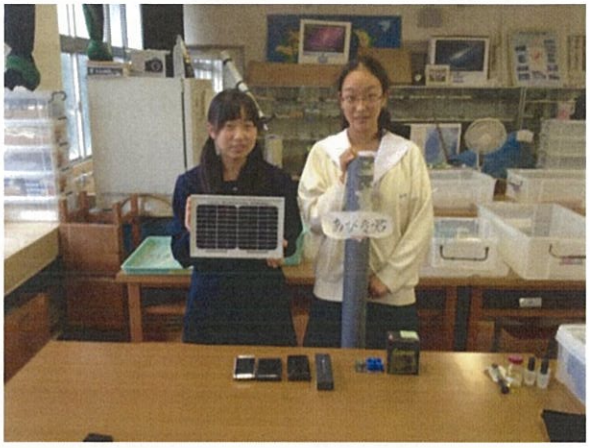
最優秀賞

賞金 50 万円

遠隔地自動水位観測装置「あびき君」

長崎県立長崎西高等学校

遠隔地自動水位観測装置「あびき君Ｒ」



長崎県立長崎西高等学校　地学部
今村　春香　imamura@245skyshare.com
近藤　遥香　kondou@245skyshare.com
宮田　魁斗　miyata@245skyshare.com

１．はじめに

「あびき」とは九州西方において，30～40分周期で海面が上下振動する現象で，春と秋に卓越する．過去には，３m近い変動が観測され，係留されていた船や漁網などに大きな被害を与えたことが知られている．あびきの語源は網引きに由来すると言われている（長崎海洋気象台HPより）．あびきは，長方形の容器に水を入れ，一方の端を持ち上げて少し傾けてから元に戻すと，しばらく水全体が左右に振動する現象と同様のものだとの説明がなされている．

このような「あびき現象」を観測し解明したい．遠隔地の水面変動をリアルタイムに測定したい．そんな思いから，昨年度，本校地学部は遠隔地自動水位観測装置「あびき君」を開発した　結果，本校から浦上川の水位変化を知ることができるようになったが，長期間，安定して水位変化を記録し続けるためには，電源の確保や通信手段の確立など，様々な課題が明らかとなった．

図１．1988年３月のあびき現象
長崎海洋気象台ＨＰより引用

本研究の目的は，「あびき君」を，長期間，独立して安定に水位変化等の観測ができるように改良した「あびき君Ｒ」を制作することである．さらに，「あびき君Ｒ」を雛型に観測機を複数作成し，長崎港に設置，観測アレイ（図２）を形成する．これにより長崎港の海面変動を詳しく観測し，あびき現象を考察することを目指す．「あびき君Ｒ」のＲはリファレンス（標準型）のＲである．

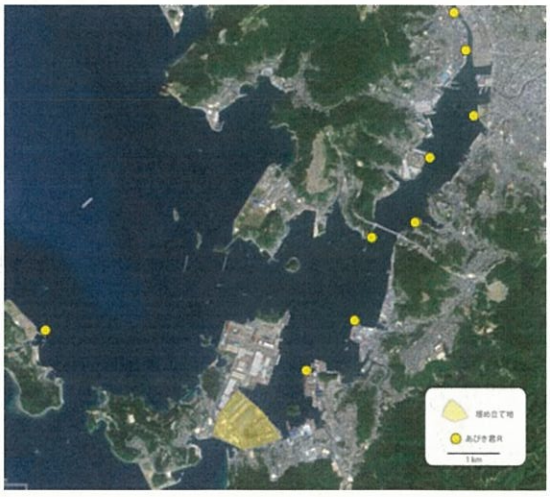


図２．長崎港と観測予定地

2．コンセプト

あびき君Ｒの特徴は，塩化ビニルのパイプと発砲スチロールの球を利用した安価な水位測定器であり，遠隔地の水位変化をネットワークを介して観測することができるところである．また，太陽発電パネルとバッテリを備えているので，観測用の電源を別途準備する必要はない．さらに，通信にはDigi社のXBee proを利用しているため，見通し1500mの通信が可能であり，観測器を数珠つなぎにしたアドホック通信も可能である．

3．設計

「あびき君Ｒ」の構造は，図３のように，塩化ビニルの本体に，発砲スチロールのうきを入れており，上部のセンサ部には，Arduinoを基礎とするセンサ類およびバッテリが内蔵されている．センサには，測距・GPS以外に，気温，気圧，湿度など，水塊の挙動に影響を与えそうな物理諸量に関するセンサも備える．また，頂部には，太陽電池パネルを備え，太陽光発電により，観測・通信に必要な電力を得ることができる．

観測の際は，クレモナのロープで本体を川岸や海岸に固定し，距離センサで「うき」までの距離を測ることで，水位変化を測定する．

本体を鉛直方向に設置できない場合を考慮し，発砲スチロールのうきの形状を球とした．これにより，斜めに設置しても距離センサとうきの距離を正確に測定することができる．

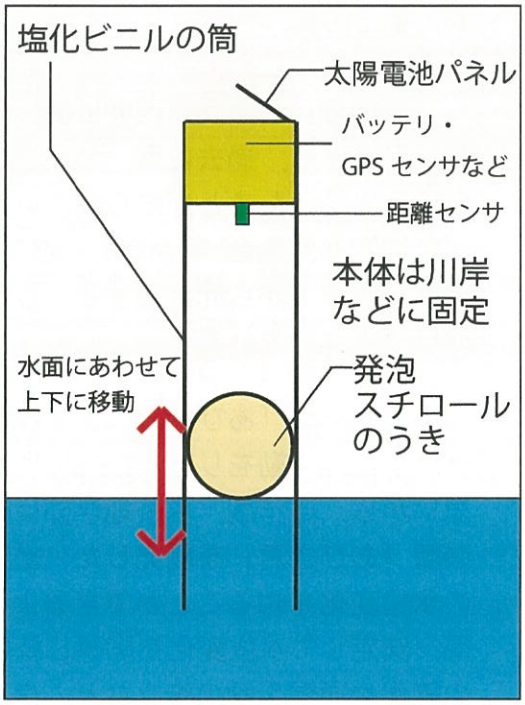


図３．あびき君Ｒの構造

4．水位測定方法

「あびき君Ｒ」の水位測定は，塩化ビニルのパイプ中を，水位にあわせて上下する発泡スチロールまでの距離を測定することにより行われる．距離測定には，超音波距離センサモジュール（図４）を使用する．指向性のよい超音波を利用し，測定レンジは2cm～3mである．動作電源電圧は5V，消費電流は30mAである．2500円である．パイプ内で

