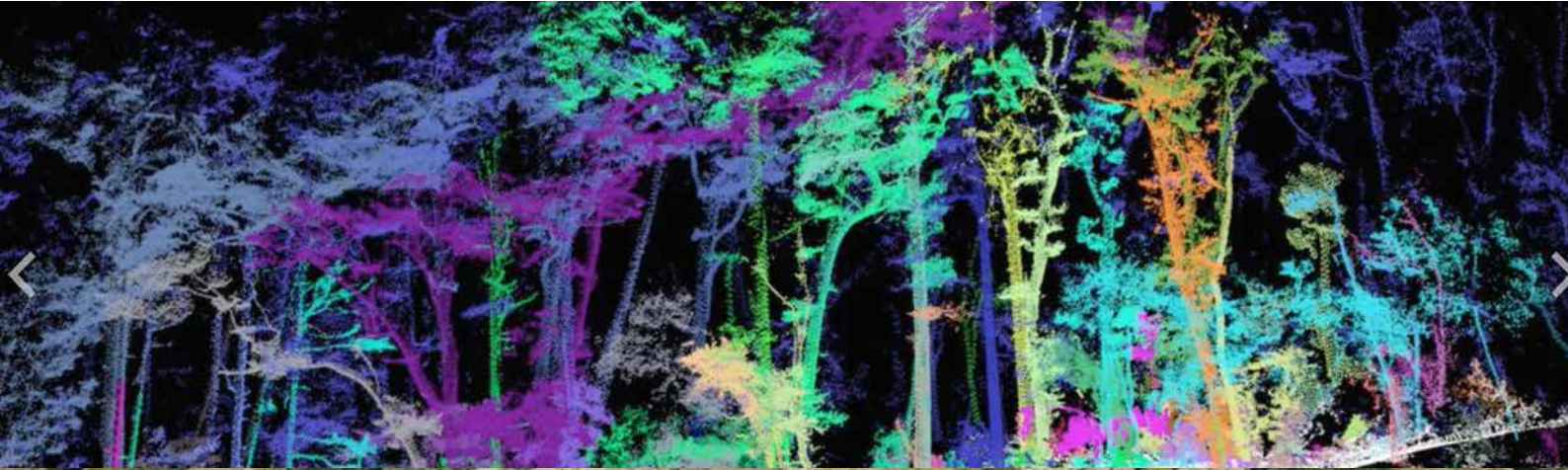




デジタルバイオスフェア

地球環境圏を守るための総合生物圏科学



Contents

代表挨拶

概要

研究分野・班紹介

研究業績

2022.3 vol.1

ごあいさつ

地球環境は、私が研究者を志した1990年代半ばと比べても、明らかに変化していることが実感されます。大気中の二酸化炭素濃度は400ppmvを優に超え、夏の猛暑や暖冬はほとんど毎年の出来事となり、ゲリラ豪雨などの極端気象も頻発するようになりました。2021年ノーベル物理学賞を受賞された真鍋淑郎博士らの研究に始まる気候モデルによるシミュレーションは、抜本的な対策を行わない限り、地球環境は近い将来さらに悪化することを示しています。

本領域は、生物圏の機能を活用することで、地球環境を激変から守る対策を提示することを目的としています。新学術領域「植物高CO₂応答」（2009~2013：領域代表・寺島一郎）をベースに、気候変動や人間活動などの現実的な要因を加え、気候変動を緩和するための科学的知見を提供します。生物圏に関する理解を深めるため、ゲノム科学から地球科学まで多様な参画者による共同研究を行い、統合生物圏科学の確立を目指します。本領域名にある「デジタルバイオスフェア (Digital Biosphere)」は、統合生物圏科学を象徴し具体化するモデルを指します。今風な表現では、Society 5.0が標榜するサイバー空間の生物圏バージョン、あるいは生物圏のデジタルツインと言い換えることができるかもしれませんが、現実世界での研究（実験や観測）を行うことはもちろん、最近のデータ科学的手法も活用して新しい生物圏のモデルを構築します。



領域代表
伊藤 昭彦（国立環境研究所）

概要

本研究領域の目的

生物圏は、自律的に成長するだけでなく過去の地球環境変動に対して優れた適応性を示しています。その調整・供給機能（CO₂吸収やバイオマス生産）を活用することは、化石燃料依存型の社会を脱却し、温暖化などの地球環境激変を回避する方策として有効と考えられます。

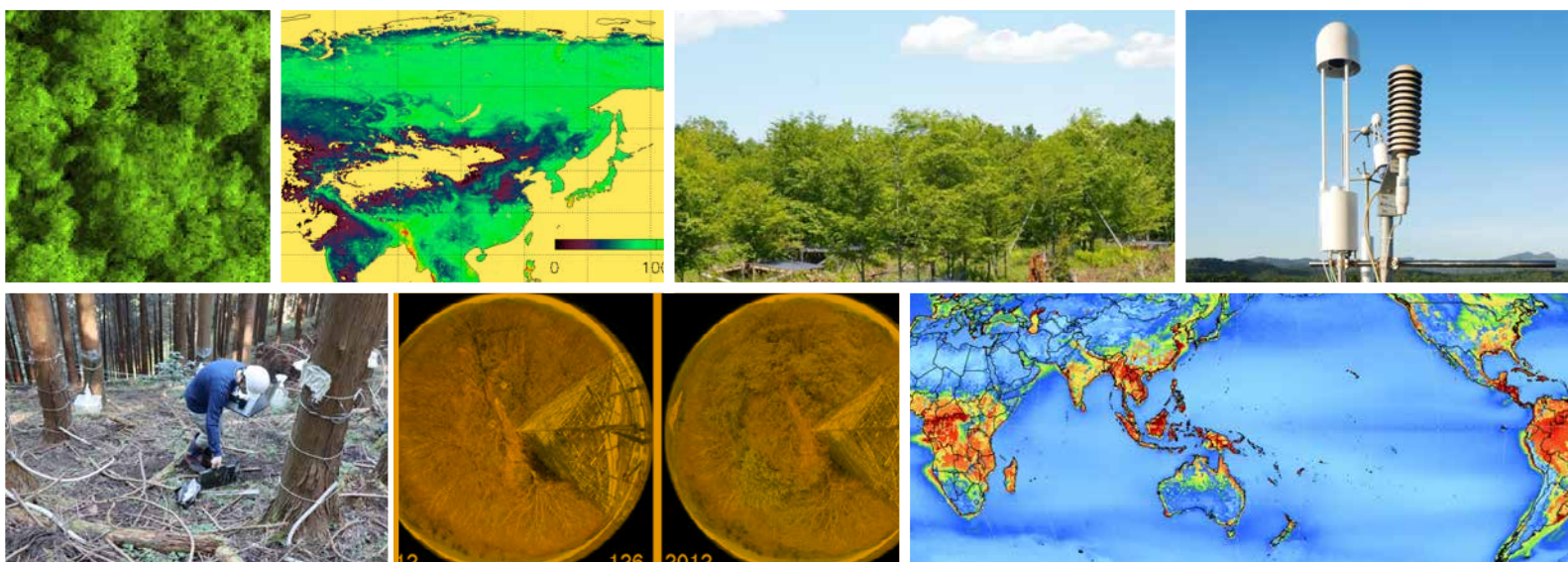
そのため、本領域では生物圏の機能に関する新しい科学「統合生物圏科学」を創出し、地球環境激変を克服する対策を提示することを目的とします。生物圏に関する理解を深化するため分子～地球スケールでの基礎研究を推進し、その知見を統合した新しい生物圏モデル「デジタルバイオスフェア」を開発します。

期待される成果と意義

研究領域の成果目標は、生物圏機能に基づいて気候変動など地球環境激変を緩和するため、学問的基盤となる「統合生物圏科学」を確立し、その具体化として生物圏機能を高精度でシミュレートするモデル「デジタルバイオスフェア」を開発することです。

共通の問いとして「大気からのCO₂吸収量」「人間社会へのバイオマス供給量」「必要な土地面積」を設定し、それらに科学的・定量的な回答を示すことを目指します。

具体的な成果物として、全球を1km程度の高分解能でカバーし日以下の時間単位で生物圏の主要機能をシミュレートするモデルコードとその入力データ一式、モデル分析に基づく将来の地球環境激変を緩和し脱炭素社会の実現に貢献する対策提案（世界～国別：大気CO₂の吸収固定〔緩和〕など）が挙げられます。



地球環境を未来へとつなぐ

生物圏機能の高精度シミュレーションモデル

A分野 生物圏機能と環境応答に関するメカニズム解明

A分野 (A01- A03 班) では、生物圏機能の最適化と変動環境への応答のメカニズムを解明するための研究を実施します。主要機能を担う植物、微生物、そして生態系について生産力の最大化や物質循環の恒常性維持を実現する生理的機構、さらには遺伝子発現などの分子生物学的機構の解明を進めます。

A01 炭素貯留を最大にする最適な森林の予測



研究代表者

彦坂 幸毅 HIKOSAKA Kouki
東北大学 / 教授
(植物形質)



研究分担者

平箱 俊太郎 HIRADATE Syuntaro
九州大学 / 教授
(土壌調査・土壌化学分析)



研究分担者

小嵐 淳 KOARASHI Jun
日本原子力研究開発機構 /
研究主幹 (放射性同位体解析)



研究分担者

木庭 啓介 KOBA Keisuke
京都大学 / 教授 (安定同位体・
バイオマーカー・元素分析)



研究分担者

小黒 芳生 OGURO Michio
森林総合研究所 / 主任研究員
(統計モデリング)



研究協力者

黒川 紘子 KUROKAWA Hiroko
森林総合研究所 / 主任研究員
(植物-土壌相互作用)



研究協力者

和穎 朗太 WAGAI Rota
農業環境変動研究センター
/ 上級研究員 (土壌)

A02 森林機能の最大化のためのゲノム・形質・生態の革新的な統合アプローチ



研究代表者

小野田 雄介 ONODA Yusuke
京都大学 / 准教授
(光合成機能・生産生態学)



