数十種類の欧米一流工作機械が模倣試作された。これによって多くの工作機械メーカーは高性能機械を設計・製作する経験を得た。ところが、見本とした工作機械は、いずれも30年代のものであり、戦後になると、技術的に遅れたものとなった。これらの工作機械の設計技術においては、欧米における工作機械が超硬合金工具時代の近代型を主力としているのに対し、日本の工作機械はまだ炭素鋼高速度鋼工具時代の旧式設計が主であった。

53年に、「工作機械等試作補助金」制度が実施され、これによって開発された新機種の一部は第2回日本国際見本市(55年、東京)に出品された。しかし、全般的に見て国産機の劣勢は明かで、中には外国機のコピーを出品して酷評されたものもあった。こうした政府の支援を受けた試作研究が行われたものの、国内における工作機械の生産水準をあげることは基本的にできず、根本的には輸入機に依存することになる。

3-2. 性能の向上-工具と加工材料の進歩に対応(55-60)

55年からの日本経済の高度成長にともない工作機械の需要が急速に増えた。それと同時に、工作機械技術は工具と加工材料の進歩に対応する機械性能の向上のための改良が重要視された。工具においては、超硬合金が続々開発され、工具の最適切削速度に工作機械の回転が追いつけない状況にあった。しかし、その切削加工の研究結果が工作機械の高速化、自動化につながった。

材料と加工技術の進歩にともない、振り400-450mm程度の普通旋盤では、主軸最大回転速度が900rpmから、60年を境に1800rpmとなり、さらに出力が大きく高まっている。

3-3. 精度の向上-熱変形、剛性に対する対策(61-66)

60年代、国産の工作機械には、質、量における立ち遅れが依然残っており、特に工作機械の精密度に問題が残った。ボール盤が一定の使命を終え、普通旋盤が国内需要に対応できる状態になったとはいえ、まだ全体的にみると国産機は外国機に劣っていた。64年、日本工作機械工業会、経済調査委員会が12社に対して行った面接調査記録によると、「いつまで精度を維持できるかが問題で、概してアメリカ製は耐久性があり、国産機は劣る。」「内面研削盤、大型中ぐり盤、形形り盤は国産機によいものがない。」等の指摘がされている。

中型・精密工作機械をつくる技術においては、性能、精度、加工範囲が中心の問題となる。その基本は機械の剛性である。さらに主軸工作物系あるいは主軸工具など運動部分の挙動も作業条件によって著しく変わる。

従って、剛性の改善のために、本体の結合構造、駆動系機構及び主軸の剛性設計などが問題となった。精度や耐久性を与えるためには、研削仕上げされた焼き入れ鋼板の案内面などが採用された。これらの処置は当時の中型・汎用機の製作に役立った。

3-4. 自動制御-NC技術の進展(67-81)

50年代から60年代にかけて開発されたNC工作機械が、60年代の後半に、電子工業の発達に伴い、日本工作機械技術の発展構造に大きな影響を与える結果になった。ドルショック、オイルショックによって、自動化・省力化がさらに要請され、工作機械のエレクトロニクス化が工作機械全

東京工業大学

体にわたって展開された。その数値制御方式が導入されたことにより、NC旋盤、マシニングセンタが大幅に進行した。

工作機械の技術的な変化は、外部からの影響を受けながらも、自体的変化を経て進歩した。例えば、工具の進歩によって、強力切削に対応する出力や、回転速度などが、工作機械の設計、製造技術に反映された。また、被加工物の精度要求の高まりに順応する工作機械の剛性が必要となった。省力化の要請に応じるNC工作機械の発展を遂げた。以上の発展段階を時代区分してみると図3-1のようになる。これを時代区分2とする。

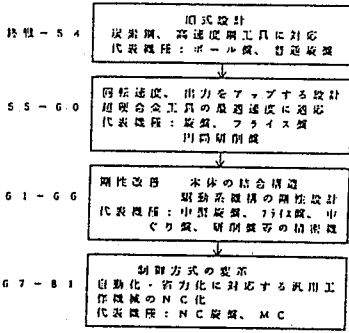


図3-1 技術的要遷(時代区分2)

第4章 評価指標から見た展開過程

4-1. 評価指標

戦後日本の工作機械技術の発展を各段階ごとに位置づけるには、それぞれの発展段階を客観的に評価しうる何らかの指標が樹立できれば有用であろう。

89年に、岡田正男氏は「棲み分け」進む世界の工作機械産業」に工作機械の生産機種分野における棲み分けの過去・現在・未来の構造のモデルを提出した。岡田モデルは、工作機械の生産と貿易構造の変化、それに各国間で輸出入している機種構成をベースにしたものである。しかし、厳密な定義はない。

グレードやサイズは一定程度、工作機械の技術レベルを表示しうる側面がある。そこで、技術レベルの指標を作る一つの試みとして、岡田モデルを検討し、この岡田モデルを手がかりにして、戦後日本の工作機械技術の国際的な相対位置を検討してみよう。

