

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Machining

Vol. **12**B3  
Feb/2007

マシニング事業

油圧  
制御

■ 新商品・適用事例紹介

超精密高速送り非球面金型加工機

「**ナノアスファ ASP01A**」

Ultra-precision, High-speed Feed,  
Aspheric Die Processing Machine  
"NANO ASPHER ASP01A"

〈キーワード〉 次世代DVD・デジタルカメラ・カメラ付き携帯電話・  
ピックアップレンズ金型・機上計測

プレシジョン製造所／技術開発部

森 健治

Kenji Mori

## 要 旨

超精密の非球面加工機「ナノアスファ ASP01A」は、油静圧ねじ駆動による独自の制御機構の採用などにより、毎分1.5mとNACHIの従来製品に比べて5倍の高速送りを実現した。また、装置本体と周辺機器の小型化によって同比70%省スペース化しており、設置面積当たりの生産性を向上した。

※1  
次世代DVDや携帯電話用カメラ、デジタルカメラなど、さまざまな光学レンズの金型加工用として商品化した。

## Abstract

Nano Aspher (ASP01A), an ultra-precision aspheric die processing machine, achieves the high-speed feeding of 1.5 m per minutes that is the five-fold of the feeding speed of existing Nachi products, with use of a unique control mechanism called hydrostatic pressure control. In addition, the space is considerably reduced by 70% from the existing machines by making the main unit and its peripheral units smaller. Therefore, the productivity per installation area is improved.

Nano Aspher (ASP01A) has been introduced into the market as an aspheric die processing machine with ultra precision and high-speed feeding for various optical lenses used in the next-generation DVD, cameras attached to cell phones and digital cameras.

## 1.次世代DVDの普及加速

地上波デジタル放送が全国で開始され、薄型ディスプレイの大型化がすすんでいる中、ハイビジョンなどの高画質・高音質番組を長時間録画するDVDレコーダや、ハイビジョン画像を再生するパソコン・ゲーム機が商品化されている。これらに搭載された次世代DVDピックアップレンズは、市場の急速な立ち上がりによる需要増加が期待される。

デジタルカメラ、携帯電話用のレンズは、海外での生産が増大しており、レンズ金型の加工機市場の伸びが見込める。

このようなレンズ金型や光学素子部品業界では、製品の高精度・高機能化のニーズが高まってきており、さらなる高能率・高精度・コンパクトな超精密金型加工機が求められている。

NACHIは、非球面加工機として好評を得ているASP01の後継機として、デジタル家電業界で培ってきた技術をベースに、携帯電話用レンズや光ピックアップレンズなどの小径金型から、デジタルカメラ・ビデオカメラ用のレンズ金型までの、汎用金型量産機にあたる「ナノアスファASP01A」を開発・市場投入した。



図1 ナノアスファ ASP01A



## 2. 超精密加工を実現する機械要素

レンズ金型などは、サブミクロンオーダー以下の形状精度が必要となる。このような超精密加工を実現する機械要素には、高剛性、高精度、繰り返し精度、長寿命（精度の劣化が少ない）などが要求される。これらに対し、NACHIで自社開発した油静圧スライド・静圧ねじ、空気静圧スピンドルを採用している。

### 1) 油静圧スライド・静圧ねじ

ASP01Aのスライド構造を、図2に示す。油静圧スライドは、テーブルと案内面の隙間に高压の潤滑油膜を生じさせテーブルを支える機構である。軸受全体を高压の潤滑油膜で支えるので、摩擦が極めて低く、バックラッシュなどのガタがない。加えて、案内面の形状精度以上の高い真直度を実現でき、摩擦による摩耗の影響が全く無いため、高い精度を長期間維持できる。

油静圧ねじは、油静圧軸受の技術をねじに応用したものであり、非接触、低摩擦、高精度、バックラッシュレスの特長がある。静圧ねじは、油静圧で浮上し、摩擦による外乱がなく、モーターの回転運動を直線運動に1/10~2/10の縮小率で変換する。モーター単体の性能以上に高い位置決め分解能を実現し、加工中の外乱に対して高い制御安定性を可能にしている。

