

成層圏におけるプラスチックの劣化について

板倉 耕太郎 (中学1年生 e-kagakuアカデミー)

1. 研究背景

成層圏における物質の劣化についての研究や論文が少ないことから、これは将来のために研究が必要だと思いこのテーマに決めた。なおプラスチックをサンプルとして選んだ理由は私たちの生活に身近に存在し、様々な用途に使われている物質であること、鉄などの金属に比べ劣化が早く短時間で結果が出るのではないかと考えたからである。

2. 手法

- ケルミネッセンス法 (協力企業: 東北電子産業株式会社)
 - <特徴>
 - ごく初期の酸化劣化を高感度に捉えることができる
 - 測定値は発光量が劣化していないものに対して発光しているものが大きく発光したことで検出する (比較法)
 - 測定中にサンプルを加熱し光らせるという手法であり、発光量が多い=過酸化物が多く劣化が進んでいると評価できる
- MATLABによるデータ分析

3. 結果

- ケルミネッセンス法による検査結果
図1のグラフのとおりである。ポリプロピレンは地上で保管していた同素材に比べ最大で1.44倍の劣化が見られた。アクリルには劣化は見られず、ポリ塩化ビニルは若干劣化していることが分かる。
- MATLABによる分析結果
(1)紫外線量についてMATLABによる積分を用いたプラスチックが成層圏及び地上で浴びた紫外線量を比較した。その結果、成層圏でプラスチックが浴びた紫外線量は地上のそれと比べ1.16倍であることが分かった。(図2)
(2)成層圏の気温
成層圏は低温であることが分かる。最も高い場所でもその気温は-3.15といわれている。(図3)
(3)成層圏の湿度
大体10~30%程度であることが分かる。(図4)
成層圏は低温・低湿度であり、私が住む北海道の冬に近い環境だということが分かった。

4. 考察

今回の研究によって紫外線量と劣化度は必ずしも1:1ではないことが分かった(紫外線量1.16倍、劣化度1.44倍)。ただし、観測機が成層圏に滞在した時間はわずかであることから、この割合については変化の可能性があると考える。今回の分析結果では、プラスチックの耐候性についてはアクリルが最も高くポリプロピレンが最も低いという結果になった。これは地上の耐候性と整合する結果といえる。しかし今回はごく初期の劣化を認めただけで長期間の紫外線による暴露実験が必要となるだろう。今後は酸素よりも過酸化劣化が起きやすいといわれているオゾンとの関係についても調べていきたい。

図1

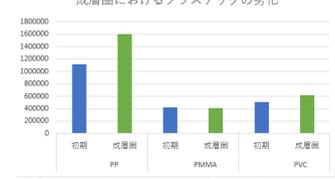


図2

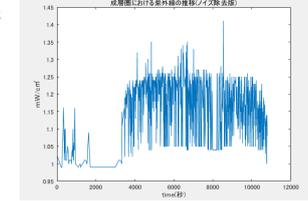


図3

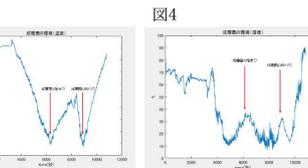


図4



e-kagakuアカデミー問い合わせ先: science.labo008@gmail.com 担当: 井関

MATLABによる宇宙放射線の分析

佐藤 心例 (高校1年生 e-kagakuアカデミー)

1. 研究の概要

成層圏の環境データを百均など安価で身近なものを使い、熱対策、防水対策を施した、高性能な観測機器を開発し、2019年10月5日、2021年9月20日に沖縄県宮古島市池間島にて放球データを取得した。成層圏のGPS、放射線、紫外線、地磁気、温度、気圧のデータとカメラ画像を取得し、MATLABを用いて分析した。分析結果をもとに成層圏の放射線の増減率、人体に与える影響を考察した。(図1)

2. 実験方法や分析方法

実際に取得したデータをもとにMATLABを利用して分析し、散布図にまとめた。成層圏において温度が下がっていくという特徴から高度15000mから上を成層圏と仮定して分析を行った。(図2)

3. 結果と考察

放射線について
上昇中、下降中のデータをそれぞれグラフに可視化した。(図3)
成層圏においては、高度が下がるにつれて放射線量が増加していき、対流圏においては高度が下がるにつれて、減少している。

<分析結果・考察>
今回検出した放射線量の最大値は0.872μSv/hであった。これをmSvに換算すると7.64mSvとなるため、これは高自然放射地域における大地からの年間線量と差がないことから成層圏における放射線量は人体に悪影響は安全であると考えられる。

空気シャワー減少について、取得した値を先行研究^[1]の式に代入してプロットした結果、このようなシミュレーション結果となった。(図4)
宇宙放射線の変化率は成層圏において高度が下がるにつれて放射線量は増加しているもの、2倍とまではいかないことがわかった。①空気シャワー現象が起き、粒子が分裂していった過程でも小さくなった粒子は壊れていっているため、②高エネルギー粒子はオゾン層の破壊に関与しているため、オゾン層破壊に宇宙放射線のエネルギーが使われている。などの理由により緩い増加率になっていると考えられる。

