

が、この原因は主として極地方の寒冷化に伴う循環の変化によるものであろう。

相関の反転の一例として柏原(1968)は第6図のような札幌の7月気温と5月の富士山頂風速との関係を示した。ここにみられるとおり、両者の間には1960年まではかなりきれいな逆相関が成り立っているが、1961年以降極方面の寒冷化が進んでからこの関係に乱れが生じ、正相関に反転したともみることができるようになった。5月は寒帯ジェット気流が日本中部を北上する時期に当たっているため、1954年のように極うずが極東側に変位した年には対流圏における温度場の集中に伴って富士山頂の強風が期待されていたものである。

このように気候変動によって引き起される循環の変化は、半球的な相関場にも反転や乱れをもたらす。柏原(1969)は札幌の7月気温と500mb高度との同時およびおくれの相関図を1950年代と1960年代についてそれぞれ求め、極地方寒冷化の起った以前と後について比較を行なった。同時関係についてみると、オホーツク海北部や太平洋域、さらにグリーンランド付近の相関分布が明瞭に反転しており、1960年代は極うず自体の強弱が直接北日本の夏の気温を支配していたと解釈できる。また、7月の札幌気温とその前兆としての5月500mb高度とのおくれ相関図を比べると、両年代ではオホーツク海北部やアラスカ方面でも相関の反転が起っている。オホーツク海北部の高度との相関の反転は第6図に現われているとおりである。これをまとめると、1950年代は北半球の高指数型が暑夏の前兆と考えられたのに対し、1960年代には極うずが春から弱いき暑夏になり、強いときに

は冷夏を招来すると考えられる。

参考文献

- 1) 和田英夫・朝倉 正(1967): 暖候期予報法の検討(昭和41年度), 研究時報, **19**, 124-159.
- 2) 根本順吉・久保木光照(1968): 暖候期予報法の検討(昭和42年度), 研究時報, **20**, 248-292.
- 3) 朝倉 正・久保木光照(1969): 暖候期予報法の検討(昭和43年度), 研究時報, **21**, 702-744.
- 4) 安藤正次(1956): 北半球の空気量の変動からみた大気環流(第一報), 研究時報, **7**, 755-764.
- 5) 朝倉 正(1955): 梅雨の入りとモンスーンの入り, 天気, **2**, 186.
- 6) 気象庁(1971): 季節予報指針, 上巻.
- 7) 久保木光照(1971): 5月の500mb循環と梅雨期の天候, 天気, **18**, 132-140.
- 8) Namias, J. (1964): Seasonal Persistence and Recurrence of European Blocking during 1958-60, *Tellus*, **16**, 394-487.
- 9) 佐藤 功(1970): 北半球の冬から夏への大循環の季節変化とその特性, 昭和44年度全国長期予報技術検討会資料(大阪管区)
- 10) 関根勇八(1970): 超長波の動向からみた梅雨期の高緯度の高度場について, 研究時報, **22**, 391-400.
- 11) Wada, H. (1964): Some Aspects of the General Circulation of the Atmosphere in Winter to Summer. *Geophys. Mag.*, **32**, 77-106.
- 12) 和田英夫(1969): 長期予報新講, 地人書館.
- 13) 八重樫佐平(1961): 近年における大気循環の季節変動について, 研究時報, **11**, 348-358.
- 14) 八重樫佐平(1970): 冷夏年と暑夏年に先だつて現われる大気環流の季節変化過程の比較, 研究時報, **22**, 1-7.

数 値 実 験 の 立 場 か ら

新 田 尚*

1. 大気・海洋に関する大循環の数値実験は、今、新しい時点に立っていると思う。これ迄、年平均状態の数値シミュレーションに力が集中され、かなり詳細にわたる再現に成功してきたことは周知の通りである。しかし、同じ太陽高度のまま固定して、長時間の積分を重ねても、その結果はある種の大循環の平衡状態は示しているもの

の、現実のどの季節の状態とも直ちに対応するものではない。数値実験の技術を、季節変化の追跡 (seasonal march) へとむけだしても不思議ではない。

Kurihara, Manabe 等の GFDL のグループ、Mintz, Arakawa, Katayama の UCLA のグループ、Kasahara, Washington 等の NCAR のグループと、アメリカで一斉にスタートをきられた感がある。かくて、春夏秋冬の

