

速報

列状間伐における機械作業システムの生産性予測ソフト作成*1

河野雄一*2 · 満留良文*3 · 岡 勝*4 · 田中良明*4

河野雄一・満留良文・岡 勝・田中良明：列状間伐における機械作業システムの生産性予測ソフト作成 九州森林研究 62：59-63, 2009 鹿児島県における高性能林業機械の導入促進を図るため、機械作業システムによる列状間伐の収支試算ソフト開発に着手し、その一環として、作業効率と生産性を予測するシミュレーターを作成した。また、実用性を検証するため、シミュレーターによる予測値と、現実伐区の実際の作業効率、出材積、労働生産性を比較して乖離度合いを調査した結果、作業効率を高い精度で予測するには、各工程における処理本数と出材本数について、安定した予測精度を確保する必要があること、作業段取りの違いやトラブル等に起因する作業遅延の評価方法を解明する必要があること等、更なる改良点が判明した。

キーワード：列状間伐、高性能林業機械、機械作業システム、生産性予測

I. はじめに

間伐作業の機械化による低コスト化及び林業労働力不足の解消は、鹿児島県の間伐推進施策における重要課題として位置付けられ、高性能林業機械を複数組み合わせた「機械作業システム」による列状間伐が積極的に推進されている。しかし、高額な初期投資がかかることに加え、地況・林況・作業方法毎に大幅に作業効率が異なり、作業経費の算出が難しいことから、果たして間伐作業の機械化が低コスト化につながるのか、現場ごとに見極める必要があり、導入を躊躇する林業事業者も多い。

そこで、鹿児島県の利用間伐現場で特徴的な、小規模かつ林相が不揃いな林分を複数筆取りまとめた間伐団地において、機械作業システムを導入した場合の、作業にかかる収入と支出及び1筆毎の精算を、事前に試算検討が可能なパソコンソフトの開発に平成19年度から着手した。ソフトは複数の部品ソフトにより構成される計画で、そのうち、列状間伐の機械作業における各工程ごとの作業効率と、生産性を予測するシミュレーターソフトについて作成したので紹介する。

また、ソフトの実用性を検証するため、シミュレーターによる予測結果と、現実伐区の実際の出材積、労働生産性等の調査結果とを比較し、予測値と実績の乖離度合いを調査したので報告する。

II. シミュレーターの概要と調査方法

1. シミュレーターの概要

シミュレーターは、スギ、ヒノキ人工林における3残1伐の列状間伐を対象とし、想定する作業システムは、鹿児島県で標準的な全木+短幹による2段階集材方式で、具体的には次のような作業工程を前提としている(図-1)。

① チェンソーによる人力伐木作業

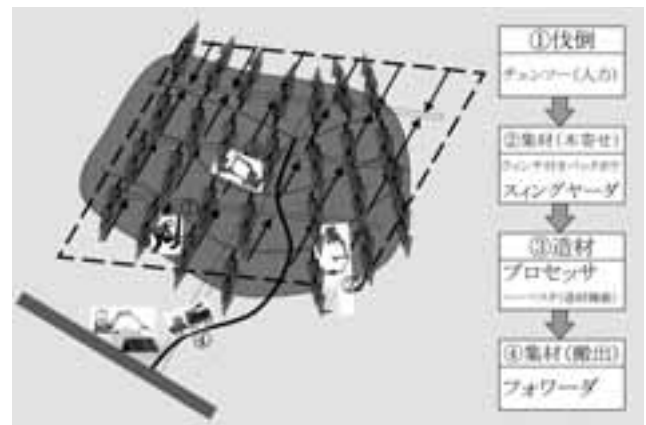


図-1. シミュレーターが前提とする作業工程

- ② スイングヤーダやウインチ付きバックホウ等による集材路までの全木集材(通称「木寄せ作業」)
- ③ プロセッサ等による集材路上での造材作業
- ④ フォワーダ等による集材路から林外土場への短幹集材(通称「搬出作業」)

