

# 太陽からの光と空の温度

京都市立洛北中学校 1年1組 森川 遥光

## 1. 動機と実験

夏のある日に、強い日の光で肉を焼こうと思った。そのためにはたくさんの日の光を集めないといけなかつた。何とかして集めたい。そして何度になったか知りたいと思つた。太陽の表面温度は6000度なので、どこまで温度が上がるのか興味があつた。なので今回の実験をはじめた。

たくさん光を集めるために、放物面を作つて反射させればいいと考えた。放物面はターンテーブルの上に乗せたタライにデブコンETなどを固めた。反射面がなかなかうまく作れなかつたので、一点には光が集まらないが、車の反射シートでコーン型を作つて光をあつめた。どれだけの温度になつたかを、いろいろなものの融点や発火点で調べようと考えた。しかし、とても精度が悪い。なので、赤外線温度計を買ってもらってこれで温度測定をした。いろいろな温度を測つているうちに、空の温度を測つてしまつた。空の温度は0度だと思っていたが、マイナス9度などという結果が出て、びっくりした。

やってきた実験を順番にまとめて、太陽の光といろいろなものの温度、をテーマにまとめてみた。

## 2. 放物面を作る —たくさん光を一点に集める—

日の光を集めるために、凹面鏡を作つたかった。売つてゐる凹面鏡はあるけど、自分で大きなやつを作つたかった。放物線を回転させて作る放物面が光を1点に集めるので、放物面を作つたかった。お父さんが、水銀を回転させて庭で望遠鏡を作つた人の話をしてくれたので、僕は、この人のように回転させれば放物面ができるのかもしれないと思った。ターンテーブルみたいな、一定の速度で回り続ける機械の上で何かを固めれば、奇麗に放物面になるかもしれない、実際にいろんな物を回転させながら固めてみた。それを下の表1にした。

ターンテーブルは古いレコードプレイヤーを使った。毎分33回転と45回転のうち、33回転を使つた。じつさいにやってみて45回転はあまりに速く回つて周りが盛り上がりすぎるようだと思ったから。タライはコナンドプラスチック製のものを買った。固める物は表1の中に書いた。

表1 タライ放物面

	サイズ	素材	表面	備考
1号機	直径 33.5 cm	最初に石膏で土台を作った。その上にデブコンETを注いで表面を作る	アルミホイル	タライはかなり小さい。表面ははじめ銀スプレーしたがあまり反射しなかったので、アルミホイルにした。
2号機	直径 48.5 cm	セメント	車の反射シート	放物面がゆるやか。セメントが重過ぎてたわんで周りの機械に接触してしまった。ひび割れやでこぼこができてしまった。失敗。
3号機	直径 40 cm	最初にポリベストで土台を作る。	銀スプレー	ポリベストを固める際に熱が発生しタライがゆがみ、ヒビがはいつて割れてしまった。失敗。
4号機	直径 48.5 cm	最初に石膏で土台を作る。その上にレジンを注いで表面を作る。	銀スプレー 車の反射シート	レジンが少なかったので、真ん中あたりが放物面にならなかつた。

結局、2号機は重すぎて失敗、3号機はポリベストが固まるときにかなり高温になってしまってひび割れ、失敗した。1号機と4号機を使って実験をした。



タライ



一号機



二号機



三号機の残骸



一号機製作中

### 3. 放物面のチェック

作った1号機と4号機で実験をする。光を集めて集点を探してみる。その焦点の場所にお玉を針金で固定する。お玉の底は、光をたくさん吸収するようにした。始めマジックインクで黒く塗ってみた。でもうそくのすすをつけたほうが真っ黒になった。そのお玉の上に油少々とソーセージを入れて、集めた光を当ててみた。タライがまっすぐ太陽の方向を向くように、タライのふちの穴に箸を1本差し込んで、日の影が見えなくなるようにタライの方向を決めた。

温度を測ってみる。温度は126.7度(赤外線温度計(あとで説明します))。ソーセージは3時間くらいで焼きあがった。中までちゃんと焼けていて、おいしくいただいた。だが、ソーセージが焼けるのに3時間もかかるようでは、おなかが減ってから料理していくは到底間に合わない。もっと強力な熱が必要だ。



#### 4. コーン型で集める

肉を焼くのに、光をきちんと 1 点に集める必要はなく、お玉ぐらいの広さに集めればよい。違う方法で光をもっとたくさん集めてみる。音を集めると同じような形にすると、光はたくさん反射して集まるのではないか？そこで、下の図のようなコーンを作ってみた。材料は前に買ってあった車の遮光シートを使う。コーンの内側が反射する面になっている。下の図のように、右からの平行光線は、コーンの内側で反射して集まって、左の小さい穴から出てくる。集点はないから、調節しなくていい。これは表 2 にまとめた。

