

選考委員特別賞

佐々木嘉和賞

賞金 5 万円・アメリカ研修旅行

ぱすかるん

長崎県立長崎西高等学校

平成27年度 第4回 高校高専「気象観測  
機器コンテスト」報告書

ぱすかるん

長崎県立長崎西高等学校  
地学部1年 室 優大

### 1. はじめに

山に登った時、飛行機に乗った時など、耳の奥の気圧と外気圧の差が大きくなり、とても痛い思いをしたことがある。また、気圧が下がりすぎると血圧の低下や血管の膨張による血行不良などを引き起こすこともある。このような気圧の変化をとらえたい。このような思いから観測機「ぱすかるん」の制作に取り組んだ。

### 2. 研究目的

単に圧力変化をしらべるだけでなく、本校の長崎という地の利を活かして、気圧変化に伴う海面変動のあびきを観測したい。そのような思いに至った。さらに、長崎の海面変動だけでなく、全地球的な海面変動をリアルタイムでモニタリングしたい、そのようなことを目的に本研究を行った。

### 3. 装置の概要

全地球海面変動観測装置「ぱすかるん」は、2つの観測部がある。観測部「阿（あ）」と観測部「伝（うん）」である。それぞれ独立に作動する「阿」「伝」はデータの集約の際に相補的に連携する。

### 観測部「阿」

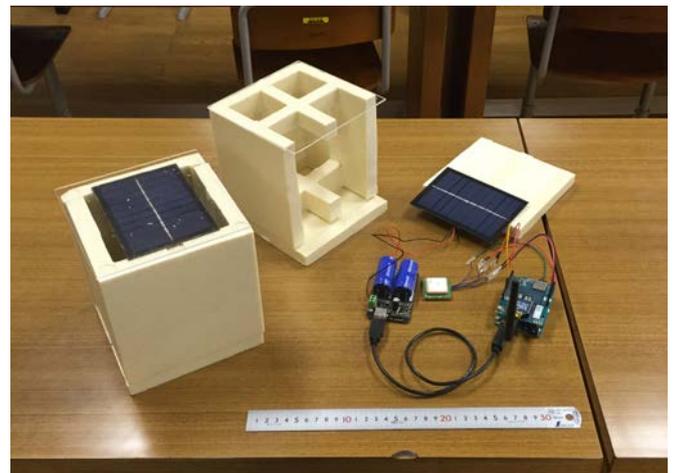


図1. 観測機「阿」

一辺15cmのキューブ型の発泡スチロールを基礎とし、その中に、arduino、5V供給用のコンデンサ、ソーラーパネル、SDカード、XBeePro、GPSモジュールがある。また、下部には、短距離移動および方向制御用のスクリーモジュールを3基備える。

図1左側のものがスクリー以外を組み立てたものである。

「阿」のコンセプトは擬似定点観測である。

計画の初めは、「阿」を海上の一点に固定し、観測を行うことを考えたが、アンカーによる固定は、船舶の航行の邪魔になるため断念、スクリーによって海流に抗ってとどまることも電力消費量が莫大になるため諦めた。

「阿」はパワフルな移動手段はもたない。ただ流されるのみである。シンプルな構造ゆえに安価に多数の「阿」を製作できる。これらを一定間隔で海に放流し観測アレイを作るのである。

流れていく「阿」どうしはXBeeによって通信を行う。XBeeProは小型ながら見通し1500mの通信が可能であるので、遮蔽物のあまりない海上での通信には大変有効である。

また、GPSモジュールも、最近準天頂衛星みちびきの電波QZSSを受けることができるものも出現し、今後数cmオーダーの精度が期待されている。GPSの電波を受けることで、観測

時の正確な緯度経度およびジオイド高，そして観測時刻を得ることができる。

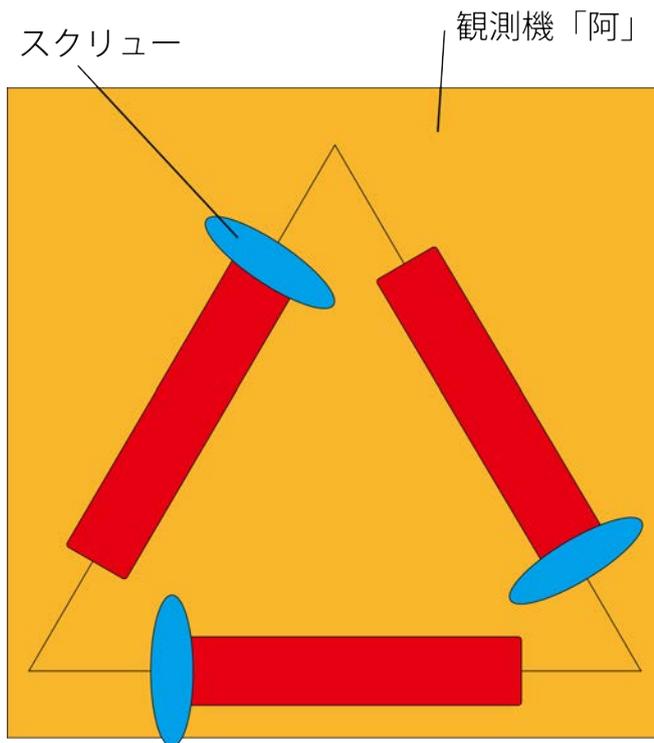


図2. 観測機「阿」の底面

「阿」には，短距離移動用のスクリューが3基ある．通常2基を使用し，1基はバックアップである．2基のスクリューをどちらも順回転させると左回りに回転し，逆回転させると右に回る．一方を順回転，他方を逆回転させることで，2つの合成ベクトルの方向へ移動できる．また，2つの推進力の大きさを変えることで，任意の方向へ移動することもできる．この移動手段により，観測時の方向制御や観測機どうしの間隔調整を行う．

「阿」で利用する電力は，ソーラーパネルでえられる．普段はコンデンサに貯めておき，夜間や荒天時はコンデンサから給電する．また，スクリュー用の電力としてリチウムイオンバッテリーも備えている．

基本的に「阿」は回収を前提としているが，海に失われる可能性も高い，その際，環境負荷のやや少ないリチウムイオンバッテリーを移動用電源として選択した．

## 観測部「呟」



図3. 観測部「呟」の外観

観測部「呟」は，海岸に設置して使用する．スチールの棒を基礎としており，画面奥のプラスチックケース内に arduino などの処理系があり，手前に温度センサ，超音波距離センサなどがある．

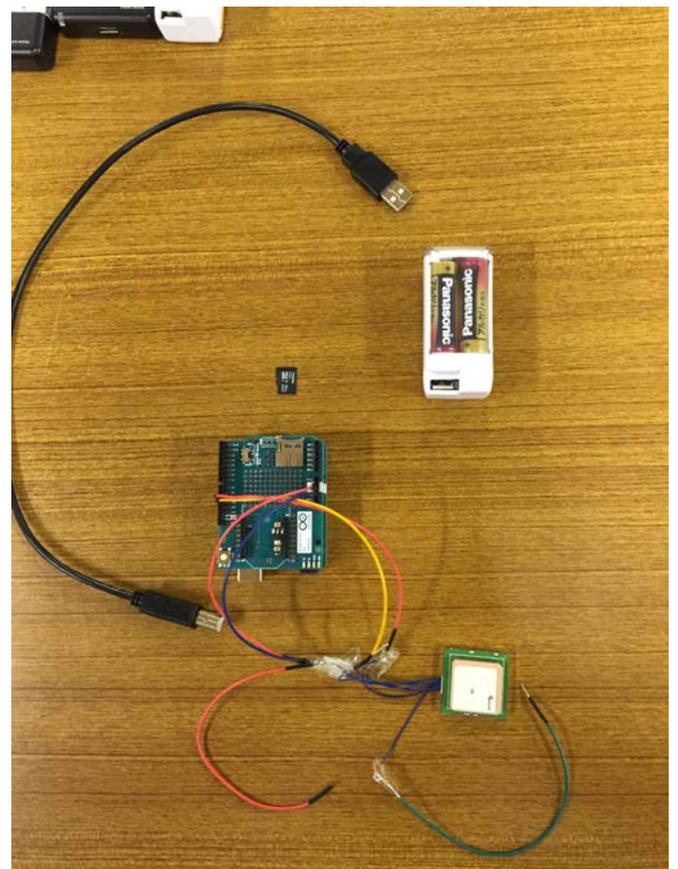


図4. プラスチックケース内の部品

「呟」も Arduino を使用している．電源は乾電池を利用したスマホチャージャーである．

100円で購入でき、安定した5Vの出力を長時間得られるため、電源として重宝した。データはXBeeで送信するまでminiSDカードに記録する。

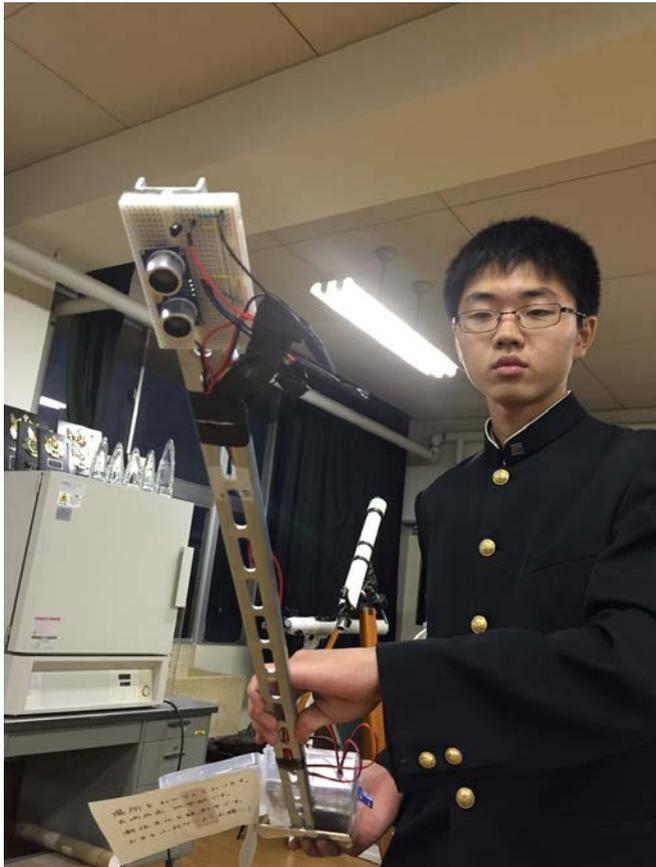


図5. 測定部

図5は測定部である。まだ仮組みであるが、超音波距離センサと温度センサなどがある。

#### 4. 測定方法

##### 観測部「阿」



図6 測定方法

図6のように置いて潮位を測定する。

測定中に観測機を持ち帰られないよう、表面に観測中である旨のメッセージを書き、本体はプラスチック製のケーブルタイで岸壁のパイプなどに固定した。回収の際は、ケーブルを切断して持ち帰るのである。



