

ワイヤレス電力伝送 (WPT) システムの 要求条件・制御方法について

2014.3.27

ブロードバンドワイヤレスフォーラム

各WPTシステムの要求条件・制御方法まとめ

	電気自動車用WPT	家電機器用WPT① (モバイル機器)	家電機器用WPT② (家庭・オフィス機器)	家電機器用WPT③ (モバイル機器)
商用化開始時期	2015年	2015～2016年	2016～2018年	2015年
用途・適用製品	普通乗用車(EV/PHEV)への充電	モバイル機器(携帯電話/スマートフォン、タブレットPC、ノートPC、携帯AV機器)、産業用IT機器への充電・給電	オフィス機器(PC用テーブル、モニター等)、調理器具(ブレンダー、フードプロセッサ、コーヒーマーカー、次世代IH調理器等)	ノートPC、タブレット、スマートフォン、その他モバイル機器への充電
WPT周波数	下記周波数帯の中から他システムとの共用化、国際協調等を考慮して適切な周波数帯を利用する 42kHz～48kHz 52kHz～58kHz 79kHz～90kHz 140.91kHz～148.5kHz	6.765MHz～6.795MHz	20.05kHz～100kHz。なお40kHz/60kHzを±2kHzでマスクする。(この範囲の中で基本周波数の±30%以内の周波数を利用する)	425kHz～524kHz(この範囲の中で50～80kHzの周波数帯を利用する) ※他システムとの共用化検討の過程で、利用周波数の検討範囲を広げた
送電電力	最大3kW程度(普通充電対応、家庭での充電を想定) 最大7.7kW程度(普通充電倍速、パブリック充電を想定)	数W～100W程度 (根拠:ノートPCなど100W必要な機器がある、また複数のモバイル機器への同時電力伝送を行うことも想定)	数W～1.5kW程度 (根拠:調理器具(特に加熱する器具)に必要な電力)	最大100W(定常時)、最大130W(ピーク時) (根拠:ノートPCなど100W必要な機器に対応する)
電力伝送距離	最大30cm程度 (根拠:地面と車体下面間で電力伝送を行うため)	密着～30cm程度 (根拠:机の上などで利用し、送電器から30cm程度の範囲内で位置や向きを自由に置いて利用することを想定)	密着～数cm (根拠:技術方式として数cmまでの利用になる)	密着～数cm (根拠:技術方式として数cmまでの利用になる)
伝送形態(同時運用時の送電器と受電器の数)	1対1	1対複数	1対1	1対1
WPT周波数(基本波)の放射レベル	磁界強度: 97.5 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (3kW) 156 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (7.7kW) 電界強度: 36.7mV/m@30m (3kW) 58.9mV/m@30m (7.7kW) (根拠:①米国FCC Part18cを参考(米国市場との整合性を意識)、②実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)	磁界強度: 265.3 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ 電界強度: 100mV/m@30m (根拠:実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)	磁界強度: 2.65 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ 電界強度: 1mV/m@30m (根拠:実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)	磁界強度: 0.26 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ 電界強度: 100 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (根拠:実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値)
WPT周波数以外のスプリース(9kHz～30MHz)	電波法施行規則第四十六条の七の「二 電磁誘導加熱式調理器」を参考 (根拠:最低限守るべき条件であり、全てのWPTシステムに対して共通に参考できる)			
最大電力送電時	正弦波	正弦波	正弦波	正弦波
WPT周波数の可変幅	6kHz～11kHz (根拠:周波数スキャンにより最大効率が得られる周波数に設定するため)	30kHz (根拠:送電周波数のバラツキを許容するため)	基本波の±30%kHz以内 (例:基本波30kHz:22k～38kHz) (根拠:周波数スキャンにより最大効率が得られる周波数に設定し、また出力制御を行うため)	50～80kHz:使用帯域の合計 (根拠:周波数サーチにより最大効率が得られる周波数に設定するため)
周波数スキャン時の送電電力	50W程度	スキャンは行わない	1W程度	周波数サーチ時に電力伝送は行っていない(インピーダンス測定を行っているだけのため)
その他の利用	受電コイルの位置検出のため、微弱電力(5W程度)での送電を行う。	受電コイルの存在確認のため、微弱電力(0.1W程度)での送電を行う。また、受電側制御器動作させるための必要な電力を供給するため低電力送電(1W程度)を行う。	・受電コイルの存在確認、および受信機器の動作検証のため低電力送電(1W程度)を行う。	(特になし)
電力伝送開始までの制御の基本動作	①通信確立 ②駐車時および距離検出 ③受電コイル位置確認 ④送電開始 ※状態のモニターや最適効率化のための制御データのやり取りを別の無線システムを利用して行う	①受電器存在確認 ②制御器を動作させるための低電力送電 ③制御通信確立 ④送電開始 ※受電状態確認のための制御データのやり取りを別の無線システムを利用して行う	①機器検知(受電機器の存在確認) ②機器認証(受電機器を認証、また周波数サーチにより最適値を決定する) ③送電開始 ※出力制御のため送電ユニットで周波数を制御する。	①着地検知(受電電極の認識) ②周波数サーチによる共振ピーク検出 ③ID認証 ④送電開始
通信制御のための方法	WPT周波数とは異なる別の無線システムを利用	WPT周波数とは異なる別の無線システムを利用	WPT周波数と同一周波数内で、送・受電器の周波数を制御変化を分析し、制御する。(電力伝送波形を見ているのみ)	WPT周波数と同一周波数で行う(電力は2W～3W程度)

電気自動車用WPT

電気自動車用WPTシステム概要

基本技術要件

【電力伝送方式】

- ・磁界を利用したワイヤレス電力伝送

【コイル位置】

- ・1次コイル : 地面(地面上, 埋め込み)
- ・2次コイル : 車両下面

【電力伝送距離】

- ・30cm程度以下を想定
(特に20cm程度以下をメインと想定)

