

# 富士山：「吊し雲」の写真測量\*

## (2) 結果の一例

大沢研究室\*\*

### 要旨

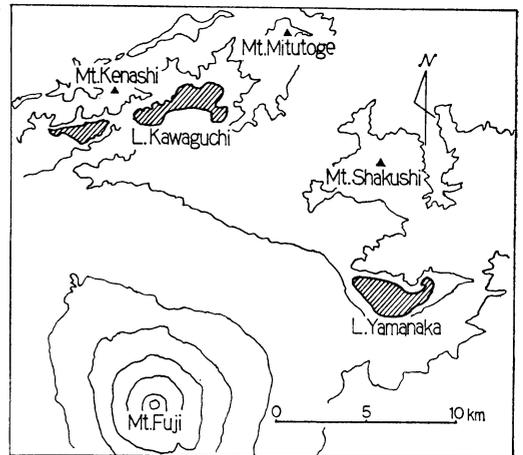
当研究室が2点観測に成功した富士山東方の吊し雲の写真に写真測量用公式\*を実際に適用し、吊し雲の位置・高度を決定した結果と吊し雲の形態について述べる。当研究室が2点観測に成功した吊し雲の写真は、既に本誌1977年1月、Vol. 25, No. 1に発表したが、三ツ峠山頂、毛無山頂両写真で、他の雲に遮られることなく吊し雲を確認できる約60組の写真の中から1組を選び、それを主として解析した。これにより得た結果は、今までの吊し雲の常識とは大きく違っていると言える。最も違っているのは吊し雲の高度についてであろう。すなわち、雲底が約7km、雲頂が11km以上という値である。これは、今まで富士山の吊し雲の高度は高くても約5km、普通約4kmと言われていたものとは大きく違っている。また、吊し雲は今まで人間が眼で見た印象によって形態が分類されていたが、ここでは雲の縁に沿った雲点の位置・高度を決定できたために、数値のうえから吊し雲の形態を決定することができたことが、本報告のポイントである。

### 1. はじめに

1977年7月11日から13日にかけて出現した富士山東方の吊し雲の2点観測の写真から、解析に用いたのは13日10時21分のものである。この三ツ峠山頂からの写真を写真1-M、毛無山頂からの写真を写真1-Kに示す。第2図(a)(b)、第3図(a)(b)はそれぞれそのトレースである。また観測地点の三ツ峠山、毛無山、第1基準点の杓子山、第2基準点の富士白山岳などの主な地点の水平位置関係図が第1図である。

### 2. 雲の位置・高度と形態を得るには

雲のおおよその位置・高度を知るには、写真に写っている雲の特徴的な雲点（三ツ峠山頂、毛無山頂両方の写真ですぐに同一の点とわかる点）に対して公式を適用すればよい。しかし、特徴的な雲点だけでは吊し雲の形態を知ることはできない。そこで、次の様な方法により吊



