

—研究論文—  
Scientific Papers

魚眼レンズカメラ2点観測による南極昭和基地の  
夏季の雲高について

菊地勝弘\*・福谷 博\*\*・笠原喜美子\*\*\*

On the Cloud Height by Stereoscopic Observation Using Two Fish-Eye Lens  
Cameras in the Summer Season at Syowa Station, Antarctica

Katsuhiro KIKUCHI\*, Hiroshi FUKUTANI\*\* and Kimiko KASAHARA\*\*\*

**Abstract:** Cloud height, direction and velocity were measured by means of stereoscopic observation using two fish-eye lens cameras in the summer season of 1968 at Syowa Station, Antarctica. Although the method is somewhat uncertain in regard of observational and analytical errors, we can obtain the cloud height within a range of error of 10 percent if the location of the clouds for observation, is carefully selected, with the exception of the periphery and around the zenith of images of fish-eye lens photographs. The results of the analysis were as follows: In the case of Ci, Cc and Cs of high level clouds, the height was within a range of 5 to 8 km; in the case of Ac cloud at the middle level the height was within a range of 2 to 3 km; and in the Sc cloud at the low level the height was approximately 1 km. These heights coincided in all cases with the cloud heights estimated from the sounding curves obtained by routine radiosonde observation. On the other hand, in comparison with the heights reported by routine naked eye observation, they coincided with the cases of Ac and Sc clouds alone, whereas, in the case of the high level clouds, the cloud heights were different from each other. The reported heights of the high level cloud by naked eye observation were in a range of 4 to 5 km invariably. The calculated direction and velocity of each cloud based on the data observed by fish-eye lens cameras coincided closely with the direction and velocity at the same level estimated by the radiosonde observations.

From these results the calculated cloud heights at all levels are considered

---

\* 北海道大学理学部地球物理学教室. Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University, Kita 10 Nishi 8, Kita-ku, Sapporo 060.

\*\* 気象庁総務部総務課. Administration Division, Administration Department, Japan Meteorological Agency, Otemachi 1-3-4, Chiyoda-ku, Tokyo 100.

\*\*\* 北海道大学理学部地球物理学教室. 現在：函館市役所. Hakodate Municipal Office, Hakodate 040.

reasonable, and it is concluded that the reported heights of the high level cloud by naked eye observation are comparatively lower.

Cu and Cb clouds were not observed during this period.

**要旨：**第9次日本南極地域観測隊のメンバーとして、昭和基地での越冬観測中の1968年11、12の両月、昭和基地北方および東方の海氷上に2カ所の観測点を設け、魚眼レンズカメラによるこの周辺の夏季の雲高および雲向・雲速の観測を行った。魚眼レンズによる画像周辺部や天頂付近のケースを除けば、10%程度の誤差で雲高が求められ、その結果、上層雲（網雲，網積雲，網層雲）は5-8 km，中層雲のうち高積雲は2-3 km，下層雲の層積雲は1 km前後の高度で出現していることがわかった。計算された高度は、ラジオゾンデから期待される高度とはいずれの雲についてもほぼ妥当であったが、目視観測との比較では中層雲，下層雲はよく一致していたが、上層雲に関しては、目視で報告される4-5 kmよりは高かった。雲向はその高度の風向とほぼ平行であり、雲速もまた、その高度の風速と一致しているケースが多かった。これらのことから目視による上層雲の高度は、少し低目であると結論された。

## 1. はじめに

雲の高度は雲形により、また季節により、緯度によっても異なることはよく知られている（たとえば、MASON, 1962；和達, 1974）。また一方、極地においては、最近やっと雲物理学的な観測がなされはじめたばかりで（菊地, 1970；1974）、International Cloud Atlas (W. M.O., 1956) や最近出版された SCORER (1972) の Clouds of the World 等は、数多くの地上からの雲写真に加えて、航空機からや、気象衛星からの写真も含んでいるが、極地における雲の写真は数少なく、ましてや極地の雲の高度の実測を試みた例等は、これまでには皆無と思われる。しかし一方、昭和基地での気象定常観測では、06時を除いた3時間毎の1日7回の目視による雲の観測を行っているし、アメリカの南極大陸基地の一つであるアムンゼン・スコット南極点基地でも、夏季の間は3時間毎の目視観測を行っている。このように気象定常観測においては、雲の目視観測が南極といえども義務づけられているが、国内の目視観測と異なって対象とすべき高い地物がないため、雲の高度の見積りはなかなか困難である。したがって昭和基地では、ゾンデ観測が明るい時に行われるときは、ゾンデが雲にかくれるまでの時間を測定したり、ゾンデ資料から推定したりするが、ほとんどの場合上層雲は4,000-5,000 m，中層雲2,000-2,500 m，下層雲で1,000-1,500 mといった具合に雲形によって大体の高度を決め、その範囲で高めか低めかを推定し、高度を記入するといった方法をとっているのである。

この研究では夏季の昭和基地周辺上空の雲の高度、および移動方向、速度を推定しようと

するものである。

## 2. 観測場所および観測方法

観測場所として、昭和基地のある東オングル島北方の海水上の 2 カ所が選ばれた (図 1)。K 点, F 点はそれぞれ天測点の北北東 550 m, 見晴らし岩の北東 520 m の海水上で両点の高度差は零とみなした。F 点の K 点からの方位角は  $N103^{\circ}24'E$ , 基線長は 1,176.4 m であった。

