

# 読む

私が学生だった頃、多くの研究室で遺伝子の本体であるDNAの塩基配列を読むことが可能となりました。当時は放射性同位元素で標識したDNA断片をゲルで分離し、X線フィルムに感光させて得られるひとつひとつのシグナルを目で追いつながりながらATGCの文字に置き換えて読み取っていました。1回の反応で読むことができるのはせいぜい数十文字程度にすぎず、これを繰り返しながら数千文字からなるひとつの遺伝子の情報を1年以上かけて読み解いた時には、大きな達成感がありました。今日ではDNAの塩基配列解析技術は飛躍的に向上し、数万個の遺伝子から構成されるひとつの生物のすべての遺伝情報を、数日のうちに数万円程度で読むことができるようになりました。人間業では対処できないほどの膨大な量のデータが簡単に入手できるようになり、当時では想像もできなかったような手法で遺伝学の研究が進められています。

検出機器や情報機器の進歩により、サイエンスの多くの分野で同様のことが進んでいます。対処しきれない量のデータを獲得した人間は、データの関連性を人工知能によってモデル化し予測することを可能にしました。データを生産しながら強化学習したAI囲碁プログラムAlphaGoがプロ棋士に勝利したことは、時代の変化を象徴するトピックでした。

世はまさにデータ駆動型に移行しようとしています。データをもとに、計算機が先を読むという時代になりつつあります。ところが、人工知能が導き出すモデルはブラックボックスのままです。人類が抱える課題の解決のためには、モデルの奥に隠されたメカニズムを知ることが重要です。データ科学を駆使しながら本質を見抜くことのできる人材が求められているのだと感じています。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

堤 伸浩

気候が悪化すると森林は減びます。森林が減びると気候はさらに悪化します。悪化した気候の下では森林は二度と回復しません。気候の安定化装置として働いている森林を守るということは、私たち人類の未来を守るということなのです。



森林科学専攻  
森林理水及び砂防工学教室  
くまがい ともおみ  
**熊谷 朝臣**教授

# 森林と気候の未来を読む

Imagine the future of forests and climate

## 教えて! Q&A

### ■ 地表面のエネルギー収支

地表面への太陽放射(短波放射)は地表面の反射特性にしたがって上に反射します。大気からは赤外放射(長波放射)が地表に向かい、地表面も長波放射を返します。それぞれの収支を短波放射収支、長波放射収支として、これらの和が、地表面で熱を必要とする活動に使えるエネルギーである純放射です。

$$[\text{短波放射収支}] + [\text{長波放射収支}] = [\text{使えるエネルギー} : \text{純放射}]$$

森林があると短波放射も長波放射の収支も大きくなり純放射が大きくなります。純放射は、地表面で起る水の蒸発に使われるエネルギー(潜熱)、地表近くの空気を暖めたり冷やしたりして、その空気に乗って運ばれるエネルギー(顕熱)、そして地中に一旦蓄えられるエネルギー(地中貯熱)に分配されます。

$$[\text{純放射}] = [\text{潜熱}] + [\text{顕熱}] + [\text{地中貯熱}]$$

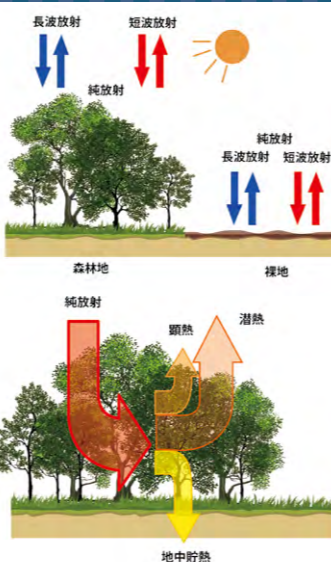
森林があると、蒸散散により潜熱への配分が増えて顕熱が減り、結果として、暑熱環境が緩和されたり、大きいスケールでは、大気の対流が弱くなったりします。

### ■ 蒸発散

植物は光合成のために二酸化炭素を葉の内部に取り入れようと気孔を開きます。すると、大気の乾燥具合に応じて葉から気孔を通して水蒸気が出ていきます。これを蒸散と呼びます。また、植物、特に大きな体を持つ樹木は、雨が降ったとき、雨のある割合は葉や枝、幹に当たり、そのまま蒸発して大気に戻って行きます。これと蒸散と合わせて蒸発散と呼びます。森林では、蒸発散が降雨量の50%を超えることは珍しいことではありません。

