

USER'S VOICE

2019

vol.13

**Thermo
Friendly
Concept**

サーモフレンドリーコンセプト





加工精度が熱に左右されない、現場適応力

サーモフレンドリー コンセプト

Since2001

加工精度は「機械周囲の温度変化」「機械から発生する熱」「加工で発生する熱」により、大きく変化します。サーモフレンドリーコンセプトは、これらの“温度変化を受け入れる”という独自の考え方により、お客様が特別な対策を施すことなく、普通の工場環境で高精度を実現します。

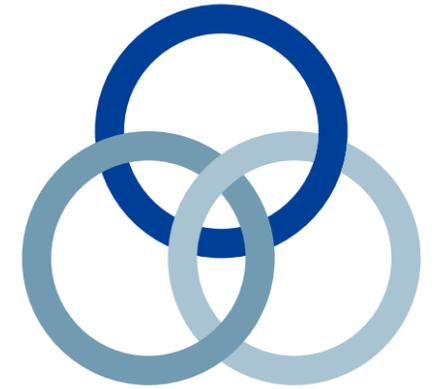
出荷
累計

50,000台

2001年度に初めてサーモフレンドリーコンセプトを採用した立形マシニングセンタMB-46Vを発表して以来、開発を続けること18年。出荷累計50,000台を達成しました。

The Reason

3つの アプローチ



approach_01

熱変形の 単純化構造

左右均等な構造や単純なブロックを積み上げた構造のコラムを採用し、機械を素直に変形させ、複雑なねじれや傾きを抑制するとともに熱変位を予測可能な状態とします。

approach_02

温度分布均一化の 設計技術

カバーや制御箱の配置を含めて、温度の伝わり方が均等になるようにしています。

approach_03

高精度な熱変位 制御技術

自社開発の制御装置OSPが室温変化はもちろんのこと、回転速度が頻繁に変化する場合の主軸熱変位や、切削液の温度により変化する熱変位なども正確に制御します。

The Reason

経時加工寸法変化

MP-46V

5μm



立形マシニングセンタMP-46Vでは、経時加工寸法変化5μm(室温8℃変化時)を達成。また主軸回転速度が頻繁に変化する加工においても、主軸の熱変位を正確に制御します。

The Reason

経時加工寸法変化

LB3000 EX II

5μm

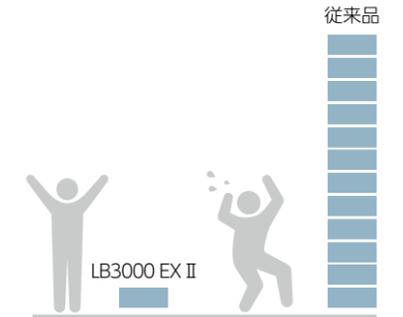
CNC旋盤LB3000EXIIでは経時加工寸法変化φ5μm(室温8℃変化時)を達成。長時間の連続運転や工場環境温度変化にも抜群の寸法安定性を発揮します。

The Reason

工具補正回数

1回

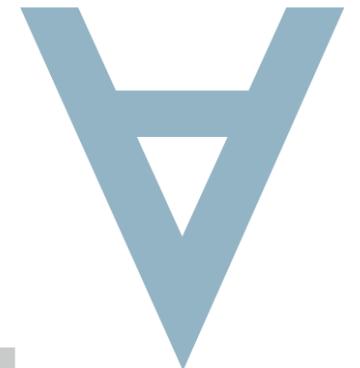
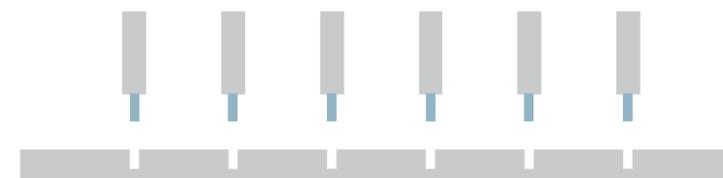
抜群の寸法安定性により、朝一番に寸法確認をすれば、周囲の温度変化や機械の一時停止後も工具補正作業は不要です。



The Reason

多数個取り加工もOK

テーブル位置に合わせて熱変位制御をすることで、ワークの取付位置による寸法誤差を低減。多数個取りでも加工寸法精度が向上します。



The Reason

120

対象機種

機種

温度変化に対する高い寸法安定性にお客様からもご好評いただき、これまでに120機種に適用しました。





加工を変え、工場を変えていく サーモフレンドリーコンセプトの実力。

日増しに高まる加工の高精度化・短納期化の中で、熱変位による補正作業は大きな負担です。
サーモフレンドリーコンセプトは一般的な工場環境で安定した寸法精度を実現し、補正作業を大幅に削減。
高い加工技術が自慢のお客さまが実感したメリットをご紹介します。

平面度
10 μ m以下

半導体製造装置のチャンバーの平面度は10 μ m以下ですが、この精度を安定確保するには、徹底した空調管理とサーモフレンドリーコンセプトの熱変位制御が絶対条件です。

