

ナノの世界を開拓する超精密5軸ナノ加工機  
Super 5-axis nano machine exploring nanoland

# FANUC ROBONANO

$\alpha$ - $\circ$ iB



# 超精密ナノ加工事例

## Various samples

ROBONANO -0iB による多彩な加工事例をご紹介します。

ミリング、引き切り、旋削、研削など、用途に応じた最適な加工方法を選択することができます。

(ここに紹介するサンプルの精度は、加工条件、材質、工具等に依存しますので、保証するものではありません。)

Various samples machined by ROBONANO -0iB are presented below.

You can select an optimum machining method according to your specific purpose such as milling, scribing, lathing, or grinding.

(The machining results presented below aren't guaranteed, because the machining accuracy depends on the machining condition, the material of the workpiece, the cutting tool, and so on.)

### 超精密ミリング加工例

#### Ultra precision milling

空気タービンスピンドル(オプション)を用いて、ダイヤモンドエンドミルを回転させることにより、超精密ミリング加工が可能です。

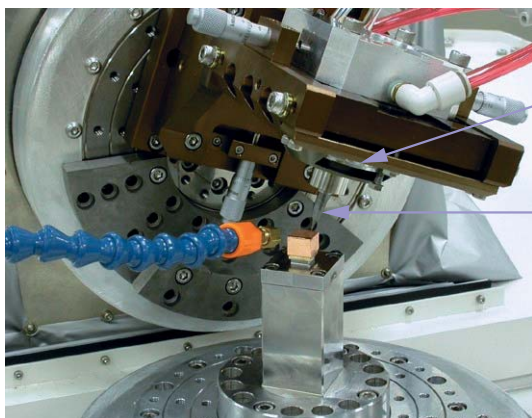
(エンドミル仕様はP.22参照)

単純なマイクロV溝形状から、同時5軸制御機能を用いた自由曲面形状まで対応できます。

Rotating the diamond endmill by using the optional air turbine spindle enables ultra precision milling.

(For the specifications of the endmill, see page 22.)

Various shapes ranging from simple micro V-groove shapes to free-curved surface shapes by the use of the simultaneous 5-axis control function are supported.

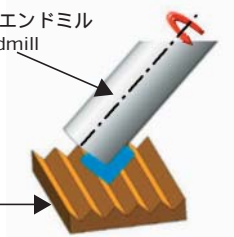


空気タービンスピンドル(オプション)  
Air turbine spindle (option)

ダイヤモンドエンドミル  
Diamond endmill

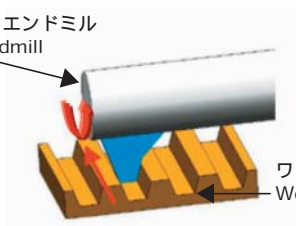
ダイヤモンドエンドミル  
Diamond endmill

ワーク  
Workpiece



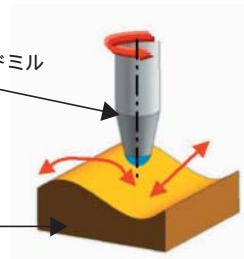
ダイヤモンドエンドミル  
Diamond endmill

ワーク  
Workpiece



ダイヤモンドエンドミル  
Diamond endmill

ワーク  
Workpiece



### サブミクロンピッチV溝

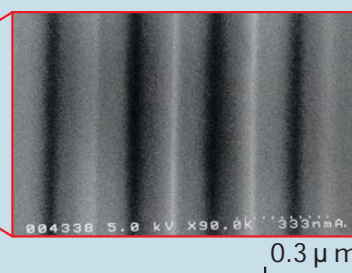
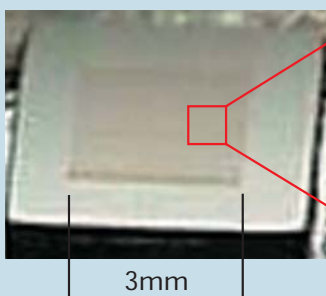
#### V-groove of sub-micron pitch

ブルーレーザ関連で期待される、サブミクロンピッチのV溝回折格子を、バリの発生なくシャープに加工できます。

V-groove diffraction gratings, demanded in blue laser applications, can be fabricated sharp with no burrs.

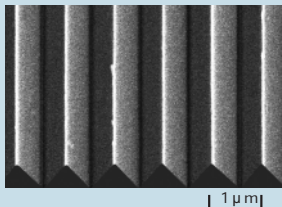
回折格子金型  
Diffraction grating core

V開き角 [V-angle] :  $90^\circ$   
ピッチ [Pitch] :  $0.3 \mu\text{m}$   
材料 [Material] : Ni-Pメッキ  
[Ni-P plate]



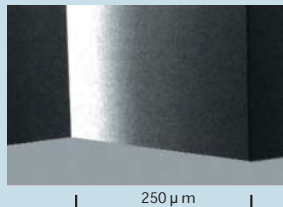
## V溝 V-groove

1 μmピッチの微細V溝から500 μmピッチの比較的大きなV溝もバリの発生なく、高精度に加工できます。  
Various V-grooves ranging from fine ones with a 1 μm pitch to relatively large ones with a 500 μm pitch can be fabricated with no burrs, at high precision.



