

面積・種数関係における山の高度の介在について

細見 彬文*

An Intervention of Mountain Heights into the Species/Area Relationship

Akimichi HOSOMI

Abstract

As the species/area relationship of butterflies within Southwestern Archipelago, Japan, was plotted on both logarithmic scale figure, the two parallel straight lines were obtained in which major line became along all northern islands from Miyako Isl. and second line formed within the three southernmost islands of Ishigaki, Iriomote and Yonaguni. Where the same relationship regarding four families of golden beetles and an order of grasshoppers were obtained, dispersed dots shows no significant trends. To be taken the relationship between species number and the values multiplied with island areas and second power of highest altitudes of mountains, the parallel two lines about the golden beetles and grasshoppers could be obtained as same pattern represented by butterflies. The reason that mountain heights affect the species diversities of golden beetles and grasshoppers is due to existence of increased number of niches caused by complication of environments. Reason of the second power of altitudes to be effective to species richness is that real values are situated near around 2. About the relationship between species number and the value of island area multiplied by mountain altitude, 1.83 was obtained on the golden beetles where the correlation coefficient became highest. The cause of appearance of parallel lines on the species/area relationship and species diversities are higher in the 3 islands on the butterflies, dragonflies or other insect taxa than other islands, most of tropical animals and plants invaded into this areas when the land bridge was formed from the continent through Taiwan in the glacial period because this area got higher temperature by some reasons.

はじめに

島の面積とそこに棲む生物の種類数との関係は種数・面積関係 (Species/area relationship) としてよく知られている。この関係は、種数・面積ともに対数を取り、両対数グラフで示すと一般的には直線関係が得られる。日本の南西列島でこの関係をいくつかの生物の科、目、綱などのグループで求めると、あるグループではきれいな直線関係を得ることができるが、別のグループについて求めてみるとグラフ上に点が散乱して意味のないグラフができ上がることがある。ところが、この意味のないグラフに島の高度を介在させると直線関係が得られる場合が多い。この論文では多くの生物の種多様性が島の面積だけでなく、高度が介在することを示すものである。

方法と結果

南西列島に分布する蝶について面積・種数関係をとってみると Fig. 1 に示すような両対数グラフの上で 2 本

の直線関係がえられる。主直線は南は宮古島から沖縄、奄美、屋久島、種子島から四国、九州までおさえる直線となる副直線は石垣、西表、与那国の 3 島からなる直線となる。

この関係はトンボにおいても成立する。トンボについて種数・面積関係を両対数グラフにとると蝶でみた関係とほぼ同じ様式の 2 直線がえられる。宮古島から北の島々が四国、九州まで通じる 1 本の直線となって現れる。それに対し西表、石垣、与那国の 3 島は主直線の上にもう 1 本の副直線をつくる。この関係を Fig. 2 に示す。

ところで同じ関係をコガネムシの 4 科について見ると Fig. 3 のようになる。点がひどく散乱してここにある一定の関係を読み取ることはできない。しかしこの図をよくみると、屋久島、石垣島、西表島、中之島などが直線の上部にあり、種子島、沖永良部島、宮古島が直線の下方に存在することがわかる。直線の下方に存在する島々には山らしき山がほとんどないことに気がつく。それに対して直線の上にある島々には高い山々がある。

