ヤノネカイガラムシ *Unaspis yanonensis* 個体数の 園内樹間と樹内におけるバラツキについて

上村 道雄*・塩見 正衛**

*熊本県果樹試験場・**農業技術研究所物理統計部

(1975年1月9日受領)

Distribution Patterns of the Number of *Unaspis yanonensis* Individuals between Trees and within a Tree. Michio UEMURA* and Masae SHIYOMI** (*Kumamoto Fruit Experiment Station, Matsubase, Simomashiki, Kumamoto 861-53, **National Institute of Agricultural Sciences, Division of Statistical Research, Kita-ku, Tokyo 114) *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **19** (2): 97~104 (1975)

The number of *Unaspis yanonensis* individuals on every leaf or fruit of 38 citrus trees were counted in an experimental field. By using these data, it was clarified statistically that the density of *U. yanonensis* between trees changed according to a gamma distribution and the number of individuals on each leaf or each fruit within a tree changed according to a negative binomial distribution. These information will be used to build a system model and to set up the initial situation by using random numbers generated by the statistical distributions. Biological implications of the parameters contained in those statistical distributions were discussed; especially it was found that the value of parameter k of the negative binomial distribution, which fitted with the observed count of *U. yanonensis* individuals, changed with the density on trees, but the value " $k/\text{the density}$ " did not change between trees. Based on this finding, a simpler method to estimate the density by using the 0-term of negative binomial distribution was derived. The relationship between the density per leaf and that per fruit was well represented by a regression line. The aggregation of individuals on leaves was higher than that on fruit. The effect of pruning of citrus tree on the density and distribution of *Unaspis* was also studied.

ま え が き

農業害虫の個体数発生の消長を予測し、それをコントロールするための手段として、システム・モデルによる方法の開発が各国で試みられ始めた。

ヤノネカイガラムシにおいても、いくつかこのような種類の仕事を進める努力がなされている。そのようなモデルがよりよく現実を反映するためには、ヤノネカイガラムシの生息場所の初期的条件(状態)、経時的に働く要因の種類、および個体数の相互作用の効果の大きさがモデルの中に組み込まれていなければならない。これらのモデルに組み込む知識の多くは、過去に蓄積された膨大なデータから得ることができるが、それだけでは不十分だったり、あいまいだったりするため、さらに新しく調査しなければならない要因が多い。ヤノネカイガラ

ムシが増殖し、移動し、死亡する過程は、樹内でも、樹間でも、その密度にさまざまなチラバリを生ずる。その状態をシステム・モデルに組み込むには、ヤノネカイガラムシの個体群を統計学的方法で集団として把握し、表現することが必要となる。その方法として、ヤノネカイガラムシの個体群が樹間や樹内で示している分布型を統計学上の関数で数学的に表現し、その分布型のもつ意味を明らかにする。これらの関数の形が確立されれば、その統計的性質を利用してシミュレーションを行なうことができるが、その確立がなければ、チラバリを考慮したシミュレーションを行うことは困難である。

この論文では特に次の諸問題を考察する：①ヤノネカイガラムシの樹内密度の園内樹間の分布型、②樹内における葉(果実)間個体数の分布型、③葉にいる個体数と果実にいる個体数の関係、④剪定が個体数や密度におよ

ばす効果。

これらの問題に対する種々の角度からの研究が1960年代に入って行なわれてきており、その代表的なものとして、中尾(1962a, b), 伊藤(1962), 加藤, 野原, 河野, 西野, 森下・山本(以上果樹病虫害打合会議資料および果樹病虫害発生予察事業年報), 河野ら(1969)がある。以下に述べる事柄には、仮説の段階にあっては、追試の必要なものも多いが、ここでは一事例として報告する。なお当報告では、実験調査面は上村が、統計上の問題は塩見が担当した。