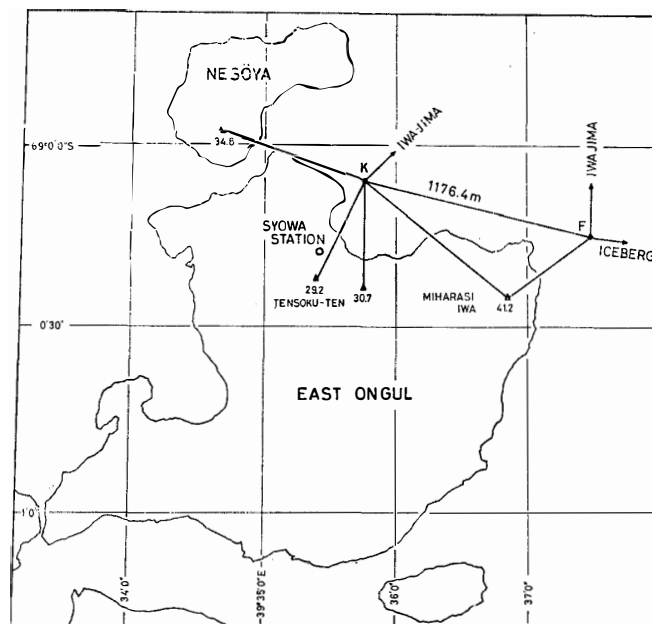


図 1 昭和基地と観測点 (F, K) 付近の地図

Fig. 1. Map of the area around the observation points (F and K).

使用したレンズは Fish-Eye NIKKOR, 焦点距離 7.5 mm, 有効画面サイズ 23 mm の円形画面で Nikon F につけられ, カメラは, x, y 軸に沿って 2 本の水準器を組み合わせた雲台上に固定し, 通常 tripod にセットし, それぞれの地点で光軸が, 天頂を向くように海水面上に固定した (図 2)。フィルムは赤外, フィルターは R-60 を使用した。太陽のハレーションは Fish-Eye レンズに広幅ゴムを巻き, 燐寸棒を立てることで十分防ぐことができた。撮影は雲速によって, 1, 2.5, 5, 10 分毎に変え, 両地点で同時に行った。

使用した Fish-Eye NIKKOR は等距離射影であり, 今, 仮りに半球の大きなドームを考えて, その中心に Fish-Eye レンズを置き, ドーム上にある点の天頂角を  $\theta$  とし, その像点の光軸からの距離を  $y$  とすると (図 3),  $y$  と  $\theta$  の関係は次のような一次式で表わされる。

$$y = c \cdot \theta \quad (1)$$

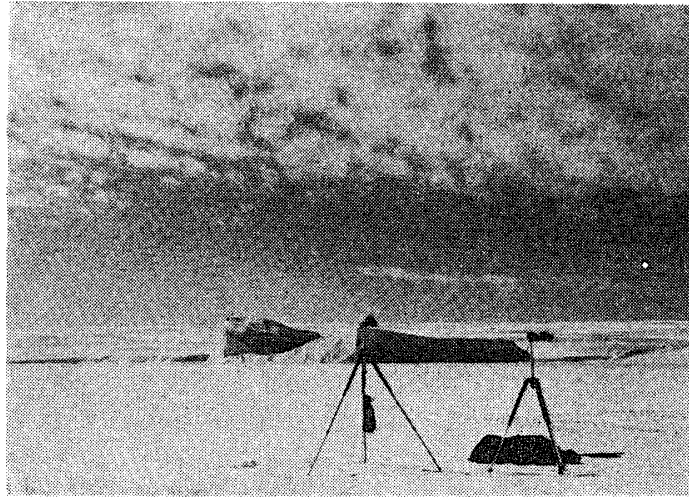


図 2 観測点 F での観測状況. 左側: 魚眼レンズカメラ, 右側: 広角レンズカメラ  
 Fig. 2. Observational scene at point F. Left: Fish-eye lens camera, Right: Wide lens camera.

表 1 天頂角( $\theta$ ) の画面半径 ( $y$ ) の関係  
 Table 1. Relation between zenith angle ( $\theta$ ) and picture plane radius ( $y$ ).

$y(\text{mm})$	$\theta (^{\circ})$	$\Delta\theta (^{\circ})$
0.5	3.72	3.75
1.0	7.47	3.77
1.5	11.24	3.79
2.0	15.03	3.81
2.5	18.84	3.83
3.0	22.67	3.85
3.5	26.52	3.87
4.0	30.39	3.89
4.5	34.28	3.91
5.0	38.19	3.93
5.5	42.12	3.95
6.0	46.07	3.96
6.5	50.03	3.97
7.0	54.00	3.98
7.5	57.98	3.99
8.0	61.97	4.00
8.5	65.97	4.00
9.0	69.97	4.00
9.5	73.97	4.00
10.0	77.97	4.00
10.5	81.97	4.00
11.0	85.97	4.00
11.5	89.97	4.00

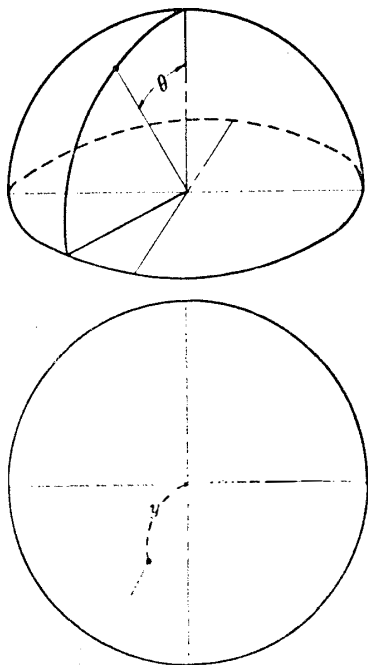


図 3 天頂角と像点との関係  
 Fig. 3. Relation between zenith angle and image point.

