

省エネルギーのための電子技術専門誌

トランジスタ技術 増刊
SPECIAL

見本

No.

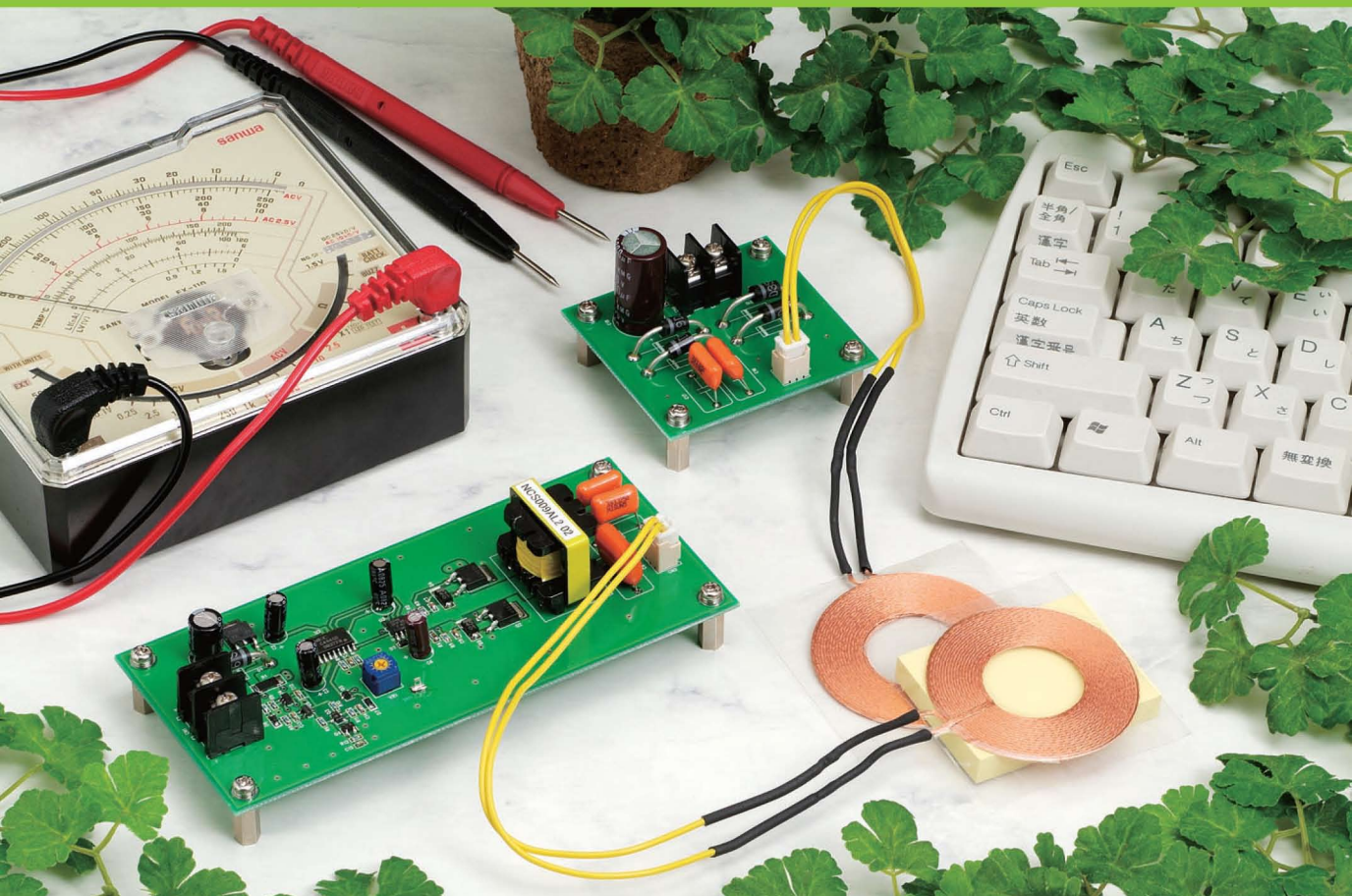
6

グリーン・ Green Electronics エレクトロニクス

非接触で電力を送って利便性や安全性を向上させる

特集 ワイヤレス給電の技術と実際

- デジタル制御型のDC-DCコンバータIC
- 家庭での使用電力量の調査
- アジアにおける電子/電機機器の安全規格の動向…中国, インド, 韓国, 台湾



第 1 章



携帯機器向けの充電機能に特化した 非接触電力伝送モジュールの しくみと実際

神 幹基
Jin Mikimoto

昨今、電子機器をワイヤレス(非接触)で給電する技術がさかんに発表されており、特に電磁誘導を利用した非接触電力伝送技術は携帯電話、スマートフォンなどの携帯機器で接点方式と同等の充電時間で充電可能な電力供給が実現され、アクセサリ機器などで実用化が始まっています。

非接触電力伝送トランスの理論

● 理想のトランス・モデル

理想のトランス・モデルにおいては、1次巻き線と2次巻き線の結合度は1であり、起電力はコイルの巻き数比に比例します。また、受電電流は巻き数に反比例します。もちろん通常のトランス設計でも理想モデルありきで設計できるわけではありませんが、結合度がある程度高いことを前提に設計されるので、変動要因は誤差として扱われます。

ところが、非接触トランスの場合は結合度が1には程遠いのが実態です。このような場合、漏れインダクタンス、力率低下に伴う無効電流の増加が要因となり、

電力供給能力や効率が低下してしまいます。通常のトランスで誤差要因として処理できたこれらのパラメータについては、非接触電力伝送では変動パラメータとして受け入れて仕様化し、設計しなければなりません。

