

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510055

研究課題名(和文)環境保全、多様な選好、長期の時間軸の3要素を統合する市町村森林計画手法の開発

研究課題名(英文) Development of forest planning methods taking into account environmental conservation, diverse preferences, and long time horizon

研究代表者

高橋 卓也 (Takahashi, Takuya)

滋賀県立大学・環境科学部・教授

研究者番号：20336720

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：最適化手法およびシミュレーションによる森林計画を、滋賀県多賀町を対象として実施した。最適化手法による森林計画については、整数計画法を用いて、多賀町のスギ林を対象とし、様々な制約適用下における木材生産最大化を目的変数とする森林計画を試行した。結果として、例えば、水源涵養機能と木材生産機能との間のトレードオフ関係について数値的に明らかにした。シミュレーションについては、アメリカで開発され、世界的に利用されているソフトLANDIS-IIを使用し、伐採方針の違いによる森林構成の変化を地理情報として求めた。

研究成果の概要(英文)：We implemented forest planning through optimization and simulation in Taga town, Shiga prefecture, Japan. As for the planning by optimization, we maximized timber production under several kinds of environmental constraints, and calculated trade-off relationships, for example, between timber production and water storage. As for the planning through simulation, we employed LANDIS-II, which was developed in the USA and is utilized globally, and obtained GIS information of forest-type distributions under different types of harvesting prescriptions.

研究分野：森林政策・計画

キーワード：森林計画 数理計画 シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

日本の森林計画においては、伝統的に木材生産を重視した計画を志向してきた。一方、現在の日本における森林計画の課題としては以下の3点が挙げられる。

(1) 環境機能の保全

森林の自然環境としての機能(水害防止、野生鳥獣生息地など)への要求は増大し、多種多様な森林を時間的・空間的に適切に配置することが求められている。しかし、現在のところ、単純化したモデルにより概念的に問題点が指摘されるにとどまっている。

(2) 多様な選好(要求)の充足

森林に対する選好(要求)は多種多様である。ある人々は森林のレクリエーション機能を比較的重要視し、他の人々は、林産物の生産を比較的重要視する。それらの要求を同時に満たすことは、経済学者 Arrow の不可能性定理が示すように、非常に困難である。それにもかかわらず、森林を社会的な公共財としてとらえた場合、森林の利用方法について合意形成を図ることが必要とされる。

(3) 長期の時間軸の考慮

森林法で要求される市町村の森林整備計画の時間的範囲は、せいぜい10年間である。しかし、森林が生態的に真に成熟するには100年単位の時間を要する。100年以上の時間軸のうえで、森林計画が樹立されなくてはならない。

すでに、欧米においては、こうした問題点を意識した数理的・地理的(GIS; Geographical Information System、地理情報システム)計画の手法が試みられている。そうした試みから学び、かつ小規模森林の保有者が多い、急傾斜の森林地が多いなどの日本の特徴的な条件を考慮した計画作成手法を開発し、評価する必要がある。

2. 研究の目的

森林法の改正にともなって、平成23年度より、森林づくりを支える社会の合意形成の手段として、市町村における森林整備計画は一層の充実を求められている。しかし、有効な森林計画策定のための、具体的な方法論はいまだ満足なものが確立されていない。本研究では、経営工学、計算機科学、地理学の手法を援用し、①環境機能の保全、②多様な選好(要求)の充足、③長期の時間軸の考慮、の3つの要素を統合した数理的・地理的(GIS)森林計画手法の開発を目指す。フィールドとして、滋賀県内の特定市町を選択し、上述の手法を適用することによって、開発した手法の得失を評価する。

3. 研究の方法

相当面積の森林を有する市町村を特定し、その市町村の特徴を把握したうえで、森林の

利害関係者への聞き取り調査を行い、(1)環境機能の保全のために必要な制約条件および(2)多様な選好(要求)の状況を把握する。それらを反映させた、(3)長期の時間軸(100年以上)上の最適化およびシミュレーションを実施する。最適化、シミュレーションにおいては、木材生産林、環境林などへの森林の区分を選択変数とする。その結果を地図上に図示するとともに、計画実施から予想されるパフォーマンスを比較する。

