

## 67 斜面安定に及ぼす樹木根系の影響について

—樹木根系の分布特性—

建設省土木研究所

○蒲原潤一

金森泰憲

中村良光

### 1. 研究目的

斜面上の樹木群は、斜面土層内に根系を分布させることによって斜面の安定性に影響する。従って、樹木による斜面安定効果を定量評価するためには土層内での根系分布を明らかにする必要がある。斜面土層内での根系分布が明かとなれば、樹木根の材料力学的検討から樹木による斜面安定効果を計算し得よう。

根系分布は、樹種、土質条件、斜面地形、樹冠形状等によって決定されと考えられる。本報の目的は、これらの諸因子と樹木の根系分布とを比較することによって諸因子から樹木根系の分布を予測する手法（根系分布モデル）について検討することである。（図-1）

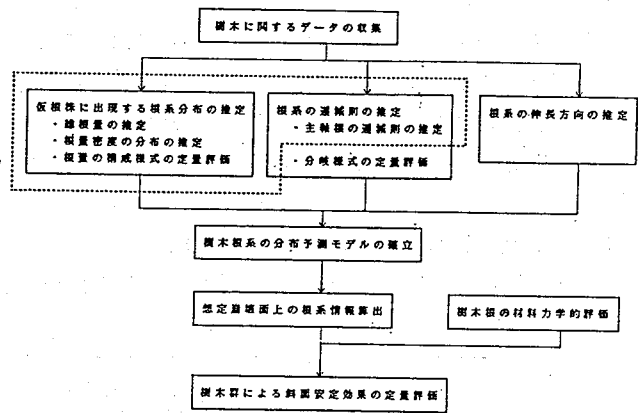


図-1 研究のフロー

### 2. 研究方法

樹木根系の分布についてはすでにいくつかの報告がなされており、根系分布を地表面からの深さに対する根量の通減則によって評価したもの<sup>1)</sup>や分岐回数によって次数分けされた根について通減則を検討したうえで根系分布を再現したもの<sup>2)</sup>がある。筆者らは樹木根系が樹幹基部から放射状に伸長し、伸長の過程で分岐を繰り返す形態を重視し、樹幹基部を中心とする回転座標系（経度、緯度、距離）を設定したうえで任意の曲面に直径何mmの根が何本出現しているか（構成様式）によって根系分布を再現する手法について検討する（図-2）。本報ではこの再現手法の確立に先駆けて、現地調査の結果より以下の項目について検討する。

- ① 樹幹基部から半径40cmの球の地下部を仮根株として設定し、仮根株面での根量分布について検討する。
- ② 仮根株面で計測された根量に関する構成様式についてフラクタルを用いて定量表現する。
- ③ 樹木根系の通減則を主軸根について計算したうえで、通減則に影響を与える要因について検討する。ここでは、主軸根とは図-2に示すとお

