

気球用イリジウムブイの飛翔試験と運用

ISAS/JAXA : 荘司泰弘, 田村啓輔, 加藤洋一, 梯友哉, 飯嶋一征, 井筒直樹, 斎藤芳隆,
佐藤崇俊, 鳥海道彦, 並木道義, 福家英之, 松坂幸彦, 吉田哲也
ARD/JAXA : 水田栄一
京都大学 : 高田淳史
(株)ゼニライトブイ : 小幡修嗣, 河島幸三, 小森茂典

1. はじめに

気球実験の主な利点の一つに、実験に使用した機材を回収できる点が挙げられる。これにより同じ実験機材を繰り返し使用でき、継続的な実験を効率的に行うことができる。飛翔中の機材に不具合が発生場合には、回収された実機を用いて調査を行うことができるため、新しい技術の投入がしやすく、より野心的な実験が行える。

日本においては、国土が狭いため海上に気球およびゴンドラを降下させ、チャーターした船により回収を行ってきた。従来はゴンドラに電波ビーコンを発するブイを取り付け、これを回収船上より探索したり[1]、GPS 測位情報をアルゴシステムを通じて実験場に送信する[2]などの方法でゴンドラの搜索および確保を行ってきた。これらの方法には探索範囲に限界があったり、リアルタイム性に欠けるなど、運用上の弱点があった。

そこで大気球実験室ではこれらの弱点を克服するため、より広い範囲で測位でき、よりリアルタイム性のよい回収支援測位システムの開発を行っている。これまでに、海上を含む全世界で信頼性の高いデータ通信ができる、衛星携帯電話ネットワークを介して GPS 測位情報を取得するシステムを構築してきた[3]。昨年度までにイリジウム衛星携帯端末を積んだ市販のブイを回収船に搭載し、実験場において回収船の位置をほぼリアルタイムで取得するシステムを構築し運用している。

本発表では、今年度フライトモデルを開発した気球搭載用イリジウムブイについて紹介し、試験運用の結果および将来展望について報告する。

2. フライトモデルの開発

2.1 回収作業の概要

開発に先立って前提となる回収作業の概要を簡単に示す。国内での気球ゴンドラ回収作業は、1)海上に降下着水したゴンドラを、2)あらかじめ降下予想海域に待機する回収船が、3)実験場からの指示に従ってゴンドラを搜索し確保する、というものである。今度開発するブイでは 3)において、ゴンドラに取り付けられたブイから衛星通信ネットワークを介して実験場にゴンドラの位置情報を送信し、実験場から回収船へゴンドラの位置を指示することとした。これによりゴンドラ降下前から複数の回収船を適切な着水予想地点に配置できる。また天候や状況によりすぐに回収船が到着できない場合にも実験場から位置を把握でき、回収船は状況が好転するのを待って回収に向かうことができる。これらにより実験効率の向上やユーザを含む回収班の負担軽減、安全確保につながる。

2.2 開発目標

ラジオブイに代わる新しいゴンドラ位置送信ブイを開発するにあたって、以下の開発目標を掲げた。

- ・海上で正しい姿勢で浮遊していれば、地上局および回収船からの見通し限界にかかわらず位置を取得できること
- ・気球飛翔環境および海上環境に耐え、着水後に確実に通信できること
- ・リアルタイム性を確保するため、位置情報の取得間隔は 10 分程度以内であること
- ・数日程度の連続動作が可能であること
- ・外部からの電源制御ができること
- ・現行のラジオブイと同等以下の重量、寸法とすること
- ・できるだけ既存品をベースにし、開発コストを下げる

これらの目標を上から順にできるだけ満たすものを既製品に探した。

2.3 開発したフライトモデル

気球用イリジウムブイを開発のベースとなる既製品として、要求する性能に近い性能を持った、(株)ゼニライトブイの製品を選定した[4]。これはイリジウム衛星携帯ネットワークを使用してGPSの測位情報を電子メールで配信する機能を持つ。一般にも海流の調査や漂流物に係留しその位置を測位するために用いられており、すでに大気球実験室でも回収船の位置把握のため、また気球やゴンドラを発見後回収までの追尾用として複数台を使用している。しかしながらその仕様は耐海上環境性能に主眼が置かれており、低温真空環境に耐えられるものではなく、飛翔運用に必要な電源制御等もない。また海上で使用することが前提のため、GPS高度情報が送信されない。

