

飛行機観測で得られる台風資料の利用とその問題点*

島田 健 司**

1. 緒 言

米国の空軍と海軍が台風の飛行機観測を始めてから15年以上たち、たび重なる経験や、研究により、その資料を使いこなせるだけの知識がようやく蓄積されてきたように思われる。北太平洋地域では、今日いぜんとして台風の追跡には、飛行機観測がもっとも重要な役割をはたしており、また今後も相当長期間その重要性を失わないであろう。そこでこれまでの資料から得られた飛行機観測についての知識をとりまとめた。

2. 中心(目)の位置決定

西太平洋では、熱帯低気圧の観測に対しては、現在、56気象偵察隊が第1の責任を持っており、海軍がこれを

補っている。第1図***にみられるように第56気象偵察隊では1日おきに、ガムから西マーンシャル～東カロリン地区に観測機を飛ばし、台風の早期発見につとめている。

一度熱帯低気圧が発見されると、ガムの台風警報センターからの指令で、それに対する特別観測が行なわれるようになる。これには海軍機も参加し、1日に1～4機が出動する。

台風に対する飛行機観測の中でもっとも重要な観測項目はもちろん中心(目)の位置決定である。中心決定に使われる方法は二つある。一つは貫通飛行(Penetration)と呼ばれ、飛行機が中心(目)の中に飛び込んで直接に中心(目)の位置を知る方法であり、他の一つは飛行機のレーダーで、台風の壁雲の外側から中心(目)の位置を決定する方法である。一般に前者の精度はよいが、後者の精度は落ちる。

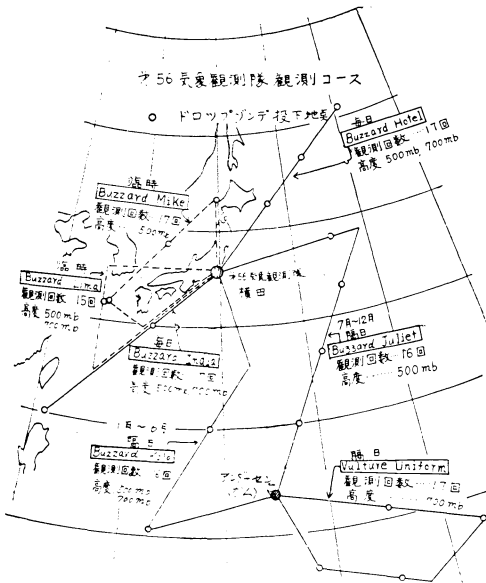
貫通飛行あるいはレーダによって中心の位置がきまるとただちにガムに中心(目)の観測資料(eye data)が打電される。この資料の中には目の位置のほか、観測時刻、位置決定の根拠、飛行方法および位置の精度、目の大きさ、形、状態、飛行高度における目の中の気温と露点、700mb高度の最低値、飛行高度の最大風速とその存在象限、海面上の最大風速とその存在象限、タービレンスその他参考記事が記されている。

2.1 貫通飛行による中心(目)の位置決定

貫通飛行によって、中心(目)の位置決定をする場合根拠になるのはつぎのようなものである。

- (1) 壁雲
- (2) 飛行高度における気圧またはD一値
- (3) 飛行高度の気温
- (4) 飛行高度の風
- (5) 目の底に存在する層積雲の流れ方

観測者はこれらの諸要素のうち二つ以上を使って、位置決定をする。理論的には、台風が移動していると、風の中心、気圧の中心、壁雲の中心は一致しないはずである^{3),4),10),13)}が、よく発達した台風で、目が小さな場合にはこれら種々の中心のくい違いは、問題になる程大きくはない。C.L. Jordan⁵⁾はこの違いは10マイルをこえないとしている。



第1図 第56気象隊の観測コース 1961年3月1日現在

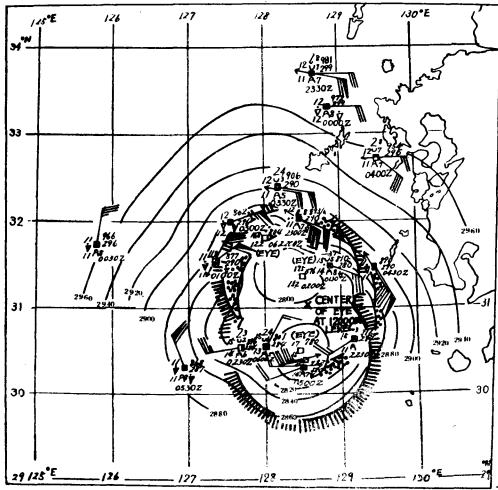
* Utilization of Typhoon Reconnaissance Data and Its Problems

