

名古屋文理大学における PBL としての スペースバルーンプロジェクト

Space Balloon Project as Project Based Learning
at Nagoya Bunri University

佐原 理, 三輪 咲絵, 番 美里, 後藤 怜良, 駒月 義端,
田島 大輝, 御家 雄一, 駒月 麻頭, 村瀬保乃香, 鈴木 悠華,
小林 昇平, 大越 喬陽

Osamu SAHARA, Sakie MIWA, Misato BAN, Reira GOTO, Gitan KOMATSUKI,
Taiki TAJIMA, Yuichi OIE, Maaki KOMATSUKI, Honoka MURASE, Yuuka SUZUKI,
Syouhei KOBAYASHI, Takaaki OKOSHI

要旨:

2012年度から継続するあいちサイエンスフェスティバルで行われた一連の活動「スペースバルーンプロジェクト (SBP)」について実践報告をまとめる。本事業は独立行政法人科学技術振興機構 (JST) が実施する平成23年度科学コミュニケーション連携推進事業「地域ネットワーク支援」において平成23年度から平成26年度にわたって採択された事業である。本プロジェクトは、気象観測気球の放球と成層圏から地球映像を撮影する事を通して、情報メディア学科の基礎教育に関わるプロジェクトベースドラーニング (PBL) である。平成24年度までの活動を鑑み、名古屋文理大学単独での気象観測気球の放球と成層圏から地球映像を撮影する事とした。そこで、情報メディア学部 of 学生から有志を募りプロジェクトを遂行した。プロジェクトとは、NOTAM のための飛行通報書申請、撮影モジュール作製／撮影デバイスの調節、パラシュート制作、スタビライザーの制作、ヘリウム調達、Arduino による温度計の開発、そして飛行経路の予測を分担し進化した。結果として、名古屋文理大学単独での映像撮影に成功し、あいちサイエンスフェスティバルにおいて研究結果のアウトリーチとして市民向け講座を開催した。活動は新たな技術開発や産学連携による社会経験を誘発し、情報メディア学や科学に関わる体験的教育の基盤として機能した。

Abstract:

This research will report on the Space Balloon Project at Nagoya Bunri University which was undertaken as part of Aichi Science Festival in 2013. The aim of the Space Balloon Project was to send a weather balloon up to the stratosphere and take a video of the Earth and atmosphere for scientific observation. This project-based learning will serve as fundamental education in information and science study for the students of Nagoya Bunri University. During Aichi Science Festival 2013, the weather balloon reached 23km above the ground and took a video of the stratosphere and atmosphere in Aichi area and the video and data were subsequently shared at a science symposium as part of outreach in research. Students of Nagoya Bunri University learned fundamental ideas of science and information thorough this project by means of PBL. It is hoped this rich experience will be great motivation for students who are studying Information and Media Studies at Nagoya Bunri University.

キーワード：美術教育，映像メディア，科学教育，あいちサイエンスフェスティバル，iPhone
Science Education, Space Balloon Project, PBL, Aichi Science Festival

1. はじめに

本論では「平成24年度あいちサイエンス・コミュニケーション・ネットワークの構築」の一企画として開催された、あいちサイエンスフェスティバルに関連し、名古屋文理大学単独で iPhone を成層圏にまで送り宇宙の動画を撮影し科学的な理解を深める活動を行った名古屋文理大学スペースバルーンプロジェクト（以下 SBP）についてまとめる。名古屋文理大学は、あいちサイエンスコミュニケーションネットワークに2013年度より正式に参画している。またそれ以前の2012年度には本学の情報メディア学科におけるプロジェクトの一環として、あいちサイエンス・コミュニケーション・ネットワークの構築企画に参加した¹⁾。あいちサイエンスコミュニケーションネットワークは独立行政法人科学技術振興機構（JST）が実施する平成23年度科学コミュニケーション連携推進事業「地域ネットワーク支援」において平成23年度から平成26年度にわたって採択された事業である。2012年度より、あいちサイエンスフェスティバルの参加企画として「アノマロ宇宙へ行く！～宇宙から地球をみてみよう～」を蒲郡市立生命の海科学館とともに立ち上げ、蒲郡市、および周辺市町村の市民の科学意識の向上、およびリテラシー向上に資するプログラムを産学官連携により企画・実行した。本企画は、2012年10月7日を初日とし、5日間にわたって連続開講される科学教育講座である。主催は名古屋大学地球水循環研究センター、名古屋文理大学、蒲郡市生命の海科学館の3団体で、協力団体として明星電気株式会社、蒲郡海洋開発（株）[ラグーナ蒲郡]、株式会社 GOCCO.、テレコムサービス株式会社が参加している。こうした一連の企画と平行し、名古屋文理大学では単独でのプログラムを立ち上げ一連のプロジェクトを推進する裏側で独自にノウハウや技術を養い、あいちサイエンスフェスティバルの参加企画にフィードバックする事を主たる目的とした、名古屋文理大学スペースバルーンプロジェクト（以下 SBP）企画を行った。SBP 企画はプロジェクトベースドラニング（以下 PBL）として、学生の問題解決能力や基礎的・基本的な知識の応用・活用といった能力を学び高める事を狙いとする。本論は主に、名

