

USERS' VOICE

Vol. 8

2011



加工ナビ

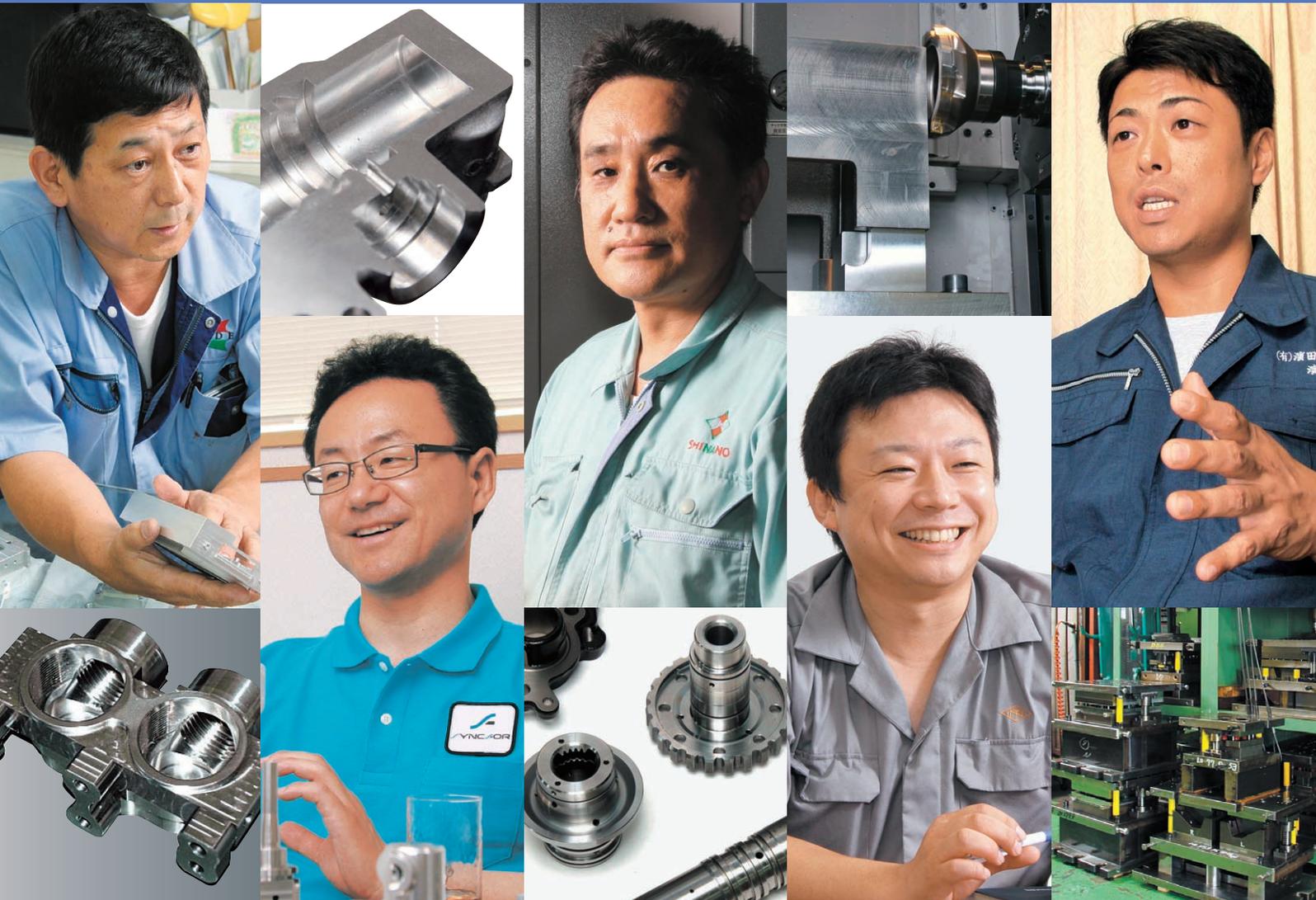
ユーザーズボイス

工具寿命が延び、加工時間も短縮できました
工程・工具本数・コストの削減に活用できる有益なツール
「高品質と低コストの両立」に欠かせません

開発者ストーリー

びびりを“見える化”して最適の加工条件を提示

加工現場の視点を何より重視する象徴的な支援機能



加工ナビの“見える化”画面で、内径加工の生産効率を大幅に向上

びびりを抑えるため「主軸回転速度変動制御」で最適の加工条件を探す

当社の八幡工場は、「風林火山」の舞台として知られる千曲川の近くにあり、カーエアコン用クラッチ、エンジンやミッション部品などを量産加工し、群馬県の自動車部品メーカーに納入しています。また、本社工場では、工具を効果的に冷却する「高圧クーラント装置」を開発・製造し、オークマさんにも納入しています。当社の強みは「高品質と低コストの両立」にあり、私たちが追求するテーマも、そこに集約されます。厳しい競争を勝ち抜くには、最適の加工プロセス、最適の機械・人員配置で、強いコスト競争力を維持しなければなりません。私は根っからの技術屋なので、自分で加工ソフトを工夫して成果が出ると、オークマさんのエンジニアや営業担当者と技術談義に花を咲かせています。

「びびり」について相談したのは2009年のことです。LB3000 EXでボーリングバーを使って深さ80mmの内径加工にトライすると、びびりが出てしまう。ワークの特徴や旋盤・工具



八幡工場の従業員は150名。その多くが4〜5台の機械を受け持ち、生産性の向上を追求。

の性能を考えれば、例えばφ10のボーリングバーで突き出しの推奨値は50mm (L/D=5以内) ですが、CVT (無断変速機) 部品の急増に即応する必要があったので、何とかこれを克服したかったのです。すると、営業担当者から「オプション搭載されている『主軸回転速度変動制御』という機能を使ってください」と薦められました。これは指令された回転速度を所定の変動幅で変化させ、びびりを抑える機能で、いまの『加工ナビ』の前身です。それで、さっそく試してみると、びびりが見事に解消できました。ただ、このソフトは加工条件や工具の切れ味の変化によって、パラメータの設定をこまめに変える必要があり、最適な条件を探すのに少々手間がかかりました。



