

(イ) 探索方法②予測ピーク日の第 1 番目ピーク日と、実測ピーク日との日数差が 5 日以内になる確率を基に探索

有効積算温度、発育上限温度、発育停止温度を探索範囲の値に設定し、シミュレーションを実行することで、シミュレーションモデルが出力する予測ピーク日と実測ピーク日との日数差が 5 日以内になる確率を明らかにした。結果として、シミュレーションモデルによって出力した予測ピーク日が、実測ピーク日と 5 日（半旬）以内となる確率は 35%程度、15 日（3 半旬）以内となる確率は 77%程度となることが明らかになった。特に、5 日以内の確率について、有効積算温度が 525℃付近で高くなる傾向がみられた（図 25,26）。

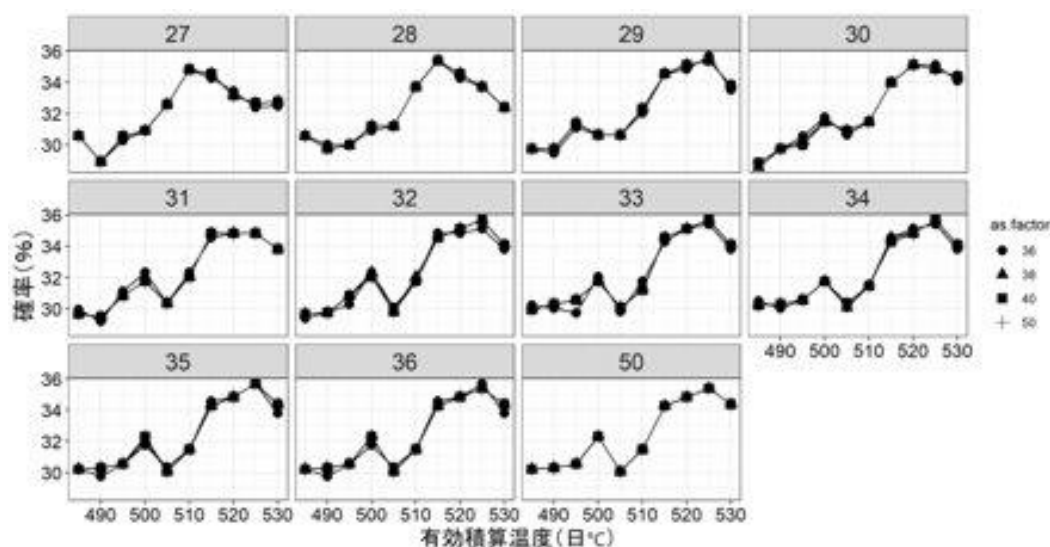


図 25. 有効積算温度、発育上限温度、発育停止温度の値を変化させた場合に、第 1 番目ピークについて予測ピーク日と実測ピーク日との日数差が 5 日以内になる確率の変化

