整理番号

D－1－1　　904

標 題 名

圃場に於ける昆虫の分布に関する二、三の問題

著 者 名

発行者名

大日本農会

発 行 年

昭和２５

製作年月

平成３１年３月

56. 5. 13 T. Tenbo
植物防疫資料館
C－1－002
坪井武夫
寄贈
D
1－1
904

圃場に於ける昆蟲の分布に關する二, 三の問題(昭和25年)

病害虫発生予察資料　No. 6

農林省農事試驗場
病害虫発生予察係

1950年(昭和25年)

植物防疫課
~~徳島縣立農事試驗場病害虫発生予察~~

病害虫発生豫察資料第6號爲

農林省農事試験場病害虫発生予察係

圃場に於ける昆虫の分布に関する二、三の問題

はしがき

本年改正された発生予察事業要項中の二三の主要害虫について発生程度別面積の調査を取り上げてゐる。昆虫の棲息数の場所的差異は甚だしいもので、時期的発生消長の調査と共に之を考慮に入れれば調査は更に完全になるだろう。そして昆虫の棲息数が棲息地でどの様に変つているかを知ることは、棲息密度を労力少なく正確に知るために害虫に対して防除手段がとられた場合に、その有効度を判定するために、或はある圃場に於て実験計画をたてるために必要缺くべからざるものである。こゝに発生予察事業に関連して棲息密度の二三の問題を取上げて抄録する。

農学の部面に於ける土壌の不均一性を問題としたSamplingの研究はかなり、はやく、1920年頃から始められ、始は圃場に行はれてゐるが、昆虫に関するこの種の研究は1936年頃から始められ、始めは圃場における棲息数を如何にして労力少く、正確に推定し得るかと云ふことから次第に試験設定の問題にまで移つて行つたように思われる。FLEMING AND BAKER (1936)は初めて比較的大きな地区の、マメコガネ(Popilia japonica NEWMAN)の幼虫を1平方フートの単位面積について数へた。次いでMARSHALL (1936)はヤガの一種(Heliothis obsoleta FARBR.)の産卵についてSamplingの最も安定した方法を研究した。次いでJONES (1937)は針金虫の棲息についての研究を発表し、BEALL (1938)はコロラド甲虫(Leptinotarsa decemlineta SAY)についてSamplingの方法を考究した。UPHOLT & CRAIG (1940)はオリーブカタカイガラ(Saissetia oleae BERN.)の分布について発表し、BLISS (1941)は

FLEMING & BAKERによって得られたdataにつき統計学的考察を行い，試験区の設定に論及した。最近にはBOWEN が beet-leaf-hopper (Eutettix tenellus BAKER) について試験区の設定と昆虫の分布を論じた。

次に直接参考した文献をかゝげる。

BEAL, G. 1938

Methods of estimating the population of insect in a field. Biometrica 30; 422-439

BLISS, C.I. 1941

Statistical probrems in estimating populations of Japanese beetle larvae. J.Econ. Ent. 34; 221-232.

BOWEN, M.F. 1947

Populatin distribution of the beet-leaf-hopper in relation to experimental field-plot lay-out. J. Agr. Res. 75; 253-278.

FLEMING. W.E. and BAKER, F.E. 1936

A method for estimating population of larvae of the Japanese beetle in the field. J. Agr. Res. 53; 319-331.

JONES, W. 1937

Practical field methods of sampling soil for wire worms. Agr. Res. 54; 132.

UPHOLT, W.M. and CRAIG, R. 1940

A note on the frequency distribution of the black scale insects. J. Econ. Ent. 33; 113-114.

