

# 天才テスラとワイヤレス電力伝送の技術と歴史

那須科学歴史館 田澤勇夫

2026年2月28日, 3月1日

## 1. ワイヤレス電力伝送の技術と歴史の概要

- ワイヤレス電力伝送の概略史
- ワイヤレス電力伝送の技術の概要

## 2. 天才テスラの技術と生涯

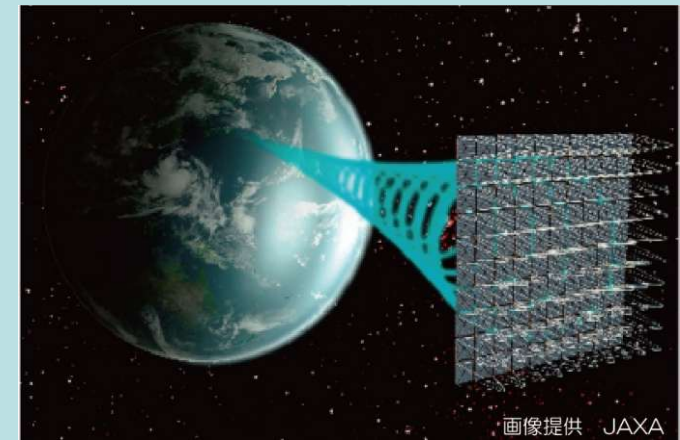
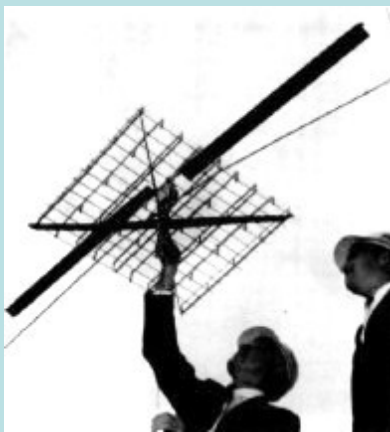
- テスラの人生の概要
- 回転磁界、交流モーターの閃き
- エジソンとの電流戦争、テスラとエジソンの確執とその原因
- 無線送信実験塔(ウォーデンクリフ・タワー)
- マルコーニの大西洋横断通信実験、同じ事例の特許上の争い
- 天才科学者のナラティブとロジック、ファラデー、アインシュタインの事例
- テスラのナラティブとロジック、天才音楽家との比較

## 3. ワイヤレス電力伝送技術の解説と実演

- ワイヤレス電力伝送WPTの最先端研究開発
- テスラ・コイルとテスラの無線送電ナラティブをロジックで説明
- 電磁誘導型ワイヤレス電力伝送技術
- 磁界共振型ワイヤレス電力伝送技術

# ワイヤレス電力伝送WPTの概略史

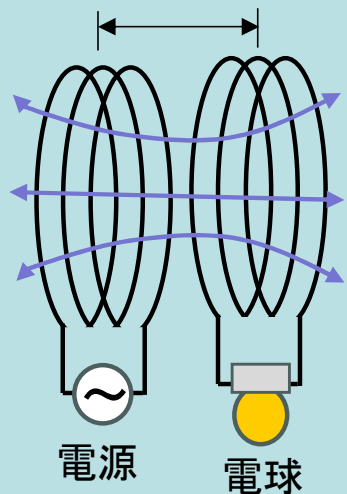
- 1899 テスラによる最初の無線電力伝送  
大型テスラ・コイルから距離30mにおける18mのループアンテナにつながれた3個の電球を点灯
- 1931 ハレル・ノーブル(ウエスチングハウス社)が、電磁波による電力伝送実験に成功  
送信出力1.5kW、周波数100MHzで、5~10mの距離の送電。
- 1964 米国のウィリアム・ブラウンがマイクロ波ビームによる電力伝送で小型無人ヘリコプターを飛行  
3mのパラボラアンテナにより周波数2.45GHz、出力5kWのマイクロ波ビームをヘリコプターに伝送  
高さ9mに上昇し、その高度を維持。4480個のダイオードによって270Wの直流電力に変換。
- 1968 米国のピーター・グレイザーによる宇宙太陽光発電システム(SSPS)の提唱
- 1970~ 宇宙へのエネルギー伝送の研究を開始
- 1974 アメリカの発明家ジョン・ジョージ・ボルガーにより電気自動車への給電の試み
- 1992 地上から模型飛行機へのマイクロ波送電実験(京大)
- 2007 MITの磁界共振型ワイヤレス電力伝送装置の発表  
距離2.1mにおいて60W電球を点灯
- 2014 宇宙太陽発電学会設立(日本)
- 2015 宇宙基本計画に太陽光発電衛星SPSの推進が明記(日本)



