

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14752

研究課題名(和文)「根系ギャップ」に着目した永久凍土域亜寒帯針葉樹林における個体間競争過程の解明

研究課題名(英文) Underground competition of *Picea mariana* in central Alaska: an analysis focused on the root gaps

研究代表者

城田 徹央 (SHIROTA, Tetsuoh)

信州大学・学術研究院農学系・助教

研究者番号：10374711

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：アラスカ内陸部に生育するクロトウヒは地上部よりも地下部で競争を行っているという仮説を検証した。この仮説は3つの事実によって支持された。まず地上部が樹冠によって21%しか被覆されていないのに対し、地下部はその根系によって98%を占められていた。次に、各個体の根系は非対称な分布を示した。最後に、一般化線形モデルによる解析は、局所的な根長密度が他の個体の根長密度によって負の影響を与えていることを示した。これらの結果は、クロトウヒが地下部の競争を重視していることを表現している。この本研究の結論は、クロトウヒ林分では地上部よりも地下部への炭素分配が大きいというこれまでの研究を支持するものである。

研究成果の概要(英文)：Picea mariana trees on the upland of interior Alaska were competitive below the ground, not above ground. This hypothesis was supported by three evidences. At first, roots occupied 98% of ground surface, whereas their canopy covered only 21%. Second, root system of each individual represent asymmetric shape. And third, local root length density of focused individual was negatively affected by one of competing individuals. These results suggest that P.mariana allocate much of the productions to their root system.

研究分野：造林学

キーワード：個体間競争 根系 クロトウヒ

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 人為由来の地球温暖化は確実に進行しており、森林生態系全体の50%の炭素を蓄積する亜寒帯林への影響は無視できない(Peng et al. 2011 Nature)。特に亜寒帯林では急激な温度上昇(IPCC 2013)に伴い森林生態系の炭素固定が弱まる可能性が懸念されている(Piao et al. 2008 Climate Change)。

(2) 永久凍土域に成立する亜寒帯林では地下部バイオマスが非常に大きい(Kajimoto et al. 1999 Tree Physiology)。その巨大な地下部バイオマスは、季節的に融解と凍結を繰り返す‘活動層’と呼ばれる表層土壌に分布する。温暖化が進行すれば、この活動層の厚みが増加するため、これに伴う樹木根系の挙動と、それが地上部成長に及ぼす影響を予測することが強く求められている。

(3) アラスカ内陸部のクロトウヒ林では林冠が閉鎖しないため、光を巡る競争はほとんどないか緩やかである。一方、地下部の個体間競争については知見がない。

(4) このように、地下部の挙動に関する知見は極めて限られている。特に、個体群生態学の観点から、地下部の個体間競争について言及した研究はほとんどない。

### 2. 研究の目的

(1) 地下部における粗根の空間分布を調査することで、地上部の‘林冠ギャップ’に相当する‘根系ギャップ’が存在するのかどうかを明らかにする。

(2) 個体レベルの根長分布の情報に基づき、地下部で個体間競争が行われているのかどうかを判定する。

### 3. 研究の方法

(1) 調査地とプロット：調査地はアラスカ大学フェアバンクス校のカリブポーカークリークである。6m 四方の調査区を25cm 四方のグリッド576個に切り分け、地上部と地下部の空間構造を掘取り調査によって明らかにする(写真)。

(2) 粗根(2mm 以上)の空間分布様式を解析することで個体間競争の有無と程度を評価する。



写真：調査プロットを25cm四方のグリッドに切り分け、有機物層を剥がして、根系を露出させる。粗根のほとんどは鉞質土壌の表面を這っているため、2次元での空間分布解析が可能になる。

根系分布の幾何学的対称性：競争が行われていない場合、根系は対称な形態(正円~楕円)を、個体間競争がシビアな場合には、非対称な形態を示す。

根系分布のオーバーラップ：競争が行われていない場合、根系のオーバーラップが生じ、個体間競争がシビアな場合には、根系のオーバーラップは少ない。

地下部で個体間競争が行われているかどうかを、自個体の根長と他個体の根長の相互関係を解析することで明らかにする。

### 4. 研究成果

(1) 地上部の林冠閉鎖率が21%であったのに対して、地下部の根系閉鎖率は98%であった(図1)。クロトウヒの根系が認められなかった2%のグリッドでは、岩が露出していたことから、根系が侵入できない立地条件であったと考えられる。すなわち、地上部の林冠が閉鎖していないにも関わらず、地下部の根系は埋め尽くされており、‘根系ギャップ’は存在しない。このことは、地下部における個体間競争がより熾烈であることを示唆している。ただし、プロット内部に位置する個体による根系閉鎖率は78%に留まり、プロット外部に位置する個体による根系閉鎖率は91%であった。さらに、これらは多くの領域で重複していた(図1)。すなわち、このプロットでは、外部の個体によって、内部の個体の根系発達が抑制されていた可能性が考えられる。

