v3.7 Dec.2018

通信工学概論

- 通信工学に関する実習 -

2015年度夏季集中講義 科学技術フロンティア概論 2015/10/3 (土) 13:00-14:30 詫間キャンパス マルチメディアラボ

> 1st 2012/08/01 Lst 2018/12/01



3

- 通信と電磁波 -

もくじ

1.	通信と電磁波	(15分)
2.	コヒーラーとは?	(5分)
3.	コヒーラー製作実験	(20分)
4.	アンテナと偏波	(5分)
5.	アンテナの製作実験	(30分)
6.	飛距離コンテスト	(10分)
7.	まとめと片づけ	(5分)

もくじ

(15分)

2. コヒーラーとは? (5分)

1. 通信と電磁波

3. コヒーラーの製作実験 (20分)

4. アンテナと偏波 (5分)

5. アンテナの製作実験 (30分)

6. 飛距離コンテスト (10分)

7. まとめと片づけ (5分)

予定時間配分: 解説30分 + 実習60分

コミュニケーション(通信)とは?

高専において 教員・学生ともに に必要なスキル コミュニケーションスキル 教えるカも大切だが、教わるカも必要 プレゼンテーションスキル

専門知識

コミュニケーションスキルとは?・・・

学生と信頼関係を構築し、言葉や<u>言葉以外の情報をやりとりする</u>スキルです。(バーバル 7%, <u>ノンバーバル 93%</u> by メラビアンの法則)

コミュニケーション力とは?・・・

自分の言動と態度が相手に及ぼす影響を思い図れる力のこと。 親しく誰とでもおしゃべりできる・・・だけではない。

国立高等専門学校機構 中堅教員研修資料より

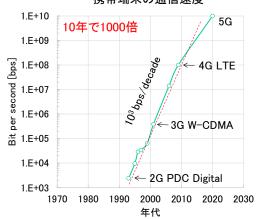
通信手段の変遷



https://www.power-academy.jp/electronics/familiar/fam02100.html

携帯端末の通信速度

携帯端末の通信速度



人は減ってもPC速度は上がり続け、処理できる情報は増える一方。一人あたりが処理すべき情報も増えるので忙しくなるのは必至。

年代	bps	bps (接頭辞)	世代	400字詰め 原稿用紙/s
1979			1G analog	
1993	2400	2.4 k	2G PDC digital	0.38
1995	9600	9.6 k	PDC	1.5
1996	2.88E+04	30 k	PDC packet	4.5
1997	3.40E+04	34 k	PHS	5.3
1999	6.40E+04	64 k	PHS	10
2001	3.84E+05	384 k	3G W- CDMA	60
2006	1.40E+07	14 M	HSDPA	2188
2009	1.00E+08	100 M	4G LTE	15,625
2020	1.00E+10	10 G	5G	1,562,500

全角文字は1文字あたり 2byte=16bit 4文字熟語なら8byte=64bit 400字詰め原稿用紙1枚なら 800byte=6400bit

携帯電話のデータ通信速度の進化、NTTドコモレポート No.40, 2006 https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news release/report/060223.pdf

通信と飛脚



高すぎる通信費!? 飛脚の値段

インターネットのない江戸時代は遠方に情報を伝える術は手紙しかありませんでした。その通信事業者はご存じ飛脚。では気になる値段はというと,庶民が利用した並便で江戸から大坂に書状1通を送るのに銀3分,今のお金にして約300円かかったそうで,日数は10日から20日ほど要しました。ちなみに,三日半限という江戸大坂間を2日半で届ける便は7両2分,現在に換算すると40万円以上になります。現代に生まれて良かった!



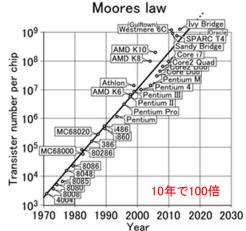
上位法則を使いこなせるようになると、これまで面倒で時間がかかっていたことでも比較的短時間で簡単にできるようになる。ただし、便利になると当然デメリットも出てくる。例)移動(徒歩→馬→車・電車・飛行機)、通信(のろし→飛脚→ウェブ・携帯)、その代わりに生活悪習慣病。次に使われる法則は何か?

