

栃木県鹿沼市私有林における作業道路網自動配置プログラムの検討

有賀一広・伊藤要・村上文美・斎藤仁志・田坂聰明(宇大農)

要旨: 本研究では、大橋式の考え方による循環型作業道路網を自動配置するプログラムを構築した。その結果、循環路数は少ないものの、費用便益比最大となる路線を結ぶように緩勾配の路線が計画され、想定通りの路網配置を計画することができた。さらに現場に応じて諸条件を設定することにより、現況路網に近い路網配置が計画されるのではないかと考えられた。また、スギ林、ヒノキ林を間伐対象として、路網配置を計画したところ、現況の路網配置とは異なるものの、より経済的な路網配置を計画することができた。今後、本手法を他の地域にも適用し、検証することにより、作業道路網自動配置プログラムの改良に取り組む予定である。

キーワード: 私有林、循環路網、自動配置プログラム、GIS、大橋式

I はじめに

効率的・効果的に作業道を開設するためには、林齡・樹種などの林分条件、標高・傾斜などの地形条件、保育管理・伐採などの施業計画などに基づいて、路網を配置し、開設順位を決定する必要があるが、路網配置計画を立案するためには様々な分析・考察が必要であるため多くの時間と労力を要する。また、林道・作業道路網などの発達に伴い、樹枝状の路網配置から、交通の利便性が高く、災害時の交通路の確保が可能な循環路網が形成される。そこで筆者らは小林の費用便益比を最大とする路網配置手法(4)を応用した循環型作業道路網自動配置手法を検討した(3)。本研究ではこの手法を改良し、調査対象地で開設されている大橋式の考え方による循環型作業道路網を自動配置するプログラムを検討した。なお、大橋式の道づくり(6)では地図に色分けを行い、危険地域を回避するよう路網を計画しているが、本研究ではこの点については考慮しておらず、今後の課題である。

II 調査地の概要

調査地は、栃木県鹿沼市上粕尾(旧上都賀郡栗野町)にある、斎藤正氏及び父親の斎藤尊氏所有の山林である。斎藤正氏は「有限会社高見林業」の代表として、自ら所有する226haの山林で林業経営を行うとともに、近隣の施業受託山林150~200haの施業を行っている。調査対象地は林地面積94haの西団地で、標高は500m~1,000mである(2)。

斎藤氏所有林が所在する上粕尾地域では、早くからスギ・ヒノキ林業が開始されており、調査対象地の森林もスギ・ヒノキ林が9割を占めている(図-1)。高見林業では、スギ・

ヒノキ人工林の伐期を80~100年として、長伐期優良材生産を目指し、当面は間伐を繰り返すこととしている(5)。

高見林業では、大橋式の考え方による循環型作業道路網を自動配置する。大橋式の路網配置は、まず等高線に直交するように基幹作業道を設け、その後、等高線に沿うように作業道を配置する(6)。道幅は2.5mを上限とし、法面は直角になるようにし、法高は1.4mを上限とする。また、伐開で得た材で法面を強化する土留め工を設け、沢部を通過するときは洗い越しを採用し、使用しない部分は植生による被覆を促すなどの水土保全への配慮がなされている。

III 作業道路網自動配置プログラムの検討

路網配置プログラムの基本的な流れは、1) 林齡30~80年までのスギ・ヒノキの植栽されているグリッドから、既設路網までの最短距離 L (m)を算出する。2) 既設路網に隣接したグリッドを開設候補点として、各開設候補点まで路網が延伸された場合に L が短縮されるすべてのグリッドの持つ便益(木寄せ単価92.5円/m³/m×伐出材積×短縮距離-集材単価0.32円/m³/m×伐出材積×開設距離)の合計 B (円)を各開設候補点について求める(図-2)。3) 各開設候補点までの作業道開設費 C (円)を道幅2.5m、法面は直角の全切として、伐開除根・掘削費用を計上して算出する(図-3)。4) 費用便益比 B/C の最大となる開設候補点を次の開設点とする。

