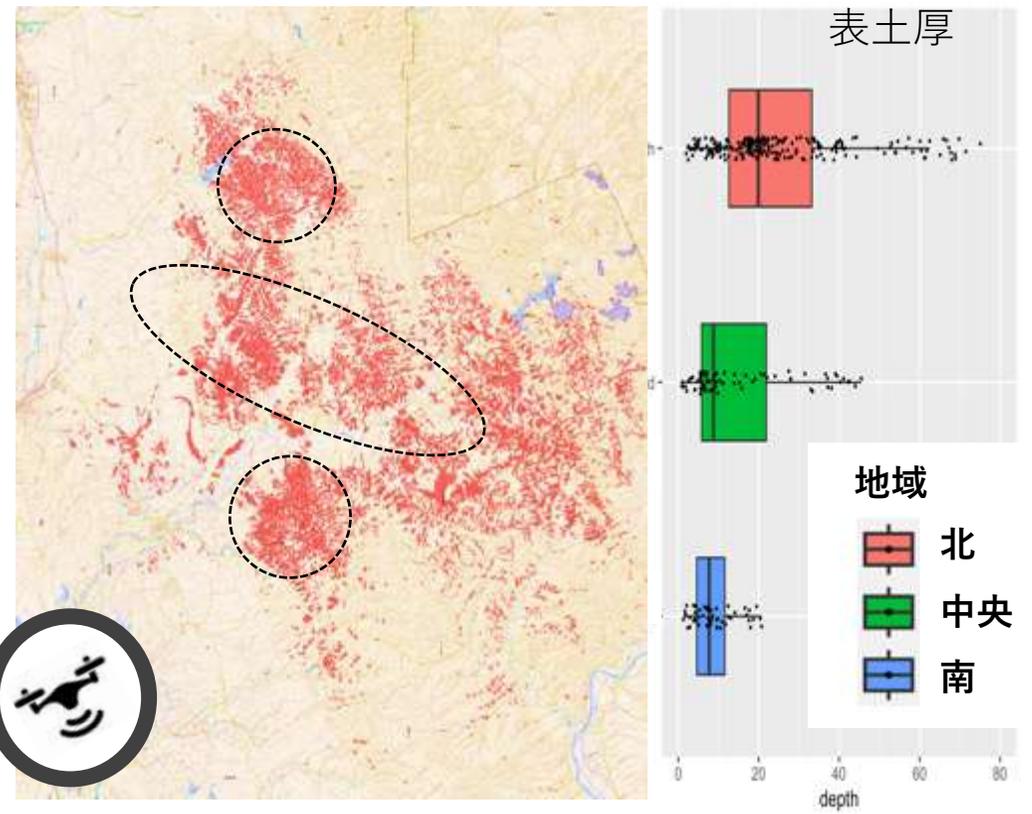
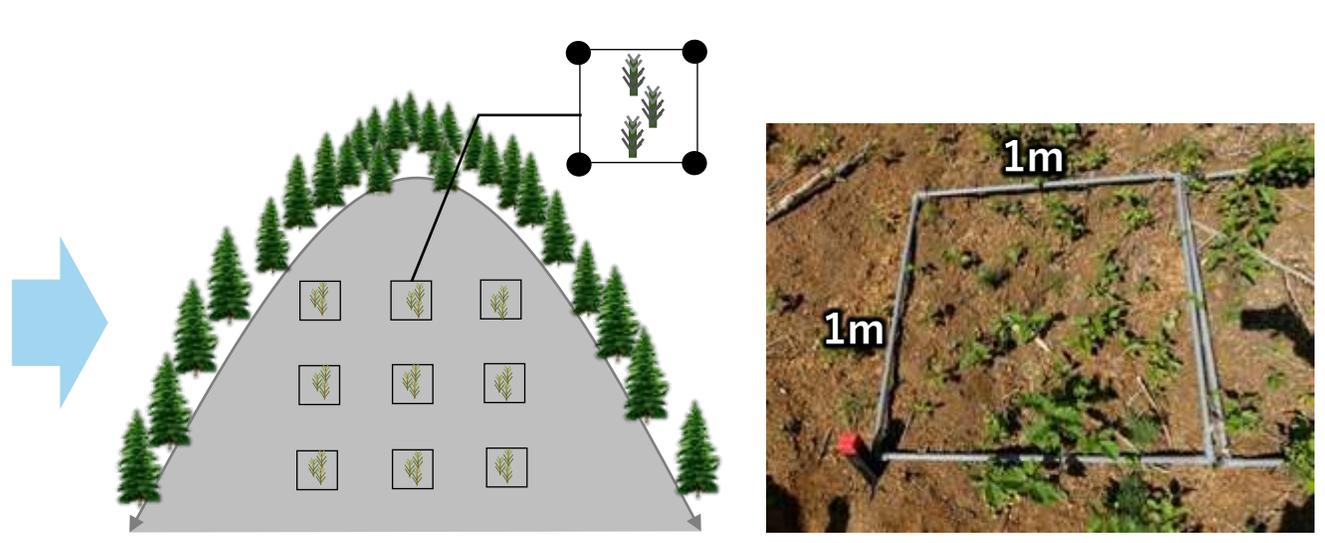




