

長時間フライト（パトロール気球）

西村 純・広沢 春任・太田 茂雄
秋山 弘光・藤井 正美・山上 隆正
粕 豊・岡部 選司・松坂 幸彦
高成 定好

1. はじめに

気球による観測の特徴として、比較的容易に大気の頂上で10時間程度の科学観測が行えること、かつ観測器の回収が可能なことをあげることができる。観測時間に制限があるのは、気球が受信可能範囲外へ出てしまうためである。我国では気球のコントロール技術の開発が早くから進められ、長時間フライトと回収のための努力が続けられてきた。その結果サイクリング気球〔1〕ブーメラン気球〔2〕として実際の観測に有効であることが確められた。

サイクリング気球とブーメラン気球は、排気弁とパラストを操作して気球の高度をコントロールし、各高度での風向の違いを利用して気球の進路を変えるものである。5月中旬から9月中旬までの日本の上空は20 km以下では一般に西風、20 km以上では東風となっており、この互いに逆向きの風を利用することにより、長時間観測の後に受信点近くに気球が近づいた時、観測器を切離し回収することが可能となる。

観測時間を延ばすためには、受信範囲を広げるのも有効な方法であり、このため直接受信可能範囲の外へ出た気球の電波を別の気球あるいは人工衛星で中継する方式が考えられる。これはリレー気球〔3〕として、現在開発中のものである。

以上の3方式は気球のコントロール、電波の中継という操作を必要とするので、システムとしてある程度複雑になるのはやむを得ない。次に述べるのは、長時間フライトに最も適した気象条件の時に放球して、長時間観測を実現するもので、気球に対する特別なコントロールは必要としない。

20 km以上の東風が安定して存在するのは夏の間だけで、冬の成層圏は東風が出現することもあるが一般に西風となっている。このため5月と9月には東風と西風が入れ替る風速の非常に弱まった状態が出現する。かならずしも回収を必要としない観測の場合には、この時期に放球を行うと、特別なコントロールなしで長時間観測ができるはずである。実際1975年9月のB 30-22、B 30-20気球ではこの方式が初めて採用され、それぞれ55時間、65時間という期待通りの長時間観測を行うことができた〔4〕。

このフライト方式は、太陽フレアとかガンマ線バーストのようなまれな現象を監視する気球という意味でパトロール気球と呼んでいるが、昭和52年の9月28日に放球したB 30-26気球では約80時間の観測に成功し、日本における長時間観測での最長記録となった。以

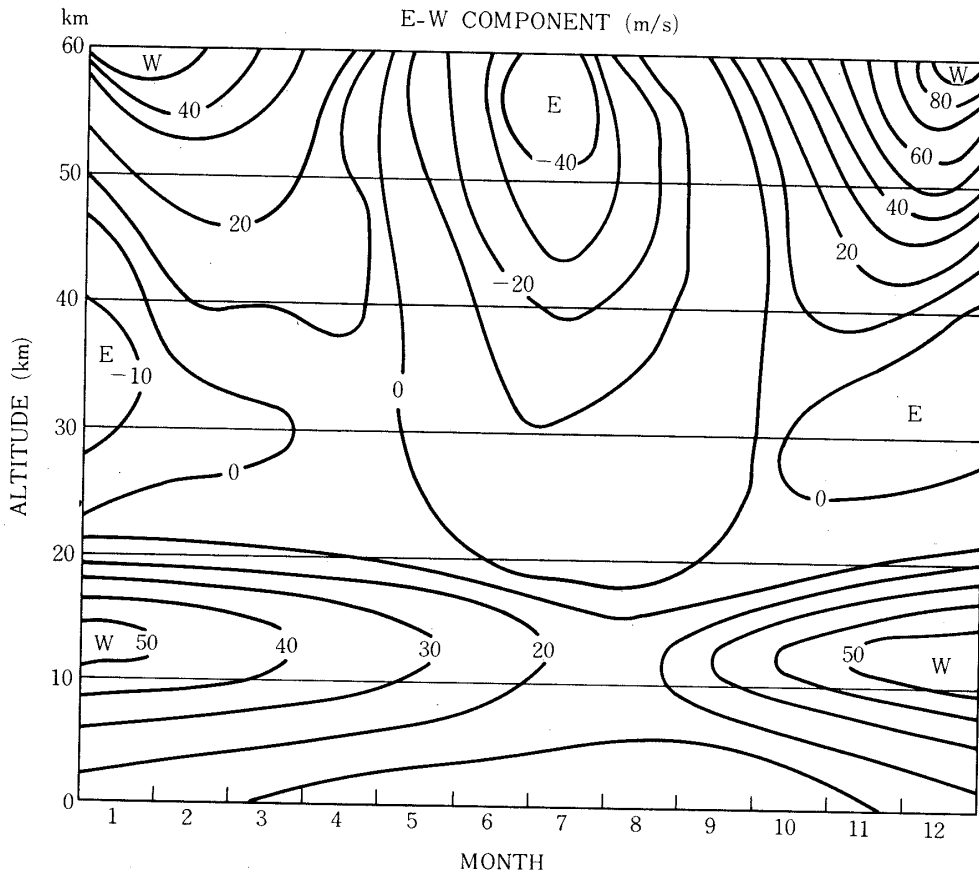
下パトロール気球のための気象条件と放球時期の決定, 実験の結果について述べる.

