

ガイガーカウンターを作ろう

オープンフォース総統 河野悦昌

Yoshimasa Kawano (OPENFORCE)

2011/6/18 福島ガイガーカウンター勉強会

もくじ

- こんなのを作るよ
- 今日の目的
- このプロジェクトのなりたち
- 予備知識
- ハンズオンの流れ
- ハンズオンの注意事項

こんなのを作るよ

コースはいろいろ! 選んでね!

- 1.ガイガー検出器キット 15:30～
 - 市販品のキット
 - 使い捨てカメラを使ったもの
 - インバータを使ったもの
- 2.カウンター 16:00～
 - 歩数計をつなぐ
 - 歩数計を改良
 - PCなどに接続
- 3.ガイガー管自作 17:30～

こんな感じ

- キット、カウンタ、ガイガー管の組み合わせ
- キット
 - 今回はオリジナルキット
 - 試作ボード上で組むので
 - 創意工夫とトラブルシュート
- カウンタ
 - 会場の皆様へ課題!!!
 - 今回は歩数計、PC、Android、Bluetooth接続の紹介
- ガイガー管
 - 今回は市販管と自作管

今回の目的

- ガイガーカウンターってどんなもの？
 - 原理や理論にあたると…
 - 性質の本質がわかる
 - できること、できないことがわかる
 - 数字に意味があるかないかわかる
- 設計のポイントをつかむ
 - いろいろ作れる
 - ガイガー管
 - ガイガー応用製品
 - ガイガー利用サービス

このプロジェクトのなりたち

- VGM型ガイガー管
 - いざというときに身の回りのものだけで作ることができる
 - ホームセンター、100円ショップなどで手に入るもの
- CLOUDCANDE
 - ガイガーカウンタで放射線を測ってどうするの？
 - 意味のあるデータに変換する構想
 - マップに反映する
 - クラウド上で公正する

今回のハンズオンは

- VGM型ガイガー管
 - ガイガー管以外のものも身の回りにあるものでできるように
 - 使い捨てカメラの部品を利用
- 既存ガイガー管
 - 先にこちらから
 - 海外から手に入るものを提供
- CLOUDCANDE
 - まだたちあがってはいないが
 - 将来連携できるように
 - 今回のハンズオン以外のものもつなげられるように

今回のハンズオンは

- 手法はまだ発展途上
- アフターサポート
 - ぜひとも連絡KEEP

予備知識

- 放射線基礎知識
- 測定器基礎知識
- ガイガーカウンター理論
- 測定理論

放射線基礎知識編

- どれだけ知っているかな

放射線の種類

- 粒子 または 波
 - 高エネルギー粒子
 - または
 - γ 線

高エネルギー粒子とは

- α 線
- β 線
- 中性子線
- ミューオン線
- ニュートリノ
- ・
- ・

放射線の効果

- 強力な電離作用
- 気体
- マントル
- 固体
- コンピュータのメモリ

放射線はどこから？

- 普通は
- 環境放射線
- と
- 人工核反応でできた放射線

環境放射線

- 宇宙線
 - 一次宇宙線
 - 二次宇宙線
- 地球起源の自然放射性物質
 - C14
 - K40
 - ウラン系列

人工核反応でできた放射線

- 核実験由来のもの
 - プルトニウム239
 - コバルト60
 - ...
- 原子炉事故由来のもの
 - セシウム137
 - ストロンチウム90
 - ...
- 産業利用の物質
 - 人工放射線源
 - 劣化ウラン

人工核反応

- ほとんどは、
- ウラン元素や超ウラン元素
- およびその核分裂

原子の構造

- 電子
- 原子核
 - 陽子
 - 中性子

陽子と中性子

- 数の組み合わせは決まっている
- バランスの取れた組み合わせ
 - 水素
 - 1p
 - 1p+1n
 - 1p+2n
 - ヘリウム
 - 2p+2n
 - 2p+3n
 - リチウム
 - 3p+3n
 - 3p+4n

崩壊

- バランスが崩れたもの
- 放射線を出して安定しようとする
 - 陽子過多、重い元素
 - α 線と γ 線
 - 中性子過多、軽い元素
 - β 線

原子核のスケール

- サイズ 300分の1
 - 原子 25pm(水素)
 - 原子核 7.8fm(ウラン)
- エネルギー
 - 化学反応 5kCal/mol
 - 核反応
 - 5MeV(セシウム137 β 崩壊)
 - 200MeV(核分裂)