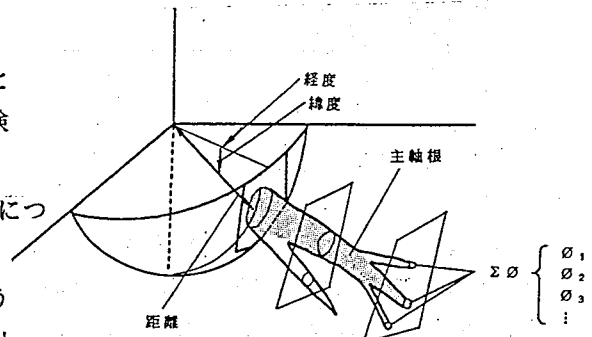


図-2 根系分布の再現方法

り分岐によって枝分かれする根系のうち大径のものを結んだ部位とする。

### 3. 調査方法及び調査地の概要

調査方法を図-3に示す。斜面と樹幹基部を含む鉛直断面とで区切られる部位について根系を露出させ、仮根株面に出現する根系について出現位置(経度DIR, 緯度DIP1)及び直径 $D_1$  (直径1mm以下の根系については本数とおよその出現位置を計測した)、出現後の主軸根の伸長方向(経度DIR, 緯度DIP2)、主軸根の根端直径 $D_2$ 、主軸根の長さ $L$ を計測した。対象樹木の近傍では土研式簡易貫入試験を行い、土層の乾燥単位体積重量(調査木1本につき深さを変えて2~3点)を計測した。樹木地上部については、樹冠形状、樹高、胸高直径、樹齡、根元直径 $D_0$ を計測した。根系の露出作業は手作業で行い根系の損傷は最小限に止めた。表-1に調査木の概要を示す。調査木は横浜市鶴見区駒岡町の北向き斜面及び静岡県下田市落合の西向き斜面から計7本選定した。斜面は傾斜角がそれぞれ27~44°及び28°の急斜面で、地質はそれぞれローム層及び崖錐性の基盤を表層土が覆っている。斜面植生は駒岡町ではコナラ・シロダモを主体とする雑木林、下田市落合では35年生のヒノキの人工林である。調査木は、台地上に生育するミズキ、コナラA以外は急斜面から選定した。

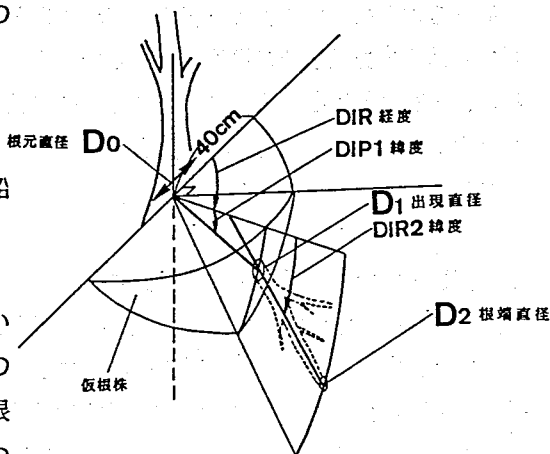


図-3 調査方法

表-1 調査木の概要

| NO. | 調査木   | 胸高直径 (cm) | 樹高 (m) | 調査地      | 斜面傾斜度 (°) | 表層土の分類と厚さ (cm) | 表層土の乾燥重量 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|-------|-----------|--------|----------|-----------|----------------|-------------------------------|
| 1   | ヒノキ   | 20.5      | 18     | 静岡県下田市落合 | 28        | 腐植土 80         | 0.80                          |
| 2   | ミズキ   | 8.9       | 5      | 横浜市駒岡町   | 4         | 残積土 100        | 0.60                          |
| 3   | コナラA  | 14.8      | 10     | 横浜市駒岡町   | 5         | 残積土 60         | 0.53                          |
| 4   | コナラB  | 14.6      | 11     | 横浜市駒岡町   | 27        | 層行土 140        | 0.70                          |
| 5   | シロダモA | 9.2       | 5      | 横浜市駒岡町   | 44        | 層行土 30         | 0.75                          |
| 6   | シロダモB | 12.0      | 8      | 横浜市駒岡町   | 34        | 層行土 80         | 0.91                          |
| 7   | ヒサカキ  | 8.9       | 8      | 横浜市駒岡町   | 30        | 層行土 80         | 0.91                          |

\*表層土はNc値5以下とした

### 4. 仮根株面での根量分布

図-4は、試料木の根元直径と仮根株面に出現した総根系断面積との関係を示したものである。今回の調査では仮根株面の片側半分を解析対象としているため実際の総根系断面積はこの結果の2倍となる。図中には両者の間に相対生長の関係があるとして導いた推定式を示しているが、推定値は実測値とよく適合する。図より根元直径が与えられれば仮根株面での根量が推定でき、その結果は樹種による誤差が少ないことがわかる。