4. 研究成果

(1) 数理計画法による森林計画の試行

整数計画法による森林計画を滋賀県多賀町を対象として実施した。

① 研究レビュー

数理計画法による森林計画についての研究レビューを実施した。その結果、アメリカ国有林においては1970年代よりFORPLANという線型計画法による森林計画が実施されていたことが分かった。その際には、年齢構成に焦点を当てるStrata(階層)法とArea(場所)法という2つの考え方があることも分かった。そして、現在では次世代の計画法が利用されていることも判明した。

日本では、森林計画学(森林経理学)分野での南雲・箕輪(1967)線型計画法による収穫規制の分析.東京大学農学部演習林報告63号,235-265.を端緒として、さまざまな研究が存在する。南雲・箕輪(1967)は、法正林への収穫規制の方法について検討し、作業が規格化され育林技術が進歩して諸数値の変動が少なくなれば、線型計画法も利用されるようになるだろう、と述べている。

それ以降、日本の森林計画学分野では、以下のような研究が発表されている。

熊崎実・真柴孝司(1970)線型計画法による造林投資計画と技術選択.日林誌52(7),198-209.(国有林における植付、下刈、施肥、枝打の計画)

南雲秀次郎・古池篤(1981)民有林の施業計画策定に関する研究(I)地域森林計画における人工林の伐採量および造林面積の決定.日林誌63(3),79-89.(拡大造林を前提とし、法正林への移行を計画。過去の傾向より伐採の確率を推定。)

羊ヶ丘森林管理研究会[代表者 清水晃](森林総研北海道支所)(1990)流域管理問題における多目的資源管理計画に関する研究,林統研誌15,1-17.(木材収穫、水資源、木材収益、土砂生産、スキー場、レクリエーション(6)の多目的最適化。辞書式線形目標計画法。10,555ha、56ゾーンそれぞれについて。発展的研究多数。)

鄭躍軍(1996)森林の多面的利用に関する施業計画策定システム.日林誌78(3),319-326.

(木材生産、訪問者数、土砂流出量を最適化する。パレート解を求め相互の関係をみる。東京大千葉演習林(2,170ha)にて実施。G I

Sの利用を想定。パラメーター設定に課題ありとする。23 小班、3 分期、3 つの処理（主伐、間伐、保留）を対象として整数計画法の実施。）

木島真志、吉本敦（2013）「森林管理における最適化モデルの応用」『統計数理』61（1）、97-109。（空間的配置を制約条件として最適化を実施した。）

以上の日本国内での先行研究レビューより、市町村の民有林を対象として、環境目的を数理計画に明示的に取り入れたものは、ほとんど見当たらないことが分かった。

② 多賀町での試行

多賀町は、約 11,000ha の森林面積を有し、そのうち人工林が 60%とやや人工林率が高い市町村である（滋賀県全体で、人工林率は約 40%）（図 1）。森林簿上では、林小班数は約 1,400 でデータ件数は約 2,500 件であった。

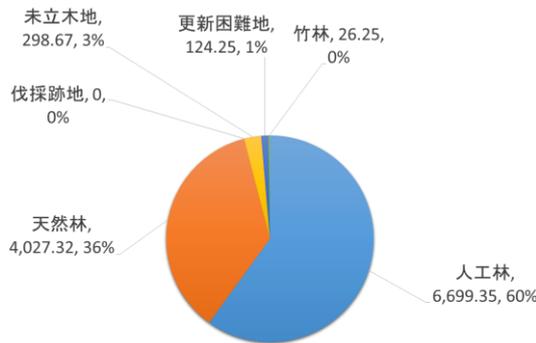


図 1 多賀町の森林構成 (種類、ha、構成比)

多賀町は、林業・林産業振興に注力している。たとえば、バイオマスタウン構想を実施中である。平成 24 年 3 月 10 日には、公共建築物における地域産木材の利用方針を策定し、平成 25 年度からは木質バイオマスストーブ購入促進事業を実施している。また、木材利用住宅促進事業として 1 m²あたり 2 万円、上限 30 万円を補助している。加えて、近隣の滋賀大学、滋賀県立大学との連携、湖東地域材循環協議会 (kikito) の活動が存在し、森林管理、林業振興において多主体連携が試みられている地域であるといえる。