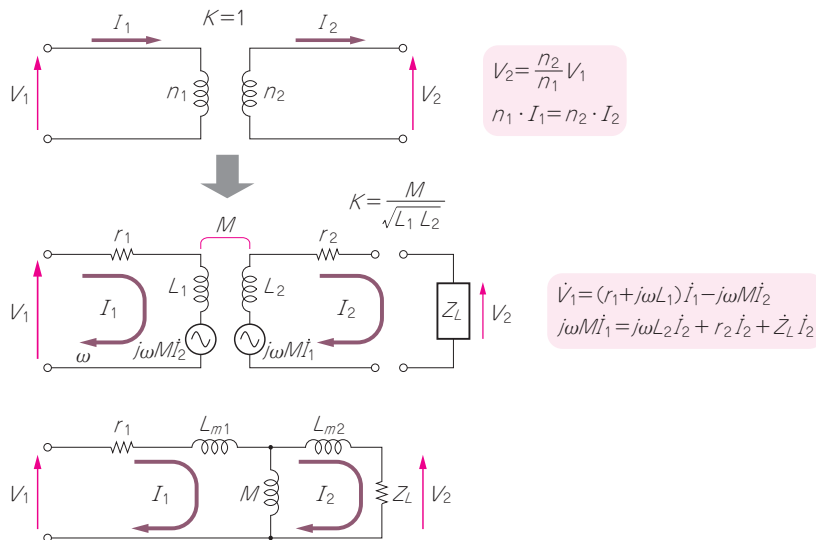
● 現実のトランス・モデル

現実のトランスは、コイルの線材、巻き数、磁性材料の透磁率から構成されるインダクタンス、またコイルの銅損および渦電流損や磁性体の損失成分である鉄損などを損失成分としてモデル化します。

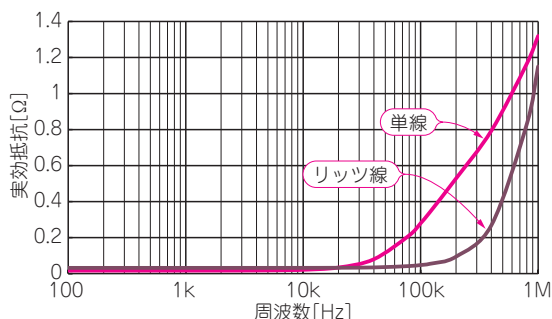
また、電磁誘導における電力伝送は交流で行われるため、これら個々のパラメータが強力な周波数依存をもつことも考慮しなければならず、厳密な等価回路に落とし込むことが困難です。詳細等価回路に関する議論は専門書に譲るとして、ここでは単純な等価回路モデルを図1に示します。

● 実効抵抗の周波数特性

等価回路上に描かれた抵抗成分ですが、トランス・モデルにおいては周波数依存を考慮しなければいけな



〈図1〉 トランス理想モデルと単純な現実モデル



〈図2〉実効抵抗の周波数特性

いことは言うまでもありません。図2は、単線とリッツ線(細い線材を集合撚りにした線材)という線材の種類によるコイルの実効抵抗の周波数依存性をグラフにしたものです。これによると、10kHzを越えた周波数から実効抵抗値の上昇が見られます。

この要因は、線材から発生する磁界が隣接する線材の金属に鎖交し、渦電流損を発生させたり誘導させたりすることで電流密度の偏りが起きる「近接効果」と呼ばれる現象から始まり、さらにMHz帯の高い周波数では電流が表面に集中する「表皮効果」も重なって実効抵抗が増加します。

これに加えて、さらに磁性材料の透磁率周波数特性(複素透磁率の上昇)も考慮する必要があります。このように集中定数でトランスを等価回路化したとしても、個々は理想に程遠いパラメータであることに気づかれるかと思います。

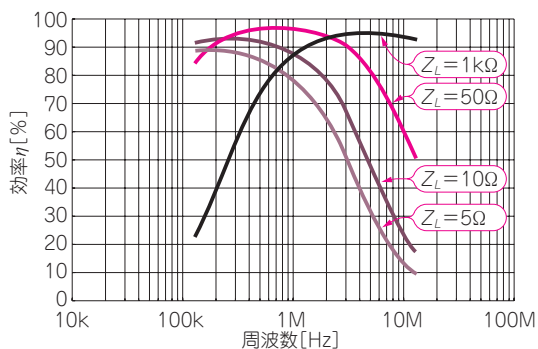
● トランスの伝送効率

それでは、単純なトランスの伝送効率について考えてみます。

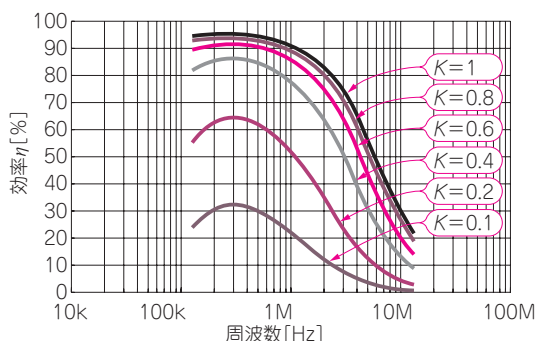
トランスで発生する損失は前述した実効抵抗にどれだけ電流が流れるかで決まります(抵抗と電流の2乗積)。コイルは周波数の上昇に伴いインピーダンスが増加する素子なので、周波数が低ければコイルのインピーダンスの減少によってトランスに流れる電流が増加しますし、周波数が高ければ電流は減少しますが実効抵抗が増加します。これらの結果により、伝送効率は周波数の依存性をもつことが容易に理解できるといえます。

