

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月30日現在

機関番号：82104
研究種目：若手研究（B）
研究期間：2011～2012
課題番号：23780052
研究課題名（和文） 個体ベースモデルによるランドスケープレベルの作物病害の拡散動態推定
研究課題名（英文） Diffusion dynamics estimation of plant disease on landscape level by Individual Based Model
研究代表者 小堀 陽一（KOBORI YOUICHI） 国際農林水産業研究センター・熱帯・島嶼研究拠点・主任研究員 研究者番号：50414628

研究成果の概要（和文）： 昆虫によって媒介されるカンキツグリーニング病を材料とし、ランドスケープレベルでの病気の拡散動態を計算するシミュレーションモデルを開発した。シミュレーション結果から、カンキツグリーニング病の拡散を抑制するためには、近隣の生産者らが共同で防除を行うことが重要であることが示唆された。また、共同防除の手段として、殺虫剤を用いた媒介虫防除が有効である可能性が高いが、十分な効果を得るためには、家庭果樹園などにおける防除漏れを防止することが重要であることが示唆された。

研究成果の概要（英文）： We developed a simulation model to estimate the spread dynamics of citrus greening disease (Huanglongbing, HLB) as an example of plant disease diffusion estimation on landscape level. The simulation results suggested that the cooperative control by the neighboring farmers was important to the HLB management. The vector control by the pesticide treatment was considered an effective tool to prevent the HLB spread. In addition, our simulation results suggested that the avoidance of pesticide treatment omission at the small orchard like home garden was important factor for obtaining the enough effect of the chemical control.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：応用昆虫学

科研費の分科・細目：農学・応用昆虫学

キーワード：害虫管理、植物病理、カンキツグリーニング病、ミカンキジラミ、シミュレーション、共同防除

## 1. 研究開始当初の背景

昆虫により伝搬され感染後の治療が不可能な作物病害の被害が世界的に拡大している。その中でも、ミカンキジラミが伝搬する細菌によって引き起こされるカンキツグリー

ニング病は、世界規模の被害拡大が続いており防除対策の確立が急務となっている。カンキツグリーニング病のような、感染後の治療が不可能である虫媒性作物病害の被害を軽減させるためには、未侵入地への侵入およ

び定着を防止することに加え、まん延している地域において媒介虫の移動分散様式などの生態に基づき適切な防除を行う必要がある。

媒介虫の移動分散などを定量的に評価し、そのリスクに基づいた防除法を策定するためには、数理モデルの利用が有効である。しかし、既存の格子モデルの考え方に基づく拡散動態モデルは、個々の昆虫の媒介能力の違いや圃場内の個々のカンキツ樹の伝染源能の違いを組み込むことが出来ないため、これらを一定値に固定する必要があった。また、媒介虫の移動分散が隣接セルに限定されてしまう問題もあった。その結果、極めて単純化した系での検討しか行えず、現実とのかい離が大きかった。それに対して研究代表者らは、近年、数理生態学的な視点から着目されている「個体ベースモデル」の考え方にに基づき、個々の媒介虫、宿主に媒介能力や伝染源能を属性として与えることが可能なモデルを開発した。その結果、各個体の行動をより現実に近い状態でシミュレートした結果の累積から、任意の圃場内のカンキツグリーン病の拡散動態を予測できるようになり、本モデルを用いて媒介虫に対する既存の防除法を組み合わせたときの相乗効果を検討することで、これまでより合理的なカンキツグリーン病の防除法を提案することができた。