2. 上層風の一般的性質

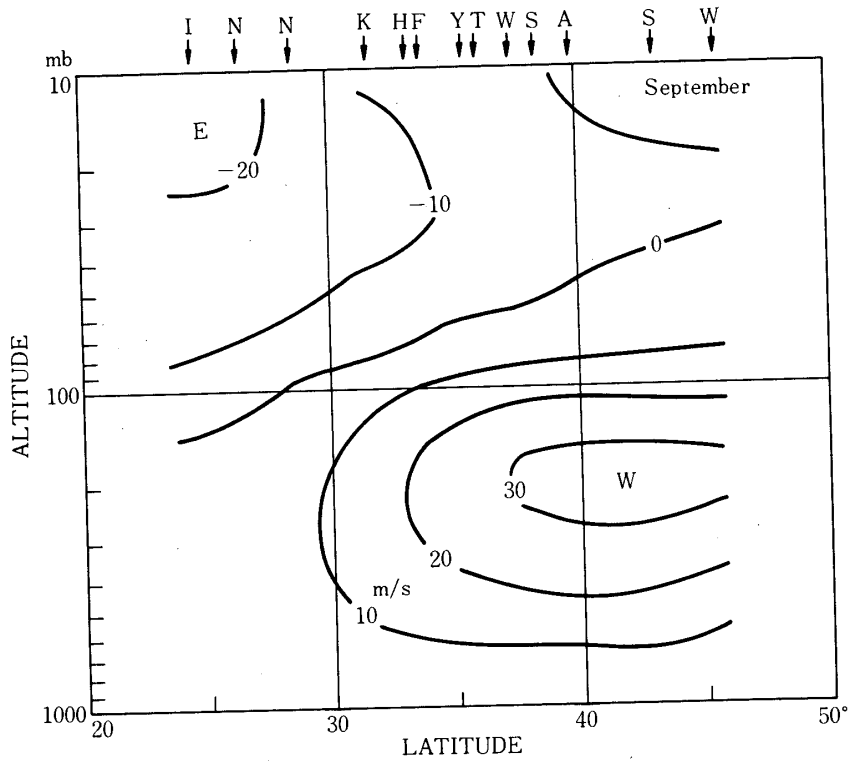
日本の上空では, よく知られているように高度12 km 付近を中心にジェット気流と呼ばれる強い偏西風が吹いている. 一般に高度20 km 以下では年間を通じて西風となっており, 20 km 以上では夏の間かなり安定した東風となっている. この様子を第1図に示した. この図で20 km 以下の偏西風については仙台の高層データを, 20 km 以上については綾里の気象ロケットのデータについてそれぞれ1971年から1975年の上層風東西成分の5年平均を使用した.

この図から1年間の上層風の平均的傾向がわかる. 5月と9月に放球すれば, 上昇中の気球は偏西風に乗って一たん東に流された後ゆっくりもどってくる. 7~8月は偏東風が強すぎて気球はすぐに日本海へ出てしまう. 我々が気球の実験期間を5~6月と, 9~10月に選んでるのは, この期間が比較的長時間観測と回収に適しているからである. 冬の間も高度30 km 付近は平均すると東風となっているが, これは成層圏の突然昇温と呼ばれる現象によるもので年毎に出現時期が異なり予測はむずかしい.