シミュレーターは予測過程ごとに遷移する6画面で構成され(図-2)、最終的に、各工程ごとの生産効率・機械稼働時間・作業日数・工数(人日)等の伐出生産性及び必要経費試算に必要な因子と、生産材の規格別(末口径・長さ)本数及び材積等の収入試算に必要な因子の出力を行う。以下に予測過程を示す。

(1) 現場条件入力

林況(樹種、林齢、平均樹高、平均胸高直径、ha当たり成立本数)と現場条件(面積、路網延長、平均傾斜)を入力し、伐区全体の伐採本数や伐採材積、総伐採列数や1列当たりの立木本数と列延長(木寄せ距離)を算出する。なお、作業条件(人員数、使用機械、上荷下荷の別、採材長、各工程での歩留まり)は、そ

*1 Kono, Y., Mitsudome, Y., Oka, M. and Tanaka, Y.: Productivity-Simulator for Machinery logging systems on linethinning.

*2 鹿児島県森林技術総合センター Kagoshima Pref. For. Tech Ctr., Kagoshima 899-5302

*3 鹿児島県熊毛支庁 Kumage Branch Office., Kagoshima Pref., Kagoshima 891-3192

*4 森林総合研究所 For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687

それぞれの工程予測段階で入力する。

(2) 伐木工程予測

伐採列 1 列の伐木にかかる時間を 1 サイクルとしてサイクルタイム計算を行い、1 日当たりの伐採列数を算出し、伐木作業にかかる日数、工数等を出力する。

(3) 木寄せ工程予測

伐採列 1 列の路上までの全木集材にかかる時間を 1 サイクルとしてサイクルタイム計算を行い、1 日当たりの処理列数を算出し、集材作業にかかる日数、工数等を出力する。

(4) 造材工程予測

元玉から順番に採材長を入力して細りを計算し、それぞれの玉の末口径・素材材積を算出する。これらを採材条件とし、伐採列 1 列分の集材木の造材にかかる時間を 1 サイクルとしてサイクルタイム計算を行い、1 日当たりの処理列数を算出し、造材作業にかかる日数、工数等を出力する。同時に、伐採列 1 列から生産される玉数と素材材積を出力する。

(5) 搬出工程予測

路上から土場までの短幹集材 1 往復にかかる時間を 1 サイクルとしてサイクルタイム計算を行い、1 日当たりの往復回数と搬出量を算出し、集材作業にかかる日数、工数等を出力する。

(6) 作業生産性出力

各工程における算出結果を集計し、伐区全体の工期、工数（人日）、出材積、労働生産性等を出力する。同時に、伐区全体から生産される玉数と素材材積について、規格別（末口径・長さ）に出力する。

なお、各工程のサイクルタイム計算については、これまで鹿児島県森林技術総合センターにより行われた、ビデオ分析調査により得られた推定式を元に、各機種別に調整して使用した。これらパラメーターについては、一部、暫定的なものも含まれるため、入れ替えが可能なようマスタ（データベース）化した。これにより、常に最新の調査結果が反映可能なうえ、新たな機種追加等も可能である。

また、材積計算に当たっては、鹿児島県におけるスギ、ヒノキの収穫予測式（長濱，2003）を使用し、細り計算に当たっては、井上・黒川による相対幹曲線式の推定方法（井上・黒川，2001）を応用した。



図-2. シミュレーター画面（図は現場条件入力画面）

2. 調査地

調査地は、鹿児島県薩摩川内市に位置するスギ・ヒノキ34年生、面積10.11haの人工林（図-3）で、うちスギ伐区が3.41ha、ヒノキ伐区が6.70ha、作業方法は3残1伐の列状間伐である。