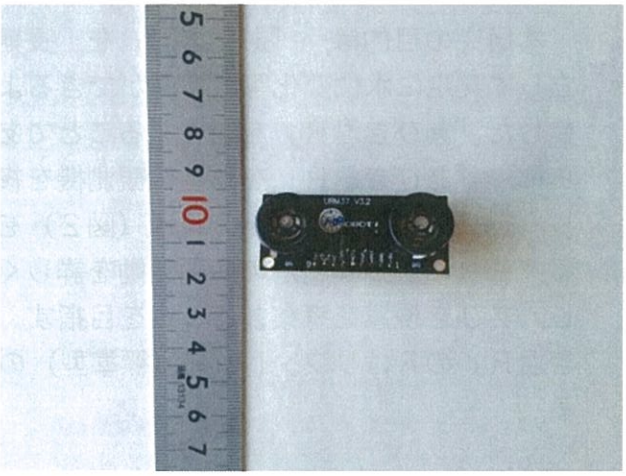


図４．超音波距離センサ

の測定であるため，様々な反射波の観測が予想されるが，指向性がよいため，最短距離を通過するパルスについて観測することで，質の良いデータが得られると考える．

５．制作

あびき君Rの基幹システムには，Arduino uno（図５）を採用した．ArduinoとはAVRマイコンを中心とした回路で，１６本のデジタルI/Oピンと６本のアナログ入力ピンを備えている．あびき君の主な目的である水位観測以外にも，さまざまな観測を行うことができる．動作電圧は5V，大変小さく，3200円と安価である．ここに各種センサを接続していく．

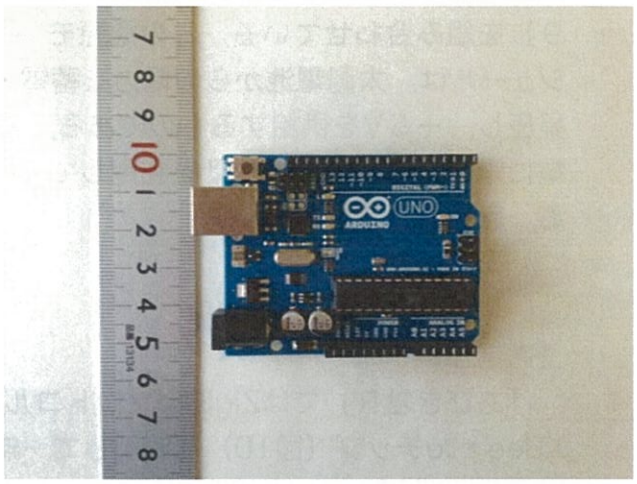


図５．Aruduino uno

【測定部】

水位測定以外に，以下のような項目についても測定する．

・温度，湿度測定

温度と湿度は１つのセンサで測定する（図６）．電源電圧は3.5V～5.5V，消費電流は0.3mAである．300円，測定時間は，湿度については６秒程度，温度については１０秒程度である．

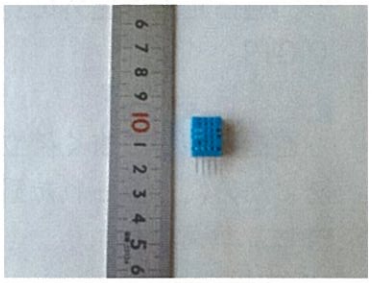


図６．温度湿度センサ

・気圧測定

大気圧は気圧センサ（図７）を用いて測定する．電源電圧は3.3V，消費電流は2mA，測定範囲は260hPa～1260hPaである．650円である．

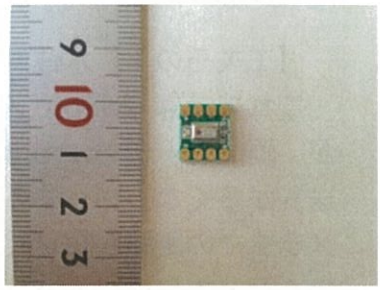


図７．大気圧センサ

・緯度経度測位

GPSモジュール（図８）を用いて観測点の緯度経度情報を得る．その際，GPSの特徴として，大変正確な時間情報も得ることができる．電源電圧は3.3V~6.0V，消費電流は最大50 mAである．価格は2800円である．

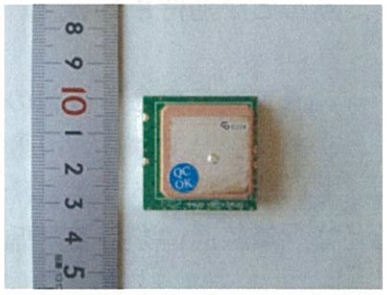


図８．GPSモジュール

【電源部】

太陽電池パネルを準備し，発電によって観測・通信に必要な電力の確保を目標とした．電源の準備を必要とせず，あらゆる場所で観測できるようにするため，電力面でのスタンド

アローンを目指した．

あびき君Rには，５Wソーラーパネルに太陽電池５V安定化電源モジュール（図９）を組み合わせている．この電源モジュールは，太陽電池からの電力を蓄電・昇圧し，＋５Vを供給するものである．蓄電に電器二重層コンデンサを利用している．価格６０００円である．

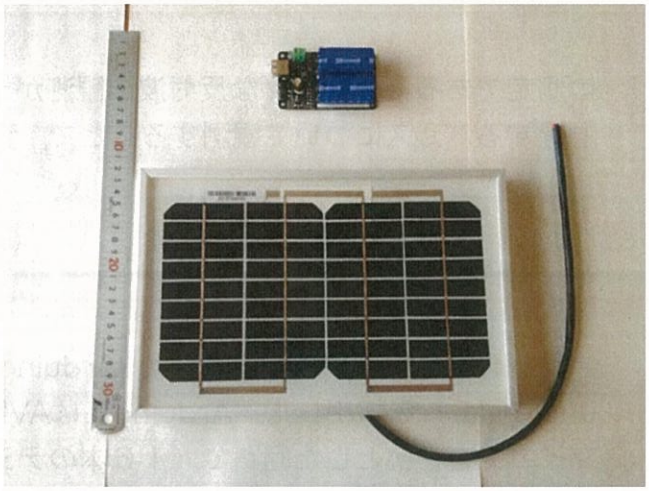


図９．電源モジュール

【通信部】

「あびき君Ｒ」ではZigBeeプロトコルに準拠したXBee proチップ（図10）を利用して，無線通信を行う．送信出力は10mW，電源電圧は3.6V，送信時電流205mA，受信時電流47mA，パワーダウン時電流3.5μAである．通信距離は屋外の見通しで1500mである．価格２８００円．

通信回線がうまく確立できなかった際のデータ消失を防ぐために，得られた観測値のSDカードへの記録装置も併せて準備した．

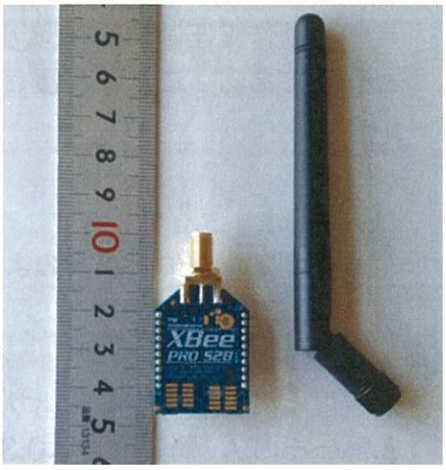


図10．XBeeチップとアンテナ

あびき君Rを実際に作成する際，いくつか工夫をほどこした．

【工夫その１】水位測定の誤差の低減

これまでは，webカメラでうきを撮影し，その面積変化から水位変化を測定していたが，画像データをweb上のサーバへ転送し，サーバで画像処理をしていたため，データ転送量が多くなってしまう問題があった．また，面積変化をもとめるため，水位が高い（カメラまでの距離が短い）ときは，高精度で測定できるが，水位が低いときの測定誤差が大きくなってしまっていた．そこで，超音波測距のセンサを用いることで，水位が低いときの測定誤差を少なくし，また，数値データを送信するため，データ送信量が大幅に減少することが期待される．

