

測定値から見る放射線測定器の性能

第 1 報 デジタル測定値バラツキの正体

非破壊検査株式会社
藪下 延樹

1. はじめに

放射線測定器を用いて環境の線量当量率測定を行う場合、測定値が大きく変動して戸惑うことや測定値が安定な値を示す時間を幾ら取れば、良いか迷うことが多い。そこで本稿では、測定値のバラツキの正体や放射線測定器の応答性等について実測値を分析して学ぶ。第 1 報は放射線測定器のデジタル測定値のバラツキの正体を分析する。

2. 放射線量測定値のバラツキ

放射線測定値はバラツキがある。この測定値のバラツキが放射線測定器の誤差によるものか、測定対象（環境の線量当量）の変動によるものかを分析する。分析方法は明らかに測定誤差によるバラツキがある一般的な測定値と環境の線量当量測定結果を比較する。及び の測定条件を表 1、バラツキの分析結果を表 2 に示す。

表 1 バラツキの測定条件

No.	測定値の別	測定対象及び測定条件
	一般的な測定値	時計 1 秒をストップウォッチで時間計測（手動測定）
	放射線測定値	HPI5000 シンチレーションサーベイメータのバックグラウンド（BG）測定値。デジタル測定器の表示値と同一の値をパソコンへ On-Line で入力。 時定数：SLOW データの取得方法：On-Line(RS-232C)でパソコンへデジタル入力 取得間隔：1 秒 Scintillator：NaI(Tl) 1 インチ×1 インチ

表 2 バラツキの分析結果

No.	測定値の別	測定結果の図番号	ヒストグラムの図番号	測定結果
	一般的な測定値	図 1	図 2	経時的に傾向がない。測定誤差である。
	放射線測定値		図 3	経時的に傾向がある。測定誤差でなく、放射線強度のゆらぎと考えられる。ヒストグラムの図からでは上記との区別はつかない。放射線測定ゆらぎのヒストグラムの方が上記より理想曲線（正規分布）に近い。

