

## 高機能EPS用ECUの開発

長 江 功 貴

### 1 はじめに

日産自動車(株)のINFINITI Q50<sup>注1)</sup>(写真1)に搭載されるダイレクトアダプティブステアリング<sup>注2)</sup>(以下DAS)向けに、ステアリングギヤの転舵モータ及びステアリングホイールの反力モータ駆動用の高出力かつ高信頼性なエレクトリック・コントロール・ユニット(以下ECU)を開発した。

DASの最大の特徴は、ステアリングホイールとステアリングギヤボックスの機械的連結をクラッチで切り離して電気信号に置き換え、タイヤの向きを変える新技術を採用しているところである。

本技術は入力操作を電気信号(ワイヤ)で伝達してアクチュエータを制御するエクス・バイ・ワイヤ(X-By-Wire)と呼ばれる先進技術の応用である。

DASは車両レイアウトの自由度を向上させ、車両を安全に運転するための制御、更には自動運転に進展する可能性を持っており、次世代のステアリングシステムとして注目を集めている。量産車でバイ・ワイヤ技術を用いたステアリングシステムを搭載したのは、INFINITI Q50が世界で初めてである。

ECUを開発するにあたり、様々な技術課題があったが無事に量産に至った。開発品について以下に紹介する。

注1) Q50の国内向けの販売名称はスカイライン。ハイブリッドエンジン搭載モデルはDAS標準装備。スカイライン、INFINITI、Q50は日産自動車(株)の商標。

注2) ダイレクトアダプティブステアリングは日産自動車(株)の商標。当社では高機能EPSと呼ぶ。



写真1 日産自動車(株) INFINITI Q50

### 2 DASのシステム構成

図1はDASのシステム構成である。主要な構成部品は、ステアリングホイール、反力モータ、クラッチ、ステアリングギヤボックス、ECUである。KYBの開発品は②、④、⑤のハードウェアである。

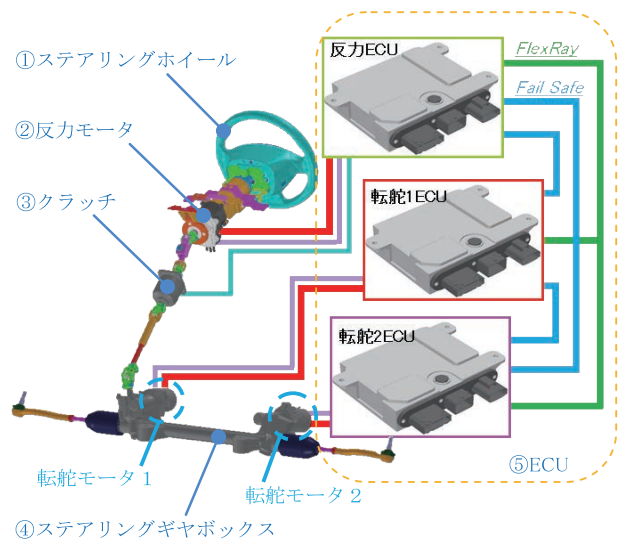


図1 DASのシステム構成

#### ①ステアリングホイール

ステアリング操作の入力部分。反力モータ軸との接続は減速機を介さず接続する。

#### ②反力モータ

車輪から伝わる路面状況を擬似的に運転者へ伝えるための操舵反力を発生する。

#### ③クラッチ

DASの故障を検知した場合にステアリングホイールとステアリングギヤボックスを機械的に結合する。

#### ④ステアリングギヤボックス

ステアリングホイールの舵角信号に応じて、ラックを左右に動かし、車輪に操舵角を与える。転舵モータ1及び2の計2個のモータを搭載する。

⑤ECU

②, ③, ④のアクチュエータを制御する。当社では反力モータを制御するECUを反力ECU, 転舵モータを制御するECUを転舵ECU 1 及び 2 と呼ぶ。また, それぞれのECUは各種センサ用回路及びクラッチ用回路を必要に応じて実装している。3台のECUは制御の演算結果を通信する構成になっており, 相互の状態を監視する。故障が発生した場合, 瞬時に検知してクラッチを接続し, システムを安全な状態へ遷移させる。

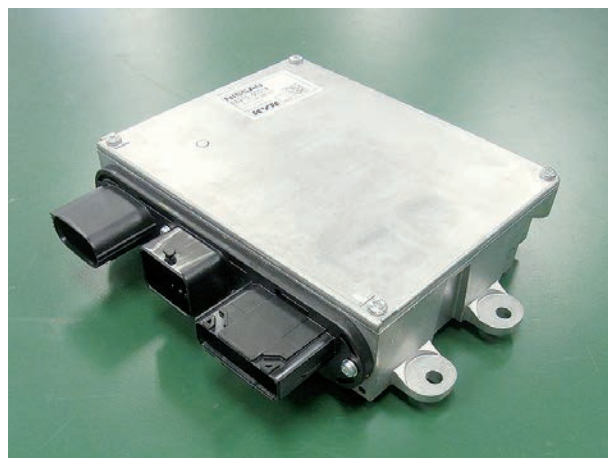


写真2 ECUの外観

3 開発・生産体制

ECUに組み込むソフトウェアとシステム開発は日産自動車(株)殿の担当である。システムのハードウェアは当社オートモーティブコンポーネンツ事業本部(以下AC事業本部)ステアリング技術部が全体を統括している。ECUとモータの開発は技術本部電子技術センターへ委託されている。

