

RKIIシリーズ小型直交軸 FC ギヤードタイプの開発

古渡 健二

Development of Right Angle Gearhead for **RKII** Series **FC** Geared Type

Kenji KOWATARI

The **FC** geared type is a compact right angle geared motor combined with an **RKII** Series driver. It has been achieved by using a "face gear" as its core technology. Combined with the current line-up which includes the **TS** geared type, the **FC** type allows flexibility when designing equipment. Further, because of the mounting flexibility, the **FC** type can contribute to smaller machines. This paper explains the structure and features of the **FC** geared type.

1. はじめに

近年、一般産業用機械・装置に使用するモーターとして、高トルク、高精度のほかに省スペースを切り口とした直交軸ギヤードタイプの要望が高まっています。負荷軸に対してモーターを直角に配置できるため、設備からの飛び出しを抑え、省スペース化に貢献します。ここではコア技術となるギヤ要素「フェースギヤ」の特徴について解説するとともに、5相ステッピングモーター**RKII**シリーズと組み合わせた「**FC**ギヤードタイプ」について紹介します(図1参照)。



図1 RKIIシリーズFCギヤードタイプ

2. 直交軸ギヤヘッドとは

2.1. 直交軸ギヤヘッドの利点

ギヤヘッドはトルクアップを主な目的として使用されます。通常、ギヤヘッドを取り付けると、モーター単体で使う場合と比較して、寸法が大きくなり、設備設計上問題となるケースがありました。直交軸ギヤヘッドを使用することで、負荷軸に対する寸法を伸ばすことなく、

減速機を取り付けることが可能となります。また、許容アキシャル荷重が大きいため、負荷を直接取り付けることができます(図2参照)。これにより平行軸のギヤヘッドを取り付けた場合と比較して省スペース化が可能となり、装置を小型化できます。

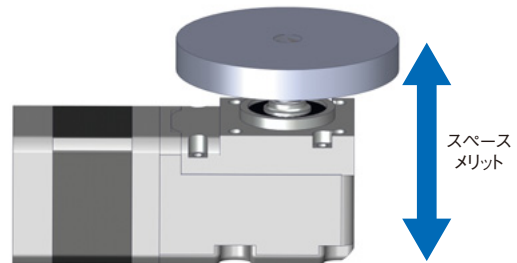


図2 直交軸ギヤードタイプの利点

2.2. 直交軸ギヤの種類

表1に一般的に使われている直交軸ギヤの種類と特徴を示します。直交軸ギヤの種類は、ウォームギヤ、ねじ歯車、かさ歯車、曲がり歯かさ歯車などがありますが、耐荷重、静音性、伝達効率などの関係から、これまでハイポイドギヤが多く採用されてきました⁽¹⁾。しかしハイポイドギヤはピニオン・ギヤ共に特殊な形状をしているため、特殊な加工機が必要となります。また、工具の製作が難しいことと、加工時の切削速度が確保できないため、小型化が難しいという技術的な課題もありました。ハイポイドギヤでは加工が難しい小型・高効率の直交軸ギヤヘッドを、フェースギヤを開発することで、実現できました。

表1 直交軸ギヤの種類と特徴

直交軸ギヤの種類	メリット	デメリット
ウォームギヤ	<ul style="list-style-type: none"> ・1段で高い減速比をとれるため、コンパクトな減速機ができる。 ・騒音が小さい。 ・リードの設計によりセルフロックが可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・伝達効率が低い。 ・歯当たり管理が必要。
ねじ歯車	<ul style="list-style-type: none"> ・インボリュート歯車で構成できるため、通常のホブ盤で安価に製作が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・点接触かつ滑りが大きいので耐荷重性は低い。
かさ歯車	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷重は高い。直交軸歯車としては古くから使われ信頼性も高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・騒音が大きい。
曲がり歯かさ歯車	<ul style="list-style-type: none"> ・かさ歯車よりも静音性にすぐれる。 ・耐荷重性は高く、トラックなどのディファレンシャルギヤなどをはじめとして広く普及している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・製作に特殊な機械が必要。高価な設備で加工時間もかかるため、歯車も高価となる。
ハイポイドギヤ	<ul style="list-style-type: none"> ・オフセットしているため食い違い軸になる。そのため床を下げたい乗用車のプロペラシャフトに使われる。 ・比較的高い減速比がとれる。 ・騒音が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・製作に特殊な機械が必要。高価な設備で加工時間もかかるため、歯車も高価となる。 ・小形になると製作が難しい。 ・歯当たり管理が必要。
フェースギヤ	<ul style="list-style-type: none"> ・駆動ピニオンはインボリュート歯車のためハイポイドギヤ、かさ歯車より低コストになる。 ・ピニオン軸の軸方向の調整が不要となるため、ハイポイドギヤと比較して組み付けが容易。 	<ul style="list-style-type: none"> ・フェースギヤの製作が難しい。

