

100年後のクルマ

堀 洋一

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
工学系研究科 電気系工学専攻 教授

ガソリンと電気

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。

エンジンが徐々に電気モータに置き換わり、100年も経てば、ほとんどのクルマは電気モータで走っているだろう。しかし、エネルギー供給方法は大問題である。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、電気は実質同じことができる。電池EVの航続距離が不十分であることは皆さん知っているので、短い航続距離で我慢しようとか、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。リチウム(Li)イオン電池自動車は重要なつながりの技術であるが、長期的には消えるクルマである。

(1) モータ、キャパシタ、ワイヤレス

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ず、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。そこでは、クルマを電力系統につなぐための最後の数mを担う「ワイヤレス給電」が必須である。

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、電池を使う限り両者は強くリンクされ、電池の性能が航続距離を決めてしまう。これはおかしいことである。

未来のクルマが電気で動き、電力インフラにつながるとすれば、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。同時に、電気モータの優れた制御性を生かした「モーション制御」が当たり前になるだろう。

(2) モータ(EVのモーション制御)

電気自動車の特長は、電気モータの特長そのものである。すなわち、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点である。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。モータの優れた制御性を生かしたEVのモーション制御によって、クルマの使うエネルギーは激減し、大量の電池を積む必要性はさらに小さくなる。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、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。

(3) キャパシタ(ちょこちょこ充電)

500km走るための高性能電池は不要になる。高価な電池をたくさん積むのは、従来のガソリン車と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って、貯めて使うのは賢くない。だから、先人たちは長距離高電圧送電網を築いてきたのである。

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から、数~数十kmを走るエネルギーは自前で持つ必要がある。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「スーパーキャパシタ」を必要量だけ用いる。例えば、当研究室のC-COMSは30秒ほどの充電で20分以上走る。上海では、キャパシタだけで走る路線バスが安定に営業している。上海万博では、約60台のLiイオン電池バスと約30台のキャパシタバスを運行した。Liイオン電池バスは、巨大な電池交換ステーションが必要で、日常的な実用性は疑問であることを実証した。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。2012年WEC(世界耐久選手権)第5戦、6時間レース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 (THS-R) は、日清紡製キャパシタによって、サーキット5か所のブレーキゾーンで蓄積したエネルギーを後半で放出することによって素晴らしい走りを見せた。また、日本ケミコン製キャパシタを使った量産ハイブリッド車として、アテンザ、アクセラ(マツダ)、フィット(ホンダ)が登場し、回生エネルギーの吸収と加速アシストにきわめて効果的であることを証明しており、売れ行きも良好と聞く。

これからキャパシタはどんどん使われていくだろう。使われれば量産効果によって値段は下がるという、好循環の時代はすぐそこに来ている。

(4) ワイヤレス(だらだら給電)

日本でも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。ワイヤレス給電の技術レベルは、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、走りながらの給電を可能にする。

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、リチウムをはじめとする資源問題に左右されるリスクも避けられるはずである。100年後には、かつて世間を騒がせたLiイオン電池自動車は、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だろう。

キャパシタEVの概念は「オートチャージ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回にチャージする額も少なくて良くなってきた。それと同じことが言える。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つながっている現在、エネルギーだけ自前で持ち運ぶ理由はもうない。

道路への敷設を視野に入れば、距離は数m、パワーは10kWを目指したい(図2)。現状技術ではまだ困難であるが、100年後には大きく進歩し、クルマの世界を大きく変えることになるだろう。

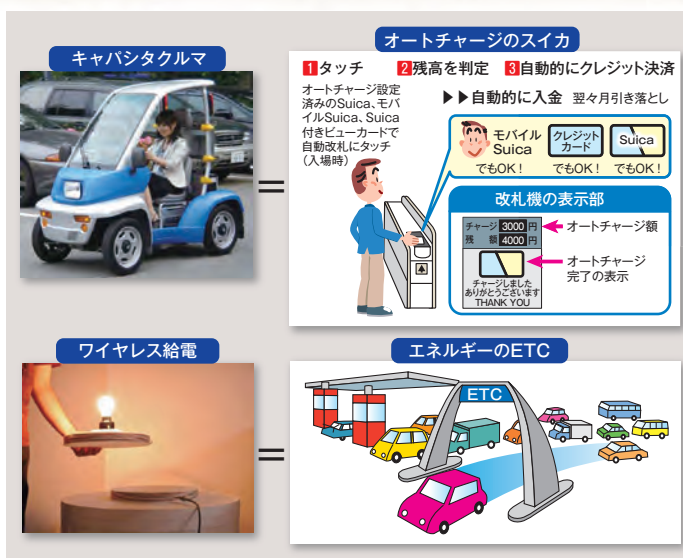


図1 モータ/キャパシタ/ワイヤレスの概念



図2 中央分離帯のガードレールからワイヤレス給電を受けてクルマが走る日

走行中ワイヤレス給電のインフラを作るためには、膨大な費用が掛かると思う人は少なくないだろう。2012年4月に162kmが部分開通した新東名高速道路は人件費などすべて含めて2.6兆円掛かった。割り算すると1km当たり160億円である。しかしこれではピンと来ないので、1m当たり1,600万円と言えばどうだろう。3mも走れば家が建つ。東京湾アクアラインや最近の地下鉄は1m当たり1億円である。その中にワイヤレス給電のアンテナを含めることは難しいことだろうか。

ポテンシャルは大きい工学的に困難な技術

(1) 燃料電池車

燃料電池車は究極の自動車であり、この開発競争に勝つ者がクルマ社会を制すると言われた。しかし、白金に替わる触媒の開発や、水素充填インフラの整備は難しく、普及は思うように進まない。冷静に将来を見据え、短距離・小型車でもメリットを示す思い切った視点の転換が

