

2021年度 日本気象学会 九州支部 ジュニアセッション in 九州 要旨集

2022年3月6日（日）（14:00～15:40）

- J1. 「大場美佐の日記」の江戸期の「降水率」を推定する ----- 1
ー「詳細率」を使った天候復元の試みー
池田学園池田高等学校（鹿児島市）
安藤琉偉(2)、萩原柊子(2)、呉虹洋(2)、林田吏央(2)、江口美蘭(2)、羽牟祐輔(2)、
日高海桜(2)、矢野秋(2)、荒瀬ひかり(2)、後堂莉乃(1)、吉田りあ(1)、西村元一(1)、
脇田悠生(1)、杉山夢子(1)、谷口智哉(1)、龍造寺萌心(1)
- J2. 「令和3年8月の大雨」の分析 ----- 3
佐賀県立佐賀北高等学校（佐賀市）
池田彩香(2)、石原はる花(2)、永渕実優(2)
- J3. 桜島の降灰と風向の季節変動に関する研究 ----- 5
～エクマンの吹送流との関連性を中心に～
鹿児島県立国分高等学校（国分市）
松尾侑佳(2)、石崎正博(2)、柏木結月(2)、古川小春(2)、水野遥斗(2)、
鮫島吉之介(2)、田島一樹(2)
- J4. 知らない現象(不知火現象)を科学する4 ----- 7
～不知火現象は、単なる夜の浮島現象なのか？～
熊本県立宇土高等学校（宇土市）
柳田眞太郎(2)、新宅結衣(2)、松尾典明(2)、秦敬一朗(2)、永井和(2)、中村優斗(2)
- J4. 太陽からの受熱量と気象との関係 2 ----- 9
熊本県立熊本北高等学校（熊本市）
工藤零太(1)、森本弥馬都(1)、荒巻静(2)

氏名の後の括弧内の数字は学年

「大場美佐の日記」の江戸期の「降水率」を推定するー「詳細率」を使った天候復元の試みー

学校法人池田学園池田高等学校 SSH 課題研究 科学思考班①

高校2年 安藤 琉偉・萩原 柊子・呉 虹洋・林田 吏央・江口 美蘭・羽牟 祐輔・日高 海桜・矢野 秋・荒瀬 ひかり
高校1年 後堂 莉乃・吉田 りあ・西村 元一・脇田 悠生・杉山 夢子・谷口 智哉・龍造寺 萌心

1 研究の動機

私たちは、日本における明治16年の公式の気象観測開始以前の江戸時代の天候を古文書を使って復元している。今年度は彦根藩世田谷領の代官で大場家第12代の当主の妻の美佐が1860年から1904年まで書き残した「大場美佐の日記」を分析した。

2 研究の目的

(1)過去7年間に分析したのは「関口日記」「二條家内々御番所日次記」「妙法院日次記」「守屋舎人日帳」「弘前藩庁日記」「鶴村日記」「中村平左衛門日記」の7つの古文書で、これらと同様に天候記録をデータベースにする。

(2)J. C. Hepburn の横浜の降水の記録をもとに1868年の異常降雨を日記の記録で検証する。

(3)日記の記録の精度を測る「詳細率」と「日記の降水率(雨雪)」と「気象台の降水(雨雪)率(1875年以降の東京気象台のデータ)」で、回帰分析を使って「気象台が観測する以前の江戸期の降水率」を復元する。

3 研究の方法

天気は現在の気象庁の分類に近づけて、雪>雨>曇>晴れと判別した。また、「晴」と「曇」が併記されている日は、1日のうち、8.5割以上曇っていれば「曇り」、20.4時間未満であれば「晴れ」と、空間分布を時間分布に換算して判断した。

4 データ処理

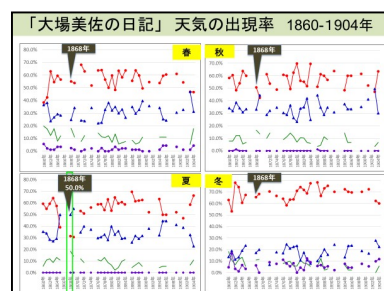
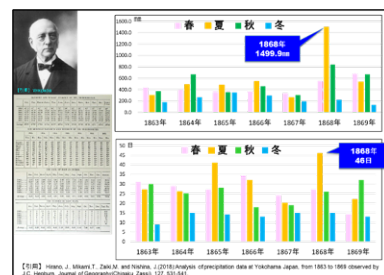
取得したデータは45年間で、11,478日だった。

「詳細率」以外の「天気の出現率」の集計では、「1年の1/3の欠測のある年」と2月29日も集計から削除した。

5 古文書の精度について

アメリカの医療伝道宣教師ヘボンが、1863年か

ら1869年の間、横浜の降水量や降水日数などを記録していた。ヘボンの記録に1868年の多雨の傾向が見られたので「関口日記」と「大場美佐の日記」を確認すると、同様に大きな変動があることがわかった。

