

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02833

研究課題名(和文) 東アジアにおける森林植物の分布制限条件の解明と過去・現在・将来の分布変化予測

研究課題名(英文) Estimating climatic controls of forest plants in East Asia and predicting their distribution changes in the past, present and future

研究代表者

田中 信行 (TANAKA, Nobuyuki)

東京農業大学・国際食料情報学部・教授

研究者番号：80353762

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：東アジアにおける植物種の分布予測モデルを構築することにより、分布制限条件の解明、および過去・現在・将来の気候変化に伴う種の潜在生育域を予測し、生態系保全上重要な地域を特定することを目的として、中国、台湾、韓国、ロシアの研究機関と共同研究を行った。生物多様性保全上重要な雲南省の亜高山帯針葉樹林、中国の南部に分布する第三紀遺存樹種ハンカチノキ、東北アジアの主要樹種の一つであるヤエガワカンバについて、分布予測モデルを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、地球は急激な気候変化の影響を受けている。人類はこの気候変化の悪影響をできるだけ減らすための適応策を実行していく必要がある。気候変化の生態系への影響は、不明な点が多く、生物の絶滅など悪影響が顕在化した時は手遅れの場合がある。そのため気候変化影響を予測し、適切な適応を行うための研究が必要である。本研究は樹木の分布変化を過去から将来にわたって推定する技術を開発し、樹木の分布の成因や将来予測を行い、適切な適応策の策定に貢献する。

研究成果の概要(英文)：By constructing predictive distribution models for plant species in East Asia, the objectives of this study are to elucidate conditions limiting their distributions, to project their potential habitats in the past, present and future, and to identify the areas important for their conservation. We conducted joint research with research institutes in China, Taiwan, South Korea, and Russia. Models were constructed for the following plant species/communities which are important for biodiversity conservation: 1) subalpine coniferous forests in Yunnan Province, 2) the Tertiary relict handkerchief tree distributed in southern China, and 3) dahurian birch, one of the dominant tree species in Northeast Asia.

研究分野：環境学

キーワード：分布予測モデル 生態系保全 モニタリング 気候温暖化 潜在生育域 植物生態学 適応策 脆弱性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球上の温度は、今後 100 年間で 0.3~4.8℃ 上昇すると予想され、生態系や生物の分布に大きな影響を及ぼすと予測されている (IPCC 2013)。一方、地球は長い歴史の中で気候変動を繰り返してきており、生物はそれに適応しながら分布域を変化させ、同時に進化してきた。現在進行する地球温暖化により、世界の生物の 20~30% の種で絶滅リスクが高くなると予測されている (IPCC 2007)。気候変動の生物への影響を予測し、生態系や生物多様性を保全する対策 (適応策) が、今世紀の重要な課題である。気候変動影響予測研究は、欧州で多いが、アジアでは少ない。

分布予測モデル (統計モデルの一種) を用いて、現在と将来の気候条件における植物の潜在生育域の予測が、欧州を中心に多数行われている (たとえば Harrison et al. 2001, Bakkenes et al. 2002, Thuiller et al. 2005)。また、過去 (最終氷期最盛期など) の予測も行われ、現在の分布と過去の潜在生育域との関係から、多くの種が生き残った地域 (逃避地) の特定、いろいろな種の分布への過去の気候変動の影響評価が行われている (Svenning et al. 2009)。日本では、研究代表者らが分布予測モデルによる潜在生育域の予測と温暖化影響評価を、約 40 種の重要な植物 (ブナ、常緑広葉樹、ハイマツなど針葉樹、ササ類、シダ植物、溪畔樹種、山菜植物など) について行った (Matsui et al. 2004a, 2004b, 2005, 津山ほか 2008a, 2008b; Tsuyama et al. 2011, 2012, 2013; Horikawa et al. 2009, 田中ほか 2006, 2009; Tanaka et al. 2012; Higa et al. 2013a, 2013b; Nakao et al. 2011, 2013, 2014)。これは、アジアにおける先導的な研究で、IPCC 評価報告書 (2007, 2013) でも引用されている。

### 2. 研究の目的

東アジアにおける重要な植物種の分布予測モデルを構築することにより、分布制限条件の解明、および過去・現在・将来の気候変化に伴う種の潜在生育域を予測し、生態系保全上重要な地域を特定することを目的とする。

