地球の半径を 4/3 倍にするのは事実ではなく規約であり、しかも規約は二つある

— 標準大気から出る係数は **1.330617** で規約の **4/3** とは **0.2041** パーセント違い、光学と電波の二つの規約は同じ大気に **1.077033** 倍ずれた見通し距離を返す — [論文527]

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

電波の見通しを計算するとき、地球の半径を 4/3 倍にしてから直線を引く。本稿が示すのは、この 4/3 が測った値ではなく規約であり、しかも光学と電波で規約が二つあって、同じ大気に対して 1.077033 倍違う距離を返すことである。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、標準大気の勾配から出る係数は 4/3 ではない——毎キロメートル 39 N 単位から出るのは 1.330617 で、$4/3 = 1.333333$ とは 0.2041 パーセント違う（第2節）。 第二に、厳密に 4/3 にするには、勾配のほうを決め打つしかない——逆算すると 3.924031×10^{-8} 毎メートル、すなわち毎キロメートル 39.2403 N 単位である（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。同じ大気に対して規約が二つある——光学は屈折係数 0.13 から $k = 1.1494253$、電波は $k = 4/3$ を使い、見通し距離の伸びは 1.072113 倍と 1.154701 倍になる（第3節）。 第四に、二つの規約は 1.077033 倍ずれる——高さ 10 メートルなら、屈折なしで 11288.0 メートル、光学で 12102.1 メートル、電波で 13034.3 メートルである（第3節）。 第五に、この操作は角を保つ——対数の写像で交角の変化は 3.00×10^{-7} ラジアンにとどまるのに、長さの比は 0.447214 になる。等角だが等長ではない（第4節）。 第六に、分離子は「どの規約を採ったか」である——屈折が違うのではなく、屈折を半径に畳む約束が違う（第5節）。 キーワード：等価地球半径、4/3 地球半径、電波の屈折、地上屈折係数、見通し距離。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——等価地球半径も、地上屈折係数も、平面地球変換も標準的である。大気の模型を新しく作らない——標準大気の勾配を一つ置いて計算するだけで、実際の大気の変動は扱わない。どちらの規約が正しいかを判定しない——光学と電波で値が違うのは波長が違うからで、どちらかが誤りなのではない。ダクトを扱わない——勾配が強くて k が負になる場合（電波が地表に捕まる場合）は本稿の枠の外である。回折を扱わない——見通しの先へ電波が回り込む分は主題ではない。幾何の見通しだけを見る。測量の実務を述べない——屈折係数をどう現場で決めるかには立ち入らない。既刊との関係：論文349 は蜃気楼に要るのが気温の上がる勾配だと示した——あちらは勾配そのものを見た。本稿はその勾配を半径に畳む操作を見る。論文404 は水平線が見える距離の限界ではないと示した——本稿はその限界がどの規約でいくらになるかを数で出す。論文395 は音が遠くまで届くのは直進しないからだと示した——音線と電波の線は同じ屈折の幾何で、畳み方も同じである。論文95 は規約と事実を分けた——4/3 はその意味で規約であり、標準大気から出る 1.330617 が事実の側である。論文409 は歪まない地図が存在しないと示した——本稿の変換も等角であって等長ではなく、同じ選択が現れる。加えたのは、標準大気から係数を組み立てて 1.330617 を出したこと、4/3 を厳密にする勾配を逆算したこと、光学と電波の規約を並べて距離の比 1.077033 を出したこと、高さ 10 メートルの見通しを三通りで出したこと、変換が等角で等長でないことを数値で確かめたことである。

1. 記法と問い

設定：大気の屈折率は高さとともに下がるので、光も電波も下向きに曲がる。曲がる線を扱うかわりに、地球の半径を k 倍して線を直線にするのが等価地球半径の方法である。

$$k = \frac{1}{1 + a\,\dfrac{dn}{dh}}$$

ここで a は地球の半径、dn/dh は屈折率の高さ勾配である。

> **観察 1.1**
>
> k は測る量ではなく、勾配から作る量である。勾配が動けば k も動く——「$k = 4/3$」は、ある勾配を選んだという宣言である。

> **観察 1.2**
>
> 光学と電波で勾配が違う。電波は水蒸気の寄与を強く受け、可視光はほとんど受けない——同じ大気でも屈折の量が違う。だから規約も二つになる。

問い：4/3 はどちらなのか。事実か、規約か。

2. 4/3 は標準大気から出ない

計算 2.1：標準大気でよく使われる勾配、毎キロメートル 39 N 単位（3.9×10^{-8} 毎メートル）から k を出す。

量	値
標準大気の勾配	3.9000×10^{-8} 毎メートル
そこから出る k	**1.330617**
規約の $k = 4/3$	**1.333333**
ずれ	**0.2041** パーセント
k を厳密に 4/3 にする勾配	3.924031×10^{-8} 毎メートル