ビオサバールの法則は、電流線素が観測点に作る磁場を重ね合わせるという点で、直感的で分かり易いが計算量は多い。これに対して、アンペアの法則は積分方程式の形をしていて、直感性にはやや欠けるが、少ない計算量で同じ問題を解ける。人間の動物的な習性や心理的な法則もこれと似ているところがある。例えば、心拍や呼吸、歩行等から細胞分裂まで、何も意識しないで自動的にやってくれているが、裏で極めて複雑な作業をしてくれている。

技術評論社, 電脳会議, p.10, vol.166, http://gihyo.jp/book/dennou/2015/166

半導体チップ上のトランジスタ数

大規模集積回路(LSI IC)の製造・生産における長期傾向について論じた1つの指標であり、経験則に類する将来予測である。米インテル社の創業者のひとりであるゴードン・ムーアが1965年に自らの論文上に示したのが最初であり、その後、関連産業界を中心に広まった。



Year 主要なCPUにおけるトランジスター数の推移 各々初出荷時点での数 最も有名な公式は、集 積回路上のトランジスタ 数は「18か月(=1.5年) ごとに倍になる」という ものである。

2年後には2.52倍、 5年後には10.08倍、 7年後には25.4倍、 10年後には101.6倍、 15年後には1024.0倍、 20年後には10321.3倍 ということになる。

生活の中の電磁波











電子レンジ テレビ ラジオ リモコン

携帯電話& コードレス





學電球



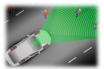


雨雲の動き

自動改札 ICカード

電子決済











11

I FD

自動車レーダ

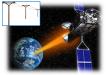
ーナビ(GPS)

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.233、インプレス

産業科学の中の電磁波 (その1)







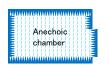
フレミング左手則

宇宙空間送電

高出力レーダ







電波望遠鏡

光学望遠鏡

電波暗室(無響室)









雷波吸収体

ステルス

ハイパーサーミア

http://www.tmg.gr.jp/hokensinpou/0103-hipersarmia.html

光と電波



飛行機の位置を 捕捉したり、

降雨や降雪を

ステルス戦闘機

は奇抜な外形や

電波吸収材料で

電波の反射を

IC

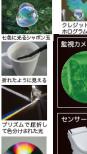
電車に乗るのもラク

家に1枚









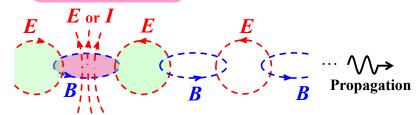




電磁波とは?

アンペアの法則 $(E \rightarrow B)$

電界(電流)から磁場 が発生する法則

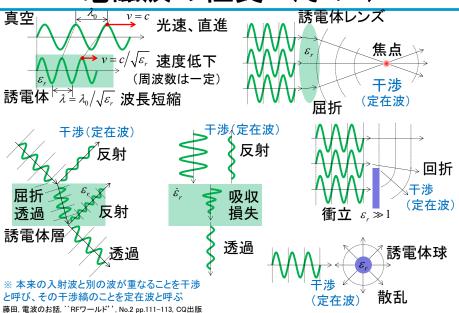


ファラデーの法則 $(B \rightarrow E)$

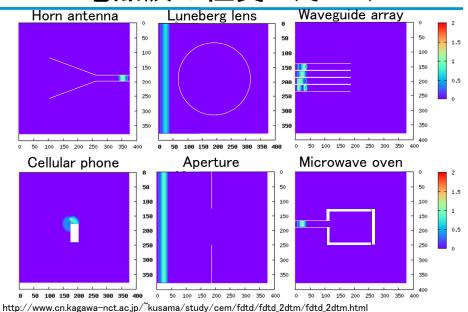
変動磁場から電界が 発生する法則

電界と磁場が連鎖して伝わる波動現象

12

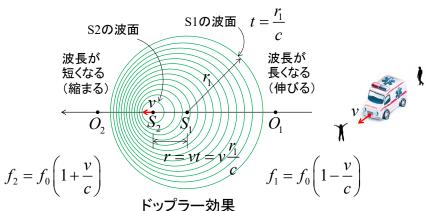


電磁波の性質 (その2)



