

日 本精工 (NSK) は東京に本社を置く日本の部品メーカーであり、主にベアリングや車載コンポーネントを製造しています。同社は 2016 年の終わりに、極めて実用性の高いトランスミッション機構を搭載した新型ホイールハブモーターを発表しました (図 1)。このモーターは比較的小さなサイズにもかかわらず、高い走行性能を実現しています。NSK が目指すのは製品としてのモーターの量産ではなく、個々の部品の地位を市場で確立することであり、主に減速機一体型ホイールベアリング、ワンウェイクラッチ、小型ローラーベアリング、および耐食ベアリングに注力しています。

安全性および快適性の向上と 環境フットプリントの改善

ホイールハブモーターはホイールに直接取り付けられているため、従来の車両で必要となるドライブトレインコンポーネントが不要になります。これにより、車体重量が減少し、その結果としてエネルギー消費量の低下や環境フットプリントの改善につながります。また、後輪駆動車ではトランスミッショントンネルなどの部品が不要となるため、車内スペースが広がり、乗員の快適性が向上します。さらに、従来のドライブトレインコンポーネントを搭載した内燃エンジンの場合に比べ、はるかに直接的かつ個別に車輪の駆動制御を行えるため、車両の安全性も高まります。

小型モーター実現のための厳しい 性能要件

NSK では、開発プロセスにおいてさまざまな課題に直面しました。なかでも、厳しい性能要件に対応しながら可能な限りモーターを小型化することは、最も困難な作業の 1 つとなりました。モーターは、あらゆる日常的な状況に対処するため、加速時や登坂時にも比較的低い回転速度で高いトルクを生み出せなければなりません。反

対に、高速道路を走行する際は、極めて高い回転速度で低いトルクを生み出す必要があります。このような、モーターのサイズへの影響が避けられない要件に対応するため、NSK の開発チームはホイールハブモーターとその部品の小型化に注力しました。

ソリューション：トランスミッション機構を一体化したホイールハブモーター

NSK では、小型化を実現するためのソリューションとして、トランスミッション機構を一体化したホイールハブモーターを開発しました。この新たな駆動装置は 2 つのモーター、2 つのプラネタリギアトレイン、ワンウェイクラッチで構成されています (図 1)。この構成により、必要十分な高トルクと最高速度を実現することができます。モーターは、内燃エンジンとは異なり、逆方向にも回転させることができます。同社のチームは、これを開発作業の土台として活用しました。高速ギアでは両モーターが同じ方向に回転し、低速ギアでは逆方向に動きます。ホイールハブ駆動装置の両モーターは、2 つのプラネタリギアユニットを介してホイールに結合されています。2 つの方向にモーターを可変的に駆動させることにより、2 つの異なるギア比が生まれます。モーターが逆方向に回転する場合は、ドライブシャフトに高いトルクがかかり、回転速度が制限されず。回転速度を上げる際には、両モーターを同じ方向へ駆動することで、車速が高まります。このような減速機一体型ホイールベアリングにより、発生したトルクが最終的にホイールへと伝わります。この特別なモーター / ギアボックス構成のおかげで、専用のシフトアクチュエータは不要となります。NSK は、これらの駆動装置を (前輪に 1 つずつの) 2 つ搭載した構成では、同等の性能を持つ中心設置型の車両モーターと比べ、重量を 30% 削減できると見

>>

「Tandem-AutoBox は制御と計測を同時に実行することができるため、私たちにとって非常に使いやすい製品でした。また、dSPACE システムと併用することにより、欠陥の分析や修正も簡単な手順ですばやく行うことができ、信頼性にも優れていました。」

松田靖之氏、日本精工株式会社





Highly Efficient Wheel Hub Motor

トランスミッション機構を一体化した
小型ホイールハブモーターの開発

画像提供：© NSK Ltd.

