

# 100hPa面における南アジア高気圧の盛衰と東西変動

大和田道雄\* 石川由紀\*\* 畔柳洋子<sup>1</sup> 大和田春樹<sup>2</sup>

\*理科教育講座 (地学)

\*\*愛知教育大学 (非)

## Ebb and Flow of Influence Concerned with East-West Movement of South Asian High at 100hPa Pressure Field

Michio OWADA\* Yuki ISHIKAWA\*\* Yoko KUROYANAGI<sup>1</sup> Haruki OWADA<sup>2</sup>

*\*Department of Science, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

*\*\*Part-time Instructor of Aichi University of Education*

### ABSTRACT

South Asian High (SAH) appears over Tibetan Plateau and its surrounding area at upper troposphere from spring to autumn. Particularly, East Asian climate and European climate are affected by ebb and flow of SAH during summer. Recently, unusual weathers frequently occur in East Asia and in Europe. The causation of some unusual weathers is gathered that fluctuation of jet stream with east-west movement of SAH. The main purpose of this study is to clarify the concernment between east-west movement of SAH and unusual weathers in East Asia and in Europe.

To identify of SAH, we distinguished them by the center, the shape, the area, the trough and the ridge at 100hPa pressure field using the NCEP/NCAR reanalysis pentad data.

The results are summarized as follows,

- 1) SAH during summer (July and August) is categorized into four types, the Iranian mode, the Tibetan mode, the Iran-Tibet mode, and the center mode.
- 2) The center mode made the most appearance. Secondary, the Iran-Tibet mode and the Iranian mode made more appearance, and the Tibetan mode made the least appearance.
- 3) In East Asia, the trough of the Tibetan mode impacted on unusual cool summer, by contrast the ridge of the Iranian mode impacted on unusual hot summer. On the other hand, In Europe, the trough impacted on unusual hot summer, and the ridge impacted on unusual cool summer.

### 1. ま え が き

1993年の異常冷夏, 翌年(1994年)の異常猛暑(加藤他, 1997), 2000年9月の東海豪雨(牛山・寶, 2000; 金田他, 2001)等, 東アジアで異常気象が起るなか, ヨーロッパの各地でも2002年の洪水被害や2003年の異常猛暑が相次いだ(大和田・畔柳, 2004)。これは, 地球温暖化に伴う熱帯海域のSSTの上昇でハドレー循環が強化され, 亜熱帯高圧帯の領域面積が拡大してその北を流れる亜熱帯ジェット気流の蛇行が激しくなったからと思われる(浅井他, 1981; 大和田, 2003)。

北半球では, 亜熱帯高圧帯の領域面積の拡大が最も著しい季節は夏季であり(大和田・石川, 2002a), 西太平洋上は季節を通じて高圧部が出現する。これは冬季においても例外ではなく, 北半球における過去約40年間の1月の気圧分布でも対流圏中層の500hPa面に現れる。また, 春季の4月においては上層に近い300hPa面の高さから出現し, 秋季(10月)においても同様な結果が得られた(大和田・石川, 2002b)。しかし, 夏季の8月では400hPa面において西太平洋上にセル状の高圧部が現れるが, 500hPa面においては中緯度の海洋部を亜熱帯高圧帯が広く覆っており, 日本付近の東アジアは東からの高圧帯の西縁部にあたる。これがいわゆる北太平洋高気圧である。したがって, 夏季は海洋を中心とした亜熱帯高圧帯が対流圏中層以下に顕著に現れているが, 200hPa面以上の上層

