

地1

鹿児島県の降雪のメカニズム

鹿児島県立加世田高等学校

平峯 拓実

1. はじめに

温暖な気候の九州南部に位置する鹿児島県薩摩地方では、南国でありながら冬季には降雪の日があり、時には大雪になることもある。そこで、鹿児島県薩摩地方でどんな気象条件で降雪や大雪を観測するのかを研究した。

2. 仮説

まず、2002 年以降に鹿児島地方気象台のある鹿児島市東郡元町で積雪が1センチ以上に達したときの気象アメダス観測資料を、気象庁 HP から入手した。その結果、日平均気温はほぼ 0~3℃. 最高気温は 3~7℃, 最低気温は-2~0℃, 平均湿度は 70~90%, 風向は北西寄りの風だった。

次に、日本海側で大雪となる条件について文献調査¹を行ったところ、「海水温は気温よりもずっと高いため、冷たく乾いた空気が日本海に入ると、暖かい海から熱と水蒸気を補給され、大気の状態が不安定となり、積雲や積乱雲が発生する。大気と海面水温の差が大きいほど、また、風が強いほど、より多くの熱と水蒸気が補給されるので、強い寒気が来て強い冬型の気圧配置になるほど日本海側では大雪になる」ということがわかった。

このことなどから、薩摩地方で降雪する気象条件について次の仮説を立てた。(図 1)

- ①シベリアから上空に流れ込む強い寒気が風に乗って黄海、東シナ海を通過して西回りに流れ込む。
- ②このとき、九州西海上の海面水温は約 18 度以上、鹿児島上空に流れ込む強い寒気は上空 1500m 付近で-9℃以下、上空 5000m 付近で-25 度以下である。
- ③また、九州付近は強い冬型の気圧配置となり、北日本付近に低気圧がある。

3. 九州西海上の海面水温

1982 年以降の 12 月~翌 2 月の旬ごとの東シナ海の海面水温分布図を対象に気象庁ホームページから入

¹ 調査した文献は『天気図がわかる』(三浦郁夫著)(技術評論社出版)

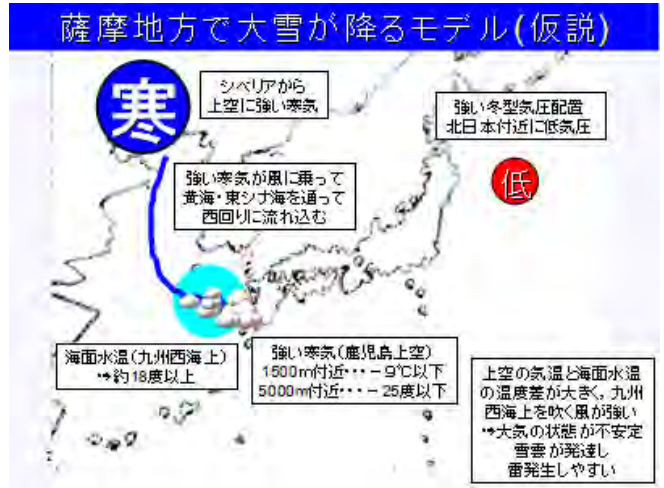


図 1 薩摩地方で降雪するモデル(仮説)

手した。合わせて同期間に鹿児島市東郡元町(以下「鹿児島」と表す)で積雪 1 センチ以上を観測した日のアメダス観測資料も収集した。

九州西海上(127~130° E, 31~33° N)に分布していた海面水温のデータを、幅をもたせて図 2 に示した。鹿児島で積雪を観測した日は高いところでも 18 度以上の海面水温が見られた。海面水温の高さと降雪量の多さとの関連性はみられなかった。

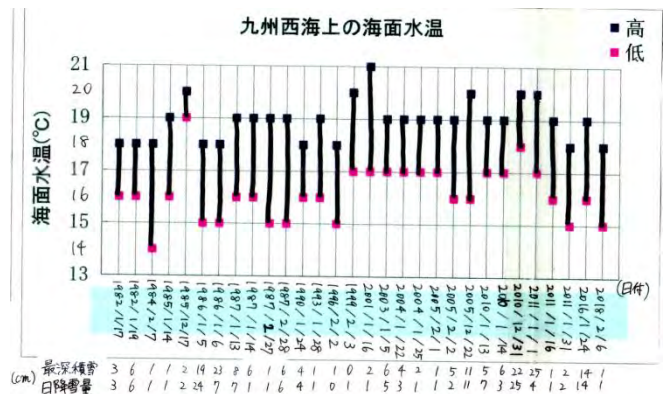


図 2 九州西海上の海面水温

(鹿児島で積雪 1 センチ以上の日)

4. 鹿児島上空の気温

1990 年以降の鹿児島上空 850hPa(約 1500m 付近)の気温と 500hPa(約 5000m 付近)の気温を、同期間に鹿児島で積雪 1 センチ以上を観測した日を対象に調べた。その結果を図 3 にそれぞれ示した。

鹿児島で積雪が観測された日は鹿児島上空 1500m 付近の気温が-9℃以下だけではなく、-9~-7.5℃の範囲でも降雪しており、平成 22 年 12 月 31 日には-8.3℃で日降雪量が 25 センチに達した。また、上空 5000m 付近の気温が-25 度以下だけではなく、-25~-17℃の範囲でも降雪していた。

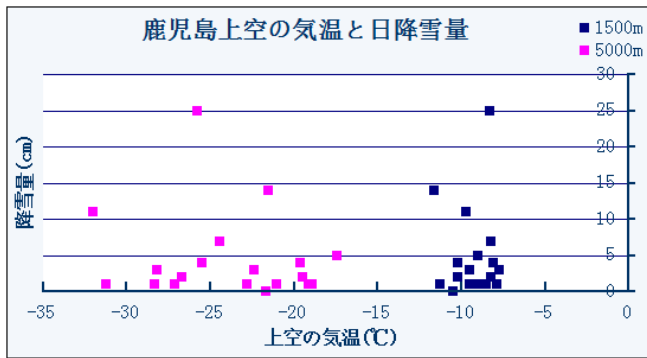


図3 鹿児島上空の気温と日降雪量

5. 地上気圧配置

1982年以降に鹿児島で積雪が観測された日の地上天気図を『デジタル台風』のHPから入手した。

その気圧配置を分析した結果、積雪があった日すべての地上天気図は冬型の気圧配置で、日本海側でいえば里雪型であった。日本海側の大雪については山雪型と里雪型の2種類があることが知られているが、このうち里雪型では地上天気図において日本海に等圧線が袋状に湾曲した形が見られ、上空の寒冷渦により太気の状態が非常に不安定になり、積乱雲の発達が盛んになって平野で大雪となるパターンである。つまり寒気を中心に日本海の上空に入ることになる。このときには中国東北部の長白山脈により大陸からの冷たく乾いた風が二分され日本海の上空で合流しぶつかって雲が発達しやすいラインが形成されやすく、日本海寒帯収束帯(JPCZ)よばれる。

よって、鹿児島で積雪が観測されるとき、冬型の気圧配置であることは間違いないが、寒気を中心に日本海の上空等に南下してより強い寒気が南下することがわかる。

また、「西高東低の冬型の気圧配置」において、日本の東にあるという低気圧の位置によって、地上気圧配置を次のように分類することができた。

①東北地方やその東海上に発達した低気圧や前線

鹿児島で最も大雪となりやすい気圧配置であると考えている。図4の①のように、平成22年12月31日には25センチの降雪量を観測した。

②北海道付近やその東海上に発達した低気圧や前線

図4の②のような気圧配置が例であり、条件が合えば鹿児島で積雪となる可能性がある。

③日本や日本海に寒冷低気圧

図4の③のような天気図である。上空の強い寒気を伴った寒冷低気圧が日本海にあることから、寒気の中

心が九州により近くなり、鹿児島に雪雲が流れ込みやすい気象状況となる。

④関東地方の東・南東海上に(発達した)低気圧

図4の④の天気図が例である。低気圧が①～③より南方に位置しており、寒気がより南下していると考えられる。

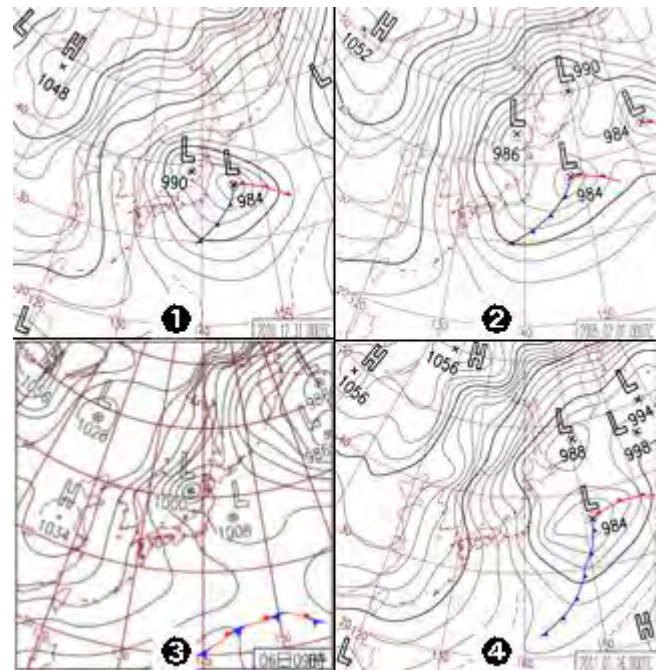


図4 地上天気図

6. 考察・まとめ

以上の結果から考察すると、薩摩地方で降雪するときの気象条件には、シベリアから上空に強い寒気が流れ込み、日本海側で里雪型となる冬型の気圧配置となることが必要である。(図5)

