


今回紹介する内容

○ 今年の11月21～23日に開かれる「GEOMATE 2017 in Mie」で発表する内容
「Forest Roads cause Edge Effects on Plant Species Diversity in Artificial Forests」
(人工林における森林路網が植物種多様性に与える効果)



○ 現在修士で行っている内容を少しだけ

1. はじめに

1. はじめに

近年の人工林経営


↓ 低コスト化

- ・高性能林業機械導入による低コスト化(変ら 1995; 岩岡 2007;)
- ・高性能林業機械には森林路網は欠かせない(澤口 2009)
- ・森林路網の高密度化が低コスト化につながる(酒井 2007)
- ・森林路網の開設量が増加(林野庁 2013)

持続可能な森林経営

森林路網は持続的な森林経営には欠かせない

「豊田市100年の森づくり構想」より



1. はじめに

○ 森林路網には種多様性を高める効果がある

- ・林道上の植生が開いている場所では、林道と面した林内の草本種数が増加する(寛基・内田 2005)
- ・路網側では低木層の種数・植被率が高まる(菅谷 2015)
- ・路網側では下層植生の種数が増加し、多様性が向上する(高木ら 2003)
- ・路網側で種数が増加し、種によって増加のパターンが異なる(Avon et al. 2010)

○ 一方、ネガティブな効果も報告されている

- ・林縁ではイネ科草本種、外来種(橋本ら 2006; Watkins et al. 2003)、先駆性樹種(橋本ら 2006)が増加し、在来種の種数・多様度が減少する(Watkins et al. 2003)
- ・路網近くでは外来種が侵入しやすくなる(Mullen et al. 2003; Pauchant and Altaback 2006)

下層植生の応答は複雑

1. はじめに

目的

- ① どのような種が路網からの距離で応答しているのか
- ② どのような環境の変化が影響しているのか

2. 調査

2. 調査地

長野県下伊那郡根羽村
スギ人工林を対象
開設年・林齢の異なる2路線
(高橋英野線・穴田線)



表. 各路線の概況

	高橋英野線	穴田線
開設年(西暦)	1999	1970
林齢(年生)	49	83~63
標高(m)	927~919	829~779
傾斜角(°)	32~4	43~12
斜面方位(16方位)	南南西~西南西	東~南東
立木密度(本/ha)	1600~1300	1100~350
胸高断面積合計(m ² /ha)	1049~348	1957~0
ベルトプロット数	5	18



高橋英野線

穴田線

2. 調査方法

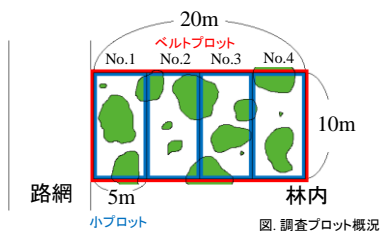


図. 調査プロット概況

植生調査

- ・出現種の種名・被度 (Braun-Blanquetの優占度階級)
- ・植被率(%)
- ・層の高さ(m) ※低木層のみ
- ・上層木の毎木調査(樹高, 胸高周囲)

