伝送路≒アンテナ，伝送路≠アンテナ なのである

AMPLET Communication Laboratory

第4回 生産工学特別講義

担当　根日屋 英之

2024年9月20日 4時限

目　次

はじめに
1.　伝送路 ≒ or ≠ アンテナ
2.　イメージ(映像)って何？
　2-1.　何故、グラウンドがあるとイメージアンテナができてしまうのか
　2-2.　グラウンド、金属板があるときはアンテナは半分でよい
3.　雑音対策は目で見ればわかる
4.　電波はどうして飛ぶのか？
5.　私と出会ってしまったからには　→ 人体通信を知っていただきます
　5-1.　人体通信の原理
　5-2.　人体も人体通信の送信機

はじめに

電波新聞（2022年10月13日）のコラム「ミリ波」

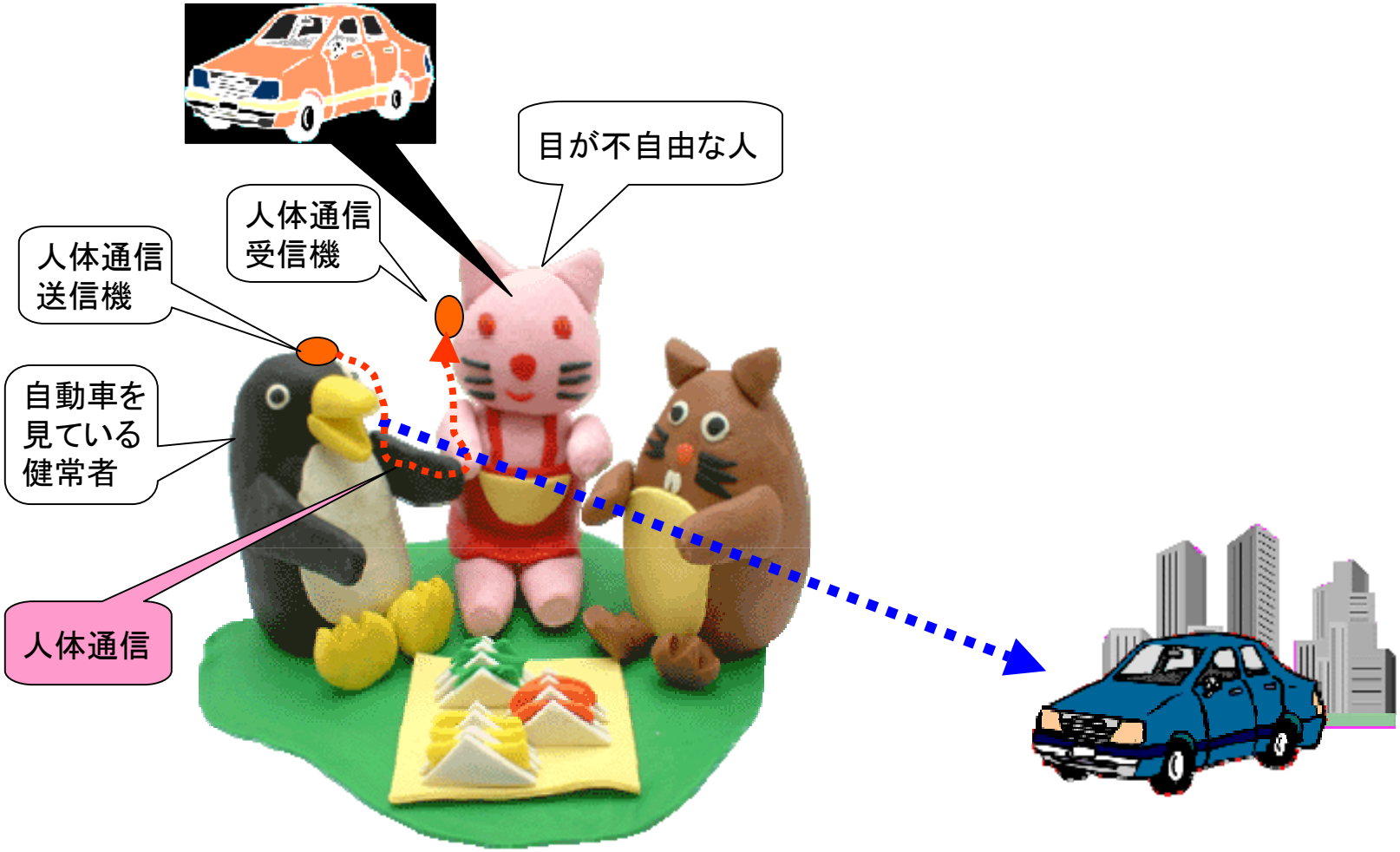
ミリ波

先の戦争終結後に生まれ木造平屋2軒長屋約100戸の集合住宅地〝戸山ハイツ〟で育った▼周囲は空爆で破壊された建物跡や防空壕（ごう）が残り、格好の冒険対象だった。ロシアの砲撃によるウクライナの惨状を見ると廃虚の風景がよみがえる。朝鮮戦争勃発が境の日本の復興加速を幼いながら感じていた▼高度成長による生活環境の向上、電子や自動車産業などの興隆で成人時期にバイトの稼ぎでバイクや自動車、楽器や音響機器などを買えるようになったのが団塊以降の世代。ネット社会のおかげで当時の友人と情報交換できる▼SNSを活用する同世代人は好奇心と発信力が強く刺激を受ける。その一人、アンプレット通信研究所所長の根日屋英之博士は一回り若いが、知り合ったのはアマチュア無線用アンテナの設計製作記事執筆の依頼時。当時は中学生だった▼以降、専門誌で引っ張りだこになり、無線通信技術をさらに探求。現在は〝人体通信〟分野のけん引者として内外で活躍。「独居者の人生を潤す家族の一員となるロボット研究に着手」している。同時に、アマ無線家育成や技術啓発のために〝体験局〟活動も提供。「世界中の人の笑顔を見たい」という博士の夢実現を見届けたい。

私の反省　：　私の研究所でも大学でも，私は高齢者が一人で安心・安全で生活できる環境を作るべく，IoT の活用を考えてきました．しかし，この技術が進化すればするほど，高齢者は一人で生活できるだろうと若い人が高齢者を切り離すような研究をしてきたのではないかということに気がつきました．

そこで，今までと逆行する技術の事業展開をすることになりますが，ビジネスとしては，「グローバル・ニッチ・トップ企業」を目指し，この分野の開発の再開を行う予定です．

私が取り組む人体通信の研究



通信機器としての人体通信

東京大学名誉教授
月尾 嘉男 先生

2007年10月に東京大学名誉教授の月尾嘉男氏がラジオ番組で，CEATEC JAPAN 2007で注目された技術として人体通信を取り上げ，「映画『E.T.』でエリオット少年とE.T.が指と指を触れ合って会話をするシーンが現実に可能になってきた．」と紹介され，一般の人にも人体通信がどのようなものか認識されるようになった．

月尾先生のラジオ放送の直後にE.T.とエリオット少年の会話を人体通信技術で再現した試作機

日経ビジネス　2011年10月10日号

世界が欲しがる日本の知恵、技術大国復活への底力

この技術で競争力倍増

- ▼給油1回で3500km走る車
- ▼地球から交通事故をなくす技術
- ▼“握手でデータ交換”できる人体通信
- ▼「エコシップ」で中韓勢を撃破
- ▼CO^2出さない革新的な製鉄法
- ▼「曲面」「球面」ディスプレーに活路

Science Forum 2011

人体通信規格標準化のために日韓連携

AMPLET Communication Laboratory

人体通信の国際標準化は，ETRI（韓国）の意見が採用されています．ETRI で開発された人体通信用 IC の IP の供与に関する協議が日本企業とも始まっています．

- 韓国側責任者 ： Dr. Byong Nam Lee（ ETRI 韓国・電子通信研究院 ）
- 日本側責任者 ： Dr. Hideyuki Nebiya（ AMPLET / 東京大学）

第1回 韓国での研究会
（2011年11月）

第2回 日本での研究会
（2012年2月）

第3回 韓国での研究会
（2012年10月）

第4回 日本での研究会
（2013年7月）

第5回 韓国での研究会
（2015年3月）

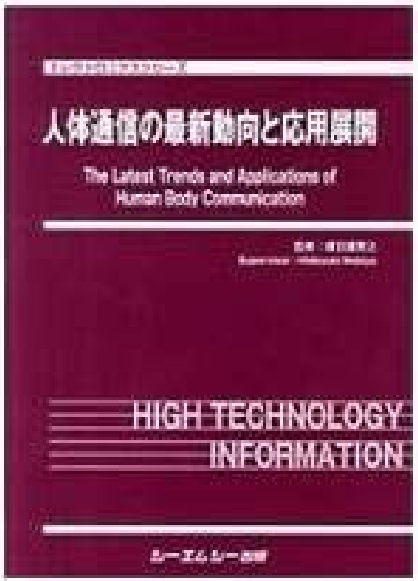
第6回 日本での研究会
（2016年5月）

第7回 韓国での研究会
（2017年5月）

第8回 日本での研究会
（2018年3月）

人体通信の技術書「人体通信の最新動向と応用展開」

2017年，人体通信コンソーシアムも設立され，改めて人体通信が注目されています．そこで，2011年6月に根日屋英之が監修した日本初の人体通信の技術書「人体通信の最新動向と応用展開」が，2017年9月8日に安価な普及版として再刊行され一般書店に並ぶことになりました．