テストモデル金型  
Test model core

V開き角 [V-angle] : 90 °  
ピッチ [Pitch] : 1 μm  
材料 [Material] : Ni-Pメッキ  
[Ni-P plate]



テストモデル金型  
Test model core

V開き角 [V-angle] : 90 °  
ピッチ [Pitch] : 500 μm  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]

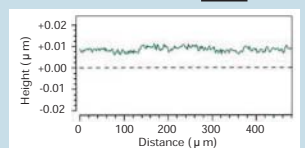
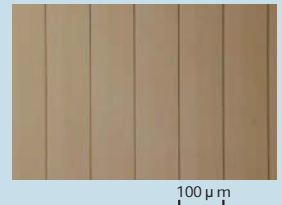
## 非対称V溝 Asymmetrical V-groove

100mm角程度の比較的大きな加工物にも対応できます。  
Relatively large workpieces of about 100mm squares are also supported.



導光板金型  
Light guiding panel core

V開き角 [V-angle] : 135 °  
ピッチ [Pitch] : 100 μm  
材料 [Material] : 銅メッキ [Cu plate]

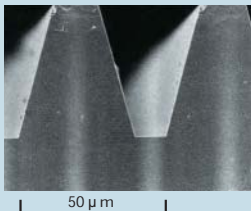


面粗さ : Ra 0.8nm  
Surface roughness

## 台形溝 Trapezoid groove

機械加工では加工困難と言われる台形溝や角溝も、専用工具を用いることで対応可能です。

Trapezoid and square grooves, which are said hard to fabricate with machining, can be fabricated by using appropriate dedicated tools.



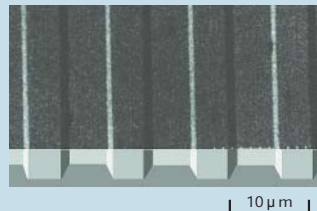
テストモデル金型  
Test model core

V開き角 [V-angle] : 30 °  
ピッチ [Pitch] : 50 μm  
深さ [Depth] : 50 μm  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]



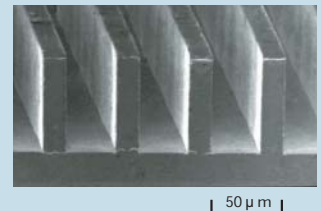
テストモデル金型  
Test model core

V開き角 [V-angle] : 3 °  
ピッチ [Pitch] : 35 μm  
深さ [Depth] : 100 μm  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]



回折格子金型  
Diffraction grating core

ピッチ [Pitch] : 10 μm  
深さ [Depth] : 0.3 μm  
材料 [Material] : Ni-Pメッキ  
[Ni-P plate]



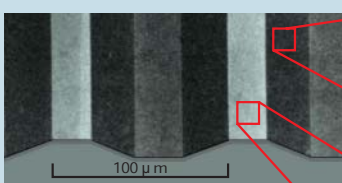
テストモデル金型  
Test model core

V開き角 [V-angle] : 0 °  
ピッチ [Pitch] : 50 μm  
深さ [Depth] : 50 μm  
幅 [Width] : 10 μm  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]

## 各種マイクロ溝 Various micro grooves

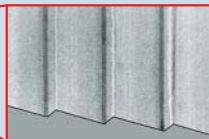
同時多軸制御機能を用いることにより、各種溝形状に対応できます。

Using the simultaneous multi-axis control function allows fabrication of various groove.

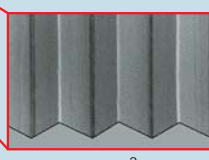


複合溝金型  
Compound-grooves core  
(V-grooves on trapezoid-grooves)

V開き角 [V-angle] : 140 °  
ピッチ [Pitch] : 100 μm  
材料 [Material] : 金 [Gold]



V開き角 [V-angle] : 90 °  
ピッチ [Pitch] : 2 μm

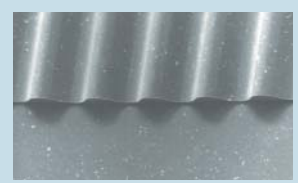


2 μm



ピラミッド型プリズム金型  
Pyramidal prism core

V開き角 [V-angle] : 70 °  
ピッチ [Pitch] : 300 μm  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]



波形プリズム金型  
Wavy prism core

半径 [Radius] : R37 μm  
ピッチ [Pitch] : 120 μm  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]

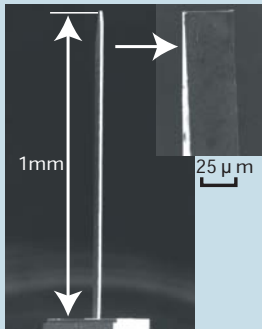
# 超精密ナノ加工事例

## Various samples

### マイクロ針（アレイ）

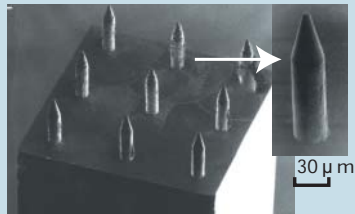
#### Micro needle (array)

高アスペクト比の針形状や、針アレイ形状が折れずに加工できます。  
Needles and needle arrays with high aspect ratios can be fabricated without breaking them.



マイクロ針  
Micro needle

25 μm × 25 μm × 1000 μm  
先端角 [Tip angle] : 15 °  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]



マイクロ針山  
3 × 3 needle array

ピッチ [Pitch] : 250 μm  
直径 [Diameter] : 30 μm  
高さ [Height] : 180 μm  
先端角 [Tip angle] : 15 °  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]

### 曲面アレイ

#### Curved surface array

5軸制御機能を用いたミリング加工により、フライアイミラーのような曲面アレイなど、複雑な形状に対応できます。  
Milling with the 5-axis control function allows fabrication of complicated figures such as curved-surface arrays including fly-eye mirrors.



