

自動車ホイール用軸受の技術動向

Technical Trend of Automotive Wheel Bearings

沼田 哲明 T. NUMATA

As automotive wheel bearings, double angular contact ball bearings (DAC) and Hub Units are widely used because of their advantages in compactness, higher reliability and easy handling. However requirements for automobiles have been remarkably changed by environmental requirements and various customer's needs, so that high performance pulser and high functional sensor integrated Hub Units for automotive wheel bearings have been developed. This report presents the recent technical trend and theme for automotive wheel bearings.

Key Words: automotive wheel bearing, environmental requirement, versatile technical trend

1. はじめに

自動車ホイール用軸受の要求性能として、小型、軽量、高信頼性が求められ、更に客先での組付け作業の簡素化から、複列アンギュラ玉軸受(以下DACと称す)やハブユニットが多くの乗用車に採用されている。一方、自動車を取り巻く環境は、排出ガスによる地球温暖化や顧客ニーズの多様化などの著しい変化が生じており、今後もこの傾向は続くと考えられる。

このような急激な社会環境の変化に対応するため、自動車のホイール用軸受においても、基本的な性能向上の取り組みとは別に高機能バルサルング付き軸受や多機能センサ内蔵ハブユニットのような、新たな取り組みが進んでいる。

図1に自動車ホイール用軸受の技術ニーズと対応例を示す。

ここでは前号の、転がり軸受技術の動向と展望¹⁾に続いて、自動車ホイール用軸受の最近の技術動向と課題について述べる。

なお、図2にホイール用軸受を含むアクスル部の全体構造例を示す。

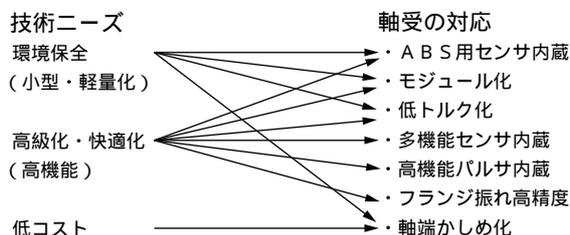


図1 自動車ホイール用軸受のニーズと対応例

Needs for automotive wheel bearings and solutions in bearing technology

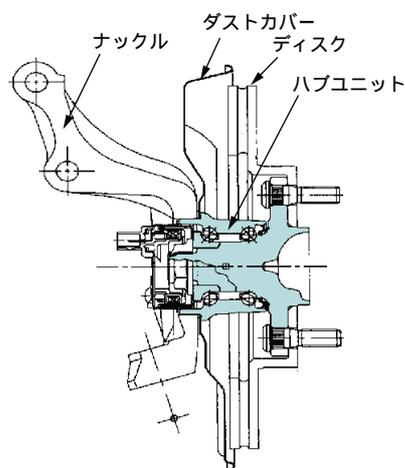


図2 アクスル部の全体構造例
Structure of axle part

2. ホイール用軸受の構造²⁾

従来は、ホイールにはラジアル玉軸受または円すいころ軸受が2個使用されていた。しかし、自動車生産量の増加に伴いユニット化が加速されてきた現在、ハブユニットは第3世代と称されるものまで実用化されている。