# ワイヤレス電力伝送WPTの技術の概要

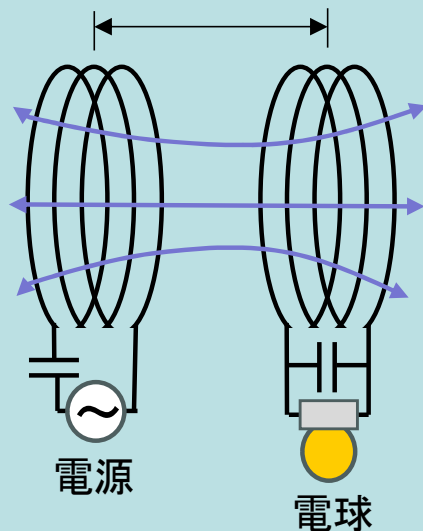
## 電磁誘導方式

伝送距離  
数mm～数cm



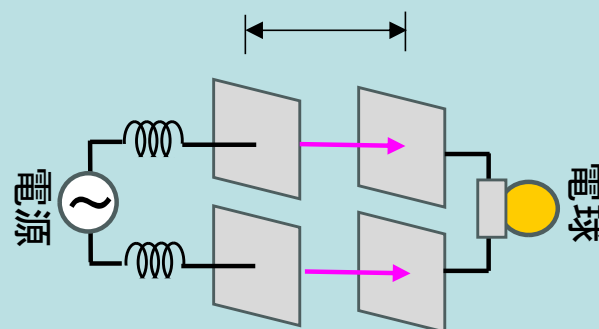
## 磁界共振方式

伝送距離  
数十cm～数m



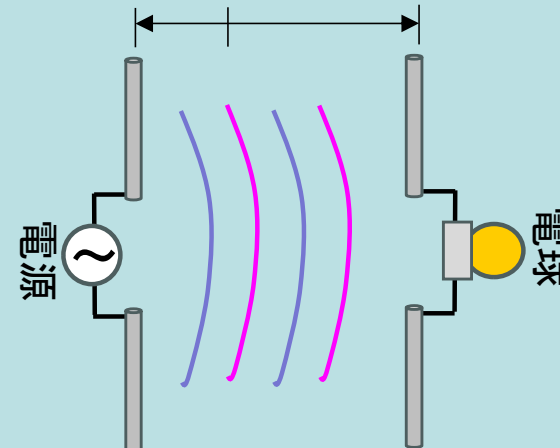
## 電界結合方式

伝送距離  
数mm～数十cm



## 電磁波受信方式

伝送距離  
数m～数十m



原理

送電側コイルの磁場により受電側コイルに電力を伝送

送電側と受電側のコイルの共振周波数を一致効率よく電力を伝送

電極間の静電容量(電界)の変化を利用して電力を伝送

電力をマイクロ波などの電磁波に変換して空間に放射し、受電側でその電波エネルギーを受電

応用・特徴

スマートフォンなどの小型電子機器の非接触充電

電気自動車(EV)の充電、工場内の自動搬送車

溶接時の火花が発生するような過酷な環境でも安定した給電

IoTデバイス、工場内のセンサー、将来的には宇宙太陽光発電

## 2. 天才テスラの技術と生涯

### テスラの人生の概要

1856年、セルビア人として、クロアチアで生誕。

1875年、グラーツ工科大学で学ぶ。

1881年、ハンガリー、ブダペストの電信(電話)会社に入社し技師として勤務。

1882年、フランス・パリへと移動し、ゼネラル・エレクトリック社のフランス法人のコンチネンタル・エディソン・カンパニーの技師の職を得る。

1884年、アメリカに渡りエジソンのもとで働いた時に、テスラは交流による電力事業を提案したが、エジソンと対立して数ヶ月で失職する。

1887年、Tesla Electric Light and Manufacturingを設立。

新型の交流電動機を開発・製作

1888年、発明した誘電モーターおよび(交流式の)電気システムについて説明した論文  
“A New System of Alternating Current Motors and Tran.”を執筆

これが、テスラとウェスティングハウス社との連携へとつながり、「電流戦争」へと繋がってゆく。

1891年、テスラコイルを発明。また回転界磁型の電動機から発電機を作り上げる。

1895年、それらの発明により、ナイアガラの滝に世界初の水力発電所を建設し、交流送電を行う。

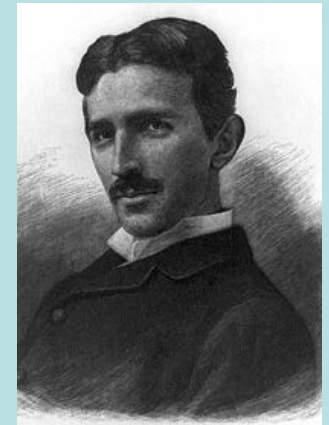
1901年、J・P・モルガンの援助により、高さ57mの無線送信塔ウォーデンクリフ・タワーの建設を開始。

1905年、送電実験に失敗し、モルガンとの関係悪化により資金繰りが悪化し、研究を中断。

1915年、エジソンとともにノーベル物理学賞受賞候補となったが受賞せず。

1938年、再び、受賞候補に選ばれるが受賞せず。

1943年、無一文の金銭苦の中、マンハッタンのニューヨーカー・ホテルで死亡。

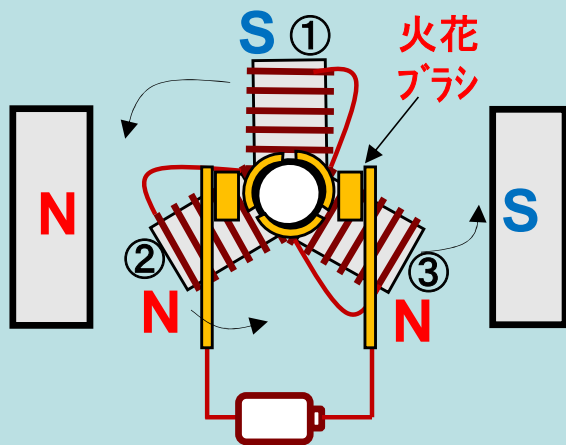


*N Tesla*  
1856-1943



後半の人生(1900年代)は悲劇的である

# 回転磁界、交流モーター技術の閃き



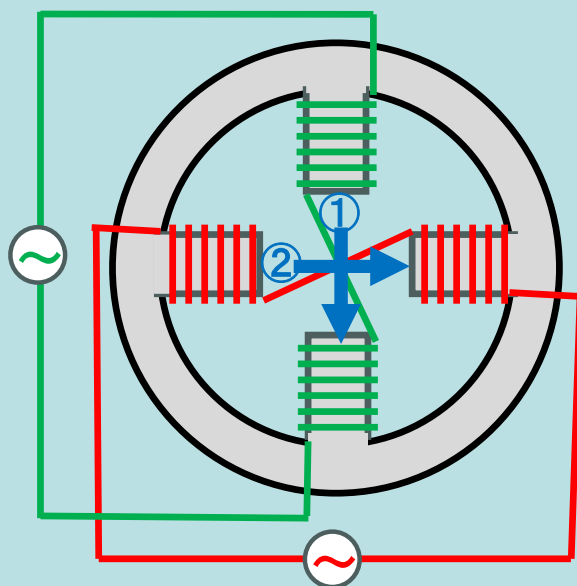
直流モーター

## 1. 既存技術への疑問(学生時代)

1875年代からグラーツ工科大学(オーストリア)で学んだ2年後、テスラは直流モーターが「整流子(ブラシ)」から激しい火花を散らし、効率が悪く摩耗しやすい点に強い不満を抱く。