対象地では1995年から車両系機械(ワインチ付グラップープレ+運搬車)の導入により本格的な作業道の開設が始まったことから(図-4)、前報(1)では、1995年以前に開設された林道はあらかじめ配置された状態からプログラムを実

Kazuhiro ARUGA, Kaname Ito, Ayami MURAKAMI, Masashi SAITO, and Toshiaki TASAKA (Fac. of Agric., Utsunomiya Univ., 350 Mine Utsunomiya 321-8505) Development on the program for automatic arrangement of strip roads in a privately-owned forest, Kanuma City, Tochigi Prefecture.

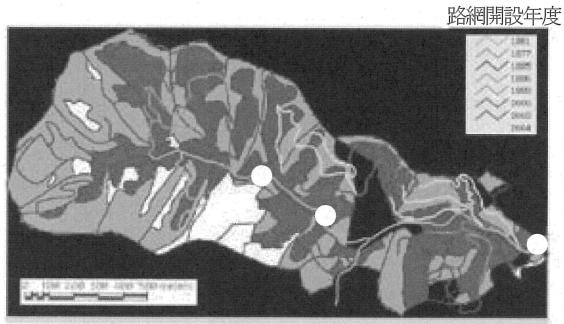


図-1. 現況路網と樹種の重ね合わせ（青：小班界、濃灰色：スギ、淡灰色：ヒノキ、白：広葉樹、白丸：土場）

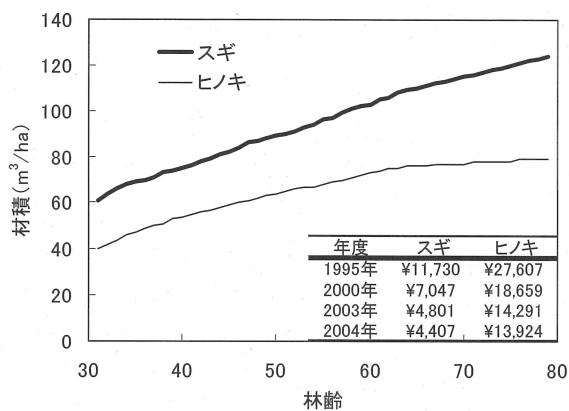


図-2. 伐出材積と木材価格 (円/ m^3)

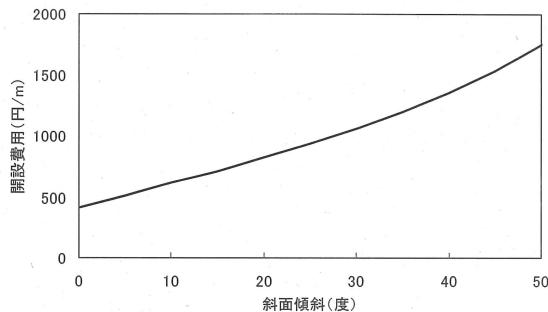


図-3. 作業道開設費用

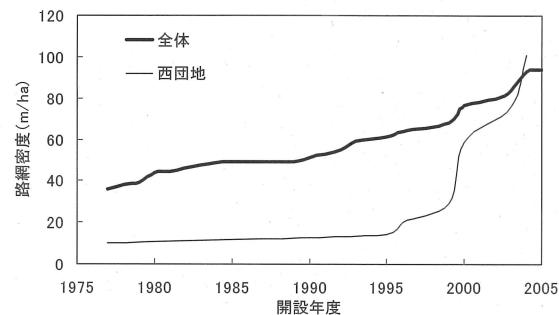


図-4. 路網密度の経年変化

行し、実際の路網開設年度と同様に、1995年～2004年の各年に実際に開設された距離に達するまで路網を計画した。また、これまで、高見林業ではスギ林を主に間伐対象樹種としてきたことが推測されたことから、便益計算においてヒノキ林を対象とせず、スギ林のみを対象としたところ、実際の路網が配置されている場所と大まかに一致する結果を得た（I）。

