

週間予報の立場からみた $\bar{U}$, $\bar{U}'$, $\bar{V}$ の利用法*

山 鹿 延**

1. ま え が き

最近向う一週間の天気予報に対する社会の要望が高まっており、これに答える意味でも予報技術の開発が望まれる。従来 $\bar{u}$ の週間予報への導入については多くの先輩が努力されて来た。大気大循環の理論によれば

$$\frac{\partial}{\partial t} \bar{v'^2} + \frac{4D^2}{L_v^2} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \bar{u}'\bar{v}' = 0 \quad \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial y} \bar{u}'\bar{v}' \text{ であり,}$$

ただし $D: \bar{u}$ と $\bar{v}'$ の積 (微分をも含む) の
スケール
 $L_v: \text{じょう乱の東西方向のスケール}$
 $\bar{u}'\bar{v}': \text{じょう乱に伴う運動量}$

これらの関係式から $\bar{u}$ の強弱についてはじょう乱による運動量の南北輸送が決定的な役割を演じ、またじょう乱の発達衰弱がジェットの変動に左右されることも周知のことであり、いずれにしても $\bar{u}$, 特に $\bar{u}'\bar{v}'$ の変動が大気循環にとって重要な要素であることは明らかである。著者は日本の気象に密接な関係がある極東域の $\bar{u}$ と $\bar{u}'\bar{v}'$ の変動に注目し、1968 Jan.-Mar., May-Jul., Nov. および 1969 Jan. の各月について週間予報の立場から利用できるような先行事象がないものか検討した。その結果高緯度における $\bar{u}$ の変動が約 1 週間遅れで、また負の $\bar{u}'\bar{v}'$ のコアが 40°N へ達するころ九州付近はじょう乱の影響をうけることが判明した。一例として 1969 Jan. をとりあげその概要を報告することにする。

2. 1969年1月の気象概況

(1) 福岡における気温の変動

1～5日の半月でかなり低温であったが、中旬になって昇温し、下旬はかなり高温となった。半月別の気温と

第1表 半月別の気温と平年偏差

半 旬 別	1～5	6～10	11～15	16～20	21～25	26～30日
平均気温	3.1	4.5	4.8	6.8	9.4	12.1°C
平年偏差	-2.8	-0.9	-0.3	1.8	4.4	7.1°C

平年偏差は第1表のとおりである。

(2) 地上の気圧パターンの経過 (第1図参照)

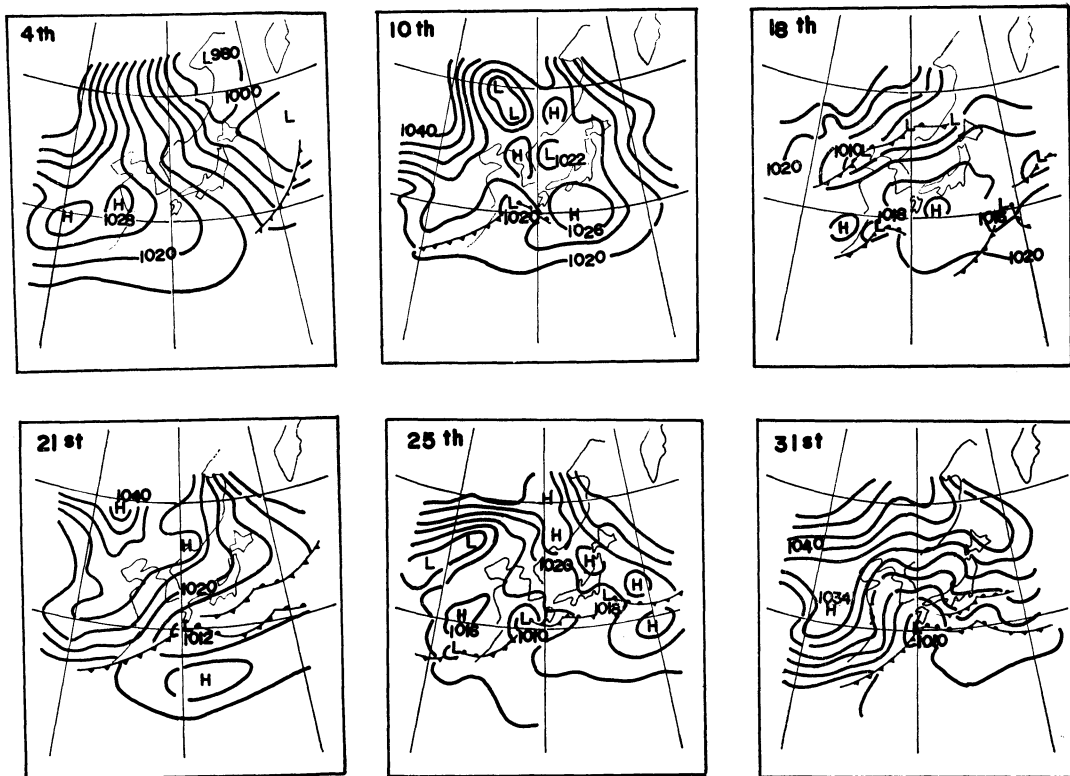
8日になるとそれまで続いていた本格的な冬型が一時ゆるみ、9日上海付近で発生した低気圧は10日東支那海北部を経て日本南岸を東進した。その後また一時冬型が強まったが、16日には高気圧は南偏して太平洋岸をとおり、18日以後前線帯が太平洋岸で停滞し高気圧が北偏するいわゆる北高南低の気圧配置となり九州地方は悪天ベースとなった。特に24日東支那海中部に低気圧が発生するとともに、この前線帯は活発となり毎日のように雨が降り雨量も多くなった。31日には台湾坊主が九州南岸をとおり北東へ進むとともに急速に発達し太平洋岸の前線帯はその後完全に消滅した。