オークマのエンジニアが訪問すると、プログラミングや最新ソフトなどの技術談義に花を咲かせるという北村様

これは自動車部品の量産加工で、工程集約が図れる機能です。「高品質と低コストの両立」に欠かせません。

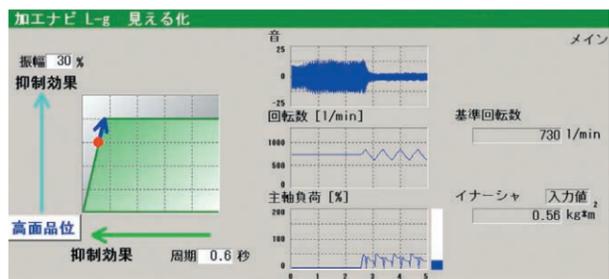
「加工ナビL-g」で生産性向上を図るとともに工程集約にも結び付ける

2010年8月に、「『加工ナビL-g』という新しい機能を開発したので、モニター試用してもらえないか」と打診されました。聞けば「主軸回転速度の変動振幅と変動周期の推奨値を即座に計算し、回転速度を落とさず、びびりの無い旋削加工条件を案内する」というので、すぐにLB3000 EXにインストールしてもらいました。

数種類のワークでテストして驚いたのが、加工音や主軸負荷の大きさ、推奨値が画面に表示される“見える化”でした。それまで加工音を聞き、面粗度を目で確かめていた作業内容が実データで確認できるのです。加工ナビのグラフを見ると、主軸回転速度変動制御で設定した時より回転数を上げられることが分かった。これを使えば工程集約も図れるとピンとききました。

例えば、細く長いシャフトを加工する時など、びびりを防ぐために3〜4工程かけていたワークが、加工ナビの推奨値に従えば1〜2工程に短縮できるのです。何より加工の邪魔になる振れ止めを装着する手間が省け、高い特殊工具やチャックを用意する必要もないので、不良品の低減だけでなく、スピードアップやコスト低減できるのが魅力です。専用機を置く余裕など許されない経済環境で、汎用機の能力を最大限に引き出しながら、稼働率の向上を図れるわけです。

加工ナビ LB3000 EX + L-g



加工音や主軸負荷の見える化画面で、主軸回転をさらに上げて生産性を向上。

カーエアコン用クラッチは月産80〜90万個、さらにCVT(無断変速機)やエンジンの重要保安部品まで多彩な部品加工を手掛ける

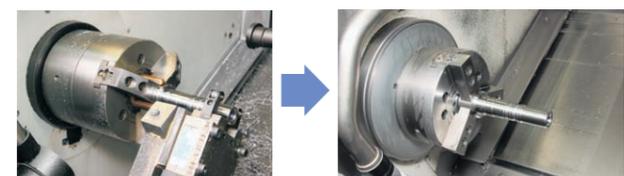


不良品の発生率を最小化するためにマシンとOSPの能力を最大限に活用

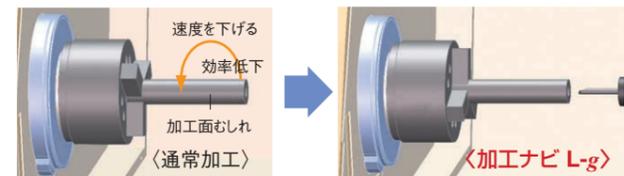
いま、当社ではオークマの機械が約60台稼働する中で、LB3000 EXと対向主軸ターニングセンタLT2000 EXに加工ナビを搭載し、他の旋盤では主軸回転速度変動制御でびびり抑制を図っています。

当社のNC機導入の第1号は、35年前のオークマLC10です。私は初め他のNCに比べて少し難しいと感じましたが、操作を覚えてしまうと、複雑なプログラムも簡単にできてしまう。OSPは知るほどに奥が深く、加工ナビ機能もその代表例でしょう。

自動車部品の生産は、1日数万個単位の量産をこなしながら不良品の発生が許されない世界です。そうした中で、加工ナビと同様に、当社の品質確保の戦力となっているのが熱変位に強い「サーモフレンドリーコンセプト」です。従業員の日報にも「オークマの機械は、昼休みに機械を止めて再始動する時も、簡単な補正で確実に寸法精度が出せるので精神的



振れ止め(左)を使うとワークにローラーの跡が付いたり、切りくずが堆積するが、加工ナビ(右)により振れ止め装着が不要に



振れ止めナシで加工効率1.5倍

に楽です」と書かれています。

グローバル競争によるコスト低減、円高、節電要請など、とりまく環境は一段と厳しくなっていますが、サーモフレンドリーコンセプトや加工ナビのような技術を積極的に活用して、工場の体質強化を図っていかねばと考えています。

信濃機工株式会社
取締役副社長 北村 一広 様

八幡工場：長野県千曲市大字八幡代5484-1
Tel:026-273-3667

創業：1971年12月
事業内容：カーエアコン用クラッチ主要部品、
自動車用機能部品、産業用機械部品製造、
高圧クーラント装置(自社製品)開発・製造

自社ブランドの立ち上げを進めながら
7社の共同体で新たな受注を目指す

私は、オートバイ好きが高じて大学は機械科を専攻し、試作加工の世界に飛び込みました。そして、学生時代からライダーとして20年以上レースに参戦し、2006年には全日本ロードレース選手権のGP-MONOクラスで優勝しています。いま、レーサーとエンジニアの経験を活かして、オートバイのカスタムパーツを開発して自社ブランドを立ち上げようと試作を繰り返しています。



2006年の選手権優勝時の雄姿と、技術を活かして自社ブランド化を目指すカスタムパーツの試作。

また、2009年に地元・湘南の中小企業6社と共同でモノづくり集団「茅ヶ崎モノづくりサークル(CmonoC)」を発足させ、受注活動や展示会への出展などを行っています。金属部品加工・切削加工・溶接など互いに得意な技術・設備・人材を活用して、お客様のニーズに沿った設計・製作からアフターフォローまで行う共同体です。どの会社も特徴のある技術や設備を持ち、日頃から仕事の受発注や経営者として刺激し合っています。

最近も、中国で鋳物をつくり、当社でバリの出ない穴あけ加工を短納期で仕上げ、欧州に納品する仕事がありましたが、厳しいグローバル競争の中でも「日本だからできる加工」がたくさんあります。そこで勝ち残るには、同じ機械をどう使いこなす、存在価値を発揮するかにかかっています。社名の「シンクフォー」には、世界のあらゆる地域のお客様のニーズにシンクロ(同期)したモノづくりを目指すという意味も込めているのです。



音と振動を感じながら主軸回転を頻りに調整する影山さんは、若きエースの一人。

株式会社シンクフォー

代表取締役 山下 祐 様

所在地：神奈川県茅ヶ崎市円蔵370番地
茅ヶ崎機械金属工業団地
Tel. 0467-86-4194

ホームページ：http://www.syncfor.co.jp/

設立：2010年2月

事業内容：研究・試作用機器および装置の設計・製作
精密機械部品加工(半導体製造装置用など)
新素材、セラミック、カーボン、ニッケル、インコネル
放電加工および電極製作