株式会社 マルマエ 様



加工精度
1 μ m単位

薄い金型を10枚ほど重ねて組み立てる「ウェザーストリップ」の成形金型は、加工精度1 μ m単位です。寸法精度が悪いと修正・調整が大変なため、サーモフレンドリーコンセプトは不可欠です。

株式会社 エムエス製作所 様



熱変位の補正作業
50%減

厳格な品質保証が求められる宇宙ロケットや航空機の部品加工で、サーモフレンドリーコンセプト搭載機を積極的に導入し、熱変位による補正作業を従来に比べて半減できました。

山口精機 株式会社 様



寸法公差
3 μ m以下

精密な送りや位置決めに必要な「ボールねじ」の溝加工では、全長3,100mmのボールねじの40mmピッチの溝加工で狙う公差は3 μ m。「MULTUS」で限りなく誤差ゼロに近い精度を追求しています。

株式会社 しらかわ 様





主に量産部品を製造する本社工場では、5軸制御立形マシニングセンタ「MU-5000V」、同時4軸加工の2サドルCNC旋盤「LU3000 EX」、1サドルCNC旋盤「LB3000 EX II」などが生産ラインを構成し、確かな寸法安定性で24時間稼働。

サーモフレンドリーコンセプトは、宇宙につながる 高度な加工や難削材加工を支える心強い味方

近代工業発祥の地で創業して69年、2018年にAS9100を認証取得

当社は2014年に世界文化遺産に登録された富岡製糸場にほど近い地で1950年に創業し、10年後に山口精機を設立して自動車部品の製造を開始しました。以来、切削加工のエキスパートとして、試作から量産、多品種少量への即応など「高品質・短納期」をモットーに幅広い産業に製品を供給してきました。現在では、航空・宇宙、自動車、電機・電子、重電、通信、防衛分野における油圧・空圧部品、重電機部品、流量計部品、半導体製造装置部品などを手掛けています。

近年では2018年に達成した航空・宇宙分野の国際的な品質マネジメントシステム「AS9100 (JIS Q9100)」認証取得(生産工場:群馬県甘楽町)が大きな成果です。AS9100を取得・維持するには、難削材に対応する高度な加工技術、専用治具の開発技術、精度を保証する測定技術はもちろん、基準に沿って作業を文書化・管理し、内部監査と認証機関の定期審査を受けて継続的な改善を図る必要があります。

これらをクリアし、2019年1月にサプライヤーの一員として携わったJAXAのイプシロン4号機打ち上げの瞬間に立ち会えたのは、この上ない喜びです。



AS9100の認証取得(生産工場)



製品納入先からの表彰状



2019年1月28日、鹿児島県内之浦から7基の衛星を搭載したJAXA「イプシロンロケット4号機」が打ち上げられ、山口社長もサプライヤーの一員として立ち会った。(撮影:山口社長)



▲2つの工場では、ISO9001、AS9100の基準に沿った厳格な品質保証体制を構築。

◀大物加工ほど熱による寸法変化が大きくなるが、5軸制御立形マシニングセンタ「MU-5000V」は、その補正作業を大幅に軽減。

コールドスタートでも抜群の寸法安定性で 補正作業が半減 設備機械の3割強がサーモフレンドリー搭載機

当社では設立初期から剛性に優れたオークマ機を工場の主力に位置付けています。「サーモフレンドリーコンセプト」が発表された翌年に、これを適用した立形マシニングセンタ「MD-56VA」を導入しました。それまで加工精度を確保するには、度々、工具長補正やオフセット補正が必要でしたが、「MD-56VA」は機械停止後にコールドスタートしても抜群の寸法安定性を発揮し、補正作業は半減しました。以来、生産能力を拡充することにサーモフレンドリーコンセプト搭載機を導入し、現在では設備機械120台中の3割強を占めています。

機密保持契約の関係でワークは公開できませんが、5軸制御立形マシニングセンタ「MU-5000V」「MU-6300V」で製造する航空機部品の公差は2~4μmと厳しく、大物加工ほど熱による寸法変化が大きいので、その補正作業を大幅に軽減できるのは非常に助かっています。加工する材料はステンレス鋼、インコネル、チタン合金、超々ジュラルミンなど難削材の削り出しが日常的で、この点でも「サーモフレンドリーコンセプト」は心強いです。

最近では航空機のエンジンカバー部品、海外向け低NOx型発電用ガスタービンのブレード加工などが活況を呈し、量産部品では電気自動車のパワーモジュール部品やSUVの安全部品の生産が多忙を極めてます。こうした中で品質・コスト・納期に優れたサプライヤーとして多数の納入先から表彰されています。



社員食堂の前には、多くの納入先からグッド・サプライヤーとして授与された楯や表彰状が並び、従業員のモチベーションアップにつながっている。



AS9100の認定工場となった生産工場(群馬県甘楽町)