それで島の面積に山の高さ (島の最高所点高度, km) または山の高さの 2 乗を掛けて km^2 , または km^4 とい

* 神戸市長田区五位ノ池町2-1 五位ノ池南ビル513

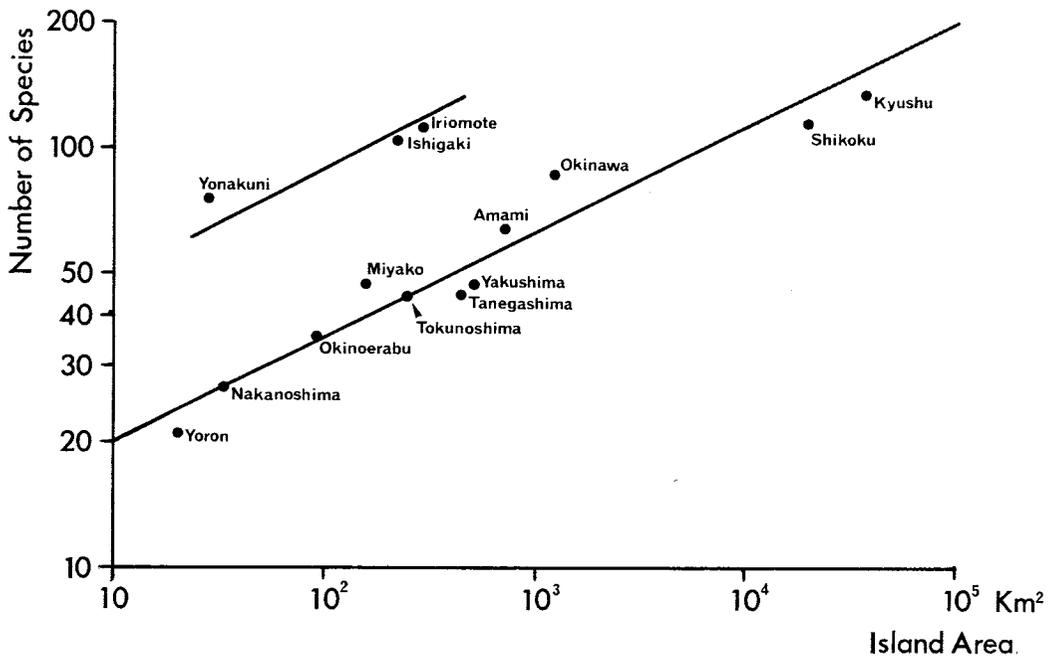


Fig. 1 The species/area relationship of butterflies along Southwestern Archipelago, Japan.

南西列島における蝶の面積・種数関係

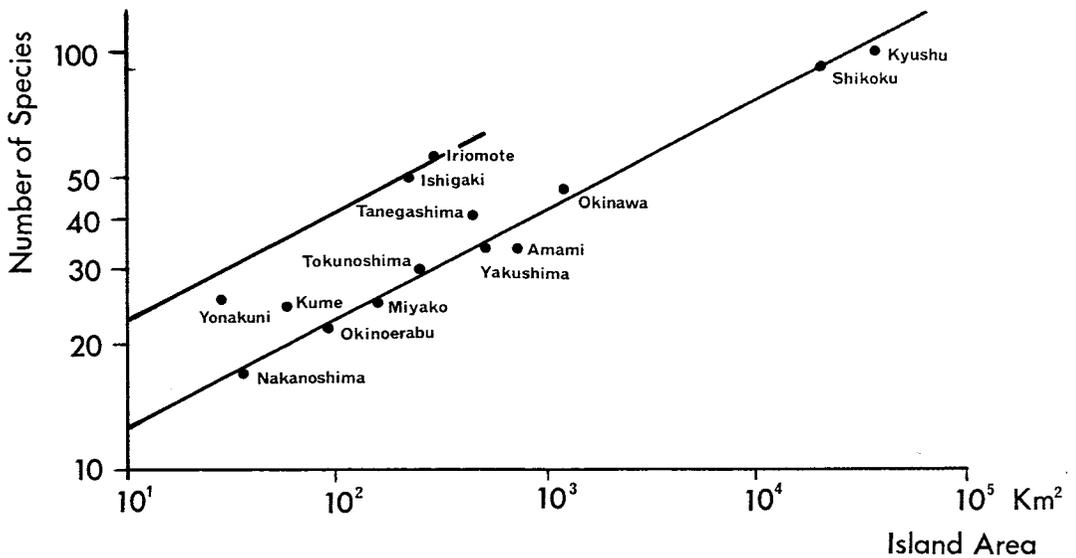


Fig. 2 The species/area relationship of dragonflies along Southwestern Archipelago, Japan.

南西列島におけるトンボの面積・種数関係

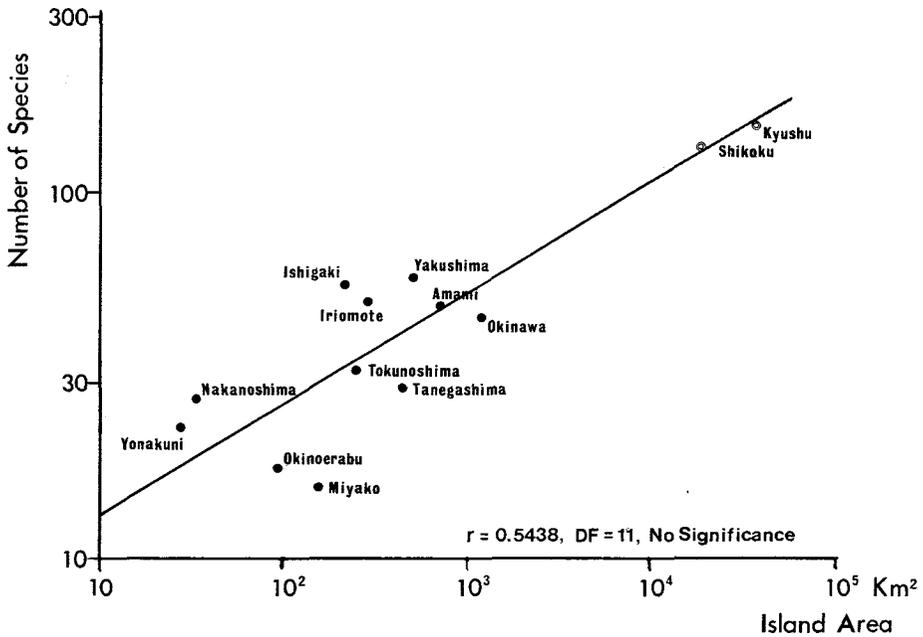


Fig. 3 The species/area relationship of 4 families of golden beetles. Non-significant relationship to be formed in normal scales.

