

日本付近の大気の立体構造の統計的研究*

—その1 冬季高層気象の統計—

迎 正 秋** 土 屋 清*** 久保木 光 熙****

要旨 日本付近の冬季における大気の立体的構造の平均状態を調査する目的で140°Eに沿う30~45°Nの範囲の断面解析を行なった。その結果1月の統計期間の平均状態として次の結果を得た。

(1) 気候学的な熱帯圏界面は100mb ぐらいの高さにあり、30°N から38°N ぐらいまではかなり明瞭であるが、40°N あたりではぼける。この範囲での最低気温は30°N の上空100mb 付近にあり、-66°C である。いっぽう極圏界面は北の方から42°N 付近まではっきり認められその高度は300mb 付近である。

(2) 対流圏における気温の変動の極大軸は600mb 付近にあり、極小軸は南から北に向って上方に傾き、30°N 付近では400mb、45°N 付近では300mb ぐらいの高度にある。

(3) いっぽう対流圏における高度場の変動の極大値は南の方から42°N 付近まではかなり明瞭で、30°N 付近では400mb で北に向って上り、42°N 付近では300mb 付近である。

(4) 気候学的なジェット流は32°N の上空200mb 付近にあり、その強さは73.5m/sec である。

1. ま え が き

最近10年間 日本付近には気候に変動が見られ、とくに冬季にそれが著しいことが多くの研究者によって指摘されている。しかしこれまで大気の鉛直構造の平均状態についての解析は行なわれていない。そこで筆者らは最近15年間の冬季のとくに1月を選び、140°Eに沿う日本付近の大気の鉛直構造の平均状態の立体的解析を行ない、大気中の温度、高度場の変動度の立体的分布やその大きさなどを明らかにした。用いた資料は Aerological data of Japan (1951~1965) である。

2. 140°Eに沿う大気の鉛直構造の平均状態

第1, 2図は140°Eに沿う30~46°Nの1951~65年(ただし1963年を除く)間の1月の気温と高度場の月平均値を示す断面図である。気温場、高度場についておもな特徴をつぎに述べる。

(1) 温度場

* Statistical Study on the Vertical Structure of the Atmosphere of 30°N~46°N along 140°E in Winter