調 査 方 法

熊本県下益城郡松橋町萩尾の田上系普通温州(9年生)栽培園10a(115本植)の中から、ほ場の北側のコーナーから5列、計38樹を調査対象樹として用いた。

ヤノネカイガラムシの生息状況は、着生する全葉・全果実について、雌成虫(未成熟成虫を含む)の寄生の有無と、虫数を葉および果実単位に調査し、樹毎に集計した。

果実対象の調査は収穫直前の1973年11月18日～12月10日に、剪定前の葉対象の調査は12月11日～12月25日に実施した。剪定後の寄生密度については、あらかじめ樹毎に剪定くずを集め、葉単位に雌成虫の寄生の有無と虫数を調査し(1974年1月10日～1月27日)、剪定前の調査結果から差引いて求めた。

結 果 と 考 察

1. 園内樹間におけるカイガラムシの密度の分布型

中尾(1962a)や伊藤(1962)は樹間の個体数のちがいは大変大きいことを述べている。その違いがどのような分布型をもっているかを知ることは、シミュレーションする場合必要であるし、またその成り立ちを考察することはそれ自体興味深い。個体数の樹間のバラツキは、それぞれの樹の大きさに左右される。葉の枚数が多い樹には多くの個体数が存在する可能性が高いから、1葉あたりあるいは1果実あたりの密度の樹間分布として(樹の大きさの効果を除去して)とり扱う。さらに密度を用いると連続量として取り扱うことができ便利である。剪定前の1葉あたり密度は、0.2636、剪定後のそれが0.2591、また1果実あたりでは0.9569となり、その詳細は第1表に示すとおりである。これは、平均値の回りに対称な正規分布などとは異なって、明らかに左右が非対称で、0の近くに大きく偏ったひん度分布になっている。このような場合、理論的に、どのような分布型で近似すべきであるかが明確でない場合が多く、経験的に対

第1表a 1葉あたりの密度の樹間分布—ガンマ分布へのあてはめ(剪定前)

密度/葉	観察した度数	期待度数
0～0.0124	8	6.87
～0.0494	8	6.00
～0.1235	5	6.16
～0.2470	5	5.77
～0.5558	3	6.91
0.5558～	9	6.29

平均=0.2880, 分散=0.1778, $\hat{a}=0.6174$, $\hat{b}=0.4665$
 $\chi^2_0=4.5539$, $0.1<\text{Prob}<0.25$ df=3

第1表b 1葉あたりの密度の樹間分布—ガンマ分布へのあてはめ(剪定後)

密度/葉	観察した度数	期待度数
0～0.0108	12	6.52
～0.0432	6	5.92
～0.1080	5	6.16
～0.2700	4	7.83
～0.4859	2	5.06
0.4859～	9	6.50

平均=0.2591, 分散=0.1399, $\hat{a}=0.5399$, $\hat{b}=0.4799$
 $\chi^2_0=9.51^*$ df=3

第1表c 1果あたりの密度の樹間分布—ガンマ分布へのあてはめ

密度/果	観察した度数	期待度数
0～0.0334	12	7.81
～0.1558	7	6.52
～0.4452	6	6.80
～0.8903	2	5.40
～1.7805	3	5.35
1.7805～	8	6.11

平均=0.9020, 分散=2.0032, $\hat{a}=2.2258$, $\hat{b}=0.4044$
 $\chi^2_0=6.1348$, $0.1<\text{Prob}<0.25$ df=3

数正規分布やガンマ分布による近似がよく試みられる。筆者らがそれらの分布を樹間の密度の分布型にあてはめてみると、対数正規分布ではなお0の近くにひずんだ傾向が除去できなかったの、ここでは、密度の分布型の非対称性そのものを認めることにして、結局、ガンマ分布をあてはめた。第1表a, cに示すように、 χ^2 検定の結果、剪定前の1葉あたり密度と1果あたり密度は、ガンマ分布でほぼ近似できる。ガンマ分布とは、分布型のすそ野の長さに関するパラメータ a と高さに関するパラメータ b を持っている関数で変数 x に対して次式で与えられる。

$$f(x) = \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} e^{-x/a} / a \Gamma(b), \quad (1)$$