南西列島におけるコガネムシ4科の面積・種数関係で通常のスケールでは意味をなさない図ができる。

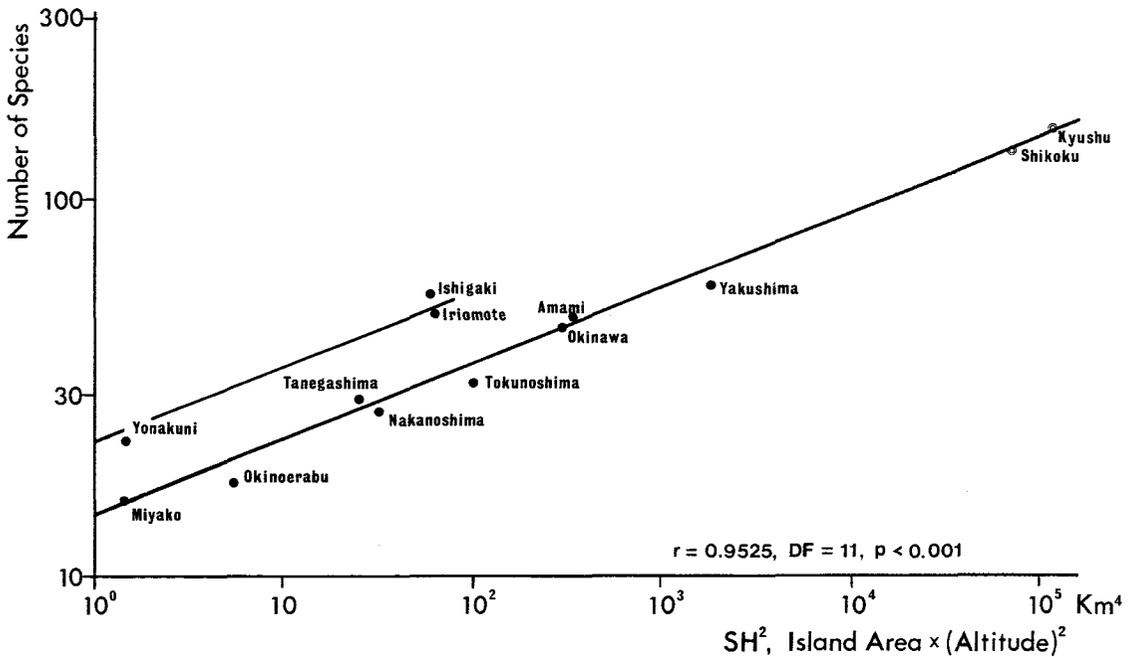


Fig. 4 The relationship between species numbers and areas multiplied with 2nd power of altitude of mountains on the 4 families of golden beetles along Southwestern Archipelago, Japan.

南西列島におけるコガネムシ4科の種数・面積×(高度)²の関係

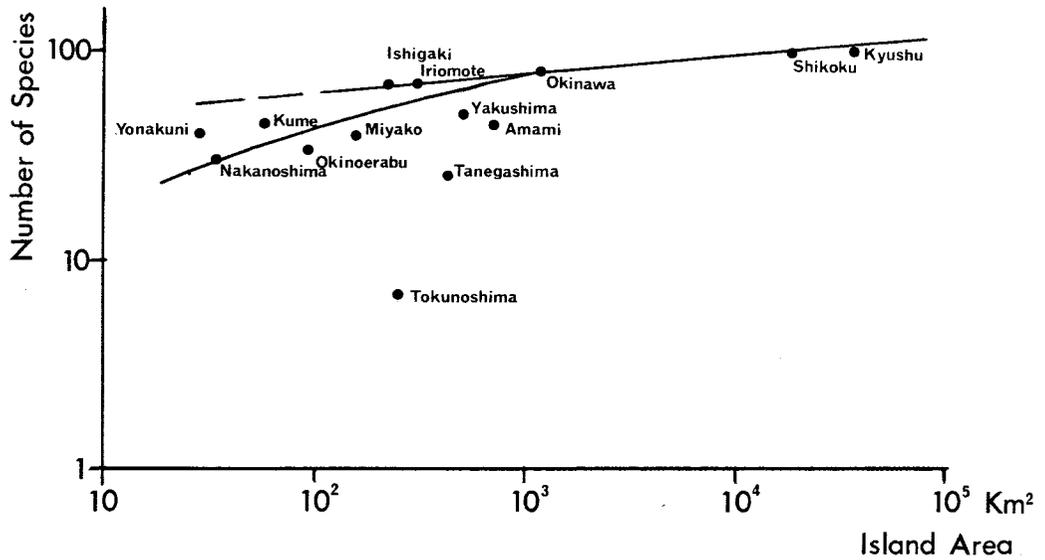


Fig. 5 The normal species/area relationship of grasshoppers along Southwestern Archipelago, Japan.
南西列島におけるバッタ目の通常の種数・面積関係

