

胸高直径を用いたヒノキの水平根分布の推定

佐橋潤・逢坂興宏・土屋智・今泉文寿（静大院農）

樹木根系の表層崩壊抑止機能は水平根と鉛直根によって発揮されると考えられ、表層崩壊の境界は水平根量が最小となる立木間中央になりやすいという報告がある。著者らのグループは、ヒノキを対象に胸高直径比を用いた水平根量の推定式を提案してきた。サンプル数が蓄積されてきたので暫定的ではあるが単木または複数の立木間でも適用できる推定法を検討した。胸高直径比と根系本数の関係では単木と立木間では有意差が認められなかった。この結果を踏まえ、既往の式に新たに算出した係数と指数を代入して、任意の立木に適用できる推定式の作成を行なった。

キーワード：樹木根系，胸高直径比，水平根量

I. はじめに

樹木根系には表層崩壊を抑止する機能があるとされており、その評価には根系分布の把握が重要である(6)。また、表層崩壊の境界は水平根量が最小となる立木間中央になりやすいという報告がある(3)。著者らは胸高直径を用いたヒノキの水平根系分布を推定する方法の検討を行なってきた(1, 5)。当初はヒノキの単木を対象として胸高直径比を指標に水平根分布の推定方法を検討してきた。また、昨年度からは周辺木との関係も考慮した(4)。既往の推定式は周囲の立木から十分に離れた単木を対象とした水平根量であり周辺木の影響は考慮されていなかった。したがって本研究ではサンプル数が蓄積されてきたので暫定的ではあるが単木または複数の立木間でも適用できる推定法を検討する。



図-2. 林内の概況

II. 調査地

調査地は静岡大学附属地域フィールド科学教育研究センター・天竜フィールドのヒノキ人工林である(図-1 および図-2)。地質は御荷鉢帯の変輝緑岩と変玄武岩であり土壌は黄色系褐色森林土である。また、標高は340m～380m、樹齢は34～38年生、植栽密度は2300本/haである。林班は北西向き斜面で傾斜は20°から30°である。



図-1. 調査区概要

III. 調査方法

1. トレンチ断面法

本研究はトレンチ断面法を用いた。トレンチ断面法とは対象とする立木(表-1)の周辺に深さが約1mになる正方形型の溝(図-3)を掘削し、鉛直断面に露出した水平根の位置と直径を測定するものである。本研究では二つの掘削パターンによるデータを用いた。一つ目のパターンは単木の全周を掘削するパターン、もう一方は立木間の中央を掘削する、すなわち一面分掘削するパターンである(図-4)。これは当初は立木間中央に分布する水平根の推定を目的としていたからである。既往のデータとの比較のために本数と断面積の値は単位面積あたりに換算した。また測定する根は苜住の分類(2)にしたがい崩壊の抑止に寄与しうる0.2cm以上のものを対象とした。立木間中央の測定は以下のおこなった。等高線に平行方向に位置する2本の立木を5組選定し、立木間隔と同じ長さ、深さ1.0mのトレンチ断面を掘削し、鉛直断面に出現した根の直径と位置を測定した。



図-3. トレンチ断面 (全周掘削)

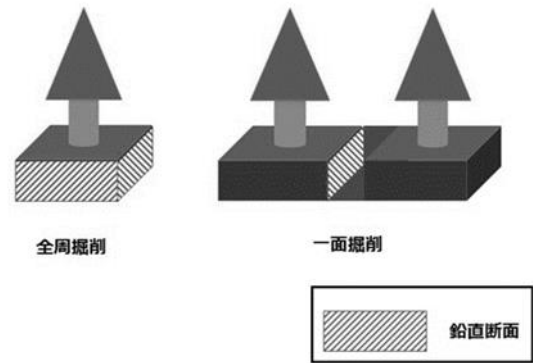


図-4. 調査区概要

2. 水平根分布の推定式

遠藤らは胸高直径と水平根に以下の式のような関係がみられるとした(1, 5)。これらの式は胸高直径比と水平根量の関係を直径階ごとの回帰式により導いたものである(図-5)。胸高直径比とは立木の中心からトレンチ断面までの距離を胸高直径で除した値である。無次元化することにより任意の胸高直径に適用できるという利点がある。ここで根系本数は R_n (本/m²)、根系断面積は R_a (cm²/m²) と表わす。

$$R_n = ae^{bx} \dots (1)$$

$$(a=99.459e^{-0.0383D}, b=0.0048D-0.2347)$$

$$R_a = ae^{b'x} \dots (2)$$

$$(a=102.41e^{-0.094D}, b'=-0.0058D-0.5061)$$

x : 胸高直径比 (=L/D), D : 胸高直径 (m), L : 立木中心からトレンチ断面までの距離 (m)

