

ユーザーマニュアル 2011年8月2日版

© Y.Utsunomia

*改訂：ユーザーマニュアル2の掲載に伴い、β線遮蔽関連の内容を追加しました。

*カウンターユニットの電池寿命について追加記載しました。(08_02)

*電池が減ってきた場合の症状について追加記載しました。(08_02)

ユーザーマニュアルは紙に印刷し、重要部分にはアンダーラインを引き、ガイガーカウンターを使用する際には、いつでも見ることができるよう携帯しましょう。

動作の保障はワークショップ参加者やSBM-20の購入者だけでなく、このマニュアルの利用者すべてに適用されますが、使用者の不利益を賠償するものではありません。装置の利用による様々な判断は、使用者の自己判断とします。

また、本書の内容は予告無く変更することがあります。

「作ったガイガーミュラー計数器の性能」

*このワークショップで製作した装置は、おそらく学習だけではなく、重要な判断の助けとして機能すると思います。それだけに使い方を誤ると判断も誤る可能性があるため、使える目的と使えない目的について、正しく理解してください。

○一般的性能（よく読んで使用下さい！）

ガイガーミュラー計数器の検知能力は、使用するガイガーミュラー管の性能に依存し、電気回路の性能にはあまり依存しない。つまり品質の安定したガイガーミュラー管を、正しい動作条件で使用すれば、カウントそのものは高級機であっても、このワークショップで製作する極限のシンプルマシンであっても何らの違いはありません。自分が持っている装置が単純なものだから・・・ということは、ひけめに思ふ原因にはなりません。むしろ単純であるが故、自作したモノであるが故、自分でメンテナンスや管理ができて、「奉らなくてもよい」分、役に立つと思います。とにかく「知ること」と「使用に慣れること」です。

また高級機や高度の自作機では電池の持ちにも配慮している（一組の電池で何ヶ月も連続使用できる）ため、使いやすいのですが、高い線量では電力不足に陥るものもあり（そんな目には遭いたくないものです）、正常動作できなかつたり、高湿度の環境では同じく電力不足になり動作できないものもあります。このワークショップで作る装置は、消費電力が非常に大きく、単三電池一本で連続2～3日しか使えないでしょう。しかし、内部の高電圧は常に潤沢で、少々のカウントや湿度の上昇にはビクともしません。私の確認では、20000CPM（≒200 μ Sv/h）までは正常に動作していることを確認しています。（セット消費電流＝25mA at 1.5v・・・公称連続使用時間：50時間）

*ニッケル水素充電電池でも一応動作しますが、カウント数が本来の検知率に達しない場合があります。

*電池が消耗すると、検出ができなくなる前に、カウントされなくなります。カウントされない状態でもイヤホンで検出を続行できますが、できるだけ早く電池交換するようにしてください。(08_02)

*消費電力が大きく高電圧が潤沢であるため、動作チェックを行う際に、デジタルテスターで電圧を測定することができます。

検知性能：使用するガイガーミュラー管、SBM-20 の能力に依存

検知線種： γ 線 + β 線 (α 線は不可)

バックグラウンド：15 ~ 20CPM (カウント / 毎分)

1 μ Sv/h のカウント数：150.51CPM (γ 線 / コバルト 60)

198.40CPM (γ 線 / ラジウム 226)

* カウント数からのシーベルトへの簡易変換 \Rightarrow 1 分間のカウント数 \times 0.00664

* SBM-20 を採用している製品の中には、100CPM = 1 μ Sv/h としているものもあります。

(線源から 3cm 離れたとして)

μ Sv/h = 1 分間のカウント \times 0.01

*** ケースに入れた状態では、こちらを採用すべきでしょう (ただし γ 線のみ入射・・・ β 線遮蔽として)。

カウント寿命：20000000000 カウント (2×10 の 10 乗) 以上

最大入力線量：1.26mSv/h (1260 μ Sv/h) (252000CPM) 公称

30000CPM までは、このセットで確認

(ただし、高速なカウンターの場合。付属のカウンティングユニットの場合は下記のようになります。)

セットでの動作状態

動作電圧：360 ~ 400v (規定プラトロー電圧：350 ~ 475v)