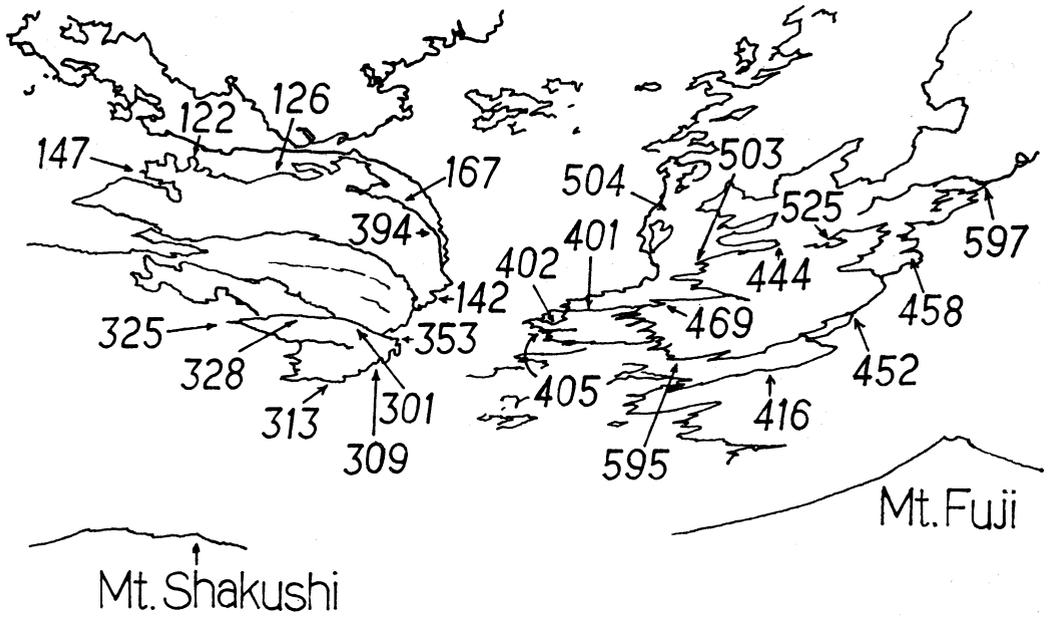
第1図 主要地点の水平位置関係図

し雲の形態を得た。

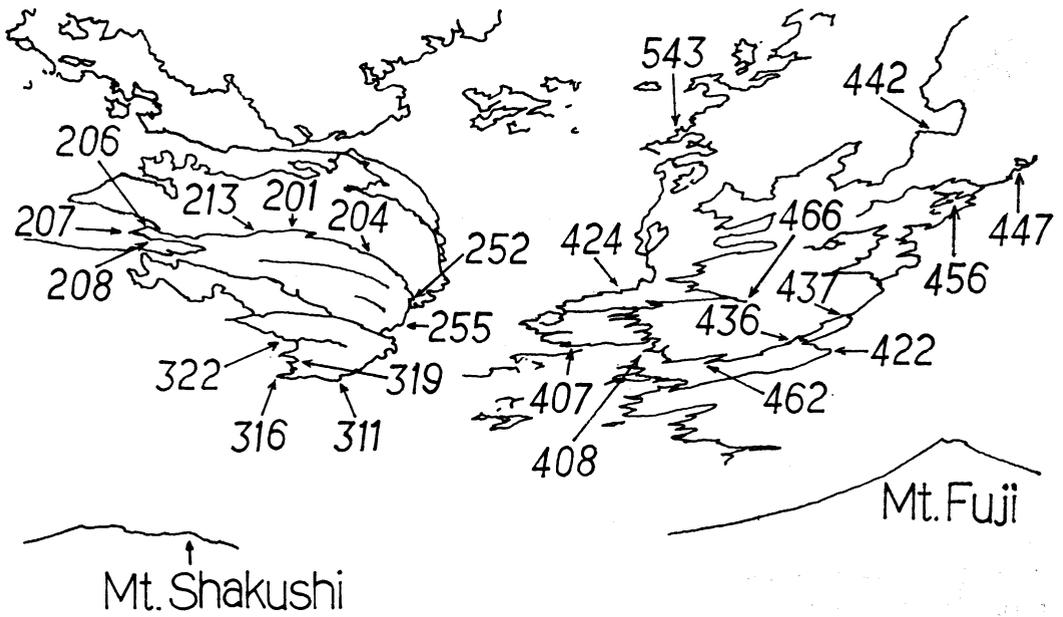
写真2-M、2-Kはそれぞれ写真1-M、1-Kの“MAIN”と名付けた吊し雲を引き伸ばしたもので、第4図、第5図はそのトレースである。第4図、第5図上に振ってある番号は“MAIN”の最上部の雲が作っている線(LINE-A1と名付けた)上の雲点で、解析の結果最終的に位置・高度を決定できたものである。第4図、第

\* Photogrammetry of cloud “TSURUSHIGUMO” observed in the lee of Mt. Fuji—Second part: One example of result.