<sup>1</sup> 愛知教育大学大学院研究生

<sup>2</sup> 東京大学大学院生

ではユーラシア大陸上に現れる。これがチベット高原を中心にして対流圏上層部に現れる南アジア高気圧(SAH)である。

このSAHは、4月から9月にかけて位置の変動が激しく、4・5月はインドシナ半島北部、6月になるとチベット高原を中心にして現れるが、7月からはイラン高原にも出現し、8月から9月にかけてはチベット高原中心となることが報告されている(Lin X.et al, 2000)。また、SAHの季節変化からみたQian Y.et al(2002)は、40年間の平均値に対する各季節の偏差を求め、SAHが夏季に北上して東から西に移動していることを突き止めた。特に注目すべき点は、SAHが夏季において最も領域面積が拡大し、1979年のClimate shift以降拡大傾向が続いていることを指摘していることである。SAHの東西盛衰やその中心位置の変動は、200hPa面に中心をもつ亜熱帯ジェット気流のトラフ・リッジの緯度的・経度的位置を決定することから、Zhang Q.et al(2002)はSAHの東西シフトが東アジアの降水にもたらす影響について半旬単位で解析している。

そこで本研究は、SAHの領域面積が最も拡大し、高気圧の中心が東西に変動する夏季(7・8月)を対象にして半旬単位でパターン分類を行い、SAHの東西変動と異常気象との関係について検討したものである。

## 2. 資料および解析方法

資料は、The National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research(NCEP/NCAR)の2.5°グリッド再解析データを使用した。面積変動の解析期間は、1948~2003年の56年間の夏季を中心とした6~9月であり、SAHのパターン分類はSAHの領域面積の拡大傾向がみられる(Qian Y.et al, 2002) Climate shift以降の1979~2003年の24年間である。また、パターン分類は最もSAHが顕著に現れる圏界面に近い対流圏上層部100hPa面での等圧面高度場から、SAHの中心位置、形状、領域面積、およびSAHの東西の縁におけるトラフ・リッジを考慮し、7・8月の288半旬を対象にした。

さらに、対象期間における各パターンの出現率を求め、パターンと異常気象の関係をヨーロッパと東アジアを例にして確認した。対象とした異常気象年は、異常冷夏の1993年と異常猛暑だった1994年、およびヨーロッパで前線の停滞による洪水被害が相次いだ2002年と異常猛暑で多くの死者を出した2003年である。

## 3. 解析結果

### (1) 南アジア高気圧(SAH)の面積経年変動

図1a~dは、6月(図1a)から9月(図1d)におけるSAH(16,750m以上)の面積変動を表したものである。SAHの領域面積の季節変動から、6月の平均面積(56年間)は約670万km<sup>2</sup>であるが、7月には約1800万km<sup>2</sup>にまで勢力が拡大する。しかし、8月になると少し衰えて約1560万km<sup>2</sup>になる。さらに、9月には約140万km<sup>2</sup>にまで衰退する。したがって、SAHの面積が最も大きくなるのは7月であり、次いで8月、6月、9月の順となる。

まず、6月(図1a)の面積変動から、過去56年間でSAHの領域面積が拡大したのはClimate shift以降に多く現れる傾向にあり、この結果はQian Y.et al(2002)の指摘と一致する。図中の破線は5年移動平均であり、最小二乗法による近似線は実線で表した。特に領域面積拡大が著しかったのは1980年、1987・90年、および1998年である。反対にSAHの現れなかった年もあり、Climate shift以前の1964・72・74・76年がこれにあたる。このようなSAHの衰退した年はClimate shift以降にもみられ、1992・97年は過去24年間で最も衰退した年であった。また、SAHの領域面積が最も拡大する7月(図1b)は、年による変動が