古屋文理大学であいちサイエンスフェスティバルに参画する基盤となる活動として行われた PBL としての SBP についてまとめる実践報告である。

2. SBP の概要

まず本プロジェクトは、これまでのあいちサイエンスフェスティバルの活動を鑑み名古屋文理大学単独での気象観測気球の放球と成層圏から地球映像を撮影する事となった。そこで、情報メディア学部の学生から有志を募った結果、参加者は名古屋文理大学教員の佐原と学生の三輪、番、後藤、御家、駒月（義）、田島、駒月（麻）、鈴木、村瀬、小林、大越の合計12名であった。企画開始にあたり以下のように役割を分担し、プロジェクトを遂行した。

- a. NOTAM のための飛行通報書申請
- b. 撮影モジュール作製 / 撮影デバイスの調節
- c. パラシュート制作
- d. スタビライザーの制作
- e. ヘリウム調達
- f. Arduino による温度計の開発
- g. 飛行経路の予測

2013年7月には名古屋文理大学単独での放球、映像撮影に成功し、無事に撮影モジュールを回収する事が出来た。以下に上記の役割に沿ってそれぞれの経緯と解説を記載する。

2-1 NOTAM のための自由気球飛行通報書の作成と飛行許可申請

本プロジェクトでは、成層圏まで上昇した撮影モジュールを回収する必要があることから、モジュールの着地地点を海上もしくは、人口密集地を避けた山野にする必要があった。海上での回収は漁船のチャーターが必要で大規模な予算支出が必要であるため、撮影モジュールの着地地点を岐阜県北西部の山岳境界に隣接する森林地帯域とした。大阪空港の航空管制運航情報官に規定の「自由気球の飛行通報書」を作成し計画の是非を窺った。気象観測用の小気球の飛行は航空法第99条の2によって航空交通管制圏内の飛行が制限される。基本的には航空交通管制圏外であっても地表

／水面250m以上に上昇する場合は、管轄空域の運輸省航空局空港事務所に飛行通報書を提出しなければならない。大阪空港事務所指導のもと、打ち上げ場所を甲賀市にある甲南第二小学校グラウンドとし、近隣の中部国際空港や名古屋空港、航空自衛隊岐阜基地のそれぞれの航空交通管制圏に侵入しない飛行通路を設計した。その後2013年の7月中旬から8月中旬の一ヶ月間の期間で大阪空港事務所航空管制局より放球許可を得た。許可申請は後藤、三輪、鈴木、村瀬によって行われた。

2-2 撮影モジュール作製 / 撮影デバイスの回収法

撮影モジュールとは撮影デバイスを保護する格納容器である。発泡スチロールで成形し、ガラスアルミテープで補強される(図1)。撮影モジュール内部には撮影デバイスとしてGOPROとApple社のiPhoneを防水ケースに格納した状態で挿入できるよう成形した。上空でのジェット気流の風力の影響を緩和させるために球体の撮影モジュールを作成し、着地の際のカメラデバイスの衝撃吸収、障害物に当たった際の衝撃吸収をねらい、直径150mmのスチロール球を使用している。また、撮影デバイスiPhoneを活用し、上空での科学的観測を目指しArduinoと連動しながら撮影