3. 1969年1月の極東域における $\bar{u}$ 分布の特徴

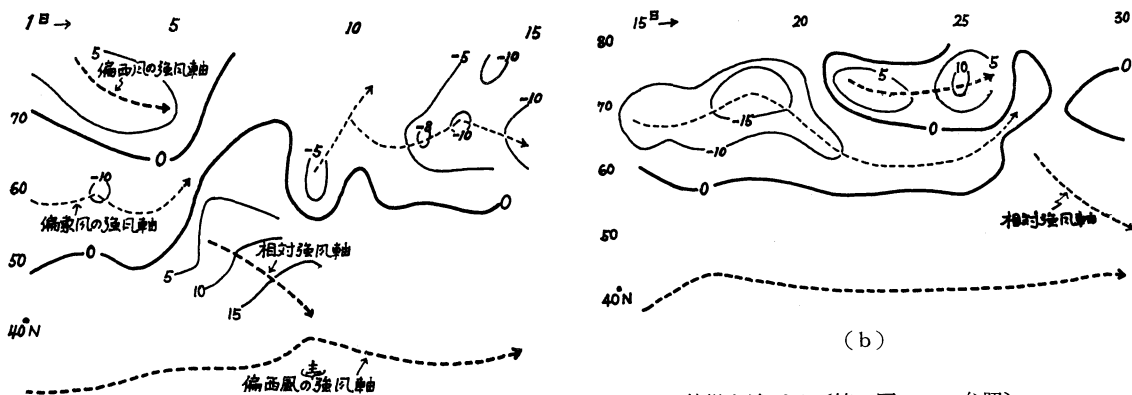
全期を通じて高緯度で偏東風帯が低緯度で偏西風帯が顕著であることが大きな特徴である(第2図a, b参照)。ポーラ・ジェットに対応した偏西風帯の主強風軸は1月を通じて15日を境に、平均してだいたい前半は 35°N 付近、後半は 45°N 付近に位置したとみられる。この強風軸の動き(北上傾向)が気温の変動に対応していることは興味のあることである。高緯度に着目すると偏東風の強風軸は1～5日の期間で 60°N にあり、13～20日の期間には 70°N へと北上し、18日は1月を通じて東成分は最大となった。その後21日極付近で偏西風の強風軸が発生すると同時に偏東風帯の強風軸は急速に南下するとともに風速も弱まった。上旬と下旬に極付近に偏西風帯が現われ、その後 $50\sim 60^\circ\text{N}$ 付近で偏西風の相対強風軸

* A Method of Using $\bar{u}$ and $\bar{u}'\bar{v}'$ Distribution in the Far-East to be Effective for Seven-day Forecasting.