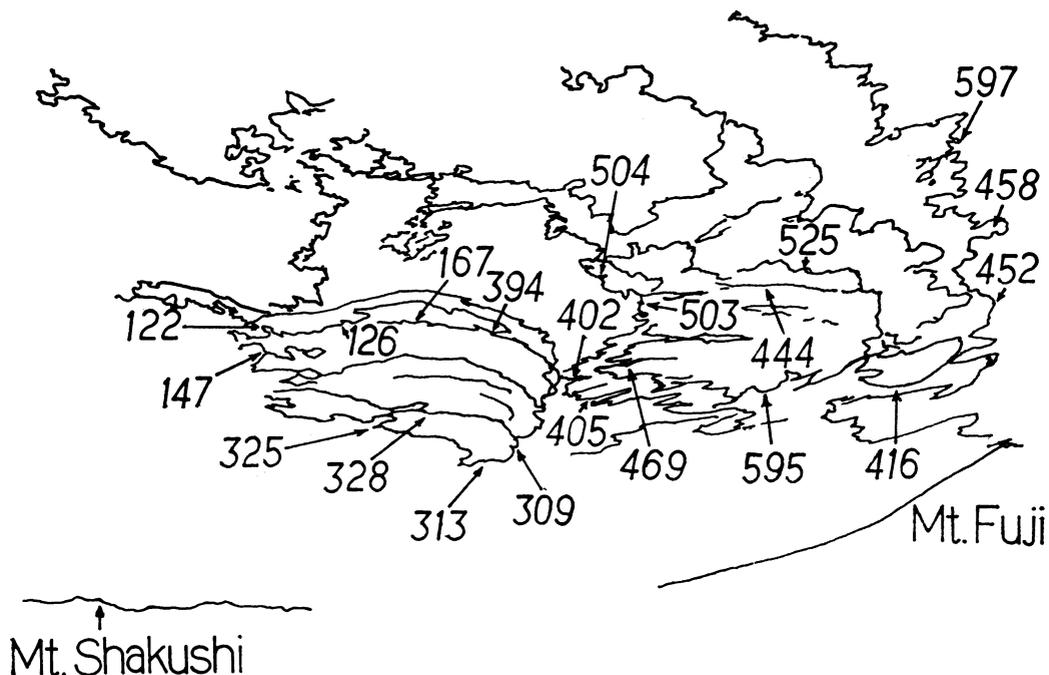
\*\* Koichiro Osawa and his collaborators, 東京理科大学理工学部物理学科。大沢綱一郎、佐々木康二、石川原節男、勝山 税、加藤寿一、加納龍夫、小坂英之、土肥亮一、長島 浩、渡部淳一



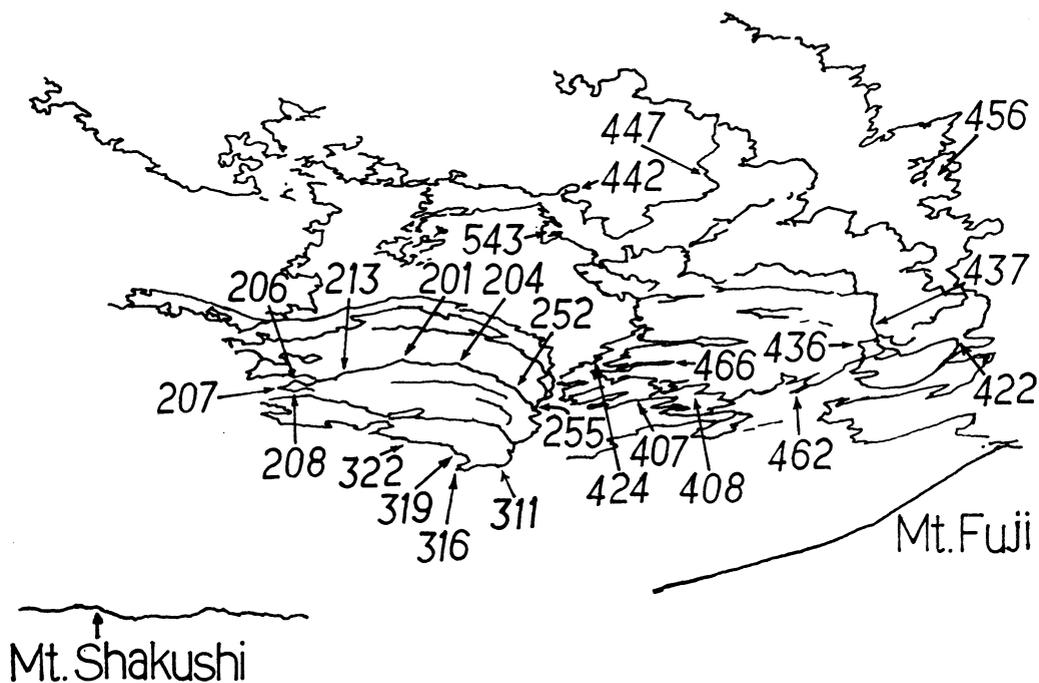
第2図(a) 写真 1-M のトレース図



第2図(b) 写真 1-M のトレース図



第3図(a) 写真 1-K のトレース図



第3図(b) 写真 1-K のトレース図



写真 1-M(上) 三ツ峠山頂から撮影された1977年7月13日10時21分の吊し雲の写真.



写真 1-K(下) 毛無山頂から撮影された1977年7月13日10時21分の吊し雲の写真.



写真 2-M(上) 写真 1-M の“MAIN”の拡大写真.