図7. 設置の様子

設置の際は、センサ面の法線ベクトルが海面に直交するよう水準器を用いて慎重に調整した。得られたデータは観測部「阿」が付近を通過する際に回収する。

##### 観測部「阿」

定点観測の費用は高い、安価な観測機を多数流すことで擬似的な定点観測網をつくることできないか。このような考えから「阿」は移動式とした。

「阿」は一セット5000円程度で作成できる。また、簡単な構造なので、高校生の作成能力で1時間に2個程度できる。安価に大量生産が可能であるため、たくさん作成して流すこ

とができる。



図 8. 環流のコース

大きな海には、環流が存在する。太平洋の場合は、北赤道海流、黒潮、北太平洋海流、そしてカイリフォルニア海流である。これら環流がながれる距離は、東京カリフォルニア間約 8,500km、全体で 25,000km である。

「阿」は 1.5km の距離を通信できるので、バッファをとって 1km 間隔として 2 万 5 0 0 0 基ほどで、擬似定点観測アレイが形成できるのである。一基 5 0 0 0 円として、1 億 2 5 0 0 万円で定点観測アレイができるのである。これは、災害やテロの際の緊急の通信網としても利用できる。

1km 間隔で「阿」を海洋に流すが、中には、海流から外れるものや前後の機体に近づきすぎものもでてくるであろう。そのようなとき、GPS データをもとに、スクリューを作動させ、海流のコースにもどり、なおかつ、他の観測機に近づきすぎないように微調整を行う。

「阿」に搭載されている GPS チップのデータから、海面変位や海流の速さを測定することができる。また、急速な上下変動が観測機を伝播してくる場合、津波である可能性もある。この観測アレイは津波警戒網としても利用できる。

長崎港においては、港奥部から港口部そして外洋にむけて「阿」を流し、「伝」のデータを受け取る。

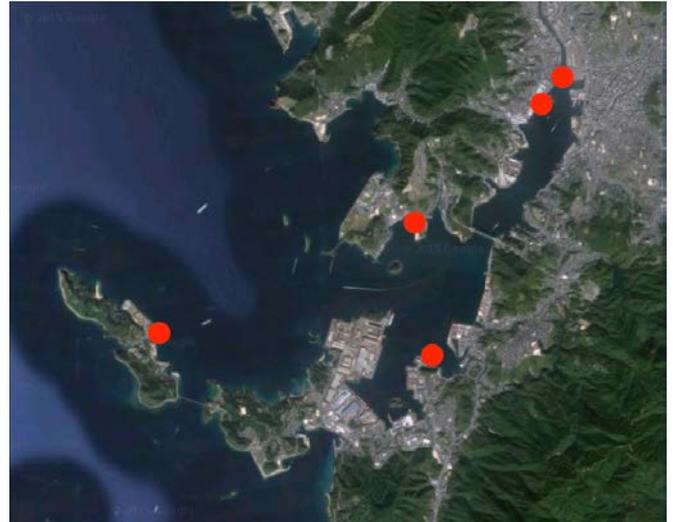


図 9. 本研究における観測点

## 5. 観測結果

表 1. 観測地点

観測点	A	B	C	D	E
名称	伊王島港	土井の首	木鉢	水の浦	稲佐橋
緯度	32.7029	32.6990	32.7244	32.7453	32.7552
経度	129.7796	129.8374	129.8355	129.8612	129.8654
測定開始時刻	20:24:00	19:57:00	19:15:00	18:33:00	21:07:00
測定終了時刻	05:51:00	06:11:00	06:33:00	06:46:00	06:55:00
観測時間	09:27:00	10:14:00	11:18:00	12:13:00	09:48:00
観測頻度	12/60	12/60	12/60	12/60	12/60
観測回数	6804	7368	8136	8796	7056

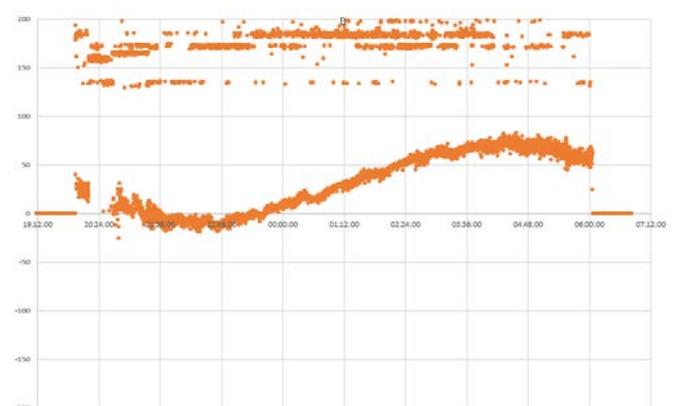


図 10. 観測点 B 土井首 湾口部

とつこのデータとなった。

この研究を通じて、大変貴重な経験をした。

本研究を行うにあたり、WNI 気象文化創造センターには、ご助成を賜りました。大変感謝申し上げます。

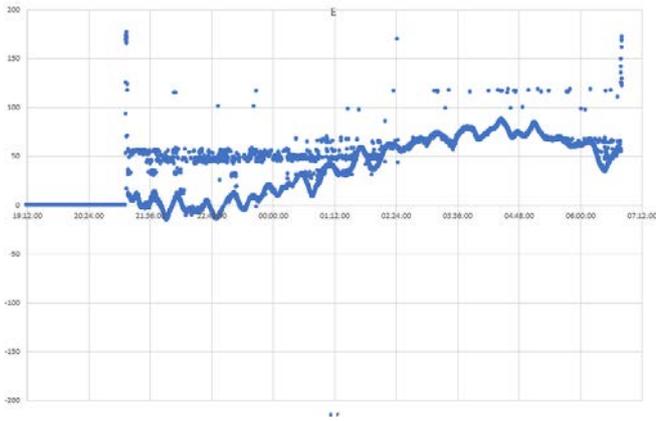


図 11. 観測点E 稲佐橋 湾最奥部

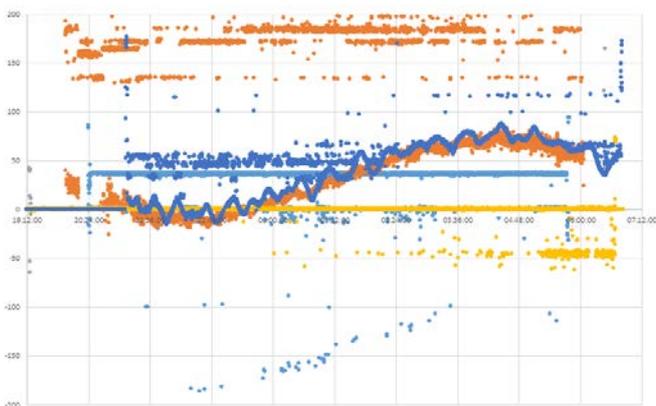


図 12. 全データの重ね合わせ

## 6. 考察

GPS と超音波距離センサを使用して秒の分解能をもった長崎港の潮位変化測定ができた。外洋および湾口部では、ゆるやかな潮位変化が見られるのに対し、湾奥部では、複雑な周期の潮位変化が見られた。

今回、野外観測を通じて、気象観測の楽しさとつらさを存分に味わった。

観測機「呟」を回収する際、明け方に設置場所に出かけると、超音波センサの網にひっかかってフナムシが死んでいた。無論水位データは最高位を示していた。なぜわざわざここで思ったが、これも、野外観測の醍醐味なのであろう。

多数の観測機のデータを「阿」が統合し、ひ

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

## 波高船（はこぶね）

独立行政法人国立高等専門学校機構

鳥羽商船高等専門学校

# 波高観測ブイシステム

ハコブネ  
波高船 報告書

平成 27 年 11 月

鳥羽商船高等専門学校

制御情報工学科

4 年 宮原 歩

4 年 城 徳馬

ボランティア参加 2 年 森田 海名見

# 1. はじめに

沿岸部に暮らす私たちにとって、気象情報の中でも特に海の状況は、船舶の運航状況や出漁できるか否かを判定する重要な情報の1つとなっています。また、波の高さは気象条件の変化にともなうもの以外に、地震によって生じる津波が沿岸部に生活の基盤を置く人たちに壊滅的な被害を与えます。

平成23年3月11日に発生した「東日本大震災」では、死者15,893名、行方不明者2,567名、負傷者6,152名という甚大な被害を沿岸部に与えました[1]。このときの波の高さは最も高い場所で21.1mを記録だと推定されており[2]、住居へと甚大な損害を与えています。一方、大きな河川のある内陸部では、地球温暖化の影響と考えられる豪雨「平成27年9月関東・東北豪雨」[3]（以下、関東・東北豪雨）が発生しました。この影響で川の氾濫や堤防の決壊が起こり、8名の死者を出し、重軽傷者は46人に上りました[4]。

これらの被害を最小限におさえるためには、的確な情報を素早く手に入れることが重要であると考えます。素早く情報を手に入れるためには、生活の中に浸透しているテレビだけではなく、近年急激に普及しているスマートフォン（以下スマホとします）を通して情報を入手できる必要があると考えます。

また、津波や洪水の発生時に、波の高さや川の水位をリアルタイムに計測し、住民に知らせることができれば、多くの人の命を救うことにつながると考えます。波高や水位を計測する手法としては、非常に高価でかつ大型なブイを用いて変位を計測する方法が現在行われていますが、高価であるため十分な数が設置されていないのが現状です。

そこで近年、急激に普及しているスマホ、特に中古のスマホに着目しました。半導体関連技術の進歩により、GPS(Global Positioning System)や加速度センサ、温度センサ、湿度センサ、デジタルカメラなどを搭載した中古スマホを安価に入手することができます。私達は中古のスマホとブイを組み合わせることで、海上の波高や川の水位を計測・観測可能なブイを開発し、定期的かつ自動的に波高の観測や周辺の画像撮影を行うことで海の異常の早期発見に繋げられるシステムの開発を目指しました。

鳥羽商船高等専門学校がある、鳥羽市はこれから起こる可能性が高いと言われている東海・東南海地震で巨大な津波に襲われる可能性が高い地域(図1)です。他人事ではなく、私達や私達の家族を守りたい・・・その思いで、このシステムをハコブネと命名しました。本稿では、波高計測システムの詳細を2節に、検証実験の結果及び考察を3節にてまとめ、最後に本システムについてまとめます。

