



報告

和歌山大学宇宙開発プロジェクト(WSP)による 2012年度成層圏バルーンサット放球実験報告書

Balloon-Sat Launch Explanation 2012 by Wakayama Space Project(WSP)

横山 佳紀^{1,2}, 大国 友篤^{1,2}, 平尾 千紗都^{1,3},
横谷 晟人^{1,2}, 木戸 佑輔^{1,2}, 金森 原太^{1,4}, 増野 宏一^{1,2}, 三井 遼太郎^{1,2},
上田 卓弥^{1,2}, 築山 文香^{1,2}, 儀間 政哉^{1,3}

¹和歌山大学宇宙開発プロジェクト(WSP), ²和歌山大学システム工学部,
³和歌山大学経済学部, ⁴和歌山大学教育学部

和歌山大学宇宙開発プロジェクト(以下WSP)は、和歌山大学生による成層圏バルーンやハイブリッドロケットについて製作・実験を行なっているプロジェクトである。WSPは、和歌山大学学生自主創造科学センター(以下クリエ)の「自主演習プロジェクト」制度を利用し結成され、大学生が主体的に企画・運用を行なってきた。このレポートは、2012年09月に行なった成層圏バルーン放球実験について報告するものである。レポートは全6章から成り、まず実験全体(1章)について概説し、地上受信局班・バルーン回収班・放球実験班など各分担の活動(2～4章)について報告し、ペイロード・パラシュート・電子回路などのバルーンの仕様(5～6章)について報告する。

キーワード：成層圏バルーン、バルーンサット

1. 全体

1-1. 実験目的

今回の実験はバルーンサットを放球して成層圏からの映像を撮影し、落下したペイロードを回収することを主目的としていた。また1年生と2年生のメンバーだけでも次回以降バルーンサットを製造・運用することができるような状態にすることも目的の一つである。

1-2. 実験概要

本実験では徳島県の日和佐総合体育館より放球したバルーンサットを、和歌山県潮岬沖で回収する計画であった。当日(9月25日)の午前3時の航路予測を図1に、実験当日のスケジュールを表1に示す。本実験では以下の4つの地上無線局を運用した。

- ・陸上(主) 地上局1：バルーンサットに搭載されているGPSによる位置情報の取得(和歌山県串本町)
- ・陸上(副) 放球点：放球位置確認及び陸上班(主)の補助(徳島県旧日和佐町)
- ・海上班 回収船：バルーンサット本体の回収

陸上班は、八木アンテナでGPS情報を受信し、現在位置を取得・追尾した。

海上班も同様に行い、さらに陸上班から無線機で現在位置を取得・追尾した。

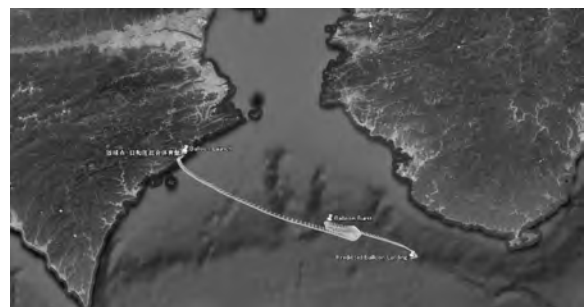


図1 9月25日 時刻3:00に計算した測航路

1-3. 実験結果

実験当日は予定通り9時にバルーンを放球した。放球した直後から放球点、地上局共にモジュール信号による位置情報を受信することができた。事前の予測では潮岬沖に向かってバルーンが飛行する予定であったが、図2のように徳島県の北側に向かって進んでいった。

表1 当日のスケジュール

時間	全体	放球点	地上局	回収班
0:30		大学集合		
1:00				
1:30		大学出発		
3:00	バルーン航路確定			
3:30			大学集合	大学集合
4:30			大学出発	大学出発
6:00	放球班到着			
7:00		到着		
7:30		設営完了		
8:00	地上局到着		到着	到着
8:30	観光タワーopen	1機目充填開始	観光タワーopen	地上局から出発
8:50		1機目充填完了		
9:00	1機目放球	1機目放球, 受信開始	設営完了, 受信開始	船出発
10:00	2機目放球断念判断			
10:30		片付け		港へ撤退
10:50		撤収・探索開始		
11:00	1機目着地			
11:30				
12:00				港へ到着
12:30				
13:00			片付け	
14:00			大学へ出発	
14:30				
15:00	地上局撤収			地上局到着
19:00			大学到着	大学到着
21:00		大学到着		

高度約700mまで位置情報を受信できたので、最終的に徳島県内に落下したと考えられる。

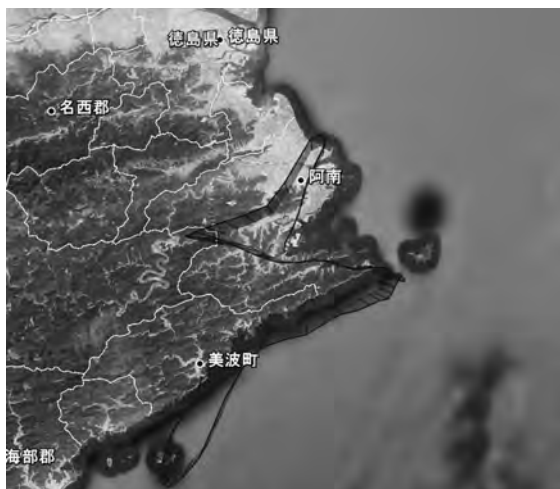


図2 当日の航路

1-4. 徳島搜索

徳島県内に落下したとみられるペイロードを回収するため、9月29日に現地で搜索を行った。

徳島県阿南市の山中を搜索対象とし、車及び徒歩による目視での搜索を実施した。落下地点に関しては当日のバルーンの航路・風向き・土地の傾斜等を考慮し予想した。

徳島での搜索に関しては結果的にペイロードを発見することはできなかったが、直後に徳島県付近を台風が通過したことなどから、搜索範囲や時期については妥当だったと考えられる。