** Kenji Shimada: 気象庁予報課
—1962年3月23日受理—

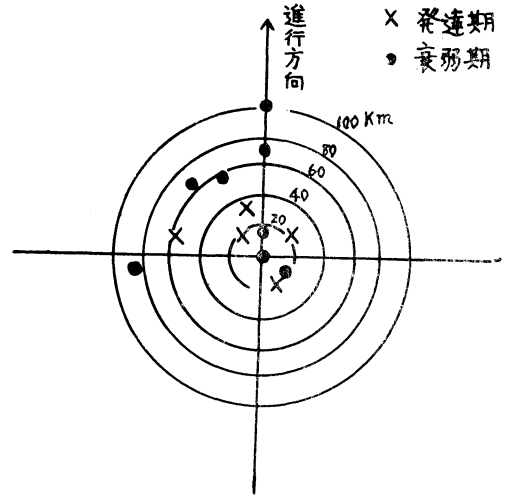
*** 1962年度からこのコースは多少変更され、新たに西カロリン方面へのコースが設定される見込(ガムの台風警報センター所長 Kotsch 海軍大佐の話による)

これに反して、大きな目をもった台風の中心決定にはいろいろな問題が生じて来る。Bundgaard¹³⁾ は大きな目の中にはいくつかのうずがあり、中心が決定しにくいことを示しているが、1959年8月の台風6号の場合にも同じような例が見られる。第2図は、8月7日に行なわれ

台風が熱帯性を保っているうちは、台風の中心軸にはかたむきは普通ないよう考えられるが、上にのべのような場合には、飛行機から報じられる700mbの中心と地表面での中心は一致しないことが起って来る。第3図は1959年、1960年の2年間の飛行機からの報告のうちで



第2図 台風5906の飛行機観測資料から作った中心付近の静止台風図 1959年8月7日



第3図 700mb中心の地上中心からのずれ (1959, 1960年の飛行機の観測報告から)

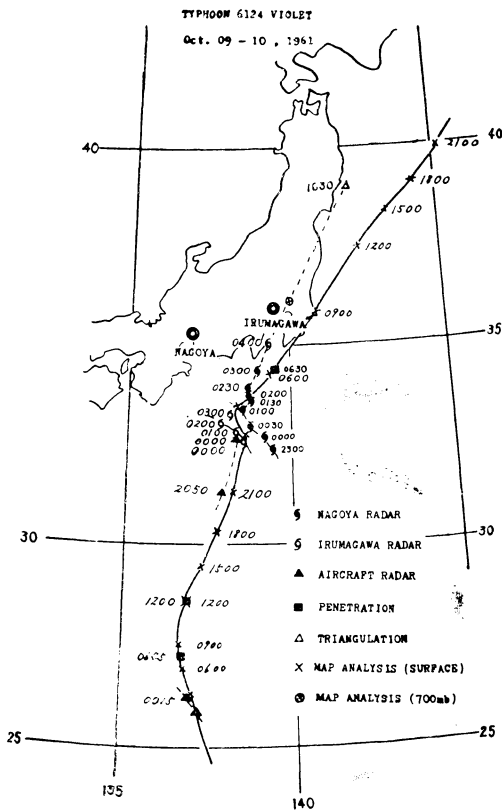
た飛行機観測資料である。各観測資料は時刻が違うのでその位置は、地上天気図上の990mbの等圧線の中心の移動速度を台風を台風の速度とし、これを使って8月7日09時(I)における静止台風を作るように実際の観測位置から移動させてある。7日11時(I)と16時(I)の飛行機観測によると、この台風の目の直径は200kmにも達しており、この大きな目の中に二個の低気圧性のうずが存在しているのがわかる。このような一見不安定なうずでもやく二日間にわたって存在していたという事実には注意すべきである。飛行の観測者は最初は北方のうずの中心を台風の中心と報じ、2度目の位置決定の時には南方のうずの中心を台風の中心として報じたようであり、この種の台風の位置決定の困難さをよく示している。この頃、およそ12000mの高度で、別の気象観測機が台風の中心決定をしているが、その位置は700mbに認められる二個のうずのほぼ中点であり、地上における990mbの等圧線の中心にだいたい一致している。このように大きな目をもった台風では、飛行機によっても、正しい中心位置を決定するのは非常にむずかしいようである。したがって、精度もかなりおちることが考えられ、1回ないし2回の飛行機観測からすぐに台風の進路をきめてしまうのは危険である。

700mbの中心と地表面での中心の両方を報告して来たものをつめたものである。地表での中心を中心点にとってある。発達期、衰弱期にはあまり関係なく、700mbの中心は地表面での中心の左前方にずれている。

