

## HDD用多円弧動圧軸受の紹介

- 1) 当社の軸受開発製品及びその技術
- 2) HDD用ディスクドライブモータの概要
- 3) スピンドルモータ用動圧軸受の紹介
- 4) 多円弧軸受の適用例
- 5) 新開発HMFタイプの軸受ユニット
- 6) 軸受製造プロセス及び軸受材料
- 7) 多円弧軸受の特徴及び特性

新事業開発室 執行役 四方英雄

## 粉末冶金製品(機械部品)

自動車用エンジン部品 ミッション部品 補機部品  
二輪車用部品 汎用エンジン部品 建設機械用部品  
油圧機械用部品 農業機械用部品 事務機用部品



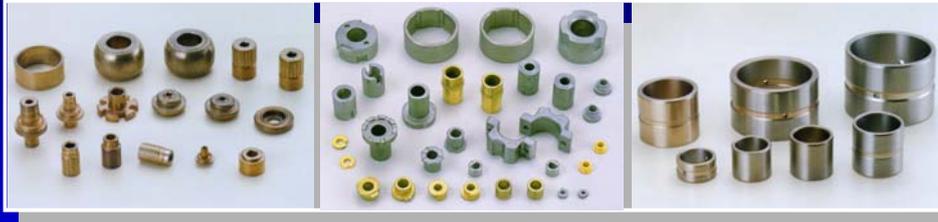
初めに当社の事業についてご紹介します。当社の粉末冶金製品は大きく機械部品と軸受に分かれます。機械部品は約85%が自動車関連向けです。