電磁波の性質(その3)

ドップラ (1803-1853) プラハエ科大学(現チェコエ科大学)教授で、オーストリアの物理学者。二重星の色に関してドップラ効果を論じ、後に音響現象にも当てはまることを指摘した。



吉村, 倉持, 安居院, ``図解入門 よくわかる最新電波と周波数の基本としくみ,'' pp.65-66, 秀和システム

電磁波の性質(その4)

2015/4/8 朝日新聞 より引用

「アインシュタインの輪」くっきり 国立天文台など撮影

東山正宜 2015年4月8日15時25分



117億年前の銀河が輪になって見えた「アインシュタイ 🕀

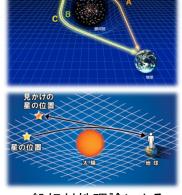
ング」の撮影に成功したと発表した。南米チリ にある 電波望遠鏡 祥「ALMA(アルマ)」で、 人間の視力の2600倍に相当する 解像度 で 撮影した。

国立天文台 などは7日、117億光年先にあ

撮影した画像と、米航空宇宙局 (NASA) の ハッブル宇宙望遠鏡 が撮った35億光年先 の青い銀河の姿と重ねると、遠くの銀河が輪 のように見えた。

アインシュタイン・リングは、手前の銀河の周 りを抜けていく光が重力で曲げられて地球に 届く「重力レンズ効果」によって見える現象。

重力レンズ効果 (重力場と電磁場の相互作用)

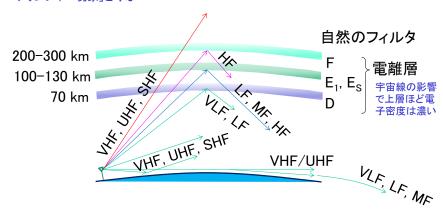


一般相対性理論による 空間の歪みのイメージ

http://www.astroarts.co.jp/news/2014/10/23quasar/index-j.shtml http://sendaiuchukan.jp/event/news/2009eclipse/soutaisei/soutaisei.html

電波の分類と伝搬の概念図

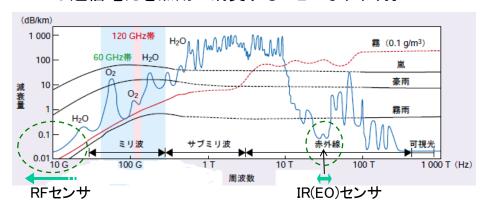
太陽風で電離層が壊れ、通信が一時的に途絶えることを「デリンジャー現象」と呼ぶ



放送のしくみ, p. 17. 新星出版社 電気学ポケットブック編集委員会, ``図解版電気学ポケットブック,'' p. 855. オーム社, 2003

大気減衰特性

Ku帯(12-18 GHz)以上のマイクロ波および、ミリ波は天候による減衰効果が大きい。ミリ波以上の使用は送信電力を無用に消費することになり不利。



http://www.ntt.co.jp/journal/0409/files/jn200409036.pdf より引用

電波の名称と周波数帯

10000 THz 3 THz -300 GHz -無線LAN EHF(ミリ波) 2450 MHz, 5000 MHz 30 GHz adio wave 電波と呼べる範囲 SHF(マイクロ波) 3 GHz 300 MHz ultra 携帯電話(第3世代) 30 MHz very high 1920 - 2200 MHz HF(短波) 3 MHz MF(中波) 300 kHz 470 - 770 MHz LF(長波) FMラジオ 30 kHz 10 km 地上波アナ<u>ログ</u> 3 kHz very low * 30 - 300 Hz : SLF, 3-30 Hz : ELF

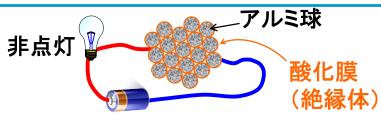
基礎

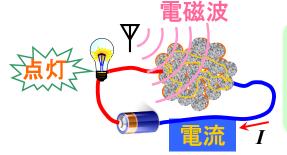
20

- コヒーラの製作 -

1.	通信と電磁波	(15分)
2 .	コヒーラーとは?	(5分)
3.	コヒーラー製作実験	(20分)
4.	アンテナと偏波	(5分)
5.	アンテナの製作実験	(30分)
6.	飛距離コンテスト	(10分)
7.	まとめと片づけ	(5分)

コヒーラーとは?



