

まだ削りますか？

“超” 転造革命始まる

切粉の出ない対環境優良マシン

振動・騒音はゼロ査定

切削加工の数倍から数十倍の高速加工

金属組織の塑性流動性を有効活用

適正加工条件を守ればダイスは長寿命

小さい力の逐次加工だから省エネになる

ワークに優しい、現場に優しい、地球に優しい

“超” 転造革命とは

転造とは、読んで字のごとく「転がし造る」加工のことである。塑性加工の一種で、硬い面に彫られた工具（ダイス）の形状をワークに押し付けながら転がし、形状の反転複写をワーク表面に成形する方法。一般的にはねじ加工で知られている。

その転造加工を数値制御（CNC）で行うことに成功したニッセーが、予想以上の大きく革命的な成果を得ることを表現して“超” 転造革命と名づけているのだ。

歴史的には1851年に英国で平ダイス転造盤がねじ加工用に初めて作られ

た。1900年代半ば以降には盛んに研究が行われたが、理論解析が難しいので、転造加工には長年の熟練と勘を要する場合が多い。

90年代入ると切削加工機での利用が飛躍的に進んだ数値制御装置が、半導体技術の進歩や表示装置の進化で、より細かな動きにも対応できるようになってきた。転造盤専門メーカーのニッセー（新仏利仲社長）は、転造加工を数値制御できないか、と模索を始めた。

転造加工の特性

転造加工は以下のような特性を持つ

ており、正確な制御さえできれば市場が大きく広がると考えられたからだ。すなわち、ワークを求める形状に加工するために、切削加工では大量の切粉を排出するのに比較して、転造では全く切粉を排出しない。これこそ環境対応時代の加工と思われる。

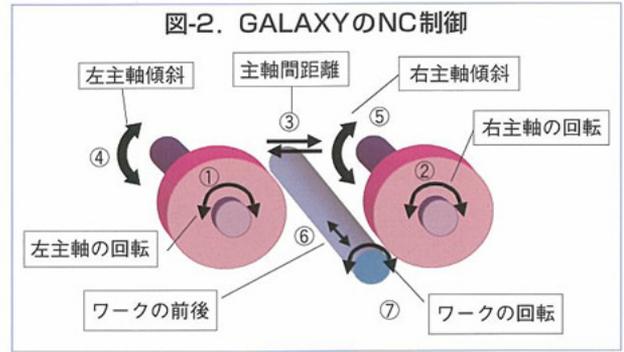
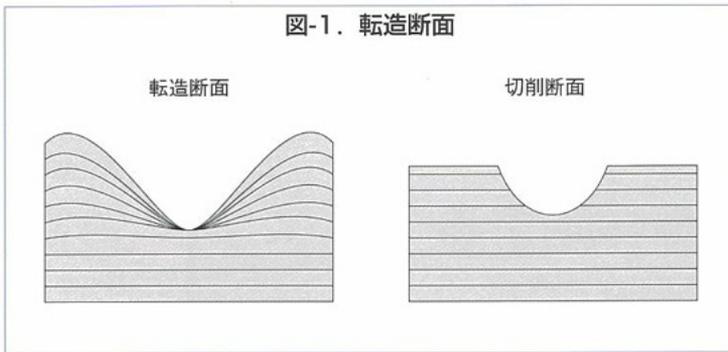
さらに金属をむしり取る切削加工では、残留応力が働き、焼入れ後の変形など後工程に大きな影響が出るが、金属繊維が傷まずに連続した組織のままである転造加工では、製品強度が著しく改善され、長物加工では曲がりの少



GALAXY



ARIES



ない加工が出来る。

図-1は転造加工により加工面は圧縮され加工硬化が生じ、製品強度は向上して、金属繊維が連続している様子（左側）と、切削によって加工部分が除去され金属繊維の流れが切断された模様（右側）を表している。

また転造は、塑性加工の中でも加工の進捗が少しずつ進行され、繰り返される逐次加工であり、工具（ダイス）とワークが加工のために接触している部分は少なく、小さな加工力で成形ができる。大きな振動が発生するプレス加工機とは全く異なる。

以上のように転造加工は①環境に良く、②製品にも良く、③省エネもできるという理想的な工法であり、課題となる精度をCNC制御であげることができれば革新的な加工法が誕生するのではないかと、この考えには十分な理由があった。

