

# 自動車の電動化と高性能化を支える 車載用モータドライバIC

Motor Driver ICs Supporting Enhanced Performance and Electrification of Automotive Systems

羽倉 淳一郎      鈴木 邦夫      松尾 健彦

■ HAGURA Junichiro      ■ SUZUKI Kunio      ■ MATSUO Takehiko

自動車の電動化や高性能化が進み、自動車に搭載されるモータの数は増え続けており、現在は1台当たり40～100個のモータが使用されている。また、車載用モータシステムに求められるニーズが多様化してきており、車載用モータドライバICに対する現在の市場ニーズを代表するキーワードは、高効率化、低騒音化、小型化、及び機能安全対応である。

東芝は、1984年に車載用モータドライバIC TA8050Pの出荷を開始して以来、30年間にわたって、これらのニーズに対する技術課題を解決する様々な車載用モータドライバICを開発し、提供している。

Accompanying the ongoing enhancement of performance and electrification of automotive systems and the diversification of needs for these systems, the number of motors installed in automobiles continues to increase. Currently, an automobile may be equipped with 40 to 100 such motors. Efficiency, low noise, compactness, and functional safety are keywords representing the requirements of the market for automotive motor driver integrated circuits (ICs).

Toshiba has been developing and supplying various motor driver ICs to solve technical issues related to these requirements for 30 years since delivering its first motor driver IC, the TA8050P, in 1984.

