

図19. 大豆の白変葉におけるAI検知数と見取調査結果の比較

- 全国の病害虫防除所での汎用性

大豆のハスモンヨトウによる被害葉はカメラ用ドローンの撮影画像からAIによる検知が可能であった。現段階ではドローンの撮影から検知までの通信や画像処理に時間を要するという問題があるが、今後改善されれば、ドローンとAIの活用により発生予察での巡回調査時間の削減につながる。また、ドローン撮影画像は、調査が困難な圃場中央部などの状態が明確になることや、AIを利用することで、面的に被害カ所が把握できることが利点である。面的なデータという特性を生かし画像に占める葉面積を算出することで収量を推定できる可能性もある。

(イ)ウコンノメイガによるダイズの葉巻の検知

i. 研究方法

- 調査場所

石川県農林総合研究センター内大豆圃場 7-6、10-9

- 耕種概要

表8. 耕種概要

	7-6 (13a)	10-9 (2a)
品種	里のほほえみ	里のほほえみ
栽植密度	株間15cm、条間70cm	株間15cm、条間70cm
播種日	6/1播種	6/1播種
もしくは移植日	(うね立て同時播種)	(うね立て同時播種)
	7/28	
防除日	クロラントラニリプロール 水和剤	無防除

- 調査時期  
7月20日～8月19日（約7日間隔で計5回）
- ドローンによる空撮  
使用ドローン：Phantom4 Pro（DJI社）  
撮影条件：高度5m、8m、ISO200（感度）、  
シャッター速度1/1600
- 葉巻検知AIの開発のための教師データの収集  
大豆圃場をドローンにより空撮し、撮影画像をAI学習の教師データとして株式会社オプティムに送付。184枚の画像データをAIの追加学習に利用し、23枚の画像データを用いて精度の検証を行った。
  - AI検知調査区の設置：2m/畝×6か所/1圃場
  - 調査項目：苗立数、草冠高（調査区内3か所の平均）、葉巻数、葉巻高
- AI検知葉巻数と見取り葉巻数の比較  
AIの実用性を評価するため、調査区をホバリング撮影した画像を用いて、AI検知葉巻数と見取り調査による葉巻数を比較した。

## ii. 結果と考察

- 見取り調査では、7月第5半旬から葉巻の増加が見られ、無防除の10—9圃場では8月第3半旬にピークが見られた。7—6圃場は7/28に防除を実施したため、その後低密度で推移した（データ略）。
- 株全体の葉巻数と株上部10%の葉巻数には相関が見られた（図20）。
- AIが葉巻として検知したもののうち実際の葉巻を拾った割合（適合率）は31.6%、実際の葉巻のうちAIが葉巻として検知できた割合（再現率）は33.3%となった。F値（適合率と再現率の調和平均）は32.4%となった（データ略）。
- 見取り葉巻数とAI検知葉巻数を比較したところ、撮影高度5m、8mいずれにおいても、調査期間を通して相関は見られなかった（図21）。見取り葉巻数の少ない7—6圃場ではAI葉巻数>見取り葉巻数となる傾向が見られ、過剰検知が多くなった。見取り葉巻数の多い10—9圃場ではAI葉巻数<見取り葉巻数となる傾向が見られ、見落としの発生と、葉巻の増加に伴い株内部の上空から見えない葉巻が増加したためだと考えられる。
- AIによる見落としは一定数発生しているものの、学習量を増やすことで改善が期待される。一方、過剰検知は、めくれた葉裏や茎、縦になった葉、葉の影、雑草等を葉巻と誤検知する傾向が見られ、これらは葉巻と色や形にほとんど違いが見られない場合があるため、識別が困難だと考えられる（図22）。

以上の結果より、ドローンによる空撮画像からA I が葉巻を検知することができたものの、過剰検知と見落としも同程度発生した。しかし、株全体の葉巻数と株上部の葉巻数には相関が見られたことから、A I の検知精度が向上すれば、ドローン空撮画像とA I を用いて圃場内の葉巻被害を把握することは可能だと考えられる。