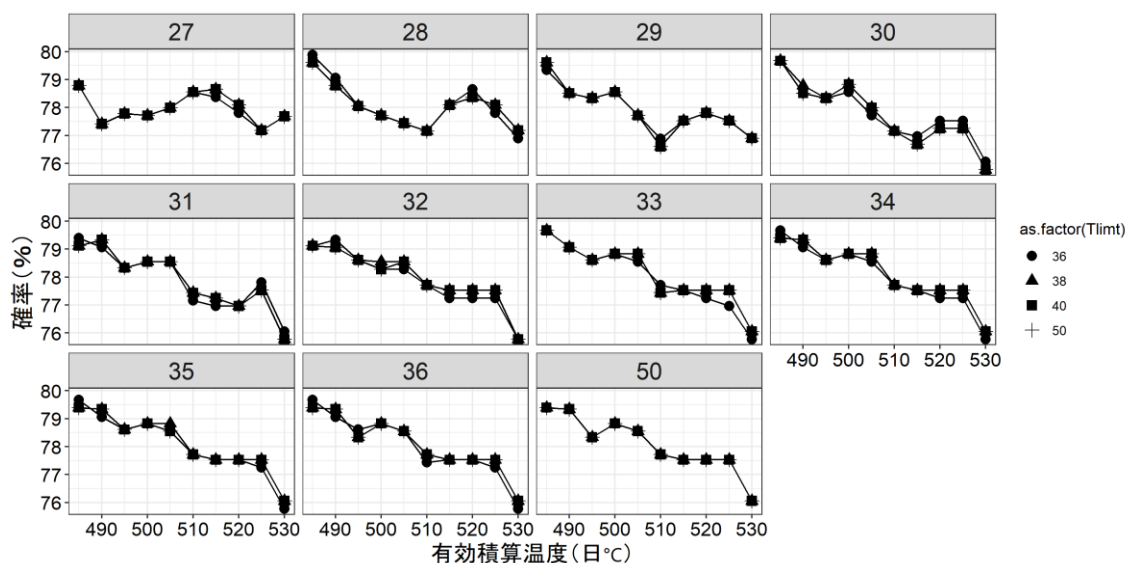


図 26. 有効積算温度、発育上限温度、発育停止温度の値を変化させた場合に、第 1 番目ピークについて予測ピーク日と実測ピーク日との日数差が 15 日以内になる確率の変化

オ 実測ピーク日調査方法とシミュレーションモデルによる予測方法の比較

発生予察事業に必要なデータは、各県に設置された病虫害防除所が県内各地に設置した予察灯やほ場等を調査し収集する（2021,農水省）。害虫の発生量等調査を行うことで、調査データの解析を行い、解析に基づく予測を行った上で予察情報として提供を行っている（2021,農水省）。また、本事業の参画機関を経由した各防除所へのヒアリングにより、現行調査は発生時期よりも、発生量に重きをおいた情報発信となっていることを確認した。

各調査地点にフェロモントラップを設置して定期的な巡回、観察を行うことは、調査地点数の増加に伴い、人的リソースのさらなる確保が必要となる。また、調査結果を整理し、解釈を行う時間も確保が必要となり、生産現場への情報発信の準備期間が短く、用途が限定されていることも課題である。

今回実証したシミュレーションモデルによる発生時期予測は、現行調査をすべて代替できるものではないが、予測を実行する所要時間は短縮可能であり、あらかじめピーク日の結果を得ることが可能となる。

カ シミュレーションモデルを用いた害虫発生予測技術の活用について

シミュレーションモデルによる予測技術では、情報発信項目は成虫の発生時期である。シミュレーションモデルは、半旬単位の実地捕獲数調査を行い、起算日となる発生実測ピーク日を検出した際に実行する。情報発信時期を発生時期の1~3 か月前から行うことにより、予測日を含む半旬と両側半旬を含めた3半旬を予測範囲として表示する、あるいは、予測範囲のうち中央の1半旬を予測発生時期として表示することも可能である。