薩摩地方で大雪が降るモデル(考察)

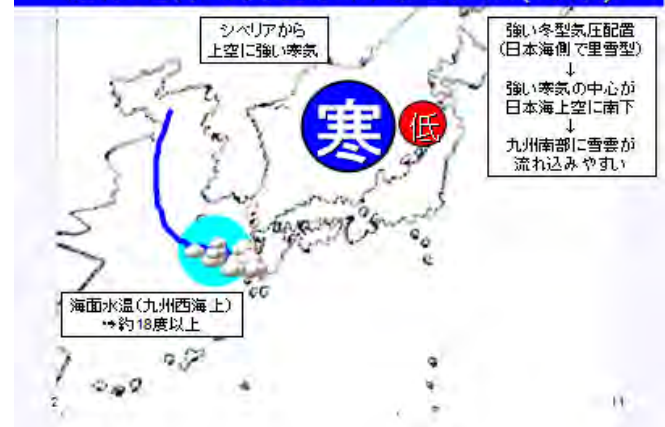


図5 薩摩地方で降雪するモデル(考察)

今後は、鹿児島上空の風向きや先に分類した各々の気圧配置に関するさらに詳しいメカニズム等を調査する必要がある。

1 動機

北海道では毎年冬に霜が降りるため、フロントガラスにカバーをかける等の対策をすることに慣れていて、フロントガラスが凍ることは滅多にない。一方、私達が住む鹿児島県では霜が降りることが比較的少ないため、霜の対策をすること自体に慣れていない。対策を怠り、霜を付着させたまま運転してしまうと、視界不良のため交通事故等の危険性が高まる。市販の解氷スプレーに含まれるメタノールが、車のワイパー等のゴム製品を傷めてしまうことがある。また、現在の霜の発生予報は降水確率予報のような数値化がされていない。

そこで、即効性があり、ゴム製品を傷めない解氷スプレーを開発し、数値化して予報できるサイトを開設しようと考えた。

2 方法

まず初めに、解氷スプレーにはアルコールの成分が含まれているため、10種類アルコール(Fig.1)の融点の違いを利用しようと考えた。

名称	英語表記	FW	示性式
メタノール	Methanol	32.04	CH ₃ OH
エタノール	Ethanol	46.07	C ₂ H ₅ OH
1-プロパノール	1-Propanol	60.10	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH
1-ブタノール	1-Butanol	74.12	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH
2-ブタノール	2-Butanol	74.12	CH ₃ CH ₂ CH(OH)CH ₃
2-メチル-2-プロパノール	2-Methyl-2-Propanol	74.12	(CH ₃) ₃ COH
n-アミルアルコール	n-Amyl Alcohol	88.15	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₂ OH
イソアミルアルコール	Isoamyl Alcohol	88.15	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH
2-ペンタノール	2-Pentanol	88.15	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH(OH)CH ₃
1-オクタノール	1-Octanol	130.23	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₂ OH

Fig.1 使用したアルコールの一覧表

(1) どのアルコールが最も早く氷を解かすのかを調べるために、100ml ビーカーに各アルコールを 50ml 入れ、その中に市販の製氷皿で作成した約 10g の氷を入れてスターラーで攪拌しながら氷を解かし、氷を入れてから解けきるまでの時間を計測する実験を行った。この時のアルコール濃度は、

0%,20%,40%,60%, 80%,100%(100%にできる限り近い値)の 6 種類に分け、それぞれ測定を行った。今回は、エタノール C₂H₅OH (FW 46.07)のみ使用した。

(2) 次に私達は、アルコールが氷を解かす要因として、

希釈熱が関係しているのではないかと考え、各アルコールの希釈熱の熱量を算出するための実験を行った。発泡スチロールで自作した保温容器に、50ml のアルコールを入れた 100ml ビーカーを入れる。保温容器の蓋に空けた穴から、スターラーで攪拌しながらホールピペットで蒸留水を 10ml ずつ 5 回滴下した。アルコールの温度変化を測定するため、ビーカーの中に温度センサを固定して温度センサをデータローガに接続し、データローガを PC に接続して実験を行った。

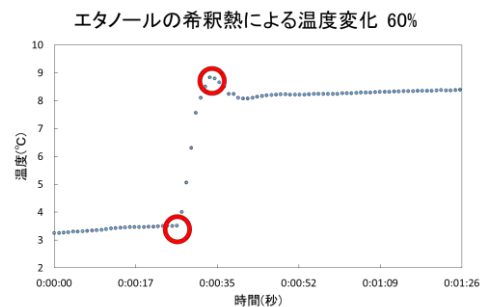


Fig.2 エタノールの希釈熱による温度変化(例)

温度が上昇しきった温度(Fig.3 赤丸・上)と、温度が上がる前の温度(Fig.3 赤丸・下)を利用し、

$Q=mc\Delta T$ (Q =熱量[J], m =質量[g], c =比熱[J/g.K], ΔT =上昇温度[K])の式に当てはめて、熱量を算出した。

この時のアルコール濃度は 0%,10%,20%,30%,40%,50%,60%,70%,80%,90%,100%(100%にできる限り近い値)の 11 種類に分け、それぞれ測定を行った。

今回は、エタノール C₂H₅OH(FW 46.07)とプロパノール CH₃CH₂CH₂OH(FW 60.10)を使用した。

(3) 車のワイパーを傷めにくいアルコールを確定するため、市販のワイパー(RPH 製 GRAPHITE GEAR U-30G)を使った、ワイパーの溶解実験を行った。ワイパーを 3cm ずつに切って質量を計測した後、各アルコールに浸し、30分、1時間、1時間半、2時間、24時間、48時間毎に取り出して、再度ワイパーの質量を計測した。アルコールに浸す前の質量から、浸した後の質量を引いて、溶解した質量を算出した。今回は、エタノール C₂H₅OH(FW 46.07)とプロパノール CH₃CH₂CH₂OH(FW 60.10)を使用した。

3 結果・考察

(1) 解氷実験の結果

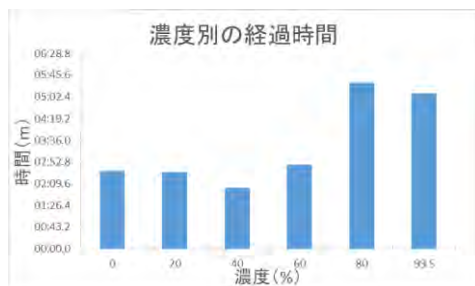


Fig.3 エタノールでの解氷実験の結果

エタノール濃度 40%が、最も早く氷を解かすことが可能だということが分かった。しかし、今回実験を 1 回しか行っていなく、エタノールのみでしか実験を行っていないため、これから実験の回数を重ねて他のアルコールを使用して実験を行っていききたい。

