

第5章

日本，韓国，台湾の工作機械技術の特徴

伊 東 諄

はじめに

一言で工作機械といっても、そこには100を超える機種があり、これらすべてについて日本、韓国、ならびに台湾にみられる技術面の特徴を論じるとは容易ではない。しかし、現時点でビジネス・デザインを視野に入れて論じるとなれば、そこでは対象となる機種が自ずから限定されてくる。要するに、世界のもの作りの基地、あるいは世界一の工作機械の生産国といわれている日本ではあるが、この話は、すべての機種で成立するわけではなく、ある範疇の機種にのみ適用できるにすぎない。すなわち、日本が国際社会で優位性を誇っているのは、汎用のNC（Numerical Controlled）旋盤（ターニングセンタを含む）とマシニングセンタ（Machining Center: MC）という機種の領域においてのみである。また、韓国と台湾が生産している主力機種は、同じく汎用のNC旋盤とMCである。しかも、この汎用のNC旋盤とMCは、先発工業先進国や韓国、台湾のような後発工業先進国を中心に、国際的に民生品や一般工業製品などを産出するのに数多く使用されていて、工作機械の需要の大半は、これらの機種に集中している。したがって、現今の工作機械の花形であり、工作機械の生産（設計・製造）技術を論じる際には、常に話題の中心となってくる。

ここで、初めに現在の日本の工作機械産業が国際社会で置かれている状況

について触れておこう。留意すべきは、「日本は、技術的サンドイッチ状態に置かれている」と一言で表現できることである。すなわち、「頭」は、ベッド案内面研削盤⁽¹⁾や歯車研削盤⁽²⁾に代表される高級工作機械や在姿車輪旋盤⁽³⁾に代表される目的特化の高度化工作機械を生産するドイツに押さえられている。その一方、「足元」は、汎用のNC旋盤やMCを生産しているものの、技術的には劣位にあると信じてきた韓国や台湾、さらにはスペインに脅かされている。確かに、ドイツも汎用のNC旋盤とMCを生産しており、技術的にみれば日本の強敵ではあるが、例えば「構造設計に凝りすぎて商品化の面をないがしろにする」ような、これまでのドイツの製品開発態度や市場戦略など諸般の経緯により、汎用のNC旋盤やMCは、日本のお家芸と称してもよい状況にあった。ところが、最近における韓国およびスペイン製の汎用のNC旋盤やMCは、凄まじい勢いで国際市場に進出してきており、そこには安い価格に立脚した強い競争力という解釈では律しきれないものが認められる。要するに、急速な著しい技術力の向上にも裏付けられていると理解すべき兆候が散見される。別の表現をすれば、汎用のNC旋盤とMCと一言で表現しても、高級に属する機械は、日本、ドイツ、イタリアなど、その一方、普通クラスに属する機械は、韓国、台湾、スペイン、さらには中国大陆などという棲み分けが存在して、それなりに安泰であった図式が崩れつつある。すなわち、数年前までは、日本も普通クラスを商品として市場に供給することはできたが、現時点では普通クラスで韓国やスペインなどと競争するのは、価格的に非常に困難となっているほかに、高級の領域でも韓国の追い上げが技術面で厳しくなっている。例えば、韓国のWIA社は、ドイツのDMG (Deckel Maho Gildemeister) と日本の森精機を努力目標としている。このような、韓国と台湾の技術力の急速な向上は、最近、台湾の友嘉が数台のMCからなる直線流れ方式のFMSを日産台湾へ1セット納入したこと、また、韓国の大宇総合機械が中国東北部ハルピンにある東安自動車からシリンダーブロック加工ライン (14ステーションでU字形配置構成) を受注していることにも見受けられる。

以上のような状況を勘案すると、近未来の日本に好適なビジネス・デザインの構築に関わる議論に資するためには、この汎用のNC旋盤とMCを取り上げて、まず日本、韓国、ならびに台湾における技術の比較を行い、次いで技術面から想定される、日本の生残り策を提言するのが好都合であろう。ここで、以下の記述を理解いただく参考として、予め激変しつつある日本、韓国、ならびに台湾の工作機械技術の特徴を一言で表現すれば次のようになる。

“のちほど示すレーダ図の「製品の特徴」や「製品の種類」が各企業によりばらついていることにみられるように、韓国と台湾の企業は「日本を追い上げる戦略の策定に暗中模索中である」が、その一方、「追い上げられている日本は、暫定的に高級機へ逃げ込んだものの、安定した生残り策を暗中模索中」である。そして、このような不鮮明で不確定な戦略が、色濃く技術の現状にも反映している。”

第1節 日本、韓国ならびに台湾の工作機械技術

さて、汎用のNC旋盤とMCが対象となれば、これまでの数多くの研究から、そこには二つの代表的な生産様式が次のように存在することが指摘できる⁽⁴⁾。

- (1) 工作機械産業としては「多量生産方式」を採用して、「設計は社内で行う」ものの、「多くの部品加工は外注」、また、「部品・ユニットは広域調達」して、「社内で行う組立」を行う、いわゆる「外注優先・組立主導（生産）方式」。この場合、普通クラスと高級の機械が生産対象となる。
- (2) 工作機械の生産モルフロジー（市場調査、概念設計から製品検査、アフターセールス・サービスまでの一連の工程〈廃棄工程も含む〉）のほとんどすべてを社内で行い、高品質機や高級機を生産する、いわゆる「技術主導（生産）方式」。

