

no. 04



[Topics]

フォレスト GX/DX 協創センターの設立

広がる地方演習林と企業との連携

[教育] 海外からのインターンの受入れ

[研究] バイオロギングが明らかにするコウモリの移動 無人航空機(UAV)で切り開く多様で複雑な森林づくりのイノベーション



フォレスト GX/DX 協創センターの設立

この度、2024年4月1日に演習林組織の一部として、弥生キャンパス内に新たにフォレスト GX/DX 協創センター (FGDC) が設立されました。

センター新設に伴い、教員、技術職員、リサーチ・アドミニストレーター(URA)や産学連携コーディネーターを含めたスタッフ6名が新たに加わり、総勢17名(うち専任は8名)での活動がスタートしました。

森林 GX と DX

FGDCでは自然を活用した解決策(Nature-based solutions)として、森林を中心としたグリーントランスフォーメーション (GX) やデジタルトランスフォーメーション (DX) に積極的に取り組んでいます。産業界との連携や地域社会との協創によって、森林へのグリーン投資のプラットフォームを形成し、脱炭素社会の実現に向けた東大モデルを作ることをミッションとしています。

オフィスには、北海道演習林産のマカバ(ウダイカンバ)やダケカンバなどの木材を使用したデスク、セン (ハリギリ)の本棚、ミズナラのテーブルなどが設置されています。なかでも、本棚の扉には、6つの樹種を使用した木製扉が使われていることや、木の香りの残る部屋の雰囲気は魅力的です。これもフォレストGXの取り組みの一環として進められています。

フォレスト DX として具体的に取り組んでいる研究 には、長年演習林で蓄積されてきた大規模・高精度の 森林データの整備や森林炭素吸収量の精緻化、炭素蓄 積の技術開発などのテーマがあります。100年以上にわたる森林観測のデータベースを整備し、公開していくことは重要です。これらの研究の一部は、企業との共同研究による産学連携によっても進められています。また、地方自治体との連携協定を結ぶことなどによって、脱炭素実現に向けた実施計画策定支援などにも貢献していきます。

フィールドの活用

東京大学演習林には、千葉演習林、北海道演習林、 秩父演習林、田無演習林、生態水文学研究所、富士癒 しの森研究所、樹芸研究所の7つの地方演習林があり、 それぞれの地域で実際のフィールドを使った研究を行 うことができることが強みです。研究開発のほかにも、 人材育成を目的とした教育プログラムの立ち上げにも 力を入れています。

今後は国内だけではなく、アジア諸国とも長期森林 観測のネットワークを構築していき、東京大学演習林 がアジアでの代表的な森林研究フィールド拠点の一つ となっていけるよう、アジア諸国との交流を深めてい くことで、国際的な活動についても積極的に担ってい きたいと考えています。

東京大学全体でも「UTokyo Green Transformation」として、GX が積極的に推進されている中、FGDC においても学内での部局間連携を図っていくことで、東京大学演習林としての強み、すなわちフィールドを活かした取り組みを通じて、脱炭素社会の実現に向けて貢献していきたいと思います。





右:FGDC 弥生キャンパスのメンバー 上:FGDC オフィス 下:オフィス内の本棚 (デスクと棚はカリモク家具(株)からのご提供)



Topics

広がる地方演習林と企業との連携

近年、森林保全、環境技術の開発、地域経済の活性化などに関して、地方演習林が企業と共同研究を行う事例が増えてきました。今回は、演習林で取り組んでいる2つの産学連携の事例についてご紹介します。

1つ目は、サントリーホールディングス株式会社との研究助成・森林整備協定です。秩父演習林では森林整備を通じて水源涵養林や生物多様性の保全に取り組むとともに、環境への影響を調査するなど、森林の価値を高める取り組みを進めています。この森林整備協定によって広範囲に整備した植生保護柵(写真1)は、増加したシカによる森林生態系へのインパクトを明らかにし、解決策をさぐる重要な研究フィールドとなっています。また、同社と生態水文学研究所の森林整備協定では、犬山研究林にてLiDAR データの取得が予定されているほか、研究協定ではハチク(淡竹)更新過程の解明、ドローンを活用した都市近郊林管理方法の構築、過去の植生情報の復元などのテーマが実施される予定です。

