

広島県メッシュ気候図の利用に関する研究

第4報 平均気温による害虫の発育経過と可能世代数の推定

上原由子・中沢啓一・林 英明

要 約

上原由子・中沢啓一・林 英明 (1984) : 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究。第4報 平均気温による害虫の発育経過と可能世代数の推定。広島農試報告 48 : 149~156。

害虫の発育経過を把握し、発生予察及び防除指導の基礎資料とするため、メッシュ気候図データの平均気温から、各1kmメッシュにおける対象害虫の発育経過と世代数を推定する電子計算機利用システムを開発した。

このシステムは、有効積算温度法則により、害虫の広島県における年間可能世代数分布図を作成するサブシステムと、指定メッシュにおける各ステージの開始日と世代数の一覧表を作成するサブシステムから成っている。計算のために、各ステージの発育零点と発育有効積算温度、計算開始及び中止の月日とステージ等のパラメーターを入力することが必要である。

シラホシカメムシ及びホソハリカメムシについて計算した結果、全般的には野外での観察とよく一致したが、気温が発育零点に近い水準で変化する時期には実際の発育経過より遅れる傾向があった。

I 結 言

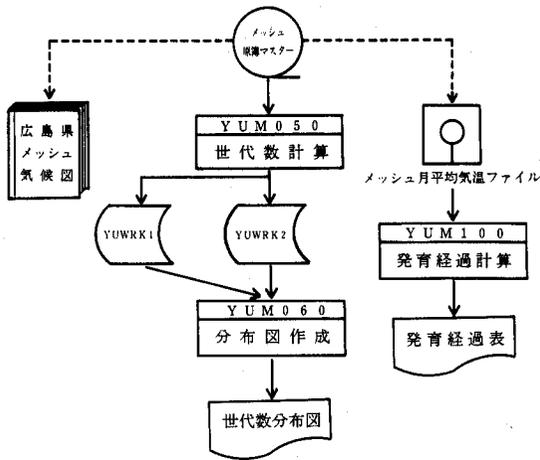
1982年3月、「広島県メッシュ気候図」¹⁾が発刊された。これは、1979年より気象庁観測部産業気象課と広島県農政部が協同で作成したもので、気温・降水量・積雪を1kmメッシュ(県内の総メッシュ数:8690)ごとに推定し、数値資料及び分布図にまとめたものである。分布図は、月・年平均気温及び降水量(平年値)、平均最深積雪及び多雪年の積雪、平均標高指数分布図があり、これらは数値を階級別にカラーで表示し、分布の状態が一見して認識できるようにしたものである。各メッシュの数値は資料編に掲載されているが、メッシュ気候図原簿として磁気テープに記録保管され、電子計算機による数値の利用が可能である。

この「広島県メッシュ気候図」をより有効に利活用するため、1982年から3年間「メッシュ気候図利活用システム推進事業」が実施され、データの充実と主要農作物の適地適作図等の資料作成が行われてきた。

著者らは、膨大な量の情報を含み、さまざまな利活用が可能でメッシュ気候データを、病害虫部門に活用することを考えた。瀬戸内海島しょ部から標高1000m以上の中国山地にわたる広島県は、地形が複雑であると同時に気候的にも多彩であり、そのことが病害虫の発生様相にも影響を与え、複雑化させている。水稻病害虫発生予察事業においては県下120の巡回調査地点を設け、定期的に調査を行って病害虫の発生状況を把握しているが、これらの病害虫データとメッシュ気候データとを関係づけることができれば、より精密な面的広がりをもった解析が可能となるはずである。

昆虫の発育は気温の影響を大きく受け、発育零点及び発育有効積算温度を基に、発育経過及び年間可能世代数を推定することができるが、これは害虫の発生経過の把握、さらには発生予察・防除指導の基礎となるものである。著者らは各メッシュの気温から害虫の発育経過と世代数を推定し、世代数分布図を描く計算システムを開発したので、その概要を報告する。