等速ジョイントと軸受を一体化した第4世代のユニットも開発が行われているが、現在のところ実用化には至っていない。

2.1 第1世代

2つの単列軸受の外輪を一体化した軸受でグリースが封入されており、シール付きが一般的である。

現在でも駆動輪用軸受として、DAC、複列円すいころ軸受(DU)が多数使用されている。

代表形状例を図3に示す。

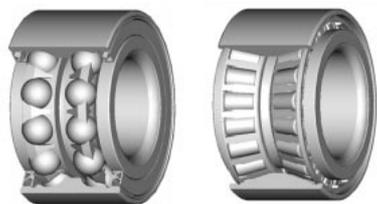


図3 第1世代形状例
1st generation

2.2 第2世代ハブユニット

第1世代の外輪にフランジを一体化させたもので、回転輪により2種類に大別される。

外輪回転タイプは、外輪に直接ホイールを取り付けるタイプで、全て従動輪として使用される。

内輪回転タイプは、内輪にハブシャフトを取り付けるタイプで、駆動輪にも従動輪にも使用される。

代表形状例を図4に示す。

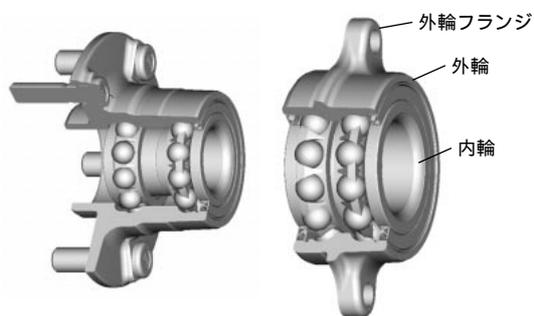


図4 第2世代ハブユニット形状例
2nd generation hub unit

2.3 第3世代ハブユニット

第2世代ハブユニットをより発展させ、内輪回転タイプのアウト側内輪とハブシャフトを一体化させたもので、高機能センサ内蔵タイプが増加している。

また、従動輪用は、ハブシャフトと内輪をナットで締結するのが一般的であったが、Koyoでは、軽量化、コスト低減の為に軸端かしめを進めている。

代表形状例を図5に示す。

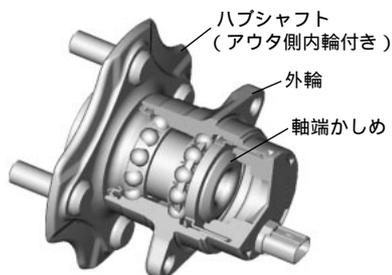


図5 第3世代ハブユニット形状例
3rd generation hub unit

3. ABSシステムへの対応

近年、自動車の安全性に対する要求が高まっており、アンチロックブレーキシステム(以下ABSと称す)の装着率が増加している。

ABSは制動時に車輪がロックするのを防ぎ、濡れた路面や凍結路、積雪路などの滑りやすい路面においても車両の操舵性と方向安定性を維持しようとするブレーキの制御システムである。システムは車輪速センサ、液圧制御装置、ECUで構成され、車輪速センサからの信号をECUにて処理し、液圧制御装置で制動力を制御する。

上記ABSシステムへ対応したハブユニットとして、車輪速センサ用のパルサリングをハブユニットに取り付けたもの、および車輪速センサを内蔵したハブユニットが開発され、製品化されている。

3.1 パルサリング付きハブユニット

パルサリングは、磁性材料を歯車状に成形したもので、回転に伴う歯の移動を磁気式ピックアップで検知し車輪の回転速を算出する方法が一般的である。

ハブユニットにおいては、図6に示す様な焼結合金を用いて歯車状に形成したパルサリングを回転輪に圧入する構造を従来より広く採用してきた。さらに鋼板を用い、プレス打ち抜き加工により梯子状に成形したラダータイプ、図7に示す様な絞り加工により歯車を形成したウェーブタイプ、加えてハブユニット外輪を鍛造加工する際に同時に図8に示す様な歯車形状を成形する外輪一体タイプがコストダウンと軽量化を図るために開発、製品化されている。