** N. Yamaga 福岡管区気象台予報課
—1970年5月4日受理—



第1図 1969年1月の9時の地上天気図（日付は図に示す）

第2図 1969 Jan. の $\bar{u}$ 分布（極東域）.

単位 1 m/s

(a)

が現われ南下すると同時に低緯度の主強風軸は北上し、気温が上昇傾向に転移したことは興味深いことである。

4. 1969年1月における500mb パターンの変動

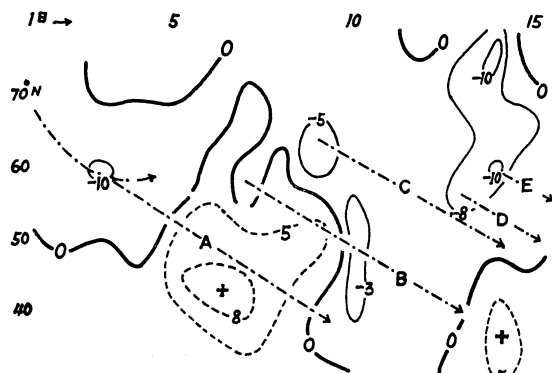
以下 $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ と関連して旬別に500mb-パターンの変動

について特徴を述べる（第3図a～e参照）

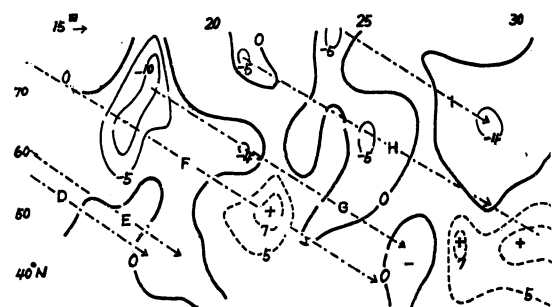
(1) 1～10日の期間

3日は $\bar{u}$ 分布で60°Nで偏東風が強くなっており、極東の500mbパターンをみると3日は寒気の Outbreak の最終段階にあったと思われる。その後5日には68°N～90°E 付近に極低気圧が現われ、これを含む低圧部は60°～70°N の間で東西に帯状を示し極東における低気圧性循環の作用中心は全体的に北上した。一方7～10日の期

「天気」 18. 1.



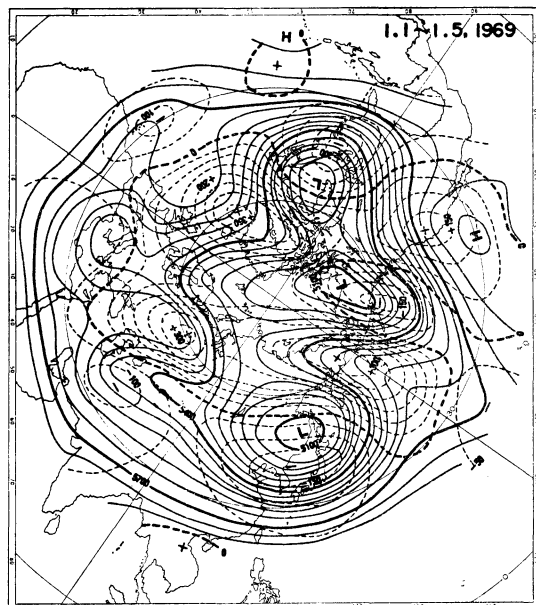
第4図 a) 1969 Jan. の $\overline{u'v'}$ 分布(極東域)
単位 $1\text{m}^2/\text{S}^2$, 破線 (A,B,C,D,E): 負の
 $\overline{u'v'}$ のコアの動きを示す.



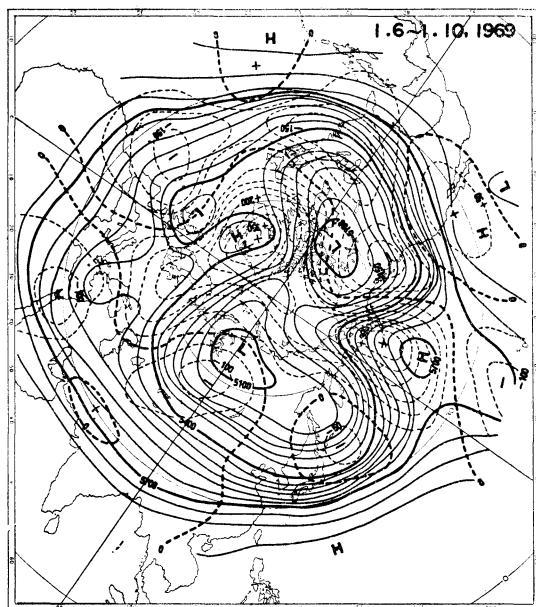
b) 破線 (F,G,H,I): 負の $\overline{u'v'}$ のコ
アの動きを示す.