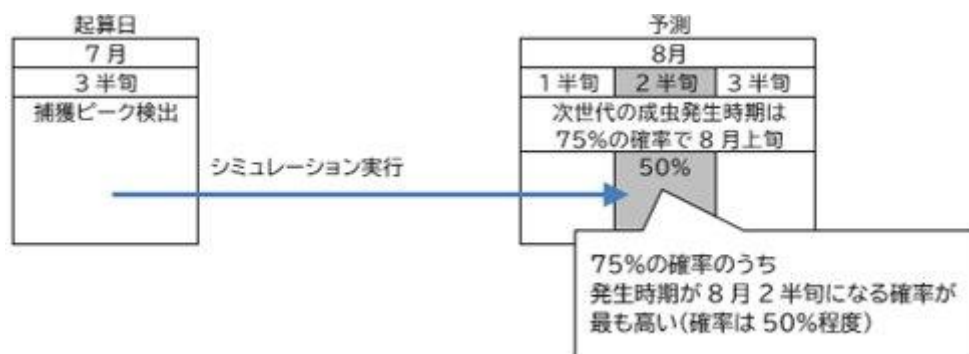


図 27.気象データを用いた害虫発生時期予測シミュレーションの実行時期と出力情報のイメージ図

今回実証した技術の有効な点の一つとして、面的に予測結果を表示できることが挙げられる。1km メッシュ気象データを用いて害虫発生予測を実施する場合は以下の通り、同一県内のエリア別発生ピーク日を予測することができ、この情報を基に、防除所での調査時期、調査回数の決定判断の指標、また発生予察情報を事前に生産現場に発信することが可能になると考えられる。また、既存の調査方法による実測値の結果（起算日）をもとに、予測を実行することで、さらなる予測精度の向上が期待される。さらに、本事業の要素技術 1 により、複数地点での発生量の観測が遠隔で実施でき、観測頻度を高められる場合、リアルタイムの発生量情報と併せて、生産現場への発信を行い、防除の実施有無、回数、時期の判定に活用できることも期待される。

表 4. 想定ユーザ別の発生ピーク予測情報の活用方法

想定ユーザ	活用情報	活用方法
防除所（全体）	各都道府県の主要害虫の発生ピーク日情報	【公開・蓄積】 一般公開し、関係各社に事前に通達が可能 防除所内で情報を蓄積することが可能
防除所（調査員）	所属都道府県の調査対象地域の主要害虫の発生ピーク日情報	【調査推奨日の把握】 複数害虫の調査をまとめて実施し 調査回数の削減を実現
各地域の普及員	所属都道府県の管轄地域の主要害虫の発生ピーク日情報	【生産者へ通達】 防除実施の推進や対策の策定を行うことが可能
各地域のJA職員	所属都道府県の調査対象地域の主要害虫の発生ピーク日情報 特に、農業資材の利用と関連のある害虫	【生産者への通達・資材営業】 ピーク日を迎える前までの営業活動を行い、防除実施の推進を行う
各地域の生産者	所属都道府県の生産地域の主要害虫の発生ピーク日情報	【作物別の】 防除計画の策定、必要な資材の調達をあらかじめ行うことが可能
民間企業	主要害虫の発生ピーク日情報、予測確率	【システム・サービス開発利用】 webAPIとしてのシステム連携機能実装 他のwebAPIと組み合わせたサービス開発等

キ シミュレーションモデルと WebAPI について

本実証では、シミュレーションモデルを Python 言語でスクリプト作成し、パソコン上で実行環境を構築し予測結果を出力した。今後、シミュレーションモデルを簡易的に実行し、結果出力を行うためには、シミュレーションモデルを WAGRI にて公開されている「昆虫世代予測 API」のような API 仕様書の形に変換することが、アプリケーション開発に利用する手法の 1 つとなる。

(2) WebAPI を活用した病害発生予測

ア WebAPI の活用方法検討

WAGRI に公開される WebAPI の中でも、「水稻稲こうじ病診断 API」、「水稻紋枯病診断 API」はシステム連携を行うことで、ユーザが対象病害の発生予測シミュレーションを実行できる仕様となっている。API としての、アプリケーション開発への利用が期待される一方、上記で述べた結果を閲覧する想定ユーザによって情報の活用方法は異なるため、どのようなデータの入出力を行うことが適切か、協議を進める必要がある。

4.1.3 要素技術 3: アプリケーションを通じた予察情報収集発信（情報収集・発信の高度化）

本要素技術では、「平成 30 年度病虫害の防除に直結する発生予察体系への転換委託事業」にて開発された病虫害調査データ収集アプリケーションを活用して、病虫害防除所の発生予察調査業務における調査・データ集約から報告・発信まで業務の簡便化に向け、普及に向けた取り組みを実施するとともに水稻病害発生予測 API との連携を実施した。

