

広島県におけるいもち病発生の変量解析法による地域区分

上原由子

要 約

上原由子(1985): 広島県におけるいもち病発生の変量解析法による地域区分。広島農試報告49: 19~30。

1968~1984年の水稲巡回調査圃場120地点の、7月下旬の葉いもち及び最終調査時の穂いもちの平均発生程度に、クラスター分析と主成分分析を適用し、広島県のいもち病発生地域区分を行った。いもち病の中~多発生地点は、県中東部~北東部及び中西部に分布し、他の地域は少発生であった。そして、その分布の様相は標高と関連が深かった。葉いもちについては、1980・1981年(6・7月多雨)多発型と1974~1977年(5月後半~6月前半高温)多発型の地点があることがわかった。穂いもちの発生地域は葉いもちのそれと類似しているが、出穂後の気象条件によっては、葉いもちの少発生地域でも穂いもちが多発生する地点が存在した。

I 緒 言

病害虫発生予察事業は、発足以来45年を経過しようとしており、その間多くの人々の努力によって膨大な量のデータが蓄積された。広島県においては、1971年から発生予察事業全般にわたる電子計算機利用システムの開発が開始され、既存のデータをファイル化し、水稲病害虫については1974年以後調査データの逐次処理を進めてきている^{1, 8, 9, 10)}。

これまで水稲病害虫発生予察のために使われてきた県内地帯区分は、行政区画をもとに「北部」・「中東部」・「中西部」及び「南部」となっている⁷⁾。この地帯区分はある程度は病害虫の発生相を反映しているものの、より精度の高い発生予察を行うためには、実際の病害虫の発生にもとづいた地帯区分が必要である。

本研究では、発生予察事業の水稲巡回調査結果にクラスター分析と主成分分析の二つの手法を適用し、水稲の最も重要な病害であるいもち病の発生量による地域区分を試みた。

II 材料及び方法

1. 用いたデータ

各病害虫防除所による1968~1984年の巡回調査圃場

120地点におけるいもち病発生調査結果の内、葉いもちについては7月下旬、穂いもちについては最終調査時(9月中旬または10月上旬)の平均発生程度を解析に用いた。平均発生程度とは、1圃場内よりランダムに選んだ25株について株毎に第1表の基準によりグレイド分けし、(1)式により算出したものである。

$$\text{平均発生程度} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + 5n_5}{25} \dots\dots(1)$$

n_1, n_2, \dots, n_5 : グレイド 1, 2, ..., 5 の株数

この平均発生程度が1.00を「無」、1.01~2.00を「少」、2.01~3.00を「中」、3.01~4.00を「多」、4.01~5.00を「甚」と発生の程度を分類している。

第1表 いもち病発生調査基準

グレイド	葉いもち発生状況	穂いもち 穂率(%)
1	病斑なし	0
2	下葉にのみ	<5
3	中葉までかなり、上葉に点在	<15
4	上葉までかなり、軽いズリコミ	<40
5	下葉枯死、ズリコミ症状	≥40

2. クラスタ分析による地域区分

前述した巡回調査120地点を分類の対象となる標本(分類単位)とし、1968~1984年の各年次の葉いもち及び穂いもちの平均発生程度を変数とした。分類単位間の相似性を表わすものとして、変数ごとに規準化したデータに基づく(2)式による分類学的距離の10に対する補数を用い、階層的手法である加重対群法¹³⁾によりクラスターを作成した。

$$q_{\alpha\beta} = 10 - \left[\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p (x'_{i\alpha} - x'_{i\beta})^2 \right]^{1/2} \dots\dots(2)$$

$\alpha, \beta = 1, 2, \dots, 120$: 分類単位 (地点番号)
 $i = 1, 2, \dots, p$: 変数 (年次) の番号
 $x'_{i\alpha} = (x_{i\alpha} - \bar{x}_i) / S_i$: 第 α 分類単位の規準化した第 i 変数の値。 \bar{x}_i, S_i は第 i 変数の平均値、標準偏差をそれぞれ示す。

なお、相似性を表わす数値としてはQ相関係数も考えられるが、本研究ではいもち病発生量の多少による地域区分を目標とし、大きさの類似性をよく表わす^{6,14)} 分類学的距離を使用した。

3. 主成分分析による地域区分

既述の120標本(巡回調査地点)、34変数(葉いもち17年、穂いもち17年)について、変数が全て平均発生程度に限られているので規準化せず、分散・共分散行列から主成分分析を行った。

プログラムの作成及び計算はいずれも広島県計算センターの大型電子計算機HITAC M-240Hを用いて行い、主成分分析については農林研究計算センターのライブラリープログラムPCAMALをHITAC用に改変したものをを使用した。

III 結 果

1. 葉いもち

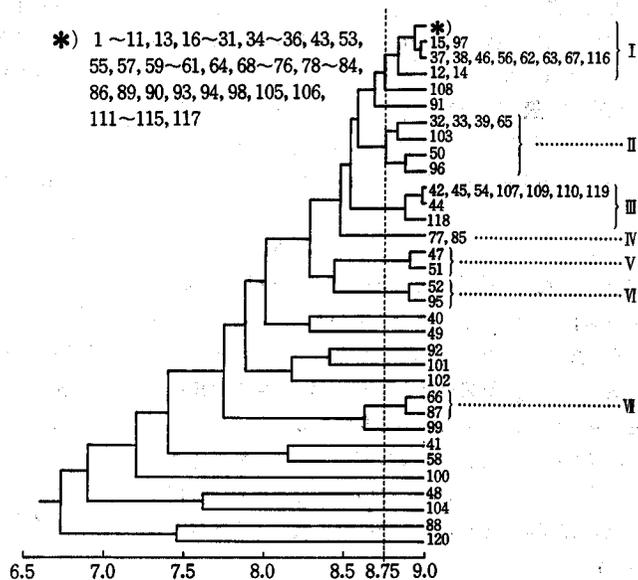
1) クラスタ分析による地域区分
 分類学的距離の10に対する補数(q とする)に基づいて得られた結果を第1図に示す。結果は樹形図で表わされ、図の横軸は q の値を示し10に近づくほど標本