なお、メッシュ気候図及び利用したメッシュデータや



第1図 システムの概要

ファイル等の概要については、既にいくつかの報告^{1,2,4,5,6)}で紹介されているので、詳しい説明は省略する。

II 方法

本報告の計算システムの開発に当っては、広島農試のミニコンピュータ NEC MS-120⁴⁾を使用し、次に示す入力データを用いた。プログラミングは、FORT RAN2によった。

1. メッシュの大きさと数

気候図のメッシュは、緯度を30秒、経度を45秒ごとに区切ってあり、1メッシュは約1km²の広さを持つ。これは、国土地理院が作成している5万分の1地形図を縦横20等分した大きさに相当する。広島県内の陸地が8690メッシュに分割され、各メッシュには個有の番号が与えられている。

2. メッシュ原簿マスター

メッシュ気候図に盛られている各メッシュのデータを記録したファイル⁴⁾である。メッシュ番号や行政コード等の基本コード10項目、気温13項目(1~12月の月平均気温と年平均気温)、降水量13項目、積雪3項目及び標高(最高・最低・平均)や傾斜度等の地形因子20項目の計59項目が含まれている。これらの気象データは、広島県内と県周辺の61の観測地点(降水量の場合68~94地点)の観測値から、地形因子解析の手法⁵⁾によって推定されたものである。気温と降水量は1941年から1970年までの30

年間を平均した平年値であり、積雪は年間最深積雪の平年値と、多雪年である1963年1月25日と1968年2月24日の積雪を含んでいる。このファイルは、気象庁から提供されたデータを河野ら⁴⁾が編集作成した、レコード長240バイトの順編成ファイル(磁気テープ)である。

本研究における計算には、8690個の各メッシュにおける、1月から12月までの月平均気温平年値の12項目を使用した。

3. メッシュ月平均気温ファイル

メッシュ原簿マスターから、メッシュ番号と月平均気温・年平均気温・平均標高を取り出して作られた、レコード長66バイトの相対編成ファイル(フロッピーディスク)である。レコードナンバーをメッシュ番号から決定してランダムアクセスすることが可能なので、特定メッシュについての計算を行う場合は、順編成ファイルに比べてアクセスタイムが大幅に短縮できる。

4. 月平均気温から日平均気温への変換

月別の気温を日別に分解するには、「調和解析」の手法が応用できる。これは、気温が冬から夏へ次第に上昇し、夏から冬へ下降するという一定のパターンを利用したものである。調和解析すると実際の値よりは平滑化される傾向はあるが、計算値と実測値が非常に良く一致する⁶⁾。そこで、本研究においては、この手法(サブルーチンKG0011)によって365日の日平均気温を算出した後、発育零点との比較や雨量積算の処理を行うプログラムを開発した。

III 結果

1. 開発プログラムの機能

第1図にシステムの概要を示すが、この内実線部が本研究で開発したものである。

1) 可能世代数の計算

プログラム名: YUM050

入力ファイル: メッシュ原簿マスター

出力ファイル: YUWRK1, YUWRK2 (磁気ディスク)

関連サブルーチン: KG0011, YUM022,

YUM071, YUM072

対象害虫の全県下における年間可能世代数を算出する

ための基本作業は、次の手順によった。

- (1)パラメーターの入力。
- (2)入力ファイルから月平均気温を読む。
- (3)調和解析により日平均気温を算出する。
- (4)パラメーターに基づいて、発育有効積算温量を満たすまで毎日の平均気温を累積してゆく作業を、ステージを追って年末まで繰返す。新成虫の現われる回数を可能世代数とする。
- (5)手順(2)から(4)を8690メッシュについて繰返す。

パラメーターとして入力した各ステージの発育零点及び発育有効積算温量をワークファイル1(YUWRK1)に、計算結果である各メッシュにおける世代数をワークファイル2(YUWRK2)に出力するようにした。

なお、広島県全メッシュについて計算するには、2時間程度を要し、フロッピーディスクでは他の電算機利用者とデッキ使用に競合をおこしやすいので、入力ファイルとして磁気テープを使用することにした。

