

飽和するのは地震ではなく、尺度である

— m_b で 2011 年東北地震を測ると、エネルギーを 5623 分の一に見積もる — 尺度が見る周期より震源時間が長いと、尺度は頭打ちになる — [論文282]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan | 山岸勇輝ラボ

2026年8月

— From thinking to syncing. —

要旨

「マグニチュード」は一つではない。 $M_L \cdot m_b \cdot M_S \cdot M_w$ の四つがあり、 M_w 以外は大地震で頭打ちになる。本稿が問うのは、頭打ちになっているのは地震か、尺度かである——答は、尺度である。新しい数学定理も新しい法則も主張しない。第一に、四つの尺度は測る周期が違う。 M_L が 0.1 秒、 m_b が 1 秒、 M_S が 20 秒、 M_w は周期を選ばない（第2節）。第二に、これが本稿の芯である。 m_b は $M \simeq 6.5$ で頭打ちになるので、 $M_w = 9.0$ の東北地震を測るとエネルギーを 5623 分の一に見積もる（第3節）。第三に、 M_S でも 7.94 倍足りない。 $M_S = 8.4$ と $M_w = 9.0$ の差 0.6 は、エネルギーでは 7.9433 倍である（第3節）。第四に、小さい地震では起きない。1995 年兵庫県南部では差が 0.10、エネルギーで 1.41 倍にとどまる（第4節）。第五に、原因は破壊の継続時間である。東北の破壊は 150 秒続き、 M_S の見る 20 秒の 7.5 倍である（第5節）。第六に、分離子は「震源時間が観測周期を超えるか」である。 M_w だけが飽和しないのは、周期を選ばず M_0 を直接測るからである（第6節）。

本稿の射程（scope note）：新しい数学定理も新しい法則も主張しない—— $M_w = \frac{2}{3}\log_{10} M_0 - 6.07$ 、 $\log_{10} E = 1.5M + 4.8$ 、各尺度の飽和値、東北地震の破壊継続時間は、いずれも標準的である。地震学を作らない——使うのは二つの一次式と、一つの割り算だけである。地震を予知しない——発生時期も場所も規模も一切扱わない。震源過程を論じない——破壊の伝播も、すべりの分布も扱わない。継続時間を代表値として置くだけである。飽和値の精度を主張しない—— $M_L \simeq 6.8$ 、 $m_b \simeq 6.5$ 、 $M_S \simeq 8.5$ はおよそその値であり、観測網と手続きによって ± 0.3 程度動く。 ω^{-2} 模型を主張しない——第5節の 1.7501 は模型が与える上限であって、実測の 0.60 を説明しきる値ではない。模型と実測の差そのものを、本稿は説明しない。 M_w が完全だと言わない—— M_w にも M_0 の推定誤差があり、飽和しないというだけである。個別の地震の値を主張しない——表の $M_w \cdot M_S$ は文献で広く用いられている代表値であり、機関によって ± 0.1 程度異なる。既刊との関係：論文117 はゲーテンベルク＝リヒターの冪則を扱った——あちらは地震の個数と大きさの関係であり、本稿は尺度そのものの構成である。同じ地震を材料にしているが、問いが違う。論文190 は「稀」を対数の目盛りで測った——本稿も対数目盛りの上で 0.6 という差が 7.94 倍になることを扱う。論文255 は「精度」が二つあり較正で消えるのは一方だけだと分けた——本稿の飽和は較正で消えない側であり、尺度の構成に由来する。論文140 は対称性が比を決め力学が尺度を決めると分けた——本稿は尺度の側が壊れる場合を扱う。加えたのは四つの尺度を観測周期で並べたこと、 m_b が東北地震のエネルギーを 5623 分の一に見積もると計算したこと、同じ手続きが小さい地震では 1.41 倍しかずれないと確かめたこと、破壊継続時間と観測周期の比 7.5 を分離子として書いたことである。

1. 記法と位置づけ

使う式は二つだけである。

$$M_w = \frac{2}{3}\log_{10} M_0 - 6.07, \quad \log_{10} E = 1.5M + 4.8$$

ここで M_0 は地震モーメント（Nm）、 E はエネルギー（J）である。

検算 1.1： $M_w = 9.0$ を代入する。

量	値
$M_0 = 10^{(9.0+6.07)\times 1.5}$	$4.0272 \times 10^{22} \text{ Nm}$
$E = 10^{1.5\times 9.0+4.8}$	$1.9953 \times 10^{18} \text{ J}$

観察 1.2

M が 1 増えると、エネルギーは 31.6228 倍になる。2 増えると 1000 倍ちょうどである——0.1 の差でも 1.41 倍であり、小数第一位が効く。