監修 ： 根日屋 英之

出版社名 ：シーエムシー出版

ISBN 978-478130352-9

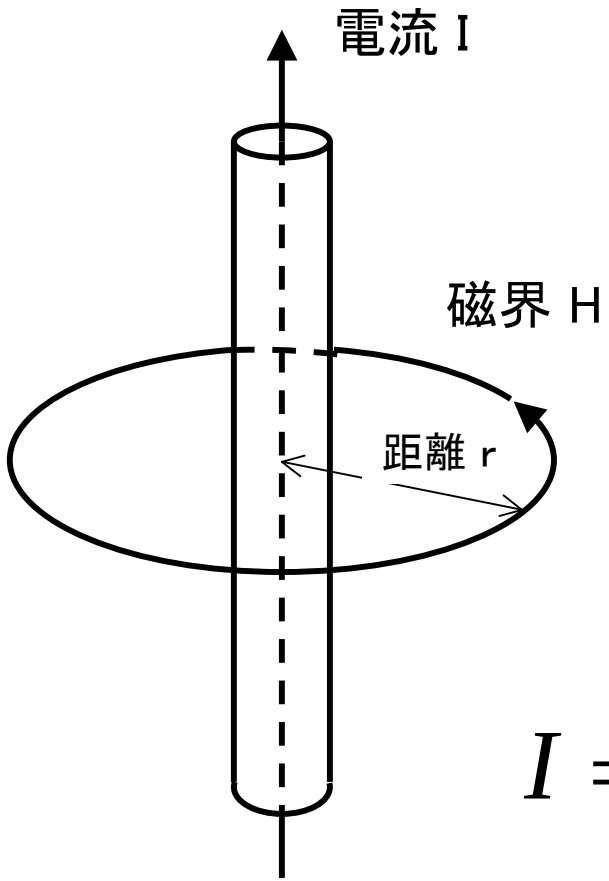
価格 ： ¥64,000（税別）

ISBN 978-4-7813-1210-1

価格 ： ¥4,400（税別）

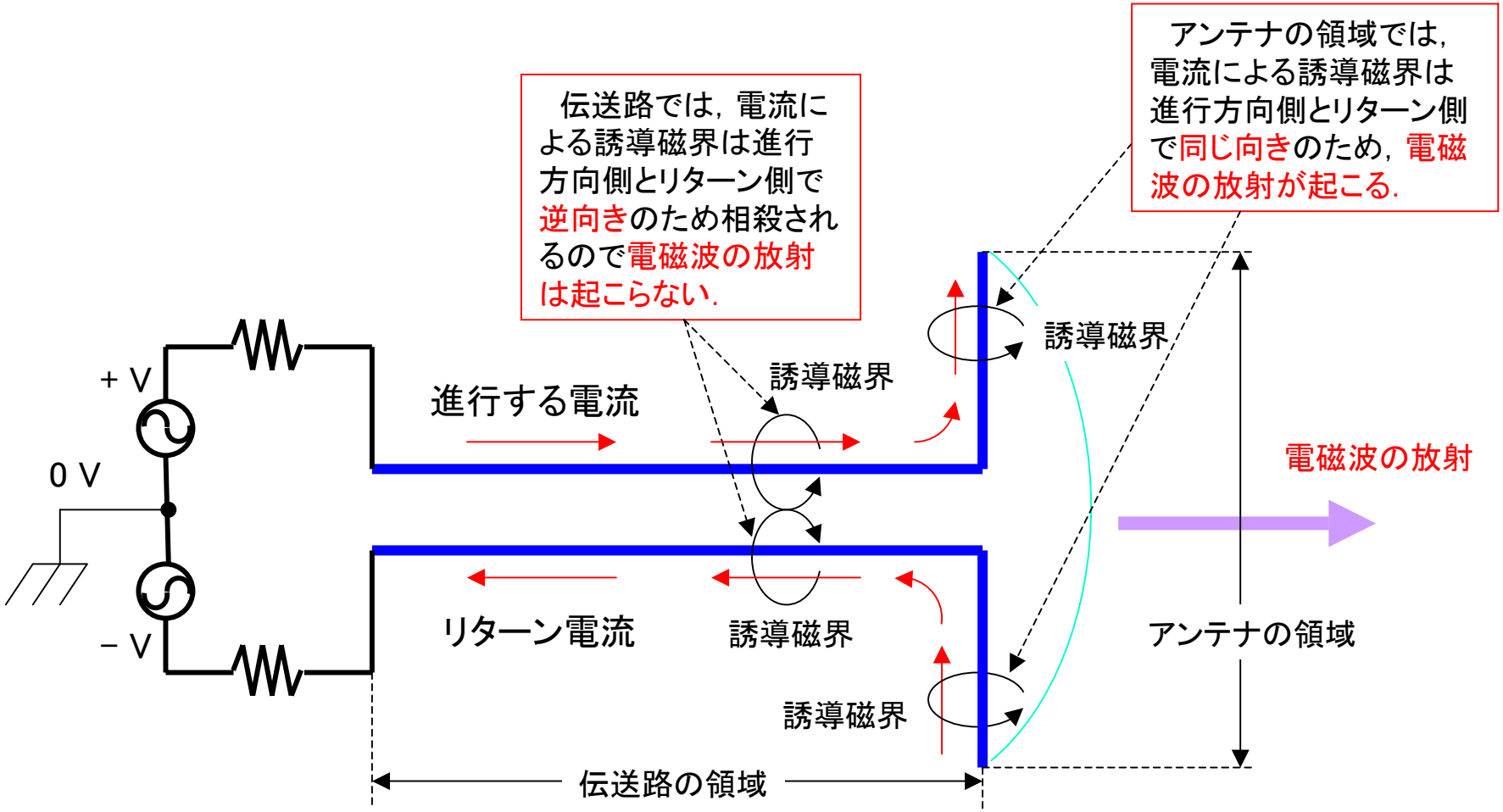
1. 伝送路 ≒ or ≠ アンテナ

アンペールの法則

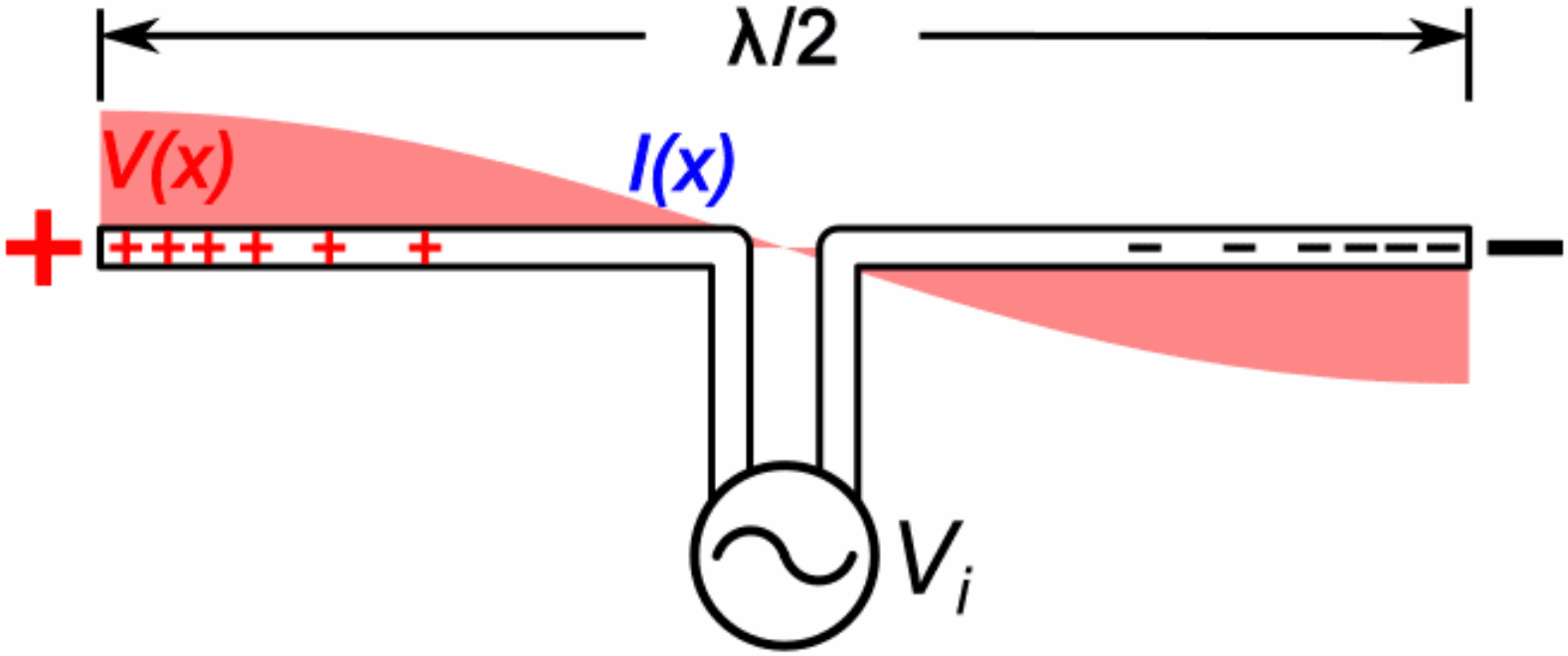


$$I = 2\pi r H$$

アンテナと伝送路は，共に2本の電線で実現できる
しかし，その振る舞いは異なる



ダイポールアンテナの電流分布・電圧分布

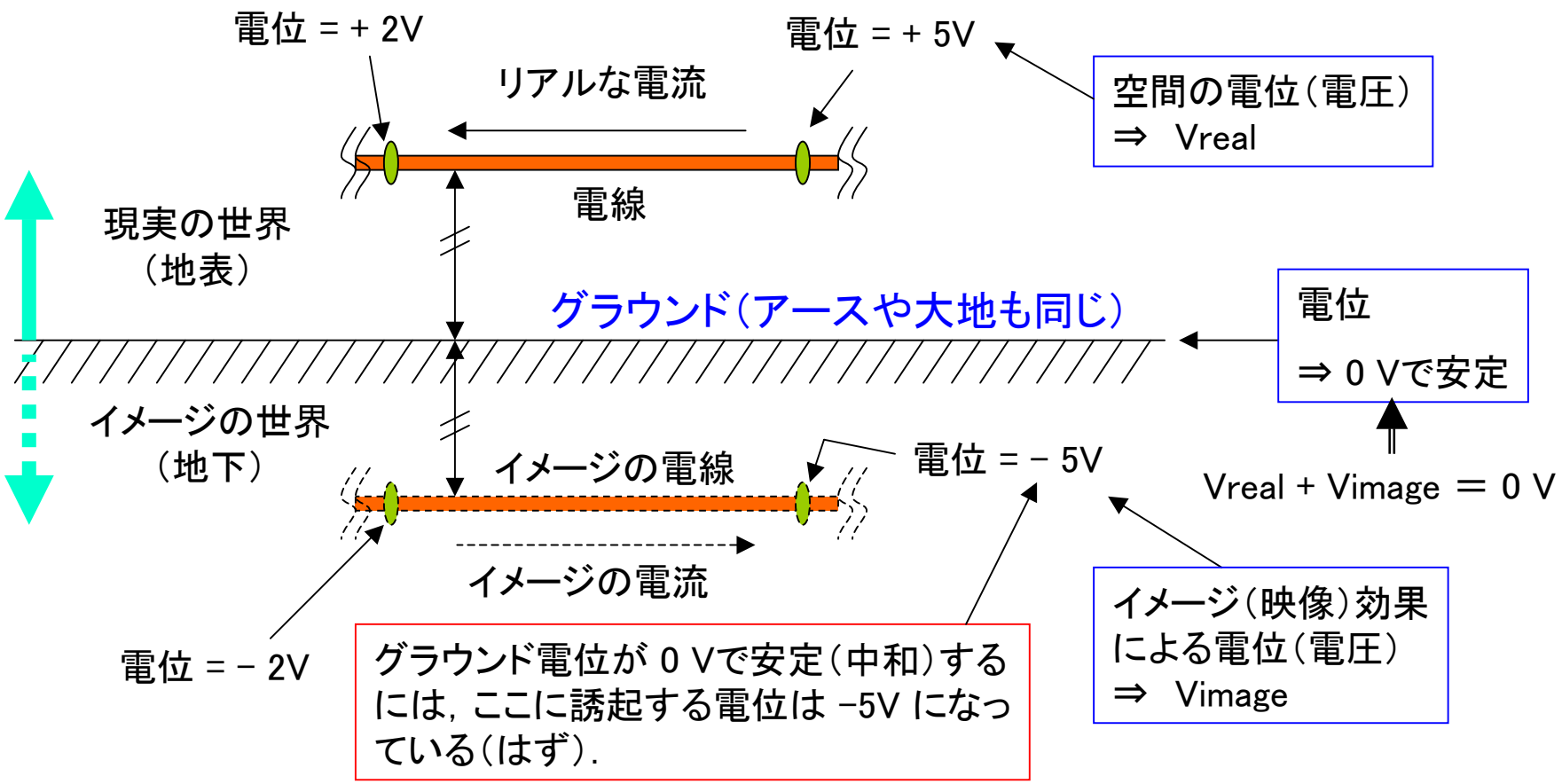


２．イメージ（映像）って何？

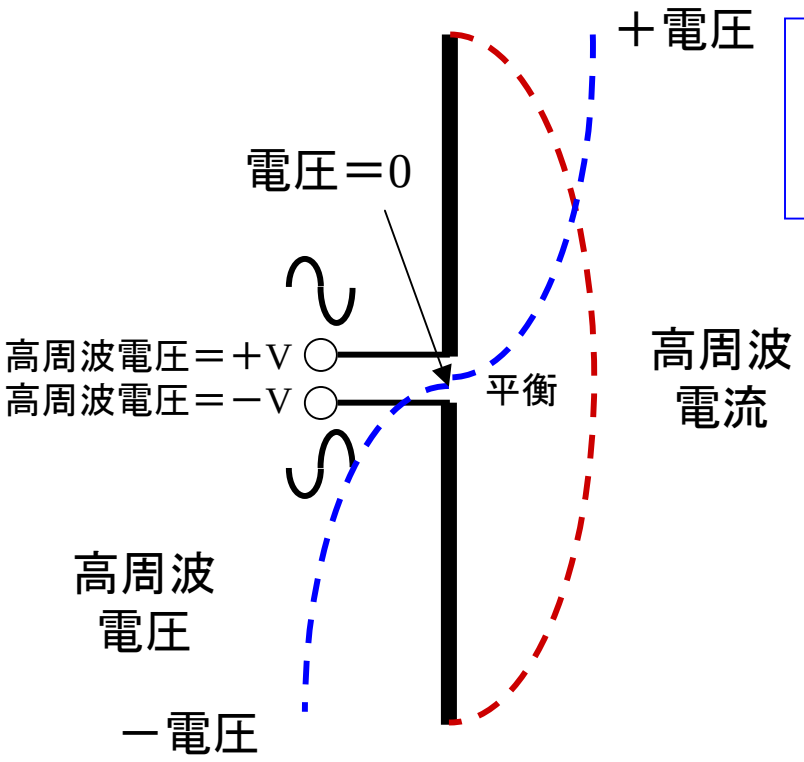
2-1. 何故、グラウンドがあると
イメージアンテナができてしまうのか