研究分担者

北島 薫 KITAJIMA Kaoru
京都大学 / 教授
(気候変動・生物多様性)



研究分担者

井鷲 裕司 ISAGI Yuji
京都大学 / 教授
(ゲノム・適応解析)



研究協力者

北山 兼弘 KITAYAMA Kanehiro
京都大学 / 教授
(生態系生態学)



研究協力者

阪口 翔太 SAKAGUCHI Shota
京都大学 / 助教
(植物系統地理・環境適応)



研究協力者

黒川 紘子 KUROKAWA Hiroko
森林総合研究所 / 主任研究員
(植物-土壌相互作用)



研究協力者

饗庭 正寛 AIBA Masahiro
総合地球環境学研究所 / 特任助教
(森林生態学)



研究協力者

青柳 亮太 AOYAGI Ryota
京都大学 / 特定助教
(熱帯林生態学)

A03 土壌微生物機能発揮の鍵となる群集・メタゲノム構造の特定



研究代表者

近藤 倫生 KONDOH Michio
東北大学 / 教授
(データ解析)



研究分担者

永田 裕二 NAGATA Yuji
東北大学 / 教授
(微生物実験)



研究分担者

大坪 嘉行 OHTSUBO Yoshiyuki
東北大学 / 准教授
(DNA分析)



研究分担者

加藤 広海 KATO Hiromi
東北大学 / 助教
(微生物実験)



研究分担者

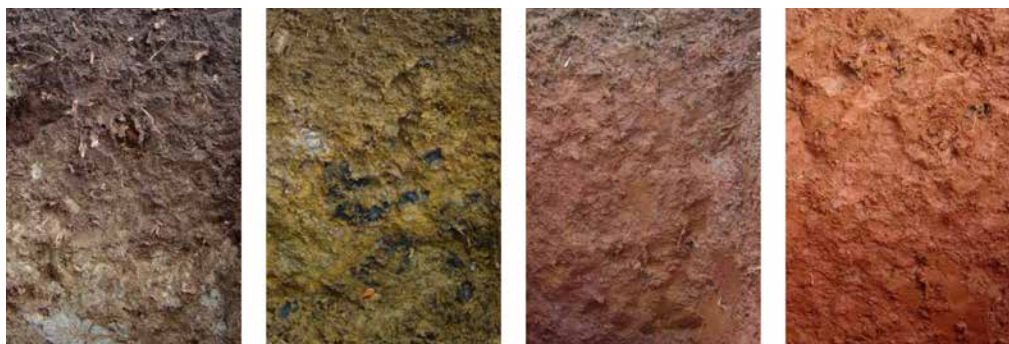
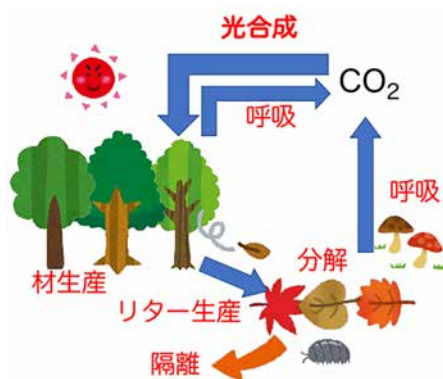
川津 一隆 KAWATSU Kazutaka
東北大学 / 助教
(微生物実験)

炭素貯留を最大にする最適な森林の予測

研究概要

植物が光合成によって固定した炭素は、有機物となって植物体内に蓄積した後、植物遺体（リター）として土壌へ供給され、一部が微生物によって分解されてCO₂やメタンとなり、残りは難分解性化や物理的隔離などによって分解をまぬがれ、土壌中に貯留していく。これらのプロセスの速度は、様々な要因に強く依存し、生態系によって大きく異なると考えられているが、そのメカニズムの理解は不十分である。

本計画研究では、植物が吸収した炭素が植物体や土壌中に蓄積されるまでの速度を様々な森林で測定・解析し、その決定要因を探る。2つのアプローチを採用する。①様々な森林において、森林樹木の生産力と、¹⁴Cを用いて炭素貯留速度を測定し、それらのばらつきを構成樹種の機能形質と気象・土壌要因によって説明する統計モデルを開発する（データ駆動型アプローチ）。②コアサイトにおける植物・土壌中の有機化合物をGC-C-MSやメタボローム解析を用いて徹底的に追跡する（メカニズム解明型アプローチ）。②においては、実験室において¹³Cと¹⁵Nでラベルした植物を育成し、そのリターを土壌中に埋め、化合物の行方を追跡するという画期的な手法を用いる。以上の結果をもとに、炭素貯留速度の決定要因を明らかにし、炭素貯留速度が最大になる樹木の種組成と環境の組合せを予測する。



研究メンバー

研究代表者

彦坂 幸毅 東北大学/教授 (植物形質)

研究分担者

平館 俊太郎 九州大学/教授 (土壌調査・土壌化学分析)

小嵐 淳 日本原子力研究開発機構/研究主幹 (放射性同位体解析)

木庭 啓介 京都大学/教授 (安定同位体・バイオマーカー・元素分析)

小黑 芳生 森林総合研究所/主任研究員 (統計モデリング)

研究協力者

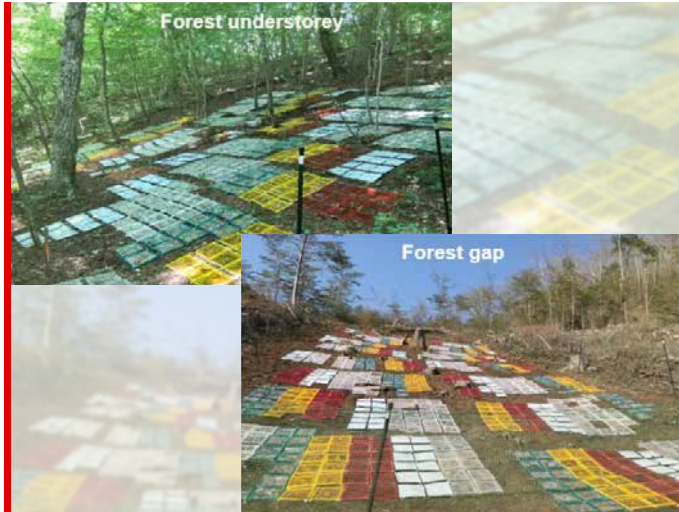
黒川 絃子 森林総合研究所/主任研究員 (植物-土壌相互作用)

和穎 朗太 農業環境変動研究センター/上級研究員 (土壌)

キーワード

炭素蓄積 炭素循環
形質生態学 土壌プロセス
同位体

A01 Topics



2022.2.15

太陽放射が左右する落葉樹林の 有機物分解における炭素・窒素動態

落葉分解は陸域生態系の物質循環において重要な役割を果たします。太陽光による光分解はこれまで乾燥地域での落葉分解に重要と考えられてきましたが、黒川紘子主任研究員らの研究グループは、伐採や季節的な展葉/落葉によって林内の光環境が変化する湿潤な森林でも、光分解が落葉分解における炭素・窒素動態を左右することを明らかにしました。この結果は、森林における太陽放射ダイナミクスの考慮が、気候変動や土地利用変化に対する物質循環変化の推定精度の向上に繋がることを示しています。
Wang QW et al., *Sci. Total Environ.* 820, 153185 (2022)

[Link https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153185](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153185)

2022.1.19

高CO₂で植物の成長を促進する 遺伝子を特定

自然界では、同一種内でも遺伝的な違いがあり、特定の環境への進化の結果分化したタイプをエコタイプと呼びます。本グループでは、世界各地に分布する多数のシロイヌナズナエコタイプについて、高CO₂・通常CO₂での成長解析、ゲノム解析、トランスクリプトーム解析を行い、高CO₂環境での成長促進に貢献する遺伝子の探索を行いました。43の候補遺伝子が特定され、遺伝子改変の影響を調べたところ、発現を抑制すると高CO₂での成長が促進される遺伝子を二つ発見しました。

Oguchi R., et al., *Plant Molecular Biology*, in press.



2021.12.12

受賞

青野葉介(東北大学 M1) 東北植物学会 優秀発表賞 ポスター発表の部

青野葉介・野田響・彦坂幸毅 衛星リモートセンシング時系列データからみた日本のブナ林の晩霜害頻度の変化

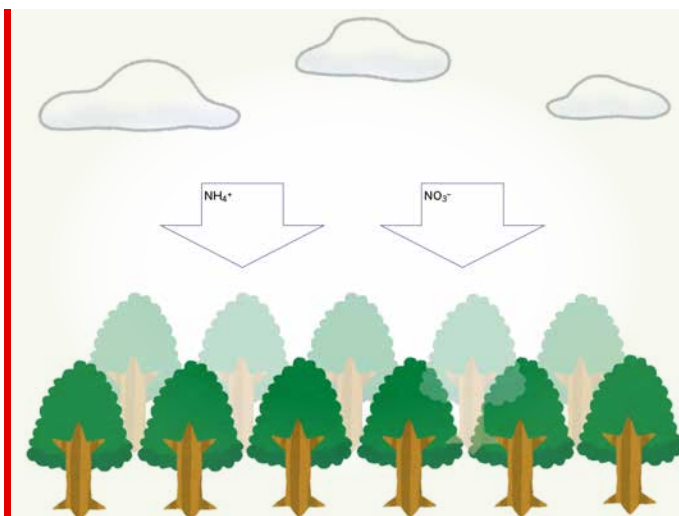
2022.3.20

沈着窒素保持と その全球森林炭素蓄積への影響

大気から沈着してくる窒素としてアンモニウム態窒素や硝酸態窒素が知られていますが、この2種の挙動は森林生態系内で大きく異なります。本研究では、中国で実施した¹⁵Nでラベルしたアンモニウム態、硝酸態窒素の添加実験結果と、これまでの欧米での結果を合わせて解析しました。その結果、沈着窒素の蓄積パターンが2種で大きく異なり、硝酸態窒素はより植物に保持されること、そして森林炭素蓄積に硝酸態窒素大気沈着が大きな影響を与えることが明らかになりました。

