

騒音が夜に大きく聞こえるのはなぜか？

つくば市立吾妻小学校

5年 ホー 絵理香

1. 研究の動機

私の住んでいるつくば市天久保地区には深夜まで営業しているレストランやネットカフェがあります。昼間は車の音や人の話声が気にならないのに、夜にベッドに入ると車の音や人の話声が響いてよく聞こえる気がします。さらに、夏の夜に比べて冬の夜は、車の音や人の話声をもっと大きく響いてもっと大きく聞こえる気がします。両親に「夜は昼よりも騒音が大きく聞こえるか？」さらに、「冬の夜は、夏の夜よりも騒音が大きく聞こえるか？」と尋ねてみたら私と同じ意見だったので、なぜ、夜の方が昼より音が大きく聞こえるのだろうか？冬の夜の方が夏の夜より音が大きく聞こえるのだろうか？と不思議に思いました。

2. 仮説

気温が低くなると、空気の体積が小さくなって分子密度が大きくなるので、音を隣の分子へ伝達しやすくなり、昼よりも夜の方が、夏の夜よりも冬の夜の方が、音が大きく聞こえるのではないかと思いました。2021年の自由研究で、一般的に気体→液体→固体の順に分子密度が大きくなり、音を伝達しやすくなると分かったので、それと同様に考えてみることから始めました。

3. 研究の目的

以下の事を調べることを目的としました。

- ① 気温の差で空気の体積は変化をするのでしょうか？
- ② 分子は温度が上がると活動が活発になるのでしょうか？
- ③ 分子はどのように音を伝達するのでしょうか？（音の進行の方向と波型）
- ④ （昼）熱輻射と（夜）放射冷却では、音の伝わり方や進行方向は違うのでしょうか？
- ⑤ 夏の夜と冬の夜では音の伝わり方に違いがあるのでしょうか？

4. 研究方法

- ① 小容器（ヤクルトの空容器）に穴付きの蓋をします。穴には透明のストローを差し込み、空気が漏れないようにテープでしっかり接続部分を固定します。サラダ油で滑る状態にしたバナナをストローの中に入れて手作りの空気温度計を作ります。最初のバナナの位置に赤線を引いておきます。熱湯を入れたボウルと氷水や保冷剤を入れたボウルを用意して、順番に手作り空気温度計の容器の部分を浸し、バナナの上がり下がり容器内の空気の温度による体積の変化を確認します。体積が大きくなるとバナナの位置が上がり、体積が小さくなるとバナナの位置が下がります。全部で3回挑戦します。
- ② 牛乳（1滴）を水（5 mL）に入れてコロイド溶液を作り、倍率900倍の顕微鏡と携帯電話のカメラ機能（録画機能）で水分子が当たって揺れている牛乳の脂肪粒を観察します。初めは常温のコロイド溶液で牛乳の脂肪粒の動きを観察します。その後、50度の湯煎で温めたコロイド溶液で牛乳の脂肪粒の動きを観察し、常温の時と比べて牛乳の脂肪粒の動き方の違いを調べます。
- ③ 透明のペットボトルの上部をハサミで切り落とし、両端に切り込みを入れます。その中に水を少し入れます。ろうそくに針金を巻き、両端をペットボトルの切り込みに引っ掛けられるように長めに残します。ろうそくをペットボトルの中央に宙吊りになるようにまっすぐに入れ、ペットボトルの両端の切り込みに針金を引っ掛けます。ろうそくは火をつけた状態にしても、ペットボトルからはみ出ないように充分気をつけます。音の発声者（研究者）はマスクをつけます。（息がろうそくにかからないようにするためにペットボトルとマスクで対策をします。）ろうそくが揺れないように、机の上にそっとおき、ろうそくの火が口の真正面にくるように体の

体勢に気をつけます。音の発信者（研究者）はアーと少し高い声で、発声します（音程が重要）。同時に、ろうそくの火の様子を携帯電話の録画機能を使って録画し、後からスローモーションで検証できるようにしておきます。