(1) 病虫害調査データ収集アプリケーションの改善点

これまで各都道府県病虫害防除所から要望が多かった項目について要点を整理し必要に応じて、下記の通りの機能の刷新を実施した。

ア. GUI の改良

(ア) GUI の改良

ユーザインターフェースを改良することにより、より直観的・簡便に利用出来るシステムとした。メニュー構成をシンプルにすることで、「何をしたい」から迷うことなく操作可能とした。

(イ) マスタデータの取込改善

ニーズの高かった、アプリ使用時のマスタ整備の煩雑さの改善を実行した。各都道府県独自の調査項目（形式）に対応するため、フレキシブルなマスタ構成としたが、逆に初期導入時に煩雑且つ、時間を要することがネックであった。当年の改修では、マスタデータを Excel ファイルで入出力することが可能となり、多数のマスタデータを追加・変更する際に大幅な時間短縮が見込めるようになり、初期導入時のハードルを下げることに繋がった。

(ウ) WAGRI-WebAPI の連携

WAGRI-WebAPI より「イネ紋枯病」と「イネ稻こうじ病」それぞれの薬剤散布適期診断を PC 版アプリへ実装した。両 API は、アプリに登録された圃場を任意に選択し、それぞれの病虫害についての予測診断を行うことが可能である。API の実装により、調査により判明した情報に加えて、調査に先立って病害の発生予兆を診断し、調査時や情報発信の際の参考情報として利用可能となった。

(エ) 現況報告の「提出」機能の実装

毎月提出される「現況報告」について、従来の作成機能に加えて「提出」機能を実装した。入力した調査データより現況報告を「作成」し、そのまま「提出」まで可能となることでシステム内で一气通貫して、調査データを有効活用することが出来る。本機能の実装により、従来の作成・提出よりシンプルな手順で効率的な実務実行が可能になると考える。

(2) 病虫害調査データ収集アプリケーション普及に向けた取り組み実績

本アプリケーションの普及に向けて、24 府県が参加した説明会を開催するとともに、農水省が主催する研修において本アプリケーションの使い方について説明会を実施し、普及に努めた。

・病虫害調査データ収集アプリケーション説明会実績

・ 第一回説明会

日時：令和 3 年 10 月 22 日（金）

参加者：病虫害防除所、農業試験場、農林水産省、農政局等、47 名

・ 第二回説明会（病虫害防除所職員等中央研修として）

日時：令和 4 年 2 月 25 日（金）

参加者：病虫害防除所職員、93 名

- ・ 第三回説明会

日時：令和 4 年 3 月 14 日（月）-15 日（火）

参加者：病虫害防除所、農業試験場、農林水産省、農政局、普及センター等、151 名

5. 考察

5.1 発生予察新手法と現行手法の比較

我が国では、各都道府県の病虫害防除所が、国の指定有害動植物および各地域の重要病虫害を対象に、巡回調査、定点調査や病虫害の発生シミュレーションモデルなどによって、対象病虫害の発生状況を定期的に調査・予測し、その結果をもとに各地域に病虫害の発生予察情報（注意報や警報など）を公表している（難波, 2013）。発生予察の対象となっている病虫害については、各々の病虫害および関連する動植物の生態に合わせた発生予察手法がこれまで多く開発されてきた。

害虫に関する現行の巡回調査や定点調査では、すくい取り、予察灯やフェロモントラップのように害虫の発生状況を調査し、これにより、将来的な虫害発生を事前に各地域に警告することや虫害の被害拡大を防ぐことが可能になっている。また、虫害の発生状況について、圃場調査を定期的に行うことで、虫害の被害拡大を防ぐことが可能になっている。いずれの手法についても、防除所の調査員が定期的に圃場に訪れて、害虫や虫害を調査する。現行の巡回調査では、病虫害の専門的な知識および調査技術が必要とされていることに加えて、防除所の調査員が年々減少していることから、圃場調査の非属人化と効率化が必要とされている。

