

二重共振を用いた非接触電力伝送方式 Wireless Power Transport System using Double Resonance

桜庭 弘¹⁾²⁾ 間形哲也¹⁾ 菅井朋葉²⁾
Hiroshi Sakuraba Tetsuya Magata Tomoha Sugai

1)トヨタ自動車東日本株式会社 2)仙台高等専門学校
Toyota Motor East Japan, Inc., National Institute of Technology, Sendai College

1. まえがき

非接触電力伝送は,その利便性が着目されすでに多くの製品が市販されている.しかし,実際に自動車工場内で AGV (Automatic Guided Vehicle: 自動搬送車)の充電に使用してみるとすぐに多くの課題が浮かび上がる.一般に数 10m から数 100m 以上走行する AGV を走行ルートの変更と停止位置の制御だけで伝送可能距離(2~4cm)以内にピタリと停止させられるケースは多くない.そのためコイルを押し出す,コイルの位置合わせをしなおすなどの機構と制御が必要になる.これでは端子を位置決めして押し出す接触式と変わらず,非接触の利点を生かしているとは言えない.この課題は,AGV の充電に限らず,自動車やドローンの充電など,利用が想定されるシーンにおいて共通の克服すべき課題である.そこで,さらに伝送距離を伸ばしつつ必要な電力を送ることが可能で,非接触の利便性を損なわない方式を提案する.

2. 二重共振 ~振り子の例~

「ニュートンのゆりかご」などの名称でよく知られる金属球の振り子の教材を使って二重共振を実験してみる.2個の金属球の振り子を用意して,それぞれの球に小型の磁石を付ける(図 1a).この2個の球(AとB)は,磁石の極性によって引き合うか反発する.Aを揺らすとその振幅は徐々にBに伝わりBの揺れが最大となった時にAは静止する.その後再びAが揺れだしBは静止する.AとBが交互に振動する「エネルギーの汲み写し」が見られる(図 1b).音の場合は「うなり」や「ハーモニー」と呼ばれ,「結晶中の格子振動」や「量子電磁気学における電子同士の反発」のモデルとしても使われる現象である.この二重共振を利用すると理想的には伝送距離がいくら離れていても一つの共振器からもう一つの共振器に完全にエネルギーを送ることが可能である.これを非接触電力伝送に応用する.

3. 二重共振を用いた非接触電力伝送回路

コイルとコンデンサを並列に接続して電気的な共振回路を形成し,これを送電側とする.もうひとつ組同様の共振回路を形成してこれを受電側とする.送電側共振回路と受電側共振回路のコイル同士を磁気的に結合させると,電気的な二重共振が生じる.送電側の共振回路に電源からエネルギーを供給し,二重共振を生じさせ,送電側のエネルギーが受電側に移った後,受電側の共振回路からバッテリーに充電する回路構成である(図 2).4個のスイッチによって,電源から送電側へ共振回路へのエネルギーの供給→二重共振→受電側共振回路からバッテリーへの充電それぞれのタイミングを制御する.自動車工場内で稼働する AGV のバッテリーへの充電を目的としてコイル,コンデンサの容量,スイッチングのタイミングを実験によって決定した.

4. 性能

市販の非接触電力伝送装置と比較してより長距離に大電力を送ることが可能である(図 3).この比較に当たっては 2cm の伝送距離において同じ電力が伝送できるものを選定している.市販の装置では 4cm を超える距離では伝送不可能であるが本装置では 4cm 付近ではむしろ伝送電力が 50%程度向上する.また伝送可能な距離は 30cm に及ぶ.距離が離れると伝送可能な電力は減少するものの 15cm においても実用に足る電力供給が可能である.また,充電中に距離が変化したり,位置ずれが起きたりしても安定に動作する.実際に本装置は AGV の走行ルート中に「置くだけ」で充電可能である.これまでに 1年以上の稼働実績を有する.伝送効率は市販のものと同程度である.動作周波数はおよそ 2kHz であり,電波法の規制を受けないのも大きなメリットである.

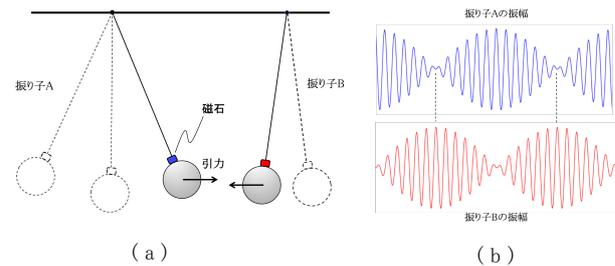


図 1 金属振り子と小型磁石を利用した二重共振のモデル

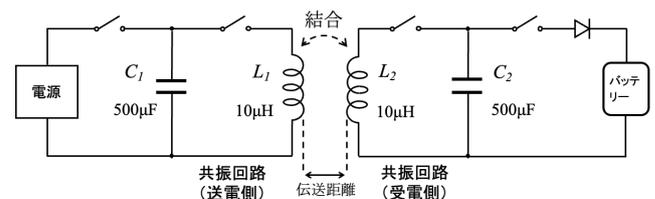


図 2 電気回路に生じる二重共振を応用した非接触電力伝送回路

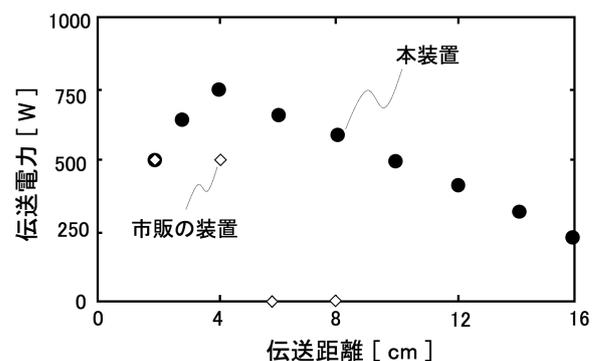


図 3 二重共振を用いた非接触電力伝送装置の性能