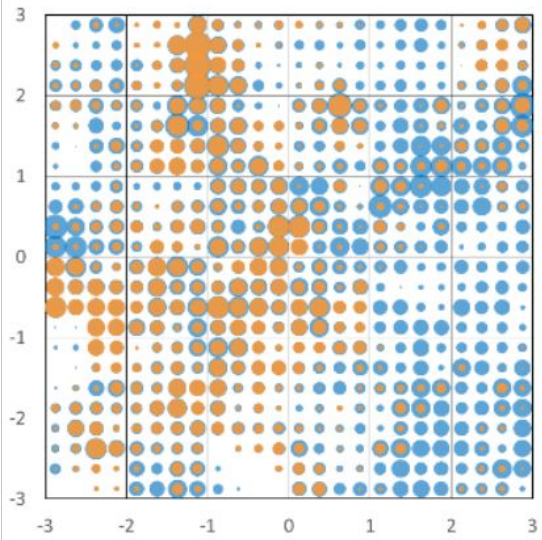


図1. 粗根の根長分布

円の大きさは根長を表現する。青は全ての根長、オレンジはプロット内個体の根長を示している。

(2) 根系の分布パターンの解析に基づき、地下部における個体間競争の特性を検討した。

プロット内の個体ごとに根系分布を見ると、対称な形態を示していなかった。斜め方位に沿った分布の方よりもなかった。このような非対称性は根系の個体間競争を示唆している(図2)。