各小プロットごとに調査

3. 結果

3. 総出現種数と外来種

○総出現種数

高橋英野線
低木層: 30種
草本層: 114種

穴田線
低木層: 93種
草本層: 224種

○外来種

高橋英野線

・トウコマツナギ



・シナダレスズメガヤ



穴田線

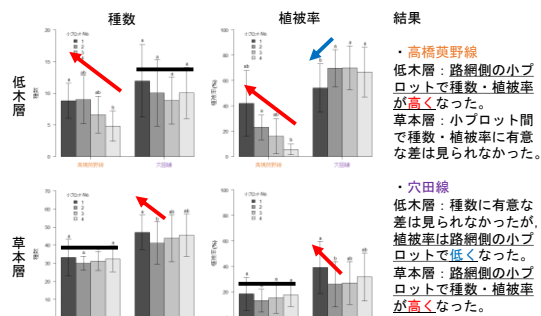
・ヨウシュヤマゴボウ



トウコマツナギとシナダレスズメガヤは以前緑化によく用いられていた種
どの種もNo.1の小プロットに出現したが、被度は+(1%以下)と小さかった。

写真は全て「松江の花図鑑」(<http://matsume-hana.com/>)よりお借りいたしました。

3. 種数と植被率の変化



結果

・高橋英野線

低木層: 路網側の小プロットで種数・植被率が高くなった。
草本層: 小プロット間で種数・植被率に有意な差は見られなかった。

・穴田線

低木層: 種数に有意な差は見られなかったが、植被率は路網側の小プロットで低くなった。
草本層: 路網側の小プロットで種数・植被率が高くなった。

図. 路線別小プロットの種数・植被率の変化
小プロットの種数・植被率を反復測定分散分析とHelmoltzの多重比較によって検討した。グラフの値は平均値、バーは標準偏差を示す。小プロットNo.は路網からの距離を表す(1: 0-5m, 2: 5-10m, 3: 10-15m, 4: 15-20m)。アルファベットは多重比較の結果を示す。

3. 種の入替わり

表 路網・層別の林縁種と林内種

路網	草本層		低木層	
	林縁種	林内種	林縁種	林内種
高橋英野線	ソルウメドキ *	トウゲシバ **	エコグキ *	なし
	モミジイチゴ *	スノキ *	コナラ *	
		チゴユリ *	ヤマウルシ *	
穴田線		ヤマジノホトギス *	リュウブ *	
	サルナシ ***	シシガシラ **	モミジイチゴ *	なし
	ミツバ ***	チゴユリ **	ヤマノイモ *	
	ヤマノイモ ***	ツル lindou **		
	イヌトウバナ **	トウゲシバ **		
	クサコアカソ **	イヌツゲ *		
	ツリバナソウ **	ウメドキ *		
	モミジイチゴ **	ガシクビソウ *		
	イタドリ *	コジュズスゲ *		
	イノチモドキ *	フタリスズカ *		
	キョウキシダ *	マツソサ *		
	ノドウ *	ミゾダ *		
	フジ *			
	ホドイモ *			
	ミス *			
	ヤマイヌワラビ *			

出現が路網からの距離によって傾向のある種を抽出するため、ヨソクヒール・タブストラ検定を用いて検定を行った（***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ ）。*マークは各種の被度を用いた。林縁種は路網側に近いほど出現する種、林内種は路網から遠ざかるほど出現する種を示す。

4. 考察

4. 外来種に関して

○どれもNo.1の小プロットで出現

→路網付近では外来種が侵入しやすい

Mullen *et al.* 2003; Pauchard and Alaback 2006 を支持する結果となった。

○どれも被度が+ (1%以下)

→外来種の優占による多様性の低下は起きていない

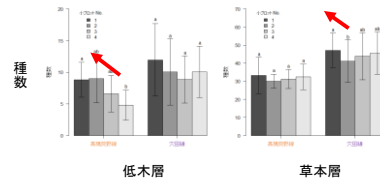
Watkins *et al.* 2003; 楠本ら 2006 とは異なる結果となった。

これらの研究は広葉樹林や天然林を対象としており、幅員も広い。

4. 森林路網が種多様性に与える効果

①路網側で種数が増加し、種多様性が高まっている

ただし、その効果は林齢・開設年の異なる路線ごとに異なる。



4. 森林路網が種多様性に与える効果

②路網側と林内側で種の入替わりが起こることによって、種多様性が高まっている。

低木層の場合は路網側に増加する種のみ

$$\gamma \text{多様性} = \alpha \text{多様性} \times \beta \text{多様性}$$

β 多様性(種の入替わり)が多いほど、 γ 多様性(地域全体の種多様性)は高くなる。

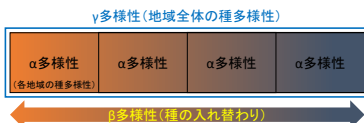
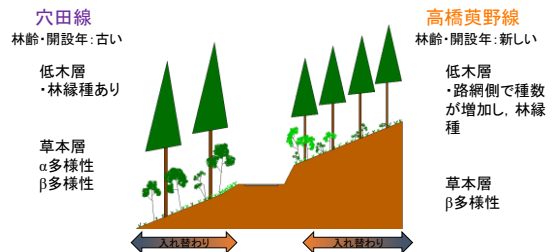