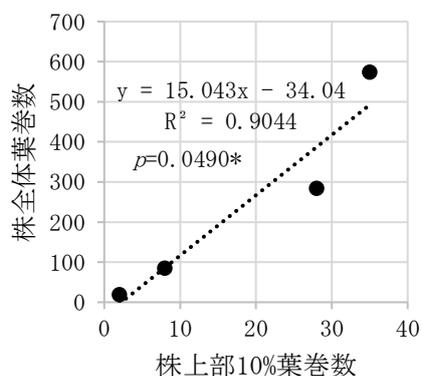


図20. 株全体の葉巻数と株上部10%の葉巻数(10-9圃場)  
各調査日における圃場全体平均  
\*:  $p < 0.05$  で有意差があることを示す

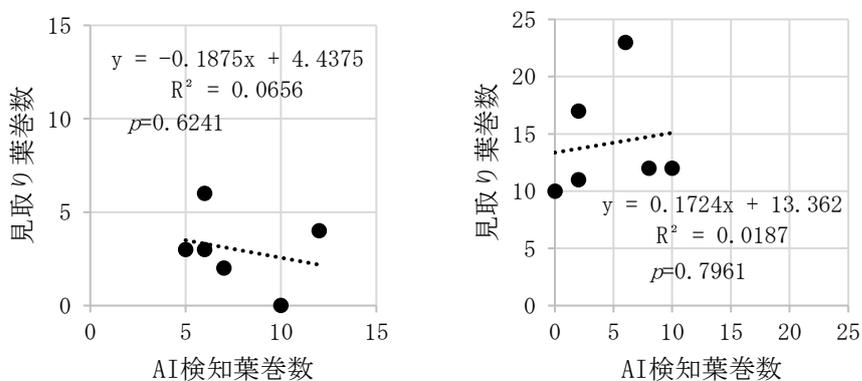


図21. 見取り葉巻数とA I 検知葉巻数の比較  
(左: 7-6圃場、右: 10-9圃場)  
7/27調査、高度5m、調査地点平均



図 2 2. A I 検知葉巻（赤枠が正解葉巻、赤丸が A I 検知葉巻）

(ウ) イネ縞葉枯病の検知

i. 研究方法

兵庫県加西市の兵庫県立農林水産技術総合センター内の水稲圃場にて、ドローン（D J I 社製 P h a n t o m 4 P R O）を用いて、水稲再生株を空撮した。秋季に水稲再生株で縞葉枯病の発病を検知できれば、翌年における縞葉枯病の発生リスクを予想することができる。本検証は、空撮画像から被害の把握の可能性を探るための試験的な空撮であり、縞葉枯病についての A I の開発は行っていない。

表 9. 撮影時の設定

設定箇所	項目	条件	
フライト設定	高度	8m	
	速度	5m/s	
	オーバー	進行方向	90%
	ラップ率	飛行ライン	68%
	撮影時モード	ホバリング	
	アングル	90°	
カメラ設定	モード	S	
	ISO	200	
	シャッタースピード	1/1600	
	EV値	0	
	WB	AWB	

ii. 結果と考察

再生株は葉身が小さく、真上からの撮影（カメラ角度 90°）では低空の高度 8 m でも稲株の判別が難しかった（図 2 3）。しかし、斜めからの撮影では株の判別が比較的容易であることから、より撮影方法を改良することで再生株での検出の可能性は残されている（図 2 4）。水稲再生株のような小さな植物体は、ドローンでの撮影方法としてカメラ角度などを検討する必要性が明らかになった。イネ縞葉枯病の発生予察においては、水稲再生株の時期での発生把握は次年度の発生を予測する上で有用であるため、さらなる検討を要する。



図 2 3. ドローンで撮影した水稻再生株(地上 8 mカメラ角度 90°)



図 2 4. ドローンで撮影した水稻再生株(地上 8 mカメラ角度 50°)

