解説

二輪車（オートバイ）の 環境エネルギー技術について

— Overview of Research and Development on Environmentally Friendly Motorcycles —

執筆者プロフィール

田中 邦彦
Kunihiko TANAKA

◎1976 東京理科大学理工学部物理学科卒業、同年真空理工（株）入社。1980 年（株）本田技術研究所入社。
◎研究・専門テーマは、ガソリンエンジン設計を経て現在電気動力システム研究
◎（株）本田技術研究所 二輪 R&D センター 技術開発室 ZERO ブロック 主任研究員（〒351-8555 埼玉県朝霞市泉水 3-15-1 / E-mail: Kunihiko.Tanaka@mail.a.rd.honda.co.jp）

1. はじめに

二輪車の環境への影響を考えると、人が中長距離を自由に移動する為の輸送機器として、二輪車（オートバイ）は個人の移動と言う面では最小の乗り物である。一人の人が移動するのに必要とされるエネルギーは少なく移動効率が、例えばホンダのスーパーカブ 90 は、定地燃費 60km/L であり実使用状況でもその 6~8 割の燃費を示す。

このような移動効率の高い二輪車であっても地球温暖化や石油減耗の懸念を受け、環境対応技術や省燃費技術の研究が広く行われている。エンジンにおいては三元触媒や燃料噴射装置の適用拡大や可変バルブタイミング、スタータ AC ジェネレータによるアイドルストップシステムの採用拡大が行われている。中短距離移動手段としては、電気だけのエネルギーで走る電動二輪車の研究も盛んである。電動車を電動自転車まで広げて考えると、中国ではここ数年で販売台数が年間 2 000 万台以上、日本国内でもアシスト自転車が 30 万台以上で増加傾向となっている。

ここでは、これらの状況を踏まえ、エンジン二輪車技術と電動車技術の研究状況と課題を報告する。

2. エンジン二輪車の環境エネルギー技術

2.1 可変バルブタイミング

二輪車のエンジンは高い比出力（排気量当りの出力）が要求されるため、実用回転領域が四輪車用エンジンに比較して広く設定されている場合が多い。このような使い勝手の中で高い環境性能と走行性能を両立するためには、バルブタイミング等の可変技術が有効である。

二輪車用エンジンにおける可変バルブタイミング機構は本田技研工業（株）（以下、ホンダ）では 1983 年に発売された CBR400F に搭載された REV（REvolution- modulated Valve control）に遡る（図 1）。REV は独立した左右のロッカーアームの片側のみが常時駆動しているバルブ休止システムであり、高速域で両側のロッカーアームがピンで串刺しにされると、両方のバルブが作動する。REV は、同社のほとんどの四輪車エンジンに採用されている VTEC（Variable valve Timing & lift Electronic Control system）の原型となったシステムである（図 2）。

その後 1999 年 1 月に発売された CB400SF には HYPER VTEC が採用された。HYPER VTEC はバルブリフトを介してカムがバルブを駆動する直押しタイプのバルブ休止機構である。バルブリフトの中に、バルブステムエンドが貫

図 1 REV

図2 HYPER-VTEC

通可能なピンがあり、そのピンが横方向にスライドすることでステムエンドの貫通および突き当てを制御することで、バルブ休止が実現する。バルブ休止により、低回転で吸排気脈動効果のミスマッチ領域における実質的なオーバーラップの角度面積を半減することが可能となり、トルクの谷を解消して相対的なトルク向上効果を得ている。また通常走行領域においても、燃焼悪化を解消でき、トルク向上によるトランスミッションギヤレシオ設定と合わせて最大出力を維持したままで6.6%の燃費向上効果を得ている。

環境性能と走行性能を高い次元で両立可能な可変バルブタイミング機構に要求される性能は、高回転域まで確実に動作することと、摩擦損失増加を最小限に抑えるため等価重量増加を最小限に抑えることである。この要求を満たしたうえでコスト上昇を抑える必要がある。これらのハードルを乗り越えることにより、さらに広範囲な機種展開を可能とする機構が現在も研究されている。