表-1. 供試木一覧

全周掘削		一面掘削	
供試木名	DBH(cm)	供試木名	DBH(cm)
E1	15	SJ1	22.4
E2	16	SJ2	24
E3	17.6	SJ3	24.8
E4	22	SJ4	21.3
E5	30.5	SJ5	23.8
SY1	6	SJ6	26.4
SY2	9	SJ7	22.9
SY3	15	SJ8	26.8
N1	19	SJ9	21.2
N2	19	SJ10	26
T1	21	SJ11	30
T2	15.1		

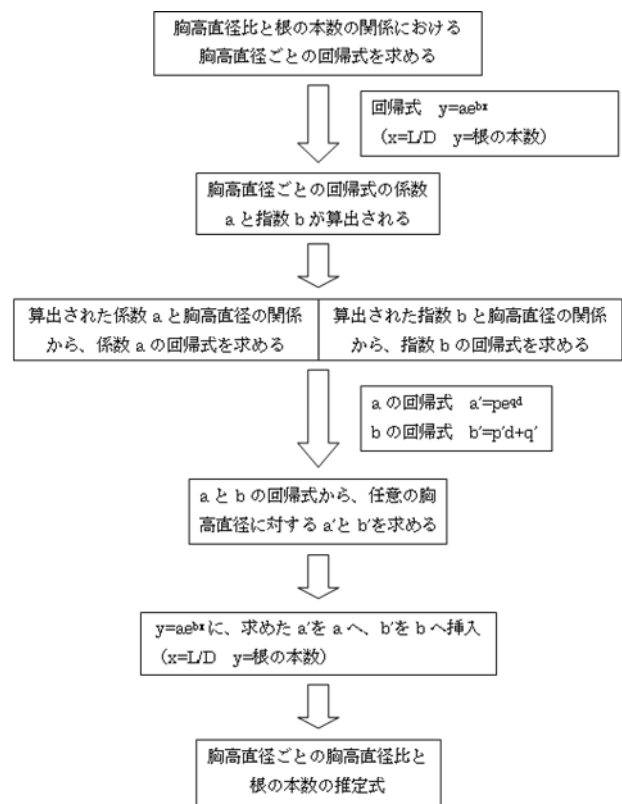


図-5. 推定式作成のフローチャート

IV. 結果および考察

1. 二つの掘削パターンの有義検定

本研究で用いたサンプル 39 本分の内 11 本分は一断面のみの掘削であるため有義検定を行った。まず、両データの分散の有義差を分析するため F 検定を行った。F 検定の結果、根系本数の分散では有義差が認められなかったが根系断面積の分散では有義差が認められた。したがって、根系本数の有義検定は等分散を仮定した t 検定を行い、根系断面積のデータは不等分散を仮定した t 検定を行った。図-6 は胸高直径比と根系本数の関係を示したものである。胸高直径比が大きくなるにし

たがって根系本数は指数関数的に減少する傾向がみられた。全周掘削によって測定された根系本数の平均値と一面掘削によって測定された根系本数の平均値で t 検定をおこなったところ有意差は認められなかった。図-7は胸高直径比と根系断面積の関係を示したものである。根系本数と同様に胸高直径比が大きくなるにしたがって根系断面積は指数関数的に減少する傾向がみられた。全周掘削によって求められた根系断面積の平均値と一面掘削によって求められた根系断面積の平均値で有意検定をおこなったところ有意差が認められた。これらの結果を踏まえ、根系本数に関しては周囲から離れた単木または立木間に分布する水平根に適用できる推定式の作成をおこなった。また根系断面積で認められた一面掘削と全周掘削の有意差について、根の直径階ごとの割合を求めることで考察した。

