

工作機械の技術動向と展望

Trends and Future Outlook Regarding Machine Tool Technology

植竹伸二 S. UETAKE

The machine tool industry has made a rapid recovery from its low point in 2002 and is continuously expanding now. Needs related to "monozukuri" manufacturing have diversified in accordance with the changing characteristics of each industry (market) and the production technology policies of individual companies. In order to satisfy these widening needs of many customers, the input of new technology and new machine types has been required. This report describes JTEKT's technology and future direction corresponding to these needs.

Key Words: machine tool, manufacturing system, machining center, grinder, topcenter

1. はじめに

工作機械の売上げは、増減はあるものの、2015年まで年率20～30%の成長をしていくと予測されている(図1)。日本の切削型工作機械も年間1兆2000億円から1兆5000億円の市場規模を維持しながら成長すると予測されている。JTEKTはステアリング事業や軸受・駆動事業を持つ中で、工作機械メーカーとして異色な存在であるが、これらのシナジーを活かした工作機械メーカーへの成長を目指している。本報では市場の生産シス

テムの動向とそれらのニーズにこたえる技術動向について述べる。

2. 工作機械業界の動向

日本の工作機械業界は、2002年を底にして急激に回復し、さらに拡大基調にある(図2)。ここ数年、大手3社の売上げは倍以上に増加し、1500億円を超えた。内外比率においては外需が内需を上回り、海外市場への展開が今後のキーを握っていると言われている。大手3

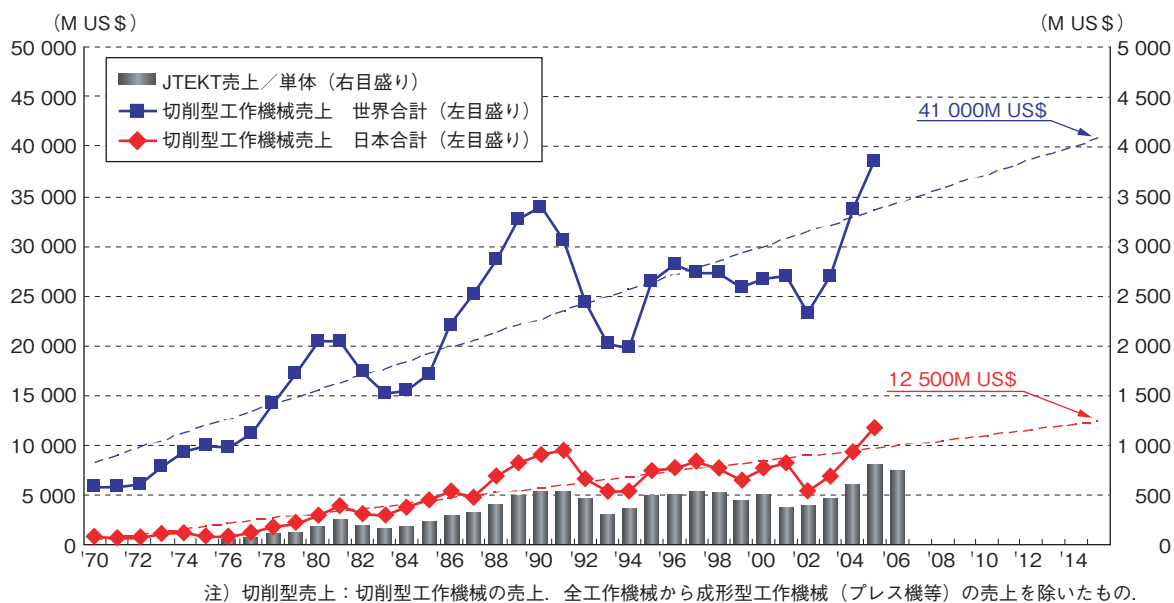


図1 2015年工作機械の需要予測(社団法人 日本工作機械工業会統計データ)
Demand forecast for machine tools in 2015 (by Japan Machine Tool Builder' Association)

