

スギ及びヒノキ過密人工林における間伐前後の 樹冠長率及び形状比と立木空間配置との関係

Relationship between the crown length ratio, diameter-height ratio, the crown length ratio and the spatial distribution of trees before and after thinning in the overcrowded artificial forest of Japanese cedar and Japanese cypress

飯田玲奈・坂庭浩之

要旨

スギ及びヒノキ過密人工林において、形状比及び樹冠長率を改善させるため、材積間伐率 25%～35%の試験区を設定し間伐を行った。結果、間伐後 4 年目において、スギ林は材積間伐率によらず、間伐前よりも樹冠長率が改善し、形状比は下層間伐を行った試験区で改善した。ヒノキ林は間伐率によらず、間伐前よりも形状比が改善し、樹冠長率は材積間伐率約 35%の間伐を行った試験区で改善した。間伐効果を確認するために、地上レーザースキャナにより、立木位置を取得し、立木間距離及び立木密度と樹冠長率、形状比等との関係を調査した。結果、特にヒノキ林において、間伐により立木間距離を広げ、立木密度を下げることで、樹冠長率及び形状比の増加に効果があることが示された。また、立木空間配置図から個体の点間隔及び点密度を数値的に把握し、樹冠長率及び形状比との関係を調査する手法によっても、再間伐の適期を判断できる可能性があると考えられた。

キーワード：形状比、樹冠長率、立木間距離、立木密度

I はじめに

群馬県では、ぐんま緑の県民基金事業において、手入れが遅れた条件不利地の森林整備を実施している（群馬県環境森林部林政課，2015）。当事業の対象地は過密人工林が多く、本数間伐率 35%の強度間伐を行うことにより、水土保持機能等の森林の公益的機能を増進することを目的としている（群馬県環境森林部林政課，2015）。飯田（2024）は、林内の光環境の改善及び下層植生の回復効果を確実に得られる方法を検討することを目的とし、材積間伐率を段階的に変化させた間伐試験地で林内の光環境や下層植生を調査した。結果、材積間伐率を基準とした間伐をすることで下層植生の回復が期待できることを報告した。一方で、健全な森林を維持するためには、間伐後の残存木の個体成長の変化についても把握する必要がある。間伐は林分の個体にどの程度の樹冠を与えていくかの樹冠管理技術である（藤森，2021）。林分が混み過ぎると個々の木の健全な成長に必要な葉量が配分されなくなり、樹冠長率が低く、形状比が高くなり、台風や冠雪の被害を受けやすくなる（藤森，2021）。従って、個々の木の健全な生育には、間伐により望ましい樹冠長率と形状比を保つ必要がある。樹冠長率と形状比は、生育空間が変化した後、時間をかけて変動するものであり（藤森，2021）、間伐により解放された空間に対する樹冠の経年変化を知ることが重要である。本研究では、スギ及びヒノキ過

密人工林において段階的に材積間伐率を変化させた試験区を設け、残存木の樹冠長率及び形状比の変化について調査した。

II 試験地の概要

試験地の概要を表－1示す。試験地は群馬県渋川市小野子地内の間伐時林齢 44 年スギ 1 林分（以下、スギ）、間伐時林齢 44 年ヒノキ 1 林分（以下、ヒノキ）とし、異なる材積間伐率の試験区を設けた。スギ試験区 No. 1 以外の試験区は、間伐履歴が確認できなかった。

表－1 試験地の概要

樹種	No.	試験区 (材積間伐率)	林齢	標高 (m)	斜面方位	斜面傾斜 (度)	過去の間伐年 及び本数間伐率	間伐前 調査年月
スギ	1	25%	44	665	SE	16	1998年23%	2019.6-7
	2	30%	44	660	SE	8	-	2019.6-7
	3	35%	44	655	SE	13	-	2019.6-7
	4	無間伐	44	655	SE	15	-	2021.1
ヒノキ	1	30%	44	680	NE	37	-	2019.9-10
	2	35%	44	695	NE	36	-	2019.9-10
	3	無間伐	44	680	SE	21	-	2019.9-10

III 毎木調査及び間伐前後の直径階分布

1 方法

表－1に示した試験区内に 20m 四方の標準地を設け、間伐前の 2019 年（以下、間伐前）、間伐後 2 成長期末の 2021 年（以下、間伐後 2 年目）、間伐後 4 成長期末の 2023 年（以下、間伐後 4 年目）に毎木調査を行った。スギ無間伐区は 2021 年 1 月（以下、間伐後 1 年目）及び間伐後 4 年目に毎木調査を行った。毎木調査では、標準地内の全ての個体にナンバリングを行い、胸高直径、樹高、枝下高を測定した。胸高直径は直径巻尺を用いて 0.1 cm 単位で計測し、樹高及び枝下高はバーテックス IV を用いて山側から 0.1 m 単位で計測した。枝下高は、樹冠を構成していないと考えられる後生枝を除き、地際から最も低い緑枝を測定した。計測値から、試験区ごとに相対幹距比（上層木の平均樹高に対する平均樹幹距離の割合）を求めた。林齢及び上層樹高から、群馬県の現状林分用スギ収穫予想シミュレーション Ver. 2（群馬県林務部（1988）の樹高曲線利用）により地位級を求めた。

選木では、間伐前の毎木調査結果から形状比の高い個体を選定し、各試験区の材積間伐率（表－1）を目安に空間配置ができるだけ均一になるように選木した。2020 年 1 月～3 月に間伐を実施した。間伐前後の直径階分布について、試験区別に調査した。

2 結果及び考察

間伐前の毎木調査の結果を表－2に示す。間伐直後の本数密度及び相対幹距比は、間伐前のデータから間伐個体を除いたものを用いた。形状比は全ての試験区において混み過ぎと判断される 80 を超えており、気象害への安全性に対して望ましいとされる 70 以下（藤森，2021）を越えていた。相対幹距比（上層木の平均樹高に対する平均樹幹距離の割合）は、全ての試験区において 13.6% 以下で適切な密度である 17% から 22%（藤森，2021）や 15%（吉田ら，2018）を下回り、混み過ぎと言える状態であった。樹冠長率についても、全ての試験区において望ましいとされる 40% から 60%（藤森，2021）を下回っていた。

