

斜面特性と風倒木発生の関係にかかると考察

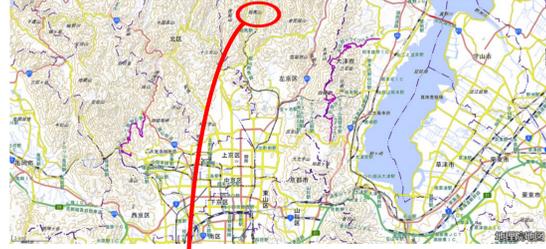
～京都市北部鞍馬寺境内仙徳谷を事例に～

板坂 郁・松野紅里・山本友晴・近藤煌也・沖野詩子（京都府立北稜高等学校）



1: 本研究の背景と目的

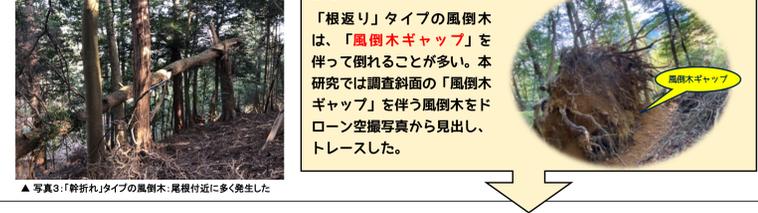
- ・鞍馬山は京都市左京区に位置し、1200年以上の歴史を持つ鞍馬寺の境内（図1）
- ・2018年9月4日に近畿地方を直撃した台風21号により大規模な風倒木被害が発生した（写真1～3）
- ・本研究は風倒木被害が著しかった鞍馬山・仙徳谷に注目
- ・2020年：ドローンの撮影データを用い、地形の特色と倒木タイプとの関係を考察
- ・2021年：斜面の特性が風倒木の倒木方向や倒木タイプにどのような影響をもたらすかをミクロな視点から考察
- ・本研究：同じ谷の中でも風倒木が発生していない斜面があり、風倒木発生の要因を明らかにすることが目的
- ・鞍馬地域の防災対策や森林再生に寄与することを目指す（研究成果の地域還元）



▲図1：研究対象地域（地理院地図とドローン空撮写真より）



▲写真1:「根返り」タイプの風倒木:谷斜面に多く発生した ▲写真2:「根返り」タイプの風倒木:谷斜面に多く発生した

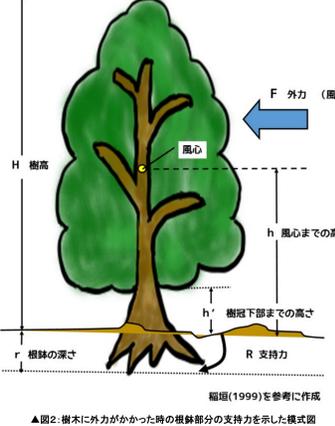


▲写真3:「幹折れ」タイプの風倒木:尾根付近に多く発生した

参考
「根返り」タイプの風倒木は、「風倒木ギャップ」を伴って倒れることが多い。本研究では調査斜面の「風倒木ギャップ」を伴う風倒木をドローン空撮写真から見出し、トレースした。

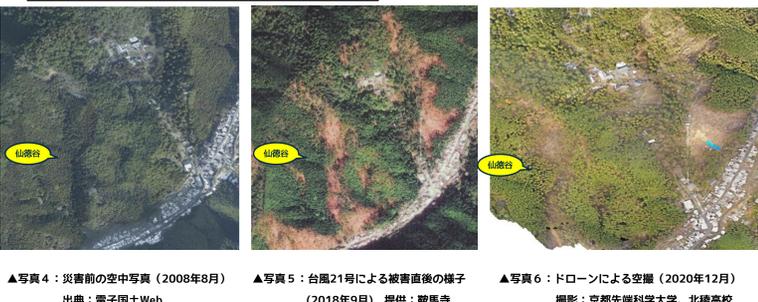
2: 仮説と研究方法

- (1) 仮説（先行研究より）
- 稲垣(1999)
- ・風倒木の多くは針葉樹の植林に集中
 - ・基盤岩が1m以下で根の発達を制限される地盤で発生
 - ・風倒木は外力Fが根鉢の抵抗力Rより大きくなった時、つまり、 $R \leq F (r/2+h) : h=h' + (H+h')/3$ になった時に発生（図2）
- 谷口ほか(2001)
- ・根返りタイプの風倒木の多くは、表土が乾燥した厚さが1m以下の急斜面に発生



