

空間放射線量率に関する短期間の測定値からの再現レベルの推定

愛知県環境調査センター
熊谷 禎晃

1 はじめに

2019年2月、愛知県環境調査センターの建て替え工事に伴い、旧棟屋上に設置されていたモニタリングポスト検出部(測定高さ34m)を地上(測定高さ1m)に移設した。

空間放射線量率のモニタリングに際しては、通常、過去のデータを参照し、平常の変動幅における上限を超過した場合に異常の可能性を想定し、その原因調査を行う。しかし、短期間の測定データしか得られていない場合に、その上限を用いて異常判定を行うことは必ずしも適当ではない。十分な期間の測定データにおけるレンジと比較して短期間の測定データのそれは小さくなる傾向があることから、このような短期間における最大を変動の上限と見なせるのか疑問が残るためである。

そこで、1年間に得られた空間放射線量率の測定データから、極値統計学の手法を用いて10年再現レベル^{*1}を求め、これを十分な測定期間の下で得られた最大値の代用とみなし、異常判定に活用することを検討した。

2 方法

データには、当センターの地上1mに検出部が設置されたALOKA製モニタリングポストMAR-22により得られた連続測定データのうち、2019年度に得られた10分値1年分(2019年4月1日0:10から2020年3月29日0:00までの52週間分)を用いた¹⁾。得られたデータ x_i の全体は式(1)により表す。10月9日9:10~13:50及び3月2日13:20~15:30のデータは欠測しており、データ数は52,661個である。

$$\{x_i\}_{i=1}^N = x_1, x_2, \dots, x_N \quad (N=52,661) \quad (1)$$

極値データの解析にはRのパッケージismevを用いた。解析方法の詳細は高橋らの成書²⁾を参照されたい。

最初に、全測定データを1週間分ずつ52個のブロックに分割し、各ブロックから最大値 z_i を取り出した。このとき、ブロック最大データの全体は式(2)により表される。

$$\{z_i\}_{i=1}^n = z_1, z_2, \dots, z_n \quad (n = 52) \quad (2)$$

この $\{z_i\}_{i=1}^n$ に、分布関数が式(3)で表される一般極値分布 $GEV(\mu, \sigma, \xi)$ をあてはめ、各パラメータを推定した。

$$G(z) = G_\xi\left(\frac{z-\mu}{\sigma}\right) = \exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{z-\mu}{\sigma}\right)\right]_+^{-1/\xi}\right\} \quad (3)$$

ただし $(a)_+ = \max\{a, 0\}$

推定されたGEVモデルを基に、再現期間 $1/p$ の再現レベル z_p を式(4)により求めた。1年の測定データを基にして極端に長期に及ぶ再現レベルを推定しても実務上参考にならないと考えられるため、本発表では10年再現レベルを求めることとした。

$$z_p = G^{-1}(1-p) = \mu + \sigma\{[-\log(1-p)]^{-\xi} - 1\}/\xi \quad (4)$$

3 結果と考察

$\{x_i\}_{i=1}^N$ を時系列順で52ブロックに分割したときの散布図を図1に示す。なお、複数のプロットが重なっており、単純な散布図ではデータが密になっているところが分かりづらいことから、分布の密度を示すバイオリン図を重ね合わせた。No.1のように最大値が82nGy/hと小さいブロックもあれば、No.2のように最大値が104nGy/hと比較的大きいブロックもあった。このような差異を生じさせる主な原因として、ブロック期間中の降水の有無が考えられた。降水の際にはラドンやその壊変によって生じた核種が地表面近傍に集まり空間放射線量率を上昇させることが知られており³⁾、降水量が0mm⁴⁾・²⁾であったブロック(No.1,18,19,24,32,37,45)では、他のブロックと比較して最大値が小さい傾向があった。このため、分布の同一性を担保する観点から、GEVモデルの推定にあたっては、降水量0mmのブロックから得られたブロック最大値を欠測扱いとして除外することとした。

次に、ブロック最大値を $GEV(\mu, \sigma, \xi)$ 分布にあてはめてパラメータを推定したところ、結果は $\hat{\mu}=89.5(1.11)$ 、 $\hat{\sigma}=6.45(0.811)$ 、 $\hat{\xi}=-0.138(0.134)$ であった。

最後に、推定されたGEVモデルの下で、10年間に発生すると考えられる空間放射線量率の最大値を予測した。再現期間10年(521ブロック)の再現レベル $z_{1/521}$ を求めるため、式(5)に求めたパラメータの値を代入したところ117となった。またプロファイル対数尤度³⁾により $z_{1/521}$ の95%信頼区間を求めたところ、[108,154]となった。