【工夫その２】複数の通信手段の準備

あびき君では，Wifi通信機能付きwebカメラを利用して，画像を無線LAN経由で転送していたが，「あびき君Ｒ」ではZigBeeプロトコルに準拠したXBee proチップを利用して，無線通信を行う．低い消費電力で，1500mの無線通信ができる．XBeeはアドホッ

ク通信が可能であるので，約1km以上の間隔で観測器を配列することで，測線をはることができる．

また，将来の目標として，東京大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授 中須賀真一先生にご指導いただき，あびき君Ｒの上部に衛星通信ユニットを設置させていただくことで，中須賀真一先生の衛星HODOYOSHIを経由して，サーバへ観測データを直接アップロードすることを目指したい(図11)．これにより，より広い範囲の水位変化を，準リアルタイムに観測することができると期待される．

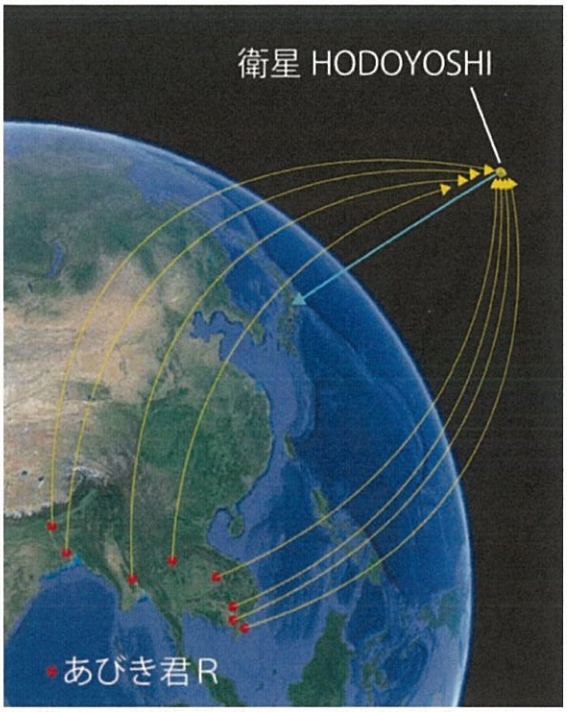


図11．衛星通信によるデータ集約

【工夫その３】データの一意性の確保

観測点の測位および観測日時の決定に，GPS素子を利用する．GPS衛星を４つ以上同時に観測することで，緯度経度だけでなく，正確な時刻も得られる．今回，あびき君Rは複数の観測器からのデータを統合する．その際，観測器のIDとして，緯度経度情報および観測時刻情報をキーにすることで，観測時点・地点の管理がうまくいくものと考えられる．

【工夫その４】電源管理

GPSモジュール，超音波センサモジュール，そして，XBeeとあびき君Rのシステム中には，消費電流が大きいものもある．少ない電力でこれらを運用するために，タイマー制を採用した．つまり，連続運用ではなく，あるインターバルの後，必要な精度が得られるよう測定するよう設定した．

７．測定

距離測定については，昨年同様，5cmずつ発砲スチロールの球をセンサに近づけていき（図１２），そのたびに測距を行った．結果，大変高精度（誤差1mm程度）で測定できた．

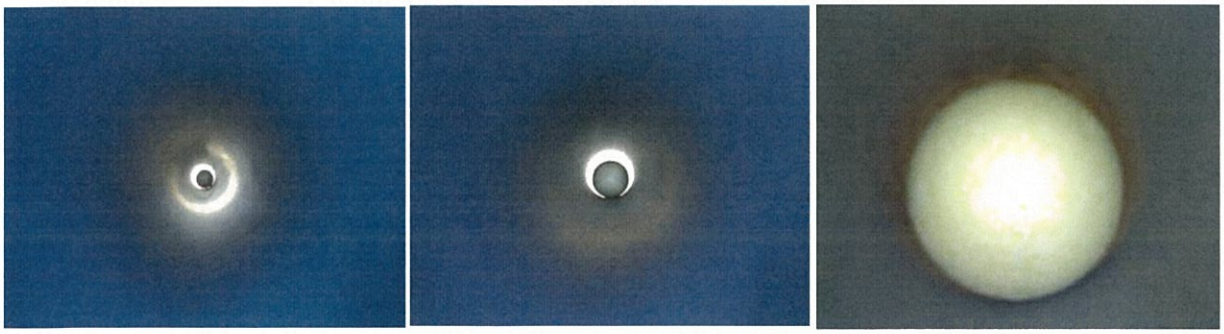


図12．フロートの移動の様子

また，通信距離についても，浦上川および長崎港において，見通し何mの通信が可能か実測した．その結果，もっともよくとどいて1550m，1200m程度の距離までならばほぼ確実に通信できた．

8．まとめ

今回の研究開発により，18000円程度で，電源の面でスタンドアローンとなるアドホック通信可能な水位観測器の制作が可能であることがわかり，あびき君Rとしての標準型ができた．昨年度よりやや高価になってしまったが，精度や位置決定，さらに電源の面で安定性が強化され，長期間の運用に耐えることができそうである．
今後は，観測器を増産し，長崎港に観測アレイをはり，長崎港の水塊の動きを観察してみたい．

昨年度の観測器に比べ，電源の面でもデータ送信の面でも独立性・安定性が高くなったので，より自由に，手軽な気象観測器として自宅付近に設置することができるようになった．個人が身近な地域の気象情報を，自ら得る手段として活用していただけるよう，あびき君Rの改良を続けていきたい．

さらに，将来は，メコン川流域など，携帯電話通信網の未発達な地域における水位変化の観測について，衛星通信あるいは，一端に基地局をおいたアドホック通信を利用して，あびき君Rで観測が可能になるよう，さらなる改良を加えていきたい．

本研究を進めるにあたり，東京大学航空宇宙工学　中須賀真一先生をはじめとして研究室の皆様には，大変有益なご助言を賜りました．ありがとうございました．また，WNI気象文化創造センターには，気象観測機器コンテストの機会と研究助成を賜りました．感謝申し上げます．

