

# 高剛性長寿命玉軸受の開発

## Development of High-Rigidity, Long-Life Ball Bearing

岩田 孝 T.IWATA

Koyo has developed high-rigidity, long-life ball bearing with a view of complying with the needs of lightweight, compact and low cost. This high-rigidity, long-life ball bearing serves longer life and higher rigidity than conventional single row ball bearings (e.g., four-point contact bearing, deep groove ball bearing), as well as it succeeded in minimizing the decline of service life compared to double row angular contact bearing.

**Key Words:** high-rigidity, long-life ball bearing, long life, high rigidity, single row ball bearing, four-point contact bearing

### 1. はじめに

現在，自動車産業においては，環境問題やメーカー間のコスト・性能競争の激化を背景に軽量・コンパクト，低コスト，高性能のニーズが一層高まっている．その状況下において軸受に対しても同様な要求がある．

そこで，今回その要求に応えるため，単列玉軸受の主寸法を有し，複列アンギュラ玉軸受に対して最小限の寿命低下で，従来の単列玉軸受(4点接触軸受，深溝玉軸受)に対して高剛性と長寿命を有する単列玉軸受を開発した．本稿ではその開発結果について説明する．

### 2. 開発目標

現在，複列アンギュラ玉軸受が使用されている用途において寿命には余裕があるが従来の単列軸受にすると寿命や剛性が満足できない場合がある．

そこで，開発目標は，複列アンギュラ玉軸受と従来の単列玉軸受の中間領域の寿命を有し，複列アンギュラ玉軸受と同等の剛性を有する軸受とした．具体的な寿命の目標値は，種々のアプリケーションの開発背景からモーメント荷重小領域で目標寿命を満足可能な従来の4点接触玉軸受比1.6倍以上，複列アンギュラ玉軸受比0.7倍以上，純ラジアル荷重下で深溝玉軸受同等以上に設定した．また，コストも深溝玉軸受に近いレベルを狙った(図1)．

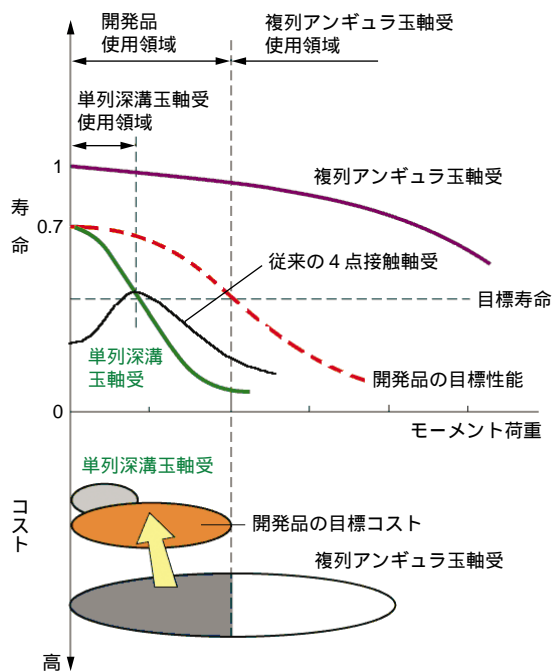
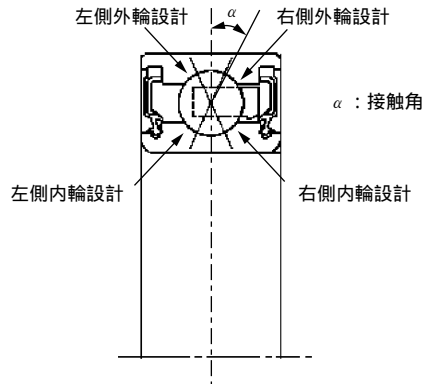


図1 開発目標  
Goal of development

### 3. 開発品の構造

開発品は，従来の4点接触玉軸受とは異なり，内部設計が左右非対称な4点接触軸受である．内外輪の軌道曲率・接触角は，発熱・肩乗り上げ・転動体-軌道間の最大接触面圧を考慮し，最適な設定となっている．また，従来の4点接触軸受に対して軌道精度も向上させている(図2)．