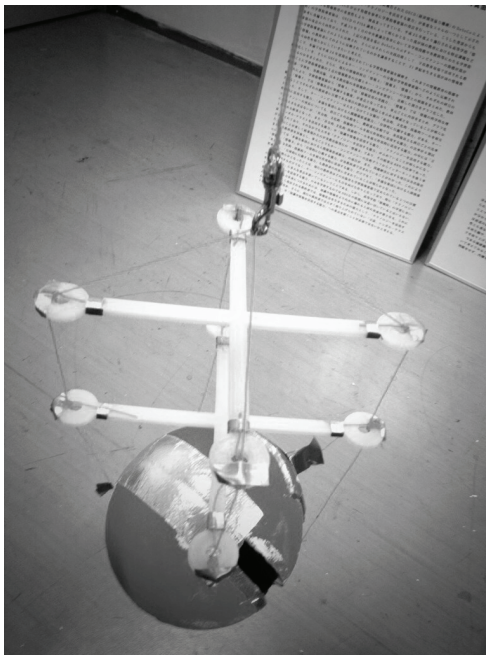


図1 モジュール全体像

出来る構造を考案している。また、補助撮影装置としてGoProを格納した。

iPhoneなどのモバイル通信機器の使用は、電波法によって上空の通信が制限されるため3G回線を利用したまま打ち上げる事はできない。よって、撮影モジュール回収の際の利用を期待する、Apple社の提供する「Find My iPhone」サービスが使用できない。そこで、iScheduler²⁾を使用し、着地時間を見計らってデバイスの電源を再投入し3G回線を復帰させる事とした。作成には三輪、番、御家、駒月(義)、田島が参加した。

2-3 パラシュート制作

上空30,000m程度から安全な速度で撮影モジュールを落下させる為に、落下速度を時速15km(秒速4.17m)以下にする事を条件とした。そこで、パラシュート制作はナイロンのカラーシートを素材に大小作成することになった。700gの撮影モジュールを想定し、落下速度を時速15km以下にするために、パラシュートの直径を100cmの六角形とした。六角形の頂点の端をハトメで固定し水糸で束ねる形態のパラシュートを作成し、その上で、モジュールに見立てたペットボトルを装着、落下させる実証実験を行った。その結果、降下速度はパラシュートの大きさに比例し減少するが、落下速度が下がればその分横移動距離は上昇する。そこで、中心の通風穴の直径を可変させる事で降下速度の調節を行った。また、パラシュートの構造上中心の通風穴を大きくする事により、横方向の移動を押さえられる事も実験の結果から明らかとなった。作成には三輪、鈴木、村瀬、後藤が参加した(図2)。



図2 パラシュート実験の様子

2-4 スタビライザーの制作

上空での動画撮影にむけて、モジュールの揺れを抑え安定した綺麗な動画を撮影したい。その為に、カイトサットに使われるスタビライザーを参考に十字形の材料を2つ合わせる形でモジュールの動きを抑制するスタビライザーを作成した。当初の作成材料はバルサ材、3Dプリンターで使用するABS樹脂(図3)であり、それぞれ強度と温度変化による変形が課題として挙げられたため、カーボン素材を補強として使用する事とした。また、カイトサット型のスタビライザーとは別に、水中モーターと錘を使用したジャイロスタビライザーも制作しており、撮影モジュールに装着の上、実証実験を繰り返した。作成には三輪、番によって行われた。

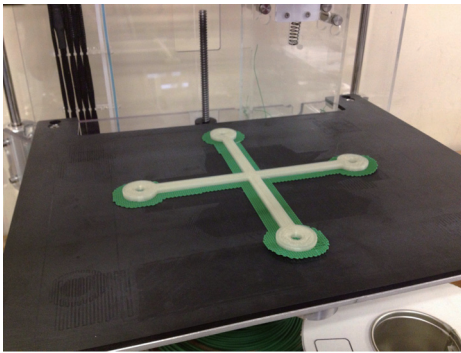


図3 3Dプリンターで出力したスタビライザー

2-5 ヘリウム調達

2013年度当初、世界的規模でのヘリウム供給の不安定化に伴い、価格が2011年度と比較して2倍以上になっていた。また、医療用に用いられ、比較的保管量の多い高純度ヘリウムでは雑ヘリウムと比較し価格が1.5倍から2倍である。代替品として気象庁が毎日の気球による気象観測に用いる水素ガスを使用する事が考えられたものの、引火爆発の危険性が高く、本プロジェクトでの使用は見送られた。その後6月になると、供給量が安定化したため、例年と同様の価格で購入が可能となった。購入量は7立米ボンベ2本である。尚、ヘリウムは稀少元素であるため、今後の価格高騰も予想される。