熱帯低気圧が温帯低気圧になると、飛行高度(普通は700mb)での中心は、地表面の中心からずれて、寒気上に位置するようになる^{13),14)}。この場合には地表面の中心位置から100km以上もずれることが少なくない。第4図は台風6124の中心経路を示したものである。台風が熱帯性である間、すなわち10日03時(I)以前においては、貫通飛行によって決定された中心位置は、地上天気図の解析によって決定された中心位置とほぼ一致している。台風6124の中心部は10日03時(I)ごろに極前線に接触し、温帯化が始まった。同時に700mb面での中心は地上の気圧中心の位置から寒気側にずれ始めている。このずれは、温帯化が進むにつれて大きくなり、10日16時30分(I)に、台風観測機によって得られた中心位置(39.0°N, 142.3°E)は地上天気図の解析からきめられた中心位置からおおよそ150km寒気側にずれている。

2.2 飛行機レーダーによる中心(目)の位置決定

近年台風観測機には強力な10cm波長のレーダーがとりつけられ、強風域外から中心をとらえることができる



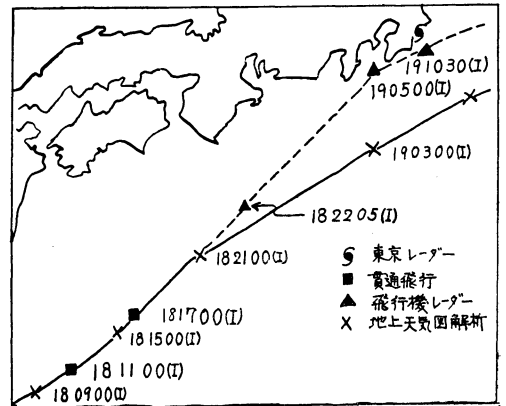
第4図 台風6124の経路

実線：地上経路 破線：700mb 経路

ようになった。しかし精度の点からみると、飛行機レーダーでの決定位置は、貫通飛行によって得られる中心位置にくらべ、ずっと悪いのが普通である。1959年と1960年の例をみると、もっとも正しいと思われる経路から、50km 以上はなれて観測された飛行機資料は20回あるが、そのうち12回はレーダーによる決定である¹²⁾。飛行機レーダーによる位置決定の精度の悪さはつぎのような理由によるものと考えられる。第1は馬てい型あるいは半円形をしたレーダー エコーから、正しい中心を求めることは、おそらく非常に困難だろうということ。第2には偽眼を中心として見誤ることがあるだろうということ。もう一つはレーダー中心が気圧中心や、風の中心からはなれて存在するという力学的な理由である。台風が熱帯性であるうちは、レーダーの中心はいわゆる“normal cyclone”のトルネード中心に一致し、進行方向に向かって右方に存在する^{3),4),10),13),14)}。しかしこの場合の気圧中心とレーダー中心のずれは、田村¹⁴⁾がのべているように、回転速度 4×10^{-4} rad/sec⁻¹、移動速度 40

km/hour で 20km 足らずの小さなものであるからあまり問題ではない。

もっとも問題になるのは、温帯化を始めている台風におけるレーダー決定の精度である。この場合には貫通飛行の場合と同じように、飛行機レーダーできめた位置は地上の気圧中心から寒気側にずれ、大体 700mb での、中心と一致するようである^{13),14)}。この場合、寒気が強い程両者のずれは大きくなり、極端な場合には 200km をこえることもある。1例を第5図に示す。