北・中・南部の242斜面をドローン測量



植生回復箇所：18斜面162コドラートを設置



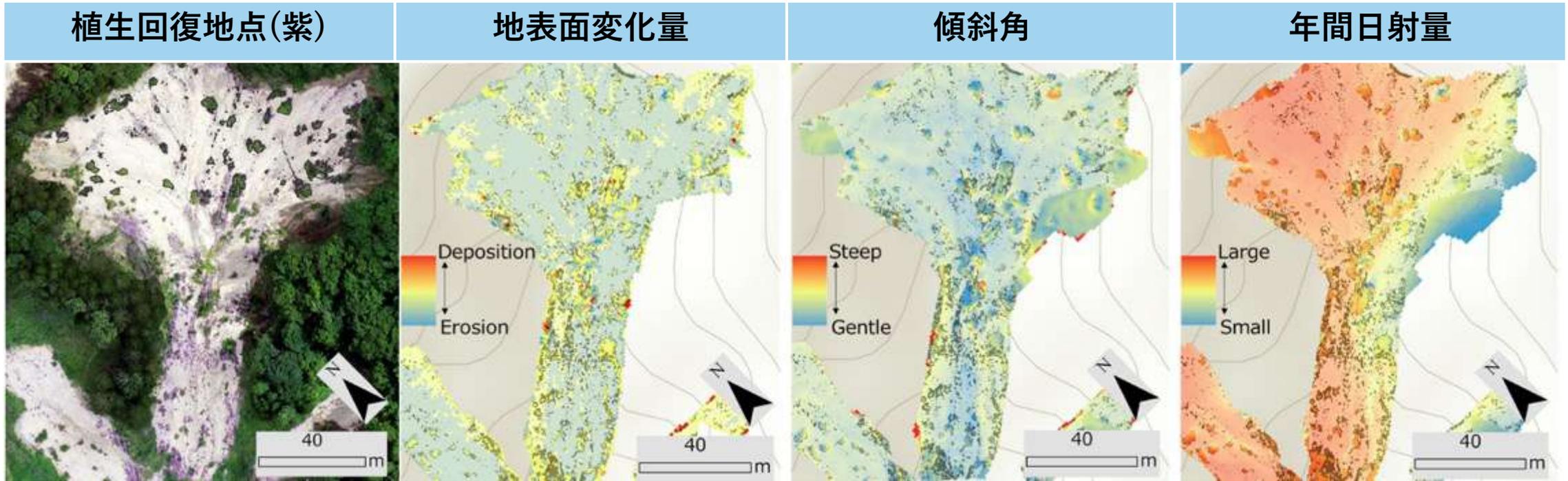
- ・ 1斜面に9コドラートずつ設置
- ・ 出現した全植物の種名と植被率を記録

- ・ GISで環境変数を抽出し、統計解析により植生回復率と関連する環境条件を解明
- ・ 回復箇所と対応した植物種ごとの出現率・植被率を算出し、植生回復への貢献度を定量化



植生回復率に関連する環境条件の抽出

242斜面をドローン測量→GISで各変数を抽出 (下図はそのうち1斜面の例)



抽出した
変数 a-h



(a)2020年7月時点の斜面内の植生からの距離、(b)崩壊地辺縁からの距離、
(c)地表面変化量、(d)地形湿潤指数TWI、(e)崩壊地曲率、(f)傾斜角、
(g)斜面方位、(h)年間日射量



植生回復率の予測には、どの環境変数が入った統計モデルが最もあてはまりが良いか解析

表1 ドローン測量とGISで抽出された(a)-(i)までを説明変数、植生回復率を応答変数とした一般化線形モデル選択の結果、赤池情報量規準 (AIC) が低い上位3モデルを示す。
(a)2020年7月時点の崩壊地に植生が分布していた場所からの距離、(b)崩壊地辺縁からの距離、(c)地表面変化量、(d)地形湿潤指数TWI、(e)崩壊地曲率、(f)傾斜角度、(g)斜面方位、(h)年間日射量、(i)地域 (北・中・南部)

(Int)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	df	Log Link	AIC	delta	weight
0.12	-7.89 E-03	-9.41 E-03	7.44 E-04			-8.35 E-03		-4.50 E-02	+	9	2964918.4	-5929818.8	0	1
0.12	-7.91 E-03	-9.54 E-03				-8.15 E-03		-4.48 E-02	+	8	2964894.9	-5929773.8	45.03	0
0.13	-1.00 E-02			-8.67 E-03		-9.80 E-03	+	-5.16 E-02	+	11	2964392.4	-5928762.9	1055.9	0

抽出した8変数に地域を加えた9変数

(a)2020年7月時点の崩壊地内の植生からの距離、(b)崩壊地辺縁からの距離、(c)地表面変化量、(d)地形湿潤指数TWI、(e)崩壊地曲率、(f)傾斜角、(g)斜面方位、(h)年間日射量、(i)地域 (北・中・南)。



