

軌道気象衛星の鉛直分布観測から導出された 水蒸気場の解析 (ケース・スタディ)

Moisture Field Analysis Derived from Meteorological Satellite Vertical Sounding (NOAA-TOVS).....Case Study.....

加藤 政勝*

Masakatsu Kato*

Abstract

The usefulness of moisture information derived from TIROS Operational Vertical Sounder (TOVS) radiance data which are directly received twice a day (at about 00 GMT and 12 GMT) is examined qualitatively for the synoptic scale moisture field analysis.

Three-dimensional fields of derived moisture are analysed objectively and compared with the surface map, GMS pictures and initial moisture field at 700 mb level of 6L-FLM (6-level 150 km-mesh primitive model of JMA).

From a comparison of analysed moisture fields with the surface map and others, the analysed three-dimensional moisture fields are in good agreement with the moisture fields inferred from synoptic scale weather situation.

The moisture information from TOVS radiance data may be obtainable with horizontal resolution of about 50~100 km.

So, it seems promising that the moisture fields from TOVS radiance data are useful not only in synoptic scale moisture field analysis but also in smaller scale moisture field analysis.

In severe weather phenomena, the moisture fields (as to thermal effects) are one of the important factor as well as the dynamical fields, therefore, it is necessary that the quantitative analytical studies of derived moisture fields from TOVS radiance data are important and these will be remaining to study problem in future.

1. はじめに

極軌道衛星 TIROS-N シリーズの2号機 (NOAA-6) より得られる情報を利用して、部分雲量、鉛直温度、水蒸気量、その他の物理量の導出方法が気象衛星センターで開発され (青木, 他, 1981) 現在1日2回ルーチンの出力されている。

これら求められた気象要素や校正済 TOVS データは磁気テープに累積され保存されている。これらのデータの気象解析への利用法を今後開発する必要がある。そ

* 気象衛星センター解析課, Meteorological Satellite Center

の第一歩として、導出された水蒸気の分布パターンが、実際の分布をどの程度表現しているか比較を試みた。

この報告は夏期 (1981年8月28日22Z) 及び冬期 (1981年12月4日23Z) の2例について、TOVS データによる水蒸気場と GMS 画像及び気象庁電計室で求められた水蒸気場等との定性的な比較を述べるものである。

2. データ及び解析法

累積磁気テープに含まれている水蒸気情報は1日2回 (00Z及び12Z 近傍) で、およそ 35°N, 140°E を中心に半径 25°N の範囲 (日時によって若干異なる) 内で、雲量が約90%以下であるほぼ 50~100 km 四方の領域に

ついて1つのデータが得られている。

これら観測点ごとに鉛直方向に大気の上端から 400 mb, 500 mb, 700 mb, 850 mb および 1000 mb 面までの可降水量が算出されている。これらの層間可降水量を鉛直微分することによって混合比(比湿)が求まる。

求まった混合比は、各指定気圧面(1000, 850, 700, 500, 400, 300 mb 面)の値に線形に内外挿し、客観解析(加藤, 1976)によって水平格子間隔 76 km のデータに変換、その後、各指定気圧面ごとの混合比分布図の等値線図を描いた。

可降水量(大気の上端~1000 mb 間及び大気の上端~500 mb 間)についても混合比と同様な方法で等値線図を描いた。

今回、ケース・スタディを行なったのは夏期として 1981年8月28日22z(観測時刻8月28日21~23z)及び冬期として、1981年12月4日23z(12月4日22~24z)の2例で客観解析に用いた TOVS データ点数は Fig. 4a で示した日本を含む範囲において、前者で 537 個、後者においては 859 個である。

尚、TOVS データの水蒸気場と気象庁電計室の水蒸気場の比較において前者が混合比であるのに対し、後者が飽差という点、どちらかに統一して検討した方が望ましいが、TOVS から求まる鉛直温度分布についての検討が十分でないこと等により、今回はこのような形体の下に両者間における定性的な比較を行なった。

3. TOVS から導出した水蒸気場及び可降水量場の客観解析結果の検討

3-1. 夏期(1981年8月28日22z)の場合

Fig. 1 は 1981年8月29日00z の地上天気図である。この時刻に対応する GMS 赤外画像を Fig. 2a に可視画像を Fig. 2b に示した。

地上天気図によれば九州はるか南海上には台風18号がみられ、朝鮮半島南岸に小低気圧が、関東から東方海上にかけては、弱まった寒冷前線が見られる。

Fig. 2a, 2b にはこれら地上じょう乱を反映した雲域がそれぞれみられる。

Fig. 3 はこの時刻における本庁電計室の初期値の 700 mb 面における飽差分布図(以下、 T_h 一分布図とする)である。

GMS 画像と比較するとゾンデ等の実測値が存在する領域では、ほぼ雲域のみられる所では高湿潤域となっているが、データのない領域、例えば、35°N, 145°E 近傍や、台風18号近傍における飽差分布は十分表現されて

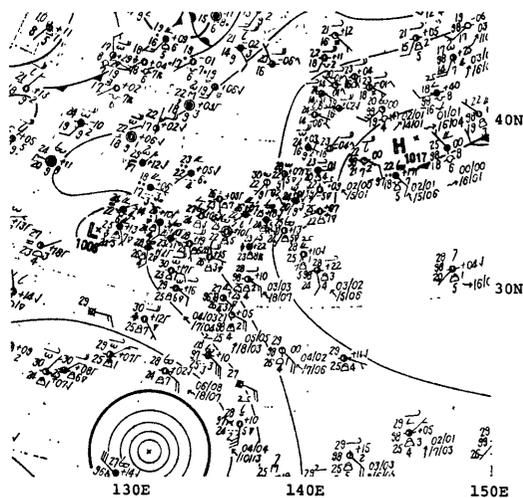


Fig. 1 Surface map at 00 GMT 29 Aug. 1981 published by JMA.