** M. Mukai, (気象庁高層課)

*** K. Tsuchiya, (気象庁予報課)

**** K. Kuboki, (気象庁長期予報管理官付)

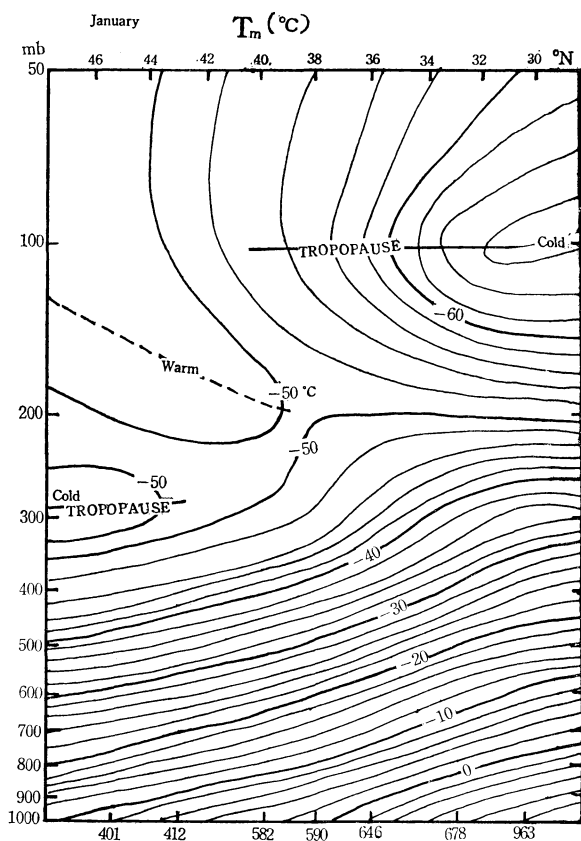
—1968年9月1日受理—

—1969年1月9日改稿受理—

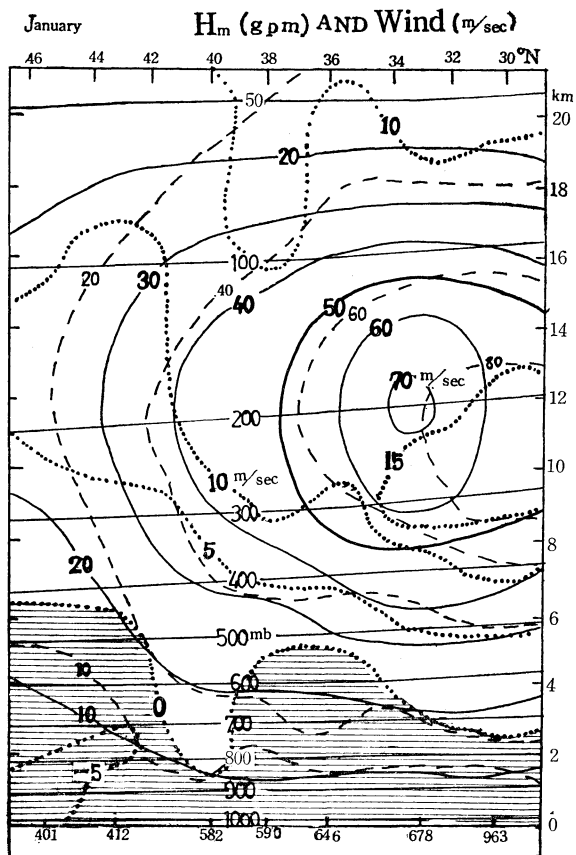
この解析範囲内で気温の最低は-66°C以下で鳥島の上空100mb 付近にある。また最低気温軸は30~41°Nの上空100mb の高度にあり、これは気候学的熱帯圏界面といえよう。いっぽう43°N以北では最低は-50°C以下で最低気温の軸は300mb 高度になっている。これは気候学的な極圏界面といえよう。この熱帯および極圏界面の位置については、1月の毎日のものについて調べた迎(1957)のそれと近い値を示している。

(2) 平均等圧面高度と風速分布

等圧面高度と風速の15年間平均値を第2図に示す。この図の太い実線と点線はそれぞれ実測風の西風および南北成分を、また破線は地衡風の西風成分をそれぞれ m/sec 単位で表わしたもので、北風には(-)をつけてある。地上付近のシャドーの部分は北風成分である。北緯30~45°間の高度場の最大傾度は200mb 面にあり、その大きさは207g.p.m になる。したがって平均的にはこの高度で西風が最大になると考えてよく、地衡風の西風成分は80m/sec である。他方実測風の西風成分の最大は32°N の200mb にあり、その大きさは70m/sec である。毛利(1958)^{2,3}や杉本(1967)⁴らはそれぞれ一年間の月平均値を使って解析しているが、われわれの得た結果との差は10m/sec である。いっぽう最大風の現われた高度は同じであった。地衡風と実測風の最大を比較する



第1図 1月の平均気温(°C)(1951~65年).



第2図 1月の等圧面の平均高度(g.p.m)と風速分布(m/s)(1951~65年) 図中の太実線は実測風の西風成分, 点線は実測風の南北成分, 破線は地衡風の西風成分, シャドローの部分は実測風の北風成分を示す.

と地衡風の西風成分の最大の現われた位置は実測風のそれよりも少し南に偏している。

これらのことから気候学的な1月のジェット気流は大体32~30°N上空200mbにあると考えられる。実測風西風成分の極大値の年による変動では、この統計期間中の最大値は83m/secで、1956年に八丈島上層200mb面にあり、また最小値は69m/secで1956年に館野上層200mb面にあり、その差は14m/secである。下層では北風成分が卓越しているが秋田では他の観測所よりもはるかに低い2km以下から南成分になっているのは興味がある。