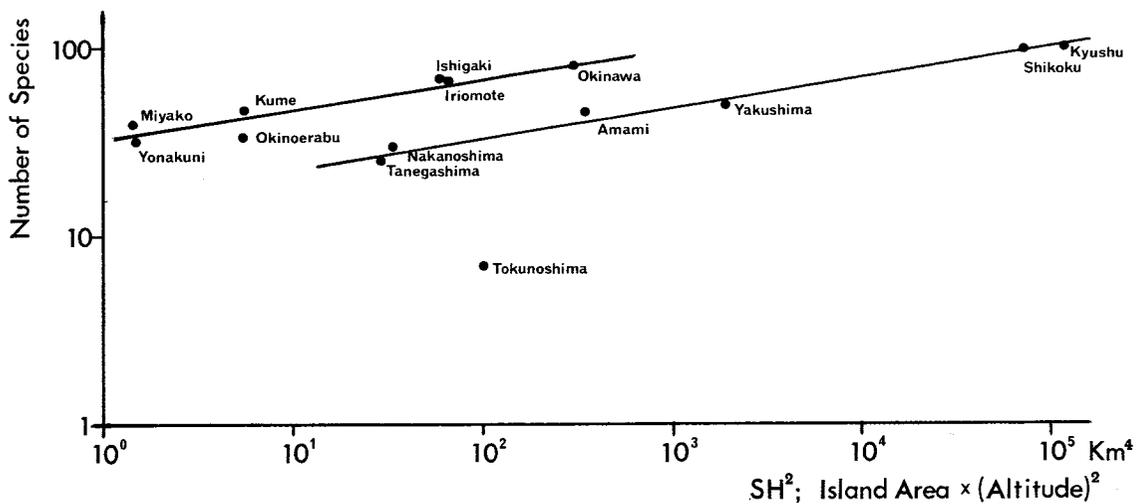


Fig. 6 The relationship between species numbers of grasshoppers and area \times (altitude)² along Southwestern Archipelago.
南西列島におけるバッタ目の種数と面積 \times (高度)² の関係

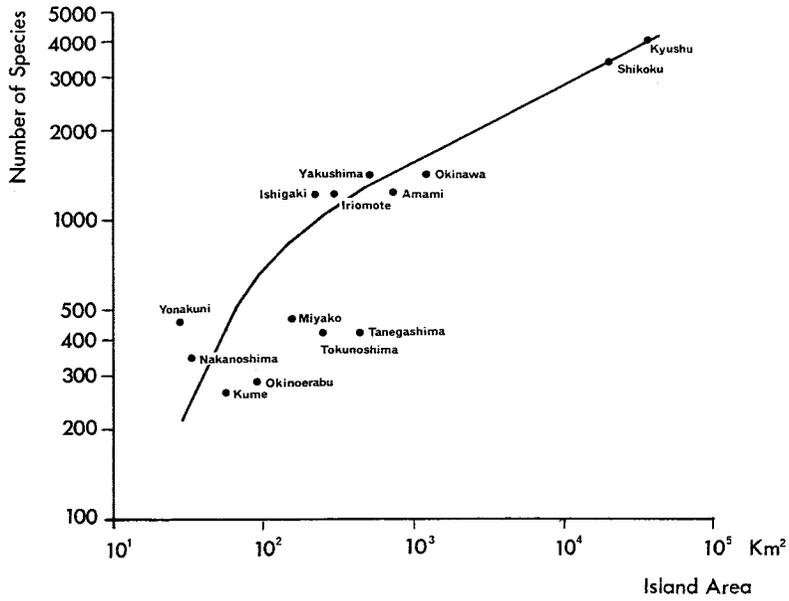


Fig. 7 The normal species/area relationship on 68 insect families studied well about geographical distributions along Southwestern Archipelago, Japan.
 南西列島における分布のよくわかっている昆虫68科の通常の種数・面積関係