図 種多様性の空間スケールによる区分(宮下 2012をもとに作成)

4. まとめ

もともと多様性の低い人工林の場合



・森林路網によって種数(α 多様性)が増加する場合、種の入替わり(β 多様性)が起こることによって地域全体としては多様性が増加する。
 ・これらの効果は林齢・開設年によって異なる

5. 修士での研究

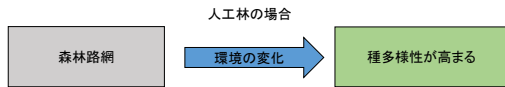
5. 修士での研究

- 森林路網開設によって環境が変化する
- ・下層まで光が多く届くようになり、光環境が改善される
(倉本 1997; 高木ら 2003; 日暮ら 2010; Enoki *et al.* 2014)
 - ・土壌が乾燥・硬化しやすい(井上ら 2000; 高木ら 2003; 日暮ら 2010)
 - ・温度は高く、湿度は低くなる(高木ら 2003; Enoki *et al.* 2014)
 - ・土砂流出量や渓流水の浮遊砂濃度が高まる(永瀬・飯塚 1965; 呉・井上 1998)

○林内環境が変化することで
植物の種多様性が高まる
(斉藤 1989; 清野 1990; 長池 2000; 菅原・園崎 2011; 渡邊ら 2011; 相浦ら 2010)

種多様性が高まる

5. 修士での研究



人工林で森林路網による環境変化と種多様性を合わせた報告は少なく(例えば、高木ら 2003)、環境要因を明らかにすることで森林路網による生物多様性管理につながる

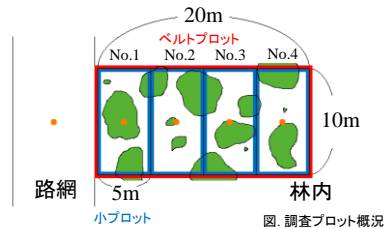
修論では種多様性が森林路網によるどのような環境要因に影響されているのか明らかにしたい

- 人工林の種多様性に最も影響を与える要因：光環境(清野 1990; 菅原・園崎 2011)
 - 森林路網付近の林内では、光環境が改善される(倉本 1997; 高木ら 2003; 日暮ら 2010; Enoki *et al.* 2014)
- 修論では光環境に着目

- ・森林路網からの距離に対する光環境の変化
- ・植物種の出現に対して光環境と路網からの距離の影響

に関して検討を行った

5. 調査方法



全天空写真撮影(光環境)

- ・低木層(高さ2.0m, 落葉期に撮影)
- ・草本層(高さ0.8m, 展葉期に撮影)
- ・路網上

各小プロットの中心+路網上

5. 光環境の変化

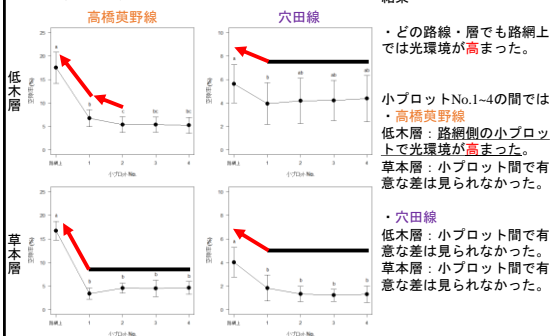


図. 路線・層別の光環境
小プロットごとの空隙率を反復測定分散分析と16kmの多重比較によって検討した。点は空隙率の平均値、バーは標準偏差を示す。解析には空隙率をロジット変換した値を用いた。小プロットNoは路網からの距離を表す(1: 0-5m, 2: 5-10m, 3: 10-15m, 4: 15-20m)。アルファベットは多重比較の結果を示す。

5. 現時点での成果(種の出現)