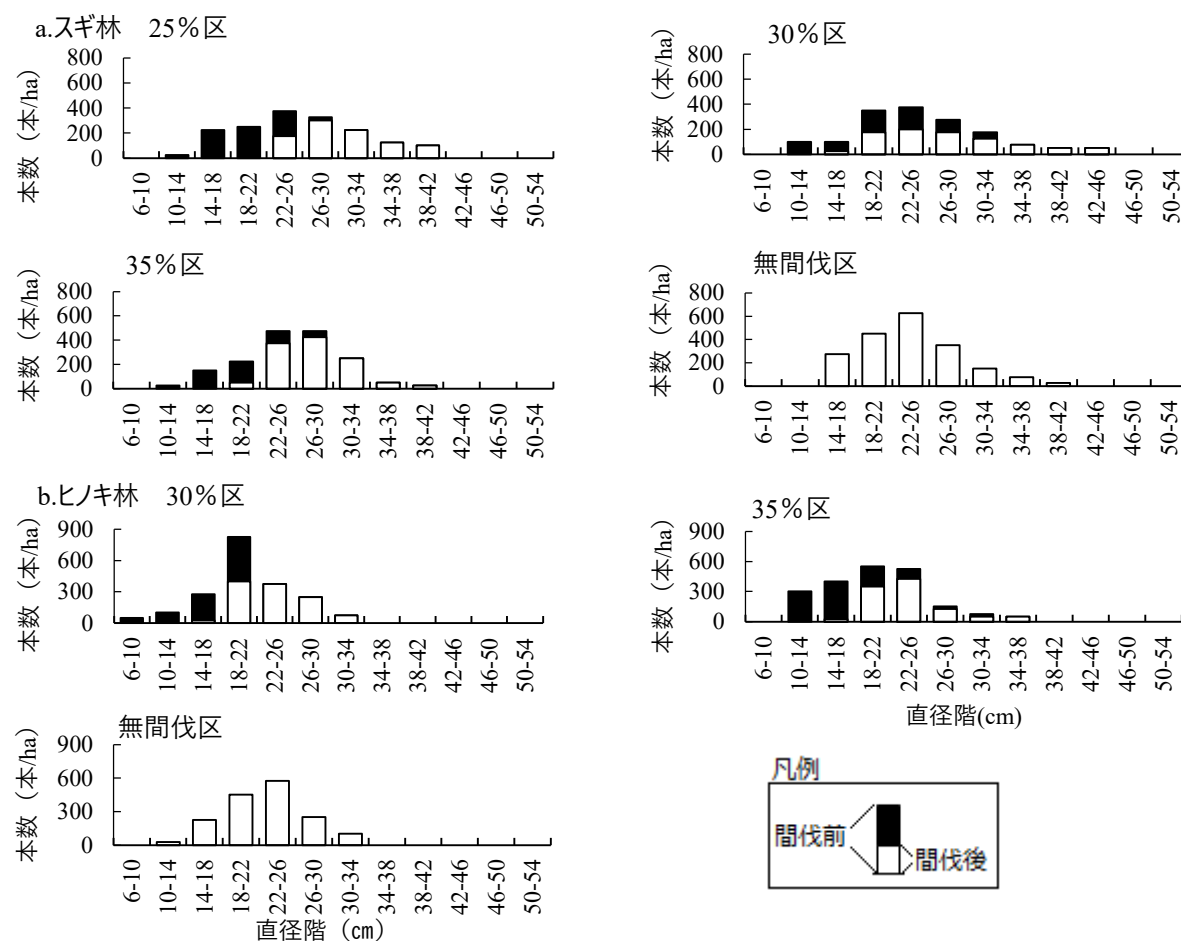
各試験区の間伐前後の直径階分布を図－1に示す。間伐後の直径階別の本数は、間伐前のデータか

ら間伐個体を除いたものを用いた。スギ 30%区を除いて、形状比の高い個体すなわち直径階の小さい個体が主に間伐された（下層間伐）。スギ 30%区は、形状比が高い個体を優先的に選木した結果、空間的に偏りが生じたため、空間配置が均一になるように選木し直した。このため、全層間伐に近い間伐が実施された。無間伐区は、直径階の小さい個体が残存した。

表－２ 各試験区における間伐前の毎木調査結果

樹種	No.	試験区 (材積 間伐率)	間伐率(%)		胸高 直径 (cm)	上層 樹高 (m)	形状 比	樹冠 長率 (%)	本数密度 (本/ha)		相対幹距比		地位	間伐前 調査 年月
			材積	本数					間伐前	間伐直後	間伐前	間伐直後		
スギ	1	25%	26	46	26	22	90	31	1,650	900	11.0	14.1	2.0	2019.06
	2	30%	29	44	25	23	96	28	1,550	875	10.9	14.0	2.0	2019.06
	3	35%	33	45	26	22	89	28	1,675	925	10.9	14.4	2.0	2019.06
	4	無間伐	-	-	24	22	93	28	1,950	-	10.3	10.3	2.0	2021.01
ヒノキ	1	30%	27	42	21	18	89	35	1,950	1,125	12.8	16.4	3.0	2019.08
	2	35%	37	51	20	18	91	35	2,050	1,000	12.6	17.6	3.0	2019.08
	3	無間伐	-	-	23	18	82	34	1,625	-	13.6	13.6	2.5	2019.10

注) 本数密度は枯死木を除く。



図－１ 間伐前後の胸高直径階分布

黒色は間伐木、白色は残存木を示す。

Ⅳ 間伐後の樹冠長率及び形状比の変化

1 方法

試験区ごとに、間伐前、間伐直後、間伐後 2 年目及び間伐後 4 年目の 4 時期について、毎木調査の計測値から各試験区の樹冠長率及び形状比を求めた。間伐直後の樹冠長率及び形状比は、間伐前のデータから間伐個体を除いたものを用いた。試験区ごとに、4 時期の間に樹冠長率及び形状比に差があるかを検定した。統計処理にあたっては、Shapiro-Wilk 検定により正規性の検定を行い、Bartlett 検定または Levene 検定により母集団の等分散性について検定した。正規性なしの場合は Steel-Dwass 検定を行い、正規性ありの場合は一元配置の分散分析または Bonferroni 法による多重比較検定を行った。統計には統計処理ソフト R version 4.1.2 を用いた。

