

ナラ枯れ防除用大量集積型おとり丸太の最適配置

05001620 東京理科大学
02303360 統計数理研究所
山形大学*伊高静 ITAKA Shizu
田中未来 TANAKA Mirai
斉藤正一 SAITO Shoichi

1. はじめに

ブナ科樹木萎凋病 (ナラ枯れ) は, カシノナガキクイムシ (カシナガ) が媒介する病原菌 (*Raffaella quercivora*) により起こる森林病害である. ナラ枯れは, 被害が広範囲にわたる集団枯損に発展し, 木材資源や景観の損失, 倒木による危険性が増大する. ナラ枯れ防除法は多数開発されているが, ナラ枯れのように面的に広がる被害に対応できる面的防除法としては, 大量集積型おとり丸太法が有効である. 大量集積型おとり丸太法とは, ナラ類等樹木の丸太を集積し, フェロモンを用いてカシナガを誘引する防除法である. この方法は比較的広範囲にカシナガを誘引できるため, 枯死被害の拡散の防止と被害規模の縮小が期待できる. 本発表ではおとり丸太の設置場所を決定するための最適化モデルを提案する. なお, 本発表は [1] に基づく.

2. 大量集積型おとり丸太の最適配置モデル

ここでは, ある被害木群から距離 $R = 500$ m 以内の場所に少なくとも 1 つおとり丸太が設置されていれば, その被害木群から羽化したカシナガはそれらのおとり丸太のうちいずれかに誘引されて駆除できるものとみなす. このモデル化に基づき, 効率よく防除を行なうためのおとり丸太の設置場所を決定する問題を, できるだけ多くの被害木を被覆するようなおとり丸太の配置を求める問題として定式化する. ただし, おとり丸太を設置するとその周辺にカシナガが誘引されるため, 周辺にミズナラ・コナラが存在する場合, これらが誘引されたカシナガから副次的な被害を受ける [2]. ここでは, おとり丸太の設置場所を中心とする半径 $r = 80$ m の円盤状の領域に含まれる未被害のミズナラ・コナラが副次的な被害を受けるものとし, その効果を考慮したモデル化を行なう.

被害木群の集合を I とし, 各被害木群 $i \in I$ の代表点の座標を $\mathbf{x}_i$, 群内の被害木の本数を D_i と表す. 一方, おとり丸太の設置場所候補の集合を J とし, 各設置場所候補 $j \in J$ の代表点の座標

を $\mathbf{y}_j$ と表す. また, 2 地点 $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$ の間の距離を $\text{dist}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ と表す. いま, おとり丸太を各設置場所候補 $j \in J$ に設置するときに 1, 設置しないときに 0 をとる 0-1 整数変数を z_j とする. また, 各被害木群 $i \in I$ が少なくとも 1 つのおとり丸太の有効範囲内にあるときに 1, いずれのおとり丸太の有効範囲内にもないときに 0 をとる 0-1 整数変数を w_i とする. さらに, 設置場所候補 $j \in J$ におとり丸太が設置されたとき, その周辺に発生する副次的な被害がおとり丸太の有効範囲内にある被害木の本数 $\sum_{i \in I: \text{dist}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_j) \leq R} D_i$ と設置場所候補 j から半径 r の円盤状領域に含まれる植生区分がミズナラ・コナラである林地の面積 S_j に比例するものとする. この比例定数を α とする. おとり丸太の最大設置個数を N とすると, おとり丸太の有効範囲で被覆される被害木の本数から副次的な被害の規模を差し引いたものを最大化するモデルは次のような整数最適化問題として書ける:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i \in I} D_i w_i - \alpha \sum_{j \in J} S_j \left(\sum_{\substack{i \in I \\ \text{dist}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_j) \leq R}} D_i \right) z_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j \in J} z_j \leq N, \\ & w_i \leq \sum_{\substack{j \in J \\ \text{dist}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_j) \leq R}} z_j \quad (i \in I), \\ & z_j \in \{0, 1\} \quad (j \in J), \\ & w_i \in \{0, 1\} \quad (i \in I). \end{aligned}$$

このモデルをモデル S とする.

