

2001年1月22日

9月20日改訂

「指標種のマッピングによる評価法」のための、評価尺度と指標種の抽出方法

小池文人（横浜国大）

A. 基本的な方針

1. 伝統的な草原などの目的植生を決める
2. 目的植生の指標となる種群を指標種として選択
3. 指標種の分布地図をつくる
4. 指標種の分布の重なりが多いところは目的植生に近い組成を持っているため、重要な地域といえる。
5. 集計する空間スケールがはじめの植生調査と同じであれば植生としての存在が示唆されるが、それより広い場合でも地域としての重要度がわかる。集計する空間スケールは、10m(1:2500 都市計画基図で 4mm，宅地など都市周辺での土地利用の空間スケール)，30m (1:2500 都市計画基図で 12mm，林床植物が伐採の影響を受けるかもしれない範囲)，50m(1:25000 国土地理院地形図で 2mm，山林などでの土地利用の空間スケール)，250m (1:25000 国土地理院地形図で 10mm，常時水流のある小さな集水域の空間スケール)

手法	空間解像度 (1km×1kmを1人が1日で調査する場合)	種組成の把握の正確さ	30km ² の地域を10m解像度で調査する場合の労力(ほぼ解像度の逆数に比例)
相観による植生図	30 m ?	低	270 人・日
格子点で植物社会学調査	200 m(25 調査点?)	高(調査地点以外はわからない)	12000 人・日
グリッドでフロラ調査 (小さな植生パッチでは相観で分割もできる)	500 m (4 グリッド?)	非常に高	12000 人・日
指標種の分布地図による評価	10 m	やや高	30 人・日

B. 評価方法

単純に指標種の出現種数(分布の重なりの数)をとるだけでは心許ないので、種の出現特性(目標植生には必ず出て、それ以外には必ず出ない)をつかって尤度の比を評価する。

分布の重なりを取った結果，ある地点のデータは以下ようになる

	種 1	種 2	種 3	種 4	種 5
目的植生への出現率	p1	p2	p3	p4	p5
それ以外の植生への出現率	q1	q2	q3	q4	q5
種の重なり	在	不在	在	在	不在

目的植生の場所で調査したときに，上記の地点と同じデータが得られる確率（目的植生の場合の尤度）は

$$\text{目的植生の場合の尤度} = p1*(1-p2)*p3*p4*(1-p5) \quad (\text{式 1})$$

目的植生以外の場所で調査したときに，上記の地点と同じデータが得られる確率（目的植生以外の場合の尤度）は

$$\text{目的植生以外の場合の尤度} = q1*(1-q2)*q3*q4*(1-q5) \quad (\text{式 2})$$

最尤推定では両方の尤度を比較して大きな尤度を持つものを採用するが，尤度が違っているほど確からしくなる．そこで両方の尤度の比を計算すれば，これが目的植生にどれだけ近いかの尺度として使える．

$$\begin{aligned} \text{目的植生の場合の尤度} / \text{目的植生以外の場合の尤度} &= \\ (p1*(1-p2)*p3*p4*(1-p5)) / (q1*(1-q2)*q3*q4*(1-q5)) & \end{aligned} \quad (\text{式 3})$$

なお，尺度としてはこの尤度比の対数を使う．

$$\begin{aligned} \text{目的植生へのあてはまりの良さ} &= \ln(\text{目的植生の場合の尤度} / \\ &\quad \text{目的植生以外の場合の尤度}) \end{aligned} \quad (\text{式 4})$$

ひとつの種（たとえば種 1）について，その種が地点の「あてはまりの良さ」にどの程度貢献するのかを考えると，

$$\text{種が分布していたときの貢献} = \ln(p1/q1) \quad (\text{式 5})$$

$$\text{種が分布しなかったときの貢献} = \ln((1-p1)/(1-q1)) \quad (\text{式 6})$$

地点の評価は地域の中の多くの地点の相対的な評価でも良いので「種が分布しなかったときの貢献」がゼロになるようにすれば，

$$\begin{aligned} \text{相対的な種 1 の貢献} &= \ln(p1/q1) - \ln((1-p1)/(1-q1)) \\ &= \ln((p1/q1) / ((1-p1)/(1-q1))) \end{aligned} \quad (\text{式 7})$$

となって，種が存在したときにはこの値を，存在しない場合はゼロを加えておくことで「目的植生へのあてはまりの良さ」の地点ごとの相対比較ができる．これは出現種数を数えるかわりに，種によって重み付けして数えるのと同じことになるので一般の人にもイメージしやすく，市民参加の調査などでは特に有効だと思われる．

C. マッピングする指標種を選択方法

評価につかう尤度比を種ごとにまとめてみると以下のようなになる。

目的植生の場合の尤度 / 目的植生以外の場合の尤度 =

$$p_1/q_1 * (1-p_2)/(1-q_2) * p_3/q_3 * p_4/q_4 * (1-p_5)/(1-q_5)$$

(式 8)