しかしながら、費用便益比を最大とする手法を用いて、狭い地域に高密度に路網を配置すると、細かい支線が多くなることから、細かい支線を防止するために、費用計算において、作業道開設費 C （円）に、前回、計画した場所と異なる場所に計画する場合は機械移動費として D （円）を加算した（3）。これにより、細かい支線が防止され、比較的、継続した路線が得られ、既に計画された路線につながるような路線が得られたため、計画路線がすでに計画された路線に近づいた場合には、強制的にすでに計画された路線とつなぐことにより、循環路網を形成した（図-5）。

しかしながら、この方法は調査対象地で開設されている大橋式の考え方へ準拠した循環型作業道路網とは異なるため、本研究では、費用便益比最大となる路線を探索しながら、ある一定距離路線を計画した場合に、その地点から緩勾配で他の計画路線と連結することができる路線をダイクストラ法（4）で探索することにより、大橋式の考え方へ準拠した循環型作業道路網を構築する手法を検討した。

IV 自動配置プログラムの実行

本研究では機械移動費 D を50,000円に、勾配制限は対象地の最急勾配である60%に（2）、緩勾配で他の計画路線と連結する路線は、費用便益比最大となる路線を100m計画した場合に、勾配制限を20%に設定して探索した。その結果、循環路数は少ないものの、費用便益比最大となる路線を結ぶように緩勾配の路線が計画され（図-6），さらに設定条件の変更等により、現況路網に近い路網配置が計画されるのではないかと考えられた。

次に、各路網配置の平均到達距離を見ると（図-7），1995年からのプログラム実行当初は、実際の路網と比べて、プログラムで計画された路網の平均到達距離が短くなっている。これは実際の路網では対象地南東の狭い範囲の林分に路網が開設されたため、平均到達距離の減少が小さいが、プログラムでは費用便益比の高い、すなわち、到達距離の短縮効果

が大きい路線を優先的に計画しているため、平均到達距離の減少幅が大きい。ただし、プログラム終了時点2004年の平均到達距離は現況路網と同じ50m程度である。

次に各路網配置を活用して間伐を行った場合の経済性について検討した。対象地では開設した路網の両側30m程度（ウインチ付グラップルの作業範囲）にある林齢30～80年の林分を間伐対象としていると考えられたことから（I）、収入は間伐対象林分の蓄積と間伐率20%より伐出材積を計算し、それに木材価格をかけて算出した（図-2）。支出については作業道建設費（図-3）、チェーンソーによる伐倒造材とグラップルによる木寄せ作業費として3,000円/m³、運搬車による集材費として0.32円/m³/mを計上した。なお、集材距離は間伐対象林分から実際に使われている土場までとし、ダイクストラ法を用いて、間伐対象林分から最短経路にある土場までの距離を算出した。

その結果、作業道の開設量が多かった2000年に収入（図-8）、支出（図-9）とも増大したが、現況路網については作業道開設期間における收支は常にプラスであり、全期間を見渡して路網を建設し、作業を実行していることが分かった（図-10）。一方、プログラムを用いて計画した路線では、実際の路網の開設量に合わせて計画され、プログラム開始数年間に費用便益比が高い林分へ路網が開設されたため、プログラム終了数年前の時点で費用便益比が低い林分のみしか残っておらず、費用便益比が1以下、すなわち費用が便益を上回る場合にも、費用便益比が他と比べて高い場合には路網計画を行ったため、收支がマイナスとなる場合があった。

そこで、費用便益比が1以下、すなわち費用が便益を上回る場合には路網計画を行わず、翌年度以降に繰り越すようプログラムを改良したところ、スギ林を主に間伐対象とした本プログラム（図-11の緩勾配）では、2000年で費用便益比が1を下回り、2004年まで路網の開設は計画されなかった。10年間の現況路網による収支が1,200万円、スギ林のみを間伐対象とした場合が1,400万円であった（図-12）。