Gurmesa, G.A., et al. *Nat Commun* 13, 880 (2022)

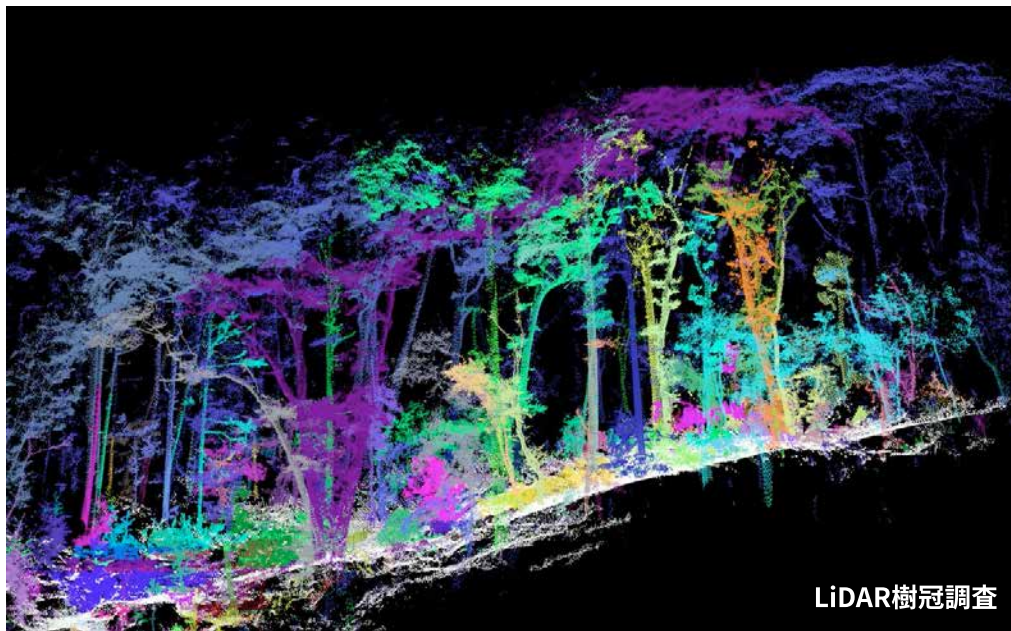
[Link https://doi.org/10.1038/s41467-022-28345-1](https://doi.org/10.1038/s41467-022-28345-1)



森林機能の最大化のための ゲノム・形質・生態の革新的な統合アプローチ

研究概要

気候変動が進む中において、国土の2/3を占める森林の機能を最大化するために、ゲノム・形質・生態を有機的に連結した革新的統合アプローチを提案・実行したい。カーボンニュートラルのためには、既存の森林の生産量を上げる必要があるが、葉レベルの光合成が高いにも関わらず、森林レベルの生産が低い森林があるなど、従来から注目されている葉レベルの評価だけでは不十分である。森林生産力の増加の鍵の1つは、樹冠構造にあると考えられ、LiDARやドローンなどの技術革新を効果的活用し、生産性と樹冠構造の関係を明らかにする。また、日本広域での植物の環境に対する適応様式を明らかにするため、10年の歳月をかけて蓄積した国内主要樹種300種3,000個体の網羅的な形質データを活用する。また、主要植物種的全ゲノム解読を実施し、環境適応の鍵となるゲノム形質を解明する。これらのゲノム-形質-森林生態系研究を通し、環境変動下における森林のあり方を考えていく予定である。領域内の役割は植物関連プロセスのモデル化・マッピング、植物形質・機能解析の支援および形質データベースの構築・提供。



LiDAR樹冠調査

研究メンバー

研究代表者
小野田 雄介 京都大学/准教授(光合成機能・生産生態学)

研究分担者
北島 薫 京都大学/教授(気候変動・生物多様性)
井鷲 裕司 京都大学/教授(ゲノム・適応解析)

研究協力者
北山 兼弘 京都大学/教授(生態系生態学)
阪口 翔太 京都大学/助教(植物系統地理、環境適応)
黒川 紘子 森林総合研究所/主任研究員(植物-土壌相互作用)
饗庭 正寛 総合地球環境学研究所/特任助教(森林生態学)
青柳 亮太 京都大学/特定助教(熱帯林生態学)

キーワード

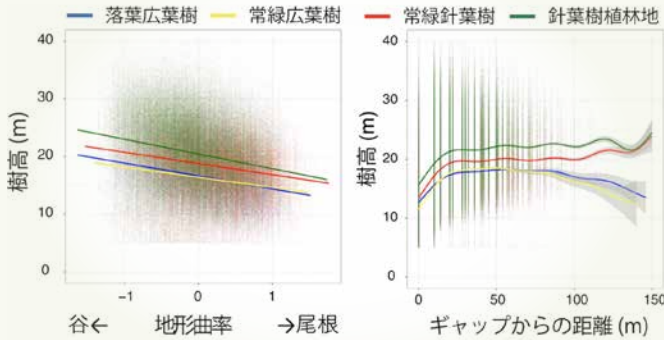
森林生態系機能 ゲノム
形質 樹冠 生理生態学

AQ2 Topics



2021.10.20

樹高を広域かつ高精度で評価する



航空機LiDAR(ALS)は、数百km²の広範囲において、1m²あたり数十点の高さ情報を収集することができます。私たちは、ALSデータを使い、京都市北部230km²の範囲において、100億点ほどの点群データから、1400万本の林冠木を認識し、樹高を詳細に解析しました (Rahman, Onoda & Kitajima 2022)。樹高は、中標高で高く、広葉樹林よりも植林地で高い傾向があります。また、谷で尾根よりも平均約5mほど高く、ギャップからの距離や、周りの立木密度にも依存してシステムティックに変化することも明らかにしました。Forest Ecology Management (2022) 503: 119792.

[Link](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119792) <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119792>

2021.1.13

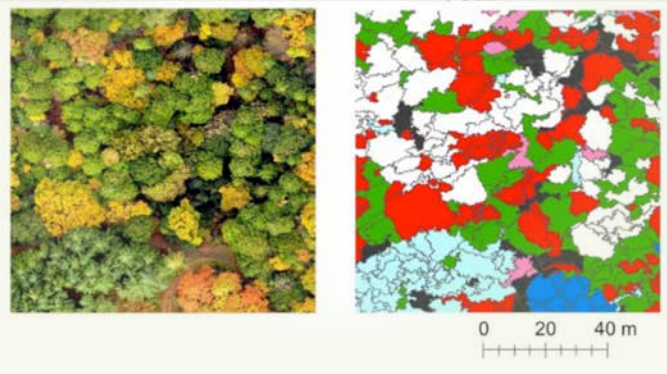
ドローンとディープラーニングを用いて上空から樹種の識別に成功

技術革新が進むドローンを使い、森林を上空から高解像度で撮影できるようになりました。撮影した画像からは樹木の色や大きさだけでなく、枝ぶりなど、これまで見えなかった細かな特徴が確認できます。京都大学の大西博士は、撮影したデジタル画像にディープラーニングを用いることで、樹木の形態的な特徴に基づいた樹種識別を可能にしました。今後この技術を応用することで、一般的なドローンの空撮画像から、樹種判別を広範囲で自動的に行うことが可能になり、森林管理や生態学研究への貢献が期待できます。Sci Rep 11, 903 (2021)

[Link](https://doi.org/10.1038/s41598-020-79653-9) <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79653-9>

ディープラーニングでの樹種識別

ドローン画像 → 樹種マップ

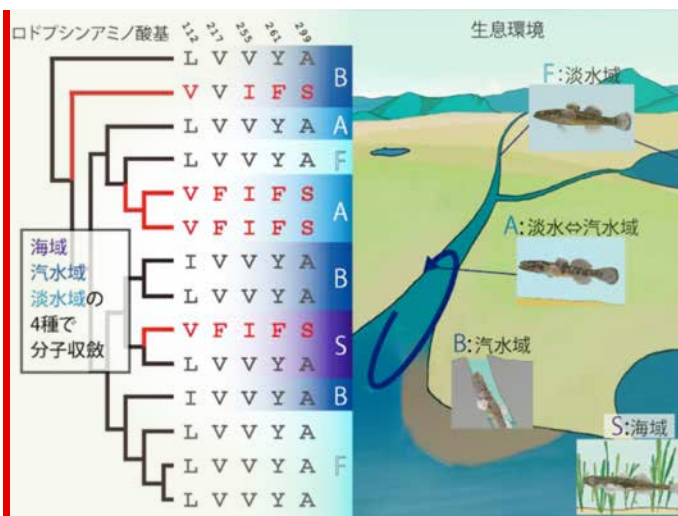


2021.10.24

生息環境を変えたハゼ、ウキゴリ属の視覚進化

生物は新たな環境に適応し、個体群が維持されてきました。その進化プロセスは環境変化に対する生物の頑強性を理解する上で重要です。魚類は新規環境に適応するため視覚を進化させてきました。海から川・湖沼にかけて適応放散したハゼのグループを対象にロドプシンの進化を調べたところ、生息場所が全く異なる4種で分子収斂が示されました。分子収斂は動植物の環境適応の証拠とみなされますが、気候や海・川のような大きな環境変化以外にも地形や生態など細かな環境により生じることもあります。Journal of Evolutionary Biology (2021)

[Link](https://doi.org/10.1111/jeb.13955) [doi: 10.1111/jeb.13955](https://doi.org/10.1111/jeb.13955)