スギが主な樹種である約 500 の小林班を対象とし、目的変数を立木伐採量として最適化を行った。なお、小林班内に複数の林分（同一の性質の森林の単位）が存在する場合、その中で最大の林分が小林班全域に広がっているものと仮定した。その結果、図 2 に示すような、伐採の時期が選択された。水色が最初の 1 期目、より濃い緑色が将来の伐採時期を示している。年齢構成は、図 3 に示すように変動していくことが明らかになった。

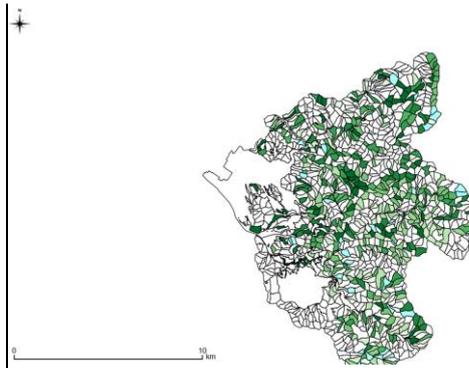


図 2 各小林班の伐採時期

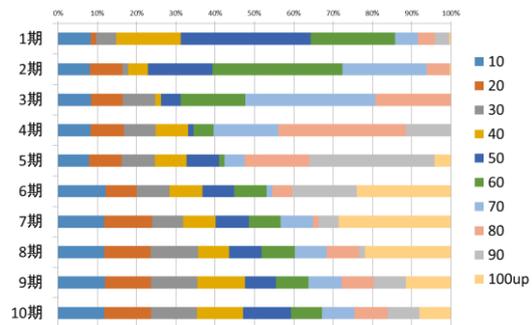


図 3 年齢構成の変動

続いて、各小林班のうち、水源涵養機能、土砂災害防止機能、保健レクリエーション文化機能がそれぞれ高いとして指定されている小林班の伐採を禁止した場合、伐採パターンがどのように変動するかについて、最適化の結果を求めた。なお、図 4、5、6 はそれぞれ指定のある小林班の配置を示している。

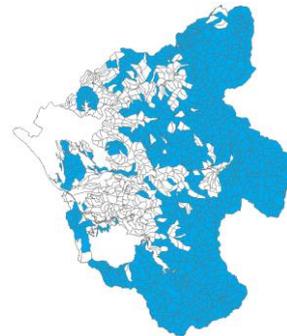


図 4 水源涵養機能が高い小林班

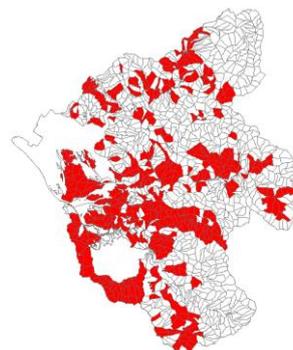


図 5 土砂災害防止機能が高い小林班



図6 保健レク文化機能が高い小林班

特定の小林班について伐採を禁止した場合の伐採量については、表1に示すとおりである。

表1 制約下の伐採量

	スギ人工林全体	水源	土砂	保健
林小班数	488	152	337	384
ha	4,427	1,212	3,109	3,454
	100%	27%	70%	78%
伐採合計材積	1,717	459	1,209	1,342
		27%	70%	78%

林分の発達段階に応じて、水資源涵養機能に変化すると仮定した。この場合の木材生産機能と水資源涵養機能のトレードオフを表2に示す。

表2 木材生産機能と水資源涵養機能のトレードオフ

水資源涵養機能指数	制約なし	>=3900	>=3950	>=4000
1期	3,757	3,900	3,950	Infeasible
2期	3,840	3,900	3,950	Infeasible
3期	3,916	3,900	3,950	Infeasible
4期	3,985	3,943	3,962	Infeasible
5期	4,029	3,977	3,970	Infeasible
6期	4,050	3,997	3,973	Infeasible
7期	4,012	4,004	3,968	Infeasible
8期	3,959	4,012	3,977	Infeasible
9期	3,921	3,999	4,002	Infeasible
10期	3,890	3,971	4,017	Infeasible
木材生産計(千m ³)	1,717	1,654	1,581	0
立木代 2000円/m ³ として、1年あたりの木材収入(千円)	3,434,694	3,308,620	3,161,078	0
制約追加による収入減の額(千円)		-126,074	-147,542	-3,161,078