一般化線形混合モデル(GLMM)による検討

GLMMを用いると、それぞれの種の出現がどのような要因に影響されているのかわかる。

応答変数：高橋奥野線：低木層14種、草本層52種
穴田線：低木層51種、草本層145種
それぞれの種ごとの有無

説明変数：路網からの距離(小プロットNo.)、光環境(空隙率)、周囲地形、微地形、傾斜角、斜面方位sin、斜面方位cos、平均樹高、立木密度

表. GLMM解析例(穴田線草本層トウゲシ)

モデル番号	路網からの距離	光環境	周囲地形	微地形	傾斜角	斜面方位sin	斜面方位cos	平均樹高	立木密度	AIC _c	AIC _c 順位	小さい順
232	○	○								75.99	1	
231	○									77.24	2	
200	○	○								77.71	3	
228	○									77.92	4	
230	○									77.97	5	

現時点では路網からの距離と光環境の2要因について検討済み

5. 現時点での成果(種の出現)

表. 光環境または路網からの距離の影響がモデルに選択された種

		路網からの距離						
		高橋美野線			穴田線			
		正	負	なし	正	負	なし	
光環境	低木層	正	1	0	2	4	1	5
		負	1	0	1	1	0	6
		なし	3	2	4	7	5	22
	草本層	正	2	1	9	5	6	15
		負	4	2	2	4	2	6
		なし	5	7	20	17	25	65

表の数字は種数を表す

5. 現時点での成果(種の出現)

		路網からの距離						
		高橋美野線			穴田線			
		正	負	なし	正	負	なし	
光環境	低木層	正	1	0	2	4	1	5
		負	1	0	1	1	0	6
		なし	3	2	4	7	5	22
	草本層	正	2	1	9	5	6	15
		負	4	2	2	4	2	6
		なし	5	7	20	17	25	65

結果

■: 光環境が選択された種群

各路線の低木層・草本層ともに光環境が選択された種が多数認められた。

路網による光環境の改善によって種の出現パターンが変化しと考えられる種群(□)。

光環境の改善が見られた高橋美野線の低木層に対して、応答した種は1種のみ
→森林路網の種多様性創出効果に関して、光環境による影響は小さい。

5. 現時点での成果(種の出現)

		路網からの距離						
		高橋美野線			穴田線			
		正	負	なし	正	負	なし	
光環境	低木層	正	1	0	2	4	1	5
		負	1	0	1	1	0	6
		なし	3	2	4	7	5	22
	草本層	正	2	1	9	5	6	15
		負	4	2	2	4	2	6
		なし	5	7	20	17	25	65