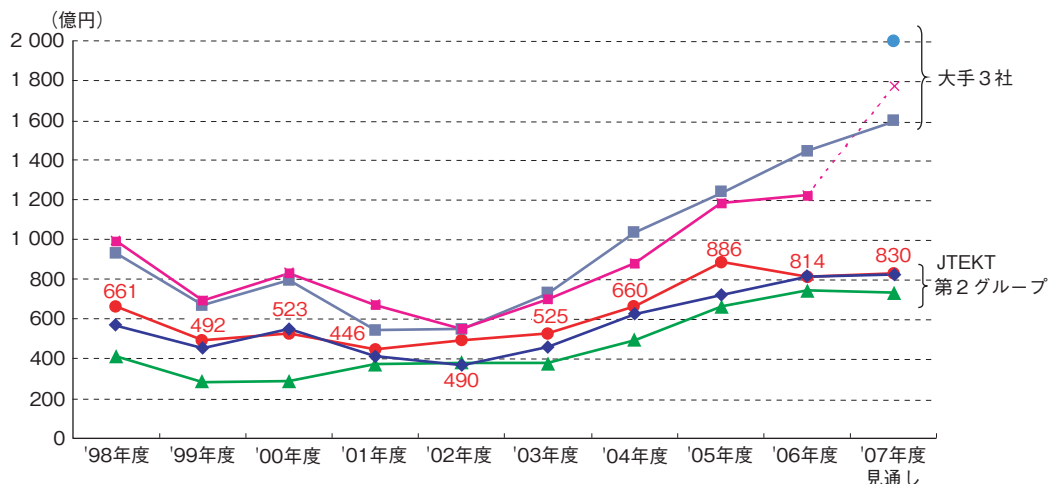


図2 工作機械主要各社の売上高 (1998~2007年度)
Sales of machine tools in major companies (1998-2007)

社は幅広い商品群と生産・販売体制で大きく成長し、第2グループに差をつけた。ジェイテクトグループは光洋機械工業、光洋サーモシステム、光洋電子工業、豊幸、三井精機工業などを含めて工作機械関連事業を担っているが、このグループ会社の個々の特徴を活かし、製品群の拡大、商品力向上、生産システムの再構築、グローバルな販売体制を強化していく必要がある。工作機械業界では、グローバルな市場、モノづくり生産現場からのニーズに、いかにこたえていくかを競い合っている状況である。

3. 生産システムの動向

モノづくり生産現場からのニーズは各産業(市場)の特徴や個別の会社の生産技術ポリシーによって多様化してきており、このため工作機械メーカーとしては各産業(市場)の特徴を理解し、モノづくり生産現場からのニーズに対する技術の方向性を見極める必要がある。

3.1 自動車

完成車メーカーと要素部品メーカー、エンジンとミッションと小物部品、トラックと乗用車と軽乗用車、海外と国内などにおいてそれぞれの生産システムへのニーズは異なり、また、多岐に渡る。各社において自社の生産ポリシーにあった機械を工作機械メーカーと協力して作り上げる時代になってきた(自社専用機で、かつ、汎用機)。またグローバル化が進む中、今後はBRICsでの生産を視野に入れた展開も必要とされている。具体的には、生産量変動に対応できるフレキシブル性、素材の鋳物化対応、コスト競争からくる低コスト設備などにより製品単

価2分の1が望まれている。

2006年開発機：TOP センタ*¹ (TH555F3/4/5)、カム研削盤 (GC32M)、クランク研削盤 (GF32M)、FH800SX

2007年開発機：ミッション研削盤 (GL32J)、小型マシニングセンタ (FH400J/500J)、小型立形マシニングセンタ (#25 & #30 機 PV400J)、立形マシニングセンタ (PV500S/600S)

3.2 建機、農機

FMSシステムは建機・農機メーカーのためにあると言っても良いほどこの業界は古くからフレキシブル生産方式を採用してきた。また、素材が鋳物中心ということもあって、従来から機械剛性の高いマシニングセンタを採用している。この傾向は今でも変わらず、さらに海外展開にも同様の設備を展開している。

2006年開発機：FH550SX/630SX

2007年開発機：FA800S/1050S, FH800SXL

3.3 航空機

近年、航空機メーカーでもトヨタ生産方式を導入し、カンバンによる部品調達や、サプライチェーンの見直しによる効率向上に努めてきた。この結果、部品供給メーカーは部品供給のリードタイムの短縮を迫られ、よりフレキシブルな生産システムへのニーズが高まり、素材も収納できるスタッカ付のFMSシステムが必要となってきた(図3)。また、軽量化、高強度化の点から素材の材質がより硬く削りにくい材質になってきた。機械への

