

2015 年 9 月に発生した大規模ブロッキングの発達過程

Development process of an atmospheric blocking in September 2015

北海道大学工学部 学生会員 加藤亮介 (Ryosuke Kato)

一般財団法人 電力中央研究所 正会員 北野慈和 (Yoshikazu Kitano)

北海道大学大学院工学研究院 正会員 山田朋人 (Tomohito Yamada)

1. はじめに

大気ブロッキングは、中緯度帯の大規模災害発生や長期化の原因の一つとして挙げられる。2015 年 9 月の関東・東北豪雨では、関東南方からの水蒸気流入が続き、線状降水帯が長時間維持された。その原因は、ロシア東部で発生したブロッキング高気圧が東へ移動し、日本列島上空に気圧の谷を形成したためだと考えられる¹⁾(図-1)。本研究は、北野・山田によって提案された開水路のアナロジーを大気ブロッキングに適用した理論²⁾に基づき、2015 年 9 月の事例において、偏西風の蛇行をエネルギー式で説明することを目的とする。

2. 偏西風ジェットの有するエネルギー

北野・山田(2017)は、Riffer(2005)の大気場のジェットが有するエネルギーを物理的に定量化した理論³⁾を応用し、新しいエネルギー式を提案した。先行研究により示された開水路流れに見立てたジェットのエネルギー解析について説明する。非発散・非圧縮性流体における地衡風平衡の圧力分布式から始める。

$$\frac{2}{2} 2 222_2 2 2 22 \quad (1)$$

ここで、 p は圧力、 y は南北方向(北半球では北→南)、 u は y 関数で東西方向の風速、 ρ は大気密度、 β は β 近似のコリオリパラメーターである。 u は、 $y=-a, +a$ で $u=0$ と仮定し、この範囲で東西風によって定義する。

流量 V は式(2)で表される。

$$2 2 \eta_{22}^2 2 \quad (2)$$

式(1)をジェット北端($y=+a$)から任意位置まで積分するとジェット内部の圧力分布を得ることができる。

$$22222_2 22_2 2 22_2 \eta_{22}^2 2 \quad 2 2 \eta_{22}^2 \quad (3)$$

式(2)の $p-a$ は北端での圧力、 Y は積分変数である。ここで、ジェットの南北断面におけるエネルギーフラックス G を運動・位置エネルギーの和から定義する。

$$2 2 \eta_{22}^2 2 22_2^2 2 \frac{2}{2} 2 2 \quad (4)$$

これに、式(3)を代入すると以下を得ることができる。

$$2 2 \frac{222_2}{2} 2 \frac{22_2^2}{2} 2 2 \eta_{22}^2 2 \eta_{22}^2 \quad 2 \eta_{22}^2 \frac{2}{2} 2^\circ \quad (5)$$

右辺第 1-4 項は $22_2 \cdot 22_2 \cdot 22_2 \cdot 2$ とする。

ここで、 $p-a, f_0$ が一定であると考え、右辺第 1, 2

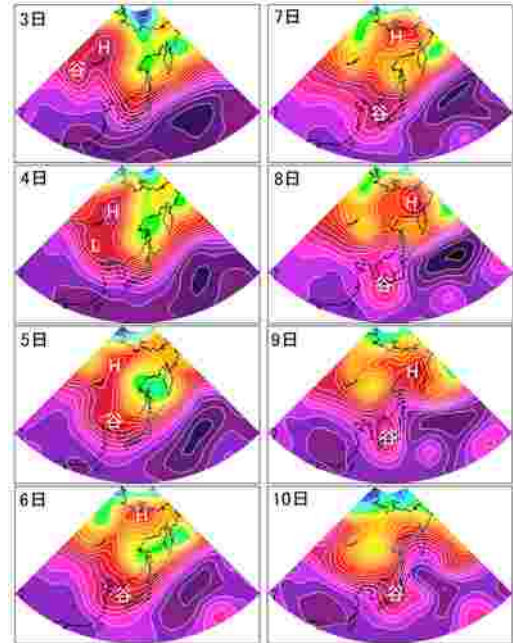


図-1 2015 年 9 月 3 日から 10 日までの 500hPa 面のジオポテンシャル高度場

項は定数となる。比エネルギー 2_{22} を定義する。

$$222_2 2 2 \eta_{22}^2 2 \eta_{22}^2 \quad 2 \eta_{22}^2 \frac{2}{2} 2^\circ \quad (6)$$

式(6)を無次元化するため、無次元量を導入する。

$$2 2 2 \eta_{22}^2, 22222_2 2222_2 26 \eta_{22}^2 C_2 \\ 2 2 \eta_{22}^2 22_2^2 \eta_{22}^2 2 2^\circ \quad (7) \\ 2 2 2 \frac{\eta_{22}^2 2 \eta_{22}^2}{\eta_{22}^2 22_2^2 2 \eta_{22}^2} 2 2 \eta_{22}^2 22_2^2 2$$

ここで、 η, q は無次元化された y, u であり、 α_1, α_2 は風分布 q の関数である。 Ro_F は、東西風分布 q が一定の場合ジェット幅に関するパラメーター a の関数である。式(6)より無次元化された比エネルギー式を得る。

$$222_2 2 \frac{22_2}{22_2^2 22_2^2 22_2^2} \quad (8)$$

Riffer は式(8)をそのまま実際の気象場に適用した。北野・山田は、 $q(\eta)$ が実際の気象場では変化することと、式(5)の右辺第 2 項の f_0, β の緯度による変化が無視できないものとして、新たな比エネルギー式を定義した。まず、 f_0, β の変化を考慮した比エネルギー式を定義する。

$$2_2^2 2 \frac{2_2 2^2}{2} 2 \ 2 \ ?_{22}^2 2 \ ?_{22}^2 \qquad 2 \ ?_{22}^2 \frac{2^2}{2} 2^\circ \qquad 222$$
$$2_2 \ 2 \ 2 \ ?_{22}^2 \ 2 \ ?_{22}^2 \ ^\wedge \quad ?2?_{22}^2 \ 2^\circ \ 2^2 \quad (10)$$

$$2_2 2 \quad 2^2 2_2 2_2 \quad 2_2 2_2 \quad 2_2 2 \quad 2 \quad 2_2 2_2 2_2 2_2 \quad (11)$$

[illegible]

北野・山田の理論で、空気塊は等温位の間を移動するため、等温位面、等密度面、等高度面がほぼ重なる 12500m 高度面で検証する。2.2.2.2.2.2.2²i 2²?2, O₂.2.2.2.2hiG2として、図-2 の上段は東西風分布J、北端(y=-a)と南端(y=a)、水平風速はベクトルで表してある。図-2 の中段は2₁(黒)、2₂(赤)、2₃(灰色)である。図-2 の下

- 1) 2015 年関東・東北豪雨災害 土木学会・地盤工学会合同調査団関東グループ：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による関東地方災害調査報告, 2016
- 2) 北野慈和・山田朋人：開水路流れとの類似点に着目したジェット気流が有するエネルギーの解析, 2017
- 3) Riffler, M.: Beta-plane hydraulics of the northern hemi-sphere jet stream, A diploma thesis submitted to the de-partment of meteorology and geophysics, university of Innsbruck, 2005.