

特集論文

数値地理情報による里山の地図化

夏原 由博¹、河瀬 直幹²

Mapping Satoyama Using National Land Numerical Information

Yoshihiro NATUHARA¹, Naoki KAWASE²

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

2. Minakuchi kodomo-no-mori Nature Museum

Biodiversity in traditional farmlands has been associated with the habitat heterogeneity of farmlands and semi-natural lands at small scales. However, urbanization, loss of habitat heterogeneity caused by farmland modernization and abandonment of cultivation diminish biodiversity. We evaluated indices for the habitat heterogeneity of agricultural areas using National Land Numerical Information. We used the Land Use Tertiary Mesh (LUTM) and the Land Use Fragmented Mesh (LUFM) from the National Land Numerical Information. The LUTM consists of data on surface area according to usage classifications (rice paddies, fields, orchards, forest, waste area, building use, trunk transportation land, lakes, rivers, etc.) in tertiary mesh units (1 km meshes), and LUFM consists of land use data in a tertiary mesh subdivided into one-tenth units (100 m grids). The indices evaluated were following three: (1) SI, which is a product of diversity index for non-urban land use and proportion of natural lands. (2) Local diversity, which is the average of the values of non-urban land use types for the bordering eight zones. (3) Forest edge paddy, which is the sum of paddy zones bordering forests. Forest edge paddy detected mosaic landscapes and obtained the highest true discrimination rate for the presence/absence estimation of *Hynobius nebulosus*. SI tended to show high values in zones that included rivers and lakes.

Keywords: Biodiversity, GIS, Landscape, Rice field, Satoyama

はじめに

生物多様性の指標として、特徴的な種の分布の変化やチョウのような調べやすいグループの種数などがよく用いられる。しかし、生物調査は多少とも熟練を要し、時間も必要である。一方、生物の分布が、気候や地形などとともに、土地利用によっても影響されることはよく知られ、生息地モデルや分布モデルに利用されてきた¹⁹⁾。農業生態系においても、生育場所の多様性が重要だとされる¹⁷⁾。また、生物の絶滅の最大の原因のひとつが、生育場所の減

少や劣化であることから、土地利用やランドスケープの変化が注目されている¹⁸⁾。そして、農業の近代化によって、様々なスケールでの生態学的多様性が消失し、広い範囲の分類群で生物多様性が減少している¹⁷⁾。

しかし、生物を広い範囲で定期的に調査することは大変である。そこで、生物そのものにも変わる指標として、土地利用や土地被覆の変化が指標として用いられている。イギリスの Countryside Information System では、1km 四方の単位で土地被覆や景観構成要素のデータが集積され、定

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科 ² 甲賀市みなくち子どもの森自然館

期的に更新され、変化を把握することができる。わが国でも、農業技術環境研究所で農村景観情報システム RuLIS というシステムが開発されている。このシステムは、気象、土壌、地質、地形、植生、交通立地の因子（106 カテゴリー）を用いて3次メッシュ（約1km 四方）を60種類のクラスに区分するものである¹⁾。

環境省は、わが国の生物多様性を支える特徴的な土地利用として、里山をあげている。里山には多様な定義がなされ、樹林部分だけを里山とすることもあるが⁶⁾、概して、樹林と水田、畑が入りくんだランドスケープに特徴付けられる⁹⁾。

ランドスケープとしての里山の地図化は、小スケールでは、ドイツのピオトープ地図の方法を用いた例（一ノ瀬ら2008）があり²⁾、流域スケールでは、地形や土地利用図にもとづいて、特徴的な地形や土地利用の組み合わせを抽出した研究がある^{7,8,11)}。さらに、世界規模での生物多様性の指標として、Satoyama Index, SI を提案されている¹⁹⁾。SIは、1km グリッド土地被覆データを用い、36グリッド（6 x 6グリッド）の非都市的土地被覆の多様度指数²³⁾を求めた後、36グリッドのうち非都市的土地被覆の割合をかけた値である。