### 3. 研究の方法

東アジアの基盤データを整備し、分布予測モデルを構築し、分布制限要因を生態学的に解釈し、潜在生育域の予測を行い、結果を地図化する。その実行のため、中国、台湾、韓国、ロシアの研究機関と共同研究を行う。具体的項目は、次の通り。

- (1) 植物分布のデータベースの構築
- (2) 過去・現在・将来の気候データの整備と気候変数の計算
- (3) 非気候要因のデータの整備 (地形、地質、永久凍土など)
- (4) 分布予測モデルの構築 (モデル選択、精度評価) と、現在の潜在生育域の予測
- (5) 分布を制限する気候・非気候変数の貢献度と閾値の評価
- (6) 過去 (間氷期、最終氷期最盛期) の潜在生育域の予測、逃避地の特定
- (7) 将来 (2100 年など) の潜在生育域の予測、逃避地と脆弱な地域の特定
- (8) 生態系保全上重要な地域の特定、各国の保護区との関係評価

### 4. 研究成果

生物多様性ホットスポットである雲南省の亜高山帯針葉樹林 (優占種は *Picea likiangensis*, *Larix speciosa*, *Pinus densata*, *Abies delavayi*, *Abies georgei*) について、分布予測モデルによる温暖化影響評価を行った。ALOS 衛星の判読によって、亜高山針葉樹林を特定し、BioClim 気候データと結合させて分類樹モデルを作成した。その結果、針葉樹林は冬期最低気温  $-4.5$ ℃ 以下かつ夏期降水量  $< 614.5$  mm が適域で、冬期最低気温  $-1.35$ ℃ より暖かい地域は潜在非生育域であった。この  $-4.5$ ℃ と  $-1.35$ ℃ の間の気候帯は低標高に分布の中心をもつ広葉樹林との移行帯であった。将来の気候シナリオでは、亜高山帯針葉樹林の適域は現在比で 56% に減少すると予測された。気候温暖化に伴い下部の広葉樹林が高標高に拡大し亜高山針葉樹林との入れ替わる可能性がある。したがって、森林帯の移行域を中心に植生モニタリングを行って現実の植生変化を検出し、適切な対策を行うことが重要である。この成果は、雲南省の森林保全計画の策定にも貢献しうる。

中国の南・中央部と南西部に分布する第三紀遺存樹種ハンカチノキ (*Davidia involucrata*) への気候変化影響を明らかにするために、分布予測モデルを用いて、最終氷期最盛期、完新世中期、現在、将来 (2070 年) における気候的生育域 (潜在生育域) を予測した。最終氷期最盛期と完新世中期の予測結果、南・中央部と南西部が安定的な逃避地であることが示され、現在の分布域とほぼ一致した。6 つの将来気候シナリオによると、潜在生育域は現在の分布域内の高標高域だけが維持されるとともに西部の高山への移動が予測された。高い出現確率 (0.5~1.0) の適域は 2070 年には平均で 29.2% に減少してしまうので、本種が温暖化に対して脆弱であることを示唆された。この結果は、気候変化影響から見たハンカチノキの保護区の優先順位判定に役立つだけでなく、本種に近い生態的特性と分布域を有する他の第三紀遺存樹種の保全にも役立つ。

東アジアの主要樹種の一つであるカバノキ科ヤエガワカンバは、東アジアの大陸部では広域に分布する普通種であるが、日本列島では本州中部山岳と北海道にのみ隔離分布する。この分

