

ナノの世界を開拓する超精密ナノ加工機  
Super nano machine exploring nano field

**FANUC ROBONANO**

**$\alpha$ -*o*iB**



# 機械加工の限界に挑戦する超精密ナノ加工機

Super nano machine that defies the limits of machining

## FANUC ROBONANO $\alpha$ -0iB

- ・ファナックのナノサーボ技術と空気軸受技術を結集し、超精密ナノ加工を実現  
It realizes ultra precision machining by bringing together the nano servo control technologies and the air bearing technologies of FANUC.
- ・ロボナノで加工した部品を自身の空気軸受に採用することで、更なる高精度と高信頼性を実現

Main parts of ROBONANO's air bearings are machined by ROBONANO itself. It realizes higher precision and reliability of ROBONANO.



### ナノ制御

Nano servo control

- ・ CNC FANUC Series 30i-A
- ・ 直線軸指令分解能 1nm  
Linear command resolution 1nm
- ・ 回転軸指令分解能 100万分の1°  
Rotary command resolution 1 $\mu$ deg.

### 全空気静圧軸受

Hydrostatic air bearing

- ・ 摩擦なしサーボ  
Friction-free servo
- ・ 全軸ダイレクト駆動  
Direct drive in all axis
- ・ 層流化された空気軸受  
Laminar air bearing

# 各種ナノ加工に対応

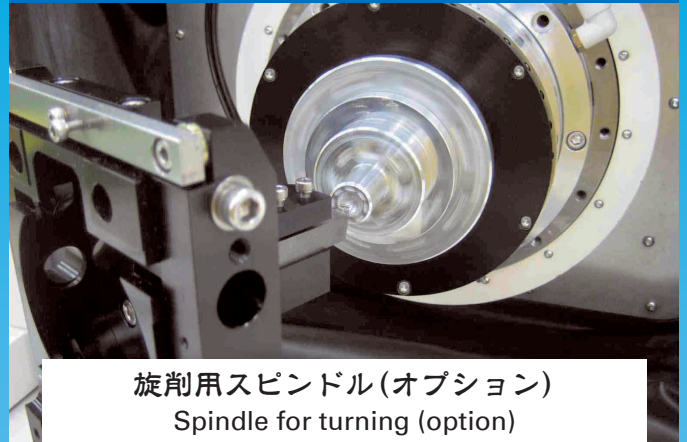
Various nano machining

## ミリング加工 (5軸) Milling (5axis)



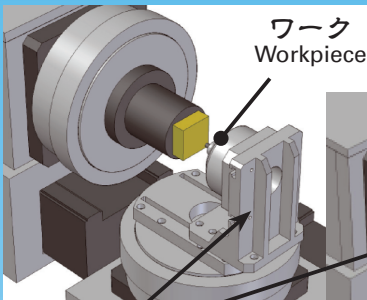
ミリング用スピンドル (オプション)  
Spindle for milling (option)

## 旋削加工 Turning



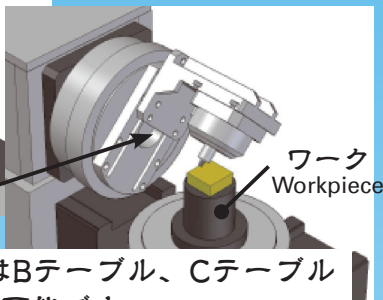
旋削用スピンドル (オプション)  
Spindle for turning (option)

## 段取り例1 Setting ex. 1



ワーク  
Workpiece

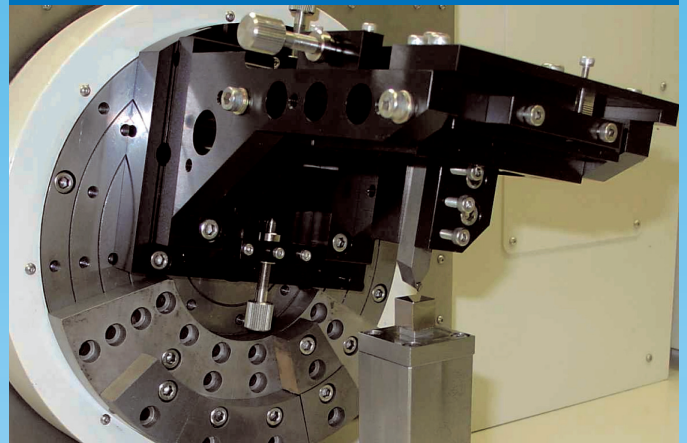
## 段取り例2 Setting ex. 2



ワーク  
Workpiece

オプションユニットはBテーブル、Cテーブル  
のどちらにも取り付け可能です。  
The option unit can be an installation any B and C table.

## 引き切り加工 (5軸) Scribing (5axis)



## 高速引き切り加工 High speed scribing



シャトルユニット (オプション)  
SHUTTLE UNIT (option)

## 机上計測による補正加工 Compensation machining by on-machine measurement

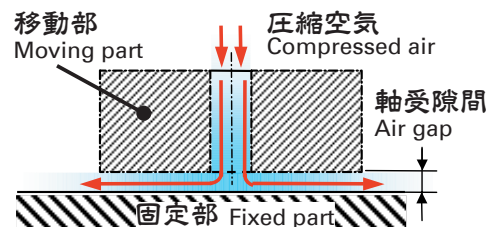


ナノチェッカ (オプション)  
NANO CHECKER (option)

# ナノ精度を実現する技術 Technologies for nano precision

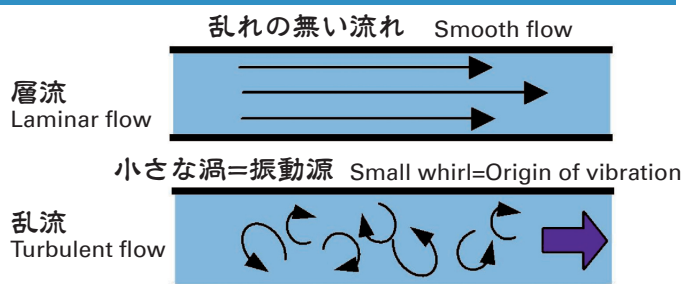
## 全静圧空気軸受 Hydrostatic air bearing

- 全静圧空気軸受を採用し、固体摩擦を完全に排除しています。
- ロボナノで加工した部品を自身の空気軸受に採用
- Hydrostatic air bearings are adopted for all bearings, thereby eliminating solid friction completely.
- Main parts of ROBONANO's air bearings are machined by ROBONANO itself.