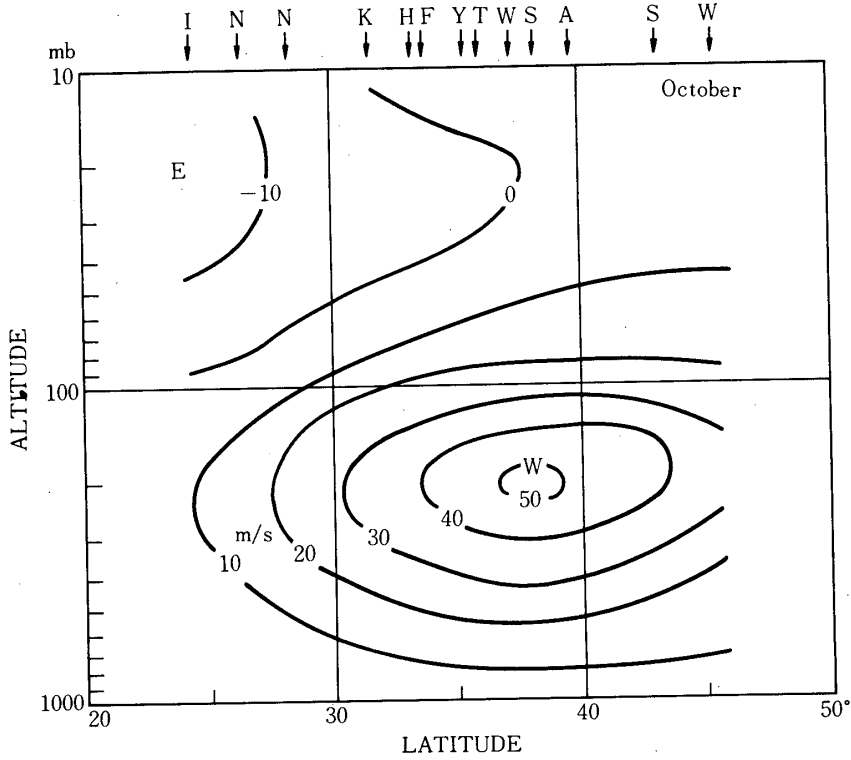
次に観測場所による上層風の変化を調べてみると次のようになる. 第2-a図, 第2-b



第1図



第2 - a 図



第2 - b 図

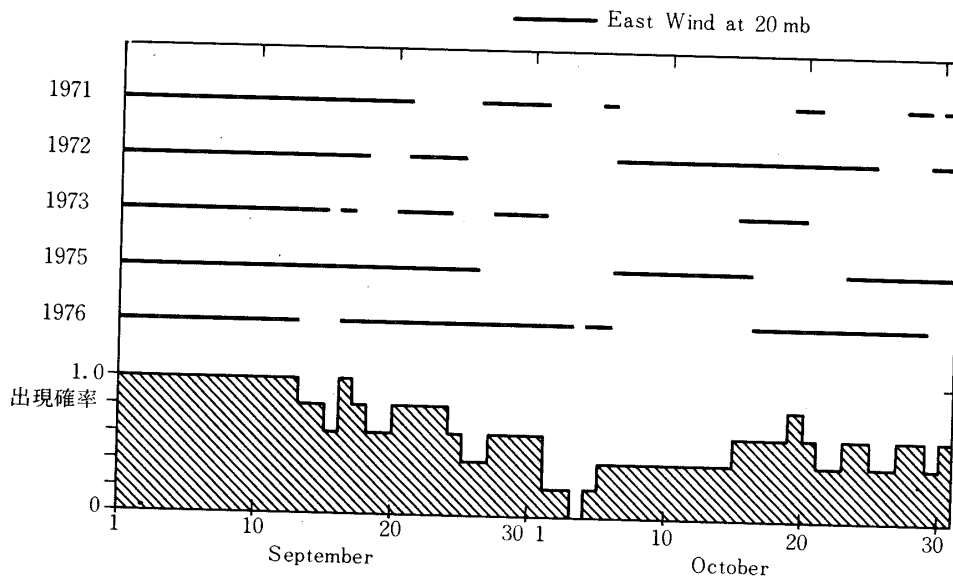
図に、9月、10月の上層風東西成分について緯度による変化を示した。図に示したW, S, A, ……N, I等の記号は北から稚内、札幌、秋田、仙台、輪島、館野、米子、福岡、八丈、鹿児島、名瀬、那覇、石垣の各高層気象台の緯度を示した。緯度の接近しているものは省略してある。この図でも5年平均のデータを使用した。9月の仙台上空は東風であり、10月は西風であることがわかる。ジェット気流の中心は9月から10月にかけて南へ移動し風速が大きくなっている。東風も南へ移動しており緯度変化が時間変化に対応している。従って平均には仙台上空の東風は9月下旬に消滅すること、東風は上空から無くなり始め最も遅くまで東風が残っている高度は20 mb 付近であることがわかる。

高度20 mb 付近の東風は東風消滅時期を予測する上での目安となるので、大型のゴム気球を使っている三沢のデータを用い、年毎のバラツキを示したのが第3図である。過去5年間について高度20 mb に東風が存在した時期と存在確率を示している。9月20日前後に一たん東風が消滅することが多いが年によって大きく異なっている。仙台の場合は20 mb 付近のデータが少ないが、三沢と比較すると消滅時期は1~2日位遅いようである。