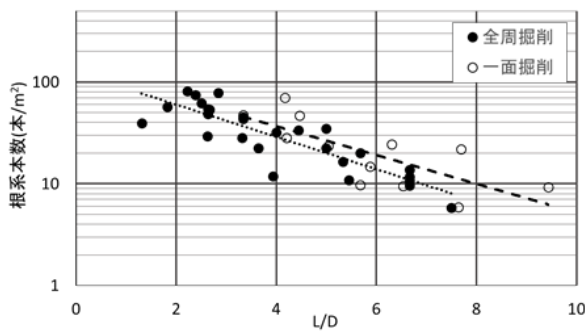


図-6. 胸高直径比と根系本数の関係

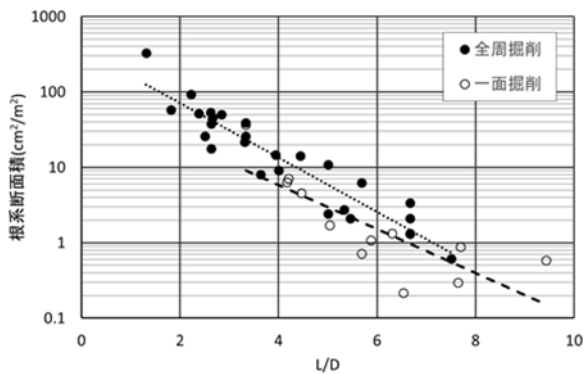


図-7. 胸高直径比と根系断面積の関係

2. 推定式の作成

推定式の作成は図-5 の手順にしたがっておこなった。胸高直径を0cmから30cmの間で10cmごとに区分し、区分ごとに胸高直径比と根系本数の関係における回帰式を求める。胸高直径ごとの回帰式では係数 a および指数 b が算出される。算出された係数 a と胸高直径の関係から係数 a の回帰式を求める。同様に算出された指数 b と胸高直径の関係から指数 b の回帰式を求める。以上より根系本数の係数と指数を得ることができる。ここで X は胸高直径比 (=L/D), D は胸高直径, L は立木の中心から

トレンチ断面までの距離を示す。今回は胸高直径を階級値である 5cm, 15cm, 25cm としたときの係数と指数の回帰式を求める。表-2 に直径階ごとの根系本数の近似式を示す。これらの指数関数の式から指数と関数を胸高直径階ごとにまとめる。

表-2. 根系本数の胸高直径階別の近似式

区分	階級値	サンプル数	近似式	係数a	指数b
1-10cm	5	6	$Y=198.99e^{-0.402X}$	198.99	-0.402
10-20cm	15	14	$Y=177.65e^{-0.432X}$	177.65	-0.432
20-30cm	25	19	$Y=77.334e^{-0.254X}$	77.334	-0.254

図-8に胸高直径と係数の関係を示す。根系本数の係数は胸高直径が大きくなるにしたがって比例的に小さくなる傾向を示した。図-9に胸高直径と指数の関係を示す。根系本数の指数は胸高直径が大きくなるにしたがって比例的に大きくなる傾向を示した。

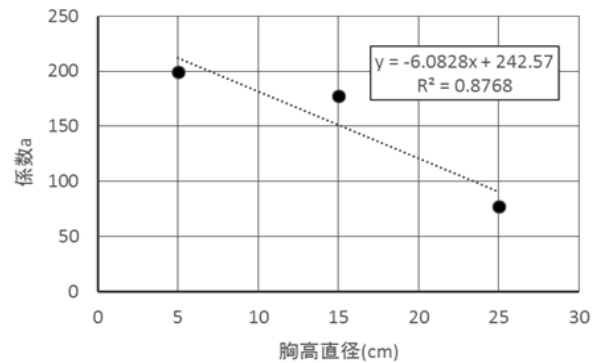


図-8. 胸高直径と係数 a の関係

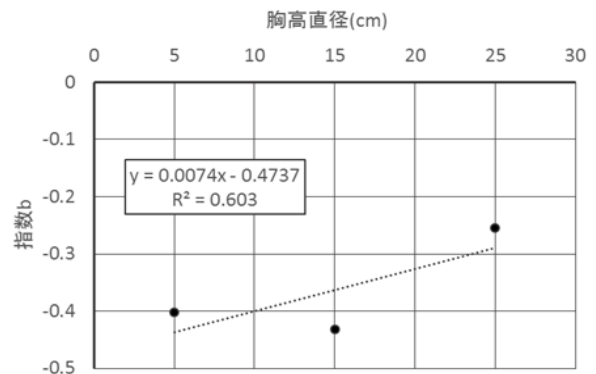


図-9. 胸高直径と指数 b の関係

算出された係数および指数を (1) 式に代入する。これを新しく算出された根系本数の推定式とする。以下これを (3) 式とする。図-10 に胸高直径階ごとの胸高直径比と (3) 式より求めた根系本数の関係を示す。胸高直径が大きくなるにしたがって根系本数は小さくなる傾向を示した。胸高直径比が 1 のときは 1-10cm 区分では約 150 本/m²であるのに対して 20-30cm 区分では約 60 本/m²となっている。しかし、胸高直径比が 5 のときはいずれも約 20 本/m²になっていて一定の値に収束している。すなわち、胸高直径の 5 倍の距離に位置する鉛直断面に露出

する根の本数は任意の立木において一定であるということがいえる。

$$Rn = a'e^{bx} \dots (3)$$

$$(a = -6.0828D + 242.57, b = -0.0074D - 0.4737)$$

x: 胸高直径比(=L/D), D: 胸高直径 (m), L: 立木中心からトレンチ断面までの距離 (m)