## 空気軸受の層流化 Laminarization of air bearing

- 空気の流れには層流と乱流の2種類があります。乱流の状態では微小振動の発生源となりますが、層流の状態では振動を発生しません。
- 配管内の空気の流れがすべて層流になるように、配管設計の最適化を行なっています。
- Air flow is of two types, laminar flow and turbulent flow. Turbulent flow can be a source of low vibration, although laminar flow generates no vibration.
- The design of the piping has been optimized to ensure that all flow in the piping is laminar.



## 全軸ダイレクト駆動 Direct drive in all axes

- 直線軸はリニアモータ、回転軸はビルトインサーボモータでダイレクト駆動しています。
- 空気軸受と組み合わせることで、ナノメートルオーダーの制御性能が得られます。
- 直線軸は1nmのステップ指令に対し正確に追従します。回転軸は100万分の1°のステップ指令に正確に追従します。
- Linear motion units and rotary units are directly driven by linear motors and built-in servo motors.
- All axes with air bearings are controlled in the order of nano meter.
- Linear motion units follow command of 1 nm step motion exactly. Rotary units follow command of 0.000001° step motion exactly.



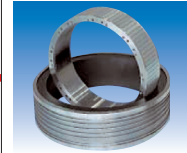
FANUC Series 30i-A

### 直線軸[Linear axis](X,Y,Z)



FANUC製  
リニアモータ  
FANUC linear motor

### 回転軸[Rotational axis](B,C)



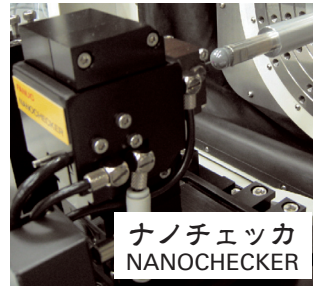
FANUC製  
同期ビルトイン  
サーボモータ  
FANUC synchronous  
built-in servo motor

## 制御部標準仕様 Standard control specifications

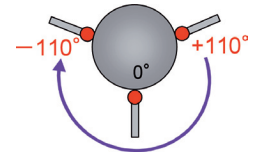
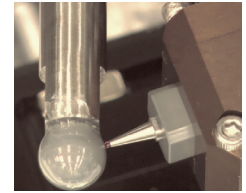
- 数値制御装置 FANUC Series 30i-A
- 直線3軸、回転2軸の同時5軸制御が可能
- 操作パネル (15"カラーLCD)
- タッチパネル
- ハンディ機械操作盤
- HRV4制御
- 工具接触検知機能
- なめらか補間、工具先端点制御など
- FANUC Series 30i-A CNC
- Simultaneous 5-axis (3 linear axes and 2 rotary axes) control is available.
- Operator panel(15" color LCD)
- Touch panel
- Handy machine control pendant
- HRV4 control
- Detection of contact between a tool tip and a workpiece
- Smooth interpolation, Tool center point control, etc.

## 回転軸を利用した机上計測 On-machine measurement with the rotary table

- ワークの着脱なしで、機上でワーク形状の計測および補正加工を行なうことが可能です。
- 軸対称形状はもちろん、複雑な自由曲面形状に対しても、対応可能です。
- 回転軸を利用した斜面計測により、傾斜角80度以上のレンズ形状の高精度計測を実現できます。
- The form-accuracy of a workpiece can be measured and compensated with the NANOCHECKER on the machine, and it is not necessary to attach or remove a workpiece for measurement.
- Not only symmetrical form but also complicated form such as asymmetrical free-form is measurable.
- A lens with an inclination of 80° or over can be measured with ultra precision by measurement of an inclined surface with the rotary table.