2) 世代数分布図の作成

- プログラム名：YUM060
 - 入力ファイル：YUWRK1, YUWRK2
 - 出力ファイル：XYプロッター
 - 関連サブルーチン：KG0003, YUM051, YUM061, 各種プロッターサブルーチン
- YUM050で作成したYUWRK1(みだしの情報として使用)とYUWRK2を読んで、XYプロッターで各メッシュの世代数を表わす数字または斜線で広島県の地図を描く。1色でも多色でも可能である。

3) 発育経過表の作成

- プログラム名：YUM100
 - 入力ファイル：メッシュ月平均気温ファイル, JUNKAI (磁気ディスク)
 - 出力ファイル：プリンター
 - 関連サブルーチン：KG0011, YUM021, YUM022, YUM071, YUM072, YUM101
- メッシュ月平均気温ファイルの指定メッシュのレコードをアクセスし、調和解析により毎日の平均気温を計算し、入力したパラメーターに基づいて、各ステージの開始月日と可能世代数を算出する。結果は一覧表にしてプリンターへ出力する。
- 所要時間は短く、場所指定を操作卓から対話形式で入力するが、その際計算時間は全く気にならない。場所指定はメッシュ番号の他に発生予察水稲巡回調査地点の番号でもできるまうにし、地点番号対照表としてJUNKAIを用意した。

2. 入力パラメーター

YUM050及びYUM100で入力が必要とするパラメーターは次のとおりである。

- ①ステージNaとその発育零点・有効積算温量(ステージの種類数だけ繰返し)
- ②計算を開始する月・日
- ③計算を開始するステージNa(①でステージNaが1のときはスキップ)
- ④計算を開始する世代Na(通常は1)
- ⑤計算を中止する月・日
- ⑥計算を中止するステージNa
- ⑦許容する不足温量
- ⑧そのステージNa

ステージNaは、1: Egg → Oviposition (YUM050のみ), 2: Egg, 3: Nymph, 4: Larva, 5: Pupa, 6: Adult, 0: 「入力終了」である。ただし、パラメーター④はYUM100のみで必要である。パラメーターの入力はいずれも、操作卓でディスプレイに表示される質問に応答する形で行う。

計算の開始は、パラメーター②の日以後で初めて③のステージの発育零点を越える日から温量積算をする。計算の停止は、原則として12月31日であるが、⑤の日以後に⑥のステージになったときは次のステージに移らないことにする。⑧のステージにすでになっているが、温量の不足により年内に次のステージに移れないとき、その不足分が⑦より少なければ次のステージに移れるとする。①でステージNaが1のときは、⑧を1にし、産卵前期間を考慮して⑦を設定する。

3. 主なサブルーチンの機能

- 1) KG0011
1月から12月までの月別気温から、調和解析により、365日の日別気温を算出する。気象庁において開発されたものである。
- 2) YUM021, YUM022
1月1日起算日数を、月日に変換する。またその逆の変換を行う。
- 3) YUM071
各ステージの発育零点と発育有効積算温量を操作卓から入力させ、テーブルを作成する。対象害虫が完全変態、不完全変態いずれの場合でも、また発育有効積算温量が1世代こみでしか与えられない場合にも、それぞれ対応できるようにした。
- 4) YUM072

第1表 パラメーターとして用いた発育零点(t)と発育有効積算温度(K)

害虫名	ステージ	t(℃)	K(日度)
シラホシカメムシ	卵	13.7	60.3
	幼虫(♀)	16.0	232.1
	産卵前期間	19.2	84.4
ホソハリカメムシ	卵	12.9	114.9
	幼虫(♀)	12.6	356.5
	産卵前期間	15.1	217.3

365日の日平均気温、あるステージの発育零点・有効積算温度、計算開始日、前ステージの残余温度を与えると、発育有効積算温度が初めて満たされる日と、その日の残余温度が算出される。

4. 計算事例

1) 世代数分布図の作成

発育零点及び発育有効積算温度が既にわかっている⁷⁾シラホシカメムシ, *Eysarcoris ventralis* WESTWOOD, とホソハリカメムシ, *Cletus punctiger* (DALLAS), (第1表)について、広島県における年間実現可能世代数を計算した。