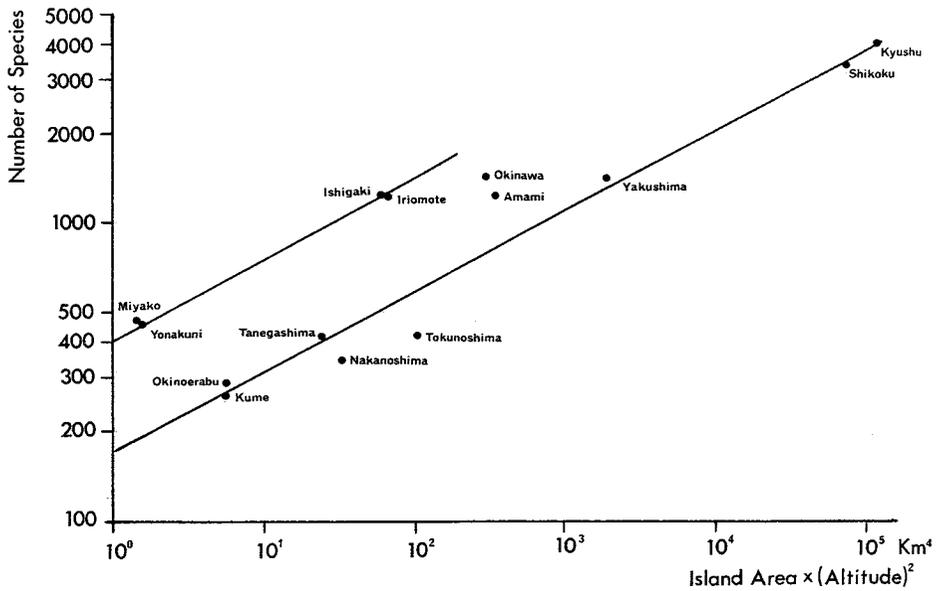


Fig. 8 The relationship between the species numbers and area \times (altitude)² of 68 insect families along Southwestern Archipelago, Japan.
 南西列島における分布がよく解明されている昆虫68科の種数・面積 \times (高度)²の関係

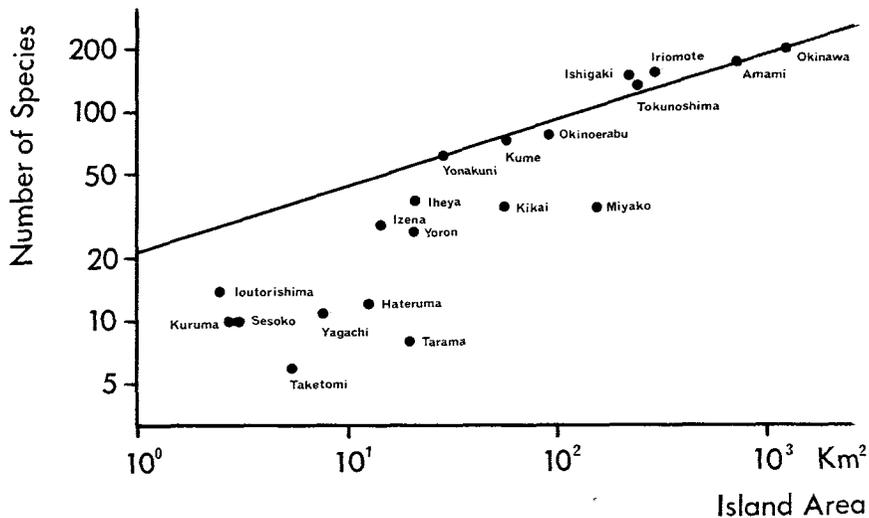


Fig. 9 The normal species/area relationship of ferns along Southwestern Archipelago, Japan.
 南西列島でのシダ植物における通常の種数・面積関係

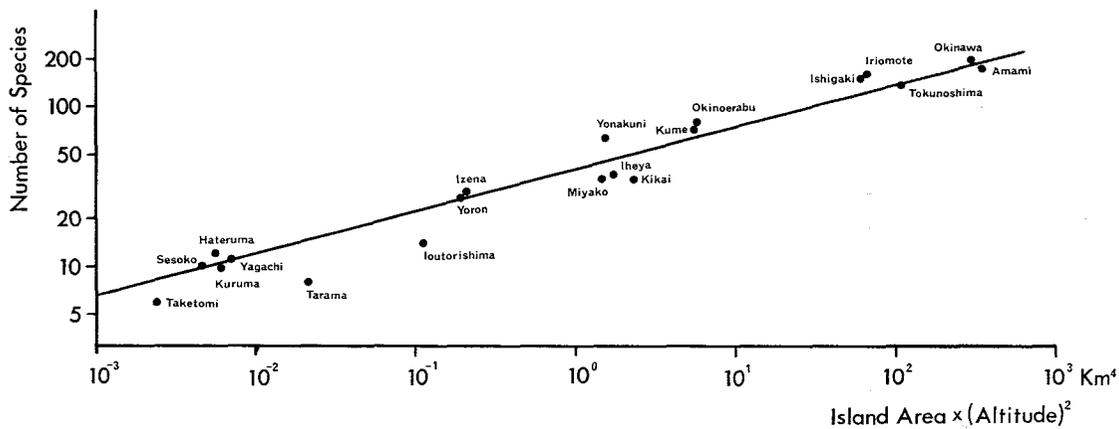


Fig. 10 The relationship between the species numbers and area \times (altitude)² on the ferns.
 シダ植物における種数・面積 \times (高度)² の関係

