

重心を一切動かさずに、積荷を増やすだけで復原力が下がる

— 喫水 2 m の **1.1667 m** が、**4.0825 m** で **0.0825 m** まで落ちる (**14.1** 分の **1**) — そこが最小で、その先は上がる — 最小点では ***KB*** と ***BM*** が厳密に一致する — [論文393]

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

「重い物を低く積み船は安定する」と言われる。本稿が示すのは重心を一つも動かさずに復原力を **14.1** 分の **1** にできることである——増やしたのは積荷の量だけである。新しい定理も法則も主張しない。第一に、 **$GM = KB + BM - KG$** で、 **$BM = B^2/(12d)$** は幅の二乗に比例し、喫水に反比例する (第1節)。第二に、幅を **20** パーセント広げると ***GM*** が **1.1667** から **3.0000 m** へ上がる (第2節)。第三に、これが本稿の芯である。重心を動かさずに喫水を深くすると ***GM*** が下がり、**4.0825 m** で最小 **0.0825 m** になる (第3節)。第四に、その最小点では ***KB*** と ***BM*** が厳密に一致する (ともに **2.041241 m**) (第3節)。第五に、幅を **20** パーセント広げるほうが、重心を **1 m** 下げるより **1.8333** 倍効く (第2節)。第六に、分離子は「重心の高さか、水線面の形か」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——メタセンタ高さ、 **$BM = I/V$** 、初期復原力の理論はすべて船舶工学で既知である。船を設計しない——実船の復原性基準や区画を与えない。箱型の一つの模型だけを見る。大傾斜を扱わない——***GM*** は微小傾斜での復原力であり、大傾斜では復原てこ曲線が要る。初期復原力だけを見る。自由水影響を扱わない——液体貨物の移動による見かけの重心上昇は主題ではない。動的な運動を扱わない——横揺れ周期や共振は主題ではない。静的な釣り合いだけを見る。箱型を仮定している——実船の水線面は矩形ではなく、***BM*** の式は補正が要る。定性的な向きは変わらない。既刊との関係 : 論文357 は最大出力と最大効率が別の点であることを示した——ここでは二つの項の和が内点に最小をもつ。論文385 は二つの単調な項の積が内点に最大をもつことを示した——ここでは和が内点に最小をもつ。論文386 は溶解度を動かさずに速さが動くことを示した——ここでは重心を動かさずに復原力が動く。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——重心の高さと水線面の形は、その基準で別根である。加えたのは、四つの操作で ***GM*** を数に出したこと、最小の位置 **$B/\sqrt{6} = 4.082483$ m** と値 **0.082483 m** を求めたこと、最小点で ***KB = BM*** が厳密に成り立つことを示したこと、幅を広げるほうが **1.8333** 倍効くことを示したこと、分離子を「重心か水線面か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：幅 B ・喫水 d の箱型はしけを考える。重心の高さを KG とする。

$$GM = \underbrace{\frac{d}{2}}_{KB} + \underbrace{\frac{B^2}{12d}}_{BM} - KG$$

GM が正なら復原し、負なら転覆する。以下 $B = 10$ m、 $d = 2$ m、 $KG = 4$ m を基準とする。

観察 1.1

KG は一つの項としてしか入っていない。引き算されるだけ——1 m 下げれば GM はちょうど 1 m 上がる。

観察 1.2

B は二乗で入っている。 $BM = B^2/(12d)$ ——幅を 20 パーセント広げれば BM は 44 パーセント増える。

観察 1.3

d は二つの項に逆向きに入っている。 KB には正、 BM には逆数——深くすると片方が上がり、片方が下がる。

問い：船を安定させるために、何を動かすべきか。

2. 幅を広げるほうが、重心を下げるより効く

計算 2.1：基準（ $B = 10$ 、 $d = 2$ 、 $KG = 4$ ）からの操作（本稿で計算）。

操作	GM [m]	基準からの変化
(基準)	1.1667	—
幅を 20 パーセント広げる ($B = 12$)	3.0000	+1.8333
重心を 1 m 下げる ($KG = 3$)	2.1667	+1.0000
喫水を 1 m 深くする ($d = 3$)	0.2778	−0.8889
喫水を 3 m 深くする ($d = 5$)	0.1667	−1.0000

