テクニカルレビュー

線ばね加工機械の構造と発展について(1)

新興機械工業株式会社　代表取締役　宅見　隆

1.はじめに

今さらいうまでもなく、「ばね」は重要な機械要素として、自動車、家電、OA機器、携帯電話、文房具、おもちゃ、住宅設備など、私たちの生活のありとあらゆる分野で使用されています。しかしながら、展示会などで機械のデモンストレーションを行っていると、来場者の方から、「ばねは、こうやって作るのですか。初めて見ました」と言われることがしばしばあります。なるほど、「ばね」については知っていても、「ばねの作り方」、まして「ばね機械の構造」となると、実際に機械を使われている方でない限り、意外に知られていないことなのかもしれません。

現在は、電気・コンピュータ技術の発展が目覚ましく、「線ばね加工機械」においても、高性能化・小型化されたサーボモーターを複数使用し、それらをコンピュータ技術によって精密に制御する多軸CNCマシンと呼ばれる機械が主流になっています。しかし、実際に、材料である線材を「ばね」に加工していく原理そのものについては、実はほとんど変わっていないといえます。今回は、「ばね加工機械の構造と発展について」ということで、

①線ばね加工の要素とメイン送りの構造について
②多段階送りと長巻のしくみについて
③さらなる多段階送り機構について

について、3回に亘り、紹介させていただきたいと思います。

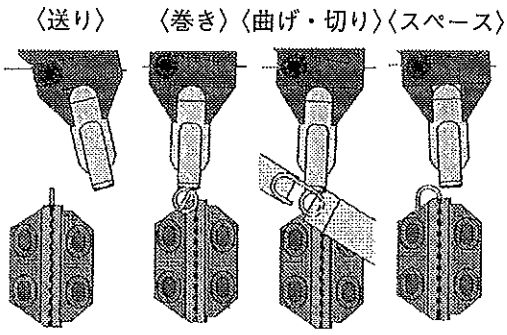
2.線ばね加工の要素について

「ばね」というのは、「コイル部」と「フック部」から成立しているわけ(押しばねの場合は、フック部がなく、コイル部のみと考える)ですが、これを加工する機械側から考えますと、以下の5つの要素から成り立っていることになります。つまり、

①送り：材料を送ること(直線を出すこと)
②巻き：コイリング部分を作ること
③曲げ：フックなどの曲げ加工を行うこと
④切り：材料を切断すること
⑤スペース：①～④をつなぐ部分のこと(何もしていないこと)

です。そして、この5つの要素というのは、実は「材料を送る」「加工ツールを働かせる」の2つの仕事の組み合わせ(図1)ということになります。具体的に見ていきましょう。まず、①「送り」ですが、これは、材料をまっすぐに送るということですから、「材料」を送って、「加工ツール」を働かせない状態です。次に、②「巻き」は、材料をコイリングポイントに当てながら、送りを行うことによって加工されますので、「材料」を送って、「加工ツール」も働かせている状態です。③「曲げ」は、材料を止めながら、ツールを材料に当てていくことによって加工されますので、「材料」を送らずに、「加工ツール」を働かせる状態です。④「切り」も「曲げ」と同じです。材料を止めたまま、切断刃を当てていきますので、「材料」を送らずに、「加工ツール」を働かせる状態です。⑤「スペース」は、少しイメージしにくいかもしれません。ばね加工は、これまで述べた①～④の各加工要素のつながりですから、各要素間に、次の加工に移るためのプロセスが必要になってきます。「材料」も送らずに、「加工ツール」も働いていない状態です。

図1



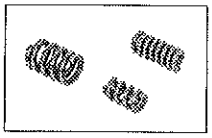
	〈送り〉	〈巻き〉	〈曲げ・切り〉	〈スペース〉
送り有無	○	○	×	×
ツール働き	×	○	○	×

3.具体例

では、具体的に「ばね」を取り上げて、上記の5要素がどうなっているのかを見てみましょう。まず、図2の「押しばね」です。加工要素は、「巻き」と「切り」に分解されます。つまり、コイリング部分が加工された後、切断が入り、また元のサイクルに戻ります。「送り」の有無だけに注目しますと、「送って」「止めて」、また次のサイ