計算開始(パラメーター②③)は、1月1日でステージNa2(卵)とした。計算中止(パラメーター⑤⑥)は、日長条件による卵巣未発育個体の出現⁷⁾を考慮して、シラホシカメムシで8月31日、ホソハリカメムシで8月15日とし、ステージNaとして6(成虫)を与えた。これによって、8月31日または15日以後に成虫となった場合は、その成虫は産卵しないと仮定したことになる。

パラメーター⑦は、一般には不要である。しかし、計算事例として用いたカメムシの場合、10月中旬になってメヒシバ等の餌植物の子実が落下すると、成虫と幼虫は生息場所を植物上から地表面に移す。この生息場所は、輻射熱や通風の関係で草冠部の気温よりも高温であることが考えられる。ここでは、気温が幼虫の発育零点以下になっても、その時点で3令幼虫に達していれば、上記の理由によって、成虫にまで発育し得ると仮定した。従って、幼虫期の発育有効積算温度に2/5を掛けたものを許容不足温度とし(シラホシカメムシ90日度、ホソハリカメムシ140日度)、ステージNaは3(Nymph)とした。

これらのパラメーターに基づき、プログラムYUM050

とYUM060で処理した結果、広島県の北部から南部にわたってシラホシカメムシでは1から3世代、ホソハリカメムシでは1から2世代の地域が分布した(第3図、第4図)。

2) 発育経過表

シラホシカメムシについての計算結果のプリント例を示すと、第2図のとおりである。このとき用いたパラメーターは、世代数分布図作成で用いたものと同じであり、計算開始の世代Na(パラメーター④)として1を与えた。

IV 考 察

農業試験場(東広島市八本松町)の位置するメッシュについての計算結果と、試験管飼育(3×20cm試験管を実験室北側のコンクリートの窓わく上に置いた)による発育経過(1976年、未発表)とを比較したところ、シラホシカメムシでは10日のずれが生じた。理論値(発育零点を基礎とした計算値)による第1世代(5月1半旬産下卵)の卵期間は、観測値より5日以上長くなった。また、成虫羽化に関しても、理論値は観測値より遅くなる傾向を示した。特に5月から6月は、観測値より幼虫期間が長くなった。ホソハリカメムシにおいても、理論値は観測値より遅くなる傾向があったが、そのずれはシラホシカメムシに比べて少なく、6月5日産下卵について2日であった。なお、1976年の気温は5月末から6月初めにかけて平年に比べ高温に経過した。この年農試において観測した日平均気温を用いて計算したところ、シラホシカメムシの羽化日の遅れが3日短縮された他は平年値での結果と一致した。

理論値が観測値より遅くなる原因として、(1)飼育を行った環境が、微気象的に百葉箱中で測る気温より高かった可能性と、(2)特に5月においては、日平均気温としては発育零点以下の日でも、実際には発育零点以上の気温の時間帯を有する日があること、などが考えられる。

1976年におけるシラホシカメムシ第1世代幼虫の発育経過に関して、試験管飼育と野外(東広島市西条町)での観察とはかなりよい一致性がみられた事実(未発表)がある。このことから、野外の生息環境は「平均気温」より高めに経過することも考えられる。発育零点・有効積算温度から計算した理論値と、野外における実際の発育経過が多少異なることは、多くの昆虫で起こり得る問題である。この問題の解決法の一つは、経験から理論値を補正することであろう。将来は、この補正作業も計算システム中に組み込む必要がある。

今回開発した電子計算機による処理システムにおいて

(YUM100)