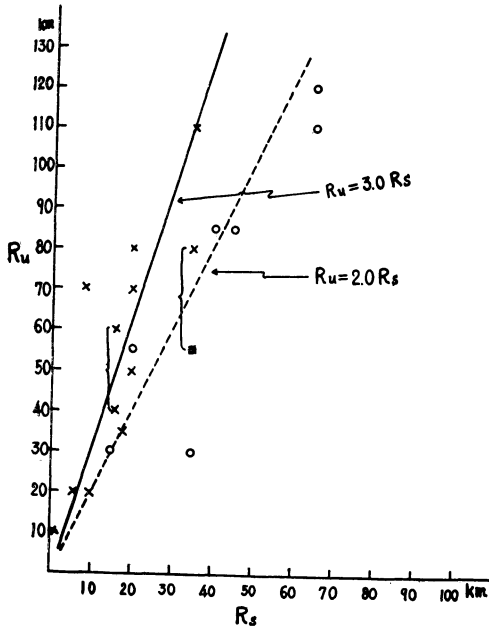


第5図 温帯化した台風において飛行機レーダーできめた中心が地上中心からずれる例1959年10月19日 台風5918

飛行機レーダーによる位置決定で誤解を伴うのは大部分、第2の場合と第4の場合であり、第4の場合はずれが大きいためにくに注意して資料をあつかうことが必要であろう。

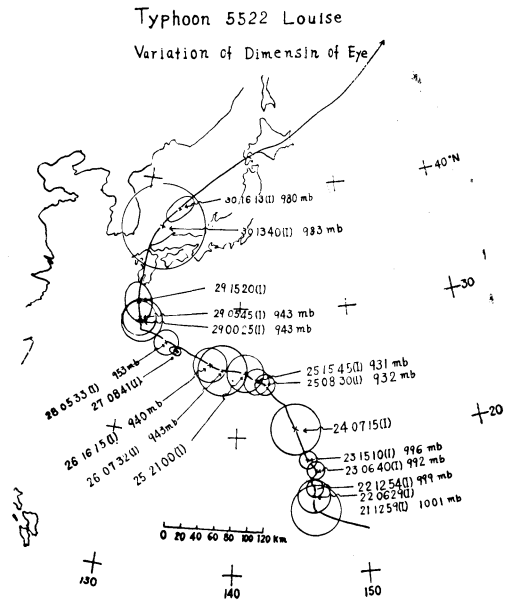
3. 目の大きさについて

飛行機観測の中心(目)の資料の中に報じられている目の大きさは、飛行高度において測った壁雲の大きさ、または、飛行機レーダーにあらわれる目の大きさである。この大きさは、一般には地上における弱風(5m/sec以下)域よりも大きい¹²⁾。第6図は飛行機観測資料の中に報じられて来た目の大きさと、地上における弱風域の大きさとを比較したものである。使った資料は1952年から1961年までのものである。まず海岸あるいは島の観測所のほぼ中央部を通ったものと思われる台風を選び出し、その中からさらに飛行機が台風の目を観測した時刻から±4時間内には少なくとも目の一部にその観測所が含まれていた場合を選んだ。弱風域の大きさは、台風の速度と、観測所で 5m/sec 以下の弱風が続いた時間とから



第6図 飛行機の報ずる目の大きさと地上における弱風域(5m/sec以下)の大きさの比較, R_u : 飛行機が報じた目の直径, R_s : 地上における弱風域の直径, ○は地上の弱風域続時間と台風の速度からの推算, ×は飛行機からの直接の報告による。

ぎると、目はしだいに拡大してくるが、最盛期から衰弱期に入った時にもっとも大きな値を示す。衰弱期においては目はしだいに収縮しつつは消滅する(第7図)。



第7図 台風の一生における目の大きさの変化の一例。台風5522。

算出してある(○印)。このほかに飛行機が直接地表面の弱風域の大きさを観測したものは×印で示されている。前者の場合には、地表面での弱風域の大きさは、飛行機観測資料に報じられている目の大きさのおよそ1/2であり、後者の場合にはおよそ1/3になっているが、いずれにしても、飛行機から報じられる目の内側でもかなりの強風が存在していることが考えられる。

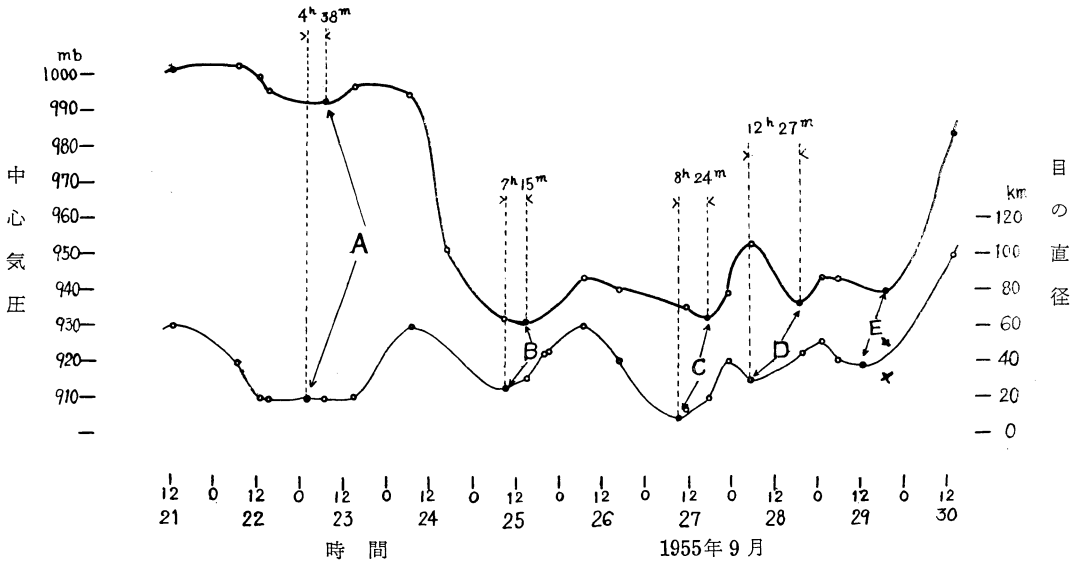
地上天気図で台風の位置決定をするのに、高橋(浩)博士の“台風の中心気圧を求める図”を使用する方法^{11),15)}があるが、この場合地上の目の大きさとしては、飛行機観測資料に報じられている目の大きさの1/2の大きさを用いるとよい結果が得られることは上記の事実を裏書きしている。

