

# 目次

訳者まえがき	iii
刊行に寄せて	vii
序文	ix

第 1 章 本書の概要	1
1.1 本書のねらい	1
1.2 本書の構成	2
1.3 R による分析例を含んだ教科書の必要性	3
1.4 本書で扱っていないこと	3
1.5 本書の必要性	3
1.6 対象となる読者層	5
1.7 補助教材の見つけ方	5
1.8 本書における前提知識	5
1.9 既出の図書との違い	5
1.10 本書で使用する用語	6

---

## 第 I 部 生息適地モデリングの概要, 理論, 前提

---

第 2 章 生息適地モデリングの手順	11
2.1 生息適地モデリングのさまざまな方法論的ステップ	11
2.2 最初の概念的ステップ	18

<b>第 3 章</b>	<b>何が種分布を決めるのか？</b>	<b>21</b>
3.1	三つの背景：分散，生息地，生物学的フィルター	22
3.2	種分化，分散，種プール，そして中立説	26
3.3	非生物学的環境：生息地と基本ニッチ	28
3.4	生物学的環境：種の相互作用，種構成，実現ニッチ	32
3.5	実現ニッチのさらなる議論と他の関連するニッチの概念	36
<b>第 4 章</b>	<b>ニッチをモデル化する — 概念と実際のデータ</b>	<b>39</b>
4.1	地理的分布からニッチ定量化へ	39
4.2	定量化したニッチから空間予測へ	43
4.3	個々の種の予測から群集へ	45
4.4	主な応用分野	46
<b>第 5 章</b>	<b>生息適地モデルの仮定</b>	<b>49</b>
5.1	理論的な仮定	49
5.2	方法論的な仮定	52
<hr/>		
<b>第 II 部</b>	<b>データの編集と収集，サンプリング デザイン，空間スケール</b>	<b>55</b>
<hr/>		
<b>第 6 章</b>	<b>生息適地を予測する環境データの選択と編集</b>	<b>57</b>
6.1	既存の環境データベース	58
6.1.1	数値標高モデル	58
6.1.2	気象データ	59
6.1.3	土地被覆/土地利用データ	62
6.1.4	国境，政治的単位，その他のベクターデータ	65
6.2	R を用いたシンプルな GIS 解析の実行	66
6.2.1	はじめに	66
6.2.2	データの読み込みと最初の調査	67
6.2.3	再サンプリング，空間的調整，指数	69
6.2.4	コンターとラインでの作業	72
6.2.5	全球タイプのラスター分析	75

6.2.6	フォーカルタイプのラスター解析および地形解析 .....	77
6.2.7	グリッドの空間的な重ね合わせ .....	81
6.2.8	グリッドの再投影 .....	82
6.2.9	種のデータの読み込みと重ね合わせ .....	84
6.2.10	モデリングと解析のための統一された空間データ構造の生成 ..	87
6.3	リモートセンシングベースの予測変数 .....	92
6.3.1	はじめに .....	92
6.3.2	データソース .....	92
6.3.3	読み込み, 再集計, グリッドの重ね合わせ .....	94
6.3.4	生態学的分析のためのデータ処理 .....	97
6.4	変数の性質と選択 .....	101
6.4.1	変数の正確性 vs. 機構論的説明 .....	101
6.4.2	相関, 共線性, 分散拡大 .....	103
6.4.3	変数の事前選択 .....	107
<b>第7章 モデリング対象種のデータ収集と設計</b>		<b>109</b>
7.1	既存のデータおよびデータベース .....	109
7.2	空間自己相関と擬似反復 .....	111
7.3	サンプルサイズ, 在データ率, サンプル精度 .....	115
7.4	サンプリングデザインとデータの収集 .....	119
7.4.1	空間的なサンプリングデザインのための層別化の準備 .....	120
7.4.2	rgdal パッケージの組み込み関数を用いた空間サンプリング デザイン .....	122
7.4.3	環境に対する層別化無作為抽出デザイン .....	124
7.4.4	線形空間に沿ったサンプリングデザイン .....	127
7.5	在-不在 vs. 在データのみ .....	130
<b>第8章 生態学的スケールング: 「空間」「時間」「主題」の 解像度と規模</b>		<b>135</b>
8.1	解像度の問題 .....	136
8.1.1	空間解像度 .....	136
8.1.2	時間解像度 .....	140
8.1.3	主題の解像度 .....	143
8.2	規模の問題 .....	146