布特性の成因を解明するために、分布を気候条件から説明する分布予測モデルを構築し、最終氷期から現在までの潜在生育域の変化を推定した。モデルの構築にあたり、従属変数である本種の分布データは、現地調査のほか、分布図や文献から収集した。説明変数に用いた最終氷期最盛期、完新世中期および現在の気候条件は、GCM 気候シナリオ (CCSM4, MIROC, MPI) から生態学的に意義のある 19 の変数 (Bioclim) を用いた。分布予測モデルには、Maximum entropy principle algorithms (MaxEnt) を使用した。モデルの予測精度を示す AUC (Area Under Curve) は 0.95 を示し、高精度なモデルの構築に成功した。約 2 万年前の最終氷期最盛期のヤエガワカンバの潜在生育域は、中国大陸の中部から東部、極東ロシア、韓半島、日本列島にかけて連続的に分布していたと推定された。その後、約 6,000 年前の完新世中期には分布が全体に北方に移動し、韓半島から極東ロシア沿海州が分布の中心となった。この時期の日本列島では湿潤化・多雪化が進行し、中部地方と北海道に生育域が分離したと推定された。この成果は、気候変動の影響評価技術の高度化と適応技術の開発に貢献しうる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Shitara T, Nakamura Y, Matsui T, Tsuyama I, Haruka O, Kamijo T.	4. 巻 219
2. 論文標題 Formation of disjunct plant distributions in Northeast Asia: a case study of <i>Betula davurica</i> using a species distribution model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant Ecology	6. 最初と最後の頁 1105-1115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.10007/s11258-018-0862-y	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 -
1. 著者名 Matsui T, Nakao K, Higa M, Tsuyama I, Kominami Y, Yagihashi T, Koide D, Tanaka N	4. 巻 33
2. 論文標題 Potential impact of climate change on canopy tree species composition of cool-temperate forests in Japan using a multivariate classification tree model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 289-302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-018-1576-2	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 -
1. 著者名 松井哲哉, 田中信行, 津山幾太郎	4. 巻 72
2. 論文標題 日本の寒帯・亜寒帯性針葉樹の分布と気候変動影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 生物の科学 遺伝	6. 最初と最後の頁 70-78
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 Yun J-H, Nakao, K, Tsuyama, I., Matsui, T., Park C-H, Lee B-Y, Tanaka, N.	4. 巻 33
2. 論文標題 Vulnerability of subalpine fir species to climate change: using species distribution modeling to assess the future efficiency of current protected areas in the Korean Peninsula	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 341-350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-018-1581-5	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 Cindy Q. Tang, Yi-Fei Dong, Sonia Herrando-Moraira, Tetsuya Matsui, Haruka Ohashi, Long-Yuan He, Katsuhiko Nakao, Nobuyuki Tanaka, Mizuki Tomita, Xiao-Shuang Li, Hai-Zhong Yan, Ming-Chun Peng, Jun Hu, Ruo-Han Yang, Wang-Jun Li, Kai Yan, Xiuli Hou, Zhi-Ying Zhang & Jordi Lopez-Pujol	4. 巻 7
2. 論文標題 Potential effects of climate change on geographic distribution of the Tertiary relict tree species <i>Davidia involucrata</i> in China	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 43822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep43822	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 田中信行	4. 巻 137
2. 論文標題 地球温暖化と野生植物	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 花の友	6. 最初と最後の頁 1-4
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 松井哲哉	4. 巻 44
2. 論文標題 日本列島の森林生態系と気候変動	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 グリーンエージ	6. 最初と最後の頁 4-7
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 Li WJ, Peng MC, Higa M, Tanaka N, Matsui T, Tang CQ, Ou XK, Zhou RW, Wang CY, Yan HZ	4. 巻 13
2. 論文標題 Effects of climate change on potential habitats of the cold temperate coniferous forest in Yunnan province, southwestern China	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Mountain Science	6. 最初と最後の頁 1411-1422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11629-016-3846-1	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 Koide, D., Higa, M., Nakao, K., Ohashi, H., Tsuyama, I., Matsui, T., Tanaka, N.	4. 巻 135
2. 論文標題 Projecting spatiotemporal changes in suitable climate conditions to regenerate trees using niche differences between adult and juvenile trees.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 European Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 125-136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10342-015-0921-z	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 Nakazono, E., Tanaka, N., Yasuda, M., Daimaru, H. and Takeuchi, W.	4. 巻 37
2. 論文標題 Evergreen broadleaf forest transition zone changes in Japan from 1961 to 2008 detected by aerial ortho-photos	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	6. 最初と最後の頁 12033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1755-1315/37/1/012033	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 中園悦子, 田中信行	4. 巻 67(1)
2. 論文標題 空中写真判読による紫尾山常緑広葉樹の33年間の林冠変化	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 1-4
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 -

1. 著者名 田中信行, 井関智裕, 北村系子, 斎藤均, 津山幾太郎, 中尾勝洋, 松井哲哉	4. 巻 58(1)
2. 論文標題 北海道におけるブナの潜在生育域と分布北限個体群の実態	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 森林立地	6. 最初と最後の頁 9-15
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 -