ASP01Aでは、高分解能な位置検出スケールと相まって高い軌跡精度を実現している。静圧ねじの写真を、図3に示す。

### 2) 空気静圧スピンドル

ワークスピンドル、工具スピンドルも高精密な加工には重要な機械要素である。空気静圧スピンドルは、空気静圧軸受の技術をスピンドルに適用したものであり、平均化効果による高い回転精度と低摩擦、低発熱の特長がある。nmオーダーの回転精度と回転中の熱変形を低く抑え、加工ワークの高い形状精度と加工安定性を可能にしている。空気静圧スピンドルの写真を、図4に示す。

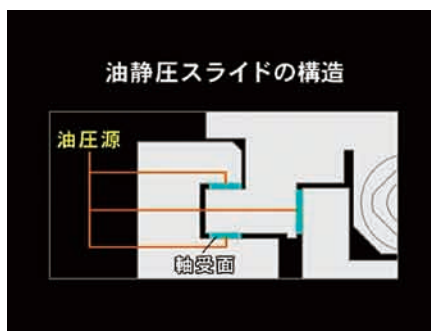


図2 油静圧スライド



図3 静圧ねじ



図4 空気静圧スピンドル

## 3. 高速送り・省スペースの非球面加工を実現

### 1) 5倍の高速送り

作業の効率化と加工時間の短縮のため、高速処理・高分解能対応の自社開発パソコンNC制御装置PNC-XPを搭載し、高速送りと高精度軌跡を実現した。

スライドの送り速度は、当社比5倍の1,500mm/minを実現し、加工時のもどり速度、段取り作業時の移動速度を向上し、移動時間を短縮した。

### 2) 20倍のスケール分解能

高品位な加工面を実現するため、スライドの真直度と制御分解能を高め、スライドの軌跡精度向上を図った。

まず、油静圧スライドのロバスト設計を行ない、微小領域での真直度を向上させた。<sup>※3</sup>

次に、制御系の処理速度の向上により高分解能スケールを採用し、スケール分解能、制御系の内部処理精度が従来比20倍の0.035nmに向上した。これにより高い軌跡精度を可能とし、高品位な加工面を実現できる。

### 3) 機上計測装置の高機能、段取り性向上

機上計測装置では、機外計測を使用した際に時間を要するワークの着脱作業、計測後のワーク再取り付け時のワーク振れ取り加工などの作業が不要になる。これにより、作業時間・加工時間が大幅に短縮でき、生産性の向上が図れる。

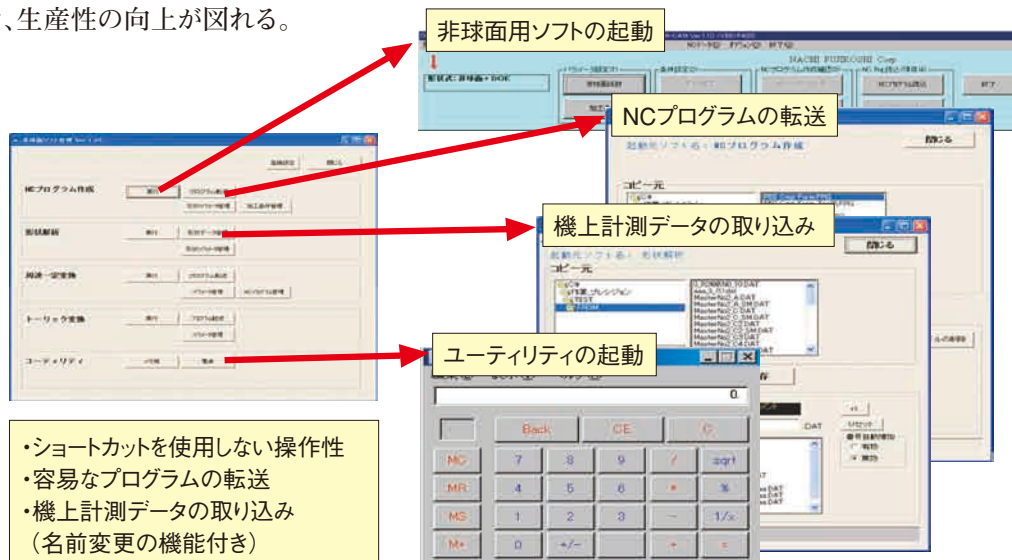
ASP01Aでは、次世代DVD用非球面加工機ASP-Eで好評の高精度プローブユニットを搭載し、計測範囲±75度に対応している。