環の作用中心があって、著しい負の偏差を伴い低緯度への寒気の Outbreak が顕著で日本付近は超長波の谷の場となっている。6～10日の期間ではタイミール半島付近に極低気圧が現われると同時に、日本付近の負の偏差は急速に弱まり、むしろ正の偏差域の中に閉ざされた結果となったが、この変化について少しふれてみよう。

6～10日の半旬500mb平均天気図で半球的に高緯度で2波数型の循環が卓越していることから波数2の波に注目しその変動をみてみよう。波数分析の結果1～10日の期間、60°Nでは90～100°Eに位置し、振幅は5日以後急に加速的に増大し7日最大を示し(振幅は4日79m, 5日132n, 6日174m, 7日179m), その後減少した(振幅は8日149m, 9日118m, 10日114m)。また40°Nでは110～130°に位置し振幅は60°Nのような大きな変動はなく平均して振幅は1～5日の期間で115m, 6～10日の期間で95mであった。なお5～10日の期間60°N, 40°Nとも波数2の波の振幅は他の波数の波に比較して圧倒的

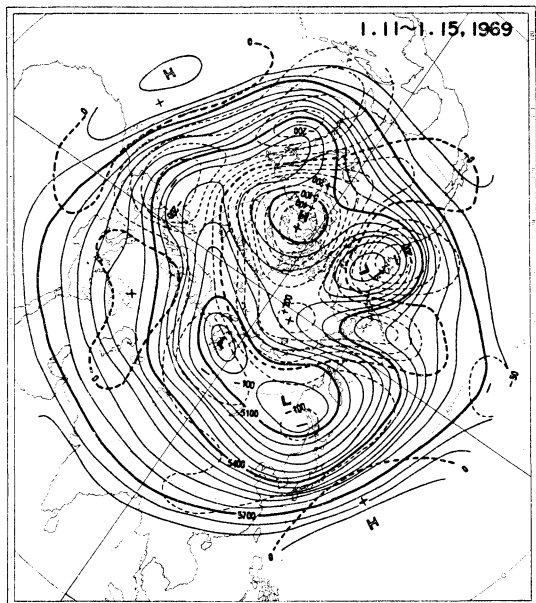


第5図 500mb半旬平均天気図と年間偏差分布
(a)

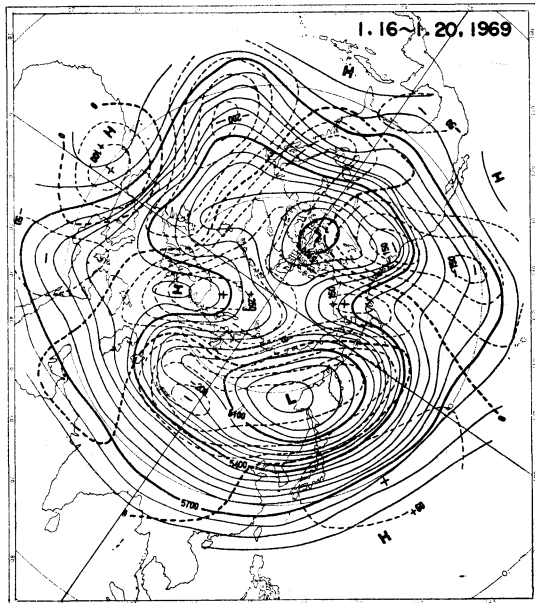


(b)

に大きかった。以上総合すると5日68°N～90°Eに現われた極低気圧に伴い波数2の波の振幅が急速に増大したことから、南からの運動量輸送が高緯度で増大したことが考えられ、結果的には正の $\overline{u'v'}$ が5日以後45°N付



(c)