2-6 Arduinoによる温度計の開発

SBPでは高層気象の科学的観測の手法として、映

像撮影以外にも、センサーを取り付けたArduinoとiPhoneを活用しデータ採取を行う事を考えた。また、将来的にバルーンの切り離しなど、GPSセンサーの高度と連動して発動するような装置開発も念頭に入れている。今回は温度センサーを用い、撮影モジュール内の温度と外気の差を計測し、撮影モジュールの対温度機能の計測をすることを目的に開発を進めた。開発にはiPhone3GSを用い、音声モジュールと通信をするOtoduinoモジュールを用いる事で上空の安定した動作確保をねらいとした。Otoduinoの使用にあたり、センサーの観測値を音声信号に変換後送信するプログラムと音声信号を受信し温度データにデコードするモデム端末アプリを開発した。モジュールとアプリケーションの制作は小林、大越によって行われた。

2-7 飛行経路の予測

飛行経路の予測には気象観測気球の上昇速度に対し上空の風がどの程度影響し横方向に流されるのかを計算する必要があった。そこで、気象庁発表の『過去の気象データ検索(高層³⁾)』を参考に、気球の上昇力と横風の影響による軌道を計算した。風速と風圧の関係は $P = V^2 / 2 \times 1.23 \times C_d$ (P : 風荷重 [N/m^2], V : 風速 [m/s] C_d : 風力係数) によって求められる⁴⁾。 C_d 値は標識板・丸鋼管の間をとり C_d 値0.935で計算をした。また、上昇速度 V は $V = 46.02 [L / (L + W)^{1/3}]^{1/2}$ ¹⁸²⁾ (V = 上昇速度, L = 純浮力, W = 自重) の計算式によって求められる⁵⁾。これにより、純浮力915gで気球の自重が650g、撮影モジュールの重さが310g、パラシュートの重さが75gの時、求められる上昇速度は329.268m/minとなる。秒速換算では5.49mで、時速では19.76kmである。よって高度32,000mで気球が破裂すると仮定すれば上昇にかかる時間は1.8時間となる。上記の計算方法をもとに大まかに風向と風加重による横移動距離を計算し気象庁発表の過去の高層気象データをもとに飛行経路の予測を行い、打ち上げポイントからの経度・緯度の座標軸を計算し飛行予測経路図を作成した。また、ゾンデ飛行軌跡予測は研究・教育目的の利用に限り、情報通信研究機構から落下地点の予測が可能なプログラムが提供されており⁶⁾ このプログラムを利用する事により落下地点の詳細予測が可能となった。飛行経路計算は後藤、御家、駒月(麻)が担当である(図4)。

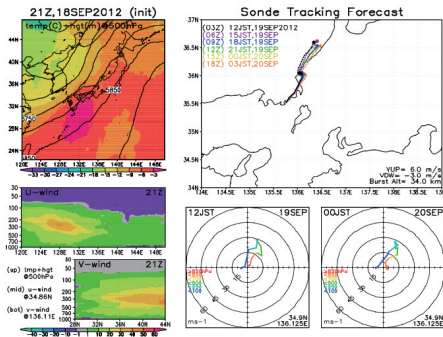


図4 プログラムで予測した飛行経路

2-8 実際の放球と回収

2013年5月25日から6月2日までの間、滋賀県甲賀市にある甲南第二小学校からグラウンド使用の許可を受け放球を行った。飛行経路上のどの地点で落下しても人口密集地に落ちない事を前提とした。放球には1000g160cmのTOTEX製気球を使用し、撮影モジュールはiPhone3GS 1台である。第1回目という事もあり、極力軽量の装備によって安全に打ち上げ、回収を行う事で飛行予測との比較を行う事を目的に実践した。撮影モジュールとして搭載するiPhone3GSはタイムラプス方式で動画を撮影し、4時間以上の飛行でもバッテリーを残存させる事を目標とした。電波法に抵触しないために、上空ではiPhoneの3G回線を閉じ、5時間後に3G回線が復帰するようにしている。放球後撮影モジュールは西風にのり南東方向へと移動した。その後、気球とモジュールをつなぐ水糸が自重に耐え切れずに撮影モジュールが切り離され落下した。落下地点は三重県桑名市多度町の山中であった。今回の経験

