

407 : 409 : 411 (イネ病害 ; BLASTAM ; 冷害)

6. 農業への利用—イネいもち病発生予察への適用

菅野 洋光*・小林 隆**

1. はじめに

ダウンスケールモデルのアウトプットを考える場合、農業分野は有力な候補の一つといえよう。言うまでもなく、ほとんどの農作物は屋外で栽培されており、異常気象や気候変動の影響を大きく受ける。現在65億人の世界の人口は2050年には100億に達すると推定されており、今後の起こりうる気候変動下での食料安定供給は、人類にとって共通かつ重要な問題である。今こそ、気象分野と農業分野の連携を深めなければならないときであり、それには大規模場とミクروسケールの橋渡しとなりうるダウンスケールモデル研究が重要となってくると思われる。

ダウンスケールモデルの具体的なアウトプットとしては、農作物生育予測モデルや低温・高温に対する警戒情報への適用が容易に思いつくところである。また、病虫害の予測に対しても効果を発揮しそうである。そこで、個別にダウンスケールデータの応用可能性を考えてみたい。

1.1 水稻生育予測モデル

水稻生育予測モデルに関しては、これまで多くの研究例があり(例えば、杉原・羽生 1980; 堀江 1981; 堀江・桜谷 1985; 神田ほか 2002, 2005; 川方 2005 など)、水稻の生育と気象要素との関係が定式化されてきている。現在一般的に運用されている DVI (DeVelopmental Index) モデルの場合は、発育の始まりを 0, 出穂期などの生育ステージ到達日を 1 とし、毎日の変化率である DVR (DeVelopmental Rate) を積算して生育ステージを求めている。予測される低温に弱い時期(穂ばらみ期など)には、深水灌漑などの対策を効果的にとることができる。

ただし、水稻の生育は短期間の気象変化にはそれほど敏感ではなく、高精度ダウンスケールモデルの予測データを使うメリットはそれほど高くないと思われる。

1.2 警戒情報等への利用

水稻は、穂が形成される過程が特に低温に弱く、そのような時期にやませにあたると、低温のため容易に不稔を生じることになる。しかしながら、やませが吹走している時は概して水温の方が高く、幼穂を水中に沈めて保護する深水灌漑が対策として有効である。また一方では、高温によっても米の品質低下が生じる。最高気温の高い日が持続すると胴割れ米が、最低気温が高い日が持続すると乳白米等が発生しやすい。その

* (独)農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター。kanno@affrc.go.jp

** (独)農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター。

© 2010 日本気象学会

際の対策としても、低温時と同様、水の掛け流しが有効であると言われている。従って、気象予測データによる低温・高温予測を元に、予防的な水管理を行うのは有効であると考えられる。

ただし、この場合も、それほど高精度の予測データは必要なく、高精度ダウンスケールモデルデータを使うメリットはそれほど高くはない。

1.3 虫害

虫による農作物被害も気象による影響が大きい。ウンカの被害は昔から甚大で、徳川時代の1732年の飢饉では、ウンカの大発生により、餓死者は九州から東北部まで96万人に達した(桐谷 2001)。その後もウンカの大発生は何回も記録されており、最近では1966年に広範囲の被害が確認されている。当初はウンカが日本で越冬していると思われ、冬の高温が原因として着目されていたが、今では梅雨期の下層ジェット気流に乗って中国大陸から飛来するものと考えられている(岸本 1975)。

また、アブラナ科野菜の大害虫であるコナガは、地中海起源であるが故に、積雪期間が60日を超える北日本では越冬できないとされ、被害の発生は南からの成虫の大量飛来によって始まるとされてきた。ところが近年、北日本でも越冬して春早くから出現する例が出てきた。すなわち、コナガの場合は、地球温暖化による暖冬で被害地域の北上が危惧されることになる。このほか気象的に興味深い例として、稲の害虫ドロオウムシの幼虫がフェーン現象下の低湿で死滅するケースなどもある。

このように、虫害の発生には気象が密接に関係しており、今後の気象予測データを用いた応用的な研究が期待される場所である。特に近年の地球温暖化では、昆虫の北上速度が植物のそれよりずっと速いことが予測されており、問題はより深刻である。

1.4 病害

農作物の病気も多種多様だが、カビによって発生するイネいもち病やイネ紋枯病、小麦の赤カビ病などについてみると、作物体の濡れが続くことで、カビの萌芽や伝播が行われて被害が拡大する。すなわち、それらの発生には気象的な要因