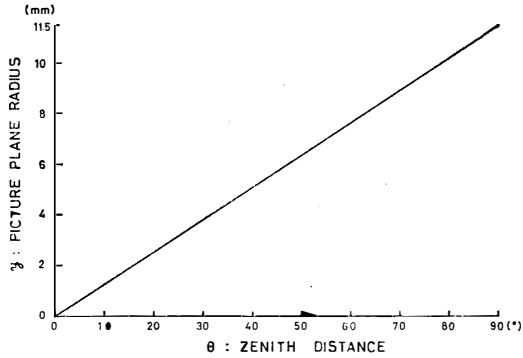


図4 天頂角 ( $\theta$ ) と画面半径 ( $y$ ) との関係  
 Fig. 4. Relation between zenith angle ( $\theta$ ) and picture plane radius ( $y$ ).

$c$  は比例定数である。

したがって、Fish-Eye レンズが仮に、所定の位置から傾いても、そのために誤差を生じない利点がある。Fish-Eye NIKKOR の使用説明書による  $y$  と  $\theta$  の関係は、有効画面サイズで表1および図4に示されるようなものであり、直線性からのずれは約  $\pm 2\%$  である。

また、選ばれた観測点の近くには、図1に示されてあるように東オングル島、ネスオイヤ、岩島等に設けられている三角点が、画像周辺部に写るので、写真上の方位の決定は比較的容易であった。

観測は南極の夏、1968年11月1日から12月末まで行われた。

### 3. 解析方法および誤差

F, K 両地点で同時刻に撮影された2枚1組の写真は、直径約10 cm (キャビネサイズ) に

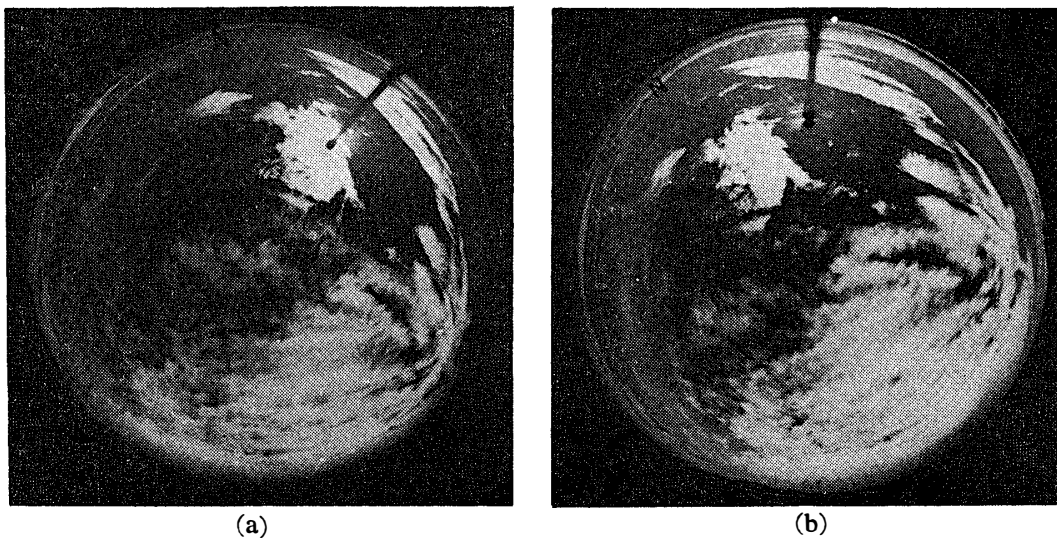


図5 1968年11月22日09時52.5分に K (a), F (b) 両点で魚眼レンズカメラで撮影された雲写真  
 Fig. 5. Cloud photographs taken by fish-eye lens cameras at observation points K(a) and F(b) at 0952.5 L.S.T. 22 November 1968.

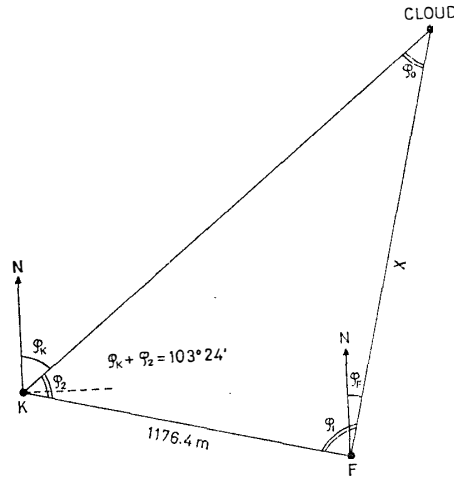


図 6 観測点 F, K および雲の間の三角関係

Fig. 6. Trigonometric relation between observation points F and K and image point of a cloud.

引伸ばされ、光軸を決めたのち、写真周辺部に写っている三角点から画面上の北が決定された(図 5)。次に両方の写真に写っている同一の雲の特異な点を見付け、その方位角を北から時計回りに測り、それぞれ、 $\varphi_F$ 、 $\varphi_K$  とすると、図 6 のように雲の水平位置は、作図によっても容易に求めることができるが、いま F 点から雲までの水平距離を  $x$  とすると、正弦定理により

$$x = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \varphi_0} \times 1,176.4 \quad (2)$$

となる。水平距離  $x$  が求めれば、雲高  $H$  は写真上の  $y$  を読み取り、 $\theta$  を求めることにより(3)式から得ることができる。

$$H = x \tan(90^\circ - \theta) = x \cot \theta. \quad (3)$$

(2), (3)式から

$$H = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \varphi_0} \times 1,176.4 \times \cot \theta \quad (4)$$

