

丹沢山地の風況解析

斎藤正彦*・齋藤央嗣*・相原敬次*・谷脇 徹*

Effects of strong winds in the Tanzawa Mountains

Masahiko SAITO*, Hiroshi SAITO*, Keiji AIHARA*, Toru TANIWAKI*

要 旨

斎藤正彦・齋藤央嗣・相原敬次・谷脇 徹：丹沢山地の風況解析 神奈川県自環保セ報告 14 : 33-36, 2016 丹沢におけるブナ衰退の要因解明を大気環境の視点から明らかにすることを目的として、汎用流体ソフト (OpenFOAM) を用いて、丹沢山地の風況を再現し、丹沢山地の風衝地の解析を行った。出現頻度が高い南風と南西風の解析を行った結果、せん断応力 (風速シアーによる下向きの力) の高い箇所は、これまでに報告されている丹沢山などの草地化が進んでいる箇所と一致した。

キーワード：ブナ、ブナ枯れ、オゾン、風、風衝地

I はじめに

丹沢山地の塔ヶ岳から檜洞丸にかけての主稜線部でブナ林の衰退が進行しており (越地ら 1996)、その要因の一つとして、これまでに高濃度のオゾンによる影響が指摘されている (丸田ら 1994、相原ら 2004 ; 河野ら 2007)。オゾンによる影響は、濃度や暴露量 (AOT40) といった指標による評価が行われてきた (阿相ら 2005 ; 河野ら 2007)。これらは、丹沢山地の頂上付近を複数点について短期間測定した結果や犬越路局 (標高 920m) の長期間測定した結果を解析したものである。

ブナの着葉期 (春から秋) について、丹沢山地全域のオゾン濃度の様子を調べるために、気象モデルと大気質モデルを用いてオゾン濃度の推定が行なわれた (斎藤ら 2012)。モデルによる結果は、実測データとよく一致し、モデルの丹沢山地への適用性が確認された。また、丹沢山地では麓の市街地に比べ、オゾン濃度の日変化が小さい特徴があり、そのメカニズムもモデル解析から解明した (斎藤ら 2012)。さらに、オゾンによる樹木への影響を調べるために、

オゾンの暴露量より評価方法として優れていると考えられている葉の気孔からのオゾンの取り込み量を推定した (斎藤ら 2013)。オゾンの取り込み量は標高が高いほど大きく、標高が高いほど樹木の衰退が著しい観察結果と一致した。また、丹沢山地全体でクリティカルレベル (伊豆田と松村 1997) が大きく上回っていることも明らかになった。

風による影響は、森林衰退の複合影響をとらえる観点から、オゾンと同様に重要な要素であると考えられる (河野ら 2007 ; Suto *et al.* 2008)。Suto ら (2008) は、詳細な流体シミュレーションを行い、稜線上のブナの衰退域はオゾンの相対濃度よりも風速の強い所と一致していると報告している。このため丹沢山地全域のオゾンの植物影響を考察するために、風況の解析が重要となると考えられる。

そこで丹沢におけるブナ衰退の要因解明を大気環境の視点から明らかにすることを目的として、丹沢山地の風衝地の解析を行った。丹沢山地は、急峻な地形により斜面上昇気流が発達し風速が強い風衝地が点在していることが知られている。本研究では、汎用流体ソフト (OpenFOAM) を用いて、丹沢山地の風

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課 (〒 243-0121 厚木市七沢 657)

況を再現し、風の解析を行った。

II 調査方法

1 地図データ作成

汎用流体ソフト (OpenFOAM) で利用するための地形データを作成する必要がある。本研究では、地表面の凹凸を表現するために snappy Hex Mesh を採用した。これにより、地表付近では、地形に沿った細かなメッシュ点を生成し、上空では粗いメッシュ点を設定した。メッシュ生成の作業効率を上げるため、オープンソースの GUI である HELYX-OS を用いた。風向は、丹沢山地で出現頻度が高い南風と南西風の2風向について地形を作成した (図1)。これは、設定した計算領域へ風が垂直に吹くようにするためである。

2 計算モデルの作成

メッシュの作成手順としては、まず標高データ (CSV 形式) から STL ファイルを作成し、その後 OpenFOAM 付属のメッシャである snappy Hex Mesh で丹沢地形のメッシュを生成した (図2)。計算領域は、地表面から上空 5km までとし、地上から 2.4km までは blockMesh と snappy Hex Mesh を使い、さらに上空は extrudeMesh を用いて高さ 5km までメッシュを作成した。

風の流れは音速に比べはるかに弱いため、非圧縮流体として扱う。また、風向がある程度一定に吹くものと仮定して、風の流れは定常とした。乱流モデルには計算が安定な $k-\omega$ SST モデルを用いた。