そこで気球搭載用イリジウムブイの開発では、既製品に以下の機能を付加することとした。

- ・降下着水後に容器内に水が浸入しないよう、飛翔環境下で容器の気密を維持すること
- ・容器に交換可能な気密コネクタを置き、これを介して電源制御すること
- ・ソフトウェアを改修し、GPS高度情報を送信内容に付加すること

開発したフライトモデルを図1に、主な諸元を表1に示す。アルミ合金製で外形寸法は長さ747mm、最大直径220mmで、係留ロープや切り離しカッターを除く本体重量は5.8kgである。上部の透明部分にGPSアンテナ、イリジウム通信アンテナが収納されている。ゴンドラ取り付け時は、ナイロンロープを用いてゴンドラ上のラッシングベルトに固定する。着水時にナイロンロープがカッターにより切断され、ブイ本体は海上に浮遊する。図中(A)の部分がフロートであり、図中線(B)が喫水線である。取り付け用ナイロンロープがカッターで切断された際にこれを検知し、自動で電源がONになる。電源ON後直ちにGPS情報を取得し、イリジウムネットワークを介してGPS情報を実験場へ送信する。その後は設定された時刻ごと、たとえば10分間隔に設定した場合毎正10分に位置情報を送信する。

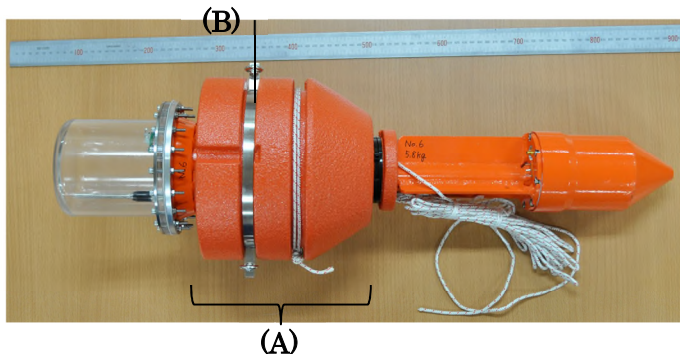


図1：開発したフライトモデル

表1：気球搭載イリジウムブイ
フライトモデル諸元

全長	747 mm
直径	220 mm
重量	5.8 kg
測位方法	GPS
通信方法	イリジウム SBD
位置送信間隔	5分～
連続動作時間	90時間以上

3. 試験運用結果および評価

3.1 運用結果

平成23年度の大気球実験ではB11-02およびB11-04で実際に飛翔、回収運用を行った。気球搭載イリジウムブイの飛翔運用はこれが初であるため、バックアップとして従来の大型ラジオブイをゴンドラに同時に搭載した。B11-05ゴンドラにおける搭載状態を図2に示す。

B11-02 実験 (2011年6月 実施)

2011年6月8日に実施されたB11-02実験では、気球搭載イリジウムブイは10分の送信間隔に設定され運用された。海上は霧があり、着水までゴンドラは回収船から目視されることはなかった。また、波は穏やかでうねりは0.5m程度だった。

ゴンドラはコマンドにより午前8:51に降下を開始し9:24に



図2：B11-05への搭載状態

着水した。同時刻にイリジウムブイより 1 通目の位置情報が作成され、送信された。2 通目の位置情報は 9:30 に作成され、送信された。これらの位置情報はほぼ同時刻に実験場の管制に配信、1~2 分後に管制卓に反映され、回収船の管制に使用できるようになった。その後 9:38 分までに全てのフライト品が船上に引き揚げられ、イリジウムブイの電源が OFF にされた。海上浮遊中のイリジウムブイはゴンドラから 5~6m ほど離れていた。この距離はほぼ係留ロープの長さに等しい。結果的にゴンドラ着水から回収完了まで 15 分程度と短く、気球搭載イリジウムブイによる位置送信は 2 回であった。

回収船の速度やメール送信間隔と電池の寿命について見直し、この実験以降のイリジウムブイの運用では、位置情報の送信間隔を機能上最短の 5 分とすることとした。

表 2 : B11-02 運用結果

時刻	回収作業	イリジウムブイ動作
6/8 9:24	ゴンドラ着水	1 通目位置情報作成される
9:25		1 通目位置情報送信される
9:30		2 通目作成・送信される
9:35	回収船がゴンドラに接近、確保	
9:37	ゴンドラ引き揚げ開始	
9:38	イリジウムブイを船上に引き揚げ	電源 OFF



