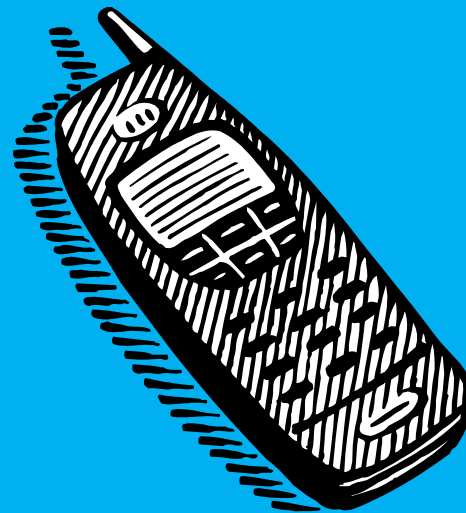


ファイヤー和田が  
ケータイのしくみをお話します！



# 本日のメニュー

- ①スマホの中はどうなっている？
- ②ケータイは線がないが、何故、話ができるのか？
- ③デジタルとアナログって？
- ④なぜ飛行機に乗る時にケータイ電話を切る？
- ⑤ケータイ電話でどうして道案内ができる？

まず最初に:

①スマホの中はどう  
なっている？



# 分解すると

TOUCH PANEL  
&  
LCD

CENTER PANEL

PCB#1

UPPER FPC

LI-ION  
POLYMER  
BATTERY

REAR COVER

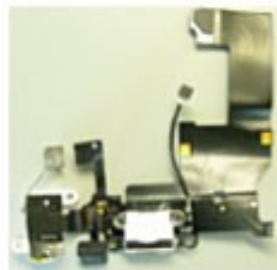


電池  
でかい

ディスプレイ

これが  
電子回路！

LOWER FPC

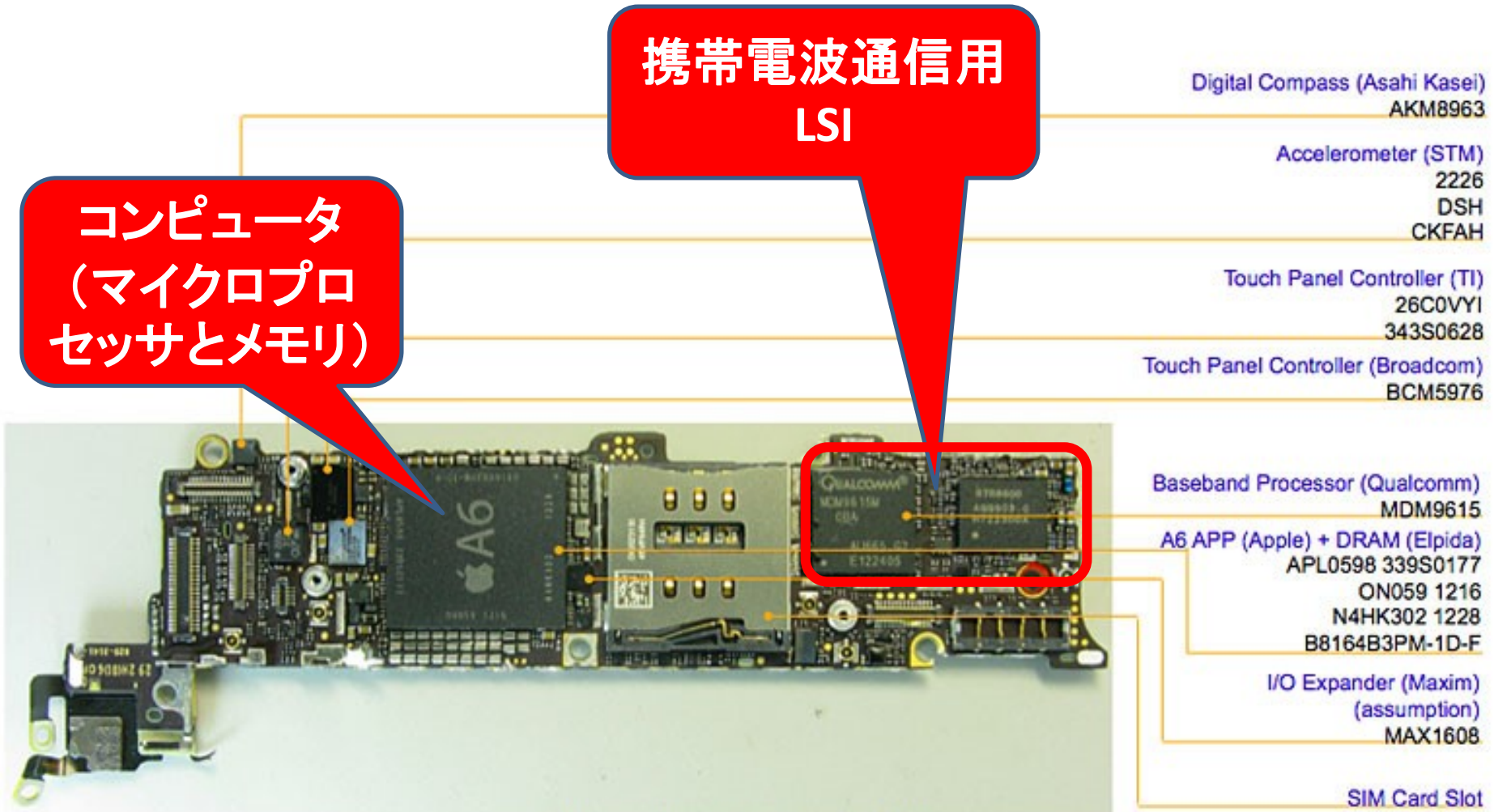


本体ケース

2013/12/16

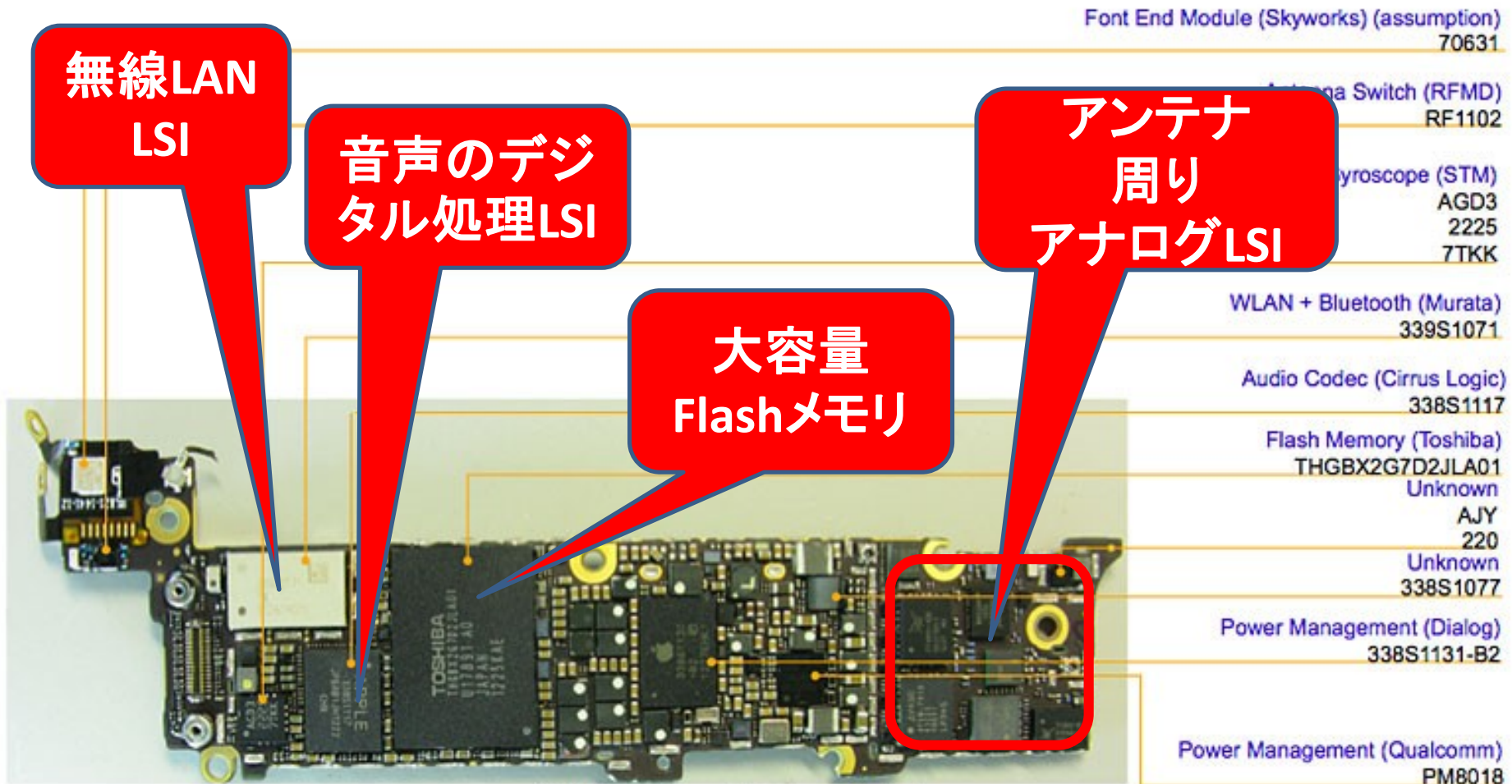
(C) Fomalhaut Techno Solutions

# これが電子回路基板(表)

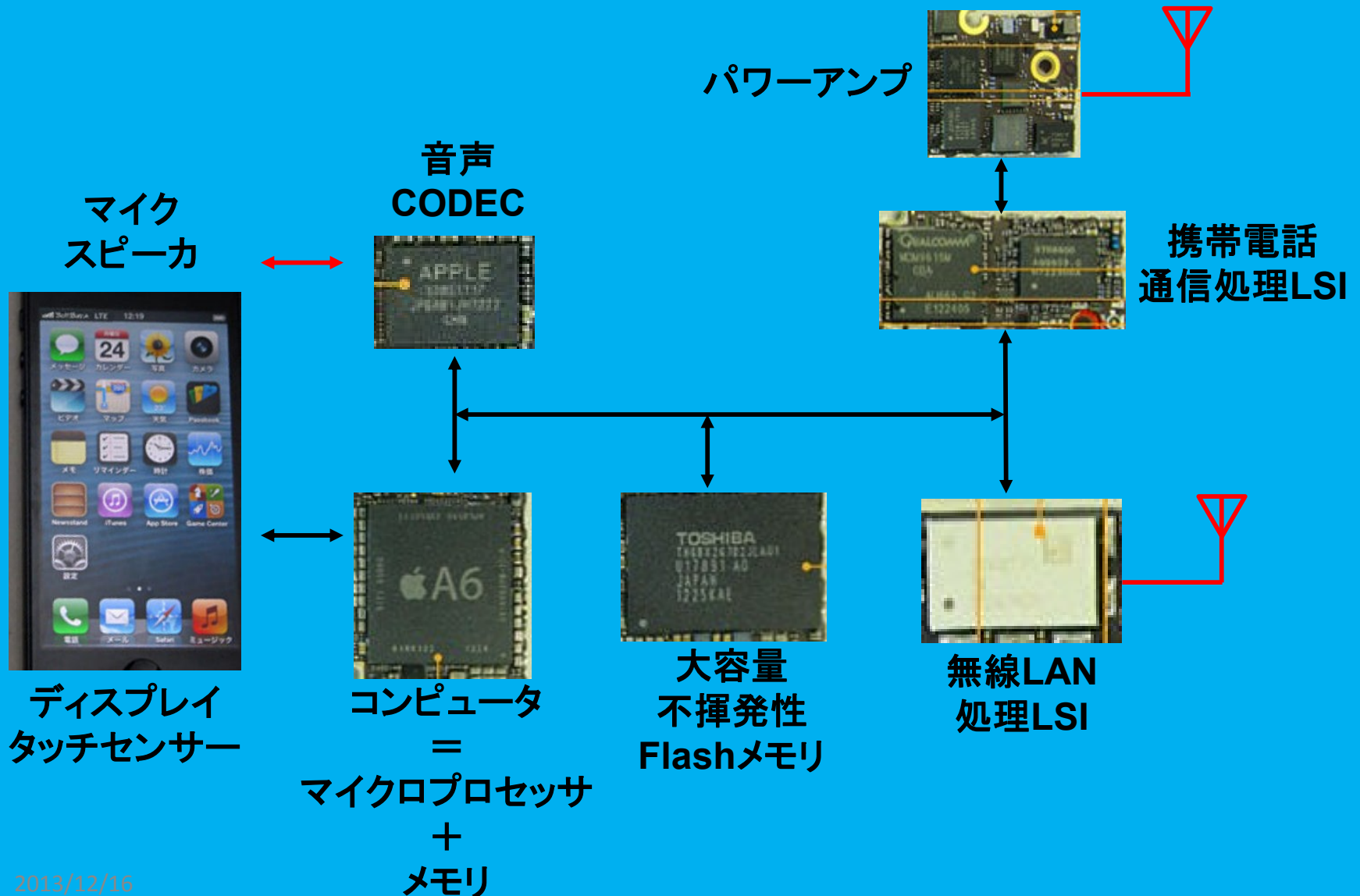


# これが電子回路基板(裏)

沢山の 半導体 LSI という部品が使われています！



# 携帯電話のアーキテクチャ

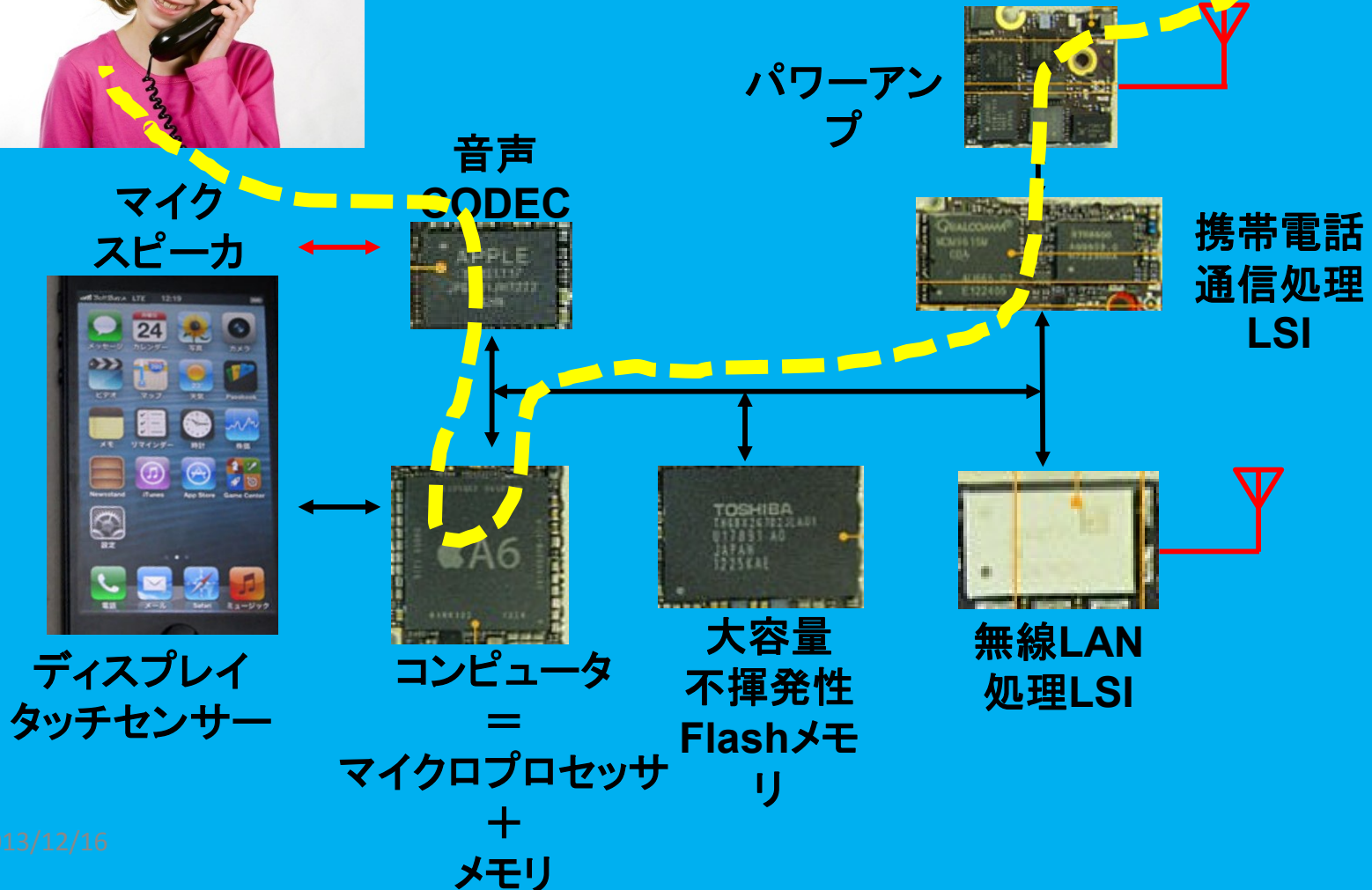


# 携帯電話のアーキテクチャ

- コンピュータ: 人とのやり取り、計算、画像表示、音声処理などを行う。マイクロプロセッサとメモリを含む。
- 音声CODEC: アナログの音を、デジタルに変換する。
- Flashメモリ: 電源を切っても、内容が消えない半導体メモリ。USBメモリとして有名。
- 無線LAN処理LSI: 電波をつかって、数十メートル程度の通信をする。ノートパソコンでふつうに使われている。
- 携帯電話処理LSI: 色々な方式の携帯電話通信方式に対応できるデジタル処理LSI。
- パワーアンプ: 10Km程度の距離を電波を使って通信するために、強い電波を生成するための増幅機。



