

地方中小都市のインフラを活かした電気自動車の開発構想

小泉真也

●要約

筆者は、2011年度末より超小型電気自動車（キャビンスクーター）の開発を進めている。その背景として、もはや不変的といえる電気自動車の問題がある。電気自動車は長い歴史を持ちながら、費用と航続距離の問題に対して決定的な進化を遂げるには至っておらず、これまで幾度となく普及の興起を逸してきた。現在は、環境問題や技術の発展によって、新たな電気自動車の興起を迎えており、その潮流はこれまでにない現実的なものである。しかしながら、たびたび興起を逸したことは、電気自動車の便益に関わるインフラの不足に影響を与えており、特に稚内市のような小規模の自治体であるほどその影響は大きいと言える。

筆者の構想する電気自動車は、近距離輸送の利用形態に適応したものであり、給電インフラの問題を小型原動機による発電で補い、生産・販売・維持そして燃料供給網として都市のインフラをそのまま活用するものとして提案する。

●キーワード

電気自動車

環境問題

ビッグ・スリーとスモール・ハンドレッド

1. はじめに

21世紀、それまで先進国の経済を牽引してきた自動車産業は大きな転換を迎えつつある。石油枯渇や地球温暖化といった、自動車を取りまく問題に目を向けずして、今後の自動車産業の発展を語ることとはできない。自動車に対して付きつけられた現実に対して、自動車メーカーはあらゆる角度から問題解決に取り組んでいる。中でも電気自動車は、地球環境を守るという観点に対する一つの回答である。

電気自動車は、実用化において熱機関よりも古い歴史を持ちながら、再三の興起の機会を逸してきた。2008年にアメリカの Tesla Motors が生産を開始した Roadster や、2009年に三菱自動車が量産製造を開始した i-MiEV、そして2010年に日産自動車が量産製造を開始した Leaf に代表される、民生・量産型の電気自動車の潮流は、実に「5度目の興起」と言える。

この、電気自動車の新たな興起においては、「ビッグ・スリーからスモール・ハンドレッドへ」の言葉に代表されるように、熱機関の自動車の時代を牽引してきた少数の大企業から、新興の小さな企業群へと、自動車産業の推進役が推移するという見方がある⁽¹⁾。これはひとえに電気自動車の構造が熱機関の自動車のそれと比べて簡単であることに裏打ちされた言及であり、電気自動車に対する異業種や新興国の参入障壁は、熱機関の自動車に比べて格段に低くなった。たとえば異業種の参入について、Tesla Motors は名だたる IT 企業の経営者が出資したベンチャー企業である。Roadster の初期モデルにおいては、モバイル機器向けに規格化されたリチウムイオン電池を大量に搭載して動力源としたように、IT 技術を応用して、従来の自動車にとらわれない発想で開発が行われた。そして新興国の進出については、航続距離100km程度で、最高速度は50km/h 程度の「低速 EV」と呼ばれるジャンルの普及が進んでおり、その生産規模は年間10万台規模にまで成長している⁽²⁾。

ただし、スモール・ハンドレッドの躍進は、あくまでも開発および生産のレベルにとどまるものと筆者は考える。大企業は長い時間を掛けて大量生産や高性能・低価格、そして販売・維持網を整備しており、新興企業が「スモール」のままでは、従来の体制にとって脅威とはなりえない。

一方で、費用と便益の観点に着目するならば、大企業の電気自動車の普及体制も充分であるとはいえないのが現実である。まず、電気自動車は従来の熱機関の自動車に比べて高価である。軽自動車規格である i-MiEV の新車価格は廉価版でも260万円に設定されており、補助金の控除によって実質188万円と、ようやくガソリンエンジンのハイエンドモデルの価格に肩を並べる。小型自動車規格の Leaf に至っては廉価版で335万円、補助金控除による実売価格は250万円を下回るが、この価格帯には2000ccクラスのガソリンエンジン車が顔を揃える。次に、航続距離の短さという問題がある。満充電から空調を使用しない状態で、i-MiEV の航続距離は120km、Leaf は228kmを謳っている。ところが、実際は充電時間とバッテリー保護の観点から、メーカーは80%充電を推奨しており、実質的な航続距離は応分に低下する。そして、航続距離の問題を補うべき充電インフラは都市圏に集中しており、その充電時間も燃料給油に対して格段に長い。i-MiEV、Leaf とともに急速充電器を用いた80%充電の時間は30分とされ、家庭用200V電源を用いた満充電までの時間は8時間とされる。

現在の電気自動車の興起は、時代の要望に基づくものであり、産業界にとっては新たな商機をもたらすものである。一方で電気自動車は、未だ費用と便益の点で従来の自動車に取って代わるような水準には至っておらず、インフラの恩恵を十分に受けられるのは大都市圏に限られているのが現状であ