1-5. 考察

今回の実験でペイロードを回収できなかった要因の一つに事前予測と実際の航路が大きく違ったことがある。予測航路と実際の航路を重ねたものを図3に示す。このようなずれが発生した理由は、通常東向きに吹い

ている偏西風が当日あまり吹いていなかったためと推測される。

予測には2012年2月に行った実験と同様にケンブリッジ大学が作成したソフト^①を用いた。2月の実験では予測と実際の航路がほぼ一致していたため、今回もこのソフトをそのまま信用した。しかし実際に予測が外れてしまったことから、今後①夏には実験を行わない、②制御システムを考案する、③回収地点を変更するなどの対策が必要と考えられる。搭載機器に関しては高度約700m地点までデータがとれていたことから、バルーン破裂時の衝撃や上空の低温・低気圧の状況でも問題なく動作していたことが証明された。また得られたデータからパラシュートの落下速度などを算出することができた。これらのデータは次回以降実験を行う際に役立てることができる。

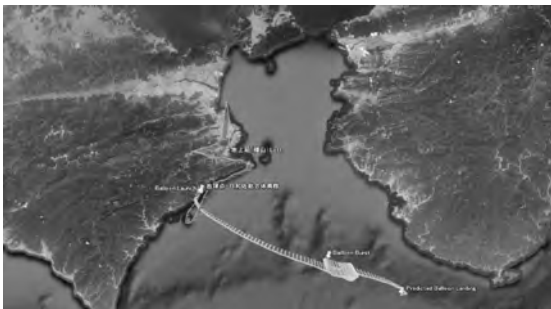


図3 予測航路と実際の航路の比較

1-6. 反省点

実験準備の段階でたびたび感じたのが、在籍メンバーの数に対する実働メンバーの数の少なさである。実験や会議に来ない、作業をしないメンバーが多くいるのが目に付いた。今後メンバーの意識を変えていかなければならない。また今後活動を行うに当たって人数の少なさを克服する必要がある。

機器に関しては2月の時とほぼ同じシステムを用いたので、今後新たな通信方式などを開発する必要がある。

2. 地上局

2-1. 地上局人数

- 和歌山大学WSP学生 5名
- 和歌山大学WSP OB 2名
- 和歌山大学教員 2名
- 合計9名

作業の担当として運転手2名、八木アンテナの操作2名、地図プロット2名、モールス信号の解読2名、また現場責任及び関係各所への連絡が1名の合計9名。

地上局までは車で移動だったため教授2名に運転をお願いした。

2-2. 作業内容

地上局では八木アンテナでペイロードから送られてくるモールス信号を受信し、それを聞き取りながら位置情報を解読した。また、その解読した情報を随時、地図にプロットしそれをもとにバルーンが予測航路をたどっているかどうかを確認した。ただし、今回の放球では1機目が予測とはかなり違った航路を通ったため、2機目の放球は中止とし、13時頃には海上班と合流し和歌山大学への移動を開始した。

また地上局での作業担当者がそれぞれ2名配置されているのは、2機放球予定であったため、それぞれ別のモールス信号を解読する必要があったからである。

2-3. 作業結果

今回の実験は、放球地点が徳島県(旧日和佐町)であったので地理的に近かったため、かなり早い段階からモールス信号を受信する事ができた。(放球地点での解読データと比較したところ最初と最後以外は取得できた。)

モールス信号から送られてきた位置情報を記入したものが図4、図5、図6である。

またビデオカメラ等の機器が余っていなかったため、記録し2度以上確認することはできなかった。

機名	時刻	緯度	経度	高度	速度	方向	備考
機1	00:00	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:01	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:02	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:03	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:04	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:05	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:06	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:07	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:08	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:09	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:10	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:11	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:12	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:13	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:14	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:15	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:16	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:17	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:18	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:19	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:20	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:21	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:22	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:23	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:24	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:25	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:26	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:27	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:28	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:29	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:30	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:31	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:32	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:33	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:34	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:35	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:36	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:37	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:38	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:39	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:40	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:41	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:42	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:43	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:44	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:45	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:46	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:47	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:48	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:49	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:50	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:51	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:52	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:53	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:54	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:55	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:56	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:57	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:58	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	00:59	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:00	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:01	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:02	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:03	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:04	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:05	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:06	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:07	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:08	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:09	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:10	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:11	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:12	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:13	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:14	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:15	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:16	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:17	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:18	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:19	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:20	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:21	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:22	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:23	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:24	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:25	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:26	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:27	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:28	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:29	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:30	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:31	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:32	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:33	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:34	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:35	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:36	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:37	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:38	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:39	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:40	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:41	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:42	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:43	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:44	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:45	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:46	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:47	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:48	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:49	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:50	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:51	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:52	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:53	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:54	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:55	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:56	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:57	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:58	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	01:59	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:00	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:01	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:02	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:03	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:04	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:05	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:06	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:07	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:08	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:09	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:10	33:41	139:43	3	1.9	43	2.6
機1	02:11						

年	月	日	時間	ヘッダ	観測	記録	高度	方位
3	4	8	3	4	3	4	4	6
3	4	8	4	4	3	4	4	2
3	4	8	5	4	3	4	4	8
3	4	8	6	4	3	4	4	0
3	4	8	7	4	3	4	4	8
3	4	8	8	4	3	4	4	0
3	4	8	9	4	3	4	4	8
3	4	8	10	4	3	4	4	0
3	4	8	11	4	3	4	4	8
3	4	8	12	4	3	4	4	0
3	4	8	13	4	3	4	4	8
3	4	8	14	4	3	4	4	0
3	4	8	15	4	3	4	4	8
3	4	8	16	4	3	4	4	0
3	4	8	17	4	3	4	4	8
3	4	8	18	4	3	4	4	0
3	4	8	19	4	3	4	4	8
3	4	8	20	4	3	4	4	0
3	4	8	21	4	3	4	4	8
3	4	8	22	4	3	4	4	0
3	4	8	23	4	3	4	4	8
3	4	8	24	4	3	4	4	0
3	4	8	25	4	3	4	4	8
3	4	8	26	4	3	4	4	0
3	4	8	27	4	3	4	4	8
3	4	8	28	4	3	4	4	0
3	4	8	29	4	3	4	4	8
3	4	8	30	4	3	4	4	0

