

## バルーンの将来計画

小玉正弘\*

Future Plans of Stratospheric Balloon Observation

Masahiro KODAMA\*

**Abstract:** Basing on the observation results obtained by means of 33 stratospheric balloons launched from Syowa Station during the past ten years since 1968, expected future projects for balloon observation are discussed together with some technical problems concerned.

**要旨:** 昭和基地での超高層バルーン観測は、1968年に開始されて以来ちょうど10年を経過した。この間に行われた合計33回の飛揚実験ならびにそれから得られた観測成果を基に、今後のバルーン観測のあり方について技術的問題点も含め考察する。

### 1. 序

1968年第9次隊による第1回バルーン観測以来第18次隊までの10年間に、合計33回のバルーン観測が実施された。その間、北半球との国際協同観測があったとはいえ、概して予算、人員両面とも小規模なプロジェクトとして継続されてきた。その結果、最近ではやや手つまり状態の感があり、このあたりで一度過去を振り返り、いろいろな角度から将来の見通しを考え直す時期にあると思われる。とくに1980年代からは、バルーン観測にも密接な関係を持つであろうMAP(中層大気国際観測計画)が提案されていることもあり、過去10年間の経験を今後の10年間に生かすべきであろう。ここではそういう観点からバルーン観測の将来計画を考える。

### 2. これまでのバルーン観測

表1に過去33回のバルーン観測の概要を示した。当初は小型のB<sub>1</sub>気球から出発し、B<sub>2</sub>を経たのちB<sub>5</sub>が主力気球となった。それぞれ3機、10機、20機が打ち上げられた。これ

---

\* 理化学研究所. The Institute of Physical and Chemical Research, 7-13, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

表 1 昭和基地における大気球観測一覧

Table 1. Summary of balloon observations at Syowa Station.

観測隊 (担当主任隊員)	打ち上げ時期	気球	観測項目	観測時間 (hours)
第9次(須田)	1968.10.28	B <sub>1</sub> -1	気象要素	18
	11.19	B <sub>1</sub> -2	"	12
	12.5	B <sub>1</sub> -3	オーロラX線	36
第10次(小倉)	1969.1.14	B <sub>2</sub> -1	オーロラX線	19
	1.18	B <sub>2</sub> -2	"	9
	1.24	B <sub>2</sub> -3	"	19
	1.26	B <sub>2</sub> -4	"	22
	2.2	B <sub>2</sub> -5	"	24
	2.5	B <sub>2</sub> -6	"	28
	2.9	B <sub>2</sub> -7	"	27
	2.11	B <sub>2</sub> -8	"	22
	2.12	B <sub>2</sub> -9	"	28
	2.13	B <sub>2</sub> -10	"	20
第11次(浦瀬)	1970.1.23	B <sub>5</sub> -1	宇宙線重粒子	17
	1.25	B <sub>5</sub> -2	オーロラX線	13
	1.29	B <sub>5</sub> -3	"	18
	2.10	B <sub>5</sub> -4	"	26
	2.15	B <sub>5</sub> -5	宇宙線重粒子	29
	2.17	B <sub>5</sub> -6	オーロラX線	25
第12次(小口)	1971.2.28	B <sub>5</sub> -7	宇宙線重粒子	22
	5.11	B <sub>5</sub> -8	オーロラX線	4
	7.21	B <sub>5</sub> -9	"	2
	7.22	B <sub>5</sub> -10	"	2
	12.2	B <sub>5</sub> -11	"	8
	1972.1.24	B <sub>5</sub> -12	宇宙線重粒子	11
第13次(田中)	1972.11.28	B <sub>5</sub> -13	電場	16
	12.29	B <sub>5</sub> -14	"	24
第14次(鮎川)	1973.8.25	B <sub>5</sub> -15	オーロラX線	放球失敗
	1.25	B <sub>5</sub> -16	電場	2*
第17次(福西)	1976.12.12	B <sub>5</sub> -17	電場+オーロラX線	10
第18次(鮎川)	1977.12.12	B <sub>5</sub> -18	NO+電場	1*
	11.30	B <sub>5</sub> -19	オーロラX線+NO	放球失敗
	12.4	B <sub>5</sub> -20	電場+オーロラX線	12

\* テレメータ故障

B<sub>1</sub>: 1000 m<sup>3</sup>, B<sub>2</sub>: 2000 m<sup>3</sup>, B<sub>5</sub>: 5000 m<sup>3</sup>