台風の目の大きさは、台風によってちがひ、直径5km ならずの小さなものから、直径が200kmをこえるものまである。また目の大きさは時間と共に変化する。渡辺¹⁶⁾、大塚⁸⁾によると一般的には目は発生期に大きく、中心気圧の下降と共に縮小し、気圧の最低値が起る直前に目の大きさの最小値があらわれる。さらに発達期を過

台風の目が最小になってから、気圧の最小値があらわれるまでの時間は6~24時間がもっとも多い。

台風の中にはこのような一般的な変化の上にさらに小週期の大きさの変動が重なっているものがある。第8図はその一例である。図からわかるように、この場合にも目の大きさの変動は中心気圧の変動に関係しており、目の極小値があらわれてから、4時間半ないし12時間半のうちに中心気圧の極小値があらわれている。1952年から1961年までの10年間に発生した台風のうち、飛行機観測がなかったり、あっても少なくとも目の大きさの変動と中心気圧の変動の関係をひきだせなかったものを除き、101個の台風について、目の大きさが極小に達してから中心気圧が極小になるまでにかかった時間を調べると、表のようなになる場合の総数が149で台風の数101よりも多いのは、前に述べたように、目の大きさ、および中心気圧に二個以上の極小値を持った台風が存在するためである。またこの表の中で時間差の負の値は、気圧の極小値の目の極小値よりも早く起ったことを意味している。

表からわかるように、目の極小値が、中心気圧の極小



Typhoon Louise No. 5522 ○—○ 中心気圧 ○—○ 目の直径
 第8図 目の大きさの変化と中心気圧の変化との関係

表 目の大きさが極小値を示してから、中心気圧が極小になるまでの時間とその件数

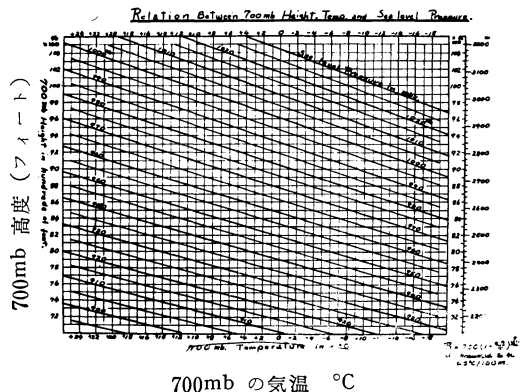
時間 (hours)	件数
$T \leq -6$	—
$-6 < T < 0$	4
$T = 0$	14
$0 < T \leq 6$	24
$6 < T \leq 12$	29
$12 < T \leq 18$	20
$18 < T \leq 24$	32
$24 < T \leq 30$	14
$30 < T \leq 36$	4
$36 < T \leq 42$	1
$42 < T \leq 48$	3
$48 < T \leq 54$	3
$54 < T \leq 60$	1
$60 < T$	—

より早く起っている場合の数は総数の88%にあたる131回に達している。このうち57%にあたる95回は6~24時間に集中している。この結果の理論的考察は別の機会にゆずるが、現業で台風の気圧の深まりの見当をつけるのに便利である。

4. 中心気圧の推定

貫通飛行の場合には、目の中でドロップゾンデが投下されて中心気圧が測られる。ドロップゾンデによって測られた中心の海面気圧の精度は±5mbであり、実用にはぜんぜんさしつかえない¹²⁾。しかしドロップゾンデの資料は、目の資料よりも1時間ないし4時間おくれて入電するので、目の資料の中に報告されて来る700mbの高度と気温とから、中心気圧を推算するのが有効である。推算には田中文治氏作成のもの(第9図)が精度がよく使いやすい。この図表は、

$$P_s = 700 \left(1 + \frac{\alpha Z}{T} \right)^{g/R\alpha}$$

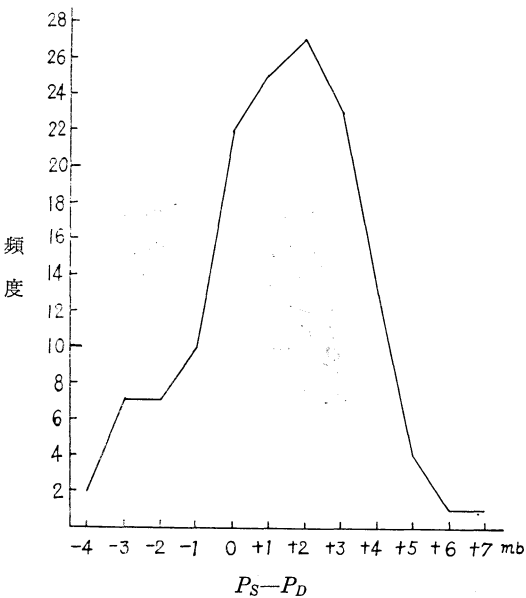


第9図 700mbの高度と気温から、中心気圧を推定する図(田中文治氏作成)