 **** シラネシカムシ ノ ハツクワカイ スイタイ (ハイキングオン ハイネンチ ニヨル) ****

PAGE 1

```

    @ ハ ラメータ 1          ハツクワカイオント*   1900セキサンオント*
    @                      EGG          13.7° C          60.3° C* DAYS
    @                      NYMPH        16.0° C          232.1° C* DAYS
    @                      PRE-OV.     19.2° C          84.4° C* DAYS
    @
    @                      クイワン カイシ ----- 1カ"ツ 1ニチ 1 EGG      1カ"イ 1セタ"イ
    @                      クイワン ストップ* ---- 8カ"ツ31ニチ1コ"ニ セイチユウ ニ ナツダキ ツキ"ノ スターシ"ノ ススマナイ
    @
    @                      NYMPH ハ フソクシリュウ カ 90.0ニチ"イナイ ナラハ" ツキ"ノ スターシ"ノ ウツル
    @
    
```

シ ユンカイ チアノNO.	メッシュNO.	ネンガンMAX セタ"イ スウ	セタ"イ	サンラン	カイシカ"ツヒ* 7 カ	ウ カ
101	19-0- 9	3	1	* 4.20	5.16	7.01
			2	7.14	7.19	8.07
			3	8.17	8.21	9.13
			4	*****		
225	27-P-18	3	1	* 4.15	5.12	7.02
			2	7.17	7.21	8.11
			3	8.21	8.25	9.19
			4	*****		
226	21-J-13	3	1	* 4.22	5.21	7.08
			2	7.22	7.27	8.18
			3	8.30	9.04	9.25
310	5-P-19	2	1	* 4.27	5.25	7.11
			2	7.25	7.30	8.21
			3	9.05	9.11	
315	12-P- 7	2	1	* 5.03	6.02	7.19
			2	8.03	8.08	9.06
			3	*****		
507	6-C- 1	2	1	* 5.08	6.09	7.25
			2	8.10	8.15	9.04
508	1-Q-18	1	1	* 5.14	6.14	7.30
			2	8.20	8.26	
627	9-K-10	1	1	* 5.13	6.13	7.29
			2	8.19	8.26	
628	15-H- 1	2	1	* 5.09	6.09	7.26
			2	8.12	8.17	9.10

* ハ ル"メタ EGG ノ ハツクワカイオント* ラ コル カ"ツヒ

第2図 発育経過表のプリント例

は、適正なパラメーター値が手に入れば、どんな害虫についても世代数と発育経過を予想し、発生予察や防除指導に役立てることができる。本報告の計算事例では、気温の平年値を使用したか、特定年についても、各メッシュの気温を観測地点から推定するシステムが完成しているので、適当なファイル編集をすれば、使用が可能である。実際には、今後の気温経過が平年より高めあるいは低めに経過した場合、ある害虫の発育経過がどうなるかを知りたいことが多い。そのようなとき、模擬しようとする年の推定気温データを用いて計算すれば、あらゆるメッシュについての推測が可能である。

1984年からいもち病を中心に開始された「防除要否予測技術導入事業」では、アメダス気象データの自動入力予定されている。このような方式は、本報告の計算システムにも利用可能と考えられる。

先に述べたように、温度が発育零点に近い水準で変化する条件下では、平均気温を用いた計算から期待されるよりも早く発育が進む傾向がある。これに対処するため、

日最高気温及び最低気温から有効積算量を算出する方法として、法橋の式³⁾とWATANABEの計算法⁴⁾がある。各メッシュにおける最高・最低気温平年値の推定値²⁾を用いて、これらの計算法を行うこと、あるいはアメダスデータをもとに特定年についての精密な計算をすることが考えられる。

各メッシュの気温データとして記録されているものは、そのメッシュの平均標高における気温である。害虫によっては、各メッシュの最低標高あるいは農耕地の標高のような特定の標高の気温に補正した方がよいものもあるであろう。水稻害虫においては、イネの植付・刈取り等を考慮して計算開始日・中止日を設定することも可能である。その点では、将来OFAC*データとの連結が意味を持つてくるであろう。

* Observation Forecasting Adjustment and Controlの略で、広島県における水稻生育予測調査事業のこと。1983年に開始され、水稻の出穂期予測等が行われている。