いない。

Fig. 4a~4e は 2章で述べた客観解析を施した TOVS データより求めた混合比分布図で、それぞれ 1000, 850, 700, 500, 300 mb 面のものである(但し、データ時刻は 28日22z 近傍)。

まず、前記の T_h 一分布図に対応する Fig. 4c を主体にこれら混合比分布図の検討をする。

Fig. 4c によれば T_h 一分布図の高湿潤域である中国東北部、西日本域は同じく相対的に高混合比域になっている。さらに、 T_h 一分布図で表示が十分でない 35°N, 145°E 近傍及び台風 18 号近傍においても高混合比域となっている。このことは Fig. 2a, 2b の GMS 画像を参照すると T_h 一分布図に比してより適切な表現と思われる。

下層の水蒸気分布を表わす Fig. 4a, 4b をみると台風 18 号の北西部(沖縄近傍)において高混合比域がみられるが、より上層を表わす Fig. 4d, 4e によればこの傾向はうすれ、一方、GMS 画像からこの領域は線状の下層雲域となっており、表現は適切と思われる。

台風中心近傍の高混合比域は下層から上層まで達している。又、GMS 画像からうかがえるように対馬海峡から日本南岸を通して関東の東海上まで伸びる背の高いバンド状の雲域は 1000 mb 面から 300 mb 面にまで達する相対的高混合比域となっている。

Fig. 1 において日本東方海上の寒冷前線の後面にあたる下降流域と思われる領域は下層から上層までくさび状の相対的低混合比域となっており通常言われているモデル大気と矛盾しないと共に、GMS 画像上でも明らか

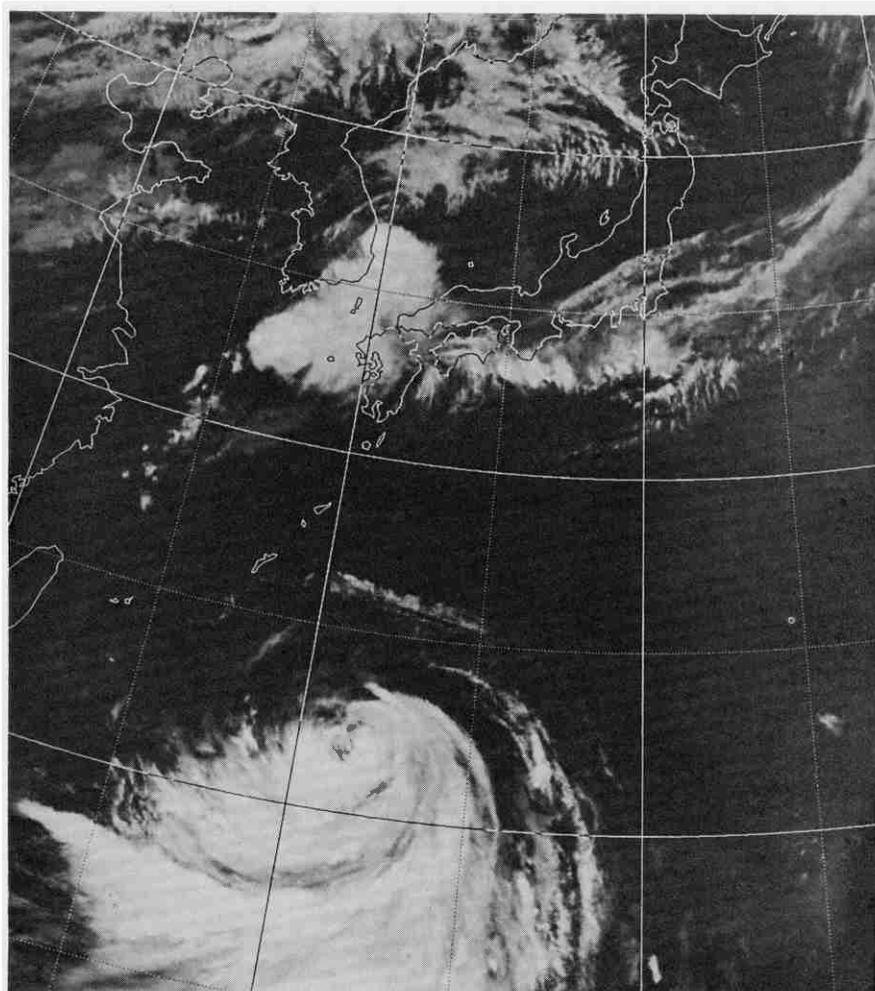


Fig. 2a IR picture taken from GMS at 00 GMT 29 Nov. 1981.

に晴天域となっている。

Fig. 5a, 5b はそれぞれ大気の上端～1000 mb 面, 大気の上端～500 mb 面における 可降水量分布図である。

これらによれば Fig. 1 及び GMS 画像から推測されるように, 台風の近傍, 対馬海峡から日本東海上にみられるバンド状雲域及び山東半島南部に高可降水量域がみられる。

一方, 太平洋高気圧領域及び日本東海上にのびる寒冷前線後面は低可降水量領域となっている。

以上述べてきたように混合比の三次元的分布及び可降水量分布は総観規模の気圧配置とよい一致をしている。

3-2. 冬期1981年12月4日23z.