- ④ 騒音測定器で夏の昼（12:00）と夏の夜（22:00）の音量の伝わり方の違いを測定します。できるだけ、よく晴れて雲がなく風のない日を選び測定します。昼と夜の測定は同日とします。3日分のデータが取れるまで測定を行います。音は予め、ボイスレコーダーに録音しておいた研究者のアーという音声をボリューム最大にして使用します。ボイスレコーダーと騒音測定器の距離は、0.1m・2m・4m・6mで測定します。
- ⑤ 夏の夜の騒音測定結果と比較するために、冬の夜（22:00）も夏の夜と同様の方法に騒音測定器で測定します。夏の夜と同じ条件にするために、できるだけよく晴れて雲がなく風のない日を選び、車の騒音に気をつけて3日分のデータが取れるまで測定を行います。音は夏の夜の実験で使用した（ボイスレコーダーに録音しておいた）研究者のアーという音声をボリューム最大にして使用します。ボイスレコーダーと騒音測定器の距離は、夏の時と同じ0.1m・2m・4m・6mで測定します。

5. 研究結果と考察

① 表1 実験1の結果

バナナの位置の変化	熱湯	氷水
1回目	↑	↓
2回目	↑	↓
3回目	↑	↓

考察：小容器の中の空気を温めるとストローの中のバナナは上昇しました（表1）。つまり、空気が温められることによって、体積が大きくなって分子密度が小さくなったと考えられます。反対に小容器の中の空気を冷やすとストローの中のバナナは下降しました（表1）。つまり、小容器の中の空気が冷やされることで、体積が小さくなって分子密度が大きくなったと考えられます。では、どうして空気を温めると体積が膨張するのか？また、どうして空気を冷やすと体積が収縮するのか？そのメカニズムを考えることで、温度の違いによる音の伝わり方の違いを知るヒントになるのではないかと考

えました。

- ② コロイド溶液（常温）小刻みに震えて少し動いている脂肪粒を確認した。
コロイド溶液（50度）小刻みに震えながら激しく揺れて動いている脂肪粒を確認した。



図1 脂肪粒の動き（常温）

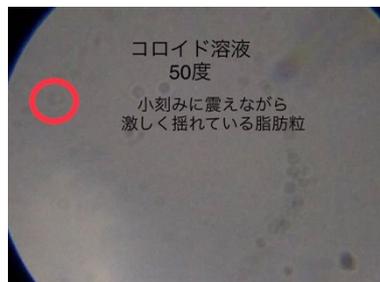


図2 脂肪粒の動き（50度）

考察：牛乳の脂肪粒は常温の時はゆっくり揺れて（図1）、温めると常温の時よりも激しく揺れました（図2）。これは水分子が牛乳の脂肪粒に当たって揺れるのですが、常温の時は水分子がゆっくり動くので脂肪粒の揺れもゆっくりで、温度が上昇すると水分子が激しく動くので脂肪粒の揺れも激しくなると考えられます。気温が高いと音が良く伝わる

のは、分子の活動が活発になるからだと考えました。分子が活発に動いた結果、動く分子に押されて空気の体積が大きくなるので、気温が低い夜は分子の活動も弱くなり、空気の体積が小さくなるのだと思いました。つまり、夜は気温が低くなり体積が小さくなるので、分子間の距離が狭くなり、隣の分子に音を伝えやすくなるのではないかと考えた私（研究者）の仮説は、温度による分子の活動の違いを反映しておらず、全く検討違いだったと考えられます。夜の方が気温が低いのになぜ昼よりも音

が大きく聞こえるのか？まず、音がどのように分子を振動させ、どの方向に進むのかを考えることにしました。

③ ろうそくの炎が前後に揺れた。

考察：実験3で、ろうそくの炎は前に倒れてから後ろへ倒れて、また前へ倒れてから後ろへ倒れてを繰り返しました。つまり、音波は縦波で分子が前後に揺れながら前に伝わっていくことが分かりました。縦波で音が伝わるのであれば、分子があちこちに音を分散させることはありません。実験2の後に、仮説2として考えてみた「気温が高く、分子の活動が活発な昼はあちこちに音が分散され消えていき、気温が低く、分子の活動が不活発な夜は音が散らばらず伝達速度も遅いので、音が大きく聞こえる。」という考えは正しくないと判断しました。そこで、比較の対象を気温の差が最も大きい日中と夜中にし、熱放射と放射冷却をヒントに昼と夜の音の伝わり方や進行方向を考えてみることにしました。

