

有義波高は、平均でもなければ最大でもない

— 「有義波高 **3 m**」の海で、平均は **1.8776 m**、上位十分の一は **3.8134 m**、**3 時間**の最大は **5.8305 m**
— 代表値が代表していないのは、定義に人間の目が入っているからである — [論文391]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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

2026年9月

— *From thinking to syncing.* —

要旨

「波の高さ **3 m**」と聞けば、**3 m** の波が来ると思う。本稿が示すのはその数が平均でも最大でもないことである——平均は **1.8776 m** しかなく、実際に来る最大は **5.8305 m** である。新しい定理も法則も主張しない。第一に、レイリー分布を 4×10^6 個抽出すると、平均は **0.886139**、上位三分の一の平均は **1.415837** になる（第2節）。第二に、平均は有義波高の **0.6259** 倍しかない（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。**3 時間**（**1080 波**）の最大は有義波高の **1.9435** 倍——ほぼ二倍である（第3節）。第四に、独立な模擬実験が **1.9359** で、閉じた式と **0.4** パーセントで一致した（第3節）。第五に、「三分の一」に統計的な必然は無い。訓練された観測者の目視と合うから選ばれた（第4節）。第六に、分離子は「代表が平均か、上位の平均か、極値か」である（第5節）。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——レイリー分布による波高分布、有義波高の定義、極値の期待値はすべて海洋工学で既知である。海洋を予報しない——波浪推算や気象は主題ではない。一つの分布の中の数だけを見る。狭帯域を仮定している——レイリー分布は狭帯域・線形波の近似である。碎波や浅水変形は主題ではない。構造を設計しない——防波堤や船体の設計荷重は与えない。代表値の意味だけを見る。異常波を扱わない——フリークウェーブがレイリー分布を外れるかどうかは主題ではない。周期を扱わない——波高だけを見る。周期の分布や波形は主題ではない。既刊との関係：論文379 は「二倍の温度」に三つの答があることを示した——ここでは一つの「波の高さ」に三つの答がある。論文364 は選択だけで平均が上がり幅が縮むことを示した——ここでは上位三分の一を取る操作そのものが主題である。論文386 は「溶けにくい」が二つを指すことを示した——ここでは「波の高さ」が三つを指す。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——平均と極値は、その基準で別根である。加えたのは、 4×10^6 個の抽出で三つの代表値を数に出したこと、平均は有義波高の **0.6259** 倍であることを示したこと、**3 時間**の最大が **1.9435** 倍になることを示したこと、模擬実験と閉じた式が **0.4** パーセントで一致することを確認したこと、分離子を「どの代表値か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：狭帯域の波では、波高 H がレイリー分布に従う。

$$p(H) = \frac{2H}{H_{\text{rms}}^2} \exp\left(-\frac{H^2}{H_{\text{rms}}^2}\right)$$

有義波高 H_s は「高いほうから三分の一の波の平均」と定義される。以下 $H_{\text{rms}} = 1$ とする。

観察 1.1

定義に「三分の一」という数が入っている。分布の性質ではなく、選び方の規約——なぜ三分の一なのかは、分布からは出てこない。

観察 1.2

平均も最大も、同じ分布から出る。三つとも同じ海の話——それでも数はまったく違う。

観察 1.3

最大は「何波見たか」に依存する。平均と有義波高は依存しない——最大だけが、観測時間を含んでいる。

問い：「波の高さ」と言うとき、何を言っているのか。

2. 平均は、有義波高の 0.6259 倍しかない

計算 2.1：レイリー分布から 4×10^6 個を抽出した（本稿で計算）。

量	値 ($H_{\text{rms}} = 1$)	H_s との比
平均 H_{mean}	0.886139	0.625876
上位三分の一の平均 H_s	1.415837	1.000000
上位十分の一の平均	1.799701	1.271121

観察 2.2

三つとも既知の値と一致した。通説の $0.886 \cdot 1.416 \cdot 1.800$ ——抽出による計算が、閉じた式と独立に同じ数を出した。

観察 2.3

平均は有義波高の 0.6259 倍である。 3 m の海なら平均 1.8776 m ——「 3 m の波が来る」ではなく、「ほとんどの波は 1.9 m 前後」である。

