



Title	6. 三角測量法による絹雲の観測
Author(s)	孫野, 長治; MAGONO, Choji; 播磨屋, 敏生 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 18, 83-98
Issue Date	1967-08-10
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.18.83
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13932
Type	departmental bulletin paper
File Information	18_p83-98.pdf



6. 三角測量法による絹雲の観測

孫野長治・播磨屋敏生・八木鶴平

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和42年4月受理 —

I. 序 論

絹雲はよく知られているように特異な形(かぎ状, すじ状, 幕状)を持っている。これまで多くの人々(米海¹⁾, LUDLAM²⁾, SCHAEFER^{3,4)}, 斎藤・成川⁵⁾, McLEAN⁶⁾, CONOVER⁷⁾, REUSS⁸⁾)によって観測が行われたが, 転移層や風やジェット気流との関係が調べられただけで, 形に関する考察がほとんど行なわれていない。精密な形を測定するには絹雲の高度の決定が重要である。REUSS⁹⁾は二台のカメラを真上に向けてステレオ式で絹雲を観測した。しかしこの方法は, カメラの光軸の精度の高い決定方法が伴わなければ使用が難しい。斜め写真では地物がカメラの視野に写っておれば, 後で精密な補正が可能となるので, 我々は二点で地物を入れて同時撮影を行なって, 三角測量方法で絹雲の三次元的な形と位置を測定し, 高層気象要素と比較して, 特異な形の生成を説明しようと試みた。

II. 観測方法と解析方法

札幌市内に距離 1.72 km, 方向 N38.5°E の基線を設け, サイズ 24×35 mm, 焦点距離 35 mm の一対のカメラを使用して観測を行なった。絹雲の移動速度を測定するために, 仰角を 15 度に保ちながら各々のカメラは絹雲を追跡し 1 分間隔で撮影した。写真解析において, 各々の写真に写っている地上の特別な点をトランシットで正確に測量して方位を決め, これをもとにしてカメラの光軸方向を決めた。高層の気象資料を必要とするため, なるべく 9 時と 15 時に観測を行なった。

カメラの光軸を 15 度上向きにして撮影した場合の写真面上の等方位角線及び等仰角線を

- 1) 米海徹一; 上層雲と高層気象要素との関係, 気象集誌, **30** (1952), 296.
- 2) F. H. LUDLAM; Orographic Cirrus Clouds, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., **78** (1952), 554.
- 3) V. J. SCHAEFER; Cloud Forms of the Jet Stream, Tellus, **5** (1953), 27.
- 4) V. I. SCHAEFER; A Case Study of Jet Stream Clouds, Tellus, **7** (1955), 301.
- 5) 斎藤将一・成川二郎; 上層雲共同観測総合報告, 研究時報, **6** (1954), 299.
- 6) G. S. McLEAN; Cloud Distributions in the Vicinity of Jet Streams, Bull. Amer. Meteor. Soc., **38** (1957), 579.
- 7) J. H. CONOVER; Cirrus Patterns and Related Air Motions near the Jet Stream as Derived by Photography, J. Meteor., **17** (1960), 532.
- 8) J. H. REUSS; Cirren in vertikaler Windscherung, Beitr. Phys. Atmos., **36** (1963), 173.
- 9) J. H. REUSS; 8) と同じ。

あらかじめ計算しておき、それをを用いてグリッドを作成した。このグリッドを用いて、両観測点で同時に撮影した一対の写真面上の絹雲の対応する点の方位角および仰角を読みとった。これらの角度を利用して三角測量の方法で雲の位置を決定した。



写真1. 1964年9月3日10時33分の絹雲と積雲の二点観測

Photo 1. Trigonometric observation of cirrus and cumulus clouds, 1033 JST, September 3, 1964.

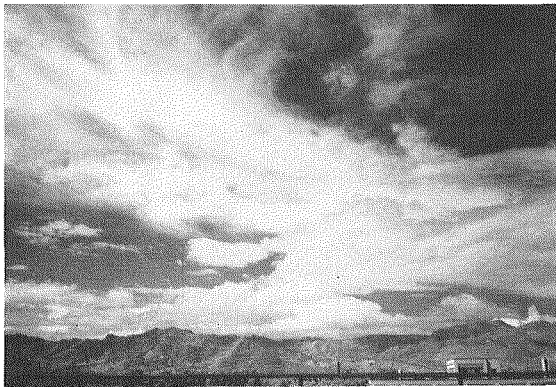


写真2. 1964年9月2日9時54分の絹雲と積雲

Photo 2. Cirrus and cumulus clouds, 0954 JST, September 2, 1964.

写真3. 1964年9月3日10時54分の
絹雲と積雲

Photo 3. Cirrus and cumulus clouds,
1054 JST, September 3, 1964.

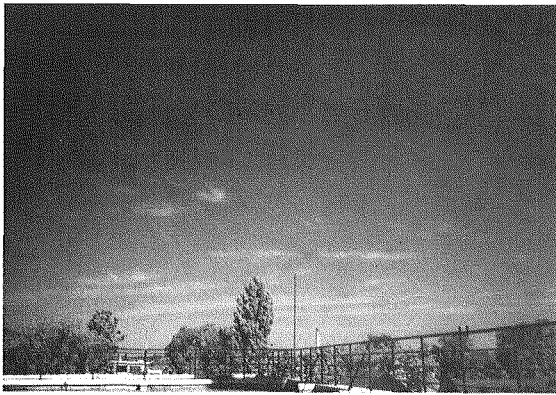
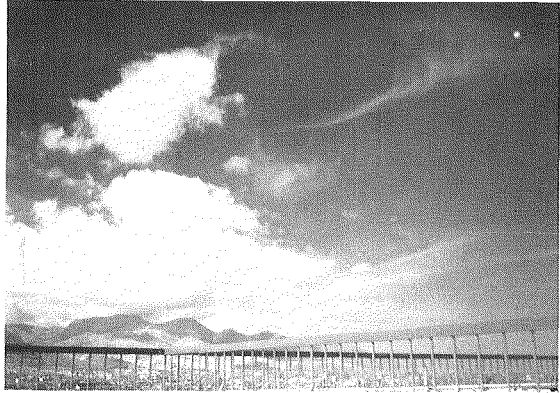
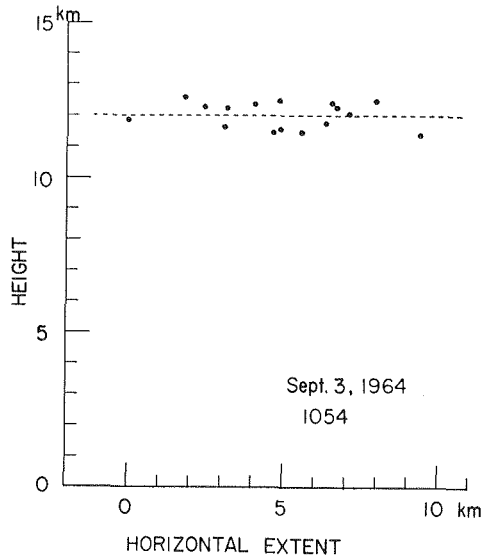


写真4. 1964年9月24日9時37分の絹雲

Photo 4. Cirrus clouds, 0937 JST,
September 24, 1964.