山口精機 株式会社

本社:群馬県富岡市富岡779 TEL:0274-63-5525

設立:1961年

事業内容: 金属切削加工(開発試作・多品種少量・量産 一貫受注)
自動車用部品(乗用車・トラック)、航空宇宙産業機械部品
(ロケット・航空機・防衛部品)、発電機用タービン部品、
建設機械部品、工作機械部品、産業機器部品、流量計測部品、
シールドマシン部品、遮断機部品、変成器部品、コンプレッサ部品、
船舶エンジン部品、家庭用燃料電池部品、半導体製造装置部品

<https://www.yamaguchi-seiki.co.jp>



代表取締役社長 山口 和之様



長さ2,500mmのボールねじを精密加工するインテリジェント複合加工機「MULTUS B750」。製品精度を左右するねじ溝の寸法公差は40ピッチ10μm以内で、その1/2~1/3の加工精度を狙う。

世界屈指の機械要素部品メーカーの信頼に 知能化技術を駆使した大物精密加工で応える

メーカーの営業マンから部品加工業へ転身し、バブル崩壊後にゼロからスタート

家業は旋盤で自動車部品を加工する町工場でしたが、私は機械要素部品の大手メーカーに就職し、営業マンとして三多摩地区を担当。多くのものづくり現場に接する中で機械加工に携わりたいとの想いが強くなり、20代後半で独立し、オークマの立形マシニングセンタ「MC-40VA」を購入しました。オークマ機を選んだのは、営業マン時代に担当したお客様企業の大半でオークマの工作機械が活躍していたからです。

しかし、バブル景気崩壊後の不況で仕事が取れず、借財は膨らみ、現場の従業員は去り、一人で加工も営業もこなす中で、見かねた弟（現：専務）が一流ホテルのコックを辞めて仕事を手伝う状況に追い込まれました。この窮地に手を差し伸べてくれたのが出身の要素部品メーカーです。素人の弟を技術研修員として受け入れ、仕事の発注だけでなく当社に出向いて技術指導までしていただき、私たちも2年間ほど無休・無給の二人三脚で働き続けました。

無我夢中で仕事をこなすうちに加工技術は向上し、新たに従業員を雇い入れ、機械設備を増強して、財務状況も改善していきました。受注するワークも小型部品から大物部品の精密加工まで拡大し、手狭になった大月市の工場から現在の都留市の工業団地に新設移転するまでになりました。



ボールねじに組み付けるナット部品。上は特殊な回転工具を活用した複合加工、下は旋盤で内径のねじ切りを、側面部はマシニング加工。

加工機はすべてオークマ製、 サーモフレンドリーコンセプト搭載機で 厳しい公差をクリア

当社では、旋盤・マシニングセンタ・複合加工機と3チームに分かれ、連携してワークを仕上げています。加工機は一貫してオークマ機で整え、旋盤は大型の立形「V100R」から横形「LB45II」「LU45II」「LB35III」「LB3000 EX」「LB4000 EX」など、マシニングセンタは立形「MB-46VAE」「MB-66VA」や横形「MA-500HB」「MA-600HB」など。そして、複合加工機は「MULTUS B300」「MULTUS B400」「MULTUS B750」を揃えています。

代表的なワークは、多様なサイズのボールねじの軸やボールを内蔵するナット部品の精密加工です。ボールねじはモータの回転を直線運動に変換し、高精度の位置決めや送りを担い、工作機械や産業用ロボット、FA、半導体製造装置など幅広く活用されています。最終製品の性能を左右する部品だけに公差は厳しく、軸のねじ溝加工では、全長3,100mm、φ140mmの軸の場合、モータ1回転当たりで進む溝の距離が40mmで、公差は40.003mm。溝は一度で形成できず何度も刃を往復させるうちに熱膨張します。

従来は旋盤で補正をかけて対応していましたが、インテリジェント複合加工機「MULTUS B750」の導入により、数値入力だけで寸法精度を確保でき、旋削とマシニング加工の工程集約とも相まって、作業は大幅に軽減できました。大型機ほど熱変位制御は難しいのに、3,000~4,000mmの軸物加工でも「サーモフレンドリーコンセプト」の寸法安定性は抜群で、びびりを抑制する「加工ナビ」との併用で当社の精密加工を支えています。



工場の中で圧倒的な存在感を放つインテリジェント複合加工機「MULTUS B750」。長さ3,000~4,000mmのワークの加工では、「加工ナビ」の活用が欠かせない。

機械の性能を100%引き出すため オークマの技術者からもノウハウを吸収

社員の平均年齢は35歳と若く、高度化する加工機の性能を最大限まで引き出そうと、オークマに相談したり、技術陣からオプション機能の使いこなし方や加工法を聞き出すほど熱心です。リピート受注より新製品の図面を喜び、自宅で加工技術を研究する者もいます。こうした中で当社独自の加工技術が蓄積され、お客様へのVA提案ではQCDに貢献する改善案が数多く採用され、有力な協力企業が集まる全国大会で表彰される常連となっています。

