

スギ・ヒノキ林を起源とした カメムシによる果樹食害の地理的要因分析

元森 ひろ子¹・谷川 寛樹²・南方 高志³

¹学生員 和歌山大学大学院システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山市栄930番地)

E-mail: s074057@sys.wakayama-u.ac.jp

²正会員 和歌山大学准教授 和歌山大学システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄930番地)

³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 (〒649-6531 和歌山県紀ノ川市粉河3336)

1970年代以降、全国でカメムシによる果樹や作物への被害が深刻化している。和歌山県でも毎年カキやモモなどの果樹に多くの被害が発生している。本研究では、和歌山県九度山町を対象地域とし、果樹園がカメムシによる被害を受ける地理的要因を明らかにすることを目的とした。

まず、カメムシによる被害が発生している果樹園とカメムシの増殖減であるスギ・ヒノキ林を把握するために、土地被覆分類図を作成した。次に、JAにどのような果樹園が被害を受けやすいのか、聞き取りを行い、主観的な要因を明らかにした。主観的な要因を客観的にするため、要因を定式化した。また、定式化した地理的要因に基づいて、作成した土地被覆分類図とGISを用い、被害を受けやすい果樹園の位置情報をマップとして作成した。

Key Words: stink bug, the damage of the fruits, the cedar and cypress forest, the land cover map, GIS (Geographical Information Systems)

1. はじめに

1970年代以降、カメムシによる果樹の被害が全国で発生するようになり、各地で社会問題となっている。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、カメムシの被害は深刻なものとなっている。特に、カキにおける被害が大きく、1991年には被害額11億円、1996年には13億円の被害が発生している¹⁾。しかし、果樹カメムシ類の防除は農薬散布に依存しているのが現状である。農薬散布は果樹園に飛来する前に行わなければ効果を得ることができないため、発生予察の強化が求められている。

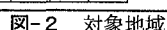
果樹カメムシが果樹園に飛来し、果実を加害する過程は既存研究により明らかになりつつある。果樹カメムシ類の増殖源は主にスギとヒノキの球果である。カメムシはスギやヒノキの球果が不足すると果樹園に飛来し、果実を加害する。また、スギ・ヒノキの当年球果量が多いと産卵量が増え、翌年の果樹カメムシ類の被害が増加する傾向がある²⁾。そのため、スギ・ヒノキの球果量と果樹カメムシ類の発生量との間に高い相関があるということは広く認められてきている。しかし、広範囲でスギ・ヒノキの球

果着生量を正確に評価することは労力的にも困難であるため、現在では、球果着生量を間接的に示す花粉飛散数を用いるカメムシ発生量予測が行われている³⁾。この方法は、県・郡レベルの統計的なカメムシの発生傾向をつかむことに役立っている。しかし、生産者等に聞き取りを行ってみると、カメムシの発生量の予測よりも、どの果樹園が被害を受けやすいのかということをはっきりとしたいという声が多く聞かれる。果樹園では、高齢化が進み、農薬散布などの手入れは大きな負担となっている。そのため、どのような地理条件の果樹園が被害を受ける傾向にあるのか地理的な要因分析を行うことにより、効率の良い防除ができ、農家の負担が少なくなると考えられる。

一方、カメムシの増殖源となっているスギやヒノキは、戦後の木材不足により、全国で大量に植林された。1970年代以降、スギやヒノキが林齢25～30年をむかえ、球果量が増加し、全国でカメムシによる果樹への被害が顕著になった。和歌山県では県面積の77%が森林であり、そのうち約6割がスギ・ヒノキを中心とする人工林である⁴⁾。カキやモモの生産が有名な紀ノ川中流域は、紀ノ川を挟んで南北に果樹園が広がり、その背後には、大量のスギ・ヒノキ林

そこでスキ・ヒノキ林からの距離以外の要因を明らかにするために、果樹園の管理を行っているJAに聞き取り行う。JA（日本農業共同組合）にどのような果樹園が被害を受けやすいのかを聞き取り、カメムシによる被害の地理的要因を明らかにする。ま

まず、果樹園と果樹カメムシの増殖源となっているスギ・ヒノキ林を把握するために土地被覆分類図の作成を行う。作成した土地被覆分類図から果樹園とスギ・ヒノキ林の抽出を行う。次に、カメムシによる被害の多い果樹園の特徴をJAに聞き取りを行い、被害を受けやすい果樹園の地理的要因を明らかにする。また、聞き取りの結果を数値化し、作成した土地被覆分類図を用いてGIS上で聞き取りに該当する果樹園を探し、マップを作成する。聞き取りの結果に該当する果樹園が多いほど、被害を受けやすいと考えられるため、GIS上で作成したマップを重