* 気象庁予報部電子計算室

四季が再現されると共に、もし何年にもわたって時間積分を続けるならば、モデル大気に関するアノマリーも出てくる筈である。それが自然界のアノマリーをどれだけ表現しているかは別として、この季節変化の数値実験では、海洋大循環の取り扱いがひとつの問題となろう。いづれにせよ、この段階で、より多く reality を含んだモデルをくみだてていくならば、われわれが観測する大循環と直接比較し、検定することができることになる。今後当分の間、大気大循環の数値実験はこの方向をたどることになるだろう。

2. 山崎氏が提供される話題は、実測の大気大循環にみられるアノマリーについての興味深い事実の指摘だろうと思うが、数値実験がこれらを説明するまでには、かなりの時間を必要とするだろう。その前に、ひとつずつ解決してゆかねばならない問題が山積しているように思う。一方、松野氏が示される明快な理論的説明は、下部成層圏の突然昇温という大気大循環における極めて典型的な現象をとり上げて解明されたわけだが、この方は数値モデルの物理的な reality が増し、数値計算の精度が向上すれば、数値的にかなりよくシミュレートできる事柄だと考えられる。実現の可能性は高いといえよう。しかし、対流圏のブロッキングが何故起るか、という問題ははるかにこみいって、理論と数値実験の両方から攻めていくこととなろう。アノマリーの説明は、その後でということになるのではないだろうか。

3. 最初に述べよように、季節変化をとり入れた大気・海洋大循環の数値シミュレーションの仕事は、最近着手されたばかりであるが、現在までに知りえた所を以下要約しよう。

Kurihara : 2 層統計・力学モデル

大循環の季節変動に対する海洋の役割を調べるために、地球全部が陸地でおおわれている場合と海でおおわれている場合をとりあげ、それぞれの場合における季節変動の差を調べた。その結果の内、顕著なものを 2, 3 記す。

- (1) 大気中層の気温分布に関して、海で地球がおおわれていると変動が大変おだやかである。
- (2) 対流圏上層の帯状流の緯度分布をみると、海がある場合には低緯度に偏東風が全くあらわれないのに、陸地がある場合には非常に強い偏東風が出る。しかし詳しくみると、両者の差はむしろ量的なもので、質的には差がないといえる。
- (3) 平均子午面循環に関しては、陸地の場合冬半球の

Hadley cell が非常に強く 3 cell をなしているのに対して、夏半球は Hadley cell が消滅し、子午面循環自体殆んど目立たない。所が、海の場合はほぼ年間を通じて両半球ともに 3 cell をなしている。

- (4) 運動エネルギーや中緯度の南北渦動気温輸送の年変化をみると、陸地だけのときは夏に向ってゆっくり減少し、秋に入って急速に増加するが、海だけのときは、絶対側が小さい上に変動が三角関数的である。
- (5) 数値的時間積分の途中でショックを与えると（全球同時に）、大体 5, 6 ヶ月で消える。海がいかりの役割を果たしていることがわかる。

Wetherald と Manabe : 大気・海洋結合モデル

大気も海洋もそれぞれ 9 層のモデルで、かなり精巧にできている。1 年半しか計算していないために、大循環の四季変化として充分平衡状態に達していない。しかし、seasonal variation をとり入れたため、最も顕著な結果として高緯度地方の下部対流圏で暖化が生じたことは、信頼できるものと思われる。この暖化は、第一には夏季の積雪が融解し、地球のアルベドが減少したため、第二には海洋表層内の対流活動の季節変化の結果として、高緯度の海水表面温度が上昇したために、起ったことである。

この暖化のため、大循環に次のような変化が生じた。

- (1) 大気中の平均南北気温傾度の減少
- (2) 中緯度のバロクリニック不安定度の減少
- (3) 海洋の平均子午面循環の弱まり
- (4) 大気と海洋の極向き熱エネルギー輸送の減少

UCLA : 2 層モデル

海洋循環は入っておらず、年平均の海水表面温度に固定している。2 年半にわたる季節変化の数値実験が行なわれた。主要な結果を列記する。

- (1) 太陽を固定した数値実験では、夏のパターンの再現ができなかったが、この実験では非常によく再現された。このことは、季節変化の過渡現象として、夏の大気大循環をとらえるべきであることを示している。
- (2) アリュージャン低気圧、アイスランド低気圧、シベリヤ高気圧、インド低気圧などの、発生・発達・消滅がよくシミュレートされている。
- (3) 400mb の高度パターンにおいて、5 月から 9 月にかけては波数 5 ~ 6、その他の月は波数 3 が卓越している。4 月から 5 月にかけての波数やトラフの位置の変化は、不連続的である。
- (4) 偏西風の季節変化がよくシミュレートされてい