が得られ、両辺の対数微分をとると、

$$\begin{aligned} \left| \frac{\Delta H}{H} \right| &= \frac{\cos \varphi_2}{\sin \varphi_2} |\Delta \varphi_2| - \frac{\cos \varphi_0}{\sin \varphi_0} |\Delta \varphi_0| - \frac{\sin \theta}{\cos \theta} |\Delta \theta| - \frac{\cos \theta}{\sin \theta} |\Delta \theta| \\ &= \cot \varphi_2 |\Delta \varphi_2| - \cot \varphi_0 |\Delta \varphi_0| - \frac{2}{\sin 2\theta} |\Delta \theta| \end{aligned} \quad (5)$$

が得られ、光軸の傾きによる誤差を最大  $1^\circ$  とすると、 $\theta$  と  $\frac{\Delta H}{H}$  の関係は表 2 のようになる。この表から光軸の傾きによる誤差は最大 10% 以内であり、また、当然のことながら解析には写真の周辺部をさげ、高度角  $45^\circ$  付近のものを選ぶのが望ましいことがわかる。

表 2 天頂角 ( $\theta$ ) と  $\left| \frac{\Delta H}{H} \right|$  の関係Table 2. Relation between zenith angle ( $\theta$ ) and  $\left| \frac{\Delta H}{H} \right|$ .

$\theta(^{\circ})$	$\frac{\Delta H}{H}$
10	0.1017
20	0.0541
30	0.0402
40	0.0353
45	0.0348

## 4. 解析結果

先に述べたように、観測期間は南極の夏の11、12月であったが、いわゆる垂直方向に発達した積雲、積乱雲はほとんど観測されなかった。一方、夏季の南極大陸は非常に安定した高気圧におおわれることが多く、絹雲、絹積雲、絹層雲といった上層雲が多かった。解析値の妥当性を確かめるために、一つの雲について3カ所以上の対応点をとって、その高度差が10%以内におさまるものをその雲の高度としたので、この解析での雲の高度はある範囲で示されることになる。

図7に1968年11月4日午後のF点から撮影した絹雲の全天写真を示した。図中A、Bで示された観測点の北東、南西方向のそれぞれの絹雲をK点から標準レンズで撮った写真が図8、9である。前述の方法で解析した高度は5.7-6.0 km、6.4-6.6 kmでそれぞれの雲について計算された高度は、いずれも5%以内におさまっていた。

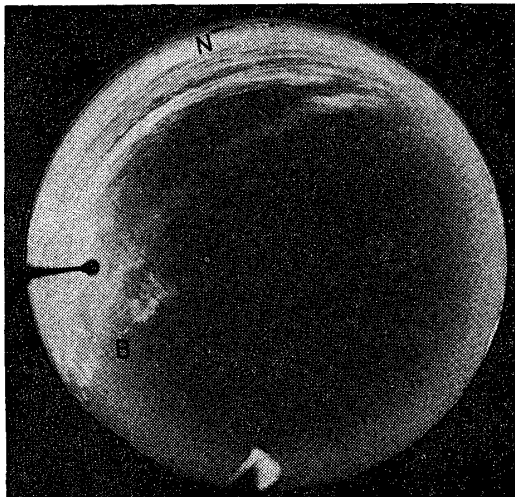


図7 1968年11月4日16時50分にF点から魚眼レンズカメラで撮影された絹雲(A, B)

Fig. 7. A photograph of Cirrus clouds (A and B) taken by a fish-eye lens camera at observation point F at 1650 L.S.T. 4 November 1968.



図 8 K点から 35 mm カメラで撮影された図 7 の絹雲 (A)

*Fig. 8. A photograph of the Cirrus cloud (A) shown in Fig. 7 taken by a 35 mm size standard camera at observation point K.*



図 9 K点から 35 mm カメラで撮影された図 7 の絹雲 (B)

*Fig. 9. A photograph of the Cirrus cloud (B) shown in Fig. 7 taken by a 35 mm size standard camera at observation point K.*

一方この観測時刻に最も近い **sounding data** は、11月5日02時30分のものになるが、その結果を図10に示した。従来の絹雲の観測によれば、絹雲の高度はその頭部の上下に顕著な安定層が存在することがわかっているが(孫野他, 1967; YAGI, 1969), この例では 400 mb, 約 6,400 m 付近にかなり顕著な安定層が認められ、また、湿度のカーブからもそれに対応する変化が認められた。また、これ等一連の写真撮影は 5-10 分毎に行われたので、それぞれの雲向、雲速も求めることが可能である。計算の結果、絹雲 A は 5m/s, 絹雲 B は 10.3m/s であった。当初、400 mb の顕著な安定層に対して、絹雲 A, B はほぼこの層に対応する同じ高度の雲ではないかとも考えられたが、計算された雲速を **sounding data** と比較すると、440 mb の高度の絹雲 A の 5 m/s の移動速度は、500 mb の 5 m/s, 400 mb の 7m/s の風速とほぼ同じであり、また、390 mb の高度の絹雲 B の 10.3 m/s の移動速度は 400 mb の 7 m/s, 350 mb



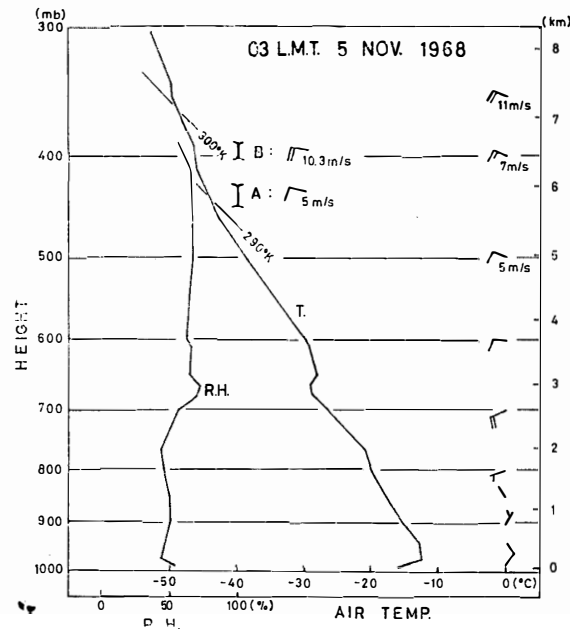


図 10 1968年11月5日03時の昭和基地の状態曲線図

Fig. 10. Sounding curves at 0300 L.S.T. 5 November 1968 at Syowa Station, Antarctica.