2.3. フェースギヤの特徴

ハイポイドギヤとは異なり、フェースギヤは設計手法が公開されているため歯面を設計することができます。また、駆動ピニオンがインボリュート歯車であるため、歯車対として、低コストで構成できます。設計上の制約として、外径側は歯先尖り、内径側は歯元干渉と歯先干渉が発生するため、かみ合いに有効な歯幅に制限がありますが、その範囲内であればハイポイドギヤと同様に高効率・高トルクを実現できます。

フェースギヤのメリットとして組立調整が容易である点も挙げられます。ハイポイドギヤをはじめとする直交軸ギヤは、ピニオンの半径方向に対するギヤの位置調整(図3①)と、ピニオンの軸方向に対するギヤの位置調整(図3②)の、2方向の調整が必要となります。一方、駆動ピニオン側にインボリュート歯車を採用しているフェースギヤは、モーターピニオンの半径方向に対するフェースギヤの位置調整(図3①)のみで済みます。

また、かさ歯車やハイポイドギヤはピニオン・ギヤ共に専用の加工機を必要としますが、フェースギヤのピニオンはインボリュート歯車を使用できるため、一般的なホブ盤で加工できるメリットがあります。

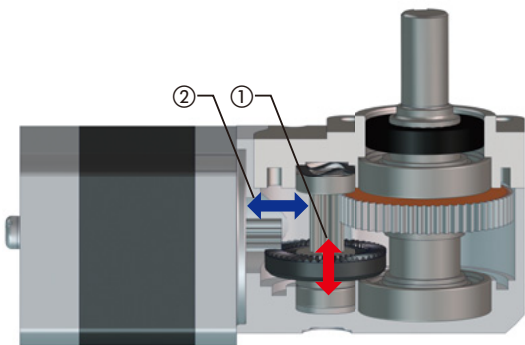


図3 直交軸ギヤの位置調整

3. フェースギヤ

3.1. フェースギヤの設計

フェースギヤの歯車対は、円筒歯車であるピニオンとその共役な歯面をもつギヤによって構成されます。ピニオンにはインボリュート歯車が採用されることが多く、ピニオンとフェースギヤブランクを減速比と同じ速比で回転させたときに、フェースギヤブランクがピニオンにより削り取られて残った部分が、フェースギヤの歯面になります。たとえば、減速比5のときにはピニオンを10°回転させながら、フェースギヤブランクを2°同期回転させて残った部分がフェースギヤとなります(図4参照)。

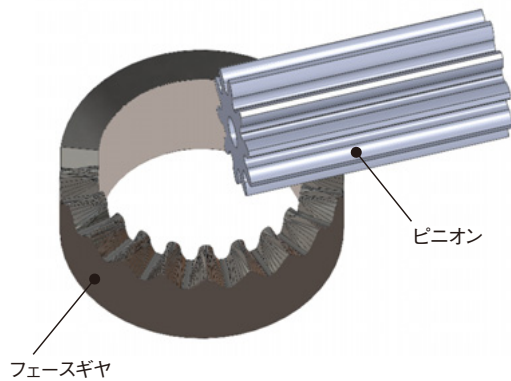


図4 ピニオンと共役な歯面をもつフェースギヤ

図5にフェースギヤの歯面形状を示します。フェースギヤは共役となるピニオンによってその形状が作られるため、ピニオンの緒元と減速比によってフェースギヤ歯面の形状が決定します。