原子核反応は確率だけが支配

- 不確定性原理
- 影響しない
- 数が集まると確定的

必要な武器

- 数学
 - 確率
 - 対数
- 物理学
 - 質量

測定器基礎知識

- 運動エネルギー
- 電気エネルギー
- 1つ1つは小さいけれど
- 工夫すれば
 - 霧箱
 - 写真乾板
 - ガイガー管
 - 半導体
 - CCD

霧箱

- 粒子が気体中で高速で動くと衝撃波で雲ができる
- 過冷却の気体
- 飛行機雲の原理

写真乾板

- 銀塩粒子を感光させる
- 銀塩粒子が光に反応
- 放射線にも同じように反応

電離箱

- コンデンサーに高電圧をかける
- 放射線が飛び込むと
- 空気がイオン化する
- イオンが移動してコンデンサーに電気が流れる
- それを測る

比例計数管

- 電離箱にもっと高電圧をかけると…
- 放射線で起こったイオンが加速されて
- その他の気体分子にぶつかって
- イオン化されて
- その他の気体分子にぶつかって
- イオン化されて
- …
- 増幅されて大きな値が出る
- 実際には平板ではなくチューブにしている
- 放電の強さを測ると放射線の1粒子のエネルギーがわかる

ガイガー管

- 比例計数管より、もっともっと高電圧をかけると
- 起こった放電が γ 線を出し、管の他の場所でイオン化が起こる
- どんどん伝搬して管全体で放電する
- 大きな出力が得られる
- 最初のエネルギーがどんなでも管全体で放電するので
- 最初のエネルギーはわからない

シンチレーター

- 蛍光物質
- ちょうど放射線に反応する蛍光物質を特定の結晶に配合
- 放射線があたると光が出る
- 光を測定する
- スペクトルがわかる

半導体

- ダイオード
- 通常はpn接合にバンドがあって電気が流れないが
- 放射線が当たると
- バンドを乗り越える
- 電気が流れる

CCD

- 光に反応するデバイス
- 光が当たると電荷が失われる
- 放射線があたると
- 光と同じように電荷が失われる

ガイガーカウンターのしくみ

- ガイガー管
- カウンター

ガイガー管

- チューブ
- 高電圧をかける

出力信号

- パルス
 - これを音声に
 - ランプに
 - デジタルシグナルに
- パルスを積分して
 - メータに

ベータ線を測ることができる

- 金属のチューブで囲まれている
- 管壁を通り越すだけのエネルギーが必要
- 内部に入ればほぼ100%検出できる
- 検出窓をつけると低いエネルギーでも検出可能に

α 線を測るには？

- 通常の金属のチューブでは α 線は遮られてしまう
- α 線を通す検出窓を設けておく
- マイカが最もよい

γ 線を測るには？

- γ 線はほとんど通り抜けてしまう
- 電荷を持っていないのでそのままでは検出できない
- 希薄な気体と反応もほとんどしない
- 管の金属と反応して、電子が金属から管内部に叩き出されたとき(光電効果)に反応する
- だけどその効率も低い
- γ 線の検出は1/100程度

放電させるために

- 高電圧
- 電気力線が集中する
- 細い芯線にした方が有利
- 光電効果で外壁から叩き出された電子はマイナスなので、
- 外壁を負極にする
- 物質の帯電強度による
- 気圧を下げると絶縁が下がる

電圧特性

- 1気圧の空気なら
- 5000V
- 気圧を下げると電圧が下がる
- 1000V
- 小型にすると
- 400V
- ハロゲンを入れると
- 400V

クエンチ

- 放射線を検出するには放電をするが
- ちょっとのはずみで管全体が放電するようになる
- そのままでは放電が止まらない
- わからないどころか
- 管の破壊に進む

放電を止める仕組みがいる

- ガスに放電に反応する気体を配合
- 有機化合物が良く使われる
- 寿命アリ
- ハロゲンを使うと寿命が伸びる
- 電圧も下がるので好都合

プラトー電圧

- それを越すと連続放電してしまう
- 連続放電すると管の寿命が下がる
- 管の設計によって異なる

管の寿命

- リークが起こる
- 内部ガスの変質
- 電極汚染
- 寿命を伸ばすためには
- リークが起こらないように

測定理論

- 確率なので
- いっぺんに高い値が出ることもある
- その他にもいろいろ
- 一桁ぐらいの変動はよくあること
- 一般に何回か測定いて平均値を取る

他の要因

- 湿度、温度
- 汚れ
- 管の精度

ごちゃませ

- β 線はほぼ100%検出できる
- 公正する時はごちゃませにしないようにしなければならない
- γ 線のみで計測する
- β 遮蔽をする
- 感度にもよるが

何を測るか

- 空間か
 - 地面からも出ている
- 地面か
 - 表面汚染？
- 物体表面か
 - 物体表面を測るときは距離が必要
- 汚染がやってきたかどうかを調べるには空中でなければならない

誤差要因

- 芯線の振動
- 光
- 湿気
- 電源電圧
- 温度

安定化

- 今回のハンズオンでは安定化はしません
- ぜひ考えてください

ハンズオンの流れ

- 自分の技量にあわせて、自由に選択してください

ハンズオンの注意事項

- 高電圧には注意!
- はんだごてにも注意!
- 汚れに注意
- ガイガー管の乱れは心の乱れ!

チェックポイント

- 確実に進める!
- 助けあい
- トラブルシュート!

ハンズオン

- すべて100%のものではない
- 主催者も発展途上
- 創意工夫
- 今後も協力？