しかし、SIは、集計範囲内の異なる種類の土地利用の配置にかかわらず、割合のみで値が決まるため、都市化による生息場所の分断を過小評価する恐れがある。本研究では、全国スケールで公表されている地理情報システムデータを用いて、小範囲でモザイク状の土地利用が形成されている地域を抽出する方法を開発することを目的とする。

方法

解析対象地域は滋賀県とし、滋賀県域で湖面を除く3次メッシュ3512個について指標値を求めた。指標値は、SI以外に、個々のグリッドに隣接するグリッドの種類数である局所多様度、森林と水田の接線長である林縁水田長を求めた。また、国土数値情報より解像度の高い全国規模での土地利用情報として、自然環境保全基礎調査の植生図を用いて林縁水田長と谷津田面積を求めた。

地理情報は、国土数値情報のメッシュ土地利用ならびに土地利用細分メッシュ、自然環境保全基礎調査の1/50,000植生図を用いた。なお、すべて日本測地系に統一した。

メッシュ土地利用は標準メッシュの3次メッシュ（緯度×経度）ごとの土地利用面積データであり、細分メッシュは3次メッシュを縦横10分割した区画の中心の土地利用

が示されたデータである。現在、1976年、1982年、1991年、1997年、2006年のデータが公表されている。土地利用分類は年度によって異なり、1976年の畑、果樹園、その他の樹木畑は、1997年以後はその他の農地とされ、湖沼、河川地A、河川地Bは、河川地及び湖沼に、建物用地Aと建物用地Bは建物用地とされている。逆にゴルフ用地は1976年には無く、その他の用地に含まれていたと考えられる（表1）。本研究では、田、その他の農用地、森林、荒地、河川地及び湖沼の5種類を非都市的土地利用として解析に用い、建物用地、幹線交通用地、その他の用地およびゴルフ場は都市的土地利用とみなして解析に用いなかった。田、その他の農用地、森林、荒地、水域の5種類の面積を3次メッシュごとに合計した後にそれぞれの土地利用の面積率を求めた。SIは、これら非都市的土地利用5種それぞれの面積率からシン普森の多様度指数²⁴⁾を求め、その値に、メッシュ内の森林と荒地、水域の面積が占める割合をかけて求めた。

土地利用細分メッシュデータは、(株)エコリス（仙台市）提供の国土数値情報の土地利用細分メッシュラスタ変換ツールを用いて、ラスタ化した後に、EARDAS imagine ver 10 (Intergraph, Norcross, GA, USA) によって、森林と水田の境界の抽出および土地利用の局所多様性を求めた。森林のセルの8方向に隣接する水田のセルを境界とし、森林と水田の境界セル数を3次メッシュごとに集計し数値情報林縁水田指数とした。土地利用の局所多様性は、対象となるセルとその周囲8セルのうち対象セルと異なる土地利用の種類数とした。3次メッシュ当たりの平均値を求め、

表1 国土数値情報の凡例

1976	1997/2006
田	田
畑	その他の農用地
果樹園	
その他の樹木畑	
森林	森林
荒地	荒地
湖沼	河川地及び湖沼
河川地 A	
河川地 B	
建物用地 A	建物用地
建物用地 B	-
幹線交通用地	幹線交通用地
その他の用地	その他の用地
	ゴルフ場

局所多様度とした。

1/50,000 植生図は 1987-1988 年に調査された植生図を最終的に 1998 年に修正したものである。これを 1997 年の数値情報と比較するために用いた。地域によって凡例が異なるなどの問題があるが、本研究では、森林、水田、その他農地、草地および伐採跡地に再分類し、それ以外の土地利用は解析に用いなかった。なお、水田には水田雑草群落の放棄水田も含めた。植生図は、凡例を統合した後に、ポリゴンデータを 10m セルのラスターデータに変換した。森林のセルの 8 方向に隣接する水田のセルを境界とし、森林と水田の境界セル数を 3 次メッシュごとに集計し植生図林縁水田指数とした。解析には ArcGIS 10 (Esri, Redlands, CA, USA) を用いた。