間、クラスター間の相似性が高い。 $q = 8.75$ でクラスターを分類すると、7グループとグループに属さない15標本に分かれる。第2図に各グループの分布状況と「中」以上の発生がおこる地域を線で囲んで示した。

1974~1975年頃、稚苗機械移植の普及による田植の早期化に伴い、それ以前と以後とは葉いもちの初発時期に変化がみられるので、1975~1984年の10年間のデータについても別に分析を行ったが、結果は1968~1984年についてのものと大きな差異がなかった。

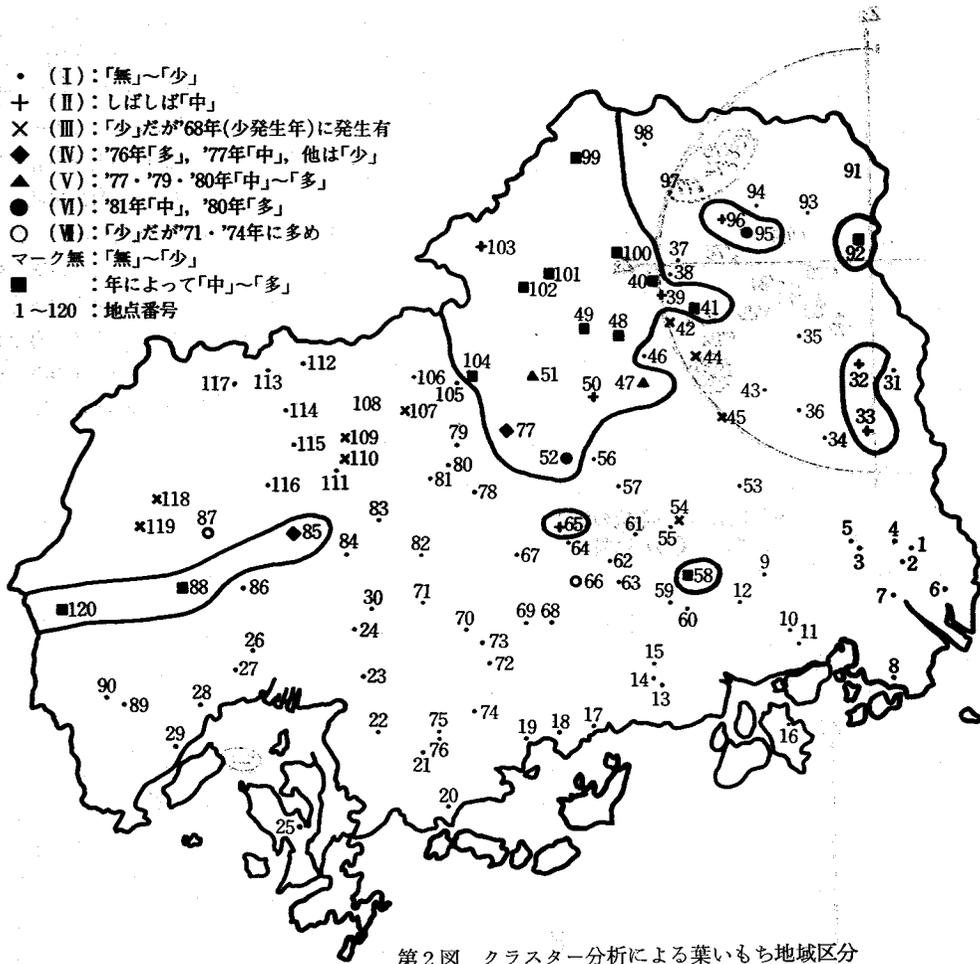
2) 主成分分析による地域区分

第2表に主成分の分散を表わす固有値と、もとの特性値の総分散に対する各主成分の分散の割合を示す寄与率と累積寄与率を示す。第1, 第2主成分でそれぞれ変動の40.5%, 17.0%が説明でき、第2主成分までとれば57.5%, 第3主成分までで65.0%が説明できることがわかる。つぎに、主成分ともとの変数との相関係数である因子負荷量を第1, 第2主成分についてプロットすると(第3図)、各変数(年次)は全般的に第1主成分と正の相関関係があり、第1主成分は大きさの因子とみなすことができる¹⁷⁾。さらに、第2主成分は1974~1977年を発生量のピークとする型(正の相関)か、1980~1981年をピークとする型(負の相関)であるかを示している。第



第1図 分類距離 $q = (10 - d)$ にもとづく120地点のデンドログラム(1968~84年の葉いもち平均発生程度による)
 横軸: 分類学的距離の10に対する補数
 1~120: 地点番号
 I~VII: グループ番号

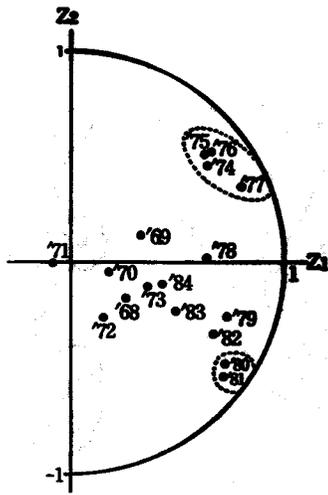
- (I) : 「無」～「少」
- + (II) : しばしば「中」
- × (III) : 「少」だが'68年(少発生年)に発生有
- ◆ (IV) : '76年「多」, '77年「中」, 他は「少」
- ▲ (V) : '77・'79・'80年「中」～「多」
- (VI) : '81年「中」, '80年「多」
- (VII) : 「少」だが'71・'74年に多め
- マーク無 : 「無」～「少」
- : 年によって「中」～「多」
- 1～120 : 地点番号