ここに報告した計算システムは、害虫の発育経過すなわち時期の予測を目的としたものである。しかし、今後増殖に関するパラメーターを組み込むことによって、発生時期・量両面の迅速な予測が可能となろう。普通、セジロウカやトビロウカは、梅雨期に成虫が何回か飛来して発生が始まる。発生予察では、それぞれの飛来時期のものがその後どのような発育経過をたどるか、それらの合成された個体群がどのような生長を行うか、またどの時期に防除を行えば最も効率的な防除が可能であるか等を的確に推測しなければならない。著者らは、本研究で開発した計算システムをさらに発展させることによって、このことが可能となると考えている。

温度と昆虫の発育に関する資料は、これまで多く蓄積されている。しかし、本計算システムを用いて害虫の発育経過表や世代数分布図を作るためには、生活史に関するさらに多くの詳しい資料の蓄積を必要とする。

V 摘 要

1. 害虫の発育経過を把握し、発生予察及び防除指導の基礎資料とするため、メッシュ気候図データの平均気温から、1 km²メッシュにおける対象害虫の発育経過と世代数を、電子計算機によって推定するシステムを開発した。

2. 発育零点・有効積算量をパラメーターとして、広島県の年間可能世代数分布図を作成するためのプログラムと、指定メッシュにおける各ステージの開始日と世代数を一覧表にした発育経過表を作成するプログラムを開発した。

3. シラホシカメムシとホソハリカメムシについて、年間可能世代数分布図を作成した。広島県下の年間可能世代数は、北部から南部にわたって、シラホシカメムシでは1から3世代、ホソハリカメムシでは1から2世代の地域が分布した。

4. 計算した発育経過は、実際より遅延する傾向があり、その傾向はホソハリカメムシに比べシラホシカメムシで大きかった。時期的には、気温が発育零点に近い水準で変化する時期に遅延が認められた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、当中村啓二場長、企画調査部河野富香部長両氏には有益な御助言をいただいた。また、電子計算機の使用にあたっては、森康明主任研究員、房尾一宏研究員に大変お世話になった。ここに深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 広島県メッシュ気候図編集委員会：1982. 広島県メッシュ気候図. 広島県・気象庁. 地図編39. 資料編261.
- 2) 房尾一宏・河野富香・森康明・上原由子：1984. 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究. 第2報 1 km²メッシュ最高・最低気温の推定. 広島農試報告 48：123-134.
- 3) 法橋信彦：1972. ツマグロヨコバイの生活史と個体群動態. 九州農試報告. 16(2)：283-382.
- 4) 河野富香・森康明・房尾一宏・上原由子：1984. 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究. 第1報 農耕地を対象とした気温補正とその利用. 広島農試報告 48：113-122.
- 5) 栗原弘一：1981. メッシュ気象(候)データについて. 気象庁観測部時報. 101：4, 102：2-3.
- 6) 栗原弘一・村上律雄：1982. 広島県メッシュ気候図(1)1 km²メッシュ平均気温の推定. 研究事報 34(1)：17-18.
- 7) 中沢啓一・林英明：1983. 斑点米の原因となるカメムシ類の生態. 第1報 シラホシカメムシおよびホソハリカメムシの発育と休眠雌の出現. 広島農試報告 46：21-32.
- 8) WATANABE, N.：1978. An improved method for computing heat accumulation from daily maximum and minimum temperatures. Appl. Ent. Zool. 13(1)：44-46.