グラウンドは電気信号では鏡と考えられる

その理由は，グラウンド電位は0Vで安定しているから

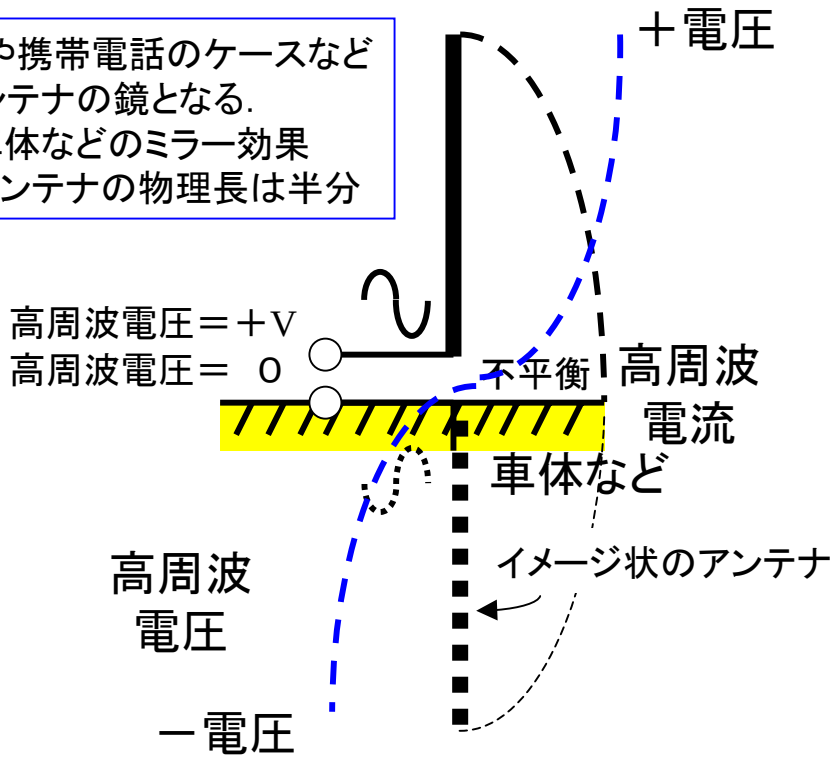


平衡型アンテナと不平衡型アンテナ



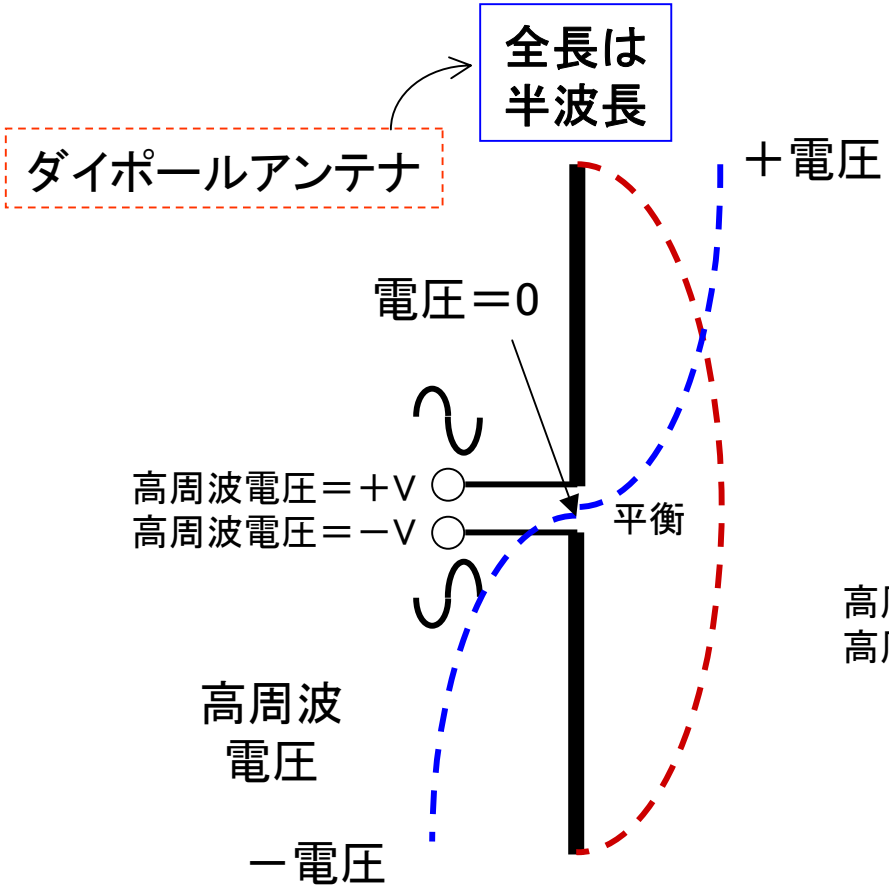
平衡型アンテナ

車体や携帯電話のケースなどはアンテナの鏡となる.
→　車体などのミラー効果
→　アンテナの物理長は半分

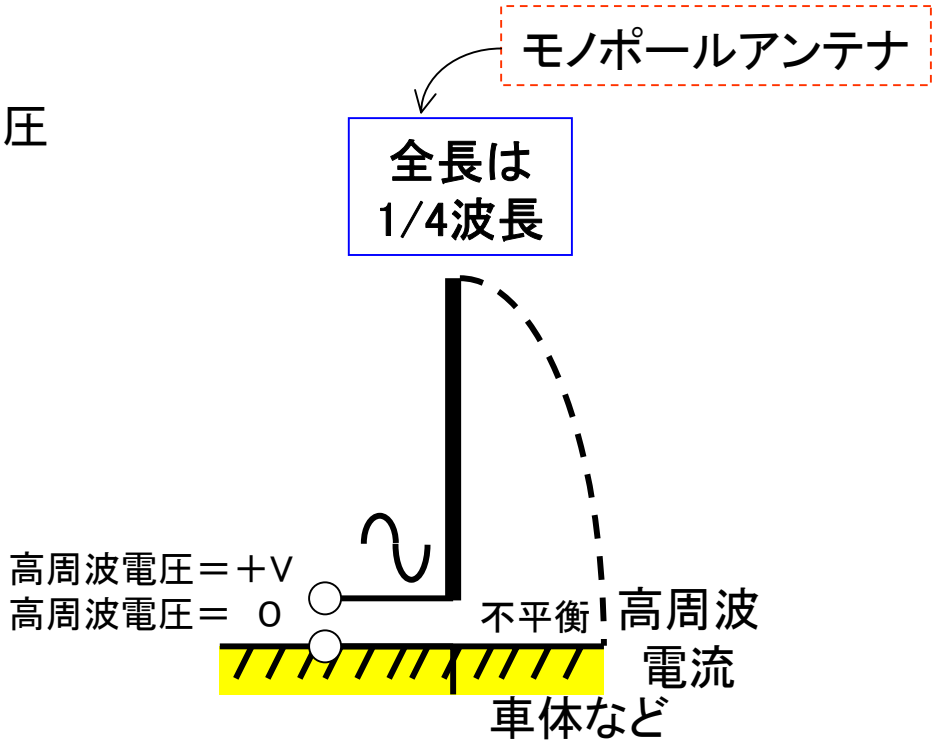


不平衡型アンテナ

アンテナの原点がわかった！！



平衡型アンテナ

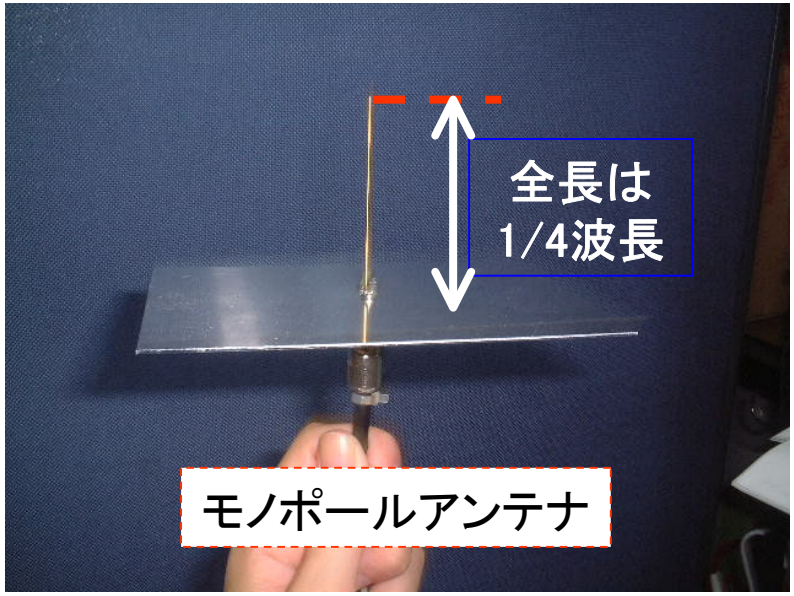


不平衡型アンテナ

アンテナの原点がわかった！！

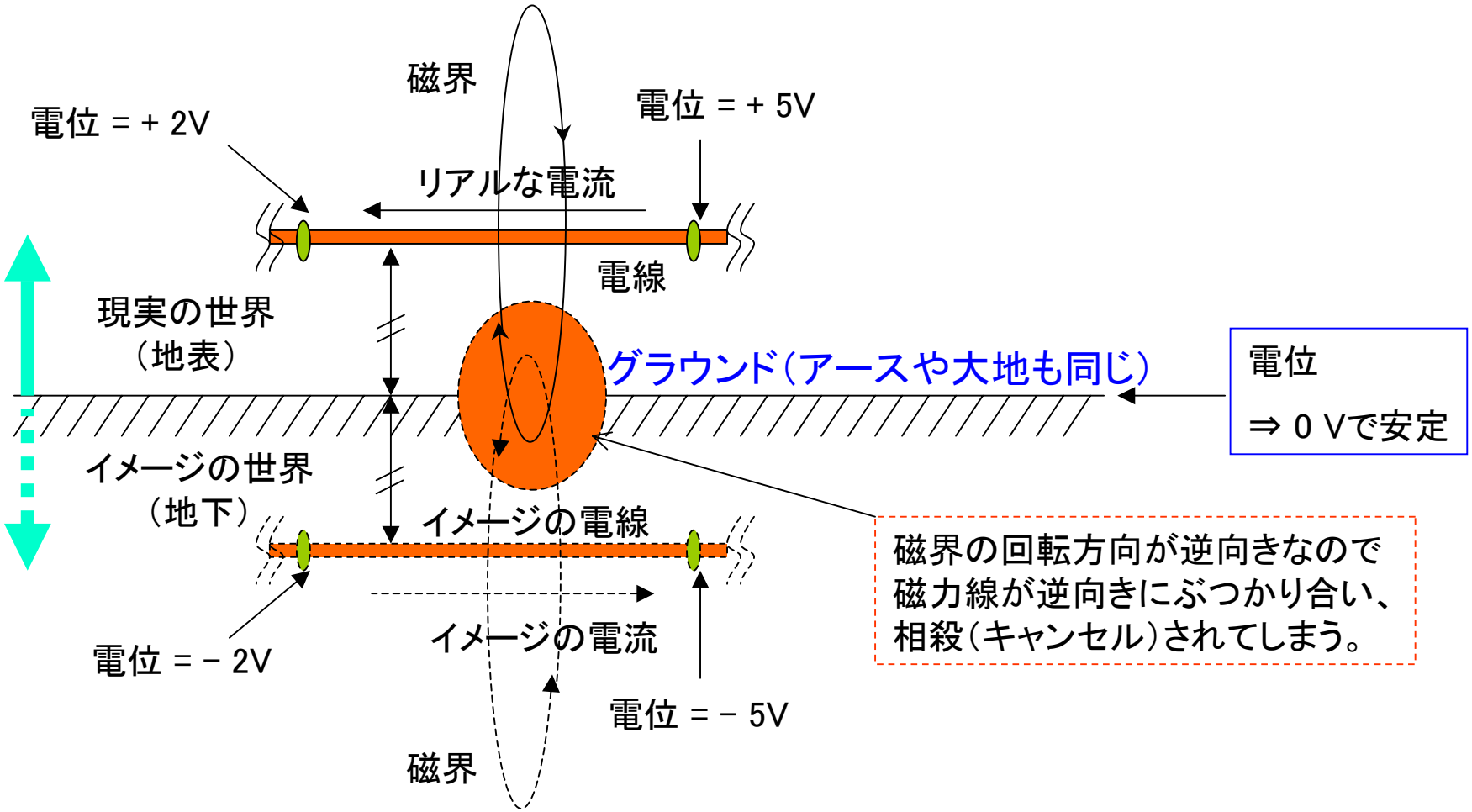
全長は半波長

平衡型アンテナ

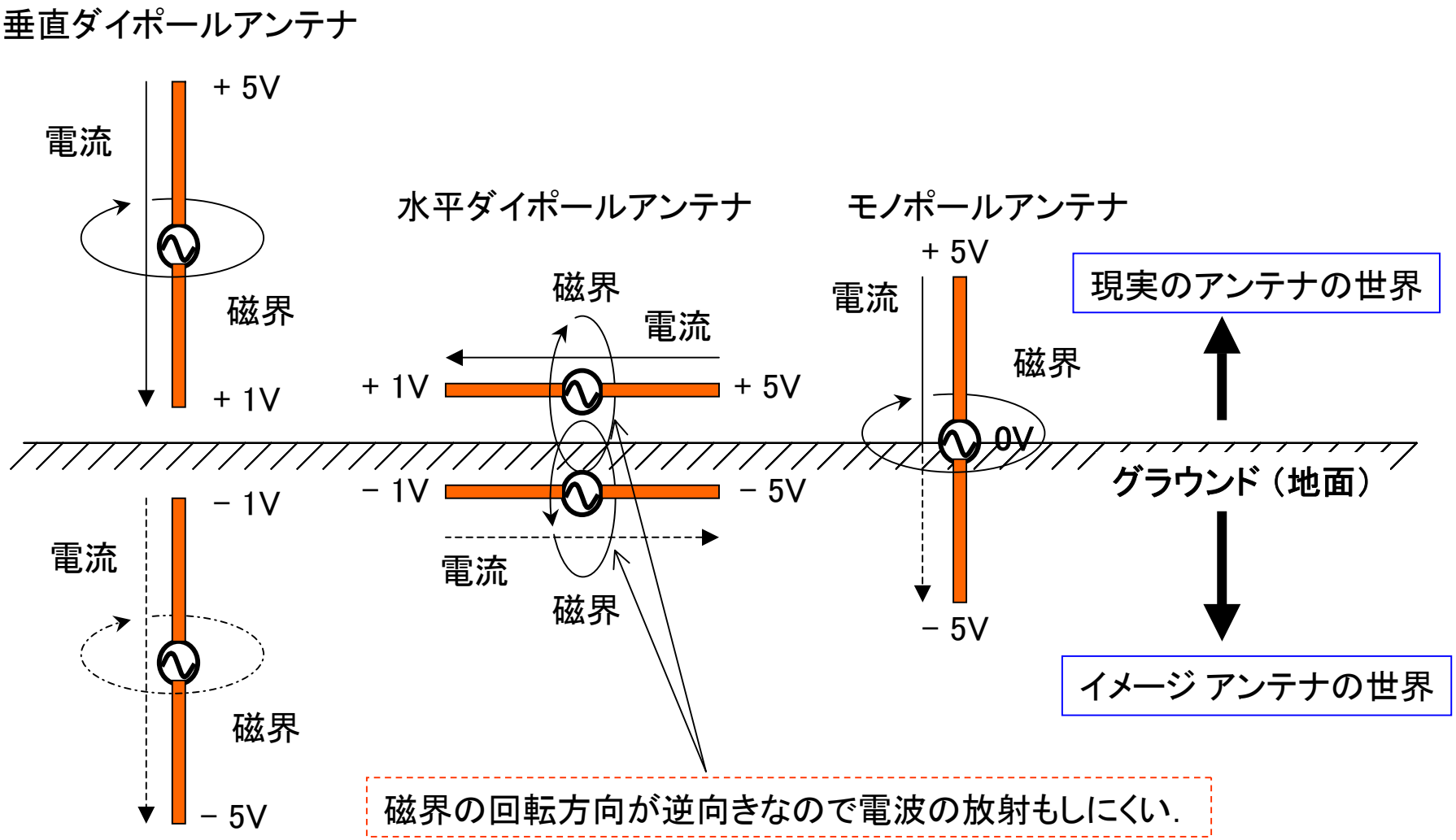