(2) 希釈熱実験の結果

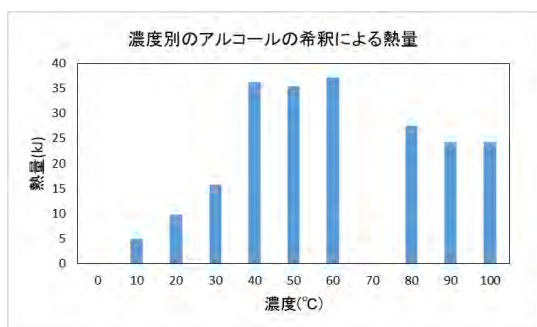


Fig.4 エタノールの希釈による熱量の結果

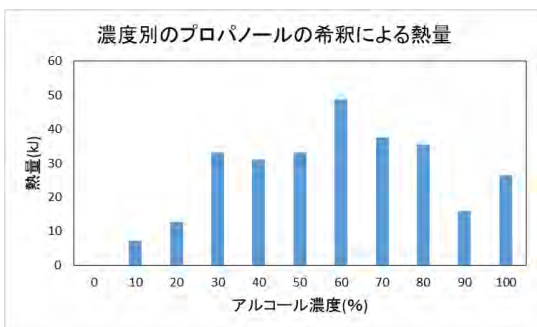


Fig.5 プロパノールの希釈による熱量の結果

エタノール濃度 70%は、温度が低下してしまい熱量を算出することができなかつた。そのため、エタノール濃度 70%を除くと、エタノール、プロパノール共に、アルコール濃度 60%が最も熱量が多いことが分かった。しかし、エタノールでの実験結果を見ると、60%だけではなく 40%,50%も熱量が多いことが分かる。今回実験を 1 回しか行っていないため、これから回数を重ねてデータの正確性を向上させていきたいと考えている。また、エタノールとプロパノール以外のアルコールを使用して、その中から最も熱量が多いアルコールを確定していききたい。

(3) ワイパーの溶解実験の結果

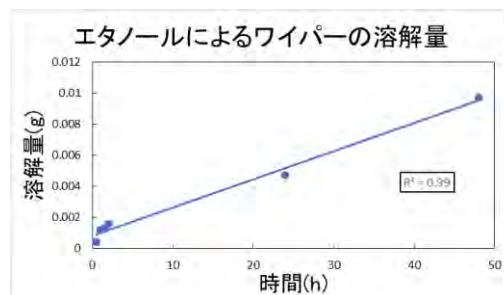


Fig.6 エタノールを使用したワイパーの溶解量の結果

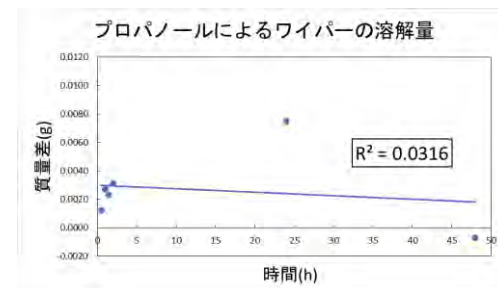


Fig.7 プロパノールを使用したワイパーの溶解量の結果

エタノール、プロパノール共に、30分から2時間はあまり溶解量に差が出ていないことが分かった。プロパノールでは48時間浸したワイパーの質量が増えてしまっていた。溶解実験も1回しか行っていないため、このような誤差が発生してしまったのではないかと考える。また、エタノールとプロパノール以外のアルコールでも実験を行いたいと考えている。

4 まとめ

解氷実験では、エタノール濃度 40%が有効であった。希釈熱実験では、エタノール濃度 60%、プロパノール濃度 60%が有効であった。ワイパーの溶解実験では、短時間ではあまり違いが出にくかった。全体の実験を通して、実験の回数を増やし、他のアルコールを使用することが今後の課題であると考えた。適当なアルコールの種類と濃度が確定できたら、人工的に霜を生成し、解氷する実験も行う予定である。また、予報サイトの開設も並行してこれから行っていききたい。

5 参考文献

- 1) 『千葉市中央区南生実町』フロントガラスが凍結したまま、乗用車を運転して、78歳の女性をはねた男を逮捕！ 千葉日報オンライン 2017年01月17日

- 2) 寒冷地でフロントガラスの凍結を防ぐには？

JAF ニュース

http://www.jaf.or.jp/profile/news/file/2014_45.htm

地3

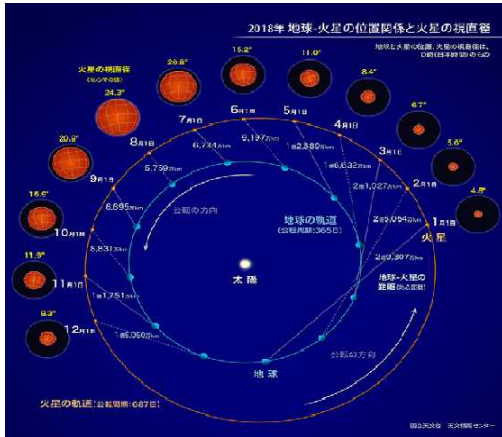
火星の研究

～グローバルダストストームを中心に～
鹿児島玉龍高等学校サイエンス部天文班
上野佳鈴 川邊茉里奈 高野真吾
下茂幸希 那加野翁士朗

1 これまでの研究のまとめ

・2016年の8月にとらえた雲のようなものは放射冷却によって生じた地球上での放射霧のようなものではないかと考えた。
・霧は火星の水の分布を示す指標となることを見出した。

2 研究の目標 (下図は今年の火星)



2018年7月31日の火星大接近を機に、新たなフィルターを使用して撮影し、火星の観測やそれにより得たデータをもとに、火星で起きている現象を考察する。

3 使用した機材

【鏡筒】

- ・CELSTRON 製 C8-XLT(口径 203mm
焦点距離 2032mm)
- ・高橋製 FC-100DC(口径 100mm
焦点距離 740mm)

【赤道儀】

高橋製 EM-11Temma2M

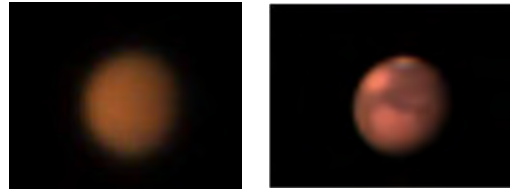
【カメラ】

- ・ZWO ASI290MC(非冷却 SMOS)
- ・CELESTRON Skyris618C(非冷却 CMOS)

4 観測について

観測期間 2018年6月16日～2018年10月
観測回数 6回
動画本数 197本
総フレーム数 591,000フレーム

【観測結果の例】※フィルター無し



6月16日

8月26日

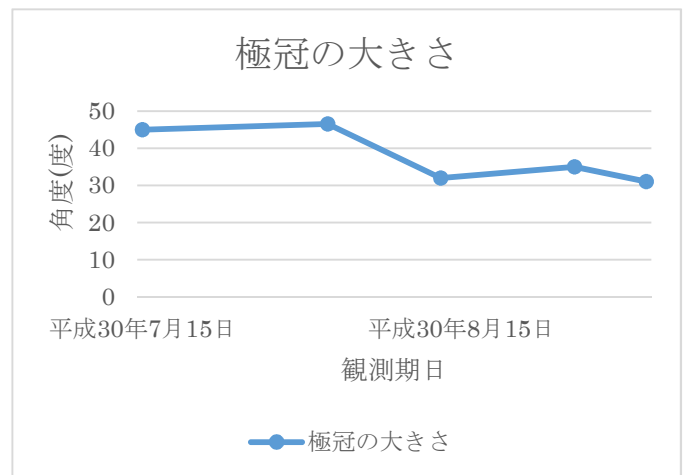
5 研究の方法

(1)火星の撮影について

パソコンを用いて動画撮影し、Auto Stakkeert2 で動画をスタックする。RegiStax6.1 でウェーブレット処理をし、ステライメージ7、DPP で画像仕上げをする。

(2)南極冠の変動と考察

観測データをもとに、火星の視直径が変わるので、角度を計測することにより南極冠の大きさの変動をもとめた。



極冠が縮小する過程で、その大きさが均等に小さくなるのではなく、日によって前日より大きめの日が存在することから、ステライメージ 10 を利用して撮影日の地形の範囲を調べ、火星の地図から地形が極冠の縮小に関係していることが分かった。

また極冠の大きさが最大に見える範囲も見つけることができた。

(3) 雲の発生

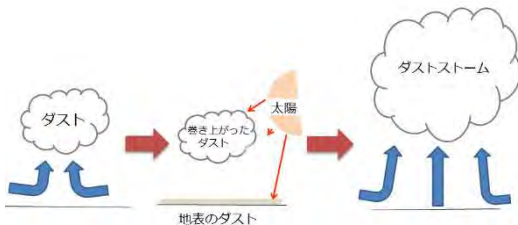
観測データから、南極冠周辺と北極周辺にそれぞれ雲を発見することに成功した。

(4) ダストストームについて

ここでいう火星のダストストーム(砂嵐)とは、地球で起こる砂漠の砂嵐のようなものである。規模は様々で広範囲広がる砂嵐をグローバルダストストームと呼ぶ。過去にも何度も発生し、その発生傾向も調べた。