図5 バルーン位置情報(2)

年	月	日	時間	ヘッダ	観測	記録	高度	方位
3	5	3	4	3	3	3	6	9
3	5	3	5	3	3	3	2	3
3	5	3	6	3	3	3	2	0
3	5	3	7	3	3	3	1	8
3	5	3	8	3	3	3	4	0
3	5	3	9	3	3	3	0	6
3	5	3	10	3	3	3	0	6
3	5	3	11	3	3	3	0	6
3	5	3	12	3	3	3	0	6
3	5	3	13	3	3	3	0	6
3	5	3	14	3	3	3	0	6
3	5	3	15	3	3	3	0	6
3	5	3	16	3	3	3	0	6
3	5	3	17	3	3	3	0	6
3	5	3	18	3	3	3	0	6
3	5	3	19	3	3	3	0	6
3	5	3	20	3	3	3	0	6
3	5	3	21	3	3	3	0	6
3	5	3	22	3	3	3	0	6
3	5	3	23	3	3	3	0	6
3	5	3	24	3	3	3	0	6
3	5	3	25	3	3	3	0	6
3	5	3	26	3	3	3	0	6
3	5	3	27	3	3	3	0	6
3	5	3	28	3	3	3	0	6
3	5	3	29	3	3	3	0	6
3	5	3	30	3	3	3	0	6

図6 バルーン位置情報(3)

2-4. 考察

〈物品の貸出〉

①イスの数が足りなかった。

→次回の放球では地上局に人数分は必要である。(現地で足りない分を借りることはできたが、運搬作業が増えてしまった。)

〈移動〉

①秋山先生は現地まで1人で1台を運転してくださった。

→1台に最低でも2人は運転手が乗り、交代可能にしておく。

〈作業〉

①モールス信号の解読

→モールス信号に関して、帰ってきてから再度モールス信号の確認ができるように、次回の放球では録画をするほうが良いのではないか。(実際の信号

を記録しておくことで、次回のモールス信号の解読練習にも使用できる。)

②記入用紙が飛んでしまいそうだった。

→地上局は観光タワーの屋上で作業をしたが、風がかなり強く位置情報の記入用紙が飛んで行きそうだった。なにか飛ばないようにするための工夫が必要。(公共の場を借りているため、すべて持って帰るのは当たり前である。)

現地での活動に関しては準備時間が短かったが、協力して間に合わせることができた。また、特に大きな問題も起こることがなく全体としては良かったと考えられる。

3. 回収班(船)

3-1. 回収班人数

- 和歌山大学WSP学生 3名
- シニアアドバイザー 1名
- 合計4名

作業の担当としてモールス信号の解読1名、八木アンテナ操作1名、目視による探索1名、地上局との通信担当のシニアアドバイザー1名の合計4名である。

3-2. 作業内容

回収班ではバルーン落下予測地点に落下時刻の30分前に船で移動し、落下してくるバルーンを回収するというものである。しかし、予測地点まで船での移動中に取得したモールス信号によると、想定されていた位置とあまりにもバルーンが離れていたため、船による回収は不可能と判断した。地上局の指示により予想落下地点到着前に撤収する事になった。また、地上局との連絡はアマチュア無線を使用した。

3-3. 考察

回収班の改善点としては、回収班のうち2名が船上での激しい揺れにより船酔いをして作業ができる状態では無くなってしまったため、次回からは船に酔いにくい人が参加する方がよいと思われる。

その他特に大きな問題も起こることがなく全体としては良かったと考えられる。

3-4. 反省

漁船チャーターの申請手続きに関して不備があった。請求書を持参したにもかかわらず、押印してもらってこなかった。船長に事前連絡や郵送するなり手配をすべきだった。



図7 回収船「濱丸」

4. 放球点

4-1. 放球地点

放球点を日和佐総合体育館(徳島県海部郡美波町)に決定した。

当初、総合体育館の駐車場(図8)で実施予定だったが周りの山や住宅が近かったことから、隣接している竜宮公園前の広場(図9)で行った。



図8 日和佐総合体育館駐車場



図9 竜宮公園前の広場

4-2. 放球点人数

和歌山大学WSP学生	4名
和歌山大学教員	1名
シニアアドバイザー	1名
徳島大学学生	6名
以上の合計12名	

4-3. 作業内容

当日のスケジュールに関しては表1の通りである。ただし、当日は予定よりも早く到着したため準備等に少し余裕があった。放球時刻はスケジュール通りに行った。

1. 午前6:00 到着

和歌山大学を午前1:30に出発し、予定よりも1時間早い6:00に現地に到着した。

現地の天気は快晴であったが、ときどき強い突風が吹いた。

2. 午前7:00 準備開始

午前7:00より放球の準備を開始した。

まずヘリウムのボンベを運び、またバルーン充填時に必要なブルーシートなどを敷き、机他必要な物品を運び出し、7:30には準備は終了した。その時の作業風景が図10である。

3. 午前7:45 機体整備開始

午前7:45、WSPメンバー2名によるペイロードの整備を開始した。

電源回路等を接続し、パラシュートやその他機器類の最終チェックを行った。またパラシュートと紐

の接続も行った。

ペイロードに関しては5章で詳しく説明する。

4. 午前8:30 バルーン充填開始, 無線機・ビデオカメラ等電源投入

機体整備作業に並行しバルーンにヘリウム充填する作業も行った。(図11)