第2図 クラスター分析による葉いもち地域区分

第2表 葉いもち主成分分析結果

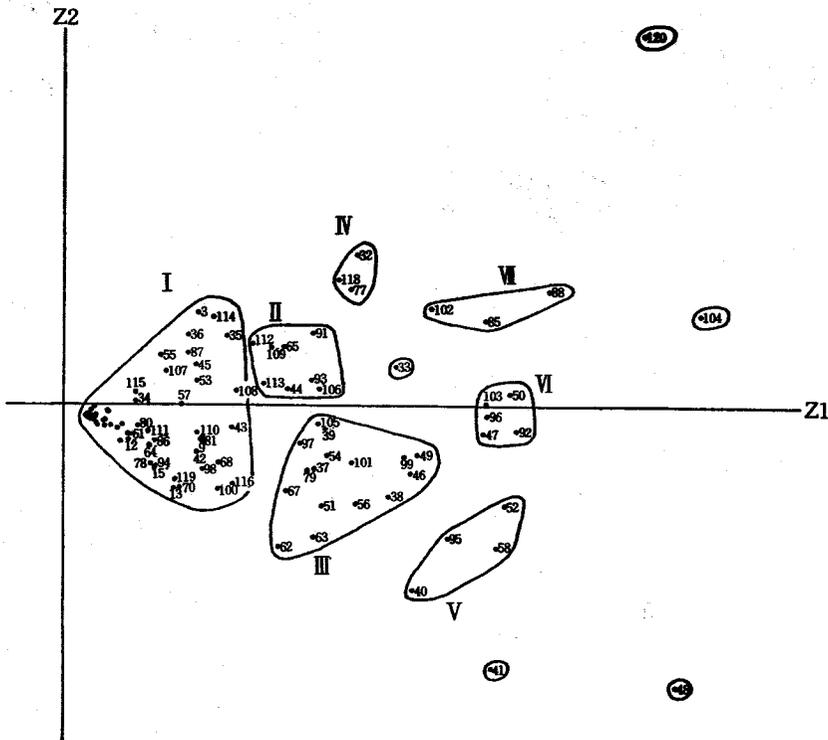
主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
1	1.076	0.405	0.405
2	0.453	0.170	0.575
3	0.199	0.075	0.650
4	0.152	0.057	0.708
5	0.141	0.053	0.760
6	0.112	0.042	0.803
7	0.096	0.036	0.839
⋮	⋮	⋮	⋮
17	0.009	0.003	1.000



第3図 葉いもち主成分分析における各年次の第1主成分 (Z_1) と第2主成分 (Z_2) に対する因子負荷量

3主成分以降についてはその性質ははっきりしなかった。

第1, 第2主成分についてのスコア散布図(第4図)から, 120地点をI~VIIの7グループとそれらに属さない5地点に分けた。その分布状況を示したものが第5図であり, 第1主成分のスコアが比較的大きいIII~VIIと, グループに属さない5地点を葉いもち発生地域として線で囲んだ。各グループの葉いもち発生状況は, 第4図において第1主成分 (Z_1) のスコアが大きいほど発生量が大きく, III・V・No.41・48のように第2主成分 (Z_2) のスコアが小さいグループは1980年が多発傾向である。一方, 第5図中四角で示したIV・VII・No.120のように第2主成分のスコアが大きいグループはむしろ1974~1977年が多発傾向であるといえる。



