

KIIシリーズ直交軸ギヤードモーターの開発

飯野 和也

Development of Right Angle Geared Motor for KII Series

Kazuya IINO

The motor market is looking for a geared motor for downsizing, loss reduction and high torque.

*Therefore, our company developed the **KII** series, right angle geared motor, which is composed of a gear reducer using a hypoid gear and an induction motor.*

*This geared motor produces 3.5 times the rated torque of the **K** series because it uses case hardening gears, improving the allowable radial and axial load. To prevent grease leaking, a new type oil seal and the design of the case housing was improved. This geared motor can be attached from either direction for the concentric shaft type, so it can contribute to space-saving.*

*This article introduces the structure, the features and the ease of use with the **KII** series.*

1. はじめに

AC 小型標準モーターは、さまざまな産業機器の動力源として、幅広い分野で使用されています。その中で当社の製品は、業界標準として多くのお客様に長く使用していただいています。

最近、動力源となるモーターやギヤヘッドには、装置の小型化、省エネルギー化、メンテナンス回数の削減に伴い、これらを実現するための要望が増えています。

この要望に応えるため、従来の**K**シリーズに対して、許容トルクが最大で3.5倍の高性能ギヤヘッドを搭載した、**KII**シリーズを開発したので、その特徴を紹介します。

2. KIIシリーズについて

図1に**KII**シリーズの外観を示します。平行軸タイプでは取付角60mmから90mmまで、直交軸ギヤードモーターでは取付角80mmと90mmをラインアップしています。

2.1. KIIシリーズの特徴

KIIシリーズは、モーターのトルクを最大限に引き出すためにギヤヘッドの強度を高めた製品です。このギヤヘッドの最大の特徴は、歯車の熱処理に浸炭焼入れを採用したことや、軸受を大径化したことにより、許容トルクが向上した点です。許容トルクを従来の**K**シリーズに対して、平行軸ギヤヘッドでは最大で2倍、直交軸ギヤードモーターでは最大で3.5倍にしました。

Kシリーズと**KII**シリーズのトルク特性の代表例として、90Wでの最大許容トルクの比較を示します。図2が平行軸ギヤヘッド、図3が直交軸ギヤードモーターです。

また、許容ラジアル荷重、許容アキシャル荷重を向上したため、今まで使用していたモーターを**KII**シリーズに変更することで、モーターの小型化が可能になる場合があります(一部型番を除きます)。

表1に一例として、25Wでの許容ラジアル荷重と許容アキシャル荷重を示します。許容ラジアル荷重は最大値を示しており、減速比や軸の種類により異なります。



図1 KIIシリーズの外観(取付角90mm)

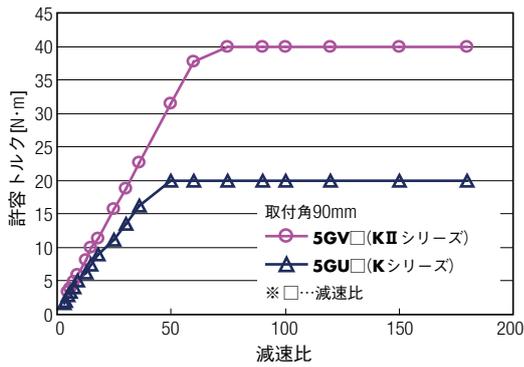


図2 平行軸ギヤヘッド 90W の最大許容トルクの比較

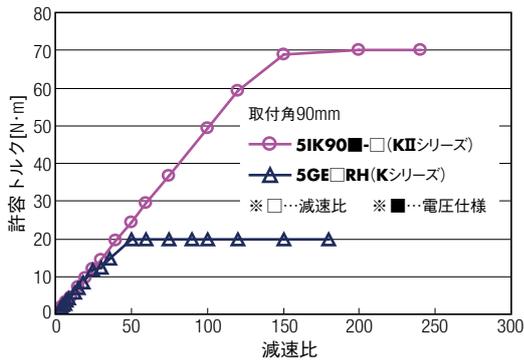


図3 直交軸ギヤードモーター 90W の最大許容トルクの比較

表1 取付角 80mm の許容ラジアル荷重と許容アキシャル荷重

	平行軸 取付角 80mm (25W)		直交軸 取付角 80mm (25W)	
	Kシリーズ	KIIシリーズ	Kシリーズ	KIIシリーズ
許容ラジアル荷重※ [N]	200	450	250	1200
許容アキシャル荷重 [N]	50	100	100	300