のうち、6つの説明変数が入った統計モデルが植生回復率の予測に最もあてはまりが良い

植生回復しやすい条件

- 辺縁の森林や落ち残り植生からの距離が近い
- 表土が堆積傾向 (侵食が少ない)
- 傾斜角が急ではない
- 日照量が多くない南向きではない斜面



回復した植生の中身（組成・優占種）

Nakata et al. (2023)
Ecological Engineering

19 / 30

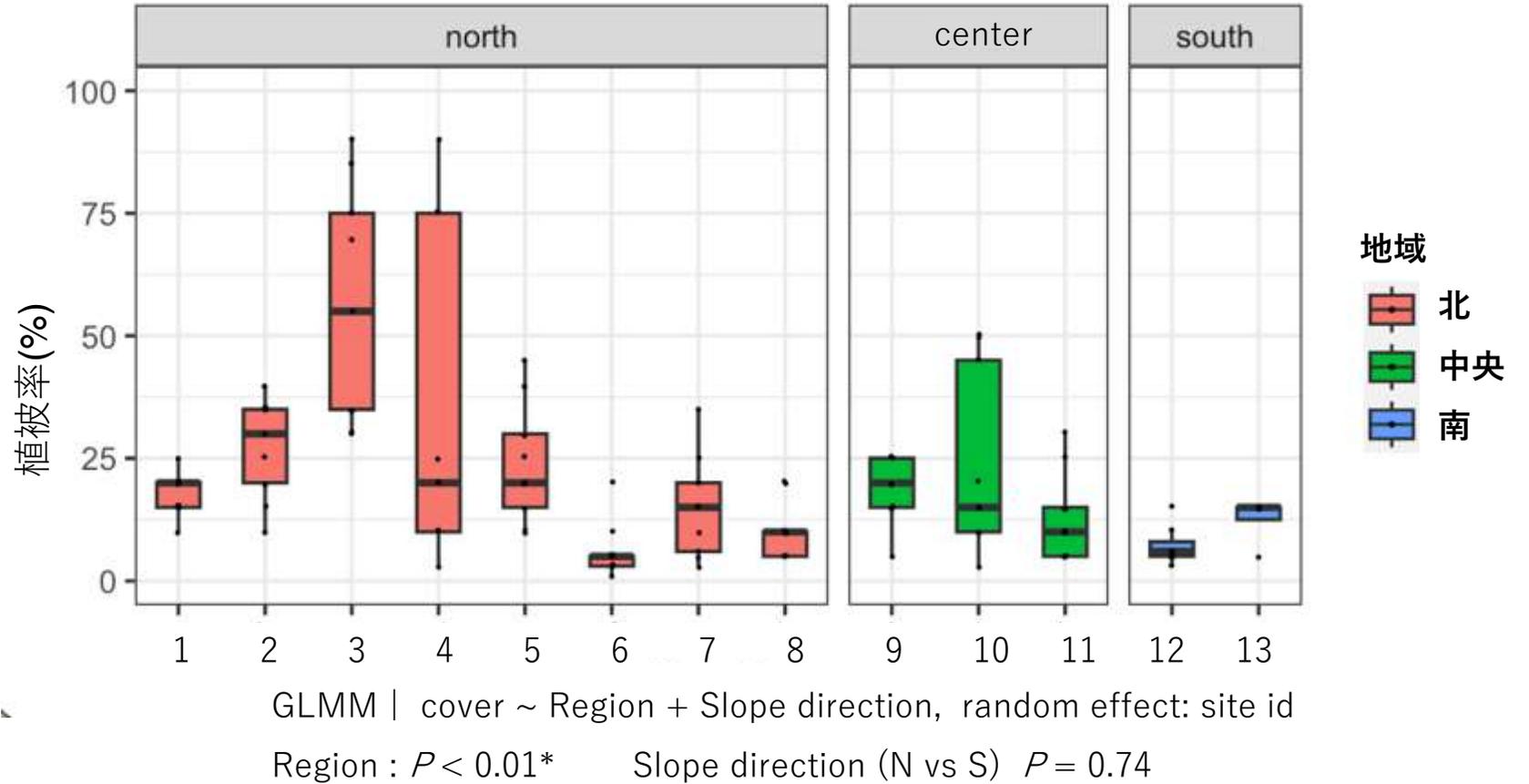
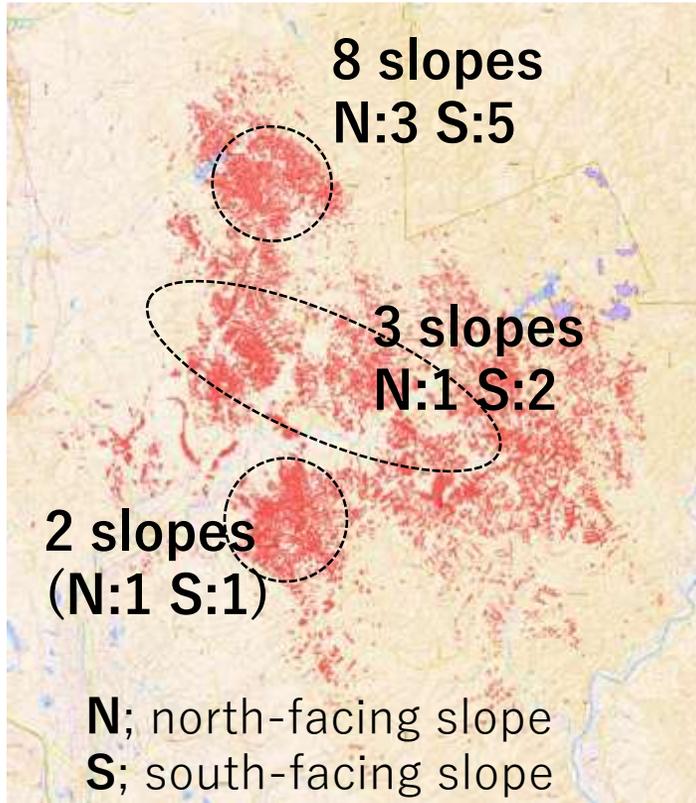
全77種を確認・うち上位10種のみを表示