4-2. 工作機械の評価

本論文では、岡田モデルの概念を明確にするために、工作機械の品質、性能、価格に直接関わる工作機械の一台あたりの生産金額、重量、NC化率諸要因を含めて、グレードと称する。機種別に工作機械の精度、剛性を相対的に表している工作機械の一台あたり重量をサイズと称する。

よって：

$$G = f(p, w, n)$$

$$S = f(w, k)$$

G:グレード P:工作機械の単価 W:工作機械の重さ N:NC化率

S:サイズ K:機種。

4-3. 発展段階別の評価

図4-1は、戦後日本の工作機械の一台あたりの重量、金額と1トンあたりの金額を示すグラフである。全体的にみれば、1トンあたりの金額と平均金額は持続的に上昇の傾向が見られた。60年代後半にNC化の波を乗って、NC工作機械の

生産国になりつつあったが、しかし、大型機の技術開発が相対的に遅れたので、平均重量が1トン前後で、最大2トンまでにとどまっていたのである。

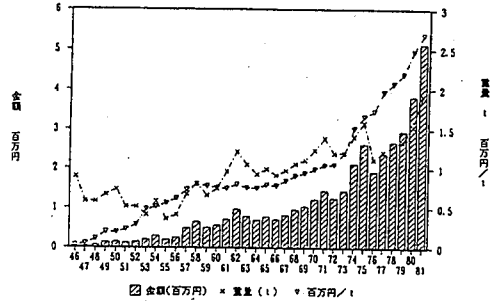


図4-1 工作機械の一台平均金額、重量と1トンあたりの金額

図4-2は、主要機種である旋盤、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤、研削盤、歯車機械の1トンあたりの金額の推移である。全体的にみれば、70年の初頭に大きな変化が見られる。

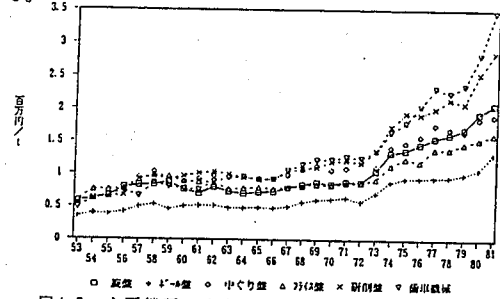


図4-2 主要機種の1トンあたりの金額の推移

4-4. 評価指標からみた時代区分

以上のような歴史的变化を発展的に整理すると次のようになる。50年代前半はボール盤製作を中心に、50年代後半は普通旋盤が中心、60年代前半は各種の汎用機が中心、60年代後半は汎用精密機が中心、70年代前半は汎用精密機と中小型のNC工作機械が中心、後半はNC旋盤とマシニングセンタが中心という変化がみてとれる。

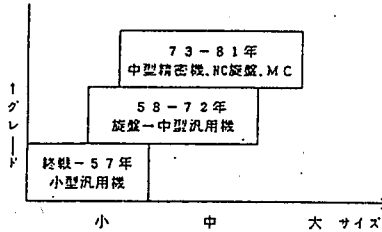


図4-3 グレードによる時代区分(時代区分3)

以上から、発展史を概観してみると50年代はグレードの低い、小型汎用機、60年代からグレードが上がって、前半の普通旋盤を中心とする汎用機、後半の中型・汎用精密機、70年代からグレードが相対的に高い、前半の中小型NC機、後半のNC旋盤とマシニングセンタへ推移したことがわかる。図4-3。この発展段階を時代区分3とする。

第5章 技術発展から見た工作機械技術の歴史区分

## 技術文化論叢

### 5-1. 技術発展の歴史区分

以上、戦後日本の工作機械の発展をそれぞれ異なる視点から、発展過程を分析してみた。これらの異なる視点から行った時代区分1、2、3を総合してみる。

すなわち、工作機械の機種別の発展構造を基底に、工作機械の設計技術と生産技術のレベル変化など時代の全体的技術水準の視点から戦後日本の工作機械技術の発展構造を、時代区分してみると、次のような区分が導き出せる。

- 第1期：中古機時代（終戦-1951）
- 第2期：輸入機時代（1952-55）
- 第3期：普通旋盤発展時代（1956-61）
- 第4期：中型・汎用機時代（1962-66）
- 第5期：NC化時代（1967-74）
- 第6期：NC機、MCの輸出時代（1975-81）

### 5-2. 各時代の特徴

#### 第6章 戦後日本工作機械技術発展の特徴

##### 6-1. 輸入工作機械の位置

戦後日本の工作機械の国産、輸出、輸入の一台当たり金額を求めると、輸出の中心は低価格機で、輸入の中心はその約10倍の高額機械ということがわかる。図6-1は、工作機械における国産、輸入、輸出機の一台中の平均金額を表すものである。国産機は70年代の初頭までに徐々に上がったが、それ以降急速に上昇してきた。輸出は中小型汎用機を主としたので、平均金額は少し上がっても全体的に低かった。輸入の中心は高額機械であった。67、72、年の時点で輸入の平均金額が上がったこともあるが、それは、輸入機種や、投資意向、景気と関連していると思われる。70年代の半ばから、大量の中小型汎用機と高価機種の両極端の輸入で輸入平均が低くなった。これら的高額輸入機は、工作機械メーカーにとって、工作機械を製造するマザーマシンとして使われている。

