



みんなで気象文化をつくらう！
wxbunka.com

第3回高校・高専観測機器コンテスト

一般財団法人 WNI 気象文化創造センター(代表理事:宮部二郎)は、気象リテラシーの向上を目的として、高校・高専生を対象とした気象観測機器コンテストを開催しております。このコンテストは、従来の発想にとらわれないアイデアによって気象観測機器を製作・検証し、その技量を競うものです。最終選考および表彰式は元南極観測船 SHIRASE(千葉県船橋港)にて行い、受賞者を決定しました。

本コンテストは2014年3月より募集を開始し、東京大学中須賀真一氏を選考委員長とする選考委員会により一次選考、二次選考を経て受賞者を選考しました。

受賞内容および作品、受賞校一覧

最優秀賞(賞金20万円)	: 「桜島の降灰測定器(降灰君)の開発」	鹿児島県立錦江湾高等学校化学研究部
優秀賞(賞金10万円)	: 「雷映像記録システム」	清風南海学園高等学校
優秀賞(賞金10万円)	: 「Cloud Examine」	香川高等専門学校
選考委員特別賞佐々木嘉和賞(賞金5万円、米国研修旅行)	: 火山雷観測装置「ボルカ」の製作と観測	鹿児島県立錦江湾高等学校天文物理部
選考委員特別賞衛星賞(賞金5万円、衛星オペレーション見学会)	: 「南国、高知の空の青さを測る！」	高知工業高等専門学校
観客賞(賞金5万円)	: 「おてんきぽっぽ1号」	福岡県立小倉高等学校
代表理事特別賞(賞金5万円)	: 体感気候観測機「キモチモン」	長崎県立長崎西高等学校



受賞者および選考委員の皆様(於:元南極観測船 SHIRASE5002 オーロラホール:旧ヘリ格納庫内)

●各受賞者の作品概要

●最優秀賞：「桜島の降灰測定器(降灰君)の開発」

鹿児島県立錦江湾高等学校化学研究部

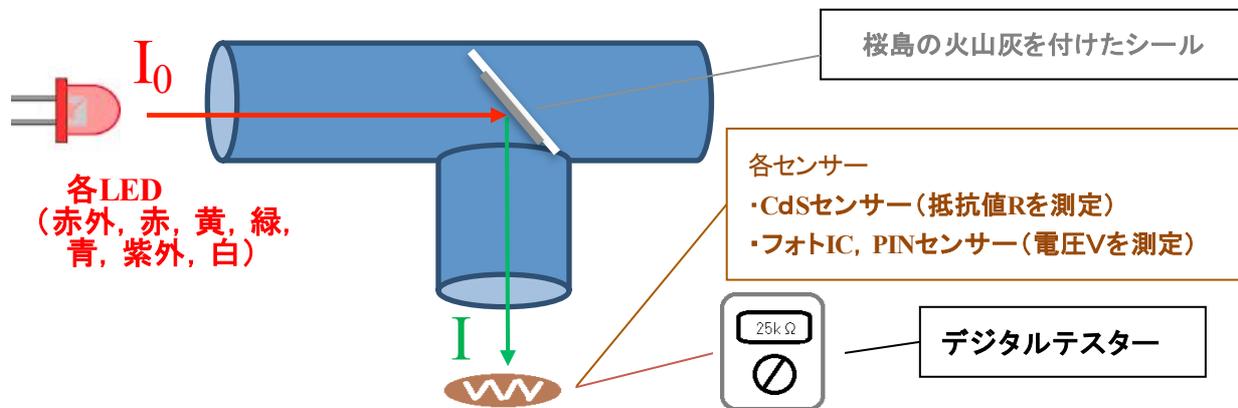
世界中には数多くの火山が有り、噴火した火山灰が大きな被害を及ぼすことが有る。鹿児島においても桜島が頻りに噴火しており、降灰による生活への影響が大きい。火山灰量を知るにより、どの程度の量が生活への影響をおよぼすかどうかについて知る必要があると考える。しかし、浮遊している火山灰量についての先行論文は少なく、実用化に至っていないのが現状である。そこで、今回の観測機器は降灰君によって測定した火山灰の浮遊量を調べるにより、ヒトが吸う火山灰量について考察することとした。観測方法は空気中に浮遊している桜島の灰をフィルター付きの吸引ポンプで集め、そのフィルターを自作の簡易反射型吸光度計を用いた。



錦江湾高校から見た桜島の噴火

・測定原理

測定原理には、ランベルト・ベールの法則を用いた。実験装置の模式図を以下に示した。外部の光を遮断するために暗所ですべての実験は行った。



図：降灰君の模式図

・まとめ

降灰君でLEDの色を変えて実験したところ、火山灰粒子が小さいほど短波長の光を散乱すると分かった。また、火山灰粒子が小さいほど、反射率が高い石英が多く含まれている事も短波長の光を散乱の一因になったと考えられる。降灰君はデータの再現性も良く、スキャナーとImageJによって求めた明度Vと正の相関性が見られた。反射光を分光させたスペクトルにおいても、火山灰粒子が小さいほど短波長の光を反射することが分かった。そして、様々な粒子径の火山灰では様々な波長でピークをもつ白色LEDが有効だと分かった。

吸引装置を用いた降灰君で、桜島の降灰量をほぼ正確に測ることができた。鹿児島県民は比較的降灰量が少ない錦江湾高校の中庭でも、1年間に2.84gの火山灰を吸引していることが分かった。

また、降灰君は降灰皿と比べて、観測スペースを必要としない。また、降灰皿では雨天時には、火山灰を乾燥させてから質量を測らないといけないが、降灰君の場合には乾燥の手間が少ない。鹿児島県内に簡単に観測点を増やすことができると考えている。

●優秀賞：気象観測機器・雷映像記録装置

清風南海高等学校 科学研究部気象観測班

現代社会において特に近年、地震や火山の噴火など様々な自然災害が発生し、人々の生活や経済活動に多大な影響を与えている。そのため、自然災害に対する危機感とともに自然災害に対する備えの必要性を感じており、人々が安全・安心できる生活を実現する為に、自然災害の対策は欠かすことができないといえるだろう。このような状況の中、自然災害について研究することの必要性が増している。

昔から、人間は雷を神様と関連づけ、ある神秘的な力を持った存在として拝められてきた。今現在は、落雷による人身や家財などの直接被害のみならず、落雷による電力網の異常が工場などの操業に多大な影響を及ぼしている。その為、観測機関が様々な観測装置を用いて雷予報や警報を出している。

そこで、我々ももっと身近に、雷の発生時その瞬間の映像のみならず、その前後にわたる気象状態を自動で撮影し、雷の発生するメカニズムをより詳しく記録する機器を開発できないかと考案し、このテーマに取り組むことにした。

