

樹脂センサハウジング一体トルクセンサの開発

Development of Torque Sensor Integrated with Plastic Sensor Housing

小山祥一 S. KOYAMA 松井紀晃 N. MATSUI 久津見 洋 H. KUTSUMI
梶谷正史 M. KAJITANI 外山祐一 Y. TOYAMA

Demands for energy saving in automobiles due to environmental concerns have led to the necessity of downsizing automobile parts. As such, there is a demand for more lightweight electric power steering (EPS). By integrating the torque sensor and torque sensor housing used within EPS, we have achieved a 20% reduction in the weight of the torque sensor housing assembly compared with the conventional model. This report highlights the results of the development of this system.

Key Words: electric power steering, torque sensor, Hall IC, sensor housing, resin, integrate

1. はじめに

環境への負荷低減の配慮から、自動車の省エネルギー化が進められており、その一環として、パワーステアリングシステムは従来の油圧式パワーステアリングから電動パワーステアリング (Electric Power Steering : EPS) へ移行している。当社では EPS システムのトルクセンサとして、2006 年よりコラムタイプ EPS 用にホール IC 式トルクセンサ¹⁾の量産を開始したが、引き続き下記の取り組みを行ってきた。

- ・2007 年より、ピニオンタイプ EPS 用に防水仕様のホール IC 式トルクセンサの量産を開始した²⁾。
- ・近年の環境対応への強いニーズに対応するため、2013 年より、従来アルミ製であったトルクセンサハウジングを樹脂製に変更し、量産を開始した³⁾。
- ・今回、その後のさらなる軽量化のニーズに応えるため、樹脂製トルクセンサハウジングとトルクセンサを一体化した製品を開発した³⁾。

以下に、この製品である樹脂センサハウジング一体トルクセンサの開発結果を紹介する。

2. ホール IC 式トルクセンサの機構説明

2.1 EPS システムの構造

EPS システムの構造を図 1 に示す。EPS システムの主要な電気部品はトルクセンサ、コントロールユニット、およびモータである。

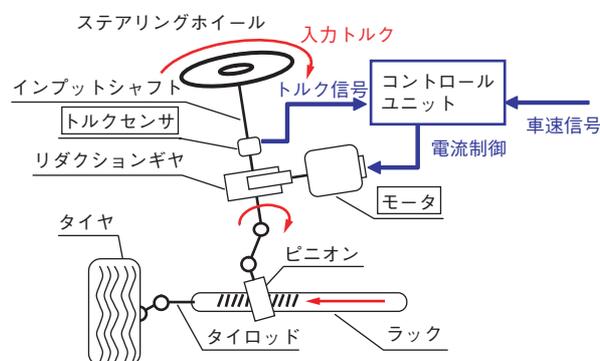


図 1 EPS システムの構造
Structure of EPS system

ステアリングホイールからの操舵力は、トルクセンサで検出され、そのトルク信号がコントロールユニットに送られる。コントロールユニットはモータにトルク信号と自動車からの車速信号に応じた電流が流れるように制御を行い、適切な操舵力のアシストを行う²⁾。

2.2 ホール IC 式トルクセンサの構造

ホール IC 式トルクセンサはセンサハウジングに組み付けたリングコア、ピニオンシャフトに組み付けた磁気ヨークアセンブリおよび、インプットシャフトに組み付けたマグネットで構成されている (図2)³⁾。

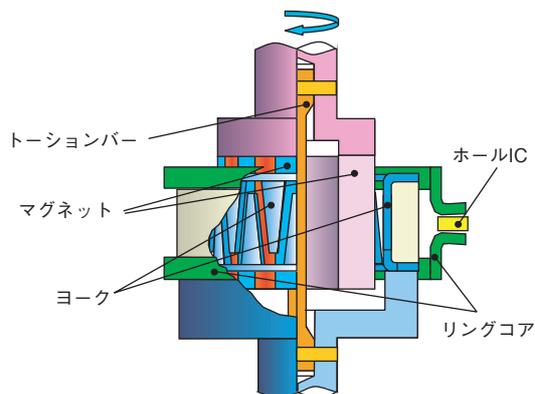
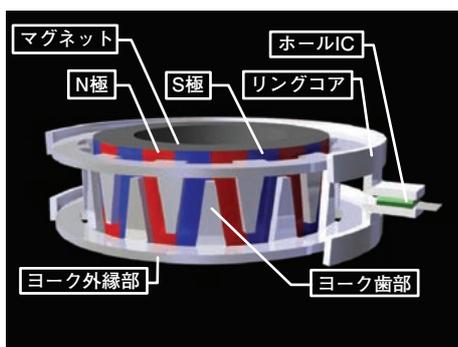