(2) シミュレーションによる森林計画の試行

多賀町を対象としたシミュレーションによる森林計画を試行した。

① 先行研究のレビュー

実際の森林にあてはめた地理情報も考慮

したシミュレーションとしては、LANDIS-IIが最も世界的かつ広範囲に利用されているものと考えられる。(Scheller, R.M., J.B. Domingo, B.R. Sturtevant, J.S. Williams, A. Rudy, D.J. Mladenoff, and E.J. Gustafson. 2007. Introducing LANDIS-II: design and development of a collaborative landscape simulation model with flexible spatial and temporal scales. *Ecological Modelling* 201 (3-4): 409-419.)

そこで本研究では、多賀町でのLANDIS-IIの利用を試みた。

② 多賀町での試行

100m四方のメッシュを単位として、スギ林、ヒノキ林、マツ林、広葉樹林の林齢をラスター・データ化した(図7)。

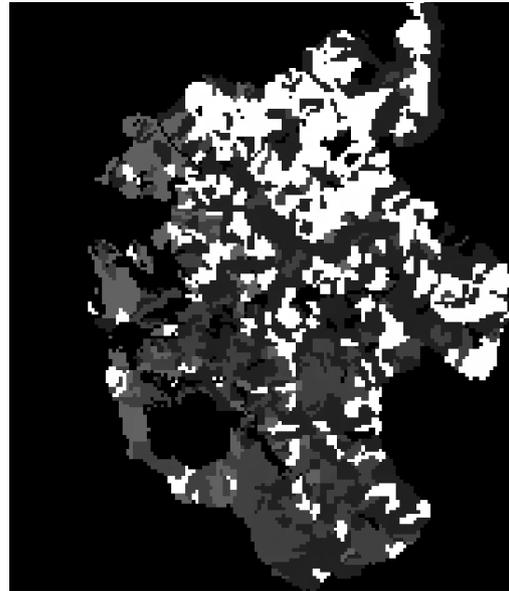


図7 樹種、林齢のラスター・データ

LANDIS-IIでは、多くの追加ソフトを利用することによって、利用目的に適合したシミュレーションを行う。本研究では、BIOMASS SUCCESSION、BIOMASS HARVESTという追加ソフトを主に利用し、間伐による将来予測を試みた。

多くのパラメータが不明であることが、その過程で把握できた。たとえば、様々な条件下での各樹種の次世代の生育確率などである。今回は、文献などから、これらの数値について極めて粗い推定をしたが、今後はより実態に合ったパラメータの設定が必要である。その際には、林分段階での詳細な、一本一本の樹木レベルでのシミュレーションが可能なJABOWA等のソフトの活用が有効であることも分かった。

(3) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

(1) 数理計画法による森林計画の試行、については、森林簿を用いた整数計画法による森林計画は、国内では、これまで例がある

ものの、木材生産機能を中心的な対象としており、明示的に環境機能について考慮した分析は多くは見当たらず、その意味で新規性があるものと考えられる。(2)シミュレーションによる森林計画の試行についても、LANDIS-IIを用いた日本国内での分析例は見当たらず、新規性があるものとする。

(4) 今後の展望

現段階では、中小規模所有者が多数を占める所有構造に対応した計画手法となっていない。一方で、今回は都道府県の管理する森林簿データを利用したが、実情との乖離が問題点として挙げられている。市町村レベルでの森林計画を目指す場合、これらの課題への対応が必要である。森林組合が、GISデータを整備しつつあるので、これらの現場の知識と組み合わせる形で、森林計画を具体化・実装化していく方向が考えられる。