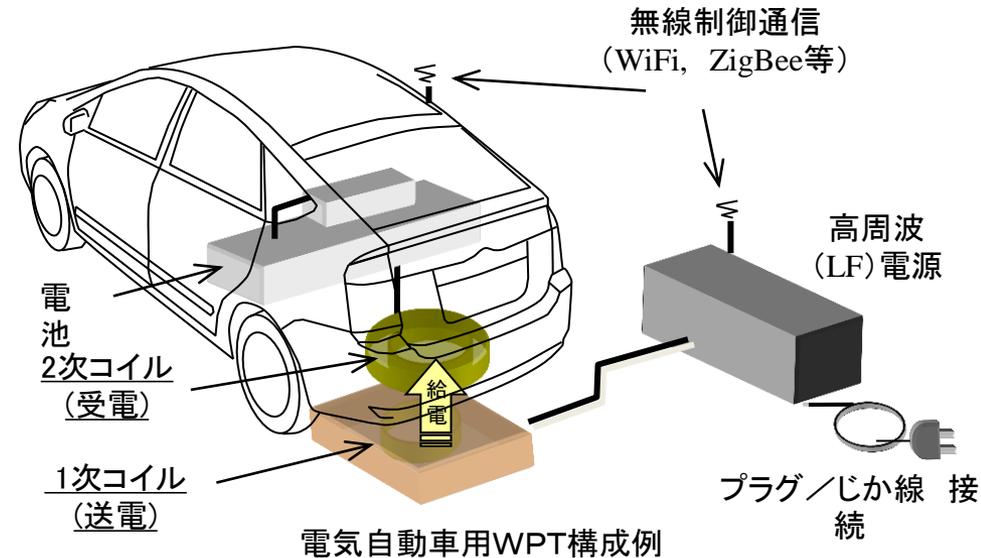
【利用周波数帯候補】

- ・42~48kHz
- ・52~58kHz
- ・79~90kHz
- ・140.91~148.5kHz

利用周波数帯は電力伝送の為だけに使用し、1次コイル、2次コイルの制御は無線制御通信(WiFi、ZigBee等の既存の通信技術)を使って行うことが国際的に提唱、議論されている。

【送電電力】

- ・普通充電対応 : ~3kWクラス (家庭での充電を想定)
- ・普通充電倍速 : ~7.7kWクラス(パブリック充電を想定)



電気自動車用WPT需要予測

需要予測

- ・2015年より制度化対応製品リリース開始し、2020年以降に本格的に普及する見込み。
- ・経済産業省『次世代自動車戦略2010』に基づいて、2020年及び2030年のWPT需要を予測。

【想定条件】

- ・対象車両 : EV及びPHEV
- ・国内車両販売台数 : 500万台(2020年, 2030年)
- ・対象車両比率 : 15~20%(2020年)
: 20~30%(2030年)
- ・WPTオプション率 : 20%(2020年), 50%(2030年)
(2015年より販売開始し、5年後, 15年後のオプション率を想定)

【需要予測】

- ・国内WPT需要予測 : 15~20万台/年(2020年)
: 50~75万台/年(2030年)

海外WPT需要予測については、国内外車両販売比率から、国内需要の20倍程度が見込まれる。国内、海外共に、EV/PHVの普及が進む2020年以降にて非常に大きな市場が予想される。

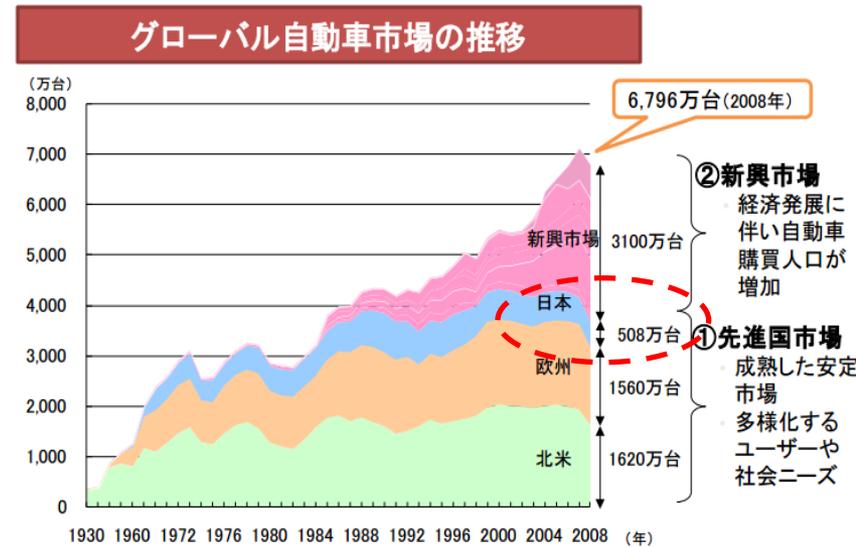
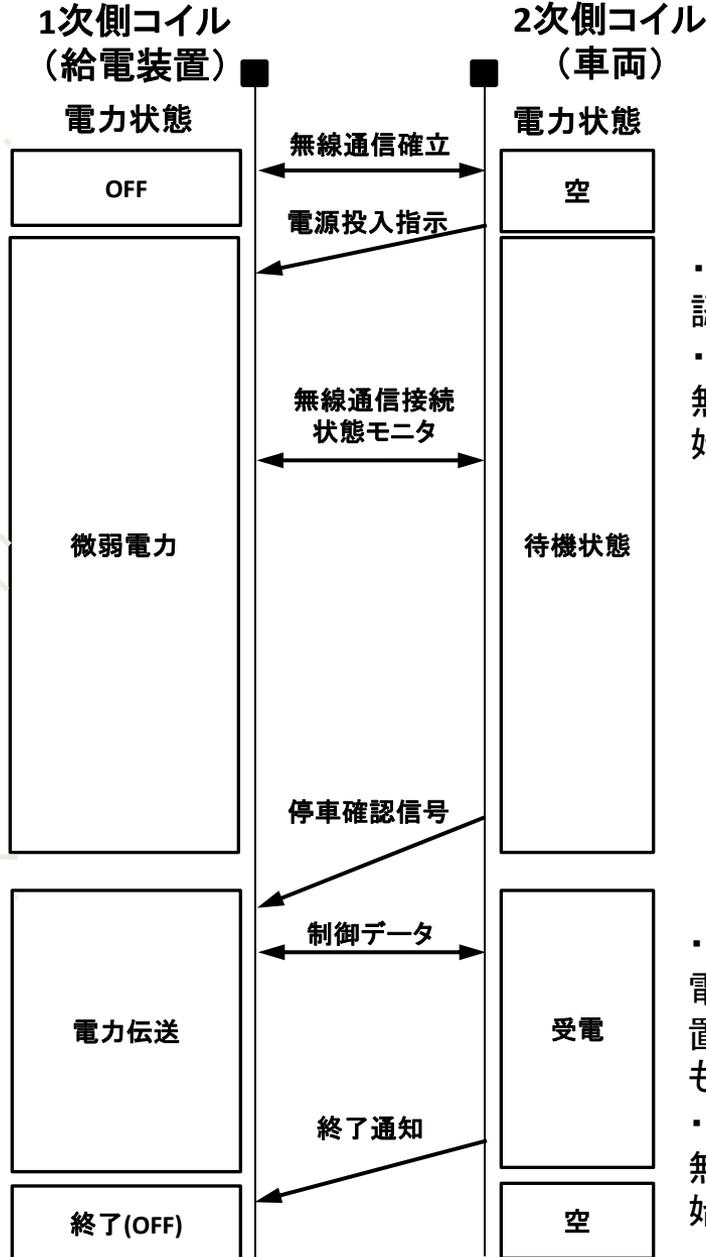
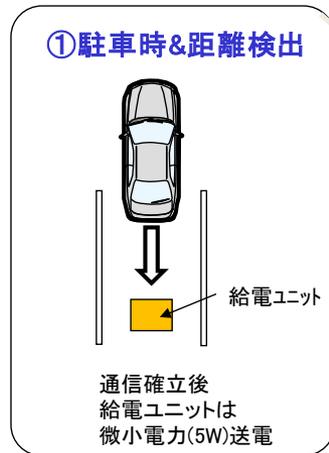


