

シミュレーションモデルの発生予察現場への適用 ——葉いもちシミュレーションモデル「BLASTL」を例として——

農林水産省農業研究センター **ね** **も** **ふ** **ひろ**
根 **本** **文** **宏**

はじめに

現行の病害虫発生予察事業では、定期的な巡回調査による病害虫発生の現況把握と過去の多くのデータから導かれた重回帰式を利用する統計的手法により発生時期、発生程度を予測する方法が数多く検討され、発生予察現場で利用されている。しかし、これらの手法は、調査データをそろえるのに多くの労力を必要とすること、調査場所や作付品種が変更されたり、異常気象が発生した場合などには適用しにくく、精度の高い予測が困難になるなどの問題点を抱えている。

また、病害虫発生予察の目的が病害虫の現時点での発生状況を的確に把握・解析し、将来のある時点における発生程度や発生量さらには農作物が受ける被害を予測し、それに基づいて病害虫制御のための判断の資料を提供することにあると考えると、従来の統計的手法の利用だけでは、発生の予測はできても制御のための適切な対応策の提示までに至らないことが多い。しかし、農業を一つの大きな生態系システムとみると、病害虫の発生は、宿主（農作物）×病害虫×環境×薬剤×時間×広がりなどの要因が複合した相互作用によって引き起こされると考えられる。この考え方に従えば、病害虫の発生は存在する様々な要因の相互作用の上に成り立っており、また、おのおのの過程で関連する要因は実験的知見に基づいて数量化することが可能であることから、これにより実際の病害虫発生過程を模倣するシミュレーションモデルが構築できる。このような発想は、WAGGONERら（1969）のコンピュータ・シミュレーションモデル EPIDEM の発表を契機に大きく展開してきた。前述したように、病害虫の発生要因を的確に把握し、効率防除時期と防除方法を模索し、適切な対応策を提示することが発生予察の目的であるから、発生予察にシミュレーションモデルを利用することによって、有力な防除手段を得ることができると考えられる。しかし、これまで多数の病害虫についてシミュレーションモデルが発表されているにもかかわらず、それらの多くは試験研究段階の

域を脱せず、実際の発生予察現場で利用されているモデルは少ない。

シミュレーションモデルの発生予察現場での利用が遅れていることは、モデルを構築する研究者、それを発生予察に利用する現場の指導者、その情報を享受する個々の農家でそれぞれ様々な問題を抱えているので、何が悪いとは一概には判断しかねるが、それらを一つ一つ解決していくことで、病害虫発生予察の効率化と精度向上、さらに迅速かつ的確な防除対応技術策定が可能になる。

構築したシミュレーションモデルの挙動と発生予察現場への適合性の検討には、一定の手続きによる客観的な評価を行うことが重要となる。それらについては、KRANZら（1980）や TENGら（1981）の研究が詳しい。

筆者らは、これまでイネいもち病、特に葉いもち流行を BLASTL（橋本ら、1984）と称するシミュレーションモデルとして構築し、その発生予察への実用的利用を検討してきた。

平成5年度から「発生予察地域活用技術確立事業」によって、葉いもち発生シミュレーションモデル BLASTL は各県の発生予察の現場で検討されることとなった。BLASTL はすでに福島県で発生予察に利用されているが、本事業により広くその適合性が検討されることであろう。

ここでは、福島県における BLASTL の発生予察現場への利用方法を例として、シミュレーションモデルの発生予察現場への適用と残された問題点などについて、考察したい。

I 福島県における葉いもち発生シミュレーションモデル BLASTL の発生予察現場への利用

BLASTL は、ある特定の1筆の水田を代表する平均的な生育過程と発病状況を示す1株のイネを想定してこれを対象としており、このイネ体上での葉いもち病斑増加の経時的な変化をいもち病菌の生活史に基づいて算出するものである。それら要因相互の関連を図-1に示した。モデル内の要因はそれぞれ subsystem を持ち、個々の項目ごとに1日間の変化を算出して葉いもちの発病経過をシミュレートするように構築されている。BLASTL

