

MOTION & CONTROL

NSK

NSK TECHNICAL JOURNAL

JUNE • 2003

No.675



ISSN 0911-4920

NSK TECHNICAL JOURNAL

JUNE 2003 No.675

巨大大事故の頻発と現代科学・技術	九州大学大学院工学研究院長 村上 敬宜	1
アクアベアリング™の寿命特性	山本 豊寿, 伊藤 裕之	4
鉄道車両主電動機用絶縁軸受	山田 孝則, 内山 貴彦	9
高性能表面改質ボール「DSボール」の開発	國分 秀樹, 山村 賢二, 田中 進, 大堀 學	14
水混入潤滑条件下の転がり疲れ	松本 洋一, 村上 保夫, 大堀 學	18

製品紹介

標準シリーズ高負荷容量形アンギュラ玉軸受	29
新世代 NSK リニアガイド ミニアチュアPUシリーズ	32
高速静音ボールねじ HMC-B02シリーズ	34
工作機械向け超高精度 NSK リニアガイド HAシリーズ	36
高剛性テレスココラム	39



表紙説明 液晶パネル・ハードディスク・半導体製造装置，食品機械，医薬品製造機器，化学プラントなどで用いられる軸受は，水・酸・アルカリ溶液中，蒸気中やしびきがかかる環境など，種々の腐食環境下で作動することが要求されます。

写真は，このように多様化する腐食環境に対応するために，高耐食・低コスト・軽荷重用転がり軸受として開発した『特殊ふっ素樹脂製転がり軸受 アクアベアリング™』（本文4～8頁）です。

今回紹介したアクアベアリング™は，優れた寿命特性および耐食性を有しており，お客様の要求に応えられるものであると確信しております。

NSK TECHNICAL JOURNAL

JUNE 2003 **No.675**

Technical Papers

- The Relationship Between Frequent Occurrences of Serious Accidents and Current Science & Technology
..... Dean of Faculty of Engineering, Kyusyu University Y. Murakami 1
- Rolling Life Properties of Aqua-Bearing™ T. Yamamoto , H. Ito 4
- Insulated Bearings for Railway Traction Motors..... T. Yamada , T. Uchiyama 9
- Development of NSK's High Performance Surface Modified Ball DS Ball
..... H. Kokubu , K. Yamamura , S. Tanaka , M. Ohori 14
- Rolling Contact Fatigue Under Water-Infiltrated Lubrication Y. Matsumoto , Y. Murakami , M. Ohori 18

New Products

- New Standard Series of High Load Capacity Angular Contact Ball Bearings 29
- New Generation of NSK Linear Guides - Miniature PU Series 32
- High Speed and Low Noise Ball Screws - HMC-B02 Series 34
- Ultra-Precision NSK Linear Guides for Machine Tools - The HA Series 36
- High Rigid Tilt-and-Telescopic Steering Column 39

巨大大事故の頻発と現代科学・技術

九州大学大学院工学研究院長 村上 敬宜



村上 敬宜

表1は、1950年代から2002年までの主な疲労破壊事故を並べたものである。近年特に巨大大事故が頻発しているのが目立つ。

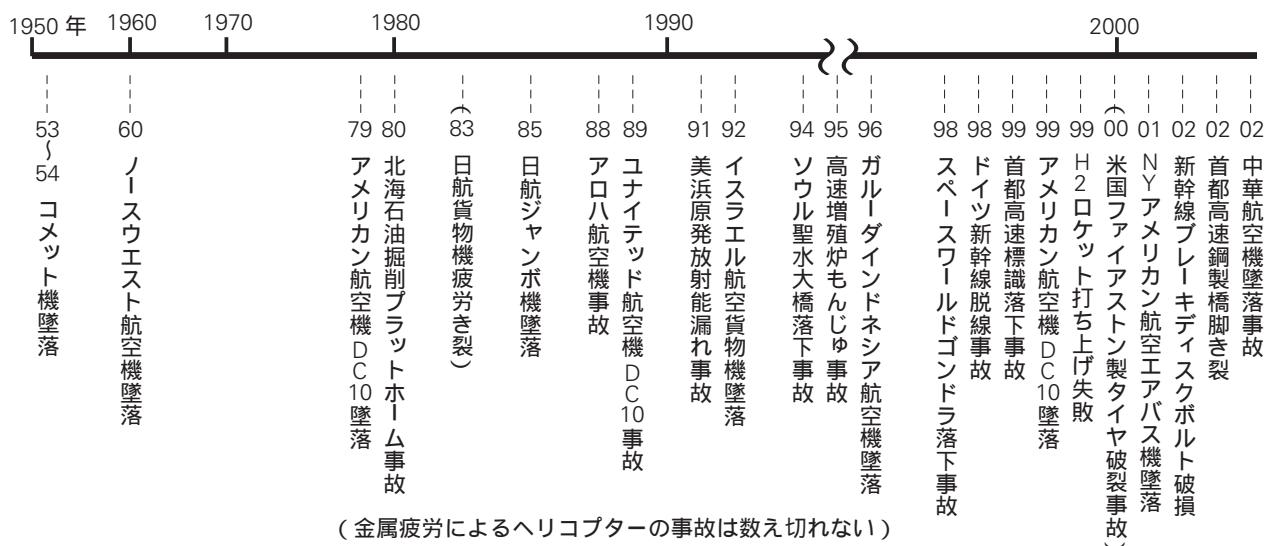
多くの人たちは、科学技術が進歩したのに近年なぜ巨大大事故が頻発するのかという疑問を抱いている。人間は機械、構造物やプラントが事故を起こさず運転されている間は、それらが永遠に無事に運転されると思い込む習性を持っている。一般の人がこの習性を持っているのは理解できる。しかし、世界の企業の経営者が一般の人と同じでは困る。残念ながらほとんどの企業の経営者の巨大大事故に対するリスク感覚は一般の人と同レベルかむしろそれよりたちが悪い。事故を防止するために投資をした後、何も起らなかったら、その投資を「無駄だ」と考えるからである。村上陽一郎氏¹⁾はこのような投資を無駄呼ばわりする傾向に対して警告を発している。菅原進一氏²⁾は同じことを別の視点から次のように述べている。

『分離・分析を本質に持つ近代科学の下では、「創成・成功」と「破壊・失敗」とは別世界として扱われ、後者はとかく忌み嫌われ忘却のかなたに押しやられる。その結果、安全の神話に代表される絶対安全が好まれ、「災害は忘れたころにやってくる」ことになる。』

破壊事故による経済的損失はどの程度になるのだろうか。米国とEUではすでに調査がなされており、詳細な報告が出版されている³⁻⁵⁾。経済的損失はGDPの約4%である。英国の研究者から我国の調査について質問があったので、経済産業省に問い合わせたが残念ながら我国ではこのような調査はなされていない。2001年に日本学術振興会の招聘教授として私の研究室に滞在したカリフォルニア大学パークレイ校のR.O.Ritchie教授の学振への滞在報告書⁶⁾には次のような一文がある。

「Fracture and fatigue in these components and structure cause huge financial losses and often loss of human life. Indeed, a recent assessment by the European Commission put the economic cost of fracture on society at some \$200 billion per year, some 4% of the GNP; a similar survey in U.S., by the then National Bureau of Standards in 1982, arrived at a figure of \$119 billion. Since fatigue fracture accounts for over 80% of all these service failures, I personally regard the problem as “Fracture and fatigue are the most expensive disease of our times” .」

表1 金属疲労による大事故



このGDPの4%の経済的損失は失ったという感覚がないだけに、我国では将来これを「取り戻す」あるいは「損失を出さない」という対策がとられることは期待できそうにない。近年はGDP1%の成長の確保が危ない状況である。一方で、おそらく日本でも米国とEUと同じレベル(4%)の損失を出し続けているのである。先の問合せをしてきた英国の研究者は「先進国ではこの種の調査はすでになされているものと考えていたが、日本がこのような調査をしていないことは大変意外である」とメールをよこした。

事故を予防するための費用は事故による損害の1/10, 1/100あるいは千分の一か一万分の一で済むことは多くの事故解析の結果から明らかである。「最初から事故原因が明らかなら、このような少額の手当は当然やっていた。」という反論がある。しかし、それは安全のため少額の投資を怠っているかあるいは価値が少ないとみる経営者の弁解にすぎない。同様な事故が繰返し起っていることからこのことは明白である。コストダウン、納期厳守、などの非創造的号令によってどれだけの危険、不完全が残されたままの製品が世に送り出されているのか。その結果がGDPの4%なのである。研究所の技術者がろくに研究をする時間もなく、事故やトラブルの尻拭いに振り回されている姿が目に見え、これは勿論経営者だけの責任ではない。技術者のレベルの問題でもあることは当然である。

巨事故が頻発している背景にはもう1つの問題がある。構造物が巨大化するという事は部品あるいは要素の数が膨大であることを意味する。クルマ1台は約3万点の部品で構成されている。新幹線の車両1台も同じく約3万点である。ジャンボジェット機は約100万点の部品で構成されている。事故や故障が1つ1つの機械要素の品質によることは1970年代前後にフィーバーとなったシステム工学で論じられた。システム工学では膨大な数の部品の信頼性と経済性を評価関数のパラメータとする。しかし、システム工学のフィーバーから30年経って材料や機械要素の品質が向上したにもかかわらず巨事故は増えるばかりである。なぜだろうか。従来のシステム工学が見落しているものは何であろうか。

畑村洋太郎氏は「失敗学」を提唱している⁷⁾。失敗例から学び、事故を防止しようとする試みである。一つの試みとして注目すべきであろう。

一方、黒田勲氏⁸⁾は、ヒューマン・エラー(ファクター)に関連して発生した事故結果(あるいは失敗)から時間を逆にたどって原因(あるいは失敗)を明らかにする通常の方法は科学的手段により原因を追究するうえで重要なことではあるが同種事故でさえ100%

防止できる訳ではないと述べている。そして、ヒューマン・ファクターが関連する場合には時間を順行する調査方法が必要になると分析している。

これらに対し、九州大学大学院機械系部門では別の視点から巨事故を防止するための技術を部門をあげて開発する研究を開始している。

伝統的システム工学の手法だけでは事故を防止できないことは歴史が証明している。多くの事故の事例集を作成することで事故が防止できると考えるのはあまりにも単純である。同様な事故の完全防止も難しく、事例集にないものは対処のしようがない。

ここでは九州大学の試みを新しい「統合工学」と呼ぶ。巨事故は科学技術が深化、分化したことこそ原因があるという視点が新しい「統合工学」の出発点である。まず、従来の狭い専門に独立・分化した講座の集合としての大学における研究室の教育、研究のあり方を改革することから始めている。大学院生、特に博士課程の学生を博士論文に関係した狭い分野のテーマに閉じ込めるのではなく、他の研究室の学生とチームを組んで1つの共通テーマを完成するためのコラボトリーを形成させる。試行はすでに始まっている。過去の巨事故の事例研究から始め、博士課程学生を3チームに分けて、巨事故を防止するための自由アイデアを出させ、学生自身による新しい統合技術の開発を目標とさせている。もちろん教授陣も専門の研究とは別に全員が「新しい統合技術の開発」に関わり、討議している。近い将来画期的な成果が得られることを期待してよいであろう。「統合」は多くの要素の単なる「集合」ではない。巨事故の問題は現在の大学が講座の「集合」であり「統合」されたものではないことと符合しているのである。「統合」には構成要素数とほぼ同数の要素間のインターフェースがあり、このインターフェースの質を見落したシステム工学は巨事故の原因を生み出し続けるであろう。このような実践的「統合工学」教育を実施している企業や大学はまだ国内はもちろん外国にもない。

このような教育を実践するためには大学の枠内では不十分である。そのため現在、いくつかの企業と博士課程の学生について、インターン・シップ受入れのための提携を締結する計画を進めている。現在の大学、企業の技術教育に欠けているのは、深化、分化した科学技術が抱えている負の側面に目を向け、技術を統合的に観る能力を育成することである。進化した(?)現代科学・技術が抱えている負の側面を放置したままに巨事故を防ぐことは不可能である。

NSKは軸受を製造する日本のトップ企業である。NSKが名実ともに世界トップの軸受メーカーとなり、しかも将来にわたって、トップの座を維持し続けるた

めの課題は何であろうか。ヒントは意外とこんなところに転がっているのかもしれない。

あとがき：

本稿を書き終えて送付する直前にNASAのスペースシャトル「コロンビア」の事故が発生した（日本時間2003年2月1日夜）。あらためて、最初に書いた「人間は機械，構造物やプラントが事故を起こさず運転されている間は，それらが永遠に無事に運転されると思いつく習慣を持っている。」ことを思い知らされた。また，寺田寅彦の言葉「災害は忘れた頃にやってくる。」を引用した菅原進一氏の指摘をかみしめている。技術はその本質のところ人間性の本質と関わっていることを忘れてはならない。

著者略歴

1943年生まれ。

1968年九州大学大学院修士課程修了。同年日立製作所入社。1971年九州大学助手，1975年九州工業大学講師，1977年同助教授，1982年九州大学助教授を経て，1984年同教授。1999年九州大学大学院教授。2001年から九州大学大学院工学研究院長，工学府長，工学部長。現在に至る。

1994年よりSheffield大学名誉教授。

2002年より日本工学アカデミー会員。

参考文献

- 1) 村上陽一郎，安全学，青土社，1999。
- 2) 菅原進一，学術の動向，2002．4，pp.80-81.
- 3) Economic Effects of Fracture in the United States. Part 1: A Synopsis of the September 30, 1982 Report to NBS by Battelle Columbus Laboratories, National Bureau of Standard, Washington, DC. National Measurement Lab, Mar. 1983, U.S. Department of Commerce, National Information Service.
- 4) Economic Effects of Fracture in the United States. Part 2: A Report to NBS by Battelle Columbus Laboratories, National Bureau of Standard, Washington, DC. National Measurement Lab, Mar. 1983, U.S. Department of Commerce, National Information Service.
- 5) The Economic Effects of Fracture in Europe, Final Report, Study Contract No. 320105 between European Atomic Energy Community and The Stichting voor Toepassing van Materialen (Delft-Nederland) Project leader and Rapporteur: Professor Faria, (CEMUL ≡ Centro de Mecanica e Materiais da Universidade Tecnica de Lisboa ≡ Portugal), 1991, Commission of the European Communities.
- 6) R.O. Ritchie, Final Report to the Japan Society for the Promotion of Science, 2001.
- 7) 畑村洋太郎編著，実際の設計研究会著，続々・実際の設計 失敗に学ぶ，日刊工業新聞社，1996。
- 8) 黒田勲，「信じられないミス」はなぜ起こる－ヒューマン・ファクターの分析，中災防新書，2001。

アクアベアリング™の寿命特性

山本 豊寿* , 伊藤 裕之*



山本 豊寿

Rolling Life Properties of Aqua-Bearing™

by T. Yamamoto , H. Ito



伊藤 裕之

Bearings often operate under various corrosive conditions in equipment for semiconductor manufacturing, food processing, chemical plants, and other applications. Under such conditions, the performance and corrosion resistance of conventional bearings, such as those made of plastic or stainless steel, have not been sufficient enough to satisfy market requirements. NSK, however, has met the demands of the marketplace with its newly developed Aqua-Bearing. NSK's Aqua-Bearing is a newly developed special fluorine plastic rolling bearing for highly corrosive environments. This product exhibits excellent life properties and proves highly resistant to corrosion at the same levels expected of ceramic bearings. Rolling life of the new Aqua-Bearing is 2.5 to 6 times longer than that of conventional polyethylene and AISI440C bearings in water, water spray and dry environments. In addition, this newly developed Aqua-Bearing has a higher load capacity than that of polyethylene bearings.