## 2. 回転磁界の発見(1882年の閃き)

1882年にハンガリーのブダペストの公園を散歩しているながらゲーテの『ファウスト』の一節を暗唱していた際、沈む夕日を見て、磁場を物理的に回転させるのではなく、電流の位相をずらすことで「回転磁界」を生み出す仕組みを閃く。その場で地面の砂の上に、交流モーターの回路図を杖で描いたと言われている。



① ②

二相交流による回転磁界

## 3. 多相交流システムの構築(1883年試作、1888年確立)

テスラは単に発電機やモーターを作っただけでなく、電力を効率的に送り、利用するため、2つ以上の位相が異なる交流電流を組み合わせることで、常に安定したトルクを発生させる多相交流システム(Polyphase System)全体を構想。これにより長距離送電における電力損失を劇的に抑えることが可能に。そして、1883年にストラズブールで最初の試作モーターを製作し1887年から1888年にかけて多相システムに関する一連の特許を取得。

## 4. 実用化と勝利(1893,1896年)

このアイデアは実業家ジョージ・ウェ스팅ハウスによって買い取られ1893年のシカゴ万博での照明や、1896年のナイアガラの滝発電所での採用を通じて、現代の電力インフラの基盤となった。

頭の中で、回転磁界による交流モーターの概念(ナラティブ)と具体化の作業(ロジック)を行い、ナラティブとロジックのバランスが非常に良い。直観像(ナラティブ)が具体化(ロジック)の部分まで行った。

# エジソンとの電流戦争

1882年、エジソンの直流送電は電圧変換の問題があり、送電電圧が110/220Vと低く、送電距離が短く(1.6km)、送電ロスが大きかった。  
これにより交流発電機や変圧器の関心が高まる。

1884年、テスラはエジソンに交流電力事業を提案したが、エジソンと対立。

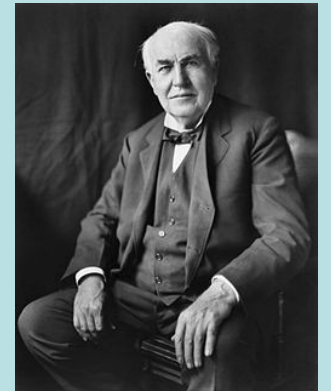
1887年、最初の実用的な交流モーター(二相誘導モーター)を完成。

このモーターを三相以上に発展させ、発電機などの関連技術とあわせて体系化したのがテスラの多相交流システムである。

起業家ジョージ・ウェ스팅ハウスは、テスラの発明を真っ先に認め、テスラの特許を買い取り、交流配電網の拡大をめざす二人の同盟関係が始まる。

1893年、シカゴ万博での照明で成功。

1896年、ナイアガラの滝発電所での交流システムが採用された。この交流同盟軍に激しく対立したのが、直流による配電システムをすでに推進していた発明王エジソンとその支持者たちだった。両陣営の対立は技術者や企業家を巻き込んでほぼ十年近くにわたって続いた。世に言う「電流戦争」である。



**Edison**  
1847-1931

エジソン陣営は、上院議員に働きかけて、危険性を理由に電圧を300V以下に規制する法案を通過させようとしたり、交流による電気椅子による処刑を利用して交流の商業的利用の不適正を訴えたり、懸命に自分の事業に有利になるような働きかけをした。

送電電圧をより高くすることにより、同じ電力でも送電電流を小さくすることが出来るため、送電ロスを小さくすることが出来る。

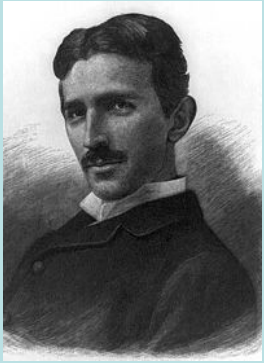
同じ送電電圧であれば、一般的には交流送電より直流送電の方が送電ロスはい小さい。

現代は、電圧変換技術の進歩により送電ロスの小さい高電圧の直流送電も行われている。



ナイアガラの滝 発電所(1900年頃)

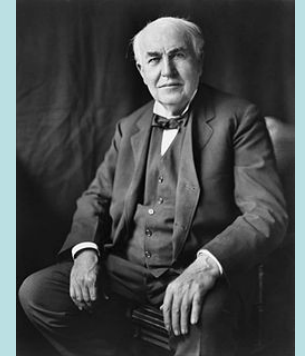
# テスラとエジソンの確執とその原因



N Tesla  
1856-1943

電流戦争における、エジソンのテスラへの常軌を逸した行動

- ・動物を使った公開感電ショー
- ・交流を“殺人電流”と呼ぶキャンペーン
- ・テスラ個人への人格攻撃



Edison  
1847-1931

マルコニーによるテスラの無線通信技術の盗用に対する  
エジソン、モルガン、カーネギーによる援護

エジソンが交流送電の有効性を認め、GEが交流送電採用後も  
GEによるテスラに対するネガティブ・キャンペーンを続ける

エジソンの偏執的性格によるか？

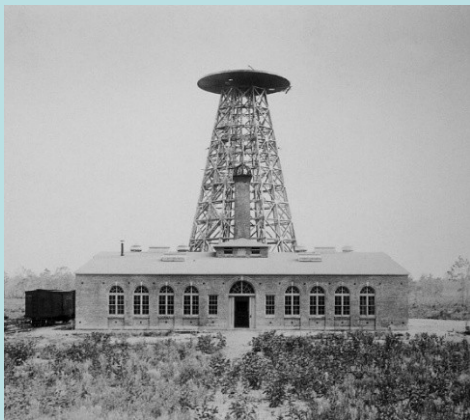
しかし、炭素マイク、電球、真空管、蓄音機も同様な競争があったが、偏執的ではない

カギは、「GEの経営権がモルガンにある」

テスラのパラダイムは、エジソンとモルガンのパラダイムと激しく対立した。

テスラの生まれ育った世界は資本主義(エジソンのパラダイム)ではなく、  
セルビア正教の影響が強い半封建・半軍事的な共同社会(テスラのパラダイム)であった。

# 無線送信実験塔(ウォーデンクリフ・タワー)



塔の高さ57メートル、頂部には巨大な球状のコイルを設置、基礎は地下30メートルに及ぶ鉄構造の基礎が埋め込まれていた。これは地球と電氣的につながるための導体であり、“地球の共振”を引き起こすための装置