雷発生前後の映像データを蓄積し、雷に関する様々な研究に役立つ映像データをより簡単に提供したいと思う。また、その記録方法をスイッチ誘導式にすることで、映像データの収集を自動で行い、使いやすい装置になるように心掛けた。

・観測機器の概要や構造

今回は2つのシステムを構築することから、まず、原案であるドライブレコーダーを用いたシステムから記述する。

I. <ドライブレコーダーと小型の電子回路>

(以下、システムIとする。)

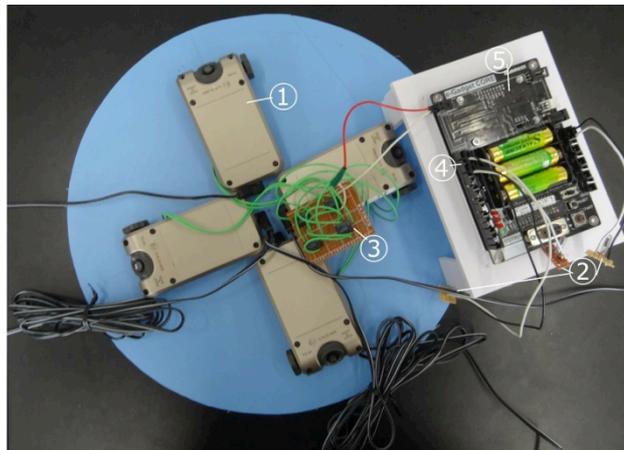


写真 1：ドライブレコーダーと小型の電子回路を用いたシステム構築

このシステム(写真1)は光に反応し、反応時の前後を自動で撮影できる。光センサーは、誤動作を防ぐため、急激に光量が上がった時だけに反応するようにした。また、電子回路の部分をもっと簡素化することが出来たので、非常にシンプルな構成となった。

Ⅱ. <カメラとパソコンを用いる>

(以下、システムⅡとする。)

次に、ドライブレコーダーを用いたシステムと、同時に進めたカメラとパソコンを用いたシステム構築について、以下に示す。

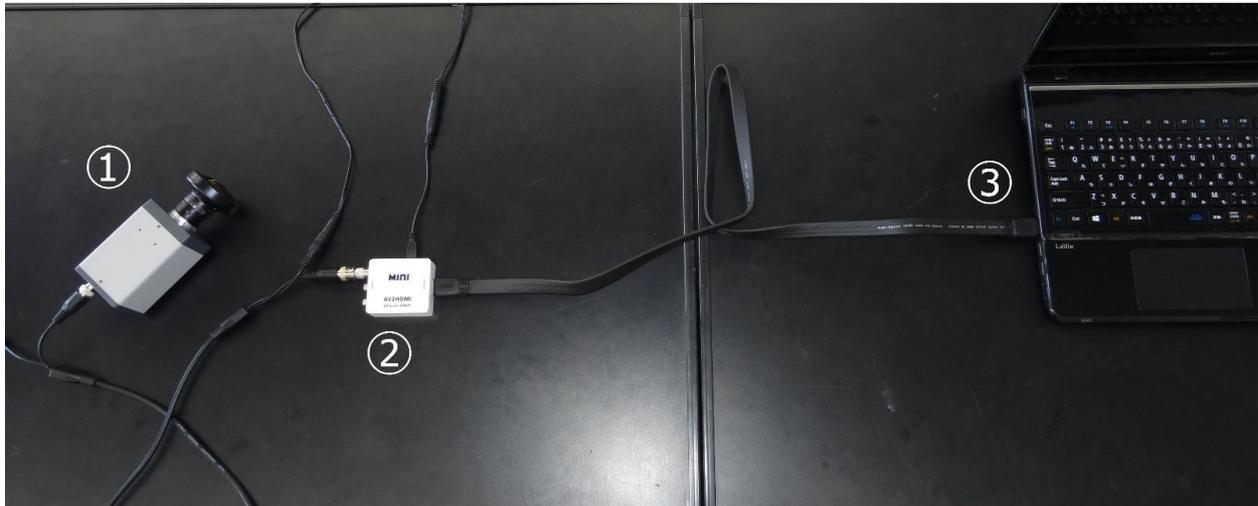


写真 2：カメラとパソコンを用いるシステム構築

パソコンに撮影用のカメラとレンズを付け（写真 2）、パソコン側でプログラムを用いて制御することによって、光量の変動検知時前後の自動撮影を可能にしている。映像管理はパソコンで行っているのにより直観的に制御できるようになった。

・今後の展望

このシステムは雷発生時だけでなく、前後の様子も確実に映像として記録することができ、さらに小型で設置しやすい点から以下のような活用法が考えられる。

①このような機器を一定地域内に集中的に複数設置し、雷発生場所の周囲に少なくとも 3 つの雷観測機器があれば、3Dデータの作成が可能になると考えられる。また、このような機器を広域的・分散的に多数設置し、雷の観測データを地図上に反映させ、雨雲、気圧、降水など、現在行われている観測データと組み合わせ、より総合的な気象観測を行うことが可能になり、地域別のより詳細な雷情報を提供することも可能になる。

②この機器は発生時間などを詳細に映像記録とともに残すことが可能である。このことを利用し、ほかの気象データとの相関関係を分析し、長年データを蓄積（雷映像データベースを形成）することにより、雷の発生を予想することや、今にも変動し続ける世界気象に合わせて柔軟な予想を実現させることも可能になるのではないだろうか。

③この機器はセンサーとして、光に対するシステムを作り上げたが、例えば、風や振動を察知するセンサーを搭載させることによって、竜巻の発生前後の気象状態や地震、火山活動の直前・直後の状況を映像で記録する用途にも十分運用可能である。雷のみならず、様々な気象現象の詳しい映像データベースを作り上げ、様々な現象の本質的基礎研究の映像材料収集に一役買うことができると考えている。

④パソコンを使用するシステムを利用し、観測した映像データをネットワークに通じて遠方に転送することができ、遠距離管理・観測が可能になり、観測の電子化に対応することもできる。

● 優秀賞 : Cloud Examine

香川高等専門学校

1. 目的

バルーンを使って空中の温度・湿度・気圧・照度・紫外線を測定し、それぞれが高度が変わるとどのように変化するのも測定することを目的としさらに映像も撮ることにしました。

