数理の窓



対数スケールの体感

地震の規模を表す「マグニチュード」は、値が1増えるとエネルギーは約32倍（10の1.5乗）になる指標だ。マグニチュード4.0を（基準：1倍）として、エネルギーの大きさを比較すると次のようになる。

マグニチュード	エネルギー（J）	倍率（エネルギー）
4.0	約6.3×10^{10}	1倍
5.0	約2.0×10^{12}	約32倍
6.0	約6.3×10^{13}	約1,000倍
7.0	約2.0×10^{15}	約32,000倍

マグニチュードが線形スケールではなく対数スケールなのは、地震の規模を表す物理量が何桁にもわたって変化するので、対数スケールのほうが扱いやすいからだ。もっとも、この発想は天文学の「等級が5違うと光の強度が100倍（1等級あたり約2.512倍）になる」対数スケールを参考にしており、「マグニチュード（magnitude）」の名称の由来は、天文学の恒星の等級（stellar magnitude）だ。

エネルギーとマグニチュードの経験式 log10 E（J）=1.5M+4.8→E（J）=10^（1.5M+4.8）を見ると分かるように、任意のエネルギーに対して連続的にマグニチュードが決まる仕組みだ。式中の定数「4.8」は、歴史的な観測データをもとに、主要な地震がM3～M8という使いやすい範囲に収まるよう、後から調整された値である。従って、意外かもしれないが、マグニチュード0.0やマイナスの値も存在する。

マグニチュード	エネルギー（J）	例
−2.0	約6.3×10^{1}	実験室での岩石破壊
−1.0	約2.0×10^{3}	大きな石が落ちる程度
0.0	約6.3×10^{4}	小規模な発破
1.0	約2.0×10^{6}	大きな発破

なお、観測記録上世界最大とされる1960年5月22日チリ地震（バルディビア地震）はM9.5。東日本大震災M9.0との差は0.5だが、エネルギー比で約5.6倍となる。

対数スケールは、音のデシベル（dB）、水素イオン濃度（PH）、格付けなどに使われている。ムーディーズ格付け上位のデフォルトリスクは、Aaa⇒Aa：約3倍、Aa⇒A：約3倍、A⇒Baa：約2.7倍、Baa⇒Ba：約2.8倍だ。（格付けは厳密な尺度ではなく経験的な傾向の表現。下位は、デフォルト率が100％を超えない様、Ba⇒B：約1.7倍、B⇒Caa：約1.3倍、Caa⇒Ca/C：約1.2倍と収束する。）

人が知覚する刺激の強さは、物理的な刺激強度に対して直線的に増加するのではなく、その対数にほぼ比例するとされる（フェヒナーの法則）。マグニチュードは地震の規模を対数尺度で示す一方、格付けは信用リスクを段階的に示す。両者の尺度の仕組みは異なるが、表示上はわずかな差でも、背後に大きなエネルギー差やリスク差があり得ることを忘れずにいたい。　　（吉川 安典）

野村総合研究所　金融ITイノベーション事業本部 事業企画室　©2026 Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.