

工作機械産業の現状と展望（メモ）

2024年3月19日

石丸 雍二

1. 工作機械とは？ その用途と特性

(1) 【JIS B0105】

「主として金属の工作物を、切削、研削などによって、または、電気、その他のエネルギーを利用して不要部分を取り除き、所要の形状に作り上げる機械。ただし、使用中機械を手で保持したり、マグネットスタンドなどによって固定するものを除く。狭義であることを強調するときには、金属工作機械ということもある。」

⇒ 「人間の手から離れて、必要な仕事をしてくれる機械化された道具」（「初歩から学ぶ工作機械」）

(2) ものづくりの加工法

- ① 除去加工（マイナスの加工法）： 不要部分を除去
- ② 成形加工（ゼロの加工法）： 鋳造／鍛造／射出成型
- ③ 付加加工（プラスの加工法）： 3D プリンタ

(3) 除去加工(切削型)の工作機械（資料 p.2～5）

- ① 旋盤（旋削＝Turning）： 工作物(ワーク)が回転

・ 単刃工具（バイト） ← ^{たんじん}Beitel(鑿)^{のみ}:独方言 ^{きり}Bit(錐):英

- ② フライス盤（フライス削り＝Milling）： 工具が回転

・ 多刃工具（フライス） ← ^{たじん}Fraise(髷襟・苺)^{ひだえり}:仏 Fraese:独

- ③ ボール盤・中ぐり盤（穴あけ）
 - ④ 研削盤（砥石磨き）
 - ⑤ 研磨盤（ホーニング盤・ラップ盤）： 砥石・砥粒
 - ⑥ 歯車加工機械（ホブ盤 等）
 - ⑦ 切断機（金切りのこ盤）
 - ⑧ 多機能切削加工工作機械
 - イ) マシニングセンタ（MC）： 1958年 米国
 主に回転工具を使用 <角物工作物>
 ⇒ フライス削り+穴あけ+中ぐり+ねじ立て
 - ・ 工具を自動交換
 - ・ NC(数値制御)工作機械
 - ロ) ターニングセンタ（TC） <丸物工作物>
 = NC 旋盤(旋削)+マシニングセンタ(フライス削り)
 - ・ 工作主軸(工作物回転)+回転工具主軸
 ⇒ 旋盤機能+フライス盤機能+ボール盤機能
 - ・ 工具を自動交換
 - ⑨ 複合加工機（Multi Tasking Machine）
 - ・ ターニングセンタの進歩型
 - ・ 工作主軸(工作物回転)+回転工具主軸
 - ・ 工作主軸の角度・位置を連続的に設定(連続割り出し)
 - ・ 工具を自動交換
- ⇒ 工作物の段取り替え無しに 1 台で複数工程を加工
 = 旋削+フライス削り+穴あけ+中ぐり+ねじ切り+ホブ加工
- ・ TC ベース
 - ・ MC ベース（大型工作物の加工）

- ⑩ 電気その他のエネルギーを利用した機械
 - イ) 放電加工機
 - ロ) レーザ加工機
 - ハ) 超音波加工機
 - ニ) 噴射加工機(ウォータージェット) 等
- ⑪ 異種複合加工工作機械 : 付加加工等も複合

(4) 工作機械 = 「機械を作る機械」「マザーマシン」
 ⇒ ものづくりの基礎 : 「人類の創造の源泉」

(5) 母性原理

(6) 精密加工(μ 単位) ⇒ 加工精度向上がカギ

- ① 様々な工作物(ワーク) : 材質・大きさ・形状
- ② 重力変形、熱変形(内部熱源/外部熱源)、振動
 ⇒ 変形防止の構造・設計
- ③ 組立て
 - イ) 温度管理 : $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 程度
 - ロ) 空気清浄度(クリーンルーム) : 特に主軸組立て
- ④ キサゲ加工(長鑿使用) ⇒ 摺動面の平滑度の向上
- ⑤ NC(数値制御)工作機械 (日工会会員受注額の98%)
 - イ) エンコーダ(位置決めセンサ): 距離・角度変位
 : Panasonic オムロン ニコン 等
 - ロ) 制御装置 : FANUC 三菱電機 オークマ 等
 ⇒ ロボットと共通 (任意の位置に移動・回転・停止)
- ⑥ 多軸制御 : X・Y・Z 軸(直進)/A・B・C 軸(回転) 座標系