### ■ 地球システムモデル

地球全体の気候・陸域・海洋の相互作用やフィードバックをシミュレートし、温暖化進行による気候変化のような未来の地球の姿を予測するために用いられます。森林変化モデルのような陸上生態系モデルは地球システムモデルの重要な部品です。

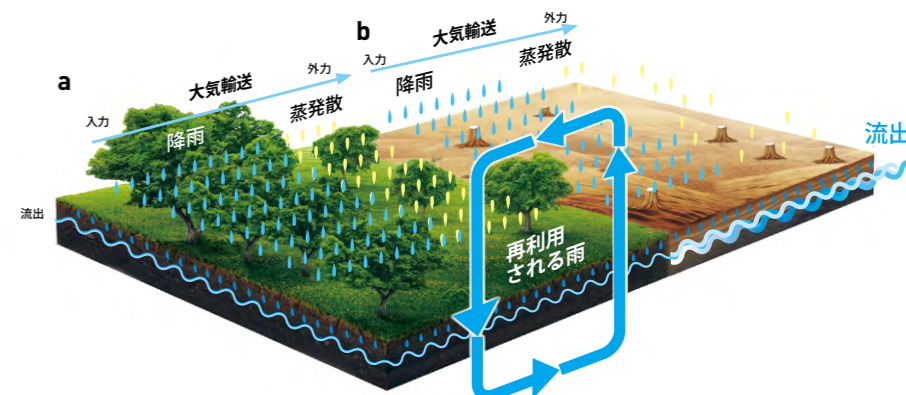


温暖化とそれに伴う気候変化の最大の元凶は、大気中に残る二酸化炭素です。この10年来の研究で、森林の二酸化炭素吸収能力と温暖化抑制能力は、これまで考えられてきたよりも遥かに高いこと、そして、まだ地球上には南アメリカの総面積の約半分という広大な面積の森林回復の余地があることが明らかになりました。

近年の気候変化による熱波と干ばつは、世界中で森林衰退と樹木大量枯死を引き起こしています。森林が失われると、地表面のエネルギー・水収支が大きく変わり、その地域だけでなく地球スケールの気候まで変わります。こうした森林喪失が導く気候悪化は、さらなる森林破壊を生み、ますますの気候悪化を導きます。また、森林回復が不可能になることで気候悪化が不可逆となります。私たちは、この気候悪化の悪循環を断ち切るために、森林を守り育てなければなりません。その戦略を考えること、それ