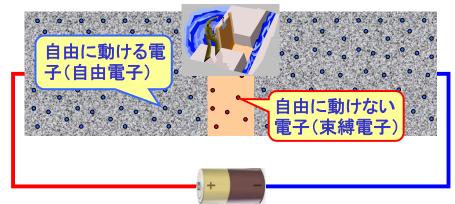


アルミ球を 覆っていた 酸化膜が 破られる。

電磁波照射がきっかけで電流が流れる

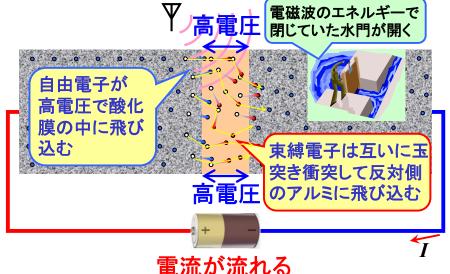
コヒーラーのしくみ(1)

アルミ 酸化膜(絶縁体) アルミ



このままでは電流が流れない

コヒーラーのしくみ(2)



コヒーラーの歴史

電磁波を検出する装置(検波器)

語源



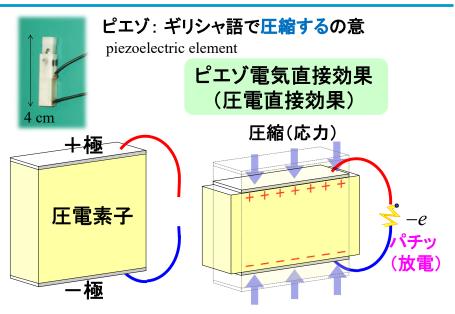
電極と金属粉末同士が電磁波によって「密着す る」ためであると考えられ、"cohere"(密着する) から「コヒーラ」と呼ばれるようになった。

実際の原理は若干異なるが、 その名前「コヒーラ」だけが現 在に残った。

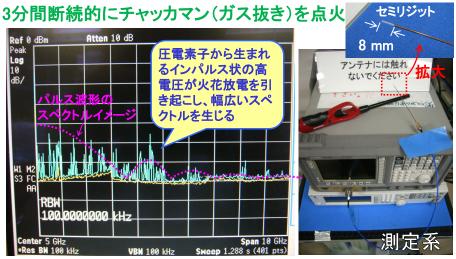


http://ja.wikipedia.org/wiki/ ``コヒーラ検波器'' より引用

なぜチャッカマンを使うか?

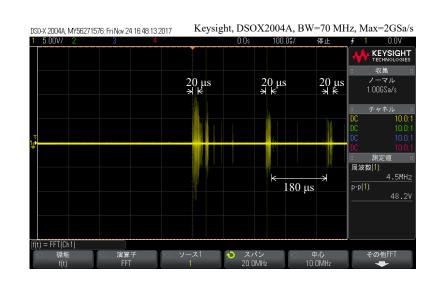


チャッカマンのスペクトル例



測定条件: RBW=100 kHz, VBW=100 kHz, Ref=0 dBm, 10 dB/div, Sweep=1.288 s, Span=10 GHz, Center=5 GHz

ガスライターの時間波形



準備品

工作系 電気回路系

□ チャッカマン×1 □ LED×1
□ カップ×1 □ 抵抗×1
□ アルミホイル×1 □ 配線セット×1
□ カッター×1 □ 単三電池×2
□ カッターマット×1 □ 電池ボックス×1
□ はさみ×1 □ 針金×1

※ 班ごとに、上記物品があるか確認してください。
なければTAへ。

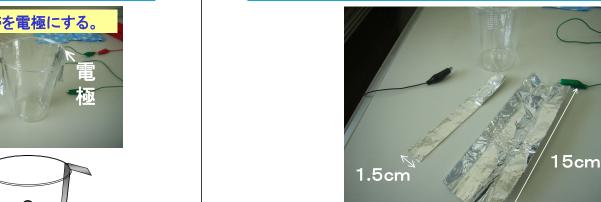
28

□ マジック×1

□ ダンボール×1

□ 定規×1

1. 電極の製作



アルミホイルを長さ約15cmに切り、 折りたたんで、約1.5cm幅の帯を作り ます。(同じものを2本作ります)