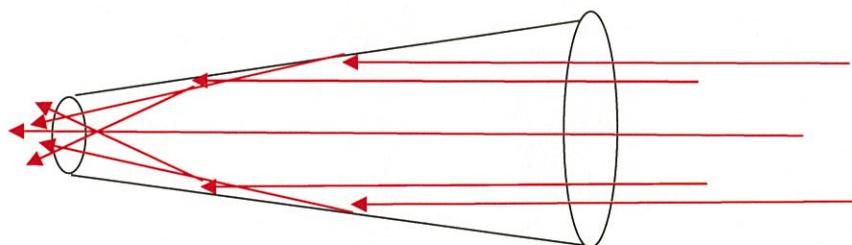


表 2 コーンは大きさや長さ、広がりの違う何種類かを作った。

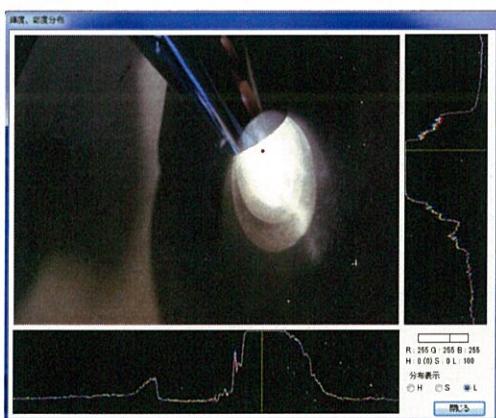
	長さ cm	入り口の直径cm	出口の直径cm
1	65	7	2.5
2	26.5	7.5	1.5
3	29	8	1.6
4	28	11.5	1.1
5	52	19.5	1.4



コーン型で光を集めている様子

## 5. コーンのチェック

作ったコーンがどれだけ光を集めるか調べるために、写真を撮って明るさを分析した。画像解析ソフトは僕のパソコンにフリーのJPEG Viewer 2を入れて使った。最も明るい場所を 100とした明るさが表示される。結果は以下の表 3 のとおり。最大 3.4 倍明るくすることができている。でも、明るさのグラフを見ると明るいところの山が、図のようにつぶれてしまっている。だから、本当は倍率はもっと高いはずだ。



JPEG Viewer 2 の結果。明るいところの山が切れてつぶれている。本当はもっと明るいはず。

表 3 コーンの明るさを測った。いろいろなコーン、いろいろな角度で。

集めた光の明るさ	外の光の明るさ	比率(何倍明るくなったか)
93	27	3.4
100	76	1.3
100	54	1.9
99	36	2.8
100	37	2.7
100	37	2.7
100	56	1.8
100	42	2.4
100	70	1.4
100	67	1.5

## 6. レンズで集める 一一点に集めて温度を上げよう

今まででは光をとにかくたくさん集めたけど、明るさの比率はせいぜい 3.4 倍だった。今度はもっと倍率を上げて、温度が何度になるかを調べる。そのために、光が一点に集まるレンズ(横15cm たて 12.5cm 厚さ 3.5cm)を使う。これは家にあるレンズのうちもっとも大きなものだ。

## 7. 温度測定に融点を使う

集めた光の温度を測るために、色々なものの、分かっている融点・発火点を使って測ることを考えた(表 4)。

まず砂糖を試した。砂糖をレンズの光で温めると、3 秒もしないうちに、焦げ始めた。それ以降は沸騰したように、ぷくぷくと泡が出ていた。燃えたのだとすると、表 5 から 350 度であることがわかる。しかし燃えているのかどうかわからない、単に焦げただけかもしれない。

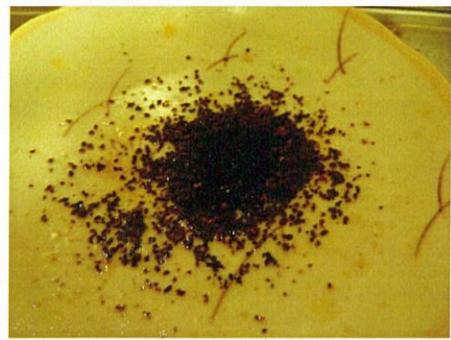
次に、ダンボール。ダンボールは光を当て始めて驚くほど直ぐに焦げ始めた。燃え始めたというよりは、焦げている。表 5 から紙の発火点は 291 度だけど、ダンボールの発火点に近いと思われる。