5mm



600 μm

フライアイミラー( 4種類の球面ミラーアレイ )  
Fly-eye mirror( Mirror array with four kind of spherical surface )

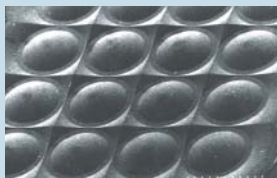
ミラーピッチ [Pitch] : 1mm  
球面半径 [Radius] : R295mm

ミラー幅 [Width] : 15mm  
材料 [Material] : 銅メッキ [Cu plate]

### マイクロレンズアレイ

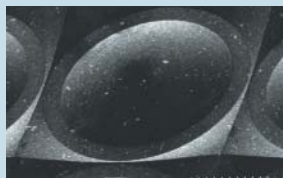
#### Micro lens array

凹や凸のマイクロレンズをアレイ状に加工できます。シリコンなどの脆性材料の延性モード加工も可能です。  
Micro convex or concave lenses can be machined into arrays. Brittle materials such as silicon can be machined in ductile mode.



凸レンズアレイ  
4 × 4 Convex lens array

ピッチ [Pitch] : 290 μm, 高さ [Height] : 16 μm, 半径 [Radius] : R448 μm  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]

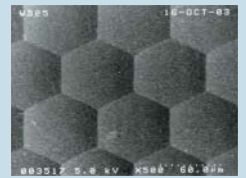


100 μm



凹レンズアレイ  
100 × 100 Concave lens array

ピッチ [Pitch] : 80 μm, 半径 [Radius] : R100 μm  
材料 [Material] : ニッケルリンメッキ [Ni-P]



60 μm

### 自由曲面

#### Free curved surface

3DCAD/CAMシステムを用いて形状定義することにより、5軸制御ミリングで複雑な自由曲面も加工可能です。  
By defining a figure using a 3D CAD/CAM system, you can fabricate complicated free curved surfaces, using 5-axis control milling.

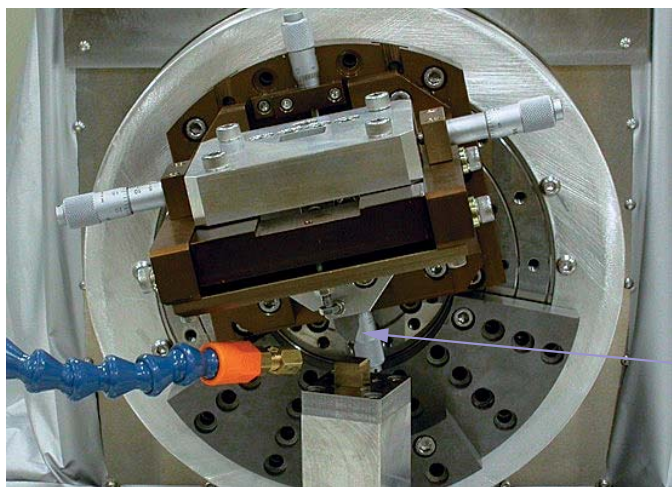


弥勒菩薩 頭部  
Micro Buddha-head  
直径[Diameter]:1mm、高さ[Height]:1.5mm  
材質[Material]:18金[18-carat gold]



能面  
Micro Noh-mask  
直径[Diameter]:1mm、高さ[Height]:30 μm  
材質[Material]:18金[18gold]

## 超精密引き切り加工 Ultra precision scribing

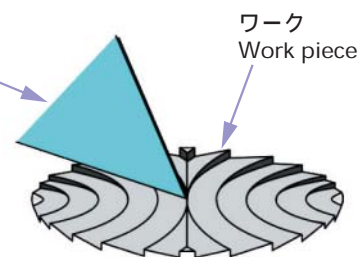


5軸制御機能を用いた非回転工具加工により、多焦点フレネルレンズのような不連続な溝の形状が加工できます。溝の角度が可変のため、回折型レンズやホログラム光学素子の形状を最適にすることができます。

Non-rotational cutting using the 5-axis control function allows fabrication of shapes with discontinuous grooves such as multifocal Fresnel lenses.

The angle of the groove is variable, so that diffraction lenses and hologram optical elements (HOEs) can be made into optimum shapes.

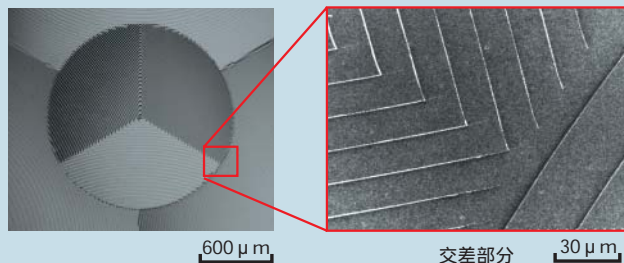
ダイヤモンド非回転工具  
Diamond non-rotational tool



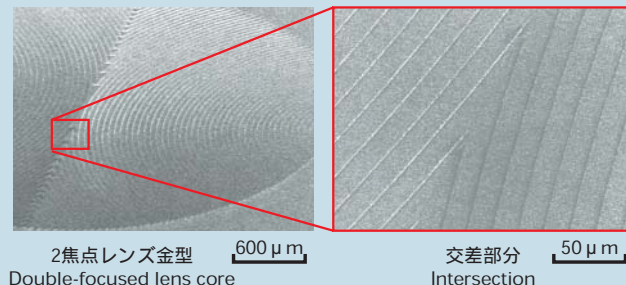
## 自由形状V溝（平面） Free curved V-groove (on a flat surface)

曲線V溝も同時5軸制御された引き切り加工で高精度に加工できます。デジタル情報処理用多焦点レンズなどに応用できます。

Curved V-grooves can be fabricated at high precision with scribing in which five axes are controlled simultaneously. This feature is applicable to multifocus lenses for digital information processing purposes.