## 粉末冶金製品(軸受)

自動車補機用  
音響機器用

建設機械用  
家電機器用

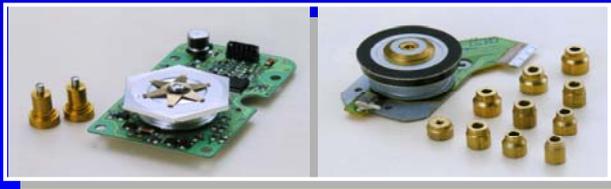
事務機、OA機器用  
特殊形状軸受



事務機、OA機器用

特殊形状軸受

建設機械用



ポリゴンミラー モーター CD-ROM用モーター

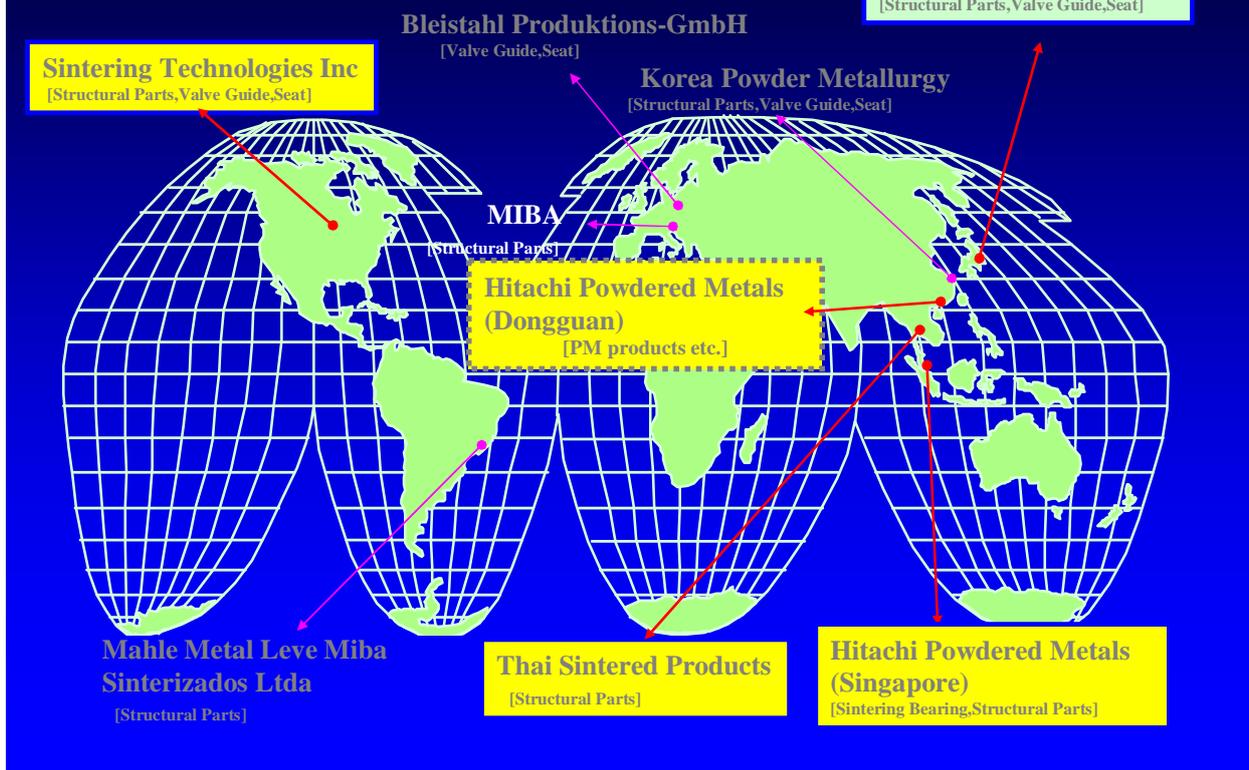


HDD用モーター

精密成形製造技術及び長寿命軸受材料技術を構築し、OA、情報機器へ展開

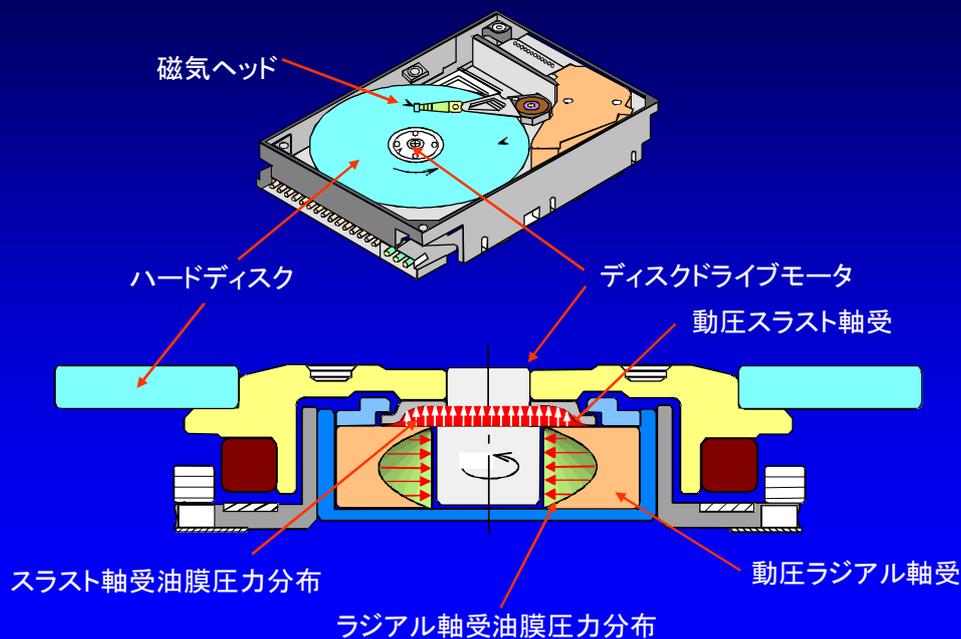
もうひとつの柱であります軸受は、自動車、建設、事務機、家電機器などの様々な分野で使用されています。15年ほど前からポリゴンミラー用モーターやCD-ROM用モーターの軸受にも参入いたしました。これらを通して精密成形製造技術および長寿命軸受材料技術を構築し、HDD用スピンドルモーターへの適用に向けて推進してまいりました。

# Hitachi Powdered Metals Global Network



当社のグローバルなネットワーク体制についてご紹介します。日本に2工場、アメリカ、タイ、シンガポールに生産工場があります。中国の東莞に進出することも決定しています。その他にも技術提携を通しグローバルな供給体制を構築しています。

## HDD用ディスクドライブモータの概略構造 (動圧軸受によるディスク支持メカニズム)



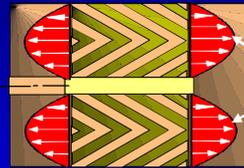
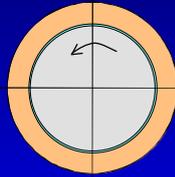
日立粉末冶金株式会社

このたび発表しましたHMFタイプ動圧軸受ユニットは、軸受の内径面と上部のスラスト面に動圧が発生する機構となっています。ラジアル側で油膜圧力が発生しシャフトを支えています。スラスト面では上方方向に油膜圧力が発生してスラスト面全体を持ち上げ、摺動します。

## スピンドルモータ用動圧軸受の紹介

動圧軸受の一つとして、ヘリングボーン(にしんの骨の形)タイプの動圧軸受が3.5in型及び2.5in型HDDモータに使用されています。この軸受は、軸の回転を利用してヘリングボーン溝にオイルを集めポンピング作用で動圧を発生させてシャフトを精度よく支持します。

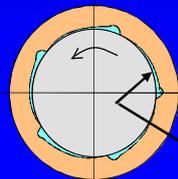
ヘリングボーン軸受



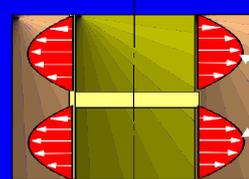
動圧分布

このほか、動圧軸受として当社が先に開発した図に示す多円弧型動圧軸受があります。この軸受は、レーザスキャナーモータやCD-ROMスピンドルモータに使用されています。多円弧軸受は、軸の回転を利用して軸受隙間のオイルの楔作用で動圧を発生させてシャフトを精度よく支持します。

多円弧軸受



楔形状

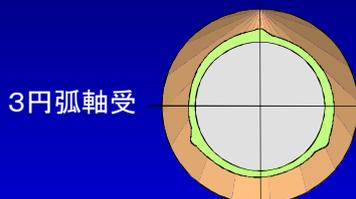


動圧分布

現在、スピンドルモータ用動圧軸受の主流はヘリングボーンタイプと呼ばれるものです。これは軸受部の内径面に魚(にしん)の骨のような形の溝を成形させたものです。これに対し、多円弧型動圧軸受は内径面に円弧を縦に均等に形成した形状で、軸受隙間のオイルの楔作用で動圧を発生させ、安定させて回転させます。

## 多円弧軸受の適用例 (3円弧軸受及び5円弧軸受)

当社では、高速、高精度回転に対応できる3円弧軸受を実用化し、これまでにレーザービームプリンター用スキャナーモータや光ディスク用CD-ROM、DVD-ROMドライブモータに適用されています。