本事業で新たに提案した圃場調査の手法は、現行の手法と比較し、自動撮影カメラやドローンを用いることで、効率的に圃場調査を実施することが可能になり、また、AI を用いることで、取得したデータを効率的に解析することが可能になった。加えて、圃場調査の効率化により、現行の手法よりも多くの圃場に対して、より高頻度に圃場調査を実施することが可能になったため、より高度な発生予察情報を各地域に発信することが期待される(図 28)。

病虫害の発生シミュレーションモデルでは、病害の発生状況（発病株率など）を経時的に予測するものや害虫の発生世代時期を予測するものなどがある。これにより、病虫害の発生を事前に各地域に警告することが可能になっている。いずれのシミュレーションモデルも、気象データを用いて、モデルが開発されている場合が多く、これは、病虫害の発生生態に気象条件が深く関係しているためである。例えば、害虫の発生の時期は、アメダスの気温の平年値から有効積算温度を計算することで予測されており（田中, 2019）、また、現在は、1991～2020 年の気温の観測値から作成された平年値が利用されている（気象庁, 2021）。しかしながら、近年の温暖化の影響により、アメダスの気温の平年値と実際の気温がずれる場合があるため、シミュレーションモデルの適合性の再検証が必要とされている。また、現行の害虫の発生世代予測手法では、アメダスの観測地点から遠く離れた圃場ほど、アメダスの平年値と実際の気温の誤差が大きくなるという問題があるため、シミュレーションの各パラメータについても精査する必要がある。

本事業では、農研機構が提供している 1km メッシュ農業気象データの活用を提案しており、これにより、圃場単位の日別気象データを害虫の発生シミュレーションモデルのパラメータに入力することが可能になった。そのため、現行の手法と比較して、圃場の場所によらずシミュレーションモデルの適合性が向上する可能性がある。また、当データでは、気温の日別データの予報値（当日～26 日先）を提供しているため、1 ヶ月程度前に害虫の発生時期を予測する精度が現行の手法よりも高い可能性が考えられ、これにより、より効果的な防除計画を立案可能になることが期待されている（図 29）。

また、今後、AI の精度向上やシステムの構築等を実施していく必要があるが、本手法は現行の発生予察手法と比して、調査の省力化かつリアルタイムな発信が可能になることが期待される。