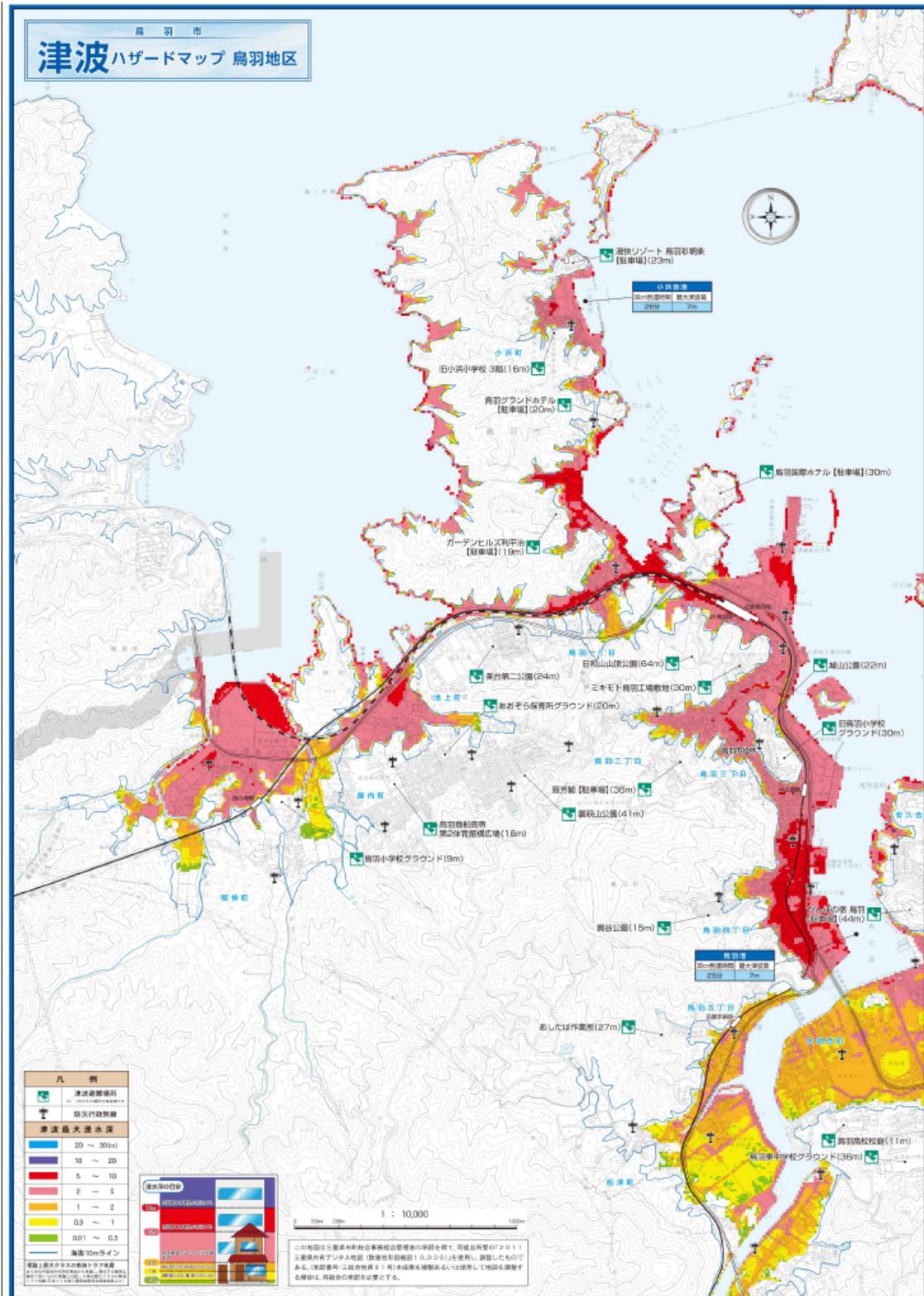


図 1.鳥羽市津波ハザードマップ

## 2. システム概要

### 2.1 概要

ハコブネは、高波や津波、川の増水による水位の上昇などを早期に警戒するためのシステムです。このシステムには中古スマホを用い、端末に搭載されている GPS、加速度センサや高解像度のカメラを援用することで、特定の場所における「波高」「海の様子」等の情報を観測・計測するためのシステムです。

図 2 にシステムの概要を示します。ハコブネの設置位置は GPS の 2 次元座標、波高は加速度センサ、気圧センサの値を元に計測しています。計測したデータや画像は携帯電話回線を通じ、クラウドサーバ (Microsoft Azure) へと保存されます。これらのデータを、このサーバ上に構築されている Web ページを通じて公開することにより、最新の海の状況を付近の住民に提供することを想定しています。

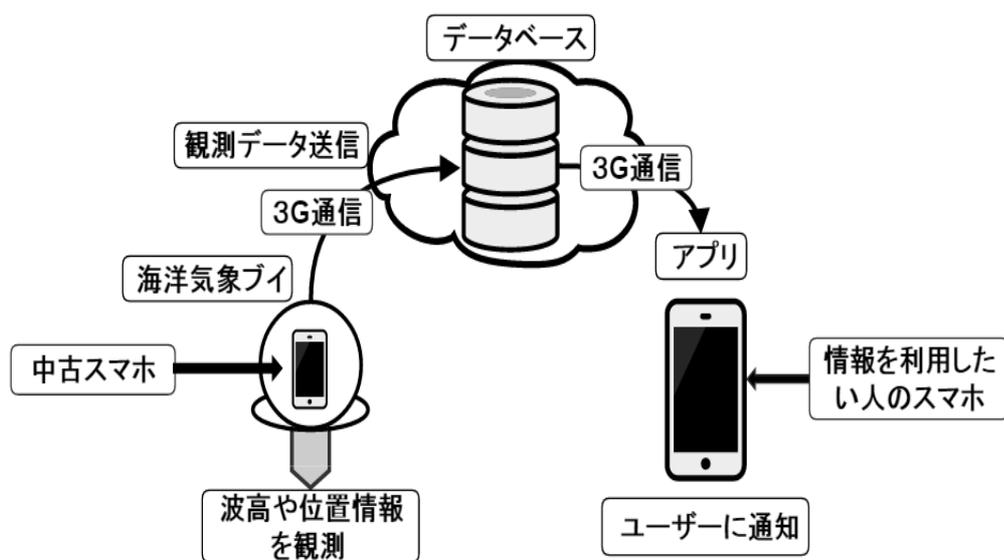


図 2. システム構成図

### 2.2 ハコブネ

ハコブネは主に波高データや海の写真の取得と通信を行うスマホ、電源を確保する太陽光発電システム、救命用浮き輪から構成されています。スマホを入れた小型防水ケースは広範囲の写真を撮影するために、ハコブネの上部に取り付けました。さらに、バランス調整のためのおもり 4 個 (総重量約 20kg) を波高船の下部に取り付け、重心位置が高くなるようにしました。ハコブネの外観を図 3 に示します。また、今回使用したスマホのスペックを表 1 に示しま

す。



図 3. ハコブネ外観

表1 スマホのスペック一覧

サイズ(幅×高さ×厚さ)	約68 × 136 × 13.5 mm
重量	約182 g
連続通話時間 (音声通話時/日本国内使用時)	約1490分
連続待受時間 (日本国内使用時)	4G LTEエリア：約700時間 WiMAX 2+：－ 3Gエリア：約810時間
充電時間	約160分
電池容量	3100mAh
電池パック取り外し	－
外部メモリ推奨最大容量	128GB microSDXC™
内蔵メモリ容量(ROM)	16GB
内蔵メモリ容量(RAM)	2GB
アドレス帳登録件数	本体からメモリの容量に依存
ディスプレイ(画面)タイプ	メイン：IPS液晶
ディスプレイ(画面)サイズ	メイン：約4.5インチ
ディスプレイ(画面)最大表示色	メイン：約1677万色
ディスプレイ(画面)解像度	メイン：1280×720(HD)
防水	○(IP65/IP68)
防塵	(IP6X)
au ICカード	au Nano IC Card(4G LTE)
OS	Android™ 4.4
CPU	MSM8928 1.4GHz クアッドコア

波高観測を継続して行うためには、スマホへと安定した電力供給が必要不可欠となりますが、夜間や悪天候で発電できない時間帯が必ず発生します。この時間帯を乗り切るためには、日照時にできるだけ多く発電することが重要となってきます。そこで、太陽がどの方向にあっても必ず発電できるよう中央部の四方に1枚ずつ、合計4個の20wソーラーパネルを取り付けました。また、発電した電気を蓄えるバッテリーには通常自動車や自動二輪車などに搭載される定格12V 20Ahのものを採用しました。バッテリー・コントローラはソーラーパネルの裏側に大型防水ケース内に配置することで海水による故障を防ぎます。太陽光発電システムの配線、スマホへの電力供給の流れを図4で示します。

ハコブネの現在位置はスマホに搭載しているGPS、潮位は加速度センサの計測値から縦方向の変化量を計算することで求めることができます。潮位の変化量を式(1)及び式(2)に示します。ここで、 $a$ [m/s]は加速度、 $y$ [m]は変化量、 $t$ は時刻を表します。また、 $n$ は添え字です。