る。ここで、筆者が生活する稚内市のような小都市で、そして北海道という地理的制約の中で電気自動車を活用することを考えたとき、大企業が示す電気自動車を求めようとすることは概して過剰投資であると評価せざるを得ない。そして大都市にとっても、小都市への輸送においてデメリットの方が顕在化すると考えられる。

以上のことから、筆者は、電気自動車の普及のためには、現実的な性能や、電気自動車を取り巻く状況を理解したうえで、よりふさわしい「電気自動車のかたち」を追及することが必要であると考え

る。本稿において、筆者は、稚内市のような小都市の機能、および北海道という地理的資産を活用して、費用と便益を満足しうる電気自動車の「かたち」を構想する。ここで「かたち」とは、車両の規格から生産、販売・維持網の整備に及ぶものである。車両規格は「キャビンスクーター」と呼ばれる四輪車である。生産面では、容易に入手可能な汎用品の組合せによって、生産コストの圧縮と、生産体制の整備を提案する。販売・維持網については、生産において汎用品を多用することから、これらを手入れ可能な店舗に販売を委託し、ユーザーも容易に整備を行うことができることを想定した車両設計を行うことで、新たな販売網を整備することなく、都市のインフラを活用した普及基盤を提案する。

以下、2章では、電気自動車の歴史を振り返り、その技術進化から近い将来の電気自動車の展望を考える。また、稚内市を例に挙げて、電気自動車の便益面での問題を定めて、提案の方向付けを行う。3章では、本稿で提案する「電気自動車のかたち」について具体的に言及し、4章でまとめを述べる。

2. 電気自動車の展望と小規模都市への親和性

本章では、現在、電気自動車が抱える問題について、航続距離と充電時間、そして充電インフラの整備の観点から検証し、費用と便益を向上するための電気自動車の「かたち」を考察する。

2. 1 電気自動車の歴史

電気自動車の興起は、常にエネルギー供給の問題や政治的な局面をきっかけとしてきた一方で、性能面の欠点と燃料需要の改善が壁となった。

電気自動車が発明された時期については諸説あるが、ジークフリート・マルクスが初の内燃機関による自動車 First Marcus Car を発明した1870年⁽³⁾より以前には、機構的には実用水準の電気自動車が登場したとされている。時速100km/h を突破したのも電気自動車が最初である。19世紀はじめまでは、電気自動車はガソリンエンジン車や蒸気機関自動車に比べ、優れた競争力を備えていた。当時のガソリンエンジンは信頼性が乏しく、蒸気自動車が寒冷な気候に脆弱で、水の補充を必要とし、航続距離が短かったことに比べ、電気自動車は震動やにおい、騒音もなく、スタートの時のクランク操作や走行時のギアシフトなどの操作が不要であったことが強みとなった。しかしながら、1909年、大量生産技術の確立を背景に登場したフォードT型が、電気自動車の半額で発売を開始したことで、1920年頃までに電気自動車は市場から姿を消した。特に広大な国土を持つアメリカでは、航続距離の短さを克服できなかったことが、内燃機関自動車の支配を許すこととなった。

次の興起は、第二次世界大戦直後の日本で起こった。戦後の混乱でガソリン供給が間に合わなかったことがきっかけとなり、1943年には電気自動車の保有台数は3299台を数えた。これは、全自動車保

有台数の3%に相当し、現在よりも保有率は高かった。その後ガソリン供給が安定し、朝鮮戦争によって、バッテリーに使用する鉛価格が高騰したことで電気自動車は姿を消した。

三度目の興起は、1970年代の大気汚染とオイルショックが深刻となる中で起こった。その解決策として先進国政府は電気自動車を提案し、日本でも通産省の指導で、多くのメーカーが電気自動車の開発に着手した。しかしながら、主に鉛蓄電池を用いた電気自動車は性能を確保できず、石油確保の政治的解決や、ガソリン自動車の排気ガス浄化性能の向上に伴って、成果を得ずに終わった。

次に状況が変化するのは1980年代後半、CARB（カリフォルニア大気資源局）のゼロエミッションビークル規制（ZEV法）構想時である。これはカリフォルニアで販売する自動車メーカーは一定台数、有害物質を一切排出しない自動車を販売しなければならないという内容であり、これに対応できるのは電気自動車と考えられた。この頃になると、電源としてニッケル水素電池やリチウムイオン電池といった二次電池の進化や、燃料電池の実用化が進んだが、それでも電気自動車は十分な性能を確保できず、結果、カリフォルニア州がメーカーに歩み寄る形でZEV法が後退したことで、電気自動車はまたも市場から姿を消した。ただし、この時代の成果として1998年、トヨタが世界初の量産ハイブリッドカー「プリウス」を発表している⁽⁴⁾。