ね、該当する数によって色分けを行い、被害を受けやすい果樹園マップを作成する。最後に、作成したマップと実際の被害状況を示すデータの被害果率を用いて検証を行う。

3. スギ・ヒノキ林および果樹園の位置の特定

果樹カメムシの増殖源となっているスギ・ヒノキ林と果樹園の位置を衛星データを用いて特定する。衛星データを用い、土地被覆分類図を作成し、位置の特定を行った。分類項目は、水域、市街地、果樹園、裸地・畑・田、ヒノキ林、スギ林、天然林の7項目で土地被覆分類を行った。

(1) 既存研究の土地被覆分類

既存研究⁴⁾では、まず、衛星データを幾何補正し、対象地域で切り出し、土地被覆分類を行った。使用した衛星データは、2002年4月2日にASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection)によって撮影された衛星データを用いて土地被覆分類図を作成した。分類の精度は、スギとヒノキを樹種別で分類せずまとめた場合は95地点中70地点(73.7%)であり、スギとヒノキの樹種別で精度をみると、スギ林が20地点中11地点(55.0%)、ヒノキ林は17地点中10地点(58.8%)であった。これは、地形の影響によって、太陽がよく当たる斜面と陰になる斜面では、同一の植生でも植生の状態によって衛星のセンサーで観測される反射値が異なってくるために誤分類が発生すると考えられる。本研究の対象地域である和歌山県は土地の起伏が激しいが、起伏を考慮した補正を行なわなかったため、分類精度に影響したと考えられる。

(2) 複雑な地形を考慮した土地被覆分類

地形の影響を取り除くために、衛星データの幾何補正を行い、対象地域で切り出し、さらに斜面方向別・斜面角度別に切り出しを行い、切り出した画像それぞれにおいて土地被覆分類を行う。ここで、斜面方向とは、北を0°とすると、北側斜面：0°～45°、316°～360°、東側斜面：46°～135°、南側斜面：136°～225°、西側斜面：226°～315°とする。斜面角度は、DEM(デジタル標高モデル)を用いて、セルとその周囲にある8つの隣接するセルにより定義される平面の最も急な下り勾配であり、水平方向からの角度を示す⁶⁾。斜面方向・斜面角度

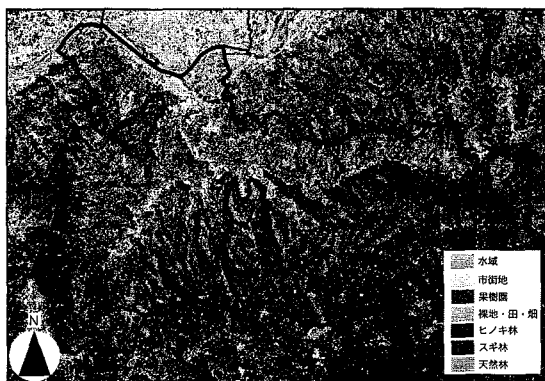


図-3 土地被覆分類図

別に切り出す理由として、本研究の既存研究⁷⁾の中で生育状態別分布において人工林の誤分類の要因について考察を行っている。誤分類が発生する要因として、斜面方向と斜面角度について挙げている。斜面方向では北側斜面、斜面角度では31°以上の傾斜地に誤分類が多いという結果が得られている。そこで、(1)で作成した土地被覆分類図を、誤分類が発生した地点において斜面方向・斜面角度について検討を行った。その結果、斜面方向においては、南側斜面、東側斜面に誤分類が多く、斜面角度においては1～10°、21～30°に誤分類が多かった。そのため、本研究においては、対象地域に切り出しを行った後、斜面方向別に東・西・南・北で切り出しを行い、さらにそこから斜面角度別0°、1～10°、11～20°、21～30°、31°以上で切り出しを行い、それぞれの衛星データに対し、土地被覆分類を行った(図-3)。斜面方向・斜面角度別に土地被覆分類を行った場合の精度は、スギとヒノキを樹種別で分類せずまとめた場合は93地点中69地点(74.2%)であり、スギとヒノキの樹種別で精度をみると、スギ林が21地点中13地点(65.0%)、ヒノキ林は16地点中11地点(68.6%)であり、既往研究における土地被覆分類よりも精度の向上が見られた。そのため、本研究では、斜面方向・斜面角度別に作成した土地被覆分類図を用いて地理的要因分析を行う。