$$a_n = 0.1 * a_n + 0.9 * a_{n-1} \quad \dots (1)$$

$$y_n = y_{n-1} + \frac{1}{2} a_n (t_n - t_{n-1})^2 \quad \dots (2)$$

データの送出手続きについて、図5に示します。

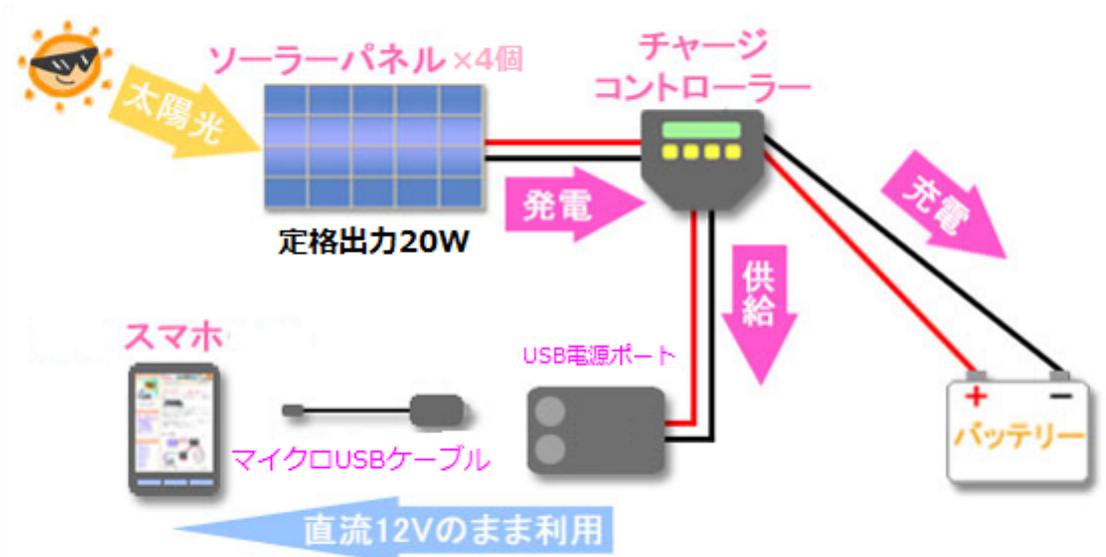


図4. スマホへの電力供給の流れ

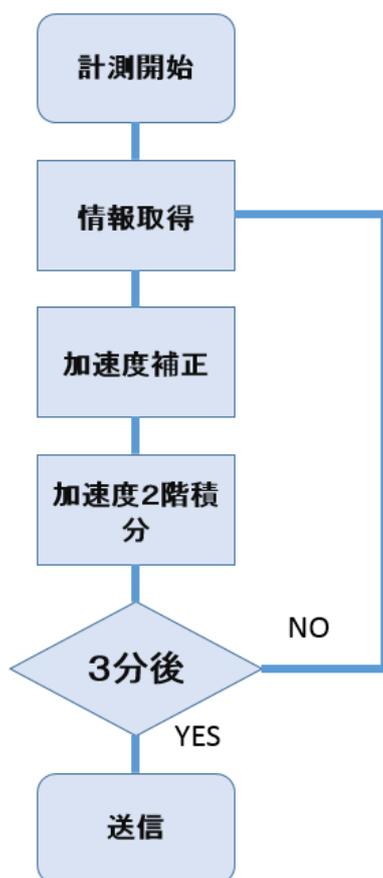
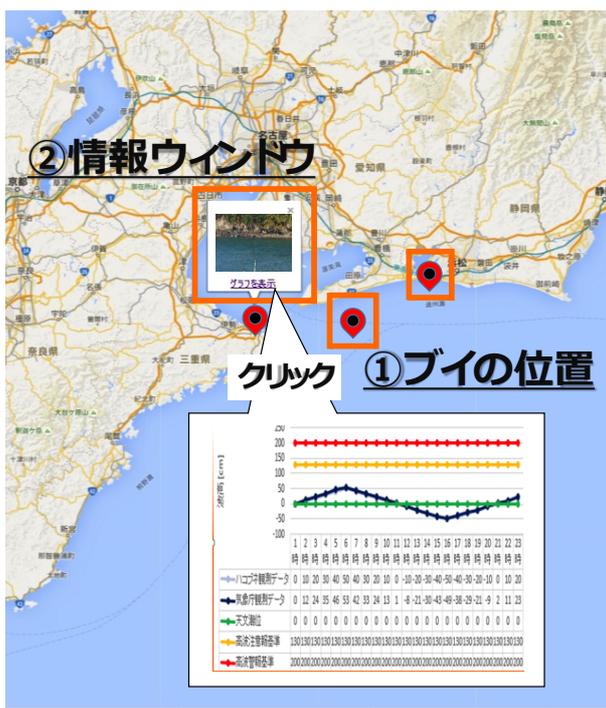


図5. データ送信処理のフローチャート

## 2.3 Web アプリケーション

今回は、誰もが簡単に現在の海の状況を参照できるように Web アプリケーションを開発しました。その構成図を実際開発したアプリケーションの画面を用いて説明します。

まず、指定の URL へとユーザからサーバへとアクセスがあった場合、図 6 に示すマップページへが表示されます。ここでは、地図上にハコブネの設置位置がマーカーで表示されます。また、マーカーをクリックすると図に示すとおり、カメラで撮影された最新画像のサムネイルが表示されます。マーカークリック後に表示されるウインドウ内のリンクをクリックすることで、グラフを表示されます。



## 機能の説明

### ①ブイの位置

設置したブイの現在位置にマーカーを表示します。マーカーをクリックすることで情報ウインドウを表示します。

### ②情報ウインドウ

ウインドウ中央にブイが撮影した周辺の最新画像を表示します。また、中央の画像、「グラフを表示」はクリックするとそれぞれ今までの画像、波高グラフ画面に切り替わります。

図 6. マップ表示画面

### 3. 検証実験

#### 3.1 実験の目的及び方法

今回試作したシステムの動作検証を行うために、ハコブネを海上に浮かべ潮位の計測実験を行いました。ハコブネは、鳥羽商船高等専門学校内のポンツーン周辺に設置し、海面の変位を連続計測し気象庁により公開されている潮位情報[5]の比較を行いました。ちなみに潮位情報を測定する、施設は鳥羽商船高等専門学校のポンツーン近傍にあります。また、これに合わせて、ハコブネ周辺の画像撮影テストも行いました。ここで、加速度の計測間隔は加速度センサが変位を検出時、データのサーバへの送出は3分毎に行うように設定しました。また、画像はデータ量が多いことから、10分毎に送出するようにしました。

#### 3.2 実験結果及び考察

図7に実際の計測結果と気象庁の検潮所のデータを比較した結果を示します。図7より、午前9時頃から午後2時頃のデータはおおむね同じ潮位を示していることが確認できますが、午後2時以降から午後7時頃に最大で60cm程度の差異が現れることが確認されました。その後、午後9時頃にかけて検潮所の値へと終息することがわかります。この誤差については、図8に示すようにハコブネの重心が中央からずれていることが原因で、ハコブネが傾くことが原因ではないかと考えられます。そこで、計測精度の向上には波高・潮位を計測するにあたり、ハコブネの重心位置の調整とソフトウェアによる外乱の除去が必要になると思われます。図9に、ハコブネ搭載のカメラにより撮影された画像を示します。同様の高解像で鮮明な画像を連続して得ることができましたので、津波発生時等に海上の詳しい様子をはっきりと撮影することが可能です。

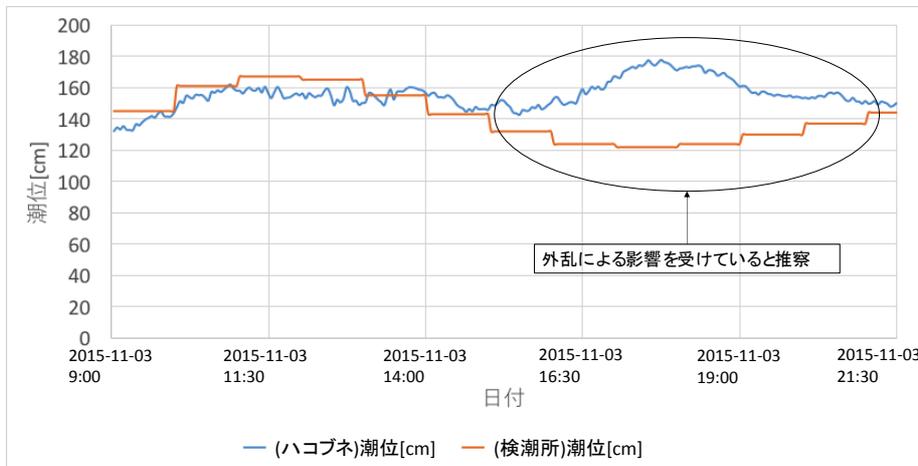


図7. 実測値と気象庁のデータとの比較

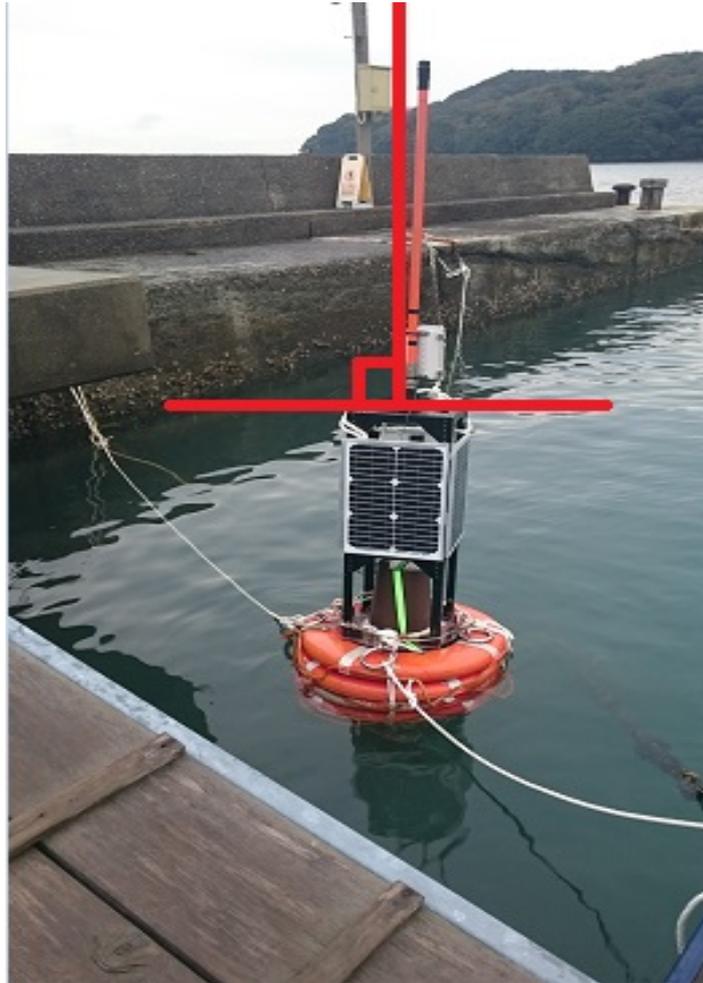


図 8. 設置後傾いたハコブネ



図 9. ハコブネから撮影した海の状況

## 4. おわりに

本稿では、波高を計測・観測するためのシステム開発を行うにあたり、ハコブネの開発とデータを閲覧するための Web アプリケーションの開発を行いました。波高・潮位の計測を行うにあたり課題は残るものの概ね良好な結果を得ることができました。また、計測実験に合わせておこなった周辺画像の撮影も問題なく行えることが確認できました。

ハコブネは、制作費 10 万円以下の安価なシステムですが、今回の実験で津波の早期警戒を行える性能と海上の様子を鮮明に捉える機能を実現できていることが確認できました。今後の課題として、ハコブネの重心位置のズレの修正、外乱の除去、そして小型化等が上げられます。

## 謝辞

本報告のハコブネは、一般財団法人 WNI 気象文化創造センターの皆様による、制作委託費により製作しました。このような素晴らしい機会を与えていただいたことに感謝いたします。また、荒天の中、ハコブネの設置に惜しみない協力をしていただいた鳥羽商船テクノセンター木下利一さん、毛利純一さん、本当にありがとうございました。

