

7. 2 測風気球観測

(1) 観測の開始

測風気球観測とは、水素ガスを充填したゴム製の自由気球を飛揚して、それを測風経緯儀で追跡することから上層気流の風向・風速を算出するもので、気球の上昇速度を一定のものとして単一の測風経緯儀で自由気球を追跡して上層気流の風向・風速を算出する方法(単経緯儀法)と、基線の両端に設置した測風経緯儀で、毎分ごとの自由気球の高度角と方位角を同時に測定して三角測量の手法で高度を求めて、上層気流の風向・風速を算出する方法(双経緯儀法)がある。単経緯儀法では気球の上昇速度を仮定するが、それを必要としない双経緯儀法は上層風により正確な観測を可能とする。測風気球観測の様子、並びに測風経緯儀と経緯儀台を口絵 10, 11 に示す。

なお、測風気球はパイボール(Paibal : Pilot balloon の合成語)とも呼ばれたことから、測風気球観測をパイボール観測とも呼んだ。また、ラジオゾンデを取り付けた気球を測風経緯儀で追跡して上層気流の風向・風速を算出する方法をレーボール(Rabal : Rawin balloon の合成語)観測と呼んだ。夜間においては提灯(図 3.7.5)または測風ランプを気球に取り付けて観測した。



図 3.7.5 夜間観測用の提灯

高層気象台では、大正 10(1921)年 4 月から単一の測風経緯儀と小気球(直径 50~60cm 程)を用いた単経緯儀法による測風気球観測が始まり、同年 12 月からは、観測の正確性を期すために 2 か所に測風経緯儀を設置して双経緯儀法(基線長は 1km)による観測を開始した。さらに大正 13(1924)年には、基線を長くして高高度まで正確な観測を行うため構外に民有地を買収して、第 III 点(赤塚)及び第 IV 点(大角豆)を設置した。昭和 5(1930)年に第 III 点

に、昭和 8(1933)年に第 IV 点に測風観測台を設置した。その後、昭和 14(1939)年に第 V 点(構内測風塔上)、昭和 19(1944)年 8 月に第 VI 点(花室)を設置した。図 3.7.6 に測風気球観測の基点配置図を示す。

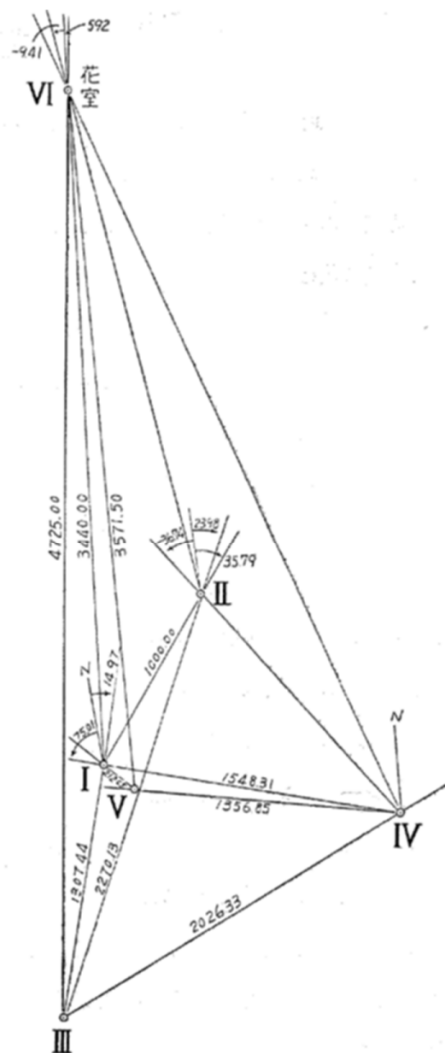


図 3.7.6 測風気球観測の基点配置図

基点 I(構内), II(構内), III(赤塚), IV(大角豆), V(構内測風塔上), VI(花室)。

(2) 世界最初のジェット気流の観測

高層気象台では、測風気球観測を一日 3 回実施した。測風気球観測の成果について、速報値の旬報を大正 13(1924)年から高層気象台気象概報として、そして一年間の観測の詳細と調査結果を大正 15(1926)年から高層気象台報告として発行した。

大石台長は、大正 12(1923)年 3 月から 14(1925)年 12 月までの 1288 回の測風気球観測をもとに、12 月から 2 月の冬平均では海拔 10km において風速 70m/s を超すこと