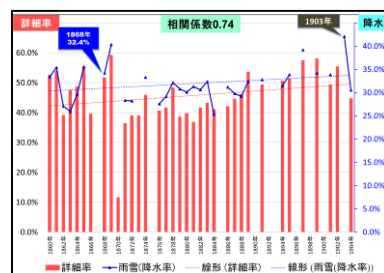


6 データ①

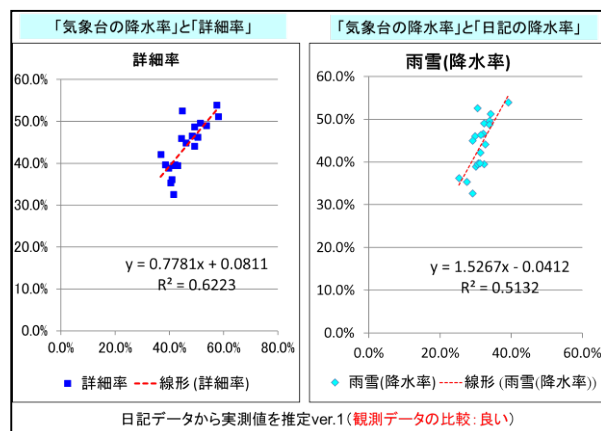
先行研究(庄ら、2017)の「詳細率」を使って記録の精度を検討した。

大場美佐の日記

の詳細率と降水率の相関係数は0.74で、上のグラフのように、日記の降水率が詳細さに影響を受けている。



7 データ② 単回帰分析



ここで、「大場美佐の日記の降水率」と「詳細率」と1876年に始まった東京気象台の「降水率」を使って、気象台が観測を始める以前の江戸期の降水

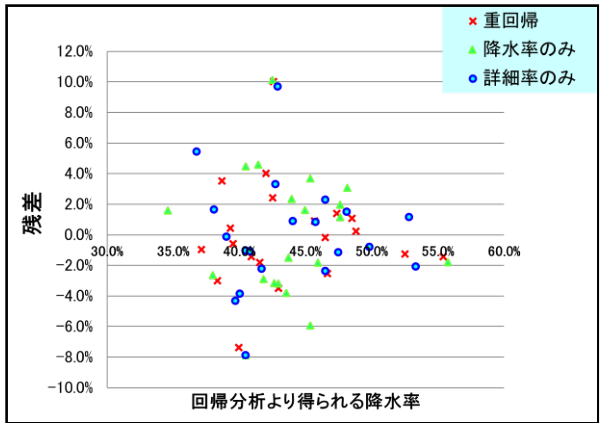
率を回帰分析で推定した。

- (1)「気象台の降水率」と「詳細率」で単回帰分析をすると $Y=0.7781x+0.0811$ という式を得た。
- (2)「気象台の降水率」と「日記の降水率」の単回帰分析で $Y=1.5267x+0.0412$ という式を得た。日記データから実測値を推定して、東京気象台の観測データの比較をしたらかなり良い。

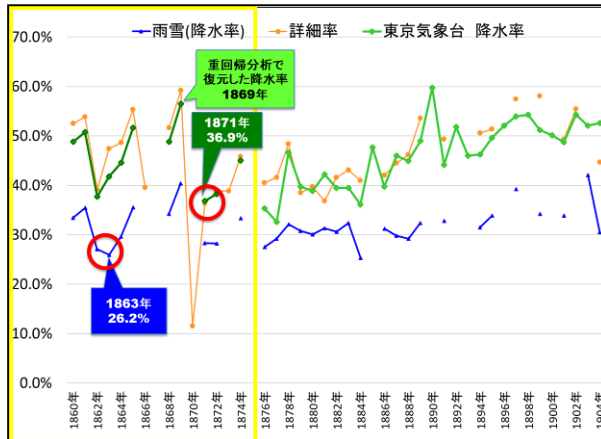
8 データ③ 重回帰分析

回帰統計		Z = 0.65x + 0.56y - 0.024059296			
重相関 R	0.816985419	日記データから実測値を推定 (観測データの比較:さらに良くなった)			
重決定 R2	0.667465174				
補正 R2	0.62834343				
標準誤差	0.03686887				
観測数	20				
分散分析表					
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	2	0.046383131	0.023191565	17.06123251	8.62215E-05
残差	17	0.023108331	0.001359314		
合計	19	0.069491462			
観測された分散比					
有意 F					
回帰				17.06123251	
残差				8.62215E-05	
合計					
係数					
切片	-0.024059296	0.094190428	-0.25643249	0.801453888	-0.222783727
X 値 1	0.654226572	0.4305658	1.519457822	0.147026642	-0.254187659
X 値 2	0.559555587	0.199272393	2.807994014	0.012100056	0.139127688
t					
切片	-0.801453888	-0.222783727	0.174665138	-0.222783727	0.174665138
X 値 1	0.147026642	-0.254187659	1.562641003	-0.254187659	1.562641003
X 値 2	0.139127688	0.979983687	0.139127688	0.979983687	0.139127688
P-値					
切片	0.4200056	0.139127688	0.979983687	0.139127688	0.979983687
X 値 1	0.139127688	0.979983687	0.139127688	0.979983687	0.139127688
X 値 2	0.979983687	0.139127688	0.979983687	0.139127688	0.979983687

x「日記の明治期の降水率」 y「詳細率」 z「気象台の降水率」で重回帰分析を使って求めると $z=0.65x+0.56y-0.024059296$ という式が得られた。



回帰直線による結果と実際との差をプロットすると、赤の×印の重回帰分析のほうが良い結果が得られる。そこで重回帰分析で 1875 年以前の降水率を復元した。



重回帰分析で復元した降水率はグラフのようになり、1860 年から 1874 年の期間の最高は 56.5% で、最低は 1871 年の 36.9% であった。

9 考察

- (1) 1868 年の夏の降雨異常は「大場美佐の日記」「関口日記」においても読み取ることが出来る。
 - (2)「大場美佐の日記」の「詳細率」の平均は 45.4% で、雨の出現率との相関係数は 0.74 であった。
- 「日記の降水率」「詳細率」「気象台の降水率」を使って回帰分析をすると、説明変数を 2 つ使うほうが良い。そこで「1875 年以前の気象台の降水率」を求めると $z=0.65x+0.56y-0.024059296$ という式を得た。

10 まとめ

- (1)へボンの横浜の降水量記録の 1868 年の夏の異常降雨は「大場美佐の日記」「関口日記」においても認められたことから、古文書も優れた時間分解能を持つ資料になりうると考える。
- (2)大場美佐の日記でも「詳細率」と「降水率」との相関係数は 0.74 で、先行研究のとおり詳細率が降水率に影響を与えることを示唆している。

重回帰分析で「1875 年以前の気象台の降水率」を求めると、 $z=0.65x+0.56y-0.024059296$ が得られた。式より 1875 年以前の降水率の最高は、1869 年の 56.5% で、最低は 1871 年の 36.9% となる。日記の降水率の最低が 1863 年の 26.2% であったのでより定量的なデータになった。

11 今後の予定

中国四国地方で、江戸期から明治期にかけて書かれた古文書を探して天候のデータベースを作る。また、「詳細率」「日記の降水率」「気象台の降水率」に加えて「閾値」を使って「気象台観測以前の江戸期の降水率」の定量的復元を考える。

12 参考文献

庄建治朗・鎌谷かおる・富永晃宏 (2017) 日記天気記録と気象観測データの照合による梅雨期長期変動の検討

「令和3年8月の大雨」の分析

佐賀県立佐賀北高等学校 地学部 池田彩香・石原はる花・永瀬実優（2年）

1. 研究の動機

佐賀県では令和元年8月27日から28日にかけての大雨（以後、「令和元年佐賀豪雨」と呼ぶ）に続き、令和3年8月11日から19日にかけての大雨（以後、「令和3年8月の大雨」と呼ぶ）により、浸水や土砂崩れなど、「令和元年佐賀豪雨」を上回る甚大な被害が発生した。今後も、大雨による災害が多発する可能性があると考え、「令和3年8月の大雨」に関する、佐賀北高校と気象庁、国土交通省等の気象観測データを分析することにした。また、身近な災害の記録（記憶）を後世に伝えることは、大変意義のあることだと考え、研究を行った。