3. 気温および等圧面高度の変動度

(1) 気温の変動解析

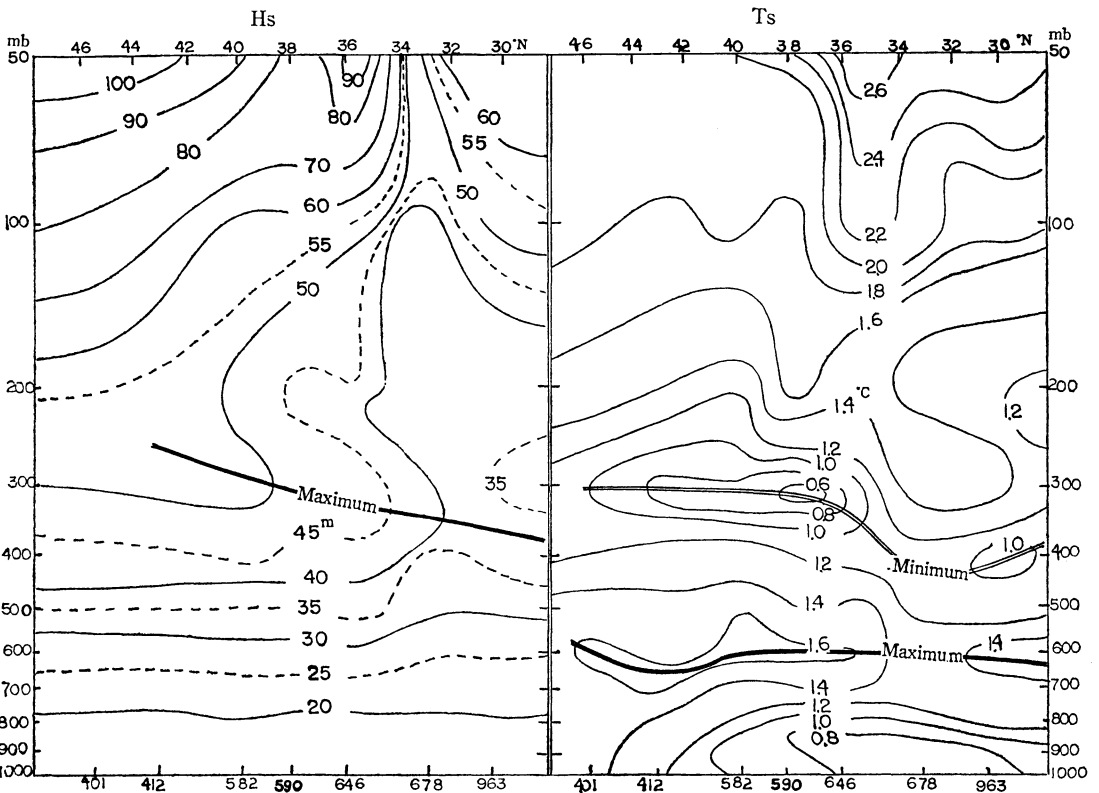
第3図(b)は1951~65年(1963を除く)の1月の月平均気温の標準偏差を示したものである。1963年を除

いたのは非常に異常な年であったからである。なおこの図の八丈島(678)と鳥島(963)はそれぞれ9年と8年間の資料しかなかったので、他の観測所と合わせるために次のような操作を施した。すなわち上記2ヶ所以外の観測所の14年間および全観測所の8年間の資料から気温のそれぞれの標準偏差を求める。つぎに両者の比 $(ST)_{14}/(ST)_8$ を計算する。ここで $(ST)_{14}$ は14年間の資料から求めた気温の標準偏差、 $(ST)_8$ は8年間の資料から求めた気温の標準偏差である。この結果を第1表に示す。その結果両者の比は対流圏では0.8~1.0ぐらいの間にある。これらの値の各レベルの平均値を補正係数として8年間の資料から得た標準偏差の補正を行なった。

第3図(b)から対流圏における気温の変動の極大軸は

第1表 14年間の資料から求めた気温の標準偏差 (ST)₁₄ と 8年の資料から求めた (ST)₈ との比.

mb	稚内	札幌	秋田	仙台	館野	平均
50	1.00	1.70	1.33	1.22	1.80	1.30
100	1.20	1.10	1.05	0.89	1.10	1.00
200	1.50	1.40	1.00	0.94	0.83	0.83
300	1.00	0.88	1.00	0.75	0.81	0.81
400	0.85	0.86	0.81	0.80	0.91	0.90
500	0.83	0.88	0.80	0.82	0.88	0.88
600	0.85	0.78	0.85	0.84	0.94	0.90
700	0.83	0.88	0.86	0.87	0.87	0.87
800	0.78	0.81	0.91	1.00	0.90	0.90
900	0.83	0.86	0.81	1.12	1.16	0.90
1000	0.88	1.07	1.00	1.40	1.01	1.00
平均	0.94	1.00	0.94	0.98	1.00	—



第3図a 1月の等圧面における等圧面高度の月平均値標準偏差 (g.p.m) (1951~65年ただし1963年を除く).