$$\Gamma(b) = (b-1)(b-2)\cdots(b-1)!$$

また、その平均と分散をパラメータで表わせば、

$$\text{平均} = ab, \text{ 分散} = a^2b \quad (2)$$

となる。パラメータ a と b の値は、たとえば、剪定前の1葉あたりの密度の場合、

$$ab = 0.2636, a^2b = 0.1417$$

であるから(第1表a), これから, $\hat{a} = 0.6174, \hat{b} = 0.4665$ が求められる。1果実あたり密度の分布では $\hat{a} = 2.2258, \hat{b} = 0.4044$ となる。ここで, $\hat{a}$ の値は1果実あたりの分布の方が1葉あたりの分布より大きい, これは, 前者が後者に比べて相対的にすそ野が長いこと, 言い換えれば, もし両者の b が同一なら, 前者の方が平均値が高いことを意味している。 b の値は, 両者ともほぼ等しい値となっているが, これは, 両者とも密度のひん度分布の型が(横軸 x の尺度を無視すれば)よく似ていること(相似性)を物語っている。この場合には, 0付近のひん度が高く, 右に行くに従って徐々に下っていく傾向が似ていること(a が異なるため, すそ野の長さは異なっているが)を示している。第1表a, b, c に示すように, 剪定前の1葉あたり密度と1果実あたり密度は, ガンマ分布で近似できたけれども, 剪定後の1葉あたりの平均密度は適合度が悪い。このようなゆがみを生じたのは, 剪定で落とされる葉がランダムに選ばれるのではなくて, ヤノネカイガラムシの多い葉が故意に落とされたり, 密度の高い樹では強い剪定が行なわれるためではないかと疑われる。ちなみに, 剪定による密度の減少率を, 密度の高い7本の樹と, 密度の低い7本の樹で比較してみると, 前者の減少率は17.4%であるのに対して, 後者では13.0%であった。

38本の樹の剪定前の1葉あたりの密度 x と剪定後の密度 y の関係をみると, 単回帰式で, 次の関係がそられた。

$$\log_{10}(y+1) = 0.00046 + 0.89748 \log_{10}(x+1) \quad (3)$$

$$(\text{寄与率 } R^2 = 0.9560, \text{ 残差分散} = 0.0005,$$

$$\text{その自由度} = 36)$$

回帰係数 0.89748 は1より小さいことが統計的に5%の有意性で示された。(3)式で $0.00046 \sim 0, 0.89748 \sim 0.9$ において整理すると,

$$y = (x+1)^{0.9} - 1 \quad (4)$$

となる。このべきの0.9は「剪定の強さ」に関係するパラメータ値と考えることができ(仮説)(4)式で,

$$y = (x+1)^s - 1 \quad (5)$$

と表現すれば, $s=0$ のときは $y=0$, すなわち, 剪定前の密度 x がどんな値であっても, 剪定後の密度 y は0になることを示している。 s が0と1の間なら, 剪定によ

第1図 剪定による昆虫密度の変化。

剪定前の密度を x , 剪定後の密度を y とするとき, $y = (x+1)^s - 1$ (仮説) の関係が見出された。ここに, s は剪定の強さを示す値で, $s=0.1$ はほとんどの昆虫を剪定で除去する場合を, $s=1$ は, 剪定によって密度の変化のない場合を, $s>1$ は, 剪定によって密度の高まる場合を示す。

で密度が減少することを, $s=1$ のときは, $y=x$ となり, これは剪定によって, 密度が変化しないことを示している。さらに, $s>1$ では, 剪定で密度が高まる場合(虫のいない葉ばかり除去するとこのようになる)を示している。これらの様相を図示すれば第1図のようである。この x と y の関係では, 剪定による x の減少率が, x の大きいときの方が, 大きいというような微妙な関係は表現できない。

シミュレーションにおいては, この節で求めたガンマ分布を用いて, ガンマ乱数を発生させ, 園内の樹毎の密度を決定することができる。また, 一定の剪定を行なったあとのそれぞれの樹の密度をシミュレーションの過程で決めていくことができることもはっきりした。

