

激変する自然環境下の持続的森林資源管理に向けて

吉本 敦 数理・推論研究系 教授

共同研究者: 琉球大学農学部准教授 木島真志

■ 森林団地化問題

背景

木材価格の低迷・担い手不足 →
 持続的森林資源の利用に向けて効率的な森林管理が望まれている。
 森林管理ユニットの集約化(団地化) → 林道など路網整備の効率化が期待できる。
 ここでは、
 効率的な森林管理ユニットの団地化について最適化のフレームワークを用いて検討する。

隣接構造

隣接構造(図1)は、管理ユニットの集約化など空間構造を考慮する際の基本となる。

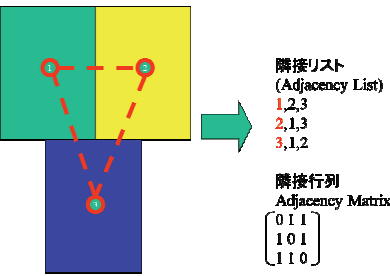


図1: 隣接構造と隣接リスト

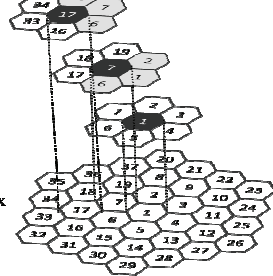


図2: ハイパーユニットの重複

ハイパーユニット

隣接関係をもとに、各管理ユニットについて候補となる集約パターンを決める(図2)。ここでは、集約化のルールとして、多くの自治体で実施されている団地化面積30haを採用し、各管理ユニットから団地化面積が30haになるまで近隣のユニットを集約する。そうすると図2のように、ハイパーユニット同士が重複する。重複するハイパーユニットが同時に選択されないように空間最適化問題を定式化する。

定式化

$$Z = \max_X \text{tr}(\tilde{C}'W) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{i,j} \cdot x_{i,j} + \bar{c}_{i,j} \cdot \bar{x}_{i,j})$$

st.

$$(A^0 \otimes \mathbf{1}'_n) \cdot \text{vec}(W') \leq \mathbf{1}_m \quad \text{Extended Land Accounting Constraints}$$

$$(1 - \alpha) \text{tr}(\tilde{V}'_{p-1} W) \leq \text{tr}(\tilde{V}'_p W) \leq (1 + \alpha) \text{tr}(\tilde{V}'_{p-1} W), \quad p = 2, 3, \dots, T$$

Harvest Flow Constraints

$$[\tilde{A} + \text{diag}(\tilde{A} \cdot \mathbf{1}_{mn})] \cdot \text{vec}(W') \leq \tilde{A} \cdot \mathbf{1}_{mn}$$

$$\tilde{A} = A^S \otimes A^V \quad \text{Adjacency Constraints}$$

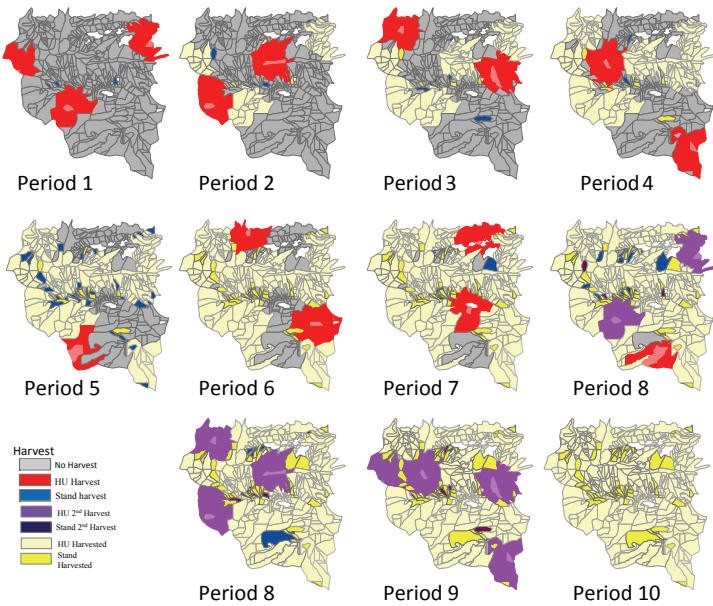


図3: 10期間問題の最適団地化空間パターン (高知県佐川町)