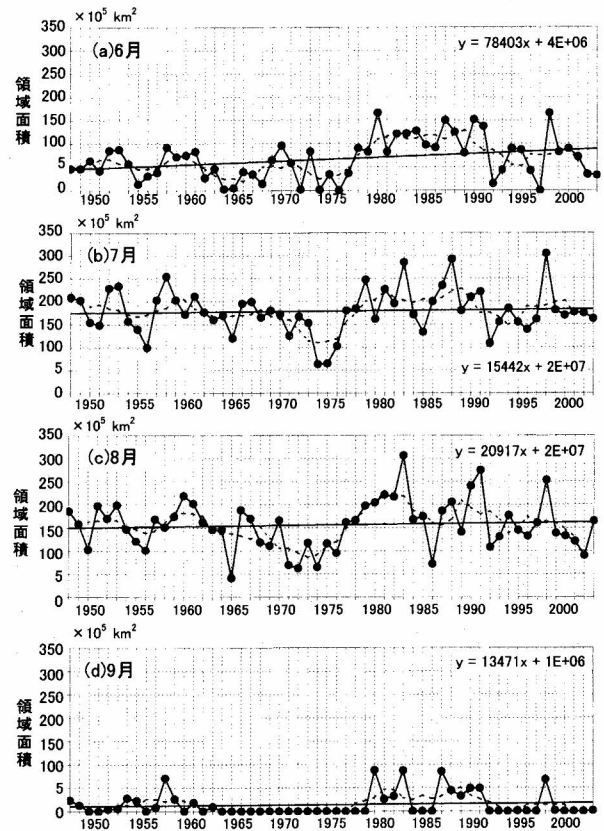


図1 100hPa等圧面高度場における南アジア高気圧の領域面積(16,750m以上)の経年変動(1948~2003年)

(a) 6月, (b) 7月, (c) 8月, (d) 9月

※破線は5年移動平均, 実線は最小二乗法による近似線である

激しいものの Climate shift を挟んでの大きな違いはみられない。しかし、SAH の勢力が強かった年は Climate shift 以降に多いことは事実である。7月の SAH の領域面積拡大年は、Climate shift 以前では 1958 年、以降では 1979・83・88・98 年である。したがって、7月の SAH の領域面積拡大年は 6月とは必ずしも連動しない。これに対し、SAH が活発でなく領域面積が縮小した年は、Climate shift 以前では 1956・65・71・74・75・76 年であり、Climate shift 以降では 1985・92 年である。特に 1974・75 年は、過去 56 年間で最も領域面積が小さかった。このことから、領域面積縮小年においては 1974・76・92 年が 6月と同じであり、ある程度の相関が得られた。

8月 (図 1c) になると SAH の領域面積変動は、1950 年代から 1970 年代にかけて縮小傾向を示すが、Climate shift 以降一気に拡大傾向となり、1983 年をピークに再び縮小傾向を示す (移動平均変動)。特に領域面積が拡大した年は、ピークの 1983 年と 1991・98 年である。この中で、領域面積が最も拡大した 1983 年は、7月においても SAH の領域面積が大きかった。また、1998 年は 7月のピーク年と一致する。逆に縮小傾向を示した年は、1965・71・72・74・86 年、および 2002 年であり、Climate shift 以前に多く現れる。また、9月 (図 1d) になると多くの年は SAH が現れない。特に Climate shift 以前においてその傾向が著しいが、以降でもその占める面積割合は小さくなる。強いてその存在を確認するのであれば 1958・80・83・87・98 年である。したがって、1983 年と 1998 年は 8月と連動するものの、6月から 9月にかけての連続した領域面積率の相関はみられない。

以上のことから、SAH の領域面積は Climate shift 以降増加傾向を示しているが、増加率が最も大きいのが 6月、次いで 8月、7月、9月の順となる。したがって、年間を通じて最も SAH が発達する 7月の面積増加率が鈍いことになるが、8月のピークが 1983 年であるのに対し、7月は 1998 年にピークを迎えることから、拡大傾向は今後も持続すると考えられる。

## (2) 南アジア高気圧 (SAH) のパターン分類

1980 年から 2003 年までの 24 年間、7・8月における SAH をパターン分類した結果、その中心がイラン高原付近に現れるパターン (I 型) とチベット高原 (II 型)、イラン高原とチベット高原の両方に現れるパターン (III 型)、およびイラン高原とチベット高原の中間にあたるパミール高原付近に現れる (IV 型) の 4 つのパターンが確認できた。図 2a~d はその典型例を表したものである。

イラン高原付近を中心にして現れる I 型 (図 2a) は、中心位置が北緯 35°・東経 60°付近にあって、16,750m 以上の領域が東経 30°の地中海東部から東経