GALAXY誕生

1998年にプロトタイプ of 1号機 GALAXYが完成した。秋に大阪の見本市に出展したときには完成度は低かつ

たが、翌年春には満を持して発表された。大手ベアリングメーカーが早速納入を決め、順調にスタートができた。

しかし同時に新社長は、新しいCNC転造加工法が、何か大きな“展開”を引き起こすのではないかと、この予感がし始めていた。いままでの転造加工が正確にできるようになったのだが、そこには量的変化ばかりではなく質的な変化が訪れた。

転造加工の適用範囲

新工法に入る前に一般的な転造加工の適用範囲を見ておこう。ねじ、ボールねじ、台形ねじ、ウォームギヤ、ローレット、セレーション、スプライン、各種の溝、ギヤ、ボールやその他の周面パニング加工、その他金属棒材の表面への形状転写などがある。通常、丸ダイスを使って丸ダイス転造盤で加工される。

1998年秋に取りあえず完成した GALAXYは、その後も改良が重ねられ、現在は図-2のように7軸を制御するまでになった。特に④と⑤の制御はボールねじの形状に決定的な働きをする。

写真-1をご注目いただきたい。リード、切込みを変化させながら中空材に転造加工をほどこしたものだ。技術力のあるエンジニアは一様に驚きの声をあげるが、技術先行で、用途はまだ見つかっていない。

この頃からCNC制御されたニッセーの転造技術に、全く新しい可能性が出てきたことが話題となり始めた。抑制された加圧力でパニング（丸材料の外周の面粗度を上げる工法）を行うと、加工硬化による外周面の硬度が数十%もアップして、耐磨耗性が向上し、併せて加工部分の整直性も改善された。また粉末焼結金属製のギヤに、焼結後に潰しこみを転造で行うと、表面の圧密状態が改善されることも判明した。写真-2の表面側（右側）のほうが内側（左側）に較べて、ス（ポア）が潰れ、少なくなっていることが確認できる。この技術で焼結ギヤの剛性が増し、それまで溶製材ギヤを使うまでもないが焼結材ギヤでは不安だった“グレーゾーン”の分野に大きな市場が開けてきた。焼結材は軽く騒音も少なく、自動車部品としては、強度に不安のないも

写真-1. 可変ピッチボールねじ



リード、切込みを、変化させながら転造



写真-2. 圧密状態の拡大写真

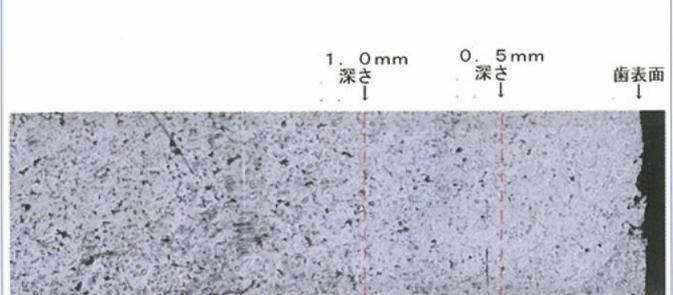
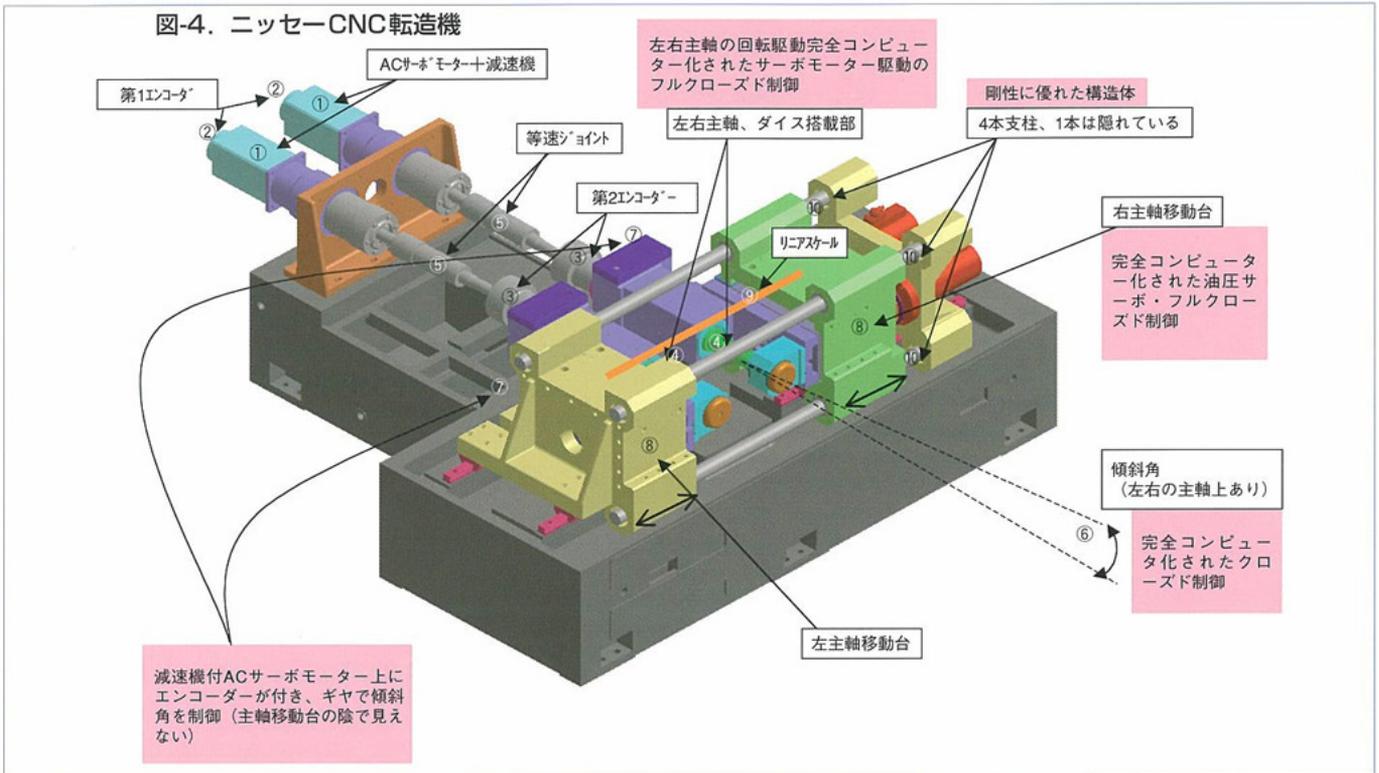


