

走行中ワイヤレス給電とスマートグリッドの融合による未来ビジョン

正員 居村 岳広*

Future Vision by Fusing Dynamic Wireless Power Transfer and Smart Grid

Takehiro Imura*, Member

As an effort to reduce CO₂ emissions, it is a universal recognition that the spread of EVs is important. However, at the moment, measures have been taken to increase battery loading and to focus on battery development. The combination of dynamic wireless power transfer and smart grid, especially in combination with solar power, may offer a new vision. In this paper, the fusion of these technologies is discussed from the viewpoint of wireless power supply.

キーワード：ワイヤレス電力伝送、磁界結合、走行中ワイヤレス給電、スマートグリッド、オフグリッド、自動運転、都市計画

Keywords : wireless power transfer, electromagnetic resonant coupling, DWPT, smart grid, off grid, automatic driving, urban planning

1 はじめに

CO₂削減の対策は業界ごとに精力的に取り組まれており、多くの道筋が見え始めている。それ故に、CO₂削減を現状のビジョンから格段に加速させるのは非常に難しい。一方で、業界を超えて技術融合が必要な将来ビジョンは広い視野を必要とするため、ビジョン自体もいまだ未開拓なところが多い。そのため、業界を超えたビジョンを描くことで、将来的に劇的にCO₂削減効果をもたらす可能性が未だ高い。

日本産業の中核を担う自動車産業も当然ながらCO₂削減は重要課題である。モビリティの90%のCO₂は自動車関連なので、ガソリン車から電気自動車(EV: Electric Vehicle)への移行は重要課題である。筆者はワイヤレス電力伝送(WPT: Wireless Power Transfer)の研究者であり、停車中と走行中の電気自動車へのワイヤレス給電を研究している。CO₂削減や今後の社会ビジョンは、停車中充電による電気自動車の普及、走行中給電だけを考えていても不十分であり、つまり、自動車などのモビリティだけを考えていても効果はあるが、完全には解決しない。

電気自動車、走行中給電、再生可能エネルギー、自動運転、電力系統は個別に考えるのではなく、包括的に考慮した新しい社会構造として考える時期にさしかかっていると筆者は捉えているが、明確な将来ビジョンが未だ示されていないし、示してこなかった。

本稿は、ワイヤレス電力伝送を研究している立場から見た、自動車などのモビリティ、太陽光を前提にしたスマートグリッド(電力系統)との融合、自動運転の関わり、新たな

都市計画について述べる。これらバラバラにみえる業界や産業をつなぐ技術として、ワイヤレス電力伝送が重要であることについても述べる。

2 停車中EVへのワイヤレス充電の現状

〈2・1〉自動車業界とCO₂削減とEV普及

自動車業界としても、パリ協定のもとCO₂削減目標に合わせて世界的な取り組みを真面目に行っている。そのため、EUの車のCO₂排出量規制は2021年は95g/km、2030年は21年目標に比べての37.5%減と非常に厳しい数字となっている。ここまで低減させるのはEV戦略抜きでは難しく、ヨーロッパのディーゼル戦略からEV戦略への切り替えなど多くの影響があるからも見て取れる。そのため、今後EVの普及は日本だけでなく世界中の潮流となっている。しかしながら、電気自動車の普及障壁の一つ目の原因は、不便さである。手動での有線の充電作業は便利とは言えず、普及の妨げの要因になっている。そこで、停車中ワイヤレス充電である(Fig.1)。駐車しただけで自動でワイヤレスで充電されていけば、給油作業を必要とするガソリン車より便利な乗り物になる。EV普及にはWPTは必須である。有線が無線化すると、想像以上に便利で皆が使い始めるのは固定電話から携帯電話への移行と普及を見ても推察できる。



Fig.1. 停車中ワイヤレス給電

* 東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科
〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641
Tokyo University of Science
2641, Yamazaki, Noda, Chiba, 278-8510