	開発品	従来の4点接触軸受
外輪内部設計	左側 右側	左側 = 右側
内輪内部設計	左側 右側	左側 = 右側
軌道曲率, 接触角	最適設定 (発熱・面圧・肩乗り上げ)	規定値
軌道精度	従来の4点接触軸受に対して精度向上	-

図2 開発品の構造

Structure of development article

## 4. 開発品の特長

### 4.1 焼き寿命の向上(従来の4点接触軸受比)

#### 4.1.1 純ラジアル荷重下での長寿命

##### 1)メカニズム

純ラジアル荷重下での焼き寿命向上のメカニズムを図3に示す。

従来の4点接触軸受は左右対称な内部設計のためラジアル荷重のみが負荷された場合、転動体はスピン運動をせず、C軸を自転軸に回転する。そのため転動体の同一部が転走面となり局所的な油膜切れが発生し、短寿命となる(図4)。それに対し、開発品は、左右非対称の内部設計のためラジアル荷重のみが負荷された場合でもA, B両方向のスピンモーメントが異なる。その差により転動体はスピン運動し、油膜切れを抑制するため長寿命となる。

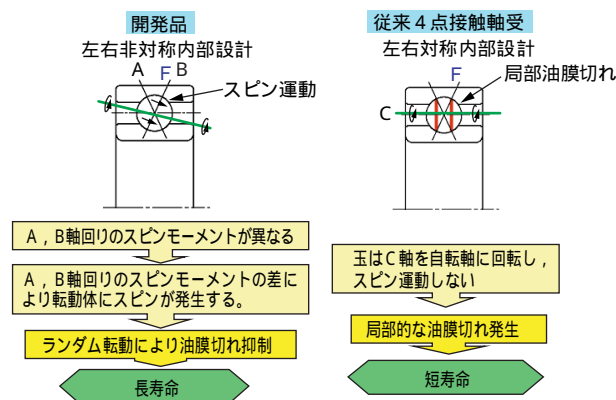
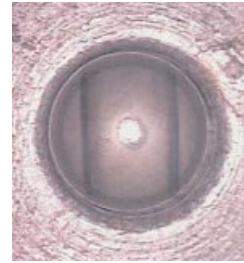


図3 純ラジアル荷重下での長寿命のメカニズム

Long-life mechanism under pure radial load



転動体の表面に  
2本の焼けた  
転走跡有り

図4 純ラジアル荷重での試験後の転動体の外観  
(従来の4点接触軸受)

Appearance of rolling element after test under pure radial load  
(conventional 4-point contact bearing)

そこで、荷重のオフセット量と両方向の合成スピンモーメントを解析した結果を図5に示す。

従来の4点接触軸受はオフセット量が0 mmで合成スピンモーメントが0になるのに対して、開発品は、オフセット量0 mmにおいてもスピンモーメントが存在することが判る。

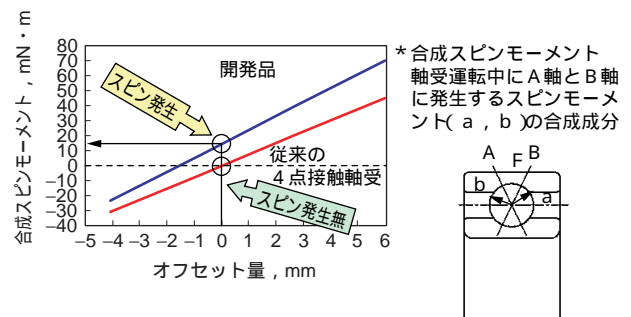


図5 オフセット量と合成スピンモーメントの解析結果

Analysis result of offset and composite spin moment

##### 2)メカニズムの検証

純ラジアル荷重下でのスピン発生有無に関して実測をした。試験方法を図6, 試験結果を図7に示す。試験方法は、軸受中の1個のボールを着磁させ、そのボールの自転によりコイルに発生する誘導起電力の電圧変化を測定し、スピン発生有無を判断した。