第4図 葉いもち主成分分析における120地点の第1主成分 (Z_1), 第2主成分 (Z_2) についてのスコア散布図

2. 穂いもち

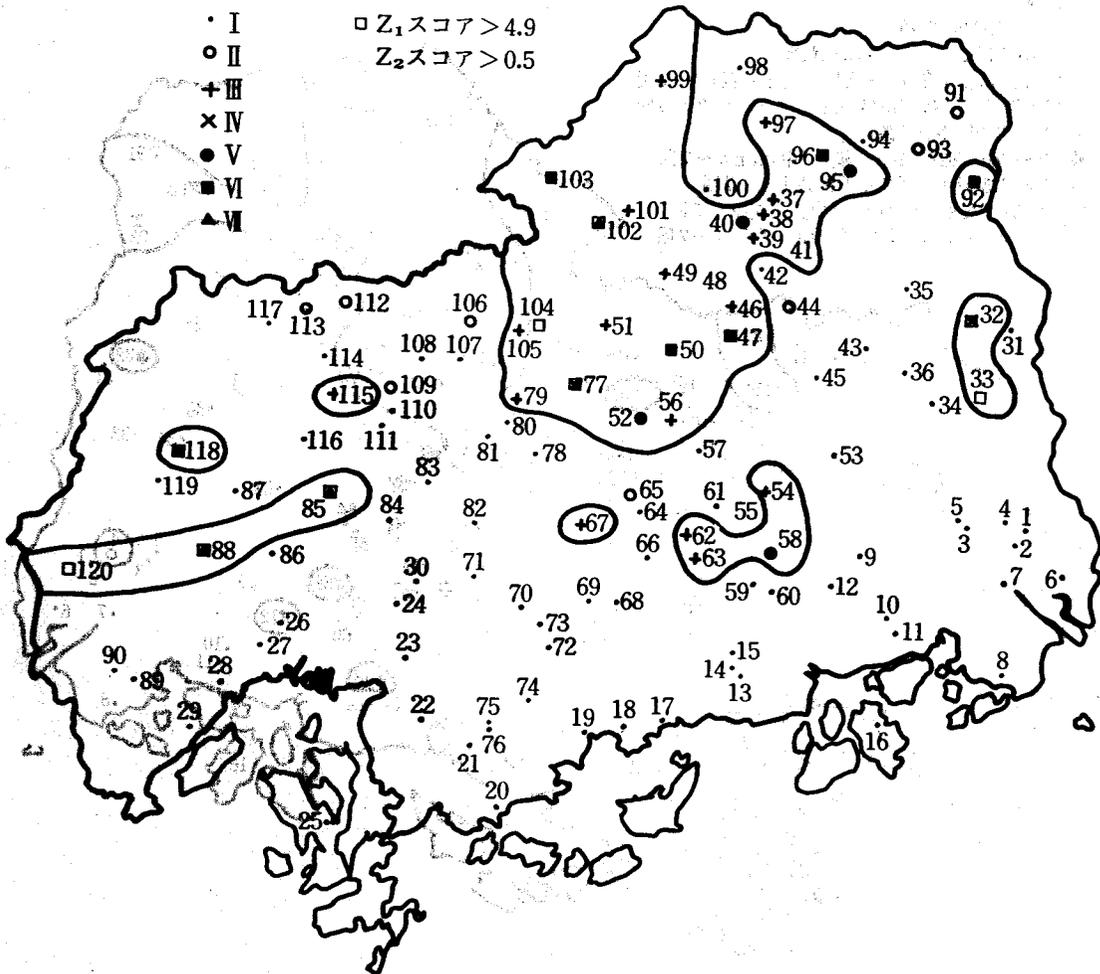
1) クラスタ分析による地域区分

葉いもちの場合と同様にして樹形図を描き（図は省略）、 $q=8.5$ でクラスターを分類すると9グループとグループに属さない9標本に分かれる。この分布状況を第6図に示す。このうち「中」以上の発生がみられる地点の分布は、中東部については葉いもちのそれとほぼ一致しているが、葉いもちでは分布のみられなかった南部にも「中」以上の地点が存在するという特徴がある。このうちNo.17・19・21は1976年に特に多発したグループに属しているが、この年は9月8日から13日の台風接近による連続降雨が、南部地帯の一部での多発の要因となった

とされている³⁾。

2) 主成分分析による地域区分

第3表に各主成分の固有値、寄与率及び累積寄与率を示す。第1、第2主成分でそれぞれ全体の変動の24.4%、16.4%が説明でき、第2主成分までとれば40.7%、第3主成分までで51.9%が説明できる。これは葉いもちの場合に比べて値が小さい。因子負荷量をみれば、各変数ともに第1主成分とは正の相関関係があり、第1主成分は大きさの因子とみなすことができる。さらに、第2主成分については1975・1976年は正の相関、1980年は負の相関があり、第3主成分については1976年は正の相関、1971年は負の相関がある。



第5図 主成分分析による葉いもち発生地域区分

第3表 穂いもち主成分分析結果

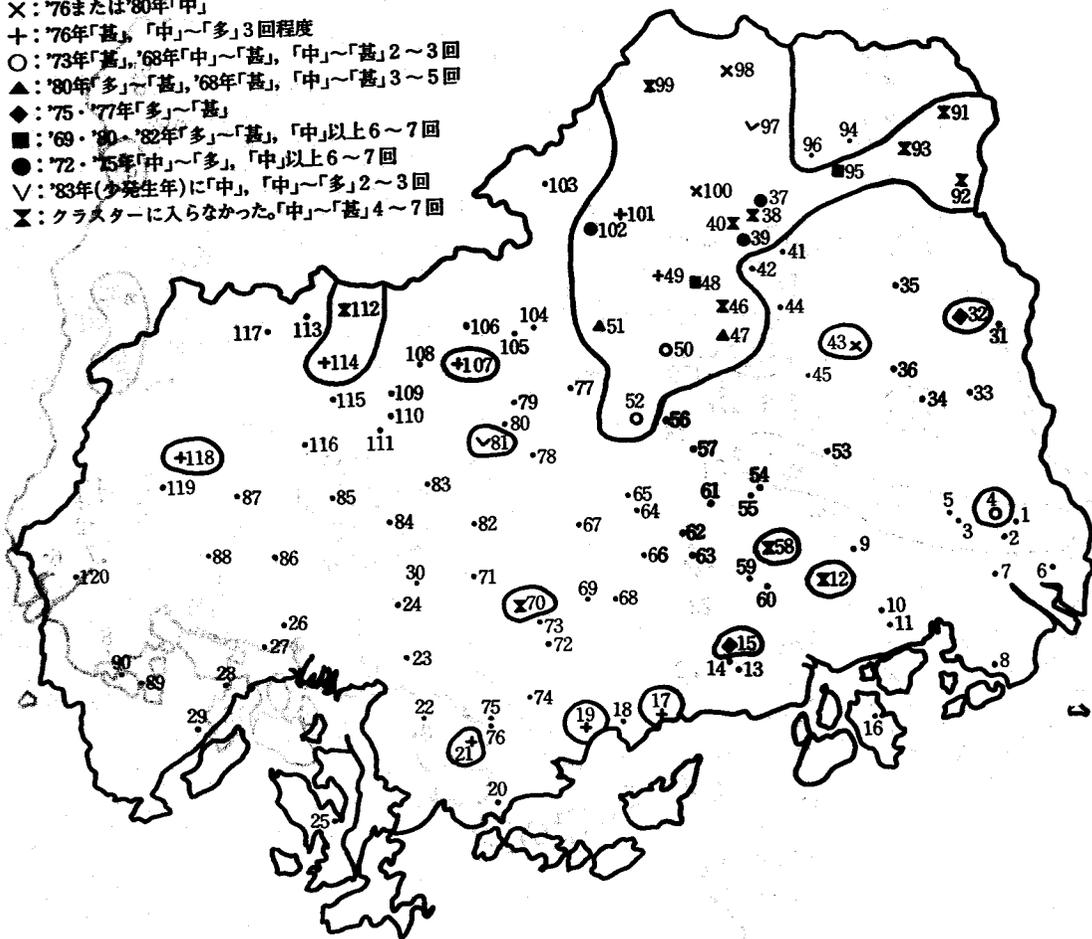
主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
1	1.785	0.244	0.244
2	1.197	0.164	0.407
3	0.814	0.111	0.519
4	0.671	0.092	0.610
5	0.523	0.071	0.682
6	0.475	0.065	0.747
7	0.399	0.054	0.801
⋮	⋮	⋮	⋮
17	0.023	0.003	1.000

第7図は、スコア散布図からグループ分けすることが困難であったので、第1主成分スコアが穂いもち発生の多少を表わすものとして各地点をグレード分けし、スコア値が4.0以上の地域を穂いもち発生地域としたものである。四角は第2主成分スコアが比較的大きい(2.0より大)地点を示している。

3. 葉いもち及び穂いもち

葉いもちと穂いもちの平均発生程度を併せて解析に用いた。ただし、プログラム上の制限により、クラスター分析には1975~1984年(10年×2種類=20変数)、主成分分析には1970~1984年(15年×2種類=30変数)のデータを用いた。