優秀賞

賞金 15 万円

積乱雲中の上昇流、下降流をとらえる

千葉県立長生高等学校

001

積乱雲中の上昇流、下降流をとらえる（報告書）

千葉県立長生高等学校　サイエンス部地学班
２年　辻 政孝、内木 翔太郎、益子 将和、片山 弘大、郷間 祐希

はじめに

我々は、積乱雲の研究を行っている。積乱雲は、竜巻や落雷、突風、ゲリラ豪雨など、天気を急変させる主な原因になっている。積乱雲を観測することは、大気現象を理解する上でも、気象災害を未然に防ぐ上でも重要である。我々は以前から積乱雲に関心を持っていたが、雲内部で生じている活発な上昇流や下降流を観測するには、ドップラーレーダーなど高度な観測機器が必要であり、我々高校生が観測できるものではなかった。

そこで我々は検討を重ね、デジタルカメラや定規など、身近にある機器や道具を用いて、積乱雲内部の上昇流および下降流を測定する観測機器を考案した。

我々は、積乱雲が降らせる雨に着目した。雨滴は積乱雲内部で成長し、落下する。雨滴の大きさや落下する速度は、積乱雲内部の物理的な状態を地上に伝えていると考えられる。

測定原理

1　上昇流

雨滴は積乱雲内部で成長する。このとき、上昇流が強いほど雨滴は雲内部に長く留まり、大きく成長できる。雨滴が上昇流で支えきれないほど成長すると、雨滴は落下する。雨滴の大きさは、積乱雲内部の上昇流の強さを表していると考えられる。

このとき、雨滴の成長は、雨滴の終端速度 v_R が積乱雲内部の上昇流 v_W と等しくなるまで続くと考えた。

$$v_R = v_W$$

よって、雨滴の終端速度 v_R が得られれば、積乱雲内部の上昇流 v_W を求めることができるはずである。問題は、どうやって雨滴の終端速度 v_R を測定するかである。幸いにも雨滴の大きさ L と終端速度 v_R の関係は多くの先行研究がある。雨滴の大きさ L を測定することによって、雨滴の終端速度 v_R が得られる。

2　下降流

積乱雲内部の下降流は、ダウンバーストなど大きな被害をもたらす可能性があり、観測する意義は大きい。

風を測定するのは風速計であるが、通常の風速計を積乱雲直下の降水域に上向きに置いた場合、

風速計には雨と風の両方が当たってしまい、両者を分離して測定することは困難である。

そこで私たちは、雨滴の終端速度v_Rが、地面に対する速度ではなく、空気に対する相対的な速度であることに着目した。

積乱雲で降水が起こると、落下する雨滴の摩擦や雨滴の蒸発による冷却によって下降流が生じる。このとき、下降流中の雨滴の落下速度（地面に対する落下速度）は、静止した空気中を落下する場合よりも、下降流の速さの分だけ速くなっているはずである。

地面に対する雨滴の落下速度をV、雨滴の終端速度をv_R、下降流をv_Wとおくと、その大きさは、

$$V = v_R + v_W \quad \text{よって} \quad v_W = V - v_R$$

この式から、雨滴の地面に対する落下速度Vと雨滴の終端速度v_Rを測定することができれば、下降流v_Wを求めることができるはずである。雨滴の地面に対する落下速度Vは実測によって、雨滴の終端速度v_Rは、上昇流の場合と同じように雨滴の大きさLの測定から得る。

下降流は地面に達すると四方に広がるが、雨滴は短時間なら慣性運動をすると考えられること、測定点を高く取る（屋上など）ことによって、地上の影響を回避することは可能だと考えている。

観測装置

・カメラを置く台[縦　80cm、横　37.5cm、高さ(土台+箱)　156.7cm]

・カメラ(Nikon D5100)

・レンズ[マクロレンズ(AF-S DX Micro NIKKOR 40mm　f/2.8G)]

・ストロボ（Nikon SB-910)

・発砲スチロール

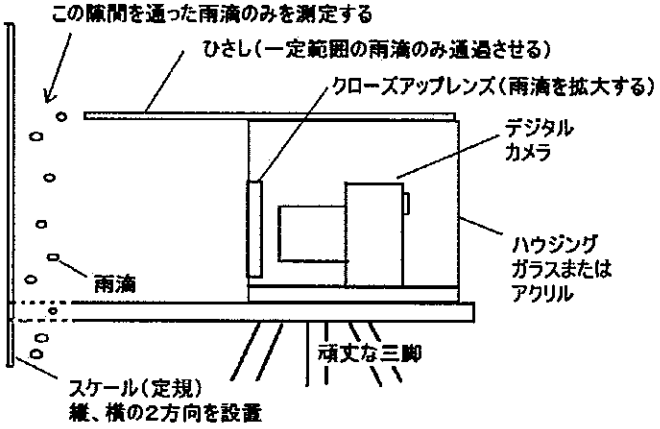


図１　装置の初期のイメージ図
雨滴の大きさ、落下速度を測定するためには、高速度撮影と、防水機能をもった装置が必要である。

写真１　実際の観測装置（カバーなし）
横にある発泡スチロールはストロボの光をまわすための反射板である。

写真２　観測装置（カバー付き）
カメラを雨から守るカバーを付けたところ。
テストを繰り返して改良した最終型である。

測定方法

1　予備実験（その１）雨滴の大きさを測定する

まず、測定に必要な精度で雨滴を撮影するための条件を探った。

① 人工の雨を降らせるため、ジョウロで水を撒く。

② シャッター速度やストロボの光量などを変化させながら繰り返し撮影し、雨滴を撮影するための条件を決定する。

写真３　ジョウロで降水を再現する

写真４　予備実験中の装置を上から見たところ

写真５　ジョウロによる降水試験
２階～４階まで高さを変えて行った。

写真４　装置にカメラを設置する

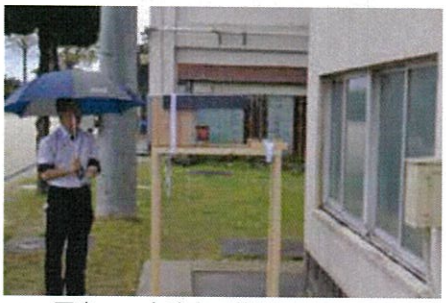


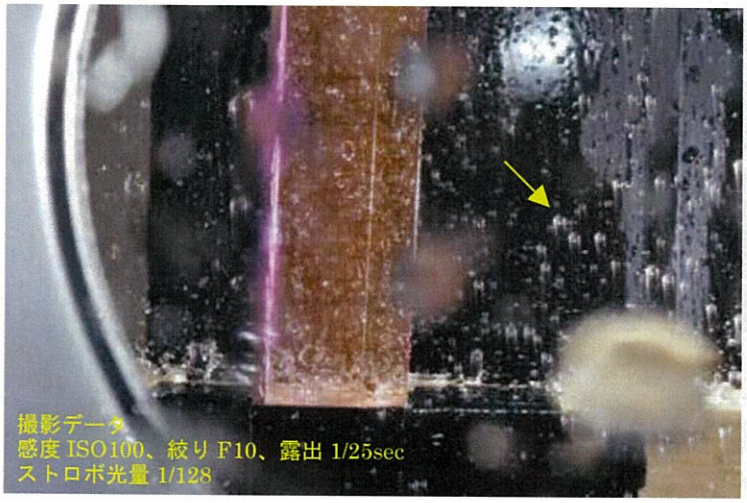
写真６　実験中の装置

③ 水滴の撮影に成功したら、スケールをもとに雨滴の大きさを測定する。

④ 水滴が写っていなかった場合は、装置の改良、ストロボの光量などを変えて②から繰り返し実験する。

予備実験（その１）の結果

当初は、雨滴の撮影は簡単にできると考えていたが、実際には全く撮影することができなかった。雨滴の表面で反射した点状の光は写るのだが、肝心の雨滴の輪郭が写らなかった。いろいろ試してみた結果、横からもう１灯のストロボを照射すると雨滴の輪郭を捉えることができることがわかった。



