

### ● 青柳 亮太 特定助教

*Ryota AOYAGI (Assistant Professor)*

**研究課題:** 樹木群集組成の超広域時系列情報を用いた植生レジームシフトの閾値解析  
(Country-scale mapping of tropical forest recovery after disturbances:  
Patterns and processes)

**専門分野:** 生態学 (Ecology)

**受入先部局:** 農学研究科 (Graduate School of Agriculture)

**前職の機関名:** 森林総合研究所  
(Forestry and Forest Product Research Institute)



私は生態系の振る舞いを、生物学的・進化的な視点を通して理解することを目指して研究をしています。特に熱帯降雨林の圧倒的な生物多様性と巨大な樹木群に興味を持っており、学部生の頃から現在に至るまで、熱帯林に足繁く通い奮闘を続けてきました。白眉プロジェクトでは、人間活動と森林の持続性の関係について研究を進めたいと思っています。歴史を振り返ると、森林の過度の利用とその後の環境劣化を通して、人間の文明は発展と崩壊を繰り返しています。なぜ森林を持続的に利用することはそんなに難しいのでしょうか？私は、複雑な要因の絡む生態系の将来予測が、本質的に困難であったことが鍵ではないかと考えています。一方で、近年発展してきた衛星画像などのビックデータやそれを扱う情報科学技術は、これまで不可能であった複雑な現象の理解を可能にしつつあります。本プロジェクトでは、この技術を従来の生態学の研究手法である植生調査と組み合わせ、熱帯林の動態を理解・予測するという問題に挑みます。

As an ecologist, I am fascinated by enormous biodiversity and structure of tropical forests, and the understanding of tropical forest dynamics and underlying mechanisms is my life-long purpose. In the Hakubi project, I will try to deepen our understanding of the relationship between tropical forest ecosystems and human activities. In the human history, overuse of forests and subsequent environmental degradation have been a major driver of the collapses of civilizations. Why is sustainable forest use so difficult? Long-term forest responses to human activities have been poorly understood, which, I think, is a key for this question. Recent development of big data such as satellite imagery and information techniques allow us to discover new aspects of nature, which we could not elaborate in the past. I use these techniques in collaboration with traditional fieldwork to understand drivers underlying tropical forest dynamics disturbed by human activities.

### 持続的な森林利用はなぜ難しいのか？

一般に、自然生態系は攪乱後いずれ元の状態 (図1A) に回復するという頑健なレジリエンスを持つと考えられがちです。ところが、私は熱帯林を対象として研究・保全活動を行う中で、攪乱後時間が経っても生態系が回復しない現象が存在することを発見し (図1B)、その現象への理解の欠如が生態系の持続的利用を妨げていることに思い至りました。そのため、この研究の目的は、開発が進む熱帯雨林をモデルとして、陸域生態系のレジリエンス喪失の要因を解明し、そのリスクを可視化することで持続的な生態系利用に繋げることに

あります。

熱帯林におけるレジリエンスの喪失は、次のようなプロセスにより生じると考えられます。健全な森林が伐採や火災などの攪乱を受け荒地となった場合、樹木の種子が加入し、やがて森林が回復していきます (図1右下、青のライン)。ところが、森林が過度の攪乱を受けた時、樹木による土地被覆が失われ、乾燥によって樹木の死亡率が増加します (図1右下の初期の傾きが小さくなる)。空き地となった場所にシダ植物が繁茂し林床を覆うことで、樹木の加入が途絶え回復の見込めない状態にシフトします。(レジームシフト現象、図

1 右下赤のライン)。この現象を理解するためには、森林の長期動態を把握し、両者（図1 右下青と赤のライン）を分ける攪乱強度（閾値）を明らかにする必要があります。ところが、この閾値には、過去の履歴、早魃強度、地形など複雑な要因が関わっているため、実験や理論研究によって予測することは実質的に不可能です。