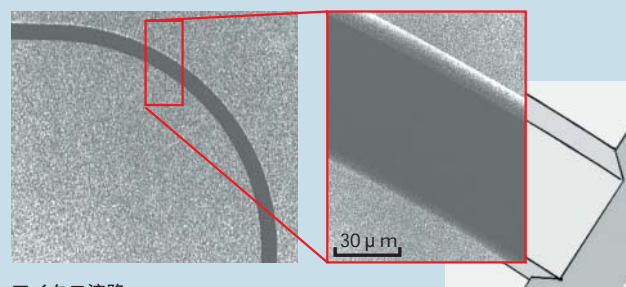


3焦点レンズ金型  
Triple-focused lens core  
V開き角度 [V-angle]、ピッチ [Pitch] : 可変 [Variable]  
深さ [Depth]、方向 [Direction] : 可変 [Variable]



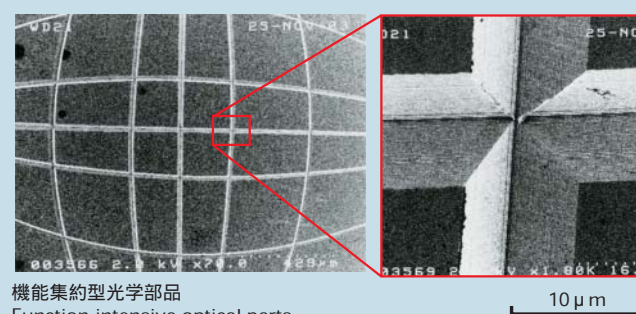
2焦点レンズ金型  
Double-focused lens core  
V開き角度 [V-angle]、ピッチ [Pitch] : 可変 [Variable]  
深さ [Depth]、方向 [Direction] : 可変 [Variable]

## 自由形状溝 Free curved groove



マイクロ流路  
Micro channel  
R部とストレート部が混在する溝の加工  
Fabrication of a groove with both round and straight portions

## 自由形状V溝（曲面） Free curved V-groove (on a curved surface)



機能集約型光学部品  
Function-intensive optical parts  
球面上に面と垂直に加工したV溝  
Fabrication of a V-groove perpendicular to a spherical surface

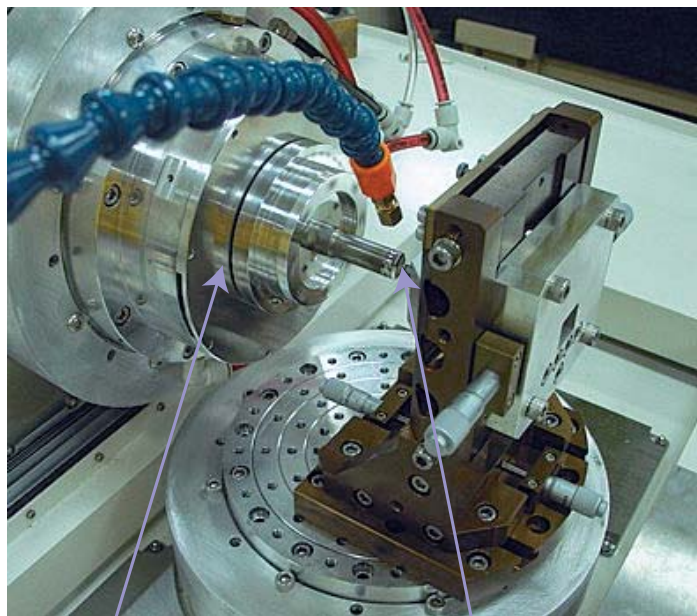
# 超精密ナノ加工事例

## Various samples

### 超精密旋削加工

#### Ultra precision turning

オプションの旋削用空気タービンスピンドルを用いることにより、各種非球面レンズ、フレネルレンズを能率良く加工できます。  
By using the optional air turbine spindle for turning, you can fabricate various aspherical and Fresnel lenses efficiently.

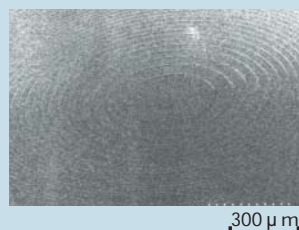


旋削スピンドル (オプション)  
Turning spindle (option)

ダイヤモンド旋削工具  
Diamond turning tool

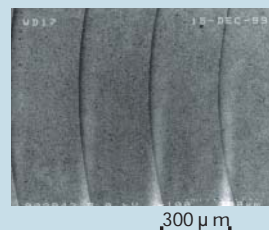
### フレネルレンズ Fresnel lens

旋削用スピンドルを用いて、数～数百 $\mu\text{m}$ の可変ピッチ、可変角度、可変深さのフレネルレンズが短時間に加工できます。  
Using the turning spindle, you can fabricate Fresnel lenses with variable pitches of several to several hundred  $\mu\text{m}$ , with variable angles, and with variable depths, in a short period of time.