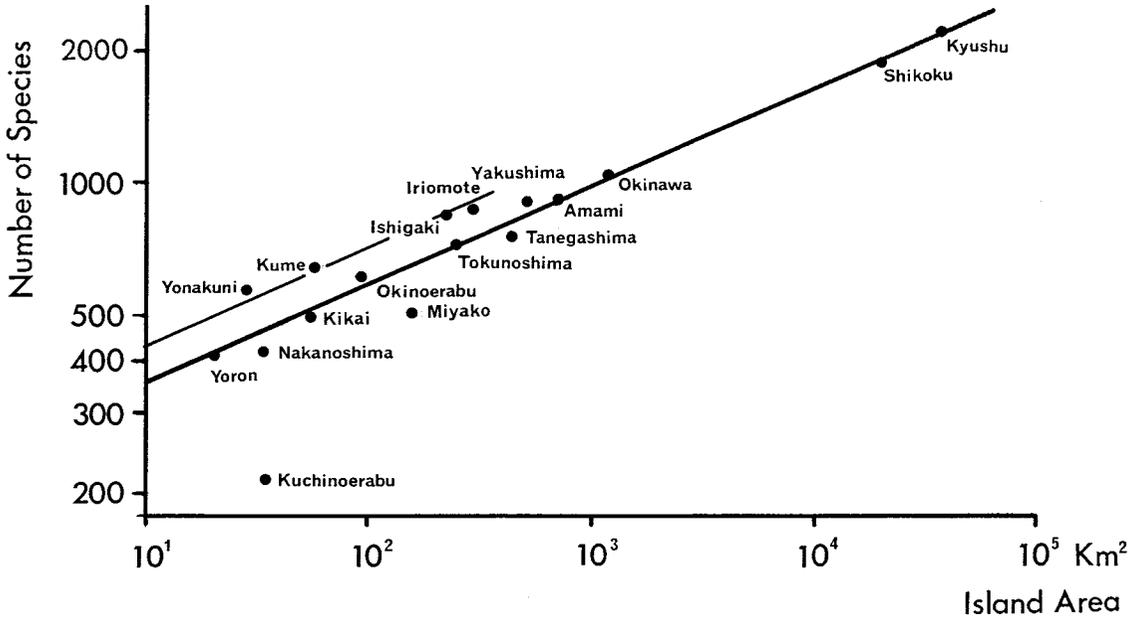


Fig. 11 The normal species/area relationship of angiosperm along Southwestern Archipelago, Japan.
被子植物における通常の種数・面積関係

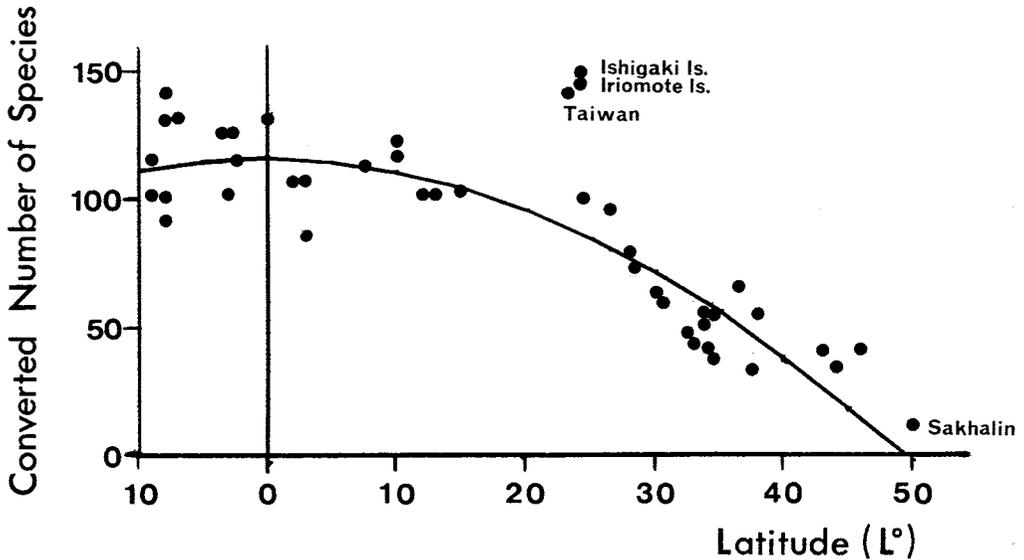


Fig. 12 The relationship between converted number of butterfly species in 10,000 Km² calculated by means of the species/area relationship and latitude of islands from Sakhalin (Russia) to Sumba (Indonesia).