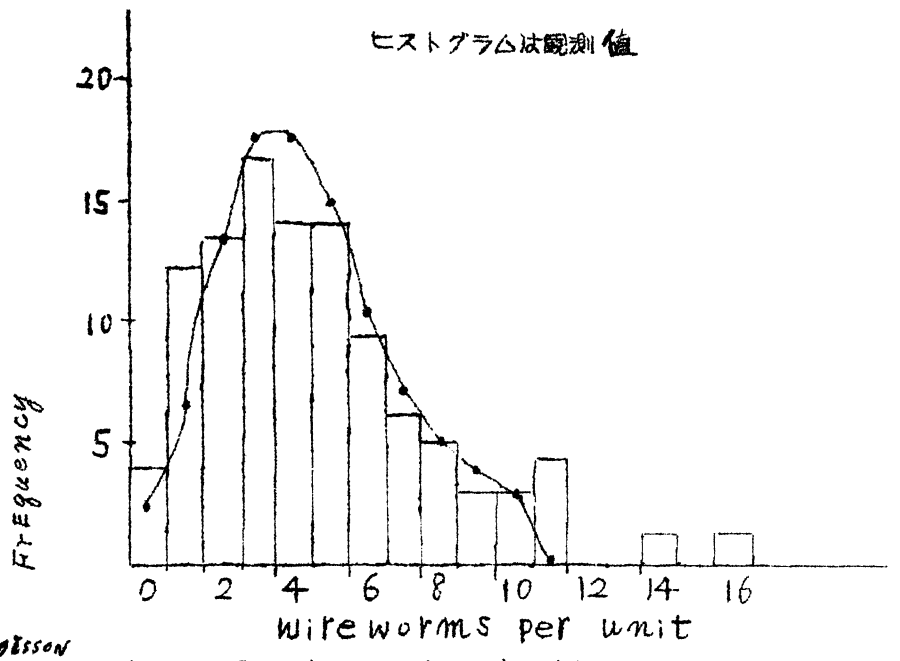
昆虫の圃場における分布

圃場における棲息密度の濃淡を地図にして表わすことが出来る。しかしながら多くの圃場における棲息密度の比較はその棲息密度を代表する何等かの数字的表示によって用び発展される。一つの単位(例えば一平方フート)についての昆虫の数が0, 1, 2, 3……なる正の整数で表わされるのは当然であって，この場合昆虫のいない単位，1匹の単位

多くの単位……nの単位は、それぞれある頻度を以て起るもので一つの圃場をいくつかの単位に分割したとき、一つの頻度分布図が描ける。二つの分布図は昆虫の体重の分布の様な連続的なものではなく不連続のものと考えられる。

JONESは針金虫について1平方フート、半平方フィート、$\frac{1}{6}$平方フィートの単位を用いて100$\frac{1}{2}$のSamplingを行った場合χ^2検定により何れもよくPOISSON分布の理論的推定値に一致することを示した。(第1図)