## 参考資料

- [1] 「東日本大震災 被害」  
<http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf>
- [2] 「社会実情データ図録」  
<http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/4363b.html>
- [3] 「朝日新聞 「平成 25 年 9 月関東・東北豪雨」と命名 気象庁」  
<http://www.asahi.com/articles/ASH9L5G0BH9LUTIL04K.html>
- [4] 「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による被害状況等について」  
[http://www.bousai.go.jp/updates/h27typhoon18/pdf/h27typhoon18\\_25.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h27typhoon18/pdf/h27typhoon18_25.pdf)  
(参照 2015-10-21)
- [5] 「潮位観測情報 気象庁」  
<http://www.jma.go.jp/jp/choi/graph.html?areaCode=211&pointCode=135302>

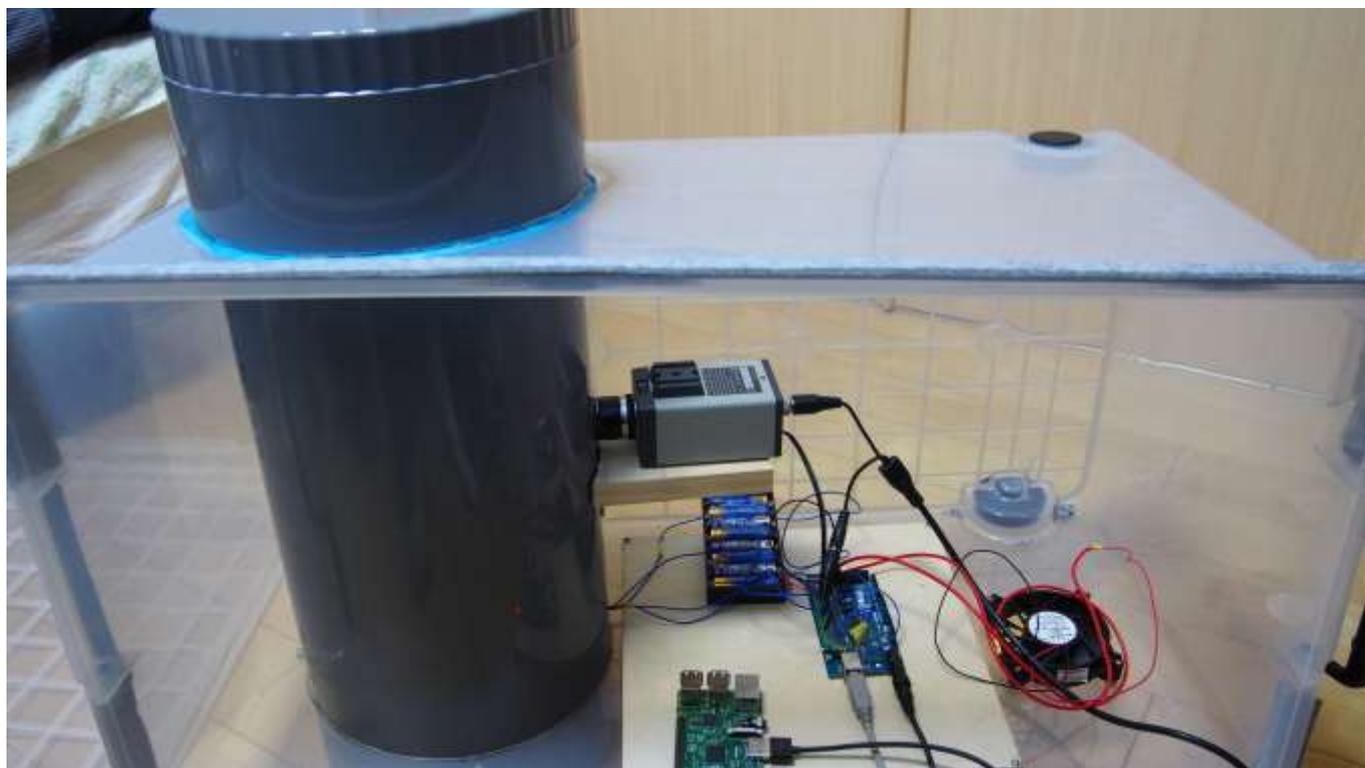
# 代表理事特別賞

賞金 5 万円

雨粒に関する

詳細記録装置

清風南海高等学校



# 雨粒に関する詳細記録装置

清風南海高等学校

科学研究部 気象観測班

チームリーダー：山本 騎道

共同研究者：中山 慎崇

奥出 陽太

大和田 宗

# 目次

1.	はじめに.....	2
2.	観測機器の概要や構造.....	3
3.	運用結果.....	8
4.	今後の展望.....	9
5.	まとめ.....	10
6.	参考文献.....	10
7.	添付ファイル一覧.....	10
8.	謝辞.....	11
9.	最後に.....	11

# 1.はじめに

近年の気象観測体制が各種機器や技術の開発や向上により進化を遂げ続け、様々な気象現象を高精度で観測することができるようになった。

利用できる身近な気象情報もかなり増え、きめ細かな情報体制も確立している。

雨、風、雷などをはじめとする基本気象現象の情報もインターネットやテレビなどの様々なメディアで取り扱うことができ、日常生活に大いに役立っている。

そこで、基本的気象情報にこだわらず、**雨についての新たな情報を獲得すべく、形状と雨の落下時の衝撃の大きさに焦点を当て**、時々刻々変化する雨の様子をそのまま微視的に観測することを目指した。

今までにあまり観測されてこなかった二つの事象を詳細に提供することで、そこからの利用が広がり、**雨についてのさらなる解析**が進むことも視野に入れながら、目新しい情報を随時提供したいと考え、機器の開発を試みた。**利用者がこの新しい情報を獲得することで、「雨」という身近な存在について改めて見直し、興味関心を集める**きっかけとなればと考える。

制作に際して、できるだけ**身近な機材で小型化、安価化**をめざし、制御部に「Arduino」を使用し、それによって、カメラ・赤外線センサー・圧力センサーを用いて入力を行い、出力にパソコンを用いることにより、**構造的にシンプルなシステム**目指した。

特に、わかりやすい出力を目指して、数値で強さを比較し、写真で形状を見るといった分かりやすい情報を提供し、利用者が複雑な操作を行わなくとも情報を利用できるよう心掛けた。

