

空を測る～高層気象観測～

気象庁 高層気象台 野島 孝之

風船を使った空の観測

「上空5500メートル付近にマイナス30℃以下の寒気が入り、大気の状態が不安定になっています。」

みなさんも、天気予報でこのようなフレーズを一度は聞いたことがあるのではないのでしょうか？何気なく耳にしているのではないかと思います。よくよく考えてみると、そんな高いところの気温をどうやって測っているのでしょうか？

空に温度計を浮かべている？飛行機で飛んで行って測る？いろんな方法を思い付くかも知れませんが、「気象庁は、風船に温度計を取り付けて空へ飛ばしています！」と聞くと、驚かれるでしょうか。



空を舞う風船と・・・？

高層気象観測

気象庁は、通常毎日9時と21時に「高層気象観測」という気象観測を行っており、地上から高度約30kmまでの気温、湿度、風等を測っています。高度約30kmというと、航空機よりもはるかに高いところまでを測ることになりますが、実は、風船(気球)に「ラジオゾンデ」という気象観測器を吊り下げて空に飛ばす(放球する)ことで観測しているのです。

ラジオゾンデには気温や湿度のセンサーが取り付けられており、観測されたデータは無線の電波によってリアルタイムで地上に送られてきます。また、気象庁で使用しているラジオゾンデは「GPSゾンデ」という種類のもので、スマートフォンのアプリやカーナビでも利用されるGPS信号を利用し、高度や風向・風速等のデータも得られるようになってきました。



風船に取り付ける観測器(GPSゾンデ)

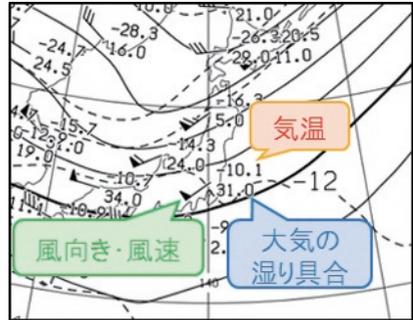
高層気象観測と天気予報

天気予報では、「数値予報」というシミュレーションの結果が基礎資料として活用されています。数値予報では、スーパーコンピューターを使って「未来」の気象を予測するのですが、「未来」を予測するには「今」がどうなっているのかを知らなければいけません。高層気象観測のデータは、この「今」の気象を表すデータとして使用されています。

また、テレビでよく目にする天気図は地上の気象状況を表したものです。上空の気象状況を表した天気図として「高層天気図」というものがあります。高層天気図には、数値予報以外に、高層気象観測による気温等のデータも描かれていて、気象予報士や気象庁の予報官は、このような天気図も参考にして天気予報を行っています。

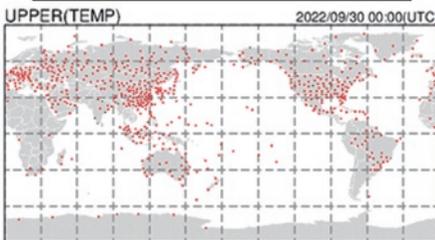
ところで、ある場所の気象を直接測る観測のことを「直接観測」と言い、高層気象観測は上空の直接観測です。みなさんおなじみの「アメダス」は、地上の直接観測の1つになります。一方で、その場所を直接測るのではなく、電磁波等を使って遠くから間接的に観測する方法を「リモートセンシング」（遠隔観測）と呼び、上空の遠隔観測としては、気象衛星による観測等があります。衛星観測のような遠隔観測では、広い範囲を一度に観測できて観測頻度も高いため、高層気象観測よりも遥かにたくさんのデータが数値予報に活用されています。

「それなら、高層気象観測をやらなくてもいいのでは？」と思われるかも知れませんが、そうとも限りません。

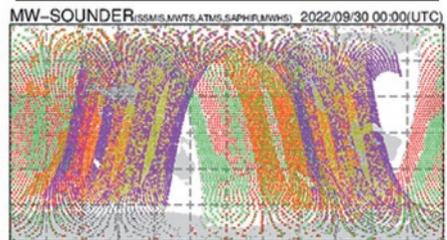


ある時間の高層天気図
高層気象観測の結果も描かれています。

高層気象観測：ほとんど陸上



衛星観測：海上も含めて広く分布



数値予報で利用された国内外の観測データ(左：高層気象観測、右：衛星観測)
赤や紫等のカラフルな点が、それぞれ利用されたデータを表します。

高層気象観測はほぼ陸上ですが、衛星観測では海上も含めて広く分布しています。

※「観測データの水平分布」(気象庁ホームページ『令和4年度数値予報解説資料集』から)

遠隔観測は、気温や湿度を直接は観測していないので、その観測データは本当に正しいのかを確かめる、いわば「答え合わせ」のようなことを行わなければいけません。その時の「答え」に当たるものとして、高層気象観測による高品質なデータは重要な役割を果たしているのです。