2. 電極の取り付け



アルミ帯の方端が透明コップの底に つくように入れ、電極にします。 (2本を向かい合わせに入れます)

3. 電極の取り付け



アルミホイルを約10cm四方に切り、これを丸めて、 直径7mmほど(適当でOK)の玉を作ります。玉を透 明コップの半分くらいまで入れます。

±2本でセット

4. 配線図と点灯チェック



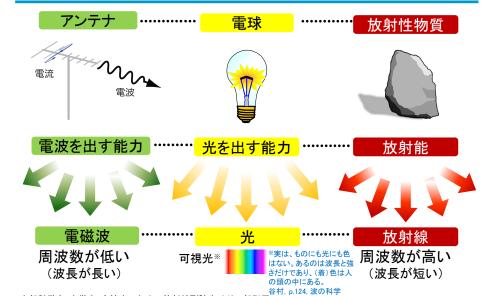
LEDと抵抗、電池を接続します。 LEDは足の長い方が十端子になります。

発展

- アンテナの製作 -

通信と電磁波 (15分) コヒーラーとは? (5分) 3. コヒーラー製作実験 (20分) 4. アンテナと偏波 (5分) アンテナの製作実験 (30分) 飛距離コンテスト (10分) まとめと片づけ (5分)

電波・光・放射線の区別



文部科学省、中学生・高校生のための放射線副読本 より一部引用

アンテナとは?

Antenna:昆虫などの触角の意

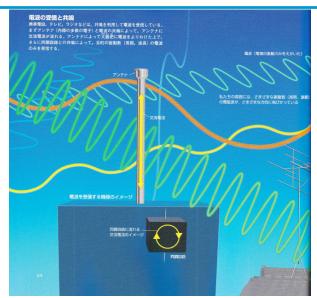
aerial:空中線とも呼ぶ

高周波 電流 を電磁波として空間に放射、または 空間の電磁波を高周波電流へ変換する素子



ヘルツの火花実験, 1888, D=60 cm

語源



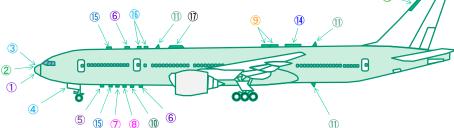
ニュートン別冊 ``波のサイエンス,'' pp.64-65, ニュートンプレス より引用

http://www.antennamagus.com/ より引用

航空機アンテナの種類

- 気象レーダー (SHF)
- ② ローカライザー (VHF)
- ③ グライドスロープキャプチャ (UHF) 9 方向探知機 (LF, MF)
- ④ グライドスロープトラック (UHF)
- ⑤ ATCトランスポンダー (SHF)
- 6 DME (SHF)
- ⑧ 電波高度計受信用 (EHF)

- ① マーカービーコン (HF)
- ① VHF通信(VHF) ① HF通信(HF)
- ⑦ 電波高度計送信用(EHF) (13) VOR (VHF) (14) SATCOM (UHF) (15) TCAS (UHF) (16) GPS (UHF) (17) CBB (KU)



DME : Distance Measuring Equipment VOR: VHF Omni directional Range SATCOM: Satellite Communications

TCAS: Traffic alert and Collision Avoidance System

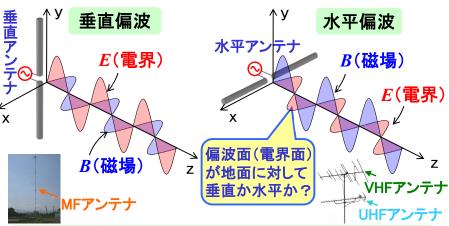
CBB: Connection by Boeing

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 より引用

アンテナの種類と分類

ダイポール, モノポール, スリーブ. ブラウン、ループ、ヘリカル、対数周期 → 平面 → マイクロストリップ, クランクライン, スロット, ノッチ, スパイラル 立体 → ホーン, 逆F, ダブルリッジドガイド オフセット → オフセットパラボラ, オフセットカセグレン, → 誘電体ロッド、漏れ波、アクティブ 郵政省通信総合研究所 ``通信の百科事典 -通信・放送・郵便のすべて-, 'p.70, 丸善, 1998