## 2. 観測機器の概要や構造

機器の全体構造と運用プロセス・プログラム・情報の処理に分けて順に記述する。

### <A> 機器の全体構造と運用プロセス

下図・写真に全体構造を示し、順に説明する。

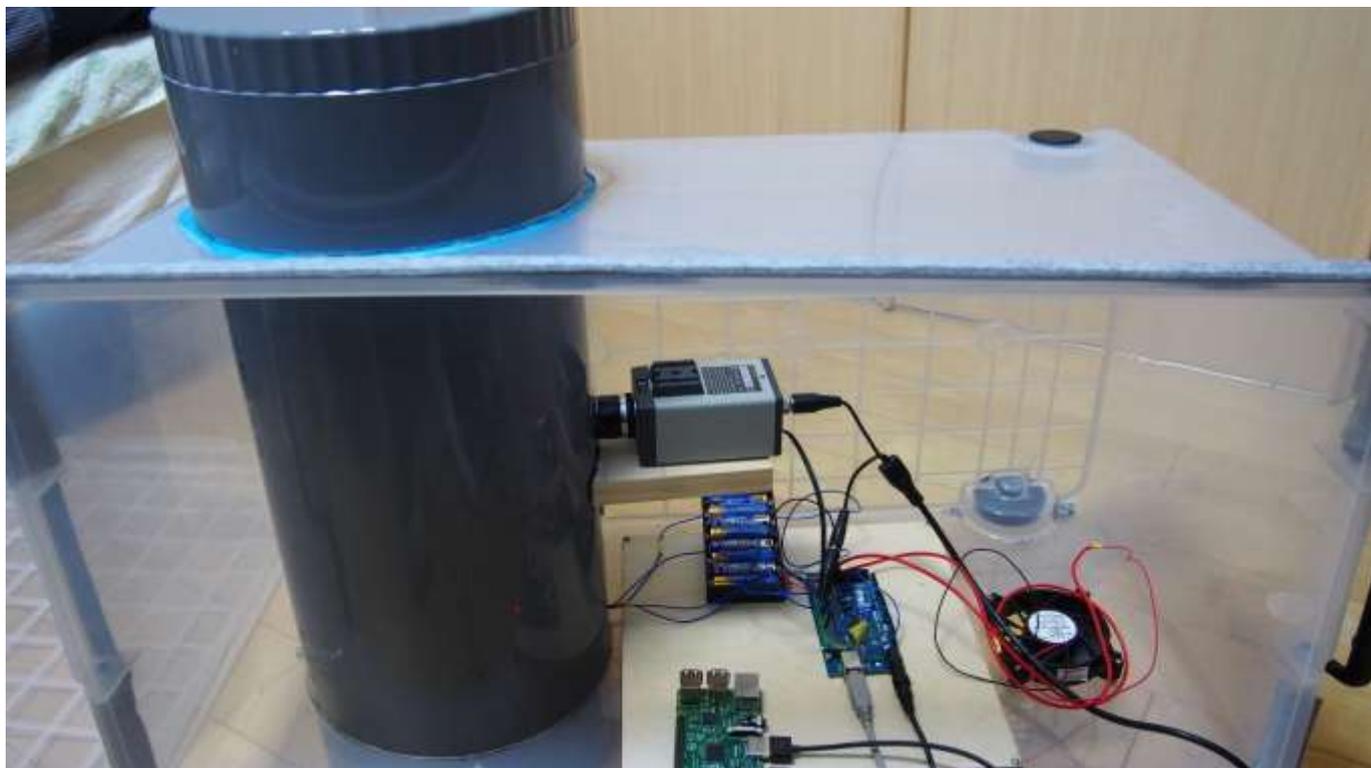


写真 1 機器の外観

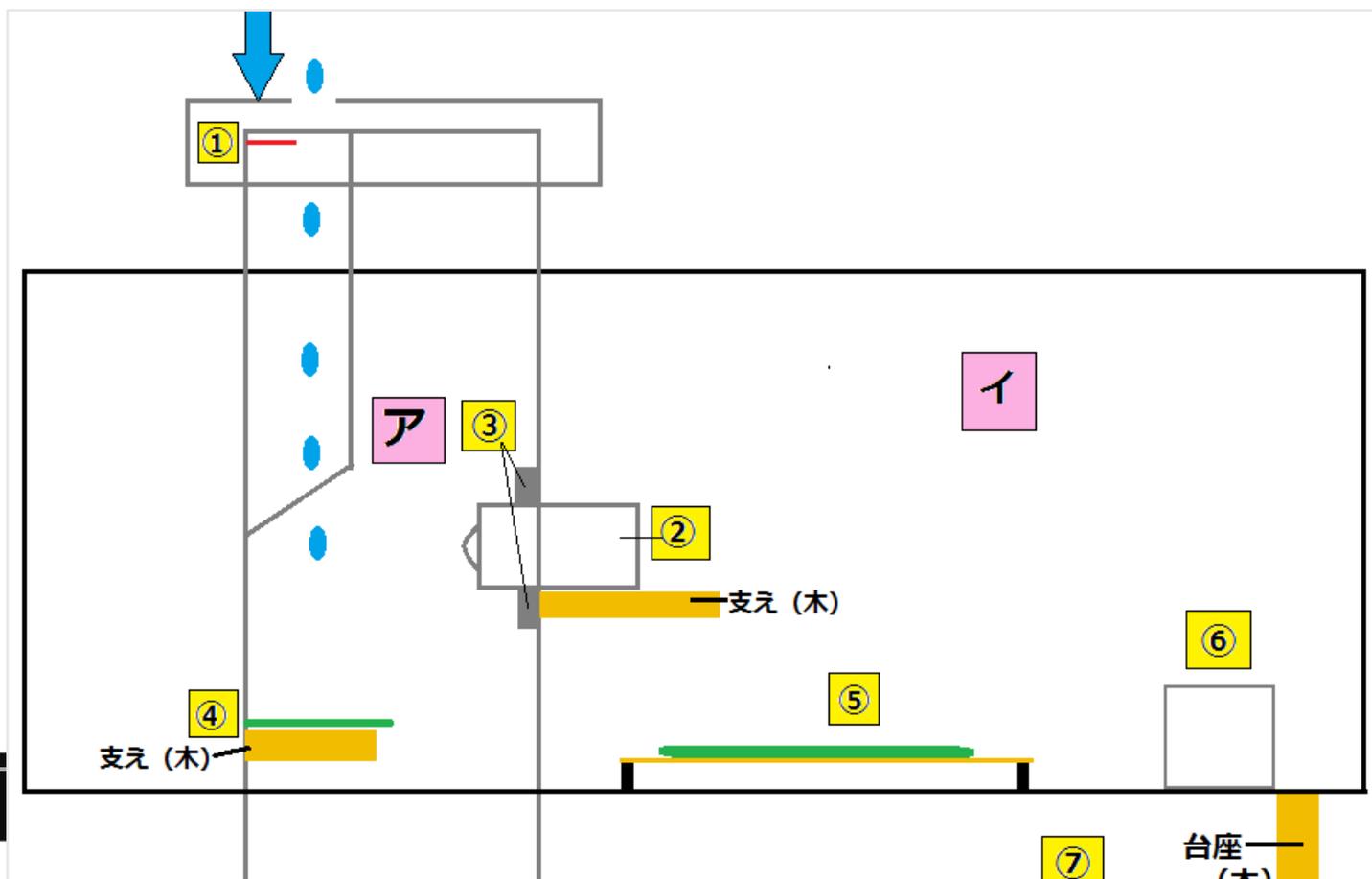


図 1 機器の構造図

**以下に各部位の詳しい働きを記述する。**

- ア 本体部（塩ビパイプ）  
雨の通り道になり、センサーやカメラを搭載させ、観測機器の中心部分である。
- イ 本体部（プラスチックケース）  
処理部やファン電源の収納を果たす。
- ウ 雨侵入部
- ① 赤外線センサー  
「Arduino」が雨粒の侵入を検知するためのセンサー。（赤外線については後に詳述する。）
  - ② カメラ  
雨粒の形を撮影する。
  - ③ フラッシュ（LED）  
被写体の形を粒状に映すために瞬間的に光を出す。
- エ 雨排出部
- ④ 圧力センサー  
雨粒がセンサーに与える圧力を計測する。（雨の強さを雨粒がセンサーに与える圧力の大きさを計測することによって評価する。）
- オ 処理部
- ⑤ Arduino(マイコン)・  
各センサーとつなぎ、赤外線センサーの変化を検出し回路を開始させ、また収集された情報を処理し、出力部に引き渡す。
- カ 換気部
- ⑥ ファン  
プラスチックケースの内部の空気を回し、湿気を外に出す。

## ⑦ 支柱・ネジによる固定

塩ビパイプおよびプラスチックケースの安定した自立を実現するため、支えを施す。

以下に各部分に分けてプロセスを説明する

入力部（記録）のプロセスについて

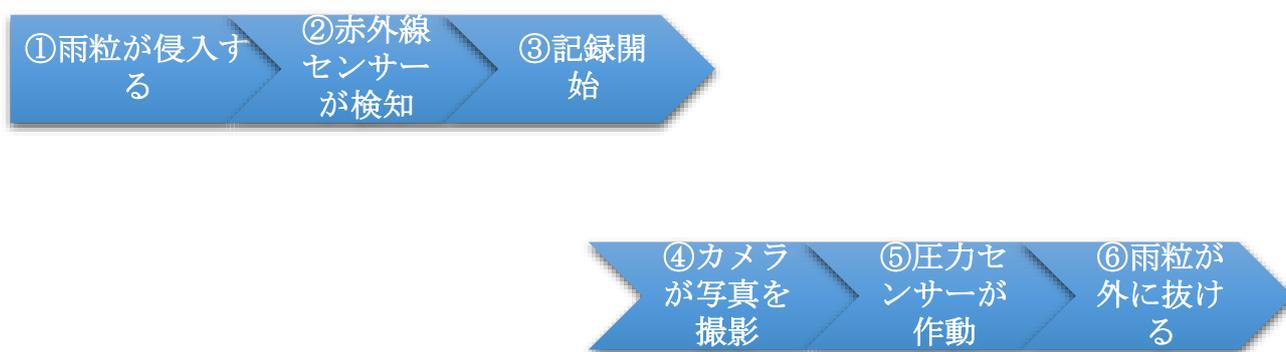


図 2 入力・記録のプロセス

①雨粒が雨侵入部から入る。

### ②<赤外線に関して>

センサーが発する赤外線が雨粒に当たると反射する。

そのことを利用して、受光部が反射した赤外線を受光したとき、赤外線の反射率が上がり、それを「Arduino」が検知する。（雨粒が通過したと判断できる）

③「Arduino」が赤外線センサーの変化を検知したときに、以降の記録を開始する。（カメラの画像をパソコンが、圧力センサーの値を「Arduino」が読み取る）。

なお、「Arduino」は常時赤外線センサーや圧力センサーの値を読み込み、その変化（反射率の変化等）について判断している。

④雨粒がそのまま中の塩ビパイプを通り抜け、パイプの出口付近にあるカメラによって形が捉えられる。

### <撮影に関して>

カメラはモノクロで 24fps、絞り H4 で撮影する。

フラッシュには LED を使用し、約 50~500  $\mu$ s 間電流を流し、瞬間的な撮影に対応した。

⑤雨粒は落下を続け、最終的に動線の終点に設置された圧力センサーに当たり、センサーが雨の落下時の衝撃の大きさをそれに当たる圧力の大きさとして計測する。

⑥記録された雨粒は雨排出部を通り抜け、機器から外へ。

## 出力部のプロセスについて



図 3 圧力センサーデータ転送プロセス



図 4 カメラ撮影データ転送プロセス

なお二データは作成された時点から転送を始める。(同時進行すること。)

### <Arduino について>

ワンボードマイコンの一種で、プログラムでスイッチや回路を制御でき、機器の機能達成のための最適な制御部。(プログラムや制御法は後述する。)

## <B>機器の制御プログラム

機械の制御に関わるプログラムやアルゴリズムについて

以下操作をC++の言語に『opencv』という拡張ライブラリを組みこんだ処理部と「Arduino」で動作させる。

- ①カメラで撮った画像をプログラムが読み込む。
- ②画像をコンピュータが直線を検出するのに最適な形に変換する。
- ③変換した画像の一部分の点 a について、a の両隣の点の明度・彩度を検出・比較し、それらがほぼ等しい(差が範囲内)な点を検出する。
- ④③を画像の隅々まで行う【canny・エッジ検出】。
- ⑤③で検出した箇所以外の点を白色で表示する(背景は黒一色)。
- ⑥表示された白色の点の集合から、直線を検出する【確率的ハフ変換】。
- ⑦検出した直線の始点・終点を割り出し、距離を検出する。

## <C>データの処理

データの処理法について

- ✓ 圧力数値データは主にセンサーから Arduino に送られ、そこからパソコンに送られる。
- ✓ 撮影画像データはカメラからそのままパソコンに直接転送される。

形式として、カメラの画像データと圧力センサーの圧力数値データであり、それをパソコンでは写真とテキストファイルとしてそれぞれ表示させる。

ユーザーは写真を見て、数値データを比較などすることによって観測結果を利用する。

## 以下にシステムの工夫点を例挙する

### <記録>

- 高価なハイスピードカメラを使用せず、より入手しやすく、より安価な市販の白黒カメラを用いて記録できるようにした。
- フラッシュ（LED）を極めて短時間に焚き、雨粒の画像を出力できるようにした。そして、短時間の制御ができるように、フラッシュにLEDを使用した。
- カメラの記録開始のスイッチとして、比較的簡単に制御できる赤外線センサーを使用した。

### <出力>

- 記録結果を記録媒体にではなく、ほぼ同時にパソコンに転送し、パソコンですぐに利用できるようにした。

### <構造・防水>

- 塩ビパイプだけでは機械が自立しないので、全体のバランスと防水を考え、外枠にプラスチックケースを使用した。ケース内に機器の一部を収納したが、雨天時など湿度の高い状態での観測が基本なので、機器への影響を考え、換気扇（ファン）を設置した。
- 外枠のプラスチックケース下部や換気扇（ファン）からの雨水の侵入を防ぐために、ケースの下に台座を設置し地面より高くした。また、ケースの蓋からの雨水の侵入を防ぐために、蓋の隙間にスポンジを張り付けた。

### 3. 運用結果

注・観測装置完成後、実際の雨の発生に立ち会うも、度重なる機械の整備不良で残念ながら実際の雨を観測することが出来なかった。その為、クラブで疑似的に現象（高所から水滴を降らす）を起こし、それを記録することとした。以下にその結果を記述する。