種名	自生/導入(外来)	コドラート出現数	出現率 (%)	植被率 (平均% ± 標準誤差)
アキタブキ	自生	98	57.30	4.00 ± 0.56 ^{ab}
ダンドボロギク	外来	86	50.29	1.43 ± 0.25 ^c
オノエヤナギ	自生	72	42.11	0.47 ± 0.06 ^{cd}
カラマツ	導入	70	40.94	4.85 ± 0.38 ^a
オオアワダチソウ	外来	68	39.77	2.97 ± 0.53 ^b
アレチノギク	外来	56	32.75	0.30 ± 0.1 ^{cd}
ウダイカンバ	自生	55	32.16	0.28 ± 0.04 ^d
オクノカンスゲ	自生	47	27.49	4.09 ± 0.9 ^{ab}
タニガワハンノキ	導入	46	26.90	0.58 ± 0.05 ^{cd}
タチツボスミレ	自生	42	24.56	0.51 ± 0.18 ^{cd}

- 平均植被率はどの種も5%以下 (2021年時点)
- 草本ではアキタブキ、木本ではカラマツが最も植生回復に寄与している



カラマツ人工林の13崩壊地を抽出

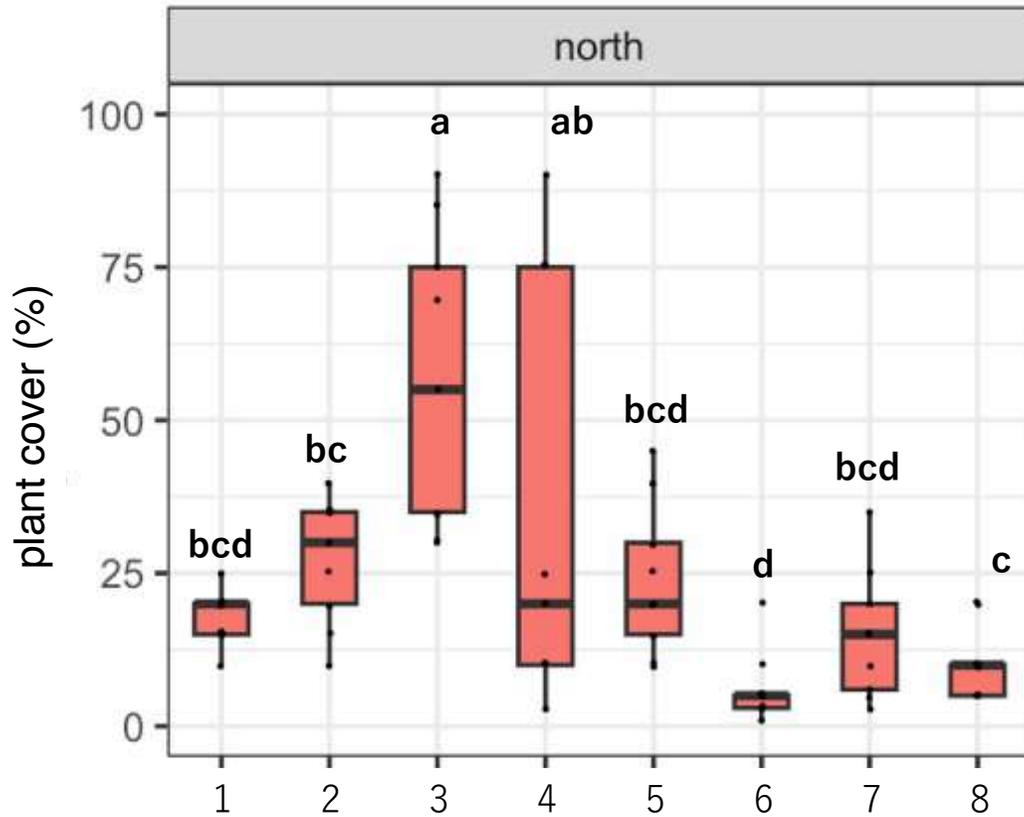


- ・ 地域や斜面によって、植生回復の程度に差が生じている
- ・ 北部の斜面の一部では、植生回復が顕著に進んでいる場所がある



植被率のばらつき：北部 高丘地区の例

Hayamizu et al. (2022)
Boreal forest research



Different letters : Steel-dwass multiple comparisn $P < 0.01$ *
GLMM | cover ~ slope direction (N vs S), random effect: site id $P = 0.86$