④ 表2 実験4の結果

日付	気温湿度	時間	0.1m	2m	4m	6m
2022/7/29 (1日目)	気温34℃ 湿度65%	夏の昼 (12:00)	56 dB	50 dB	49 dB	46 dB
	気温27℃ 湿度82%	夏の夜 (22:00)	54 dB	48 dB	50 dB	43 dB
2022/8/3 (2日目)	気温36℃ 湿度54%	夏の昼 (12:00)	57 dB	52 dB	50 dB	48 dB
	気温28℃ 湿度81%	夏の夜 (22:00)	54 dB	45 dB	48 dB	42 dB
2022/8/9 (3日目)	気温32℃ 湿度62%	夏の昼 (12:00)	56 dB	53 dB	49 dB	47 dB
	気温28℃ 湿度78%	夏の夜 (22:00)	53 dB	47 dB	49 dB	43 dB

考察：夏の昼は、距離が遠くなるにしたがって騒音の大きさが小さくなっていきました(表2)。これは熱放射の影響で音が空へ逃げていくためだと思いました(図3)。夏の夜は、2mで一度小さくなった騒音が(わずかですが)4mで再び大きくなっています(表2)。これは、放射冷却の影響で音が地上側へ屈折してきたためだと思いました(図4)。多くのデータをとる中で、屋外での音の計測は比較がと

ても難しいことが分かりました。天気や気温や湿度や気圧等の影響で、夜はいつも接地逆転層になるとは限らず、接地逆転層になりやすい条件(風が吹いていない、雲がない、夜間も昼間もよく晴れていた等)の日を選んで統計を取り、考察しました。車の騒音にも気をつけました。車が通っていない時に測定できたデータを選びました。

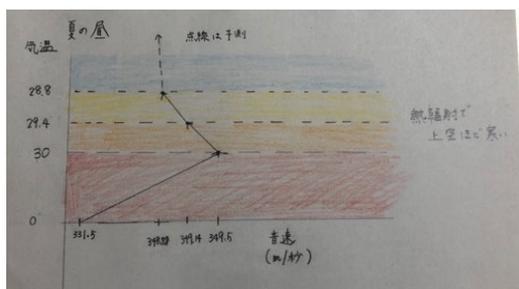


図3 夏の昼の音の伝達の考察

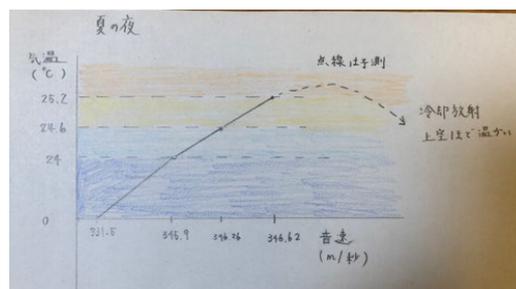


図4 夏の夜の音の伝達の考察

⑤ 表3 実験5の結果

日付	気温湿度	時間	0.1m	2m	4m	6m
2021/12/26 (1日目)	気温0.6℃ 湿度50%	冬の夜 (22:00)	53 dB	48 dB	45 dB	51 dB
2021/12/27 (2日目)	気温2.4℃ 湿度56%	冬の夜 (22:00)	55 dB	45 dB	44 dB	50 dB
2022/1/7 (3日目)	気温3.1℃ 湿度55%	冬の夜 (22:00)	53 dB	50 dB	44 dB	48 dB