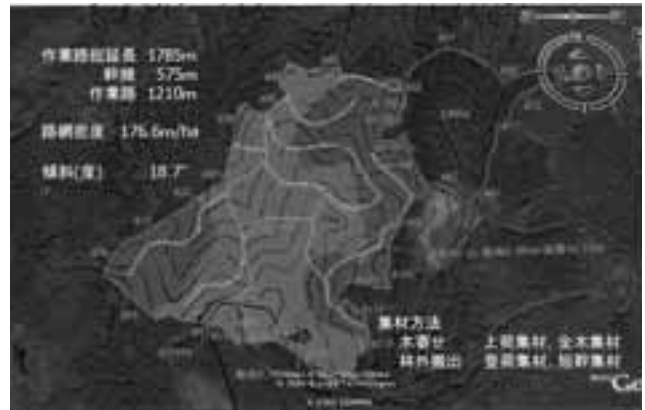


図-3. 調査地概況

各伐区の間伐前の林況は、20×20mの方形プロット調査結果から、スギ伐区は平均胸高直径24.3cm、平均樹高15m、立木密度1475本/ha、不用木混入率8%、ヒノキ伐区は平均胸高直径18.1cm、平均樹高13m、立木密度1800本/ha、不用木混入率32%であった。なお、シミュレーターでは、柱材生産が不可能な胸高直径18cm未満の立木を不用木として位置付けている。

路網状況は、集材路の総延長1785m、うちフォワーダの運行のみに供せられる幹線は575m、木寄せ及び造材に供せられる支線1210mで、路網密度176.6m/haであった。シミュレーターの都合上、支線についてはスギ伐区とヒノキ伐区の延長を分ける必要があるが、現地はスギ伐区とヒノキ伐区がモザイク状に混在し、仕分けが困難なため、面積按分しスギ伐区が408m、ヒノキ伐区が802mとした。

作業手順は、伐倒手4人で先行伐倒後、オペレータ兼荷外し手1人と荷掛け手1人の2人作業×2班集体で、ウインチ付きバックホウにより集材路まで全木集材を行った。集材がある程度進んだら、1班は造材・搬出作業に移り、オペレータ1人が路網上で小型プロセッサにより造材、別のオペレータ1人がフォワーダで林外土場まで搬出した。なお、フォワーダへの積み込み・荷下ろしには、別途グラップルローダを使用し、グラップルローダのオペレータは、フォワーダのオペレータが兼務している。

採材については、末口径14cm以上で、元玉から順番に、スギが4m-4m-3mの3玉、ヒノキが4m-4mの2玉を基本的な採材パターンとしている。

なお、調査方法は、労務調査については日報の集計と聞き取りにより、生産量調査については販売伝票を集計した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 作業効率・労働生産性の比較

調査地における所要工数予測を表-1に、実際の工数集計結果と予測値との比較結果を表-2に示す。調査地の労働生産性は、附帯作業まで含めると2.41m³/人日、うち、シミュレーターの予

測対象である機械作業システム本体の労働生産性は3.31m³/人日であった。これに対し、シミュレーターでの予測は、造材歩留まりを100%と設定した場合、予測労働生産性は5.23m³/人日であり、実際の生産性とはかけ離れた結果となった(表-1)。

次に、造材歩留まりを実際の出材量から逆算して再設定し、予測値の再計算を試みた。なお、シミュレーターは、造材対象木全てを設定採材パターンどおりに造材したものと予測するが、現実には、設定長に規格が満たない場合や、逆に設定長より長い採材が可能な場合もあり、予測値と実際に出材した素材本数とをそのまま比較できないため、歩留まりは、素材本数でなく、規格・形状によらない素材材積を用いて算出した。歩留まりの算出結果を表-3に示す。

以上の結果から、歩留まりを1番玉から順に、スギについては66%、99%、78%、ヒノキについては16%、80%と設定して再度計算すると、結果は3.46m³/人日であり(表-4)、実際の生産性に近い値が得られた(表-5)。

表-1. 所要工数の予測結果(造材歩留まり100%)