観察 2.2

幅を 20 パーセント広げるほうが、重心を 1 m 下げるより 1.8333 倍効く。+1.8333 対 +1.0000——幅は二乗で入っているからである。

観察 2.3

幅を二倍にすると BM はちょうど四倍になる。4.1667 → 16.6667——二乗の効きが数で確かめられる。

観察 2.4

喫水を二倍にすると BM はちょうど半分になる。4.1667 → 2.0833——逆数の効きも数で確かめられる。

観察 2.5

下の二行は重心を一つも動かしていない。 $KG = 4$ のまま——それでも GM が下がる。

3. 最小は 4.0825 m で 0.0825 m。そこで KB と BM が一致する

計算 3.1：喫水に対する GM ($B = 10$ 、 $KG = 4$ 、本稿で計算)。

喫水 d [m]	KB [m]	BM [m]	GM [m]
2.0000	1.0000	4.1667	1.1667
3.0000	1.5000	2.7778	0.2778
4.0000	2.0000	2.0833	0.0833
4.0825	2.0412	2.0412	0.0825
5.0000	2.5000	1.6667	0.1667
6.0000	3.0000	1.3889	0.3889
8.0000	4.0000	1.0417	1.0417

観察 3.2

これが本稿の芯である。重心を一つも動かさずに、 GM が 1.1667 m から 0.0825 m へ、**14.1** 分の 1 に落ちる——増やしたのは積荷の量だけで、 KG は 4 m のままである。

観察 3.3

最小点で KB と BM が厳密に一致する。ともに 2.041241 m—— $d/2 = B^2/(12d)$ を解けば $d = B/\sqrt{6}$ で、これが 4.082483 m である。

観察 3.4

その先は上がる。 $d = 5$ で 0.1667、 $d = 8$ で 1.0417——単調に悪くなるのではなく、谷がある。

観察 3.5

谷が浅いのではなく、深い。0.0825 m は実船なら危険域——通り抜ける途中に、最も危ない喫水がある。

観察 3.6

論文385 と裏返しの形である。論文385 では二つの単調な項の積が内点に最大をもった——ここでは二つの単調な項の和が内点に最小をもつ。どちらも、端点ではなく途中に極値が立つ。

4. KG を動かさなくても GM が動く理由

観察 4.1

GM は重心と浮力中心の関係であって、重心だけの量ではない。 KB も BM も船体の形から出る—— KG を固定しても、二つは動く。

観察 4.2

$BM = I/V$ である。 I は水線面の断面二次モーメント、 V は排水容積——積荷を増やすと V が増え、 I は増えない。

観察 4.3

だから BM が下がる。分母だけが増える——箱型では水線面が沈んでも幅が変わらないので、 I は一定である。

観察 4.4

KB は上がるが、上がり方が足りない。 $d/2$ の傾きは $1/2$ —— BM の下がり方 $B^2/(12d^2)$ が、 $d < B/\sqrt{6}$ ではこれを上回る。

観察 4.5

論文300 の基準で別根である。 KG は積荷の配置が、 BM は水線面の形と排水量が決める——同じ「安定性」に、根の違う二つが並んでいる。

5. 分離子：重心の高さか、水線面の形か

観察 5.1

分離子——積荷を上下に動かしたか、量を増やしたか。

操作	KG	BM	GM
同じ量を低く積み直す	下がる	不変	上がる
量を増やす（重心の高さは同じ）	不変	下がる	下がる
幅を広げる	不変	二乗で上がる	大きく上がる

観察 5.2

二行目が直感に反する。重心の高さは変わっていないのに悪くなる——「重心さえ低ければよい」では説明できない。

観察 5.3

三行目が最も効く。**+1.8333**——ただし幅は自由に変えられない量である。

観察 5.4

分離子は検証できる。同じ船に同じ重心高で積荷を増やして傾斜試験をする—— **GM** が下がる。

観察 5.5

正直に言えば——**0.0825 m** も **4.082483 m** も、箱型で水線面が矩形という模型の値である。実船では船首尾が細く、 **I** が喫水で変わる——動かないのは、 **KB** と **BM** が逆向きに動くことと、最小点で両者が一致することである。