図3は、結合度が0.7のトランスに対して負荷抵抗を変化させたときの周波数特性グラフです。この図から、実効抵抗以外に、負荷抵抗によっても周波数特性をもつことがわかります。

図4は負荷抵抗を固定し、結合度を変化させたときの周波数特性グラフです。結合度が低下すると漏れインダクタンスが増加しますが、実効抵抗が増加するわけではありませんので、直接伝送効率の低下に結び



〈図3〉負荷 Z_L による効率の周波数特性(結合度 = 0.7)



〈図4〉結合度による効率の周波数特性

付くものではありません。ですからこのグラフで着目すべき点は、結合度の低下に伴う効率の低下よりも、周波数帯域の変化になります。

このグラフでは結合度が半分になっても伝送効率は80%以上を確保できているので、伝送効率を向上する要因は結合度だけでなく負荷抵抗、周波数、実効抵抗などのバランスであるということを認識することが大事です。

非接触伝送トランス駆動回路の実際

図5は非接触電力伝送の基本回路です。DC電圧を受ける駆動回路の損失を少なくするため、インバータで電力伝送コイルを駆動します。この図ではフルブリッジ回路になっていますが、DC電圧を稼いでハーフブリッジで駆動することもあります。C₁はコイルに直列に挿入されるコンデンサで、以下の三つの役目を果たします。

- ① 直列LC共振回路によりインピーダンスを見かけ上低くし、電流を送り込むことで低いDC電圧でも伝送能力を高められる
- ② 非接触電力伝送トランスの低い結合度による漏れインダクタンスを補償し伝送能力を高める(力率補正)
- ③ 共振周波数付近の振幅位相特性を検出することで電力伝送状態を把握する

第2章



センサ用から発展した高信頼が特徴の「リモートシステム」 生産現場で活用されるワイヤレス 給電&信号通信の実際

佐藤 孝彦
Sato Takahiko

「リモートシステム」とは、ビー・アンド・プラス社が開発したワイヤレス給電と信号通信を同時に行うためのシステムです。1984年の発売以来、生産現場のニーズに合わせて、さまざまなタイプのリモートシステムが開発されてきました。

リモートシステムの最大の特徴は、ワイヤレス給電だけでなく、多種多様な信号を同時に伝送できる点です。扱える信号は、単純なON/OFF信号から、温度や荷重といったアナログ信号やRS-232Cなどのシリアル信号、CC-LinkやDevicenetといったフィールドバス信号まで多岐にわたります。

ここでは、リモートシステムのおもなアプリケーションである

- (1) 生産現場でのワイヤレス給電
- (2) 信号通信

に照準を当て、アプリケーションの説明から、動作原理、発展の歴史、今後の展望について述べたいと思います。

生産ライン向けの ワイヤレス給電&信号通信

搬送ラインや回転体において、制御機器などの固定部から可動部に対しての電力供給や制御信号、測定データの通信を行う場合、ケーブルを直接配線できない場合があります。

このような場合の対応策としては、

- (1) コネクタ接続
- (2) 赤外線通信
- (3) スリッパ・リング

といった手段がありますが、これらには表1のよう

〈表1〉従来の方式の問題点

方法	問題点
コネクタ接続	着脱時間による工程内のタイムロス ビンの破損による接点不良
赤外線通信	電源供給不可 水、油などの影響により通信不良の可能性
スリッパ・リング	接点磨耗によるメンテナンス・コスト 基本的に水、油のかかる悪環境では使用困難

な問題点もあります。

リモートシステムは、これらの問題点をすべて解決したうえで、固定部側から可動部側にワイヤレスで電源を供給するとともに、固定部側と可動部側の間で信号通信を行います。

● 応用例

以下に、リモートシステムの具体的なアプリケーションをいくつか紹介します。

▶ ロボット・ハンドにおけるワーク検出

図1にシステムの概要を示します。FAの現場では、作業の効率化や省人化のためにさまざまな種類のロボットが活躍しています。ロボットが作業対象(ワーク)を検知し、正確に作業を行うためにはいろいろなセンサが使用されており、ロボットの頭脳ともいえるコントローラ部はセンサからの情報を元に各種作業を行うための指示をします。

ロボット・ハンドにはワークを認識するために、近接センサや光電センサを用いることがありますが、リモートシステムはこのセンサ類にワイヤレスで電源供給を行い、同時にセンサからの検知信号をコントローラ部に送ることが可能です。使用製品を写真1に示します。

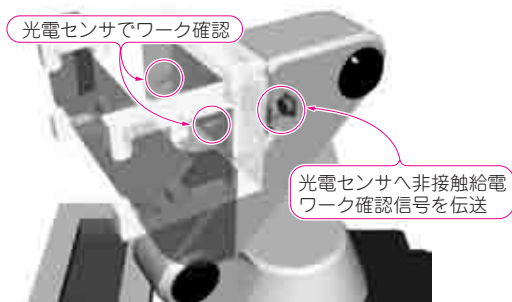
リモートシステムを使用することで、おもに二つの利点が生れました。

一つ目は、ロボット・ハンドの回転によるケーブル断線がなくなった点です。リモートシステムは回転による制約を受けないため、回転部でのケーブル・トラブルに効力を発揮します。