様々な応用が可能

野生動植物の行動範囲・生息地条件あるいは、自然災害の空間プロセスをもとに、集約化のルールを設定することで、様々な空間構造を考慮に入れた森林管理最適化問題へ応用できる。

■ 自然災害リスク下における森林管理

背景

地球規模の環境変化に伴い、自然災害の規模・頻度にも変化が生じるという懸念。大規模な自然災害は様々な経済的・環境的被害をもたらす。森林資源の持続的利用に対する脅威となっている。

山火事・台風などの自然災害は空間的なプロセス

植生状態の適切な空間配置で被害リスクが軽減できる。例えば、台風などによる風害は、風方向に対して樹高の違うものを適切に空間配置(図4)することで、風倒のリスクを軽減できる。

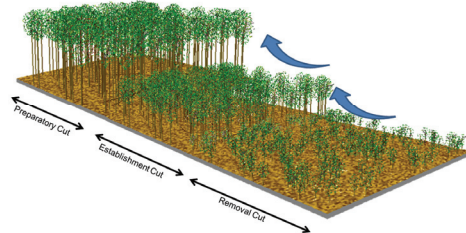


図4: 風害を考慮に入れた樹木の空間配置

帯状区画の傘伐による管理

管理ユニットを帯状区画に分け(図5)、それぞれの区画において異なる伐採時期を採用することで、帯状区画の樹高を風向に合わせて調整する。つまり、一連の異なる伐採時期を採用した帯状区画の集合をハイパーユニット(図6)とし、最適化モデルを構築する。そして、最も効率的・効果的なハイパーユニットの集合を探索する。

School Forest Enterprise of Technical University in Zvolen (スロバキア)が所有・管理する森林を対象に最適化モデルの応用を試みた。

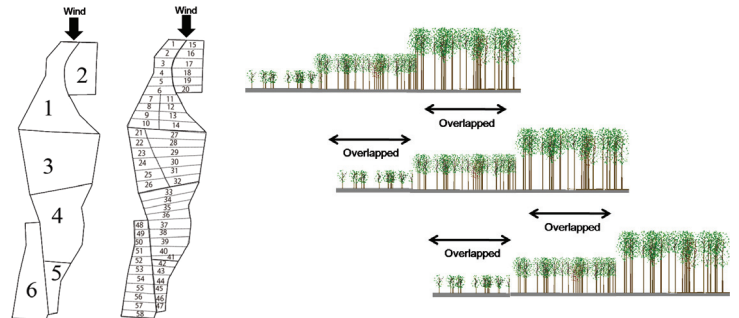


図5: 管理ユニットと帯状区画

図6: 帯状区画のハイパーユニットとその重複

帯状区画ハイパーユニットの定式化

$NB_i^{(0)}$: i-th unit itself, 0 degree adjacency

$NB_i^{(1)}$: neighbors of the 1st degree adjacency for the i-th unit

$NB_i^{(2)}$: neighbors of the 2nd degree adjacency for the i-th unit

$NB_i^{(n)}$: neighbors of the n-th degree adjacency for the i-th unit

$$NB_i^{(j)} : \text{those units adjacent to } \left\{ \bigcup_{k=1}^{j-1} NB_i^{(k)} \right\}$$

$$HU_i = \bigcup_{k=1}^M NB_i^{(k)}$$

Period	Cut	Strip															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	1	S															
	2	R	S						S								
	3	F	R	S					R	S							
2	4	F	R	S				F	R	S							
	5	F	R	S				F	R	S							
	6	F	R	S				F	R	S							
3	7	F	R	S				F	R	S							
	8	F	R	S				F	R	S							
	9	F	R	S				F	R	S							

S = seeding cut, R = removal cut, F = final cut

表1: 帯状区画傘伐施業計画の例

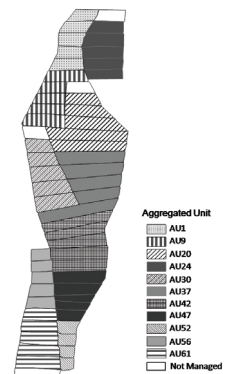


図7: 傘伐計画の最適空間パターン