車両に対する環境関連法令が厳しくなる中、自動車エンジニアリングの分野では車両の電気駆動化への流れが加速しています。この流れに対応するため、日本精工では、トランスミッション機構を一体化した新型ホイールハブモーターを開発しており、モーターの評価の際に dSPACE の Tandem-AutoBox を使用しています。

テクニカルデータ

ホイールハブモーター

最大出力 (1 ホイールあたり)	■ 25 kW
最大駆動トルク	■ 850 Nm
最大回転速度	■ 135 km/h
重量	■ 32 kg

テスト車両

軸距	■ 2550 mm
輪距	■ 1484 mm
車体重量	■ 1013 kg
バッテリー電圧 および容量	■ 400 V 10.2 kWh

込んでいます。また、このトランスミッション機構では、両モーターのトルクおよび回転速度を制御することにより、加速時や制動時のギア変更をスムーズに行うことが可能です。

Tandem-AutoBox による乗車テスト

NSK の開発チームはモーターのプロトタイプを評価するため、前輪にホイールハブモーターを搭載したテスト車両を作成しました。同社は、この複雑な評価用装置の開発や、特にテスト車両の作成時には、多数の企業や大学と緊密に連携しました。なかでも、dSPACE は計画段階からこのプロジェクトを継続的にサポートしています。このテスト車両の後部には Tandem-AutoBox が取り付けられており、実際の運転を通じてホイールモーターをテストすることができます。テストで必要となる主要なインターフェースは、Tandem-AutoBox により提供されました。dSPACE システムは、ホイールハブ駆動装置のモーター制御だけでなく、電動パワーステアリングの制御にも使用されています。また、テスト車両の構成はホイールハブモーターのテスト以外の他のケー

スにも活用することができます。NSK は、今後の課題も見据えたうえで、12 V の車載バッテリーで動作させることのできる Tandem-AutoBox を選択しました。

dSPACE との緊密な連携

NSK はテスト車両の作成に際し、dSPACE エンジニアリングサービスを活用しました。これにより、開発プロセス全体を通じて開発チームへのサポートやさまざまな専門知識の提供を受けることができました。また、両社のチームが協力することにより、迅速かつ容易に機器の設定を変更したり、制御方式を更新したりすることができました。テスト結果の解析を行った際には、dSPACE の試験ソフトウェアである ControlDesk と Tandem-AutoBox が非常に役立つことが証明されました。Tandem-AutoBox を使用すると制御タスクと計測タスクを同時に実行できたため、欠陥の分析と修正をより迅速、容易かつ信頼性に優れた形で行うことができました。

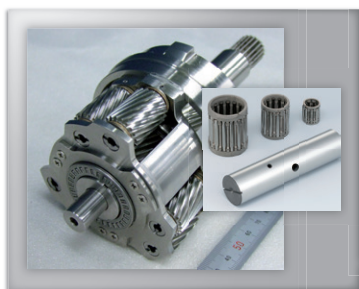
まとめ

テスト車両は電動式であるため、通常は

図 1：トランスミッション機構を一体化したホイールハブモーターの構成。NSK は、モーター用個別部品の市場での地位確立を目指しています。



減速機一体型ホイールベアリング

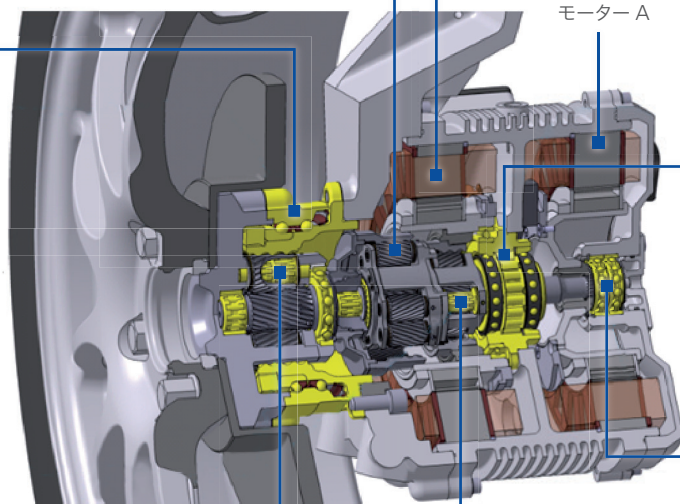


小型ローラー
ベアリング

トランスミッション

モーター B

モーター A



画像提供：© NSK Ltd.