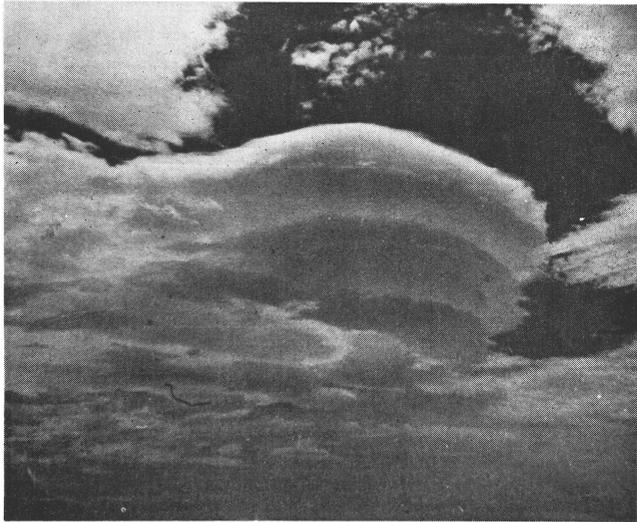


写真 2-K(中) 写真 1-K の“MAIN”の拡大写真.

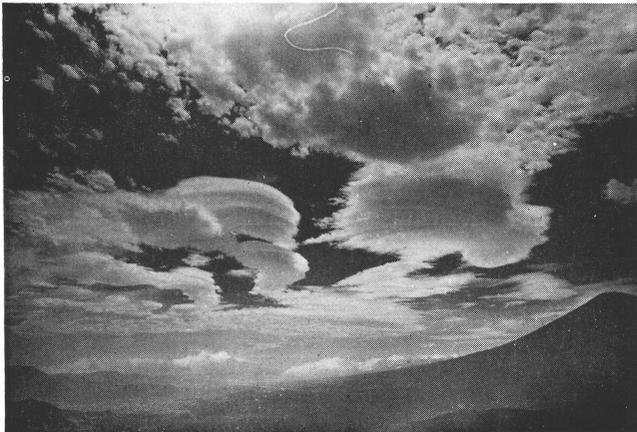
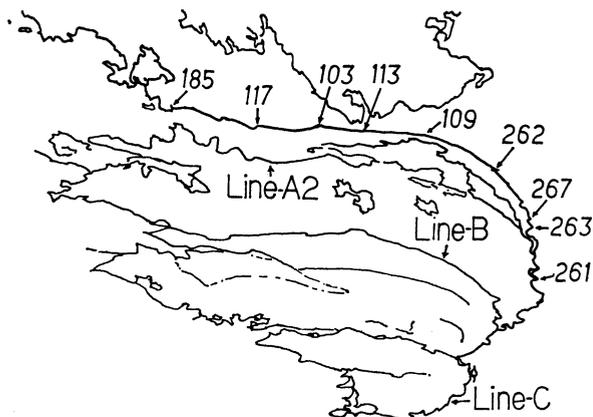
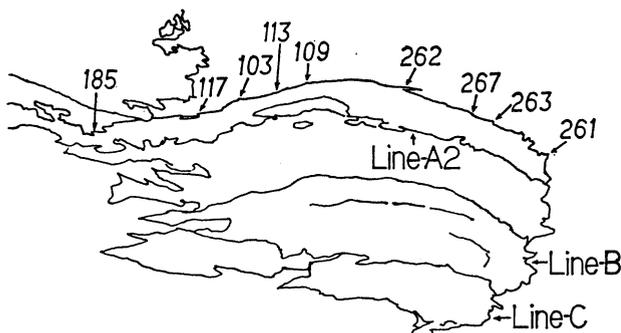


写真 3(下) 毛無山頂から撮影された 1977 年 7 月 13 日 11 時 10 分の吊し雲の写真.



第4図 写真 2-M のトレース図



第5図 写真 2-K のトレース図

5 図で同一の番号を振ってある雲点が同一の点である。これらの雲点の空間的な位置を富士白山岳を水平面の原点にとり、東方を X 軸、北方を Y 軸方向にとり、高度を H としてあらわしたものが第 1 表の LINE-A1 である。また、この水平面投影図が第 6 図(a), 東西断面図が第 6 図(b), 南北断面図が第 6 図(c)である。

