

遠くの音がよく聞こえる夜は、空が暖かい

— 音速は 0 度で **331.3000** m/s、30 度で **349.0194** m/s — 上空が冷たい通常の大気では入射 80 度の音線が **77.5204** 度へ上を向くが、逆転層では **83.3000** 度へ下を向く — 臨界角 **82.5593** 度より浅ければ全反射して地表へ戻る — [論文474]

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

音が遠くまで届くのは、静かだからだと思われている。本稿が示すのは、上空の温度が音を曲げ返していることである——通常の大気では上へ逃げ、逆転層では下へ戻る。符号が逆である。新しい定理も法則も主張しない。第一に、音速は 0 度で **331.3000000** m/s という既知の値になる（第2節）。第二に、**-10** 度から **30** 度で **325.1790** から **349.0194** m/s へ動く（第2節）。第三に、これが本稿の芯である。入射 **80** 度の音線が、通常の大気では **77.5204** 度へ、逆転層では **83.3000** 度へ曲がる（第3節）。第四に、曲がる向きが逆であることが、**80** 度からの差の符号で示される（第3節）。第五に、臨界角 **82.5593** 度より浅い音線には屈折の解が存在せず、全反射する（第3節）。第六に、分離子は「減衰の問題か、屈折の問題か」である（第4節）。キーワード：音の屈折、音速、気温の逆転、スネルの法則、音の伝搬。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——音速の温度依存性、スネルの法則、大気中の音の屈折はすべて既知である。気象を予測しない——いつ逆転層ができるか、どこで起きるかは主題ではない。騒音を評価しない——どれだけうるさく聞こえるか、基準を満たすかは主題ではない。風を含めない——風速の勾配も音線を曲げ、実際には温度と同程度かそれ以上に効く。ここでは温度だけを見る。層を二つに単純化する——地表と上空の二層で扱う。実際の大気は連続的に変化し、音線は曲線を描く。吸収と地面効果を扱わない——大気吸収、地面での反射・吸収は主題ではない。既刊との関係：論文473 は分けているのが電場ではなくゲルであることを示した——そこでも、名前のついた側と働いている側が違った。論文300 は同根か別根かが判定できることを示した——「音が減る」と「音が曲がる」は、その基準で別根である。論文456 は距離を倍にしても半分にならないことを示した——そこでは幾何的な広がりだけを見て、屈折を除いていた。本稿はその外側を扱う。加えたのは、四つの温度で音速を出して既知の値と照合したこと、通常の大気と逆転層で屈折角を出したこと、曲がる向きが逆であることを符号で示したこと、臨界角を **82.5593** 度と出して、その外側で解が存在しないことを確かめたこと、分離子を「減衰か屈折か」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：乾燥空気中の音速は、摂氏温度 T に対して

$$c(T) = 331.3 \sqrt{1 + \frac{T}{273.15}}$$

で与えられる。音速の異なる二層の境界での音線の曲がり方は、スネルの法則

$$\frac{\sin \theta_1}{c_1} = \frac{\sin \theta_2}{c_2}$$

に従う（ θ は鉛直からの角）。以下、地表 20 度、通常の上空 15 度、逆転層の上空 25 度とする。

観察 1.1

音が遠くまで届くのは、静かだからだと思われる。夜は雑音が減る——だから遠くの音が聞こえる、という説明である。

観察 1.2

だが音速は温度で変わる。温度が高いほど速い——速さが場所で違えば、音線は曲がる。

問い：どちらへ、どれだけ曲がるのか。

2. 音速は 40 度の差で 23.84 m/s 動く

計算 2.1：四つの温度で音速を出す。

温度 [°C]	音速 [m/s]
-10	325.1790
0	331.3000
15	340.2751
30	349.0194

観察 2.2

0 度で **331.3000000** m/s という既知の値になる。定義から自明だが——15 度の **340.2751** も、教科書の「約 **340**」と合う。独立な確認である。

観察 2.3

40 度の差で **23.84** m/s 動く。**7.3** パーセント——光の屈折率でいえば、大きな差である。

観察 2.4

そして温度は高さで変わる。通常は上へ行くほど冷たく、晴れた夜は地表が冷えて逆になる——音にとって、大気は屈折率の勾配を持つ媒質である。

3. 通常は上へ、逆転層では下へ曲がる

計算 3.1：地表 20 度から入射角 80 度で出た音線が、上空でどの角になるかを出す。

上空	音速 [m/s]	屈折角 [度]	80 度からの差
通常（15℃）	340.2751	77.5204	−2.4796
逆転層（25℃）	346.1292	83.3000	+3.3000

観察 3.2

通常の大気では、角が小さくなる。80 度から **77.5204** 度へ——鉛直に近づく、すなわち上へ向かう。

観察 3.3

逆転層では、角が大きくなる。80 度から **83.3000** 度へ——水平に近づき、やがて下へ戻る。

観察 3.4

符号が逆であることが、差の積が負になることで示される。 -2.4796 と $+3.3000$ ——同じ大気、同じ音、上空の温度だけが違う。

計算 3.5：逆転層で全反射が起きる臨界角を出す。

82.5593 度である。

観察 3.6

これより浅い角の音線には、屈折の解が存在しない。**83.5593** 度で確かめると、 $\sin$ が 1 を超える——上へ抜けられず、全反射して地表へ戻る。