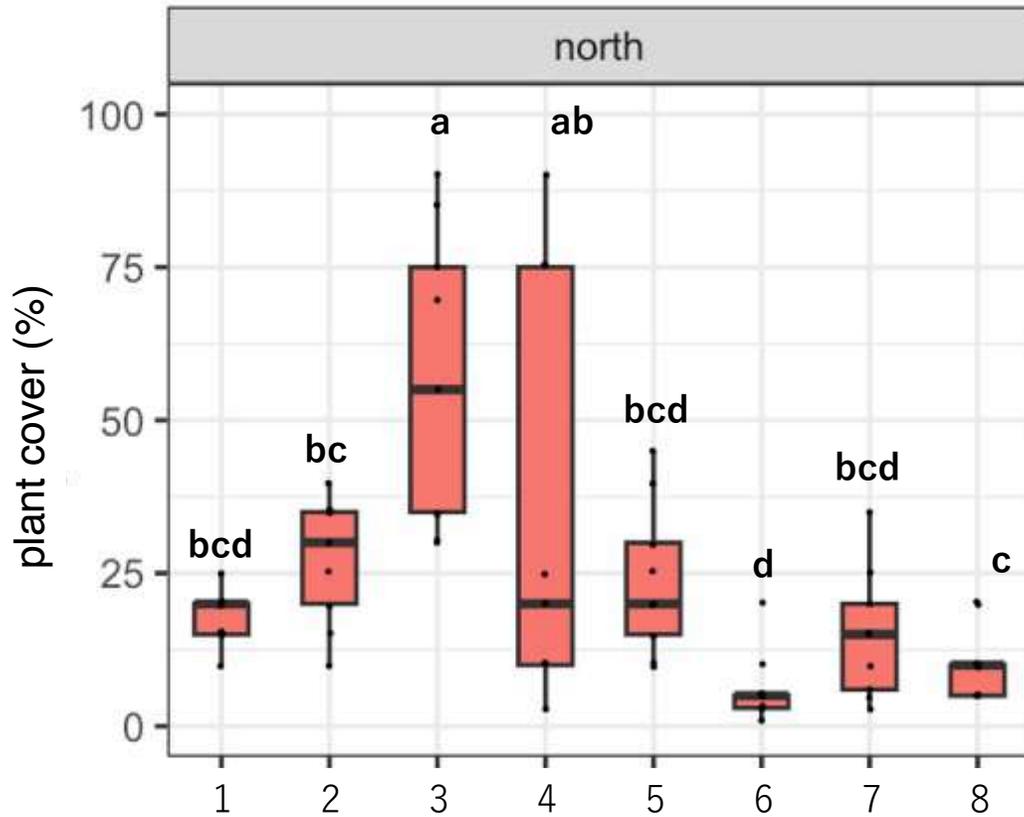
1 km²の範囲でも、斜面ごとに大きなばらつきがある



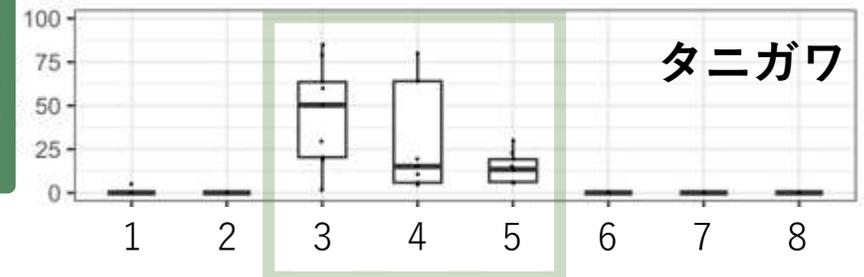
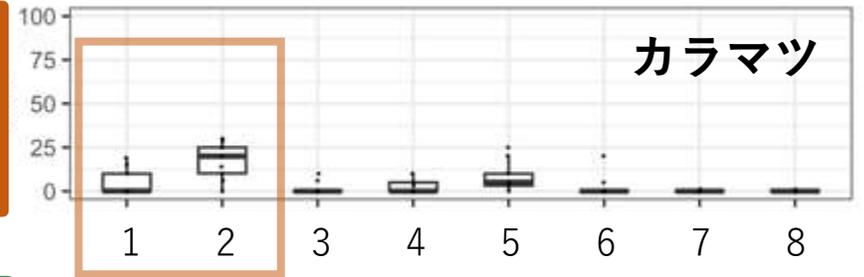
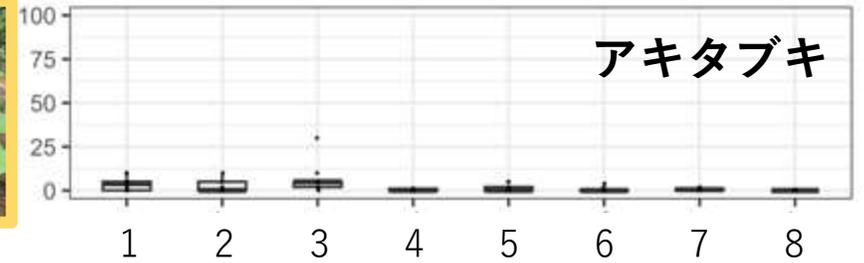
北部 高丘地区の優占種の植被率

速水ら 2022
北方森林研究

22 / 30



Different letters : Steel-dwass multiple comparison $P < 0.01$ *
GLMM cover ~ slope aspect, random effect: site id $P = 0.86$