結果

■: 光環境が選択されず、路網からの距離が選択された種群

光環境には影響されず、路網からの距離には影響する種が多数認められた。

森林路網からの距離に対して種の入替わりは起こっている。

→森林路網の種多様性創出効果は、光環境以外の要因が影響している可能性がある。

引用文献

○Avon Catherine, Berges Laurent, Dumas Yann, Dupouey Jean-Luc (2010) Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands. Forest Ecology and Management 259(8), 1546-1555.
 ○船橋美幸・大宮徹 (2010) 大平林の強度間伐が林内の光環境と下層植生に与える影響. 富山県農林水産総合技術センター森林研究所研究報告(2), 1-9
 ○乳瀬輝夫・内田泰三 (2005) 林道周辺における植生と鳥類相との関係 (特集「緑化施工後一定期間経過後の事例とモニタリング手法」(IV)). 日本緑化学会誌31(2)
 ○Enoki Tsutomu・Buntarou Kusumoto・Shuichi Igarashi・Kazuki Tsuji (2014) Stand structure and plant species occurrence in forest edge habitat along different aged roads on Okinawa Island, southwestern Japan. J For Res 19 (1): 97-104.
 ○岩間正博 (2007) 特集「路網」にあたって. 森林利用学会誌22(3), 119-120
 ○清野嘉之 (1990) ヒノキ人工林における下層植生群落の動態と制御に関する研究. 森林総合研究所研究報告(359) 1-22
 ○孝森博樹 (2016) 根羽村スギ人工林における森林内路網が下層植生の種多様性に与える影響. 信州大学農学部学位論文
 ○島本恵生 (1997) ミズナラ天然林における林冠内の光分布. 森林応用研究(6), 83-86
 ○島本恵生 (1983) 都市公園における春植物ニリンソウ保全のための基礎的研究. 造園雑誌47(5), 101-105.
 ○日鼻旬・酒井秀夫・櫻井倫 (2010) 秩父地域における林道周辺の下層植生と土壌物性について. 第121回日本森林学会大会発表学術講演集, 788
 ○橋本剛太郎・榎木勉・五十嵐秀一・辻和希 (2006) 開設時期の異なる林道での植生へのエッジ効果の比較. 九州大学演習林 2006年森林生態管理学講座研究発表会要旨
 ○野田靖三・宮川清 (1988) 伊豆天城地方遠林地の林床植生—スギの成長および土壌条件との関係について. 日本林学会誌40(2)
 ○野田靖三・宮川清 (1970) わかりやすい林業研究解説シリーズ 林床植生による造林適地の判定. 日本林業技術協会
 ○山下直・井置裕司・千葉聡 (2012) 生物多様性と生態学—道佐子・種・生態系—. 朝倉書店 pp184
 ○Mullen K., Fahy O., Gormally M. (2003) Ground flora and associated arthropod communities of forest road edges in Connemara, Ireland. Biodiversity and Conservation, 12(1), 87-101.

引用文献

○長池卓男 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. 日本林学会誌82(4), 407-416
 ○永瀬祐一・飯塚肇 (1965) 森林の伐採および林道の開設が土砂流出に与える影響について. 新砂防18(2), 17-27
 ○Panchard A., Altabeck B. P. (2006) Edge type defines alien plant species invasions along Pinus contorta burned, highway and clearcut forest edges. Forest Ecology and Management, 223(1-3), 327-335.
 ○奥在薫・井上章二 (1998) 林道開設地における渓流水の浮遊砂濃度の変化. 森林利用学会誌13(3), 161-168
 ○林野庁 (2013) 平成24年度 森林・林業白書
 ○斉藤昌宏 (1989) スギ人工林における林内日射量と林床植生量の関係. 日本林学会誌 71(7), 276-280
 ○酒井秀夫 (2007) 作業道ゼミナール(第4回) 高密度路網による低コスト林業—林業機械の集材比—. 現代林業(490), 38-41
 ○澤口勇雄 (2009) 林業動態年報 研究・教育編 山岳林における超高密度路網による低コスト伐出システムの可能性. 山林(1502), 68-76
 ○宿谷光平 (2015) 手良沢山演習林における森林路網がヒノキ人工林の下層植生に与える影響. 信州大学農学部学位論文
 ○定正己・飛岡次郎・山崎忠久 (1995) 高性能林業機械による伐出作業システムの最適化に関する研究—感測地における作業事例—. 日本林学会誌77(5), 486-488.
 ○菅原真樹・岡崎貴嗣 (2011) 滝沢演習林のスギ人工林における下層木本の種多様性に影響する要因の序列化. 岩手大学農学部演習林報告(42), 1-14
 ○杉村康司・沖津達 (2009) 筑波山のスギ・ヒノキ人工林におけるコケ植物, シダ植物, 顕花植物の分布と微地形との関係. 植生学雑誌 26(1), 33-48
 ○高木俊介・岩間正博・峰松浩彦 (2003) 林道の開設が森林に与える影響とその範囲. 第114回 日林学術講 295
 ○豊田市HP. 豊田市100年の森づくり構想. (http://www.city.toyota.aichi.jp/saisei/gyosikeikaku/sangyo/1007611.html) 平成29年5月18日閲覧
 ○渡邊仁志・横井秀一・井川原弘一 (2011) 下層植生が衰退したヒノキ人工林における間伐後5年間の下層植生の種組成と植被率の変化. 岐阜県森林研究所研究報告(40) 1-13
 ○Watkins R. Z., Chen J., Pickens J. and Brosius K. D. (2003) Effects of Forest Roads on Understory Plants in Managed Hardwood Landscape. Conservation Biology(17):2 411-419