同定の手順

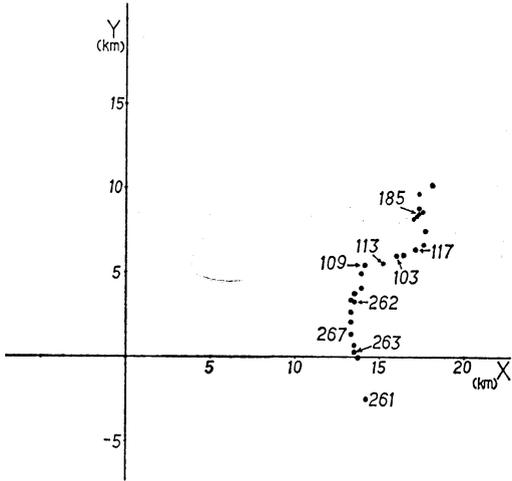
- (1) LINE-A1 の特徴的な雲点を捜す。例えば、261, 262, 103, 117 などである。
- (2) これらの特徴的な雲点の間の雲の線の動きを追うことにより、同一点と思われるところを決める。
- (3) これらの雲点の印画紙上での位置を測定し、それぞれの印画紙(三ツ峠山側, 毛無山側)に公式を適用して、それぞれの印画紙における雲点の高度を求めめる。
- (4) 三ツ峠山側印画紙から得た雲点の高度と毛無山側からのそれとの相対誤差を求め、その値が 2% 以内であればそれを同一点として採用する。

以上の 4 つの操作をくり返すことにより、LINE-A1 の形態を得ることができたのである。

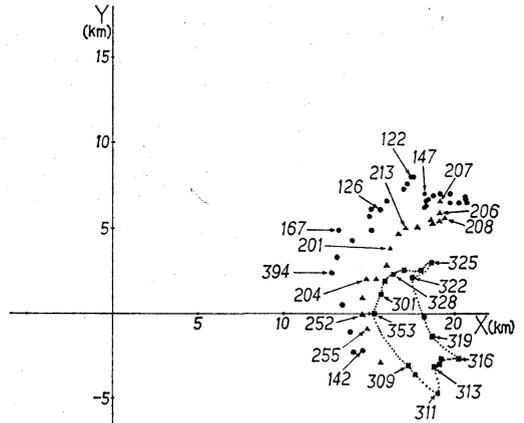
### 3. “MAIN” 全体の位置・高度と形態

第 4 図, 第 5 図の様に “MAIN” の雲の線にそれぞれ LINE-A2, LINE-B, LINE-C と名付けた。2 で述べた LINE-A1 の位置の求め方と同様の方法でこれらの雲の線の位置を求め, “MAIN” 全体の位置・高度と形態を決定した。各雲点の位置・高度の値は第 1 表にある。第 7 図(a)(b)(c)が, LINE-A2, LINE-B, LINE-C の位置・高度及び形態である。

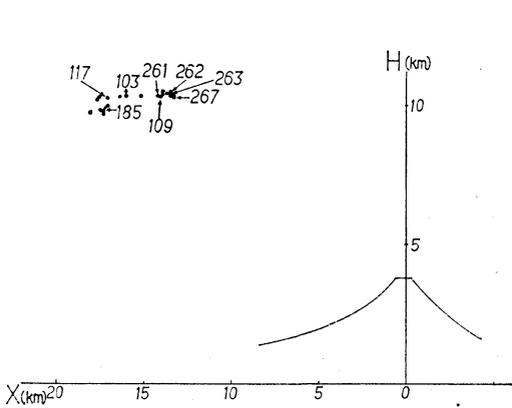
LINE-A1 の平均高度は 10.7 km, LINE-A2 は 9.7 km, LINE-B は 9.0 km, LINE-C は 7.2 km である。LINE-A1 と LINE-A2 とは水平面投影図ではほぼ重なってしまう。この事実と写真からの印象で LINE-A1 と LINE-A2 とは、ひとつの板状構造をした雲の上側と下側の陰影の線と考えることができ、そして LINE-B と LINE-C についてもそれぞれ板状構造をした雲の縁



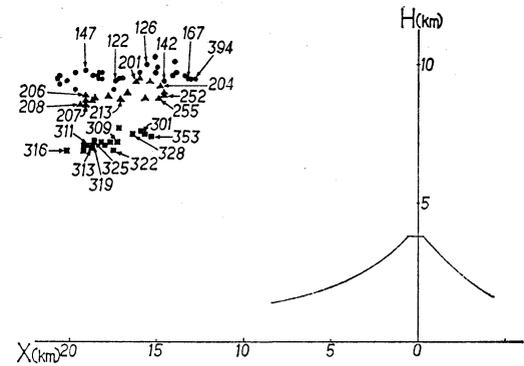
第6図(a) LINE-A1上の雲点の水平位置関係図



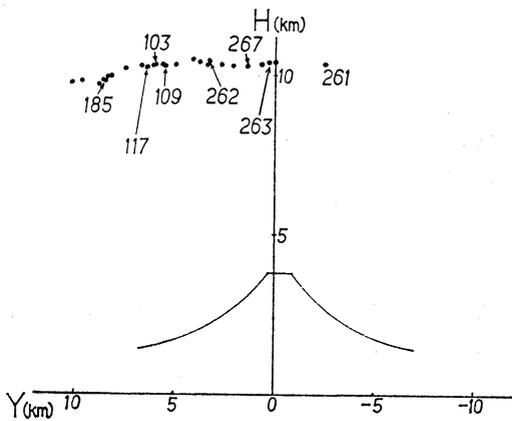
第7図(a) LINE-A2, LINE-B, LINE-C上の雲点の水平位置関係図, ●: LINE-A2, ▲: LINE-B, ■: LINE-C



