



「創刊25周年記念」特別企画

KYBグループにおける電子機器製品開発と将来展望

松田 宏平

1 はじめに

KYBは油圧機器製造が生業であるが、電子機器製品の開発は意外に古くから取り組まれている。

著者がKYBに入社した1987年には、現在の基盤技術研究所の前身である技術研究所において、エレクトロニクスチーム、ソフトウェアチームという基礎研究チームが存在し、当時から油圧機器の電子化開発テーマが何件も進められていた。また、後述するが、岐阜北工場では電動パワーステアリング（以下EPS）の量産に向けた開発が行われていた。

現在、あらゆる分野の製品で電子技術は当然の様に組み込まれており、当社グループ内においてもその位置付けは重要なものになっている。

本報では、今までの当社グループにおける電子機器製品の開発状況を通じ、今後、当社グループに求められる技術力、方向性などについて述べてみたい。

2 KYBグループの電子化技術の状況

本報執筆にあたり調べてみると、当社の電子化技術の状況は、1970年代前半頃から既に取り組みが始まっていた。その内容は基本的にメカニカルなリンクなどで構成された機構を、電子制御に置き換える方法が主体であった。

その後、センサメーカーで各種センサの開発が進んだことにより、母機の多くの状態量（情報）を精度よく検出できるようになった。これにより、このセンサ信号をコントロールユニット（以下ECU）に取り込み、高性能なフィードバック制御ができるようになった。

このフィードバック制御を行うのは、マイクロコンピュータ（以下マイコン）に搭載されたソフトウェアである。この方式をソフトウェアサーボと呼ぶが、アナログ回路などハードウェア主体で構成された従来のECUに対し、回路の簡素化、サイズ、コスト、開発効率などの多くのメリットをもたらした。

このように、センサとマイコン制御の技術によって、当社も含めた世の中の電子化技術は、飛躍的に向上した。

以上のような動向の中、当社が関わる製品の電子化の流れも、過去から大きく変わってきている。

先ず、当社の油圧機器での電子化は、制御性の向上、油圧の配管レス化（油漏れ対策）という点が基本的な目的であった。しかし、環境問題という社会的動向から、従来の目的に加え、省エネルギー化、高効率化という新たな課題が求められてきている。

次項で紹介するが、油圧の余剰エネルギーを回生し、バッテリーに蓄電する建設機械のハイブリッドシステムは、代表的な製品例である。

また、当社の乗用車用EPSは、量産化されてから既に20年以上になる。今では他社も含め適用車種も拡大され、“EPSが目新しい技術”という認識は殆どの方が無いであろう。しかし、この分野もステアリングの“電子制御による油圧の代替”という技術課題は、電子部品の進化と共に十分な市場実績が得られ、現在はドライバの運転支援や安全性といった新たな課題への取り組みが始まっている。

更に、当社の会社方針では、電子機器の内製化が挙げられ、2010年にKYBトロンデュール(株)を完全子会社化し、その後、2012年に電子技術センターが設立され、当社の電子機器開発は一気に拍車が掛かった。

このような状況の中、今後、当社グループは、電子化技術という面で多くの課題に取り組む、解決して行かねばならない。このためには、過去の経験と世の中で既に開発された技術を有効に取り込み、効率よく開発を進めていく必要がある。それは、当社グループの電子化技術は、新規技術開発面より、既存技術を上手く流用し、システムとしての新規性を提案することが重要だからである。

3 主な製品の電子化変遷

ここでは、当社の代表的な電子機器製品を取り上げ、電子化の変遷について述べていく。

3.1 電動パワーステアリング (EPS)

3.1.1 小型乗用車、レース用EPS

当社の中でも意外に知られていないが、EPS開発の歴史は古く、1988年軽自動車向けから量産が開始された(写真1)。



ダイハツミラ(660cc)
写真1 軽自動車向けEPS

EPSは乗用車の省エネルギーを狙いとして開発されたシステムであり、動力を直接エンジンに依存していないため、エネルギーロスを低減できることで、約3%の燃費向上が見込まれる。これにより、乗用車向けEPSの開発は、競合他社も含め増加し、約10年程で1500ccクラスの小型車まで展開された(写真2)。



