

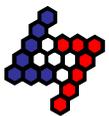
EV用非接触充電技術に関する 最近の動向

昭和飛行機工業株式会社
IPS・EV事業室 高橋俊輔

2012年7月17日
早稲田大学モビリティ研究会
理工学部61号館210室

非接触電力伝送技術の比較

- ◆ 電磁誘導式電力伝送システムの現状
- ◆ 現状の課題
- ◆ 今後の方向性～走行中給電～



プリウスPHVでの燃料セーブ

プリウスPHVの燃費

48.7km/L



従来の燃費履歴 (満タン法)

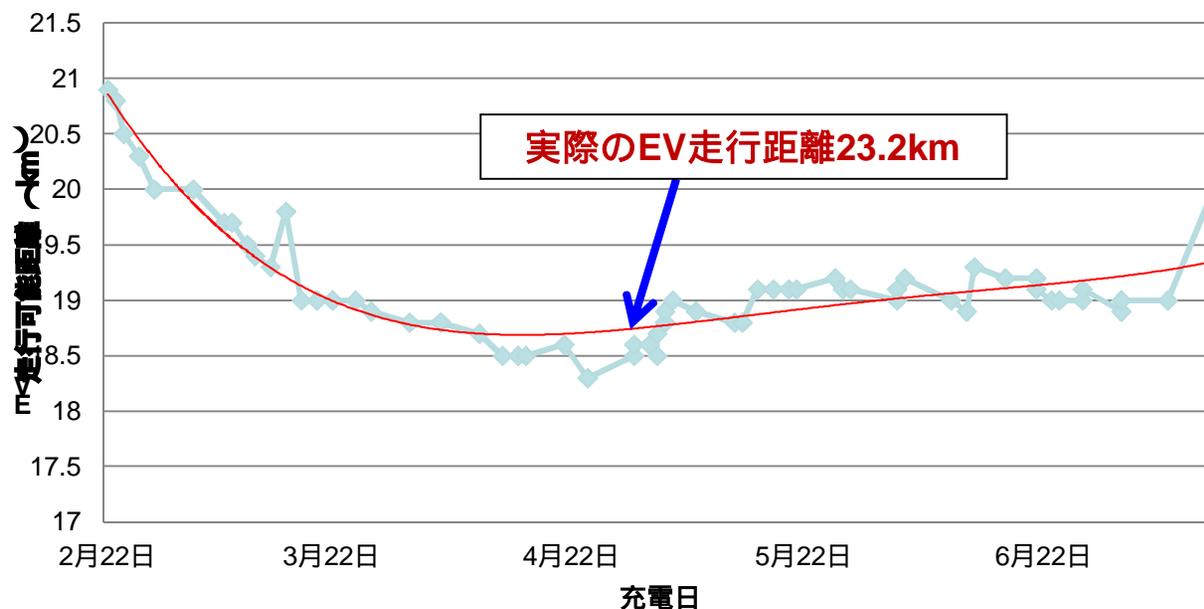
- ・2代目プリウス 16.3km/L (6年間)
HEVに比べ3.0倍
- ・2代目RAV4 8.7km/L (5年間)
ICVに比べ5.6倍

全使用電力量(kWh) 689 654 461 384 281

EVとHEVモードの使い分けで
燃費が大きく変わる
(市中 / 高速 / 山岳)



EV走行可能距離の変化



プリウスPHVの充電



トヨタの
他系列店
でも



自宅でも



他社店
でも



何処でも容易に充電



充電場所に屋根が無い所が多く、横開きのリッドは雨天時の充電には気を遣う



接触式充電装置の課題

接触式充電装置の課題

- ・メンテナンスの必要性 接点の汚れ、摩耗
- ・操作時の安全性 雨天時の防水、地絡、感電対策が必要
- ・操作の面倒さ 操作ミスによる焼損対策
大きくて重いコネクタ操作の難しさ、手の汚れ



自動充電技術

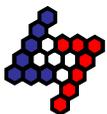
- ・接点の簡素化
端子はあるが、触れるだけで認証、
- ・自動化
インフラ側装置が高価でメンテナンスが必要
装置設置のスペースが必要
端子の摩耗



米国SemaConnect社の自動充電ターミナル

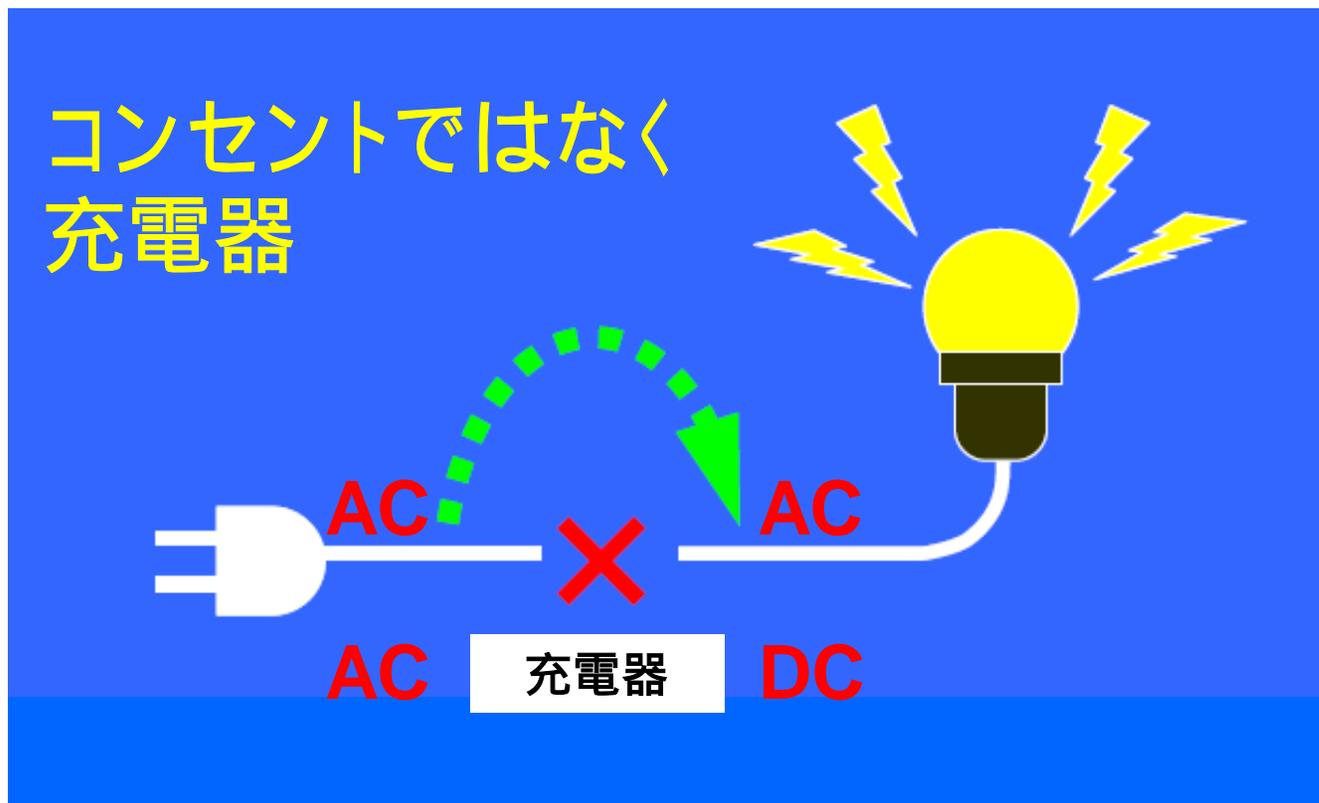
非接触式自動充電

- ・操作が不要でメンテナンスコストも少ない
- ・雨天時も安全



非接触給電とは

電磁誘導や電波を利用して、離れた場所へワイヤレスで給電する技術



非接触電力伝送方式

- 電磁誘導方式
- 電波方式(マイクロ波など)
- 磁界共鳴方式

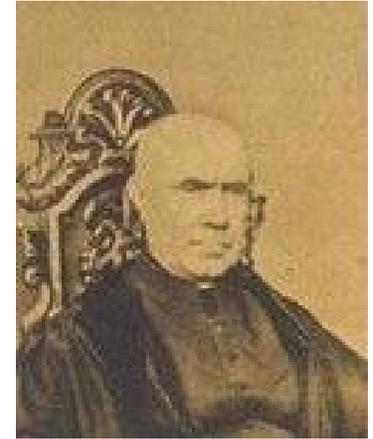


電磁誘導方式

- ・19世紀のファラデーやカランの時代に発見された電磁誘導（トランス）の原理を利用
- ・コイル間に発生する電磁誘導を利用して給電
- ・近距離（数mm～数十cm）で
微小電力から100kW以上の大電力まで
効率良く（90%以上も可能）伝送できる
- ・給電方式としては
給電コイル上に静止して行うチャージ方式と
給電ライン上を移動しながら行うレール方式がある



マイケル・ファラデー
イギリス
電磁誘導現象発見
(1831年)



ニコラス・カラン
アイルランドの牧師
誘導コイル発明
(1836年)



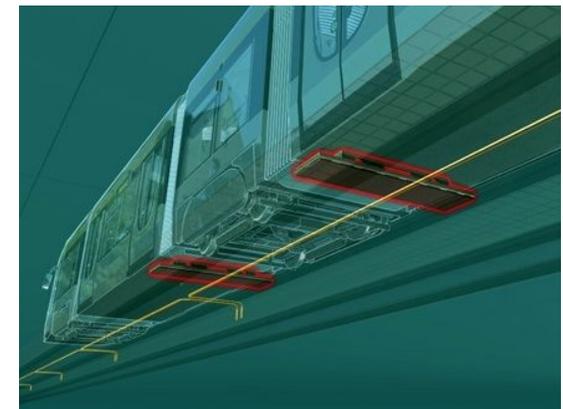
パナソニック

親子電話の子機充電(1997年)



Plugless Power社

電気自動車への給電(2010年)



BOMBARDIER社

電車への250kW(2009年)

Electric Vehicle & Power Department

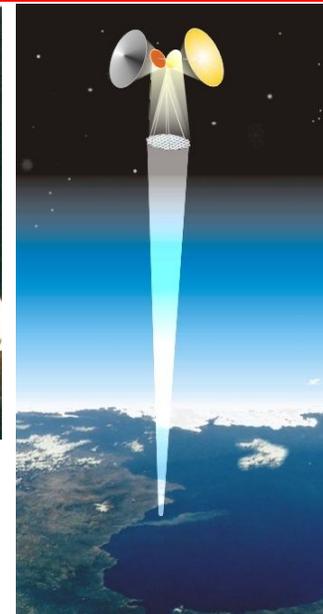
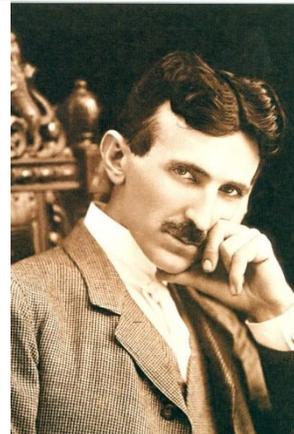


電波方式

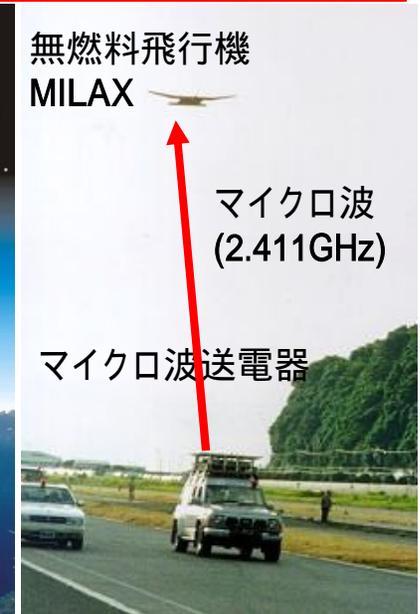
- ・19世紀にテスラが通信実験を行う
- ・マイクロ波などの電波をアンテナで受信、整流回路で直流に変換(レクテナ)
- ・電波のビームを絞ることで長距離大電力伝送も可能



ウォーデンクリフ・タワー ニコラ・テスラ USA
テスラコイル発明 (1891年)



太陽光発電衛星 (SPS)



無燃料飛行機 MILAX

マイクロ波 (2.411GHz)

マイクロ波送電器

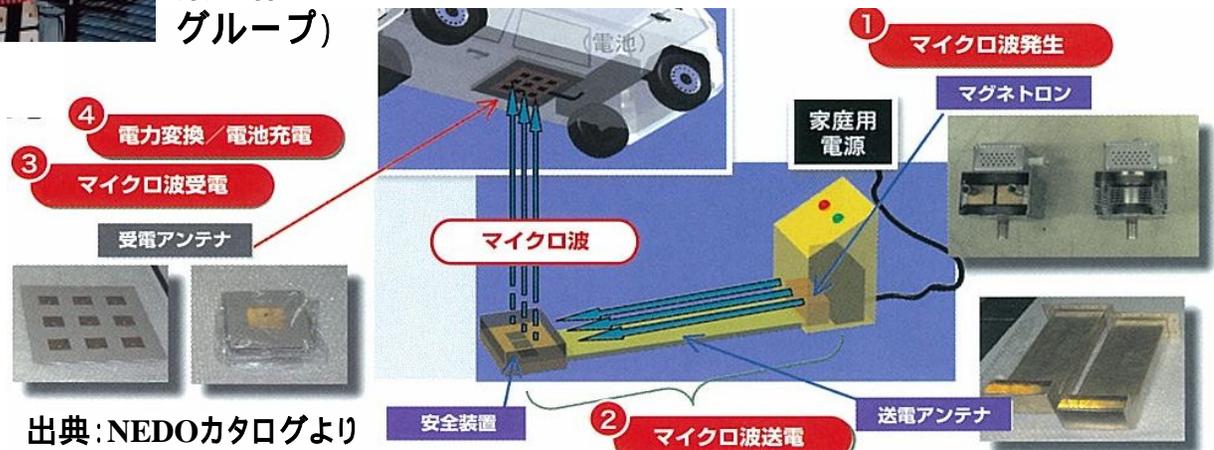
無燃料飛行機への給電 (1992年京都大学)