今回は, 充填練習時に時間がかかるとわかった継ぎ手の取り付けを, 前もって取り付けていたので充填練習時のように時間はかからなかった。風もほとんどなく(風速3 [m/s] 以下)スムーズに充填できた。そのため, 風対策(ブルーシートの衝立)を使用せずに充填することができた。

ヘリウム充填時には徳島大学の学生の力もお借りし, 無事に膨らませることができた。



図10 作業風景(1)



図11 作業風景(2)

5. 午前9:00 放球

最後にペイロードとバルーンを接続し全ての準備が整い, 午前9:00, 予定通りに放球を行った。周りの山(図12)に引っかかる可能性もあったが無事に空に飛び立った。



図12 放球地点付近

6. 午前9:00~10:30 初期追尾

放球後, モールス信号による追尾を行った。この時使用した無線機は2機目に搭載予定のものである。放球直後に地上局が受信を開始したため, 放球点での追跡を一時中断し, 2機目の準備に入った。しかし, 地上局から1機目の航路がフライト予測を大きく外れ北上していると連絡があり, 放球点から近い航路をとっていたことから, 再び放球点での追尾を開始した。

またこのことから, 次放球しても同じような航路をとる可能性があるとして予測できたので, 2機目の放球を断念した。

受信したGPSの記録から午前10:30頃バルーンはバーストし, 落下を開始したと考えられる。

7. 午前10:50 撤退

午前10:40を過ぎると地上に近づいたからか, 受信状況が悪くなったため急遽片付けて撤退し, 落下予想が放球点から近い場所だったので, 車で捜索に向かうことにした。

8. ~午後3:00 バルーンサット捜索

午前11:00頃にバルーンサットは着地したようである。直前のGPSデータから徳島県阿南市周辺に落下したようだったので, 車で落下していそうなところをまわった。

午後3:00(ペイロード搭載バッテリーの限界時刻)まで捜索したが発見することは出来なかった。

4-4. 反省点

以下の5点があげられる。

- ・無線機の不足があげられる。放球点に受信専用無線機を用意していなかったために、もし地上局で放球直後に受信できていなかったら2機目の放球は確実に不可能になった。
- ・モールス信号の聞き間違いが多かったので、聞き取る練習をもっとするべきだった。
- ・放球班が追尾することになったとき、八木アンテナを持っていかなかったためホイップアンテナで受信することになった。そのため、受信状況が悪くモールス信号を聞き取りにくくなった。
- ・現場監督者が明確でなかったことである。1か月前までには現場監督者を決定して放球点での細かい打ち合わせを行うべきであると考えた。
- ・今回の放球点、日和佐総合体育館は、休館日にも関わらず無理をいって使わせて頂いた。これは放球候補点が少なかったため、申請が遅れたために発生した問題である。次回からは多くの候補点を上げ、余裕をもって始め早く申請を終わらせられるようにしたい。

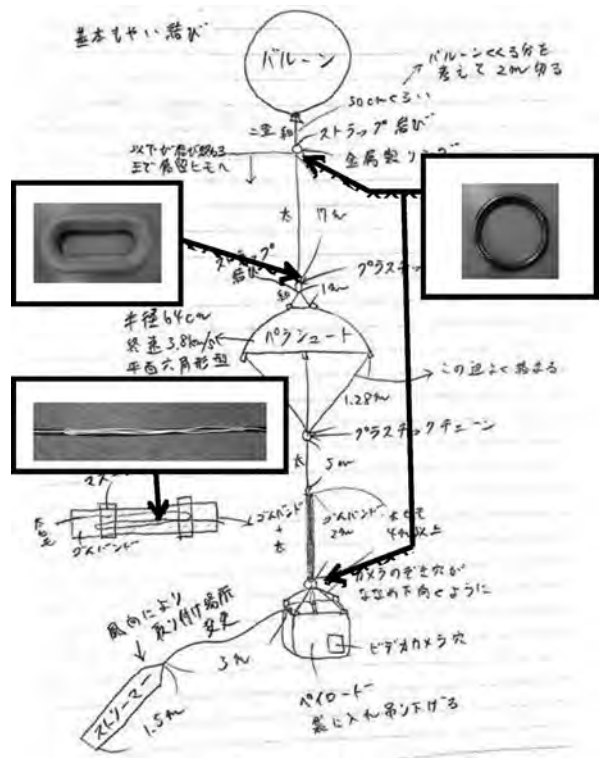


図13 バルーンの全体図

表2 接続部分の材料

太紐	ビニロン金剛打ち3 [mm]
細紐	ナイロン16打ち2 [mm]
プラスチックチェーン	
ステンレスリング4×30 [mm]	

※リングとチェーンは約25kgの荷重をかける耐久実験済み

4-5. まとめ

今回の放球点はWSP学生が全員1回生であったが、無事に放球が行われた。

これは全員の力を合わせた結果である。

また、放球のノウハウを今回手に入れることができたと思う。

5. ペイロード及びパラシュート

5-1. バルーンサット全体図

今回の放球実験でのバルーンサットの全体構造が図13である。

ペイロードとパラシュートの接続部分に使用したものは衝撃吸収用のゴムバンドに紐(太)をマスキングテープでとめたものである。また、製作に使用した材料を表2にまとめた。また、図13に記載はないが、「危険物ではありません」ポスターを付けた。

5-2. ペイロード

ペイロードの容器にはカルックス クールBOX KC-5 195 [mm]×300 [mm]×210 [mm]発泡スチロール製を使用した。総重量は1962 [g]であった。内部は2段に分かれており、1階部分にはビデオカメラ×2、無