第3図b 1月の月平均気温の標準偏差 (°C) (1951~65年ただし1963年を除く).

第2表 第1表に同じ, ただし等圧面高度

mb	稚内	札幌	秋田	仙台	館野	平均
50	1.20	1.22	1.35	1.07	1.51	1.27
100	0.94	1.04	0.99	1.07	1.21	1.05
200	0.80	0.90	0.87	0.88	0.92	1.05
300	0.78	0.84	0.82	0.84	0.89	0.83
400	0.79	0.86	0.83	0.84	0.86	0.84
500	0.79	0.86	0.83	0.85	0.85	0.84
600	0.87	0.86	0.85	0.86	0.87	0.85
700	0.86	0.87	0.87	0.89	0.88	0.87
800	0.92	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89
850	0.96	0.89	0.90	0.90	0.88	0.91
900	0.98	0.90	0.90	0.90	0.89	0.91
1000	1.06	0.90	0.92	0.91	0.90	0.94
平均	0.90	0.91	0.91	0.90	0.96	

600 mb ぐらいの高度にあり, 極小軸は南に低く北にいくに従って高くなり, 30°N では400mb (約7.5 km) 付近, 45°N 付近で350mb 付近 (約9.5km) にある。

さらに成層圏では100mb 付近にもう一つの極大域がある。最大値と最小値の差は, 38°N~40°N 付近でも大きく2倍以上にもなる。

(2) 高度場の変動

温度場と同様な操作を高度場についてもおこなった。14年および8年の資料にもとづいて計算した等圧面高度の標準偏差の比は第2表に示すとおりである。補正係数には各レベルの平均を使った。1月の月平均高度の標準偏差を示したのが第3図(a)である。

変動度の極大軸は, 30°Nでは400mb 付近にあり, 北に向って高くなり40°Nでは300mb ぐらいに達し, さら

に北側ではあまりはっきりしなくなる。この軸上の最大値は秋田の上空 300mb 面で52.2mになっている。

1953年1月の日々の観測値の変動度と比較しても, 極大軸の位置はほぼ同じであることは興味深い。なお気温の変動度についても同じことがいえる。高度場と温度場の変動度の解析で興味あるのは, 気温場と高度場の変動領域が互層を形成していることである。これは測高公式

$$h = \frac{R_d}{g} \bar{T}_b \ln \frac{P_1}{P_2}$$

(\bar{T} は気圧 P_1 と P_2 の間の平均温度, R_d は乾燥空気の気体常数) からも当然期待できることである。平均気圧では600mb 付近に気温の変動度の最大があれば300mb 付近に高度の変動度の最大があることが期待できる。その理由としては2つの等圧面の間の平均気温 \bar{T} の統計年間の平均気温を $\langle \bar{T} \rangle$, 上方の気圧を P_2 , 下面を P_1 とし, P_2 の高度を h とすれば層の上面の高度の標準偏差は次式で表現できる。ここで $\langle h \rangle$ は h の平均値とする。

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum (h - \langle h \rangle)^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \left(R_d \ln \frac{P_1}{P_2} \right)^2 \sum (\bar{T} - \langle \bar{T} \rangle)^2}$$

第1図から, 600mbの平均気温はほぼ1000mbと300mb面の間の層の平均気温になっているので, 300mb面の高度場の標準偏差は600mbの温度場の標準偏差を表わす

$$\left(\sqrt{\frac{\sum (\bar{T} - \langle \bar{T} \rangle)^2}{n}} \right)_{600}$$

に比例するからである。

4. 日々の値の変動度と月平均値変動度との比較

日々の変動度は月平均値変動度よりも大きいことは当然のことであるがその大きさについて上層の資料について詳しく検討したのはない。ここでは変動度比を次のように定義し1953年1月の日々の気温および気圧の変動度