ニーズも、高速軽切削から高トルク重切削、4軸割出し加工から5軸同時加工までと幅広くなってきた。

2006年開発機：FH550SX/630SX

2007年開発機：FA800S/1050S, FH800SXL, FH1250SX

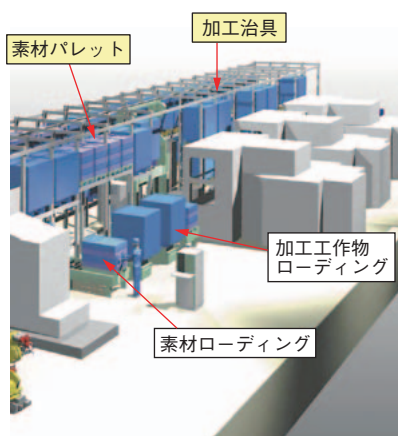


図3 素材収納できるスタッカ方式FMS

Stacker system FMS capable of storing raw materials

3.4 エネルギー（石油，風力，発電）

エネルギー関連の事業は年率30%以上伸びていると言われている。この業界の製品は製品重量が重いため、適当な機械がなく高価な横中ぐり機や大型の門形機が使われてきた。今後の生産量の増加に備え、生産効率の良いマシニングセンタへのニーズが高まってきている。また、製品種類が多く少量の生産量であるため、将来的には大型のFMS対応へのニーズも出てくるものと思われる。また、素材は難削材であるインコネルや鋳物中心であるため、機械剛性の高いマシニングセンタが望まれている。

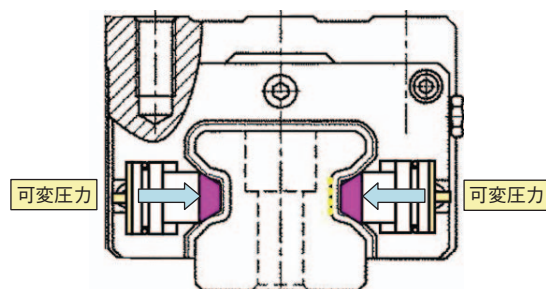
2007年開発機：FA800S/1050S, FH800SXL, FH1250SX

4. 工作機械技術の動向

4.1 生産性向上への対応

1995年頃からの高速・高加速化加工の波は10年を経過して以降、工作機械各社とも安定均衡状態に入った。非切削時間の短縮は各社ともしのぎを削った争いとなっているが、差別化できるほどの差になっていないのが実情である。今後差別化技術として、①信頼性(MTBF)、②ランニングコスト(工具コストと寿命)、③加工効率が挙げられる。具体的には各要素単位の信頼性向上活動

や、CBN砥石を活用したツルーイングインターバル時間の延長取組み¹⁾などが挙げられる。今後の新たな取組みとしては、工具寿命延長と加工効率向上、高精度化をねらいとした要素技術の開発が必要と考える。一例を図4に示す。これは切削機で送り機構に使用されているローラガイドをグリップし、グリップする力を可変制御し、切削状況に合わせて使うシステムである。



- ①切削時に移動しない軸はロックする
- ②切削時に動作する軸はグリップ力を付加する
- ③グリップ力は早送り・軽切削・重切削で切換可能とする

図4 VGG (Variable Grip Guide)
Variable Grip Guide (patent pending)

4.2 熱変位への対応

熱変位に対する基本的考え方は、①発生する熱を抑制する→②発生した熱を伝えない→③発生した熱の影響を制御する→④発生した熱を冷却するという順で、エネルギーを使わず、機械の熱による影響度を明確にして補正制御することである。特にボールねじはコールドスタートから30分で温度が10度上昇し、長さが0.05mmから0.1mm伸びてしまう。図5、図6はボールねじ熱変位補正システムを使用し、この伸びを補正しコールドスタートから安定した精度が得られた事例を示す^{2), 3)}。

4.3 小型化への対応

工作機械の小型化は近年加速してきた。TOPセンタにおいてもMAS-BT40(#40)機が主力であったがMAS-BT30(#30)機：TOP-F3⁴⁾の登場によってシリンダブロックの加工設備の70%近くがこの#30機に置き換わってきた。世間一般の#30機にできない工程も取り込めるように機械剛性を上げてきたが、取り込めない工程があることが課題であり今後の開発すべき技術である。このことはツールホルダのクランプ力が極端に不足していることに大きく起因していると分かってきた。今後の新たな取組みとしては、ツールホルダにも着目してを開発する必要がある。既存ホルダの欠点である