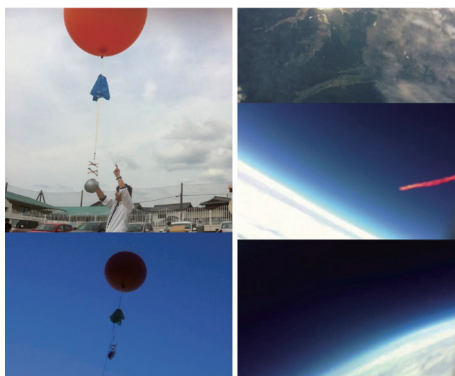


図5 放球から成層圏までの様子

を踏まえ、水糸強度の向上と撮影モジュールの補強、飛行経路の安全確保の精緻化を計る事が課題として明らかとなった(図5)。モジュールを回収し映像を確認したところ、高度15km程度まで上昇した事が見て取れた。

3. PBLとしてのSBPとその効果

名古屋文理大学では、初年度教育として基礎教育センターを設置し論理的思考や、読解力などの向上を目的とする授業プログラムを展開している。基礎的・基本的な知識・技能の活用という視点において問題解決能力を向上するという視点から、SBPは学際的な領域にまたがる基礎的・基本的な知識を育む土台としてその効果が期待される。つまりは、気象観測用の気球を放球し成層圏まで上昇させ宇宙や大気の映像を撮影する活動を通して、気象に関わる基礎知識や、流体力学、上昇速度計算などに関わる数的処理、さらには、撮影用のアプリケーション開発、モジュールの3Dプリンターによる設計など多岐にわたって問題解決に取り組み、学習された知識の活用が行われた。

3-1 情報活用能力と情報配信

さらに、SBPでは学生にとっても未知の事が多く、数多くの事柄でインターネットを通し個別のサイトや論文データベースを活用した。数多くの情報の中から必要とする情報を発見し分析・判断・活用する能力の向上が期待された。また情報配信においてはSNSを積極的に活用し、FacebookとTwitterを連携させて広報するなど、情報配信を積極的に行った^{注1)}。

3-2 研究のアウトリーチ

実際に気象観測用気球と撮影モジュールを放球する際には基本的な気象に関わる知識と、ある程度の物理学、数学的知識が必要となる。一連のプロジェクトを通して、本学学生がこうした課題を乗り越える為に、情報を活用し、論理的に予測を立て実際の実験を通して結果を検証する過程を幾度となく体験する事が出来た。また、そうした成果をまとめ29thISTS(第29回宇宙技術および科学の国際シンポジウム)ではJAXA(独立行政法人宇宙航空研究開発機構)とともに「地球観測 ～宇宙から見た地球～」として講演発表するなど、プロジェクトをまとめ公共の場で相手に解説する機会をもつ事が出来た。こうした基礎的・基本的な知識、情報活用能力を生かしながら応用していくことで、

教員・学生が相互に主体的に課題を解決していく事ができ、学生の問題解決能力が育まれる基盤をSBPが提供していると考え、こうした能力が延いては学生が自信をもつ事につながり、主体的に生きる上で必要な能力の基盤的経験として発露していく事を期待したい。

4. あいちサイエンスフェスティバル2013

あいちサイエンスフェスティバル2013に参加し、蒲郡市生命の海科学館、名古屋大学地球水循環研究センター、愛知工科大学とともに科学教育の振興に寄与する目的で成層圏から地球と宇宙を撮影するプロジェクト「アノマロ宇宙に行く」を遂行した。本プロジェクトは2012年より同団体と共に推進する事業で、協力団体は明星電気株式会社、株式会社 GOCCO.、蒲郡海洋開発(株)ラグーナ蒲郡、(一社)日本航空宇宙工業会である。また、共催は名古屋大学 あいちサイエンスフェスティバル事務局、第29回 ISTS 開催支援愛知・名古屋実行委員会である。