の式にもとづいている。ここで P_s は海面の気圧、 α は 700mb 面と海面の間の平均気温減率で $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ としている。 g は重力加速度、 R は乾燥空気気体定数、 T は 700mb の気温、 Z は 700mb の高度である。

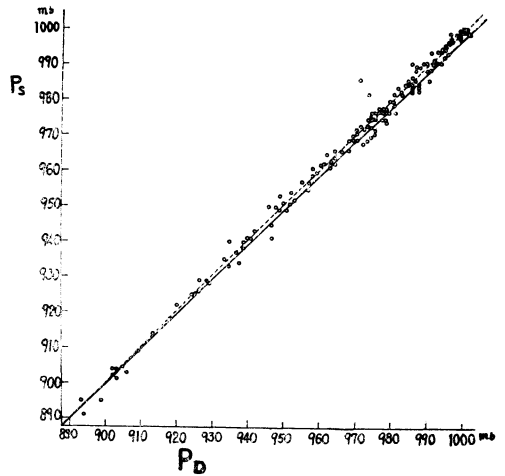
目の中の 700mb~海面における気温減率は、実際には $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ より大きい。たとえば伊勢湾台風の場合には $0.4^\circ\text{C}/100\text{m} \sim 0^\circ\text{C}/100\text{m}$ である⁴⁾。しかし気温減率が小さいときは、目の中で強い沈降が起っている場合で一般に非常に乾燥していて、実際気圧の計算にきいてくる仮温度の減率は $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ にかかなり近くなっている。

第10図はこの計算図表で推定した中心気圧とドロップゾンデによって測られた中心気圧の差の頻度分布を示し



第10図 田中氏の計算図表で推算した中心気圧 P_s とドロップゾンデによる中心気圧 P_D との差の頻度分布

たものである。使用した資料は1956、1960年の144個の飛行機観測資料である。大部分がゾンデの精度限界の $\pm 5\text{mb}$ の中に入っており、精度のよいことを示している。 $\pm 2\text{mb}$ の所に最大頻度があり、計算図の方がやや高めに出る傾向がある。この傾向は第11図からもわかるように中心気圧の高い台風においてははっきりしている。弱い台風にあっては普通 700mb 以下の層における気温減率は、 $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ よりも、大きいので、の中心気圧をこのような傾向が出ているものと考えられる。弱い台風をもう少し正確に推算するため、すなわち $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ の減率で計算して得られる値より 2mb 程低い海面気圧を



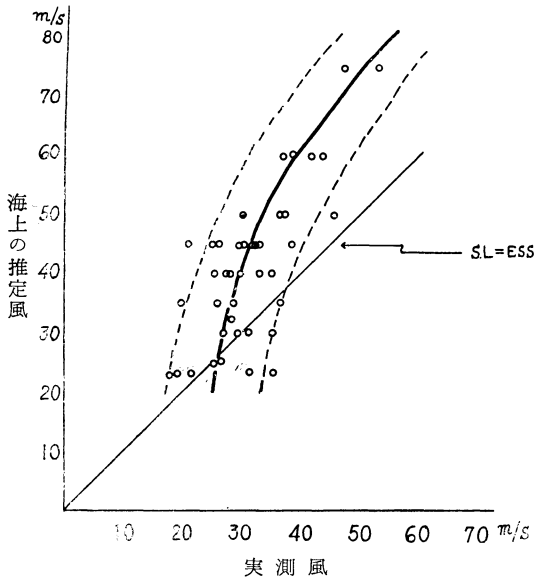
第11図 田中氏の計算図による中心気圧 P_s とドロップゾンデによる中心気圧 P_D との比較

得るためには 700mb 以下の層を 2°C だけ暖かく仮定すること、すなわち気温減率を $0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$ 位にするとよいであろう。

