

# マイクロフィニッシュ加工

— 高精度フィルムラップ加工 —

High Quality Film Lapping Method

— Micro finishing Machine —

## キーワード

マイクロフィニッシュ、GBQシステム、真円度改善率、レベルⅠ加工、レベルⅡ加工、複数回加工、研削レス加工、センターレスタイプ

工作機製造所開発技術加工開発課

岩城啓造

## ■ 摘要

近年多くの機械部品加工は低コスト化という大きな波を受けながらも、一方では高精度化への道をほとんど減速されることなく邁進している。

もともと高精度化という市場ニーズにより商品化されたマイクロフィニッシャではあるが、新しい応用技術の成果を実機に適用することにより、低コスト化をも実現でき、顧客ニーズにタイムリーにマッチした実例がある。

本稿では、マイクロフィニッシャの最新応用技術例を紹介するとともに、拡張しつつあるシリーズの概要を紹介する。

## ■ Abstract

In recent years, numerous machine components have been subject to the trend towards lower cost production and the requirement for higher precision that does not show any signs of slowing down. Originally, microfinishers were put onto the market in response to market needs for higher precision. However, there have been instances of lower cost production being achieved to provide a timely response to customer needs by applying the results of new application technology to actually operation machines. This paper introduces an example of the latest application technology used on a microfinisher, and briefly introduces an expanding series of microfinishers.

## 1. はじめに

重要部品の最終仕上げ工程に設備されるフィルムラップ M/Cとしてマイクロフィニッシャの製造販売を開始して以来6年を経た。その間、品質工学を駆使した最適加工条件を追求するなどにより、その優れた性能は市場にて高く評価されている。

そのような評価に甘んじることなく、更なる応用技術の開発に際して、今一度、『加工原理』の仮説を打ち立て、仮説の実験的検証を進める中から、実用性・将来性という点で、極めて効果的な実験結果を得ることができた。

そのひとつが水溶性クーラントの実用化である。

油性クーラントでなければ加工できないと信じられていたフィルムラップ工程において、水溶性クーラントでも油

性クーラントと同等の加工精度を保持できることを実験にて検証した。このことは、ラインの設備費低減に大きく貢献できることを意味している。

また、従来、荒加工と仕上げ加工の2工程にて加工精度を安定的に維持してきたが、『荒加工の2回加工』という新しい加工法によって、2工程加工にかなり近い加工精度を実現することができ、2台の加工ユニットを1台の加工ユニットでM/C構成することが可能となった。

更には、フィルムラップ加工の前工程である研削工程を省いてフィルムラップした場合の実験的研究も研究段階としては、十分な成果をあげている。

本稿では、これらの実験例を紹介するとともにマイクロフィニッシャのシリーズ概要についても紹介する。

## 2. マイクロフィニッシュ加工と従来ラッピング加工

マイクロフィニッシュ加工のツーリングシステムは、GBQシステム（Generating Bearing Quality System）と呼ばれ、図1に示すように、非圧縮性のポリッシングフィルムをソリッドのストーンでバックアップして、円筒面を高精度に仕上げ加工するツーリングシステムである。従来ラッピングのツーリングは、図2に示すように、圧縮性のあるラッピングペーパー（又はフィルム）を柔らかいウレタンゴムでバックアップしている。

従来ラッピング加工が表面粗さの向上のみを期待されていたのに対して、GBQシステムは表面粗さと同時に真円度などの形状修正を行なう事を狙っている。

マイクロフィニッシュ加工は加工条件においても従来ラッピング加工とは大きな違いがある。品質工学を用いて最適

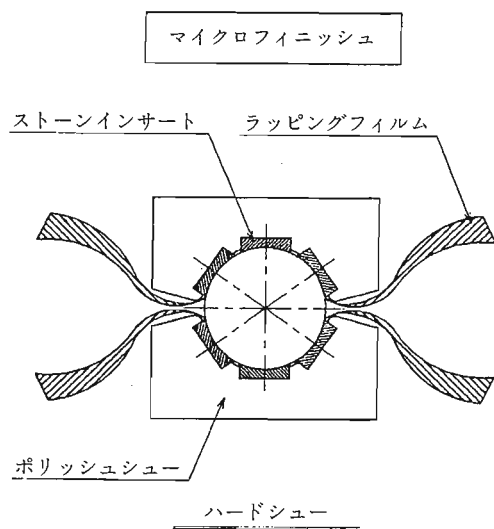


図1

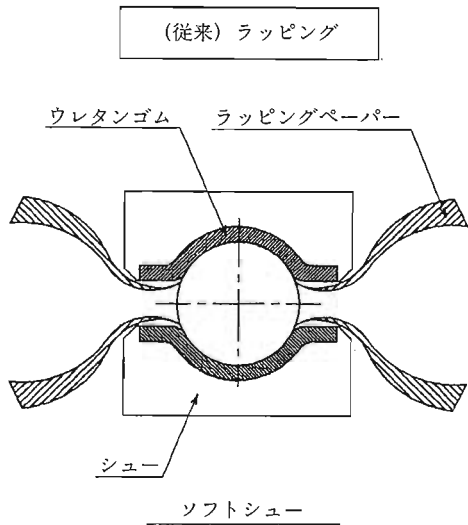


図2

化されたマイクロフィニッシュ加工は、低速回転で少量高速オシレーションを行なう事が特徴である。図3にて砥粒のワーク表面軌跡を示しているが、両加工法の相違を明確に理解できる。