* 詳細は SBM-20 のデータシートを参照

* SBM-20 は 10 万円クラス以上のガイガーカウンターに使用されている、もっとも信頼性の高いセンサーのひとつです。

付属のカウンティングユニット (改造万歩計) の性能

* 最大カウント速度：毎秒 120 カウント (毎分 7200 カウント [CPM])

+ ただし、本ガイガーミュラー管の動作回路において。

++ 注意 >> ガイガー管からの出力は一定間隔ではなく、「ポアソン過程」と呼ばれる、気まぐれな頻度の信号であるため、ミスカウントを 10% としたときに、7200CPM の 1/5 程度しかカウントできません。この線量は、1440CPM \div 14.4 μ Sv/h となり、これ以上の線量の場合不正確 (表示が低くなる) となります。

1000CPM 以上の線量を測定するには、低感度の CI-3BG などのガイガー管に交換するか、高速度のカウンターを用意して下さい。

* カウンティングユニットの電池寿命について (08_02)

無改造の万歩計では、電池寿命は 3 年以上ありますが、本ワークショップで供給している「高速化改造」を施した万歩計では、消費電流が増大しているため、連続使用で、1 ~ 2 ヶ月で表示が見えにくくなってきます。

必ず予備の電池 (LR1130) を用意し、長期間使用しない場合は、電池をはずしておいてください。

「校正・・・信頼できる測定のために」

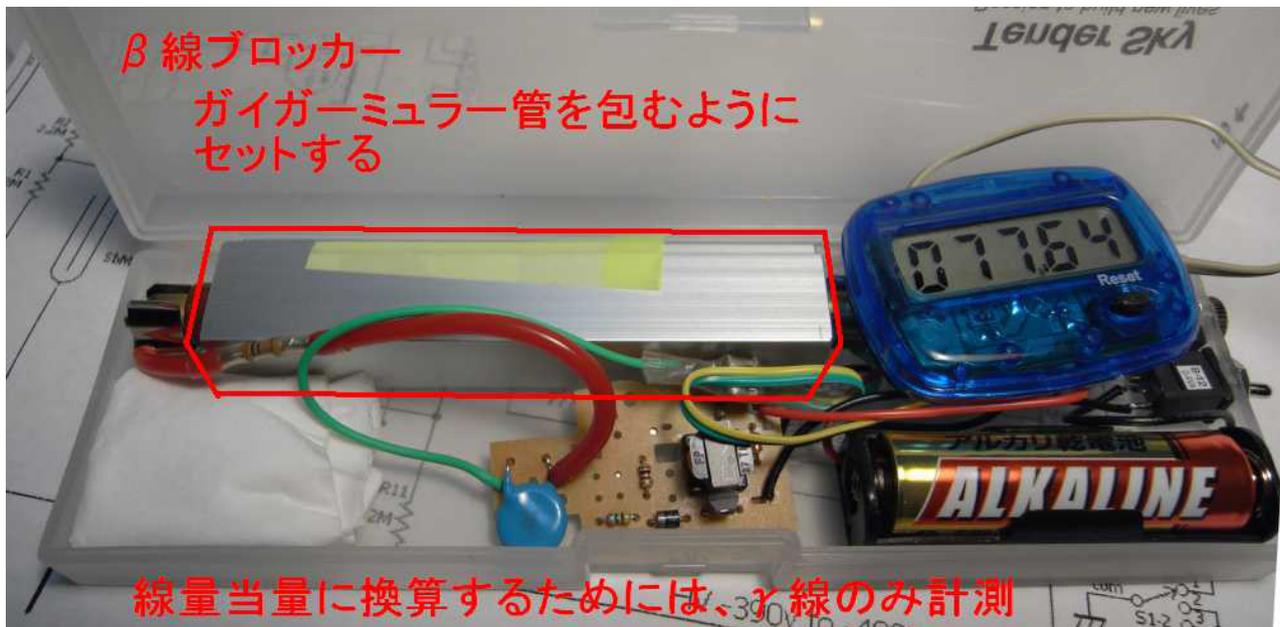
測定装置は一般に動作テストとは別に、指し示している値がどれくらい正確であるか調べなければなりません。このことを一般に校正とか較正（どちらも読みはコウセイ）と呼びます。校正には次に示す2つの方法があります。

