

# ワイヤレス給電技術が生み出す 新たなクルマ社会



1978年東京大学工学部電気工学科卒業、1983年博士課程修了、2000年東京大学電気工学科教授、2002年生産技術研究所教授、2008年大学院新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻教授、電気学会産業応用部門元部門長、自動車技術会技術担当理事、日本能率協会モータ技術シンポジウム委員長、日本自動車研究所理事などを務める。IEEEフェロー、電気学会フェロー

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授 堀 洋一

ずばり、100年後のクルマは「モータ」「キャパシタ」「ワイヤレス」で走っているだろう。ガソリン車が生まれて約120年、そして今、電気自動車(EV)への転換が始まっている。

ガソリンと電気はエネルギーの形がまったく違うのに、なぜEVが「止まって」「短時間で」「大きな」エネルギーを入れようとするのか不思議で仕方がない。ガソリンを町中に噴霧し、クルマがそれを吸い込んで走るなどということはまず無理だが、電気なら実質同じことができる。電池によるEVの航続距離が不十分であることは皆知っているのに、「短い航続距離で我慢しよう」「急速充電や高性能電池がキー技術だ」と誰もが言っているが、本当にそうだろうか。

## モータ／キャパシタ／ワイヤレスで築く 未来のクルマ

実は、まったく異なるもう1つの道がある。電車のように、EVに電力インフラから直接エネルギーを供給するのである。そうすれば、一充電「航続距離」は意味を失う。停車中の「ちょこちょこ充電」と走行中の「だらだら給電」によって、クルマは大きなエネルギーを持ち運ばない、電池自動車とはまったく違った未来のクルマ社会を描くことができる。

そこで登場するのが、クルマを電力系統に繋ぐ最後の数mを担う「ワイヤレス給電」である。よく考えてみれば、クルマにどうやってエネルギーを供給するかということと、どう使うかということは何の関係もないはずである。しかし、電池を使い続ける限り、両者は強くリンクされてしまい、電池の性能が航続距離を決めてしまうのである。これはおかしいことである。一刻も早く電池の呪縛から逃れなければならない。

未来のクルマが、電気で動いて電力インフラに繋がるとすれば、航続距離とは1回の充電で走れる距離ではなく、インフラから離れても安心できる距離程度の意味しか持たなくなり、都市部ではちょこちょこ充電で走る電車のように

なクルマが普通になるだろう。そこでは電池からキャパシタへの移行とワイヤレス給電が実現され、人々は充電という作業から開放される。その先には電気モータの優れた制御性を生かした「モーション制御」の時代がやってくる。

もうすこし詳しく述べてみよう。

### ■モータ：EVの本当の特長

EVの特長は電気モータの特長そのものであり、①トルク応答がエンジンより2桁速い、②モータが分散配置できる、③発生トルクが正確に把握できる、という3つの大きな特長がある。微小なタイヤの空転に対して、msオーダーでトルクを垂下させる粘着制御によってタイヤは滑りにくくなり、同じ性能で良ければ、幅の狭い固いタイヤを使って燃費は一気に数倍になる。

すなわち、「モータ」の優れた制御性を生かしたモーション制御によって、クルマが使うエネルギーは激減し、大きな電池を積む必要性はさらに小さくなる。実は、EVの一番のメリットはこのようなモーション制御にある。インホイールモータを使ったアクティブサスペンションや、ヨー、ピッチ、ロールなどの姿勢制御が当たり前の技術になり、クルマの安全性や乗り心地は大きく向上するだろう。

### ■キャパシタ：ちょこちょこ充電するクルマ

500km走るための高性能電池は必要なくなるだろう。高価な電池をたくさん積むのは、従来のガソリン車の概念を捨てきれず、同じ航続距離を実現しようとするためである。電気は起こしたらすぐ使うのがベストであり、貯めて使うのは賢くない。だからこそ何百kmもの距離を延々と送ってくる。そのために、高電圧大電力送電の技術を先人たちは開発してきたのである。

500km走る大容量電池があちこちにばらまかれるので、夜充電して昼系統に戻して電力のピーク需要を賄えば良いというV2Gがスマートグリッドの一環としてもてはされているが、虎の子の電池を頻繁に充放電されてはすぐに寿命がきてしまう。私なら高額な補償金でももらわない限り使用を拒否するだろう。



写真1 キャパシタで駆動されるC-COMS

ただ、クルマは電車にはない自由を持たなくてはならないので、数～数十km走る程度のエネルギーは自前で持つ必要があるだろう。

電力を頻繁に出し入れするには、寿命の短い化学電池ではなく、数百万回の充放電に耐えられる物理電池「キャパシタ」を必要量だけ用いる必要がある。例えば、筆者の研究室のC-COMS(写真1)は、30秒ほどの充電で20分以上走り、キャパシタの実力を実証している。

#### ■ワイヤレス：意外に近い人々の夢

100V、10～15A程度のコンセントは至るところにあり、ちょこちょこ充電は、いつでも可能である。そして今、盛んに研究開発が行われているワイヤレス給電技術が、この数年でブレイクする気配を見せている。ワイヤレスで電力を送る現状の技術レベルは、50cm～1m程度の距離を送受信コイル間効率95%程度というものである。簡単な中継コイルを用いて距離を数mに伸ばすこともでき(写真2、3)、走りながらの給電を可能にする。

道路への敷設を視野に入れると、距離は数m、パワーは10kWを目指したい。現状は困難であるが、この技術はまだ生まれたばかりである。100年後には大きく進歩しており、クルマの世界を大きく変えることになるだろう。おそらく、ワイヤレス給電のインフラを普及させる方が、大容量の電池を積んだEVを普及させるより社会コストははるかに小さくなり、リチウムを始めとする資源問題に左右される政治的なリスクも避けられるはずである。