# 携帯電話で話するとき

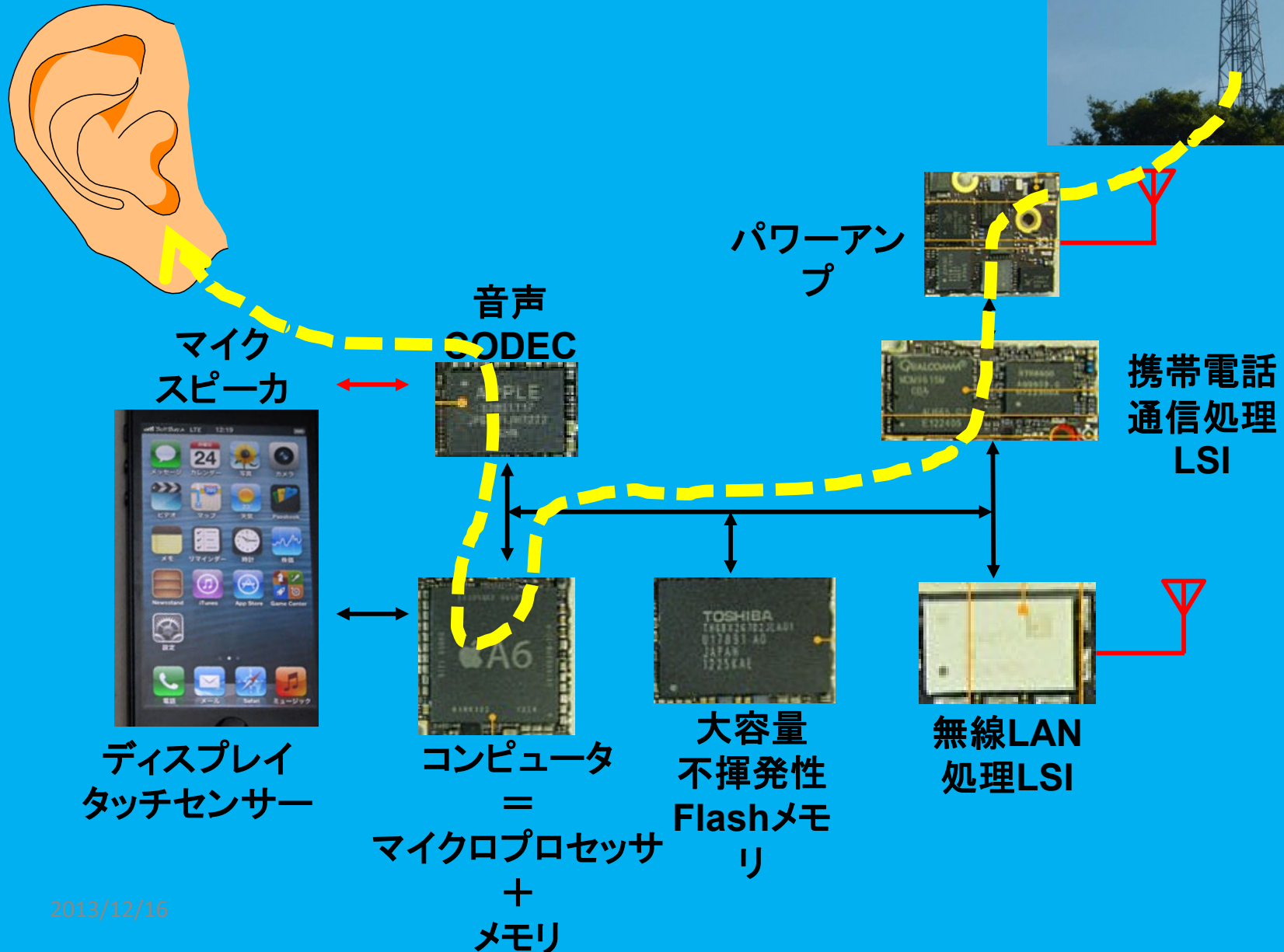


# デンパ塔 と ケータイ の間はデンパで通信



デンパ塔どうしは  
光ファイバーなど  
で通信

# 携帯電話で聞くととき



# ちょっとマニアック デザリング



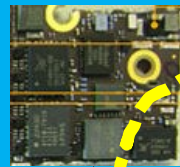
マイク  
スピーカ



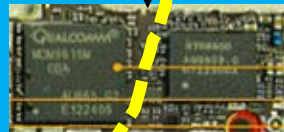
音声  
CODEC



パワーアン  
プ



携帯電話  
通信処理  
LSI



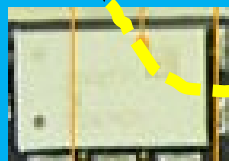
ディスプレイ  
タッチセンサー



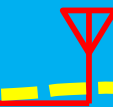
コンピュータ  
=  
マイクロプロセッサ  
+  
メモリ



大容量  
不揮発性  
Flashメモ  
リ



無線LAN  
処理LSI



今日の2問目：

②ケータイは線がないが、  
何故、話ができるのか？



# 糸電話

やったことありますか？



# 糸電話

なぜ声が聞こえる？

声のふるえ（振動）  
が  
糸を伝わったようだ！

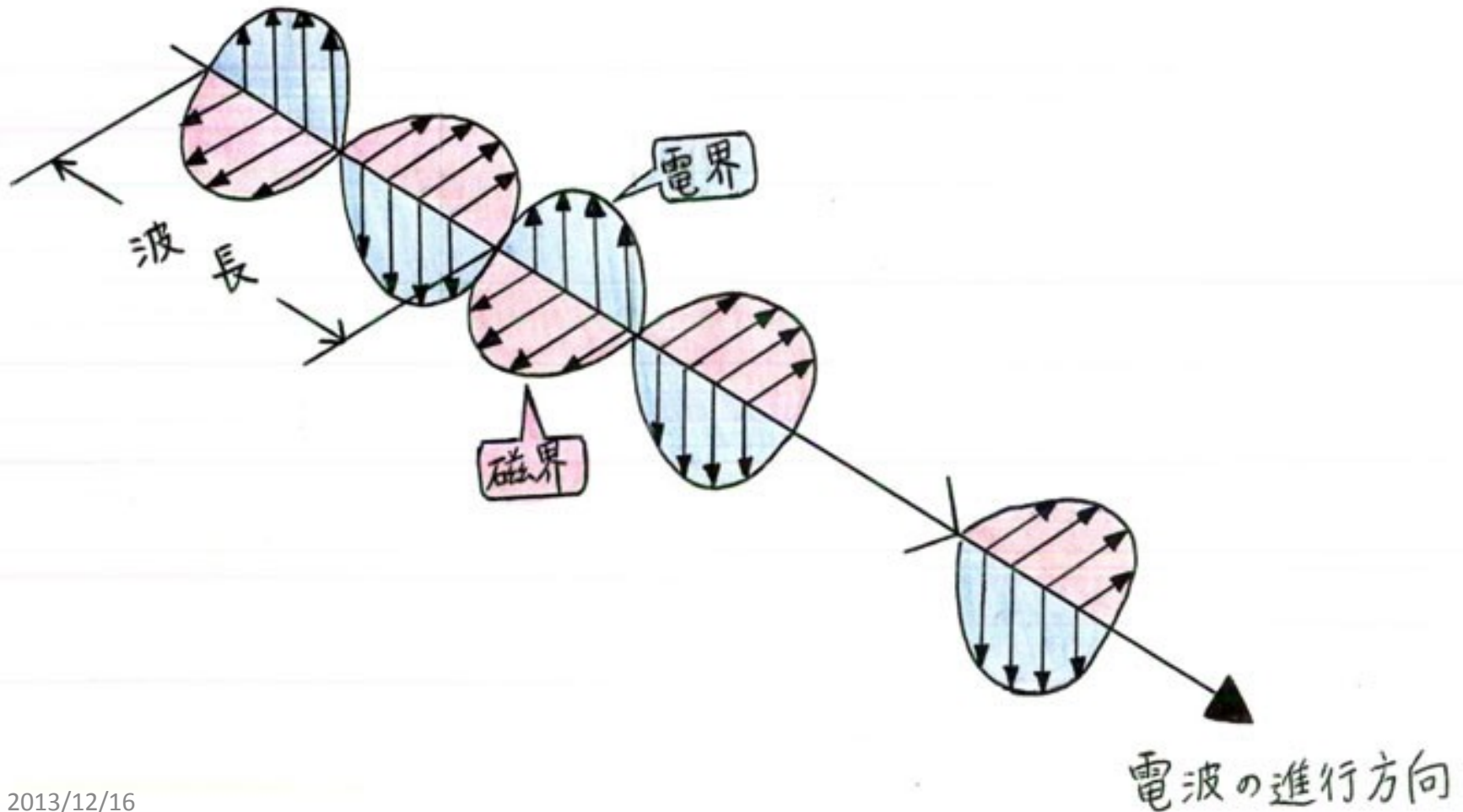


# デンパ(電波)という見えない 波

を使って、  
音の振動を伝えている！

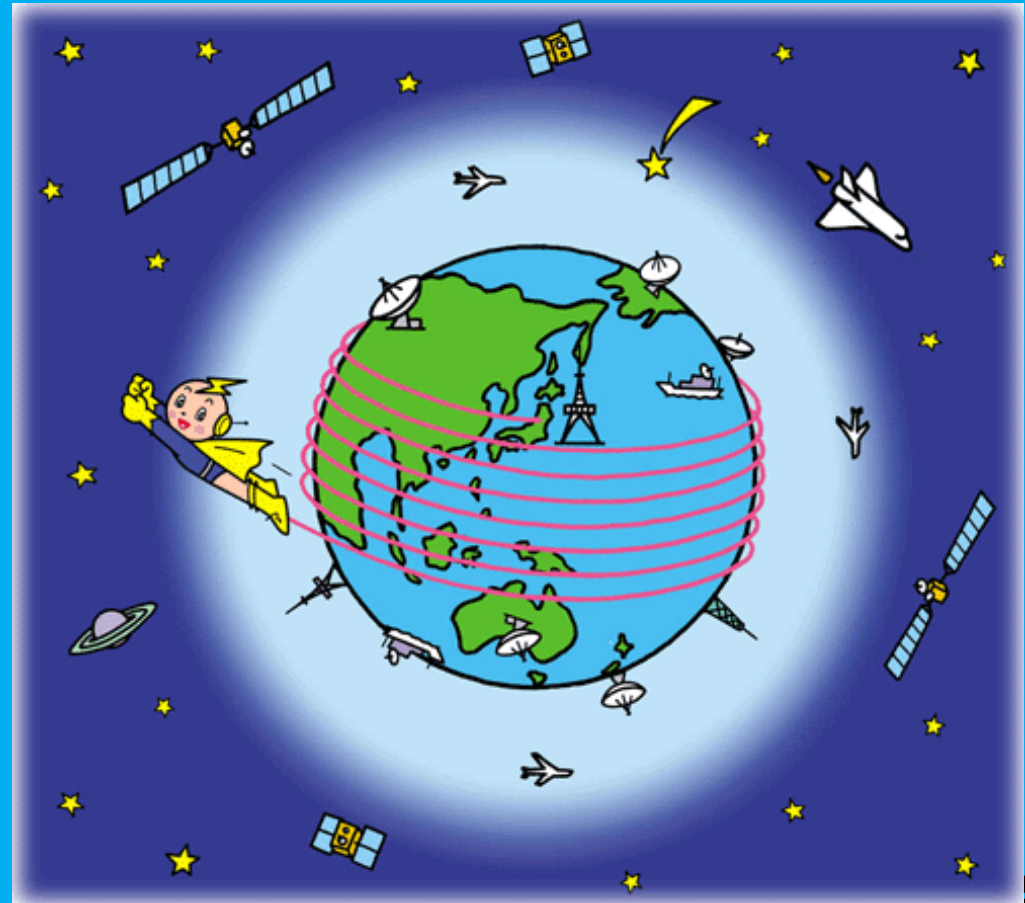