## 2. 研究の目的

研究代表者らが開発した上記のモデルは、現実の圃場における拡散動態を再現し、現実的な防除法を組み込んでその効果を検討できるものであった。しかし、予測可能な範囲は単一の圃場のみであり、産地全体、すなわちランドスケープレベルでの拡散動態の予測は不可能であった。一方、研究代表者らがこれまでに開発したモデルの計算結果は、カンキツグリーン病の伝搬能を持った媒介虫が恒常的に侵入してくる圃場では、現実的に実施可能な最も合理的な防除手段を講じても、その効果はまん延状態に至るまでの期間を長期化するに留まり、まん延を阻止できないこと、つまり、各圃場単位の防除には限界があることを示すものであった。同様の結果は、カンキツグリーン病の激発地のひとつ、ベトナムメコンデルタ地域での圃場調査からも得られている。このような場合、地域の生産者による共同防除および広域防除によって地域全体の媒介虫密度を低下させる事が、地域全体のまん延阻止に有効である可能性が高い。しかし、ランドスケープレベルである産地全体を対象とした防除実験を様々な組み合わせで実施することは時間的・労力的にも困難である。

そこで本申請研究では、研究代表者らがこれまでに開発したモデルを発展させ、ランドスケープレベルでカンキツグリーン病の拡散動態をシミュレートできるモデルを開発し、それを用いて地域全体でのカンキツグリーン病の合理的な防除法を提案することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) モデルの開発と検証

既存のモデルを発展させ、2次元平面上に配置した寄主植物に寄生するミカンキジラミ全個体を区別したうえで、それぞれの位置・年齢・病原細菌保毒の有無・生死・産子数を時間経過とともに記録し、その総和としてミカンキジラミ個体群および罹病樹の分布域がどのような拡がりを示すかを、ランドスケープレベルで出力できるプログラムを開発した。プログラムは Visual Studio 2010 (Microsoft 社製) を用いて C 言語で記述した。テキストファイルで出力された計算結果を解析するソフトとして、Mathematica8 (Wolfram 社製) を用いた。モデルを構築するために必要となるパラメータは、研究代表者らの研究成果も含めて既に論文等で公表されているものを用いた。

シミュレート結果と現実の圃場における拡散動態を比較検証し、必要に応じてパラメータの再検討を行った。現実の圃場内・圃場間の拡散動態については、研究代表者と研究協力者らの共著論文 (Kobori et al., 2011) を含む既知の知見のほか、小規模圃場における拡散動態に関する研究代表者の研究データを利用した。

### (2) 地域全体でのカンキツグリーン病の合理的な防除法の検討

開発されたモデルを用いて、ランドスケープレベルでカンキツグリーン病の拡散を抑制できる可能性が高い防除手段の組み合わせを検討した。具体的には、本病の激発地のひとつであるベトナムメコンデルタ地域における一般的な産地を参考とし、各圃場に 2.5m 間隔で 25 本の樹が定植され、圃場間が 62.5m となっている仮想産地をモデルで再現した。媒介虫については、任意の 1 圃場内に 5000 頭存在する条件から計算を開始させた。上記の初期条件に、想定される状況ごとに様々な条件を加えてシミュレーションを繰り返し、結果を解析した。

## 4. 研究成果

野外データとの適合性を確認したモデルを用いたシミュレーション結果から、生産地単位での共同防除の重要性を示すとともに、有効な防除法の候補を検討した。

(1) 保毒虫による病気の侵入と拡散

病気がまん延し、媒介虫が生息する圃場が近隣に存在する場合、その地域で無病苗を使用した新植圃場を開設しても、病気は1~3年以内に侵入し、その後まん延する可能性が高いことが予測された(図1)。この結果から、近隣からの保毒虫の侵入がある条件では、無病苗を定植してもその効果は限定的である可能性が高いと考えられた。