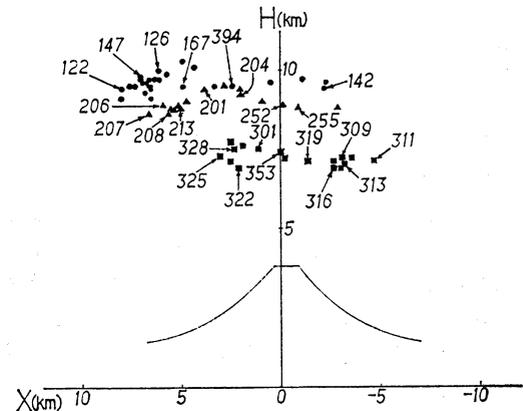
第6図(b) LINE-A1上の雲点の東西断面図



第7図(b) LINE-A2, LINE-B, LINE-C上の雲点の東西断面図, ●: LINE-A2, ▲: LINE-B, ■: LINE-C



第6図(c) LINE-A1上の雲点の南北断面図



第7図(c) LINE-A2, LINE-B, LINE-C上の雲点の南北断面図, ●: LINE-A2, ▲: LINE-B, ■: LINE-C



第1表 各雲点の位置・高度  
(1)

	Number	X (km)	Y (km)	H (km)		Number	X (km)	Y (km)	H (km)
LINE-A1	103	16.0	6.0	10.7	LINE-A2	148	19.7	7.0	9.7
	109	14.1	5.5	10.6		149	20.6	6.7	9.6
	110	13.9	4.1	11.0		150	20.6	6.8	9.3
	111	13.5	3.8	10.8		151	20.7	6.5	9.5
	112	13.2	5.0	10.7		152	20.2	6.5	9.4
	113	15.2	5.6	10.7		153	19.7	6.5	9.1
	114	16.4	6.1	10.6		154	14.1	-2.3	9.6
	117	17.1	6.4	10.5		155	13.9	-1.1	9.7
	118	17.7	7.5	10.4		156	4.9	-9.9	9.5
	119	17.6	6.7	10.6		333	13.2	9.5	9.5
	160	13.5	3.4	10.7		334	12.3	9.2	9.5
	172	17.3	8.6	9.6		395	15.1	9.5	9.5
	183	17.3	8.8	9.4		396	13.4	9.5	9.5
	184	18.1	10.2	9.5		397	14.0	10.1	9.4
	185	17.3	8.5	9.7		201	16.2	3.8	9.4
	191	17.0	8.2	9.9		202	15.4	3.0	9.4
	192	17.2	8.4	9.8		203	16.0	2.8	9.5
261	14.2	-2.5	10.7	204	14.8	2.0	9.2		
262	13.5	3.3	10.9	205	18.6	5.5	8.8		
263	13.5	0.3	10.8	206	19.1	5.9	8.9		
265	13.7	0.0	10.8	207	19.1	5.6	8.6		
266	13.5	0.7	10.7	208	19.4	6.6	8.6		
267	13.3	1.4	10.6	209	19.1	5.4	8.7		
268	13.3	2.1	10.6	210	18.7	5.3	8.7		
269	13.3	2.7	10.7	212	16.7	4.7	9.0		
LINE-A2	122	17.4	8.0	9.4	213	17.1	5.0	8.8	
	123	17.2	7.6	9.5	214	17.8	5.1	8.9	
	124	17.0	7.3	9.5	251	14.6	0.9	9.0	
	125	16.0	6.6	9.7	252	14.6	-0.1	8.9	
	126	15.6	6.1	10.0	255	14.9	-0.9	8.8	
	127	15.1	6.1	9.7	273	15.7	-2.9	8.8	
	133	15.1	4.9	10.3	301	15.7	1.1	7.5	
	134	15.0	5.7	9.9	309	17.3	-3.1	7.2	
	135	18.2	6.2	9.5	310	17.7	-3.6	7.2	
	137	18.2	7.0	9.7	311	19.1	-4.7	7.1	
	138	18.3	6.3	9.7	313	18.8	-3.2	7.0	
	141	17.5	8.0	9.1	314	19.2	-3.0	6.9	
	142	14.6	-2.2	9.4	316	20.2	-2.7	6.9	
	144	18.3	6.6	9.5	318	19.2	-2.7	7.1	
	145	18.4	6.7	9.6	319	18.7	-1.4	7.1	
	146	18.7	6.9	9.6	320	18.2	-0.2	7.2	
	147	19.1	7.0	9.8	322	17.5	2.1	6.9	
				324	18.0	2.5	7.1		