(7) 工作機械関係の「4 力」

- ・ 材料力学／流体力学／熱力学／機械力学
cf. 制御工学 電気・電子

(8) 平均単価 = 15 百万円程度

(9) 兵器製造に直結

- ① 戦艦大和・武蔵用超大型砲身中ぐり盤（唐津鐵工所）
- ② 「(株)日平トヤマ」←「日平産業(株)」←「大日本兵器(株)」
- ③ 「精密機械工学科」「機械工学科」「精密工学科」
← 戦前：「造兵学科」
⇒ 「人類の破壊の源泉」： 諸刃の刃 使途に要注意

(10) 海外での呼称

- ① Machine Tools (英)
- ② Werkzeugmaschinen (独),
- ③ Machines-outils (仏)

= 切削機(Cutting) + 成形機(Forming)

※ ISO TC39 の 取扱い品目

- ① metal cutting machine tools (金属切削工作機械)
- ② metal forming machine tools (金属成形工作機械)
- ③ electro-discharge machines (EDM 放電加工機)
- ④ wood-working machine tools (木工機械)
- ⑤ key elements of machine tools (工作機械主要部品)

2. 工作機械産業の規模 (資料 p.9~11)

- (1) 世界 約 12 兆円 <切削型2/3 成形型1/3>
- (2) 切削型: 世界 約 8 兆円 (中国のシェア約 1/3)
日本 約 1.0~1.5 兆円
(世界シェア 12%程度。ドイツと拮抗)
- (3) 国内企業数 約 120 社 (内 日工协会会员 約 90 社
(ソフトウェア・周辺機器メーカーを除く))
- (4) 国内従業員数 27千人 (約220~230人/社)

3. 日本の大手工作機械メーカー (本社 連結年間売上高)

(資料 p.36~43)

- (1) DMG 森精機 (奈良 連結年間売上収益 4,700 億円) MC、旋盤
- (2) ヤマザキマザック (愛知 非上場) : 複合加工機開発に先鞭
- (3) オークマ (愛知 2,300 億円) : 「機電一体」大型機に強み
- (4) 牧野フライス (東京 2,300 億円) : MC 中心 航空機用も
- (5) ジェイテクト(旧・豊田工機) (愛知 1,800/17,000 億円)
- (6) FANUC (山梨 1,300/8,500 億円 ロボドリル/ロボカット)
- (7) コマツ NTC (富山 非上場) : MC、研削盤 等

4. 工作機械産業の特徴

(1) BtoB 産業:

- ① 一般には馴染み薄。縁の下の力持。地味で渋い。
- ② 活気ある戦略産業 ⇒ 「小さな巨人」

(2) 設備投資需要に依存 (外需:7割 内需:3割)

① 需要変動大 (資料 p.12~15)

イ) リーマンショック(2008年9月)

15,900億円(2007年) ⇒ 4,100億円(2009年)

ロ) 新型コロナ(2020年~)

18,200億円(2018年) ⇒ 9,000億円(2020年)

② 「1年王様・3年乞食」

③ 工作機械受注 = 「景気の先行指標」

(3) 中堅・中小企業が大多数 ⇒ 需要変動にも対応

(4) 細分化された市場で住み分けが進展

(5) 一部に事業多角化する企業も

ジェイテクト、山崎技研、イワシタ、武田機械 等

(6) 地域中核企業も多数

(7) 類型

① ファミリー企業 (家族経営) ⇒ 「生き字引」

② 大手メーカー・グループの工作機械部門

③ 公開会社

(8) ライン生産 vs. セル生産

5. 最近の受注状況【(一社)日本工作機械工業会】 (グラフ 1~3)