1899年、コロラドスプリングスで大型テスラ・コイルから距離30mにおいて、大きさ18mのループアンテナにつながれた3個の電球を点灯(距離42kmで電球200個点灯の話があるが、その事実は確認されていない)

1901年、投資家モルガンの支援を受けて、無線による通信と送電の実験を目的とした送信塔「ウォーデンクリフ・タワー」をニューヨーク州ロングアイランドでの建設に着手。

1903年、タワーの建設中であるが、モルガンは追加融資を拒否。

1905年、タワーが完成したが資金難により実験ための体制が崩壊。

テスラが当初の目的(無線通信)より無線電力伝送に力点を置き、モルガンが追加融資を拒否した核心的な理由は、テスラが目指していた「地球からの無尽蔵なエネルギー」を「誰でも無料で得られ」という部分にあった。投資家モルガンの「どのようにしてその電力で収益を上げるのか」という問いに対し、「無料で提供する」という理想を掲げていた。

## 地球を導体とみなす発想

テスラは地球そのものを巨大な導体・共振体とみなし、電磁波を「アンテナで空間に放射」するのではなく「地球内部や大気層という媒質を介して伝送」することを狙った。

## 指向性よりも共振

「ビームのように指向性を持たせる」ことではなく、「地球共振を励起して全地球規模でエネルギーを共有する」ことにあった。つまり、指向性を理解した上で、敢えてそれを超える別の伝送原理を模索。

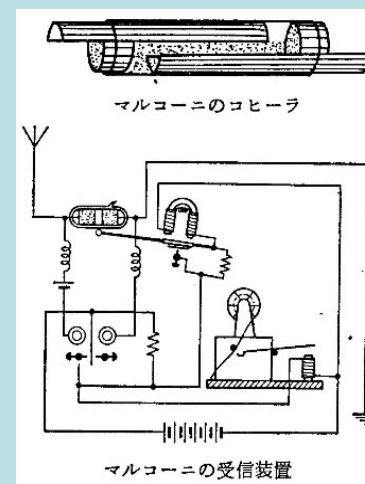
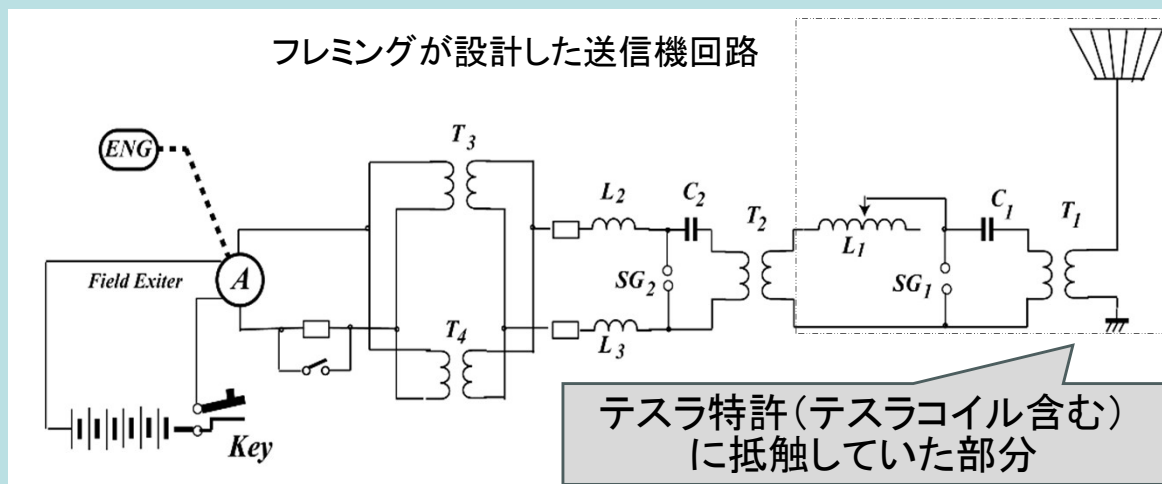
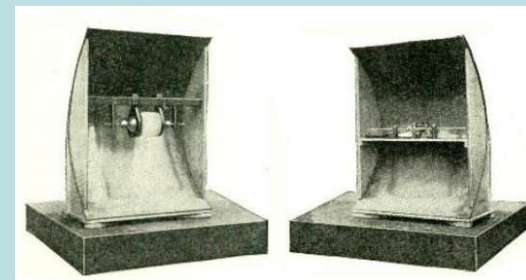
しかし実際は、周波数が低すぎる長波帯の約150 kHzを用いたため、遠距離の電波放射方式はエネルギー拡散により効率が著しく低下したため送電は失敗したと考えられる。

# マルコーニの大西洋横断通信実験



G. Marconi  
1874-1934

- 1896年、マルコーニは英国でパラボラ反射鏡付き送・受信機のデモンストレーションを行った。
- 1897年、接地型垂直アンテナを使うようになり、通信距離を16kmまで伸ばす。
- 1901年、テスラの特許(特に垂直アンテナと共振回路)を参考にし、フェルミングが設計した送信機により、長距離の大西洋横断通信に成功。これに対してテスラは容認する態度を取る。しかし、マルコーニは密かに特許を出願。
- 1903年、投資家モルガンはテスラの真の目的(無線送電)を知り、また、マルコーニの実用的なシステムに確信を得たため、テスラへの資金提供を打ち切り、テスラからマルコーニに乗り換えた。
- 1904年、アメリカ特許庁がそれまでの判断を覆し、無線通信の基本特許をマルコーニに与える。これにはJ.P.モルガン、アンドリュー・カーネギー、トーマス・エジソンらがマルコーニを支援していた。



