



特集 = 気球を飛ばす

No 46 1985.1
宇宙科学研究所

年頭にあたって

所長 小田 稔

このニュースが出るころには、われわれが心血を注いできた初の地球脱出の試みM-3S II-1/M S-T5の結果が出ているだろう。祈るような気持でこの稿を書いている。

10月には白田の64mアンテナが完成してMS-T5、PLANET-Aの追跡のみならず、世界の深宇宙への窓が一段と拡げられた。また、去年は国際協力によって順調に準備が進められているASTRO-C、EXOS-Dに続く計画も提案され、さらにその先、1990年代にはいくつもの優れた計画が科学者達の頭の中に育ってきている。

「おおすみ」以来14機の科学衛星と、年々のロケット及び大気球観測によって着実な歩みをすす

めてきたわが国の宇宙科学は、米国でも質の高い中小企業(?)方式として注目を浴びるようになっている。短期間にここまで来れたのは、理、工の研究者、技術者が企業も含めて一つの研究集団として協力し合うというユニークな体制に負うところが大きかった。今後ともこのやり方を大切にしていきたいものである。とって小さくかたまってしまっはなるまい。得意なこと、苦手な事、わが国の学術の特徴をよく考えて大きな発展への道をさがすことが大切だと思う。

所長就任以来、不慣れな身で、教官、職員の御協力によって無我夢中でつとめてきた。今年もよろしく願います。

昭和60年新年号特集として宇宙観測の3本柱のひとつである大気球の記事をお送りする。宇宙研の気球観測事業は科学衛星や観測ロケットの事業に比べ規模こそは小さいが、すぐれた独創性によって数

編集委員長 平尾 邦雄

々の新技術を開発し世界的に名声を博している。三陸実験場に、はたまた海外にとその活躍はひろく、得られた成果もあるものは世界をリードしている。読者諸賢の御理解をいただければ幸甚である。



プラスチック気球の誕生

西村 純

昭和25年、大学を出てしばらくたった私は、原子核乾板を使って宇宙線の研究にとりこんでいた。乾板はアメリカの気球で高空に露出したもので、在米の早川さんが送ってくれた。やがて新しい研究をすすめるには自分で条件を整えて乾板を露出しなければと思うようになってきた。神戸大学の皆川先生に相談すると先生も大変乗気で、今は筑波学園都市の南はしにある館野の高層気象台でゴム気球をあげるように手配して下さった。暑いさかりの夏のことである。むっとする草いきれの中でおそろおそろ水素ボンベの口を開くとシューとすごい音がして、ゴム気球はまるまるとふくれあがり、手を離れた気球は観測器を乗せて大空に吸込まれて行った。

昭和28年、日本でもポリエチレンフィルムが手に入り、皆で張合わせたポリエチレン気球の1号機は米子から放球された。私はこの頃病を得て病院にいたが、成功の知らせを聞いて、新しい時代が開けたという感慨にひたったものである。

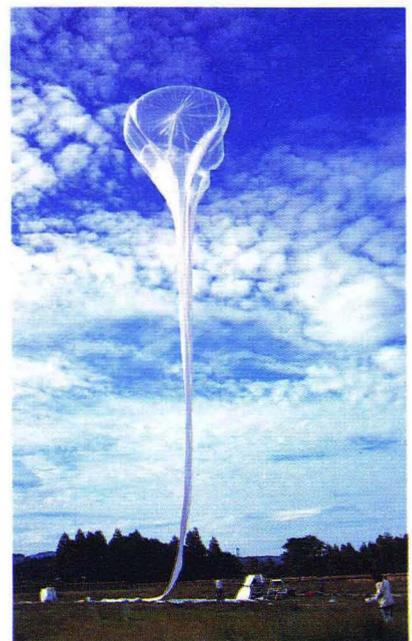
昭和31年になると東京大学の原子核研究所に宇宙線部が出来て、原子核乾板と金属板を組合せたエマルジョン・チェンバーを使って全国的な規模

での実験が計画された。討論しているうちに計画は段々大きくなって、合計8機の気球を打上げることになった。静岡と神戸から放球してまずまずの成績。宇宙線の研究の方もうまくいったが、全員この大プロジェクトに夏の疲れが出て半年ばかりはぐったり。これから大がかりな実験をするには気球についてもっと本格的な研究をすすめ、近代化を行わなくてはという気分になってきた。

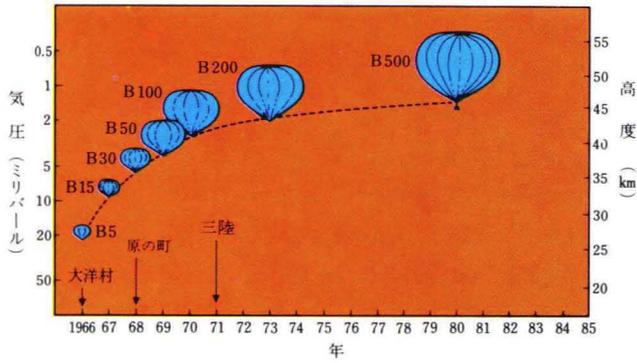
相談の結果手近かな所から研究開発を行うことになった。核研の気球小屋で小型とはいえ、50~60機に及ぶ気球を作ってはこわし、作ってはこわしたものである。気球接着器、ハート型気球の計算法、サイクリング気球その他のアイデアがこの時期に生れたことを思いあわせると、あとの発展のためには大切な時期であったと言える。

