報告番号	※~~甲~~乙 第3087号

主論文の要旨

題名　二次元林分遷移の方程式とその応用に関する研究

氏名　田中和博

主論文の要旨

報告番号	※甲/乙 第　　号	氏名	田中和博

現実の林分は、それが同齢単純林であっても、大小様々な林木から構成され、直径分布や樹高分布の形状は、実に多様である。その多様性の原因としては、地形条件や土壌条件などによる制約、過去の気象条件などの環境要因の影響、病虫害や災害による破壊、そして、除間伐などのように施業により人為的に加えられた変化などの外的要因が考えられるが、その他に、生長固有の特質に起因するものがあると考えられる。本論文は、外的要因による影響が無視できるくらい小さい場合の、生長固有の特質によって引き起こされる林木の大きさのちらばり具合について考察したものである。生長固有の特質に起因する林分構造の変化を把握しておくことは、生長を予測するうえでの基本であると考える。このような林分は現実には存在しないが、理想的な外的条件の下に生育した林分と考えられるので、ここでは、これを『理想状態のもとに生長した林分』と呼ぶことにする。

現実の林分の生長経過から『理想状態のもとに生長した林分』の林分構造とその変化を類推するには、生長現象の抽象化と、それを説明するモデルが必要となる。名古屋大学農学部の鈴木太七教授は、林木の直径の大きさのちらばり具合を拡散現象として説明しようとする研究を行い、林分遷移の方程式の理論とそれに基づく林分生

長モデルを発表している。本論文は、鈴木教授の指導のもと、新たに樹高の因子を取り入れ、直径と樹高を二因子とする二次元の林分遷移について研究したものである。

二次元林分遷移の方程式は、既に、鈴木教授によって導かれていた(1966)が、本論文では、その基本解が二次元正規分布になることを示した。その理論的な展開は、第２章に述べた通りである。

二次元林分遷移の方程式を具体的なモデルとして表わすためには、各係数関数の関数型を定め、そのパラメータがとる範囲を知っておかねばならない。第３章では、直径生長モデル、樹高生長モデル、および直径と樹高の相関係数に関するモデルを構築した。確率論的モデルの作成にあたっては、全生長期間を表現する微分方程式と、各時間断面を表現する微分方程式との違いを考慮する必要がある。たとえば、直径生長と樹高生長を例にとると、誤差変動を考慮に入れなければ、全生長期間は、直径、樹高の両生長ともMITSCHERLICHの生長法則を表わす微分方程式で記述される。しかし、各時間断面においては、非常に短い時間の直径生長量が直径の一次関数として表わされるのに対して、非常に短い時間の樹高生長量は樹高の大きさに関係なく一定と表わされる。こうした相違が、分散の増加に決定的な影響を及ぼすことが分かった。これについては、３．２節で詳しく説明した。

３．３節で構築した直径生長モデルは、SLOBODAのモ

デル(1976)を拡張したものである。SLOBODAは、各時間断面において、誤差変動を考慮に入れなければ、直径生長量が直径の一次関数として表わされるとしたが、具体的には、原点を通る直線式のモデルを採用した。本論文では、東京大学千葉演習林のスギ固定試験地資料を解析した結果に基づき、これが必ずしも原点を通らず、一般にx切片を持ち、さらに、このx切片の位置が平均直径の一次関数で表わされることを見出した。この場合、林齢に伴う直径分散の増加は、RICHARDS生長関数と誤差変動に関連した項との積として表わされることが証明できた。しかし、生長の中期以降は、RICHARDSの生長関数で十分近似できた。

３．４節で構築した樹高生長モデルは、前述したように、時間断面の表現において、直径生長モデルとは全く異なるものである。そして、この相違が、分散の増加傾向に違いをもたらし、その結果、樹高分布の変動係数が直径分布のそれの約半分の大きさであるという通説を説明することができた。また、分散の増加傾向のこうした相違は、林齢に伴う樹高曲線の傾きの変化にも深く関与していた。

直径生長が３．３節のモデルに従い、樹高生長が３．４節のモデルに従う場合の、直径と樹高の相関係数の林齢に伴う変化を３．５節で検討した。直径生長量と樹高生長量の相関係数は、直径や樹高の大きさに関わらず一

定とみなすことができた。ここで、林齢に対しても一定であると仮定すると、直径と樹高の相関係数は、林齢に伴い単調に減少することが理論的に示された。

第4章では、秋田営林局管内のスギ収穫試験地の資料を実証的に解析した結果に基づいて、二次元林分遷移の方程式の基本解の生長に伴う傾向を推察した。ここでは、解析の対象を上層木集団の林木に限定した。これは、いくつかの現実林の上層木集団の直径・樹高別本数分布が二次元正規分布に近い形状を呈していたためである。