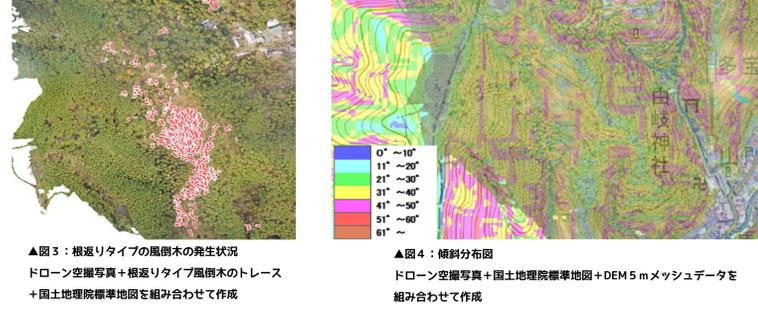
【仮説】風倒木の発生は樹木がおかれた斜面の傾斜、表層土壌、根の発達に影響する水系等の状態が関係している

- (2) 研究方法（本研究の代表的な研究方法）
- ①既存の空中写真とドローン空撮写真を使った丹羽(2019)の手法
- 既存の空中写真との比較（災害前・後） → 風倒木の範囲を把握
ドローンによる空撮写真の観察と比較 → 被害が著しかった仙徳谷を対象にした



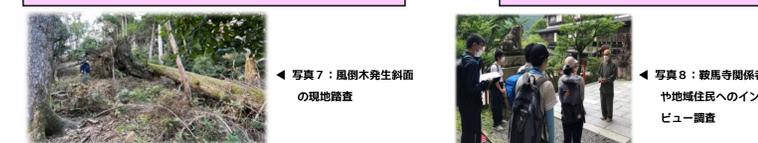
▲写真4：災害前の空中写真（2008年8月） ▲写真5：台風21号による被害直後の様子（2018年9月） ▲写真6：ドローンによる空撮（2020年12月）

- ②GISによる写真解析
- ・ドローン空撮写真を使用
 - ・風倒木ギャップが確認できる「根返りタイプ」の風倒木をすべてトレース
 - ・国土地理院標準地図とDEM(数値標高モデル)5mメッシュデータを重ね傾
- ・風倒木の倒木方向の確認
 - ・風倒木発生斜面の傾斜角を確認
 - ・風倒木が発生した斜面と発生しなかった斜面の特徴を比較



▲図3：根返りタイプの風倒木の発生状況
ドローン空撮写真+根返りタイプ風倒木のトレース+国土地理院標準地図を組み合わせて作成

- ③現地踏査とインタビュー調査
- ・撮影データではわかりにくい斜面の状況
 - ・鞍馬寺や鞍馬地域の住民の方々にインタビュー調査
- ・現地踏査による目視確認
 - ・風倒木発生時の様子と斜面の状況について



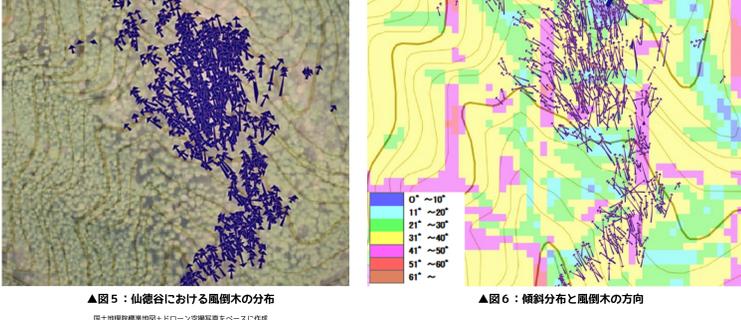
▲写真7：風倒木発生斜面の現地踏査 ▲写真8：鞍馬寺関係者や地域住民へのインタビュー調査

3: 結果と考察

- (1) 結果
- GISを用いて…
- ①ドローン空撮写真上に風倒木発生の状況を確認
 - ②傾斜分布と風倒木の方向を確認

同じ谷の中を台風による突風が通過したにも関わらず…

- ①風倒木が南西向き斜面に集中
- ②対面の北東向き斜面は風倒木がほとんど発生していない



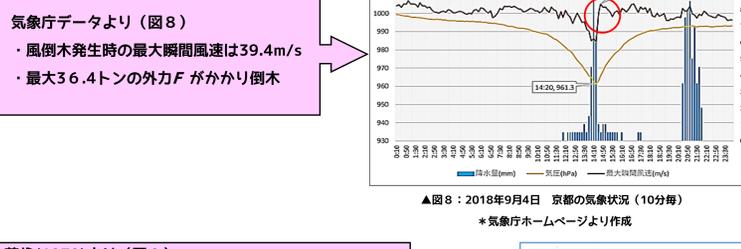
▲図5：仙徳谷における風倒木の分布
国土地理院標準地図+ドローン空撮写真をベースに作成

▲図6：傾斜分布と風倒木の方向

- (2) 考察
- 考察1：GIS解析と既存のデータより
- 対象斜面の風倒木（図7）
- ・樹高Hは平均28m
 - ・樹冠下部までの高さh'は平均22m
 - ・根株の深さ（直径）rは平均70cm