電圧波形より、純ラジアル荷重下においては、従来の4点接触軸受はスピンの発生しないのに対し開発品は発生することが確認できた。

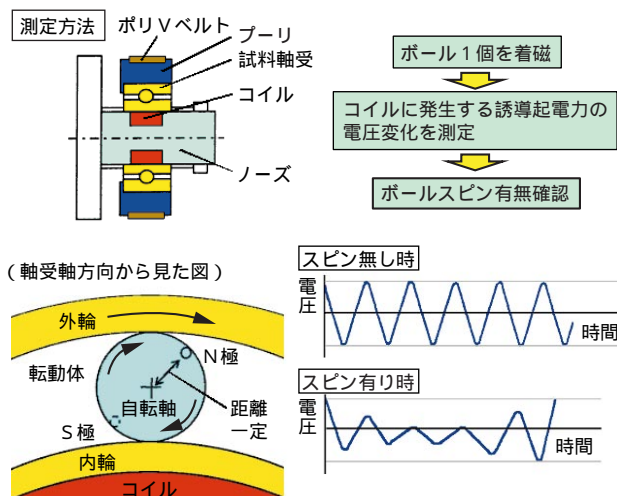


図6 転動体のスピン運動実測方法

Measurement method for spinning of rolling element

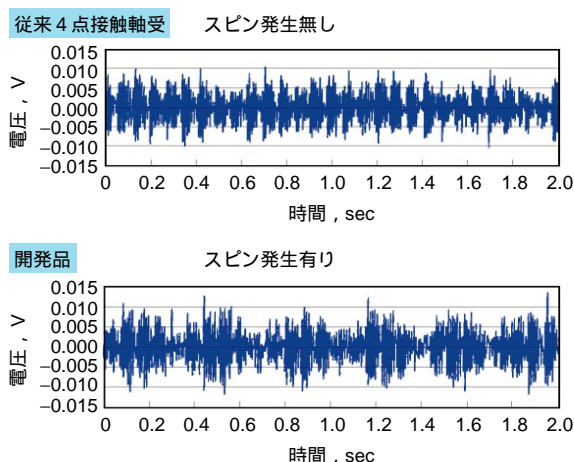


図7 純ラジアル荷重下での電圧波形

Voltage waveform under pure radial load

#### 4.1.2 オフセット荷重下での長寿命

##### (1)メカニズム

オフセット荷重下での焼付き寿命向上のメカニズムを図8に示す。

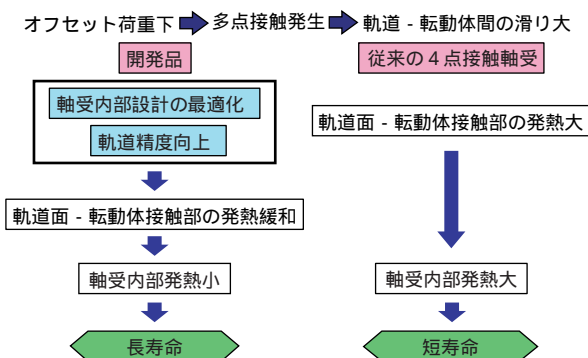


図8 オフセット荷重下での長寿命化のメカニズム

Long-life mechanism under offset load

開発品は、従来の4点接触軸受と同様にオフセット荷重下(ラジアル荷重+モーメント荷重)においては、軌道-転動体間で多点接触が発生し軌道-転動体間の滑りによる発熱が大きくなる。そこで、発熱を抑えるため軸受内部設計の最適化や軌道精度の向上を実施し、長寿命化を実現した。