〈2・2〉停車中ワイヤレス充電の標準化

停車中ワイヤレス充電 (Fig.1) に関しては、磁界型と電界型が考えられるが、WPT としては比較的低周波の 85kHz で大電力化が可能な磁界型が現実解であり、事実、国際標準化や規格化団体での議論は磁界結合中心に進められ、2020 年を目標に規格化すべく議論が進められている。磁界結合は大きなエアギャップを実現できる共振現象を用いた磁界共振結合 (磁界共鳴) も含んだ議論である。IEC, ISO での議論もあるが、アメリカ SAE の J2954 が 2017.11 に RP (Recommended Practice) を出しており、3 団体協調しつつも、一歩進んで公開をしている⁽¹⁾。WPT1,2,3 と銘打たれた 3.3kW, 7.7kW, 11kW の 3 つのパワーレベル、エアギャップも Z1,2,3 として、送電側と受電側が決められている。サーキュラーコイルか DD コイルかの議論があったが、日本勢も推奨していたサーキュラーコイルが主流になっている。業界の 2 大勢力の WiTricity と Qualcomm Halo があるが、2019.2.11 に WiTricity が Qualcomm Halo を買収し、ライセンス権を取得したことにより、このサーキュラー1 本化の流れが強まりつつある。ただし、DD コイルが残る可能性も高く、最終決定まで注視する必要がある。業界的にはこの規格化を進めており、送電側と受電側装置の各社の互換性を担保できることを目指しているが、非常に難しい課題で未だ解決できていない。一方で、待ちきれなくなった企業は、プライベートユース限定となっても構わないという立場で規格化待たずして先行販売する動きも出てきており、2018 年に BMW が販売前提の予約を行っている。

この停車中の EV への有線での充電に関しては、V2G の取り組みが進んでいる。今後は、有線だけでなく、ワイヤレス給電による V2G の無線化の話も出ている。これら技術をベースに、より踏み込んだグリッドとの融合について述べるが、それに関しては 5 章で述べる。

3 走行中ワイヤレス給電

〈3・1〉電池の大量搭載の行く末

停車中ワイヤレス充電の意義は電気自動車の普及であったが、走行中ワイヤレス給電 (DPWT: Dynamic Wireless Power Transfer) の意義は何処にあるのであろうか。これもまた、電気自動車の普及である。但し、それ以上の意義が出てくるが、それは 5 章で後述する。電気自動車の普及障壁の二つ目の原因は、電池のエネルギー密度が小さい事による一充電走行距離の短さである。当初のリーフは 24kWh の電池を積んで一充電走行距離が 200km 程度であった。これを延ばそうという試みは、搭載電池を増やすことで可能だが、EV は重い電池を運ぶことに多くのエネルギーが割かれている現状がある。また、EV 普及障壁の三つ目の原因である EV の価格が高い理由も電池の値段が高いことにある。

世界的にも、これら課題の解決としては、電池開発頼みになっていた。電池開発は一社もしくは数社が主導的に行えば、研究開発を進めやすいので、当然の流れではあるが、や

はり、その歪みは多くの所で指摘されている。現在行われている電池生産とは異なり、世界的な EV 化は現状の電池生産と桁違いの供給が求められている。当初はリチウムの枯渇という話もあり、その状況は変わっていないが、更なる問題として、銅やニッケルの副産物として生産を行うしかないコバルトの生産量が追いつかない問題と価格高騰の方が大変という認識が広まっている。つまり、目指してはいるが、本当に世界中の車が EV 化されてしまうと電池生産としては困る状況になっている。全固体電池という話も出ているが、現実的には、リチウム電池頼みである。電池開発一辺倒という選択と集中では、外れた時のリスクが高すぎる状況にある。

電気自動車の普及は促進したいが、電池生産が間に合わない問題や、その戦略が高リスクである問題以外にも、EV 普及においては、サービスエリア (SA) の充電箇所と充電器と給電電力問題がある。文献 (2) によると、現在の車の 10% が EV に置き換わった場合でも、SA での急速充電は 30 台～60 台分必要となる。これは、365 日 24 時間の平均として計算しているので、現実的には平日と休日の差や、ゴールデンウィークやお盆をなどの増減を考慮すると、とんでもないことになることが想像に難くない。使用される電力も急速充電 $50\text{kW} \times (30 \text{ 台} \sim 60 \text{ 台}) = 1.5\text{MW} \sim 3\text{MW}$ となってしまう、現在の 1 箇所あたり 1～2 台程度設置で $50\text{kW} \sim 100\text{kW}$ とは訳が違い、系統含めた設備計画が必要である (Fig.2)。