線機、リチウムイオン電池×14、電源回路を、2階部分にはGPS、パケメイカー(加速度センサ、リチウムイオン電池×2が搭載予定だったが、直前で動作確認出来なかったため取り外した)を搭載した。ペイロードの断面図が図14である。

〈仕様〉

- ・底にゴムスポンジ、PPダンプレートを敷いた。(図14参照)
- ・ビデオカメラ覗き窓は1 [mm]厚PET樹脂板を接着剤で固定し、シリコンで防水。(図15参照)
傷・汚れ防止のため保護シートを貼ったままで製作し、放球直前ではがした。
- ・2階部分回路は動かないよう、PPダンプレートにスペーサーで固定した。(図14、16参照)
- ・機器への衝撃対策、固定するためにスポンジ(連続発

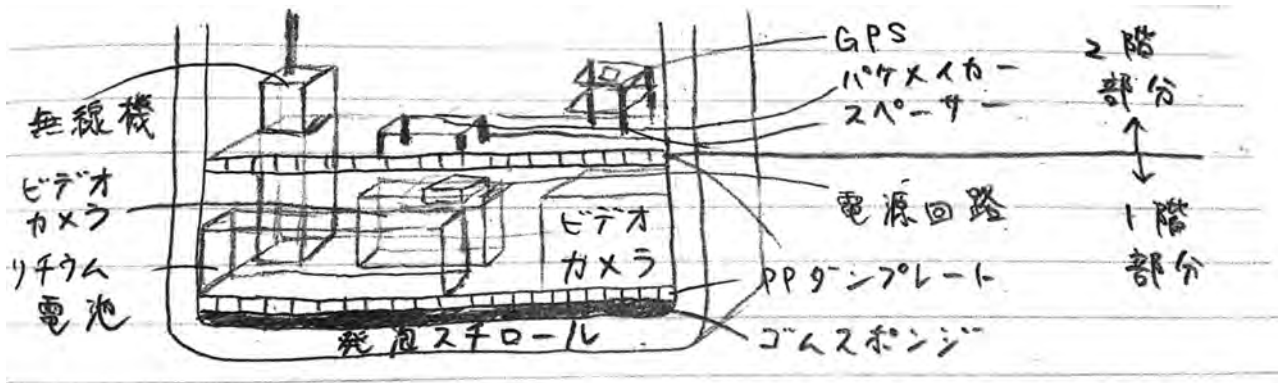


図14 ペイロードの断面図

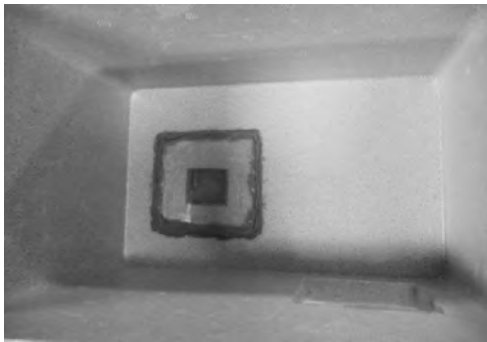


図15 ビデオカメラ用覗き窓内側



図17 ペイロード1階

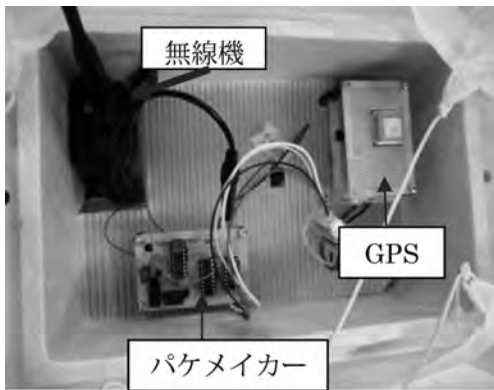


図16 ペイロード2階

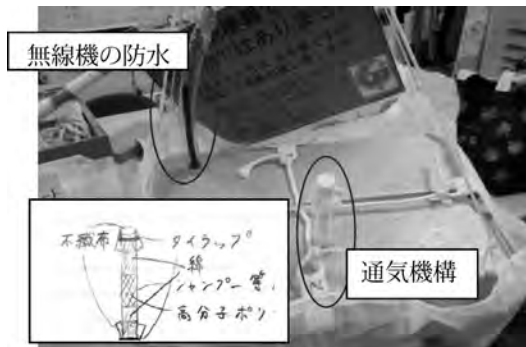


図18 ペイロード上部外観

泡のものを詰めた。(図17参照)

- ・蓋に内外の気圧を同じにするための通気機構(シャンプー等のノズルに紙おむつから取り出した高分子ポリマーと綿を詰めたもの)を取り付けた。(図18参照)
- ・無線機のアンテナがはみ出す部分はホースの先をヒートガンで止めたもので防水。(図18参照)
- ・ビデオカメラのディスプレイはタッチパネルを外側にしないと録画出来ないため、スポンジ圧迫等で起こる誤作動の防止対策を施した。(図19参照)



図19 ビデオカメラ液晶カバー

- ・ビデオカメラ本体と覗き窓の曇り止めにシリカゲル(お茶パックの中に入れ散乱防止)を入れた。(図20参照)
- ・加工したところは全てシリコンで防水を行った。(図18, 15参照)
- ・蓋と本体の密閉は気密防水アルミテープで行なった。(図21参照)

●反省

地上に落下することを想定していなかったため、箱に強度がなかった。完成後に耐久試験が必要であった。



図20 シリカゲルパック

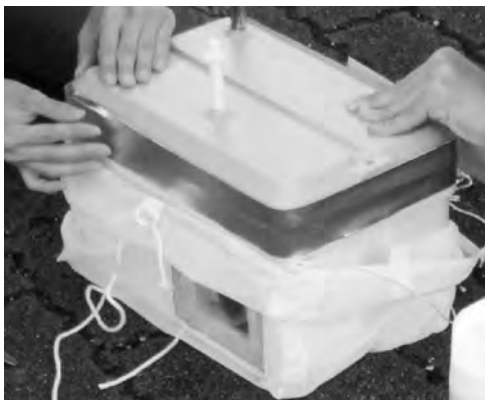


図21 密閉の様子

5-3. ペイロード入れ

- 目的：放球の際、現地でのペイロードと紐の接続作業の手間を軽減するために製作した。
- 仕様：下図(図22, 23)の通り
 サイズ：縦21 [cm]×横31.5 [cm]×高さ19.5 [cm]
 生地：帝人パワーリップ蛍光レモン
 吊り下げ用の4隅, その間の落下防止紐用, ストリーマー取り付け用にタグを取り付け