モデル S を少し修正するとおとり丸太の効果が連続的に減衰するモデルに変更できる. 詳細は省略するが, おとり丸太の効果が設置場所から離れるにつれて Gauss カーネルに従って減衰するものとしたモデル G, 区分線形関数的に減衰するという経験則に基づくモデル PL を検討した. これらのモデルのうちどれが妥当であるかについては実

データを用いた評価実験で判断した。

3. 実データを用いた評価実験

3.1. データ設計

データ設計にあたり、地理情報システム (GIS) を基盤にさまざまなデータを地図情報として関連付けた。まず、山形県旧朝日村・旧櫛引町 (現鶴岡市) において 2000 年から 2003 年まで実施された調査による被害木群それぞれに対して ID を割り当て、その集合を I とした。各被害木群 $i \in I$ について、中心点の緯度・経度を取得してその組を x_i とし、枯死被害本数を年別に入力して D_i とした。次に、おとり丸太の設置場所候補を列挙するために、道路情報と標高のデータを国土地理院ホームページ [3] から入手し、そして、各林道沿いにおよそ 100 m 間隔でおとり丸太設置場所候補を設定し、不適候補以外のそれぞれの設置場所候補に ID を割り当て、その集合を J とした。また、植生データとして環境省自然環境保全基礎調査 [4] を使用し、Kondoh et al. [5] の方法を参考にして当該地域の植生図を作成し、各設置場所候補 $j \in J$ から半径 r 以内の植生がミズナラ・コナラである林地の面積を計算して S_j とした。

本研究における評価実験では、 N と α の値を変化させながらモデル S, G, PL の 3 つを解いた。

3.2. 結果と評価

モデル S, G, PL ともなるべく規模の大きい被害群に近い設置場所候補を選ぶということは共通するが、モデル S からは有効範囲の重複を回避して多くの被害群を被覆する配置、モデル G からは重複を許容して規模の大きい被害群を複数で被覆する配置、モデル PL からはこれらの中間的な配置を得た。また、 $\alpha = 0$ としたときに比べて $\alpha = 10^{-3}$ としたときは周囲にミズナラ・コナラが少ない設置場所候補が選択された。この結果を現場の感覚と照らし合わせることで、著者らはモデル PL で $\alpha = 10^{-3}$ としたときの結果が最も現実的であると評価した。モデル PL で $\alpha = 10^{-3}$ としたときに得られた最適なおとり丸太の配置を図 1 に示す。

4. おわりに

本稿で紹介したモデルは試行レベルのものであり、今後は風・地形・人工的構造物の影響などを考慮したモデルを検討する予定である。また、今回

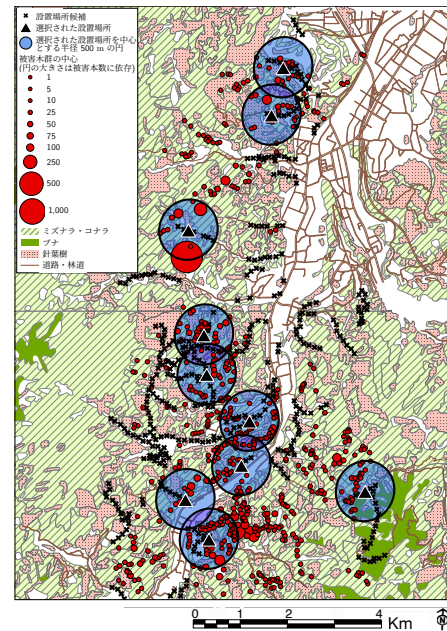


図 1: おとり丸太の最適配置と有効範囲。モデル PL で $\alpha = 10^{-3}$ としたときの結果。

は主要道路からの観測に基づくデータを用いたが、衛星画像、航空写真、ドローン画像などを使って広範囲にわたる被害状況を定量化すれば、よりよい配置が得られる可能性がある。

参考文献

- [1] 伊高静, 田中未来, 斉藤正一: 森林病虫害防除のための OR 的アプローチ —ナラ枯れ防除用大量集積型おとり丸太の最適配置—, オペレーションズ・リサーチ **67** (2022) 594–600.
- [2] 山形県森林研究研修センター: 伐って・防いで・使って若返らせるナラ枯れ対策 —駆除・利用・更新三者一体の防除法おとり丸太法— (改定 3 版), 2015.
- [3] 国土交通省国土地理院: 基盤地図情報サイト, <https://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>.
- [4] 環境省自然環境局生物多様性センター: 自然環境保全基礎調査, https://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_list_h.html.
- [5] H. Kondoh, T. Yamanaka, S. Saito, E. Shoda-Kagaya, S. Makino: Development of a hazard map for oak wilt disease in Japan, *Agricultural and Forest Entomology* **17** (2015) 205–213.