2 結果及び考察

(1) 樹冠長率

各試験区の樹冠長率について、図－2 に示す。スギ林では、全ての間伐区において、間伐後 4 年目の樹冠長率が間伐前よりも高くなった（25%区： $p<0.01$ 、Steel-Dwass 検定、30%区： $p<0.05$ 、一元配置の分散分析、35%区： $p<0.05$ 、Bonferroni 法）。これは、形状比が高くかつ樹冠長率の低い個体を間伐したことに起因していると考えられた。一方、無間伐区は間伐後 1 年目と間伐後 4 年目において、樹冠長率に差が認められず（ $p<0.05$ 、一元配置の分散分析）、樹冠長率の低下は見られなかった。これは、調査期間中に隣接地で列状間伐が行われたことによる、林縁効果が影響している可能性がある。

ヒノキ林では、全ての間伐区において、間伐直後の樹冠長率は間伐前よりも高くなった（30%区： $p<0.05$ 、Steel-Dwass 検定、35%区： $p<0.01$ 、Bonferroni 法）。間伐後 4 年目の樹冠長率は、間伐前と比較して 30%区では差が見られず、35%区において高かった（30%区： $p>0.05$ 、35%区： $p<0.01$ ）。このことから、ヒノキ過密林分においては、材積間伐率の高い間伐を行うことで樹冠長率が改善されることが示された。一方、無間伐区では、間伐後 4 年目の樹冠長率が間伐前と比較して低下した（ $p<0.05$ 、Steel-Dwass 検定）。これは、ヒノキ林は適切な間伐を行わないと短期間で樹冠長率が低下することを示している。

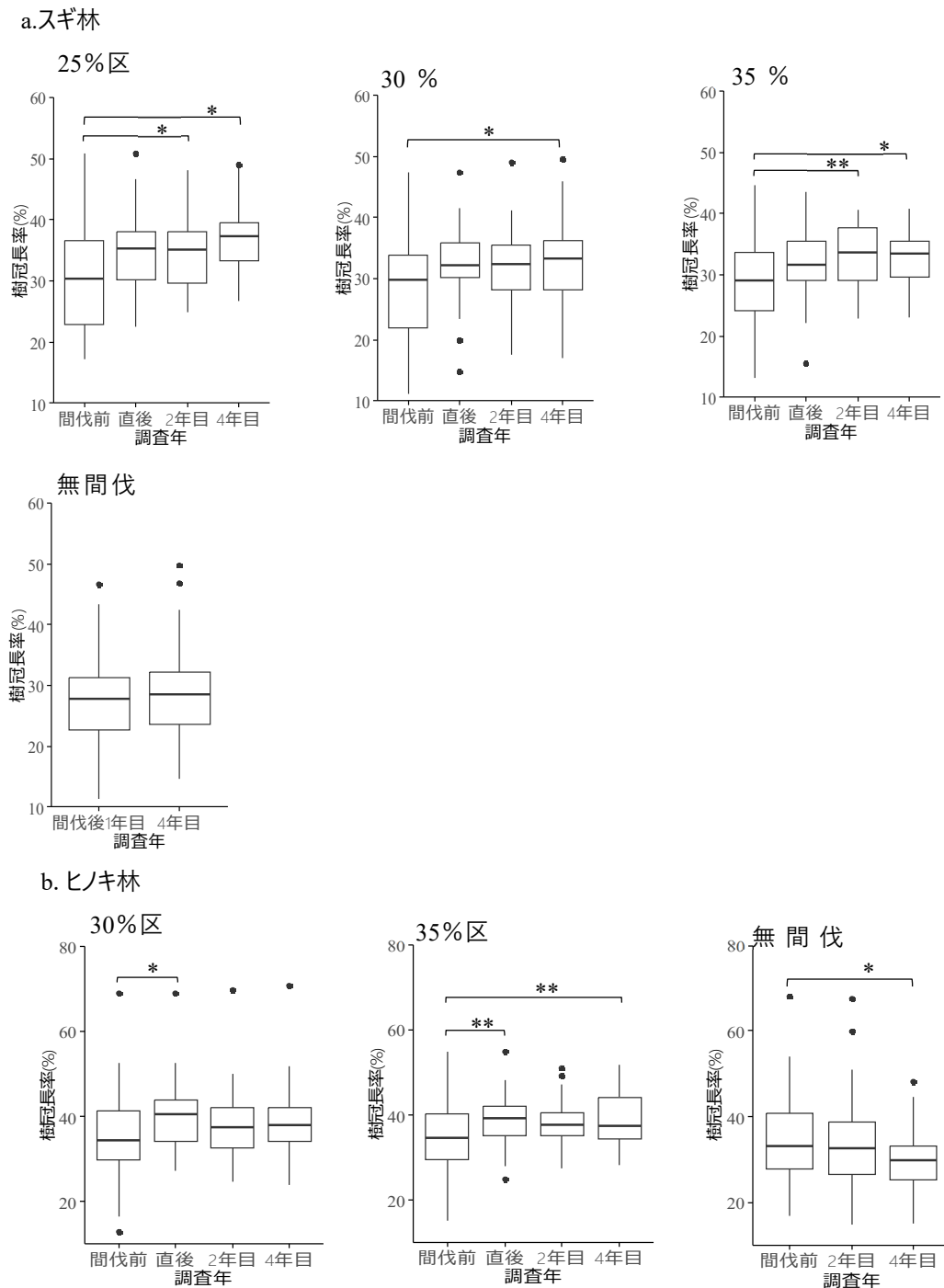
樹冠長は幹材積成長量（吉田，1990）や胸高直径成長量（岐阜県森林研究所，2014）と関係していることが指摘されており、肥大成長に対して重要である。4 年間の短期間の調査では強度間伐の効果を明確に測定できないため、継続して樹冠長率の変化を調査する必要がある。また、樹冠成長を把握するためには、重永ら（2010）のように樹冠の樹冠上部から下部にかけての一次枝の伸長量を明らかにすることが重要と考えられる。今後は 3 次元モデルを用いた樹冠成長（水永（1992）、松英ら（1998）、伊藤ら（2009）、飯田ら（2023）など）について、さらに検討する必要がある。