ナノチェッカ  
NANOCHECKER

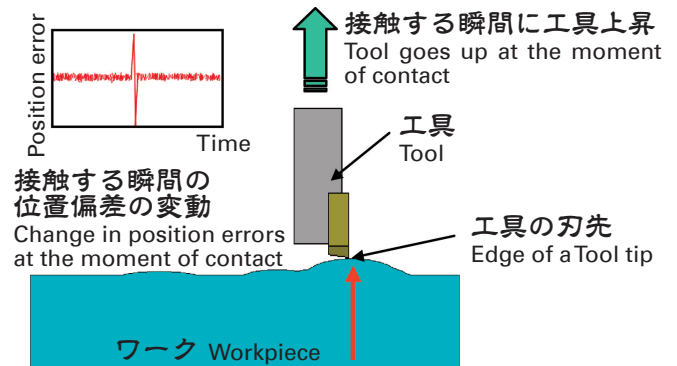


傾斜角±180度まで可能  
Measurable to inclination of ±180°

計測方向  
Measuring direction

## 工具接触検知 Detection of Contact between a tool tip and a workpiece

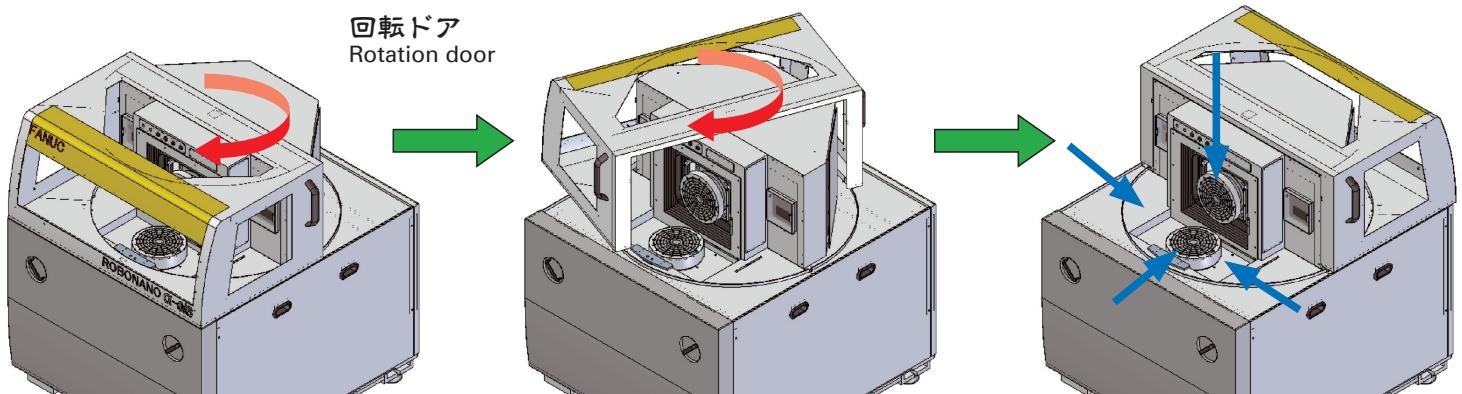
- 工具の刃先とワークの加工面との接触を検知し、加工原点を自動設定する機能です。
- 工具とワークの接触する瞬間に生じる、位置偏差の変動を検知することにより、接触を判断します。
- 検知精度は0.5μm以下です。
- This function enables contact between the edge of a tool tip and a workpiece to be detected, and origin of machining to be set automatically.
- Contact is discerned from sensing a change in position errors occurring when a tool tip contacts with a workpiece.
- Accuracy of detection is less than 0.5μm.



工具の刃先とワークの最も高い点との接触  
Contact between the edge of a tool tip and the highest point on the workpiece

## 高い操作性 Superior operation

- 段取の際には、回転ドアを開けることで、左右及び上からもアクセスできます。
- During setup, it's possible to access the work area from the right, left, and top, by turning the revolving door 180°



# ロボナノの加工性能

## Machining performance

●ROBONANO  $\alpha$ -01Bによる多彩な加工事例をご紹介します。

(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  $\alpha$ -01B are presented below.

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

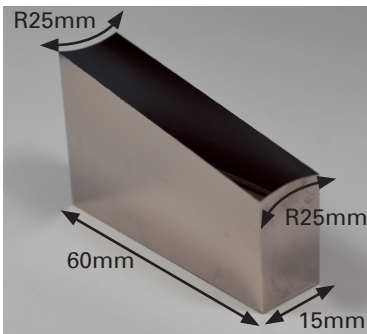
### 非軸対称自由曲面形状 Asymmetrical Free-form

形状精度 : PV0.15  $\mu$ m

[Form accuracy]

面粗さ : PV11nm

[Surface roughness]

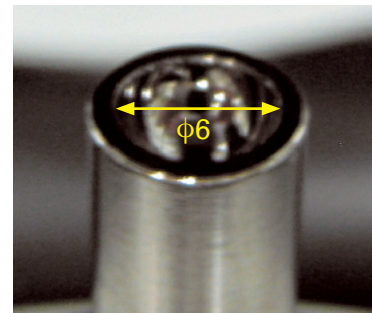
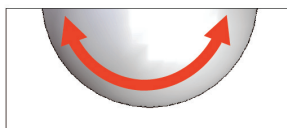


### 傾斜角 $\pm 85$ 度球面レンズ金型 $\pm 85^\circ$ inclined spherical lens core

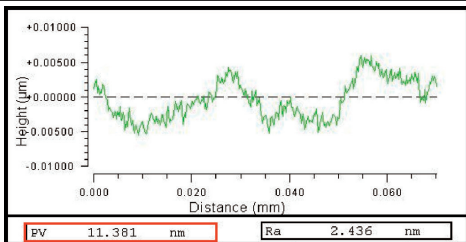
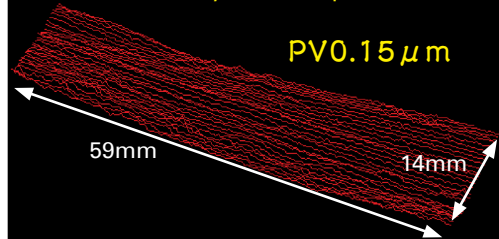
形状精度 : PV0.1  $\mu$ m

[Form accuracy]

傾斜角 $\pm 85$ 度  
[ $\pm 85^\circ$  inclined]

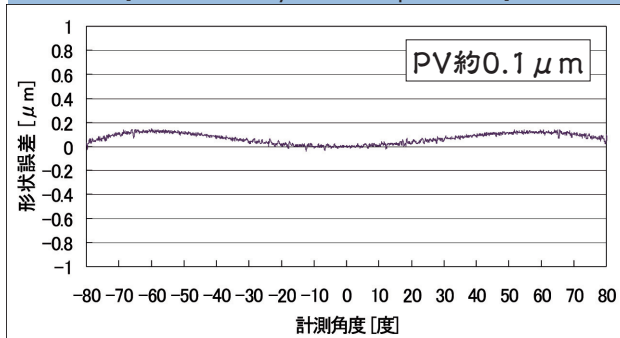


ナノチェッカによる補正後の形状精度  
(Form accuracy after compensation)



補正後の形状精度

[Form accuracy after compensation]