観察 5.6

最後に一つ——「重心を下げれば安定する」は正しい。正しいが、動かせる量のうち最も効かないほうを指している——正しい対策が、最良の対策とはかぎらない。

6. 点呼と結び

1. $GM = KB + BM - KG$ (第1節) : KG は引き算されるだけ。
2. 幅 20 パーセントで +1.8333 (計算 2.1) : 重心 1 m の 1.8333 倍。
3. 幅二倍で BM 四倍 (観察 2.3) : 二乗の効き。
4. 喫水二倍で BM 半分 (観察 2.4) : 逆数の効き。
5. 1.1667 m から 0.0825 m へ (計算 3.1) : 14.1 分の 1。
6. KG は 4 m のまま (観察 3.2) : 重心を動かしていない。
7. 最小点で $KB = BM = 2.041241$ (観察 3.3) : $d = B/\sqrt{6}$ 。
8. その先は上がる (観察 3.4) : 谷がある。
9. $BM = I/V$ の分母だけが増える (観察 4.2) : I は一定。
10. 正しい対策が最良とはかぎらない (観察 5.6) : 幅のほうが効く。

結び : 「重い物を低く積みば船は安定する」と言われる——だが重心を一つも動かさずに、復原力を 14.1 分の 1 にできる。初期復原力は $GM = KB + BM - KG$ で、 $KB = d/2$ 、 $BM = B^2/(12d)$ である—— KG は引き算される一項でしかなく、1 m 下げれば GM はちょうど 1 m 上がる。一方 B は二乗で入り、幅を二倍にすると BM はちょうど四倍 (4.1667 → 16.6667) になる。 d は二つの項に逆向きに入り、深くすると KB が上がって BM が下がる。だから幅を広げるほうが、重心を下げるより効く——基準 ($B = 10$ m、 $d = 2$ m、 $KG = 4$ m) の $GM = 1.1667$ m から、幅を 20 パーセント広げると 3.0000 m (+1.8333)、重心を 1 m 下げると 2.1667 m (+1.0000) ——1.8333 倍の差がある。幅が二乗で入っているからである。そして重心を動かさずに喫水を深くすると、 GM が下がる—— $KG = 4$ m のまま、1.1667 m から 4.0825 m の喫水で 0.0825 m まで落ちる。最小点では KB と BM が厳密に一致し、ともに 2.041241 m である—— $d/2 = B^2/(12d)$ を解けば $d = B/\sqrt{6} = 4.082483$ m。その先は上がり、 $d = 5$ で 0.1667、 $d = 8$ で 1.0417 となって、単調に悪くなるのではなく谷がある。谷は浅くない——0.0825 m は実船なら危険域であり、通り抜ける途中で最も危ない喫水がある。論文385 で二つの単調な項の積が内点に最大をもったのと裏返しの形で、ここでは和が内点に最小をもつ。 KG を動かさなくても GM が動くのは、 GM が重心だけの量ではないからである—— $BM = I/V$ で、積荷を増やすと排水容積 V が増える一方、箱型では水線面が沈んでも幅が変わらないので I は一定である。分母だけがが増えて BM が下がる。 KB は上がるが、傾きが 1/2 でしかなく、 $d < B/\sqrt{6}$ では BM の下がり方 $B^2/(12d^2)$ がこれを上回る。論文300 の基準で別根であり、 KG は積荷の配置が、 BM は水線面の形と排水量が

決める。分けているものは一つ——積荷を上下に動かしたか、量を増やしたか。同じ量を低く積み直せば KG が下がって GM が上がるが、量を増やせば KG が変わらないまま BM が下がって GM が下がる。「重心さえ低ければよい」では二行目を説明できない。判定はできる——同じ船に同じ重心高で積荷を増やして傾斜試験をすれば、 GM が下がる。正直に言えば—— 0.0825 m も 4.082483 m も、水線面が矩形という箱型の模型の値である。実船では船首尾が細く、 I が喫水で変わる。動かないのは、 KB と BM が逆向きに動くことと、最小点で両者が一致することである。最後に一つ——「重心を下げれば安定する」は正しい。正しいが、動かせる量のうち最も効かないほうを指している。正しい対策が、最良の対策とはかぎらない。

参考文献

1. Bouguer, P. (1746). *Traité du navire, de sa construction et de ses mouvements*. Paris: Jombert.
 2. Rawson, K. J., Tupper, E. C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
 3. Biran, A., López-Pulido, R. (2013). *Ship Hydrostatics and Stability* (2nd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
 4. International Maritime Organization (2008). *International Code on Intact Stability, 2008*. London: IMO.
 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). 『最大出力と最大効率、同じ点ではない』[論文357]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22697180
 7. 山岸勇輝 (2026). 『撚りは繊維を荷重方向から傾けるだけなのに、撚らない糸の強度はゼロである』[論文385]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699091
 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)