

情報を判断する力

図1は筑波大学附属病院における乳児用飲料水に含まれる微量の ^{131}I を、高純度ゲルマニウム検出器により測定した結果である。この測定値の中には0より低い「マイナス」の値が出ているが、放射性物質濃度がマイナスの値を示すことに疑問を持つ人はいないだろうか？ここでは、得られた測定データから、正しい情報を判断する力を養うため、特に微量な放射性物質を測定する際に必要となる簡単な計測学および統計学の解説を行う。

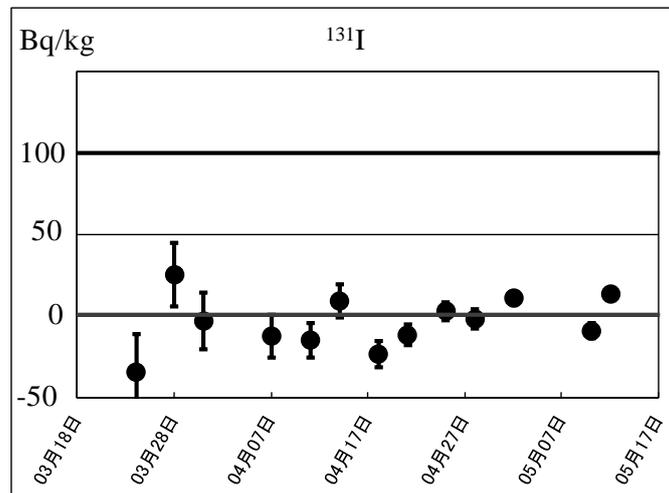


図1 筑波大学附属病院における乳児用飲料水に含まれる ^{131}I

まず、図2を用いて測定値と誤差について解説する。図は放射性物質の測定（放射性物質から放出される放射線を測定するためランダムな事象）を実施した結果を示している。図では各測定値の誤差（エラーバー）の大きさが全て同じになっている。実際には、どんなに測定精度が高くてもエラーバーの大きさが異なるはずであるが、解釈を容易にするために、ここではあえてエラーバーの大きさを同じにした。

(a)は測定結果にエラーバーを表示していない、(b)と(c)はエラーバーの表示はあるが測定は1回のみ、(d)と(e)は同じ測定を繰り返し実施したデータである。ここで、図中の点線を基準値とする。(a)、すなわちエラーバー表示のないデータをみて、基準値を超えていると判断できるだろうか？測定には多くの誤差要因が必ず存在する。そのため、誤差なしの測定結果が出ることはありえず、エラーバー表示のないデータの信頼性は極めて低い。よって、(a)のデータは基準値を超えているように見えるが、エラーバーが表示されていないため、正確な解釈は不可能である。では(b)～(e)、すなわちエラーバー表示ありのデータはどうだろうか？(b)は測定値もエラーバーも基準値を超えており、さらにエラーバーが小さい（エラーバーが小さい＝測定精度が高い）ため、基準値を超えていると言ってよい。一方、(c)の測定値は基準値を超えているが、エラーバーの下限値が基準値以下に達しているため、基準値を超えているかどうかは不明である。ここで(d)と(e)、すなわち繰り返し

測定データを確認する（(d)は(b)、(e)は(c)の繰り返し測定）。一般に、放射線測定はランダムな現象を捉えている。そのため、繰り返し測定を行った場合、測定値がバラつくのは至極当然である。ここで繰り返し測定の平均をとると、(d)の平均は基準値を超え、(e)の平均は基準値を下回っている。この結果が意味することは、「やはり(b)は基準値を超えていた。」、「(c)は基準値を超えているかどうかは不明であったが、繰り返し測定により基準値を超えていないことがわかった。」ということである。このように、「誤差なし」あるいは「誤差が大きい」データにおいて、ある基準を超えたと判断することは非常に難しい。しかし、公表されているデータの多くは、誤差がない不明確な表記である場合が多い。