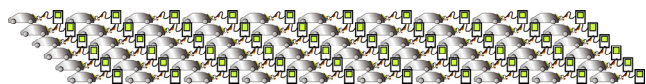


Fig.2. 大量の EV の常時 MW 級急速充電@SA

つまり、電気自動車普及はしたいものの、電気自動車の普及要因の二つ目の問題である、一充電距離の問題に関して、大量の電池を積む方策ではコバルトの生産が間に合わない問題、電池が増えることによるコスト高、電池開発一辺倒のリスク、SA の急速充電に関する場所と電力設備の見通しが不明瞭なまま突っ走っている現状がある。

〈3・2〉走行中給電 ～電池大量生産からの脱却～

そこで走行中ワイヤレス給電の意義が出てくる。いつでも何処でも充電できれば電池搭載量は航続距離 400km 分も積む必要なく、40kWh かつ 303kg の電池を限りなく減らすことが出来る (Table1)⁽³⁾。インフラ側を整えれば、社会的なトータルコストは大幅に減らすことができる。EV の低コスト化は EV 普及の一番の切り札である。

Table 1 電池の電力量と重量と走行距離⁽³⁾

電力量[kWh]	バック重量[kg]	WLTCモード	JC08モード
40	303	322	400
60	439.7	458	570

〈3・3〉走行中給電の技術（黎明期）

走行しながら給電する方法はワイヤレス方式（非接触）と接触方式がある。接触方式は時速 100km/h の高速時に機械的に接触している事に関する心理的ハードルはあるにせよ、安全面の検討も十分にされており、容易に大電力ができるなど多くのメリットがあるので、ワイヤレス方式の研究者としては良きライバルである⁽⁴⁾。ワイヤレス方式も磁界結合タイプと電界結合タイプがあるが、現実解としては、雨の影響やアスファルトの影響を受けにくい磁界方式と筆者は考え研究している。走行中ワイヤレス給電は、まだまだ研究開発の段階であり、多くの方式が提案されている。

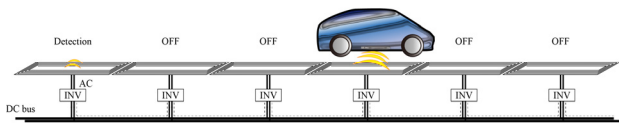


Fig.3. 走行中ワイヤレス給電

送電側は地上の道路の下に埋め込まれることになるが、その形状はコイル方式⁽⁵⁾（Fig.3）やレーン（平行 2 線・ライン）方式⁽⁶⁾に大きく 2 つに分かれる。効率はコイル方式の方が高いことは判明しているが、ギャップを近づければレーン方式も効率が上がるため、両者共に研究されている。さらに、コイル方式もサーキュラー（スパイラル）方式⁽⁵⁾、DD コイル方式⁽¹⁾、ソレノイド方式などコイル形状は様々である。

受電側は車体底に受電コイルを設け受電する方式が一般的である。他にも、ホイールに取り付けた受電コイルに給電するワイヤレスインホイール方式⁽⁷⁾、タイヤに直接給電する方式⁽⁸⁾など様々である。

更に、共振回路トポロジーも直列に共振コンデンサをいれる S-S タイプや、並列にいれる S-P タイプ、更には、LCL など多くの選択肢がある。

時速 100km/h の車への給電技術は停車中給電とは全く次元が異なり難しい技術である。1m のコイル上を 36ms で通過する。大きめのコイルとして 5m としても 180ms で通過する（Fig.4）。制御に無線通信では遅すぎて使えない。それでも、地上側は車が来たことを検出して電力を加え、車側は電力が来たことを検出して最大効率制御を行い⁽⁵⁾、車が通過したら送電側は OFF する機能が必要である。電力も停車中給電とは違い 20～25kW 前後の給電でモータ駆動に必要な電力供給、そして、更に電池を充電したければ、そこから増やした分、例えば全体のワイヤレス給電の供給電力が 40kW の場合、モータ駆動などに 20kW 使うと、残りの 20kW が充電に使われる。そのため、走行中ワイヤレス給電は停車中給電が 3.3kW とすると 10 倍以上の電力を必要とする。当然、漏洩磁界抑制技術も必要になる。

