整理番号

D－1－1　　903

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２２

製作年月

平成３１年３月

D
1-1
903

植物防疫
資料館
図書之印

寄贈図書
中田平彦 氏
1/1

病害蟲発生予察資料第6号(昭和22年)

農林省農事試驗場病害虫発生予察係

圃場に於る昆蟲の分布に關する二,三の問題

1947年(昭和22年)

昆蟲部
農試
5.23
第1306號
大日
栗田
北井

D
1-1
903

植物防疫
資料
図書之印館

寄贈図書
中田正彦 氏
171

病害虫発生予察資料第6号

昭. 22. 8.

農林省農事試驗場病害虫発生予察係

圃場に於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いる。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これ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，棲息密度を労力少く正確に知るために，~~この様~~害虫に対して防除手段が取られた場合に，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欠くべからざるものである。ここに発生予察事業に関連して棲息密度の二三の問題を取り上げて抄録する。

農事の部門にお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年頃から行はれているが，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う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 & 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平方フートの單位面積について数えた。次いでMARSHALL(1936)はヤガの一種(Heliothis obsoleta FABR.)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(Leptinotarisa 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によつて得られた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)について試験區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かげる。

農試
5.23
第1306號
昆蟲部
大内
栗田
元井

BEALL, 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
Population distribution of the beet leafhopper in relation to experimental field-plot lay-out.
J. Agr. Res. 75; 259-278.

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 wireworms
J. Agr. Res. 54; 132.

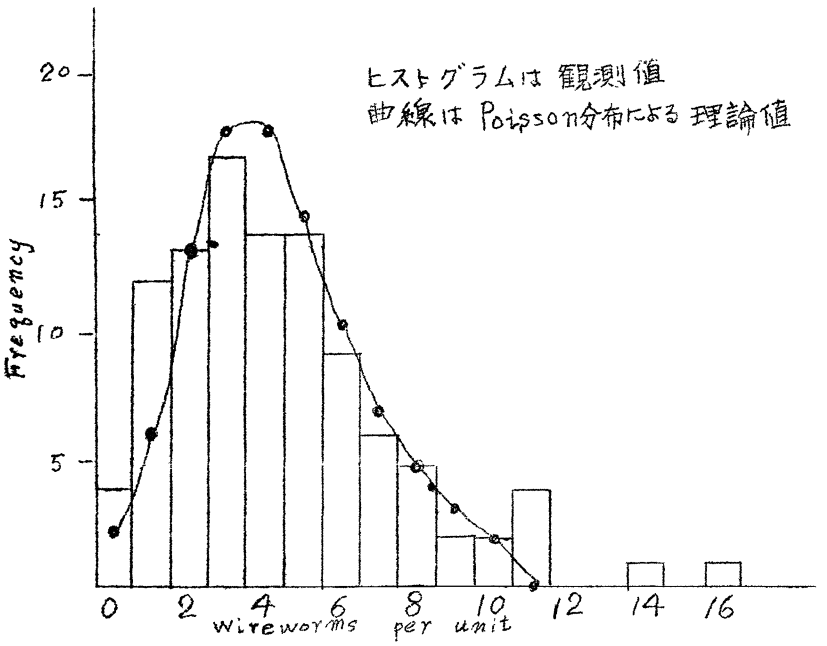
UPHOLT, W. M. and CRAIG, R. 1940
A note on the frequency distribution of the black scale insects. J. Econ. Ent. 33; 113-114.

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再び発展される。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, ----, n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, 2匹の単位, ----, それの単位はそれぞれある頻度を以て起るので, 一つの圃場をいくつかの単位に分別したとき, 一つの頻度分布図が描ける。こ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, $\frac{1}{4}$平方フィート, $\frac{1}{16}$平方フィートの単位を用いて100ケの 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(オ1図)。

Fig.1. Wireworm distribution per 100 units, 1-squre-foot units.