# テスラvs.マルコニーと同じ事例の特許上の争い

無線通信におけるテスラvs.マルコニーの特許上の争いは、たびたび起きている



	無線通信技術 テスラvs.マルコニー	電話技術 グレーvs.ベル	FM通信技術 アームストロングvs. RCA
技術的先行者	テスラ	グレー	アームストロング
当初の勝者	マルコニー	ベル	RCA
勝敗の決め手	資金・政治力・戦略	特許庁の制度とロビー	企業の政治力・市場支配
のちの再評価	1943年テスラ勝利	歴史上での再評価	1956年アームストロング勝利

(死後)



(死後)

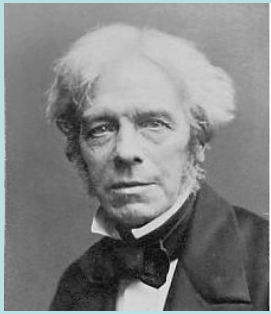
(死後)

発明は「技術」だけでなく「制度」の産物



特許制度は技術的真実よりも、  
提出タイミング・書類の書き方・資本力・政治力に左右される

# 天才科学者のナラティブとロジック

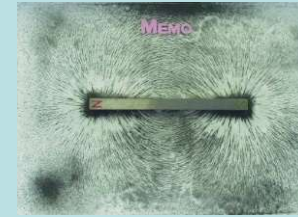


Michael Faraday  
1791 - 1867

磁気・電氣的力は空間を通じて有限の時間  
内で伝わるという場の概念を導入  
電場と磁場の対称性の概念を導入(ナラティブ)

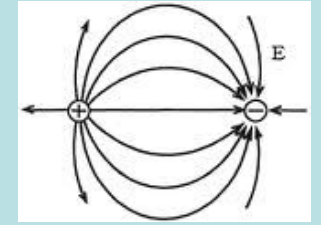


電磁理論(ロジック)はマックスウエルに委ねる



磁力線

対称性  
⇒  
推論



電気力線

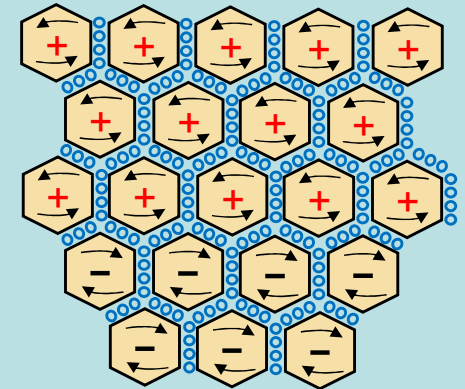
荷電粒子セルとビーズのモデルを導入(ナラティブ)



変位電流  $i_d = \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$  と波動方程式を導入(ロジック)



荷電粒子モデル(ナラティブ)を捨て去る



セルとビーズによるモデル

自由落下するエレベーター内のリンゴは落下  
しない無重力空間に見える。(思考実験)



重力と加速度の等価原理(ナラティブ)



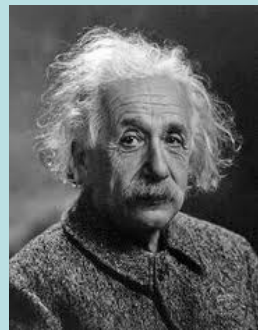
重力は加速度、加速度は時空、よって、重力は時空(歪み)  
グロスマンの協力で一般相対性理論(重力理論)を構築(ロジック)



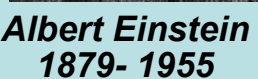
自由落下のエレベーター



多くの天才科学者の能力はナラティブとロジックのバランスが非常に良い



James Clerk Maxwell  
1831 - 1879



Albert Einstein  
1879 - 1955

# ファラデーの事例

〔実験 → 概念的飛躍 → 新しい世界像 → それを検証する実験〕  
の繰り返しにより、ファラデーは基本概念(ナラティブ)を形成

- 物体が離れた場所に瞬時に力を及ぼすという遠隔作用(万有引力)は不自然
- 力を物質と同等の实在として扱うという独自の世界観



電気、磁氣的力は空間中を局所的に伝播し広がる(⇒非局所性)



電気力線、磁力線は単なる「便利な図示法」ではなく实在(場の概念)  
空間中に広がる力線(場)こそ实在であり、電気と磁気は見方が異なる同じ状態



電場と磁場は対称性が成り立つ



場と対称性の概念(ナラティブ)は他の科学者に理解し難く、ファラデーは数学(ロジック)の能力の訓練を受けていなかったため、誤解を避けるため、彼のナラティブを語ることに慎重になった



ファラデーの論文“On Faraday's Lines of Force”により、ファラデーのナラティブ(場の概念)を理解し、ロジック(数学)の能力があるマクスウェルに電磁場の理論体系の構築を委ねた



ファラデーはナラティブとロジックのバランスが高かった

# アインシュタインでさえ孤高の天才ではない(特殊相対性理論を例として)

アインシュタインの発表以前に関連する研究が揃っていた。

研究者	関連する研究	アインシュタインとの関連
ローレンツ	ローレンツ変換の導入	ローレンツはローレンツ収縮を「エーテル中の移動による物理的な変形」としたが、アインシュタインは「時空(座標系)の変換に伴う幾何学的な効果」と考える
ポアンカレ	相対原理、光速度不変を導入	アインシュタイン同様に2つの原理を物理学の公理として理論構築したが、エーテルの存在を前提とする
マッハ	絶対系の否定	アインシュタインの「絶対空間・絶対時間の否定」という哲学的基盤はマッハの影響を受けている
ミンコフスキー	数学による時空の構造	ミンコフスキーは特殊相対論を「四次元時空」として再構成。最初、アインシュタインはこの数学的形式化を嫌ったが、後で受け入れる。



