

市場変化をとらえた技術革新

Technological Innovation Capturing Market Changes

井土雅裕 M. IDO

The environment surrounding manufacturing is changing significantly and JTEKT, which produces mother machines (machine tools) as its flagship products, must respond to this change in order to secure its survival. Particularly significant changes are the shift to electric vehicles and the reduction of the working population. In this paper, we will introduce our production equipment and processing methods enabling us to produce small, lightweight, high precision parts for EVs. We will also provide examples of smart technology for equipment and factories, as well as 3D metal molding technology as responses to the reduction of the working population.

Key Words: EV shift, working population, skiving, loE, additive manufacturing

1. はじめに

産業を取り巻く環境は大きな変化を迎えている。グローバルには、地球温暖化の対応として進む自動車のEVシフトやユーザーニーズの多様化に対応したモノづくりが挙げられる。一方国内においては、熟練技能者の退職などを含めた急激な労働人口減少が喫緊の問題となっている。こうした中、モノづくりの現場では、IoT(Internet of Things)の導入やAIの活用、ラインの自動化などさまざまな取り組みが始まっている。また、加工工法においても3D造形技術の実用化に伴い、従来の除去加工に加え、付加加工技術を活用した設備への期待が高まっている。当社では、得意とするエンジン分野向け設備の競争力を維持・向上すると同時に、自動車のEVシフトに代表されるさまざまな変化に対応した新たな取り組みを始めている。

本報では、自動車のEVシフトに向け、構成部品の小型・軽量化、静粛性に向けた部品の高精度化に貢献する加工工法、加工技術を紹介する。

また労働人口が減少する現場に向けた当社独自のIoE(Internet of Everything)の取り組み、3D金属積層造形技術を活用した付加加工工法の事例についても紹介する。

2. 自動車のEVシフトへの対応

自動車の生産台数は、今後も増加傾向にあるが、その駆動装置は、内燃機関のみから電気モータを活用した方式に移行している。内燃機関とバッテリー/モータを併用するハイブリッド車(HV)・プラグインハイブリッド車(PHV)、電気自動車(EV)、水素自動車(FCV)が、技術の進歩に伴い増加すると予測されている(図1)。

このEVシフトに使用される部品や生産設備には以下のような事柄が要求されている。

- ①電池走行距離延長のための小型・軽量化
- ②静音、高効率対応のための高精度化
- ③エンジンのダウンサイジング・小型化にふさわしい設備

上記③項については、スペース生産性(設備占有面積に対する生産性指標)を考慮することが重要である。自動車メーカー各社は、エンジン生産に加えEVシフトによるモータ、バッテリーなどの生産を行うためのスペース確保が必要となるが、スペース生産性の高い設備を使用することにより工場増設投資を抑制することができる。

そこで、上記①②項の要求に対する具体的な工作機械における取り組みを以下に紹介する。

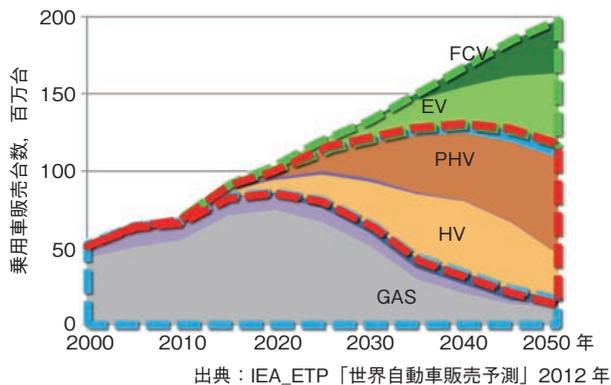


図1 自動車のEVシフトの推移予測
Prediction of shift to electric vehicles

2.1 スカイピング工法による部品の小型化

スカイピング工法は、図2に示すように、工具と工作物を相対的に傾け同期回転させることにより発生する相対速度を用いて、歯車加工を行う工法である。工法自体は、古くから存在していたが、切削速度を得るための高速かつ高精度な工具と工作物の同期を実現できたのは、近年のCNCサーボ技術の進歩によるところが大きい。また、歯車の歯形に合わせた適切な工具形状の設計が容易になったことも、実用化に至った要因である。