マツダ デミオ(1500cc)
写真2 小型車向けEPS

当時、EPSの普及に大きく寄与した技術は、パワー半導体^{注1)}と安価で扱いやすいマイコンの進化であり、各半導体メーカーもEPS向け専用のデバイス開発を盛んに行っていた。

また、当社のホームページでも紹介されているが、このEPSをレーサーカーやパワーボートに適用してい

る。当社はル・マン、パワーボート、国内GTレースなど70%以上のシェアを有しており、EPSはドライバの負荷を軽減させ、好成績を収めることに大きく寄与している(写真3)。

注1) パワーMOS-FET、IGBTなどの大電流を駆動できるトランジスタ。

2004



ギヤユニットEPS
ブラシ付きモーター
パワーボート F1
写真3 レース用EPS

3.1.2 高出力・高性能化

その後も、EPSの車両展開は更に進み、適用車両も中～大型車へと広がり、EPSには高出力化が要求され始めた。これに伴い、電動モーターは従来のブラシ付き直流モーターから、磁気回路に希土類磁石を使用したブラシレスモーターが採用されるようになってきた。

その理由は、高出力化を実現するため、EPSモーターに高トルクが要求され、その結果、モーター電流値も高くなり、機械的な接触を持つブラシ付きモーターでは熱的な課題が生じるからである(写真4)。



スバルレガシィ(2500~3000cc)
写真4 ブラシレスEPS

前述の様に、パワー半導体とモーター制御関連IC、それに加えてマイコンの進化と共に、現在、EPSは小型～大型の多くの車種に搭載されるようになって

きた。

また、電動モータもブラシ付き直流モータから高トルクを発生できるブラシレスモータの採用が増えてきており、ステアリングのアシスト制御はEPSメーカー各社でオリジナルの制御を付加し、現在では、ドライバも自分の愛車がEPSなのかすら気付かない程の操舵フィーリングが実現されている。

更に、自動駐車やレーンキープなどEPSと画像やセンサを利用し、操舵アシスト以外の“運転支援”機能が搭載された市販車が多く見受けられるようになってきている。EPSは単なる“パワステ”だけではなくなってきた。しかし、EPSの普及によって、近年、大きな課題が生じてきた。それは、適用車種が大型化することによる、システムが失陥した場合の安全性である。

従来、システムが故障した場合、EPS機能を停止し、人力によるマニュアルステアの状態に切り替えて安全性を確保していた。車両が走行していれば、ステアリングはある程度の力で操舵でき、危険を回避できた。ところが、2トン近くの車両になると、マニュアルステア時の操舵トルクが大きくなり、走行時でも人力のみでは操舵が困難になってくるのである。マニュアルステアによる安全性の確保は、EPSの最後の砦であり、カーメーカー各社ともこの課題を解決する方策を検討し始めた。

この課題を解決する方策として、近年クローズアップされているのが、フォールト・トレラント (Fault Tolerant, 以下FT) と呼ばれる設計である。

FT設計とはシステム設計の手法であり、システムの一部に問題が生じて、全体が機能停止するということなく（たとえ機能が縮小しても）動作し続けるようなシステムを設計するものである。

この考え方は既に航空機の多重系システムに採用されているが、EPSも異常発生時にマニュアルステア状態に移行するまでに、最低もう一段階のサブシステム機能を付加する構成が求められてきている。当社もカーメーカーと連携し、システム構成の検討を進めている段階である。

ここで、一例として、2013年に日産自動車(株)殿向けに量産を開始した“高機能EPS”の紹介をしたい。技術的な詳細内容は、後述の記事を参照されたい。

(高機能EPS用ECUの開発・P49, 高機能EPS用電動モータの開発・P54)