(5) ダストストームの考察

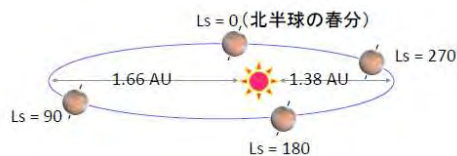
このダストストームの発生する原因を大気温度、Ls、粒子、気流と予想した。



【発生のプロセス】

- ① ダストデビルにより、表面のダストが巻き上がる。
- ② Ls の関係から、太陽光により表面や大気の大気温度があがる。
- ③ 温まった表面や大気により、上昇気流が加速され①で巻き上げられたダストが広がり大規模になる。
- ④ また、火星の重力が地球の 0.38 倍と小さい為、舞い上がったダストが落ちにくく、この現象が地球よりも長く続く。

【Ls について】 ※今年(2022年)は南半球が見える。



JAXA より引用

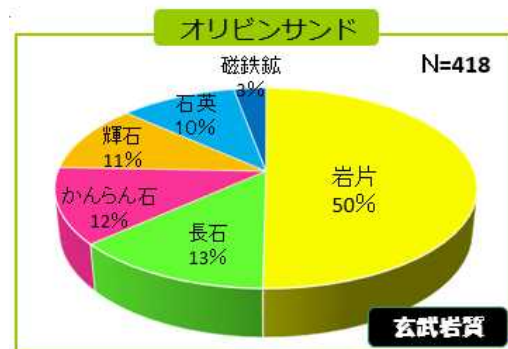
今年(2022年)は5月22日にLs=180(南半球は春分)、10月19日にLs=270(南半球は夏至)である。

(6) 火星・地球以外の天体でダストストームが発見された

土星の衛星タイタンでダストストームが確認されたことが先月2日に発表された。

(7) ダストストームの実験

過去の研究で使用したオリビンサンド(指宿市開聞町産)が火星の砂の組成と類似するため、実験に使用した。ただし、火星の砂よりもオリビンが多い。これを用いて、④で考察したメカニズムを参考に実験に挑戦している。



6 今後の課題

- ・火星観測の継続
- ・観測データをもとに更に深く考察
- ・フィルターの特長について更に調査
- ・ダストストームの形成実験に挑戦(オリビンサンドの風化実験など)

7 参考文献

- ・AstroArts Web ページ
- ・月惑星研究会(2018)大ダストストーム発生初期の経過
- ・天体観測の教科書：惑星観測編
- ・小高(2007)火星のダストとダストストーム
- ・小郷原(2011)火星ダスト循環研究のレビューと今後
- ・加藤(2009)地球と火星のダストデビル
- ・松田(2011)惑星気象学入門
- ・Martian Dust Storms and Their Effects on Propagation(NASA)
- ・月刊天文がく(2018)火星のダストストーム
- ・JAXA(2009)火星の気象について

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 2年 SR 地学班

上園三志郎 川崎裕貴 北村拓也 前原 蓮

川畑綾太朗 畑中大空 福留悠斗 美坂凜人

1. はじめに

海陸風とは、日中は陸が海よりも暖かく陸に上昇気流が発生し、陸の空気を補うように海から空気が流れ込み発生する海風と、逆に夜間は海が陸よりも暖かく海に上昇気流が発生し、海の空気を補うように陸から空気が流れ込み発生する陸風、この2種類からなる風である。

2. 研究の目的

鹿児島は桜島という山を有しており、薩摩半島と桜島を含む大隅半島で鹿児島湾を挟み込む特徴的な地形である。そこで、鹿児島沿岸に生じる海陸風に何か影響があるのではないかと考えた。鹿児島の海陸風の特性を解明するとともに、海で活動する人に役立ててもらうために研究することとした。

3. 仮説

アメダスの1時間データを用いた初期的な分析から東シナ海側では海陸風が発生し、鹿児島湾内は沿岸に沿って海陸風が発生している。また、喜入では夜間に風がほとんど吹かない静穏が多いと考えられる。

4. 研究方法

気象庁のアメダス観測点のうち、沿岸に位置する薩摩半島6地点（阿久根，東市来，枕崎，鹿児島，喜入，指宿），大隅半島4地点（牧之原，鹿屋，内之浦，志布志）の2017年，2018年のデータを解析に用いた。大隅半島の鹿児島湾沿岸に適した観測地点がなかったため，鹿児島大学の協力をもとに2地点（垂水，高須）に8月8日から8月21日まで観測機器を設置し，風向風速を観測した。

静穏日とは，堤らの論文をもとに①9時から15時の日照時間の合計が5時間以上，②1日を通して降水が観測されていない，③鹿児島が高気圧に覆われているとお定義し，アメダスデータと天気図を用いて上の条件にあてはまるものを検討した。その結果，静穏日として2017年の7月，8月からそれぞれ5日ずつ計10日，2018年の8月から6日を選び出した。また，海風，陸風の発生時間帯を堤らの論文とアメダスデータをもとに海風を10時から15時，陸風を1時から6時と定義した。アメダスの10分間値を用いて，風向の度数を求め，2017年・2018年について各地点の風向を風配図にまとめた。風速は10分間値の平均値を求め，その地点における風速とした。

5. 結果

図1は，各地点の風配図の最多風向をもとに10時から15時，1時から6時の風向を示したものである。矢印の長さは風速に比例している。この図から以下のことが分かった。

- ・阿久根，枕崎，鹿児島，内之浦，志布志，垂水は海陸風がある。
- ・牧之原と鹿屋は海陸風がない。

- ・喜入は1～6時の間、静穏であることが多い。
- ・指宿は海風が南と東南東から吹いている。
- ・陸風より海風の方が平均風速が大きい。

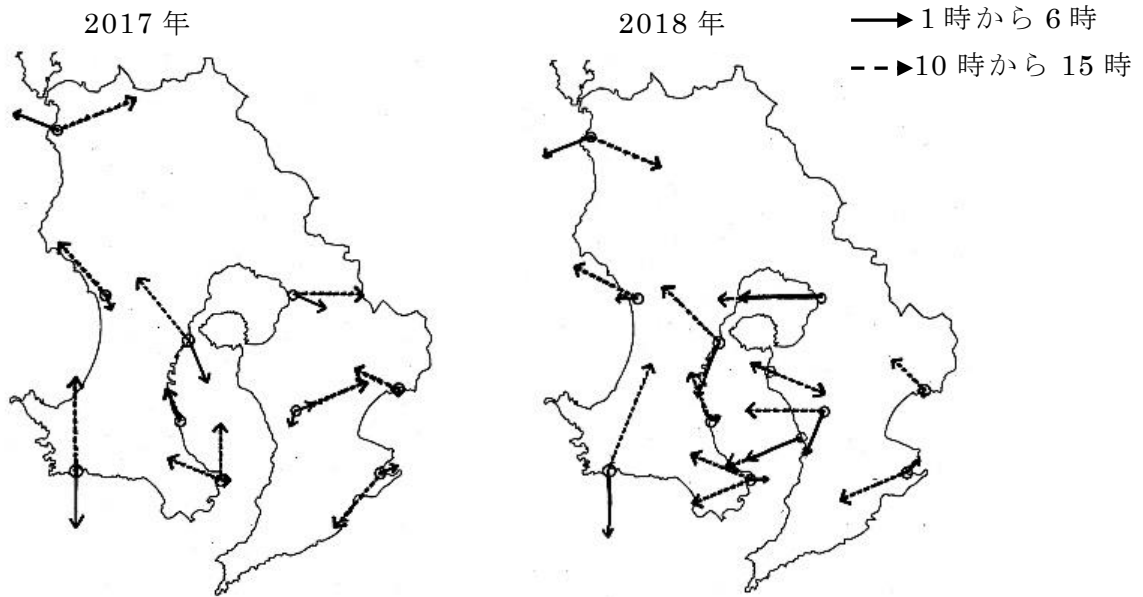


図1 1時から10時、10時から15時の風向きと風速

6. 考察

- ・東シナ海側、太平洋沿岸は海陸風がある。
- ・鹿児島湾沿岸に沿って海陸風が吹いている。
- ・喜入は陸風が吹きにくい。
- ・牧之原は標高が高いので海陸風は発生しない。
- ・指宿は薩摩半島の南端に位置し、海に南方と東方で面しているため南からの海風と東からの海風がある。
- ・陸と海の温度差が昼のときのほうが大きいため、昼に発生する海風が陸風よりも平均風速が大きくなる。