ここで、前者は日本、また、後者はドイツの工作機械産業にみられる特徴

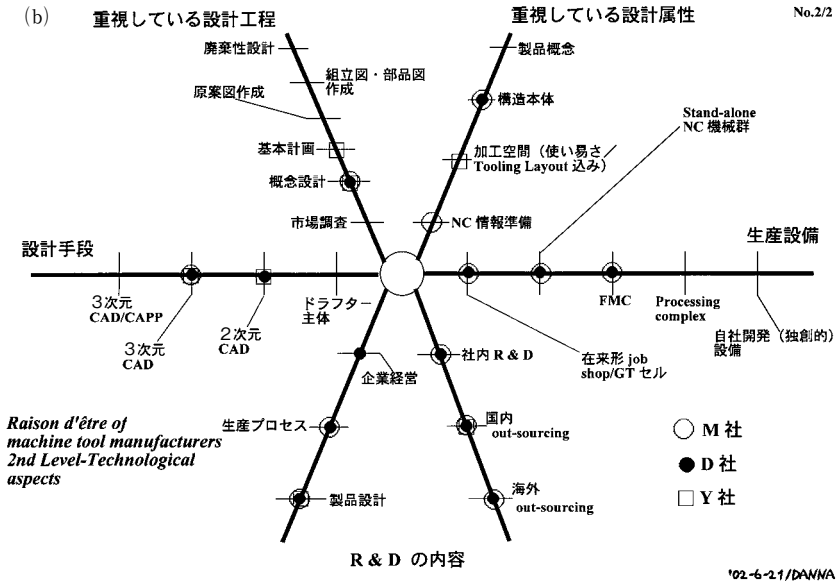
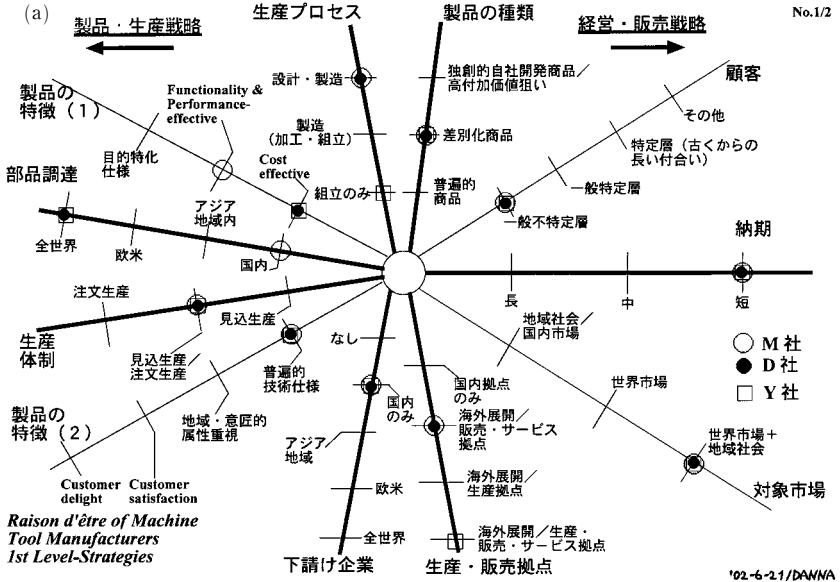
的な様相と一般的に認識されている⁽⁵⁾。したがって、日本の技術面の影響が非常に強い韓国では、前者の様相が色濃く認められ、その一方、多様性が強い台湾では両者が混在している。そこで、以下には、これらに留意して日本、韓国、ならびに台湾の技術について論じることにしたい。

第2節 外注優先・組立主導方式

まず、「外注優先・組立主導方式」は、普通クラスのNC旋盤やMCの生産に多用されていて、これに関わる代表的な企業と目される日本の森精機(M社)、韓国の大宇総合機械(D社)、ならびに台湾の友嘉(Y社)を比較するのが適当と考えられる。ちなみに、現今では、森精機は、高級機へ移行して競争力を強化すべく、生産態様を大幅に「技術主導方式」の路線へと転換している。しかし、大宇総合機械および友嘉は、依然として森精機を国際市場における競争相手と位置づけて、鋭意競争力の向上に努めている。ただし、大宇総合機械も、今後の戦略のひとつとして、「高硬度材加工技術を確立して金型産業への展開」を設定しており、そこには日本の後追いの体質がみられるものの、その一方、高級機の領域への挑戦も視野に入れている。

さて、図1(a)および(b)は、これら3社の経営・販売戦略、製品・生産戦略、ならびに、生産技術の概要を比較したレーダ図である。図からは、「設計と組立のみを社内で行い、加工はすべて外注して、世界規模のサプライチェーンで必要な部品とユニットを購入する」という生産体制で、しかも設計属性として「加工空間(使いやすさ)重視」としている友嘉の特徴的な様相が読み取れる。しかし、森精機と大宇総合機械の間には大きな違いは認められず、大宇総合機械の前述のような意気込みも無理ないところと判断される。なお、将来の戦略に係るR&Dでは、これまで汎用普通クラスのNC旋盤やMCを主力製品としてきたことの反映として、3社とも「国内アウトソーシング」の形で「製品設計」に注力している。ここで、より詳しく分析す

図1 「外注優先・組立主導方式」企業の戦略



(出所) 筆者作成。

表1 日本、韓国、台湾における「外注優先・組立主導方式」企業の戦略と技術の特徴

メーカー名	海外市場	納期	生産体制	部品調達	下請け企業	製品設計上の特徴
日本 M社	国内35% 欧米65%	2カ月	見込み 30~40% 注文 60~70%	国内 90%以上 欧米 10%以下	国内 のみ	加工技術と NCソフトウェアの革 新面で高級 機化
韓国 D社	国内70% 欧米30%	(CNC旋盤) 4カ月	見込み30% 注文70%	アジア30% 国内, 欧米: 残り	国内 のみ (100社)	重切削性, 耐久性
台湾 Y社	国内と欧米 (比率は不明)	1カ月	注文生産 (部品は見 込み生産, また, 見込 み購入)	国内, アジア 欧米	国内 のみ	使いやすさ を維持しな がら多様な 工作物への 対応性を強 化
参考 韓国 W社	国内と欧米 (比率は不明)	NC旋盤: 10日 大形NC旋盤: 20日 MC: 30~40日	見込み生産 100%	国内, 外	国内 のみ	高速加工用

(出所) 筆者作成。

るために、実地調査時に得た情報をもとにさらなる比較をしてみると、表1に示すようになり、次のような興味ある事実を指摘できる。

- (1) その生産様式から下請け企業は、重要な役割を果たすが、韓国のWIA(W社)も含めて、いずれの企業も下請けは国内の企業のみで構成している。
- (2) 製品設計上の特徴欄にみられるように、各社とも競合他社に対して「差別化」、あるいは「汎用高級機化」により競争力を強化しようとしている。ただし、当面のところは、汎用普通クラスの機械での競争のレベルにとどまり、「一般不特定層のユーザーからのオプション仕様への対

応」が鍵となっている。これは、月産120台以上の友嘉、また、ロットサイズが15台で年間アメリカへ1000台、イタリアへ700台も輸出している大宇総合機械が注文生産に注力していることに表れている。また、友嘉は、汎用普通クラスを狙った設計仕様を脱皮して、「使い易さを維持しながら、多様な工作物への対応性の強化」を差別化の方針としているが、社内に何らの加工設備がない現状では、その実現性には疑問符を呈さざるをえない。