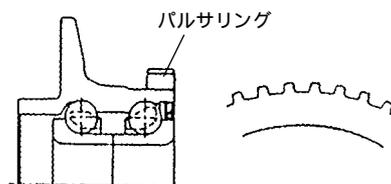


図6 焼結合金製パルサリング
Sintered metal pulser ring

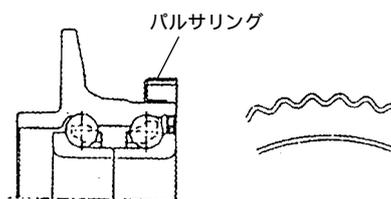


図7 プレス鋼板製パルサリング
Stamped steel pulser ring

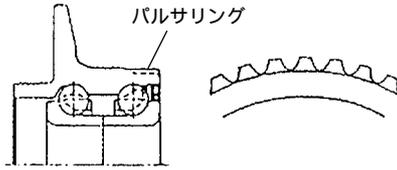


図8 外輪一体バルサリング
Outer-ring-integrated pulser ring

3.2 着磁バルサリング付きハブユニット

より積極的に磁気特性を利用するために図9に示す様な多極磁石をバルサリングに用いたものが着磁バルサリングである。

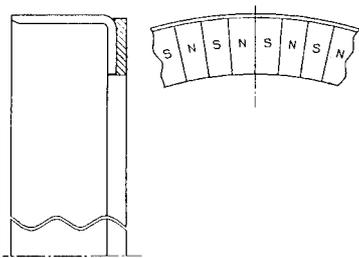


図9 着磁バルサリング形状例(外輪回転用)
Example of magnetized pulser ring structure

磁性粉末をゴム材に充填し加硫したボンド磁石に、N極、S極を交互に円周方向に連続して着磁することにより多極磁石としている。車輪の回転に伴う各磁極の移動をセンサで検知し車輪の回転速度を算出する。図10に着磁バルサリングとセンサの使用例を示す。

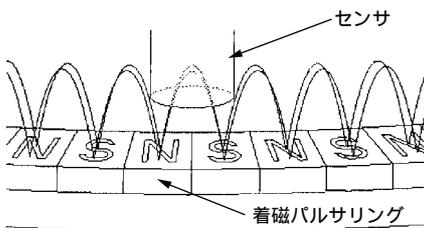


図10 着磁バルサリング使用例
Application example of magnetized pulser ring

着磁バルサリングを使用する事によりセンサとのすきま(以下エアギャップと称す)が大きくなっても安定した検出が可能であり、車両組付け時のエアギャップ管理を簡素化可能である。また、センサとバルサリングの小型軽量化、図11に示す様なバックシールとの一体化による構造の簡素化を図ることが可能となる。

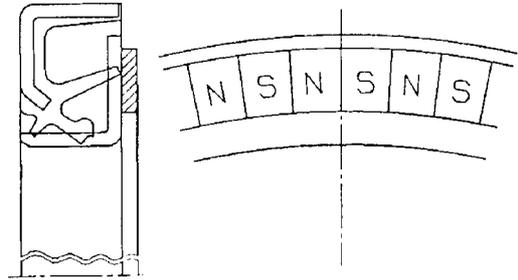


図11 バックシール一体構造例
Example of magnetized pulser ring with pack seal

焼結タイプのバルサリングから着磁バルサリングに変更した場合、ハブユニット1個当たり50~100g程度の軽量化が可能である。

なお、着磁バルサリングにはセンサを軸方向に近接させるアキシアルタイプと、径方向に近接させるラジアルタイプの2種類がある。

着磁バルサリングのN極S極間の磁束密度の変化をホール素子、磁気抵抗素子等の半導体素子を用いたセンサで検知する。

3.3 パッシブセンサ内蔵ハブユニット(図12)

前述のバルサリング付きハブユニットをさらに進化させ、ABSセンサも含めてハブユニットに内蔵することにより、センサ出力の信頼性向上、車両への組付け工程の簡素化による生産性の向上が可能である。

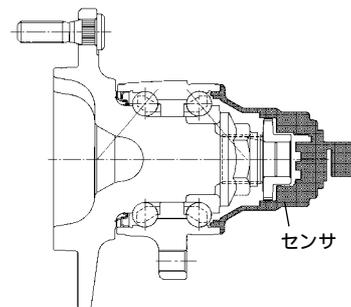


図12 パッシブセンサ内蔵ハブユニット
Passive-senser-integrated hub unit

電磁誘導の原理でコイルに発生した電圧を信号とするタイプのセンサをパッシブセンサと呼んでいる。パッシブセンサは、磁石、コイルと鉄心で構成され、歯車タイプのバルサリングと組み合わせられる。現在、このパッシブセンサは第3世代ハブユニットに内蔵するものとして多くの実績がある。