5. 地表面風速の精度

目の資料の中には、観測された地表面の最大風速と、台風のどの象限にその風が存在したのかを報じて来るがこの風速はすでに知られているように海面の状態から観測者が推定した風速である。したがって、観測者の熟練度により、その精度にはかなりの差がでて来るものと思われる。観測者自身の話ではこの推測風の誤差を 50kt の風速までは 10kt 以下、75kt の風速では 10~20kt、100kt の風速では 10~20kt、125kt 以上の風速で 25kt 程度と考えているようである^{5),6)}。風速の推定の基準になる海の状態の写真が作られており、観測者はこれを参考にして風速を推定するが、もともとこの写真を作るときに使用した風速は、飛行機の二重偏流または多重偏流で測定したもので、われわれが使用している10分間の平均風速とは本質的にかなり違ったものである。

第12図は目の資料の中に報告されて来た地表面の最大風速を、台風の中心付近の観測所で観測された10分間の平均最大風速と較べたものである。観測所は最大風速の存在する象限のものを選び出している。風速のあまり大きくない 25m/sec 付近では、飛行機で観測され報告されて来た風速と、陸上観測所で観測された風速とは、かなりよく一致しているといえよう。風速が大きくなるにつれ、両者の差も増大している。陸上観測所の値が 40m



第12図 飛行機で観測された海上の推定風と、観測所で観測された風速の比較

/sec の所では飛行機観測は 60m/sec を、また陸上観測所が 50m/sec の所では飛行機は 75m/sec を示し、この程度の風速では、飛行機の観測値は10分間風速の約 1.5 倍と考えてよいであろう。55m/sec 以上の風速に関しては実測値がないのでチェックすることが出来なかった。

6 節でのべるように現在では飛行高度の風速が極めて高い精度で得られるので、将来はこの風を使って北上の最大風速を推定する方がより有効となる。

6. 飛行高度の風速

1956 年以後、気象観測機には APN-82 と呼ばれる ドップラー・ナビゲータが備えられ、飛行高度の風速は極めて高い精度で、しかも連続的に得られるようになった。この装置は、両翼の前後につけられた 4 本のレーダーから、周波数一定のビームを出し、地物に反射して返って来た波の周波数が、ドップラー効果により変ることを利用し、電子計算機で飛行の対地速度を計算する装置である。

APN-82 で得られる風速はきわめて正確で、最大誤差は 2kt ないし 3kt^{9),18)}、また風向の誤差は風速の小さい所では大きく、風速が増すにつれて誤差は小さくなるが、13kt で 12°、200kt では 1° 程度である¹⁸⁾といわれている。

700mb の高度においては、ドップラー レーダーで測ら

れた飛行高度の風速は、レーウィンで測られた風速とほとんど一致するので¹²⁾、この風速は 1 分間程度の平均風と考えてもよいであろう。

7. 飛行機位置の信頼度

台風の中心位置決定の基本になる飛行機そのものの位置決定の精度はどの位だろうか。飛行機の位置の決定には

1. ロラン
2. レーダー
3. APN-82
4. GPI
5. TACAN
6. 目視
7. 天測
8. 推測

等の方法があるが、もっとも多く使用されるのは、ロランによるものとレーダーである。島田¹²⁾によるとロランの場合の誤差は、ロラン局の使い方とか、電波状態によりかなり異なるが、ほとんど大部分が 10 海里以下であり、レーダーの場合にはほとんど 5 海里以内である。また APN-82 の場合には、飛行時間が長くなると、誤差が累積されるので、精度が悪くなるが、ロランの場合と同じく大体 10 海里以下である。GPI, TACAN, 目視, 天測, 推測などの方法はあまり使用されない。

8. 結 語

人工衛星タイロスが実用化され、台風の早期発見に威力をみせはじめています。将来その性能がよくなり、またいくつかの定点衛星の打上げにより、台風の常時観測が可能になるかも知れないが、台風が陸上レーダーの有効範囲の外にある間は、飛行機観測はその精度からみて、台風観測のもっとも有効な手段であることに変わりはないであろう。

各節でのべた観測資料の利用法およびその問題点を頭において、飛行機資料を台風の解析、予報によく役立てていただければ幸である。

終りにいろいろご意見を下さった、田辺主任予報官、田中予報官にあつくお礼申しあげる。

参 考 文 献

- 1) Bundgaard, R.C., 1958: The First Flyover of a Tropical Cyclone. Weatherwise, Vol. 11, No. 3, 79~83.
- 2) Fletcher, R.D., 1956: Aircraft Reconnaissance of Tropical Cyclones by the Air Weather Service, Proceedings of the Tropical Cyclone Symposium. 371~377.
- 3) Hatakeyama, H., Imai, I. and Masuda, Y., 1955: On Some Radar Observations of