150°の千島列島におよぶ広い範囲におよんでいる。その結果、東経 20°のイタリア半島南部の地中海付近にトラフ、東経 60°のアラル海付近にリッジ、東経 90°~100°のチベット高原北部にトラフ、および東経 135°の日本付近にリッジを形成している。この SAH の形状に伴うトラフやリッジは、その北を流れる亜熱帯ジェット気流に対応することから、このタイプは東アジアで北東シフトしており北太平洋高気圧の張り出しが容易であることを伺わせるものである。また、このタイプは、東アジア各地に豪雨をもたらすタイプと連動していることから (石川, 2005)、今後の研究が期待される。しかし、SAH のイランモードタイプ (I 型) はさらにその形状や緯度的・経度的位置のわずかな違いによって I a~d の 4 型に細分類される。すなわち、

I a 型: イランリッジ, 東ヨーロッパトラフ, 東アジア北東シフト

I b 型: イランリッジ, 東ヨーロッパトラフ, 東アジアトラフ

I c 型: イランリッジ, 東アジア北東シフト

I d 型: トラフ・リッジ不明瞭

である。したがって、I 型が必ず北東シフトするとは

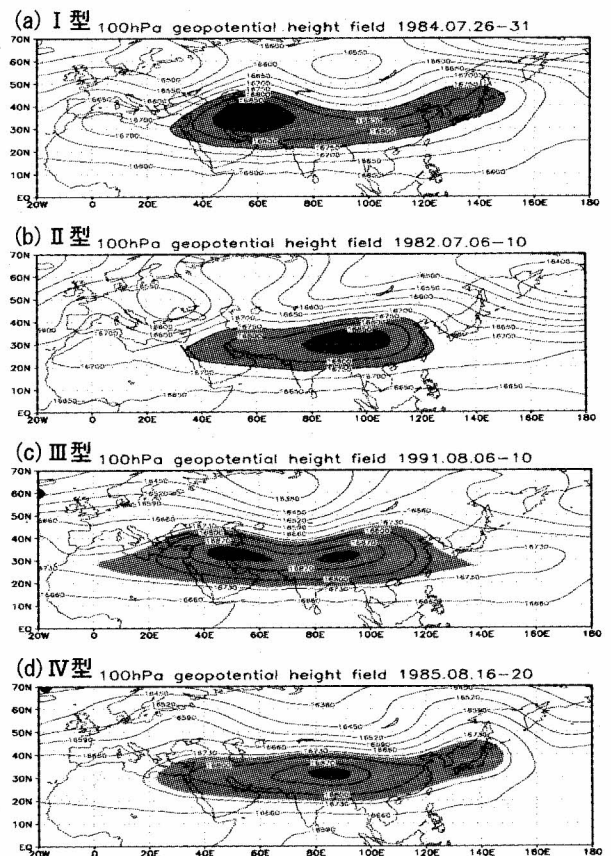


図 2 100hPa 等圧面高度場における南アジア高気圧 (16,750m 以上) のパターン分類

(a) I 型: イランモード, (b) II 型: チベットモード,

(c) III 型: イラン・チベットモード, (d) IV 型: センターモード

限らないが、I型の典型は北東シフトする確率が高いといえよう。

これに対しII型(図2b)は、北緯30~35°、東経80~110°のチベット高原を中心にしてSAHが現れるタイプである。このタイプの特徴は、16,750m以上の領域が東経35~120°の範囲にあって、その形状から西ヨーロッパにリッジ、東ヨーロッパのペルシャ湾北部にトラフを形成し、ヨーロッパの亜熱帯ジェット気流の蛇行が激しくなる傾向がみられることである。さらに、東アジアの日本付近ではトラフが形成されていて冷夏になりやすいタイプでもある。しかし、このタイプもIIaとIIbに分けられる。すなわち、

