

第Ⅶ部門

移流拡散モデルを用いたカメムシによる果樹食害シミュレーションに関する研究

和歌山大学システム工学部 学生員 ○元森ひろ子

和歌山大学システム工学部 正会員 谷川 寛樹

和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所 森下 正彦

和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場 法眼 利幸

1. はじめに

1970年代以降からカメムシによる果樹への被害が全国で発生するようになり、各地で問題となってきた。特に、和歌山県はカキやモモなどをはじめとして、全国でも有数の果樹の生産地であるため、カメムシによる果樹の被害は深刻なものとなっている。多発年では10～30億円にもものぼる被害の発生が報告されている¹⁾。

カメムシ類の増殖源は主にスギ・ヒノキの球果である。スギ・ヒノキの当年球果量が多いと翌年の果樹カメムシ類の被害が多いという傾向がある²⁾。スギ・ヒノキの球果量と果樹カメムシ類の発生量との間に高い相関があることは広く認められてきている。果樹カメムシ類の発生量や被害時期の予測は果樹防除における重要な課題であり、生産者からは発生予測の強化が求められている。

本研究では、カメムシが果樹園に飛散する様子を移流拡散モデルとしてモデルの構築を行う。構築されたモデルを用いて被害の予測シミュレーションを行い、カメムシによる果樹被害防除につなげることを目的とする。また、その結果をマップ上に表示することにより、生産者等に結果を明確に提示することを目的とする。今回は、カメムシによる最も大きな被害を受けている和歌山県の主要品目の一つであるカキを対象とし、現地データの整備が進んでいる和歌山県紀ノ川流域をケーススタディ地域に選定する。

2. 拡散方程式を用いたシミュレーションの概要

本研究で行う一次元シミュレーションの流れを図1に示す。拡散とは、自然界において集中していた物理量が不規則な運動をしながら広がっていく現象いう。特に風や水などの媒体を通して拡散していく現象を移流拡散と呼ぶ。今回は、カメムシがスギ・ヒノキ林から果樹園に飛散してくる様子を移流拡散とし、一次元において下記の移流拡散方程式に当てはめ、被害の推計を行う。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

ここで、C：物質濃度、D：拡散係数、v：流速である。これをカメムシの拡散に置き換えた場合、Cは本来ならばカメムシの発生量と考えられる。しかし、カメムシの発生量を調査することは、労力的、時間的により困難である。今回は被害の量として、被害果率で代替する。被害果率とは、任意の果実90個に対し、カメムシの被害の有無を調査し、被害のあった個数を比率で表したものである。vは風速を用いる。拡散係数の決定方法として、水の流れの場合などにおいては、ある地点の濃度の時間変化を測定する実験によって求めることができる。しかし、カメムシの場合、ある地点の被害果率の時間変化を調査することは労力的に困難である。今回は、かき・もも研究所が被害果率を調査した地点と調査した日付をもとに拡散係数を決定する。方法として、スギ・ヒノキ林が果樹園に隣接しているような地点を選定する。選定した地点からスギ・ヒノキ林までの距離を計測する。計測されたスギ・ヒノキ林までの距離と被害果率を調査した日付を用いて、調査した日付に計測された距離で被害果率が合うように拡散係数を逆推計し、各年の拡散係数を決定する。また、今回は、(1)式を有限差分法を用いて解く。

有限差分法を用いる場合、条件の設定を行わなければ計算が行えないため、条件の設定を行う。条件の設定について以下にまとめる。

初期条件：全地点での初期値を設定する。カメムシの場合、増殖源はスギ・ヒノキ林なので、スギ・ヒノキ林では全ての球果が被害を受けていると仮定し、その地点の被害果率を100%とする。スギ・ヒノキ林以外の地点については、まだ、被害の発生がないと仮定し、0%とする。