高機能EPSは、“ダイレクト・アダプティブ・ステアリング (以下DAS)^{注2)}” と呼ばれ、世界初めて量産乗用車にバイ・ワイヤ技術を活用したステアリングシステムということで話題を呼んでいる。

システム設計は日産自動車(株)が担当し、当社は

システム要求を満足するためのECU、電動モータを含んだアクチュエータギヤの開発を担当した。

このシステムは、ステアリングに操舵反力を発生させる反力モータ、ステアリング角度に応じ、タイヤ舵角を制御する2つの転舵モータ、これらのモータを制御する3つのECUで構成されている (写真5)。

このシステムは将来的に自動運転を目指したシステムと言えるが、安全性も従来のEPSとは異なり、上述のFT設計の考え方も実現されている先進的なシステム構成をとっている。

3つのECUはそれぞれ相互監視を行い、発生した失陥モードによってシステムの状態構成を変化させ急激なステアリングアシスト力の変化を発生させない設計を実現している (図1)。

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。

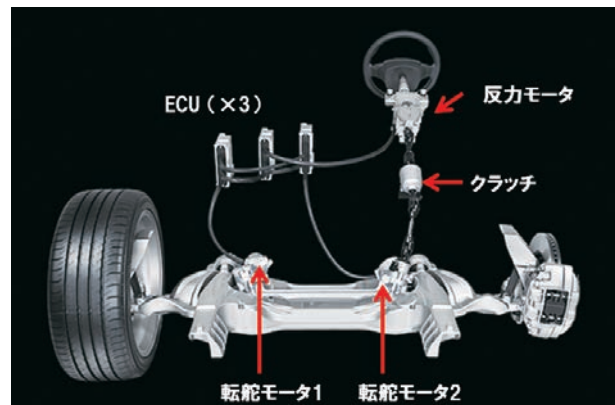


写真5 DASシステム

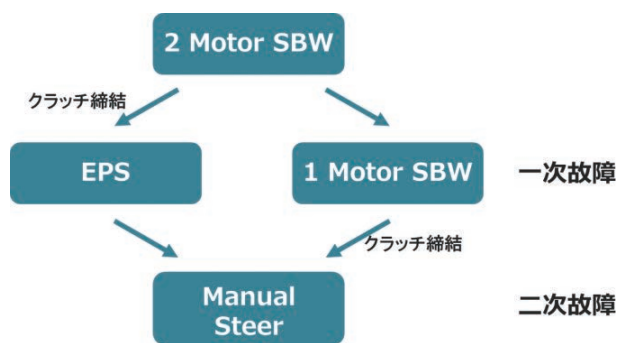


図1 DAS-ECU相互監視による状態遷移

以上、当社のEPS開発の変遷についてまとめてみたが、EPSは当社の電子機器製品開発の中でも大きなウエイトを占めるアイテムであり、今後も継続して開発に注力していく。

3.2 産業車両・建設機械

続いて、産業車両・建設機械等の油圧機器分野の電子化開発について触れてみたい。

3.2.1 産業車両

バルブスプールをソレノイドでリニアに制御する電磁比例弁は、農業機械への適用から始まり、産業車両へと応用展開されている。写真6は、フォークリフト用電磁比例弁のECUであり、電磁比例弁5連とON/OFFソレノイド3ch駆動、12V/24V電源に対応し、応答性向上、ショックレス機能とチルト自動水平機能を搭載している。写真7はこのECUが搭載された車両例である。

また、このシステムに使用されるソレノイドは、当社のグループ会社である(株)タカコで生産されている。



写真6 比例ソレノイドECU



写真7 比例電磁弁ECU搭載車両

上述した電磁比例弁を代表として、従来開発してきた油圧機器用ECUは、いずれもソレノイド駆動を主な機能とする類似した構成であった。

しかし、ECU開発を製品毎に個別対応するため、開発工数や費用がかさむ結果となった。また、電子部品のコストにおいては、生産台数も乗用車の様に多くないため、コスト低減が困難であるという課題が生じていた。