2つ目は西松建設株式会社と千葉演習林との共同研究です。循環型社会の構築を目指し、木造高層建築や環境調和型施設に関する技術開発や地域活性化に関する共同研究に取り組んでいます。千葉演習林産木材(写真 2)を活用した ZEB(Net Zero Energy Building)のセミナー棟、オフィス棟や宿泊棟を設けて、西松建設株式会社と千葉演習林だけでなく、様々な企業や研究者を巻き込んだ多者間共同研究を展開します。将来的には地方自治体との協力も視野にいれて進めています。

2024年4月に発足したフォレストGX/DX協創センターでは、演習林で生み出される森林の動態や管理に関する知見が企業の活動に生かされることによって、持続可能な社会を実現していくことを目指しています。今後は、演習林と企業の得意な部分を活かしながら、新しいライフスタイルや価値観の創造にも結びつけていくことへ挑戦していきます。



写真 1 秩父演習林の植生保護柵



写真 2 千葉演習林にて木材の引き渡し

♣ 教育

海外からのインターンの受入れ

「演習林年報」によると、演習林における海外からのインターンシップの学生受入れは、2013年のマレーシアサバ大学に始まり、その後、学生を派遣する国や大学が多様化してきました。最近数年間は、新型コロナウィルス流行による入国制限により受入れが停止していましたが、今年に入ってからは、イタリアのサッサリ大学の学生1名が生態水文学研究所と北海道演習林でそれぞれ1か月間、フランスのÉcole Nationale du Génie et de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES) の学生2名が北海道演習林で3か月間のインターンシップを行いました。彼らは非正規の学生ではありますが、海外学生が東京大学において短期間の職場(研究)体験するための「国際短期プログラム」を利用して各演習林に滞在し、教員、技術職員、研究者、場合によっては学生と共に、短期研究、研究補助、フィールド調査、森林管理業務に取り組みます。

読者の皆さんは、なぜ彼らが演習林でのインターンシップを希望するのかという疑問を持つでしょう。そこで、本記事執筆中にちょうど滞在していた ENGEES の 2 人にお話を聞いてみました。2 人によると、ENGEES では、他研究機関でのインターンシップあるいは ENGEES と交流協定を結んだ他大学で1セメスター分の授業を履修することが必須となっ

ており、2人は前者のインターンシップを選択したそうです。 インターンシップの滞在先は海外である必要はないということです。そうなると、あえて東京大学の演習林を希望したのはなぜか気になります。この点について聞いてみると、「森林科学や森林管理の現場への興味」に加えて、「アニメ、漫画、アイドル、日本食など日本文化への興味」もあるということでした。今後も、演習林への海外からのインターンシップ希望は続きそうです。



演習林職員の前でフランスの森林・林業について紹介する ENGEES からのイン ターンシップ学生 (2024 年 7 月 31 日、北海道演習林山部事務所講義室にて)



バイオロギングが明らかにするコウモリの移動

森林圏生態学研究室 富士癒しの森研究所 福井大

動物の「動き」を追う意味

動物はその名の通り、「動き」ます。どの空間をどうやって、なぜ移動していくのかを明らかにしていくことは、動物にまつわるいろいろな環境問題を扱っていくうえで必要不可欠な課題です。例えば、鳥インフルエンザがどのように地球上に広まっていくのか、外来種がどのように分布域を拡大させていくのか、を明らかにするには、それぞれの対象動物の移動パターンを知る必要があります。また、希少な動物の移動経路と環境の「相関」を見ることで、保全すべき箇所を見極めることができるようになります。

動物の移動を知ることは、従来はとても困難なことでした。特に、広範囲を高速で移動する動物の場合、研究者の視点からの観察では移動の全体像を追うことはできません。ところが、今世紀に入り、動物自身にセンサーや GPS データロガーを装着する「バイオロギング」といわれる手法が発達し、私たちは動物の視点から移動を知ることができるようになりました。