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. まえがき 2. 構造および仕様 3. アクアベアリングの特長 <ol style="list-style-type: none"> 3.1 耐食性 | <ol style="list-style-type: none"> 3.2 寿命特性 3.3 摩耗特性 3.4 各種環境における寿命式 |
|--|---|

4. あとがき

1. まえがき

液晶パネル製造装置，ハードディスク製造装置，半導体製造装置，食品機械，医薬品製造機器，めっき設備，各種洗浄・殺菌装置で用いられる軸受は，水，酸，アルカリなどの腐食溶液中，蒸気中およびしびきがかかる種々の腐食環境下，あるいは，ドライ環境下で作動することが要求される．上記のような腐食環境あるいはドライ環境下では，従来の金属製転がり軸受では対応できず，樹脂製転がり軸受が用いられる場合がある．しかし，近年，種々の腐食溶液が使用されるとともに，使用条件が苛酷化しており，従来のポリエチレンなどの樹脂製転がり軸受では，耐食性や耐荷重性が

不十分であり，市場の要求寿命を満足できない．

そこで，NSKでは，上述のように多様化する腐食環境に対応するために，高耐食・低コスト・軽荷重用軸受として，特殊ふっ素樹脂製転がり軸受 アクアベアリングを開発した^{1)~3)}．

本報では，アクアベアリングの耐食性および寿命特性を，従来のポリエチレン（PE）製およびステンレス鋼（AISI440C）製転がり軸受等と比較し，紹介する．

2. 構造および仕様

アクアベアリングの外観と構造を図1に示す．アクアベアリングは，優れた耐食性，耐摩耗性および自己潤滑性を得るために，内・外輪を特殊ふっ素樹脂，保持器を高耐食ふっ素樹脂で構成し，転動体にはセラミック球又は特殊ガラス球を用いている．

* 総合研究開発センター 基盤技術研究所

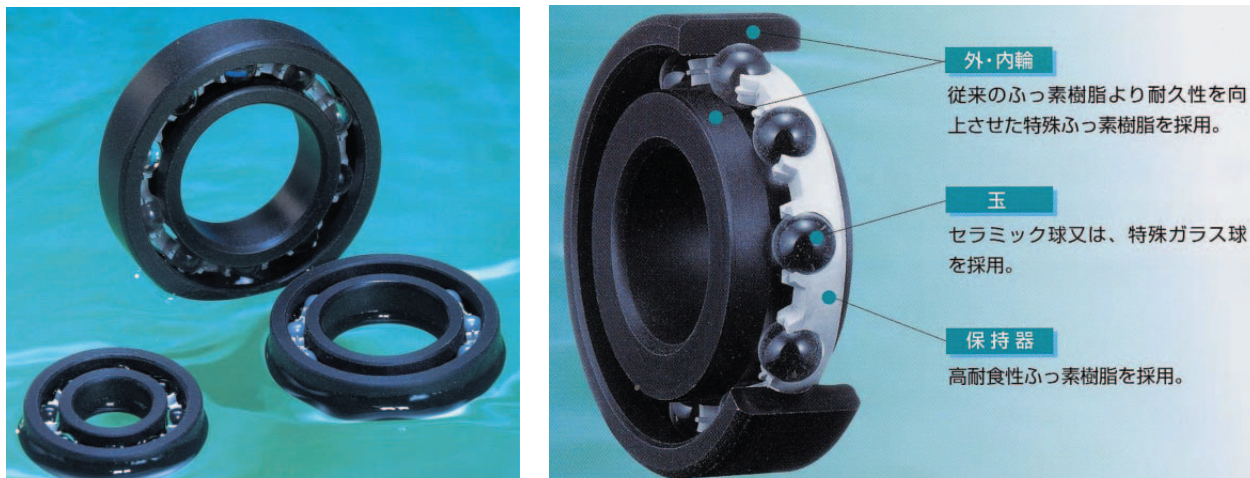


図1 アクアベアリングの外観および構造図

Fig. 1 Cutaway of an NSK Aqua-Bearing

3. アクアベアリングの特長

3.1 耐食性

表1にアクアベアリングの耐食性を、従来の樹脂やセラミックスと比較して示す。

内・外輪に特殊ふっ素樹脂、保持器に高耐食ふっ素樹脂を各々用いることにより、セラミック軸受と同等の耐食性を有し、従来の樹脂製転がり軸受（ポリエチレン（PE）やポリフェニレンサルファイド（PPS）など）と比較して耐食性に優れ、強酸、強アルカリ、オゾン水中、各種蒸気中、ハロゲンガス中でも使用可能である。

3.2 寿命特性^{4)~6)}

アクアベアリングの寿命特性を、ポリエチレン（PE）製およびステンレス鋼（AISI440C）製転がり軸

表1 耐食性
Table 1 Corrosion resistance

	アクアベアリング	PE	PPS	セラミックス
濃硫酸				
塩酸				
ふっ酸			×	
王水			×	
オゾン水		×		
15%酢酸				
15%硝酸		×	×	
75%硝酸		×	×	
40%クロム酸		×		
ハロゲンガス		×		

耐食性評価 : 腐食なし, : 一部腐食, × : 腐食

受と比較して以下に示す。

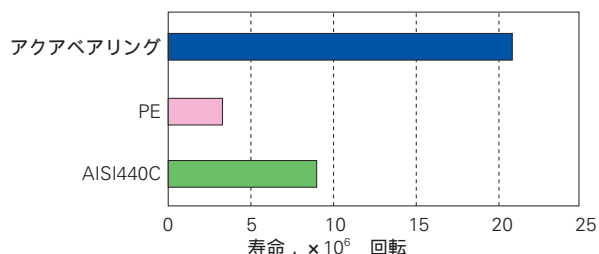
試験に用いた軸受は型番6001（内径12mm，外径28mm，幅8mm）の深溝玉軸受であり、潤滑剤は使用していない。また、本報における転がり軸受の寿命は、振動値が1Gを超えた時点までの内輪の総回転数とする。なお、寿命値は試験3回の平均値である。

3.2.1 水噴霧下における寿命

図2に、水噴霧環境下における各種転がり軸受の寿命を示す。水噴霧環境下では、アクアベアリングは、PE製軸受の約6倍、AISI440C製軸受の約2.5倍の寿命を有する。

3.2.2 環境の影響

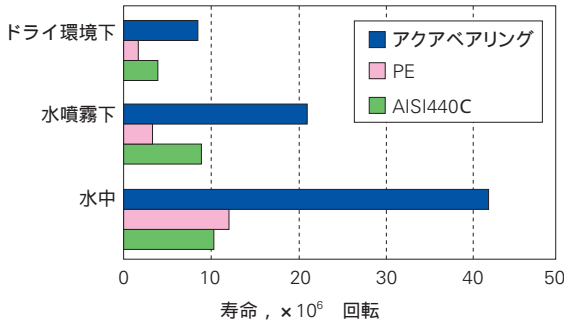
環境（水中、水噴霧、ドライ）が転がり軸受の寿命に及ぼす影響を図3に示す。何れの環境下においても、アクアベアリングは、PE製やAISI440C製軸受の2.5～6倍の寿命を有する。また、水中におけるアクアベアリングの寿命は水噴霧下の約2倍、ドライ環境下の約



（ラジアル荷重：50N，アキシャル荷重：30N，回転速度：1000 min⁻¹）

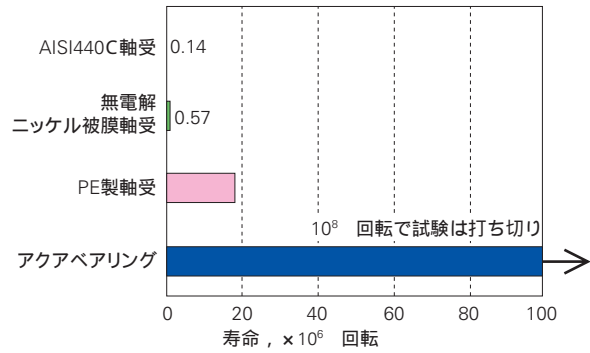
図2 水噴霧下における各種転がり軸受の寿命

Fig. 2 Service life under water-spray conditions



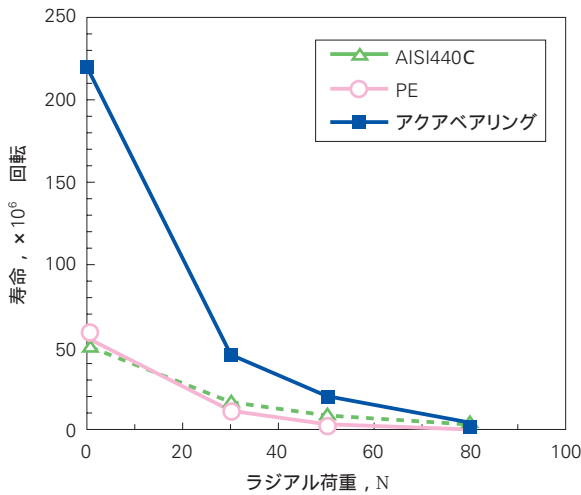
(ラジアル荷重: 50N, アキシアル荷重: 30N, 回転速度: 1 000 min⁻¹)

図3 寿命に及ぼす環境の影響
Fig. 3 Comparison of operating conditions



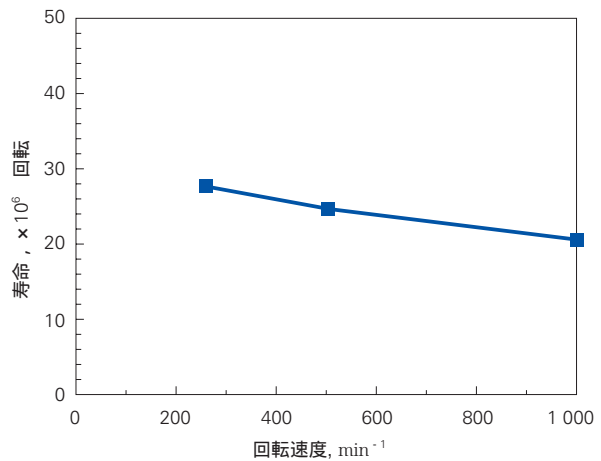
(塩酸1mol/l水溶液中, アキシアル荷重: 30N, 回転速度: 300min⁻¹)

図4 塩酸水溶液中における寿命
Fig. 4 Service life under hydrochloric acid conditions



(水噴霧下, アキシアル荷重: 30 N, 回転速度: 1 000 min⁻¹)

図5 ラジアル荷重と水噴霧下における寿命の関係
Fig. 5 Relationship between radial load and rolling life of bearings in water spray conditions



(水噴霧下, ラジアル荷重: 50N, アキシアル荷重: 30N)

図6 回転速度と水噴霧下におけるアクアベアリングの寿命の関係
Fig. 6 Relationship between speed and service life under water spray conditions

4倍である。これらの結果から、アクアベアリングは、各環境下においてPE製やAISI440C製軸受と比較して耐久性に優れること、また、水分が存在する環境の方が耐久性に優れることがわかる。

図4に、塩酸水溶液中における寿命を示す。アクアベアリングは、酸溶液中で、AISI440C製軸受の1 000倍以上、PE製軸受の5倍以上の耐久性を有する。

3.2.3 荷重の影響

図5にラジアル荷重と寿命との関係を示す。

アクアベアリングの寿命は、いずれのラジアル荷重下においても、PE製の3~5倍であり、アクアベアリングはPE製軸受よりも耐荷重性に優れている。これは、特殊ふっ素樹脂の方がPEよりも曲げ強度および剛性が格段に高く、耐摩耗性に優れることに起因すると考えられる。さらに、ラジアル荷重が50N以下の場

合には、アクアベアリングの寿命は、AISI440C製軸受と比較しても、3~5倍である。

3.2.4 回転速度の影響

図6に、水噴霧下におけるアクアベアリングの寿命と回転速度との関係を示す。回転速度の増加とともに、軸受の寿命はわずかに短くなる。これは、接触点におけるすべり摩擦による発熱が摩耗を促進したことに起因すると考えられる。また、ラジアル荷重と比較すると、回転速度の寿命に対する影響度は少ない。

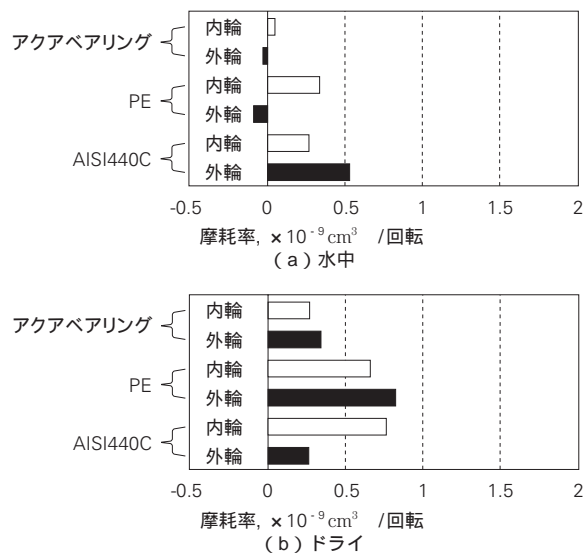
3.3 摩耗特性

水中、ドライ環境下における内輪および外輪の摩耗率を図7に示す。ここで、摩耗率は1回転当たりの摩耗体積であり、値が負の場合には移着などにより試験中に重量が増加したことを意味する。

いずれの環境下においても、アクアベアリングは、PE製やAISI440C製軸受よりも摩耗率が小さく、耐摩耗性に優れている。また、アクアベアリングは水中の方がドライ環境下よりも摩耗率が小さい。これは、ドライ環境下の方が水中よりも接触点に作用する摩擦力が高く摩擦発熱が多いため、摩耗が促進されたためと

考えられる。

図8に、水中およびドライ環境下におけるアクアベアリングとPE製軸受の内輪軌道面の走査型電子顕微鏡（SEM）写真像を示す。両者とも水中試験後の表面は滑らかである。一方、ドライ環境試験後、PE製軸受では大規模な塑性流動と摩耗粉の移着が生じている。また、ドライ環境試験後のアクアベアリングの場合には、フレーキングが生じ、その規模は水中と比較して非常に大きい。以上の結果から、水環境下では摩耗による軸受内部すきまの増加が寿命の主原因であり、ドライ環境下では摩耗による内部すきまの増加に加え、塑性流動、摩耗粉の移着、フレーキング等により表面粗さが増大したことが寿命の原因であると考えられる。



(ラジアル荷重：50N，アキシャル荷重：30N，回転速度：1 000 min⁻¹)

図7 内輪および外輪における摩耗率
Fig. 7 Comparison of wear rates

3.4 各種環境における寿命式

図5で得られたラジアル荷重と寿命との関係の結果から、水噴霧下におけるCr/Pと寿命の関係は図9のようになる。ここで、Crは同一寸法の鋼製軸受の基本動定格荷重、Pは動等価荷重である。水噴霧下における動定格荷重をCwとすると、図9から、Cw/Crは、アクアベアリングで1/40、PE製軸受で1/48、AISI440C製軸受で1/34となる。これは、アクアベアリングがPE製軸受よりも耐荷重性に優れていることを示している。また、図9中の傾きは、アクアベアリングで8.5、PE製軸受で9、AISI440C製軸受で5となり、荷重に対