現実の林分は、直径分布は左偏し、樹高分布は右偏する傾向にある。また、樹高曲線は一般に上に凸な曲線を描く。しかし、これらはいずれも下層木集団の存在によってもたらされる傾向であると解釈できた。下層木集団は、何らかの原因によって生長に遅れをとった林木と考えられるので、当然、その生長傾向は上層木とは異なると考えられる。本論文では、上層木集団のみを対象とした。上層木集団は、立木本数で全体の約80％、材積で約95％を占めるので、上層木だけを解析の対象としたとしても、林分の生長の動向を見失う恐れはないと判断した。

現実林の直径・樹高二次元本数分布を、二次元正規性の検定結果に基づいて分類した結果、上層木正規型、上層木準正規型、正規型、準正規型、非正規型の５つの分布パターンに類別できた。このうち非正規型に属する林分は約２割しか存在せず、大部分の林分では、全木ある

いは上層木の集団が二次元正規分布で近似できた。また、生長に伴い、一般に、上層木正規型に移行していくことが認められた。

上層木集団の平均直径の生長には、MITSCHERLICH式がよい適合を示し、そのパラメータは、上限値が約50cm，kは約0.02であった。直径分散の増加にはGOMPERTZ式をあてはめたが、よい適合を示した。この場合、kは平均直径生長のkと共通にした。上限値は約100cm^{2}であった。上層木集団の平均樹高の生長にもMITSCHERLICH式がよい適合を示した。上限値は約35mであった。kは約 0.025であり、直径のkの約 1.3倍であった。樹高分散の増加には、原点を通るMITSCHERLICH式がよくあてはまった。この場合、パラメータkは平均樹高生長のkの2倍の大きさとした。上限値は6m^{2}前後であった。上層木の直径と樹高の相関係数は、やや減少の傾向にあるものの同一林分内では比較的安定しており、実用上は一定とみなせた。その値は林分ごとに若干異なるが 0.7から0.85の値であった。間伐が実施されてから次の間伐が実行されるまでの上層木の本数密度の減少に対しては、指数減少式がよい適合を示した。この場合、年減少率は約 1.3%であった。

こうした各生長因子の傾向を総合的にとらえることによって、二次元林分遷移の方程式の基本解の性質を推察することができた。すなわち、直径・樹高別本数密度分

布を表わす二次元正規分布が、林齢とともに推移していく様子を描くことができた。この二次元正規分布は、直径を横軸、樹高を縦軸とする基底平面上を原点付近から出発し、右上方に向かって時計回りの回転を伴いながら移動しかつ拡散していく。その場合、分布の中心の軌跡は、理論上は上に凸な曲線を描くことになるが、現実ではほとんど直線的に移動しているとみなせた。分布の時計回りの回転は、実は、樹高曲線の傾きが林齢とともに減少することを示している。ここでは、二次元正規分布を考えているから、樹高曲線が直線として表わされているのが特徴である。

二次元林分遷移の理論の応用例として、生長に伴う材積分布の変化と、丸太別収穫量の予測例を、第５章に示した。ここでは、二次元林分遷移の方程式の基本解についてのみ応用例が示してある。これにより、材積分布が一般に左偏する傾向が、直径分布と樹高分布の正規性からもたらされるものであることを示した。また、丸太別収穫量の予測手法は、初期値解の場合に対しても容易に応用が可能であるから、基本解の場合について、その基本的な考え方を示した。

本研究で考察した二次元の林分遷移はあくまでも基本解に関するものであり、しかも、各林木が十分な生育空間を持つような低密度の林分を対象とするものである。自然界においては、様々な変形や変更を受けているのが

普通であるから、基本解そのままのような生長をする林分は、現実にはほとんど存在しないであろう。しかし、現実の林分を『理想状態のもとに生長した林分』に外的条件が作用したものとして認識することによって、その生長動向を見通しよくすることができると考えている。

以上述べたように、本論文では、二次元林分遷移の方程式を誘導し、その基本解が二次元正規分布となることを示した。また、各係数関数を表わすモデルを構築し、方程式の基本解である直径・樹高二次元本数密度分布の生長に伴う変化について推察した。得られた結果は、常識的にも理解しやすいものであった。これにより、二次元林分遷移の方程式の基本解の性質が明らかとなり、また、そのイメージを具体的に描くという当初の目的を達成することができた。