この協力会を主宰する送り・位置決め要素部品で世界トップクラスのお客様は、製品性能を高めつつ新興国への進出を加速し、ボールねじ関連部品のバリエーションも拡大しています。これに即応するには、当社もオークマの知能化技術の熟練度をさらに高めていく必要があります。

おかげさまで当社の2018年度決算は売上高・利益とも過去最高を記録し、会社設立時の苦境を考えると夢のようです。文字通りゼロから育成いただいたお客様、ビジネスパートナーとして高性能な機械・技術を提供してくれるオークマや工具メーカーの方々に感謝しつつ、今後も「顧客満足と社員満足」をモットーに、メインユーザー様やオークマのブランドに恥じないものづくりに精進し、業界に無くてはならない技能集団として、さらなる成長を目指します。



加工したボールねじは、納入先で焼入れ・研磨され、ボールを内蔵したナット部品を装着して完成品に。



左から、白川憲一専務様、白川社長様、複合加工チームのリーダー幡野純一様。

株式会社 しらかわ

本社：山梨県都留市小形山11-3(大原工業団地内)
TEL 0554-56-8233
創業：1964年
事業内容：精密機械部品、車輻部品、
IT関連部品等の機械加工(特に大物部品の精密加工)
<http://www.shir.co.jp/>



代表取締役社長 白川 喜一様



ウェザーストリップ成形金型は、1枚1枚が薄く精度要求も厳しい部材を重ねて組み立てる接続型で、高度な3次元加工が求められる。

サーモフレンドリーコンセプト搭載の5軸加工機で 複雑精巧な接続型金型を効率的に生産

オンリーワン技術でウェザーストリップ成形金型のナンバーワンに



社内の一角に設けたギャラリースペースに展示されている多種多様な接続型金型。



オペレータの作業性が良く、海外研修生からも「使いやすい」と好評の5軸制御立形マシニングセンタ「MU-6300V」

当社は1971年に創業以来、40年以上、金型の設計・製造に携わっています。特に自動車のドアや窓のシール材として、車内への雨・チリ・音の侵入を防ぐとともに、ドアを閉めた時の衝撃も吸収する「ウェザーストリップ」の成形金型で高い評価を得ています。

ウェザーストリップの製造は、あらかじめ押出成形したチューブ状のゴムを金型にセットし、ゴム原料を流してコーナー部を成形し、同時に枠部分をコーナーに固定する役割も持たせます。そのため金型の構造が複雑で、高精度に加工した薄い金型を何枚も重ね合わせて組み立てます。しかも、成型品を金型から抜いたり、ゴムを流れやすくするためのアンダーカット部が多いことから、高度な3次元加工が必要です。

当社は、この難易度の高い「接続型金型」で業界トップクラスの技術力を誇り、国内外の多くの自動車部品メーカーに製品を納入しています。

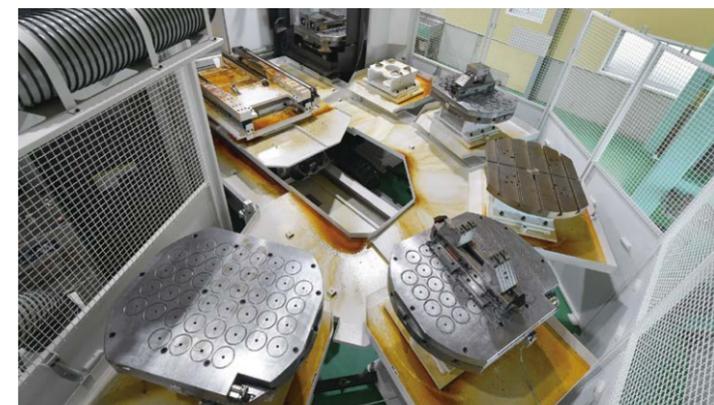
金型製作では全工程の約7割をマシニングセンタ加工が占め、専用治具を用いた傾斜面加工も少なくないため、最新鋭の5軸制御立形マシニングセンタに6面APCを組み合わせるなどして高精度加工と省段取りを両立させています。

「MB-V」で寸法安定性の高さに驚き、 「MU-V」でサーモフレンドリーコンセプトの 進化を実感

オークマ機を最初に導入したのは、1980年代半ばの立形マシニングセンタ「MC-5VA」です。初号機に近い機械で不具合が発生しましたが、こちらの改善要望にオークマの技術陣が真摯に応えてくれました。その真面目さが気に入って、以来、オークマ機を積極的に導入し、容赦なく注文をつけて双方で技術を高め合う関係を築いてきました。

そんな中でも「サーモフレンドリーコンセプト」を初めて搭載した「MB-56V」「MB-66V」を導入した時は驚きました。スクエア面の加工段差がほとんど見られず、補正值のターゲットを絞りやすい。ウェザーストリップの薄い金型を10枚ほど重ねて組み立てる際に、加工精度が悪いと熟練工が時間をかけて修正・調整しますが、そうした作業が激減したのです。お客様からも「どうだ、この出来映え!と金型が威張って見える」という感想をいただき、結局、「MB-V」シリーズだけでも13台導入しました。金型加工を変えた名機種とっていいでしょう。

