

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：32515  
研究種目：基盤研究(B)（一般）  
研究期間：2019～2021  
課題番号：19H04320  
研究課題名（和文）AIを用いた全国規模の群落レベルの時空間的变化を表現する植生図化と予測モデル構築

研究課題名（英文）Artificial intelligence techniques utilized for nationwide mapping and prediction modeling of spatio-temporal changes in plant communities

研究代表者  
原 慶太郎（Hara, Keitarou）  
東京情報大学・総合情報学部・教授

研究者番号：20208648  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,500,000円

研究成果の概要（和文）： 気候変動が陸上生態系の基盤である植生に及ぼす顕著な影響に生育適地の変化がある。植生分布の現況の把握と将来における分布予測は自然環境の適正な管理、さらには持続可能な発展に不可欠である。

本研究では、衛星リモートセンシングデータと深層学習技術を用いて、植生分布の現況を表すモデルを構築し、本研究で案出した群落優占種（属）相観型（DG-P型）に基づき全国規模の植生分布を明らかにした。将来における植生分布の予測に向けては、全国規模の植生動態モデル開発のため、NASAが提供する気候予測データであるGDDP（Global Daily Downscaled Projections）を整備し検討を進めた。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動に伴う気温と降水量の変化は、日本の多様な植生の種組成と分布にこれまでにない変化を及ぼすことがわかっている。植生から得られる生態系サービスの享受による持続可能な発展に向けた対策を講じるためには、植生分布の現況を正確に捉え、そして、将来の変化を予測することが肝要である。本研究では、全国規模における植生分布を「群落優占種（属）相観型」（DG-P型）で表すことができた。今後、この植生分布の現況と気候予測データとを複合的に解析することで、将来の植生分布を予測する植生動態モデルが開発できる。この成果によって、生態系サービスに配慮した実効ある政策立案が可能となる。

研究成果の概要（英文）： One of the significant effects of climate change on vegetation which is also the basis of terrestrial ecosystems, is that rapid and major changes have already affected in the vegetation distribution. Understanding the current vegetation distribution and predicting the future vegetation distribution are indispensable for the harmony between vegetation and humans, and for sustainable development. In this research, we developed the model of the current vegetation distribution using by fusion the earth observation data by satellite remote sensing and deep learning technology and made the nationwide vegetation distribution based on Dominant Genus-Physiognomy type (DG-P type). In addition, order to develop a nationwide vegetation dynamics model that to predict future vegetation distribution, we collected and prepared GDDP (Global Daily Downscaled Projections), which is climate prediction data provided by NASA.

研究分野：生態学

キーワード：植生変化 植生図化 植生分布モデル AI リモートセンシング

## 1. 研究開始当初の背景

気候変動は今日人類が直面する最も重大な地球規模の課題であり、持続可能な開発に向けた長期計画に密接に関係する事象である。日本列島は南北に長く緯度の差が大きいことから、気候変動に対して最も敏感な国の一つである。気候変動による気温と降水量の変化によって、日本の多様な植生の種組成と分布の連続性にこれまでにない変化がすでに現れはじめている。日本の冷温帯林を代表するブナの森林の分布適地の変化をはじめ、気候変動が植生や生物多様性に及ぼす影響が指摘されている。この気候変動の影響下における日本の植生変化に向けた研究課題としては、(1) 植生分布の現況を正確に把握すること、(2) 現在の植生分布と関連する気候条件からの影響要因の推定と、将来の気候変動の影響下における植生分布の予測が挙げられる。これらの研究を進めることで、植生から得られる生態系サービスの享受による持続可能な発展に向けた対策を講じる情報を提供することが可能となる。

## 2. 研究の目的

衛星リモートセンシングによる地球観測技術と人工知能(AI)技術とを展開することで、植生分布の現況を的確に表すモデルを構築する。そして、将来の気候変動予測結果と現在の植生分布とを統合し解析することで、全国規模の植生動態モデルを開発する。さらに、開発した植生動態モデルによって、将来における植生分布の変化を予測する。

## 3. 研究の方法

将来の気候変動下における植生分布の予測モデルを開発するためには、基盤情報となる植生分布の現況を正確に把握することが不可欠である。そして、現在の植生分布と気候条件を統合的に解析することで、植生分布の適地条件を把握することができる。その上で、将来における気候条件を組み込んだ解析を実施することで将来の植生分布の予測モデルが開発できる。これらの研究を遂行するために(1) 解析に最適な植生型の検討、(2) 衛星データ及びグランドトゥルースデータの整備、(3) 植生分布の現況を表す植生分布モデルの開発、(4) 気候予測データの入手と整備、(5) 現在の植生分布モデルと気候予測データの統合による将来の気候変動の影響下における植生分布の予測、を進めた。