里山の指標種と考えられるサシバの生息に谷津田が重要であることが知られている^{13, 22)} (松浦ら 2002; Matsuura et al. 2005)。そこで、植生図から谷津田の抽出を試みた。方法は三橋ら (2008)¹⁴⁾ を応用した。谷津田は両側を森林に挟まれた細長い水田だと定義できる。そこで、森林から外側に一定の幅のバッファを発生させ、次にバッファの外縁をバッファと同じ距離だけ内側に後退させると、バッファの幅の 2 倍以下の幅を持つ森林の凹部が残る。そこからもともとの森林と重なる部分を除去すると凹部のみが残される。凹部のうち水田である場所を谷津田として、そのセル数を 3 次メッシュごとに集計して、谷津田指数とした。

カスミサンショウウオの分布は、著者らによる未発表データを用いた。滋賀県内で分布が確認された 3 次メッシュ 70 メッシュと見つからなかった 266 メッシュを用いて、各指数による分布予測を試みた。在不在の分布予測モデルは、ロジスティック回帰とし、各指数のみを説明変数とする単回帰式とした。モデルによって生息確率が 0.5 以上と推定されたメッシュを在メッシュ、それ未満のメッシュを不在メッシュとして、実際の分布と比較した。説明変数としての優位性の比較は、AIC と正判別率を用いた。解析

には R 2.14 (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を使用した。

結果

指数間の比較

国土数値情報のメッシュ土地利用による SI と数値情報細分メッシュデータによる局所多様度の間には高い相関関係 ($r = 0.796$) が得られた (表 2)。しかし、両者による評価が大きく異なるセルも多数見られた。SI と他の指数との相関係数は低かった。局所多様度と細分メッシュによる林縁水田との間の相関係数も高く ($r = 0.737$)、数値情報と植生図による林縁水田の間も比較的高い相関関係が認められた ($r = 0.810$)。また、植生図による林縁水田と谷津田指数の間にも高い相関関係が認められた ($r = 0.913$)。

これらの指数を図化して比較した (図 1)。各指数とも、上位 10% の値を示したメッシュを黒色、20% までを灰色で示した。SI (A) では、高い値のメッシュが県内全体に分散する傾向を見せた。また、河川に沿って、高い値を示した。他の指数では、県南部の甲賀市と琵琶湖南湖の西側である大津市西部に集中する傾向が見られた。その傾向は植生図にもとづく指数で特に顕著であった。

経年データのある国土数値情報によって、指数の変化を見ると、1976 年と 2006 の間で SI と林縁水田の平均値はそれぞれ 20.4% と 22.8% 減少したが、局所多様度の平均値は 3% 増加した。各指数の変化とメッシュ内の土地利用面積率の変化との間の相関係数は小さいが、SI はその他農地と都市的土地利用と正の相関関係を示し、局所多様度は、水田とその他農地と正の相関を示した (表 3)。

カスミサンショウウオの在不在を予測する説明変数としては、植生図林縁水田指数が最も優れており、AIC が最小 (123.62) で正判別率が最大 (89%) であった (表 4)。次いで、植生図谷津田指数、数値情報林縁、局所多様度、SI の順であった。

表 2 指標間の相関係数

	SI	局所多様度	数値情報林縁水田	植生図林縁水田
局所多様度	0.796			
数値情報林縁水田	0.559	0.737		
植生図林縁水田	0.576	0.697	0.810	
谷津田指数	0.497	0.577	0.691	0.913