近年で大きな戦力となっているのは、5軸制御立形マシニングセンタ「MU-6300V」「MU-8000V」の4台です。金型の量産加工で最初に投入したワークと最後のワークを比べても寸法精度が安定し、ワンチャッキングで広範囲の加工を完結でき、オペレータの作業性が良く、海外研修生からも「使いやすい」と好評です。



ワンチャッキング多面加工の5軸制御立形マシニングセンタ「MU-8000V」と6面APCを組み合わせて高精度加工と省段取りを両立。

海外への展開、画期的な表面処理技術、 アイアンヘッド「MUQU」で確かな存在感

当社は2011年に中国に現地法人を設立以来、インドネシア、タイ、メキシコ、インドに拠点を設けて自動車関連企業に金型を供給し、同業他社と連携した協業も進めています。また、既存の技術を独自に組み合わせて金型とゴム・プラスチックなどの成型品との型離れを劇的に高めたり、成型品の品質を向上させる表面処理技術「エムエス・プロセッシング」を開発・事業化しました。さらに金型製造で培った切削技術を活かし、日本で初めて無垢の鉄の塊から5軸加工機でアイアンヘッドを削り出し、プロもうなる打感を創出。現代の匠を擁する10社のパートナー企業の参画を得てオリジナルブランド「MUQU(むく)」を立ち上げました。

こうした取り組みが評価され、「愛知ブランド企業」「地域未来牽引企業」「はばたく中小企業・小規模事業者300社」などに認定され、マスコミからの取材も相次いでいます。

私どもがBtoBの黒子的存在の金型屋から表舞台に打って出る戦略に転換した背景には、高度な技能・技術を広く社会に知らしめ、社員の誇りやモチベーションを高めたいという想いがあるからです。ビッグでなくとも「グッドなカンパニーでありたい」というのが私の持論で、今後も世界で通用する技術と人間性を備えた社員たちの夢を叶えられる企業を目指してチャレンジを続けていきます。



地元11社による協業プロジェクト「KASANE CHUBU」の第1弾として発表したアイアンヘッド「MUQU」。



製造部 機械加工部長 海川 弘明様

株式会社 エムエス製作所

本 社：愛知県清須市春日立54-2 TEL:052-409-5333
設 立：1972年
事業内容：ゴム成形金型、ウェザーストリップ成形金型設計製作、
樹脂金型設計製作、表面処理(エムエス・プロセッシング)、
ゴルフクラブ設計製作
<http://www.msgroup.co.jp/>



代表取締役社長 迫田 幸博様



立形マシニングセンタ「MB-V」、5軸制御立形マシニングセンタ「MU-V」、インテリジェント複合加工機「MULTUS-B」などオークマの新鋭機で構成された24時間稼働の量産ライン(出水事業所)。

半導体・液晶製造装置のアルミ材の精密加工にサーモフレンドリーコンセプトは絶対条件

オートレーサー兼メカニックで培った技と情熱を原点に、半導体・液晶の部品加工へ

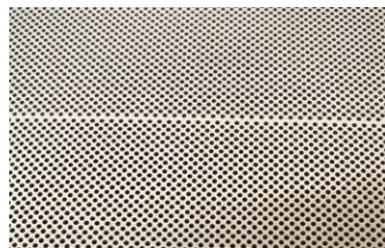
私は高校時代からオートバイに魅せられ、父の会社(設備・機械の製作・修理)を手伝う傍ら国際A級ライセンスも取得して国内外のレースに参戦する一方、より速く走るために部品を自作し、そのための会社を設立しました。時速300kmで走行中に破損すれば事故に直結するため、頑丈で複雑な部品を独自に設計し、工作機械で精密に加工します。材料の知識、部品の構造、加工技術の多くをこの時期に習得しました。

レース引退後、加工事業に専念しようと手掛けたのが蒸気タービン用ブレードの3次元曲面の高精度加工です。この仕事を通じて、お客様の困り事を解決する喜びを体感しました。その後、半導体や液晶パネルの製造装置向け大物部品や真空パーツ、太陽電池の製造装置向け部品に進出し、生産能力も大幅に増強しました。

2001年に現社名に変更し、東京マザーズに上場して間もない08年にリーマン・ショックに見舞われ、事業の一部を整理して半導体分野に経営資源を集中し、難局を乗り切りました。そして、18年に東証2部、さらに1部へ市場変更を果たし、現在は半導体製造のエッチング工程の真空パーツを中心に、フラットパネルディスプレイ製造向けの真空パーツなどを手掛けています。