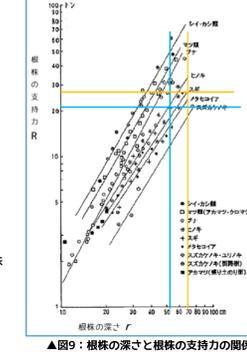


▲図7：GIS解析の一例（手作葉編）
…風倒木のトレースは1本ずつ確認しながら計測を含めて行う



▲図8：2018年9月4日 京都の気象状況（10分毎）
*気象庁ホームページより作成

- 苅住(1979)より（図9）
- ・根株の深さ50cm以上のスギの支持力Rは22トン程度
 - ・本件の根株の深さ70cm…支持力Rは28トン程度
 - ・最大36.4トンの外力Fがかかり倒木



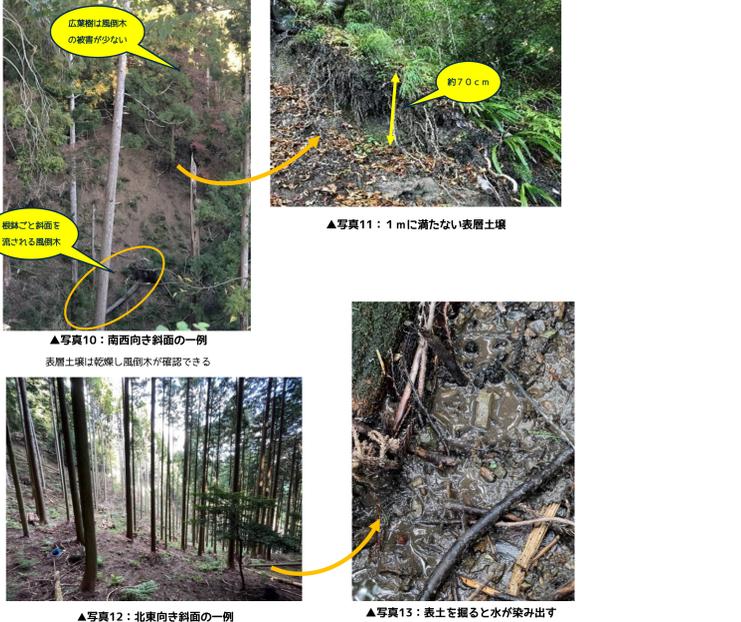
▲図9：根株の深さと根株の支持力の関係
苅住(1979)より作成

- 考察2：GIS解析～風倒木と水系との関係
- 両斜面の特徴を比較（GIS解析、図6）
- ・両斜面とも傾斜30～40°の斜面が最も多く分布
 - ・風倒木はこの傾斜範囲に多数
- 風倒木と水系との関係（GIS解析、図10）
- ・風倒木の少ない北東向き斜面には多くの水系が発達
 - ・南西向き斜面にも水系がいくつか見られるが…
 - ⇒風倒木はそれを外れて発生



▲図10：風倒木と主要水系との関係

- 考察3：現地踏査より
- ①南西向き斜面（水系未発達斜面）
- ・風倒木が多く表層土壌が乾燥
 - ・根返りタイプの風倒木が流されている（写真10）
 - ・表層土壌が基盤岩まで1mも満たない地点も多い（写真11）
- ②北東向き斜面（水系発達斜面）
- ・わずかな幹折れの風倒木があるだけ（写真12）
 - ・根鉢や下草が発達
 - ・表土を掘ると水が染み出す（写真13）
- ③インタビュー調査より
- ・「強風がうねりながら谷を登って行った」、「全ての木が台風によって揺さぶられていた」
 - ⇒ほぼ同条件下で強風が仙徳谷の中を通過したが、偏りのある風倒木被害が発生。
- ⇒風倒木発生は斜面の水系発達と関係がある



▲写真10：南西向き斜面の一例
表層土壌は乾燥し風倒木が確認できる

▲写真11：1mに満たない表層土壌

▲写真12：北東向き斜面の一例

▲写真13：表土を掘ると水が染み出す

- 考察まとめ
- ・表層土壌の乾燥が進む南西向き斜面では、樹木の支持力が著しく低下した結果、大量の風倒木被害をもたらされた。
 - ・水系が発達する北東向き斜面では樹木の根が発達し、樹木の支持力が高く保たれ、風倒木被害が少なかった。
 - ⇒水系の発達が表層土壌の乾燥化を防ぎ樹木の支持力を高めた

4: 文献参考

*稲垣秀輝(1999)：植生の違いによる風倒木の発生と斜面崩壊。応用地質40-4, pp.196-206.
*谷口房一ほか(2001)：風倒木発生斜面における崩壊発生降雨量の変化。砂防学会誌54-1, pp.77-80.
*丹羽英之(2019)：UAVにより台風前後に撮影されたデータを用いた風倒木ギャップの抽出。日本緑化学会誌44-4, pp. 591-595.
*苅住 具(1979)：『樹木根系図説』誠文堂新光社, 1121p.
【本研究の協力者・関係団体】
鞍馬寺、鞍馬寺山容復興委員会 豊崎至紀さま、京都先端科学大学バイオ環境学部 丹羽英之先生、叡山電鉄株式会社、京都市林業組合、京都市林業振興課