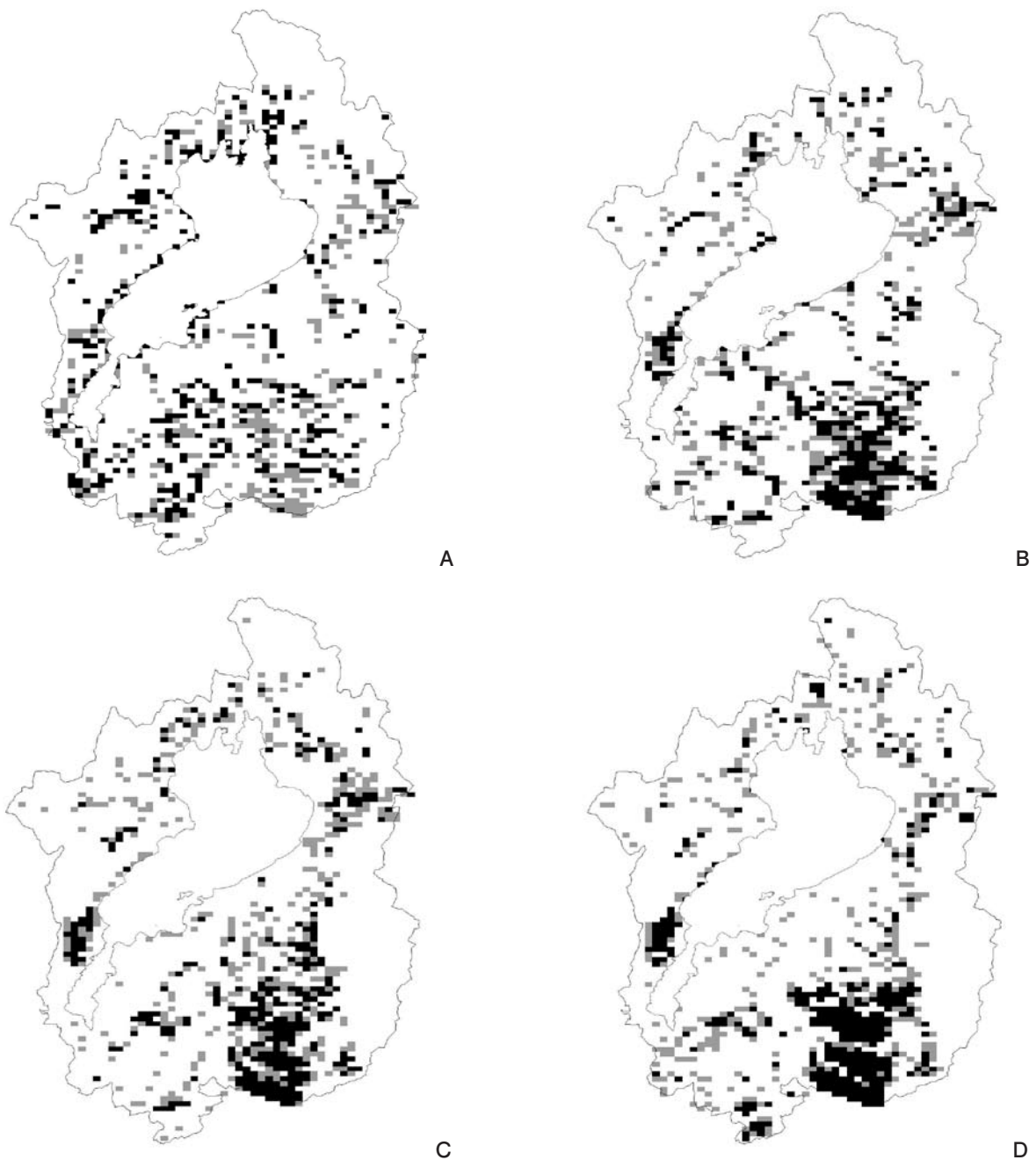


図1 指標値による地図表示、黒色は上位10%、灰色は20%のメッシュ
 A: SI、B: 局所多様度、C: 数値情報による林縁水田、D: 植生図による林縁水田

表3 1976年から2006年までの指数と土地利用面積率の変化間の相関係数

	SI	局所多様度	林縁水田
水田	0.138	0.368	-0.082
その他農地	0.239	0.311	-0.009
森林	-0.165	-0.202	0.137
荒地	0.060	-0.075	-0.029
水面	-0.105	-0.234	0.003
都市	0.214	0.142	-0.160

表4 カスミサンショウウオの分布を説明するモデル選択

	AIC	正判別率
SI	217.81	0.733
局所多様度	194.83	0.805
数値情報林縁	174.60	0.763
植生図林縁	123.62	0.890
植生図谷津田	153.79	0.856