境界条件：スギ・ヒノキ林および、スギヒノキ林から

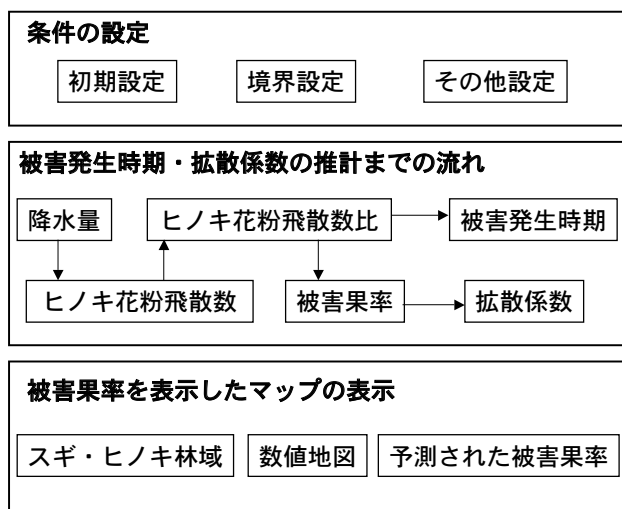


図1 マップを用いた拡散モデルの構築

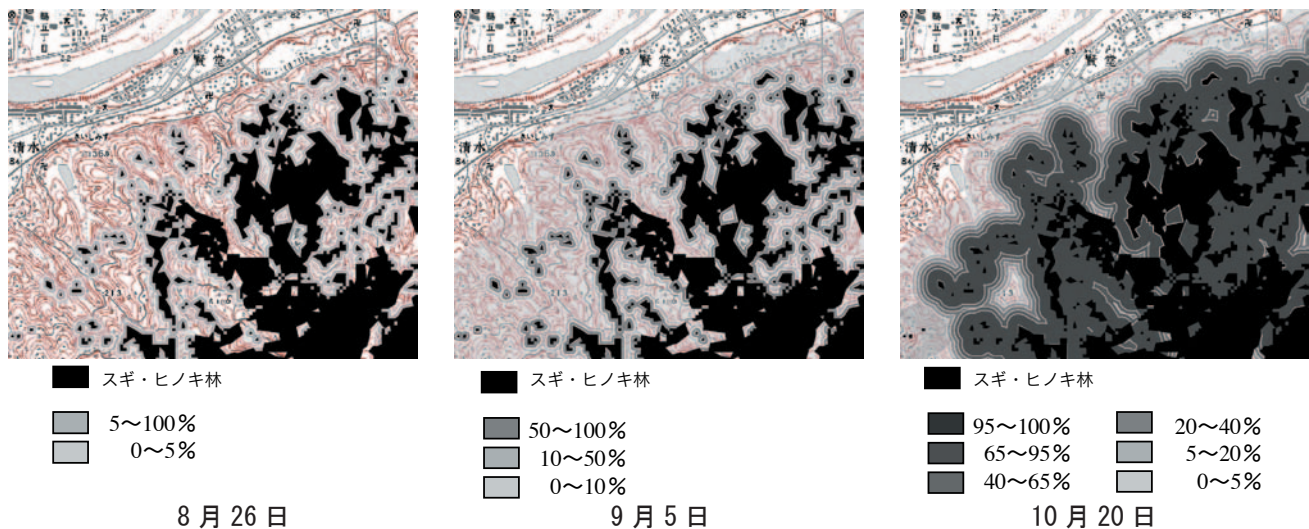


図2 被害予測マップ

最も離れた地点における被害果率を設定する。スギ・ヒノキ林では常に球果が被害を受けていると仮定して、被害果率を100%とする。スギ・ヒノキ林から最も離れた地点では被害の発生がない状態と仮定し、被害果率を0%とする。また、スギ・ヒノキ林から最も離れた地点までの距離は、カメムシが1日に飛ぶことができる距離である5000m³⁾に設定する。

その他設定:有限差分法を用いる際、差分格子間隔(Δx)と差分時間間隔(Δt)を設定する必要があるが、今回、差分格子間隔を20m、差分時間間隔を1日として推計を行う。風速は、8月の平均風速1.7m/sを用いて推計を行う。

次に、各データの相関関係を用いて拡散係数と被害発生時期の推計を行う。降水量は翌年の花粉飛散数に影響を与えることがわかっている⁴⁾。花粉飛散数の変化は球果量の変化にもつながっている。そのため、カメムシの主食であるスギ・ヒノキの球果量の変動が果樹園に飛来する時期に影響を与えられられる。そのため被害発生時期の推計を行う必要になる。また、拡散係数も被害の大きさにより変化するので推計を行う必要がある。各データの相関関係は以下ようになる。 n は推計を行う年を表す。

① $n-2$ 年の6~8月の降水量(X_1 :mm)と $n-1$ 年のヒノキの花粉飛散数(Y_1 :個/cm²)

$$Y_1 = -0.000143 X_1^{-2.09} \quad (r=-0.812, p<0.01, n=17) \quad (2)$$

② n 年のヒノキの花粉飛散数比(X_2 :当年/前年)と n 年の被害果率(X_2 :%)

$$Y_2 = 0.9147 X_2^{-0.3857} \quad (r=-0.742, p<0.01, n=10) \quad (3)$$

③ n 年の被害果率(X_3 :%)と n 年の拡散係数(Y_3)

$$Y_3 = -6067 X_3^{0.2691} \quad (r=0.714, n=8, p<0.01) \quad (4)$$

④ ヒノキの花粉飛散数比(X_4 :当年/前年)と被害発生時期(Y_4)

$$Y_4 = -0.1701 X_4^{0.3071} \quad (r=0.934, n=9, p<0.01) \quad (5)$$

推計された被害発生時期と拡散係数、条件を合わせて、(1)式を用いて被害の推計を行う。

3. 推計結果

相関関係を用いて2006年の推計を行った。相関関係を用いて被害発生時期、拡散係数の推計を行った結果、

拡散係数: -13.00, 被害発生時期: 8月25日となる。拡散係数、被害発生時期の推計結果と各条件をもとに、(1)式を用いて被害果率の推計を行った。推計結果をGIS(地理情報システム)上で数値地図(1998年:国土地理院発行)と土地被覆分類図からスギ・ヒノキ林を抜き出したものを重ね合わせる。さらに、予測される被害果率ごとに色を分けて表示する。大きな被害が予測される地域ほど色が濃くなっている。結果を図2に示す。

4. まとめと今後の課題

一次元の拡散方程式を用いて、カキの被害予測をシミュレーションを行ったが、気象からカメムシ発生量、カメムシ発生量から被害の予測を行い、拡散方程式を用いて被害が拡散する様子をマップ上に表示することができた。

今後の課題として、今回は一次元において拡散モデルの構築を行ったが、二次元、三次元にモデルを広げていく必要がある。また、マップの精度を上げるために、被害果率に影響を与える農薬の使用状況や移流拡散モデルに必要になると考えられるスギ・ヒノキ林でのカメムシの発生量、被害果率の調査地点でのカメムシの発生量等の調査を行う必要がある。

参考文献

- 1) 和歌山県:平成15年度戦略的研究開発プラン採択案件一覧,2003
- 2) 梅谷敏二:果樹におけるカメムシ類の多発被害(続報),植物防疫,30(4),133-141,1976
- 3) 愛知県農業総合試験場環境基盤研究部病虫害防除グループ,あいち病虫害情報,2005
- 4) 伊藤宏樹,清野嘉之:近畿地方におけるスギの成長と気象要因との関係,日林関西支論2,pp139,1993