なお、本研究の地形の作成と計算は、株式会社 CAE ソリューションズに委託して実施した。

III 結果及び考察

1 丹沢山地の地図

風向は、丹沢山地で出現頻度が高い南風と南西風の2風向について地形を作成した。これは、設定した計算領域へ風が垂直に吹くようにするためである。作成した地図データを図1に示す。

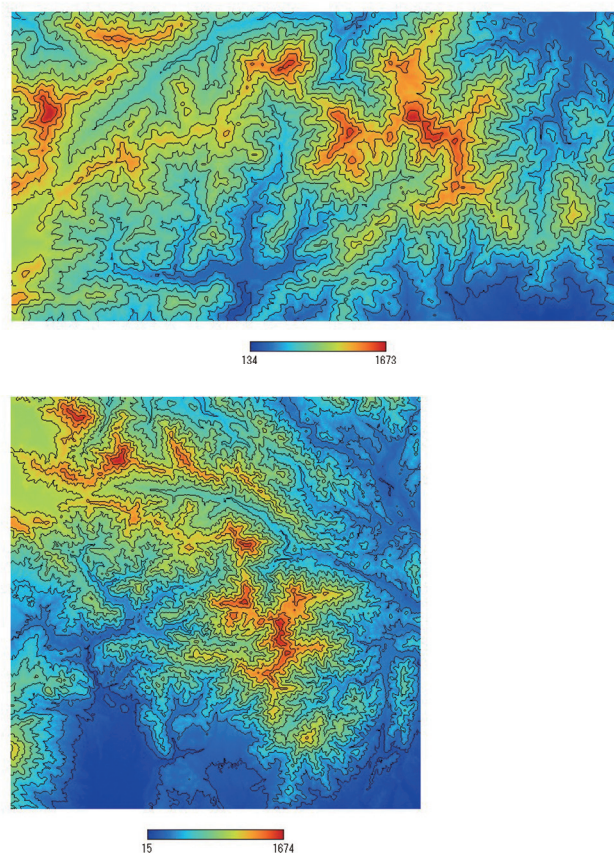


図1 地形図

風向が南の場合の地形 (上段)、風向が南西の場合の地形 (下段) を表している。凡例の数値は標高を表す。南風の場合は、下側から上側へ一様風速で与えている。また、南西風の場合は、左側から右側へ一様風速で与えている。

2 丹沢山地の風況計算

作成した丹沢地形のメッシュを図2に示す。また、計算領域を図3に示す。

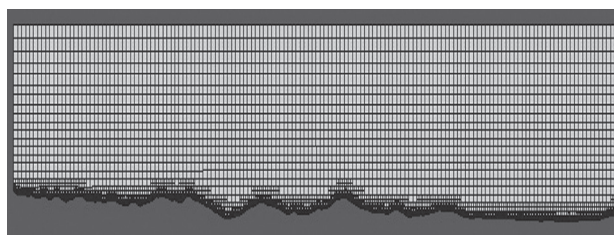


図2 snappy Hex Mesh 法による鉛直断面のメッシュ配置

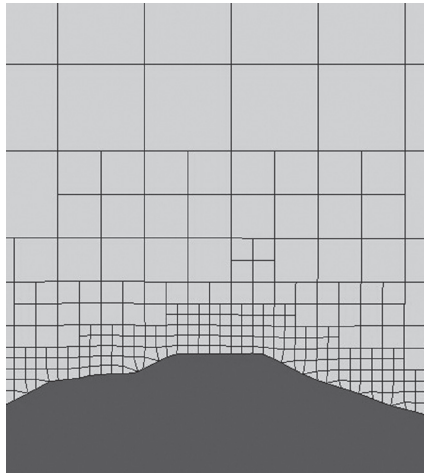


図2 (続き) 詳細なメッシュ配置

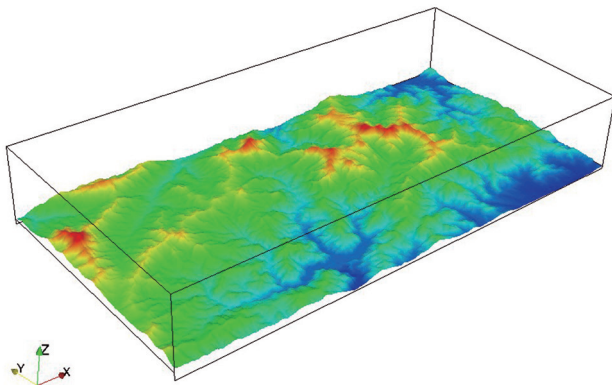


図3 計算領域 (南寄りの風の場合)

3 南風の計算

過去の気象観測データなどを参考に流入風速を 10m/s とした。計算には OpenFOAM-2.3 の simpleFoam を使用した。Xeon の Linux ワークステーションで、8 コアで 1,200step 程度まで実行して、wallclock で大体 3 時間程度である。