区	区分	スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体
伐木	1列当たり伐採材積及び本数(m ³ /列(本/列))	3.63 (11.1)	2.28 (13.5)	5.91 (24.6)
	1サイクル当たり伐採時間(秒/サイクル)	929	821	1,750
	サイクル数(伐採列数)(サイクル)	113	223	336
	総伐採材積及び立木本数(m ³ (本))	410.5 (1,257)	509.4 (3,015)	919.9 (4,272)
	作業所要時間(時間)	29.2	50.8	80.0
	作業日数(日)	1.33	2.31	3.64
	作業工数(人日)	5.32	9.24	14.56
	集材延長(m)	20.9	20.9	-
	列当たり集材延長累計(m)	227.4	204.2	-
	林内残置率(不要木)(%)	8	32	-
集材(木寄せ)	1列当たり集材材積及び立木本数(m ³ /列(本/列))	3.34 (10.2)	1.55 (9.2)	4.89 (19.4)
	1サイクル当たり集材時間(秒/サイクル)	1,432	1,495	2,927
	サイクル数(伐採列数)(サイクル)	113	223	336
	総集材材積及び本数(m ³ (本))	377.7 (1,156)	346.4 (2,050)	724.1 (3,206)
	作業所要時間(時間)	45.0	92.6	137.6
	作業日数(日)	8.17	16.84	25.01
	作業工数(人日)	16.34	33.68	50.02
	1番玉造材歩留まり(%)	100	100	-
	2番玉造材歩留まり(%)	100	100	-
	3番玉造材歩留まり(%)	100	-	-
造材	1列当たり造材材積及び素材本数(m ³ /列(本/列))	2.67 (30.7)	1.17 (18.4)	3.84 (49.1)
	1サイクル当たり造材時間(秒/サイクル)	540	500	1,040
	サイクル数(伐採列数)(サイクル)	113	223	336
	総造材材積及び素材本数(m ³ (本))	302.2 (3,468)	261.1 (4,099)	563.3 (7,567)
	作業所要時間(時間)	17	31	48
	作業日数(日)	3.08	5.63	8.71
	作業工数(人日)	3.08	5.63	8.71
	1サイクル当たり平均往復走行距離(m)	639.9	691.5	-
	1サイクル当たり往復所要時間(秒/サイクル)	3,597.3	3,535.8	-
	フォワーダ積載量(kg)	2,625	2,625	-
集材(搬出)	1列当たり集材材積及び素材本数(m ³ /列(本/列))	2.67 (30.7)	1.17 (18.4)	3.84 (49.1)
	1サイクル当たり積載量(素材本数,列数換算(本/サイクル(列/サイクル)))	73.5 (2.4)	84.1 (4.6)	157.6 (7.0)
	サイクル数(往復回数)(サイクル)	47	49	96
	総集材材積及び素材本数(m ³ (本))	302.2 (3,468)	261.1 (4,099)	563.3 (7,567)
	作業所要時間(時間)	47	48	95
	作業日数(日)	8.58	8.70	17.28
	作業工数(人日)	17.16	17.40	34.56
	総生産素材材積及び素材本数(m ³ (本))	302.2 (3,468)	261.1 (4,099)	563.3 (7,567)
	作業総日数(日)	21.16	33.48	33.48
	作業総工数(人日)	41.90	65.95	65.95

なお、今回の調査結果で、特にヒノキに関して1番玉の造材歩留まりが極端に低いのは、シカの剥皮害木が多かったためと思われる。

また、各工程それぞれを個別に比較すると、造材工程の作業効率については実際よりもかなり高い予測値が算出されており、これは、造材した短幹材の整理手順の違いが原因と思われる。

シミュレーターでは、造材後、集材路上に並べられた短幹材の仕分け・集積を、フォワーダへの積み込みの前作業として、搬出作業側で計上している。仕分け・集積作業をプロセッサで行うと、構造の複雑なヘッド部分を痛めることもあり、当現場においても、当初の作業段取りとしては集材作業班が行う予定であったようだが、かけ持ちしている別現場の都合上、造材作業班が造材作業時に行っていることが聞き取りにより判明している。

ここで、仮に現場が当初の作業段取りどおり行えた場合、仕分け・集積にかかる日数が搬出作業に加わることになり、実際は、搬出作業の予測値が低いということになる。しかし、作業日報での集計では、仕分け・集積作業にかかる工数のみを抽出することが出来ないため、搬出作業においてどの部分作業の予測精度が低いのか特定は困難である。但し、搬出作業で最も作業効率に影響する要素はフォワーダの往復回数であることから、現場において、フォワーダに過積載気味に積み込み、実際の往復回数が予測値より少なくなり、結果、作業所要時間のうち往復走行時間が短縮されたのではないかと推測できる。

表-2. 所要工数の予測と実際との比較(造材歩留まり100%)