そこで、開発期間短縮とコスト低減を図るべく、ハードウェア・ソフトウェアの共通化を行い、様々な製品に共通利用可能な標準ドライバの開発を行っている（図2、写真8）。

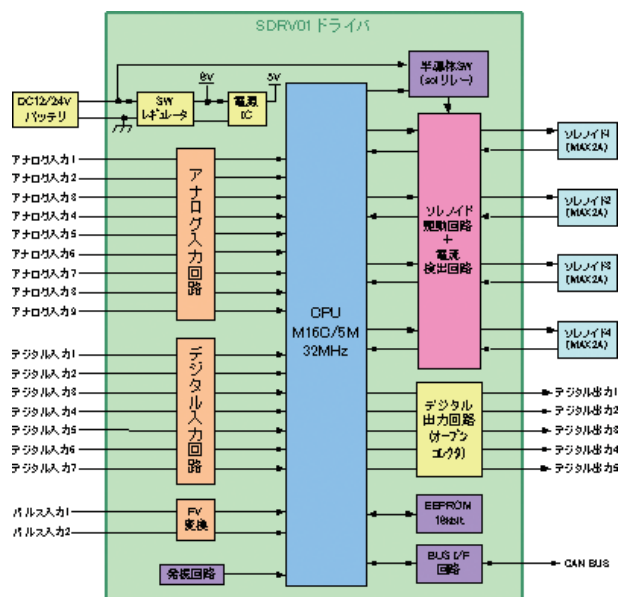


図2 ソレノイド標準ドライバ機能ブロック



写真8 ソレノイド標準ドライバ

このドライバは、建設機械や農業機械で共通に利用できる仕様を盛り込み、電源電圧DC10～32Vの範囲で作動し、電流制御範囲0～2 A(max.)、ソレノイド4chが比例駆動できる。

今後、関連する事業と評価を進め製品化に繋げるとともに、製品化計画に応じて、シリーズ化検討も含め電子制御油機の拡大に貢献していく。

3.2.2 建設機械

また、建設機械においても電子化により省エネ対応の開発が行われている。KYB技報41, 43, 44, 48号で技術解説が掲載されているが、ハイブリッド建設機械用電動油圧省エネシステム（以下EHSS）である。当社としても建設機械は、自動車事業と並ぶ油圧機器事業における主力製品のひとつであり、その開発結果も大きな注目を集めている。

この開発の中で重要な位置付けとなるのが、油圧から回生されたエネルギーを効率よく電気エネルギー変換し、蓄電する技術である。

バッテリーは乗用車分野で急速に開発が進み、大容

量で安価なりチウムイオンバッテリーが入手できるようになり、複数のバッテリーセルの充放電を制御するデバイスもICメーカーからリリースされている。省エネルギーにおける蓄電技術は様々な分野で共通的な技術であり、今後も更に進化することが予想される（写真9）。EHESHは、省エネルギーを狙いとした油圧機器と電子技術を融合した代表的なシステムの一つである。

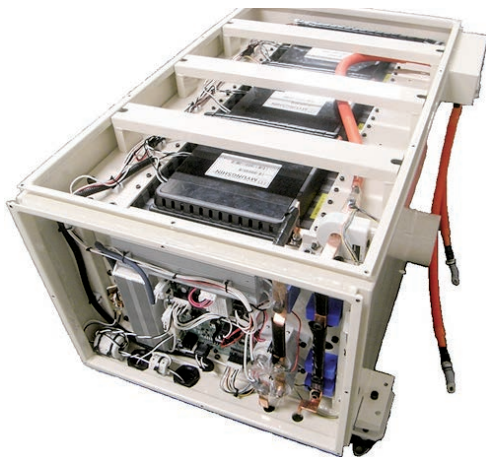


写真9 EHESSバッテリーシステム

3.3 ドライブレコーダ・通信端末

下述製品は当社にとって、前述の電動モータやソレノイドと言ったアクチュエータを制御するコントローラではなく、電子機器単体で機能を実現する製品の一例である。

3.3.1 ドライブレコーダ

まず、ドライブレコーダを紹介する。

ドライブレコーダは、自動車の安全基準の策定や改良を目的として、交通事故の実態や原因を正確に把握することを目的に開発された。

従来の交通事故分析では、交通事故に至った状況を当事者の証言や車両の破損状況などから推測しており、精度に限界があった。この課題をドライブレコーダによって事故前後の画像や加速度をメモリに記録し、再生画面で確認できることから注目され、タクシー等の営業車で運用されている（写真10、11）。



