

2016 年 8 月に北海道で発生した豪雨イベントの ブラントバイサラ振動数から見た豪雨特性

北海道大学大学院工学院 学生会員 竹原 由
北海道大学大学院工学研究院 正会員 山田 朋人

1. はじめに

2016 年 8 月の約 2 週間の間に襲来した台風 7, 11, 9, 10 号時の豪雨によって河川の氾濫や土砂災害, 落橋, 農地の流出等の甚大な災害が発生した¹⁾. 台風 10 号は太平洋側から三陸地方へ上陸するコースをとったことから, 台風 10 号を取り囲むアウターバンドが南東方向からの暖湿な空気塊をもたらし, 図-1 から分かるように日高山脈の標高の高い地域では 500 mm を越える記録的大雨を観測した. 帯広を含む十勝地方での年平均降水量は約 1000 mm であることを考えると, 約 3 日で年降水量の半分以上を超える雨量を観測したことになる. 先行研究は北海道の地形効果を除いた数値実験を行い, 台風 10 号による豪雨は日高山脈の地形に起因することを明らかにした. また, 十勝川流域での標高と降水量の関係性を図-2 に示す. 本流域内の各グリッドごとのデータを用い, 横軸に標高, 縦軸に 24 時間累積降水量をとった. この図から標高が高いほど降水量が多くなっていることは明らかである.

Hughes et al.(2009)³⁾ は南カリフォルニアの地形性豪雨を対象とし, 地形性豪雨の起こりやすさを無次元パラメータ, 式 (1) のフルード数で表現している.

$$Fr^2 = \frac{U^2}{N^2 H^2} \quad (1)$$

H は地形の代表高さ, U は代表高さでの風速の水平方向要素, N は大気安定度の指標であるブラントバイサラ振動数を示す. 南カリフォルニアの地形は標高が約 1000 m である沿岸山地が続いているのが特徴で, 乾燥した気候であり, 降雨の半分以上が地形に起因していることが明らかにされているため, 地形性の影響が捉えやすいとされている. しかし, 日本のような湿潤気候を有する地域では大気中に含まれる水蒸気の影響を考慮する必要がある.

本研究では明瞭な地形特性を有する台風 10 号による日高山脈や十勝川流域での降雨の特徴を湿潤度に着目してブラントバイサラ振動数で議論することを目的とする.

2. ブラントバイサラ振動数の算出

キーワード 地形性豪雨, ブラントバイサラ振動数
連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目北海道大学院工学院 TEL 011-706-6189

2. 1 使用したデータ

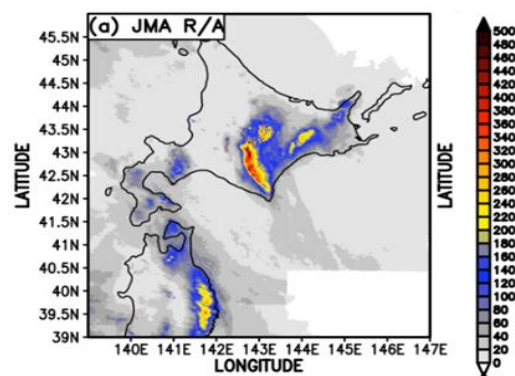


図-1 台風 10 号接近時における 2016 年 8 月 29 日 0 時から 8 月 31 日 0 時までの累積降水量 [mm] Dang NGUYEN-LE, 山田(2017)

降雨データとして 1 km メッシュのレーダアメダス解析雨量のデータを用いた. 地形データとしてアメリカ地質調査所 (USGS) によって開発された水平グリッド間隔が 30 秒 (約 1 km) のグローバルデジタル標高モデルである GTOPO30 を使用した. さらに上空の気象場データとして気象庁によって開発された水平グリッド間隔が 5 km のメソ数値予報モデル (MSM)⁹⁾ を使用した.

2. 2 ブラントバイサラ 振動数の算出

Dale and Joseph (1982)⁴⁾ は乾燥気体や湿潤気体でのブラントバイサラ振動数を求める式をいくつか紹介している. 例として 3 つの式を以下の式 (2) - (4) に示す. 式 (2) が乾燥気体, 式 (3), (4) が式 (2) に湿潤効果を加えたブラントバイサラ振動数である.

$$N^2 = \frac{g}{T} \left(\frac{dT}{dz} + \Gamma_d \right) \quad (2)$$

$$N_m^2 = \frac{g}{T} \left(\frac{dT}{dz} + \Gamma_m \right) \quad (3)$$

$$N_m^2 = \frac{g}{T} \left(\frac{dT}{dz} + \Gamma_m \right) \left(1 + \frac{Lq_s}{RT} \right) \quad (4)$$

g は重力加速度 [m/s^2], T は気温 [K], Γ_d , Γ_m [K/m] はそれぞれ乾燥断熱減率, 湿潤断熱減率, L は水から水蒸気に変化する際の潜熱 [J/kg], q_s は飽和混合比 [kg/kg], R は理想気体の気体定数 [J/kgK] を示す. 空気塊を上昇させたとき, 周囲の空気との密度の差から浮力振動が生じる. 大気が飽和していると, 大気の上昇には結露と潜熱が伴う. この加熱は, 断熱膨張によって生じる冷却を部分的に緩和するため, 周囲の空気との密度差は乾燥した