## 3. 加工原理の仮説

マイクロフィニッシュのシュー内径は、加工後の最小ワーク直径をデザインポイントとしている。

加工前のワーク直径はシュー内径よりも大きく、ワークが加工され、ワーク直径が小さくなるにつれてシュー内径とパーフェクトフィットしていく。

従って、最初の仮説は、『加工のメカニズムは加工が進むにつれて順次変化している』というものである。次に各段階での加工メカニズムに対してそれぞれの仮説を立てたものを図4に示す。

### ① 加工開始時期 [切削]

ワーク直径に対してシュー内径が小さいので、ワークはシュー両端部のみで高い面圧の押付け荷重を受け、研削率G

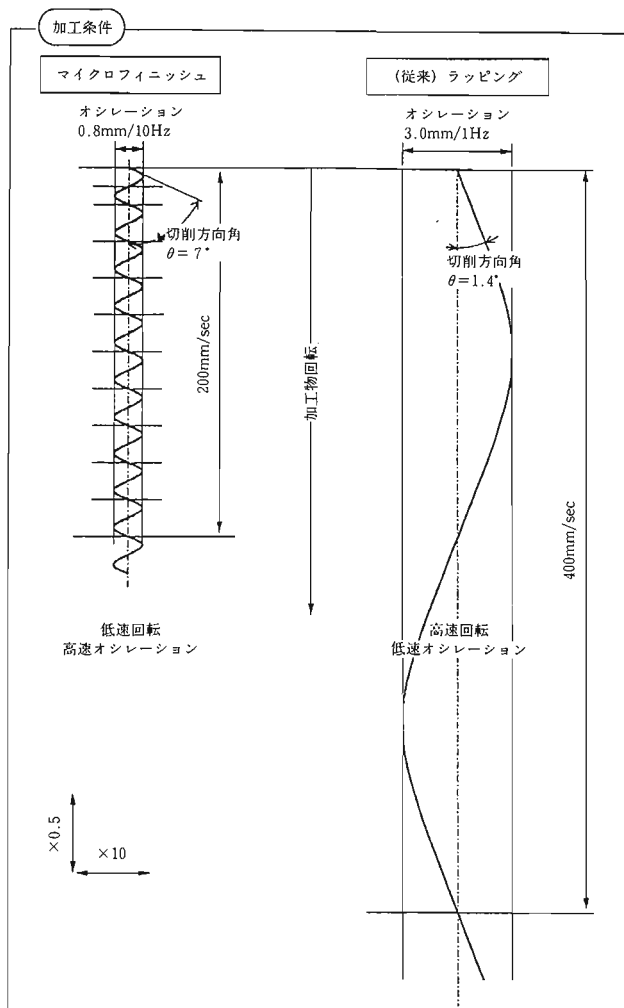
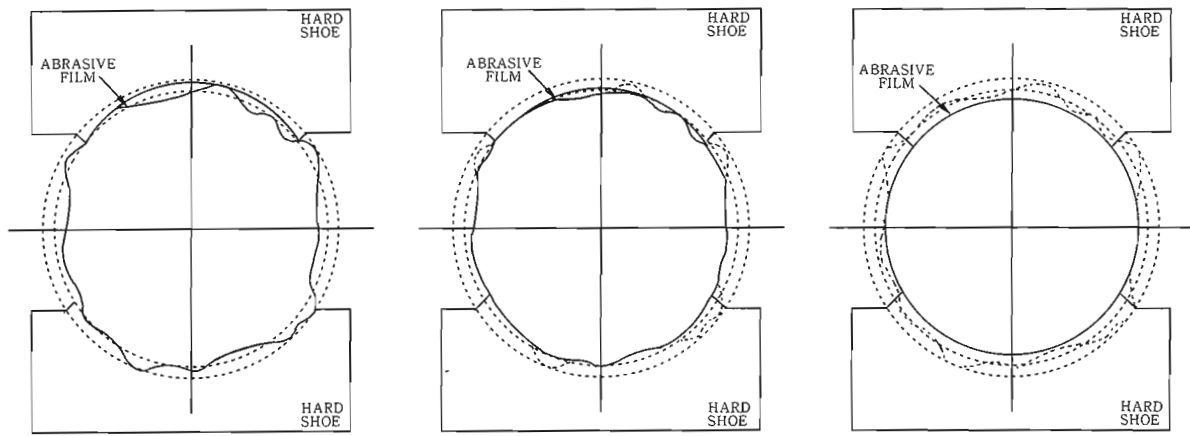


