

オープンキャンパス用 研究紹介スライド

1st 2006/08/10
Lst 2019/08/22

香川高等専門学校
通信ネットワーク工学科

電磁波の代表的な性質

① 真空 $v=c$ 光速・直進
誘電体 $v=c/\sqrt{\epsilon_r}$ 速度低下 (周波数は一定)
 $\lambda = \lambda_0/\sqrt{\epsilon_r}$ 波長短縮

② 例)誘電体レンズ
屈折 焦点
干渉 (定在波)

③ 干渉縞(定在波) 反射 境界
屈折透過 誘電体 反射 透過 吸収
例)レーダ熱・刺激作用

④ 干渉縞(定在波) 反射 回折 干渉 (定在波) 例)日陰

⑤ 干渉 (定在波) 誘電体球 散乱 (反射と回折の合成) 例)大気や水の青色、夕焼け

本来の入射波と別の波が重なることを干渉と呼び、その干渉縞のことを定在波と呼ぶ。

産業科学医療 (ISM) と電磁波

電子レンジ オープン
テレビ、ラジオ リモコン
携帯電話 & コードレス
無線 LAN Bluetooth
光ファイバー インターネット

IH クッキング
電気 ストーブ
電波 時計
雨雲の動き
自動改札 ICカード
電子決済 RFID

LED
自動車レーダ
ETC
カーナビ (GPS)
キーレス

理科教育のための科学実験推進

ソースコード公開

2次元LED解析事例	境界条件	既知値	既知値
受信・ルネベグレンズ	境界条件	既知値	既知値
受信・パラボラアンテナ	境界条件	既知値	既知値
ホーンアンテナ	境界条件	既知値	既知値
携帯電話	境界条件	既知値	既知値
スマートフォン	境界条件	既知値	既知値
シールド(キャップあり)	境界条件	既知値	既知値
シールド(確認あり)	境界条件	既知値	既知値
電子レンジ	境界条件	既知値	既知値
電子レンジ(キャップあり)	境界条件	既知値	既知値
反射	境界条件	既知値	既知値
回折・波長一対で大きいスリット	境界条件	既知値	既知値
干渉・ダブルスリット	境界条件	既知値	既知値
観測・感電律	境界条件	既知値	既知値
通信・導波管フレッド	境界条件	既知値	既知値
通信・導波管フレッド	境界条件	既知値	既知値
通信・導波管フレッド	境界条件	既知値	既知値
通信・導波管	境界条件	既知値	既知値

Fig. 1: Microwave experiment. Microwave heating of liquid (water, ice and olive-oil), spark discharge of CD-R, and luminescence of fluorescent lamp.

Fig. 2: Scientific experiments of light. Polarizer, diffraction grating with three primary colors, and visualization of infrared by CCD element.

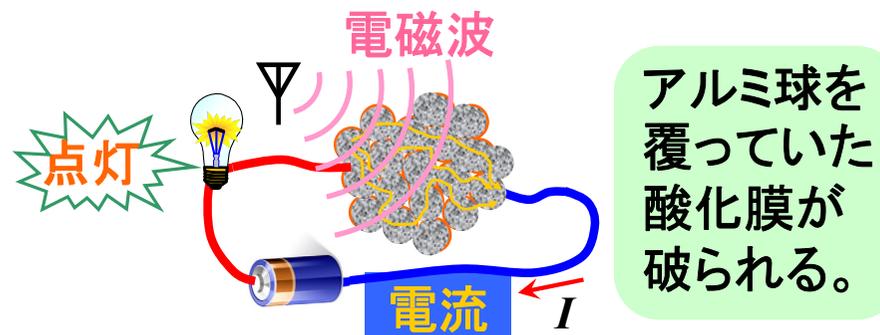
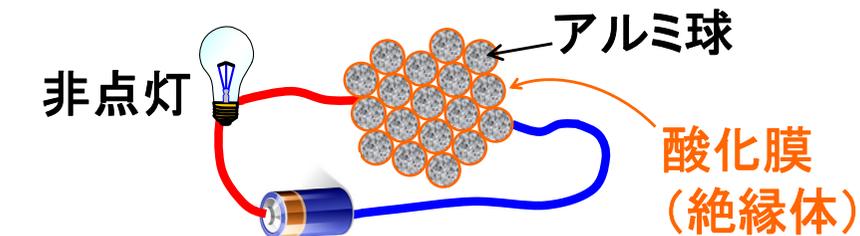
Fig. 3: Electromagnetic simulation. Parabola antenna, luneberg antenna, horn antenna, mobile phone, microwave oven, and shielding.

Fig. 4: Experiment of the antenna. Coherer used in the wireless communication in the past.

Fig. 5: Experiment of electromagnetism. Motor, reed switch top, and disk of Arago.

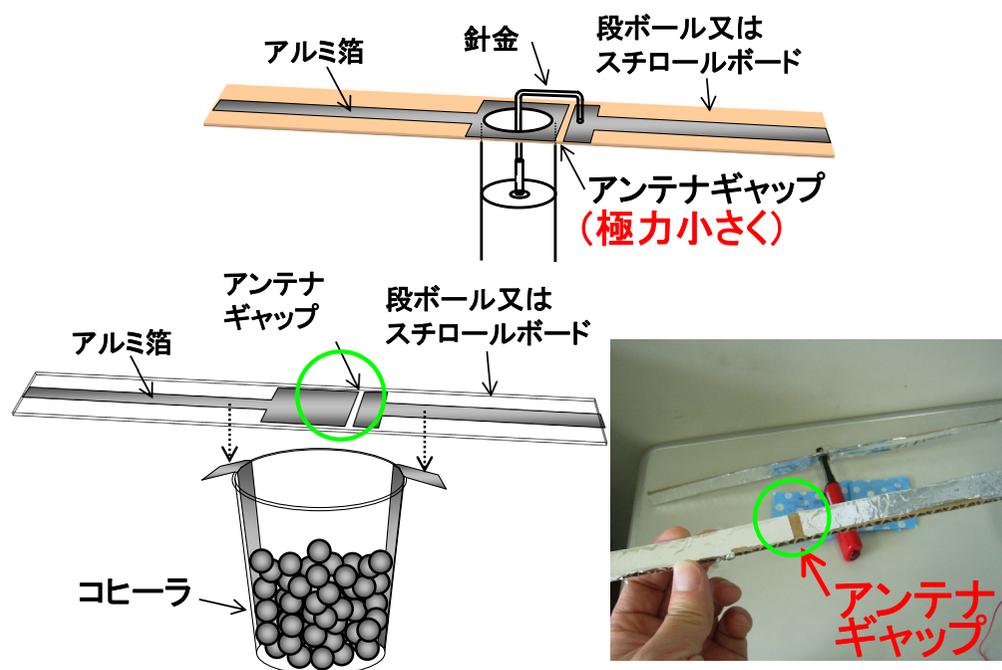
Fig. 6: Experiment with electricity and sound. Paper cup speaker, electromagnetic induction.