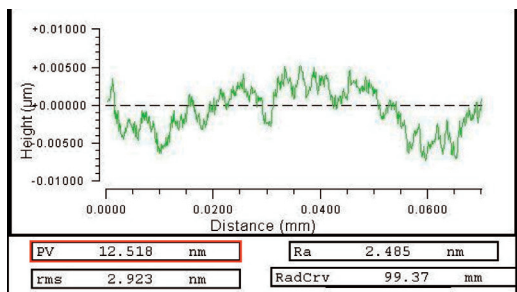
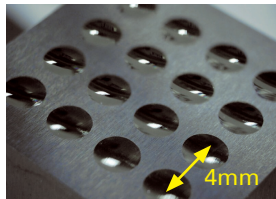


### 凹型球面アレイ Micro lens array

材料[Material] : 超硬 Z20  
[Cemented carbide]

直径[Diameter] : 3mm

面粗さ : PV12nm, Ra2.5nm  
[Surface roughness]



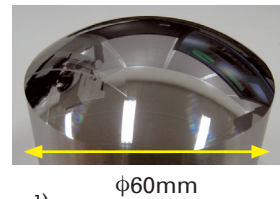
### 球面加工 (STAVAX) Spherical process (STAVAX)

材料[Material] : STAVAX

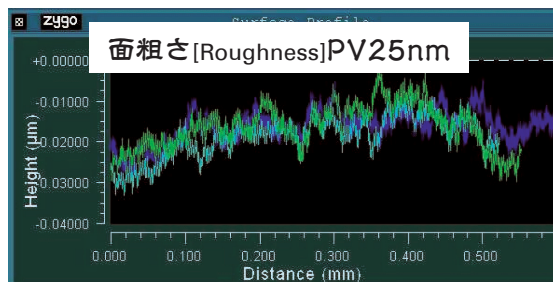
面粗さ : PV25nm

[Roughness]

工具[Tool] : R2mm  
ダイヤモンド工具  
[Diamond tool]



(周辺機器が必要です [Peripheral is necessary])



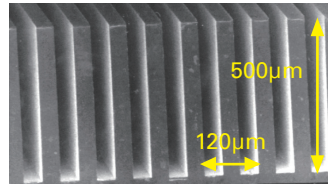
# 加工事例

## Samples

### 深角溝

#### Deep square groove

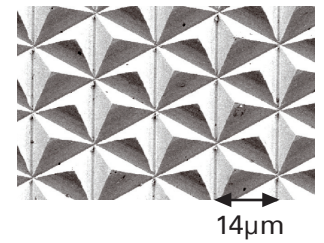
ピッチ[Pitch] : 120  $\mu\text{m}$   
深さ[Depth] : 500  $\mu\text{m}$   
幅[Width] : 60  $\mu\text{m}$   
材料[Material] : 無酸素銅[Cu]



### 三方向交差溝

#### Pyramidal prism

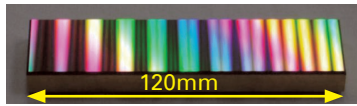
大きさ[Size] : 20×20mm  
ピッチ[Pitch] : 14  $\mu\text{m}$   
材料[Material] : Ni-Pメッキ  
[Ni-P plate]  
溝本数 : 1400×3  
[Number of grooves]



### 回折格子 (角度可変)

#### Diffraction gratings(variable angle)

大きさ[Size] : 120mm  
ピッチ[Pitch] : 5  $\mu\text{m}$   
溝本数 : 24,000  
[Number of grooves]  
溝角度 : 0~15° 可変  
[Groove angle] [Variable]  
材料[Material] : 真鍮[Brass]

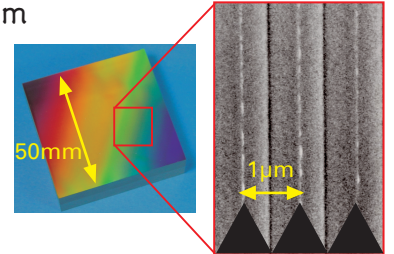


角度を変えている周期  
Variable angle cycle

### 回折格子

#### Diffraction gratings

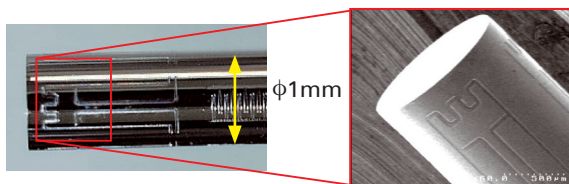
大きさ[Size] : 50×50mm  
ピッチ[Pitch] : 1  $\mu\text{m}$   
V開き角[V-angle] : 90°  
溝本数 : 50,000  
[Number of grooves]  
材料[Material] : Ni-Pメッキ  
[Ni-P Plate]  
加工時間 : 5.5h  
[Machining time]



### φ1mm 円筒への微細溝加工

#### Fabricating Micro grooves on φ1mm cylinder

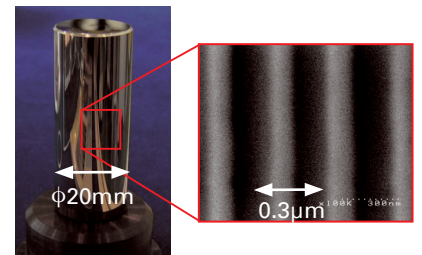
直径[Diameter] : φ1mm  
溝幅[Width of grooves] : 40  $\mu\text{m}$   
溝深さ[Depth of grooves] : 5  $\mu\text{m}$   
材料[Material] : Ni-Pメッキ[Ni-P plate]



### 円筒上の回折格子

#### Diffraction grating on a roll shape

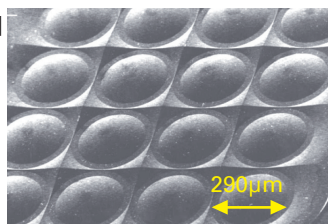
大きさ[Size] : φ20mm  
ピッチ[Pitch] : 0.3  $\mu\text{m}$   
溝本数 : 200,000  
[Number of grooves]  
加工時間 : 14h  
[Machining time]