- (3) 森精機は、オプション仕様対応の注文生産主体から、一歩先んじて次世代製品のひとつの概念である「ハードウェアへのノウハウの蓄積」の形で汎用高級機化を図りつつ、「技術主導」の路線へ市場戦略を変更中であるが、未だその途上にある。すなわち、トータルの視点からの「もの作り」を革新するために「ノウハウを蓄積」すべく、「大物および小物部品、板金部品などを内製化」している段階である。興味あるのは、ボールねじやカービックカップリングまで内製している⁽⁶⁾ことで、膨大な設備投資が行われている。これは、「膨大な設備投資に裏付けられた技術主導形」への転身と解釈できる。ここで、ユーザーのオプション仕様へこまめに対応する注文生産体制を維持しつつ、膨大な設備投資の回収を考えるとという図式を視野に入れて、別の表現をすれば、この路線は、「ハードウェアへのノウハウの蓄積という汎用高級 NC 旋盤や MC の多品種多量生産」への転身である。多品種少量生産を旨としてきた工作機械業界の常識からみれば、これは「汎用の高級 NC 旋盤や MC を多量生産により廉価でユーザーへ供給可能」という、今後の日本の生残り策を考える際に大きな転機となる、ひとつのモデルであろう。ちなみに、森精機の場合、五面加工機は30台ほど、直線流れ方式 FMC（フレキシブル生産セル：Flexible Manufacturing Cell）は15セット、パレットプール形 FMC は10セットを設備しているが、韓国の大宇総合機械は、大物部品のみを内製していることもあって、FMS（フレキシブル生産システム：Flexible Manufacturing System）は2セット（自社製 MC 4台で構成したもの

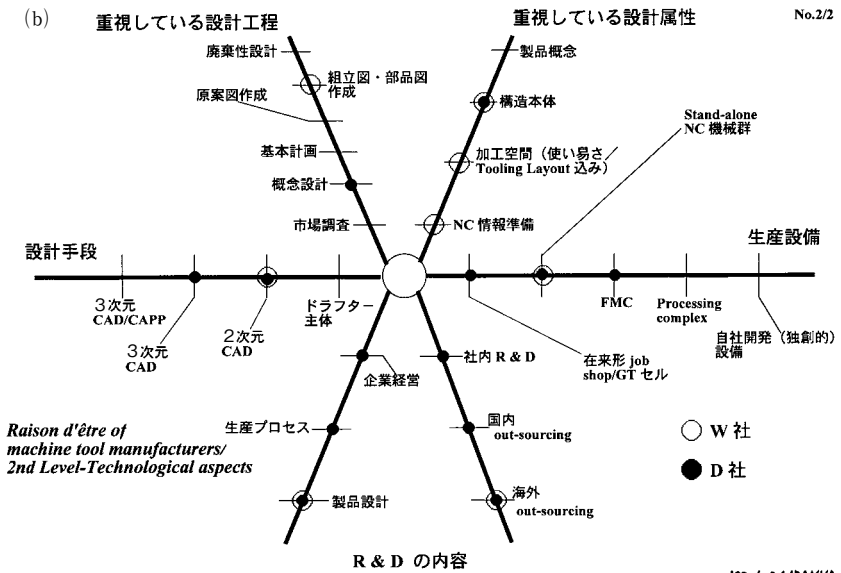
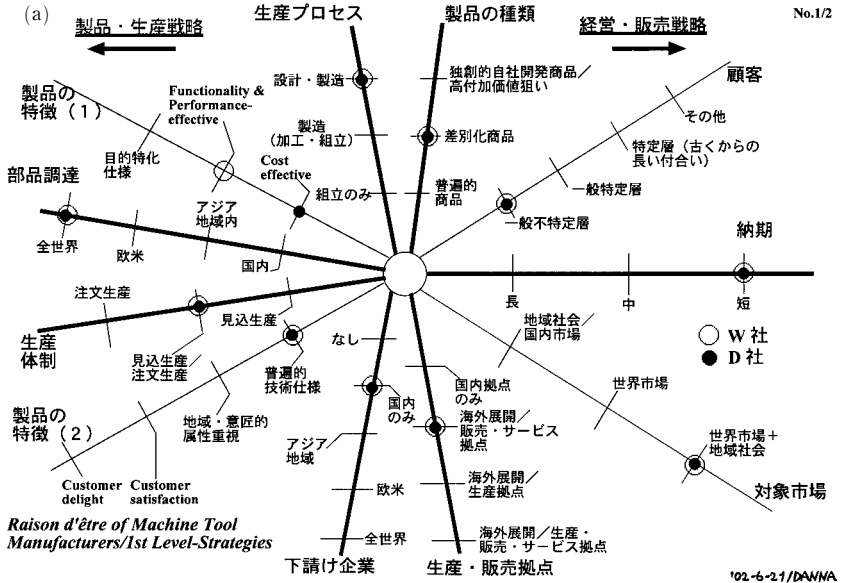
と自社製五面加工機3台からなる直線流れ方式のもの)、FMCは2セットにすぎない。

- (4) 韓国内では、同じような経営・販売戦略で競合しているのが、大宇総合機械とWIAであり、図2(a)および(b)には、これら両社の比較レーダ図を示してある。表1および図2にみられるように、WIAは台湾の友嘉、大宇総合機械は森精機に類似の生産態様である。とくに、WIAは、他社と同様に、「汎用普通クラスを生存圏」としているものの、「固定仕様の機械を極短納期で一般不特定層のユーザーへ」という戦略をとっている。その結果、「製品設計を外部依存、数多くの購入品の採用、ならびに組立主体」という友嘉に近い生産体制となっている。

ところで、追い上げの厳しい韓国の大宇総合機械と差別化して生き残るべく日本の森精機は、前述のように、大きな路線転換を行っている。同じような努力は、これまで「古くからの長い付き合いのある特定層のユーザー」を対象に、汎用高級MCの領域で実績をあげてきた日本のキタムラ機械(K社)および松浦機械(MU社)でも行われている。図3(a)および(b)は、森精機、キタムラ機械、ならびに松浦機械の比較レーダ図である。図中の重視している設計工程とR&Dの軸にみられるように、一言で「製品革新」と「プロセス革新」に重点を置いて、ドイツの得意としている「技術主導方式」の領域への転換を図っていると解釈できる。表2は、キタムラ機械および松浦機械の経営・販売戦略と製品・生産戦略を比較したもので、構造設計技術を重視していることが明白に示されている。ちなみに、両社の製品の特徴は、次のとおりである。