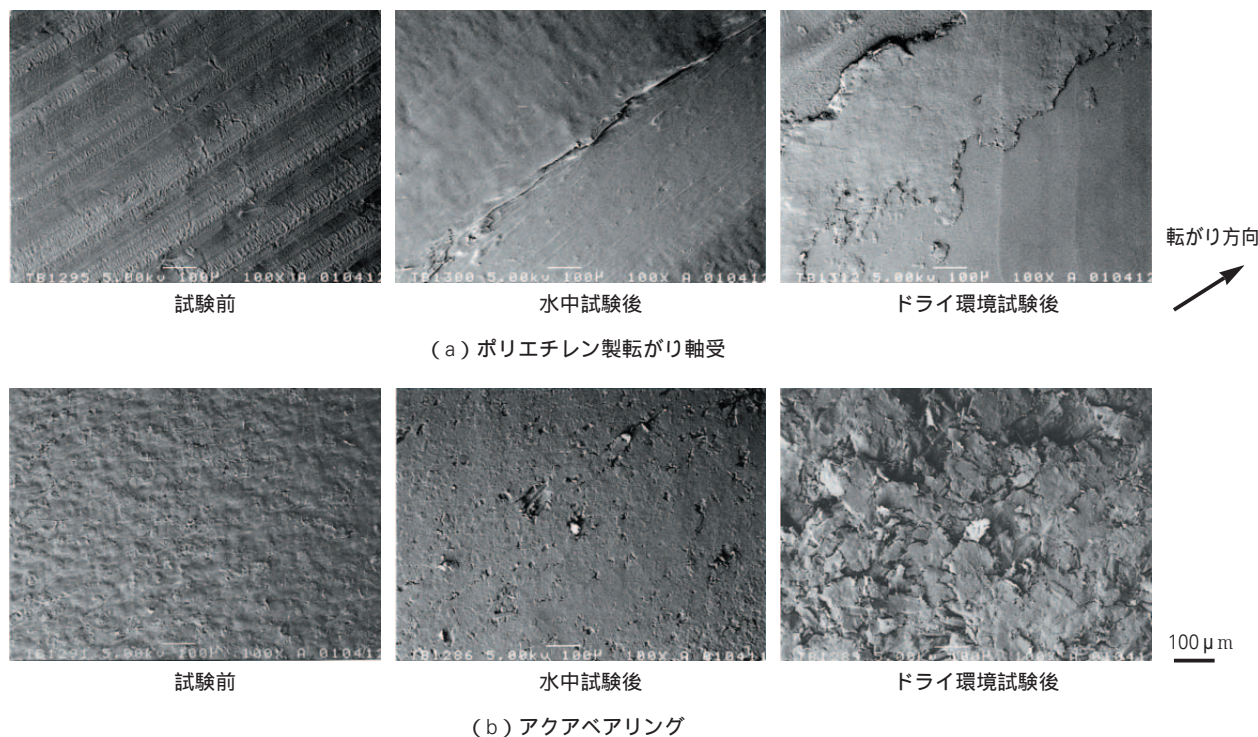


図8 内輪軌道面の表面状態（SEM写真像）
Fig. 8 SEM image of inner-ring surfaces

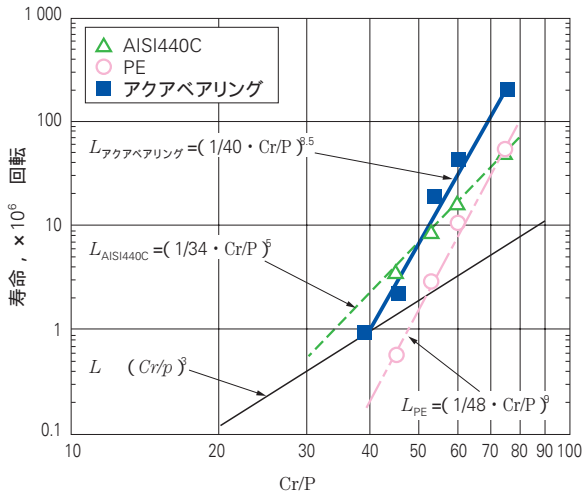


図9 水噴霧下におけるCr/Pと寿命との関係
Fig. 9 Relationship between Cr/P and rolling life of bearings in water spray environment

して非常に敏感である。

信頼度90%の転がり軸受の定格疲れ寿命 L_{10} ($\times 10^6$ 回転) は、式(1)で表される。

$$L_{10} = (Cr/P)^{\beta} \dots\dots\dots (1)$$

図9および図3の結果から、水中、水噴霧およびドライ環境下における転がり軸受の寿命式は下記のように表すことができる。

$$L_E = a_L (Cr/P) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 L_E は各環境での寿命 ($\times 10^6$ 回転)、 a_L は潤滑係数、 β はCwとCrとの比、 β は指数である。

式(2)の a_L 、 β および β の値を、表2にまとめて示す。また、式(2)で得られる水噴霧下における各種軸受の寿命計算結果を図9中に各々直線で表す。

4. あとがき

今回紹介したアクアベアリングは、液晶パネル製造装置、ハードディスク製造装置、半導体製造装置、食品機械、医薬品製造機器などで多様化している腐食環境下でも、優れた耐食性および耐久性を有する転がり軸受として、お客様の要求に応えられるものである。

表2 各環境における転がり軸受の寿命式における a_L 、 β の値

Table 2 Comparison of life ratings for under various operating conditions

	a_L			
	環境	値		
アクアベアリング	水中	2	1/40	8.5
	水噴霧下	1		
	ドライ環境下	0.5		
PE 製軸受	水中	2	1/48	9.0
	水噴霧下	1		
	ドライ環境下	0.5		
AISI440C 製軸受	水中	1.1	1/34	5.0
	水噴霧下	1		
	ドライ環境下	0.5		

参考文献

- 1) “高耐食樹脂軸受 アクアベアリング™ スペースシア™シリーズ” CAT. No. 1243
- 2) NSKレポートNo.526 “特殊ふっ素樹脂製転がり軸受(アクアベアリング™) スペースシア™シリーズ”, 機械の研究, 53-1 (2001),
- 3) NSK Technical Journal No.671, “製品紹介 特殊ふっ素樹脂製転がり軸受 アクアベアリング™”, (2001), 46-47
- 4) 山本 豊寿, 伊藤 裕之, 大堀 學, 松永 茂樹, “特殊ふっ素樹脂製転がり軸受の寿命特性”, トライボロジー会議予稿集(宇都宮 2001-11), 223-224
- 5) 山本 豊寿, 伊藤 裕之, 大堀 學, 松永 茂樹, “特殊ふっ素樹脂製転がり軸受の寿命特性 第二報 ~寿命式および摩耗特性~”, トライボロジー会議予稿集(仙台 2002-10), 423-424
- 6) T. Yamamoto, H. Ito, M. Ohori and S. Matsunaga, “ROLLING LIFE PROPERTIES OF FIBER-REINFORCED FLUORIDE PLASTIC ROLLING BEARINGS IN WATER ENVIRONMENTS”, 2nd World Trib. Cong. (2001), NO.451

鉄道車両主電動機用絶縁軸受

山田 孝則* , 内山 貴彦**



山田 孝則

Insulated Bearings for Railway Traction Motors

by T. Yamada , T. Uchiyama



内山 貴彦

There has been a growing demand since 1990 for railway rolling stock that uses maintenance-free traction motor bearings with AC motors. However, electric pitting (craters) of the bearing has been a major hindrance in making further developments of maintenance-free traction motor bearings. To prevent electric pitting, NSK has developed insulated bearings that are coated with ceramic or polyphenylene sulfide (PPS) materials. By preventing electric pitting, both types of insulated bearings have proven to significantly enhance service life of AC traction motor bearings.

1. はじめに
2. 絶縁軸受の構造
3. 絶縁軸受の特徴
 - 3.1 セラミック溶射絶縁軸受
 - 3.2 樹脂被膜絶縁軸受
4. 絶縁軸受の評価試験
5. 絶縁軸受の使用例
6. あとがき

1. はじめに

電気鉄道車両では、構体、台車、輪軸間に帰線電流や誘導電流が流れることがある。特に軸受内で油膜を通してこのような電流が流れると、軸受の外、内輪ならびに転動体表面にクレータ状（写真1）、または洗濯板状（写真2）などの形態の放電痕¹⁾が発生することがあり、軸受不具合の原因になることがある。主電動機用軸受では特にそのような傾向が大きく、電食発生防止のために、各方面からさまざまな対策が講じられている。

電食発生に対して、車両の接地回路の改善や誘導電流の発生防止などが講じられてきているが、十分に信頼性のある対策とは言い難い。軸受内を流れる電流を確実に絶つ方法は軸受を絶縁化することである。

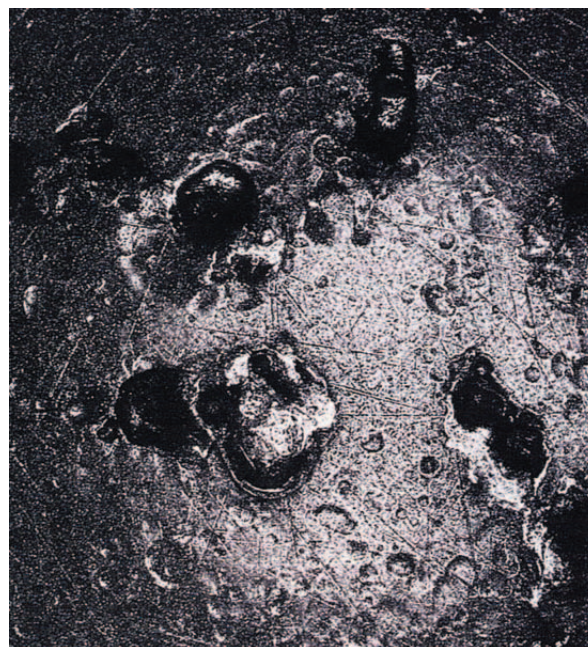


写真1 クレータ状の電食発生例

Photo 1 Electric pitting (craters) caused by current flow

* 軸受技術センター 鉄道・航空技術部

** 総合研究開発センター 基盤技術研究所

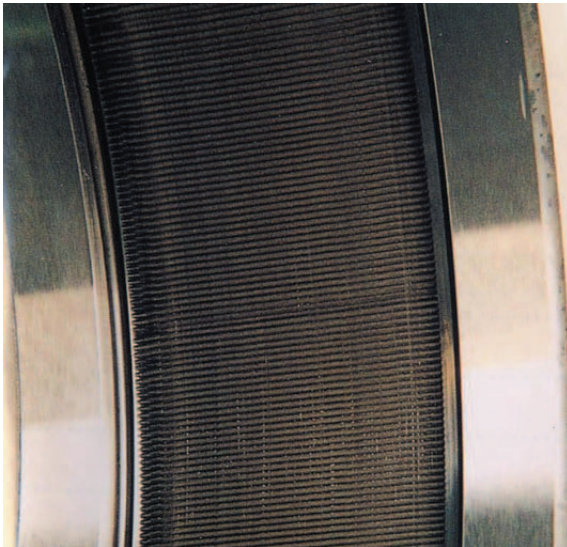


写真2 洗濯板状の電食発生例
Photo 2 Fluting (or washboard) in raceway caused by current flow

ここでは、特に主電動機用の軸受を対象にして開発された絶縁軸受の開発の背景、経緯ならびに使用状況などを紹介する。

2. 絶縁軸受の構造

主電動機用の絶縁軸受は、図1に示す様に軸受外輪の外周面にプラズマ溶射法によりセラミックを溶射したものと樹脂を射出成形した2種類がある。絶縁材は、絶縁性、機械的強度、耐熱性、耐薬品性などの機械的・化学的性質に優れている。また、いずれも研削加工により、精度よく標準寸法に仕上げられており、標準軸受（非絶縁軸受）と同寸法で、軸箱等を特殊な寸法に加工する必要はない。

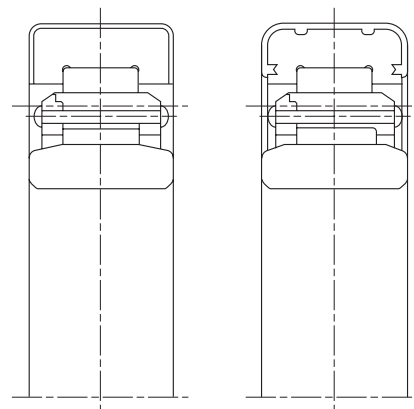
3. 絶縁軸受の特徴

3.1 セラミック溶射絶縁軸受

プラズマ溶射法を使い、アルミナ (Al_2O_3) を主体にしたセラミック粉末を外輪外径面から側面にかけての外輪表面に被覆させることにより軸受の絶縁化処理が行われる。しかし、溶射被膜中には必然的に気孔が介在し、これが絶縁性能の低下に最も大きな影響を及ぼすため、樹脂を気孔内に含浸させる操作、すなわち

表1 溶射条件の気孔率への影響
Table 1 Effects on porosity of ceramic film by spray application

溶射作業条件		条件(I)	条件(II)
作 動 ガ ス	A	10%以上	8%前後
	B	8%	3~5%



セラミック溶射絶縁軸受 Ceramic-coated bearing
樹脂絶縁軸受 PPS-coated bearing

図1 絶縁軸受の構造
Fig. 1 Insulated bearings

封孔処理が施され、最終的に被膜の絶縁性能が確保されている。

表1は、溶射時のプラズマ作動ガスならびに溶射作業条件などの気孔率への影響を示す。条件(I)と条件(II)の違いは、主に溶射ガンと被溶射体である外輪との姿勢関係の違いを表し、条件(II)では外輪各部との溶射角度をより最適に保つよう操作されている。

図2は、封孔処理法の改善により絶縁抵抗値の温度依存性が向上することを示す。気孔率をより低く抑え、さらに適切な封孔処理を施すことにより、後述する各

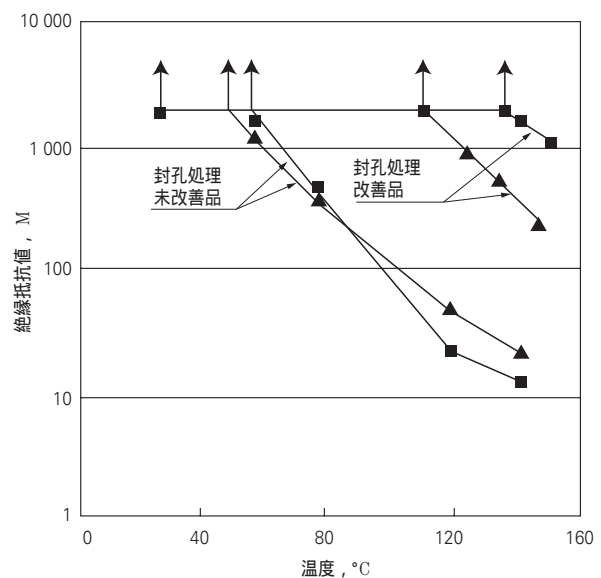


図2 封孔処理法による絶縁抵抗値の温度依存性への影響
Fig. 2 Improved corrosion resistance and electrical insulation by sealing methods