(2) 形状比

各試験地の形状比について、図－3 に示す。スギ林では、下層間伐を実施した 25%区及び 35%区において、間伐後 4 年目の形状比が間伐前よりも低下した（25%区： $p<0.01$ 、Steel-Dwass 検定、35%区： $p<0.05$ 、Bonferroni 法）。これは、形状比が高い個体を優先的に間伐したことに起因していると考えられた。一方、全層間伐に近い間伐を実施した 30%区、無間伐区においては、間伐前と間伐後 4 年目との形状比に差が認められなかった（ $p>0.05$ 、一元配置の分散分析）。

ヒノキ林では、下層間伐を実施した結果、全ての間伐区において、間伐後 4 年目の形状比が間伐前よりも低下した（ $p<0.01$ 、Steel-Dwass 検定）。一方、無間伐区においては、間伐前と間伐後 4 年目との形状比に差が認められなかった（ $p>0.05$ 、Steel-Dwass 検定）。以上のことから、スギ及びヒノ

キ過密林分において、形状比を下げるためには、下層間伐を行うことが必要であることが示された。同様の結果は渡邊ら（2015）がヒノキ高齢林において報告している。また、大矢ら（2013）は、形状比の高い劣勢木を主とした強度間伐を行うことで、気象害発生リスクを低減できることを示しており、過密人工林では、まずは形状比を下げるための下層間伐を行うことが重要と考えられた。