- :「無」~「少」
- ×: '76または'80年「中」
- + : '76年「甚」, 「中」~「多」3回程度
- : '73年「甚」, '68年「中」~「甚」, 「中」~「甚」2~3回
- ▲: '80年「多」~「甚」, '68年「甚」, 「中」~「甚」3~5回
- ◆: '75・'77年「多」~「甚」
- : '69・'80・'82年「多」~「甚」, 「中」以上6~7回
- : '72・'75年「中」~「多」, 「中」以上6~7回
- ▽: '83年(少発生年)に「中」, 「中」~「多」2~3回
- ×: クラスターに入らなかった。「中」~「甚」4~7回



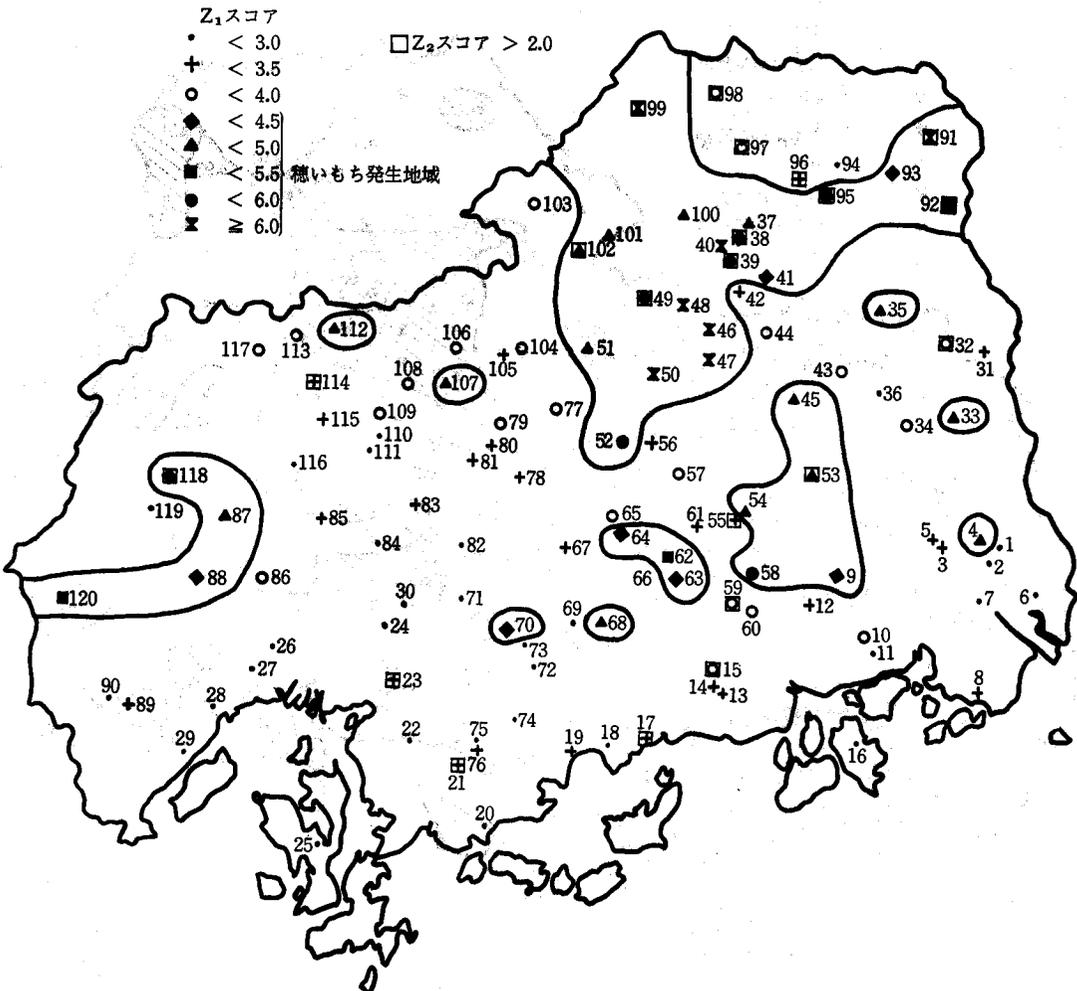
第6図 クラスター分析による穂いもち発生地域区分

クラスター分析の結果、 $q=8.5$ で6グループとそれらに属さない12標本に分かれた。しかし、第1のグループに95標本が属し、他のグループはそれぞれ2～5標本しか属さないものであった。第1のグループは、1980年の多めを除けば全般的に少発生であるといえるが、データのばらつきがかなり大きく、他のグループについても一定の傾向やグループの特徴をみいだすことができなかつた。従つて、この分析結果は地域区分として採用しないこととした。

主成分分析の結果を第4表に示す。この場合も第1主成分は大きさの因子とみなされる。第2主成分については1974～1976年の穂いもちが正の相関、1980年の穂いもちが負の相関であった。第3主成分については1976年の

第4表 葉・穂いもち主成分分析結果

主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
1	2.294	0.262	0.262
2	1.221	0.140	0.402
3	0.866	0.099	0.501
4	0.578	0.066	0.567
5	0.505	0.058	0.625
6	0.476	0.054	0.680
7	0.434	0.050	0.729
⋮	⋮	⋮	⋮
30	0.007	0.001	1.000