図3

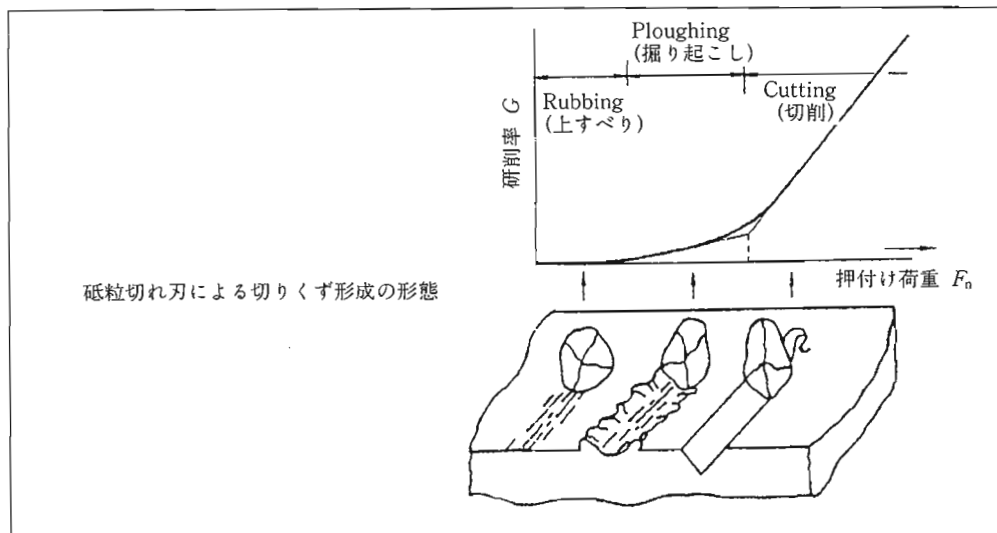


マイクロフィニッシュ加工 開始時期  
Cutting  
(切削)

マイクロフィニッシュ加工 中間時期  
Cutting → Ploughing  
(切削) ⇒ (掘り起こし)

マイクロフィニッシュ加工 最終時期  
Ploughing → Rubbing  
(掘り起こし) ⇒ (上すべり)

図 4



砥粒切れ刃による切りくず形成の形態

押付け荷重  $F_n$

図 5

が高くなる。

② 加工中間時期 [掘り起こし]

ワーク直径がやや小さくなるため、シューの押付け面積が増加することで面圧が低下し、研削率Gやや低くなる。

③ 加工最終時期 [上すべり]

ワーク直径がシュー内径と一致するのでワークはシューの全面で低い面圧の押付け荷重を受け、研削率Gは更に低くなる。

押付け荷重と研削率Gの関係を図 5 に表す。

### 4. 基礎データ

基礎データは加工対象ワークとしてクランクシャフトを選定し、収集したものである。加工箇所はジャーナル部及

びピン部で、図 6 において斜線部で示してある。

基礎データ収集時の加工条件は表 1 の標準加工条件表による。

① 真円度データ

前加工真円度に対する加工後真円度を図 7 に示す。

このデータを真円度改善率で表したものが図 8 である。

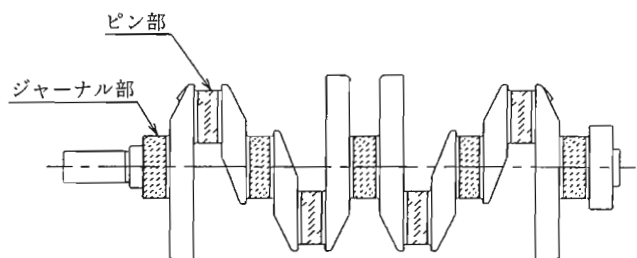


図 6

表1 標準加工条件表

	レベルI	レベルII	特 徴
フィルム粒度 (μm)	30	15	前加工精度に応じてフィルム粒度選定
加圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	2.0		比較的小さい加圧力
ワーク回転回数 (回)	逆転5回+正転5回		回転方向を変えることで切削性能を維持
ワーク回転速度 (rpm)	60~70		遅い回転速度
オンシレート速度 (Cyc/min)	600		速いオンシレート速度
オンシレート量 (mm)	0.8		比較的小さいオンシレート量

