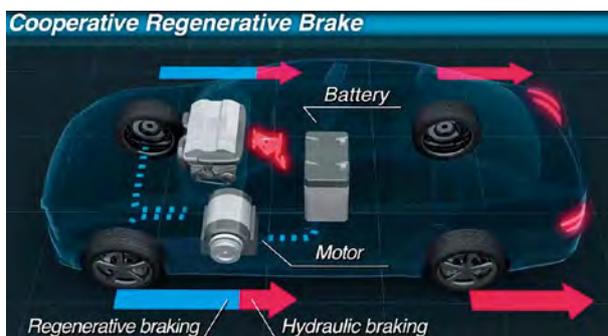


# 環境対応車向け電子制御ブレーキシステムの開発

## 【アドヴィックスのカーボンニュートラルへの取り組み】

遠藤 亮祐  
 Ryosuke Endo  
 石田 康人  
 Yasuhito Ishida



### 概要

2050年のカーボンニュートラル実現に向け自動車業界の電動化が急速に進んでいる。また自動運転普及により交通事故減少や渋滞緩和などへの貢献が期待されている。それらニーズに応えるため、環境対応車の燃費向上に大きく貢献する回生協調ブレーキを進化させ、自動運転にも対応できる電子制御ブレーキを開発した。

### 1. はじめに

ハイブリッド自動車など環境対応車(図1)の燃費性能向上には、車両制動時の運動エネルギーを電気エネルギーに変換しながら車両制動力をコントロールする“回生協調ブレーキ”が大きな役割を果たしている。

一方、交通事故の減少や渋滞の緩和など、多くの社会貢献が期待される自動運転は、すべての操作が自動化される完全自動運転化を目指して、あらゆる方面で自動運転技術が開発される中、故障時にも安全性を保つ機能は最重要である。それを実現するためには、故障が発生した場合に速やかに検知して運転者に通知するとともに、残存機能により自動運転を継続、もしくは安全に停車するフェールセーフ機能が必要となる。我々は、既に市場投入されている電子制御ブレーキシステムをベースに自動加圧ユニットを2つ配置したブレーキシステムを開発した。前後輪の制動力を自在に制御可能とすることで回生協調ブレーキのエネルギー回収率を高め、2つのユニットの相互監視により何れか一方で必ず自動ブレーキ機能を確保する強固なフェールセーフ機能を実装可能にすることで、自動運転ニーズを取り込むべく進化させ、2020年2月よりトヨタハイランダーHVに搭載し、量産化した。また自動運転ではLS、MIRAIの高度運

転支援機能「アドバンスドライブ」を2021年4月より実装した。

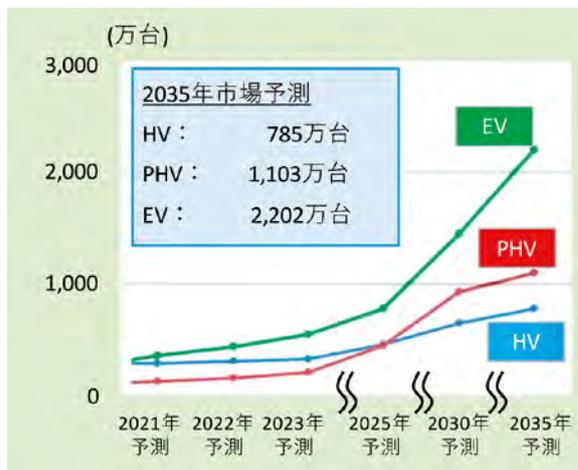


図1 世界の自動車販売台数市場予測

### 2. 回生協調ブレーキによる環境貢献

ハイブリッド自動車など環境対応車の燃費向上において重要な役割を果たす回生協調ブレーキシステムは、回生ブレーキを利用して燃費向上を図っている。回生制動力は車速(回生モーター回転数)やバッテリー充電量などの因子により刻一刻と変動するが、摩擦制動力を合