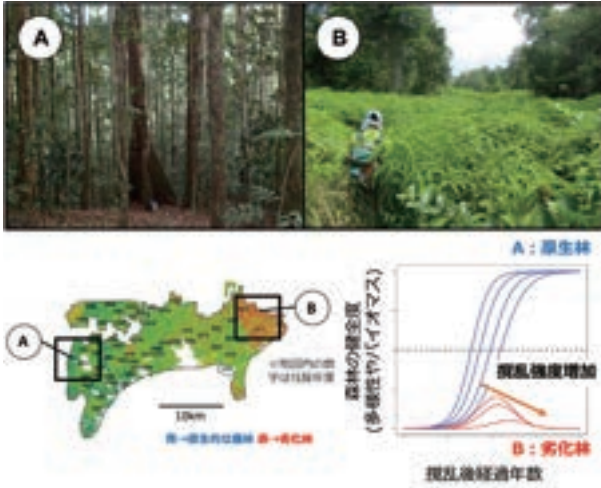


図1 原生林 (A) と回復力を失った森林 (B) の様子. 左下の図は、衛星解析による森林の状態を景観レベルで評価したもの. 右下のグラフは健全な森林回復の様子 (青のライン) と過度の攪乱によって森林が回復しなくなる様子 (赤のライン) を模式的に示しています.

### 森林の動きを宇宙から見る

そこでこの研究では、衛星画像を利用することで、広域スケールで森林動態を把握し、そのビックデータをもとに経験的に閾値を推定する、というアプローチをとります。これまでも熱帯林の生物多様性やバイオマスを広域に推定するため、人工衛星を活用した手法が開発されてきました。現在主に使用されている人工衛星 (Landsat) は、地表面の分光反射情報 (赤色光・青色光等の強度) を取得することができます。こうした地上の“色”の情報が森林の植生の状態を反映しており、この関係について詳細に解析することで生態系の広域評価を行ってきました (図2 上)。特に私たちは、それまで困難とされていた樹木の多様性指標を地図化する手法を開発しました (Fujiki et al. 2016; Aoyagi et al. 2017)。しかし、極めて広域 (ボルネオ島内だけで >10,000km<sup>2</sup>) に及ぶ熱帯林地帯を継続的に解析するには膨大な労力がかかるため、この手法は1枚の衛星画像がカバーする空間スケールに限定されるという問題がありました (<1,000km<sup>2</sup>)。

### ビックデータによる森林動態の解明と応用

白眉プロジェクトでは、情報科学技術を駆使することで上記の問題を乗り越えたいと考えています。多くの衛星画像を標準化する技術を開発し、これまでの手法に機械学習を導入することで超広域スケール (国レベル、>10,000km<sup>2</sup>) の森林動態の時系列データを作成します (図2 下)。これにより、膨大なデータから各地域のレジームシフトリスクを推定できると考えています。「レジームシフトが生じる前に閾値を同定し、そのリスクを把握しつつ生態系を利用する」、これは、人類が史上経験してきた、多くの環境問題に関わる課題です。本研究が達成されれば、レジームシフトのリスク (攪乱閾値) を継続モニタリングし、森林の現状や将来予測に配慮しつつ環境適応的な森林利用が可能になると期待しています。

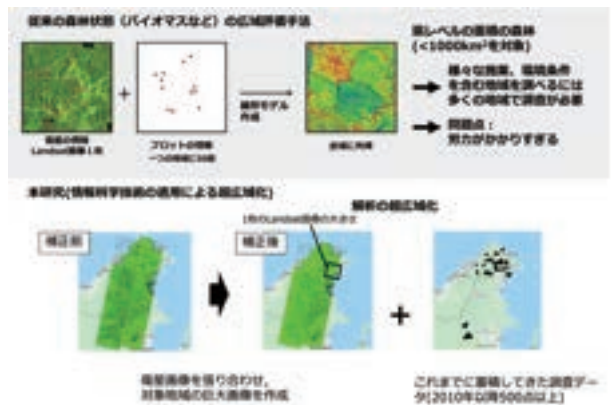


図2 衛星画像を用いた森林把握手法 (上) と研究 (下) の概要.

### 参考文献

[1] Ryota Aoyagi, et al., The mixing ratio of tree functional groups as a new index for biodiversity monitoring in Bornean production forests, *Forest Ecology and Management*, 403, pp27–43, 2017. doi:10.1016/j.foreco.2017.07.026

[2] Shogoro Fujiki, Ryota Aoyagi, et al., Large-scale mapping of tree-community composition as a surrogate of forest degradation in Bornean tropical rain forests, *Land*, 5, pp45, 2016. doi:10.3390/land5040045