2. 樹内におけるカイガラムシ個体数の分布型

1本の樹内の1葉あたりや1果実あたりのヤノネカイガラムシの数は負の二項分布でよく近似されることは, 経験的によく知られている(伊藤, 1962)。

ここで, 負の二項分布として, x を変数, p と k を2つのパラメータとする, 次の型のものを用いることにする。

$$f(x) = q^{-k} \frac{\Gamma(x+k)}{\Gamma(k)x!} \left(\frac{p}{q}\right)^x \quad (6)$$

$$q = 1+p, x=0, 1, \dots$$

この分布の平均値と分散を p と k を用いて表わせば

$$\text{平均 } \mu = kp, \text{ 分散 } \sigma^2 = kpq \quad (7)$$

となる。前節で述べたように、各樹ごとの1葉（果実）あたりの密度と、寄生葉（果実）率がわかっていると、その2つの数字から k と p を求めることができる。ここで、(6)式では、非寄生葉（果実）率は、 $f(0) = q^{-k}$ であるから、寄生葉（果実）率を $1 - q^{-k}$ で表わすことができ、結局、連立方程式

$$\begin{cases} \text{密度} = kp \\ \text{寄生葉率} = 1 - q^{-k} = 1 - (1+p)^{-k} \end{cases} \quad (8)$$

を解いて k と p の推定値 $\hat{k}$ と $\hat{p}$ を求めることができる。(8)式は、

$$\text{寄生葉率} = 1 - \left[1 + \frac{\text{密度}}{k} \right]^{-k} \quad (9)$$

となり、試行法 (iteration) で k をえ、(8)式の上式の k に $\hat{k}$ を代入して、 $\hat{p}$ をえることができる。たとえば、1葉あたりの密度が0.0369頭、寄生葉率が0.129(12.9%)なら、(9)式は、

$$0.129 = 1 - \left[1 + \frac{0.0369}{k} \right]^{-k}$$

となり、 $\hat{k} = 0.0071$, $\hat{p} = 5.1972$ となる。

上の方法で $\hat{k}$ を求める場合、密度が極度に低い樹では計算上 $\hat{k}$ が不定になることがあり、結局、38本の樹の中、剪定前の葉あたりの個体数の分布では35本、剪定後の葉あたりの分布では33本、果実あたりの分布では28本の樹について $\hat{k}$ を確定することができた。

剪定前の葉あたりの $\hat{k}$ と果実あたりの $\hat{k}$ の大きさを各樹ごとに比較すると、第2図のように、ほとんどの樹で後者の方が前者より大きい値をとっている（符号検定によると、後者が前者より大きいと1%以下の危険率で結論できる）。負の二項分布の平均を μ 、分散を σ^2 で表わすとき、

$$k = \frac{\mu^2}{\sigma^2 + \mu} = \frac{1}{\frac{1}{\mu} + \frac{\sigma^2}{\mu^2}} \rightarrow \frac{1}{k} = \frac{1}{\mu} + \frac{\sigma^2}{\mu^2} \quad (10)$$

第2図 剪定前の葉の $\hat{k}$ と果実の $\hat{k}$ の推定値の比較。
いくつかの例を除いて、果実あたりの $\hat{k}$ の方が
葉あたりのそれより大きい。

と表わされるから、 k が大きいことは一般に葉（果実）間の個体数の変動が小さいことを意味すると言われている。そうだとすれば、果実上の個体数の方が密度も分散も大きいにもかかわらず、葉間の個体数のチラバリより小さいと言っている。果実には、葉におけるよりも高密度に寄生し、しかも(10)式の尺度で考えれば、果実の方に、より均一に寄生していると言える（この点は、もう少しよく検討する必要があるかも知れない）。 $\hat{k}$ の大きさを樹ごとにプロットすると、それは種々の値をとっている（第2図）。上述のように、 k が大きいことは葉（果実）あたりの個体数が弱い集中性をもっていること、逆に k が小さい集団は強い集中性をもっていること、すなわち、樹内の一部の葉（果実）にはヤノネカイガラムシは集中的に分布しているが、その他の葉（果実）にはほとんど存在しないという状態を表わしている。したがって、 k が小さい集団（樹内）では葉（果実）あたりの密度が大きくても被害葉（果実）率は小さいこと、逆に k が大きければ葉（果実）あたりの密度が低くても寄生葉（果）率は大きいと想像される。このような k と密度と寄生率の関係を表わすのが第3図である。果実あたりの $\hat{k}$ が葉あたりの $\hat{k}$ より大きく、さらに、一般に、果実あたりの密度の方が葉あたりの密度より高いのであるから、ヤノネカイガラムシは葉よりも果実の方にま