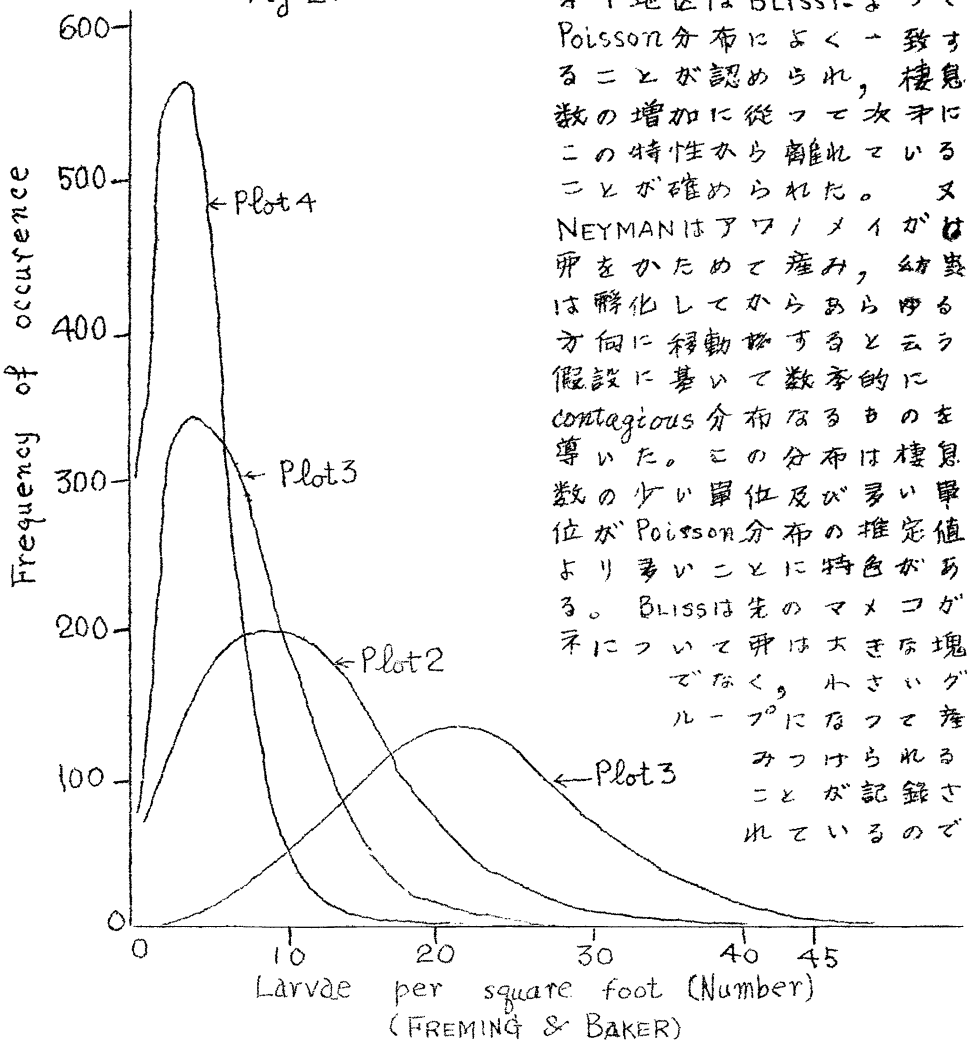
Poisson分布は統計書には次の様に説明される。

「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，且つその区劃が收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。

昆虫の棲息数密度の多少，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られることである。即ちFLEMING & BAKERは四つのそれぞれ50フィート×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(47866頭)第1地区の正規な

対象の形に近ずいている。
オ4地区はBLISSによってPoisson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。
NEYMANはアワノメイガは卵をかためて産み，幼虫は孵化してからあらゆる方向に移動拡すると云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がPoisson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卵は大きな塊でなく，小さいグループになって産みつけられることが記録されているので

Fig 2.



多分幼虫が3令に達した時には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Poisson分布にも一致しないことを述べた。オリーブカタカイガラはアワノメイガの幼虫の様に卵の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者と常に異り，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Sugger beat 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月の末

圃場に飛来したニのヨコバイはよくPoisson分布に一致するが，Poisson分布から次オ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或る1区劃が特定の1区劃に昆虫を引きつける力を何か持つ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Poisson分布とは明かな差を示すのであるがχ^2検定により Contagious分布式は負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ニのヨコバイに対して大きい力があるのかもしれない。同じ場所事実ニのヨコバイの棲息密度と甜菜の大きさの間に明かな逆の関係のあるデーターがある。即ち小さい縮れた甜菜に高温が組合さつて大きな棲息密度を得た事を信ぜざるを得ない。

Contagious と負の二項分布は変動性がPoisson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(Mean)が近ずくにつれてPoisson分布に近ずくのである。そしてContagious分布は負の二項分布よりはもつと緩通が効くと考えられている。負の二項分布$(q-p)^{-n}$に観測値を適合させる時，pとqの値は次の方法によつて経験的に計算される。

$$p = 1 - V/\bar{x}, \quad q = 1 - p, \quad n = \bar{x}/p$$

でVは分散(Variance)であり，$\bar{x}$は平均(Mean)である。即ち分散が平均より大きいか，小さいかによつ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$p \fallingdotseq 0$のときにはPoisson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，第一地区では26.89と34.37となつ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分布となると云つ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云つてよいだろう。