観察 2.4

上位十分の一でも 1.2711 倍にしかない。 3 m の海で 3.8134 m ——上のほうを見ても、まだ二倍には届かない。

観察 2.5

有義波高は、平均と上位十分の一のあいだにある。 0.6259 と 1.2711 の中間——どちらでもない位置に、意図的に置かれている。

3.3 時間の最大は、ほぼ二倍になる

計算 3.1：波数に対する最大波高の期待値（本稿で計算）。

波数	最大／ H_s	「 $H_s = 3\text{ m}$ 」なら
100 波（約 17 分）	1.6105	4.8315 m
1080 波（3 時間・周期 10 秒）	1.9435	5.8305 m
3000 波（約 8 時間）	2.0703	6.2109 m
模擬実験（1080 波を 2000 回）	1.9359	5.8077 m

観察 3.2

これが本稿の芯である。「有義波高 3 m」の海で、3 時間のあいだに 5.8305 m の波が一度来る——聞いた数の 1.9435 倍で、ほぼ二倍である。

観察 3.3

模擬実験が閉じた式と 0.4 パーセントで一致した。1.9359 対 1.9435——独立な二つの経路で同じ数が出た。

観察 3.4

最大は波数の対数でしか増えない。100 波の 1.6105 から 3000 波の 2.0703 へ——波数が 30 倍でも、最大は 1.29 倍にしかない。

観察 3.5

だから「もっと待てばもっと高い波」は、あまり効かない。増え方が $\sqrt{\ln N}$ ——待ち時間を倍にしても、最大はほとんど動かない。

観察 3.6

最大だけが観測時間を含んでいる。平均と有義波高は時間に依らない——同じ海が、見ている時間によって別の数を返す。

4. 「三分の一」は、人間の目から来ている

観察 4.1

分布の側に「三分の一」を選ぶ理由は無い。四分の一でも五分の一でも式は書ける——選んだのは分布ではない。

観察 4.2

選ばれた理由は、訓練された観測者の目視と合ったからである。船から「今日の波は何メートル」と答えた値——その値に一番近い統計量が、上位三分の一の平均だった。

観察 4.3

つまり定義に人間が入っている。目は小さい波を数え落とす——その偏りを、統計量の側で吸収した。

観察 4.4

論文379 と同じ形である。論文379 では目盛が比を決めた——ここでは目視の癖が代表値の定義を決めている。どちらも、測る側の約束が数を作っている。

観察 4.5

論文300 の基準で別根である。平均は分布の一次モーメント、有義波高は分布と規約の組、最大は分布と観測時間の組——三つとも「波の高さ」と呼ばれ、根が三つある。

5. 分離子：代表が平均か、上位の平均か、極値か

観察 5.1

分離子——全部を数えるか、上のほうだけを数えるか、一番上だけを見るか。

代表値	決めるもの	観測時間に依るか	$H_s = 3$ m なら
平均	分布	依らない	1.8776 m
有義波高	分布＋規約	依らない	3.0000 m
最大	分布＋観測時間	依る	5.8305 m

観察 5.2

三列目が判定になる。観測時間を倍にして数が動くか——動けば極値、動かなければ分布の量である。

観察 5.3

右端の三つが 3.1 倍の幅をもつ。1.8776 m から 5.8305 m まで——同じ海である。

観察 5.4

どれを使うかで、設計が変わる。乗り心地なら平均、越波なら最大——代表値を一つに決めることが、問いを一つに決めることになる。

観察 5.5

正直に言えば——5.8305 m も 1.8776 m も、レイリー分布を仮定した値である。砕波が起きれば上が切れ、浅水域では分布そのものが変わる——動かないのは、三つの代表値が同じ海から出ていて、三倍の幅をもつことである。

観察 5.6

最後に一つ——「有義」という語は、統計の言葉ではなく、人間の言葉である。significant は「目立つ」の意——目立つ波の高さであって、典型的な波の高さではない。

6. 点呼と結び

1. 平均 $0.886139 \cdot H_s$, $1.415837 \cdot$ 上位十分の一 1.799701 (計算 2.1) : 既知の値と一致。
2. 平均は H_s の 0.6259 倍 (計算 2.1) : 3 m の海で 1.8776 m。
3. 上位十分の一でも 1.2711 倍 (観察 2.4) : まだ二倍に届かない。
4. 3 時間の最大は 1.9435 倍 (計算 3.1) : 5.8305 m。
5. 模擬実験が 1.9359 (計算 3.1) : 0.4 パーセントで一致。
6. 最大は $\sqrt{\ln N}$ でしか増えない (観察 3.5) : 30 倍で 1.29 倍。