(1) 約 1,100 億円/月

(2) 外需7割【中国 25% 北米 30% 欧州 20%】

(3) 内需3割【一般機械 40% 自動車 25% 電気機械 15%】

6. 日本の工作機械産業の歴史 (資料 p.12)

(1) 草創期： 池貝鉄工 (1889年 旋盤製造開始
1915年 八尺旋盤対英輸出)
大隈鐵工所 (1898年製麵機~) 等

(2) 戦前： 唐津鐵工所等

(3) 戦後：

① 技術導入・リバーズエンジニアリング 産官学協力
※ カズヌーヴ(仏) シンシナティミラクロン(米)

② 地域別グループ化の試み(昭和 40 年代初め)

③ HITTO 五社体制

日立精機/池貝鉄工/豊田工機/東芝機械/大隈鐵工所

④ NC 工作機械の開発

イ) (米) MIT : 1952年 NC フライス盤

ロ) (日) FANUC : 1956年 NC 装置開発

- ⇒ 牧野フライス : 1958年 大阪国際見本市
NCフライス盤出展
- ⇒ 日立精機 : 1959年 実用一号機

⑤ 戦後創業企業の勃興

⑥ 1982年～2008年(27年間) 生産額 世界1位

⑦ 日米工作機械摩擦 (1980年代)

- イ) 輸出入取引法に基づく輸出承認制の実施(輸出カルテル)
- ロ) フーダイル(Houdaille Industries Inc.)社が提訴
(1982年: 1971年歳入法103条)
- ハ) NMTBA(業界団体)による提訴
(1983年: 1962年通商拡大法232条(国防条項))

⑧ 対米輸出自主規制 (1987年初～1993年末)

- イ) マシニングセンタ/NC旋盤/NCパンチングプレス
(外為法・輸出貿易管理令による数量規制)
- ロ) 普通旋盤/汎用フライス盤/非NCパンチングプレス
(数量モニタリング)

⑨ 東芝機械のCOCOM違反事件 (1987年3月～)

- ・ 9軸/5軸プロペラ加工機 対ソ連輸出

⑩ 2000年前後の業界変動・再編

⑪ 2010年代：円高を背景とした海外進出・国際提携
(大手中心)

⑫ // 後半：中国・台湾資本の進出 (上海電気 友嘉)
・ 中国の経済力拡大 + 台湾技術レベル向上
・ 「兩岸交流」

⑬ 最近の業界動向： NIDEC の参入(M&A) 業界再編？

7. 各国・地域の工作機械産業 (資料p. 8~9)

(1) 中国

- ① 北京第一机床廠(国営)、通用技術(大連机床、瀋陽机床等を傘下)等、全国にメーカー多数。
- ② 民営企業が拡大。経営破綻の会社も。
- ③ 漸次性能向上。 eg. 北京精彫(微細加工機)
- ④ 同時5軸制御は改善余地。
- ⑤ 「中国製造 2025」(2015年)
 - a) 重点10分野
 - b) 「先端デジタル制御工作機械/ロボット」

(2) ドイツ

- ① 幅広い最高水準の工作機械
 - 【大型機】 COBURG
 - 【マシニングセンタ】 CHIRON, HERMLE
 - 【多軸ターニングセンタ】 SCHUETTE

【複合加工機】 EMAG, GROB, HELLER

【研削盤】 United Grinding Grp.(WALTER 等),

【レーザ加工機】

Deckel-Maho-Gildemeister(DMG), TRUMPF

② 【位置決めセンサ=エンコーダ】 HEIDENHAIN

③ 【制御装置】 SIEMENS

(3) スイス

① 特定分野で高水準の機械類

② Georg Fischer グループ(Agie Charmir : レーザ加工機)
United Grinding Grp. (STUDER, EWAG: 歯車機械)

(4) イタリア

COMAU(MC), PUMA(CNC 旋盤) 等

(5) 米国

① 日系企業がリード

② GLEASON(歯車機械)