2. 機器の概要

・使用する機器

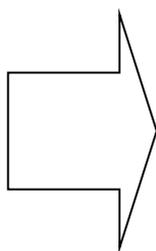
◇Weather duino 温度、湿度、気圧、照度を測定



◇Arduino : Weather duino に命令を送信

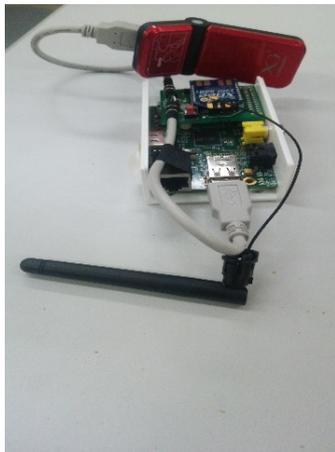


◇XBee : 観測したデータを Raspberry Pi に送信。



◇ Raspberry Pi (3G回線機能付き) : Weather duinoが測定したデータをWEBサイトにアップ

◇3G トラッカー (GPS) : バルーンを回収する時にバルーンを確認する機器



◇紫外線ロガー : 紫外線量の測定器

◇機器の搭載状況

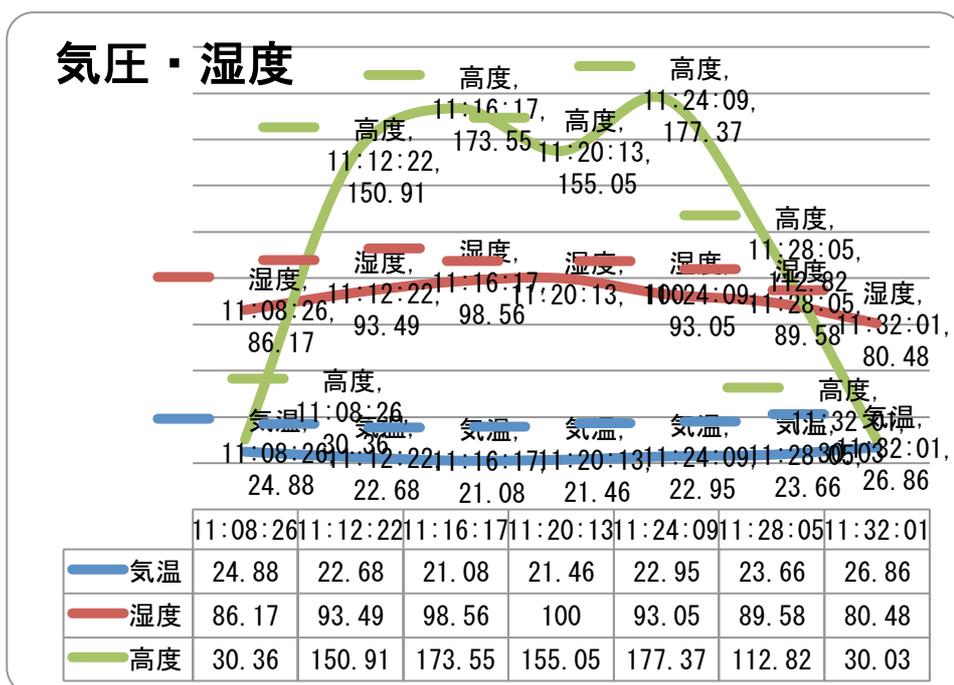


◇観測機器の打ち上げ状況

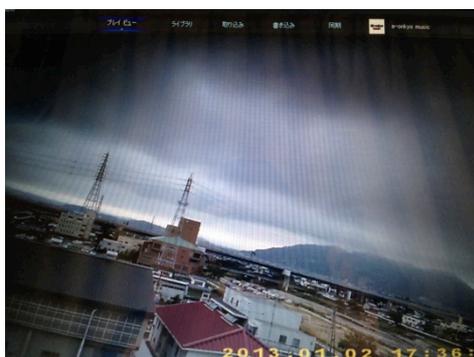
:



3. 結果



バルーンから見た風景



4. 考察と感想

今回のプロジェクトを開始するときに、バルーンサットはデータの回収が難しいということを聞かされました。そこで、私たちはもし回収できなかったことを考えて、測定データをラズベリーパイを用いてWEBサイトにアップすることを考えました。そして、私たちはプログラミングについては未経験だったのでいろいろな先輩や先生に教えてもらいながらセンサーの開発に取り組みました。

そうしてできたセンサーをバルーンを使って飛ばしたときはとても感動しました。測定した情報をまとめると高度の変化によりさまざまな共通点や相違点も見つけ出すことができました。

●佐々木嘉和賞：火山雷観測装置「ボルカ」の製作と観測

鹿児島県立錦江湾高等学校 天文物理部

1 動機と目的

本校天文物理部は、たまたま桜島で見た火山雷の美しさに魅せられ、先行文献の少ない火山雷現象を解明するために2009年より観測を始めた。昨年度から電磁場観測を行い、ビデオではわからない放電方向や火山雷の発生状況の解明を目指した。

2 方法

昨年度までは以下の2つの方法で桜島の噴火に伴う火山雷の観測を開始した。

(1) 火山雷ビデオ観測

2009年12月から国土交通省動画と鹿児島市黒神 町に CCD カメラを設置し、火山雷の光学観測を始め、発生の空間時間分布(発生形状、雷の長さ、発生高度、発生時間)のグラフを作成し、解析を行った。



写真 観測部屋



図 本作品と国交省のカメラとの比較

2009年12月2日~2010年4月17日の66噴火のビデオ動画をコマ送りしながら、火山雷の概要(形状、発生高度、発光時間、長さ火山雷数等)を解析し、特性評価を行った。

(2) 火山雷のループアンテナ観測

ビデオ観測で、火山雷には縦雷(鉛直方向への放電)、横雷(水平方向への放電)、点雷(点ように発光)の3種類あることが分かった。そして、火山雷の放電方向を調べるために、鉛直と水平の2つのループアンテナで電磁場観測を行った。

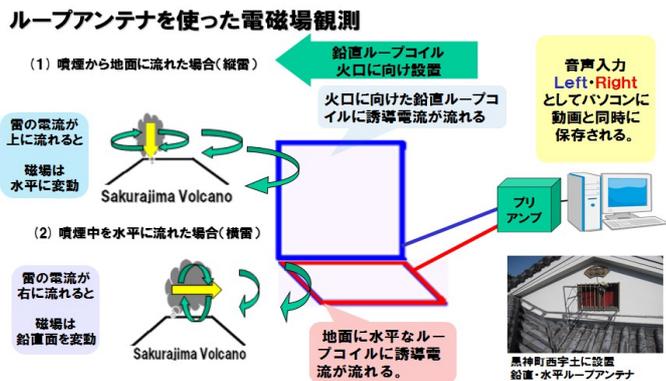


図. (水平鉛直) ループアンテナ装置の測定

ビデオ観測と同じように2010年10月～2012年2月まで火山雷を観測した。観測によって以下の火山雷の電磁場変動を得ることができた。



図. 完成した火山雷観測システム

3 結果と考察

2013年9月から2014年11月までの実証観測で、ボルカの性能を次のように試すことができた。

- ①安価な天体用CCDカメラで、火映や噴石、火山雷の光学観測可能であり、噴火の鳴動や雷鳴をマイクで十分録音可能であった。
- ②バッテリーは、軽自動車とバイク用のバッテリーを並列に用い、12時間の耐久性が分かった。
- ③分光観測は、噴出物の赤や赤外線が強すぎて解析不能であることが分かった。そのため、赤外カットフィルタなどの利用が必要である。
- ④自作した3Dループアンテナの感度は、ほぼ同じ結果となり、実験室レベルでの小さな放電ノイズは十分測定可能と分かった