- 「値のはっきりしている標準線源を測定したときの読み」を記録し、以後その読み値を参照する・・・例えば $1 \mu\text{ Sv/h}$ の線源を測定してみて、そのときのカウント数が122カウント/毎分(カウント/毎分=CPM)だったら、その値を今後の測定の参照とする・・・仮にあるサンプルを測定してみたら62CPM だったときに、そのサンプルの発する放射線量 = $62 / (1 \times 122) = 0.508 (\mu\text{ Sv/h})$ という風に算出する。
- 「校正済み測定器と比較し、読みの修正値を求め」以後その修正値を参照する。校正済み測定器と自作したガイガーカウンターを並べて、何らかのサンプルを計測する。
校正済みの測定器での読みが $2 \mu\text{ Sv/h}$ だったときに、自作ガイガーカウンターが240CPM であつたら、自作ガイガーカウンターの $1 \mu\text{ Sv/h}$ の値は $240 \div 2 = 120\text{CPM}$ ということになる。

**注意：電池の残量により、一定の影響を受けます。残量が少ないと検出率が低下します。電池は必ずアルカリ電池を使用し、数値を必要とする計測は、使用開始から30時間程度を目処にしてください。30時間以上でもカウントはしますが、検出率が低い方へシフトします。もちろんその状態でも激しくカウントアップしている場合、危険を意味します。

**注意：ガイガーミュラー管の性質として、高電圧印加後(電源投入後)3分程度は動作が安定しないことがあります。数値取得する場合は十分に暖機運転しましょう。

**シーベルトへの変換を行うには、ユーザーマニュアル2を読み、 β 線遮蔽を行い、校正を行う必要があります。



参考 1) 放射線は α 線、 β 線、 γ 線のように種類があり、それぞれの線種によって管の種類によっても反応はまちまちで、しかも同じ γ 線であっても、線源の強さによって反応の違いがある。

例えばコバルト 60 とラジウム 226 では、同じ線量の γ 線でもカウント数はラジウム 226 の方が 30%ほど高い。真の値を得るには、熱量（仕事量）に換算することになるが、熱量変換と換算は個人で気軽にできる性質のものではありません。

また測定の方法（センサーの種類・・ガイガーミュラー管、シンチレーター半導体プレート、等）によっても感度特性は異なり、どれも一発真値ではありません。とくにガイガーカウンターの場合、あくまで「目安」として扱うべきです。

参考 2) また、線源とセンサーの距離も重要で、距離の 2 乗に反比例して検出値は小さくなる（ γ 線・点線源）ため、測定するときの距離が異なる測定値は信憑性がありません。また線源が点であるか巨大な面であるか、自分が線源の中にいるかで、この「距離の 2 乗に反比例」自体が成立しなくなります。

このワークショップは有能な測定技師を育成することではなく、身を守るためや放射能を理解する（呪いに等しい事象を、単なる物理現象に引きおろすということ）ことが目的なので、この不合理は利用できます。距離を変えても観測値があまり変化しないときは、線源が巨大か取り囲まれているかということになります。逆に測定値が位置により大きく変化する場合は、線源が限られた大きさであり、位置や距離を推定できるかもしれません。その場合は反応が多少強くてもあまりビビらないでもよいかもしれません。

このような場合には数値による把握よりも、ポツポツ音の頻度に耳をかたむける方が実戦的です。（反応が早く、知覚しやすいためです）

* 検知や数値への換算は、原則として線源に近接する必要があります。

* 接近のあまり、本体ボディを汚染しないよう気を付けます。また汚染の可能性が予想される場合は、サラップなどで本体を覆い、汚染を避けます。

* BG のはずなのに、常に高カウントしている場合は、汚染の可能性があり、本体外側を中性洗剤などで除洗し、効果が無い場合はボディを破棄し、新たなボディを作成します。

