

# 山梨県若手研究者奨励事業 研究成果報告書

所属機関名 東京農工大学 農学部附属フィールド  
サイエンス教育研究センター

---

職名・氏名 助教・小林 勇太

---

## 1 研究テーマ

日本特化型の森林将来予測モデルの開発-樹木の成長・死亡プロセスの改良-

## 2 研究の目的

森の中で芽生えた樹木の实生は、大人になるまで数十年の時間を要する。また、樹木の寿命は人間をはるかに超えるほど長く、森林はゆっくりと時間をかけながら変化していく。つまり、現代を生きる人間による森林管理の恩恵や損害は将来世代が受けることになる。そのため、適切な森林の管理には、現在世代と将来世代のニーズを見定める先見の識とモニタリングに基づいて施業を変化させる柔軟性が求められる (i.e., 順応的管理)。これを具体的なプロセスへと落とし込むと、100年後の森林ビジョンの明確化と必要な管理手法のバックキャストが必要になる。しかし、複雑な森林の遷移プロセスに気候変動がどのように作用するのは未だに明確な回答が得られておらず、100年先の森林の予測は専門家であっても困難な作業となる。

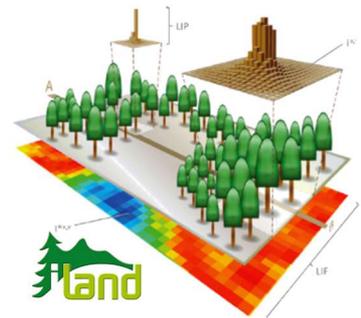


Fig. 1 : ドイツの研究チームによって開発された森林景観プロセスモデルのイメージ図。

これを助けるツールの一つに、シナリオに基づいて未来を予測する森林プロセスモデルが挙げられる : e.g., LANDIS-II (アメリカ)、LandClim (スイス)、TreeMig (スイス)、iLand (ドイツ; Fig. 1)。これらは、主に欧米の研究グループが開発・運営に携わっており、欧米の森林によく適合するように開発されている。しかし、日本をはじめとするモンスーンアジアの森林に欧米発祥のモデルを適応すると、再現できない生態系プロセス (シカによる食害やササの優占など) があるために、結果の解釈に多くの制約が課される。申請者の研究チームは、この問題に対し「日本・東アジアの森林に特化した森林景観モデルの開発」を実施している。方法・手段で述べるように、本プロジェクトの目的は5つのサブテーマをクリアすることで達成される。

## 3 研究の方法

独型森林景観モデル (the individual-based forest landscape and disturbance model) の計算アルゴリズムを、日本 (モンスーンアジア) の森林に適合するように書き換える。これにあたり、以下のような研究が必要となる。

- A-1. 樹木の平均寿命に基づく、年齢-枯死率モデルの作成
- A-2. 風・シカによる死亡率増加プロセスの記述と A-1 モデルへの実装
- B-1. 衛星データと現地観測データの統合によるリーフフェノロジー予測モデルの開発
- B-2. 〃 水分-成長量関係式の推定
- B-3. 〃 光合成温度順化予測モデルの開発

## C-1. 風による個体死亡・ササによる移入個体の定着抑止プロセスのモデル化

本助成では、このうち A-1 と B-1 に取り組んだ。以下にその概要を示す。

### A-1 樹木の平均寿命に基づく、年齢-枯死率モデルの作成

環境省や林野庁、日本長期生態学研究ネットワーク (JaLTER) が公開している情報を収集し、日本全国の約 100 万本の樹木の追跡調査データを収集した。個体毎に成長率と死亡率を計算し、樹木サイズとの関係を検証することで、66 種類の高木種の時間-生存曲線 (生命表) を作成した (Fig. 2)。次に、寿命に関わる新しい評価フレームワークを構築し、以下 2 つの寿命指標を計算した (Fig. 3) : 1) 1cm 直径の樹木を 0 歳と仮定したときに、天然林における直径分布の 99 パーセンタイル値に到達するまでにか

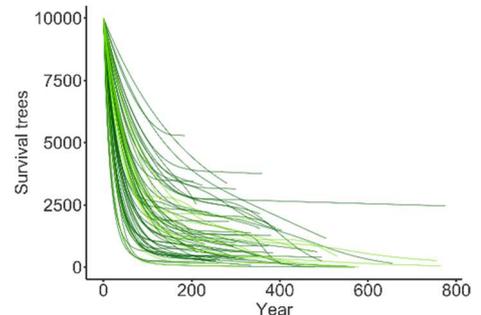


Fig.2 : 66 種類の樹木の時間-生存曲線。樹高が 1.3 m に到達した年を 0 年と仮定している。

かかる平均的な時間 (potential maximum lifespan)、2) 0 歳から potential maximum lifespan までを範囲とした平均余命 (life expectancy at 1 cm diameter)。

次に、各種の分布情報を国土数値情報から得られる気候値メッシュデータと重ね合わせ、気温と降水量の分布センター (気候適地) を計算した。これらを 2 つの寿命指標およびその比と比較した。この結果に基づき、種の共存機構や動態の解明への一助として、寿命への資源アロ