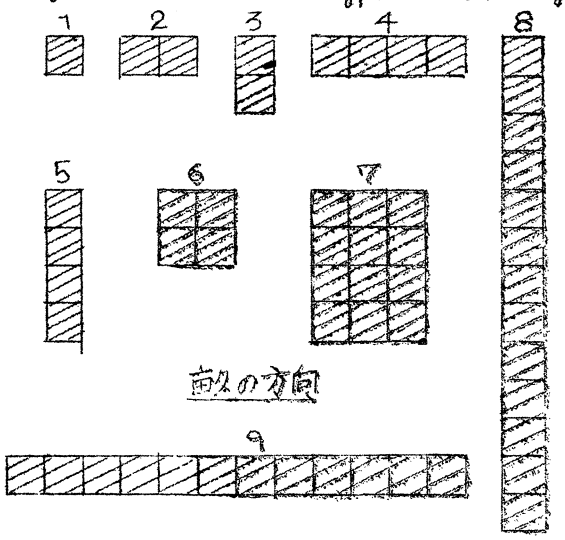
Samplingの問題

一つの圃場の全部にわたり棲息数を調査することは非常な労力を要するものである。従つて全面積の棲息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。第一は全体の面積の何%位を調査したらよいかと云う量的の問題であり，第二はどの様にSamplingのため単位を圃場に配置したら

かよいかと云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1ft×1ft，1ft×2ft，2ft×2ft，1ft×4ft ……等のSampling単位を假定し，標準誤差，標準偏差，及び中央値の三つの点から考察して，1ft×1ftの単位が最も正確であること，1ft×4ft，1ft×9ftの様な単位は2ft×2ft，3ft×3ftの様な単位と同じ様な結果となり，単位の形はこの場合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おいても，1ft×1ftの単位の時は全面積の99%，2ft×2ftの時は2%，3ft×3ftの時は4%，2ft×5ft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は穀物果について1ft×1ftの単位がもっとも小さい単位（例えば1/4フート，1/8フート）よりもおよそ正確な数字を得られるだろうし，標準誤差の低い所では少くとも50のSampleが必要であり，標準誤差の高い所では50よりも少なくてすむであろうことを結論した。

Fig.3. The various types of samling units employed (BEALL)



BEALLはコロラド甲虫を用いてSamplingの単位の形状を検討した。まず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4），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。予め標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230個に細く分け，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14個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(小)の小單位が棲息數を推定するためにSampleされることになる。そして小單位が16の地区に均等に分配されるならば一つの地区に36の小單位が配置せられる訳である。この実驗では一つの地区に36の小單位を均等に配置しない所に特色がある。即ち初めに予備的に各地区についてそれぞれ15の單位を任意にとり，その標準偏差(s)を求めた。之は第1表の第2段に示されている。~~そこで25%~~そしてそれ等の合計数47.89は一番上の欄に与えられている。ここで25%のSamplingをするとき，

Table 1. Numerical results in the proces of sampling
(BEALL)

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	2.93	3.45	5.26	2.78	3.92	2.81	2.97	4.19	2.28	1.68	2.89	2.08	1.74	2.63	47.87
m_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 の單位の数は $s_1 = 3.26$ であるから $3.26 / 47.89 \times 576 \fallingdotseq 39$。 全様にして No.2 の地区に配当される Sampling の單位は $3.00 / 47.89 \times 576 = 36$。 こうして576の單位を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 の單位の数は表の第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棲息数は各この Sampling 單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の單位があるので全体の棲息数が計算される。

即ち $144 \times \left(\frac{284}{39} + \frac{177}{36} + \frac{215}{35} + \cdots\cdots + \frac{126}{32}\right) = 11305$

そうして得られた結果は576の小單位を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が得られた。しかし全面積の15%即ち336の小單位により各地区6ヶの予備的 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 の單位の大きさ及び Sampling の方法はその昆虫の生態，作物の形状，Sampling の出来得る数と大きさ，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要なるものである。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。

試験區配置の問題

害虫の防除に対する種々の試験でRandomized Block法，Latin Square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plot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) columum 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BOWENは各，この仮定によって実験計画法の効果を研究した。

BLISSはFLEMING & BAKERから得られたデーターにより四つの地区に亘りそれぞれ八つの処理が八つの反復が計64地区計画された場合，Randomized Block法とLatin Square法の設計の効果を考えた。牧草地の比較的標息数の少い時，或4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，標息数の多い或1，2地区ではLatin square法による設計の方がRandomized Block法よりも効果のあることを指摘した。

BOWENはSugar beet leaf-hopperの前后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區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有く，それは標息数の不均一性が変った試験区における如きに影響する有意な要因ではないことを示している。8月の末の定着した標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標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。

1947. 5. 21