考察：夏の夜も冬の夜も0.1 mの騒音数値より一度音が小さくなってから、また大きくなっているのが分かります(表2と表3)。これは、接地逆転層により音が一旦上空へ上がったために、音が一度小さくなり、その後、地上へ戻ってきたので音が大きくなった

と考えました(図5と図6)。夏は4 m付近で音が地上へ戻ってきて、冬は6 m付近で音が戻ってきました(表2と表3)。冬の夜は夏の夜よりも気温が低いため、分子が活発に動かないので(最初)音が遠くまで伝わらず、入射角が小さくなり、音の伝わる放物線は大きくなると考えます。その結果、近くのビルや街路樹等に音が遮られることなく遠くまで音が聞こえると思われました(図6)。夏の夜もメカニズムは同じですが、冬より気温が高いので、分子が活発に動いて(最初に)音が遠くへ伝わります。入射角が大きくなり、音の伝わる放物線は小さくなり、近くのビルや街路樹等に音が遮られるので、遠くで音が聞こえづらいつ思いました(図5)。野球をテレビで見ると、選手は遠くまでボールを投げたい時は、放物線が大きくなるようにボールを投げているように思います。近くに投げるボールは放物線が小さいと思います。放物線が大きいと遠くまでボールが届き、放物線が小さいと近くへボールが届くことは、音の放物線と同じだと思いました。

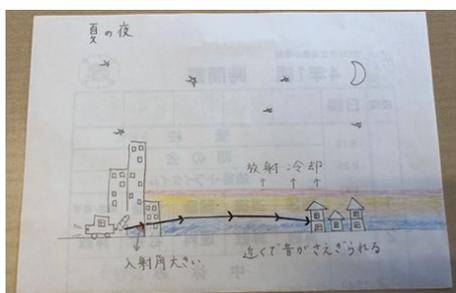


図5 夏の夜の音の伝達の考察

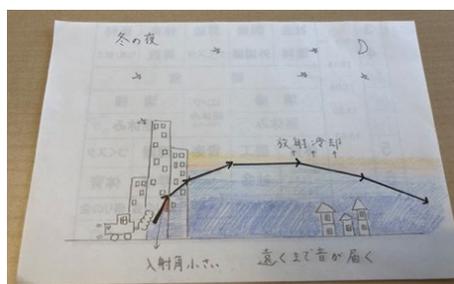


図6 冬の夜の音の伝達の考察

6. 研究の感想

2021年の自由研究で分子の存在を知ってから、科学をより身近に感じられるようになりました。今年の自由研究では、直接肉眼で観察することができない分子を、間接的に観察できました。顕微鏡で揺れている脂肪粒をみたり、音の振動で揺れているろうそくの炎をみたりできたことは、普段遠くに感じている科学を身近に感じる良いきっかけになりました。しかし、目に見えない小さい存在だからこそ(湿度、気温、気圧や天気など)さまざまな影響を受けやすく、特に屋外の音の計測や比較(車の騒音等もあり)とても難しかったです。夏の測定は、冬より雲が空に出ている日が多く、予想以上に苦労しました。できるだけ多くのデータをとり、情報を精査する中で接地逆転層になりやすい風がない日・雲のない青空や星空が広がる日・気温や湿度が近い日を選びながら同じような環境下で得たデータを比較しました。夜はいつも音が遠くまで聞こえやすいのではなく、接地逆転層になった時だけ音が遠くまで聞こえることも大きな発見でした。改めて考えると、レストランやネットカフェに多くのお客さんが来店するのは雨の日や風の日などの天気の悪い日ではなく、天気の良い日が多いなと気づきました。つまり、接地逆転層の日とレストランやネットカフェへの来客が多い日が重なっていることも、騒音が夜に大きく聞こえると思う原因だと考えました。今まではなんとなく「夜のお客さんの声がうるさいな…」とっていました、これからは、「よく晴れた風のない夜なんだな。」とか「明日は晴れだな。」とか考えてポジティブに受け止められそうな気がします。科学的に考えるということは、客観的に物事を考えられるので、思い込みによる余計な心配をするリスクが減るなと思いました。