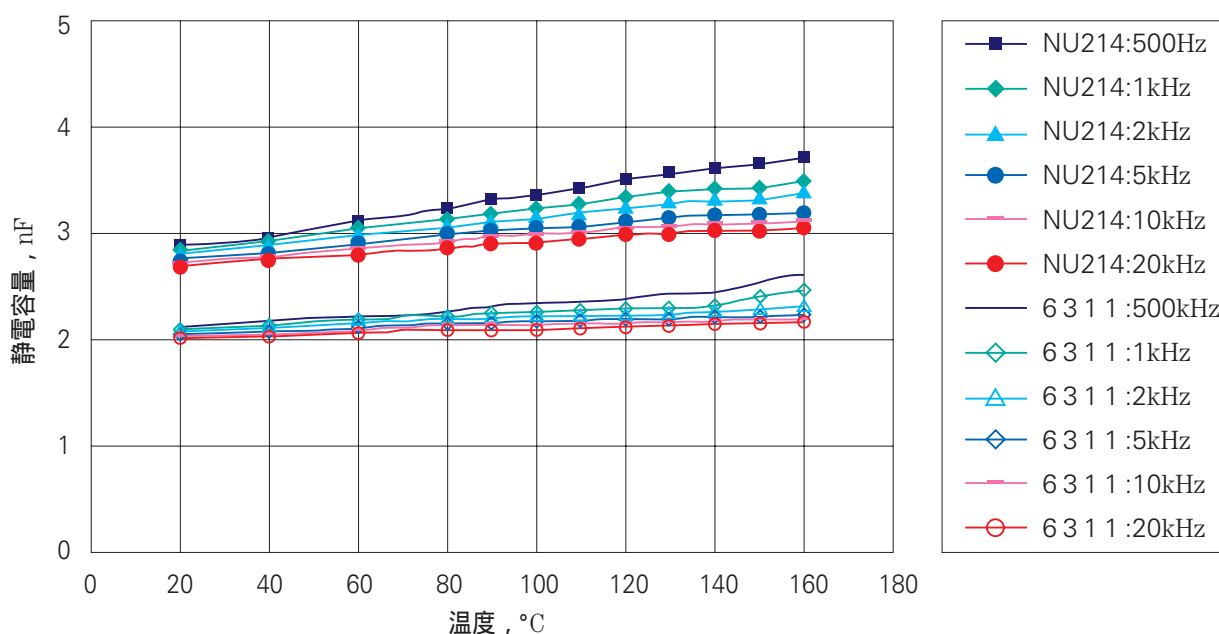


図3 静電容量の温度依存性
Fig. 3 Temperature dependencies of capacitance

種の絶縁軸受評価試験に耐え、実用上で十分な性能を備えたセラミック絶縁軸受を開発した。

また、セラミック溶射被膜の厚さは、0.05mm～0.5mmの範囲で制御可能であるが、高周波の電流通過による電食を防ぐために0.3mm以上としている。

図3は、セラミック溶射被膜0.3mmの静電容量の温度依存性を示したものであるが、温度上昇に対して、静電容量は僅かに増加傾向にある。なお、周波数に対しては、誘電率の変化により、静電容量は低下傾向にあるが、大きな値の変化はない。

3.2 樹脂被膜絶縁軸受

外輪外表面に樹脂を被膜することでも軸受の絶縁化処理は行える。樹脂被膜はセラミック溶射に比べ安価に製造できるという特長を持っている。しかし、その反面、樹脂の断熱作用から、特にグリース給脂後の回転初期に発生した熱が放熱しにくいということと、樹脂の収縮による寸法変化が確認されている。

この問題を解決すべく合成樹脂材料の熱伝導性を向上させ、放熱性に優れ、更に寸法安定性を改善した高熱伝導性樹脂絶縁軸受を開発した。

3.2.1 熱伝導改良材の特徴

従来の被膜樹脂の組成には、ガラス繊維強化のポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂を使用してきた。PPS樹脂を採用した理由として、耐熱性・吸水性・絶縁性に優れ、特に樹脂の吸水率が最大で0.1%以下と

表2 熱伝導率比較

Table 2 Comparison of thermal conductivity

測定項目	従来材	高熱伝導改良材
熱伝導率 (W/m・K)	0.35	0.92

測定温度：20

非常に小さく、吸水による絶縁抵抗の低下がない。従来材のこれらの特徴は維持しつつ、熱伝導性を上げるため、従来のガラス繊維強化したPPS樹脂に非導電性の高熱伝導性フィラーを配合し、樹脂の熱伝導率を向上させた。このことによって、軸受内部で発生する熱を軸箱へ効率的に伝え、軸受温度上昇を抑制することが可能になり、従来材より熱伝導性に優れ、同時に耐クリープ性も向上した絶縁軸受を開発することができた。

3.2.2 熱伝導率の比較

従来の樹脂と高熱伝導に改良した樹脂の試験片を製作して、レーザーフラッシュ法にて各々の樹脂の熱伝導率を測定した(表2)。従来材と比較して、2倍以上の熱伝導率を有することが確認された。

4. 絶縁軸受の評価試験

絶縁軸受は、電食の発生を防止することから保守・メンテナンス周期の延長が期待される。絶縁軸受とし

て長期に渡り、その性能を維持していくために絶縁軸受の開発経過のなかでは、以下に述べる各種の評価試験を行った。まず、絶縁抵抗値、静電容量の温度依存性を調べ、さらに熱劣化、衝撃、湿潤などのいろいろな形態のストレスを被膜に負荷し、その後の被膜の状態観察ならびに絶縁抵抗値の安定性を測定した。

軸受の組立、及び検査時の嵌合作業が絶縁特性に及ぼす影響をチェックするために、軸受を主電動機ハウジングに嵌め込むことに対する被膜の機械的、絶縁性能的な安定性を確認した。

図4に示すように、プレスを用いて、軸受の模擬軸

箱への圧入・引抜き操作を5回繰返し、絶縁抵抗値が初期状態と変わらないことが確認された。また、軸受の組立・検査時には通例、軸受は洗浄されるが、液体浸漬に対する被膜の機械的、絶縁性能的な安定性も確認した。この場合の液体としては、100 ないし 130 に維持された白灯油、軸受洗浄液、グリースなどを用いた。軸受の組立、及び検査作業時には、絶縁軸受を作業台上に落とす可能性が無視できず、衝撃に対する絶縁軸受の機械的強度ならびに絶縁安定性を評価することが重要になってくる。この目的のため、軸受を定盤上100mmの高さから自由落下させ絶縁被膜

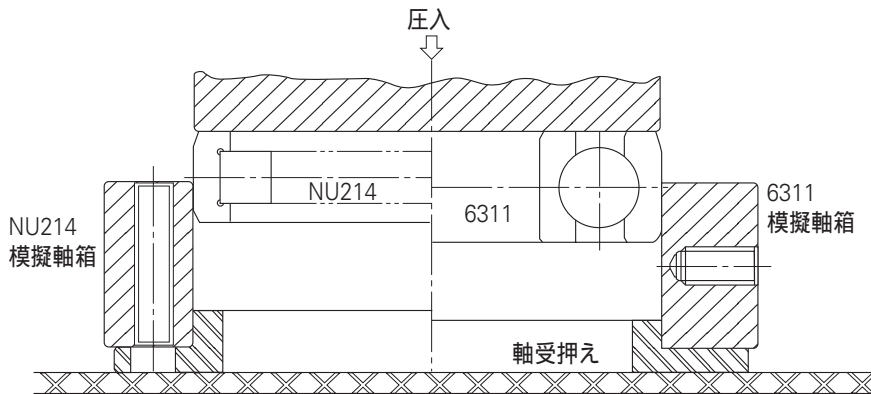


図4 嵌合作業による性能安定性確認試験

Fig. 4 Test equipment for determining fit of outer diameter

表3 絶縁軸受の各種性能評価試験結果一覧

Table 3 Performance test results of insulated bearings

No.	試験項目	試験内容	試験結果	
			セラミック溶射	PPS樹脂絶縁
1	急加速試験	グリース封入直後の急加速における温度上昇確認	異常な温度上昇なし	
2	初期絶縁抵抗測定	直流500V印加時の絶縁抵抗値	1000M 以上で問題なし	
3	初期静電容量	軸箱嵌合での静電容量	2.10nF (6311)	0.60nF (6311)
4	分解・組立試験	軸箱への抜き差しによる絶縁被膜強度、及び絶縁抵抗の変化の有無を測定	絶縁抵抗：基準値以上 絶縁被膜：異常なし	
5	絶縁抵抗温度依存性試験	軸受温度と絶縁抵抗の関係を測定	100M 以上で、著しい低下なし	
6	静電容量温度依存性試験	軸受温度と静電容量の関係を測定	ほとんど変化なし	
7	熱劣化試験	130 常温 - 10 の繰返し(20サイクル)による絶縁抵抗、及び静電容量の変化を測定	絶縁抵抗：基準値以上 静電容量：ほとんど変化なし	
8	液体浸漬試験	高温液体(白灯油、軸受洗浄液)、グリースに浸漬し、絶縁抵抗、及び静電容量の変化を測定	絶縁抵抗：基準値以上 静電容量：ほとんど変化なし	
9	落下衝撃試験	高さ100mmからの定盤への落下衝撃による絶縁被膜の状態、及び絶縁抵抗の変化を測定	絶縁抵抗：基準値以上 絶縁被膜：異常なし	
10	湿潤試験	常温常湿 40、湿度85%繰返し(20サイクル)による絶縁抵抗、静電容量の変化を測定	絶縁抵抗：基準値以上 静電容量：ほとんど変化なし	
11	回転試験	飽和後、室温からの温度上昇を標準軸受(非絶縁軸受)と比較	温度上昇は標準軸受と同等	
12	絶縁破壊試験	絶縁耐力と破壊有無の状態を確認	4kV以上	

の状態観察，絶縁抵抗値確認を行った．その他，高速回転試験を行い，絶縁性能，回転性能を評価した．さらに最終的な確認として，すべての供試軸受に対して絶縁破壊強度を測定した．

以上のような評価試験の結果を一覧にまとめ，表3に示す．

5. 絶縁軸受の使用例

セラミック溶射絶縁軸受は，高い信頼性から300系新幹線電車以降の全ての新幹線交流主電動機，新製機関車交流主電動機に使用されている．また，樹脂被膜絶縁軸受は，セラミック溶射に比べ安価に製造できるという特長から，1990年代初頭から在来線電車交流主電動機に主に使用されている．いずれの絶縁軸受においても，使用後の軸受の肉眼観察，及び転動体表面

の顕微鏡組織観察の結果，クレータや洗濯板状の電食の発生はまったく認められない．

6. あとがき

十分な絶縁性能と耐久性を持つ主電動機用の絶縁軸受を開発した．この絶縁軸受は，長寿命グリース，潤滑に関する軸受周りの構造，低発熱・低摩耗軸受等の開発とあいまって，ますますの長期メンテナンスフリーを実現できると期待している．

参考文献

- 1) ORE committee, "ORE Report", Question B136 (1979), Report No.10, UIC

高性能表面改質ボール「DSボール」の開発

國分 秀樹* , 山村 賢二* , 田中 進* , 大堀 學*

Development of NSK's High Performance Surface Modified Ball DS Ball

by H. Kokubu , K. Yamamura , S. Tanaka , M. Ohori



國分 秀樹



山村 賢二



田中 進



大堀 學

NSK has developed a high performance steel ball for use in miniature ball bearings called "DS ball". The surface of the DS ball is modified by heat treatment to produce a tenacious layer of nitride. The layer of nitride has properties similar to a ceramic, consequently the surface of the DS ball has a high resistance to wear and fretting and emits less noise during operation. Unlike a ceramic ball however, the DS ball has high impact strength due to the steel core.

- 1. まえがき
- 2. DSボールの開発コンセプトと技術的ポイント
- 3. DSボールの特長
 - 3.1 物 性
 - 3.2 音響耐久性
 - 3.3 耐フレッチング性
 - 3.4 耐衝撃性
 - 3.5 回転精度
 - 3.6 各種性能評価まとめ
- 4. あとがき

NSKでは、材料、熱処理および加工技術により、耐摩耗性や耐フレッチング性に優れた、高性能表面改質ボール「DSボール」を開発した。

DSボールは、鋼の表面に高硬度な窒素化合物（擬似セラミック層）を形成することで、鋼球の持つ優れた耐衝撃性とセラミックボールに匹敵する音響耐久性、耐フレッチング性等の特性を持つミニチュア軸受用ボールである。

1. まえがき

近年、OA機器や家電機器に使用されるミニチュア軸受は、ますます複雑化、苛酷化してきている。

その中でもパソコンの記憶装置として使用されるハードディスクドライブ（HDD）は、年々大容量化、高密度化が進んでおり、そこに使用されるスピンドルモータ用高精度ミニチュア軸受には、高速性、長期信頼性など高い性能が求められている。

これに対しNSKでは、セラミック製のボールを使用した軸受（以下セラミック軸受；ボールのみセラミ

ック）を開発し量産しているが、鋼球とのコスト差が大きく、さらにセラミック固有の問題が生じることがある。

そこで、NSKでは、独自の材料、熱処理技術および加工技術を生かし、低コストでセラミックボールと同等の高速性、長期信頼性に優れた、高性能表面改質ボール（DSボール）を開発したので紹介する。

2. DSボールの開発コンセプトと技術的ポイント

近年、OA機器などに要求される高精度化、高速性、静粛性、携帯安易性、省電力の要求に対して、軸受には、低NRRO、音響耐久性、耐衝撃性、耐フレッチング性、低トルクなどが求められている。

表1にHDDおよびスピンドルモータ用軸受に要求される特性について示す。

鋼球を使用した軸受は、高精度でコストが安いことから一般的に多く使用されているが、軸受の高速化や搬送方法によっては、音響耐久性、耐フレッチング性の面で限界に近づきつつある。

音響耐久性、耐フレッチング性は、どちらも極微小な摩耗による不具合である。セラミックボールは、鋼球

* 総合研究開発センター 基盤技術研究所

表1 HDDスピンドルモータ用軸受への要求性能
Table 1 Property required for HDD spindle motor bearing

HDD要求性能	軸受への要求性能	ボールへの要求性能	鋼 球	セラミックボール
高速性	音響耐久性	耐摩耗性	×	
静粛性	低NRRO	高精度		
携帯容易性	耐衝撃性	低弾性係数		×
信頼性	音響耐久性 耐フレッチング性	耐摩耗性	×	
省電力	低トルク	耐摩耗性	×	
低コスト	低コスト	低コスト		×

; 優れている, ; 良い, × ; 劣っている

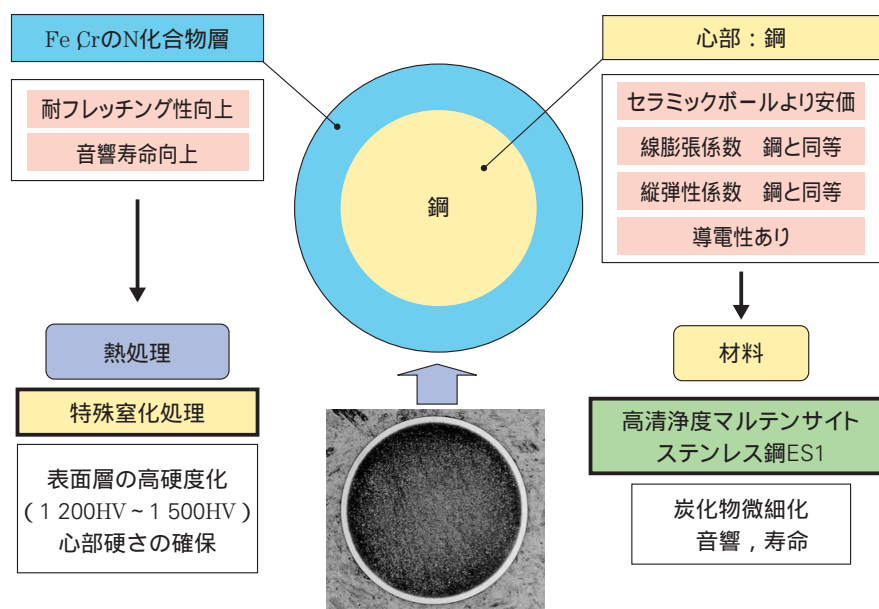


図1 DSボールの構成および技術的ポイント
Fig. Details of DS ball technology

に比べてはるかに硬く、優れた耐摩耗性を有している¹⁾。

しかし、弾性係数が高いことにより耐衝撃性が劣ることやリングとの線膨張係数の違いにより温度変化により軸受予圧が変化するなどの短所もあり、軸受設計による対策などが必要となることがある。

DSボールは、表1の要求性能を満足するために、鋼をベースとして、表面に高硬度な窒素化合物（擬似セラミック層）を形成したものとした。

図1に、開発したDSボールの構成および技術的ポイントについて示す。

DSボールは、鋼をベースとしているので、セラミックボールに比べて安価で、線膨張係数、弾性係数も鋼と同等である。また、表面には高硬度な鉄クロムの窒素化合物層を形成することにより、セラミックと同等