※平行軸ギヤヘッドはシャフト先端から 10mm の位置での値です。
直交軸ギヤードモーターは中空軸の場合で、取付面から 10mm の位置での値です。

2.2. 平行軸ギヤヘッド

KIIシリーズ平行軸ギヤヘッドは、大径の軸受の採用と、熱処理による歯車の耐久性向上により、寿命が **K**シリーズの 2 倍の 10,000 時間を実現しました。

平行軸ギヤヘッドの構造を図 4 に示します。**K**シリーズでは軸受保持板とハウジングで軸受を保持していました。それに対して、**KII**シリーズでは軸受保持板と保持板に支えられたハウジングを無くし、ギヤケースとギヤフランジで軸受を直接保持する構造にすることで、軸受の大径化を可能にしました。

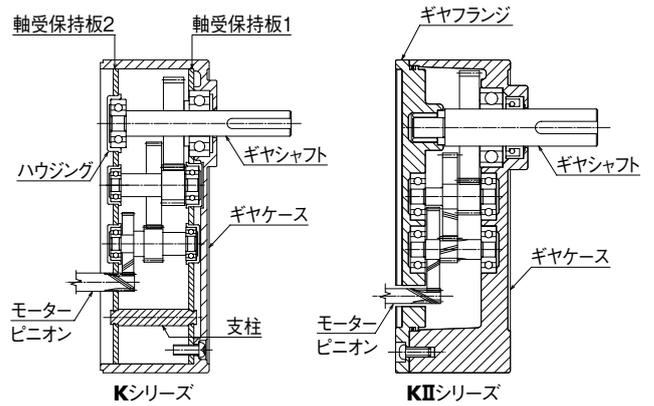


図4 平行軸ギヤヘッドの構造比較

また、一部の歯車に歯面の仕上げ処理を採用しています。これにより **K**シリーズに比べ最大で約 6dB の低騒音化を実現しました。**K**シリーズと **KII**シリーズの代表例として、90W での減速比 12.5 の騒音値比較を図 5 に示します。

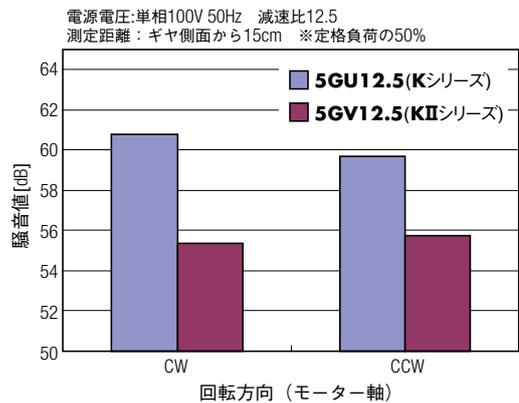


図5 平行軸ギヤヘッド 90W の騒音値比較

3. 直交軸ギヤードモーター

直交軸ギヤヘッドは、コンベアなどの搬送装置によく使用されており、装置の駆動軸に対してモーターを直角に設置できるため、平行軸ギヤヘッドに比べて省スペースに貢献します。

3.1. ハイポイドギヤの特徴

直交軸の減速機を構成するためには、ウォームギヤ、かさ歯車、ハイポイドギヤなどがあります。

ウォームギヤは、ねじ状のウォームとウォームホイールを組み合わせたもので、騒音が小さいという特徴があります。しかし、歯車間で大きな滑りがあるために伝達効率が低い欠点があります。図 6 にウォームギヤを示します。

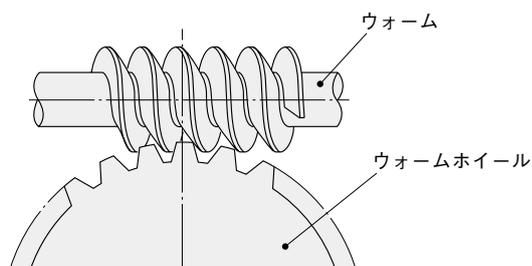


図6 ウォームギヤ

かさ歯車は、小歯車と大歯車が交差するもので、伝達効率の高い歯車です。すぐばかさ歯車、はすばかさ歯車、まがりばかさ歯車があり、まがりばかさ歯車は低騒音です。小歯車と大歯車が交差するために、それぞれの軸は片持ち構造となり、強度が小さくなる場合があります。図7にまがりばかさ歯車対を示します。