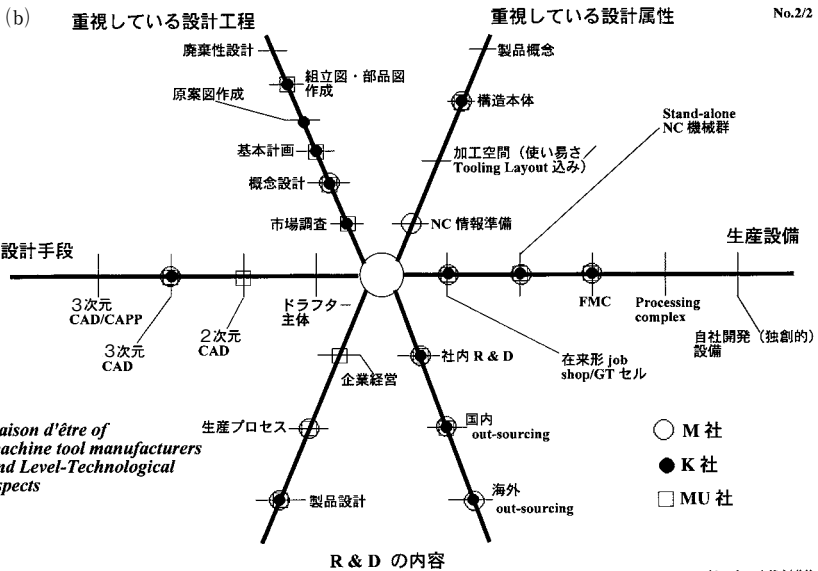
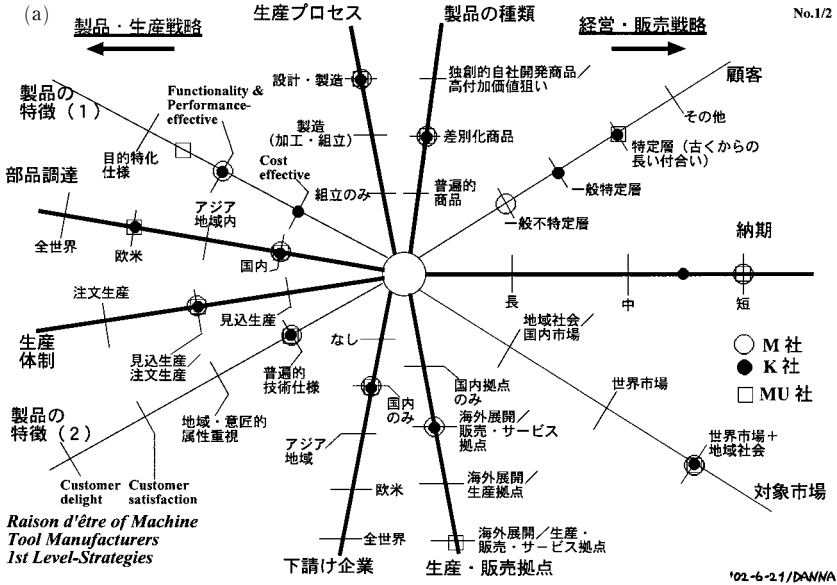
- (1) キタムラ機械の場合、ユーザーとしては医療機器メーカーが多く、経済的な精密部品を加工対象としている。
- (2) 松浦機械の場合、当面は5軸制御MCを主力製品として、将来的には「一個物生産体制で高品質機」を生産する方向である。

図2 韓国における「外注優先・組立主導方式」企業の戦略



(出所) 筆者作成。

図3 日本における「技術主導方式」へ転換中の企業の戦略



(出所) 筆者作成。

表2 日本で「技術主導方式」へ転換中の企業の戦略と技術の特徴

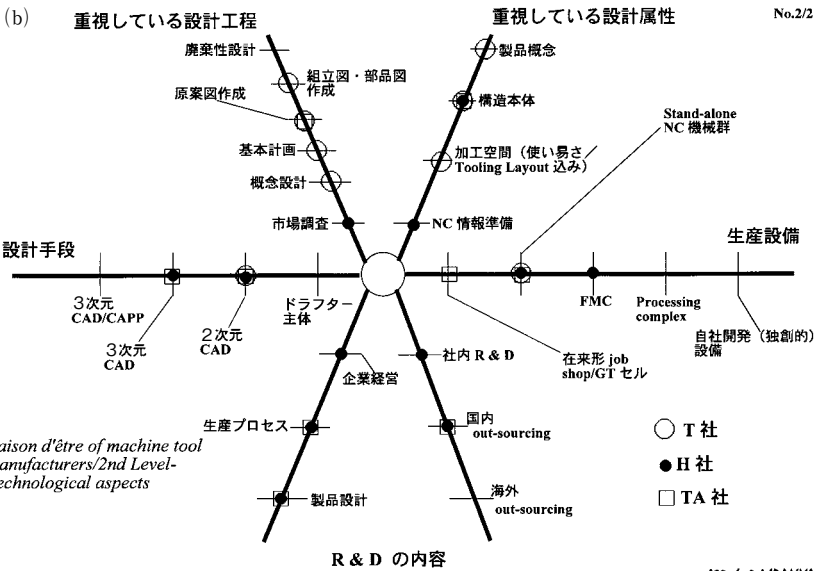
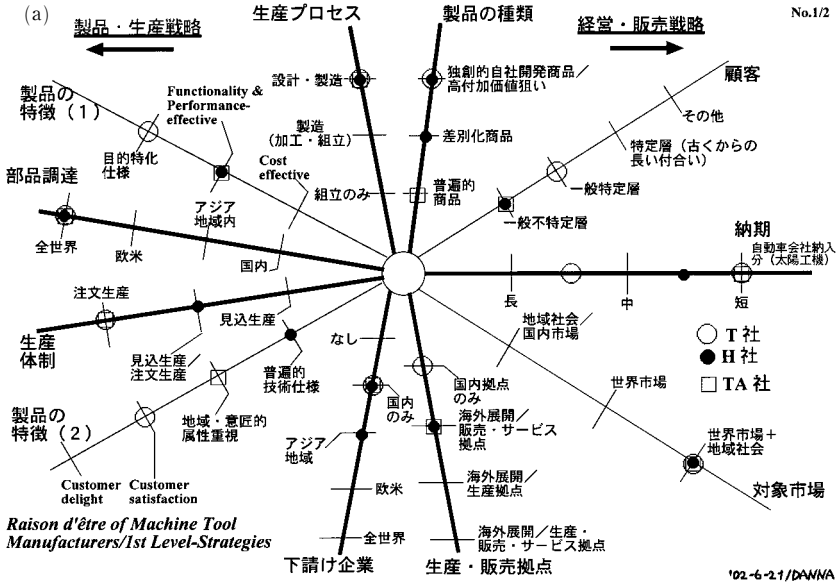
メーカー名	海外市場	納期	生産体制	部品調達	下請け企業	製品設計上の特徴
日本 K 社	国内25% 欧米75% (72カ国) *Rollce Royce社へピストン加工用 MC / Mercedes Benz社へエンジン加工ライン用 MC を納入	3 ~ 4 カ月	見込み50% 注文50%	国内50% 欧米50%	国内のみ (40社)	ギアド軸で高速度域 / きさげ仕上げ重視, すべり案内重視 (ターカイト貼付け, 15 / 坪, 小形のみリニヤガイドを使用) / 小さな経年変化
日本 MU 社	国内28% 北米40% 欧州30% アジア2%	2 ~ 3 カ月	見込み (北米向け) と注文生産 (欧州と国内向け) ※見込み生産もオプション仕様が多い	国内90% 欧米10%	国内のみ (主として30 ~ 40社)	高速化・高精度化 (独自開発の高速軸: 15,000r.p.m. で軸の振れは1 μm) 当面は, 大物部品, 小物部品とも内製化でプロセス革新 (ノウハウの蓄積)