4. 果樹被害を受けやすい果樹園の地理的要因分析

1章でも述べたとおり、果樹カメムシによる被害は既往研究により明らかになりつつある。しかし、明らかになってきたのは、カメムシがどのような過程で果実を加害しているのか、カメムシの発生量は

表-1 聞き取りの結果と定式化

	聞き取り結果	定式化
果樹園内部の要因	果樹園の縁にある木に被害が多い	$L_g \leq 20m$
	斜面角度がきついところに被害が多い	$S_g \geq 21^\circ$
果樹園外部の要因	スギ・ヒノキ林がそばにあると被害が多い	$L_g = L_m$
	スギ・ヒノキ林に囲まれていて、かつ、果樹園の面積が小さいところは全体的に被害が発生する	$A_g \leq 1760m^2$ かつ $L_g = L_m$
	雑木林など、果樹園の隣が荒れていると被害が多い	$L_g = L_n$

どのくらいで、今年の被害はどのくらい被害が発生するという予測である。また、カメムシの増殖源がスギ・ヒノキ林であることから、スギ・ヒノキ林に近い果樹園は被害を受けやすいということが明らかになってきた。しかし、スギ・ヒノキ林から遠く離れた果樹園においても多くの被害が発生している。

そのため、果樹食害を受ける地理的要因を明らかにする必要がある。そこで、JA紀北かわかみ九度山支店に被害の多い果樹園の特徴を聞き、果樹食害の地理的要因を明らかにした。また、その結果を用い、対象地域内において、どの場所の果樹園で被害を受けやすいのかをマップとして作成した。最後に、実際の被害データと比較し、マップの検証を行った。

(1) 果樹食害を受ける果樹園の特徴

JAの聞き取りにより、被害の多い果樹園の特徴を表-1にまとめる。

まず、果樹園の内部の要因として、果樹園の縁にある木に被害が多いことが挙げられる。これは、カメムシがスギ・ヒノキ林から飛来したときに、まず最初に果樹園の縁の木に止まることが多いためだと考えられる。そのため、果樹園の中心の木には被害があまり見られないところが多い。また、斜面角度がきついところに被害が多いということが挙げられる。これは、カメムシが風に乗って飛んできたときに、斜面に沿って飛ぶため、斜面角度がきついところでは被害が多くなるためだと考えられる。

果樹園の外部の要因としては、カメムシの増殖源となっているスギ・ヒノキ林が側にあると被害が多いことが挙げられる。また、スギ・ヒノキ林が側にあつて、さらにスギ・ヒノキ林に囲まれていて果樹園の面積が小さいところは全体的に被害が発生している。これは、果樹園がスギ・ヒノキ林に囲まれていても面積が大きい果樹園では中心まで被害が発生しないが、小さな果樹園では、果実が少ないため、全体的に被害を受けるためだと考えられる。また、雑木林等、果樹園の隣が荒れていると被害が多いこ

とが挙げられる。これは、餌が不足したカメムシが餌を求めて、雑木林に飛んできて、それだけでは足りずに、隣にある果樹園に飛来していると考えられる。

(2) 地理的要因の定式化

(1)で聞き取りを行った特徴に該当する果樹園の位置をGIS上で把握するために、聞き取りの結果を定式化する。定式化することにより、GIS上で被害を受けやすい果樹園の把握を行い、それぞれの要因について、対象地域である九度山町において、マップを作成する。

まず、「果樹園の縁にある木に被害が多い」ことを定式化すると、以下ようになる。

$$L_g \leq 20m \quad (1)$$

ここで、 L_g を果樹園の縁とする。果樹園の縁から20mの範囲を抽出した。距離に関しては、JAの聞き取りにより、果樹園の縁から20mくらいの方が被害を受けやすいとの回答があったため、定式化には20mを用いた。

「斜面角度がきついところに被害が多い」ことを定式化すると、

$$S_g \geq 21^\circ \quad (2)$$

ここで、斜面の角度を S_g とする。実際に、上記の条件で被害を受けている果樹園の斜面角度を参考にし、 21° という値を設定し、該当する果樹園の空間検索を行った。