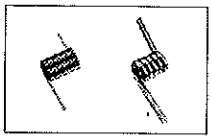
クルが始まります。図3は、「直線的なフックが出ているだけの単純形状のトーションばね」です。加工要素は、「送り」「曲げ」「巻き」「曲げ」「送り」「切り」に分解されます。同じく、「送り」だけに注目しますと、「送って（前フック＝直線送り）」「止めて（フックの起こし＝曲げ）」「送って（コイル部加工＝巻き）」「止めて（後フックのための起こし＝曲げ）」「送って（後フック＝直線送り）」「止めて（切り）」となります。「送り」は3回あります。同じように、図4のような「複雑な形状のトーションばね」になりますと、「送り」が1サイクルの中に、さらに多くの回数必要となってきます。形状の複雑さからは離れますが、図5のような「長巻ばね」もあります。加工要素の組み合わせは、図2の「押しばね」と同じですが、「送り」の部分が長くなっています。

図2：押しばね



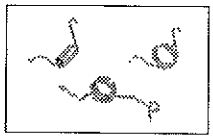
巻き	切断
○	×

図3：単純形状のトーションばね



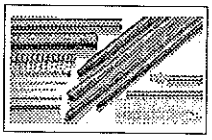
送り	曲げ	巻き	曲げ	送り	切断
○	×	○	×	○	×

図4：複雑形状のトーションばね



送り	曲げ	送り	曲げ	巻き	曲げ	送り	曲げ	送り	切断
○	×	○	×	○	×	○	×	○	×

図5：長巻の押しばね



巻き	切断
○	×

さて、これまで、「送る」だの「止める」だの、しつこく繰り返してきましたが、NC機以前のメカニカル機の時代には、複雑な形状のばね加工を行うためには、1サイクル360°という制限の中で、いかに複数回の送りを実現させるかというのが、機械構造を考える上での重要なテーマでした。

4.メイン送りの構造

では、具体的に機械の構造について見ていきます。今回は、当社で1970年にリリースしたVF−615FTという機械を取り上げ、複雑な形状のばねの加工、つまり、1サイクルの中で、どうやって複数回の「送り」を実現していったかを説明します。まずは、「巻き」加工のような比較的長い「送り」に使われる、いわばメイン送りの機構から始めましょう。図6、図7が、VF−615FTの内部構造と送り機構を図式化したものです。まず機械下部にあるメインモーターの回転運動が、メインギアを介して、クランクギアに、そのまま回転運動として伝わります。次に、クランクギアの回転運動が、セグメントギアの往復運動に変わります。セグメントギアの往復運動が、そこに接続されたピニオンギアにより再び回転運動となります。そこから、チェンジギア、送りロールギアに回転運動として伝わり、最終的に、材料を送るフィードローラーの回転運動となるしくみになっています。

図6：VF-615FTメイン送りの構造

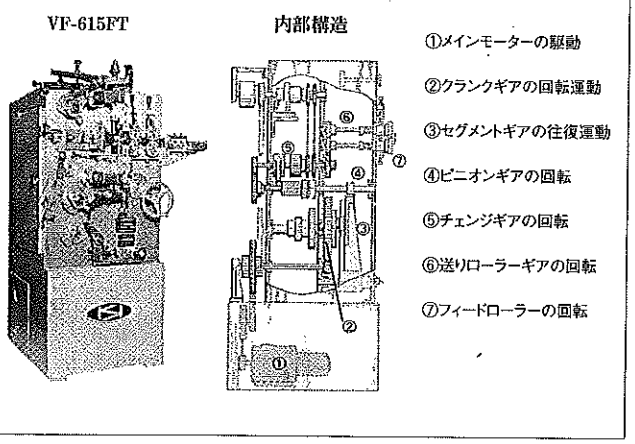
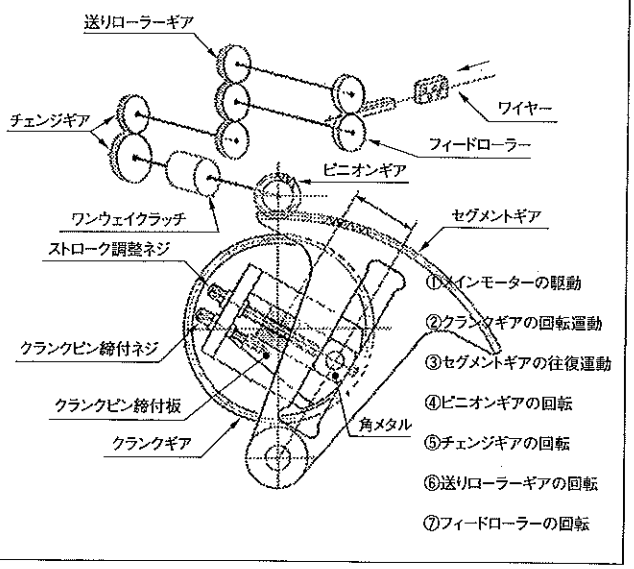