写真10 ドライブレコーダ (DRE-100)



写真11 再生画面例



写真12 バイク用ドライブレコーダ (DRE-200)

その後、乗用車向けに開発されたドライブレコーダは二輪車搭載へと展開され（写真12）、更にバスやトラック向けにカメラを4ch搭載したモデルが開発されている（写真13）。



写真13 ドライブレコーダ (DRE-401)

3.3.2 通信端末

次に汎用携帯網、GPS、衛星通信を利用した通信端末製品を紹介したい。

本製品は無線通信を利用し、搭載機器の位置情報や稼働時間によるメンテナンス管理を行う目的で開発された。無線通信技術は、当社にとって全くの異分野であったが、KYBトロンデュール(株)をグループ化したことで当社の新たな技術として展開された製品である。

公共の無線通信網を利用した端末であるため、仕向地に応じた電子機器の認証評価が必要になるが、KYBトロンデュール(株)と連携を取り、現在製品化の目途付けができた(写真14)。

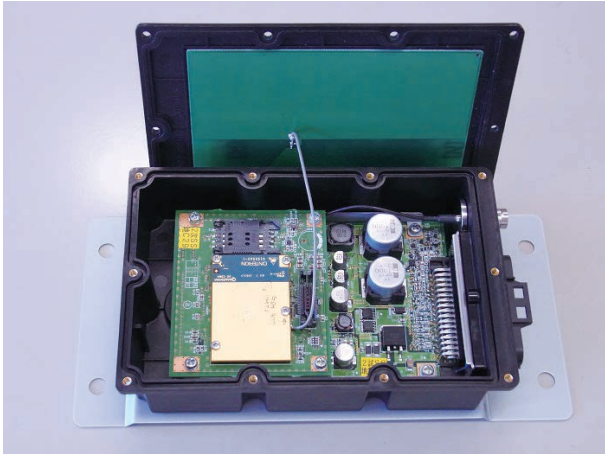


写真14 通信端末

以上、ドライブレコーダや通信端末の様に、従来当社にはなかった技術分野の電子機器製品も開発が行える体制が整ってきた。これらの製品には、画像処理、無線通信といった今後、様々な製品に展開できる技術要素が含まれている。この様な技術開発を進めることは勿論であるが、単なる一つの技術としてではなく、複合化による更なる付加価値向上の可能性検討など、当社製品への応用展開へと発展させていきたい。

4 今後の展望

ここまで概略の内容ではあるが、当社グループ製品の電子化変遷について述べてきた。当社の電子機器製品は、本報にて紹介した製品以外にも多くの製品が存在している。

スマートフォンに代表される家電業界や、自動運転の研究が盛んに行われている自動車業界、大きなパワーを必要としながら、省エネルギーを求められる建設機械と様々な業界や分野で、電子化技術は今後更に高度化、複雑化し、大規模化していくことは間違いないと思われる。このような状況の中で、当社の電子化技術にとって、今後、重要で注力すべき課題は“ソフトウェア開発プロセス構築”と“システム設計力強化”と考える。

4.1 ソフトウェア開発プロセス構築

一般的に電子化というと、とかく抵抗、コンデンサ、トランジスタと言った電子部品(ハードウェア)が頭に浮かびやすい。しかし、これらは電子機器を

構成する一つの要素であり、これらをどう機能させ目標の性能を達成するかのものである技術に“ソフトウェア”を忘れてはならない。では、ソフトウェア技術には、どのようなことが求められているのだろうか。