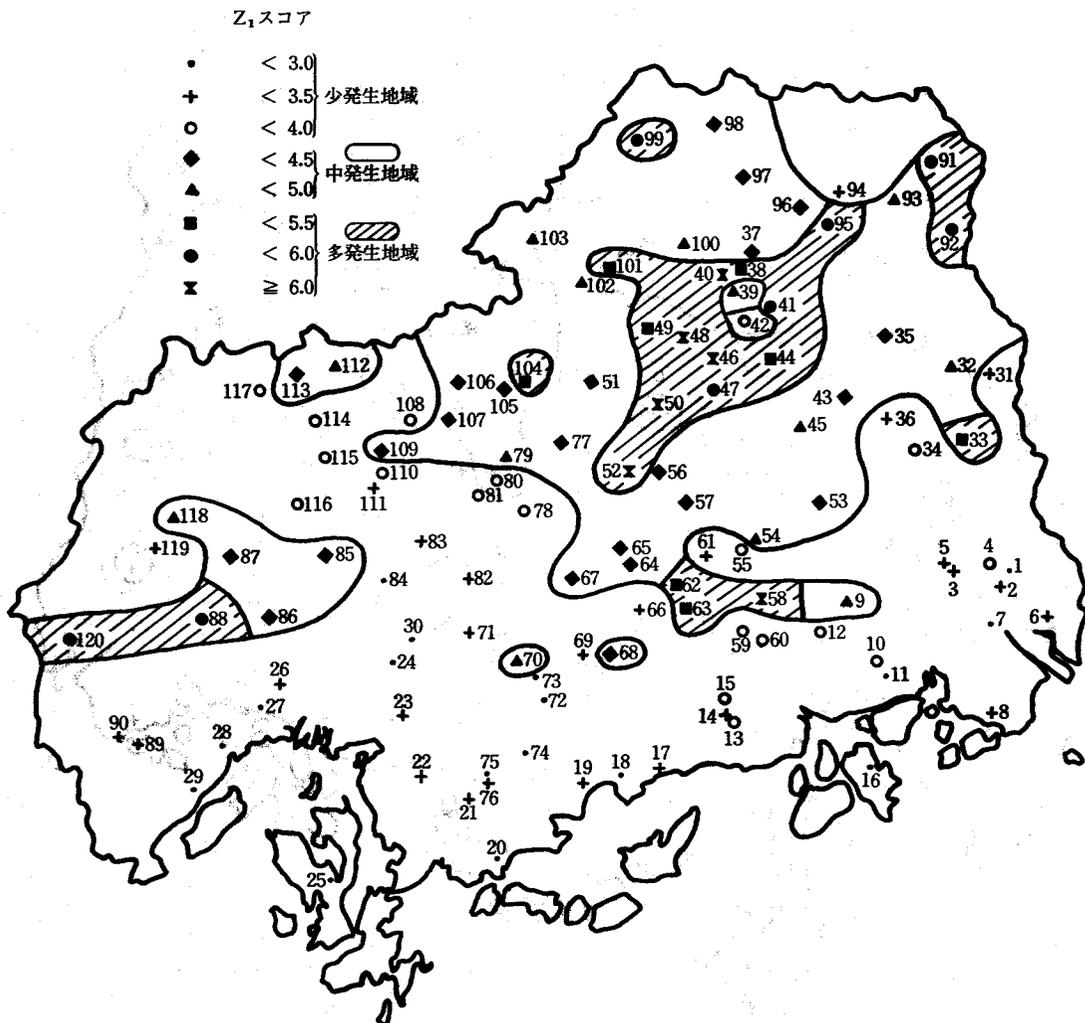
第7図 主成分分析による穂いもち発生地域区分

葉いもちと穂いもちが正の相関, 1971年の穂いもちが負の相関であり, 葉いもちと穂いもちとで因子負荷量が正負に分かれる⁹⁾ということはおこらなかつた。

巡回調査 120地点について, 第1主成分スコアによってグレイド分けしたものが第8図である。スコア値が4.0以上の地域をいもち病の中以上発生地域として示しており, これは県中東部, 北東部及び中西部の一部に分布し, さらにスコア値5.0以上の地域をいもち病多発生地域として示した。なお, 図では省略したが, 第2主成分スコア値が2.0より大きい地点の分布は第7図のそれとよく一致した。

IV 考 察

クラスター分析は, データそのものによってより客観的に分類をしようとする手法であるが, 主成分分析, 因子分析, 判別解析など他の多変量解析の手法を併用することにより, 問題の本質を一層良く理解する助けとなるとされている¹⁰⁾。本研究で得られた葉いもち及び穂いもちの発生量についてのクラスター分析の結果と主成分分析の結果とを比較すると, 大体一致していることから, 各図に示したいもち病発生地域区分はほぼ妥当であると