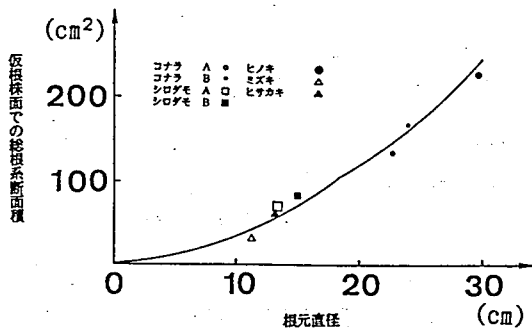


図-4 根元直径と仮根株面での根量との関係

図-5は仮根株面における根系の出現位置と出現位置における根量密度とを示したものである。出現位置は仮根株面を12の象限に分割したうえで象限の重心位置を水平面からの俯角によって示している。根量密度とは各象限内に出現する根系の根系断面積の合計(mm<sup>2</sup>)を各象限面積(cm<sup>2</sup>)で除したものとす。仮根株面における根量密度は斜面傾斜度や樹種にかかわらず水平面からの俯角30°～60°の範囲に集中していることが分かる。

## 5. 仮根株面での根系出現のフラクタル

前節で検討した仮根株面での根量分布を仮根株面から伸長方向に向かっての通減則に入力して根系分布を再現するためには、仮根株面での根量をさらに根系の分岐様式を指標する尺度を使用してその構成様式を明らかにする必要がある。近年、自然界に存在する分岐様式を指標する尺度にフラクタルの概念が持ち込まれ、樹木枝部の幾何形状などにフラクタル性が確認されている<sup>4)</sup>。仮根株

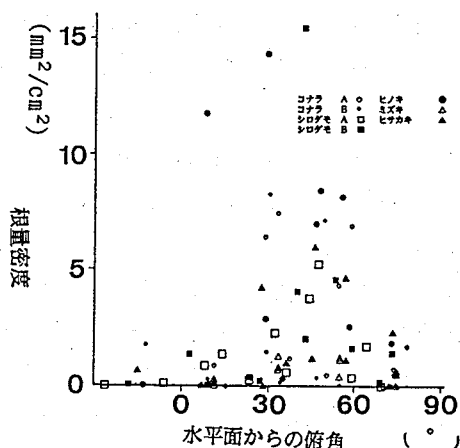


図-5 仮根株面での根量密度分布

面での根系分布は樹木根系の分岐の結果を反映しているので仮根株面での根系出現にフラクタル性が成立する可能性がある。図-6は仮根株面での根系の直径分布を対数表示したものである。横軸に根系直径を、縦軸にその直径以上の根系本数を示す。直径は5mm ごとの階級値で示した。図-6では、直径を10mm以下と10mm以上との範囲に区切れば直線的なグラフ形となる。このことは、限定された範囲内で根系の直径分布が統計的に自己相似パターン即ちフラクタル分布によって定量化できることを示す。直線の傾きは樹種、立地条件、直径区分によって様々な値をとるが、例えばシロダモA・Bのように立地条件が同等であればグラフ形は類似している。これは樹種及び立地条件によって直径分布が予測できることを示している。また、直径10mm以下の根系のほうが10mm以上の根系に比較して直線の傾きが小さい。これは、根系の生理学的理由によるのか、根系露出作業時に細い根系の方が太い根系に比べて切断され易かったためであるのかについては今後検討しなければならない。

## 6. 根系の通減と土質との関係

塚本ら<sup>2)</sup>によれば根系の直径変化は指数関数で表現されることが報告されている。本研究ではこれに従い仮根株面に出現する根(直径が1mm 以下のものを除く)について根系直径 $D_1$ (mm<sup>2</sup>)とそれがL(cm)伸長した先での主軸根の直径 $D_2$ (mm<sup>2</sup>)との関係から主軸根の通減率Pを①式より計算した。

$$D_2 = D_1 P^L \text{ -----①}$$

図-7に主軸根の通減率Pと根端( $D_2$ の計測部)での貫入試験結果( $N_c$ 値)との関係をしめす。 $N_c$ 値は10cm貫入させるのに必要な打撃数であり、土層の物理性を指標すると考えられる。通減率は0.95～0.99の範囲をとり、 $N_c$ 値が15以下の範囲では $N_c$ 値の増加にともなって主軸根は通減しにくくなる(より伸長する)傾向が認められる。根系の分岐頻度と土層硬度との関係についての分析を行っていないので、この結果のみから主軸根と主軸根から分岐した根系とを合わせた根系全体の通減が