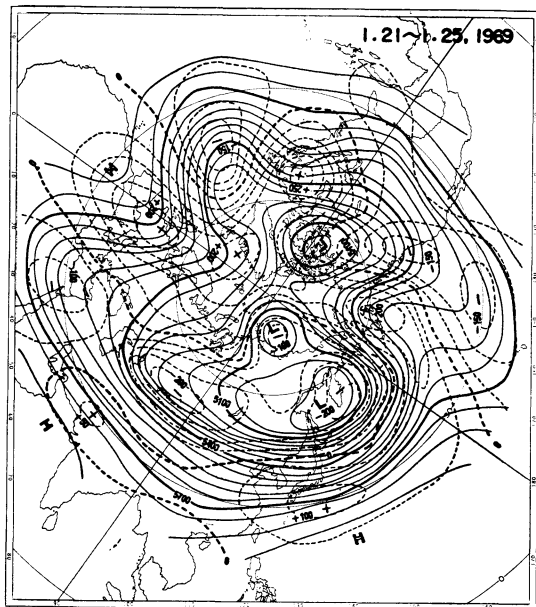
(d)

近を中心急速に増大するとともに、偏西風の主強風軸が北上し極東域における平年偏差域の大きな変化に関与したものと思われる。

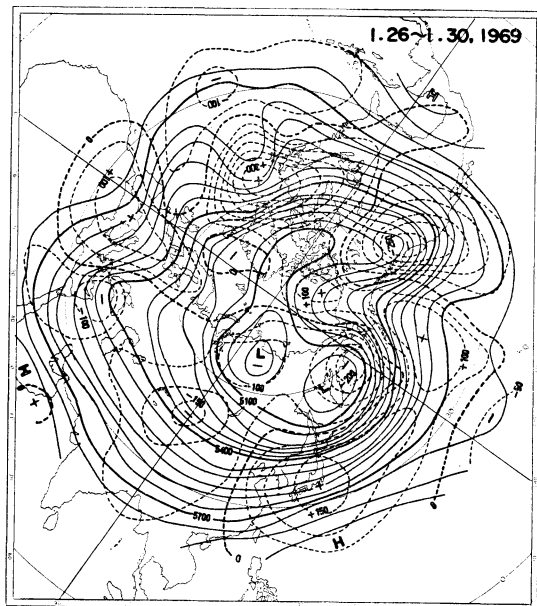
(2) 11~20日の期間 (第3図b, c参照)

12日には70°Nで偏東風が強まり、14日には高気圧が極付近で発生し、80°Nでも偏東風の強化がみられる。12日以後シベリア東部(オホーツク海北西部)における低気圧性循環に対応して13日には負の $\overline{u'v'}$ が強まり、14日75°Nと60°N付近で負の $\overline{u'v'}$ は極大を示した。これと同時に低緯度では正の $\overline{u'v'}$ が強まった。15日以後5, 100, 5, 400gpmの等高度線の変動に注目すると蛇行が解消し、17日は東西流が卓越する結果となった。すなわち14日増大した正の $\overline{u'v'}$ はその後北上傾向を示し、高緯度における負の $\overline{u'v'}$ との収束に対応して主強風軸は45°N付近まで北上したと思われる。18日5, 100gpmの等高度線は完全に一つの循環系を形成し極付近の高気圧と相俟って、偏東風が強まり同時に負の $\overline{u'v'}$ も強まった。つぎに500mbの半月平均天気図と平年偏差分布(第5図c, d)をみると、11~15日の期間シベリア東部の北極海に顕著な正域があり、アリューシャン方面にある定常的な気圧の峰の場と関連し東西方向の気圧の峰が強まり、結果的に $\bar{u}$ 分布でみるとおり高緯度で偏東風が増大したと思われる。16~20日の期間では半球的に高緯度で2波数型の循環が卓越し、平年偏差分布で11~