コウモリという動物

世界で1,400種以上が繁栄しているコウモリは、哺乳類の中で唯一自力飛翔を行うなかまで、高い移動能力をもっています。病原菌やドラキュラ、廃墟といったイメージがつきまといますが、餌となる昆虫の個体数を抑制したり、熱帯林樹木の種子散布や花粉媒介をしたりと、生態系の中で重要な役割を果たしている動物でもあります。また最近では、主要な生息地である森林環境の変化や開発などで多くの種が絶滅の危機に直面しているとも言われています。

小型で夜間に飛びながら移動するという特徴を持つコウモリは、直接観察による研究が極めて困難です。1990年代以降は、コウモリが発する超音波を私たちの耳でも聞こえるように変換してくれる「バットディテクター」という機械が簡単に使えるようになったため、その存在を容易に知ることができるようになりましたが、あくまで固定的な視点(聴点?)からの観察であるために、移動については断片的にしか知ることができません。

先に紹介したバイオロギングについても、当初は装着するロガー重量が大きく、コウモリに装着できるものではありませんでした。ところが幸いなことに、近年のめざましい技術発達により、最近ではわずか数gのGPSロガーが市販されるようになりました。そこで筆者は、2015年頃より同志社大学の研究者らと共同で、ヤマコウモリの採餌移動を追う研究を開始しました。

ヤマコウモリの 採餌移動パターン 1)

ヤマコウモリは、日本に生息する昆虫食コウモリの中で最も大型の種で、体重が50gを超えることもあります。普段は大径木にできる樹洞をねぐらとし、昆虫類を捕食していますが、季節によっては小型の鳥類を捕食することも知られています。その翼の形から、長距離を高速で飛翔することが予想され、最近では風力発電所の風車との衝突死が問題となっています。こうした問題を解決するためには、移動実態を理解する必要があるのですが、夜間にどこをどのように移動して何をしているのか、まったくわかっていませんでした。

我々は、北海道旭川市において、数秒おきに 位置情報を取得し、同時に超音波音声を録音で きるロガーをヤマコウモリに装着しました(図 1)。コウモリは、餌を捕食する際に独特の超 音波音声を発するため、位置情報と同時に音声 を録音することで採餌した場所がわかるので す。数日後、ロガーを回収することに成功し、 その中には、1時間弱の飛行軌跡と採餌のタイ ミングがデータとして収められていました。ヤ マコウモリはこの1時間弱の間に、山地、河川、 市街地と異なる環境を飛翔していましたが、山 地では地上から 300m を超える高さを飛翔し ていました。一方で、河川では水面すれすれま で降りてきており、これは水を飲むためと考え られます。また、市街地と比べて山地と河川で 頻繁に(1分間に3回前後)採餌を行っている こともわかりました (図2)。飛翔速度は時速 20km 前後で時には時速 30km を超えていま した。

単純な移動軌跡だけでなく、環境による飛翔 高度や速度、採餌頻度の違いに関する情報の蓄 積は、コウモリという動物がとる移動戦略の理 解につながると同時に、風力発電施設の適切な 設置や保全策に対する提言につなげられます。

引用文献

1)Niga Y, Fujioka E, Heim O, Nomi A, Fukui D, Hiryu S. (2023) A glimpse into the foraging and movement behaviour of *Nyctalus aviator*; a complementary study by acoustic recording and GPS tracking. R. Soc. Open Sci. 10: 230035.

https://doi.org/10.1098/rsos.230035



図1 ロガーを装着したヤマコウモリ



図2 ヤマコウモリの飛翔軌跡と採餌場所



無人航空機(UAV)で切り開く多様で複雑な森林づくりのイノベーション

森林流域管理学研究室 北海道演習林 尾張敏章

異齢混交林の管理に UAV を活用

多様な樹種・サイズの樹木で構成され、複雑な林分構造を持つ森林(異齢混交林)の管理が、気候変動への適応策として近年世界的に注目されています。欧州では「近自然型森林管理」として、EU森林戦略 2030 によりその普及が図られています。国内でも、現行の森林・林業基本計画において「複層林化と天然生林の保全管理の推進」が主要な施策の一つとされ、育成複層林の面積を増やす目標が掲げられています。

多様で複雑な森林づくりを行うためには、林分や樹木の状態と配置に関する詳細で正確な情報が不可欠です。北海道演習林では、2014年から無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)(図1)を導入し、革新的な空間情報技術の異齢混交林管理への応用に関する研究を進めています¹⁾。以下に、最近学術誌に掲載された2つの研究成果を紹介します。

