

東南アジアにおけるイネ紋枯病シミュレーション・モデル (BLIGHTASIRRI) の開発とモデルによる予測

東北大学農学部植物病理学講座 こばやし 小林 たかし 隆・羽柴 はしほ 輝良 てるよし 勉
農林水産省食品総合研究所流通工学研究室 い 井 尻 じり 勉 つとむ

国際イネ研究所昆虫・植物病理部 T. W. MEW

は じ め に

イネ紋枯病は、植物病原糸状菌 *Rhizoctonia solani* によって引き起こされる病気であり、世界のほとんどの稲作地帯で発病が報告されている。近年、特に中国や東南アジアの亜熱帯または熱帯地方で最も重要なイネの病害となっている。これらの地域では人口の増加に対応するため多収性品種が主に栽培され、特に、短稈、多げつの品種が密植、多肥条件下で栽培されている。イネ紋枯病菌は比較的高温、高湿度を好む菌であるが、これらの品種の特性、栽培条件はイネの株間の微気象を本菌の進展に最適なものとしており、肥料、特に窒素の施肥はイネ体の病原菌に対する感受性を高める (LEE and RUSH, 1983)。また、気候が1年を通じて高温、高湿度で推移するので発生の年次変動は比較的少なく、多発時には葉鞘の病斑部から倒伏して著しい被害を及ぼす。

イネ紋枯病に抵抗性を示すイネ品種はなく、効果的な耕種的防除法も見つかっていない (羽柴, 1984; HASHIBA, 1984)。したがって、本病の防除は薬剤の散布に頼らざるをえない。イネ紋枯病に対する薬剤は、比較的防除効果や安全性の高いものが多いことから、薬剤散布は本病の防除に最も効果的である。しかし、環境問題への関心の高まりや東南アジアなどの発展途上国での薬剤コストを考慮すると、薬剤の使用は効率的かつ効果的に行われるのが理想的である。そのためには現時点における発病状況から、その後の発病程度や被害の予測を行うことが必要であり、正確な予測ができればイネ紋枯病の防除の要否、散布回数、散布時期の判断が容易になるとともに、農業依存型農業からの脱却の一助ともなると考えられる。

イネ紋枯病の発生には、病原体、宿主および気象要因のそれぞれが組み合わさり、その結果として発病時期や病斑進展度が決定される。本病に関する多くの生態学的

研究が行われており、いくつかの発生要因が明らかにされている (羽柴, 1984)。本研究ではイネ紋枯病の病斑進展に関与するあらゆる要因を加味して、フィリピンにおけるコンピュータを利用したイネ紋枯病発生予測システムを開発した (HASHIBA and IJIRI, 1989; 羽柴ら, 1991; 井尻・羽柴, 1986; KOBAYASHI et al., 1995)。

I イネ紋枯病の病斑高率の算出法

イネ紋枯病の病斑進展は上位進展と水平進展の二つに大別される。上位進展は次の式に示した病斑高率 (X) で表すことができる。

$$X(\%) = (\text{最上位病斑高} / \text{草丈}) \times 100 \quad (1)$$

上位進展には気象要因として株間の気温と湿度、宿主すなわちイネ側の要因としてイネ体の病原菌に対する感受性が考えられた。そこでこれらの要因から、病斑高率の算出式を作成し次式で表した (羽柴, 1984; HASHIBA and IJIRI, 1989)。

$$X(\%) = ((\Sigma TH) / \text{草丈}) \times 100 \quad (2)$$

ΣTH は式 (1) の最上位病斑高に相当する。 T は日平均湿度 100% 時の、日平均気温から推定される 1 日の病斑進展長 (cm) を表している。次に、 T は、日平均湿度から推定される病斑進展長の補正值 H を乗ずることにより補正する。すなわち、日平均気温と湿度から 1 日の進展長 TH が算出される。しかし、イネ体の病原体に対する感受性により、1 日に進展する病斑長には上限がある。 TH の値が上限値を上回ったとき、上限値が 1 日の進展長とみなされる。病斑高率は最終的に 1 日 1 日の進展長を積算した値 ΣTH を計算終了日の草丈で除した値で表される (式 (2))。