スカイピング工法により従来工法では実現不可能だった工作物形状もつくり出せるようになった。図3に示すように、従来技術のホブ加工では不完全歯形部が大きくて部品の小型化を阻害していたが、スカイピング工法では、不完全歯形部を短くすることができるため部品の小型・軽量化を実現できる。同様に図4に示すように、ギヤシェーパ、ブローチ工法では必要であった逃がし溝も不要となり、部品強度の向上にも寄与するため部品の軽量化にも効果がある。

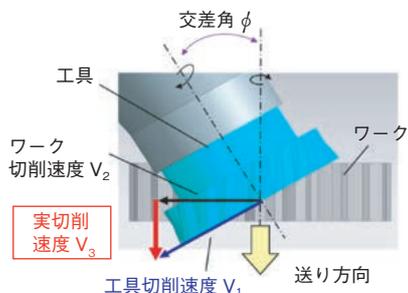


図2 スカイピング工法の加工原理
Principle of skiving

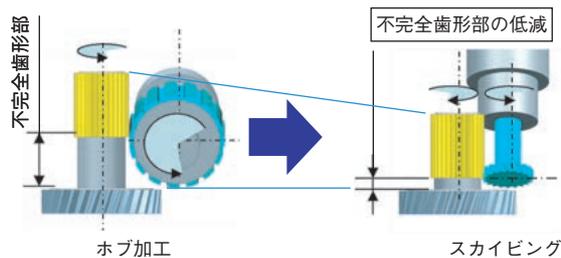


図3 スカイピング工法の特長①
Characteristics ① of skiving

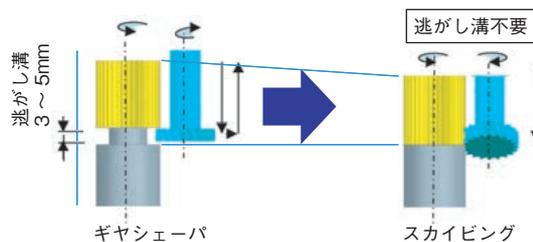


図4 スカイピング工法の特長②
Characteristics ② of skiving

当社は、このスカイピング工法を行う加工機であるギヤスカイピングセンタを開発し商品化している。

ギヤスカイピングセンタでは、マシニングセンタ機能を併せ持ち自動工具交換を可能とする。また、スカイピング工法の加工原理上高い剛性が必要となるため、加工点からガイドまでのストレスパスを短くすることにより機械剛性を高めている。

このギヤスカイピングセンタでは、工作物の旋回、割出機能と工具の自動交換により図5に示すように従来6工程を必要とした加工を2工程に工程集約できる。このような工程集約により、変種変量生産に合わせた設備の効率的な稼働とワンチャック加工による同軸度/位置度の高精度化も実現できる。

以上のようにスカイピング工法は、部品の小型・軽量化と高精度化ならびに工程集約による効率的な設備稼働でのコスト低減の両立を可能とする工法であり、EVなどに多く使用されているギヤの加工に対し有効な工法である。