表: 2020~2030年の乗用車種別普及目標 (政府目標)

	2020年	2030年
従来車	50~80%	30~50%
次世代自動車	20~50%	50~70%
ハイブリッド自動車	20~30%	30~40%
電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	15~20%	20~30%
燃料電池自動車	~1%	~3%
クリーンディーゼル自動車	~5%	5~10%

電力伝送の基本的な制御シーケンス



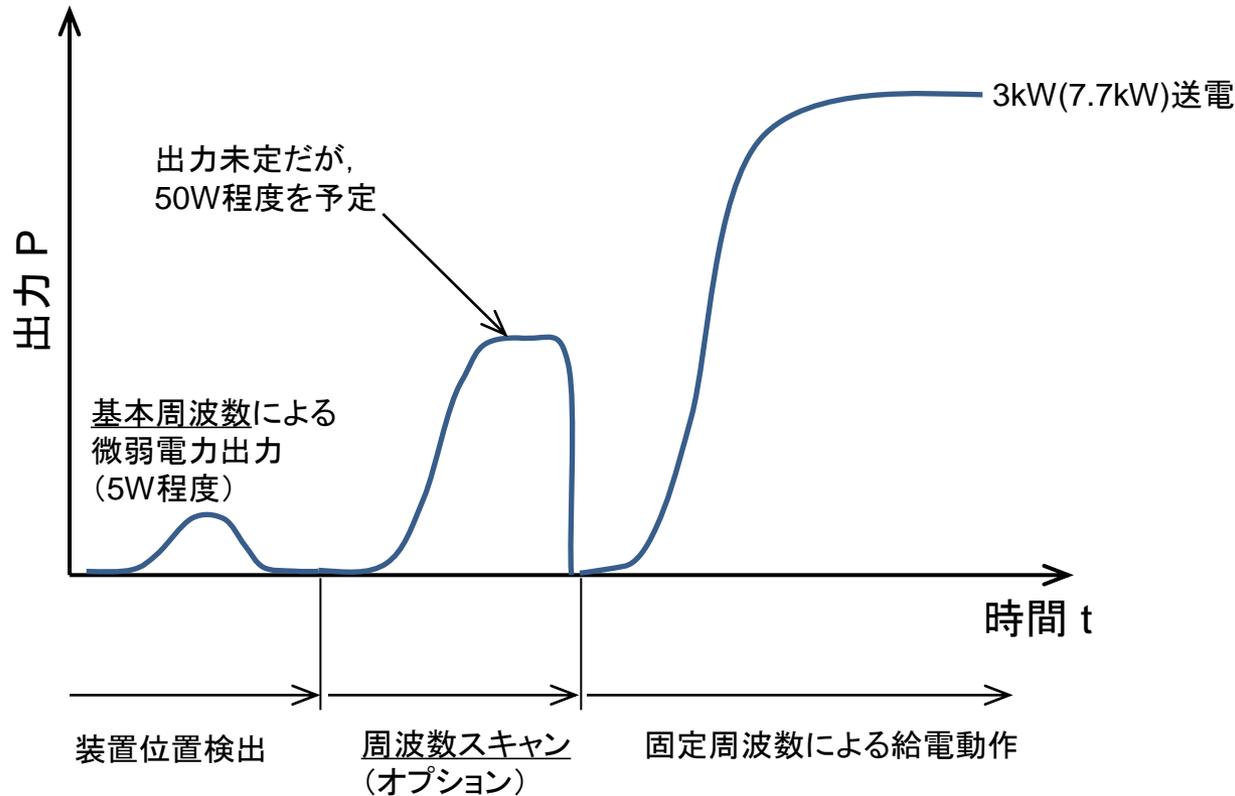
- ・無線通信接続確認後、駐車位置確認の為、微弱電力での送電開始。
- ・インフラと車両が離れている場合は無線通信確立されず、そもそも充電開始されない。

- ・充電中は1次側で力率、過電流、過電圧等をモニタしており、想定外の位置ずれにより力率等が悪化した場合も充電停止する。
- ・インフラと車両が離れている場合は無線通信確立されず、そもそも充電開始されない。

給電シーケンスにおける周波数変動（オプション）

動作内容

- ・本システムは最大効率での送電の為に、出力周波数の自動調整(周波数スキャン)機能も検討されている。
- ・周波数スキャンは、車両駐車位置検出、システムチェックの目的での微弱電力送電(5W程度)が終了してから行われる。
- ・周波数スキャン時の出力、周波数レンジ幅は、今後適合実験を重ねて決定する。(最大でも割り当て周波数内)
- ・周波数スキャンは数秒で終了。以降、周波数固定して充電動作を続ける。



家電機器用WPT① (モバイル機器)