コヒーラーとは？



電磁波照射がきっかけで電流が流れる

送受アンテナの追加



ヘルツの火花送信・受信機を再現⁷



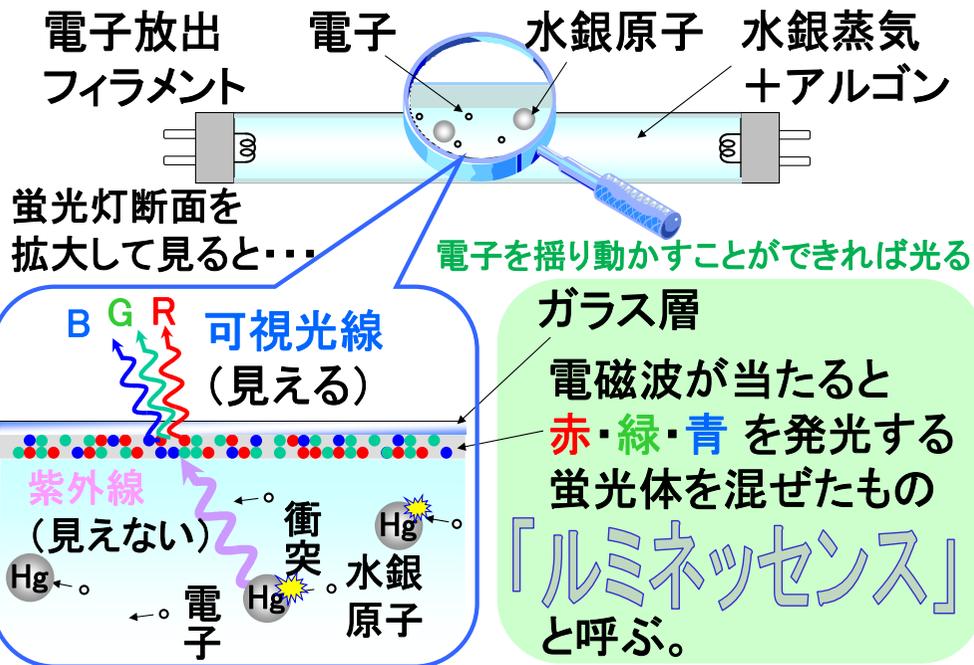
LEDと抵抗、電池を接続します。
LEDは足の長い方が+端子になります。

切れた蛍光灯でも光る！

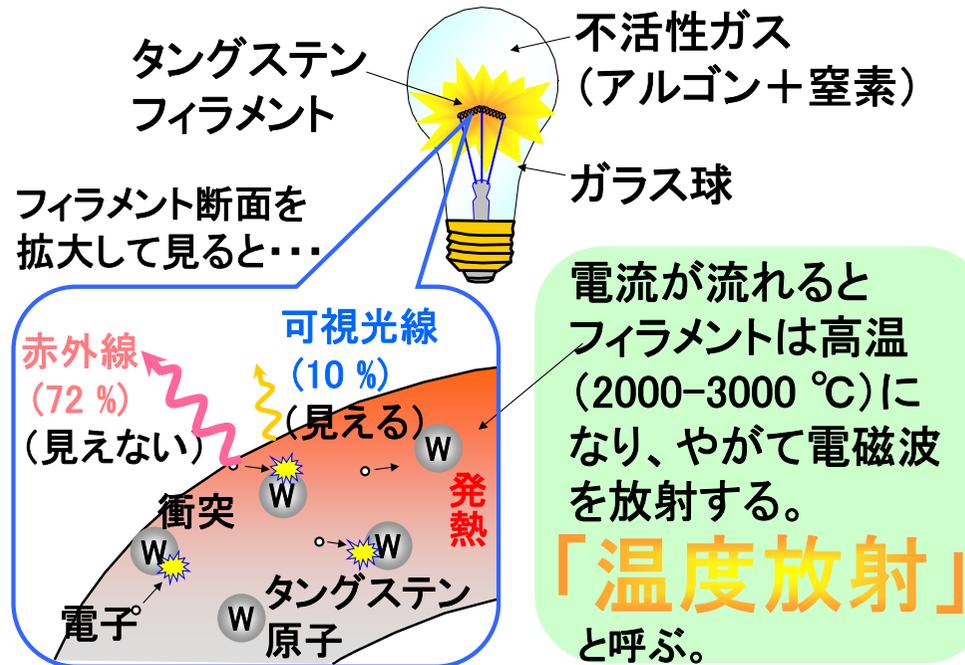


発光する謎の電子レンジ？

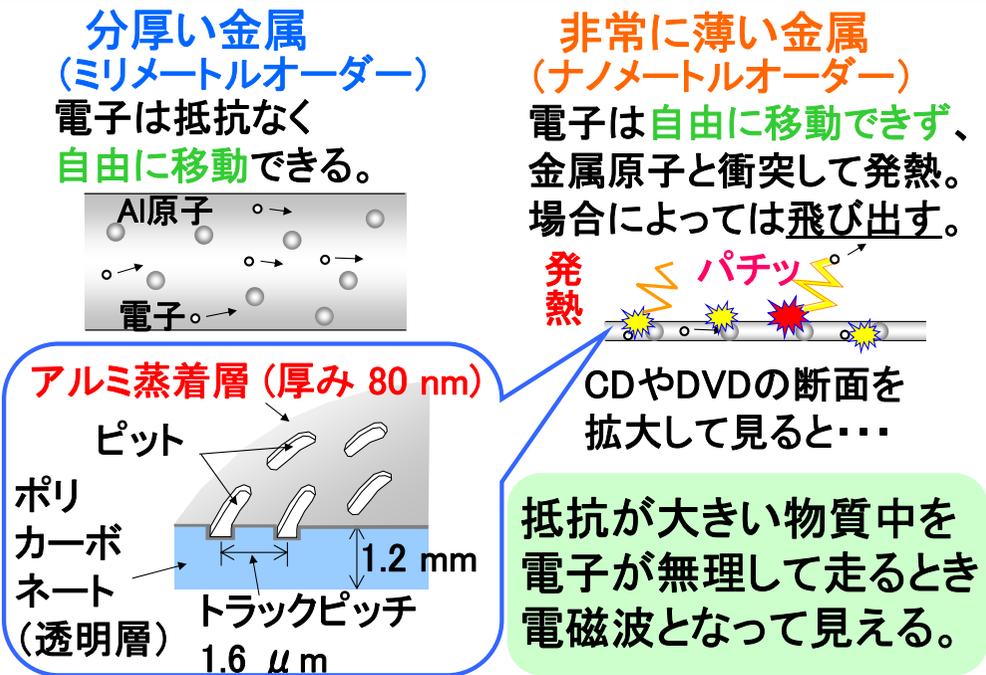
蛍光灯が光るしくみ



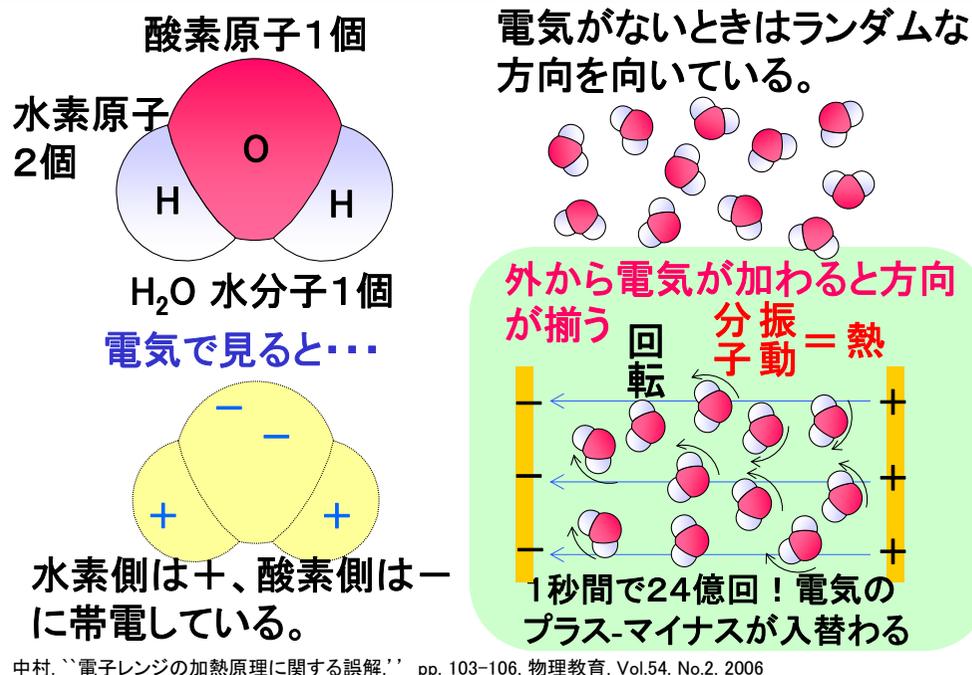
白熱電球が光るしくみ



火花放電が起きるしくみ



電波で食品が温まるのは?