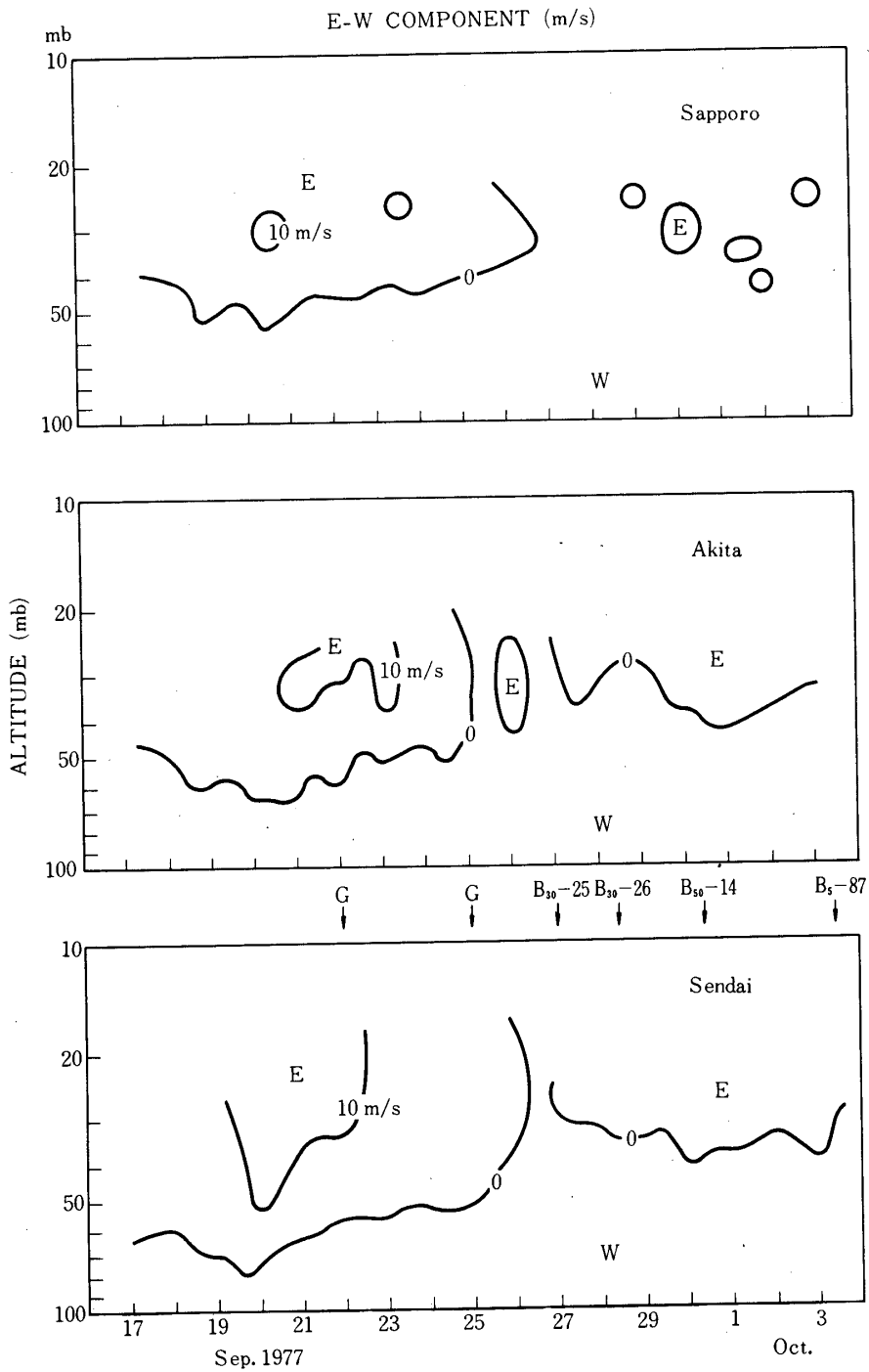
以上に述べた上層風のデータはすべて気象庁発行の「Aerological Data of Japan」を利用した。

3. B-30 - 26 気球の飛翔経過

パトロール気球では上層の風向が反転する無風に近い状態の時期に放球する必要がある。そのため上層風の一般的性質を考慮した上で実際にその年の上層風の日変化を監視しながら放球時期を決定する。第4図には昭和52年の9月下旬の高度100 mb 以上の風の日変化について、札幌、秋田、仙台のデータを示してある。札幌、秋田については電話で、仙台についてはテレックスでデータももらっている。この時期は綾里のロケットのデータはあいにく