の音響耐久性、耐フレッチング性能を持たせている。

技術的なポイントとしては、材料には高純度マルテンサイト系ステンレス鋼ES1材を使用し、表面改質技術には特殊窒化処理法を採用したことである。

ES1は、NSKが開発した軸受用マルテンサイト系ステンレス鋼であり、炭素、窒素とクロムの適正成分設計により共晶炭化物がなく、微細な炭化物・窒化物とち密なマルテンサイト組織からなり、音響静粛性、耐久寿命性に優れている²⁾。

ES1に特殊窒化処理をすることにより、表面に極めてち密な靱性のある窒素化合物層が均一に形成され、1200HV ~ 1500HVという高い表面硬さを得ることができる。この窒素化合物層は、メッキなどのような被膜ではないので、界面の強度は高く、容易にはがれたり欠けたりするものではない。また、ES1を使用する

表2 各種ボールの物性比較
Table 2 Physical coefficient property of various balls

ボール材質 物性	SUJ2 (軸受鋼)	DS	S ₃ N ₄ (セラミック)
密度 (g/cm ³)	7.8	7.7	3.1 ~ 3.3
縦弾性係数 (GPa)	208	240	320
線膨張係数 (×10 ⁻⁶)	12.5	10.8	2.5 ~ 3.3
比抵抗 (μ・cm)	22	55	1 016 ~ 1 020
表面硬さ (HV)	772 ~ 900	1 200 ~ 1 500	1 400 ~ 1 800

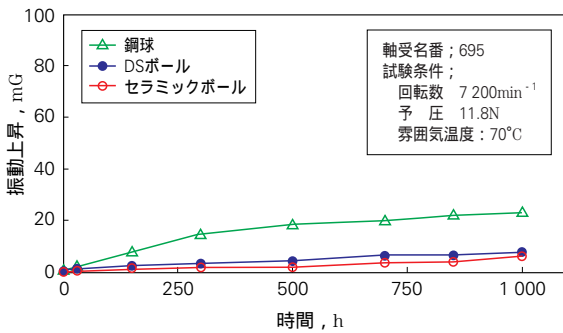
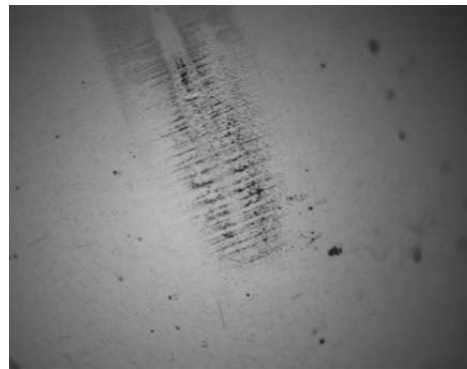


図2 音響耐久試験結果
Fig. 2 sound property test results



軸受名番; 695
試験条件; 2°×30万回

図3 フレッチング耐久試験による鋼球の損傷例
Fig. 3 Typical surface observation of the ball after fretting endurance test

ことにより十分な心部硬さも確保される。

特殊窒化処理では、安定した性能を確保するため硬さと窒化層深さをミクロンオーダーで管理している。

3. DSボールの特長

3.1 物性

表2にDSボール，鋼球（SUJ2）とセラミック（S₃N₄）の物性比較を示す。

DSボールの物性は、鋼をベースとしているため比較的鋼球に近い。したがって、温度変化によるモータの予圧変化（線膨張係数）や耐衝撃性（弾性係数）等の点でセラミックボールより有利である。また、表面はセラミックと同等の硬さを有している。

3.2 音響耐久性

軸受の高速化に対応するためには、モータの発熱や軸受内グリスの減少など苛酷な条件下においても長期間初期の性能を維持することが必要である。図2に高温高速における音響耐久試験結果を示す。

DSボールは、表面に形成された硬い窒素化合物層が擬似セラミック層となり、耐摩耗性が向上し鋼球に比べて高い音響耐久性を示している。

3.3 耐フレッチング性

軸受が停止状態で輸送などによる振動を受けた場合、フレッチングと呼ばれる微小摩耗により、ボール表面が損傷する場合がある。図3に鋼球のフレッチング試験後の損傷例を示す。

また、図4にDSボール，セラミックボール（S₃N₄），および鋼球の軸受フレッチング耐久試験結果を示す。DSボールは、音響耐久性と同様に、表面に窒素化合物層を形成したことにより、耐摩耗性が向上し、セラミックボールと同等の高い耐フレッチング性を示している。

3.4 耐衝撃性

モバイルパソコンなどのように携帯性を要求される場合、衝撃荷重を受け軸受に圧痕がついて音響不具合を起こす可能性が有る。

図5に耐衝撃試験の結果を示す。セラミックボールは弾性係数が高いので、衝撃荷重を受けた場合リングとの接触面圧が高くなるため、リングに圧痕がつきやすい。このため、軸受のみぞ曲率変更や設計変更によ

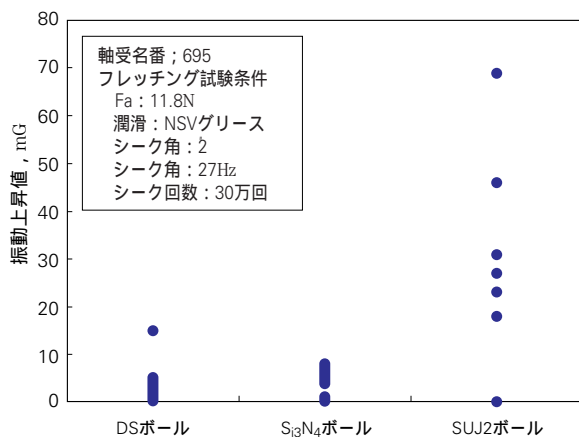


図4 フレッチング耐久試験結果
Fig. 4 Fretting test results

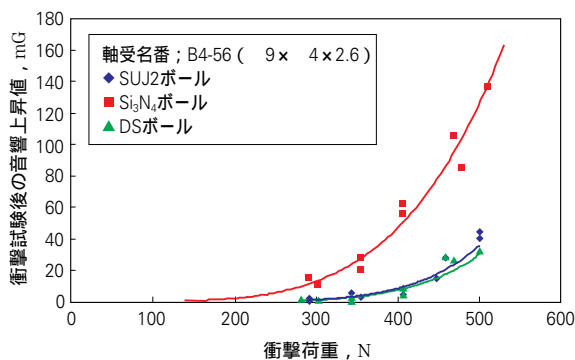


図5 耐衝撃試験結果
Fig. 5 Shock load test results

表3 性能評価結果まとめ
Table 3 Property assessment results

評価項目	SUJ2ボール	DSボール	Si ₃ N ₄ ボール
高精度			
音響耐久性	×		
耐衝撃性			×
耐フレッチング性	×		
導電性			×
温度変化による予圧変化			×
コスト			×

; 優れている, ; 良い, × ; 劣っている

り、負荷容量を上げる工夫が必要となる。

これに対し、DSボールは、弾性係数が鋼球に近い
ため、セラミックボールよりも高い耐衝撃性を示して
いる。

3.5 回転精度

NSKでは、高精度モータ用ミニチュア軸受に要
求される非常に厳しい低振動、低騒音の要求を満足す
るため、高精度鋼球を加工する技術を養ってきた。

DSボールについても、高精度ミニチュア軸受用
ボールとして鋼球と同等の精度に加工する技術を確立
した。

3.6 各種性能評価まとめ

表3には、ボールに要求される特性について各ボー
ルを評価した結果をまとめた。DSボールは、鋼球お
よびセラミックボールなどと比べて、総合的に優れた
性能を示している。

4. あとがき

NSKでは、独自の材料技術、熱処理技術および加
工技術を生かし、低コストで高速性、長期信頼性に優
れた、高性能表面改質ボール（DSボール）を開発し、
ミニチュア軸受に展開してきた。今後は、この耐摩
耗性、耐フレッチング性に優れた技術を生かし、他用
途への展開を検討していく予定である。

参考文献

- 1) “情報機器用極小径、ミニチュア玉軸受” NSK Technical Journal No.669 (2000) 53-54
- 2) 田中他：“軸受用高耐食ステンレス鋼 (ES1)” NSK Technical Journal No.665 (1998) 34 - 37

水混入潤滑条件下の転がり疲れ

(非公開論文)

商 品

紹 介

標準シリーズ高負荷容量形アンギュラ玉軸受

New Standard Series of High Load Capacity Angular Contact Ball Bearings

アンギュラ玉軸受は、ラジアル荷重と一方向のアキシアル荷重を負荷することができるため、一般機械に広く使用されているが、機械の小型・軽量化を図るため、軸受にいつその高負荷容量化が求められつつある。

また、アンギュラ玉軸受に使われる保持器には摩耗特性と音響特性に優れた樹脂保持器が用途によっては多く採用されている。

従来NSKでは、これらの要求に対して個別に高負荷容量形の玉案内樹脂保持器等で対応してきた。

今回、その中でも一般の用途において最もよく使用され上記の要求が多い72・73系列のB角アンギュラ玉軸受について、ポリアミド樹脂玉案内保持器を用いた高負荷容量形アンギュラ玉軸受を標準シリーズに新たに加えた。

さらに、高負荷容量形アンギュラ玉軸受では背面、正面、並列組合せなど多様な配列が可能な万能組合せ品についてもシリーズ化を行った。

1. 軸受の構造

高負荷容量形アンギュラ玉軸受は図1に示すように内外輪それぞれにカウンターボアを設けることにより、傾斜型樹脂保持器を採用し保持器強度を確保した上で、高負荷容量とすべく内部仕様の最適化を行った。

また、背面側及び正面側の差幅調整を施した万能組合せ品についても新たに標準設定を行った。

2. 軸受の特長

- (1) 従来品に対して基本動定格荷重を約10%向上させ、より長寿命を達成した。
- (2) 傾斜型玉案内保持器の採用により、案内面（保持器と玉のすべり面）への潤滑剤の流入が容易であり、案内面の耐摩耗・焼付性が向上した。
- (3) 保持器材質に使用するポリアミド樹脂は自己潤滑性があり、優れた摩擦特性と音響特性を持つ

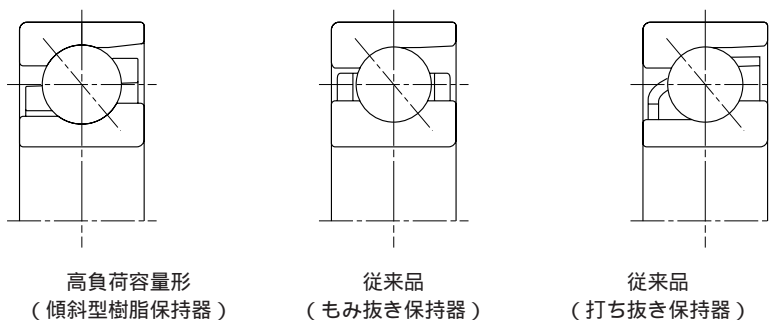


図1 アンギュラ玉軸受の断面比較例

Fig. 1 Cross section views of angular contact ball bearings for comparison

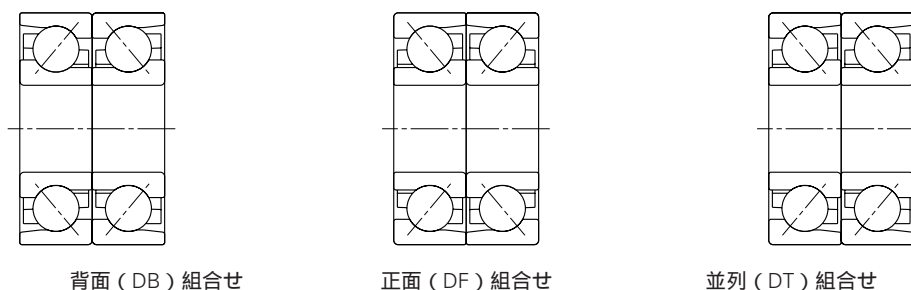


図2 組合せ軸受

Fig. 2 Back-to-back, face-to-face, and tandem arrangements

ため、低摩擦であり摩擦粉を出しにくく、軸受内部の高い清浄度を保持でき低騒音である。

今回の新シリーズでは、ポリアミド樹脂で最も代表的なナイロン66に対して、より高温特性に優れたナイロン46を採用し、さらに信頼性を向上させた。

- (4) 万能組合せ品の採用により図2に示すように背面、正面、並列組合せなど多様な配列が可能である。なお、背面及び正面組合せとした場合のアキシアル内部すきまは表1に示したように5種類用意しており、使用条件に合せた選択が可能である。

3. シリーズ展開呼び番号

高負荷容量標準品：

7201BEAT85 ~ 7216BEAT85

7301BEAT85 ~ 7316BEAT85

高負荷容量万能組合せ品：

例) 7201BEAT85SUN ~ 7216BEAT85SUN

例) 7301BEAT85SUN ~ 7316BEAT85SUN

上記万能組合せ品の記号SUNは万能組合せ品のNすきま品を意味する。

万能組合せ品のすきま又は予圧規格は5種類設定しており、規格は表1による。

なお、各軸受の主要寸法及び基本定格荷重については表2による。

4. まとめ

以上紹介したように標準シリーズ高負荷容量形アンギュラ玉軸受は、荷重負荷能力、潤滑特性が向上した。またナイロン46を採用したことにより熱的、化学的安定性にも優れている。このため、より広い用途での採用が可能である。

今後、標準シリーズ高負荷容量形アンギュラ玉軸受適用範囲の拡大を行っていく予定である。

表1 アンギュラ玉軸受（接触角40°）万能組合せ品を正面及び背面組合せした場合のアキシアルすきま

Table 1 Axial clearance (SUN & SUX) and preload (SUL, SUM, & SUH) of 40° angular contact ball bearings (universal mount) for DB and DF arrangements

内径 (mm)	アキシアル内部すきま (+ : 正のすきま, - : 負のすきま) (µm)										
	記号 SUN (最小) (最大)		記号 SUX (最小) (最大)		記号 SUL (最小) (最大)		記号 SUM (最小) (最大)		記号 SUH (最小) (最大)		
d こえ 以下											
10 30	+16	+36	-2	+18	-12	+8	-16	+4	-20	0	
30 50	+16	+40	-2	+18	-12	+8	-18	+2	-22	-2	
50 80	+22	+46	-2	+22	-14	+6	-22	-2	-28	-8	