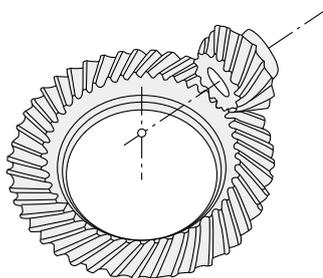


図7 まがりばかさ歯車

ハイポイドギヤは、小歯車と大歯車が食い違い、まがりばかさ歯車とウォームギヤとの中間的性格を持っています。小歯車のピッチ円直径がまがりばかさ歯車に比べて大きくなるので、小歯車の強度が大きく、噛み合い率が高い利点があります。また、小歯車の歯数を少なくして、減速比を大きく取ることもできます。

一方では、噛み合い部での滑りが大きいことや、噛み合いが極めて複雑なこと、製作が難しいことも挙げられます。しかし、上記のように多くの長所を持っているため、自動車の動力伝達用歯車などに使用されています。図8にハイポイドギヤ対を示します。

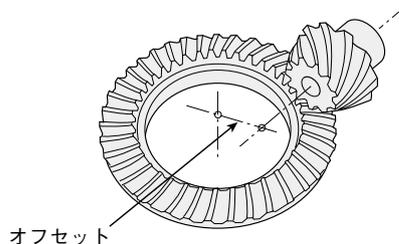


図8 ハイポイドギヤ

3.2. 構造

KIIシリーズの直交軸ギヤードモーターは図9に示すように、モーター軸にハイポイドギヤを採用しています。こうすることにより、出力軸により大きな歯車を配置でき、

出力トルクを上げることができます。また、減速比によっては、減速段数を削減することもできます。

前述のように、ハイポイドギヤは噛み合いが複雑なため、歯車間のバックラッシュや噛み合い位置を精密に調整する必要があります。

そのため、一度組み付けたギヤードモーターは、モーター部と減速機部が分離できない構造になっています。

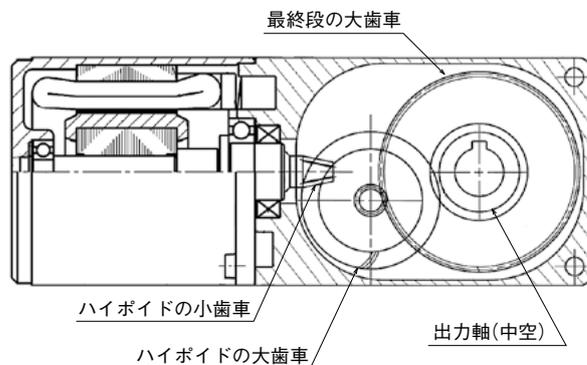


図9 直交軸ギヤードモーターの構造図

3.3. 高強度

ギヤードモーターの強度向上のためには、主に歯車とそれを支える軸受の強度を上げる必要があります。そのために、KIIシリーズでは以下のような方法を用いています。

3.3.1. 歯車サイズの大型化

歯車の強度を上げるためには、大きなサイズの歯車を使うことが最も効果があります。そのために、初段と2段目で大きく減速し、出力軸をケースの幅の中央に配置することで、最終段に大きなサイズの歯車を配置できる構造にしています。

3.3.2. 材料の熱処理の見直し

強度の必要な歯車には、浸炭焼入れを採用しています。浸炭焼入れは、材料の表面に炭素を浸透させて焼入れをする方法で、歯車の表面近傍のみ硬くすることにより、歯の曲げ強度と面圧強度を大幅に上げることができます。一方で炭素濃度の低い内部は硬度が低く、じん性が保たれるため衝撃荷重にも強い歯車になります。

3.3.3. はすば歯車の採用

全段にはすば歯車を採用しています。これにより噛み合い率が上がり、1歯当たりの荷重分担が少なく、結果的に大きな荷重を受けられます。また、歯車精度と組立精度を従来製品よりも高くすることで、歯面の接触面積を増やし、高強度にしています。

3.3.4. 軸受の大径化

剛性の高いギヤケースとギヤフランジのハウジングに、極力大きな軸受を配置しています。

3.4. シール構造

KIIシリーズの直交軸ギヤードモーターでは歯車の潤滑性を考慮して、比較的軟らかい鉱油系のグリースを採用しています。

グリース漏れの防止策として、図 10 に示すように、ギヤケースとギヤフランジの合わせ面には **O**リング、出力軸とモーター軸の駆動部にはオイルシールを配置しています。