第3表 日々の変動度との比較

π_T							π_H						
	稚内	札幌	秋田	仙台	館野	平均		稚内	札幌	秋田	仙台	館野	平均
100mb	1.5	1.4	1.7	2.0	1.2	1.7	100mb	1.0	0.8	1.6	0.7	1.8	1.2
200	2.6	2.5	3.2	2.9	2.3	2.4	200	1.4	1.3	2.1	2.8	2.7	2.0
300	3.0	3.7	5.6	6.0	4.0	5.3	300	1.9	1.6	2.0	2.9	2.7	2.2
500	2.9	2.6	2.3	3.0	2.6	3.7	500	1.6	2.4	2.7	2.6	2.4	2.3
700	2.9	3.0	3.2	3.0	3.5	3.1	700	2.4	4.2	2.9	3.2	2.7	3.0
900	2.8	2.6	2.2	3.0	3.7	2.9	900	3.8	4.2	2.0	3.7	3.7	3.4
1000	1.9	2.1	3.0	2.0	2.1	2.2	1000	3.0	4.8	3.5	3.7	3.1	3.6
平均	2.5	2.6	3.0	3.4	2.8		平均	2.1	2.7	2.4	2.8	2.7	

との比を求めた。その結果を第3表に示す。

$$\pi_T (\text{気温の変動度比}) = \frac{(S_T)_d}{(S_T)_m}$$

$$= \frac{\text{日々の観測値の標準偏差}}{\text{気温の月平均値の標準偏差}} \dots\dots ①$$

$$\pi_H (\text{等圧面高度変動比}) = \frac{(S_H)_d}{(S_H)_m} \dots\dots ②$$

第3表からも明らかであるが、興味ある2, 3の事実を次に指摘したい。

(1) 気温の変動度比

a) 鉛直分布……変動度比の最大は300mb面、畿内から館野までの5地点の平均では5.3で、仙台では6.0にもなった。これは日々の変動度の場合には300mbで最大になったのに、月平均値の変動度は300mbで最小であったためである。

b) 緯度分布……変動比の大きいのは仙台から秋田までの間にあって、7指定気圧面の平均値ではその最大は3.4となっている。

(2) 等圧面高度の変動度比

a) 高度分布……対流圏では700mb以下で大きく最大値は地上付近の1000mb面で、だいたい3.6ぐらいである。その値は高度ともにごくわづかであるが減少する。

b) 緯度分布……温度の変動の大きい所では当然高度の変動も大きいはずであるが、ここで調べた範囲では、高度場は温度場ほど大きな緯度効果は認められず、1000~100mbの平均値でわずかに温度の変動度が大きい仙台で最大になった。

結 論

以上の事実から、次のような結論を得る。

(1) 140°Eに沿う1月の気温の平均状態は、300mb

以上の高度では40°Nを境に顕著な差が存在する。すなわち40°N以北では気温の極小軸は100mbの高度にある。いっぽう40°N以南では気温の極小軸は100mb高度にある。いちおう前者を気候学的極圏界面、後者は気候学的熱帯圏界面とすることができる。

なお35°N以北ではほぼ-46°Cの等温線の付近で垂直方向の気温減率はゆるやかになっている。

(2) 対流圏における月平均気温の変動度の極大は600mb付近、極小は400~300mb付近にある。

(3) 対流圏における等圧面の月平均高度場の変動度の極大は400~300mb付近にある。

(4) 気候学的なジェット流は32°Nの上空200mb付近にあって、15年平均値は73.5m/secぐらいである。15年間における一つの観測所の月平均値のうちで最大値は83m/sec(1959, 八丈島上空200mb)、最小値は69m/sec(1965, 八丈島上空200mb)である。

(5) 日々の観測値から得た1月の気温や高度の変動は月平均値の変動の2~3倍になり、その比の最大は気温では300mb、高度場では1000mbである。

終りに非常に多くの御助言を頂いた杉本豊氏に深謝したい。

参 考 文 献

- 1) 迎正秋(1657): 日本における上層の気温, 気圧の変動について, 研究時報, 9, 45~50.
- 2) Mohri K. (1958): Jet Streams and Upper Fronts in the General Circulation and their Characteristics over the Far East (part I). Geophys. Mag., 29, 45~125.
- 3) Mohri K. (1958): (part II) Geophys. Mag., 29, 332~412.
- 4) 杉本豊(1967): 高高度気象解析, 気象研究ノート, 第49号.