た。

- 効果：以前は30分近くかかったという本紐との接続作業が約10分で終了した。
- 考察：とても有用である。

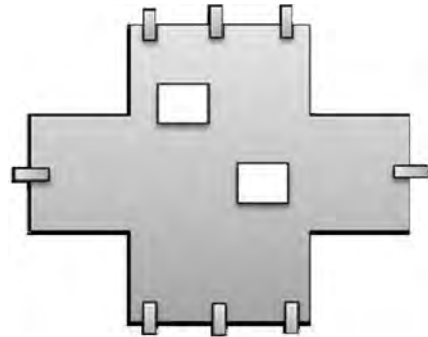


図22 ペイロード入れ模式図



図23 ペイロード入れ

5-4. パラシュート

- 仕様(図24, 25参照)
 サイズ：半径64 [cm]
 生地：帝人パワーリップ蛍光レモン
 紐：ナイロン16打ち2 [mm] 長さは半径分
 パラシュートへの取り付けはパラシュート側にタグを付け, もやい結びで行った。(図26参照)
 縫い目(糸)はほつれないように接着剤で固め, 強度が不安なところは布を重ねて補強した。
 パラシュートの有効半径を計算する自作プログラム(以下, 半径計算機)をもとにバーストから60分で落下するように設計した。
- 結果
 - ・バーストから約30分で落下した。GPSデータから算出した終端速度は約6.5 [m/s]。
 - ・図27より, 高度約16,000 [m] でパラシュートが開

傘もしくは、減速が始まったと考えられる。また、グラフから、高度16,000 [m] まではほぼ30 [m/s] の速度で降下していることもわかる。

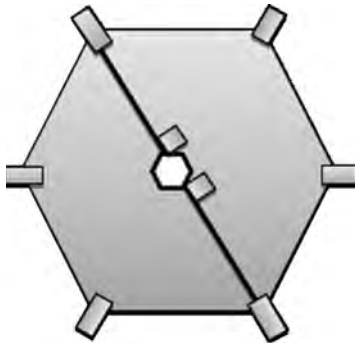


図24 パラシュート模式図



図25 パラシュート展開

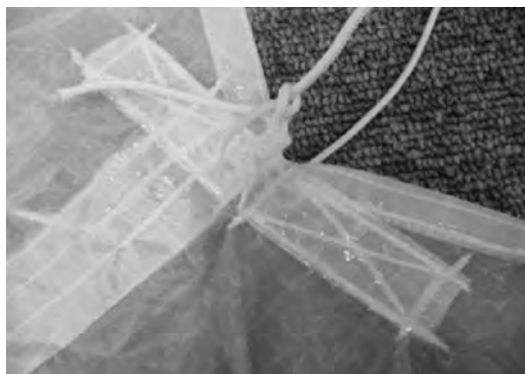


図26 タグ

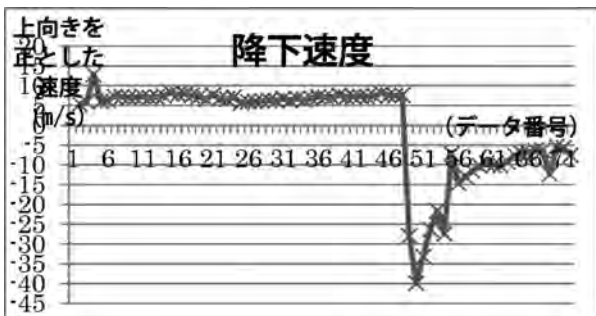


図27 GPSデータ区間ごとの鉛直方向速度
※GPSデータ取得間隔は100秒(各データ番号間の時刻差は100秒)

速度算出方法は隣り合う前後2点を100秒で割った。ところどころに見られる異常な値はデータ欠損が原因と思われる。

図27より高度16,000 [m] 付近で大きく減速していることが分かる。

表3 図27の速度データの一部抜粋

データ No	高度 (m)	速度 (m/s)
53	18804	-21.64
54	16065	-27.39
55	15342	-7.23

●考察

以下に3点述べる。

- ・半径計算機や落下速度excel等の半径は、やはり有効半径を表している様である。
- ・落下速度を計算する自作エクセルシート(以下、「落下速度excel」)で逆算したところ、今回の有効半径は約0.9 [m]。ただし、破裂したバルーンが垂れ下がってパラシュートをすばませている可能性もある。またペイロード重量が予定よりも軽くなったので、そのことも関係したかもしれない。
- ・陸地に落下した場合、蛍光レモン色は木の色と同化するため非常に見にくい。次回放球時には考慮しておく必要がある。



図28 高度の推移

※GoogleEarthの高度プロファイル機能で、地上局捕捉データKML形式ファイルから作成。

5-5. ストリーマー

- 目的：ペイロードの回転を抑えて、カメラを常に北に向けさせるために取り付けた。風向きにより取り付け場所を変更する。風が弱いと効果は無いようである。
- 仕様(図29参照)
サイズ：縦0.3 [m]×横1.5 [m]
生地：帝人パワーリップ製
紐：ナイロン16打ち2 [mm] 3 [m]
- 結果：ビデオカメラの映像が取得出来なかった