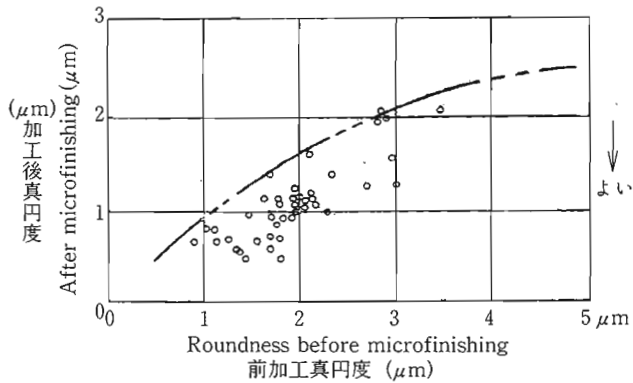


図7 真円度

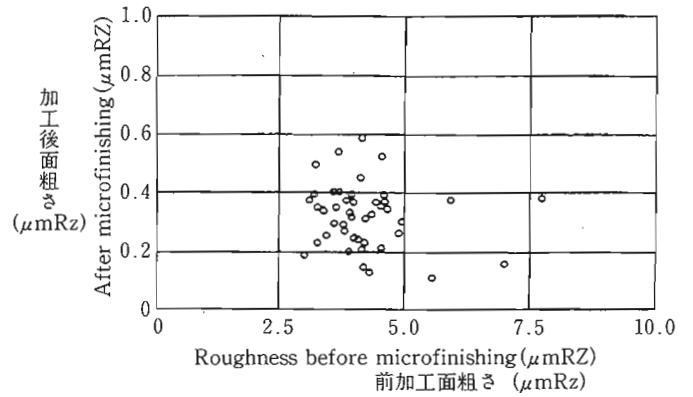


図9 面粗さ

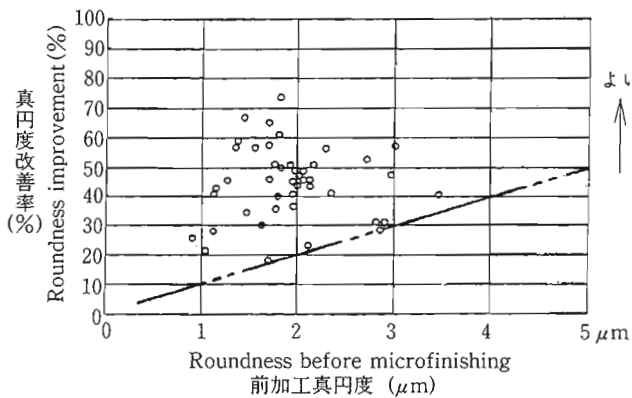


図8 真円度改善率

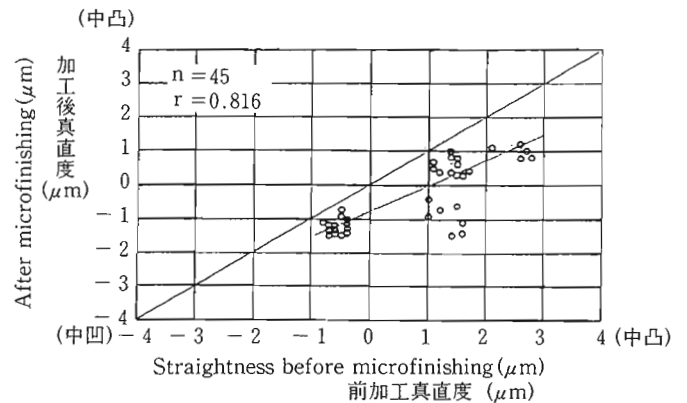


図10 真直度

真円度改善率は次の式で定義する。

$$\text{真円度改善率} = \frac{\text{前加工真円度} - \text{加工後真円度}}{\text{前加工真円度}} \times 100$$

真円度改善率にはかなりばらつきがあるが、前加工真円度が1 μmで10%、2 μmで20%、3 μmで30%を結んだラインより全て良い方向にある。

② 表面粗さ

前加工表面粗さに対する加工後表面粗さを図9に示す。加工後表面粗さは前加工に全く依存せず安定な精度を維持している。

③ 真直度

前加工真直度に対する加工後真直度を図10に示す。加工後真直度は前加工に対して約1 μm中凹となる。

## 5. 応用技術例

① 水溶性クーラント

水溶性クーラントを用いてのフィルムラップ加工は有り得ないと信じられてきた。その理由は水溶性クーラントは粘性が高いため、フィルムの目詰まり状態が発生し易いためと推察される。

しかし、マイクロフィニッシュ加工の最適加工条件である低圧力低回転を考慮するとフィルムの目詰まりは比較的发生しにくいのではないかと考えることができる。水溶性クーラントの場合と油性クーラントの場合との表面粗さの比較を図11に示す。両者に差はないと判断できる。

## ② 複数回加工

マイクロフィニッシュは高精度加工実現のため、荒加工でワークの形状矯正を、仕上げ加工で表面粗さの向上という機能をそれぞれに持たせている。

しかし、荒加工と仕上げ加工では使用するフィルムの粒度が異なるだけで、他の加工条件の最適値が同じという結果から、加工の基本機能は荒加工も仕上げ加工も同じであると推察することができる。そこで仕上げ加工用のフィルムで荒加工サイクルを複数回繰り返しても基本機能から逸脱することなく加工を完了することができるはずだとの発想が浮かぶ。

この発想をもとに実施した複数回加工のテスト結果を図12～14に示す。

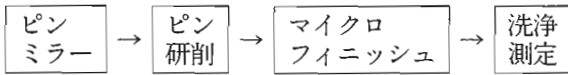
30 $\mu$ mフィルムを使用した場合では1回加工で表面粗さがすでに収束しているのに対して、20 $\mu$ mまたは15 $\mu$ mフィルムの場合2回加工で表面粗さが収束している。