の11 m/s の中間の値を示しており、各々の雲向もほぼ風向に一致していた。従来の観測結果によると、絹雲の雲向、雲速はその高度の風向、風速と良い一致を示すことがわかっているので（孫野他, 1967; MAGONO *et al.*, 1967; YAGI *et al.*, 1968), これらのことを考慮すると、絹雲 A, B は異なった高度の絹雲であり、それぞれの高度の風速と一致した運動を示しているものであると結論された。一方、目視による定時観測の雲高は 4 km と報告された。

図11に 1968年11月16日午後の F 点から撮影した virga を伴った絹積雲の例を示した。F

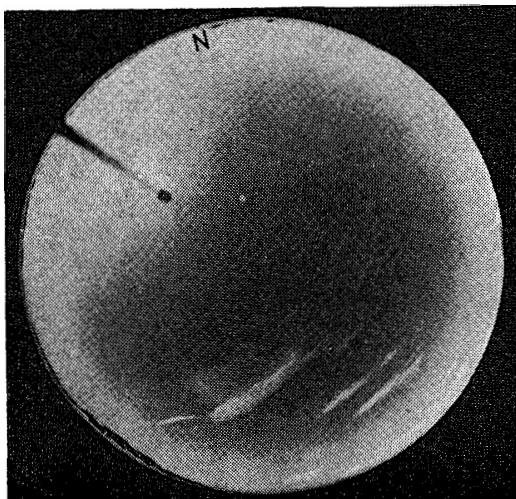


図 11 1968年11月16日14時25分に F 点から魚眼レンズカメラで撮影された尾流を伴った絹積雲

Fig. 11. A photograph of Cirro-cumulus cloud with virga taken by a fish-eye lens camera at observation point F at 1425 L.S.T. 16 November 1968.

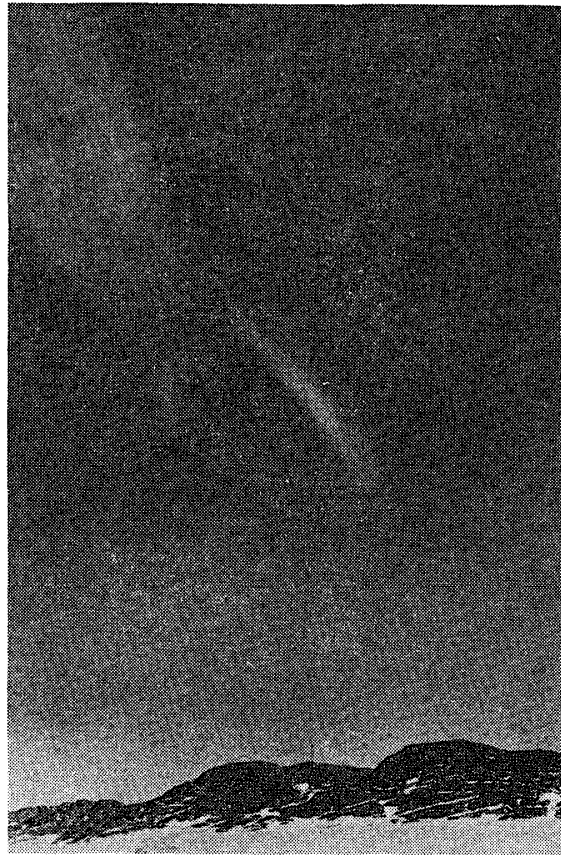


図 12 F 点から 35mm カメラで撮影された図 11 の絹積雲  
 Fig. 12. A photograph of Cirro-cumulus clouds shown in Fig. 11 taken by a 35 mm size standard camera at observation point F.

点の南南西方向（図中下やや左寄り）見晴らし岩の方向にのびている“さそりの爪”状の雲を同じ F 点から標準レンズで撮った写真が図 12 である。計算された頭の部分の雲高は 7.2-7.6 km で、ほぼ圏界面高度に一致しており、virga の先端の高度は約 5.5 km であった。しかし、virga についてはその構造の繊細さのために、頭の部分の高度に比べて、それほど精度は期待できない。Sounding data から 6-7 km の層で風の水平、垂直シアはほとんどないことから (MAGONO *et al.*, 1967a, b; YAGI *et al.*, 1968; HARIMAYA, 1968; YAGI, 1969), virga も直線的であることが期待されるが、図 12 に見られるようにその期待は妥当のようである。また、YAGI (1969) は頭部から垂れ下がった尾流は、下の安定層の中にあることを指摘し、毛状絹雲や濃絹雲も、そのすぐ上の層は安定であるが、雲の下部は安定ではなく、ほとんど乾燥断熱減率に近い減率であることを指摘しているが、この例では尾流の層が、どちらかという乾燥断熱減率に近い層にあった。一方、計算された雲向、雲速は  $80^\circ$ , 5.5 m/s であり、実測は図 13 に示される通り、350 mb で  $63^\circ$ , 5 m/s とこの例についてもほぼ一