図7：メイン送りの構造図



次回は、この送りのしくみについて、詳しく述べていきたいと思います。

テクニカルレビュー

線ばね加工機械の構造と発展について(2)

新興機械工業株式会社　代表取締役　宅見　隆

5.セグメントギアのしくみ

前回は、ばね加工には、「送り」「巻き」「曲げ」「切り」「スペース」の5つの要素があり、それらは、「送り」の有無と「加工ツールの働き」の有無の組み合わせによって決まることに触れ、さらにVF−615FTを例に、メインの送りの機構がどうなっているかを説明しました。

今回は、セグメントギアのしくみを説明し、1サイクル360°の中で、どう複数回の「送り」を実現させるかを述べていきます。

図1：セグメントギアのしくみ

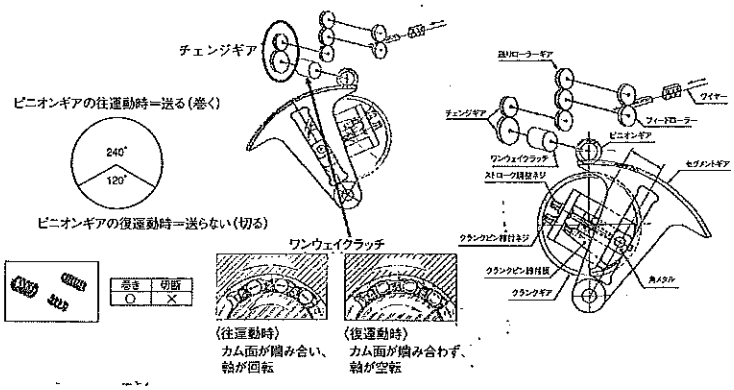
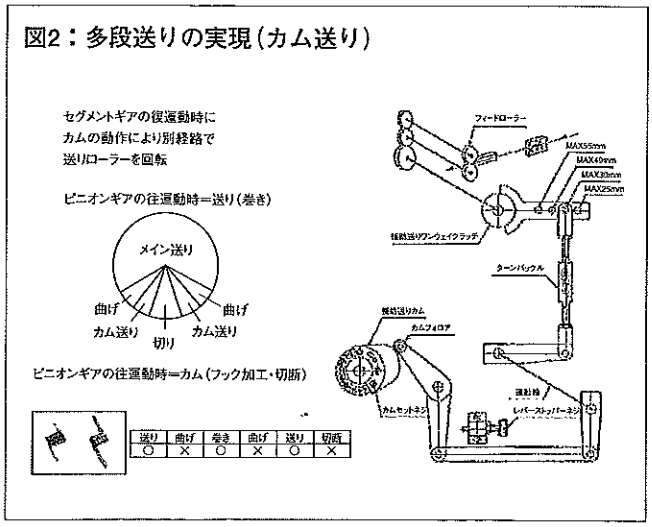