問い： $M_L \cdot m_b \cdot M_S$ は大地震で頭打ちになる。頭打ちになっているのは地震か、尺度か。

2. 四つの尺度は、測る周期が違う

検算 2.1：それぞれが何を見ているかを並べる。

尺度	測る周期	飽和する値
M_L (リヒター・局所)	0.1 秒	$M \simeq 6.8$
m_b (実体波)	1 秒	$M \simeq 6.5$
M_S (表面波)	20 秒	$M \simeq 8.5$
M_w (モーメント)	周期を選ばない	飽和なし

観察 2.2

飽和する値の順序が、測る周期の順序と一致している。0.1 秒 → 6.8、1 秒 → 6.5、20 秒 → 8.5——長い周期を見る尺度ほど、遅く頭打ちになる。

観察 2.3

M_w だけが列の外にある。 M_w はどの周期の波の振幅も見ていない——見ているのは $M_0 = \mu A \bar{d}$ 、すなわち剛性率・破壊面積・平均すべり量である。

観察 2.4

M_L の飽和 (6.8) が m_b (6.5) より遅いのは、周期の順序と食い違う。正直に書けば、飽和値は周期だけで決まるのではなく、観測網と手続きにも依る——本稿は周期を主要因として扱うが、唯一の要因だとは主張しない。

3. 芯： m_b は東北地震を 5623 分の一に見積もる

設定：2011 年東北地震は $M_w = 9.0$ 、 $E = 1.9953 \times 10^{18}$ J である。飽和した尺度で測ると、いくつになるか。

検算 3.1：

尺度	与える値	E の見積り	真値に対する割合
m_b	6.5	3.5481×10^{14} J	1/5623.4
M_L	6.8	1.0000×10^{15} J	1/1995.3
M_S	8.4	2.5119×10^{17} J	1/7.9433
M_w	9.0	1.9953×10^{18} J	1

観察 3.2

m_b で測ると、エネルギーを **5623** 分の一に見積もる。 $m_b = 6.5$ という数字は「中規模の地震」を意味する——同じ地震を、 m_b は中規模だと言い、 M_w は史上第四位だと言う。

観察 3.3

M_S でも **7.9433** 倍足りない。 $M_S = 8.4$ と $M_w = 9.0$ の差は **0.6** にすぎないが、対数目盛りの上の **0.6** である——論文190 が書いたとおり、差ではなく比で読まねばならない。

検算 3.4：他の巨大地震でも同じことが起きているかを見る。

地震	M_w	M_S	差	E の過小評価
1960 チリ	9.5	8.5	+1.00	31.6228 倍
1964 アラスカ	9.2	8.4	+0.80	15.8489 倍
2004 スマトラ	9.1	8.8	+0.30	2.8184 倍
2011 東北	9.0	8.4	+0.60	7.9433 倍

観察 3.5

M_w が大きいほど差が大きい——ただし単調ではない。2004 スマトラは $M_w = 9.1$ で差が 0.30 しかない—— M_w だけでは決まらず、破壊の継続時間が効いている（第5節）。

4. 小さい地震では、起きない

検算 4.1：飽和値より小さい地震を同じ表に入れる。

地震	M_w	M_S	差	E の過小評価
1995 兵庫県南部	6.9	6.8	+0.10	1.4125 倍
1906 サンフランシスコ	7.9	7.8	+0.10	1.4125 倍
2011 東北	9.0	8.4	+0.60	7.9433 倍

観察 4.2

M_S の飽和値 8.5 より下では、差は 0.1 程度にとどまる。 M_S は壊れているのではなく、範囲の外で使われている——尺度に罪はない。

観察 4.3

これは論文255 の区別と身分が違う。論文255 の系統誤差は較正で消えるが、この飽和は較正では消えない——尺度の構成そのものが、大きい地震を見られないようにできている。

観察 4.4

したがって「 M_S に補正をかけて M_w にする」ことはできない。補正すべき量が観測されていないからである——20 秒の波は、150 秒の破壊の一部しか運んでいない。

5. 原因は、破壊の継続時間である

設定：地震は瞬間ではない。断層は端から端まで裂けるのに時間がかかる。

検算 5.1：東北地震について、二つの時間を比べる。

量	値
破壊の継続時間	約 150 秒
M_S が測る波の周期	20 秒
比	7.5 倍

観察 5.2

20 秒の波は、150 秒かけて起きた出来事の一部しか見ていない。断層の端が裂けている頃には、始めの方はもう終わっている——同時に足し合わされない。

検算 5.3：周波数で書き直す。

量	値
コーナー周波数 $f_c = 1/150$	0.006667 Hz
M_S の観測周波数 $1/20$	0.050000 Hz
f/f_c	7.50
ω^{-2} 模型での振幅比 $(f/f_c)^{-2}$	1/56.25
マグニチュード単位に直すと	1.7501