電気自動車への応用

- ・2009年2月のENEX2009に三菱重工業が展示
- ・現状、出力1kW、効率38%



4m以上離れて10kW電力伝送 (2012年日本電業工作とVolvoグループ)

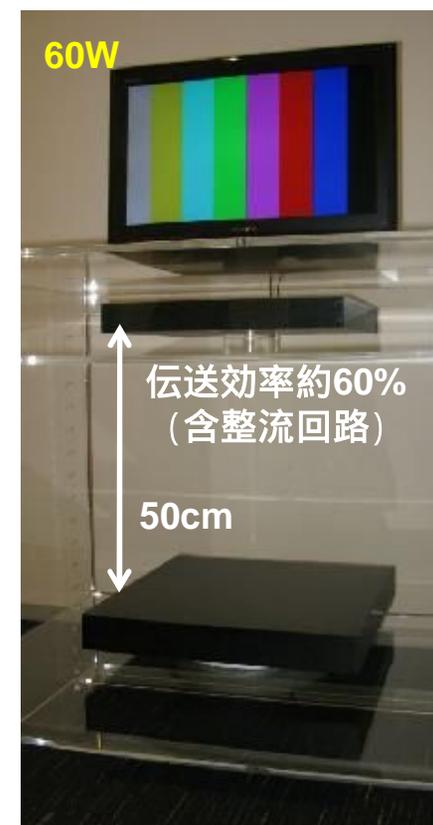
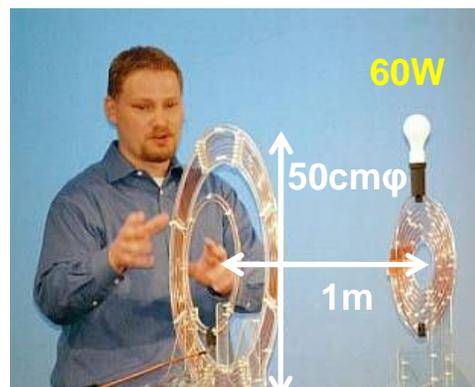
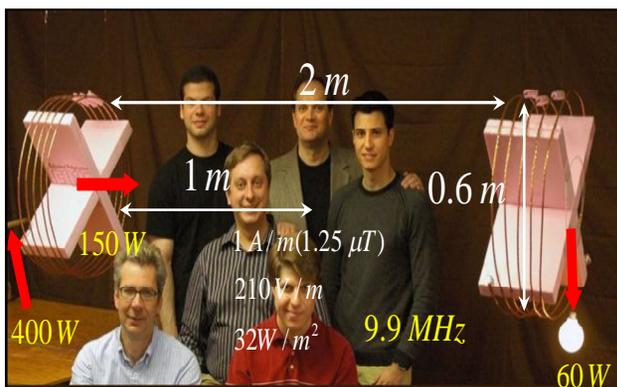


出典: NEDOカタログより

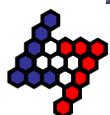


磁界共鳴方式

- 2007年6月米MITのMarin Soljagic教授の研究グループが発表
- 共振回路同士の共鳴現象を利用, 2mの距離で60W送電伝送効率は40~45%
- 基本原理は新しくはないものの、給電方式としては新たな方式
- その後多くの会社が発表し、3kW程度のものが出てきた



Electric Vehicle & Power Department



出典: 各社HPの写真より

電界共鳴方式

- 磁界結合だけでなく電界結合(誘電結合)共鳴方式も発表されている
- 電界結合方式の特徴
 - ・位置自由度が高い
 - ・ワイヤレス給電部の発熱が少ない
 - ・電極の材料や在質、厚さの自由度が高い
 - ・透明電極採用も可能

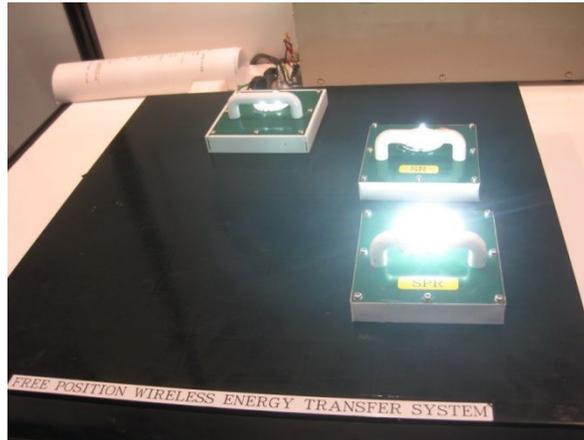


村田製作所の5W透明電極型 (WTP2012)



豊橋技術科学大学 (WTP2012)

出力 50 ~ 60W
ギャップ 10cm以上
電極間効率 80 ~ 90%

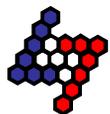


竹中工務店(ワイヤレスジャパン2012)

基本的にギャップが小さく、
未だ出力が小さい



日立マクセル
「エアボルテージ for iPad2」
5V、10W、総合効率65%



EV用非接触電力伝送方式の比較

方式	磁界共鳴方式		マイクロ波無線式	電磁誘導方式			
	Magnetic Resonance Power Transfer		Microwave Power Transfer	Electromagnetic Inductive Power transfer			
開発会社	WiTricity / IHI (米国 / 日本)	長野日本無線 (日本)	三菱重工業 (日本)	Qualcomm/HaloIPT (米国 / ニュージーランド)	Evatran (米国)	パイオニア (日本)	昭和飛行機工業 (日本)
モデル名				IPT	Plugless Power		SIPS
伝送電力	3.3 kW	1 kW	1 kW	3 kW	3.6 kW	3 kW	30 kW
ギャップ	20 cm	10 ~ 30 cm	12.5 cm	18 cm ± 3 cm	7 ~ 15 cm	10 cm	14 cm
効率	90%	88% @ 30 cm	38%	85%	90%	85%	92%
	DC入口 ~ DC出口	パワーアンプ出口 ~ 電池入口間	総合効率 (含む廃熱回収)	総合効率	総合効率	総合効率	総合効率
1次側 コイルサイズ	50 cm × 50 cm × 3.75 cm	80 cm × 80 cm × 16 cm	6 cm × 9 cm × 10 cm (4本)	80 cm × 40 cm × 3 cm	30 cm × 2.5 cm	46 cm × 46 cm × 3 cm	139 cm × 139 cm × 5 cm
サイズ / 出力	2.8 ㏩ / kW	10.2 ㏩ / kW	2.7 ㏩ / kW	3.2 ㏩ / kW	0.5 ㏩ / kW	1.9 ㏩ / kW	3.2 ㏩ / kW
周波数	145 kHz	13.56 MHz	2.45 GHz	20 kHz		95 kHz	22 kHz
発表年月	2011年6月	2011年5月	2009年2月	2010年	2011年1月	2010年10月	2009年3月
開発状況	実証段階	実用化評価段階	開発中	開発中	実証段階	開発中	実用化段階
画像							

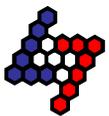


◆ 非接触電力伝送技術の比較

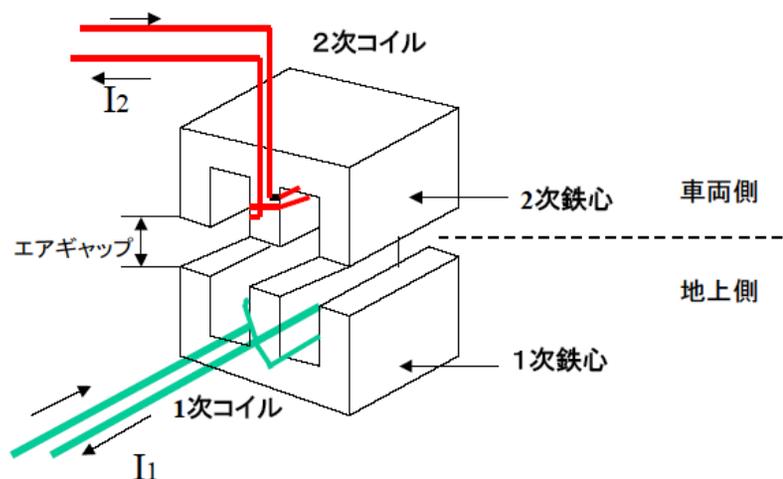
電磁誘導式電力伝送システムの現状

◆ 現状の課題

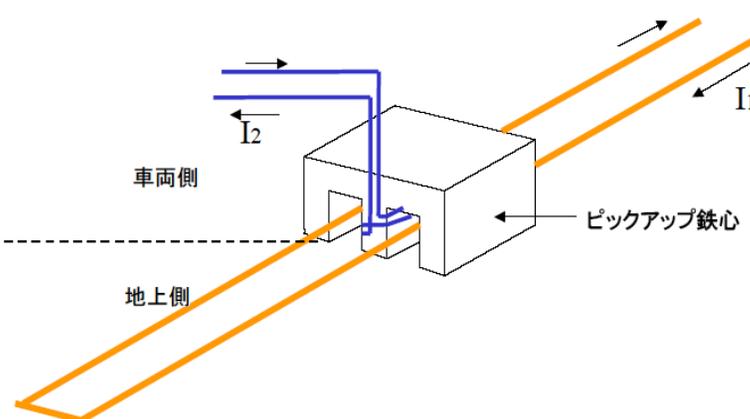
◆ 今後の方向性～走行中給電～



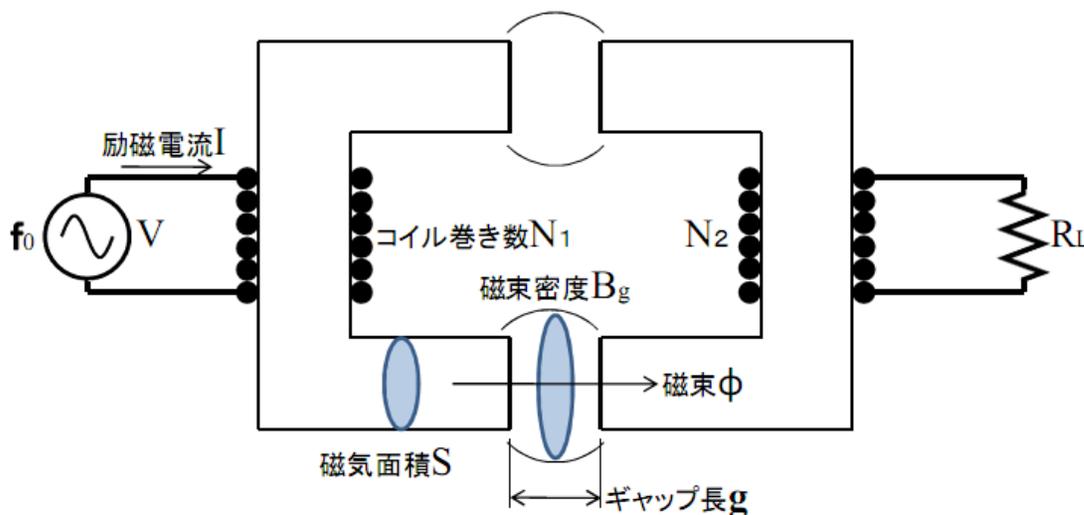
電磁誘導方式の原理



チャージシステム(静止型)の原理

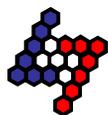


レールシステム(移動型)の原理



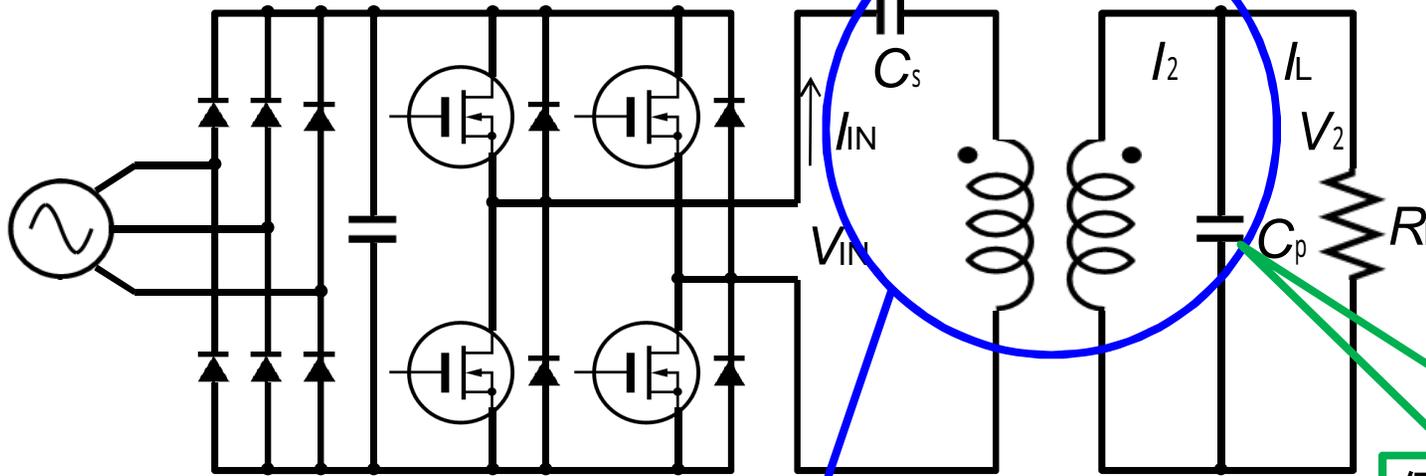
理想的な変圧器
主磁束のみで、漏れ磁束がない
結合係数 $k = 1$

非接触給電システム
ギャップにより磁路が切れる
漏れ磁束がある
結合係数 $k < 1$



静止型の回路構成例とコンデンサ配置

電源力率を1に近づけ電圧変動率を最小にする



最適負荷 Z_L は

$$Z_L = R_L - j\omega L_2$$

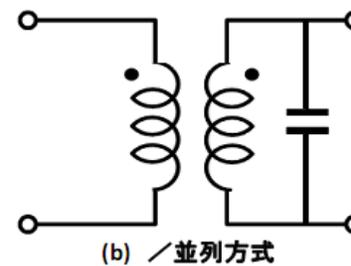
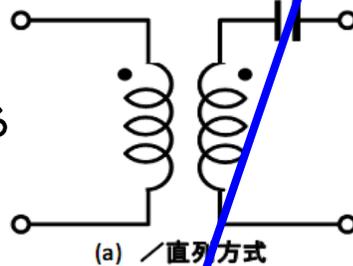
負のリアクタンス