回折レンズ金型  
Diffraction lens core

ピッチ [Pitch] :  $1\mu\text{m}$  ~ 可変 [variable]  
材料 [Material] : 真鍮 [Brass]



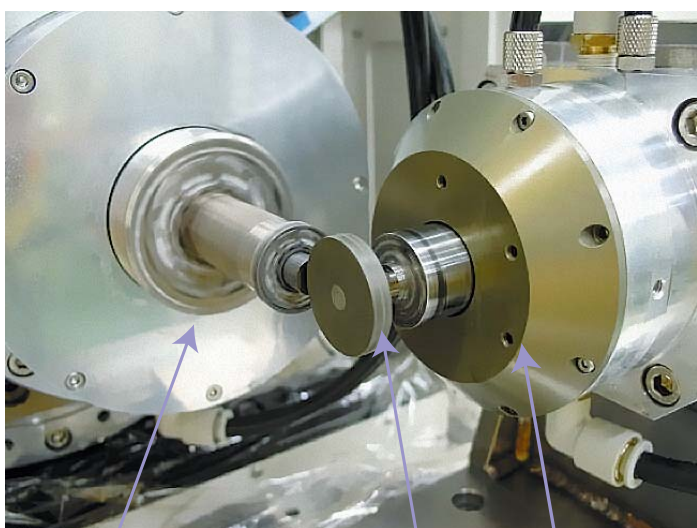
非球面フレネルレンズ金型  
Aspherical fresnel lens core

ピッチ [Pitch] :  $300\mu\text{m}$   
材料 [Material] : 銅 [Copper]

### 超精密研削加工

#### Ultra precision grinding

旋削用スピンドル1台、ミリング用スピンドル2台(1台はツーリング用)を用いて、超硬などの硬質材料製のレンズ金型の研削加工が可能です。  
Using one turning spindle and two milling spindles (one of which is for tooling, you can grind lens cores made of hard materials such as tungsten carbide.



旋削用スピンドル (オプション)  
Turning spindle (option)

砥石  
Grinding tool

ミリング用スピンドル (オプション)  
Milling spindle (option)

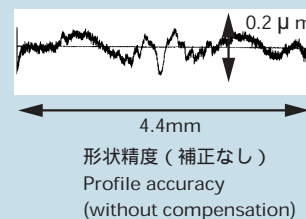
### 超硬製レンズ金型 Lens core (tungsten carbide)

超硬等の硬い材料製のガラスレンズ用金型を高精度に加工できます。  
補正なしで、形状精度 $0.2\mu\text{m}$ 、面粗さPV40nmが得られます。  
Glass lens cores made of hard materials such as tungsten carbide can be machined at high precision.  
Profile accuracy of  $0.2\mu\text{m}$  and surface roughness PV of 40 nm is achieved without compensation.



凹球面  
Concave

半径 [Radius] : R50mm  
材料 [Material] : 超硬 [Tungsten carbide]



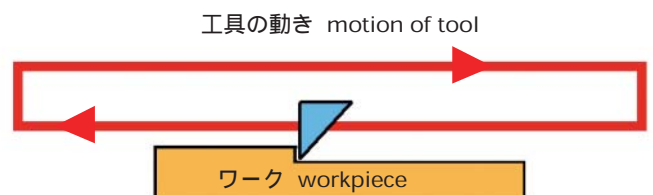
## 超精密・超高速の引き切り加工 Ultra precision & Ultra high speed scribing



機械本体にシャトルユニット(オプション)を取り付けることで、微細溝を超高速かつ超精密に加工できるようになります。毎秒3本の引き切り溝加工が可能となるため、導光板や回折格子といった単純な溝形状を多数加工する場合に、大幅な時間短縮が期待できます。

If equipped with an optional shuttle unit, the ROBONANO -0iB can fabricate microscopic grooves at ultra precision and ultra high-speed.

The shuttle unit enables scribing of three grooves per second, thereby reducing machining time considerably if a large number of shapes with grooves such as light guiding panels and diffraction gratings are to be fabricated.



## 導光板金型の加工例 Machined Sample of light guiding panel mold

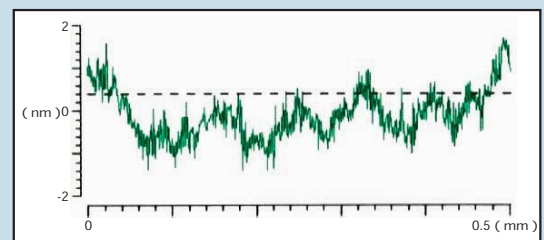
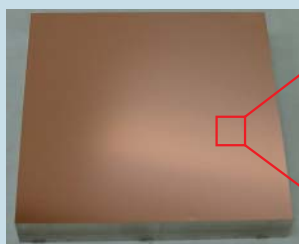
導光板金型に用いられるのこぎり形状の溝形状を高速高精度に加工できます。本加工例では、1400本を8分で加工可能です。加工面には、バリやビブりのない良好な加工面が得られます。

面粗さも Ra 1nm 台の良好な面精度が得られます。

Saw-tooth grooves used on light guiding panel molds can be fabricated at high precision and high speed. In this machining example, 1400 grooves can be fabricated in 8 minutes.

The machined surface is in good condition with no burrs or undulations.

Good surface accuracy is achieved with surface roughness Ra in the order of 1 nm.