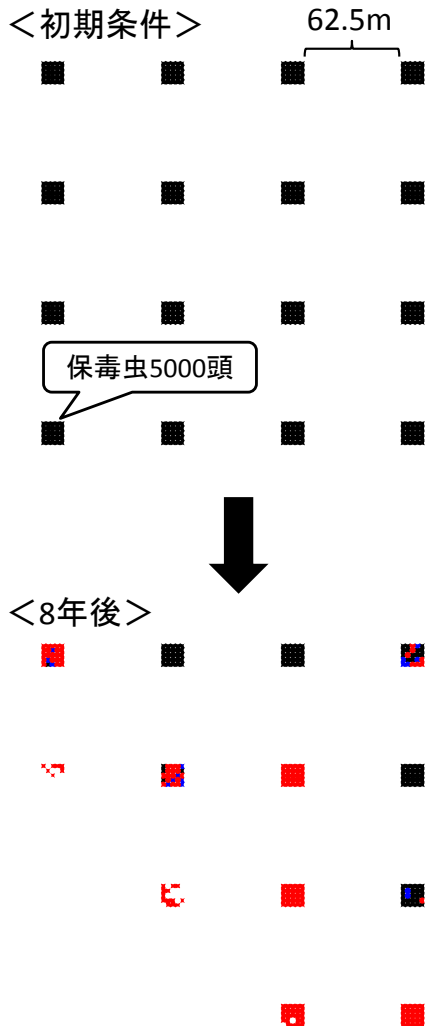


図1. 無病苗を用いた新植圃場(無防除)への保毒虫による病気の侵入と拡散

黒: 健全樹、青: 罹病樹(潜伏期)  
赤: 罹病樹(発病中)

(2) 浸透移行性殺虫剤を用いた共同防除の有効性

新植圃場に浸透移行性殺虫剤を施用した場合、図1で示されている無防除条件と比較して隣接圃場への病気の拡散頻度が大幅に低下し、隣接せず内側に存在する圃場への拡

散はごく低頻度に留まる可能性が高いことが予測された(図2)。この結果から、本病のまん延を阻止するためには、浸透移行性殺虫剤を適切に使用した共同防除が有効である可能性が高いと考えられた。

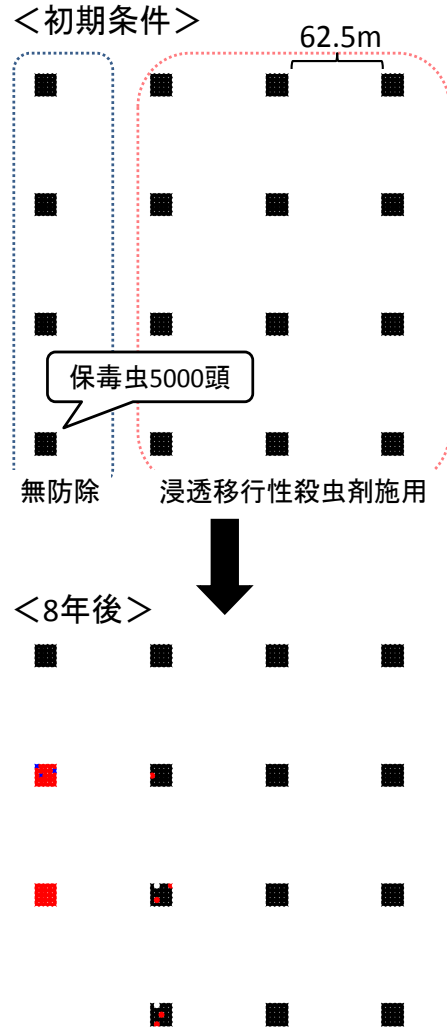


図2. 浸透移行性殺虫剤を施用している新植圃場への病気の拡散

黒: 健全樹、青: 罹病樹(潜伏期)  
赤: 罹病樹(発病中)

(3) 防除漏れ防止の重要性

各圃場間に家庭果樹園などの無防除の小規模園がある場合、浸透移行性殺虫剤の効果は大幅に低下する可能性が高いことが予測された(図3)。一方、小規模園にも殺虫剤を散布した場合、拡散速度は大幅に低下する予測結果となった(データ略)。これらの結果から、浸透移行性殺虫剤の防除効果を十分