#### 4.1.2 要素技術 2 : 発生予測シミュレーションモデルを活用した病害虫発生予測 (発生予測の高度化)

気候変動および異常気象により病害虫の発生トレンドが変化しており、病害虫の発生予測もその変化に対応することが求められている。そのような状況下で予測精度を向上させるためには、県域全体を一律とした予察情報ではなく、気象条件などを背景とした地域ごとの予察情報の提供が必要である。しかし、発生予測にかかわる人的リソースは限定されているため、効率的に気候変動に対応した発生予測を展開する対策の一つとして、気象データや病害虫の生態パラメーターから、病害虫の発生を中長期的に予測するシステムの開発が必要である。要素技術 2 では、気象データを利用してハスモンヨトウの発生時期を 1 か月程度前から予測できるシステムを開発すること及び、ハスモンヨトウの有効積算温度等を活用して本種の発生時期の予測の可能性とその精度について明らかにすることを目標に、予測システムの開発を行った。

##### (1) フェロモントラップを用いたハスモンヨトウの捕獲消長データの蓄積

###### i. 研究方法

三重県内の 3 地点 (四日市市、鈴鹿市、松阪市) のダイズほ場の畦畔に、ハスモンヨトウのフェロモントラップを設置し捕獲消長を調査した。誘引剤にはフェロディン S L (住友化学) を用い、トラップには住化式乾式トラップ (住友化学) を用いた。

調査は原則として7日間隔で行い、トラップ内のハスモンヨトウ成虫捕獲数を計数した。

また、上記3地点に加え、7地点（津市（2地点）、松阪市（2地点）、多気町、伊勢市、玉城町）にハスモンヨトウのフェロモントラップを設置し、9月初旬からの3週間捕獲数を調査し、設置地域の地理条件との関連を解析するための調査データの蓄積を行った。なお、対照として同じ10地点にホソヘリカメムシのフェロモントラップを設置し、同じ時期の捕獲数を調査した。

## ii. 結果と考察

予測精度に有利な有効積算温度と発育零点を探索したところ、Miyashita（1971）の有効積算温度526.3日°Cと発育零点10.3°Cの組み合わせが、他の研究事例での有効積算温度と発育零点の組み合わせよりも予測に有利と考えられた（図25）。

また、有効積算温度520日°C、525日°C、530日°C、発育零点10.3°Cの条件で有効となる発育条件温度、発育零点についても探索したところ、有効積算温度525日°Cの予測精度が高い傾向が見られ、特に発育上限温度29°C、発育停止温度38°Cの組み合わせが予測を向上させると考えられた（図26）。