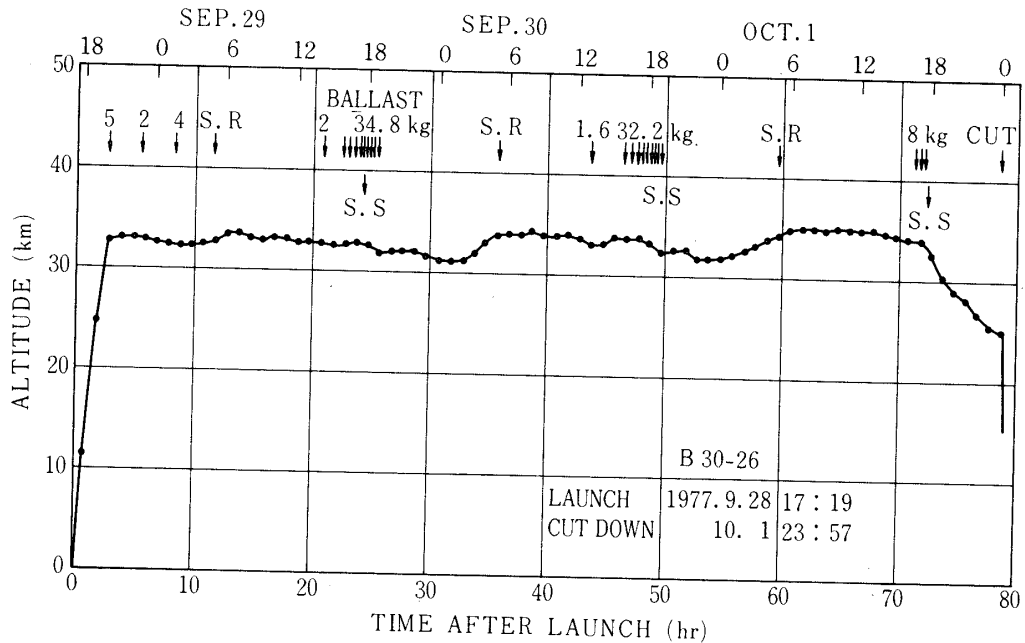


第3図



第4図

欠測で得られなかった。高度 20 mb 以上のデータが少ないので、9月22日と25日には三陸から大型のゴム気球を放球した。22日にはまだ 10 m/s 以上の東風が残っていたが、25日には 10 mb 付近は無風に近い状態となった。27日 B 30 - 25 気球を放球したが、残念ながら上昇中に気球が破壊し、28日 B 30 - 26 を放球することになった。この期間は札幌