加工ナビのモニター使用の推薦を受けるきっかけとなった、見事な仕上りのサンプルカット。

「加工ナビ」で方向性をすばやく見定め
試行錯誤の時間を短縮して生産性を向上

加工ナビの存在は、最初にマシニングセンタ用(M-i、M-g)として発表された時に知っていましたが、導入を検討していたのがLB3000 EXだったので、搭載できるのは先のことと考えていました。それが、LB-EXの性能確認のために用意したサンプルカットがきっかけで、開発中だった旋盤用「加工ナビL-g」のモニター使用の話がまとまったのです。

そのサンプルは、オークマさんの旋盤LU300-MYと放電加工機で、小径の段差がついた中ぐりに、止り穴を施した部品です。びびり抑制のためGコードで主軸の回転速度の変動振幅と変動周期を調整して加工しました。つまり、加工ナビと同じ機能をLUでこなしていたわけです。オークマさんの技術者は、それが興味深かったようで「LB3000 EXに載せますから、加工ナビを試してください」ということになりました。ふつう、旋削加工できれいな仕上面を追求する場合、主軸の回転速度を単位時間で上げ下げすると引き目が変わるので避けるものですが、加工ナビはそこに着目して制御している点が面白いですね。

実際に加工ナビを使ってみると、L/D=8という深い中ぐりで、びびりが発生することなく、切削速度を70%向上できました。これはリピート受注の加工をこなす場合に特に効果が大きいです。当社では1カ月に120件ほどの試作加工を平均2週間の納期でこなしていますが、このペースを維持しつつ、難形状・難削材の加工品質を保つには、試行錯誤する時間は短いほどいい。その意味で、加工ナビのデータを目安に、加工の方向感を早くつかめる点が助かります。

■切削速度 70%アップ

〈通常加工〉 切削速度 40m/min → 〈加工ナビ L-g〉 切削速度 68m/min



ワーク：ステンレス鋼
工具：L/D=8(φ20×L160)超硬製ボーリングバー
(加工条件)
送り速度：0.16 mm/rev
切込み：φ0.1

加工ナビ
LB3000 EX + L-g

『加工ナビ』は頼もしいツールです。
自分の手の延長のようにNC機やソフトを使いこなす”21世紀型の職人”にとって、



ユニークな社名は「外国の取引先が覚えやすく、発音しやすいようネーミングした」と語る山下様。

少数精鋭で多彩な材料の試作部品を加工
複雑で難しい仕事ほど挑戦意欲が湧く

当社の主力業務は、メーカーの研究開発部門などから発注される試作部品の加工です。最大の特徴は対応できる材料の幅広さです。私たちは、半導体の基板ホルダーやエッチング装置の電極に使う「グラッシーカーボン(黒色ガラス状のガス不透過性炭素材)」に長く関わってきましたが、その経験をSiC(炭化ケイ素)の加工に応用するなどして、ノウハウを蓄積してきました。それが、グラスファイバー、CFRP(炭素繊維強化プラスチック)、C/C材(炭素複合材)、チタンやセラミックといった難削材の加工ノウハウにも繋がっています。

また、真空装置・精密機械・半導体製造装置の部品など、ミクロンオーダーの公差が要求される試作も数多く、仕上面の美しさ(表面粗さ例:Ra0.1~0.2)も求められます。さらに、形状に特徴のあるもの。例えば、お椀を伏せたような曲面に4,000個



左:マシニングセンタで高さ6mmのバリのない四角錐を削り出したサンプル。
右:NC旋盤と5軸MCの切削工程で2011面の小さな平面を創出した多面体加工。

のディンプルを施した金型のような難しい加工も少なくありません。こうした難度の高い高精度加工を15名ほどの20代~30代のスタッフが複数の工作機械を駆使して仕上げます。誰もが多能工で、独創的な治具の製作はもちろん、工具メーカーが驚くようなホルダーの使いこなして、初見の図面から部品を具現化していきます。

加工ナビ
MA-400HA + M-g



テック長沢様で初の横形マシニングセンタとなったMA-400HA。6パレットを備え、ツールマガジンには160本の工具を収納。

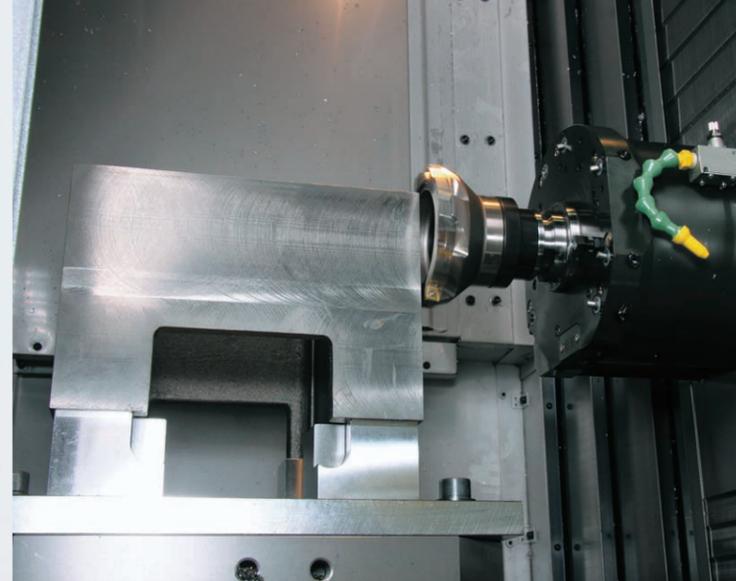
削る箇所を減らすため調達先の製造プロセスまで改善提案し
お客様と一緒に合理的なモノづくりを追求

当社は部品加工業ですが、「いかに削る箇所を減らすか」を念頭に、鋳物・型づくり・熱処理・表面処理などの上流に位置する会社に向いて、加工しやすさという視点から積極的に改善提案しています。納入先であるお客様との打ち合わせでも、素材の段階までさかのぼって話し合い、高品質で低コストの品物をいかに効率的に生産するかを考えます。こうしたコーディネート役を担う会社は少なく、当社の強みとなっています。

調整や渉外の機能を発揮するには、日頃のネットワークづくりが重要ですので、その一環として、地元の工場と連携して納入先の会議室で共同展示会を開催したり、共同受注を働きかけるなどしています。大手企業が海外生産やグローバル調達を加速する中で、柏崎市の産業が継続的に成長していくには、町工場が互いに強みを持ち寄りWin-Winのネットワークを構築し、仕事の幅を広げていかなければなりません。

一方で、町工場の経営手法も変える必要があります。私がいま力を注いでいるのが社内での情報共有化で、バーコード管理による作業進捗の見える化、顧客別の売上状況などを誰もがパソコンで確認できる環境づくりに取り組んでいます。社員がこうした情報を把握した上で、全体最適のために自分は何をなすべきかを考えるような風土を定着させたい。それが自律型社員への第一歩であり、強い組織づくりの要でもあると思います。