気球の基礎実験をやっているうちに、気球は宇宙線のみならず将来宇宙科学研究に重要な役割を果たすことになるだろうという考えがもたげてきた。まだラムダロケットは出来ていない頃のことである。ロケットのように短時間ではないし、衛星のように長期間の準備はいらない。コストパフォーマンスの上で大変すぐれていて観測後の回収もできる。

このような考えがみのって、昭和41年に宇宙研の中に気球部門が創設され、気球の本格的な開発や研究が始まることになる。最初は今の鹿島工業地帯の大洋村が実験場である。最初の



原の町での放球風景



気球開発のあゆみ

年は25機放球，秋になると昼間は強風にあおられて，放球はもっぱら夜中の2時から4時。プレハブの屋根が風に吹かれてガタガタいっている音が今でも聞えてくる。大洋村は気球観測でいえば少年期である。元気はよいがむだな手数も多すぎた。

東京に近すぎて，2年後に原の町へ。無線塔のある原の町は大洋村と変わっておだやかな気象であった。観測で印象に残るのは小田さん，高倉さん達と行った白鳥X-1と太陽X線像の観測である。ともに「よりもどし姿勢制御」を使った「スタレコリメータ」の装置である。この観測と米国のX線衛星「ウフル」の結果がもととなって，白鳥X-1の場所がわかり，「ブラックホール」の第一候補と考えられるようになった。太陽X線像の方は人工衛星「ひのとり」を考える際の子備実験の役割を果たした。気球開発も順調に行って，10万m³（直径63m）迄成功させることができた。

原の町の青年期3年を経て現在の三陸観測所が出来上ったのは昭和46年である。今迄のプレハブから歩いてもゆれないコンクリートの建物に移った時の感慨は今でも忘れることはできない。

三陸でも，かすかすの改良がつみかさねられて，気球自身大変安定化して上昇中破壊するようなことはめったに無くなった。このため，ブーメランやリレー気球，方向制御など高度の技術を発展させ駆使することが出来るようになった。観測器も世界の一線を行くものが多くなってきた。やがてこのうちの幾つかが人工衛星，スペース・ステーションへと発展して行くことになるだろう。

世界とのおつきあいもふえてきた。インド，カナダ，アメリカ，オーストラリア，インドネシアとの協同研究が行われ，カニ星雲のX線像，高エネルギー宇宙電子，銀河中心核の赤外線像とか，太陽のまわりの星間塵の輪などについて新しい知識がもたらされてきた。今計画中なのは大洋横断気球である。鹿児島から飛びたつて東支那海を越え，上海，南京更に西へと向う航路である。極めて長時間の観測と回収をねらうプロジェクトである。大洋横断気球は今や世界の趨勢である。将来は蜀の山道に至る数日間にわたる長時間飛翔を完成したいと，思いはふくらむのである。



三陸大気球観測所(SBC)全景

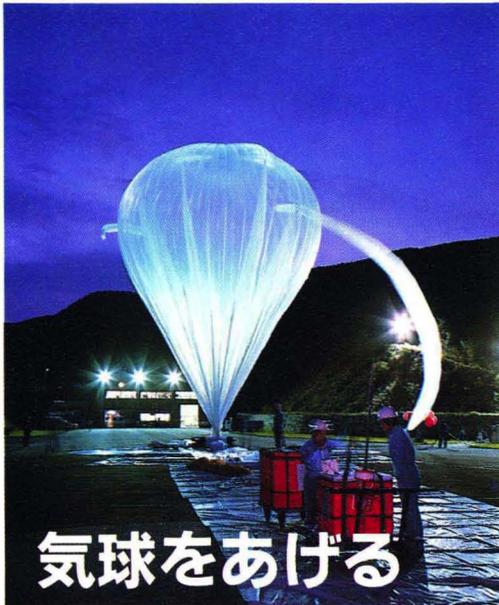
気球に魅せられて

渡辺 設

ポリエチレンの大気球が垂直に立上ったときの姿はいかにも女性的で優雅さを帯びている。すさまじい轟音と同時に発射されるダイナミックなロケット実験とは大分違う。しかし，ヘリウムガス注入の最中に突風に見舞われたときの気球のあばれ方はただごとではない。地上すれすれには回り，長崎の蛇おどりのようにのたうち廻る。手のつけられないやんちゃ坊主という感じである。一見やさしさをただよわせているが，やはり数十キ

ロ，数百キロの観測器等を搭載し，大空高く舞上り，長時間滞空に耐えるためには外見とうらはらなものがある。

地球を一周し，もどってきた時の衛星実験のよろこびははかり知れないものがある。しかし気球がレベルフライトに入り，太平洋に遠く出て再び放球地点上空に夕陽を浴びて赤銀色に輝いてもどってきた姿は，息をのむような美しさである。



気球をあげる

ハート型気球 成層圏を上昇する気球は、途中 -70°C という低温領域を通る。低温でもしなやかさを失わないポリエチレンフィルムの開発の結果、気球の性能は大幅に向上した。気球の形状は独特のハート型をしている。これは、体積と長さが一定の条件の下で浮力の中心が最も高くなる形であり、水を入れた模型によるテストや精密な計算にもとづいて設計されたものである。横方向の張力がほぼゼロになるという特徴ももっている。開発の結果、厚さわずか 0.02mm のフィルムが使えるようになった。この極薄のフィルムを何十枚も、細心の注意を払って貼り合わせる。縦方向にはロードテープという補強材を何本も入れる。