# デンパ(電波)って何？

## 1. 電波は電界と磁界による波



# デンパって何？

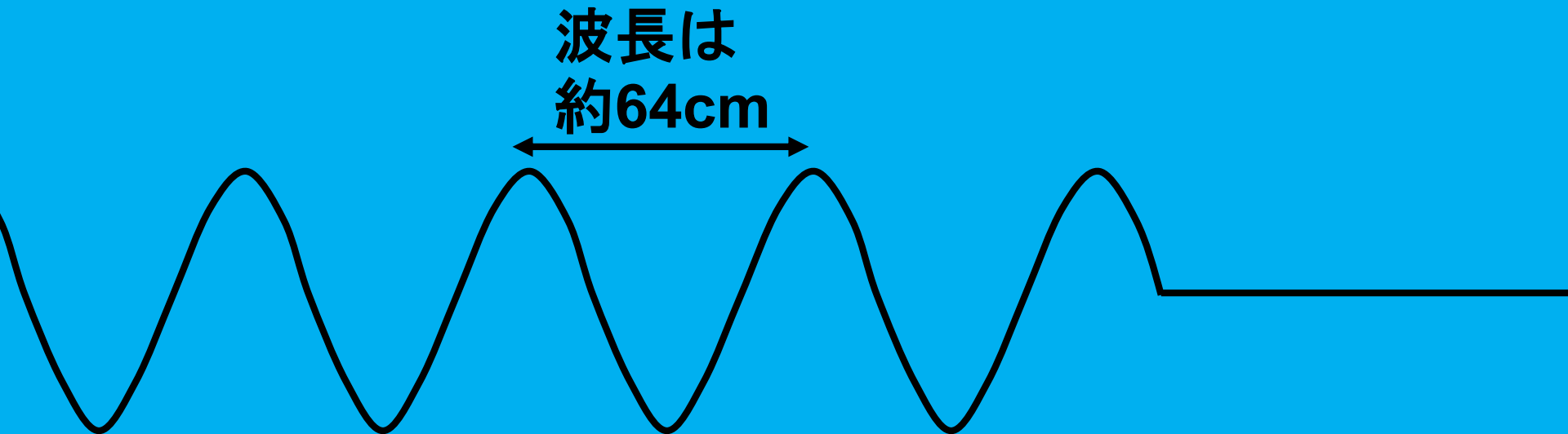
2. 電波の伝わるスピードは  
1秒間に地球7周半（光と同じ）



# デンパって何？

## 3. テレビの13チャンネルの場合

- 周波数=473,000,000ヘルツ=473メガヘルツ
- 公式 光の進むスピード=周波数 X 波長
- 波長=30万(km/秒)/473メガヘルツ=約64cm



# デンパ塔 と ケータイ の間はデンパで通信



光ファイバー

# デンパ塔どうしは 光ファイバーなど で通信

# 琉球大学のファイヤー和田研究室

デンパを見る装置

ケータイと同じ  
デンパを出す装置

デンパの強さ

# デンパを見る装置



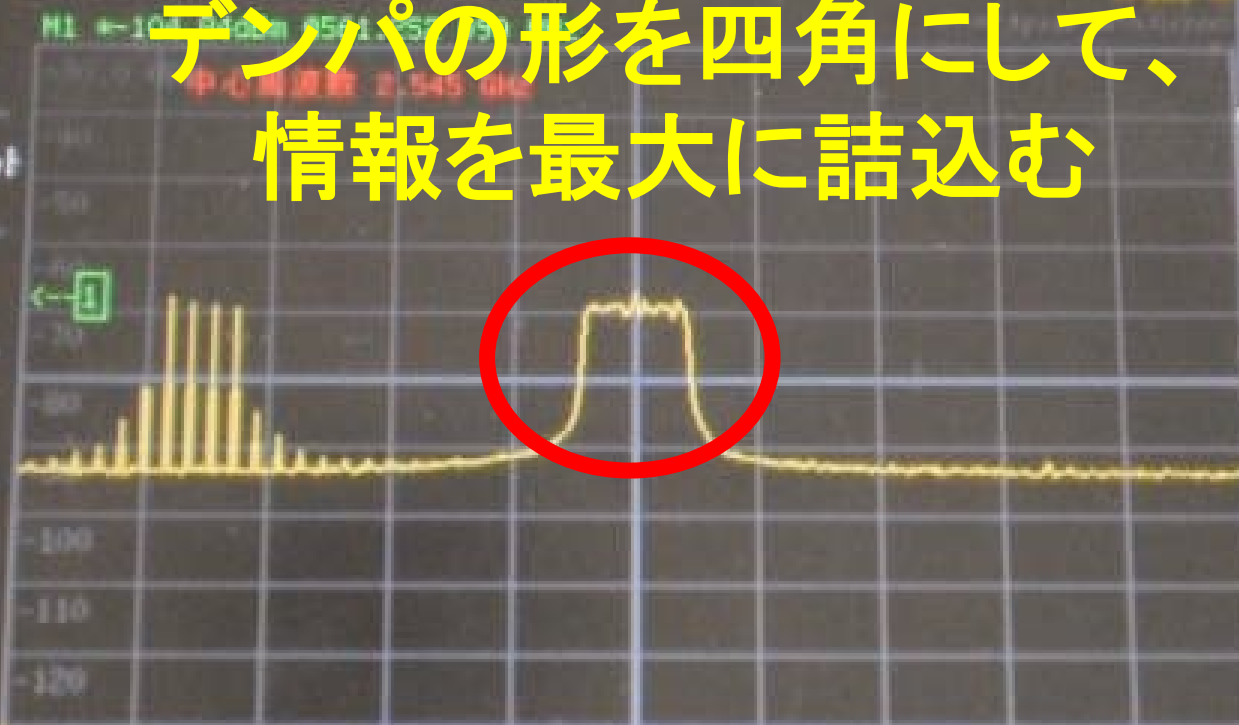
2540  
メガヘルツ

2550  
メガヘルツ

デンパの  
周波数

# OFDM

デンパの形を四角にして、  
情報を最大に詰込む



中心周波数 2.545 GHz 周波数スパン 10.000 MHz

Ch	Ref	Gate	Ref Freq	Ref Amp	Data Freq	Data Amp
M1	ON	OFF	561.252 000 MHz	-104.64dBm	---	---
M2	OFF	OFF	---	---	---	---
M3	OFF	OFF	---	---	---	---



# ビデオデモ

Anritsu MS8911B

SpectrumMaster

画面操作注意  
Magna Design Inc.