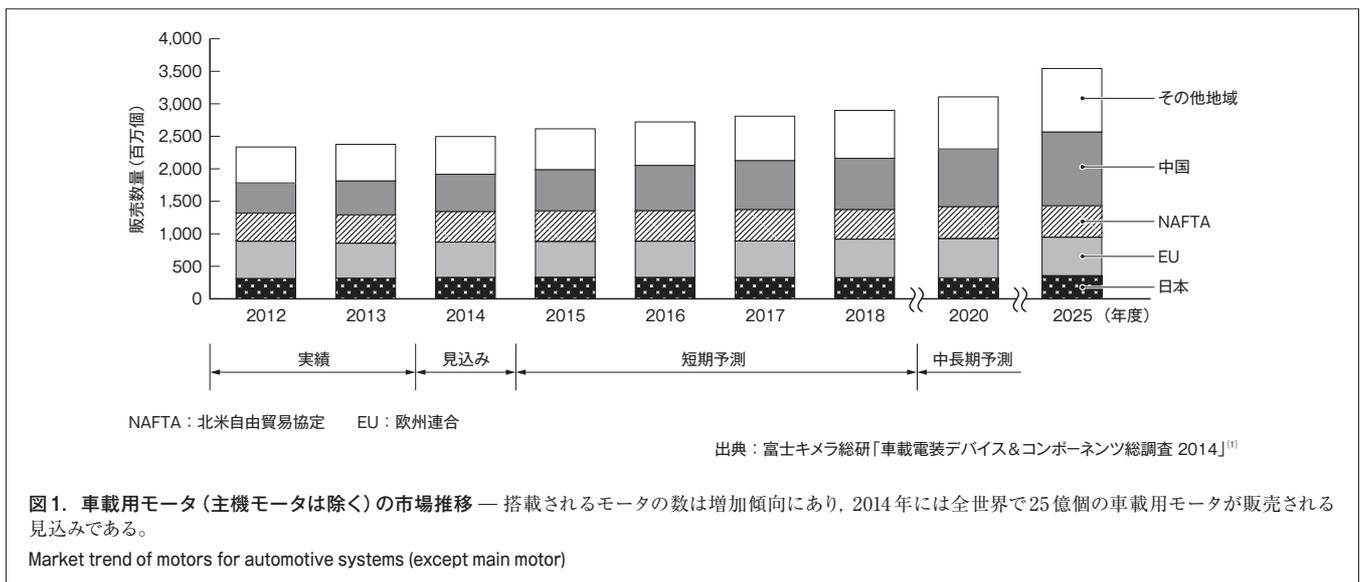
## 1 まえがき

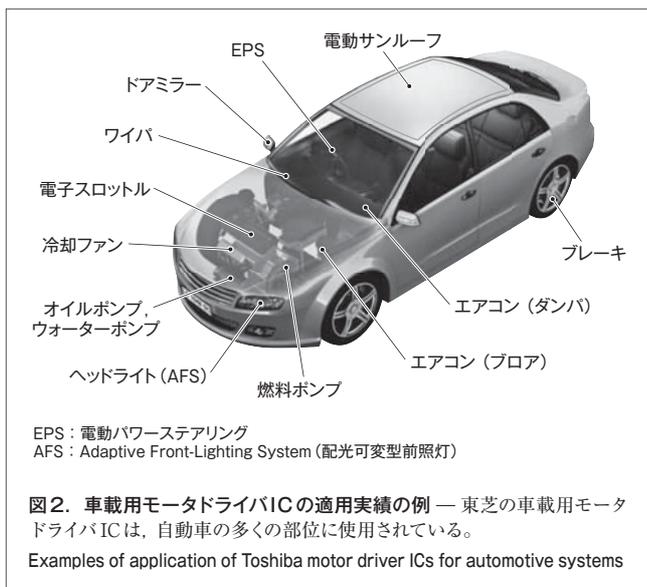
自動車には安全性や、快適性、利便性などを追求する市場ニーズがあり、それらを実現するために電動化が進む傾向にある。例えば、パワーステアリングシステムの主流が油圧式から電動式に変わったり、比較的単純なモータで駆動していた小型ファンやポンプ用のモータが三相ブラシレスモータに置き換えられたりしている。この電動化への対応に伴って、自動車に搭載されるモータの数は年々増加傾向にあり、現在では普

及車でも40個、高級車になると100個以上のモータが使用されている(図1)。

東芝は、1984年に車載用モータドライバICとしてTA8050Pの出荷を開始して以来、30年間にわたって車載用モータドライバICを生産してきた。

自動車に搭載されるモータシステムごとに求められるニーズは、駆動方式や、駆動電流、周囲温度、安全性レベルなど多岐にわたっている。当社は、これらの技術課題を解決する様々なICを開発し、図2に示すような車載用モータシステムに





適用してきた。

現在の市場ニーズを代表するキーワードは、高効率化、低騒音化、小型化、及び機能安全対応である。ここでは、それらの背景や技術課題、採用した技術などを述べる。

## 2 正弦波駆動技術によるモータの高効率化と低騒音化

近年の車両における低燃費競争は、自動車の駆動システムの多様化を生んでいる。アイドリングストップ車や、ハイブリッド自動車、電気自動車などが代表例であるが、いずれもエンジンを止めたり、エンジンそのものを搭載せずに電動化したりしている。

一般のガソリンエンジン車の場合、エンジン音が大きかったためモータの騒音はそれほど着目されていなかったが、エンジンを停止するようになると空調システムなどのモータの騒音が際立つようになる。そのため、これを低減することが、車室内の低騒音化に直結する。

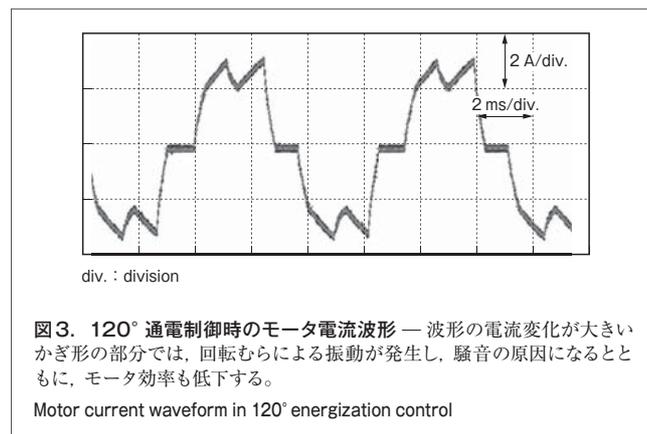
現在、自動車の空調システムでは、シロッコファンをモータで駆動している。その駆動方式にはいくつかの種類があるが、ここでは三相ブラシレスDC（直流）モータについて述べる。

三相ブラシレスDCモータの駆動は、120° 通電方式によるPWM（パルス幅変調）制御<sup>(注1)</sup>が一般的であるが、当社の新製品TB9080FGは、以下に述べる正弦波駆動制御と進角制御の機能を採用しており、車載用途をメインに量産を開始している。