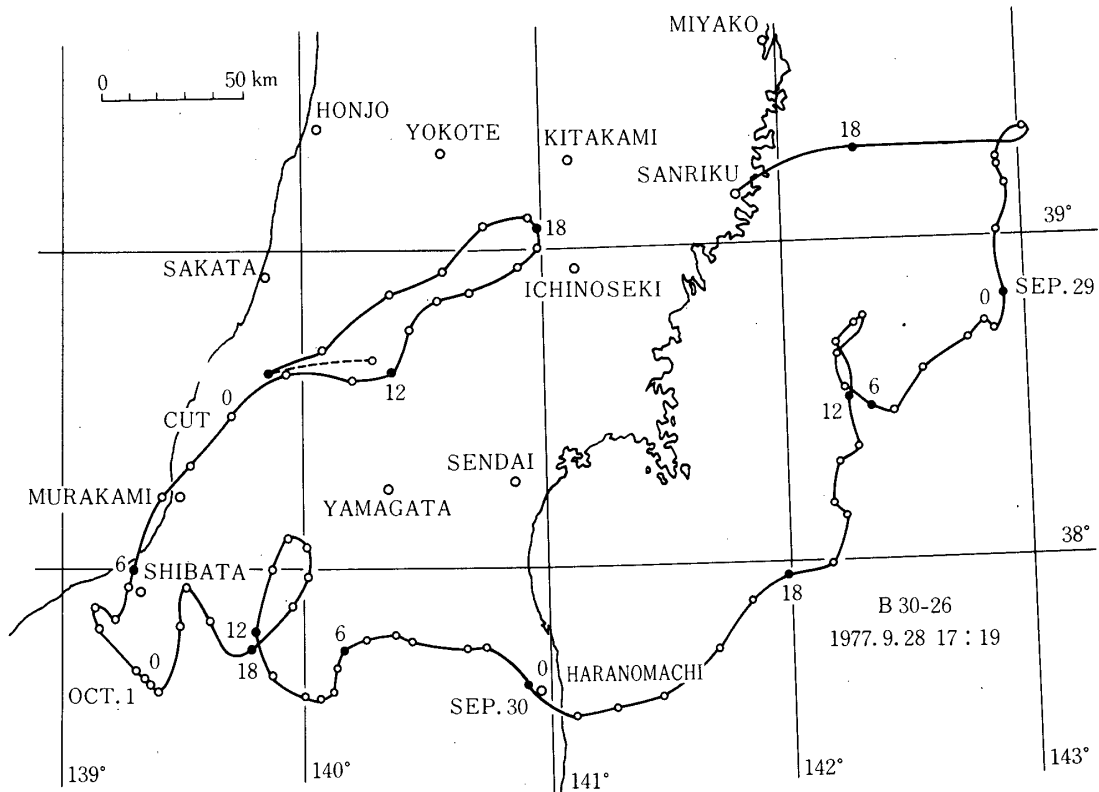
第5図

では東風は消滅しており，秋田，仙台では20 mb 付近に再び東風が出現した時期であり，長時間フライトに適した時期であると判断したためである。

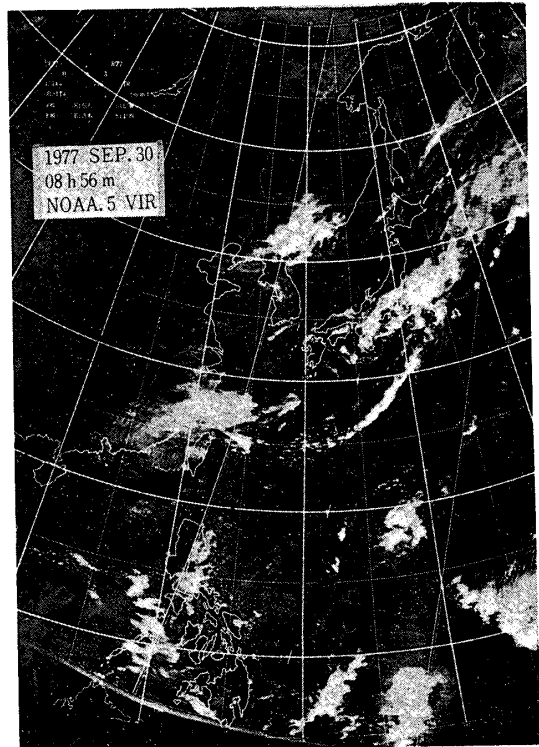
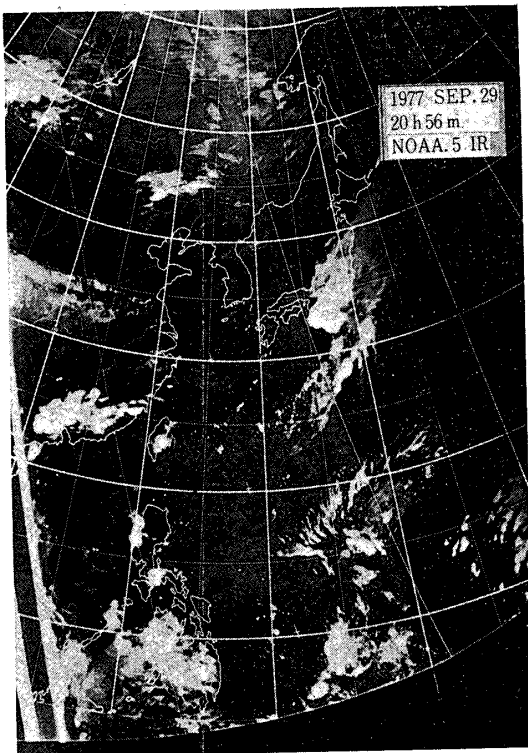
B 30-26 の高度曲線および航跡図を第5図，第6図に示した。昭和52年9月28日，17時19分に放球したこの気球は，10月1日，23時57分に観測器を切離すまで約80時間という長時間フライトとなった。観測を打切ったのはバラストを使い切ったため，10月1日の日没降下が補償できなかったことによる。航跡図にも現われているように，10月1日の18時頃から気球の高度が下がり，三陸に近ずいていた気球は再び西に流れ始めた。このまま浮遊を続ければ次の日の出で気球は再上昇し，あと1日位のフライトも可能であると思われたが，回収の可能性などの考慮して観測を打切った。幸い観測器は約1カ月後，降下予測地点の国有林の中で発見された。

この気球の総重量は406 kgで，内訳は気球196 kg，観測器108 kg，落下傘12 kg，バラスト90 kgである。総重量に対するバラストの割合は，22.1%である。バラストは9月29日の日没補償に8.8%，30日の日没補償に9.0%使用した。この量は比較的日没補償がうまく行われた。昭和52年のパトロール気球，B 30-20の場合の日没補償，7.7%と比較してやや多い。このため気球の総重量が2倍以上となっており，バラストを90 kg搭載したにもかかわらず結果的にはバラストが不足したことになった。