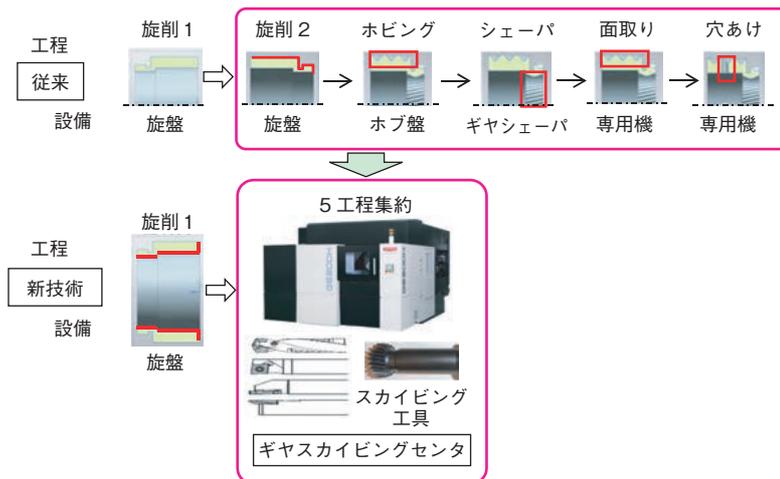


図5 リングギヤ工程集約事例
Example of ring gear process integration

2.2 研削の高精度化・小型化への対応

EVの生産の拡大に伴い、リチウムイオン電池の生産も拡大している。リチウムイオン電池の生産設備では塗工機やプレス機に高精度なロールが多数使用されており、このロールの加工にはミクロン単位の研削精度（形状精度、鏡面仕上げ）が求められる。現在は高度な研削技能を持った熟練技能者に依存した生産が行われているが、増産に応えるためには、高精度ロールを熟練技能に依存することなく生産できる設備が期待される。

当社では形状精度のニーズに応えるため、徹底した低熱変位設計、低振動設計、加工条件の自動決定などの機能を搭載した円筒研削盤の開発とシリーズ化を進めている。また、鏡面仕上げなどの高品位な加工面確保をねらったCBN・ダイヤモンド砥石や研削加工技術の開発（図6）などJTEKTグループ各社と連携して取り組んでいる。これらの総合的な開発取り組みにより熟練技能者でなくても高精度なロールを簡単に量産できる研削盤の提供を目指している。

研削加工技術の高精度化は、このほか自動車の駆動部品から発生する騒音・振動の低減や、燃費向上につながる部品精度の向上など応用範囲も広く、差別化のための基本技術として常に進化させていきたい。

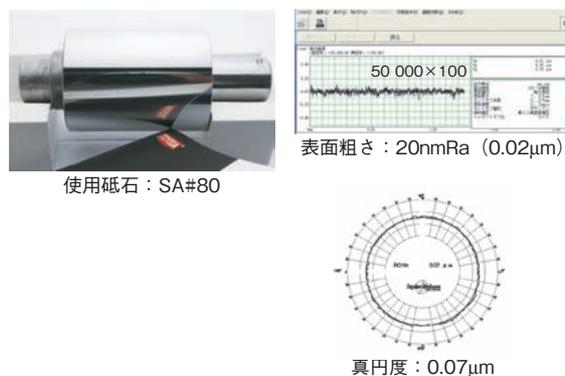


図6 高精度ロール全自動鏡面加工例
Example of high-accuracy roll fully-automated mirror finish

一方、今後5年先の中期経営計画の、さらに5年先としてのBeyond中計の視点から、EVの拡大により、これまで研削盤事業を支えてきたエンジン向けの研削盤需要は次第に減少することが予測され、新たな市場開拓が必要になってきた。当社では、今後需要が見込まれるロボットやコンプレッサ市場に向けた小型クランクシャフト研削盤をラインアップした。これまでは、プロフィール研削機能を持つ自動車向けのカムシャフト研削盤を基に、小型クランクシャフトの偏心部加工用ツーリングを設置した提案を行ってきたが、小型クランクシャフトの寸法に見合った設備の小型化や表面粗さ、寸法、真円度などの精度の向上が必要になってきた。小型クランクシャフト研削盤には、図7に示すような小型・高精度技術を展開し、研削精度向上とともにスペース削減、生産性向上を両立させている。これにより増産に向けたスペース確保が必要なお客様のスペース生産性向上の要望にもお応えできる。