面精度[Surface profile] : PV 4nm Ra 0.6nm

材料[material]: 銅メッキ[Cu plate]  
大きさ[size] : 100 × 100mm

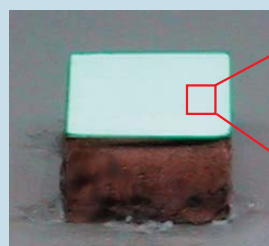
## 回折格子金型の加工例 Machined Sample of diffraction grating mold

回折格子のようなピッチがミクロンオーダの微細溝も高速に加工できます。本加工例では4100本の溝を25分で加工しています。

V90度V溝がエッジにバリもなく高精度に加工できます。

Fine grooves of several micron meters, such as those on diffraction gratings, can be fabricated at high speed. In this machining example, 4100 grooves are fabricated in 25 minutes.

V-grooves with a V angle of 90 degrees can be fabricated at high precision with no burrs on their edges.



材料[material]: 銅メッキ[Cu plate]  
大きさ[size] : 10 × 10mm

# 基本構造

## Basic structure

### プラットフォームマシン(旋盤から5軸マシニングまで) Platform machine (Lathe to 5 axes machining center)

超精密5軸機械上に用途に応じてスピンドル、工具、ワークを取り付けるプラットフォームマシン形態を採用しています。

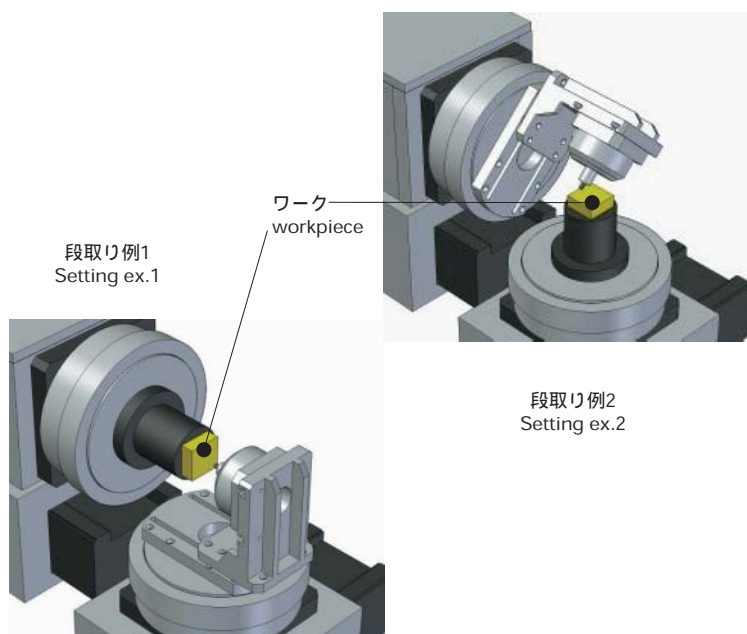
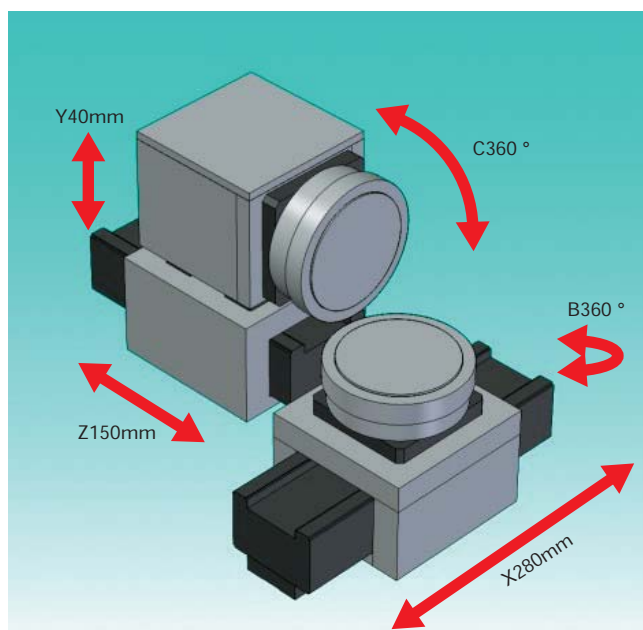
The ultra precision 5-axis machine adopts a platform machine structure on which spindles, tools, and workpieces can be mounted according to the purpose.

### 同構造のB、C軸テーブルによる多彩な加工姿勢

#### Various arrangements of machining by B and C table with the same structure and function

超精密加工部品を最善の姿勢で段取りできます。

Parts subject to ultra precision machining can be set up in the best attitude.

