



WiseHarbor Spotlight Report

キース・マリンソン (Keith Mallinson) 、2015年9月2日

EV ワイヤレス給電を安全にする異物検出、生体保護システム

キーポイント：	FOD と LOP により WEVC は有効性と安全性を兼ね備えた技術となる。
レポートの焦点：	WEVC の安全上の問題を軽減する補助システム
対象読者：	規格策定への参加者を含む、ティア 1 の自動車メーカーおよび自動車 OEM のプロダクト・マネージャーおよびエンジニアリング・マネージャー

エグゼクティブサマリー

どんな種類の自動車であれ、車両に蓄えられるエネルギーの補充時の安全性確保は何よりも重要です。燃料タンクへの充填にも、電気自動車 (EV) のバッテリー充電にも、極めて大量のエネルギー伝送が必要だからです。例えば、ガソリンスタンドでは、もし火災が起これば給油スタッフや運転者、同乗者の命にかかわる結果を招きかねません。従って、燃料ポンプに火災リスクに対する本質的な安全性が備わるよう、ガソリンスタンドには規制が適用されています。

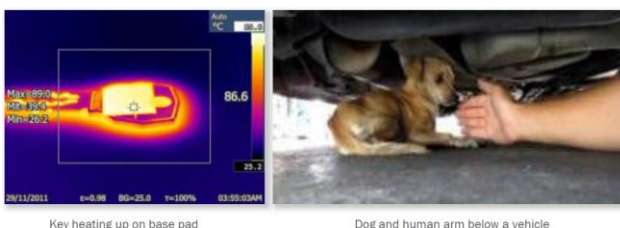
電気自動車用ワイヤレス給電(WEVC)には 2 種類の安全上の問題が伴います。

- ベースパッドと車両側パッドの間に入り込んだ物体が電磁誘導電力伝送の磁界で励磁過熱されることによる、やけどや火災のリスク
- 人間や動物、埋込医療機器の電磁界への直接的な曝露により、有害な健康影響もしくは埋込医療機器(IMD)の誤動作が引き起こされる恐れ

最も効果的な異物検出 (FOD) システムは、電気ループのアレイを使って異物を検出します。また、最も効果的な生体保護 (LOP) システムはレーダで生体を検出します。これらの補助システムは、WEVC を安全にするための規制に適合し、誤検知(検出する必要がないものを検出する事)や検出ミス(検出すべきものを検出しない事)を最小限に抑えるなど信頼性が確保されている事が重要です。

参考資料 1

EVワイヤレス給電中の安全上の問題にFODとLOPで対応



Key heating up on base pad

Dog and human arm below a vehicle

目次

- I. はじめに
- II. 安全第一
- III. 異物検出
- IV. 生体保護
- V. 安全で信頼性の高い、将来の変化に対応できる技術供給

I. はじめに

本レポートは、ワイズハーバーによる WEVC に関する特集レポートの第 3 弾となります。本特集は Qualcomm Technologies, Inc. の委託で作成されました。第 1 回のレポートでは、DD コイル技術やバイポーラコイル技術など、ワイヤレス電力伝送に使用されているコイルやパッドおよび関連技術をめぐる動向に焦点を当てました。第 2 回目のレポートではワイヤレス給電のシステムの側面について考察しました。第 3 回目の本レポートでは、異物検出 (FOD) と生体保護 (LOP) に使われる重要度の高い補助的な安全技術をテーマに取り上げます。

II. 安全第一

どんな種類の自動車であれ、車両に蓄えられるエネルギーの補充時の安全性確保は何よりも重要です。燃料タンクへの充填にも、EV のバッテリー充電にも、極めて大量のエネルギー伝送が必要だからです。たとえば、ガソリンスタンドでは、もし火災が起これば給油スタッフや運転者、同乗者の命にかかわる結果を招きかねません。したがって、燃料ポンプに火災リスクに対する本質的な安全性が備わるよう、ガソリンスタンドにはさまざまな規制が適用されています。

FOD、LOP という安全システムは、WEVC を手軽で使いやすくする位置合わせシステムと並んで、WEVC における極めて重要な補助機能です。FOD システムと LOP システムは安全規制に適合しなくてはならず、それと同時に、誤検出や検出ミスを最小限に抑えるなど信頼性を備えている事が重要です。