区分	予測生産性			実際の生産性
	スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体	
生産材(A)(m ³)	303.0	261.0	564.0	324.6
工数(B)(人日)	伐木	5.32	9.24	14.56
	集材(木寄せ)	16.34	33.68	50.02
	造材	3.08	5.63	8.71
	集材(搬出)	17.16	17.40	34.56
	計	41.90	65.95	107.85
作業効率(A)/(B)(m ³ /人日)	伐木	56.95	28.25	38.74
	集材(木寄せ)	18.54	7.75	11.28
	造材	98.38	46.36	64.75
労働生産性(A)/(B)(m ³ /人日)	7.23	3.96	5.23	3.31

表-3. 生産予測値を100とした場合の造材歩留まり推定

樹種	区分	規格				生産予測(歩留100%)				実際の生産量				歩留割設定値(B)/(A)
		径(cm)	材長(m)	平均径(cm)	本数(本)	材積(A)(m ³)	区分	平均径(cm)	本数(本)	材積(m ³)				
スギ	元玉	14上	4	20.1	1,156	186	規格内	19.0	631	93	66%			
							短材	20.6	255	29				
							計	886	122	(B)				
	2番玉	14上	4	14.1	1,156	92	規格内	14.0	274	21	99%			
							小径材	10.7	1,032	48				
							短材	15.1	332	21				
計	1,638	91	(B)											
3番玉	小径木	3	8.4	1,156	25	規格内	9.9	643	19	78%				
						規格内	14.9	104	9					
						短材	17.2	319	20					
計	423	30	(B)											
ヒノキ	2番玉	小径木	4	9.7	2,049	78	規格内	10.5	841	38	80%			
							短材	9.8	861	25				
							計	1,702	62	(B)				

表-4. 所要工数の予測結果 (造材歩留設定後)

区	区分	区		
		スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体
伐木	1列当たり伐採材積及び本数(m ³ /列(本/列))	3.63 (11.1)	2.28 (13.5)	5.91 (24.6)
	1サイクル当たり伐採時間(秒/サイクル)	929	821	1,750
	サイクル数(伐採列数)(サイクル)	113	223	336
	総伐採材積及び立木本数(m ³ (本))	410.5 (1,257)	509.4 (3,015)	919.9 (4,272)
	作業所要時間(時間)	29.2	50.8	80.0
	作業日数(日)	1.33	2.31	3.64
	作業工数(人日)	5.32	9.24	14.56
	集材延長(m)	41.8	41.8	-
	列当たり集材延長累計(m)	227.4	204.2	-
	林内残置率(不要木)(%)	8	32	-
集材(木寄せ)	1列当たり集材材積及び立木本数(m ³ /列(本/列))	3.34 (10.2)	1.55 (9.2)	4.89 (19.4)
	1サイクル当たり集材時間(秒/サイクル)	1,432	1,495	2,927
	サイクル数(伐採列数)(サイクル)	113	223	336
	総集材材積及び本数(m ³ (本))	377.7 (1,156)	346.4 (2,050)	724.1 (3,206)
	作業所要時間(時間)	45.0	92.6	137.6
	作業日数(日)	8.17	16.84	25.01
	作業工数(人日)	16.34	33.68	50.02
	1番玉造材歩留まり(%)	66	16	-
	2番玉造材歩留まり(%)	99	80	-
	3番玉造材歩留まり(%)	78	-	-
造材	1列当たり造材材積及び素材本数(m ³ /列(本/列))	2.06 (24.9)	0.41 (8.8)	2.47 (33.7)
	1サイクル当たり造材時間(秒/サイクル)	509	447	956
	サイクル数(伐採列数)(サイクル)	113	223	336
	総造材材積及び素材本数(m ³ (本))	232.6 (2,809)	91.5 (1,967)	324.1 (4,776)
	作業所要時間(時間)	15.98	27.67	43.65
	作業日数(日)	2.90	5.03	7.93
	作業工数(人日)	2.90	5.03	7.93
	1サイクル当たり平均往復走行距離(m)	647.1	756.3	-
	1サイクル当たり往復所要時間(秒/サイクル)	3,673.6	4,379.3	-
	フォワーダ積載量(kg)	2,625	2,625	-
集材(搬出)	1列当たり集材材積及び素材本数(m ³ /列(本/列))	2.06 (24.9)	0.41 (8.8)	2.47 (33.7)
	1サイクル当たり積載量(素材本数, 列数換算)	77.3 (3.1)	115.2 (13.1)	192.5 (16.2)
	サイクル数(往復回数)(サイクル)	36	17	53
	総集材材積及び素材本数(m ³ (本))	232.6 (2,809)	91.5 (1,967)	324.1 (4,776)
	作業所要時間(時間)	37	21	58
	作業日数(日)	6.74	3.78	10.52
	作業工数(人日)	13.48	7.56	21.04
	総生産素材材積及び素材本数(m ³ (本))	232.6 (2,809)	91.5 (1,967)	324.1 (4,776)
	作業総日数(日)	19.14	27.96	33.48
	作業総工数(人日)	38.04	55.51	65.95

