

## 「モノづくりを支える工作機械の動向—生産，市場，技術」

広田 紘一 氏  
(千葉経済大学)

(最初に、日本工作機械工業会作成のDVDを視聴)

### 1. 工作機械産業の特徴

戦後の工作機械産業は主に自動車産業とともに発展し、現在では約3割が自動車産業で使われている。もちろん、電気機械、精密機械、一般機械（金型含む）でも用いられているが、その最終用途は自動車に行き着くものもあり、これらを加えると、約半分が自動車関連で用いられていると推定される。

工作機械とは、旋盤、ボール盤、フライス盤などに代表される。金属材料を工具で切削し、所要の形状に加工することを目的としており、ここでは日本の工業分類に従い、「切削型工作機械」を工作機械と呼んでいる（ただし、国により基準が異なり、成形機械を含む国も多数ある）。別名「マザーマシン」、モノづくり産業のなかで基盤産業であり、工作機械と金型が「要」の産業である。工作機械と工具、金型、ソフトウェア、素材の開発が螺旋状に絡み合いながら発展を続けてきた。経済学の分類では、しばしば生産財と間違われるが資本財である。

日本は1982年以來、工作機械生産額のトップに立ってきた。時代を遡ると日本の工作機械産業は、戦前には、工作機械技術、加工技術が欧米より大幅に遅れており、米国のビッグ3が関東大震災後に横浜や大阪へ工場進出し、日本企業が部品加工の指導を受ける等、大きな影響を受けた。その後、ビッグ3は軍部の圧力で米国へ引き上げるものの、米国人技術者が日本に帰化する例もあり、着々として基盤が築かれた。

戦後は日本の優秀なユーザーの厳しい要求のもとで発展をみた。NC工作機械は1952年に米国MITで航空機部品加工に向けた軍用に開

発された。日本はその技術に注目し、民需向けに開発し、大量生産に入った。NC工作機械の担い手は、当初は富士通、その後、ファナックとして独立した。1980半ば以降には日米、日欧摩擦の象徴となるほど、輸出を通じて日本が世界をリードしている。現状では、日独の技術格差はほぼ同等であるが、複雑形状の部品加工に向いている5軸マシニングセンタに関しては、ドイツが少しリードしているといえるかもしれない。

大量破壊兵器の開発に繋がる技術として、冷戦期に工作機械はココム規制の対象となった。日本政府は、運用面で厳しいココム規制をとってきた。また移設感知装置（移設すると、メーカーが処置しないと動かなくなる）を義務づけるなど、工作機械の輸出に厳しい制限を設けてきた。ココム体制終了後のワッセナーアレンジメント体制下の現在でも自由に輸出できるのは、ホワイト国（同盟国）としてアジアでは韓国だけである。

工作機械は経験工学から発展してきたように、ノウハウが重要な産業である。そのため高度な人材育成が常に重要な課題となるが、団塊世代が定年退職で現場から抜けることにより、人材育成面の問題が表面化している。日本工作機械工業会の調査では、技能伝承のため高齢者雇用推進の提言をまとめ、「生きがい」をもった業務内容と処遇を考慮した勤務形態が重要な課題であるとしている。

### 2. 世界の工作機械市場

American Machinist, Gardner Publications Inc. のデータ、2013年の世界の工作機械（切削型）生産国ランキング（27ヶ国）によると、第1位は中国（31%）、と一歩抜け出し、以下第2

位はドイツ(22%),第3位は日本(22%)と拮抗している(図表10)。日本は1982~2008年まで、27年間連続で世界第1位の生産国であった。以下、韓国、台湾、米国(1981年まで長期間世界一)、イタリア、スイス、スペイン、英国と続く。中国、日本、韓国、台湾の東アジア地域の世界シェアは68%であり、年々上昇傾向にある。