二つ目は、ロボット・ハンド交換時間が大幅に短縮された点です。従来はコネクタを使用していたため、抜き差しにかかる時間や接点不良などのトラブルによる遅延が問題でした。リモートシステムを使用した場合、これらの手間が不要になるため、ラインの効率化を実現することができます。

▶ 搬送パレット上機器への電源供給&信号通信

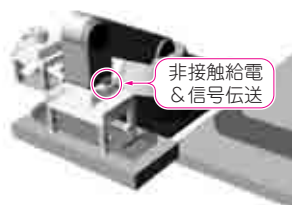
図2に概要を示します。ワークを搬送するためのパレットに、ワークの着座確認用センサとワークのサ



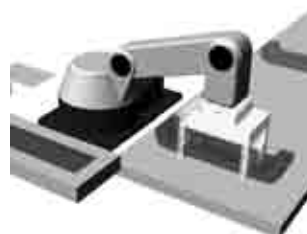
(a)構成



(b) ワークに合わせたハンドに交換

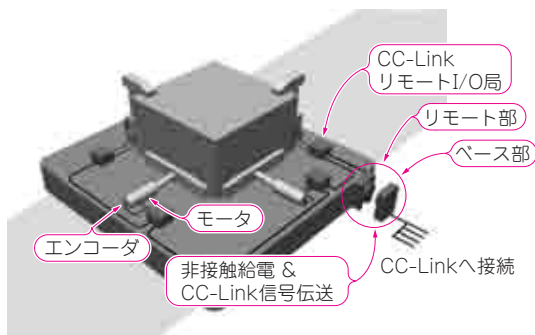


(c) ワークの確認後、取り出し

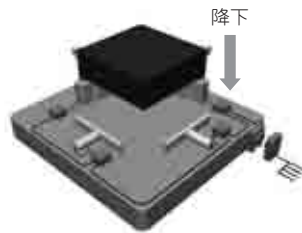


(d) ワークをコンベアへ移動

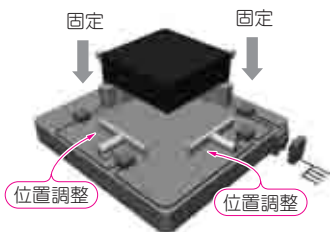
〈図1〉 ロボット・ハンドにおけるワーク検出



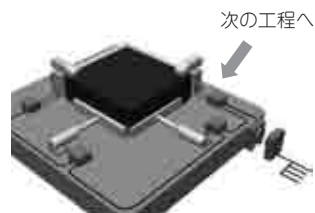
(a)構成



(b) ワーク降下



(c) ワークに合わせて固定



(d) 治具の移動

〈図2〉 搬送パレット上機器への電源供給 & 信号通信

イズに合わせて調整可能なクランプ・ホルダが付いているような場合、双方向通信タイプのリモートシステムを使用することでこれらの機器に対しワイヤレスで電源供給を行うとともに、着座確認用信号とホルダの制御信号を同時に通信することができます。使用製品を写真2に示します。

また、このようなアプリケーションでは信号点数が多くなるため、CC-Link や Devicenet といった省配線

システムを用いることがあります。リモートシステムは、これらのようなシリアル・データ通信にも対応しています。

▶ 攪拌機内の温度測定

食品製造工場や樹脂製品製造工場では、材料の混合や加熱の際に、材料の温度をモニタリングしながら攪拌を行うことがあります(図3)。熱電対のような温度センサを用いて内部の温度を測定しますが、回転部分

第3章



航続距離や充電問題の改善を図る 電気自動車への非接触給電の応用

紙屋 雄史
Kamiya Yushi

近年、自動車の分野においても他の分野と同様に、いわゆる環境／エネルギー問題が大きな話題となっており、内燃機関自動車のクリーン化や、代替自動車の開発などが強く求められています。後者の代替自動車については種々の方式が検討されていますが、いつの時代においても「電気自動車」は主要な候補と見なされ続けています。

電気自動車は環境調和性に極めて優れています。しかし、「バッテリー」ならびにバッテリーへの「充電」に係る性能が十分に満足できるレベルまでなかなか到達できないことから、本格的な普及には未だ至っていません。

このような背景のもと、我々早稲田大学の研究グループは、このバッテリーと充電問題の克服を目指した電気自動車の開発を長年続けています。

具体的には、運転席からのボタン操作一つで「短時間／安全／手間いらず」の急速充電を行うことができるノンプラグイン方式の非接触誘導給電装置“Inductive Power Supply System”（以後IPSシステムと称す）を車両に搭載して高頻度の急速充電を行うことです。これにより、「大きく／重たく／高コスト／短寿命」なバッテリーの車載量を大幅に削減すると同時に、航続距離や充電問題の改善を図る方式について研究を進めています。

本稿では、はじめに我々研究グループが開発した電気自動車用IPSシステムについて、その設計／製作／性能評価の概要を報告します。次に、IPSシステム搭載「短距離走行／高頻度充電型電気自動車」として開発した電動バス、ならびに電気軽自動車などの紹介を行います。最後に、IPSシステムの電気自動車への導入がもたらす車両性能や運行性能向上の様子について、公道実証試験により得られたデータなどを交えながら解説していくことにします。