株式会社 テック長沢
代表取締役社長 長沢 智信 様
所在地：新潟県柏崎市藤井1358番地4
TEL.0257-24-1125
創業：1963年10月
事業内容：量産機械加工
(自動車・油圧機器・印刷機・半導体部品など)、
多品種少量品加工
(バルブ・自動車部品の生産用設備部品、設備
治具・検査治具、自動車部品等試作、試験片など)
ホームページ：http://www.tec-naga.com/



真空チャンバー部品の正面フライス加工では、「加工ナビ」で最適条件を探り、工具寿命が約2倍に。



MC加工を担当する阿部様は、OSPの使いやすさと「加工ナビ」による工具持ちの良さを実感。

「加工ナビ」で最適条件をすばやく探し、
正面フライスでも工具寿命を大幅に延ばして効果を実感

マシニングセンタの担当者によると、MA-400HAで炭素鋼(S45C)のロッドヘッドのヘリカル加工を「加工ナビM-g」の案内画面に従って条件設定したところ、びびり音が消え、チップが欠けることなく、工具寿命が約2~3倍に延びたそうです。また、チップの摩耗が激しくて苦労していた真空チャンバーの正面フライス加工に「加工ナビM-g」を試してみると、送り速度はそのまま、回転速度を800min⁻¹から700min⁻¹に落とすだけで、工具の持ちが良くなり寿命が2倍に延びたそうです。これまでは材質や形状に対して回転速度が少し速すぎたようです。他のワークでも「加工ナビM-g」に従って加工条件を変更したところ時間短縮が図れ、生産性が上がっています。

いま、当社では印刷機のローラー加工に注力していて、すでに研磨レスの仕上げ加工技術を自社開発していますが、長尺物のセンター部のびびり抑制は依然として大きなテーマです。そこで新規に導入するNC旋盤の機種選定の決め手になったのが「加工ナビL-g」でした。LB4000 EXに搭載すれば、振れ精度の高さとともに、びびりの抑制で高精度のローラー加工が実現できそうなので、今から楽しみにしています。

競争力のあるモノづくりに向け、加工する側の視点から上流に位置する調達先にも積極的にVE提案を行うという長沢様。



工具寿命が延び、加工時間も短縮できました。
次に導入する旋盤でも、その効果を期待しています。

工具のチップがすぐに欠け、最適の加工条件を探すために
トライ&エラーを繰り返す時間や手間がもたない

当社は鋳造・鍛造品やアルミダイキャストなどの異形ワークの中ロット量産加工を得意としています。自社開発の治具でワークのクランプをひと工夫して、NC旋盤ラインやマシニングセンタラインで、月産数百個から2万個程度を量産します。以前は自動車部品が大半を占めていましたが、最近では、印刷機・半導体製造装置・油圧機器・LED関連などの部品加工を数多く手掛けています。2010年末に、当社で初の横形マシニングセンタとなるMA-400HAを導入したのは、アルミやステンレス加工などの工程集約を狙ったものです。この時に強く勧められたのが「加工ナビM-g」の搭載でした。

もともと鋳造品・鍛造品などの素形材の取り代を削る加工が多かったのですが、最近では油圧シリンダのロッドヘッドの穴加工とか、無垢材にφ60の穴を施すといった加工が増え、効率を上げるためにドリル加工ではなくヘリカル加工を多用していました。ところが、素材・形状・機械の剛性などが複雑に絡み合っぴびりが発生し、すぐに工具のチップが欠けるなど、現場ではびびりを抑える加工条件を探し出すのに苦労していました。

工具や治具のコストが多少かかっても、1個あたりの生産性が上がれば十分に吸収できます。しかし、最適の加工条件を探すためにトライ&エラーを繰り返しているのは効率が悪い。そんな時に「加工ナビM-g」の存在を知ったのです。



▼ 油圧機器関連部品

▲ インクジェット向け搬送用ローラー

熟練の技が売り物の職人に『加工ナビ』は脅威。
しかし、これをうまく使いこなすことで、
試作加工をパワーアップできると感じています。



スラリと並んだ特級・一級技能士の認定証を前に、
永禮様(左)・土井様(中)・西村様(右)の
技能三人衆。



ワークの仕上がり点検する
土井様。工場ではオークマの
MC4台が稼働中。

無くなるといった不具合がおこる。そして、加工する際、材料が歪まないように、また後工程が苦勞しない工夫も施します。図面通りに加工するだけでは一人前とはいえず、まず「顧客がどんな品物を求めているか」を読み取ることが重要です。それが我々のノウハウであり、存在価値でもあります。

地域に根づいた小回りの効く技能集団として 日本のモノづくりの根幹を支え続ける

壁に並んだ特級・一級技能士の認定証は、私を含めたスタッフ全員が勉強を続けている証でもあります。機械加工、NC旋盤、フライス盤、マシニングセンタ、機械検査…と多種多様ですが、どれも実技のほかに学科試験もあるので、仕事の合間を縫って勉強しなければならない。常に新しいことを覚えないと時代に置いていかれるという危機感があるので、平成19年にも新たに国家資格を取りました。加工ナビのような新技術に貪欲なのも、そうした気風の現れです。また、支給された図面への改善提案や他社ではできなかった加工ができるのも、こうした日々の積み重ねがあればこそです。

いま、日本のモノづくりの空洞化が心配されています。確かに海外生産も止むを得ない状況ですが、それでも外へ持っていけない仕事もあります。試作や精密加工もその一つで、「1日～数日の短納期で高品質・適正コストの品物を仕上げてください」という仕事なら海外には負けません。大企業が休みになる週末・大型連休・夏休みも交代で稼働して、ほとんど年中無休です。そんな小回りの良さや技能が我々の強みでもあります。

また、当社はマシニングセンタによるアルミ系の加工を得意としていますが、周辺の旋盤や板金加工、熱・表面処理、研磨など専門の加工屋さんと連携して、多種多様な材料や加工分野に対応しています。こうした横のつながりも財産の一つで、最近も海外で生産された鋳物部品のひずみを緊急修正する仕事を6～7社で連携してこなしました。こうした町工場に集積された技術こそ日本のモノづくりを支える底力なのかもしれません。

ついにこんなソフトが出てくる時代になったか、 それが『加工ナビ』を見た第一印象でした

2010年秋の展示会で初めて加工ナビを見た時、「こういうソフトが出てくる時代になったか。我々の技能領域に自動制御が肉薄してきたな」というのが正直な感想でした。

熟練の技が売り物の試作・精密加工業としては、これまでの経験や知識を駆使して、びびらせることなくスピーディに寸法精度を出すのが強みです。例えば、工具が長いだけでなく、長尺の品物に深い加工を行う場合など、びびりの原因が工具なのか品物の形状にあるのか分からないことがある。そこで、回転を落としたり送りを上げたりして、どうすればびびりを抑え、工具を長持ちさせながら作業スピードを上げるか腐心する。そこが我々の腕の見せどころでもあるわけです。