「使い方」

- 1) 具体的な測定対象がある場合、（下記書式を参照）
- 2) 線源の場所を特定するハンティング、（下記書式を参照）
- 3) 一定の場所で、日々の線量を記録するロギング、
- 4) 身に付けておき、自分の積算被ばく量を把握する、などがあります。

1) は水や食品、衣類やかばん等ですが、水や食品に含まれる放射線の測定は非常に高度な技術を必要とします。その理由は線量が微量であり、水分を含んでいるものが多く、そのためガイガー管にたどり着く前に減衰してしまい、BG との識別がしにくいことがあげられます。また食品にはカリウムを含むものが多く、カリウムなら安全とは言えないのですが、カリウムと識別がしづらいです。また BG が少ない環境も必要で、専門機関では測定対象を乾燥させ、鉛でできた容器に入れて測定します。

そこまで高度でなくても、原子炉由来で、真に危険なものは 1cm 以内の距離に置き、10 分程度計測すると明確に BG と識別できるカウントになることが多いです。この検査で識別できなければ安全である、とは言えませんが、ガイガーカウンターが無ければ、それも知ることができません。当然のことですが、減塩塩（後述）より高いものは要注意（というより避けた方がよい）でしょう。

プルトニウムやウラニウムは主に α 線を発しているため、SBM-20 では直接検出はできませんが、これらを含む塵などは他の放射性物質と同居しているため、物質は特定できなくても危険は察知できます。

2) このセットは線源の場所を特定する用途では、高いパフォーマンスを発揮します。カウンターの読みよりも、イヤホンからの音に耳を傾ける方が能率的でしょう。

動作状態で、ゆっくり動きながらカウントの高い場所を探します。今回の事故でも、300Km 圏内では、窓枠や雨どい、吹き溜まる場所では、高い線量が観測されることがあるようです。

このような目的では、ガイガーカウンターに放射性物質が付着してしまうこともあるので、サランラップなどで覆い使用しましょう。

* 1)2) の用途で、線量当量を得ようとする、β線ブロックをする必要がありますが、目的の多くは放射線源の有無の察知なので、通常はβ線ブロックは必要ないでしょう。数値の確定（を試みる）場合にのみβ線ブロックをご使用下さい。

3) 意外と面倒で、高効率高圧電源などが欲しくなります。

安易に AC アダプターなどを使用しないで下さい。AC 電源由来のノイズや、過剰の電圧で、本体が破損する可能性もあります。

また筆者の作例として公開している、高圧電源を作れば、単三を 2 本で、2 ヶ月以上の安定した連続計測ができます。

一日の中でも、太陽の活動の影響を受けるため、時間帯によって一定の上下があります。

4) 高効率の高圧電源（作例では、再現性重視型）とカウンターが必要です。

「測定」

* 熟練しないうちはシーベルトへの換算は、行わない方がよいと思います。まず、定性的読み取り（普通か、普通ではないかの測定）に熟練しましょう。

* 熟練しても記録の原本は CPM (毎分のカウント数) や 100 または 1000 カウントに要する時間の記録が必要です。

* 計測は 1 分に限らず、任意の時間計測し（一般的には 1 分以上）、その時間のカウント数から 1 分ぶんのカウント数を割り出してもよい。

例: 3 分 10 秒測定し、その間のカウント数が 53 なら、 $53 \times 60(\text{秒}) \div 190(\text{秒}) = 16.7\text{CPM}$ のように求める。実際にバックグラウンド近くの線量の場合、10 分～1 時間の長時間測定を行わなければ、判別できないことも多い。

* 本機は積算カウントを行うように設計されています。そのため、カウンターをリセットしない限り、アップカウントし続けます。そのため、特定の場所や特定資料を計測する場合、いちいちリセットすることは面倒で、1 分計測する場合でも、00000 ～ 00XXX カウントのような使い方は向いていません。

例えば 1 分の開始時点が、01012 で、1 分終了時が 01135、のような計測を行います。下記書式の場合は、開始カウントと終了カウントと測定時間を現場で書き込みます。このデータが最も重要で、その下の測定値____ CPM よりも優先します。測定値____ CPM は終了カウントから開始カウントを差し引いた値になり、この場合は 123 となりますが、誤りが入り込む余地があるわけです。