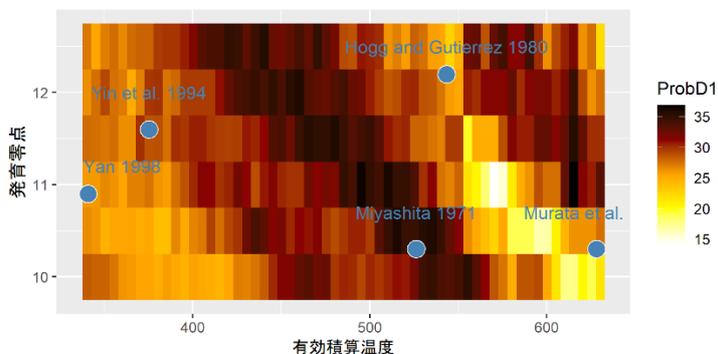


図25. 発育零点と有効積算温度の組み合わせごとに算出した予測精度のヒートマップ  
予測精度：予測日が実測日±2.5日以内になる確率

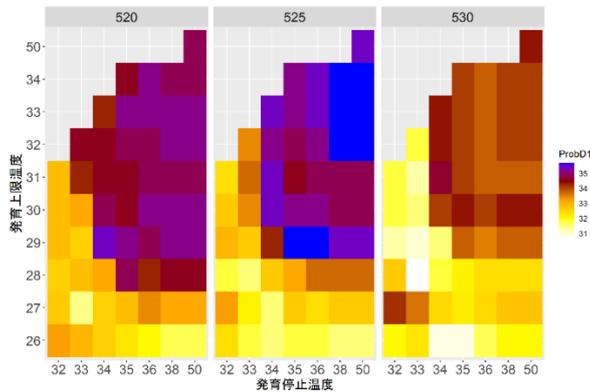


図 2 6. 发育上限温度と发育停止温度の組み合わせごとに算出した予測精度のヒートマップ  
 予測精度：予測日が実測日±2. 5日以内になる確率

(2) 三重県以外のフェロモントラップデータを用いた検証

i. 研究方法

石川県（2地点）、大阪府（1地点）、兵庫県（2地点）、愛媛県（7地点）、三重県（1地点）のハスモンヨトウのフェロモントラップデータを用いて、有効積算温度シミュレーションの精度検証を行い、精度を低下させる要因について検討を行った。

ii. 結果と考察

石川県（2地点）、大阪府（1地点）、兵庫県（2地点）、愛媛県（7地点）、三重県（1地点）の合計13地点のフェロモントラップデータ（2018年～2020年，表10）を用いて、全捕獲ピークから網羅的に有効積算温度シミュレーションの検証を行った（図27）。13地点の予測精度の検証の結果、三重県での予測よりも予測精度が劣る調査地点が認められた（表11）。捕獲数が少なく明瞭でないピークから実行したシミュレーションでは予測精度が低い傾向が認められたため、起算日となるピークの条件を「20頭以上／5日間かつ鋭角なピーク」とした。

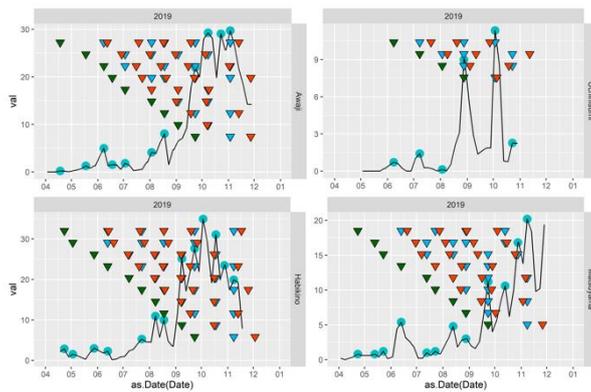


図 27. 有効積算温度シミュレーションの結果の一例  
 緑色▽：起算日、オレンジ▽：予測日、水色▽：実測日、  
 実測日は予測日に最も近いピーク日

表 10. 供試データの概要

府県名	地点名	トラップの種類	データ内容
石川県	内日角	粘着板	5 日間隔捕獲データ
	湖北	粘着板	5 日間隔捕獲データ
大阪府	羽曳野	粘着板	5 日間隔を基本とした捕獲データ <sup>1)</sup>
兵庫県	加西	ファネル	5 日間隔捕獲データ
	あわじ	ファネル	5 日間隔捕獲データ
愛媛県	四国中央	住化乾式	5 日間隔捕獲データ
	西条	住化乾式	5 日間隔捕獲データ
	松山	住化乾式	5 日間隔捕獲データ
	伊予	住化乾式	5 日間隔捕獲データ
	大洲	住化乾式	5 日間隔捕獲データ
	西予	住化乾式	5 日間隔捕獲データ
	愛南	住化乾式	5 日間隔捕獲データ
三重県	松阪	住化乾式	5 日間隔捕獲データ

1) 粘着板に捕獲上限を超える場合に随時、捕獲数の調査を実施

表 1 1. 各調査地点における予測精度の検証結果

府県名	地点名	n <sup>1)</sup>	実測日ー予測日が以下の範囲内になる確率 (%)	
			5日間以内	15日間以内
石川県	内日角	14	21.4	64.3
	湖北	18	16.7	61.1
大阪府	羽曳野	29	44.8	79.3
兵庫県	加西	23	34.8	82.6
	あわじ	21	14.3	61.9
愛媛県	四国中央	27	40.7	88.9
	西条	14	0.0	57.1
	松山	25	36.0	60.0
	伊予	25	20.0	68.0
	大洲	24	29.2	70.8
	西予	21	28.6	57.1
	愛南	25	40.0	60.0
三重県	松阪	26	38.5	76.9