粘りがあり、硬いステンレスを削り出したテストタービンノズル。全長50mm、最大肉厚2mmと非常に薄く、要求精度は25μm。



半導体製造装置のシャワープレートのサンプル品。最小φ0.05mmの穴を均等に数万個あける深穴加工も得意分野。

サーモフレンドリーコンセプトの熱変位制御と工場温度管理の相乗効果でミクロンレベルの精度要求に応える

オークマ機を初めて導入したのは立形マシニングセンタ「MX-55V」ですが、加工機を拡充する中で、「サーモフレンドリーコンセプト」の考え方を知り「これは、いいな」と共感しました。当時、火力発電用のタービンブレードを手掛けていましたが、空調を管理していても工作機械の伸縮によって朝と昼でワーク寸法に20~30μmのズレが生じ、何度も補正していました。それが「サーモフレンドリーコンセプト」適用の立形マシニングセンタ「MB-56V」を導入すると想定通りの寸法精度が確保でき、補正作業が大幅に軽減されました。

半導体や液晶製造装置の部品の多くはアルミ製で、鉄の2倍の熱膨張率があるため、1℃の温度差で1メートル当たり24μm伸縮します。このアルミ材からワークを削り出しますが、特に平面度の精度が厳しく、例えば大物部品加工を担う高尾野事業所では、チャンパーの平面度を10μm以下で加工しています。この精度を安定確保するには、さらにその2分の1の精度を狙います。

そのため工作機械の熱変位制御は絶対条件で、これを前提に工場の壁はサンドウィッチパネル、ペアガラスの窓には赤外線防止フィルムを貼って断熱し、換気も熱交換してから行うなどして、±1℃の温度管理を徹底しています。



幾何誤差を短時間で計測・自動補正をする「ファイブチューニング」を搭載した「MU-6300V」。時間のかかる面倒な作業を大幅に削減。

5軸制御立形マシニングセンタとファイブチューニングを活用しエッチング工程の心臓部品を安定した精度で量産加工

出水事業所(本社工場)では、半導体製造のエッチング工程で使われる真空チャンパーに組み込む心臓部品を量産しています。その製造工程では5軸加工が多用されますが、オークマの5軸制御立形マシニングセンタ「MU-500V」を導入した時は、熱変位制御の完成度に驚きました。5軸加工の場合、試作での精度出しはさほど難しくないので、量産で安定した加工精度を維持するのは容易ではありません。それが「MU-500V」では、ワークの着脱とマクロによる補正入力ぐらいで、あとは手放し状態です。現在は後継機の「MU-5000V」、「MU-6300V」が生産ラインの主力となっていますが、非熟練者が多い職場の中で頼れる戦力となっています。

また、品質の確保に欠かせないのが、5軸加工機の幾何誤差を短時間で計測・自動補正する「ファイブチューニング」です。当社が製造する部品には多くの幾何公差が設定され、以前は回転軸の芯ズレを確認するためワークをテーブルに載せて何度も計測し直し、CAD/CAMで補正を入れることもありました。「ファイブチューニング」のおかげでこれらの時間がかかる面倒な作業を大幅に削減できました。

熱変位制御「サーモフレンドリーコンセプト」と幾何誤差の自動補正「ファイブチューニング」という二つの智能化技術が、当社の加工インフラを支える重要なファクターであることは間違いありません。



大型部品工場も高断熱の壁や空調設備を整え、温度変化を±2℃(1日)以内に管理し、機械と製品の熱変位を抑えて厳しい公差をクリア。



株式会社 マルマエ

本社・工場：鹿児島県出水市大野原町2141番地
TEL:0996-68-1150

設立：1988年

事業内容：半導体製造装置や液晶ディスプレイ製造装置などの真空パーツの製造を中心に、精密機械・精密機器の設計・製造・加工精密機械部品の設計および製作、産業・医療機械器具の設計・製造・販売、ソフトウェアの開発・販売

<http://www.marumae.com/>



代表取締役社長 前田 俊一様

工作機械メーカーの使命として 挑んだ熱変位制御

取締役 技術本部長兼研究開発部長
千田 治光



1987年入社。神戸大学大学院自然科学研究科卒業、博士(工学)。オークマ入社後、要素技術の開発者として超精密加工技術を担当。熱変位の研究を志願し、主軸の熱変位補償システムを開発。これを発展させた工作機械の熱変位補償システムで、2002年度「日本機械学会賞」受賞。その後もグループリーダーとして熱変位制御の研究開発をはじめ、知能化技術開発を推進。2011年に研究開発部長、14年に執行役員 技術本部副本部長兼見込技術部長、16年に執行役員 技術本部長兼研究開発部長を経て、17年より現職。オークマの技術・研究開発を統括する。

無謀と言われた

「機械と環境の熱変位制御」に挑戦

高精度に切削するには加工時に生じる様々な熱変位に対応し、速く加工するには振動に対処しなければなりません。しかし、工作機械の長い歴史の中で「熱」と「振動」の問題は大変難しく、永遠のテーマとされてきました。