### 凸レンズアレイ

#### 4 x 4 Convex lens array

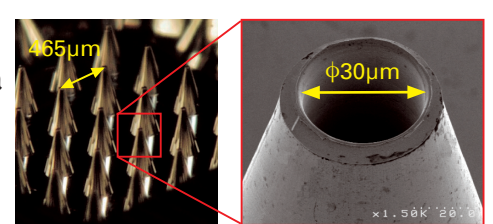
材料[Material] : シリコン[Silicon]  
ピッチ[Pitch] : 290  $\mu\text{m}$   
高さ[Height] : 16  $\mu\text{m}$   
半径[Radius] : R448  $\mu\text{m}$



### 穴付きピンアレイ

#### Pin array with hole

ピッチ : 465  $\mu\text{m}$   
[Pitch]  
直径 : φ212  $\mu\text{m}$   
[Diameter]  
高さ : 390  $\mu\text{m}$   
[Height]



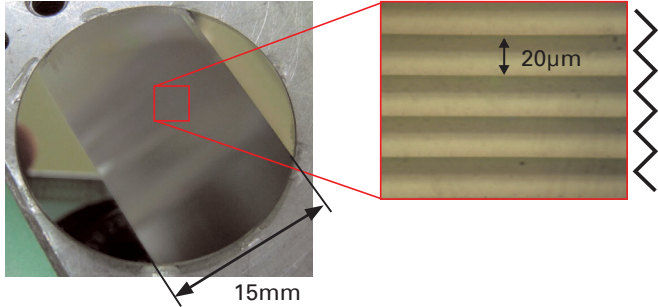
# 加工事例

## Samples

### 脆性材料への溝加工

Micro grooves to brittle material

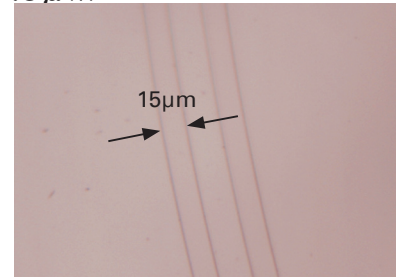
材質 [Material] : ゲルマニウム[Ge]  
工具 [Tool] : ダイヤモンド工具[Diamond Tool]



### ニオブ酸リチウムへの加工 (光導波路)

Machining to lithium niobate(Optical waveguide)

材料[Material] : ニオブ酸リチウム[LN]  
幅[Width] : 15μm  
深さ[Depth] : 5μm



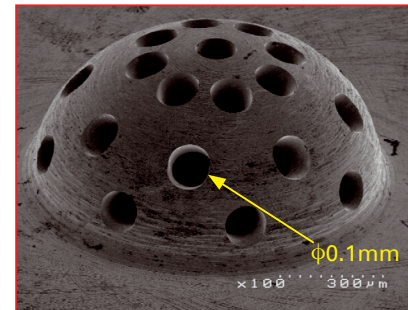
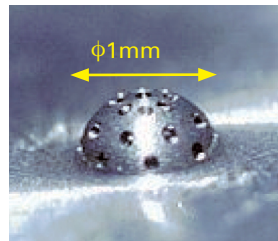
### 超硬への加工

Machining to cemented carbide

#### 曲面への穴加工

Machining to curved surface

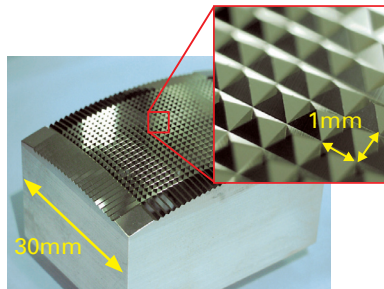
材料[Material] : 超硬[Cemented carbide]  
大きさ[Size] : φ1mm  
穴直径[Diameter of hole] : φ0.1mm  
穴个数[Number of holes] : 25



### 曲面上の交差溝

Cross groove on a curved surface

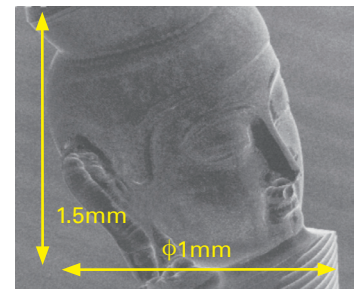
ピッチ[Pitch] : 1mm  
溝高さ[Height] : 0.42mm  
材料[Material] : 真鍮 [Brass]



### 弥勒菩薩 頭部

BOSATSU-head

高さ[Height] : 1.5mm  
直径[Diameter] : φ1mm  
材料[Material] : 18金  
[18-karat gold]



### 自由曲面金型

Free curved die

大きさ[Size] : 80mm  
材料 : ベリリウム銅  
[Material] [Beryllium copper]

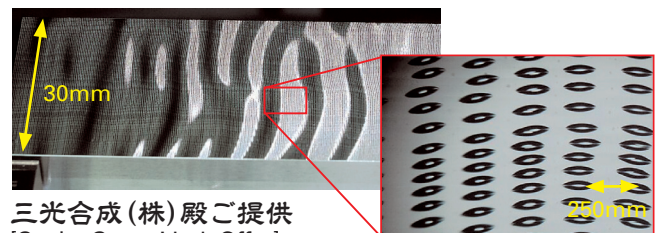
三光合成(株) 殿ご提供  
[Sanko Gousei Ltd. Offer]



### 木目調模様金型

Woodgraining design mold

材料[Material] : Ni-Pメッキ[Ni-P Plate]  
ディンプル深さ[Depth of Dimples] : 10μm  
ディンプル数[Number of Dimples] : 860,000



三光合成(株) 殿ご提供  
[Sanko Gousei Ltd. Offer]