1) シミュレーション実行回数

(3) 台風等の影響による突発的な捕獲増加事例のデータ整理

i. 研究方法

台風等の気象要因により他地域の個体群が移入する場合などにおこるフェロモントラップへの急激な捕獲の増加は有効積算温度シミュレーションでは予測できないため、これらの突発的な捕獲事例のデータ整理を行った。

ii. 結果と考察

供試した全ての捕獲消長データについて台風の影響と捕獲ピークの間関係を整理した。気象庁ウェブサイトの「過去の台風資料」から台風経路図を参照して、以下の基準のとおり三重県の過去40年間の捕獲消長データおよび三重県外の捕獲消長データに台風の影響の情報を加え、それぞれの捕獲ピークが台風の影響による突発的な捕獲かどうかの判断に用いた。その結果、基準の1～4の状況が確認された月日は7月から10月にかけての突発的な捕獲と考えられるピーク日と一致するケースが多いことから、台風が接近あるいは上陸して最大瞬間風速15m以上となった時期に認められる明瞭捕獲ピークは予測できない突発的な捕獲であったと判断した。

有効積算温度シミュレーションの起算日を「20頭以上/5日間かつ鋭角なピーク」が確認された日としたうえで、検証用データから台風による突発的な捕獲の影響が大きいデータを除去して精度検証を行った場合、予測精度は向上した。また、発育上限温度32℃、発育停止温度38℃をパラメーターとして加えた場合がより精度が高く適切と考えられた(表12)。

○台風等の影響の基準

1. 台風が上陸通過して最大瞬間風速 20 m以上
2. 台風が上陸通過して最大瞬間風速 15 m以上、20 m未満
3. 台風が接近して最大瞬間風速 20 m以上
4. 台風が接近して最大瞬間風速 15 m以上、20 m未満
5. 台風が上陸して最大瞬間風速 15 m未満
6. 台風が接近して最大瞬間風速 15 m未満
7. 台風の上陸、接近はないが最大瞬間 20 m以上
8. 最大瞬間風速 15 m未満

表 1 2. 図 2 8 の予測手順に発育上限温度と発育停止温度の組み合わせによる予測精度の比較

パラメーター		予測 1)	次世代		次々世代	
発育上限 温度	発育停止 温度		5日以内	10日 以内	5日以内	10日 以内
29℃	35℃	①	52.2	63.0	43.5	63.0
		②	53.4	75.9	—	—
32℃	38℃	①	50.0	69.6	37.0	71.7
		②	50.0	75.9	—	—
34℃	50℃	①	52.2	69.6	37.0	71.7
		②	50.0	75.9	—	—

1) 図 2 8 を参照

(4) 有効積算温度シミュレーションを利用した発生時期予測方法の検討

i. 研究方法

シミュレーションの精度検証結果等を踏まえて、ハスモンヨトウの発生時期予測方法を検討し提案した。そして、提案した予測方法を行った場合の予測精度の検証を行った。

ii. 結果と考察

ダイズのアサヒハスモンヨトウの発生予察を考慮すると、8月下旬から9月の発生増加時期を早期に把握できることが、その後の防除時期を検討するために重要となる。そこで、予測の目的を「8月下旬～9月のアサヒハスモンヨトウの発生時期予測」と再定義して、予測精度を考慮したうえで、具体的な予測方法を取りまとめた(図 2 8)。この方法に従った場合の有効積算温度シミュレーションの予測精度は向上した(表 1 3)。

表 1 3. 考案した予測方法に従った場合の予測精度

供試データ	予測	次世代		次々世代	
		7日以内	10日以内	7日以内	10日以内
三重県データ	①	56.5	69.6	56.5	71.7
	②	58.6	75.9	—	—
5府県13地域 データ	①	46.8	57.5	35.6	68.9
	②	50.0	55.6	—	—