2. 「令和3年8月の大雨」の概要

令和3年8月11日から19日にかけて、日本付近に停滞している前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込み、前線の活動が活発となった影響で、西日本から東日本の広い範囲で大雨となった。特に、8月14日は、九州北部地方で線状降水帯による猛烈な雨や非常に激しい雨が降り続き、佐賀県嬉野市で24時間降水量555.5ミリを観測し、観測史上1位の値を更新するなど記録的な大雨となった。

3. 佐賀北高の観測データの分析

佐賀北高の屋上に設置してある転倒ます型雨量計のデータを分析した。大雨ごとに更新している、24時間雨量（夕方16時から翌日の16時まで）のランキングでは第3位にランクインした（プレゼンを参照）。

4. 「令和3年8月の大雨」と「令和元年佐賀豪雨」の比較

佐賀北高の転倒ます型雨量計で観測した1時間雨量を棒グラフにし、それに潮汐曲線を並べて比較した（図1）。「令和3年8月の大雨」では佐賀市内の道路の一部が冠水したが、「令和元年佐賀豪雨」に比べると、住宅等の浸水被害は少なかった（表1）。これは、1時間雨量が30mm以上の激しい雨の時間帯が短かったこと、有明海が干潮に向かう時間帯であったことなどが幸いしたと考えられる。「令和元年佐賀豪雨」では、1時間100mmに迫る猛烈な雨が降り、しかも、有明海が満潮に向かう直前の時間帯であったことが住宅等の浸水被害の原因の一つだと考えられる。

表 1. 佐賀市における住宅等の被害件数の比較

	全壊	半壊	一部破壊	床上浸水	床下浸水	計
「令和元年佐賀豪雨」での住宅等の浸水被害	3	2	4	407	2,492	2,908
「令和3年8月の大雨」での住宅等の浸水被害	0	2	3	66	332	403

（佐賀県庁HPより）

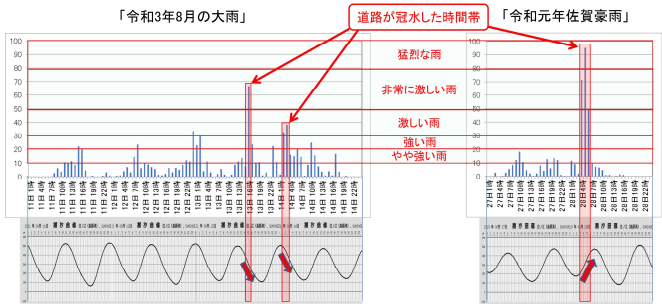


図 1. 「令和3年8月の大雨」と「令和元年佐賀豪雨」の1時間雨量および潮汐曲線の比較

5. 県内のアメダスと国交省の観測所のデータの分析

さらに、多くの雨量データを分析するために、アメダスと国土交通省が設置している無人観測所のデータを利用することにした。国交省の観測所の雨量データは、「川の防災情報」のホームページからダウンロードして使用した。佐賀県内にある国交省の観測所114地点、アメダス9地点、および佐賀北高の合計124地点（図2）の雨量データを集約し、1時間雨量のグラフを作成した（図3）。今回の大雨は、8月11日から14日にかけての4日間で、「非常に激しい雨」「激しい雨」「強い雨」が5〜6回、ダラダラと長期間にわたり降り続いたという特徴が見られた。

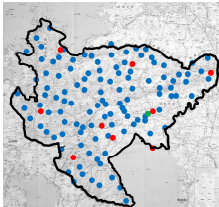


図 2. データを収集した観測所の位置（124地点）

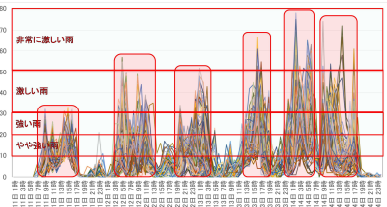


図 3. 124地点の1時間雨量

6. 河川流域ごとの雨量の分析

今回被害が大きかった六角川流域と、佐賀北高が含まれる嘉瀬川流域のそれぞれの流域にある観測所のデータを抽出して分析した。図4は最も浸水被害が大きかった、六角川流域にある観測所（22地点）のデータをグラフ化したものである。六角川流域では、14日の早朝に「令和元年佐賀豪雨」と同等もしくはそれを上回る浸水被害が起きたが（図5、表2）、これは4日間降り続いた雨に加え、有明海が満潮となった時間帯と非常に激しい雨のピークの時間帯が一致し、内水氾濫が起きたことが原因だと推測できる。図6は嘉瀬川流域にある観測所（22地点）のデータをグラフ化したものである。前述したが、佐賀北高や佐賀市の中心部が含まれる嘉瀬川流域では、非常に激しい雨が降った時間帯には、有明海が引き潮の時間帯になっていたため、道路の冠水は起きたものの、「令和元年佐賀豪雨」の時に比べると住宅等への浸水被害は少なかった。

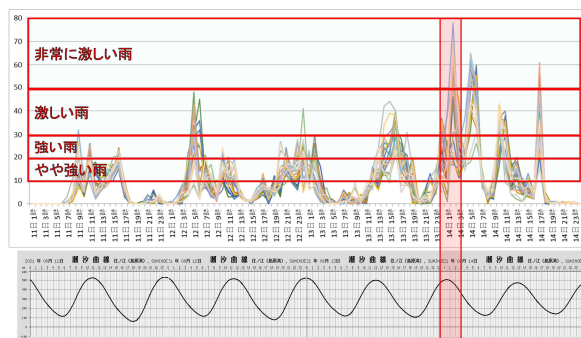


図 4. 六角川流域にある雨量観測所 (22 地点) の 1 時間雨量



大町町(順天堂病院付近) 武雄市北方地区 武雄市高橋地区

図 5. 六角川流域の様子 (新栄地研株式会社の動画より)

表 2. 六角川流域の住宅等の被害件数の比較 (佐賀県庁 HP より)