(出所) 筆者作成。

第3節 技術主導方式

技術主導方式の場合には, 一般的に, 「製品の特徴」と「製品の種類」に差が認められるので, それを検証するために, 図4(a)および(b)には, 日本の太陽工機 (T社), 韓国の貨泉機工 (H社), ならびに台湾の大立機器 (TA社) を比較したレーダ図を, また, 表3にはレーダ図より詳細な, 更なる情報を

図4 日本・韓国・台湾における「技術主導方式」企業の特徴的な様相



(出所) 筆者作成。

表3 技術主導方式の企業における経営・販売戦略、製品・生産戦略、ならびに技術の比較

メーカー名	海外市場	納期	生産体制	部品調達	下請け企業	製品設計上の特徴
日本 T社	国内、外 (比率は不明)	(複合NC研削盤) 6カ月 *自動車会社向けは非常に短い	注文生産 100%	国内90% 革新的中核部品は、ドイツ、スイスから4～8%、コスト低減用は台湾(ボールねじ)2%	国内のみ	ベッド、ベースのみ社内加工(オークマ、森精機製MCを使用)
韓国 H社	国内80% (プラスチック射出成形金型加工用) 欧州20%	(MCおよびNC旋盤) 3～4カ月	見込み80% 注文20%	国内、外 (ボールねじ: STAR社, 主軸受: 日本精工, 東洋ベアリング) クーラ, 油圧部品, 電装品 (LG)	国内(加工, 組立)設計を一部日本へ外注	当面は「金型加工用」へ特化
台湾 TA社	国内、外 (インド, フィンランド, 中国大陸, アメリカなど)	1カ月半 (月産45台)	注文生産 100%	国内、外 (ボールねじ: THK, 主軸受: 日本精工, 東洋ベアリング) 注: 部品点数の40%を購入(国産15%, 外国産25%)	国内のみ (部品加工, 板金カバー設計)	金型加工用高速MCへ開発方向を設定 品質を重視 ※合金鋼案内面と普通鑄鉄の融合 鑄物ベース 主軸頭八面拘束案内 三角セル構造ベース
参考台湾 TK社	国内、外 (比率は不明)	3軸制御NC旋盤: 2週間	見込み・注文生産(事前準備生産: 常時70%完成で在庫)	国内(鑄物, 板金, ボールねじ) 日本(リニアガイド, 大形主軸受)	国内のみ (105社)	一体鑄造ベッド/ボールねじブラケットの大物部品との一体化

(出所) 筆者作成。

表4 日本の「技術主導方式」企業における部品調達先

メーカー名	製品名と特徴	部品調達先		技術の特徴
		国内	国外	
日本 T社	NC 複合研削盤 製品概念重視 の設計 Studer 社 の 代 替機の地位確 保へ	主軸受 (日本精工, 東 洋ベアリング)	ローラリニアガイド (ス イス, Schöenberg 社) 内面研削主軸 (GMN 型, Paul Müller 社) 転がり軸受用ナット (FKD 社)	加工精度は, 機械に 依存, 組立ては, 熟 練技能に依存 大物部品のみ社内加 工 ※ 結果として, Customer Satisfaction へ
日本 YA 社	MC 注文生産 (一個物生産) ※年商80億円	カービック カップリング (中小形機用) 鋼板溶接ベース ミーハナイト 鋳鉄製ベース	小寸法・形状の案内面 用貼付け鋼板 (英国) 案内面材料 (SKC-3, ドイツ) 転がり軸受用ナット (FKD 社)	きさげ仕上げによる 精度の確保 (かつて は, 25/坪, 現在は 15位/坪) きめ細かい熱変形対 策

(出所) 筆者作成。

示してある。ここで、日本の太陽工機の場合には、生産品目がNC複合研削盤⁽⁷⁾であり、議論の対象となっている汎用のNC旋盤やMCではないが、技術主導方式の特徴がよく表れているので取り上げている。

さて、太陽工機の場合、レーダ図でも特徴的な様相が認められ、例えばR&Dは皆無であり、典型的な「設計技術主導形」である。そこには、戦略的な生産対象機種を選定と同時に、国際規模のサプライチェーンで入手可能な革新的な中核部品を有効に活かした設計を前提とする「高付加価値の工作機械」の生産体制が特徴として浮き彫りにされている。その一方、コスト削減のために台湾製のボールねじを採用している。ここで、太陽工機的设计・製造面の特徴や革新的な中核部品の購入状況を、同じく技術主導形でMCを生産して安田工業(YA社)と比較したものを表4に示しておく。表に同時に示すように、熟練技能、例えばきさげ⁽⁸⁾に大きく依存した製造工程は、両社に共通している。ちなみに、安田工業の場合、コラム⁽⁹⁾に設けられ

た「主軸クイル¹⁰⁾端部の接触部」と「コラム前面案内面」間の平行度、また、「前面案内面」と「リニアローラガイド¹¹⁾を装着する側面案内面」との直角度の確保は、きさげ仕上げで行っている。さらに、重要で興味あるのは、両社とも「FKD社製のころがり軸受用ナット¹²⁾」を購入して、使用していることである。ころがり軸受用ナットは、軸受を固定すると同時に、軸受に予圧を与えるための小さな部品であり、これを外国に依存していることは、日本の工作機械メーカーの技術的な弱点を如実に示している。ちなみに、日本製のころがり軸受用ナットでも、両端面は研削仕上げを行い、ねじ部と端面の直角度には十分に配慮しているが、それでもナットを締めるにしたがって、直径が100ミリメートルもあるような主軸ですら曲り変形を示す。要するに、「秒のオーダー」で問題となる直角度の確保が十分ではなく、ドイツ製に頼らざるをえない。問題は、このような主軸の曲り現象の存在は、日本でも1950年代から周知の事実であるにもかかわらず、依然として満足できる国産品が供給されないことである。

このように、技術主導形の要点は、「重視する設計属性と設計仕様の戦略的策定」、ならびに「購入する革新的部品群の特徴を活かす設計」であろう。

ここで、図4および表4から更なる興味ある事実が次のように得られる。

- (1) 技術主導形の路線は、「太陽工機にみられるように、長い納期でも競争力を維持しうること」、「独創的自社開発製品」、「目的特化仕様の製品」、「Customer Satisfactionを期待できる製品」などのキーワードの組み合わせで表現できる。
- (2) 技術主導形製品の生産は、「A Kind of Production」、あるいは「一個物生産方式」に帰着して、必然的に注文生産となる。
- (3) 上述のようなことを考慮すると、
 - (a) 韓国の貨泉機工は、目標としている製品概念は技術主導形へ移行しつつあるが、未だ汎用普通クラスのNC旋盤およびMCを主力製品としているレベルにとどまっている、また、
 - (b) ユーザーに金型業と町工場が多い台湾の大立機器は、同じく意匠設