非接触給電装置の設計／製作／性能評価

本節では、我々の研究グループ（研究リーダー：昭和飛行機工業株式会社）が独自に開発したIPSシステムについて、その設計／製作／性能評価の様子を紹介し

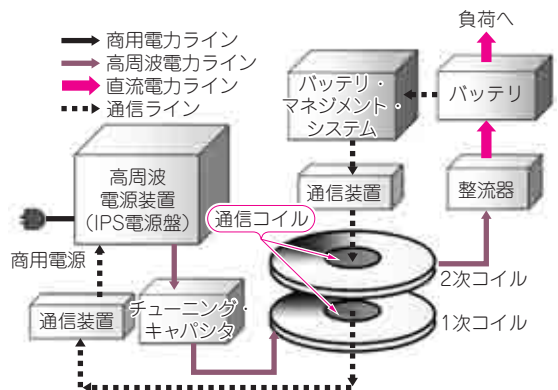
ます。具体的には、電動バス用30kW装置を例としてとりあげ、詳細を解説します。

ここで開発された装置は電磁誘導方式を採用しています。心臓部となる送電部／受電部を、図1に示す周辺機器と一体化させたものが開発システムです。近年、遠隔給電装置の研究開発がブームとなっていますが、そこでの主流の家電用機器とは異なり、電気自動車用の設計では以下が優先課題となります⁽¹⁾。

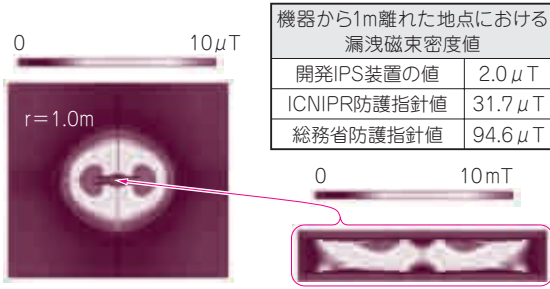
- (1) 受電部の軽量化（走行エネルギーへの車重影響度が大きいため）
 - (2) 受電部の小径／薄型化（車体下部取り付けのため制限が大きい）
 - (3) 非接触送電長の拡大（車の最低地上高が目標）
 - (4) 位置決め許容範囲の拡大（運転手技量の個人差が大きいため）
 - (5) 低コスト化（車両とのコスト・バランスが重要）
- これら以外にも、当然ながら他のアプリケーションと同様、
- (6) 高効率化
- は重要な課題となります。

● 機器の設計

システムの中核である送電部（トラック）ならびに受電部（ピックアップ）の設計最適化は、外部駆動回路連



〈図1〉IPSシステムの全体構成



〈図2〉 IPS システムの漏洩磁束密度(30kW 送電時)

成有限要素法電磁界解析に基づいて行いました。解析精度を高めるために磁性体内に発生するヒステリシス損、うず電流損ならびに磁気飽和の影響なども考慮しました⁽²⁾。

IPS システムを開発するにあたり、はじめに2種の基本構造について検討しました。一般的な変圧器の形状に似せてE字形のコアを2個正対させた構造の「E字コア角型方式」、そして、薄く広いコアと渦巻き状のコイルからなる「平面コア丸型方式」です。

これらについて、電気的特徴や形状寸法などの詳細な比較を行った結果、特に薄型化とコスト削減の面で将来性のある後者を採用することにしました。

次に、平面コア丸型方式の性能改善を目的とした最適化作業に取り組みました。具体的には、軽量/小径/薄型化/高効率化実現のための使用磁性体量の削減と最適駆動周波数の決定、非接触送電長拡大を目的とした磁気回路の改善、さらには漏洩磁界/電界の防護指針以下への低減(図2)のための磁気シールド導入、などを試みました。

トラック/ピックアップ部以外のおもな研究開発項目としては、キャパシタの導入ならびに送電用リッツ・ケーブルの改良などがあげられます。

ここで開発したIPSシステムにおいては、1次トラック回路に率改善キャパシタが、そして2次ピックアップ回路には送電効率を最高とするように最適化されたキャパシタが導入されています。リッツ・ケーブルについては、電磁界解析に基づいて詳細な検討を行い、高周波送電時の表皮効果/近接効果に起因する悪影響を最小限化するよう、東ねかたや捩りかたに工夫をこらしました。

● 機器の製作と性能評価

前項の検討結果をもとに、送電パワー30kWのIPSシステムを製作しました。

車載ピックアップ部の外観を写真1に、性能ならびに寸法などの諸元を表1に示します。受電部は車両下部に設置されるため軽量/小径/薄型化、送電長拡大が極めて重要な開発課題でしたが、実用上十分な



〈写真1〉 IPS システムの車載受電部

〈表1〉 IPS システムの性能と諸元

項目	値	
最大送電電力	30 kW	
送電周波数	22 kHz	
総合効率@ 30kW	92 %	
ピックアップ寸法	845 × 845 × 33 mm	
重量	ピックアップ	35 kg
	整流器	30 kg
	通信機器	1 kg
コイル間空隙長(機械的空隙長)	100 mm(84 mm)	

〈表2〉 電動マイクロバス WEB-1 Advanced の諸元

項目	諸元
車両 (低床型マイクロバス)	ベース車両：日野自動車「ポンチョ」
	重量(ベース/WEB)：2805 kg/3225 kg
	長×幅×高：5.77 × 1.995 × 2.83 m
	乗車定員：13名
モータ (永久磁石同期型)	最大出力：50 kW
	最大トルク：240 Nm
メイン・バッテリー (リチウム・イオン型)	ジーエス・ユアサ「LIM40」 (11直×1並：198kg)
	定格電圧/定格容量：293 V/12 kWh
	最大放電電流：200 A(5C)
	最大充電電流：120 A(3C)
充電装置(非接触型)	昭和飛行機工業「IPS」
	重量(受電部)：35 kg
	寸法(受電部)：845 × 845 mm
	最大送電電力：30 kW 送電空隙長(コイル間)：100 mm