【令和元年佐賀豪雨】

	全壊	大規模半壊	半壊	一部破壊	床上浸水	床下浸水	計
武雄市	2	34	712	14	202	332	1,296
大町町	79	71	4	0	18	131	303
江北町	0	0	1	0	9	167	177
白石町	1	0	0	0	20	443	464

【令和3年8月の大雨】※網掛けは増加した件数

	全壊	大規模半壊	半壊	一部破壊	床上浸水	床下浸水	計
武雄市	0	87	832	0	94	317	1,330
大町町	0	0	200	0	27	92	319
江北町	0	0	0	0	5	172	177
白石町	0	0	24	0	31	470	525

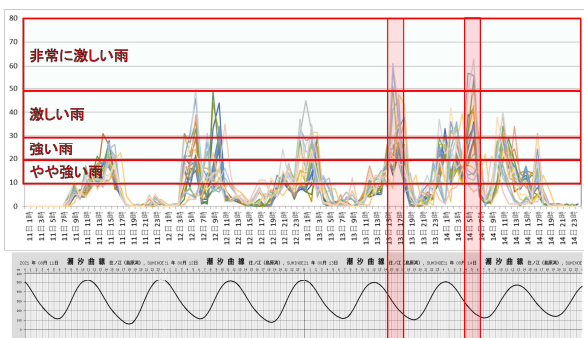


図 6. 嘉瀬川流域にある雨量観測所 (22 地点) の 1 時間雨量

7. 等雨量線図による分析

雨の降り方を細かく分析するために、佐賀北高に加え、佐賀県、福岡県、長崎県のアメダス 19 地点、国交省の雨量観測所 185 地点の合計 205 地点 (図 7) の雨量データを収集・分析した。205 の観測地点の単位時間の総雨量を地図上に数値で示し、ほぼ同じ雨量の地点を線で結び、等雨量線図 (気象庁は総降水量分布図と呼んでいる) を作成した (図 8)。図 8 を見ると、佐賀県の南西部から北東部にかけて 4 日間の総雨量が 1000mm を越えたエリアが見られる (赤色で示したエリア)。ニュースや新聞では、アメダスが設置してある嬉野市の総雨量や土砂崩れのことを主に取り上げていたが、図 8 を作成することで佐賀県東部にも総雨量が 1000mm を越えたエリアがあることが判明した。実際にニュースでも佐賀県東部の神埼市の土石流、みやき町の土砂崩れなどの様子が報道された。

図9は、佐賀地方気象台がアメダスのデータを元に作成

した9日間の総降水量分布図である。我々も独自に同じ9日間の等雨量線図 (図10) を作成したところ、佐賀県北東部に総雨量が最も多いエリアがあることが新たに判明した。アメダスのデータだけでは気づくことはできなかったであろう。

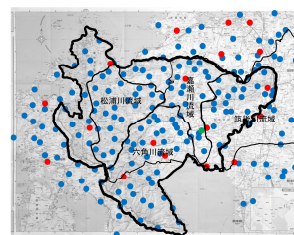


図 7. データを集約した観測所の位置 (205 地点)
※境界線は主要河川の流域

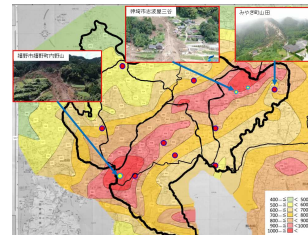


図 8. 8 月 11 日から 14 日にかけての 4 日間の等雨量線図

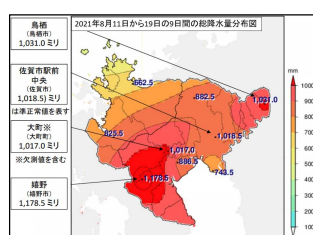


図 9. 総降水量分布図
(佐賀地方気象台)

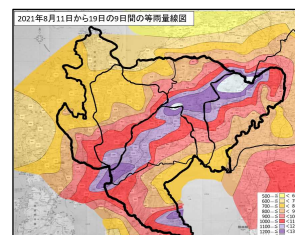


図 10. 等雨量線図
(佐賀北高オリジナル)

8. 考察・まとめ

「令和元年佐賀豪雨」、「令和3年8月の大雨」を立て続けに体験し、佐賀県南部は低平地であり、有明海に通ずる六角川、嘉瀬川流域では、大雨が降った際に、容易に内水氾濫が起きたり、河川の氾濫が起きたりする可能性が高いこと、さらに、有明海の潮汐に大きな影響を受けるということを再認識した。また、オリジナルの等雨量線図をつくることで、より詳細な雨の降り方の分析ができることが判明した。今後、豪雨災害時等で雨の降り方の分析をするときに有効な資料となると考える。

9. 参考文献

- ・福岡管区気象台 (https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20210820_kyushu.pdf)
- ・海上保安庁 潮汐推算 (https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/curr_pred/)
- ・川の防災情報 (<https://www.river.go.jp/portal/#80>)
- ・国土交通省九州地方整備局 (http://www.qsr.mlit.go.jp/useful/photo/r3gouu_photo.html)
- ・佐賀地方気象台 (https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20210906_saga.pdf)
- ・佐賀県庁 (<https://www.pref.saga.lg.jp/bousai/kiji00381950/index.html>)
- ・佐賀新聞 (<https://www.youtube.com/watch?v=J37IFNOqU8s>)
- ・新栄地研株式会社 (https://www.youtube.com/watch?v=FcrhL7FgpjY&list=PLUyZ0cdfUxCYLu_bc7T4W_Ir201jK1v7F&index=5)

桜島の降灰と風向の季節変動に関する研究 ～エクマンの吹送流との関連性を中心に～

鹿児島県立国分高等学校 松尾侑佳(2年) 石崎正博(2年) 柏木結月(2年)
古川小春(2年) 水野遙斗(2年) 鮫島吉之介(2年) 田島一樹(2年)

1 はじめに

桜島が噴火すると、放出された火山灰は風によって風下に流下し堆積すると考えられている。「実際に、火山灰は風下に流下しているのだろうか」と、疑問を抱き興味を持ち、研究をはじめた。

2 研究目的

- ・桜島の灰の流向と風の関係性を調べる。
- ・灰の流向や風向きから長期的な気候変動を考察する。
- ・研究内容から防災の活用方法を考察する。

3 研究方法 I

- (1) 表 1 から、灰の流向割合の図を作成する。
- (2) 表 2 から、平均風の表を作成する。
- (3) (1) (2) を一つの図上に表し、風向きと灰の流向の関係性について調べる。

表 1 桜島噴火データ (鹿児島地方気象台 Web より)