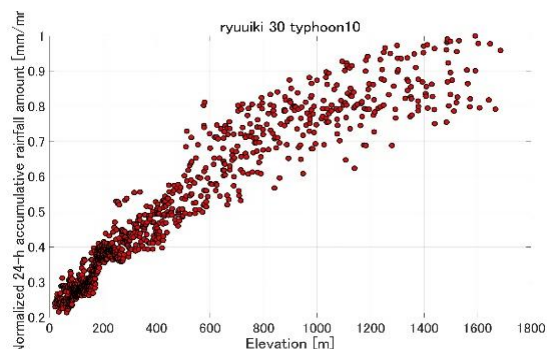


図-2 台風 10 号時の十勝川流域における標高と降雨量の関係

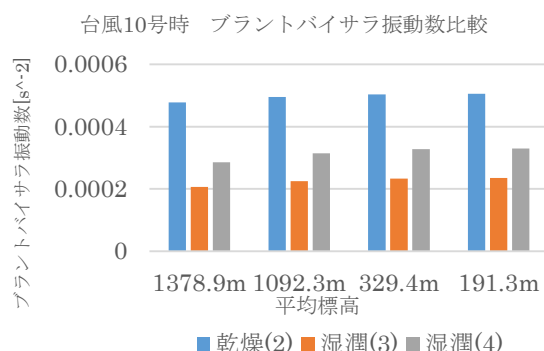


図-3 台風 10 号時における各種プラントバイサラ振動数

大気よりも小さくなる。このため乾燥大気と湿潤大気の安定性を比較するのに、湿潤プラントバイサラ振動数の導出は極めて重要である。式 (3) に対し、Dudis(1972)⁵⁾ は結露や潜熱の効果を加味するため、飽和混合比と潜熱の効果を加えた式 (4) がより適しているとした。

3. 各種プラントバイサラ振動数の比較

2. 2章の式 (2) から (4) を用いて 2016 年台風 10 号時のプラントバイサラ振動数を約 5 km 間隔経度ごとに算出し比較した結果を図-3 に示す。十勝川流域の西側には日高山脈が位置しており、標高が高く、東側ほど低地である。各経度ごとに平均標高を算出し横軸にとる。図-3 をみると、標高に関わらず、乾燥プラントバイサラ振動数が湿潤プラントバイサラ振動数よりも大きく算出されている。さらに、2006 年から 2016 年までの年最大降雨イベントと台風 10 号時全てにおいて 3 種類のプラントバイサラ振動数を算出し結果を図-4、図-5 に示す。図-4 は式 (2) による乾燥プラントバイサラ振動数、図-5 は式 (4) による湿潤プラントバイサラ振動数の結果である。図-4、図-5 をみると、全ての年最大降雨イベントで標高が高いほどプラントバイサラ振動数が小さくなっている。

4. まとめ

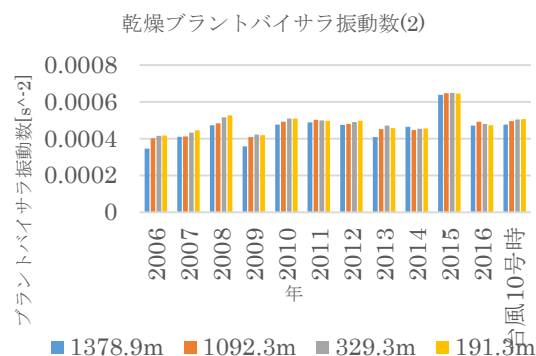


図-4 各年の年最大降雨イベントでの乾燥プラントバイサラ振動数

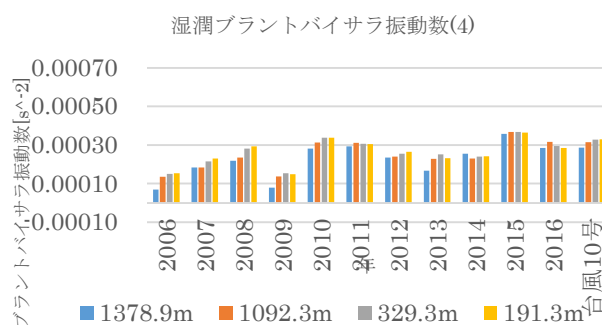


図-5 各年の年最大降雨イベントでの湿潤プラントバイサラ振動数

2006 年から 2016 年の年最大降雨イベントと台風 10 号時のプラントバイサラ振動数を乾燥、湿潤の異なる条件で算出し比較した。どのイベントでも、湿潤プラントバイサラ振動数の方が小さく算出された。

また、ほとんどのイベントで標高が高い地点ほどプラントバイサラ振動数が小さく算出され、より大気が不安定であることが分かった。

謝辞

本論文は科研費 (16H0236006;17H0331837) の成果の一部である。参考

文献

- 1) 土木学会北海道支部：2016 年 8 月北海道豪雨災害調査団速報第 1 報，2016 年 9 月 12 日 ver.,2016.
- 2) Nguyen-Le, D. and Yamada, T. J : Simulation of tropical cyclone 201610(Lionrock) and its remote effect on heavy rainfall in Hokkaido :*Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)*, Vol.73, No.4, I_199-I_204,2017.
- 3) Mimi Hughes, Alex Hall, and Robert G. Fovell : Blocking in areas of complex topography, and its influence on rainfall distribution : UCLA, Los Angeles, California (2009)
- 4) Dale R. Durran and Joseph B. Klemp : On the Effects on the Brunt-Vaisala Frequency (1982)
- 5) Dudis, J. J., 1972:The stability of a saturated, stably-stratified shear layer. *J. Atmos. Sci.*, 29, 774-778.
- 6) 気象庁 : <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-6.html>