諸元/性能を確保することができました。

単体負荷試験における総合効率(整流器出力/高周波電源入力)の実測値は92%となりました。

非接触給電装置を導入した電気自動車

● 電動マイクロバス「WEB-1 Advanced」

はじめに、2009年に開発した電動マイクロバス

第4章



ワイヤレス・パワー・コンソーシアムで標準化を進める ワイヤレス給電の業界標準規格 Qi(チー)の最新動向

工藤 雅道
Kudo Masamichi

ワイヤレス・パワー・コンソーシアム(WPC)は、ワイヤレス充電機器の標準規格により異なるメーカーの機器間での互換性を保証し、世界規模でのワイヤレス充電機器の普及促進を目指しています。最初の5Wまでの標準規格“Volume1: Low power”が2010年7月にリリースされ、それから1年になろうとしています。

すでに日本市場でも、iPhone4用の「Qi(チー)規格」に準拠したジャケットと充電器が販売され、続々と新製品リリース情報がアナウンスされています。

これまで独自方式のワイヤレス充電機器がいくつか市場投入されていましたが、ワイヤレス充電の業界標準規格 Qi リリース以降の WPC の様子、市場の動きと可能性をまとめてみました。

WPC の動きと会員数の拡大

2008年12月に、オランダのフィリップス社と香港のコンビニエントパワー社により設立された WPC ですが、現在 89 社(2011年7月7日現在)にまで拡大しています。

無線充電の主要アプリケーションである携帯電話のメーカーではノキア、サムスン電子、モトローラ、ソニー・エリクソン、LGをはじめ、世界の携帯電話端末のシェア70%を超えるメーカーが加盟しています。

そのほかにも、米国携帯電話事業者トップのベライゾン、フランス・テレコム、日本では三洋電機をはじめ、トーコー、ローム、ホシデン、エム・シー・エム・

ジャパン、パナソニック、デンソウ、アルプス、ソフトバンク BB、日本電気が WPC に加盟しています。

今春の時点で80社を越えて携帯機器向けの5Wクラスでは WPC の Qi 規格が業界標準として認知されつつありますが、最近その勢いを象徴する新規加盟がありました。独自方式によるワイヤレス充電機器を昨年も200万台以上も販売したとされる業界トップの Powermat 社が、この5月に WPC に加盟しました。今後の Qi 製品の開発と市場投入が期待されます。

また、WPC では120Wまでの“Volume2: Middle Power”の規格策定も進められています。タブレット PC、ノート PC、電動工具、小型家電機器などもターゲット・アプリケーションとしていますが、一気に120Wではなく、段階的なリリースも視野に入れて検討が進められています(表1)。

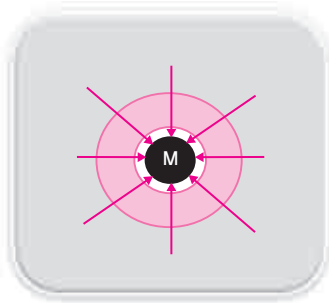
5W Qi(チー)規格の各充電方式の特徴

近接電磁誘導方式によって1次コイルから2次コイルへ電力伝送する方式を採用し、110kHzから205kHzの周波数範囲を使用しています。簡単な通信プロトコルを用いて、受電側デバイスが送電側を制御し、Qi規格の受電側であることを認証後に送電が開始されるようになっています。

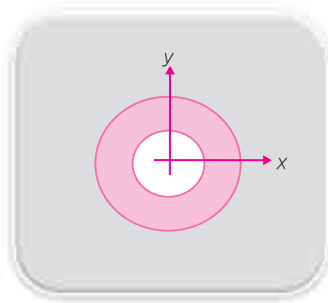
また、伝送効率に影響する1次コイルと2次コイルの位置合わせについて、ガイド方式の固定位置型と自由位置型を採用し、ユーザの位置合わせを容易にする

〈表1〉WPCの歩みと加盟社の増加状況

2008年12月: WPC 設立
2009年8月: 5W 規格技術仕様 V.0.95 リリース
2010年7月: 5W 規格完成、120W 規格検討開始
2010年8月: V1.0 正式リリース、Volume1 part1 公開
2010年9月: 規格準拠製品の発表 (Convenientpower 社)
2010年10月: CEATEC に NTT ドコモが Qi 製品を出展
2010年11月: 規格準拠製品の米国発売開始 (Energizer 社)
2010年12月: WPC 東京にてプレス・リリース、Qi 製品デモ
2011年1月: CES・LVにてプレス・リリース、Qi 製品デモ
2011年4月: 日立マクセルが Qi 充電台と iPhone4 ケース発売開始
2011年5月: パナソニックが Qi 製品 6月24日発売を発表
2011年5月: NTT ドコモがシャープ製 Qi スマートフォンを発表
2011年5月: Powermat 社が WPC 加盟



(a) マグネット吸引型

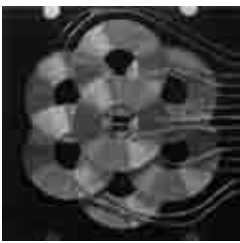


(b) 可動コイル型

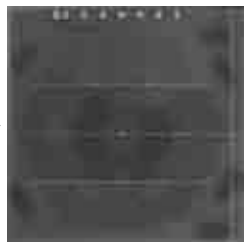


(c) コイル・アレイ型

〈図1〉トランスミッタの種類



(a) リッツ・コイル



(b) PCBコイル

〈図2〉コンビニエントパワー社のコイル・アレイ方式(CP社特許;コイル・アレイ方式, PCBコイル・アレイ) PCBコイル・タイプはさらに薄型化/大型化が可能



〈写真1〉コンビニエントパワー社製のQiデュアル充電台

か、あるいは自由にする方式を規定しています(図1)。それぞれの特徴は下記のとおりです。

● **マグネット吸引型(固定位置; A-1 タイプ)**

- 1次コイル中央に永久磁石を実装し、2次コイル中央の磁石または磁性体を磁力によって1次コイル中央に誘導する。
- コイル位置合わせを磁石のみによって行うため制御回路がシンプルで小型にでき、充電器側のコストを抑えられる。