15日の期間に比較して日本付近は高度が上昇し、東西流が強まったが、この変動について少しふれてみよう。波数分析の結果では60°Nで11~16日の期間、波数1の波の振巾が他の波数の波に比較して圧倒的に大きかったが、17~20日の期間は逆に波数2の波が圧倒的に大きく(振巾は17日149m, 18日174m, 19日178m, 20日185m)、位置としては15日138°Eにあったが、その後西進し、20日110°Eに達した。40°Nについては11~16日の期間波数2の波が圧倒的に大きかったが、17日以後急速に減少(振巾は15日101m, 17日58m, 18日37m, 19日25m, 20日11m)し、16~20日の期間131°E~154°Eの間で変動した。また波数1と5の波の振巾は大きく17~20日の期間、平均してそれぞれ69, 58mであり、1の波は16日119°Eにあったがその後東進し、20日には150°Eに達し、5の波は17日166°Eにあったが、18日104°Eまで西進しその後その付近で停滞した。また4の波も19日振巾が51mまで増大し、20日71mでこの間135°E付近に位置した。波数分析の結果を総合すると、この間大きな特長として16~20日の期間、波数2の波の振巾が60°Nで急速に増大し他の波数の波に比較して圧倒的に大きく、これに反し40°Nでは131°E~154°Eの間に位置し急速に減少した。また40°Nでは波数1, 4, 5の波の振巾が比較的に大きかった。これら各波の振巾の変動と位置との相互関係からみて南からの運動量輸送により正の $\overline{u'v'}$ が



(e)



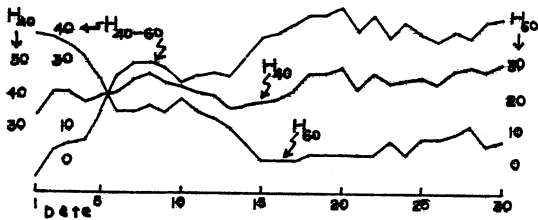
(f)

増大し、偏西風の主強風軸が北上するとともに強化したことが16~20日の期間の変化に影響したものと思われるが、特に波数2の波の変動が注目される。

(3) 21~31日の期間 (第3図d, e 参照)

20日以後における極低気圧の動きが注目される。すなわち21日西半球から極東に西進した極低気圧はその後とも西進を続け、一部はタイミール半島へ進んだ。この極低気圧に伴い21日極付近で偏西風の強風軸が出現し、これと同時にカムチャッカ半島付近における低気圧性循環に伴い、50°Nを中心として強い正の $\bar{u}'v'$ が出現した(第4図b)。25日は500mbで5, 100gpmの等高線に注目すると極東では全般に北の成分が卓越し、60°Nで負の $\bar{u}'v'$ が強まる結果となった。また極低気圧の動きに関連して偏東風は20日以後急速に弱まり南下した。31日オホーツク海方面で500mb面の高度上昇が著しく、このことは28日以後45°Nを中心とした正の $\bar{u}'v'$ の増大と関連しよう。つぎに500mb面の半旬平均天気図と平年偏差分布(第5図e, f)をみると21~25日の期間、高緯度は半球的に2波数型の循環を示し特に極東側で北極海に低気圧が現われ、日本の東海上にあった正の偏差域は西進するとともに日本付近はさらに高度が上昇した。この間における波数分析の結果では60°Nで波数1, 2の波の振巾は圧倒的に大きく平均して1の波は131m, 2の波は147mであり、また1の波は21日163°Eにあったが、その

後西進し25日には137°Eに達し、また2の波は107°E~120°Eの間で変動した。これに反し、40°Nについては波数1, 4の波が振巾として大きく平均してそれぞれ77, 78mで特に4の波の振巾は21日98m, 22日117m, 23日86mで21日135°Eにあったが、その後東進し、25日は151°Eに達した。また波数2, 5の波の振巾は平均して42, 45mで2の波は21日125°Eから84°Eへと西進し4の波は100°E~106°Eの間で変動した。以上波数分析の結果を総合すると、この間60°Nの波数1, 2の波が依然として振巾が大きかったことが特徴であろう。つぎに26~30日の期間では極低気圧がタイミール半島を経て南下したが、日本付近は前半旬に引続き高度が一段と上昇するとともに正の偏差域も拡大した。この間の波数分析の結果では60°Nで波数2の波が急激に減少(振巾は26日109m, 28日54m, 30日23m)し、25日119°Eにあったが、その後西進し28日には93°Eに達しその後急速に東進して30日には160°Eに達した。また1の波は依然として圧倒的に大きく振巾は平均して135mで位置としては147°~163°Eの間で変動した。また40°Nについては1~5の波数の波をみても特にどの波が振巾が大きいということはない。この間 $\bar{u}$ 分布で27日60°N付近に相対強風軸が発生し、45°N付近を中心に28日以後正の $\bar{u}'v'$ が増大したことが26~30日の期間、日本付近で正偏差が引続き増大したことに関連するものと思われるが、