め、効果があったのか確認できない。

- 考察：放球時にデジタルコンパスを搭載し、方角を無線で通信することで回収に至らなくても効果を確かめることが可能と思われる。

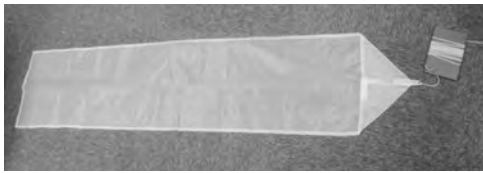


図29 ストリーマー

- 放球直後の様子

ビデオカメラの映像の入手ができなかったので、ストリーマーがどのように機能したのか分からないが、放球直後に撮影した写真(図30, 31)から気になる点があった。

- ・ストリーマーの効果が強かったのかペイロードが横向きになっている。

その影響で、側面のカメラが地表と反対側を向いたまま上昇した可能性がある。

- ・ストリーマーの紐に段ボール製の糸巻きをつけたまま放球してしまったかもしれない。

写真はかなり引き伸ばしたため鮮明ではないことから、以上の考察は間違っている可能性もある。

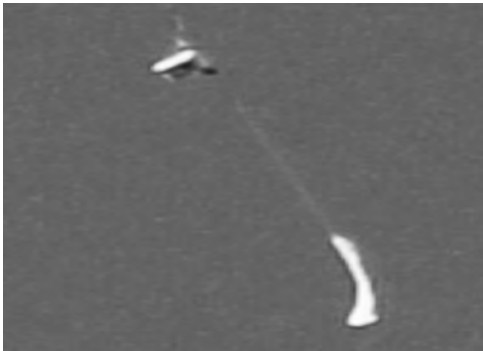


図30 飛行中のペイロード(1)

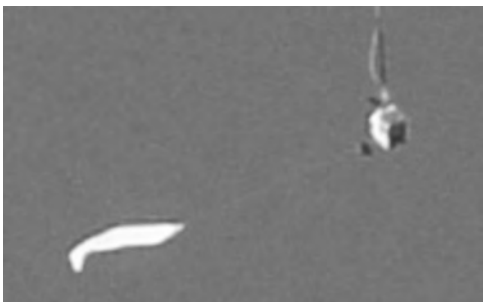


図31 飛行中のペイロード(2)

6. 回路・搭載物

6-1. 電源回路

ペイロードに搭載した回路などの様子は図16, 17である。

1. 電源

ペイロード内各機器への電源供給にはリチウムイオン電池を使用した。

リチウムイオン電池は、一本当たりの容量が2,250 [mAh]の物を7並2直構成(合計容量15,750 [mAh] 電圧7.4 [V])として使用した。

2. 電源回路

ペイロード内の各機器に対して、無線機、ビデオカメラに対しては、バッテリーから直接の給電(7.4[V])を行った。

パケメーカー・GPSに対しては、5 [V]による給電が必要なため、DC/DCコンバータ(図32)により、5 [V]に降圧した。DC/DCコンバータは三端子レギュレータに比べて、①発熱が小さい、②効率が良い、③使用可能な電源電圧範囲が広いなどのメリットがあり、長時間の駆動に適していると思われる。

また、今回はバッテリーと電源回路との接続に通常のコネクタを使用するのではなく、コンセントプラグを加工したもの(図33)を用いた。これはコンセントプラグの耐えられる電流量や電圧が高いこと、差し込みやすく抜けにくいことからである。ただし、極性を誤って接続する可能性が高いため、今回は赤と黒で着色した。



図32 DC/DCコンバータ



図33 電源接続コネクタ

6-2. 無線機

バルーンサットのGPS位置情報の送信のため、高所使用のデジタル無線のVX-D291S(スタンダード)を使用した。

6-3. GPS

今回、バルーンサットの位置情報を得るために、GPSモジュールは高度制限解除品(GPS-74A)を使用した。(図34)

パケメイカーとの通信は、RS-232Cシリアル方式で行い、レベルコンバータでTTLレベルからRS-232Cレベルに変換を行っている。これはPCとの接続時に直接接続できるようにするためのもので、パケメイカー側で再びレベルコンバータを使用してTTLレベルに変換している。

バックアップ電源を搭載していないため、毎回コールドスタートとなり、正確な位置情報を出力するようになるまで最大で20分程度を要する。

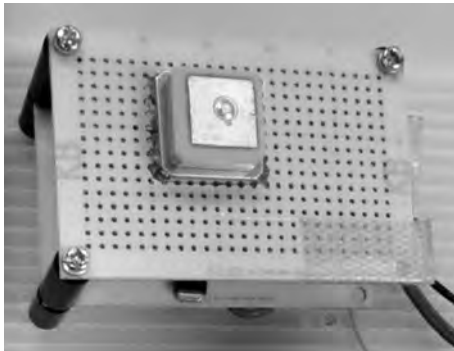


図34 GPSモジュール

6-4. パケットメイカー(パケメイカー)

今回、地上にGPS測位情報を送信する方式として、モールス信号を用いることとした。デコード作業は人間が行う。回路構成、プログラム内容に関しては、過

去に使用したのと同じものである。具体的な動作環境を表3にまとめた。

表3 「パケットメイカー」動作環境

電源電圧		5 V±0.5V
データ入力	通信方式	RS-232C調歩同期
	通信速度	9600bps
	データビット	8 bits
	パリティ	なし
データ出力	ストップビット	1 bit
	通信方式	モールス信号
	通信速度	およそ30文字/分
周波数		700Hz
動作温度		-20~50℃