図表10 世界の工作機械生産額と貿易額

	2013年(推定値)					2012年(確定値)				
	生産			輸出	輸入	生産			輸出	輸入
	合計	切削	成形			合計	切削	成形		
中国	24,980.0	14,988.0	9,992.0	2,810.0	10,300.0	27,990.0	18,753.3	9,236.7	2,740.0	13,660.0
うちCNC機	8,743.0	5,245.8	3,497.2			9,236.7	6,188.6	3,048.1		
ドイツ	14,687.7	10,575.1	4,112.6	10,491.2	2,868.5	13,824.9	10,230.4	3,594.5	10,474.1	3,109.1
日本	12,326.4	10,354.2	1,972.2	8,927.3	979.4	18,231.3	15,861.2	2,370.1	13,138.4	771.5
イタリア	5,710.4	2,855.2	2,855.2	4,548.4	916.3	5,606.1	2,803.1	2,803.1	4,424.4	873.1
韓国	5,306.0	3,767.3	1,538.7	2,216.0	1,386.0	5,485.0	4,004.1	1,481.0	2,551.0	1,492.0
アメリカ	4,956.1	3,717.1	1,239.0	2,178.7	5,262.4	4,983.2	3,687.6	1,295.6	2,106.4	5,883.4
台湾	4,537.0	3,720.3	816.7	3,548.0	640.0	5,414.0	4,547.8	866.2	4,236.0	647.0
スイス	3,129.1	2,597.2	531.9	2,697.5	647.4	3,282.2	2,789.9	492.3	2,851.3	613.4
スペイン	1,218.6	706.8	511.8	1,112.0	313.2	1,095.1	711.8	383.3	1,006.0	300.0
オーストリア	1,094.3	590.9	503.4	944.2	435.6	1,000.1	530.1	470.0	830.8	449.5
イギリス	891.7	615.3	276.4	829.1	891.7	911.7	601.7	310.0	820.1	968.6
カナダ	803.4	490.1	313.3	194.9	491.2	752.2	458.8	293.4	191.1	481.9
トルコ	709.2	184.4	524.8	471.4	1,162.0	644.2	154.6	489.6	429.5	1,117.4
チェコ	705.6	578.6	127.0	704.2	418.3	720.0	576.0	144.0	733.6	440.4
フランス	686.6	439.4	247.2	609.6	923.0	752.2	481.4	270.8	686.6	969.5
小計	65,505.1	46,437.7	19,067.4	42,282.5	27,453.0	71,938.9	53,627.1	18,312.0	47,219.3	31,776.8
その他	3,146.7	1,709.2	1,437.5	2,658.3	8,113.9	3,519.6	2,026.2	1,493.4	2,532.8	8,822.6
合計	68,651.8	48,146.9	20,504.9	44,940.8	35,566.9	75,458.5	55,653.3	19,805.4	49,752.1	40,599.4

(注) 生産額の実資料は、切削と成形を百分率で表示しているため日工会が換算して推計した。積算すると合計と異なるが、実資料通りとした。

(出所) 日本工作機械工業会『日本の工作機械2014』2014年7月(情勢分析研究会での配布資料より)。

また「工作機械の設備投資は経済の先行指標」であり、常に注目されている。ただ、バブル崩壊後、日本企業は設備投資に慎重、また自信を失っているのか、時として「運行指標」にもなりうる。

### 3. 日本の工作機械の現地生産

日本の工作機械メーカーは1970年から海外現地生産を本格化し、従来は米国での現地生産が最多であったが、近年は中国をはじめとするア

ジア諸国での現地生産が進んでいる。ビッグ3は、ヤマザキマザック、DMG森精機、オークマであり、いずれも中国に進出している(図表11)。ただし、この場合にも、日本政府の規制が存在しており、各企業が現地生産を計画していた工作機械が認可されるとは限らない。一方、中国の工作機械メーカーにはドイツの高精度機が

入っているが、ドイツ政府はそれを認可している様子がうかがえる。

なお、工作機械の国際的な位置づけは次のようになる。宇宙、航空、医療関係などの高級機(高性能・高価格製品)は日欧米メーカー、自動車、電機精密部品加工などの中級機・中価格製品は日本メーカー、一般部品の低級機・低価格製品は韓国、台湾、中国メーカーに分類できる。また中国メーカーでも、瀋陽機床は韓国、台湾メーカーに接近した水準といえる。