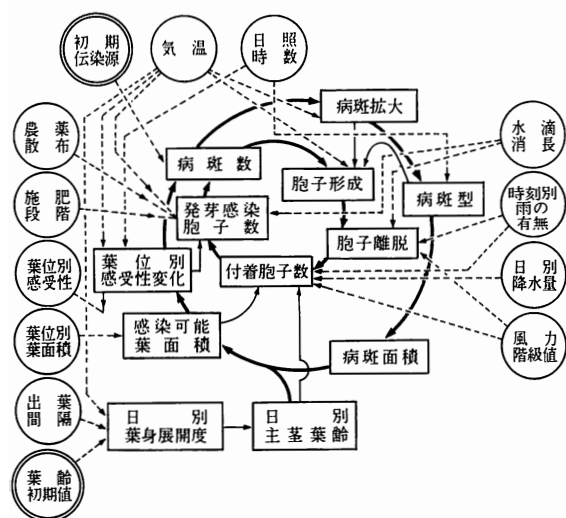


図-1 葉いもちモデル BLASTL の要因関連図 (橋本, 1984)

図中 は演算部, ○◎ はデータまたはパラメータの項目を示す。実線矢印 (太線) は処理順序, 実線矢印 (細線), 破線は情報の流れを示す。

は当初 FORTRAN 言語で構築されたが, BASIC 言語で再構築されたことで, パーソナルコンピュータ上での処理が可能になった。また, AMEDAS システムの整備により電話回線を通じて気象データがリアルタイムで利用できるようになったことで, BLASTL は葉いもち発生の解析やモデルの精度検証から発生予察現場への適合性の検討へと移った。

1 BLASTL による予測の適合性

BLASTL は, 圃場の葉いもち発生経過との対比によって改良を加えられてきた。その結果, 葉いもち発生の年次変動をかなりの確に再現できるようになったが, 発生予察に利用する場合は, 広域的な適合性を検討する必要がある。また, 広域の葉いもち発生を的確に把握するためのモニタリング手法の確立と併せて, BLASTL による予測結果の適合範囲についてさらに研究を進めなければならない。そこで, 病害虫防除所が行っている時期別の葉いもち発生面積の調査データと BLASTL による葉いもち病勢進展を対比することで広域的な葉いもち発生に対する BLASTL の適合性の検討ができるものと考えて, 福島県における 1974~89 年の時期別葉いもち発生面積とそれぞれの年の気象データを用いて, シミュレートした葉いもち病勢進展の演算結果について検討した。

この結果, BLASTL による葉いもち病勢進展の予測値と広域的な葉いもち発生面積率との間の相関はかなり

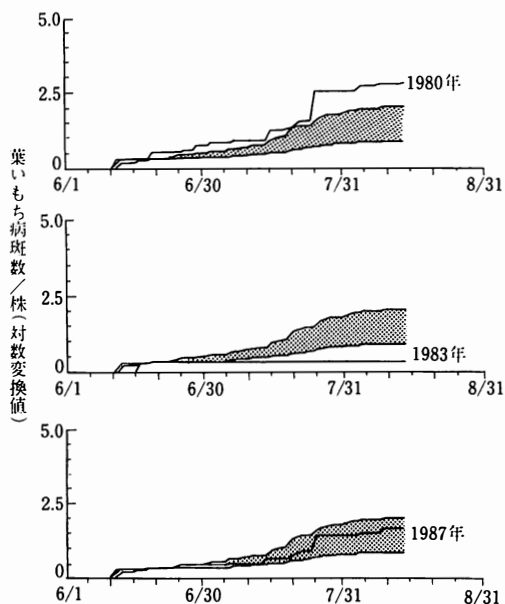


図-2 BLASTL で推定した病勢進展と年発生幅の対比

福島県郡山の気象データ: 1980 年葉いもち多発生
1983 年葉いもち少発生
1987 年葉いもち発生平均年並

点線で囲まれた範囲: BLASTL による葉いもちの年発生幅

高く, 広域での予察にも利用できることが示唆された。

また, BLASTL による演算による病勢進展予測の情報から, その年の葉いもち発生動向に関する的確な判断を下すことができれば, その後の対応に関しても適切な指示が出せると考えられた。

そこで, シミュレーションによる年次ごとの葉いもち病勢進展の分布は, 年次を重ねると正規分布すると仮定して, 正規分布への適合性検定を行った。その結果, この仮説は 5% 水準で棄却されなかった。このことから, BLASTL による葉いもち病勢進展の年次値及び年発生幅を設定して, 再度シミュレーションによる葉いもち病勢進展の予測を行った結果, 葉いもち多発生年は BLASTL による予測値も年発生幅を超えて多発生傾向を示し, 逆に葉いもち少発生年は年発生幅以下の少発生傾向を示して, 実態とほぼ合致した (図-2)。