規格の制定や人体防護対策を含めて真剣に検討し、何としても世界に先駆けて実用化したい。ワイヤレス給電を制する者が、将来のクルマ社会を制する可能性がある。

100年後、リチウムイオン電池電気自動車は、ガソリン車や燃料電池車とともに博物館でしか見られなくなっているかもしれない。

分かりやすく言えば、キャパシタEVは「オートチャージ



(a) ギャップ変動に強い



(b) 位置ずれにも強い

写真2 ワイヤレス電力伝送実験



写真3 中継コイルによって伝送距離を伸ばす

Suica」であり、ワイヤレス給電は「エネルギー版ETC」である(図1)。Suicaは、昔は大きな駅でしかチャージできなかったが、だんだん使える範囲が広がるとともに、1回にチャージする金額が少なくても良くなってきた。それと同じことが言える。つまり、徐々にインフラを整備する中間段階を考えやすい。Suicaがそうであったように、すべてのインフラが整わなくても、できるところから導入していけば良い。クルマの中はすっかり情報化され、インフラに繋がっている昨今、エネルギーだけ自前で持ち運ぶ理由はもうないのである。発想を変える時ではないだろうか。

## 100年後のエネルギーを担うものは何か？

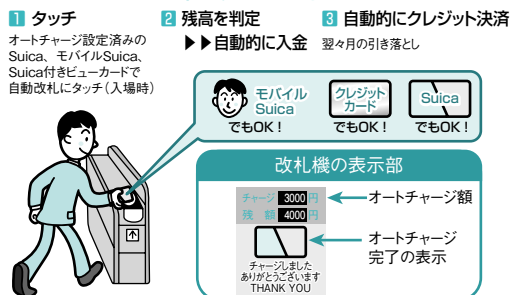
100年後の世界においても、きめ細かい制御ができる「電気」が、諸種エネルギーの媒体として重要な役割を担っていることは変わらないであろう。

太陽光発電や風力発電の大量導入は、電力システムの安定性を損なう。たくさん作れば平均化されるというものではなく、関東地方くらいの規模で、一斉に日が陰ったり風が止んだりすることは1日に何度もある。自宅の屋根に太陽光パネルを乗せたり、他にエネルギー源のない離島で風力発電に頼るのは良いが、太陽光や風力には大規模な火力や原子力を置き換える力はなく、あくまで補助的なものである。空ばかり見ている世の人々が、このことに気づくのは、ま

### キャパシタクルマ



### オートチャージのスイカ



### ワイヤレス給電



### エネルギーのETC

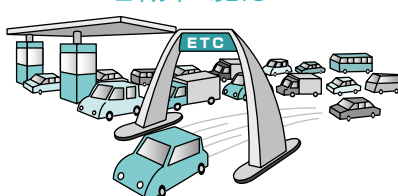


図1 モータ／キャパシタ／ワイヤレスの概念

だ先のことであろう。

人々が疑いの余地なしとして大合唱しているものが間違っていることは、これまで何度もあった。ブームに流されないように、冷静に良く考えないといけない。そして過

2030年のエネルギーではなく、2100年のエネルギーを考える時、今からチャレンジする意義は十分にある。100年後には、人類は事実上無限のエネルギーを手に入れていることを期待したい。

## リチウムイオン電池バスとキャパシタバス

筆者は2010年1月、自動車技術会にワイヤレス給電システム技術部門委員会を立ち上げ、総員50余名で広い視点から侃々諤々、かつ和やかに議論をしており、総務省、国交省、経産省からも委員が参加している。省庁の壁を越え、ワイヤレス給電が大きな流れとなり、100年後の交通システムをより良くする縁になって欲しいと願っている。

モータ／キャパシタ／ワイヤレスの技術は、いずれも日本が世界のトップレベルにある。一方、中国・上海では、キャパシタだけで走る路線バスが、数年前から預園の周りなどで安定に営業しているので、紹介しておきたい。

これはキャパシタメーカー、バス会社、上海市の三者が迅速な意思決定を行ったもので、中国は、計画経済的な意思決定と、資本経済に学んだ国内メーカーの自由競争をうまく使い分け、今日の繁栄を築いている。

2010年の上海万博では、約60台のリチウムイオン電池バスと約30台のキャパシタバスが走っていた(写真1)。うがった見方をすれば、中国はリチウムイオン電池バスとキャパシタバスに2：1の割合で力を入れていると言える。決して電池一辺倒ではないのである。

リチウムイオン電池バスを正常に運行するためには、巨大な電池交換ステーションが必要である(写真2)。万博では良くても、日常的な実用性は疑問である。一方、キャパシタバスは、バス停での30秒～1分ほどの充電で永久に走り続ける。終点での充電設備(おそらく全線への配電を行うトランスと整流器がある)も簡単である(写真3)。



写真2 電池交換中のリチウムイオン電池バス



写真3 上海万博のキャパシタバス(左)とリチウムイオン電池バス(右)



写真1 2台並んで充電中のキャパシタバス

2012年のWEC(世界耐久選手権)第5戦、6時間レース(サンパウロ)で優勝車に使われたトヨタハイブリッドシステム・レーシング(THSR)では、スーパーキャパシタが使われた。サーキット5か所のブレーキングゾーンで蓄積したエネルギーを後半で放出し、素晴らしい走りを見せたのである。このような世界的なレースで、キャパシタの良さをアピールしていくことも重要である。