土層硬度の増加に伴って小さくなるとの結論は導き得ない。竹下<sup>3)</sup>によれば根系の広がりには湿性よりも乾燥の環境下にある土層内で大きくなることが報告されており、上述の結果は土層硬度を土層の水分保水能力の逆数と読み替えれば妥当である。しかしながら、根系生長は土層硬度によって阻害されると考えるので、この結果は土層硬度が根系生長を阻害しない限界値以下の範囲で適用されよう。図-7では  $N_c$  値15以上を一つの階級として表示しているが、土層硬度の増加による生長阻害については土層硬度の大きい地点でのデータを蓄積したうえで詳細に検討する必要がある。

## 7. おわりに

樹木根系の分布予測モデルの確立を目的として、仮根株面について、根量と根元直径との関係、根量の密度分布、直径分布のフラクタル性を検討した。さらに、仮根株から伸長している主軸根について通減則を検討した。その結果、①仮根株での総根量は根元直径から推定でき、②根量密度は水平面からの俯角30~60° に集中し、③直径のフラクタル分布によって根量の構成様式が指標し得ることがわかった。④主軸根の通減は、 $N_c$  値15以下の範囲で  $N_c$  値の増加に伴い小さくなる傾向が認められた。仮根株面における根系の直径分布についてのフラクタルから根系の分岐構造がどの程度推定でき、推定した分岐様式から根系の通減則をどの程度予測し得るのかについては今後検討してゆく予定である。最後に、調査木の選定にあたって神奈川県横浜治水工事事務所ならびに静岡県下田土木工事事務所の皆様には多大な御協力を頂いた。付して感謝します。

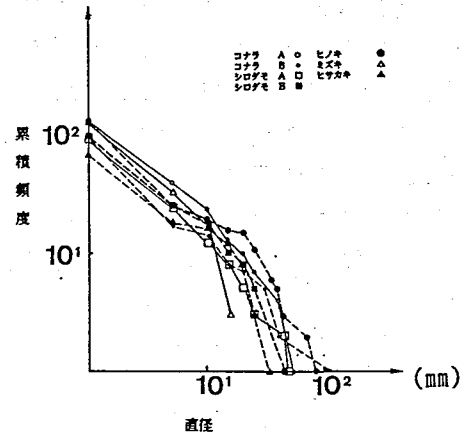


図-6 仮根株面での根系直径分布

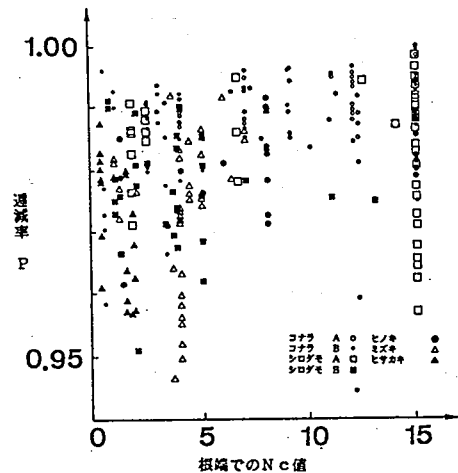


図-7  $N_c$  値と主軸根の通減率 P との関係

## 参考文献

- 1) 阿部他：林地の崩壊斜面における根系分布の実態（Ⅱ）—立地条件による比較—，砂防学会研究発表概要集 242-245，1986
- 2) 塚本他：樹木根系の分布再現モデル，日林誌 56-65，1982
- 3) 竹下：斜面における森林の根系構成とその崩壊防止機能に関する研究，文部省科学研究費報告書 1-47，1990
- 4) D.R. Morse et al., Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body plength, Nature, 314 731-733, 1985