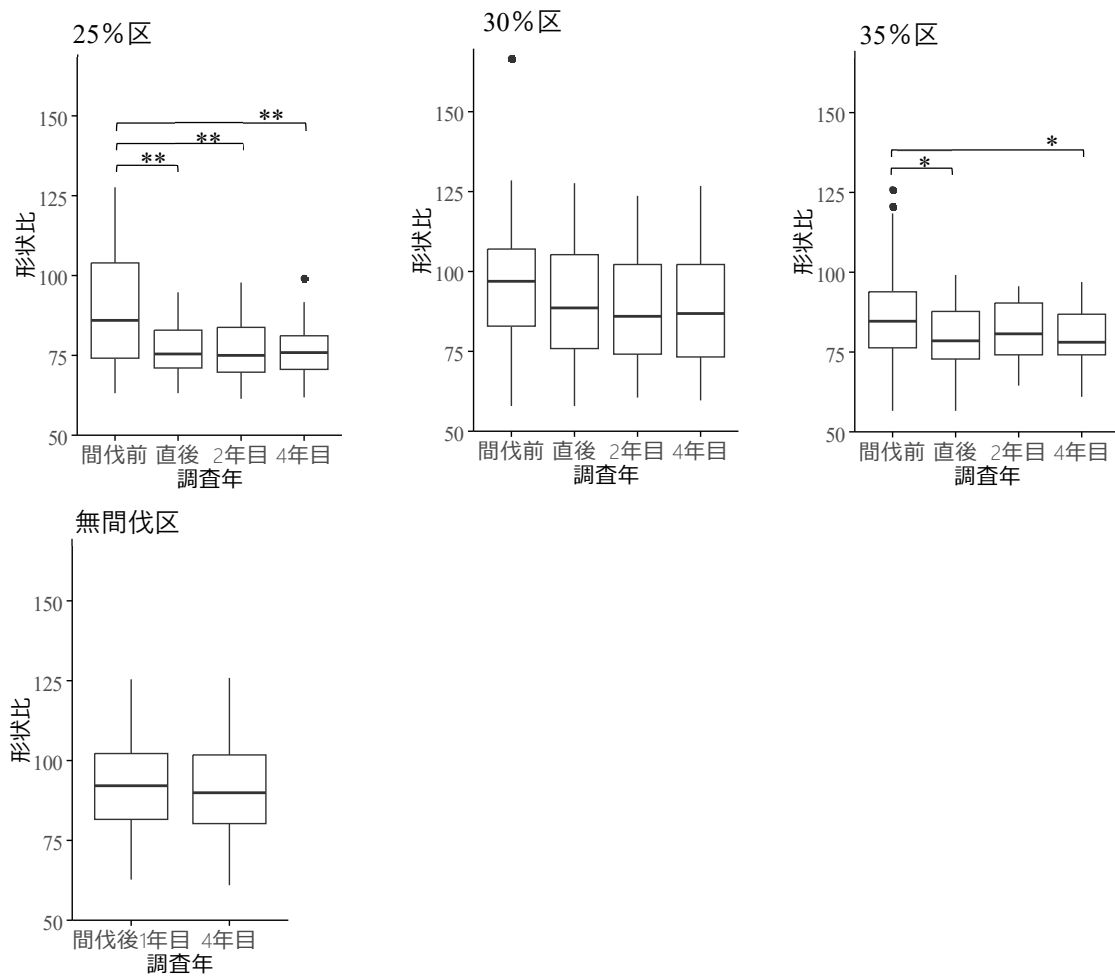


図－2 間伐前後の樹冠長率

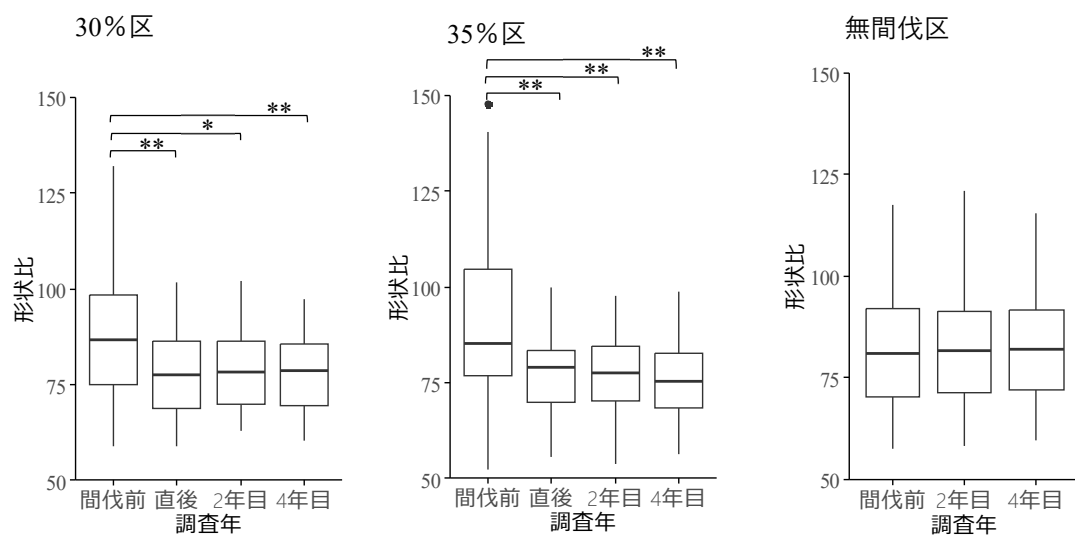
注：*は5%水準、**は1%水準で有意な差異があることを示す。幹折れ、倒れ、計測誤りの個体を除く。

調査年は、間伐前、間伐直後、間伐後2年目、間伐後4年目を示す。

a. スギ林



b. ヒノキ林



図－3 間伐前後の形状比

注：*は5%水準、**は1%水準で有意な差異があることを示す。幹折れ、倒れ、計測誤りの個体を除く。

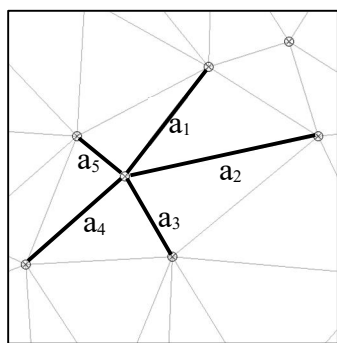
調査年は、間伐前、間伐直後、間伐後2年目、間伐後4年目を示す。

V 間伐前後の立木間距離及び立木密度と樹冠長率、枝下高及び形状比との関係

1 方法

立木の空間配置から樹冠長率、枝下高及び形状比との関係を個体単位で調査するため、スギ林及びヒノキ林の各試験区において、間伐前の立木配置図を、2019 年間伐前に地上レーザスキャナ 3D Walker（株式会社 woodinfo 製）にて作成した。また、間伐後の標準地内の立木配置図について、間伐前の立木配置図から伐倒個体を除いて作成した。間伐後の標準地外周の立木位置について、2023 年に地上レーザスキャナ LA03（株式会社 マプリー製）にて取得し、間伐後の標準地内の立木配置図と合成し、間伐後の立木配置図とした。GIS ソフト PC-Mapping（株式会社 マプコン製）に間伐前及び間伐後の立木配置図を取り込み、間伐区の標準地内の個体ごとに、間伐前及び間伐後の点間隔（立木間距離）及び点密度（立木密度）を求めた。無間伐区は間伐前の点間隔及び点密度を求めた。点間隔とは、ある点とその周辺の点との間隔を定量的に示す指標のことであり、点間隔を求めたいポイントデータ群に対して TIN（不規則三角網）を生成し、生成された三角形の辺の長さを取ったものである（図－4。株式会社 マプコン、2024）。点密度とは、ポイントデータがどのくらい密集しているのかを表す指標であり、点間隔を求めたいポイントデータ群をもとにボロノイ図（ポイントが存在する平面をどのポイントに一番近いかにによって領域分割してできる図）を作成し、分割された領域ごとに、その領域の面積の逆数を取ったものである（図－5。株式会社 マプコン、2024）。

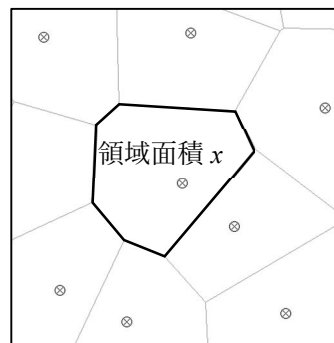
個体ごとに求めた点間隔、点密度、樹冠長率、枝下高及び形状比を用いて、間伐前の点間隔及び点密度と間伐前の樹冠長率、枝下高及び形状比（以下、3 項目と略記）との関係、間伐後の点間隔及び点密度と間伐直後の 3 項目との関係、間伐後の点間隔及び点密度と間伐後 4 年目の 3 項目との関係を検討した。間伐直後の樹冠長率、枝下高及び形状比は、間伐前のデータから間伐個体を除いたものを用いた。なお、枝下高を調査項目に加えた理由は、下枝の枯れ上がりの有無が樹冠長率に影響するためである。統計処理にあたっては、Spearman の順位相関係数の検定を行い、統計には統計処理ソフト R version 4.1.2 を用いた。



図－4 TIN（不規則三角網）図

注：点間隔 L は次式により算出。

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$



図－5 ボロノイ図

注：点密度 D は次式により算出。

$$D = 1/x$$

2 結果及び考察

（1）立木空間配置

TIN（不規則三角網）図とボロノイ図とを重ね合わせた立木空間配置図を図－6 及び 7 に示す。スギ林、ヒノキ林ともに無間伐区は、間伐後も生成された三角形の一辺の長さが短く、ボロノイ図によ

って分割された領域が小さいままであったが、間伐区は、間伐前と比較して間伐後に生成された三角形の一边の長さが長くなり、ボロノイ図によって分割された単木あたりの領域面積が拡大したことが示された（図－6及び7）。