不平衡型アンテナ

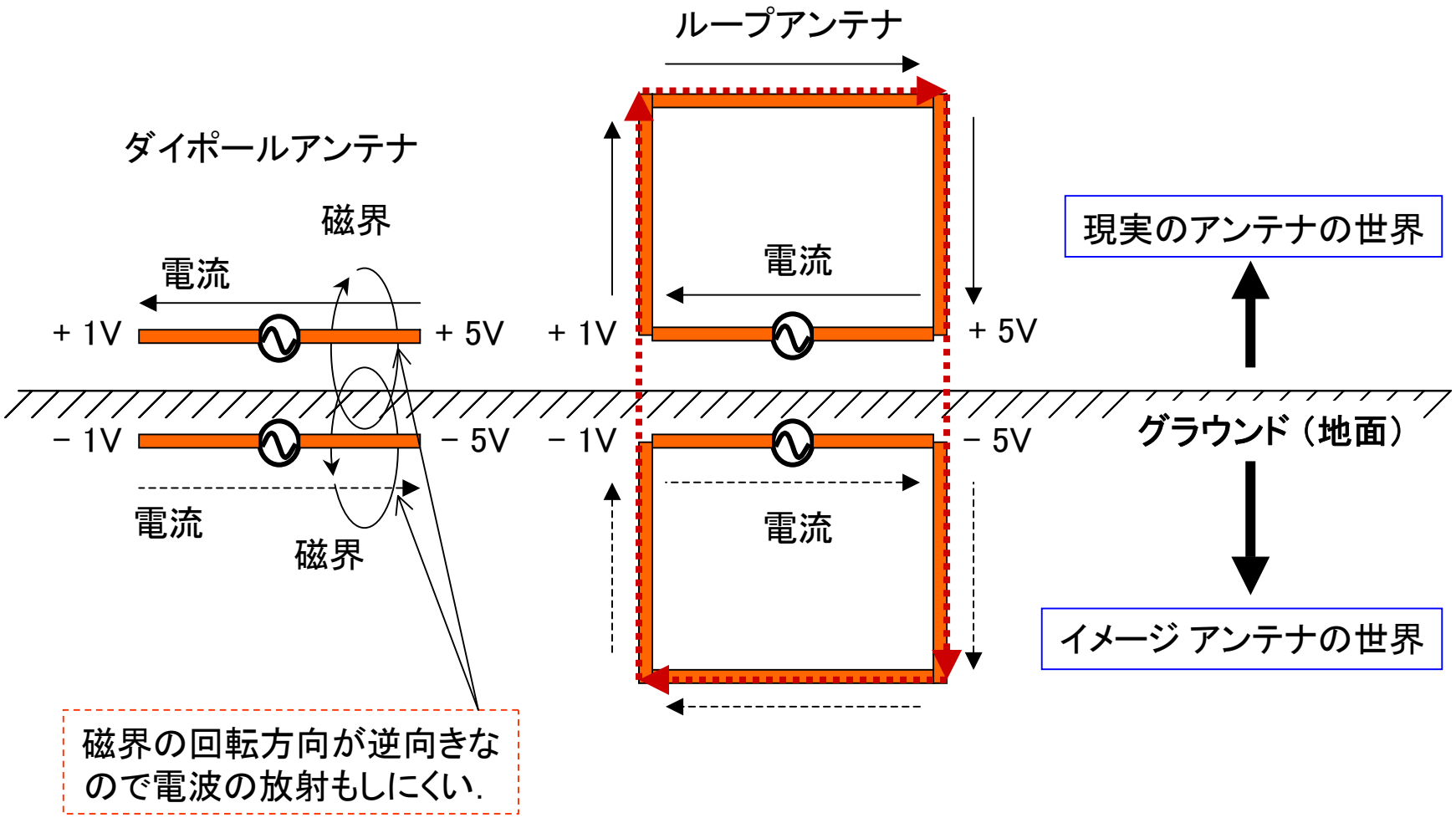
イメージの電流で発生する磁界が電波の放射を妨げる



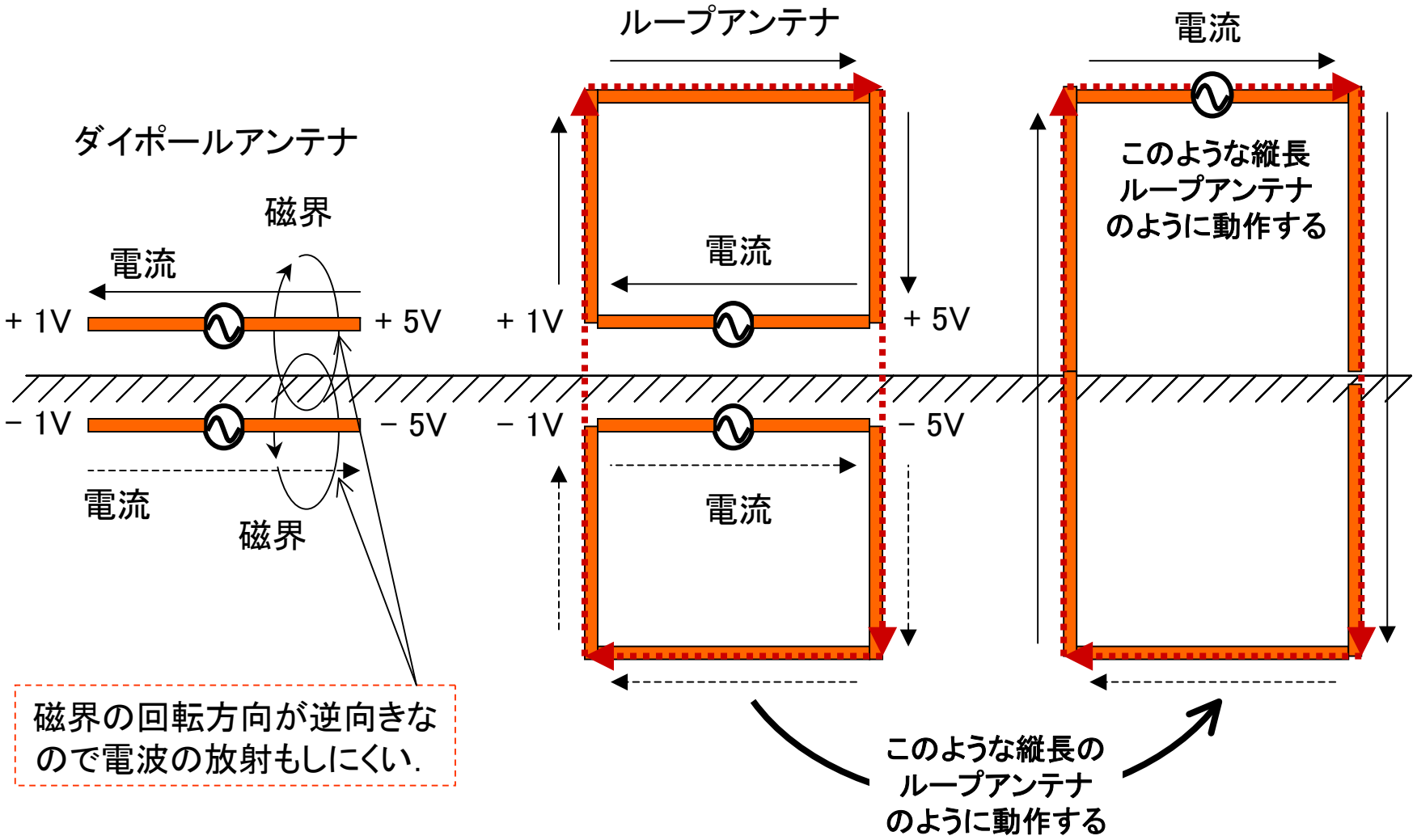
ダイポール（モノポール）アンテナとグラウンドの関係



金属に強いアンテナはループアンテナ

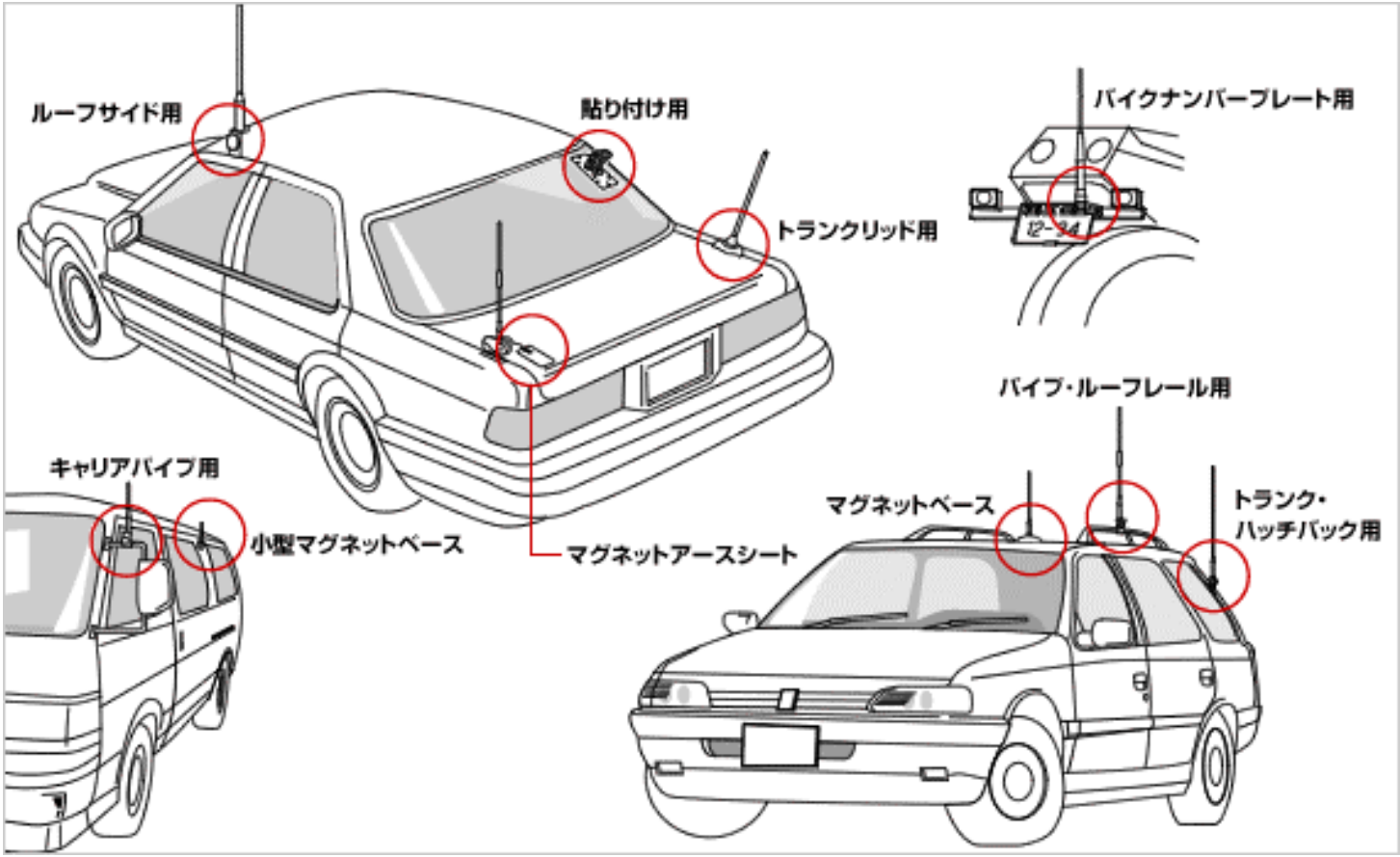


金属に強いアンテナはループアンテナ



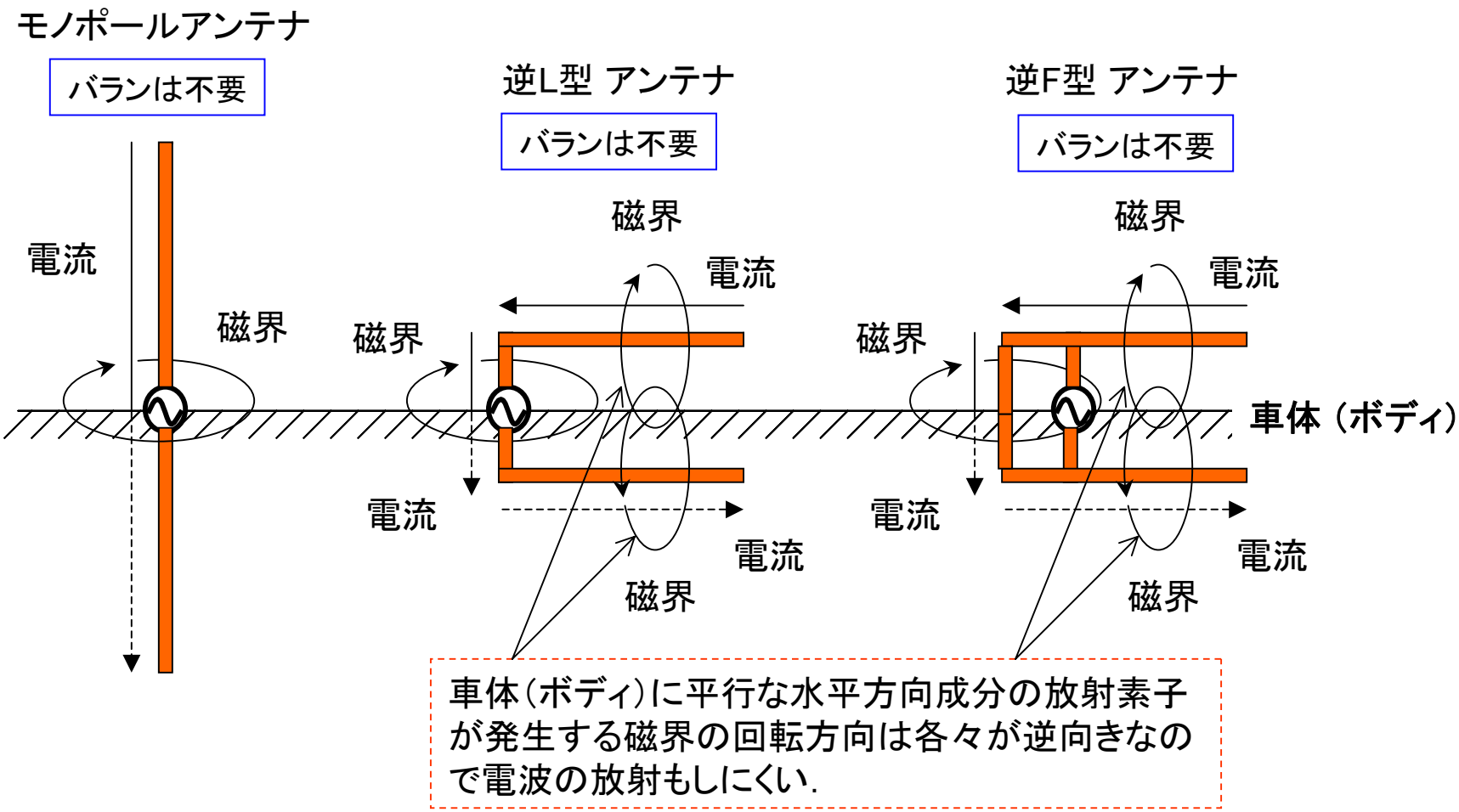
2-2. グラウンド、金属板があるときは アンテナは半分でよい

車載用アンテナの設置事例



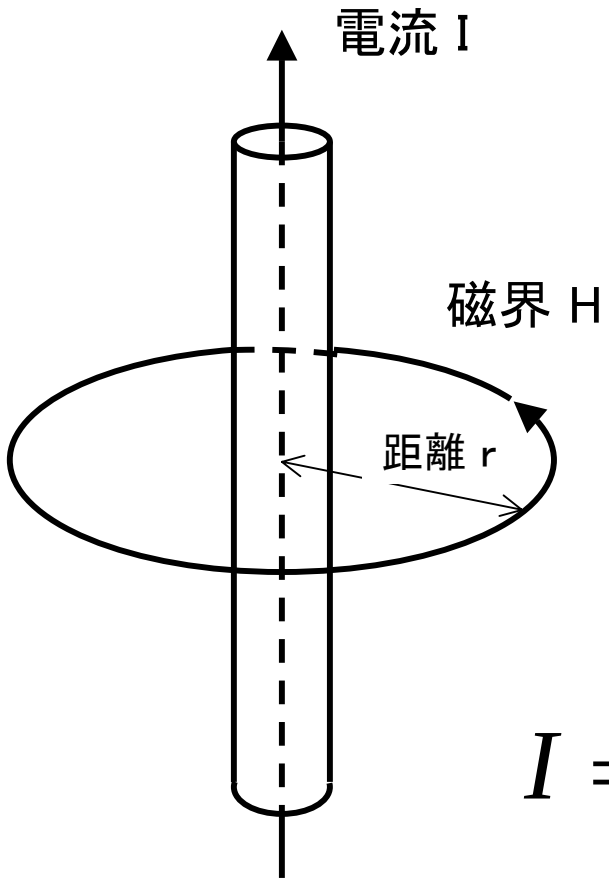
上図は第一電波工業株式会社（ダイヤモンドアンテナ）様のご好意で，
http://www.diamond-ant.co.jp/product/ama/stand/stand_index.html からの
転載をご了承をいただきました．