II イネ紋枯病の発病株率の算出法

イネ紋枯病の水平進展は発病株率 (A) で表した。発病株率には気象要因として気温と湿度、病原体側の要因として浮遊菌核密度が主に影響を与えている。前作でイネ体上に形成された菌核は地面に落下し、代かき後水面に浮上、発芽してイネに感染する。そこで、これらの要因を加味して発病株率の算出式を作成した (羽柴, 1984; 井尻・羽柴, 1986; KOBAYASHI et al., 1995)。

Development of Forecasting System (BLIGHTASIRRI) for Rice Sheath Blight in Southeast Asia. By Takashi KOBAYASHI, Tsutomu IJIRI, Twng Wah Mew and Teruyoshi HASHIBA

HASHIBA and IJIRI, 1989)。

$$A(\%) = \Sigma T'FS \quad (3)$$

T' は日平均気温から推定される1日の水平進展度(%)を示している。 T' は F , すなわち1日における水平進展可能な時間の割合(%)を乗じて1日の水平進展度 $T'F$ を算出した。イネ紋枯病の水平進展は気温 22°C 以上、湿度 96%以上の両条件を満たしたときに起こるので、1日の内にどれだけ病斑進展に適した時間帯が存在するか、その日の日平均気温と湿度から推定した。これらの関係はイネの生育時期、株の繁茂程度によって変動すると考えられた。したがって、ここでは出穂期を基準とし、生育時期を6段階に分けて水平進展度を算出した。最後に、 $T'F$ の値を菌核数(S)で補正して、発病株率を算出した。すなわち、無菌核圃場に様々な量の菌核を投入して、その後の発病株率と菌核数との間に正の一次相関関係が認められたことから、菌核数に対する発病株率の補正は1 ha 当たりの菌核数が50万個のときを1.0として行った。

式(2)と(3)で使用される日平均気温と湿度は、株間のものである。しかし、株間の気象を実際に観測するのは圃場への観測装置の設置やデータの読み取りなど費用や手間がかかることから、実際に予測システムを使用するうえで大きな障害となると思われる。そこで本研究では簡便にシステムを運用するため気象観測所で発表されるデータをそのまま使用できるよう工夫した。本システムでは、入力された大気湿度を株間の湿度に変換後、式(2)、(3)に使用した。なお、気象観測所で発表された気温と圃場の株間で観測した気温との間に著しい相違は認められなかったので、入力された気温は変換せずに使用した。

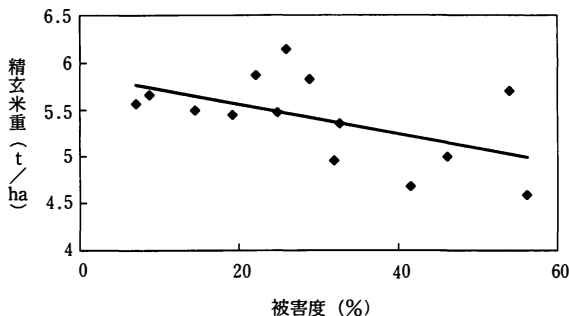


図-1 フィリピンにおけるイネ紋枯病の被害度と収量の関係

III イネ紋枯病の被害度から減収量の推定

イネ紋枯病による最終的な減収量を推定することは、薬剤散布の要否を決定するうえで重要である。すなわち、薬剤を散布するのに必要なコストとイネの減収による収入の減少の両方を考慮に入れて、薬剤散布の要否を決定しなければならないからである。観察された病斑高率と発病株率から羽柴の考案した式(4)を用いて、全体の被害度(D)を算出した。

$$D(\%) = (1.62X - 32.4) \times A/100 \quad (4)$$

図-1は被害度と収量(K)との関係を示した。両者の関係は高い負の一次相関を示し、以下の式で表された。

$$K(\text{kg}) = -16.14D + 5891.05 \quad (r = -0.70) \quad (5)$$

式(5)は、病斑高率と発病株率から1 ha 当たりの減収量を算出するために式(4)に代入し、1 ha 当たりの減収量(L)は次式で表された。

$$\begin{aligned} L(\text{kg}) &= ((1.62X - 32.4) \times A/100) \times 16.14 \\ &= (26.15X - 522.94) \times A/100 \quad (6) \end{aligned}$$