第3図 葉（果実）あたりの密度 μ と k と寄生葉（果実）率の関係。

k が小さい集団では、密度 μ が大きくても寄生葉（果実）率は小さいが、 k が大きい集団では、 μ が小さくても寄生率は比較的高くなる。

べんなく寄生していると言うことができる。

第4図 a, bでは、いずれも $\hat{k}$ は、密度が高くなるに従って高くなっていることがわかる。同一の環境にある

第4図 a. 1葉あたり密度と $\hat{k}$ の関係。

第5図 a. 剪定前の1葉あたり密度と $1/\hat{p}$ の関係。

密度が0.2以上になると $1/\hat{p}$ はほぼ一定(=0.1548)になる。 $\hat{k}/\text{密度}=1/\hat{p}$ 。

同一の種の個体群は、ほとんど同一の k の値をもつ場合が多い(ANSCOMBE, 1949)と言われているが、この図を見ると、この園では、“共通の k ”は存在せず、むしろ k は密度に比例して大きくなっていると言える。伊藤(1962)は、静岡県柑橘試験場の調査データを用いて“共通の k ”の存在を示したが、それは多くの園間の不等質なデータを含んでいて、 $\hat{k}$ のバラツキが極めて大きいためにえられた結果ではないかと想像される。また、伊藤の第4図では平均値が0.4~2の所で、 $\hat{k}$ は平均ととも

第4図 b. 1果実あたり密度と $\hat{k}$ の関係。

第5図 b. 剪定後の1葉あたり密度と $1/\hat{p}$ の関係。

密度が0.2以上になると $1/\hat{p}$ はほぼ一定(=0.2092)になる。

第5図 c. 1果あたり密度と $1/\hat{p}$ の関係。

密度が1以上になると $1/\hat{p}$ はほぼ一定 ($=0.0863$) になる。

に大きくなっていく傾向が現われている。 $k/\text{密度}=1/p$ をたて軸に、密度を横軸にプロットすると(第5図 a, b, c), いずれの場合も、密度がごく低い範囲を除けば、 $\hat{k}/\text{密度}$ の値はほぼ一定になる (密度の低い所では $\hat{k}$ の推定精度が低いために $\hat{k}/\text{密度}$ のバラツキが大きい)。世代が重なって連続的に増殖移動を行なっている動物個体群では、瞬間移入率を α , 1匹の親あたりの瞬間出生率を β とするとき、

$$k = \alpha / \beta$$

と表わされる (塩見, 1974 a) が, α は密度に依存するから β が一定なら, k は一般に密度に比例する。ヤノネカイガラムシの個体群は世代が分離しているから, 上の法則が厳密には働いていないけれど, 類似した原理が存在するのではないかと考えられる。 $k/\text{密度}$ を「個体あたりの k 」とよび, これは $1/p$ にひとしいから, ここでは, $1/p$ あるいは p は一定となる。このような変数変換を行なうと, 果実の $\hat{p}$ の方が葉の $\hat{p}$ より大きいことがわかる (符号検定によると, その差は1%の危険率で有意である—第6図参照)。 μ を樹内の1葉(果実)あたりの密度, σ^2 をその葉(果実)間分散とすると、

$$p = \frac{\sigma^2}{\mu} - 1$$

と表わすことができ, これから, 小さい p は σ^2/μ が1に近いこと, すなわちランダム分布に近いことを表わしている。逆に, 大きな p は, 分布型がランダム性から離れて集中傾向にあることを物語っており, これらは, (10) 式の解釈と一致する。ヤノネカイガラムシは果実間でよりも葉間の方でより集中度の高い分布型を持っていることが結論できる。