---

<b>第 III 部</b>	<b>モデリングのアプローチとモデルの校正</b>	<b>149</b>
<hr/>		
<b>第 9 章</b>	<b>エンベロープアプローチと距離ベースアプローチ</b>	<b>153</b>
9.1	概念 .....	153
9.2	エンベロープアプローチ .....	153
9.3	距離ベースアプローチ .....	158
<b>第 10 章</b>	<b>回帰ベースアプローチ</b>	<b>163</b>
10.1	概念 .....	163
10.2	一般化線形モデル .....	165
10.3	一般化加法モデル .....	173
10.4	多変量適応型回帰スプライン .....	180
<b>第 11 章</b>	<b>分類アプローチと機械学習システム</b>	<b>187</b>
11.1	概念 .....	187
11.2	再起分割 .....	188
11.3	線形判別分析とその拡張 .....	193
11.4	人工ニューラルネットワーク .....	197
<b>第 12 章</b>	<b>ブースティングとバギングによるアプローチ</b>	<b>203</b>
12.1	概念 .....	203
12.2	ランダムフォレスト .....	204
12.3	ブースティング回帰木 .....	210
<b>第 13 章</b>	<b>最大エントロピー</b>	<b>219</b>
13.1	概念 .....	219
13.2	R における Maxent .....	221
<b>第 14 章</b>	<b>アンサンブルモデリングとモデル平均化</b>	<b>227</b>

---

## 第Ⅳ部 モデルの評価：過誤と不確実性 239

---

### 第15章 モデル精度の測定——どの指標を用いるべきか？ 243

- 15.1 在-不在観測値と予測された在確率の比較..... 245
  - 15.1.1 校正の測定 ..... 246
  - 15.1.2 判別の測定と予測の閾値の選定 ..... 253
- 15.2 確率予測値と在のみ観測値との比較..... 265

### 第16章 モデル性能の評価——どのデータを用いるべきか？ 271

- 16.1 再代入法とランダム化によるモデルの当てはめの評価..... 273
  - 16.1.1 再代入法によるモデルの当てはめの評価 ..... 273
  - 16.1.2 ランダム化（並べ替え）によるモデルの当てはめの評価 ..... 274
- 16.2 再サンプリングによる内部評価..... 276
  - 16.2.1  $k$ 重交差検証法による評価..... 278
  - 16.2.2 1個抜き交差検証法（ジャックナイフ）による評価..... 284
  - 16.2.3 繰り返し分割交差検証法による評価 ..... 287
  - 16.2.4 ブートストラップによる評価 ..... 290
- 16.3 完全に独立なデータを使った外部評価..... 297

---

## 第Ⅴ部 空間的な予測と時間的な予測 301

---

### 第17章 時間・空間上へのモデルの投影 303

- 17.1 モデル投影時の補足的な検討事項と前提条件：類似環境，ニッチの完全性，ニッチの安定性..... 303
- 17.2 空間上へのモデルの投影..... 315
  - 17.2.1 学習エリアに対する予測 ..... 316
  - 17.2.2 新たな地域への投影 ..... 319
  - 17.2.3 種分布の投影における解像度の変更 ..... 322

17.3	時間上へのモデルの投影 .....	324
17.3.1	将来の環境への投影 .....	325
17.3.2	過去の環境への投影 .....	331
17.4	アンサンブル投影 .....	333

---

## 第 VI 部 本書で用いたデータとツールおよび 発展的な事例

349

---

### 第 18 章 本書の分析事例で用いたデータとツール

351

### 第 19 章 Biomod2 モデリングパッケージを用いた分析事例

359

19.1	分析事例 1: 南アフリカのプロテア・ラウリフォリア ( <i>Protea laurifolia</i> ) の生育適地モデリング .....	359
19.1.1	分析事例の概要 .....	359
19.1.2	必要なパッケージの読み込み .....	360
19.1.3	データセンターからの種分布データのダウンロード .....	360
19.1.4	環境データのダウンロード .....	363
19.1.5	環境変数の選択 .....	364
19.1.6	主成分分析 .....	366
19.1.7	Biomod2 のモデリング手順 .....	369
19.1.8	種の分布範囲の変動 .....	382
19.1.9	モデル, シナリオ, 時間断面の影響 .....	385
19.1.10	まとめ .....	386
19.2	分析事例 2: カモメ ( <i>Larus</i> ) 属の多様性地図の作成 .....	387
19.2.1	分析事例の概要 .....	387
19.2.2	種データの取得 .....	388
19.2.3	環境データの取得 .....	391
19.2.4	気候データのフォーマットと選択 .....	393
19.2.5	種のニッチモデリング .....	396
19.2.6	$\alpha$ 多様性地図の作成 .....	399
19.2.7	まとめ .....	401

---

第 VII 部 将来展望	403
<hr/>	
第 20 章 生息適地モデルの将来	405
20.1 メタゲノムやリモートセンシングを通じた発展	405
20.2 在のみデータのための点過程モデル	406
20.3 階層ベイズアプローチによる異なるスケールのモデルの統合	407
20.4 より希少な種を対象にしたスモールモデルのアンサンブル	408
20.5 単純なアンサンブルモデリングに関する手法の改善	409
20.6 多種モデリングとジョイント種分布モデリング	410
20.7 人工データの利用	411
専門用語と概念の定義	413
参考文献	419
訳者あとがき	461
索引	469