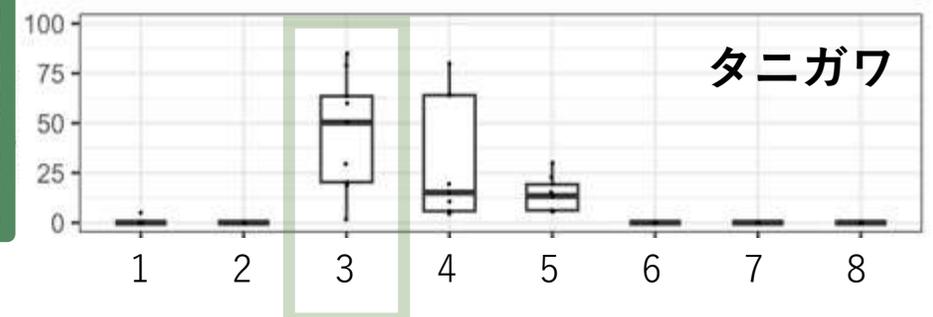
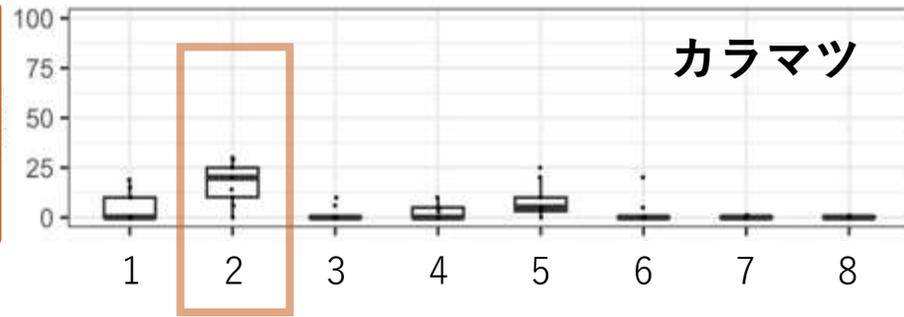
- アキタブキの植被率はどの斜面もそれほど多くない
- カラマツと タニガワハンノキは、一部斜面の植生回復に大きく貢献している