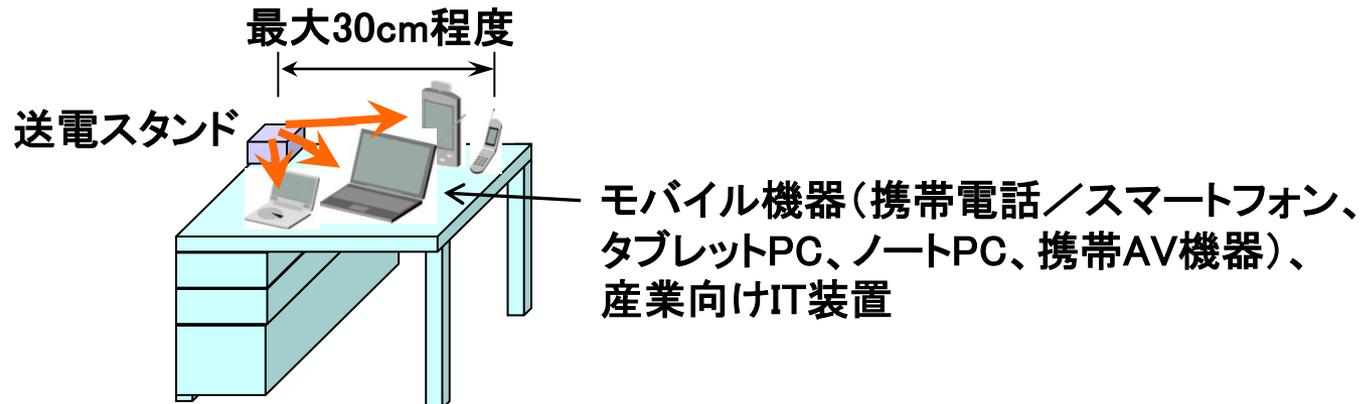
実用化システムの利用シーン

(1) 送電台上に置いたモバイル機器への電力伝送



製品化時期: 2015年

(2) 送電スタンドの周囲のモバイル機器への電力伝送

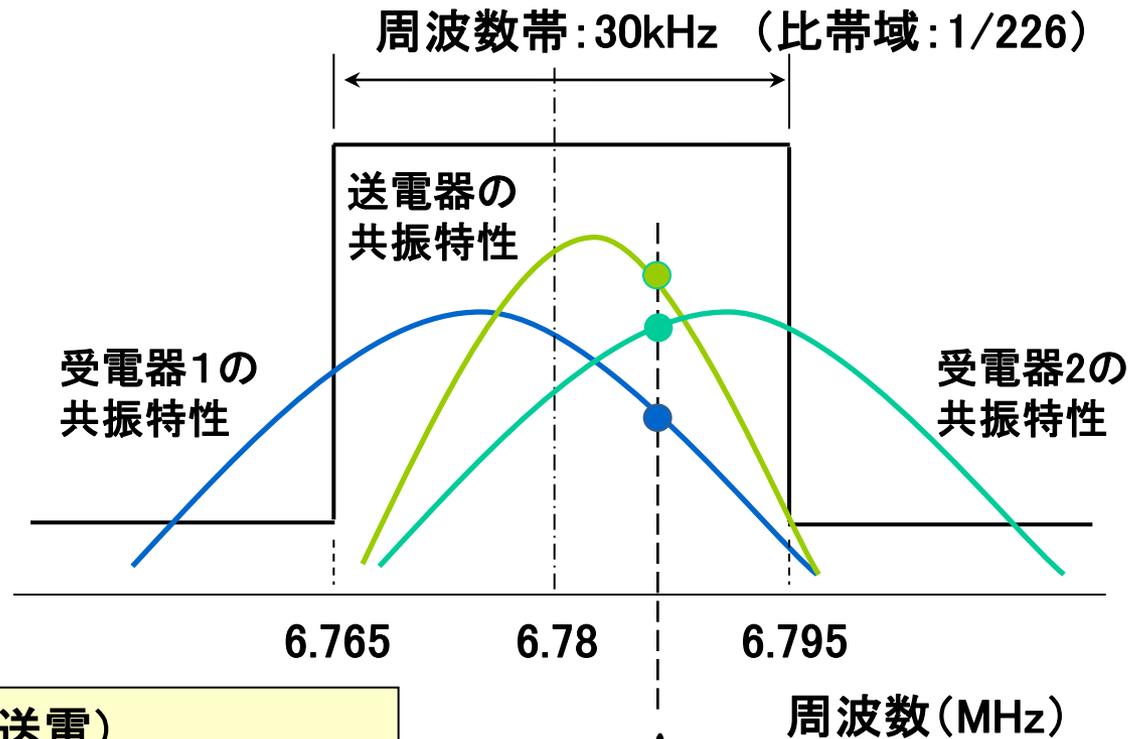


製品化時期: 2016年

実用化システムの仕様

電力伝送方式	磁界方式(磁界共鳴)	
対象機器	携帯電話(3W程度)、スマートフォン(5W程度)、 タブレットPC(10W程度)、ノートPC(50~100W程度)、携帯AV機器、 産業向けIT装置等	
使用環境	家庭、オフィス、店舗、公共スペース、車両内等	
コイル位置	送電側	送電パッド、什器、机、車コンソール、送電スタンド等
	受電側	機器内、機器ケース内等
送電形態	送電:1、受電:複数(同時送電)	
希望利用周波数	6.765~6.795MHz	
伝送電力	数W~100W程度 理由:複数のモバイル機器への同時電力伝送を行うため	
伝送距離	密着~30cm程度 理由:モバイル機器を置く位置や姿勢の自由度が増し、受電の 利便性やWPTシステムの設計自由度が増大するため	
安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・送電相手を認識して送電開始、充電時にはその終了時に送電を止める仕組み ・安全上問題があるときには送電を止める仕組み 	
利用形態	人体が対象機器に接触したり、人体の一部が送受電コイル間に入ることを想定	

WPT利用周波数



送電: 1 対 受電: 複数 (同時送電)

- ・送電周波数は固定で使用
(送・受電器の共振特性に合わせるために周波数を振ることはしない)
- ・送電周波数は、送電器に使用する発振器の発振素子の製造偏差のため、発振素子を選別しても最大で±10kHz程度のバラツキが有る。このバラツキを許容するために6.78MHz ISM帯の30kHzの周波数幅が必要。