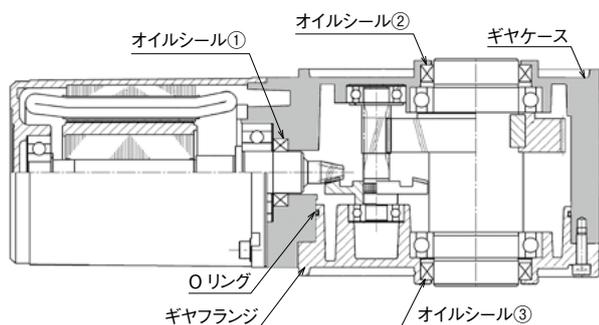


図 10 直交軸ギヤードモーターのシール構造

3.4.1. オイルシール

オイルシールからのグリース漏れの原因は、歯車の摩耗粉によるリップの摩耗や、高頻度の正逆運転によるシール性能の低下の 2 点が主になります。このグリース漏れを防止するため、図 10 に示すように、入出力軸部合わせて 3ヶ所に信頼性の高いオイルシールを採用しています。

1) オイルシールの原理⁽¹⁾

オイルシールの接触しゅう動面は、軸表面と相対滑りをしながらも、グリースなどの流体を外部に漏洩させない機能が要求されます。しかし、面同士が直接接触すると、しゅう動面は摩耗してしまうため、摩耗を防止するために二面間に油膜を介在させて、流体潤滑状態で密封をしています。密封状態を図 11 に示します。

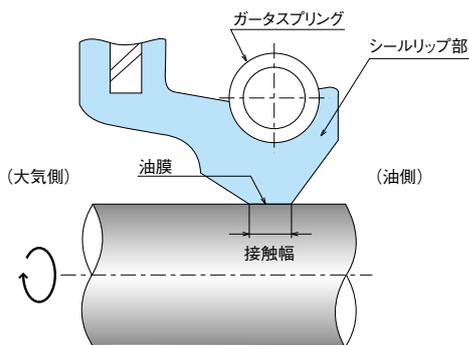


図 11 オイルシールの接触状態と油膜形成

また、シールリップ部は大気側と油側で角度が異なります。この角度によって、軸が回転したときにしゅう動面に圧力差が生じ、大気側からごくわずかに空気を吸い込みます。これをオイルシールのポンプ作用と言います。リップ部と吸い込み方向について図 12 に示します。

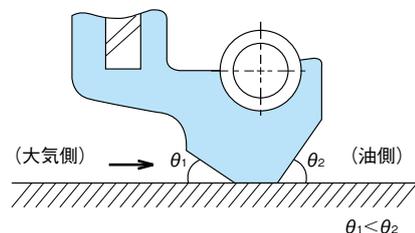


図 12 リップ部の角度と空気の吸い込み方向

実際のシール性能は、軸の面粗さ、しゅう動速度、環境、温度、圧力、密封流体の種類や量、などの影響を受けます。

2) 高性能オイルシールの採用

KIIシリーズの直交軸ギヤードモーターに採用しているオイルシールは、緊迫力によってグリース漏れを防ぐ主リップの他に、減速機内部で発生した歯車の摩耗粉などの浸入を防ぐ異物除去リップと、外部から異物の浸入を防ぐための補助リップが付いています。オイルシールの断面図を図 13 に示します。

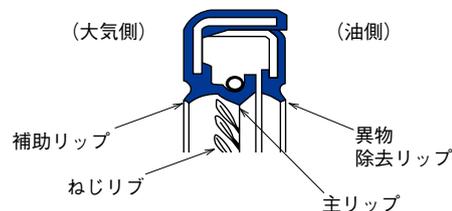


図 13 オイルシール断面図

採用したオイルシールには、ポンプ能力をより向上させる、ねじリップを付与しています。ねじ付のオイルシールのポンプ能力について図 14 に示します。

このねじリップは、リップ先端のしゅう動部における本来のポンプ能力 (Q_1) に加えて、ねじリップによるポンプ能力 (Q_2) を付加することで、使用初期における環境外乱に対する耐性の向上のために使用されます。