4 今後の課題

ボルカ3号の開発によって、火山雷の放電ビデオと3Dループアンテナの解析から、火山雷の放電方向や正確な火山雷の発生数、火山雷の分光観測が可能になる。さらに、屋間や濃い噴煙中で観測しづらかった火山雷の発生状況の把握も期待される。そして、正確な火山雷発生数を調べ発生数と火山灰総放出量の関係について調べたい。

現在、桜島の昭和火口では1日平均3回の噴火が起こっていた昨年度に比べ、今年は1日1回ペースになっており、さらに、本年度は雨天や台風が多く、桜島での観測可能な日数が激減した。また、噴火が減り火山雷の頻度も減っている。

そこで今後は、火山雷を引き起こす火山灰に注目し、日中火山灰の電荷測定を行い、火山雷を引き起こす帯電メカニズムを調べたいと考え、火山灰帯電測定装置の開発と観測に取りかかっている。

●衛星賞：南国、高知の空の青さを測る！

高知工業高等専門学校

1. はじめに

私たちが普段見上げる南国、高知の空の青さはその時々により異なっている。

空の青といっても、さまざまな青があるように感じる。空が青く見えるのは、太陽の光が空気中の物質に衝突し散乱するからである。物質の大きさが波長に比べて十分小さいレイリー散乱では、青色の光が最も散乱されやすく、その散乱された青い光が私たちの目に多く入るため、昼間の空は青く見える。

一方、物質の大きさが波長と同程度か大きいときに起こる散乱をミー散乱という。雲や湯気が白く見えるのは、それらを構成する微細な氷晶または水滴の大きさが、可視光線の波長と同程度なため、可視光全体が等しく散乱されるためである。

散乱の効果は、散乱される距離によって異なり、高さ方向の大気の厚みは空の青さに関連すると考えられる。

ヘリウムガスを入れた気球を放球することで、上空 30km 近くまで観測装置を揚げることができる。

上空約 30km では、空は黒く光の散乱が十分されていないことが知られている。

空が青く見える地上から連続して写真撮影をすることで、空の色と、散乱に関連する物理量が高さによってどう変化するかを調べることができる。これにより、空の色の違いを探ることができるだろう。

そのために、気球搭載用の観測装置を開発し、係留気球実験と自由気球実験を行った。

本報告書では、実験結果について考察し、今後の開発計画と試験運用について検討した。

2. 観測装置と観測について

2.1 ミッションの目的

本ミッションでは、気球搭載用の観測装置を開発し、空の青さの違いが何に起因するかを測定する。

レイリー散乱に関連する物理量の1つは、大気密度であり、粒子種を仮定することで、気圧と温度から推定できる。ミー散乱に関連する物理量の候補としては、水蒸気やダストの密度があり、温度と湿度から水蒸気量、ダストセンサーより塵の密度を推定できる。

また、散乱する距離による散乱の効果の違いを検討するため、成層圏気球による測定を行う。

気球の高度に関しては、①気圧と温度、②GPS の位置情報、③加速度と、地磁気、測定器の回転角度などの組み合わせから、各々推定することができる。

また、空の色の状態を測定するために、2台のカメラによる撮像を行う。1台のカメラは空の色の高さによる変化を測定し、もう1台のカメラは、空の色がどの波長の色から構成されているかを見るために、プリズムを用いた簡易な分光観測を行う。

2.2 気球シミュレータによる予測航路の計算

気球シミュレータはケンブリッジ大学の学生団体 CUSF (Cambridge University Space Flight) の Jon Sowman、Adam Greig、Daniel Richman によって作成されたものを使用した。

放球予定の日時、気球の質量(種類)、搭載重量に加えて、気球の破裂高度、上昇速度、ヘリウムの体積のいずれかを入力すると飛行経路の予測を行うことができる。

今回の自由気球の実験で実際に入力した値として、放球日時を10月4日10:30、気球の質量1000g、ヘリウムの体積4000Lを入力した。このとき、気球が破裂する高度は30,054m、上昇速度は6.12m/sとなる。

図1のシミュレーションは、当日10月4日(木)7:00に行ったものである。飛行経路予測によると、放球直後、気球は西へと流され、すぐに東へと進路を変えている。その後、海へ出ると北東に向かって飛行し、土佐湾内に落下する。

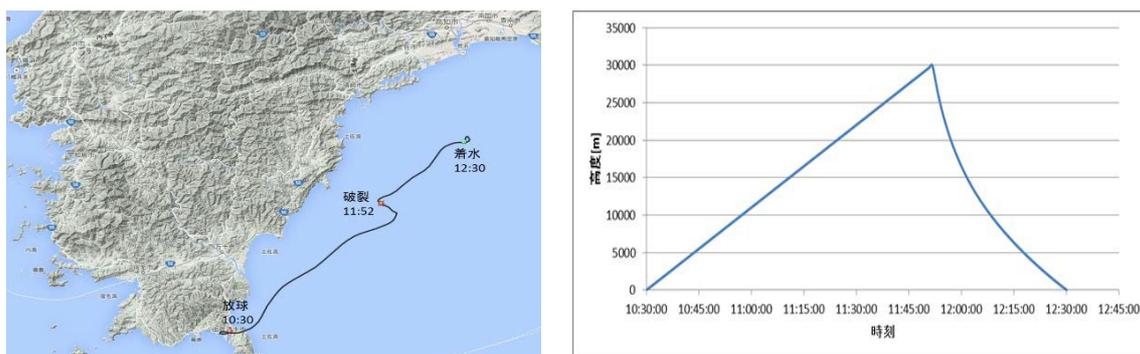


図 1. 2014 年 10 月 4 日 7:00 に行った 10 月 4 日 10:30 の (左) 飛行経路予測と (右) 日 高度予測

2.3 気球搭載測定器の構成

気球搭載測定器としては、発泡スチロール製のキャリア内に、マイコンボード、センサ類、スマートフォン、GPS データロガーを配置した。マイコンボードには、Raspberry Pi B+を採用し、各種センサのデータを microSD カードに記録する。

スマートフォンと GPS データロガーは、各々、電源を独立に維持しており、スマートフォンは docomo 3G 経由で位置情報の送信を行い、GPS データロガーは位置情報をロガー内に記録する。microSD カード と GPS データロガーのデータは、海上に着水後にデータを回収する予定であった。