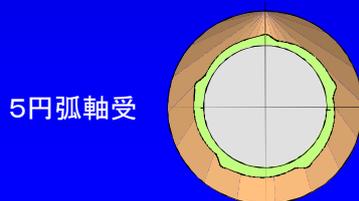


3円弧軸受

1) レーザプリンター用スキャナーモータ

2) 光ディスク用ディスクドライブモータ  
(CD-ROM, DVD-ROM)

ここで、超精密回転が要求される磁気ディスクドライブモータ用として新たに3円弧軸受に比較し、より動圧作用を高めた**5円弧軸受**を開発しました。以下、新開発の軸受技術について紹介します。



5円弧軸受

3) 磁気ディスク用スピンドルモータ

 日立粉末冶金株式会社

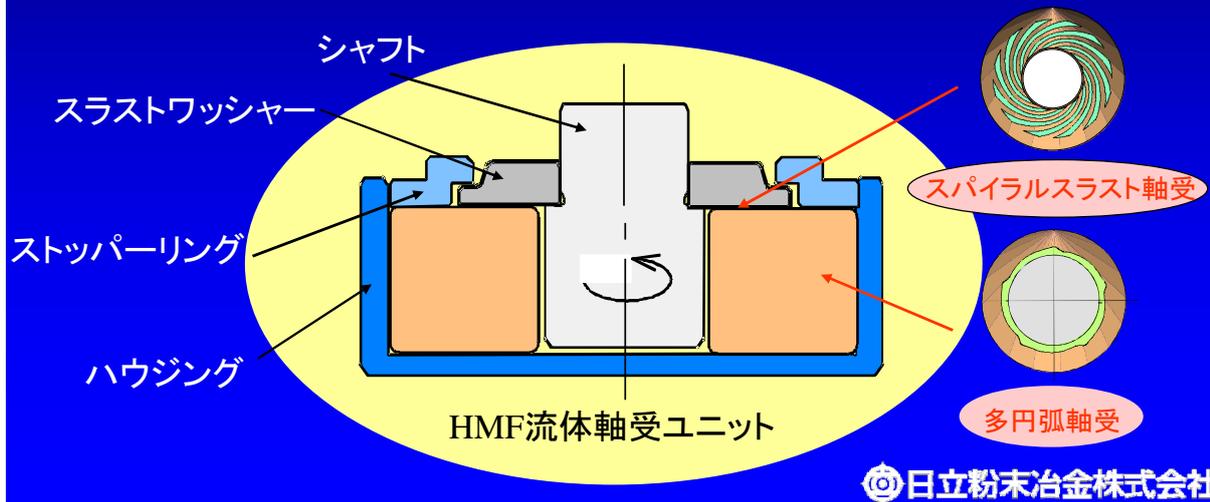
3つの円弧を形成した3円弧軸受は高速・高精度回転に対応し、レーザー用スキャナーモータや光ディスク用ディスクドライブモータ等の用途に既に使用されていますが、より超精密回転が要求されるHDD用スピンドルモータの軸受として5円弧軸受(HMF)を開発しました。以下、この軸受技術について紹介いたします。

## 新開発のHMFタイプの流体軸受ユニット

(日立粉末(株)とミネベア(株)との共同開発)

当社は、以下に紹介する従来にない優れた粉末冶金加工技術と生産ラインで、容易かつ大量に多円弧形状の軸受部の生産を可能にしました。ミネベア株式会社では、この多円弧形状の軸受部の供給を当社から受けることにより、図のHMFタイプの流体動圧軸受ユニットを組み立てることとしています。

(両社のイニシャルと流体動圧軸受のイニシャルをとり、HMFと呼称)



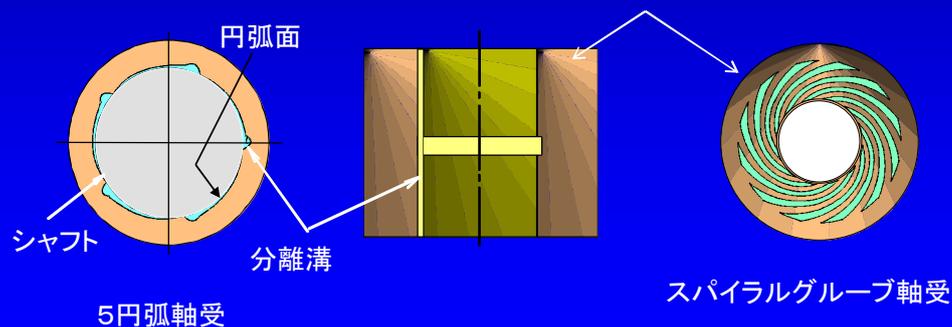
HMFタイプの流体軸受ユニットは当社とミネベアが共同開発し、両社のイニシャルを取っております。当社が軸受部を供給し、ミネベアが軸受ユニットを組み立てることになっています。軸受部の内径面に多円弧の形状が形成されています。また、スラスト面には軸受のスパイラルの動圧溝が形成されています。

## HMF 動圧軸受の特徴

⑧

HDD の薄型、低コスト化に対応するために開発したHMF 動圧軸受は、ラジアル軸受部の 5円弧形状とスラスト受け面のスパイラル溝を同時成形し、1個の軸受でスラスト及びラジアル負荷を受けるようにした軸受です。このラジアル及びスラスト軸受を一体成形した軸受は、当社が独自に開発した焼結材料とサイジングプロセスによって実現しました。

このHMF動圧軸受は、従来のヘリングボーン軸受に比較し、ラジアル軸受の形状がシンプルのため1mm幅の軸受も可能にしました。さらに、独自の成形方法によって大幅なコスト低減ができました。