パッシブセンサはコイルに発生した起電力を信号とするため、電源電圧を必要としない。また、バルサリングのピッチ精度のばらつきによる出力への影響を少なくするために複数歯を持つコイルの

鉄心を各々パルサリングの歯と対向させるマルチポール化も可能である。一方、コイルや磁石が大型になり、極低速回転域では十分な出力電圧が得られず、エアギャップの精度良い管理が必要なのが、問題点としてあげられる。

3.4 アクティブセンサ内蔵ハブユニット

ホール素子、磁気抵抗素子(MR素子)等の半導体素子を用いたものを総称してアクティブセンサと呼んでいる。アクティブセンサには下記の特長があり、ABSシステムをはじめとして発展が予想される各種の車両制御システムに利用可能であり、今後アクティブセンサをハブユニットに内蔵したものが(図13)主流になると予測されている。

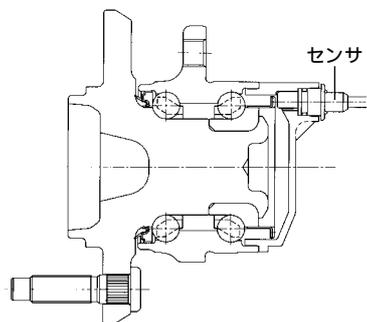


図13 アクティブセンサ内蔵ハブユニット
Active-senser-integrated hub unit

半導体素子内で出力信号を矩形波処理しデジタル信号として出力するため、常に安定した出力が得られる

図14にアクティブ型、パッシブ型の出力信号の比較を示す。

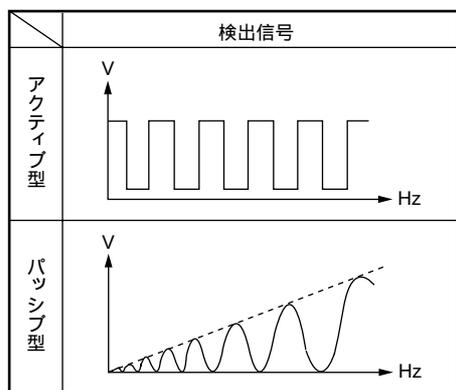


図14 アクティブ型とパッシブ型の出力信号比較
Comparison of output signals

素子を複数配置することによる回転方向検知、回転角の算出が可能となることから、ABS以外のシステムに利用可能である
センサの小型軽量化が可能

4. 軸端かしめ³⁾

近年のハブユニットに求められる軽量・コンパクト化に因る為に軸端かしめの採用が急速に広がっている。軸端かしめとはインナー側内輪を圧入したハブシャフトの端部を揺動鍛造により変形させ、その変形によりインナー内輪の保持と適正な軸力を与える技術である。図15、16に第3世代タイプの従動輪、駆動輪軸端かしめハブユニットの一例を示す。

なお、内輪回転タイプの第2世代ハブユニットにも適用可能である。

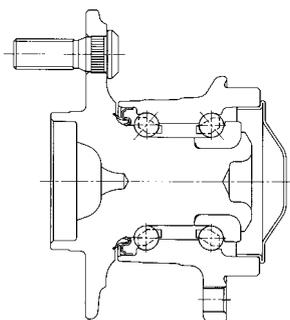


図15 従動輪軸端かしめハブユニット
Clinched shaft hub unit for driven wheel

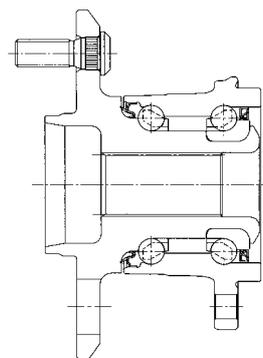


図16 駆動輪軸端かしめハブユニット
Clinched shaft hub unit for drive wheel

軸端部の締結に求められる機能としては下記が挙げられる。

- 1) ハブシャフトと別体内輪の固定
- 2) 適正な予圧保持
(ハブシャフトと内輪はめあい部のクリープ防止、回転精度向上、剛性保持)