噴火番号	噴火番号	噴火種類 (Ex or Er)	yyyy/mm/dd hh:mm	色	量	高(m)	流向	火口
1	1	Ex	2016/2/5 18:56	GW	4	2200	SE	S
2	-	Er	2016/2/8 7:08	GW	3	2100	SE	S
3	2	Ex	2016/2/8 8:41	GW	4	2500	SE	S
4	-	Er	2016/2/8 9:41	GW	3	1000	SE	S
5	-	Er	2016/2/8 17:12	GW	4	2000	SE	S
6	-	Er	2016/2/8 20:46	GW	>3	>1000	E	S
7	-	Er	2016/2/8 23:23	GW	>3	>1000	E	S
8	-	Er	2016/2/9 3:02	GW	>3	>1000	E	S
9	-	Er	2016/2/9 8:05	GW	3	1000	SE	S
10	3	Ex	2016/2/9 20:06	GW	2	700	SE	S
11	4	Ex	2016/2/10 16:51	GW	2	800	S	S
12	-	Er	2016/2/10 23:05	GW	3	1000	SE	S
13	-	Er	2016/2/11 0:20	GW	3	1500	SE	S
14	-	Er	2016/2/11 0:38	GW	3	1800	SE	S

表 2 桜島噴火日の気象データ (表 1 と同じ Web より)

日	ジオポテンシャル高度(m)	気温(℃)	相対湿度(%)	風速(m/s)	風向(°)
1	1584	2.2	3	4	354
2	1571	4.0	96	13	254
3	1525	6.8	91	8	281
4	1522	7.9	9	10	287
5	1533	7.3	91	12	256
6	1515	6.6	100	4	224
7	1495	-1.1	75	17	310
8	1491	-0.6	100	11	275
9	1503	-3.2	92	12	284
10	1524	-1.1	79	12	292

4 結果 I

図 1 は灰の流向割合表, 表 3 は平均風の表であり, 図 1 に表 3 のデータを合したものが図 2 である。

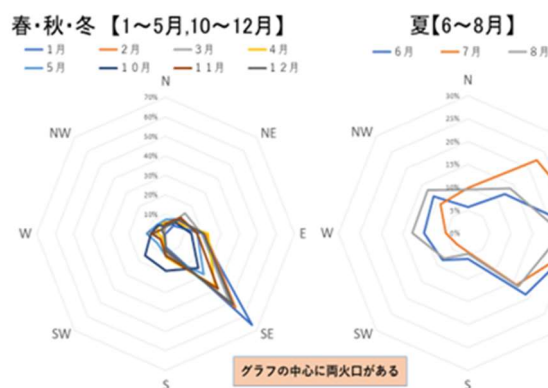


図 1 降灰の流向割合図

表 3 桜島における月別の最も多い平均風

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
地上風	北北西	北北西	北北西	北北西	北北西	南南東	南南東	南南東	北北東	北北西	北北西	北北西
上空の風	西北西	西北西	西北西	西	西南西	西南西	西南西	南	南	北西	西北西	西北西

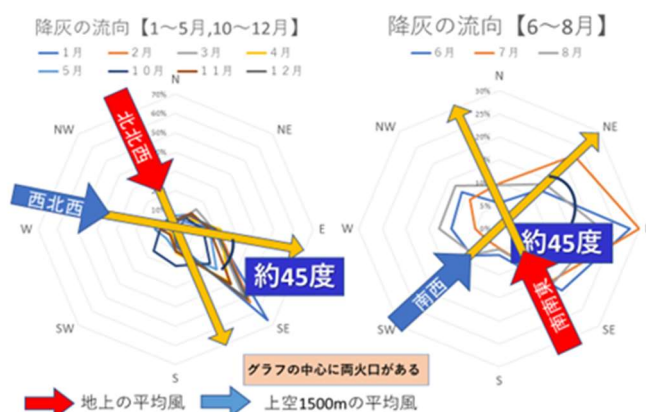


図 2 降灰の流向割合図に月別平均風のデータを合わせた図

【地上風】

図 2 より、春秋冬は風向きと降灰の流向が一致して

いるが夏はずれが大きい。

【上空 1500mの風】

図2より、春秋冬・夏でそれぞれ、平均風の風向きと降灰の流向に約45度のずれがみられ、エクマンの吹送流と似た傾向がみられた。

5 エクマンの吹送流の検証・実験

(1) 灰の流向と上空の風向きの高度別のずれ

灰の流向データと上空の風データから高度別でずれがみられるか検証した。

表4 灰の流向と上空の風向きの高度別のずれ

【1月～5月、10月～12月】		【6月～8月】	
灰の流向→SE		灰の流向→E	
高度	風向	高度	風向
3100m	SW	3100m	SW
2900m	W	2900m	SW
2700m	W	2700m	W
2600m	W	2600m	SW
2500m	W	2500m	SE
2400m	W	2400m	S
2300m	W	2300m	SW
2100m	SW	2100m	S
1900m	W	1900m	S

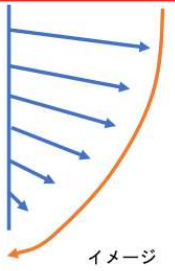
表4より、黄色で塗られているものは灰の流向と風向きに約45度ずれがあったものを示す。春秋冬では、9個中7個が約45度のずれがみられた。一方、夏では9個中4個と春秋冬に比べ約45度ずれているものは少なかった。また夏は風向きにばらつきがみられた。異なった高度でもずれはみられた。

(2) エクマン螺旋の有無をデータから分析

表2の気象庁のデータを用いてエクマン螺旋がみられるか検証した。

気圧 (hPa)	ジオポテンシャル 高度(m)	風速 (m/s)	風向 (°)
811	1808	26	293
851	1433	26	295
891	1073	27	302
934	700	20	311
976	346	15	320
1014	35	5	320

右回りに回転



イメージ

図3 高度の違いによる風向の変化

図3より、エクマン螺旋は見られた。しかし、夏や風の弱い日にはエクマン螺旋はほぼ見られなかった。

(3) 転向力が実際に働いているかの実験

図4のフーコーの振り子の装置を使用して、1時間当たりの振り子の振動方向のずれを求めた。

【実験結果】

- ・1時間ごとの計測回数：67回
- ・振り子の振動方向のずれ：時計回り
- ・1時間ごとの角度のずれ：8.2度
(理論値：約8.0度)