(2)

	Number	X (km)	Y (km)	H (km)		Number	X (km)	Y (km)	H (km)
LINE-C	325	18.6	3.0	7.3	GIANT	456	-0.4	0.8	9.9
	327	17.2	3.5	7.7		457	-0.3	-2.1	9.9
	328	16.4	2.3	7.5		458	-0.7	-3.3	9.9
	329	15.9	1.9	7.6		459	-0.1	-3.0	9.3
	353	15.3	0.0	7.4		460	10.0	8.4	9.6
GIANT	401	8.5	2.6	7.2	461	8.7	8.9	9.5	
	402	9.2	2.8	7.1	462	5.7	-5.0	7.2	
	403	9.0	3.3	7.2	463	5.2	-4.7	7.2	
	404	10.1	1.9	7.0	464	4.7	-4.8	7.3	
	405	10.1	0.8	7.0	465	3.8	-3.8	7.4	
	406	9.6	0.0	7.0	466	5.4	2.5	6.8	
	407	9.1	-1.1	7.2	467	5.9	2.4	6.9	
	408	7.8	-1.7	7.2	468	6.4	2.4	7.1	
	409	9.7	-4.5	7.3	469	6.9	2.5	7.1	
	415	4.5	-5.8	7.2	470	7.4	2.6	7.2	
	416	3.5	-6.3	7.0	471	7.9	2.6	7.7	
	418	3.7	-6.7	7.6	502	6.9	3.1	7.6	
	419	4.9	-5.8	7.7	503	6.9	3.5	7.6	
	421	1.4	-5.8	7.8	504	6.9	4.0	9.1	
	422	1.4	-5.8	7.7	505	6.9	3.5	8.6	
	423	8.5	3.3	7.2	506	2.9	1.6	8.6	
	424	8.0	3.2	7.3	543	2.5	0.9	8.6	
	426	7.1	2.4	8.6	544	1.5	0.9	9.2	
	428	6.7	3.7	7.4	570	0.8	-9.0	9.0	
	429	6.1	3.5	8.2	572	2.8	2.2	8.8	
	430	5.9	3.9	8.8	584	5.1	-7.3	7.4	
	432	3.8	-3.6	7.4	588	0.2	-0.8	9.9	
	435	3.0	-2.6	7.2	589	9.9	-3.3	7.4	
	436	3.0	-2.6	7.5	590	7.2	-4.0	7.4	
	437	2.3	-0.2	7.4	591	6.3	3.3	7.1	
	442	3.4	9.5	7.5	592	4.7	1.5	7.4	
	444	4.4	2.7	6.9	595	6.7	-4.5	7.2	
447	1.4	8.4	7.2	597	-1.1	1.0	10.2		
452	0.2	-7.5	9.3						

4. その他の雲について

写真 1-M, 1-K, の“MAIN”と名付けた吊し雲についてこれまで述べてきたが、この写真に写っている吊し雲は“MAIN”だけではない。富士山近くに写っている“MAIN”とは全く形態を異にした吊し雲がある。この吊し雲は、観測者がその印象から“GIANT”と名付けた。“GIANT”は、“MAIN”の様に板状構造をした雲が重なったものではないので明確な縁をもたず、形状を明確に得ることはできなかったが、62点の雲点について位置・高度を決定できた。この結果から、高度は雲底が6.9 km、雲頂が雲の上部を確認できないのでわからないが、最も高い値が10.2 kmであった。また、“GIANT”は第9図(a)(b)(c)の様に南北に25から30 km、幅が東西に約10 kmと“GIANT”の名にふさわしい巨大な雲であることがわかった。