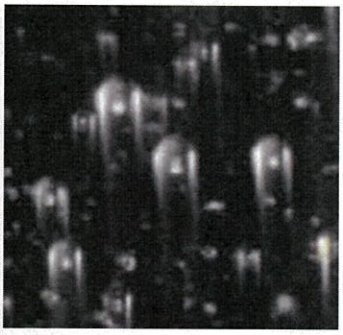


写真７　初めてとらえた雨滴とその拡大写真
中央に写っているオレンジ色の板は基準になるスケール（物差し）である。

写真７を画像処理ソフトを使って測定すると、１ピクセルあたり 3.3×10^{-2}mm であることがわかる。画像の座標をもとに雨滴の大きさ（横幅＝直径として測定）は以下のようになった。

表１　予備実験で得た雨滴の大きさ

左X(pix)	右X(pix)	差(pix)	直径(mm)
2802	2843	41	1.353
2851	2895	44	1.452
3394	3448	54	1.782
3629	3662	33	1.089
3271	3303	32	1.056
3386	3421	35	1.155
3675	3741	66	2.178
3558	3612	54	1.782
3301	3341	40	1.32
3536	3587	51	1.683

雨滴の平均直径は 1.5mm であった。

このデータをもとに、雨滴の終端速度を求めた。計算方法は、埼玉工業大学の小西克享先生の機械工学学習支援セミナーの資料を参考にさせて頂いた。

雨粒の終端速度は次の式で求められる。

レイノルズ数は、$Re=2rv\rho/\mu$

$Re<1$ のとき、　$v=2\rho_s r^2 g/9\mu$

$1\leqq Re<2975$ のとき、　$v=\{(\rho_s g/9)\cdot\sqrt{2r^3/\rho\mu}\}^{2/3}$

$Re\geqq 2975$ のとき、　$v=\sqrt{200\rho_s rg/33\rho}$

r　：雨粒の半径

μ　：空気の粘性係数

ρ_s　：雨粒の密度

ρ　：空気の密度

雨粒の直径は 1.5mm であるから、半径 r＝0.75mm とする球として計算すると、雨粒の終端速度 v_R＝3.6m/s となった。

この人工降水が雲からのものである仮定すると、雨滴の終端速度 v_R と雲内部の上昇流 v_W は、

$$v_R = v_W$$

よって、雲内部の上昇流 v_W は 3.6m/s であったと推定できる。

２　予備実験（その２）雨滴の落下速度を測定する

次に、雨滴の落下速度の測定方法の開発に取り組んだ。

まず、予備実験（その１）では雨滴の形がオバケのＱ太郎のような形に写ってしまったため、

それを改善するために照明方法を工夫した。今度は装置の周囲を白い板で覆い、ストロボの光を反射させて全体に光が回るようにした。p3 の写真１、写真２にある発砲スチロールの板がそれである。

次に、雨滴の落下を記録するために、ストロボを 100Hz の周期で高速発光させて、1/100 秒間隔の位置を捉えるようにした。

予備実験（その２）の結果

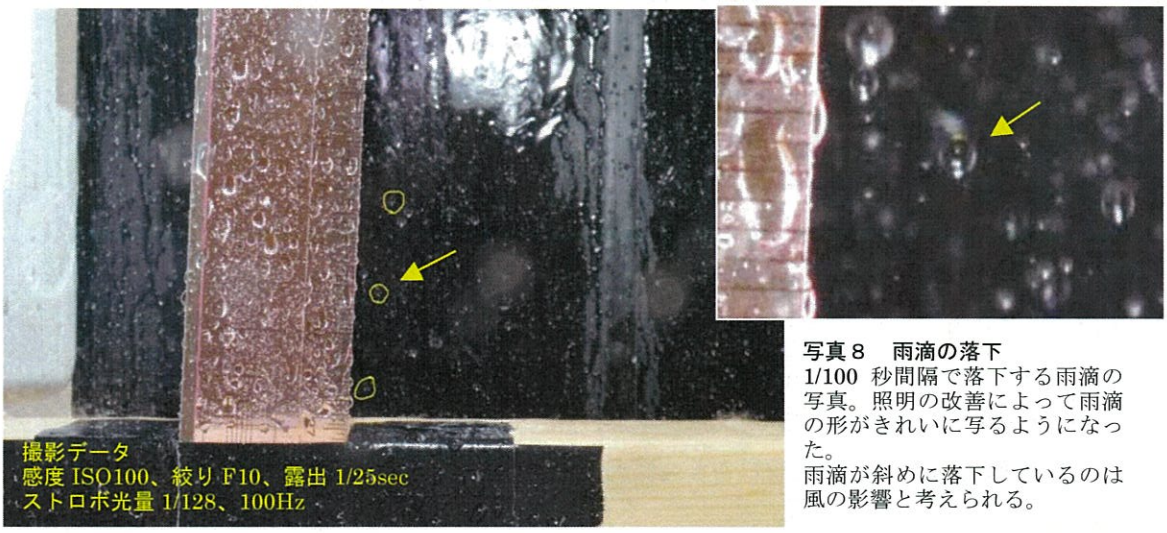


写真８　雨滴の落下
1/100 秒間隔で落下する雨滴の写真。照明の改善によって雨滴の形がきれいに写るようになった。
雨滴が斜めに落下しているのは風の影響と考えられる。

同じ特徴の雨滴が、連続して写っている。この画像から雨滴の落下速度を求めることができる。この雨滴の場合、落下速度 V ＝2.0m/s である。この値は、予想される終端速度よりだいぶ小さいが、落下距離が短いため、まだ終端速度に達していないためだと考えられる。

