日本産アリ類生態情報 21. 種多様性.

日本の４タイプの樹林におけるアリ群集の種多様度.

H'：シャノン-ウィーナー関数， 1-d'：シンプソン多様度， α ：フィシャーのα. 調査林内の種数と各種の巣数（通常の昆虫類では個体数となる）のデータで解析したもの.

植生	調査地点数	種数	H'	1-d'	α
亜熱帯多雨林	8	14-21	3.56±0.17	0.89±0.01	7.24±2.90
(琉球列島)			(3.32-3.82)	(0.87-0.91)	(6.14-9.63)
暖温帯照葉樹林	7	7-18	2.69±0.63	0.77±0.12	4.81±1.80
（本州）			(1.57-3.37)	(0.51-0.87)	(2.10-7.47)
冷温帯夏緑樹林	6	5-11	2.57±0.43	0.69±0.06	2.12±1.17
（本州，北海道）			(1.95-3.15)	(0.69-0.87)	(1.33-4.35)
寒温帯針葉樹林	5	3-9	1.46±0.39	0.54±0.07	0.99±0.13
（本州）			(1.03-2.15)	(0.44-0.63)	(0.80-1.17)

出典

寺山 守 (2004) 日本のアリ群集：地理的分布と生態分布. 埼玉動物研通信，48：1-57.

参考

表. 多様度指数の例. Q：群集内総種数（取りうる最大値)，S：標本種数，Sn：標本中の個体数ｎをもつ種の数. S_1：標本中に１個体のみ出現した種数，N(=Σni)：総個体数，ni：標本中の第ｉ番目の種の個体数，Z：個体数による順位. a，b，c，m，n，α，β，λ，A：パラメーター.（木元，1976； Kobayashi，1981；伊藤，1990；Magurran，1988；森下，1996；Lande，1996；伊藤・佐藤，2002 を参照). 文献は寺山(2006)を参照.

モデル式の略号	モデル式	出典	適格性
1) P	S/N	Motomura，1943	#1,$1
2) DGL	S/logN	Gleason，1922；Odum et al.，1960	#1,$1
3) DMG	(S − 1)/lnN	Margalef，1968	#1,$1
4) DM	logS/lnN	Menhinick，1964	#1,$1

5) DMN	$S/\sqrt{N}$	Menhinick, 1964	#1,$1
6) KK	$\sqrt{S}/\ln N$	Kobayashi & Kimura, 1994	#1,$1
7) β	$[N(N-1)]/[\Sigma xi(xi-1)]$, $(= 1/[\Sigma xi(xi-1)/N(N-1)])$		
		Morisita, 1962, 1967	(#1),+
8) $N\beta$	$N[N(N-1)]/[\Sigma xi(xi-1)]$	Brillouin, 1951; Margalef, 1957, 1958;	
	Morisita, 1967 ($N\beta \fallingdotseq NH' \fallingdotseq$ Margalef's index I)		#1
9) $\ln\beta$	$\ln [N(N-1)]/[\Sigma xi(xi-1)]$	Morisita, 1996	
10) $\sqrt{1/d}$	$\sqrt{[N(N-1)]/[\Sigma xi(xi-1)]}$	Morisita, 1996	
11) $k\beta$	$S = [1 - \beta(N/k\beta - 1)^{-k}]$	Brian, 1953	#2,3
12) 1/d	$1/\Sigma(xi/N)^2$	Simpson, 1949; Kimoto, 1976;Krebs, 1978	+
13) 1-d	$1 - \Sigma(xi/N)^2$	Berger & Parker, 1970	#2,+
14) D'	$1 - [\{\Sigma xi(xi-1)\}/N(N-1)]$	Pielou, 1969	#2
15) D″	$1 - \sqrt{\Sigma(xi/N)^2}$	MacIntosh, 1967; Auclair & Goff, 1971	#2
16) D max	$[1 - \Sigma(xi/N)^2]/[1 - \Sigma(xi/N)^2]max$, $(= 1 - \Sigma(xi/N)^2/N)^2/(1-1/s))$		
		Itow, 1990	#1
17) $\Delta 1$	$[N/(N-1)]\cdot[1 - \Sigma(xi/N)^2]$	Hurlbert, 1971	#1,2
18) $\lambda(v)$	$\lambda(v)\cdot\ln[1 + (e^{1/\lambda(v)} - 1)N]$	Kobayashi, 1979, 1980, 1981	#1,3
19) DK	$Q[1 - \{Q/(Q-1)^{1/A(v)}\ N\}^{-A(v)}]$	Kobayashi, 1981	#1,3
20) KT	$(1/2XR1 + \Sigma x + 1/2XR2)/[\ln(R2/R1)]$		
		Kempton & Taylor, 1976	#1,3
21) H'	$-\Sigma(xi/N)\ \ln\ (xi/N)$		
		Shannon, 1949; Wiener, 1949	#1,+
22) NH'	$-(Q - 1/2N)[\Sigma(xi/N)\ \ln\ (xi/N)]$		
		Pielou, 1966	#1
23) H'	$-\Sigma(xi/N)\ [\ln\ (xi/N)] + A/[2N + (A/3.3)]$, $A = S + S_1[S/S - S_1]$,		
	$(\fallingdotseq \log\beta + 0.45)$	Morisita, 1996	#3
24) H'_h	$-\Sigma(xi/N)\ \ln\ (xi/N) + S - 1/N[1 + \{(S-1)/N\}^2]$		
		Morisita, 1996	#3
25) H'_β	$\log\beta + 0.45$	Morisita, 1996	
26) Hxp H'	$e^{H'}$	Sheldon, 1969	#1
27) Exp H'	$e^{H'}$	Morisita, 1996	#3
28) Exp H'h	$e^{H'h}$	Morisita, 1996	#3
29) Exp H'β	$e^{H'\beta}$	Morisita, 1996	#3
30) Exp 1/2H'	$e^{1/2H'}$	Morisita, 1996	#3
31) Exp 1/2H'h	$e^{1/2H'h}$	Morisita, 1996	#3
32) Exp 1/2H'β	$e^{1/2H'\beta}$	Morisita, 1996	#3
33) Ec	$S/(\ln xi - \ln xs)$	Whittaker, 1972	#1
34) E'c	$S/[4\sqrt{\Sigma(\ln xi - \ln x)^2/S}]$	Whittaker, 1972	#1
35) McD	$(N - \sqrt{\Sigma xi^2})/(N - \sqrt{N})$	MacIntosh, 1967	#1,2
36) N^∞	$Nmax/N$	Berger & Parker, 1970	#1,2