7. 今後の課題と研究計画

指宿、喜入は地形の影響を受けており、牧之原は標高が高いことが風の吹き方に影響を与えていると考えられる。海陸風が明瞭でない地点の地形の影響について研究を進めていく。

8. 謝辞

鹿児島県立垂水高等学校、鹿屋市高須地区学習センターには観測機器を屋上に設置させていただいた。また、鹿児島大学水産学部中村啓彦教授、仁科文子助教には観測機器の設置及びデータ解析の指導をしていただいた。厚くお礼申し上げます。

9. 参考文献

- ・堤 純一郎ほか：夏季の海陸風を対象とする気象データの統計解析，1985年，日本建築学会計画系論文報告書 第389号
- ・吉田 保衡・鶴野 伊津志：領域気象モデルを用いた九州地域における局地風の地域特性と季節変動の解析，2006年，大気環境学会誌 第41巻 第1号

地5

別府川河川敷で見つかった貝化石層の堆積環境を探る ～鹿児島湾北部の完新世地殻変動～

鹿児島県立国分高等学校サイエンス部地学班

平田健晃 鹿倉湧大 下前園瑞咲 高木悠李 土井菜々子 野元優汰 原虎太郎 藤田颯太 馬渡駿 脇野風花

1 はじめに

鹿児島湾北部は約 100 万年前から沈降をつづける鹿児島地溝にあり、2 万 9000 年前の始良火山の噴火に伴って形成された始良カルデラに、約 1 万 4000 年前に海水が流入してできた地形である。

始良市を流れる別府川では、最近行われた河川改修工事の際に、火山灰や海棲貝化石を含む露頭が発見された。時代を示す火山灰と環境を示す貝化石が同じ層準で発見されたことから、堆積した年代と当時の環境を同時に推定できる貴重な露頭である。この露頭の堆積年代と堆積水深を明らかにできれば、その時代から現在までの地殻変動を明らかにできると考えて研究を始めた。

2 仮説

火山灰から地層の形成年代が分かり、化石から堆積した時の水深が分かると、当時の海水準と比較することで、地層が堆積してから現在までの地殻変動が割り出せる。また、他地域の同じ時代の地層と対比することで地殻変動の地域的な違いを明らかにできる。

3 研究方法

(1) 火山灰の堆積年代

成尾・桑水流(2018)により、本露頭の火山灰は、8100 年前の米丸テフラとされている。そのため本研究でも本露頭の堆積年代は 8100 年前とする。

(2) 貝化石による水深の推定

本研究対象の露頭では、タイラギと思われる化石が合べん（二枚の貝殻が合わさった状態）で見ついていることから、生息地でそのまま化石化した（原地性）ものである。そのため、貝の生息水深を地層の堆積水深とすることができる。この貝化石をクリーニングして専門家に鑑定をお願いした。また、クリーニングする過程で見つけた他の貝（合べんでないもの）も鑑定していただいた。地層の堆積年代が 8100 年前なので、貝化石は現生種であり、図鑑により種ごとの生息水深を特定した。そして、生息域の共通範囲を基に当時の水深

を推定した。

(3) 有孔虫化石による水深の推定

微化石である有孔虫は大量に見つかるため、貝化石の示す水深と照らし合わせることで、当時の環境をより正確に特定できる。合べん貝化石の周囲から得た試料より有孔虫化石を抽出し、双眼実体顕微鏡で種を同定し、水深を推定した。

4 結果

(1) 貝化石から推定された水深

貝化石をクリーニングして専門家に鑑定をお願いした所、合べんの化石はタイラギ (*Atrina*

(*Servatrina*) *pectinata*) だという事が判明した。その他に 8 種の貝化石が同定された。そのうち 5 種の生息水深の重なりから、この地層が堆積した水深は 10～20m と推定された。(図 1)

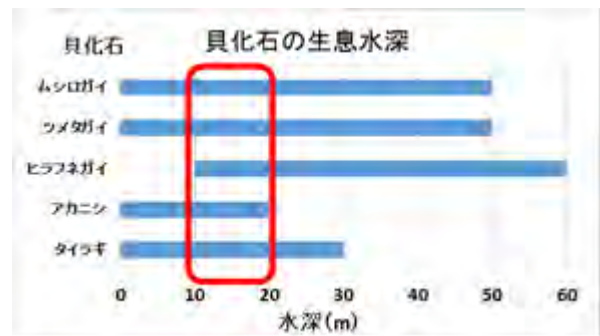


図 1 貝化石の生息水深

イセシラガイ、ヘナタリ、イボウミナナ、オオノガイの 4 種は、生息水深が潮間帯であるが、死後に潮流等で深い所に運搬されて再堆積したものと考えた。

(2) 有孔虫から推定された水深・環境

抽出した有孔虫の個体数は 301 個体で、グラフのような群集構成となった。(図 2) *Ammonia tepida* だけで全体の 75% 近く占めていることが分かる。

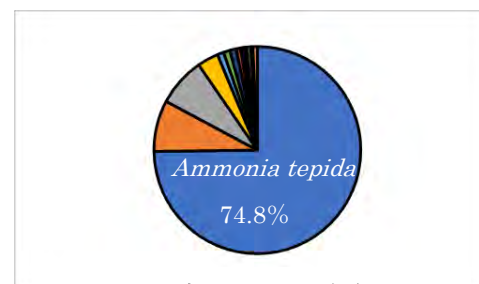


図 2 有孔虫化石の存在比

このような群集は、「内湾汽水域」に特徴的な群集とされている。さらに、*Anmonia tepida*の生息環境は内湾汽水浅海域であり、貝化石の示唆する水深と整合的である。

5 考察

(1) 堆積環境について

貝化石と有孔虫化石群集により推定される水深が整合的であること、および化石群集の示す生息環境から、この地層の堆積環境は、水深10~20mの内湾汽水域と考えられる。

(2) 堆積時の海水準について

この地層が堆積した8100年前の海水準を、大木(2002)ならびに鹿野(2017)に示される海水準変動曲線から読み取ると、現在より-12mと読み取ることができる。

(3) 本露頭の8100年前以降、現在までの地殻変動について

本露頭は標高8m地点に露出している。上述の堆積水深と当時の海水準をあわせて考えると、この地層は堆積してから現在まで約30~40m隆起したことになる。隆起速度は3.7~4.9mm/年となる。日本の平均の隆起・沈降速度は1mm/年程度、最も隆起速度が速いとされる南アルプスで4mm/年程度といわれているので、本露頭の隆起速度はかなり速いといえる。

(4) 鹿児島湾北部の地殻変動について

森脇ほか(2015)によると、国分広瀬海岸におけるボーリング試料から、本露頭と同時代の地層は地下37mに存在し、貝化石群集から堆積環境は本露頭と同じく内湾浅海域と考えられている。堆積時の水深を仮に10mとすると、国分平野では8100年前から現在まで約15m沈降していることになり、本研究と大きく食い違う。また、両地点の相対的変動量は始良市側が8100年で約50m隆起したことになり、隆起速度は6.2mm/年に達し、活断層の平均変位速度に基づいた活断層の活動度に当てはめると、A級に相当する活断層が存在する可能性が強く示唆される。なお、霧島市隼人にある鹿児島神宮には縄文時代の貝塚があり、隼人三島の標高15mからはサンゴ化石を含む段丘堆積物が見つかるため、

両地点は本研究露頭と同じく隆起傾向にある。したがって、断層はこれらより東側の現天降川付近にあり、相対的に西側が隆起したと想定される。

6 まとめ

本露頭は、8100年前に水深10~20mの内湾汽水域に堆積し、その後現在までに約30~40m隆起したことがわかった。また、同層準の地層が国分広瀬海岸では地下37mにみられ、堆積水深も同程度と見積もられるため、両地域の間で西側が隆起する活断層の存在が推定された。

7 今後の研究計画・目標

本研究では一つの露頭での解析にとどまったが、近隣の同層準の露頭でも同様の解析を行い、堆積環境の水平変化を明らかにする必要がある。また、国分地域や鹿児島地域の同層準と対比することで、鹿児島湾北部の完新世地殻変動の全体像を明らかにすることが目標である。

8 謝辞

鹿児島大学大木公彦名誉教授には有孔虫の鑑定や研究全般のアドバイスをいただいた。伊集院高校成尾英仁教諭には既に埋設された露頭の試料を提供していただいた。この場を借りてお礼申し上げます。

9 参考文献

- 成尾英仁・桑水流淳二(2018):始良市春花地区の完新統貝化石層.鹿児島県地学会誌,110,21-27.
- 福富孝義(2011):下関市およびその周辺域の海岸砂から産出した有孔虫遺骸群集について.豊田ホテルの里ミュージアム研究報告書,3,25-26.
- 大木公彦・桑野代介(1995):奄美大島,名瀬湾の海底ボーリングコアに認められる底生有孔虫群集の垂直変化とネオテクトニクス.鹿児島県地学会誌,72,32.
- 鹿野和彦(2017):始良カルデラの環境変遷-淡水湖から内湾へ-.鹿児島大学総合研究博物館NEWS letter,40,2-5.
- 大木公彦(2002):鹿児島湾と琉球列島北部海域における後氷期の環境変遷.238-239.