*1 あるレベル(ここでは空間放射線量率)を超える現象が発生するまでの平均期間がT年であるとき、これをT年再現レベルという。

*2 名古屋地方気象台(名古屋市千種区)の測定データを用いた。

*3 プロファイル対数尤度は、 ξ を固定しそれ以外の母数 μ 及び σ を動かして対数尤度を最大化したものをいう。詳細は文献2のp236~237を参照。

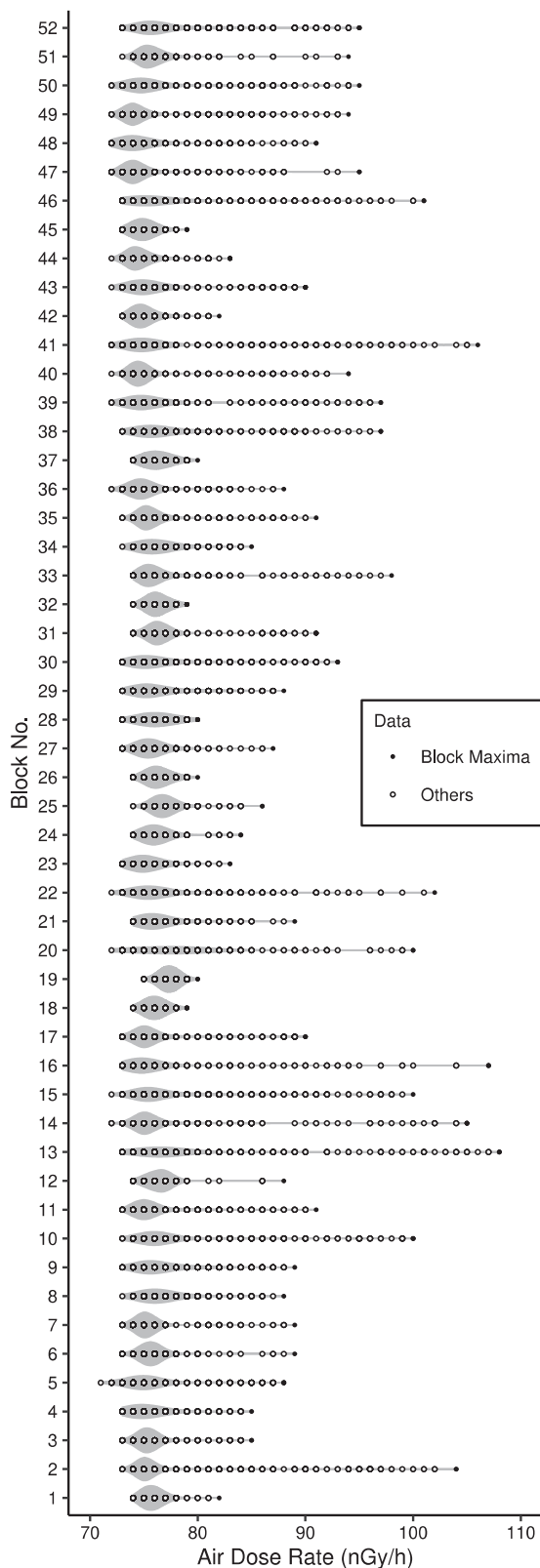


図1 ブロック別の測定データ

異常値の判定基準とするレベルをなるべく低く設定した方が異常を見逃す危険性は低くなる。このことを踏まえると、最尤推定値である117nGy/hを異常判定の目安とするよりも、95%信頼区間の下側信頼限界108nGy/hを目安とした方が、放射線に係る異常を確実に把握する観点において、安全と考えられる。

一方、判定基準をあまり低いレベルに設定すれば、データ精査の作業が煩雑になるため、そのような基準設定は現実的ではない。108nGy/hは、2019年度の実測データにおける最大値と同じレベルであり、同年度において外部要因等に基づくと認められる異常値が観測されていないことを踏まえると、異常判定の基準として低すぎる設定値ではないと考えられる。

以上より、十分な実測データが蓄積されるまでの間、108nGy/hを異常判定の目安とすることが適当と考えられた。

4 まとめ

1年間の空間放射線量率10分値データを複数のブロックに分割し、ブロック最大値をGEV(μ, σ, ξ)分布にあてはめてパラメータを推定したところ、最尤推定値(標準誤差)は $\hat{\mu}=89.5(1.11)$, $\hat{\sigma}=6.45(0.811)$, $\hat{\xi}=-0.138(0.134)$ であった。

推定されたGEVモデルの下で10年再現レベルを求めたところ、最尤推定値は117nGy/h、95%信頼区間の下側信頼限界は108nGy/hであり、この下側信頼限界を超えた場合には、とりわけ外部要因の可能性に留意しつつ、原因の特定や対応にあたっていきたい。

文献

- 1) 原子力規制委員会：放射線モニタリング情報，
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/> (2020.12.23)
- 2) 高橋倫也，志村隆彰：極値統計学，近代科学社 (2016)
- 3) 環境省：放射線による健康影響等に関する基礎的な資料Q&A（平成30年度版），32
- 4) 気象庁：過去の気象データ・ダウンロード，
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2020.12.23)