図 3 : B11-02 着水後の状態

B11-04 実験 (2011 年 8 月 実施)

2011 年 8 月 30 日に実施された B11-04 実験において、気球搭載イリジウムブイの 2 回目の試験運用が行われた。今回の実験では位置情報送信間隔を飛行前に 5 分に設定した。海上は霧があり、波は 2m 程度と比較的高かった。

午前 7:14 に気球から切り離されたゴンドラは 7:45 ころ着水した。着水直前に移動中の回収船よりゴンドラは目視で発見された。イリジウムブイはゴンドラから切り離され海上に正立した。ただし水溶性の紐で束ねられた係留ロープが展開しなかったと見られ、ゴンドラからの距離は 20~30cm 程度であった。イリジウムブイからの最初の位置情報の作成、送信は着水から 8 分後の 7:53 分であった。その後 7:55 に 1 通目の位置情報が作成されたものの、送信されたのは 7:59 であった。その後 8:05 までにゴンドラおよびイリジウムブイは船上に引き揚げられた。船上で横置きにされたイリジウムブイは、実験場にて電源が OFF されるまで 5 分おきに位置情報を送信し続けた。



図 4 : B11-04 着水後の状態

着水から最初に位置情報が作成、送信されるまで 8 分ほどかかった原因は調査中である。また 7:55 に位置情報が取得されたにもかかわらず、送信まで 4 分かかった理由は、このとき回収船およびゴン

ドラがイリジウムブイに非常に近く、通信アンテナの視野を遮ってしまい、通信できなかったためと考えられる。

3.2 評価

今年度の 2 実験では、どちらもゴンドラ着水から回収船による確保までの時間が短く、海面上におけるイリジウムブイの動作時間は累計で 30 分程度であった。しかしながら、遅くとも着水から 10 分以内に気球搭載イリジウムブイが動作を開始し、地上局においてブイの位置情報を受信できた。これらの動作は気象条件、特に海上の波高が異なる条件下での実績である。これらの実績より開発した気球搭載イリジウムブイの設計の妥当性が示された。

表 3 : B11-04 運用結果

時刻	回収作業	イリジウムブイ動作
8/30 7:45	ゴンドラ着水	
7:47	引き裂き紐確保	ゴンドラから 20~30cm の海面上に正立
7:53		1 通目位置情報送信される
7:55	ゴンドラを確保.	ゴンドラとの相対位置不明
7:55		2 通目が作成される. 送信はされていない.
7:59		2 通目が送信される.
8:02	ゴンドラ船上で吊り下げられる	
8:04	ブイを船上に引き揚げ	
8:05		3 通目が作成され送信される.
		以降ほぼ毎正 5 分に位置情報が送信される
11:44		実験場にて電源 OFF

4. おわりに

本報告では、従来のラジオブイに代わる回収支援位置情報発信器として開発中の、気球搭載イリジウムブイについて概要を説明し、今年度の 2 実験における飛翔運用試験結果を報告した。2 実験ともにイリジウムブイは設計通りの動作をすることが確かめられた。これらの実績から、イリジウムブイは降下するゴンドラを視認することが困難な霧中や夜間においても確実に、回収対象であるゴンドラの位置を地上局に示し、気球実験の安全性や効率の向上に寄与すると期待される。

今後の展望として、現在 2 機ある気球搭載イリジウムブイを今年度中を目標に増産し、来年度の大気球実験で本格運用する。また、ゴンドラに取り付けられる他のアクセサリ（フラッシャー、サイレンなど）をイリジウムブイと統合し、フライト前にゴンドラに取り付けられるアクセサリの数を削減できないか検討を進める。

参考文献

- [1] 鳥海道彦, 他, リチウムイオン二次電池を用いたラジオブイの開発, 平成 18 年度大気球シンポジウム集録, 2007.
- [2] 鳥海道彦, 他, GPS アルゴシステム, 宇宙科学研究所報告特集第 45 号, 2003.
- [3] 水田栄一, 他, 気球用イリジウムブイの開発, 平成 22 年度大気球シンポジウム集録, 2010.
- [4] (株)ゼニライトブイウェブサイト <http://www.zenilite.co.jp/prod/new-vuoy.html>