特に熱は厄介で、主に鉄や鋳物でできている工作機械は、温度が1°C上がれば1メートル当たり100分の1ミリ膨張し、加工時には主軸や周辺機器から発生する熱によって機械本体が膨張します。さらに一般的な工場環境では10°C程度は当たり前のように変化し、これにより機械の姿勢を変化させ、加工精度に影響を及ぼします。工作機械メーカーは、主軸や周辺機器の熱を冷却油で抑える対策を講じますが、本質的な解決にはなっていませんでした。

そんな中で、私たちは1994年頃、要素技術として主軸の熱変位を解析して補正する補償システム(主軸熱変位制御TAS-S)を開発し、これを搭載したマシニングセンタで金型加工をされているお客様を調査訪問しました。すると「主軸の熱変位を抑えただけではダメ。大企業でなければ恒温室の設置など無理。普通の環境で安定して10μm以下の加工精度が出せる機械があれば寸法補正作業が楽になるのだが…」という渴望にも似た声をお聞きしました。これが開発陣の大きなモチベーションになったのです。しかし、刻々と温度変化する工場環境で安定した寸法精度を出せる機械をつくることなど無謀な挑戦であり、周囲からは非常識とも言われました。

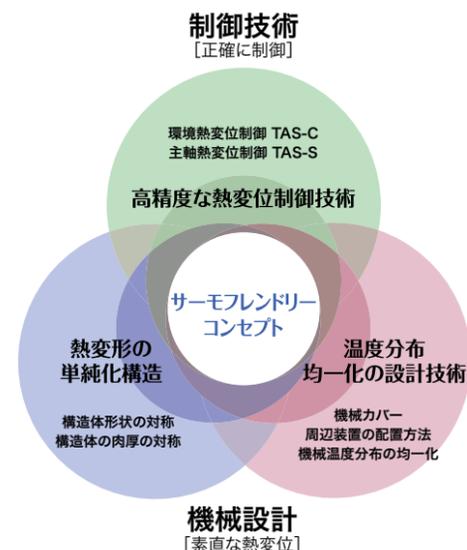
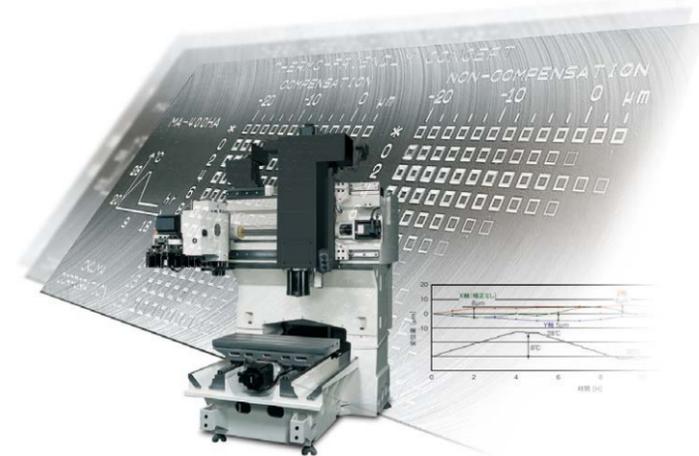
ブレークスルーのきっかけは、発想の大転換

数年間にわたり多種多様な機種熱や構造を環境試験室で解析し、膨大なデータと向き合う中で確信したのが「発熱する機械や室温を必要以上に冷やしたり断熱しても、複雑になりコスト高になるだけ。それよりも熱変位を制御しやすい機械の構造を突き止め、発生熱を制御の方が合理的。熱を抑え込むのではなく、熱を受け入れ仲良くする(サーモフレンドリー)」という発想の転換でした。

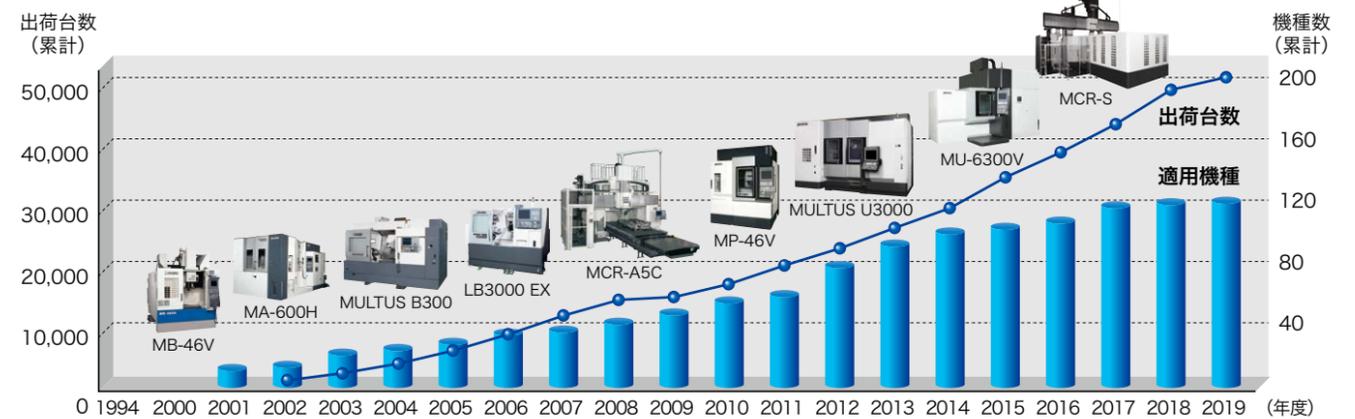
こうして辿り着いたのが『①曲がりのない素直な熱変位を発生させるシンプルな構造 ②熱源の配置や温度バランスへの配慮 ③リアルタイムで熱変位を制御(補償)するシステム』という「サーモフレンドリーコンセプト」であり、これを初めて製品化したのが立形マシニングセンタ「MB-46VA」です。