### 2.1 120° 通電制御

120° 通電制御は、三相ブラシレスDCモータで広く用いられている制御法である。

(注1) 一定周期におけるオン/オフ時間の比を変えることによって、モータのトルクや回転速度を制御する方法。



三相ブリッジ回路の6個のスイッチング素子のうち、1相はハイサイド（電源側）がオン、別の1相はローサイド（接地側）がオン、残りの相はハイ・ローサイドともオフというパターンでスイッチングされる。その結果、図3に示すように、モータ電流波形が粗く不連続となるため、モータの回転むらが生じ、騒音の原因となる。

### 2.2 正弦波駆動制御

三相ブラシレスDCモータの駆動電流波形を正弦波に近づけることで、モータの高効率化と低騒音化が可能になる。

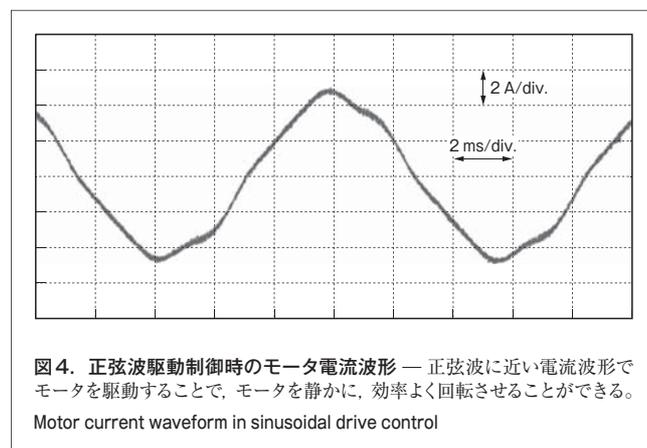
TB9080FGでは、2次高調波合成よりも正弦波の波形に近くなる3次高調波合成による正弦波駆動を採用することで、更に騒音を低減している。

この方式でのモータ電流波形は、図4に示すように、正弦波に近い滑らかな波形になる。

### 2.3 進角制御

モータ電流とモータ電圧の位相差を調整することで、モータの効率を更に向上できる。

TB9080FGは、モータ電流をシャント抵抗と増幅器で電圧に変換し、平均化したモータ駆動電流に比例した進角を1°刻みで0～45°まで制御している。モータ電流による進角制御のため、モータ負荷に合わせた進角量が選択できる。



### 3 ECUの小型化に貢献するドライバ混載技術

#### 3.1 小型化のニーズとメリット

自動車の電子制御の進展は、ECU（電子制御ユニット）の搭載数の増加にもつながっている。1台の普通乗用車に搭載されるECUの数は、大小合わせて50～150個と言われている。

携帯端末などの小型機器では部品の小型化が不可欠であるが、自動車でもECUを小型化して搭載スペースを削減する必要性は高い。ECUの小型化には、乗員スペースの最大化や、車体の軽量化、低コスト化などのメリットがある。したがって、ECUの構成部品の一つである車載用ICの小型化は、部品選定の際の大きなファクターとなっている。

モータを駆動するドライバ部分は消費電力が大きく、発熱量も多いため、ディスクリートのパワーFET（電界効果トランジスタ）などのトランジスタを制御用ICの外部に配置するケースが多いが、これをモータ制御用ICに混載して周辺部品点数を削減することができれば、大きな小型化メリットが得られる。一例を挙げると、三相モータ駆動用ICの場合、3相×2=6個のドライバが必要となるが、この回路を一つのICで構成することで、6個のディスクリート部品を削減することができる。

#### 3.2 ドライバ混載の技術課題

ドライバ回路を制御用ICに混載する際の一番の課題は発熱対策である。モータを駆動する電流によってICチップ内部が発熱するが、チップ温度が上昇し過ぎると劣化や破壊の原因になる。この対策にはICチップの外圍器の放熱性を最適化する必要がある。

特に大電流を流すドライバ回路を混載したICの開発では、開発の初期段階からの熱設計が不可欠である。このため、熱流体解析ツールを用いて、回路の損失や、チップ内のレイアウト、外圍器の熱抵抗（放熱性）、ユーザーの実装条件などを考慮して、実際の使用状態でのシミュレーションを行う必要がある。