そして現在の興起は、2008年9月のリーマンショックにより、クライスラーとGMが経営破綻し、数年来続いていた原油価格の高騰によって、各国が脱石油依存を本格的に模索しだしたことがきっかけとなっている。バラク・オバマがアメリカ合衆国大統領に就任し、経済の建て直しと、雇用促進のために「グリーン・ニューディール政策」を発表したことで、日本やヨーロッパ諸国もエコカー減税や、バッテリーの開発が本格化した。しかしながら、航続距離や充電時間、車両価格といった電気自動車の問題は解決に至っておらず、エコカーは、エンジンを発電機として使用する「レンジエクステンド型EV」や家庭用電源による充電に対応した「プラグイン・ハイブリッド」を含むハイブリッドカーと、従来の技術に基づいて内燃機関の高効率化を追及する（いわゆる「第三のエコカー」）二つの流れが主流である。

2.2 小規模都市における電気自動車の位置づけ

筆者が生活する北海道稚内市は、人口四万人弱の小規模な都市である。電気自動車の急速充電施設は2件あり、旭川日産自動車株式会社稚内店および道の駅わっかないに設置されている。また近隣の「市」 - すなわち、名寄、留萌、紋別までの距離は180kmを超える。これは、i-MiEVやLeafのような市販の電気自動車では、往復が不可能であり、輸送において充電時間を考慮しなければならないことを意味する。それぞれの都市での急速充電施設は、旭川日産自動車株式会社の名寄店、留萌店および紋別店に設置されており、商業施設などへの整備は進んでいない。

ここに冬の寒冷な気候を加味すると、電池の実効容量の低下も想定しなければならない。口伝ではあるが、Leafの冬季の航続距離は100km程度であるという。稚内から100km以内に急速充電施設は設置されておらず、最も近い場所である旭川日産自動車株式会社枝幸店までは130km程度の距離である。

以上より、稚内市における現状の電気自動車の用途は、バッテリーが空になるリスクヘッジを考慮すれば、市内の近距離移動に止まるものである。長距離移動に利用する場合、目的地にかかわらず、充電の手段はディーラーの拠点に制約されることとなる。そして、急速充電施設の無い町村の移動に

においては、充電時間の影響を大きく受けることとなる。近距離輸送のために現在の市販電気自動車に投資することは、充電費用の優位はあるものの、便益の点では、内燃機関の自動車に大きく劣ることは否めない。

2. 3 「稚内モデル」電気自動車のコンセプト

「形態は機能に従う」 - 自動車においては、この好例として1998年に発売を開始した smart がある。smart の開発は、自動車の日常的な用途を調査することから始まった。調査の結果、約90%のケースで、平均乗車人数は1.2人、1日の平均移動距離は30km前後ということがわかり、smart の形態は、この機能を満たすものとしてデザインされた。長距離移動などの例外的な利用に対しては smart ユーザー向けのレンタカー制度を整備するなどして、普及のための「かたち」を形成した。

稚内市における電気自動車の位置づけは、広大な北海道全体における輸送の問題につながると考える。電気自動車の普及を考えると、費用の観点から解決を試みようとするならば、車両規格は i-MiEV や Leaf よりずっと小型なものとして、安価に提供することが肝要であろう。そして、例外的な長距離移動の対策としては、充電施設の整備の遅れを鑑みて、電気自動車が発電機構を持つことが現実的な解決策であると考ええる。

普及のためには、生産設備、販売拠点ともに充実させることが必要であるが、新規にこれらの施設を整備することは、莫大な投資を必要とする。したがって、簡単な構造の設計を志向し、自動車整備工場並みの施設で分散して生産することを考える。販売拠点は、既に電動スクーターについて先例があることから、ホームセンターや自動車用品店への委託とする。ホームセンターは DIY 製品を多く揃えており、構造物や自動車用品の調達についても利便性が高い。そこで、電気自動車の設計においては「ホームセンターで入手可能な」用品を最大限に利用することとし、軽微な修理は、ユーザーがホームセンターを通じて行うことで維持網を満たすものとする。

3. 車両規格

本章では、筆者が提案する電気自動車について、主に車両規格の構想について述べる。また、企画を構想する中で、2.3 節に付随したインフラについても補足する。

はじめに、シャシーの構造について述べる。大量生産に向くのはモノコックフレームであるが、本構想ではバックボーンフレームを採用することとする。バックボーンフレームとは、応力を梁で受け止める構造であり、梁を背骨に見立てて「バックボーン」と呼ばれる。仕様としては決して新しくはないが、現在でも少量生産を行う車両に、この構造が見られる。バックボーンは建築木材を基礎として、繊維強化プラスチック (FRP) で補強することとする。強化繊維には一般的にガラス繊維や炭素繊維が採用されるが、本構想では麻を採用した。これは、麻が天然繊維の中で最も強靱で、水に濡れると更に強さを増す傾向があること、植物性繊維のため生分解性にも優れることに着目したものである。麻繊維 FRP は、スクリーンを透明なアクリル板とする以外は外板にも採用する。