Fig.1. ~~Wire worm~~ distribution per 100 units
1—Square-foot units

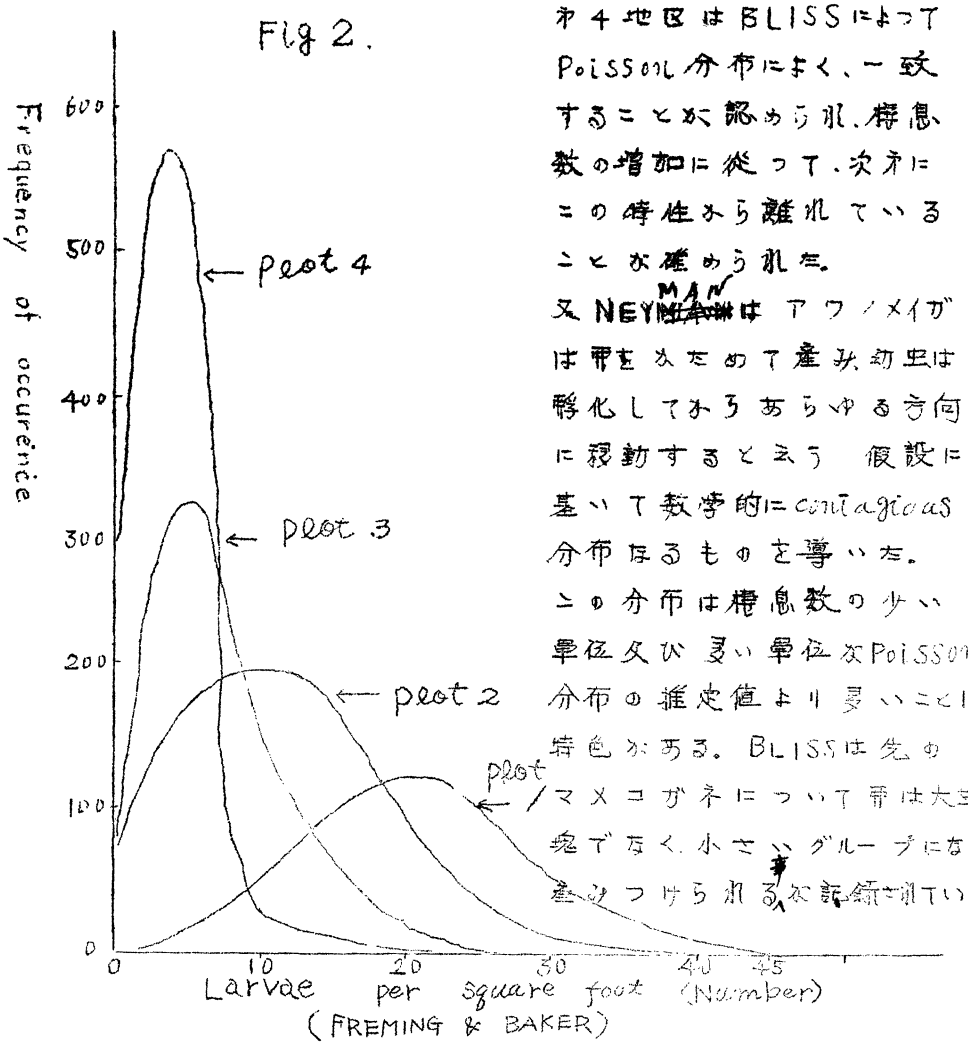


~~Poisson~~ Poisson分布は統計書には次の様に説明されている。

「ここに相等しい大きさの時間又は空間の区劃が多数にあって、そこに或種の物又は事が起り、その起り方が任意抽出の方法に従い且つ常に一定の條件の下に全区劃に分配せられ、且つその区劃が収容し得る物又は事の個数に比して実際に起る物又は事の個数が甚だ小なるときには実際に起った個数の0、1、2、3……に従って分類された区劃の数の分布はPoisson分布に従う。(近藤)又之は実際に起る事又は物の個数が多いときは二項分布に近ずく

ものであり二項分布の平均(Mean)と分散(variance)が相等しい時の特殊の場合と考えられている。昆虫の棲息密度の多少、生態的の特色、環境の変化等により、その昆虫の分布様相が変動することは、容易に考えうれることである。即ちFLEMING及びBAKERは四つのそれぞれ50フィート及50フィートの地区について、マメコガネの3令幼虫数を1平方フートの単位毎に数えた結果興味ある分布をなすことを示した。第2図は1平方フートの単位についての幼虫数の頻度分布曲線を示すものである。最も棲息数の少い第4地区は6909の棲息数で非対象な型を示している。そして第3地区、第2地区と棲息数の増加につれて、最も棲息数の多い(47366頭)第1地区の正規な対象の形に近ずいている。

Fig 2.



(FREMING & BAKER)

第4地区はBLISSによってPoissonl分布によく一致することが認められ、棲息数の増加に従って、次第にこの特性から離れていることが確められた。

又NEYMAN(MANではない)はアフノメイガは雨をふためて産み幼虫は孵化してから あらゆる方向に移動するという 仮設に基いて数学的にcontagious分布なるものを導いた。この分布は棲息数の少い単位及び多い単位でPoissonl分布の推定値より多いことに特色がある。BLISSは先のマメコガネについて雨は大きな塊でなく、小さいグループになって産みつけられると訂正している

ので多分幼虫がある齢に達した時にはContagiousの傾向は消えてしまうものであろうと云っている。UPHOT & ROBERICは、オリーブカタカイガラの分布はNEYMANのcontagious分布やPoissonl分布にも一致しないこと等を述べた。オリーブカタカイガラはアワノメイガの幼虫の様に雨り群が分布の中心となるものでなく、雌の成虫が分布の中心となり生態的には、前着と常に異り、ある世代の棲息数の分布は前の世代の分布に左右されるという特色があることを指摘した。BOWENはSugar beet-leaf-hopperの棲息数の分布が時期により異なることを発表している。即ち越冬を終り5月の未圃場に飛来したこのヨコバイはよくPoissonl分布に一致するがPoisson分布から次第にはなれる傾向のあることがうかがわれる。実際に気流の流れとか圃場のある1区劃が特定の1区劃に昆虫を引きつける力を何か持っているかもしれない。同じ場所で8月末の新しい世代のヨコバイはPoissonl分布とは明かな差を示すのである。χ^2検定によりContagiousS分布式は夏の二項分布によく一致していることが認められた。この時の圃場では個々の作物、或圃場の一部が他の作物、他の圃場の部分よりこのヨコバイに対して大きい力があるのかもしれない。事実このヨコバイの棲息密度と雄蕊の大きさの間に明かな逆の関係のあるデーターがある。即ち小さい痩れた雄蕊に高温が組合されて大きな棲息密度を得た事を信ぜざるを得ない。Contagiousと夏の二項分布は変動性がPoissonl分布の予想に比して過度である場合の一般化であると見做されている。そして両者は分散(Variance)と平均(Meanl)が近ずくにつれてPoissonl分布に近ずくのである。そしてcontagiousS分布は夏の二項分布よりももっと融通が効くと考えられている。夏の二項分布$(q-p)^n$に観測値を適合させる時、pとqの値に次の方法によって経験的に計算される。