# 仕様一覧

## Specifications

### 機構部標準仕様 [Standard Mechanical Specifications]

移動量 [Stroke]	X軸 (水平直線軸) [X axis(Horizontal linear)]	280mm	
	Z軸 (水平直線軸) [Z axis(Horizontal linear)]	150mm	
	Y軸 (垂直直線軸) [Y axis(Vertical linear)]	40mm	
	B軸 (水平回転軸) [B axis(Horizontal rotation)]	360° (連続回転可能) [Continuous rotation]	
	C軸 (垂直回転軸) [C axis(Vertical rotation)]		
軸受方式[Bearing type]	空気軸受[Hydrostatic air bearing]		
指令分解能 [Command resolution]	X、Z、Y軸 [X、 Z、 Y axes]	1nm	
	B、C軸 [B、C axes]	0.000001°	
テーブル作業面範囲 [Work-table area]	B、C軸 [B、C axes]	Φ210mm	
最大送り速度 [Maximum feed speed]	X、Z軸 [X、Z axes]	500mm/min	
	Y軸 [Y axis]	50mm/min	
	B軸 [B axis]	3600°/min	
	C軸 [C axis]	3600°/min 250min <sup>-1</sup> (S軸モード時) [S axis mode]	
真直度 [Straightness]	X軸 [X axis]	0.2μm/280mm	
	Z軸 [Z axis]	0.2μm/150mm	
	Y軸 [Y axis]	0.2μm/40mm	
回転振れ[Run out]	B、C軸 [B、C axes]	0.05μm	
標準付属品 [Standard Accessories]	切削液供給装置 [Supplying cutting fluid unit] 工具ホルダ [Tool holder] カウンタウエイト [Counter weight] イケール [Angle plate] 精密圧縮空気温度調節器 [Precision compressed air temperature control system] 回転数表示機 [Displaying speed of rotation]		

# オプションの仕様

## Specification of option

### ミリング用空気タービンスピンドル[Milling spindle]

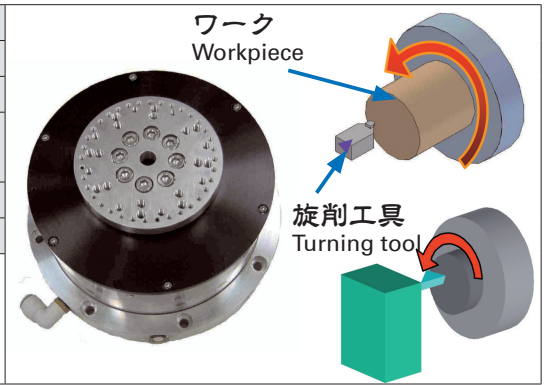
シャック径[Diameter of shank]	Φ6mm	
最高回転数[Maximum rotation speed]	50,000min <sup>-1</sup>	
寸法[Size]／質量[Mass]	Φ74×84mm/1.5kg	
軸受方式[Bearing type]	空気軸受 [Hydrostatic air bearing]	
回転振れ[Run out]	0.05μm (NRRO)	
回転数表示機能付き [With displaying speed of rotation]		
●2面バランス修正が可能 ●The balance can be corrected by two sides.		

# オプションの仕様

## Specification of option

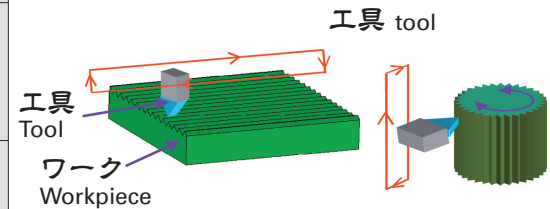
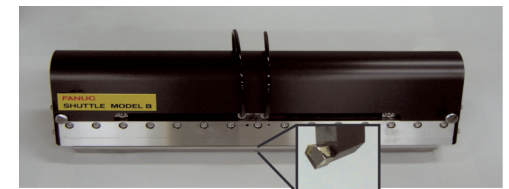
### 旋削用空気タービンスピンドル[Turning spindle]

ワーク取り付け径[Diameter of shaft table]	Φ72mm
最高回転数[Maximum rotation speed]	7,000min <sup>-1</sup>
寸法[Size]／質量[Mass]	Φ184×77mm/4.8kg
軸受方式[Bearing type]	空気軸受 [Hydrostatic air bearing]
回転振れ[Run out]	0.05μm (NRRO)
回転数表示機能付き[With displaying speed of rotation]	
<ul style="list-style-type: none"> <li>●2面バランス修正が可能</li> <li>●フライカット加工、研削加工も可能</li> <li>●The balance can be corrected by two sides.</li> <li>●The fly cutting and grinding are also possible.</li> </ul>	



### シャトルユニット [SHUTTLE UNIT]

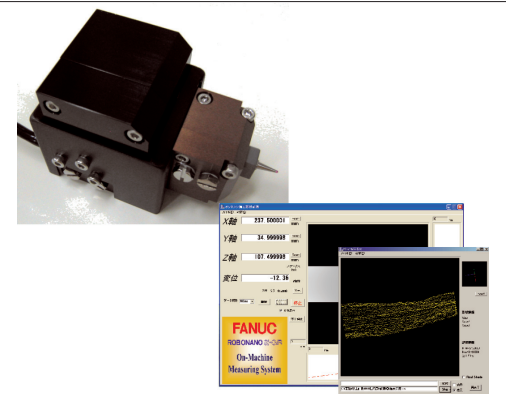
ストローク[Stroke]	最大200mm [Maximum 200mm]
水平駆動速度[Horizontal drive speed]	最大5往復／秒 [Maximum 5cycle/second]
垂直駆動速度[Vertical drive speed]	最大4.5往復／秒 [Maximum 4.5cycle/second]
工具ストローク[Tool stroke]	12μm
寸法[Size] 質量[Mass]	幅[Width] 382mm 高さ[Height] 142mm 奥行[Depth] 120mm 6.7kg
軸受方式[Bearing type]	空気軸受 [Hydrostatic air bearing]



- 独自の無反動機構を搭載することで、高速駆動時にも反動が機械本体に伝わりません。
- 周辺機器を使用し、外部信号を入力することで、毎秒数百個のドット加工が可能。  
(波形発生器、PLC、オシロスコープが別途必要です。)
- Shuttle has a unique reaction-free structure. So no reaction of Shuttle is driven at high speed is transferred to the machine body.
- Hundreds of dots per second can be fabricated with peripheral equipments and external signal.  
(Waveform signal generator, Programmable Logic Controller, Oscilloscope separately become necessary.)