なぜ不安定な表土でも定着・優占できるのか？

速水ら 2022
北方森林研究

23 / 30



- 母樹が多い → 風に乗って種子が広範囲に供給
- 根を水平方向に成長する特性 → 表土からはがれにくい

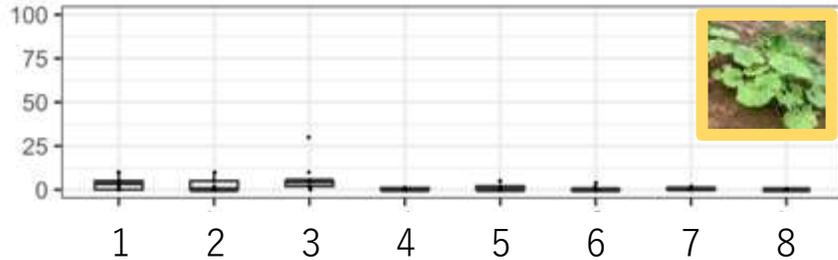


なぜ不安定な表土でも定着・優占できるのか？

速水ら 2022
北方森林研究

24 / 30

アキタブキ（最優占種）



不安定な地すべり跡地での定着や成長に重要な生態特性：

- 1) 風散布種子をつくる
- 2) 成長が早い
- 3) 根を水平方向に伸ばせる



4. 現在までの植生回復状況 | カラマツ

25 / 30

2019



2023



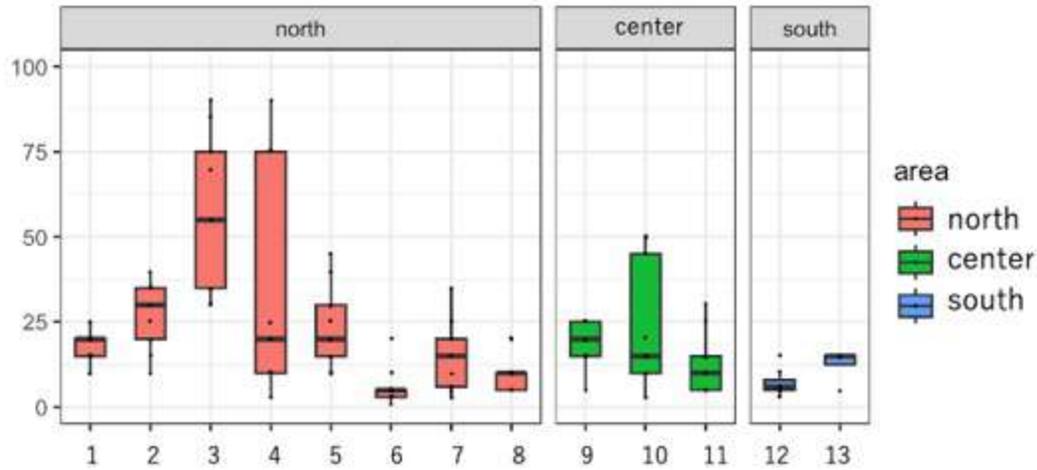
- 天然更新している斜面が散発的に存在
- 2023年には実生が多く発生



4. 現在までの植生回復状況 | タニガワハンノキ



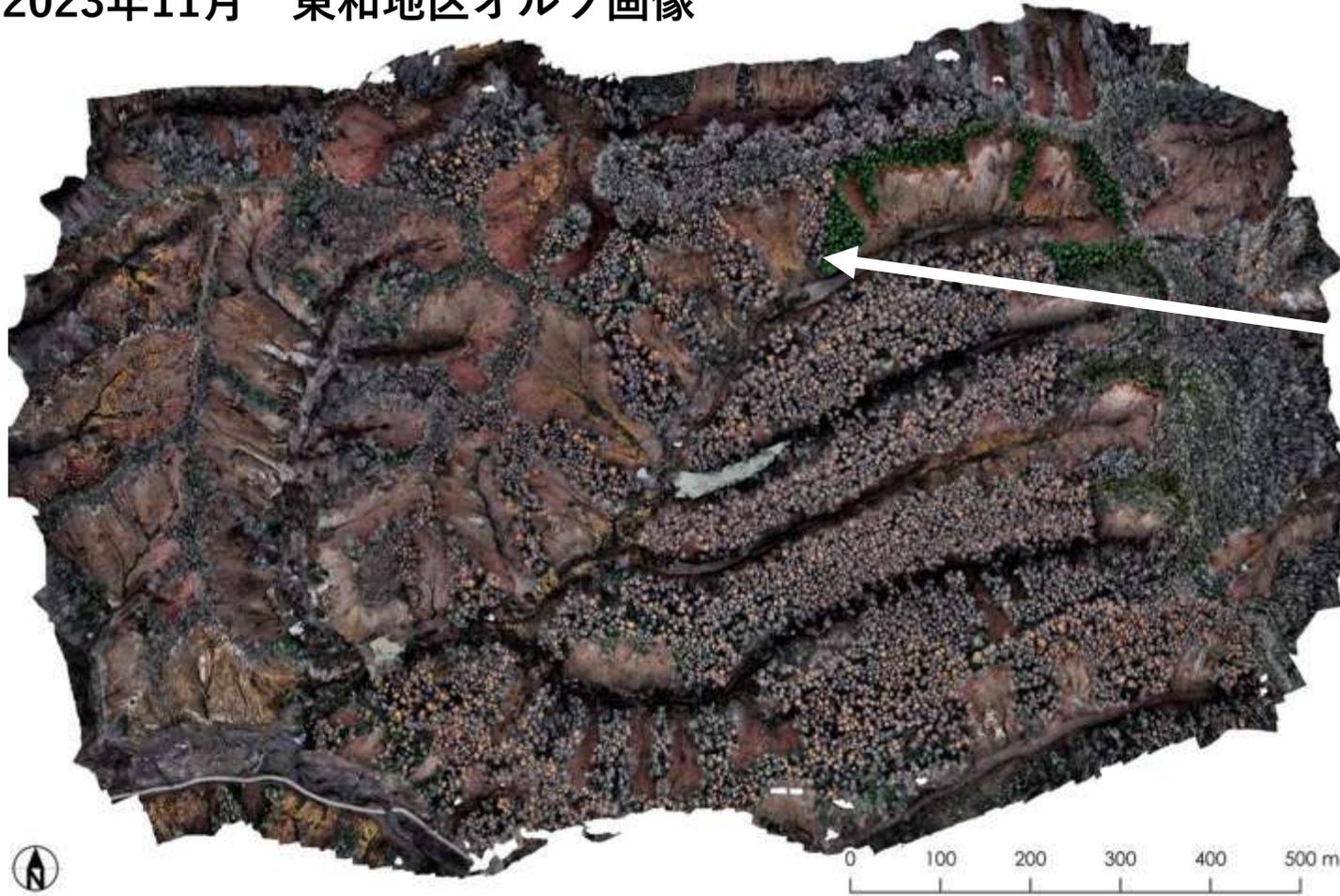
周辺に母樹がある場所で高密度に天然更新している斜面が存在



- 表土（火山降下物）が残る斜面 → 雨裂侵食や霜柱で緩斜面でも不安定
- アキタブキ・カラマツ・タニガワハンノキが地すべり跡地の植生の自然回復に貢献
- 優占種の繁殖特性と初期成長特性は、不安定な表土での定着・生存・成長にとって重要