図2 ホール IC 式トルクセンサの構造
Structure of Hall IC torque sensor

2.3 ホール IC 式トルクセンサの検出原理

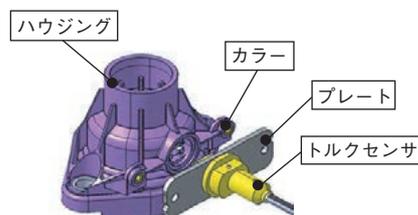
ステアリングホイールが操舵されていないときは、磁気ヨークアセンブリのヨークコア (歯部) がマグネットの磁束を短絡しているため、磁束はリングアセンブリ (リングコア) からホール IC には伝わらない。

操舵トルクが入力されると、トーションバーで連結されたマグネットと磁気ヨークアセンブリに相対角度差が生じ、マグネットの磁束が磁気ヨークアセンブリ (ヨークコア) からリングアセンブリ (リングコア) に伝わる。リングコアの突起部に挟まれたホール IC にトーションバーの捻じれ角に比例した磁束が伝わることで操舵トルクを検出する。検出原理を図3に示す³⁾。



3. 一体樹脂センサハウジングの構造

従来の、樹脂トルクセンサハウジングとトルクセンサが別体の構造では図4のように、磁気回路となるリングコアおよびトルクセンサを組み付けるためのカラーが樹脂で一体成形されたハウジング部と、リングコアからの磁界を検出するためのセンサおよび組み付け用のプレートが一体になったトルクセンサ部の二つをボルトで組み合わせる構造であった。一方、今回開発した一体樹脂センサハウジングの構造では、図5のように、ホール IC と回路が組み付けられたターミナルをホルダで覆い、そのホルダを基にハウジングを成形し、ハウジングとトルクセンサ部を一体化している。その結果、プレート、カラー、ボルトを廃止できた。



ハウジングとトルクセンサが別体

図4 従来品の構造
Structure of conventional product



ハウジングとトルクセンサが一体

図5 開発品の構造
Structure of developed product

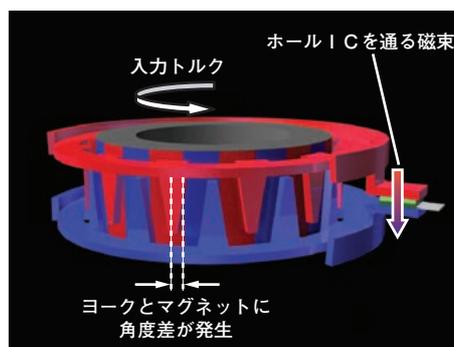


図3 ホール IC 式トルクセンサの検出原理
Principle of detection in Hall IC torque sensor

4. 一体化のメリット

一体化し、部品廃止したことにより、軽量化できた。また、その他のメリットとして下記2点が挙げられる。

①構成部品の減少により、ホールICと磁気回路の位置の公差も減少。ホールICへ、より安定した磁束を供給することが可能となり、トルクセンサ出力精度が向上。

②従来、ハウジングとトルクセンサの組み付けはOリングで防水性を確保していたが、Oリングの劣化が懸念された。開発品は一体化したことにより、防水性が向上し、半永久的な防水性を確保（図6）。

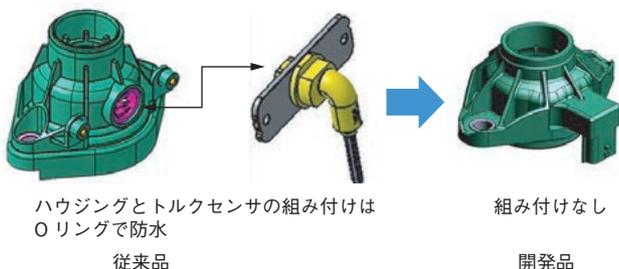


図6 防水性の向上
Improved water resistance

5. 一体化の課題と対策

5.1 ホールICの保護

開発品では、ホールICを含んだホルダをハウジングと一体成形する構造としているため、その時の樹脂成形圧・成形温度がホールICに影響する可能性がある。ホールICは外力に対しての耐性が低いため、成形時に圧力が加わらないように設計する必要がある。また、成形温度に対しても、ホールICの耐熱温度以下になるようにする必要がある。対策として、図7のように、ホールICをホルダで覆い、一体成形時の圧力や温度の影響を受けないようにした。具体的にはホールIC収容部周辺にリブを設け、剛性を上げるとともに、ホールICとの間にすきまを設けることで、成形時にホールICに接触しないようにしている。