らの中、強風などに起因する放球失敗が 2 例、テレメータ系の故障が 2 例、の他はいずれも 25 km 以上の浮遊高度に到達し、それぞれ表 1 のような観測時間を得た。打ち上げのほとんどは、長時間観測をねらって、上層風の比較的弱い夏季に集中しているが、冬季の観測も数例試みられた。これは  $B_1$  気球と同様、南極大陸回遊気球 PPB (polar patrol balloon) (小玉, 1969) の可能性を探る意味もあった。

主な観測項目は、電場 (TANAKA *et al.*, 1977a, b), 宇宙線重粒子 (TAMAI *et al.*, 1971), 一酸化窒素 (小玉他, 1976), オーロラ X 線 (小玉・小倉, 1969; OGURA *et al.*, 1969, 小玉他, 1972) の 4 つであったが、オーロラ X 線に最も重点が置かれ全フライトの 2/3 を占めた。得られた観測成果の中で、とくに注目されるのは次の 3 つであろう。

- 1) オーロラ X 線の地磁気共役点同時観測 ( $B_2-1 \sim 10$ ) (BARCUS *et al.*, 1972, 1973)
- 2) 太陽 X 線の気球・人工衛星同時観測 ( $B_5-4$ ) (OGURA *et al.*, 1971; KODAMA *et al.*, 1971)
- 3) 電場とオーロラ X 線の同時観測 ( $B_5-17, 20$ ) (小川他, 1979)

1) は 1 ヶ月間に昭和基地から 10 機、アイスランドから 18 機と、集中飛揚を行うことによって成功したもので、日本、米国、ノルウェー 3 国が参加した。2) はオーロラ X 線観測中にまったく偶然に捕らえられたもので、同時に得られた衛星高度でのデータとの比較により、大気中における光子の伝達機構を究明する上でまたとない貴重なデータとなつた。3) はオーロラ現象を多角的な面から同時に捕らえようという最初の試みであった。

飛揚実験は、簡易型ランチャー 1 台と FM/FM 受信記録装置一式のみという最小限の設備で出発した。放球のタイミングに若干の熟練を要すること、搭載計器用環境試験設備を持たなかつたことなどのために、年とともに観測時間の短小化を招いた。後半期では気象用レーウィンゾンデ施設、ロケット用受信設備が利用されたが、必ずしもバルーンむきでなく万全ではなかつたようである。

### 3. 今後のバルーン観測

これまでの 10 年間に 33 機、つまり年間 3 機平均というベースは、今後とも比較的維持しやすい実験規模であろう。事実、最近の 4 年間はそれに近い線で運営してきた。しかし、このようなやり方は次の 2 つの理由から、もはや得策ではないと思われる。

理由 1：前述のように、有意義な成果はむしろ短期間に 6 機以上集中させた場合に得られている。

理由2：最近のバルーン観測の世界的動向は、複数個バルーンによる多地点同時観測に傾きつつある（たとえば、TREFALL *et al.*, 1973; TREILHOU, 1974）。

したがって数少ない飛揚を毎年行うよりは、ある時期を限って、たとえば10機以上集中させる方が効率的であるし、適宜休止年次期間を置く方が、データ解析や計画検討にとっても有利であろう。また、ロケット観測や他部門プロジェクトとの兼ね合いを考慮すれば、この線が現実的であり基本的には是認されるだろう。

バルーン観測は、これまで宇宙空間物理に関する情報を得る最も手軽な手段ということで利用された例が多い。しかし本来、気球自身は地球大気内に留まるものである以上、もっと大気物理化学、気象物理の面からの利用が考えられてよいだろう。MAPの一つの意義もそこにあるからである。

最近は、一地点からの単発バルーンでは、意味のある結果の得られる確率は低いとされるようになった。多地点観測、多項目観測、立体観測などの進展により、限られた一面からだけの観測では、複雑な全体像の把握にはほど遠いと考えられるからである。したがって昭和基地での今後のバルーン観測は、2項目以上の多目的観測を原則とすべきであろう。

以上を考え方の基本的背景として、以下、具体的な計画をまとめてみよう。

- 1) 集中観測: 1981-82年をめどに年間10機以上打ち上げる。2-3年継続する。
- 2) 多項目同時観測: 関連する2項目以上の対象を同時観測する。
- 3) 多目的観測: 観測対象をたとえばオーロラだけとは限定しない。気象・大気物理観測も実施する。
- 4) 立体観測: 地上観測、ロケット観測との同時観測
- 5) リレー気球観測: 観測時間を飛躍的に長くするため、通信可能区域外に流れた気球を、後続の気球で中継受信する（西村他, 1976）。
- 6) PPB計画: ロケットでも人工衛星でも絶対不可能で、気球によってのみ可能なこのプロジェクトは、いつかは国際協力下で実現することが期待される。
- 7) 放球・受信施設の改善と環境試験室の完備: 放球や観測の安定化、確実化のためにバルーン専用のものが要望される。
- 8) ガス輸送量の増大: B<sub>5</sub>クラスの気球を10機以上打ち上げるためには、ヘリウムボンベ100本以上を必要とする。これに対応する輸送体制の確立を行うこと。