注：アキシアルすきまは測定すきまを意味します。



写真1 高負荷容量形アンギュラ玉軸受

Photo 1 High load capacity angular contact ball bearings

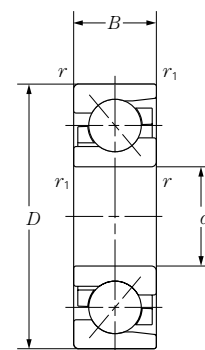


表2 軸受主要寸法と基本定格荷重

Table 2 Boundary dimensions and basic load ratings

呼び番号	主要寸法 (mm)					基本定格荷重	
	d	D	B	r (最小)	r_1 (最小)	C_r (N)	C_{or} (N)
7201BEA	12	32	10	0.6	0.3	7 750	3 750
7301BEA	12	37	12	1	0.6	10 500	4 950
7202BEA	15	35	11	0.6	0.3	9 300	4 800
7302BEA	15	42	13	1	0.6	13 600	6 900
7203BEA	17	40	12	0.6	0.3	11 000	6 100
7303BEA	17	47	14	1	0.6	16 000	8 300
7204BEA	20	47	14	1	0.6	14 800	8 150
7304BEA	20	52	15	1.1	0.6	18 900	10 500
7205BEA	25	52	15	1	0.6	16 700	10 200
7305BEA	25	62	17	1.1	0.6	25 900	14 900
7206BEA	30	62	16	1	0.6	22 600	14 300
7306BEA	30	72	19	1.1	0.6	34 500	20 600
7207BEA	35	72	17	1.1	0.6	31 000	19 600
7307BEA	35	80	21	1.5	1	38 500	24 400
7208BEA	40	80	18	1.1	0.6	36 500	24 500
7308BEA	40	90	23	1.5	1	50 500	33 000
7209BEA	45	85	19	1.1	0.6	38 500	27 100
7309BEA	45	100	25	1.5	1	59 500	39 500
7210BEA	50	90	20	1.1	0.6	40 000	29 700
7310BEA	50	110	27	2	1	74 500	50 500
7211BEA	55	100	21	1.5	1	49 000	37 000
7311BEA	55	120	29	2	1	85 000	58 500
7212BEA	60	110	22	1.5	1	59 000	45 000
7312BEA	60	130	31	2.1	1.1	97 500	68 500
7213BEA	65	120	23	1.5	1	66 500	53 500
7313BEA	65	140	33	2.1	1.1	108 000	77 000
7214BEA	70	125	24	1.5	1	72 000	58 500
7314BEA	70	150	35	2.1	1.1	118 000	87 500
7215BEA	75	130	25	1.5	1	75 000	63 500
7315BEA	75	160	37	2.1	1.1	127 000	98 500
7216BEA	80	140	26	2	1	83 500	70 000
7316BEA	80	170	39	2.1	1.1	138 000	110 000

新世代 NSK リニアガイド ミニアチュアPUシリーズ

New Generation of NSK Linear Guides - Miniature PU Series

NSKリニアガイド・ミニチュアPUシリーズは、鋼球循環路を樹脂構造とし、循環軌道を新設計とした新世代の小型リニアガイドである。様々な特長を生かし、半導体製造装置から医療機器まで最先端分野に対応することを狙いとして、商品化した。

なお、PUシリーズは従来のミニチュアLUシリーズと取付け寸法が互換になっており、また基本定格荷重もこれと同じである。LUシリーズが使用されている範囲を含めて、さらに幅広い用途への活用が期待される。

以下にPUシリーズの概要を紹介する。

1. 特 長

- (1) 鋼球循環部の材料・構造の変更により、鋼球が滑らかに循環するので、作動性が良好である。
- (2) ベアリング本体の一部に樹脂材を採用したことで、ベアリングをおよそ20%軽量化（従来品比）している。
- (3) 循環穴部を樹脂構成としたことで、鋼球と循環

穴の衝突による音の発生を削減しており、好音質である。

- (4) 鋼球の軌道における段差の抑制、ラビリンス構造（次項参照）等、ベアリング全体にわたって発塵を抑えた設計としている。
- (5) レール側面とベアリング内壁との間をラビリンス構造にしているため、アンダーシールと同等の効果があり、防塵性に優れている。
- (6) ステンレス材を採用しているため、耐食性が高い。
- (7) ベアリングをレールから抜いても、保持器によってボールが保持されて脱落しないので、取扱いが容易である。
- (8) 潤滑ユニット「NSK K1[®]」の装着が可能であり、長期メンテナンスフリーを実現出来る。

2. 精度，予圧，寸法

精度等級は超精密級P4，精密級P5，上級P6，並級PNの4等級を用意している。また、予圧は微予圧Z1と



写真1 ミニアチュア PU シリーズ外観

Photo 1 Miniature PU series

微すきまZ0の2種類を用意している。
各形式の主要寸法を表1に示す。

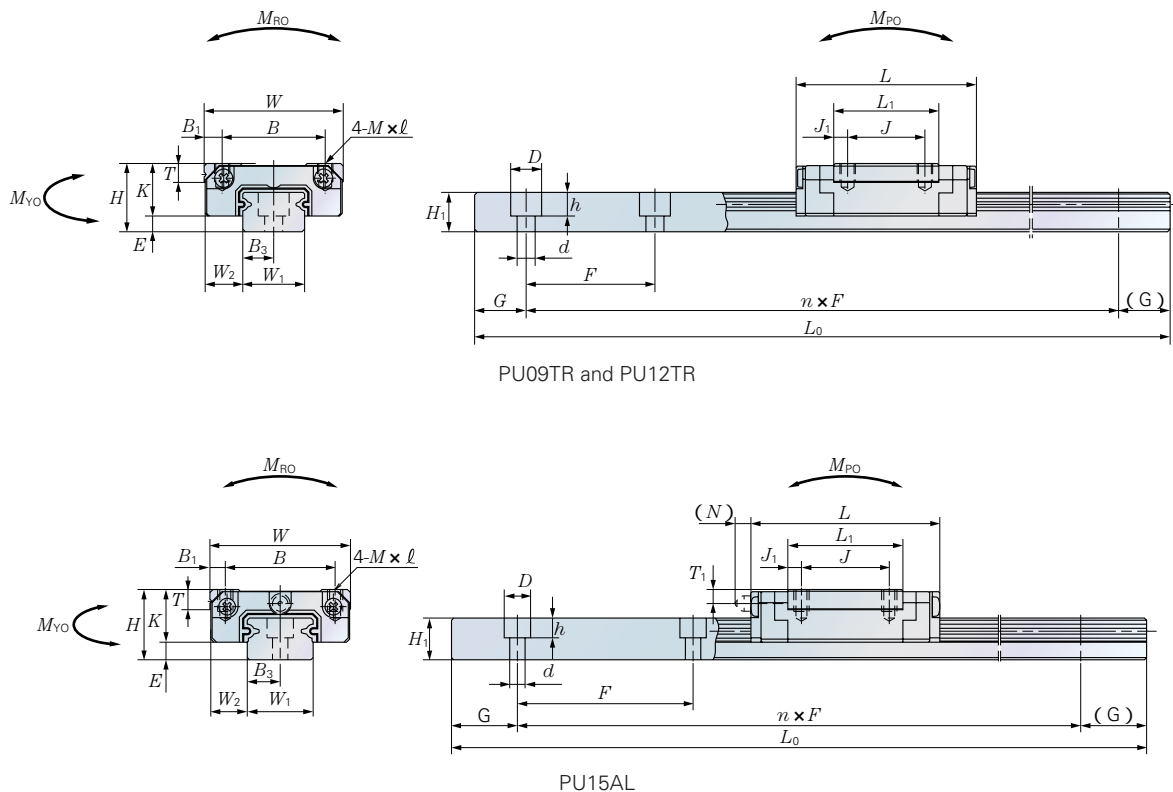
3. LUシリーズとの互換について

PUシリーズは、LUシリーズ（LU09TR，LU12TR，LU15AL）と取付け周り寸法が互換になっており，また基本定格荷重も同じである。

4. 用途

高作動性・低発塵であることから液晶製造装置，基板製造装置に，軽量・低発塵であることから半導体製造装置（マウンタ，ダイボンダ，露光装置）に，また，好音質・優れた防塵性であることから医療機械，各種精密ステージ等に適している。

表1 標準寸法一覧
Table 1 Standard dimensions



形式	組立品寸法			ベアリング寸法												
	高さ H	E	W ₂	幅 W	長さ L	取付タップ穴			B ₁	L ₁	J ₁	K	T	グリースニップル		
						B	J	M×ピッチ×ℓ						取付穴	T ₁	N
PU09TR	10	2.2	5.5	20	30	15	10	M3×0.5×3	2.5	19.6	4.8	7.8	2.6	-	-	-
PU12TR	13	3	7.5	27	35	20	15	M3×0.5×3.5	3.5	20.4	2.7	10	3.4	-	-	-
PU15AL	16	4	8.5	32	43	25	20	M3×0.5×5	3.5	26.2	3.1	12	4.4	3	3.2	(3.3)

単位：mm

レール寸法					基本定格荷重							ボール径	質量	
レール幅 W ₁	レール高 H ₁	ピッチ F	取付ボルト穴 d×D×h	B ₃	G (推奨)	最大長さ L _{0max}	動定格 C(N)	静定格 C ₀ (N)	静モーメント(N・m)			D _W	ベアリング (g)	レール (g/100mm)
								M _{RO}	M _{PO}	M _{YO}				
9	5.5	20	3.5×6×4.5	4.5	7.5	600	1 180	1 770	9	5	5	1.587	16.4	35
12	7.5	25	3.5×6×4.5	6	10	800	2 160	2 450	22	12	12	2.381	32.2	65
15	9.5	40	3.5×6×4.5	7.5	15	1 000	4 300	4 500	42	22	22	3.175	58.9	105

商 品

紹 介

高速静音ボールねじ HMC-B02シリーズ

High Speed and Low Noise Ball Screws - HMC-B02 Series

このたび、新しい高速工作機械用ボールねじとして、高速静音ボールねじHMC-B02シリーズを開発、商品化した。

この高速静音ボールねじは、新開発したボール循環構造を採用することなどによって、従来の高速工作機械用ボールねじHMC-B01シリーズと比較して、大幅な高速化、静音化、ナット外径のコンパクト化などを実現した画期的なボールねじである。

1. 背 景

近年、工作機械の高速化・高精度化が著しく進んでいる。高速化に関しては、マシニングセンタなどの早送り速度は50～60m/minも珍しくなくなり、最高レベルでは100m/min以上にも達している。今後、さらにタクトタイムの短縮による生産性の向上が追求される中で、高速・高加減速化の傾向がさらに進んでいくものと思われる。

このような状況の下で使用されるボールねじには、更なる高速性が求められると同時に、静音性、コンパクト性等の要求があり、ボールねじトータルとしての機能向上が強く求められている。

2. HMC-B02シリーズ

このようなニーズに答えられる新しい高速工作機械用ボールねじとして、写真1に示す高速静音ボールねじHMC-B02シリーズを開発、商品化した。シリーズ構成を表1に示す。今後、さらにシリーズの拡充を図っていく予定である。

HMC-B02シリーズは、従来のリターンチューブによるボール循環方式に代わって、ナットの内部に設けたデフレクタによって、ボールをその進行方向に沿ってすくい上げる方式を採用している。これによって大幅な高速化、静音化、ナット外径のコンパクト化などを実現した。

3. 特 長

3.1 高 速 化

従来方式では、循環部品の先端部分にボールが繰り返し衝突していたので、ボールねじの最高回転数がその疲労強度に依存していた。

本方式は、循環部品がボールをその進行方向に滑ら



写真1 HMC-B02 シリーズ

Photo 1 HMC-B02 series

表1 シリーズ構成
Table 1 Product lineup of series

単位：mm

リード 軸径	10	16	20	25~30
32	展 開 予 定			展 開 予 定
36				
40				
45				
50				

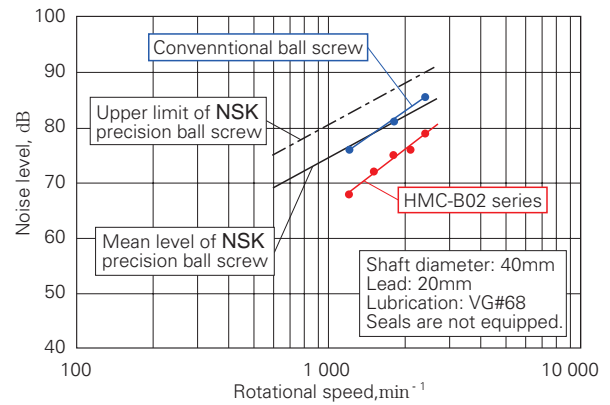


図1 騒音レベルの比較
Fig. 1 Comparison of noise levels

かにすくい上げるために、大幅な高速化が可能となり $d \cdot n$ 値18万を実現した。これは、従来の最高レベルであった $d \cdot n$ 値13.5万に対して約33%アップにも相当するものである。

なお、 $d \cdot n$ 値はボールねじの高速性を表すパラメータであり、 d ：軸径 (mm)、 n ：回転数 (min^{-1}) を示す。

3.2 静音化

上記すくい上げ方式の採用と、循環部をナット内部に収めた防音効果によって、大幅な静音化と同時に好音色を実現した。図1に従来品と比較した騒音レベルの実験結果を示す。図から、騒音レベルが5~7dBも低下していることがわかる。

3.3 ナット外径のコンパクト化

上記すくい上げ方式の採用などによって、従来品と比べて最大30%にも及ぶナット外径のコンパクト化を実現した。また、取り付け回りの寸法はDIN規格 (DIN69051) 改訂案にも適合するものである。

3.4 シールの高防塵、低トルク化

厳しい異物環境下での使用にも適応できるように、従来のラビリンスシールに代わって、新しく開発した

接触シールを採用している。この接触シールは従来のラビリンスシールと比較して、異物の通過量が約1/15にも低減する実験結果が得られている。

一般に、接触シールはねじ軸としゅう動するため、高い防塵性が得られる反面、摩擦トルクが上昇してしまう欠点をもっている。

本シールは薄型プレート形状とすることによって、ねじ軸との摩擦が極めて小さく抑えられている。また、シールの両側にスクレーパを取り付けて、シールのめくれを防ぐ構造になっているので、高い耐久性を有している。

3.5 温度上昇の低減

本シリーズは従来シリーズと同様に、オプションとして中空軸による強制冷却が可能な仕様になっている。

高速化・高精度化に伴って発熱の問題がますます重要になってくるが、強制冷却を採用することによって温度上昇を大幅に抑制するとともに、温度安定状態までの時間を短縮することができる。

また、中空軸強制冷却で発熱量を抑えることによって、ねじ軸両端の支持軸受を固定構造とすることが可能となり、高剛性・高精度を得ることができる。

工作機械向け超高精度 NSK リニアガイド HAシリーズ

Ultra-Precision NSK Linear Guides for Machine Tools - The HA Series

近年，工作機械や各種装置の高精度化に伴って，直動案内の運動精度の向上が求められている．

転動体が無限循環するリニアガイドは，高精度を追求していくと転動体通過振動による運動精度誤差が問題となることがあり，高精度が特に必要とされる用途では，エアスライドや滑り案内が使用されていた．

しかしながら，エアスライドでは制御が難しく，高価格であること，滑り案内では高速性に劣ること，保守が面倒であることなどの問題があり，市場からはリニアガイドに対して運動精度の向上が求められていた．

NSKでは転動体通過振動の抑制などをねらいとした超高精度リニアガイド，“HA（High Accuracy）シリーズ”（写真1）を開発，商品化したので，その概要を紹介する．

1. 特 長

HAシリーズは工作機械用リニアガイドLAシリーズをベースとして開発した新商品であり，高精度なりニアガイドに求められる下記の特長を有している．

- (1) 高い運動精度
 - ・ベアリングを超長型にするとともに，転動体循環部を最適設計とすることにより，転動体通過振動を低減
- (2) 高剛性・高負荷容量
 - ・有効玉数の増加により高剛性，高負荷容量を実現
- (3) 高 防 塵
 - ・インナーシールを標準装備して，異物環境下での耐久性，精度寿命を向上
- (4) レール取付け真直性の向上
 - ・機台にレールの曲がりを抑えた取付けを行えるように，取付け穴ピッチを従来の半分の長さとして，レールの取付け真直性を向上
 - ・レール取付け穴の座ぐり深さを大きくすることによって，ボルトの締付けによるボルトピッチのうねりを抑制

図1に同一テーブル体を使用した従来仕様との転動体通過振動の比較実測データを示す．テーブル中央から送り方向に500mmオーバーハングした位置で，上下（ピッチング）方向の転動体通過振動を測定した．