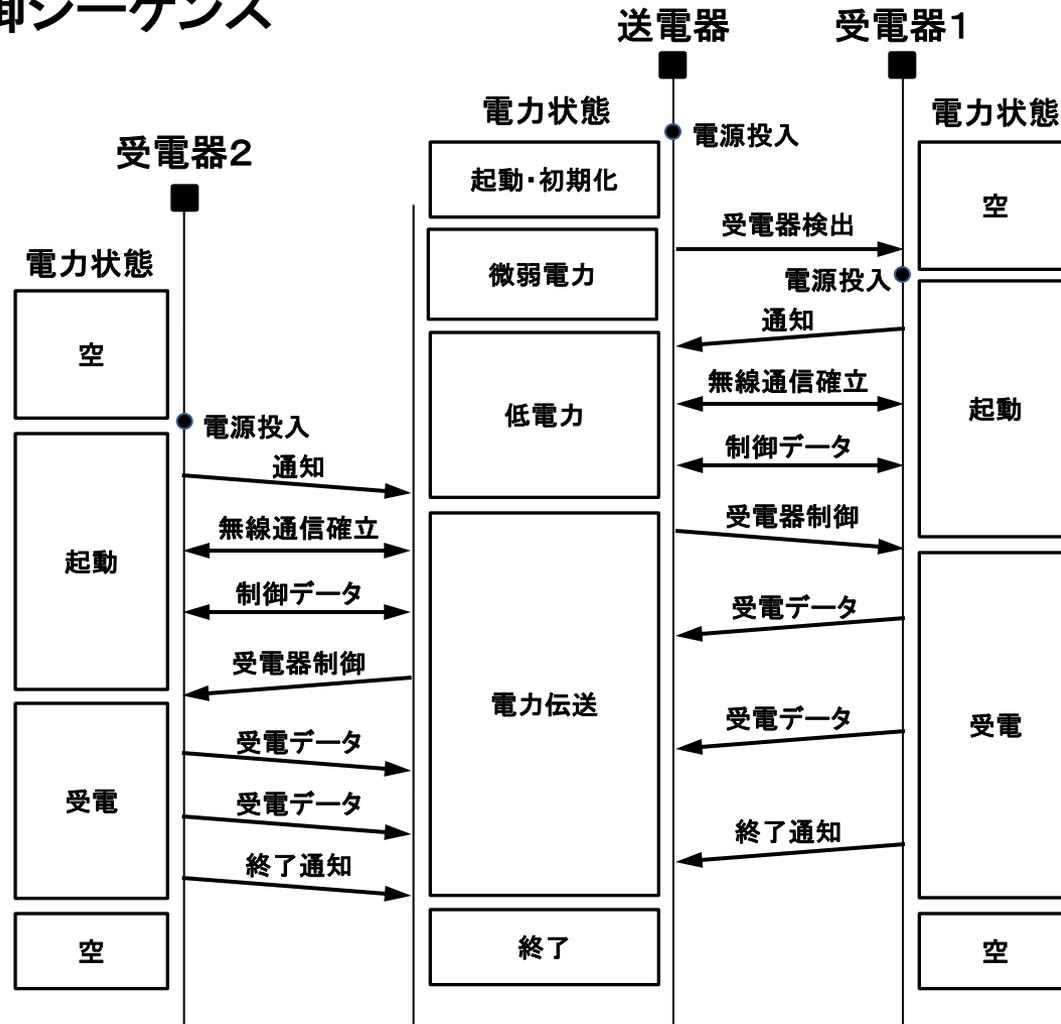
送電周波数 (固定)

電力伝送の基本的な制御シーケンス

◆WPT周波数： 6.765～6.795MHz

制御通信周波数： 2400～2483.5MHz (WPTと別の周波数)

◆制御シーケンス



・送電器から微弱電力を送電し、受電器が存在することを確認

・通知情報から送電する受電器を確認

・制御通信の無線通信確立後、送電器と受電器の電力伝送制御データを交換

・所定値の正弦波電流を送電器のコイルに流して電力伝送

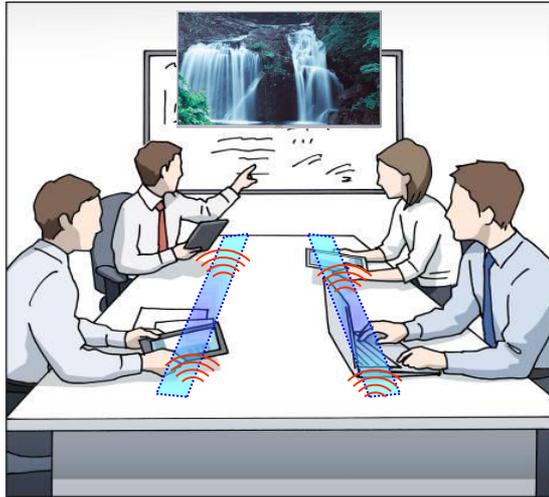
・電力伝送中は受電器から電流、電圧、受電器状態のデータが送電器に送られ、送電器はデータに基づいてコイル電流を調整

・受電器からの受電終了通知や異常状態通知により、電力伝送を終了

家電機器用WPT②

(家庭・オフィス機器)

1. 実用化システムの利用シーン



PC用テーブル，モニター等への応用

〈受電機器に合わせた小型化〉

商品化想定時期：2016年～



住宅設備類への応用

〈組み込みにより小型化・軽量〉

商品化想定時期：2017年～



キッチン(調理家電)への応用

(ブレンダー，フードプロセッサ，
コーヒーマーカ，次世代IH・WPT調理器等
〈低コスト・ロス低減〉

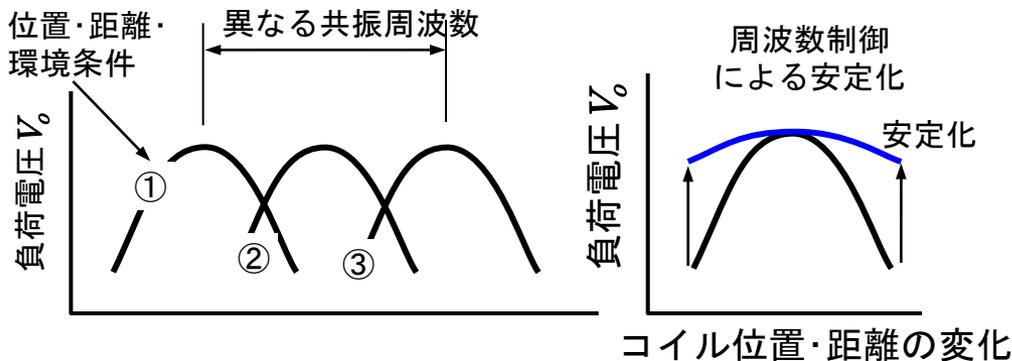
商品化想定時期：2018年～

2. 実用化システムの仕様

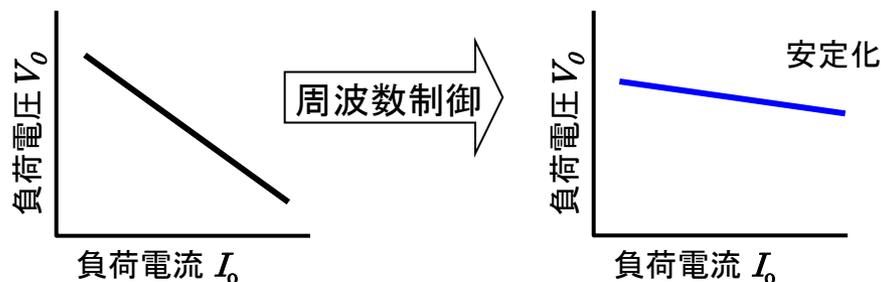
電力伝送方式	磁界結合方式（電磁誘導）	
対象機器	PC・モニタ，調理器具等	
使用環境	家庭，オフィス等	
コイル位置	送電側	机/テーブル，給電パッド，什器等
	受電側	機器内
伝送電力	数W～1,500W程度	
利用周波数	20.05kHz～100kHz 但し，40kHz/60kHzにマスク	
伝送距離	密着～10cm程度（ほとんどは密着か数cm以内）	
伝送形態	1 対 1 を基本とする	
安全性	<ul style="list-style-type: none">・適切な受電相手であることを認識・認証して送電する・安全上問題があるときには送電を止める仕組み	
利用形態	商品形態により対象機器を人体で操作することを想定。但し，人体の一部が送受電コイル間に入ることを想定していない	