こうして作られた気球の構造をながめてみよう。まず頭部にはガス排気弁（宇宙研の風洞を用いて開発されたもの）があり、浮力を加減するのに用いられる。少し下にはガス注入口がある。これは直径 30cm ほどのポリエチレンチューブで、ここからヘリウムガスを注入し、浮力をつけるのである。気球の下部は閉じておらず、大きな口が開いたままである。地上では細長い形だった気球は上昇とともに膨張する。満膨張になった時、この下部の開口部から余分なガスが放出され、気球内外の圧力差がゼロに保たれる。これはゴム気球と大きく異なる点で、このためポリエチレン気球は同じ高度に何時間も浮遊できる。

気球がどの高さまで到達できるかは、気球の容量と総重量で決まる。より重い観測装置をより高く持ち上げるには、気球自身が大きくて軽い必要がある。 0.02mm という薄いフィルムの意義もここ

にある。これらの気球は数百 kg の重さの観測器を $25\sim 35\text{km}$ にまで吊り上げることができる。なかでも昭和48年に放球したB200-1号機（直径 80m ）は、到達高度 43km という日本記録を保持している。

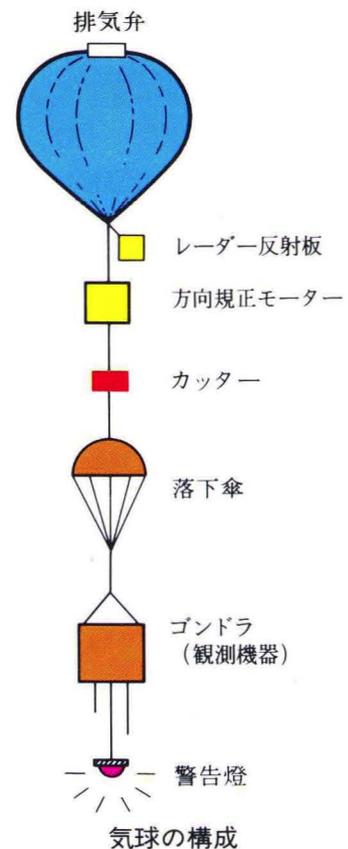
旅出つ気球 気球に雨と風は禁物。放球は風の弱まる^{なご}の時間帯、つまり夕方か早朝を選んで行われる。天気が悪いと4時起床で実験場へ急ぐ日をくり返す。気象衛星から直接に受信した雲の画像や気象ファックスのデータをもとに、真剣に地上と上空の風のご機嫌をうかがう。

朝の総員打合せ後、放球準備にとりかかる。まず吹き流しのついたゴム気球を 100m の高さに係留して地上風の様子を見る。三陸観測所のように海に近く山に囲まれた地形では、特有の風が吹き、気球が谷間から抜け出したとたんに横なぐりに流されることがある。

結線、結索、各種のチェックおよび観測器の動作テストが無事終了すると、いよいよヘリウムガスの充てんが始まる。ここまで来るともうあと戻りできない。ガスの量は、上昇速度が毎秒 5m になるよう調整される。これより速くても遅くても、気球は安定に上昇してくれない。30分ほどで充てんが完了し、放球の段階を迎える。

ここ数年「立て上げ放球法」という日本独自の新方法を用いて、安全かつ確実な放球の実績が重ねられてきた。

この方法ではまず気球を地上に一直線に引き延ばし、根元をランチャーで固定する。気球頭部へガスを充てんし、テルテル坊主のように、首を空気マットで締めつける。ローラ車を介して気球を立て上げてゆくが、空気マットで頭が丸く、また首から下が細くしぼられているおかげで、地上風があ



っても気球があおられないですむ。

放球は空気マットの切離しから始まる。気球は丸かった頭部を広げてランチャーから離れ、地上のパラシュートを引き上げ、さいごに観測器を吊り上げる。この間わずか4秒。観測器がつねに真上に向けて離陸するよう熟練が重ねられている。

気球を追う 三陸テレメータ・センタは放球場から約1km離れた海拔450mの山の上にある。ここには気球の観測データが、1673MHzテレメータにより刻々に送られてくる。テレメータはFM-FM方式のほか、最近ではデータ処理に便利なPCM-FM方式も多く採用されている。1673MHz受信機のアンテナは気球のいる方を精度よく自動追尾でき、これと測距データをあわせると、気球の飛んでいる位置を数百メートルの誤差で決定できる。これは回収作業の能率を上げるため大切である。

気球制御のためのコマンド（指令）は音声周波数を用いる。6種類の周波数のうち2つを選ぶ組み合わせにより、15項目の制御を行っている。例えばコマンドで気球頭部の排気弁を開くと、浮力が減少して気球は下降する。また気球はバラストと