### ナノチェッカ [NANOCHECKER]

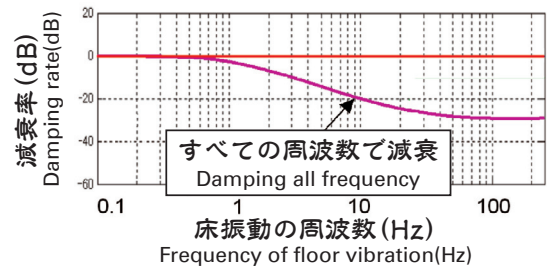
最大計測速度[Maximum measuring speed]	500mm/min
測定ストローク[Measuring stroke]	5mm
測定分解能[Measuring resolution]	1nm
接触力[Measuring force]	0～500mgf
最大測定傾斜角 [Maximum measuring angle]	3軸[3-axis]：±60° (下り[downward]75°) 5軸[5-axis]：±90°
取り付け方向[Setting direction]	水平、垂直 [Horizontal, Vertical]
寸法[Size] 質量[Mass]	幅[Width] 56mm 高さ[Height] 56mm 奥行[Depth] 90mm 0.4kg
軸受方式[Bearing type]	空気軸受 [Hydrostatic air bearing]



計測ソフトウェア  
(CAD/CAM機能付き)  
[Measurement software]  
(with CAD/CAM function)

## アクティブダンパ [Active Damper]

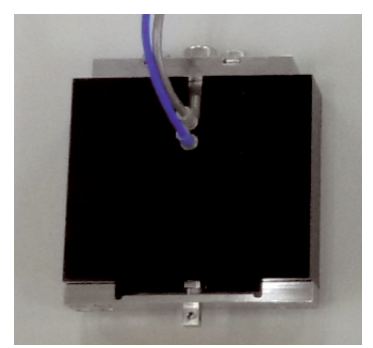
- アクティブ除振により、床振動の影響を大幅に低減できます。
- Effect of Floor vibration is eliminated as much as possible by the Active damper.



## ピエゾ工具ホルダ [PZT tool holder]

寸法 [Size]	幅 [Width] 71 mm × 高さ [Height] 61 mm × 奥行 [Depth] 20 mm
質量 [Mass]	0.15 kg

- 標準の工具台の部品の一部をピエゾ工具台に置き換えることで、数10～数100Hzで工具の切り込み量（20 μm程度）を変化させることができ、本体軸だけで加工する場合よりも高速です。微細ディンプルの高速加工などに適用可能です。（別途、波形発生器等の周辺機器が必要）
- A part of the tool holder can be replaced with PZT tool holder. And change in frequency of PZT realize variable cutting depth (to about 20 μm). Machining speed with PZT tool holder is faster than it with axes of ROBONANO α-01B. It can be applied to the high speed fabrication of fine dimple arrays. (Peripheral equipments such as function generator separately become necessary.)



## 推奨設置条件

### Recommended installation condition

- 機械性能を最大限にご利用いただくため、機械を下記環境に設置ください。
- 設置環境詳細については、ご相談ください。
- To take full advantage of the performance of the machine, install the machine in the environment described below.
- For details of the installation environment, contact FANUC.

#### 環境条件 Environmental conditions

3相入力電源 [Three-phase circuit power input]	AC200～220V ± 10% , 50/60Hz ± 1Hz
所要電力 [Power source]	3KVA (10A)
床振動振幅 [Floor vibration amplitude]	0.1 μm 以下 (加速度: 0.1Gal 以下) [0.1 μm or less (Acceleration speed: 0.1Gal or less)]
周囲温度 [Surroundings temperature]	23°C
温度変化 [Temperature change]	上記周囲温度の ±1°C 以内 (変動の周期30分以下) [±1°C or less of above-mentioned temperature. (30 minutes or less of cycle of change)]
相対湿度 [Humidity]	50% 以下 [50% or less]

#### 圧縮空気条件 Compressed air conditions

供給圧力 [Input air pressure]	0.7 MPa 以上 [0.7 MPa or more]
圧力変動 [Air pressure change]	0.01 MPa 以下 [0.01 MPa or less]
空気流量 [Air flow level]	1.0 m <sup>3</sup> /min 以上 [1.0 m <sup>3</sup> /min or more]

\* 床振動が上記の条件に入らない場合は、オプションのアクティブダンパを選択してください。

\* 機械運転時以外の夜間、休日等にもエア供給が必要です。

\* エアの温度は室温と同等になるような管理が必要です。

\* 上記空気流量は、機械本体の口元で測定した結果を表しています。

\* 加工領域内のミストを排気する設備が別途必要となる場合があります。

\* If the floor vibration is out of the above condition, please choice the optional Active damper.

\* Air supply is required not only in machine operation but also in other times such as in the nighttime and on holidays.