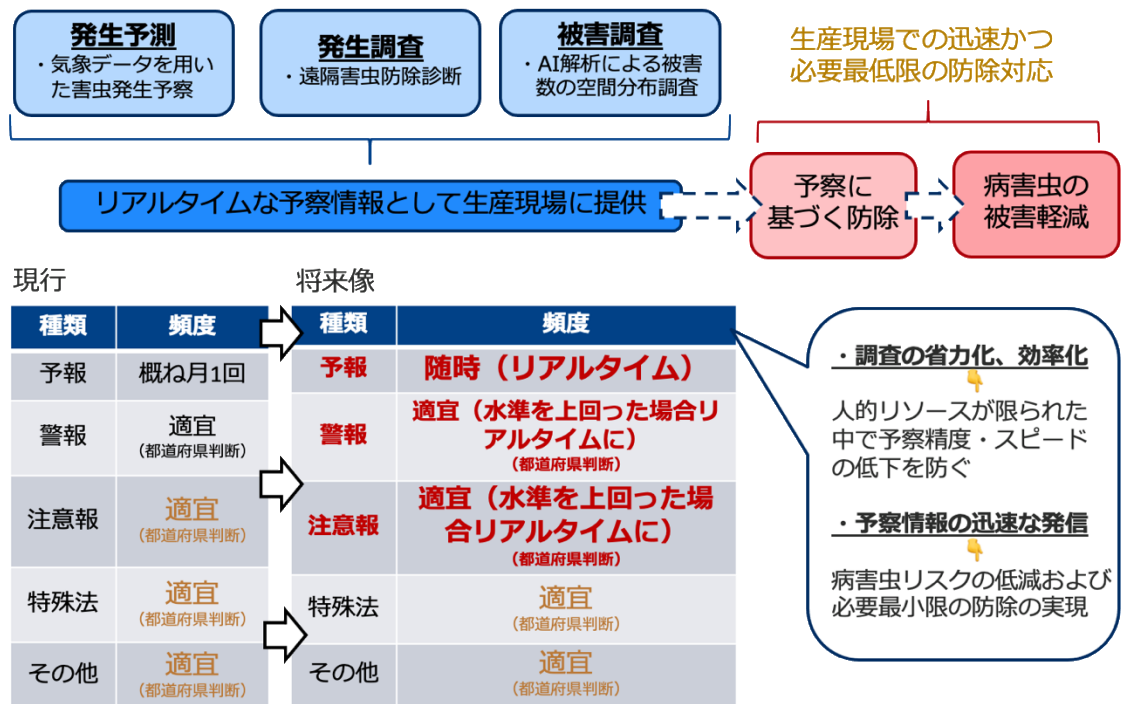


図 30. 新手法を用いた発生予察事業の将来像

5.2 害虫発生情報管理高度化のための一貫体系手法の検討結果

前項までの各要素技術について、それぞれで観測した情報は単独でも有効なものであるが、体系的な手法を採ることで、相互に情報を共有・活用ができ、さらなる価値を生み出す可能性を検討した。

遠隔防除診断技術は、特定害虫の誘殺数の日別データを取得し、世代の誘殺ピーク日を遠隔で確認することができることから、地域固有の害虫個体群と他地域から突発的に飛来してきた害虫個体群についての解析を行い、本情報は、害虫発生予測情報の精度向上にも寄与する可能性が考えられる。さらに、害虫の発生ピークの予測および実測データから、害虫の盛期に被害が大きいと見込まれる圃場にて、ドローンを用いて圃場被害数や被害の空間分布調査が可能となる。

遠隔害虫防除診断から得られる情報は「実測される点情報」、害虫発生予測技術から得られる情報は約1ヶ月前からの「予測」、AIによる被害数の空間分布調査から得られる情報は「実測される面情報」である。それぞれの情報の特性が異なるため、今後、互いの情報をうまく補完できるような体系については引き続き検討が必要である。