準備から放球まで

さて、ここまでは高層気象観測がどのように行われ、活用されているのかを説明してきましたが、ここからは人の手で行う観測の様子を紹介していきます。

①GPSゾンデの事前点検

観測の準備は、放球の約1時間前から始まります。初めに、これから使用するゾンデに不具合が無いかどうかを確認するため、事前点検を行います。点検器と呼ばれる容器にゾンデのセンサを入れ、「(容器内部にある)温度計や湿度計等による観測値」と「ゾンデのセンサによる観測値」とを比べ、差が大きすぎないかをチェックします。

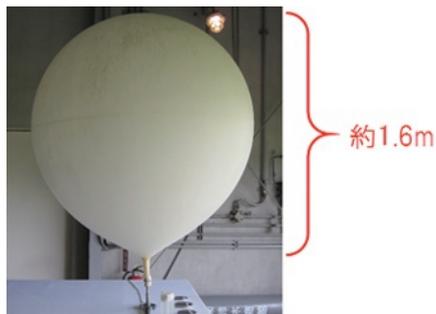


点検器を使った
ゾンデの事前点検

②気球やパラシュートの準備

ゾンデの事前点検が終わったら、気球を膨らませる(充てんする)ために充てん室へ向かいます。高層気象観測では、軽い気体である水素やヘリウムを気球に入れることで、上空へ飛んでいくようにします。

また、気球と観測器は紐で結んで飛ばしますが、その紐の途中に取り付けるパラシュートも準備します。放球された気球は、上空で次第に膨らみ、やがて破裂してゾンデとともに落下してきます。この時にゆっくりと落下させるため、パラシュートを一緒に取り付けて飛ばすのです。



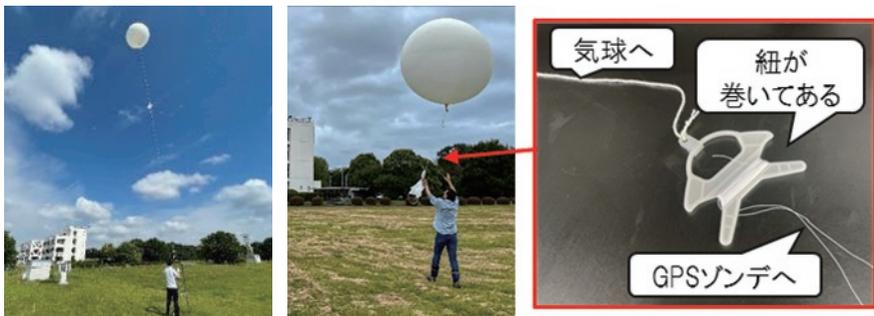
気球やパラシュートの準備風景

気球には水素を充てんし、直径1.6m程度まで膨らませた状態で飛揚します。

③放球

気球の充てんが終わり、パラシュートやゾンデを紐で結ぶと、放球前の準備は完了です。風がどちらの方向から吹いているか、どの程度の強さなのか、室内から様子を伺います。そして、放球時間が近づいたら、気球やゾンデを充てん室から持ち出し・・・放球！観測器は気球とともにどんどん上昇し、おおよそ1時間ほど観測を続けます。

通常の高層気象観測では、気球からゾンデまでの間は15mの紐で結んでいますが、風が強めに吹いている時は、気球が風であおられて放球が難しくなります。そこで、強風時には、放球後に徐々に紐がほどけていくよう巻き付けた「巻下器」(まきさげき)というものを使用し、気球が手元にある状態で待機・放球します。



放球の様子(左図:巻下器不使用、中図:巻下器使用)と巻下器(右図)

巻下器を使う時でも、気球が地面に衝突しないよう気を付けながら、風の弱まるタイミングを見計らって放球することになります。私も風速10メートル以上の風が吹いている時に放球したことがありますが、「上手く放球できるかな?」と少し不安になりながらも、放球後は達成感のようなものを感じたものです。ちなみに、巻下器は高層気象台職員も関わって開発されたものです。

なお、気象庁は、日本国内16か所の気象官署で高層気象観測を行っています。その1か所である南鳥島には、高層気象台職員も3か月交代で出張し、高層気象観測を担当しています。また、国外に目を向けると、南極の昭和基地にも職員を派遣して高層気象観測を実施していますが、高層気象台で観測に携わっていた職員もこれまで数多く派遣されています。このように、高層気象台で磨かれた観測技術は、様々な場所で活かされています。