4-1 モジュール回収の方法論

2012年度に行われた同様の撮影プロジェクトは3回行われ、いずれもモジュールの回収に失敗している。モジュールは安全を第一に考え、太平洋上に着水させるため、漁船での回収が必須である。これまで実績を省み、着水後の発見確立の向上が課題であった。名古屋大学地球水循環研究センター、蒲郡市生命の海科学館、名古屋文理大学、明星電気で合議し、回収確率をあげる為にダブルバルーン方式を考案した。ダブルバルーン方式とは気象観測用気球を2つ用意し、外側の気球には最大容量のヘリウムを充填し、内側の気球には高度25km程度でも破裂せず、尚かつ着水後にラジオゾンデが海面上に浮上するのに十分なヘリウムを充填する方法である。着水後のペイロード（積載物）の重量を1kg程度とすることで落下速度の抑制と着水後の浮上のバランスをとる事とした（図6）。

4-2 モジュール

打ち上げに際し、上空でのジェット気流の中でも安定して撮影する為のモジュールを作成した（図6）。撮影の安定性を向上するために撮影モジュールを球体とし撮影用のカメラであるGoProを配置の上、ジャイロスタビライザーを配備した。またもう一つの撮影モジュールにはiPhone4を格納し、モジュールは

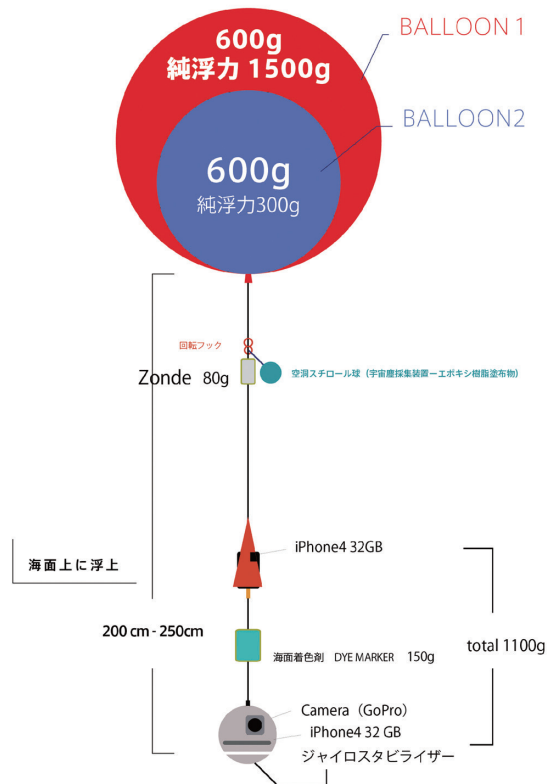


図6 モジュール構成図

三角錐のスチロールを使用している。また着水後にiPhone4のGPSによって位置情報を確認する為に、撮影とは別にiPhone4をもう一台、球体モジュール内に格納している。

海洋上でモジュールを発見する為に、海面着色剤（DYE MARKER）を備え付けている。海面着色剤は黄緑色の蛍光色を2時間程度放出し、約7km遠方から視認できる。

気球下部には明星電気製ラジオゾンデを配置した。また、宇宙塵を採集するためのエポキシ樹脂を塗布したスチロール球も装備している。

4-3 放球と回収

放球は2013年8月29日、午前11:20に行われた。ダブルバルーン方式による気球は12:50分頃に浜名湖沖上空高度約25km地点到達し、外気球が破裂し内気球の浮力によって下降、13:53分頃に天竜川河口沖約20km地点に着水した。飛行経路を図7に示す。