面積・種数関係によって算出された10,000 Km²内に棲息する蝶の種数とサハリンからスンバ島（インドネシア）までの島々の緯度の関係

う単位を作り、それに対する種数を両対数グラフにとる。Fig. 4 はそうして作ったグラフで島の面積に山の高さの2乗を掛けた値に対して、種数をプロットしたものである。直線に添って、最南端は宮古島から、沖縄、奄美、屋久島、そして四国、九州までが並ぶ。そして八重山諸島の石垣、西表、与那国の3島が直線の上方に浮きでてくる。そうすると基本的にはコガネムシの多様性の性格は蝶類やトンボ類でみられたパターンと同一であることがわかる。

同じことをバッタ目の昆虫についておこなってみると、通常面積・種数関係は Fig. 5 に示すごとくになる。この図でも一定の傾向は読み取ることができない。この図の横軸に山の高さの2乗を掛けて、それぞれの点を並び換えると、Fig. 6 のようになる。この図では、奄美以北の島々が主線を形成し沖永良部以南の島々が副線を形成する。この図は蝶類で見られた、八重山諸島のみが副直線を形成するパターンといくぶん異なるが、基本的には同じことを意味するものと思われる。

南西諸島でよく調べられて分布がよくわかっている昆虫68科について面積種数関係を作図すると、Fig. 7 のようになる。この図においても一定の傾向を読み取ることができない。この図に山の高さの2乗を掛けて作図しなおすと Fig. 8 のようになる。この図では、沖永良部以北の島々が主直線を形成し、宮古島以南の島々が副直線を形成する。中間位置にある沖縄、奄美はどちらに属するのか判然としない。もしかすると、二本の線の間にもう一本の線があるのかも知れない。しかし面積・種数関係が主直線と副直線の二本の線で成り立っているという基本的な様式は蝶類で見られたものと同じであると考えられる。

同じことをシダ植物で求めてみると、Fig. 9 のようになる。ここでは南西諸島のかなり小さな島々までが含まれる。この図でも小さな島の種数が急激に落ち込むような傾向を示すが、あまりにも点の分散が大きくて一定の意味のある傾向とは考えられない。それでこの図に山の高さの2乗を介在させると、Fig. 10 のようになる。ここでは線は二本に分かれず一本の線の上にはほぼ全体の点が並ぶ。

考 察

ここではおよそ3つの問題が浮上する。それらは、

1. なぜ山の高さが生物の種の数に影響を与えるのか。
 2. なぜ高さの2乗でないといけないのか。
 3. なぜ二本線型の面積・種数関係が生ずるのか。
- の3問題である。これらはどれも共に極度の難問ばかりである。

山の高さが生物の種数に影響を及ぼすのは、山が高くなると地形が複雑になりさまざまな環境を生ずるため数多くのニッチェができて生物の種が増えるものであるとしか考えられない。ではコガネムシやバッタでは高度が種数に影響するのにチョウやトンボには影響がないかという問題が生ずる。チョウやトンボは幼生の期間を除いて成虫となると大きな飛翔力をもち空間を移動するのに対し、コガネムシやバッタの場合は飛翔力が小さく地面から大きく離れることがないことに原因を求めるしかない。空間の移動力が大きい昆虫はおそらく高度の影響を受けないだろうと考え、ハナバチ6科、ヒメイエバエ、イエバエ、クロバエ、ニクバエの4科、スズメガ科、メイガ科、シャクガ科などで面積・種数関係を求めてみると、これらのグループは高度を介在させなくとも2本線型、3本線型の関係を生ずる。ハナバチ6科では2本線型、ハエ4科でも2本線型、スズメガ科では4本線型、メイガ科では3本線型、シャクガ科では2本線型であるが通常面積・種数関係でこれらの型を生ずる。それに対してゴミムシダマシ科、テントウムシとテントウムシダマシ科、コメツキムシ科、ハムシ科、セミ科などでは高度の2乗を介在させると、ゴミムシダマシ科で3本線型、テントウムシとテントウムシダマシ科で2本線型、コメツキムシ科で2本線型、ハムシ科で3本線型、セミ科で3本線型の関係を生ずる。このように飛翔力の弱い昆虫や、セミのように長い地中生活をおくる昆虫では、山の高さを介在させなければ面積・種数関係が得られないのである。現在のところこれ以上のことをいうことはできない。