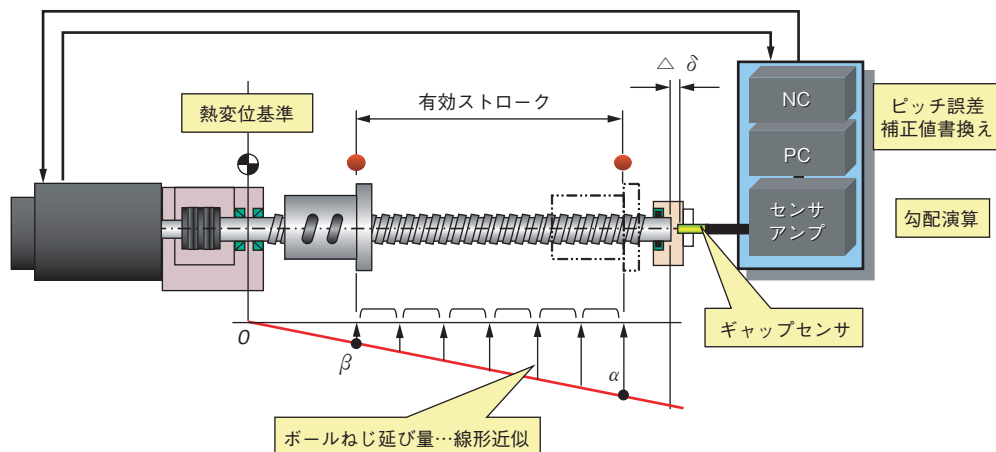


図5 ボールねじ熱変位補正システム (特許)

Compensation system of ball screw thermal displacement

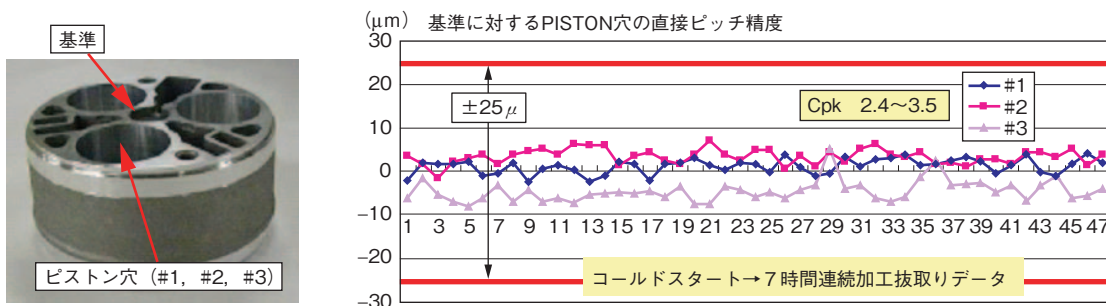


図6 ボールねじ熱変位補正の効果 (コンプレッサシリンダ本体)

Compensation effect of ball screw thermal displacement (body of compressor cylinder)

強度不足を解消し強度を向上させることが必要となってくる。従来の #50 機の加工を #40 機で、従来の #30 機の加工を #25 機で実現できる技術が必要となってきた。

4.4 グローバル化への対応

1998 年欧州向け仕様と日本国内仕様ではコスト差があった。グローバル化の取組みを 1999 年から実施し、現在では若干の仕様差はあるが標準機ベースでは価格差がほとんどないレベルまでグローバル化対応ができていた。当時高価だった CE マーキング (欧州安全規格) & UL 規格 (米国) 対応品を全機種に標準化、共通化し採用することで価格差は吸収できた。顧客個別仕様にも理解をいただき、現在ではほとんど標準仕様で対応できるようになって来た。また、標準化、共通化によって制御盤を 30% から 50% の小型化が実現できた。