抵抗負荷では2次側に
 L_2 と共振するキャパシタンスが必須

2次漏れインピーダンスを Z_e として
 $Z_e = Z_L$
で整合する

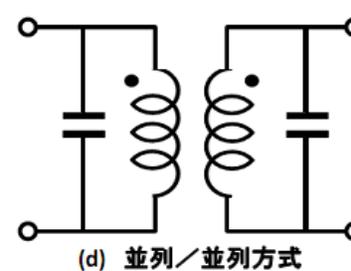
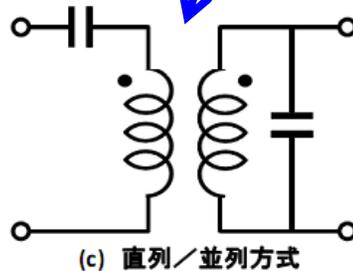
伝送効率を最大にする

結合係数 k が大きい ($Z_e > Z_L$)
場合、
 M が大きいので、 L_{e2} を補償する
値のコンデンサ
電源側インピーダンスを下げる

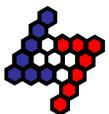


結合係数 k が小さい ($Z_e < Z_L$)
場合、
 L_2 との共振周波数が電源周波
数 f_0 となる値のコンデンサ
電源側インピーダンスを高くする

効率、電圧変動の両
者を満足する回路



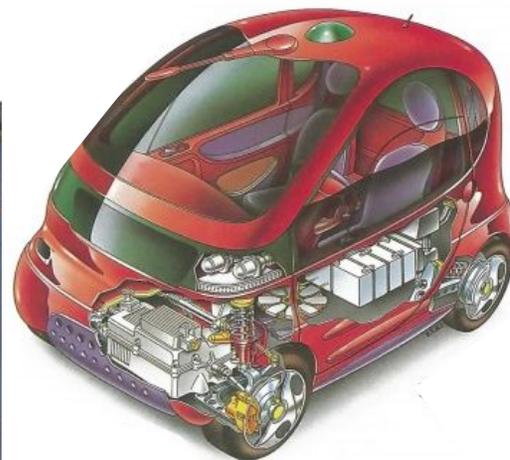
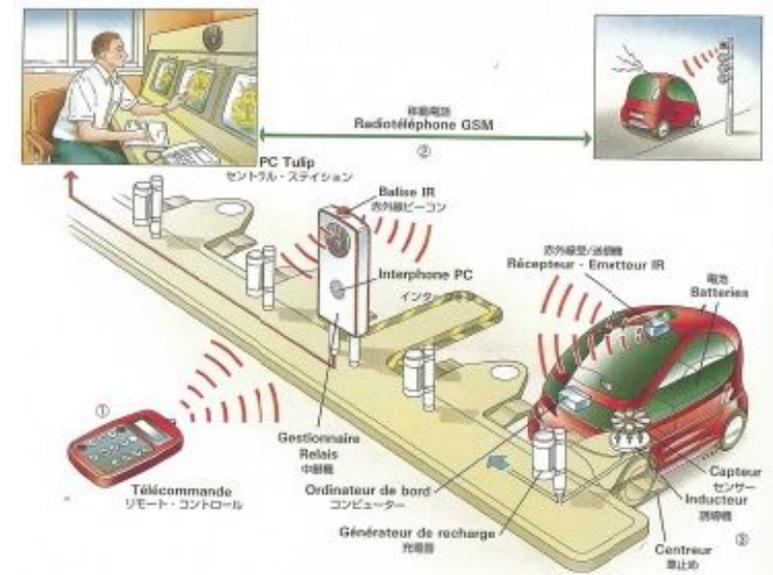
1次コイルからエアギャップに
励磁無効電力を供給する



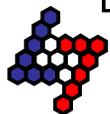
EV用非接触給電システムの原型 Showa Aircraft

Tulip (Transport Urbain, Individuel et Public) 計画

- ・1995年、フランス
- ・ mobil・チューリップの仕様
全長2.2m、全幅1.4m、全高1.6m
モーター出力9.4kW、前輪駆動
最高速度75km/h
ニッケルカドミウム電池搭載
1充電走行距離60km以上
- ・PSA(プジョー/シトロエングループ)が発案した
電磁誘導式の非接触式充電の仕様
位置合わせは半自動、充電は全自動
出力が小さく満充電に4時間が必要
プロメテウス計画と連動した赤外線ビーコン
による双方向通信での情報通信、車両管理
電磁波漏洩が大きい



出典: カースタイリング別冊NCV21



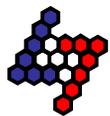
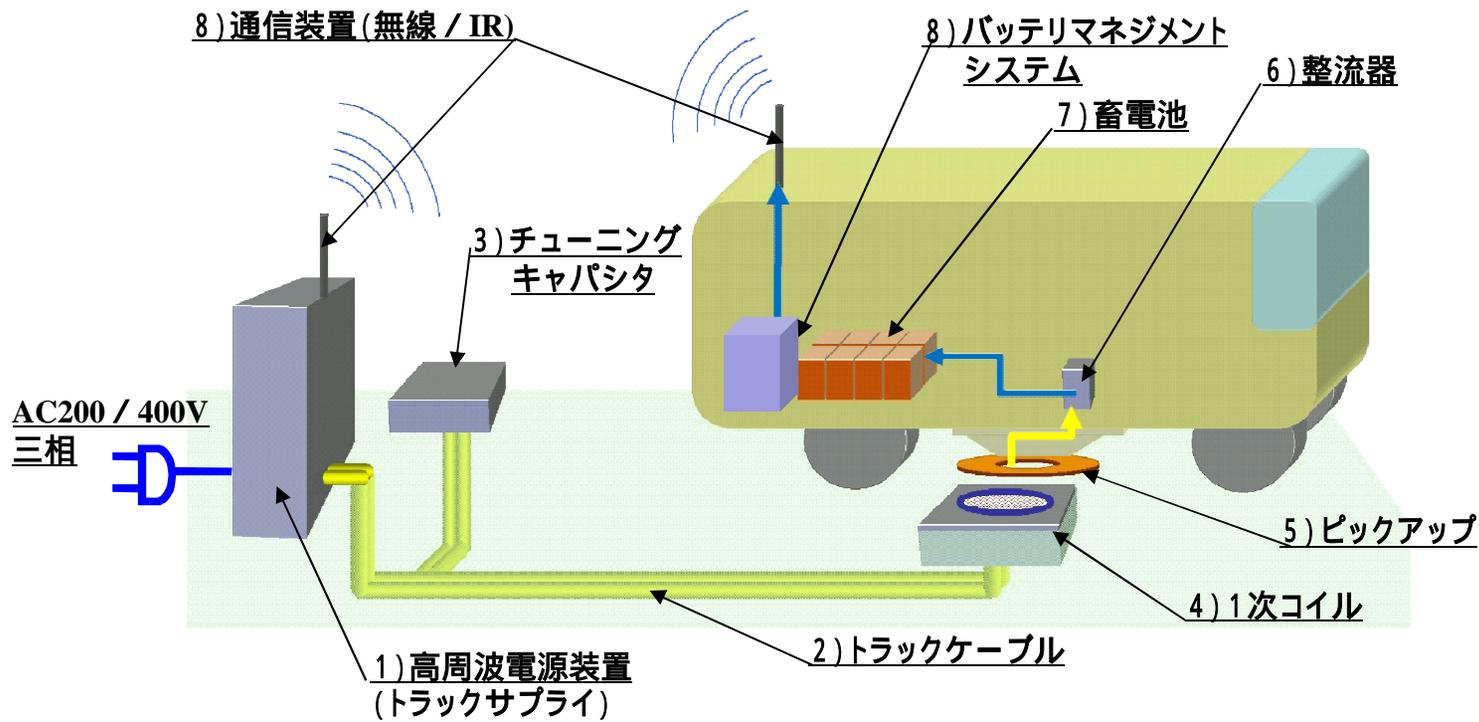
製品化されたEV用非接触給電システム

ドイツWampfler社製のIPT

- ・大電力で地上コイルに跨るだけで容易に充電できる
- ・欧州ではトリノやジェノバのEVバス用として数十台が採用
- ・日本でも4台が採用された
- ・入力3相400V、最大出力30kW
- ・車両サイズに比較して相対的に大きい、重い、効率が悪い、高価である等の大きな改善課題が存在

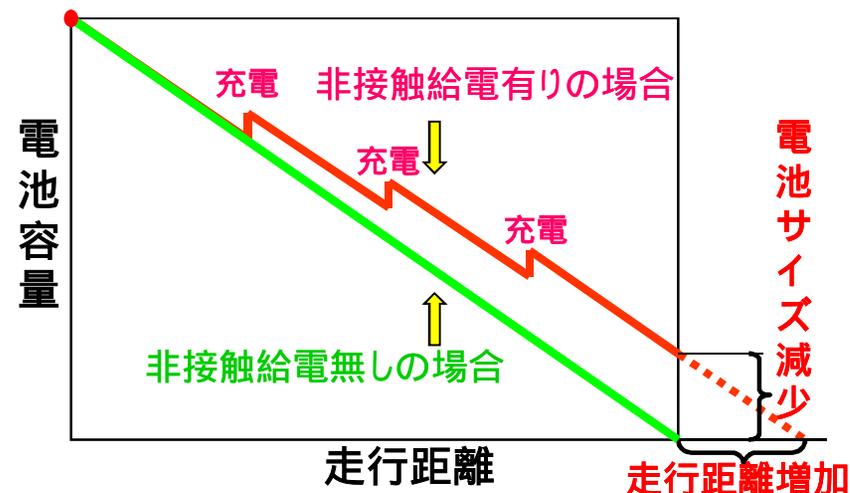
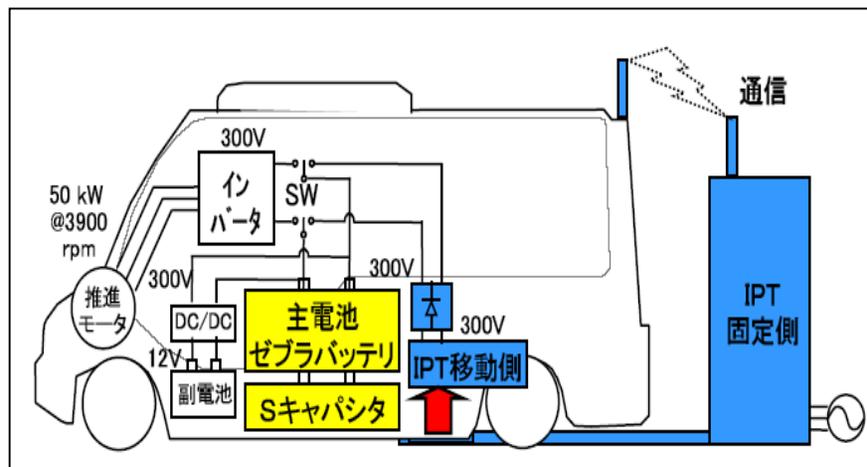


出典：Wampfler社のカタログより



先進電動マイクロバスWEB-1

平成16～17年度 NEDO民生部門等地球温暖化対策
実証モデル評価事業にて2台製作



電池搭載量の最小限化による短航続距離の問題は
安全で操作が容易な非接触充電により
充電回数を増やすことで対処

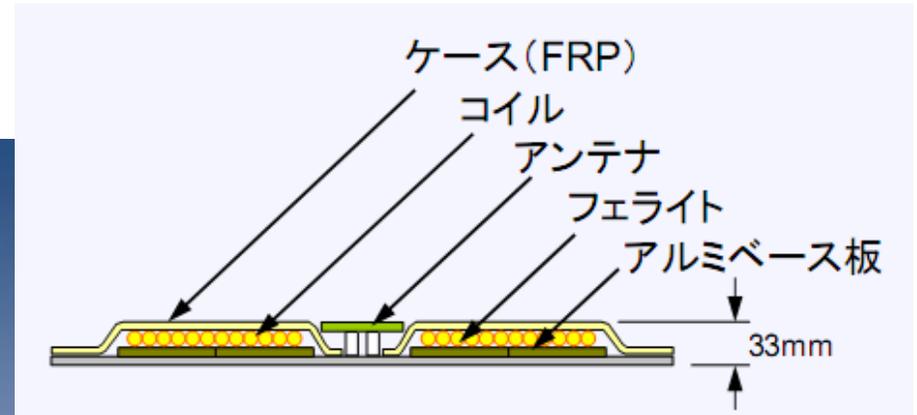
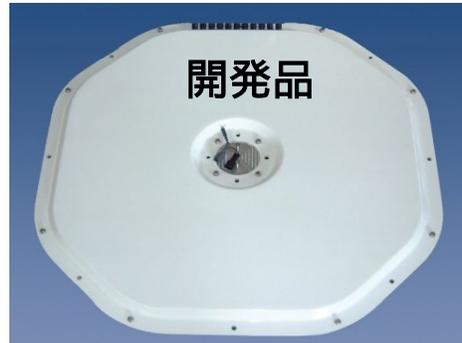
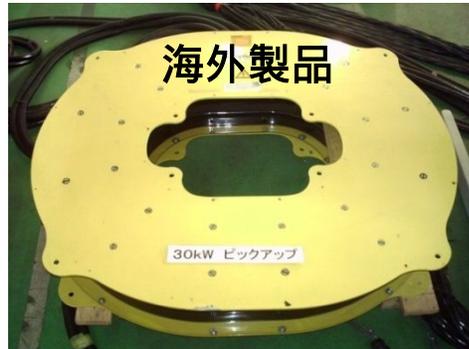
	WEB - 1	WEB - 1 Adv.
主電池	ZEBRA電池 18.9 kWh	Liイオン電池 11.7 kWh
補助電池	キャパシタ 170Wh	-
非接触給電システム	海外製IPT 30 kW	国産IPS 30 kW
推進電動機	水冷PM同期 50 kW	

平成17～20年度 NEDO補助金にて開発

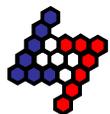


開発成果

出力 : 30 kW
周波数 : 22 kHz



	効率 [%]	2次側ピックアップ重量 [kg]	2次側ピックアップ寸法 [mm]	コイル間ギャップ [mm]
海外製品の性能	86	70	短径 875 長径 1025 厚さ 61	50
IPSの性能 (平成20年度)	92	35	短径 847 長径 847 厚さ 33	100
ギャップ拡大IPS (平成21年度)	92	50	短径 1390 長径 1390 厚さ 50	140