ECUの生産は当社グループ会社であるKYBトロンデュール(株), 転舵モータ及び反力モータの生産は(株)TOP殿, ステアリングギヤボックスの生産はAC事業本部岐阜北工場で行っている。

4 ECUの仕様

4.1 製品仕様

表1にECUの主要諸元, 写真2にECUの外観を示す。

表1 ECU主要諸元

電源電圧 V	14
寸法 mm	(L)180×(W)180×(H)50
質量 kg	1.7
モータ出力 Arms	80 (3相DCブラシレス)
CPUクロック 周波数 MHz	80
モータ角度 検出方式	レゾルバ
クラッチ出力 A	1.5
外部通信方式	CAN (500Kbps) Flex Ray (5 Mbps)
作動周囲温度 °C	-40~105
コネクタ	防水

4.2 共用化

図2に主要部品の構成を示す。反力ECUも転舵ECUも, 主な機能は3相DCブラシレスモータを駆動させることであるから, 基本構造は出来るだけ統一した。ECU毎に必要な機能に合わせて実装する電子部品を設定するにあたり, 可能な限り部品の共用化を図っている。CPU基板, アルミ基板, カバー, 端子ガイド, メインバスバーAssy, コネクタAssyについては完全に共通であり, コスト低減及び製造工程の簡素化に対して配慮している。

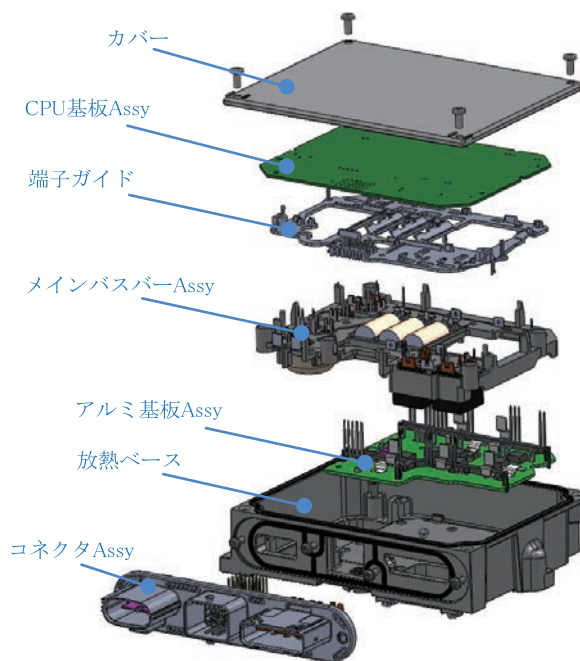


図2 ECU構成部品の概略図

4.3 フェールセーフ

ECU間の通信は, 信頼性が高く通信速度が速い次世代の車載高速LANであるFlex Ray<sup>注3)</sup>を採用し, 3つのECUの演算結果を相互に監視している。更

に別系統で、瞬時にクラッチをつなぐ信号を共有し、相互に作用することで信頼性を高めている。どれか1つのECUが故障した場合、3つのECUがFlex Rayの情報からお互いの動作状態を判定し、判定結果の多数決演算をとることによって、故障したECUを特定する。

注3) 次世代ネットワークとして注目され、高速通信(最大10[Mbps])、同期通信、送信遅延時間保証など、協調制御に必要とされる特徴を持つ。

## 5 開発課題

### 5.1 ECUの信頼性評価

ECUの信頼性評価は主に環境系と電気系の2系統に分類される。電気系の中でもEMC<sup>注4)</sup>に関する放射ノイズ試験の対策には様々な検討を要した。

DASは放射ノイズの観点からすると不利なシステムであると言える。3相ブラシレスモータを駆動するシステムの放射ノイズは、一般的にモータインバータ回路のスイッチングに起因する。スイッチングノイズが各種ハーネスに重畳して、放射ノイズとなって現れる。一般的なEPSシステムはモータとECUの組み合わせが1セットで構成される。一方で、DASは3セットで構成されており、更に互いのECUが多数のハーネスで接続されている。また、ECUの搭載位置の都合上、電力線の長さが合計2m前後になる。そのためEPSシステムと比較しても、ノイズ源が多く、放射ノイズを出しやすい構成である。

ECUを実車に搭載して評価した結果、全周波数帯域で大きく基準値を超えてしまっていた。そこで、至急の対策検討が必要となったが、ノイズ対策と言うものはなかなか理論通りにいかず、経験則的に対策を検討する事例も多い。そのため長期にわたって台上での対策検討を繰り返し行った。