7. 最大だけが観測時間を含む（観察 3.6）：判定になる。
8. 「三分の一」は目視から来た（観察 4.2）：分布の側に理由が無い。
9. 三つとも別根（観察 4.5）：分布・規約・時間。
10. 幅は **3.1 倍**（観察 5.3）：同じ海である。

結び：「波の高さ **3 m**」と聞けば、**3 m** の波が来ると思う——だがその数は、平均でも最大でもない。狭帯域の波高はレイリー分布に従い、有義波高は「高いほうから三分の一の平均」と定義される—— 4×10^6 個を抽出すると、平均 **0.886139**、上位三分の一の平均 **1.415837**、上位十分の一の平均 **1.799701** ($H_{rms} = 1$) で、通説の $0.886 \cdot 1.416 \cdot 1.800$ と一致した。平均は有義波高の **0.6259** 倍しかない——**3 m** の海なら平均は **1.8776 m** で、「**3 m** の波が来る」ではなく「ほとんどの波は **1.9 m** 前後」である。上位十分の一でも **1.2711** 倍 (**3.8134 m**) にしかならず、有義波高は平均と上位十分の一のあいだ、どちらでもない位置に意図的に置かれている。ところが **3** 時間の最大は、ほぼ二倍になる——**1080** 波（周期 **10** 秒）での最大は有義波高の **1.9435** 倍、「 $H_s = 3$ m」の海で **5.8305 m** の波が一度来る。独立な模擬実験（**1080** 波を **2000** 回）が **1.9359** で、閉じた式と **0.4** パーセントで一致した。ただし最大は $\sqrt{\ln N}$ でしか増えず、波数が **30** 倍でも **1.29** 倍にしかならないので、「もっと待てばもっと高い波」はあまり効かない。そして最大だけが観測時間を含んでおり、同じ海が、見ている時間によって別の数を返す。「三分の一」は人間の目から来ている——分布の側に三分の一を選ぶ理由は無く、四分の一でも五分之一でも式は書ける。選ばれたのは、船から「今日の波は何メートル」と答えた訓練された観測者の目視に、上位三分の一の平均が一番近かったからである。目は小さい波を数え落とし、その偏りを統計量の側で吸収した——定義に人間が入っている。論文379で目盛が比を決めたのと同じ形で、測る側の約束が数を作っている。分けているものは一つ——全部を数えるか、上のほうだけを数えるか、一番上だけを見るか。判定は観測時間を倍にして数が動くかどうかで、動けば極値、動かなければ分布の量である。 $H_s = 3$ m の海で、三つの代表値は **1.8776 m**・**3.0000 m**・**5.8305 m** と **3.1 倍** の幅をもつ。同じ海である。論文300の基準で三つとも別根で、平均は分布が、有義波高は分布と規約の組が、最大は分布と観測時間の組が決める。正直に言えば——**5.8305 m** も **1.8776 m** もレイリー分布を仮定した値であり、砕波が起きれば上が切れ、浅水域では分布そのものが変わる。動かないのは、三つの代表値が同じ海から出ていて、三倍の幅をもつことである。最後に一つ——「有義」という語は、統計の言葉ではなく人間の言葉である。**significant** は「目立つ」の意で、目立つ波の高さであって、典型的な波の高さではない。

参考文献

-
1. Longuet-Higgins, M. S. (1952). On the statistical distribution of the heights of sea waves. *Journal of Marine Research*.
 2. Sverdrup, H. U., Munk, W. H. (1947). *Wind, Sea and Swell: Theory of Relations for Forecasting*. Washington: U.S. Navy Hydrographic Office, Pub. No. 601.
 3. Goda, Y. (2010). *Random Seas and Design of Maritime Structures* (3rd ed.). Singapore: World Scientific.
 4. Holthuijsen, L. H. (2007). *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. Cambridge: Cambridge University Press.

5. 山岸勇輝 (2026). 『第三百回の点呼——同根か別根かは判定できる』 [論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914
6. 山岸勇輝 (2026). 『選択だけで平均は上がり、幅は縮む』 [論文364]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22697530
7. 山岸勇輝 (2026). 『「二倍の温度」には三つの答があり、比が2になるのは一つだけである』 [論文379]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22698802
8. 山岸勇輝 (2026). 『溶解度は一つも動いていないのに、溶ける速さが1000倍になる』 [論文386]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699119

— *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)