平成21年度奈良公園交通社会実験 Showa Aircraft



6分間充電
(ターミナル
駅充電を
想定)



1分間充電
(バス停充電を想定)



1周6 km 30分の奈良公園山道で使用する電力量を
充電ポイント2ヶ所の合計7分間で充電するだけで
1日走行可能

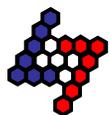
最少電池搭載 / 高頻度充電 / 長走行距離の実現

参考データ

	車両重量	電池容量
WEB-1Adv.	3,180kg	11.7kWh
iMiEV	1,080kg	16kWh



Electric Vehicle & Power Department



大エアギャップ化で地面完全埋込みを実現 Showa Aircraft



従来型車両・IPS



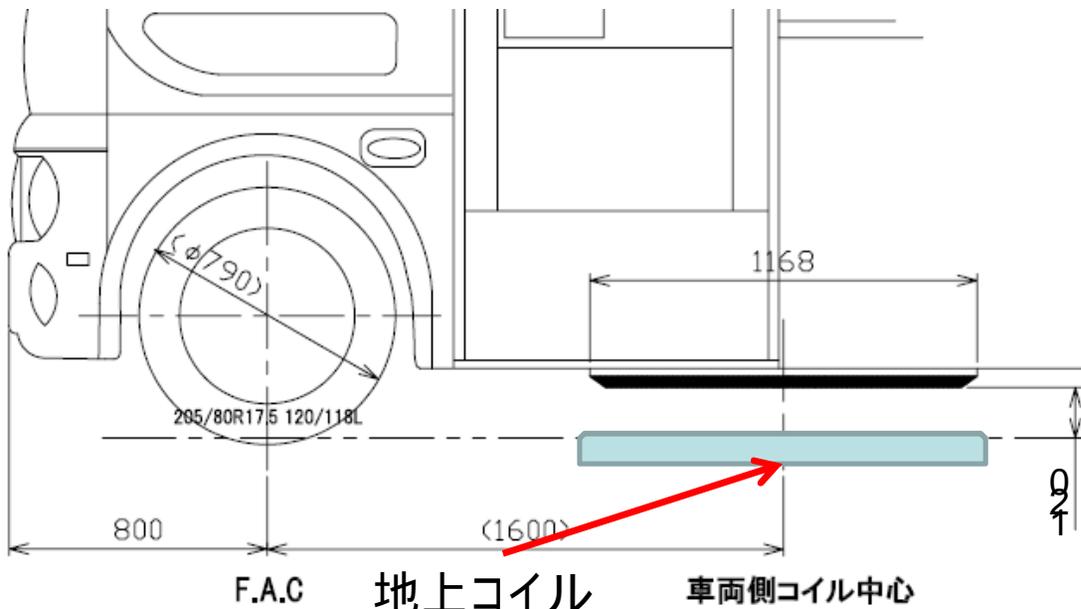
新型車両・IPS



設置前

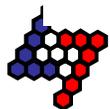


設置後



G.L

バスのニーリング機能利用
だけで120mm離して給電



平成23年度環境省事業「チャレンジ25」 Showa Aircraft

長野市街地循環バス「ぐるりん号」(運用 平成24年2月9日～平成26年3月31日)

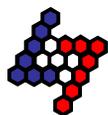
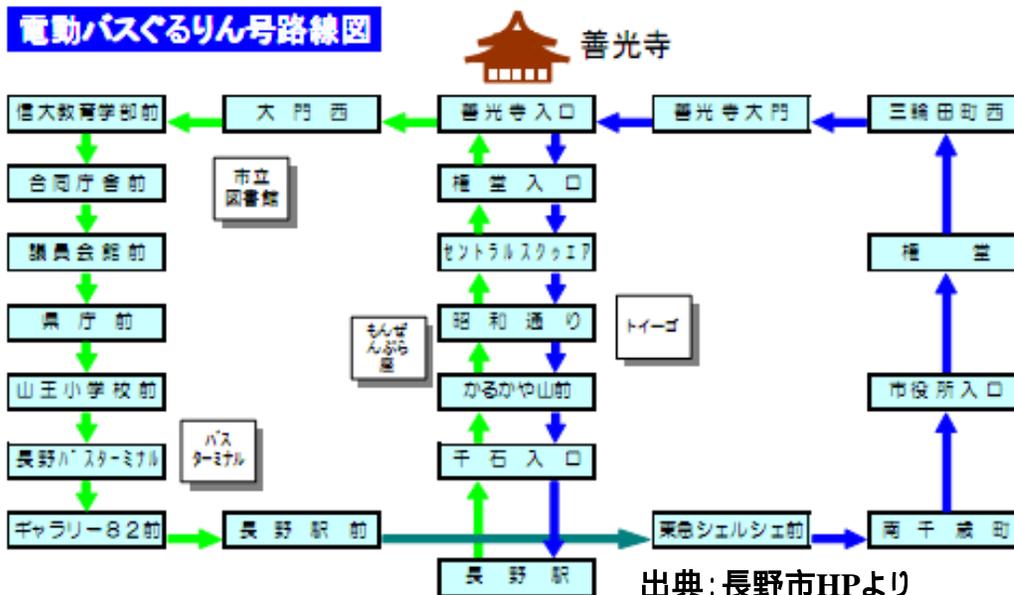
WEB-3実証実験車両(長電バス)



電動バスの事業性検証

1. メンテナンス上の問題把握
2. 空調システム評価
3. 電池性能劣化の最小限化の検討
4. **充電システムの評価**
 - ・長期間運用でのメンテナンス上の課題
 - ・複数台数による連続稼働の実証
 - ・運用コストの把握

WEB-4実証実験車両(アルピコ交通)



非接触給電システムの開発動向

パイオニア (CEATEC2011)



出力 : 3kW
ギャップ : 100mm
効率 : 85%
位置ズレ : 50mmでも
効率80%

特徴

- ・インバータをコイルに内蔵
- ・電源盤はコンバータのみ
- ・アイホンと協業し住宅内で充電モニタリング可能

日産リーフ (2011技術説明会)

出力 : 3k ~ 6kW
ギャップ : 150mm
効率 : 80 ~ 90%
周波数 : 20 ~ 100kHz



パナソニック (CEATEC2011)

出力 : 3kW
効率 : 85%
ギャップ : 100mm
位置ズレ : 50mm程度は可



日産インフィニティ「LEコンセプト」 (NYモーターショー2012)



出力 : 3.3kW

特徴

- ・標準装備
- ・地上コイル据え置き式
- ・自動駐車システム装備



非接触給電システムの開発動向

UniServices (2009年@EVS24)



出力
2kW
ギャップ
220mm

Halolpt (2010年) / Qualcomm(2011年)



出力 3.5kW
ギャップ 400mm
を目標
(2012年@WTP2012)



Evatran 『Plugless Power』 (2010年)



出力 : 3.6kW
ギャップ : 7~15cm
効率 : 現状80%
周波数 : かなり低いが商用周波数
ではない

SEW-EURODRIVE (2011年)

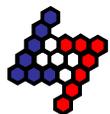


出力 : 3kW
効率 : 90%

Audi(2011年) A2 Concept



Audi Wireless Charging (AWC)
出力 : 3.6kW



非接触給電システムの開発動向

第42回東京モーターショー (H23-12-3 ~ 11)



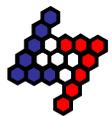
三菱自動車 iMiEV用磁界共鳴式 (Gap180mm、水平方向位置ずれ ± 200 mmで85%の出力)



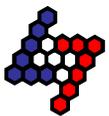
トヨタPHV用磁界共鳴式



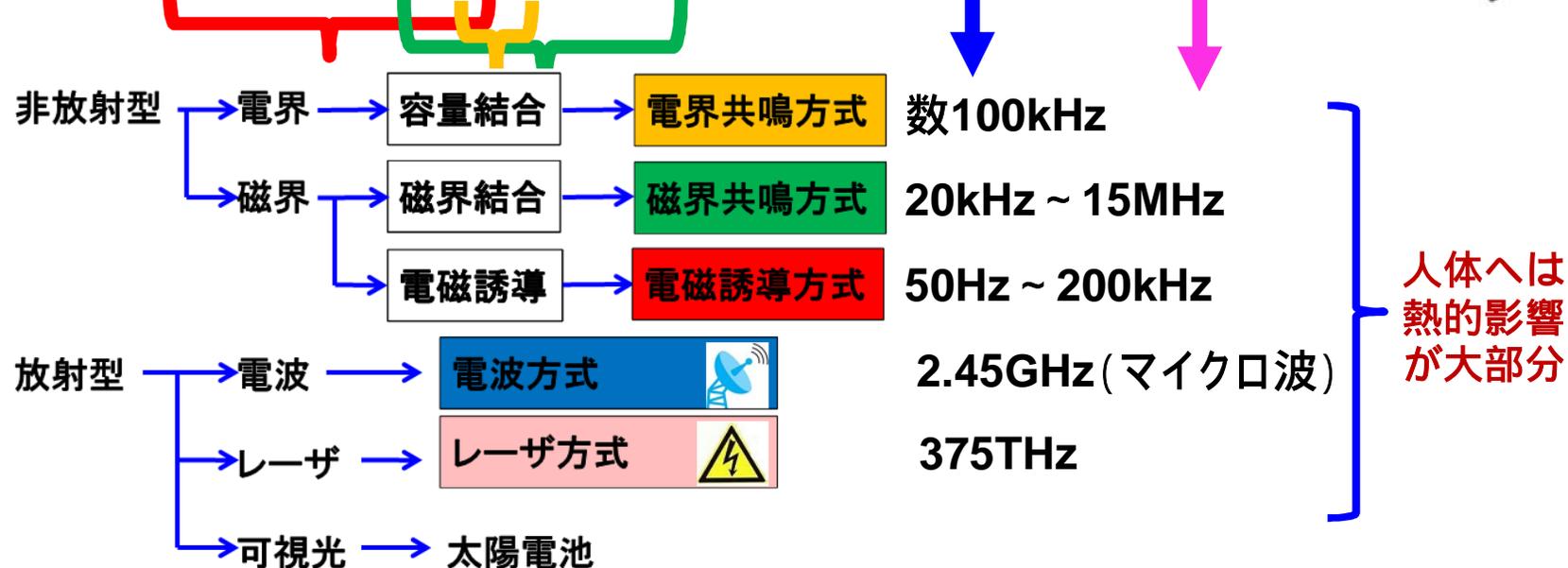
ヤマハ 二輪車用磁界共鳴式



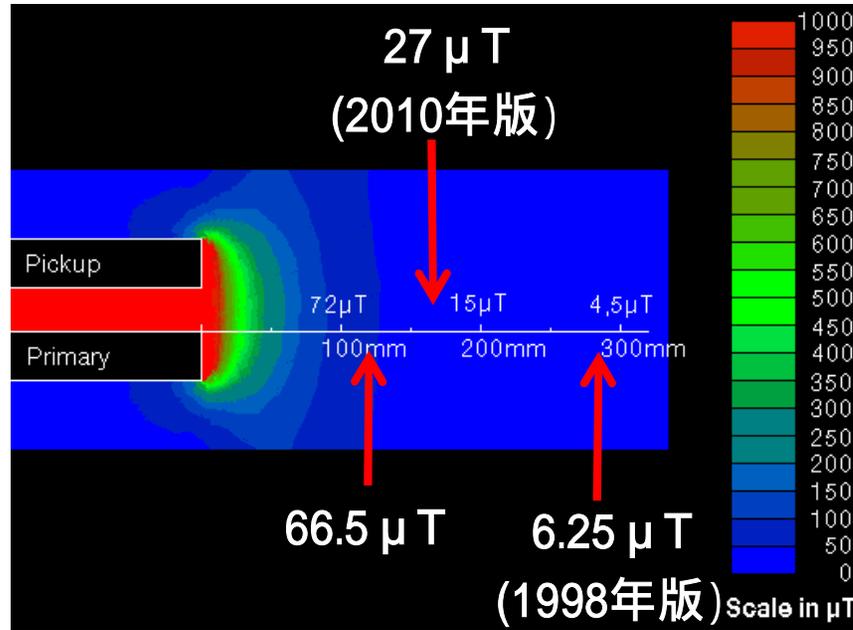
- ◆ 非接触電力伝送技術の比較
- ◆ 電磁誘導式電力伝送システムの現状
現状の課題
- ◆ 今後の方向性～走行中給電～



非接触電力伝送方式の周波数帯



r=1 m地点における最大漏洩磁界
(30kWタイプの20kHzでのシミュレーション)



心臓ペースメーカーの最大許容磁束密度
(ドイツの規格)

周波数	磁束密度
15kHz	88.7 μ T
20kHz	66.5 μT

実際の電磁界計測結果

基準値 (μ T)	バス車内	バス車外
防護指針 / 91.5	1.5	4.5
ICNIRP / 6.25		
条件: 距離0.5m ギャップ80mm 位置ずれ60mmにて		

2010年11月11日、Health Physics誌に改訂ICNIRPガイドラインが公表され、HP上にFact Sheetが掲載された

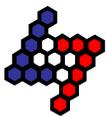
FACT SHEET

ON THE GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1 Hz – 100 kHz) PUBLISHED IN HEALTH PHYS 99(6):818-836; 2010.