観察 3.7

だから逆転層は、音を地表に閉じ込める導波路になる。上へ逃げるはずの音が戻ってくる——遠くの音がよく聞こえる夜の正体である。

4. 分離子

分離子：減衰の問題か、屈折の問題か。

観察 4.1

減衰の問題なら、周りの雑音と距離で決まる。静かなら聞こえる——夜の説明として自然である。

観察 4.2

屈折の問題なら、上空の温度で決まる。同じ静けさでも、上空が冷たければ聞こえない——条件が空にある。

観察 4.3

これは論文300の基準で別根である。どちらも「よく聞こえる」と呼ばれる——一方は雑音との比の量、一方は音線の経路の量である。

観察 4.4

論文456が除いていた側である。そこでは幾何的な広がりだけを見て、屈折を射程注記で外していた——本稿はその外側を扱う。距離減衰の式は、音線が直進する場合にしか成り立たない。

観察 4.5

論文473とも重なる。そこでは分けているのが電場ではなくゲルだった——ここでは届かせているのが静けさではなく上空の温度である。どちらも、目立つ側が働いていない。

観察 4.6

そして逆転層は、晴れて風のない夜に地表が放射冷却することで生じる。「静かな夜」と「逆転層の夜」が同じ夜である——だから二つの説明が混ざり、区別がつきにくい。

観察 4.7

正直に言えば——風を入れていない。風速の勾配も音線を曲げ、実際には温度と同程度かそれ以上に効く——82.5593度という値は温度だけの計算であり、風下では臨界角がさらに浅くなる。

5. 点呼と結び

1. 0度で 331.3000000 m/s（観察 2.2）：既知の値。
2. 15度で 340.2751（計算 2.1）：教科書と合う。
3. 40度差で 23.84 m/s（観察 2.3）：7.3 % の差。
4. 通常の大気で 77.5204 度（計算 3.1）：上へ向かう。
5. 逆転層で 83.3000 度（計算 3.1）：本稿の芯。

6. 差の積が負（観察 3.4）：向きが逆。
7. 臨界角は **82.5593** 度（計算 3.5）：全反射が起きる。
8. その外側で解が存在しない（観察 3.6）：**sin** が **1** を超える。
9. 分離子は減衰か屈折か（観察 4.3）：論文**300** の基準で別根。
10. 論文**456** が除いていた側（観察 4.4）：直進する場合の式だった。

結び：音が遠くまで届くのは静かだからだと思われる——夜は雑音が減るから遠くの音が聞こえる、という説明である。だが音速は温度で変わり、温度が高いほど速い。速さが場所で違えば、音線は曲がる。音速は温度で大きく動く——0 度で **331.3000000** m/s、15 度で **340.2751** と教科書の「約 **340**」に合い、**-10** 度の **325.1790** から 30 度の **349.0194** まで 40 度の差で **23.84** m/s、**7.3** パーセント動く。そして温度は高さで変わる。通常は上へ行くほど冷たく、晴れた夜は地表が冷えて逆になる——音にとって、大気は屈折率の勾配を持つ媒質である。曲がる向きが、上空の温度で逆になる——地表 20 度から入射角 80 度で出た音線は、通常の大気（上空 15 度）では **77.5204** 度へ、逆転層（上空 25 度）では **83.3000** 度へ曲がる。通常は角が小さくなって鉛直に近づき、上へ向かう。逆転層では角が大きくなって水平に近づき、やがて下へ戻る。差は **-2.4796** と **+3.3000** で、積が負になることが向きの逆を示している。同じ大気、同じ音、上空の温度だけが違う。逆転層で全反射が起きる臨界角は **82.5593** 度で、これより浅い角の音線には屈折の解が存在しない。**83.5593** 度で確かめると **sin** が **1** を超え、上へ抜けられず全反射して地表へ戻る。だから逆転層は、音を地表に閉じ込める導波路になる。上へ逃げるはずの音が戻ってくる——遠くの音がよく聞こえる夜の正体である。分けているものは一つ——減衰の問題か、屈折の問題か。減衰の問題なら周りの雑音と距離で決まり、静かなら聞こえるという夜の説明として自然である。屈折の問題なら上空の温度で決まり、同じ静けさでも上空が冷たければ聞こえない。条件が空にある。論文**300** の基準で別根であり、一方は雑音との比の量、一方は音線の経路の量である。論文**456** が除いていた側でもある。そこでは幾何的な広がりだけを見て屈折を射程注記で外していた——距離減衰の式は、音線が直進する場合にしか成り立たない。論文**473** とも重なり、そこでは分けているのが電場ではなくゲルだった。どちらも、目立つ側が働いていない。そして逆転層は、晴れて風のない夜に地表が放射冷却することで生じる。「静かな夜」と「逆転層の夜」が同じ夜なので、二つの説明が混ざって区別が付きにくい。正直に言えば——風を入れていない。風速の勾配も音線を曲げ、実際には温度と同程度かそれ以上に効く。**82.5593** 度という値は温度だけの計算であり、風下では臨界角がさらに浅くなる。

参考文献

-
1. Snell, W. (1621). *De Refractione*. (posthumously described by Huygens.)
 2. Rayleigh, J. W. S. (1878). *The Theory of Sound*. Macmillan.
 3. Embleton, T. F. W. (1996). Tutorial on Sound Propagation Outdoors. *Journal of the Acoustical Society of America*.
 4. 山岸勇輝 (2026). 『三百本目の点呼 —— 同根か別根かは、判定できる』 [論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914
 5. 山岸勇輝 (2026). 『うるさを半分にするのに、距離を倍にしても足りない』 [論文456]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733038

6. 山岸勇輝 (2026). 『分けているのは電場ではなく、通り道の狭さである』 [論文473]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733552

— *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)