Q. CD-Rを焼くとどうなる？

13

データが書き込める
(小) 爆発する
ももクロが流れる

(注) 電子レンジを傷めるので、小さい子は真似しないでね。

Q. 蛍光灯を焼くとどうなる？

14

ピカッと光る
割れる
ももクロが流れる

(注) 電子レンジを傷めるので、小さい子は真似しないでね。

赤外線は何色に見えるか？

15



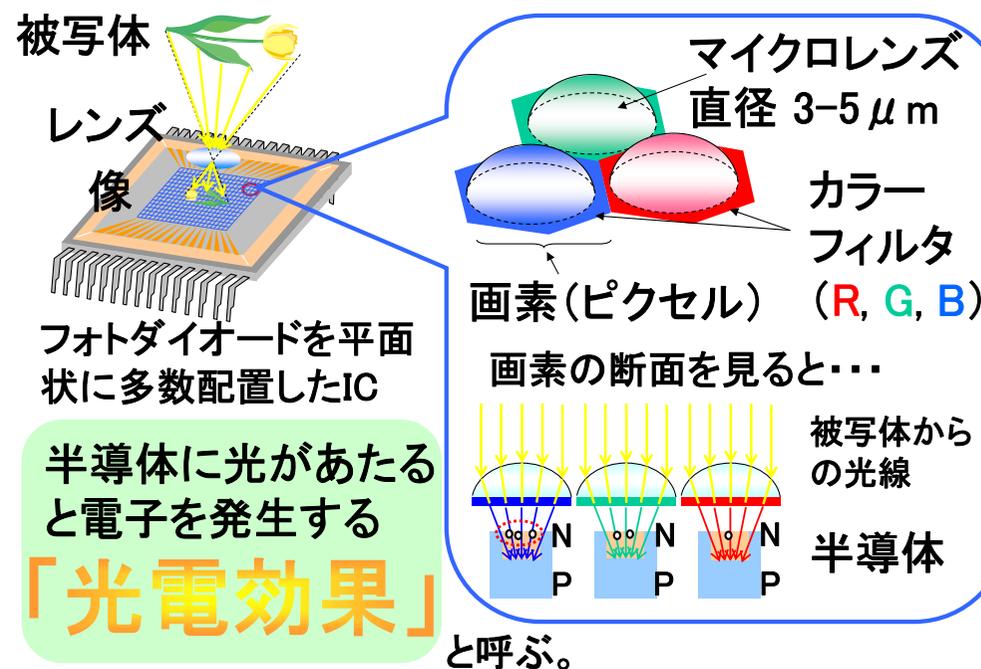
携帯電話のカメラでもOKです。

デジタルカメラ(CCD)で撮影したリモコンの様子

CCDカメラで赤外線の色を見てみよう

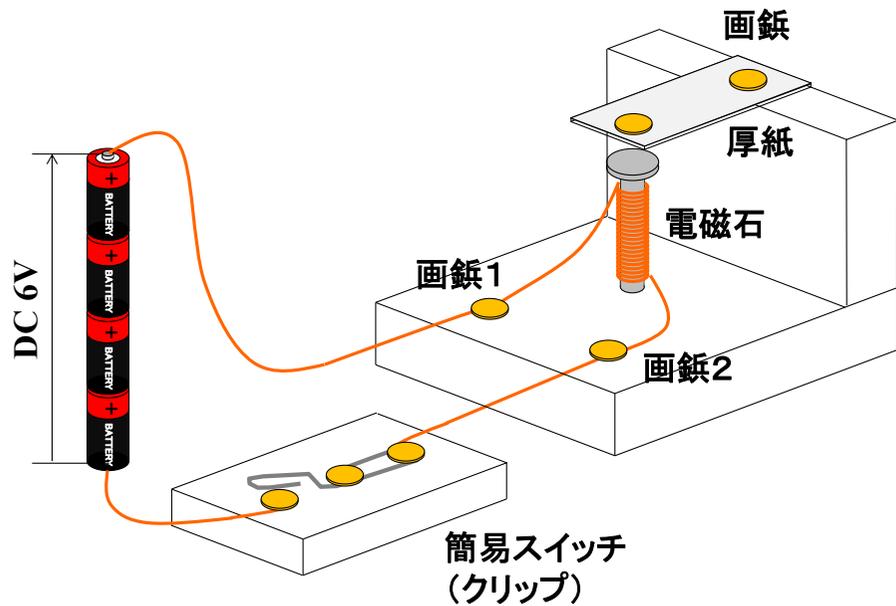
CCDカメラのしくみ

16



電信音響器の製作

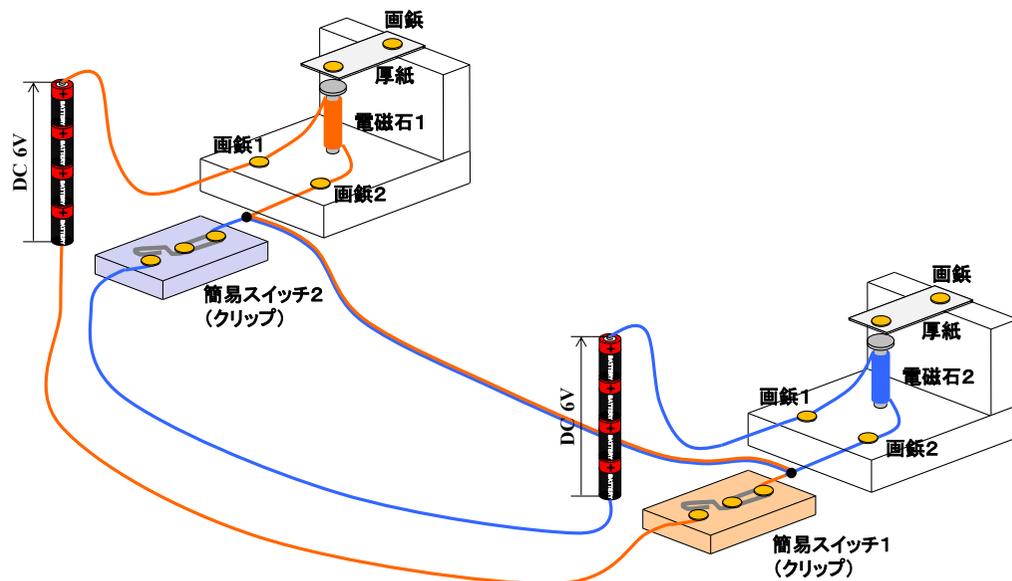
17



R. F. Graf, Safe and Simple Electrical Experiments, p.110, Dover

双方向電信装置の製作

18

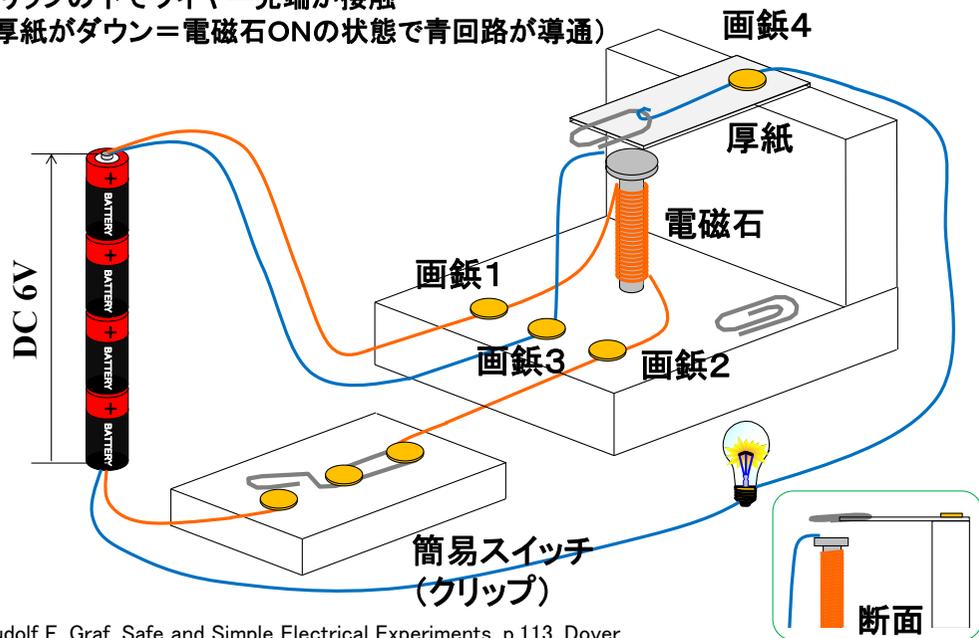


R. F. Graf, Safe and Simple Electrical Experiments, p.111, Dover

電磁リレーの製作

19

クリップの下でワイヤー先端が接触
(厚紙がダウン=電磁石ONの状態です。青回路が導通)

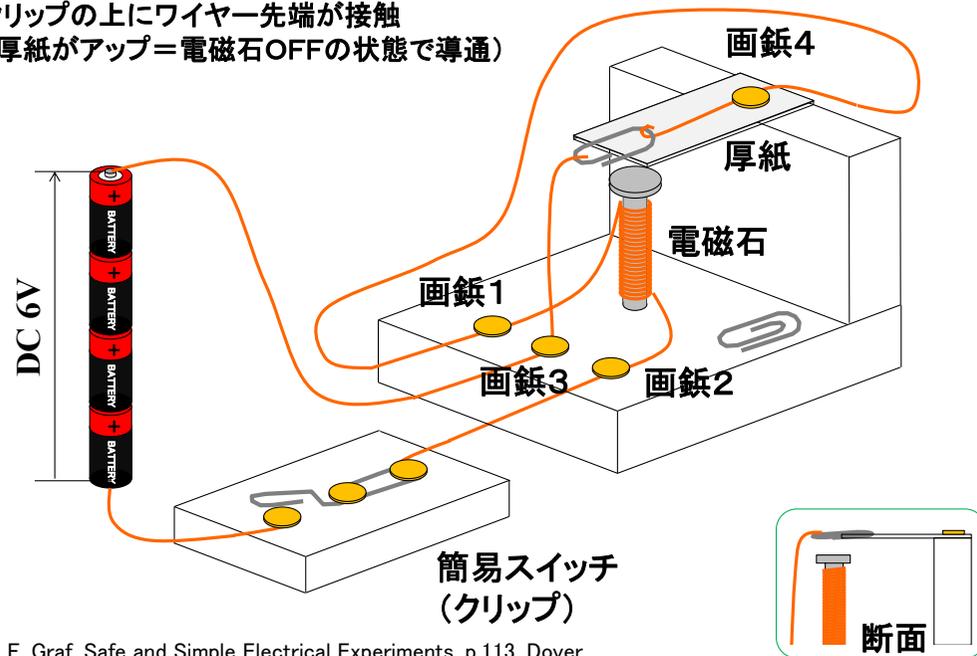


Rudolf F. Graf, Safe and Simple Electrical Experiments, p.113, Dover

電磁ブザーの製作

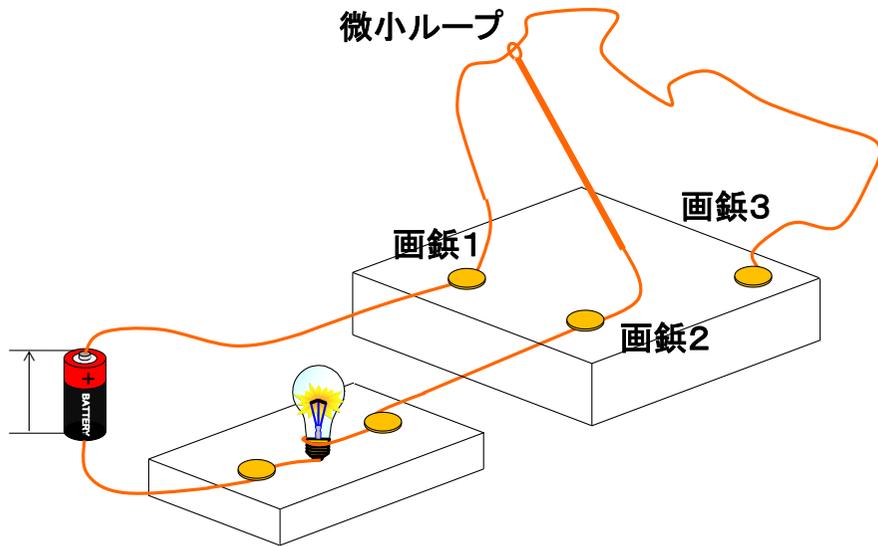
20

クリップの上にワイヤー先端が接触
(厚紙がアップ=電磁石OFFの状態です。導通)