III. 異物検出

a. FOD の安全要件と課題

様々な金属物体や磁性物体が、WEVC システムによって安全上の問題を引き起こす原因となりえます。これらの物体は高周波磁界で励磁されると過熱する傾向を持ち、過度の自己加熱を生じる可能性があります。コインやペーパーリップなどの小さい物でも、やけどの原因になりうる温度まで短時間で過熱され、たとえば紙などの可燃物が存在すると発火にいたる恐れすらあります。これらの物や多種多様なごく普通の物体 (下図の物を含む) が確実に検出できることが不可欠です。

ISO の規則は、高温表面との潜在的な人体接触に関して許容可能な閾値を定めています。¹この閾値は、可燃物との接触で発火につながりうる水準に比べるとずっと厳しい値です。

異物の過熱され具合や検出されやすさは、物体の特性や大きさごとに異なります。加熱の速度と程度は、充電パッドからの距離、もしくはパッド間にある異物の大きさや質量、形状、位置によって異なります。比較的大きな物体は小さい物体に比べて検出しやすい傾向があります。ペーパークリップや電気の延長コードのように金属ループを有する物体は、磁界と特に強く結合し、かなりの高温になる可能性があります。ベースパッドと車両側パッドの間に入り込む物体のほとんどは、その金属部の全体または大部分がベースパッドの表面と接触した状態で留まります。この場合は通常、検出が比較的簡単です。それに対し、たとえば、タバコのパッケージの銀紙や、アルミ箔の蓋がついたヨーグルトのプラスチック容器などには、特に検出上の問題が伴います。可能性は極めて低いケースですが、ヨーグルトの容器が、蓋がついたままの状態 で充電パッド上に直立している場合、金属部は地面から数センチ離れていることになります。

参考資料 2

ベースパッド上で、検出しなくてはならない一般的な異物の例（実寸とは異なります）



自動車の大きな金属製アンダーボディ（車体の底面）が存在するため、ベース側と車両側パッド間の最上部にいたるあらゆる垂直位置で金属を検出することは非現実的です。しかし、WEVC が OEM や部品／システム・サプライヤから商用実装に耐えると評価されるよう、FOD は、直立している蓋付きヨーグルト容器の例など、十分な「実例」で確実に動作しなくてはなりません。

b. FOD の検出方法

温度の直接測定を試みる検出方法には大きな限界があり、一般的に、温度が 80°C を超えても上記の要因のために検出されない異物があります。こうした検出ミスのために検出の信頼性が損なわれる場合があります。しかし、検出ミスを減らそうと感度を上げれば誤検出や不規則挙動が起きてシステムの信頼性が損なわれます。たとえば、

¹ ISO 13732-1-2006、「熱環境の人間工学—表面との接触に対する人体反応の評価方法—パート 1：高温面」、第 1 版、2006 年 9 月。加えて、SAE J2954 は現在作成中の WEVC 規格の一つであり、UL 2750 の表面温度限界値への適合を規定しています。

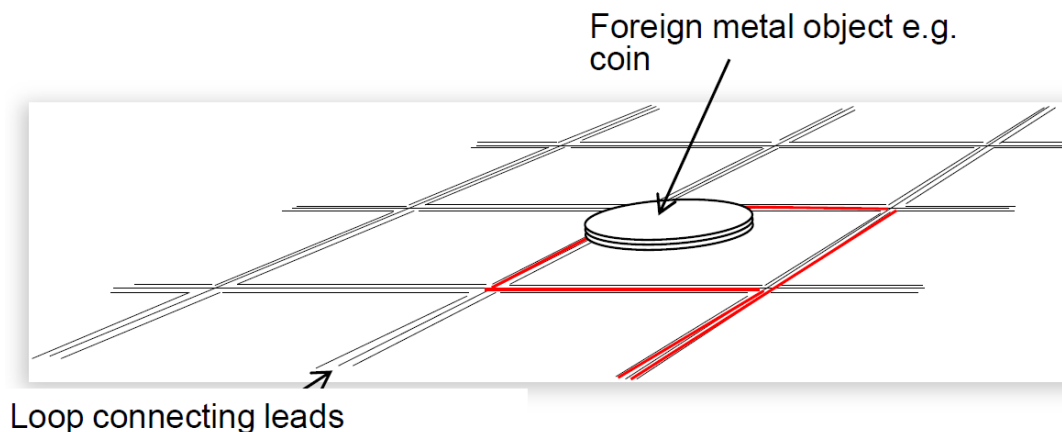
ベースパッド内の温度を検出する熱電対は、小さい物体を検出できない可能性があります。ヨーグルト容器のふたの加熱を検出できない可能性があります。赤外線カメラ温度センサには、車体上部から落ちてくるほこりや水、雪などで動作不能になりやすいという脆弱さがあります。