「スギ・ヒノキ林が側にあると被害が多い」ことを定式化すると、

$$L_g = L_m \quad (3)$$

ここで、 L_g を果樹園の縁、 L_m をスギ・ヒノキ林の縁とする。果樹園がスギ・ヒノキ林に隣接しているかどうか、GISの空間検索機能を用いて判断した。

「スギ・ヒノキ林に囲まれていて、かつ、果樹園の面積が小さいところは全体的に被害が発生する」ことを定式化すると、

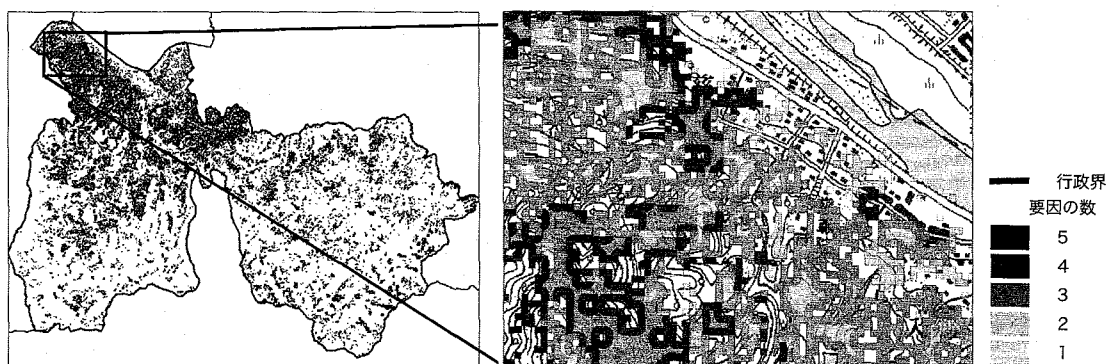


図-4 被害を受けやすい果樹園マップ

表-2 被害果率とマップの比較結果

要因の数	地名	調査年・月															平均
		2001年			2002年				2003年				2004年				
		8月	9月	10月	7月	8月	9月	10月	7月	8月	9月	10月	8月	9月	10月		
2	稚出	0	4.4	1.1	3.3	4.4	6.7	8.8	0	0	1.1	0	33.3	49	84.8	14.1	
3	古沢	0	4.4	7.8	1.1	1.1	14	28.9	0	0	1.1	11.1	24.4	56	65.6	15.4	
	慈尊院	2.2	14	0	-	-	-	-	0	0	1.1	5.6	21.1	10	38.9	6.7	
	広良	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	10	8	4	1.9	
	入郷	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	22	16	12	4.0	

$$A_g \leq 1760m^2 \quad \text{かつ} \quad L_g = L_m \quad (4)$$

ここで、 A_g を果樹園の面積とする。実際に、上記の条件で被害を受けている果樹園の面積を参考にし、 $1760m^2$ という値を設定し、該当する果樹園を抜き出し、さらに、スギ・ヒノキ林に囲まれているかどうか判断した。

「雑木林など、果樹園の隣が荒れていると被害が多い」ことを定式化すると、

$$L_g = L_n \quad (5)$$

ここで、 L_n を天然林の縁とする。GISの空間検索機能を用いて、天然林に隣接しているか判断した。

(3) 被害を受けやすい果樹園の位置の特定

(2)で作成したそれぞれの要因についてのマップをひとつにまとめ、被害を受けやすい果樹園の位置の特定をする。該当する要因が多いほど、果樹園はカメムシによる被害を受けやすくなると考えられるため、5つの要因のマップをGIS上で重ね、該当する要因の数で色分けを行った(図-4)。マップは、行政界や数値地図等と重ねて表示することにより、果樹園の位置を把握しやすいよう表示を行った。

作成したマップをみると、慈尊院、河根、稚出地区に被害を受けやすい果樹園が多く見られた。慈尊院地区は、スギ・ヒノキ林や天然林が点在し、果樹園の斜面角度が 21° 以上の果樹園が多いためと考えられる。河根・稚出地区は、天然林が近くにあ

り、スギ・ヒノキ林も多く、果樹園の面積が小さい果樹園ではスギ・ヒノキ林に囲まれているところが多いため、被害を受けやすいと考えられる。

(4) 実際の被害データとの検証

作成したマップを実際の被害状況と比較を行うため、被害データとの比較を行った(表-2)。本研究で用いた被害データは、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所を中心に調査を行っている被害果率のデータを用いた。ここで、被害果率とは、果樹園につき3樹を選び、高さ1.5～2.0mに着果した30果、計90果についてカメムシによる被害の有無を調査し、被害のあった果実の個数を比率で表したものである。被害果率の調査地点の緯度・経度をGISに入力し、その地点における要因の個数と被害果率を比較した。これまでの経験から被害果率が5%以下では、被害が少なく、10%以上では多いと評価している⁸⁾。