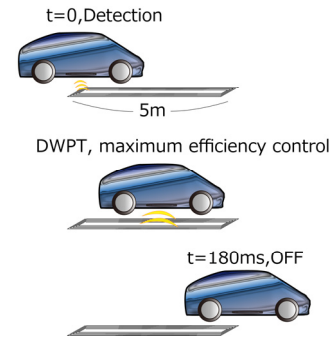


Fig.4. DWPT の ON, OFF と最大効率制御

〈3・4〉走行中給電のコスト v.s. 電池のコスト

停車中 EV の SA での集中負荷と電源に比べると、走行中給電は分散化負荷となるので、その観点では設備的にメリットがある。分散化エネルギーとの相性も良いがそれについては、5 と 6 章で述べる。走行中ワイヤレス給電も国際標準化の流れが起きており、IEC で議論することが決まっております。待ったなしの状況になってきている。

走行中ワイヤレス給電は技術開発含めて内閣府 SIP のプロジェクトになっており、経済性含めた検討がされている。走行中ワイヤレス給電の機器含めた建設費は 1km あたり 1～3 億円という話もあるが、文献⁽⁹⁾の 1 億円を基に計算すると、東京-大阪間 500km×2（往復）=1000km だと 1000 億円となる。また、給電区間距離は 1000km 全てでなく 1/10 程度にして 100km とし、電力を 10 倍にし、建設コストを下げるという案もあるが、技術的には難しくなる。数字を出すと、数字が一人歩きしてしまうため、いくつかのシナリオの検討やより精度の高い検討を行い、業界のコンセンサスが得られる事が期待されている。いずれにせよ、一つのコイル長を 1m とすると 1000km では、100 万個のコイルとそれに付随する装置が必要なので、このシステムは量が効いてくる。システムの低コスト化は一番重要な研究開発課題である。例えば、今までコイルには必須とされたフェライトや共振に必要なコンデンサを不要とした、フェライトレスかつコンデンサレスコイルは従来コイルの約 1/3 のコストでコイルと共振部分を作ることができる⁽¹⁰⁾。この様な、低コスト化が本格普及には必要とされている。

一方、EV が普及した場合、1 台あたり 100～200 万円が電池コストとされているが、1kWh あたり約 3.3 万円とすると、電池容量を 40kWh から 1/4 程度まで抑えて 10kWh とした場合、単純計算で約 100 万円程安くなる。国内自動車販売 500 万台の 10% が EV となり、年間 50 万台の EV が販売された場合、EV 価格が 100 万円安くなった分を考えると、トータルで 5,000 億円浮くことになる。これをインフラ側に回すことが出来れば、資源的に無理と言われつつ進められている全自動車が EV 化したと想定する量の桁違いの電池の大量生産も不要で、社会的コストを下げる未来が描ける。そして、EV 価格が安くなるため EV の購入も容易になり、EV の販売台数も増え、販売台数に占める EV の割合も 10% から 20% と徐々に増えていくことが期待される。

つまり、社会全体の仕組みを変え、上手く回すことができれば、インフラ側を充実させて、EV を低コスト化して、EV の普及促進というストーリーを描ける。ちなみに、軽量化された分、EV は軽量化されるので電費節約にもなる。もちろん、多くの異分野の業界や産業に関わる話なので、こんな簡単に進む話ではないが、海外では出来そうな国もある。

走行中ワイヤレス給電設置コストとユーザーが支払うトータルの EV の電池コストを比べると圧倒的にインフラの方が安い試算となるが、これもまた精度の高い調査が必要である。

4 準走行中給電（交差点給電）

交差点付近での充電は準走行中給電（Semi-dynamic WPT）と呼ばれる（Fig.5）。これは、停車中や走行中の両方の状況が頻繁に起きることを想定している。交差点付近でもワイヤレス給電を行うというビジョンは以前にもあったが、ただのコンセプトに過ぎなかった。しかしながら、近年しかりとした走行データを基に試算した報告がある⁽¹¹⁾。主に幹線道路をターゲットとしてではあるが、街中の交差点の信号停止線前 30m（車 6 台分）を給電区間とし、15kW 程度の給電を行なう事により、電池の残量を減らさずに走れることが示されている。つまり、市街地を走行する際に使用されるバッテリーの消費エネルギーと給電エネルギーが釣り合うため、その増減のバッファとしての電池搭載量で済むため、その様な観点で考えると、更なるバッテリーの小型化が期待される。また、当然ながら、給電電力を大きくすれば、バッテリーに充電することも出来る。交差点周辺は電力インフラが整っている地域が多いため、電気的な工事はし易い可能性がある。また、自宅で充電できない人でも、町中に走りに行けば勝手に充電されるのは面白いビジョンであり、マンション住まいで駐車場に充電装置を気軽に設置できないユーザーには適した構想である。いままでは走行中充電ばかりに目が行っていたが、走行中給電の導入のシナリオを考えると、規模感的に大きすぎるので、プロジェクト化に躊躇する声もあり、前段にワンクッション置きたいという要望もあった。この交差点充電はその一つの解になる可能性を秘めている。