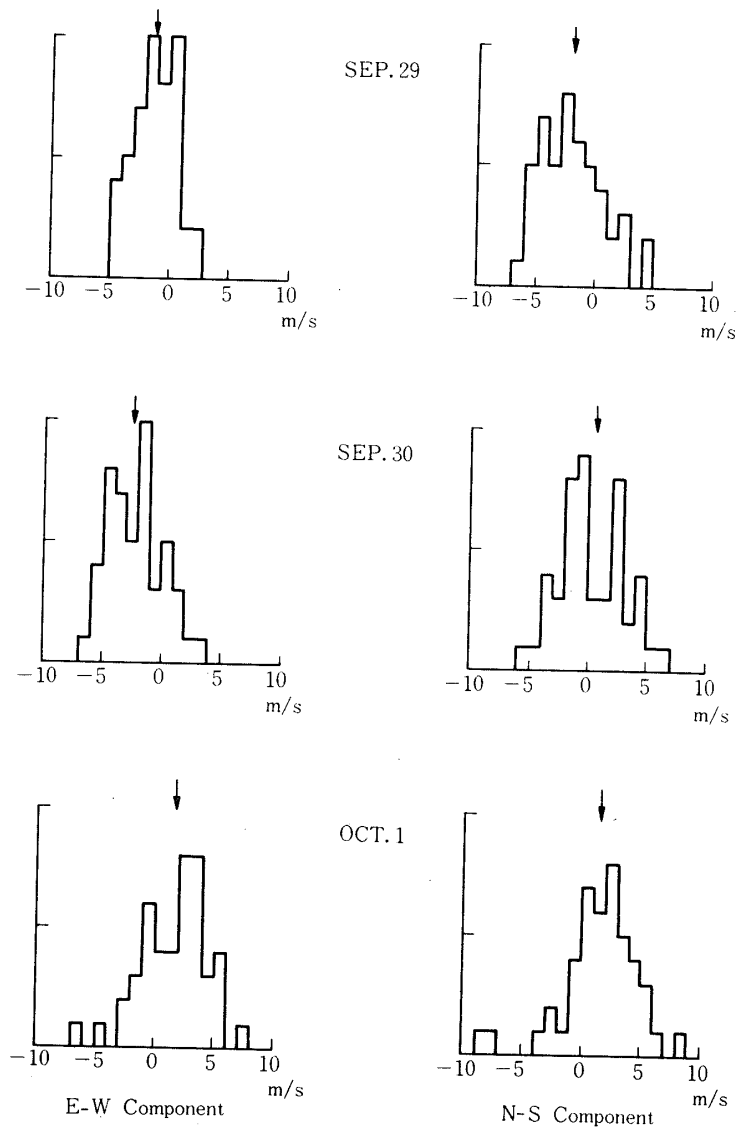
高度曲線を詳しく見ると，9月30日と10月1日の0時過ぎから気球がゆっくり上昇しているのがわかる。この例のように日の出前に気球が上昇するのは，夜間気球の下にある雲の量が減少して，地表からの赤外放射が増加し気球ガス温が上昇したためであろうと考えられ，又，日没補償のバラスト必要量がやや多かったのも雲にさえぎられて地上からの放射量が減ったためと理解することができる。第7-a図，第7-b図に気象衛星による雲の写真