南鳥島での放球
風速17m/sの強い風が吹き、
気球が変形しています。

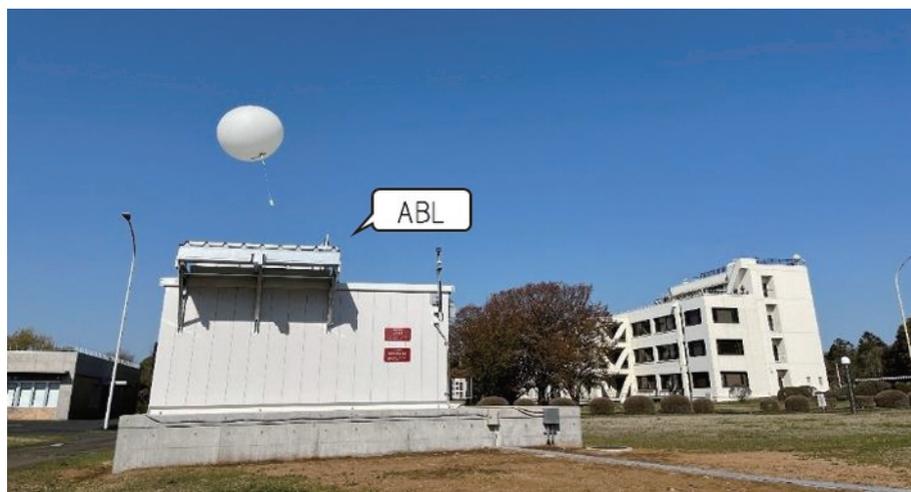
線状降水帯を予測するために ～人の手から自動化へ～

みなさんは最近、「線状降水帯」という言葉を聞いたことは無いでしょうか？線状降水帯は、次々と発生する発達した雨雲(積乱雲)によって、線状の降水域が数時間にわたってほぼ同じ場所に停滞し、大雨をもたらすものです。線状降水帯が発生すると、その地域での災害発生の危険性が高くなり、「令和2年7月豪雨」や「平成30年7月豪雨(西日本豪雨)」の時のように多くの災害を引き起こします。

線状降水帯は、現状の気象観測・予測技術では、正確な予測が困難な現象です。そこで、気象庁は現在、線状降水帯の予測精度を向上させるために、様々な観測の強化に取り組んでいます。

その一環として、高層気象台では、2023年3月から自動放球装置(ABL: Automatic Balloon Launcher)による高層気象観測を開始しています。毎日2回、人の手で実施してきた放球は、ABLでは自動で行われます。また、夜間等で人が居ない時間帯でも、観測を実施することができるようになりました。例えば、線状降水帯が発生しそうだと予測されている時には、臨時で高層気象観測を行い、実際の気象状況がどうなっているのかを調べることができます。この観測データを使うことで、より精度の高い予測を実施できるようになり、気象災害の被害軽減に繋がると期待されています。

さて、ABLによって放球は自動化されましたが、使用する観測器の事前点検やABLへのセット(装てん)は、あらかじめ人の手で行う必要があります。高層気象台の職員は、ABLによる観測を確実に実施できるよう、日々準備しています。



ABLによる放球の様子

気球を使った様々な観測

ABLが導入されたものの、高層気象台では、現在も人の手による気球を使った観測をいくつか行っています。

そのうちの1つがオゾンゾンデ観測です。オゾンゾンデは、大気中に含まれるオゾンの量を測るセンサとGPSゾンデで構成されています。このゾンデを気球に吊り下げて放球することで、高層気象観測と同時に、空気中に含まれるオゾンの分布も直接観測することができます。オゾンには太陽からの強い紫外線を吸収する作用があり、生物に悪影響を及ぼすこともある紫外線から保護する役割を果たしています。オゾン層やオゾンホールといった言葉をご存じの方も多いのではないかと思います。気象庁は、日本国内では唯一、高層気象台でオゾンゾンデ観測を実施しています。



オゾンゾンデ観測

そのほか、異なる種類のGPSゾンデを連結して同時に放球する比較観測も行っています。GPSゾンデには多くの機種があり、気象庁でもこれまでに様々な機種を使用してきました。しかし、その機種によって特徴が異なり、観測データにも違いが表れてくることがあります。比較観測によって同じ気象状況を同時に観測することで、機種の違いによって生まれる観測データの差を補う方法を見つけ出すことができます。これによって、使用するゾンデの種類が変わっても、その差を補足したデータを得られるようになります。



比較観測

これらの観測では、通常の高層気象観測と比べて重い観測器等を吊るすため、より大きな気球を使用します。支えるのにも一苦勞で、数人がかりで放球します。

おわりに

高層気象台はYoutubeチャンネルを開設しており、様々な観測について動画で紹介しています。放球の様子をまとめたものもありますので、ぜひご覧ください！

<https://youtube.com/@aerologicalobservatoryjma998>

著者紹介 野島 孝之(のじま たかゆき)



大阪生まれ、大阪育ち。

2014年4月に気象庁へ入庁し、徳島・松江地方気象台で観測予報業務を経験。また、大阪管区気象台では防災業務やアメダス八尾の観測機器更新を担当。2021年4月から、高層気象台で高層気象観測やオゾンゾンデ観測に従事。