以上の実験結果より、我々の実験値は8.2度、理論値は8.0度なので、誤差は0.2度であった。これより転向力が働いていることが分かった。



図4 実験に使用したフーコーの振り子
(1985年ウチダ社製)

6 まとめと考察

- ・灰の流向と風向きの間に約45度のずれがみられた。
- ・一年を通し、東側に多く灰が降灰していた。
- ・エクマン螺旋がみられた。
- ・転向力が働いていた。
- ・夏では、風向きにばらつきがみられたり、エクマン螺旋がみられなかったりした。その原因として気象状態の不安定さに関係しているのではないかな。

7 今後の課題

- ・使用したデータから、長期的な気候変動を考察する。
- ・県庁が採取している灰を入手し分析する。または噴火直後の灰を採取し分析する。
- ・夏の気候が安定しない原因について調べる。

8 参考文献

1) 気象庁ホームページ

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/index.php>

2) 鹿児島地方気象台ホームページ

https://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/kazan_top.html

知らない現象（不知火現象）を科学する 4 ～不知火現象は、単なる夜の浮島現象なのか？～

熊本県立宇土高等学校 科学部地学班 2年 柳田 眞太朗 新宅 結衣 松尾 典明 秦 敬一朗 永井 和 中村 優斗

1 これまでの研究（今年度の研究動機）

昨年は、光源が反転して二列に見える不知火現象を観測した。また、昼間には浮島現象や逃げ水も観測した。観測対象が下に反転し二列に見える点ではよく似ていたため、「不知火現象は、単なる夜の浮島現象ではないのか？」という疑問が生じた。

2 今年度の目的

- (1) 不知火現象を追加観測してデータを追加し、より鮮明な写真や動画の記録を取る。
- (2) ①不知火と浮島の違い、②風との関連性、③蜃気楼を生じさせる“温度層”の存在、④観測時期はなぜ八朔なのか(旧暦八月一日)、の4つの視点から不知火現象の観測や発生条件を明らかにする。

3 研究内容

A 不知火現象の観測

- (1) 方法 (図1・2)

場所：永尾神社

地点：観望所(9m)、
海岸(1m)

観測方向：大島方面

時期：八朔付近の大潮



図1 観測点、観測先の位置と距離
(等距離は5km、地理院地図に加筆)



図2 観測地点（観望所、海岸）の位置

- (2) 結果 八朔は今年も悪天候のため観測できなかったが、別日に光源が明滅し下に反転し二列になって見える不知火を観測できた。昔ほどではないが弱い不知火を観測できたと考えた(図3)。



図3 不知火現象の様子(2021年10月9日0時31分、永尾海岸)

三年間で観測データを追加できた(表1)。

表1 3年間の観測結果のまとめ(海岸)

	年月日	時期	旧暦	観測時間	不知火観測	観望所or海岸
1	2019/07/31	七朔	6/29	22:00~26:00	○	観望所
2	2019/08/01	七朔	7/1	20:00~27:00	○	観望所
3	2019/08/29	八朔	7/29	18:00~28:00	×	
4	2019/09/14	八朔	8/16	14:00~28:00	○	海岸
5	2020/07/22	六朔	6/2	19:00~24:00	×	
6	2020/08/04	六朔	6/15	9:00~29:00	×	
7	2020/09/20	八朔	8/4	26:00~28:30	○	観望所・海岸
8	2020/10/03	八朔	8/17	24:00~28:30	○	海岸
9	2020/10/17	九朔	9/1	24:00~28:00	○	観望所 → 海岸
10	2020/10/30	九朔	9/14	23:00~25:00	○	海岸
11	2020/11/14	十朔	9/29	23:00~26:00	○	観望所
12	2021/07/27	六朔	6/18	24:00~28:00	○	海岸
13	2021/09/09	八朔	8/3	23:00~28:00	○	海岸
14	2021/10/08	九朔	9/3	23:00~30:30	○	海岸
15	2021/12/04	十一朔	11/1	21:00~31:00	×	

B 不知火現象と浮島現象の違い

- (1) 方法 冬や夏の浮島現象と不知火現象の観測を行い、2つの視点から、不知火現象と浮島現象の違いを明らかにする。また、夜の不知火と朝方の浮島の連続性についても観測により調べることにした。

- (2) 結果

浮島現象は、夏の時期に、さらに早朝だけでなく昼間にも観測することが出来た。気温と海水温の差があれば観測できることが分かった。2つの視点に着目し不知火と浮島の違いをまとめると以下ようになる。

視点①：短時間での見え方の変化(現象面)



図4 夜間の不知火現象(2021年10/9 0時31分)

視点②：最適な観測点の高さ(観測面点)



図5 干潮時刻頃の様子(2021年10/9 4時11分)

	不知火現象	浮島現象
視点①	有	無
視点②	高さ0~10mで 変化する	低い方がよい (変化しない)

連続性：夜間に2列に反転して明滅する不知火現象が観測できた(図4)。その後、干潮時に近づくと次第に反転しなくなった(図5)。しかし、再び潮が満ちてくると反転を始め、夜明けに明瞭な浮島現象となって観測された(図6)。よって、夜の不知火現象と早朝の浮島現象の連続性は見られない。



図6 早朝の浮島現象(2021年10/9 6時48分)

- (3) 考察

不知火現象は単なる夜の浮島現象ではない。私たちが夜間に観測した蜃気楼は、現象としては弱いかもしれないが、紛れもない不知火現象である。

C 風～短時間での変化を生じさせる原因か？～

- (1) 仮説 不知火は、風が原因で短時間に見え方が変化するのではない。

- (2) 目的

不知火発生時に不知火海を吹く特徴的な風を見つけ、不知火と風との関連性を明らかにする。

① 一日の中での風の吹き方

② 不知火観測時刻頃の風の特徴

③ 季節による陸風の有無

- (3) 方法(次頁図7を参照)

- ・気象庁から複数年の風のデータを引用する。
- ・不知火海沿岸の3地点(三角、松島、八代)。
- ・2日以上連続して晴れた日のデータを抽出。

(4) 結果 (表 2)

① 一日の中での風の

吹き方季節によるが風速と風向に着目すると、一日の中での風の吹き方は夜～朝と昼間で風が変化する。

② 不知火観測時頃

(午前 1～3 時) の風の特徴

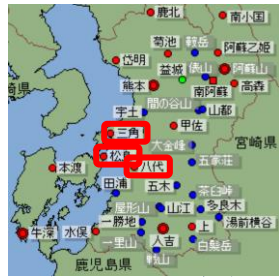


図 7 観測場所 (気象庁)