Fig. 6 は1981年12月5日00z の地上天気図である。

この時刻における GMS 赤外画像を Fig. 7 に示した。地上天気図によれば北海道西海上には低気圧がありこれから伸びる寒冷前線は山陰沖に達している。大陸からは高気圧が張り出してきており, 日本東方海上には南西から北東方向にリッジラインをもつ高気圧がみられる。

これら地上の気圧配置を示唆する如く Fig. 7 で示した GMS 画像上には北海道からその西海上にかけてフック状の雲域がみられこれから南西に伸びる帯状の雲域がある。大陸からの高気圧の張り出しにあたる領域は晴天域となっている。又, 日本東海上の高気圧中心の西ないし南西域には下層雲域がみられる。

Fig. 8 の T_h -分布図によれば, 日本海低気圧に伴う高湿潤域, 華中から南西諸島にかけての相対的高湿潤域及び大陸の乾燥域と, データの比較的豊富な領域は

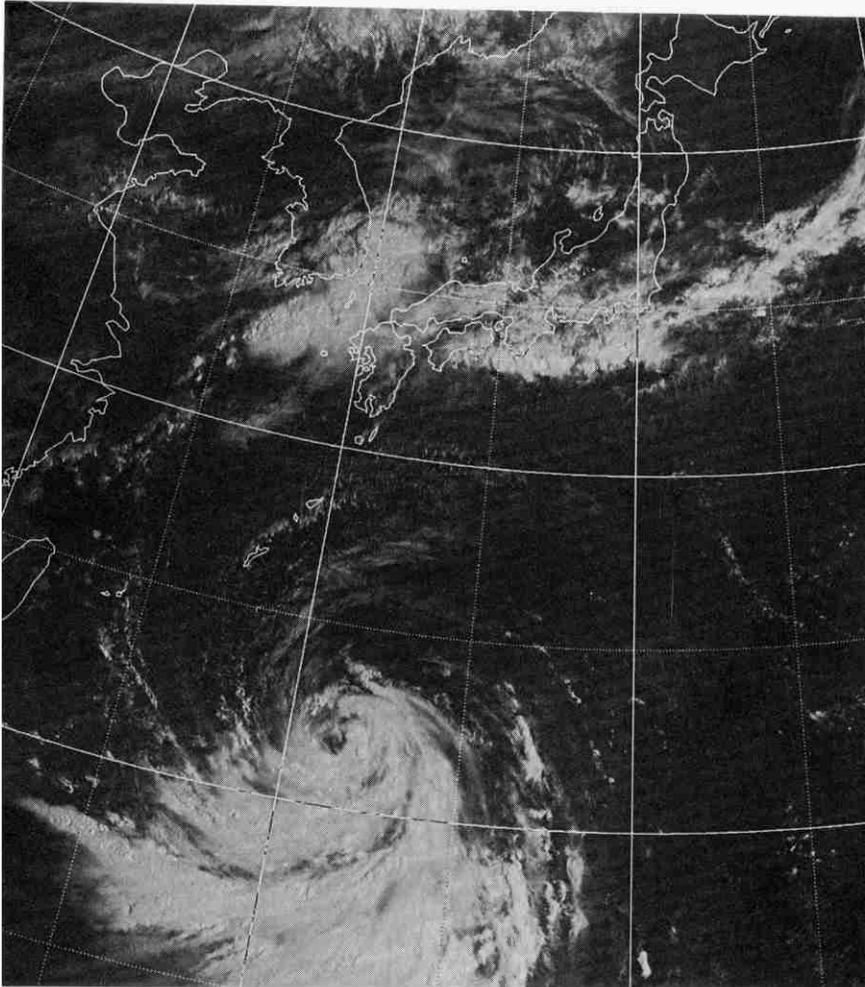


Fig. 2b Same as Fig. 2a except for VIS picture.

GMS 画像からみられる雲域との一致はよい。

Fig. 9a~9e は TOVS データの客観解析から得られた混合比分布図で、それぞれ 1000, 850, 700, 500, 400mb 面のものである。

夏期と同様に T_h 一分布図 (Fig. 8) に対応する 700 mb 面における混合比分布図 Fig. 9c を主体に各層における混合比分布の検討をしよう。

北海道西海上にみられる低気圧に対応する領域は 700 mb 面においては相対的高混合比域になってはいるが、表現が若干あまい、しかしながら、より下層を示す Fig. 9a, 9b をみると低気圧近傍及びそれから南西に伸びる寒冷前線に伴う領域は高混合比域となっており、GMS 画像の雲域との対応はよい。大陸からの高気圧の張り出し領域に対応する領域は、下層及び中層において低混合

比域になっていると同時に、その傾度の大きい領域ともなっており適切な表現と思われる。

T_h 一分布図でみられた華中から南西諸島にかけてみられた高湿潤域は TOVS データではどのようになっているだろうか。中・下層を示す Fig. 9a~9d にみられるようにこれらの領域は相対的高混合比域となっている。しかしながら、詳細にみると次のようなことが言える。

GMS 画像によると九州西海上から南西諸島西海上にかけて、下層雲の帯がみられ雲の切れ目において、紀伊半島沖 (32°N, 136°E 付近) から南西に伸びる (26°N, 132°E 付近) もう一つの下層雲の帯がみられる。これらを反映し Fig. 9a の 1000 mb 面における 80, 100 の等混合比線はキンク (図中の A, B) を持っており、その傾向は 850 mb, 700 mb 面にも現われている。しかし、