BLASTL では, パラメータを含めモデル内でいくつかの暫定値を使用しているため, 改良の余地は残されているが, これまでの精度検証の結果から発生予察現場への利用は可能と考え, 実際に運用しながら検証と改良を加えることとした。

2 BLASTLの発生予察情報への利用

BLASTLでは、①イネ感受性指数、②いもち病菌の侵入率、③いもち病菌の動態、④発病推移を、グラフ表示できる。

イネ感受性指数のグラフからは、気象変化に伴うイネのいもち病に対する体質の変動を知ることができる。現在、品種ササニシキに関するデータをパラメータとして用いているが、任意の他の品種に再設定することも可能である。

いもち病菌の侵入率からは、日別のいもち病菌の侵入確率の推定ができる。これは、既に実用化されている葉いもち感染好適条件の判定モデルBLASTAMによる葉いもち感染好適条件の出現に関する判定結果と同義的な使い方である。

いもち病菌の動態からは、日別のいもち病菌孢子の形成、離脱、侵入を量的に推定できる。これは、予防的効果の高い薬剤あるいは治療的効果の高い薬剤を有効に使用するための対応策を検討する場合の資料とすることができる。

葉いもち発病推移からは、実測の気象データに過去の葉いもち多発生年あるいは少発生年の気象データを結合することで、予測日以降の気象条件の変動に伴う葉いもち病勢進展の予測ができる。

図-3に福島県で1991年の発生予察情報に使用した葉いもち発生のシミュレーション結果を示した(根本, 1993)。

7月6日以降に使用した気象データは、葉いもち少発生年の1990年と葉いもち多発生年となった1988年のデータである。いずれの年の気象データを結合しても7月9日ごろと7月20日ごろに病斑が急激に増加し、その程度は平年の発生幅をはるかに上回った。このことから、

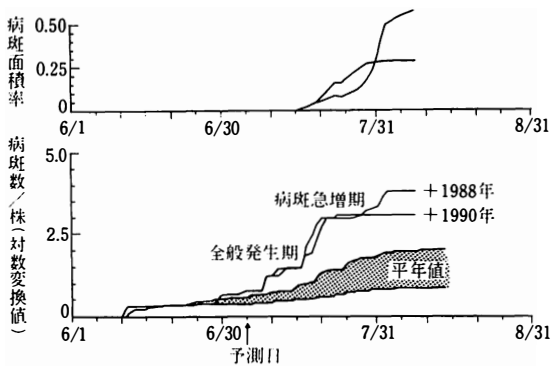


図-3 BLASTLによる葉いもち病勢進展の予測(1991年7月5日現在, 予測時点, 郡山市)

1991年は7月上旬から葉いもちが早期多発となると予想された。

また、7月5日の時点では、補植苗で葉いもちが発生した地域を除いて本田での葉いもち発生が確認されていなかったため、7月9日ごろの第1回目の病勢進展は全般発生開始期に、7月20日ごろの第2回目の病勢進展は病斑急増期にあたと予想された。この結果に基づいて、病害虫防除所から7月6日付けで「葉いもち発生に関する注意報」が発表された。また、この情報では、全般発生開始期が防除適期であるとして薬剤散布の励行を呼びかけた。

3 BLASTLの葉いもち防除意志決定への利用

BLASTLには、薬剤散布に関する subsystem が組み

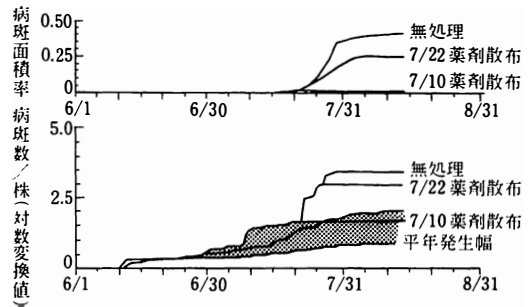


図-4 BLASTLによる葉いもち病勢進展の予測(1991年, 郡山市)

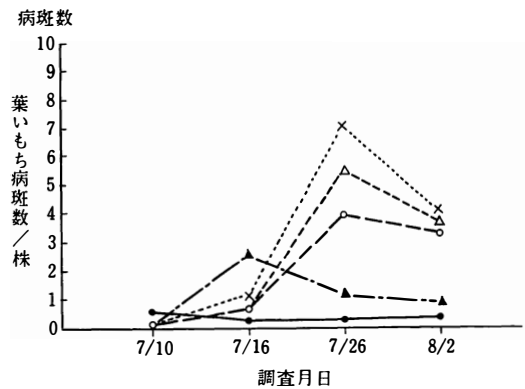


図-5 発生予察に基づく葉いもち防除試験結果(1991年, 郡山市)