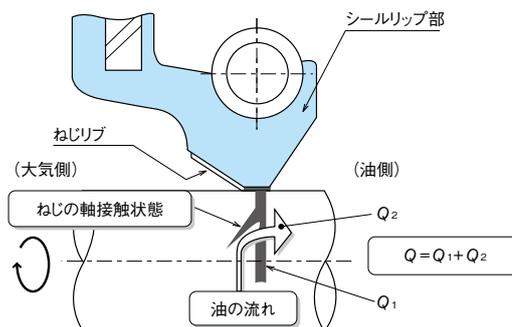


図 14 ねじ付シールのポンプ能力

また、ねじ付シールとねじなしシールのポンプ能力の比較を図 15 に示します。ねじ付シールの方が、初期のポンプ能力が高いことがわかります。

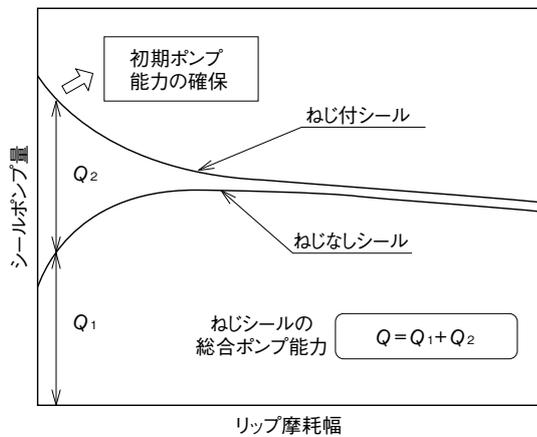


図 15 ねじの有無によるシールポンプ能力の比較

3.4.2. 異物対策

ギヤヘッドの内部に異物があると、それがオイルシールのリップにかみ込んでリップに傷が付き、グリースが漏れやすくなります。このため、部品に付着した残留異物を除去する徹底した洗浄を実施しています。

3.4.3. オイルシールまでのグリース経路の遮断

グリースは流動性があるため、歯車部品が回転することによりオイルシール部に直接当たります（図 16(a)）。これが継続すると、グリースが減速機外部へ漏れ出す原因となります。

そこで、オイルシールに直接グリースが当たらないように、軸とケースの径方向の隙間を縮め、グリースの経路を遮断する構造にしました（図 16(b)）。さらにこのことにより、オイルシール部には初期潤滑用の新しいグリースのみが留まり続け、グリース漏れに対して有利です。

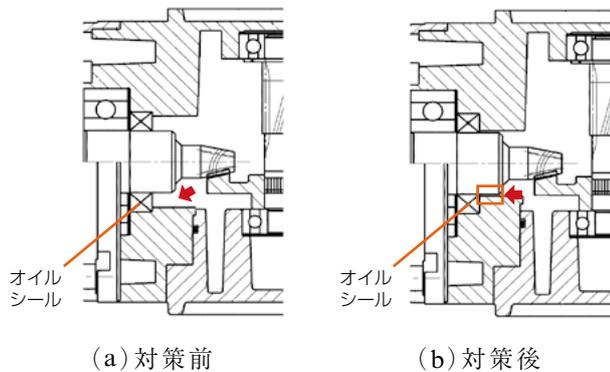


図 16 グリースの経路の遮断構造

3.5. 取り付け

直交軸ギヤードモーターは、図 17 に示すように平行軸ギヤヘッドに対して装置からの出が少なくなります。また、中空軸タイプではカップリングなどの連結部品がなくとも、装置に取り付けることが可能で、軸上減速機として使うことができます。

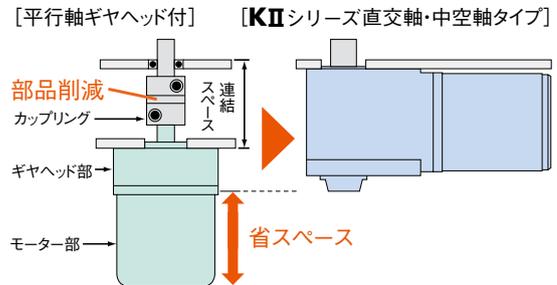


図 17 平行軸と直交軸（中空軸）の取り付けの比較

KIIシリーズの直交軸ギヤードモーターは、図 18 に示すように、出力軸を中心にして上下対象の取り付けです。また、モーター部とギヤヘッド部の上下方向の寸法も同じです。これにより、図 19 のように、小型のコンベアに取り付ける際、ギヤードモーターが装置からはみ出さずにコンパクトにすることが可能です。