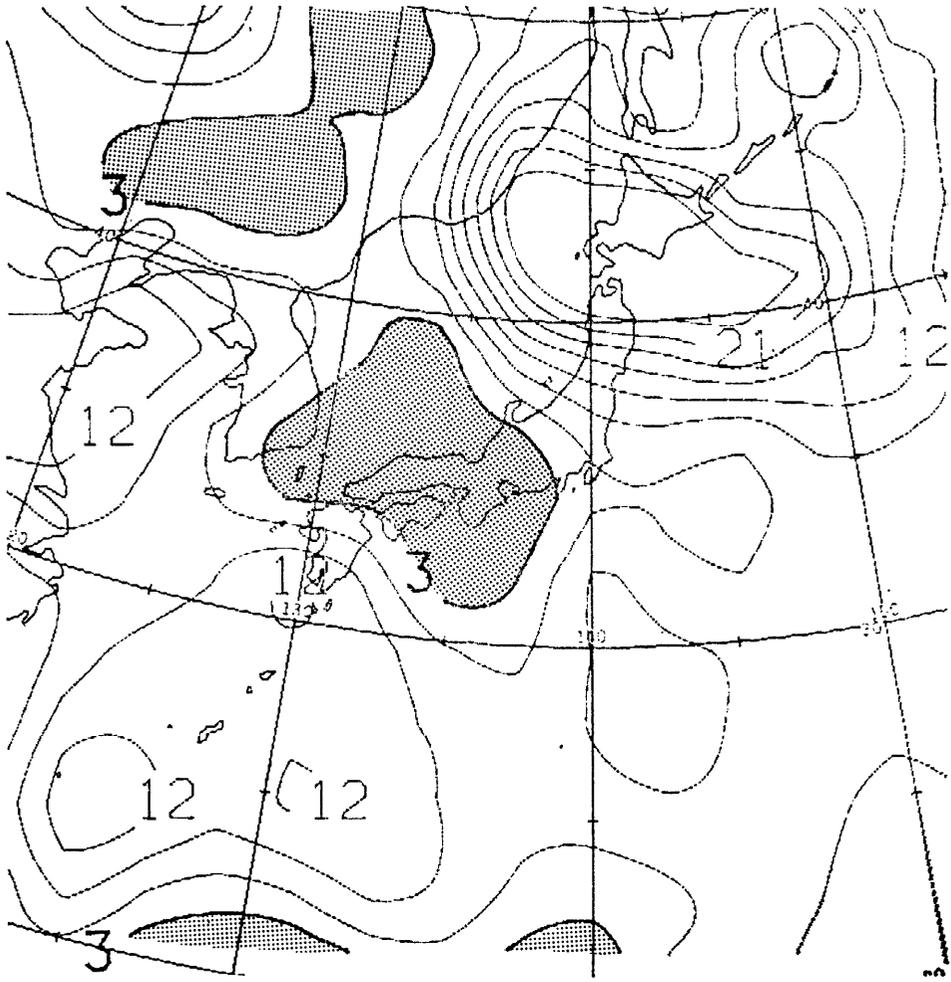


Fig. 3 Dew point depression ($T-T_D$) at 700 mb level for 00 GMT 29 Aug. 1981 published by Electronic Computer Center of JMA. Stippled areas indicate $T-T_D < 3^\circ\text{C}$.

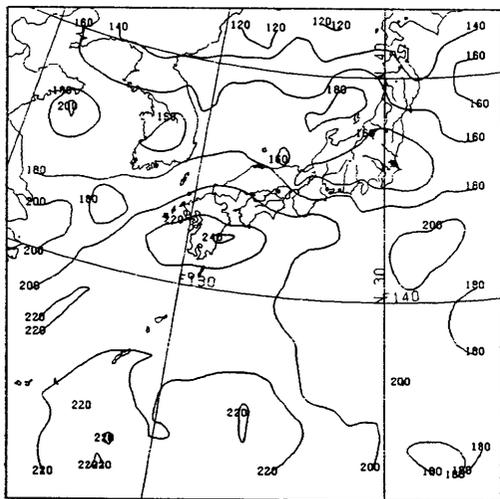


Fig. 4a Mixing ratio (unit in $\times 10^{-1}$ gr/kg) at 1000 mb level derived from TOVS radiance data during the period from 21 GMT 28 Aug. 1981 to 23 GMT 28 Aug. 1981.

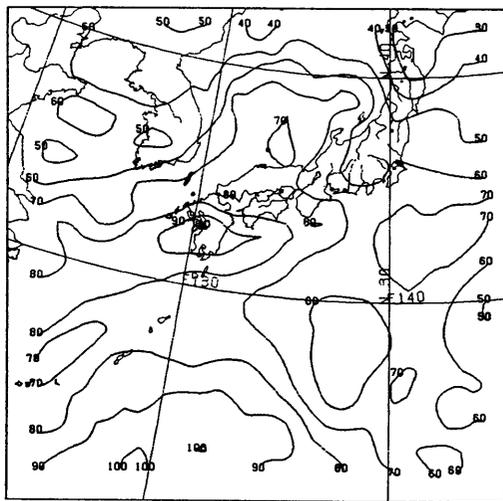


Fig. 4c Same as Fig. 4a except for 700 mb.