2. 出材量の比較

調査地における実際の出材量と予測値の比較を表-6に示す。実際に出材した素材本数は、スギ3167本、ヒノキ2125本、出材積にしてスギ233m³、ヒノキ92m³であった。これに対し、先に設定した造材歩留まりに基づくシミュレーターの予測出材本数はスギ2810本、ヒノキ1967本、出材積にしてスギ233m³、ヒノキ91m³であった。出材積から歩留まりを逆算しての出材予測であるため、当然、出材積は近似した結果となるが、先に述べたとおり、現実には、設定採材パターンどおりに造材出来ない場合も多く、出材本数は実際とかけ離れた結果となっている。

なお、1番玉と2番玉について、設定採材パターンどおりに生産出来た素材の割合を、予測値を100%として算出したところ、本数比でスギ1番玉83%、2番玉24%、ヒノキ1番玉32%、2番玉51%、材積比でスギ1番玉76%、2番玉24%、ヒノキ1番玉32%、2番玉61%となった。

スギ2番玉の合致割合が低いのは、平均末口径が14cmである

表-5. 所要工数の予測と実際との比較 (造材歩留設定後)

区分	予測生産性			実際の生産性
	スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体	
生産材(A)(m ³)	233.0	91.0	324.0	324.6
工数(B)(人日)	伐木	5.32	9.24	14.56
	集材(木寄せ)	16.34	33.68	50.02
	造材	2.90	5.03	7.93
	集材(搬出)	13.48	7.56	21.04
	計	38.04	55.51	93.55
作業効率(A)/(B)(m ³ /人日)	伐木	43.80	9.85	22.25
	集材(木寄せ)	14.26	2.70	6.48
	造材	80.34	18.09	40.86
	集材(搬出)	17.28	12.04	15.40
労働生産性(A)/(B)(m ³ /人日)	6.13	1.64	3.46	3.31

表-6. 出材量予測と実際との比較 (造材歩留設定後)

樹種	区分	規格				生産予測			実際の生産量			採材設定との合致割合(B)/(A) 本数比材積比
		径(cm)	材長(m)	平均径(cm)	本数(本)	材積(m ³)	平均径(cm)	本数(本)	材積(m ³)			
スギ	元玉	14上	4	20.1	763	123	(A) 19.0	631	93.1	(B) 83%	76%	
		3	-	-	-	20.0	177	21.6	-	-		
		2	-	-	-	21.9	78	7.6	-	-		
	2番玉	14上	4	14.1	1,145	91	(A) 14.0	274	21.4	(B) 24%	24%	
		3	-	-	-	14.9	264	17.8	-	-		
		2	-	-	-	16.0	68	3.5	-	-		
	小径木	4	-	-	-	10.7	1,032	48.4	-	-		
	3番玉	小径木	3	8.4	902	19	9.9	643	19.4	-	-	
	計					2,810	233	3,167	232.8	-	-	
ヒノキ	元玉	14上	4	15.0	328	29	(A) 14.9	104	9.3	(B) 32%	32%	
		3	-	-	-	14.5	58	3.7	-	-		
		2	-	-	-	17.8	261	16.7	-	-		
	2番玉	小径木	4	9.7	1,639	62	(A) 10.5	841	37.7	(B) 51%	61%	
		3	-	-	-	9.5	806	22.4	-	-		
		2	-	-	-	14.0	55	2.1	-	-		
	計					1,967	91	2,125	91.9	-	-	