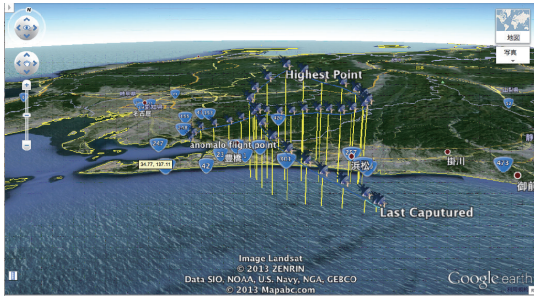


図 7 飛行経路

©2013 ZENRIN
Data SIO, NOAA, U. S. Navy, NGA, GEBCO
©2013 Mapabc.com

回収には御前崎漁港から漁船をチャーターし、ラジオゾンデの電波受信機一式を載せている。回収の様子はオンライン上で公開している⁷⁾。

4-4 成果

2013年8月29日午後15:30頃太平洋上に落下したモジュールの回収に成功した。海面上に気球が浮かび回収の際の目印になった事が成功の大きな要因であった。回収のための iPhone4 は電源の再起動機構が作動せず、またゾンデの GPS も着水の衝撃などから機能不全に陥り、電波受信する事が出来なかった。以前よりこうした着水時の機器の不動が確認されており、視覚的に位置を確認できるダブルバルーン方式は洋上での発見に効果的であった。こうした方式が回収の確率を向上させる事は明らかである。

その後、蒲郡市生命の海科学館にて名古屋大学地球水循環研究センターの坪木、名古屋文理大学の佐原によって撮影された映像(図8)の公開と解説が行われた。また、さかえサイエンストーク/名大カフェ「蒲郡発! 宇宙から地球を観る ~ 気象観測バルーンで飛んだ iPhone ~」にて同様の成果発表を行った。

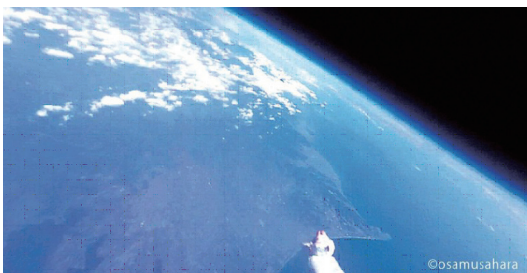


図 8 成層圏から眺める御前崎半島と富士山

また撮影された映像など一連のプロジェクトをオンライン上に公開している⁸⁾⁹⁾。

5. おわりに

SBP では、これまでの放球で得られた科学的分析結果や撮影された映像を蒲郡市立生命の海科学館で展示する事を予定している。2013年度あいちサイエンスフェスティバルの企画では、本学に加え、名古屋大学の地球水循環研究センター、蒲郡市生命の海科学館、人工衛星関連の技術にすぐれた明星電気株式会社、情報科学芸術大学院大学のベンチャーとして始められた(株)GOCCO、蒲郡海洋開発(株)/ラグーナ蒲郡が参画している。今後さらに産学官とのつながりを深め SBP が学生にとって、更なる学びの場として展開し深まっていく事を期待したい。

注

1) SBP Facebook Page

<https://www.facebook.com/pages/名古屋文理大学スペースバルーンプロジェクト>

Twitter @bunri_sbp

参考文献

- 1) 佐原理, 山中敦子他「科学教育講座としてのモバイル端末活用ーあいちサイエンスフェスティバルにおけるスペースバルーンプロジェクトー」『シンポジウムモバイル13』モバイル学会, 2013年
- 2) 「指定した時間にアプリやサービスを自動起動!」『Happy Rainbow ブログ』
参考 URL: <http://blog.south-islands.com/article/273056601.html> 2013年4月調べ
- 3) 気象庁, 過去の気象データ検索(高層) 参考 URL: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/index.php> 2013年4月調べ
- 4) 「風速と風圧の関係」『ヤンの気象万華鏡…天気 天気 呑気』参考 URL: http://hb8.seikyoku.ne.jp/home/y-ken/saromatatumaki/wind_pressure/windpressure.htm 2013年4月調べ
- 5) 中川清隆, 「パイロットバルーン観測」『中川用語集』
参考 URL: http://es.ris.ac.jp/~nakagawa/term_collection/yogoshu/11/ha.htm 2013年5月調べ
- 6) 情報通信研究機構『ゾンデの飛行軌跡予測』
参考 URL: <http://okinawa.nict.go.jp/Sonde Tracking>

Forecast/

2013年6月調べ

7) osamusahara 『Tracking Team Capture Moment』

参考 URL: <http://youtu.be/Z8ICxaJaEr4>

8) osamusahara 『SBPPR』

参考 URL: <http://www.nagoya-bunri.ac.jp/~osamu/SBPPR/>

9) osamusahara 『日本初 iPhone を成層圏に飛ばし地球を撮影—洋上回収に成功』

参考 URL: http://youtu.be/pYZM0_mHD20