1. 著者名 中園悦子, 武生雅明, 田中信行, 大丸裕武	4. 巻 60(3)
2. 論文標題 空中写真判読による函南原生林の40年間の林冠変化	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 東京農業大学農学集報	6. 最初と最後の頁 156-161
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 -

1. 著者名 田中信行	4. 巻 95
2. 論文標題 東アジアにおける気候変化の植物への影響検出モニタリングに関するワークショップ	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 海外の森林と林業	6. 最初と最後の頁 38-42
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 松井哲哉	4. 巻 71
2. 論文標題 気候変動とブナ林	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 北方林業	6. 最初と最後の頁 15-20
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 -

[学会発表] 計9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Tanaka, N., Kitamura, K., Matsui, T.
2. 発表標題 Climate change impact on potential habitats of buna ( <i>Fagus crenata</i> ) and a current migration process in the northernmost population in Japan.
3. 学会等名 2018 International Association for Vegetation Science 61st Annual Symposium. Bozeman, Montana, USA. (2018.07)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Higa, M., Matsui, T., Nakao, K., Tanaka, N., Wang, Z.
2. 発表標題 Factors determining distributions of the vegetation boundary between evergreen and deciduous broad leaved forests in eastern Asia.
3. 学会等名 2018 International Association for Vegetation Science 61st Annual Symposium. Bozeman, Montana, USA. (2018.07) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shitara, T., Nakamura, Y., Matsui, T., Tsuyama, I., Ohashi, H., Kamijo, T.
2. 発表標題 How did disjunct distributions form during the Quaternary climate change in Northeast Asia? - A case study of <i>Betula davurica</i> Pall. using a species distribution model
3. 学会等名 2018 International Association for Vegetation Science 61st Annual Symposium. Bozeman, Montana, USA. (2018.07)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井哲哉, Kavgaci, A., 高野宏平, 大橋春香, 平田晶子, Muenever, A., 田中信行
2. 発表標題 オリエントブナ( <i>Fagus orientalis</i> )における過去から現在への潜在生育域の分布変遷
3. 学会等名 日本生態学会第65回全国大会 (2018年3月、札幌) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 NAKAO K, Higa M, TSUYAMA I, Lin C-T, Chiou C-RN, Chen T-Y, MATSUI T, TANAKA N
2. 発表標題 Climate change impact on the potential habitats of dominant evergreen broad-leaved tree species in the Taiwan-Japan archipelago
3. 学会等名 International Botanical Congress 2017, ShenZhen, China (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Tsuyama I, Higa M, Nakao K, Matsui T, Horikawa M, Tanaka N
2. 発表標題 How will subalpine conifer distributions be affected by climate change in Japan?
3. 学会等名 International Botanical Congress 2017, ShenZhen, China (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tanaka, N.
2. 発表標題 Initiative on establishing vegetation monitoring in response to climate change in East Asia
3. 学会等名 The 7th EAFES International Congress (EAFES2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 比嘉基紀, 松井哲哉, 中尾勝洋, 田中信行, Wang Z.
2. 発表標題 日本と中国に共通して分布するコナラ属樹木の分布特性
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 安保絵梨, 津山幾太郎, 中園悦子, 松井哲哉, 竹内渉, 田中信行
2. 発表標題 筑波山ブナ林における2005年～2019年の変化と気候変動影響
3. 学会等名 日本生態学会67回大会
4. 発表年 2020年

## 〔図書〕 計2件

1. 著者名 田中信行 (共著)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 104-107
3. 書名 北上するブナの分布北限・南限. 気候変動の事典	

1. 著者名 East Asia Biodiversity Conservation Network	4. 発行年 2015年
2. 出版社 Korea National Arboretum	5. 総ページ数 232
3. 書名 Important Plants of East Asia II: Endemic Plant Stories	

## 〔産業財産権〕

## 〔その他〕

<p>成果の一部を掲載するホームページ  <a href="http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/prdb/index.html">http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/prdb/index.html</a></p>
--

## 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	松井 哲哉  (MATSUI Tetsuya)  (20414493)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等   (82105)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	比嘉 基紀  (HIGA Motoki)  (60709385)	高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・講師   (16401)	
連携 研究者	津山 幾太郎  (TSUYAMA Ikutaro)  (80725648)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等   (82105)	