では山の高さがなぜ2乗で効果を表すのか。コガネムシ4科について二本の直線について相関係数の最も高くなるところをコンピュータで捜すと1.82乗となる。バッタ目については2.24乗になる。蝶類では0.00乗の時、相関係数が最高値を示すが、トンボ目では0.31乗の時最も適合する。だから高度の影響は必ずしも2乗とは限られないわけで、2乗というのはただの近似値であって、乗数が2に近いというだけのことなのである。飛翔力のある昆虫では高度の影響が全くないかというところでもなく、蝶ではたしかに影響されないが、トンボ目で0.31乗となるのは、これも0の近似値なのであって、いくぶんは高度の影響を受けているとみななければならない。

第3の問題は、なぜ2本線型になるのかという問題である。面積・種数関係はたいていの場合1本線型である。著者が求めたフィリピン・インドネシアの24の島々についての蝶類の面積・種数関係は

$$\log N_s = 0.25 \log S + \log B$$

(N_s を種数, S を面積, B を定数かけする。)

のきれいな1本線型の関係を得ている。多くの教科書に示される面積・種数関係はすべて1本線型である。2本線型というのは、これまでに書かれた多くの論文でも読んだ経験がないので、おそらく極めてまれな現象であると思われる。

蝶類で見られる副直線は石垣島、西表島、与那国島のいわゆる八重山列島で見られる現象である。バッタ目の場合は副直線が沖永良部島まで北上した範囲の島々でもって構成されている。コガネムシ4科の場合は蝶と同じパターンであるが、よく調べられた昆虫68科では副直線は八重山3島に宮古島を加えた4島で構成される。

問題が蝶類だけなら迷蝶がやって来て八重山列島に住みついたとも言うことができるが、南西列島のすべての昆虫について複線型の面積・種数関係を得ているので、迷蝶説は避けなければならない。植物ではシダ植物では見られなかったが、マメ科、ラン科、バラ科などの植物でははっきりとした2本線型がみられる。また双子葉植物全体の面積・種数関係をとっても、山の高さの介在なしに1本線型の関係を得ることができるが、石垣、西表、与那国の3島の双子葉植物は、他の島より一割方植物が豊富なことを示す図を得ることができる (Fig.11)。このように昆虫の多くのグループと植物にまでこの関係がみられることはどう考えればいいのか。

八重山列島に生息する蝶のすべては台湾からフィリピン、またはインドシナ半島にかけて分布する蝶である。ここには北方系の蝶はいない。そしてそれらの蝶の亜種になっているものが多い。他の昆虫も植物も熱帯系の種である。またこれらの島々で独自に進化して特有种となった蝶は一種もない。少なくとも蝶に限って言えば、すべては熱帯に分布する種の原亜種か異名亜種である。

蝶の面積・種数関係の勾配値が0.25であることを利用して、樺太からインドネシアのスンバ島までの島々の蝶の種数が、もし島が10,000km²に縮小または拡大すれば面積・種数関係から何種生息できるかを計算して緯度に添って生息可能な種の数を作図すれば Fig. 12 のようになる。この図では多くの点が北から南へ行くにしたがって増加することがわかるが、もうひとつ台湾、石垣、西表の蝶の種数が中緯度にあるにもかかわらず、極めて多く、熱帯の蝶の多様性と同一レベルにあることがわかる。

以上のことから、ある時期に熱帯性生物が大挙してこ

の地域に侵入してきたと考えられる。その時期は海水面が100mばかり低下して大陸と台湾、南西列島南部と陸橋でつながった氷河期をおいて他にない。おそらく氷河期には、地球上のほとんどの地域が寒冷化したにもかかわらず、この地域だけは現在と変わらないか、またはもっと暖かくなって温暖化が進んだものとおもわれる。その時期に熱帯の生物が大挙してこの地域に侵入したものと考えられる。それらの生物が現代にいたっても残ったので、この地域の生物の多様性が特に高いという結果になった。

2本線型の面積・種数関係で、昆虫のグループによっては与那国島から宮古島までが副直線を構成したり、または沖永良部島までが副直線をつくったりした。つまり陸橋は幾通りも考えられる。海水面が100m下がれば大陸、台湾、八重山諸島が結合する。しかし、沖繩本島や沖永良部島まで結合するには海水面が1,000m低下しなければならない。海水面の100mの低下は氷河期の海岸線の後退で説明できるが、1,000mの低下はもっと昔の南西列島の沈下を考えないと説明できない。しかし遠い過去に何回かの海水面の低下があって、陸橋ができ、熱帯生物の侵入をこの地域は許してきていると考えられるのである。

参考文献

- 1) 九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター, 1989 日本産昆虫総目録, 九州大学農学部(福岡)
- 2) 木本新作, 武田博清, 1989 群集生態学入門, 共立出版(東京)