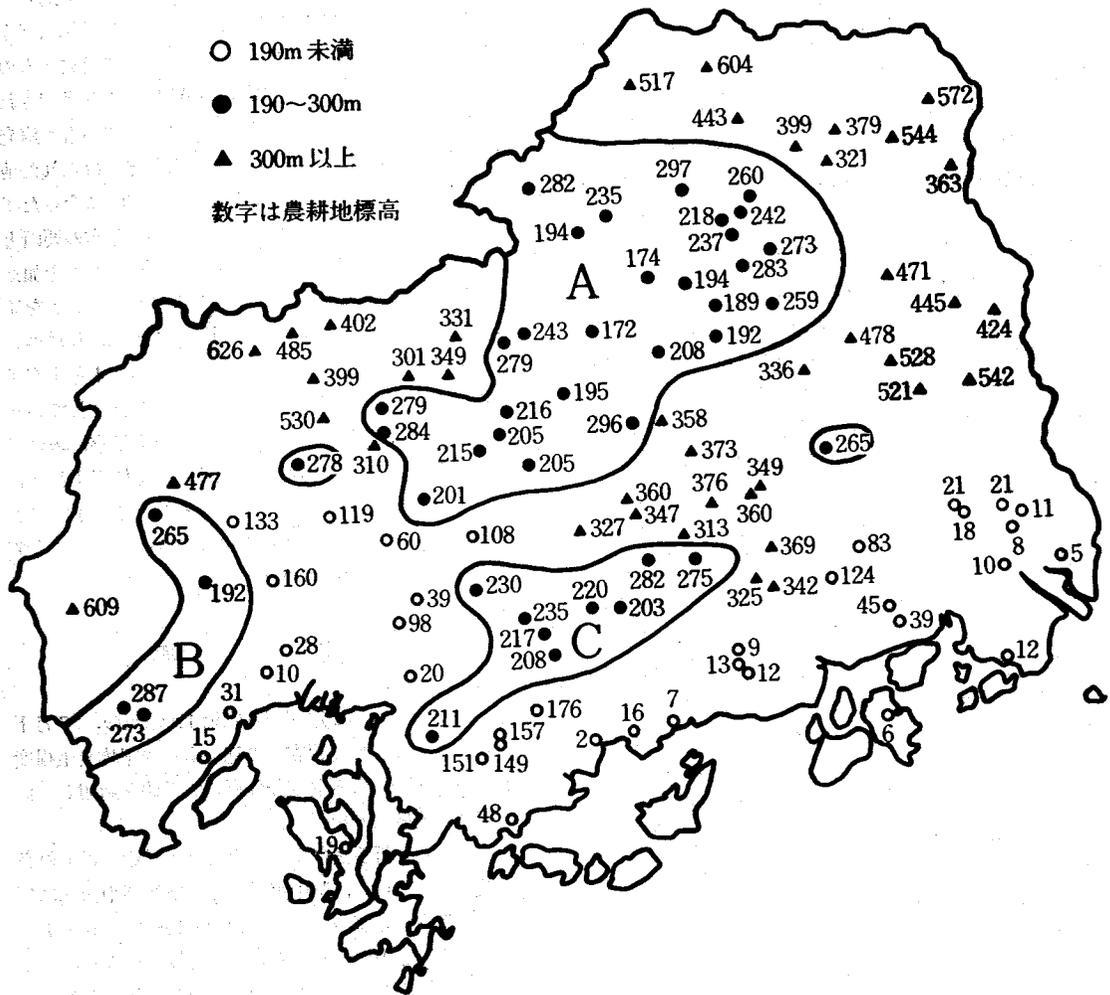


第8図 主成分分析によるいもち病発生地域区分

考えられる。全般的発生量の大小は主成分分析の第1主成分スコアで表わされるのに対し、クラスター分析では、全般的にいもち病が少発生であるがある年に多発生した地点のように、特異的なデータを有する標本が抽出される傾向があった。

第9図はメッシュ気候図²⁾から得た各巡回調査地点の存在するメッシュの農耕地標高¹⁾を示したものであり、このうち線で囲んだのは標高190~300mの地域である。A地域の中心に位置する三次市・庄原市は、中生新千本・アキツホの中生種の栽培が多く、田植時期は5月中旬頃である。この地域は従来からいもち病の発生が多い所と言われてきており、本報告の解析結果もこのことを裏

付けている。中村¹⁰⁾は1980年のいもち病発生の解析を行い、葉いもち多発地帯を中東部の300m以下と北東部、穂いもち多発地帯を中東部(特に200m以下)に類別し、中東部の標高の低い地帯では標高の高い地帯に比べて初発時期が早いこと、気温が20℃以上になった時が中生種の追肥時期に当ることなどを多発の要因としてあげている。B地域の周辺(湯来町・佐伯町・加計町)は、ヤマビコ・中生新千本・アキツホが多く栽培され、やはり田植時期は5月中旬であり、年によって「中」~「多」の発生がみられる。これに対し、C地域(東広島市・河内町・黒瀬町)は中生新千本が最も多く栽培されている(70~85%)が、田植時期の平均は5月6半旬~6月1



第9図 巡内調査地点メッシュの農耕地標高

半旬頃で、A・Bに比べて遅い。この田植時期が遅いことが、葉いもち初発時期や追肥時期を遅らせ、この地域がAと同じくらいの標高でありながら少発生の地域に属している一因であると考えられる。そして、むしろこの地域に隣接し、若干標高が高く田植も早い福富町・豊栄町・大和町・久井町等の地域が年によっては「中」以上の発生をする地域である。以上の様に、標高による区分はいもち病発生による区分と必ずしも一致していない部分もあるが、各分析の結果をみると、両者はかなり関連が深いと考えられる。

ランドサット衛星により観測された霧発生地域¹⁵⁾によれば、霧の発生しやすい地域はA地域及びB地域の一部である。霧の発生日数及び持続時間は秋季に多く²⁰⁾、夏季のいもち病菌への霧の直接的影響を考えると難しい。しかし、霧の発生する地形条件として、(1)海岸線から約20~30km以上内陸の地域。(2)海拔高度500m以下の低地域。(3)河川や池などの水蒸気の供給源に恵まれた地域。があげられている¹⁵⁾。この地域では夏季も夜間のイネ葉上の水滴保持時間が他地域に比べ長いと推測され、結果的には霧発生地域といもち病多発地域が一致すると考えられる。

葉いもちの平均発生程度の県全体での平均は、1980年(1.45) > 1981年(1.43) > 1977年(1.38) > 1976年(1.34) > 1975年(1.33) の順である。葉いもちの主成分分析の結果、第2主成分によって1980・1981年発生型の地点と1974~1977年発生型の地点に大きく分かれることが示された。前者は県中東部の三次盆地を中心とする地域とC地域の北東部を中心に分布し、後者は県中西部の一部と県東部の標高の高い地区(油木町・神石郡三和町)に分布している。1980・1981年は6月の寡照、6・7月の多雨が葉いもち多発の要因となっている。これに対し、1974~1977年は5月後半から6月前半の高温が初発を早め、県北部で早期多発を引き起こしたが、1974年を除けば7月が少雨で、標高の低い地域ではむしろ終息が早く多発に至っていない。以上のことから、葉いもちの多発年は大きく2つに分かれ、それは気象条件と関連が深く、それぞれに対応する発生地域があると考えられる。第1のタイプは1980年に代表される冷夏長雨年であり、第2のタイプはイネ本田初期の高温による早期多発年である。第2のタイプの発生地点の分布は、早生種の栽培分布と関連があると推測されるが、巡回調査地点について得られたデータだけでは充分検討することができなかった。

一方、穂いもちの平均発生程度の県平均は、1980年(2.06) > 1975年(1.71) > 1976年(1.62) > 1971年(1.44) >

1970年(1.44) の順である。主成分分析の結果、第2主成分によって1980年発生型と1975・1976年発生型があることが示された。1980年は葉いもちの多発生と8月の多雨により県南部を除いて広範囲に、特に県中東部で多発したのに対し、1975・1976年は葉いもちと関連した県北部での多発生と9月以降の雨による県南部での発生が特徴である。主成分、クラスター両分析法による結果は、穂いもちの多発生地域は葉いもちの多発生地域と類似しているが、出穂後の気象条件によっては南部の葉いもち少発生地域でも穂いもちが多発することを示している。