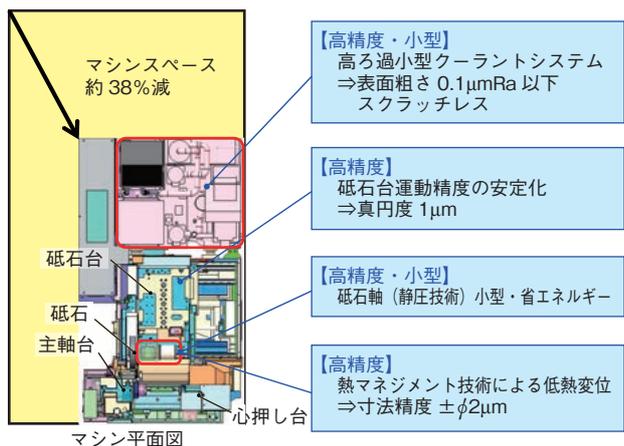


図7 小型高精度と生産性を両立する技術の展開

Deployment of technology achieving both compact/high-accuracy and good productivity

3. 労働人口減少への対応

国内においては少子高齢化の進行により2025年の労働人口は、1990年比で17%減少することが予測(図8)されており、現場で生産を担う人手不足が問題となる。国内のモノづくりは、海外の低価格製品に対し高品質、高性能など高い付加価値を有することで生き残ってきた。この付加価値の源泉は、経験豊富な熟練技能者の存在である。労働人口減少による本質的な問題は、熟練技能者の不足であり、そのため限られたリソースでの成果創出が必要となる。

現場に潜む付加価値を生まない“七つのムダ*”を徹底的に排除し限られたリソースで効率よくモノづくりを行うために、当社ではIoEを活用した“工場のスマ

ート化”と“機械のスマート化”を自動車部品と工作機械の両事業を有するメーカーとしての視点で提案する。

【労働人口減少に対する提案】

1. 生産を担う人手の不足
⇒工場のスマート化：生産性の向上、自動化 / 省人化

2. 高付加価値を生む熟練技能者の不足
⇒機械のスマート化：デジタル化、知見化

- *①加工のムダ、②在庫のムダ、③造りすぎのムダ、④手持ちのムダ、⑤動作のムダ、⑥運搬のムダ、⑦不良・手直しのムダ

3.1 IoEを活用した“工場・機械のスマート化”

まず、“工場のスマート化”とは、モノづくりの現場においても「不具合を出さないラインづくり」「止まらないラインづくり」が必要であり、その結果「生産性向上」を実現することである。この実現に向け、当社では「モノ」だけをつなげる「IoT」ではなく、人やサービスなどの「コト」も含めてつなげる「IoE」と称して、“四つのIoEソリューション”を提案し取り組んでいる。IoEを導入するにあたり図9に示す四つのステップを定義し、ステップごとに最適なソリューションを提供している。

ステップ1の“つながる”ソリューションでは、工場内のさまざまな制御機器をつなげるPLC「TOYOPUC-Plus」、ステップ2の“見える化”ソリューションでは、集まってきた情報から弱点を見つけ出し改善につなげるPLC「TOYOPUC-Hawkeye」を提案し、アンドンを