モノポールアンテナ（不平衡型アンテナ）の低姿勢化



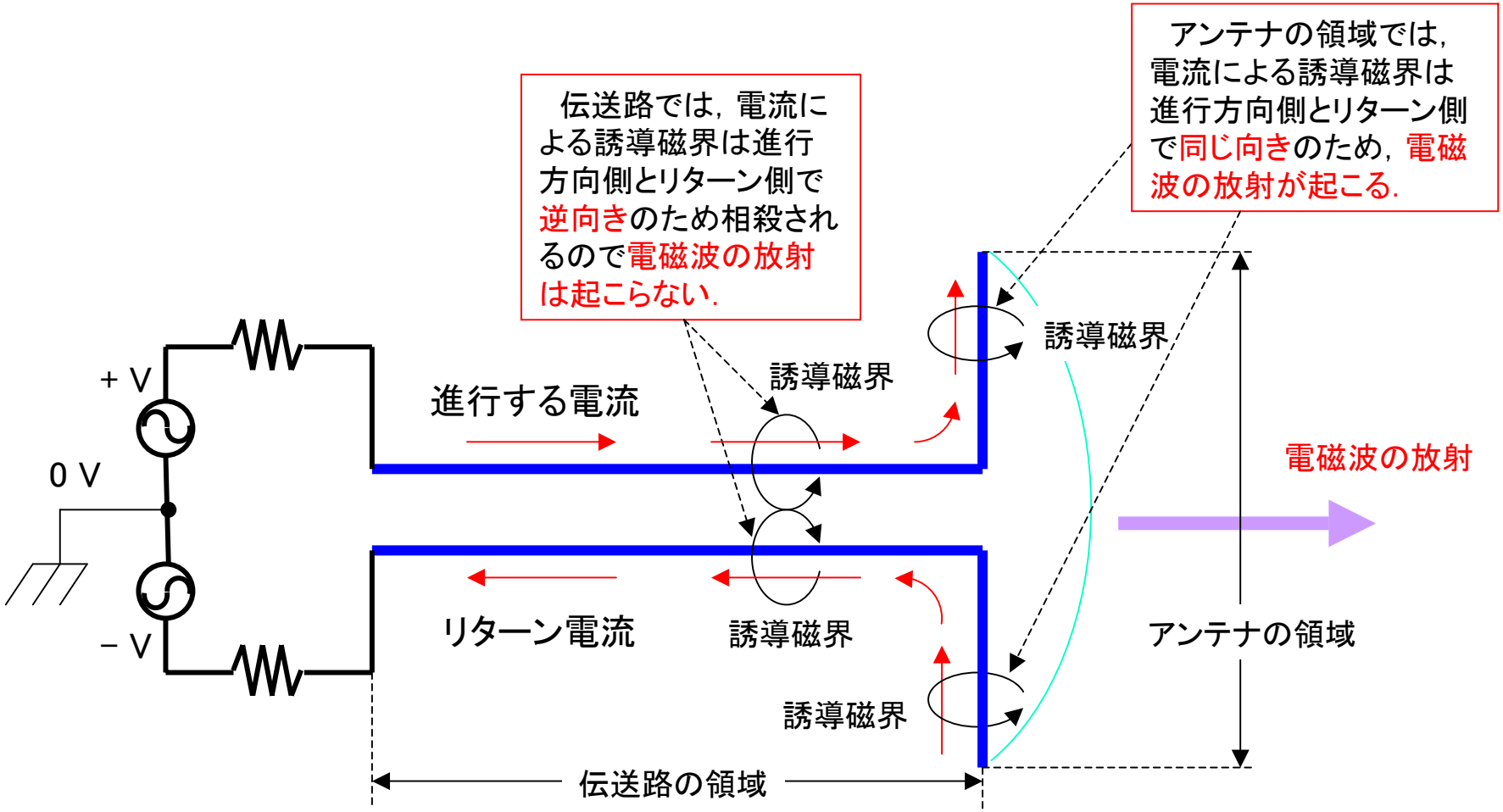
3. 雑音対策は目で見ればわかる

アンペールの法則

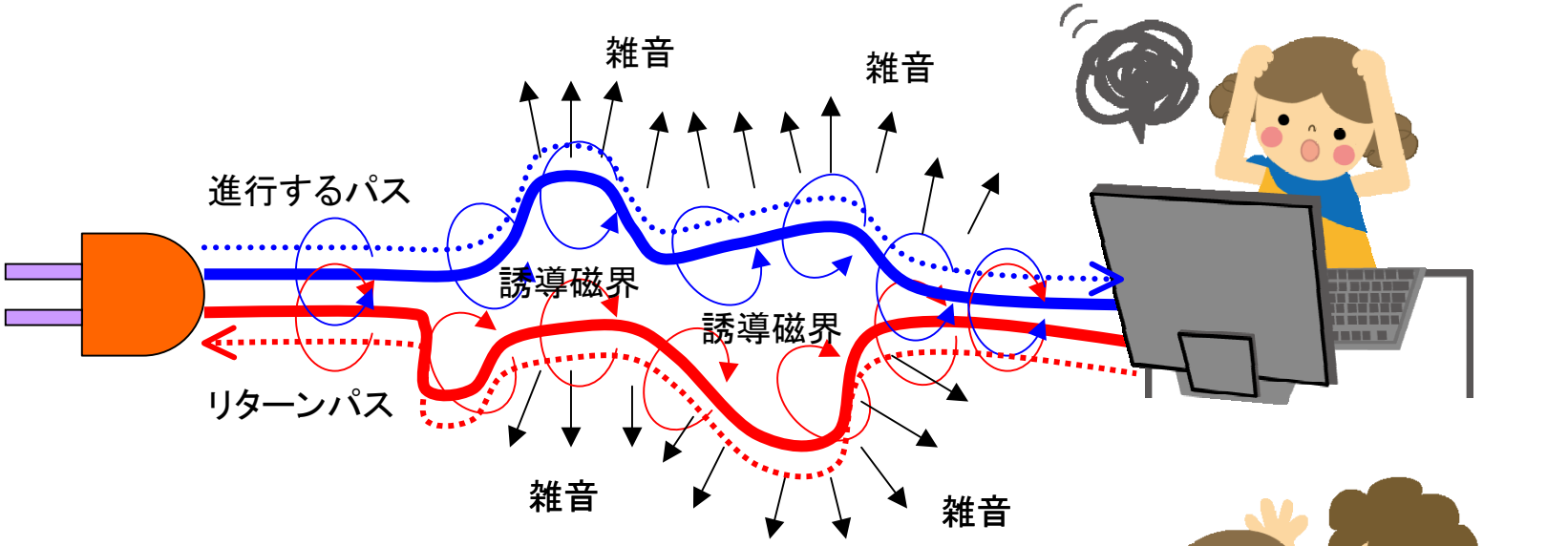


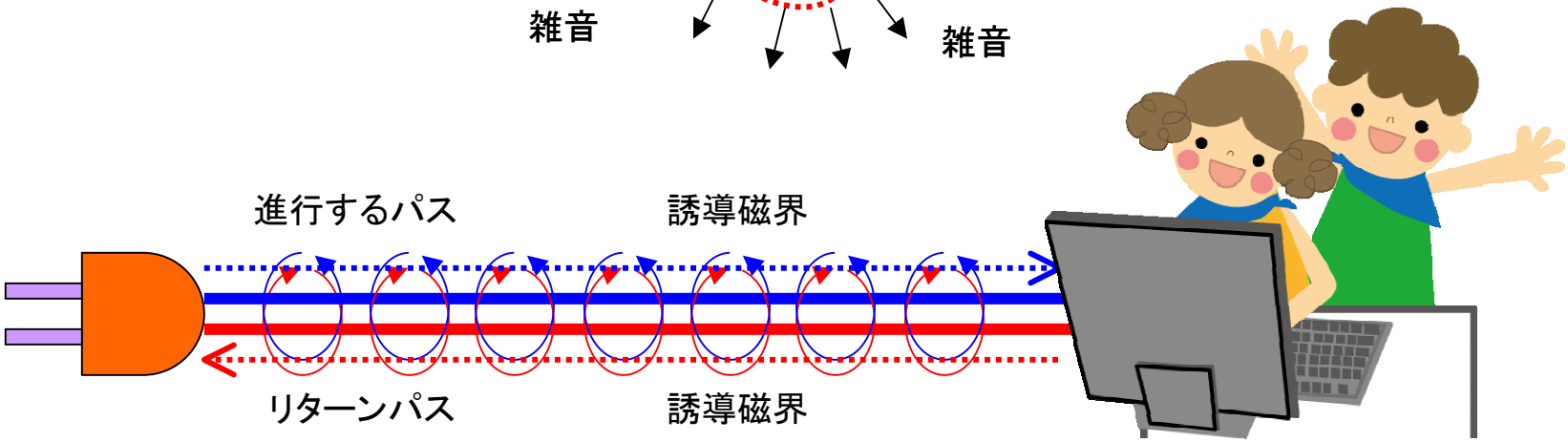
$$I = 2\pi r H$$

アンテナと伝送路は，共に2本の電線で実現できる
しかし，その振る舞いは異なる



AC 100V 電源ケーブル





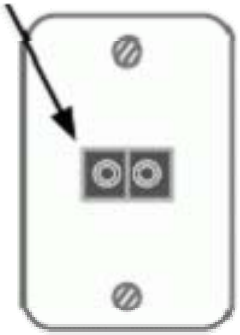
誘導磁界の双方の距離が近いとキャンセルされる.