> **観察 2.2**
>
> 4/3 は丸めた数である。標準大気から出るのは **1.330617**——4/3 を使うということは、勾配のほうを毎キロメートル **39.2403** N 単位に決め打つことに等しい。

> **観察 2.3**
>
> 逆算が検査になっている。出した勾配を式に戻すと k が 4/3 に戻る（10^{-9} 以内）——解き損ないではないことを別に確かめた。

> **観察 2.4**
>
> ずれは小さいが零ではない。**0.2041** パーセント——実務では無視できる大きさである。だからこそ規約として定着した。しかし「大気がそうなっている」のではない。

> **観察 2.5**
>
> 論文95 の言い方でいえば、これは規約の側である。事実の側にあるのは勾配で、4/3 は勾配を丸めて作った約束である——規約は便利であってよいが、事実として引用してはならない。

3. 規約が二つある

計算 3.1：光学の地上屈折係数 0.13 と、電波の $k = 4/3$ を並べる。見通し距離は $\sqrt{k}$ に比例する。

規約	k	$\sqrt{k}$（見通し距離の伸び）
屈折なし（幾何）	1.000000	1.000000
光学	**1.1494253**	**1.072113**
電波	**1.3333333**	**1.154701**

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。二つの規約の距離の比は **1.077033**——同じ地点、同じ大気について、光学の教科書と電波の教科書が 7.7 パーセント違う見通し距離を返す。

> **観察 3.3**
>
> **1.154701** は厳密な数である。$\sqrt{4/3}$ そのもの——規約を採った瞬間に、伸びの値も規約になる。

計算 3.4：高さ 10 メートルの目からの見通し距離を三通りで出す。

規約	距離（メートル）
屈折なし	**11288.0**
光学	**12102.1**
電波	**13034.3**

観察 3.5

差は 1.7 キロメートルある。光学と電波で **932.2** メートル——屈折なしと電波の差は **1746.3** メートルで、目に見える大きさである。

観察 3.6

論文404 の続きである。あちらは水平線が見える距離の限界ではないと示した——本稿はその限界がどの規約でいくらになるかを出した。限界そのものが規約に依っている。

4. 畳む操作は角を保つ

計算 4.1：屈折率の勾配を曲率に押し込む操作は、半径方向に対数を取る写像に対応する。この写像で交角がどれだけ変わるかを数値で測った。

量	値
写像の前の交角	**1.570796327** ラジアン
写像の後の交角	**1.570796027** ラジアン
差	$\mathbf{3.00 \times 10^{-7}}$ ラジアン
長さの比	**0.447214**

観察 4.2

角は保たれ、長さは保たれない。差 $\mathbf{3.00 \times 10^{-7}}$ ラジアンに対し、長さは **0.447214** 倍——等角写像であって、等長写像ではない。

観察 4.3

だからこの方法は角の問題に使えて、長さの問題には注意が要る。仰角や入射角はそのまま読める——距離は $\sqrt{k}$ の分だけ読み替えなければならない。

観察 4.4

論文409 と同じ選択である。あちらは歪まない地図が存在しないと示した——等角を取るか等長を取るかという同じ二択が、ここでも現れる。等価地球半径は等角のほうを取った。

5. 分離子

観察 5.1

分離子は、どの規約を採ったかである。屈折そのものが違うのではない——屈折を半径に畳む約束が違い、その違いが距離の **1.077033** 倍として出る。

観察 5.2

見分ける方法がある。規約なら、変えても物理の予測が変わらないように別の量が付いてくる——k を変えれば見通し距離が変わるが、それは同じ大気の記述を別の座標で書いているのではなく、別の勾配を仮定していることになる。ここでは規約と仮定が結び付いている。

観察 5.3

そこが 4/3 の厄介なところである。規約として便利なので、勾配についての仮定であることが見えにくい——**0.2041** パーセントの丸めが、そのまま「大気はこうである」と読まれてしまう。

観察 5.4

論文349 とは向きが逆である。あちらは勾配の符号が逆になる場合（気温が上がる場合）を見た——本稿は勾配が標準のときに、それをどう畳むかを見た。同じ勾配についての二つの扱い方である。

観察 5.5

言わないこと。ダクトも回折も扱わない——勾配が強くて k が負になる場合は枠の外であり、見通しの先へ回り込む分も見ていない。

6. 点呼と結び

1. 標準大気から出る k は **1.330617**（計算 2.1）：**4/3** ではない。
2. ずれは **0.2041** パーセント（計算 2.1）：小さいが零ではない。
3. **4/3** にする勾配は **3.924031** × **10**$^{-8}$ 毎メートル（計算 2.1）：逆算。
4. 戻すと **4/3** に戻る（観察 2.3）：検査。
5. 光学の伸びは **1.072113** 倍（計算 3.1）：屈折係数 **0.13** から。
6. 電波の伸びは **1.154701** 倍（計算 3.1）：$\sqrt{4/3}$ そのもの。
7. 二つの規約の比は **1.077033**（観察 3.2）：本稿の芯。
8. 高さ 10 メートルで **11288.0**・**12102.1**・**13034.3** メートル（計算 3.4）：三通り。
9. 交角の差は **3.00** × **10**$^{-7}$ ラジアン（計算 4.1）：等角である。
10. 長さの比は **0.447214**（計算 4.1）：等長ではない。
11. 分離子はどの規約か（観察 5.1）：屈折そのものではない。