図 4 に地表面のせん断応力の分布を示す。地表面のせん断応力は、風速シアーが大きい地表面付近での空気粘性による地表面を押す力 (Shear Stress) の大きさを示しており、風衝による倒木に影響する物理量と考えた。地表面のせん断応力が大きい所は、稜線に沿っていることが分かる。南風では、鍋割山の裏奥に位置する丹沢山から蛭ヶ岳に掛けて強いせん断応力が掛かっていることが明らかになった。また、大室山から菰釣山に掛けての稜線でも強いせん断応力が掛かっていることが明らかになった。



図4 地表面せん断応力分布 - 南風

4 南西風の計算

南西風の場合を計算するために、地形を Z 軸周りに 45 度回転させた計算形状を作成して計算した (図 1)。流入風速は、南風の計算と同様に、10m/s とした。図 5 に地表面のせん断応力の分布を示す。大室山から菰釣山に掛けての稜線で強いせん断応力が掛かっていることが明らかになった。丹沢山、蛭ヶ岳、樽洞丸などでは、南風の時の地表面のせん断応力の分布 (図 4) に比べ、南西風の時の方が小さい。

南風、南西風ともに、山頂付近でせん断応力が強く、せん断応力の高い所は、これまでに報告されている丹沢山などの草地化が進んでいる箇所 (山根ら 2012) と一致し、Suto *et al.* (2008) に比較してより明確に風の影響を明らかにすることが出来た。

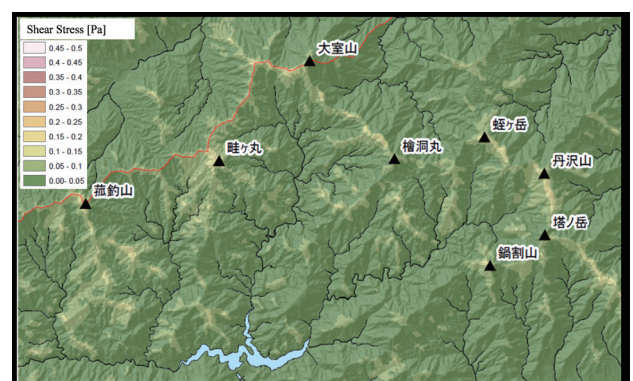


図5 地表面せん断応力分布 - 南西風

IV 謝 辞

ArcGIS による作図では(有)GIS インスティテュート雨宮有氏にお世話になった。ここに記して感謝の意を表します。

V 引用文献

- 相原敬次, 阿相敏明, 武田麻由子, 越地 正 (2004) 森林衰退の現状と取り組み (II) 神奈川県の丹沢山地における樹木衰退現象, 大気環境学会誌, 39, A29-A39
- 阿相敏明, 内山佳美, 齋藤央嗣 (2005) 丹沢のブナ衰退の機構解明のためのオゾン濃度分布調査. 第 46 回大気環境学会年会講演要旨集, p. 386.
- 伊豆田 猛, 松村秀幸 (1997) 植物保護のための対流圏オゾンのクリティカルレベル. 大気環境学会誌, 32, A73-A81
- 河野吉久, 須藤 仁, 石井 孝, 相原敬次, 内山佳美 (2007) II 丹沢山地周辺のオゾン濃度の実態とブナに対する影響, 丹沢大山総合調査学術報告書, pp. 383-395
- 越地正, 鈴木 清, 須賀一夫 (1996) 丹沢山地における森林衰退の調査研究 (1) ブナ, モミ等の枯損実態. 神奈川県森林研究所研究報告, 22: 7-18.
- 丸田恵美子, 志摩 克, 堀江勝年, 青木正敏, 土器屋由紀子, 伊豆田 猛, 戸塚 績, 横井洋太, 坂田 剛 (1999) 丹沢・檜洞丸におけるブナ林

の枯損と酸性降下物. 環境科学会誌, 12 (2) : 241-250.

- Suto, H., Y. Hattori, N. Tanaka & Y. Kohno, (2005) Effects of strong wind and ozone on localized tree decline in the Tanzawa Mountains of Japan. Asian Journal of Atmospheric Environment 2 (2) , 81-89
- 斎藤正彦, 若松伸司, 岡崎友紀代, 堀越信治, 山根正伸, 相原敬次 (2012) 数値モデルを用いた丹沢山地のオゾンの挙動解析. 大気環境学会誌 47 (5) , 217-230.
- 斎藤正彦, 若松伸司, 相原敬次 (2013) 丹沢山地における樹木のオゾン取込み量の推定. 大気環境学会誌 48 (6) , 251-259
- UNECE (2010) Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends, Chapter 3: Mapping Critical Levels for Vegetation, Revision undertaken in Summer, 2010, to include new flux-based critical levels and response functions for ozone. International Cooperative Program on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, pp.113
- http://icpvegetation.ceh.ac.uk/manuals/mapping_manual.html
- 山根正伸, 鈴木 透 (2012) 丹沢山地におけるブナ衰退の時空間的特性. 神奈川県自然環境保全センター報告 9: 13-21.