地6

赤外線を用いた降雨量測定器 (R system3) の開発

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科1年

研究者氏名 山下 尋翔・川原 由吉・中島 凜太郎

池尻 陽菜・白濱愛音

指導者氏名 河野 裕一郎

1 動機・背景

近年の気象環境では、台風やゲリラ豪雨などの集中豪雨の発生日数が多くなってきている。1954～2006年の統計値は1901～1953年の統計値に比べて、約1.3倍も確率降水量(日降水量)が200～300ミリである地点が多い。降水量を調べる場合、一般には漏斗型の受水器を使用した転倒ます型雨量計を使用するのだが、高価である。そのため、私達は転倒ます型雨量計より安価に雨量の測定が行える降雨量測定器の開発をすることにした。

本研究では、雨量測定器を開発するにあたって雨滴の影に着目し、太陽光の影響を受けにくい赤外線LEDを用いて新しい方法で雨量の測定を行おうと考えた。

2 研究目的・意義

赤外線パワーLEDとフォトダイオードを用いた自作の降雨量測定器

(以後: R system3)を開発し、降雨時に雨滴の大きさと雨量を測定し、豪雨の予想を可能にする。

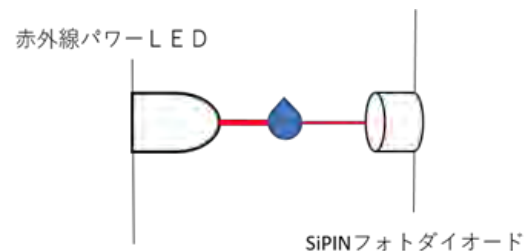


Fig. 1 R system3 の実験原理

3 実験原理

Fig. 1にあるように雨滴が赤外線LED前を通過すると、赤外線LEDの光が遮られ、その遮られ光量の減った赤外線をフォトダイオードが察知しデジタルテスターの電圧値が低下して、その変化の値がパソコンに記録される。実際のR system3をFig. 2に示す。

4 実験方法

4-1 人口雨

雨の終端速度になるとされる高さ約12mである本校の理科棟4階から、ホースにじょうろの先端をつけ、人口雨として用いた。実験前にR system3の質量を測る。R system3とデジタルテスターを導線でつなぎ、デジタルテスターとパソコンをつなぐ。そして、60秒間測定し、実験後のR system3の質量を量る。実験後と実験前のR system3の質量の差から雨量をもとめる。パソコンに記録したデータから積算電圧値を求める。

4-2 実測 (実際の雨量測定)

R system3 を用いて、実際の雨量を測定した。4-1 と同様に、実験後と実験前の R system3 の質量の差から雨量をもとめる。パソコンに記録したデータから積算電圧値を求める。

5 結果・考察

5-1 人口雨

Fig. 3 に示すように、人口雨の実験で相関係数 $R^2=0.89$ と直線性が良く、人口雨において、正確に雨量が測定できることが証明された。雨量 1mm といった比較的少ない量の雨からやや強い雨量 11mm の雨まで、観測できることが分かった。

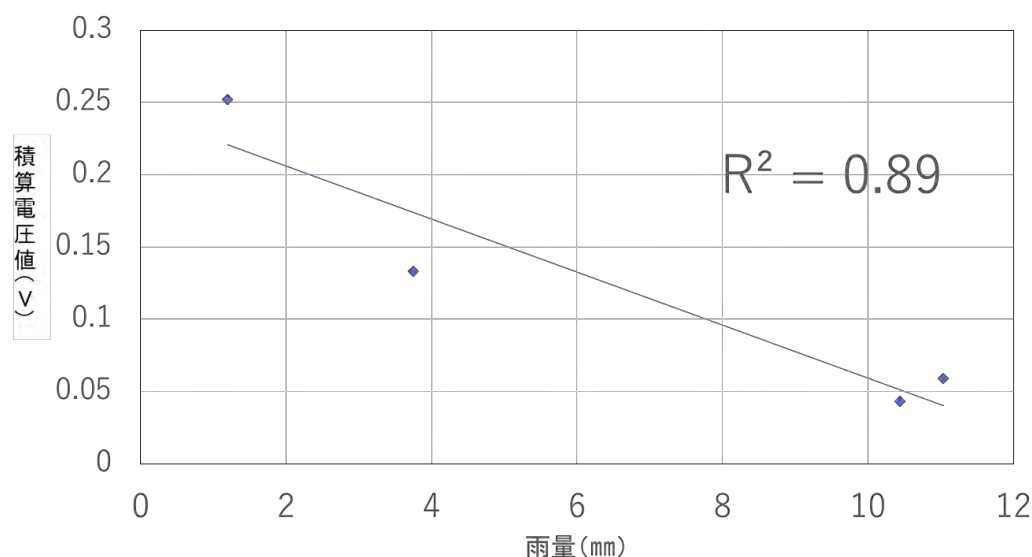


Fig. 3 人口雨での測定

5-2 実測（実際の雨量測定）

R system3 が完成してからあまり雨が降らず、十分なデータが集まらなかった。本研究発表会までに、雨が降れば報告をしたい。

6 結論

・人口雨において、雨量 1mm といった比較的少ない量の雨からやや強い雨量 11mm の雨まで、観測できることが分かった。

地7

南九州上空に出現した人工夜光雲と発光現象の研究

鹿児島玉龍高校サイエンス部天文班

1 夜光雲とは

地球の夏半球の高緯度帯において、青白く輝く雲のことである。この雲は、太陽が地平線付近にあるときに、太陽光が地上約 50~70 km 付近の中間圏にある 40~100nm の氷にあたり、青い光を散乱させることで、観測される。日本でも観測された事例がある。



ISS から観測された夜光雲

2 研究目的

これまでの夜光雲の研究では、その内部に存在する氷の結晶の形成過程が議論されてきているが、ロケットに起因する夜光雲の空間的な変動はよくわかっていない。本研究は、2018年1月18日にJAXA内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられたイプシロンロケット3号機に起因する夜光雲を観測し、夜光雲の空間的な位置の変動を調査する。

3 研究方法

3.1 撮影場所

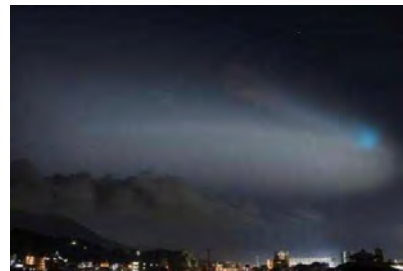
鹿児島県鹿児島市鹿児島玉龍高校屋上で観測を行った。加えて宮崎県宮崎市、沖縄県国頭郡大宜味村で観測されたデータを用いた。

	鹿児島	宮崎	沖縄
天気	晴れ	晴れ	晴れ
温度	7°C	5.9°C	17.4°C
湿度	90%	93%	88%

3.2 撮影方法について(3ヶ所共通)
デジタル一眼レフカメラによる固定撮影を実施した。

4 解析の方法

3ヶ所で撮影された写真で同時刻に撮影されたもののみをデータ解析に使用した。「棒状の写真(現象X)」, 「ひも状の写真(現象Y)」でそれぞれ3組ずつ同時刻のデータを抽出した。



現象Xの写真(鹿児島)



現象Yの写真(鹿児島)

抽出した写真は、各々同日同時刻に見られた恒星・惑星との位置関係を正確に把握するため、ステラナビゲータ10を用いて、観測地点からの見え方を正確に示した。現象X, Yのそれぞれの両端の方位角・高度を各観測点ごとで読み取り、球面三角法を用いて、両端の位置(緯度・高度・経度)を求めた。