針広混交林の林分パラメータを 推定する

Karthigesu ら ² は、UAV 空中写真を用いて 針広混交林の林分パラメータを推定し、その精 度を改善する方法について検討しました。対象 としたのは、16 林班(面積 158 ha)と 65・ 66 林班(301 ha)の 2 か所で、北海道演習 林が 2022 年 10 月に UAV (DJI Matrice 300 RTK) で撮影したカラー(RGB)画像を使用し ました。写真測量ソフトウェアを用いて林冠高 モデルとオルソモザイク画像を生成し、毎木調 査を行った計 60 プロット(50 m×50 mの 方形区)に対して、構造、テクスチャ、スペクトルの3種類の指標値をそれぞれ算出しました。線形重回帰とランダムフォレストの2つのモデルを用いて、7つの林分パラメータ(上層樹高、平均胸高直径、胸高断面積、林分材積、炭素蓄積量、立木本数密度、広葉樹比率)を推定した結果、いずれのモデルにおいても、3種類の指標値を組み合わせて適用することで推定精度が改善されました。

針広混交林内のミズナラを 空から探索する

Htunら³は、UAV空中写真と深層学習モデルを用いて、高価値広葉樹であるミズナラの樹冠抽出を行い、その精度を評価しました。ミズナラが比較的多く分布する針広混交林(68E小班、面積31 ha)を対象に、北海道演習林が2022年9月(黄葉前)と同年10月(黄葉後)に取得したRGB画像を用いて、深層学習モデルのResU-Net(画像認識データセットのImageNetで事前学習した畳み込みニューラルネットワークResidual Network 101をバックボーンとするU-Netモデル)で分析を行ったところ、いずれの月の画像においても高い精度でミズナラ樹冠を抽出でき、10月のRGB画像を用いた方が9月の画像に比べて精度は高くなりました(図2)。

UAV 向けの様々なセンサが 利用可能に

これら2つの研究では、どちらも UAV に 搭載した高解像度カメラ (DJI Zenmuse P1) を使用して、上空から調査対象となる森林の RGB 画像を撮影しました。一方で近年、RGB カメラとは異なる様々なセンサを UAV に搭載し、森林資源情報を把握する研究が増えています。北海道演習林でも、2023 年にはマルチスペクトルカメラを搭載した UAV (DJI Mavic 3M)を、2024年には UAV に搭載可能なLiDAR センサ (DJI Zenmuse L2)を新たに導入しました。これらの技術を活用して、異齢混交林の情報をより詳細で正確に把握するための研究を進めていきます。

引用文献

- 尾張敏章(2020) 林分施業法における航空 機 LiDAR と UAV の利用可能性、北方林業, 71:106-109
- 2) Karthigesu J, Owari T, Tsuyuki S, Hiroshima T(2024) Improving the estimation of structural parameters of a mixed coniferbroadleaf forest using structural, textural, and spectral metrics derived from unmanned aerial vehicle Red Green Blue (RGB) imagery. Remote Sens, 16(10): 1783
- 3) Htun N M, Owari T, Tsuyuki S, Hiroshima T (2024) Mapping the distribution of high-value broadleaf tree crowns through unmanned aerial vehicle image analysis using deep learning. Algorithms, 17(2): 84



図 1 北海道演習林技術職員による UAV (DJI Matrice 300 RTK)での空撮の様子(撮影:延栄一)

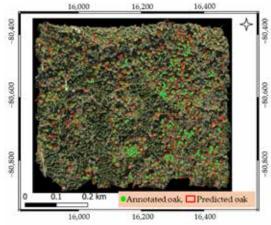


図 2 10 月の UAV 画像と ResU-Net モデルを用いたミズナラ樹冠の抽出結果(図中の□). ●は地上調査と UAV 画像から判別した実際のミズナラの位置を示しています Htun et al. (2024) より引用