また時間が 1 分でない場合はその数を時間で割らなければいけません。その時間が 78 秒なら $123 \times 60 \div 78 = 94.6$ (CPM) となります。このような処理は落ち着いた環境で行いましょう！！



「記録書式例」

A 検出管 = SBM-20 使用開始時期 = ____年__月__日 utsunomia workshop 謹製

β 線遮蔽の有無 _____

BG = ____ CPM BG 測定日 = ____年__月__日__時__分

BG 取得場所 = _____

B 測定日時 = ____年__月__日__時__分 測定場所 = _____

測定場所資料 = 写真番号・地図番号 測定距離・位置 = _____

* GPS データ 測位系 TOKYO97 WGS84

LA ____"____'____"____N LO ____"____'____"____E

開始カウント Cs = _____ 終了カウント Ce = _____ 測定時間 Ct = _____

測定値 = _____ CPM $[(Ce - Cs) \times 60 \div Ct]$

線量当量簡易換算値 = _____ μ Sv/h

測定者 _____ 測定番号 _____

C 測定後の BG = ____ CPM 測定後 BG 取得時間 _____ 測定後 BG 取得場所 _____

D あったほうがよい測定条件付属事項

天気 _____ 温度 _____ 湿度 _____ 特記事項 (note) _____

E より高度な計測：(1000 カウントに要した実測時間 = ____分__秒

線量当量簡易換算値 = _____ μ Sv/h)

「書式解説」

書式例に従い、各自で記録用紙フォームを作成し、紙出力したフォームに手書き記入することを原則とする。

筆者は裁判などの証拠鑑定を手がけることもあるが、記録の鑑定において信憑性は記録者の論理性や記録習慣に依存するところが大きく、絶対的な精度よりも記録としての完全性が問われます。デジタルメディアにおいて人を介さない自動記録が優勢に思われがちですが、自動であろうと手動であろうと、記録を作成するのはあくまで「人」であり、現状において手書きの価値はまだ失墜しているとは言えません。

よく素人の自作した装置で、素人の行った測定など何の価値も無い、と一蹴する方もいますが、似非専門家の行う煙に巻いたようなよくわからない数値の一人歩きよりも、論理的手順に従った誰にでもわかりやすいデータの蓄積の方がよほど信頼に足りますし、法的価値も高いといえます。なぜなら、このデータの蓄積を一蹴するには、測定値そのものよりも、論理性を論破しなければならないからで、論理が単純であれば単純であるほど論破は困難となります。

まめにがんばりましょう。手書きの紙が原本となります。後でまとめて書いてはいけません。

測定手順論理： BG 測定・・・測定・・・BG 測定 NOTE

Aの項目は「装置」の出所を評価するために必要で、異なる装置を使用する場合はそれを記述しなければなりません。装置の信頼性や確度を評価するには、このテキストやワークショップの内容の評価を行うこととなります。

この装置は、厳密な校正を行いませんが（使用されるガイガー管が全数 utsunomia.com 側で検査されているため）、A項にあるように測定ごとにBGを計測しているの、絶対的な精度は棚上げで、相対的な精度を測定ごとに確認していることとなります。つまり校正のなされた絶対値よりも、測定ごとに相対感度を確認の方が重要であるからです。またガイガーカウンターの測定結果の単位系は「カウント」であり、線量当量であるシーベルトやエネルギー量には簡易換算しかできません。厳密な意味での絶対精度は求められないと考えてください。

B: 構文と同じで、誰が、いつ、どこで、何を、どのように計ったのか、とその結果の原本と、換算値（必携ではない）です。換算値を知りたい方が多いですが、換算値自体は何の意味もありません。どのような式を用いようと目安以上のことは容易にはできません。

場所のデータは当然のことながら重要で、地図への記入、写真の添付などが必要で、今風にはGPSによる緯度経度やGPSロガーによるデータは有力です。とくにGPSロガーの場合、Google map、Google earthとの連動ができるため、重要な位置データの取得を自動化でき、ロガー本体中にあるデータは、法的有効性も高いとされている（が、エクスポートされたデータはこの限りではない）。使い方4)の積算被ばく量の追跡にもGPSロガーとの連動は有力。