必要に思える。今は逆に、2015年で終わりにならないようにしなければならない。

(2) 永久磁石モータ

永久磁石は悪魔の囁きである。モータ性能を飛躍的に向上させ、今日の電気駆動車の隆盛を築いた。しかし、ネオジムは良いが高温動作のためにディスプレイウムを多用していると痛い目に会う。今、値段は落ちているが、楽観は禁物で、これからは永久磁石を使わないモータにもっと注力するべきである。幸い NEDO のプロジェクトが功を奏し、脱・省レアアースモータが多くの注目を集めるようになった。

(3) V2G の幻想

500km 走る Li イオン電池があちこちにばらまかれるので、夜充電して昼間の電力ピークを賄う V2G、V2H が、スマートグリッドの一環として期待されているが、本当にそうなるだろうか？ 虎の子の電池を頻繁に充放電されては、すぐに寿命が来てしまう。最近は認識が進んで、10% ぐらいの使用ならどうか、という検討をしている。ただ、それでは大きな効果は期待できない。電池を降ろしてクルマの値段を下げた方がいいだろう。

(4) 自動運転

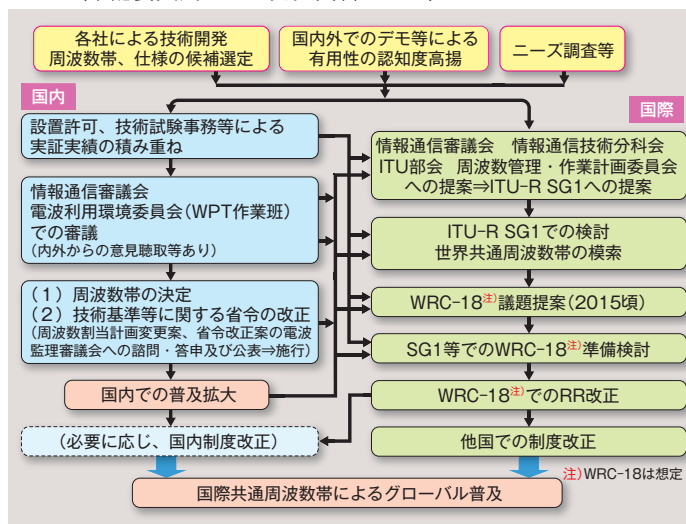
「自動運転」が急に流行語になった。完全自動走行システム（レベル 4）の方が実現は容易である。難しいのは、走る・曲がる・止まるを自動で行い、緊急時にドライバーが対応するレベル 3 で、東京オリンピック頃に実用化とされている。しかし、このシステムは手動から自動へのスイッチは容易であるが、逆は難しい。クルマはドライバーがまともな状態にあるかどうか常時モニタし、良しと判断すればドライブの権利を人間に渡す。判断を誤れば大事故につながるから、これは実現できない技術に思える。筆者は中学時代に、ドライバーの過労による居眠り運転にはねられて父を失ったので、どうしても慎重になる。

ワイヤレス給電システム技術部門委員会の活動

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 50～60 名で、広い視点から侃々諤々かつ和やかな議論を開始した。自動車会社、OEM、装置メーカー、大学、シンクタンクに加え、総務省、国交省、経産省からも委員が出ている。100 年後の交通システムをより良くする縁^{よすが}になって欲しいと願っている。

主たる活動は、最新の話題提供、見学会、春季大会の OS 企画、一般向けフォーラム、EVTec などの国際会

表 1 ワイヤレス給電制度化へのステップ案
(下記委員会主査の発表資料による)



議でのセッション構成などであるが、国際規格化に関する報告も行われている。日本自動車研究所 (JARI) の活動への参加者からは SAE、ISO、IEC での検討状況の報告が、総務省関係の委員会の主査からは国際電気通信連合 (ITU) での周波数の検討状況の報告も行われた。

自動車のワイヤレス給電の普及には周波数の決定・グローバル標準化が必須であり、ITU で他の電波利用との複雑な調整が行われる。2014 年 6 月、ワイヤレス給電に関する ITU-R Report が、日本の貢献により ITU-R SG1 で承認され、大きな一歩となった (表 1)。ワイヤレス給電の普及には、こういう縁の下^{よすが}の力持ち的な根気ある活動が極めて重要である。

電気自動車への走行中給電においては、地上側設備は数 km にわたるため、極めて簡単なものにしなければならない。一方、車上側の設備はクルマの付加価値になるから高機能であって構わない。地上と車上が 1 対 1 の設備を持ち、制御信号を交換する現在の停車中ワイヤレス給電とはまったく別の技術である。その実現は容易ではない。しかし、この技術は“筋が良い”から、信念さえあれば必ず実現するだろう。

◆参考文献◆

- (1) 堀洋一：すべての自動車が電気自動車になる日、OHM Bulletin 秋・冬合併号、pp.20-23、2009
- (2) 堀洋一：ガソリンと電気、自動車技術 (巻頭言)、Vol.65, No.7, 2011
- (3) 堀洋一：上海万博とキャパシタバスなど、キャパシタフォーラム会報 6 号、pp.4-6、2011
- (4) 堀洋一：自動車はワイヤレス給電で走行 風力発電は普及せず、特別企画 東大教員が描き出す百年後の未来、東京大学新聞、9 月 4 日号、2012
- (5) 堀洋一：ワイヤレス給電技術が生み出す新たなクルマ社会、OHM、2 月号、pp.18-20、2013