基本制限値が改訂版では誘導電流密度ではなく、体内誘導電界強度に基づいている。これはIEEE規格と同様である。



100kHzまでで27 μ Tと約4倍、緩和の方向に向かっている



電波法の課題

1. 電力パート → 高周波利用設備

- ・電波法第100条2項と電波法施行規則第45条3項に規定されている

無線設備及び前号の設備以外の設備であって **10kHz** 以上の高周波電流を利用するもののうち、総務省令で定めるもので **50W** を超えるもの

- ・に該当するため、各地の総合通信局に許可申請を提出して許可を受ける必要がある
- ・無線設備65条2項に規定されている下記数値を満足している必要がある

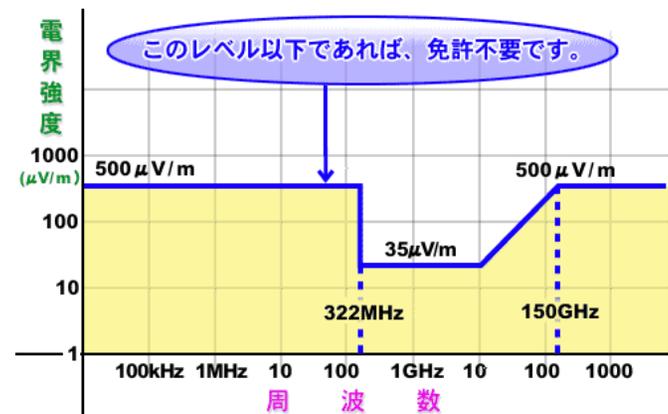
450kHz以下の使用周波数の輻射の電界強度は、
100m電界規制値 = 1mV/m 以下、かつ高周波出力が
500W以上の場合 30m電界規制値 = $\sqrt{\frac{P}{500}}$ mV/m 以下 (P は装置の出力W)
500W以下の場合 30m電界規制値 = 1mV/m 以下

2. 通信パート → 微弱無線局

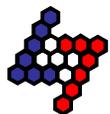
- ・無線設備から3mでの電界強度が右図のレベル以下
- ・無線設備から500メートルでの電界強度が200 μ V/m以下で周波数などが総務省告示で定められているもの
これを超えると特定小電力無線局扱いになる

いずれも日本独自の規格で海外ではそれぞれの法律に合わせる必要がある

【図：微弱無線局の3mの距離における電界強度の許容値】



出典：総務省HPより



道路法の課題への対応

1. 法的規制

道路に施設を設置して継続して道路を占有することは、道路法第32条に規定(国交省)
また道路の使用許可は道路交通法第77条に規定されている(総務省)

2. 許可申請

道路上設置には所轄警察署と道路管理者の許可を受ける必要がある



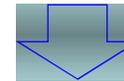
道路上設置のための各種道路要件規定
が無く、法的整備が待たれる

耐荷重性
スリップ性
メンテナンス性 等々

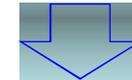
30kWタイプ



50kWタイプ

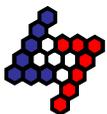


設置後

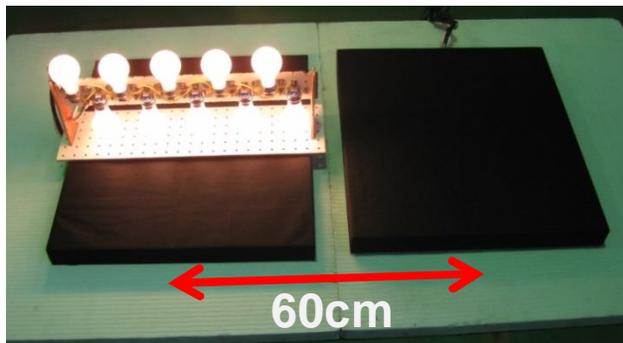
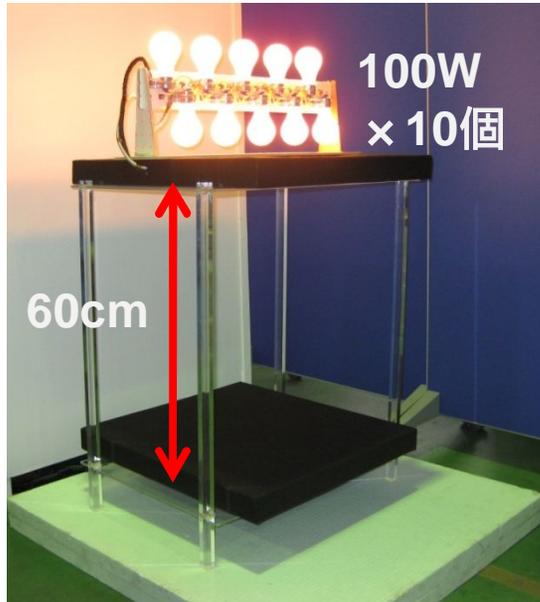


踏みつけの様子

地上面と面一になるように地中に
コイルを埋め込む



磁界共鳴式電力伝送方式 (中継コイル方式)

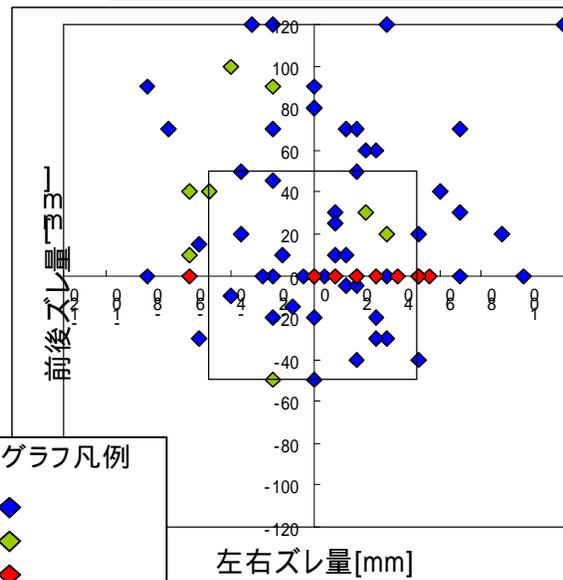


位置合わせ用補助線組み合わせ

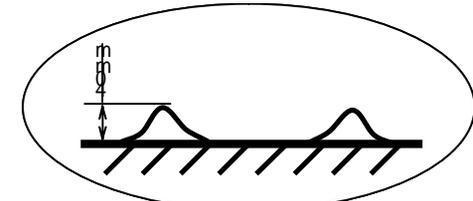
車幅補助線(車両^上側)及び車両前停止線

車両センタ線及び車両前停止線(車両前側バンパ合わせ用)

及びタイヤ位置決め用突起(ハンブ)



グラフ凡例



タイヤ位置決め用突起側面視

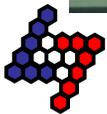
目視の場合、100mm程度位置がずれる可能性があり、その状態でも充電効率が高いシステムの開発が必要

出典:交通安全環境研究所公表資料

60cm離して1kW送電

実験室レベルではピーク5kW、連続3kWを実現している

ギャップが大きいとズレ許容度も大きくなる



ランプ設置非接触充電 (動画: 20sec) Showa Aircraft

WEB-1 @なら瑠璃絵
(H23-2-8 ~ 14公開)



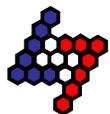
夜間でも前後方向の正着性については確保できた



ランプの設置



ランプでの停止状況



路上設置非接触充電の状況

第42回東京モーターショー (H23-12-3 ~ 11)



全体俯瞰



コイル配置前方から



コイル位置合せモニタ画面



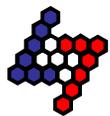
バス停止状態



コイル格納状態



コイル昇降スイッチ

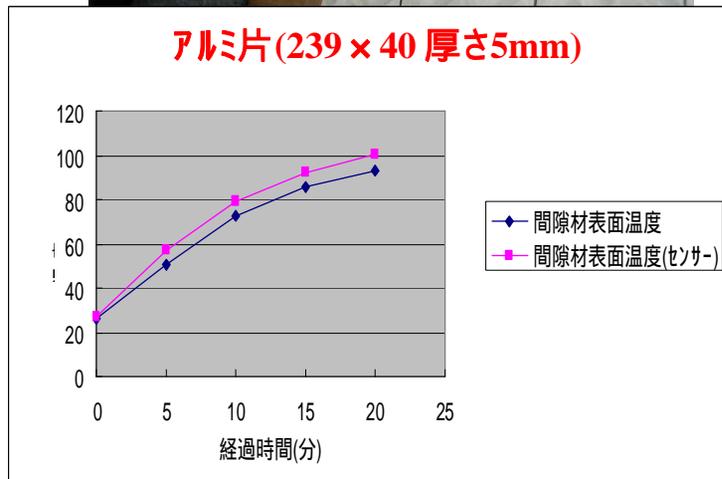
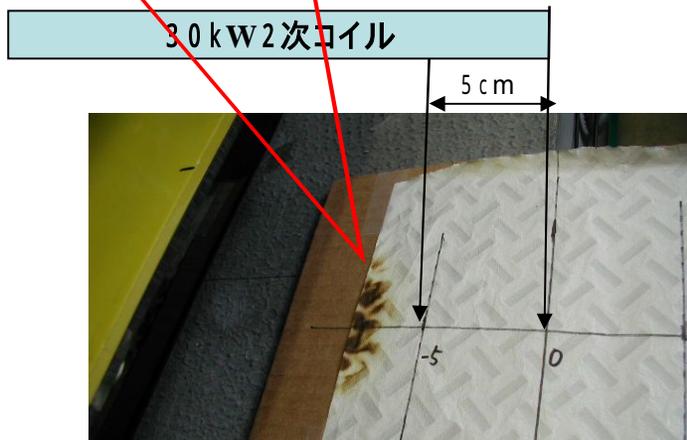


異物の侵入への対応

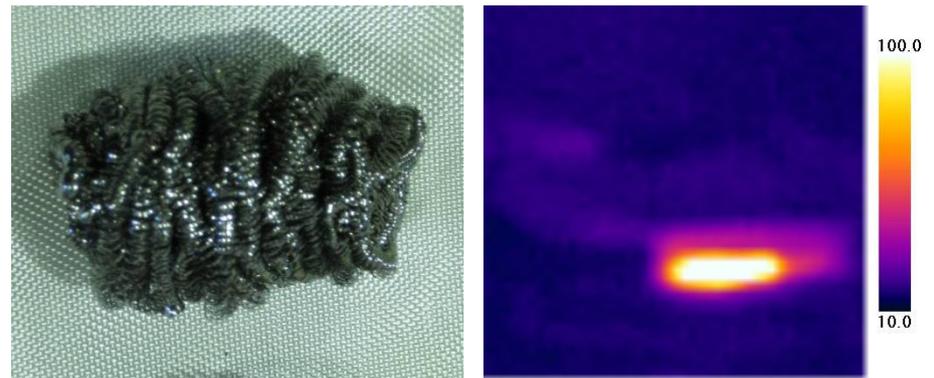
侵入異物の誘導加熱

大出力の装置ではコイル空間に金属があると 誘導電力で加熱される

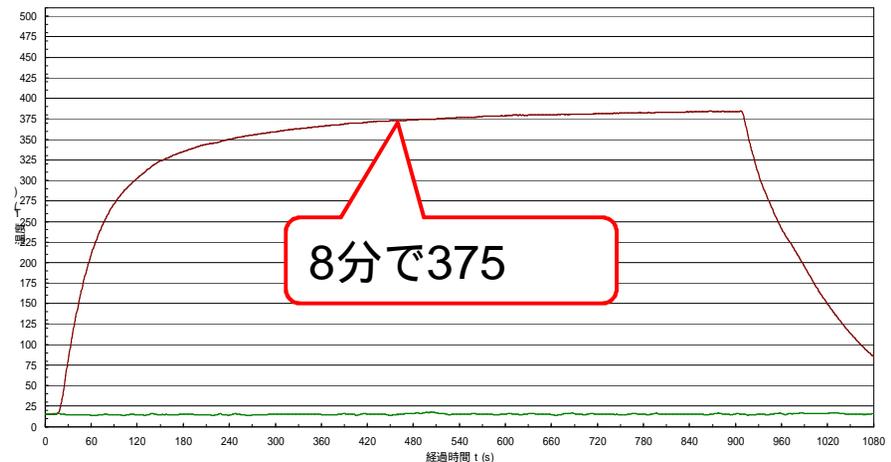
アルミ箔の場合、写真のように、アルミ箔に張られている紙が焦げるほど高温になる



異物検知システムの検討が必要

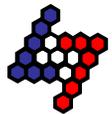
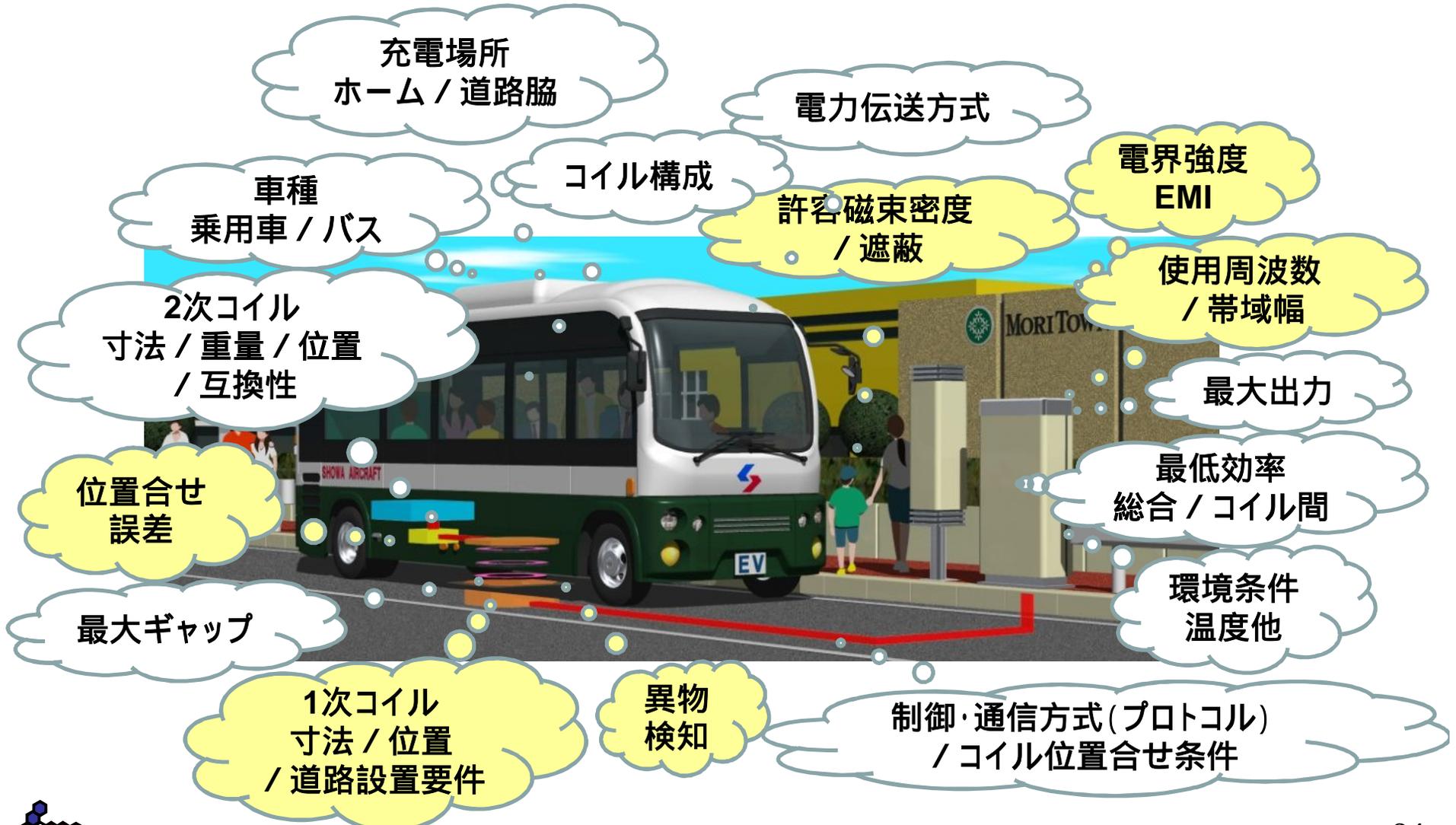