注4) Electro Magnetic Compatibility:用語解説「EMC・EMI」p.53を参照。

### 5.2 EMI除去フィルタによる対策

対策部品は主にEMI<sup>注5)</sup>除去フィルタと呼ばれるコンデンサ及びフェライトインダクタを使用した。対策の効果を明確にするため、ECUとモータは1セットで検討することから始めた。また、容易に対策部品のチューニングが行える様にバラック状態のECUを使用した。実際のECUはアルミダイカスト製の筐体が基板の放射ノイズを抑えるため、銅板と段ボールシートを使用して作成した擬似的な筐体でバラック型のECUを覆って検討を行った(写真3)。対策部品のカット&トライを地道に繰り返し行い、

図3に示すように大幅に放射ノイズを低減することができた。

注5) Electro Magnetic Interference:用語解説「EMC・EMI」p.53を参照。

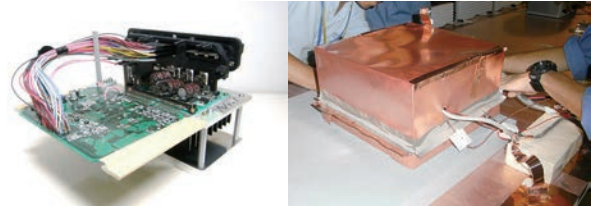


写真3 バラック型ECUと擬似筐体の外観

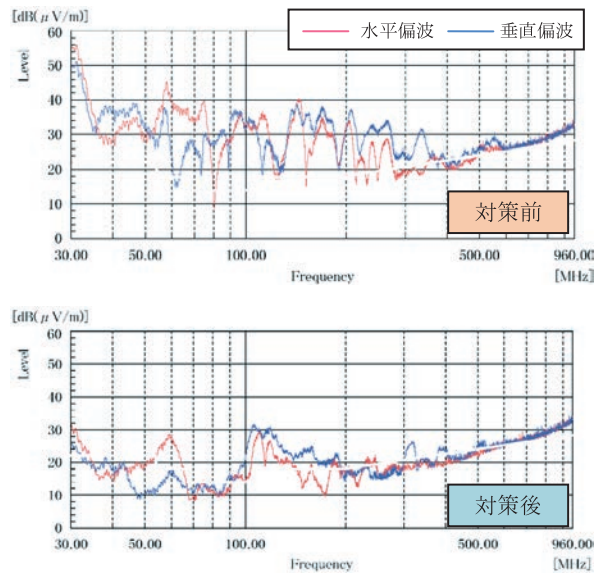


図3 EMIフィルタ対策前後の放射ノイズレベル

### 5.3 シールドハーネスによる対策

インバータ回路とモータハーネスから出る放射ノイズレベルは、パワーが大きいことに加えてモータの駆動性能にも影響する可能性があるため、対策手段が限られる。そのため写真4で示すようなシールドハーネスと呼ばれる金属編組線で覆われたハーネスをモータハーネスに使用することで、放射ノイズが外に出ないように対策するのが一般的である。この点についてはお客様に対しても協力を仰ぎながら検討を進めた。

シールドハーネスは通常のハーネスと比較して製造の手間も材料費も余分にかかるため、当然コストも上がる。ハーネスのコストは車両価格に影響するため、採用のハードルも高い。そこでお客様と合同で台上評価を行い、シールドハーネスの効果とシールド部分の拡大による相乗効果を実証することにした。台上でシールド部分を長くしたり短くしたりしてハーネスが露出する長さを数10mm単位で変化させ

る。それに伴って測定機器の画面でノイズレベルが大きく変化する状況を実際に目で見てもらい、効果を実感してもらった。

この活動によってお客様にも“シールドハーネスは必須であり、その仕様も可能な限りコネクタ直近までシールドで覆われた状態でなくては効果がない”という認識を持ってもらうことができ、当社の要望するハーネスの仕様を採り入れてもらえるきっかけとなった。

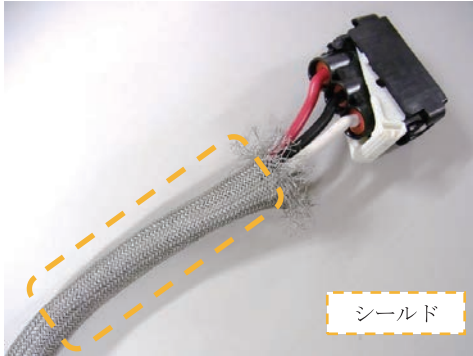


写真4 シールドハーネス

## 6 おわりに

今回開発した高機能EPS用ECUは、要求される自動車搭載要件を満足できた。開発中に発生する様々な技術課題に対し、一つずつ対策を講じる過程を経ることが電装品設計のノウハウ構築にもつながったと考える。今後も電子制御化の傾向は自動車に限らず様々な分野で高まる一方である。本開発で得た経験を有効に活用したい。

本開発にあたり、日産自動車(株)殿のプロジェクト関係者をはじめ、社内外の関係各位より頂いた多大なるご支援、ご協力にこの場を借りて心から感謝申し上げます。

## 著者



長江 功貴

2009年度入社。技術本部電子技術センター開発室。高機能EPS用ECUの開発に従事。