図1のように、セグメントギアでは、クランクギアから接続される角メタルが最も外側にある場合、円グラフにありますように、クランクギアの240°を使って、往復運動の往運動を行います。この時、セグメントギアに接続されたピニオンギアが回転し、フィードローラーの回転まで伝達されます。つまり、ワイヤー送りが実行されるわけです。残りの120°を使って、セグメントギアの往復運動の復運動が起こりますが、この時、ピニオンギアの逆回転が、そのままフィードローラーまで伝わりますと、ワイヤーが引き戻されてしまいますので、ワンウェイクラッチを使って、ここの軸を空回りさせます。「送りを発生させない」しくみです。この復運動時に、別経路のカムを使って、「ツールの働き」を行います。「押しばね」の場合は、切断ツールを動かします。「押しばね加工」は、「送り」と「切り」だけですので、このしくみで成立します。ちなみに、ワイヤー送り長さの調整ですが、チェンジギアを交換するか、クランクギアの角メタルの位置で調整するかになります。つまり、チェンジギアのギア比の変更、つまり歯車数の違うギアに交換することによって、1サイクルでのフィードローラーの回転数が違ってきますので、送り長さが変わるわけです。そして、微調整を角メタルの位置で行います。

6.多段送りの実現

押しばねについてはクリアしました。次のニーズは、「トーションばねを自動加工したい」です。まずは、「直線的なフックが出ているだけの単純形状のトーションばね」です。要素分解で復習してみますと、「送り」「曲げ」「巻き」「曲げ」「送り」「切り」ですから、線送りにだけ注目しますと、「送る」「送らない」「送る」「送らない」「送る」「送らない」になります。コイリング部は、メインの送り、つまりセグメントギアの往運動を利用したしくみを使いますので、図1の円グラフの240°の部分になります。つまり、フック部分の送りは、残りの120°を分割していく形になります。先程、押しばねの説明の時に、セグメントギアの復運動時に別経路でカムを使って、切断ツールなんかを動かすと述べましたが、同じように、セグメントギアの復運動時に別経路でカムを動かし、「送り」を行うというのが「カム送り（補助送り）」と呼んでいるしくみです。図2が、そのしくみを説明したものです。ストッパーや調整機構なんかもついていますが、要するに、カムを使って、メインの送りとは別経路で、フィードロー

図2：多段送りの実現（カム送り）

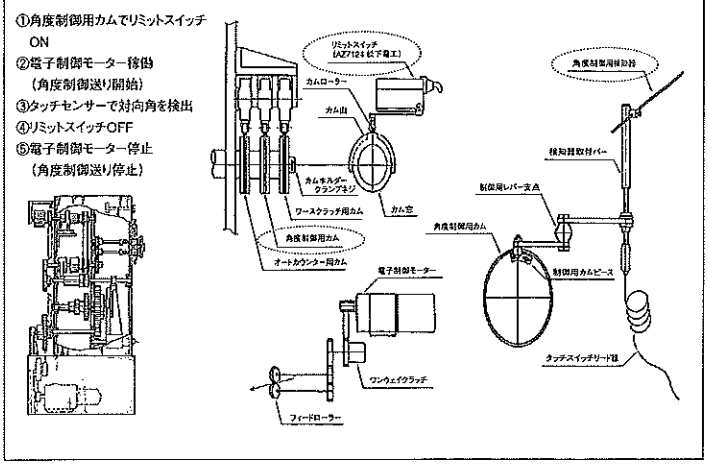


ラーを回転させるしくみだとご理解いただければと思います。120°と使える角度が限られていますので、長い送りはできませんが、単純形状のトーションばねのフック部の加工ならできそうです。

7.角度制御

トーションばね加工で、もう1つの重要な送り機構について見ていきましょう。トーションばねにおいては、両端のフックの対向角を指定の角度に合わせることが非常に重要です。機械においては、角度制御と呼ばれるしくみを使います。これは、フック加工時に、適正な位置にタッチセンサーやレーザーセンサーを仕掛け、その位置に成形されたばねのフックが来た時に、信号を検知するしくみです。検知したタイミングで送りが停止しますので、結果として対向角のバラツキが少なく抑えられるようになります。図3に角度制御の図式を示しています。全体の機構図の中では、上の部分が角度制御の機構になります。仕組み的には、先程のセグメントギアの往復の復運動時に連動するカムの1つに、「角度制御用カム」を仕掛け、特定のタイミングで、リミットスイッチをONさせ、メインモーターとは別駆動のモーターを作動させます。このモーターからもフィードローラーに運動が伝わるようになっており、ワイヤー送りが行われます。やがて、タッチセンサーがフックを検知しますと、リミットスイッチがOFFされ、モーターが停止、送りも止まります。タッチセンサー検知から送り停止までの時間ラグをなくし、送り過ぎが生じないように、角度制御の送りの時は、メイン送りに比べ、速度は低速にしています。もっとも実際送る量もわずかですので、生産速度への影響はほとんどありません。