##### (2)メカニズムの検証

軸受内部設計の最適化

荷重のオフセット量と軌道-転動体間の発熱量の解析結果を図9に示す。

開発品は、従来の4点接触軸受に対して、発熱量が少ない内部設計であることが判る。

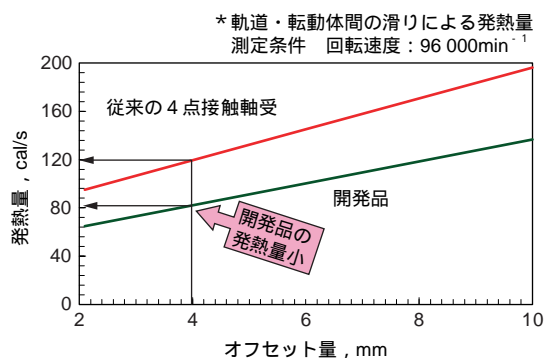


図9 オフセット量と発熱量の解析結果

Analysis result of offset and calorific value

軌道面粗さ向上

開発品において軌道面粗さと昇温の関係を実測した結果を図10に示す。

従来、4点接触軸受においては、軌道形状が同一円弧ではないため、軌道SF仕上げが困難で深溝玉軸受に比べ軌道の面粗さが粗かった。そこで、開発品においては、SF仕上げ方法を開発し、軌道面粗さを深溝玉軸受レベルまで向上させ、昇温を抑えた。

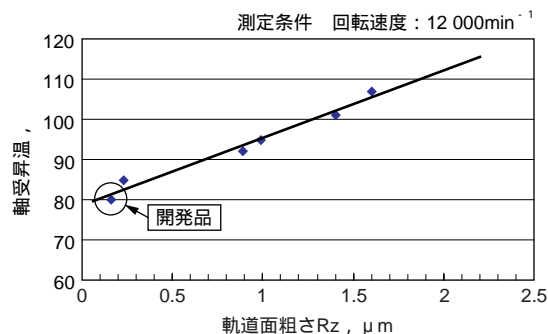


図10 軌道面粗さと軸受昇温の関係

Relation between raceway roughness and bearing temperature rise

軸受寿命試験

軸受の焼付き寿命比較試験結果を図11に示す。

開発品は、全オフセット領域において従来の4点接触軸受よりも長寿命で、オフセット0~10mmの領域では1.7倍以上である。また、オフセット量6mm以下では、複列アンギュラ玉軸受の約0.6~0.7倍、純ラジアル荷重下で深溝玉軸受と同等の寿命を有する。

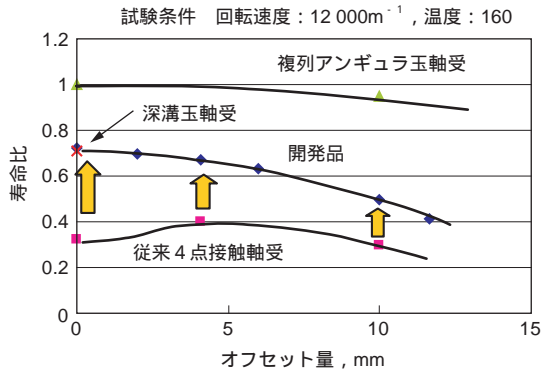


図11 オフセット量と焼付き寿命の比較  
Comparison of offset and seizure life

4.2 高容量

開発品と現行玉軸受とのオフセット量と計算はく離寿命の比較結果を図12に示す。

開発品は、基本的に4点接触軸受のため深溝玉軸受に対して高容量を有し、オフセット量の小さい領域では複列アンギュラ玉軸受の0.8倍、深溝玉軸受の1.5倍のはく離寿命となる。また、モーメント荷重に対する肩乗り上げ性も深溝玉軸受の約2倍に向上する。