図-4. ニッセーCNC転造機



のは使いたい材料だ。

転造機械の構造

図-3に転造盤の基本原則を示したが、ニッセーのCNC転造盤は図-4に示すように構造はまるで異なる完全コンピュータ化されたCNC 転造機である。ねじを加工する転造盤から、成形加工するフォーミングマシンの誕生である。

まず転造時の加圧力に対応するために、左右の主軸ユニットを4本の支柱で支えた。主軸の回転はエンコーダで回転同期を取っている。

左右工具（ダイス）の回転同期精度を上げていくと、加工以外の無駄なエネルギー消費が減り、高品質な加工に

つながる。もし右と左の位相が合わない場合、左右の成形される形状はお互いに潰しあう。転造加工物はほとんどのものがスパイラル状の成形なので、回転同期が狂うとこの現象が起こり、できた品物は大きく発熱して曲がりを生じ、焼き入れの際の変形が大きく出る。

そのことから金属の塑性流動性を生かした、高精度加工が次々と開発され始めた。例えば写真-3の高歯のウォーム・ギアは加工前の径よりも加工後は盛り上がっている。このウォームは切削加工でないためバリがなく、歯面が滑らかで、自動車部品で使われている樹脂製のホイールとの組み合わせでも、研磨工程を省略できる、と自動車部品業界から注目されている (写真-4)。