ナット締結タイプから軸端かしめタイプに変更することで上記の機能を損なう事無く、従動輪の場合は ~ , 駆動輪の場合は , の効果が得られる。

コストダウン：ハブシャフトと内輪を締結する為に必要不可欠であったナットを廃止することが可能。

小型：軽量化：締結部の小型化が可能。
 信頼性の向上：ナット締結では完全に対策をすることが出来なかった“締結のゆるみ”に対しても、軸端かしめを行なうことで完全に対策することが可能である。

5. フランジ振れ高精度化

車両でのブレーキジャダー対策としてディスクロータの振れ低減に取り組んでいる。これに対応してハブユニットの対策としては、フランジ面の振れを高精度化することが挙げられる。例えばハブフランジ面の振れを、ある一定値以下に管理することで、車両でのジャダー発生の頻度は低減できる。

より高度なジャダー対策としては、ハブフランジ面だけでなく、ハブユニットとロータを組付けた状態でロータ面を加工する方法がある。この方法の場合、ロータ面の振れを更に高精度とすることが可能である。

6. 低トルクシール開発

省資源、低燃費の市場ニーズは、近年一層の高まりを増している。そのニーズに応える為、ハブユニットの低トルク化に取り組んでいる。

図17はハブユニットにおけるトルク寄与度を示したもので、シールのトルクへの寄与度は非常に高い。

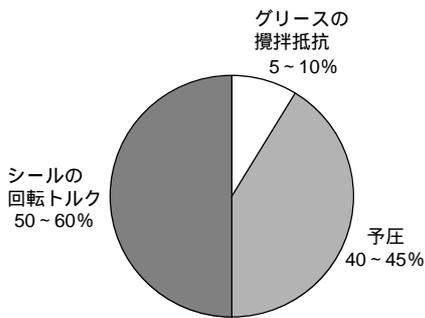


図17 ハブユニットにおけるトルク各要因の寄与度
 Torque contribution of each factor in hub unit

よってハブユニットの低トルク化を計るためにはシールの回転トルクを低減させることが不可欠である。

一般的なハブユニットシールの形状とシールトルクに占める各シールリップのトルク寄与度を表1に示す。回転トルクへの寄与度の高いラジアル主リップ、ラジアル補助リップのしめしる縮小によりトルク低減が効果的である。一方、しめしる縮小により耐泥水性低下が背反として考えられるが低下させない設計が可能となった。

表1 ハブユニットのシール形状とシールトルクへの各リップの寄与度

Seal design of hub unit and contribution of each lip to seal torque

シール形状	パッキンシール	軸シール
ラジアル主リップ	40~50%	
ラジアル補助リップ	30~40%	
アキシャルリップ	10~30%	

7. おわりに

急激な社会環境の変化に対応する為のホイール用軸受の最新技術動向と課題についてその概要を述べた。

軽量化、低トルク化による地球温暖化防止につながる自動車燃費向上、高機能パルサリング付、多機能センサ内蔵によるナビゲーション高度化、安全運転支援等で代表されるITS(Intelligent Transport Systems)の対応、および今後の供給形態の変化等に対し世界のカーメーカーが必要とする製品を引き続き開発していきたい。

参考文献

- 1) 湯川義清：KOYO Engineering Journal, no. 159(2001) 25.
- 2) 河村基司：KOYO Engineering Journal, no. 147(1995) 51.
- 3) 戸田一寿, 石井知博, 柏木信一郎, 御手洗 匡：KOYO Engineering Journal, no. 158(2000) 27.

筆者



沼田 哲明*
 T. NUMATA

* 軸受事業本部 軸受技術センター
 自動車ユニット技術部