➤ 2015年 11月 04日

20 時ころ

#### ①運用状況

前述通り、人工的に雨粒を流し入れ、それをカメラでとらえることに成功した。

#### ②運用結果

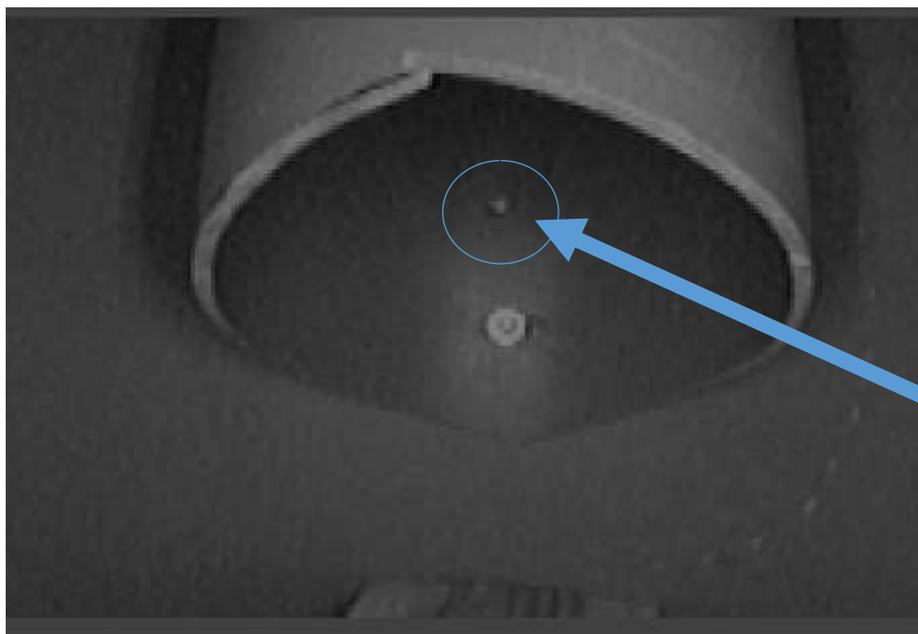


写真 2 筒内のカメラが捉えた雨粒に疑似した水滴の様子（矢印指す部分）

なお、周囲の筒状のものは中の小さい塩ビパイプの出口部分であり、丸囲みの下方はネジの頭である。

以下に圧力センサーの値結果を示す

1023	1015	1013	1023	1023	1023
1023	1014	1019	1015	1023	1023
1023	1023	1017	1019	1023	1023
1023	1012	1009	1009	1023	1023
1023	1023	1023	1023	1023	1023
1023	1020	1022	1023	1023	1023
1023	1023	1017	1023	1023	1023
1022	1021	1023	1023	1023	1023
1023	1023	1017	1023	1023	1023
1023	1021	1023	1023	1023	1023
1023	1023	1012	1023	1023	1023
1023	1023	1013	1023	1023	1023
1023	1014	1023	1023	1023	1023
1023	1018	994	1023	1023	
1021	1019	1023	1023	1023	

センサーに雨粒が落下したとき、センサーは「994」と示した。

### ③考察

以上のように、人工的に疑似した水滴をきちんととらえることができ、かつ目視で判別できるような写真をパソコンに出力ができた。雨の降る時も同様に作動することができると思われる。

## 4. 今後の展望

1. 今回の研究で画像処理のプログラムについて開発した所（『機器の制御プログラム』項目にて詳述）、写真から直線を認識し、それを赤く描き出す技術を開発した。時間の関係上残念ながら雨粒に対し適応できなかったが、今後の開発で、雨粒の平面構造についてわかりやすい写真を提供できる見込みがある。それで雨の形状に関する

研究が進むのではないだろうか。また平面にとどまらず、3D観測を行えば、立体構造に関する研究も進むのではないだろうか。

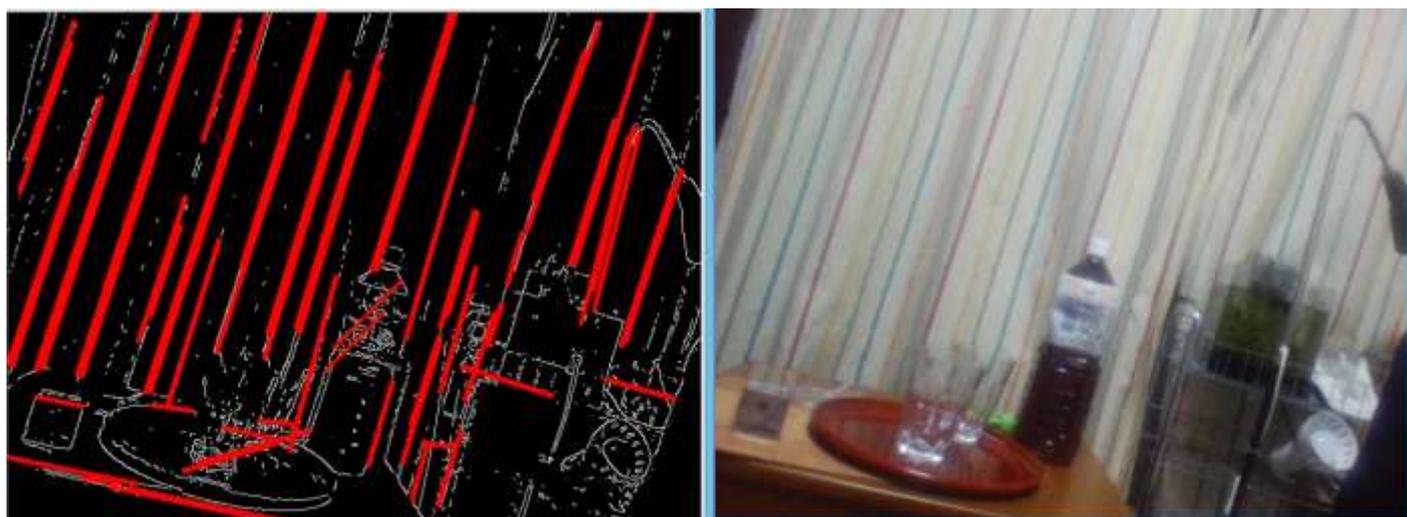


写真 3 新たに開発した写真から直線を描き出す技術の例

画面中赤い線は写真からプログラムが識別させた直線である。しかし、誤認があることや雨粒とほかの部分の区別がまだつかないなど改良や進歩の余地が大いにあり、雨に適用することが期待できる。

2. 機械が撮影した写真データを単純に処理すること以外、雨の降らない平常時の写真も撮影し、それとパソコンで比較する。そうすることで雨粒の分布も分析することができるのではないだろうか。

## 5. まとめ

今回はセンサーの制作や制御に多くの時間を要し、時間に追われるような形で締め切りを迎えてしまった。そのため、機械を仕上げる余地は大いに残されているように思う。これからの展望としては、画像処理技術やセンサー技術の向上によってよりよいデータを提供することなどが挙げられる。

また、志半ばではあるが、ここまで画像処理技術を開発しセンサーと併せて実際に運用できたことを喜ばしく思う。

## 6. 参考文献

ネット資料

- opencv ホームページ <http://opencv.jp/>
- opencv のリファレンス <http://opencv.jp/opencv-2svn/cpp/>

## 7. 添付ファイル一覧

<プログラムソース>

使用プログラミング.txt

<画像>

## 8. 謝辞

今年も昨年度同様、本校科学研究部において、研究、作成活動を行った。クラブ活動で場所や機材を一部お借りすることができ、大変スムーズに進めた。御礼申し上げます。また班以外のメンバーにも本体制作を協力していただき、感謝します。

## 9. 最後に

本研究は雨を観測し、雨についての変った角度のデータを取得することを第一に目指し、それをユーザーに提供する目的を概ね達成できた。雨についての新しい見方を世間に広めることで気象全般に対する興味関心を改めて集めることができると期待している。今後も身近な気象現象に注意を向け、大自然をもっと知ろうと思っている所である。

```
// Main.cpp

#include <iostream>
#include <opencv2/core.hpp>
#include <opencv2/opencv.hpp>
#include <opencv2/highgui/highgui.hpp>
#include <opencv2/imgproc/imgproc.hpp>
#include <math.h>
using namespace cv;
using namespace std;
#include <fstream>

int main(int argc, char** argv)
{
    double x, y, length;
    x = 1; y = 0;

    Mat src, dst, color_dst;
    if (argc != 2 || !(src = imread(argv[1], 0)).data)
        return -1;

    Canny(src, dst, 50, 200, 3);
    cvtColor(dst, color_dst, CV_GRAY2BGR);
    vector<Vec4i> lines;
    HoughLinesP(dst, lines, 1, CV_PI / 180, 80, 30, 10);
    for (size_t i = 0; i < lines.size(); i++)
    {
        line(color_dst, Point(lines[i][0], lines[i][1]),
            Point(lines[i][2], lines[i][3]), Scalar(0, 0, 255), 3, 8);

        x = lines[i][0] - lines[i][2];
        y = lines[i][1] - lines[i][3];
        length = hypot(x, y);
        ofstream outfile("test.txt");//パス名は変更可能
        outfile << length;
        outfile.close();
    }
}
```

# 観客賞

賞金 5 万円

テザードローンによる  
空中電位測定

徳島県立城南高等学校

# テザードローンを使用した空中電位の測定

徳島県立城南高等学校応用数理科2年  
三木 綾夏 豊田 めぐみ

## 1. 研究の動機

2年生で行う課題研究のテーマを考えていた時に、地学が好きな2人で研究がしたいと思ったから。そして、担当の先生に「高校・高専『気象観測機器』コンテスト」のお話を聞き、ぜひ参加したいと考えた。

また、具体的なテーマを決める際に、雷に関する空中電位に興味を持ち、気象との関連性について調べたいと思ったから。

## 2. 仮説

空中電位の変化から、雷雲や雨雲の接近などの気象条件の変化の前兆を知ることができるという仮説をたてた。

## 3. 実験器具

プラスチック釣竿（予備実験用）・針金・脱脂綿・脚立・チャッカマン・ピンセット・燃料用アルコール・エナメル線・静電電位測定器 STATIRON DZ4+イオンバランス測定プレート（シシド静電気株式会社製）・ドローン(Holy Stone Toy 製6軸ジャイロマルチコプターF182)



使用するドローン

## 静電電位測定器 STATIRON DZ4

### ※測定の仕方

- 〈1〉アース線の片方をアース端子に接続し、他方を地面に接続する。
- 〈2〉イオンバランスプレートにエナメル線を取り付ける。
- 〈3〉表示パネルに表示される電圧を読み取る。



#### 4. 実験手順

- 〈1〉グラウンドの真ん中で脱脂綿を針金で釣竿に取り付け、アルコールに浸す。
- 〈2〉エナメル線を静電電位測定器と脱脂綿に取り付け、脱脂綿を燃やし、エナメル線が地面と垂直になるまで釣竿をあげる。
- 〈3〉静電電位測定器の数値（電位差）を記録し、エナメル線の長さ（＝炎の高さ）を変えて同様の実験を行う。
- 〈4〉最後に気温・湿度・天気を記録する。

##### 天気判別基準

晴れ…雲量0～8 曇り…雲量9～10  
(ただし降水がある場合は雨とみなす)