図表11 (一社) 日本工作機械工業会会員の中国における現地生産状況

会社名	会社名	所在地
(株)アマダ	Amada Lianyungang Machine Tech Co.,Ltd.	Jiangsu
	Amada Shanghai Machine Tech Co.,Ltd.	Shanghai
ブラザー工業(株)	BROTHER MACHINERY XIAN CO.,LTD.	Xian
シチズンマシナリーミヤノ	CITIZEN(CHINA) PRECISION MACHINERY CO.,LTD.	Zibo
DMG森精機(株)	MORI SEIKI(TIANJIN) Manufacturing Co.,Ltd.	Tianjin
エンシュウ(株)	ENSHU(QINGDAO) MACHINERY CO.,LTD.	Chengyang, Qingdao
ファナック(株)	BEIJING-FANUC Mechatronics CO.,LTD.	Beijing
富士機械製造(株)	KUNSHAN FUJI MACHINE MFG CO.,LTD.	Kunshan
(株)白山機工	HAKUSAN MACHINERY(WUXI) CO.,LTD.	Wuxi
豊和工業(株)	HOWA(TIANJIN) MACHINERY CO.,LTD.	Tianjin
(株)池貝	IKEGAI(SHANGHAI) MACHINERY & EQUIPMENT	Shanghai
(株)ジェイテクト	TOYODA MACHINERY DALIAN CO.,LTD.	Dalian
(株)キリウテクノ	KIRIU ILRIM AUTOPARTS MACHINERY(YANTAI)	Yantai
(株)紀和マシナリー	KIWA-CW Machine Manufacturing (Shanghai) Co.,Ltd.	Shanghai
コマツNTC(株)	YIDA NIPPEI MACHINE TOOL Corporation	Dalian
	NTC(Changzhou) Semiconductor Equipment Co.,Ltd.	Changzhou
光洋機械工業(株)	WUXI KOYO MACHINE INDUSTRIES CO.,LTD.	Wuxi
(株)牧野フライス製作所	Makino China Co.,Ltd.	Kunshan
三菱電機(株)	Mitsubishi Electric Automation Manufacturing (Changshu) Co.,Ltd.	Changshu
	Mitsubishi Electric Dalian Industrial Products Co.,Ltd.	Dalian
三菱重工(株)	Mitsubishi Heavy Industries(Changzhou) Machinery Co.,Ltd.	Changzhou, Jiangsu
ミロク機械(株)	MIROKU Machine Tool(Tancang) Mfg.Inc.	Taicang
オークマ(株)	BYJC-Okuma(Beijing) Machine Tool Co.,Ltd.	Beijing
清和鉄工(株)	SEIWA GEARTECH(CHINA)CO.,LTD.	Nanjing
(株)ソディック	Sodick Amoy Co.,Ltd.	Xiamen
	Suzhou Sodick Special Equipment Co.,Ltd.	Suzhou
	Suzhou STK Foundry Co.,Ltd.	Suzhou
スター精密(株)	Star Micronics Manufacturing Dalian Co.,Ltd.	Dalian
高松機械工業(株)	HANGZHOU FEELER TAKAMATSU MACHINERY	Hangzhou
(株)滝澤鉄工所	Shanghai Takizawa Mechatronics Ltd.	Shanghai
(株)ツガミ	PRECISION TSUGAMI(CHINA)	Pinghu, Zhejiang
	Shinagawa Precision Machinery(Zhejiang) Co.,Ltd.	Pinghu, Zhejiang
ヤマザキマザック(株)	LITTLE GIANT MACHINE TOOL CO.,LTD.	Yinchuan, Ningxia
	YAMAZAKI MAZAK MACHINE TOOL(LIAONING) CO.,LTD.	Dalian

(出所) 日本工作機械工業会『日本の工作機械2014』2014年7月(情勢分析研究会での配布資料より)。

#### 4. 中国の工作機械産業

中国の工作機械は1860年代に兵器工場の設備として国産化が始まった。中華人民共和国成立後は、旧ソ連の援助のもとに18工場が建設された（瀋陽3工場、北京2工場、済南2工場、チチハル2工場、上海、南京、重慶、天津、大連、武漢、無錫、長沙、昆明）。旧ソ連の援助を受けたため、いずれも似たような工場となっている。

2010年末の工作機械メーカー数は6367社となっているが、これは刃物、部品メーカーなどの関連企業をすべて含んだ数字である。また中国の工作機械工業会の統計には外資が入っておらず、中国の生産高はもっと多いとみてよい。

瀋陽機床や大連機床のように、1社で日本の総生産数に相当する工作機械を生産しているメーカーもあるが、いずれも韓国や台湾から重

要部品を購入し、組立を行っているメーカーである（図表12）。また中国の工作機械メーカーのなかには、瀋陽機床のように良い製品を出す企業もでてきたが、もともと鋳物に問題があるメーカーが多かった。鋳物の出来・不出来が影響するのは、第1に、宇宙・航空産業であるが、その次が工作機械（振動の吸収）と船舶（亀裂防止）である。鋳物は素材である鋳鉄の質と温度管理がうまくできないと、鋳物加工時や機械寿命に致命的な影響がでてくる。

中国政府は工作機械の一層の国産化を進めており、有力メーカーや大学（NC装置）に研究開発予算を付けるなどの育成に努めている。瀋陽機床のように、かなり手厚い政府の支援があることをうかがわせる。また外国からの技術導入、合弁・提携にも熱心である。