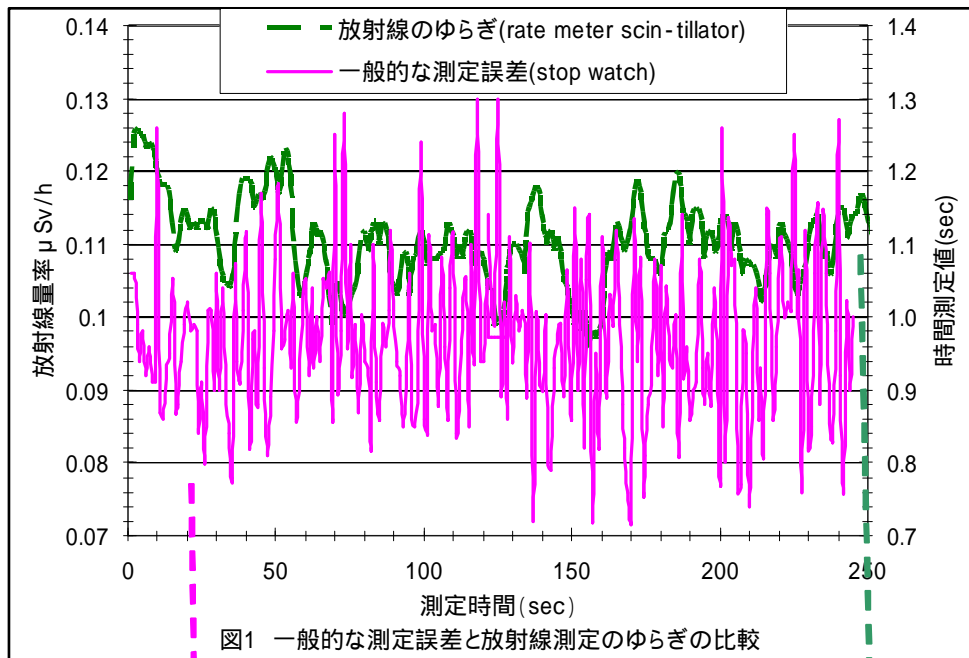


図1 一般的な測定誤差と放射線測定値のゆらぎの比較

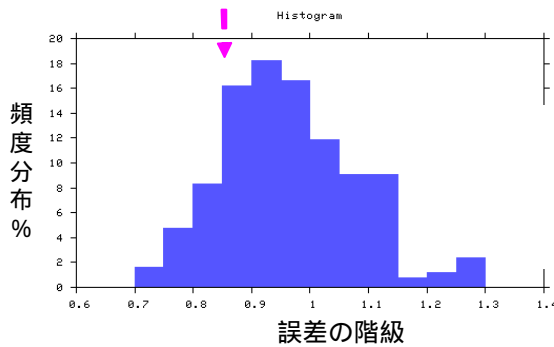


図2 一般的な測定誤差のヒストグラム

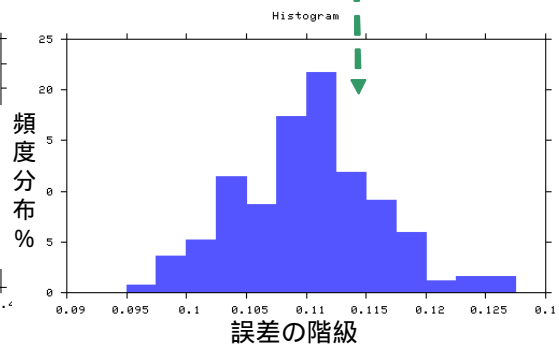


図3 放射線のゆらぎのヒストグラム

表1のバラツキ分析結果から放射線測定値のバラツキは測定対象の放射線強度のゆらぎが原因と考えられる。放射線強度のゆらぎの原因となる放射能壊変の例を霧箱によるアルファ線の飛程で図4に示す。

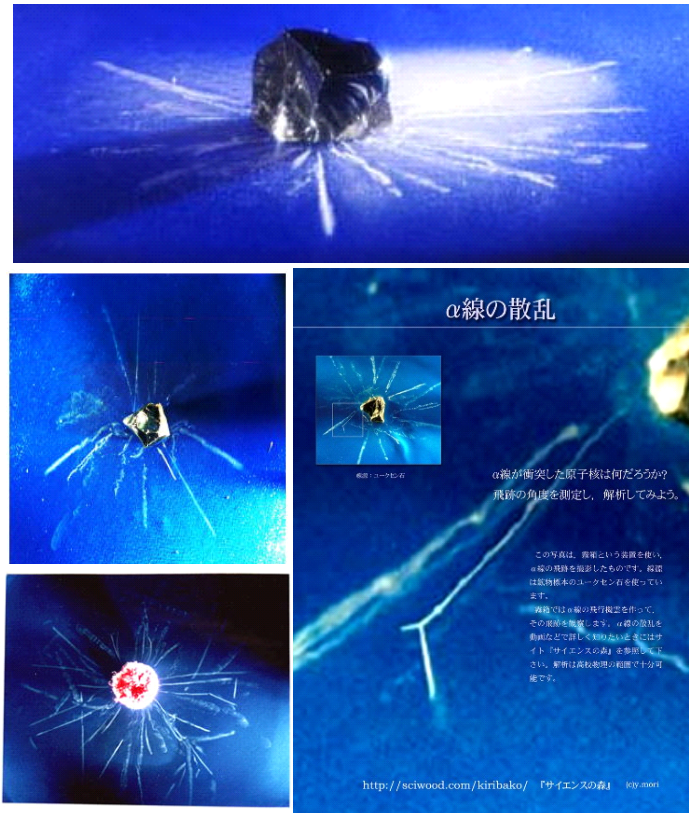


図4 放射能壊変の例1)
(ガスマントルやユークセン石から出る α線の飛跡)

図4は静止画で、瞬間のアルファ線の飛程を示している。図4からアルファ線放出の方向が均一でないことが分かる。また、放出されたアルファ線が空気の分子に弾性衝突（弾性散乱）して、方向を変えていることが分かる。経時的にもアルファ線放出の方向が均一でないため、放射線強度のゆらぎは、放射能壊変の不均一や放出された放射線の散乱が主原因と考えられる。

3. 放射線量測定値のバラツキ低減

放射線測定値のバラツキを低減するために、時定数を大きく(slow)設定することが有効である。測定値の測定条件(表1)を変えずに、時定数を変化させた時の測定値のバラツキ変化を図5、その時の標準偏差値を図6ならびに測定結果を表3に示す。

図5から時定数を大きくすると放射線測定値のバラツキの低減に有効なのが明らかになったので、時定数を大きく(slow)設定して以後の実験を実施する。なお、時定数を大きく(slow)設定すると、放射線線量率変化が激しい場合は測定値が追従するのに時間が掛かるので注意が必要である。この測定値の応答性については第2報で解説する予定である。