● **可動コイル型(自由位置; A-2 タイプ)**

- 2次コイルの位置検出用コイルを充電台表面に実装し、電流変化によって2次コイルの置かれた位置を検出する。
- 検出した2次コイルの下にモータ駆動によって1次コイルを移動させて位置を合わせるため、位置自由度が高い。

● **コイル・アレイ方式(自由位置; B-1 タイプ)**

- 1次コイルが3層に敷き詰められており、2次コイル近傍の最適な1次コイルのみ送電する。
- コイル・アレイ上ならばどこに2次コイルが置かれても充電できる。

- コイルの敷き詰めかたによって充電器の形状、大きさの設計自由度が高い。
- 可動部分がなくパッドの薄型化が可能。

● **PCB コイル・アレイ方式(自由位置; B-2 タイプ)**

- 上述のB-2タイプのリッツ・コイルに対し、コイル・アレイを1枚のPCBで実現するもので、充電器のさらなる薄型化が可能(図2)。サンプル・レベルではコイル部で5mmを切る。

* *
それぞれ異なった方式による位置合わせ機能ですが、それによる注意点も明らかになってきています。

マグネット型はコスト・パフォーマンスの点では優れていますが、磁石の影響を嫌う携帯電話などのアプリケーションには向かないようです。

可動コイル型は位置自由度の点で優れていますが、薄型化という点では課題がありそうです。

コイル・アレイ方式は磁石、モータともに使用されていないため上記のような課題はありませんが、さらなるコストダウンを期待したいところです。

また、WPCでは充電器側の新たな方式の追加登録も検討されており、より小型化、薄型化に向けて各社の開発が進んでいます。

第5章



600kHzの共振周波数で約90%の効率を実現 電界結合による ワイヤレス電力伝送

原川 健一
Harakawa Kenichi

現代社会のなかで不可欠なものにコンセントがあります。コンセントにケーブルを差し込みさえすれば、ケーブルが届く範囲内の自由な場所で電力供給が受けられます。しかしながら、機器の数が増えてくると、写真1に示すように、絡み合った状態のケーブルを目にする機会が増えてきました。

さらに、アダプタという、交流を直流に変換して給電するものも多くなってきていて、混雑度はさらに増えています。加えて、モジュラ・ケーブル、LAN(Local Area Network)ケーブル、USB(Universal Serial Bus)ケーブル、HDMI(High-Definition Multimedia Interface)ケーブル、ビデオ用同軸ケーブルなどの通信/制御用ケーブルが多くなってきています。

高度に情報化が進み、機器の数が増え、機器相互の接合性も求められる今日では、コンセントを用いた方式自体を見直す必要性が出てきており、ワイヤレス電力供給技術の必要性が叫ばれています。我々は、ワイヤレス電力供給技術として、電界結合方式の電力供給技術について検討したので報告いたします。

ワイヤレス電力供給技術の方式

ワイヤレス電力供給技術として四つの方式が考えられ、それらの方式を図1に示します。

図1(a)は磁界でエネルギーを送る磁界方式、図1(b)は電界でエネルギーを送る電界方式、図1(c)は電磁波でエネルギーを送る電磁波方式、図1(d)は接触

電流でエネルギーを送る接触方式を示しています。

図1(c)の電磁波方式は、SPS(Solar Power Satellite)という、地球軌道上に巨大太陽電池を打ち上げ、そのエネルギーを地球に伝送するためには不可欠な方式です。しかし、地上において人の近傍で電磁波を使用して電力伝送する場合には、携帯電話ですら脳腫瘍が心配されるため、安全性の確保には十分な配慮が必要です。

● 接触方式

図1(d)の接触方式は、床面やテーブル面に微小電極をアレイ状に配置し、必要時だけ電力が出るようにすれば、コードレスで電力伝送することが可能になります。本方式については、筆者が実際に1800×900mmの大きさの板に、253枚の電極版を配列した装置を製作しました(写真2)。

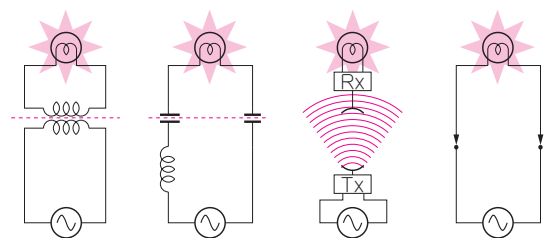
各電極には通常は通電されていません。受電体が上に来て信号を発したときのみ送電します。

実際に、おもちゃのパトカー(移動体)やラジオ(固定体)を置いて送電実験をしました。移動するパトカーの場合にも各電極で逐次送電でき、移動体にも対応可能なことを証明しました。なお、パトカーのタイヤには電極を巻き、ラジオの底には電極を張り、受電できるようにしました。しかし、次の問題点のために、実用化は断念しました。