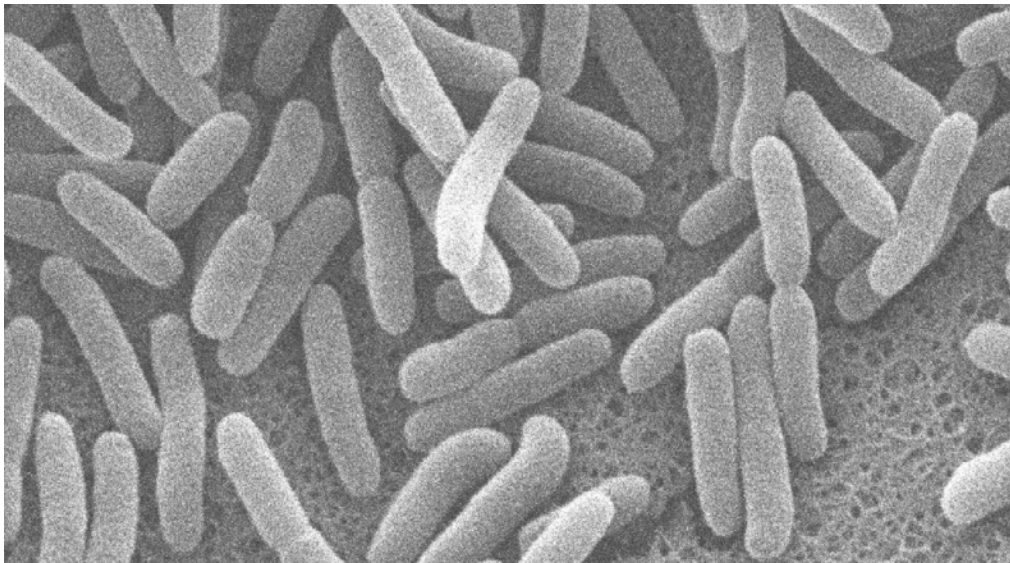
土壌微生物機能発揮の鍵となる群集・メタゲノム構造の特定

研究概要

土壌微生物群集は、生態系において有機物分解に代表される重要な生物圏機能を担うとともに、土壌呼吸等の生態系過程を通じて大気中の温室効果ガスに影響している。しかし、これらの生態系レベルの過程における土壌微生物群集の役割、特に生物間相互作用が果たす役割についてはよくわかっていない。その主たる理由は、(i)種間相互作用や機能遺伝子間の相互作用の検出と(ii)生物圏機能との因果関係推定の難しさにある。本課題では以下の4つの内容を行う。

1. 環境要因をコントロール可能な土壌微生物培養実験系（マイクロゾム）を構築し、経時的なメタゲノム解析（菌叢解析とある程度の機能遺伝子の解析が可能なショットガン解析）を実施する。
2. 本多種時系列データを非線形時系列解析による因果推論に供することで種間および機能遺伝子間の相互作用ネットワークを特定した上で、同時計測された生物圏機能に強い影響を及ぼす群集・メタゲノム構造を特定する。
3. 特定した鍵となる群集・メタゲノム構造の重要性を野外における土壌微生物および土壌呼吸観測データから評価する。
4. 実際に土壌微生物機能に影響を与える環境要因の効果について培養実験系で検証する。

以上の解析を通じて土壌微生物群集の機能決定において鍵となる群集・メタゲノム構造を特定するとともに、それに影響を与える環境要因を明らかにする。



研究メンバー

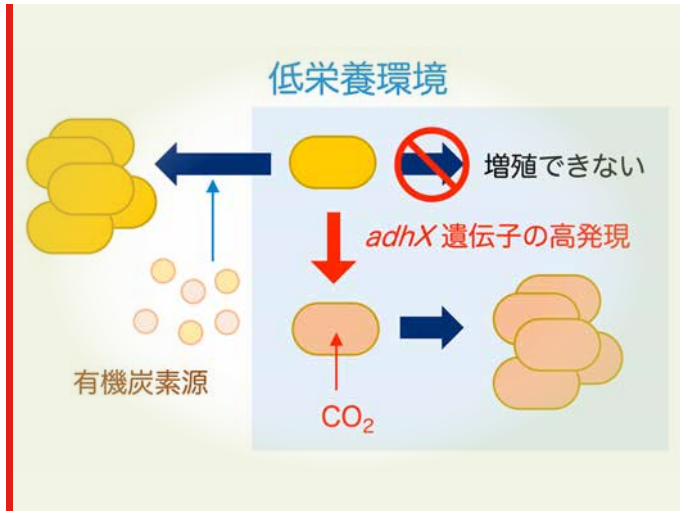
研究代表者
近藤 倫生 東北大学/教授（データ解析）
研究分担者
永田 裕二 東北大学/教授（微生物実験）
大坪 嘉行 東北大学/准教授（DNA分析）
加藤 広海 東北大学/助教（微生物実験）
川津 一隆 東北大学/助教（微生物実験）

キーワード

土壌微生物 群集ネットワーク
非線形時系列解析

A03 Topics

2022.00.00



細菌の新たな低栄養環境増殖機構の発見

従属栄養細菌は有機炭素源がないと増殖できないが、有機塩素系農薬分解能を有する従属栄養細菌株から、有機炭素源を添加しない無機塩培地で活発に増殖する変異株を見出しました。この現象は、アルコールデヒドロゲナーゼをコードするたったひとつの遺伝子 $adhX$ の高発現によって引き起こされ、大気中の CO_2 が必須であることから、新規 CO_2 固定経路の存在も示唆されます。本現象は、有用細菌を効率的に利用する技術や、将来的には CO_2 削減問題への貢献に繋がる可能性もあります。

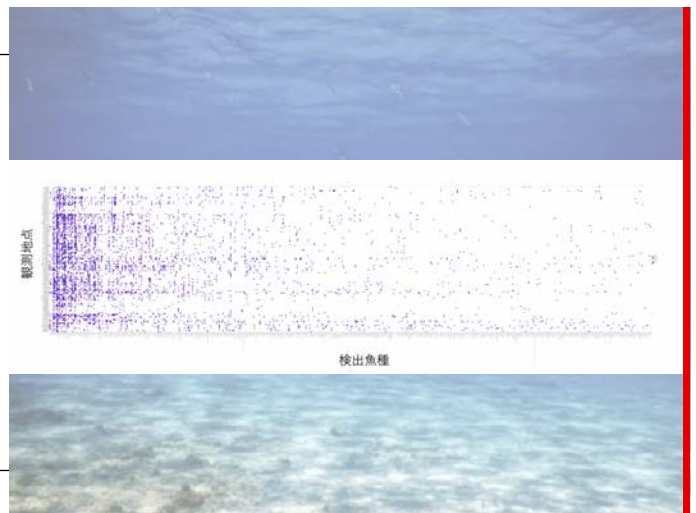
Link <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/04/press20200428-01-kasumi.html>

2021.00.00

全国での環境DNAを利用した生物多様性観測

環境中に存在する生物由来DNAを利用した生物調査法、環境DNAが注目を集めています。近藤研究室が主催するANEMONEは環境DNAを利用した、全国の湖沼・河川・沿岸を対象とした生物多様性観測網である。現在は魚類を対象とするが、各地から得られた環境DNAサンプルはアーカイブされており、微生物から甲殻類、哺乳類など多様な生物分類群を対象とした再解析が可能です。4月にはANEMONEデータベース公開も予定されており、ANEMONEは今後の生物多様性情報獲得の重要なプラットフォームに発展することが期待されます。

Link <https://sites.google.com/view/all-nippon-edna-monitoring-net/>



CREST・基盤S両プロジェクトにおいて環境DNA調査が実施された地点



2021.12.18

生物科学学会連合公開シンポジウム 「気候変動が生物多様性に与える脅威」 での講演

2021年12月18日、生科連の主催する公開シンポジウムがオンラインで開催され、東北大学の近藤が「環境DNA観測から生物多様性とその変化を捉える」と題した講演をおこないました。講演では、高頻度・多地点での生物多様性観測がもたらす生態系ビッグデータや、観測への市民参加が生態系保全・管理にもたらすインパクトが説明されるとともに、産業と学術が自然共生社会の構築に向けて協力していくことで見える新しい社会像が語られました。

Link <https://seikaren.org/news/791.html>

B分野 変化する生物圏機能の把握と最適化の検討

B分野 (B01-B02 班) では、現在進行中の地球環境変動がもたらす生態系変化に関する研究を実施します。野外調査および衛星リモセンを活用し、生態系の構造と機能に関する全球データの網羅的な収集解析および操作実験によって新知見を得ます。

B01

東ユーラシア低~高緯度域を縦断した大気 - 森林生態系の物質交換機能解明

 <p>研究代表者 熊谷 朝臣 KUMAGAI Tomoomi 東京大学 / 教授 (フラックス-生物圏機能関係解析)</p>	 <p>研究分担者 日浦 勉 HIURA Tsutomu 東京大学 / 教授 (長期観測データの解析と生態系操作実験)</p>	 <p>研究分担者 村岡 裕由 MURAOKA Hiroyuki 岐阜大学 / 教授 (植物生理パラメータの環境応答解析)</p>	 <p>研究分担者 福田 健二 FUKUDA Kenji 東京大学 / 教授 (植物生理パラメータの環境応答解析)</p>	 <p>研究分担者 斎藤 琢 SAITOH Taku M. 岐阜大学 / 助教 (フラックス観測)</p>
 <p>研究分担者 清水 貴範 SHIMIZU Takanori 森林総合研究所 / 室長 (フラックス観測)</p>	 <p>研究分担者 飯田 真一 IIDA Shin'ichi 森林総合研究所 / 主任研究員 (フラックス観測)</p>	 <p>研究分担者 久米 朋友 KUME Tomonori 九州大学 / 准教授 (フラックス観測)</p>	 <p>研究分担者 市榮 智明 ICHIE Tomoaki 高知大学 / 教授 (植物生理パラメータの環境応答解析)</p>	 <p>研究分担者 宮沢 良行 MIYAZAWA Yoshiyuki 九州大学 / 助教 (植物生理パラメータの環境応答解析)</p>
 <p>研究分担者 植山 雅仁 UEYAMA Masahiro 大阪府立大学 / 准教授 (フラックス-生物圏機能関係解析)</p>	 <p>研究分担者 中村 誠宏 NAKAMURA Masahiro 北海道大学 / 教授 (生態系操作実験)</p>	 <p>研究分担者 小林 真 KOBAYASHI Makoto 北海道大学 / 准教授 (生態系操作実験)</p>	 <p>研究分担者 中路 達郎 NAKAJI Tatsuro 北海道大学 / 准教授 (生態系操作実験)</p>	