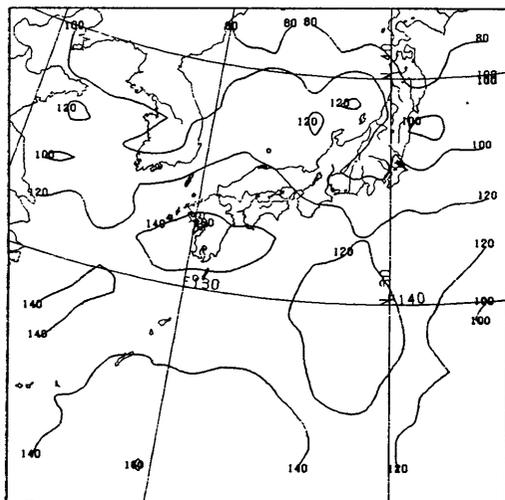


Fig. 4b Same as Fig. 4a except for 850 mb.

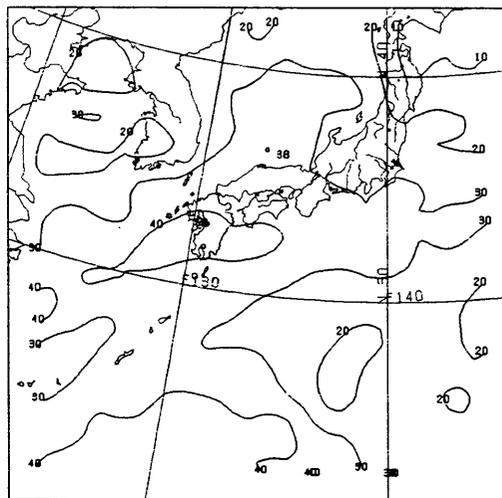


Fig. 4d Same as Fig. 4a except for 500 mb.

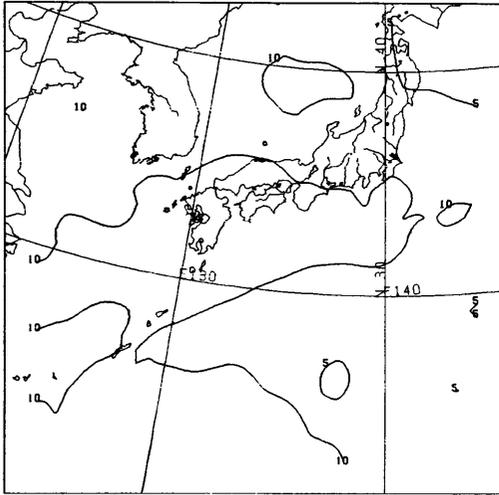


Fig. 4e Same as Fig. 4a except for 300 mb.

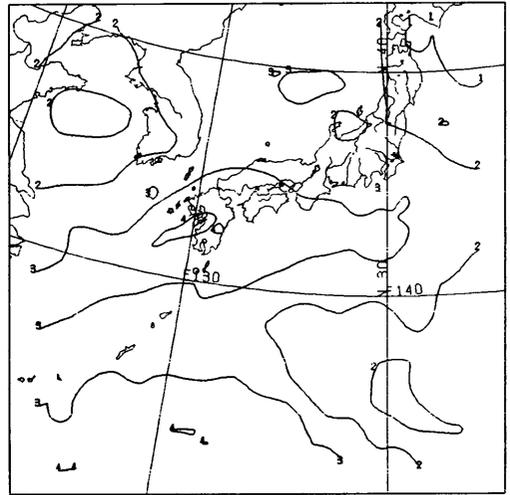


Fig. 5b Same as Fig. 5a except for integrated from 500 mb level to 0 mb level.

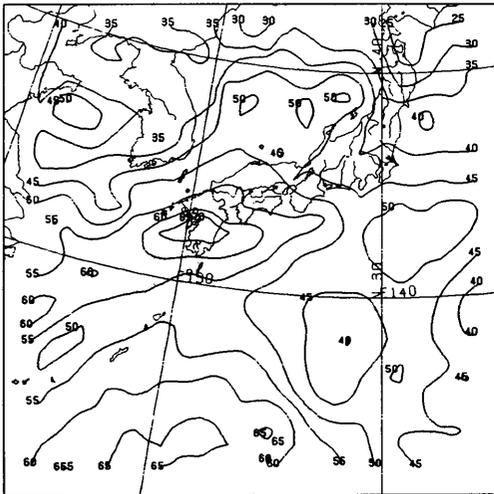


Fig. 5a Precipitable water (unit in mm) integrated from 1000 mb level to 0 mb level derived from TOVS radiance data during the period from 21 GMT 28 Aug. 1981 to 23 GMT 28 Aug. 1981.

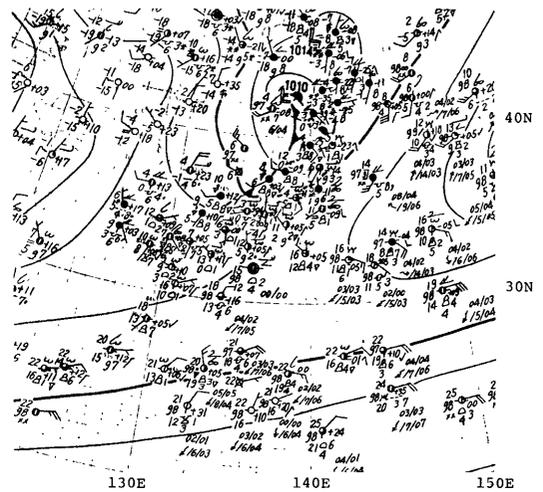


Fig. 6 Surface map at 00 GMT 5 Dec. 1981 published by JMA.