ステンレスたわし



標準化が必要な項目

最低でもEVにおいては下記の項目で標準仕様の統一が必要



EV用充電器の標準化

WPC (Wireless Power Consortium) Qi規格



ベースの
組合せ



1次側が変わっ
ても充電可

利便性が高い



EV非接触用充電器規格

各国の電力配電の事情が色濃く反映され、
国際標準規格の統一化が難しい

EV用非接触式充電システム

IEC61980-1,-2 (欧州では必須)

2003年にドラフトとしてCD発行、需要が無くストップ
2011年1月スイスが提案、3月パリでキックオフ会議
新WG (JARI/JSAE非接触給電標準化SWG)

Interoperability / 車両の安全基準など
IEC・ISO・SAEのコラボ決議、日程未定

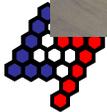
SAE J2954 (任意)

2011年にTechnical Paper発行、
2012年Recommendation Practice発行予定

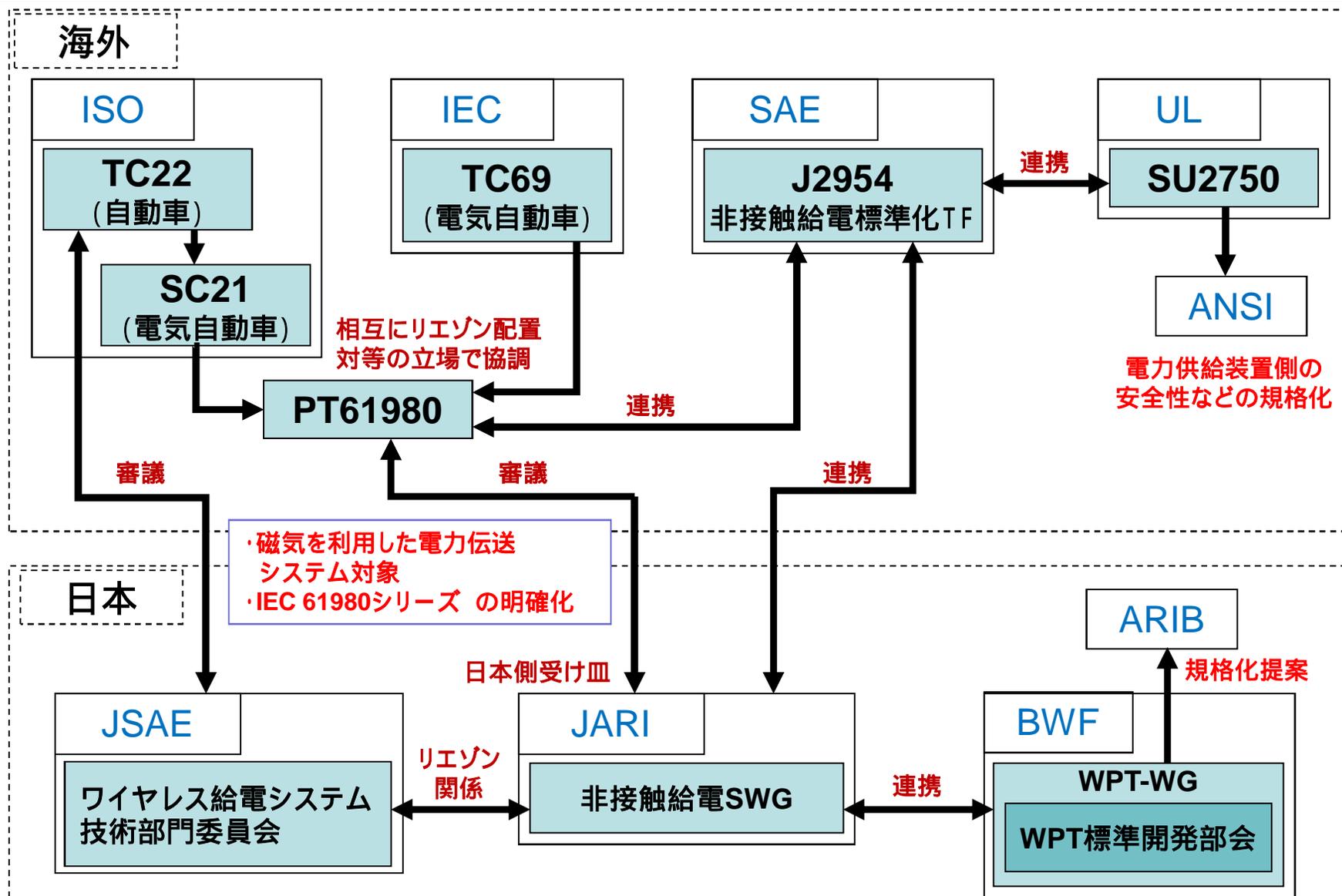
UL SU2750 (任意、必須のものもある)

2011年に第1次ドラフト原案発行、意見収集
2012年評価用ドラフト作成、評価認証開始予定

**非接触給電を対象とした国際的な展開も考慮し
た標準化戦略の立案が必要**

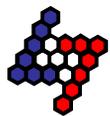
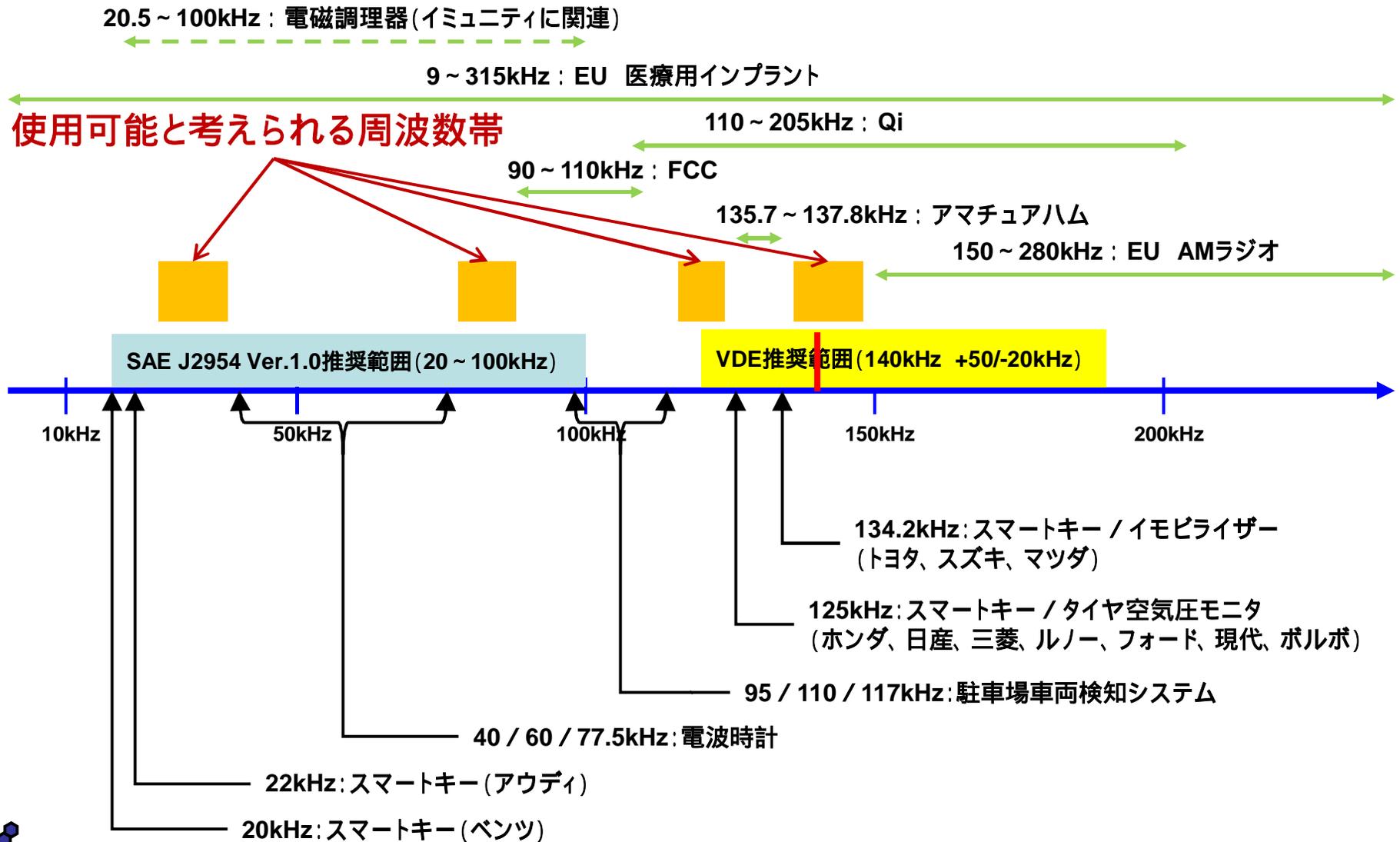


標準化動向マップ (EV関連)



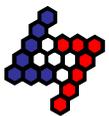
使用周波数の標準化

国際 / 国内で既に多くの周波数に割り当てがあり、空いている周波数帯に限られる



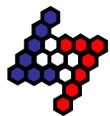
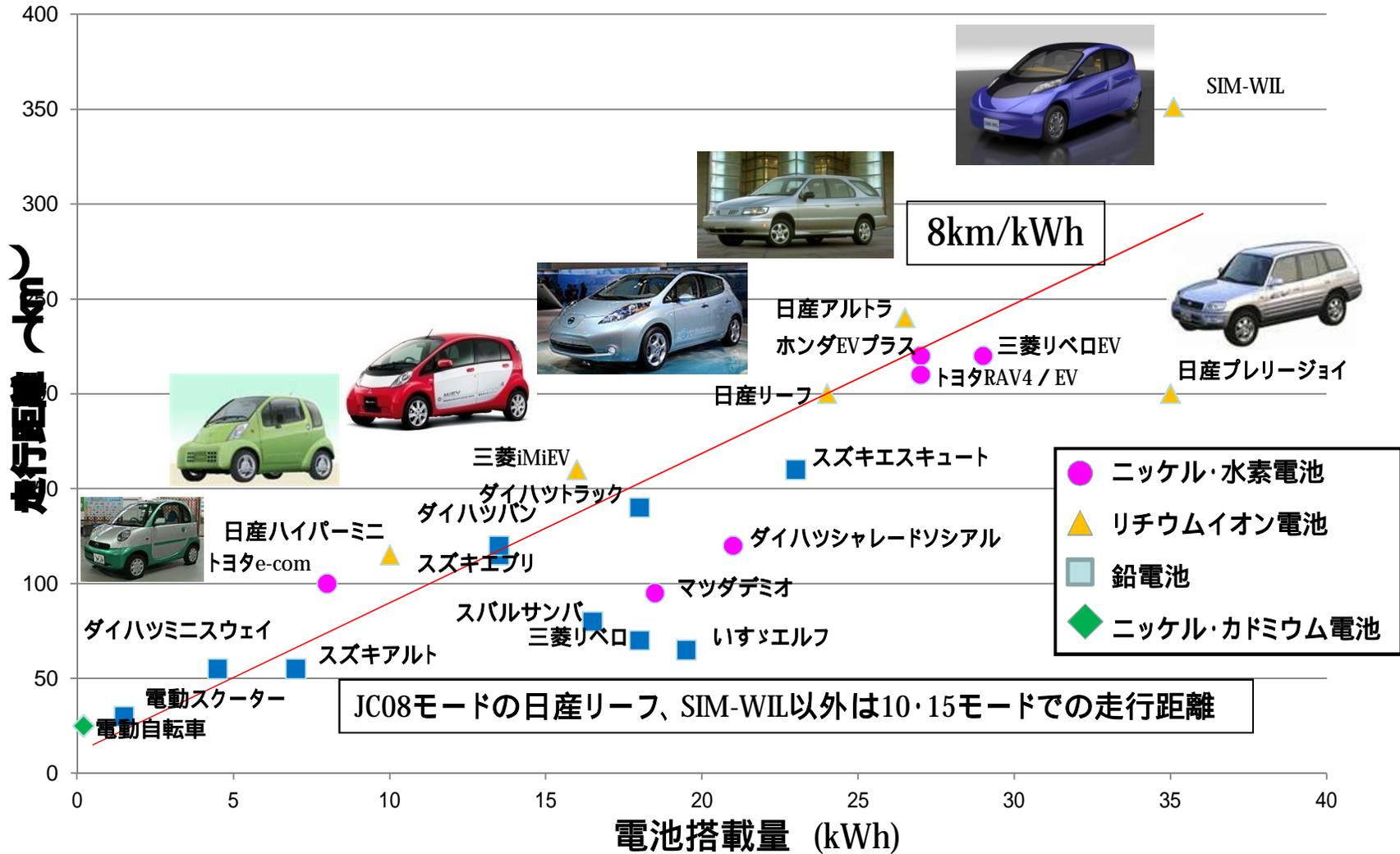
- ◆ 非接触電力伝送技術の概要
- ◆ 電磁誘導式電力伝送システムの現状
- ◆ 現状の課題