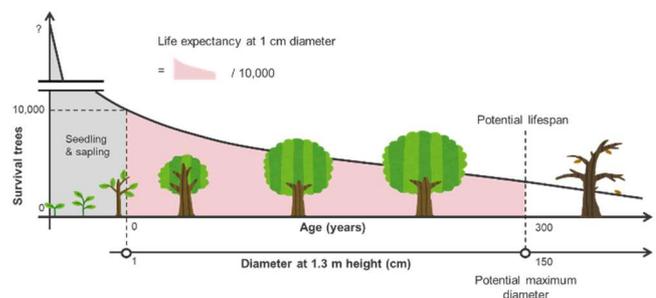


Fig.3 : 直径 1cm の樹木の平均余命計算の概念図。生存曲線によって囲われた赤色の部分の面積を初期値で除したものが平均余命となる。

ケーションの階層構造に関する考察を行うほか、脆弱な種の特定期や生態系の保全・修復戦略の策定などに対する応用可能性についての考察を行った。

### B-2 衛星データと現地観測データの統合によるリーフフェノロジー予測モデルの開発

森林の最大葉量、展葉・落葉時期は衛星画像の時系列解析によって特定することができる。しかし、林内には多様な種が共存しているため、画像情報はそれらの平均的な値となる。群馬県みどり市に位置する東京農工大学農学部附属フィールドミュージアム草木に設置された 1ha 森林モニタリングプロットのリターフォールデータ (2005~2011 年) に基づき、種の存在量と最大葉量の関係を検証することで、衛星データと現地観測データの統合を試みた。具体的には、回収されたリターを樹種別・器官別に分類・測定し、各樹種について年間リター重量/胸高断面積(kg/ha)を算出した



Fig.4 : リター分類の様子。

(Fig. 4)。説明変数を各気候因子 (年間平均気温・暖かさ指数・年間積算降水量)、応答変数をプロット内の優占種 5 種 (イタヤカエデ・クリ・シオジ・ミズキ・ミズナラ) の年間リター重量/胸高断面積(kg/ha)とし、単回帰分析を行った。

## 4 研究の成果

### A-1 樹木の平均寿命に基づく、年齢-枯死率モデルの作成

Potential maximum lifespan は 176 から 758 年の範囲で変化し、平均値は  $327 \pm 120$  年だった。Life expectancy at 1cm diameter は 18.3 から 207.9 年と potential maximum lifespan よりもかなり狭い範囲で変化し、平均値は  $80.4 \pm 40.9$  年だった。すべての樹木において、potential maximum lifespan は人の最大寿命を超えたが、life expectancy at 1cm diameter は 52% の種が人の平均寿命を下回った。Potential maximum diameter と life expectancy at 1 cm diameter は正の相関を示したが、傾きは約 0.22 であり 1 からは大きく逸脱していた。

我々は、1:1 ラインからの逸脱度を life expectancy at 1 cm diameter と potential maximum lifespan の比 (LE:PL ratio) として示し、各種の気候要因との関連性について探った。結果として、厳しい環境に分布する樹木ほど LE:PL 比が有意に低くなるという結果が得られた (Fig. 6)。これは、環境-potential-lifespan 関係の傾きに比べて環境-life-expectancy の傾きが高くなることに起因しており、種のデータスクリーニングの基準 (直径-死亡率の補完割合に課している制約) を緩くしても・厳しくしても確認されるロバストなパターンであった。