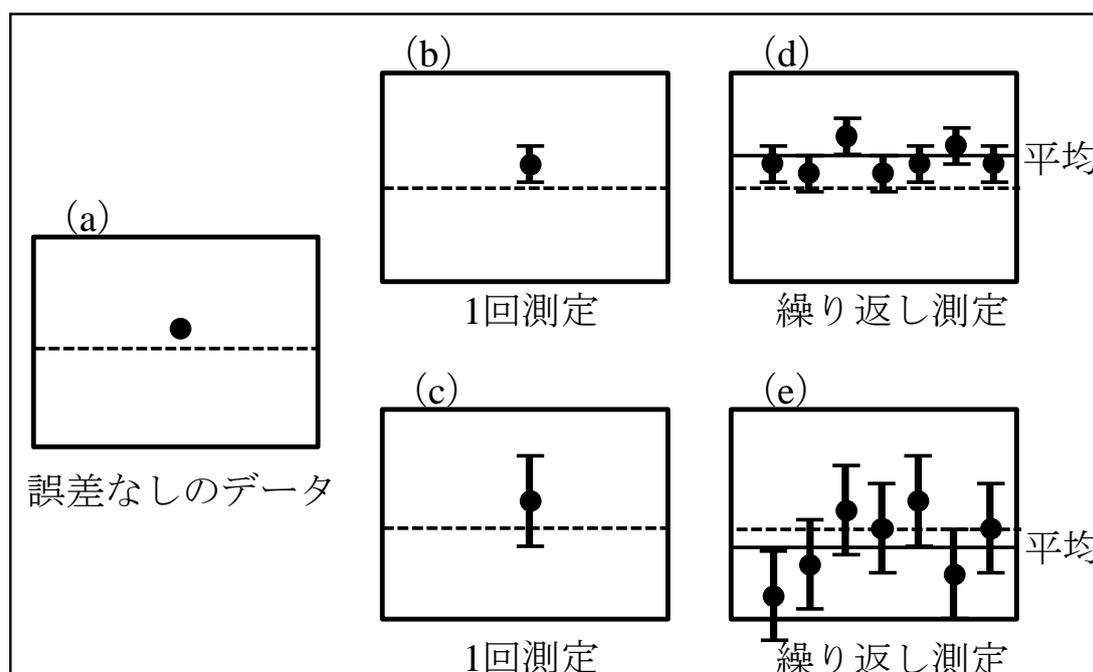


図2 測定値と誤差

次に、図3を用いて測定値の算出方法を解説する。放射線測定を行う場合、測定器は、測定対象から放出される放射線の一部を検出すると同時に壁や空気中に存在する放射性物質由来の放射線も検出してしまう。これらの放射線は、そもそも測定を目的としない放射線であり、バックグラウンド(B.G.)と呼ばれる。たとえ厳重に遮蔽した環境で測定を行ったとしても、B.G.はゼロにはならない。よって、求めたい放射線量を測定するためには、必ずB.G.を差し引く必要があり、それによって求めたい真値が得られる。

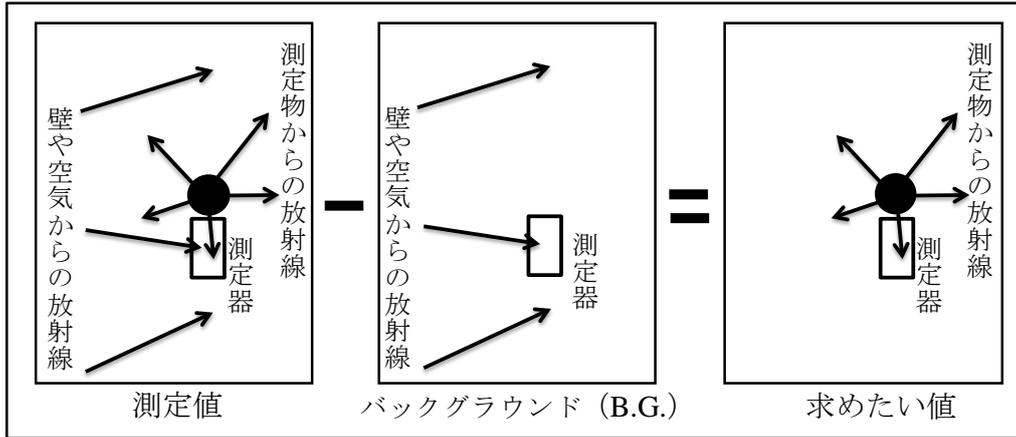


図3 測定器の原理

真値を求めるためには、2つの測定値の差し引きを行わなければならない。また、誤差にも B.G.の影響が含まれるため、式(1)を用いて測定値を算出しなければならない。

$$X - \text{B.G.} \pm \sqrt{X + \text{B.G.}} \quad \dots (1)$$

(X: 測定値)

図4を用いて、実例を示しながら測定値の解釈について解説する。測定値が大きい場合 (X=100) と小さい場合 (X=10) で比較するが、B.G.はともに9であると仮定する。X = 100 の場合、

$$100 - 9 \pm \sqrt{100 + 9} = 91 \pm \sqrt{109} \approx 91 \pm 10.4$$

となり、真値に対する誤差の割合が小さく、マイナスの値が出ることはない。

測定値 X = 10 の場合、

$$10 - 9 \pm \sqrt{10 + 9} = 1 \pm \sqrt{19} \approx 1 \pm 4.4$$

その誤差は真値の4.4倍となり、非常に大きな誤差要因になることがわかる。この場合、真値の最大値は5.4、最小値は-3.4となり、結果としてマイナスの値をとる場合がある。