B02

リモートセンシング技術による生態系構造、機能及び多様性の高精度観測

 <p>研究代表者 小林 秀樹 KOBAYASHI Hideki 海洋研究開発機構 / グループリーダー代理 (リモートセンシング)</p>	 <p>研究分担者 Eko Siswanto SISWANTO Eko 海洋研究開発機構 / 副主任研究員 (沿岸・海洋生態系)</p>	 <p>研究分担者 甘田 岳 AMADA Gaku 海洋研究開発機構 / ポストドクトラル研究員 (陸域生態系)</p>	 <p>研究協力者 林 真智 HAYASHI Masato 宇宙航空研究開発機構 / 主任研究員 (陸域生態系)</p>	 <p>研究協力者 永井 信 NAGAI Shin 海洋研究開発機構 / 主任研究員 (陸域生態系)</p>
---	---	---	---	---

東ユーラシア低～高緯度域を縦断した 大気-森林生態系の物質交換機能解明

研究概要

フラックスタワーで観測される生態系のCO₂吸収(光合成)と放出(呼吸)は、地球の炭素循環において最も重要なプロセスである。高緯度から低緯度を縦断する多地点での生態系レベルの観測と詳細なプロセス解析は、長期・広域の生物圏機能変動の解明と予測の根幹であるとともに、人工衛星による生物圏機能の推定アルゴリズムの開発と精度向上のためにも必須である。これらの観測に加えて、生物圏機能の各プロセスと環境の因果関係のより精密な情報を得るためには野外フィールドでの操作実験が有効である。つまり、生態系間の生物圏機能及びその環境応答メカニズムの違いを理解するためには、多地点におけるフラックスタワー観測と生態系操作実験及び長期生態学調査を同所的に実施する研究サイトのネットワークを整備し、さらに人工衛星観測とのスケール統合連携を強化しなければならない。

そこで、本計画研究では、

- ① 既存タワーの運用と、観測体制の再整備として、新規サイト・タワーの設立(サラワクなど)や休止タワーの再稼働(タイなど)を行う。現行の観測を継続しながら、順次新規観測を開始する。
- ② 緯度勾配に沿って設置されるコアサイトで植物・土壌の野外疑似温暖化実験、土壌物理性改変実験、降雨遮断実験、共通圃場実験などを行い、環境変化が生物圏機能に与える影響を解析する。
- ③ 観測・実験結果を解析し、CO₂吸収・放出速度の時空間分布メカニズムの知見を得る。

さらに、得られたデータを用い、生態系スケールの物質循環モデルの逆計算により、生物圏機能パラメータの時系列と環境応答を得る。これらの情報を校正・検証用データとして他班に提供し、生物圏機能マッピング作成に貢献する。

領域内の役割は生物圏機能各プロセスの観測と野外操作実験・モデル化・マッピング。サイト研究の支援。



研究メンバー

研究代表者

熊谷 朝臣 東京大学/教授(フラックス-生物圏機能関係解析)

研究分担者

日浦 勉 東京大学/教授(長期観測データの解析と生態系操作実験)

村岡 裕由 岐阜大学/教授(植物生理パラメータの環境応答解析)

福田 健二 東京大学/教授(植物生理パラメータの環境応答解析)

斎藤 琢 岐阜大学/助教(フラックス観測)

清水 貴範 森林総合研究所/室長(フラックス観測)

飯田 真一 森林総合研究所/主任研究員(フラックス観測)

久米 朋宣 九州大学/准教授(フラックス観測)

市榮 智明 高知大学/教授(植物生理パラメータの環境応答解析)

宮沢 良行 九州大学/助教(植物生理パラメータの環境応答解析)

植山 雅仁 大阪府立大学/准教授(フラックス-生物圏機能関係解析)

中村 誠宏 北海道大学/教授(生態系操作実験)

小林 真 北海道大学/准教授(生態系操作実験)

中路 達郎 北海道大学/准教授(生態系操作実験)

キーワード

乱流フラックス 光合成・蒸散

気孔・群落コンダクタンス 植物生理生態

大規模野外操作実験

B01 Topics



日本全国の森林水循環データベース

日本列島は極域から赤道を縦断する「東ユーラシア」の接続域にあたり、さらにそれ自身が冷温帯～暖温帯・亜熱帯の多様な気候をカバーしています。そこで、1930年代より日本全国の森林に観測流域を順次設定して、降水量・水流出量の長期データを公開してきました。2019年以降は環境省の地球環境保全等試験研究費を得て、データベースの拡充と水質観測値とのリンクを進めています。フラクスタワーを備えた観測流域もあり、本課題と連携して様々な基礎データの充実を図っていきます。

Shimizu et al. (2021) Hydrol. Proc., 35: e14376.
(DOI: 10.1002/hyp.14376)

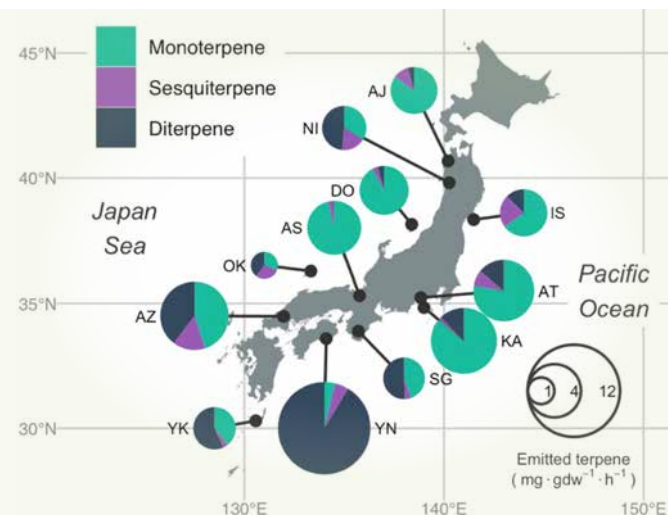
Link <https://www2.ffpri.go.jp/labs/fwdb/>

スギの“香り”が語ること： 揮発性有機化合物放出の地理変異

揮発性有機化合物は、さまざまな環境ストレスに対する植物などの抵抗力に大きな役割を果たしており、大量に放出される場合は周辺の大気環境にも重要な影響を与えると考えられます。本研究ではその放出の組成と量がスギの地域的な集団によって大きく異なることを発見し、それが気候だけでなく病原菌組成にも影響を受けている可能性を示しました。樹木が化学的な防御手段をどのように進化させてきたかを探る鍵となり、気候変動下での今後の育種や森林管理の基盤となるでしょう。

Hiura et al. (2021) Sci.Rep.11:8307

Link <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87810-x>

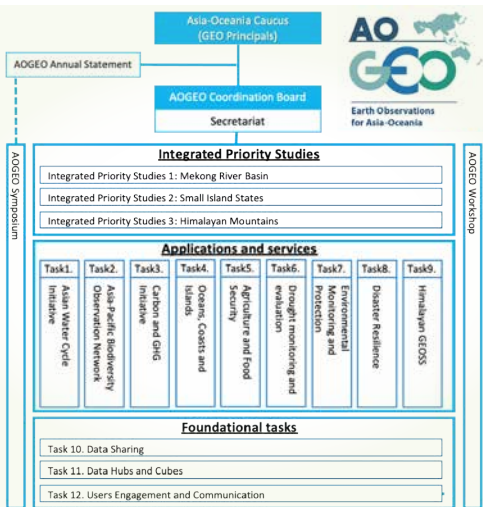


アジア・オセアニア地域における 「地球観測に関する政府間会合」

炭素循環、水循環、生物多様性など多様かつ複雑に関係しあう環境課題の解決には、データ・知見・情報のタイムリーな集約と共有の促進が必要です。「地球観測に関する政府間会合」(Group on Earth Observations: GEO) は地球観測データに基づく意思決定を支援しています。日本はアジア太平洋生物多様性観測ネットワーク (APBON) や Carbon and GHG Initiative の発展に貢献しており、第14回 AOGEO シンポジウムでは生物多様性や気候変動に関する特別セッションが開催されました。

(第14回 AOGEO シンポジウム 2021年11月/録画あり)

Link <https://aogeo.net/2021-14th/>

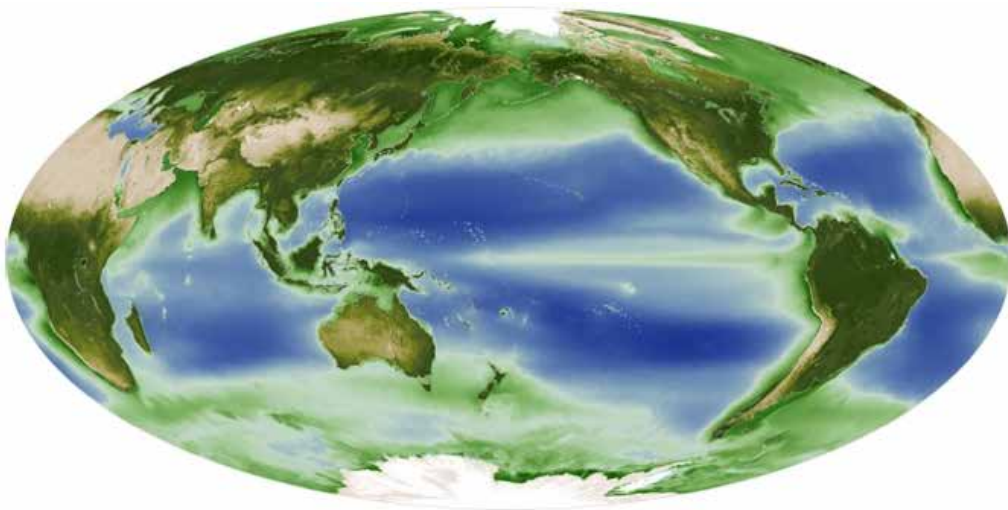


リモートセンシング技術による生態系構造、機能及び多様性の高精度観測

研究概要

リモートセンシング観測は、森林及び沿岸生態系の広い領域を面的に観測できるという優れた手法である。従来の生態系リモートセンシングでは、環境中の反射光連続スペクトルを3から4つ程度の波長バンドで観測し、その波長バンドの観測値と生物物理量の関係を植生指標や回帰モデルで関連づけることで特徴量の抽出を試みてきた。しかしながら、3から4つ程度の波長バンドから得られる情報は限られるため、例えば、植物葉の形質や光合成活性に関わる情報、沿岸海域の植物プランクトンの種組成などを推定する統一的な手法の構築は困難であった。本計画研究では、近年、技術の発展が著しいレーザー測距（LiDAR観測）と数百の波長データのイメージング観測であるハイパースペクトル観測の複合利用により沿岸生態系の光合成機能と森林構造及び沿岸海域の植物プランクトン多様性の高精度マッピング手法の開発を行う。また、ハイパースペクトル観測からは光合成活性の推定に有効な植物蛍光の導出も試みる。