次に動力機構について述べる。電気自動車の要求を満たすモーターは概して高価であり、調達が困難である。そこで、70W の汎用モーターを5基調達して、うち4基を駆動用に、残る1基を発電用に活用することとした。当該モーターは1基当たり7000円程度で入手が可能であり、1基で1輪を駆動

するしくみとすることで、 $70\text{W} \times 4 = 0.28\text{kW}$ の定格出力となる。これは第一種原動機付き自転車の最低要件である 0.25kW を辛うじて満たす。1基で1輪を駆動するため、デファレンシャル・ギアが不要であり、前後左右の出力を調整することで旋回性の向上も期待できる。減速機構には自転車やスクーターに基づいてチェーンとスプロケットを採用し、原則比を4倍程度にとっている。また、タイヤは自転車用もしくはスクーター用のものを流用することが望ましいが、現在は安価な工事ノ農作業用手押し車のタイヤを採用している。

次に給電機構について述べる。バッテリーは調達が容易な鉛二次電池を採用する。エネルギー密度の不足は、原動機で補うこととし、レンジエクステンダーEVとする。原動機はラジコン用の20ccエンジンを採用し、この原動機はバイオエタノールを燃料とする。また、ガス燃料を利用できるよう改造することを検討している。燃料としてバイオエタノールを利用することは、環境面もさることながら、調達先として薬局を見込めることに着目したものである。ガス燃料への適合も同様であり、カセットコンロの燃料を利用する汎用原動機が存在に着想を得た。カセットコンロの燃料を活用できるならば、燃料調達先としてコンビニエンスストアが視野に入る。

4. まとめ

本稿において、筆者は電気自動車の利用について、不変的な問題を挙げ、稚内市を基に小規模都市における費用と便益の観点から更なる問題点を論じた。また、これらの問題に対応するために、小型電気自動車の規格について提案を行った。

提案した車両規格は、近距離移動を主な利用目的としながらも、レンジエクステンダーEVとすることで、長距離移動および給電といった便益の問題を解決するものである。主要部品として採用した建築木材、FRP、透明アクリル、タイヤ、バッテリー、汎用モーター、そして模型用エンジンは、その殆どがホームセンターをはじめとする小規模都市のインフラで入手が可能であり、特別に整備をすることなく生産や維持修理網を構築することができる。また、レンジエクステンダーEVを支える原動機の燃料にバイオエタノールやガス燃料を志向することで、燃料の調達拠点を薬局やコンビニエンスストアまで拡大することを見据えた構想である。

2013年1月現在、筆者は提案した車両の実現に向けて、設計および部品調達を行っており、今後は試作車の製造に向けての作業を進めていく。

●参考文献

- (1) たとえば村沢義久, 電気自動車「燃やさない文明」への大転換, ちくまプリマー新書130, 筑摩書房, pp.71-93, 2010.
- (2) 大場淳一, 中国山東省で「低速EV」産業のダイナミズムを見てきた, 日本経済新聞 グリーンテック最前線, http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK0302L_T00C12A9000000/, 2012. (閲覧: 2013年1月10日)
- (3) Günter Hohl, Automotive Austria, Austrian Society of Automotive Engineers, http://www.advantageaustria.org/jp/events/20091001_Keynote_Hohl.pdf, 2009.
- (4) 御堀直嗣, 興味深い電気自動車の歴史とこれからのEV, JAMAGAZINE, 一般社団法人 日本自動車工業会, <http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/201108/07.html>, 2011. (閲覧: 2013年1月10日)

● 英文タイトル

The idea of an electric car by utilizing infrastructure of local cities.

● 英文要約

Since 2011, the author is advancing development of a small electricity car (cabin-scooter) for dealing with electric vehicle's invariable problems. Electric vehicle has long history but lost prosperity many times until now because electric vehicles do not show the decisive evolutions about the problem in the cost and the range. At present, the electric car is reaching new prosperity by the environment problem and technical progress, and the prosperity's mood becomes a real possibility than before. However, succession of electric vehicle's failures is exerting an influence on the lack of the infrastructure about the convenience of electric vehicles. Especially, in the small local authorities like Wakkanai City is vulnerable to the influence. The author's electric vehicle concept adjusts to go short distances. The electricity supply's problem might be solved by small fuel-engine's generating electricity. The manufacturing, distribution, maintenance and fuel-supplying utilize intact an infrastructure of the city.

● Key words

Electric car or Electric vehicle

Environment-related issue, Environmental concerns, Environmental (Ecological) issues or Environmental problem

The big three and the small-hundred