また、現有のデータから、各市町村の森林計画に対し、大まかであっても有意義な知見を与えるという方向性も考えられる。その際には、政策・計画に携わる人々が容易に操作できる手軽さが求められる。具体的にいうと、Web上での公開、完成度の高いパッケージの公開などが望まれるであろう。

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)

[雑誌論文] (計7件)

①Yuya Sakaguchi, Susumu Okumura, Yuji Hatanaka, and Kazunori Ogohara (2015) Effects of physical life distribution of a reusable unit in environmentally-conscious products on reuse efficiency. *Proceedings of International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign 2015)*, 1019~1022, 査読無。

②Yuuki Matsumoto, Susumu Okumura, Yuji Hatanaka, and Kazunori Ogohara (2015) Simultaneous evaluation of environmental impact and incurred cost on selection of end-of-life products recovery options. *Proceedings of International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign 2015)*, 1023~1026, 査読無。

③香川 雄一 (2015) アメリカ合衆国における環境運動の変遷に見られる地域的特徴の変容. 同志社アメリカ研究, 51巻, pp.67-86, 査読有。

④浅野 敏久, 金 科哲, 伊藤 達也, 平井 幸弘, 香川 雄一, フンク・カロリン (2015) ラムサール条約湿地に対するイメージの日韓差—韓国の厳しい湿地保護制度が受容される背景—。地理科学, 70巻2号, pp.60-76, 査

読有。

⑤松下幸司, 高橋卓也, 吉田嘉雄, 仙田徹志 (2015) 中日本地域の生産森林組合の保有山林面積別組合数—2005年農林業センサスの林業経営体一, 入会林野研究 35:46-47, 査読有。

⑥高橋 卓也, 山元 周吾, 松下 幸司 (2014) 入会林野整備に影響を及ぼす要因は何か?—都道府県別の整備進捗経年データによる検討—, 入会林野研究(第34号):64-71, 査読有。

⑦Takuya Takahashi (2012) Global diffusion of forest certification in the long run: An agent-based modeling approach, *Earth System Governance Tokyo Conference: Complex Architectures, Multiple Agents*, conference paper (No. 118), 査読無。

[学会発表] (計17件)

①松本 裕暉, 奥村 進, 畑中 裕司, 小郷原 一智 (2016) 環境配慮型製品を構成するユニットのエンドオブライフオプションに着目したモジュール化に関する一考察. 2016年度精密工学会春期大会学術講演会. 2016年03月15日~2016年03月17日. 東京理科大学(千葉県野田市)

②高橋卓也, 酒井美知 (2016) 森林環境税及び活用事業の各県における認知度に関する研究—どうすればもっと知ってもらえるのだろうか?—, 第127回日本森林学会, 日本大学生物資源学部, 神奈川県藤沢市 (2016年3月27日~3月30日)。

③坂口 裕哉, 奥村 進, 畑中 裕司, 小郷原 一智 (2015) 環境配慮型製品におけるリユースユニットの物理寿命分布がリユース効率に及ぼす影響. 日本設備管理学会. 平成27年度 春季研究発表大会. 2015年06月04日~2015年06月05日 早稲田大学(東京都新宿区)

④松本 裕暉, 奥村 進, 畑中 裕司, 小郷原 一智 (2015) 環境配慮型製品を構成するユニットのエンドオブライフオプションのマルチエージェントによる決定. 日本設備管理学会. 平成27年度 秋季研究発表大会. 2015年11月26日~2015年11月27日. ITビジネスプラザ武蔵(石川県金沢市)

⑤香川 雄一, 田中 慎 (2015) 滋賀県甲賀市甲賀町岩室地区における耕作放棄地の発生とその要因. 地理科学学会. 2015年5月3日, 広島大学。

⑥香川 雄一, 山本 未悠 (2015) 大津市に

おける公共下水道事業を対象としたGISによる維持管理方法. 2015年11月15日. 大阪大学.

⑦ Takuya Takahashi, Koji Matsushita (2015) How did policy intervention work out for commons forests in Japan? An analysis of time-series prefectural data, 15th Global Conference of the International Association for the Study of the Commons, Edmonton, Canada, 2015-5-27.