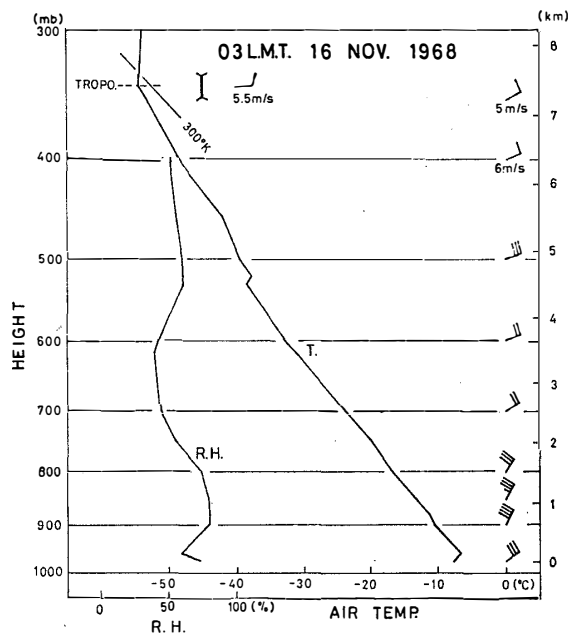


図 13 1968年11月16日03時の昭和基地の状態曲線図

Fig. 13. Sounding curves at 0300 L.S.T. 16 November 1968 at Syowa Station, Antarctica.

致していた。一方、目視による定時観測は 4-5 km と報告されている。

次に 1968年11月29日の高積雲の例を図 14 に示した。また、F 点から標準レンズで撮った写真が図 15 である。両図からわかるように、雲の周縁が極めてシャープなので、対応点を見出すのは容易であった。計算結果は 2.3-2.5 km, sounding からは 2.4-2.7 km, 目視は 2.5 km といずれもほとんど同じ高度を示した。一方、雲向、雲速は  $250^\circ$ , 2.5 m/s に対し

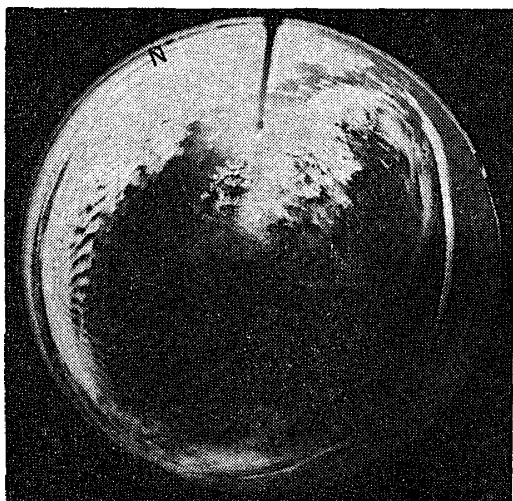


図 14 1968年11月29日10時50分に F 点から魚眼レンズカメラで撮影された高積雲

Fig. 14. A photograph of Alto-cumulus clouds taken by a fish-eye lens camera at observation point F at 1050 L.S.T. 29 November 1968.

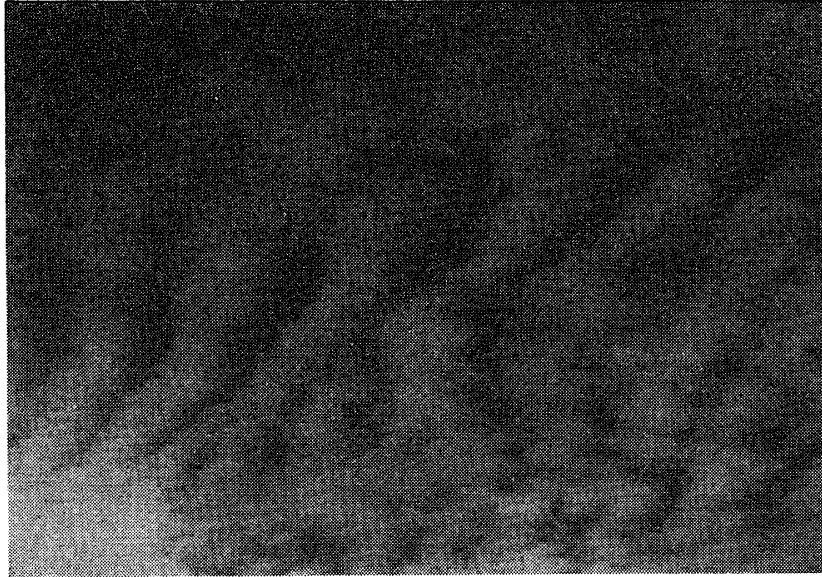


図 15 F 点から 35 mm カメラで撮影された図 14 の高積雲

Fig. 15. A photograph of Alto-cumulus clouds shown in Fig. 14 taken by a 35 mm size standard camera at observation point F.

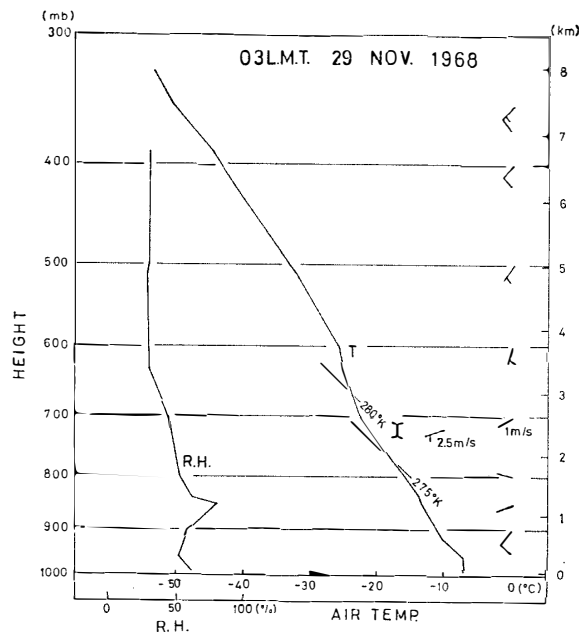


図 16 1968年11月29日03時の昭和基地の状態曲線図

Fig. 16. Sounding curves at 0300 L.S.T. 29 November 1968 at Syowa Station, Antarctica.