表 2 2020 年 1 時～3 時の風 (2019 年も同じ傾向)

2020 年	三角		松島		八代	
	風速	風向	風速	風向	風速	風向
春	2.7m/s	北東	1.1m/s	南西	0.4m/s	南東 or 北東
夏	0.7m/s	北東	0.7m/s	南西	0.4m/s	南東 or 南西
八朔	1.1m/s	北東 or 南西	0.9m/s	南西	0.2m/s	南東 or 静穏
不知火観測日	1.3m/s	北東	0.7m/s	南西	0.4m/s	南東
秋	1.5m/s	北東	1.3m/s	南西	0.5m/s	南西 or 南東
冬	2.1m/s	北東	1.6m/s	南西 or 北東	0.6m/s	北東

風速：八朔の時期は、1 年の中で風速が最も小さく、実際に不知火観測時には風速が小さかった。

風向：冬はどの地点も北寄りの季節風が吹いている。一方八朔は一見バラバラだが、図に示すと不知火海内部へ風が吹いているのが分かる (図 8)。

よって、八朔の不知火観測時は、不知火海内部へ向かって微風が吹くことが特徴であると考えられる。そして、この風は陸風ではないかと疑問に思った。

③ 陸風の有無

上記の不知火海内部へ

図 8 八朔時の夜の風向



向かって吹く陸風は、八朔の時期以外にも吹くのか調べた。各地点での陸風の条件を下表のように設定し、各季節での陸風の吹いた割合を表にまとめた (図 9)。

すると、3 地点で陸風が吹く割合が高い時期は、夏～八朔であった。

	陸風					
		三角	松島	八代	秋	冬
三角	北	◎	◎	◎	◎	◎
八代	東	×	○	○	×	×
松島	西	◎	◎	◎	◎	◎

図 9 陸風の判断条件 (左) と季節での有無 (右)

(5) 考察

八朔頃だけに吹く弱い陸風が、不知火現象の発生条件の 1 つであると考えられる。そして、不知火の特徴である短時間での変化を生じさせる原因の 1 つは風であると考えた。

D 温度が異なる空気層“温度層”の存在

(1) 目的

不知火や浮島などの蜃気楼は、気温が変化する空気層が原因で起こる屈折現象である。この気温が変化する空気層である“温度層”の存在の有無。また、層厚はどの程度か？

(2) 方法・結果

① ドローンを用いた気温測定

c m 単位で低空飛行はできず、測定不可。

② アスファルト、海面上での温度計での気温測定

アスファルトや海面上では高さが上がるにつれて気温が低下した。特に水面からの高さが 10cm 位までは急変していることがよく分かった (図 11)。

(3) 考察

地面や海水から影響を受けて気温が変化する“温度層”が存在しており、層厚は、数十 cm と意外に薄い。

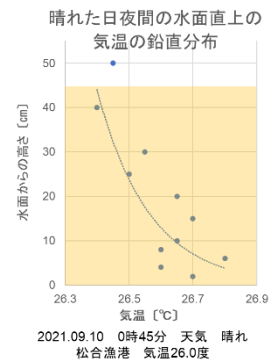


図 11 海面上の気温の鉛直分布

E 八朔の特徴～不知火観測はなぜ八朔なのか～

(1) 目的 気温と表面海水温の温度差に着目し、八朔の特徴を明らかにし、不知火観測に最適な時期はなぜ八朔とされているのかを考察する。

(2) 方法

① 気温と表面海水温。

気象庁データを引用し、気温と海水温を調べる。気温は三角、海水温は 2020 年の不知火海の領域をデータから目測で数値を抽出する。

② 八朔頃の今 (2011-20) と昔 (1977-) の比較。

③ 冬の時期の不知火の観測。

(3) 結果

① 八朔は、最高気温・最低気温ともに 1 年で最も高い時期に近い。表面海水温は 1 年の中で最も高い。不知火観測時刻頃の温度差 (表面海水温と最低気温の差) は八朔頃大きい、その後より大きくなり、最大なのは 17.7℃ (1/1) であった。

⇒疑問：温度差の観点だけで見れば八朔よりも冬の方が不知火は発生しやすいのではないかな。

② 今と昔では、気温が高くなっている。また、降水量も増加しており、その 3 割が八朔に増えていた。

③ 冬の夜間はよく浮いた浮島現象は見られたが、不知火現象を見ることは出来なかった。

(4) 考察

不知火現象は、温度差が大きくなければ見ることができない。しかし、温度差の大きい冬に不知火は見られず、不知火観測は八朔が適していると言える。ただ、八朔時期でも昔と比べて見えづらくなっており、その原因の一つに温暖化が考えられる。

4 まとめ・今後の展望・主な参考文献

- 我々が観測した蜃気楼は、単なる夜の浮島現象ではなく現象としては弱い不知火現象である。
- 不知火現象は、風との関連性があり、短時間で容易に見え方が変化するのが特徴である。
- 不知火現象は、昔と比べて見えづらくなっているが、その原因の一つに、温暖化が考えられる。
- 不知火の再現実験を試み、風との関連性や不知火の複雑な発生メカニズムをより明らかにしたい。

- ・文献集 不知火 (不知火資料収集委員会)
- ・気象庁 HP
- ・不知火の研究 (葦書房・山下太利)
- ・地理院地図
- ・不知火新考 (築地書館・立石巖)

太陽からの受熱量と気象との関係 2

熊本県立熊本北高等学校 自然科学部（地学）

工藤 零太(1) 森本 弥馬都(1) 荒巻 静(2)

目的

本校の先輩による平成 17 年の先行研究で、「教科書に出てくる太陽定数は、日射量の測定から求めた値と異なる。その原因は、太陽定数は、大気によって地表に届く前に吸収、反射によって半減することにある。しかし、測定から求めた値は、単に半分ではなく、日によって変化する。その原因を調査した。その結果、雲量が最も影響している。」と結論づけていた。¹⁾

先行研究の日射量とは、直達日射量のことであり、本研究では、直達日射量を受熱量とし、以下のことを探究した。

- ① 受熱量の測定を行い、受熱量変化の原因を探る。
- ② 先行研究で今後の課題となっていた、受熱量に照度が影響するかを検証した。
- ③ 同じく今後の課題の、受熱量と雲量の関係式が導けないかを検証した。