ほかに塩を試した。これはまったく燃えずにパチンとはぜただけだった。

しかしこれでは正確な数値は出せない。精度が悪かった。高い温度も測れるちゃんとした温度計がほしいので、赤外線温度計を買ってもらうことにした。



砂糖に集めた光を当てたところこげた



コーヒーの粉に集めた光を当てたところ少しこげた

表 4 物質の融点 [http://www.toishi.info/metal/melting\\_point.html](http://www.toishi.info/metal/melting_point.html)

アルミニウム Al	660
鉄 Fe	1536
銅 Cu	1084.5
タンクステン W	3407
食塩	801

表 5 物質の発火点(℃) <http://www fintech co jp/etc-data/hakka-tenn-data.htm>

ココア	180
コーヒー	398
砂糖	350
新聞紙	291

## 8. 赤外線を測る ー空の温度ー

赤外線温度計を買ったので、太陽の光で温められた地上の色々なものの温度を測ることにした。一瞬で温度が測れてしまうのでちょっと信じられなかったので、たぶん正確に測れる水銀温度計と比べてみた。川の水を両方で測ってみると、赤外線温度計は水銀温度計より大体1°C低く表示された。だから以下の温度は正しくは、すべて+1°Cする必要がある。ついでに、この赤外線温度計は距離:広がりの比率が 12:1 の測定範囲なので、5 度の範囲の温度を測れる。型番は、DT8650。

たとえば、ある日、家からだいたい3km北のゴンド池の上流 1kmから下流のうちのすぐそばまでの川の温度を測った。最も上流の森から出でていた川の水は 17.3°C、ゴンド池の水面は、真ん中

は 22.6°C、ふちは 22.1°C だった。流れる川の温度は上流から順に、18.9°C、19.0°C、19.1°C、20.1°C、21.1°C、22.5°C、23.4°C だった。土の温度が 21.4°C だったので暖められたのだろうと考えたが、下流は水温のほうが高い。たぶん太陽の光に温められたのだろう。さらに、ゴンド池の水の温度のほうが、そこから滝のように流れ出て 50m ほど流れた川の水より温度が高い。これは、流れ出た水が空気と混ざり冷やされたのだろうと推測できた。

また別の天気のいい日、公園でいろいろな温度を測りまくった。自分の手 32°C、自転車の後輪 26°C、くつ 25°C、ブランコの支柱 22°C、水溜り 21°C、芝生 20°C、おでこ 33°C、空 -9°C、口 34°C、くつの裏 26°C、葉っぱ 21°C、砂 20°C、だった。

ここで、空の温度がマイナスだったのでびっくりした。温度計を空に向ける方向によっても温度が違ってきた。面白いので、ちゃんと測ってみることにした。

表 6 雲のまったくない晴れた日の朝 9:00 時

天頂からの角度	温度 (°C)
0	-29.8455
30	-27.0267
45	-26.3
60	-24.42

特に、雲のない晴れた空の温度を詳しく測ってみた。表6を見てください。温度は角度が同じなら空のどっちの方向でも同じ温度だった。

赤外線温度計が空のどこの温度を測っているのかわからないけど、とりあえずある程度の距離の温度を測っていると考えた。分度器で、円の0度、30度、45度、60度のところの高さを定規で測ると{4.5cm, 3.9cm, 3.2cm, 2.3cm}となるので、角度を変えたとき、この比率の空の高さの温度を測っていることになる。

これをコンピューターでグラフに描いた。飛行機で上空10kmを飛んでいたとき機内のスクリーンに表示される外気温が-50°C だった。だから、上の比率のままで空の高さをいろいろ変えてみて、この関係を伸ばしていって10kmのところでちょうどこの温度になるように高さをかえてみた。このときのグラフが図1。これから赤外線温度計が測っている温度は高さ3.4kmのところだとわかった。また、1km 上がるごとに 3.5°C 冷たくなることもわかった。