今後の方向性 ~ 走行中給電 ~



EVの電池搭載量と走行距離

1充電走行距離250kmが限界、頻繁に充電が必要



航続距離と充電問題に挑戦するEV

1. 高エネルギー密度電池の採用

鉛電池 → ニッケル水素電池 → リチウムイオン電池

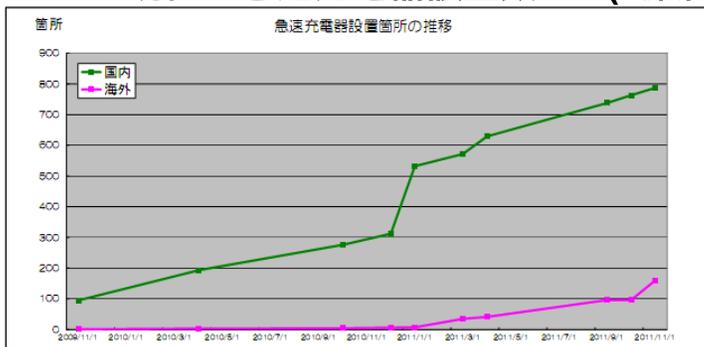
2. 搭載電池の増大

電池容量	iMiEV 16kWh	→	LEAF 24kWh	→	EV Himiko 62kWh
走行距離	180km (JC08モード)		200km (同左)		587km (55km/h定速)
充電時間	20分		29分		75分

電池容量を増大して走行距離を伸ばしても充電時間が大幅に掛かる

3. 充電渋滞の発生

2011.11.1現在の急速充電器設置数 947(全国787 海外160)



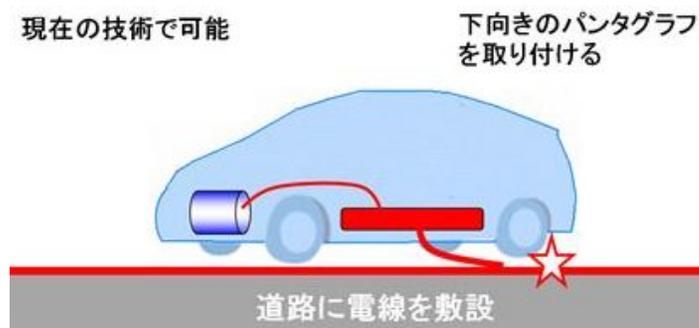
高速道路サービスエリアでの充電渋滞の状況



電気自動車の「電車」化

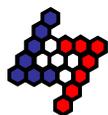
走行中給電 現在の技術で可能

電車のパンタグラフのようなアイデアもあるが、接触式故の多くの課題がある



村沢義久氏作成

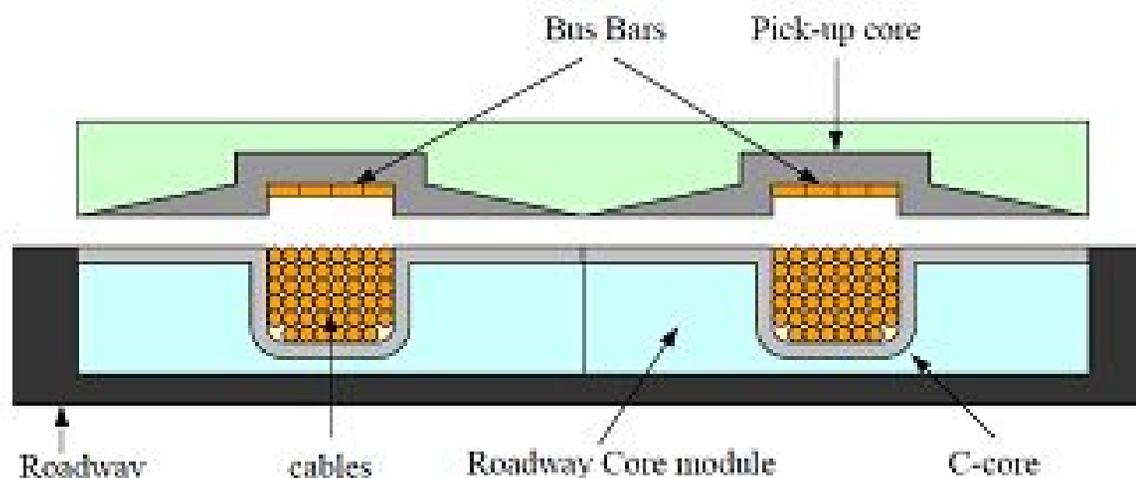
非接触式走行中自動充電システム



EV用走行中給電のはじめ

PATH (Partners for Advanced Transit and Highways) プロジェクト

- ・1982年 Santa Barbara Project
アメリカで行われたEV用の非接触式充電システムとして最初のもの
道路に埋めたケーブルからの高周波電磁誘導で走行中の車両に充電するシステム
ピックアップ 幅 1m、長さ 4.3m
重量 750kg
エアギャップ 7.5cm



・実験は成功したものの漏れ磁束が大きく実用には至らなかった

出典: PATH資料



KAISTの走行中給電

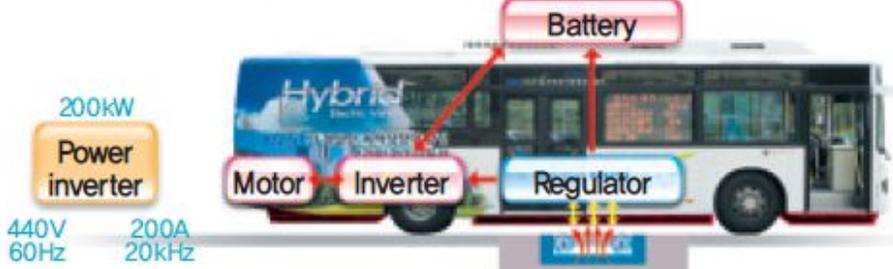
オンライン電気バス基本概念図



電池を1/5容量に縮小

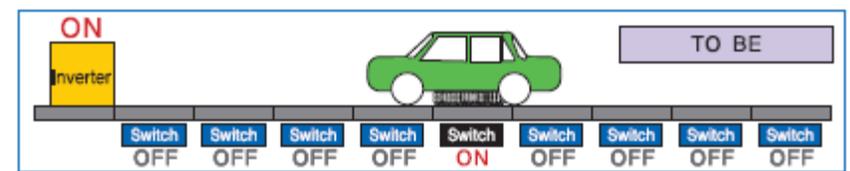
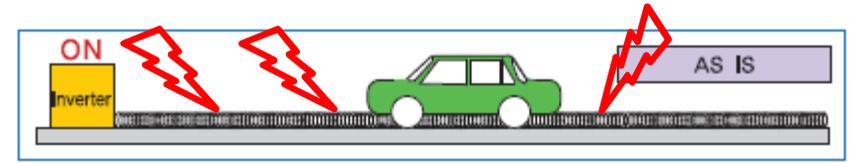
バス前部で $5\mu\text{T}$ 以内
 Power line 上では???

17センチの最低地上高を達成、電力伝送効率も72%まで向上

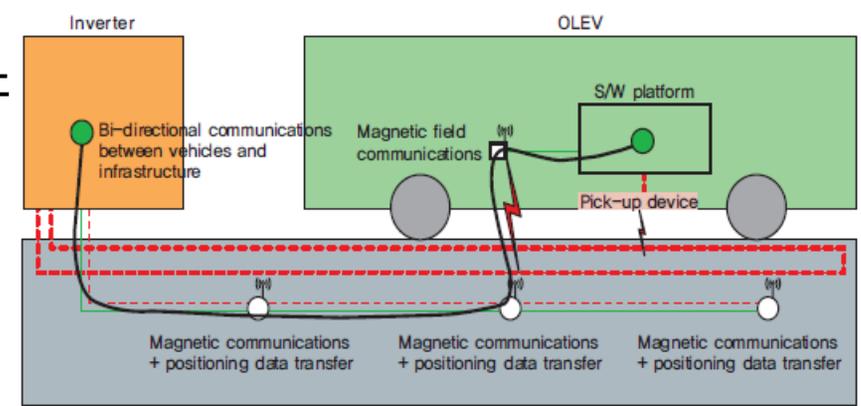


運行予定

- 2009年11月 ソウル公園でデモ走行
- 2011年 ソウルのバス専用車路にこのバスを導入予定
- そのほか米国ボストンのローガン空港、ユタ州のリゾート地「パークシティ」に設置計画中



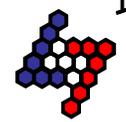
Safety secured from electric-magnetic waves Power efficiency improved



高周波電源ラインのスイッチング化により

電力と電磁放射の軽減を計画

出典: <http://ews.kaist.ac.kr/test/MHOLEV/D.%20OLEV%20Brochure.pdf>



BOMBARDIER / VAHLEの走行給電システム Showa Aircraft

非接触型給電方式による tram オペレーションシステム
「PRIMOVE technology」を発売 (2009年1月22日)



電磁誘導式非接触給電システムのPRIMOVE技術と、
車上の電気二重層キャパシタに回生を行うMITRAC
energy saver技術と合わせてエネルギー消費量を
30%軽減

地上のコイルは編成長より短い区間に区切られ車両が
上に来た時にだけ電流を流す**PRIMOVE技術で電磁波
の影響を最小限化**(磁束密度はEU基準に適合)
インフラコストも架線の1.5倍程度に抑えることが可能

2010年末にドイツウグスブルグ市で0.8kmの実証試
験を実施

Flanders' DRIVE research project
ベルギーロンメル市(2011年夏)

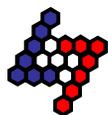


Volvo C30 電気バスを使って1,2 kmの試験道路
で実証予定。ピックアップサイズは3.6m

出典: EcofriendのHP, 「UITP Vienna 2009」 および

http://www.primovecity.bombardier.com/en/ready_now/lommel.html

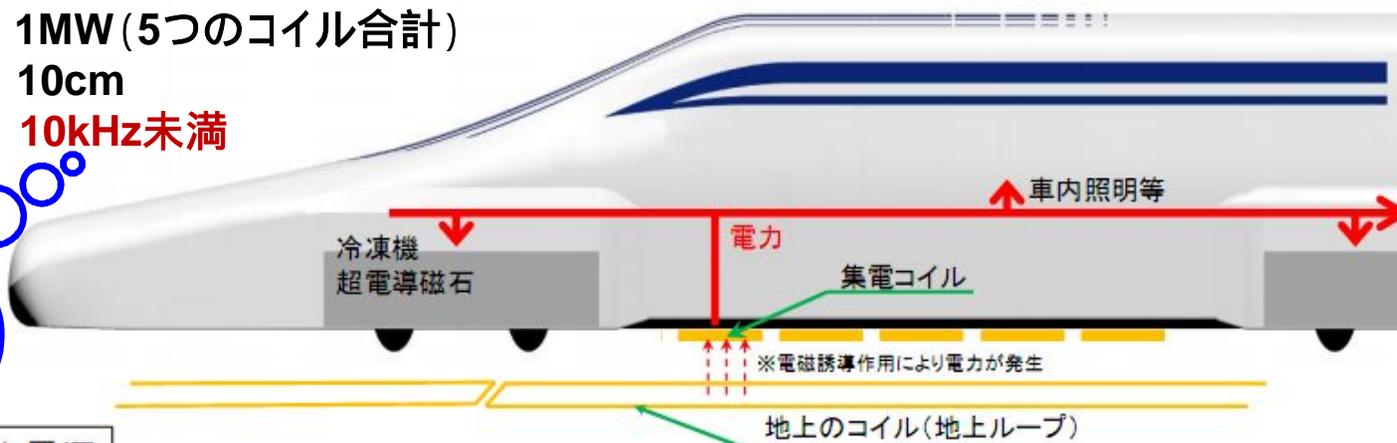
Electric Vehicle & Power Department



超伝導リニア用誘導羽州電方式による車上電源

2011年9月、実験線1km区間に設置し、0～505km/hの間で一定出力を確認
車内外の磁界実測値はICNIRP公衆ガイドラインの1%未満

出力 : 1MW (5つのコイル合計)
ギャップ : 10cm
周波数 : 10kHz未満



電波防護
指針の対
象から逃れ
るため

車上電源

超電導磁石の冷却、車内の空調、照明等を稼働するため、車両に搭載する電源装置のこと。

これまでの車上電源装置としては、灯油を使用するガスタービン発電装置を搭載していた。

今回の誘導集電方式は、地上に設置されたコイル(地上ループ)と車両に設置された集電コイルとの電磁誘導作用を利用して、車両機器へ電力を供給するものであり、燃料を使用せず車両から排気ガスを出さない環境面で優れた電源装置である。

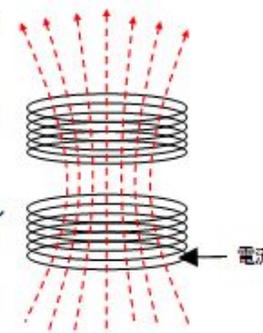
※ 電磁誘導とは、例えば右図の例のように離れた2つのコイルの片方に電流を流した際に生じる磁界の変化によって、もう片方のコイルに電力が発生する現象をいう。

② 車両の誘導
集電コイル

磁界により集電
コイルに電力が
発生

① 地上のコイル
(地上ループ)

電気を流すと地
上のコイルに磁
界が発生



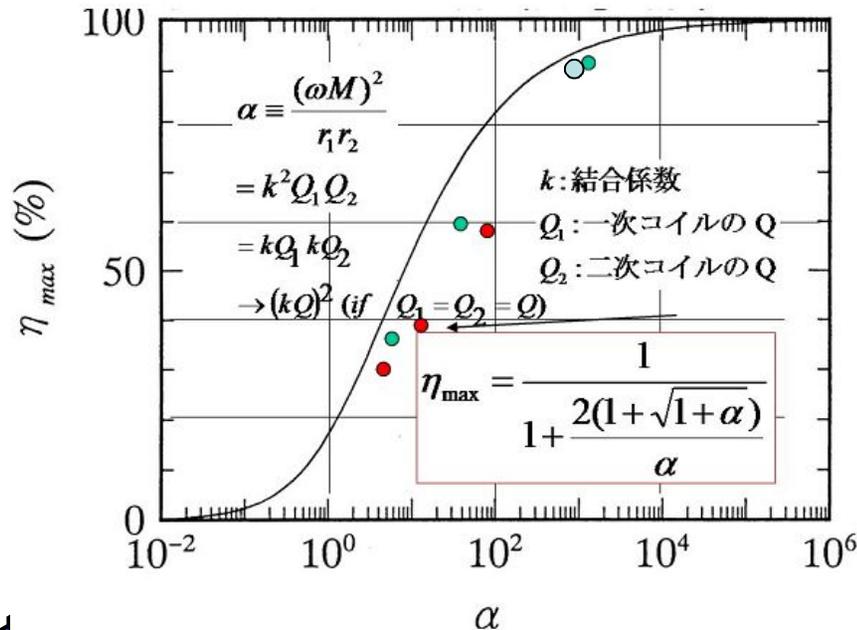
電磁誘導伝送 (誘導電磁界)