また、一次側（ベース側）と二次側（車体側）の充電パッド間の想定外の電力損失、いわゆる自己加熱を計測するなどの間接的な方法で検出できます。しかし、典型的な 0.5W という潜在的に危険な加熱は、5W のスマートフォン充電器上であれば有意に検出可能な 10% に当たるのに対し、3.3kW の WEVC システム上ではわずか 0.015% の微小な電力変動にすぎず、位置合わせや振動などの要因による変動を考えると確実に検知可能なものではありません。

極めて高感度で効果的な FOD は、ベースパッドの中の、電力伝送コイルの上に埋め込んだ複数の電気ループのアレイを使用することで、直接的な温度測定を行わずに達成できます。ループを駆動・監視するための関連の電子回路もベースパッドに組み込むことができます。導電性体や強磁性体の存在や温度変化は、近くのループの電気特性に影響を及ぼします。これによりパッド上もしくはパッド間に存在する金属物体や金属部位の確実な検出が可能になります。

参考資料 3

電気ループの配列による FOD



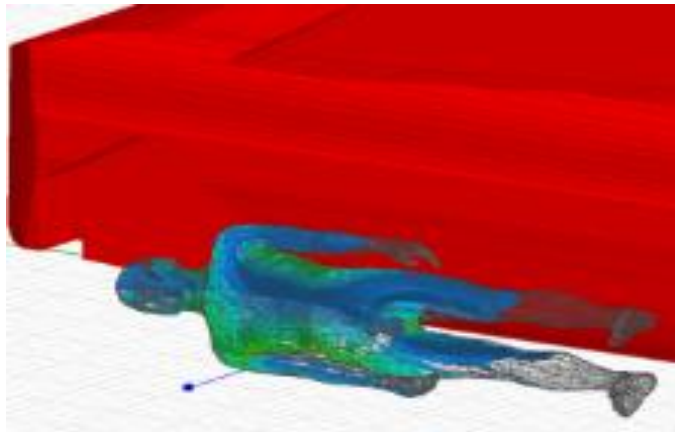
IV. 生体保護

a. LOP の安全要件と課題

WEVC システムからは、人間や、心臓ペースメーカーなどの IMD の規制レベルを超える電磁界が生じる場合があります。パッド間やパッド周辺では、この電磁放射が人間やその他の脊椎動物（ペットなど）に対して潜在的に有害な健康影響を及ぼす可能性や、IMD の誤作動が起きる可能性があります。人が車の脇で横になったり、パッド間の隙間に手を伸ばしたりした場合には、人体曝露の危険性は特に大きくなります。

参考資料 4

電磁界 (EMF) の人体曝露



EMF 放射は国際的な安全規制に適合しなければなりません。国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) のガイドラインは、有害な健康影響の防止を狙いとして、時間変化する EMF への人体曝露を制限するために定められました。このガイドラインは職業上の曝露および一般公衆の曝露に関わる電磁界の基準安全規制です。² ICNIRP のガイドラインは各国の規制当局が安全規制の策定において参照します。IMD のイミュニティ規制については米国規格協会 (ANSI) と医療器具開発協会 (AAMI) によって定められています。³ 自動車 OEM 各社は、自動車のさまざまな場所 (たとえば車両端部付近) で ICNIRP のガイドラインよりも厳しい制限を課しているケースもあります。