本研究では、地上観測と衛星観測の観測スケールのギャップを埋めるため、地域レベルの観測に有効な航空機による観測を熊谷班・小野田班が担当する森林コア観測サイトや東京湾、瀬戸内海など、研究参画者の調査実績のある沿岸海域で実施する。さらに、他班と協力し、衛星データを用いて生物圏機能、生物多様性、機能的多様性などのグローバルマッピングを行い、モデル担当班に数値モデル検証のためのデータを提供する。



研究メンバー

研究代表者

小林 秀樹 海洋研究開発機構／グループリーダー代理（リモートセンシング）

研究分担者

Eko Siswanto 海洋研究開発機構／副主任研究員（沿岸・海洋生態系）

甘田 岳 海洋研究開発機構／ポストドクトラル研究員（陸域生態系）

研究協力者

林 真智 宇宙航空研究開発機構／主任研究員（陸域生態系）

永井 信 海洋研究開発機構／主任研究員（陸域生態系）

キーワード

リモートセンシング

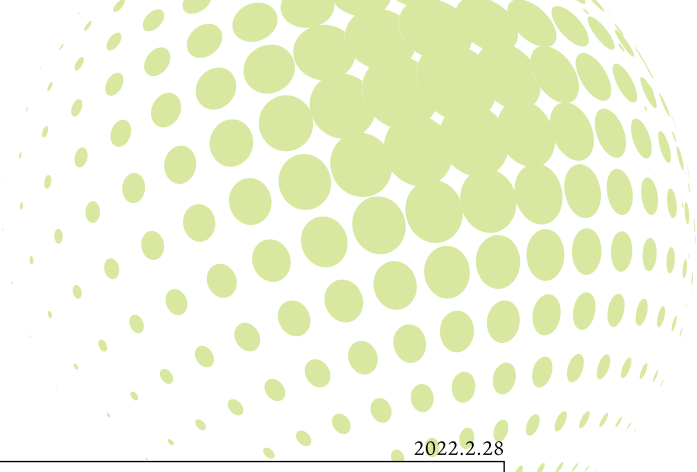
ハイパースペクトル

生物圏機能

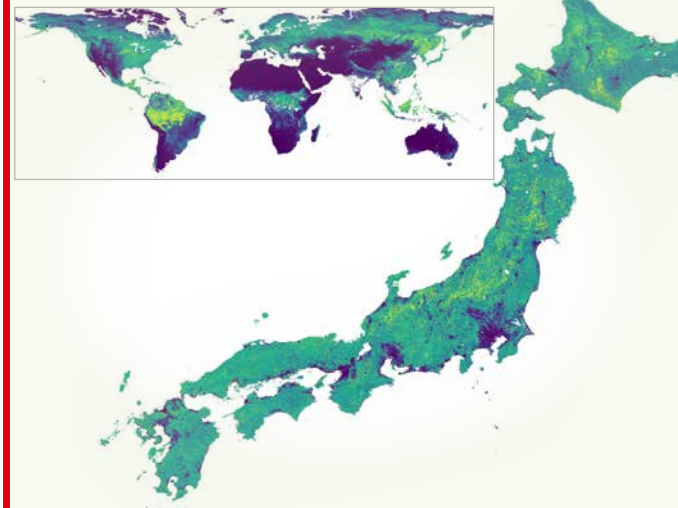
沿岸

森林

BIO2 Topics



2022.2.28



航空機・衛星ハイパースペクトル観測 による生態系広域観測

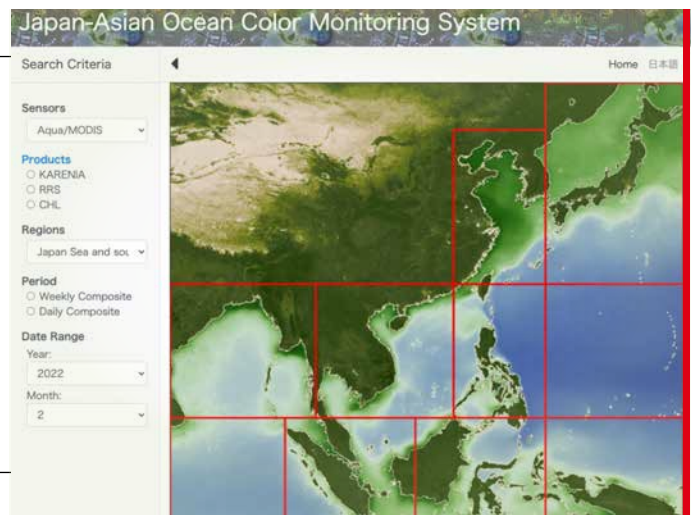
本計画研究では先進的なリモートセンシング技術で生態系情報の広域な把握を試みます。近年の環境分野のリモートセンシング観測の中でも、航空機レーザースキャナーによる3次元計測技術と可視・近赤外光域の多波長イメージング観測の実用レベルへの進化は注目に値します。さらに近年、衛星や国際宇宙ステーション搭載のセンサの打ち上げが進んだことで、こうしたリモートセンシングデータによる解析を広域スケールに展開できる機運が高まりつつある状況にあります。

2021.2.28

日本とアジア地域の 海色モニタリングシステム

気候変動に対し脆弱なアジア海域は、人為及び自然起源の過剰な栄養塩供や水質変化による有害有毒藻類ブルーム（赤潮）が発生し、深刻な社会的及び生態学的な影響を及ぼします。総合的な対策の一環として、早期警戒システムが必要であり、赤潮を含む海色の準リアルタイム監視システムを新たに構築します。この目的を達成するために、日本の衛星センサも利用しつつ日本やアジア地域などの沿岸海域毎に赤潮の原因になる様々な植物プランクトンの種類を区別する手法を開発します。

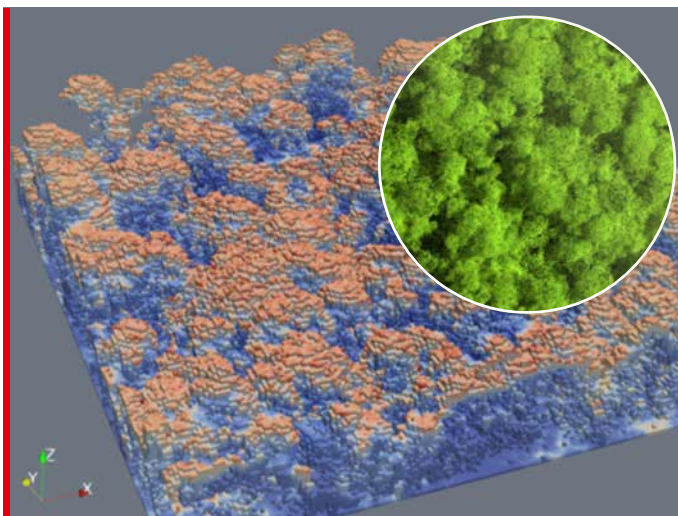
Link https://jascoms.org/image_search/



2022.2.28

生態系観測とモデルの融合研究

これまでリモートセンシングデータの解釈や森林の光環境推定のための三次元の放射モデルの開発を進めてきました。最新のモデルでは、ライダーデータを入力値として、空間内の葉の光の当たり具合（日向葉、日陰葉）の分布や太陽光励起クロロフィル蛍光分布の計算を行うことができます。モデルのインパース解析を行うことで、光合成機能パラメータの面的な推定を目指します。こうした新しい生物圏地理空間情報と先行研究による主題図を組み合わせて生物圏地理空間データを構築します。



C分野 デジタルバイオスフェアによる生物圏機能最適化

C分野 (C01-C02 班) では、生物圏機能を全球スケールでシミュレートするモデルの開発と応用に関する研究を実施します。

世界最高水準の高分解能モデルを開発し、様々な条件下での生物圏機能をマッピングします。また物理的な気候フィードバックを含む地球システムモデルとの連携による対策の実効性評価を行います。

C01

高分解能な生物圏モデル開発と緩和シナリオの検討

 <p>研究代表者</p>	 <p>研究分担者</p>	 <p>研究協力者</p>	 <p>研究協力者</p>	 <p>研究協力者</p>
伊藤 昭彦 ITO Akihiko 国立環境研究所/室長 (生態系モデル)	中岡 慎一郎 NAKAOKA Shinichirou 国立環境研究所/主任研究員 (海洋CO ₂ 交換)	八代 尚 YASHIRO Hisashi 国立環境研究所/主任研究員 (大規模モデル開発)	高尾 信太郎 TAKAO Shintaro 国立環境研究所/主任研究員 (領域海洋モデル)	安立 美奈子 ADACHI Minako 東邦大学/准教授 (高分解能陸域モデル)