ASP01Aの機上計測装置に、NC制御で上下方向に移動する微調機構を設けた。ワークの計測前に、上下方向の位置合わせ動作を行なうことで、ワークの中心を正確に計測でき、小径ワークにおいても、信頼性の高い計測ができる。

### 4) 進化したソフトウェア

ASP01Aに標準で付属する非球面形状解析ソフトウェアには、形状解析機能に加えて、作業者をアシストする機能を付加しており、作業者の技量によらない高い生産性を実現している。非球面形状解析ソフトウェアの一例を、図5に示す。

作業者の技量によっては、工具の中心合わせ誤差や工具の先端R設定誤差による形状誤差が加工ワークに生じる。このソフトウェアは、形状誤差の解析結果から、形状誤差の発生原因である工具の中心合わせ誤差や工具の先端R設定誤差を自動解析し、補正を加えたNCプログラムを自動生成することを可能とした。



- ・ショートカットを使用しない操作性
- ・容易なプログラムの転送
- ・機上計測データの取り込み (名前変更の機能付き)

図5 非球面管理ソフト

## 5) 省スペース、段取り性・操作性の向上

ASP01Aでは、機械本体・周辺機器のコンパクト化を図り、設置スペースを当社従来比70%の省スペースを実現し、設置面積あたりの生産性を向上させた。従来機との比較を、図6に示す。

全体カバーとして、作業領域がフルオープンとなる構造を採用し、ワーク着脱や工具の位置合わせの作業性を向上した。机上計測装置やB軸テーブル、操作盤、バルブの配置を見直し、操作性を向上した。これらにより、機械の小型化と操作性の両立を実現している。

## 6) 多彩なオプション

### ①高剛性工具スピンドル

高負荷研削加工に対応するモーター駆動高剛性工具スピンドルをオプションとして搭載し、多様なワーク材質の研削加工に対応できる。

### ②周速一定加工法

ワーク全面で加工条件が一定になるように、ワークスピンドルの回転数、送り速度をコントロールする、

周速一定加工法をオプションとして用意。ワークの周速が一定となるようにワークスピンドルの回転数・送り速度を、外周部で遅く、中心部で速くすることで、加工面の表面性状をワーク全面で均一にできる。また、従来のワークスピンドルの回転数、送り速度を一定にする加工法に比べて、周速一定加工法は中央部での軸の送り速度を速くでき、加工時間を短縮した。

※4

### ③回折形状金型用ソフトウェア

非球面形状に微小段差形状を付加することで回折の効果をもたせたレンズ金型加工用のソフトウェアをオプションとして準備した。このレンズは、回折の効果により、異なる波長の光に対し、焦点位置を変化させる特性を持っている。

これにより、光学系の自由度が広がり、CDやDVD、BD、HD DVDなどの異なる規格のメディア間で互換性のある光ピックアップ光学系や高機能なカメラ用レンズ用の金型の加工が可能となる。