## 4. 研究成果

### (1) 群落優占種(属)相観型(Dominant Genus-Physiognomy type : DG-P型)

植生型に関しては、これまでのリモートセンシング技術を用いた植生分類では、土地被覆(Land cover/land use; 森林、草地、市街地など)や相観植生(Physiognomy; 落葉広葉樹林、落葉針葉樹林など)などが用いられてきた。一方で、環境省植生図の植生型を勘案し、衛星リモートセンシングの制約を踏まえると、群落優占種の属レベルとその相観を組み合わせた分類体系が適していることが明らかになった。このことから、本研究で用いる植生型としては、群落優占種(属)相観型(Dominant Genus-Physiognomy type : DG-P型)を案出した。たとえば、落葉広葉樹林帯の主要構成種であるブナやイヌブナなどブナ属(Fagus)の分布を示すために、DG-P型を用いることで、落葉広葉樹林-ブナ属(Fagus-DBF)、コナラやミズナラなどコナラ属(Quercus)の分布を示すために、落葉広葉樹林-コナラ属(Quercus-DBF)と低木林-コナラ属(Quercus-Shrub)などに区分することが可能となる。この新たな植生の区分単位である DG-P 型を用いることによって、従来の植生分布モデルの高度化と、将来の分布

予測への適用が可能になる。なお、全国規模の植生分布モデルの構築に用いた DG-P 区分は、現地調査や環境省 1/2.5 万植生図を基に、ソーラーパネルや農耕地（水田、畑、牧草地、果樹園）を含む 100 以上の分類型を整備した。

### (2) 日本全国規模の植生分布モデルの構築

日本全国規模の植生分布モデルの構築に向けて、東北地方の 6 つの地域（八甲田、尾瀬地域（尾瀬国立公園と周辺域）、蔵王、白神、北上、福島東部）、北海道と九州の 2 つの地域（白糠地域、綾地域）を解析対象地として検討を進めてきた。そして、それらの検討を踏まえて、深層学習による日本全国規模の植生分布モデルを構築した。深層学習による植生分布モデルには、2018 年から 2020 年までの 3 年間の Sentinel-2/MSI データによる反射率と、反射率から算出した植生解析に係る指数として、正規化植生指数 (NDVI) や改良レッドエッジ正規化植生指数 (MRENDVI) を含む 13 個の指数を算出して解析に供した。グランドトゥールースデータは、現地調査と Google Earth などの空中写真の目視判読により、収集した衛星データの観測年月と一致する最新の情報を整備した。

図 1 は、東北地方全域を対象とした GD-P 型による現存の植生分布である。東北地方においては、設定した GD-P 型は 53 個である。モデルによる分類精度は、全体精度とカッパ係数ともに 0.9 を超える非常に高い値が示された。