C02

地球システムモデルによる生態系環境適応が気候へ与えたフィードバックの解明

 <p>研究代表者</p>	 <p>研究分担者</p>	 <p>研究分担者</p>	 <p>研究分担者</p>
加藤 知道 KATO Tomomichi 北海道大学/准教授 (気候生物圏相互作用)	羽島 知洋 HAJIMA Tomohiro 海洋研究開発機構/ グループリーダー代理(陸域モデル)	相田 真希 AITA N.Maki 海洋研究開発機構/ グループリーダー代理(海洋モデル)	立入 郁 TACHIIRI Kaoru 海洋研究開発機構/ グループリーダー(統合モデル)

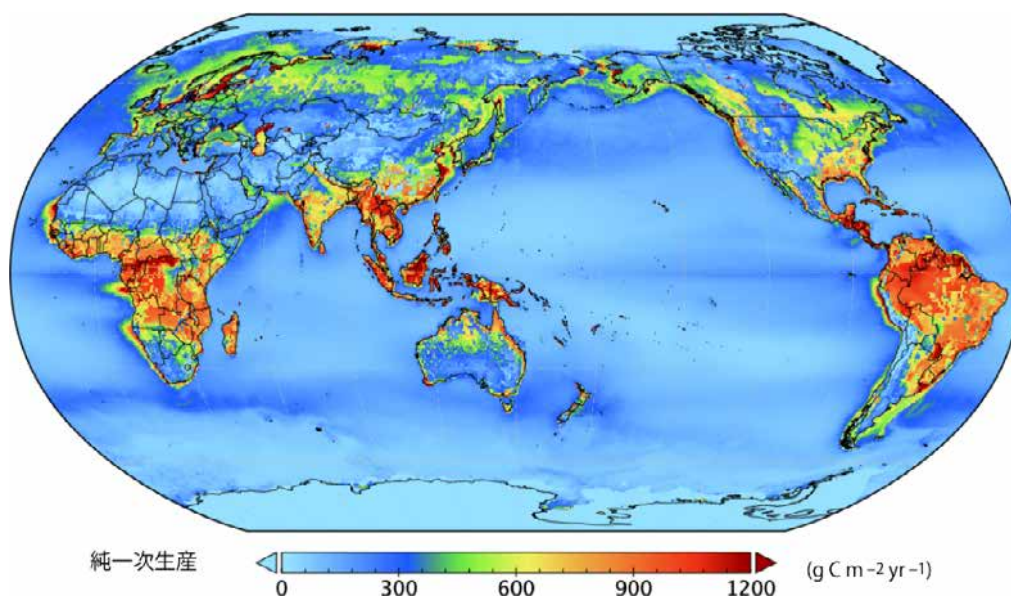
高分解能な生物圏モデル開発と 緩和シナリオの検討

研究概要

生物圏によるCO₂固定量とバイオマス供給量を高精度で推定する生物圏モデル（デジタルバイオスフェア）を開発する。高精度化は、A-B分野の各課題による生物圏機能のメカニズムおよびその環境応答に関する知見の統合、および独自の高分解能マッピングによって達成する。

研究領域において、機能・環境応答に関する知見をモデルに統合することで「統合生物圏科学」の具体化に貢献する。生物圏モデルは、陸域においては1km程度、海洋においては4km程度の極めて高い空間分解能を持ち、CO₂濃度上昇や気温・降水量などの気候変化といった地球規模の環境変動だけでなく、耕作地化などの土地利用、森林破壊などの人為影響も考慮する。

モデルの検証は、主にB分野による生態系観測データのほか、各種観測データベースを活用して実施する。地球環境変動の緩和効果を検討するため、A分野の研究成果に基づいて、高いCO₂固定・バイオマス供給能力を持つ形質の拡大や土地利用・植林などの管理活動を加えたシミュレーションを実施する。



研究メンバー

研究代表者

伊藤 昭彦 国立環境研究所/室長(生態系モデル)

研究分担者

中岡 慎一郎 国立環境研究所/主任研究員(海洋CO₂交換)

研究協力者

八代 尚 国立環境研究所/主任研究員(大規模モデル開発)

高尾 信太郎 国立環境研究所/主任研究員(領域海洋モデル)

安立 美奈子 東邦大学/准教授(高分解能陸域モデル)

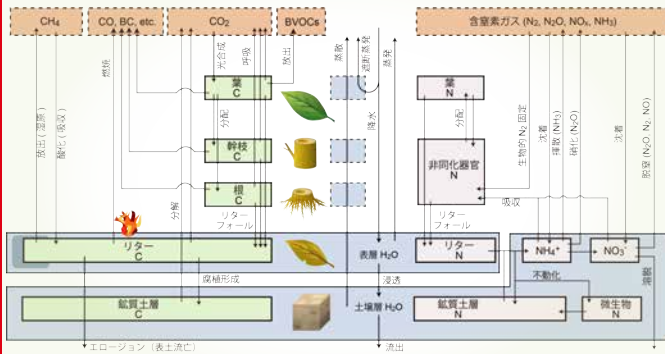
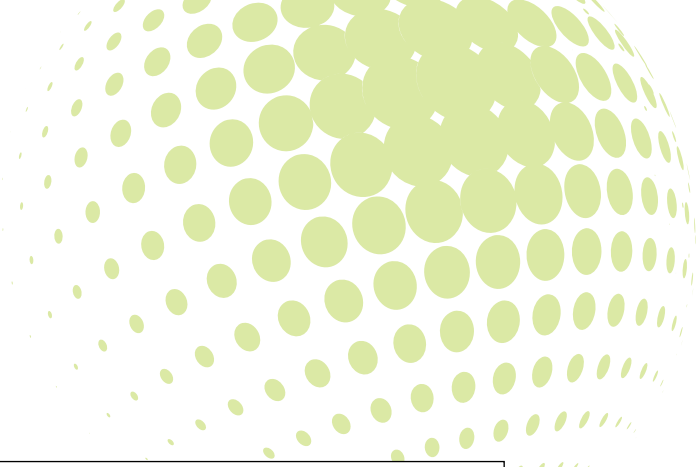
キーワード

高分解能生物圏モデル

ROMS-PISCES VISIT

緩和策

CO₁ Topics



陸域生態系のモデル

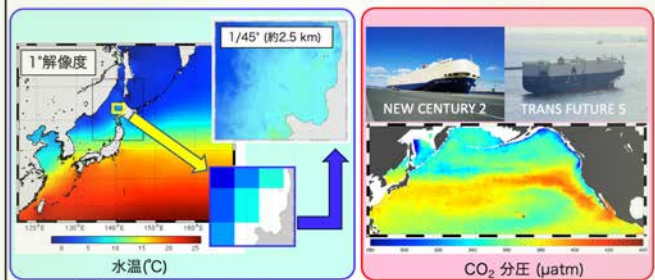
これまで私たちはVISIT (Vegetation Integrative Simulator for Trace gases) というモデルを開発してきました。森林や草原など陸域生態系の機能をシミュレートするモデルで、本領域の対象である大気CO₂の固定速度やバイオマス生産力を推定することができます。炭素・窒素循環や、メタンなど温室効果ガスを扱うことができるのが特徴です。地球環境変化への応答や、植林など管理活動の効果を評価できるよう、モデルの改良を進めます。

海洋生態系のモデル

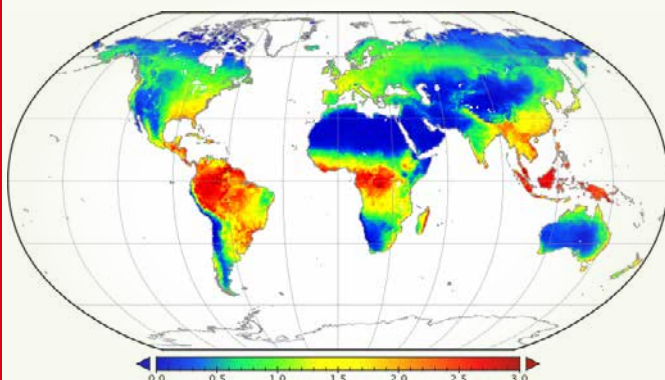
海洋生態系変動が卓越する沿岸～近海域の環境を高精度に再現・予測するためには数km程度の空間解像度と毎時の時間解像度を持ち、海洋循環と生態系を組み込んだ領域海洋モデルを駆動する必要があります。本課題で使用しているモデルは、北海道沿岸域で海洋物理生物場を最適化し、成果を上げています。本課題ではさらに船舶観測によって評価されるCO₂分圧等の炭酸系パラメータや栄養塩の分布と、モデルシミュレーションによる分布結果を比較・最適化することで海洋生態系機能の定量評価を行います。

領域海洋循環・生態系モデル

船舶観測



海洋生態系機能の定量評価へ



生物圏の光合成

大気から光合成により固定するCO₂量は「総一次生産」とも呼ばれます。世界全体での総一次生産量とその変化は、生物圏による地球温暖化の抑制を考える上で非常に重要なテーマです。VISITモデルを用いたこれまでの研究で、近年(2011-2020)の陸域生態系の総一次生産量は年間1350億トン(炭素)程度と推定されています。この量は1990年代と比較して10%近く増えていますが、その原因を解明し今後の変化を予測することは重要な課題です。

