

Title	Mathematical Structure for Forest Kinematic Model and its Applications
Author(s)	Le, Chuan Huy
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48513">https://hdl.handle.net/11094/48513</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	レ <sup>レ</sup> チュアン <sup>チュアン</sup> フイ <sup>フイ</sup> Le Chuan Huy
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 1 2 2 5 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科環境工学専攻
学位論文名	Mathematical Structure for Forest Kinematic Model and its Applications (森林動態モデルの数学構造の解明とその応用)
論文審査委員	(主査) 教授 八木 厚志  (副査) 教授 加賀 昭和 教授 池 道彦 助教授 町村 尚

#### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、1994 年 Kuznetsov、Antonovsky、Biktashev、Aponina 達により導入された森林動態を記述する数理モデルについてその数学的構造の解明と解明結果の現実問題への応用についてまとめたもので、全 8 章から構成されている。

第 1 章は、序論で本研究の背景と目的について述べた。

第 2 章では、森林の動態を数学的に記述するために提案されている幾つかの動態モデルについて記述した。特に、樹木と土壌の相互作用によるマングローブ林の動態モデルと樹木と種子との世代サイクルによる森林動態モデルについて解説した。

第 3 章では、本研究で用いた数学解析の道具、すなわち角域作用素、半線形抽象放物型発展方程式、無限次元力学系などについて解説した。

第 4 章では、森林動態モデルに対して半線形抽象放物型発展方程式の理論を用いて局所解を構成した後、局所解の正值性、ア・プリオリ評価式を示して時間大域解の構成を示した。さらに、適切に設定した状態空間において数理モデルから力学系を定義した。

第 5 章では、前章で構成した力学系についてそれぞれの軌道の漸近挙動を考察した。初めに、リヤプノフ関数が存在すること、すなわち全ての軌道に沿ってあるリヤプノフ関数の値が時間経過とともに単調に減少することを見出した。次いで、各軌道について  $\omega$  極限集合が存在することを示すとともに、多くの場合において、各軌道は一定の定常状態に漸近することを見出した。

第 6 章では、前章の結果を受けて力学系の定常状態の構造を調べて、モデル内に含まれるパラメータにより定常状態の構造が大きく変化することを明らかにした。適当な場合には、森林が消滅した状態は不安定で実現し得ないこと、ある場合には、消滅した状態と生存状態が共に安定となること、特に安定な生存状態には無限個の可能性があること、またある場合には、消滅状態のみが安定となり全ての軌道は森林消滅の方向へ向かうことを見出した。

第 7 章では、前 4～6 章の現実問題への応用について論じた。これら 3 章の結果より森林動態に対応する力学系の構造は、内部パラメータに大きく依存することが明らかとなったが、これらの事実を基に森林の健康度を定量的に表

す1つの指標の提案を行った。提案した指標と森林の復元力との間に密接な関係が成立することを、モデルを使った数値シミュレーションで示した。

第8章は、結論で本研究の解析的な結果とその応用についてまとめたとともに、今後の課題について述べた。

## 論文審査の結果の要旨

森林生態システムの保全および持続可能な森林資源の利用は、環境問題の主要な課題の一つとなっている。本研究は、数理的研究の立場から、森林システムの発展過程を理論面から解明することに取り組んだもので、Kuznetsov、Antonovsky、Biktashev、Aponina 等により提案された森林動態モデルに着目し、モデルが有する数学的構造の解明とともにその解明結果の森林生態学的な解釈についてまとめたもので、その成果は以下の4点に集約できる。

1. 提案された森林動態モデルに対し、抽象放物型発展方程式理論、ア・プリオリ評価法、無限次元力学系理論等を適用することにより正值解析解の構成、さらには力学系の構成を行っている。これにより、本モデルが数学的に妥当なものであることを示している。
2. 動態モデルから定まった力学系について、リヤプノフ関数が存在することを見出しさらに各プロセスには $\omega$ 極限集合が存在することを示している。このことから、森林発展過程には一つの動学的エネルギーが存在し各プロセスはその動学エネルギーが単調減少するように発展し、最後は初期状態に固有なある定常状態に収束して行くということを明らかにしている。
3. 力学系に含まれる定常解の構造について調べている。成木の再生率と枯死率の大小関係により、定常状態の構造ならびに各定常状態の安定・不安定性が劇的に変化することを示している。2種類の再生率、すなわち再生率1と再生率2が見出せて、成木枯死率が再生率1より小さい場合には零定常状態は不安定となること、同枯死率が再生率2より大きい場合には零定常解は反対に大域的安定となること、同枯死率が再生率1と再生率2の間にある場合には安定な零定常状態と安定な非零空間一様定常状態とが共存するとともに無数の中間的定常状態が存在することを明らかにしている。
4. 安定な非零空間一様定常状態の安定多様体の広さをシミュレーション手法で評価することにより、モデルに含まれる内部パラメータから森林システムの復元力または健康度が客観的に定義され得ることを示唆している。

以上のように、本論文は数理的立場から森林の発展過程の理論的解明に取り組んだもので環境工学、特に数理森林生態学に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。