また写真-5は、締め込み時の頭部角度を一定にしなければならぬ精密加工部品だが、ピッタリと同じ位置にねじ山が揃っているのが判る。

もはやねじ転造盤とは比較にならない。成形加工するフォーミングマシンである。

写真-3. 高歯のウォーム加工

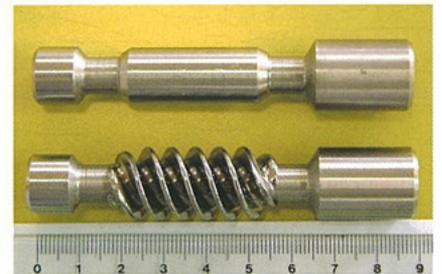


写真-4. ウォームと樹脂ホイールの組合せ



写真-5. 締め込み時の頭部角度一定

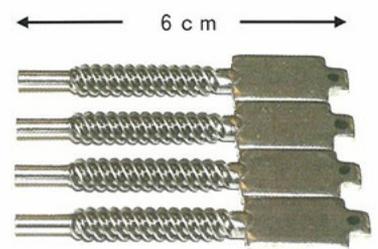
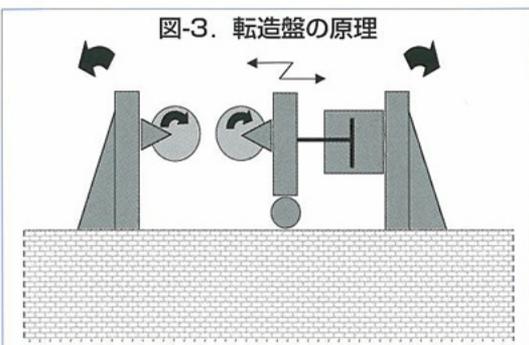


図-3. 転造盤の原理



転造加工の応用例

夢のような話が續いていたが基本的な転造法を整理しておこう。丸ダイス転造法は大きく分けて次の3つの転造法がある。

①寄せ転造

回転している工具（ダイス）をワークに寄せて押し付ける。In-Feed転造、Plunge転造とも呼ばれる。

②通し転造

回転している工具（ダイス）は軸を傾斜させ、距離は一定に保つ。手前よりワークが引き込まれていき、長もの転造ができる。歩み転造、Through-Feedとも呼ばれる。

③押し込み転造

工具（ダイス）は軸を傾斜せず、回転している工具（ダイス）の距離を一定に保つ。ワークを手前から押し込む。Force Through-Feedとも呼ばれる。

CNC転造ではさらに――

- ・シャトル転造
- ・複数転造
- ・ポジショニング転造
- ・角度転造
- ・差速転造

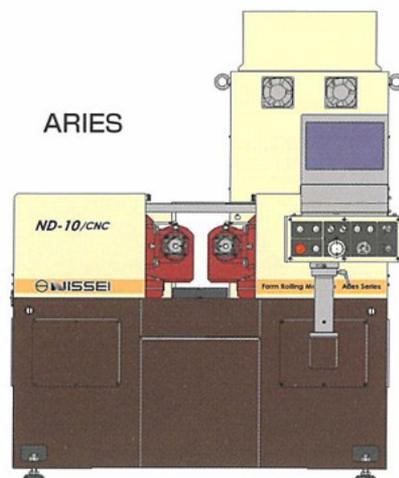
・インデックス転造
などの新機能が開発されている。

転造加工の展望

金属丸棒は、切削加工性の良い点から多くの部品に使われている。その金属丸棒への加工は、精度を高め複雑化して付加価値をつけてきた。高めた付加価値を更に、コストの削減に多くの企業が取り組んでいる。コストの削減には、生産スピードの上昇、消耗品の減少、使用エネルギーの削減、使用材料の削減などいろいろな観点から進んでいるが、転造はその点、どの要素も含まれている大変有用な加工方法である。一部には旋盤に変わる加工機として注目されている。

ところが、部品加工にこの転造加工が余り多く使われていない。その問題点は、転造加工はねじ専用加工法と見られ、部品の加工には多くの人が目を向けない現状がある。

最近は産学・産官学・異業種交流の大きな波が起こり、新規の技術発展が始まろうとしている。その流れが工作機械の分野では数値制御の取り組みから始まることとなった。そして多くの企業が



シーケンサを手取り早く取り付けられている。

しかしニッセーでは完全数値制御の転造機を開発して世に問うた。初代の最高機種GALAXYに加え、中堅機としてCOMET FA-20CNCそしてこのJIMTOFに普及機としてARIES（アリュウス）ND-10/CNC転造機を発表する。

ARIESはGALAXY、FAとソフトは共通なので豊富なCNC転造資産を活用できる。また構造も合理的なものにして生産コストを下げて、多くのユーザーがCNC “超” 転造革命に参加できるように道を開いた。最後にCNC転造による加工改善例を一覧にまとめた表を示して、この記事を終える。

CNC転造による標準ボールねじ加工改善例

項目	CNC転造加工	従来の研削加工
加工工程	素材の旋削 センターレス研磨（2～3分） 転造加工（3～4分） 熱処理 バフ（スラジ落とし） 曲がり直し	素材の旋削 ネジ旋削 熱処理 パフ（スラジ落とし） 曲がり直し スパークアウト 研削（約120分）
製作時間の比較	1	約20倍以上
加工エネルギー	6.0kW×4/60 (h) = 0.4kW・h	6.6kW×2時間 = 13.2kW・h
製品精度	1	約30倍
	JIS C3級	JIS C3級