AICの値が小さいほど、優れたモデルと考えられる
 正判別率は生息確率の閾値を0.5とした

考察

同じ土地利用データに基づく土地利用の多様度指数であっても、SI と局所多様度のように、指数を求める解像度によって、評価が異なった。スケールは生態学の重要な関心事のひとつであり、研究範囲と解像度が、得られる結果を大きく変えることが知られている^{21, 23)}。流域から都道府県スケールでは、具体的に保全地区を線引きできる数百 m から数 km の範囲で評価できる必要があり、同時に、実際の生物の分布を説明できる解像度が求められよう。

里山の希少種であるカスミサンショウウオの場合には、生息適地を推定する生息適地モデルが提案されており、重要な説明変数として、水田と森林の境界長が挙げられている¹⁵⁾。今回の比較でも、高い正判別率が得られた。アンブレラ種としてのサシバは、幅 150m 程度の谷津田を好む²²⁾ (Matsuura et al. 2005) あるいは水田と森林の接線長と相関が高いことが知られている¹⁶⁾。また巢から半径 500m 程度の環境条件による説明力が高いとされる¹³⁾。解像度がほぼ 100m である細分メッシュ土地利用では、幅 150m の谷津田を抽出することは難しいが、谷津田密度と水田と森林の接線長の間には相関があり、後者によって予測可能だと考えられる。

国土数値情報土地利用メッシュから求めた SI は、都市化によって増加する傾向が見られた。また、SI 値の地図が、生物多様性を反映しているように思われなかった原因として、土地利用メッシュでは自然植生の分類が乏しいことにあると考えられる。Kadoya and Washitani (2011)²⁰⁾ が用いたデータでは森林植生は、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、常緑針葉樹林、落葉針葉樹林、混合林に分類されているのに対し、土地利用メッシュでは森林 1 種類である。植生が細かく分類されている自然環境保全基礎調査の植生図を用いた SI を比較することが必要であろう。局所多様度も、弱いとはいえ、都市面積率と正の相関があり、県全体では 1976 年から 2006 年の間で増加したことは、里山の指標としては十分でないことが示唆される。林縁水田は、土地面積率そのものの変化の影響は少なく、里山の生物多様性にとって重要な土地モザイクの指標としての機能を持つと考えられる。

しかし、農村の生物多様性は、森林と農地のモザイクだけで決まるのではなく、ニゴロブナが産卵するような下流の氾濫原などいくつかの地形に区分できる。大橋ら (2011)³⁾ は、自然環境保全基礎調査で公表されている湿性植物の全国分布に基づいて、湿性植物を区分し、植物グループごと

の分布を説明するモデルを提案した。この方法を利用すれば、幅広いタイプの生息環境を地理情報に基づいて評価することができる。しかし、依拠している植物の分布情報が 10km 単位であり、具体的な保全地区の計画には粗すぎる。もうひとつの問題は、低地の水田や水路を利用する生物にとって、水路のコンクリート化やポンプによる強制排水が最大の脅威となっていて、地形や土地利用などの地理情報によって、生息地として高く評価された場所でも実際には生育できていないことである。

生物の分布を決定する要因は、スケールとともに相対的な重要性が変化する¹¹⁾。国土スケールでは、里山は気候条件によって決まる二次林タイプによって分類される⁵⁾。それぞれの里山タイプの中で、地形によって決まる異なる水文環境が分類できる。さらに、人の営みによってもたらされた土地利用の違いや水文環境の変化を把握するという段階を経て、生物多様性の評価を得ることができる。そうした階層的な評価の仕組みと各段階に必要な地理情報の整備を検討することが重要な課題である。

謝辞

本研究は、科研費（課題番号 22241010）および環境省環境研究総合推進費（D-0906）の助成によりなされた。甲賀市立中学校理科教諭の新保建志さん（現、甲南中学校教諭）に、カスミサンショウウオ分布調査に多くの協力を頂いた。