この観測では、高度における絶対誤差が±500 m と見積もられ案外大きい。そこで次のようなとり扱い方をした。写真3.に示す絹雲の各点の高度を横方向に描いてみると第1図のようになる。この程度の測定では絹雲の中で高度に差があったにしても誤差の範囲に入ってしまう。しかし、図でみられるように横の広がり比べて高度のバラツキ具合は小さいので、この場合は、図の点線のような一定高度の絹雲とみなすことにする。このように一つの雲については高度を一定として水平方向の形を決定した。



第1図 絹雲の縦横の広がり

Fig. 1. Vertical and horizontal extent of
a cirrus cloud.

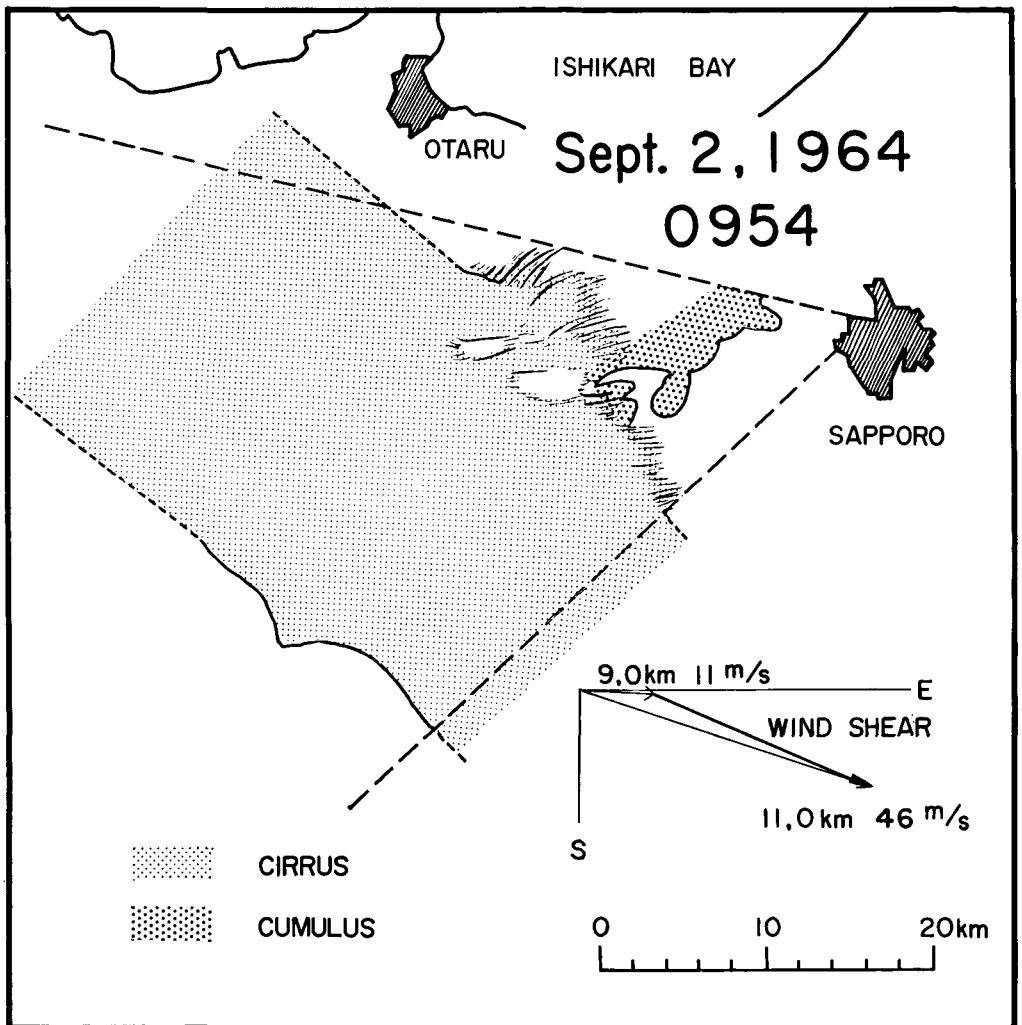
III. 観測結果と考察

1. 絹雲の形と水平分布

1964年の8月から10月にかけて絹雲の同

時二点写真撮影を行なった。そのうち9月2日, 3日, 24日の4例について解析を行なった。解析された雲の写真は, 写真1., 2., 3., 4.に示し, 前記の写真の水平投影図は第2図, 第3図, 第4図, 第5図に示す。

9月2日午前9時50分頃から札幌の西方に写真2.にみられるような濃い絹雲が現れた。写真三角測量観測によれば, この高度は平均9.8 kmで, これを地図上に描いた水平投影図は第2図のようになる。この図において札幌をはさんだ破線はカメラの視野を示し, 右下に絹雲高度の直上, 直下の風を hodograph で示してある。またこの高度間の垂直シャーは太い実線で示してある。観測点近くの大きい点をほどこした部分は下層の積雲の分布であり, 図の中央の小さい点をほどこした部分は絹雲の分布で大体の走向は NW から SE で, 垂直シャーと