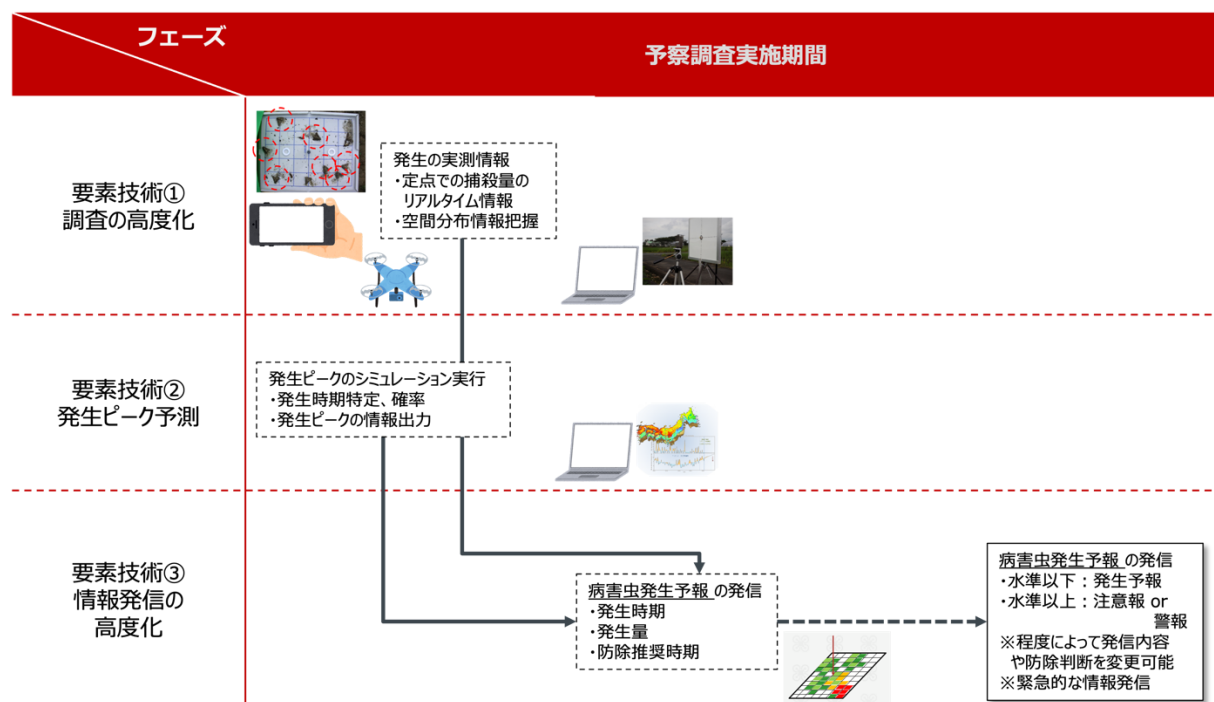


図 31. 要素技術の各調査手法の統合イメージ

5.3 新たな病虫害予察情報発信方法の検討結果

今回実証した各技術を用いた予察情報の発信方法について記載する。

・遠隔防除診断

遠隔から害虫の発生活消を確認できることから、地図上で発生の多少を表示することが可能であり、現行よりもより細かいエリアでの発生情報の発信が考えられる。本技術も速報レベルの発生情報をリアルタイムに生産者に発信することが想定される。

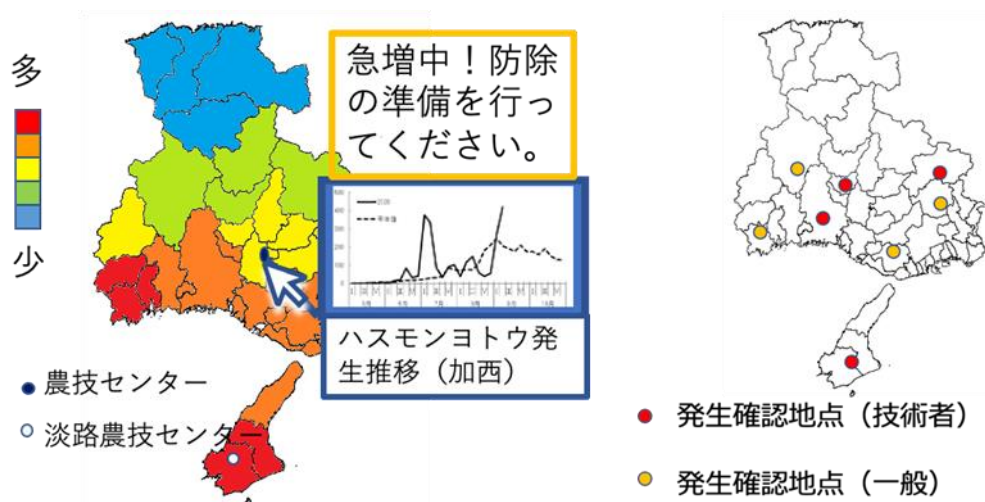


図 32. 地図上での情報発信案 (イメージ)

・AI による圃場被害数の調査技術

本技術により、現行の調査手法では困難だった広域での調査、また、発生数の定量的な調査が可能になると考えられる。そのため、現行の手法のように発生量を定性的に示すだけでなく、面積あたりの被害数などの定量的な情報発信が可能になる。