以上をまとめると、測定値が B.G.に対して十分に大きい場合は真値の変動も小さくなるため統計誤差は減る。それに対し、B.G.と真値が近接している場合は真値に対する誤差の割合が大きくなるため、その影響は極めて大きい。よって、複数回測定すると、B.G.以下の測定値になる場合もあり、結果としてマイナスの真値が生まれる可能性がある。

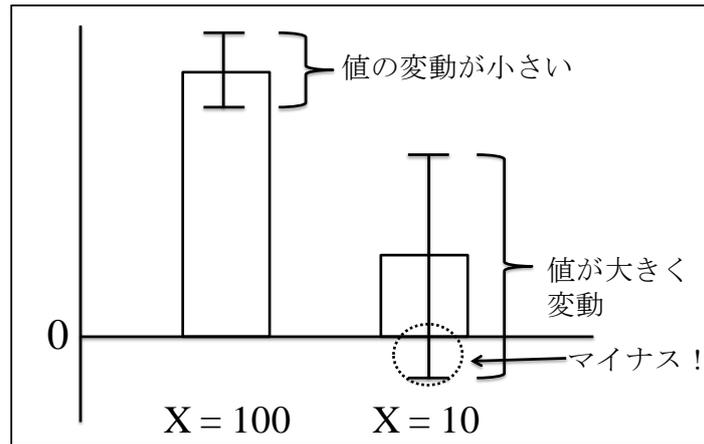


図4 測定値と B.G.の差の影響

以上より、図1のような微量の放射性物質を複数回測定する場合、B.G.の存在によってマイナスの値が出るのは当然であることがわかる。

最後に、まとめとして図5を見て欲しい。真値が0付近にある微量の対象に対して、繰り返し測定を行ったデータである。この中で信頼できるデータはどれか？測定値が小さい場合のデータを正しく解釈するポイントは、「測定値と誤差の関係を読み取る」ことである。(a)の場合、エラーバー表示がなく、測定値も綺麗に揃いすぎているデータであり信頼できない(通常は多少なりともバラつくはずである)。(b)は、エラーバー表示はあるが、エラーバーが小さいにもかかわらず測定値のバラつきが大きいいため信頼できない。この場合、測定精度は良いが、測定方法が統一されていない可能性がある。(c)もエラーバー表示はあるが、エラーバーが大きいにもかかわらず測定値にバラつきが無いいため、人為的に都合の良いデータを採用している可能性があり、信頼できるデータとは言い難い。(d)は、測定値にバラつきがあり、エラーバーも大きく、綺麗なデータではないと感じる人もいるかもしれない。しかし、測定値のバラつきは各エラーバーの範囲内であり、測定値と誤差の関係は妥当である。以上より、(a)～(d)の中で(d)は最も信頼できるデータといえる。

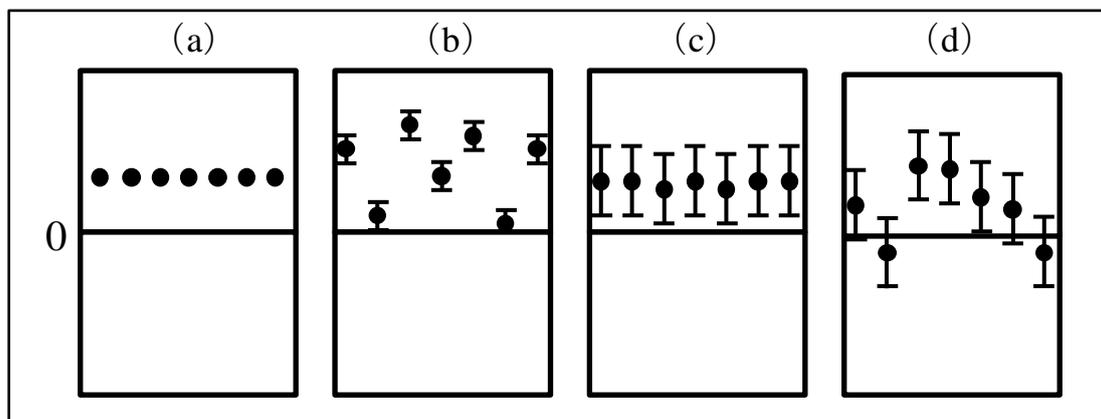


図5 信頼できるデータの判断