地球の磁気の盾は、太陽風が 64 倍強く押しても半分にしか縮まない

— 動圧を 10・64・100 倍にしても位置は 0.681292・0.500000・0.464159 倍にしかならない — 分離子は、押し返す側の圧力が距離の何乗で減るか — [論文780]

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

太陽風が強まると、地球の磁気圏は押し込まれる。どれだけ押し込まれるかは、押す力の強さだけで決まるように見える。太陽風の動圧と地球の磁気圧の釣り合いから、境界の位置と、押す力への感度を数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、境界は十地球半径ほどの位置に決まる——双極子のままで **8.133240**、境界で磁場が二倍と置けば **10.247240** 地球半径（第2節）。 第二に、押す力を大きく変えても、位置は少ししか動かない——動圧 10 倍で **0.681292** 倍、100 倍でも **0.464159** 倍（第3節）。 第三に、これが本稿の芯である。64 倍で、ちょうど半分——二分法で解いた位置の比は **0.500000000000**、対数の傾きは **−0.166667**（第3節）。 第四に、押し返す側の減り方が変われば、感度も変わる——ヘリオポーズのように距離の **−2** 乗で減る相手なら、傾き **−0.500000**、64 倍で **0.125000** 倍（第3節）。 第五に、静止軌道まで押し込むのに要る動圧は、**13.779259** 倍である——静止軌道の半径は **6.618140** 地球半径で、密度 20 個/cm^3・800 km/s の風（16 倍）なら **6.455357** 地球半径（第3節）。 第六に、分離子は、押し返す側の圧力が距離の何乗で減るかである——「太陽風が強まれば盾は大きく押し込まれる」は、押し返す側の減り方を言うまで真偽が決まらない（第4節）。 キーワード：磁気圏、太陽風、動圧、磁気圧、双極子磁場、圧力の釣り合い。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——太陽風の動圧と地球の磁気圧の釣り合いで磁気圏の境界を見積もること（チャップマンとフェラーロ）、その位置が動圧の $-1/6$ 乗に比例することは、いずれも既知である（チャップマン＆フェラーロ 1931、キヴェルソン＆ラッセル 1995）。模型は最も簡単なものである——境界で磁場が二倍になる（$f = 2$）という置き方は、平らな境界で磁場が押し返されるときの値で、実在の磁気圏の形は扱わない。太陽風の中身を入れない——太陽風の磁場、プラズマの熱圧、磁場のつなぎかわりは入れない。値は代表値である——太陽風の密度 5 個/cm^3・速さ 400 km/s、地表の赤道の磁場 3.12×10^{-5} T。衛星の運用を主張しない——静止軌道の衛星が、いつどれだけ太陽風にさらされるかは扱わない。既刊との関係：論文337 は、太陽系の「果て」が五つあり、その一つのヘリオポーズが太陽風が星間物質に負ける面であることを示した——その射程注記は太陽風の物理を扱わないと明記していた。そこでは押し合いの面を果ての一つとして並べた。ここでは同じ押し合いの面でも、押し返す側が距離の何乗で減るかで、押す力への感度が $1/6$ と $1/2$ に分かれることを数える。論文410 は、磁場は仕事をしないのに粒子を閉じ込めることを双極子の幾何で示した——その射程注記は太陽風を主題にしないと明記していた。そこでは双極子が内側の粒子を閉じ込めた。ここでは同じ双極子が、外からの圧力を押し返す。加えたのは、境界の位置を閉じた式と二分法の二通りで出したこと、動圧を 10〜100 倍に動かし、64 倍でちょうど半分になることを二分法で確かめたこと、-2 乗で減る相手と並べて感度の違いを示したこと、静止軌道まで押し込む動圧 **13.779259** 倍を出したこと、分離子を「押し返す側の減り方」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：地表の赤道の磁場を B_0、地球半径を R_E とする。双極子の磁場は距離の -3 乗、磁気圧は -6 乗で減る。境界で磁場が f 倍になるとして、磁気圧と太陽風の動圧 ρv^2 を釣り合わせる。

$$\frac{(fB_0)^2}{2\mu_0}\left(\frac{R_E}{r}\right)^6 = \rho v^2 \qquad \Longrightarrow \qquad \frac{r}{R_E} = \left(\frac{f^2 B_0^2}{2\mu_0\,\rho v^2}\right)^{1/6}$$