2.2 アイドリングストップ

ガソリンエンジン車のアイドリングは全くの無駄仕事であり、アイドリングをなくすことに疑問の余地はない。

二輪車では、アイドリングストップ機構は1999年7月に発売の排気量50cm³スクータの『ジョルノクレアデラックス』に初採用された。エンジン始動をクランクシャフトに直結された発電機兼スタータモータで行うことで、同クラスの一般的なスクータに採用されている飛込み式のスタータでは得られない滑らかな始動感覚と違和感のない始動時間を実現している。このアイドリングストップにより5.5%の燃費改善効果を得ている。2000年7月には排気量250cm³スクータ『フォルツァ』にABSとアイドリングストップを装備した『Sグレード』が追加設定された。システムはアイドリングストップ機構を装備していない機種の常時噛み合い式スタータ機構をそのまま利用した構造となっており、4%の燃費向上が得られている。最近では2010年3月発売の排気量125cm³スクータ『PCX』にジョルノクレアデラックスと同様のアイドリングストップシステムが採用された(図3)。125cm³クラスは世界的に最も販売量が多いカテゴリーであり、アイドリングストップシステムが本格普及段階に入ってきたことがうかがえる。

スクータタイプとギヤトランスミッションタイプでは再

●ブラシレス ACG スタータ構造

図3 PCX用ACGスタータ

始動時に要求されるシステム機能が違ってくことから、ホンダではさらなる普及を目指してギヤトランスミッション車用のシステムを研究中である。

3. 電動二輪車

電動二輪車の研究は1980年代以前から行われ、ホンダでは1994年に初の電動スクータ CUV-ES を量産化した(図4)。CUV-ESは、最高速度60km/h、航続距離35km(ECE40モード)の性能で、実用には十分であったが、主に搭載したバッテリー(Ni-Cd)の重量の影響で車体質量130kgと従来の排気量50cm³エンジンスクータの2倍の質量にもなった。それだけバッテリーを搭載したにもかかわらずエンジン車に対し1/3以下の実用航続距離しか得られず、価格も85万円(3年間のリース販売方式)と高価で、一般に普及できる製品ではなかった。

その後コンセプトを見直し、自転車からのエントリーユーザ向けとして、バッテリー搭載量を少なくし動力性能や航続距離を求めない短距離移動用に割り切った、質量約50kgの完成車コンセプトモデルを2001年の東京モーターショーに出品した。これを発展させて、都市部の近距離移

図4 電動スクータ CUV-ES

図5 小型電動スクータ

図6 小型電動スクータの駆動ユニット

図7 ヤマハ「Passol (パッソル)」

図8 EV-neo プロトタイプ

動で使いやすく簡単な操作で使える『快適移動家電』というキャッチフレーズで、小型電動スクータを開発した(図5)。2005年には、高エネルギー密度のNi-MHバッテリー、モジュール型パワーユニット(図6)、レバー型スロットル、など数々の新技術を入れ、駐車スペースも少なく取り回しも楽な小型軽量のプロトタイプ車を製作した。実際のエンジンスクータユーザの約80%以上が満足できる最高速度40km/h、実用航続距離15kmの性能を有した。なお、この時期と前後して2003年にヤマハから同等性能の電動スクータ、エレクトリック コミューター「Passol」(パッソル)が限定発売されている(図7)。

2010年4月にホンダが発表したEV-neo(図8)は、国内で配達業務などを行う企業や個人事業主を対象に2010年12月からリース販売を行う予定である。航続走行距離は30km以上(30km/h 定地走行時)で、東芝製リチウムイオン(Li-ion)バッテリーを搭載し、急速充電器使用時に20分で約80%充電(200V電源)の性能を有している。

国内では、電動スクータは一般ユーザへの継続的な販売、本格的な普及には至っていない。その主な要因は、価格に対するユーザ価値の乖離である。価格の割には動力性能が

低く、最高速は40km/h程度で、航続距離も実質15~30kmで、さらに充電には短くても約2時間かかる点にある。

ガソリンエンジンスクータとの比較では、最高速、登坂性能、航続距離、充電時間、売価などのデメリットが電動車の燃費、静粛性、メンテナンス性などのメリットより際立っている。技術的側面から見ると、バッテリー性能に起因するところが大きい。その質量エネルギー密度は、ガソリン(ガソリン単体13000Wh/kg)の50~100分の1で、車体質量増加や航続距離の減少の要因となっている。そのためにバッテリー性能向上が急務であり、バッテリーメーカー各社の電動車向けバッテリーの研究開発が活発化するとともに経済産業省においてもロードマップを示し開発促進を側面支援している(図9)。