ただ、試作の加工単位は1品～数品なので、量産加



OSPでNCの基礎を覚え、LB15で腕を磨き、さらにマシニングセンタを習熟された永禮様。

工のように効率を重視して回転を上げ、品物をダメにする危険を冒すより、多少時間がかかっても回転を落とす方向を選びます。ところが、加工ナビは音を解析して加工条件を最大に近づけることで、びびりを抑えて生産性を上げる。我々にこんな発想はありませんでした。実際、2011年1月に、加工ナビM-gを搭載したMB-56VAを導入すると、経験が少ない人でもびびりを恐れずに生産性を上げられることが分かりました。

それならば、我々のようなベテランが加工ナビをどう使いこなすべきか。一つは、経験と勘でこなしてきたびびり抑制の技術をベースに、加工ナビのデータを目安に加工条件を引き上げ、スピードアップを図ることです。リーマン・ショック以降、試作の分野も形状が複雑になる一方で、納期やコストが厳しくなっていますから、少しでも生産性を上げたい。もう一つは、進歩している工具やツールホルダーをうまく組み合わせ、加工ナビの可能性をさらに引き出すことです。加工ナビも万能ではないので、びびり抑制が不得手な加工もありますが、治具・工具・ツールホルダーの組み合わせの工夫で克服できることもあります。



▲加工サンプル(超々ジュラルミン)

◀加工サンプル(ステンレス鋼)

図面から加工手順・機械・治具を瞬間的に判断 そして後工程まで配慮した加工を心がける

私は子どもの頃から機械いじりが好きで、工業高校を卒業後、パワーシャベルやフォークリフトなどの産業用クラッチメーカーに就職し、そこでオークマのNC旋盤と出会い、OSPを通して操作を覚えました。当時のNCは紙テープで、プログラムも電卓で計算して作りましたが、それでも熟練工の先輩が汎用旋盤で苦勞して加工するのと同じ仕事を、新人の私がNCを使ってこなしました。先輩はそれを見て「そうやって機械で楽をしている分、機械ではできない技術を磨け」と言われました。

4年後に試作加工会社に転じ、25年間、家電・自動車・カメラなど幅広い分野の試作に携わりましたが、いつもその先輩の言葉が頭にありました。実際、NCプログラムも紙テープから自動プロ、さらにCAD/CAMへと進歩して現場は楽になりましたが、一方で、我々が二十数年蓄積した技術が今では5～6年で習得できてしまう。では、自分たちの強みをどこで発揮するかといえば、加工手順や治具を使った加工ノウハウです。

例えば、試作図面を渡されると、材料の特性から加工手順、機械の選択、使うべき簡易治具などを瞬間的に思い浮かべます。手順を間違えると時間やコストがかかり、品物をつかま場所が

加工ナビ MB-56VA + M-g

株式会社 AIDE(エイド)
代表取締役社長 永禮 秀樹 様
所在地：大阪府寝屋川市点野3丁目19番37号
Tel.072-828-0303
ホームページ：http://www.aide-corp.jp/
設立：2008年2月
事業内容：精密部品加工、試作部品加工

びびりを検知・抑制する機能を活かし、 工具本数を減らして加工工程を削減したり、 工具費を圧縮するチャレンジを続けています。

金型部門をゼロから立ち上げ、 プレス加工と一体化して受注の幅を拡大

濱田プレスは、私の父(会長)が遊技機(パチンコ)部品のプレス加工で基盤を築きました。私はいずれ後を継ぐことを念頭に、大学を卒業後、自動車部品のプレス金型加工メーカーに就職しました。そこは100名の従業員を抱える会社でしたが、技能工が汎用機を使って金型を製造・修理したりプレス成形するアナログ型の職人集団でした。ワイヤー放電加工機はありましたがマシニングセンターはなく、私はドラフターで図面を描き、旋盤やボール盤の使い方を覚え、金型のレイアウトや擦り合わせといった基礎を学びました。

今では、汎用機やアナログ計算による型設計の手法を経験できたことを非常に感謝していますが、当時は非効率的な仕事の進め方に疑問を感じて、高価だったパソコンを自費購入し、就業時間外にCAD/CAMによる型設計の勉強をしました。その後、型職人の方が営む工場でお世話になり、30歳で濱田プレスに入社して金型部門を立ち上げたわけです。



ラックには自動車部品や遊技機
の金型が整然と並ぶ。

大きな初期投資はできず、「今から金型加工を始めるなんて大丈夫か」と心配される中で、多くの人に助けられて中古の工作機械を揃え、金型からプレス加工まで一貫受注できる体制を整えました。実際にスタートしてみると、金型を設計・製造できる強みは大きく、遊技機メーカ

ーのお客様には重宝がられ、自動車部品の注文も増やすことができました。そして、2009年にオークマの立形マシニングセンターMB-66VBを新規導入できるまでになりました。



MB-66VAは、穴加工のピッチ精度が高く、段取り替え後の精度出しも楽なため、生産効率が大幅に向上。

『加工ナビM-i』を工程や工具本数の削減に 直結するツールとして最大限に活用したい

びびりの要因は、ワークのクランプ、回転速度や送り、工具の長さや刃の形状、機械の剛性など様々ですが、加工音を聞けばおよその見当はつきます。『加工ナビM-i』はそれを素早く見極めるのに有効ですが、私はむしろ、びびりに敏感に反応・抑制できる機能を活かし、工具本数の削減や工具寿命の延長、工程削減に向けたチャレンジを続けています。

一品物の金型加工でやっかいなのは、何より工具本数が多

加工ナビ MB-66VB + M-i

■工具が多いと...

- ✕ 工具補正設定ミス
- ✕ 干渉
- ✕ NCプログラム作成ミス

■お客様の要望

1本の工具で
多くの加工をしたい

φ12
突出し 80mm
(超硬シャンク)

長い工具で条件を見つければ、
多くの箇所を同じ工具で加工可能

主軸回転速度 3,185min⁻¹
送り速度 382mm/min
びびり音大

➡ 加工ナビ

主軸回転速度 3,855min⁻¹
送り速度 458mm/min
びびりなし

効率20%以上UP!