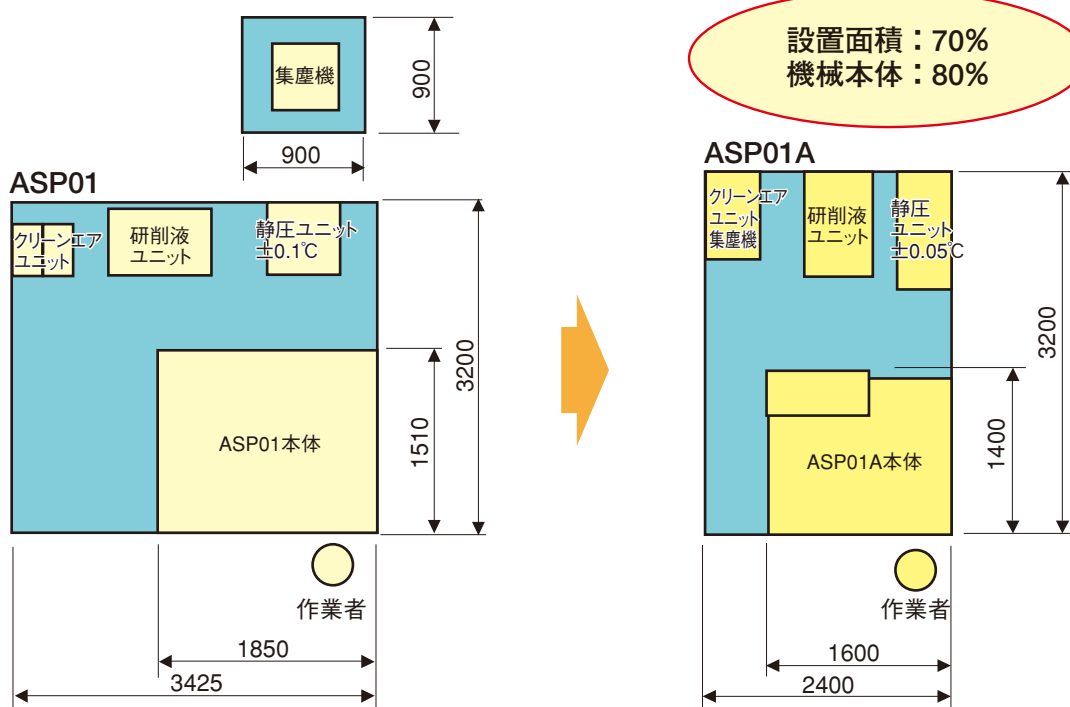


図6 ASP01とASP01Aのレイアウト比較

## 4. 加工事例

### 1) 周速一定加工法

工具スピンドルを垂直配置したクロス研削で、周速一定加工法の加工事例を、図7、8に示す。ワーク全面で、工具とワークの相対速度が一定となり、加工面の表面性状が均一にできる。



図7 周速一定・クロス研削加工

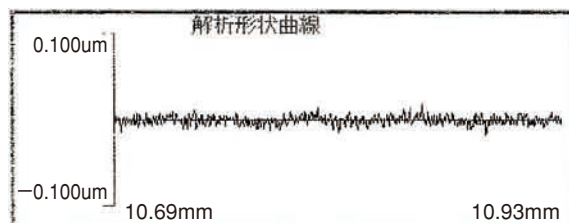


図8 顕微鏡写真と面粗さ

### 2) 回折形状金型

Ni-Pメッキ金型を単結晶ダイヤモンドで切削加工し、回折形状の加工事例を、図9、10に示す。光ピックアップレンズ金型を模擬し、 $8\mu\text{m}$ の段差加工を実現した。



図9 回折形状金型加工

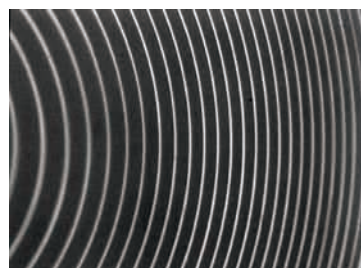
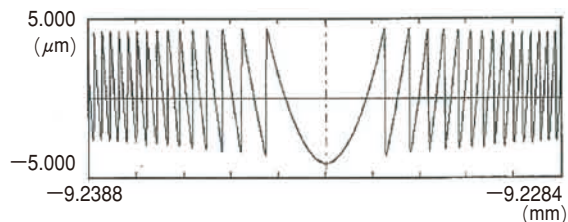