(1) 金属板の着色に限界があり、意匠性のある床やテーブルを製作することができなかった



〈写真1〉スパゲティ状の電力ケーブル



(a) 磁界方式 (b) 電界方式 (c) 電磁波方式 (d) 接触方式

〈図1〉ワイヤレス電力供給が可能な方式

- (2) 金属面の清浄度を保つことが困難である。金属電極の表面にガムやほりが付着したり、酸やアルカリなどによって腐食してしまい、導通性のある面を維持することが困難である
- (3) 通常はスイッチが入っていないから安全性が確保されているといっても、人は電気が出力されることがわかっている電極に直接接触することに躊躇する。精神的障壁が存在する

● 磁界方式

図1(a)の磁界方式は、電磁誘導現象を利用して、誘電体や空間を介して離れたコイル間で電力の送電が可能な方法です。電磁誘導現象は、1831年にマイケル・ファラデーによって発見されており、誰もが知っている現象です。歴史はありますが、我々の身の回りには、電動歯ブラシ程度しか利用されていません。

実際に、20 kHzの周波数で製作してみると、コイルの近接効果などによる損失が大きくなり、効率を維持して電力伝送することは大変なことがわかりました。近接効果を削減するためには、コイルにリッツ線を用いる必要があります。さらにインダクタンスを上げるためには、フェライトなどの磁性体も用いる必要があります。これらのため、システムが高価であり重くなる問題があります。

その後、2008年にMITが磁気共鳴方式を用いて、数mの距離を離しても電力が送電できることを実証しました。これにより、大いに研究が進展しました。

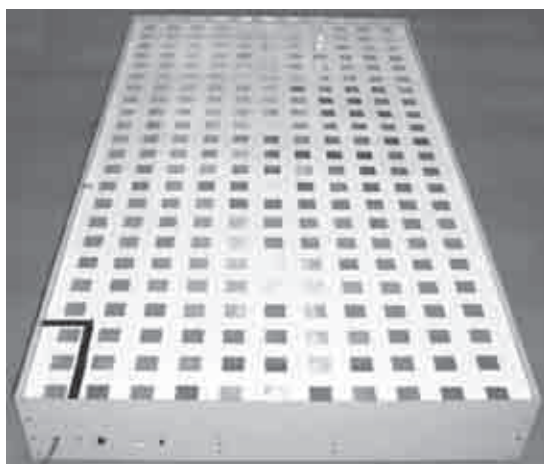
● 電界方式

図1(b)の電界方式は、接触方式が金属電極を露出したり、直接接触したりさせることによる問題があるため、金属電極を隠したいとの欲求から生まれました。このため、送電側と受電側に金属板を置き、送電側の金属板の上に絶縁層を設ければよいのです。絶縁層を付ければ、金属電極は見えなくなります。

さらに、コンデンサを介して電力を送るためには、直流の代わりに交流を印加すればよいのです。しかし、周波数が数十kHzと低いところでは、コンデンサに求められる面積が大きくなり、現実性のないことがわかりました。

しかし、インダクタンスを直列に入れて共振させれば、接合容量が小さくとも(電極面積が小さくても)、回路のインピーダンス成分を小さくできることがわかりました。さらに、周波数を上げることにより、インダクタンスやコンデンサが小型化でき、一気に現実性が増しました。

MITが提案したシステム⁽¹⁾は、磁気を媒体とする並列共振方式であるため、これを参考にして電界を媒体とした並列共振方式も発案することができました。



〈写真2〉微小電極をアレイ状に配置した接触式の送電装置

● 磁界方式と電界方式の比較

四つの方式について述べましたが、実用性があると思われる磁界方式(電磁誘導方式、MIT方式：磁気共鳴方式)と電界方式(電界共鳴方式)に絞って比較し、表1に示しました。

表1の比較で特筆すべき点は、電界結合方式はアルミニウム電極を使用するため、銅のコイルを用いる磁界方式に比べて軽くできるということです。また、磁界方式は離して使用することが容易であるのに対し、電界方式は密着させるか近接して使用しなければならない点です。

ただし、電極を並べれば、電極を並べた方向には自由に動かせる利点があります。電界結合方式は、接合容量を用いているので、GHz帯の電波に対するインピーダンスは小さくなるため、送電周波数と異なる高周波を用いれば、高速な通信が行える可能性があります。

磁界方式は、距離が離せるのですが、それは空間に磁場を作るからできるわけです。このため、電力量を大きくするほどに磁界強度が大きくなるという問題点があります。

● 必要な資源

一方、資源の問題から考えてみます。磁界結合方式も電界結合方式も、ゆくゆくは社会的インフラとして広く使われることを狙っているため、それを支える資源が問題になりそうです。

この点では、電界結合方式はアルミニウムを主として用いることができるため、安心です。アルミニウムは地球上に豊富に存在します。

一方で、銅に対する依存性の強い磁界結合方式は、銅の資源量が十分でないため⁽²⁾、方式が広まって利用度が高まるにつれて銅を多く消費することとなり、銅

見本

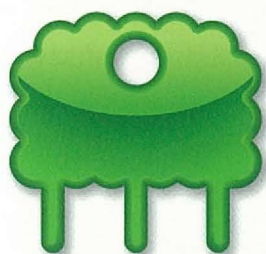
増刊
SPECIAL

グリーン・エレクトロニクス

No.6

CQ出版社

〒170-8461 東京都豊島区東池田1-14-2
☎(03)5535-2141(販売部)



グリーン・エレクトロニクス

Green Electronics Series

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai//books/MSP/MSPZ201109.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/hanbai/order/order.htm>

雑誌 16712-09

Ⓒ 2011.12.29



4910167120915

02200

定価2,310円

本体2,200円