図3：角度制御



8.長巻きのしくみ

複雑なトーションばね加工における送りの機構については、次回に述べますが、その前に、送りのもう1つのテーマである長巻き、つまり送り長さ·展開長の長い送りの実現についても見ていきましょう。フレキシブルチューブや医療関係の内視鏡·カテーテルといったばねには非常に長いものがあります。NC以前の機械ですと、送り長さは、どうしてもギアの回転数や歯車の数に制限されるため、せいぜい3000mmが限界でした。当社では、1981年にリリースしたVF700ELシリーズにおいて、簡易NCのしくみを取り入れています。両端は写真からもおわかりいただけますように、径変化があったりしますので、従来のカム送りを使って、他のツール加工とのタイミングもはかって、精度あるワイヤー送りを実現しますが、ボディー部分については、ほかの機構を切り離して、「長く送ることだけに特化する」という方法です。

図4：長巻きのしくみ

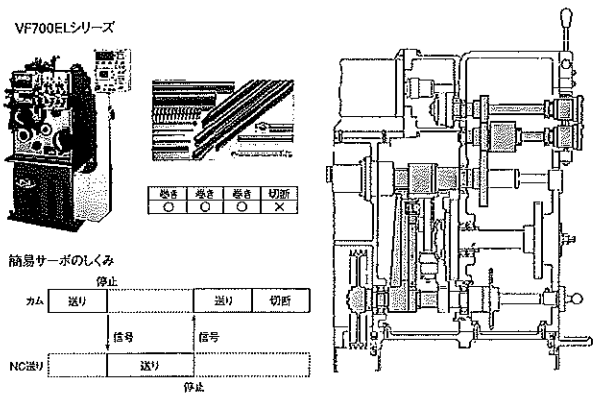


図4が、そのしくみになります。ボディー部の「巻き」加工には、別のモーターを使って、カム系とは切り離します。つまり、メインモーター系と別モーター系が、相手に信号を出し、その信号に基づいて作動するというものです。なお、ここでのボディー送りは、長く送ることのみに特化していますので、例えば途中で径を変化させるとか、不等ピッチにするとか、送り速度を変えるとかいうことはできません。形状はストレートで、ピッチ部は密着なら密着、ピッチ開きなら等ピッチで巻かれることになります。

次回は、さらに複雑なトーションばね、つまりさらなる多段階送りの機構について述べたいと思います。

テクニカルレビュー

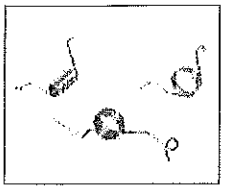
線ばね加工機械の構造と発展について(3)

新興機械工業株式会社　代表取締役　宅見　隆

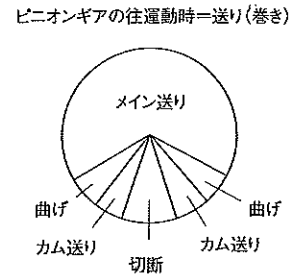
9. 2対1機構

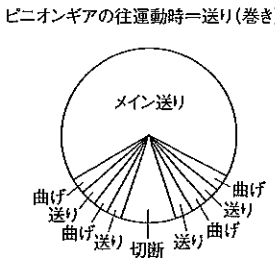
前回までに、線ばね加工の要素、送りの機構、「単純形状のトーションばね」における多段階送り、長巻きのしくみについて説明してきました。今回は、「複雑形状のトーションばね」の加工方法、つまり、さらに多段階の送り機構について述べたいと思います。これまでのセグメントギアを往復させるしくみを元に、さらなる多段階送りを考えれば、図1のようになります。しかし、「切断」には40°程度は必要になるので、残りをさらに分割するとなると、右の円グラフのように非常に細かくなってしまいます。