安定限界線図を
見ながら手動で
2つ上の安定スポットへ



『加工ナビM-i』は、びびり抑制だけでなく、
工程・工具本数・コストの削減に活用できる
有益なツールと語る濱田様。

いことです。平面で小径の穴をあけながら、同時に3次元加工もこなそうとすると、ツールマガジンはすぐに20本以上が埋まってしまう。また、ワークに応じてツーリングを変えるので、特に工具交換時にミスが発生しやすい。そこで、びびりによる工具の摩耗を防ぎながら、1本の工具で複数の箇所を加工できる条件を見つけて固定化できれば、工具本数を減らせるだけでなく、ミスを侵すリスクも少なくなります。

例えば、これまで「小径の工具では負荷が大き過ぎる」との懸念から太いエンドミルを含む数本の工具を併用していた加工部が、『加工ナビ』の活用によって小径エンドミル1本でこなせることが分かりました。これによって、工具費を大幅に削減できるとともに、ネックだった加工工程の変更が可能になり、7工程を5工程に減らすことができた。このインパクトは大きいですよ。

私は、難加工や新しい工具にトライする際には、少々無理な加工条件からスタートして、到達点はチャンピオンデータを目指します。『加工ナビ』が、中～仕上げ加工で発生しやすいびびりに適していると聞けば、粗仕上げにも試してみる。小径で突き出しが長い側面加工は避けるといったメーカーの推奨条件があれば、工具を6枚刃から3枚刃に変えてみたり、低速高送りを試したりして、新たな突破口を探ります。そんなチャレンジを繰り返してこそ、マシニングセンターや『加工ナビ』の隠れた能力を引き出せるし、濱田プレスならではの加工ノウハウを開発できると考えています。



金型を設計するCAD/CAM。最適な加工
条件を設定し作業を標準化した上で、デー
タを現場に渡す。

工程もメンテナンスもできる限りシンプルに それには上流の知恵や工夫が不可欠

プレス金型の設計は、精巧にしようと思えばいくらでもできますが、それよりもプレス成形する現場の負担を少しでも減らす工夫に注力すべきです。例えば、形状の特性から数万ショットの型打ちで限界が来るような箇所は、ボルトの脱着だけで簡単にスベアと交換できる設計を行う。プレス機から型全体を取り外して修理するとなれば現場に大きな負担がかかるので、最上流にいる金型の設計者がそうした点に目配りするだけでメンテナンスは非常に楽になります。

加工も同様に、工程はできる限り少なく、手順はシンプルにした方が現場に負担がかからず、良質な製品を均一に生産できます。今は時間やコストをかけて熟練技能者を育てる時代ではないので、熱変位の制御はサーモフレンドリーコンセプトを搭載した機械で精度出しの補正を減らし、『加工ナビ』は面粗度の向上だけでなく工程省略のツールとして最大限に活用していく。そうやって会得したノウハウを集約し、生産現場の仕事をシンプルに平準化していくことが上流にいる者の役目であり、厳しい時代を生き残っていくための道でもあると思います。

有限会社 濱田プレス工業
代表取締役社長 濱田秀和 様
所在地: 愛知県名古屋市中川区大畑町2丁目76番の2
TEL.052-352-0871
設立: 1965年
事業内容: 金属プレス加工一般、金型設計・製作



加工ナビ

びびりを“見える化”して最適の加工条件を示せば、加工現場の負担が減り、効率・品質は劇的に進化する。

加工品位や効率向上の前に立ちふさがり難敵「びびり」を容易に制御できる方法はないか

加工現場を悩ませる「びびり」は、古くて新しいテーマであり、克服したい壁でもありました。効率を上げようとやみくもに回転速度を上げるとびびりが発生し、ワークを傷つけたり工具寿命を縮めてしまうことがあります。そのため、ほとんどの場合、びびりが発生すると効率アップをあきらめ、元の条件に戻してしまいます。熟練のオペレータは、マシニングやミーリング加工では、回転速度を上げることで点存在する「びびらない領域」を探し出せることを経験的に知っていますが、ワークの材質や形状、工具やホルダ、チャック、工作機械の仕様や剛性など多くの要因が複雑に絡み合い、最適な加工条件を見つけるのは容易ではありません。特に最近では、多種多様な新材料が登場し、加工条件の設定をいっそう難しくしています。

2004年、素直な熱変位を正確に制御する「サーモフレンドリーコンセプト」に続いて世界初の“ぶつからない機械”「アンチクラッシュシステム」を実用化した当社は、長年の懸案だった「びびり抑制制御」の実現に向けた全社プロジェクトを組織し、支援機能の開発に挑むことになりました。びびり発生のメカニズムや抑制制御に関する最新理論は、数年前から研究開発部の部員が大学との共同研究プロジェクトに参画するなどして多くの知見を得ていました。ただ、理論と実加工のギャップは大きく、どのような方法でオペレータを支援すれば容易に扱えて最大の効果を発揮できるのかという姿も見えません。実現への課題は山積していました。

びびりをゼロにするのではなく、発生時にどう抑えるかに力点を置こう

研究開発部のリーダー千田治光が製品化に向けた基本方針として打ち出したのが、「びびりの発生をゼロにするのではなく、発生時にどう抑えるかに力点を置く」ことでした。「千差万別の加工条件によって、びびり発生のメカニズムは変化する。それを根本的に

解決しようとするのは現実的ではない。それよりも、びびり発生や安定領域の実データを徹底的に計測・解析し、最適な条件を導き出す方が加工現場の実情に合った機能を開発できる」。これはサーモフレンドリーコンセプトを開発する際、複雑な熱変位を無理に抑えようとせず、熱を制御しやすい構造設計とすることで熱安定性に優れた機械を開発したのと同じ発想です。

とはいえ、これを具体化するには、膨大な加工データの収集・分析が必要で、長期にわたって専任の人員を配置しなければなりません。しかし、多くの研究者やメーカーが成し得なかった「びびりの克服」という大テーマを乗り越えるには近道はないのです。こうして研究開発部は、まずマシニングやミーリング加工のデータ収集に着手しました。手順は、マシニングセンタを試験室に設置し、多種多様なワークの材質を様々な工具やホルダを使い、加工条件を変えながら削り、びびりが発生する回転速度や安定領域を探ります。エンドミル、ボールエンドミル、フライス、サイドカッター、ラフィング、ドリル、ボーリング、リーマ、タップなどの加工ごとに、工具径・刃数・突き出しを変え、回転速度を変えて加速度センサでデータを取り、10万分の1秒ごとに記録していきます。

正確なデータを得るには、ネジの締め方ひとつをとっても一定条件に揃える必要があり、ワークや工具交換時のトルク管理は必須です。また、ワークによっては切粉が大量に発生するため無人運転もできません。工具の摩耗具合によって機械がどのように追従するかを調べる必要もあります。そして、複数の領域に存在する「びびらない回転速度」を探るため、工具に大きな負荷をかけざるを得ず、工具は次々に折損していきます。

『加工ナビM』の研究開発チームリーダーを務めた安藤知治は、同僚らと作業を分担しながら数年間この地道な実験とデータ収集を繰り返しました。彼は当時のエピソードを次のように披露します。「私たちは、折れたり曲がったりした工具を“コレクション”と称して保存していましたが、年月とともに置き場所に困るほどになり、後半には記録するだけに止めました」。