平衡伝送ケーブル

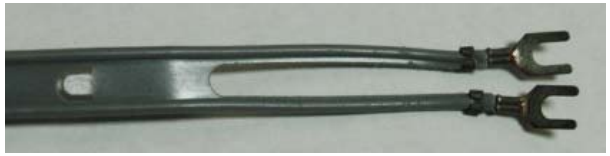
AC 100V 電源ケーブル

スピーカー用ケーブル

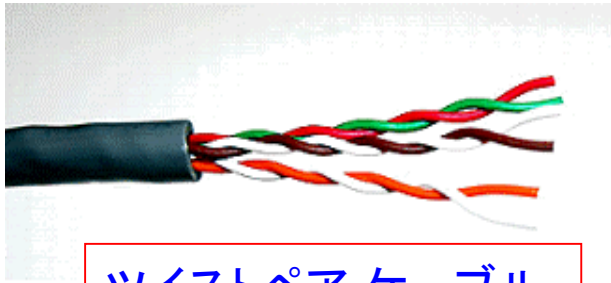
300Ω端子の例



昔のTVアンテナ用ケーブル



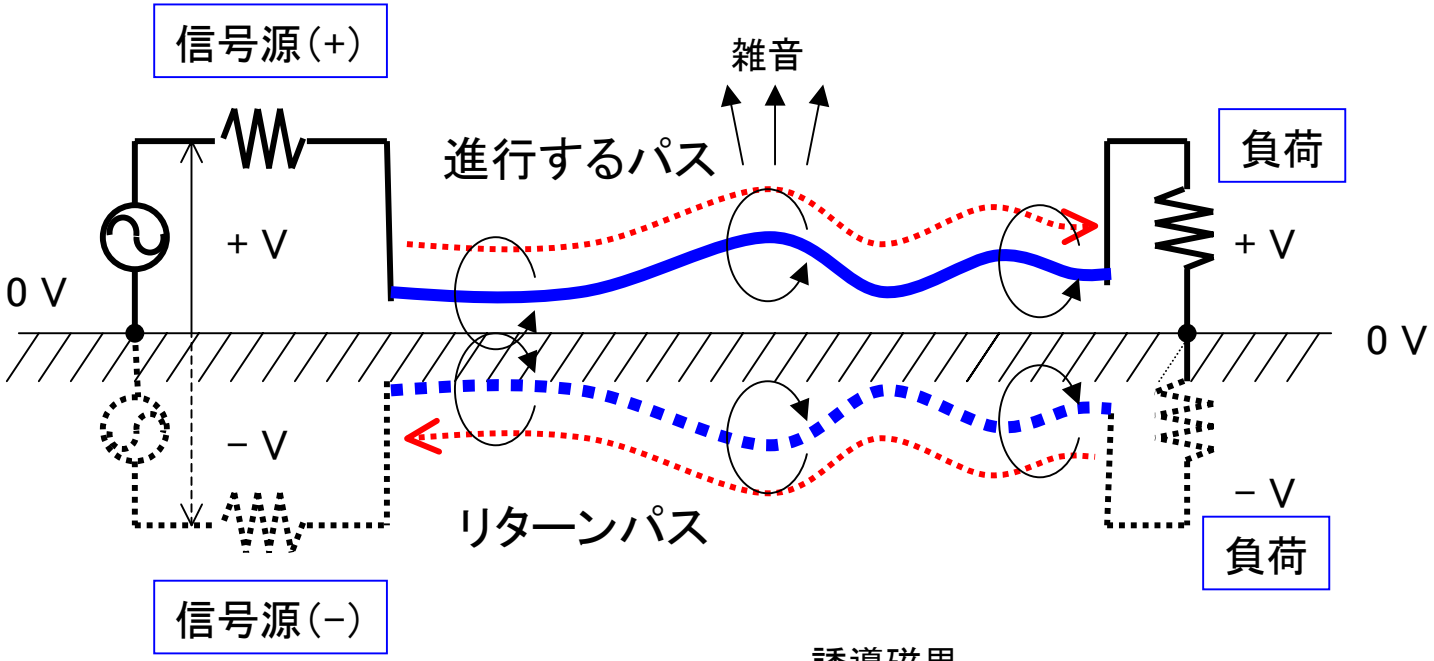
300Ω リボンフィーダー

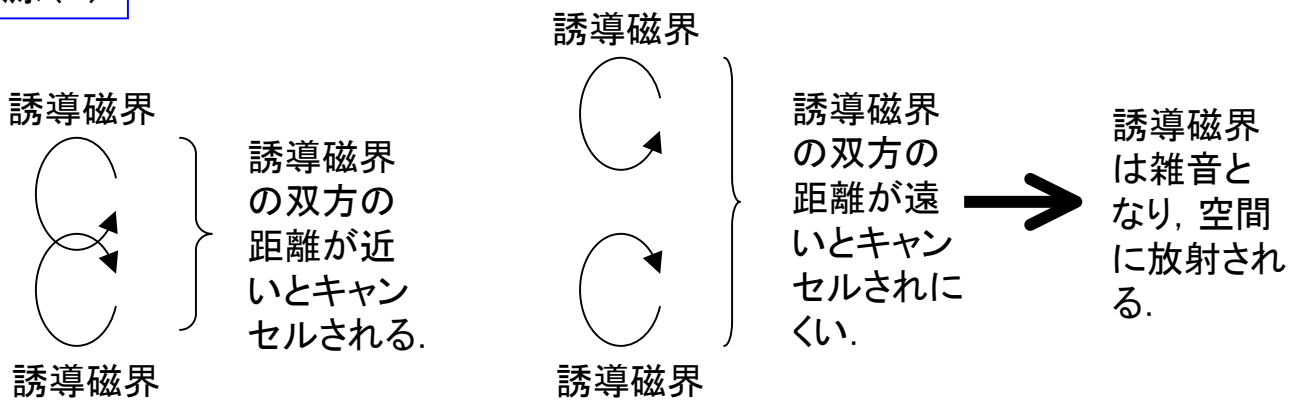


ツイストペア ケーブル

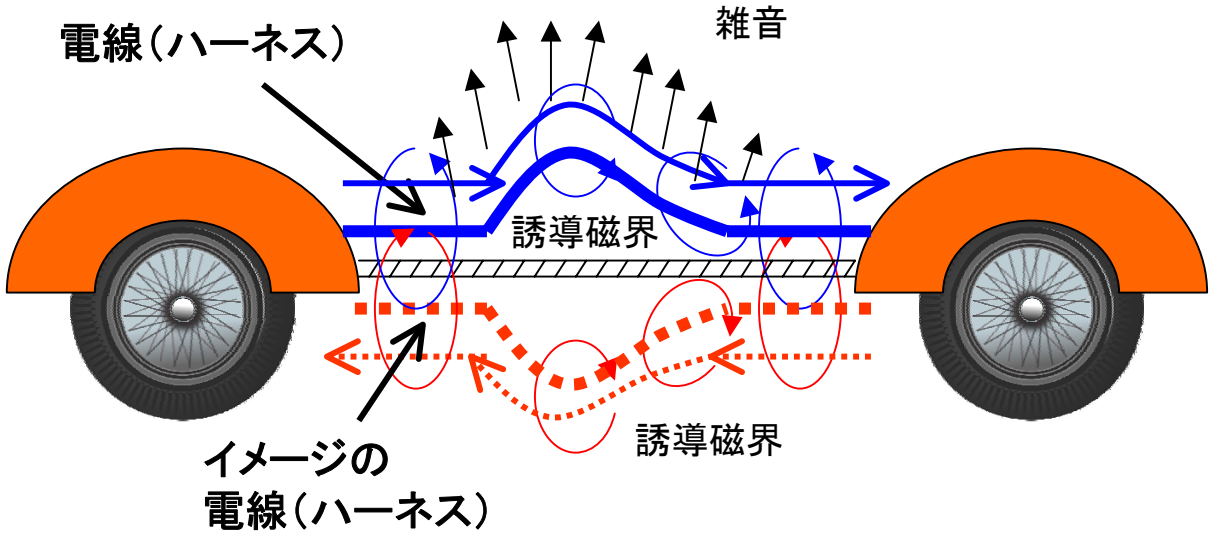
雑音対策

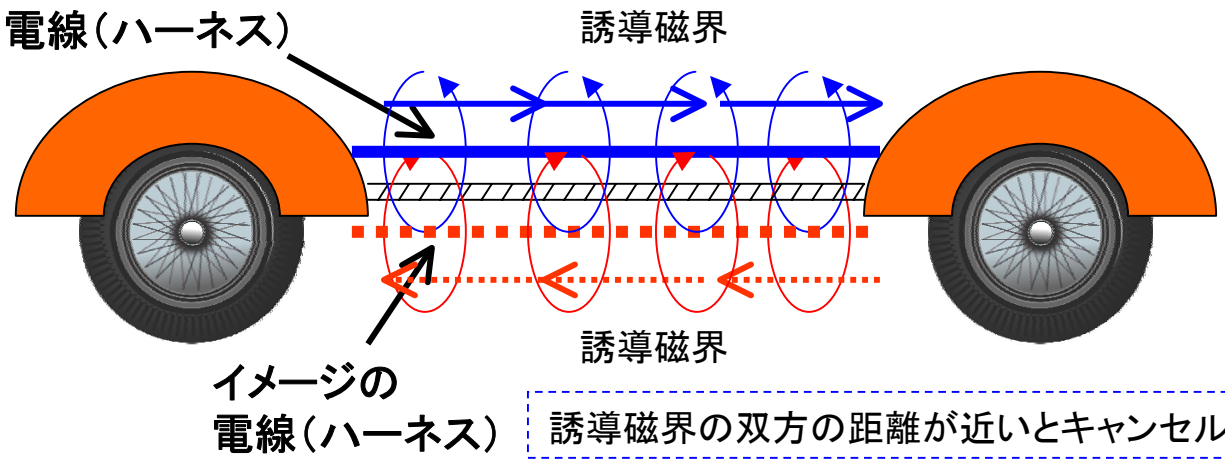
雑音が出やすい場所


信号源(+)
雑音
進行するパス
負荷
+ V
0 V
+ V
0 V
− V
リターンパス
− V
負荷
信号源(−)


誘導磁界
誘導磁界の双方の距離が近いとキャンセルされる.
誘導磁界
誘導磁界
誘導磁界の双方の距離が遠いとキャンセルされにくい.
誘導磁界
誘導磁界は雑音となり，空間に放射される.

自動車内の電線（ハーネス）の配線

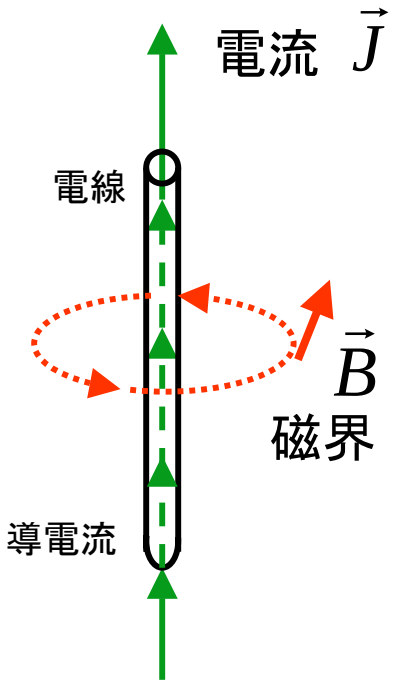




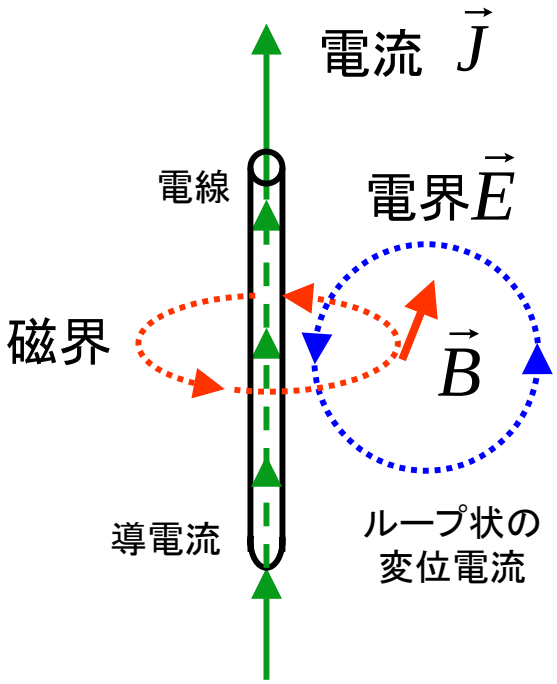
誘導磁界の双方の距離が近いとキャンセルされる.