「エーテル、絶対空間・時間の否定」の概念(ナラティブ)に基づき  
ポアンカレと同じ理論構築(ロジック)を行った

アインシュタインは関連する多くの研究を学び、自己の概念(ナラティブ)に基づき  
整理・統合することにより特殊相対性理論を構築した

# テスラのナラティブとロジック

## ➤ 回転磁界、交流モーター

数学(ロジック)を用いず直観力(ナラティブ)で設計を完了。この能力は「異常な暗算」能力と関連

## ➤ 電流戦争

当時の技術、状況では交流送電は正解であったが、エジソンが直流送電で多大な投資を行っていた立場を理解しないテスラの言動は大きな禍根につながった。

## ➤ ウォーデンクリフ・タワー

壮大な構造(ナラティブ)に対し、「電力伝送より無線通信」という社会状況と「地球からの無尽蔵なエネルギーを誰でもが得られる」という理想が事業化と矛盾することへの理解がなく、「地球を巨大な共振体」という概念(ナラティブ)について理論体系化(ロジック)を行わなかった。

## ➤ マルコニーの大西洋横断無線通信

特許に関してマルコニー陣営と争える体制作り(ロジック)が必要であった。



テスラの直観(ナラティブ)能力は非常に高く、数学(ロジック)を用いなくても設計できたが、限界があった



アインシュタインやファラディのように他者の協働により論理化(ロジック)を行っていたら無線電力伝送実験も成功する道を歩む可能性はあった。



天才と言えども突出した能力だけでなく、他者との協力による周辺能力も必要であり、また、他者への想像力(⇒コミュニケーション能力)も必要。



テスラはナラティブが強大でロジックとのバランスが悪い



科学者と言うより芸術家に近い

# テスラと天才音楽家との比較

テスラのナラティブ能力は芸術家に近い可能性がある



	創造のタイプ	社会との関係	異性との愛の関係	悲劇性
テスラ	世界観の具現化	噛み合わない	愛を“拒絶”	孤独・貧困・誤解
ベートーベン	構造破壊と再構築	闘争して突破	愛を“渴望”	孤立・精神的苦悩
ショパン	内面世界の純化	社会とは距離	愛を“耐えられない”	孤独・病弱
モーツァルト	天才性の自然発露	衝突し破綻	愛を“支えられない”	貧困・早逝



現代においても、テスラを愛好する人が多いのは、  
ベートーヴェンなどの天才芸術家と共通する面があるからか？

# 3. ワイヤレス無線伝送WPT技術の解説と実演

## ワイヤレス電力伝送WPTの最先端研究開発

### ➤ 走行中の電気自動車(EV)への高速走行給電成功(2025年7月国内初)

大成建設などが、道路に埋設した送電電極から走行中のEVへ給電する実証実験を行い、**時速60km**で走行する車両への最大10kWの連続給電に成功。同様の研究開発は、韓国のOLEVプロジェクト、スウェーデンの「eRoadArlanda」プロジェクトなど、各国で取り組まれている。



### ➤ レーザー光による長距離・高効率送電の世界最高効率の達成(2025年)

NTTと三菱重工業は、1km先の受電パネルへ1000W相当のレーザーを照射し、**平均152W(効率15%超)**の電力を取り出すことに成功。



### ➤ 宇宙空間での長距離無線送電の実証実験(2026年)

2024年、宇宙太陽光発電システム(SSPS)の実現に向け、航空機を用いた長距離無線送電実験が行った。2026年に東京大学や古河電工などは、実証実験衛星「ふなで」を打ち上げ、宇宙空間での無線給電を含む高度な実証を行う計画を推進。



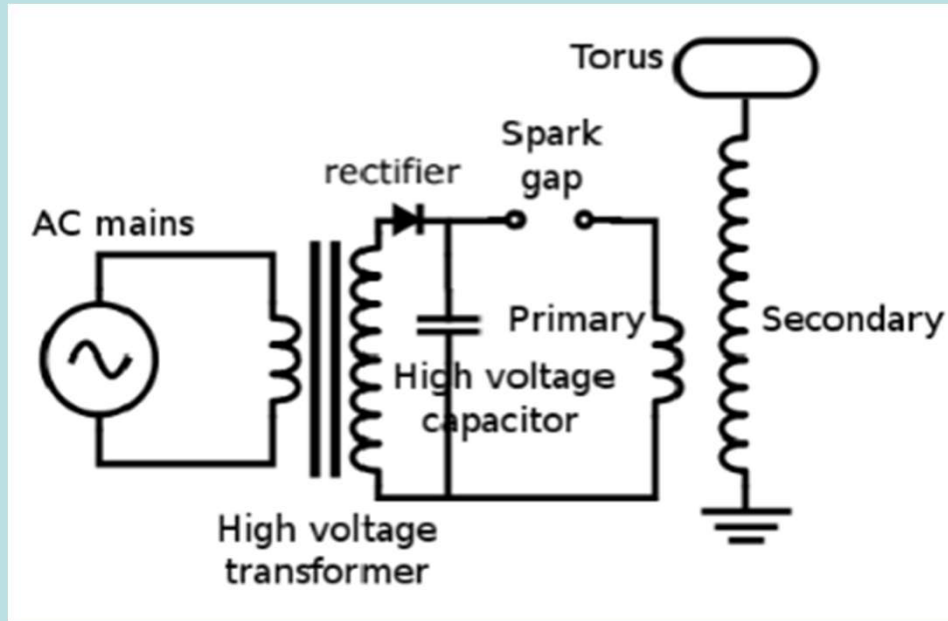
### ➤ 完全ワイヤレス人工心臓の開発(2025年~2026年)

国立循環器病研究センターと早稲田大学、スタートアップ企業のヘリオバースによる共同研究が、国のNEDOのプロジェクトに採択。**2026年3月までに第1世代プロトタイプ**の完成を目指し、2030年の臨床試験(治験)開始を目指す。