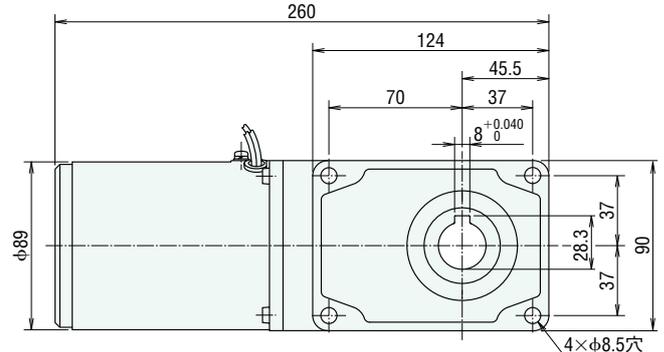


図 18 KIIシリーズ直交軸ギヤードモーターの外形図 (51K90SW-GHR□)

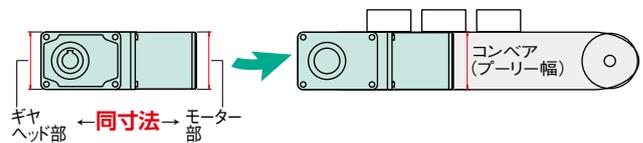


図 19 コンベアへの取付例

また、中空軸タイプは、出力軸の両面で取り付けが可能です。これにより、図 20 のように、取り付け位置を変更した場合でも、ギヤードモーターのリード線の引き出し方向を統一することが可能です。

1つのギヤードモーターでコンベアの左側と右側、表面と裏面のどちらでも取り付けることができるため、取り付けの自由度が広がります。

また、中空軸タイプは出力軸先端にタップ加工を追加しており、プーリーの抜け防止に使えます。

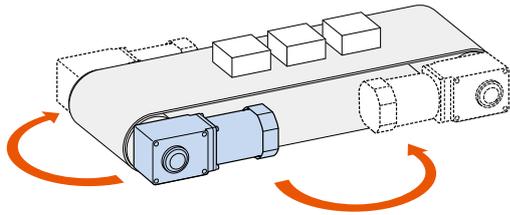


図 20 取り付けの自由度

4. 製品ラインアップ

表 2 に示すように、平行軸は 6W から 90W まで、直交軸は 25W から 90W の製品をラインアップしています。平行軸ギヤヘッドの主な仕様を表 3 に、直交軸ギヤードモーターの主な仕様を表 4 に示します。

表 2 KIIシリーズのラインアップ

種類	ギヤヘッド	平行軸						直交軸		
		出力 [W]	6	15	25	40	60	90	25	40
モーター	取付角 [mm]	60	70	80	90			80	90	
	インダクションモーター	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	レバーシフルモーター	○	○	○	○	○	○	-	-	-
	電磁ブレーキ付モーター	○	○	○	○	○	○	-	-	-
	スピードコントロールモーター	○	○	○	○	-	-	-	-	-

表 3 平行軸ギヤヘッドの製品仕様

出力 [W]	6	15	25	40	60	90
取付角 [mm]	60	70	80	90		
減速比	5~360			5~300		5~180
最大許容トルク [N·m]	6	10	16	30		
許容ラジアル荷重 [N]	200	300	450	500		
許容アキシャル荷重 [N]	40	80	100	150		

※許容ラジアル荷重 / アキシャル荷重はシリーズ最大値です

表 4 直交軸ギヤードモーターの製品仕様

出力 [W]	25	40	90
取付角 [mm]	80	90	
減速比	15~240		5~240
最大許容トルク [N·m]	27.4	44.5	70
許容ラジアル荷重 [N]	1200	2200	
許容アキシャル荷重 [N]	300	350	

※許容ラジアル荷重 / アキシャル荷重はシリーズ最大値です

5. まとめ

KIIシリーズは、従来の K シリーズに比べて高強度です。平行軸ギヤヘッドは、低騒音および長寿命を実現しました。また、直交軸ギヤードモーターは構造の見直しと、新規オイルシールの採用により、従来品よりグリースが漏れにくい構造にしました。取付形状にもこだわり、装置へのコンパクトな取り付けが可能です。

これらにより、KIIシリーズはおお客様の装置の高性能化と省スペース化に大いに貢献できると考えます。

今後も市場や環境の変化により、お客様からの要望が高まることが考えられます。そのために、さらなる性能の向上とバリエーション展開を目指します。

3 章 4 節 1 項のオイルシールの説明の一部に、NOK 株式会社様の文献を引用させていただきました。末筆とはなりますがここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) NOK 株式会社, 「これでわかるシール技術」, (1999), pp22-31, 工業調査会

筆者



飯野 和也

PD 事業部