（2）間伐前の点間隔及び点密度と樹冠長率、枝下高及び形状比との関係

間伐前の点間隔は、スギ林及びヒノキ林ともに2.5m前後であり、間伐前の枝下高及び形状比との間に有意な負の相関関係が認められた（表－3、 $p<0.05$ 、ヒノキ30%区の形状比を除く）。また、間伐前の点間隔と間伐前の樹冠長率の間には有意な正の相関関係が認められ（表－3、 $p<0.05$ 、ヒノキ30%区を除く）、点間隔すなわち立木間距離が広いと枝下高及び形状比が低下し、樹冠長率が増加する傾向を示した。

間伐前の点密度は、スギ林で0.18～0.22（1個体あたりの領域面積4.5～5.6 m²）、ヒノキ林で0.20～0.24（1個体あたりの領域面積4.2～5.0 m²）であり、間伐前の枝下高及び形状比との間に有意な正の相関関係が認められた（表－4、 $p<0.05$ ）。また、間伐前の点密度と間伐前の樹冠長率の間には有意な負の相関関係が認められ（表－4、 $p<0.05$ 、スギ35%区及びヒノキ30%区を除く）、点密度が高い状態、すなわち個体の持つ領域面積が狭い状態であると枝下高及び形状比が高くなり、樹冠長率が低下する傾向を示した。

（3）間伐後の点間隔及び点密度と樹冠長率、枝下高及び形状比との関係

スギ間伐区は、間伐後の点間隔及び点密度について、間伐後4年目の枝下高との間に相関関係が認められた（表－3及び4、35%区の点密度と枝下高を除く）。これは樹冠閉鎖に伴い下枝が枯れ上がる個体が発生したことが一因と考えられ、このまま年数が経過した場合に樹冠長率が維持できるのか観察する必要がある。スギ無間伐区は、点間隔及び点密度と間伐直後の形状比、点間隔と間伐後4年目の樹冠長率と形状比との間に有意な相関関係が認められた（表－3及び4、 $p<0.05$ ）。スギ無間伐区は、間伐後1年目から4年目にかけて樹冠長率の改善が見られず（図－2）、現状の点間隔及び点密度では、今後の肥大成長に影響する可能性があると考えられた。

ヒノキ無間伐区では、間伐直後及び間伐後4年目において、点間隔及び点密度と3項目との間に有意な相関関係が認められた（表－3及び4、 $p<0.05$ ）。一方、ヒノキ間伐区では間伐後の点間隔及び点密度と3項目との間に有意な相関関係が認められなかった（表－3及び4、 $p>0.05$ ）。このことから、ヒノキ過密人工林において、材積間伐率30%以上の間伐により立木間距離を広げ、個体の領域面積を増やすことは、樹冠長率及び形状比の維持改善に効果があると考えられた。

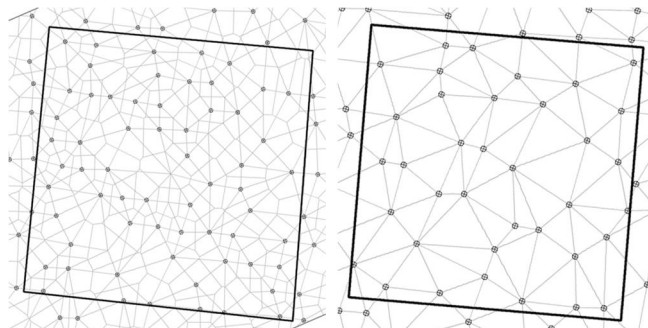
（4）まとめ

点間隔（立木間距離）及び点密度（立木密度）と樹冠長率、枝下高及び形状比との関係から、過密状態にあるスギ及びヒノキ林において、立木間距離が狭く、立木密度が高い状態が続くと、樹冠長率の低下、枝下高の上昇及び形状比の増加が進行する可能性があることが示された。立木密度が高くなると形状比が高くなることは、スギ若齢林において金澤ら（2009）も指摘している。

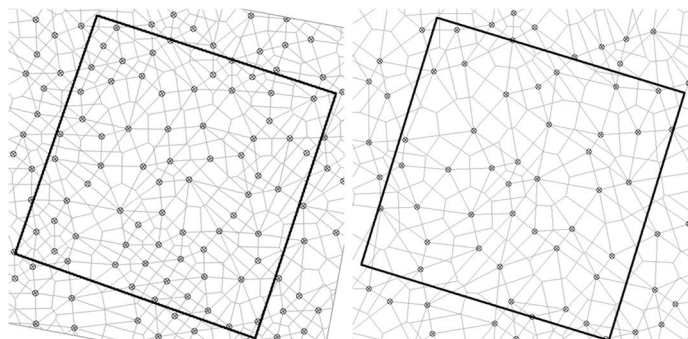
無間伐区との比較から、特にヒノキ林において、間伐により立木間距離を広げ、立木密度を下げる（個体の領域面積を増やすこと）が、樹冠長率及び形状比の増加に効果があると考えられた。間伐により、樹冠長率が維持改善された事例は、細田ら（2021）及び國崎ら（2022）の報告があり、人工林の個体成長管理において、間伐効果の重要性は従来から指摘されている。本試験の結果から、立木空間配置図から個体の点間隔及び点密度を数値的に把握し、樹冠長率及び形状比との関係を調査する手法によっても、再間伐の適期を検討できる可能性があると考えられた。また、立木空間配置図を選木に活用することは、視覚的に混み具合を判断し間伐木を机上で検討するうえで便利である。近年

は地上レーザや UAV により、立木空間配置図の作成や混み具合の指標となる数値の算出が可能となっており、今後の活用が期待される。本研究は2林分での調査事例に過ぎないが、樹冠長率及び形状比が間伐後何年目まで維持改善できるのか継続調査を行い、過密人工林の再間伐の適期について、引き続き検討したい。