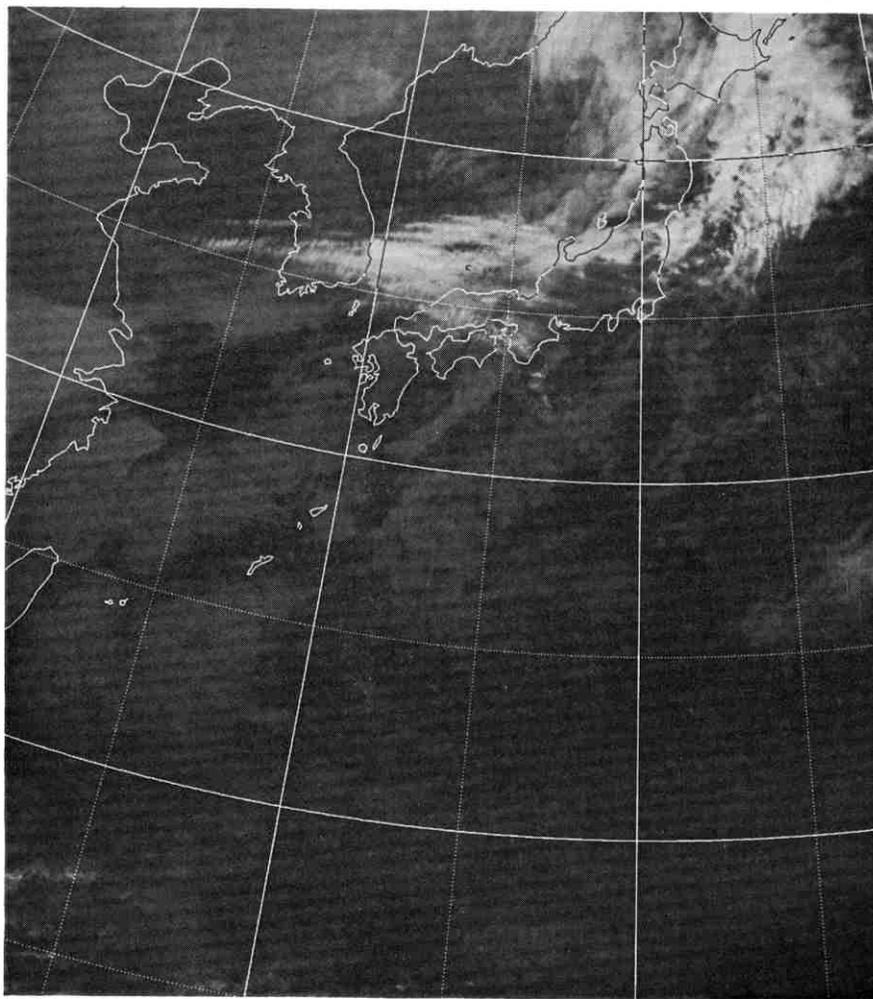


Fig. 7 IR picture taken from GMS at 00 GMT 5 Dec. 1981

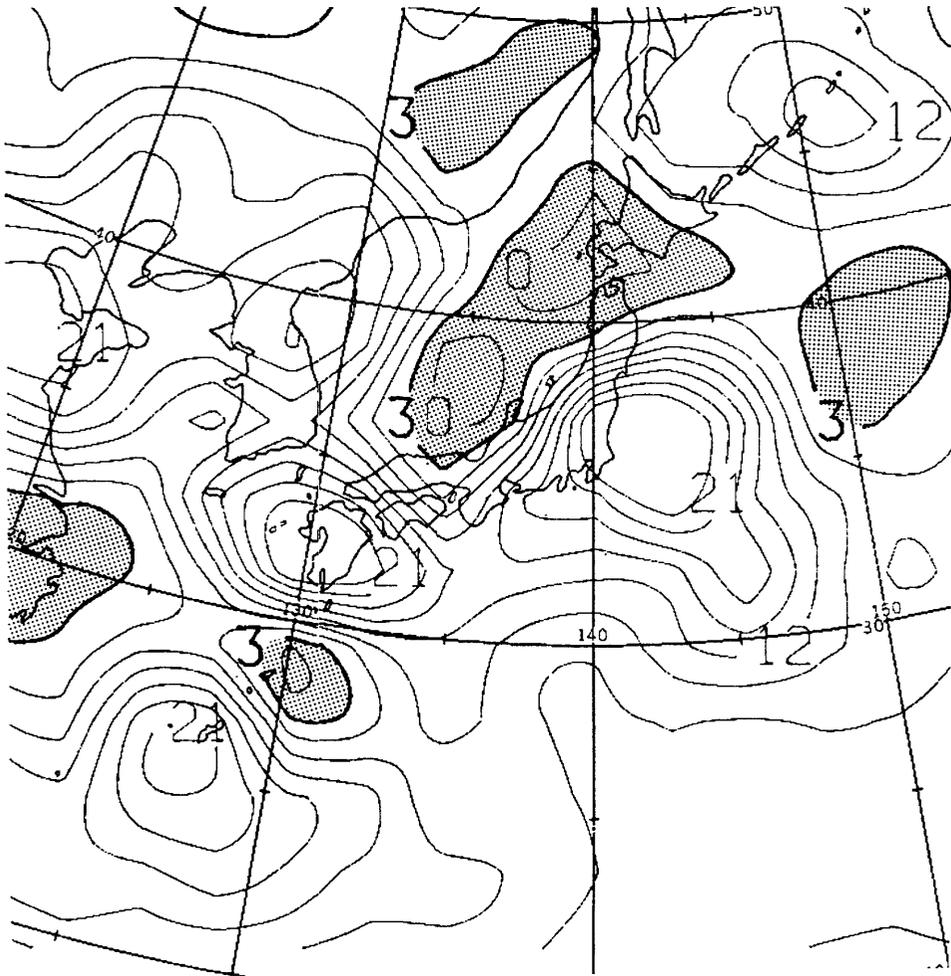


Fig. 8 Dew point depression ($T-T_D$) at 700 mb level for 00 GMT 5 Dec. 1981 published by Electronic Computer Center of JMA. Stippled areas indicate $T-T_D < 3^\circ\text{C}$.