3. WPT機器の使用周波数

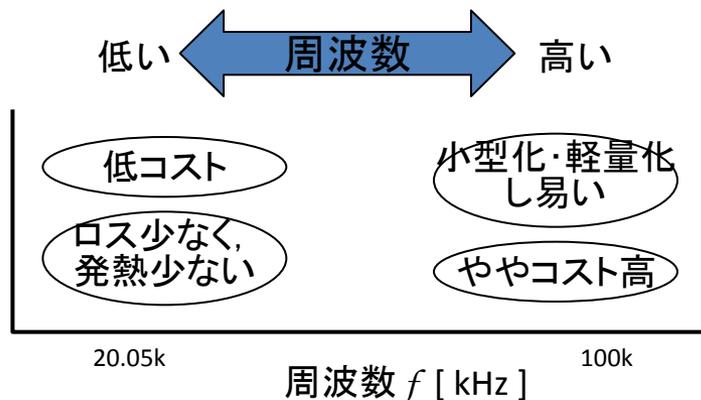
(1) 1次・2次コイルの相対的位置・距離・周囲環境の変化で共振周波数が変動するため、周波数を変える必要がある。



(2) 負荷の変動に対応し、漏えいノイズを小さくするため周波数制御することで、負荷電圧を安定化できる。



(3) 商品利用シーン(大きさや使用場所, 使われ方等)に合わせた周波数を使用したい。



使用周波数の候補 : 20.05k ~ 100kHz

(4) 20.05k ~ 100kHzの周波数は従来の高周波技術やコンポーネントを活用できる

制御技術やノイズ低減技術の応用に有効
小型化に有効, 低価格化に有効

周波数制御幅 : $f_c \pm \sim 30\%$ 以内

4. 制御シーケンスおよび安全の考え方

受電(家電)機器

給電ユニット

各状態イメージ図

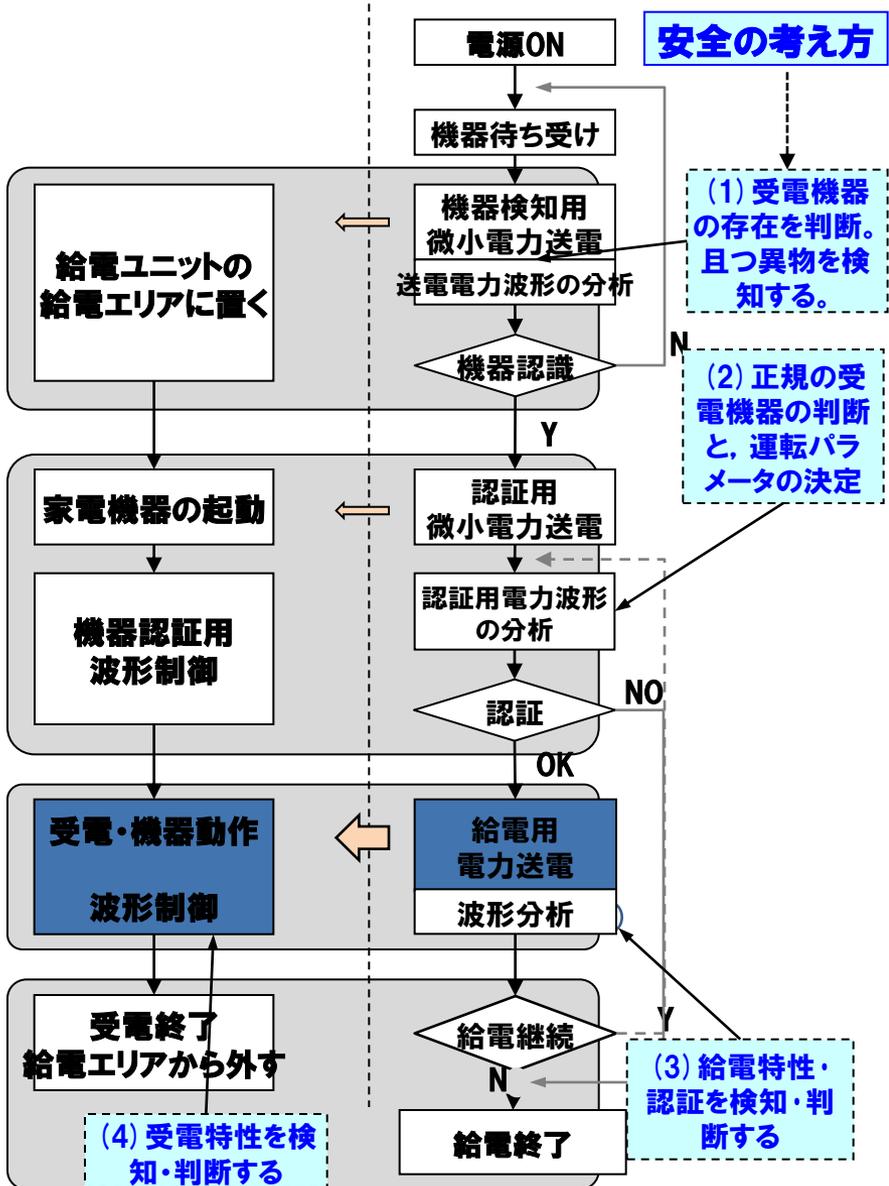
安全の考え方

① 機器検知

② 機器認証

③ 給電

④ 給電終了

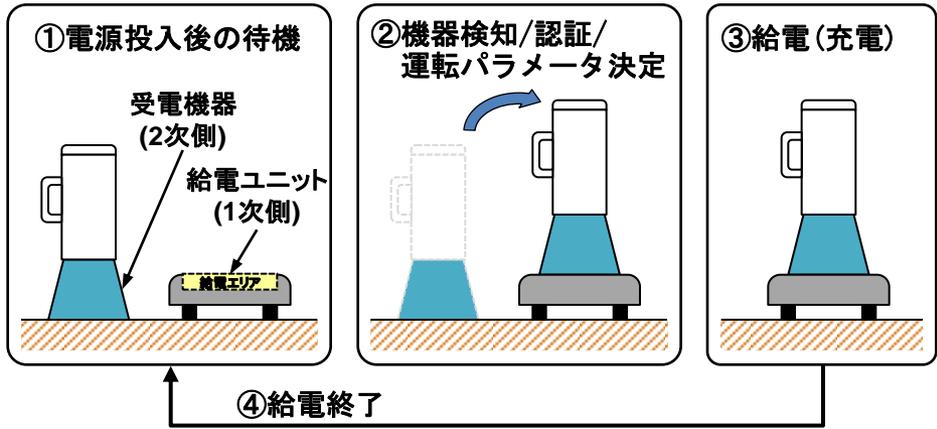


(1) 受電機器の存在を判断。且つ異物を検知する。

(2) 正規の受電機器の判断と、運転パラメータの決定

(3) 給電特性・認証を検知・判断する

(4) 受電特性を検知・判断する



- 電源投入後の待機
- 電源スイッチ投入後、機器の初期化等待機状態にある。
- 受電機器の検知 (位置確認, 異物確認)
 - 機器検知用微小電力を送電し、機器が給電ユニットの給電エリアに置かれると、機器を検知する。(異物の検知)
 - (1) 機器の存在, 異物の検知
 - 受電機器の認証 (運転パラメータの決定)
 - 認証用微小電力を給電し、受電機器が動作開始し、受電機器内で、負荷を制御し、受電波形を変える。
 - また周波数をスキャンし、運転パラメータ (周波数) を決定する。