立て上げ式による放球——三陸大気球観測所にて

呼ばれる直径0.5mmの鉄の粒を積んでおり、コマンドでこのバラストを投下すると気球を上昇させることができる。

オーストラリアとの協同実験では日本のテレメータ、コマンドを使ったが、外国の装置に比べて気球が遠く離れていても確実に動作し、信頼性が高いと好評であった。

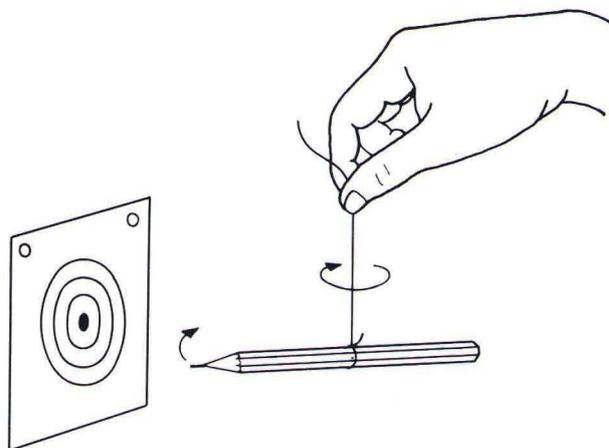
よりもどし姿勢制御

大気球に吊り下げられた観測器をピタリと目標にむけるにはどうすればよいか？ 観測側の要求も日とともに高まって、考えこむ事が多くなった。姿勢制御のシステムとしては軽量で経済性のあるものでないと実用性にとぼしい。

鉛筆を糸で吊って糸をうまくひねると鉛筆の先は目標の方にむく。うまくひねるとはどう云うことか。しらべてみると目標からのズレ角と鉛筆の角速度、角加速度をうまく組合せてよければよいことがわかった。早速小型モータに試験装置を吊り下げてやってみると不思議なように思い通りの方向にむく。「よりもどし方向制御」はこうしてこれまで80を越す観測に役に立ってきた。

朝永先生にこの話をしたら「一般力学のうまい応用ですね」とおもしろがっておられた。今では

リアクションホイールやコントロールモーメントジャイロを使った精密制御方式も完成している。



糸とエンピツによる「よりもどし」の実験



ゆくえは風まかせ? ひとたび気球が上がったら長く観測したいと思うのは人情というもの。けれど気球高度ではふつう時速20~40kmの風があり、気球は次第に流されてゆく。観測器を回収する場合、沿岸に着水すればよいが、沖合100km以上となると船で捜しにゆくだけでも大変である。観測器が回収できるという気球観測のメリットがなくなってしまう。そこで、気球が遠く離れないうちに観測器を切り離さざるをえない場合も多く、日本のような狭い国では長時間観測と回収とを両立させることは難しいとされていた。

回収を無視しても、気球が遠くに離れると三陸テレメータセンタと交信できなくなる。東側と南側は水平線まで見通せるので、気球が地球の丸みの陰に隠れる800kmあたりまでは交信できる。けれど、山にさえぎられて西側では交信可能範囲は350km、北側では180kmに狭められてしまう。日本海方面での受信範囲を拡げ、あわせて日本海沿岸での回収作業をうまく行うため、鳥海山上の写真のような移動観測車が出動している。このほか、観測時間を増すため宇宙研ではさまざまな新方式を開発してきたので、それを紹介しよう。

サイクリング気球とブーメラン気球 上空の風向や風速は高度によって変わる。季節によっても、また日によっても微妙な変化を示す。このことを巧妙に利用すると、観測時間をぐっと長くできる。

気球実験が行われる5月中旬から9月中旬にかけて、東北地方の上空25km以上では、時速20~40kmの東風が吹いている。また高度20km以下では季節によらずに、ジェット

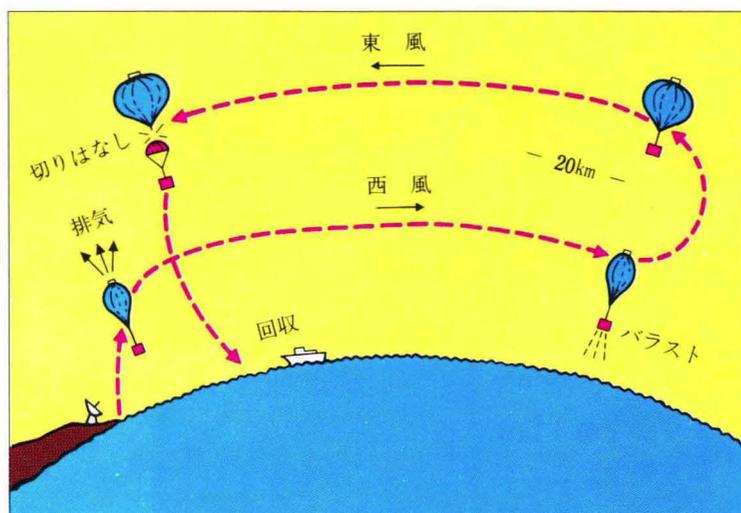
ストリームと呼ばれる強い西風が吹いている。気球が25kmより高ければ西進し、20kmより低ければ東進する。そこで気球が西に流れすぎたらコマンドで排気弁を開けてやる。すると気球高度が下がり、気球はジェットストリームに乗って戻ってくる。逆に東に流れすぎたらコマンドでバラストを投下する。身軽になった気球は浮上して東風に乗る、戻って来るといふしくみである。この方法は、サイクリング気球と名づけられた。

似たような方法で、ブーメラン気球というのがある。この場合、気球が高度15kmほどに達したところで排気弁を開き、上昇を一旦とめる。気球はジェットストリームに乗り、新幹線なみの速さで太平洋へ出てゆく。数百km離れたところでバラストを捨てて再上昇し、観測が始まる。この間に気球は上空の東風に乗る、ゆっくりと戻ってくる。この順序を逆にすると、逆ブーメラン気球になる。

以上の三つの方法は、回収と、30時間を越す長い観測の両方が必要な場面で役に立ってきた。特に逆ブーメラン気球は、鳥海山中腹の移動受信車との連携プレーにより、有力な手段となってきた。最近ではアメリカ、フランスでもこの方式を取り入れるようになってきている。