気球搭載の測定器のブロック図を図 2 に、キャリアの写真を図 3、図 4 に示す。

全体の外観としては、上からゴム気球、パラシュート、キャリアの順に構成されており、実際の写真を図 5 に示す。



図3. キャリア内



図4. キャリア外観

2.4 簡易分光器について

物質の屈折率は光の波長によって異なるため、様々な波長を含んだ白色光をプリズムに通すと屈折により 様々な色に分離される。波長の比較的長い赤はあまり 曲げられず、波長の比較的短い青は大きく曲げられる ため、スペクトルを得ることができる。これを利用して、今回の実験では撮像したい一部分だけを分光させるために、黒い紙でスリットを作りそれでプリズムを 覆った。図 4 のキャリアの上部に設置している黒い物 体がプリズムで、キャリア上部に開けた穴を通して、 キャリア内部のカメラにより、分光観測が行われる。



図 5. 気球の全体の外観

3. 実証実験

3.1 係留気球の実証実験と測定データの解析

2014 年 9 月 19 日に高知県香南市のヤ・シィパークから、2014 年 10 月 4 日に高知県土佐清水市の土佐清水総合公園から係留実験を行った。

気球にはおよそ 4000L のヘリウムを封入し、約 400m のひもで係留した。

1 回目のヤ・シィパークでの係留実験では、データが途中までしか取れていなかった。係留後にキャリア内で電源のコードとカメラのコードが絡んでいたことが確認されており、係留中にカメラのコードが抜けたために Raspberry Pi が再起動し、測定が中断したと考えられる。取得できた測定データを図 6 に示す。また、カメラで撮影した画像を図 7 に示す。

係留実験では空の色の違いを確認することはできないが、明瞭な空の画像が取得できた。

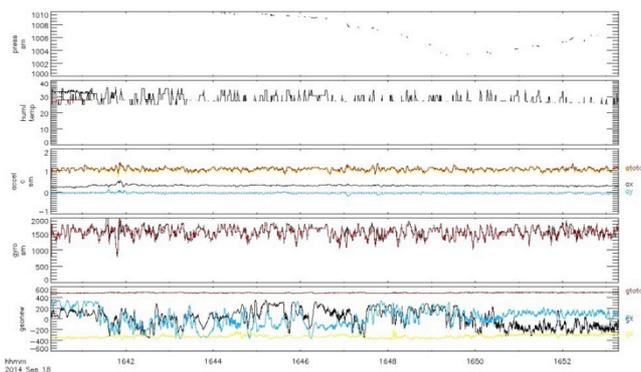


図 6. ヤ・シィパークでの観測データ



図 7. 気球からの撮影画像

2 回目の土佐清水総合公園での係留実験では、図 8 に示すデータが取得できた。

1 つ目のグラフは気圧センサ、2 つ目のグラフは黒色が圧力センサの温度、赤色が温湿度センサの温度、青色が湿度を示している。3 つ目は加速度を、4 つ目がジャイロセンサを、5 つ目のグラフが地磁気センサから得られたデータを示している。

1 つ目のグラフより気圧は、気球が上昇（放球）すると次第に気圧は減少し、下降（回収）する時には増加し

ていることがわかる。2 つ目のグラフからは温度は、時間が経つに連れ次第に上昇している。その理由として、観測機器が徐々に熱を持っていったことが挙げられる。4 つ目のジャイロセンサのグラフでは、グラフが 0~2000 と増加と減少を繰り返すことで、キャリアが回転している様子がわかる。5 つ目のグラフで地磁気の 3 軸の大きさがほぼ一定の大きさを維持しているのは地球上の磁気の大きさが変わらないからで、xy 成分が変動しているのは、観測装置が回転しているからである。

3.2 自由気球の 実証実験と飛行経路

2 回目の係留実験後に、自由気球の放球を行った。当日は台風が接近していたため気流が安定しなかった。そのため、ヘリウムは予定していた 4000L よりも多く注入し、5500L 程度封入した。スマートフォンからの位置情報によると、最終確認位置は、出航を予定していた港から、かなりの距離にあったため、キャリアの回収を諦めた。測定データを取得することができなかったが位置情報は得ることができたので、以下では、飛行経路等についての考察を行う。

位置情報を取得する方法として、スマートフォンのアプリの dokonan、Lookout、Android デバイスマネージャーを使用した。ただし放球当日には、okonan と Lookout は機能し、Android デバイスマネージャーは機能しなかったため Android デバイスマネージャーからは位置情報を取得することはできなかった。

放球は 11:35 に行った。dokonan は 15 分間隔で搭載スマホの位置をサーバに送信する。送信された位置情報は蓄積され、時刻順に番号を打って表示される。

Lookout は他のスマホや PC から検索をしたときに、リアルタイムで位置を検知し通知する。現在の位置情報が不明な場合、最後に確認された位置を表示する。

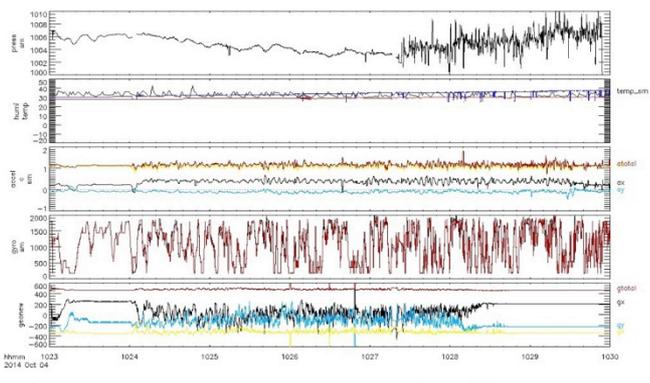


図 8. 推定飛行経路

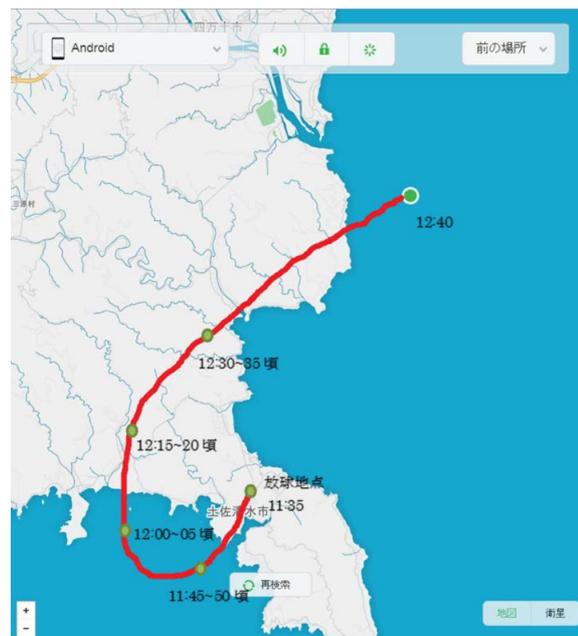


図 9. 位置情報より推測した飛行経路

dokonan、Lookout の位置情報より推測した飛行経路を図 9 に示す。

放球地点から 12:30~35 頃までは、dokonan による位置情報を順に結ぶことで推定した飛行経路である。

12:40 の地点は Lookout から得られた位置情報であり、この位置は、この飛行経路の延長線上にあり矛盾はない。しかし、dokonan の最終地点 (12:35 頃) から Lookout の位置 (12:40) までの距離は、dokonan で 15 分間に進む距離よりかなり長い。そこで、それぞれの区間での気球の速度を概算し、検討してみた。