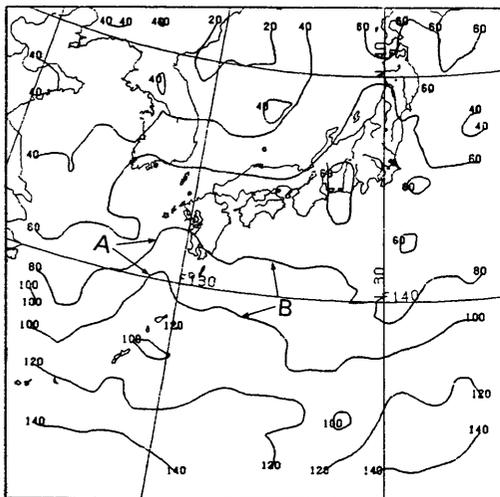


Fig. 9a Mixing ratio (unit in $\times 10^{-1} \text{gr/kg}$) at 1000 mb level derived from TOVS data during the period from 22 GMT 4 Dec. 1981 to 24 GMT 4 Dec. 1981. A and B in the figure indicate large mixing ratio regions corresponding to low level clouds.

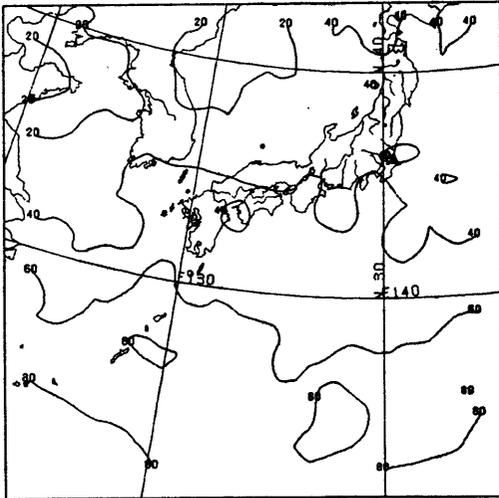


Fig. 9b Same as Fig. 9a except for 850 mb.

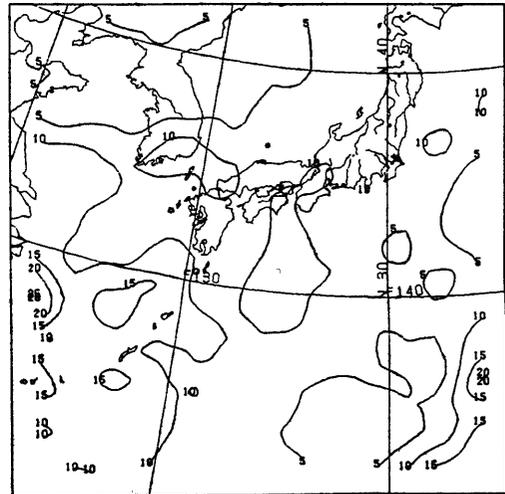


Fig. 9d Same as Fig. 9a except for 500 mb.

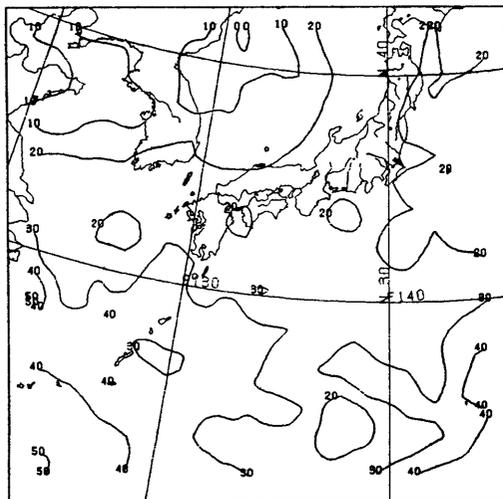


Fig. 9c Same as Fig. 9a except for 700 mb.

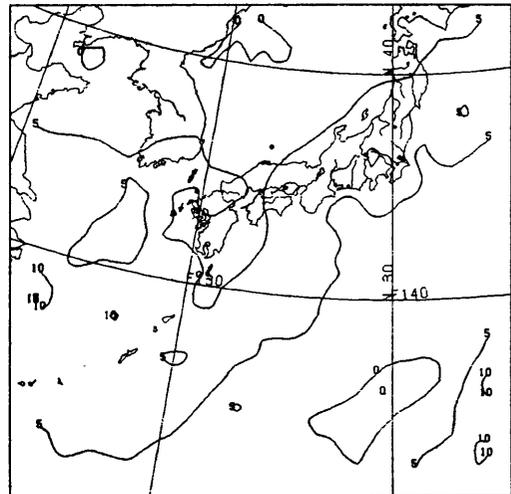


Fig. 9e Same as Fig. 9a except for 400 mb.