また、スギ林、ヒノキ林を間伐対象として、路網配置を計画したところ（図-13）、2004年時点において現況路網と同程度の路網密度となり（図-11）、現況の路網配置とは異なり、団地全体に路網が分布しているものの、10年間の収支は2,500万円と大幅に増加し、したがって、本プロ

グラムを活用することにより、より経済的な路網配置を計画することができた（図-12）。

VI おわりに

本研究では、大橋式の考え方を準拠した循環型作業道路網を自動配置するプログラムを構築した。その結果、循環路数は少ないものの、費用便益比最大となる路線を結ぶように緩勾配の路線が計画され、想定した通りの路網配置を計画することができた。さらに現場に応じて諸条件を設定することにより、現況路網に近い路網配置が計画されるのではないかと考えられた。また、スギ林、ヒノキ林を間伐対象として、路網配置を計画したところ、現況の路網配置とは異なるものの、より経済的な路網配置を計画することができた。今後、本手法を他の地域にも適用し、検証することにより、作業道路網自動配置プログラムの改良に取り組む予定である。

ただし、本研究では間伐作業の経済性のみを検討したが、循環路網の特徴である、交通の利便性については検討されていない。また、経済性についても過去10年間をシミュレーションで検討したのみであり、将来的な利用は検討されていない。さらに、シミュレーションした結果もある条件の中でより良いものを探索したが、全ての可能性を探索して、最適な結果を導いたわけではない。今後、これらの点についても検討する予定である。

謝辞

本調査地を使用させていただいた「有限会社高見林業」斎藤正氏に感謝申し上げます。

引用文献

- (1) 有賀一広・古澤宏章・伊藤要・森勇佑・斎藤仁志・田坂聰明 (2009) 栃木県鹿沼市私有林における作業道路網開設過程の解析と自動配置プログラムの検討. 関東森林研究 60 : 261~264.
- (2) 有賀一広・古澤宏章・富澤舞・森勇佑・斎藤仁志・白鳥亮介・田坂聰明 (2008) 栃木県鹿沼市私有林における作業道法面崩壊と路面浸食の検討. 関東森林研究 59 : 273~276.
- (3) 有賀一広・伊藤要・村上文美・斎藤仁志・田坂聰明 (2009) 栃木県鹿沼市私有林における作業道路網自動配置手法の検討. 森利学誌 23 : 267~271.

- (4) 小林洋司 (1997) 森林基盤整備計画論—林道網計画の実際—.205pp., 日本林道協会, 東京.
- (5) 日本森林技術協会 (2005) SGEC 森林認証審査報告書 (概要版) 斎藤正氏経営森林
- (6) 大橋慶三郎 (2001) 道づくりのすべて: 全国林業改良普及協会, 東京.