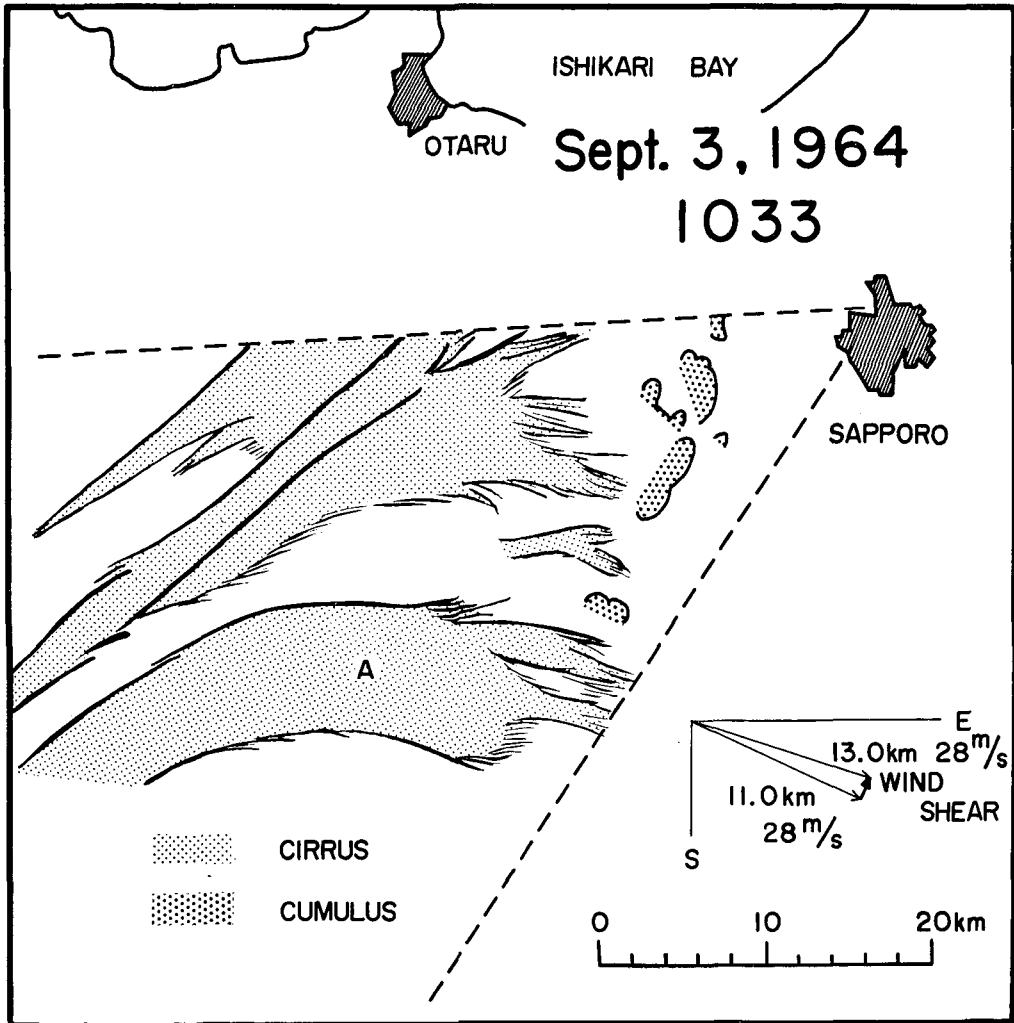


第2図 1964年9月2日9時54分の絹雲と積雲の水平投影図

Fig. 2. Horizontal projection of cirrus and cumulus clouds, 0954 JST, September 2, 1964.

一致する。しかし細かいストリーマーの方向は垂直シヤーからややずれている。

9月3日午前10時15分頃から札幌の南西方向に写真1.にみられるような大体平行な3本のバンド状絹雲が現れた。この高度は平均12.0 kmで、これを地図上に描いた水平投影図は第3図のようになる。図の中央の小さい点をほどこした部分は絹雲の分布で、この時の垂直シヤーは非常に小さかったけれども、左方のわん曲せぬ絹雲の走向は、垂直シヤーの方向と一致する。しかし細かいストリーマーの方向は垂直シヤーからずれている。前記の絹雲の約30分後に札幌の北西方向に写真3.にみられるようなすじ状の絹雲が現れた。この高度は平均12.0 kmで、これを地図上に描いた水平投影図は第4図のようになる。図の小さい点をほどこした部分は絹雲の分布で、この時の垂直シヤーは非常に小さかったけれども、観測点に近い絹雲の



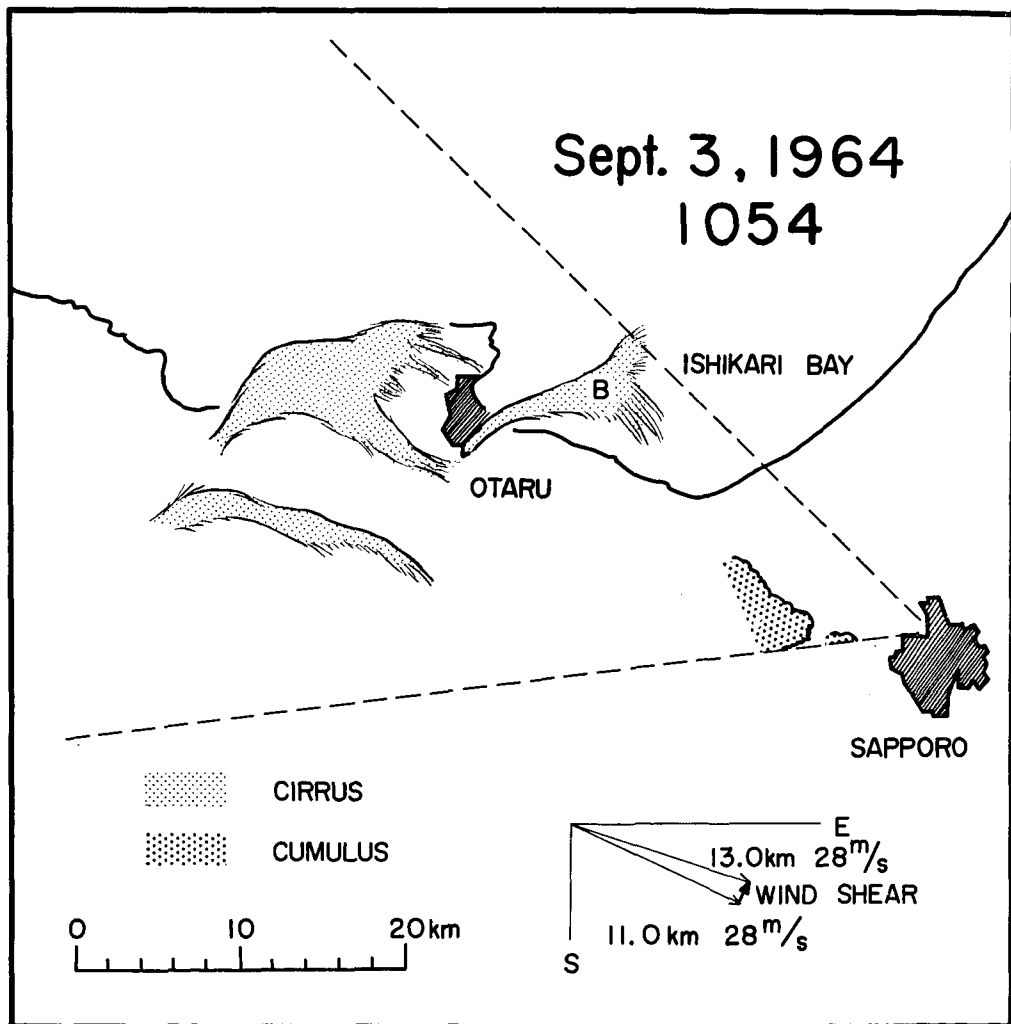
第3図 1964年9月3日10時33分の絹雲と積雲の水平投影図

Fig. 3. Horizontal projection of cirrus and cumulus clouds, 1033 JST, September 3, 1964.