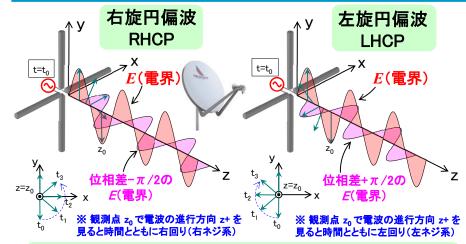
直線偏波



垂直アンテナから出た電波(垂直偏波)は、水平アンテナではほとんど受信できない。

※ アンテナは半波長のとき最も効率よく放射する。

円偏波

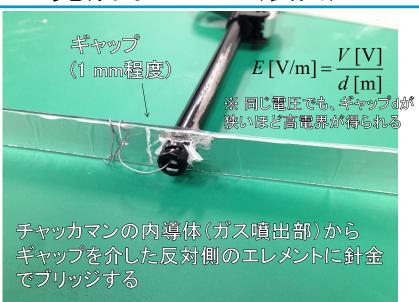


垂直アンテナと水平アンテナから出る電界の位相差が $\pm \pi/2$ で、振幅が等しいとき、偏波が回転する。これを円偏波と呼び、左旋円偏波と右旋円偏波がある。

追加

完成イメージ (表面)

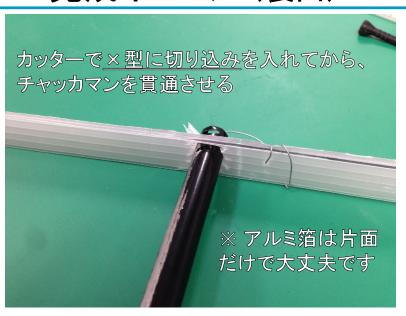
43



追加

完成イメージ (裏面)

44



製作上のコツ







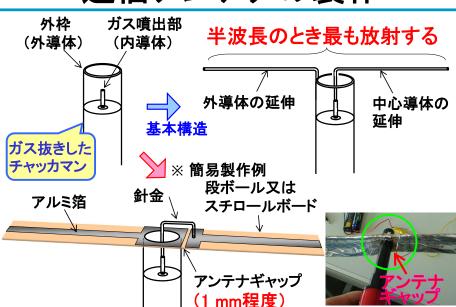
段ボール、プラダンボー ル等に、先にアルミ箔を しっかり糊付けし、マジッ クで下書きしてからカット した方が綺麗にできます。

アンテナの製作



台紙を加工してアンテナを作ります。同じものを2本 作ります。片面にアルミホイルをのり付けして、1 mm 程度のギャップをつくります。

送信アンテナの製作



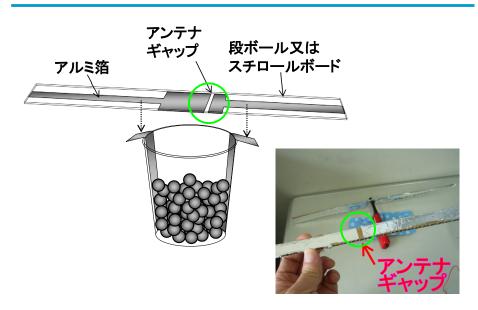
送信アンテナの製作



ギャップの左横に穴(カッターで 中心に十字型に切り込みを入れ る)を開けて、チャッカマンを貫通 させます。そしてアルミ箔と外導 体が導通するようにします。外導 体とエレメントを針金で接触させ てもOKです。

チャッカマンの中心から出ている バネに針金を差し込み、ギャップ と反対側のエレメントに針金を貫 通さるか、図のように巻き付ける かします。針金が外導体と接触し ないように注意します。

受信アンテナの製作



アンテナ実験



受信アンテナをコップの上に置きます。送信アンテナ を受信アンテナに向けてチャッカマンをつけます。

競技

51

- 飛距離コンテスト -

1.	通信と電磁波	(15分)
2.	コヒーラーとは?	(5分)
3.	コヒーラー製作実験	(20分)
4.	アンテナと偏波	(5分)
5.	アンテナの製作実験	(30分)
6 .	飛距離コンテスト	(10分)
7.	まとめと片づけ	(5分)