R. F. Graf, Safe and Simple Electrical Experiments, p.113, Dover

電流イライラ棒の製作

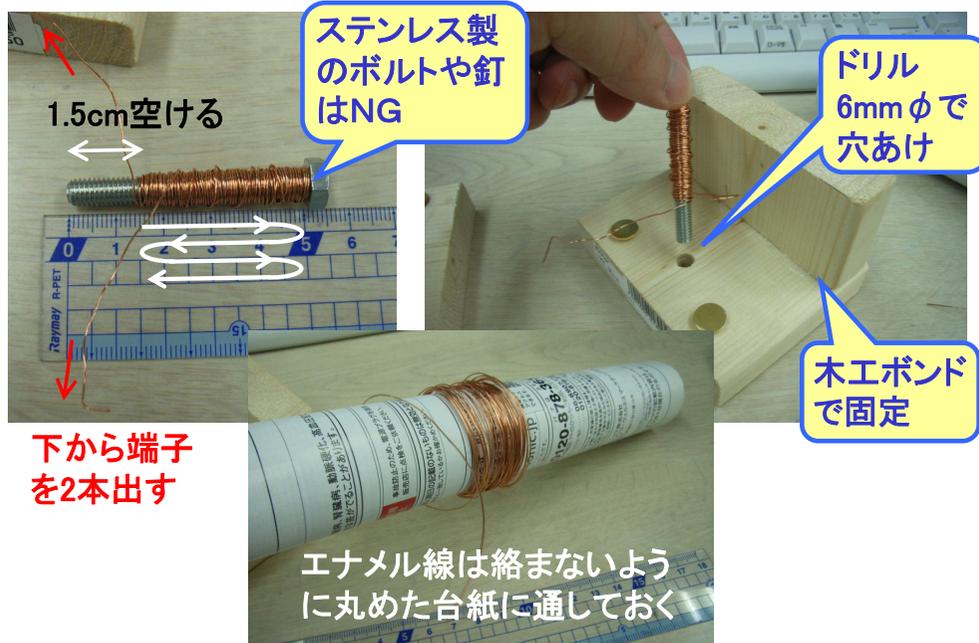


R. F. Graf, Safe and Simple Electrical Experiments, p.115, Dover

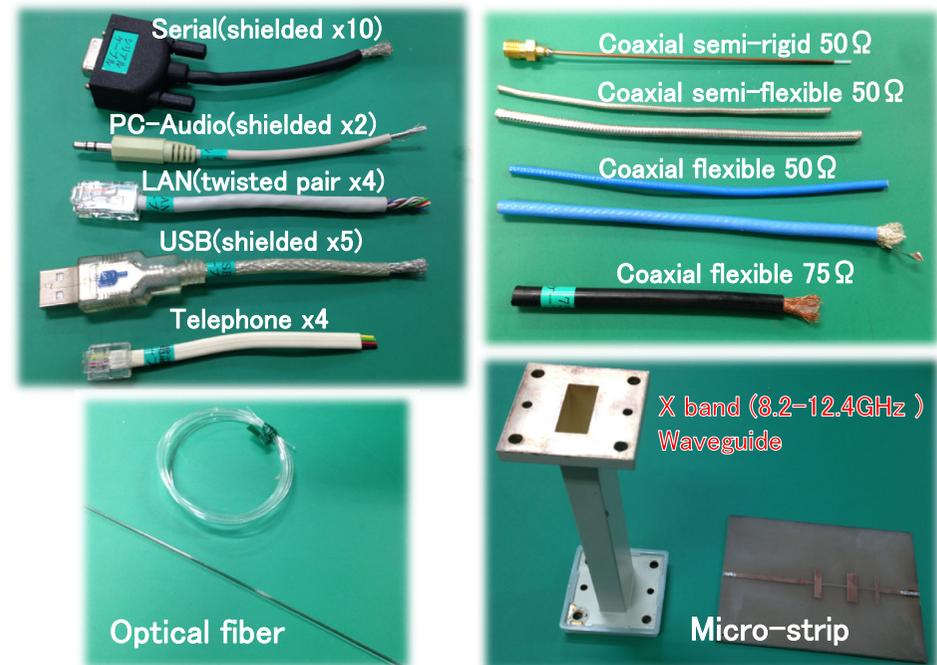
電磁リレーの製作



電磁石の製作

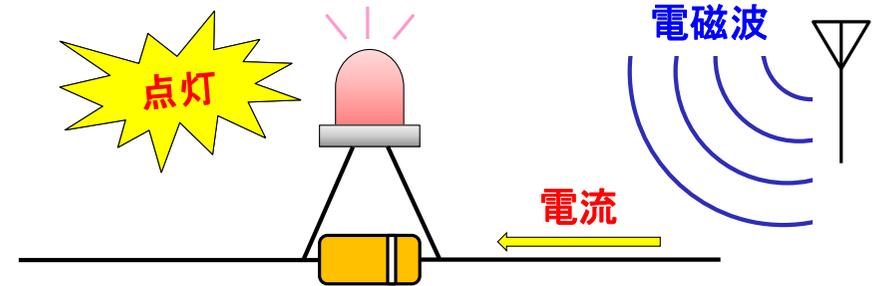


種々の伝送線路



ダイオードの仕組み

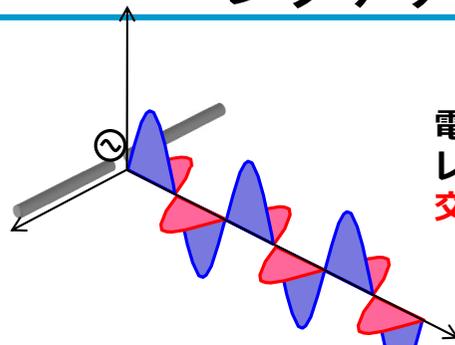
レクテナ



スマートフォンや無線LANからの電磁波をダイオードのリード線で受信すると、電流が流れてLEDが光る。

レクテナのしくみ

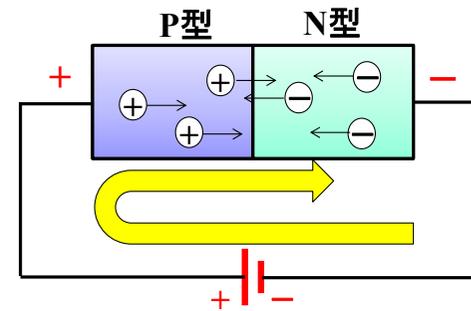
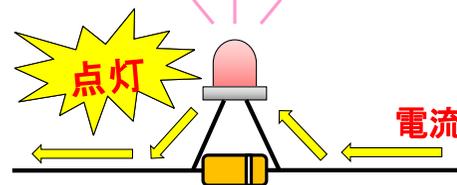
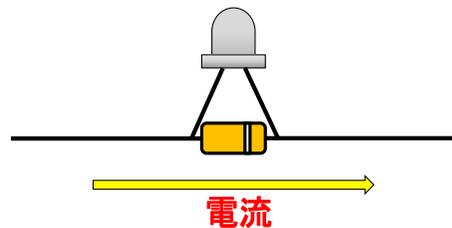
ダイオードの仕組み