これまでの予備実験（その１）、予備実験（その２）によって、雨滴の大きさと落下速度を求める方法が開発できた。次は本物の降水を測定する撮影である。

実際の観測

３　本実験

観測日時　　2012 年 11 月 26 日 16 時 20 分

装置が完成してから、観測できる時間帯の降水がほとんどなかった。

11 月 26 日（月）低気圧が接近して待望の雨が降った。

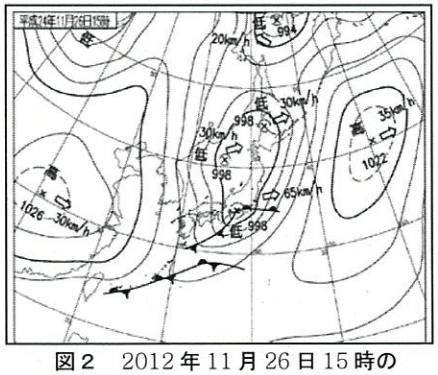


図２　2012 年 11 月 26 日 15 時の天気図

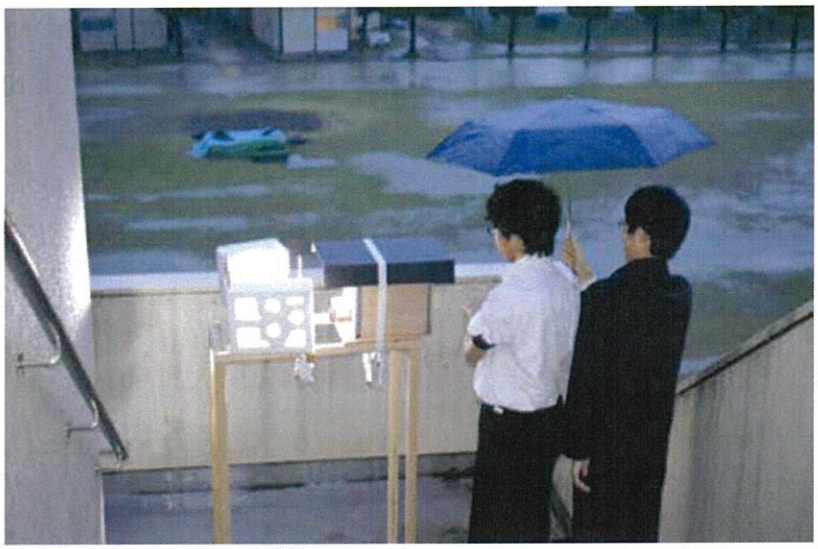


写真９　本物の降水の撮影の様子
発泡スチロールがストロボの光を反射して白く光っている。

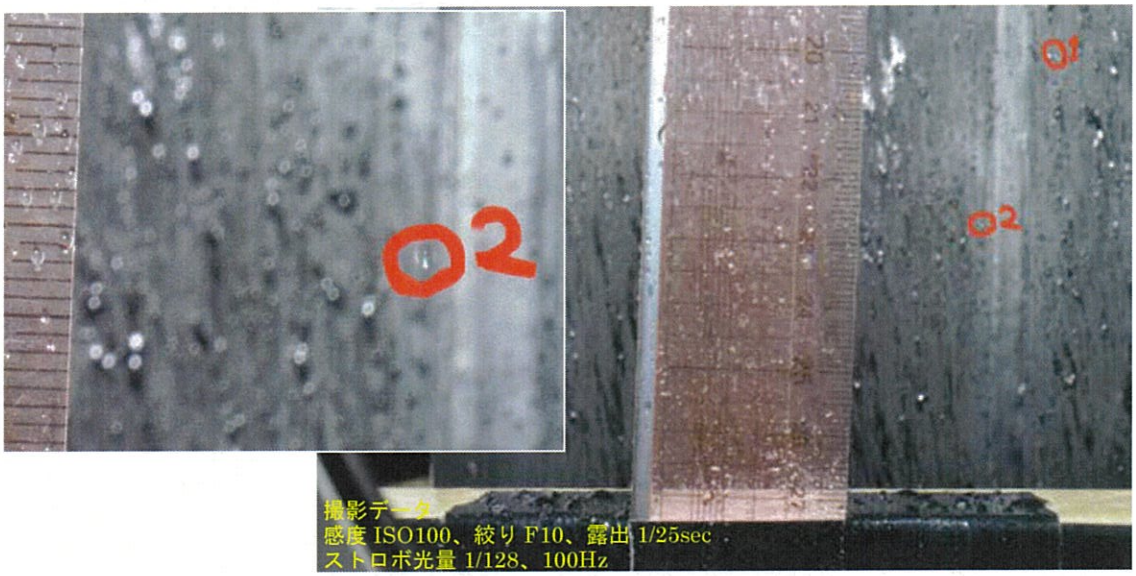


写真１０　本物の降水の雨滴

写真は数十枚撮影したが、雨滴がきれいに写っていたのはこの１枚だけだった。測定可能な雨滴は赤丸で囲った部分だけだった。２つの雨滴の平均直径は 1.52mm である。しかし、予備実験の時のように一つの雨粒が連続して落下する様子が撮影できていなかったため、落下速度を求めることはできなかった。この日の観測はデータ量が少なく、雲内部の上昇流や下降流の状態を具体的に推測できるような結果は得られなかった。

考察

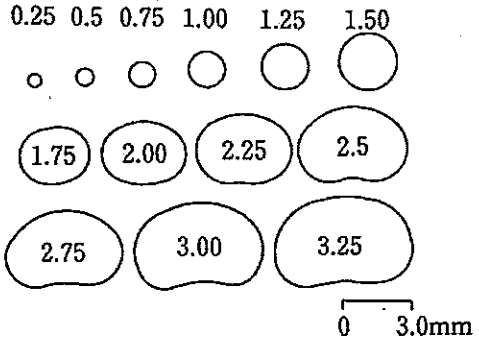
予備実験では、落下してくる雨滴の大きさと落下速度の測定に成功した。このことから、我々

の装置は、雨滴を測定できる実用可能な装置であると考えている。

しかし、実際の降水については、期間が短かったこともあり、わずか１回の観測しかできず、満足な結果が得られなかった。

その際に気づいたことだが、ジョウロの人工降水では高い確率で雨滴をとらえることができたのに対し、実際の降水では、雨滴が写る確率が著しく低かった。このことは、実際の降水が、ジョウロの人工降水と比べ、雨滴の密度が低い（雨滴と雨滴の間隔が大きい）からではないかと考えている。

今回撮影に成功した雨滴は、人工のものも実際のものも半径 0.75mm（直径 1.5mm）程度であったため、その形はほぼ球であった。しかし、文献を調べてみると、大きなものは下が平らになった中華まんのような形をしていることがわかった。夏の夕立など積乱雲が降らせる大粒の雨はこのような形をしていると推定できる。夏までに装置を改良して、こうした雨滴を実際にとらえ、積乱雲内部の気流を明らかにしたいと考えている。



雨滴の形　数字は平均半径
（小口知宏氏（電波研究所）による）

図３　文献にある雨滴の形と大きさ

おわりに

はじめ、雨滴の撮影は簡単にできるものだと思っていたが、実際にやってみるとなかなか写らないので苦労した。装置の改良を重ねた結果、雨滴の大きさはかなり正確に測定できるところまで到達したと思う。一方、雨滴の落下速度については、予備実験ではうまくいったが、実際の雨ではまだ確認できていない。冬は雨が少なくなかなか実証観測を行うことができない。このためにはもう少し時間が必要だと考えている。