表 1 より、放球後しばらくの間は、推定飛行速度は数 m/s 程度であり、台風の接近していたことなどを考慮すると矛盾はない速度であるといえる。また、最後の区間では、飛行速度が速いが、高度が上昇し、成層圏の偏西風上にあると考えれば、20m/s 程度ならば十分にあり得る。

表 1. 推定飛行速度

区間 (時間)	推定飛行速度
放球～① (10～15 分)	4.4～6.7m/s
①～② (15 分)	4.5m/s
②～③ (15 分)	4.5m/s
③～④ (15 分)	5.9m/s
④～Lookout (5～10 分)	17.3～34.5m/s

12:40 以降の位置情報に関しては、12:50 以降、dokonan、Lookout とともに、位置情報が得られなかった。このことから、12:40 から 12:50 の間に 3G エリア外に出たか、着水などして、スマホが通信不能になったと考えられる。速度の概算からおよその落下位置を予測すると、3G エリア内に収まっている可能性が高いため、データが取得できなかった理由はエリア外に出たことではなく、着水したからであると推察される。

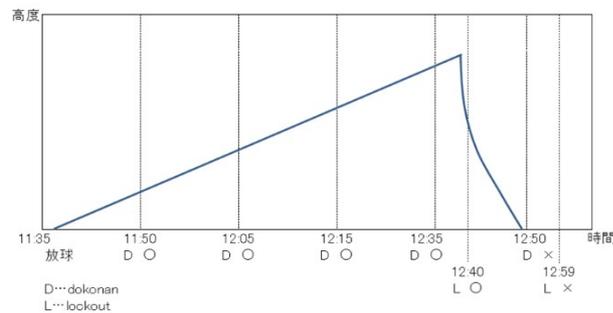


図 10. 各時刻における推定高度

飛行高度は、位置情報がすべて得られたことから 3G エリア内の高度以下で飛行を続けた可能性が高いといえる。3G エリア外の高度に到達していたとしても、dokonan の位置情報の送信間隔である 15 分以内という短時間である。また、ヘリウムを予定より多く注入していること、飛行時間が 1 時間を超えていることから 12:40 の時点では落下中の可能性が高い。推定したおおまかな飛行高度の変化を図 10 に示す。

推定飛行経路はシミュレータによる飛行経路と比べて、気球の進路の方角はあまりずれていないが、移動距離がかなり短くなっている。当日は、台風が接近しており地上付近でもかなり風が強く、気球の飛行が安定しないようだった。そのため、速く上昇するようにヘリウムを多く注入したことから、予定の 4000L から 5500L 近くになったと思われる。また、観測装置もシミュレータの値に比べて 100-200g 程度軽かったため、上昇速度が速くなり、シミュレータによる移動距離よりも、かなり短くなったと考えられる。

一方で、3G エリアに約 1 時間近く滞在していたことから、何らかの理由により気球が上昇できず、到達高度が極端に低かった可能性も考えられる。

4. まとめ

今回は、空の青さを観測することを目的とした気球搭載用の気象観測機器を OS 搭載型マイコンボード Raspberry Pi を用いて開発した。ヘリウムガスを入れた気球に観測器を搭載し、放球実験を行った。

係留気球の実証実験では 200～400m の高さまで気球を揚げて観測を行った。加速度、気圧、温度、湿度、地磁気、ジャイロ、カメラによる空の画像などのデータが正常に取得されていることを確認した。400m 程度の高度差では、空の色の違いは認められないが、自由気球でデータを回収できれば、目的を達成できることが見込まれた。

自由気球の実証試験では、観測機器を回収できなかったため、データは取得することができなかった。ただし、搭載したスマートフォンにより、位置情報を取得することができ、実際の飛行経路を推定した。また、気球シミュレータによる予測経路との比較から、飛行距離が短かった理由に関しても、いくつかの妥当な理由が考えられた。

●代表理事特別賞：体感気候観測機キモチモン

長崎県立長崎西高等学校

1. はじめに

地学部員数人で野外に出て、互いに快適か不快かを議論すると、快・やや快・やや不快・不快の4段階評価でも様々に感じる人があることがわかりました。気候に関する議論を重ねる中で、人が気候を快適に感じる条件は何か、最優先の条件は？年齢による感受性の違いは？性別による違いは？地域性の違いは？など「人間の気候に対する感受性」について、興味を持つようになりました。

そこで今回、その日の気候を快適に感じているのか、不快に感じているのか、多くの人の気持ちを、簡単に長期間にわたって調査する体感気候観測機「キモチモン」の制作に取り組みました。

「キモチモン」を使って、長崎県立長崎西校等学校の生徒 897 人および教職員 83 人を対象に快・不快を調査し、各種気象条件と各個人の性別、居住地の地理的条件、年齢などとの相関をとり、本校生の不快指数の条件式を確立し、それを日本さらには世界の人々に適用できる一般式を目指して研究を開始しました。

現在、不快指数を測定する様々な式が考案されていますが、本校生徒を大規模に長期間調査することによって、閾値や新たな条件式が得られるのではないかと仮説をたてました。

2. 観測機器のコンセプト

人間の感覚は、ヒトそれぞれです。その日の気候をどう感じているのか、記入式アンケートを何度も実施すると、細かい分析が可能となるでしょう。しかし、多くの人々は忙しいため、なかなか協力が得られないことが予想されます。そこで、キモチモンは、手軽に気持ちの測定ができるよう工夫をしました。下校時間（帰りのSHR直後と部活動終了時刻前30分間）に、本校正門にキモチモンを設置し、その日の気持ちに合わせて「快の門」「やや快の門」「やや不快の門」「不快の門」のいずれかを通過して意思表示をしてもらいます。これにより被験者に過大な負荷をかけることなく、意識調査が多くの生徒に対して実施できるのではないかと予想しました。

地学部員は門を設置したあと、協力を呼びかけるとともに、通過人数をカウントし、集計します。

3. 観測器の形状と機能

キモチモンは、門の形をしています（図1）。



図1. キモチモン

当初は、熊本県の有名なクマをイメージキャラクターにと予定していましたが、熊本県のホームページを精査した結果、予想以上に権利関係が複雑なことがわかり、本測定器のデザインには採用しませんでした。