5 解析結果

5.1 現象X

両端の高度は130~200kmの熱圏下部に出現していたことが分かった。また現象発生後、徐々に高度を下げながら、南西から北東へ移動していることが分かった。

5.2 現象Y

両端の高度は76~92kmの中間圏最上部に出現していたことが分かった。また現象発生後、高度はほぼ変わらず、南東から北西へ移動していることが分かった。

6 考察

6.1 現象X

発生位置の高度130kmでは気温は230°C、気圧は 1.0×10^{-3} Paとなる。水の状態図に示すと、水は水蒸気であることがわかり、水滴や氷晶が存在できないため、雲ではなく発光現象だと思われる。発生のメカニズムは、イプシロンロケットに起因するが、詳細は現在検討中である。

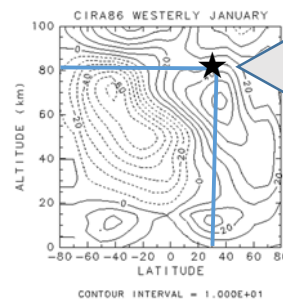
6.2 現象Y

発生位置の高度80kmでは気温は-90°C、気圧は1Paとなる。水の状態図に示すと、水は氷で存在し、夜光雲の発生条件と合致するため、イプシロンロケットから放出された微粒子を凝結核として水蒸気が付着して氷晶となり、夜光雲になった。

6.3 移動原因の考察

現象X、Yの移動の向きは異なるため、現象Xが出現した熱圏下部と現象Yが出現した中間圏最上部移動のメカニズムが異なると予想される。

超高層大気の循環モデルでよく使われるHWM93によるシミュレーションでは現象Xは東寄りの風、下図に示した現象Yの出現位置は西よりの風となっており、私たちが確認した移動方向とはほぼ逆になっていた。



現象Y
実線は西風、
破線は東風を
表す

1月の平均的な風

(地球電磁気・地球惑星圏学会 Web ページ)

考えられる原因は、大気潮汐波、大気重力波、プラネタリー波がある。

7 結論

現象Xは熱圏下部で発生した発光現象、現象Yは中間圏最上部で発生した人工夜光雲と推測した。両現象とも発生場所の風の影響を受けて移動しているが、その原動力は検討中。

8 今後の課題

- ・発光現象の発光のメカニズムを考察する。
- ・発光時の色の違いの原因物質を解明するために、ロケット発射時に発光のスペクトルを取得する。
- ・発光現象と夜光雲の移動するメカニズムを考察する。
- ・夜光雲の空間構造、色の違いを考察する。

9 参考文献

村山(2010)夜光雲：地球上で最も高い雲、等多数あり。

地8

「弘前藩庁日記」からみた江戸時代の天気 (要旨)

池田学園池田高等学校 科学思考班①

1 研究の動機

江戸時代の古文書の日付に添えられた「天気」に着目し、それらを分析して気象台の記録のない時代の天気を調べたいと考えた。一昨々年は神奈川の古文書「関口日記」を、一昨年は京都の「二條家内々御番所日次記」を分析した。そして、昨年は京都の「妙法院日次記」と、鹿児島島の「守屋舎人日帳」を、今年には青森の「弘前藩庁日記」を分析した。

2 研究の目的

- (1) 「弘前藩庁日記」の天気の記述を分析して、江戸時代の天気の傾向を調べる。
- (2) 過年度に調べた古文書のデータと合わせて、飢饉をはじめとする気候変動の原因を探る。

3 研究の方法①

- (1) 集計は西暦で括り算出し、1年の1/3の記述の欠落のある年と2月29日は集計から削除した。
- (2) 天気は現在の気象庁に近づけて雪>雨>曇>晴れと判別した。ただし、「朝の内晴れ、申の刻より曇り」のような記述は、24時間のうち、9割以上曇っていれば「曇り」、21.6時間未満であれば「晴れ」と、雲量を時間に換算して判断した。

4 データ

データ① 「弘前藩庁日記」の1701～1864年までの30年ごとの天気の出現率

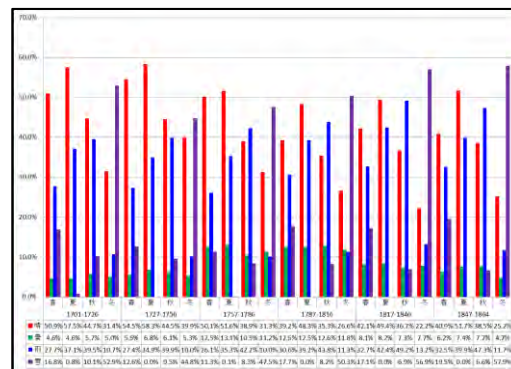
宝暦の飢饉、享保の飢饉の年を含む1701～1726年の期間が一番晴れの出現率が高く、雨と雪の出現率は低いので、気温が高い期間だったと考えられる。享保の飢饉の原因はウンカの大量発生であったと言われるが、気温が高い期間であったために、ウンカの繁殖にはよい条件であったと思われる。

青森 時期	天気の出現率 (%)			
	晴れ	曇り	雨	雪
1701年～1726年	46.3	4.9	28.8	20.0
1727年～1756年	49.3	5.9	28.1	16.6
1757年～1786年	43.0	11.8	28.5	16.7
1787年～1816年	39.2	12.5	30.6	17.7
1816年～1846年	37.7	7.8	34.5	20.1
1847年～1864年	40.9	6.2	32.5	19.5

一方、天保の飢饉を含む期間の晴れの出現率が低く、雨と雪の出現率は高い。

データ② 季節ごとの天気の出現率

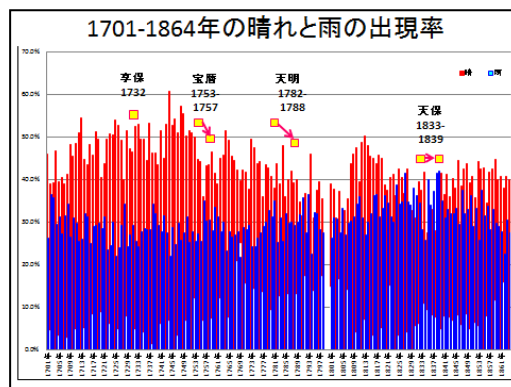
「弘前藩庁日記」の天気を季節ごとに算出すると、1727年～1756年の夏の晴れの出現率が58.3%と一番高く、雨の出現率は1817年～1846年の期間の秋の出現率49.2%と一番高い。



また、雪の出現率は1847年から1864年の冬の雪の出現率が57.9%と高い。

データ③ 1701年から1864年までの晴れと雨の出現率

1701～1726年の期間は晴れの出現率が一番高い期間であるが、宝暦の飢饉の期間は、晴れの出現率の低下がみられ日照時間が減少した。



また、天保の飢饉の期間の雨の出現率が晴れの出現率を上回る。晴れと雨の出現率の複数年の逆転は私たちの古文書の研究で稀なデータである。

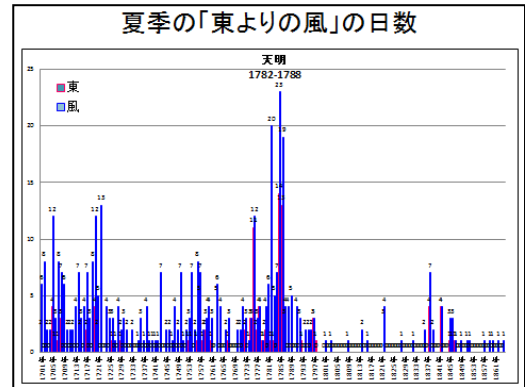
天保の飢饉の原因は大雨、洪水と、それに伴う冷夏だったと言われるが、このデータは史実を裏づける。グラ

フのように雨の出現率が高く、日照時間が下がり気温が低下し飢饉に繋がったと考えられる。

データ④ 夏季の「東よりの風」の日数

6月から8月の「東よりの風」を調べると、天明の飢饉のあった1776年から1789年の間に東よりの風、つまり、「やませ」と考えられる風の日数が多い。

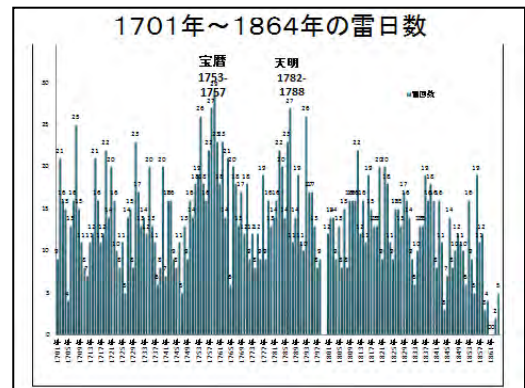
天明の飢饉は、浅間山、アイスランドのラキ火山等の噴火と熱帯太平洋で見られる気候変動現象のエルニーニョ現象による冷害が原因と言われるが、天明の飢饉の原因のひとつとして「やませ」が推定される。