電磁波は波の一種であるからレクテナに流れる電流の向きも交互に変わる。

電流が右方向に流れたとき

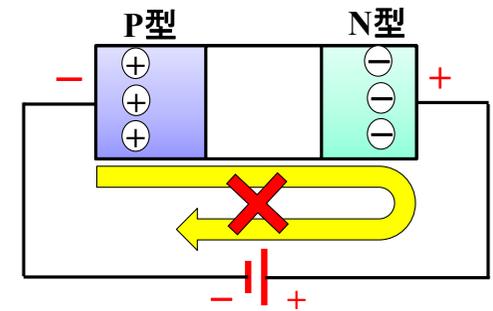
電流が左方向に流れたとき



電池の+と+ が離れあう
電池の-と- が離れあう

⊕と⊖が中心へ移動

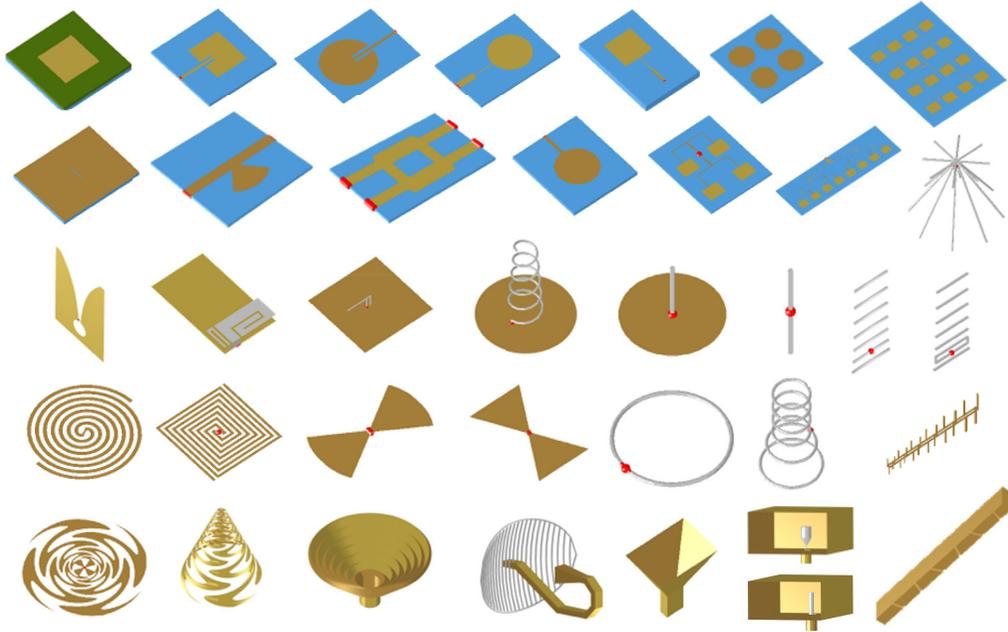
電流が流れる



電池の-と+ が引きあう
電池の+と- が引きあう

⊕と⊖が端へ移動

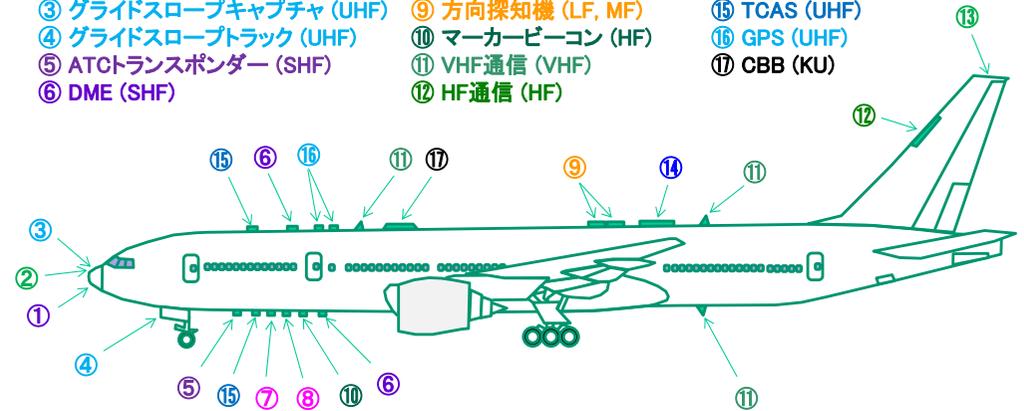
電流が流れない



<http://www.antennamagus.com/> より引用

すべてのアンテナはハイパスフィルタと同じ周波数特性

- ① 気象レーダー (SHF)
- ⑦ 電波高度計送信機 (EHF)
- ⑬ VOR (VHF)
- ② ローカライザー (VHF)
- ⑧ 電波高度計受信機 (EHF)
- ⑭ SATCOM (UHF)
- ③ グライドスロープキャプチャ (UHF)
- ⑨ 方向探知機 (LF, MF)
- ⑮ TCAS (UHF)
- ④ グライドスロープトラック (UHF)
- ⑩ マーカービーコン (HF)
- ⑯ GPS (UHF)
- ⑤ ATCTランスポンダー (SHF)
- ⑪ VHF通信 (VHF)
- ⑰ CBB (KU)
- ⑥ DME (SHF)
- ⑫ HF通信 (HF)



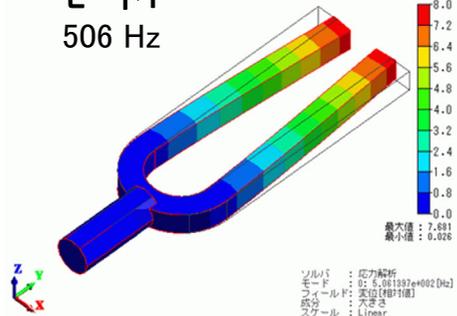
DME : Distance Measuring Equipment
 VOR : VHF Omnidirectional Range
 SATCOM: Satellite Communications
 TCAS : Traffic alert and Collision Avoidance System
 CBB : Connection by Boeing

日本航空広報部, 最新 航空実用ハンドブック, pp.181-182, 朝日新聞社

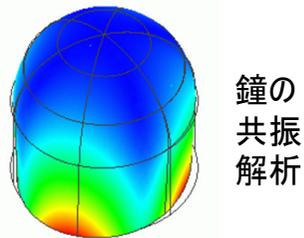
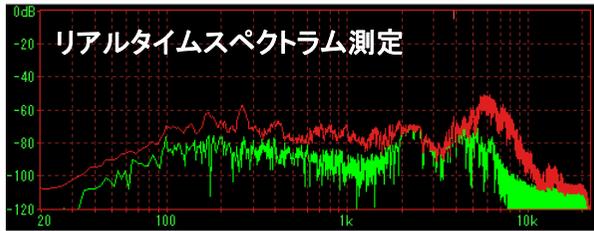
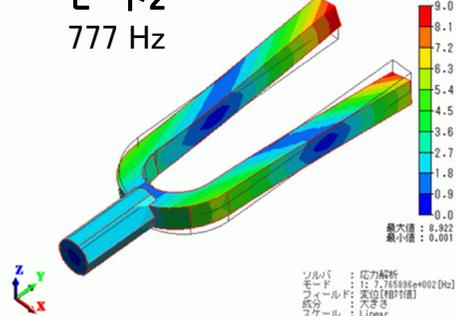


音さの共振(アンテナとの類推)

モード1
506 Hz



モード2
777 Hz

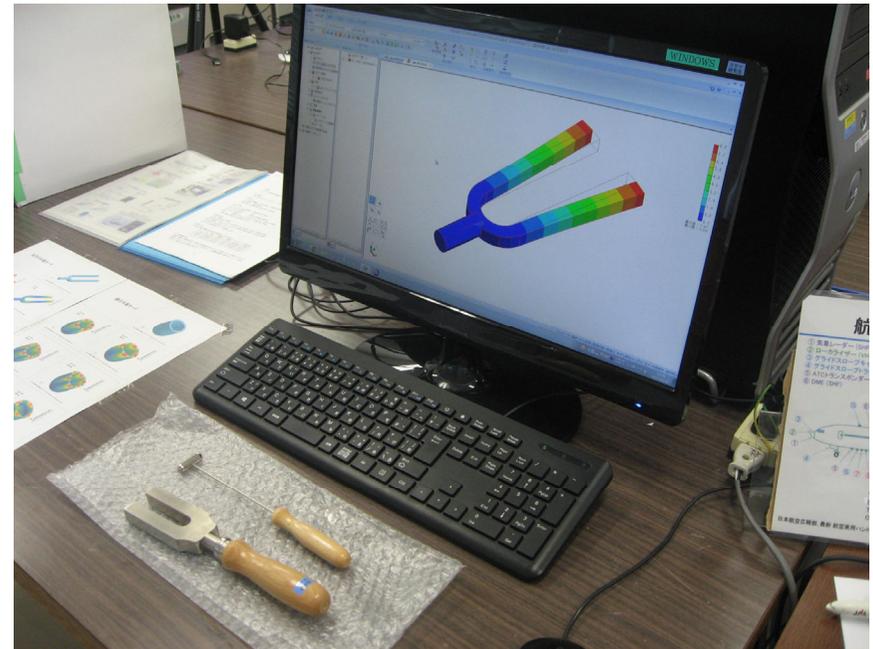


鐘の
共振
解析

WaveSpectra <https://efu.jp.net/soft/ws/ws.html>

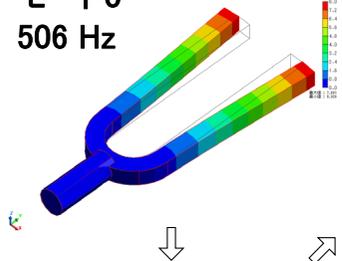
Femtet(村田製作所:有限要素ソフトウェア) <http://muratasoftware.com/products/outline/index.html>