て、700 mb の実測は  $230^\circ$ , 1 m/s と大きな相違は認められなかった。また、計算された雲頂の上部にはかなり顕著な安定層があり、湿度にもその影響は認められ (図 16)、この計算された雲高はほぼ妥当であると思われる。

表3 魚眼レンズステレオ観測, ラジオゾンデ, 目視による雲高のまとめ  
 Table 3. Summary of cloud heights by means of stereoscopic, radiosonde and routine naked eye observations.

雲形	観測月日	解析番号	魚眼レンズステレオ観測		ラジオゾンデ		目視
			雲高(km)	雲速(m/s)	雲高(km)	雲速(m/s)	雲高(km)
絹雲 (Ci)	11.4	6 7	5.7~6.0 6.4~6.6	5 10	6.5~6.9	7~11	4
	11.7	11	7.2~7.3	10	6.9~7.3	7~8	4~4.5
	11.21	15 16	5.6~5.8 4.7~4.8	8	5.7~5.9 4.2~4.7	11~14 6~11	4.5~5
絹積雲 (Cc)	11.16	13 14	8.8~8.9 7.2~7.6	11 4~6	8.9~9.0 7.0~7.2	5	4~5
絹層雲 (Cs)	11.2	1	5.4~5.7	8~11	5.3~5.7	6~10	4.5
	11.4	8	7.4~7.8		7.5~7.9		4
	11.5	9	5.5~6.3	10	5.4~6.0	6	4~4.5
	12.5	20	7.3~7.5		6.8~7.1	12~14	5
	12.11	21	5.0~5.1		5.3~5.7	3~4	5
高積雲 (Ac)	11.3	3 4 5	2.1~2.3 2.1~2.2 3		2.1~2.3 2.9~3.2	3 5	2.3
	11.7	10	2.0~2.1		2.1~2.3	7	2~2.5
	11.22	17	3.0~3.2		2.6~3.7		3
	11.29	19 18	2.3~2.5 2.6~2.7	3	2.4~2.7	1~2	2.5
	層積雲 (Sc)	11.2 11.9	2 12	0.7~0.9 0.7~0.9	13 7	0.8~1.0 0.7~0.8	7~9 8

このようにして解析した21例の雲について, ラジオゾンデ観測と目視観測による値を比較した結果が表3にまとめてある。

この表から計算値とラジオゾンデから推定される雲高は上層雲, 中層雲, 下層雲を問わずよく一致していることがわかる。もっともラジオゾンデからの高度は, 計算値の高度付近の安定層をその雲の高度としたわけであるから, 大きな差がないのは当然ともいえる。しかし, 雲速の計算値とラジオゾンデの風速もよい対応を示しているので, まったく客観性がない訳でもない。一方, 目視による結果との比較では中層雲, 下層雲に関してはほとんど一致しているが, 上層雲に関してはいずれの雲に関しても, 4-5 km としているため大きな差を生じていることがわかる。

はじめに述べたように, 夏季の雲を対象にしたのだが, 期間中いわゆる垂直に発達する積雲, 雄大積雲は発生しなかった。対流圏上部, 圏界面に達するような積乱雲は期待されるべ

くもないが、積雲形の雲の高度や上昇速度等が、どの程度のものか興味ある問題として残る。

## 5. 考 察

比較的安定した天候の夏季の東南極大陸での絹雲、絹積雲、絹層雲、高積雲、層積雲の高度を魚眼レンズカメラを使った2点観測という方法で求めたが、これらの値の精度に関しては、ラジオゾンデとの比較で一応の対応は認められたが、当時の高層観測は1日1回03時であるのに対して、雲の観測は10時から18時の間に限られ時間的な差もあるので、航空機等による実測がない限り、十分な確証が得られたかどうか疑問がある。そこで観測時および解析時の誤差について考察してみたい。

まずこの種の観測、解析について、誤差が生ずると考えられる原因についてみると、主として次のようなことが考えられる。

- 1) カメラが水平位置からずれる。
- 2) フィルム面上の画像は真円ではなく、また印画紙引伸し後の乾燥器に通す方向によっても多少歪む。
- 3) 層状の雲、また glaciation を生じているような雲の場合は、互に対応点を見付けるの

表 4 見積られた最大誤差と  $\frac{\Delta H}{H}$  の関係

Table 4. Relation between estimated maximum errors and  $\frac{\Delta H}{H}$ .

解析番号	$\varphi_2(^{\circ})$	$\varphi_0(^{\circ})$	$\theta(^{\circ})$	H (km)	$\frac{\Delta H}{H}(\%)$
1	145	2~3	71	5.4	34
2	16	8	68	0.9	19
5	12	140	7~8	3	30
6	48	6	53	6	16
7	120	12	36	6.5	10
8	85	9	46	7.4	12
10	54	30	43	2	10
11	91	4	67	7.2	23
12	146	8	80	0.8	25
13	92	4~5	60	8.8	20
15	149	7	40	5.8	16
16	41	4	68	4.8	25
17	55	20	41	3.2	10
18	108	14	60	2.6	7
19	151	6	65	2.4	20
20	60	5	53	7.3	18
21	96	10	53	5	12

が困難

- 4) 方位角の読みとり誤差
- 5)  $\gamma$  の読みとり誤差
- 6) 印画紙面上の対応点をマークする時の点の広がりによる誤差
- 7) 撮影時の観測点と雲の位置関係（遠方の雲の場合は  $\varphi_0$  が非常に小さくなる。また、基線方向にある場合等）
- 8) その他