IIa型：東ヨーロッパトラフ、チベトリッジ、東アジアトラフ

IIb型：イラントラフ、チベトリッジ

である。さらにIII型(図2c)はイランモードとチベットモードが同時に現れるタイプで、その中心付近にトラフが形成されるタイプである。このIII型も

IIIa型：センタートラフ、チベトリッジ、イランリッジ、東アジアトラフ

IIIb型：センタートラフ、イランリッジ、チベトリッジ、ヨーロッパトラフ

IIIc型：センタートラフ、イランリッジ、チベトリッジ、ヨーロッパ・東アジアトラフ

に分類される。また、イランモード、およびチベットモードのいずれにも所属しないタイプがIV型(図2d)である。このSAHはその中心が北緯80~90°のチベット高原の西側に現れるタイプで、チベットモードに所属するタイプではあるが、その形状が東アジアに北東シフトしているため、あえてIV型として分類した。IV型は、さらに

IVa型：センターリッジ、東アジアリッジ

IVb型：センターリッジ、東ヨーロッパトラフ

に細分類した。これらのパターン別分類の出現率(図3)は、イラン高原とチベット高原にSAHの中心が同時に現れるIII型の確率が35%以上を占め、次いでIV

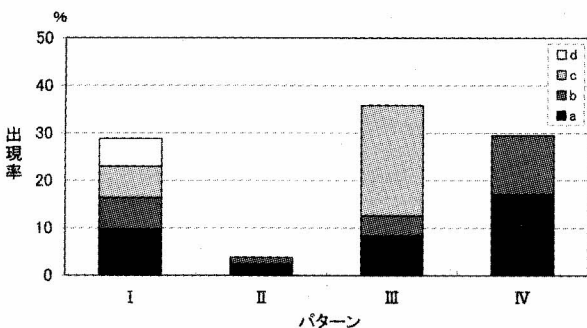


図3 夏季(7・8月)における南アジア高気圧のパターン別出現率(1980~2003年)

I型:イランモード, II型:チベットモード, III型:イラン・チベットモード, IV型:センターモード

型, III型, およびII型の順となる。II型はチベット高原にSAHの中心が位置するタイプであるが、これは、III型にも所属するタイプであるため、これをあえて分類したことが出現率の低下につながったものと考えられる。さらに、これらをタイプ別ではなく細分類した型で比較してみると、最も多く現れたのはイランモードとチベットモードが同時に現れるIIIc型であった。次いでセンターモードのIVa型で、ヨーロッパにトラフ、東アジアにリッジをもたらずタイプである。また、イランモードのI型は出現率が29%に達するが、細分類したパターンの出現率に大きな違いはみられなかった。

#### 4. 異常気象年におけるSAHパターンとの関係

##### (1) 1993年の東アジア冷夏年

図4-1は、日本列島が例年になく異常冷夏に見舞われた1993年7月から8月にかけての半旬別SAHタイプとその中心経度を表したものである。図中の縦軸は経度、横軸は半旬7月上旬の上半旬(37半旬)から8月下旬の下半旬(48半旬)までを表している。その結果、1993年の夏は7月前半がイランモードのI型、7月の下旬から8月上旬にかけてはイラン・チベット同時モードのIII型、下旬からはセンターモードのIV型であった。しかし、III型の同時モードでもチベットを中心にしたSAHが大勢を占めており、その中心経度が東経90°付近に集中している。III型は細分類を通して東アジアにトラフを形成するタイプであり、亜熱帯ジェット気流が東アジア付近で大きく蛇行して南下している。このため、北太平洋高気圧の北西部への張り出しは弱く、日本列島付近は梅雨前線に対応する亜熱帯ジェット気流が支配していたものと考えられる。

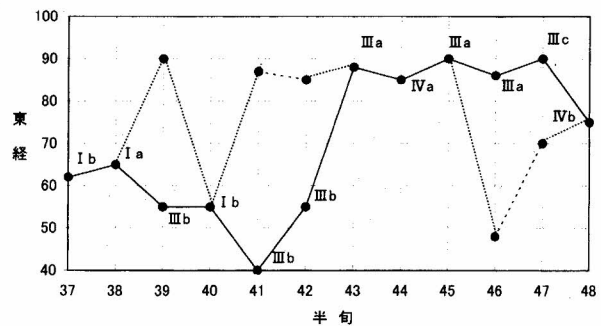


図4-1 日本冷夏年(1993年)の夏季(7・8月)における南アジア高気圧の中心経度の半旬変化

##### (2) 1994年の東アジア猛暑年

図4-2は、日本列島全域が猛暑となった1994年の半旬別SAHのパターン変化を表したものである。この年は、8月の中旬・下旬を除いてIa型のイランモードであったことがわかる。SAHの中心位置は、7月中