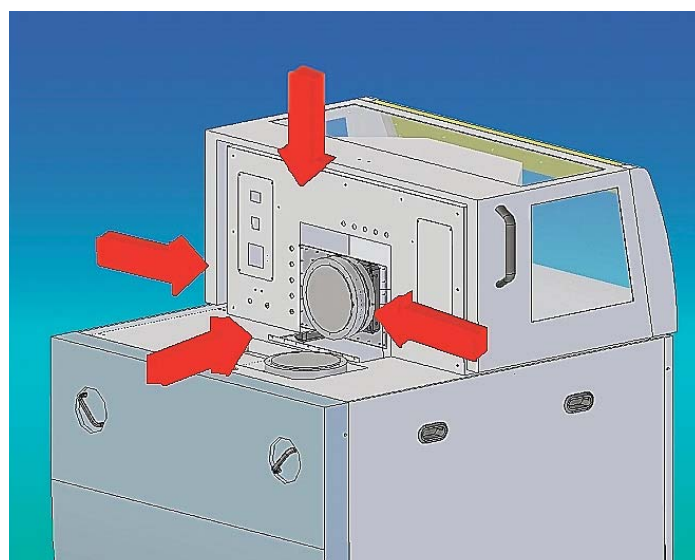
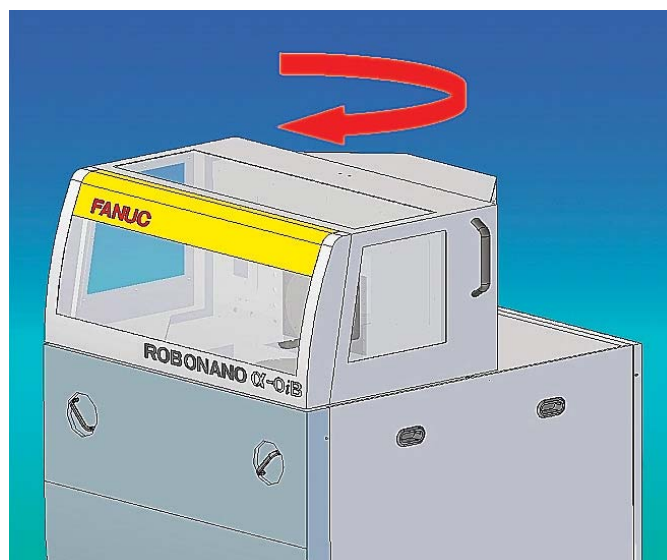


### 高い操作性

#### Superior operation

段取時には回転ドア旋回(180度)及び防滴カバーを取り外すことができ、手前側からだけでなく左右及び上からもアクセスできます。

During setup, you can turn the rotation door 180 degrees and remove the coolant protector, so that you can access the workpiece not only from the front but also from the right, left, and top.



# 超精密加工用アタッチメント

## Ultra precision attachment

### 超精密ミリング加工、旋削加工を可能にする空気タービンスピンドル(オプション) Air turbine spindle line-up which enable ultra precision milling and turning (Option)

B軸テーブル、又はC軸テーブルに取り付ける静圧空気軸受を採用したコンパクトな空気タービンスピンドルです。

工具、又は加工物を高速で回転し、超精密ミリング加工や旋盤加工を実現します。

Compact air turbine spindles with hydrostatic air bearings that can be mounted on a B or C table. The spindles rotates a tool or workpiece at high speed, achieving ultra precision milling and turning.

### ミリング用 空気タービンスピンドル Air Turbine Spindle for milling



仕様 specification ]		
シャック径 ( Diameter of shank )		6
最高回転数 ( Max rotation speed )		50,000rpm
最大出力 ( Maximum power )		50W
回転振れ ( Rotational accuracy )		0.05 $\mu$ m ( NRRO )
軸受静剛性 ( Static stiffness )	スラスト ( Axial )	7kgf/ $\mu$ m
	ラジアル ( Radial )	2kgf/ $\mu$ m
寸法 ( Size )		74 x 84 mm
質量 ( Mass )		1.5 kg
回転数表示機能付き ( with displaying speed of rotation )		

\* NRRO : Non repeatable run out ( 非繰り返し性振れ )

### 旋削用 空気タービンスピンドル Air Turbine Spindle for turning



仕様 specification ]		
ワーク取り付け径 ( Diameter of shaft table )		72
最高回転数 ( Max rotation speed )		7,000rpm
最大出力 ( Maximum power )		70W
回転振れ ( Rotational accuracy )		0.05 $\mu$ m ( NRRO )
軸受静剛性 ( Static stiffness )	スラスト ( Axial )	14kgf/ $\mu$ m
	ラジアル ( Radial )	8kgf/ $\mu$ m
寸法 ( Size )		184 x 65 mm
質量 ( Mass )		3.5 kg
回転数表示機能付き ( with displaying speed of rotation )		

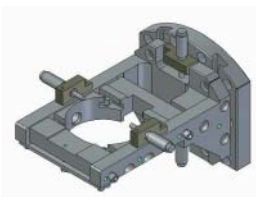
\* NRRO : Non repeatable run out ( 非繰り返し性振れ )

### 専用治具類(オプション) Various holders for assisting operation (Option)

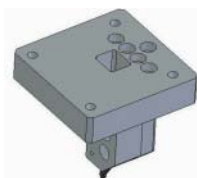
加工セッティングを簡単にする各種の専用治具オプションを用意しています。

There are various optional tools for assisting the machine operation.