式(6)により、BLIGHTASIRRIで推定された発病株率と病斑高率から、最終的な減収量を予測することが可能となった。

IV BLIGHTASIRRI の構成

I～III章で作成した算出式をもとにして、プログラミングを行いイネ紋枯病発生予測システム(BLIGHTASIRRI)を作成した。図-2はBLIGHTASIRRIの構成を示した。本システムは大きく分けて3本のプログラムで構成されている。それぞれのプログラムは約30のサブルーチンで組み立てられ、プログラムの総ステップ数は約5,000である。

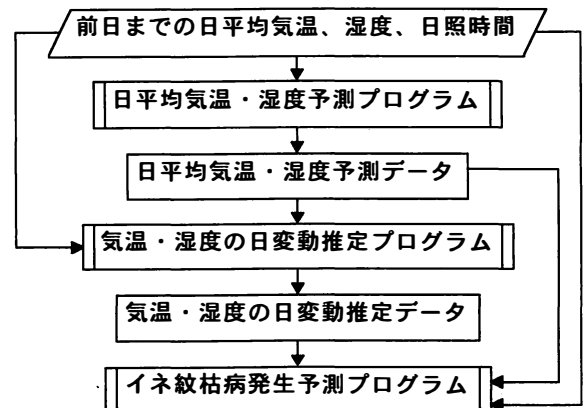


図-2 BLIGHTASIRRIの構成

1 日平均気温・湿度予測プログラム

式(2), (3)を用いて, 計算当日から将来の病斑進展を予測するには, 将来の日平均気温と湿度を予測する必要がある。たとえ精度の高い病斑進展の算出式を作成しても, 将来の病斑進展を正確に予測するためには, 病斑進展を算出するのに必要な気象データが正確に予測されなければ意味がない。BLIGHTASIRRI では, 最寄りの気象観測所で発表される長期予報の情報を考慮に入れて自分で入力する方法と, 本プログラムで予測する方法の両方で, 将来の気象が予測できる。本プログラムでは, 初めに現在までの気温と湿度および日照時間の推移から, 過去 30 年間の年度のうち予測を行う年度に最も近い推移を示す過去の年度を決定する。次に, 決定した年度の計算当日以降の気温と湿度の推移を読み取り, その推移を基に将来の気温と湿度を推定する。本プログラムの予測法に理論的な裏付けはないが, 異常気象にも比較的柔軟に対応して予測することが確かめられている。本研究では, 過去 30 年間のデータを BLIGHTASIRRI に格納して予測を行ったが, さらに多くの年度のデータを加えることにより精度が向上すると考えられる。

2 気温・湿度の日変動推定プログラム

本プログラムは, 入力または 1 のプログラムで予測された日平均気温と湿度から, その日の気温と湿度の日変動を推定する。具体的には, 発病株率を算出する際に必要な, 1 日のうちの水平進展可能な時間の割合を算出するのに利用する (式(3))。

イネの生育ステージによって草丈, 茎数が異なり, そのため日平均気温, 湿度の日変動とともに群落内の温度, 湿度も変動するが, 両者の変動速度は同じではなく, 生育ステージ, 日平均気温, 湿度によって異なる。したがって, これらの要因を加工し, 種々のパターンで重み付けをすることによって, 群落内の温度, 湿度の日変動をより正確に求められるように工夫してある。