本研究で得られたいもち病発生地域区分は、いもち病発生量のデータのみを解析したもので、防除の有無や耕種条件等を除外したものである。しかし、いもち病の発生予察、特にアメダスデータを利用したいもち病の発生予測システム(BLASTAM)^{12,13)}による計算結果を現地に適用し、指導する場面において大いに役立つものと考えている。すなわち、BLASTAMにより推定されるいもち病感染好適日の出現の頻度によっていもち病発生予測をするのであるが、このとき本研究で得られた地域区分を考慮に入れることにより、より実際に合った予測ができるはずである。さらに、この発生分布の要因として気象の他、水稻品種・作期・生育ステージ等を加えて解析することにより、いもち病発生予測システムをより完成度の高いものとするができるが、これについては広島県において1983年より実施している水稻生育予測調査事業により水稻生育データの蓄積が行われているので、これに期待をしている。また、発生予察情報の予報対象地域に本研究で得られた地域区分を使用すればより明確な予報が可能となるはずであるが、発生予察における地帯区分については他病虫害の発生相についても解析した上で検討を加えてゆきたい。

V 摘 要

1. 1968~1984年の巡回調査圃場120地点の、7月下旬の葉いもち及び最終調査時の穂いもちの平均発生程度に、クラスター分析と主成分分析の二手法を適用し、いもち病発生地域区分を行った。

2. 二つの分析手法によって得られた「中」以上の発生地域はよく一致し、県中東部~北東部及び中西部に分布した。葉いもちについては、1980・1981年(6・7月多雨)多発型と1974~1977年(5月後半~6月前半高温)多発型の地点があることがわかった。穂いもちについては、葉いもち発生地域と類似しているが、出穂後の気象条件によっては葉いもちの少発生地域でも穂いもち

が多発生する地点が存在した。

3. 葉いもちと穂いもちこみの分析の結果、主成分分析の第1主成分スコアによって、県下をいもち病少発生地域・中発生地域・多発生地域に区分した。

4. 分析によって得られたいもち病の発生地域は、標高分布と関連が深かった。

謝 辞

本研究の実施にあたり、当场前企画調査部長河野富香氏(現広島県農業者大学校長)に御指導ならびに主成分分析プログラムの提供をいただいた。また、当场病虫害部井本征史研究員にはいもち病発生生態について有益な御助言をいただいた。記して深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 藤原多見夫・木村義典・河野富香・原田仁：1975. 病虫害発生予察事業における電子計算機利用法。第1報。広島県におけるシステム概要。広島農試報告 36：41—47.
- 2) 広島県・気象庁：1982. 広島県メッシュ気候図地図編39. 資料編261.
- 3) 広島県立農業試験場：1976. 昭和51年農作物有害動植物発生予察事業年報(普通作物)。3—5.
- 4) 石間紀男：1969. 主成分分析。農林研究計算センター報告 A5：75—92.
- 5) 金井克巳・宮井俊一・高井昭：1978. クラスタ分析による茨城県のイネ病虫害発生地域区分。茨城農試報告 19：49—54.
- 6) 小泉信三：1981. 多変量解析法によるイネ葉および穂いもち発生の地帯区分。関西病虫研報 23：33—38.
- 7) 河野富香：1979. 病虫害発生予察事業における電子計算機利用法。第5報。巡回調査データの重回帰分析によるセジロウカ及びトビイロウカの発生予察。広島農試報告 41：21—34.

8) ————：1981. 水稻病虫害の発生予察事業における電子計算機利用。植物防疫 35(1)：14—20.

9) ————・藤原多見夫・木村義典・細川節男・池田均：1975. 病虫害発生予察事業における電子計算機利用法。第2報。既存データのファイル化。広島農試報告 36：49—56.

10) ————：1976.

———。第3報。逐次データの処理。広島農試報告 37：13—24.

11) ————・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日別変換による利用。広島農試報告 48：113—122.

12) 越水幸男：1982. アメダス資料による葉いもち発生予察法の案出。日植病報 48(3)：343.

13) ————・林孝：1984. アメダス利用による葉いもち予察法の適用範囲。日植病報 50(3)：383—384.

14) KYUMA, K.: 1972. Numerical Classification of Climate. The Method and Its Application to the Climate of Japan. Soil sci. and Plant Nutr. 18(4)：155—167.

15) 宮田賢二・斉藤聖美：1983. ランドサットから見た中国山地の霧。日本気象学会関西支部例会講演要旨集 27：7—9.

16) 中村啓二：1982. 昭和55年いもち病発生の解析。広島県植物防疫シリーズ 6：1—11.

17) 奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉澤正：1971. 多変量解析法。日科技連出版社 159—257.

18) 応用統計ハンドブック編集委員会：1978. 応用統計ハンドブック。養賢堂 404—414.

19) 鈴木茂：1974. 数値分類の考え方。ペドロジスト 18(1)：23—30.

20) 中国山地の霧研究グループ：1983. 三次市における霧の特別観測(3)三次・庄原における霧の統計的調査。日本気象学会関西支部例会講演要旨集 27：5—6.

Regional Classification of Rice Blast Occurrence in Hiroshima Prefecture by Multivariate Analysis

Yuko UEHARA

Summary

On the basis of annual and quantitative change in occurrence of rice blast, regional classification in Hiroshima prefecture was carried out using cluster analysis (numerical taxonomic method) and principal component analysis. The degrees of leaf blast occurrence in late July and panicle blast from mid-September to early October in 1968-1984 at 120 stations set up on the paddy fields, where monitoring of pests is regularly conducted, were analyzed.

Scattering situation of each station in the first and second principal component by the principal component analysis resembled the result in the cluster analysis. Stations where rice blast tended to occur severely distributed from the middle east to the northeast and in the middle west of Hiroshima prefecture, and the distribution of them was related to the altitude. Though the distribution pattern of panicle blast resembled that of leaf blast, panicle blast occurred to a high degree at some stations in the area where leaf blast occurred slightly when weather conditions after earing were suitable for the disease development.