

氏名	つつみ だい ぞう 堤 大 三
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 1308 号
学位授与の日付	平成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 森 林 科 学 専 攻
学位論文題目	Study on Root System Development by Modeling Approach (モデル化の手法を用いた根系成長に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 水 山 高 久 教 授 谷 誠 教 授 武 田 博 清

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、植物根系の成長と土壌中の水分移動を同時にシミュレートするモデルを作成し、自然斜面での根系調査や人工的な環境下での根系成長実験と組み合わせて、植物根系の成長機構の解明が試みられている。植物根系は土壌養水の吸収や斜面での土壌補強効果等、いくつかの重要な機能を有しているが、地下部にあるためその成長機構には未解明な点が多い。これに対し、根が伸長し分枝する様子を数学的に記述するモデル化の手法は、実際に目にする事が困難な根系成長を解明するための有効な手段のひとつである。本論文の構成は以下のようになっている。

第1章では、研究の背景と目的を述べている。さらに、第2章では、はじめに根系に関するモデルの分類を行い、次いで既往の根系成長モデルのレビューを行っている。その結果、本研究において作成されるモデルが満たすべき要素は、(1)樹木根系に適用可能である、(2)斜面上での根系成長に適用可能である、(3)実際の根の伸長機構を反映した偏差成長をモデル化する、(4)根の伸長において重力屈性だけでなく水分屈性も考慮される事、が示されている。

第3章では、水分屈性を考慮した根系成長と土壌水分吸収についての2次元モデルが提案されている。水分屈性とは、根が土壌水分勾配を感知し、湿潤方向に屈曲して伸長する現象であるが、既往のモデルにこの現象が考慮された例はない。本モデルと、代表的な既往モデルである Pages のモデルによって同一の条件下でアカマツ稚苗の根系成長シミュレーションを行い、出力結果を比較している。その結果、水分屈性を考慮した本モデルでは、斜面上での非対称な根系分布の形成を再現できるが、Pages のモデルでは平坦地と斜面での根系形状の違いが表されていない。また、本モデルにより、側根の傾斜重力屈性が重力屈性と水分屈性の相互作用により説明できる事が示されている。以上より、根の水分屈性が根系全体の成長機構において重要な役割を果たしているという事が示されている。

第4章では、根箱を用いたサイズの生育実験を行い、根系成長が水分供給位置の違いにどの様に影響を受けるかを調査している。根箱にはコイル型の TDR プローブを設置し、2次元的な土壌含水率分布の変化を連続的に測定している。実験の結果、根系成長は水分の供給位置に影響を受け、形態が大きく変化する事が明らかになった。この影響は、根の水分屈性と根系の補償成長によるものと考えられる。また、水分供給と根系の水分吸収による土壌含水率分布の変化が正確に測定され、根系成長と土壌水分移動の相互関係が定量的に評価されると同時に、実験に用いたシステムが有効に機能している事が確認されている。

第5章では、第3章で提案した2次元モデルを用いて第4章で示した根箱における根系成長と土壌水分移動をシミュレートしている。その結果、根系形状、土壌水分分布の変化共に良好に再現され、モデルに採用された水分屈性と根系の補償成長が支配要因である事が示された。これにより、第4章で得られた結論が再確認されると同時に、モデルの有効性も示された。

第6章では、第3章で提案された2次元モデルを3次元に拡張し、実斜面に生育したマツ稚苗の成長をシミュレートしている。シミュレーションには、現地観測により得られた実際の気象条件(降水量、蒸発散速度)と土壌水理特性を用いてい

る。現地観察において、マツ稚苗の根系は斜面特有の非対称性を示しており、本モデルは第3章で示した2次元モデルと同様に、この非対称性を再現できる事が示された。土壤水分移動の計算において斜面側方流が恒常的に存在し、根の水分屈性との相互作用により非対称的な根系の形成が顕著に現れる事が示された。この土壤水分移動と根系成長機構によって、実斜面に生育する植物根系の形状を説明できる事が示されている。

第7章では、それ以前の章の総括がなされ、根系成長と土壤水分移動の相互関係の重要性と、根の水分屈性が根系成長における支配要因のひとつであるという事が示されたと結論している。また、本研究において作成されたモデルの有効性と、様々な用途への適応の可能性が述べられている。

## 論文審査の結果の要旨

植物根系の成長機構については未だ不明な点が多い。本論文は根系と土壤中の水分移動を同時にシミュレートするモデルを作成し、自然斜面での根系調査や人工的な環境下での根系成長実験と組み合わせて、植物根系の成長機構を解明しようとしたものであり、評価すべき点は以下のとおりである。

1. 植物の根が土壤水分勾配を感知し、湿潤方向に屈曲して伸長する現象である水分屈性を初めて考慮した根系成長と土壤水分吸収についての2次元モデルを提案した。
2. このモデルと、代表的な既往モデルである Pages のモデルによって同一の条件下でアカマツ稚苗の根系成長シミュレーションを行い、出力結果を比較した結果、Pages のモデルでは不可能な平坦地と斜面での根系形状の違いが表現できた。
3. 本モデルにより、側根の傾斜重力屈性が重力屈性と水分屈性の相互作用により説明できる事が示され、根の水分屈性が根系全体の成長機構において重要な役割を果たしている事が示された。
4. 根箱においてダイズの生育実験を行い、根系成長が水分供給位置の違いにどの様に影響を受けるかを調査した。自作のコイル型の TDR プロブを設置し、2次元的な土壤含水率分布の変化を連続的に測定した結果、根系成長は水分の供給位置に影響を受け、形態が大きく変化する事が明らかになった。
5. 2次元モデルを用いて根箱における根系成長と土壤水分移動をシミュレートした結果、根系形状、土壤水分分布の変化共に良好に再現された。
6. 2次元モデルを3次元に拡張し、実斜面に生育したマツ稚苗の成長をシミュレートした。その結果、マツ稚苗の根系の非対称性を再現できた。土壤水分移動の計算において斜面側方流が恒常的に存在し、根の水分屈性との相互作用により非対称的な根系の形成が顕著に現れる事が示された。

以上のように本論文は植物根系の成長を説明できる数値シミュレーションのモデルを開発したものであり、森林科学、山地保全学、森林生態学の分野に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成15年1月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。