図1　多段階送り



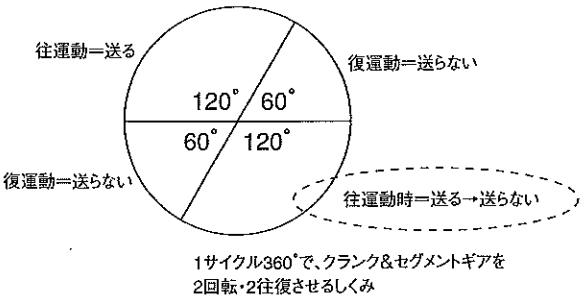
送り	曲げ	送り	曲げ	巻き	曲げ	送り	曲げ	送り	切断
○	×	○	×	○	×	○	×	○	×



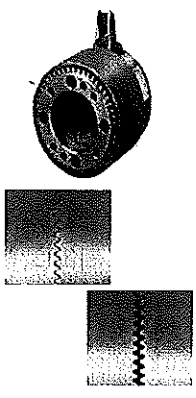


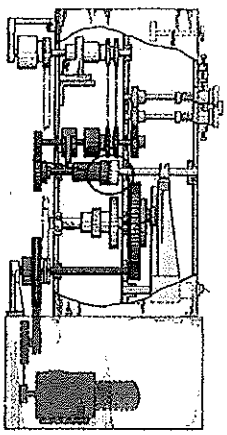
ここで考え出されたのが、「2対1機構」と呼ばれる機構でした。「2対1機構」は、図2のように、1サイクルでクランクギアを2回転させる方法です。クランクギアとメインモーターの中間に位置するメインギアのギア比を変えることによって、1サイクル360°でクランクギアを2回転、つまりセグメントギアを2往復させることができます。2往復するだけで、運動量は変わりませんので、メイン送りの送り量も変化しません。この方法により、従来240°使っていたメインの送りが、120°で実現します。残り240°でフック部分の直線送りをしたり、ツールの働きによって、曲げたり、切断したり、と領域が大きく拡大します。しかしながら、このままでは、1つ課題が残ります。つまり、これまでのしくみですと、ワンウェイクラッチにより、セグメントギアの往運動で回転を伝えて「送り」を行い、復運動時には回転を伝えないようにしていましたので、いくらセグメントギアを2往復させても、往運動時は、ピニオンギアからワンウェイクラッチに動きが伝わり、最終的にはフィードローラーが回転して、ワイヤー送りが実行されてしまいます。「送り」が実行されては、「送り」をせずに「加工ツール」を働かせる「曲げ」や「切り」ができなくなりますので、往運動のうちの1回は、「送り」が行われないようにする工夫が必要になります。