が大きく効いており、特にイネいもち病は冷害時に多発することから、生物学的な要因として稲作の安定生産を脅かす最大の脅威となっている。

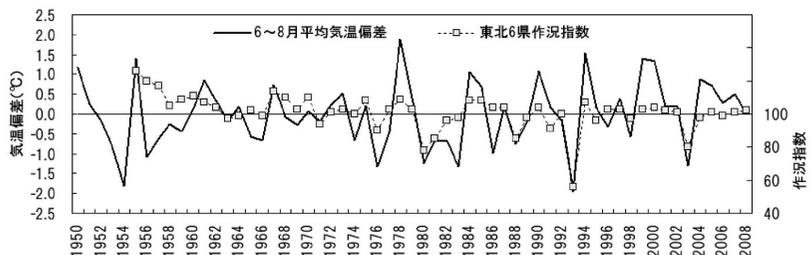
近年、自然志向の高まりとともに、農薬の使用回数も制限されることが多く、集中的かつ効果的な薬剤散布が必要となっている。そのためには、病気の発生予測とともに、散布時の天気も重要である(雨だと薬剤が流れてしまう)。ここで気象予測データを用いることにより、数日先までの病気の発生予察が出来、天気予報と合わせて効果的な薬剤散布計画を立てることが可能となる。

さらに、いもち病の発生を葉の濡れから推定するためには、特別気象データが必要であり、非常に気象に敏感である。その点で、高精度ダウンスケール気象予測データを用いるメリットが大きいといえる。そこで、本発表では、いもち病の発生予察に焦点を当てて、ダウンスケール気象予測データを用いることの利点を考えていきたい。

2. 東北地方の夏の気候とイネいもち病

近年、東北地方では夏季天候の年次変動が大きくなっている。第1図には東北地方における夏季気温と稲作況指数の年々変動を示す。気温は、1970年代後半のregime shift以降、年々の変動が大きくなっており、冷夏・冷害も頻発している。冷夏でイネの冷害が発生する場合は、低温による不稔とともに、いもち病による被害も多く発生する。2003年冷害の場合は、作況指数80、被害率29.4ポイントのうち、いもち病による被害は5.3ポイントであった。従って、稲の安定生産のためには、効果のないいもち病の防除が必要である。

イネいもち病は、稲体が長時間濡れることで、病菌



第1図 北日本における夏季気温平年偏差(JJA)と作況指数の時間変化(1950-2008年)。気温は北海道と東北における気象台・測候所の平均値、作況指数は東北6県と北海道の平均。

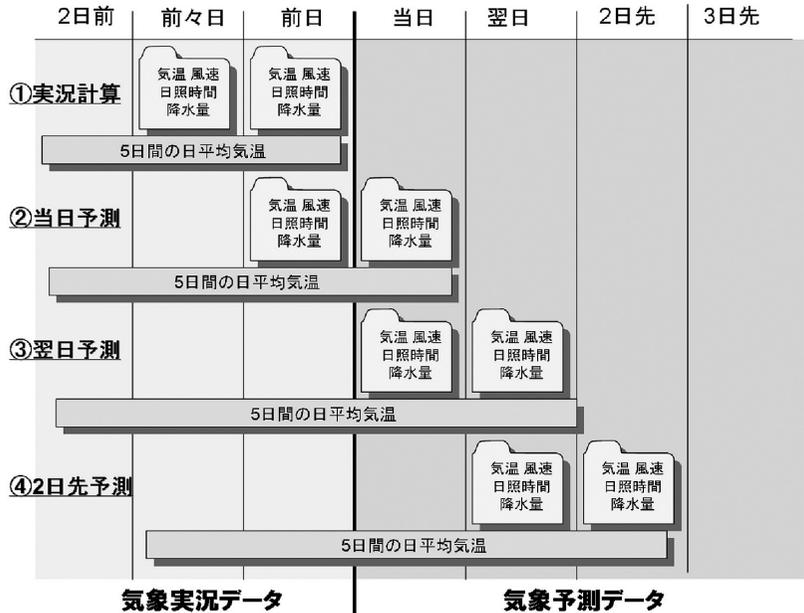
の萌芽や伝播が行われる(渡部 1997)。おおざっぱに言えば、持続的かつ少ない降雨(雨が降らないと発生しない一方、大雨だと菌が流れてしまう)、弱い風(風が強いと乾いてしまう)、および低日照の組み合わせがいもち病の発生に好適となる。気温は高すぎても低すぎても良くない。すなわち、梅雨期頃にやませが持続的に吹走している時が、まさに感染好適条件であるといえる。

イネいもち病の蔓延を防ぐには、発生前または発生初期の農薬散布による防除が効果的で、そのために各県から発生予察情報が出されている。いもち病の発生を予察するためには、現在はアメダスデータを用いた葉いもち発生予察システムBLASTAM(越水 1988; 林・越水 1988)が使われている。BLASTAMの名の由来は、いもち病のBLASTにアメダスのAMをかけたあわせたものである。この計算では、アメダスデータを用いて葉の濡れ持続時間を予測し、いもち病菌がイネに感染するような気象条件かどうかを推定する。以下では、気象庁作成のGSMデータを用いた数日先までのいもち病発生予察を紹介する。