図表12 世界の工作機械メーカーの売上高上位20社の変遷

順位	1990年			2000年		
	会社名	国名	売上高	会社名	国名	売上高
1	Amada	Japan	1,207.2	Comau Group	Italy	2,243.1
2	Yamazaki Mazak	Japan	1,150.4	Amada	Japan	1,954.4
3	Fanuc	Japan	1,100.7	Yamazaki Mazak	Japan	1,431.2
4	Okuma	Japan	739.0	Thyssenkrupp	Germany	1,341.4
5	Littom Ind	USA	721.8	Fanuc	Japan	1,319.5
6	Mori Seiki	Japan	661.3	Siemens Auutomation	Germany	1,133.4
7	Komatsu	Japan	470.7	Unova Inc	USA	1,112.5
8	Schuler Group	Germany	464.2	Okuma	Japan	926.2
9	Toyoda	Japan	464.1	Trumpf Group	Germany	892.0
10	Gildermeister	Germany	443.2	Gildermeister	Germany	852.8
11	Maho Group	Germany	442.1	Fuji Machine Mfg	Japan	840.0
12	Fuji Machine Mfg	Japan	435.7	Agie Charmilles	Swiss	740.1
13	Cross & Trecker	USA	430.9	Toyoda	Japan	687.3
14	Cincinnati Milacron	USA	429.0	Mori Seiki	Japan	665.8
15	Ingersoll Milling	USA	400.0	Schuler Group	Germany	641.2
16	Trumpf Group	Germany	399.7	Makino	Japan	620.7
17	Deckel Group	Germany	393.6	Amadamachinies	Japan	586.7
18	George Ficher	Swiss	380.1	Aida Engineering	Japan	550.4
19	Toshiba Machine	Japan	374.2	Toshiba Machine	Japan	541.3
20	Hitachi Seiki	Japan	364.8	Citizen Watch	Japan	464.0

（出所）日本工作機械工業会『工作機械ビジョン2020—わが国工作機械産業の展望と課題』2012年5月（情勢分析研究会での配布資料より）。

## 5. 中国の工作機械生産

中国の工作機械の生産台数統計を中国統計月報からみると、2014年にNC工作機械の比率がはじめて30%台に達した(図表13)。また単価からみて、日本のNC機の分類に入らないものもNC機に分類されている可能性もある。

## 6. 中国の技術水準

他の産業と同様に、工作機械でも社内の技術伝播には問題がある。技術者は自らの技術に基づき、ジョブ・ホッピングを続けたり、独立したりすることが多く、米国と似たところがある。日本工作機械工業会のアンケート調査によると、

図表13 中国の切削型工作機械の生産台数(月当たり)

年月	生産台数 (千台)	前年比 (%)	内NC機生産 (千台)	前年比 (%)	NC比率 (%)
2001年	16.0	102	1.5	124	9.1
2002年	19.3	119	2.1	132	12.0
2003年	26.3	139	3.1	148	12.0
2004年	32.3	123	4.3	141	13.4
2005年	38.2	118	5.0	115	13.0
2006年	46.9	125	7.2	144	15.2
2007年	50.6	108	10.3	144	20.3
2008年	51.4	98	10.2	97	19.8
2009年	48.3	86	12.0	100	24.8
2010年	62.9	133	18.7	168	29.7
2011年	71.7	115	21.3	120	29.7
2012年	66.5	87	17.0	84	25.6
2013年	60.3	98	17.2	98	28.5
2014年	71.5	103	21.6	115	30.2
2015年(1~8)	64.4	94	21.3	94	31.5

(出所) CEMAC(中国統計月報)の原系列資料から作成(情勢分析研究会での配布資料より)

また上記統計については、各月が累計及び年合計と一致しない箇所が多数ある。中国統計年鑑と一致する年もあれば、不一致の年もあり、統計の信頼性にはやや難がある。また毎月のデータは、日本の経済産業省の機械統計月報のように、必ずしも確定値として公表されていないようである。さらに、外資系メーカーは統計対象から除外されているものと推定される。

5段階評価で日本の技術レベルを中央値の3.0とした場合、欧州3.1、米国2.6、韓国2.2、台湾2.2、中国1.9という評価が下されている。ちなみに、2=日本よりもやや遅れている(10年以内に追いつかれる)、1=日本よりも遅れている(10年経っても追いつかれない)という評価基準である(図表14)。