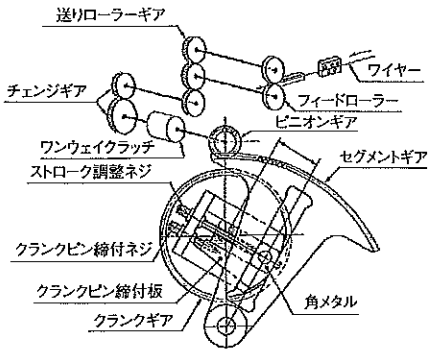
図2　2対1機構



1サイクル360°で、クランク&セグメントギアを
2回転・2往復させるしくみ



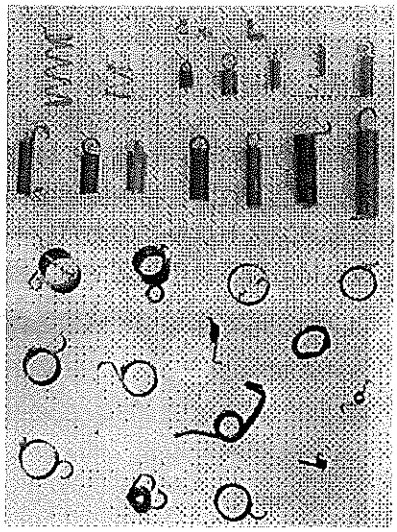




10.ツースクラッチ

この課題を解決したのが、ツースクラッチという部品でした。この部品は電気的に、かみ合わせの脱着ができるようになっています（図2左の写真参照）。このツースクラッチのしくみを「メイン送り」の中に取り入れ、セグメントギアの往運動で、「送り」を行いたいときには、ツースクラッチがかみ合うようにしておき、「送り」を行いたくない時、つまり「曲げ」「切り」「別経路からの送り」を行う時には、かみ合わせを外すようにします。なお、ツースクラッチ用のリミッタは、別カムでON／OFFするようにします。これで、240°を使って、フックの送りや曲げ、切断といったツール加工を行うしくみを実現しました。図3は、VF－615FTで実際に加工したばねのサンプルです。引ばねの後ろフックの加工ができないなどの課題（この課題は、1982年リリースのVF－800MFTシリーズの2次加工機で解決されています）はありましたが、かなり複雑な形状のばねの加工を実現しています。

図3　VF-615FTでの加工サンプル



11.まとめ

さて、これまで3回に渡り、

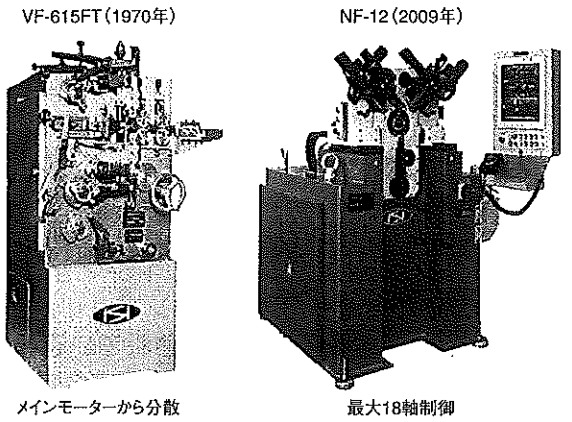
①線ばね加工の要素とメイン送りの構造について

②多段階送りと長巻きのしくみについて

③さらなる多段階送り機構について

をテーマに、現在のような多軸CNCマシン以前の機械において、どのように複雑な形状のばねの加工を実現させていったかを述べてきました。ばね加工機の発展は、加工の要素である「送り」と「ツールの働き」をいかに自在に行えるようにするかの歴史であったといえます。現在のCNCマシンでは、「送り」については、「長さ」「送り速度」「加減速」「タイミング」が、数字入力のみで自由自在に設定できるようになっていますし、「ツールの働き」においても、曲げツール、切断ツール、ピッチツールなど加工ツールごとにサーボモーターが取り付けられ、ほかのツールの動きに関係なく、個別にタイミングと位置決めの制御ができるようになっています。例えば、図4右のNF－12では、最大18軸のサーボモーター制御ができるようになっています。

図4　メカ機とNC機



もちろん、1サイクル360°の制限もありません。送りの展開長を変更するためのギア交換や、ツールの動きを実現するための複雑な形状のカム製作も必要ありません。セット時間、加工精度ともに大きく向上しています。VF－615FT開発当時は、今日と違い、モーターがまだまだ大型で高価だった時代で、1サイクル360°の制限の中で、これまで述べたような機構の工夫を行ってきました。今回は、送り機構を中心に述べましたが、加工ツール（ユニット）においても、フック加工を可能にしたトーションアタッチメント、フック起こしを実現する立体加工ツールなど用途に適した様々なものが開発されました。時代時代の技術的制限はあったわけですが、当時から、ばね加工の要素である「送り」と「ツールの働き」をどうやって自在に操るかという考えの下に、機械の開発が行われてきました。そして、その考えは、今日のCNCマシン時代に引き継がれ、新しい技術を取り入れながら、また新しい機種が開発されています。

もっとも、今では、機械そのものの構造や制御で、ばね加工精度の向上・自動加工の実現・生産性の向上を進めていくだけでなく、次工程の機械やロボットなどの補助加工装置との連携、ネットワークを介したアドバイスや故障時の通報・診断機能なども求められています。機械メーカーとしては、お客様の声をしっかりととらえ、お客様のビジネスに付加価値を与えられるパートナーとして、今後も精進していきたいと思います。

（連載終了）