37) S(n)	$\Sigma\left[1-\binom{N-x_i}{n}\Big/\binom{N}{n}\right]$	Hurlbert, 1971	
38) S(100)	$\Sigma\left[1-\binom{N-x_i}{100}\Big/\binom{N}{100}\right]$	Itow, 1984（モデル式 37）を n=100 で固定したもの）	
39) S'(n)	$\Sigma[1-(1-n/N)^{xi}]$	Morisita, 1996	
40) b	(S(100) - S(50))/(log 100 - log 50)	Itow, 1984	
41) b'	(S'(100) – S'(50))/(log 100 - log 50), S'(100) = $\Sigma[1-(1-100/N)^{xi}]$	Morisita, 1996	
42) ＨＢ	(log N ! - Σlog ni !)/N	Brillouin, 1962	(#1,2),#3
43) 1/a	ax_n = b + ln n (1/a が多様度を表す)	Motomura, 1932	#1,($1)
44) c	$S_n = c/n^m$ (c が多様度を表す)	Corbert in Fisher et al., 1943	#1,($1)
45) α	S = αln(1 + N/α)　(αが多様度を表す)	Fisher et al., 1943	#1,($1)+
46) 1/ I_λ	1/Q・[Σxi(xi - 1)/N(N - 1)]	Morisita, 1996	#1,$2
47) √1/ I_λ	√1/Q・[Σxi(xi - 1)/N(N - 1)]	Morisita, 1996	#1,$2
48) DW	$[S(S-1)/N](1-n/N)^{S-2}$	Webb, 1974; May, 1975	$2
49) J'	[- Σ(xi/N) ln (xi/N)]/ ln S	Pielow, 1966	#1,2,$2
50) J'	H'/lnQ	Morisita, 1996	#1,$2
51) E	$e^{H'}/S$	Buzas & Gibson, 1969	#,1,2,$2
52) E'	$e^{H'}/Q$	Morisita, 1996	(#1),$2
53) HBE	[(ln xi – Σ ln xi !)/N]/[(ln xi -Σ ln xi !)/N]max	Pielou, 1969	#1,3,$2
54) ε	H'/Q	Loyd & Ghelardi 1964	#1,$2
55) V	Δ1/Δmax	Hurlbert & Ghelardi, 1964	#1,$2
56) H'r	1/18 [S'(100) + 1.45]	Morisita, 1996	$2
57) E'(100)	$S'(100)/Q(1-e^{-100/Q})$	Morisita, 1996	$2

#1: サンプルサイズの影響が大きく表れる． #2: 判別能力が低い． #3: 計算が煩雑． $1: 種の豊富性要素のバイアスが高い（1-6）．$2: 均衡度要素のバイアスが高い(46-57)．同物異名：7=12, 13=14. 43≒44≒45. +: 広範に用いられている（好適な特徴）．