以上の 1, 2 の 2 本のプログラムは, イネ紋枯病発生予測システムにおいて気象データを加工する前処理的なものである。

3 イネ紋枯病発生予測プログラム

本プログラムは時間を軸とした固定増分法によるモデル構成をとっており, 1 日ごとのシステムの状態を表示できるようにした。初めに, 入力または 1 のプログラムで予測された日平均気温と湿度, 2 のプログラムで推定された気温と湿度の日変動データと, 入力された病原体または植物側のパラメータから病斑高率と発病株率を算出する (式(2), (3))。さらに, 病斑高率と発病株率から被害度と減収量を算出する (式(4), (6))。1 日の計

算が終了したなら, さらに次の日の計算を行い, 計算終了日まで繰り返される。このように, 1 日 1 日の病斑進展の計算を行い, 積算していく。計算終了日まで計算が進んだなら, 20 回同じ手順で計算を繰り返す。これは, 将来の日平均気温と湿度を予測する際に乱数を使用していることや, 予測を行う年度の現在までの気象パターンを加味して予測しているので, 結果に幅をもたせるために行っている。20 回の繰り返し計算が終了したら, 予測値の評価を行い, 結果をプリンターまたはディスプレイに表示する。

V BLIGHTASIRRI で推定したモデル曲線とその精度

BLIGHTASIRRI で推定したモデル曲線と圃場で観察した病斑進展との比較を, 1993 年と 1994 年の雨季作期のイネ紋枯病の発病株率と病斑高率について行った。図-3 は, BLIGHTASIRRI に実測の日平均気温と湿度を入力して得た発病株率のモデル曲線と, フィリピンの国際イネ研究所で観察した実測値との推移を示した。圃場で観察した 1994 年の発病株率の推移は 1993 年に比べて高く推移した。このように, 1994 年はイネ紋枯病の被害が著しい年度であったが, これは調査期間中の湿度が高く推移したためと考えられた。また, 両年ともモデル曲