音叉の共振解析

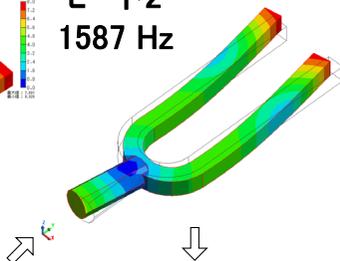


音叉の共振モード

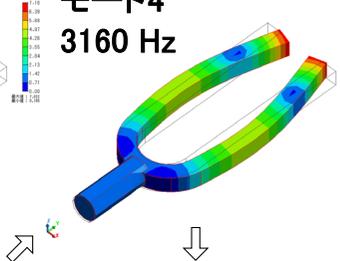
モード0
506 Hz



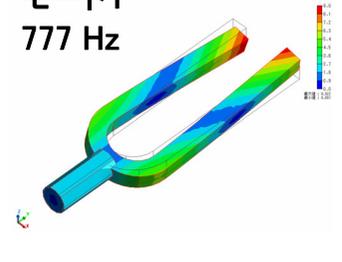
モード2
1587 Hz



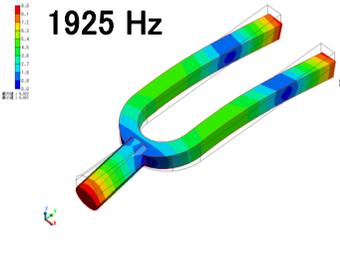
モード4
3160 Hz



モード1
777 Hz



モード3
1925 Hz



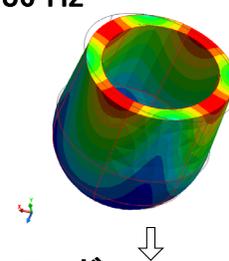
モード5
4148 Hz



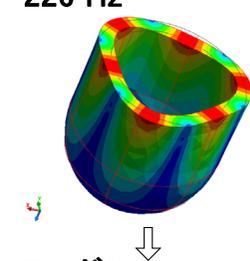
Femtet(村田製作所:有限要素ソフトウェア) <http://muratasoftware.com/products/outline/index.html>