に発揮させるためには、家庭果樹園などの防除漏れを阻止することが重要であると考えられた。

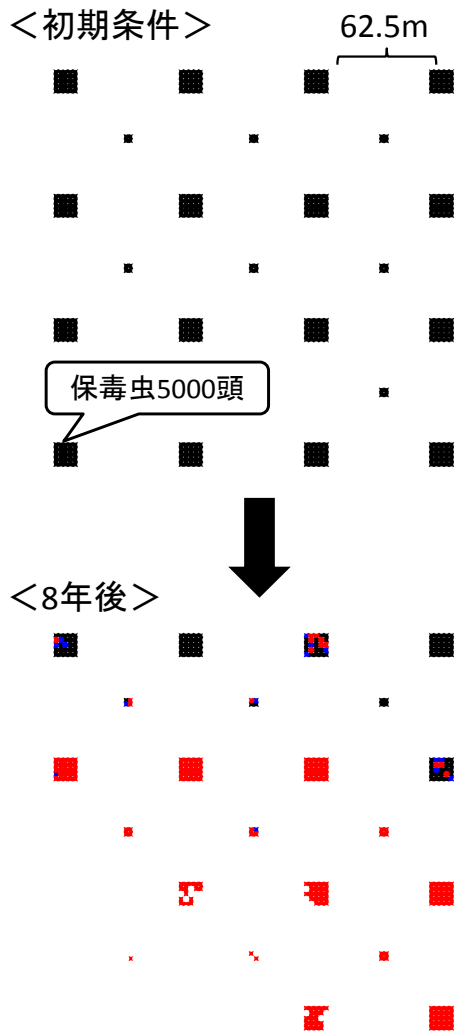


図 3. 浸透移行性殺虫剤を施用している新植圃場の周辺に無防除の小規模園がある場合の病気の拡散

黒：健全樹、青：罹病樹（潜伏期）  
赤：罹病樹（発病中）

(4) まとめと今後の展望

本研究の成果の応用的側面としては、カンキツグリーニング病の拡散抑制には共同防除が重要である可能性が高いことをシミュレーションにより示した点、その基幹技術の候補を提案できた点、が挙げられる。今後は、本研究の成果を基礎とした実証実験を行うことで、同病の合理的な防除技術開発が加速されると考えられる。

一方、基礎的な側面としては、個体ベース

モデルによるシミュレーションを行うことで、虫媒性作物病害の拡散動態をこれまでより現実に近い条件で評価できる可能性を示すことができた点が挙げられる。今後は、本モデルを基礎とし、空間を明示的に考慮したモデルによる害虫防除に関する数理生物学的研究を継続する計画である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 3 件)

(1) Kobori Y.; Integrated pest management strategy of citrus greening disease (Huanglongbing) in the severely infested areas. APAARI Expert Consultation "Managing Trans-Boundary Diseases of Agricultural Importance in Asia-Pacific", Oct. 10-12, 2012, New Delhi, India

(2) Kobori Y., F. Takasu and Y. Ohto; Individual-based model for the spread of citrus greening disease by the vector insect *Diaphorina citri*. XXIV International Congress of Entomology 2012, Aug. 19-25, 2012, Daegu, Korea

(3) 小堀陽一・高須夫悟・大藤康雄; 個体ベースモデルによる激発地におけるカンキツグリーニング病防除手段の検討. 第 56 回日本応用動物昆虫学会大会, 2012 年 3 月 27-29 日, 奈良市

[図書] (計 1 件)

(1) Kobori Y., F. Takasu, Y. Ohto; Development of an individual-based simulation model for the spread of citrus greening disease by the vector insect *Diaphorina citri*. In *Zoology*, Intech, 2012, pp. 87-112

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小堀 陽一 (KOBORI YOUICHI)  
国際農林水産業研究センター・熱帯・島嶼  
研究拠点・主任研究員  
研究者番号：50414628

(2) 研究分担者

該当者なし

(3) 連携研究者

該当者なし