走向は垂直シヤーの方向と一致する。しかし観測点より遠い絹雲の走向及び細かいストリーマーの方向は垂直シヤーからずれている。

9月24日午前9時05分頃から札幌の北方に写真4.にみられるような塊状の絹雲が現れた。この高度は平均9.9 kmで、これを地図上に描いた水平投影図は第5図のようになる。図の小さい点をほどこした部分は絹雲の分布でストリーマーの方向は垂直シヤーと一致する。

一般に絹雲の形状を決めるものは風のシヤーと考えられる。二宮¹⁰⁾は垂直シヤーがある気層中の雲系の水平面への投影は、雲塊がその存在する高度の風で流されると仮定し、風のシヤ

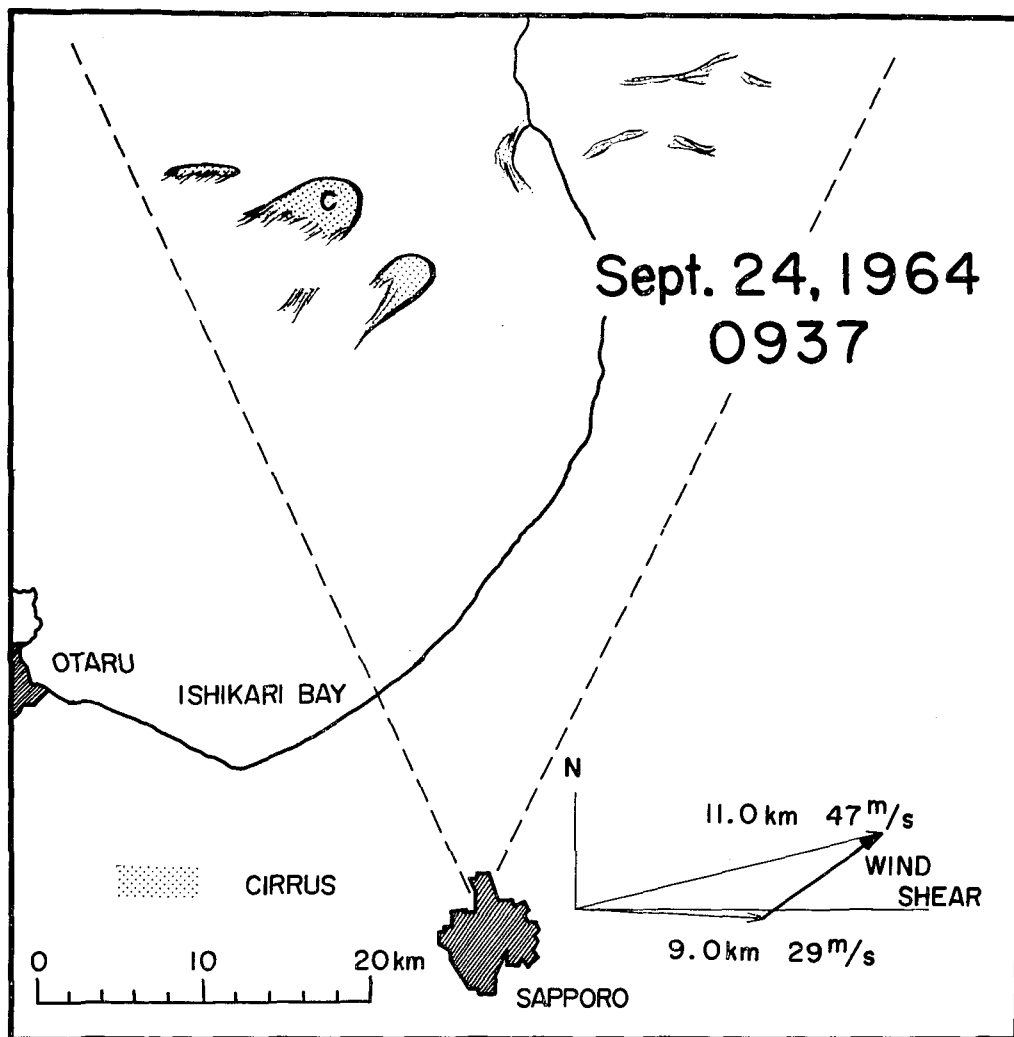


第4図 1964年9月3日10時54分の絹雲と積雲の水平投影図

Fig. 4. Horizontal projection of cirrus and cumulus clouds, 1054 JST, September 3, 1964.

10) 二宮光三；気象衛星タイロスの資料を用いた夏季のジェット気流の解析，研究時報，15 (1963)，261.

ーに平行である事を示した。また REUSS¹¹⁾ は絹雲のステレオ写真観測の結果、ストリーキバンドが風のシヤーに平行になっていることを観測した。我々の観測では、絹雲の走向と垂直シヤーとはかなりよい一致を示したが、9月24日の例を除いて細かいストリーマーは垂直シヤーと一致を示さなかった。この原因として、高度差のある絹雲の高度を一樣な板と仮定したための観測上の誤差、及び既に形状の完成されたものが風系の異なる場所へ運ばれてきたのを観測したためなどが考えられる。絹雲の形状と垂直シヤーとの関係を調べるためには、観測精度をあげること、及び発生途上の絹雲を観測する必要があるだろう。その場合でも、絹雲は局所的



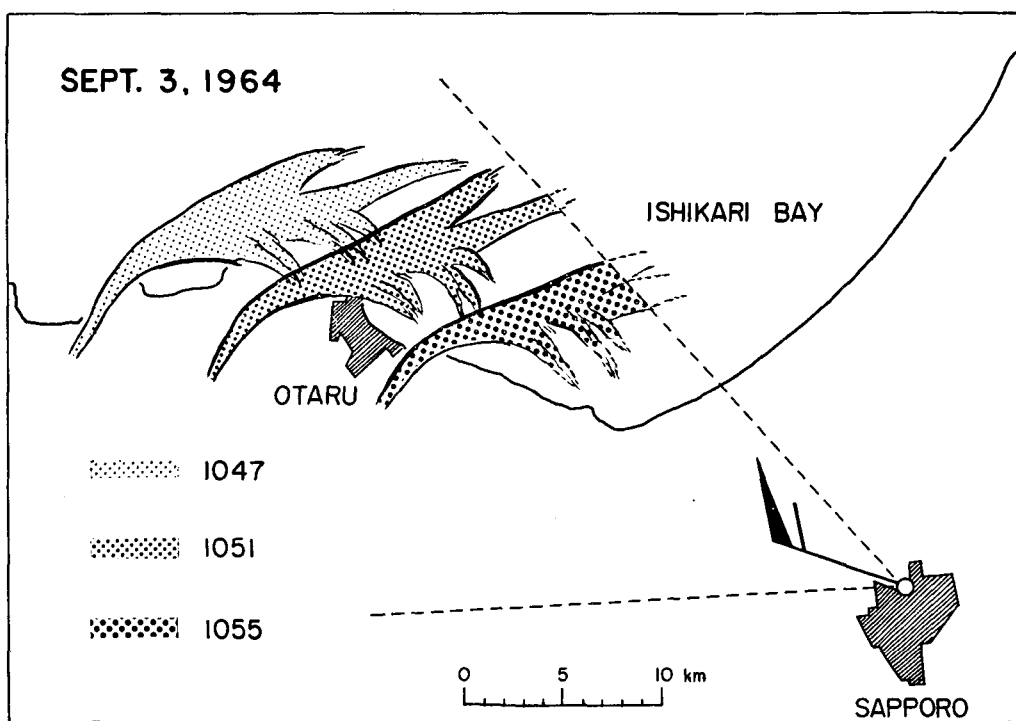
第5図 1964年9月24日9時37分の絹雲の水平投影図
 Fig. 5. Horizontal projection of cirrus clouds, 0937 JST, September 24, 1964.