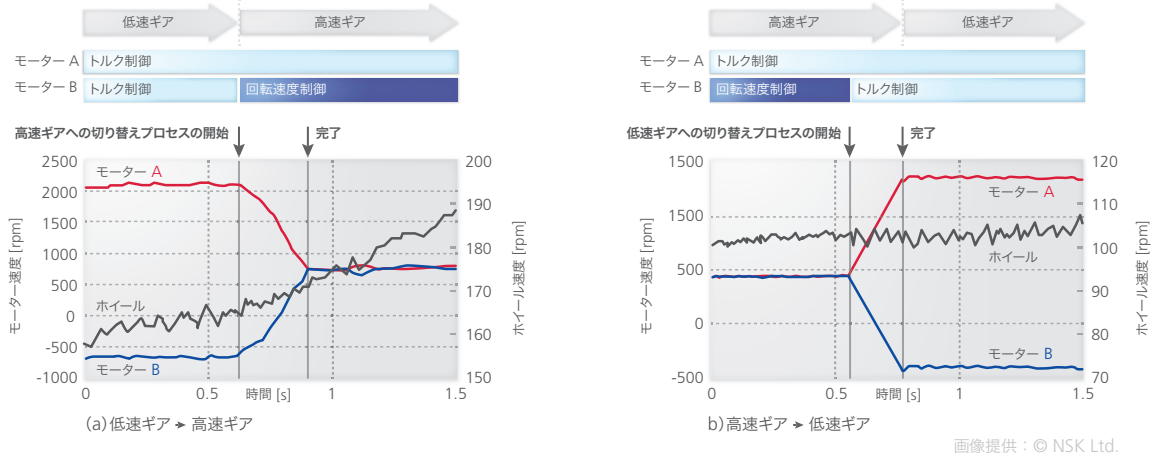


図2：高速または低速ギアへの切り替え時のプロセス：

- a) 2つのモーターは最初にそれぞれ逆方向に動きます。モーターBの方向が変わると、ワンウェイクラッチによりプラネタリキャリアが作動します。これにより、両モーターが同じ方向に回転します（高速、低トルク）。
- b) 2つのモーターは最初に同じ方向に回転します。モーターBの方向が変わると、ワンウェイクラッチによりプラネタリキャリアが停止します。これにより、両モーターがそれぞれ逆方向に回転します（低速、高トルク）。

充電ステーションに接続されているか、テスト（走行）に使用しているか、または制御ソフトウェアのメンテナンスを行っている状態となります。したがって、これら状態の切り替えが、制御ソフトウェア開発に

おける重要なポイントとなりましたが、dSPACEのソリューションを用いることによって、エンジニアは、各動作状態に応じて容易に調整可能な読みやすいコードを使用することもできました。これにより、

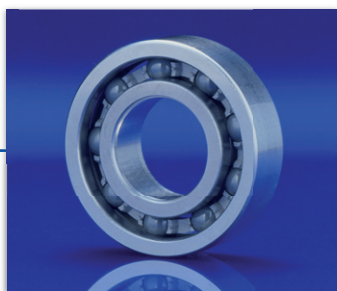
同社のチームはすべての開発プロセスを通じて作業を効率的に行うことができました。

松田靖之氏、日本精工株式会社



ワンウェイクラッチ

耐食ベアリング



ホイールハブモーターの動作についてはこちらの動画でご確認ください：
www.dspace.jp/go/dMag_20172_NSK



松田靖之氏

日本精工株式会社（藤沢市）
 自動車技術総合開発センター
 自動車システム開発部