4.5 保守安全性向上への対応

保守安全性向上に対する基本的考え方は、長寿化とメンテナンスフリー化であるが、すべてのものが有限寿命であることを前提に、保守安全の見える化に取り組ん

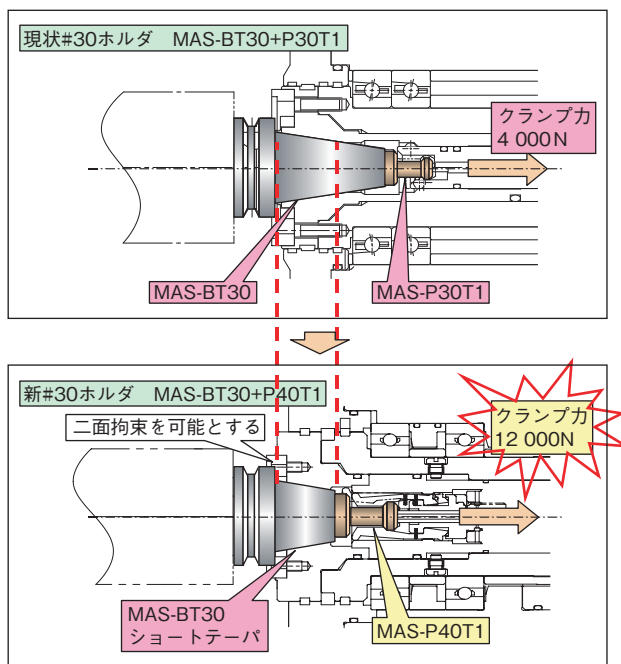


図7 ショートテーパホルダのクランプ機構
Clamping mechanism of short taper holder

できた。内製 CNC : GC50 に搭載できる「次世代 HMI (Human-Machine Interface)」は機械の運転状態の見える化、異常個所の見える化など 3D グラフィックスを活用し究極の見える化を実現した¹⁾。今後の新たな取り組みとしては、高度な故障予知、予防保全化を実現するため、機械のトレーサビリティをより正確に把握する技術開発が必要となってきた。負荷電流・振動・温度などの値の正常値をトレースし異常状態の予兆を検知するシステムが必要と考える。

4.6 安全への対応

安全に対する基本的考え方は、「安全は何よりも優先される」ということである。表 1 に示す工作機械の安全に関する法規制を守ることは言うまでもなく、工作機械の開発においては図 8 に示すリスクアセスメントを実施し、リスクの見積り手法 (JIS B 9705-1:2000 (ISO13849)) を用いてリスクカテゴリを層別し、対応する安全方策カテゴリを取り決めて、安全を確保している。TOYOPUC*²⁾-PCS/PCS-J は欧州安全規格 EN954-1 のカテゴリ 4 に対応した世界最高水準の安全 PLC として期待されている⁵⁾。

表 1 工作機械に適用される安全法規制
Safety regulations applied to machine tools

区分	法規制名および規格名
日本	① PL 法
	② 労働安全衛生法
	1) 第 2 編 第 1 章
	第 2 節 工作機械
	第 8 節 高速回転体
	第 9 節 産業用ロボット
海外	③ 騒音規制法
	④ 廃棄物処理法
	⑤ 消防法
	⑥ JIS 規格
	① 外国為替及び外国貿易管理
海外	② OSHA (米国安全衛生法)
	③ ISO 規格
	④ EN 規格 (欧州安全規格)
	⑤ NFPA97 (米国)