③ HURCO(MC,TC), MAG 等

④ 台湾メーカーとの提携も : HAAS(MC/CNC 旋盤) 等

(6) 韓国

① ^{ファッジョン}貨泉, ^{ドゥーサン}ヒュンダイWIA, DNソリューションズ(斗山) 等

② 精度向上

(7) 台湾

- ① 台中市付近に集中
- ② 技術力向上
- ③ 台中精機, 東台精機

(8) インド

- ① バンガロール(ベンガルール)付近に企業集積
- ② 急速に需要拡大

(9) ロシア

- ① 旧ソ連時代は工作機械大国(世界3位)。現在は日本の1/10
- ② ソ連解体後の経済停滞と軍需喪失
- ③ NC化に大きな遅れ

8. 各国・地域の工作機械メーカー団体と展示会

(1) 切削機(Cutting) + 成形機(Forming)

(2) 中国 : 中国机床工具工業協会 ⇒

- ① CIMT(China International Machine Tool Show : 北京)
- ② CCMT(China CNC Machine Tool Fair : 上海)

(3) 欧州 :

CECIMO (European Committee for Co-operation
of the Machine Tool Industries)

⇒ EMOショー (ハノーバー/ミラノ)

- (4) ドイツ : VDW
(Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken)
⇒ EMO Hannover (於 ハノーバー・メッセ)
- (5) イタリア: UCIMU ⇒ EMO Milano (ミラノ)
- (6) スイス : SWISSMEM
(機械+電機+金属 =スイス最大の産業団体)
- (7) 米国 : AMT (Association for Manufacturing
Technology) ※ かつての NMTBA
⇒ **IMTS (シカゴショー)**
- (8) 韓国 : KOMMA (韓国工作機械産業協会)
⇒ **SIMTOS (ソウル)**
- (9)台湾: TAMI (台湾機械工業同業公会) ⇒TIMTOS
TMBA (工作機械・工具) ⇒ **TMTS (台北)**
- (10) インド: IMTMA (Indian Machine Tool
Manufacturers' Association)
⇒ IMTEX (バンガロール)
CUTTING / **FORMING**
- (11) ロシア: STANKOINSTRUMENT
⇒ **METALLOBRABOTKA (モスクワ)**

9. (一般社団法人)日本工作機械工業会 <日工会>

(資料 p.22~48)

【創立】 1951年(昭和26年)12月1日 (任意団体)
1978年(昭和53年)7月 社団法人化
(社)日本工作機械輸出振興会と一体化
2012年4月 一般社団法人に移行

【現住所】 東京都港区芝公園 機械振興会館 1階

【会員数】 109社

【役員数】 会員代表者理事 33名 (高い求心力)
専務理事・常務理事 各1名 監事 4名

【職員数】 25名弱

【事業規模】 約5億円/年度

【事業内容】

(1) 常設8委員会

- ①総合企画 ②技術 ③経営 ④市場調査 ⑤国際 ⑥環境安全
- ⑦見本市 ⑧輸出管理

(2) 統計分析・経営分析・市場調査

- cf. ・ 市場動向の調査分析
- ・ 受注見通し

(3) 輸出管理支援

(4) 事業支援

- ① メンテナンス講習会
- ② サービスエンジニア共通教育講座

(5) JIMTOF (Japan International Machine Tool Fair: 日本国際工作機械見本市) の開催

- ① 東京ビッグサイトと共催
- ② 西暦偶数年 11 月初めの 6 日間 (2 年毎)
 - ・ 2024 年 11 月 5 日(火)~10 日(日) 第 32 回
- ③ 東京ビッグサイト全館使用 (展示場面積 12 万㎡弱)
- ④ 出展者数: 内外約 1,100 社
- ⑤ 来場者数: 約 15 万人 (海外から 1 万人余)
- ⑥ 技術ショー

(6) 国際交流の推進

(7) 技術開発支援 : 産学官連携

- ① 生産技術の調査研究 (大学)
- ② 知的財産の調査研究 (特許庁)
- ③ 標準化の推進 (大学・会員企業)
- ④ 付加加工(3D プリンタ)への対応 (大学)