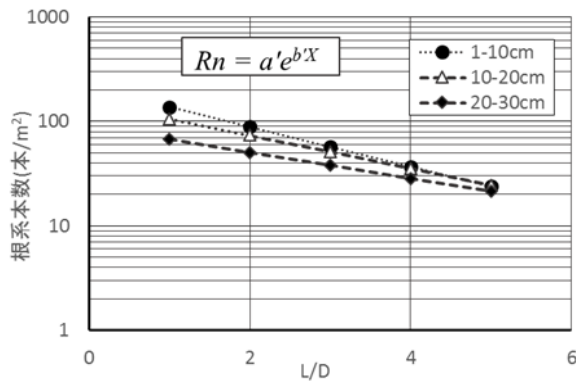


図-10. 直径階ごとの胸高直径比と根系本数の関係

3. 立木間における根系断面積

根系断面積の一面掘削によるデータと全周掘削によるデータに生じた有意差について次のような考察をおこなった。苧住の分類(2)にしたがい小径根、中径根、大径根、特大根と直径階別の根系断面積を求めた。それぞれの供試木ごとに直径階別の割合を算出し、平均の値を一面掘削と全周掘削の両パターンで比較した。結果、一面掘削では全周掘削に比べて中径根以上の径が少なくなる傾向が見られた。図-11と図-12は各掘削パターンで得られた根系本数と根系断面積の割合を直径階別に示したものである。本数の割合を以下、本数比とする。また、断面積の割合を断面積比とする。図-11に本数比を示す。一面掘削では小径根が約70%で中径根が約30%を示し、大径根以上はほとんど出現しなかった。一方、全周掘削では小径根が約75%で中径根は約20%を示し、大径根以上は5%程度であった。次に図-12に断面積比を示す。一面掘削では小径根が約30%で中径根が約65%を示し、大径根以上の根は5%であった。一方、全周掘削では小径根が約20%で中径根が約35%を示し、大径根が約30%、特大根が15%を占めた。一面掘削と全周掘削を比較すると本数比では差が小さいのに対し、断面積比では全周掘削の方が一面掘削より大径根以上の根系が占める割合が大きくなっている。根系断面積では全周掘削によるデータと一面掘削によるデータを比較した場合、一面掘削の値が単木全周に比べ低い値を示すという傾向が図-7にて示されたがこれらの結果は隣り合う立木が互いに生長に制限を与えた結果、根系一本あたりの径が小さくなったという可能性が考えられるので今後の検討が必要になる。

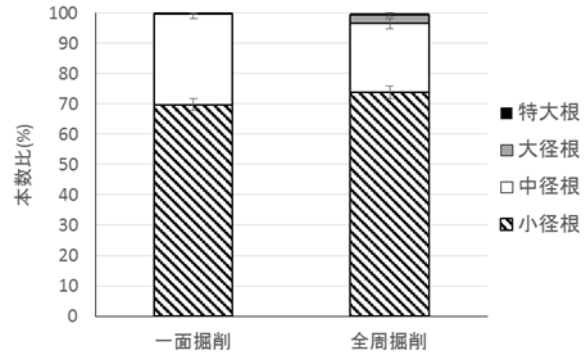


図-11. 直径階別の本数比

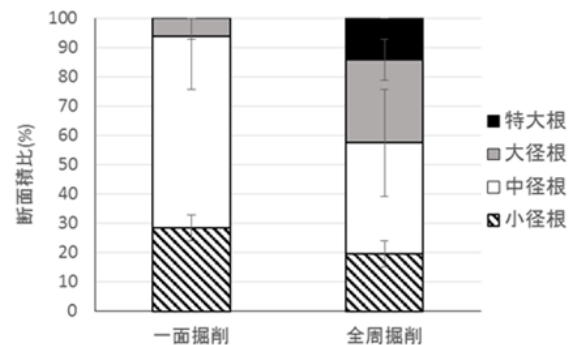


図-12. 直径階別の断面積比

V. おわりに

胸高直径を用いて任意の位置に応じたヒノキの水平根量を推定する方法を試みた。根系本数は任意の立木において胸高直径比が大きくなるにしたがい指数関数的に減少する。一方で根系断面積は一面掘削と全周掘削の比較より立木間中央では隣り合う立木によって生長が制限される可能性があるという結論になった。今後は小径木と大径木のデータを加えることで推定の精度をあげていき、崩壊抑止力の定量的な評価に活用することを目指していきたい。

引用文献

- (1) 遠藤崇ら (2010) 胸高直径を用いたヒノキの水平根の分布範囲の推定：平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, p536-537
- (2) 苧住昇 (1987) 新装版 樹木根系図説, 誠文堂新光者, 東京都, 373pp.
- (3) 北原曜 (2010) 森林根系の崩壊防止機能: 水利科学 No311, p11-37
- (4) 佐橋潤ら (2014) 立木間に分布するヒノキの水平根量の評価：中部森林研究 63 号 p121-122
- (5) 澤原勇貴ら (2013) ヒノキの胸高直径と根系分布について: 平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集, p392-393
- (6) 塚本良則 (1987) 樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究：東京農工大学農学部演習林 23, p. 65-12