使う人の視点で着想した画期的な「見える化画面」と「ガイダンス機能」

プロジェクトチームは、計測で得た膨大なデータをプログラム化し、試作用コントローラに搭載してマシニングセンタの動きを検証する作業を重ねました。そして、その成果はOSPや機械の開発設計に反映され、加工条件探索機能『加工ナビ』として着実に実用化へ近づいていきました。そして、この過程で加工現場の視点から考えられた画期的なアイデアが生まれました。

その一つが、びびりの解析結果と最適の主軸回転速度を画面に表示する「見える化画面」の開発です。これは加工現場にとって

びびりの要因は、ワークの材質・形状、工具や治具、加工条件、機械の剛性など多種多様です。この不安定な現象を解析し、加工に応じた最適の回転速度や条件を提示できる支援機能の開発。その夢の実現に向け、オクマは全社を挙げて挑戦しました。

極めて大きな意味を持ちます。従来、経験やカンでびびりが発生しない領域を探っていたオペレータは、画面上のグラフと数値で加工状況を確認することで安心感が得られ、自らのノウハウを加えて効率的な加工を追求する手立てにもなるからです。

もう一つが、びびり音をマイクで収録し、音を解析すると同時に波形を画面に示して、最適の主軸回転速度の候補を表示する「ガイダンス(g)機能」です。オペレータは表示された複数の回転速度から一つをワンタッチで選び、その効果を画面上ですばやく確認できます(P14:M-g参照)。当初、プロジェクトチームは、「振動測定→最適主軸回転速度の算出→指令変更」のすべてを自動判断して制御する「インテリジェント(i)型」の開発を進めていましたが、より安価で、オペレータが自らの加工ノウハウを反映しやすい仕様として、ガイダンス型の加工ナビも製品化することにしました。

びびりの出ない安定領域を底上げして旋削向け加工ナビの開発へ

『加工ナビM』の製品化の目処がついた頃、研究開発部でもう一つのプロジェクトが動き出しました。『旋削用加工ナビL-g』の開発です。長尺シャフト、突き出しの長いボーリング、内径・外径の溝入れなど、旋削加工でもびびりは悩みの種で、オペレータは、振れ止めの装着や工具の使い分け、切削速度や送りを変えるなど対応に苦慮しています。しかし、旋削はマシニングやミーリングと異なり、もともと主軸の回転速度が低いため回転速度を上げてびびりを抑えることは困難です。

ただ一方で、旋削のびびりを抑える方法として、主軸回転速度のオーバーライドを上げ下げし続けられ、びびりを回避できることを多くの旋盤士が知っています。これは回転速度が変化している間は、びびりが成長しないというメカニズムを利用したもので、当社では「主軸回転速度変動制御」として製品化(オプション)しています。オペレータが指令した回転速度を所定の変動幅で変化させ続けてびびりを抑える仕組みですが、工作機械・工具・加工条件によって

パラメータをこまめに設定する必要があり、最適の条件を見つけるには時間や手間を要します。

そこで『旋削用加工ナビ』がめんどろな演算・設定作業を自動処理し、機械の仕様やワークの特性に合わせて、びびりを抑制する主軸速度の変動振幅・周期を即座に計算して、主軸回転速度を落とすことなく、「見える化画面」で最適の条件を案内しようというものです(P13:L-g参照)。いわば、びびりの出ない安定領域を底上げする方法です。

しかし、こちらも基盤となるのが多種多様な条件のもとで行う実加工の測定と解析作業で、マシニング用の開発と同様に、膨大なデータ収集が不可欠です。『加工ナビL-g』のチームリーダーである吉野清は、当時の様子を次のように回想しています。「正確なデータを得るには加工条件を厳密に一定化し、さらに、びびりという不安定な現象を確実に再現させる必要もあります。ワークを一度削ればワーク剛性が下がってしまうので、同じ条件で二度続けて削ることはできないのです。粘り強さが求められる測定の連続で、就寝時にもびびり音が耳に残っている時期もありました」。

びびりの抑制制御を大きく前進させた機電一体技術に国内外から高い評価が

2009年9月、オクマ本社で開催したマシンフェアの会場で、立・横マシニングセンタに搭載して『加工ナビM-i/M-g』のデモ加工を行うと、多くのお客様がどよめき、前のめりになってワークの加工面に見入りました。また、2010年11月に開催されたJIMTOF(東京)の会場では、『加工ナビL-g』のデモ加工後、担当者はお客様の質問攻めにあいました。この間、モニター試用をお願いしたお客様からは「経験知を上回る回転領域があることに驚いた」「びびり抑制の目安が画面で確認できるので作業効率が数倍に上がった」「未知の加工条件にトライして工程が削減できた」などのご感想が寄せられ、加工現場で大きな戦力となっていることを確認できました。さらに、2010年から2011年にかけて、国内外の学会や専門誌などが『加工ナビ』の開発を高く評価し、受賞が相次ぎました(裏表紙参照)。

『加工ナビ』は、膨大なデータ解析の成果を使いやすいプログラムとして具現化し、忠実に加工精度に反映させます。この新技術を製品化できたのは、開発から設計・製造まで全部で脈動している「機電一体技術」にほかなりません。当社はさまざまな分野で“加工の見える化”を進めています。見えることで加工方法が変わり、技術・技能の伝承もしやすくなります。不具合の解決策が早く見つけられ、加工効率は格段に向上します。『加工ナビ』は、そうした加工現場の視点を何より重視する当社の姿勢を示す象徴的な支援機能であり、今後のオクマが目指す技術の方向性を示した製品でもあるのです。

研究開発部 要素開発課
主事 安藤 知治

名古屋大学工学部電子機械工学研究科卒業、同大学院修了。きさげの自動化システムなどを研究。1998年入社。研究開発部に配属後、パラレルリンクの工作機械の開発、主軸軸受の潤滑技術に関する研究などに携わった後、加工ナビM-g/M-iの開発に従事。