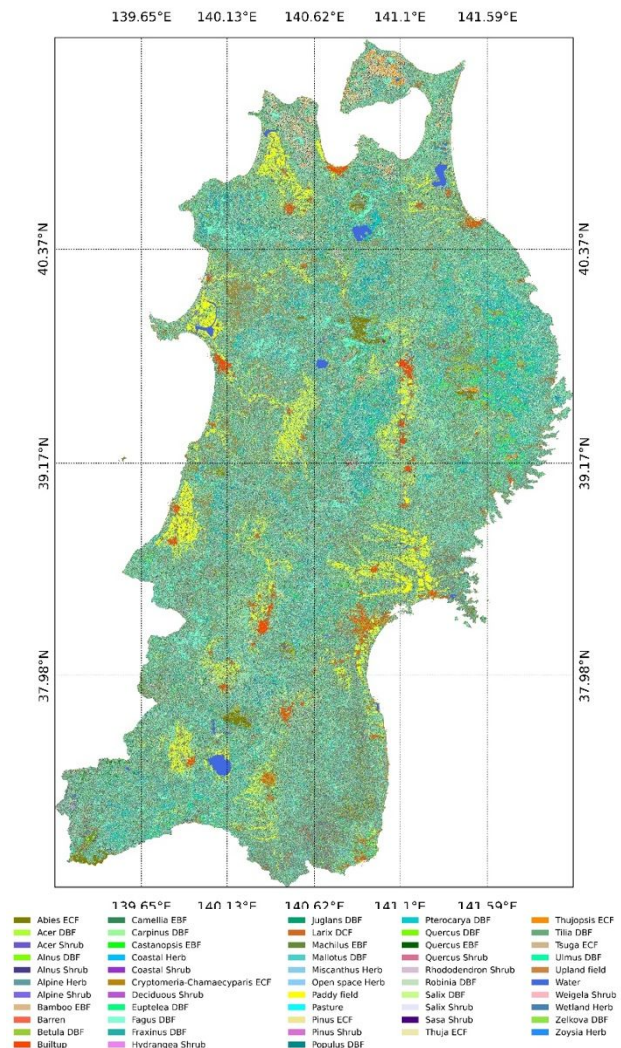


図 1 東北地方全域を対象とした DG-P 型による植生分布

### (3) 将来の気候変動の影響下における植生分布の予測に向けたデータ整備

現在の植生分布と気候条件とを統合的に解析することで、植生分布の適地条件を把握することができる。その上で、将来の気候条件を組み込んだ解析を実施することで将来の植生分布の予測モデルが開発できる。気候予測データは、NASA Earth Exchange が提供する GDDP (Global Daily Downscaled Projections) の収集と整備を進めた。空間分解能は 25 km グリッド、時間分解能は 1950 年から 2100 年までの間を 1 日単位である。今後は、本研究で開発した日本全国規模の植生分布モデルと、整備した GDPP を複合的に解析することで、将来の気候変動下における植生分布モデル構築を展開する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Sharma, R. C., Hirayama, H., Yasuda, M., Asai, M., & Hara, K.	4. 巻 14(1)
2. 論文標題 Classification and Mapping of Plant Communities Using Multi-Temporal and Multi-Spectral Satellite Images.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geography and Geology	6. 最初と最後の頁 43-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/JGG.V14N1P43	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 平山英毅・富田瑞樹・原慶太郎	4. 巻 80
2. 論文標題 尾瀬地域における衛星リモートセンシングによる植生モニタリングの検討.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 低温科学	6. 最初と最後の頁 343-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14943/lowtemsci.80.343	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sharma, R. C.・平山英毅・原慶太郎	4. 巻 61(3)
2. 論文標題 衛星データを用いた植生分類に向けた深層学習の適用可能性の評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 写真測量とリモートセンシング	6. 最初と最後の頁 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sharma, R. C., & Hara,	4. 巻 7(2)
2. 論文標題 Self-Supervised Learning of Satellite-Derived Vegetation Indices for Clustering and Visualization of Vegetation Types.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Imaging	6. 最初と最後の頁 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jimaging7020030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hirayama, H., Sharma, R. C., & Hara, K.	4. 巻 42
2. 論文標題 Examination of Time-series Generation Method of Satellite Data for Vegetation Mapping in a Cloudy Region.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 42nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2021)	6. 最初と最後の頁 1217-1223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sharma, R. C.	4. 巻 2(2)
2. 論文標題 Genus-Physiognomy-Ecosystem (GPE) System for Satellite-Based Classification of Plant Communities.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecologies	6. 最初と最後の頁 203-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ecologies2020012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 平山英毅・富田瑞樹・木村啓・菅野洋・富田尚樹	4. 巻 26
2. 論文標題 マルチスペクトル画像の放射量補正の有無が植生指数に及ぼす影響 プナ苗木の事例.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 景観生態学	6. 最初と最後の頁 95-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5738/jale.26.95	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hirayama, H., Tomita, M., & Hara, K.	4. 巻 35
2. 論文標題 Quantitative monitoring of changes in forest habitat connectivity following the great eastern Japan earthquake and tsunami.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Landscape Ecology	6. 最初と最後の頁 1519-1530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10980-020-01034-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 藤原道郎	4. 巻 21
2. 論文標題 特定外来生物ナルトサワギク ( <i>Senecio madagascariensis</i> Pioret) の生態的特性と兵庫県淡路島における分布状況	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 景観園芸研究	6. 最初と最後の頁 23-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sharma, R.C., Hirayama, H., Tomita, M. and Hara, K	4. 巻 40