これらの方法がうまくゆくためには、高層の風の様子を知ることが重要である。仙台、秋田、札幌気象台からのテレックスや三陸の気象ロケットのデータは欠かせない。必要があればゴム気球を飛ばして、高層風を事前に観測する。

パトロールする気球 高層の風向は夏と冬で逆向きになる。5月の初めと9月の末、高層の風が弱まる時期がある。このとき気球はあまり動かず、



ブーメラン気球のしくみ



衛星を気球の中継に用いる

三陸上空でうろうろしている。回収を必ずしも必要としない長時間観測に適しており、パトロール気球と呼ばれる。昭和54年9月19日にガンマ線バーストの観測のために放球されたB30-29は、82時間という長時間記録を樹立した。世界でもあまり例をみない長時間記録である。

水平線のかなたへ 気球が三陸の交信可能範囲から外に出てしまったとき、別の気球を中継点として交信を続けることができ、リレー気球と呼ば

れる。主に東方海上での観測に用いられる。観測気球の高度を30km、中継気球の高度を25kmとすると、東方およそ1300kmまで見通すことができる。昭和54年10月に行ったりレー気球実験では、主気球は三陸東方1350kmの地点まで達した。中継気球のアンテナは姿勢制御で主気球に向けられ、また気球位置は船や飛行機の位置を決めるためのオメガシステムで決定された。

リレー気球と同様なアイデアとして、昭和58年からARGOSシステムの利用を試みてきた。これは中継気球のかわりに気象衛星NOAAを用いるもので、データの収集と位置の決定を行ってくれる。気球には規格の送信機を積むほか、一定高度で長時間浮遊するためのオートレベルシステムや長時間タイマが必要となる。昭和59年9月に行った実験では、新開発のオートレベルシステムも極めて正確に働き、放球50時間後にタイマの作動でフライトが終了した。気球はこの間に三陸東方の1800kmの地点にまで到達し、ARGOSシステムによるデータ中継および位置の決定は極めて良好に行われた。

海上回収 (宝探し?)

日本での観測器回収は約80%が海上である。気球から切離された観測器はパラシュートで7m/s程度の速度で降りる。着水予想地点は高層風データ(仙台, 秋田, 札幌気象台)をもとにパラシュートの大きさ, 観測器重量から計算する。

観測器にはブイが搭載され, 着水後に電波を発信する。船からの電波見通し距離は約20kmである。回収班は船に持込んだ携帯用受信機で電波を頼りに観測器を探すが, 海上回収には常に船酔いの恐怖がつきまとう。回収船は40~50トン程度である。酔止め, 酔薬などのおまじないの効果もむなしく, こませを撒き, 船にしがみつきながら必死に探す。三陸受信点から船舶電話「東経〇〇〇, 北緯〇〇〇!!」。エンジンの響きでよく聞えない。発見!!の声。しかし本物ではない。海上には似た物が漂流しており時々落胆させられる。必死の努力が実り探し当てたときの興奮は, 大穴を当てたような気持である。

現在のところ絶対的に回収が要求される観測は年間数機であり, 地上海上ともに回収率はほぼ100%に近づいてきた。





厚い大気層を抜けて高度30~40kmに昇ると、空気は地上の数百分の一に減少する。そこでは宇宙からやってくる多くの貴重な情報を、大気に邪魔されずにキャッチすることができる。こうした宇宙からのメッセージを求めて、またはるか上空で起きている物理化学過程を探るため、大気球はさまざまな科学観測装置を積んで成層圏へと旅立つ。

赤外線で探る ~天文観測~

東京大学東京天文台 小平 桂一

天文観測では地球大気が吸収や乱流効果によって悪い影響を及ぼすので大気圏外に出る努力がなされている。数10kmの高度に上っただけで悪影響が大幅に減少する場合には、経済性の上でも大気球による観測が最も優れている。

成すればオーストラリアか中国で実験する予定である。BIRTもBAT-IIもゴンドラの重量が4~5百キロにもなるので、日本では海上回収をせざるを得ないが、修復の経費がかさむので、地上回収の可能な実験場を海外に求めている。

長時間の積算を要する観測や、姿勢の安定性を要求する場合には、ロケットは向いておらず、気球の次は衛星という段取りになる。初期のX線観測は次第に衛星に移り、現在では水蒸気の層を越えればよい赤外線領域の観測が大気球利用の主流となっている。宇宙研、京大、名大などの赤外線グループがやって来た広域マッピングの仕事は一段落して、現在は口径50cmの大気球搭載用赤外線望遠鏡(BIRT)に全力が注がれている。測光器、分光器を搭載するこの望遠鏡はオフセット・ガイド系をもっていて、銀河中心域等の特定領域の高空間分解マッピングを行える。主目的は星間物質の物理にあるが、原始星なども観測する。本年2月のオーストラリアでの実験を目指して最終調整段階にある。東大グループによる恒星用赤外線望遠鏡(BAT-II)は、近赤外域の高分解フーリエ分光による赤色巨星の大気構造の解明を主眼としている。前回の実験で海上回収となったため、東レ科学振興財団の援助を受けて目下修復中である。完

上空の気流の乱れの少なさに目をつけて高解像力の太陽面写真を得ようとする東京天文台の気球搭載用の口径30cm太陽望遠鏡も実験を続けているが、これも超重量級である。計画中の宇宙塵収集やサブミリ領域の観測装置も大きい。気球利用の天文観測は高価な大型装置を繰り返して使う方式の新しい時代を迎えようとしている。