- る。
- (5) 北半球の亜熱帯高気圧が、実況とくらべて弱すぎる。
- (6) 熱帯収斂帯 (ITCZ) が北に偏倚しすぎている(計算 20°N 付近・実況 10°N 付近)。
- (7) 冬のシベリア高気圧の位置が南に偏りすぎている(計算の中心の位置 40°N , 90°E 付近; 実況の中心の位置 50°N , 90°E 付近)。

4. 大気・海洋の大循環の変動のうち、その季節変化の物理像が、ぼつぼつ創り上げられようとしている。この物理像がしっかり固ってこそ、ノルマルからの偏倚(すなわち、アノマリー)についても、少しずつ理解されていこう。数値実験が、ひとつの道具として大いに役立つことを期待すると共に、日本でもがっちりした仕事が築かれるよう努力していきたいと思う。

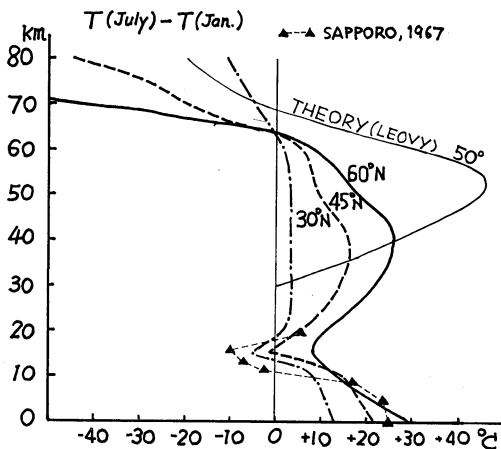
成層圏突然昇温について

松野 太郎*

1. はじめに

大気大循環の季節変動の一つの側面として成層圏突然昇温を論じるのが与えられた課題である。この小論ではまず背景をなす成層圏循環とその季節変動について知られている事を概観する。次いで突然昇温についての観測事実をまとめ、それを説明し得るような突然昇温発現機構のモデルを提出する。議論の最後の部分ではこのモデルを正しいと仮定してそれから突然昇温に関連した諸問題について何が言えるか考察してみたい。

2. 成層圏循環とその季節変動



第1図 (7月の平均気温)-(1月の平均気温) 上層はロケット観測の結果, Kantor and Cole (1965) の資料より。

観測事実 大気のいろいろな部分での季節変化の様相を示すめやすとして気温の年変化の大きさ、(7月の平均気温)-(1月の平均気温)を緯度・高さの関数として調べてみる(第1図)。当然の事ながら対流圏では夏の方が冬より気温が高く、年変化の幅は $10\sim 30^{\circ}\text{C}$ である。年較差は高さと共に減って圏界面近くでは 5°C 以下になり、又わずかではあるが中緯度の下部成層圏で位相の逆転、すなわち夏に冷く冬に暖い状態がみられる。このあたりでは南北の温度傾度が対流圏と逆になるが季節変化も逆転している。25~60kmの成層圏の主要な部分では温度は「順変化」で年較差は高緯度程大きく極で 40°C に達する。中間圏ではふたたび「逆変化」がみられ、しかも変化の幅は著しく大きい。極地方の80km上空では極夜の1月の方が陽があたりつづける7月よりも 60°C も暖いのである。この手の不思議な現象が中間圏電離圏にはいろいろあるが当面の主題とは離れているのでここではふれない。

さて次に循環のもようを調べてみると成層圏は対流圏に比べ著しい季節変化を示す。第2図は地上から60kmまでの気温及び平均東西風の分布で、北半球の1月と7月を対にして示したものである。大まかに言って対流圏及び赤道近くの下部成層圏では、温度・風系共夏冬両半球に対称に分布しているがこれは季節による変化が緯度による変化よりも小さい事を意味する。すなわち年を通じて中緯度に西風ジェット、低緯度に貿易風がある事が変りはなく、程度の差はあっても気温は赤道から極に向けて低くなっている。成層圏に目を移すと事情は一変

* 東大理学部