図表14 日本・アメリカ・ヨーロッパ・アジアの工作機械技術レベルの比較アンケート集計結果

		進んでいる(10年以内に日本が追いつく)																
		同等かやや進んでいる(10年以内に日本が追いつく)																
		同等かやや遅れている(10年以内に日本が追いつかれる)																
		やや遅れている(10年以内に日本が追いつかれる)																
		遅れている(日本と10年以上の技術差がある)																
評価技術	メーカー	N C 装置	5 軸・複合化技術	熱変位抑制技術	主軸技術	環境対応技術	割り出し主軸技術	送り技術	本体構造技術	テーブル技術	操作性	A T C	切削液関連技術	知能化技術	保全技術	計測・補正技術	システム化技術	技術全般
		欧州平均	3.4	3.6	2.7	3.0	3.1	2.9	3.0	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	3.1	3.3
米国平均	2.7	2.8	2.3	2.3	2.4	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.6	
韓国平均	2.6	2.2	1.9	2.0	2.1	2.3	2.1	2.2	2.3	2.5	2.3	2.2	2.1	2.3	2.3	1.9	2.2	
台湾平均	2.5	2.0	1.8	2.1	2.1	2.3	2.1	2.2	2.2	2.4	2.3	2.2	2.0	2.3	2.3	1.9	2.2	
中国平均	2.0	1.9	1.5	2.0	1.7	1.9	2.1	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	1.9	1.9	1.9	

(出所) 日本工作機械工業会『工作機械ビジョン2020—わが国工作機械産業の展望と課題』2012年5月(情勢分析研究会での配布資料より)。

## 7. 瀋陽機床の事例

売上高の95%が国内向けであるが、今後は海外販売を30%に引き上げる意向である。工作機械の部品を韓国、台湾メーカーから導入し、組み立てていれば売れた時代は過ぎ去ったと認識されているようである。販売先は、一般産業が3分の1、自動車が28%、教育分野が10%となっている。教育分野というのは、主に工業系の大学や職業訓練校を指す。新たな戦略のフラッグシップ機が新型 CNC 「i5」であるが、その開発には5年間で200億元が投じられており、政府の強力な支援がうかがえる。「既存設備や既存の人員の最適化より先に、次のステップに進もうとする前のめりの力こそが瀋陽機床の本質である」(八角秀「中国瀋陽機床集団：国際メーカーへと脱皮」『月刊生産財マーケティング』2014年12月)との認識が示された。

### 【Q & A】

Q 1：韓国以外に輸出はできないのか？

A 1：同盟国・ホワイト国にしか輸出は認められない。アジアでは日本と韓国がこれに該当する。中国へは安全保障貿易の工作機械関連分野の法令に従い、一定以上の精度、納入先の制限業種など最先端の工作機械を輸出できない。

Q 2：民営企業は量的に拡大しており、生産高においては国有企業を上回る。民営企業の国有企業に対する優位性は？

A 2：瀋陽機床は3社が合併して巨大メーカーになったが、形式的には民営企業に変身した。一般論だが中国では政府関連が株式の多くを掌握しており、実質的に国有企業というケースが多い。なお、三一重工のように大手建機メーカーが工作機械に参入してきた事例もあり、民間の増加トレンド動きも見逃せない。

Q 3：3D プリンターの影響は？

A 3：いまのところ3D プリンターは樹脂などの積層加工に時間がかかり、大量生産はできない。あくまで個人や小規模企業が一品もの、試作品、最先端では人工臓器のように個別対応が

必要なケースでは有用であろう。大量生産でコストを安くとなれば、例えば一車種の自動車の金型製作には約100億円を要するとのことでもあり、全体を考えたら比較にならない。

Q4：日本企業の中国進出の戦略は？

A4：日本メーカーは、上はドイツと、下は韓国、台湾と、どのレベルでもぶつかる。しかも工作機械は為替レートの影響をかなり受ける。結局、あえて日本製を求める非価格要素が決め手となる。高性能、長期間使用しても故障しない、手厚いアフターサービスなどが、まずこれに含まれる。また日本メーカーの特徴のひとつとして、イーザーセットアップ（納入から早期

の稼働立ち上げ）があげられる。これにより早期に売上や利益の増加が期待でき、機械の購入価格は高くても差額は回収ができ日系メーカーに有利となろう。またアフターサービスでも、日本製は精確に生産されているため、たとえば、真円の部品がきっちり入る。所定の箇所に入れるために、新たに部品を削るといった手間も省ける。さらに、さまざまな不要な機能を除けば、価格はさらに下げることが可能である。地産地消のアジア・マシンもひとつの考え方であろう。また、中国で途中まで生産して、最終製品は日本で垂直分業するのも1つの戦略であろう。

（講演整理 大橋英夫 専修大学）