11) J. H. REUSS; 8) と同じ.

な気流の乱れによっても左右されると考えられるので、細かい絹雲の形状をかなり離れたラジオゾンデの風のデータと比較することに問題があるかもしれない。

2. 絹雲の雲向・雲速とその高度の風向・風速との関係

二観測地点で同時刻に撮影された連続写真より三角測量法で直接に雲向・雲速を求めた。第6図は第4図の絹雲Bの移動を示したもので、10時47分から4分間隔の位置を地図上に描いてある。平均の雲向は290度、雲速は29 m/secであり、この高度での風向の289度、風速の28 m/secとかなり良く一致した。同様に求めた第3図、第4図、第5図の絹雲A, B, Cの雲向・雲速と風向・風速との関係を第1表に示す。表に示されているように、雲向・雲速はその高度での風向・風速とかなり良い一致を示している。なお上層雲向・雲速と上層風向・風



第6図 絹雲(B)の水平移動図

Fig. 6. Horizontal movement of the cirrus cloud B.

第1表 絹雲の雲向・雲速とその高度の風向・風速

Table 1. Direction and speed of a cirrus cloud movement, and wind direction and wind speed at the cloud level.

	Direction of cloud motion	Wind direction	Cloud speed	Wind speed
Sept. 3 (A)	292°	289°	31 m/sec	28 m/sec
Sept. 3 (B)	290°	289°	29 m/sec	28 m/sec
Sept. 24 (C)	260°	263°	35 m/sec	41 m/sec

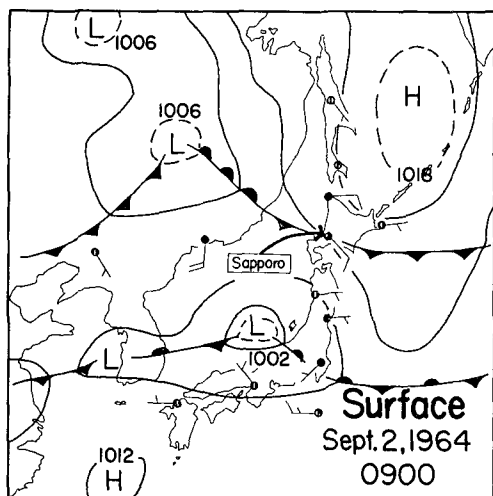
速との関係については、LUDLAM¹²⁾、齋藤・成川¹³⁾の観測があるが、一点観測のため絹雲の高度を仮定して雲向・雲速を出し、それと風向・風速と比較して大体一致すると我々と同じ結論をだしている。

3. 気象状況

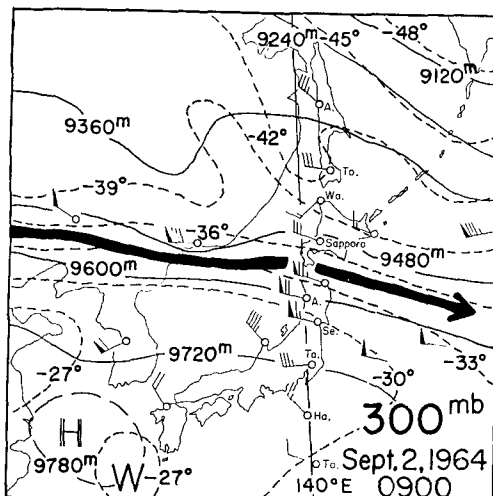
1964年9月2日の気象状況は第7図(地上天気図, 0900 JST)と第8図(300 mb 天気図, 0900)と第9図(140°Eに沿う高層断面図, 0900)と第10図(札幌における状態曲線, 0900)に示されている。北海道はオホーツク海にある高気圧の後面に位置し、沿海州より東にのびる前線の影響下にあった。第8図, 第9図に示されているように、津軽海峡上空にジェット気流があり、観測された絹雲は上層前面にあった。又第10図に示されているように絹雲高度に安定層があった。

1964年9月3日の気象状況は第11図(地上天気図, 0900)と第12図(300 mb 天気図, 0900)と第13図(140°Eに沿う高層断面図, 0900)と第14図(札幌における状態曲線, 0900)に示されている。地上天気図は前日とほぼ同じような状況を保っているが、北海道西海岸に低気圧が発生した。第12図, 第13図に示されているように前日津軽海峡上空にあったジェット気流がわずかに南下し、東北地方北部にあった。やはり観測された絹雲は上層前面にあった。又第14図に示されているように絹雲高度に逆転層があった。