最後に、我々がこうした研究に取り組むことができたのは、ＷＮＩ気象文化研究センターの助成のおかげです。この場を借りて御礼申し上げます。

優秀賞

賞金 15 万円

空の定方位撮影観測及び画像共有システム「Sky share」

長崎県立長崎西高等学校

空の定方位撮影観測および画像共有システム「Sky share」

長崎県立長崎西高等学校地学部
柴原沙紀　shibahara@245skyshare.com
野田　創　noda@245skyshare.com

１．はじめに

空を見上げて観察する．小さい頃から何度も行って来た最も簡単な気象観測である．空を見ながら，「一人の人間が一生のうちに直接経験する気象現象の情報量は，一体どれくらいであろうか．」と考えることがある．平均寿命を８０年とすると，毎日経験する気象現象の情報量は膨大なものになるが，それでも，これまで人類全体が経験してきた気象現象の情報量に比すると，ほんの一瞬の局所的情報であるように思う．

近年，通信技術の発達とともに，一人一台スマートフォンを所持するようになってきた．このスマートフォンには，各種センサが搭載され，各端末は太い通信回線でネットされている．このスマートフォンを気象観測機器として利用し，一人の人間では，通常，経験できないような膨大な空の画像情報を，全地球的に，さらにはデータの保存によって時間を超えて共有できないか．これが今回の研究の目的である．

スマートフォンを利用した気象観測を行うメリットは，以下のとおりである．

- 観測器の数が多い（多くの方が保有し，世界中どこにでもある）
- 機種を特定すると，カメラのレンズの性能など，各種センサの特性値が既知でありキャリブレーションが簡単である．（個体数が多い機種が有利）
- センサの中には，ＧＰＳ，コンパス，傾斜計が含まれており，撮影時の場所，時間，方角，傾斜が記録できる．
- ネットに接続されており，画像および観測値をリアルタイムにサーバにアップロードでき，また，ダウンロードできるため，多くの人間で情報を共有できる．

本研究で気象観測機器として利用する端末は，iPhone 4sとiPadである．この機種を選定した理由は，センサの特性が公開されていること，普及台数，Objective-CというC言語で開発できること，そして，Appstoreというプログラム配付機能の充実などである．世界中の人々と空を共有するため，基本英語標記のアプリを作成した．

図１．iPhoneとiPad

２．コンセプト

本観測システムの根幹を成す基礎的技術は，西高天球ガイドシステム（図２）である．

西高天球ガイドシステムといは，オリジナルの天球ナビゲーションシステムであり，案内の手順は以下のとおりである．

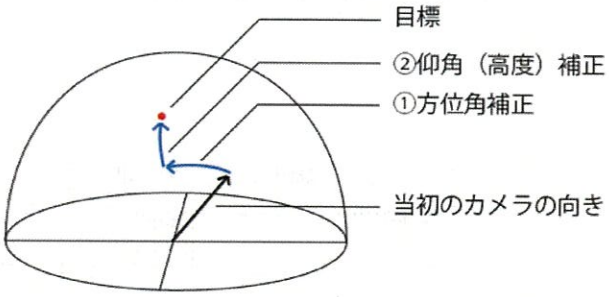


図２．西高天球ガイドシステム

① ３次元空間で発生した気象現象の情報（緯度，経度，高度，時間）を，
② 観測者の携帯端末のＧＰＳ情報をもとに，観測点を中心とした地平座標（方位角，仰角（高度），時間）に変換し，
③ 観測者の携帯端末のコンパス，傾斜情報から，現在のカメラの方位角および仰角を測定し，気象現象の座標までの差分を表示するものである．

この差分をゼロにすることで，カメラの方向は目標の中央を向く．たとえ，観測者が室内にいても，目標が地球の裏側にあってもである．

西高天球ガイドシステムは，スマートフォンを空にかざすと案内を始める．画面には，撮影画像が常に写っている．

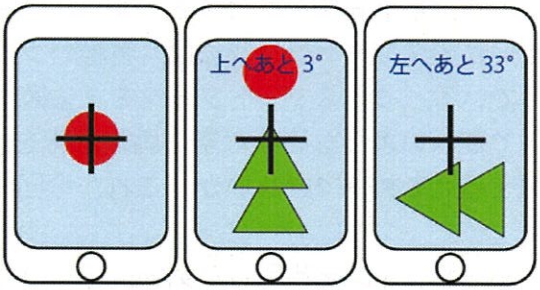


図５．案内終了　図４．高度補正　図３．方位角補正

目標の座標と観測点の座標から差分を算出し，差分を ①方位角補正 と ②仰角補正 の２行程でゼロにし，目標を視野の中心に入れる．

図３は①方位角補正中の画面である．画面上と音声で左へパンするように指示している．方位角偏差が無くなると，図４のように②仰角補正に入る．ここでも画面，音声で移動量を指示する．そして，図５のように，両差分がゼロになったところで案内完了となる．

音声案内について，世界中の人に利用してもらうという目的から，日本語，英語，長崎弁の３つの言語で案内を準備した．

本システムを利用することにより，地球の熱非平衡解消のための大循環である気象現象を，日常の生活空間の延長に感じることができ，多くの方の気象に関する興味を引き出し，また，気象リテラシーの涵養を期待することができると考え，制作に至ったものである．

3．制作

「skyshare」作成にあたり，スマートフォンで実行するフロントエンド部と，サーバで実行するサーバプログラムの２つにわけて構築した．

3－1．フロントエンド部の作成

スマートフォン上で実行されるフロントエンドプログラムを制作した．このプログラムを通じてユーザはネット上に気象写真と日記をアップロードしたり，共有している画像や文字情報をダウンロードする．

開発に先立ち，AppleDevelopersProgram　に加入した．これにより，作成したプログラムを実機で走らせてテストすることが可能になる．また，完成後に審査をうけることで，全世界のユーザにAppStoreを通じてアプリケーションを配付することができるようになる．

開発は，iOS上でobjectiv-Cを用いて行った．これには，coreLocationなどセンサからの情報を比較的簡単に処理できるようにしたフレームワークが準備されているので，ユーザの情報取得が容易に行えるという利点がある．

フロントエンドプログラムには，次のような機能を組み込んだ．

① ユーザの位置情報，方位情報，姿勢情報，ユーザIDなどを取得する．
② 西高天球ガイドシステムを利用してユーザに特定の方向を向いてもらう．
③ センタリング完了後写真撮影を行う．
④ 写真を見ながら，コメントを入力する．
⑤ 位置情報，写真情報，コメントを，日付時間とともにサーバにアップする．
⑥ サーバからほしい情報をダウンロードする．

特に，西高天球ガイドシステムには，いくつかの観測モードを実装した．

【空画像撮影モード】

観測点の緯度，経度，高度，時間，方位角，仰角などのデータとともに，写真を記録する．併せて100文字程度の日記を，空の写真とともに投稿できるようフォームを用意した．