 - 給電ユニット自身で、給電波形を検知・分析し、認証確認する
 - (2) 適切な機器であることの認証
 - 給電
 - 認証完了後、給電を開始する。(給電出力は、受電機器の受電量変化に応じ、自動的に変化する。また、給電ユニット自身で定期的に認証を行う。
 - (3) 給電中、給電特性・機器認証が異常な場合は給電を停止。
 - (4) 受電特性が異常な場合は、負荷を止め、給電させない。
 - 給電終了
 - 受電機器が外されると、認証できなくなり、給電を終了する。

家電機器用WPT③ (モバイル機器)

1. 実用化システムの概要

実用化システム：電界結合型PC用ワイヤレス充電器

応用製品：ノートPC、タブレット、スマートフォン、その他モバイル機器

製品化時期：2015年



PC用ワイヤレス充電器の製品イメージ



参考)

10Wタブレット用充電器
(2011年実用化済み)

2. 利用シーン、仕様

利用場所: 家庭内、オフィス、車内、公共の場所(店舗、駅など)

ポータブルタイプについては、室外でも使われる可能性あり。

使い方: テーブルにおいて充電、スタンドにおいて充電、バッグに入れた状態で充電

システム数: 送電と受電は1対1対応

家庭内—最大5台程度(一世帯あたり)、オフィス—最大10台程度(一部屋あたり)

家庭での使用例



オフィスでの使用例

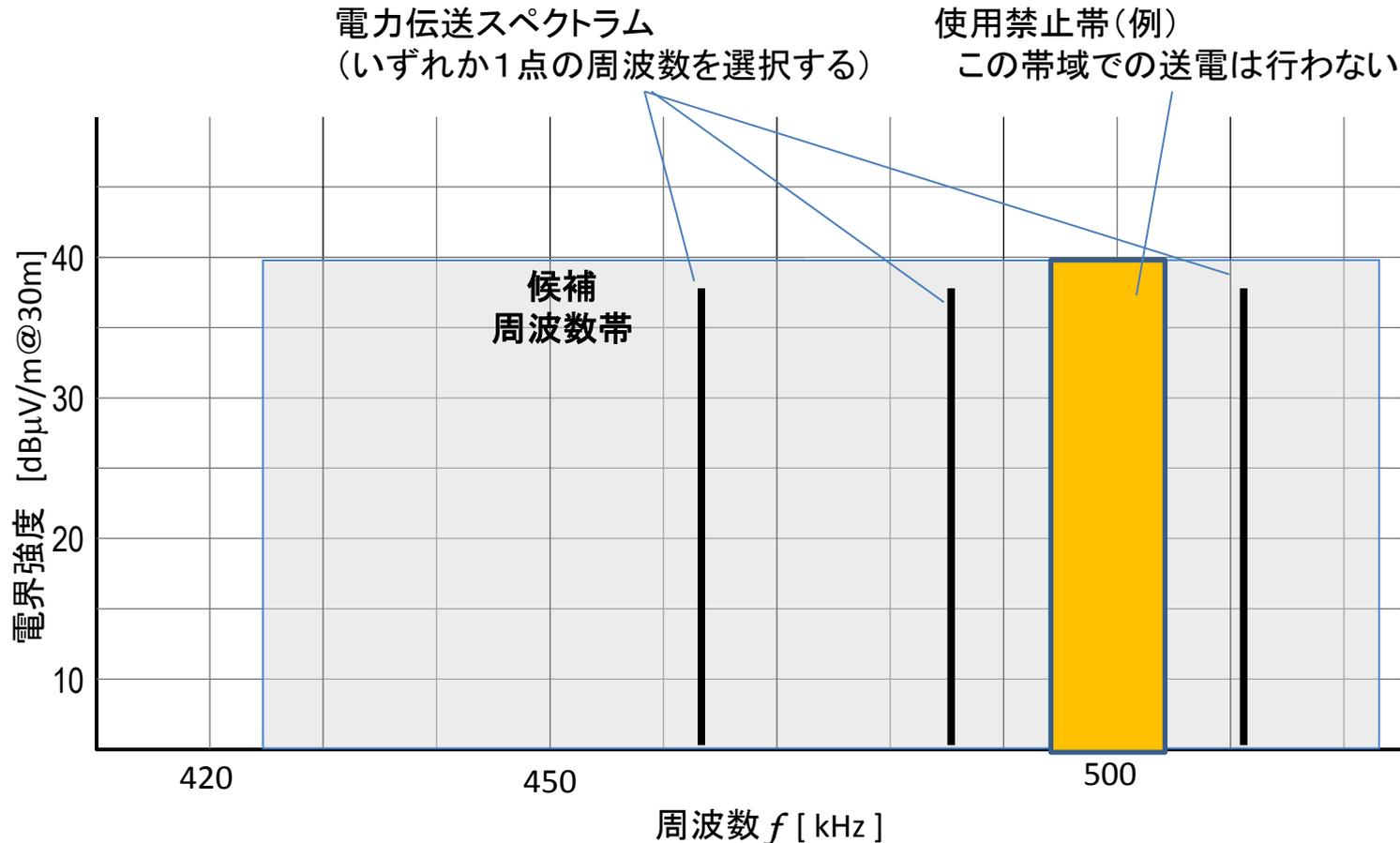


電力伝送方式	電界結合方式
電力伝送周波数	425-524kHz (この範囲の中で絞込みを行う)
電力伝送の範囲 (利用する範囲での伝送距離、位置ずれなど)	伝送電力(定常時): 最大100W(定常時)、最大130W(ピーク時) 伝送距離: ~1cm 位置ずれ(水平方向): ±1~5cm程度
制御通信方式	負荷変調、振幅変調 2~3W程度の電力伝送波を搬送波として利用 制御通信の周波数は利用周波数帯域内