北海道演習林で「ドローンの操縦及び 計測技術研修」を開催

2024年6月25日~28日の間、北海道演習林において東京 大学技術職員研修「ドローンの操縦及び計測技術研修」が開催され、全学から4名が受講しました。近年のドローン技術の進展 はめざましく、新しい機体・技術が次々に開発されています。また、 ドローンの関係法令の整備・改定も進み、規制が強化されてきま した。東京大学でも技術職員がドローンを飛行させる機会が増え ており、関係法令を遵守したドローン運用が求められています。 本研修ではドローンの関係法令、安全管理、飛行申請、操縦・自 律飛行、空撮画像データ処理などの研修を行いました。普段の業 務では運用しない機体の操縦などに少し苦戦しましたが、事故や 怪我もなく研修を無事に終えることができました。今回の研修は 農学部だけでなく他学部からも参加があったため、各学部でのド ローン運用の事例なども紹介され、ホスト側としても有意義な研



ドローン飛行訓練の風景

富士癒しの森研究所の春の特別ガイド 「春の彩りを訪ねて」

富士癒しの森研究所では、東京大学の教職員に研究所の活動や 自然を知っていただくことを目的として、毎年 $2 \sim 3$ 回の特別 ガイドを開催しています。

今年は、2024年4月20日に春の特別ガイド「春の彩りを訪ねて」を開催しました。13名の参加者が、スマホに取り付けられるマクロレンズや自身のカメラを片手に、研究所スタッフと共に森を散策しました。マメザクラ、コブシ、スミレなどの花が咲く森の中で、各々が気に入った被写体を見つけては写真に収めたり、植物観察を行いながら春の森を楽しみました。お昼休みには、プロのカメラマンから写真の撮り方についてのレクチャーを受け、撮影した写真の講評をいただきました。午後は再び森に出て、カメラマンからのアドバイスを参考に思い思いの撮影や自然

観察をし、特別ガイドは好 評のうちに終了しました。

富士癒しの森研究所の森 を満喫していただく機会と なる特別ガイドは、今後も 続けていきたいと思います。



草本類をスマホで撮影

バイオマスバリューチェーン実証 社会連携講座の設置



(株) ダイセルのメンバーと生態水文学 研究所 65 林班で研究内容を議論

演習林では社会連携講座による共同研究にも関わっています。社会連携講座とは、民間企業等から受け入れる共同研究の一環として、大学院組織等に置かれる講座をいいます。このたび株式会社ダイセルとの共同研究の一環として2024年4月に設置されたバイオマスバリューチェーン実証社会連携講座には、生物材料科学専攻高分子材料学研究室と共に演習林が参画しています。この講座の研究目

的は、森林から建築用資材やパルプのみならず、より高い経済効果を生み出す高付加価値な化成品を持続的に生産する「バイオマスバリューチェーン」の実現です。演習林では、生態水文学研究所を実証試験のフィールドとして、バイオマスバリューチェーンの持続性を高めるための環境影響評価を行っていく予定です。化学の力を用いて、森林経営の持続性を高めていこうとする今回の研究に、生態水文学研究所としても期待感を持って取り組んでいます。

弥生と北海道演習林を結ぶ オンライン講義を実施

2024年7月18日に弥生キャンパスと北海道演習林を結んで、学部科目「森林生態圏管理学ー空間情報技術を用いた森林情報の管理ー」の講義を行いました。北海道演習林では、最新のGNSS(全地球航法衛星システム)機器を用いた測量、カメラとLiDARスキャナを搭載したドローンを飛行させて取得する空間データの活用、近年では地上LiDARスキャナを用いた森林蓄積推定などの最新の空間情報技術を森林管理の現場に導入しています。同講義では、キャンパスにて尾張敏章准教授が座学を進行させつつ、北海道演習林では中継機器の操作を含め9名の技術職員が分担して、森林管理のための空間情報技術に関する最新機器の解説や実演を中継しました。学生の皆さんにとって、キャンパスの教室から富良野の森林の様子をより身近に感じ、最新の機材を使った作

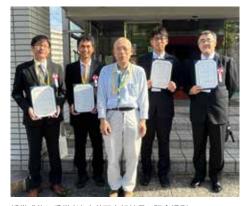
業を学ぶことができた ものと思います。技術 職員にとっても、普段 の仕事内容を伝える良 い機会となりました。