班別コンテスト

どれだけ遠く離れた所からLEDが点灯 するか競争してみよう

工夫点

- 。アンテナの形状※
- 。 アンテナギャップの形状
- 。 アルミ玉の粒径

など・・・

※アンテナ(導体部分)を手で押さえたりするのは禁止です。

まとめ







本コヒーラーの製作実験を通して

1. 目に見えない電磁波の性質

2. アンテナの役割

を学習することができれば成功です。

バランやアンテナの入力インピーダンス について検討すれば、飛距離はもっと伸 びるはずです。

(法律に注意⇒EMCへ)

総 括

55

MW (Microwave Circuit)

伝送回路・反射 整合・共振 フィルタ 発振・増幅・検波 周波数変換 AP (Antennas and Propagation)

電磁波工学の発展過程

放射 受信 偏波 指向性 利得

EMO

(Electromagnetic Competibility)

放射ノイズ 伝導ノイズ イミュニティ(耐性) 規格・ルール

難しいときは戻る

フィードバック

まず、自分を確立する(自律・自立)

情報発信・相手とコミュニケーション(通信)する

相手の立場も考 える(相反する要 求を両立させる)

- 今後のために -

1.	通信と電磁波	(15分)
2.	コヒーラーとは?	(5分)
3.	コヒーラー製作実験	(20分)
4.	アンテナと偏波	(5分)
5.	アンテナの製作実験	(30分)
6.	飛距離コンテスト	(10分)
7.	まとめと片づけ	(5分)

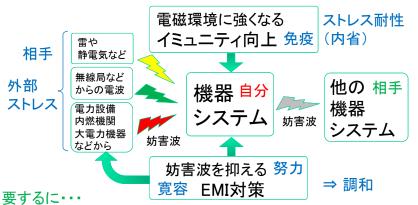
問1:安くて見た目は綺麗だけど、X線がバンバン出るテレビをあなたは買いますか?

56

EMCの世界

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:「<u>許容できないような電磁妨害波を如何なるも</u>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」



「各種の機器・システムが、電磁的に仲良く、ともに生きる」という意味

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

LED回路の電源電圧修正

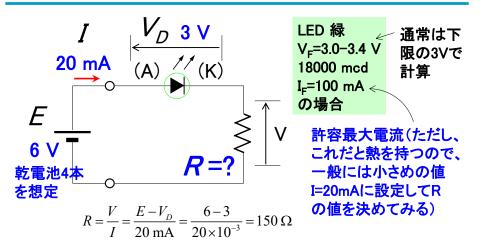
 $I = ? \qquad (A) / (K)$ Z = R > V $3.196 \text{ V} \qquad 150 \Omega$ $I = \frac{V}{R} = \frac{0.363}{150} = 2.4 \text{ mA}$

電流が大きすぎるとコヒーラーにならないので、電池を2本に減らして、電流をできるだけ減らしてみる。 ⇒テスタで実際の電圧を測定した結果、 左図のようになった。

ここから実際に流れている電流を求めると、I=2 mA程度の 電流でも十分に点灯を確認できることが分かった。

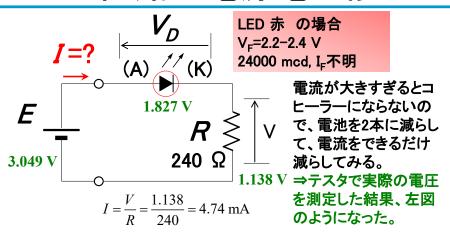
この程度の電流なら、コヒーラーとしても機能する(机を叩いて振動を与えると電流が流れなくなる)。

LED回路の抵抗値決定法



R=150Ω程度の大きさの抵抗を接続すれば良い。しかし、 このままでは常時点灯となってコヒーラー実験にならない。

LED回路の電源電圧修正



ここから実際に流れている電流を求めると、I=5 mA程度の 電流でも十分に点灯を確認できることが分かった。 この程度の電流なら、コヒーラーとしても機能する (机を叩いて振動を与えると電流が流れなくなる)。