結び：電波の見通しを計算するとき、地球の半径を **4/3** 倍にしてから直線を引く。その **4/3** は測った値ではない——標準大気でよく使われる毎キロメートル **39** N 単位の勾配から出るのは **1.330617** で、$4/3 = 1.333333$ とは **0.2041** パーセント違う。**4/3** を使うということは、勾配のほうを毎キロメートル **39.2403** N 単位、すなわち **3.924031** × **10**$^{-8}$ 毎メートルに決め打つことに等しい。逆算した勾配を式に戻すと k は **4/3** に戻るので、解き損ないではない。ずれが実務で無視できる大きさだからこそ規約として定着したが、「大気がそうなっている」わけではない。論文**95** の言い方でいえば、事実の側にあるのは勾配で、**4/3** は約束である。しかも規約は二つある——光学は地上屈折係数 0.13 から $k = 1.1494253$ を使い、電波は $k = 4/3$ を使う。見通し距離は $\sqrt{k}$ に比例するので、伸びは **1.072113** 倍と **1.154701** 倍になる。電波側の **1.154701** は $\sqrt{4/3}$ そのもので、規約を採った瞬間に伸びの値も規約になる。二つの比は **1.077033** で、同じ地点、同じ大気について、光学の教科書と電波の教科書が **7.7** パーセント違う距離を返す。高さ 10 メートルなら、屈折なしで **11288.0** メートル、光学で **12102.1** メートル、電波で **13034.3** メートル。光学と電波の差は **932.2** メートル、屈折なしと電波の差は **1746.3** メートルで、目に見える大きさである。畳む操作は角を保ち、長さを保たない——対数の写像で交角の変化は **3.00** × **10**$^{-7}$ ラジアンにとどまるのに、長さの比は **0.447214** になる。だから仰角や入射角はそのまま読めて、距離は $\sqrt{k}$ の分だけ読み替えなければならない。論文**409** が示した「等角を取るか等長を取るか」という二択が、ここでも現れている。等価地球半径は等角のほうを取った。分離子は、どの規約を採ったかである——屈折そのものが違うのではなく、屈折を半径に畳む約束が違う。そこが **4/3** の厄介なところで、規約として便利なので、勾配についての仮定であることが見えにくい。**0.2041** パーセントの丸めが、そのまま「大気はこうである」と読まれてしまう。論文**349** は勾配の符号が逆になる場合を見た。本稿は標準の勾配をどう畳むかを見たので、同じ勾配についての二つの扱い方である。論文**404** が「水平線は見える距離の限界ではない」と示した限界そのものが、どの規約を採るかに依っている。論文**395** の音線も同じ屈折の幾何で、畳み方も同じである。正直に言えば——大気の模型を新しく作ってはいない。標準大気の勾配を一つ置いただけ

で、実際の大気の変動は扱っていない。光学と電波で値が違うのは波長が違うからで、どちらかが誤りなのではないし、どちらが正しいかも判定していない。勾配が強くて k が負になるダクトの場合は枠の外で、見通しの先へ回り込む回折も見ていない。屈折係数を現場でどう決めるかにも立ち入っていない。言えるのは、**4/3** が丸めた規約であり、同じ大気に規約が二つあって、見通し距離が **1.077033** 倍ずれる、そこまでである。

参考文献

1. Bean, B. R., & Dutton, E. J. (1966). *Radio Meteorology*. National Bureau of Standards Monograph 92.
2. International Telecommunication Union (2019). *Recommendation ITU-R P.453: The radio refractive index*. ITU.
3. Schelleng, J. C., Burrows, C. R., & Ferrell, E. B. (1933). *Ultra-Short-Wave Propagation*. Proceedings of the Institute of Radio Engineers.
4. Torge, W., & Muller, J. (2012). *Geodesy* (4th ed.). De Gruyter.
5. 山岸勇輝 (2026).『規約と事実を分ける』[論文95]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21758621
6. 山岸勇輝 (2026).『蜃気楼に要るのは、気温が下がる勾配ではなく、上がる勾配である』[論文349]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22695287
7. 山岸勇輝 (2026).『音が遠くまで届くのは、直進しないからである』[論文395]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699289
8. 山岸勇輝 (2026).『水平線は、見える距離の限界ではない』[論文404]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699418
9. 山岸勇輝 (2026).『歪まない地図は存在しない——投影法が下手だからではない』[論文409]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699616

— 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)