地上 LiDAR スキャナで取得したデータの 3D モデル画像についての説明を中継

技術職員4名が森林管理技術賞を受賞

2024年9月26日、北海道苫小牧市で開催された全国大学演習林協議会(全演協) 秋季総会において、加盟校の技術職員を対象とした第26回森林管理技術賞(4部門) の授賞式がありました。本学からは生態水文学研究所の澤田晴雄さんが長期生態系プロットの整備、活用、データ公表に対する多大な貢献により「特別功労賞」、千葉演習林の里見重成さんがマツ材線虫病抵抗性系統選抜技術およびキヨスミミツバツツジ増殖技術の開発への貢献により「技術貢献賞」、秩父演習林の原口竜成さんが針葉樹根株心腐の発生生態に関する学術的貢献により「学術貢献賞」、富士癒しの森研究所の木村恒太さんが森林管理および研究調査業務のICT機器導入を通じたスマート化により「若手奨励賞」を受賞しました。授賞式では、揚妻直樹全演協会長からそれぞれ賞状が授与されました。



授賞式後に受賞者と古井戸本部林長で記念撮影

秩父演習林で新しいプログラム内容の 全学体験ゼミナールを実施

全学体験ゼミナールは東京大学教養学部 1・2 年生の向けの講義です。秩父演習林ではこれまで春と秋に奥秩父を巡る内容で実施していましたが、2024 年度より「森に学ぶ」林業を意識する低山歩きと森林生態系を意識する奥山歩き」という内容に刷新しました。このゼミでは学生に体験を通じて林業や生態系に関する問題を考えてもらうことを目的としています。例えば、2020 年の林業従事者は全産業の就業者数の0.1%に満たない4万4千人という現状で、国土面積の1/4に及ぶ人工林を管理

できるのか。こういった問題のように実際に山林 に行かないと分からないことはたくさんあります。 また、自分で見よう・知ろうと意識しなければな かなか見えてこないものです。本ゼミでは、森林 生態系や林業の現状について感じてもらい、感じ たことを出発点として思考を促し、その思考を次 の行動につなげてほしいという想いで実施してい ます。



シカの影響で林床植生が乏しい森林を 観察

演習林のおしごと気









博学連携イベント「生態園モデル植生 現地ツアー (照葉樹林編)」を開催



「へ〜!なるほど〜!」研究員の解説にメモを取る参加者

千葉演習林と千葉県立中央博物館(以下、中央博)は、調査研究、自然誌資料の収集と整理、県民・市民向けの展示や啓蒙などに関する連携協定を2021年3月に締結し、連携イベントとして、昆虫が大好きな小学生向けの「夏の山の昆虫」を毎年定期的に開催してきました。2024年度は、新たな連携イベントとして「生態園モデル植生現地ツアー(照葉樹林編)」を企画し、6月2日に千葉演習林で実施しました。中央博の敷地内には

千葉県の植物群落を展示する野外生態園があり、千葉演習林の森林をモデルとしたモミ・ツガ林やアカガシなどの多様な常緑広葉樹による照葉樹林も再現されています。今回のツアーは、生態園のモデルとなった"本物"の植生を現地で観察する企画です。参加者は、中央博の研究員による解説に耳を傾けながら林道を歩き、房総半島の典型的な自然植生を堪能していました。



投稿 企 画 morikara川柳

お出かけは おろしたばかりの 作業服

スギ花粉 飛散するほど 顔悲惨

寒い日は 伴走したい モノレール

morikara では、みなさんが作った演習林に



まつわる川柳を募集しています。 右の QR コードからご投稿ください。

表紙写真:秋の林床(北海道演習林)

-地方演習林 — **千**葉演習林 北海道演習林 秩父演習林 田無演習林 富士癒しの森研究所 生態水文学研究所 樹芸研究所

-センター・企画部 — フォレスト GX/DX 協創センター

研究室-

森林圏生態学研究室

森林生物機能学研究室

森林圈生態社会学研究室

森林流域管理学研究室

東京大学演習林には7つの地方 演習林、センター・企画部、4つ の研究室があります。

東京大学演習林

morikara:東京大学演習林ニュースレター 4号

発行日:2024年11月10日 発行人:古井戸宏通 編集人:齋藤暖生

〒 113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林社会連携委員会