図5と図6はドライバ混載ICの熱解析結果である。プリント基板にICチップを実装した状態で、ドライバ回路で発熱した熱が伝達する状態をシミュレーションしたものであり、一定時間が経過した後の温度分布を色分けして示している。チップ温度が絶対最大定格を超えないか、異常が生じて発熱したときに温度検出回路などが所定の動作をするかなど、過渡状態も含めて解析することで、外圍器の放熱性を最適化できる。また、これによってドライバ回路のオン抵抗も最適化できる。

### 4 モータドライバICの機能安全対応

自動車の安全性に対する要求が高まるなか、機能安全に関する国際規格ISO 26262（国際標準化機構規格 26262）の施行により、半導体などの部品レベルまで安全性を考慮した設

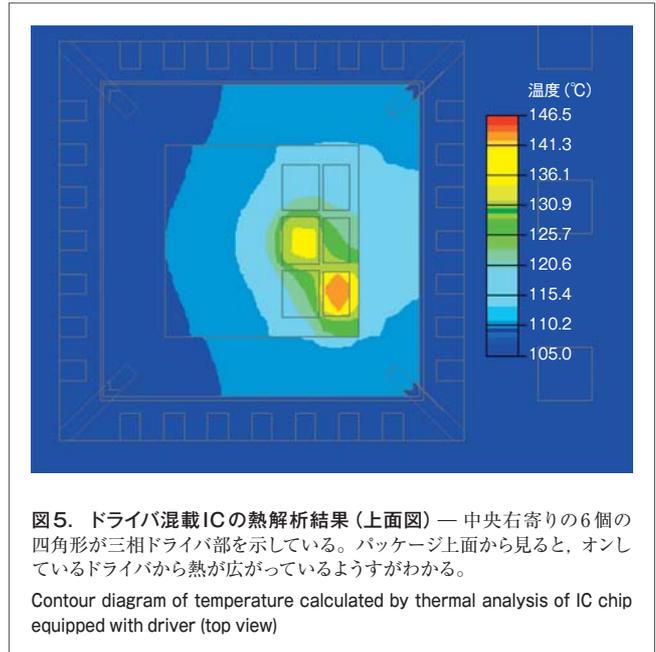


図5. ドライバ混載ICの熱解析結果（上面図）— 中央右寄りの6個の四角形が三相ドライバ部を示している。パッケージ上面から見ると、オンしているドライバから熱が広がっているようすがわかる。

Contour diagram of temperature calculated by thermal analysis of IC chip equipped with driver (top view)

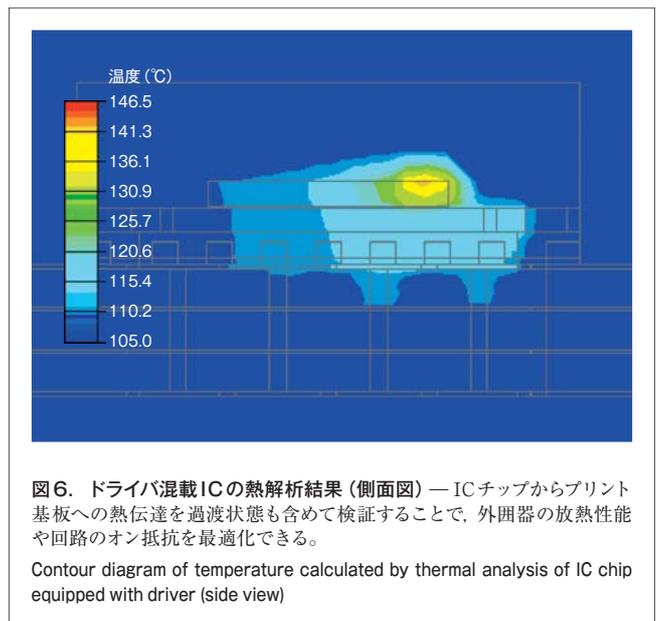


図6. ドライバ混載ICの熱解析結果（側面図）— ICチップからプリント基板への熱伝達を過渡状態も含めて検証することで、外圍器の放熱性能や回路のオン抵抗を最適化できる。

Contour diagram of temperature calculated by thermal analysis of IC chip equipped with driver (side view)

計が要求されている。特に、電動パワーステアリング（EPS）など非常に高い安全性が要求されるシステムでは、ISO 26262で規定されているもっとも高い自動車安全度水準ASIL D（Automotive Safety Integrity Level D）が要求されるケースが多い。