以上掲げた誤差を考慮して雲高に関する誤差  $\frac{\Delta H}{H}$  を実際に計算された個々の雲について計算した結果が、表4に示されている。ここで各々の誤差の最大見積りは、真円からのずれ： $0.5^\circ$ 、光軸の傾き ( $\Delta\theta$ )： $1^\circ$ 、 $\gamma$  の読みとり誤差： $0.5^\circ$ 、方位の読みとり誤差 ( $\Delta\varphi_0$ )、( $\Delta\varphi_2$ )： $0.5^\circ$  とした。表4から非常に大きな値を示した解析番号1のケースは、非常に薄く幅の狭い絹層雲で、周縁部が不明確、その上水平線近くを移動したもっとも解析条件の悪いものであった。また、解析番号5のケースは、高積雲であったが天頂に近いので、 $\varphi_0$  が大きい（または  $\theta$  が小さい）ためと高積雲と判断したが、団塊状の雲片の周縁部が不明確であったためと考えられる。誤差が10%前後におさまった例は、いずれも高度の計算値の幅が小さく、ほぼ妥当な値と考えられる。

## 6. お わ り に

夏季の東南極大陸昭和基地周辺上空の雲の高度および移動速度を魚眼レンズカメラ2台を使った2点観測の方法から求めた。精度に多少問題はないでもないが、魚眼レンズによる画像周辺部や天頂付近のケースを除けば、10%程度の誤差で雲高が求まることがわかった。その結果上層雲は5-8 km、中層雲は2-3 km、下層雲は1 km前後の高度で出現していることがわかった。これ等の計算された高度は、ラジオゾンデから期待される高度とはいずれの雲についても、ほぼ妥当であったが、目視観測との比較では、中層雲、下層雲はよく一致していたが、上層雲に関しては目視で報告される4-5 kmよりは高く、5-8 kmに多く出現していた。雲向に関しては、その高度の風向とほぼ平行であり、雲速は計算された高度の風速とほぼ一致しているケースが多かった。十種雲形中のいわゆる垂直に発達する積雲、積乱雲はこの観測期間中観測されなかった。

この観測とは別に、1968年2月1日からフィルムなくなる12月6日まで毎日1回正午、管制棟（雲物理研究室として使用）屋上から魚眼レンズカメラによる雲観測や、特異な形の

雲が現われた時に随時撮影した雲写真をみても、積雲形の雲は数回しか認められなかった。また、層雲に関しては氷霧が数回と過冷却霧が1回しか観測されなかった。

夏季の雲高と平行して、厳冬期の雲高も比較したかったが、撮影可能時間(観測時間)の短かさ、雲物理、大気電気関係のプログラムの多様さからそれは不可能であった。

### 謝 辞

この観測を遂行するにあたっては、現地での山崎道夫(現佐賀地方気象台長)、井部良一(現気象庁南極事務室)気象担当隊員の絶大なるご協力を得た。また、地球物理定常観測の吉田光雄隊員(現国土院測地部測地3課)には多忙の中、基線測量のご協力を得た。ここに深甚の謝意を表するものである。

(この観測は共著者の内、菊地と福谷が第9次日本南極地域観測隊員として、昭和基地での越冬中になされたものである。また解析も1970年に終わっていたが、できうれば厳冬期の雲、また夏季の雲についても例数を増やしたいと思いい機会を待ったが、この種のデータの蓄積はなかなか困難と判断されたので、これまでのデータのみで発表することにしたものである。)

### 文 献

- HARIMAYA, T. (1968): On the shape of Cirrus uncinus clouds: a numerical computation—Studies of Cirrus clouds: Part III—. *J. Meteor. Soc. Japan*, **46**, 272–279.
- 菊地勝弘(1970): 南極昭和基地における雲物理・大気電気観測報告. *天気*, **17**, 193–202.
- 菊地勝弘(1974): 南極昭和基地における雲物理学的研究. *天気*, **21**, 496–506.
- 孫野長治・播磨屋敏生・八木鶴平(1967): 三角測量法による絹雲の観測. *北大地球物理学研究報告*, **18**, 83–98.
- MAGONO, C., KIKUCHI, K. and KAJIKAWA, M. (1967a): Distribution of low-level cloud rows and three dimensional analysis of Cirrus clouds—Clouds over the Pacific Ocean: Part II—. *J. Meteor. Soc. Japan*, **45**, 467–477.
- MAGONO, C., KIKUCHI, K. and KASAI, T. (1967b): Cloud distribution across a cold front over the middle northern Pacific Ocean—Clouds over the Pacific Ocean: Part III—. *J. Meteor. Soc. Japan*, **45**, 478–489.
- MASON, B. J. (1962): *Clouds, Rain and Rainmaking*. Cambridge Univ. Press, 145 p.
- SCORER, R. (1972): *Clouds of the World*. David & Charles, 176 p.
- 和達清夫(1974): 新版気象の事典. 東京堂出版, 156.
- W. M. O. (1956): *International Cloud Atlas, Vol. II*. 224 plates.
- YAGI, T. (1969): On the relation between the shape of Cirrus clouds and the static stability of the cloud level—Studies of Cirrus clouds: Part IV—. *J. Meteor. Soc. Japan*, **47**, 59–64.
- YAGI, T., HARIMAYA, T. and MAGONO, C. (1968): On the shape and movement of Cirrus uncinus clouds by the trigonometric method utilizing stereophotographs—Studies of Cirrus clouds: Part II—. *J. Meteor. Soc. Japan*, **46**, 266–271.

(1976年8月17日受理)