恒星用赤外線望遠鏡BAT-II

粒子線を求めて ~宇宙線観測~

東京大学宇宙線研究所 近藤 一郎

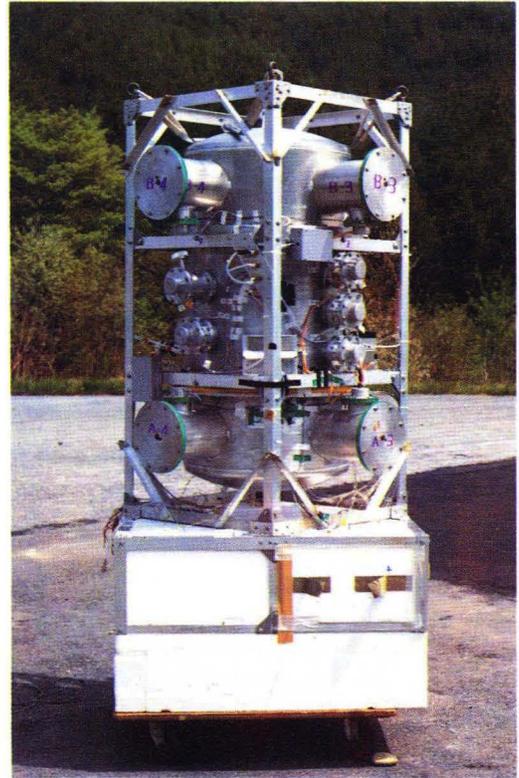
宇宙線は宇宙のかなたから降り注いでくる高いエネルギーの原子核と電子からなっている。電子は銀河電波のもとである。大気に入ってくると、空気中の原子核に衝突して二次粒子を発生する。宇宙からの生の姿を見ようとすると、大気頂上またはその外に出なければならない。宇宙線は毎秒

1cm²あたり1コ程度入射している。エネルギーが高くなると入射量は激減し、また重い原子核の数はそのうちの何百分の一、何万分の一である。精密な観測をするには1m²から数10m²に及ぶ測定器で長時間観測することが必要になる。超大型衛星かシャトルということも考えられるが、大気球観

測が一番实际的である。

宇宙研の大気球観測では、これまで数十回の観測が実施されたが、測定器を大別すると次の3種類になる。第一は日本で開発されたエマルジョンチェンバと呼ばれる装置で、金属板、原子核乾板、X線フィルムを組合わせたものである。1m²位の大きさで重量は100~400kgのものが多い。高エネルギー電子や重粒子観測に威力を発揮している。次は数10m²の大面積プラスチック検出器で、鉄より重い数の少ない原子核の観測に用いられている。以上2つとも回収は絶対に必要である。第3は、シンチレータ、チェレンコフ光検出器、比例計数管などを組合せて、粒子の種類やエネルギーを測定するものである。データは地上に送信するので回収は必ずしも必要としない。最近宇宙線研で作った装置は2.5m角×4mで重量は600kg位である。

現在までに大気球による観測で、(1)10¹²eV位までの宇宙電子のスペクトル、(2)10¹⁵eV位までの陽子、重原子核のスペクトル、(3)10¹⁰eV付近での鉄からウランに至る超重核の検出、などの成果が得られてきており、宇宙線の銀河系内での振舞いや源について多くの知識がもたらされてきた。より大重量、長時間浮遊が望まれている分野である。



重粒子観測器

大気を分析する ～地球物理観測～

名古屋大学空電研究所 高木 増美

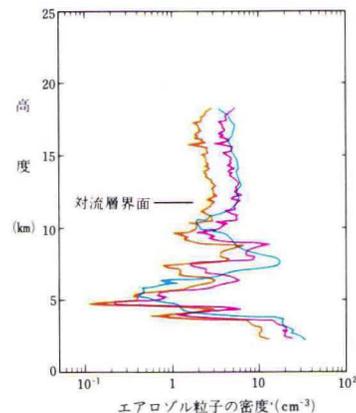
成層圏の物理、化学の研究では、測定器を現場に持ち込んだ直接観測は最大の決め手であり、大気球はこのための不可欠な乗物として重要な役割を担っている。我々の成層圏観測が大気球事業の一部として始まったのは大洋村の時代だった。もう20年に近い歳月が過ぎた。観測の対象もこの間の技術の開発と関連して変遷がある。

初期の観測は、IGYから引続いた気象庁の特殊ゾンドの延長が主で、大気電気やオゾン等の観測を大気球の使用によって精密化しようとするものであった。垂直電場、電流、導電率というオームの法則を形成する3要素、イオン平衡の要素である電離度とイオン密度、あるいはオゾン、水蒸気の観測が行われた。昭和40年代には、ELF空電、ホイスラー空電が観測された時期もある。地磁気や商用電力線放射の観測も加わり、今日まで継続している。電場の観測はその後、電離層電場とのつながりを示す水平電場を含めた。

イオン平衡に関与し、またそれ自体地球熱収支の主要な要素であるエアロゾルの観測は、48年日米科学協力の一環として行ったのが最初である。その後密度分布のみでなく、直接捕集によるその化学組成の測定も始まっている。大気微量成分の実

測は、質量分析器から、グラブサンプリングによる回収分析に移行している。一方姿勢制御法の確立とともに、吸光法による微量成分気体やエアロゾルの測定が始まり、これは現在の「おおぞら」による衛星遠隔観測技術の開発に大きい役割を果たした。またこれまでの物性面の観測の他に、大気乱流が観測され始めたのも、一つの話である。