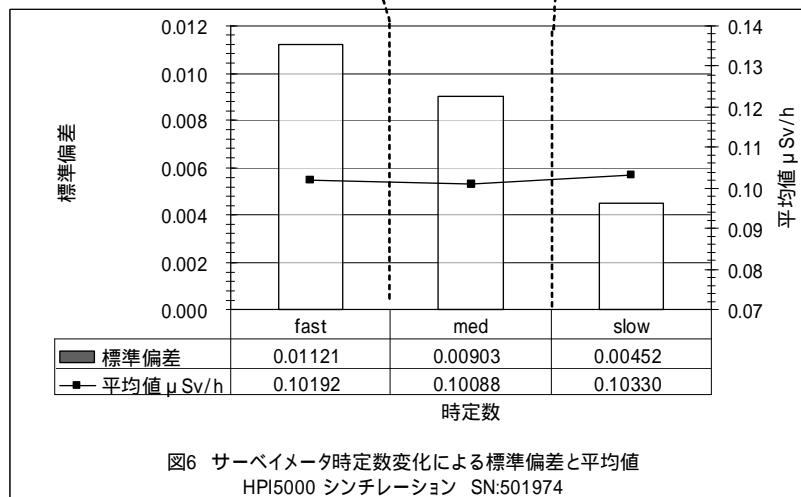
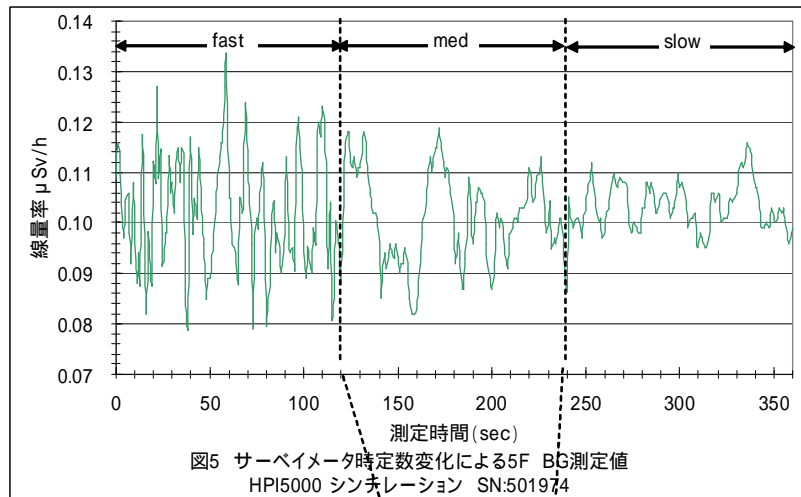


表3 時定数を変化させた時のバラツキの変化

分析方法	測定結果
時定数を変化させた時のバラツキ	時定数変化による測定値の変化が顕著で、時定数を大きくするとバラツキが低減する
標準偏差値	上記結果を標準偏差が反映

4. 測定値バラツキの広域線量率依存性

測定値のバラツキが線量率（BGの約150倍から1/3倍）に依存すること及び測定器の種類（シンチレーションサーベイメータ又はGMサーベイメータ）によって大きく異なることを実測によって確認する。実験に用いる測定器の測定条件を表4、線量率変化の条件を表5に示す。

測定値バラツキの線量率依存性測定結果を図7、線量率と標準偏差の関係を図8及び測定結果を表6に示す。

表4 測定器の測定条件

測定器の種類	測定器の仕様
シンチレーションサーベイメータ	サーベイメータの測定部（プローブ、センサー）が異なるが、測定部は同一。他の測定条件は表2.21と同じ。
GMサーベイメータ（有効窓直径：44mm）	

表 5 線量率変化の条件

線量率変化	BGの約150倍、BGの約10倍、BGの約1倍、BGの約1/2倍、BGの約1/3倍
BG超の線量	¹³⁷ Cs 10MBq 線源を用いて線量率を上昇
BG下の線量	鉛レンガで自然放射線を遮へい

