

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25440231

研究課題名(和文) 森林林冠木の伸長成長とアーキテクチャに対する隣接個体の影響

研究課題名(英文) Effects of neighbors on height growth and architecture of canopy trees

研究代表者

長嶋 寿江 (Nagashima, Hisae)

東北大学・生命科学研究科・教育研究支援者

研究者番号：20323503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：草本植物では、隣接個体と高さを同程度にしようとする伸長調節がはたらいっている(背揃い)。操作実験により、隣接個体との高さの差が数cm違うだけで伸長速度が変化する。同様の伸長調節が森林樹木でも機能しているか否かを明らかにするため、30年生アカエゾマツ林において、隣接個体を地際から伐採する区(皆伐区)と隣接個体の最上部を2m切断する区(上切り区)を作製し、その後の成長を追った。その結果、皆伐区の個体は伸長成長が鈍り、隣接個体の存在が伸長速度に影響していることが明らかとなった。一方、上切り区の個体の成長はコントロールと差がなく、上を2m切った程度では成長への影響が小さいことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Stem elongation of herbaceous plants in crowded stands is finely controlled so that plants have similar heights to neighbors. We investigated whether canopy trees in forest have similar regulation. We made plots where neighbors were cut at the base of the trunks (all-removed plots) and at a point 2m distant from the top of the trunks (top-removed plots) in a 30 years Picea glehnii forest, and monitored the growth of target trees over two years. Height increment of target trees was decreased in the all-removed plots, showing that neighbors influenced height increment of trunks. In the top-removed plots, however, height increment of targets was not significantly different from that in control plots. It was revealed that the influence of height difference on growth was small if the difference was a degree of 2m.

研究分野：植物生態学

キーワード：個体間相互作用 隣接個体 高さ 森林 アカエゾマツ

## 1. 研究開始当初の背景

植物はいったん発芽してしまうと移動することはできない静的な存在であるが、その成長においては光や栄養塩などの資源をめぐる隣接個体と激しい競争を繰り広げている。攪乱後に出現する一年草の同種同齢個体群などでは、最終的に結実に至ることができるのは、発芽した個体の1パーセントに満たないことも珍しいことではない。

光資源をめぐる競争は、植物の個体間相互作用でもっとも強いものの一つである。光は上方から降り注ぐため、競争においては背が高い個体が絶対的に有利である。栄養成長期間の一年草群落では、植物は高さ成長を優先し、高い伸長速度をもつ。しかし、その過程でいったん隣接個体よりも低くなってしまった個体は、ほとんどの場合その高さを挽回することはできず、途中で枯死してしまうか、少ない量の種子しか生産できない。最終的な種子生産量は、栄養成長期間の個体サイズと高い相関があることも示されている。

しかし、「高ければよい」というわけではない。植物高が高いと様々な制約が生じる。一つは物理的制約である。高くなると、茎が自重で折れるのを防いだり、横風に耐える構造にするために、茎に相対的に多くのバイオマスを投資する必要がある。これは結果的に葉へのバイオマス投資を相対的に減らすことになり、光合成生産には不利である。もう一つは風の影響で、高さが増すほど風速が上がる。これは蒸発散を促進し、植物の水利用を悪化させる可能性がある。

光獲得というメリットと、物理的制約や水利用といったデメリットのバランスをとるために、植物は高さ成長を厳密に調節している。植物は隣接個体の存在をファイトクロムによって感知し、競争相手がいないときは伸長速度を低く保ち、競争相手が現れると、直径成長を犠牲にして伸長を促進させることが明らかにされている。

近年申請者は、ユニークな実験方法を用いて植物が高さ成長を非常に微妙にコントロールしていることを明らかにした(Nagashima and Hikosaka 2011 Ann Bot, 2012 New Phytol)。ポット栽培した植物個体からなる群落を作り、ポットを上昇させたり下降させたりすることで見かけの個体高を変えた。上昇させた個体は、多くの葉が明るい群落上部に露出されることで受光量が上昇し、高さ成長において有利になったと考えられたが、その後伸長速度が鈍り、最終的には隣接個体と同様の高さになってしまった。また、下降させた個体は伸長速度を増加させ、隣接個体と同じレベルまでには達しなかったが、その差をかなり縮めた。これらの結果は、高くなりすぎることでも低くなることも植物にとっては不利であり、各個体の伸長成長調節の結果として植物個体の「背揃い」が起ることを示唆する。

## 2. 研究の目的

上記の研究も含め、これまで植物の高さ成長についての生理学的な研究は、そのほとんどが扱いやすい草本植物を対象として行われてきた。一方、高さが数mから数10mにも達する森林樹木は、植物体が大きく実験操作がしにくいこと、成長が遅いため実験期間が長くかかることなどの理由から、ほとんど扱われることがなかった。また、草本群落と比べ、森林の個体密度は低いため、個体間相互作用はそれほど強くないのではないかと考えられる。しかし、実際には、森林の個体密度が高いほど細長い個体が増えることから、隣接個体が茎の形態に影響を及ぼしていることは間違いない。そして、茎の形態変化は高さ方向への投資の変化の結果起こっていると考えられる。

以上のことから、本研究では、成熟した森林の樹木の高さ成長に及ぼす隣接個体の影響を明らかにすることを目的とする。ターゲットとなる樹木を定め、周囲の樹木を伐採し、その後の成長量や茎(材)の形態を解析することにより、樹木が隣接個体の影響をどのように受けているかを定量的に明らかにする。