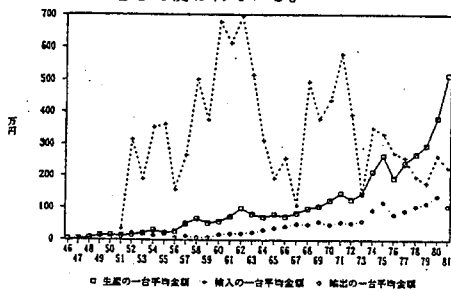


図6-1 国産、輸入、輸出機の一台中の平均金額

##### 6-2. 導入技術の構造

技術導入は、81年までに、工作機械技術161件、工作機械の関連技術67件、総計228件に達した。工作機械の技術導入は技術提携（工作機械の設計図、ノウハウ、製作技術）という形で行われる。

工作機械の技術導入を時代別に分類すれば、輸入機時代には、汎用機の基本的な製作技術；普通旋盤発展時代には、汎用機的设计・製作法；NC化時代には、精密機やNC機の製作法；NC機、MCの輸出時代には、工作機械全般もしくは一部の製造ノウハウ技術を導入したというような時代の変化が見取れよう。対象機種別にみれば、旋盤は36件（前年が集中）、ボール盤は3件、フライス盤は10件、中ぐり盤は6件、平削り盤は1件、研削盤は36件（後半に集中）、歯車機械は3件、電解・放電加工機は8件、数値制御工作機械

は14件、マシニングセンタは12件となっていた。また、70年からは、工作機械の関連技術も導入され始めた。（NC工作機械用テープ作成のソフトウェア、数値制御装置など）。

工作機械の技術導入は日本の国内の工作機械の需要と輸出に適合する技術体系が形成された。その反映は、工作機械の依存度（生産金額+輸入金額-輸出金額）/生産金額の低減と輸出率（輸出金額/生産金額）の増加があげられる。図6-2は、戦後日本の工作機械の技術導入、輸入依存度と輸出率の関係を示すグラフである。

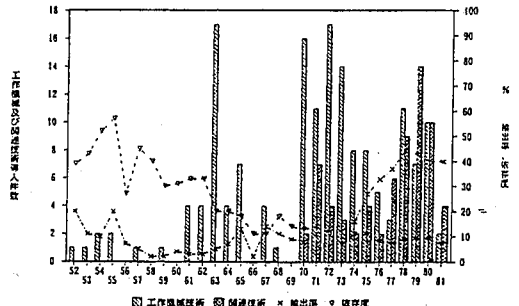


図6-2 技術導入件数、輸入率、輸出率の関連

##### 6-3. 日本のNC機発展の形態

工作機械の各機種においてNC化率は、70年まではあまり大きな差はなかった。ところが、その後、注目されるのは旋盤のNC化率が年を追うごとに急速に伸び始め、他機種にはみられない高い水準になったことである。一方、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤それぞれの機種におけるNC化のほか、これらの機種においては複合加工機化の方向の中でマシニングセンタとしてのNC化が急ピッチで進められた。そして日本の工作機械技術はNC旋盤とマシニングセンタを中心とする独自の技術構造を形成した。これはアメリカの高級機のNC化傾向などと異なっている。

##### 6-4. 日本技術の縮図としての工作機械

#### 第7章 結論

戦後の日本の工作機械の技術的な発展を促した要因を本論の結論として述べたい。

日本の工作機械の技術発展そのものについては、欧米からの輸入機をマザーマシンとして、導入技術を吸収しながら展開され、汎用機の量産を特徴とする過程であった。これが中小型汎用的なNC機の量産技術に発展させることになった。この技術的变化の過程は、生産機種や機型に反映されている。

70年代以降の輸入から輸出への転換の日本工作機械の発展の技術的要因は、NC化に求められよう。70年代は、労働力不足、とりわけ熟練工の不足が明かとなった時期である。特に機械工場の場合はより深刻であり、「省力化」が生産現場の重要な課題として意識された。こうした事情を背景に、70年から導入され始めていたNC工作機械が本格的な普及をみることとなった。

以上、日本の工作機械技術の発展の特徴をまとめると、一方では外国機をマザーマシンとしながら、他方では国内需要に適合する中、小型汎用機の生産体制を技術導入によって確立したこと、この路線上で、中型汎用機の旋盤NC化の量産体制を形成した。これが、戦後日本工作機械生産を飛躍させた道筋であり、また要因であったといえる。NC化は確かに輸出増加の大きな要因となったが、そのNC化も上述のような日本の特徴が内包されたままであった。