第6図 1969 Jan. の40°, 60°N における500 mb 平均高度と東西指数

波数分析からみてどの波数の波が特にこれに関係があるのか明らかではないが、60°N で波数1の波が圧倒的に振幅が大きかったのに反し、波数2の波が前半旬に比較して急速に減少したとこととそ位置変動が関係あるものと思われる。

5. 地上のじょう乱と $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ との関係

(1) 10日の東支那海北部における低気圧 (第4図 a, b 参照)。

3日60°N で偏東風が強まったが、これと併行して1日から負の $\overline{u'v'}$ が南下中であつたが、10日には40~55°N の間で $3 \text{ m}^2/\text{s}^2$ の等値線で示される負の $\overline{u'v'}$ がみられる。この低気圧は第3図でみるとおり、10日満州北部にある500mb面の低気圧に対応した南のじょう乱系であると思われる。負の $\overline{u'v'}$ コアの動きはA線で示される。

(2) 13日の渤海湾、14日の台湾付近の低気圧 (ただし天気図は省略した)。

5日以後高緯度の偏東風は急速に北上し、これにかわって6日55°N 付近に偏西風の相対強風軸が出現し、7日50°N で $\bar{u}$ が急速に強まりこの強風軸はさらに南下して9日ごろ低緯度の主強風軸と合流したとみられる。この相対強風軸に関連して60°N 付近で負の $\overline{u'v'}$ 域が出現した。また9日60~65°N で偏東風が急に強まりこれに伴い負の $\overline{u'v'}$ が出現した。これら負の $\overline{u'v'}$ のコアの動きはB, C線で示される。

(3) 18日の渤海湾、東支那海南部における低気圧。

これらの低気圧はいずれも急速に東進し、20日には高気圧が北偏して日本をおおい、前線帯は太平洋岸に停滞するようになった。 $\bar{u}$ 分布で12日再び偏東風が70°N で強まり、13日には10m/s をこえ、これに伴い13, 14日高緯度で負の $\overline{u'v'}$ が急速に増大した。この負の $\overline{u'v'}$ のコアの動きはD, E線で示される。

(4) 25, 28日の東支那海北部における低気圧。

18日には偏東風が一段と強まり、Jan. を通して最大となった。この偏東風の強まりに伴い17~18日と60°

N 以北で負の $\overline{u'v'}$ が急激に増大した。負の $\overline{u'v'}$ のコアの動きはF, G線で示される。なおG線に関連して24日は50°N で負の $\overline{u'v'}$ がやや強まった。21日70°N 付近で偏西風の相対強風軸が出現し、その後ゆっくりした南下傾向がみられる。これに伴い負の $\overline{u'v'}$ が75°N で急に現われ、その一部は25日60°N 付近まで南下したと思われる。この負の $\overline{u'v'}$ のコアの動きはH線で示される。

(5) 31日の九州南岸の低気圧

この低気圧はその後北東へ進み2月1日には北海道でかなり発達した。21日高緯度に出現した偏西風の相対強風軸に伴い、25日75°N で $\bar{u}$ は11.5m/s と急激な増強がみられる。一方24日80°N 付近で負の $\overline{u'v'}$ が増大したが、その一部は29日65°N 付近まで南下したと思われる。この負の $\overline{u'v'}$ のコアの動きはI線で示される。

6. 地上におけるじょう乱の予想法

今まで述べたことは $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ および500mb 面パターンの変動と関連して地上のじょう乱を総観的に解析したものである。中緯度の気候が北半球における大気大循環によって左右されることは当然であるが、今回は週間予報の立場から特に高緯度における極東域の $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ の変動に着目して地上のじょう乱が何時ごろ日本付近 (主として九州地方に着目した) に影響を及ぼすかについて検討した。その結果高緯度における $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ の変動が一つの子想法として有効であると思われる。前節5で述べた(1)~(5)の各じょう乱に対して先行事象となった $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ の変動をまとめると下記のとおりでである。

(1) 3日に60°N で東成分が強まり同時に60°N で負の $\overline{u'v'}$ のコアが出現した。

(2) 6日に相対強風軸が55°N で出現し、7日60°N でまた9日65°N で負の $\overline{u'v'}$ コアが出現した。

(3) 12日に70°N で東成分が強まり、13日50°N で負の $\overline{u'v'}$ が増大し14日60°N で負の $\overline{u'v'}$ のコアが出現した。