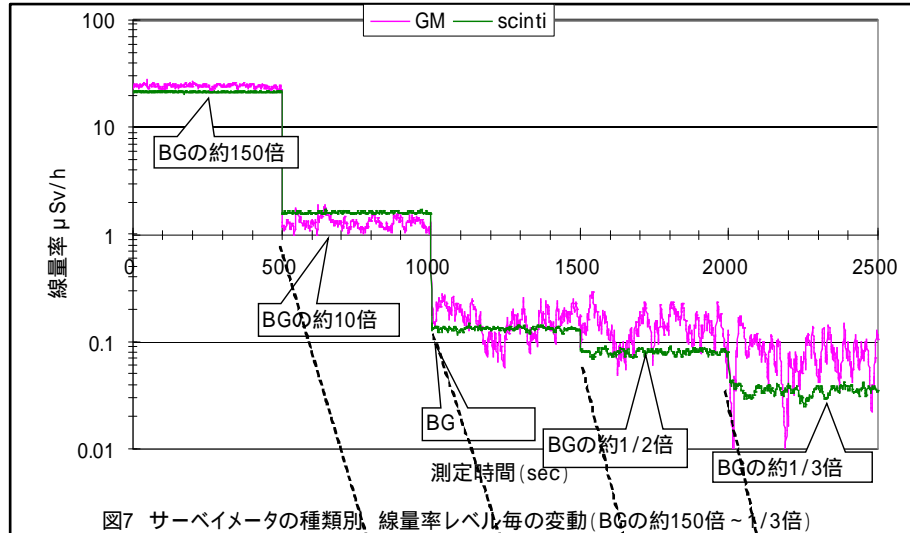


図7 サーベイメータの種類別、線量率レベル毎の変動(BGの約150倍～1/3倍)

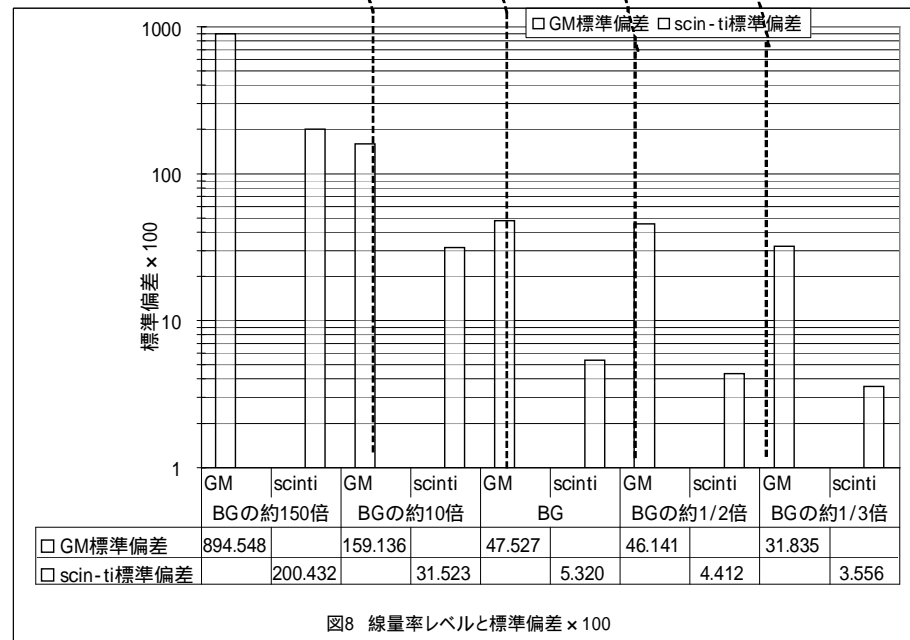


図8 線量率レベルと標準偏差×100

表 6 測定結果

測定値の別	測定結果の図番号	標準偏差の図番号	測定結果の概要
測定値バラツキの線量率依存性	図 7	図 8	Scintillator は全ての線量レベルで良好。 GM は BG 以下では使用不可
線量率と標準偏差の関係			BG 以上では Scintillator、GM 共指数関数的に比例関係。 BG 以下はバラツキが大きいため、取得データ数を 4 倍に増加させて、次項で詳細に分析する。

5. 測定値バラツキの BG 以下線量率依存性

前項で測定値のバラツキが線量率に依存すること及び測定器の種類によって大きく異なることを確認した。BG 以下は測定値のバラツキが大きいため、確認できなかった。BG 以下の取得データ数を 4 倍に増加させて更に詳細に実験を行う。