釣鐘の共振モード

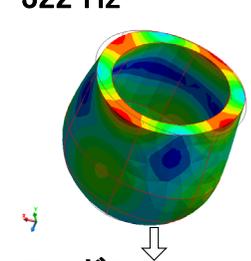
モード0
86 Hz



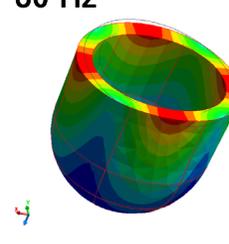
モード2
226 Hz



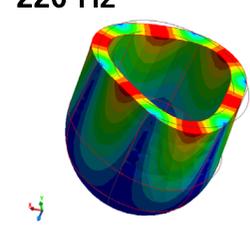
モード4
322 Hz



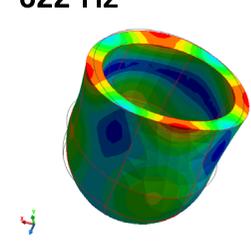
モード1
86 Hz



モード3
226 Hz

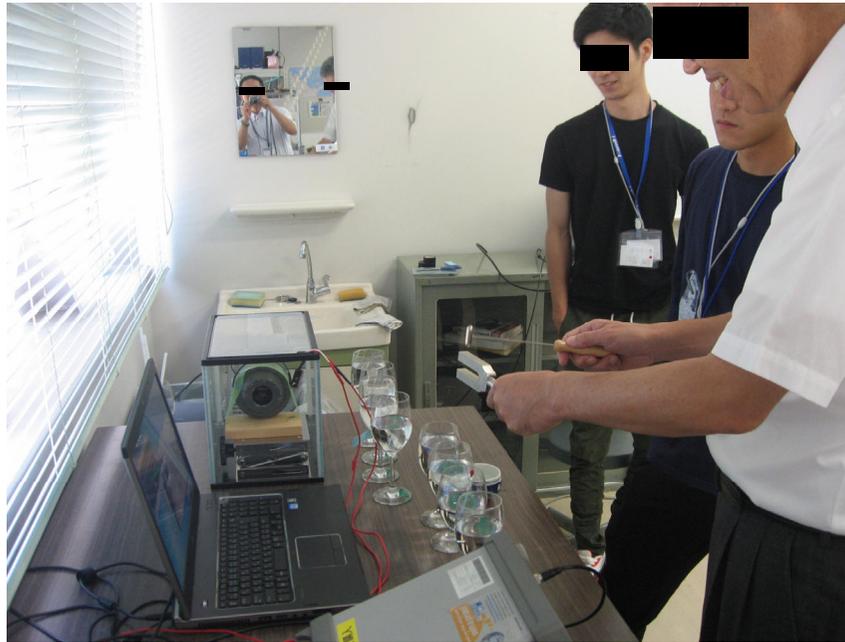


モード5
322 Hz

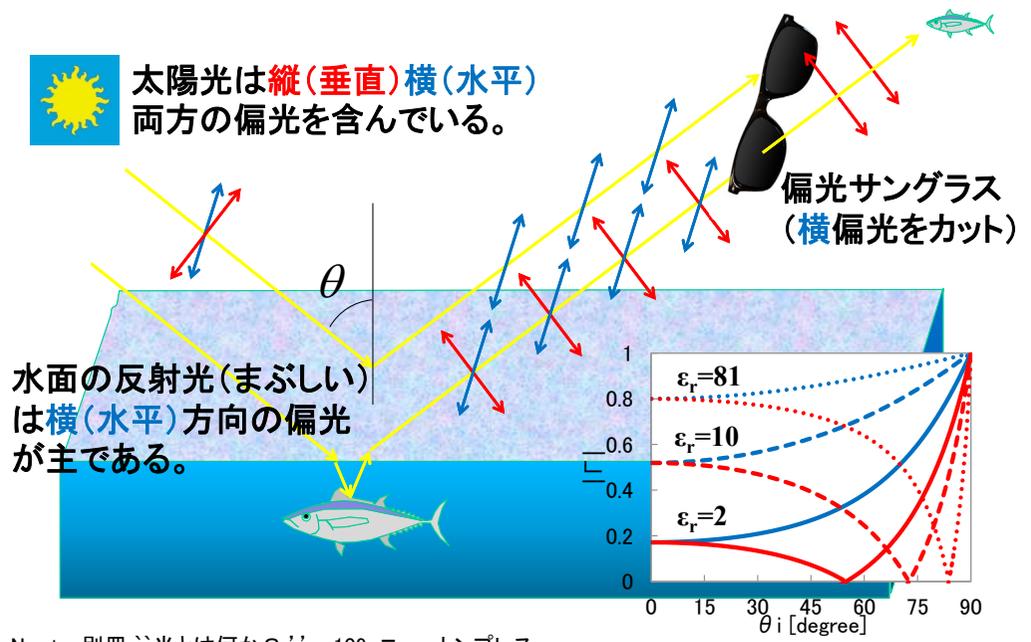


Femtet(村田製作所:有限要素ソフトウェア) <http://muratasoftware.com/products/outline/index.html>

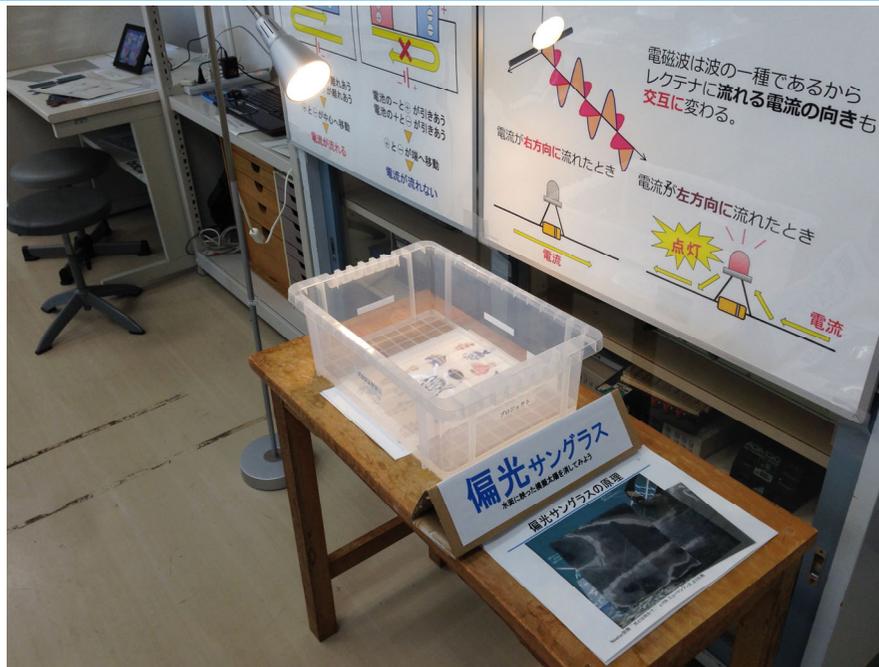
音叉の共振解析



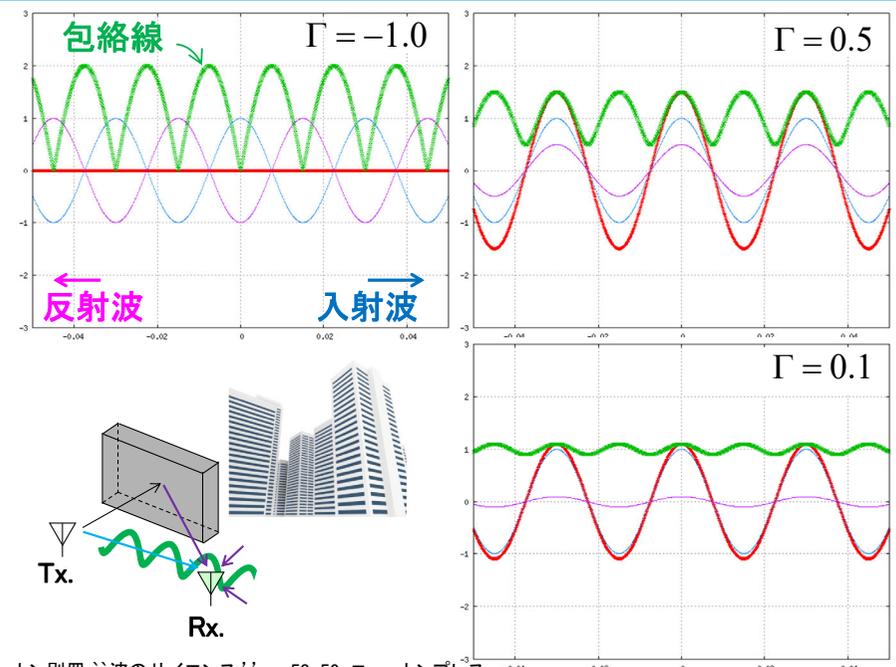
偏光サングラスのしくみ



偏光サングラスのしくみ

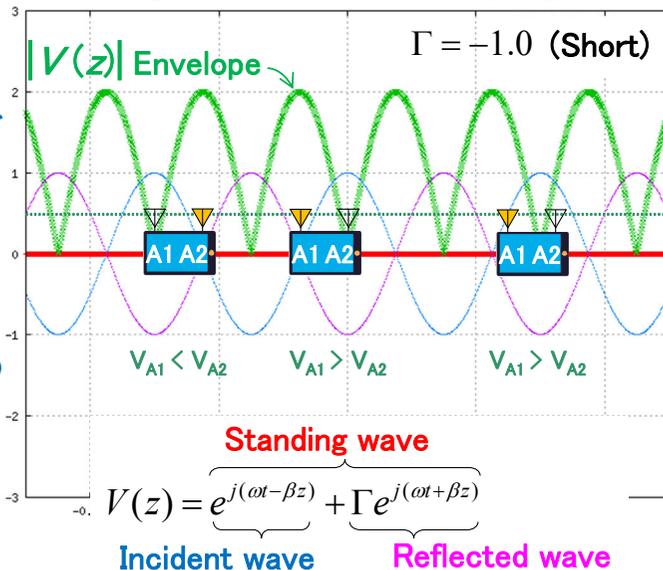


定在波と空間ダイバーシティ



【空間ダイバーシティの原理】

反射が大きいほど、干渉による打ち消し合いによってヌル点(常に電界がゼロの点)が発生



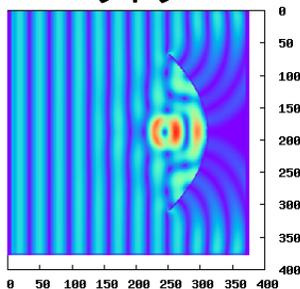
例えば、受信機の受信限界レベルが0.5のとき、 $\lambda/4$ 離れた位置にアンテナが2つあれば、必ず一方は受信レベルを満たす

木村, 光・無線通信システム, p.119, オーム社
 Newton ``スマホ大解剖`` pp.36-37, vol.2015-4, ニュートンプレス
 竹田, ワイヤレス・ブロードバンド時代の電波/周波数教科書, p.84, p.113, 126, インプレス