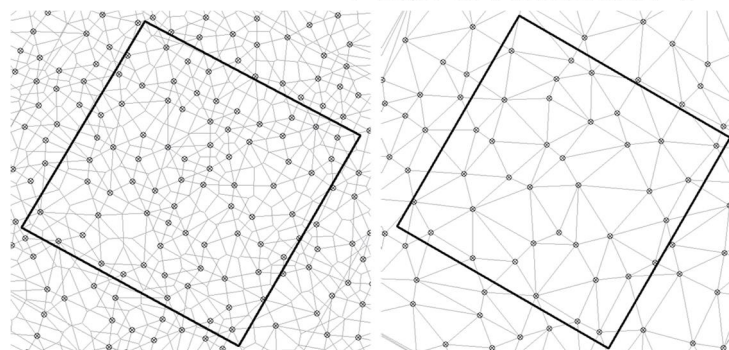
25%区



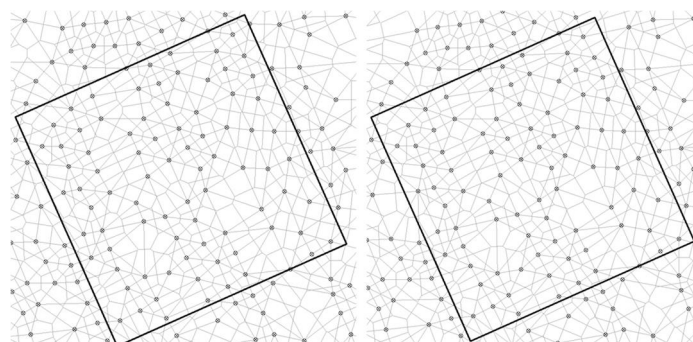
30%区



35%区



無間伐区



間伐前

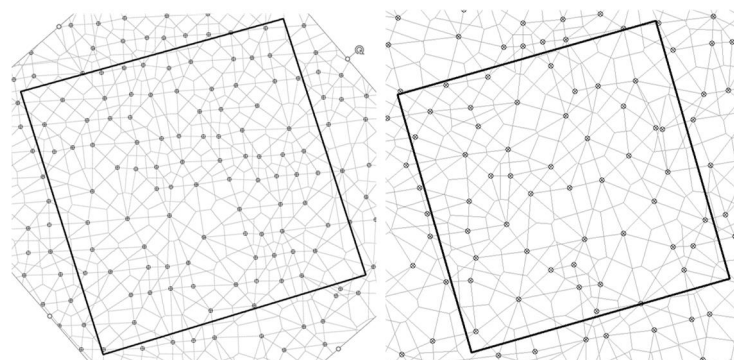
間伐後

図－6 スギ林の立木空間配置図

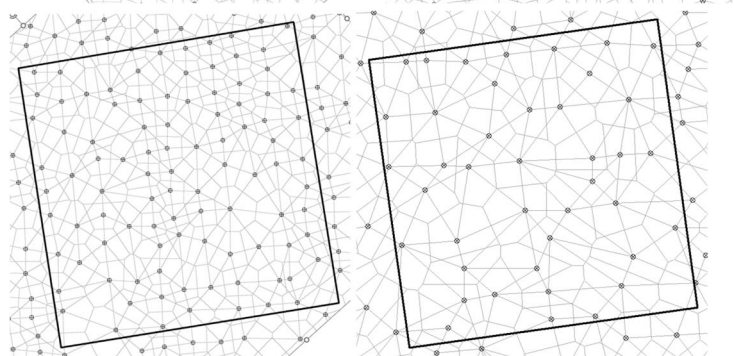
注：方形枠は 20m 四方の標準地、方形枠内のポイント（点）は立木を示す。

アーク（線）は不規則三角網及びボロノイ図を表示したものである。

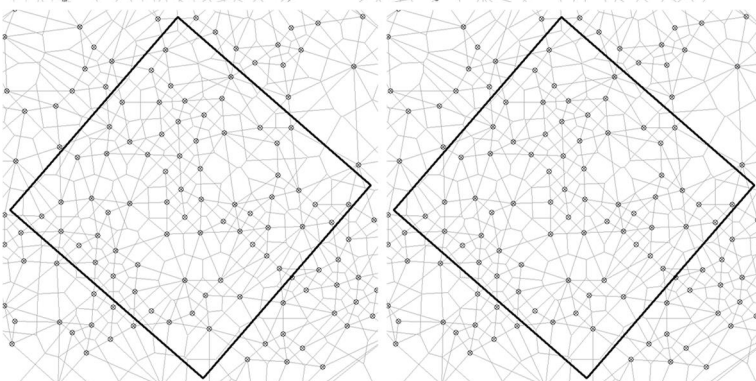
30%区



35%区



無間伐区



間伐前

間伐後

図ー7 ヒノキ林の立木空間配置図

注：方形枠は20m四方の標準地、方形枠内のポイント（点）は立木を示す。

アーク（線）は不規則三角網及びボロノイ図を表示したものである。

表ー3 点間隔と樹冠長率、枝下高及び形状比との関係

樹種	試験区	点間隔平均(m)				間伐前			間伐直後			間伐後 4 年目		
		間伐前	標準 偏差	間伐後	標準 偏差	樹冠長率	枝下高	形状比	樹冠長率	枝下高	形状比	樹冠長率	枝下高	形状比
スギ	25%	2.69	0.41	3.77	0.63	0.26*	-0.27*	-0.27*	-0.08	-0.17	-0.08	0.03	-0.36*	-0.05
スギ	30%	2.71	0.39	3.59	0.46	0.44**	-0.36**	-0.33*	0.12	-0.25	-0.03	0.21	-0.43**	-0.08
スギ	35%	2.64	0.37	3.71	0.38	0.23*	-0.36**	-0.29*	0.13	-0.18	-0.04	0.26	-0.32*	-0.15
スギ	無間伐	2.42	0.33	-	-	-	-	-	0.21	-0.11	-0.30**	0.24*	-0.04	-0.22*
ヒノキ	30%	2.35	0.39	3.14	0.47	0.22	-0.32**	-0.21	-0.20	0.14	0.07	0.03	-0.19	-0.01
ヒノキ	35%	2.31	0.31	3.51	0.46	0.39**	-0.37**	-0.45**	0.11	-0.03	-0.11	0.07	-0.07	-0.19
ヒノキ	無間伐	2.58	0.48	-	-	0.47**	-0.46**	-0.37**	0.50**	-0.45**	-0.43**	0.48**	-0.43**	-0.42**