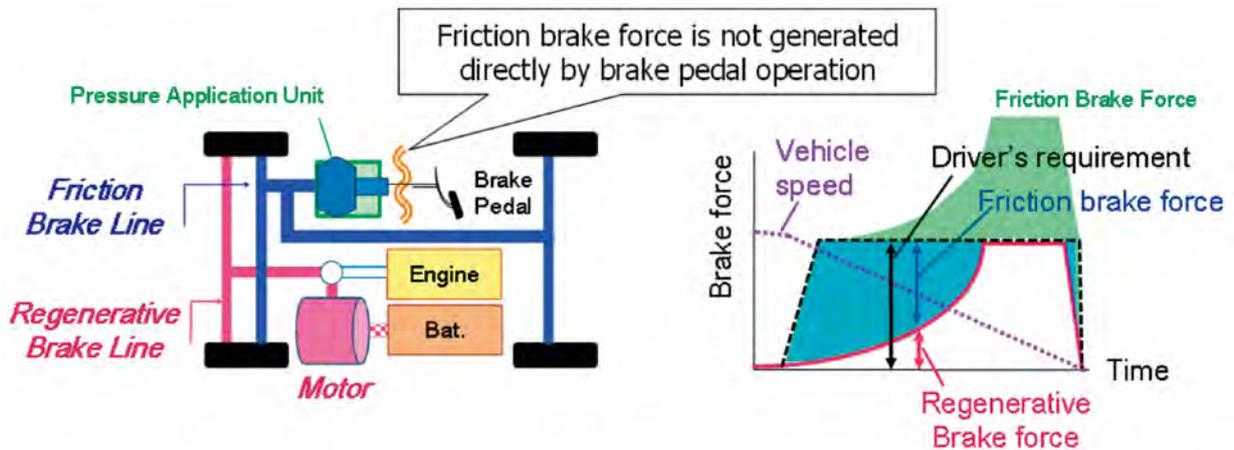


図3 回生協調システム概要

合わせた制動力はユーザーの要求を精度よく実現するものでなければならない。そのためには、任意に油圧を制御することで、車速に依存して変化する回生制動力に応じて摩擦制動力を補填して減速度を一定に保つようにする回生協調制御や、ドライバー操作によって摩擦制動力を発生させないためのペダル操作と油圧制御を分離する機構が必要となる(図3)。

回生協調ブレーキでは回生制動力を優先して使うことで回生エネルギー回収率を高めているが、従来の前後輪同圧制御では制動安定性を確保する前後制動力配分を満たすためには、回生制動力を制限するしかない。そこで前後輪独立制御を可能なシステム構成とすることで前輪と後輪の油圧制動力を任意にコントロールできるようになり、制動安定性の確保と回生エネルギー回収率の両立を可能としている。当社独自の市街地走行パターンにおいてシミュレーションを実施したところ回生無(30km/L)に対し、回生協調制御により20%燃費向上(36km/L)、さらに前後輪独立制御を行うことで、2%の燃費効果(36.7km/L)を確認した(図2)。

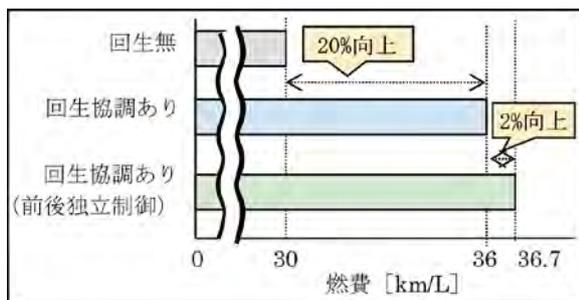


図2 回生協調有無の燃費シミュレーション

### 3. 技術の新規性・独創性・革新性

#### 3.1 「幅広く適用可能な調圧性能」

自動車市場においてハイブリッド自動車など環境対応車は既に当たり前の存在になっている。これまでのガソリン車両に対してハイブリッド自動車は燃費の良い特別な車両ではなく、ユーザーが期待するブレーキ性能は厳しいものになっている。我々は、ガソリン車から乗り換えた場合でも違和感のない自然なブレーキフィーリングを実現した電子制御ブレーキシステム(図4)を開発した。最大の特徴は、上流に位置するアクティブ hidro ブースターと下流に配置されるESCユニット、両者の特性を生かした調圧技術にある。アクティブ hidro ブースターは高圧源となるアキュムレーターにより世界最高水準の高応答性能を有する(図5)。ESCユニットはギヤポンプにより油圧脈動が限りなく小さい微小調圧を得意とする(図6)。車両ショックのない停止をするために繊細なペダル操作での緩制動はESCユニットを使い、急制動ではアクティブ hidro ブースターに切り替えて危険回避制動が実施できる。またパイワイヤー構成であるため、この適用範囲の広い調圧技術は自動運転における自動ブレーキにもそのまま適用される。

#### 3.2 「自動運転へ高い安全性を提供」

完全自動運転化に向けた最重要となる自動運転技術は故障時の安全性確保で、故障が発生した場合でも、自動運転を継続できる緊急停車機能がブレーキに求められる。今回のブレーキシステムでは2つの自動加圧ユニットを配置して、2つのユニットの相互監視により何れか一方で必ず自動ブレーキ機能を確保する冗長性を持ち、上述のフェールセーフ機能を実現している。