第 6 図



第 7 - a, b 図

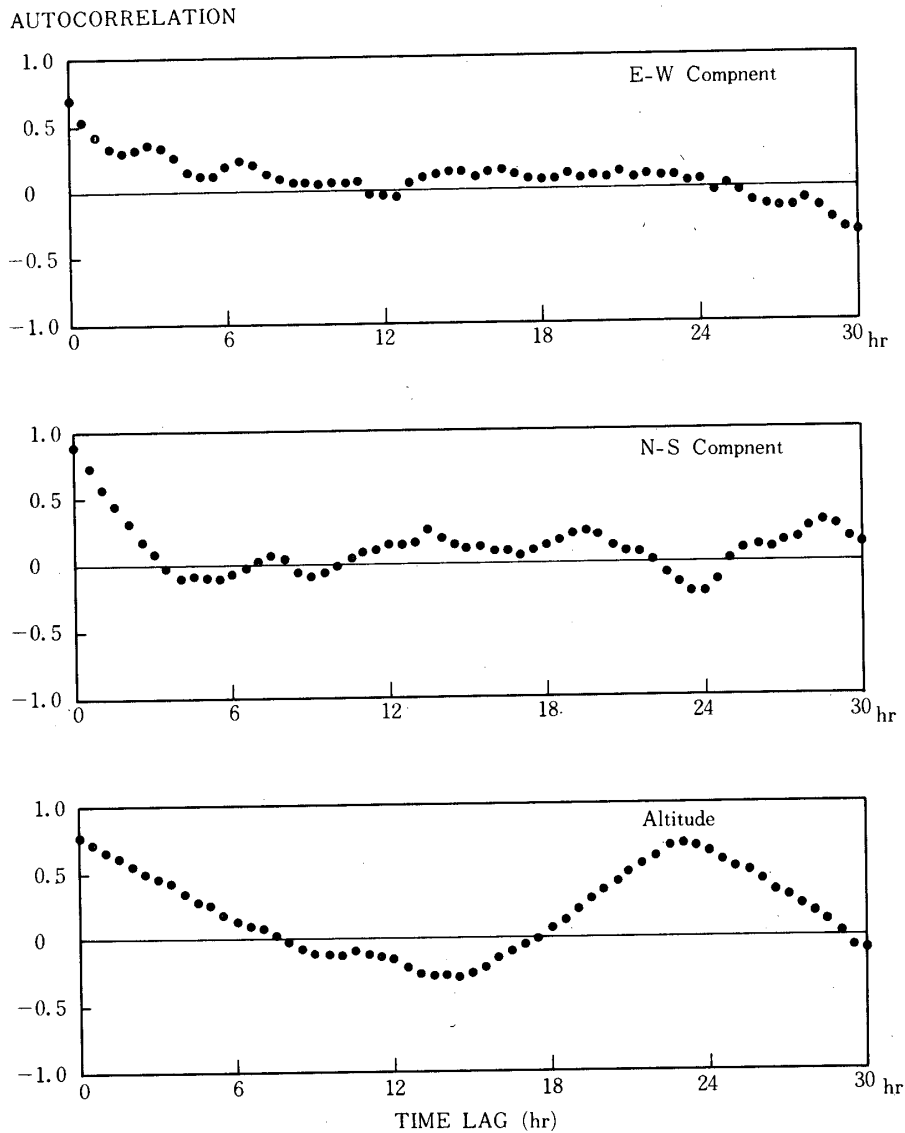


第 8 図

を示したが、実際 29 日の夜から 30 日の朝にかけて東北上空の雲が減少している。30 日から 31 日にかけての雲の変化はこれほど明確ではないが、今後このような夜間の気球上昇について例を集めて検討したいと考えている。

4. 高度 35 km の風の変化について

B 30-26 気球を放球した時期は予想通り上層風が弱かった。この気球について航跡図から上層の風速分布を調べてみた。30 分毎の気球位置のデータから、風速を東西成分と南北成分に分けて、24 時間毎に分布を示したのが第 8 図である。10 月 1 日に気球高度が下がった時のデータは含まれていない。平均値を矢印で示してあるが、平均風速はいずれも 1 ~ 2 m/s である。この風向分布は東風と北風を負にしてあり、9 月 29 日にゆっくり南下した気



第9図

球は、30日に西進し、10月1日に再び三陸に近づいたことと対応している。この風速分布の変化の様子からも、あと1日位は上層風が弱かったと予想され、パトロール気球によって100時間程度のフライトの可能性を示している。

昭和50年のB30-20の場合には、気球航跡から求めた風速の変化に周期性がみられた。特に風速の東西成分については、12時間周期、24時間周期が存在し、大気の潮汐現象ではないかと考えられた。今回も同様に第9図に示す自己相関関数を作って解析を行ってみた。気球高度の変化が日の出、日没の関係で24時間周期を示すのは当然であるが、風速の東西成分については顕著な周期性はみられない。南北成分については周期性があるようにも見えるが明確ではない。

5. む す び

パトロール気球方式によるB 30-26は、フライトが80時間におよび我が国での気球観測において長時間記録となった。これは放球時期がよかったため、昭和50年及び52年の例および上層風のパターンの検討からわかることは、20 mb 付近に若干の東風が残っている時期に、6 mb 付近の風が無くなっている可能性が高い。仙台のゴム気球のデータのみでは、10 mb 以上の風の様子はわからないが、札幌、秋田および綾里での週1回のロケットのデータを総合的に検討し、20 mb 付近の東風の変化を監視し、三陸から適時大型のゴム気球を放球し上層風を確かめることにより、正確な予報が期待できる。

今回および昭和50年の場合はいずれも9月末の実験であるが、5月始めの東風の出現の時期をねらっても、同様に長時間フライトの可能性があり、将来この時期についても検討を加えたいと考えている。

今回のB 30-26ではガンマ線バーストの観測が行われ、パトロール気球方式が有効性を発揮した。太陽フレアの観測の場合には、夜間気球高度が下がってもよいわけでバラストの消費が少なくすみ、この方式がさらに有効となる。外国でも20時間以上のフライトはまれであり、パトロール気球は5月と9月の年2回の可能性しかないが、日本における気球観測の特長として発展させていきたい。

B 30-26の場合、バラストの量でフライト時間が制限される結果となったが、上層風の変化の様子からは、100時間程度のフライトも可能と思われる。将来は、バラスト消費の少ない気球あるいはスーパープレッシャー気球のように、原理的にバラストを必要としない気球の開発に力を入れる必要がある。

謝 辞

上層風データに関して、仙台、秋田、札幌の气象台および気象庁高層課に、雲の写真に関して予報課の木村武雄氏にお世話になりました。厚くお礼申し上げます。

1978年5月27日 新設部(工学)

参 考 文 献

- [1] 藤本陽一他：「プラスチック気球I」東京大学原子核研究所。INS - TCB - 2 (1962)
- [2] 西村 純他：「ブーメラン気球」宇宙航空研究所報告, 9, 1(B), 1, (1973)
西村 純他：「プログラムブーメラン」宇宙航空研究所報告, 11, 2(B), 417, (1975)
- [3] 太田茂雄他：「クレー気球」大気球シンポジウム報告, 117, (1976)
- [4] 西村 純他：「パトロール気球」宇宙航空研究所報告, 12, 2(B), 579, (1976)