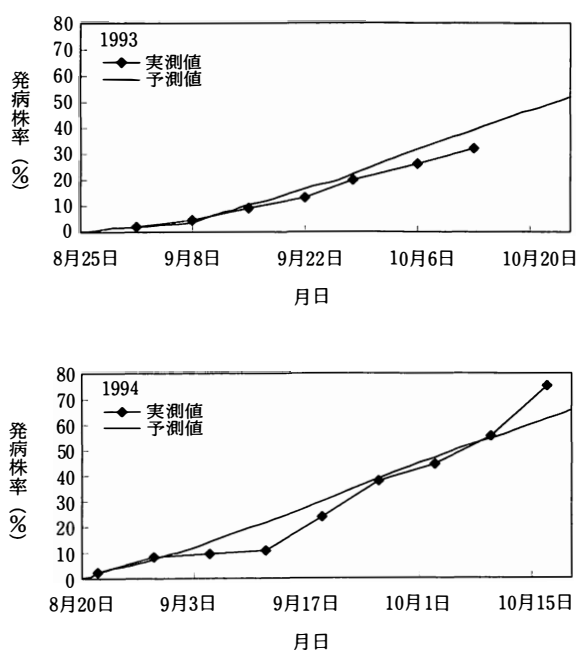


図-3 圃場で観察された雨季作期の発病株率の推移(1993年と1994年)とBLIGHTASIRRIで推定した発病株率のモデル曲線の比較

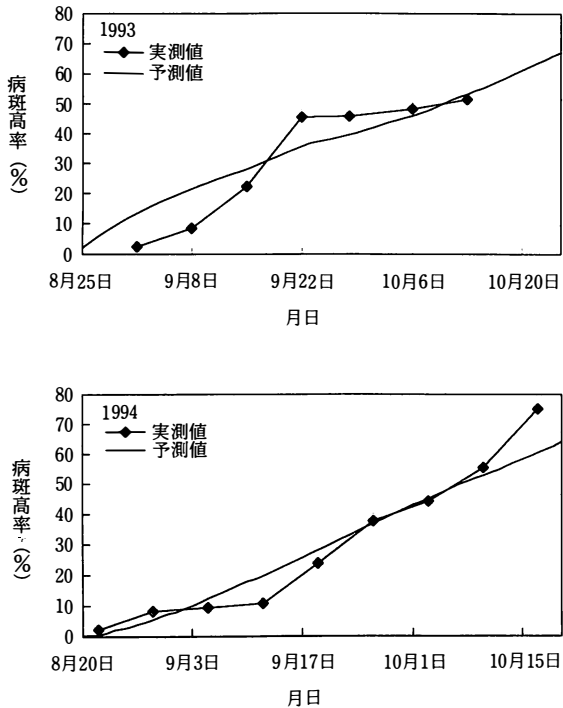


図-4 圃場で観察された雨季作期の病斑高率の推移(1993年と1994年)とBLIGHTASIRRIで推定した病斑高率のモデル曲線の比較

線と実測値の推移はよく一致していた。推移の異なる実測値に対応したモデル曲線が得られたことから、BLIGHTASIRRIにおける発病株率の算出法は高い精度を示すことが示唆された。一方、図-4は病斑高率のモデル曲線と実際圃場で観察した実測値の推移を示した。1994年の病斑高率のモデル曲線は1993年とよく類似していたが、これは病斑高率を算出する際、イネ体の感受性を考慮に入れて病斑の1日の上位進展に上限値を設けたためである。これらのモデル曲線は両年とも実測値とよく一致したことから、1日の病斑進展に上限を設けることの妥当性も確認された。以上のことから、BLIGHTASIRRIによる病斑高率および発病株率の算出法は、フィリピンで実際に使用できると考えられた。

おわりに

現在まで、植物の病気を予測する様々なシミュレーシ

ョン・モデルが開発されているが、理解するのが複雑なうえ、多くの微気象の気象データの測定を要するものが多かった。そこで本研究では、精度が高く、しかもその使用と理解が簡便な、フィリピンにおけるイネ紋枯病発生予測システムの構築を試みた。本システムはBLIGHTASIRRIと名付けた。BLIGHTASIRRIは気象データとして日平均気温と湿度の二つの気象要因を入力するだけでよい。また、入力する気象データは最寄りの気象観測所から発表されるデータをそのまま利用することが可能であり、しかも簡便である。BLIGHTASIRRIで推定した病斑高率と発病株率のモデル曲線は、実際圃場で観察した推移とよく一致していた。したがって、BLIGHTASIRRIにおける病斑高率と発病株率の算出法は、実際の使用に耐えうる精度をもっていると考えられた。最終的に薬剤散布の可否を決定するには、将来イネ紋枯病でどの程度の減収となるかを推定しなければならない。本研究では、病斑高率と発病株率から算出される被害度と、収量の間に高い相関が認められた。これより、病斑高率と発病株率から算出される減収量の推定式は精度が高いと考えられ、推定された最終的な減収量は、薬剤散布の可否を決定するいき値の設定に有用な情報をもたらすと思われる。紙面の都合上、減収量推定のシステムについてはふれなかったが、最終的な減収量も高い精度で予測できる。BLIGHTASIRRIによってもたらされる病斑進展の推移に関する情報は、使用する薬剤の適切な散布時期、安全使用基準、効果発現特性を加味することにより、その使用の可否、時期、回数などの決定に有効なものである。今後、BLIGHTASIRRIの精度を他の東南アジア諸国で検討することにより、本システムは東南アジアはもちろん、国際的にもイネ紋枯病の防除に役立つと考えられる。

引用文献

- 1) 羽柴輝良 (1984): 北陸農試報 26: 115~164.
- 2) HASHIBA, T. (1984): JARQ 18: 20~26.
- 3) ——— and T. IJIRI (1989): Trop. Agr. Res. Ser. 22: 163~171.
- 4) 羽柴輝良ら (1991): 植物防疫 45: 185~188.
- 5) 井尻 勉・羽柴輝良 (1986): 同上 40: 348~351.
- 6) KOBAYASHI, T. et al. (1995): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 61: 562~568.
- 7) LEE, F. N. and M. C. RUSH (1983): Plant Dis. 67: 829~832.