#### 5. 実験結果

静電電位測定器の代わりに**はく検電器**を用いて後は本実験同様に予備実験と対照実験も行った。

##### 予備実験

〈仮説〉炎の位置が高いほど、はくが大きく開く。

〈結果〉炎の位置が高くなるにつれて、はくが大きく開くことから、高い場所ほど電位差（＝電圧）も高くなることがわかった。

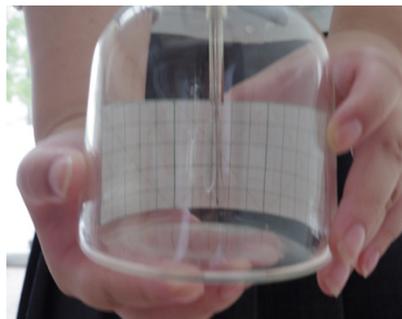
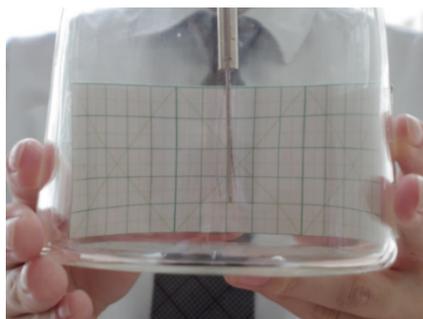


##### 対照実験

実験場所 **グラウンド→校舎内**（他の条件は変えないものとする）

〈仮説〉建物は地面の延長線上にあるため電位は等しくなり、はく検電器のはくは開かない。

〈結果〉2 m・4 mのエナメル線ともにはくはまったく開かなかった。

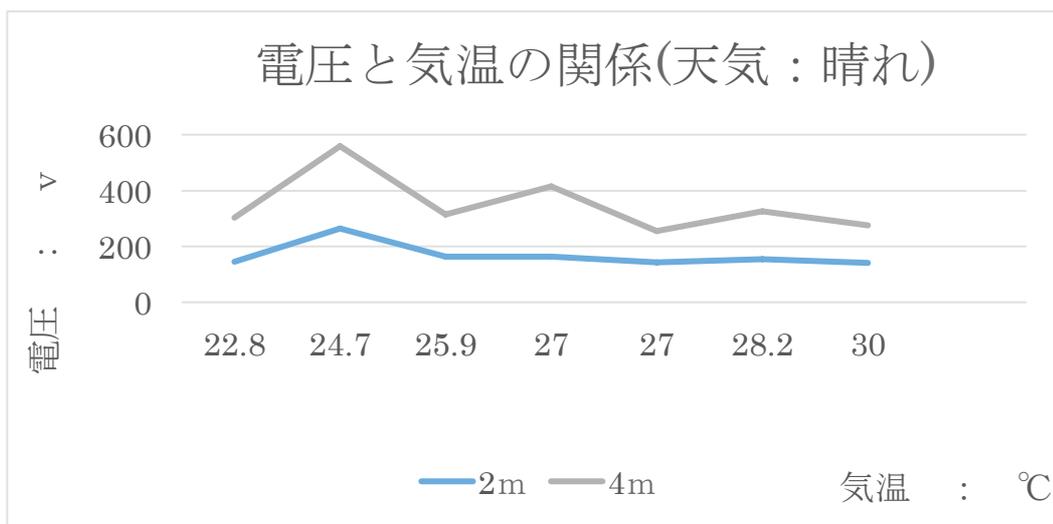


## 6. 実験結果

〈晴れ・曇り〉

	電圧 (V)	湿度 (%)	気温 (°C)	天気
2m	265	39.6	24.7	曇り
	164	58.6	25.9	晴れ
	141	28.6	30	晴れ
	0	31.8	27	晴れ
	164	39	27	晴れ
	154	21.5	28.2	晴れ
	143	35	27	晴れ
平均	147.3			

	電圧 (V)	湿度 (%)	気温 (°C)	天気
4m	560	39.6	24.7	曇り
	315	58.6	25.9	晴れ
	276	28.6	30	晴れ
	414	31.8	27	晴れ
	326	39	27	晴れ
	255	21.5	28.2	晴れ
	0	35	27	晴れ
平均	306.6			



2m地点での電位の変化は小さいが、4m地点では気温によって大きく変化している。

〈降雨前後〉

・ 前日

気温：22.8℃ 湿度：32.3% 天気：晴れ

電圧：2m 146V

4m 302V

・ 降雨日（降雨直後）

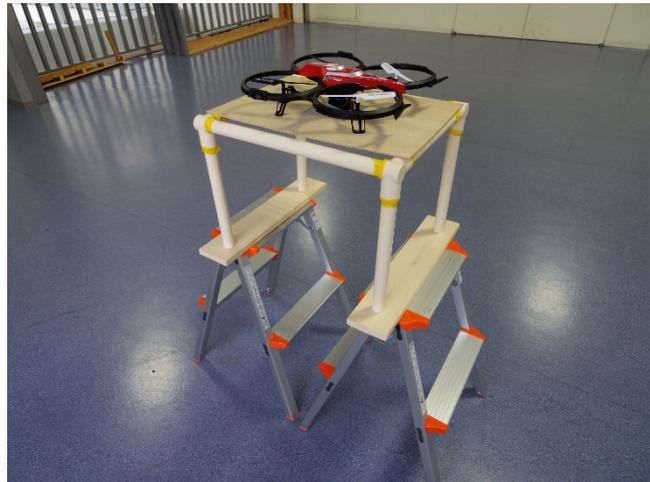
気温：17.6℃ 湿度：84% 天気：曇り

電圧：2m 174V

4m 384V

## 7. 発射台

- 〈1〉 脚立を2つ置き、脚立が不安定なため、上に木材を置く。
- 〈2〉 その上にプラスチックパイプを組み立てたものを乗せる。
- 〈3〉 真ん中に穴の開いたベニヤ板をプラスチックパイプに乗せ、ドローンを設置する。



## 8. 考察・課題

〈考察〉 ほとんどの日は、気温が低い時に電圧は高くなること、曇りと晴れ程度の天気の変化では電圧はあまり影響を受けないという結果になった。また、降雨の前日は電圧に変化はないが、降雨直後は2m地点で約30V、4m地点では約80V電圧が大きくなるという結果を得た。このことから、降雨後に気温が下がるとともに電圧は大きくなるのではないかと考えた。しかし、9月下旬から10月末までに日中の降水が1日しかなく、降水前後のデータが1つしかないため、本当に降雨後に電圧が大きくなるかどうかは不明である。

〈課題〉

- (1) ドローン発射台の軽量化を行う。
- (2) もっと多くの観測を行ってデータを集め、静電電圧と気象条件との関係を確認する。
- (3) ドローンを飛ばして測定するとき、機体が風に流されて、まっすぐ垂直に上昇できず、正確なデータを取ることができないことがあった。昼休みや放課後の運動部練習前などのわずかな時間に

測定を行うため、現在やむを得ず釣竿を用いてデータを集めているが、真っすぐ飛ばすための操縦練習をもっと行い、ドローンを使いこなしていきたい。

# 観客賞

賞金 5 万円

## むしむし観察記

長崎県立長崎西高等学校

## 平成27年度 第4回 高校高専「気象観測機器コンテスト」報告書

### むしむし観察記

長崎県立長崎西高等学校  
地学部1年 口木 みのり



#### 1. はじめに

私は動物や虫を使って湿度の観測ができな  
いかと考えた。そこで、インターネットで調  
べたり、西高生物部の生徒や先生方などに伺  
ったりして情報を集めた結果、気象条件が変  
化すると、行動が変わる動物や虫がいるとい  
うことがわかった。

多くの種類の生物が、気象条件によって鼓  
動を変容させるが、こどもでも簡単に飼育で  
き、家庭で継続して観察できる生物として、  
本研究では、ダンゴムシを使った実験をする  
ことにした。

#### 2. 研究目的

生き物のセンサを利用して気象観測を行  
いたい。また、作成した装置をひろく一般の  
の方々に使っていただき、それを利用して気象  
観測していただきたい。さらに多くの方に気  
象に対する興味関心をもっていただくことが  
本研究の目的である。

#### 3. 装置の概要

観測機開発のスタートとして、ダンゴムシ  
の捕獲、飼育を行った。

ダンゴムシは、校庭で容易に捕獲するこ  
とができた。20分ほどで、30匹以上の個体  
を最終できた。

ダンゴムシの特徴は下記のとおりである。

ダンゴムシの学名は、*armadillium vulgare*  
であり英語名 **pillbugs** という。甲殻類であ  
り、一般によく見られるのは、オカダンゴム  
シである。ほかにハマダンゴムシやコシビロ  
ダンゴムシがいる。また、ダンゴムシによく  
似ているが丸まらないのはワラジムシであ  
る。

分解者としての働きをもち、農作物の茎や  
葉、特に新芽を食べることがあるため、害虫  
とされることもある。天敵はアリ、鳥、ハエ  
トリグモ、トカゲ、カエル、ヘビ、ヒトのこ  
ども、などである。

背中に模様があるものがメスである。いろ  
いろなものを食べ、ときには、カルシウムを  
補うためにコンクリートを食することもあ  
る。

足の本数は、生まれたときは6対12本、長  
じて7対14本となる。

気温が下がると冬眠する。

飼育し調べていく中で、ダンゴムシの生存  
には、適度な湿度が必要であることがわかっ  
た。また、湿度変化に敏感に反応することも  
わかった。このことを利用して湿度測定機を  
作成した。

観測機の基本構造はパイプである。パイプ  
の一端を塞ぎ、内側に水のはいった容器を置  
く。他端は解放し外気と接続する。

水のはいった容器直近の湿度は 100%近く  
となり、他端の外気まで、パイプ内に湿度勾  
配が生じる。

湿度勾配が一定の割合であると仮定する  
と、本実験で使用したダンゴムシの集団は湿  
度 65%の地点に集合する性質があることがわ  
かった。

湿度 65%を好む。この性質を利用して、外  
気の湿度を算出する観測機を作成した。



図1. 観測機

基本はパイプであるが、長いパイプは家庭では扱いにくいので、3列ある部品ケースを流用した。内側の仕切り2箇所を穴をあけ、左上に水をためた。また、外気を導入するため、右下に穴をあけ、網でおおった。



図2. 大好物の枯葉をしきつめ、ダンゴムシを飼育

#### 4. 測定方法

外気の湿度が0%の場合、入り口から水貯蔵部屋までの距離の中間点で湿度50%になり、65%地点で湿度もまた65%になると考えられる。また、外気の湿度が65%であると、入り口付近で湿度65%になり、奥へ進むにつれて湿度は上昇する。

つまり、ダンゴムシの集合の場所によって

外気の湿度が図れるのではないかと考えた。

ダンゴムシの集合の場所に、推定される外気の湿度のメモリを記入し、観測機とした。



図3. 観測機の外観

入り口が外気湿度65%、そして、入り口から65%内部に進んだ場所が外気湿度0%を示す。



図4. めもり

#### 5. 結論

手軽に飼育できるダンゴムシを通じて、気象を観測することができた。全国のこどもたちにこのセットで観測してもらい、気象について興味をもっていただきたい。

研究にあたり、WNI 気象文化創造センターには、多大なご助成を賜りました。大変感謝申し上げます。