# テスラ・コイルとテスラの無線送電ナラティブをロジックで説明

## テスラ・コイルの動作原理

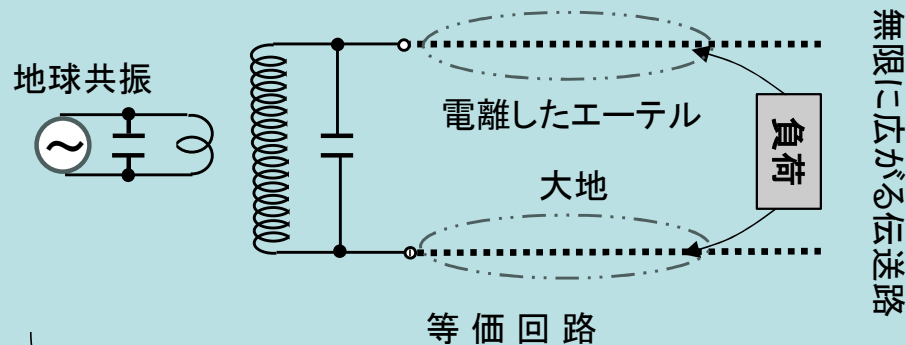


1. 電源で一次コンデンサ Cを充電
2. Spark gapが一定電圧で放電
3. コンデンサと1次コイルが LC 共振 開始
4. 1次コイルに大電流の高周波振動 が流れ1次側は「高周波の大電流を作る装置」として作動
5. 磁界が2次コイルに結合、エネルギーが転送



1次側電圧: 数kV~数10k V  
2次側電圧: 数100kV~数1000kV  
周波数 : 数百 kHz~数 MHz  
出力 : 数百 W~数 kW

## テスラの無線送電ナラティブをロジックで説明

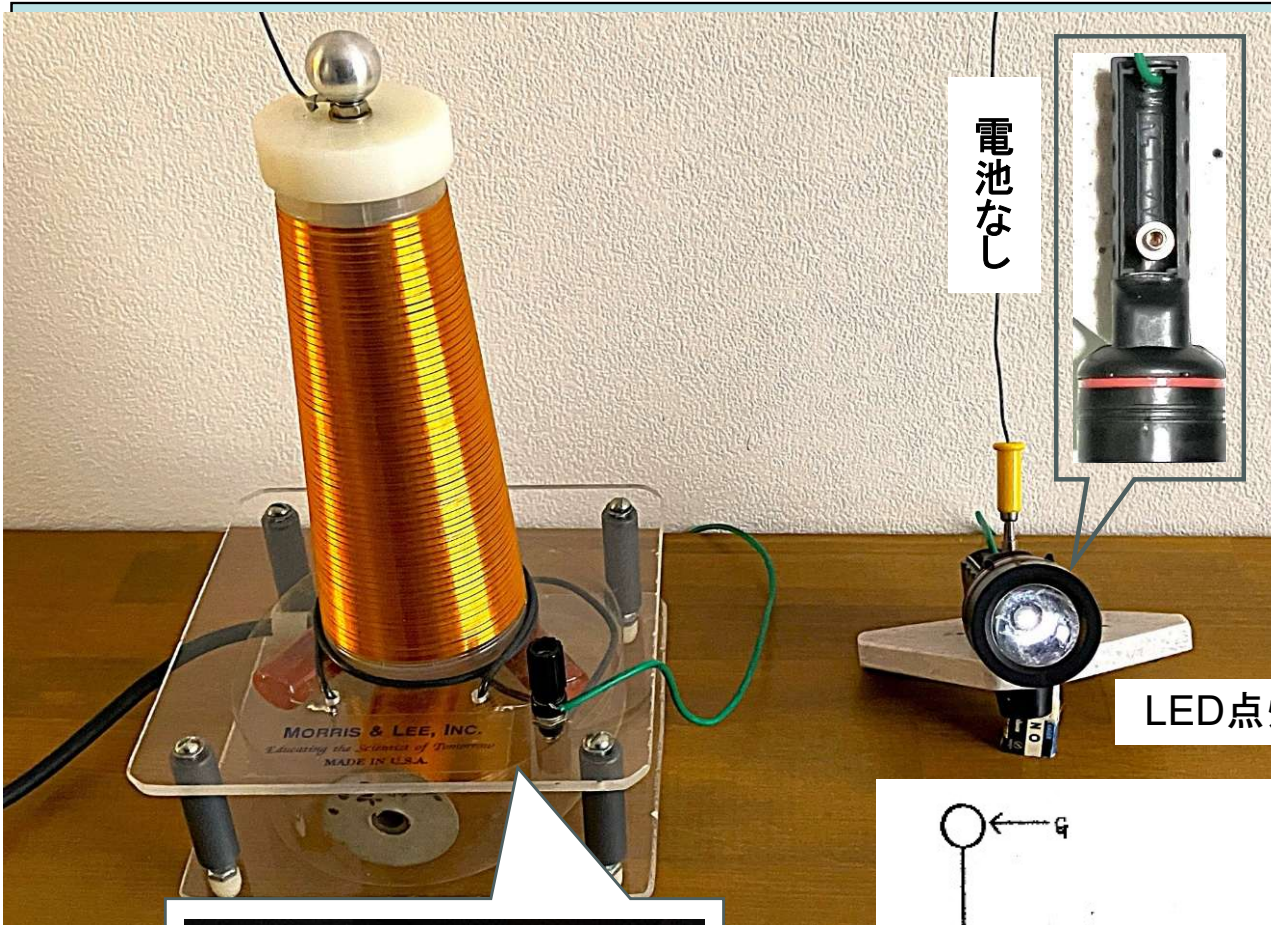


- 高電圧により放電
- 放電トリガーにより地球共振が起こる
- 空気(エーテル)を電離
- 電離エーテルは電力伝送路として作用
- 地球(大地)も伝送路として作用