集計には4つの門を必要としますが、大型化をさけるため、2つの門と両脇を通過してもらうよう設計しています。四択にしたのは、「普通」という中間解答を防ぐためです。

サブシステムとして、センサ類準備しました。その日の気象条件を測定するため、温度センサ、湿度センサ、気圧センサなど、各種気象観測用のセンサを直射日光の当たらない場所に準備し、測定しました。

人物通過の検出は、地学部員がカウントしますが、Gopro という小型カメラを利用して通過者の様子を動画で記録し、画像認識技術などを利用して解析することで、通過者の顔認証を行い、通過人数および正確な時刻と併せて通過者を検出・記録していきます。



図2. Gopro で得られた画像 門の上部から見下ろした画角で画像を取得し、顔認証を行います。

4. 実証実験

本校の正門にキモチモンを据えて、実証実験を行いました。平常日課の場合、16:05 に放課となりますので、地学部員は急いで正門にキモチモンを移動させます。

事前に全校集会で説明したり、クラス 掲示でコンセプトを伝えたりしたため、ほとんどの生徒が真面目に調査に協力してくれました(図3)



図3. みんな協力してくれました。

得られたデータはいかのおりです(表1・2)

表1. 実証実験によって得られたデータ

日付	時間	快	やや快	やや不快	不快	合計[人]	気圧hPa	天気	曇量	降水量mm	温度℃	湿度%	風向	風速m/s
1020	18:30~19:00	107	170	52	23	352	1014.2	雨	10	0	21.4	83	東南東	0.8
1021	15:30~16:30	16	41	38	16	111	1009.3	くもり	10	0	24.1	76	南西	2.5
1022	16:15~17:15	34	56	20	6	116	1007.3	晴れ	7	0	21.7	67	北	5.9
1022	18:30~19:00	102	130	92	33	357	1009.1	晴れ	6	0	19.0	67	北北東	4.6
1023	16:15~17:25	43	45	12	7	107	1012.8	快晴	1	0	21.5	55	北	3.8
1024	16:15~17:15	42	43	5	8	98	1014.7	晴れ	2	0	21.9	63	西北西	2.7
1027	16:15~17:15	52	56	6	4	118	1013.4	快晴	1	0	21.7	61	北	5.6
1027	18:30~19:00	94	103	32	20	249	1014.7	快晴	0	0	19.1	62	北	5.1
1028	16:20~16:45	59	55	4	4	122	1017.9	快晴	0	0	21.4	34	北東	1.3
1029	16:15~17:15	30	46	11	1	88	1020.0	薄曇り	10	0	19.5	56	南南西	1.5
1029	18:30~19:00	145	105	50	30	330	1020.0	曇り	10	0	17.7	66	東南東	1.1
1031	16:20~17:05	12	27	37	19	95	1012.6	雨	10	15	20.4	80	南東	2.2
1031	18:35~19:00	50	70	89	48	257	1012.4	雨	10	15	19.0	90	東南東	2.4

表2. 得られたデータから計算した各指標

日付	時間	快	やや快	やや不快	不快	西高生の気持ち	不快指数	気圧hPa	天気	曇量	降水量mm	温度℃	湿度%	風向	風速m/s
1020	18:30~19:00	30.4	48.3	14.8	6.5	67.5	69.3	1014.2	雨	10	0	21.4	83	東南東	0.8
1021	15:30~16:30	14.4	36.9	34.2	14.4	50.4	73.1	1009.3	くもり	10	0	24.1	76	南西	2.5
1022	16:15~17:15	29.3	48.3	17.2	5.2	67.2	68.7	1007.3	晴れ	7	0	21.7	67	北	5.9
1022	18:30~19:00	28.6	36.4	25.8	9.2	61.4	64.7	1009.1	晴れ	6	0	19.0	67	北北東	4.6
1023	16:15~17:25	40.2	42.1	11.2	6.5	71.9	67.6	1012.8	快晴	1	0	21.5	55	北	3.8
1024	16:15~17:15	42.9	43.9	5.1	8.2	73.8	68.7	1014.7	晴れ	2	0	21.9	63	西北西	2.7
1027	16:15~17:15	44.1	47.5	5.1	3.4	77.4	68.3	1013.4	快晴	1	0	21.7	61	北	5.6
1027	18:30~19:00	37.8	41.4	12.9	8.0	69.6	64.6	1014.7	快晴	0	0	19.1	62	北	5.1
1028	16:20~16:45	48.4	45.1	3.3	3.3	79.5	66.0	1017.9	快晴	0	0	21.4	34	北東	1.3
1029	16:15~17:15	34.1	52.3	12.5	1.1	73.1	64.9	1020.0	薄曇り	10	0	19.5	56	南南西	1.5
1029	18:30~19:00	43.9	31.8	15.2	9.1	70.2	62.8	1020.0	曇り	10	0	17.7	66	東南東	1.1
1031	16:20~17:05	12.6	28.4	38.9	20.0	44.5	67.5	1012.6	雨	10	15	20.4	80	南東	2.2
1031	18:35~19:00	19.5	27.2	34.6	18.7	49.1	65.7	1012.4	雨	10	15	19.0	90	東南東	2.4

※快~不快のデータは、合計100%に規格化しています。

※不快指数はアメリカ気象局によるものを摂氏で計算したものです。

考察のために、「西高生の気持ち」という指標を考案しました。「西高生の気持ち」は、快を100点、やや快を66.6点、やや不快を33.3点、不快を0点として、ある日の平均をとったものです。表2をグラフにすると、図4のようになります。