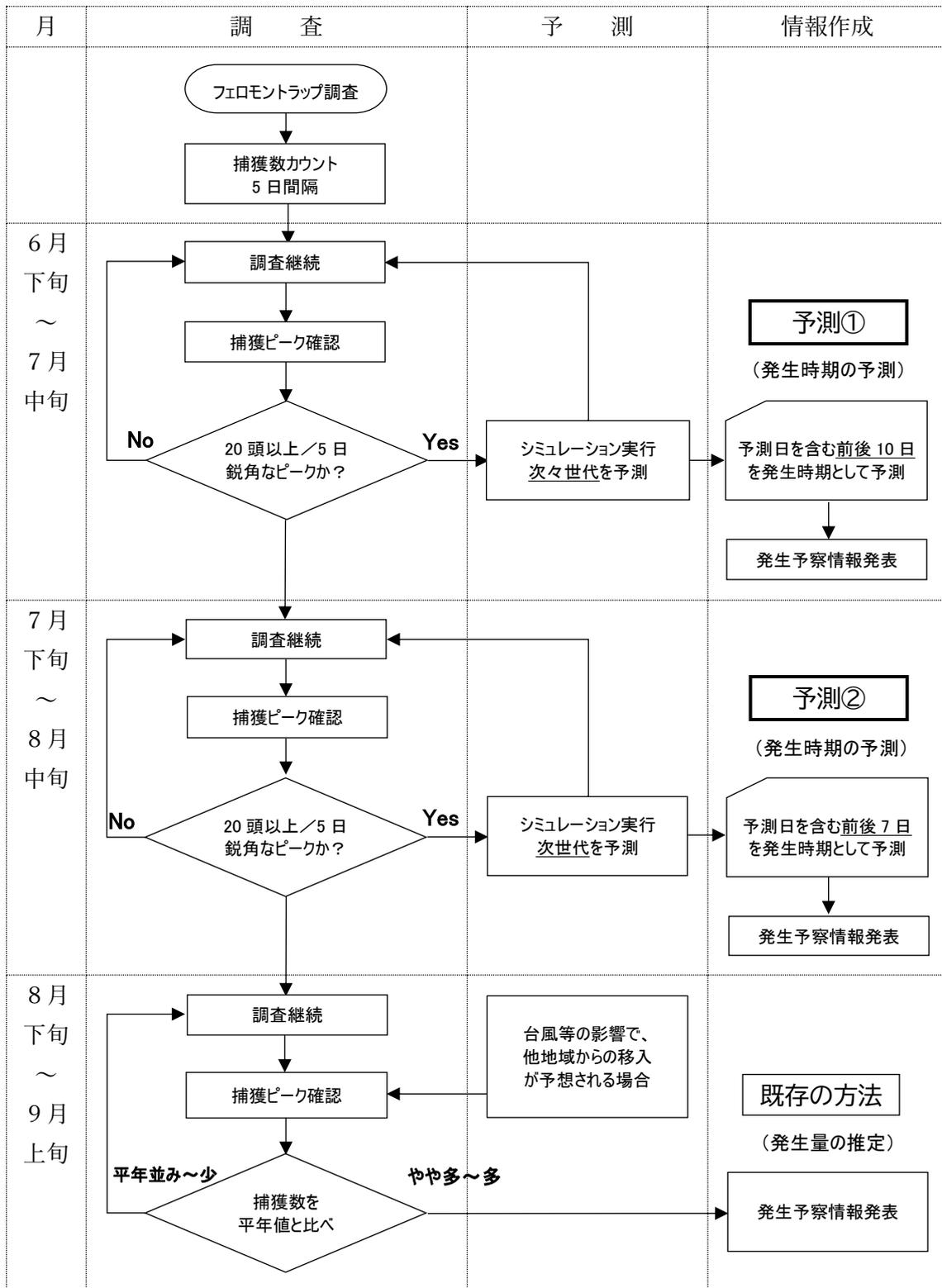


図28. 8月下旬～9月のハスモンヨトウ発生時期の予測方法