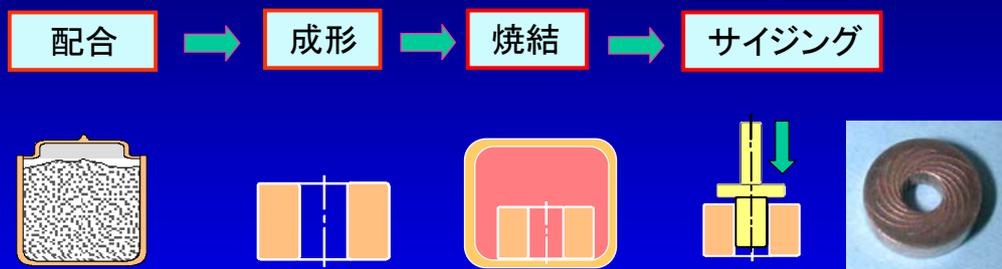


日立粉末冶金株式会社

HMF動圧軸受は、ラジアル軸受部の5円弧形状とスラスト受け面のスパイラル溝を同時成形(サイジング)し、1個の軸受でラジアル及びスラスト負荷を受けるようにしてあります。このラジアル及びスラスト軸受を一体成形した軸受は当社が独自に開発した焼結材料とサイジングプロセスによって実現しました。従来のヘリングボーン軸受に比較して、ラジアル軸受の形状の金型成形が容易である上、ラジアル軸受の薄さは1mm幅まで可能になりました。

## 軸受製造プロセス及び軸受材料

### 1) 製造プロセス



### 2) 材料

- ニッケロイEAK-3:主成分 Cu(50~55%)、Sn(1~3%)、Fe(残)

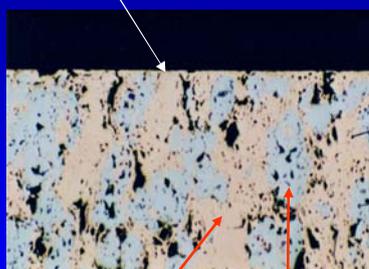
製造工程としては、まず粉末の配合をします。次に金型を使って粉末をプレス成形します。その後、金属的結合をもたせるために焼結します。最後のサイジング工程では、軸受内径面の多円弧および端面のスパイラル動圧を同時に形成します。これにより非常に生産性が高く、低コストでの生産が可能となります。

# 潤滑性、成形性に優れたニッカロイEAK-3

## 化学成分

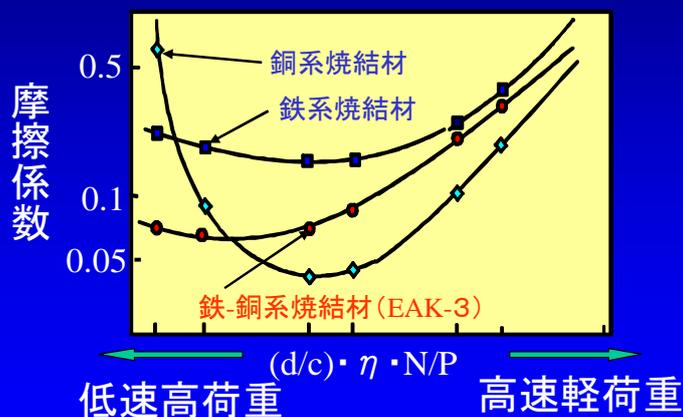
Fe	Cu	Sn	P	C	その他
残	50~55	1~3	0.1~0.5	<1.0	<0.5

表層部 (Cu, Sn)



青銅 鉄

組織写真

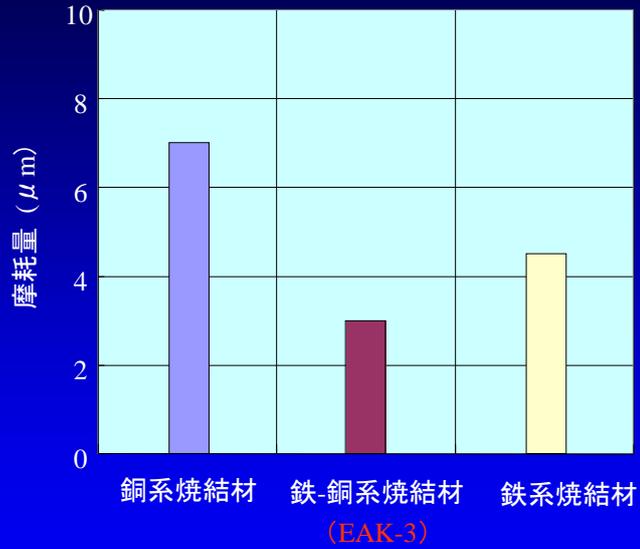
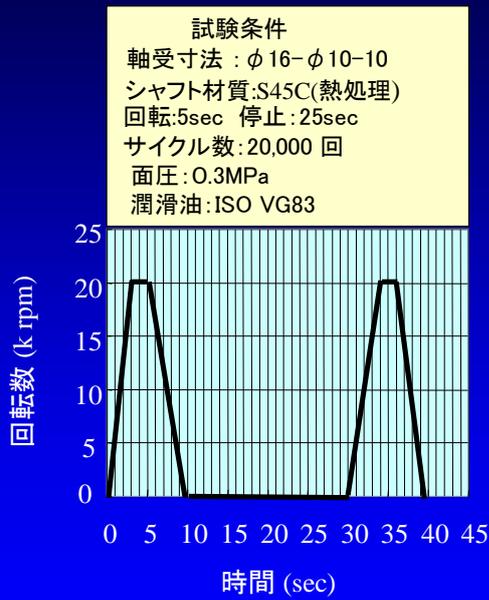