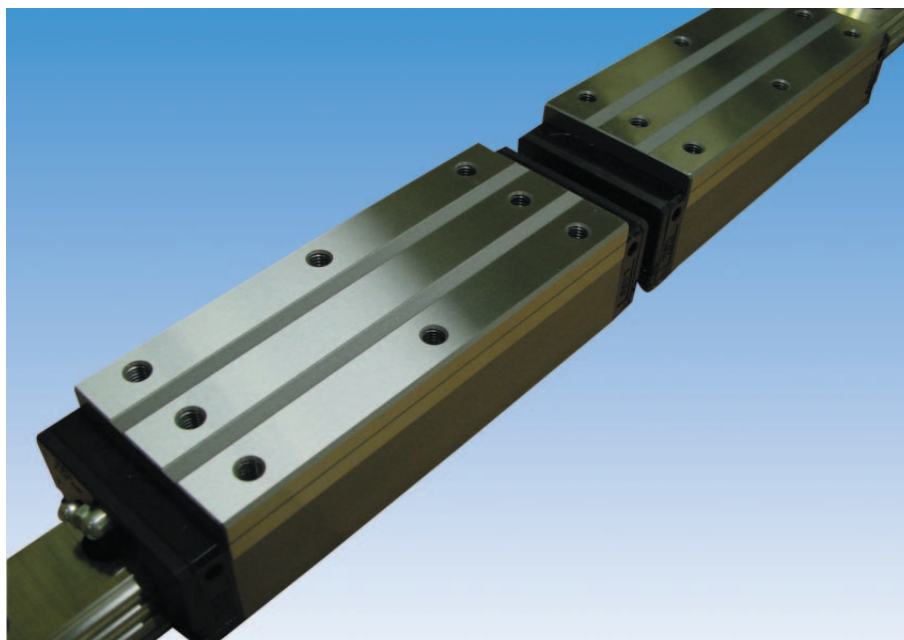


写真1 HAシリーズの外観
Photo 1 HA series

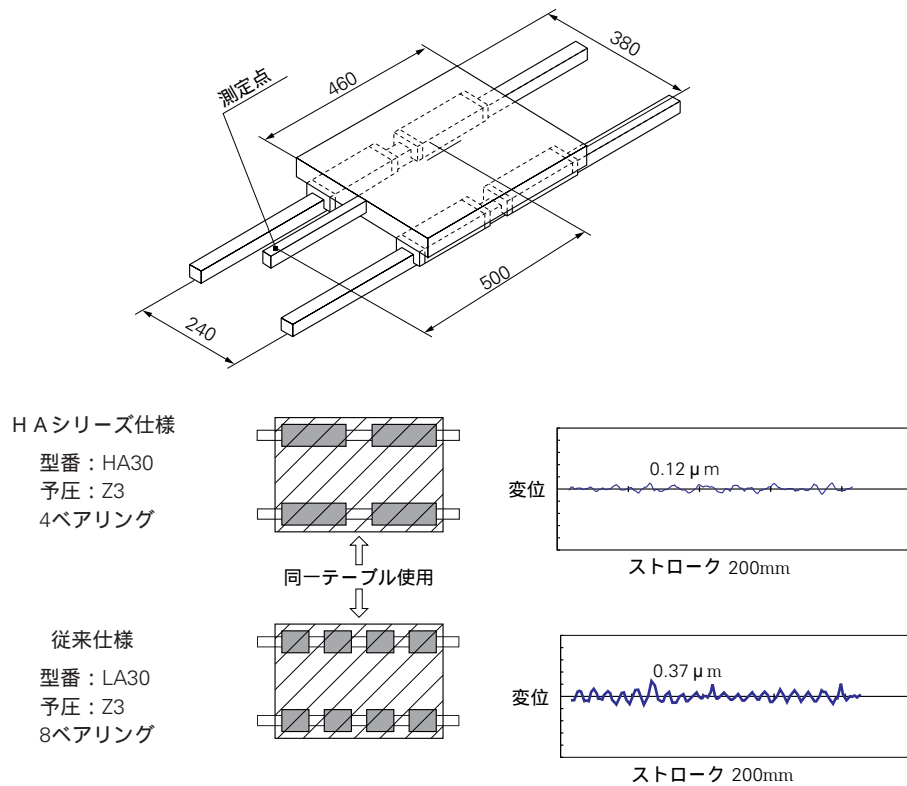


図1 転動体通過振動実測データ
Fig. 1 Comparison of vibration caused by ball passage

表1 形式とベアリング形状
Table 1 Model number and type of ball slide

形式	ベアリング形状		
	AN:角形	AL:角低形	EM:フランジ形
HA25		-	
HA30		-	
HA35			
HA45			
HA55			

2. 仕様

本シリーズの種類（形式とベアリング形状）を表1に示す。

また、そのうちのANタイプ（角形ベアリング形状）を代表として、その主要寸法を表2に示す。

(1) 形状，寸法

LAシリーズの標準ベアリング長を約2倍に大きくした。

フランジ型ベアリングの取付けタップ穴は，キリ穴としても使用することができ，上下両方向

からの固定を可能とした。

(2) 精度と予圧

精度等級はLAシリーズに準拠する。

予圧は中予圧（Z3），微予圧（Z1）を用意した。

(3) オプション

長期メンテナンスフリーを実現する，潤滑ユニット NSK K1[®]も装着可能である。

3. 用途

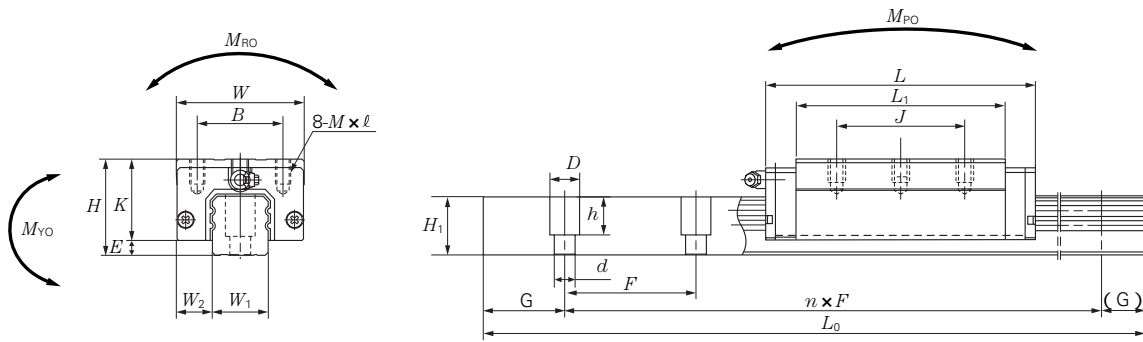
高い運動精度であることからマシニングセンター，精密旋盤，研削盤に，低摩擦で剛性が高いことから放電加工機に適している。

4. むすび

市場の高精度化要求に応えて，従来のリニアガイドでは到達できなかった高い運動精度を実現することができる，新しいタイプのリニアガイドを開発，商品化した。

今後は他のシリーズへの拡充を進め，あらゆる分野へ高精度化されたリニアガイドを展開したいと考えている。

表2 寸法表 (ANタイプ)
Table 2 Dimensions (AN type)



形式	組立品寸法			ベアリング寸法						
	高さ <i>H</i>	<i>E</i>	<i>W</i> ₂	幅 <i>W</i>	長さ <i>L</i>	取付タップ穴			<i>L</i> ₁	<i>K</i>
						<i>B</i>	<i>J</i>	<i>M</i> × ピッチ × <i>ℓ</i>		
HA25AN	40	5.5	12.5	48	147.8	35	100	M6 × 1.0 × 10	126	34.5
HA30AN	45	7.5	16	60	177.2	40	120	M8 × 1.25 × 11	149	37.5
HA35AN	55	7.5	18	70	203.6	50	140	M8 × 1.25 × 12	173	47.5
HA45AN	70	10	20.5	86	233.4	60	160	M10 × 1.5 × 16	197	60
HA55AN	80	12	23.5	100	284.4	75	206	M12 × 1.75 × 18	245	68

形式	レール寸法						基本定格荷重				
	レール幅 <i>W</i> ₁	レール高 <i>H</i> ₁	ピッチ <i>F</i>	取付けボルト穴 <i>d</i> × <i>D</i> × <i>h</i>	<i>G</i> (推奨)	最大長さ <i>L</i> ₀ max	動定格	静定格	静モーメント (N・m)		
							<i>C</i> (N)	<i>C</i> ₀ (N)	<i>M</i> _{RO}	<i>M</i> _{PO}	<i>M</i> _{YO}
HA25	23	22	30/60	7 × 11 × 16.5/9	20	3 960 (2000)	42 700	99 600	855	1 680	1 680
HA30	28	28	40/80	9 × 14 × 21/12	20	4 000 (2000)	63 000	143 000	1 470	2 920	2 920
HA35	34	30.8	40/80	9 × 14 × 23.5/12	20	4 000 (2000)	87 500	197 000	2 470	4 620	4 620
HA45	45	36	52.5/105	14 × 20 × 27/17	22.5	3 990 (2000)	116 000	255 000	4 380	6 850	6 850
HA55	53	43.2	60/120	16 × 23 × 32.5/20	30	3 960 (2000)	187 000	398 000	8 100	13 500	13 500

* レール製作長さは P3級 は 2 000 mm 以下
 ** レール取付け穴ピッチ*F*, 取付けボルト穴 *h*寸法はいずれのサイズも選択できる

商 品

紹 介

高剛性テレスココラム

High Rigid Tilt-and-Telescopic Steering Column

1. はじめに

近年，乗用車において，乗り心地指向が高まり，運転者の体型，姿勢に合わせて適切なドライビングポジションを得られるようになってきている．ステアリングにおいても，上下方向調整のチルト機構はもちろん，車輻前後方向に伸縮可能なテレスコ機構のニーズは増えてきている．

従来の乗用車におけるチルト，テレスコ各機構は，それぞれでアジャストレバーを持つマニュアル仕様のものであり，モーターによる電動仕様というものが一般的であるが，これらは機構複雑，大重量，コスト高の問題があった．その結果，高級車向けに設定されること

が多かったが，近年高級車以外にもテレスコ機構が備わった乗用車が広まってきた．これらのニーズに応えるべく，コンパクトで低価格のチルト&テレスココラムを開発した．

本開発品は，テレスコ縮付け固定部を工夫することにより，テレスコ機構の課題であった摺動部のすきまによる剛性低下の問題を解決するとともに，1つのレバーでチルト，テレスコの両方を同時にアジャストすることが可能である．

2. 全体構造

図1に全体構造を示す．アルミブラケット（本体）の中空筒状になっている部分でコラムチューブがその

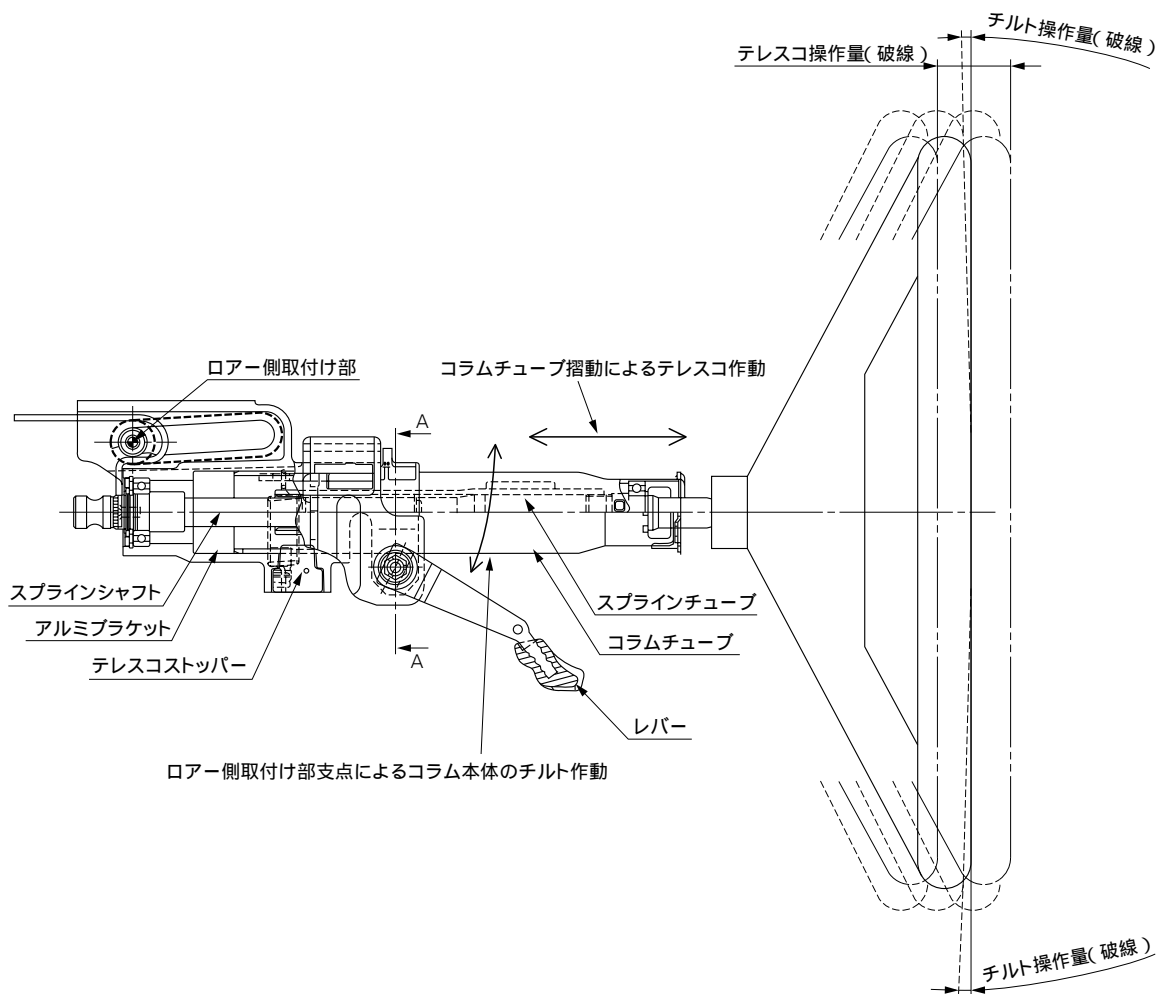


図1 全体構造
Fig. 1 Overall structure

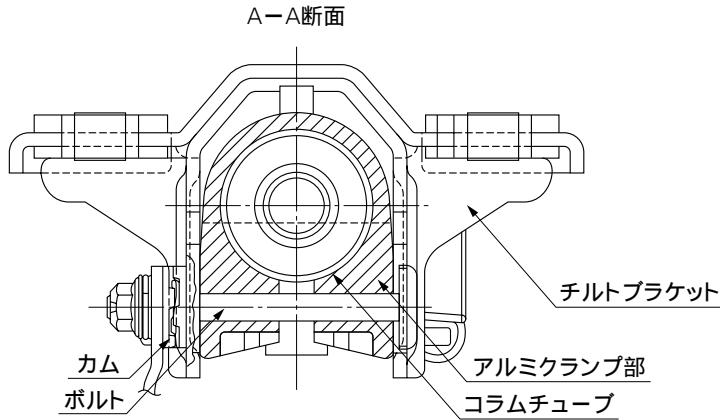


図2 A-A 断面
Fig. 2 Cross-section view A-A

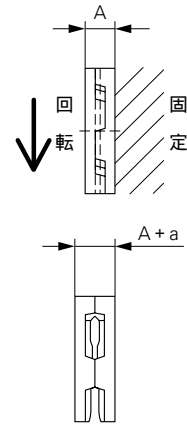


図3 カム
Fig. 3 Cam

中を運転者前後方向に摺動でき、アルミブラケットのクランプ部でコラムチューブを固定、保持するように抱える構造になっている。

また、1本のレバー操作でレバーに付属する2枚の向かい合わせになっている段付きカムの片方が回転させられることで、お互いに突っ張るようにせり上がる。せり上がった分で、チルトブラケットがコラムチューブ側に押付けられることでチルトブラケットとアルミブラケットの接触部に摩擦が発生する。これと同時にアルミクランプ部とコラムチューブの間にも同じような効果が発生することにより、コラムチューブを固定することができる。これにより、チルトとテレスコを同時に固定できる構造となっている。(図2, 図3)