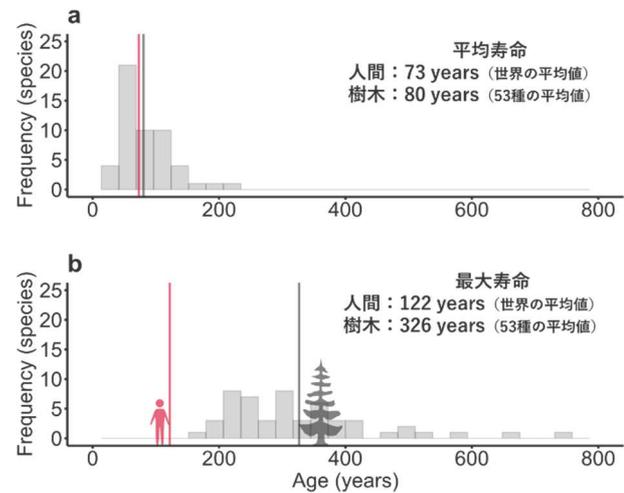


Fig.5: 66 種の平均余命 (a) と最大寿命 (b) の分布。黒色の垂直線は樹木の平均値、赤色の垂直線は人間の値を示す。

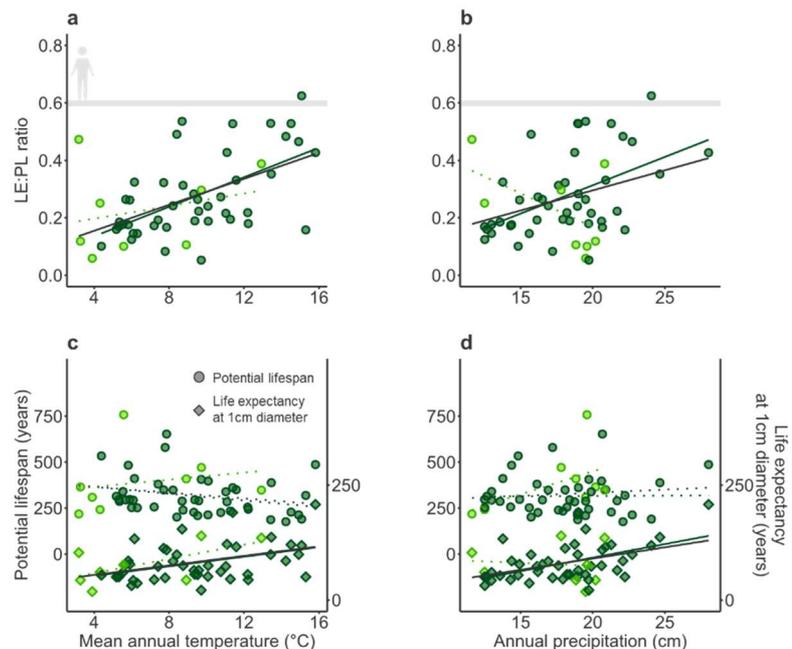


Fig.6: 寿命変数と気候適地の関係性。色の違いは針葉樹と広葉樹の違いを示す (Fig. 1 の凡例と同じ)。(a) と (b) 内にあるグレーの線分は人間の最大寿命と平均寿命の比を示している。

### B-2 衛星データと現地観測データの統合によるリーフフェノロジー予測モデルの開発

葉量は、年ごとに 10~20% の変動幅を持ちながら、種ごとに異なる反応しながら推移していた (Fig. 7)。例えば、優占種であるシオジの胸高断面積当たりのリター重量は、450~600kg/ha の値で推移した。この年変動を説明する気候変数として、すべての種に共通するものは見つけることができなかった。ただし、一部の種では、ある変数と強い相関関係を示すものがあり、複数の変数の相互作用などを加味した複合的な統計解析の必要性が示唆された (Fig. 8)。

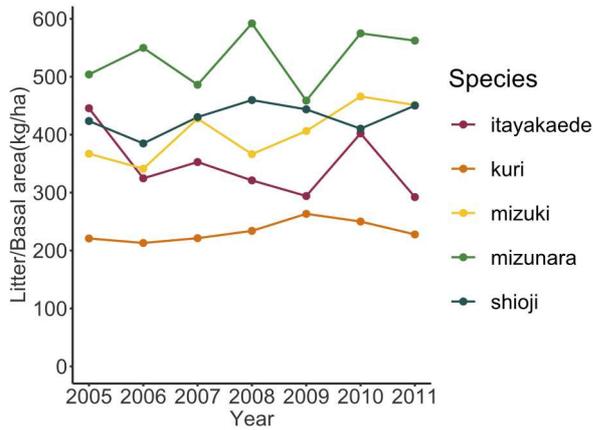


Fig.7：横軸は年、縦軸は年間リター重量/胸高断面面積(kg/ha)を示す。プロット内の樹種のうち、胸高断面面積の大きい上位5種について図示した。

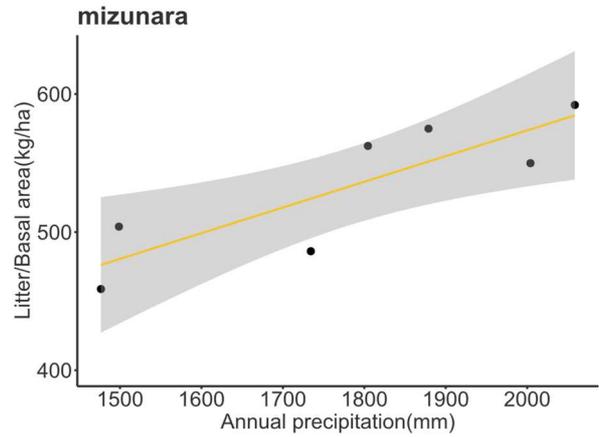


Fig.8：横軸は2005-20011年の各年間積算降水量(mm)、縦軸は2005-20011年のミズナラの年間リター重量/胸高断面面積(kg/ha)を示す。

## 5 今後の展望

A-1 に関しては、モデルに組み込むための一連のアルゴリズムが完成したため、これをベースとした死亡モジュールの作成に取り組む予定である。なお、作成した生存曲線は、死因を分離することができていないため、各地の GIS・気候データをもとに、環境と死亡率の関係性を定量化することで、A-2 に取り組んでいく予定である。B-1 に関しては、解析を継続し、他の地域で得られたデータを合わせて解析することで、リーフフェノロジー予測までつなげる予定である。B-2、B-3、C-1 については、資金と人的なリソースの制約のために実施するめどが立っていないが、上記の研究を終了次第、順次取り組んでいく予定である。