当社では、このような市場ニーズを踏まえ、機能安全を考慮した製品開発を進めるとともに、IC単体レベルだけではなく上位のシステムレベルまで踏み込んだ、安全設計や安全分析に取り組んでいる。

#### 4.1 EPSモータ駆動用ICの機能安全対応

EPSなどのように、要求される安全度水準が高いシステムに

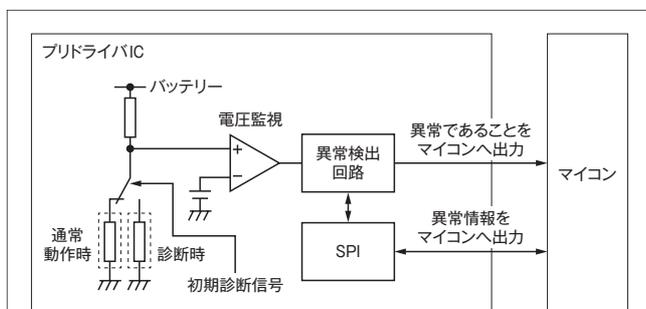
使用されるICでは、モータを駆動する機能だけでなく、様々なシステム異常を想定した安全設計が重要となる。

当社のEPSモータ駆動用プリドライバICは、プリドライバ回路やモータ電流検出回路といった主機能だけでなく、各種異常検出回路及び初期診断機能を内蔵しており(図7)、また、機能安全が求められる機能を二重化している(図8)。

#### 4.2 安全分析

要求される安全度水準を実現するためには、様々なシステム異常を想定した安全分析が不可欠である。そして、その安全分析結果をユーザーに提供することで、万一、部品に故障が生じた場合でも、システムが異常状態に陥ることを防止する安全機構をユーザー側で講じることができる。

当社では、ISO 26262で規定されている各異常モードに対し、モータドライバIC単体での安全分析や、システムレベルでの安全分析を行っている。



SPI: シリアルペリフェラルインタフェース

図7. 異常検出回路とその初期診断回路 — 異常を検出する回路だけでなく、その回路を診断する機能も求められている。

Anomaly detection circuit and its initial diagnosis circuit

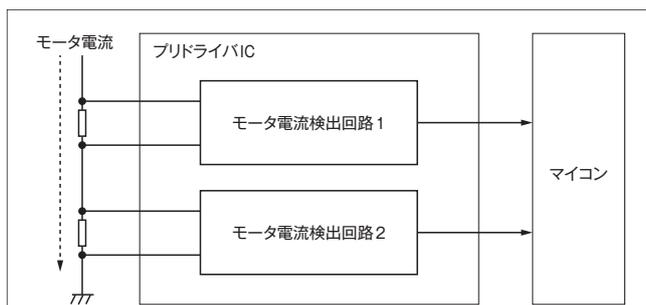


図8. 機能安全を考慮して二重化した回路 — 回路の故障で機能が喪失しないように、二重化したモータ電流検出回路の例である。

Duplex circuit in consideration of functional safety

## 5 あとがき

自動車の生産台数は今後も伸び続ける見込みであり、それ以上に車載用モータの使用数量は増えると予想されている。

当社は、民生用や産業用のモータドライバICも数多く開発し、量産しており、それらの製品群で培ったモータ制御技術を車載向け製品にも適用している。今後も、多様化するニーズに応じた車載用モータドライバICを開発し、自動車の電動化と高性能化を支えていく。

## 文 献

- (1) 富士キメラ総研. 車載電装デバイス&コンポーネンツ総調査 2014. 富士キメラ総研, 2014, 378p.



羽倉 淳一郎 HAGURA Junichiro

セミコンダクター&ストレージ社 ミックスドシグナルIC事業部 車載IC応用技術部参事。車載モータ用ICの企画・開発に従事。

Mixed Signal IC Div.



鈴木 邦夫 SUZUKI Kunio

セミコンダクター&ストレージ社 ミックスドシグナルIC事業部 車載IC応用技術部主務。車載モータ用ICの企画・開発に従事。

Mixed Signal IC Div.



松尾 健彦 MATSUO Takehiko

セミコンダクター&ストレージ社 ミックスドシグナルIC事業部 車載IC応用技術部。車載モータ用ICの企画・開発に従事。

Mixed Signal IC Div.