より上層を示す Fig. 9d, 9e にはこの傾向はうかがえない。これはこれらの雲域が下層雲であることを考えると適切な表現と考えられる。しかしながら、この様な傾向は Fig. 8 の T_h -分布図には認められない。

東北地方の東海上 (39°N, 145°E 付近) には上層雲域がみられ、可視画像(ここでは示さなかったが)によると中・下層雲はこの近傍では上層雲に比して少ないと思われる(しかしながら、Fig. 6 で 37°N, 135°E 近傍で弱い霧雨がふっているが)。混合比の鉛直分布はこの領域でどのようになっているだろうか。下層を示す Fig. 9a~9c においては相対的に低混合比域になっている。一方、中・上層を示す Fig. 9d, 9e をみると相対的に

高混合比域となっており、GMS 画像からの情報と矛盾しない。

Fig. 10a, 10b はそれぞれ大気の上端~1000 mb 面、大気の上端~500 mb 面における可降水量分布図である。

Fig. 10a によれば地上天気図 (Fig. 6) 及び GMS 画像 (Fig. 7) から推測されるように、日本列島沿いには高可降水量域が、この西側の大陸からの張り出し高気圧域には低可降水量域がみられ両者の境界近傍の傾度は大きい。

九州西海上から南西諸島西海上にかけてと、四国沖から 36°N, 132°E 付近を結ぶ2つの領域に相対的高可降

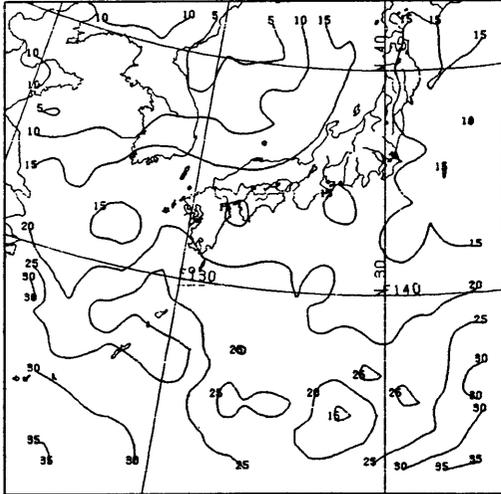


Fig. 10a Same as Fig. 5a except for during the period from 22 GMT 4 Dec. 1981 to 24 GMT 4 Dec. 1981.

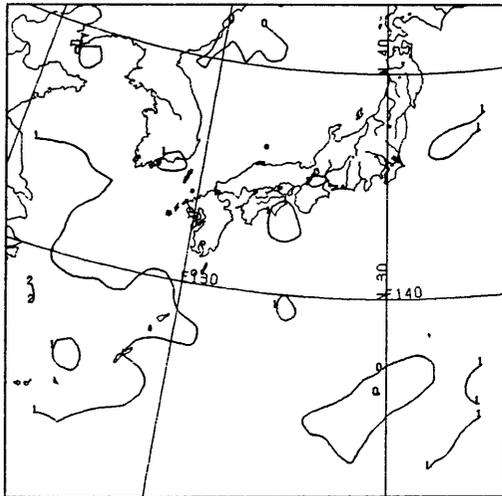


Fig. 10b Same as Fig. 5b except for during the period from 22 GMT 4 Dec. 1981 to 24 GMT 4 Dec. 1981.

水量域がみられるが、これは前述したように下層雲の2つの帯領域にそれぞれ対応している。

4. おわりに

TOVS データから抽出される水蒸気情報を使って求めた混合比場及び可降水量分布を地上天気図、気象庁電計室発行の 700 mb 面の 飽差分布図及び GMS 画像と

の対比において検討した。

検討は主に総観規模で、しかも定性的なものであった。解析例は夏期及び冬期の2ケースではあったが、少なくとも総観規模においての TOVS データの水蒸気情報は適切であると思われる。TOVS の水蒸気情報は雲量がほぼ90%以下の領域において50~100 km 間隔で得られるから、より小規模のじょう乱の解析にも有効性を持つものと思われる。数値予報等において水蒸気の初期場の精度が悪いということが一般に言われているが、これに関して TOVS データは有効なデータ源と言えよう。

シビアウェザーを伴うような気象場における水蒸気の役割(熱的效果)は大きいと思われる。従って、三次元的な水蒸気分布を把握することは大気の力学場を正確に知るのと同程度の重要性を持つと考えられる。

水蒸気に関する TOVS データとゾンデデータとの統計的手法による定量的な比較調査は中島、他(1982)によってなされた。これによるとデータ平均可降水量17.6 mm でゾンデデータから求めた可降水量と TOVS のそれとの RMS が6 mm という結果を得ている。又、平均降水量が増大したとき RMS の増加度は相対的に下がるとしている。これは水蒸気量が豊富な夏期において、相対的に TOVS データの有効性を示すと思われる。

今後 TOVS データの有効性を総観規模及び中小規模のスケールに関して、定量的な検討をすることにより、より有効な利用法の道が拓かれよう。

謝 辞

本調査の遂行に関し、門脇俊一郎データ処理部長に多くの示唆をいただきました。

又、青木忠生調査官には TOVS データ情報に関するコメントを、高橋大知調査官には等値線作図用プログラムを利用させていただいたことを感謝します。

References

- 青木忠生, 中島 忍, 加藤一靖, 1981: 極軌道気象衛星(TIROS-N) データ処理システム, 天気, Vol. 28, No. 9, 531-542.
- 加藤一靖, 1976: 客観解析用プログラム「OBJAN」, 気象衛星技術報告, 3, 1-22.
- 中島 忍, 青木忠生, 加藤一靖, 1982: TIROS-N データ処理システムから得られる晴天海域の鉛直温度, 可降水量のゾンデデータとの比較, 1982年春季大会講演予稿集, 335.