



「磁界共鳴方式」は、送電側と受電側での磁界を共振させることによって電力を送る技術である。この方式は磁界を利用する点は磁界誘導方式と同様であるものの送信コイルと受信コイルの間の離隔を広くとれるうえ高効率を維持できる点にある。また、送受電側双方のコイルの軸が正対しない場合でもある程度送電効率を維持できるのが特徴である。

国総研では、この磁界共鳴方式が走行中電気自動車への給電技術として有望であると考え研究を進めている。

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$$

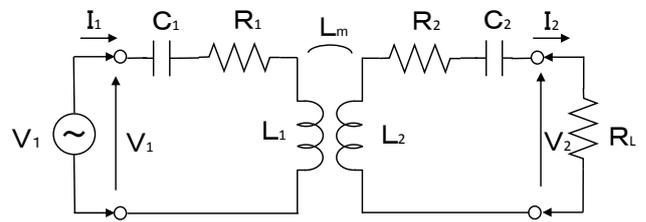


図-3 磁気共鳴方式の等価回路

また、一次側二次側から見たインピーダンスをそれぞれ、 $Z_{in1} (=V_1/I_1)$ 、 $Z_{in2} (=V_2/I_2)$  として電圧比 $A_V$ 、電流比 $A_I$ を整理すると、以下のとおりとなる。

$$A_V = \frac{V_2}{V_1} = j \frac{\omega_0 L_m Z_{in2}}{R_1 Z_{in1} + R_1 R_2 + (\omega_0 L_m)^2}$$

$$A_I = \frac{I_2}{I_1} = j \frac{\omega_0 L_m}{Z_{in1} + R_2}$$

これらの式からわかることは、 $A_V$ 、 $A_I$ は入力に対して出力の位相差が常に $90^\circ$ であり、回路常数の影響を受けないということである。

磁界共鳴方式では、送受電側双方のコイルの軸が正対しない場合でも電力が送電できることは先に述べたとおりであり、これには図-3における相互インダクタンス $L_m$ が関係していることがわかる。また走行中非接触給電では $L_m$ が連続的に変化した場合、受信側に伝送される電圧電流の値は変化しても位相そのものは変わらないことも分かっている。

#### 4. 送信側受信側ユニットの設置位置と送電距離

走行中の電気自動車へ給電を行うには送信側と受信側のユニットが相対する位置となるよう、また、送信側と受信側との離隔が出来る限り一定間隔となる設置位置を選ぶ必要がある。このため、送信側ユニットは道路に埋設し受信側ユニットは車両底部に設置する想定とした。

この場合、送信側ユニットの埋設位置を路盤の打ち替えを考慮して60cm、乗用車の最低地上高がおおよそ15cm~20cmとすると送電距離は75cm~80cmということになる。

電磁誘導	磁界共鳴	レーザー	マイクロ波
Field energy 場のエネルギー	Transferred Energy	Radiant energy 放射エネルギー	
10Hz-100kHz	100kHz-20MHz	Frequency	THz order
Up to 0.3 m 最大 0.3 m 程度	Up to 10 m 最大 10 m 程度	Distance 伝送距離	Up to a few hundred Km 最大 数百 km 程度
Up to 97 % 最高 97% 程度	Up to 98 % 最高 98 % 程度	Efficiency 効率	Up to 60 % 最高 60% 程度
Portable battery charger 小型家電の充電器 IC cards IC カード Electric Vehicle 電気自動車	Battery charger 充電器 Electric Vehicle 電気自動車	Application 用途	Space Solar Power System 宇宙太陽光発電 Electric aircrafts 電気飛行機
Small 狭い範囲	Large 広範囲	Permissible range of displacement 位置ずれ	