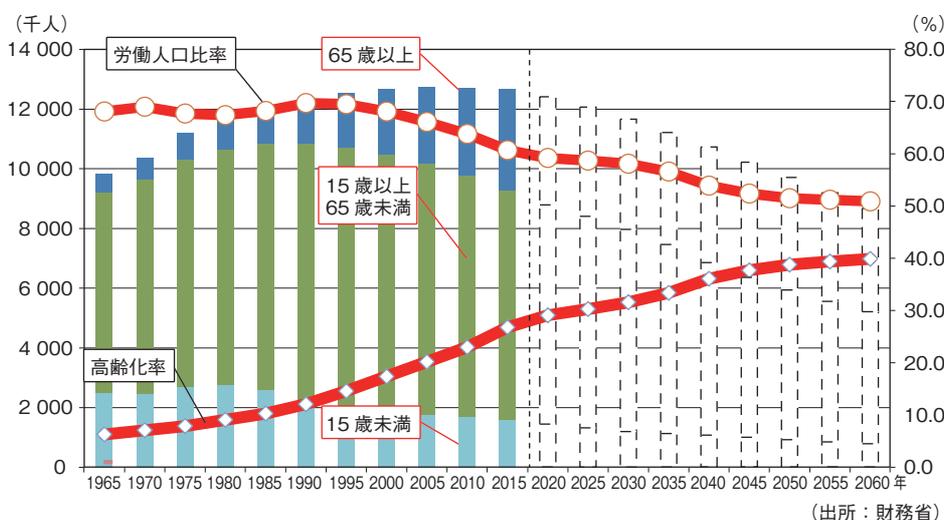


図8 労働人口の減少予測

Predicted decline in working population

中心とした生産マネジメントシステムに対して、対象設備、見える化の内容、対象時間軸を自由に組み合わせることが可能なソリューションとなっている。

ステップ3の“バリュー”ソリューションでは、設備が止まる前に手を打ちたいために、設備に取り付けた各種センサのデータを解析するエッジ型解析モジュール「TOYOPUC-AAA」を商品化・提案している。ステップ4の“チェーン”ソリューションは、データの活用を自社内だけではなく仕入れ先、グループ会社およびお客様とつなげ範囲を広げるソリューションを提案する。

次に、“機械のスマート化”とは、前述のステップ3バリューソリューションのデータ収集・蓄積・表示・解析・判定機能を使用し、機械の保全や、加工工作物の品質に対する異常の検知と加工状態の最適化を、自律的・自動的にを行う能力と位置づけている。その実現のためには、機械や加工の状態をモデルを基に解析する技術と、モデル化困難な状況や状態に対しては、AIの使用が考えられる。次項で紹介する“スマートカutting”は、

非熟練者でもびびりの発生しない加工条件が導出でき、熟練技能者に頼っていた試し加工の段取り工数を大幅に削減できるため今後の“機械のスマート化”につながる技術となる。

3.2 スマートカutting

金型の深堀加工などで長尺工具を使用する場合、工具変形によるびびり現象が発生しやすい。このびびり現象を回避するため、従来は本加工前に試し加工を実施し、びびりの発生しない加工条件（主軸回転速度）を選定していた。しかし、びびりの発生しない最適加工条件範囲は非常に狭いため、この条件出し作業に熟練技能者の工数を非常に多く費やしていた。そこで誰でも簡単にできるハンマリング作業から主軸を含む工具の動特性を計測し、最適加工条件を導出するJTEKT Smart Cutting技術を開発した。これにより、熟練技能者の工数削減が期待できる。