を大正 15(1926)年「館野上空の風(Vento super Tateno, 高層気象台報告第 1 号)」(Ooishi: 1926)にて報告し、気候的な強い西風の存在を世界で初めて示した(図 3.7.7)。後年、米国気象学会誌(BAMS)において Lewis(2003)は、ジェット気流発見の歴史における大石台長の観測の意義を評価するとともに、大石台長の 1924 年から 26 年にかけての 2 冬平均の測風気球による観測を、レーウィンゾンデによる 1971~2000 年の観測の 30 年平均と比較(口絵 3 参照)し、その正確さを強調している。図 3.7.7 に高層気象台概報第 16 号(1924 年 12 月)に掲載された館野における風向風速の鉛直分布と説明を示す。

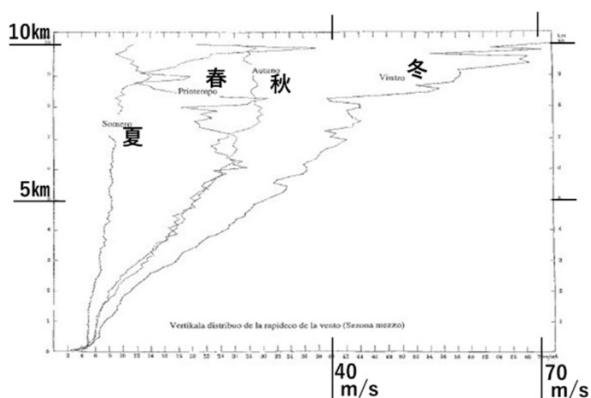


図 3.7.7 測風気球観測(1923~1926)にもとづく館野上空の季節別平均風速の鉛直分布図

エスペラント語で書かれた高層気象台報告第 1 号(1926)に掲載された、大正 12(1923)年 3 月から大正 14(1925)年 2 月までの 1288 回の測風気球観測にもとづく季節別の平均風速の鉛直分布図。冬季は他の季節よりも著しく強い風となっており、平均風速は海拔 10km で約 70m/s(平均風向は 276°)である。

(3) 国際的観測への協力

昭和 7~8(1932~1933)年に設定された、各国協力して気象・地磁気その他の地球物理上の観測を行う第 2 回国際極年において、国際観測日(木曜)における 4 回の測風気球観測を行った。観測結果の概要は半年ごと 4 期間にまとめられた。

戦後になり、昭和 23(1948)年 4・11 月、昭和 24(1949)年 6・12 月及び昭和 25(1950)年 5 月に 10 日間実施された国際高層観測に協力し、一日 4 回ラジオゾンデ及び測風気球またはレーウィンによる観測を行った。

(4) 研究的臨時観測の実施

昭和 21(1946)年 7 月 5 日から 7 月 20 日まで、測風気球及びラジオゾンデ観測を一日 6 回以上行い、雷雨の機構について調査した。資料は未刊であるものの、結果の

一部は日本学術振興会雷災防止第 9 特別委員会編「雷の研究」中の「雷雨の移動」の項に掲載された。

昭和 23(1948)年 5 月 9 日の金環日食では、日食に関する研究連絡等のために文部省(当時)のもとに日食委員会が設置されて、天文学、地理学、気象学等の分野における観測体制が整えられた。高層気象台は、中心食帯に近い礼文島・稚内において、総勢 40 名以上の体制で臨時観測を実施した。

稚内付近における日食は 9 日 10 時 25 分頃に始まり、11 時 51 分頃に食が最大となり、13 時 18 分頃に終わるものであった。日食期間中にできるだけ多く観測を行い、また平常時の状態も観測するために、稚内における観測期間は 7 日から 11 日までの 5 日間で、7 日は 12・18・22 時、11 日は 06 時のみ実施した。8 日から 10 日は、10 時から 13 時 20 分までの間を 20 分間隔で実施し、その時間帯の前後では 06・08・09 時・09 時 30 分と 13 時 50 分・14 時 20 分・15 時・16 時・18 時・22 時に実施した。礼文島では 8 日から 10 日までの 3 日間で、稚内と同じタイミングで実施する計画であったが、悪天候等により 25 回の実施にとどまった。

稚内における観測は、稚内測候所(当時)を放球場として、地表から高度 13km 以上までの各レベルの微細な変動を調べるため、500g 気球(平均上昇速度約 415m/min)にラジオゾンデを吊り下げて放球し、それを 2 点(基線長は 1536m)から測風経緯儀で追跡した。この観測には、気温と湿度の受信機を 3 組、測風経緯儀を 6 台使用した。また、稚内では石英分光器を用いたオゾン層観測も実施した。