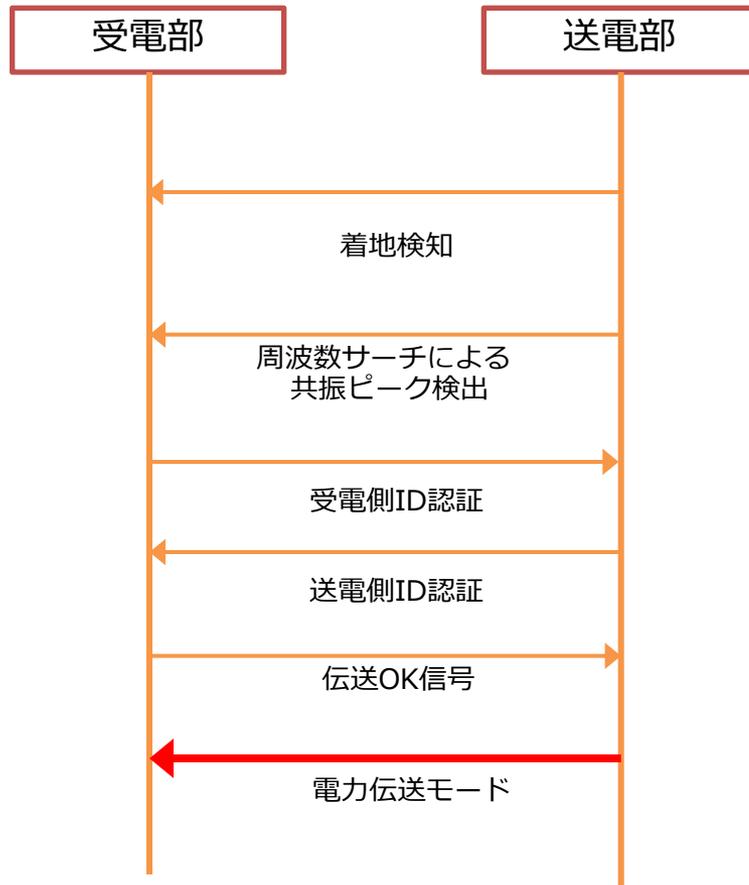
3. WPT周波数について

利用周波数帯：425k～524kHz

この中の一部の帯域(合計で50～80kHz)に決定する予定である。
利用周波数帯の中から効率の良い1点の周波数を選択して伝送する。
共存検討の結果、使用不可の帯域については使用しないこともできる。
電力伝送時の伝送波形は帯域幅50Hz以下の線スペクトラムである。



4. 制御シーケンス



受電部の検知について

左図のように充電シーケンスの中で受電部／送電部が互いを認識するステップがあり、検知、認証が完了した後、送電モードに移る。

- ・着地検知
- ・周波数サーチによる共振ピーク検出
- ・ID認証
- ・送電

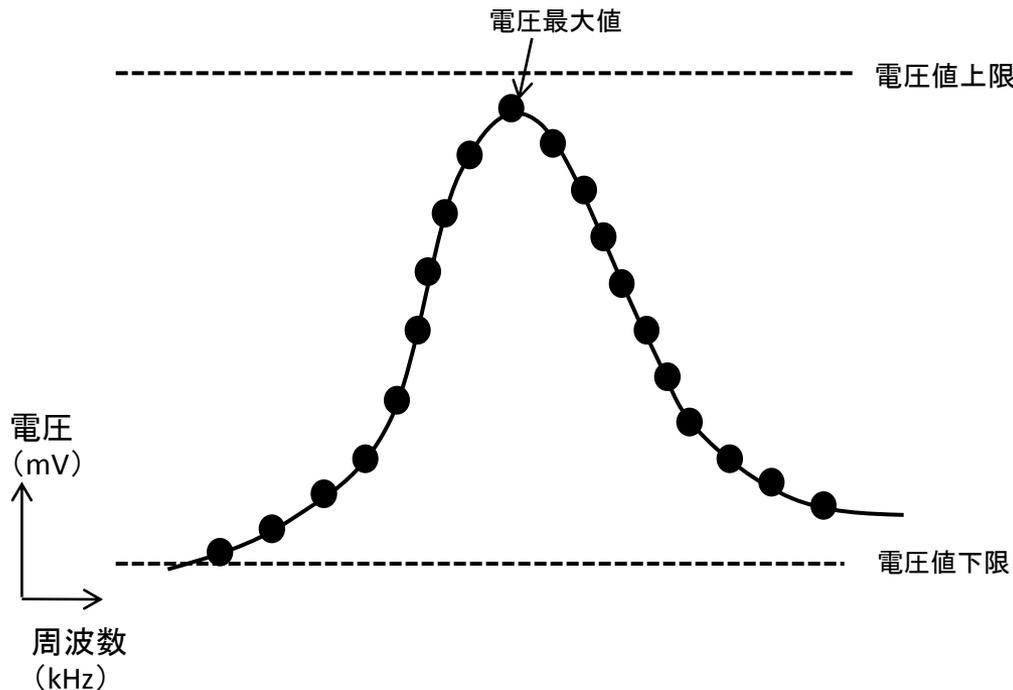
上記の検知のフェールセーフ

送電時に送電部が電圧値、電流値を常に監視をしている。電圧値、電流値の変動や、絶対値から異常の有無を判断し、異常が発生したと判断した場合、ただちに電力伝送を停止する。

4. 制御シーケンス

周波数サーチについて

電界結合方式では“周波数サーチ”という方法で送電側が共振インピーダンスを測定した後、伝送効率の高い一つの周波数だけ選択して電力を伝送している。



周波数帯域における共振インピーダンスの最大値を検出してから電力伝送を行う。
(この時、電力伝送は行われていない)

検出は以下の手順で行われる。

- ①周波数を変えながらインピーダンス (実際のモジュールでは電圧値を測定してインピーダンスに換算) の測定を繰り返す。
- ②測定したインピーダンスを、コントローラに記録する。
- ③記録したインピーダンスの最大値となる周波数で送電を開始する。

電力伝送周波数は受電機器が持つ共振周波数により決定される。

共振インピーダンス測定時は電力伝送を行わないため、特に測定周波数範囲に関しての制限はない。