1964年9月24日の気象状況は第15図(地上天気図, 0900)と第16図(300 mb 天気図,



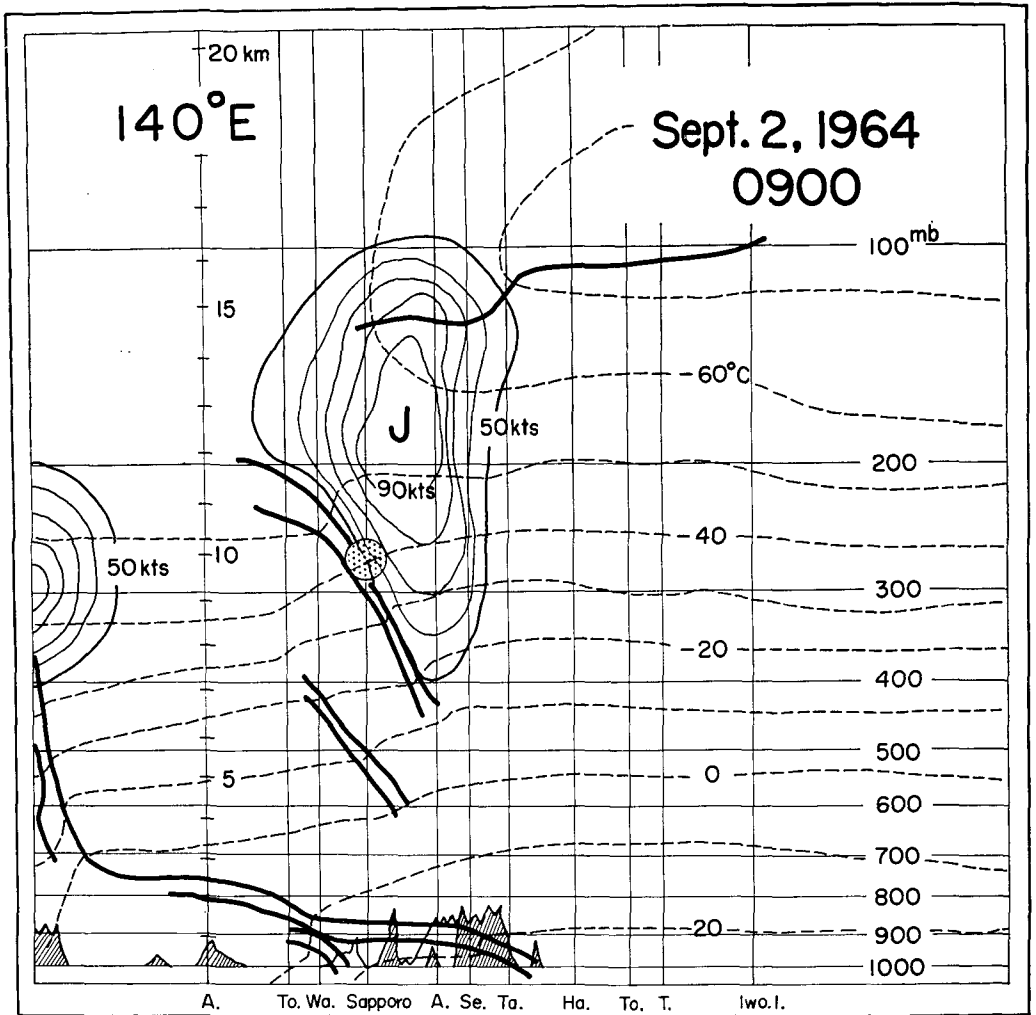
第7図 地上天気図 (1964年9月2日9時)
Fig. 7. Surface weather map at 0900 JST, September 2, 1964.



第8図 300 mb 天気図 (1964年9月2日9時)
太い矢印: ジェット気流の軸
Fig. 8. 300 mb weather map at 0900 JST, September 2, 1964.
thick solid arrow: jet stream core

12) F. H. LUDLAM; 2) と同じ.

13) 齋藤将一・成川二郎; 5) と同じ.

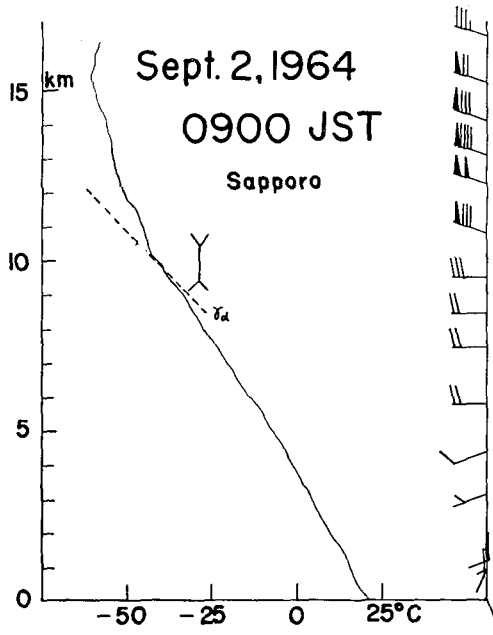


第9図 140°Eに沿う高層断面図 (1964年9月2日9時)

●: 絹雲の位置

Fig. 9. Vertical cross section along 140°E at 0900 JST, September 2, 1964.

●: position of cirrus clouds



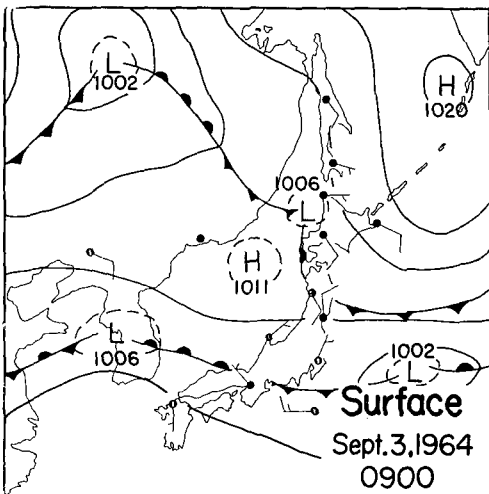
第10図 札幌における状態曲線 (1964年9月2日9時)

χ : 網雲の高度, γ_a : 乾燥断熱減率

Fig. 10. Sounding curve at Sapporo, 0900 JST, September 2, 1964.