剪定により虫の分布型, 特に k の大きさが変化するか

第6図 剪定前の葉の $1/\hat{p}$ と果実の $1/\hat{p}$ の推定値の比較。

5点を除いて, 果実の $1/\hat{p}$ が葉の $1/\hat{p}$ より小さい。

どうかは, この調査では明らかにならず, 一定の傾向を見出すことはできなかった。

剪定前の1葉あたりの密度 x と, 1果実あたりの密度 y の関係は, 単回帰式

$$\log_{10}(y+1) = 1.9309 \log_{10}(x+1) + 0.0143 \quad (11)$$

$$(R^2 = 0.8874, \text{残差分散} = 0.0068,$$

$$\text{その自由度} = 36)$$

で表わされ, $1.9309 \sim 2$, $0.0143 \sim 0$ とすると (11) 式は,

$$y = x^2 + 2x$$

と簡略化できる。この式が一般的かどうかは, 更に別のデータの組で確かめる必要がある。

シミュレーションにおいては, ヤノネカイガラムシの樹内の分布型は, $1/p = k/\text{密度}$ を一定とみなすことができるから, 葉と果実の p を与えれば, 前述のガンマ分布から生成した樹ごとの密度を用いて, 各樹ごとの k を求めることができる。密度は k と p の積であるから, このようにして k と p がわかれば, その1本の樹内の各葉(果実)あたりのヤノネカイガラムシの数を負の二項分布の式 (6) を用いた負の二項乱数 (塩見, 1963) により, わりつけることができる。シミュレーションの初期状態はこうにして与えられる。

3. ヤノネカイガラムシの密度推定の一簡便法

前項で述べたように, ヤノネカイガラムシの個体群に

共通の p が存在すれば、その事実を利用して、「1 匹も虫がいない葉（果実）の割合」から個体群密度を推定することができる。第 5 図に示したように、 k /密度は密度がごく低い所を除いて、ほぼ一定の値をとると考えてよい。このことから、“共通の p ” がわかっておれば、負の二項分布の 0 項を利用して密度を推定することが可能である。すなわち、樹内の葉（果実）あたりの密度の推定値を m とし、1 頭も、ヤノネカイガラムシのいない葉（果実）の割合を r (0 と 1 の間の値) とするとき、(8) 式を用いて、

$$m = \frac{-p \log_{10} r}{\log_{10} q}, \quad q = 1 + p \quad (12)$$

あるいは、

$$m = -p \log_e r$$

で求めることができる。

第 5 図 a, b, c に示した剪定前の葉あたり密度が 0.2 以上の 13 本の樹の $1/p$ の平均 0.1548, 剪定後の葉あたり密度が 0.2 以上の 14 本の樹の $1/p$ の平均 0.2092, 果実あたりの密度が 1 以上の 11 本の樹の $1/p$ の平均 0.0863 を用いて (12) 式から m を推定した結果は、それぞれ寄与率 R^2 が 0.94, 0.92, 0.81 であった。その様子を剪定前の葉あたりの密度についてプロットしてみると第 7 図のようになる。果実あたり密度の推定精度が他とくらべて多少低いのは、1 本の樹あたりの葉が数千枚であったのに対し、果実はただか数百であって、果実あたりの密度は標本抽出の誤差が大きかったためと想像される。

<手順> ① あらかじめ何本かの樹を調べて、葉（果実）あたり個体数の分布＝負の二項分布のパラメータ、共通の p を求める。

② 調査すべき樹ごとに、1 匹も虫のいない葉（果実）

第 7 図 剪定前の葉あたりの密度の測定値と推定値。

(12) 式より計算した。寄与率 $R^2=0.94$ 。

の割合 r を求める——これは、すべての調査葉（果実）にいる虫をかぞえ上げるのにくらべて、費す時間と労力は激減すると考えられる。

③ (12) 式に r と p を代入して、樹内密度の推定値 m をえる。

この方法は、塩見 (1974b) が述べるように、ポアソンか負の二項分布をしておれば、どんな種の密度の推定にも用いるというようなものではない。しかし、一度 p の値がわかれば、塩見 (1974b) の方法のように、葉（果実）を最少でも 0 匹か 1 匹か 2 匹以上の 3 群に分類する必要はなく、「いるか」、「いないか」の 2 群だけに分類すればよいという簡易さがとりえである。なおこのような、0 項だけによる個体数（密度）の推定は、河野杉野 (1958) の先駆的な仕事があったことを付記する。