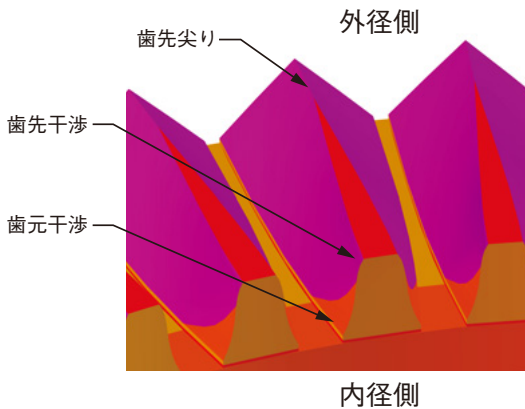


図5 フェースギヤの歯面形状

ピニオンとフェースギヤは設計上1対1の関係にあるため、ある諸元のフェースギヤに対してピニオン諸元を共用することはできません。

また、インボリュート歯車とかみ合う内径側がマイナス転位、外径側がプラス転位の形状をしており、歯すじ方向(半径方向)に連続的に転位が変化する形状となります。転位によって歯先尖り、歯元干渉が起こり、また、別の要因で歯先干渉が発生します。

3.2. 歯面修整

フェースギヤは正確な加工・組立が実現できれば、ピニオンとギヤは、歯面全体の接触によるなめらかなかみ合いとなります。しかし、実際には加工誤差・組立誤差があるため、歯車の性能向上のためには歯面修整が必要です。**FC**ギヤードタイプに使用しているフェースギヤでは、独自の歯面修整方法により、角度伝達精度を維持しつつ、加工誤差・組立誤差を許容できる設計にしました。

歯面修整の効果についてシミュレーションした結果を図6に示します。フェースギヤは、ピニオンとギヤが理想の位置関係にある場合、角度伝達精度も理想的なものとなります(図6a参照)。しかし、加工誤差や組立誤差があると、角度伝達精度が悪化してしまいます(図6b参照)。そこで、歯面修整を与えることで、誤差があっても伝達精度が維持される形状にしました(図6c参照)。