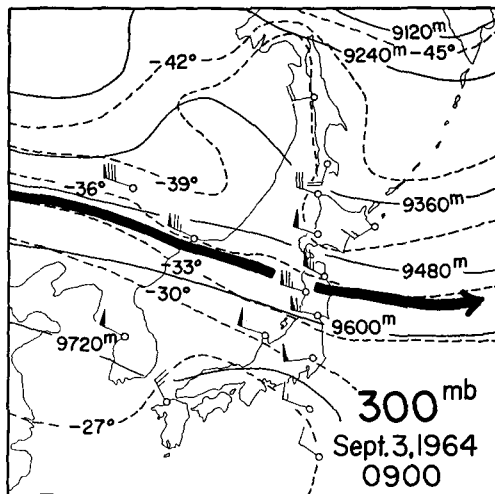
χ : estimated height of cirrus clouds

γ_a : dry adiabatic lapse rate



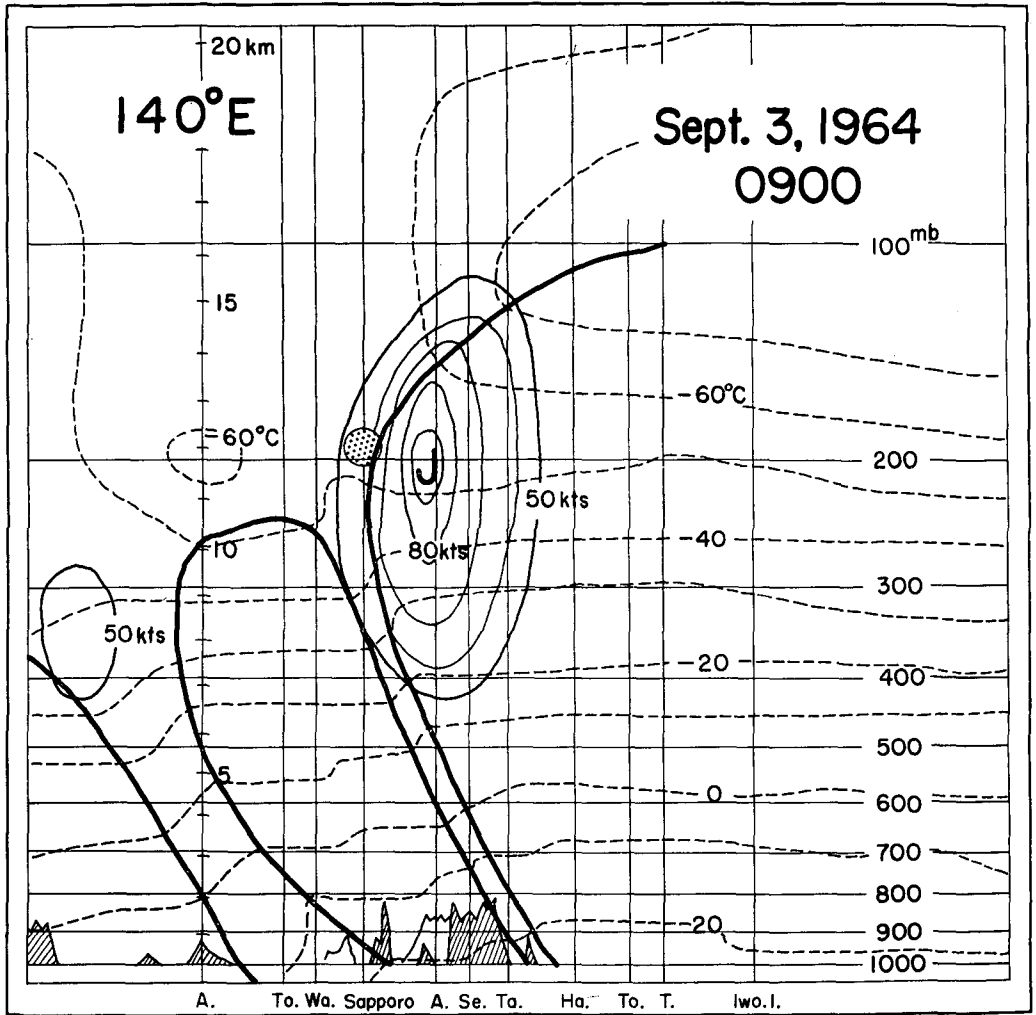
第11図 地上天気図 (1964年9月3日9時)

Fig. 11. Surface weather map at 0900 JST, September 3, 1964.



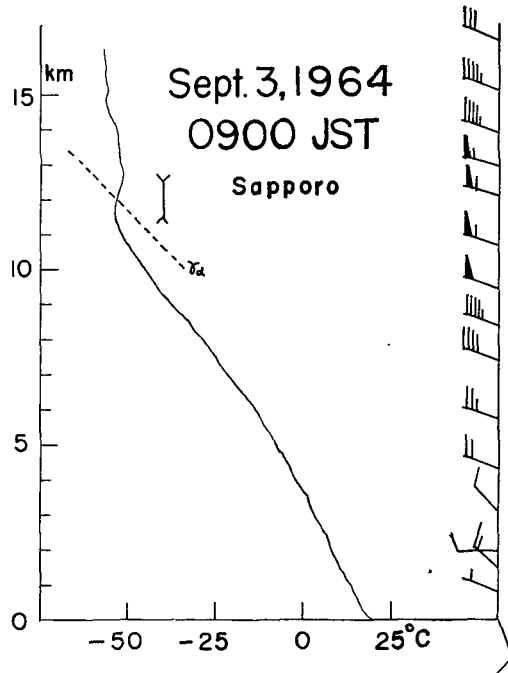
第12図 300 mb 天気図 (1964年9月3日9時)

Fig. 12. 300 mb weather map at 0900 JST, September 3, 1964.



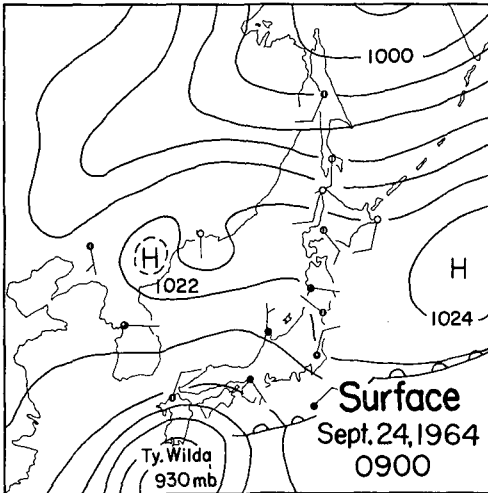
第13図 140°E に沿う高層断面図 (1964年9月3日9時)

Fig. 13. Vertical cross section along 140°E at 0900 JST, September 3, 1964.



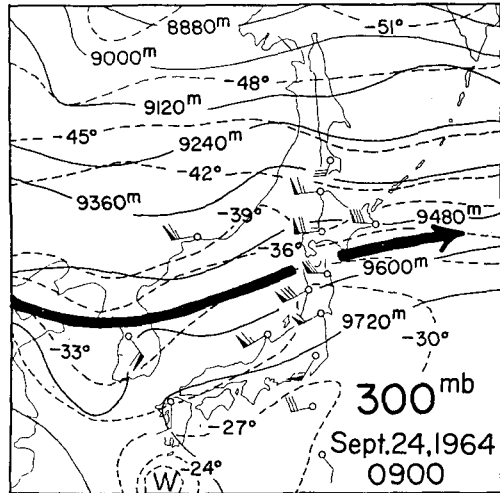
第14図 札幌における状態曲線 (1964年9月3日9時)

Fig. 14. Sounding curve at Sapporo, 0900 JST, September 3, 1964.