この結果から、複数回加工にて『荒加工+仕上げ加工』の2工程加工にかなり近い加工精度を1工程M/Cにて得る

ことができることが判る。

## ③ 研削レス加工

クランクシャフトのピン部のマイクロフィニッシュ加工における前後工程は次の通りである。



マイクロフィニッシュの加工能力は『前加工精度に対する依存度が小さい』という特徴から前加工工程であるピン研削を省略するという実験的研究を試みた。

ピンミラー加工後の真円度が約40 $\mu$ mとして、マイクロフィニッシュにて形状修正するには少なくとも60 $\mu$ mの取代が必要と予想された。

図15は研削レス加工におけるワーク回転回数特性である。

- ・80 $\mu$ mフィルムを使用するとワーク回転回数(20+20)まで取代の変化に直線性が認められる。
- ・60 $\mu$ mフィルムでは目詰まり現象のため60 $\mu$ mの取代を切削することができない。

この結果より、80 $\mu$ mのフィルムを選定し、ワーク回転回数(15+15)にてレベルI加工した結果を図16に示す。

真円度は前加工が42.7 $\mu$ mであったものが加工後は3.2 $\mu$ mとなっている。また、15 $\mu$ mフィルムにてレベルII加工した表面粗さを図17に示す。真円度及び表面粗さについては極めて良好な結果を得ることができており、研削レス加工の実現性は有望と考えることができる。