礼文島における観測は、香深中学校を放球場として、下層大気の流れ変化を極力細かく正確に測定するため、ほぼ同じ重さ・浮力の白色と赤色の 2 つの 40g 気球(平均上昇速度 100m/min または 150m/min)を同時に放球して、それを 2 点(基線長は 705m)から測風経緯儀で追跡した。この観測には測風経緯儀 9 台を配備した。また、気圧・気温・湿度・風・日射についても観測した。

この臨時観測により、日食の効果として気温が地表で 4.4℃、成層圏で 10℃以上顕著に低下したこと、成層圏における温度変化の振幅が高度 15km 以上で急激に増加して 18-19km で最大となりその後減少する様子がオゾンの鉛直分布と類似していることなどが報告されている(中央気象台: 1949)。

昭和 25(1950)年 9 月のカムチャッカ〜アリューシャンの皆既日食においては、中央気象台他の協力のもと稚内・輪島・館野において同様の観測を一日実施した。

(5) レーウインの開発と測風経緯儀による測風気球観測の終了

測風経緯儀による観測は目視で気球を追跡するため、雲等で遮られた時や、霧、雨、雪等天気の良い時には高層風の観測ができないため、天気に左右されることなく高層風を観測する方法として、レーウインの研究開発が行われた。中央気象台では、抜山式測風方向探知機とレーウイン用送信機(中央気象台二号型)の試作を昭和 15(1940)年に完了した。高層気象台では昭和 19(1944)年 4 月にレーウイン研究を開始して、同年 9 月以降は測風経緯儀による観測が不能(曇天時等)の場合はレーウインによる測風観測が行われた。昭和 21(1946)年の凧による観測の中止以降は、ラジオゾンデ観測と同時刻の場合にはレーボール観測を行った。

昭和 23(1948)年に D44 型最大感度式方向探知を用いたレーウイン観測が開始されると、単経緯儀による併用観測が増え、昭和 24(1949)年 6 月には双経緯儀法が完全に廃止された。しかし、D44 型は感度がよくなく観測可能高度も低かったこともあり、単経緯法による高層風観測が併用された。昭和 32(1957)年 4 月に D55A 型自動追跡記録型方向探知機による精度の高いレーウイン観測が始まったことにより、同年 9 月に現業的な測風経緯儀による測風気球観測を終了した。

(6) 本庄出張所における測風気球観測

昭和 12(1937)年、埼玉県本庄町(現、本庄市)に高層気象台本庄出張所が創設され、翌昭和 13(1938)年 2 月に測風気球観測(一日 3 回)が開始された。本庄出張所における測風気球観測の様子を図 3.7.8 に示す。昭和 15(1940)年に測風気球観測の基線の一端として群馬県佐波郡名和村(現、伊勢崎市)に本庄出張所八斗島(やったじま)観測所が設置された。その後、昭和 21(1946)年のラジオゾンデ観測開始から定常的な測風気球観測を中止し、昭和 24(1949)年 9 月に測風気球観測を終了した。



図 3.7.8 本庄出張所での測風気球観測

参考文献

- 阿部豊雄 (1997): 高層気象観測とその歴史. 高層台彙報, **57**, 41-58.
- 中央気象台 (1925): 測風気球観測法. 58pp.
- 中央気象台 (1949): Report of Solar Eclipse Observation May 9, 1948. *Geophys. mag.* (中央気象台欧文彙報), **19**, 57-203.
- 中央気象台 (1951): 高層観測指針. 269pp.
- 高層気象台 (1923): 高層気象台一覧. 高層気象台彙報, **1**, 18pp.
- 高層気象台 (1924): 気象概報, **16**, 65-68.
- 高層気象台 (1950): 創立 30 年の回顧と現況. 高層気象台彙報特別号, 85pp.
- 高層気象台 (1978): 高層気象台 50 年誌. 47pp.
- Lewis, J. M. (2003): Ooishi's observation-viewed in the context of jet stream discovery. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **84**, 357-369.
- 二宮洸三 (2014): 気象観測史的に見た高層気象台におけるジェット気流の発見. 天気, **61**, 865-870.
- Ooishi, W. (1926a): Reporto de la Aerologia Observatorio de Tatenno. *Aerological Observatory Rep.* **1**, 213pp. (in Esperanto)
- 大石和三郎 (1926b): 館野上空における平均風. 高層気象台彙報, **2**, 1-22.
- 大石和三郎 (1927): 気流観測法. 高層気象台彙報, **3**, 30pp.
- 和達清夫 (1997): 気象の事典. 607pp.