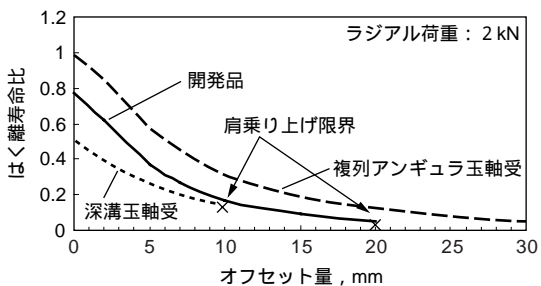


図12 オフセット量とはく離寿命の比較  
Comparison of offset and flaking life

4.3 軸受剛性大

開発品と複列アンギュラ玉軸受・深溝玉軸受において、ラジアルすきまに対するアキシャルすきま・角すきまの関係を図13, 14に示す。

開発品は、深溝玉軸受の約1/2, 複列アンギュラ玉軸受とほぼ同等レベルのアキシャルすきまとなる。また、角すきまも深溝玉軸受に対して約

1/3に減少し、複列アンギュラ玉軸受に近い値となる。

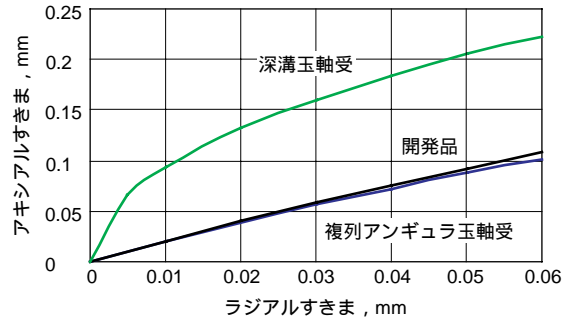


図13 ラジアルとアキシャルすきまの関係  
Relation between radial and axial clearances

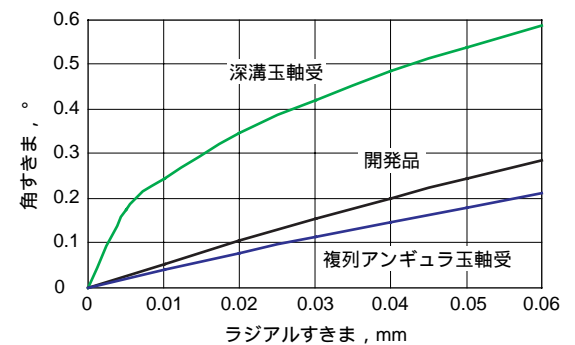


図14 ラジアルすきまと角すきまの関係  
Relation between radial clearance and angular clearance

4.4 まとめ

開発品の特長について現行玉軸受と比較した結果をまとめて表1に示す。

開発品は、当初の開発目標に対して、寿命・剛性面でほぼ満足する性能を有する。

表1 開発品の特長  
Features of development article

特長	性能比較	比較対象
焼付き寿命の向上	約3倍 (純ラジアル荷重下)	従来4点接触軸受
	約1.7~2倍 (モーメント荷重小領域)	
	同等 (純ラジアル荷重下)	深溝玉軸受
	約0.6~0.7倍 (純ラジアル~モーメント荷重小領域)	複列アンギュラ玉軸受
高容量	1.5倍(はく離寿命)	深溝玉軸受
	0.8倍(はく離寿命)	複列アンギュラ玉軸受
軸受剛性大	0.5倍(アキシャルすきま)	深溝玉軸受
	0.3倍(角すきま)	
	同等(アキシャルすきま) 1.4倍以下(角すきま)	複列アンギュラ玉軸受

## 5. おわりに

今回の開発品は、従来の4点接触軸受に対して、高速条件や純ラジアル荷重・モーメント荷重下で長寿命の特長を有している。また、単列深溝玉軸受に対しても高容量で高剛性の軸受である。よって、使用用途としては、エアコンプリー、アイドラ、ウォータポンプ軸受の単列化などが考えられる。またその他単列軸受の使用用途で同サイズでの軸受容量の拡大やコンパクト化、高剛性が必要な用途への使用も可能と考えられる。

## 参考文献

- 1) 平野富士夫, 田上寛男: 潤滑, vol. 5, no. 3 (1960)
- 2) 平野富士夫: 日本機械学会論文集(第3部) vol. 30, no. 21(1964)

## 筆 者

---



岩田 孝\*  
T. IWATA

\* 軸受事業本部 中部テクニカルセンター