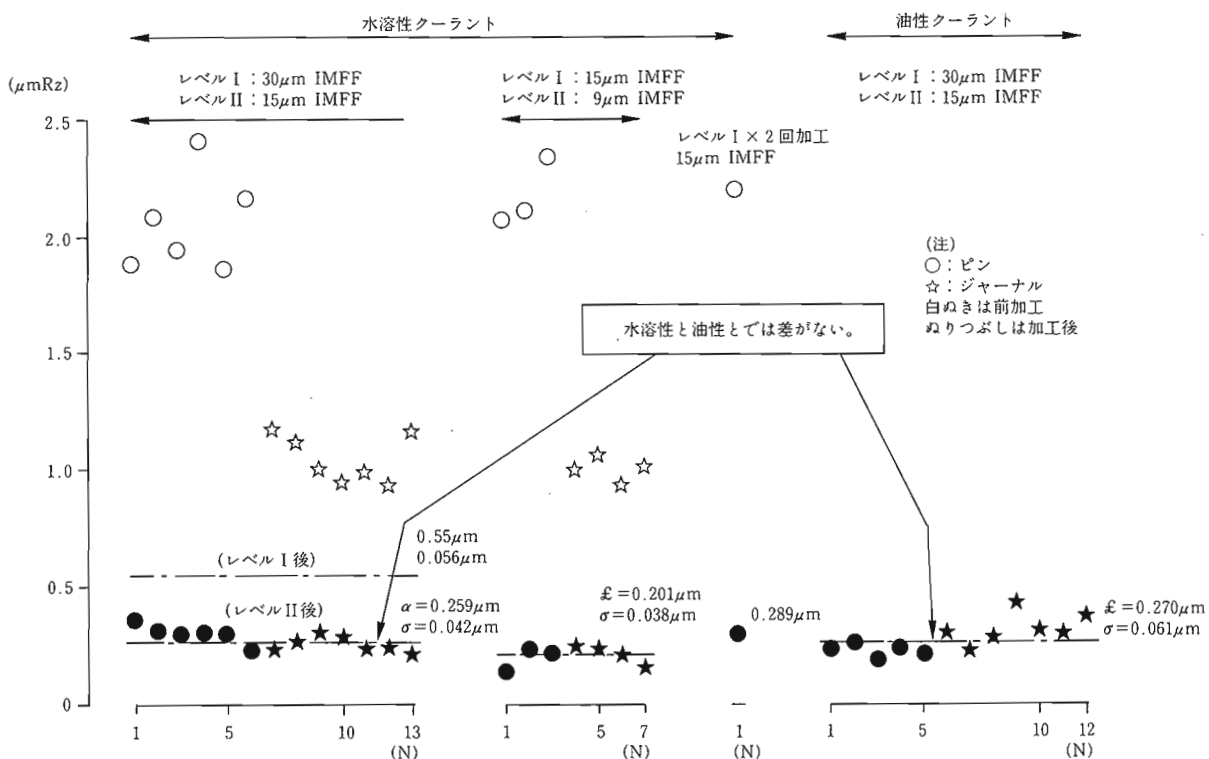


図11 水溶性/油性クーラントの面粗度比較

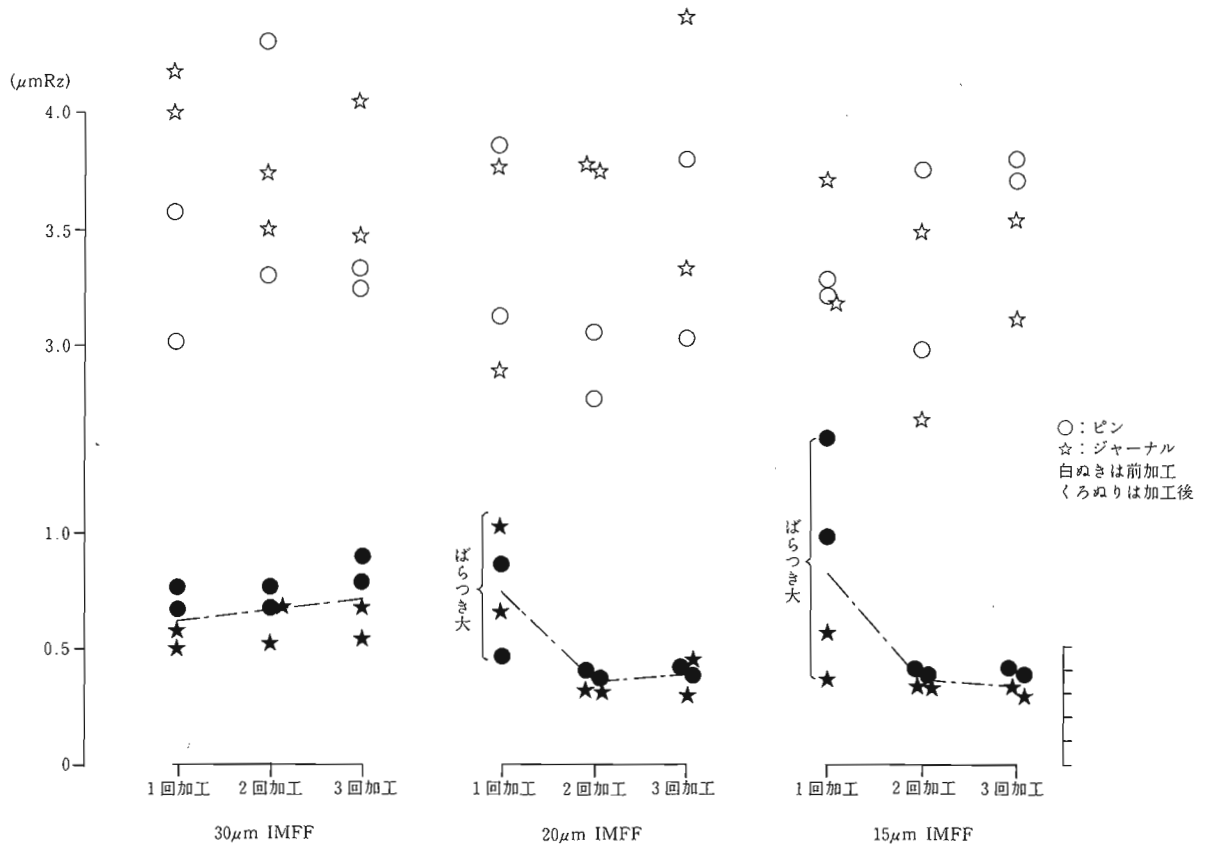
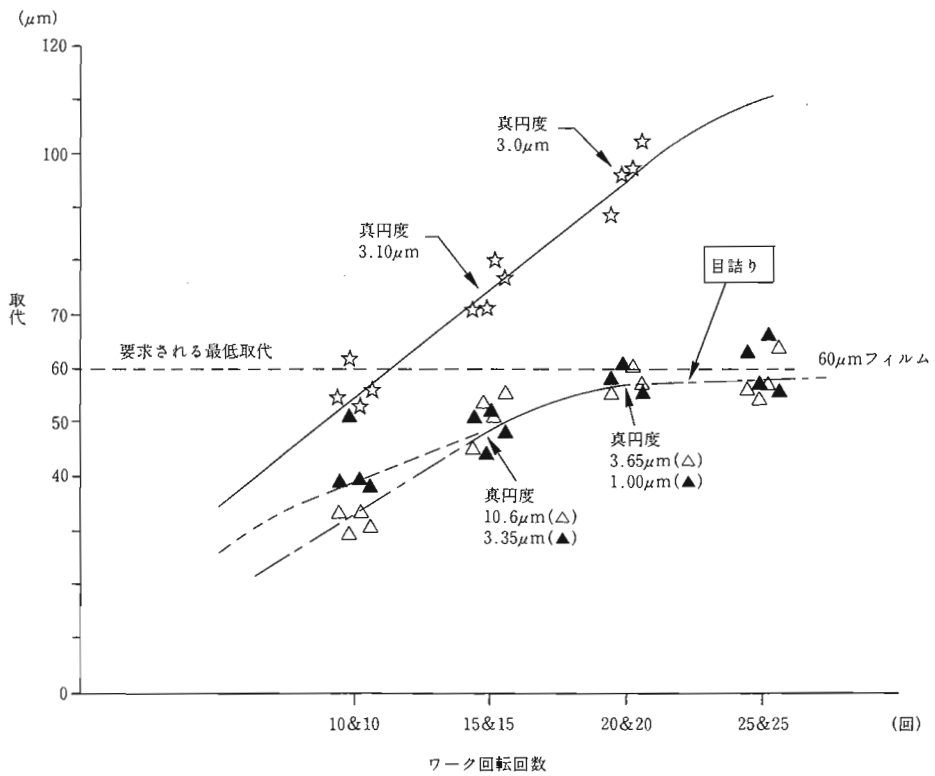