一方、対流圏と成層圏の境目である、高度15000mからは破壊されている一方であった。放射線が分裂し、粒子数は増えていくが一つ一つが小さく弱くなっていくためオゾン層を抜けるのを境に粒子が増加せず破壊されていると考えられる。

空気シャワー現象で放射線が分裂し、増えていっても現在の量なら、粒子が細くなり壊れているため、私達の人体に影響はない。しかし、今後宇宙放射線が強くなり、大きな粒子が分裂しきれず壊れないまま地球に届いたり、分解されても多く降り注ぐようになると、人体にも影響を及ぼしかねない。

4. 今後の展望

- 放射線センサーの精度の向上及びデータの継続取得
2021年度の放射線取得の失敗の原因として、チーム1ではピンフォトダイオードでの光検出での放射線量の取得するセンサーを使用した成層圏では正しい値を取ることができなかった。ピンフォトダイオードでは成層圏においてあまりむいていないため、マイコンユニット(前回今回ともに使用したものはSBM280)での取得が望ましいと思われる。
- その他のセンサーでの検証、地上での検証等を行いセンサーによる誤差の修正。
- 他の土地気候など異なる条件下での検証データとの比較
今までは、ともに沖縄県宮古島市池間島での観測であるため池間島のみでなく、他の土地または太陽、地磁気などの宇宙気候が異なる条件下でのデータと比較を行うことで新たな考察が可能である。

今回のデータだけでは不十分であり考察の裏付けが足りないため継続して放射線のデータの取得を行い何年かのデータを元に再度分析を行う必要がある。

今後、SBPは継続予定であり、福島県いわき市での観測なども予定されているため、継続して放射線のデータの取得を行ってほしい。

5. まとめ

継続したデータ取得を行い今回と同じような結果を得ることができた場合、成層圏についての安全性を確認することができ、宇宙旅行などで成層圏においての人体への安全性の保障につながるだろう。
この結果は宇宙を身近なものとし、宇宙旅行の際の保険制度や今後の小型衛星の開発など宇宙開発などの様々な分野に役立てることができたらう。

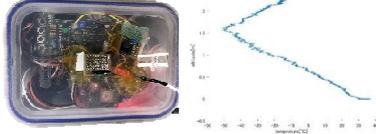


図1 観測機の写真

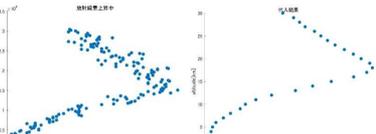


図2 温度のグラフ



図3 放射線のグラフ

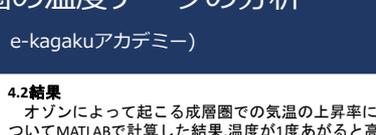


図4 代入した結果

参考文献

- [1] 大気圏における「空気シャワー」現象 崎崎 天輝 [2] 加速器を用いた極高エネルギー宇宙線研究
- [3] 観測原理 空気シャワー現象 [4] 宇宙放射線 JAXA [5] 解説 空気シャワー 東大技研
- [6] Investigating for influence of Cosmic Rays in the Atmosphere of Cosmic Layer Depletion at Beijing China
- [7] History of cosmic ray influence on ozone layer-key steps
- [8] Effect of Forbush decreases of galactic cosmic rays on the ozone layer

地球の周りの青い部分と気圧の関係

神山 瑠聖 (中学1年生 e-kagakuアカデミー)

定義

地球の周りの青い部分とは、地球の中心から地球の表面までの部分のことである。具体的には、地球のエッジからRGBカラーのB(blue)=0までと定義した。

研究手法

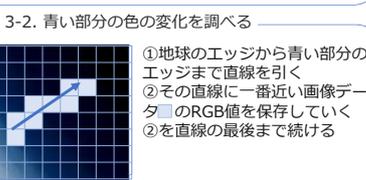
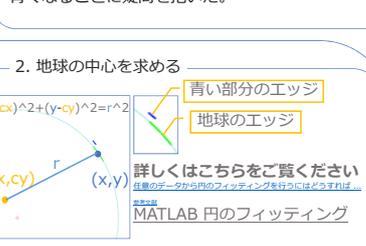
- 地球、青い部分のエッジ検出
元画像 → 魚眼補正 → エッジ検出
魚眼補正後二値化、エッジ検出をする。地球の周りだけ抜き取るためにBwpropfilt関数を使用した。青い部分も同じようにした。
- 地球の中心を求める
 $(x-cx)^2 + (y-cy)^2 = r^2$
青い部分のエッジ
地球のエッジ
詳しくはこちらをご覧ください
注意: 色のデータから円のフィッティングを行うには必ずRGBをMATLABの円のフィッティング
- 3-1. 青い部分の長さを求める
aは地球の中心から青い部分のエッジまでの長さ
bは地球の中心から地球のエッジまでの長さ
aとbの差がc(青い部分の長さ)となる。