4.　電波はどうして飛ぶのか？

アンペールの法則 と ファラデーの法則

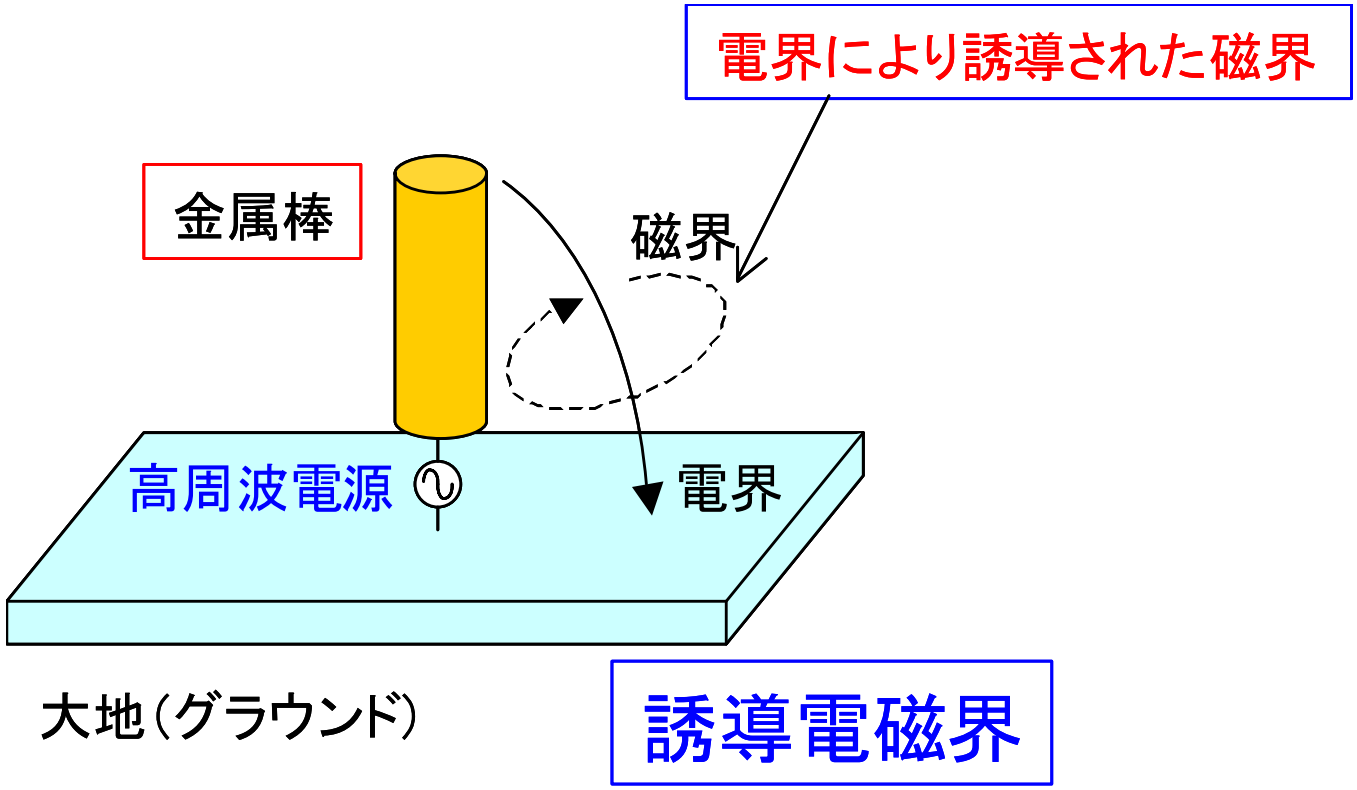


アンペールの法則



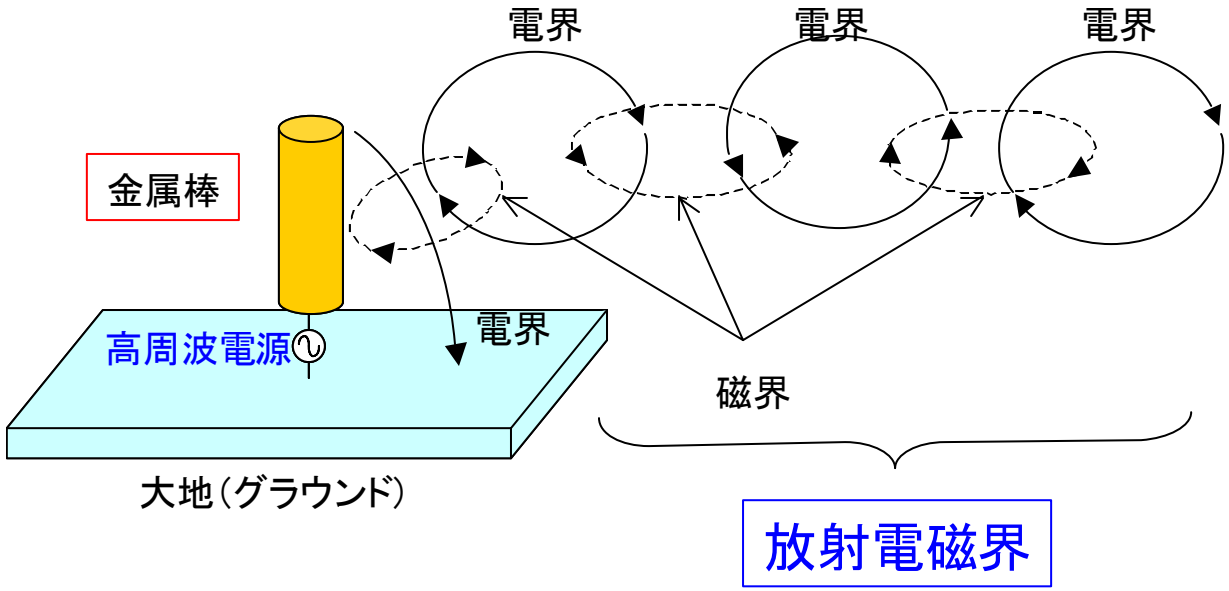
ファラデーの法則

誘導電磁界

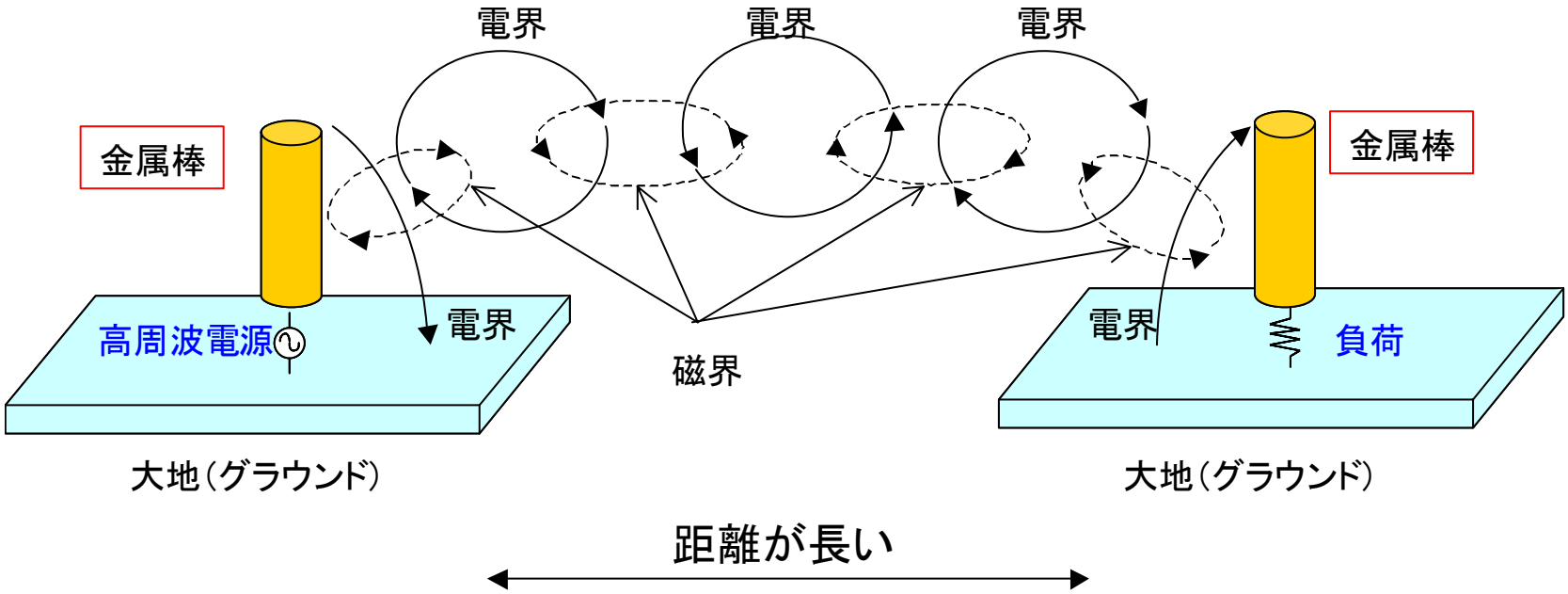


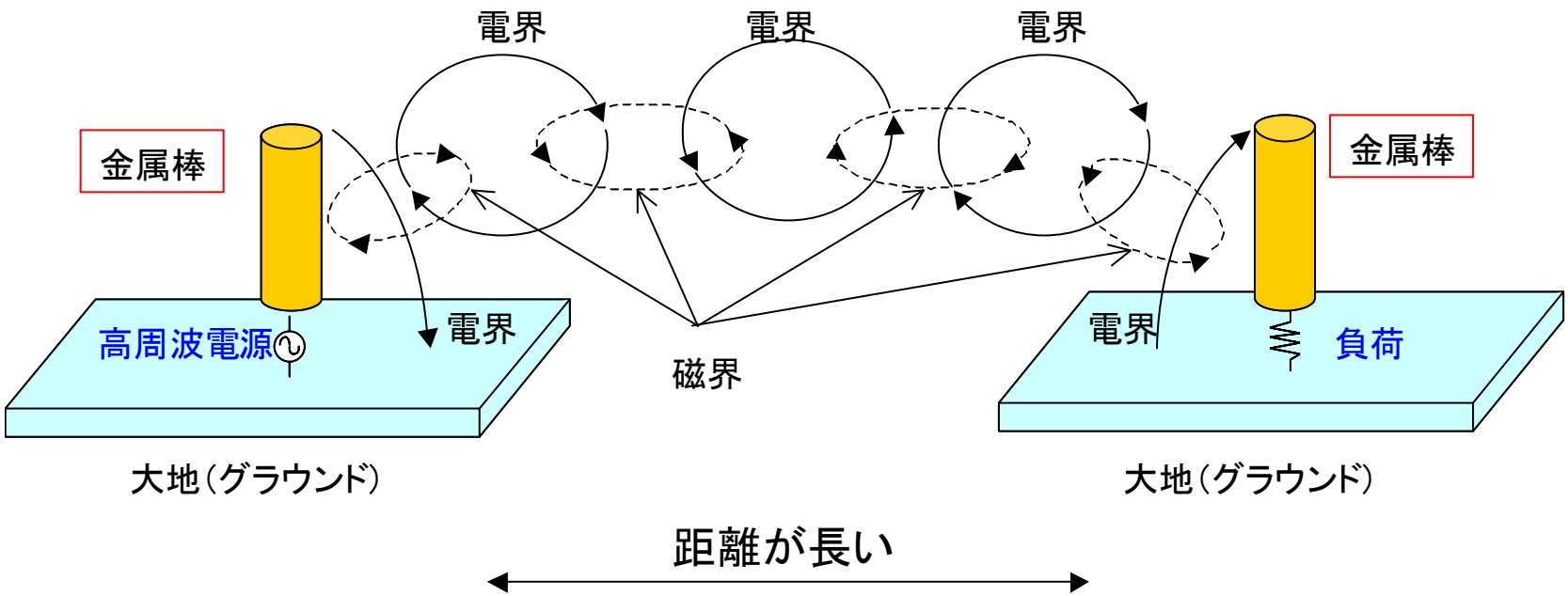
放射電磁界

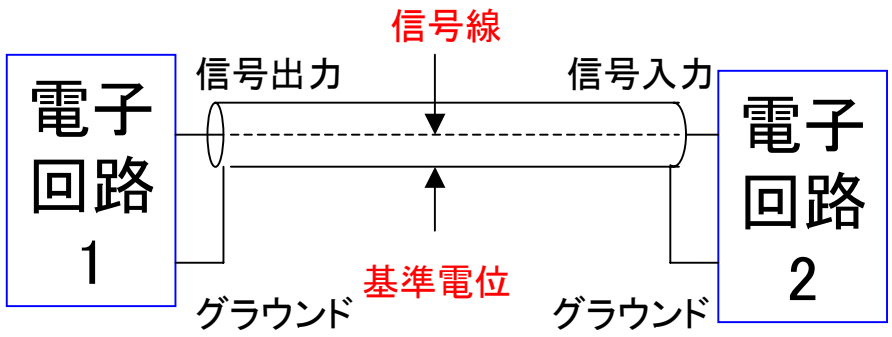
電界と磁界の関係が整理され，安定して遠方に伝わるのが放射電磁界（大地はなくても伝播する。）



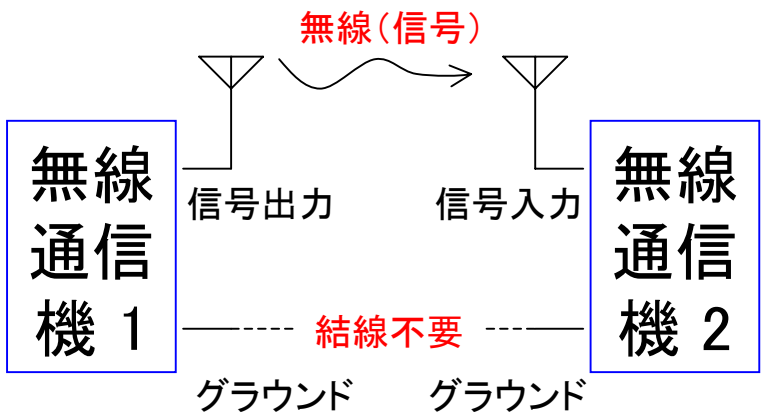
空間の電波伝搬





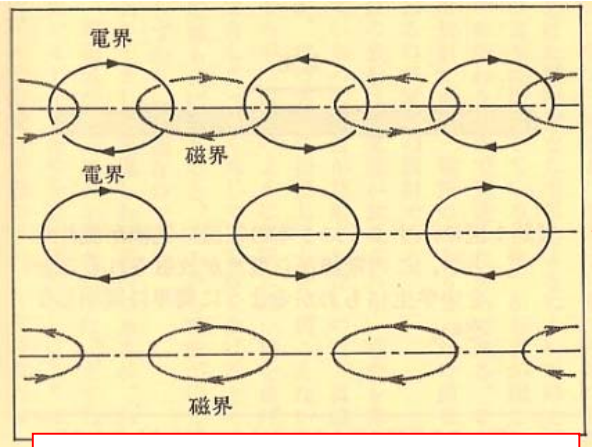


電子回路間の結線

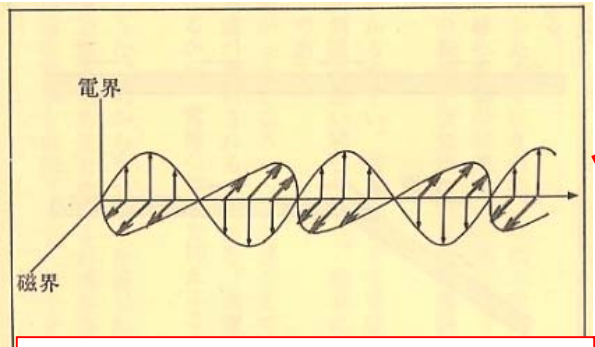


無線通信機の場合

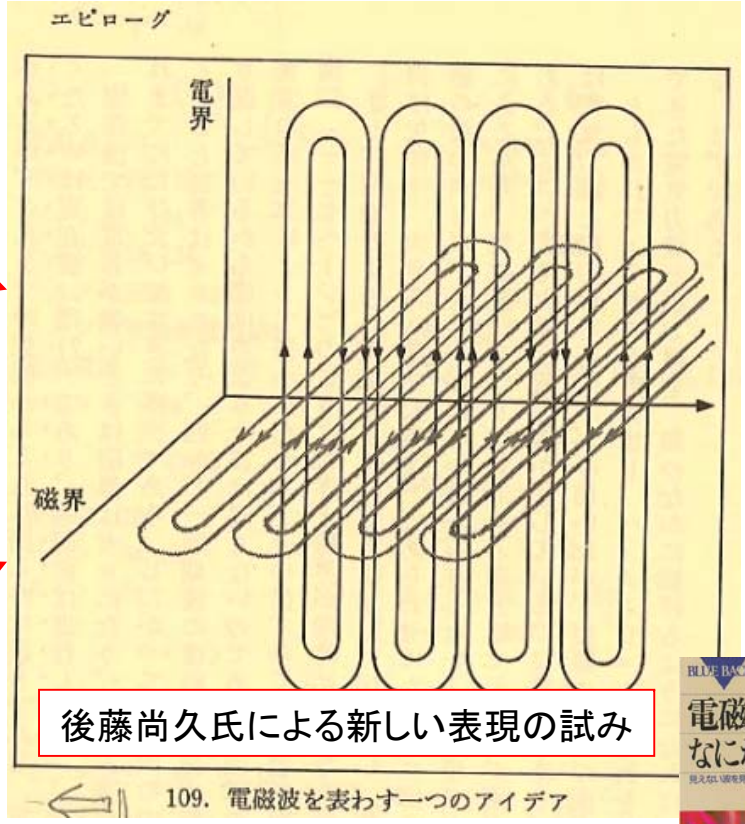
電波伝搬の説明の図は変わってきている



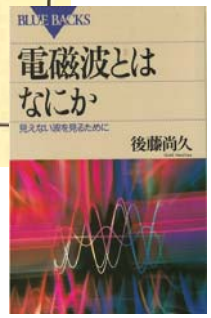
定存波の考え方で波は進まない
（ Max Born 由来の概念図 ）



電界や磁界が一面にしか存在しない図で，実際は全空間に存在する



後藤尚久氏による新しい表現の試み



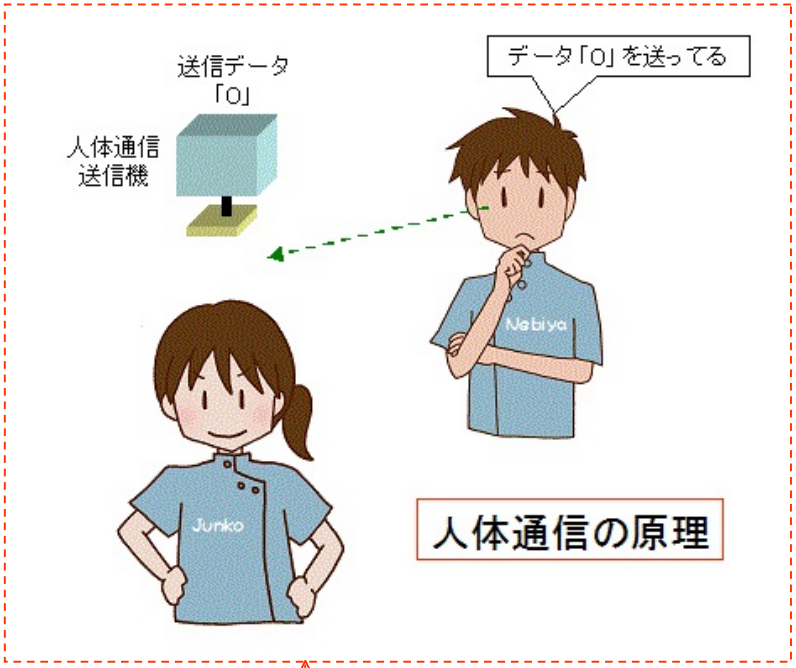
5.　私と出会ってしまったからには
→ 人体通信を知っていただきます

5-1. 人体通信の原理

静電気の力

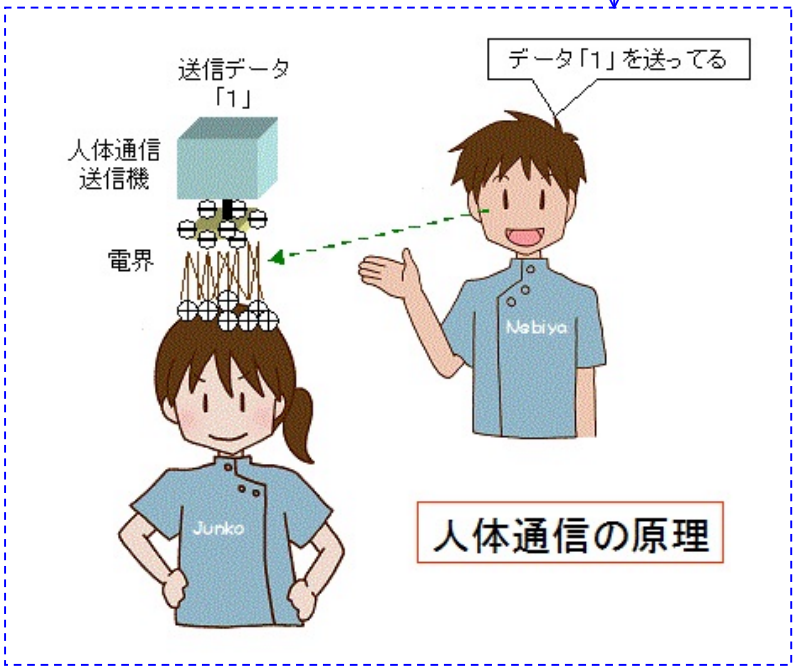
子供の頃に，静電気を使って，こんな遊びをしたことはありませんか？

静電気を使った通信の可能性

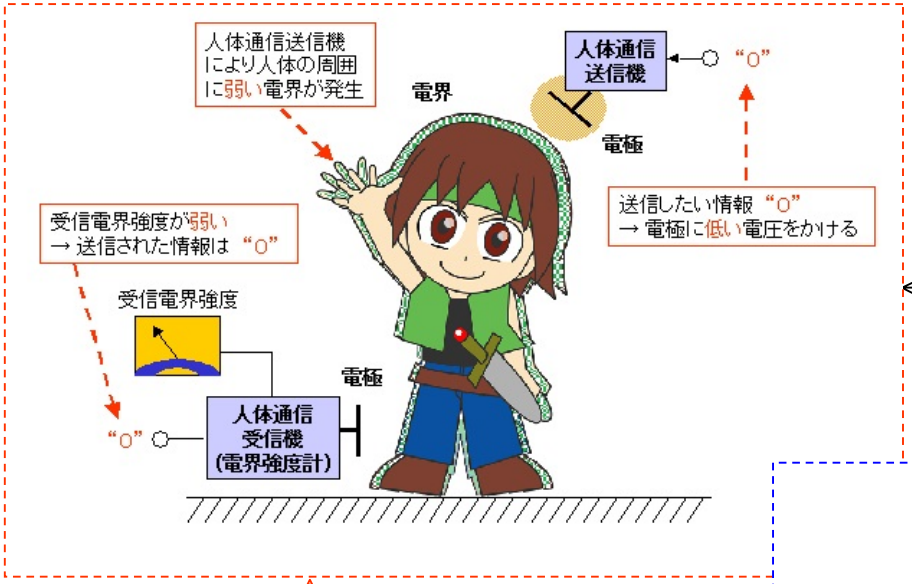


彼女の髪の毛がさかだっていないから，情報は“0”だ.