押し返す圧力が一般に距離の $-n$ 乗で減るなら、位置は押す圧力の $-1/n$ 乗で動く。

問い：太陽風が強く押すと、地球の磁気の盾はどれだけ縮むか。

2. 境界の位置

計算 2.1：密度 5 個/cm^3・速さ 400 km/s の太陽風（動圧 1.338098 nPa）と、$B_0 = 3.12 \times 10^{-5}$ T の双極子を釣り合わせた。閉じた式と、釣り合いを二分法で解く道の二通りで出した。

置き方	閉じた式	二分法
双極子のまま（$f = 1$）	**8.133240** 地球半径	**8.133240** 地球半径
境界で磁場が二倍（$f = 2$）	**10.247240** 地球半径	**10.247240** 地球半径

> **観察 2.2**
>
> 境界は十地球半径ほどの位置に決まる。二通りの出し方は相対差 2.220×10^{-16} で一致した——以下では $f = 2$ の **10.247240** 地球半径を基準にする。

3. 押す力への感度

計算 3.1：動圧と磁場を動かし、位置の比を出した。押し返す圧力が -6 乗で減る場合と、-2 乗で減る場合の対数の傾きも、二分法で解いた位置から測った。

変えたもの	位置の比	位置（$f = 2$）
動圧 **10** 倍	**0.681292**	**6.981364** 地球半径
動圧 **16** 倍	**0.629961**	**6.455357** 地球半径
動圧 **64** 倍	**0.500000**	**5.123620** 地球半径
動圧 **100** 倍	**0.464159**	**4.756348** 地球半径
地球の磁場が半分	**0.793701**	**8.133240** 地球半径

押し返す圧力の減り方	対数の傾き	動圧 64 倍での位置の比
距離の -6 乗（双極子）	**−0.166667**	**0.500000**
距離の -2 乗（広がる風）	**−0.500000**	**0.125000**

観察 3.2

押す力を大きく変えても、位置は少ししか動かない。動圧を 10 倍にしても 0.681292 倍、100 倍でも 0.464159 倍である——押す力が二桁変わっても、盾は半分より少し小さくなるだけである。

観察 3.3

これが本稿の芯である。64 倍で、ちょうど半分。二分法で解いた位置の比は 0.500000000000、対数の傾きは -0.166667 である——位置を半分にすると磁気圧は $2^6 = 64$ 倍になるので、押す力も 64 倍要る。

観察 3.4

押し返す側の減り方が変われば、感度も変わる。ヘリオポーズのように、押し返す側が広がる風で距離の -2 乗で減るなら、傾きは -0.500000、同じ 64 倍で 0.125000 倍まで縮む——盾が押す力に鈍いのは、双極子の磁気圧が距離で急に減るからである。

観察 3.5

地球の磁場を半分にした位置 8.133240 地球半径は、$f = 1$ の位置と同じ値である。式の中で f と B_0 は積 fB_0 でしか入らないからで、二つの置き方の同じ式の値である。磁場への感度は $1/3$ 乗で、半分で 0.793701 倍になる。

計算 3.6：静止軌道の半径を、地球の重力定数と一恒星日から出し、$f = 2$ の境界をそこまで押し込む動圧の倍率を出した。

量	値
静止軌道の半径	6.618140 地球半径
そこまで押し込む動圧	13.779259 倍
密度 20 個/cm^3・800 km/s の風	16.000000 倍・6.455357 地球半径