2013/12/16 11:23:13



Trace 0

トースト  
ノーマル

M1 ← -104.84dBm @561.252 090 MHz

中心周波数 2.545 GHz

歪率レチゲット  
0.0 dB

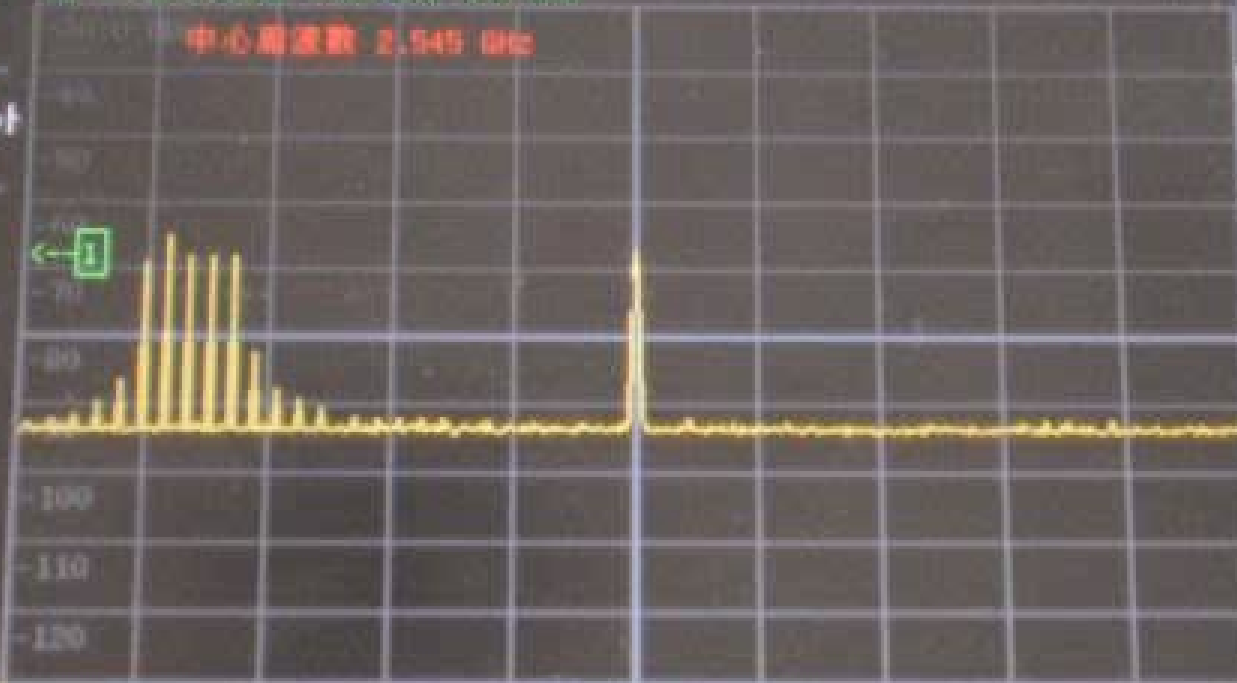
入力ATT  
0.0 dB

RBW  
30 kHz

VBW  
30 kHz

検波モード  
RMS

トースト  
---



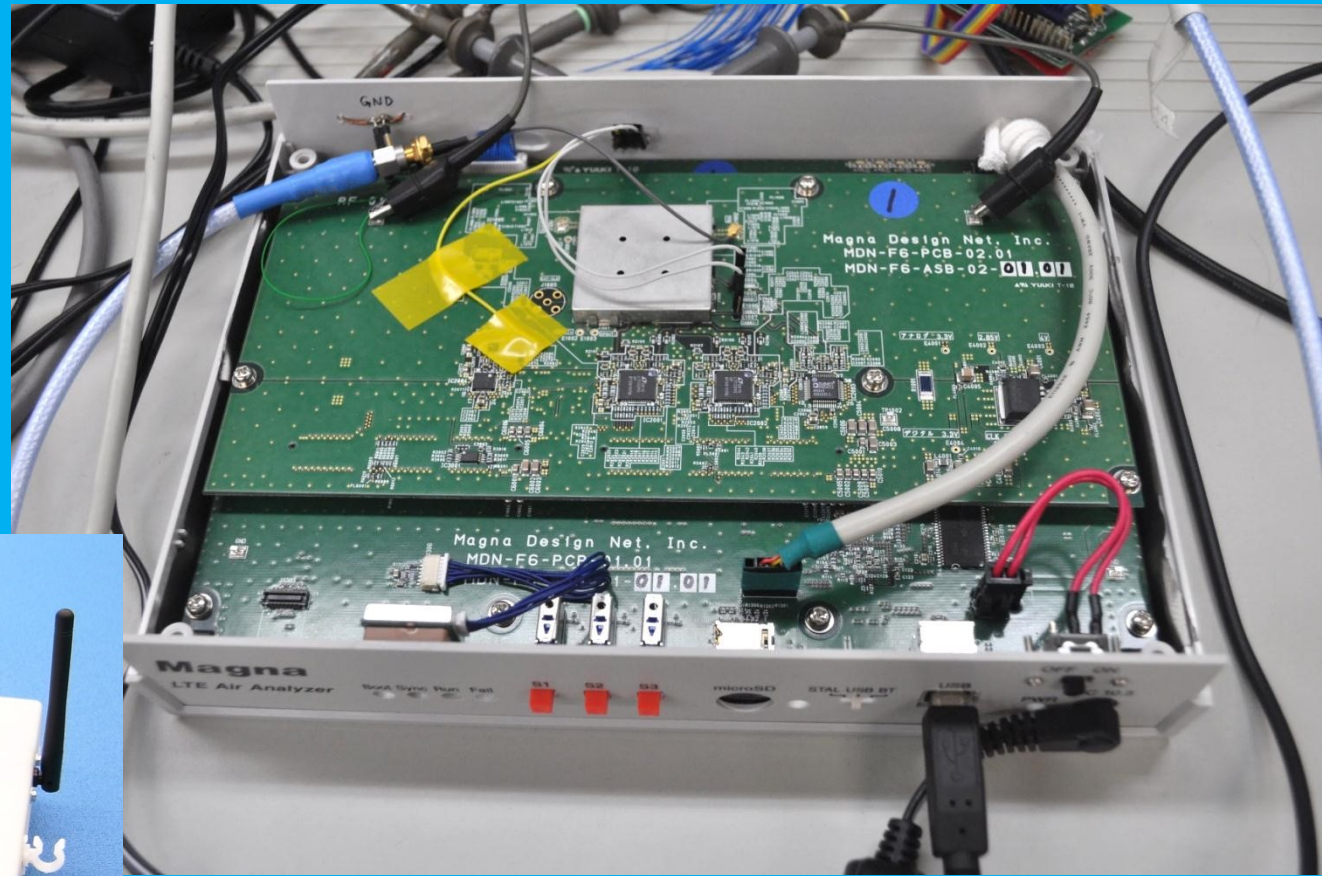
中心周波数 2.545 GHz

周波数スパン 10.000 MHz

MN	PK	DATA	PK FREQ	PK AMPL	DATA FREQ	CORE ANGLE
M1	ON	OFF	561.252 090 MHz	-104.84dBm	---	---
M2	OFF	OFF	---	---	---	---
M3	OFF	OFF	---	---	---	---

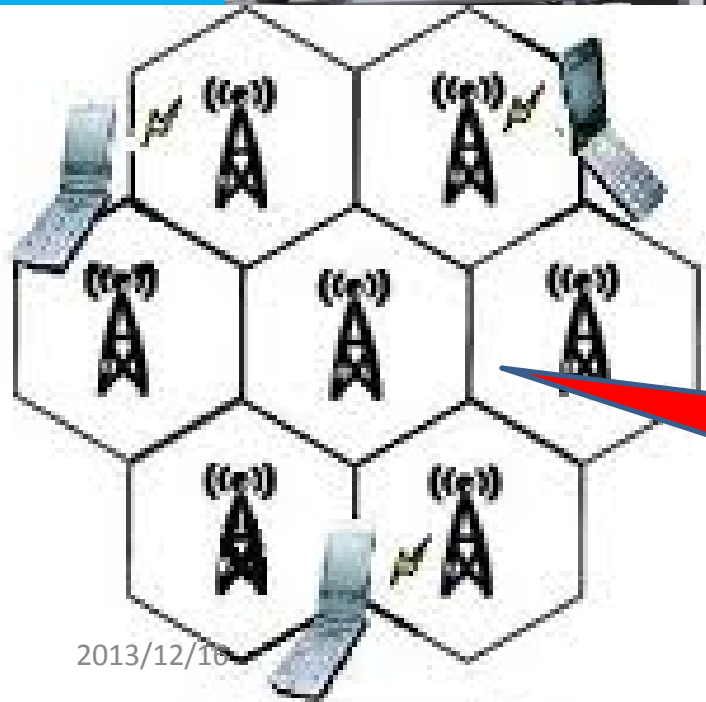
- 周波数
- 中心周波数  
2.545 GHz
- スタート周波数  
2.540 GHz
- ストップ周波数  
2.550 GHz
- 周波数スパン  
---
- 周波数スケール  
58.501 330 MHz
- 信号基準
- リセット