【台風観測モード】

スマートフォンをかざすと，台風方位・距離がわかる毎時気象庁や気象情報専門企業などから提供される台風の位置および中心気圧情報をRSSで受け取り，観測点から見た方位および中心までの距離を算出し，画面に表示する．センタリング完了後に，撮影し，位置情報とともにサーバに送信する．撮影しない場合は，室内でも利用可能で台風の方位および距離を知ることができる．

図6．台風観測の様子

【太陽観測モード】

NDフィルタを利用して，太陽撮影を行う．太陽撮影の場合，誤って太陽を肉眼で見る事故が絶えないが，本システムでは音声による　ナビを行うため，対象を見ることなく，音だけで中心に入れ，撮影できる．

3－2．サーバプログラムの作成

サーバでは，HTMLおよびPHPを用いてHPを記載し，データベースには，MySQLを使用した．各スマートフォンから送られてきたデータを蓄積し，ユーザの希望に添って情報を供することを主な目的としている．http://245skyshare.comのドメインを取得し，HPを開設した．

閲覧モードには，次の３つを用意した．

【総合閲覧モード】

HP上に地図を表示し，報告のあった場所にマーカを示し，クリックすることによって閲覧することができる．

【日付指定閲覧モード】「あの日の空は．．．」

データベースより日付指定しデータを取り出し，特定の日の空を観察することができる．

【イベント指定閲覧モード】「みんなで動画」

台風，竜巻，雷など，特定の気象条件で条件指定し，別の場所，別のタイミングで撮影された画像を統合し一つの動画を作成し，観察することができる．

【ユーザ指定閲覧モード】「空日記」

ユーザIDで条件指定して，過去の空の写真とコメントを閲覧できる．過去に自分（あるいは許可を得た他人）が記した情報とその空を観察することができる．

４．実測

作成したアプリケーションを広く配付して空の画像を集めるためには，AppStoreで無料配付をする必要があるが，そのためのアプリケーションの審査に時間がかかるため，今回は，モデル実験を行い，得られた画像の位置情報データを上書きして実証実験を行った．

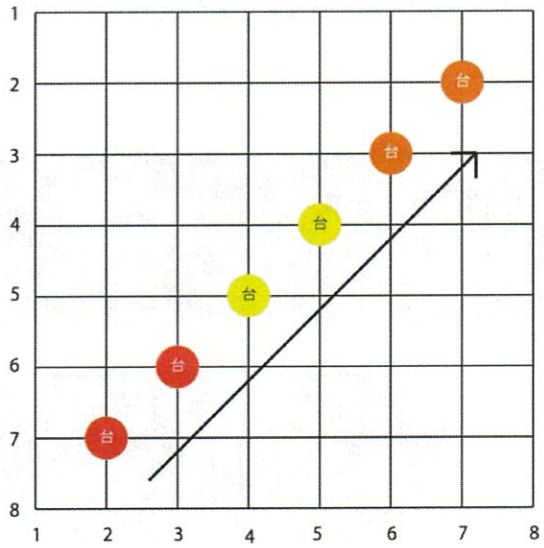


図７．台風の経路と観察点

４－１．実験方法

体育館において，２m間隔に格子を描き，図７のように，点（２，７）から点（７，２）まで，６日目かけて台風が移動したとする．
その際，各格子点から台風をセンタリングして撮影し，台風の盛衰を記録する「みんなで動画」モードの検証を行う．

格子点は８行８列６４点あり，６日間分撮影するため，６３×６＝３７６点，写真撮影をおこなった．台風は，図８のような台風モデルを利用した．

図８．実験風景　点(3，7)から点(2，7)を見ている

２時間ほどかけて撮影し，サーバへアップロードしたが，通信速度やバッテリに不足はみられず，ストレスなくデータ収集が可能であった．

得られた位置情報付き画像データについて，サーバでインデックスを調整することによって，通常の方法では得にくい動画を合成することができた．

【台風周回観察】

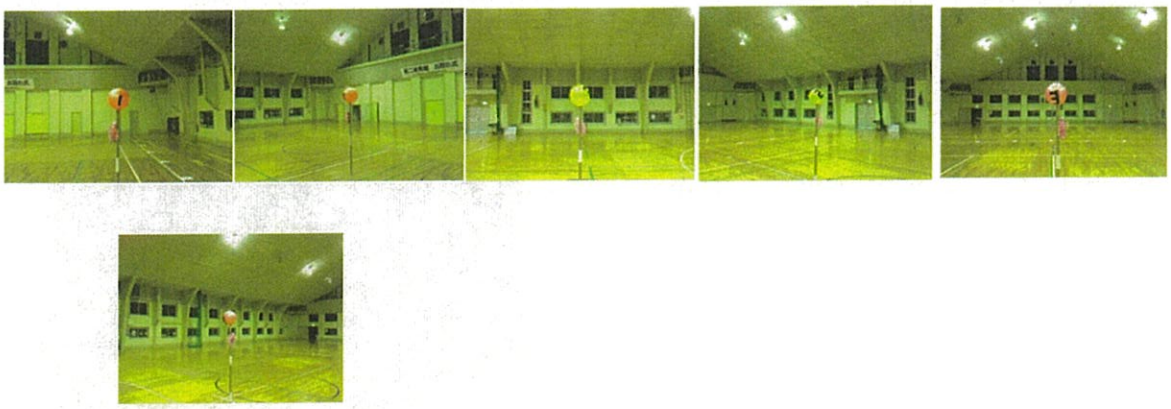
ある時点において，Headingタグから台風の周囲360度に相当する画像データを並べると，台風のまわりをまわって観察する動画が得られる．

【台風追跡観察】

Headingタグから台風と観測点の方位角を固定して画像データを並べると，台風に併走して観察する動画が得られる．

【台風周回追跡観察】

Headingタグから台風と観測点の方位角を適宜ずらすことにより，周囲360度をまわって観察する動画が得られる．



以上のように，多くの方が，さまざまな場所で同じ目標を撮影することで，動画を合成することができた．このとき，西高天球ガイドシステムで対象を強制的にセンタリングしておくことが大変重要である．

大変美しい動画を合成することができた．HP上で公開しているので，是非ご覧いただきたい．早く実際の気象現象について同様の手法で動画を合成し，多くの人とともに観察してみたいと思う．

5．まとめ

スマートフォンという身近なデバイスを，プログラミングによって便利な気象観測機器として利用するシステムが開発できた．「skyshare」の普及は，多くの方々に空を見上げていただく契機となると予想される．

また，位置情報および方位情報を含む画像データを上手く抽出することによって，これまで手軽には得られなかったような動画を合成する手法が確立した．

さらに，この研究の副産物として，西高天球ガイドシステムの災害利用が考えられる．地震発生時など，緊急地震速報をスマートフォンにプッシュ通信で配信し，津波などで避難の必要がある場合は，地図などの視覚情報に加えて音声情報でもナビゲーションすることができる．このことは，視覚障害などをもつ方の避難において大きな助けとなることが予想される．

本研究を進めるにあたり，WNI気象文化創造センターには，気象観測機器コンテストの機会と研究助成を賜りました．感謝申し上げます．