今も誤解される方が多いのですが、熱変位制御とは、「発生した熱を測定し複雑に変形した量を補正する技術」ではなく、「制御しやすい熱変位バランスに優れた機械設計が大前提にあり、これをもとに熱変位を制御することで安定した加工寸法精度を実現する技術」です。

おかげさまで経時加工寸法変化8μmを実現した「MB-46VA」は驚きをもって迎えられ、「寸法補正作業が激減し、安心して精度を確保できる」など大きな反響をいただきました。また、他社からも「クレーム問題だった熱変位を利益の出る技術に変えたのは凄い」と言われました。



◆サーモフレンドリーコンセプト搭載機の累計出荷台数と機種数



進化を続けながら幅広い機種へ展開

「MB-V」で得た手応えを原動力に、「サーモフレンドリーコンセプト」を複合加工機、5軸加工機、門形機へと搭載を拡大していきましたが、進化の転換点となったのは、複合加工機と大型機(門形)への展開でした。

複合加工機は、主軸が増えるうえに上下刃物台を動かし、対向主軸も加わるなど、熱源の増加によって変位が複雑になり、その組み合わせによるバリエーションも多様です。個別に熱変位補正の方法を変えていたら、とても対応できません。そこで、どのような機種であろうとも優れた熱変位バランスを保てる手法を確立することにしました。膨大な計測とデータの解析を機械設計に活かし、制御もシンプルにできる技術の開発に全力を注ぎ、大きくステップアップできました。

門形機への展開では、高さが立形の2~3倍、テーブル面積が36倍もある機械にワークを載せて、20μmの加工精度をターゲットに熱変位制御の革新に挑みました。開発当時、このような大型機を入れて実験できる恒温室がなく、姿勢変化や熱膨張の測定にも苦労しましたが、そのぶん機械設計や制御理論を徹底的に突き詰めました。そして導き出した理論を実証するため大型恒温室を新設して評価し、「MCR-BIII」の誕生につなげました。そして納入されたお客様32社をまわり、39台についてお客様の環境下で納得いただける性能であるかを確認しました。大きなワークでも寸法が安定し、長時間の加工でも加工段差が生じないほどの使い勝手を実現できたのも産みの苦しめで得たノウハウの成果です。

無人自動加工の時代を見据えて 知能化技術を開発

オークマは5つの知能化技術(サーモフレンドリーコンセプト、アンチクラッシュシステム、加工ナビ、ファイブチューニング、サーボナビ)をお客様の加工インフラ向上に資する機能として提供しています。実は、そのほとんどが「サーモフレンドリーコンセプト」を開発した際に「将来、無人自動加工の時代が到来する。その時、工作機械メーカーとしてどのような機能を用意すべきか」をテーマに、徹底的に議論して要素技術を体系化したものです。私たちは、それを順次、具現化してきました。

5軸加工機を例にとると、いかに熱変位制御が優れていても、回転軸の芯ズレが生じます。そこで幾何誤差を簡単に調整する「ファイブチューニング」を開発したわけです。5軸加工機に初めて「サーモフレンドリーコンセプト」を搭載した「MU-500V」はご好評をいただきましたが、「ファイブチューニング」との組み合わせで加工精度と安定性が格段に向上しました。

また、困難と言われた「加工びびり抑制」についても、最適の加工条件を瞬時に導く「加工ナビ」を開発し、びびり問題の解決の一助や長尺ワークやねじ切り等に不可欠の機能となっています。

約20年間で「サーモフレンドリーコンセプト」は、オークマのオンリーワン技術の代名詞となり、2019年10月現在で全127機種中83機種に搭載され、出荷台数は5万台を突破しました。それでも世界の工作機械台数の中では小さな数字であり、ますます高度化する「より速く、より高精度な加工を」の命題に向けて、知能化技術のさらなる高みを追求していきます。

オークマ株式会社

〒480-0193 愛知県丹羽郡大口町下小口5-25-1 TEL 0587-95-7823 FAX 0587-95-4091 (営業部)
●支店 / 北関東 048-720-1411・東京 046-229-1025・名古屋 0587-95-0911・大阪 06-6339-9081

東興機販(株)
仙台市若林区六丁の目西町7番26号
電話：022-288-8351

OPEN POSSIBILITIES