テレスコ操作量は、コラムチューブ下面に長穴が施されていて、またその長穴にアルミハウジングからコラム本体内部に突出したテレスコストッパーが長穴に入り込むように配置してあり、コラムチューブが前後方向に摺動する際、長穴の端点で操作量を規制する仕組みとなっている。

3. 特長

- 1) 固定部をアルミクランプによる方式を開発し、コラムチューブの保持部のガタを消すことで高剛性化を実現した。従来のコラムチューブのクランプ方式は、鉄製のチルトブラケットで直接コラムチューブを挟み込む方式を採用していたが、調整が難しいこととすきまが出やすく、高剛性を狙うことが困難だった。
- 2) コラムチューブを保持するアルミクランプ部位と、コラム本体を固定するロワー側取付け部位とをアルミダイキャスト一体品にすることでガタ(すきま)の心配がなくなり、さらなる高剛性と、振動特性向上を実現した。従来の構造は、コラム本体

のロワー側取付け部とコラムチューブを固定するクランプ部が別の部品で構成されていたため、ガタが発生しやすく、高剛性が狙えなかった。

- 3) チルト、テレスコの操作については、従来それぞれにレバーが付き、レバー2本のものが主流であった。本開発品は、これを1本でチルト、テレスコを締付、解除でき、コンパクトに仕上げた。
- 4) シャフトを保持する軸受は、ハンドル側のアップー側は、玉軸受のものが主流だが、本開発品は、ロワー側も主流のニードルころ軸受から玉軸受を採用し、ハンドル回転性能に関するシャフトの回転トルク低減を実現した。

4. 性能(振動剛性)

コラム本体の剛性を計るためにハンマリングによる共振周波数を測定する。これは、本来実車にコラム本体を取付けて測定できればよいが、実車が開発途上の場合、実現は難しいので、図4のような簡易共振周波数測定方法を用い、共振周波数を測定する。

ハンマリングによる共振波形は、縦方向が、アイド

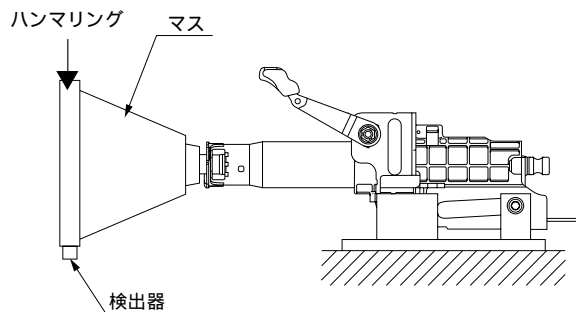


図4 共振周波数測定法
Fig. 4 Method for measurement of resonance frequency

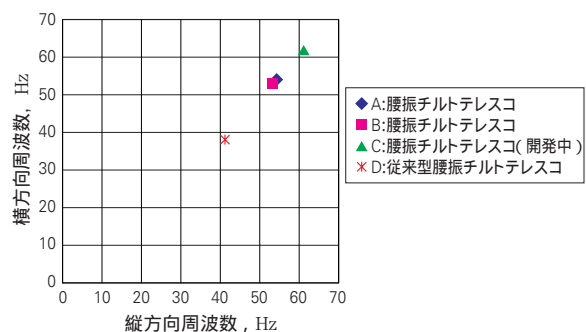


図5 共振周波数
Fig. 5 Resonance frequency

リング時や、高速走行時の車体振動に対する目安となるもので、共振周波数が低いと車体振動等に対して共鳴し易くなり、不快な振動をハンドル上に伝え易くなる。また横方向は、コーナーリング時などでのハンドルの操安性の目安となるもので、共振周波数が高いほど、安定したハンドリング感が得られると考えられている。

図5の通り、従来型品（D）と比較すると、高剛性コラム（A～C）は、共振周波数において約30%UPの効果が見られた。

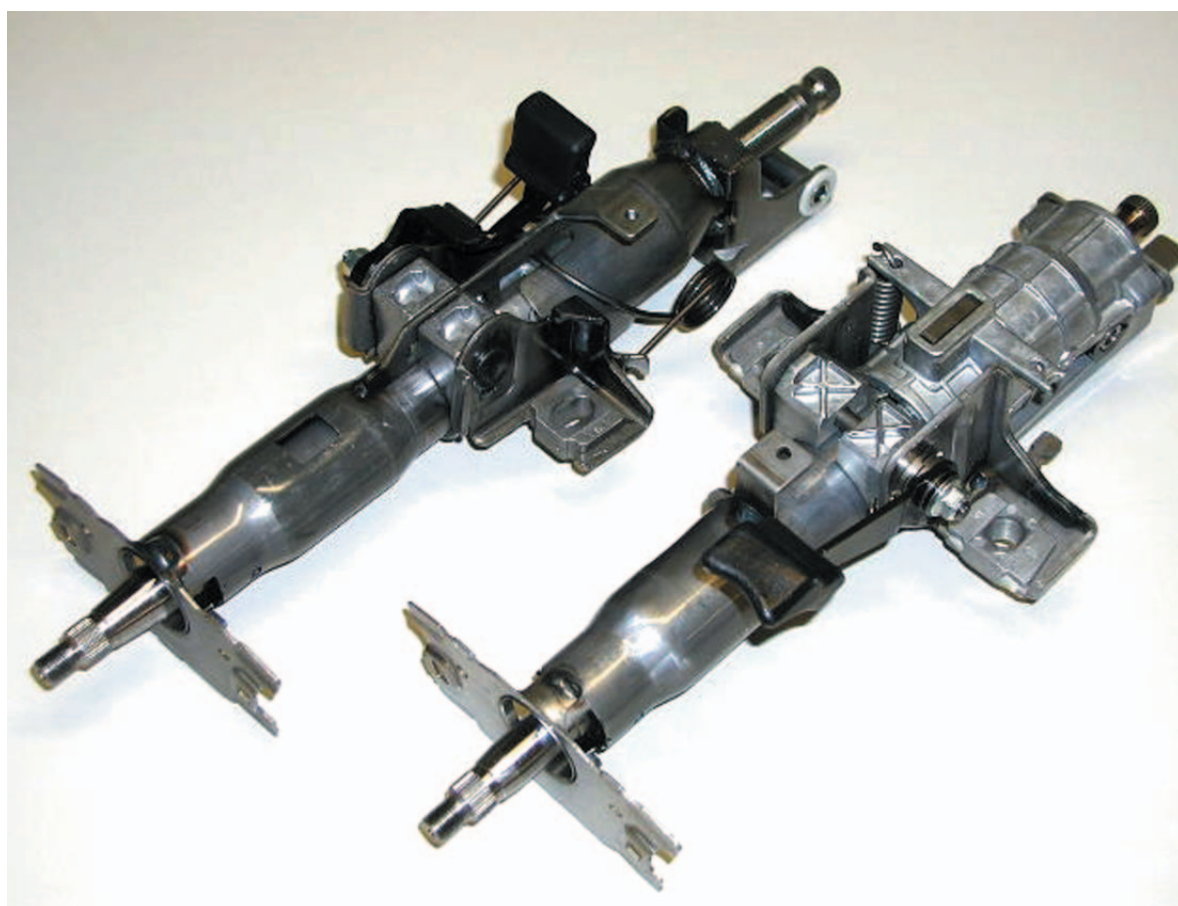


写真1 高剛性テレスココラム
Photo 1 High rigid tilt-and-telescopic steering column

本社	TEL.03-3495-8200(代)	FAX.03-3495-8240	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8575
精機販売本部	TEL.03-3779-7290(代)	FAX.03-3779-7435	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8575
名古屋駐在	TEL.052-249-5710(代)	FAX.052-249-5711	愛知県名古屋市中区新栄2-1-9(雲竜フレックスビル西館2F) 〒460-0007
大阪駐在	TEL.06-6945-8159(代)	FAX.06-6945-8177	大阪府大阪市中央区北浜東1-26(大阪日精ビル6F) 〒540-0031
アフターマーケット事業本部	TEL.03-3495-8221(代)	FAX.03-3495-8241	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8575
第一営業部	TEL.03-3779-7251(代)	FAX.03-3495-8241	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8575
第二営業部	TEL.06-6945-8159(代)	FAX.06-6945-8176	大阪府大阪市中央区北浜東1-26(大阪日精ビル6F) 〒540-0031
札幌営業所	TEL.011-231-1400(代)	FAX.011-251-2917	北海道札幌市中央区北二条東11-23 〒060-0032
東北支社	TEL.022-261-3735(代)	FAX.022-261-3768	宮城県仙台市青葉区一番町1-2-25(仙台NSビル) 〒980-0811
日立支社	TEL.0294-28-1501(代)	FAX.0294-28-1503	茨城県日立市大みか町4-13-23(ナフコビル3F) 〒319-1221
北関東支社	TEL.027-321-2700(代)	FAX.027-321-2666	群馬県高崎市栄町16-11(高崎イーストタワー3F) 〒370-0841
長岡営業所	TEL.0258-36-6360(代)	FAX.0258-36-6390	新潟県長岡市東坂之上町2-1-1(三井生命長岡ビル7F) 〒940-0066
東京第一支社	TEL.03-3779-7324(代)	FAX.03-3779-7437	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8575
東京第二支社	TEL.03-3779-7312(代)	FAX.03-3779-7437	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8575
東京第三支社	TEL.03-3779-7289(代)	FAX.03-3779-7435	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8575
宇都宮営業所	TEL.028-624-5664(代)	FAX.028-624-5674	栃木県宇都宮市今泉3-9-4(NA宇都宮ビル1F) 〒321-0966
西東京支社	TEL.0426-45-7021(代)	FAX.0426-45-7022	東京都八王子市明神町4-7-14(八王子ONビル8F) 〒192-0046
甲府営業所	TEL.055-222-0711(代)	FAX.055-224-5229	山梨県甲府市住吉2-3-23(中沢ビル) 〒400-0851
西関東支社	TEL.046-223-9911(代)	FAX.046-223-9910	神奈川県厚木市中町2-6-10(東武太朋ビル5F) 〒243-0018
長野支社	TEL.0266-58-8800(代)	FAX.0266-58-7817	長野県諏訪市中洲5336-2(諏訪貿易流通会館轟ビル4F) 〒392-0015
上田営業所	TEL.0268-26-6811(代)	FAX.0268-26-6813	長野県上田市常盤城4-4-23(YJMビル) 〒386-0027
静岡支社	TEL.054-253-7310(代)	FAX.054-275-6030	静岡県静岡市伝馬町9-1(河村ビル4F) 〒420-0858
名古屋第一支社	TEL.052-249-5730(代)	FAX.052-249-5731	愛知県名古屋市中区新栄2-1-9(雲竜フレックスビル西館2F) 〒460-0007
名古屋第二支社	TEL.052-249-5740(代)	FAX.052-249-5741	愛知県名古屋市中区新栄2-1-9(雲竜フレックスビル西館2F) 〒460-0007
名古屋第三支社	TEL.052-249-5750(代)	FAX.052-249-5751	愛知県名古屋市中区新栄2-1-9(雲竜フレックスビル西館2F) 〒460-0007
北陸支社	TEL.076-242-5261(代)	FAX.076-242-5264	石川県金沢市八日市1-770 〒921-8064
京滋支社	TEL.077-564-7551(代)	FAX.077-564-7623	滋賀県草津市大路1-8-1(南洋軒ビル5F) 〒525-0032
大阪支社	TEL.06-6945-8153(代)	FAX.06-6945-8173	大阪府大阪市中央区北浜東1-26(大阪日精ビル7F) 〒540-0031
松山営業所	TEL.089-941-2445(代)	FAX.089-941-2538	愛媛県松山市千舟町4-6-1(フコク生命ビル6F) 〒790-0011
高松駐在	TEL.087-866-4141(代)	FAX.087-867-4660	香川県高松市松縄町843-2 〒760-0079
兵庫支社	TEL.0792-89-1521(代)	FAX.0792-89-1675	兵庫県姫路市南駅前町100番(バラシオ第2ビル8F) 〒670-0962
中国支社	TEL.082-285-7760(代)	FAX.082-283-9491	広島県広島市南区大州3-7-19 〒732-0802
福山営業所	TEL.084-954-6501(代)	FAX.084-954-6502	広島県福山市曙町5-29-10 〒721-0952
九州支社	TEL.092-451-5671(代)	FAX.092-474-5060	福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-35(JT博多ビル8F) 〒812-0013
熊本営業所	TEL.096-337-2771(代)	FAX.096-348-0672	熊本県熊本市武蔵ヶ丘1-6-93(ブラッサHIKARI) 〒862-8001

NSKプレジジョン株式会社

本社 TEL.03-3779-7225(代) FAX.03-3779-7644 東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8560

日本精工株式会社

本海外CS部	TEL.03-3779-7111(代)	FAX.03-3779-7431	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8560
アジア事業本部	TEL.03-3779-7120(代)	FAX.03-3779-7433	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8560
東日本自動車第二部(大崎)	TEL.03-3779-7361(代)	FAX.03-3779-7433	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8560
東日本自動車第二部(名古屋)	TEL.052-566-4633(代)	FAX.052-566-4640	東京都品川区大崎1-6-3(日精ビル) 〒141-8560
東日本自動車第一部(厚木)	TEL.046-223-8881(代)	FAX.046-223-8880	愛知県名古屋市中村区名駅2-45-7(松岡ビル2F) 〒450-0002
東日本自動車第一部(富士)	TEL.0545-57-1311(代)	FAX.0545-57-1310	神奈川県厚木市中町2-6-10(東武太朋ビル5F) 〒243-0018
東日本自動車第三部(宇都宮)	TEL.028-624-4270(代)	FAX.028-624-4271	静岡県富士市永田町1-124-2(安田生命ビル2F) 〒417-0055
東日本自動車第三部(太田)	TEL.0276-46-6410(代)	FAX.0276-46-6444	栃木県宇都宮市今泉3-9-4(NA宇都宮ビル3F) 〒321-0966
中部日本自動車部(豊田)	TEL.0565-31-1920(代)	FAX.0565-31-3929	群馬県太田市飯田町1053(OKビル3F) 〒373-0851
中部日本自動車部(浜松)	TEL.053-456-1161(代)	FAX.053-453-6150	愛知県豊田市中市場町5-10 〒471-0875
西日本自動車部(広島)	TEL.082-284-6501(代)	FAX.082-284-6533	静岡県浜松市田町330-5(遠鉄田町ビル4F) 〒430-0944
西日本自動車部(大阪)	TEL.06-6945-8169(代)	FAX.06-6945-8179	広島県広島市南区大州3-7-19 〒732-0802
			大阪府大阪市中央区北浜東1-26(大阪日精ビル5F) 〒540-0031

お問合せは ☎0120-502260コールセンターまたは、もよりの支社・営業所にお申し付けください。

NSK販売店

NSK TECHNICAL JOURNAL

JUNE 2003 No 675

印刷 平成15年6月27日
発行 平成15年6月30日
編集人 正田 義雄
発行人 斎藤 誠造
印刷所 久下印刷株式会社
発行所 **日本精工株式会社**
広報部 TEL 03-3779-7054
東京都品川区大崎1-6-3日精ビル

非売品

無断転載を禁ずる

このジャーナルの内容については、技術的進歩及び改良に対応するため製品の外観、仕様などは予告なしに変更することがあります。なお、ジャーナルの制作には正確を期するため細心の注意を払いましたが、誤記脱漏による損害については責任を負いかねます。



日本精工株式会社