(4) 18日70°N で東成分が強まった。14日75°N で負の $\overline{u'v'}$ のコアが、18日70°N で負の $\overline{u'v'}$ のコアが出現した。また21日75°N で相対強風軸が現われた。

(5) 25日75°N で西成分が強まり60°N で負の $\overline{u'v'}$ のコアが出現した。

以上総合すると高緯度における $\bar{u}$ の変動が約7日遅れで、また負の $\overline{u'v'}$ のコアが40°N に達するころ九州付近はじょう乱の影響をうけるようである。

7. 下旬の悪天ベース

本旨からはずれるが、18日以後前線帯が太平洋岸に停滞し下旬は悪天ベースとなったことについて少し考察してみよう。第6図に90°E~180°Eの範囲について40°N, 60°N各緯度の500mb平均高度 (H_{40} , H_{60})と東西指数 ($H_{40}-H_{60}$)を示す。なお図中の高度の単位は10gpmで H_{40} , H_{60} の実際の値はこれに5,000gpmを加えればよい。60°Nの高度変化をみると10日以後急速に高度が下降し、15~17日の間で最低を示し、その後ゆっくり北上傾向に転じた。一方40°Nの高度変化をみると13日以後上昇し20日極大を示しその後下降上昇と変動は週期的となった。これに対し東西指数は13日以後急速に増大し20日最大となり、その後は減少増加と周期的な変動を示し、特に15日以後高指数が顕著である。この東西指数の変化傾向が $\bar{u}$ 分布でみる偏西風の主強風軸の動向とはほぼ一致していることは興味がある。つぎに500mbの半旬天気図(第5図, d, e, f)をみると高度、平年偏差分布から日本付近で東西流が卓越していることが理解される。

一方 $\bar{u}$ 分布で偏西風の主強風軸は17日45°Nまで北上し、その後はほぼ40~45°Nに停着し2月5日には30°Nまで南下した。以上述べた点を総合すると13~20日にかけて有効位置エネルギーの急速な増大が著しくこの解消は27日以後60°N付近から南下した相対強風軸が調整の役割をしたと考えるのは愚考であろうか。500mb半旬天気図で16~20, 21~25, 26~30日の半旬でそれぞれ50°N~90°E付近に著しい負偏差域の中心があって特に26~30日の期間には、この偏差域は低緯度までのび、華中から日本付近にかけて南西流が卓越したことを考えると、40°N~45°N付近に停着した偏西風の主強風軸に対応し、東西流が卓越したパターンで太平洋岸で暖冬型の悪天ベースが続いたと考えられよう。なお正の $\overline{u'v'}$ の

増大が、6~7日, 14日, 22日, 28日と中緯度に現われ、約1週間の週期があることは興味ある事実として付記しておきたい。

7. あとがき

週間予報の立場から気圧場の転換は重要な課題であり、その予想法を発見することは我々予報者の急務であると考ええる。1968年についてほしい1カ年を通じて主として、 $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ の分布から検討し今回は特に1969 Jan. を一例としてとりあげ報告した。その結果を総合すると高緯度における $\bar{u}$ の変動が約1週間の遅れで、また負の $\overline{u'v'}$ のコアが40°N付近に達するころ九州地方はじょう乱の影響をうける。第4図a, bで示したように負の $\overline{u'v'}$ コアの動きはA, B, …… I線で示すようにその走向はほとんど一定である。このことは各季節についても同じでその原因については今回調査していないが非常に興味のあることである。ベースの転換についてはいろんな立場から調査をする必要があると思われるが、負の $\overline{u'v'}$ すなわち高緯度の寒気が極東域でどの方面に偏在して南下するか、また波数分析の結果冬季は特に60°N, 40°Nにおける波数2の波の変動が重要な要素であるように思われる。もし $\bar{u}$, $\overline{u'v'}$ について現在のルーチン作業より3日くらい先きまでの予想資料があればその利用効果は大きいものと著者は考える。説明不足の点もあるが諸先輩の御叱正と御指導をお願いしたい。最後に御校閲をいただいた関口理郎氏および貴重な資料をいただいた谷正之氏に厚く感謝いたします。

引用文献

荒川昭夫(1958) 最近の大気循環論。研究ノート、第9巻4号。