観察 5.4

模型は **1.7501** のずれを与え、実測は **0.60** である。模型は上限を与えているにすぎない—— M_S の手続きには周期の帯があり、単一周波数ではないからである。

観察 5.5

正直に書くべき点——本稿は 1.7501 と 0.60 の差を説明しない。示せるのは向きと桁であって、値ではない——模型が正しい向きに、十分な大きさのずれを予言するという点だけである。

6. 分離子と、同じ一語が覆う幅

観察 6.1

分離子——何を動かすと、飽和するかしないかが変わるか。震源の継続時間が、尺度の観測周期を超えるかどうかである。

観察 6.2

M_w だけが飽和しない理由が、これで分かる。 M_w はどの周期の波も見えていない——見ているのは M_0 そのものであり、比べるべき周期を持たない。

検算 6.3：「マグニチュード」という一語が覆う幅を測る。

	M	E
実験室の微小破壊	-2.0	63.096 J
1960 チリ	9.5	1.1220×10^{19} J
比	11.5	1.7783×10^{17} 倍

観察 6.4

同じ一語が 1.78×10^{17} 倍を覆っている。これだけの幅を一本の尺度で測るのは無理であり、四つに分かれているのは自然なことである——問題は分かれていることではなく、どれで測ったかを言わないことである。

観察 6.5

論文117 は、地震の個数と大きさの間に冪則があることを扱った。本稿は大きさを測る道具の側を扱う——同じ地震を材料にして、問いが直交している。

7. 点呼と結び

1. M が 1 で 31.6228 倍（観察1.2）：2 で 1000 倍ちょうど。
2. 四つの尺度の観測周期（検算2.1）：0.1／1／20 秒／選ばない。
3. m_b は 5623 分の一（検算3.1）：東北を中規模だと言う。
4. M_s でも 7.9433 倍（検算3.1）：差 0.6 の正体。
5. 四つの巨大地震で同じ（検算3.4）：ただし単調ではない。
6. 小さい地震では 1.4125 倍（検算4.1）：範囲の内側なら壊れない。
7. 較正では消えない（観察4.3）：構成に由来する。
8. 破壊 150 秒 対 周期 20 秒（検算5.1）：比 7.5。
9. 模型は 1.7501、実測は 0.60（検算5.3）：上限を与えるのみ。
10. 一語が 1.78×10^{17} 倍を覆う（検算6.3）： $M = -2$ から 9.5 まで。

結び：大地震でマグニチュードが頭打ちになるのは、地震が頭打ちになっているのではない。2011 年東北地震を m_b で測ると 6.5、すなわちエネルギーを 5623 分の一に見積もる——同じ地震を、 m_b は中規模だと言い、 M_w は史上第四位だと言う。 M_s でも 7.9433 倍足りない——差は 0.6 にすぎないが、対数目盛りの上の 0.6 だからである。そして小さい地震では起きない——1995 年兵庫県南部では 1.4125 倍にとどまる。尺度は壊れているのではなく、範囲の外で使われている。原因は破壊の継続時間である——東北の破壊は 150 秒続き、 M_s の見る 20 秒の 7.5 倍だった。20 秒の波は、150 秒の出来事の一部しか運ばない。分けるものは一つ——震源の継続時間が、その尺度の観測周期を超えているかどうか。超えていれば、どんなに較正しても飽和は消えない。超えていなければ、四つの尺度はよく一致する。 M_w だけが飽和しないのは優れているからではなく、比べるべき周期を持たないからである。

参考文献

1. Kanamori, H. (1977). The Energy Release in Great Earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, 82(20).
2. Hanks, T. C. and Kanamori, H. (1979). A Moment Magnitude Scale. *Journal of Geophysical Research*, 84(B5).
3. Aki, K. (1967). Scaling Law of Seismic Spectrum. *Journal of Geophysical Research*, 72(4).

4. Brune, J. N. (1970). Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, 75(26).
5. Gutenberg, B. and Richter, C. F. (1956). Magnitude and Energy of Earthquakes. *Annali di Geofisica*, 9.
6. Lay, T. and Wallace, T. C. (1995). *Modern Global Seismology*. San Diego: Academic Press.
7. Ide, S., Baltay, A. and Beroza, G. C. (2011). Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Earthquake. *Science*, 332(6036).
8. 山岸勇輝 (2026). スケール不変性は、四通りに指数を選ぶ [論文117]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22005515
9. 山岸勇輝 (2026). 対称性は比を決め、力学は尺度を決める [論文140]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22081997
10. 山岸勇輝 (2026). 「稀」は、対数の目盛りで測る [論文190]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22106182
11. 山岸勇輝 (2026). 「精度」は二つあり、較正で消えるのは一方だけ [論文255]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22168883

— *From thinking to syncing.* —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)