※樹冠長率、枝下高及び形状比の数値は相関係数、*は5%水準、**は1%水準で有意差があったことを示す。

間伐直後のスギ無間伐区の値は、2021年1月調査時（間伐後1成長期後）の数値。幹折れ、倒れ、計測誤りの個体を除く。

表－4 点密度と樹冠長率、枝下高及び形状比との関係

樹種	試験区	点密度平均				間伐前			間伐直後			間伐後4年目		
		間伐前	標準 偏差	間伐後	標準 偏差	樹冠長率	枝下高	形状比	樹冠長率	枝下高	形状比	樹冠長率	枝下高	形状比
スギ	25%	0.18	0.04	0.09	0.03	-0.27*	0.32**	0.29*	-0.04	0.21	0.24	-0.18	0.37*	0.21
スギ	30%	0.18	0.04	0.10	0.03	-0.40**	0.38**	0.36**	-0.14	0.19	0.21	-0.34*	0.40*	0.25
スギ	35%	0.19	0.04	0.09	0.02	-0.19	0.36**	0.33**	-0.12	0.18	0.09	-0.27	0.31	0.18
スギ	無間伐	0.22	0.05	-	-	-	-	-	-0.18	0.09	0.24*	-0.20	-0.002	0.18
ヒノキ	30%	0.24	0.07	0.13	0.04	-0.22	0.35**	0.22*	0.17	-0.13	0.17	-0.05	0.22	-0.07
ヒノキ	35%	0.24	0.05	0.11	0.02	-0.42**	0.42**	0.49**	-0.13	0.11	0.09	-0.06	0.06	0.15
ヒノキ	無間伐	0.20	0.06	-	-	-0.44**	0.44**	0.35**	-0.47**	0.42**	0.42**	-0.49**	0.47**	0.44**

※樹冠長率、枝下高及び形状比の数値は相関係数、*は5%水準、**は1%水準で有意差があったことを示す。

間伐直後のスギ無間伐区の値は、2021年1月調査時（間伐後1成長期後）の数値。幹折れ、倒れ、計測誤りの個体を除く。

VI おわりに

スギ及びヒノキ過密人工林について材積間伐率25%～35%程度の間伐を実施した結果、間伐後4年目において、スギ林は材積間伐率によらず、間伐前よりも樹冠長率が改善し、形状比は下層間伐を行った試験区で改善した。ヒノキ林は間伐率によらず、間伐前よりも形状比が改善し、樹冠長率は材積間伐率約35%の間伐を行った試験区で改善した。間伐前後の立木空間配置と樹冠長率、枝下高及び形状比との関係を調べた結果、間伐前の立木間距離及び立木密度は、間伐前の個体の樹冠長率、枝下高及び形状比との間に相関関係があることが示された。再間伐を検討するうえで、立木空間配置と樹冠長率及び形状比との関係について、引き続き調査を行う必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、鶴巻雅男氏、近藤つね子氏、松永和実氏をはじめ当场職員には現地調査にご協力いただいた。株式会社woodinfoには、間伐前の立木データ取得にご協力いただいた。太田学志氏にはGIS処理等でご助言いただいた。厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 藤森隆郎（2021），林業改良普及双書 No. 163 改訂版間伐と目標林型を考える，196pp，一般社団法人全国林業改良普及協会，東京
- 岐阜県森林研究所（2014），木材生産のための過密林の間伐のしかた，17pp，岐阜県森林研究所，岐阜県
- 群馬県環境森林部林政課（2015），みんなの森をみんなで守ろう「ぐんま緑の県民税」，12pp，群馬県
- 群馬県林務部（1988），群馬県民有林人工林収獲予想表・人工林林分材積表，204pp，群馬県
- 細田和男・西園朋広・高橋正義・齋藤英樹（2021），過密な高齢人工林に対する間伐の効果-間伐から10年後の107年生ヒノキの成長-，関東森林研究 72-1，167-168
- 飯田玲奈・奥泉春夫・太田学志・河合拓務・松英恵吾（2023），ボクセルデータを用いたスギ人工林間伐後の樹冠成長過程，第134回日本森林学会大会学術講演集，138
- 飯田玲奈（2024），スギ林及びヒノキ林における強度間伐後の下層植生の変化，関東森林研究 75，13-16

- 伊藤拓弥・松英恵吾・内藤健司（2009），航空機 LiDAR による樹冠の再現性，日林誌 91，326－334
- 金澤洋一・清野嘉之・藤森隆郎（2009），スギ若齢林の樹冠・定直径高管理図作成の試み，日林誌 91，21-26
- 國崎貴嗣・白旗学・松木佐和子（2022），過密なスギ壮齢人工林における間伐効果-樹冠長と胸高直径成長量に基づく分析-，日林誌 104，223-228
- （株）マップコン，LAS データの点密度を評価する，<https://www.mapcom.tokyo/mapcomWorldtopics/topics89/>，（参照 2024-02-10）
- 松英恵吾・岩神正朗・柴山善一郎・山本武（1998），樹木形状モデル構築のための基礎的研究-ヒノキのコンピュータグラフィックス表示-，森林計画誌 31，19-28
- 水永博己（1992），林冠動態モデルによる間伐効果予測（I）間伐後の林冠表面形状の動態，日林誌 74（4），314-324
- 大矢信次郎・近藤道治（2013），過密人工林管理技術の開発，長野県林業総合センター研究報告 27，1-24
- 渡邊仁志・茂木靖和・大洞智宏（2015），間伐が高齢級ヒノキ過密林の林分構造と成長に及ぼす影響，日林誌 97，182-185
- 吉田茂二郎（1990）スギの樹冠の変化量と幹材積成長量の関係，鹿児島大学農学部学術報告 40，29-35
- 吉田茂二郎・田中文・太田徹志・溝上展也・福本桂子（2018）密度管理されたスギ高齢人工林における 4 密度管理指標間の関係と過密林分での基準値の評価，日林誌 100，77-80