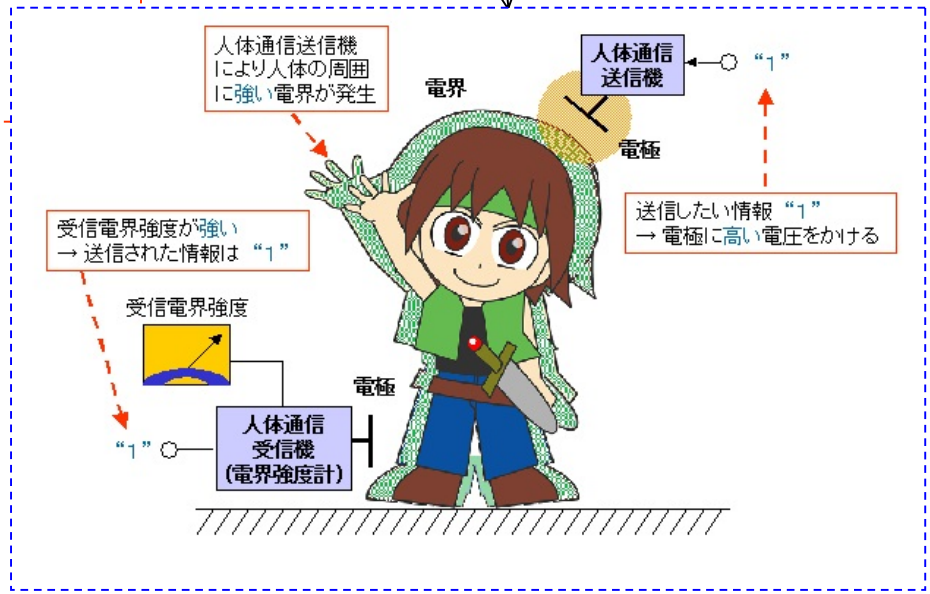
彼女の髪の毛がさかだっているから，情報は“1”だ.



人体通信



情報“1”を送りたいときは
電界を強くする.



情報“0”を送りたいときは
電界を弱くする.

5-2. 人体も人体通信の送信機

人体も人体通信送信機
Body as a Transmitter

U.S.Patent Jan.30,2007（US7,171,680 B2）

標準心電波形

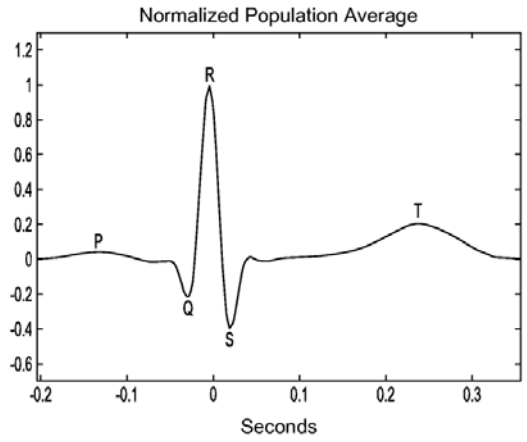


Figure 4: Normalized grand-average

心電波形の測定個人データ

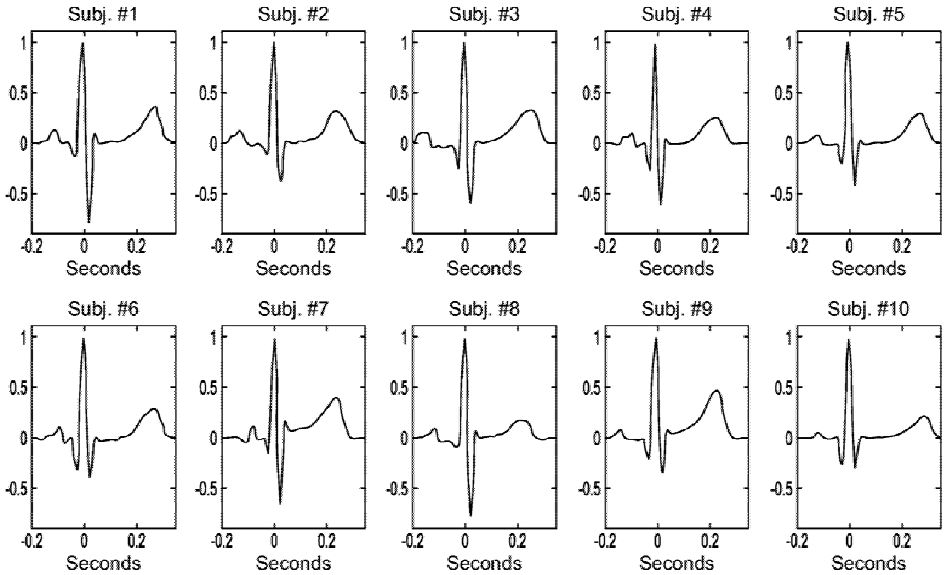


Figure 5: Electro-cardiologic signals of ten subjects

U.S. Patent Jan. 30, 2007 Sheet 3 of 5 US 7,171,680 B2

測定個人データには個性がある

U.S.Patent Jan.30,2007（US7,171,680 B2）

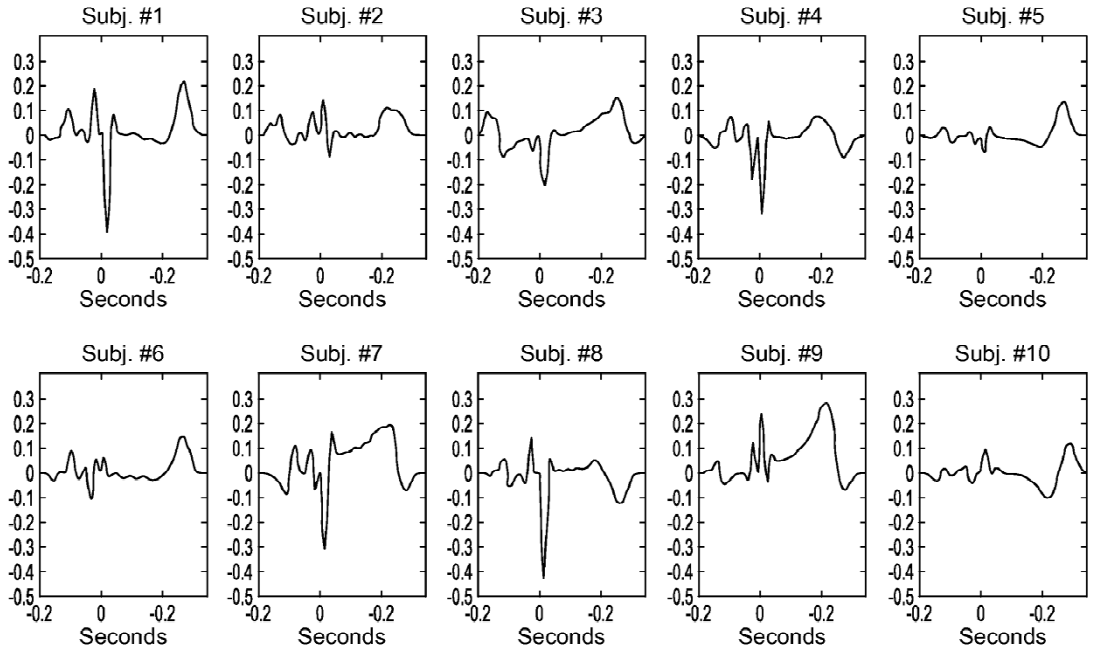


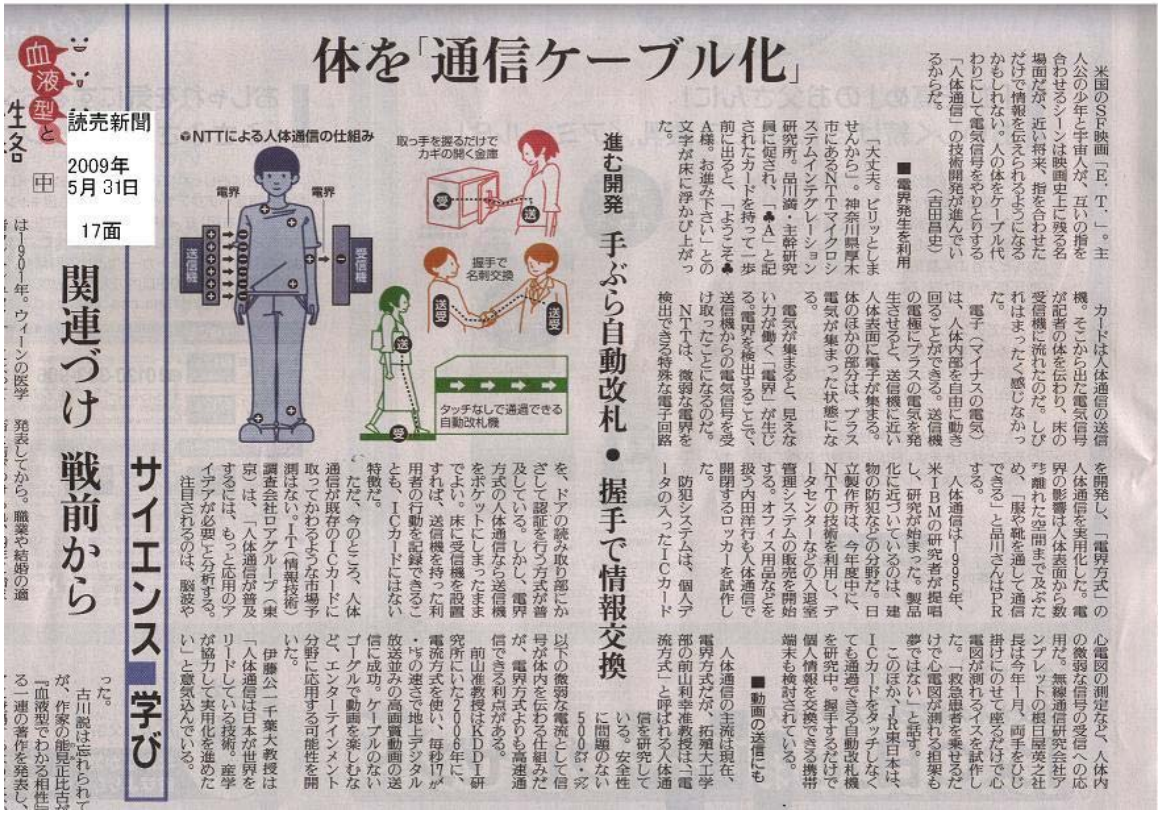
Figure 6: Signature templates of the above ten subjects

U.S. Patent Jan. 30, 2007 Sheet 4 of 5 US 7,171,680 B2

差分波形 ＝ 測定個人データ － 標準心電波形

心電波形で入退室管理

AMPLET Communication Laboratory



血液型と性格

読売新聞
2009年
5月31日
17面

体を「通信ケーブル化」

進む開発 手ぶら自動改札・握手で情報交換

サイエンス 学び

関連づけ 戦前から

米国のSF映画「E.T.」。主人公の少年と宇宙人が、互いの指を合わせるシーンは映画史上に残る名場面だが、近い将来、指を合わせただけで情報を伝えられるようになるかもしれない。人の体をケーブル代わりにして電気信号をやりとりする「人体通信」の技術開発が進んでいるからだ。（吉田昌史）

■電界発生を利用

「大丈夫。ビリッとしませんから」。神奈川県厚木市にあるNTTマイクロシステムインテグレーション研究所。品川満・主幹研究員に促され、「♣A」と記されたカードを持って一歩前に出ると、「ようこそ♣A様。お進み下さい」との文字が床に浮かび上がった。

NTTによる人体通信の仕組み

カードは人体通信の送信機。そこから出た電気信号が配者の体を伝わり、床の受信機に流れたのだ。しびれはまったく感じなかった。

電子（マイナスの電気）は、人体内部を自由に動き回ることができる。送信機の電極にプラスの電気を発生させると、送信機に近い人体表面に電子が集まる。体のほかの部分は、プラス電気が集まった状態になる。

電気が集まると、見えない力が働く「電界」が生じる。電界を検出することで、送信機からの電気信号を受け取ったことになるのだ。

NTTは、微弱な電界を検出できる特殊な電子回路を開発し、「電界方式」の人体通信を実用化した。電界の影響は人体表面から数センチ離れた空間まで及ぶため、服や靴を通して通信できる」と品川さんはPRする。

人体通信は1995年、米IBMの研究者が提唱し、研究が始まった。製品化に近づいているのは、建物の防犯などの分野だ。日立製作所は、今年度中に、NTTの技術を利用し、データセンターなどの入退室管理システムの販売を開始する。オフィス用品などを扱う内田洋行も人体通信で開閉するロッカーを試作した。

防犯システムは、個人データの入ったICカードを、ドアの読み取り部にかざして認証を行う方式が普及している。しかし、電界方式の人体通信なら送信機をポケットにしまったままでよい。床に受信機を設置すれば、送信機を持った利用者の行動を記録できることも、ICカードにはない特徴だ。

ただ、今のところ、人体通信が既存のICカードに取ってかわるような市場予測はない。IT情報技術調査会社ロアグループ（東京）は、「人体通信が普及するには、もっと応用のアイデアが必要」と分析する。注目されるのは、脳波や心電図の測定など、人体内の微弱な信号の受信への応用だ。無線通信研究会社アンプレットの根日屋英之社長は今年1月、両手をひじ掛けにのせて座るだけで心電図が測れるイスを試作した。「救急患者を乗せるだけで心電図が測れる担架も夢ではない」と話す。

このほか、JR東日本は、ICカードをタッチしなくても通過できる自動改札機を研究中。握手するだけで個人情報を交換できる携帯端末も検討されている。

■動画の送信にも

人体通信の主流は現在、電界方式だが、拓殖大工学部の前山利幸准教授は「電流方式」と呼ばれる人体通信を研究している。安全性に問題のない5000ガ・ヘルツ以下の微弱な電流として信号が体内を伝わる仕組みだが、電界方式よりも高速通信できる利点がある。

前山准教授はKDDI研究所にいた2006年に、電流方式を使い、毎秒17メ・ビの速さで地上デジタル放送並みの高画質動画の送信に成功。ケーブルのないゴーグルで動画を楽しむなど、エンターテインメント分野に応用する可能性を開いた。

伊藤公一千葉大教授は「人体通信は日本が世界をリードしている技術。産学が協力して実用化を進めたい」と意気込んでいる。

読売新聞 2009年5月31日

産業新聞 2009年（平成21年）4月15日（水曜日）

人体通信の未来 広がる適用分野

「血流」で入退室管理へ

アンプレット、心電計試作

ICカードの携帯不要

究極の近距離無線

日経産業新聞 2009年4月15日

さらばじゃ！

ユビキタス無線工学と微細RFID
初版限定 微細RFIDの実物付録
ユビキタス無線ディバイス
ICカード・RFタグ UWB・ZigBee 可視光通信・技術動向
ユビキタス時代のアンテナ設計
無線ICタグ RFID,UWB,無線LAN
ワイヤレスブロードバンド技術
IEEE802と4G携帯の展開, OFDMとMIMOの技術
高周波・無線教科書
リニアアンプスタイルブック
DSPの無線応用
Ubiquitous
人体通信の最新動向と応用展開
HIGH TECHNOLOGY INFORMATION
RFタグの開発と応用Ⅱ
無線通信時代的天線設計
無線通信技術與RFID
XTECH
アンテナ設計で
職人博士の極意を伝授
セミナー会場
受付は会場内にございます
根日屋英之の著書
AMPLET
Communication Laboratory
Hideyuki Nebiya
nebiya.hideyuki@nihon-u.ac.jp