観察 3.7

静止軌道まで押し込むのに要る動圧は、**13.779259** 倍である。密度が 4 倍・速さが 2 倍の風は動圧 16 倍で、境界は 6.455357 地球半径と静止軌道の内側に入る計算になる——鈍い盾でも、密度と速さが同時に上がれば届く。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、押し返す側の圧力が距離の何乗で減るかである。-6 乗なら押す力への感度は $-1/6$ で 64 倍でも半分、-2 乗なら $-1/2$ で 64 倍に 0.125000 倍——「太陽風が強まれば盾は大きく押し込まれる」は、押し返す側の減り方を言うまで真偽が決まらない。

観察 4.2

論文337・論文410 と並べる。337 はヘリオポーズを、太陽風が星間物質に負ける面として果ての一つに並べ、410 は双極子が内側の粒子を閉じ込めることを示した——ここでは同じ押し合いの面を、押し返す側の減り方で分け、同じ双極子が外からの圧力にどれだけ鈍いかを数えた。

観察 4.3

言わないこと。境界の形、太陽風の磁場やプラズマの圧力、衛星がいつさらされるかは扱わない——示したのは、盾の位置が押す力の $-1/6$ 乗でしか動かないことと、その指数が押し返す側の減り方で決まることである。

5. 点呼と結び

1. 動圧 **1.338098 nPa**（計算 2.1）：太陽風の押す力。
2. $f = 2$ で **10.247240** 地球半径（計算 2.1）：境界の位置。
3. $f = 1$ で **8.133240** 地球半径（計算 2.1）：双極子のまま。
4. 動圧 10 倍で **0.681292** 倍（観察 3.2）：少ししか動かない。

5. **64 倍で 0.500000000000**（観察 3.3）：本稿の芯。
6. **傾き −0.166667**（計算 3.1）：**−6** 乗の相手。
7. **傾き −0.500000・0.125000 倍**（観察 3.4）：**−2** 乗の相手。
8. **磁場半分で 0.793701 倍**（観察 3.5）：**1/3** 乗。
9. **静止軌道まで 13.779259 倍**（観察 3.7）：届くのに要る力。
10. **押し返す側の減り方**（観察 4.1）：**分離子・論文337・論文410**。

結び：地球の磁気の盾は、太陽風が 64 倍強く押しても半分にしか縮まない。密度 5 個/cm³・速さ 400 km/s の太陽風の動圧 1.338098 nPa と地球の磁気圧を釣り合わせると、境界は双極子のままで 8.133240、境界で磁場が二倍と置けば 10.247240 地球半径に決まる——動圧を 10 倍にしても 0.681292 倍、100 倍でも 0.464159 倍にしかならず、64 倍でちょうど半分である。押し返す磁気圧が距離の −6 乗で減るので感度は −1/6 で、ヘリオポーズのように −2 乗で減る相手なら同じ 64 倍で 0.125000 倍まで縮む。静止軌道まで押し込むには動圧 13.779259 倍が要る——盾が鈍いのは、押し返す側が距離で急に減るからである。分離子は、押し返す側の圧力が距離の何乗で減るかである。既刊との位置——論文337 は押し合いの面を果ての一つに並べ、論文410 は双極子の閉じ込めを数えた。ここは同じ双極子が外からの圧力にどれだけ鈍いかを数えた。正直に言えば——境界の形も太陽風の中身も衛星の運用も扱っていない。

参考文献

1. Chapman, S., & Ferraro, V. C. A. (1931). A new theory of magnetic storms. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*.
2. Kivelson, M. G., & Russell, C. T. (Eds.). (1995). *Introduction to Space Physics*. Cambridge University Press.
3. 山岸勇輝 (2026).『太陽系の「果て」は五つあり、最小と最大は 5106 倍ひらく』[論文337]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22681940
4. 山岸勇輝 (2026).『磁場は仕事をしないのに、粒子を閉じ込める』[論文410]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699628

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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