現在有望なLi-ionバッテリーにも課題があり、電動車に搭載するためには、多くの電池セルを並列および直列に接続配置しなくてはならない。それ自体のエネルギー密度アップも重要ではあるが、安全性にもいろいろな対策が必要である。Li-ionバッテリーで最も注意しなくてはならないことの一つに過充電があり、直並列になった1セルでも過充電および過電圧にならないようにする必要がある。そ

図9 自動車用蓄電池の開発の方向性

(出典：経済産業省「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」)

図10 インホイールモータ (中国製)

のため、それぞれのセルの電圧を監視し、一つでもばらつきが生じた時には、充電を一番電圧の高いセルで止め、それを均等化する電子回路を付けている場合もある。

次にドライバとモータである。高効率で動力に伝えるために、先の小型電動スクータのモータは、アウトロータとしてトルクを上げ、減速機は一段だけの構成にしている。また完成車としても走行抵抗に寄与する要因として、車体質量、タイヤの転がり抵抗、空気抵抗、走行以外の電気負荷たとえばヘッドライトなどの電力消費を、極力減らすようにしている。

一方、中国で多く販売されている電動二輪車および電動自転車には、一部でLi-ionバッテリーを使ったものもあるが、ほとんどが鉛バッテリーで、モータもインホイールで減速機のないダイレクトモータを使っている。このモータは多くの磁石を使い、日本では高価であるが、磁石の安い中国では正しい技術選択と考える(図10)。ただし、資源の観点から今後磁石の値段は上昇していくと考えられるので、小型で磁石の少ない減速機付モータに変わっていくであろう。

一般にエンジン車の方が、多くの部品点数と多くの製造ノウハウが必要で、鋳造や加工などの設備を必要としているのに対し、電動車は電池、ドライバ、モータがあれば、走れる車を作ることが可能である。それらの部品は、カタログ化や標準化が進むと、ノウハウのない新規参入の廉価商品が出てくることが予想される。安全性、機能性能、商品性などの基本的条件が整っていない商品が市場に出回る

図11 原一エンジン車・電動アシストサイクル出荷台数

ことがないように、性能基準、検査基準などを整備していくことも今後の課題である。

5. まとめ

全世界の二輪車の販売状況は大きく変動しており、ここ数年で見ると世界における電動二輪車(電動自転車を含む)の伸びは飛躍的である。日本では自転車というジャンルでアシスト自転車が広がり、2009年は原付一種のエンジン二輪車より多く販売されている(図11)。

こうした状況を踏まえて今後の二輪車の方向性を考えると、エンジン車においては、先述の技術の採用拡大とさらなる燃費向上技術の研究が、電動車においては低価格化と性能向上が求められている。

一般的な電動二輪車は技術のさらなる進化もさることながら、技術に合わせたインフラも整備されてくるものと思われる。高価で重いバッテリーの搭載量を少なくするために、充電インフラの拡大が期待される。急速充電器の各所配置や非接触で駐車時などに自動充電する駐車場整備が行われたり、バッテリー自体を交換するサービスなどが広がると考えられる。また電動部品は、車体部品に比べると長寿命であるため、リサイクル、リユースしやすい部品の標準化や中古品の有効利用システムが整備されると思われる。単に技術進化からだけでなく、インフラ、物流といった社会の仕組みの進化も必要とも考える。

低炭素社会実現に向けて、クリーンエネルギーといわれる原子力、風力、太陽光による電気エネルギーを個人の移動用に使うためには、電車も含めた広義の電動車両を考えなくてはならない。その車両自体が高価で、移動に対しての費用も高いとしたら、本来の目的である低炭素に対し、費用分のCO₂を排出している可能性を内在する。今後の二輪車の環境エネルギー技術は、移動に対し廉価でなくてはならず、このことによってユーザメリットとともに低炭素時代にも適合する。

(原稿受付 2010年9月8日)