各種焼結材の摩擦特性

日立粉末冶金株式会社

焼結材料は当社が独自に開発したニッカロイEAK-3を使っています。ニッカロイEAK-3は、成分的には銅と鉄が半々くらいで潤滑性と成形性に優れた材料です。特殊な製造方法で表層部に青銅層を持たせています。銅系の滑りやすさと鉄系の耐摩耗性の両方の特性を持ち、低速高荷重条件またはON/OFFを繰り返す状態でも摩擦係数を低く保つことのできる焼結材です。即ち、耐摩耗性、摺動特性に優れた軸受を使用しています。

# 焼結軸受の摩耗比較

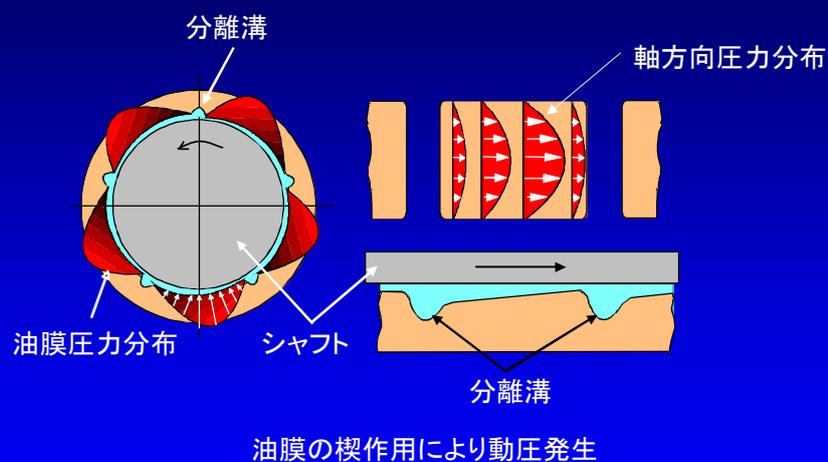


各種焼結材料の摩耗比較



一例として、ON/OFFを繰り返す条件下でニッカロイEAK-3が耐摩耗性に優れた特性を持つことを示すデータです。

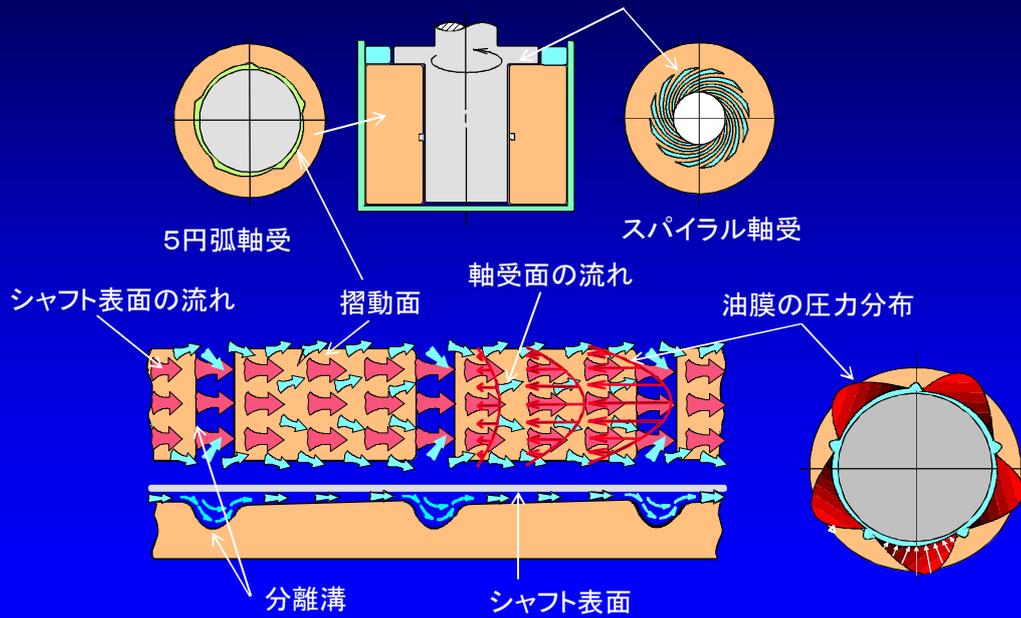
## 多円弧軸受の動圧発生メカニズム



日立粉末冶金株式会社

多円弧軸受では、シャフトが半時計回りで回ると楔形の隙間が少しずつ狭まることにより、動圧が発生します。分離溝で開放した次の動圧が発生するメカニズムです。