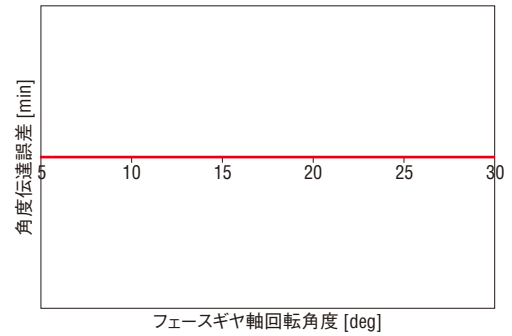


図6a 理論歯面で組立誤差が無いとき

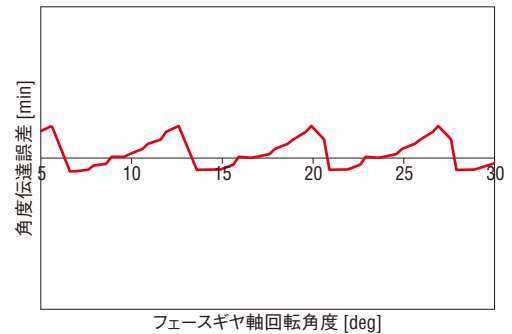


図6b 理論歯面で組立誤差があるとき

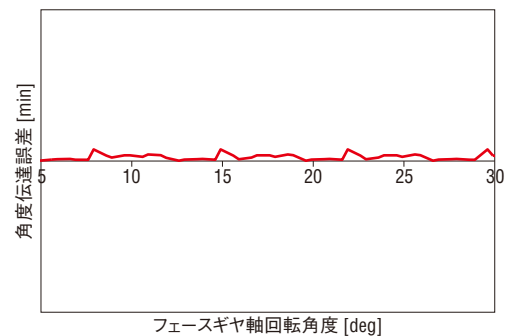


図6c 修整歯面で組立誤差があるとき

図6 角度伝達誤差のシミュレーション

4. 製品の特徴

4.1. FCギヤードタイプの構造

FCギヤードタイプは、初段に直交軸、出力段に平行軸を配置した構造です。直交軸ギヤヘッドの構造上の特徴について説明します。

直交軸ギヤヘッドは負荷軸に対してモーターを直角に配置できるため、装置を小型化しやすいという特徴があります(図7参照)。

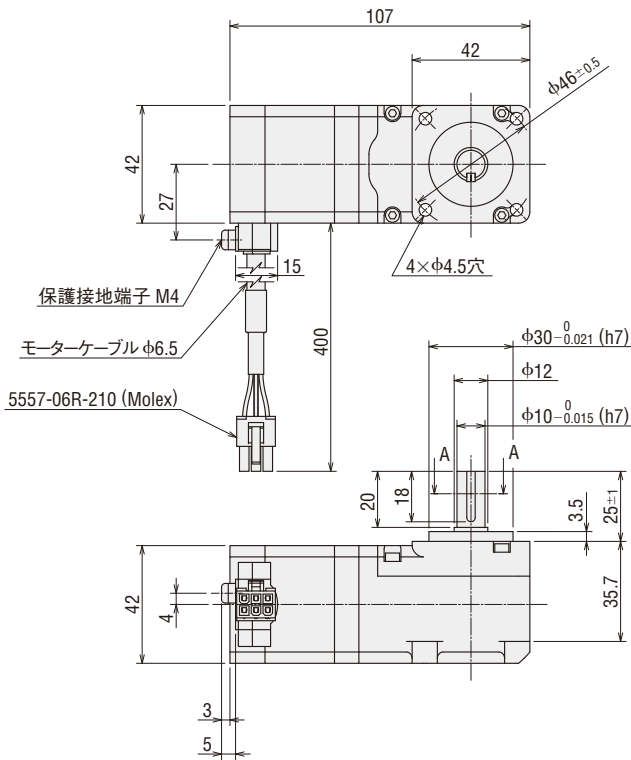


図7 FCギヤードタイプ外形図

また、構造の違いから直交軸ギヤヘッドは平行軸ギヤヘッドよりも大きいラジアル荷重とアキシャル荷重を受けることができます。

平行軸ギヤヘッドはモーターピニオンに対して各軸が平行に配置されているため、図8左のように、モーターピニオンとの干渉を避けるように軸受を配置する必要があります。そのため、使用できる軸受の大きさには自ずと限界があります。それに対して直交軸ギヤヘッドでは、各軸がモーターピニオンに対して直角に配置されているためモーターピニオンを避ける必要がなく、出力軸の軸受を大きくできます。

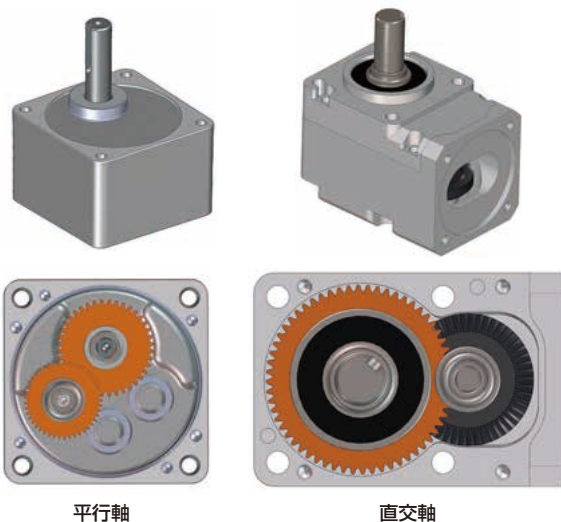


図8 平行軸と直交軸の軸受配置の比較

4.2. TSギヤードタイプとの比較

出力段に大きいサイズの軸受を採用していることで、同じ大きさの平行軸ギヤヘッドよりも許容ラジアル荷重・許容アキシャル荷重が大きいことが特徴です(表2参照)。

表2 FCギヤードタイプとTSギヤードタイプの比較

	FCギヤードタイプ	TSギヤードタイプ
減速比	7.2、10、20、30	3.6、7.2、10、20、30
許容トルク [N・m]	3	2.3
バックラッシ [min]	15	15
許容ラジアル荷重 [N]	220	60
許容アキシャル荷重 [N]	100	15

5. まとめ

FCギヤードタイプはコア技術となるギヤ要素「フェースギヤ」を採用した、業界最小サイズの直交軸ギヤードモーターです。フェースギヤを採用したことでほかの直交軸ギヤの要素では難しかった、小型、高精度、高トルク、高効率を実現しました。

また、直交軸ギヤヘッドは、同じサイズの平行軸ギヤヘッドと比較して、大きなラジアル荷重・アキシャル荷重を受けることができます。

今後、市場の要求に合わせ、大きさの異なる商品や、他シリーズへの展開を行い、ラインアップの拡充をはかっていきます。

参考文献

- (1) 飯野 和也,「KIIシリーズ直交軸ギヤードモーターの開発」, RENGA, No 177 (2013), pp17-22

筆者



古渡 健二

機構商品事業部