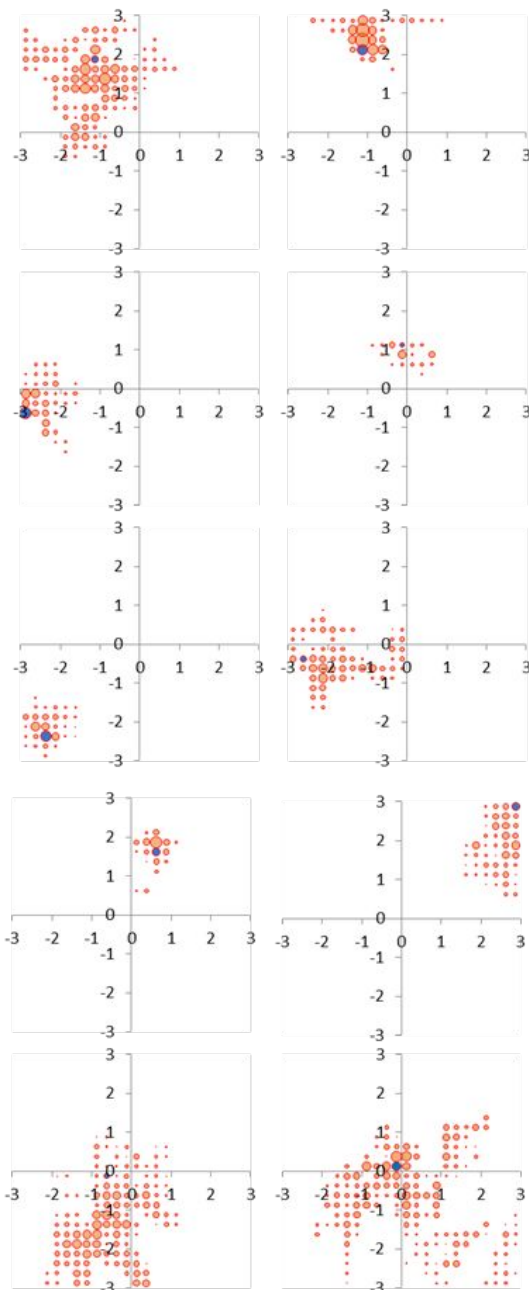


図2. プロット内各個体の粗根の根長分布

円の大きさは根長を表現する。各個体の根長分布には偏りが認められたが、傾斜の上下などの地形因子には左右されなかった。

ただし、互いの根系がオーバーラップしていたことから、根系の個体間競争は必ずしも強いものではないと考えられた。

根長密度は根元から離れるにつれて小さくなり、樹高が大きな個体ほど大きかった(表)。また有機物層の厚さは根長密度に正の効果をもたらし、他個体の根長密度は当該個体の根長密度に負の効果を与えた(表)。これまでも細根量が有機物層の厚さと関係があることが報告されている。貧栄養の条件下では、クロトウヒは有機物層から直接的に養分吸

表. 一般化線形モデルの結果

| factor                     | coefficient | Wald statistics | p-value |
|----------------------------|-------------|-----------------|---------|
| intercept                  | 4.772       | 647.84          | <0.001  |
| tree height                | 0.145       | 13.67           | <0.001  |
| distance from stem         | -0.431      | 61.98           | <0.001  |
| thickness of organic layer | 1.825       | 6.64            | 0.009   |
| microtopography            | 0.377       | 0.13            | 0.719   |
| competitors' root length   | -0.00043    | 6.26            | 0.012   |

収を行っているのかもしれない。

ここで樹高と根元からの距離は根系の非対称な分布を説明できないので、有機物層の厚さと他個体との競争効果が非対称な根系形成を実現していると考えられる。これらの効果をWald統計量で比較すると、ほぼ同等である。

(3) 以上のように、本研究では地下部の競争が、地上部からは予想できないくらい、熾烈であることを明らかにした。根系における資源獲得競争が地上部のそれよりも重要であるという事実は、この地域における地下部への同化物の大きな分配という特性を支持する。

ただし、根系領域は完全に他個体を排除するというわけではない。むしろ入り組んだ根系領域の中で、根長の多寡を調整する。完全に排他的であれば、いずれか1個体が消失したときに大きな根系ギャップが形成される。根域レベルではなく、根長レベルでの調整は、根系ギャップの形成による群落としての損失を防ぐ機能を有しているのかもしれない。

プロット外部の個体が、樹冠のプロット内拡張をすることなく、根系を侵入させていることも新しい発見である。この事実は林冠ギャップに小さな個体が新しく更新する困難さを示唆している。若い個体が利用できる地下のスペースは、実際の土地面積よりも小さくなる。むしろ、大規模・大強度の攪乱によって若い個体だけが一斉に更新するほうが、土地面積あたりの生産性は高くなるだろう。

本研究の知見は、地下部における個体間競争の実態を明らかにする上で十分なものであった。そこから示唆される個体群動態のトレンドを立証するには、より多くのプロットを計画的に配置することが重要である。

## 5. 主な発表論文等

【学会発表】(計 4 件)

S.Okaniwa, T.Shirota, K.Inoue, Y.Fujioka, T.Tanabe, K.Yasue, T.Okano, N.Baatarbileg, B.Oyunsanaa, The annual change of defoliation intensity by *Lymantria disper* and its size dependency of *Larix sibirica* in Mongolia, ISAR-5 / Fifth International Symposium on Arctic Research, 2018.

T.Shirota, K.Yasue, S.Otake, T.Saito, T.Tanabe, M.Dannoura, Y.Matsuura, K.Noguchi, T.Morishita, R.Ruess, J.Hollingsworth, Underground competition may be occurred among *Picea mariana* trees

in central Alaska, ISAR-5 / Fifth International Symposium on Arctic Research, 2018.

KOHMORI, Hiroki, SHIROTA, Tetsuo, OKANO Tetsuo, ARASE Teruo, Forest roads cause edge effects on plant species diversity in artificial forests, GEOMATE 2017, 2017.

城田徹央, 安江恒, 檀浦正子, 大嶽聡子, アラスカ内陸部におけるクロトウヒ根系の水平分布, 第128回日本森林学会大会, 2017.

〔その他〕

ホームページ等

<https://www.facebook.com/shinshuzorin>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

城田 徹央 (SHIROTA, Tetsuo)

信州大学・学術研究院農学系・助教

研究者番号：10374711

### (2) 研究分担者

安江 恒 (YASUE, Koh)

信州大学・学術研究院農学系・准教授

研究者番号：00324236