# 最新のケータイの電波を 調査する装置！



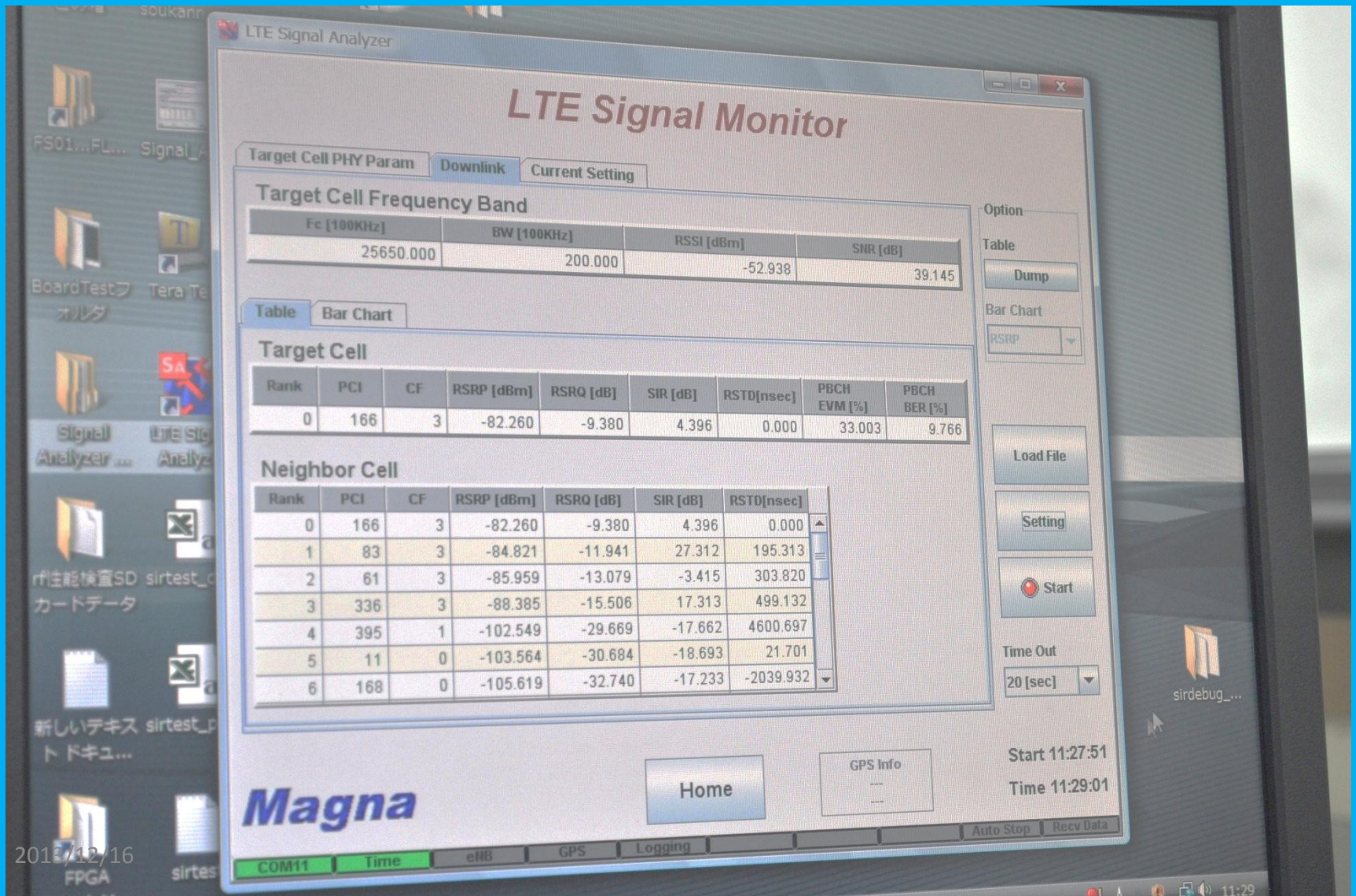
2013/12/16

# 実験室での測定実験



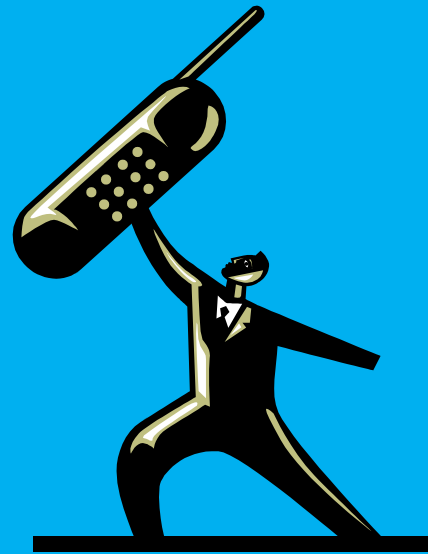
この装置で、自分のまわりの  
のケータイ  
基地局を探し出せます！

# 測定した結果



# 今日の3問目：

## ③ デジタルとアナログって？



# デジタル信号とは

- 基本の信号は「1」か「0」
- 複数の桁を用いれば、大きな数字も表現できる

(例) 4桁のデジタル信号

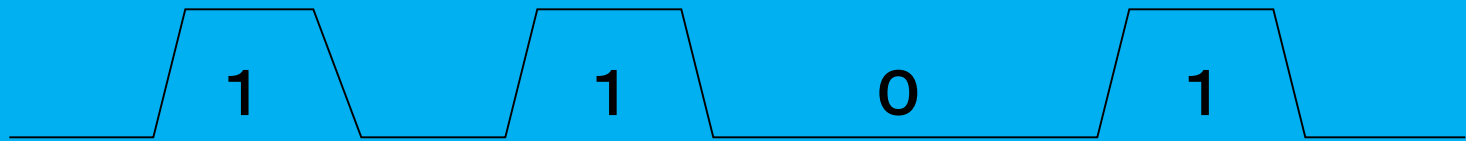
8の位	4の位	2の位	1の位
1	1	0	1

$$=8 \times 1 + 4 \times 1 + 2 \times 0 + 1 \times 1 = 13$$

- 13を伝送する場合は、“1101”を順に伝送する

# デジタル信号の伝送

- “1101”はたとえば以下のような単純な波を用いて信号を伝送する。



- 少々ノイズで波が変形しても、“1101”は伝送可能 ⇒ ノイズに強い



# まず覚えてほしい言葉

- ビット (BIT)  
1桁の基本の信号「1」か「0」を1ビット  
したがって4桁“1101”の信号は4ビット
- 2進数  
13を“1101”で表せますが、  
この13は10進数(通常の数値)  
“1101”は2進数(デジタル世界の数字)



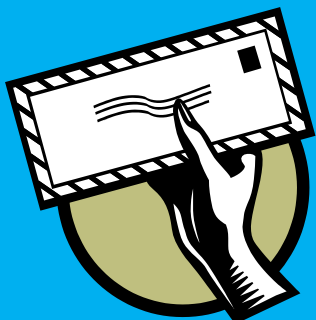
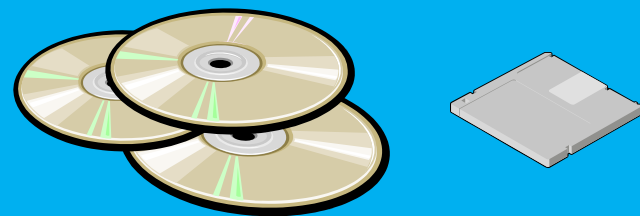
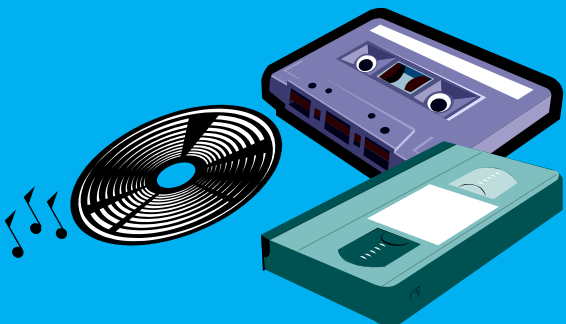
# アナログとデジタル



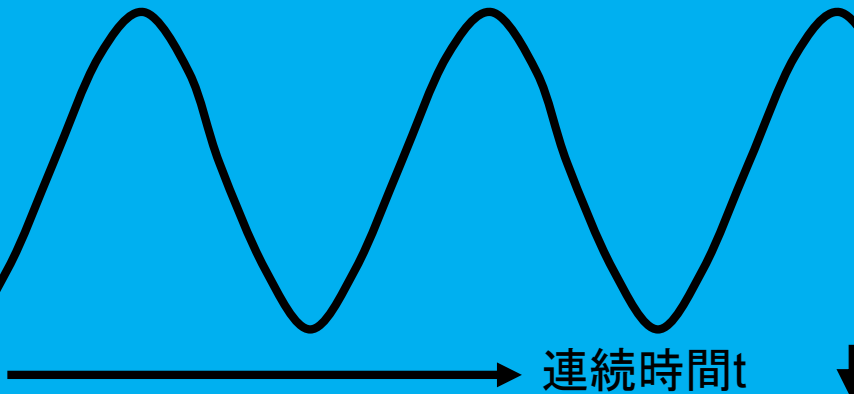
- アナログ信号とは時間的に連続な信号のこと
- アナログ時計のように時間とともに連続して針の指す値が変化する
- アンプなどのアナログ回路で処理をする
- デジタル信号とは時間的に不連続な信号のこと
- 通常、その不連続な信号の値を数値化する
- 四則演算で処理ができ、デジタル回路やコンピュータを用いる

疑問: アナログをデジタル化すると何かが失われるのか?

# 身の周りのものがアナログからデジタル方式へ



# 電波をデジタル化する



【デジタル化とは】

- 連続の波形を一定時間間隔で値に変換する
- 値を数値化する
- 連続関数 $f(t)$  を数列 $a_n$ に変換

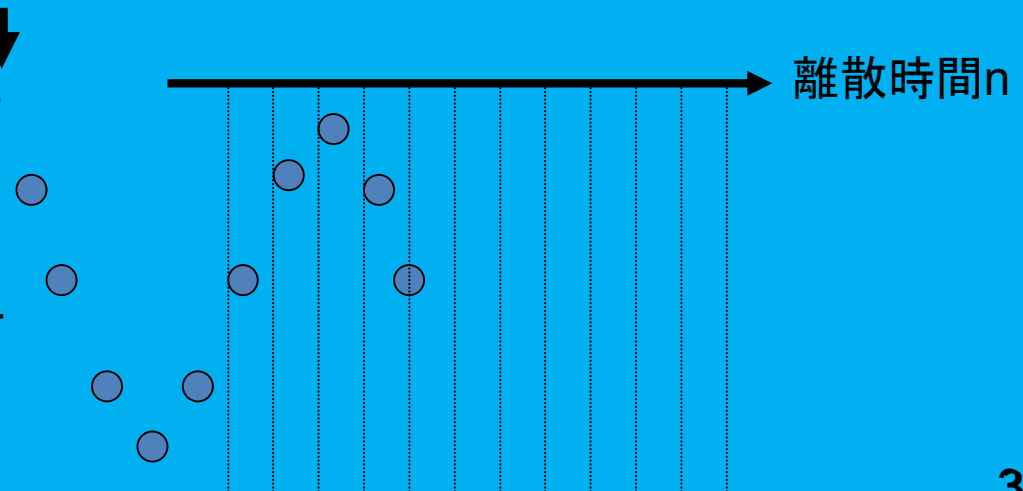
アナログ・  
デジタル変換回路

【先ほどの疑問】

- ある決まりを守れば、離散化しても波形の情報は一切失われない

【シャノンのサンプリング定理】

- デジタル化された波形から元のアナログ波形を完全に再現できる。



# 信号のデジタル化とは

1. 一定時間ごとの値のみ使用する
2. 値は数値として取り扱う
  - たとえば電波をデジタル化すると  
(..., 15, 26, 40, 38, 24, 11, 0, -3, -21, ...)  
のように数字の列となりそう？  
-数列、多次元ベクトル
  - 実は本当の電波をデジタル化すると  
 $X(n) = (\dots, 1+1j, 2+4j, 7+3j, 14+26j, \dots)$   
のように複素数の数列となる。  
信号処理ではこれを多次元のベクトルとして取りあつかう

# 電波をデジタル化して取り扱う理由

- デジタル化するなわち数値化すると、どのような数学的な演算でも、現実の回路化することができる。
  - 人間の知恵で考えた数式を実際の処理に使うことができる。
- その複雑な回路は半導体集積回路（LSI）で実現される。
- デジタル技術と半導体技術が、人間の知恵を現実化する手段を与えた。
  - 知的電子産業はデジタル技術と半導体技術で支えられている
- 下記は逆離散フーリエ変換という処理で、現実の地上波デジタル放送で使われている処理式。

$$\begin{aligned}u\left(\frac{k}{Nf_0}\right) &= \sum_{n=0}^{N-1} d_n \cdot e^{j2\pi n f_0 \frac{k}{Nf_0}} = \sum_{n=0}^{N-1} d_n \cdot e^{j\frac{2\pi nk}{N}} \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} d_n \cdot \left(e^{j\frac{2\pi}{N}}\right)^{nk} \quad (k = 0, 1, 2, \dots, N-1)\end{aligned}$$