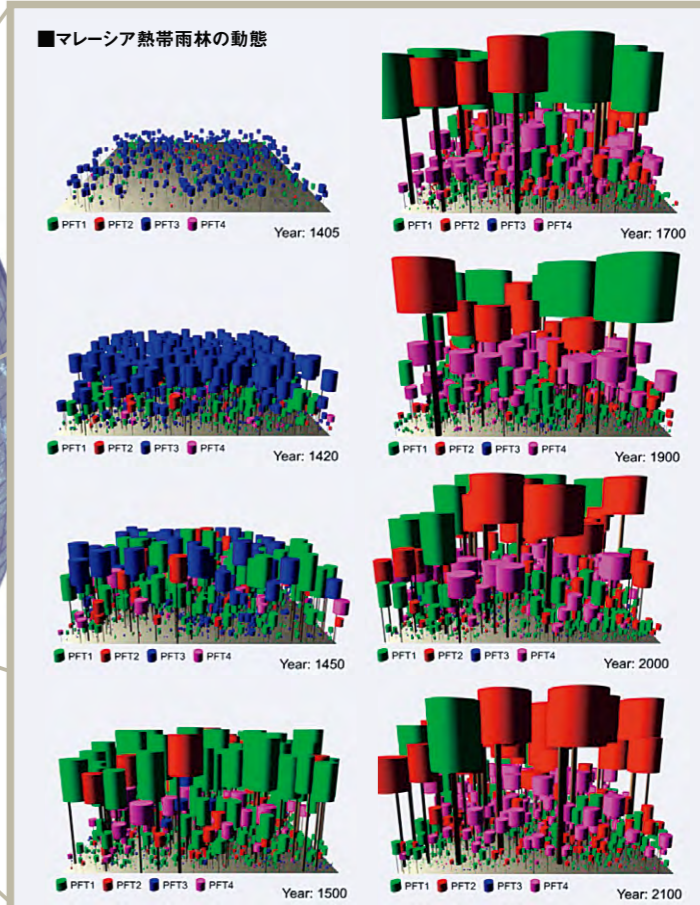
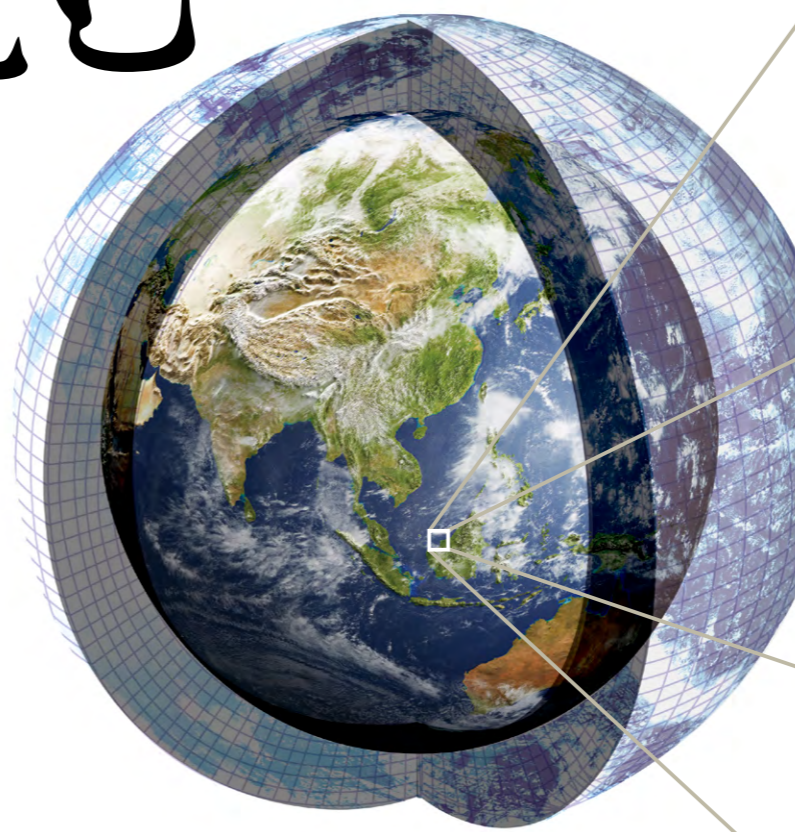
が私の研究者としての使命だと考えています。まず、森林の気候安定化装置としての能力を知る必要があります。私たちは、森林の減少が国レベルの広域の降水量を減らすことを実際のデータとコンピュータシミュレーションの両方から確認しました。また、気候変化に対する森林の弱さ・強さを知る必要があります。そのために、森林の環境への反応、例えば、一枚の葉の光合成速度から森林生態系全体の二酸化炭素

の動きにいたるような計測を重ね、気候変化に対して森林が変わっていく様子を再現・予測するシミュレーションモデルを実測に基づいて開発しました。最終的に、森林の変化と気候変化の相互の関わり合いを知るために、森林変化モデルを地球システムモデルに組込んだ大規模なシミュレーション〜森林と気候の未来を読み解くこと〜の実行を計画しています。私たち人類の未来を守るために。



森林が失われたとき地表での水収支はどう変わるか? (Aragão, 2012, Nature 489, 217を改変)

湿った空気がやってきて雨を降らせず。そこに(a)森林があると、雨の大部分は蒸発散で大気に戻り、湿った空気はそのまま別の場所に行き、そこでも雨を降らすでしょう。雨と蒸発散の差し引きである流出は、それほど大きくはなりません。(b)森林が無ければ、蒸発散も少ないので別の場所に行く空気は乾燥して、そこでの雨は減るでしょう。流出も大きくなり、時に洪水を引き起こすこともあります。



### 森林変化モデルと地球システムモデル

森林変化モデルによる、さら地(西暦1400年)から西暦2100年までのマレーシア熱帯雨林の動態のシミュレーション結果。色の違いは機能別に分けた樹種の違い(PFT1~4)を表しています。このような森林変化モデルが地球システムモデルの中に陸上生態系モデルとして組み込まれて、森林と気候との関係を地球レベルで調べることができます。

詳しくはこちら、 [http://tomo-kumagai.eco.coocan.jp/index\\_j.html](http://tomo-kumagai.eco.coocan.jp/index_j.html)