

Title	ディリクレ境界条件を課した森林動態モデルの数学的構造
Author(s)	白井, 孝典
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48609">https://hdl.handle.net/11094/48609</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 <sup>しら</sup>白 <sup>い</sup>井 <sup>たか</sup>孝 <sup>のり</sup>典

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 1 5 7 1 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 19 年 9 月 26 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
工学研究科応用物理学専攻

学 位 論 文 名 **ディリクレ境界条件を課した森林動態モデルの数学的構造**

論 文 審 査 委 員 (主査)  
教 授 八木 厚志

(副査)  
教 授 笠井 秀明 准教授 須藤 孝一 神戸大学教授 中桐 信一

#### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、1994年 Kuznetsov、Antonovsky、Biktashev、Aponina 等により導入された森林の動的過程に関する空間連続年代構造モデルにディリクレ境界条件を課した問題について、同問題が有する数学的構造について得られた成果をまとめた。

論文は、全 8 章から構成されている。

第 1 章は序文で、本研究の背景と目的について述べた。

第 2 章では、森林の動的過程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、本研究で着目した空間連続年代構造モデルの導出について詳しく紹介した。

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の基本事項について概説した。

第 4 章では、空間連続年代構造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すことにより時間大域解の構成を行った。さらに、解の初期値に関する連続性を示すことにより本モデルから定まる無限次元関数空間における力学系の構成を行った。

第 5 章では、前章で構成された力学系について解の漸近挙動を考察した。初めに、有界な吸収集合が存在することを示した。次いで、リヤプノフ関数が存在すること、すなわち適当な関数が見出せて全ての解についてその関数の値は時間の経過とともに単調減少することを示した。さらにこの事実より、多くの場合において、解は一定の定常状態に漸近することを明らかにした。

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について調べた。唯一の空間一様定常解である零解の安定性・不安定性について先ず検討した。その結果と次章の数値計算結果とも併せて、壮年層木の枯死率が一定値より小さい場合には零解は不安定であるとともに一方で空間非一様定常解が唯一存在しそれは安定であること、逆に枯死率が非常に大きい場合には零解が唯一の定常解であり大域的に安定であること、それらの中間の場合には安定な零解とともに他に多くの空間非一様定常解で安定なものおよび不安定なものが存在していることを明らかにした。

第 7 章では、森林動態モデルに対する数値シミュレーション結果をまとめており、初期関数と壮年層木の枯死率を適当に変化させた場合の数値解の挙動をグラフの形で示した。特に、定常解には樹木の不連続的な分布を示すギャップが出現することを見出し、それが森林に固有な自然境界と関連付けられることを指摘した。

第8章は結論で、本研究で明らかとなった結果についてまとめたとともに、今後の発展のための課題について述べた。

### 論文審査の結果の要旨

森林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である。本研究は、数理的な立場から森林生態システムの動的過程を理論的に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モデルに新たにディリクレ境界条件を課した問題を考察している。その成果は以下の4点に集約できる。

1. ディリクレ境界条件を課したモデルに対し、抽象放物型発展方程式理論とア・プリオリ評価法を適用して、各初期関数について正值大域解の構成を行っている。さらに、無限次元力学系理論を適用することによりこの問題から定まる力学系の構成を行っている。
2. この力学系について、系の保存量とすべきリヤプノフ関数が存在することを見出し、これを利用して各々の動的過程には $\omega$ 極限集合が存在することを示している。以上から、森林動的過程には力学系としてのエネルギーが存在し各過程はこのエネルギーが単調減少するように推移し、やがては一定の定常状態に近づく結論付けている。
3. この問題の唯一の空間一様定常解である零解について、その安定性と不安定性を調べている。モデルに含まれる成木の枯死率が他の森林パラメータに比べて小さいときには零解は不安定であること、逆に他のパラメータより十分大きいときには大域的に安定であること、これらの中間であるときには局所的に安定であるが、他にも安定な空間非一様定常解が複数存在すること示している。このように、森林パラメータに依存して力学系の数学的構造が大きく変化することを明らかにしている。
4. 数値シミュレーションにより、空間非一様定常解の樹木密度分布には明解な不連続ギャップが現れることを見出している。この不連続ギャップは、森林観測において見出される森林固有の自然境界と対応させて考えられ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動的過程を理論的に研究したもので応用物理学、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。