計や構造設計に注力して、技術主導へ脱皮中であるが、未だ転換は十分ではない。なお、部品点数の40%も購入しているので、日本の太陽工機に近い路線へ向かえば、かなりの成果を将来的に期待できるであろう。

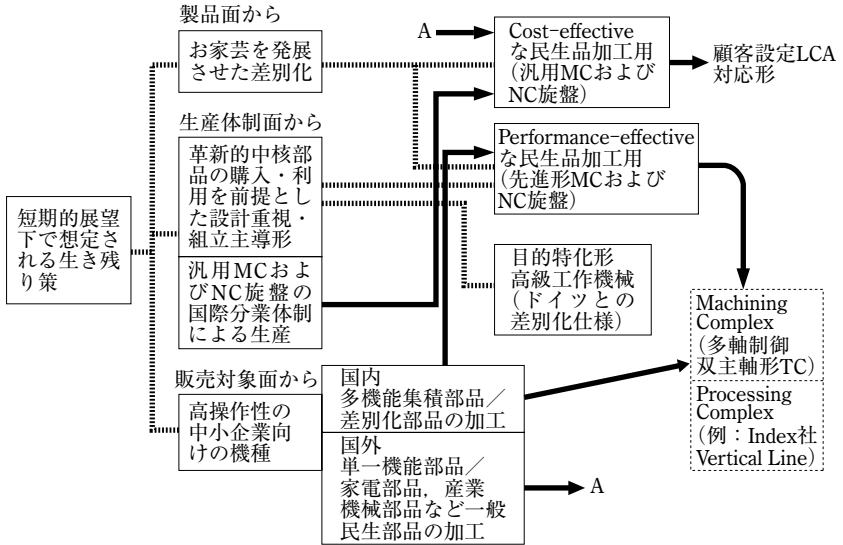
- (4) 台湾の台湾瀧澤（TK社）は、友嘉と大立機器の中間に位置していて、これは、台湾の工作機械メーカーの多様性を顕著に示すものである。

第4節 汎用NC旋盤およびMCの領域で想定される生き残り策 ——日本の工作機械メーカーのビジネス・デザインへの示唆——

さて、以上のような複雑化、また、錯綜しつつ厳しい環境を考えた場合でも、日本の工作機械メーカーとしては、当面のところは現在の生存圏で生残りを図ることになろう。すなわち、ハードウェアとソフトウェア技術を巧みに融合させ、お家芸としてきた汎用のNC旋盤やMCの領域での世界制覇の戦略を強化する方向である。ただし、日本の優位性が崩れつつあるので、当然ではあるが、製品概念、生産技術、生産体制、販売戦略、企業経営戦略などの色々な面で顕著な差別化をせねばならない。しかし、いくらお家芸でも、汎用のMCやNC旋盤を主要な生産対象とする戦略に固執しては、「韓国や台湾が同じCADやCAEシステムを使用、また、同じような加工・組立設備などを設置し、世界規模のサプライチェーンから部品やユニットを購入して同じ機種を生産する図式のもとでは、コスト競争に陥り、日本のメーカーが差別化を図るのはかなり難しい」といわざるをえない。

さて、それでは汎用のMCやNC旋盤に対して生残り策はどのようなのであろうか。ここでは、いくつかの姿を図5に示すように提案しておきたい¹³⁾。なお、図では、生産すべき機種、生産体制、販売政策などの色々な側面から想定される姿を示してあるが、前述のような複雑な状況のために、かなり錯綜した相関関係となっている点に留意いただきたい。

図5 汎用NC旋盤およびMCの領域で想定される近未来の姿



(出所) 筆者作成。

1. Cost-effective を主導因子とする 普通クラスの民生品加工用工作機械

この路線では、安い販売価格とそれに見合う寸法・性能仕様を具備しつつある韓国製への対抗という、日本の工作機械メーカーにとって厳しい条件を克服せねばならない。したがって、そこには、次のような差別化が必要、不可欠であろう。

(1) 顧客設定 LCA (Life Cycle Assessment) 対応モジュラー構成¹⁴⁾による顧客の希求への対応第一主義という機種——この機種では、顧客が使用中の場所で随時部品やユニットを交換し、機械の性能や品質を好きなように更新、維持するほかに、機械の寿命も自分で決められる。

(2) 水平分業による地域対応形——これは、韓国や台湾と競争するのではなく、協業体制で、お互いに節度ある利益を得ることを図る方向である。すなわち、現在の日本の海外生産では垂直分業が多いのに対して、設計や製造

を国際的に水平分業して、こまめに各地域の要求仕様へ対応しようとするものである。

2. 中小企業への導入容易な機種

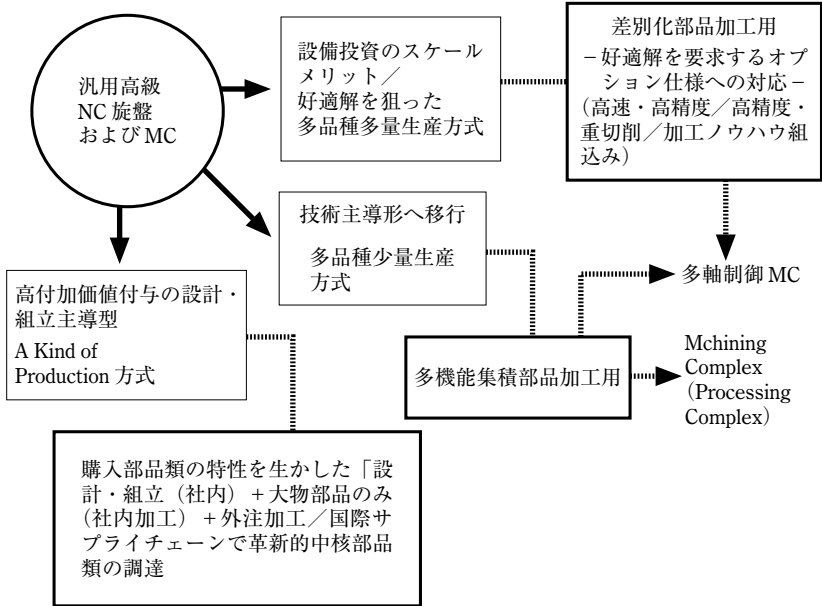
国内空洞化と喧伝されているなかでも、(1)ビール缶の左右非対称であるブルトップの部分加工する金型（密閉状態の確保、開け易さ、内側折込みによる安全性の確保など）に代表される多機能集積部品、ならびに(2)医療機器部品や高精度スタブねじ^⑤部を有する難削材部品のような付加価値の高いものを生産している中小企業は、日本の国内で活躍している。また、(3)例えば、カークレー用ポンプの斜板加工ラインのような、特徴ある部品や製品を産み出す仕組みを設備、あるいは(4)親企業の死命を制する技術、いわゆる「一芸」を保有している中小企業の場合にも、国内空洞化は無縁の言葉である。