$$p=1+\frac{V}{\bar{x}q}, \quad q=1-p \text{ より}, \quad n=\frac{\bar{x}}{p}$$

でVは分散(Variance)であり、$\bar{x}$は平均(Meanl)である。即ち分散が平均より大きいか、小さいかによってそれぞれ負又は正の二項分布となる。そして分散と平均が殆んど相等しい時$p=0$のときにはPoissonl分布となる。第2図に於てBLISSの計算によれば第四地区

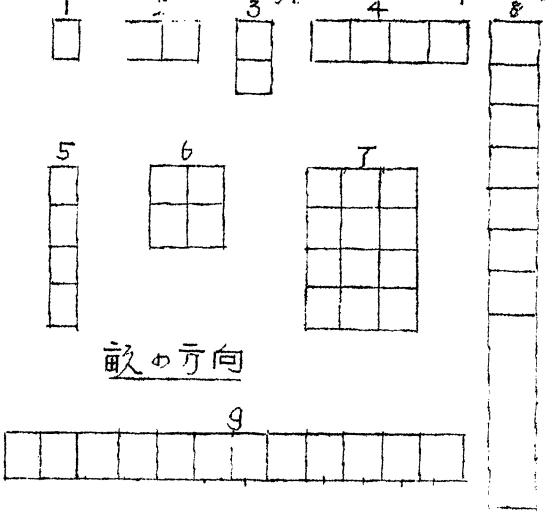
の分散と平均はそれぞれ、2.74と2.56で大差なく、A一地区では26.89と34.38となって二項分布に近ずいて来ていることが判る。以上或る昆虫の圃場における発生は原則的にPoisson分布に従うものとして記述することが出来、昆虫の生態的特色、時期の変化、或は環境の変化に応じて、負の二項分布、Contagious分布となるとかった風にそれらの数学的関係に関連して変化するものであるとかってよいだろう。

Samplingの問題

一つの圃場の全部にわたり横急害数を調査することは非常な労力を要するものである。従って全面積の横急数を代表する略正確な値を得るため二つの問題が起きてくる。A一は全体の面積の何%位を調査したらよいかという量的の問題であり、A二はどの様にSamplingのための単位を圃場に配置したらよいかという場所的な問題である。前者はFLEMING & BAKERにより、後者はBEALLにより解答が与えられた様に見える。

FLEMING & BAKERは四つの2500平方フートの圃場から得られた数字に対して1株×1株、1株×2株、2株×2株、1株×4株……等のSampling単位を仮定し、標準誤差、標準偏差、及び中央値の三つの点から考察して、1株×株、の様な単位は2株×2株、3株×3株の様な単位と同じ様な結果となり、単位の形は二の場合

Fig 3. The various types of sampling units employed



（BEALL）

大した問題にならないことを示した。そして四つの地区のどれについても1株×1株の単位の時は全面積の0.8%、2株×2株の時は2%、3株×3株の時は4%、2株×5株のときは10%をSamplingして略満足すべき同一の誤差範囲にあることを示した。JONESは針金虫について1株×1株の単位が

もっと小さい単位(例えばもっと正確な数字を得うれる。
1/4フィート，1/16フィート)よりももっと正確な数字を得られるだろうし、
植息密度の低い所では少くとも50のSampleお必要であり、植息
数の高い所では50よりも少なくてすむであろうことを結論した。
BEALLはコロラド甲虫を用いて、Samplingの単位の形状を
検討した。第3図に示す様な種々のSamplingの単位について
優劣を見た結果単一の単位(この場合2ft×2ft(図の1))はコロ
ラド甲虫に対しては、平均値からの変動が最も少くて良好であり
長方形の単位の場合は畝の方向に対して直角に走っている。
細長い形(図の8)は効果的であり、畝の方向に走っている細長い
形(図の9)は最も効果の少いものであることを結論した。
Samplingの単位の形の問題が解決された後において sampling
の単位を全面積に配分する最もよい方法を考え出さねばならない。
ここにBEALLの実験を略述しよう。予め植息数の知られた圃場
は大きく16の地区に分けられ更に2ft×2ftの単位2304に細く分け
全面積の25%をSampleする場合について考える。この場合一つの
地区には144の単位が含まれている事になる。そして25%が
Sampleされるであろう。2304×25/100=576(ヶ)の小単位が植息数
を推定するためにSampleされることになる。そして小単位が16の
地区に均等に分配されるならば一つの地区に36の小単位が配置
せられる訳である。この実験では一つの地区に36の小単位を均等
に配置しない前に特色がある。即ち初めに予備的に各地区に
ついて、それぞれ15の単位を任意にとり、その標準偏差(s)を求めた。
えは第1表の第2段に示されている。そしてそれ等の合計数47.87は一番
右の欄に與えられている。ここで25%のSamplingをするとき