MAPが開始されてから、大気球は最重要な観測手段としてその必要性は益々高まっている。上述の各種の要素について、それぞれの研究者により、欧米亜各国での共同観測もこれまでしばしば実施されていることを附記したい。



エアロゾル粒子の高度分布



海を越えて

日本の気球技術が海外に認識され、観測のレベルが上がるにつれ、海外協同観測も数多くなってきた。たとえば銀河系の中心核を観測しようとする、南半球でしか十分な観測が行えない。また地球上のごく限られた地域のみで観測できる日食のような現象は、国際協同観測の絶好の対象となる。海外での協同実験を通じて、観測の対象の幅と成果がひろげられてきた。

南天に星を求めて

奥田治之

日本・オーストラリア国際協力による気球観測が昭和58年度から始まっている。1回目は名古屋大学グループによる近赤外銀河光の観測と、宇宙研による宇宙線の観測が行われた。2回目として、宇宙研・京都大学グループによって遠赤外分光観測計画が進行している。この観測に使用される望遠鏡は口径50cmと大きな集光力をもち、オフセットガイド方式による高精度（±10秒角）の自動追尾装置を備えている。観測器としては、スペクトル線の探査用に粗い分解能（ $\lambda/\Delta\lambda=200\sim300$ ）で広帯域（50～200 μm ）をもつグレーティング分光器と、特定のスペクトル線の精密観測用に高分解能（ $\lambda/\Delta\lambda=1000\sim3000$ ）のファブリ・ペロー分光器を用いる。いずれも熱雑音を減らすため液体ヘ

リウムで冷却されており、背景熱ふく射の少ない気球高度環境を最大限に活用するよう努力が払われている。

気球の飛翔は本年2月に、オーストラリア中央部、砂漠のど真中にあるアリススプリングスから行われる予定である。観測対象としては、星間雲、分子雲からの原子の微細構造線（O I :63 μm , O III :52 μm , 88 μm ）や同位体水素分子線（HD :112 μm ）の探査、精密測定などが予定されている。この観測を通じて、星の生まれる星間空間での熱収支の問題や、宇宙創成期およびその後の重水素の量の変遷などに関して手がかりが得られるものと期待している。

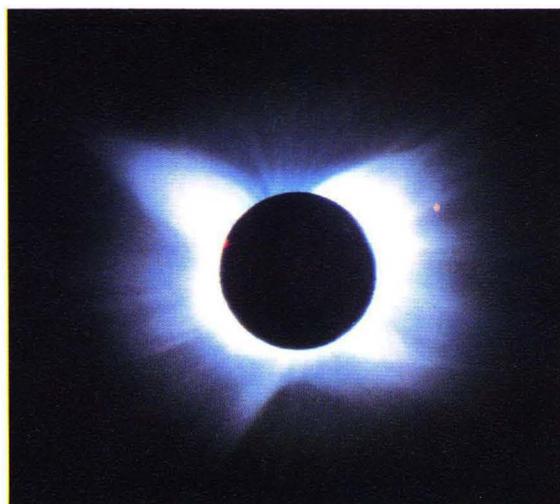
太陽の輪

狩 豊

インドネシアのジャワ島で1983年6月11日に皆既日食がおこり、その際気球でFコロナの観測を行うべく数年前より準備を始めた。この計画では1分角以下で望遠鏡を太陽に向ける必要があり、1年前に月を利用してSITカメラと姿勢制御テストを行い自信を深めてきた。インドネシア・ラパン（宇宙航空局気球部門）との技術交流も順調にすすみ、この経過をふまえていよいよ本番の日食を迎えた。

スラバヤの近く、カシューナッツ林の小高い丘の中ほどにたつワトコセ気球基地は、一面緑に覆われていて、羊が放し飼いされている。一日中気温と湿度が高くその中で朝から晩まで休みなく働く私達は感嘆の目で見られたものである。いよいよ明日というその日は強風と雨で止みそうにもな

い。あくる朝3時、水滴で濡れた草を踏みながら空を見上げると星が見えるではないか！ 7時15



日食における太陽コロナ（撮影 石橋 章）

分青空の中へ大気球が吸い込まれ、ランチャー班の喜びの握手が繰り返される。高度30kmで無事東風に乗日食の地点へとめざして飛び続ける。この間望遠鏡は三日月の太陽をとらえその姿を映しだす。11時28分皆既日食に突入。ディスプレイには太陽の姿はなく3分50秒にわたって刻々と送られてくるデータと秒を読む声だけが受信室の中に

響きわたっていた。

この観測では可視偏光、赤外4バンドでの測光が行われ、望遠鏡の姿勢も10秒角以下という安定度がえられた。現在までの解析で、太陽を宇宙塵でできた輪が取り巻いていることが明らかになってきた。

ステーキとスカンクと気球

牧島一夫

アメリカはテキサス州の東寄り、パレスタインという片田舎の町に、アメリカの誇るNCAR気球基地がある。宇宙研の小田所長、小川原助教授、阪大の宮本教授（当時宇宙研）らがカリフォルニア大サンディエゴ校と組んでこの気球基地で共同実験を開始されてから、早くも10年が経った。この実験の目的は、かに星雲のX線像を0.1分角の高