図-5. 機械移動費を導入して作成した循環路網

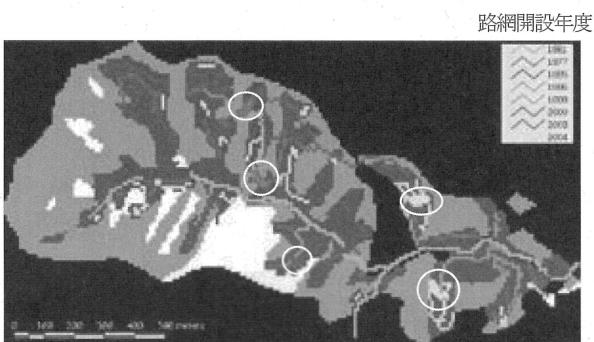


図-6. 緩勾配路線（太線）を導入して作成した循環路網

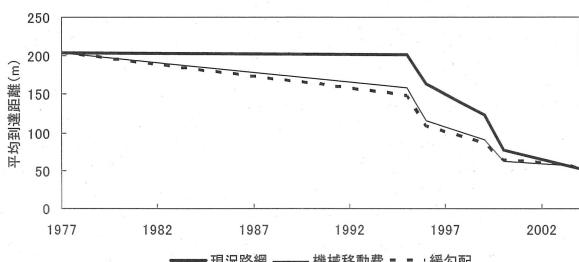


図-7. 平均到達距離

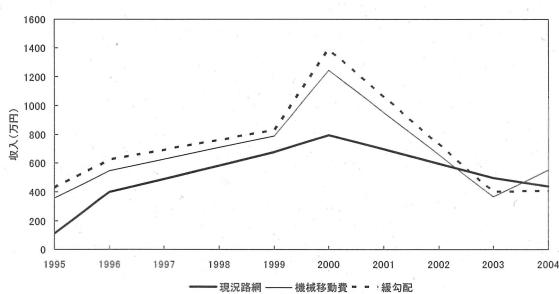


図-8. 収入

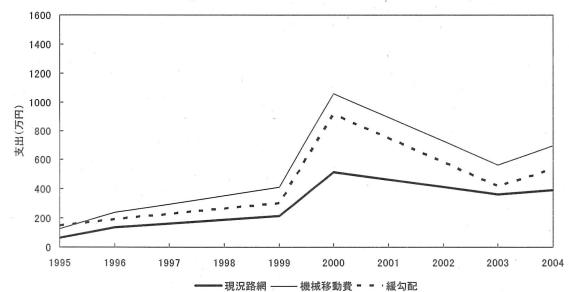


図-9. 支出

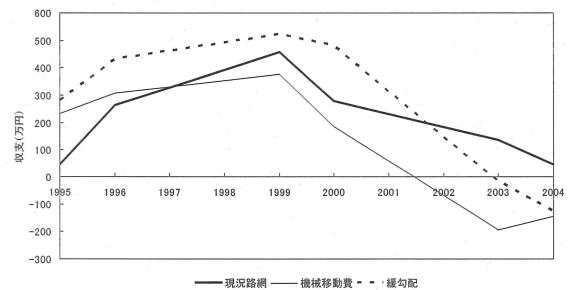


図-10. 収支

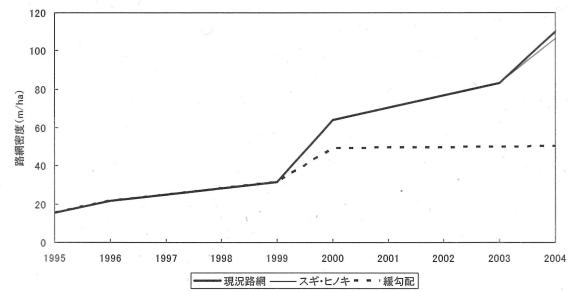


図-11. 費用便益比を1以上と設定した場合の路網密度

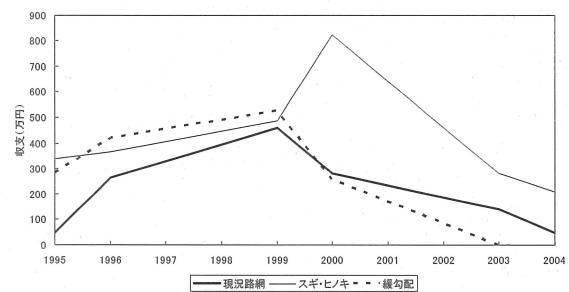


図-12. 費用便益比を1以上と設定した場合の収支

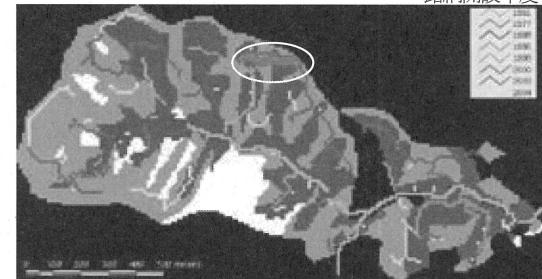


図-13. スギ・ヒノキ林を間伐対象とした場合の路網配置