図-2 非接触給電方式の比較

### 3. 磁界共鳴方式の等価回路

「磁界共鳴方式」は送受電側双方で直列共振回路を構成し共振状態において電力を伝送する。磁界共鳴方式の等価回路は図-3のように一次側（送信側）、二次側（受信側）共にRLC直列回路構成となる。なお、 $L_1$ 、 $L_2$ はコイルのリアクタンス、 $C_1$ 、 $C_2$ は共振用のキャパシタンス、 $R_1$ 、 $R_2$ は線路抵抗、 $L_m$ は送電側と受電側はコイル間の相互インダクタンスであり、送電側コイルと受電側コイル（自動車）の位置関係によって変化する。また、送電側と受電側で磁界を共振させるため、双方において共振周波数は一致することになり、以下の式が成り立つ。

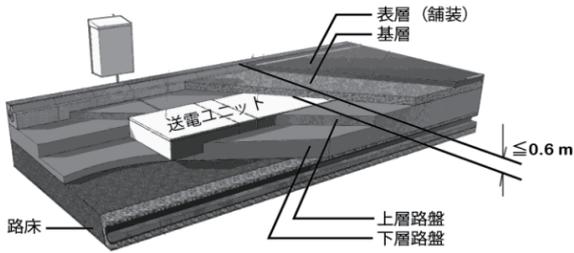


図-4 送電ユニットの埋設イメージ

## 5. 非接触給電の検証

非接触給電に関する技術については、東京大学堀・藤本研究室において既に実証が行われており、国総研においては、東京大学の協力を得て、大ギャップでの伝送実験及び模型車両を使った走行中非接触給電の実験を行った。

### 1) 大ギャップでの伝送実験

送信側受信側共に直径35cmのコイルを有するユニットを用意し、ユニット間の離隔を徐々に広げて電力の伝送を確認するものである(図-5参照)。

この実験では80cmの離隔での伝送を確認するとともに、70cmの離隔で伝送効率75%という結果を得ている(図-6参照)。

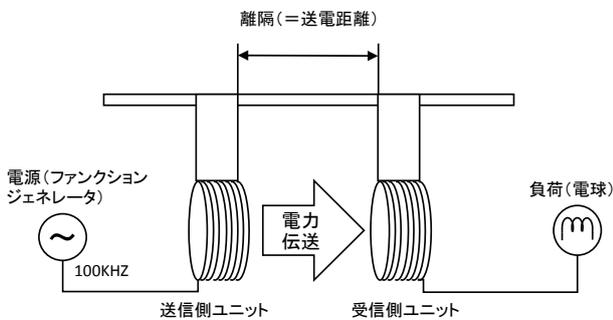


図-5 大ギャップ伝送実験の模式図

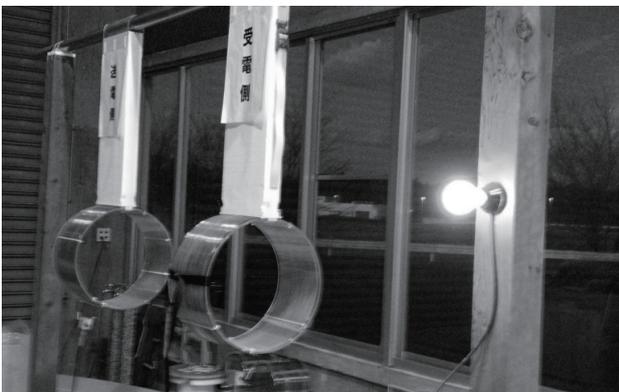


図-6 大ギャップ電力伝送の様子

### 2) 模型車両による走行中伝送実験

実験は、図-7に示す一周約23mのコースを用意し、この内3mに送電側ユニットをセットするとともに、模型車両に受電側ユニットとキャパシタを装着しコースを走行させ、走行用電源として充電するという構成である。なお、送電側ユニットからは50Wの電力を供給することとした。