ここで、種が分布していた場合には p/q の比が大きいほど尤度比への貢献が大きくなる。また種が分布しなかった場合のペナルティを見ると、 $(1-p)/(1-q)$ が小さいほど尤度比へのペナルティが大きくなり、判別がやさしくなる。 p/q は目的植生への出現の「指向性」をあらわしており、 $(1-p)/(1-q)$ は「見落とし確率」に相当する。

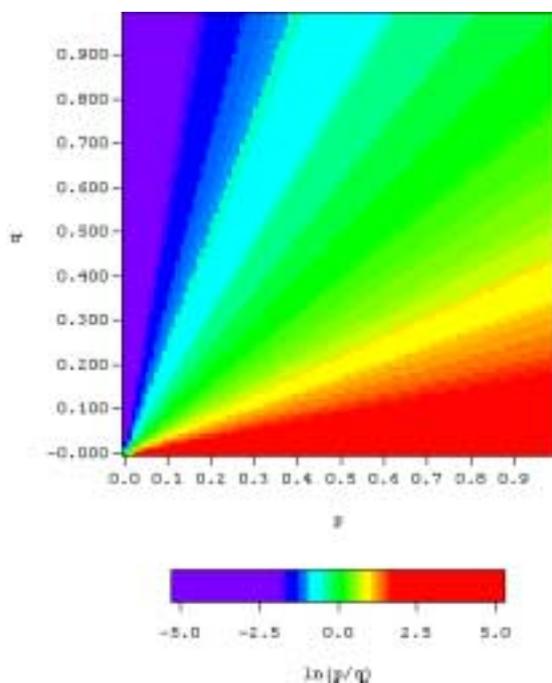


図 1 . 出現確率と指向性

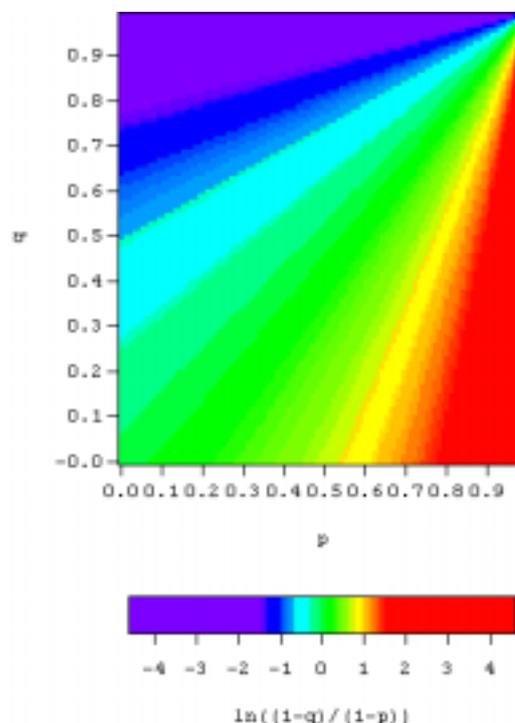


図 2 . 出現確率と見落とし確率

そこで、両方を含めて出現の有無が尤度比に与える影響を調べるには、以下の比をとればよい。

$$\begin{aligned} \text{マッピング種の適性} &= p/q / ((1-p)/(1-q)) \\ &= p/q * (1-q)/(1-p) \end{aligned}$$

(式 9)