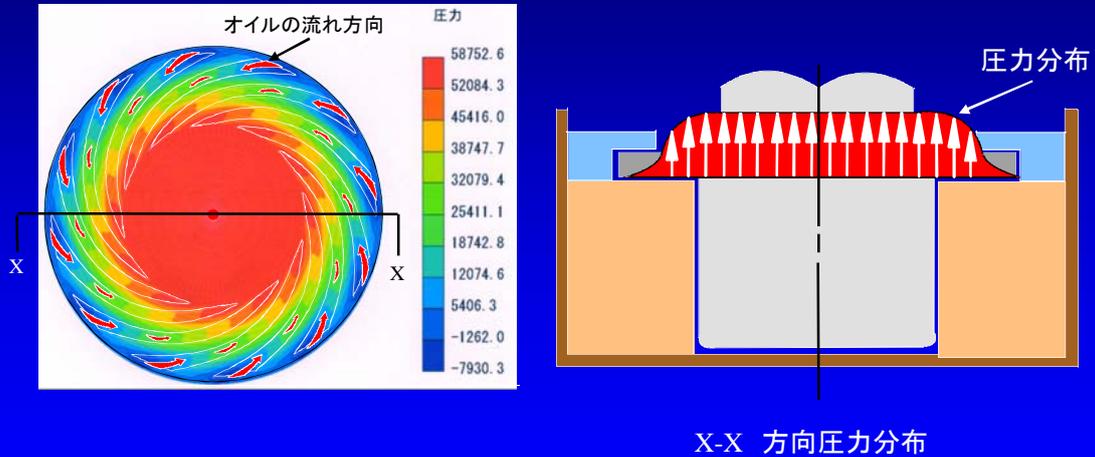
# 5円弧軸受のオイルフロー



日立粉末冶金株式会社

軸受のオイルフローを示す軸受の内周面の展開図です。青矢印は軸受面のオイルの流れを、赤矢印はシャフト表面のオイルの流れを示しています。シャフトの表面のオイルは均等に流れ込んでいます。下の断面図では、分離溝で油が一旦溜まりそれからまた流れるフローを表しています。

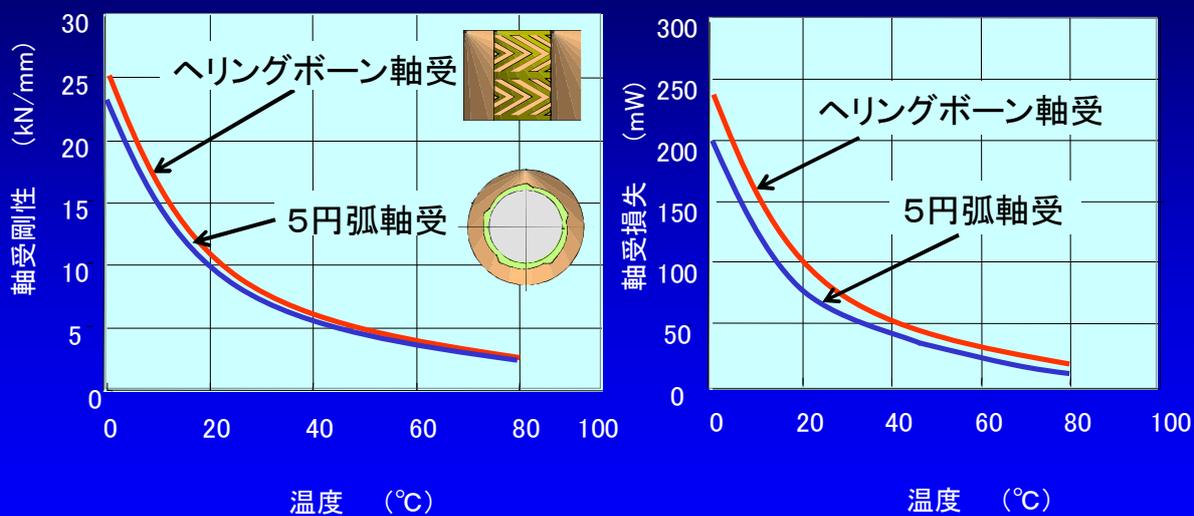
## スパイラル スラスト軸受のオイルフロー及び動圧分布



日立粉末冶金株式会社

スパイラルスラスト軸受のオイルフローと動圧分布を示す図です。左図では圧力を色で示し(赤になるほど圧力が高い)、オイルフローを赤の矢印で示しています。スラストワッシャーによりオイルは溝に沿って内側に流れるため、中心部の圧力が一番高くなります。これを横から見たのが右図です。スラスト面の動圧が均等に発生することによりシャフトを浮かせています。

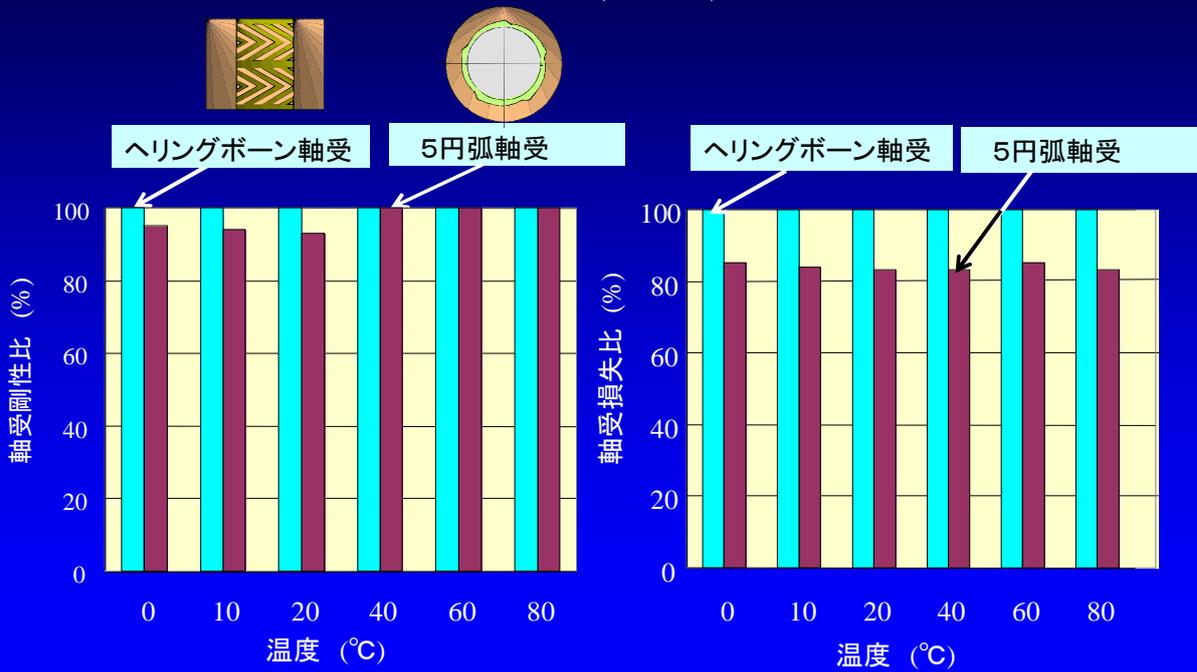
## 軸受剛性及び軸受損失の比較 (1) (計算値)