引用文献

- 1) 井手任・大黒俊哉・楠本良延 (2005) 生物多様性保全のための景観・植生調査情報システム. インベントリー 4, 20-23
- 2) 一ノ瀬友博・高橋俊守・加藤和弘・大澤啓志・杉村尚 (2008) 農村地域における生物生息環境評価のためのビオトープタイプ地図作成手法の提案. 農村計画学会誌 27: 7-13
- 3) 大橋順、高橋信樹、田代優秋、鎌田磨人 (2011) 空間的階層概念に基づく湿生 RDB 植物の分布決定要因の抽出. 日本景観生態学会第 21 回千葉大会
- 4) 尾崎研一、堀江玲子、山浦悠一、遠藤孝一、野中純、中嶋友彦 (2008) 生息環境モデルによるオオタカの営巣数の広域的予測：関東地方とその周辺. 保全生態学研究 13: 37-45.
- 5) 環境省 (2001) 日本の里地里山の調査・分析について（中間報告）<http://www.env.go.jp/nature/satoyama/chukan.html>
- 6) 四手井綱英 (1972) 水田の稲掛け. 自然 1972 年 10 月号: 22-23
- 7) 關正貴・糸長浩司 (2002) GIS 活用による土地利用の複雑系解析に関する試験的研究. 日本建築学会学術講演梗概集（北陸）2002: 599-600
- 8) 高橋耕一・田野倉直子・趙賢一・大塚生美 (2006) 千葉市域の谷津の一体的保全に向けた GIS による自然環境の資質分析と評価. 農村計画学会誌 24: 227-236

- 9) 田端英雄編 (1997) 「里山の自然」、保育社、東京、199p.
- 10) 夏原由博 (2009) 里山の生物多様性評価と景観生態学的視点. 遺産, 2009.11: 60-65
- 11) 夏原由博 (2010) 空間の保全生物学. 浅島誠, 黒岩常祥, 小原雄治編「地球環境と保全生物学」、岩波書店、東京、pp71-112
- 12) 夏原由博・三好文・森本幸裕 (2002) メタ個体群存続可能性分析を用いたカシミサンショウウオの保護シナリオ. ランドスケープ研究, 65, 523-526.
- 13) 松浦俊也・横張真・東淳樹 (2002) 数値地理情報を用いた谷津の景観構造の把握によるサシバ生息適地の広域的推定. ランドスケープ研究 65: 543-546
- 14) 三橋弘宗・荒木田葉月・竹村紫苑・鎌田磨人 (2008) 内湾度を定量化する方法. 第12回応用生態工学会, 福岡大学, 福岡市.
- 15) 三好文・夏原由博 (2003) 大阪府と滋賀県におけるカシミサンショウウオの生息地の連続性の評価. ランドスケープ研究 66, 617-620
- 16) 百瀬浩・植田睦・藤原宣夫・内山拓也・石坂健彦・森崎耕一・松江正彦 (2005) サシバ (*Butastur indicus*) の営巣場所数に影響する環境要因. ランドスケープ研究 68: 555-558
- 17) Benton TG, Vickery JA, Wilson JD (2003) Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? Trends in Ecology & Evolution 18: 182-188
- 18) Billeter R et al. (2008) Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. Journal of Applied Ecology 45: 141-150
- 19) Guisan A and Thuiller W (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letter 8: 993-1009
- 20) Kadoya T and Washitani I (2011) The Satoyama Index: A biodiversity indicator for agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment. 140: 20-26
- 21) Levin SA (1992) The problem of pattern and scale in ecology. Ecology 73: 1943-1967
- 22) Matsuura T, Yokohari M, Azuma A (2005) Identification of potential habitats of gray-faced buzzard in Yatsu landscapes by using digital elevation model and digitized vegetation data. Landscape and Urban Planning 70: 231-243
- 23) O'Neill RV, Johnson AR, King AW (1989) A hierarchical framework for the analysis of scale. Landscape Ecology 3: 193-205.
- 24) Simpson EH (1949) The measurement of diversity. Nature 163: 688.