多様度指数の適格性としては，１）サンプル・サイズによる数値の変動が出にくいこと，２）指数の意味が適正で分

かり易いこと，３）判別力が高く，かつ相違が適正に表現されることで，かつ 1)-3)の多様度指数そのものの性質とは別のものであるが，４）広範に用いられており，比較のための資料が多いこと，さらには 1)‐3)が全く同じであれば，5)より単純な式の方が優れたものと言えるであろう（伊藤，1990; Magurran, 1988 ; 森下，1996）．さらに Lande (1996)は数理的にノンパラメトリックであることと凹関数であることを挙げている．表中の 1)-6)は総個体数に対する標本種数の割合でいずれも類似の指数であり，かつ種の豊富性要素にバイアスがかかった指数である．これらはサンプル・サイズの影響を大きく受ける．種数を用いて地域間の比較を行うのであれば，多様度の尺度としては問題が多いが面積あたりの種数，つまり種密度(species density; number of species/area)で表すべきであろう．一方，44)-57)は均等度に重みのかかっている指数で，生物群集の多様性を表現する目的で使う場合は，それ単独での使用は不適切であろう(Peet, 1974; Kobayashi, 1981)．また，基本的に 1/A や 1-A の形にしたものは数値が 1 から 0 の間をとることから，判別力が低下するものと思われる．

上記の４つの条件の内，重要な 1)‐3)の基準に基本的の適合しており，４）や 5)を参照することによって，適用が勧められると判断されるものは，シンプソン多様度の系列の ln (1/d)，(1-d)，あるいはこれと同類の 1/d や$\sqrt{1/d}$，森下の提案したH'（およびこれと同類の H'_h，ExpH'，ExpH'_h など），および希釈法(rerefaction method)の一つである S(100), S'(n)（およびこれらと関連する b, b'）あたりであろう（木元，1976; Kobayashi, 1981; Lande, 1996; 伊藤，1990; Magurran, 1988; 森下，1996; 伊藤・佐藤，2002）．

シンプソン多様度の系列では，森下(1996)は 1/d を，Lande (1996)は 1-d を，伊藤・佐藤(2002)は ln(1/d)をそれぞれ勧めている．Lande は 1-d がサンプル・サイズの影響を受けず，信頼限界の幅も小さく最も良い多様度指数であると結論を下した．一方，森下は最大値 1 を取ることから検出力に劣り，実用には適切でないとしている．一方，Lande は 1/d は凹関数ではない事から，群集間の多様度の貢献が負になる場合があると言ったおかしな挙動を示す場合があるとしている．伊藤・佐藤(2002)によると，ln(1/d)は凹関数で，かつ 1 以上の値を取り，検出力も比較的良好で最も良い指数であるとしている．一方で，森下(1996)は ln(1/d)は総種数の大きさを良く反映しないとしている．

多くの書籍に紹介されており，多様度測定に頻繁に用いられて来た Shannon-Wiener 関数(情報理論の教科書 Shannon & Weaber (1949)で良く知られるようになった事から Shannon-Weaber 関数と呼ばれて来た．しかし，式そのものは Shannon と Wiener が独立に提唱したものである)H'は，サンプル・サイズにそうとう大きく影響を受ける事が森下(1996)によって判明し，実用には不適切とした（ただし，H'は Kobayashi (1981)の解析では，1-d よりもサンプル・サイズによる影響が小さく表れており，サンプル・サイズによる影響は小さいと言う異論もある）．Peet (1974)が最も良い指数とした指数型 H'(表 11 の 26)も同様であろう．森下の見解を採用するのならば，H'は推奨されず，用いるのであるならば，森下(1996)の Shannon-Wiener 関数を補正した H'の系列の指数であろう．さらに，これまで多用されて来た Fisher の多様度指数α(表の 45)は，サンプル・サイズの影響が強く出るとともに，種の豊富性へのバイアスが強く出る指数である．しかし，森下(1996)は小サンプルに限るのならば，多様度指数として用いる事が可能との見解を示している．また近年，種多様性の決定要因として，種数−生産力仮説や種数−温度仮説等を検証する上で，Fisher の多様度指数 αを多様性の尺度とし用いる論文も見られる．αはサンプル・サイズの影響を受けにくく（強く出るとの対立見解もある），サンプル方法のバイアスからも逃れられることによる．本指数は理論的に，サンプルから 1 個体で見い出される種数の理論値を示すものである．多様度指数の吟味，評価についての研究はまだ不十分で，意見が異なるものは多いし，さらに本格的な検討を受けていない指数も存在する．

以上，文献は寺山(2006)を参照してほしい．

出典

寺山　守（2006）生物多様性とその測定．関東学園大学紀要，14: 29-72.