精度で合成しようとする野心的なものである。日本側がすだれコリメータと星姿勢計、サンディエゴ側が低雑音硬X線検出器と高精度気球ゴンドラを、という具合に、互いにお家芸の切り札を出しあってがっぷり四つに組んだ国際協力となった。努力の甲斐あって図に示すようなかに星雲の硬X線像が世界で初めて明らかになったわけだが、ここに至る道のりはずいぶんとけわしかった。実際、1974年から78年まで、計5回の気球フライトはご難続きだった。望遠鏡の仰角制御が効かなくなった1回め。装置がワニの住む沼に落ちた2回め。3回めは放球直後に気球が異常をおこし、切り離れた装置は電池のショートで丸焼けになってしまった。4回めからは筆者も参加させて頂き、5回めにはスカンクの襲撃という悲惨な事件に耐えつつようやく満足なフライトが実施できた。なにぶんステーキ以外に美味な外食のかなわぬ地とあって、日米ごちゃ混ぜの数カ月の共同生活の間に、西洋料理の自炊の修業を積む結果となった。



かに星雲とそのX線マップ(等高線)

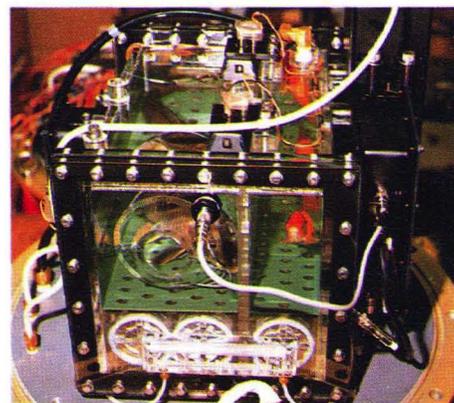
無重力実験

大気球を利用した無重力実験は、1980年より宇宙科学研究所で計画され開発が行われてきた。目標を1/100G以下におき無重力実験体の形状、切り離し方法、パラシュートによる減速法、回収方法などの問題を検討し解決してきた。

現在実験体は長さ2.2m、直径0.524m、重量270kgのロケット型で無重力状態の観測時間は、20秒間である。高度32kmより自由落下によって実現された加速度は切り離し10秒後に $2.9 \times 10^{-3}G$ 、20秒後に約 $1.4 \times 10^{-2}G$ 、回収用パラシュートの開傘衝撃はリーフィング方式を採用し約3.5Gとほぼ予想どおりの結果であった。

1982年の実験では名古屋大学環境医学研究所と宇宙研の共同で8mmカメラによる鯉の動きの撮影

と鯉の脳波のテレメータ送信を行った。観測はすべて正常に行われ実験体回収後もカプセル内の鯉は元気だった。



無重力実験に用いられた鯉と金魚

夢はふくらむ

気球による観測の発展をふりかえってみると、まずは安定した大型気球の開発、ついで姿勢制御、長時間フライトの方式、大重量の気球放球システムの開発、海外協力へとすすんできた。初夢は惑星に浮かぶ気球、大型スーパープレッシャ気球、南半球での世界一周気球……へとかがりなく広がって行く。

近い将来に目をむけると、三陸受信点の整備、そして大洋横断気球である。長時間観測と回収の難問をかかえて考え出されたこの方式は、ヨーロッパでは大西洋を渡る Trans Atlantic として実施されたが、アメリカ迄の距離がやや遠すぎて今は沙汰やみの状態である。ついでシシリーからスペインへの地中海横断気球。年間約10機程度放球している。



日中大洋横断気球の計画

日本に関係するのは太平洋横断の Trans Pacific 気球で、これは日米間で協議中である。

東支那海を渡って、上海、南京更に奥地へと至る航路は日中大洋横断気球。今関係者の間でかなりくわしい技術的なつめを行っている。気球技術の進歩をもたらし、新しい観測分野がひらけて、宇宙の謎ときがまた一つ進むことを期待している。

国立極地研が計画しているのはポーラパトロール気球。南極の夏に昭和基地から放球する。科学観測を行いつつ地球を西にまわり、約1ヶ月で基地の上空にもどる。電源は勿論太陽電池。データは大容量メモリに入れて、もどってきた時に呼び出す衛星スタイル。いわば、極域観測衛星、極地方での新しい観測システムである。真珠の首かざりのように数々の気球で極をとりかこみたい。

インドネシアでの日食気球観測は成功裡に終わった。次の日食は昭和63年、ボルネオから小笠原沖合数百kmの海上を通る。ボルネオをさけると、船からの放球が必要となる。風の方向に船が走り無風状態を作って放球する。太陽の輪の成分は何なのだろうか？ 船からの放球の可能性の検討がつづけられている。



早いものでもう4回目の新年号になりました。カラー印刷のためひときわ手数のかかる新年号ですが、今年は西村・広沢研究室に全面的にご協力頂いたおかげで、たいへんスムーズに作業が進みました。本文の大半は、同研究室の方々の手になるものです。また写真や図の保管も

とても行き届いて助かりました。忙しい中をさいて原稿のすみずみまで目を配って下さった西村先生、全体の構成を整えて下さった藤井さん、写真や図を担当して下さい下さった並木さんと松坂さん、そして原稿を手わけして書いて下さった同研究室の方々に厚くお礼申し上げます。なお表紙の美しい写真は内田右武氏の力作です。(牧島)

ISAS ニュース

No.46 1985.1.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎153 東京都目黒区駒場4-6-1 TEL 03-467-1111

The Institute of Space and Astronautical Science