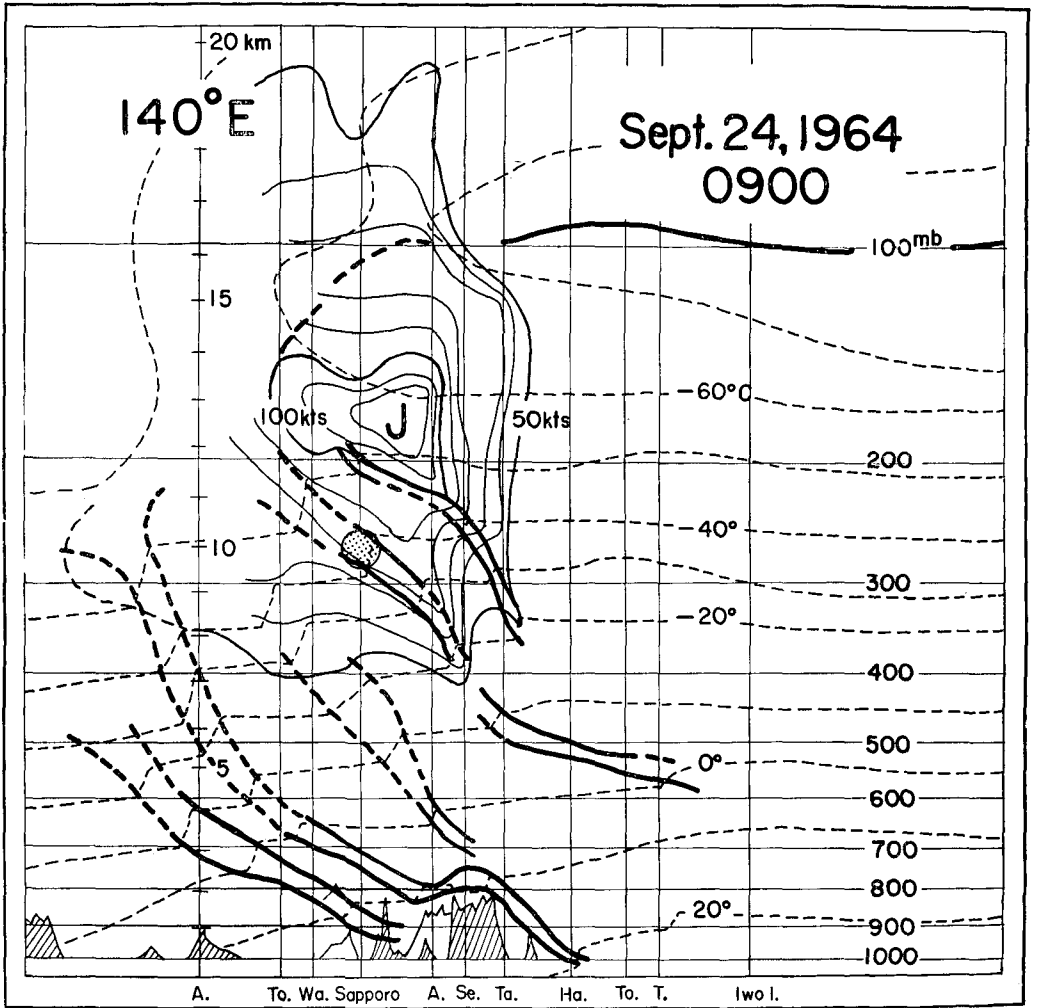
第15図 地上天気図 (1964年9月24日9時)

Fig. 15. Surface weather map at 0900 JST, September 24, 1964.



第16図 300 mb 天気図 (1964年9月24日9時)

Fig. 16. 300 mb weather map at 0900 JST, September 24, 1964.



第17図 140°Eに沿う高層断面図(1964年9月24日9時)

Fig. 17. Vertical cross section along 140°E at 0900 JST, September 24, 1964.

0900) と第 17 図 (140° E に沿う高層断面図, 0900) と第 18 図 (札幌における状態曲線, 0900) に示されている。北海道は、東西に带状にのびている高気圧の圏内にあった。第 16 図, 第 17 図に示されているように津軽海峡上空にジェット気流があり、観測された絹雲は上層前面にあった。又第 18 図に示されているように絹雲高度に安定層があった。

上層雲の発生機構として、前面によるもの、局所的な上昇によるもの、山岳性のものなどが考えられる。上層前面で発生した絹雲の例として、来海¹⁴⁾、斎藤・成川¹⁵⁾の観測があり、彼らは異った気流間の転移層も存在している事を示した。我々の観測もこれらと同じ結果となった。また我々の観測した絹雲はジェット気流の近傍にあった。絹雲のかぎ状、すじ状などの特異な形は、大きな垂直シヤーによると考えられる。ジェット気流近傍では垂直シヤーは非常に大きいので、かぎ状、すじ状の絹雲が発生しやすいであろう。

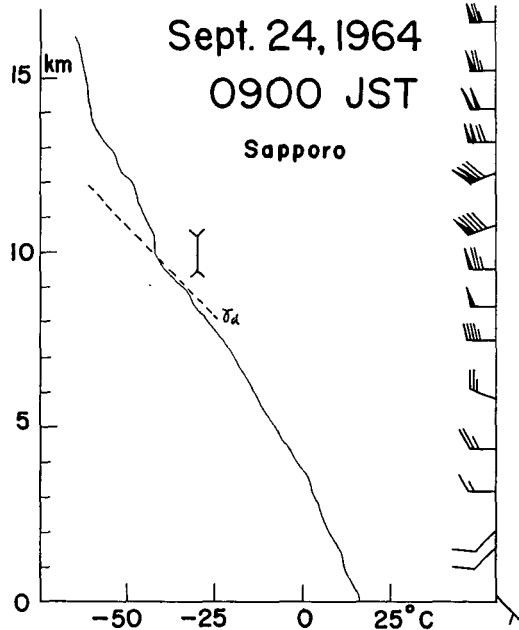
IV. 結 論

1964 年の 8 月から 10 月にかけて札幌において行なわれた絹雲の写真測量法による観測の結果、次のような事がわかった。

(1) 我々が観測した絹雲は、解析の結果上層前面で発生したものと考えられる。

(2) 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。絹雲の走向は風の垂直シヤーと良い一致を示す。しかし細かいストリーマーは垂直シヤーからずれる。これは、観測上の誤差、及び既に形状の完成されたものが風系の異なる場所へ運ばれてきたのを観測したためと考えられる。

おわりに、解析に用いた気象資料は気象庁及び札幌管区気象台よりいただきました。記して感謝の意を表します。



第 18 図 札幌における状態曲線 (1964 年 9 月 24 日 9 時)

Fig. 18. Sounding curve at Sapporo, 0900 JST, September 24, 1964.

14) 来海徹一; 1) と同じ。

15) 斎藤将一・成川二郎; 5) と同じ。

6. Observations of Cirrus Clouds by Trigonometric Method

By Choji MAGONO, Toshio HARIMAYA and Tsuruhei YAGI
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

The cirrus clouds were observed in Sapporo on 2nd, 3rd and 24th in September, 1964 and they were analyzed by trigonometric method with photographic observation. The results of analyses were compared with the meteorological elements at the time in Sapporo.

The results were as follows. It is considered that the analyzed cirrus clouds originated from an upper frontal surface. The direction and the speed of a cirrus cloud movement agreed with the wind direction and the wind speed at the cloud level respectively. The direction of cirrus stripes agreed with the wind shear around the level. But the streamers of cirrus clouds did not always agree with the wind shear. It is considered that this disagreement was caused by errors in the observation or by the difference between the observation time of the wind system and the formation time of the cirrus clouds.