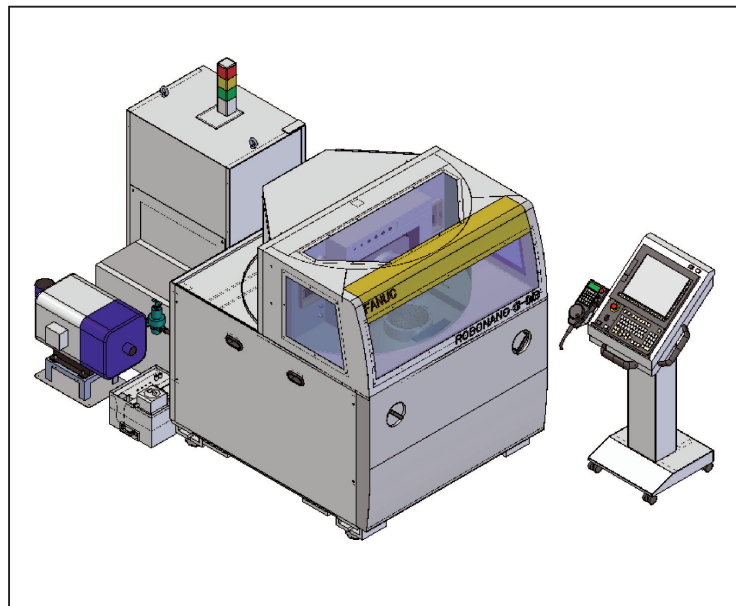
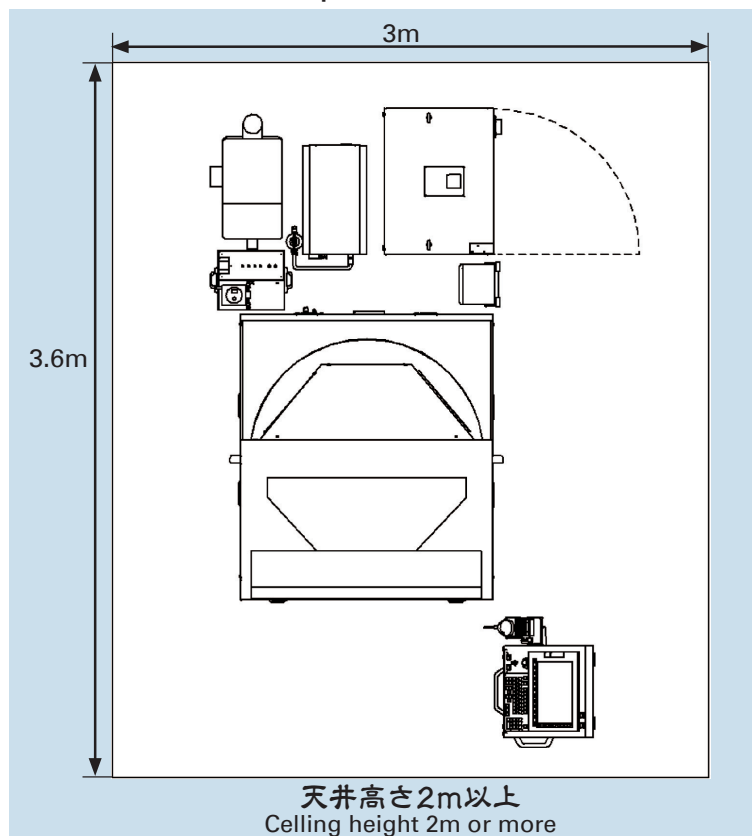
\* The air temperature must be managed so that it is equivalent to room temperature.

\* The above air flow rates were measured near the air supply port of the machine.

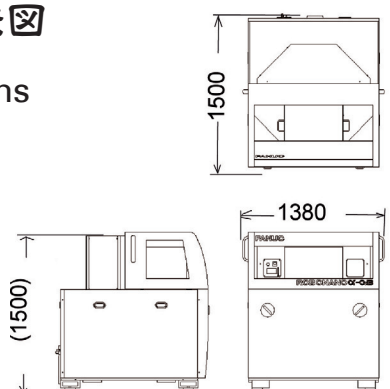
\* Equipment that exhausts mist in the machining area might separately become necessary.

# FANUC ROBONANO $\alpha$ -0iB

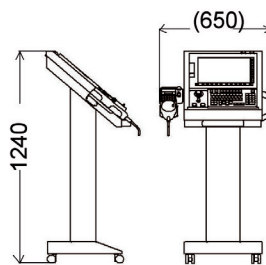
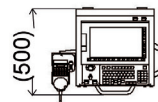
設置プラン Floor plan



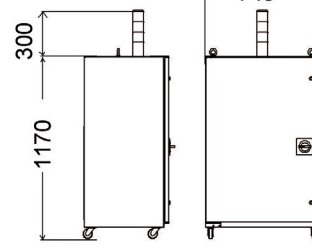
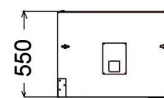
## 外形寸法図 Outer Dimensions



機械本体 質量：1,700kg  
Machine part Mass



操作盤 質量：45kg  
Operation panel part Mass



CNC制御箱 質量：125kg  
CNC locker part Mass

## ファナック株式会社

FANUC CORPORATION

本社 〒401-0597 山梨県忍野村 ☎ (0555) 84-5555(代) FAX84-5512

<http://www.fanuc.co.jp>

Head quarter Oshino-mura, Yamanashi 401-0597, Japan Phone:81-555-84-5555 FAX:81-555-84-5512

### ●お問合せ先

ロボナノ事業部 〒401-0597 山梨県忍野村 ☎ (0555) 84-5847 FAX 84-5526

For particulars apply to the ROBONANO business Div. at Oshino-mura, Yamanashi 401-0597, Phone:81-555-84-5847 Fax:81-555-84-5526

- 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」に基づく規制対象です。ROBONANO  $\alpha$ -0iBの輸出には日本政府の許可が必要です。他の商品も許可が必要な場合があります。また、商品によっては米国政府の再輸出規制を受ける場合があります。本商品の輸出に当たっては当社までお問い合わせ下さい。

- All specifications are subject to change without notice.
- No part of this catalog may be reproduced in any form.
- The photo includes options.
- The products in this catalog are controlled based on Japan's "Foreign Exchange and Foreign Trade Law". The export of ROBONANO  $\alpha$ -0iB from Japan is subject to an export License by the government of Japan. Other models in this catalog may also be subject to export controls.
- Further, re-export to another country may be subject to the license of the government of the country from where the product is re-exported. Furthermore, the product may also be controlled by re-export regulations of the United States government.
- Should you wish to export or re-export these products, please contact FANUC for advice.

© FANUC CORPORATION, 2005

RNANO  $\alpha$ -0iB-08, 2011.3, Printed in Japan