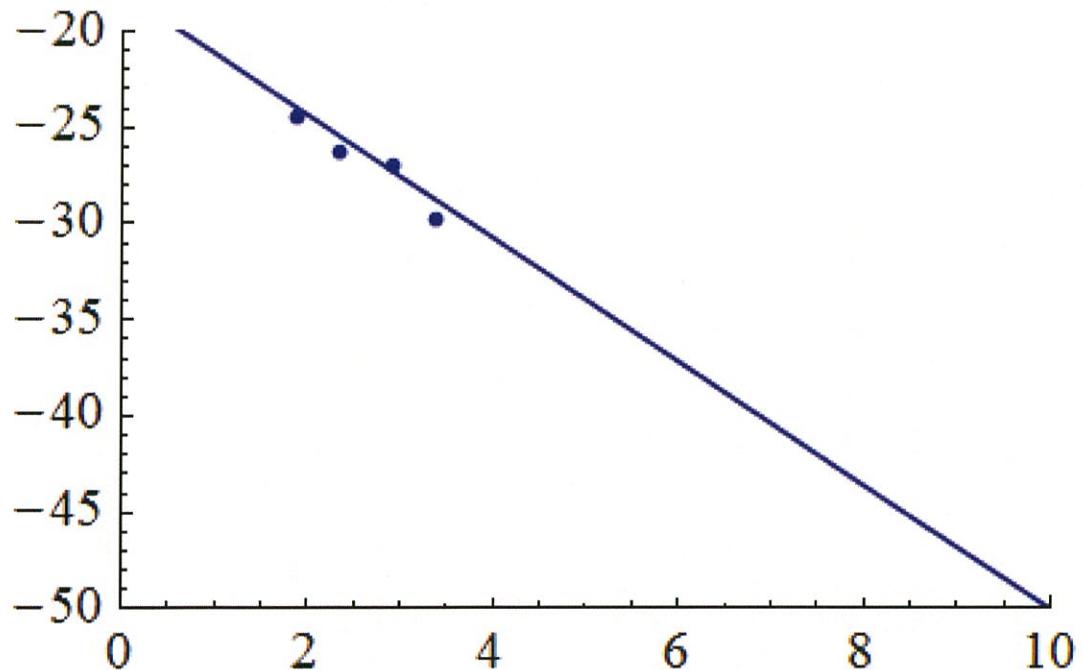


図 1 空の高さ(km)とそこの温度(°C)の関係。赤外線温度計で測った 4 つの温度を直線で結んだ。このとき、10km でちょうど  $-50^{\circ}\text{C}$ になるように横軸を調整した。

同じように、薄曇りの日の空の温度を測って、グラフに描いてみた。これが表 7 と図 2。全部正の温度になってしまった。つまり、これは空だけの温度でなく空の温度と雲の温度が合わさっているのだろう。

表7 曇りの夜空 夜20:00時頃

天頂からの角度	温度
0	5.1
45	6.
60	8.2
90	12.6

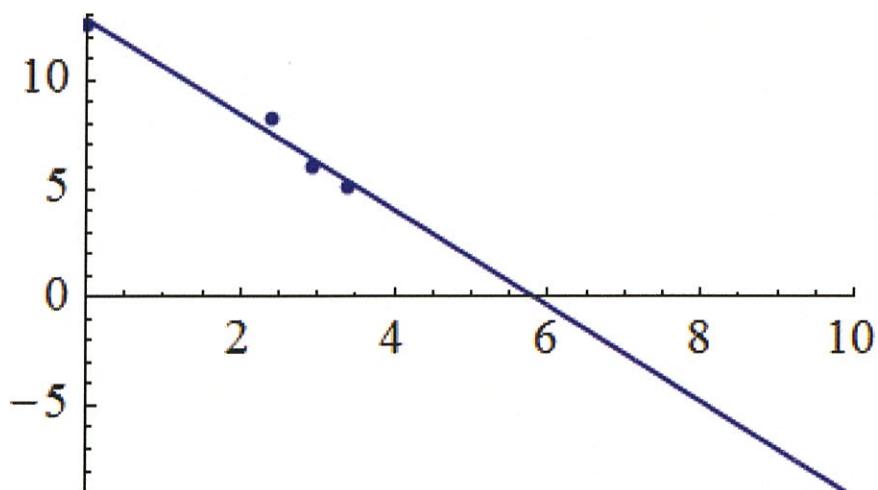


図 2 空の高さ(km)とそこの温度(°C)の関係。赤外線温度計で測った 4 つの温度を直線で結んだ。高さ 0 のところの温度は 12.5°Cとなるが、この日の気温 21°Cとは違う。

## 9.まとめ

太陽の光を集めて肉を焼こうとした。そのためにタライに石膏などを入れて回転させながら固めた。これにアルミホイルを貼り付けて、焦点でソーセージが焼けた。次に、大きなレンズを使って、どれだけ温度が上がるか調べた。砂糖やコーヒーの発火点から少なくとも291°Cだということがわかった。さらに、赤外線温度計を買ってもらって空の温度を測った。角度によって温度が変わり、これから、温度計が測っている距離は3.4kmだということがわかった。また、1km上がるごとに3.5°C冷たくなることもわかった。

これから、月の温度も測ってみたいが、月は小さくて測れない。工夫が必要である。

ありがとう

雅博さん 赤外線温度計を誕生日にプレゼントしてくれてありがとう。また Wolfram Mathematica の使い方を教えてくれてありがとう。川の温度を測りに行くときに車を出してくれてありがとう。

瑠水さん 測ったデータの書記をしてくれてありがとう。

晶香さん 応援ありがとう。