旬の上半旬において東経50°より西側に現れるが、平均的な経度的位置は60°である。また、7月中旬と8月中・下旬に現れるⅢc型はイラン・チベットモードであることから、SAHの中心がイラン高原付近に位置していることは否めない。したがって、これまでのSAHのパターン分類から、イランモードでは東アジアでSAHが北東にシフトする傾向がみられ、日本付近はリッジを形成する。その結果、北太平洋高気圧の張り出しが容易となり異常猛暑になったと考えられる。

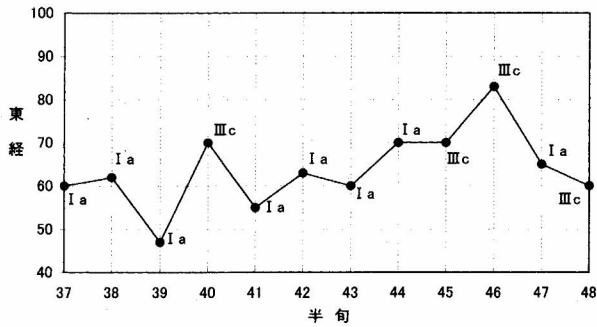


図4-2 日本猛暑年（1994年）の夏季（7・8月）における南アジア高気圧の中心経度の半旬変化

### (3) 2002年のヨーロッパ冷夏年

2002年は西ヨーロッパに前線が停滞し、ヨーロッパ各地で河川が氾濫して洪水被害が相次いだ年である（図4-3）。特に、ドイツのドナウ川やエルベ川が増水し、大洪水に見舞われた。この時のSAHパターンは、7月上旬からイランモードのIb型とチベットモードのIIa型による東西変動がみられるが、下旬になるとIIIc型のイラン・チベットモード、8月上旬からはIVb型が現れた。さらに、中旬から下旬にかけてもイランモード（Ib型）とセンターモード（IVa型）で季節を通じてSAHの中心が一定した位置にない。しかし、センターモードも含め、SAHが西よりであることは事実である。Ib型はヨーロッパにトラフが形成されやすいパターンであり、またIVa型は東ヨーロッパがリッジ、西ヨーロッパがトラフになりやすい傾向

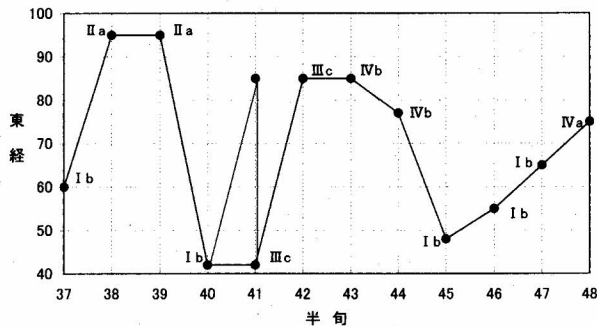


図4-3 ヨーロッパ洪水年（2002年）の夏季（7・8月）における南アジア高気圧の中心経度の半旬変化

がある。ヨーロッパにおける亜熱帯ジェット気流による帯状流変動は、Climate shift以降大きくなる傾向にあることから（大和田・畔柳，2004），SAHの中心位置と西側の形状によっては今後も異常気象が持続することが予想される。