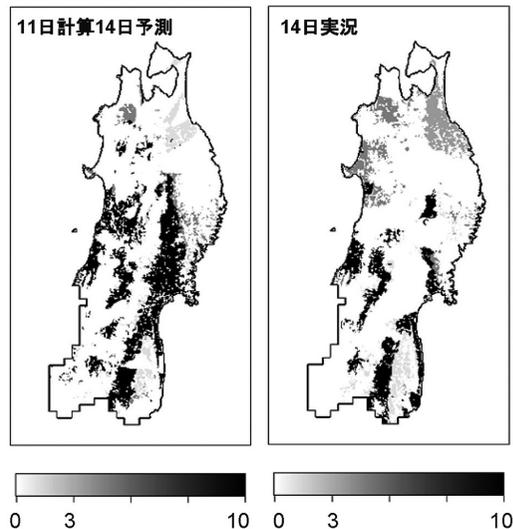
3. BLASTAM 計算方法

過去の気象観測値については、アメダス観測データを東北地方1kmメッシュに展開したもの(菅野 1997)を、また、気象予測データについては気象庁GSMデータを気象協会ANEMOSで1kmメッシュに展開したものを用いた。

第2図には、BLASTAMに用いる気象要素の概略を示す。BLASTAMでは、過去2日間の気温、日照時間、風速、降水量の各時別値と、それより前5日間の日平均気温を用いて、葉の濡れ持続時間および病菌が活動するのに必要な気温を推定する。従来のBLASTAMでは全て過去の気象観測値を用いているが、第2図に示すとおり、順に気象予測データを用いること



第2図 BLASTAMで使用する気象要素. ①が従来の計算方法, ②~④は気象予測データを用いる場合。



第3図 2007年7月11日に計算された14日の感染好適条件予測(左)と14日の実況感染好適条件(右)。値は0, 1, 2, 3, 10の5段階で表示され、0が感染好適条件無し、10が感染好適条件最大である。

で、数日先までの予察が可能になる。そこで、すでに公開されているBLASTAMプログラムに、アメダス

データと気象予測データを入れて、当日～7日先までの計算を行った。なお、気象予測データを用いた場合は、実測値データを用いた場合と比較して、発生可能性がやや低くなる傾向があったので、予察が十分行えるよう、若干のパラメータの変更を行っている。

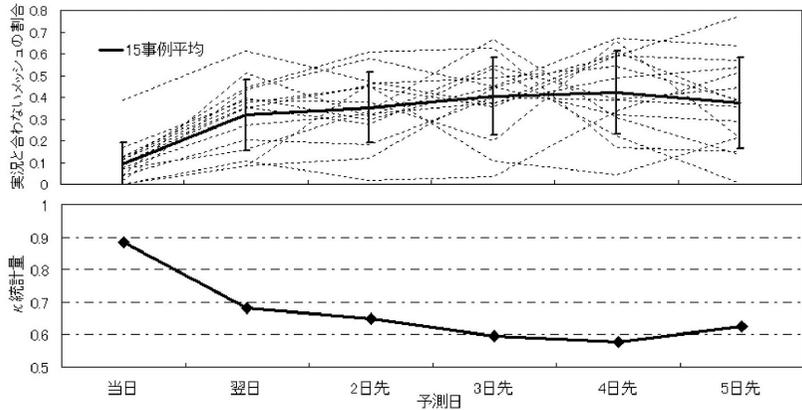
4. 予察結果

2007年7月に毎日計算を行い、過去データに基づく現況の予察情報と気象予測データを用いた予察情報との比較検討を行った。第3図には、7月11日に計算した14日の予測マップと、14日に計算された実況データに基づく判定結果を示す。7月14日（3日後予察）には、東北全域に感染好適条件が、特に南部に最大10の値が広く計算されている。14日の現況予察（実況）では、南部ではその範囲がやや縮小しているが、10の値が計算され、また北部でも広範囲に感染好適条件が計算されている。従ってこの例では、3日先で実用に耐える予察が可能であることが示唆される。

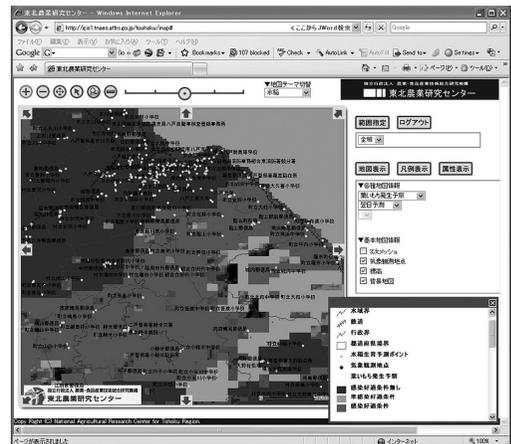
第4図には、2007年7月7日～21日までの計算結果15事例の誤差、および予測値の妥当性を検討するために求めた χ 統計量グラフを示す。 χ 統計量はカテゴリーなどの名義尺度での一致性の指標で、リモートセンシングデータの検証などに使われている。 χ 値が0.41–0.60の間ならば中等度の一致、0.61–0.80のあいだならばかなりの一致を示し、0.80を超える値をとる場合はほぼ完璧に一致していると考えられる。