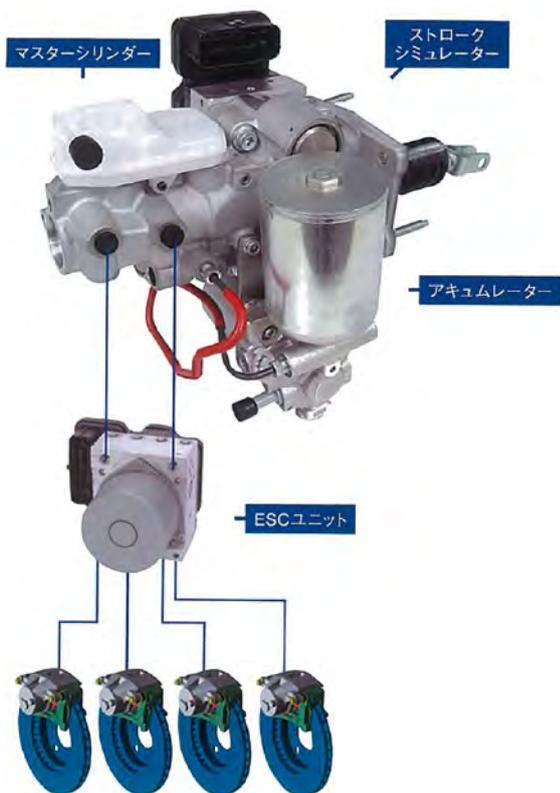


図4 アクティブハイドロブースター

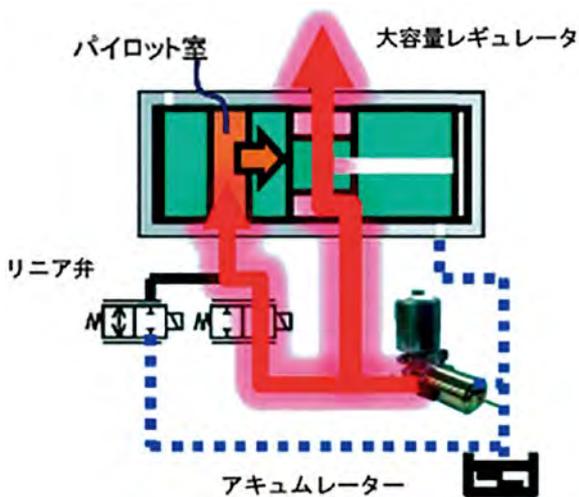


図5 ハイドロブースター

アクティブハイドロブースターは、リニア弁にてコントロールされたパイロット室の圧力により、アキュムレーターに接続された大容量レギュレータを駆動することで、高い調圧精度と昇圧性能の両立を実現する。

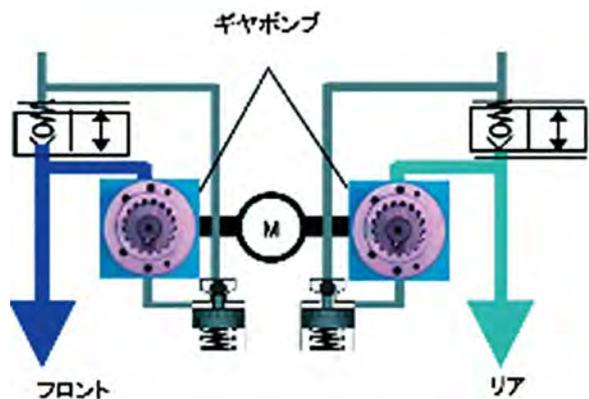


図6 ESCユニット

前後両系統に静粛性の高いギヤポンプを配置する。この構成により前輪/後輪それぞれの油圧を独立して調圧可能となる。

#### 4. おわりに

環境対応車の燃費向上に貢献し、自動運転ニーズを取り込んだ回生協調ブレーキシステムを開発することができた。今後、ハイブリッド自動車や電気自動車が増えていく中、回生協調ブレーキシステムは、ますます重要な役割を担い、様々な車両でのニーズが高まってくると考える。政府から発表された「2050年カーボンニュートラル宣言」を機に、脱炭素化社会に向けた取り組みが加速している。その為、さらなる環境貢献ができる回生協調ブレーキシステムの開発に取り組み、カーボンニュートラル社会の実現に貢献していきたい。

#### 参考文献

- 1) 株式会社 電波新聞社 記事:  
[<https://dempa-digital.com/article/20748>]

#### 筆者



**遠藤 亮祐**  
株式会社アドヴィックス  
制御システム技術部 第5室



**石田 康人**  
株式会社アドヴィックス  
制御システム技術部 第5室