図12 複数回加工面粗度(1)

図13 複数回加工面粗度(2)

図14 複数回加工面粗度(3)



	フィルム	シリンダー クランプ圧力
☆	80μm IMFF	9 kg/cm <sup>2</sup>
△	60μm IMFF	9 kg/cm <sup>2</sup>
▲		11kg/cm <sup>2</sup>

コメント  
 ①真円度データより必要な取代は最低60μm。  
 ②60μmフィルムではクランプ圧力をupしても15&15以上の範囲では取代は増加しない。  
 ③60μmフィルムでは20&20より目詰りがはじまる。

図15 クランクシャフトピン研レスマイクロフィニッシング加工 (ワーク回転回数特性)

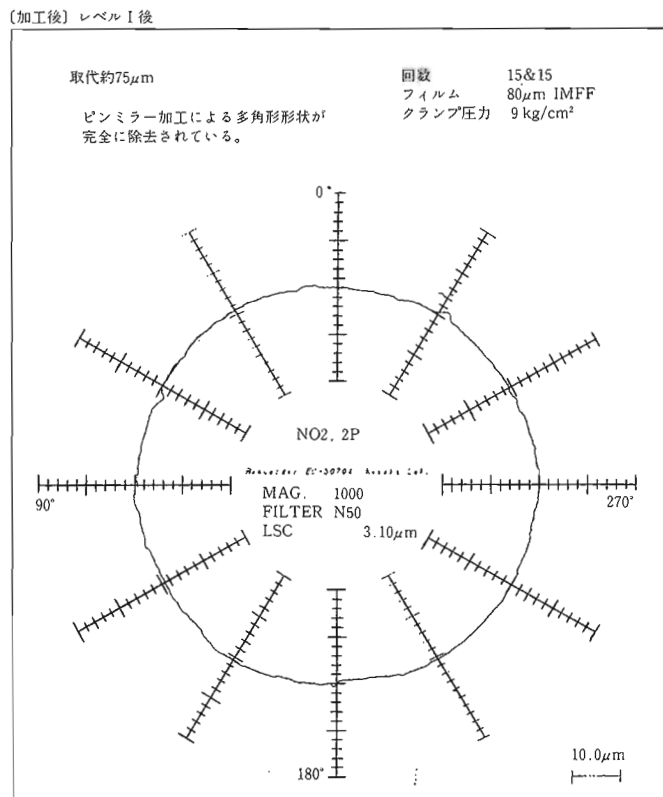
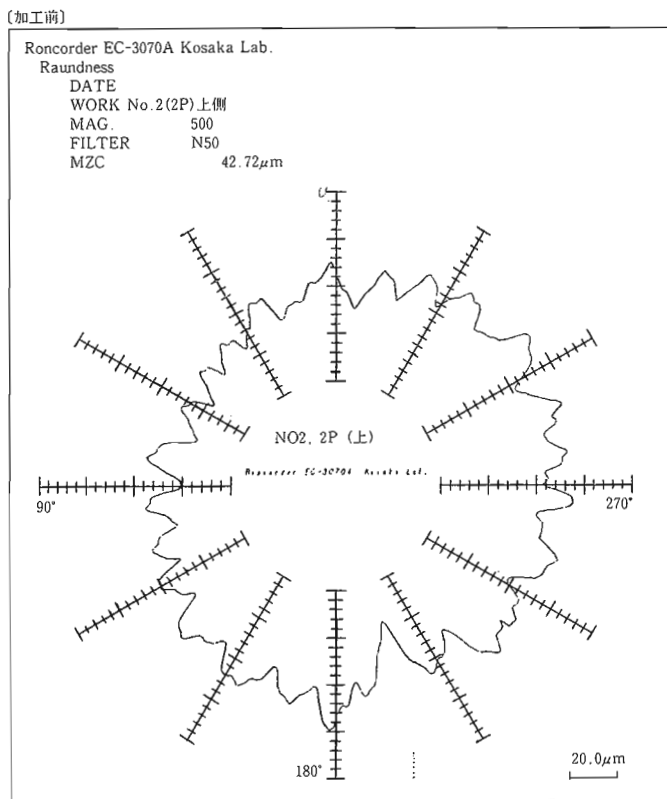


図16 真円度測定結果

$R_z$  0.492μm

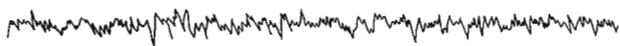


図17 表面粗さ測定結果

## 6. シリーズ化

表2にマイクロフィニッシャのシリーズと主な仕様を示

表2 マイクロフィニッシャのシリーズ

Spec. / Model	1800	1500	900 NC	500 NC	500 C	300 I	50 RD
Max. Length (mm)	610	610	900	500	500	300	380
Max. Swing (mm)	φ240	φ240	φ250	φ200	φ200	—	—
Max. Stroke (mm)	100	100	120	60	60	—	—
Max. Breadth (mm)	50	50	65	50	50	30	150
Max. Dia. (mm)	φ64	φ64	φ90	φ64	φ64	φ200	φ80
Kind of Work	Crankshaft	Crankshaft Camshaft	Crankshaft Camshaft Shaft	Crankshaft Camshaft Shaft	Shaft	Shaft	Shaft
Type of Machine	Transfer	Independent	Independent	Independent	Independent	Independent	Independent
Feature	C/T : 0.5 min.	C/T : 1.0 min.	Arm Shift by N. C.	Arm Shift by N. C.	Chuck Type	For I. D.	Centerless