そして、これら中小企業では、NC情報のほかに工程設計や会計処理まで含むNCソフトウェアパッケージを組み込んで操作性をより高める機種が期待されるであろう。

3. 設計・組立主導で高付加価値化を図る機種

これは、革新的な機能・性能を有する中核部品やユニットを主としてドイツやスイスから購入して、それら部品やユニットの適切な利用を前提とする設計のもとに、組立主導で「高付加価値」の工作機械を生産する方向である。これにより、専門特化した顧客への販売を考えた、ある意味で「ドイツの領域への浸透」を図ることが可能である。このような機種の代表としては、リニア案内面や研削主軸を輸入して生産されている太陽工機の高精度NC複合研削盤をあげることができる。

図6 生産方式からみた汎用 NC 旋盤および MC の展開すべき方向



(出所) 筆者作成。

4. 多機能集積形部品を加工する機種

一般的には、一つの部品は一つの機能を有するという「単一機能部品」であるが、メカトロニクスや薄膜技術などの進展とともに、一つの部品に多機能を具備するという「多機能集積形部品」が出現している。この多機能集積部品は、前述のように、日本の国内空洞化を防止するひとつの特効薬とも考えられ、その加工に対応できるのが「Machining Complex」と称すべき機種である。この Machining Complex は、一般的に「複合加工機」(双主軸ターニングセンタ)と呼ばれ、二つの対向配置された主軸台と一つのタレット刃物台⁶⁾、あるいは複数のタレット刃物台から成り、6～8軸制御機能を有している。この機種によれば、旋削加工とフライス加工の組み合わせのような

複合加工は当然として、背面加工や口移し加工⁽¹⁷⁾、さらには簡単な組立などがコンパクトな加工空間で行える。なお、Island 自動化⁽¹⁸⁾の概念に基づいたセルの核として Machining Complex を配置すれば、それは大企業の工場をコンパクト化する方向となる。そこで、この機種は、とくに自動車部品産業で注目されていると仄聞している。

ところで、以上の議論では、近未来に取り組むべき機種を主体に議論を進めているので、ビジネス・デザインの構築により適した分析も必要であろう。そこで、生産方式に重点を置いて考察を進めた結果を図6に示す。この場合は、多品種少量生産が常識的である工作機械メーカーではあるが、あえて「設備投資のスケール・メリットを狙った多品種多量生産」を望ましい概念のひとつとしている。この概念は、前述のように、日本の森精機の路線転換から想出したものであり、近未来に国際市場で競争が激化するであろう汎用の高級NC旋盤とMCに対して即効薬的な効果が期待できるであろう。すなわち、差別化部品を加工して生残りを図る一般不特定層のユーザーからのオプション仕様にこまめに対応できる、Cost effectiveな汎用の高級NC旋盤やMCを、膨大な設備投資が回収できるレベルで多量に生産して他のメーカーと差別化を図ることになる。ただし、この概念に適する設計技術については、一考を要するであろう。ここで、図6中の残りの二つは、図5に示した「多機能集積部品加工用」と「目的特化形高級工作機械」と同じであり、いずれも「多品種少量生産」、もしくは「A Kind of Production」（一個物生産を含む）方式で生産されるであろう。

〔注〕 _____

- (1) ベッド案内面研削盤：工作機械の一機種。「マザーマシン」、あるいは「機械を作る機械」と呼ばれる工作機械では、いくつかの基準となる運動軸、例えば(X, Y, Z)の直交座標軸を設け、軸方向の直線運動とそれらの軸廻りの回転運動(A, B, C)の組み合わせで必要な形状創成運動を実現して部品を加工する。したがって、基準となる軸に関わる運動精度(案内精度と呼ぶ)を要求される部品の加工精度以上に良くする必要がある。ベッド案内面研削

盤は、直線運動に関わる基準面（案内面と呼ぶ）を専門に研削加工する機種。ドイツ製が世界を席巻している。なお、一般向けに分かりやすく解説している工作機械の書としては、伊東諄『テクノライフ選書 機械をつくる機械』、同『テクノライフ選書 乗り物をつくる機械』（いずれもオーム社、1998年）がある。

- (2) 歯車研削盤：使用量が減少しつつあるとはいっても、歯車は産業の多くの分野で使用されている。それら用途のなかには、歯車の強度の増加や長寿命化などのために、焼入れ処理を施されるものがある。焼入れ処理は、歯車の歯の部分成形を、いわゆる歯切り加工を行った後に施されるが、焼入れ処理を受けた歯車は、熱による変形を生じて歯切り加工で得られた精度より精度が低下する。そこで、歯車をより高精度へと品質向上させるために研削加工を行う機種。アメリカ製とドイツ製が世界を席巻している。
- (3) 在姿車輪旋盤：新幹線や近郊電車、あるいは電気機関車などの車輪は、長く使用していると摩滅や変形を生じ、その結果、乗り心地が悪くなったり、最悪の場合には脱線したりすることがある。そこで、ある時間間隔で車輪を丸く削りなおす作業が必要であり、この作業の際に、車両を分解して車輪部分のみとして削りなおすのが一般的な車輪旋盤である。この車輪旋盤のなかには、とくに車両を分解することなく車輪を削りなおせる機種があり、これを「在姿」形と呼んでいる。
- (4) E. F. Moritz and Y. Ito, "Computer Aided Production Management/Innovation and Design - Compatibility of Technical Problem Solving Patterns in Japan and Germany," in *Proc. of 6th Inter. Conf. on Computer-Aided Production Engineering*, Univ. of Edinburgh/Royal Society, London, 1990, pp. 11-18.
- (5) 同上。
- (6) ボールねじやカービックカップリングまで内製：工作機械を構成する部品やユニットは、(1)社内で生産するもの（内製部品）、(2)購入部品、ならびに(3)規格部品に大別される。これらのうち、規格部品は、例外なく購入されるといっても過言ではない。また、購入部品の場合には、専門メーカーが存在して内製するより安く、品質のよいものを迅速に供給してくれることが多い。工作機械メーカーにとって、ボールねじやカービックカップリングは、購入部品の代表的な存在であり、これらを内製するとなると、「そこには特段の意味合い」のある場合が普通である。
- (7) NC 複合研削盤：研削盤には、「円筒研削盤」（部品の円筒部分を研削）、「内面研削盤」（穴を研削。多くの場合に部品の端面も研削）、「平面研削盤」（平面を研削）などの機種がある。このように機種別になっている加工を1台の機械で行う場合、それを「複合形」と呼ぶ。すなわち、多種多様な加工を1台で行えるように、加工機能を集積した機種。したがって、1台で切削と研