# 音、画像、文字のデジタル化

# マルチメディアのメディアとは

- ロングマン現在英英辞典によれば、「メディア」とは新聞、テレビ、ラジオのこと

新聞 . . . 文字や絵を紙に印刷

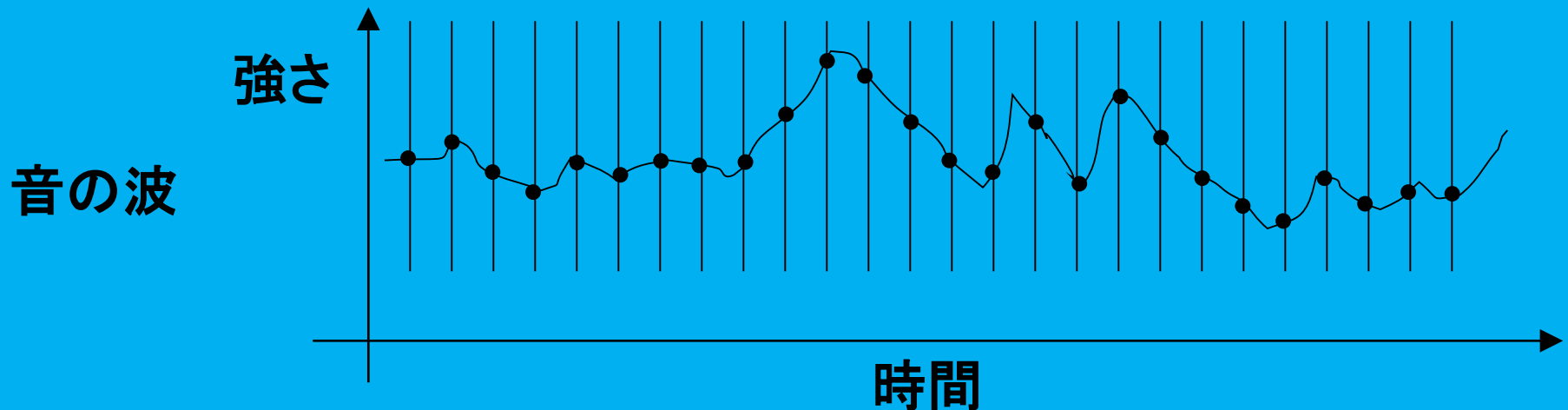
テレビ . . . 電波信号の放送  
VHSビデオテープ

音声(音楽) . . . ラジオ放送  
カセットテープ

さてデジタルではどのように表現するのか

# 音のデジタル表現

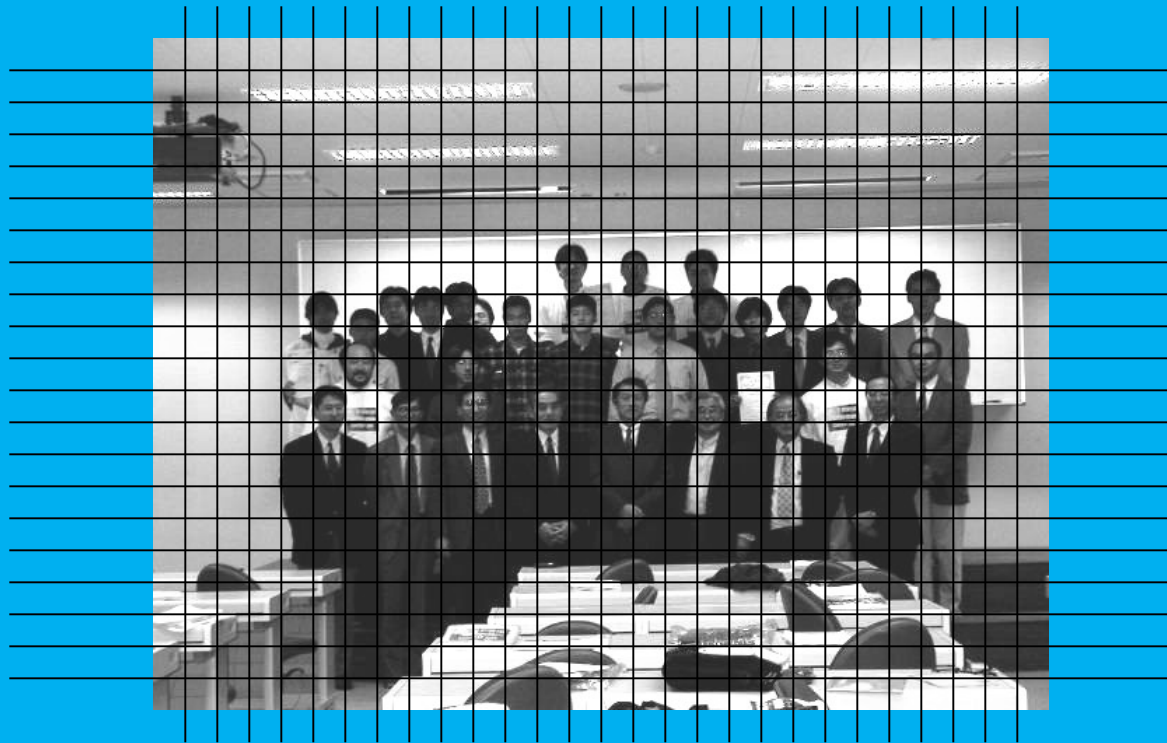
- ある時間間隔で波形の強さを読み、2進数で表す
- CDでは1秒間に44100回強さを調べて、その強さを16ビット(65535~0)の数字で表す





# 画像のデジタル表現

- 絵を格子に分割し、格子ごとの明るさを2進数で表す
- 実際はもっと細かく分割する、荒い分割はモザイク



# 文字のデジタル表現

- 決まった文字に決まった2進数を割り当てる
- 16ビットで漢字を表現できる

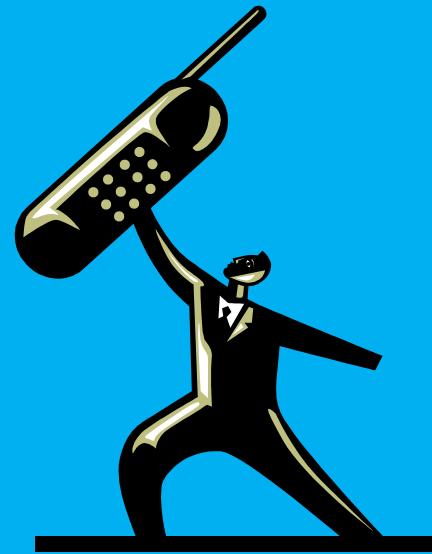
## JISコードの例

あ : “0010010000100010”

大 : “0100001001100111”