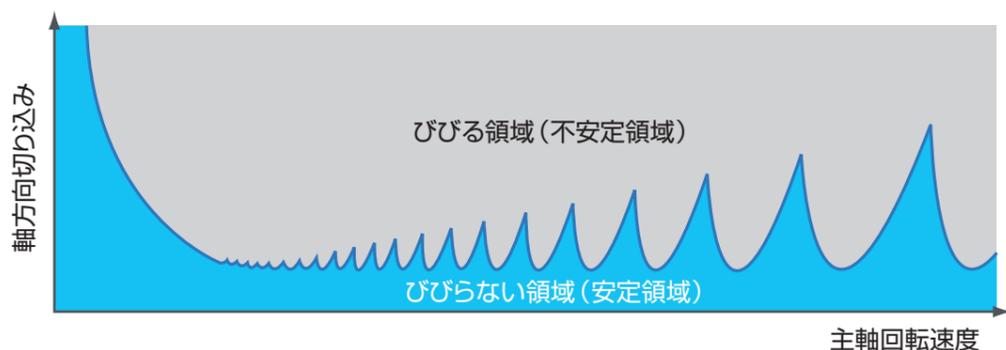
研究開発部 要素開発課
主事 吉野 清

名古屋大学工学部機械学科卒業、同大学院修了。複合材料の切削加工などを研究。1997年入社。研究開発部に配属後、主軸の信頼性向上、鏡面加工の機械開発を手がけた後、中部地域コンソーシアムで楕円振動切削の共同研究に参画。加工ナビL-gの開発に従事。



機械と工具の能力を 最大限に引き出す加工ナビ

主軸回転速度とびびりとの関係には周期的な関係があり、びびる領域（不安定領域）とびびらない領域（安定領域）が交互に現れます。加工ナビは、この原理を応用し、最適な加工条件をすばやく探索します。

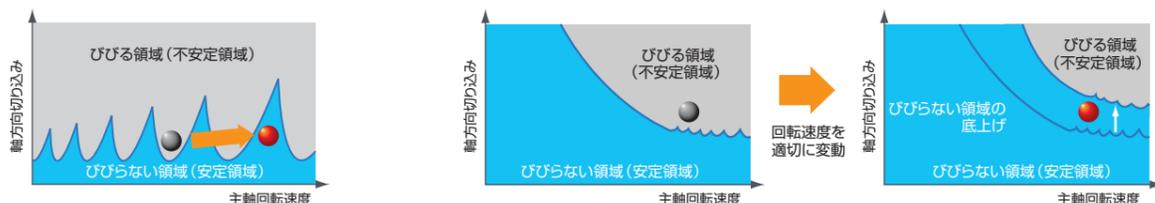


加工ナビ M-i, M-g 主軸回転速度の最適化

主軸回転速度の高いマシニング加工においては、最適な主軸回転速度に変更することで、加工びびりを抑制することができます。

加工ナビ L-g びびらない領域（安定領域）の底上げ

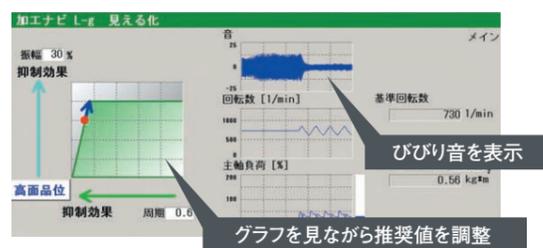
主軸回転速度の低い旋削加工においては、主軸回転速度を引き上げることで加工びびりを抑制することが難しいため、主軸回転速度を適切に変動させ、びびらない領域（安定領域）の底上げを図ります。



旋削用加工条件探索機能 加工ナビ L-g (ガイダンス機能)

びびりの無い旋削加工にトライしたい

主軸回転速度の変動振幅と変動周期の推奨値を即座に計算し、主軸回転速度を落とすことなく、びびりの無い旋削加工へナビゲートします。



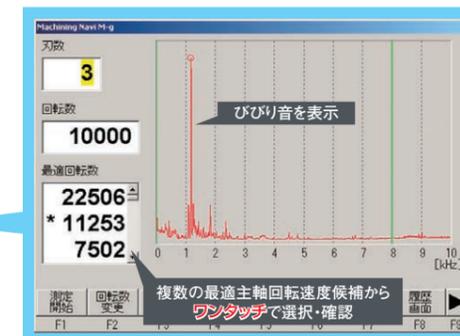
ミーリング/マシニング用加工条件探索機能 加工ナビ M-g (ガイダンス機能)

解析結果を見ながら加工条件を変更したい

マイクで集めたびびり音から、加工ナビが複数の最適主軸回転速度候補を画面に表示します。そして、表示された最適主軸回転速度へワンタッチで変更することで、効果をすばやく確認することができます。



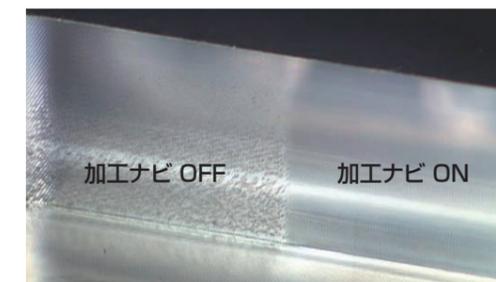
操作盤側面に取り付けられた集音用マイク



ミーリング/マシニング用加工条件探索機能 加工ナビ M-i (自動制御機能)

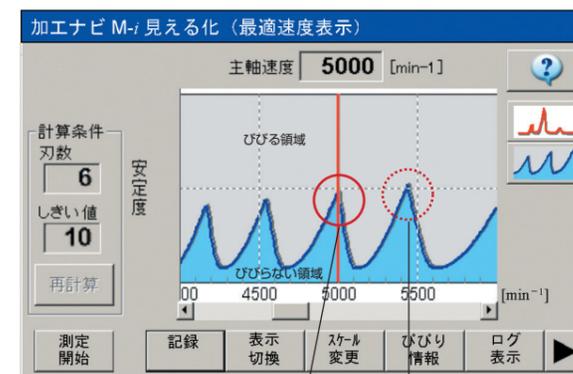
機械まかせで簡単に加工したい

機械に埋め込まれたセンサーにより、びびり振動を測定し、加工ナビが最適な主軸回転速度へ自動的に変更します。つまり、振動の測定、最適主軸回転速度の算出、主軸回転速度指令の変更の一連の動作を自動的に行います。



見える化画面でさらなる利益創出へ挑戦!

主軸回転速度とびびりとの周期的な関係を見える化することで、さらなる加工条件アップのツールとしてもお使いいただくことができます。



「自動制御」で安定領域へ自動変更 ナビゲーションに従ってさらなる加工条件アップにトライ



<ドイツ>



2010年

MM Award 2010

ドイツの有力技術雑誌
Maschinemarketが革新的な製品、
技術に対して贈る賞です。



<フランス>



2011年

INNOVATION AWARD 2011

フランスで有数の技術雑誌社の厳正なる
審査により各分野の優れた革新的な
製品、新技術に対して贈られる賞です。



加工ナビ 4賞受賞

「加工ナビ」の生産性向上技術が各国で高評価



第21回(2011年)
型技術協会賞(奨励賞)

型技術者会議、及び型技術
ワークショップの発表論文により、
総合的に優秀な論文を顕彰する賞です。



2010年度
日本機械学会賞(技術)

日本の機械工学・工業の発展を
奨励するために日本機械学会の
全部門から選定され贈られる賞です。