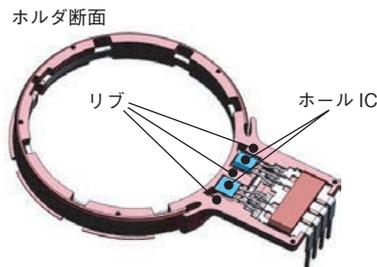


図7 ホールICの保護対策
IC preservation

5.2 ハウジングに発生するクラックの防止

インサート成形される磁気シールド（鉄）とハウジング樹脂（PA6T/6I）の線膨張係数が異なるため、冷熱衝撃試験の温度変化が加えられると、磁気シールドのエッジ部に過度な応力が加わり、クラックが発生する。前述5.1のホールICの保護観点から成形条件に制約がある中、開発当初同試験により図8に示す部分からクラックが発生するという問題があった。対策として、応力が集中する部位をホルダで覆い、一体成形時の樹脂が内部に流れ込まないように設計し、磁気シールドのエッジと一体成形時の樹脂が接触しないようにすることで、応力集中を回避した。その結果、クラックを防止することができた。

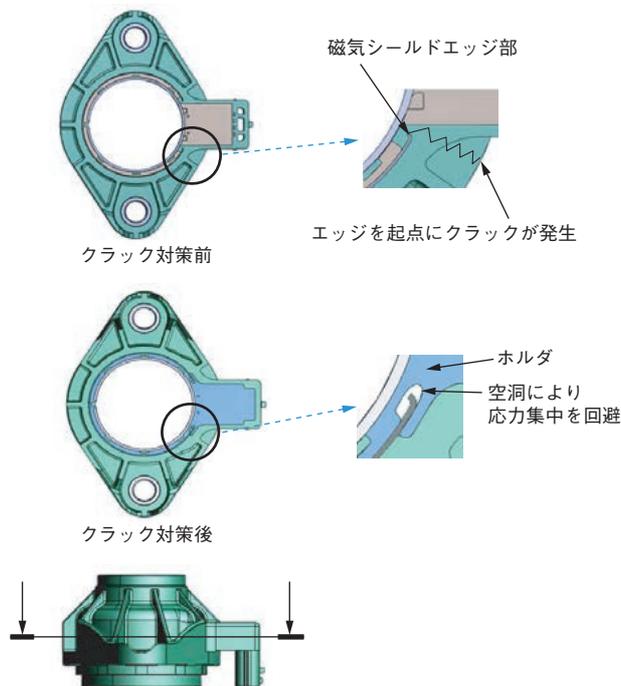


図8 クラックの対策
Countermeasures against cracking

5.3 寸法精度の確保

一体成形する部品が多いため、成形後の収縮により、寸法精度が低下することがFEM解析により明らかになった。その対策として、リブ位置および成形条件の最適化を行い、寸法精度を確保した(図9)。

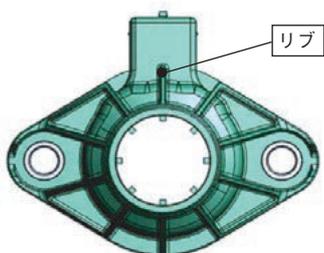


図9 リブの位置
Rib position

6. 開発結果

6.1 軽量化

樹脂センサハウジングとトルクセンサを一体化することにより従来品に対し、20%の軽量化を実現できた。

6.2 ハウジング成形後のホール IC 部の保護

ホール IC の寸法精度最悪品を成形圧・温度などの成形条件の上限下で製品を成形し、ホール IC にリングコアの突起部が接触していないかを断面観察した。その結果、接触は見られず、問題のないことが確認できた。

6.3 信頼性確認結果

表1に主要な信頼性試験結果を示す。すべての信頼性評価において、問題がないことを確認できた。

表1 信頼性確認結果
Reliability check results

試験項目	結果
高温放置試験	OK
低温放置試験	OK
熱衝撃試験	OK
高温高湿試験	OK
振動試験	OK
衝撃試験	OK

7. おわりに

今回の取り組みにより、EPSシステム向けの樹脂トルクセンサハウジングとトルクセンサを一体化し、樹脂センサハウジング一体トルクセンサを開発できた。そして、自動車の軽量化と信頼性の向上を図れた。今後、本製品の横展開を推進するとともに、この技術を発展させ、さらなる軽量化と信頼性を向上させた製品を開発していく。

参考文献

- 1) 永橋 豊, 川久保暁威, 辻本泰介, 景井勝典, 長谷川 純, 角谷智司: JTEKT ENGINEERING JOURNAL, No. 1003(2003)35.
- 2) 堀田 健作, 石原 繁晴: JTEKT ENGINEERING JOURNAL, No. 1007(2009)60.
- 3) 笹口伸幸, 大石武志, 飯田俊雄, 幸村貴広, 竹内彰啓: JTEKT ENGINEERING JOURNAL, No. 1011(2013) 31.

筆者



外山祐一*
Y. TOYAMA



松井紀晃**
N. MATSUI



梶谷正史***
M. KAJITANI



久津見 洋****
H. KUTSUMI



小山祥一*****
S. KOYAMA

- * ステアリング事業本部 電子システム企画部
** ステアリング事業本部
第1ステアリングシステム技術部
*** ステアリング事業本部 第1実験解析部
**** 生産技術本部 鋳鍛造生産技術部
***** 生産技術本部 生産技術部