日立粉末冶金株式会社

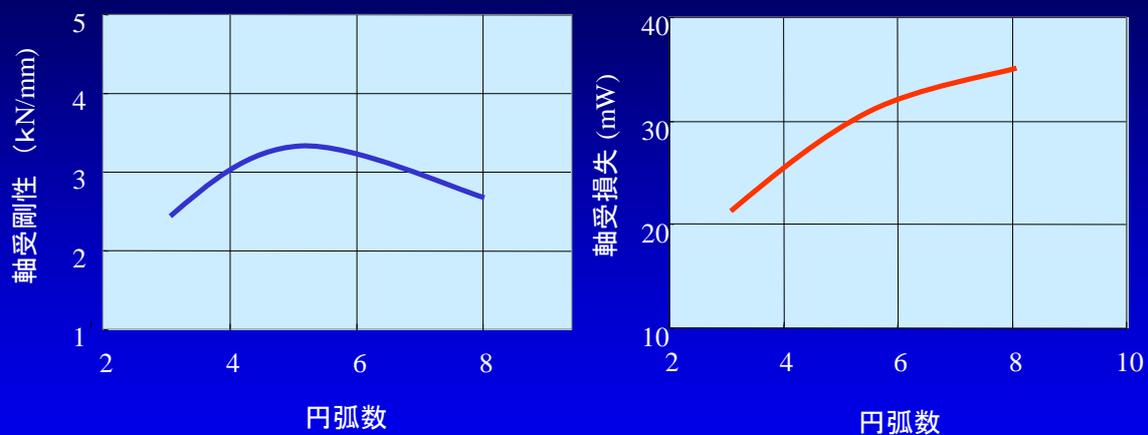
HMFタイプの性能について説明します。初めに従来のヘリングボーン軸受と5円弧軸受の軸受剛性と軸受損失の比較です。軸受剛性の縦軸はシャフトを支える力を、軸受損失の縦軸は軸受にかかる抵抗を示し、それぞれ数値の高いほうが力・抵抗が強くなります。軸受剛性については、5円弧軸受とヘリングボーン軸受の差はほとんどありませんが、軸受損失については5円弧軸受の方が特に低温度で抵抗が少なくなります。

## 軸受剛性及び軸受損失の比較 (2) (計算値)



前項の軸受剛性と軸受損失の比較をパーセンテージで表したものです。軸受剛性では各温度で大きく変わりませんが、軸受損失では各温度で5円弧軸受の数値が20%近く低くなっています。

## 多円弧軸受の軸受剛性及び軸受損失の比較

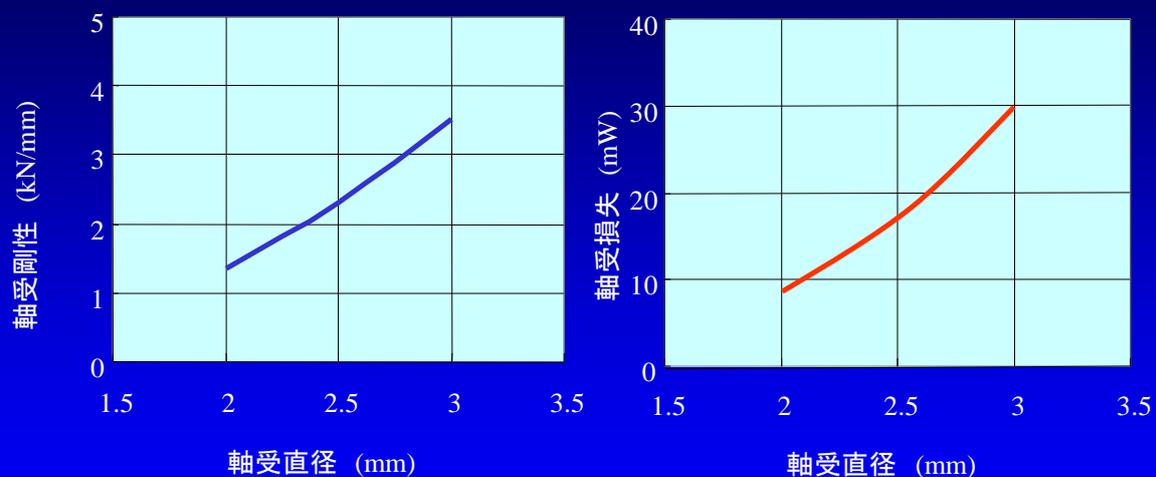


軸受径:  $\phi 3\text{mm}$  幅:  $1.6\text{mm}$   
 直径すきま:  $0.003\text{mm}$   
 回転数:  $5400\text{rpm}$  温度:  $60^\circ\text{C}$