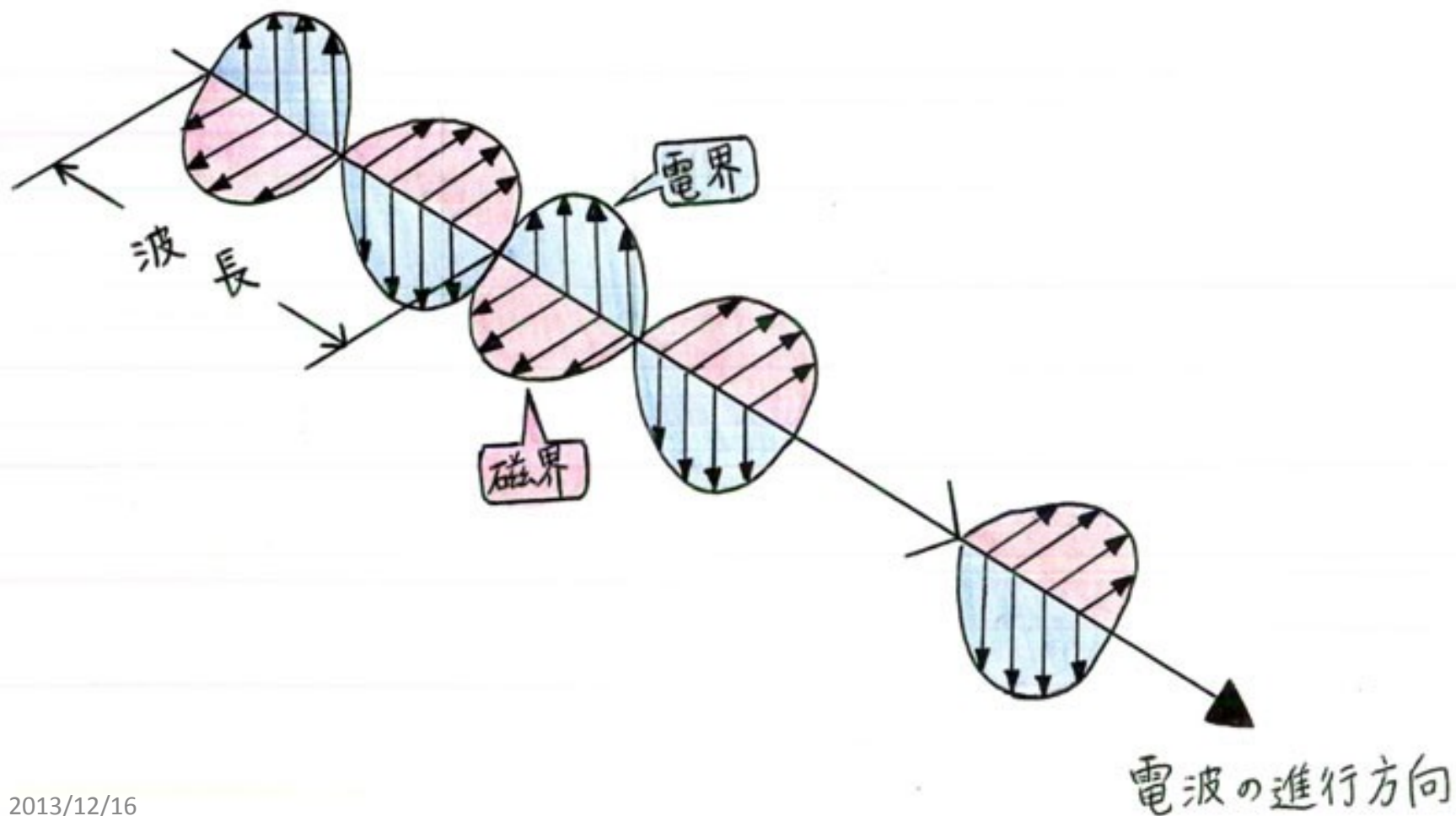
今日の4問目：

④なぜ飛行機に乗る時にケータイ電話を切る？



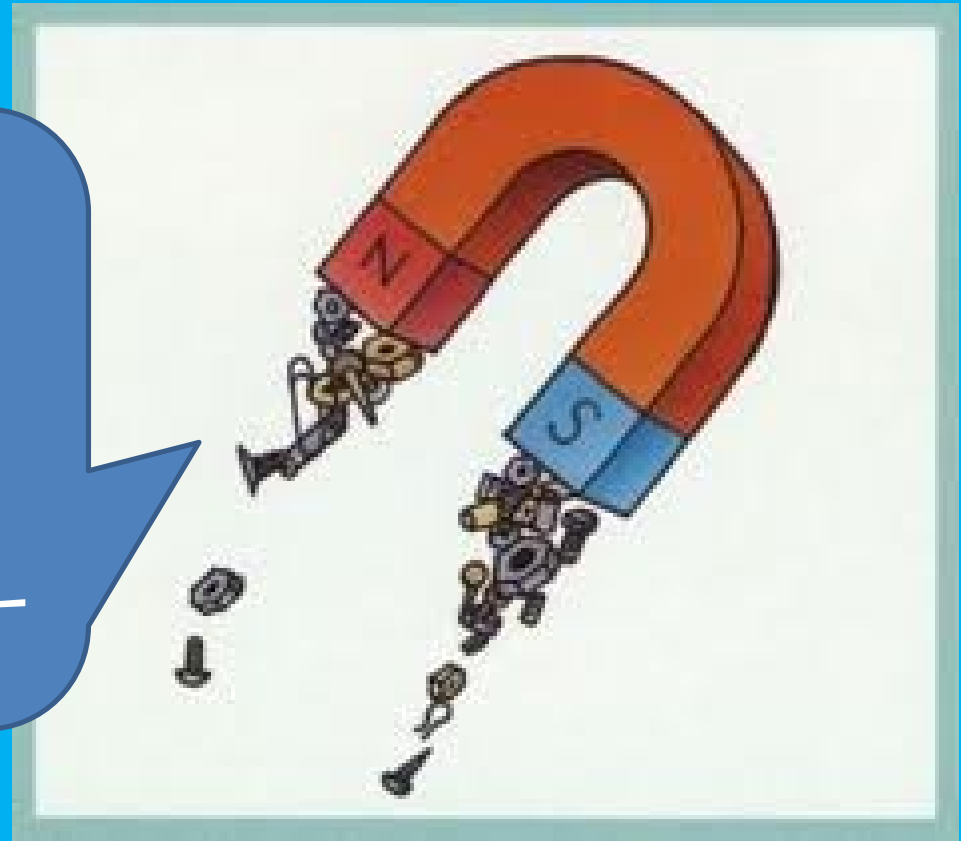
# その前に、

デンパは電界と磁界による波でしたね！



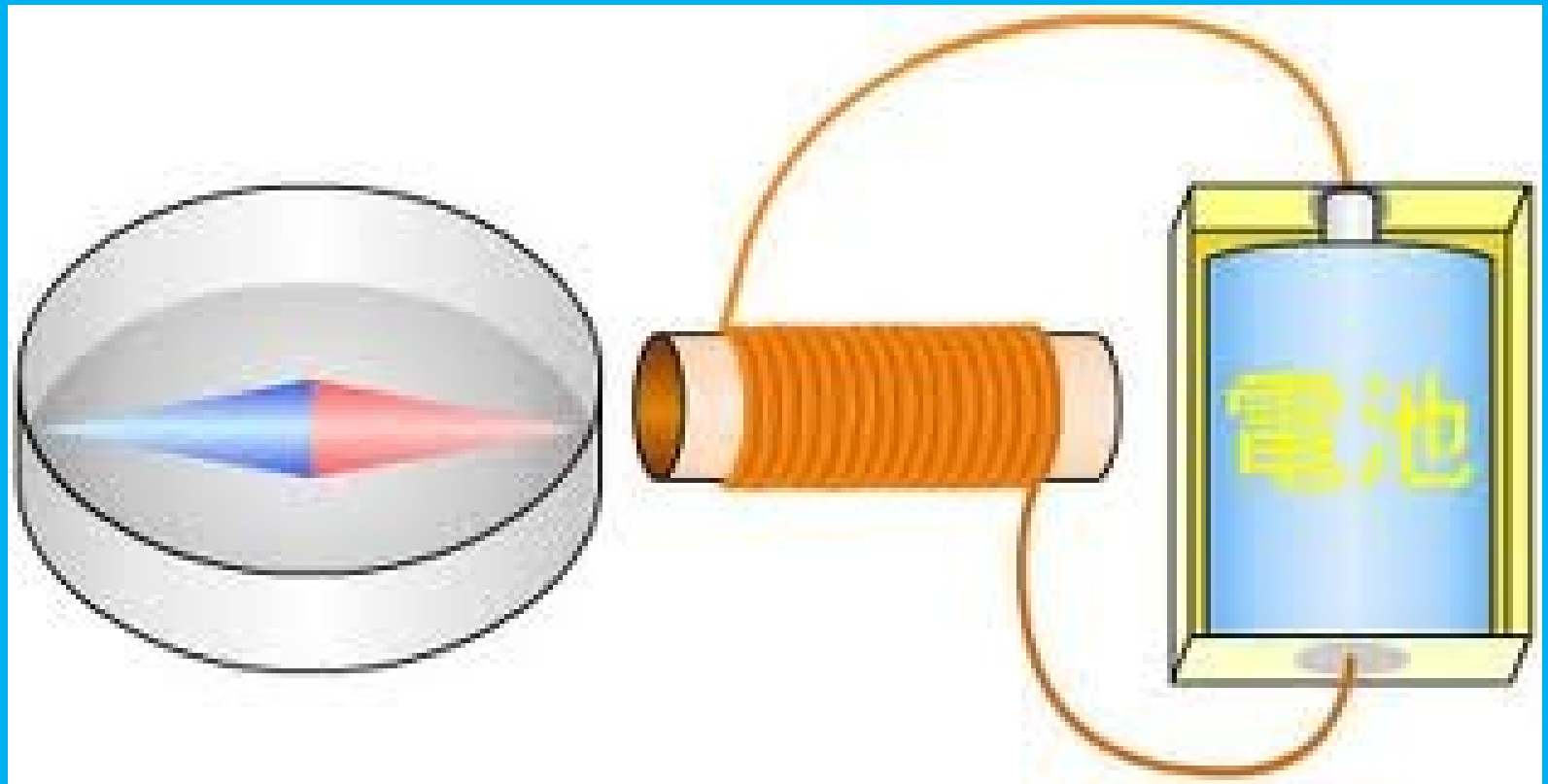
# まずは磁界

見えませんが、  
磁石のまわりに  
磁界(じかい)  
があって、  
金属がひっつきます

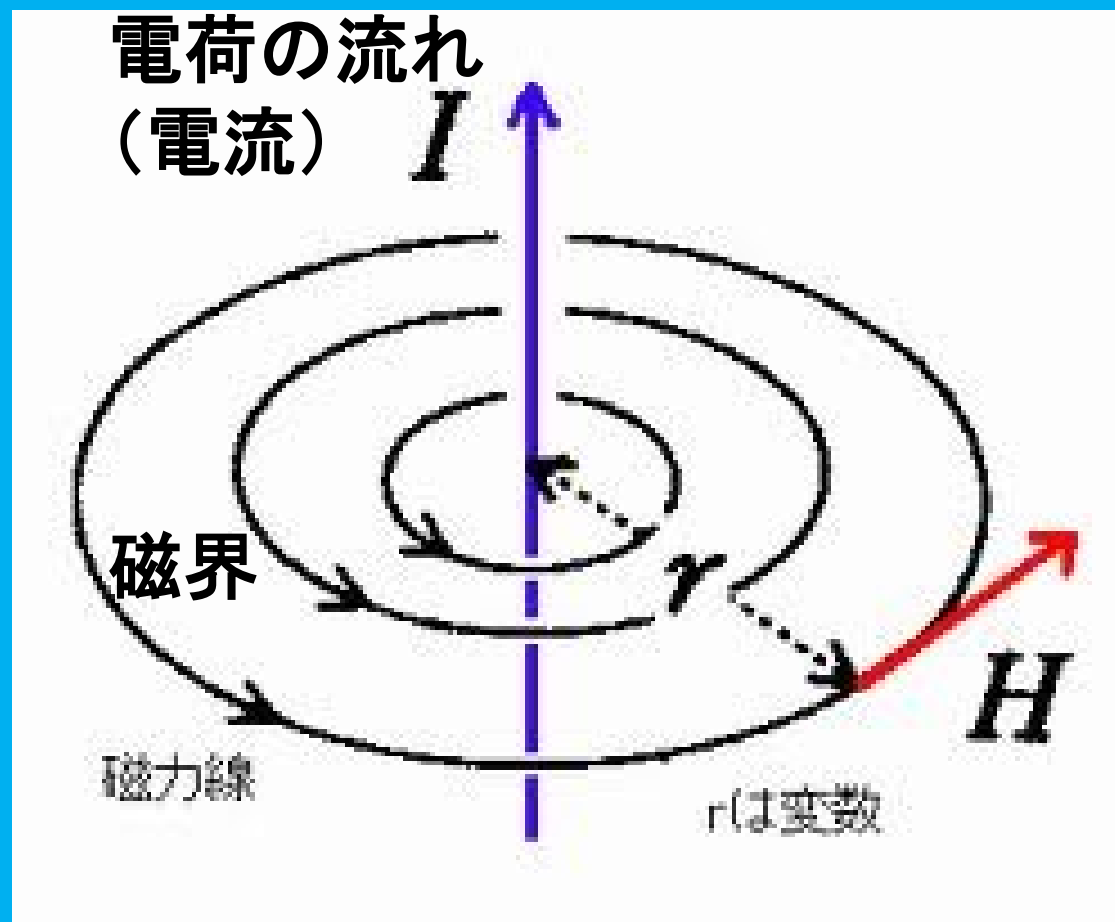


# 電磁石

知っていますか？



# 電荷（電気のもと）が 流れると、磁界ができます



# つぎは電界

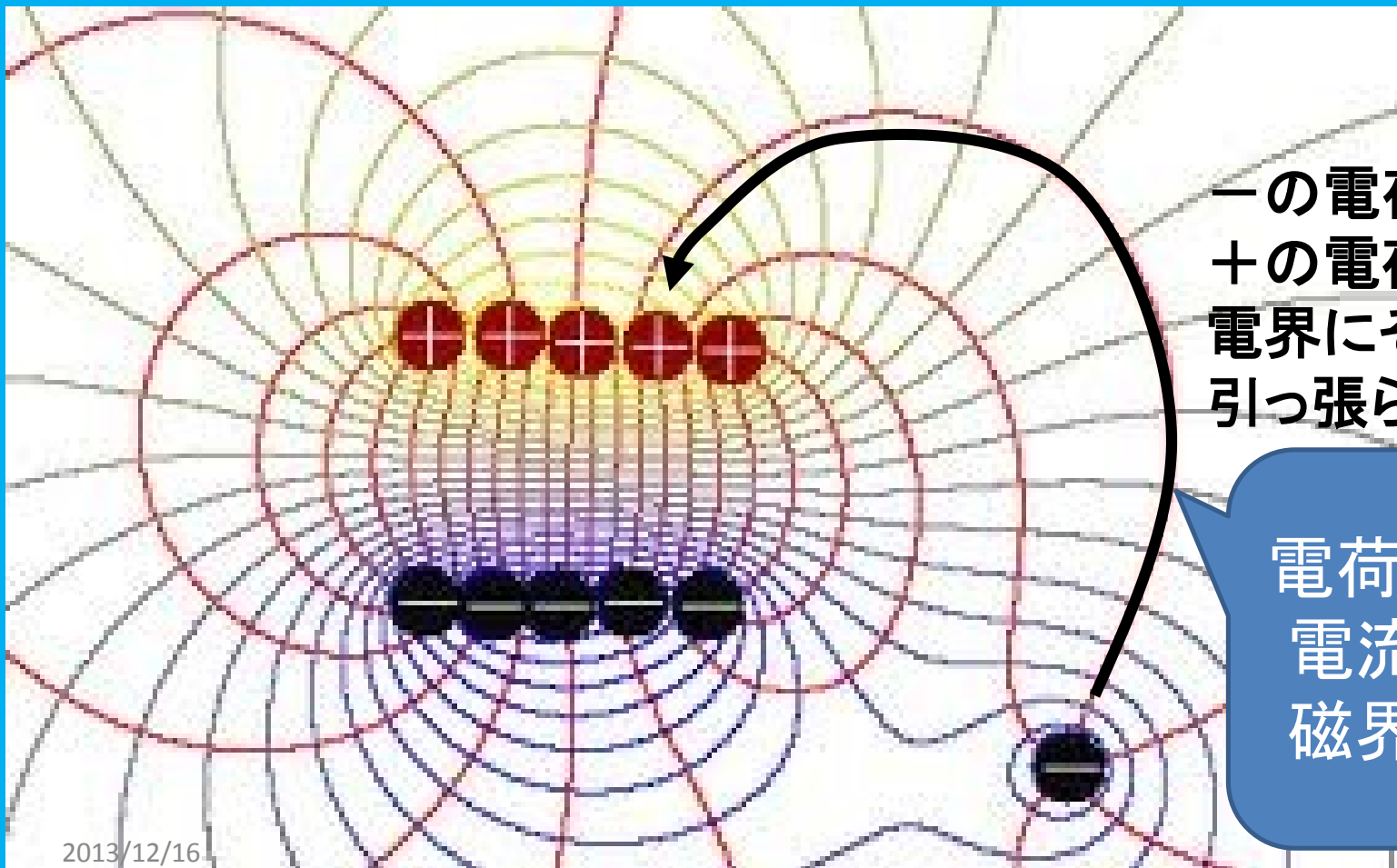
静電気で  
髪の毛が  
立ちます。

ここに電界がある





# 十の電荷から一の電荷 向けて、電界ができます



一の電荷は  
十の電荷方向に、  
電界にそって  
引っ張られます！

電荷の動きは  
電流であり、  
磁界をつくる

# まとめると

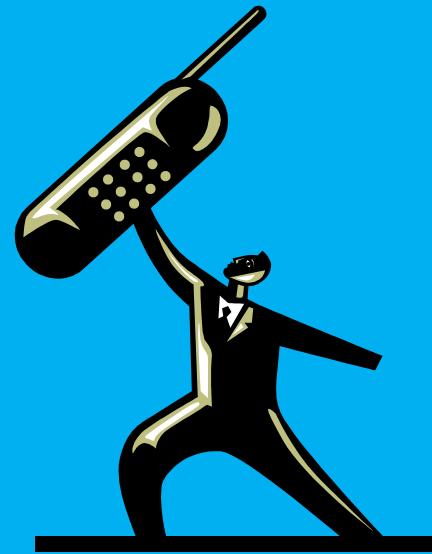


○デンプアは  
電界と磁界の波

○電荷や電流を  
発生させることが  
できる。

今日の4問目：

④なぜ飛行機に乗る時にケータイ電話を切る？



# 日本航空月刊誌『Agora』の説明

- 飛行機には機体やエンジンの状態をモニターするためのたくさんの**電気配線**があります。
- さて、飛行機が離陸するときや、着陸態勢に入って着陸するまでというのは、飛行機の機体にとっても、大変緊張を強いられる時間です。飛行機は自分の身体中を縦横無尽に走っている神経(電気配線)を張り詰めさせ、何か異常が起こったときにすぐにパイロットに知らせなくてはと頑張っています。パイロットもまた、異常を知らされたらすぐに対処できるように操縦に集中しています。
- そんなときに、皆さんの携帯電話へ電波が飛び込んできたり、パソコンなどの電子機器のスイッチがONになると、電話の電波やパソコンから発生した磁気が、飛行機の**電気配線**の磁界に変化を与え、それが電気信号となって、搭載されているコンピュータに誤信号を送り出してしまふ恐れがあります。