- ・短ギャップ ($L/D < 1$) で結合係数 $k \sim 0.6$ 程度
- ・誘導電磁界はコイル (ループアンテナ) の電流と絶えず直接的に結びついている 電流が0になると同時に電磁界は0

ここで L: 伝送距離
D: コイル直径

磁界共鳴伝送 (放射電磁界)

- ・長ギャップ ($1 < L/D < 10$) のため結合係数 $k \sim 0.01$
- ・高いQ値のコイルを利用して高効率を実現 (共振周波数帯域が狭い)
- ・放射電磁界はコイルから一度放射されると時系列的に以後直接的な関連性を持たない 電流が0になっても一度発生した電磁界は消滅せずに波動となって限りなく伝搬

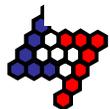


・コイル間伝送効率は kQ 積の2乗値によって決まることが理論的に導かれている

・電磁誘導と磁界共鳴の試験結果をプロットの結果、理論値と実験値は比較的よく一致

・磁界共鳴も電磁誘導の一種であるとの結論

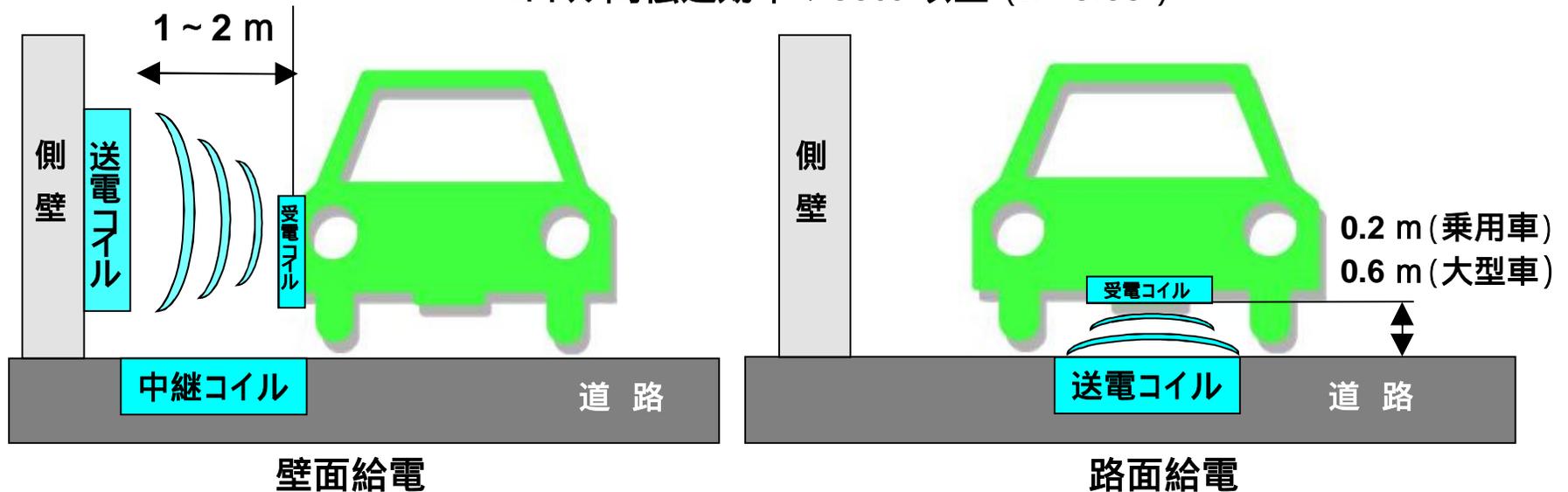
大ギャップ非接触給電で高い電力伝送効率を得ることは、空間の電磁氣的結合とコイルの性能指数である kQ 積を大きく取ることによって可能になる



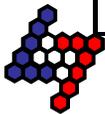
走行中非接触給電システムの開発

平成21年度 NEDO省エネルギー革新技术開発事業 挑戦研究(事前研究)にて開発
 平成22~24年度 NEDO省エネルギー革新技术開発事業 挑戦研究にて開発中

➤ コイル間伝送効率：80%以上 ($\kappa=0.05$)



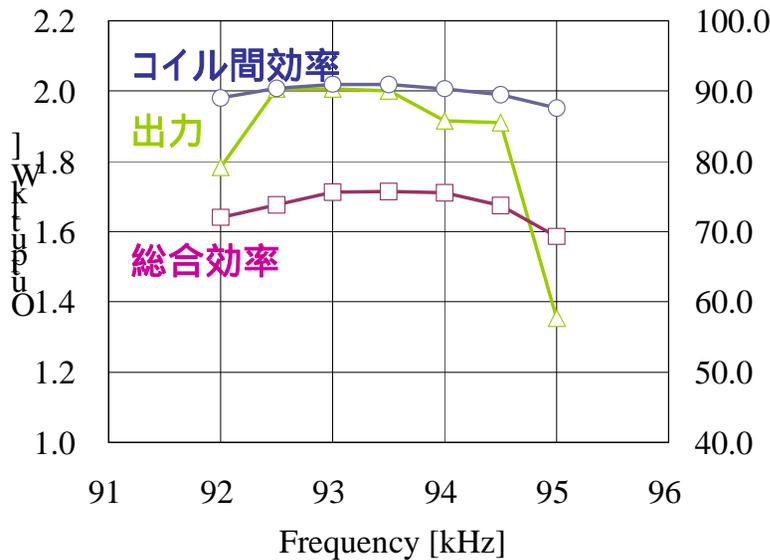
給電面	コイルギャップ	コイル長さ	メリット	デメリット
壁面	1 m ~ 2 m	比較的短い	設置性が良い 大型車両向け	距離変化が大きい 車両に自動調整機能が必要
路面	0.2 m: 乗用車 0.6 m: 大型車	比較的長い	距離変化が小さい 乗用車両向け	道路要件を満たすコイルが必要 路面メンテナンス性が課題 軌道逸脱で充電不可 自動運転の必要性



電力伝送試験結果

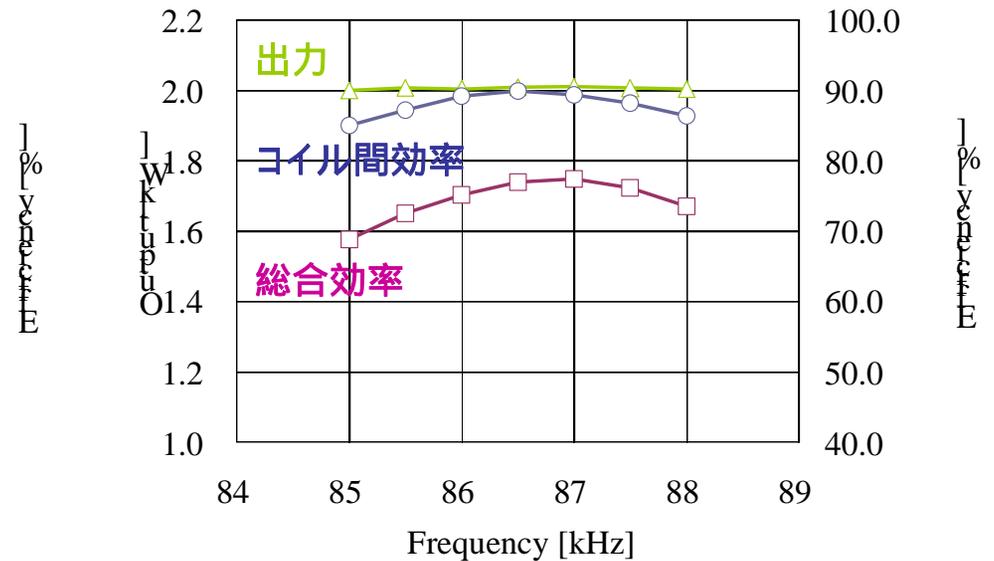
側面給電方式

- 出力 2kW
- 総合効率 76% (Gap1100mm)
- 中継コイル有り



路面給電方式

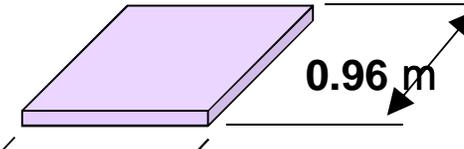
- 出力 2kW
- 総合効率 77% (Gap450mm)



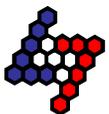
送電コイル / 中継コイル寸法



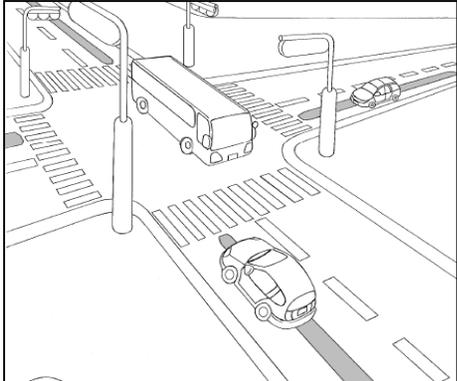
受電コイル寸法

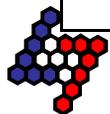


両方式を研究しているが、大ギャップにすると電磁放射が厳しく、現状では路面給電の方が有利



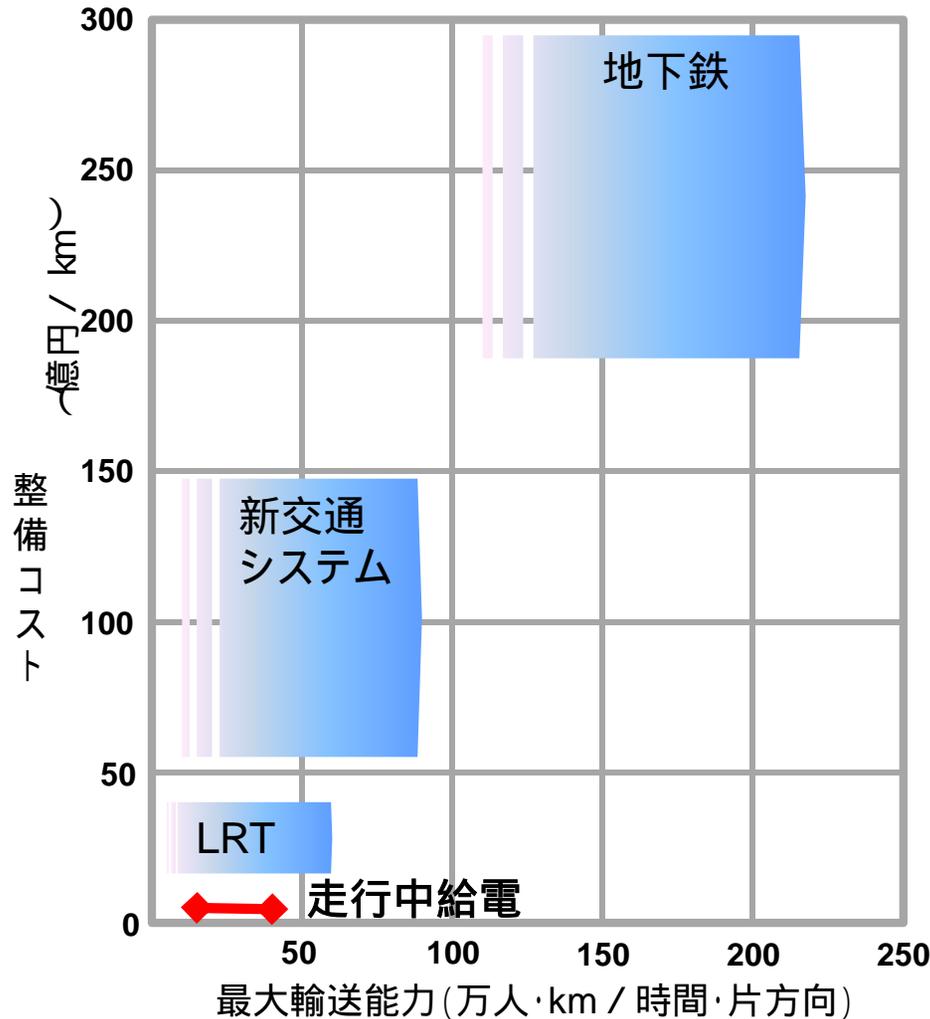
走行中給電の想定Roadmap

設置時期	FY'15		FY'20		FY'30		FY'50	
実施内容	市街地実証実験		市街地実用		都市間実証実験		都市間実用	
実施場所	市街地				高速道路			
シーン	交差点付近など 特定区間				登坂路など 特定区間		東名高速道路 (往復)	
設置長さ	25 m		250 m / 車線		2 km / 車線		350 km / 車線	
必要電力	6 kW		6 kW		20 ~ 30 kW		30 kW	
イメージ	<p>交差点付近</p> 				<p>登坂路</p> 		<p>高速道路走行車線</p> 	



走行中給電のインフラコスト計算例

公共交通機関の整備コスト



走行中給電の整備コスト

単位距離あたり概算コスト

2 ~ 3億円 / km

参考例

KAIST 1.9億円 / km

最大輸送能力

東名高速道路ベース

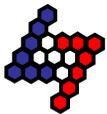
20 ~ 40万人・km / h

整備コストは自社資料、
輸送能力はNEXCOの資料を元に
EV普及と搭載される車種を
勘案して算出



**LRTや新交通システムに比べ
整備コストは非常に安価**

出典: http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/guidance/pdf/06section3_.pdf
より作成



ご清聴を感謝いたします

昭和飛行機工業株式会社 IPS・EV事業室
高橋俊輔 s-takahashi@showa-aircraft.co.jp