以上の他にもいろいろ具体案は考えられるが、なによりも大事なことは、バルーン観測

が安易に行えるからといって、片手間に考えないことである。安定放球に若干の特殊技術を必要とすることはさておいても、準備段階から終了までの観測の一切を運営できる専任隊員の確保が大切であろう。実際これまでの観測経過を見ても、そのような配慮の程度に応じて成功率が左右されたと思われる。

### 文 献

- BARCUS, J. R., BROWN, R. R., KARAS, R. H., ROSENBERG, T. J., TREFALL, H., BRONSTAD, K. and KODAMA, M. (1972): Auroral X-rays and conjugate ionospheric absorption observations of an electron precipitation event accompanying a sudden impulse in the geomagnetic field. *J. Geophys. Res.*, **77**, 6294–6297.
- BARCUS, J. R., BROWN, R. R., KARAS, R. H., BRONSTAD, K., TREFALL, H., KODAMA, M. and ROSENBERG, T. J. (1973): Balloon observations of auroral-zone X-rays in conjugate regions. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **35**, 497–511.
- 小玉正弘・小倉紘一 (1969): 気球搭載用オーロラ X 線測定器. 理研報告, **45**, 25–33.
- 小玉正弘 (1969): 昭和基地におけるバルーン・プロジェクト. 極地, **9**, 26–30.
- KODAMA, M., KUSUNOSE, M. and OGURA, K. (1971): Characteristics of the energetic solar X-ray burst of 11 February 1970 observed at balloon altitude. *Rep. Ionos. Space Res. Jpn.*, **25**, 285–300.
- 小玉正弘・小倉紘一・玉井英次・小口 高 (1972): 南極昭和基地におけるオーロラ X 線の気球観測. 理研報告, **48**, 145–165.
- 西村 研・広沢 研・太田茂雄 (1976): リレー気球. 大気球シンポジウム報告, 昭和 51 年度, 東京大学宇宙航空研究所, 117–125.
- 小玉正弘・小川俊雄・岩上直幹・等松隆夫 (1976): 南極地域における大気球観測計画. 大気球シンポジウム報告, 昭和 51 年度, 東京大学宇宙航空研究所, 25–30.
- 小川俊雄・小玉正弘・福西 浩・松尾敏郎・芳野赳夫 (1979): 南極気球による電場とオーロラ X 線の観測. 南極資料, **63**, 276–290.
- OGURA, K., HAYASHI, K., ROACH, G., SUDA, T. and KODAMA, M. (1969): A preliminary report on balloon observation of auroral X-rays at Syowa Station, Antarctica. *Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.)*, **35**, 35–36.
- OGURA, K., FROST, K. and KODAMA, M. (1971): Comparison of the hard solar X-ray burst of February 11, 1970 observed at balloon and satellite altitudes. *Int. Conf. Cosmic Rays, Conf. Pap.*, **2**, 432–436.
- TAMAI, E., SAKAI, T., NARITA, N., OGURA, K., KOGAMI, S., KUSUNOSE, M. and KODAMA, M. (1971): Low energy cosmic ray protons, He, and neutral particles over Syowa Station, Antarctica. *Int. Conf. Cosmic Rays, Conf. Pap.*, **2**, 555–560.
- TANAKA, Y., OGAWA, T. and KODAMA, M. (1977a): Stratospheric electric fields and current measured at Syowa Station, Antarctica—1. The vertical component. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **39**, 523–529.
- TANAKA, Y., OGAWA, T. and KODAMA, M. (1977b): Stratospheric electric fields and current measured at Syowa Station, Antarctica—2. The horizontal component. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **39**, 921–925.
- TREFALL, H., BRONSTAD, K., PYTTE, T., STADSNES, J. and BJORDAL, J. (1973): Balloon record-

ings of auroral-zone X-rays from northern Norway in July-August 1965. SPARMO-Bull., **5**, 111-152.

TREILHOU, J. P. (1974): Preliminary results of multi-balloon observations of X-rays in auroral conditions. Int. Conf. X-rays in Space, **2**, 1053-1066.

(1978年6月10日受理)