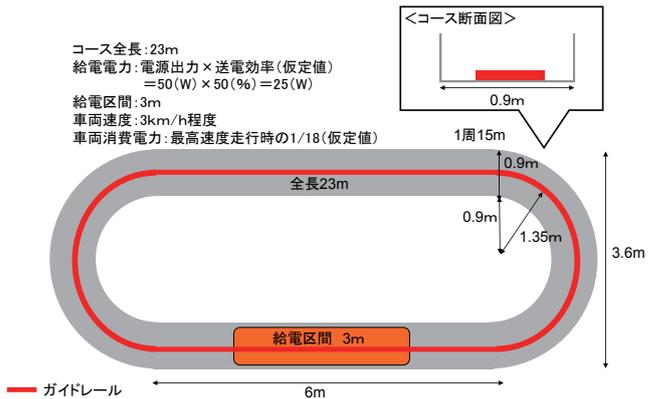


図-7 模型コースの全体像

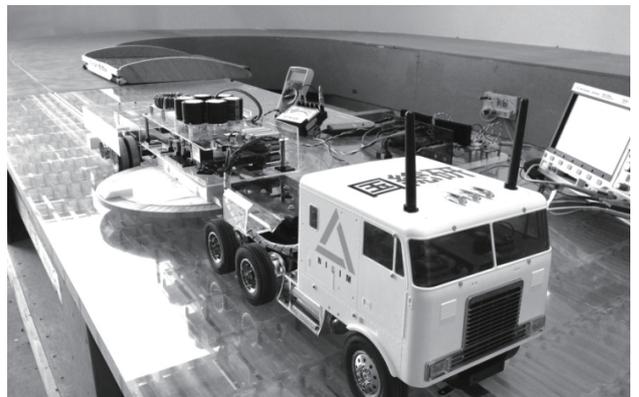


図-8 走行中給電実験の様子

図-9に模型車両の走行距離(時間経過)とキャパシタの電圧変動の関係を示す。この模型では給電なしの場合、2分5秒でキャパシタ内の電源を使い切ってしまうが、非接触給電によって充電を行った場合(グラフのこぎり型の立ち上がり部が充電している過程である。)5分19秒走り続けることができ、走行中の車両に非接触で給電できることが実証できた。また、送信側ユニットの出力を100W程度にまで上昇させることにより模型車両が周回し続けるに十分な電力を供給できるものと思われる。

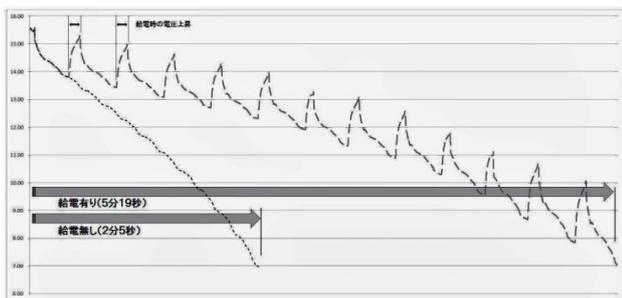


図-9 走行中のキャパシタ電圧の変化

## 7. おわりに

走行中非接触給電が可能なのは模型実験により実証されたが、送電側のユニットの規模を考えると走行中の車両に充電する時間は数秒程度である。このため、車両の速度が遅い場所や車両が一時停止するような場所に設置することが有効であることがわかる。

今後は、実物大の模型路面に対して高出力電源による送電試験を行うとともに雨等の影響を検証することで実際の道路への展開可能性を検討していく予定である。

## 《参考文献》

- 1) 居村岳広「電磁共鳴によるワイヤレス電力伝送の展望」一般社団法人エネルギー・資源学会, エネルギー・資源, Vol. 32, No. 2, pp. 42-45, 2011. 3
- 2) 居村岳広「電気自動車への非接触充電の現状と将来」電気学会全国大会, 4-S18-5, 2011. 3
- 3) 加藤昌樹, 居村岳広, 堀洋一「走行中ワイヤレス給電用アンテナに関する受電位置と効率に関する検討」平成24年電気学会産業応用部門大会, Vol. II, pp. 219-222, 2012
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 株式会社三菱総合研究所「電気自動車の走行中非接触給電の実証環境設計業務報告書」2012. 2
- 5) 小原弘志「国土技術政策総合研究所における電気自動車に関する研究動向」公益社団法人自動車技術会, 自動車技術, VOL, 67, No. 10, p51-57 2013
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室「走行中の電気自動車への非接触電力伝送技術の開発」公益社団法人高速道路調査会, 高速道路と自動車, VOL, 57, No. 3, p46-49 2014. 3