※太陽定数

地球に入射する太陽放射エネルギーの大きさを「大気圏の最上部で、太陽放射に垂直な面 1 m²が 1 秒間に受ける日射量」で定義される。²⁾

その値は約 1.37 kW/m²であり³⁾、地表に届く理論値は、その半分 0.685 kW/m²とした。

方法

① 受熱量の測定

ア. 期間：2020 年 8 月～2022 年 1 月

16 時頃（晴れ 19 日/全活動 83 日）

イ. 場所：理科棟南側の駐車場

ウ. 器具

- 中村理科製、銅製容器とウレタン製の簡易日射計を使用する。
- 銅製容器の容量は 43.2mL である。



第 1 図 簡易日射計

エ. 方法

- 測定 30 分以上前に、屋外日陰に出す。
- 遮光用の黒い覆いを使って、太陽の直射光のみを銅製容器の黒い受熱板にあたるように操作する。
- 簡易日射計を、地上から 1.2m の高さに三脚で固定する。
- 数台の簡易日射計で、地上から 1.5m、1.2m、0.9m の高さで同時に測定し、ほぼ同じ結果のため、測定者の身長から測定しやすい 1.2m とした。
- 1 分間ごとの水温を 15 分間測定する。

② 照度の測定

- ① と同じ期間、場所、簡易照度計で測定。

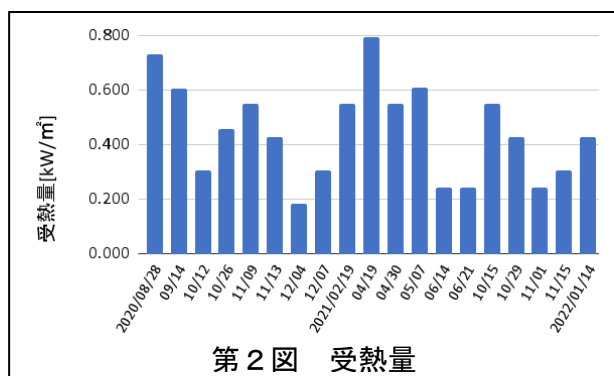
③ 雲量の測定

- ①と同じ期間、場所、目視で確認。

④ その他：風力、影の長さ（1m の棒）と太陽の方角を測定。

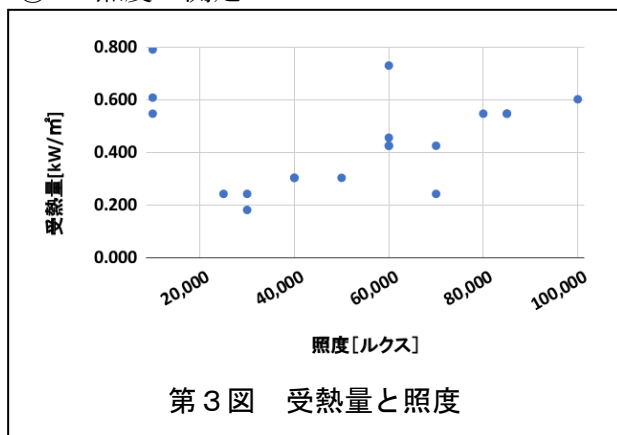
結果

① 受熱量の測定

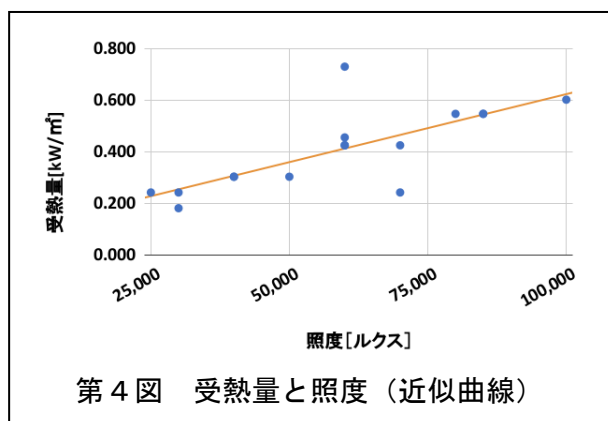


地表に届く受熱量の理論値 0.685 kW/m^2 に近い日は2日あった。受熱量が同じ値になる日は、4回あった。理論値よりも受熱量が大きい日が、2日あった。

② 照度の測定



全データでは、特徴のある結果は認められなかった。



25,000 ルクス以上では、受熱量と照度に正の相関が見られた。

③ 雲量の測定

雲量は0～3以下が多かった。

結論

- ① 受熱量と照度は、正の相関が見られた。
- ② 雲量が受熱量の変化に影響していると考えられる。
- ③ 雲量が少なくても、途中で太陽の周囲にだけ雲が発生し、測定を中止した日何回かあった。このことから雲量自体の客観性が乏しく、受熱量と照度、受熱量と雲量の計算式を立てるには、雲量を客観的に表すことが必要だと感じた。
- ④ ①～③を踏まえて、受熱量の測定に加え、太陽周辺の雲量の数値化という課題が見つかった。

今後の活動

- ① 受熱量測定の継続
地学の基本である、フィールドワークとして受熱量の測定を続け、データ数を増やし、精度をあげていく。
- ② 太陽周辺の雲量の数値化
最初は晴れていたが、途中で曇ったり、雲量は少ないが、太陽周辺に雲がかかったりし、測定を最後まで続けられなかった。
このことから、雲量よりも、太陽周辺の雲の量が、受熱量に影響されると推察されるため、今後本校の太陽望遠鏡や、太陽投射板付きの望遠鏡で、太陽の画像を録画し、太陽周辺の雲量の数値化をして、受熱量と雲量の関係式を作りたい。
また、照度計を使用し、直達日射量測定と似た手法で、太陽周辺の雲量を推定できないかを検討している。
- ③ 紫外線センサーを使って研究をしたい。

参考文献

- 1) 地学くまもと 第47号 p.54-57 「日射量の変化と気象」 熊本県立熊本北高校 地学部 平成18年
- 2) ニュースページ 新地学図表 p.176-177 2018年 浜島書店
- 3) 地学基礎 改訂版 p.121 平成30年啓林館

(公益社団法人) 日本気象学会九州支部

〒810-0052

福岡市中央区大濠一丁目2番36号 福岡管区気象台内

Tel: (092) 725-3614

Fax: (092) 761-1726

E-mail: info@msj-kyushu.jp

ホームページ: <http://msj-kyushu.jp/>