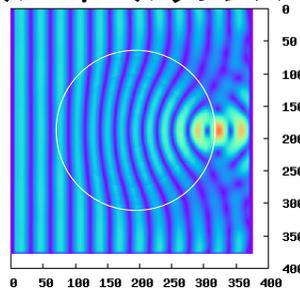


電磁界シミュレーション

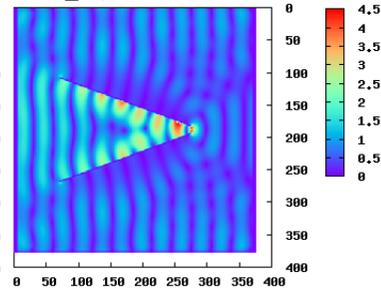
パラボラ



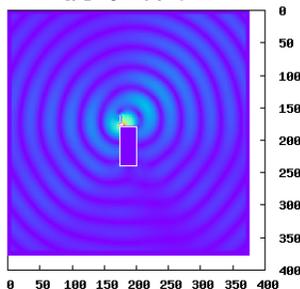
ルーネベルクレンズ



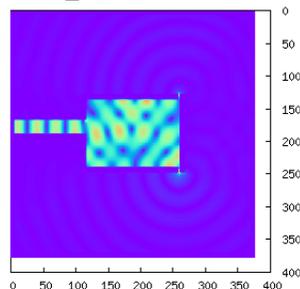
電磁ホーン



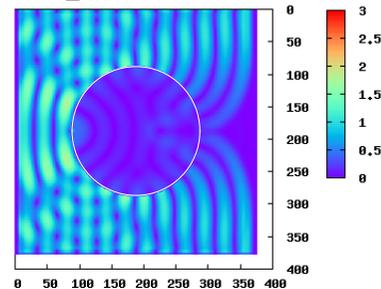
携帯端末



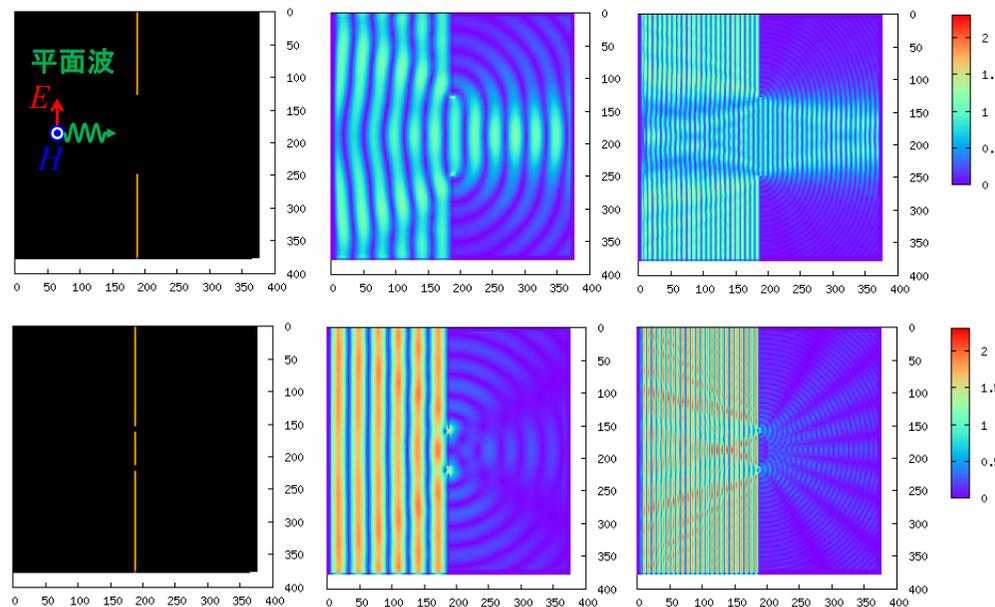
電子レンジ



電磁シールド

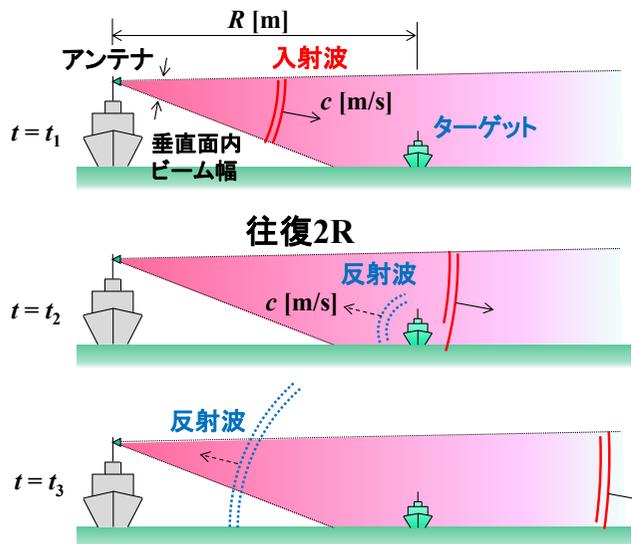


回折の計算例



パルスレーダーの原理

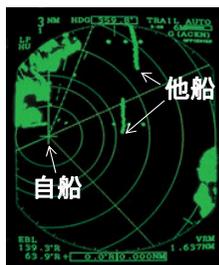
電磁波の基本性質・・・光速で直進, 異なる媒質の境界で反射



送信開始してから、反射波が観測されるまでの時間を t とすれば

$$R = \frac{ct}{2}$$

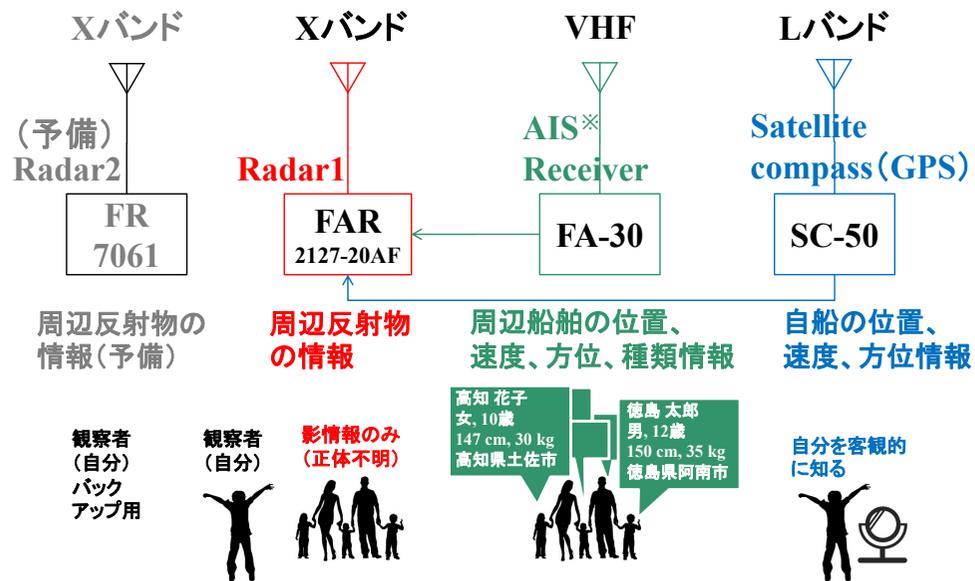
ただし、 c は光速である。



オシロスコープのような時間領域の測定器があればプロットは容易

<https://www.furuno.co.jp/technology/about/radar1.html>
落合, 茂在, レーダの理論と実際, pp.20-21, 海文堂, 1959

レーダシステムの構成例



1次レーダはいわば自分を中心とした世の中の見方で、偽像・虚像や死角といった間違いがよく起きる。このため、AISやGPSの情報と照らし合わせる必要がある。システム全体は人間とよく似ている。
※ Automatic Identification System (AIS) : 船舶自動識別装置 300トン以上の全ての船舶に搭載義務あり

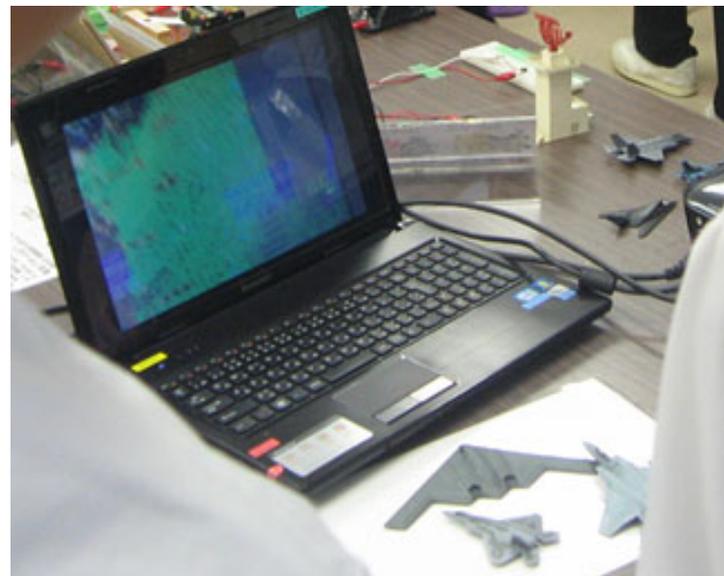
ステルスとは？

Steal : こっそり盗む, 盗塁する
Stealth : こっそりすること, 忍び, 内密, 隠密

【航空機の場合には次の3つを意味する】

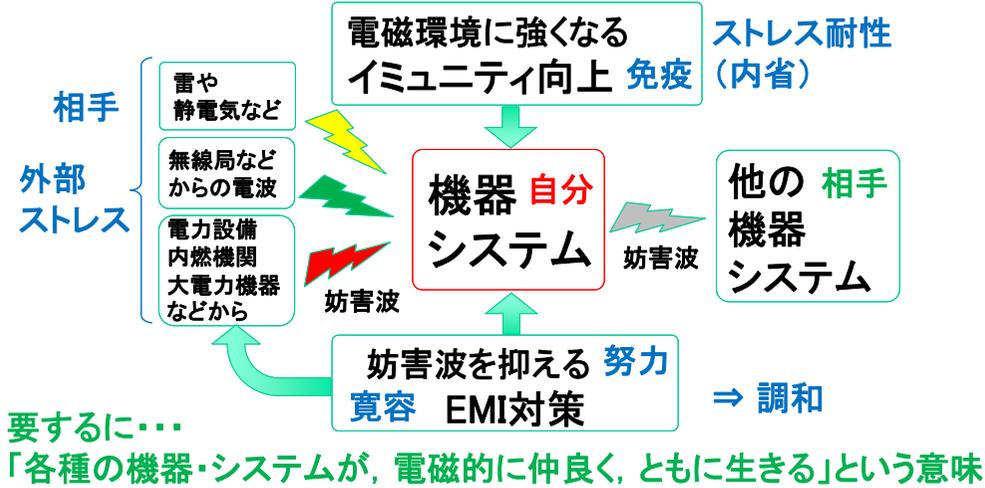
1. レーダー(電波・マイクロ波ステルス)
・・・吸収・反射を逸らす工夫
2. 赤外線(熱源・赤外線ステルス)
・・・排気温度を下げる工夫
3. 肉眼(可視光ステルス)
・・・迷彩・カモフラージュ

ステルスとは？



環境電磁工学(EMC)

Electro-Magnetic Compatibility の略:日本語に訳すと**電磁的両立性**
 IEC(国際電気標準会議)の定義:「許容できないような電磁妨害波を如何なるものに対しても与えず、かつその電磁環境において満足に機能するための、機器・装置またはシステムの能力」

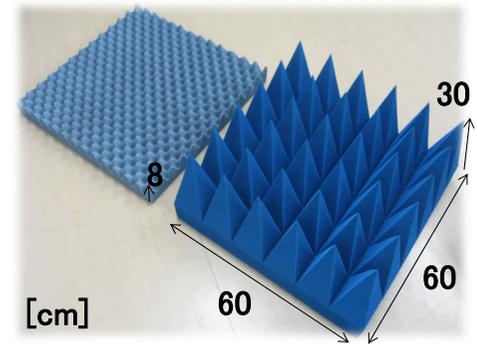
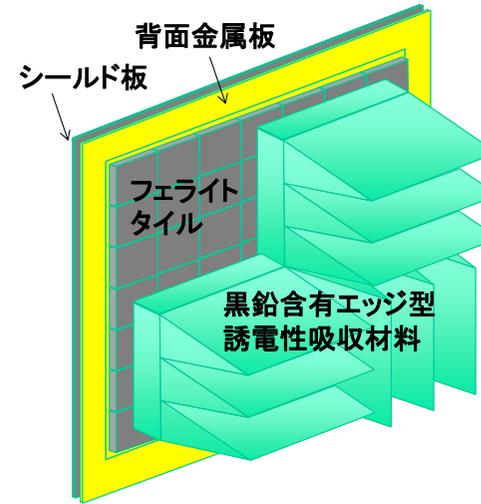


末武, 杉浦, 不要電波問題対策協議会編, 図解 EMC用語早わかり, p.2-3, オーム社, 1999 より引用

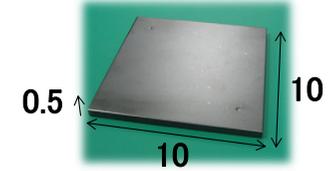
電波暗室の壁面構造

周波数の違いを考慮した吸収体の多層化

誘電性吸収体の例



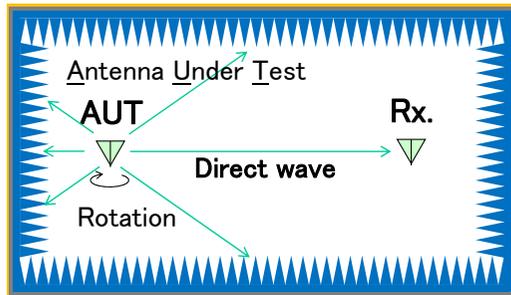
フェライト・タイルの例



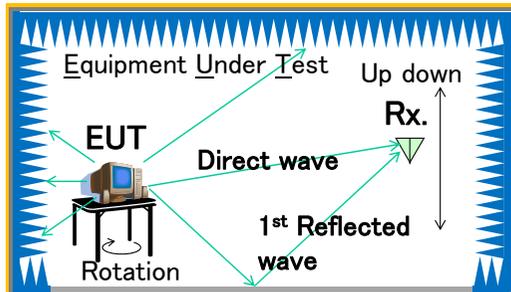
電波暗室の内部壁面構造

末武, 杉浦, 不要電波問題対策協議会編, 図解 EMC用語早わかり, p.233, オーム社, 1999 より引用

電波暗室の構造



アンテナ評価用
 室内全面(6面)
 が電波吸収壁



エミッション評価用
 室内床面が導体
 面でその他(5面)
 が電波吸収壁

<http://www.tsjcorp.co.jp/product/antenna.html>

末武, 杉浦, 不要電波問題対策協議会編, 図解 EMC用語早わかり, p.19, p.234, オーム社, 1999

電波暗室の壁面構造