当日予測（当日の気象予測データを用いている）では、実測値のみの計算結果と外れたメッシュは平均9%でよく一致している（第4図上）。翌日以降は外れるメッシュが30%以上になり、4日先では42%と最も大きくなる。各事例のばらつきに着目すると、4日先以降はそれが大きくなり、あまり実用的でないことが示唆される。 χ 統計量では、3日先まで0.6以上で、かなりの一致を示す（第4図下）。4日目は0.6を下回り、5日目は0.6以上だがばらつきが大きく、それぞれ予測精度が落ちてくるのがわかる。

以上より、3日先までは気象予測データを利用した



第4図 2007年7月7日～21日までの計算結果15事例の誤差（上段）および予測値の妥当性を検討するために求めた χ 統計量（下段）。



第5図 気象予測データを用いたBLASTAMの発生予察マップ（2008年7月18日翌日予測）。URL：<http://tohoku.dc.affrc.go.jp/yamase.html>（2008.12.10閲覧）

場合でも、実測値で計算した結果と概ね一致しており、十分実用的な予察が出来た。従って、より高精度なダウンスケールデータをBLASTAMに適用することで、いもち病発生予察がより詳細なスケールで、より高精度で行える可能性がある。

5. ウェブ情報の発信

現在までの研究成果は、ウェブGISをベースにしたウェブ情報として配信されている（菅野 2008）。第

5 図には2008年7月に発信された葉いもち発生予察マップの一例を示す。毎日自動で計算されており、実測値に基づく現況予測から、気象予測データを用いた5日先までの発生予察情報を発信している。システムはウェブGISで作られており、任意の地域が選択・拡大出来る。ユーザーは1kmメッシュ単位での情報の閲覧・取得が可能であり、自分の圃場に関する状況を把握できる。このようなウェブGISシステムとダウンスケールデータを組み合わせることによって、より効果的な情報発信が可能になると考えられる。

また、現在Googleマップを用いた、新たな情報共有型のウェブシステムの開発が進められており、2010年度より、さらに効果的な情報発信を開始する予定である。

6. まとめ

イネいもち病は、稲作地帯であれば世界中どこでも発生する病気である。植物体の濡れを気象モデルで高精度に推定できれば、グローバルな発生予察情報も作成可能である。他の病気についての応用や、気候変動下での適作地選定などにも使え、世界の食料安定供給に向けての重要な技術の一つに成り得るのではないだろうか。ダウンスケールモデルのアウトプットとしての農業への利用は、将来有望であると考えられる。

参 考 文 献

林 孝, 越水幸男, 1988: 葉いもち発生予察のコンピュー

タプログラム (BLASTAM) の開発. 東北農業試験場研究報告, (78), 123-138.

堀江 武, 1981: 気象と作物の光合成, 蒸散そして生長に関するシステム生態学的研究. 農業技術研究所報告A, (28), 1-181.

堀江 武, 桜谷哲夫, 1985: イネの生産の気象的評価・予測法に関する研究 (1) 個体群の吸収日射量と乾物生産の関係. 農業気象, 40, 331-342.

神田英司, 鳥越洋一, 小林 隆, 2002: 有効積算温度を用いた簡易モデルの穂の発育ステージ予測への適用. 日本作物学会紀事, 71, 394-402.

神田英司, 鳥越洋一, 小林 隆, 2005: イネの形態形成の規則性に起因する発育ステージの変異を推定する方法. 日本作物学会紀事, 74, 276-284.

菅野洋光, 1997: ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象, 53, 11-19.

菅野洋光, 2008: 「気象予測データを利用した農作物被害軽減情報サービス」の開設. 農業および園芸, 83, 241-249.

川方俊和, 2005: 水稻群落日射への2成分モデルの適用. 農業気象, 61, 123-129.

桐谷圭治, 2001: 昆虫と気象. 成山堂書店, 177pp.

岸本良一, 1975: ウンカ海を渡る. 中央公論社, 233pp.

越水幸男, 1988: アメダス資料による葉いもち発生予察法. 東北農業試験場研究報告, (78), 67-121.

杉原保幸, 羽生寿郎, 1980: 水稻の気候生産力の評価に関する研究 I. 水稻の気候生産力評価の試み. 農業気象, 36, 71-79.

渡部 茂, 1997: いもちの素性を知る. オリゼメート普及会, 243pp.