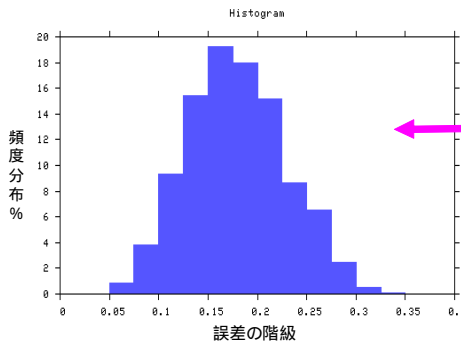


図11 GMのゆらぎヒストグラム(BG)

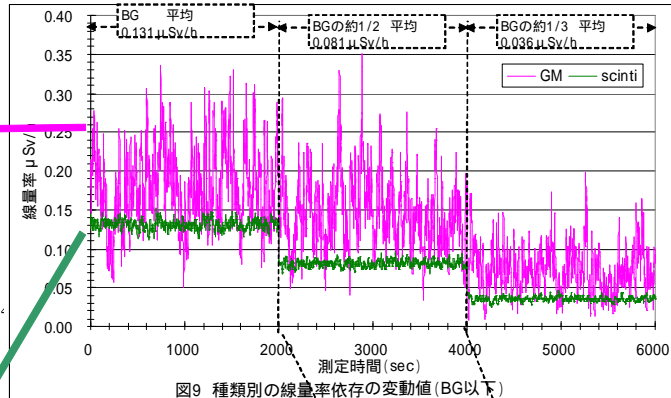


図9 種類別の線量率依存の変動値(BG以下)

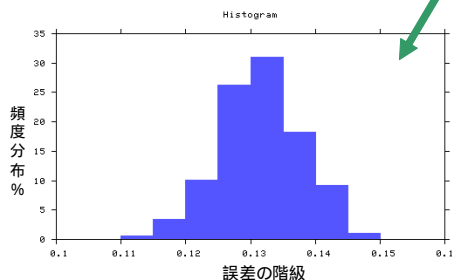


図12 scintiのゆらぎヒストグラム(BG)

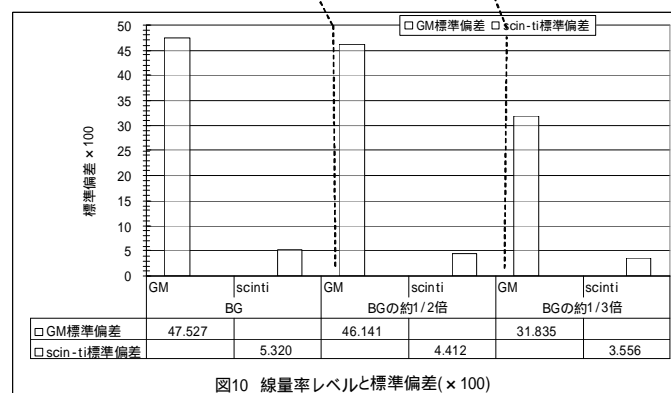


図10 線量率レベルと標準偏差(×100)

測定値バラツキの BG 以下線量率依存性測定結果を図 9、BG 以下線量率と標準偏差の関係を図 10、GM サーベイメータの BG ヒストグラムの例を図 11、シンチレーションサーベイメータの BG 値のヒストグラムの例を図 12 に示す。測定結果を表 7 に示す。

表 7 測定結果

測定値の別	測定結果の図番号	標準偏差の図番号	測定結果の概要
測定値バラツキの線量率依存性	図 9	図 10	Scintillator は全ての線量レベルで良好。 GM は BG 以下では使用不可
線量率と標準偏差の関係			BG 以下では Scintillator、BG 共に凡そ比例関係
ゆらぎに起因する BG 値のヒストグラム	図 11 図 12	なし	BG のバラツキが大きいため正規分布に近い分布が得られた ヒストグラムの幅が標準偏差の値に比例することが直感的に理解できる

6. まとめ

今回実験を実施した範囲では以下が明らかとなった。

- (1) 放射線測定値のバラツキは測定対象の放射線強度のゆらぎが原因であり、放射線測定器の測定誤差でない。
- (2) 測定値のバラツキ低減には時定数を大きくとり経時的に移動平均を取るのが有効。
- (3) 測定値のバラツキが線量率 (BG の約 150 倍から 1/3 倍) に依存し、シンチレーションサーベイメータでは全ての範囲で良好であるが、GM サーベイメータでは BG 下で使用できない。

参考文献

- 1) 霧箱のサイエンス(2) : <http://sciwood.com/kiribako2.html>