九度山町における被害果率のデータが5個だけであったため、統計的に有意な結果が得られなかった。古沢・稚出地区では、比較的被害が多く見られるが、本研究のマップと比較すると、稚出地区は被害を多く受けているにもかかわらず、要因の数は2つだけであった。また、慈尊院・広良・入郷地区は被害をあまり受けていないが、被害を受ける要因は3つもあった。これは、被害果率のデータが農薬散

布の状況により、大きく変動するため、マップと被害果率が一致しなかったと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、JAから聞き取りを行い、果樹園がカメムシの被害を受ける地理的要因を明らかにした。また、その聞き取りの結果に該当する果樹園をGIS上で把握し、被害を受ける要因の数によって色分けを行い、被害を受けやすい果樹園のマップ作成を行った。マップを実際の被害データである被害果率と比較し検証を行ったが、一致しなかった。

今後の課題として、以下のことが挙げられる。

- 1) どのような果樹園が被害を受けやすいのかをJAに聞き取りを行い、地理的要因を明らかにした。しかし、果実が被害を受ける要因として、風向、スギ・ヒノキ林の生育状態といったことが挙げられる。このような要因を追加し、分析を行う必要がある。
- 2) マップの検証に被害果率を用いたが、被害果率は農薬の散布状況などにより大きく値が変動する。そのため、マップと実際の被害状況が一致しているか確認出来なかった。マップの検証を行うためにも、実際に現地に行つて確認を行う必要がある。また、検証に適したデータの収集を行う必要がある。

謝辞：本研究での聞き取りは、JA紀北かわかみ九度山支店の木村多恵氏にご協力いただいた。また、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、和歌山県農林水産総合技術センター林

業試験場のご協力いただいた。土地被覆分類図の作成は、本研究室卒業生の小向正訓氏、本研究で用いたデータの所有は、米国政府、衛星データの提供はspaceImaging/宇宙開発事業団によるものである。また、カキ果実の被害調査は、伊都地方柿カメムシ防除対策推進協議会に協力をいただいた。関係各位に深く感謝する。

参考文献

- 1) 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：「果樹カメムシ類の発生量予測技術および防除技術の開発」成果報告書，pp. 2, 2006.
- 2) 梅谷 敏二：果樹におけるカメムシ類の多発被害（続報），pp. 133-141, 1976.
- 3) 森下正彦：植物防疫第56巻8号8月号，pp. 12-15, 社団法人日本植物防疫協会，2002.
- 4) 和歌山県農林水産部緑の雇用推進局林業振興課：森林・林業および山村の概況，pp. 10, 2003.
- 5) 元森ひろ子・谷川寛樹・山本秀一：衛星データを用いたスギ・ヒノキ林分布に基づくカメムシによる果樹被害予測マップ作成に関する基礎研究，環境情報科学論文集20，pp. 345-350, 2006.
- 6) ESRIジャパン株式会社：ArcMapユーザーズガイド，pp. 551, ESRIジャパン株式会社，2004.
- 7) 谷川寛樹・長谷川渚・小上幸代・法眼利幸：衛星データを用いた人工林生育状態の判定システムの構築に関する基礎的研究，環境システム研究論文集33，pp. 469-476, 2005.
- 8) 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：「果樹カメムシ類の発生量予測技術および防除技術の開発」成果報告書，pp. 27, 2006.

ANALYSIS OF GEOGRAPHIC FACTOR OF FRUITS DAMAGE BY STINK BUG BRED IN THE CEDAR AND CYPRESS FOREST

Hiroko MOTOMORI, Hiroki TANIKAWA and Takashi MINAKATA

Fruit damage by stink bugs on orchards began to occur nationwide since the 1970's. In Wakayama Prefecture, persimmons and peaches have been damaged the most every year. In this study, the geographic factor of fruits damage by stink bug was clarified at Kudoyama Town.

First, the land cover map was made for specifying position of orchards and cedar and cypress forest. Subjective image of geographic factor of damaged fruits was heard from Japan Agricultural Co-operatives (JA). These factors were formulated in order to turn a farmer's subjective image into objective pattern. Moreover, orchard map with damage possibility was made based on formulated factor.