

マルコフ確率場による熱帯雨林の樹冠高データの解析

間瀬茂 jmase@is.titech.ac.jp

東京工業大学 数理・計算科学専攻 (情報理工学研究科)

マルコフ確率場モデルは空間統計学の最も基本的なモデルの一つであり、既に画像解析分野では基本モデル (画像のベイジック的修復の事前分布) として使われている。しかしながら、そこでの利用はデータの当てはめというよりは多分にアルゴリズム的な利用であり、本来の統計モデルとして応用例はむしろ少ないように思われる。この講演では熱帯雨林の樹冠高のデータにマルコフ確率場モデルを当てはめる試みを紹介する。

使用されるデータはパナマ運河の建築の際に江湖中にできた Baro Colorado 島で観測されたものであり、ここはスミソニアン博物館の熱帯研究所がおかれ、島内の動植物の生態が様々な側面から継続的に観測されている。具体的なデータは、党内の 5 ヘクタールの熱帯雨林を、5m 四方の小区画に分割した全部で 101×201 箇所場所で、最大樹冠高を 6 段階で記録したもので、全部で 12 年分がある。実際の解析は最大樹冠高を、20m 未満と 20m 以上に二値化した (高木の生えている区画と生えていない区画) ものを対象とする。

極相の森林では全体としての安定性とは裏腹に、実際はダイナミックな樹木の更新が継続的に行われており、生態学者は特に高木が嵐等で倒壊 (その際周辺の樹木をまきぞえにする) し、それによりできた日光が比較的奥まで指す隙間で機会を伺っていた背の低い若木が急速に成長することが、重要な動因であると考えている。この際孤立した高木は強風に対する抵抗力が低く、高木がまとまって生えていればお互いに支え合い倒壊する可能性が低くなると考えられる。

一方マルコフ確率場は比較的近接した区画間 (近傍) のみに相互作用力が働くことにより、結果として大局的な空間パターンが形成されると考えるモデルであり、またある種の時間的変化 (空間的出生消滅過程) に対する平衡分布であることが知られており、この事実が実際の極相林の生態学的平衡状態と解釈可能かどうかの議論は残るものの、上に述べたデータに対する統計的モデルとして魅力あるものとなる。

実際の解析にあたっては、近傍範囲と近傍パターンを様々に変えたマルコフ確率場モデルを用意し、それぞれに対して当てはまりの良さを検討した。結果として、8 近傍系 (上下左右と斜め) を用い、高木区画の総数、水平・垂直に高木が隣接するパターン数、斜め方向に高木が隣接するパターン数、そして 4 角形状に高木が隣接するパターン数を考慮したモデルが船体として良好な当てはめを示した。この際 3 角形状に高木が隣接するパターン数は考慮する必要が無いことが注目される。

モデルの当てはめには、マルコフ確率場モデルの該当パラメータを先ず最大疑似尤度法で推定し、それを FUang & Ogata の MCMC 法を用いたニュー

トン法で改良する近似最尤法で推定するという二段階の推定法を用いた。最大疑似尤度推定量のみを用いた当てはめでは良好な結果は得られなかった。推定モデルと実際のデータとの比較は、近似最尤推定量をパラメータに用いたマルコフ確率場をギブス抽出法でシミュレーションし、様々な隣接パターン統計量の類似性を用いて行われた。12年分のデータのうち、この方法により比較的良好的な当てはめが得られたのは8年分であり、他の年度は当てはまりが良くなかった。これはハリケーンや旱魃といった特殊事情による大規模な攪乱が原因であると思われる。そうした変化も比較的短期間に回復する様子が見られることも興味深い。