- Typhoon "Lorna", Proceedings of the UNESCO Symposium on Typhoons. 121~128.
- 4) 伊勢湾台風調査報告, 1961.
 - 5) Jordan, C.L., 1956: Reconnaissance of Hurricanes, Final Report of the Caribbean Hurricane Seminar. 122~140.
 - 6) Jordan C.L. and Fortner, L.E., 1957: Estimation of Surface Wind Speeds in Tropical Cyclones. Bull. Amer. Met. Soc. Vol. 41, No. 1.
 - 7) 大塚竜蔵, 島田健司, 1950: 昭和30年8月7日から8日にかけて鳥島西方を北上した台風第14号の経路について, 予報解析検討資料第28号.
 - 8) 大塚竜蔵, 1956: 台風眼の大きさについて, 研究時報, Vol. 8, No. 4, 239~240.
 - 9) 渋谷裕, 1960: ドップラー・ナビゲータとその現状, エレクトロニクス, 5巻12号, 1316~1323.
 - 10) 島田健司, 1959: 台風観測飛行資料による台風5811 Alice の経路の検討, 研究時報, Vol. 11, No. 3, 30~35.
 - 11) 島田健司, 1960: 九州接近時における台風第6号の中心分裂の解析, 昭和34年度全国予報技術検討会気象庁資料, 22~32.
 - 12) 島田健司, 1961: 台風の飛行観測について, 昭和35年度全国予報技術検討会気象庁資料, 62~71.
 - 13) 田村邦雄, 1960: レーダーによる台風位置決定および台風の種々の中心について, 昭和34年度全国予報技術検討会気象庁資料, 64~83.
 - 14) 田村邦雄, 1961: レーダーの台風に対する利用について, 昭和35年度全国予報技術検討会気象庁資料, 9~26.
 - 15) 吉沢正一, 1961: 島あるいは片側だけの資料による中心位置の決定について, 昭和35年度全国予報技術検討会気象庁資料, 47~60.
 - 16) 田辺三郎, 坂口啓一, 1960: 昭和34年台風15号 (VERA) の台風眼および周辺の構造より見た中心勢力の変化の予想検討, 昭和34年度全国予報検討会資料気象庁資料, 128~139.
 - 17) Watanabe, K, 1951: Some Studies on Typhoons of 1949 and 1950. Part 1, Typhoon Eye. 気象集誌, Vol. 29, No. 9, 314~319.
 - 18) Yaw, R.H., 1962: On Reconnaissance Flights. 1962年地区熱低セミナー講演.

【啓蒙書の進歩】

気象や地学についての啓蒙書は、日本でも最近は大へん工夫した良いものが出るようになってきた。例えば恒星社の『地学教室』だが、ここには地震の科学(笠原)、雨の科学(磯野謙治)、気候の変動(土屋巖)等の格調の高いものが含まれている。

外国においても啓蒙書の進歩は著しく、文庫本や新書版で、仲々程度の高い内容のものが刊行されていて、進歩の早い他の分野の状況を知るにも大へん便利である。思いつくと、手もとにある新しいものを列挙してみよう。まずもっとも身近な Penguin Books の中には気象に関したのものとして Understanding Weather (Sutton), と The Weather (Kimble) があり、大雑把に言えば前者が物理的なのに対し後者は地理的、前者は現在理科大でゼミに使われているというが、紹介者は後者にみられる色々の工夫を買いたい。Penguin にはこの他 Venture to the Arctic (Hamilton), Man Explores the Sea (Dugan) The Face of the Earth (Dury), The Face of the Sun (Newton) があって、何れも興味をそそる。また時々不定期に刊行される Penguin の Science News の中にはいつも地学関係は一つ位テーマとしてあげられており、No. 48 のように Rocket and Satellite Research の特集をすることもある。

penguin に次いで地学の多く含まれている叢書は Anchor Books だろう、順にあげてみると The Nature of Violent Storms (Battan), Radar Observes the Weather (Battan), Water (Davis & Day), Shape and Flow (Shapiro), How Old is the Earth (Hurley) がある、また Arrow Science シリーズ中には Space Reseach by Rocket and Satellite (Boyd) があり、ミンガン大学から出ている科学叢書中には Ebb and Fow (Defant), The Sun (Kiepenheuer) があって、傍接の地学関係の様子を知るのに便利である。新書版で面白いのは Mentor Book に入っている Our Atmosphere (Loebsack), と Mainsprings of Civilization (Huntington) であろうか、IGY をとりあつかった The World in Space (Marshak) の原本は訳本より安いし、Assault on the Unknown は科学ジャーナリスト Sullivan の書いた460頁の大作。この他 Weather (Lehr 編), Between Earth and Space (Orr.) Weather (Whitney), など良い本であり、ロシア語を英訳したものの中には Meteors (Fedynsky), Solar Physics (Severny) などすぐれたものがある。1958年のクリスマス・レクチュアをまとめた The World Around Us (edg Sutton,) や Meteorology for Glider Pilots (Wallington) はいづれも名著とさえよう。(根本順吉)