データ⑤ 雷の日数

東北地方に強い雨や雷雨を起こす原因は、佐渡島付近の日本海低気圧によるものであるが、1758年、1759年、1787年、1793年は「日本海低気圧」が発達した年だと考えられる。

1787年は天明の飢饉の年で「やませ」の影響が見られることから、日本海低気圧と「オホーツク海高気圧」の影響が強く、荒れた天候の日が多かった年だと言える。



5 考察

- (1) データ①より、宝暦の飢饉と享保の飢饉の期間を含む30年が、雨と雪の出現率が低く、晴れの出現率が高いので気温が高い時期であった。天保の飢饉を含む30年が、多雨で気温の低い時期だったと考えられる。
- (2) データ③より、享保の飢饉の期間に晴れの出現率が高く、飢饉の原因の水稻の害虫の大量発生にも好条件であった。
- (3) データ④と⑤から、天明の飢饉の期間に雷が多発しており、特に日本海低気圧の影響がみられる。また、「やませ」が頻繁に吹いておりオホーツク海高気圧も強かった期間だと考えられる。

6 結論

「弘前藩庁日記」のデータから、以下の4つの飢饉の要因が顕著になった。

- (1) 宝暦の飢饉と享保の飢饉の期間の晴れの出現率が高く、気温が高い時期で、ウンカの発生を招いた。ただ、宝暦の飢饉の期間は晴れの出現率が急速に低下している。
- (2) 宝暦の飢饉の期間は雷が多発していることから、日本海低気圧の影響で寒気が流入して、不安定な大気の状態の日が多かった。
- (3) 天明の飢饉の期間はオホーツク海高気圧が発達して「やませ」が発生する一方、日本海低気圧の影響で雷も多発し、大気不安定な日が続いたと考えられる。
- (4) 天保の飢饉の期間は雨の出現率が晴れの出現率を超えていることから、多雨で、日照時間が低下し、気温も低くなったことが飢饉の原因のひとつである。

7 今後の課題

「盛岡藩家老席日記雑書」(岩手)をデータ化して、東北地方の気象変動を分析する。

地9

月食の研究Ⅳ

～ターコイズフリンジを中心に～

鹿児島玉龍高等学校サイエンス部天文班

猩々智子, 檜物春佳, 屋田沙玖弥,
濱田瑞稀, 岩野伶哉, 中村太一

1 これまでの研究のまとめ

(1) ターコイズフリンジの明るさとオゾン濃度分布の関連性を証明した。

(2) フィルムカメラとターコイズフリンジの関連性を明らかにした。

2 研究の目的

- ・今年度の月食のターコイズフリンジの色を予想し、比較する。
- ・月食時の月の欠け方から、月と地球の距離を計算で求める。
- ・地球以外の天体でも月食を見ることができないかを調べる。

3 使用機材

- ・鏡筒：タカハシ FC-100DC (口径 100 mm, 焦点距離 740 mm)
- ・赤道儀：EM-11 Temma2M で電動追尾
- ・デジタルカメラ：Canon EOS Kiss X7i, 直焦点撮影
- ・フィルムカメラ：Canon EOS Kiss 5
: Pentax MZ-3
(フィルム：FUJICOLOR100 36 枚撮)
- ・明るさ計測：SQM-L

4 ターコイズフリンジについて

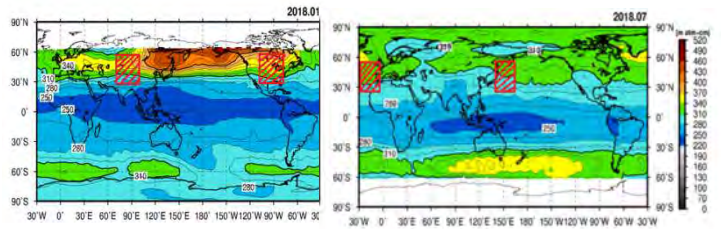
月が地球の影を通過する時に、本影以外の場所を通過した場合、一部が青みがかって見える現象のこと。



2014年10月8日の皆既月食の様子

5 今年度のターコイズフリンジの予想と結果

これまでの研究で太陽光の入射地点での成層圏オゾン濃度が高いほど、ターコイズフリンジの明るさが高くなることが分かった。



成層圏オゾン全量の世界分布図(左図:1/31,右図:7/28,気象庁)

オゾン濃度分布図から、1月31日の月食のターコイズフリンジは明るくなり、7月28日の月食のターコイズフリンジは1月31日より少し明るさの低い青色になると予想した。



左列：2018年1月31日

右列：2018年7月28日

結果は、2018年1月31日は予想通り明るさの高い青色になり、7月28日も予想通り、1月のものより少し明るさの低い青色になった。

2018年の皆既月食観測データ

	1月31日	7月28日
皆既時間	1時間17分	1時間44分
ダンジョンスケール	2.3	3.00
火山活動	なし	なし
エアロゾル	多い	多い

6 ターコイズフリッジの大きさから求めた月と地球の距離

データ画面上での見かけの月，地球の大きさをそれぞれ d , D とし，地球の実半径を R とする。

月食では地球の影は，月 1 個分収縮するから，月の実半径を r とすると，次の式が成り立つ。

$$(R-r):r=D:d$$

整理して $r = \frac{dR}{D+d}$

※ $R=6378\text{km}$

国立天文台 HP 参照

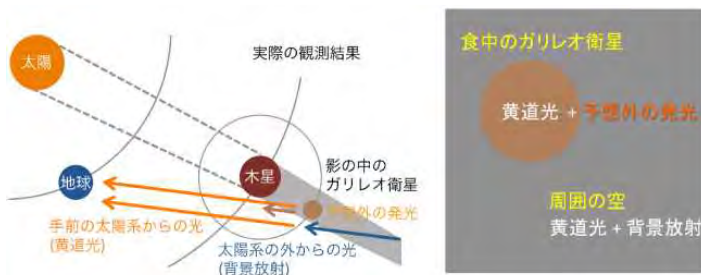
2017 年 8 月 8 日部分月食，2018 年 7 月 28 日と 1 月 31 日皆既月食の観測データを用いて求めた。

計算より，月の半径は 2116km と求められた。

7 月 28 日，1 月 31 日は悪天候だったため，月に写る地球の影の輪郭が鮮明でなかった。そのため誤差が生じたと考えられる。

7 木星の衛星における月食

木星の衛星において月食現象が見られることを知り，東北大学，JAXA などを中心とする研究チームが行った研究を参考に，この現象が自分たちの過去のデータの中で撮影出来ていないかを丁寧に分析した。



木星のガリレオ衛星で発見された月食現象(JAXA・東北大)

木星の衛星における月食とは，ガリレオ衛星（イオ・エウロパ・ガニメデ・カリスト）が，木星の影に入り太陽光に直接照らされていない「食」の状態にもかかわらず，わずかに（通常の 100 万分の 1 程度）に輝いているという現象のことである。

私たちは，まずこの 5 年間に天文班が撮影した過去の膨大な木星の動画データの中から，ステラナビゲータ 10 を用いて，この現象が見られる可能性のあるデータを抽出し，実際に 1 つ 1 つデータを丁寧に確認した。過去に観測した木星の動画データ 1708 本のうち，木星の衛星における月食の現象が見られたデータを残念ながら見つけることはできなかった。

今年木星の観測シーズンが終了しているので，今後は来年の観測シーズンに備えてステラナビゲータ 10 を用い，予め現象が発生すると予想される期日・時刻をシミュレーションして，それをもとに撮影観測を実施する予定である。

8 今後の課題

- ・次回の月食と今回の月食を比較する。
- ・ISS の撮影方法を確立して成層圏オゾンの予報に挑戦する。
- ・木星で起きる月食現象を予測してから木星を観測し，木星での月食現象の撮影に挑戦する。

9 参考資料・謝辞

- ・気象庁…月平均オゾン全量の世界分布図
 - ・国立天文台…ガリレオ衛星における月食
- ※本研究を進めるにあたって，JAXA 宇宙科学研究所阿部琢美氏・石山謙氏，気象庁気象研究所荒木健太郎氏，望月泰雄氏（静岡県沼津高専天文部コーチ），游庭軒氏（世新大学）を初めとする画像を提供していただいた方々，多くの知識や示唆を頂いた皆様に感謝の意を申し上げますとともに，ここにお礼の言葉とかえさせていただきます。