### (4) 2003年のヨーロッパ猛暑年

図4-4は、ヨーロッパ各地に異常猛暑をもたらした2003年夏のSAHパターンを表したものである。この年は、ヨーロッパ全域が異常猛暑となり、フランスでは暑さのため多くの死者を出したほどである。これは、西ヨーロッパが気候帯では西岸気候にあたり、熱容量の大きな海洋からの熱の軽減効果によって夏季の異常高温が抑制されるため、各家庭における冷房装置が準備されていなかったからである。この時のSAHパターンは7月においてセンターモード（Ⅲ型）からイランモード（I型）がほとんどで、8月からはセンターモードとチベットモード（Ⅱ型）に変化して、SAHの中心が東経60°付近から90°付近に移動した。しかし、SAHの中心位置の変動に関わらず、その形状によってIb型、Id型、およびIIa型、IIIa型は地中海東部にトラフ、西ヨーロッパにリッジを形成する典型的なパターンである。したがって、西ヨーロッパは亜熱帯ジェット気流の北上に伴って東大西洋からの高気圧に覆われたと思われる。

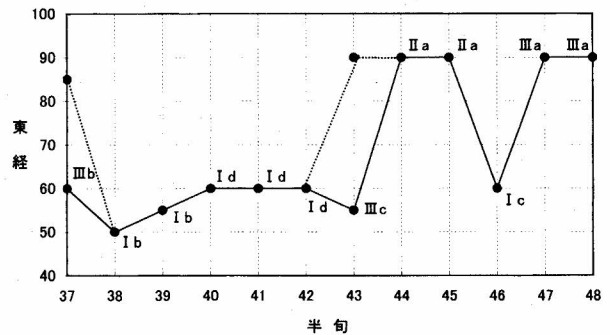


図4-4 ヨーロッパ猛暑年（2003年）の夏季（7・8月）における南アジア高気圧の中心経度の半旬変化

以上の事実から、ユーラシア大陸を中心として現れる圏界面に近い対流圏上層部のSAHの形状によって分類したパターンが、亜熱帯ジェット気流の蛇行によるトラフ・リッジを決定し、対流圏中層部の高気圧の張り出しや、ジェット気流に対応する前線の位置が異常気象と深い関係にあることが明らかとなった。特に、東アジアの夏季の気候は、SAHの中心がチベットモードでは冷夏、イランモードになると北東シフトして猛暑となり、ヨーロッパではSAHの西側の形状が東ヨーロッパと西ヨーロッパにトラフとリッジを形成し、西ヨーロッパと東ヨーロッパは「負」の関係にある。したがって、2003年はSAHの西縁部の地中海東



部でトラフを形成し、西ヨーロッパがリッジとなって猛暑になったと考えられる。

## 5. 結語とあとがき

本研究は、NCEP/NCARの再解析データから100 hPa面における南アジア高気圧 (SAH) の盛衰と季節変動、およびSAHのパターン分類を行い、その東縁部にあたる東アジアと西縁部にあたるヨーロッパの異常気象との関係について考察したものである。その結果、

(1) SAHは夏季を中心にして対流圏上層部に出現するセル状の高圧帯であるが、その領域面積が最も拡大するのは7月であり、次いで8月、6月、9月の順となる。しかし、9月の場合には現れない年も多く、その傾向はClimate shift以前に多かった。この傾向は期間全体にも適用されるもので、Climate shift以前に比較してClimate shift以降において領域面積の拡大傾向がみられた。これは、Qian Y. et al(2002)の研究結果と一致する。また、過去56年間でSAHの拡大傾向が著しいのは6月であり、領域面積が最も拡大する7月に大きな変化はみられなかった。しかし、領域面積の拡大が著しい年はClimate shift以降に集中して現れることが判明した。この領域面積の拡大年は、各月との相関が高いとはいえないが、特異年、および縮小年においてある程度の相関が得られた。