# ただ、こんな意見も

- 2001年9月11日ニューヨーク同時多発テロでハイジャックされた飛行機から携帯電話で家族に電話をした人たちがいることから分かるように、携帯電話は上空からでも問題なく使うことができた例はある。
- それにもかかわらず、FCC(米国連邦通信委員会)は接地していない**民間航空機内で携帯電話を使うことを違法とすることを制定した。**FAA(米国連邦航空局)の唯一の法律はFCCの法律によって支持されているのである。
- ボーイングやエアバスは物理的電氣的もちろん携帯電話も含むあらゆる攻撃に耐えられるように彼らの飛行機を常に鍛えているのも事実のようだ。



飛行機もそう簡単に  
ケータイで影響を受けない  
ように改良を重ねているが、

万々に備えて、  
航空法で、ケータイの使用  
は禁止されている。

今日の5問目：

⑤ケータイ電話でどうして道案内ができる？



# 道案内をするには

1. 現在位置を知っている必要あり

2. 地図を知っている必要あり

3. ルートを探し出す必要あり





# 現在位置を知る2つの方法 の①

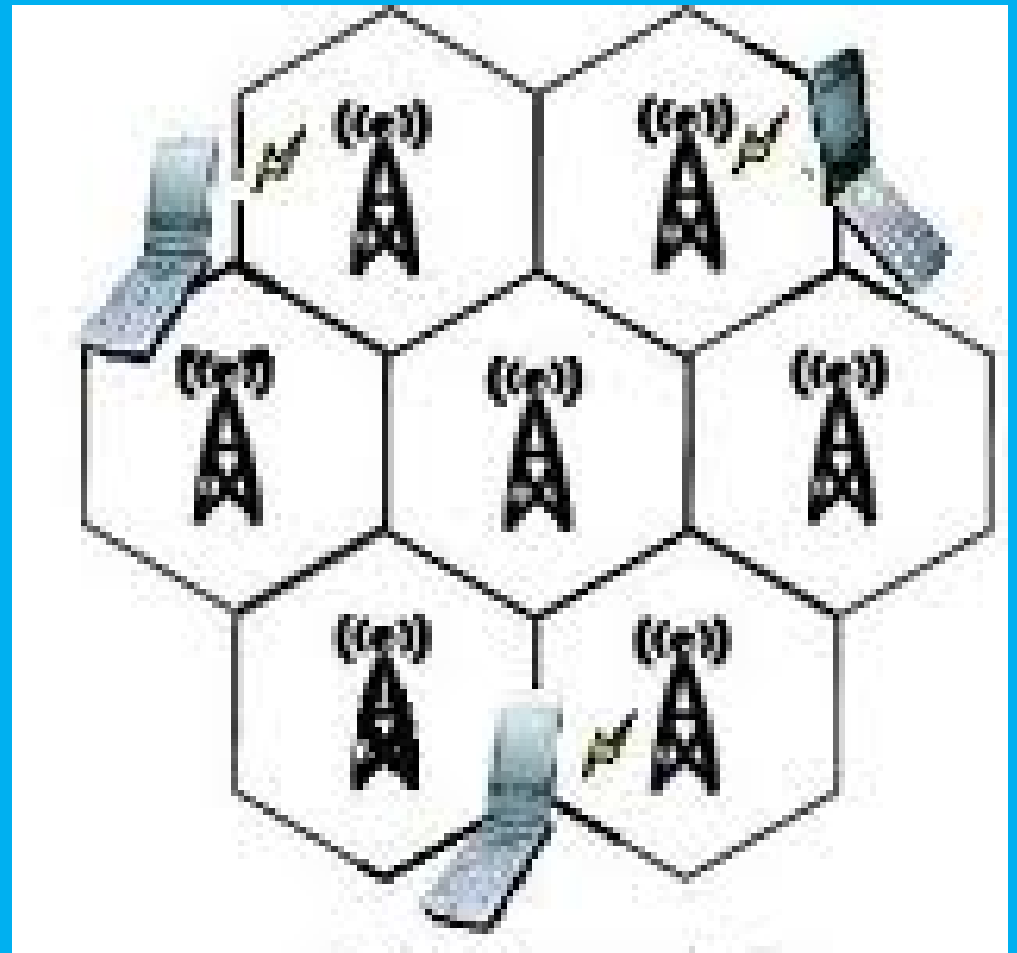
## 方法①

米国が宇宙に上げたGPSと呼ばれる人工衛星からの電波から自分の位置を計算する！



# 現在位置を知る2つの方法 の②

方法②  
近くのケータイ  
のデンパ塔  
(基地局)から、  
場所を教えて  
もらう



# カーナビと携帯ナビの違い



現在位置の  
知り方

①GPS衛星

②付近の基地局

# 道案内をするには

1. 現在位置を知っている必要あり

GPSまたは基地局

2. 地図を知っている必要あり

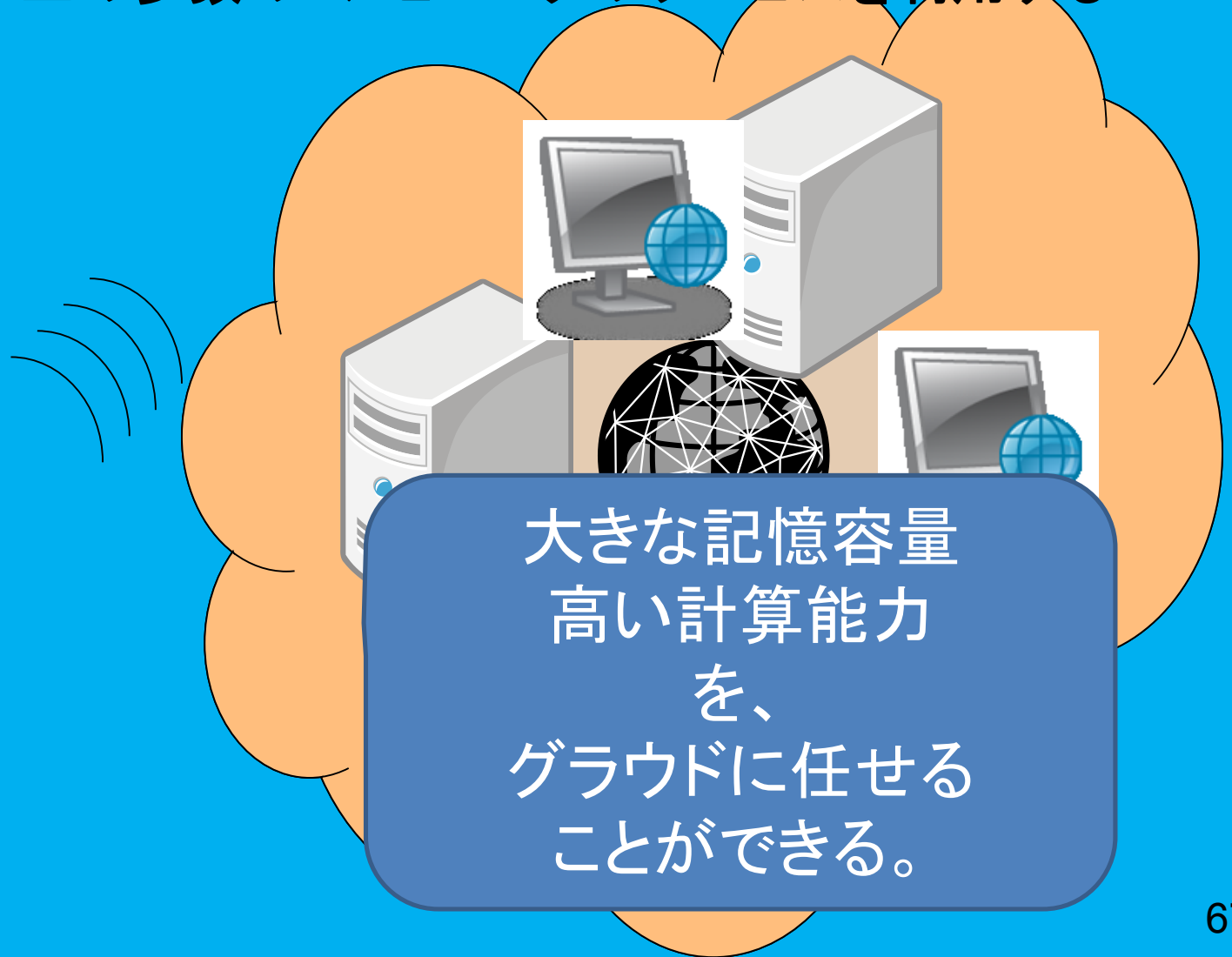
大きな記憶容量が必要

3. ルートを探し出す必要あり

高い計算能力が必要

# クラウド・コンピューティング

インターネット上の多数のコンピュータのサービスを利用する！



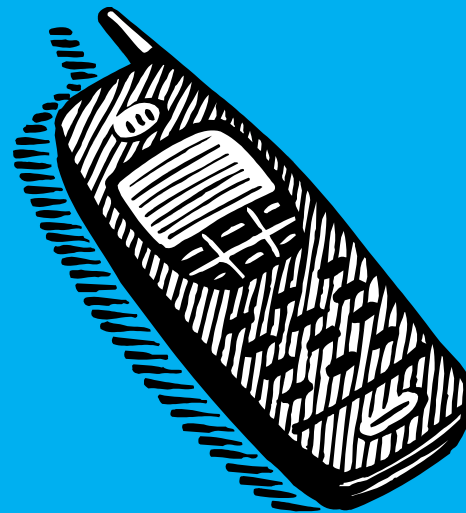
大きな記憶容量  
高い計算能力  
を、  
クラウドに任せる  
ことができる。

# カーナビと携帯ナビの違い



現在位置	①GPS衛星	②付近の基地局
地図の記憶 ルートの計算	自分の中の コンピュータ	ネットワーク上の コンピュータ (クラウド)

5つのケータイに関する問題を解説しました。



気軽に質問  
どうぞ！