・シミュレーションモデルによる害虫発生予測技術

本技術では害虫の次世代、次々世代の発生時期の予測が可能であることから、ハスモンヨトウの成虫発生時期を「9月○半旬」もしくは「9月○半旬から○半旬」という形で情報発信が可能である。また、誘殺ピークの平年値がある場合は、発生時期が「平年並み」「平年より早い」「平年より遅い」等の予測情報の発信が可能である。さらにはこのような情報は 1km メッシュ気象データを用いることで、広域かつ 1km メッシュエリア別の発生ピーク予測情報を地理情報としての提供することが可能である。本技術によるシミュレーションを実行することで、発生時期の 1~2 ヶ月前に予測が可能であり、現行の方法と組み合わせることで発生情報の事前発信が実現できると考える。

現行	新手法
• 予報：概ね月1回 • 警報、注意報、特殊報、その他：適宜	• 予報：随時 • 警報、注意報：適宜(リアルタイム) • 特殊報、その他：適宜
例) 注意報 ハスモンヨトウの多発に注意 1 注意報の内容 病虫害名：ハスモンヨトウ 対象地域：県内全域 圃場侵入時期：6月中旬以降 発生量：多	例) 注意報 ハスモンヨトウの多発に注意 1 注意報の内容 病虫害名：ハスモンヨトウ 対象地域：A市〇〇、□□、×× B市××、C市〇〇 圃場侵入時期：6月17日頃 発生量：〇頭/株 〇%減収の可能性

図 33. 現行手法での情報発信と新手法で想定される情報発信案

5.6 本事業のまとめ

本報告書記載の技術、調査手法は、仕様書規定の対象技術の条件である

- 調査員が現地に出向く回数の削減
- 調査時間の短縮
- 遠隔地の発生状況の把握

について、AI の精度向上やシステム開発等の課題はあるが、予察精度・スピードを現在の人的リソースで維持、向上できるものと期待される。

継続して、上記定量項目に対する実証を継続しながら、実現場への技術導入を見据えた検討を行っていく。

6.参考文献

- 気象庁 (2021) : 平年値の更新について https://www.jma.go.jp/jma/press/2103/24a/1_houdouhappyou.ppd (2022 年 3 月 11 日アクセス確認)
- 坂神 (1981) : 有効積算温度の簡易な新算出法 “三角法” について 坂神 泰輔・是永 龍二 1981 年 25 巻 1 号 p. 52-54
- 田中 慶・大塚 彰・松村正哉 (2019) : メッシュ農業気象データシステムの予報値を利用したトビイロウンカの発生世代予測. 九病虫研会報 65 : 75-83.
- 難波 成任 (2013) : 植物医科学. 養賢社. 337p.
- 西野実 (2019) : 農研機構メッシュ農業気象データシステムとその病虫害分野での利用について
大野 宏之・西野 実・芦澤 武人 植物防疫 Plant Protection 第 73 巻第 2 号 (2019 年) 一般社団法人日本植物防疫協会
- 桐谷圭治 (2012) : 農業環境技術研究所報告 31:1~74
- 農林水産省 (2021) : 病虫害防除に関する情報
<https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/attach/pdf/index-6.pdf> (2022 年 3 月 15 日アクセス確認)
- 農業データ連携基盤 : <https://wagri.net/ja-jp/>
- 「昆虫世代予測 API」 : <https://wagri.net/ja-jp/wagriapi/methodinfo/891be8c1-3eac-4270-bf06-a30bd722f305> (2022 年 3 月 15 日アクセス確認)
- 「水稻稻こうじ病診断 API」 : <https://wagri.net/ja-jp/wagriapi/methodinfo/cc5c7bee-c4f5-4701-a18f-6c2312ed196b> (2022 年 3 月 15 日アクセス確認)
- 「水稻紋枯病診断 API」 : <https://wagri.net/ja-jp/wagriapi/methodinfo/3f4d35a7-1dc3-4882-9dc4-2a04ef51a69f> (2022 年 3 月 15 日アクセス確認)