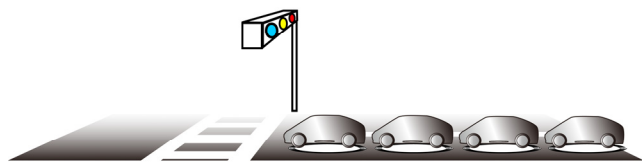


Fig.5. 交差点ワイヤレス給電

5 走行中給電とスマートグリッド

走行中ワイヤレス給電の意義は、電気自動車の普及であると述べた。それ自体は間違いではない。しかしながら、そ

れ以上の意義やビジョンがあることを述べるのが本稿の目的である。それが、走行中給電と電力系統（グリッド）との融合である。

〈5・1〉PV の大量導入が出来ない理由

その前に二つの話をする。一つ目は、現状の再生可能エネルギーの負荷変動の安定化は火力に依存しなくてはならず、CO2 増加、燃料のコスト高に苦しんでいる状況であるという現実である。

二つ目は、停車中の EV とスマートグリッドとで作られる V2G による、再生可能エネルギーによる負荷変動を抑える負荷平準化電源の研究が精力的にされていることである。本来であれば、再生可能エネルギーを大量導入したいが、系統の連携線などいくつかの理由で出来ない。その中で、PV の大量導入のリミットがかかっている最大の理由は負荷平準化電源、つまり、電力系統に使えるほどの超大型の蓄電池がないのが原因である。しかしながら、負荷平準化のための大型蓄電池の低コスト化は非常に難しい現実がある。そこで解決方法としては、将来は普及するであろう EV への強い期待が国内外問わずある^{(12)・(13)}。停車中の EV とグリッドをつなぐ G2V（Grid to Vehicle）の取り組みである⁽¹⁴⁾。有線か無線かの議論はこれからであるが、筆者は当然ながら停車中ワイヤレス充電のシナリオの上に、このシナリオが来ることを想定している。しかしながら、停車中の EV を大型蓄電池の代わりに、分散化蓄電池として使う前提として、停車中の車に日中お腹を空かしておいてもらう必要がある。つまり、満充電まで電気を溜めないで、もしくは夜間に車側から家側に送って使用しておいて、例えば 50%~80%のバッテリー残量にしてもらい、日中に太陽光や風力からの余剰電力を吸収してもらう構想である。いざ車に乗って出かけたときに、バッテリーが減っているのは心理的にマイナスに働く。何かしらのインセンティブは車所有のユーザーに与えられる可能性はあるが、充放電は電池劣化の主原因であり、高価な電池をその様な用途で使うことは、積極的にはしたくない心理が働く可能性がある。今後の EV の普及と日中使われない EV を活用というアイデアは良いので、ユーザーを納得させられるストーリーやインセンティブ次第ではあるが、筆者はもう一つの道について示したい。

〈5・2〉PV の大量導入と走行中充電のシナリオ

停車中給電よりも、親和性が高いと思われるのが、走行中給電（DWPT）と PV などの再生可能エネルギーを考慮したスマートグリッドの融合である。停車中充電の電力は 3.3kW か 7.7kW であり、走行中給電は 20kW~40kW と考えると、電力比は約 5~12 倍である。そのため、負荷平準化用の負荷として考えた場合、走行中給電がその一部として使用されると考えるのが自然である。DWPT による G2V である。しかも日中の太陽光が一番元な時間帯と車の走行量を考えても親和性が高い。停車中充電の様にわざわざ日中に電池を減らして待つ必要も無く心理的なマイナスはない。

但し、通常の DWPT に加えて負荷平準化としての電力が増加する分を吸収させるシステム設計を発送電側に組み込むことになるので、電力広域的運営推進機関（OCCTO）の運用に組み込み可能な計画が重要となり、慎重なシナリオ作りが必要である。翌日の天気予測、交通予測を踏まえた電力市場の調整など、大変ながら面白い話である。