緯度経度の送信形式はddmm.mm形式(度, 分.分の小数点以下2桁)であった。今回このことが判明したのは実験が終了してからである。

また、送信の間隔は約100秒(送信80秒, 待機20秒)となっている。

実際の回路の写真を図35に示す。また、パケメイカー、GPS、無線機を接続した様子を図36に示す。

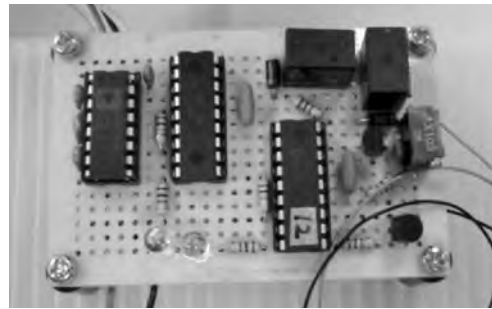


図35 パケメイカー回路

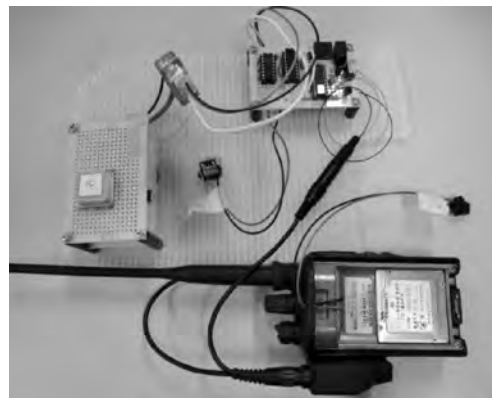


図36 測位系接続図

6-5. 搭載機器

今回放球したバルーンサットに搭載した機器は表4の通りである。

表4 搭載機器

搭載機器	品番
ビデオカメラ	GZ-HM450(JVC)
ビデオカメラ	GHV-DV24SD(GAUDI)

当初はパラシュート開傘時の衝撃を計測するため、三軸アナログ加速度計およびデータロガー(Logomatic v2)を搭載する予定であったが、直前の動作テストで、正常に動作しない可能性が高い(起動しないことがある)ことが判明したため、今回の搭載は見送った。

また、今回搭載した全機器・回路の接続は図37の通りである。

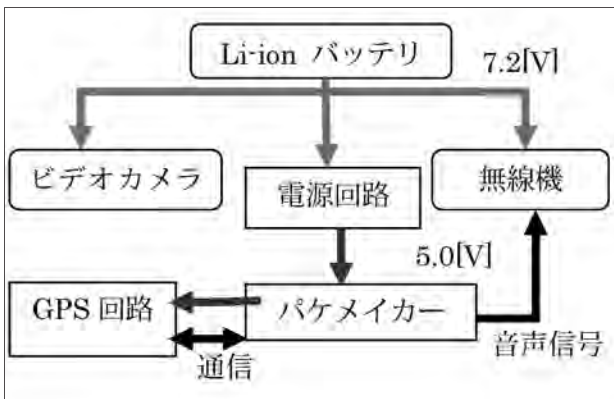


図37 機器・回路の接続図

6-6. 結果

実際に運用を行った結果、GPS・パケメイカー・無線機に関しては上空30 [km] を超えても正常に動作した。地上局では最終的に高度755 [m] まで信号を受信することができた。

ビデオカメラに関しては、回収ができていないため正常に動作したかは不明である。また、落下後通信が途絶えたことから、内部の配線が衝撃によって外れた、もしくはペイロード本体が破損したことが考えられる。

6-7. 考察

今後、各種計測機器を搭載するようになった場合、地上に対してより高速にデータを送信する方法を用意

しなくてはならない。そのためには、現在のモジュール送信方式とは異なる方式を作成する必要がある。

また、製作過程で何度かショートによる過熱や発火といった事故が発生した。リチウムイオンバッテリーの扱いには十分注意するとともに、デバッグのしやすい回路製作を行うことも重要である。極性誤りが起きないように、電源回路とバッテリーの間の接続に三極のコンセントプラグを用いることも考えられる。

また、落下した際に回路系を保護できるよう、基板との固定の強化や、基板自体のプリント基板化も検討している。

謝辞

- 和歌山県串本町 田原若者広場
- 和歌山県串本町 潮岬キャンプ場望楼の芝
- 和歌山県古座川町 蔵土多目的広場
- 和歌山県すさみ町 江住海岸公園
- 和歌山県すさみ町 すさみ町総合運動公園
- 和歌山県日高川町 かわべ天文公園
- 徳島県海部郡美波町 日和佐総合体育館
- 徳島県海部郡海陽町 蛇王運動公園
- 徳島県海部郡大里 南阿波ピクニック公園
- 徳島県海部郡海陽町浅川西福良
まぜのおかキャンプ場
- 大阪航空局関西空港事務所
- 田辺海上保安部
- 海上自衛隊
- 「濱丸」濱光船長
- 徳島大学航空宇宙プロジェクト
- シニアアドバイザー(クリエ)
- 下代博之
- 森田克己
- 和歌山大学教員
- 秋山演亮 宇宙教育研究所特任教授
- 尾久土正己 観光学部教授
- 貴島政親 宇宙教育研究所特任助教
- 敬称略

皆様の御理解と御協力をいただき、9月25日に徳島-和歌山間でのバルーンサット放球実験を実施することが出来ました。バルーンサットは、予定通り高度30kmまで上昇しましたが、残念ながら航路が外れたた

めに機体の回収には失敗しました。しかし、放球から回収に至るまでの技術的問題、法制面での課題等に関して様々な経験を積むことが出来たことは大きな成果でありました。今後は、多くの大学の学生組織と連携しながらの更なる実験を予定しており、今回の実験は、必ずやそのための重要な知見となると考えております。お礼並びにご報告が遅れましたことをお詫びいたしますとともに、今後も変わらぬ御支援・御指導を賜りますよう、お願い申し上げます。

注

[1] ケンブリッジ大学予測プログラム

<http://habhub.org/predict/>

参考文献等

2010年秋GPS系インサータ系電源回路に関する報告ver 2

2010年秋GPS系デジタル無線機に関する報告ver 1

2010年秋GPS系パケットメイカーに関する報告ver 2