従来ソフトウェアに求められた技術には、例えばC言語といったプログラム言語を使い、如何にコンパクトに効率良く(速く)マイコンを動作させるかというプログラミング技術に重きがあった。

当社の開発を振り返ってみると、この技術をソフトウェア開発に関わる技術者の“個人技量”に頼っており、アウトプットされるドキュメント類の内容やレベルも技術者によってまちまちであった。

このため、“開発者に製品が付いて回る”状況がよく見かけられていた。つまり、開発者しか分からないソフトウェアであった。

しかし、最近の動向では、ソフトウェアを含めたシステム開発のプロセスを定義し、それぞれの開発ステップでのインプット/アウトプットを明確化しドキュメントを残していく必要がある。

本号にISO26262(機能安全)に関する記事(EPSS開発におけるISO 26262対応への取組み, P113)が掲載されるので、詳細はそちらを参照頂きたいが、現在、自動車関連の開発にこのような開発プロセスが求められている。この動きは近い将来、建設機械や産業車両関連にも展開されることが予想される。現在、当社でも開発プロセス構築の取り組みを進めている状況であるが、ここでの活動結果を標準化して運用に繋げ、当社グループ全体の今後の開発に水平展開して行きたい。

4.2 システム設計力強化

もう一点の重要課題は、ハードウェア、ソフトウェア共通に言えることであるが、電子技術者のシステム設計力の強化である。

従来、当社グループでの電子機器開発は、あくまでも各事業からの要求仕様に基づきQCDを満足するものであり、いわゆる“受け身”の狭い範囲での開発であったと言える。当社は油圧機器メーカーであるが故、当然ではあるが、今後、開発を通じシステムを十分理解し、電子技術面からの提案を積極的にできるような力を付けなければならない。自動車、建設機械、産業機械など母機と、そこから要求される機能をブレークダウンし、最適な設計を行い、プラスアルファの提案をしていくのである。

そのためには、各事業と一体になった開発が必要である。例えば、事業に入り込んだり逆に事業側からの技術者を受け入れるなど、体制面の見直しも必要であろう。

また、以上の課題への取り組みを進めていくことで、将来的には海外拠点での電子機器製品開発・生産という展開も必要になってくるだろう。

まだまだ国内の開発体制も漸く整い始めたばかりではあるが、既にグローバル展開が進んでいる中、電子機器開発の要求は多々あり、それにレスポンス良く対応していくことも重要な課題と認識している。

5 おわりに

以上、当社のグループにおける電子機器製品開発の変遷と今後の展望について述べてきた。

今回一部ではあるが、当社製品の電子化の変遷を整理してみたが、電子化技術の重要性と技術の要求レベルは年々高くなっていることを再認識させられた。

今後も、当社における電子機器製品は油圧機器への付加機能の役割のものから、油圧機器の代替となる製品まで増えていこう。

また、私たちの身近な例を挙げると、自動車の自動運転では目的地を設定すれば最適ルートが車を選択し、見知らぬ道路でも安全に移動してくれるようになる。これは既にも実験レベルでは実現可能なところまで来ている。こんな一昔前では夢のような技術も、電子技術の発展によってどんどん現実的なものになっている。

当社では2012年に電子技術センターが設立され、2013年には、電子実験棟を新設し、設計・評価面でのリソースは飛躍的に整備された。また、KYBトロンデュール㈱においては第二工場を新設し、最新の製造設備も整ってきている（写真15、16）。

我々電子技術者に求められることは、これらのリソースを有効に活用し、事業との連携を深め、業界の動向にアンテナを張りそこに追従していき、電子技術が当社の製品分野に大きな貢献ができるコア技術となるべく活動していくことである。

著者



松田 宏平

1987年入社。技術本部電子技術センター開発室長。技術研究所、岐阜北工場、基盤技術研究所を経て現職。電子制御コントローラの設計・開発に従事。



写真15 電子実験棟



写真16 KYBトロンデュール㈱第二工場