これの対数をとって「種の重み」を求めると、式 7 に相当する。対数をとっても大小関係は変わらない。

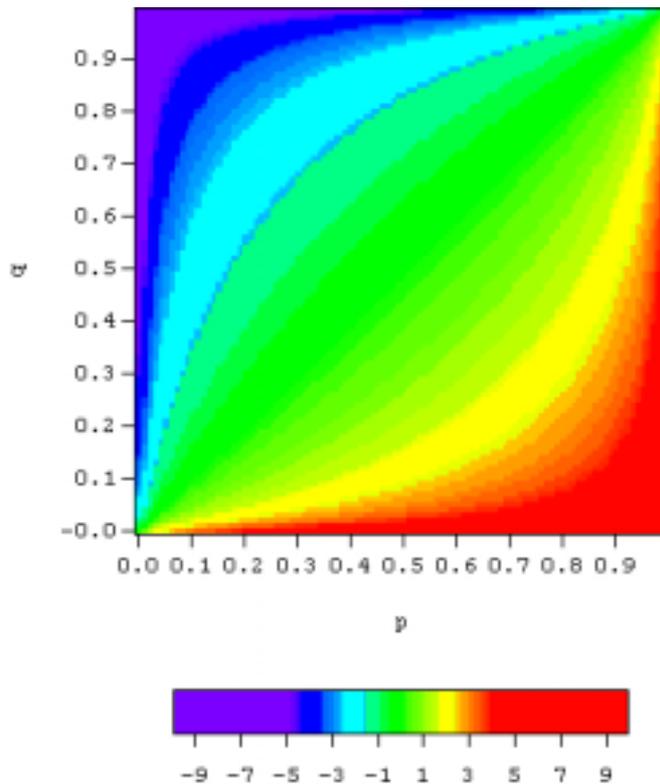


図3 . マッピング種の適性

D. 出現確率がゼロや 1.0 の場合

この方法で評価しようとするとき、 p や q などの出現確率がゼロや 1 になると尤度の計算ができなくなる。そこでゼロや 1 以外の値を与える必要がある。

実際にはたくさん調査データがあれば必ず出現しないデータがあったり、間違えて出現することもありそうだが、データ数が少ないと極端な値が出やすい(図4と図5)。

そこで、出現確率がゼロの場合には下の図で「 n 地点調べて全てはずれる確率」が 0.5 のときの p の値をその種の p の出現確率とする。

$$\begin{aligned} (1-p)^n &= 0.5 \\ p &= 1 - \exp[(\ln 0.5)/n] \end{aligned} \tag{式7}$$

また出現確率が 1.0 の場合には下の図で「 n 地点調べて全てはずれる確率」が 0.5 のときの p の値をその種の p の出現確率とする。

$$\begin{aligned} p^n &= 0.5 \\ p &= \exp[(\ln 0.5)/n] \end{aligned} \tag{式8}$$

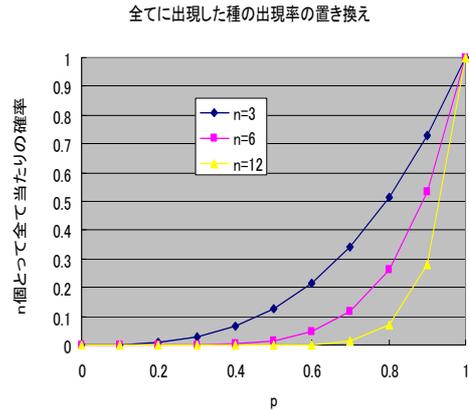
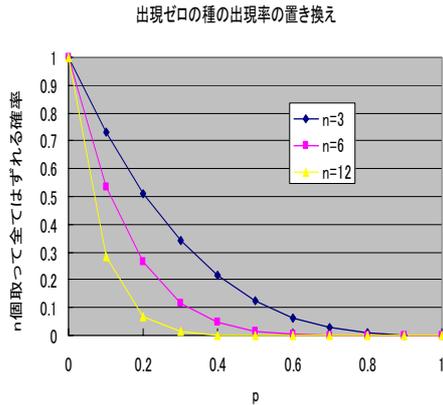


図4．調査地点数(n)が全てに出現しない確率に与える影響．

図5．調査地点数(n)が全てに出現する確率に与える影響

上記の結果から原町市の上町湿地のデータを並べると以下ようになる．この表の上位からマッピング対象種として採用してゆくと，より少ない労力で良い結果が得られるが，下位の種を使用しても種数を増やせばよい．

表1．上町湿地の出現種の湿性草地の指標種としての適性

種	出現数		出現確率		全出現・全不出現種の 補正済み出現率		指向性	見落とし率	選択尺度 (種の重み)
	目的 植生	他 植生	p 目的 植生	q 他植生	p 目的植生	q 他植生			
	(5)	(151)					p / q	(1-q)/(1-p)	$\ln(p/q * (1-q)/(1-p))$
ノハナショウブ	4	3	0.8	0.019868	0.8	0.019868	40.26667	4.90066225	5.28
アリノトウグサ	5	11	1	0.072848	0.8705	0.072848	11.94959	7.15947736	4.45
ヒメジソ	3	4	0.6	0.02649	0.6	0.02649	22.65	2.43377483	4.01
ヒメシロネ	5	17	1	0.112583	0.8705	0.112583	7.732088	6.85264261	3.97
ヌマガヤ	5	19	1	0.125828	0.8705	0.125828	6.918184	6.75036437	3.84
ヌマトラノオ	3	5	0.6	0.033113	0.6	0.033113	18.12	2.41721854	3.78
ミツバツチグリ	5	22	1	0.145695	0.8705	0.145695	5.974795	6.59694699	3.68
トダシバ	5	25	1	0.165563	0.8705	0.165563	5.25782	6.44352962	3.52
アギスミレ	3	11	0.6	0.072848	0.6	0.072848	8.236364	2.31788079	2.95
イヌイ	3	12	0.6	0.07947	0.6	0.07947	7.55	2.3013245	2.86
カモノハシ	3	12	0.6	0.07947	0.6	0.07947	7.55	2.3013245	2.86
ノハラアザミ	3	20	0.6	0.13245	0.6	0.13245	4.53	2.16887417	2.28