図10 形状測定結果と顕微鏡写真

## 5. 主仕様とシリーズ

表1. ナノアスファ ASP01Aの主な仕様

項目		仕様
加工ワーク	サイズ	切削加工:最大Φ100 [mm] 研削加工砥石軸垂直:最大Φ30 [mm] 研削加工砥石軸水平:最大Φ20 [mm]
X軸テーブル	駆動系	静圧スライド、静圧ねじ
	ストローク	240 [mm]
	加工速度	~100 [mm/min]
	移動速度	~1500 [mm/min]
	スケール分解能	0.035 [nm]
Z軸テーブル	駆動系	静圧スライド、静圧ねじ
	ストローク	150 [mm]
	加工速度	~100 [mm/min]
	移動速度	~1500 [mm/min]
	スケール分解能	0.035 [nm]
B軸テーブル	軸受方式	油静圧軸受
	回転数	10 [rpm]
ワークスピンドル	軸受方式	空気静圧軸受
	回転数	10~2000 [rpm]
機上計測装置	計測方式	倣い方式
	計測範囲	±75 [度]
機械本体	本体寸法(幅×奥行×高さ)	1600×1360×1610 [mm]
	本体重量	約4500 [kg]
用途	ピックアップレンズ、カメラ付き携帯電話、デジタルカメラ	

表2. ナノアスファシリーズ一覧

型式	ワークサイズ	用途
ASP-E (非球面)	φ20	次世代DVD金型
ASP30 (自由曲面)	φ150 (切削) 300×50 (自由曲面)	ピックアップレンズ デジタルカメラ
ASP30X (非球面・自由球面)	φ 30 (研削) φ140 (切削) 200×50 (自由曲面)	レーザープリンター用fθレンズ 直線回折格子金型 プロジェクター用 自由曲面ミラー金型

## 6. 次世代光学部品の量産加工に

超精密の非球面加工機「ナノアスファ ASP01A」は、静圧スライド、静圧ねじ、パソコンNC、機上計測装置など、NACHI独自のテクノロジーを高次元で融合させ、高速・高精度・省スペースを実現した。

高速送りの実現で、加工時間を大幅に短縮し、次世代DVDの普及加速や、IT関連産業からのニーズに対応する非球面金型の加工機の製品ラインアップが拡充できた。

これにより、デジタル情報化社会における光学部品の高精度化・量産性・高機能化のニーズに対応した、次期標準機として貢献できると確信する。

### 用語解説

#### ※1 次世代DVD

次世代DVDは、デジタル放送の高画質の画像や音声を長時間録画できる規格の大記憶容量DVD。

波長の短い青色レーザー光や開口数の大きい深い形状レンズを採用し、記憶・再生用のスポット光を従来DVDの1/5のサイズにすることで、大記憶容量を実現できる。

#### ※2 平均化効果

静圧軸受は、軸受隙間のエア、油の圧力を介して浮上する機構であり、軸受全体で支持されている効果により、案内面の誤差は軸受面全体で平均した分しか影響を受けず、高い回転精度、真直度が得られる。この効果を平均化効果と呼んでいる。

#### ※3 ロバスト設計

油静圧スライドにおいて、案内面にきずなどがあると静圧軸受の圧力変動が発生し、スライド位置が変動し真直度に影響がある。これに対し、軸受部のパッドの形状を見直すことで、きずの影響の受けにくい軸受構造とした。

#### ※4 回折形状金型

光が回折する性質を利用して焦点を結ぶ回折レンズ用の金型。レンズ面に波長の長さに応じた段差がある。CD、DVD、BD、HD DVDなどの異なる規格を一つのピックアップレンズでまかなうことができる。また、カメラレンズに、このレンズを用いることにより、レンズの枚数を減らすことが可能になる。

### 関連記事

- 1) 藪谷 誠：超精密非球面加工機機上計測システム  
不二越技報Vol.54 No.1通巻116号P.91-95
- 2) 牧野 哲也：液晶ディスプレイ光学素子金型加工機「ナノグレーバAMG92P」  
NACHI-BUSINESS news Vol.2 B2、February/2004
- 3) 水本 洋：近未来技術展望「超精密工作機械の位置決め技術について」  
NACHI-BUSINESS news Vol.4 A1、August/2004
- 4) 永井 久司：超精密表面仕上げ加工機「ナノフェーサンNF100P」  
NACHI-BUSINESS news Vol.4 B2、August/2004
- 5) 越後 敬介：次世代DVD用非球面加工機「ナノアスファASP-E」  
NACHI-BUSINESS news Vol.7 B2、May/2005