5. まとめ

上記の結果は富士山周辺に出現する吊し雲の常識と著しく異なる部分がある。吊し雲の高度については、従来は高いものでも雲底は約4.5 kmであり、普通富士山頂よりやや低めかほぼ同じ高さであると考えられていた。さらに形態についても従来のものとは違った結果を得たと言える。吊し雲の研究で有名な阿部正直博士は、「気象集誌」第2輯第10巻1号の中で「立体写真としてこの雲を見る時は、普通写真としてこれを見るのとその趣きを大いに異にしていることが知られる。普通写真としては宛然円錐形の雲がその頂点を下にして、垂直に廻転しているかの如き有様に見えるが、立体写真に於ては同一の高さに並列する中高の莢状雲の層が広がっているのであって、円錐形の如く見えるのは遠近法から来る錯覚のためである」としている。我々の得た結果は阿部氏が得た結果と全く異なる結果と言わざるを得ない。写真 1-M, 1-K は基線距離が10.1 kmの2地点で撮影したものであり、両写真とも“MAIN”は逆円錐形としてとらえられている。そして、計算の結果でも、写真から受ける印象どおり層状の雲が重なっていることが判明した。我々の得た結果は、海拔1786 mの三ツ峠山頂と1500 mの毛無山頂で初めてとらえられた吊し雲の2点写真であるからこそ得られたものだと考える。

6. おわりに

この論文は、昭和53年度の東京理科大学理工学部物理学科大沢研究室の卒業研究生による卒業研究である。昭

和54年5月の気象学会で一部を発表したものの論文である。解析に用いた写真は52年度の卒業研究生によって撮影されたものである。吊し雲の観測に当って、地元の河口湖測候所、富士山頂測候所、足和田村役場、三ツ峠山荘、他多数の方々の援助を賜っていることに対し、この場を借りて感謝の意を表するものである。また、文献の収集に当っては、気象庁図書資料管理室及び東京管区気象台調査課の方々の御厚意を受けたことに深くお礼を申し上げる。

### 文 献

Abe, M., 1937: Distribution and movement of cloud around Mt. Fuji studied through photographs, 中央気象台, 1-15.

阿部正直, 1929: 気流の渦に生じた廻り雲の活動写真による研究, 気象集誌, 5, 149-160.

阿部正直, 1929: 活動写真による雲の動きから見た富士山の気流, 気象集誌, 7, 145-151.

阿部正直, 1930: 昭和三年十一月廿四日の富士山の風雲, 気象集誌, 8, 283-288.

阿部正直, 1932: 富士山の吊し雲に就て, 気象集誌,

10, 19-25.

阿部正直, 1939: 富士山の吊し雲と其機巧, 気象集誌, 17, 109-118.

阿部正直, 1939: 富士山の雲形分類, 気象集誌 17, 163-181.

阿部正直, 1969: つるし雲, ダイヤモンドグループ, 総ページ.

菅原芳生, 1934: 吊し雲の観測, 天気と気候, 1, 72-76.

湯山 生, 1972: 富士山にかかる笠雲の統計的調査, 研究時報, 24, 415-420.

湯山 生, 1973: 写真による富士山の吊し雲の出現位置について, 東京管区気象研究会誌, 6, 149-152.

湯山 生, 1974: 富士山の吊し雲の位置の影による決定について, 天気, 21, 295-297.

湯山 生, 1974: 富士山の雲, 気象研究ノート, 118, 23-38.

大井正一, 山本三郎, 曲田光夫, 1974: 富士山の雲と大気の成層状態, 気象研究ノート, 118, 39-53.

佐藤 浩, 恩田善雄, 1974: 富士山周辺の流れと風洞実験, 気象研究ノート, 118, 55-64.

飯田睦治郎他, 1969: 91, 富士山, NHK ブックス, 日本放送出版協会, 106-140.

## 論 壇

### 研究発表の時のスライド考

内 田 英 治\*

春の学会で数箇の研究発表を見ながらスライドについて次のように感じた。

近頃国際会議等ではオーバーヘッド・プロジェクター利用が増え、発表者は透明なオーバーレイに自由な執筆で研究内容を書き発表する傾向がある。しかし日本ではまだスライドを使う例が圧倒的に多い。

今回より講演企画の方でスライド枚数を制限し、6～8枚を標準とし、12枚を越えるとき歯止めをかけることありとしたため、20～30枚ものスライドをあれよあれよという間に開陳し量で勝負しようとする人はほとんどな

くなった。

一般にスライドを見る人の印象度は次の関係のように思われる。

$$I = g(r) \cdot S(T) \cdot C(e, T) \cdot E(p, i)$$

ここに、 $I$ : 人に与える印象度

$g$ : 発表者との距離 ( $r$ ) の関数

$S$ : 発表時間  $T (=t_1 - t_2)$  内における発表の話し方の関数

$C$ :  $T$  内における気温、湿度、汚染度などの環境条件 ( $e$ ) の関数

$E$ : スライドの枚数  $p$  とスライドの表現のしかた ( $i$ ) の関数

\* Eiji Uchida, 気象研究所