す。モデル1800、モデル500C及びモデル50RDは現在開発中の新シリーズである。

モデル1800はクランクシャフト加工ライン用にシェア拡大を狙った低コストタイプとして開発したM/Cであり、モデル500C及びモデル50RDは、一般的な小物シャフトをターゲットとして市場開拓を狙った低コストタイプM/Cである。とりわけ、モデル50RDは図18及び図19に示すように従来タイプとはM/C概念を全く異にしたセンターレスタイプであり、市場評価が待たれる。

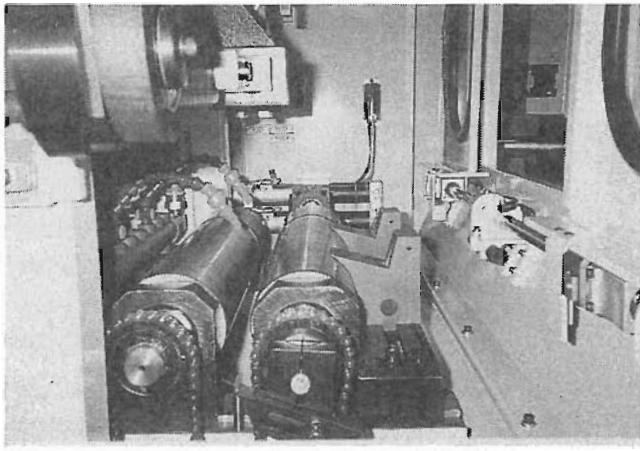


図18

## 7. おわりに

マイクロフィニッシャはシステムとしての優位性を市場にて高く評価されつつあるが、コストを含めたトータルとしてのM/C評価については賛否両論であったように思える。そこで、開発目標を応用技術に移行しつつ、その技術を実機に織り込むことでシリーズを拡大し、今後とも更にトータル評価の向上を計るべく応用技術の開発を進める。

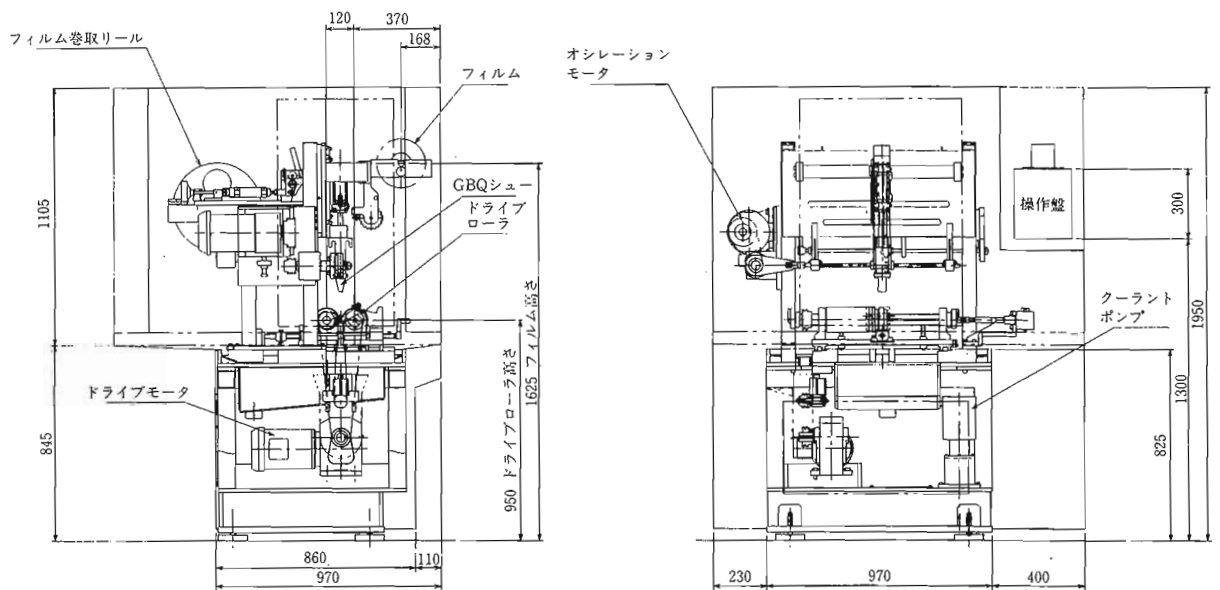


図19



岩城啓造

1985年不二越入社。  
1989年よりマイクロフィニッシュの設計を担当し現在に至る。