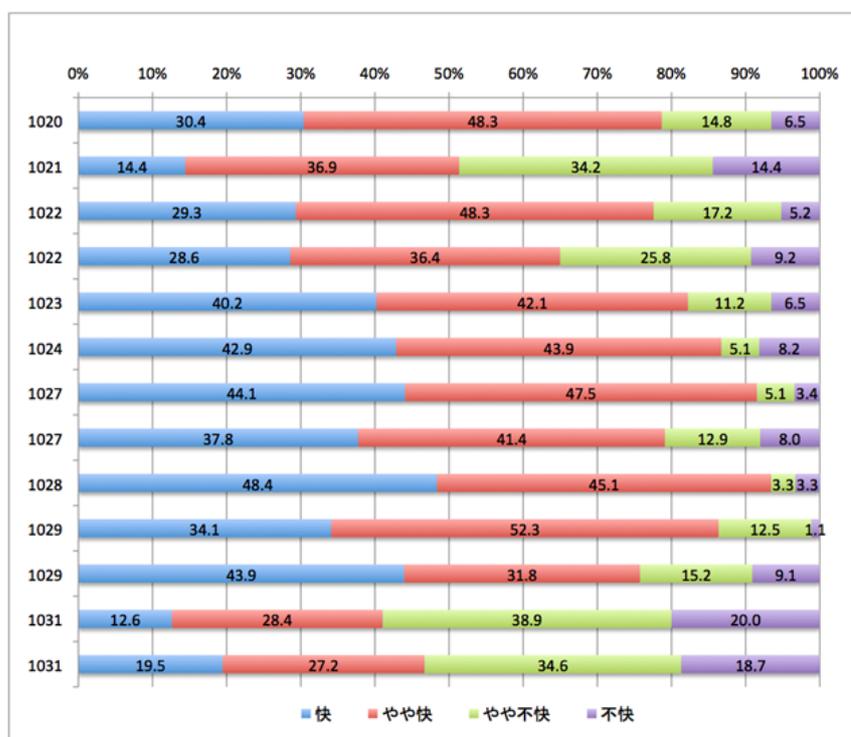


図4. 西高生の快・不快 縦軸は観測日付、グラフ中の数値は、割合を表しています

雨が降った10月31日は(上段は16:05からの調査、下段は18:30からの調査)がやや不快・不快の割合の多い結果となりました。

6. まとめ

実証実験の結果から、西高生の気持ちへは、湿度条件がもっとも影響を与えているが、それ以外の条件も考慮した不快指数の算出が必要ということがわかりました。また、個体識別を行ったデータから、性別、学年などグループによって、選択の特性が見えてきました。今回、開発した体感気候観測機「キモチモン」を利用することで、特定の集団について、被験者に負荷をかけずに長期間意識調査を実施することができるようになり、意図的な不正確回答や個人の嗜好などをキャンセルして、多くの人が一般的に感じる気候に関する気持ちを検出することができたのではないかと思います。15歳から18歳の高校生の気持ちを毎日調べる。大変な作業ですが、体感に関するとても興味深いデータが得られました。これからも研究を継続していきたいです。

●観客賞：おてんきぼっぼ1号

福岡県立小倉高等学校

1. 目的

最近、竜巻やゲリラ豪雨などの局地的異常気象のニュースが良く見られる。我が小倉高校でも、局地的異常気象によって体育大会が中止になる事態になった。このような局地的異常気象による被害を軽減させるためには、上空の気象データによる予測や、災害状況の把握が不可欠だと考える。そのためには狭い範囲や短時間の気象観測や状況把握のための撮影が必要となるため、今回の機器を製作した。

2. 方法

大気鉛直方向における気象変化を観測するための装置を製作した。観測機器はPET ボトル製機体にヘリウムバルーンを装着し、空中へ飛ばし、加速度・温度・気圧・画像・動画・高度・速度・距離・時間を観測した。観測には1秒毎に速度や加速度、高度、距離を計測するためのGPS ロガー、動画撮影のためのフライトミニビデオカメラ*2台、温度や加速度を測るためのApplication Board、温度センサや気圧センサ、それぞれの機器を制御するためのマイコンを用いた。この観測機器を高度約70mまで打ち上げた。

3. 結果と考察

高度が高くなるほど気圧は徐々に下がり、温度の値は上がった(2°C程度)。上空に上がるに連れて気温が上昇したのは、観測機器本体を日影で準備していたためであると考えられる。これらの影響を受けないような観測方法を設定していくことが必要である。また、バルーンの打ち上げ速度なども考慮することが必要と感じた。

●第二次審査・参加校一覧 (受付順・敬称略)

上述の受賞校のほかにも多くの学校、作品が参加していただきました。

- <1>茨城県立東海高等学校：「竜巻の被害を再現してみよう」
- <2>大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎：「R-D-M桂くる代」
- <3>香川高等専門学校：「KARUGAMO」
- <4>香川高等専門学校：「KOINOBORI project」
- <5>香川高等専門学校：「Cloud Examine」
- <6>香川高等専門学校：「酸性雨計測器 AcidRain SBB」
- <7>香川高等専門学校：「風紫～kazashi～」
- <8>鹿児島県立錦江湾高等学校化学研究部：「桜島の降灰測定器(降灰君)の開発」
- <9>鹿児島県立錦江湾高等学校天文物理部：「火山雷観測装置「ボルカ」の製作と観測」
- <10>高知工業高等専門学校：「南国、高知の空の青さを測る！」
- <11>高知工業高等専門学校：「対流圏・成層圏における放射線環境の測定」
- <12>清風南海学園高等学校：「雷映像記録システム」
- <13>千葉県立長生高等学校：「上昇気流による雲の発生の予測と降雨による災害に対する対策」
- <14>徳島県立城南高等学校：「レーザー雨量計 MARK II」
- <15>徳島県立城南高等学校：「ペーパー湿度計」
- <16>長崎県立長崎西高等学校：「家庭型天気予想法 米化概(ベイカーガイ)」
- <17>長崎県立長崎西高等学校：「体感気候観測機 キモチモン」
- <18>福岡県立小倉高等学校：「おてんきぼっぼ1号」

●選考委員 (敬称略)

◇中須賀真一：東京大学航空宇宙工学専攻教授

- ・超小型衛星による宇宙利用の新しい形を目指しており、秋葉原に売っている部品で、超小型衛星を開発、製作されている方です。今回の選考委員長を務めていただきました。

◇戸谷時義：元 WMO 世界気象機関

- ・元世界気象機関(WMO)にて、アジア・太平洋地域における気象業務の立ち上げに貢献。現在もなお、アジア・太平洋地域に出向き、気象情報の利用などについてのレクチャーを献身的に行っておられます。

◇武田康男：空の冒険家。元千葉県立東葛高等学校教諭

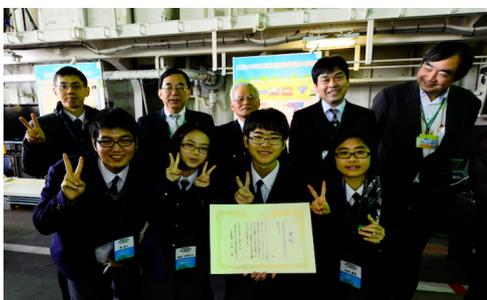
- ・第50次南極観測越冬隊員として、南極の冬を体験されました。また自身を「空の冒険家」として数多くの空の見方についての本を執筆されています。

◇廣川州伸：合資会社コンセプトデザイン研究所所長

- ・企業のブランド戦略や新事業開発のサポートを行っているかたわらビジネス作家としてビジネス書執筆を手がけています。また、当財団の理事でもあります。

◇内藤邦裕：株式会社ウェザーニューズ グループリーダー

◇宮部二郎：一般財団法人 WNI 気象文化創造センター代表理事



問合せ先

一般財団法人 WNI 気象文化創造センター

<住所> 〒261-0023 千葉県千葉市美浜区中瀬 1-3 幕張テクノガーデン

<設立> 2009年12月1日

<HP> <http://wxbunka.com>