Studies on Application of the Mesh Climatic Charts of Hiroshima Prefecture

4. The estimation of the appearing periods of insects and possible number of generations per year

Yuko U_{EHARA}, Keiichi N_{AKAZAWA} and Hideaki H_{AYASHI}

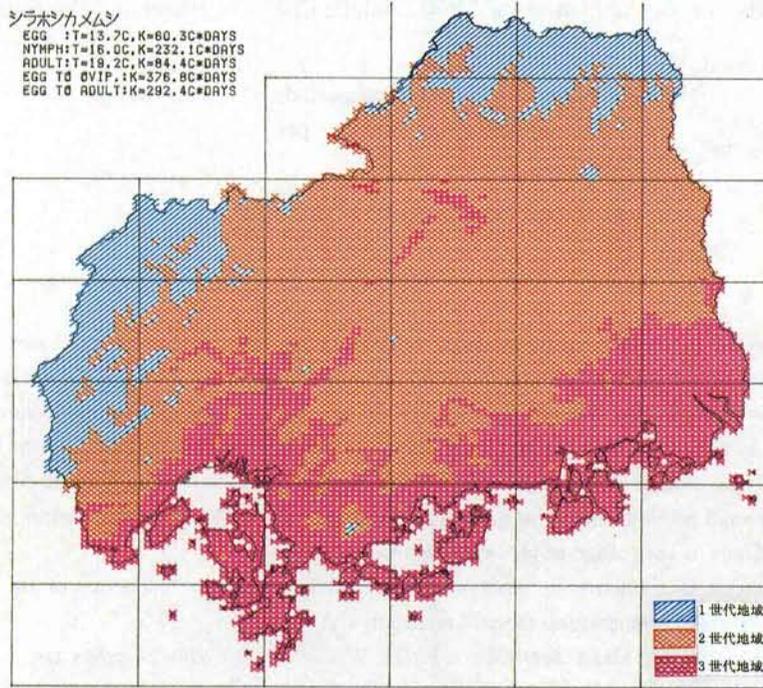
Summary

The mesh climatic charts were made by cooperative work between Meteorological Agency and Agricultural Department of Hiroshima Prefecture in 1982. A mesh chart consists of 8690 meshes, and a mesh represents one square kilometer. Meteorological data are stored on a magnetic tape and some flexible disks.

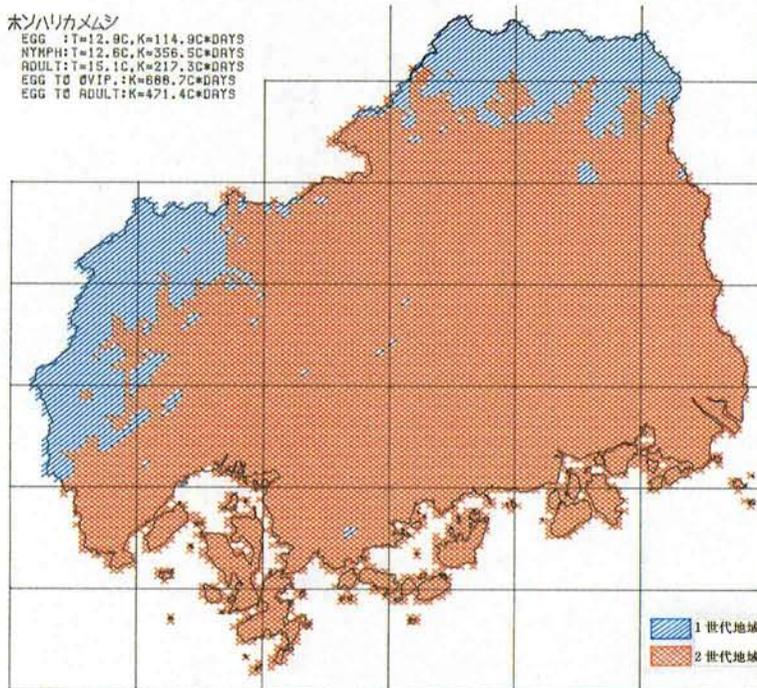
In the present study, the authors devised a method of computing appearing period of insects from the mean air temperature data stored. The system consists of two subsystems; the former has two programs to draw a map of the maximal possible number of generations in a year and the latter has a program to make a table of appearing periods of each stage at any mesh wanted to examine.

For calculation, it is necessary to input some parameters about the bionomics of the insect: *e. g.* developmental threshold temperature, thermal constant, and diapause.

As a result of estimation about *Eysarcoris ventralis* WESTWOOD and *Cletus punctiger* (DALLAS), the causal species of pecky rice, calculated appearing periods considerably fitted in with actual ones in the field, though there were some delays in early period of the season.



第3図 シラホシカメムシの年間可能世代数分布図



第4図 ホソハリカメムシの年間可能世代数分布図