⑧ 高橋卓也, 松下幸司 (2015) 都府県別入会林野整備データ分析による諸要因の解明: 時系列変動に着目して, 第126回日本森林学会大会, 北海道大学, 札幌市 (2015年3月28日).

⑨ 松下幸司, 高橋卓也, 青嶋敏, 吉田嘉雄, 仙田徹志 (2015) 農林業センサスによる慣行共有林野の統計的把握に関する一考察, 第126回日本森林学会大会, 北海道大学, 札幌市 (2015年3月28日).

⑩ 高橋卓也, 山元周吾, 松下幸司 (2014) 入会林野「近代化」からみたコモンズ施策の促進・阻害要因: 都府県クロスセクションデータの分析から, 環境経済・政策学会2014年大会, 法政大学多摩キャンパス, 東京都町田市 (2014年9月14日).

⑪ 松下幸司, 高橋卓也, 吉田嘉雄, 仙田徹志 (2014) 農林業センサスによる生産森林組合の統計的把握に関する一考察, 第65回応用森林学会大会, 京都府立大学, 京都市 (2014年11月2日).

⑫ 高橋卓也 (2014) 多賀町における整数計画法による森林計画の試み, 滋賀大学リスク研究センター森林生態ワークショップ(第3回), 滋賀大学, 彦根市 (2014年1月24日).

⑬ 高橋卓也 (2013) 森林の生態系サービス支払いはどうすれば可能になるか? 森林認証・水源林管理などを事例として, 滋賀大学リスク研究センター森林生態ワークショップ(第1回), 滋賀大学, 彦根市 (2013年5月9日).

⑭ 高橋卓也 (2013) 実証分析地の基本状況, 滋賀大学リスク研究センター森林生態ワークショップ(第2回), 滋賀大学, 彦根市 (2013年8月1日).

⑮ 高橋卓也 (2013) 森林認証はどのように普及していくのだろうか? ABMによるシミュレーションの試み, 2013年環境経済・政策学会, 神戸大学, 神戸市 (2013年9月21日~9月22日).

⑯ Takuya Takahashi, Shugo Yamamoto, Hiroataka Yurugi (2013) Challenges of Commons Forest Management in the Era of Urbanization: An Opinion Survey of Communities in Nagahama City, Shiga Prefecture, Japan, 14th Global Conference of the International Association for the Study of the Commons, Kitafuji Conference, Fuji-Yoshida City, Japan, 2013-6-3~7.

⑰ Takuya Takahashi (2012) Global diffusion of forest certification in the long run: An agent-based modeling approach, Earth System Governance Tokyo Conference: Complex Architectures, Multiple Agents, University of United Nations, Tokyo, Japan, 2013-1-28~1-31.

[図書] (計4件)

① 香川 雄一 (朴 恵淑編著) (2016) 「交通と産業の発展からみた亀山の歴史」『亀山学』pp.22-35. 風媒社.

② 香川 雄一 (琵琶湖と環境編集委員会編) (2015) 「沿岸漁業の現在」『琵琶湖と環境』pp.208-217. サンライズ出版.

③ 高橋 卓也 (琵琶湖と環境編集委員会編) (2015) 「琵琶湖を守る森林とフォレスター」『琵琶湖と環境』pp.137-143. サンライズ出版.

④ 馬奈木俊介編 (2012) 資源と環境の経済学—ケーススタディで学ぶ. 高橋卓也, 赤尾健一「森林資源—国内林業をどう制度設計するか」61-77, 昭和堂, 京都市.

[その他]
(講演会)

① 高橋卓也 (2014) 自然から学ぶ 歴史から学ぶ, 多賀町農山村を考える集い, 多賀町公民館 (多賀町), 2014年2月23日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 卓也 (TAKAHASHI, Takuya)
滋賀県立大学・環境科学部・教授
研究者番号: 20336720

(2) 研究分担者

奥村 進 (OKUMURA, Susumu)
滋賀県立大学・工学部・教授
研究者番号: 70204146

香川 雄一 (KAGAWA, Yuichi)
滋賀県立大学・環境科学部・准教授
研究者番号: 00401307