## 3. 研究の方法

北海道大学苫小牧研究林の30年生アカエゾマツ林を用いた。これは人為的に植栽された林であり、個体の年齢は均一で、個体の密度は広範囲で一定である。針葉樹は明らかな主軸をもつことや、各枝が生産された年次の特定が容易であることから、高さ成長や材の形態の評価が容易であるという点で優れている。

2013年にターゲットとなる15個体を決め、高さと周囲長を測定した。個体を3種類に分け、無処理(コントロール区)、周囲の近接個体を地際から伐倒(皆伐区)、隣接個体の最上部を、ターゲット最上部より2m低くなるように切断(上切り区)した。上切りについては、高所作業車を用いた。

当初予定では2015年にターゲット個体を伐倒し、成長を調べる予定であったが、個体の成長量が予想よりも少なく、実験期間を延長することとした。胸高周囲長を再測するとともに、高所作業車を用いてターゲット個体の高さ成長量を測定した。さらに、上切り個体については2013年と同じ部位で最上部の再切断を行った。

## 4. 研究成果

ターゲット個体の1年あたりの高さ成長量は、コントロール区で $38.5 \pm 10.4$ cm、上切り区で $37.5 \pm 11.4$ cm、皆伐区で $27.1 \pm 10.0$ cmと皆伐区で小さかった。胸高周囲長の1年あたりの成長量は、それぞれ $1.8 \pm 0.9$ cm、 $1.6 \pm$

0.4cm、 $1.7 \pm 0.6$ cm と区間の差はなかった。図1は胸高周囲長の成長に対し高さ成長量をプロットしている(2年分)。個々のデータを見ても胸高周囲長の成長に処理区間に大きな差はない一方、高さ成長については皆伐区で大きく低下していることが明らかである。コントロール区と上切り区の間に大きな差は見られなかった。

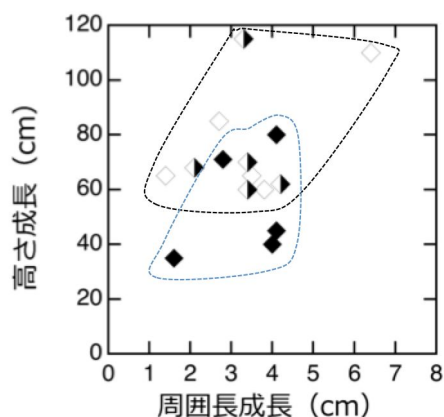


図1 2年間の高さ成長と胸高周囲長成長の関係。白抜きはコントロール区、黒塗りは皆伐区、白黒は上切り区。

皆伐区の個体成長が他区と大きく異なっていたから、隣接個体の存在が個体の成長に大きな成長を与えていることが明らかとなった。隣接個体の影響があることは予想通りであるが、皆伐区の個体の成長が他区に比べて悪くなっていることは予想外であった。実験開始時は、隣接個体はターゲット個体の受光量を減らすことから、皆伐区の個体の成長は良くなると予想していた。隣接個体は光の遮断という負の影響も与えるが、風から個体を守るなど正の影響を与える場合もある。本研究は、厳しい気候である北海道で行ったことから、隣接個体の存在が正の影響をもたらした可能性がある。

一方、上切り区とコントロール区には目立った差が見られなかった。本研究で用いた林分では個体間の距離が4mほどあり、距離が大きかったために影響が小さかった可能性がある。隣接個体の最上部を2m低くした程度では伸長成長に大きな影響はないことが示唆される。ただし、影響が小さくて検出できなかった可能性もあることから、今後も成長を追跡したいと考えている。

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Daisuke P. Yamaguchi, Tatsuro Nakaji,

Tsutom Hiura, Kouki Hikosaka, Effects of seasonal change and experimental warming on the temperature dependence of photosynthesis in the canopy leaves of *Quercus serrate*, *Tree Physiology*, 査読あり, vol. 36, No. 10, 2016, pp. 1283-1295, DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpw021>

Ryoji Watari, Hisae Nagashima, Tadaki Hirose, Stem extension and mechanical stability of *Xanthium canadense* grown in an open or in a dense stand, *Annals of Botany*, 査読あり, vol. 144, No. 1, 2014, pp. 179-190, DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcu088>

[学会発表](計4件)

吉中 健太、長嶋 寿江、彦坂 幸毅、植物個体群内の個体間光獲得競争における個体アーキテクチャのゲーム理論的解析、日本植物学会第80回大会、2016年9月17日~2016年9月19日、沖縄コンベンションセンター(沖縄県宜野湾市)

長嶋 寿江、群落内草本個体の背揃い現象と力学的評価、第63回日本生態学会大会、2016年3月20日~2016年3月24日、仙台国際センター(宮城県仙台市)

彦坂 幸毅、山口 大輔、長嶋 寿江、中路達郎、日浦 勉、森林林冠木の光をめぐる競争における個体間相互作用の定量化の試み、第62回日本生態学会大会、2015年3月18日~2015年3月22日、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

吉中 健太、行方 健二、長嶋 寿江、彦坂 幸毅、オオオナモミ群落の個体間光獲得競争における個体アーキテクチャの効果、東北植物学会第4回山形大会、2014年12月13日~2014年12月14日、山形大学(山形県山形市)

[図書](計1件)

彦坂 幸毅、長嶋 寿江、朝倉書店、2.1 光に対する応答(身近な雑草の生物学) 2014年、12-22

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

長嶋 寿江 (NAGASHIMA, Hisae)  
東北大学・大学院生命科学研究科・教育研  
究支援者  
研究者番号：20323503

##### (2) 研究分担者

日浦 勉 (HIURA, Tsutomu)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学セ  
ンター・教授  
研究者番号：70250496

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

##### (4) 研究協力者

( )