#### スピンドルホルダ Spindle holder



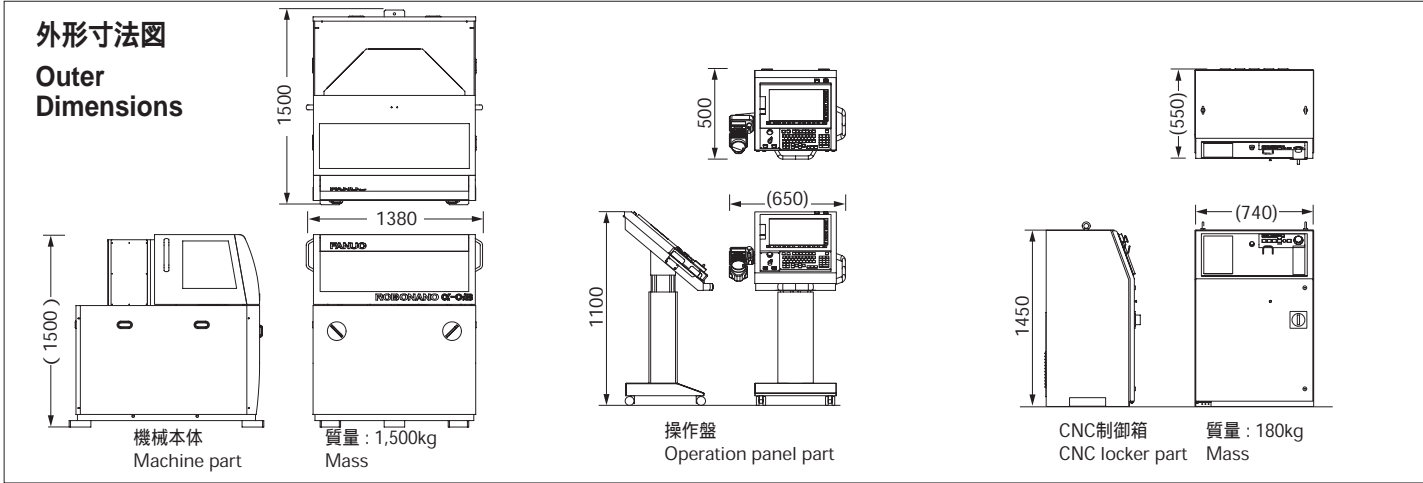
#### 工具ホルダ Tool holder



#### マイクロスコープホルダ Micro scope holder



# FANUC ROBOTANO α-0iB



## 機構部標準仕様

	項目	内容
移動量	X軸(水平直線軸)	280mm
	Z軸(水平直線軸)	150mm
	Y軸(垂直直線軸)	40mm
	B軸(水平回転軸)	360°
	C軸(垂直回転軸)	360°
指令分解能	X、Z、Y軸	1nm
	B、C軸	1/100,000°
テーブル作業面範囲	B、C軸	210mm
最大送り速度	X、Z軸	200mm/min
	Y軸	50mm/min
	B、C軸	25min <sup>-1</sup>
真直度	X軸	0.2 μm/280mm
	Z軸	0.2 μm/150mm
	Y軸	0.2 μm/40mm
回転振れ	B、C軸	0.05 μm

## 制御部標準仕様

数値制御装置 FANUC Series 30i 同時5軸制御 ハンディ機械操作盤	操作パネル(15"カラーLCD) タッチパネル HRV4制御
--	--------------------------------------

## Standard Mechanical Specifications

	Item	Specification
Stroke	X axis( Horizontal linear )	280mm
	Z axis( Horizontal linear )	150mm
	Y axis( Vertical linear )	40mm
	B axis( Horizontal rotation )	360°
	C axis( Vertical rotation )	360°
Command resolution	X、Z、Y axes	1nm
	B、C axes	1/100,000°
Work-table area	B、C axes	210mm
Maximum feed speed	X、Z axes	200mm/min
	Y axis	50mm/min
	B、C axes	25min <sup>-1</sup>
Straightness	X axis	0.2 μm/280mm
	Z axis	0.2 μm/150mm
	Y axis	0.2 μm/40mm
Run out	B、C axes	0.05 μm

## Standard Control Specifications

FANUC Series 30i CNC 5 simultaneous axes control Handy machine control pendant	Operator panel ( 15" color LCD ) Touch panel HRV4 control
--	---

## オプション ( 詳細は別途ご相談下さい )

ミリング用	最高回転数	50,000min <sup>-1</sup>
空気タービンスピンドル	回転振れ( NRRO )	0.05 μm
旋盤用	最高回転数	7,000min <sup>-1</sup>
空気タービンスピンドル	回転振れ( NRRO )	0.05 μm
シャトルユニット	移動量( シャトル )	200mm
	移動量( 工具上下 )	6 μm
	最大送り速度	1.2m/s 3往復/s
スピンドル用圧縮空気温度調節器	工具ホルダ	
スピンドルホルダ	マイクロスコープ用ホルダ	

## Option ( Please ask for details )

Air turbine spindle for milling	Maximum speed	50,000min <sup>-1</sup>
	Run out( NRRO )	0.05 μm
Air turbine spindle for turning	Maximum speed	7,000min <sup>-1</sup>
	Run out( NRRO )	0.05 μm
Shuttle unit	Travel( Shuttle )	200mm
	Travel( Tool )	6 μm
	Maximum feed speed	1.2m/s 3 cycles/s
Compression Air temperature control for spindle	Tool holder	
Spindle holder	Micro scope holder	

## ファナック株式会社 FANUC LTD

お問合せ先

ロボナノ事業部ロボナノ販売室 〒401-0597 山梨県忍野村 1(0555)84-6189 FAX84-5526

For particulars apply to the ROBOTANO Sales Office at Oshino-mura, Yamanashi 401-0597, Phone:81-555-84-6189 FAX:81-555-84-5526

本社 〒401-0597 山梨県忍野村 ☎ (0555)84-5555(代) FAX 84-5512 <http://www.fanuc.co.jp>  
Headquarters Oshino-mura, Yamanashi 401-0597, Japan Phone:81-555-84-5555 FAX:81-555-84-5512

本機の外観及び仕様は改良のため予告なく変更することがあります。  
本カタログからの無断転載を禁じます。  
本カタログに記載の写真はオプション仕様を含みます。  
本カタログに記載された商品は「外国為替及び外国貿易法」に基づく「規制貨物」及び「規制技術」に該当します。従いまして本商品を輸出する場合には、同法に基づく許可が必要です。

All specifications are subject to change without notice.  
No part of this catalog maybe reproduced in any form.  
The photo includes options.  
The export of this product is subject to the authorization of the government of the country from where the product is exported.