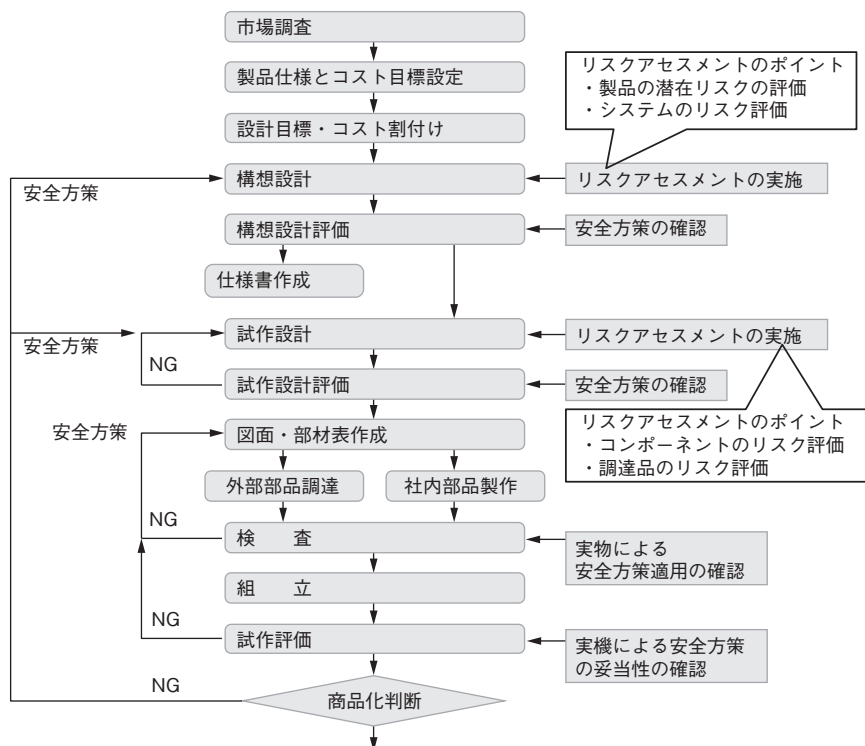


図 8 リスクアセスメント
Risk assessment

4.7 搬送システムへの対応

搬送システムへの課題は①製品1個生産する時間中の移動時間が短い(無駄な時間が長い)、②機械のフレキシブル化への対応性が不足している、③自動搬送(JTEKTのA仕様)と手搬送(JTEKTのD仕様)で機械の仕様が異なることである。手搬送ラインを基本とした機械を先ず成立させ、これを自動化し、標準機のまま治具を変えず手搬送でも、自動搬送でも同一品質を得ることが重要となってきている。表2には機械前面に搬送コンベアを有したシステムとインライン搬送(糸引きライン)の特徴を示した。基本的には無駄のない「糸引きライン」を優先に考えることが重要であるが、大きさ、加工方向などの工作物の特性によって選択されているのが実情である。自動化については、これまでトランスファーマシンの延長の発想で、高速搬送装置を使用してきた。しかしながら、高速であるが単機能・フレキシブル性の無さから最近ではロボット搬送、上部ローダ搬送などが増加してきた。どの顧客も搬送システムを選定することに時間がかかっており、課題が加工機から搬送に移りつつある。当社においても今後搬送システムで差別化することが必要となってくる。

5. おわりに

工作機械産業は「モノづくり」を原点から支える基幹産業として存在している。機械単体の技術の向上も大切であるが、顧客におけるモノづくりを知って加工面で貢献するというスタンスを持ち続け、世界 No. 1 のシステムサプライヤをめざして基礎技術、応用技術を常に探求し、顧客にご満足いただける「モノづくり」ツールをお届けできるようにしていきたいと考えている。我々の強みは身近に存在するステアリング事業本部、軸受・駆動事業本部の「モノづくり」に貢献し、実践できることにある。工場内を工作機械・メカトロ事業のショールームとして活用できるように品揃えを拡充していきたいと考えている。

- * 1 TOP センタは(株)ジェイテクトの登録商標です。
- * 2 TOYOPUC は(株)ジェイテクトの登録商標です。

表2 手搬送システムの代表例
Representative examples of manual transportation system

搬送方式				
	方式	治具チェンジャ	イケール治具	平治具
工作物	ナックル	T/M	C/B	デフキャリア
理由	機械台数削減	平搬送, 立取付	重量工作物	搬送姿勢安定化
取付, はずし時間	0s (加工時間とラップ)	12s = 6s + 6s	12s = 6s + 6s	12s = 6s + 6s
搬送時間	0s (加工時間とラップ)	10s	6s	6s
治具	2セット	1セット	1セット	1セット
ターン	必要	必要	不要(多面加工は必要)	不要(多面加工は必要)
ベースマシン価格	高い	安い	安い	安い
その他費用	-	-	姿勢変換必要	パレットリターン必要

参考文献

- 1) 牧内 明：JTEKT Engineering Journal, no. 1002 (2006)24.
- 2) 山口 泰一：JTEKT Engineering Journal, no. 1002 (2006)49.
- 3) 山口 智史：JTEKT Engineering Journal, no. 1002 (2006)21.
- 4) 酒井 浩一：JTEKT Engineering Journal, no. 1003 (2007)63.
- 5) 荒木 力：JTEKT Engineering Journal, no. 1002 (2006)58.

筆者



植竹伸二*
S. UETAKE

* 理事 工作機械・メカトロ事業本部 商品開発部