2023年11月 東和地区オルソ画像



黄色が天然更新したカラマツ

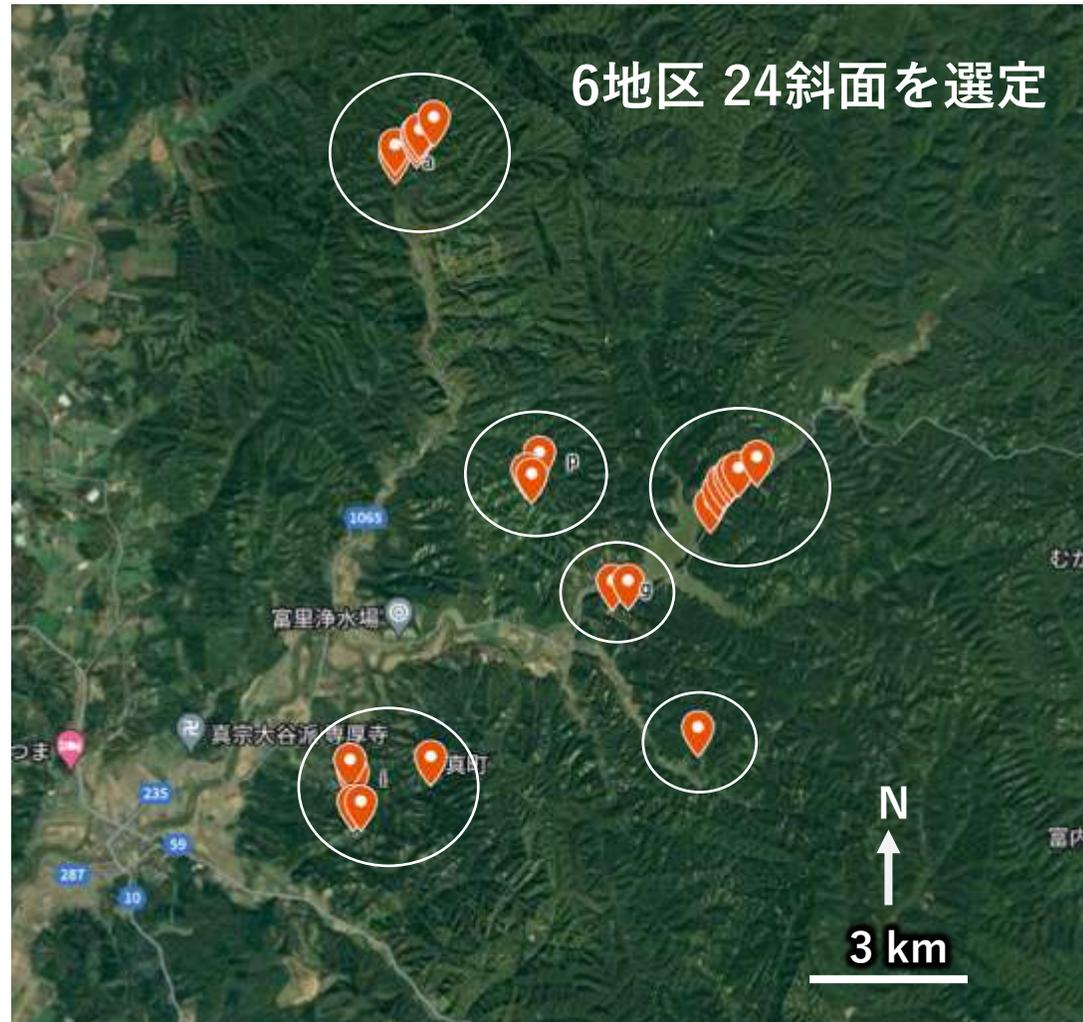
秋の紅葉時期にドローンで把握可能 → 被災地全域の把握手法を検討



植生回復しない場所（たとえば右斜面）では何が起きているのか？
→ 観察頻度をあげて、詳細なメカニズムを把握する必要あり



今後：長期モニタリングサイト設定の必要性



大規模地すべり跡地の樹木の天然更新プロセスは未解明 → 長期観測が必要

参考文献 (pdfが必要な場合は [hayamizu-masato \(アットマーク\) hro.or.jp](mailto:hayamizu-masato@hro.or.jp)までご連絡ください)

- 速水将人, 大久保晋次郎, 石山信雄 (2024). 北海道胆振東部地震後の地すべり跡地の植生の自然回復 -発災後5年間の記録- グリーントピックス 68号 【<https://www.hro.or.jp/upload/49389/68.pdf>】
- Nakata, Y., Hayamizu, M., & Ishiyama, N. (2023). Assessing primary vegetation recovery from earthquake-induced landslide scars: A real-time kinematic unmanned aerial vehicle approach. *Ecological Engineering*, 193, 107019. 【<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.107019>】
- 速水将人, 中田康隆, 蓮井聡 (2022) 北海道胆振東部地震で発生した崩壊斜面における植生の初期自然回復状況. 北方森林研究 70: 43-47 【https://doi.org/10.24494/jfsh.70.0_43】
- 中田康隆, 速水将人, 柳井清治, 鳥田宏行 (2022) 北海道胆振東部地震で発生した崩壊地斜面における初期の表面侵食の観測 水利科学 65(6):131-148. 【<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2030941345.pdf>】
- Nakata, Y., Hayamizu, M., Ishiyama, N., Torita, H. (2021) Observation of diurnal ground surface changes due to freeze-thaw action by real-time kinematic unmanned aerial vehicle. *Remote Sensing* 13, 11 【<https://doi.org/10.3390/rs13112167>】
- 中田康隆, 速水将人, 輿水健一, 竹内史郎, 蝦名益仁, 佐藤創. (2020) RTK-UAVを用いた地形変化の観測と応用の可能性: 北海道胆振東部地震で発生した森林域の崩壊跡地における検証. 景観生態学会誌 25(1):45-54. 【<https://doi.org/10.5738/jale.25.43>】

報告は以上です