(8) 人材の確保・育成

- ① 工作機械トップセミナー (年 1 回)
- ② 工作機械基礎講座 (年 2 回 各回約 40 名)

(9) 出版・広報

※ 「一般社団法人及び一般財団法人に関する法律」
 (「法人法」) (2007 年制定 2008 年施行): 準則主義

10. 工作機械産業の課題と展望

(1) 需要の開拓

① 国内 = 設備投資の促進

イ) 高い設備年齢 (10年以上 6割、20年以上 3.5割)

⇒ チョコ停 労災 コスト高

ロ) 「生産性向上設備投資促進税制」(2013年～)

⇒ 「生産性向上特別措置法」(2018年～)

⇒ 「中小企業経営強化税制」 = 「特定経営力向上設備」

・ 1%/年 以上改善 (生産効率・精度・エネルギー効率等、任意)

・ 税額控除 (10% / 7%) or 即時償却

ハ) 省エネ補助金 (補助率: 設備単位型 1/3 以内)

二) 償却資産(機械・設備)への固定資産課税問題

⇒ 「中小企業経営強化法」

・ 「先端設備等導入計画」: 労働生産性 3%/年以上 ↑

・ 課税標準 3年間 1/2

② 海外 = 新規市場の開拓

(経済有る所、生産有り。生産有る所、工作機械有り。)

・ 中国(?) インド 東南アジア アフリカ(?)

(2) 国際競争力の維持・強化 ⇒ 技術水準 ↑

新製品開発

① 加工精度 ↑ ⇒ 多軸制御 部品メーカーとの協調

② 難削材加工

③ 複合化 ↑ ⇒ 旋削 + ミリング + … + 付加加工

④ マン・マシンインターフェイス ↑

- ⑤ デザイン
- ⑥ 環境問題 ⇒ 省エネ型工作機械の開発

⇒ イ) 産学官連携の推進 (業界レベル+個社レベル)

ロ) 標準化の推進(ISO) (産+学+官)

ハ) 人材の確保・育成 (業界レベル+個社レベル)

- ・ 大学の学科編成
- ・ 大学での履修内容/レベル
- ・ 社会一般からの認知度の向上

二) JIMTOF の求心力の強化

ホ) 関連業界・団体との連携推進

<関連団体協議会>

機械工具、工作機器、研削砥石、ダイヤモンド、測定器、
試験機、歯車、フルードパワー(油空水圧機器)、
鍛圧機械、輸入協会 等

(3) 国際摩擦の回避

※ 海外工業会との積極的交流・相互理解の促進

(4) 安全保障輸出管理への対応。規制の各国平準化

※ 「外国為替及び外国貿易法」 ⇒ 「輸出貿易管理令」

【以上】

【参考文献】

1. 「新版 初歩から学ぶ 工作機械」 清水伸二著 大河出版（2011年）
2. 「トコトンやさしい工作機械の本」 清水伸二 他 著 日刊工業新聞社
（2011年）
3. 「日本の工作機械産業 2023」 日本工作機械工業会（2023年）
4. 「工作機械統計要覧 2023」 日本工作機械工業会（2023年）
5. 「母なる機械 30年の歩み」（日工会 30周年記念誌）
日本工作機械工業会（1982年）
6. 「成長、変革—。10年の記録」（日工会 40周年記念誌）
日本工作機械工業会（1992年）
7. 「世界への途、半世紀」（日工会 50周年記念誌）
日本工作機械工業会（2002年）
8. 「工作機械産業、未来への継承」（日工会 70周年記念誌）
日本工作機械工業会（2022年）
9. 工作機械メーカー各社 社史
10. 「通商産業政策史 2, 7」 通商産業調査会（2013年）
11. 「工作機械産業ビジョン 2020」 日本工作機械工業会（2012年）
12. 「工作機械産業ビジョン 2030」 日本工作機械工業会（2022年）