削を行う機種も「複合形」である。

- (8) きさげ：機械加工では、一般的に、使用される工作機械の固有精度以上の高い精度を有する部品は加工できない。そこで、「きさげ」（平面加工用と曲面加工用があり、曲面加工用は、現場用語で「笹っば」と呼ぶ）と称する手作業用の切削工具を用いて、より高い精度を得るべく、「定盤を用いた摺り合せ作業」を基にする手仕上げ加工、すなわち「きさげ仕上げ」を行う。代表的な加工例は、工作機械の「すべり案内面」（鋳鉄製）であり、その標準的な加工手順は次のとおり。まず、基準となる「摺り合わせ定盤に光明丹（赤橙色の粉）」を油で溶いたものを薄く塗り、定盤と加工すべき部品の面を摺り合わせて（「当たりをとる」と称する）、部品の細かな凸部に赤橙色を転写して（赤当たり）、それを「きさげ」で削り取る。この作業は、「荒削りのきさげ仕上げ」と呼ばれ、これを繰り返した後に、逆に部品に光明丹を塗り、摺り合わせ定盤と部品を摺り合わせて部品の微細な凸部の光明丹を取り去ることによって当たり（黒当たり）をとって「仕上げ削りのきさげ加工」を続け、非常に精度の高い面を作り出す。黒当たりでは、1回のきさげ加工で削り取られる量は、 μm 以下である。また、きさげ面の品質は、「坪当たり（1インチ平方あたりの定盤との微小な接触店の数）で表現していて、一般的に見受けられるマシニングセンタのすべり案内面では、10～15位である。坪当たり30以上になると、材料を構成する結晶が時間の経過とともに微妙に変形するために、年単位で結晶粒の動きを捉えて「きさげ仕上げ」を行う必要があり、高度に熟練した「きさげ工」のなかでも、本当に数少ない人のみが加工可能である。「きさげ仕上げ」は、熟練技術の代表であるので、さらに勉強されたい向きは、次の書を参照されたい。渡子健一・西本左爾『加工技術シリーズ 手仕上げ作業』産業図書、1961年。
- (9) コラム：工作機械の骨格をなす構造構成部品（大物部品）のひとつ。ピルの柱のような形状で、ベッドやベースとともに機械の基盤を構成して、形状創成運動を行うテーブルのような移動体を支える役目を果たす。
- (10) 主軸クイル：円筒形状の大物部品（正確にはユニットと称すべきもの）であり、内部に主軸およびそれを支える軸受、油漏れ防止機構など、また、場合によってはビルトイン（組込み式）の形で主軸駆動電動機が組み込まれている。主軸頭に組み込まれて使用されることが多く、組立の簡便化や保全の容易さなどの観点から広く使用されている。
- (11) リニアローラガイド：工作機械の案内面の一形式である「ころがり案内面」を構成する、ころがり軸受を直線状に展開した機械要素部品。工作機械で形状創成運動を行うユニット（大物部品）、例えばテーブルを案内面に沿って、滑らかに、摩擦抵抗が小さい状態で、かつ正しく直線運動を行わせる。案内面と移動する物体の間に、摩擦抵抗を小さくできるローラを導入させている。

なお、ローラの代わりにボールを用いたリニアボールガイドもあるが、ローラを用いた方式の方が「大きな外部荷重」に耐えて「良い仕上げ面の部品」を加工しやすい。他の形式である「すべり案内面」の場合には、その製造に際して「きざげ仕上げ」に頼るところが多いが、リニアローラガイドは、専門メーカーから購入して組み付けるのみで機能を発揮するので、組立作業の容易化に役立っている。ある意味で「熟練技能を代替した機械要素部品」といえる。

- (12) 「FKD 社製のころがり軸受用ナット」：本文中にも触れているように、「ねじ部とナット端面の直角度の良さ」が、ころがり軸受用ナットの生命であり、この要求に応えられるナットは、現状ではFKD社製のみであろう。付言すれば、この問題に対しては、「ステップドスリーブ」, 「鬼子目ねじ使用方式」, 「止めねじを斜めに設ける方式」(世界的な軸受メーカーであるスエーデンのSKF社の提案で商品名はKMT-Cナット) など色々な考案がなされている。
- (13) 伊東誼「日本の工作機械産業が歩むべき道—現今の厳しい状況を克服して如何に生き残るか—」(『機械と工具』2002年11月号) 1～4ページ。
- (14) モジュール構成：1930年代後半にドイツで提唱され、現在でも普遍的な工作機械の構造構成方法。古くはBBS (Building Block System, 和訳は積木式構成法) と呼ばれ、字義どおりに、一群のモジュールを用意して、それらモジュールの組み合わせを換えることにより、多様な形式および機種的工作機械を構成する。モジュールとしては、「特定の機能、寸法・形状、性能などを有する構造単位」が選ばれるが、多くの場合には「ユニット」がモジュールとして選定される。これは、一台の工作機械を設計する際に、ユニットごとに担当者を決め、それらを設計主務が統括することが普遍的なことにもよっている。なお、NC工作機械の成熟化が進みつつある現今では、モジュール構成も変貌しつつあるものの、それらを体系化した専門書は皆無に等しい。参考になる書としては、工作機械の設計技術としてモジュール構成があるレベルまで確立された1980年代までをまとめた次の書がある。伊東誼「工作機械のモジュール構成」(伊東誼編『最近の工作機械技術』マシニスト出版, 1980年) 43～54ページ。
- (15) スタブねじ：ねじの寸法や形状、精度などは国際的な規格 (IS) で決められているが、ねじを締めこんでねじ山に荷重が作用したときには、ねじ山の頂部の方が変形しやすく、ねじの締結性能を低下させることがある。そこで、規格からは逸脱するが、ねじ山を少し削り、低くしたねじ。
- (16) タレット刃物台：工作機械の主要な構成要素のひとつ。部品の加工に必要な切削、あるいは研削工具を数多く装着するためのユニットであり、一般的には、六角形、あるいは八角形をした円板、あるいは円筒形状。部品の形状創成に際して、必要に応じて所要の切削、あるいは研削工具が加工位置に割

り出される機構を有している。

- (17) 口移し加工：主軸が2本ある機種（双主軸形）でチャックに部品を把持して加工する場合（チャック加工）に、一つの主軸側で所定の加工が終了した部品をもう一つの主軸に装備されたチャックへ移送し、把持させて、残りの加工を行うこと。チャックから他のチャックへ加工すべき部品を手渡す形となるので、現場用語で「口移し」と称する。
- (18) Island 自動化：このシステム概念は、ドイツ、Fritz Wener 社が提唱した「FML」（Flexible Machining Line）に基づくもので、加工処理の要となる設備は、例えば一群のフレキシブル加工セルで高度に自動化するもの、セル間は人間が工作物や生産処理情報などを搬送する。これにより、作業者の働き甲斐の増進や智恵の積極的な利用などを図ろうとするシステム概念。なお、1980年代にも Island Automation と呼ばれる工場システムの自動化技術があったが、この場合には、「高度自動化のみ」が目標であった。