摘 要

1. 9 年生のみかん 38 本からなる園内の各樹ごとの葉ごと、果実ごとに寄生しているヤノネカイガラムシの数をかぞえた。そのデータをもとにして、システムモデルの作成に必要な園内樹間の密度の分布型はガンマ分布であり、樹内の葉あたりあるいは果実あたりの個体数の分布型は負の二項分布であることを確定した。これらの分布型に従う乱数を用いて、シミュレーションで園内の初期状態を設定することができる。

2. 上に示した 2 つの分布のパラメータのもつ生物学的意味を考察した。負の二項分布（樹内の葉（果実）間のヤノネカイガラムシの分布）のパラメータは樹ごとに異なるが、 k /密度 の値は一定になることを見いだした。

3. 葉あたりの密度 x と果実あたりの密度 y の関係は $y=x^2+2x$ で表わされることがわかった。また、葉あたりの個体数の集中度は、果実あたりの個体数の集中度より大きいことがわかった。さらに剪定によりヤノネカイガラムシの集団がどのように変化するかについて若干の考察を行なった。

4. k /密度＝一定の関係を利用して、0 匹の葉（果実）の割合だけから個体数を推定する方法を提案した。

引用文献

ANScombe, F. J. (1949) The statistical analysis of insect counts based on the negative binomial distribution. *Biometrics* 5: 165~173.

伊藤嘉昭 (1962) ミカンの冬葉におけるヤノネカイガラムシの分布型. 応動昆 6: 183~189.

河野通昭・牧野晋・宮原実・山田健一・大串竜一 (1969) カン

- キツ病害虫の共同防除の合理化に 関する研究. III~IV章. (pp. 36~103).
- 河野達郎・杉野多万司 (1958) ニカメイチュウ 被害茎密度の推定について. 応動昆 2 : 184~188.
- 中尾舜一(1962 a) 柑橘主要害虫の園内分布. 昆虫 30 : 30~49.
- 中尾舜一(1962 b) 柑橘主要害虫の一樹冠内分布. 昆虫 30 : 179~197.
- 塩見正衛 (1973) 負の二項乱数発生 のための サブルーチン. 農林研究計算センター報告 A9 : 161~166.
- 塩見正衛 (1974 a) 増殖, 死亡, 移入, 移出をしている 動物個体群の分布. 個体群生態学会々報 25 : 2~6 (謄写刷り).
- 塩見正衛 (1974 b) 枠あたりの 個体数に ポアソンか負の二項分布が仮定できる 場合の 個体数推定の一方法. 応動昆 18 : 106~114.

新 刊 紹 介

Factors Affecting Dispersal Distances of Small Organisms. WOLFENBARGER, D. O. (1975), Exposition Press, Hicksville (N. Y.), 230 pp., \$15.00

本書は、題名の示す通り、バクテリアから孢子、種子、花粉、昆虫などの分散に関与する要因をまとめたものである。著者は、戦前から戦中にかけて U.S.D.A. で、戦後は the University of Delaware をへて、現在 the University of Florida, Sub-tropical Experiment Station にあって、もっぱら、本書のテーマにとりこんできている。

これらの小生物の分散に関する データが豊富に紹介され、その分散に関与する要因ごとにまとめられている。しかし、そのデータの大部分は 1960 年代かそれ以前のもので、最近の研究成果がほとんどとり入れられていないのは、物足りない。また、分散に関与する要因として多くのページをさいているのは、‘無生物的要因’に対してであって、‘生物的要因’については、ほ

んのわずかしかふれられていない。また、分散に関する数学モデルもふれられておらず、こうした期待をもって本書に接すると、期待は裏切られる。しかし、著者の意図するところが、植物から動物まで含めた小生物の分散の距離から、病気や害虫の分布の拡大を説明しようとするものであれば、これらの点はやむを得ないのかもしれない。

本書の構成は、緒言、(分散に関与する) 無生物的要因、生物的要因から成り立っている。緒言では、分散の概念、分散の要因による分類、分散の中心からの距離による分類、距離と分散数との関係を表わす式などがまとめられている。無生物的要因では、場所のちがい、方向性、垂直(上下)の分散、気象要因(光、湿度、温度、風)、障害物、障壁の影響について述べられ、生物的要因では、外的要因(グルーピング、密度、分散先での生物的要因)、内的要因(aging、リズム)に分けられている。

(農技研 中村和雄)