*フィールドでのGPSマップや位置確定のツールについては、utsunomia.comにも参考情報「地図愛好家の私」があります。



*いわゆる「カーナビ」も GPS ロガーと同様に見えるが、カーナビでは自分の現在位置が「最寄の道上」に丸め込まれるため、必ず緯度経度を参照し、書き留める必要があります。

* GPS を用いて位置情報を取得する場合、そのセットの測位系が日本ローカルの TOKYO97 なのか、現世界測位系の WGS84 なのか把握する必要があります。両者は緯度経度ともに数百 m の違いがあり、TOKYO97 はナビに多く、WGS84 はロガーに多い。

C は、B の計測が、A と C の間に挟まれていることで、より信憑性が高まることの確認、補強のデータになります。しかし、この計測を真に切望している汚染地域に在住されている方では、A、C、ともに尋常ではない数値になるので、定期的に非汚染地域で BG の確認を行うことを推奨します。

D・・・ガイガーカウンターは、つくりによって温度や湿度の影響を受けます。測定考証のためこれらの情報があると、記録としての価値を高めます。

E 習慣的には根付いていませんが、低線量において 1 分間のカウント数の計測よりも、数学的により高確度の計測がこれです。「放射線量計を作ろう vol.1」の「定確度計測」を参照下さい。ただ、計測時間が一定ではないため、忍耐が必要です。本装置の場合は、およそ 1000 になるまで放置測定し、1000 を超えたところでそこまでの時間とカウント数を記録します。

「解説」

○始業点検 (A の内容と同じ)

計測に入る前に、汚染されていない環境で BG (バックグラウンド) を計測し記録しましょう。汚染地域へ行く場合、事前に十分 BG の測定を行い、セットの動作状態を把握しましょう。

*アルカリ電池は 50 時間以上の連続使用に耐えるはずですが、重要な測定の前には交換し、交換後に BG を確認しましょう。高汚染地域では大変と思います。

○定期点検および訓練

線量のはっきりしている線源を必ず一つは用意し、定期的にカウント数の点検を行きましょう。



*一般家庭に常備できる線源として「減塩塩」(塩化カリウム 50%の塩・・・商品名では「減塩習慣」:大正製薬/400g 袋)を推奨。カリウムは 0.012%の放射性同位元素のカリウム 40 を含むため、推奨の線源で 110CPM(およそ 0.73 μ Sv/h 程度の β 線:SBM-20 での測定値)の放射がある。(ただし、SBM-20 をケースに入れない場合の数値で、ケースに入れることで検出率は低下します。ケースに入れることで β 線が幾分弱まることと、被測定物から離れることが原因です。その低下を把握できるようになりましょう。) *****

*一般的な生活環境の中にも、放射線はないのにガイガーカウンターが誤動作するものがあります。一般的なものとしては「放電や強い電磁波」を発する機器です。例としては、蛍光灯、ネオン管、プラズマボール、液晶画面、電子レンジ、一部の携帯電話などがあります。測定にあたっては、これらの機器が近く(2～5m程度)に無いことを確認しましょう。

*一般的な生活環境でも、場所によってBGには差があり、自分の環境の放射線の分布を把握しましょう。

「機能拡張のためのオプション」

○高効率高圧電源

電源は単三(または単四)電池2本になりますが、2ヶ月以上の連続使用と高い安定性が得られます。「放射線量計を作ろう vol.1」の「高圧電源、再現性重視型」を参照下さい。製作難易度：中

○定確度計測回路

PCとの連携により、自動計測ができるようになります。高効率高圧電源と併用下さい。特に定点での記録に向きます。製作難易度：中

○ブザー回路

やはりガイガーカウンターはサウンドで勝負という方、いちいち表示を見ることなく危険を察知したい方向け。近日公開(というほどのものでもないような・・・)。

○メーター表示

即時的に、直感的に線量を表示。近日公開(といいながら、延び延びになっています)。

○高速度カウンター

わずかのカウント取りこぼしも許したくない、ひたすら高線量を目指したい方向け。本文のTC5032カウンターを参照下さい。製作難易度：中