日立粉末冶金株式会社

最適な円弧数を表すデータです。5円弧が一番強く軸受剛性が出る一方、円弧数が増えるに従い軸受抵抗は高くなります。

## 5円弧軸受の剛性及び損失(1)

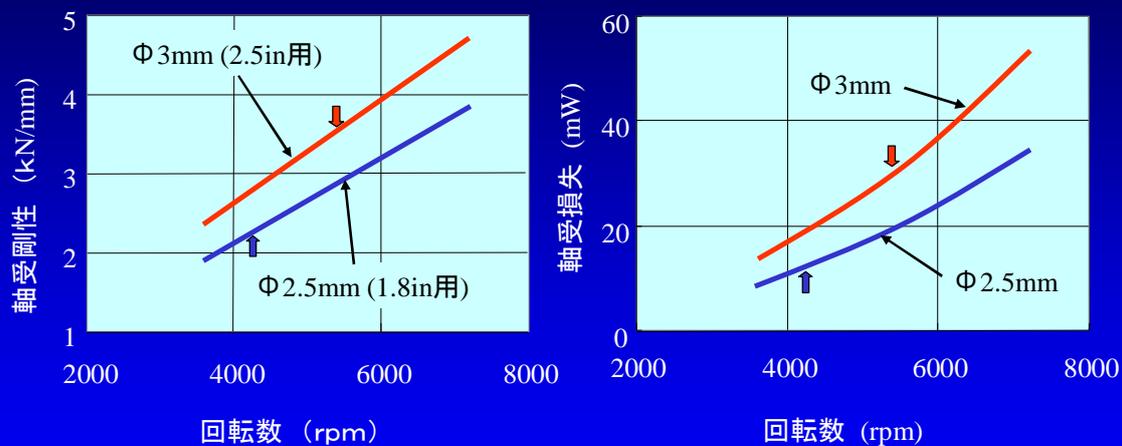


幅:1.6mm 直径すきま:0.003mm  
回転数:5400rpm 温度:60°C

日立粉末冶金株式会社

軸受剛性と軸受損失は軸受直径(シャフト径)によって変化します。シャフト径が小さくなると、軸受剛性は下がりますが軸受損失を低く抑えることができます。

## 5円弧軸受の剛性及び損失(2)

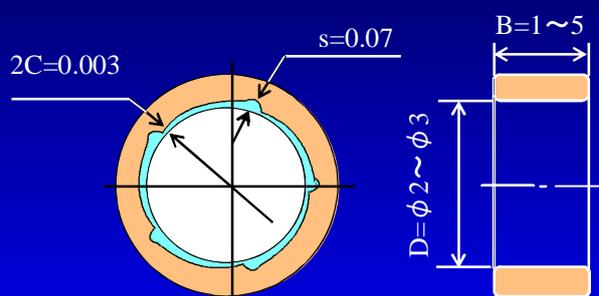


軸受径:  $\phi 2.5\text{mm}$  幅:  $1.6\text{mm}$  (1.8in用)  
 $\phi 3\text{mm}$  幅:  $1.6\text{mm}$  (2.5in用)  
 直径すきま:  $0.003\text{mm}$  温度:  $60^\circ\text{C}$

日立粉末冶金株式会社

違う回転数の条件下での比較を示す図です。赤線は2.5インチHDD用スピンドルモータに使われている3mmのシャフト径、青線は1.8インチHDD用の2.5mmのシャフト径の場合です。このように軸受剛性や軸受損失等の最適値を使うことによって、5円弧軸受はHDD用スピンドルモータの軸受として十分対応することができます。

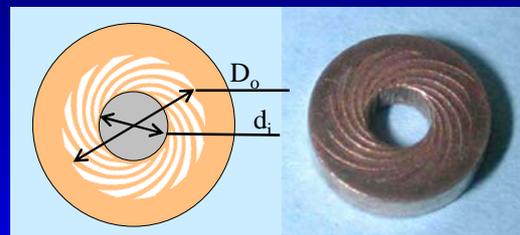
## HDD スピンドルモータ用動圧軸受の設計例



寸法例(ラジアル軸受)

2.5in HDD:  $D = \phi 3\text{mm}$   $B = 4.8\text{mm}$

1.8in HDD:  $D = \phi 2.5\text{mm}$   $B = 2\text{mm}$



寸法例(スラスト軸受)

2.5in HDD:  $D_o = \phi 5\text{mm}$   $d_i = 3\text{mm}$

1.8in HDD:  $D_o = \phi 4.5\text{mm}$   $d_i = 2.5\text{mm}$

 日立粉末冶金株式会社

軸受の設計につきましては、最小のクリアランスは3ミクロン、分離溝は70ミクロンであり、また、軸受幅は1~5mmです。

## まとめ

当社は従来にない優れた粉末冶金加工技術と生産ラインで、容易かつ大量に多円弧形状の軸受部の生産を可能にした。主な特徴は、

- 1) 開発した多円弧軸受は、従来のヘリングボーン軸受に比較し、同等以上の軸受特性を有する。特に低温起動時の電流値低減に有効である。
- 2) 多円弧軸受は、シンプルな動圧溝のため薄型の軸受ユニットを可能にし、HDDのダウンサイジングに適した軸受である。
- 3) 独自の精密成形技術でラジアル軸受及びスラスト軸受を同時成形することによって従来の軸受ユニットより大幅なコスト低減を図った。

まとめますと多円弧軸受の特徴は3つあります。従来のヘリングボーンタイプに対し同等以上の軸受特性を有し、HDD用スピンドルモータの薄型化に最適であり、また、大幅なコスト低減が可能です。