効果的な LOP システムは、場の強さが安全限度を超えているエネルギー伝送領域に人体の一部 (手や腕、足など) や動物が近づいた際には、WEVC システムが即座に遮断されるように設計される必要があります。安全規制は IMD 使用者を含む人間を想定して定められています。しかし、システムはペットを含むさまざまな動物も保護する必要があります。

b. LOP の検出方法

LOP の場合も、従来のシステムにはさまざまな制約がありました。車体周辺の偶発的な動きや車体の振動による誤検出や、検出ミスが起きやすいという傾向などが見られました。たとえば、寝ている動物 (つまり動かない状態の生体) についての規定はありません。LOP システムには車体に設置されるものもありますが、自動車メーカーは現在、LOP システムを車体から切り離して設置するように定めています。

レーダ技術を使った LOP システムの本格的な開発により、誤検出をなくすか大幅に減らすことでシステムの信頼性を大幅に改善します。検出・信号処理の電子回路は最適にベースパッドに収められ、物体の速度やベースパッドからの距離に関する情報を取得します。検出領域には、ベースパッド周辺やベースパッド表面の真上の、定義された領域が含まれます。領域は WEVC システムの特性や充電対象の車種によって異なります。LOP の検出領域をプログラムによって最適する事ができます。感度を調整することによって、検出される生体の最小サイズの限界値も設定可能です。これにより誤検出と検出ミスのリスクバランスを最適化します。

参考資料 5

送電領域近傍に入る手をレーダが検出

² 時間変化する電界、磁界および電磁界 (1Hz~100kHz) の曝露を制限するための ICNIRP のガイドライン、*Health Physics*, vol. 99, pp. 818-836, 2010

³ ANSI/AAMI PC69: 2007



V. 安全で信頼性の高い、将来の変化に対応できる技術供給

安全確保や位置合わせのための補助システムはすべて、中核のワイヤレス電力伝送技術とともに、法的・商業的に実現可能な WEVC には必要です。そして、バッテリー管理などの車内システムを含むすべてが、全体としてうまく動作するように統合されている必要があります。

これらの技術ロードマップは、安全規制の変更と相互運用性規格の進歩に対応しなければなりません。たとえば、現在の WEVC では、車を駐車して利用しますが、近い将来には移動中の車両への充電が可能になります。それに応じて補助システムも開発されなければなりません。

これらすべてを網羅している専門のシステム・プロバイダからの技術供給は、自動車メーカーとそのティア 1 サプライヤに不可欠です。これは最も高性能で規格に適合した製品やサービスを継続的に確保する最も効果的な方法です。それにより自動車メーカーとティア 1 は自社が最も得意とする分野に特化でき、市場で差別化され費用効果の高い製品を開発し量産する事に注力できます。

関連文献

Wireless Charging Ready for Burgeoning Mass Market in EVs (ワイヤレス給電、急拡大する EV 量産市場への準備万端) .ワイズハーバー特集レポート、Keith Mallinson, 2015 年 8 月 18 日

<http://www.wiseharbor.com/pdfs/WiseHarbor%20Spotlight%20Report%201%20Efficacy%202015Aug18.pdf>

WEVC Requires Many Technologies with Well-Integrated Systems and Supply (WEVC には様々な技術と、統合の行き届いたシステムと供給が必要) .ワイズハーバー特集レポート、Keith Mallinson, 2015 年 8 月 24 日

<http://www.wiseharbor.com/pdfs/WiseHarbor%20Spotlight%20Report%202%20System%202015August24.pdf>

“Loosely Coupled Transformer Structure and Interoperability Study for EV Wireless Charging Systems.” Wei Zhang, Jeff C. White, A.M. Abraham and Chunting Chris Mi. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, Volume 30, Issue 11

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=7108053&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel7%2F63%2F4359240%2F07108053.pdf%3Farnumber%3D7108053>

WiseHarbor について

2006年に設立された WiseHarbor は、ワイヤレス／通信技術市場の業界アナリスト、専門コンサルタントです。WiseHarbor は多数の大企業やグローバル企業を顧客に擁しています。技術や商業、規制面のさまざまな課題に関して業界誌や業界団体向けに頻繁に記事を発表しています。取り扱い案件は商業・財務分析や専門家証人としての証言などです。

[図表]

参考資料 1

Key heating up on base pad	ベースパッド上で熱くなる金属製キー
Dog and human arm below a vehicle	車体の下にいる犬と、人の手

参考資料 3

Foreign metal object e.g. coin	コインなどの金属製の異物
Loop connecting leads	ループを構成しているリード線