

地球温暖化が影響する日本の冷夏と暑夏について (その6)

—竜巻に影響する角運動量輸送と成層不安定の増大—

谷貝 勇 *

1 はじめに

近年、日本列島に顕著な竜巻被害が報告されるようになった。米国の場合には、竜巻について温暖化の影響が指摘されているが、空間スケールや大陸、海洋の分布が異なる日本列島で、同等のメカニズムが働いているのかは検証を必要とする。この場合に難しいのは、現在までのところ、日本列島付近では温暖化の影響よりも自然変動が大きいために、結果が分からないと解析手法が分からない、という逆説の生じる事である。

これまでに分かってきた温暖化のメカニズムは、東シベリアの昇温→南北温度傾度の変化→偏西風ジェットのスラックス→日本列島への上層寒気の南下が増大 この結果、「成層不安定で豪雨や異常気象の増大」が起こるようになった。竜巻にとって、上層から下層に大きな角運動量の輸送されることが本質なので、ここに地球温暖化が影響できるのか調べてみた。

2 解析手法と結果

P 座標系 3 次元の運動方程式

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{f} \times \mathbf{u} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{F} \quad (1)$$

から、 $\mathbf{r}$ との外積を計算して角運動量の式が得られる。すると、鉛直移流で

$$\mathbf{r} \times (\omega \cdot \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial p}) \quad (2)$$

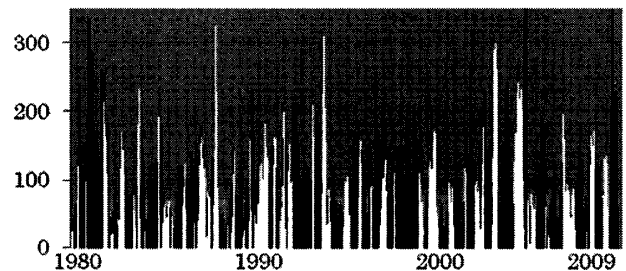
の項がでる。上層風 $\mathbf{u}_1$ 、下層風 $\mathbf{u}_2$ とすると、下層風に影響するのは $\mathbf{r} \times \mathbf{u}_2$ と同じ方向、すなわち下層風を回転させる成分が、角運動量の鉛直輸送に効く。成分で書くと、

$$\frac{1}{|\mathbf{u}_2|} (\mathbf{u}_{1x} \mathbf{u}_{2y} - \mathbf{u}_{1y} \mathbf{u}_{2x}) \quad (3)$$

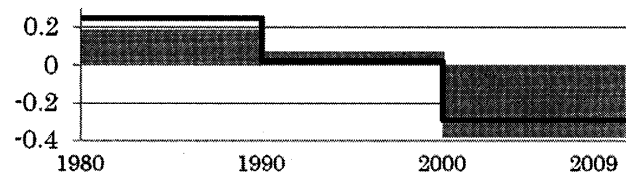
この量の 2 乗を各点で計算し、日本列島全体で面積平均した結果を第 1 図の黒線で示す。東シベリアの昇温で偏西風が分流した時を白色で塗り、更に、この量の 10 年間平均を灰色で示した。その値は、1980-1989 年 (70.9)、1990-1999 年 (74.3)、2000-2009 年 (77.3) と単調に増加した。これ以外の風速や輸送量について、調べた範囲では、自然変動が卓越していた。

第 2 図は 500hPa と 1000hPa 気温偏差の差の 10 年間平均を実線で示し、偏西風が分流した場合の平均を灰色に塗った。それぞれの気温についても調べた結果、近年、偏西風が分流した場合は、分流しない場合を含めた時よりも、500hPa 気温は低下し、1000hPa 気温は上昇し、安定度は急激に悪くなった。このことは、上下の気塊の交換がより活発となり、(2) 式から分かるように、上層の角運動量がより効率的に下層へ輸送されやすくなったことを示す。

これらの結果から、以下のことが分かった。米国では、中西部の平原に下層でメキシコ湾から湿潤で不安定な暖気が南寄りの風で侵入し、上層ではロッキー山脈を越える西風ジェットが入り、大きな風の鉛直シアと成層不安定で巨大な竜巻が発生する。日本列島では、夏期は下層で、太平洋高気圧の周囲を回る、高温で湿潤な南東風が卓越する。偏西風ジェットは、この時期、日本列島よりずっと北に位置するが、東シベリアの昇温により、偏西風の蛇行が顕著になると、寒気が日本列島まで南下し、西風が強まり、大きな風の鉛直シアと成層不安定をもたらす。すなわち、米国と日本の竜巻で、角運動量輸送では同様のことが起こっているが、総観場の特徴は、大きく異なり、地球温暖化で日本の竜巻は強められる傾向がある。



第 1 図 日本列島で平均した 1000hPa 風を回転させる 500hPa 風の成分を黒線で示す。(3) 式の 2 乗で計算。データは 8 月 JRA-25/JCDAS。この内、偏西風が分流した場合を白線で示し、その 10 年平均を灰色で示した。



第 2 図 第 1 図同様に、10 年平均した 500hPa と 1000hPa 8 月気温偏差の差を実線で示した。灰色は、偏西風が分流した場合。

*元気象庁気象大学校

Email: iyagai@gmail.com