いずれにせよ、日中に電力を大量消費してくれる DWPT という負荷があるので、PV 出力抑制という道ではなく、PV の大量導入という道に進める可能性も秘めている。ここまで来れば、石油依存のガソリン車からの完全脱却、つまり 100%近い EV 化は見え始めてきているはずである。

6 走行中給電と太陽光発電（オフグリッド）

無理に電力系統につないで負荷平準化に使うことが難しくても、DWPT+PV はオフグリッドとしての利用は大いにあり得る。まず、道路脇に PV を分散化電源として設置する事により、供給サイドと負荷サイドの送電距離がほぼない状況で使用できる。そのため、都市から電力を引っ張ってくる必要が無いので送配電線による送電ロスがない。では、DWPT を行なう場合、どのくらいの PV が必要かということであるが、次のような試算を行なっている。但し、今までの前提と異なり、テスラモデル 3 かつ時速 80km/h としたため、給電に必要な電力は 13.5kW 程度として試算している。安全距離として 2 秒間以上の車間距離を考えると、時速 80km/h では約 44m なので、44m の間にある PV の発電電力を 1 台の車が使えると仮定する。この仮定はコイルにつなぐスイッチの切り替えで可能である。1580×812mm で 245W 出力できる市販の PV を基に試算したところ 54 枚を 1 列に並べれば良いことになる。先の話では 20~40kW であったので、その場合はより出力の高い PV パネルや、列数を増やすことで対応できる（Fig.6）。

電力系統とつながなくて良いため、設置箇所の自由度があり、補助的とはいえ強力に DWPT としての電力供給が可能である。走行中給電もそうであったが、いきなり電力系統とつながるのはハードルが高いため、前段のワンクッションとしても適している。もちろん、このコンセプトは交差点給電でも適用させることが可能である。

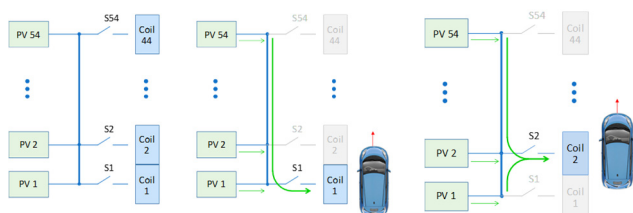


Fig.6. DWPT と PV の融合（オフグリッド）

7 走行中給電と自動運転

走行中給電と自動運転の関係についても述べる。多くの

ロードマップを見ても自動運転の後に走行中給電が来るビジョンが多い。そのため、走行中給電は自動運転ありきで考えるのが妥当である。自動運転はビジネス的にはタクシー代わりだったりもするので、運転は自動で給電は手動という事は考えにくいと、給電もワイヤレスで自動にされると考えるのが自然である。

自動運転であれば、道路中央は踏まれる率が今の 2.4%の確率よりも大幅に減るので、コイルは浅いところに埋める事が可能である⁽¹⁰⁾。一方で、走行中給電がもし早くに実現できるとなると、自動運転側へのメリットもある。埋め込まれた送電コイルはセンサ代わりになるので、ワイヤレス給電路においては、磁石の埋め込みや白線検知などの技術不要で、WPT 技術を使った自動運転が可能である。

8 走行中給電と自動運転と都市計画

街中は交差点給電、都市間は走行中給電となると、400km 走れるような 40kWh の電池など不要で、下手すると 1kWh の電池搭載で十分という様な夢のような話も出てくる。そこまで言わなくても、十分に電池搭載量を減らすことが可能である。また、再生可能エネルギーである PV と融合することで持続可能な社会を造る事が出来る。走行中給電や自動運転が可能になると、通勤時間はもはや移動のためだけの時間ではなくなる。作業することも可能であるし、休息の時間、身支度の時間、趣味の時間になる（Fig.7）。駅を経由しなくなるので、駅集約型都市でなくインターチェンジ（IC）集約型都市の可能性もあり、IC もしくは、IC 機能のある SA 周辺を単位とした都市形成の可能性も秘めており、土地価格の見直しなども今後生じてくるはずである。その様な新しい街は走行中給電のインフラも街ぐるみで導入し、モデル都市のようなところも出てくるかもしれない。