結果

相関係数は約0.35
これは20分の動画を0.1秒ごとに抜き取って青い部分の長さをグラフにしたものだ。後半10分はばらつきが多くみられた。
これは20分の動画を30秒ごとに抜き取り、青い部分の色の変化をグラフにしたものだ。に線が集まっているので信用できるデータだと判断した。

背景

地上付近では空全体が青いのに、高度が上がると地球の周りだけが青くなることに疑問を抱いた。



考察

左の画像と右の画像は2秒しか変わらない。しかし、青い部分の長さは約400ピクセルの差があった。よって、機体の揺れがデータのばらつきに関係していると考えた。

MATLABによる成層圏の温度データの分析

駒野 生光 (中学3年生 e-kagakuアカデミー)

1. 研究の概要

成層圏のデータを安価で手軽に測定できるGPS付きの計測器を開発した。開発した計測器を用いて成層圏の温度データを位置情報とともに取得し、MATLABを用いて解析した。解析結果をもとに成層圏での温度の上昇理由及び下降理由を考察した。(図1)

2. 研究動機

成層圏ではある一定の高さを超えると温度が上がるという論文を見たため、私は標高が高くなるほど温度が下がり、高度が上がっても変わらないと思ったので自分で調べてみた。

3. 実験方法や分析方法

実際に取得した温度データと位置情報をもとにMATLABを利用して解析し、散布図にまとめた。そして、最小二乗法により近似直線を引き、polyfitというMATLAB関数を使い傾きを求めた。(図2)

4. 結果と考察

4.1 温度について
温度は高度15km付近までは下降したが、15km付近を境に上昇していた。温度と高度は関係があるといえる。(図2)

温度が下降する理由は、高高度は大気圧力が低く、宇宙規模のスケールで見れば上空まで温まらない。そのため、地面が身近な熱源となり、上空に行くに従って地面からの放射線が届かなくなるため。
温度が上昇する理由は、オゾン層は太陽から紫外線を吸収して熱を出すので、冷たい空気はここで暖められ、ある一定の場所から温度が上がることがわかった。
成層圏の始まりからの温度の変化について考えられる可能性を二つ挙げる。

仮説①
成層圏の始まりからは地上から離れるごとに温度が下がる性質は消え、オゾンにより温度が上がるだけというもの。

仮説②
成層圏の始まりからは地上から離れるごとに温度が下がる性質はそのままだが、地面から離れることによって起こる温度の下降率よりもオゾンによって温まる温度の上昇率の方が高いというもの。

仮説②について詳しく説明するとオゾンによる温度の上昇率は「X-地上から離れることによって起こる温度の下降率=オゾンによって起こる温度の上昇率」となり、計算すると約5.49度となった。
この結果からももしかしたらオゾンによって起こる成層圏での気温の上昇率は1kmあたり約5.49度あがるという結果になるかもしれないと考えた。

4.2 結果

オゾンによって起こる成層圏での気温の上昇率についてMATLABで計算した結果、温度が1度あがると高度が201メートルあがるということがわかり、これを計算すると1kmあたり4.97度あがるという結果になった。(図3) 地上から離れることによって起こる気温の下降率について、マトラボで計算した結果、温度が1度下がるのと高度が1906メートルあがるということがわかり、これを計算すると1kmあたり0.524度下がるという結果になった。(図4)

5. 今後の展望

5で上げた仮説はあくまでも自分の考えなので、成層圏の始まりからの温度の変化の理由について述べている論文を探した。しかし、見つからなかったため、自分で成層圏の始まりからの温度の変化の理由についての正確な答えを導き出した。

今回の調査では、温度と高度の二つのデータだけで分析をしたが次調査するときは、カメラや放射線のデータも取得し、画像解析や放射線についての分析を試みたい。

6. 使用したデータ

- ・2019年9月20日
沖縄県宮古島市池間島上空にての放球データ
- ・2019年10月7日 宮古島
沖縄県宮古島市池間島上空にての放球データ

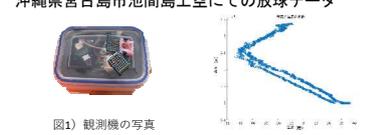


図1 観測機の写真

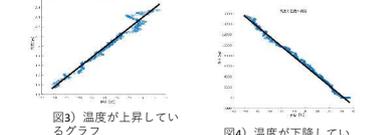


図2 温度のグラフ



図3 温度が上昇しているグラフ



図4 温度が下降しているグラフ

参考文献

- [1] 高さ 温度と気圧の関係
- [2] エアロノautonによる高精度高精度上空の観測 - 対流圏エアロノautonの温度変動の観測
- [3] 梅田、新野、新島島における観測高度、温度および対流圏気温の最近30年の年変化および経年変化