

論文の内容の要旨

森林科学専攻
平成 10 年度博士課程進学
櫻井 倫
指導教官 小林 洋司

論文題目 機械化集材作業システムの構築に関する研究

日本林業の衰退が叫ばれて久しい。我が国の国土は 6 割以上を山地が占め、さらにその山地も急峻であるため、林内への森林作業用機械の進入は難しく、集材作業は林道と架線を軸に発達してきた。しかし高規格の林道の建設費用は高く、平成 10 年度末で開設延長約 13 万 km にとどまっている。

平成 12 年度改訂の「高性能林業機械化促進基本方針」では急傾斜地にはタワーヤード・プロセッサによる作業システムが提示されているが、この作業システムが効率良く稼働するためには林道の整備が必要であり、提示されている林道密度の目標値はおよそ 25m/ha となっている。そして林道を補完する物として低規格の集材路を用いたフォワーダによる小運材をはさんだ作業システムが用いられるようになっている。

本論文では低規格の集材路を用いたタワーヤード・プロセッサ・フォワーダという急傾斜地向けの作業システムについて、シミュレーションシステムを構築し、作業工期・作業コストの分析を行い、効率の良い作業システムを提示することを目的とする。

本論文は6章から成る。第1章では現在の日本林業の現状と集材作業システムについて概観し、本論文の位置付けを行った。

第2章では本研究で用いるシミュレーションの全体像について検討し、シミュレーションの理論的モデルを構築した。現在森林利用学分野において構築されるシミュレーションは研究者のツール段階にとどまっているが、一般の林業事業体においてもシミュレーションがためにも、汎用性を有することを目指した。そのためには、機械や作業システム、地形条件が容易に変更できる必要がある。そこで、構築するシミュレーションは作業システム全体を統轄するメインルーチンと各機械の個別のシミュレーションから構成されるようにした。タワーヤード、プロセッサ、フォワーダの各作業を表現したルーチンは独立させ、条件変数やパラメータの参照も各作業のシミュレーション相互間では行わず、メインルーチンを介してやり取りするようにした。

各作業のシミュレーションの手法は以下のようにした。すなわち、作業を要素作業に分割し、時間観測より得られた実際の作業時間のデータをもとにして、要素作業ごとに作業時間を求める理論式を求め、要素作業の作業時間を積み上げて作業全体の時間を求めた。要素作業時間を求める理論式は基本的に対数正規分布にあてはめ、Pearsonの適合度検定で棄却される場合は正規分布にあてはめた。正規分布に適合しない要素作業や観測数が少ない要素作業については2次多項式までの回帰式の中で最も残差が少ない物を用いた。

要素作業の移り変わりについては、タワーヤードやフォワーダのように基本的な流れが存在する作業についてはその流れの中に他の作業を割り込ませるものとし、プロセッサのように分岐を多く含むものは観測結果から要素作業の遷移確率を求め、求めた確率を元に作業の流れを再現した。

第3章では各作業および作業システム全体について実際の観測データを元に具体的なシミュレーションを行った。作業人数は2人から4人とし、作業人数に応じて各機械の動作開始および停止を定めた。

構築したシミュレーションを用いて、タワーヤード・プロセッサ・フォワーダの作業システムに

ついて、タワーヤーダを路網の補完として使用した場合の低規格集材路とタワーヤーダ架線の分担比について検討した。

60年生スギ間伐林を想定して計算した結果、例えば大形プロセッサを用いた場合は3人作業でタワーヤーダの架線長を100m～150mとしたときに最もコストが低くなることがわかった。また小形プロセッサでは伐区が既存の林道に近ければ3人作業でタワーヤーダ架線長を短くするほどコストが低くなり、伐区が林道から離れていれば4人作業でタワーヤーダの架線長を出来るだけ長くするのが有利となることなどが明らかとなった。

第4章ではシミュレーションにGISデータを導入して、シミュレーションを実際の地形に適用できるようにした。タワーヤーダの集材作業範囲もGISデータより求めることができる。GISデータは、本研究では道路配置、林分のデータなどはラスターデータを用い、架線の配置、土場の位置などはベクタデータを用いた。ラスターのメッシュ間隔は東西・南北とも10mとし、ベクタデータの座標系と一致するようにした。

GISデータの作成にはTNTmipsを用い、森林基本図、施業計画図などはスキャナで読み込み、森林簿はGISのデータベースに属性値として入力した。GISソフトウェアのV-R変換機能を使用して標高や伐倒木の密度などのラスターデータを作成した。

要素作業時間が距離に影響されるタワーヤーダの搬器の走行、索引出し、巻上げといった要素作業に関しては、GISデータをもとに搬器の移動距離、横取り距離を算出し、作業時間の計算を行った。またGISのラスターデータとして与えられた伐倒木の密度を用いて1メッシュ内の集材回数も設定した。

GISデータに対応したシミュレーションを用いて、集材路とタワーヤーダの架線配置について矩形のモデル伐区を用いて検討を行い、作業コストなどを求めた。シミュレーションの結果、伐区が大きいほど集材路を奥の方まで作設した方が有利であること、タワーヤーダの架線長を100m～200mの範囲に設定するのが有利であること、が明らかとなった。

第5章では上記の結果を元に路網形成に関して具体的検討を行った。

栃木県粟野町における作業道計画においては、道路規格による建設単価の違いと作業時間・使用機械の違いによって生じる作業コストの違いをシミュレーションにより求め、その結果道路を集材路にしてフォワーダを用いた作業を行った方が低規格になることや路線の一部を作業道で建設するよりも全線作業道として建設した方がコストが低くなることがあることが確認された。

また東京大学秩父演習林のナメ沢・ワサビ沢上方における路網配置計画にシミュレーションを適用した結果、循環型作業道とした場合と突っ込み型とした場合、突っ込み型の方が作業コストが低くなった。タワーヤダの到達範囲を越える部分について集材路を追加した場合、出材積は増加したものの作業コストは上昇した。

第6章は各章で得られた結果をまとめて総括を行った。本研究によって開発したシミュレーション手法によって、効率的な集材路の配置や作業システムが明らかとなった。また作業道を作設する場合よりもフォワーダの方がコストが低廉となることが明らかとなった。またコストの面だけを取り上げると循環路のメリットは少ないことが明らかとなった。