Fig.7. DWPT と自動運転

9 まとめ

走行中ワイヤレス給電とスマートグリッドの融合のビジョンに関して、自動車（モビリティ）、電力グリッド、走行中給電、自動運転、都市計画について述べた。

今までの取り組みは、自動車業界、電力業界など各々の最適解を求めて進めている。しかしながら、個別に考えた解が必ずしも全体の最適解にはならないのは世の常である。一

部の役割を違う業界に任せるとするのは非常にハードルが高いが、それを強力なトップダウンでやってのける国も多い。我々はその様な方法は採れないが、異分野の業界同士のコラボレーションができる風土はできあがっている。

ワイヤレス給電技術はコラボレーションを行う事でお互いに大きなメリットをもたらす技術である。また、一社だけが努力して出来る電池開発とは違い、業界をまたがったコラボレーションを行わないと、社会全体の最適化を示せない。推進するのが困難なビジョンである事も理解している。一方で、本稿で示したように、有機的につながっている物事をシンプルに、丁寧に示すことで、進むべき方向性が見えてくると、取り組みやすくなる。当然、一つのビジョンであるので、枝葉となる部分はごっそり省いたため説明不足の所もあり、また、データの時期も全てを揃えきれなかったため多様なご意見があると思われる。それらを含めて、適宜修正しつつ前進は可能である。

業界ごとの努力では超えられないハードルがあり、分野や業界の垣根を超えた将来ビジョンを共有し、一致団結して取り組むことで、CO2 削減効果などに対し劇的に効果がある可能性に賭けてみたい。

現在、このビジョンに共感してくれる協力企業や機関や研究者やスポンサーを探しつつ、プロジェクトを進めており、より豊かな社会が人々を幸せにする一役を担えるように新天地の東京理科大学で邁進中である。

文 献

- (1) <http://www.sae.org/technical/standards/J2954> 201711
- (2) 佐藤元久, “高速道路ワイヤレス走行中給電への期待”, 技術総合誌オーム, 2015
- (3) <https://ev.nissan.co.jp/LEAF/>
- (4) 田島孝光, 中里喜美, 和田雄, “450kW 走行中充電システムの研究”, 自動車技術会学術講演会講演予稿集, No. 90, 2018.
- (5) 小林大太, 居村岳広, 堀洋一, “走行中ワイヤレス給電システムにおけるリアルタイム最大効率制御”, 電気学会論文誌D, Vol.136, No.6, pp. 425-432, 2016.
- (6) Chwei-Sen Wang, Stielau O.H., Covic G.A., “Design Considerations for a Contactless Electric Vehicle Battery Charger”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.52, Issue5, pp1308-1314, 2005.
- (7) M. Sato, G. Yamamoto, D. Gunji, T. Imura, and H. Fujimoto, “Development of Wireless In-Wheel Motor using Magnetic Resonance Coupling,” IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 7, pp. 5270-5278, Jul. 2016.
- (8) 宇都隆, 花尻賢祐, 畑勝裕, 清水修, 居村岳広, 藤本博志, 堀洋一, 芥川恵造, 郡司大輔, “タイヤ内の磁気回路を利用したばね下受電コイルへのワイヤレス給電に関する基礎検討”, 電子情報通信学会無線電力伝送研究会, WPT2018-41, pp.69-74, 2018
- (9) Chun T. Rim, Chris Mi, “Wireless Power Transfer for Electric Vehicles and Mobile Devices”, Wiley-IEEE, 2017
- (10) 居村岳広, 高橋芳明, 畑勝裕, 藤本博志, 堀洋一, 塚本真也, “フェライトレスかつコンデンサレスコイルを用いた走行中給電システムのコイル性能と舗装耐久性評価に関する基礎検討”, 自動車技術会春季大会, 2019
- (11) 郡司大輔, Rodriquez Lopez Ricardo, 人見尚弘, 向井善也, 下村洋輔, 松田靖之, 居村岳広, 藤本博志 : 走行中ワイヤレス給電の市街地道路への展開に関する基礎検討, 2018 年自動車技術会春季大会学術講演会講演予稿集, 文献番号 20185095, 5 月, 2018
- (12) IEEE GridVision 2050, IEEE, 2013
- (13) 竹内 純子, 伊藤 剛, 岡本 浩, 戸田 直樹, “エネルギー産業の 2050 年 Utility3.0 へのゲームチェンジ”, 日本経済新聞出版社, 2017
- (14) 太田 豊, “電気自動車と電力システムの統合”, 平成 30 年電気学会産業応用部門大会, 4-S2-5, 2018