地球システムモデルによる生態系環境適応が 気候へ与えたフィードバックの解明

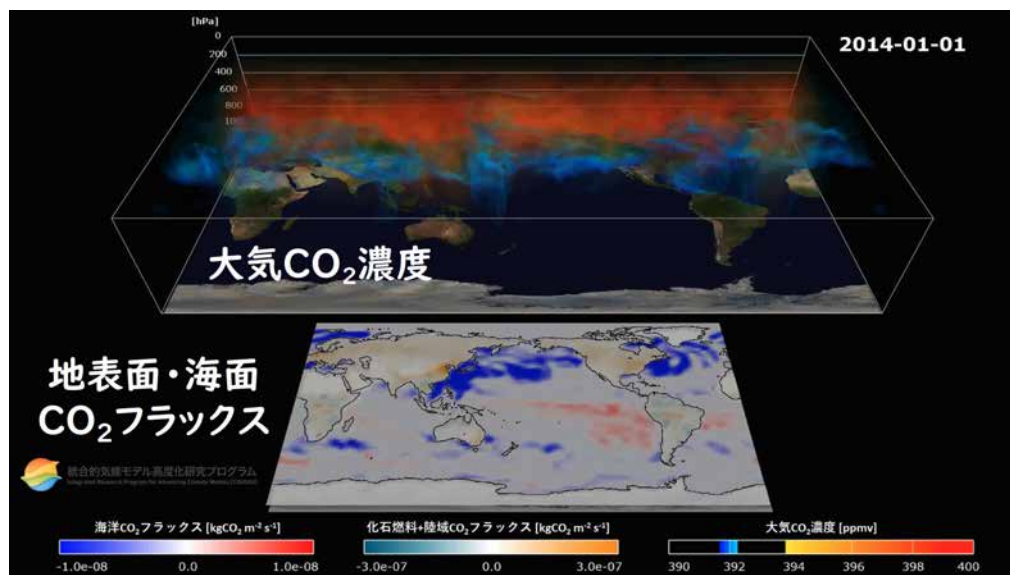
研究概要

地球システムモデルによる陸海生態系の環境応答が気候へ与えたフィードバックの解明：陸域および海洋生態系・物質循環過程が含まれる地球システムモデルMIROC-ES2L (陸域水平解像度 $2.8^\circ \times 2.8^\circ$ 、海洋水平解像度100km程度)に、陸域生態系については環境適応に関するパラメータ・モジュール (短時間の順化 (光合成・呼吸の温度・CO₂・養分に対する感受性低下) と長時間の適応 (植生分布変化) を導入し検出する。海洋生態系は温度・塩分・養分変化への生物生産等の応答として環境適応を検出する。

炭素蓄積量を平衡させるためのスピンアップ (1000年間) に続いて、歴史実験 (1901-2009年) と将来予測 (2010-2100年) を行い、新規パラメータ・モジュールon/off間の陸域・海洋生態系の物質循環と、気候予測結果の差分から、生態系環境適応が気候へ与えたフィードバックを定量化する。CMIP6データベースを利用した陸海生態系の環境応答に関するマルチモデル解析：10を超える地球システムモデルが世界で開発され温暖化予測等に活用されているが、多くのモデルにおいて、順化・適応といった環境変動に対する生態系応答過程が考慮されておらず、例えば現在の環境下における各種パラメータ (例えば光合成の最適温度等) が将来においても維持されていることが暗黙のうちに仮定されている。

このような仮定は、将来の生態系変動を正しく表現できなくさせている恐れがあり、この現状把握と次世代地球システムモデルの生態系過程高度化の礎を築くため、複数の地球システムモデルのシミュレーション結果 (CMIP6) を解析し、陸海生態系の環境応答過程について比較・解析を行う。

CO1とCO2が使用するモデルでは一部のプロセスが共通しているが、空間分解能や気候フィードバックの有無の点で大きく異なる。観測データを用いた検証やプロセス定式化の改良に関してCO1とCO2は連携しつつ双方のモデル開発・研究を進める。



研究メンバー

研究代表者

加藤 知道 北海道大学/准教授 (気候生物圏相互作用)

研究分担者

羽島 知洋 海洋研究開発機構/グループリーダー代理 (陸域モデル)

相田 真希 海洋研究開発機構/グループリーダー代理 (海洋モデル)

立入 都 海洋研究開発機構/グループリーダー (統合モデル)

キーワード

MIROC-ES2L VISIT

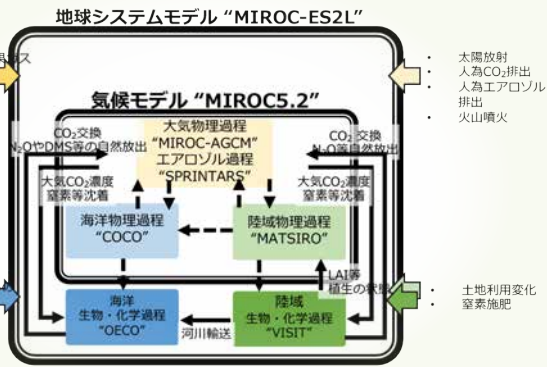
OECO2

気候変動-生態系応答フィードバック

順化

CO₂ Topics

2022.3.4



国内の兄弟プロジェクト： 統合的気候モデル高度化研究プログラム

温暖化予測情報の創出や気候モデルの精緻化を図る「統合的気候モデル高度化研究プログラム(文部科学省受託研究)」が2022年3月で終了します。このプログラムでは2021年ノーベル物理学賞を受賞された真鍋淑郎先生(プリンストン大、JAMSTECフェロー)についても取り上げられた気候モデルや、本課題でも利用する陸域生態系モデルVISITや海洋生態系モデルOECO2が結合された「地球システムモデルMIROC-ES2L」の開発(Hajima et al. 2020 GMD)が行われました。

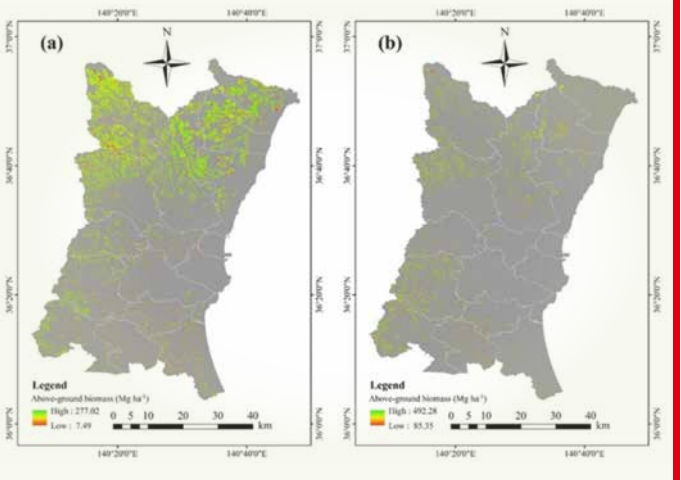
Web <https://www.jamstec.go.jp/tougou/index.html>

2022.2.1

PALSAR-2及びSentinel-2データを利用した茨城県における主要針葉樹2種の地上部バイオマス推定

北海道大学、JAXA及び中国海南大学による共同研究チームは、PALSAR-2 (JAXA/ALOS-2) とSentinel-2 (ESA) データから選ばれた48種類の変数を入力として、ランダムフォレスト回帰モデルを駆動し、茨城県北部のスギとヒノキを対象とした森林地上部バイオマスの推定を行いました。日本国土面積のそれぞれ約18%と10%を占めるスギ・ヒノキ林の森林地上部バイオマスを推定において新しいアプローチを提案できたことは大きな意義があります。

Link <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/3/468>



2021.10.29

二宮秀輝さん(北大陸域生態系モデリング研究室)が、COP26サイドイベントで1位に選ばれました!

COP26サイドイベントとしてInternational Universities Climate Alliance (気候変動研究に関する国際大学連盟)のアジア地区オンラインワークショップで行われた、Climate Research Pitch Competition (学生による気候変動研究コンテスト)で、北大国際食資源学院修士2年の二宮秀輝さん(陸域生態系モデリング研究室)の修論研究「全球植生動態モデルSEIB-DGVMによる炭素飢餓推定」が1位に選ばれました。

Web <https://www.gfr.hokudai.ac.jp/ja/news/2021/11/11/2334/>



第69回日本生態学会大会にてシンポジウムを開催しました!!

「デジタルバイオスフェア：地球環境を守るための統合生物圏科学の創出にむけて (Digital biosphere: toward integrated biospheric sciences)」

日にち：2022.3.18

場所：オンライン

オーガナイザー：小野田 雄介(京都大学)、伊藤 昭彦(国立環境研究所)

司会：小野田雄介(京都大学)

要旨PDF：https://esj.gakkai.online/oral_presentation_sessions/38.pdf

- 9:00 - 9:30 統合生物圏科学に向けたデジタルバイオスフェアの開発 *伊藤昭彦(国立環境研究所)
- 9:30 - 9:50 森林の炭素貯留速度決定機構の理解に向けて *彦坂幸毅(東北大学)
- 9:50-10:10 微生物群集の構造と機能を結びつける *近藤倫生、楊岱霖(東北大学)
- 10:10-10:30 森林機能に関わるゲノム・形質・生態の統合アプローチ *小野田雄介(京都大学)
- 10:30-10:40 休憩
- 10:40-11:00 気候変動時代の森林機能を追う *熊谷朝臣(東京大学)
- 11:00-11:20 リモートセンシング技術による森林と沿岸海洋生態系の構造と機能の広域観測 *小林秀樹、SISWANTO Eko(海洋研究開発機構)
- 11:20-11:40 地球システムモデルで生態系の環境応答を調べる *加藤知道(北海道大学)、野口(相田)真希、羽島知洋、立入郁(海洋研究開発機構)
- 11:40-11:50 コメント 矢原徹一(福岡市科学館)
- 11:50-12:00 総合討論

感想：

180名を超えるオンライン参加者によって、デジタルバイオスフェアはどのような学術の変革をもたらすことができるのかについて、活発な議論がありました。今後予定されている公募班メンバーの追加や、各班間のコラボ促進により、さらにプロジェクトの内容が濃くなることが期待されました。コメンテーターの矢原先生からは、領域代表の伊藤昭彦さんをはじめとする全てのメンバーは、デジタルバイオスフェアがどうすれば社会に貢献できるかを今から考えて行動する必要がある旨の叱咤激励をいただきました。胸に刻んでプロジェクトに貢献していきたいと感じました。(加藤知道)



デジタルバイオスフェア

地球環境圏を守るための総合生物圏科学

<https://digital-biosphere.jp/>

お問い合わせ

伊藤昭彦

国立環境研究所 地球システム領域

物質循環モデリング・解析研究室

Email: dibi-info@nies.go.jp

加藤知道

北海道大学 大学院農学研究院 連携研究部門

Email: tkato@cen.agr.hokudai.ac.jp

Newsletter

2022年3月発行