2. 論文標題 Mapping of the altitudinal and topographical patterns of mountainous vegetation in northeast Japan.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 40th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2019)	6. 最初と最後の頁 2242-2250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hirayama, H., Tomita, M., Sharma, R.C. and Hara, K	4. 巻 XLII-3/W8
2. 論文標題 Land-cover Maps using Multiple Classifier System for Post-disaster Landscape Monitoring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	6. 最初と最後の頁 139-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W8-139-2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 藤井奨太・藤原道郎
2. 発表標題 淡路島中北部における明治期以降の植生景観の変遷
3. 学会等名 日本生態学会 第68回 福岡大会(オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田畠斗夢・富田瑞樹・平山英毅・菅野洋・平吹喜彦・原慶太郎
2. 発表標題 仙台湾岸の津波攪乱跡地における植生指数の8年間の变化
3. 学会等名 第22回 自然環境復元学会 全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅野洋・平吹喜彦・佐藤愛実・齋藤杏実・富田瑞樹・原慶太郎・岡浩平・黒沢高秀・松島肇
2. 発表標題 大津波と復興工事の影響下における砂浜・砂丘植生の変遷
3. 学会等名 第22回 自然環境復元学会 全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ram C. Sharma and Keitarou Hara
2. 発表標題 Classification and mapping of vegetation types through machine learning of sentinel-2 multi-temporal images.
3. 学会等名 和3年度 日本写真測量学会年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirayama, H., Sharma, R. C. and Hara, K.
2. 発表標題 Examination of Time-series Generation Method of Satellite Data for Vegetation Mapping in a Cloudy Region
3. 学会等名 The 42nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷河漣・藤原道郎
2. 発表標題 兵庫県淡路島の常緑広葉二次林におけるヒメシヤラ個体群の分布状況
3. 学会等名 第30回日本景観生態学会(web大会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田瑞樹・平山英毅・菅野洋・木村啓・岡田真秀
2. 発表標題 UAVを用いた硫気孔からの距離と林冠木における植生指数の相関関係の評価
3. 学会等名 日本生態学会第68回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平山英毅・富田瑞樹・木村啓・菅野洋・岡田真秀
2. 発表標題 マルチスペクトルカメラを用いた植生活性度評価におけるデータ校正の必要性の検討
3. 学会等名 日本生態学会第68回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平山英毅・富田瑞樹・木村啓・菅野洋・岡田真秀
2. 発表標題 マルチスペクトル画像の補正の有無が植生活性度評価に与える影響
3. 学会等名 第21回 自然環境復元学会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 富田瑞樹・平山英毅・菅野洋・木村啓・岡田真秀
2. 発表標題 マルチスペクトルカメラ搭載UAVによる樹冠レベルでの植生指数モニタリング
3. 学会等名 第21回 自然環境復元学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sharma, R.C., Hirayama, H., Tomita, M. and Hara, K
2. 発表標題 Mapping of the altitudinal and topographical patterns of mountainous vegetation in northeast Japan.
3. 学会等名 40th Asian Conference on Remote Sensing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirayama, H., Tomita, M., Sharma, R.C. and Hara, K.
2. 発表標題 Land-cover maps using multiple classifier system for post-disaster landscape monitoring
3. 学会等名 GeoInformation For Disaster Management (Gi4DM) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sharma, R.C., Hirayama, H. and Hara, K.
2. 発表標題 Deep learning of satellite data and mapping of plant communities
3. 学会等名 令和元年度 写真測量学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原慶太郎・Ram Sharma・平山英毅・富田瑞樹
2. 発表標題 衛星リモートセンシングデータを用いた機械学習による植生図化手法の検討
3. 学会等名 植生学会第24回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平山英毅・富田瑞樹・原慶太郎
2. 発表標題 高時空間分解能衛星画像を用いた尾瀬植生図作成手法の検討
3. 学会等名 自然環境復元学会第20回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤原道郎
2. 発表標題 植生図更新の基礎としてのローカルスケールでの植生変化
3. 学会等名 日本生態学会第67回全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 原慶太郎, 菊池慶子, 平吹喜彦 (編)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 272
3. 書名 自然と歴史を活かした震災復興：持続可能性とレジリエンスを高める景観再生	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	富田 瑞樹  (Tomita Mizuki)  (00397093)	東京情報大学・総合情報学部・教授    (32515)	
研究分担者	藤原 道郎  (Fujihara Michiro)  (80250158)	兵庫県立大学・緑環境景観マネジメント研究科・教授    (24506)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関