Table I Numerical results in the proces of sampling (BEAL)

地区番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	計
s_i	3.26	3.00	2.88	3.45	5.26	2.78	3.82	2.81	2.97	4.19	2.28	1.68	2.89	2.08	1.74	2.63	47.87
n_i	39	36	35	42	63	34	47	34	36	50	27	20	35	25	21	32	576
x_i	284	177	215	180	597	156	272	117	164	332	116	42	115	136	49	126	
F	$F = 144 \times \left(\frac{284}{39} + \frac{177}{36} + \frac{215}{35} + \cdots\cdots\cdots + \frac{126}{32}\right) = 11305$																

No.1地区に配当される Sampling の単位の数は $\sigma = 3.26$ であるから 326.88 × 576 = 39。全様にして No.2 の地区に配当される Sampling の単位は 30.88 × 576 = 36。こうして 576 の単位を 16 地区にその標準偏差に対して按分して各地区でなすべき Sampling の単位の数は表の第3段に示してある。こうして前の準備的 Sampling とは独立して各地区の標本数は各この Sapling の単位数に応じて表の第4段に示してある。一つの地区には 144 の単位があるので全体の標本数を計算される。即ち 144×(82+87+86+75+---+126) = 11305

そうして得られた結果は 576 の小単位を 16 の地区に分けずに全面積に直接に全く任意に Sample された時よりは正確な数字を得られた。しかし全面積の 15% 即ち 336 の小単位により、各地区 6 ケの予備的 Sampling で推定された場合には一般的に任意に配置された sampling の方法と大差がなかった。

以上の研究は何れも一般的のものであって Sample の単位の大きさ及び Sampling の方法はその昆虫の生態、作物の形状 Sampling の出来得る数と急きさ。更に作物に対する害の重要さ、要求される正確さ等により勿論異なるものである。特に BEALL のなした正確さを増すためになした準備的 Sampling を必要とする方法は実際における正確さの必要性によって判断されるべきである。

試験区配置の問題

害虫の防除に対する種々の試験で、Randomized Block 法、Latin Squere 法の様な実験計画法が用いられる。この方法は分散分析法によってその実験誤差を推定することが出来る。実験誤差の推定は Block 間の変異性から導かれる。例えば Latin Square 配置における plot 間の変異性を代表する全部の偏差平方和は (1) row と (2) column と (3) 処理と知られない原因による偏差平方和、即ち (4) 実験誤差に分解される。そしてもし実験に際して処理が実際に行われないものならば同一な処理が行われたと仮定してもよいであろう。BLISS と Bowman はこの仮定によって実験計画法の効果を研究した。

BLISS は FLEMING と BAKER から得られたデータにより四つの地区に亘りそれぞれ八つの処理を八つの反復 計 64 地区計画された場合 Randomized Block 法と Latin squere 法の設計の効果を考えた。牧草地

の比較的棲息数の少いA3, A4地区に於ては実験計画法の両者の効果には殆んど差がなく，棲息数の多いA1, A2地区ではLatin square法による設計の方がRandomized Blockよりも効果のあることを指摘した。

BOWENはsugar-beet-leaf-hopperの前後2期について18種の試験区の取り方を研究した。即ち分散分析法の結果より見れば5月末に移動して来たばかりの時期には試験区間の変動は試験区内の変動より意味のあるほど大きくはなく，それは棲息数の不均一性が異った試験区における加害に影響する有意な要因ではないことを示している。8月の末の定着した棲息数は異った試験区間に大きな変動の有意な差を示した。それ故初期においては試験区の配列は余り問題にならないが後期に於てはかなりの効果のあることが認められた。

結語

之等の研究はすべて昆虫の棲息密度の面から丈で論じたもので勿論他の要因を考慮に入れることは重要である。もし異った種類の殺虫剤が研究されるならば，昆虫に直接影響するだろうし，又昆虫の活動性と移動性等は解決未だ不能の問題を提出して来るだろう。

中田，
ムルゼ，