ことから、小径材(14cm未満)として分類された材が多かったためと思われる。ヒノキについて総じて合致割合が低いのは、造材歩留まりと同様、シカの剥被害木が多く、腐朽・変色部位を避けて短く採材した結果であると思われる。

3. シミュレーターの課題

調査の結果、以下の改良点が判明した。

- ① 予測値の精度を確保するためには造材歩留まりの設定が重要であるが、ユーザーの主観に左右されやすい入力因子であるため、歩留まりの客観的な推定方法を考案し、入力自動化を検討したい。
- ② 標準木を基準とした単一の採材パターンによる出材量予測では、出材本数の推定が十分ではないため、径級毎の度数分布を考慮する等、採材パターンを変動させる手法を検討し、本数推定の精度を高めたい。
- ③ 現場においては、不良木等であっても作業の支障になるため、木寄せ～造材まで行ってしまふ場合があり、生産性予測で用いる出材予測量と、将来的にコスト試算で用いる出材予測量とでは、何らかの補正因子が必要である。
- ④ 材整理の一部について、作業段取りによっては、造材工程側で行う場合と集材工程側で行う場合があり、伐区における作業全体の効率としては変わらないが、単工程単位で評価した場合、予測値と実際が極端に乖離する場合がある。

- ⑤ 搬出作業において、フォワーダ等搬出機械の過積載による作業効率への影響について実態を調査し、調査結果によっては、立木の重量と体積換算に用いる変数について、再考の必要がある。
- ⑥ 現在のシミュレーションは、トラブル等による作業遅延を考慮していないため、作業遅延の評価方法を解明し、作業遅延時間を予測する必要がある。

IV. おわりに

今回の調査結果から、各工程における処理本数、出材本数の予測を誤らなければ、生産性については高い精度でシミュレート可能であることが示唆された。

但し、これら本数予測値の計算精度は、林況のプロット調査結果等、ユーザーの入力因子に大きく依存し、安定した予測精度を確保できないことから、今後の課題として、入力因子のうち、他因子から算出・推定が可能な因子を解明し、より一層の入力自動化を進める必要があるものと思われる。加えて、各種推定式のパラメーターの検証や、作業遅延の評価方法の解明のため、今後も引き続き実地での検証を重ね、更なる予測精度の向上につなげる必要がある。

なお、間伐機械作業の収支試算ソフト開発の次の段階として、今回のシミュレーターの出力結果を入力因子とし、作業経費試算や立木販売額の試算を行うコストシミュレーターの開発を計画し

ている。このコストシミュレーターは、今回のシミュレーターと連動して稼働する部品ソフトであり、完成後は2つで1つのソフトとして関係機関に試験配布し、実用性の検証を行う計画である。

また、他にも部品ソフトとして、同一の機械作業班で複数現場を掛け持ちする場合の効率的なローテーション選定と掛け持ち現場全体の収支を試算するマネジメントシミュレーター等を予定している。

最後に、現地調査に御協力いただいた(有)田中林業の田中浩徳氏、田中佑樹氏、(財)鹿児島県森林整備公社、ソフトのプログラミングに関して多大な貢献をいただいた富士通エフ・アイ・ピー九州(株)鹿児島ソリューションセンタの荻田康次氏、福蘭昭夫氏、仮屋光一氏、西野謙二氏、以上の方々及び団体に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 柱 敦史(2001)日林九支研論 54:7-10.
井上昭夫・黒川泰亨(2001)日林誌 83:1-4.
満留良文(2005)九州森林研究 58:42-45.
満留良文(2006)九州森林研究 59:117-120.
長濱孝行(2006)鹿児島県林試研報 9:7-25.
長濱孝行・近藤洋史(2006)日林誌 88:71-78.
中山富士男(2001)日林九支研論 54:5-6.
(2008年12月6日受付;2009年2月5日受理)