- : トリシクラゾールゾル・全般発生期散布 (7/10)
- : トリシクラゾールゾル・病斑急増期散布 (7/22)
- ▲—▲: フサライドゾル・全般発生期散布 (7/10)
- △---△: フサライドゾル・病斑急増期散布 (7/22)
- ×.....×: 無散布

込まれているが、いもち病菌の侵入抑制効果についてのみに運用可能である。孢子形成阻害、病斑形成阻害など、薬剤が有する多くの機能は組み込んでいないので改良の余地が多いが、いもち病菌の侵入阻害効果のある薬剤散布の意志決定支援が可能である。

薬剤散布意志決定支援の例として、図-4 に 1991 年の気象データを利用したシミュレーションによる薬剤防除効果を、図-5 に実際の圃場での薬剤散布による防除効果を示した。

前節で述べたように、シミュレーションでは、全般発生開始期の薬剤散布の効果が高く、遅れると防除効果が劣ると予想されたが、同一時期に実際の圃場で行った薬剤散布結果とほぼ合致し、シミュレーションの発生予察への利用の有効性を示した (根本, 1993)。

II シミュレーションモデルの発生予察への利用上の問題点

構築されたシミュレーションモデルを実際に利用するに当たっては、モデルの挙動を理解した上で常に精度検証を行っていくことが重要となる。

BLASTL についても過去の気象データがそろっていない場合は、各種の典型的な気象経過のパターンをデータ化して準備しておき、これに基づく発病経過を長期予察に利用し、さらに天気予報に基づいて具体的気象データを推定する場合は、できるだけ多数の種類の予想パターンを想定して設定し、演算結果の予測誤差を評価できるようにするとよい。

また、BLASTL による葉いもち病勢進展の予測が当たっているのかどうかについては、必ず実態との照合を行う必要がある。このためには、まず、実測気象データに基づく発病経過と水田での発病実態との対比検証を行う。さらに、初発生時期、進展まん延の速度、発病程度、発病程度別の分布地域、品種別発病差異、局地的発生、株当たり病斑数、葉位別病斑数、病斑型別病斑数、分生孢子形成と離脱、抵抗力検定及び栽培品種の生育特性など、圃場での実態をできるだけ詳細に調査して、シミュレーションによる演算結果と対比検討する。これにより圃場から得られたデータとシミュレーションによる

予測値が大幅にかけ離れたものとなった場合は、パラメータに使用したイネの生育条件や栽培条件に関するデータ等の見直しを行い、再度、対比検討する。このような作業を繰り返し、実際の発病進展をほぼ矛盾なくシミュレートできるように検証を続けることが重要である。

また、広域の発生予察にシミュレーションモデルを利用するには、広域の発生実態と対比して適合性を検討する必要があるが、広域の発生実態を的確に把握するためのモニタリング手法の開発も、発生予察の精度向上には重要なことと考えられる。

お わ り に

以上のように、BLASTL はまだ多くの改良点を有しており、加えて福島県以外での実証例が少ないので、前述した発生予察地域活用技術確立事業を通じて、多くの地域でモデルの有効性が評価されることを期待している。

これまで、葉いもち発生予察は、現況の把握や定性的な予測が中心であり、葉いもち発生による被害量の解析と防除意志決定の支援などに関する情報の提供が少なかった。このため、情報の流れが一元的であり、情報の送り手と受益者 (農家・防除実施団体等) との綿密なコミュニケーションが図れず、情報無視の過剰防除や過小防除による被害増に陥る場合があった。

既存の統計的モデルとシミュレーションモデルを有機的に結合し、面的・量的予察の精度を向上させること (高精度発生予察エキスパートシステムの構築) で、いもち病に対する適正な対応策を指示できるとともに、環境に対する影響を最小限に抑え、稲作管理技術の省力化、効率化、低コスト化を支援する情報の提供が可能になると考えられる。

引 用 文 献

- 1) 橋本 晃ら (1984): 福島農試特研報 2: 1~104.
- 2) 石黒 潔 (1992): 植物防疫 46: 295~299.
- 3) 根本文宏 (1993): 東北地域における平成3年気象災害の記録: 215~218.
- 4) 松本和夫 (1981): 植物防疫 35: 545~549.