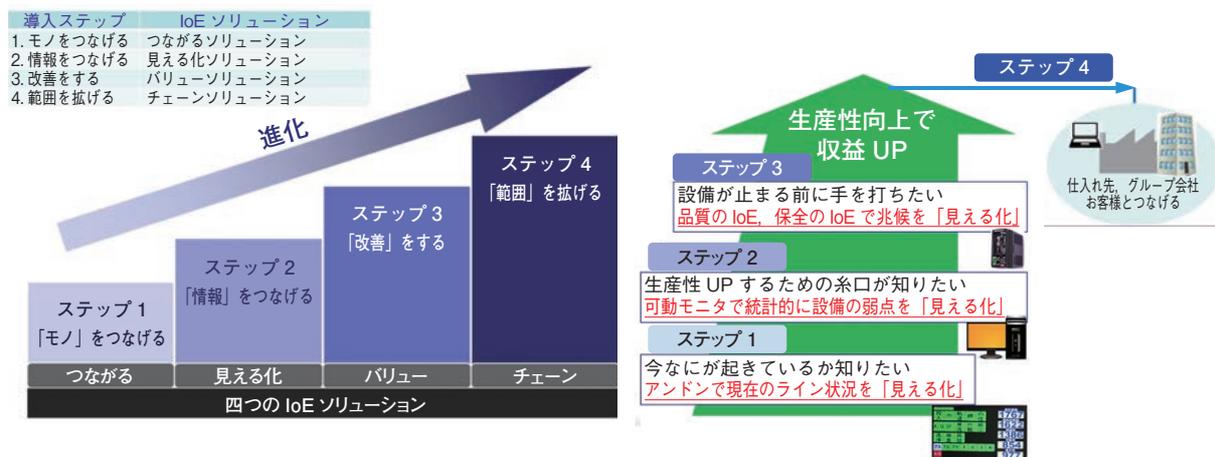


図9 四つのステップ
The four steps

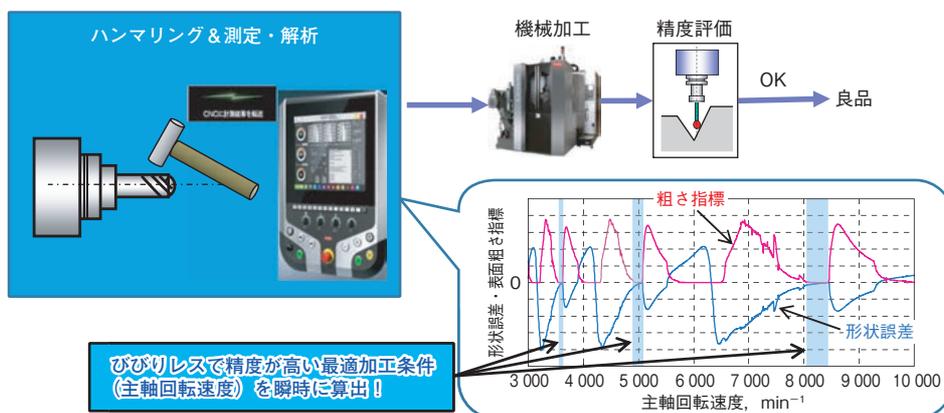


図10 JTEKT Smart Cutting
JTEKT Smart Cutting



図11 レーザクラッドを活用した金型補修
Mold repairs using laser cladding

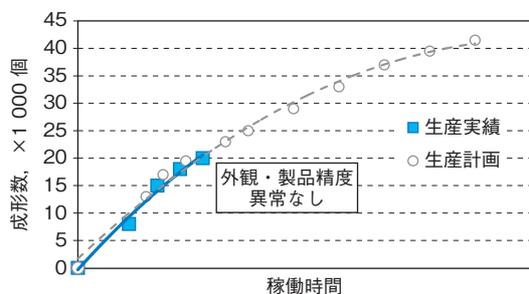


図12 アルミダイカスト 補修金型成形数評価
Aluminum die cast-Repaired mold forming count evaluation

4. 3D 金属積層造形技術

3D 造形技術としてまず思いつく言葉は、“3D プリント”である。これは、プリンタで使用されているノズル、ヘッドなどの技術を用いて材料を積層する安価で造形精度の低い装置で使われ始めた言葉である。これに対し、樹脂・金属材料を用いた精度の良い積層造形が可能な装置など、高性能な装置は付加加工装置 (Additive Manufacturing : AM) と呼ばれている。工作機械では、AM に属する 3D 金属積層技術を活用し、3D 金属積層造形を行っている。これには二つの方式があり、金属粉を散布しレーザで順次硬化積層させるレーザ熔融法 (Selective laser melting : SLM) と積層部に噴出した金属粉をレーザで硬化積層させるレーザ肉盛溶接 (Laser Metal Deposition : LMD) である。LMD は、レーザクラッドとも呼ばれ、当社では金型の保守を目的として開発を行っている (図11)。これは、金型の保守以外にもニーズに応じた機能を持つ金属を積層することもでき、除去加工と合わせ今後用途が拡大すると考える。

レーザクラッドを活用した金型補修は、当社製品製造

用の金型補修に使用し、現在 20 000 個の実績がある。補修金型は、異常摩耗や割れの発生などもなく、製品精度も維持できている (図12)。

5. おわりに

自動車の EV シフトや労働人口の減少に対応するための当社の取り組みを紹介した。今後も環境変化への対応は、継続して取り組む必要がある。この環境変化をビジネスチャンスととらえ、ニーズを先取りした先行技術開発、製品開発、につなげていきたい。そのためには、お客様視点で環境変化に敏感に反応する感度を磨き、スピードある対応、新技術への積極的な取り組みを通してモノづくり革新につなげていきたい。

* TOYOPUC は、株式会社ジェイテクトの登録商標です。

筆者



井土雅裕*
M. IDO

* 執行役員