高電圧放電⇒絶縁破壊 ⇒プラズマ形成 ⇒ プラズマに高周波電流が流れてエネルギーが消費  
二次側は開放端であり、負荷を接続できない。負荷接続で共振条件の崩壊

# テスラコイル (Morris & Lee, Inc. model10-205)



電池なし



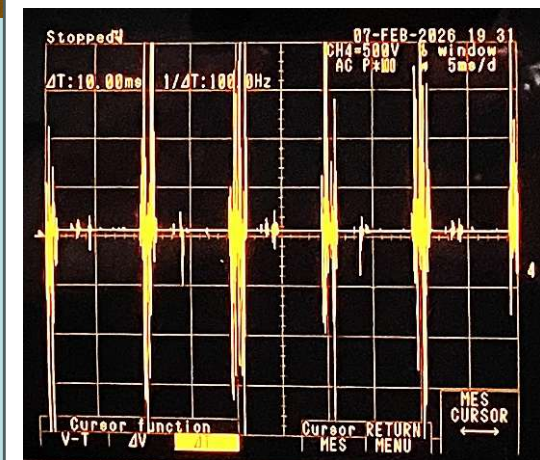
LED点灯

## 基本仕様

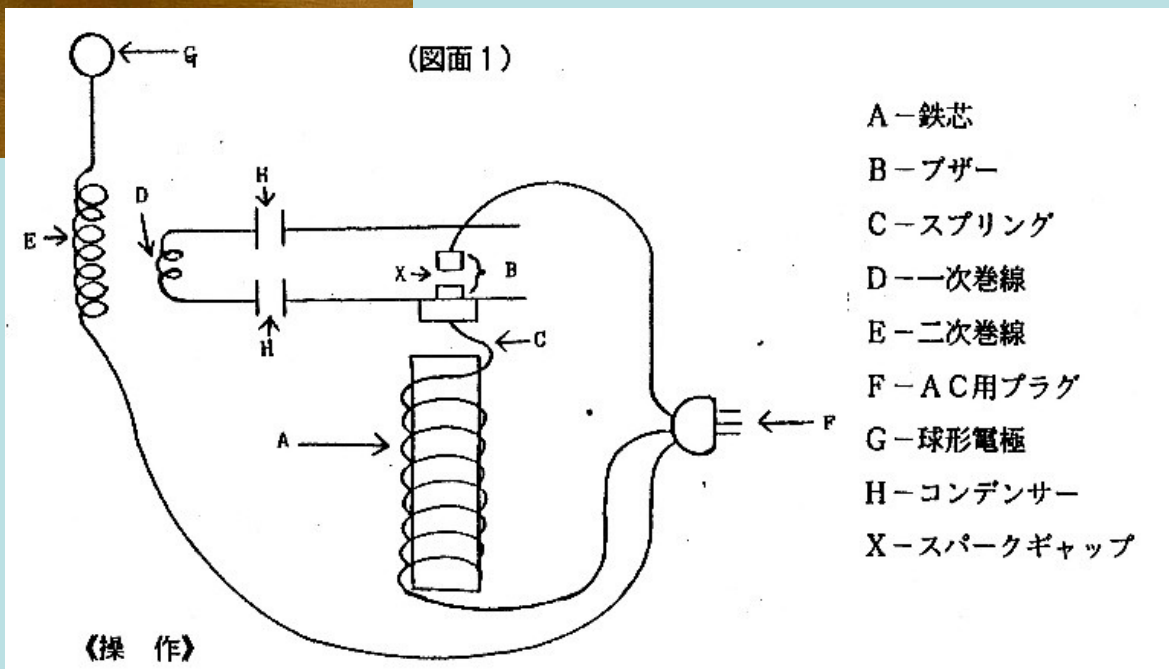
- 1次コイル電圧: 4kV (実測)
- コイル巻線比: 2/420
- 2次コイル電圧: 800kV (推定)
- 共振周波数: 350kHz



教育機材としての安全性、機能を考慮し  
テスラコイルの基本性能を満たす



1次コイル電圧波形



# 電磁誘導型WPT(那須科学歴史館製)

受信部Rx



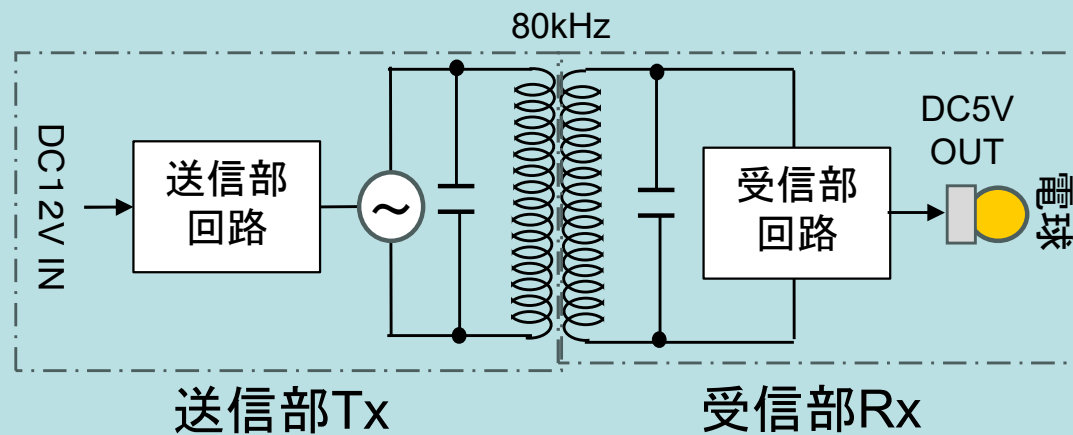
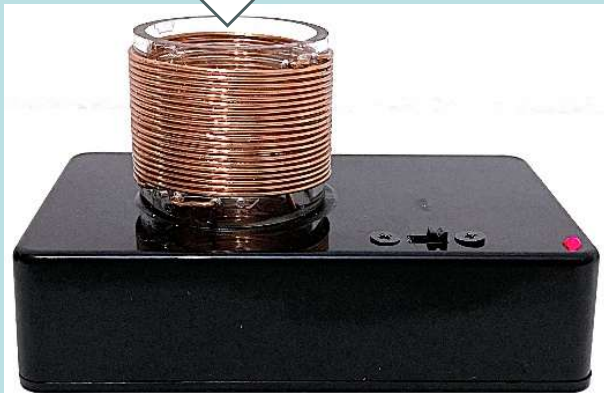
- 送信部電源 DC12V
- 受信部電源 DC 5V 2A
- 送受信周波数 80kHz



近接により電球点灯



送信部Tx



# 磁界共振型WPT(那須科学歴史館製)

- No.1: ループ・アンテナ直径23cm 周波数125/245kHz
  - No.2: ループ・アンテナ直径30cm 周波数125/245kHz
  - No.3: ループ・アンテナ直径50cm 周波数70/125kHz
- ※送信部電源±24V