(2) SAHが最も顕著に現れる7・8月のパターン分類の結果、その中心がイラン高原付近に現れるパターン (I型) とチベット高原 (II型)、イラン高原とチベット高原の両方に現れるパターン (III型)、チベット高原の東側を中心としたパターン (IV型) のI~IV型に分けることができた。I型はイラン高原付近がリッジとなり、東ヨーロッパがトラフ、西ヨーロッパはリッジとなるが、東アジアは北東シフトによってリッジが形成されやすいパターンである。このSAHの形状によって、I a~I dの4つの型に細分類できる。また、チベット高原付近にSAHの中心が位置するII型は、当然チベット付近にリッジが形成されるが、このパターンは東アジアのトラフと密接な関係があり、日本列島上に前線が停滞しやすく、またイラン付近がトラフを形成するタイプである。さらに、III型はイラン高原とチベット高原の両方に高気圧セルが現れるタイプで、これらの高原上はリッジとなるが、その縁にあたる東アジアとヨーロッパにおいてトラフを形成する確率が高くなる。このIII型もイランかチベットのモードの強さによってIII a~III c型に細分類される。また、チベット高原の東側に高気圧セルが独立して現れるIV型のセンターモードは、東アジアがリッジであるか東ヨーロッパがトラフかによってIV a型とIV b型に分類した。

(3) これらのSAHパターンが東アジアとヨーロッパ

の異常気象とどのような関係があるかについて検討した結果、東アジアの夏季の気候はSAHがチベットモードではトラフとなって冷夏気候を示し、イランモードでは北東シフトしてリッジとなり、異常猛暑が現れやすくなる。また、ヨーロッパではSAHの西縁の形状が東ヨーロッパと西ヨーロッパにトラフとリッジを形成し、この両者は「負」の関係にあることが判明した。

この研究は、2004年の日本地理学会春季大会 (東京経済大学)、および日本気象学会全国大会 (気象庁) で発表したものに加筆・補正したものである。今後は、SAHの緯度的・経度的位置とその形状についての客観解析による分類と、異常気象の事例数を多くしての実証、並びに秋季の東アジアにおける集中豪雨との関係についても検討していきたいと考えている。

## 参 考 文 献

- 加藤内蔵進・劉国勝・森昌彦・武田喬男・牧原康隆 (1997) : 熱収支と水循環過程から見た1993年冷夏と1994年暑夏。気象研究ノート, 189, 72-88.
- 牛山基行・寶馨 (2000) : 既往豪雨災害事例との比較の観点から見た2000年東海豪雨の特徴。2000年9月東海豪雨災害に関する調査研究, 平成12年度科学研究費補助金研究成果報告書, 7-14.
- 金田幸恵・若月泰孝・坪木和久・武田喬男 (2001) : 東海豪雨のメカニズム。2001年度日本気象学会秋季大会要旨, 15-24.
- 大和田道雄・畔柳洋子 (2004) : 北半球におけるZonal indexの季節別経年変動について。愛知教育大学研究報告, 53 (自然科学編), 57-65.
- 浅井富雄・武田喬男・木村竜治 (1981) : 大気科学講座2, 雲や降水を伴う大気。東京大学出版会, 249p.
- 大和田道雄 (2003) : グローバルに見た気候環境予測, 環境気候学。東京大学出版会, p111-118.
- 大和田道雄・石川由紀 (2002a) : 地球環境変化にかかわる中緯度高気圧の変化-最近の北半球における亜熱帯高気圧の面積拡大傾向と移動性高気圧の帯状化との関係について-, 地球環境, 7, 117-127.
- 大和田道雄・石川由紀 (2002b) : 北半球における亜熱帯高気圧の鉛直分布の季節変動について。愛知教育大学研究報告, 51, 33-39.
- X. Liu, Zhu Q., and Guo P. (2000): Conversion characteristics between barotropic and baroclinic circulations of the SAH in its seasonal evolution. *Advances in Atmospheric Sciences*, 17, 129-139.
- Y. Qian, Zhang Q., Yao Y. and Zhang X. (2002): Seasonal variation and heat preference of the South Asia High. *Advances in Atmospheric Sciences*, 19, 821-836.
- Zhang, Q., G. Wu, and Y. Qian (2002): The bimodality of the 100hPa South Asia high and its relationship to the climate anomaly over East Asia in summer. *J. Met. Soc. Japan*, 80, 733-744.
- 石川由紀 (2005) : 局地豪雨発生にかかわる上層気圧場のメソ $\alpha$ スケール解析。環境共生学会, (投稿中)。

(平成17年9月16日受理)